

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD
DISEÑO ELECTRÓNICO DIGITAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN
TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Pedagógicas

Autor: Ing. JUAN PABLO BARRIOS RODRÍGUEZ

Tutor: Prof. Tit. Ing. Víctor Giraldo Valdés Pardo, Dr C

Villa Clara

2006

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD
DISEÑO ELECTRÓNICO DIGITAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN
TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Pedagógicas

JUAN PABLO BARRIOS RODRÍGUEZ

Villa Clara

2006

AGRADECIMIENTOS

- A mis estudiantes, sin sus contribuciones y sugerencias hubiera sido imposible este pequeño aporte a la Educación.
- A Giraldo, mi profesor de siempre, por su paciencia y confianza en mí.
- A todos los que, tanto en la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas como en el Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela", aman la obra de educar y han colaborado con mi superación profesional y personal. A compañeros como Juan Virgilio, José Manuel (Nenito), Zaida Nieves Achón, Alfredo, Otilio, Zenaida, Manuel, Ordenel, Luis Felipe, Roberto, Yakelín, Katty, Ibis, María Isabel, Dalgys, Ania; su profesionalidad y modestia me han hecho crecer.
- A todos mis amigos del BUS.
- A mis compañeros de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, en especial a Paliza, Chaljub, Emilio, Rivero, Ileana, Sergio, Roche, Arco, Taboada, Carlitos, María E., Mendoza, Avertano, Abreu, Juan, Rubén, Mario, Juanita, María y Madelaine.
- A los compañeros del CDICT de la UCLV y del ISPFV.
- A todos los que confiaron...

DEDICATORIA

- A toda mi FAMILIA, alimento y descanso de mi espíritu.
- A mis abuelos, que forjaron y velan mis destinos.

SÍNTESIS

La presente tesis analiza la habilidad diseño electrónico digital (**diseñar**) a la luz del enfoque histórico-cultural, la teoría de la actividad y las experiencias docentes del autor, lo cual permite caracterizarla como una habilidad generalizadora; propia de los profesionales de las Telecomunicaciones y la Electrónica, en un contexto de profundos cambios tecnológicos.

El estudio de la estructura interna de esta habilidad posibilitó identificar sus acciones y operaciones así como la dinámica entre éstas y las invariantes de contenido, lo que permitió elaborar una estrategia didáctica para su desarrollo que abarca acciones en los métodos, medios, formas de organización y evaluación; donde se han potenciado la utilización del lenguaje de descripción de hardware *VHDL*, el método de trabajo por proyectos en pequeños grupos, los entornos informáticos soportados en *Web* y las herramientas de ayuda al diseño, tanto profesionales como desarrolladas por el autor y colaboradores.

La estrategia didáctica ha sido aplicada durante varios cursos en las asignaturas de Electrónica Digital I y II del tercer año de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, validada mediante la observación participante y las opiniones de los estudiantes en encuestas y entrevistas grupales. Las experiencias acumuladas sustentan su posible generalización a otros centros de Educación Superior.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	9
I. DESARROLLO Y TENDENCIAS ACTUALES DEL DISEÑO ELECTRÓNICO DIGITAL, SU REFLEJO EN EL ÁMBITO ACADÉMICO	17
I.1 Caracterización de la actividad de diseño electrónico digital moderno en la esfera de la tecnología	18
I.1.1 Objeto de la electrónica. La electrónica digital	18
I.1.2 Evolución Histórica del diseño electrónico digital	20
I.1.3 Definiciones básicas acerca de los lenguajes de descripción de hardware	24
I.1.4 Componentes actuales del diseño electrónico digital	26
I.2 Caracterización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital	31
I.2.1 La Electrónica Digital en el contexto académico internacional	32
I.2.1.1 Los objetivos	33
I.2.1.2 Los Contenidos	34
I.2.1.3 Los métodos, los medios y las formas de organización-evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje	38
I.2.1.4 La literatura docente	40
I.2.2 Experiencias en la enseñanza de la Electrónica en Cuba. La Electrónica Digital en el Plan de Estudios de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica	42
I.2.3 Caracterización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital en Cuba	47
I.3 Bases teórico-metodológicas en que se sustenta la propuesta de perfeccionamiento de la	50

habilidad diseñar	
I.4 Diagnóstico del nivel de desarrollo de la habilidad diseñar en los estudiantes	60
I.5 Conclusiones parciales	63
II. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA HABILIDAD DISEÑAR. PROPUESTA DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA SU DESARROLLO	66
II.1 Consideraciones generales acerca de las estrategias didácticas	66
II.2 Análisis a la estructura interna de la habilidad diseñar	69
II.2.1 Invariantes funcionales de la habilidad diseñar en electrónica digital	70
II.2.2 Dinámica de las acciones de especificación, modelación y descripción en la habilidad diseñar	85
II.3 Propuesta de estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar	88
II.3.1 La integración de la estrategia didáctica al sistema de objetivos-contenidos de las asignaturas Electrónica Digital I y II	89
II.3.2 Métodos, formas de organización-evaluación y medios de apoyo al desarrollo de la habilidad diseñar para un proceso de enseñanza-aprendizaje presencial	92
II.3.2.1 Formas de tratamiento al desarrollo de la habilidad diseñar	94
II.3.2.2 Los métodos y formas de organización-evaluación	101
II.3.2.3 Desarrollo y/o explotación de medios como soporte material de la estrategia	105
II.3.2.3.a El lenguaje VHDL como medio facilitador de la interacción entre las acciones: especificación-modelación-descripción	106
II.3.2.3.b Herramientas SiCoBIN, DigitalTools y ASM2VHDL	108
II.3.2.3.c El entorno <i>Web</i> DIGITAL	114

II.3.2.3.d La simulación y comprobación con las herramientas profesionales OrCAD y Altera MaxPlus II	118
II.3.2.3.e Analizador Lógico de 8 canales	119
II.4 Conclusiones parciales	120
III. EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD DISEÑAR EN EL TERCER AÑO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES-ELECTRÓNICA	123
III.1 Valoración, mediante criterios de especialistas, al Programa Analítico de las asignaturas ED I y ED II	124
III.2 Validación de la estrategia durante los cursos 2003-2004, 2004-2005, mediante su implementación, la observación participante y las encuestas estudiantiles	128
III.2.1 Resultados de la observación participante	128
III.2.2 Resultados de las encuestas estudiantiles	135
III.2.2.1 Encuesta cerrada del curso 2003-2004	135
III.2.2.2 Entrevistas grupales del curso 2004-2005	137
III.3 Conclusiones Parciales	140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	157
I.1. Formas de descripción de la función lógica Y (AND ó conjunción)	157
I.2 Resumen de los programas de las asignaturas: Electrónica Digital	158
I.3 Referencias a publicaciones de métodos, medios y formas de organización de la enseñanza del diseño electrónico digital	181

I.4 Resumen del índice de los textos mas referenciados en los programas de las asignaturas de Electrónica Digital disponibles en el CDICT	184
I.5 Resumen de los Programas Analíticos de las asignaturas Electrónica Digital I y II de universidades cubanas	187
I.6 Encuesta para el diagnóstico inicial del conocimiento sobre la habilidad de diseñar por parte de los estudiantes	198
I.7 Resultados de la encuesta-diagnóstico inicial acerca del conocimiento, por parte de los estudiantes, de la habilidad diseñar	199
II.1 Propuesta de problemas a solucionar mediante la actividad de diseño electrónico digital (diseñar) y resumen de algunas descripciones de las etapas por las cuales transitaron para su solución los estudiantes	201
II.2 Invariantes de conocimientos y formas de representación de los mismos	206
II.3 Programas analíticos de las asignaturas Electrónica Digital I y II	217
II.4 Orientaciones para la realización de las tareas extraclases en forma de proyecto	223
II.5 Herramienta de software de ayuda al diseño de Máquinas de Estado Algorítmico (ASM2VHDL)	227
III.1 Resumen de las valoraciones de los especialistas en los teletalleres de Electrónica Digital	228
III.2 Resultados de la autoevaluación	231
III.3 Encuesta aplicada en el curso 2003-2004	235
III.4 Encuestas abiertas como parte de las entrevistas grupales en la defensa de las tareas extraclases en la modalidad de proyecto	237
III.5 Explicaciones sobre la interrogante: ¿QUÉ ES DISEÑAR?	245

INTRODUCCIÓN

La electrónica, como una rama de la ciencia y la tecnología, ha transitado por importantes cambios desde sus inicios como una parte de la física. De hecho, la denominación de “electrónica” más bien alude a los medios que utiliza: dispositivos basados en el comportamiento del electrón.

Lo que la electrónica realmente maneja, y de forma eficiente, es la información de que son portadoras las señales eléctricas. Una definición esclarecedora de electrónica es la expresada por Pollán: “La electrónica es una técnica de manejo de la información, codificada en señales eléctricas, utilizando dispositivos que aprovechan las propiedades de los electrones” [Pollán, 2003, p. 12]. Para el autor de la presente investigación se asume como acertada la definición antes dada, pero considerando la electrónica como tecnología y no como técnica.

A partir de la definición anterior, la electrónica puede dividirse en dos grandes campos: la electrónica analógica y la electrónica digital. La primera se dedica al manejo de la información, codificada como señales eléctricas continuas en el tiempo; mientras que la digital codifica la información como señales eléctricas no continuas en el tiempo, de dos posibles valores solamente: alto y bajo (1 ó 0).

Tanto para la electrónica analógica como para la electrónica digital una de sus actividades profesionales fundamentales es el diseño de sistemas procesadores de información. Para (Wakerly, 2000; Mandado 2002, 2004), tanto la representación como la realización de un problema, solucionable dentro del campo de la electrónica digital, se combinan en el proceso llamado diseño digital.

La revolución en el diseño electrónico ha sido notablemente vertiginosa en las dos últimas décadas del pasado siglo y la primera del presente, apoyada la misma en su fusión con la computación y las comunicaciones. La sinergia entre electrónica y tecnología de la información abarca los más diversos campos de aplicación y regiones geográficas.

Para Cuba, un país en vías de desarrollo, y con una fuerte preocupación y atención por parte del Estado al desarrollo de ramas vinculadas a la electrónica (Telecomunicaciones, Automatización, Informática, Ingeniería

Biomédica, y Energética), resulta clave alcanzar niveles comparables de preparación de sus profesionales con los del mundo desarrollado, de ahí que el Estado haya reactivado desde el año 2005, a través del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC), el programa de desarrollo de la electrónica en Cuba. En fecha más reciente, nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro, en el acto por el aniversario 15 del Palacio Central de Computación, el 7 de marzo de 2006, expresaba: "Ya veremos qué ocurre cuando todos esos talentos se desplieguen y se consagren a la creación. Tenemos que acostumbrarnos a un mundo nuevo que va cambiando alrededor de nosotros" (Castro, 2006), recalcando la validez de la política de desarrollo del talento humano como principal recurso de nuestra sociedad.

Dicho desarrollo económico y social no puede prescindir de la electrónica, lo que exige de los profesionales dedicados a la formación académica de estos ingenieros la tarea de prepararlos en este campo con una alta capacidad de respuesta al vertiginoso avance de esta ciencia, de manera que puedan aprender por sí solos y orientarse en los cambios que se producen. Esto sólo se puede lograr si la formación de ese especialista se construye con una docencia de calidad sobre la base de los núcleos básicos del conocimiento y de las habilidades de carácter general, que permitan al estudiante asimilar las nuevas exigencias de la relación sociedad-ciencia-tecnología.

La carrera de "Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica", en Cuba, responde a la necesidad de satisfacer las demandas crecientes de la sociedad en cuanto a captación, procesamiento, transmisión y almacenamiento de la información y establece entre los objetivos definidos en el Plan C de estudios vigente (y en la propuesta del Plan D) para dicha carrera: "Diseñar y construir circuitos electrónicos", resaltando diseñar como una de las habilidades profesionales de estos graduados, de lo que se deriva uno de los objetivos generales de la Electrónica como disciplina académica, a la cual tributan las asignaturas de Electrónica Digital I y II.

El trabajo metodológico del colectivo de estas asignaturas, la práctica docente durante más de 12 años, así como los propios estudios y proyectos de investigación del autor, desde 1994 hasta 1999, mostraban que

pese a las transformaciones en los medios y en algunos casos en los métodos, no se alcanzaban niveles satisfactorios de generalización de la habilidad diseñar, quedando la misma centrada en un dominio mecánico de los métodos y de la operatividad de las herramientas de ayuda al diseño (medios). Los estudiantes no eran capaces de resolver problemas de medio a alto nivel de complejidad y las evaluaciones se realizaban parcializando los temas de cada una de las asignaturas, no lográndose integración de los mismos ni de la asignatura con otras afines en el año.

Por otra parte en el análisis de las memorias de eventos y congresos relacionados con la enseñanza de la Electrónica, así como en la revisión bibliográfica llevada a cabo para esta investigación sobre la literatura docente (fundamentalmente de Iberoamérica y países anglosajones) relacionada con el diseño electrónico digital, se pudo constatar que el mismo es abordado bajo un modelo conductista-fenoménico: problema-solución, en el que generalmente no se realiza un análisis del despliegue en todas sus fases de esta actividad, en especial en la etapa inicial de análisis del problema. Lo anterior trae como consecuencia que la utilización de esta literatura y de los medios de apoyo a la misma, en el contexto académico nacional, crearan condiciones propicias para asumir procesos de enseñanza-aprendizaje orientados en estos enfoques, no adecuados a los objetivos generales a alcanzar por un profesional cubano.

El vertiginoso avance de la electrónica digital exigía, en el contexto académico local, la identificación de tendencias, invariantes de conocimiento y metodologías que favorecieran el desarrollo de un proceso de enseñanza-aprendizaje flexible, capaz de adaptarse a los cambios dinámicos de ésta.

Del análisis anterior surge como **problema científico fundamental**:

¿Cómo desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje que potencie la generalización de la habilidad diseño electrónico digital (diseñar) en los estudiantes de tercer año de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica?

Resulta entonces necesario efectuar un estudio del “estado del arte” acerca del diseño electrónico digital en su dualidad dialéctica: tecnología-academia y, a partir de una caracterización del mismo como habilidad

(diseñar), proponer un conjunto de acciones que, integradas en forma de estrategia didáctica, permitan que los estudiantes de tercer año de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica generalicen la misma.

A partir de lo anterior se plantearon las siguientes **interrogantes científicas**:

1. ¿Cómo se aborda en la actualidad el diseño electrónico digital como actividad profesional?
2. ¿Cuáles son las implicaciones que ha tenido la forma actual de diseñar los sistemas electrónicos digitales en los procesos académicos de otras universidades?
3. ¿Qué se espera de un profesional con este perfil en el contexto nacional actual?
4. Si el diseño electrónico digital es, además de un proceso tecnológico, una habilidad profesional compleja, cuál es su estructura interna?
5. ¿Cómo implementar procesos y entornos que, a partir del conocimiento de la estructura interna de dicha habilidad y de su dinámica, favorezcan su generalización en los estudiantes de tercer año de Ingeniería en Telecomunicaciones- Electrónica?
6. ¿Cómo desarrollar una observación al proceso de enseñanza-aprendizaje que confirme la validez en la generalización de esta habilidad?

Tanto del problema científico, como de las interrogantes se puede definir como **objeto de estudio** el proceso de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas Electrónica Digital I y II.

Como **campo de acción**, el relacionado con el desarrollo de la habilidad de diseño electrónico digital (diseñar), con un enfoque sustentado en los principios psicopedagógicos de la escuela Histórico-Cultural; en particular, el de la teoría de la actividad.

Se plantea como **objetivo** general de esta investigación:

Desarrollar una estrategia didáctica para facilitar la generalización de la habilidad diseñar en Electrónica Digital, en los estudiantes del tercer año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

A los efectos de la presente investigación definimos como estrategia didáctica, el conjunto organizado de reglas y/o acciones que orientan la ejecución flexible y eficiente del proceso de enseñanza-aprendizaje, a partir de la integración de sus componentes, bajo unas circunstancias dadas, para alcanzar los objetivos previstos.

Alcanzar el objetivo de esta investigación exigió el cumplimiento de las siguientes **Tareas Científicas**:

1. Caracterización del “estado del arte” con relación a la problemática: Diseño Electrónico Digital, a partir de la información actualizada disponible en Internet, memorias de congresos y publicaciones, literatura técnica y docente, entre otras fuentes.
2. Análisis de las experiencias nacionales sobre la aplicación de los Planes de Estudio vigentes en Cuba para la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, en particular a las asignaturas Electrónica Digital I y II.
3. Diagnóstico del estado precedente, en los estudiantes de tercer año de Telecomunicaciones y Electrónica, en relación con el nivel de desarrollo de la habilidad diseñar.
4. Identificación y caracterización de la estructura interna de la habilidad diseñar en Electrónica Digital y su dinámica en relación con el sistema de contenidos.
5. Elaboración de una estrategia didáctica, factible en nuestro contexto nacional, para la integración de métodos, medios, formas de organización y evaluación que faciliten la generalización de dicha habilidad.
6. Reestructuración de los Programas Analíticos de las asignaturas Electrónica Digital I y II, en correspondencia con la estrategia didáctica.
7. Valoración de los Programas Analíticos a partir de opiniones de especialistas.
8. Observación y validación de dicha estrategia durante varios cursos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En correspondencia con el objetivo del presente trabajo, fue necesaria la aplicación de los siguientes **métodos de investigación científica**:

De Nivel Teórico:

1. Histórico-Lógico, con el fin de conocer el problema estudiado, en su origen y desarrollo; desde el punto de vista de la didáctica de la Electrónica Digital y de la integración de las TIC y el trabajo en grupo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
2. Inducción-deducción, con el objetivo de estructurar el conocimiento científico a partir de la revisión bibliográfica realizada.
3. Análisis-Síntesis; Abstracción-Generalización, para poder establecer nexos, comparar resultados, determinar puntos comunes y divergentes en los enfoques metodológicos estudiados, y derivar la conclusiones pertinentes.
4. Sistemico-Estructural, para abordar la aplicación de la estrategia didáctica como un sistema donde se integren los contenidos, métodos, medios y formas de organización y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje, que cumpla con el objetivo de favorecer la generalización de la habilidad diseño electrónico digital.
5. Evolución dialéctica de lo abstracto a lo concreto, para validar la estrategia didáctica dentro el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Electrónica Digital I y II.
6. Modelación, para la caracterización y descripción de la estructura interna de la habilidad diseño electrónico digital.

De Nivel Empírico:

1. Revisión de documentos oficiales de universidades extranjeras y nacionales para el enriquecimiento acerca del estado actual en el tratamiento al desarrollo de la habilidad diseñar, en electrónica digital.
2. La Observación participante, como vía para establecer una valoración cualitativa continua y el perfeccionamiento sistemático en la aplicación de la estrategia didáctica.
3. Encuestas y entrevistas a estudiantes y especialistas, con el fin de valorar la pertinencia y efectividad de la estrategia didáctica.

Métodos Matemáticos:

1. Métodos matemático-computacionales para el desarrollo de herramientas propias de ayuda al diseño y medios informacionales (sitios *Web*, etc.).

La **novedad científica** de la presente investigación se expresa a través de su aportes teóricos y prácticos.

Aporte Teórico:

La esencia del mismo radica en su contribución al enriquecimiento de la Didáctica en las asignaturas de Electrónica Digital, a partir de la identificación y análisis de la estructura interna de la habilidad diseñar y de su dinámica en relación con el sistema de invariantes de conocimiento, lo que permitió desarrollar e integrar métodos, medios, formas de organización y evaluación, en una estrategia didáctica orientada a favorecer la generalización de dicha habilidad.

Aportes Prácticos de la presente tesis lo constituyen:

- 1- Sitio Web: DIGITAL, con un considerable de volumen materiales actualizados y organizados para el estudio y consulta de las asignaturas Electrónica Digital I y II.
- 2- Un conjunto de herramientas computacionales, con características adaptadas a las necesidades didácticas de nuestro contexto, que sirven de ayuda al diseño de sistemas digitales combinacionales y secuenciales (SiCoBin, DigitalTools, ASM2VHDL, Analizador Lógico de 8 canales).
- 3- Tutoriales sobre temas actuales del diseño electrónico digital, tales como: diseño Microelectrónico con Dispositivos Lógicos Programables, norma *ANSI/IEEE*, Procesadores Secuenciales Sincrónicos de un nivel, descripción de funciones típicas combinacionales y secuenciales en *VHDL*; que integrados al sitio *Web* Digital permiten al estudiante la consulta dinámica de los mismos.
- 4- Las indicaciones metodológicas y los resultados de la evaluación de su efectividad didáctica en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, así como las experiencias acumuladas en el proyecto MES: “Generalización de experiencias en la enseñanza de la electrónica en Cuba” (Chaljub, 2004), que respaldan su aplicación en el ámbito académico nacional.

La tesis consta de tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos. En el Capítulo I se expone el marco teórico de esta investigación. En él se realiza un análisis del desarrollo y las principales tendencias actuales del diseño electrónico digital, así como la incidencia de éstas en el ámbito académico.

Se realizó una revisión bibliográfica y de programas docentes de varias universidades extranjeras y nacionales, con el objetivo de revelar las tendencias en cuanto a contenidos y métodos aplicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se fundamentan, además, los principios psico-pedagógicos que sustentan la aplicación de la teoría de la actividad como herramienta metodológica para el desarrollo de la estrategia didáctica y se realiza un diagnóstico del conocimiento de los estudiantes acerca de la habilidad diseñar.

En el Capítulo II se caracteriza gnoseológica y didácticamente la habilidad diseñar en Electrónica Digital y se elabora la estrategia didáctica con vistas favorecer la generalización de dicha habilidad en los estudiantes, dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje del tercer año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. En el mismo se desarrollan los componentes que integran dicha estrategia y se establecen las orientaciones metodológicas generales para la puesta en práctica de los programas analíticos reestructurados.

El Capítulo III está dedicado al análisis de los resultados en la implementación de la estrategia didáctica; la validación de la misma mediante la observación participante, encuestas y entrevistas grupales aplicadas a los estudiantes; así como una valoración, por parte de especialistas afines a la Electrónica Digital, de la propuesta de Programas Analíticos de ambas asignaturas como resultado de las conclusiones de los teletalleres realizados en el marco del proyecto MES ""Generalización de experiencias en la enseñanza de la electrónica en Cuba".

Se adjuntan 17 anexos y un disco compacto que permiten complementar la lectura de esta investigación y resumen las características generales de los medios didácticos elaborados.

I. DESARROLLO Y TENDENCIAS ACTUALES DEL DISEÑO ELECTRÓNICO DIGITAL, SU REFLEJO EN EL ÁMBITO ACADÉMICO

Entre los modos de actuación de los profesionales de las Telecomunicaciones y la Electrónica, la actividad de diseño es la que demanda una mayor capacidad de adaptación de éstos a los cambios producidos por el desarrollo tecnológico.

Los requerimientos de la industria, los servicios y la sociedad en general, a la solución de problemas utilizando los conocimientos, los métodos y los componentes y sistemas digitales, exige del proceso de formación de los ingenieros vinculados a este perfil, el desarrollo de habilidades con un alto nivel de generalización.

En el presente capítulo se realiza un análisis del desarrollo y principales tendencias de la actividad de diseño electrónico digital en la actualidad, así como su tratamiento en el entorno académico universitario.

A fin de recopilar información pertinente, se visitaron los sitios *Web* de importantes firmas diseñadoras y productoras de circuitos y sistemas digitales integrados, así como los flujos de trabajo con sus herramientas de ayuda al diseño electrónico (*EDA* en inglés).

Se revisaron las publicaciones de los siguientes Congresos y Revistas dedicados a la enseñanza de la electrónica:

- TAAE (Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica).
- EWME (*European Workshop on Education*).
- MSE (International Conference on Microelectronic Systems Education).
- *IEEE Transaction on Education* (Revista del *Institute of Electric and Electronic Engineers*).

Se consultaron los programas y la bibliografía básica de las asignaturas de Electrónica Digital en 18 universidades iberoamericanas, dos europeas, una estadounidense y tres nacionales, con el fin de analizar el tratamiento académico relativo al desarrollo de la habilidad diseñar.

Se realizó, al inicio de los cursos en que se ha trabajado la presente investigación, un diagnóstico que permitió conocer el nivel de desarrollo, en los estudiantes, de la habilidad diseñar dentro de la disciplina Electrónica.

Todo lo anterior permitió caracterizar dicha habilidad y sentar las bases teórico-metodológicas para la propuesta de una estrategia didáctica encaminada a perfeccionarla, integrada al proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas Electrónica Digital I y II (ED I y ED II) en el tercer año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

I.1 Caracterización de la actividad de diseño electrónico digital moderno en la esfera de la tecnología

I.1.1 Objeto de la electrónica. La electrónica digital

El objeto de estudio de la electrónica ha evolucionado desde sus inicios, tanto en su contenido como en su finalidad.

El Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) define la misma como:

1. Ciencia que estudia dispositivos basados en el movimiento de los electrones libres en el vacío, gases o semiconductores, cuando dichos electrones están sometidos a la acción de los campos electromagnéticos.
2. Técnica que aplica a la industria los resultados de esta ciencia.

La segunda definición está más relacionada con la verdadera finalidad de la misma y es donde sus avances se hacen más visibles a todos, en los más diversos campos de aplicación.

La definición de electrónica más ampliamente difundida es la realizada por Millman y Seely (Millman, 1951), posteriormente adaptada por el Institute of Radio Engineers (IRE): "La rama de la Ciencia y la Técnica que se ocupa, por un lado, del comportamiento de los electrones en el vacío, en presencia de campos eléctricos y magnéticos y de las interacciones electrón-materia y electrón-radiación, lo que constituye básicamente el

estudio de los dispositivos electrónicos. Por otro lado, se ocupa del diseño de los dispositivos y sus aplicaciones prácticas, basadas en los principios y dispositivos anteriores".

En la versión de los *Proceedings* del IRE se define como electrónica: "El campo de la Ciencia y la Ingeniería que trata de dispositivos electrónicos y de su utilización, entendiendo por dispositivo electrónico aquel en el que tiene lugar la conducción por electrones a través del vacío, de un gas o de un medio semiconductor."

Si en sus inicios la electrónica se dedicó al desarrollo de dispositivos cuyo elemento fundamental es el electrón, las necesidades del desarrollo económico-social exigieron de esta ciencia la aplicación de estos dispositivos en la producción de bienes y servicios.

En la actualidad, el campo de la investigación en dispositivos electrónicos es desarrollado fundamentalmente por países del llamado primer mundo, debido al alto costo de los medios necesarios para estos estudios; centrándose los mismos en la reducción del tamaño, el incremento de la densidad y la frecuencia de trabajo, la disminución del consumo y la utilización de nuevos materiales y procesos de fabricación.

Pero, en general, el mayor auge de la electrónica actual lo tiene el empleo de los dispositivos electrónicos y las técnicas de manejo de la información en la industria, la informática, las comunicaciones y el comercio en general.

Una definición más orientada a la finalidad de la electrónica es dada por (Pollán, 2003 p.12): "La Electrónica es una técnica de manejo de la información, codificada en señales eléctricas, utilizando dispositivos que aprovechan las propiedades de los electrones".

Para el autor de la presente investigación esta definición es la que considera más adecuada, por cuanto esclarece de forma sintética el objetivo, el objeto y el campo de acción a partir de sus tres componentes: la información, la codificación de señales eléctricas y los dispositivos. No obstante se considera necesario señalar que hubiera sido más conveniente considerar la electrónica como una tecnología y no como una técnica, por cuanto la tecnología abarca al conjunto de teorías y de técnicas que permiten el

aprovechamiento práctico del conocimiento científico, mientras que la técnica se refiere fundamentalmente a los procedimientos y recursos.

En general el manejo de la información, mediante señales eléctricas, puede darse en tres vertientes:

- La Telecomunicación, para el envío de esta información a distancia.
- La Automatización, para el control de procesos a partir de la información.
- La Informatización, para la generación de nueva información a partir de informaciones.

En cuanto a la codificación de la información mediante señales eléctricas, la misma se realiza en dos formas:

- Señales eléctricas con valores continuos en el tiempo (analógicas).
- Señales eléctricas con valores discretos en el tiempo (digitales).

Son precisamente estas dos formas de manejo de la información las que dividen la electrónica en dos grandes campos: la electrónica analógica y la electrónica digital.

La electrónica digital se dedica al desarrollo de sistemas capaces de procesar información codificada mediante señales eléctricas discretas bivalentes, utilizando componentes electrónicos en régimen de conmutación (abierto o cerrado, 1 ó 0, alto o bajo). Al proceso de desarrollo de estos sistemas es a lo que se denomina, en el campo de la tecnología, diseño electrónico digital.

I.1.2 Evolución Histórica del diseño electrónico digital

En el DRAE se define diseño como:

- Descripción o bosquejo de alguna cosa, hecho por palabras.
- Proyecto, plan.
- Concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie.
- Forma de cada uno de estos objetos.

De la misma forma expresa que diseñar es: Hacer un diseño.

En el campo de la electrónica digital, algunos autores (Mano, 2000; Wakerly, 2000) señalan como la función actual del diseño digital “la creación de sistemas”, lo que reafirma la complejidad de los circuitos digitales modernos y, por ende, del proceso asociado a su realización.

Es importante destacar el término creación en la anterior definición, por cuanto expresa que el diseño electrónico digital requiere, por parte de los profesionales de este perfil, una actividad compleja de solución de problemas a partir de sus conocimientos precedentes, pero también de inventivas.

En este sentido, según Wakerly: “El diseño digital es ingeniería, e ingeniería es solucionar un problema... En mi experiencia personal sólo entre un 5-10% de los diseños tienen un aporte nuevo, mientras que el resto está formado por módulos característicos o típicos y diseñar, utilizando estos módulos típicos, es mucho más fácil en estos tiempos que hace 20 ó 10 años atrás. De manera que entre un 50-100% del tiempo de diseño se consume actualmente en la parte nueva del mismo” (Wakerly, 2000 p.2).

En términos generales, se puede definir el diseño electrónico digital como el proceso planificado y organizado mediante el cual se implementa un sistema electrónico digital concreto, con vista a solucionar un problema práctico. El diseño es, además de un proceso tecnológico, el modo de actuación de los especialistas de la electrónica y por tanto una habilidad profesional compleja.

El incremento de la complejidad de los sistemas creados por el ser humano, producto del avance tecnológico en diferentes áreas, hizo necesario desarrollar métodos de diseño que garantizaran el correcto funcionamiento de un sistema una vez implementado, así como la eficiencia y la repetibilidad de dicho proceso. Dichos métodos han cambiando conforme se ha elevado la complejidad de los mismos.

Numerosos han sido los autores que han propuesto modelos del proceso de diseño, aplicables a cualquier tecnología, que permitan el desarrollo de un método para realizarlo (Mandado, 2000 p. 12). Como rasgo común se concibe la estructura del diseño como un sistema jerárquico en el que cada componente constituye un módulo separado. La utilización de esta estrategia en el diseño de sistemas digitales complejos tiene la

ventaja de que los módulos pueden ser realizados para diseñar diferentes sistemas (reutilización), con la consiguiente reducción del costo de diseño.

Los sistemas digitales complejos se definen como aquellos compuestos por un número de componentes elementales (compuertas) superior a cien y se caracterizan porque en su diseño no es posible utilizar los métodos manuales "clásicos" (ecuaciones del Álgebra de Boole, relaciones de entrada salida en forma de tabla de verdad, entre otras).

Lo anterior permite caracterizar al diseño tanto como resultado (implementación física), como a la vez proceso o sucesión de fases, con un método o estrategia propia. Esta interrelación dialéctica entre contenido y método no es privativa del diseño. Al respecto Lenin (Klingberg, 1980) comentaba en sus Escritos Filosóficos la definición de Hegel sobre método como: "la conciencia sobre la forma del movimiento interno propio del contenido". La anterior definición revela el carácter histórico y subjetivo del método y su dependencia del contenido que, a su vez, está históricamente determinado. A manera de resumen histórico, la tabla I.1 muestra la relación entre el contenido del diseño de los sistemas digitales y los métodos y medios para solucionar el mismo.

Según Moreno: "las características más destacadas de las tendencias actuales en diseño de sistemas electrónicos se pueden resumir en un incremento creciente de la complejidad de los sistemas a desarrollar, ciclos de vida y de diseño cada vez más reducidos, así como la necesidad de incluir un cierto grado de flexibilidad que permita afrontar posibles modificaciones o actualizaciones futuras". (Moreno, 2005 p.5).

Para Al-Hadithi y Suardiaz: "La consolidación en la década de los noventa de los lenguajes de descripción de hardware (*HDLs*, del inglés: *Hardware Description Languages*) ha supuesto, por otro lado, la implantación progresiva de la denominada metodología de diseño '*Top-Down*' (descendente) que, en contraposición a la metodología ascendente (*Bottom-Up*), permiten la descripción del sistema al más alto nivel. Hoy en día los

HDLs están ampliamente difundidos y estandarizados bajo la *IEEE*, por lo que su aprendizaje, más que aconsejable, es una necesidad en la pequeña y gran industria". (Al-Hadithi y Suardíaz, 2004 p.14).

Tabla I.1. Relación histórica entre el contenido del diseño y los métodos y medios empleados.

Período	Problemas a Diseñar (Contenido)	Métodos y Medios
1970	Memorias, Microprocesadores de 8 y 16 bits.	<ul style="list-style-type: none"> - Metodología de diseño ascendente (bottom-up). - Herramientas de ayuda al diseño muy rudimentarias. - Tecnología bipolar y NMOS. - Diseño centrado en las fábricas específicas de semiconductores.
1980	Diseño de Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASICs), circuitos integrados de alta densidad programables (FPGAs y CPLD), microprocesadores de 32 bits y procesadores digitales de señales.	<ul style="list-style-type: none"> - Se separan los procesos de diseño y fabricación. - Metodologías de diseño ascendentes (bottom-up) y descendentes (top-down). - Surgimiento del lenguaje de descripción de hardware VHDL. - Tecnologías CMOS y BiCMOS. - Desarrollo de herramientas computacionales de ayuda al diseño.
1990	Predominio de los FPGAs y CPLDs sobre los ASICs, desarrollo de aplicaciones en un solo chip (System on a Chip), Sistemas Complejos de Co-diseño Hardware-Software. Diseño de procesadores Pentium, Interfaces para redes y Multimedia.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo profundo de la tecnología CMOS. - Herramientas computacionales de ayuda al diseño muy poderosas. - Predominio de la metodología de diseño top-down. - Desarrollo y actualización del VHDL. - Abundantes bibliotecas de módulos complejos reutilizables. - Desarrollo de Co-Diseño Hardware-Software (Co-Design).
2000	Predominio de los System on a Chip (SoC), Diseños completos en un chip (mixtos), procesadores con propiedad intelectual.	<ul style="list-style-type: none"> - Consolidación del Co-Design y la convergencia Hardware-Software. - Fortalecimiento de la metodología de diseño descendente (top-down). - Poderosas herramientas de ayuda al diseño por computadora (CAD-EDA)*. - Lenguajes de descripción de hardware con síntesis automatizada. - Fuerte independencia entre el diseño y la tecnología. - Trabajo en equipo con amplio uso de las TIC. - Tecnología submicrónica.

* CAD: Diseño Asistido por Computadora en inglés. EDA: Herramientas de Diseño Electrónico Automatizadas.

Es importante señalar que los lenguajes de descripción de hardware, al formar parte de las herramientas de ayuda al diseño electrónico por computadora (*EDA* en inglés), permiten el trabajo en equipo. Así, al estructurar el desarrollo del proyecto, cada integrante del equipo de diseño puede trabajar en subproyectos antes de integrar todas las partes del sistema y establecer una comunicación tecnológica a través de la documentación del subproyecto mediante un lenguaje de descripción de hardware común.

Dicha tendencia se ha generalizado dentro del diseño digital moderno (Sagahyroon, 2000). El trabajo por niveles de jerarquía, la descripción mediante lenguajes de hardware de alto nivel y el uso de herramientas de software en prácticamente en todas las etapas del proceso de diseño, se integran en entornos informáticos favorables al intercambio entre diseñadores y la reutilización de diseños. En el proceso de diseño digital tiene una gran importancia la comunicación y la documentación.

I.1.3 Definiciones básicas acerca de los lenguajes de descripción de hardware

Por la importancia que tiene su utilización en los objetivos didácticos del presente trabajo, resulta necesario esclarecer qué son los lenguajes de descripción de hardware (*HDL* de: *Hardware Description Language* en inglés) y cuál es su papel actual dentro del diseño digital.

En general, los *HDL* son lenguajes de programación, establecidos como normas internacionales que permiten describir, en un ordenador, el funcionamiento de un circuito digital de cualquier nivel de complejidad.

Lo que diferencia los *HDL* de los lenguajes de programación para computadoras (C, Pascal, Basic, Fortran, etc.) es que mientras que éstos se ejecutan de forma secuencial; los *HDL*, por simular el funcionamiento de un sistema digital como un todo, se ejecutan simultánea o concurrentemente.

El surgimiento de los *HDL* fue el resultado de un esfuerzo internacional por tener un lenguaje común de intercambio de información de los diseños digitales que permitiera el desarrollo de proyectos en equipo. Dentro de los más difundidos en la actualidad se encuentran el *VHDL* y el *Verilog*, ambas normas

internacionales de la *IEEE* (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos en inglés). El *VHDL* ó *IEEE-1076/87/93* tiene una mayor difusión en el contexto europeo, mientras que el uso del *Verilog* se encuentra mayormente en Norteamérica y Japón (Pollán, 2004 p. 58; Gadea, 2004 p. 5).

Las siglas del **VHDL** proceden del inglés: *Very high speed integrated circuit Hardware Description Language* que significan: lenguaje de descripción para hardware de circuitos integrados de alta velocidad. Desde su surgimiento en 1987 el mismo ha venido perfeccionándose y ampliándose su utilidad, que inicialmente era para la descripción funcional (sin interesar la implementación física del modelo) y la documentación de los proyectos.

Actualmente está integrado en las herramientas de ayuda al diseño por computadora y permite, a partir de esta descripción funcional o de comportamiento (tal y como si se estuviese describiendo en lenguaje natural), la síntesis o compilación automática sobre un circuito integrado digital.

Si en sus inicios el diseño electrónico digital implicaba enfrentarse a extensas hojas de esquemas de componentes interconectados que, con el paso del tiempo, se hacían difícil de entender por otros diseñadores ó incluso por él mismo; la utilización actual de los lenguajes HDL permite describir el funcionamiento del sistema bajo diseño en un lenguaje formal, sin ambigüedades y de forma clara. Otra de sus ventajas es que permite la simulación de lo descrito y, por lo tanto, comprobar si el modelo funcional del problema a resolver es adecuado para continuar con las restantes etapas del diseño.

Un análisis más profundo de los HDL se aparta de los objetivos del presente trabajo y la utilidad del mismo, dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, es explotar el vínculo entre la representación gráfica general del diseño y la descripción en lenguaje formal *VHDL*, que refuerce la interpretación acerca de la solución del problema (Barrios, 2002).

En el Anexo I.1 se muestra un ejemplo sencillo de utilización del *VHDL* para describir el funcionamiento de la función lógica Y (*AND* ó conjunción). Como se observa en el mismo se han utilizado todas las formas de

representar dicha función, desde el lenguaje natural, la forma gráfica, la tabla de verdad, hasta una de las posibles descripciones en *VHDL*, coincidente con la forma en que se expresó la misma en lenguaje natural.

I.1.4 Componentes actuales del diseño electrónico digital

Varios son los autores que han establecido una clasificación general de los sistemas digitales (Morris, 1987; Floyd, 1996; Hayes, 1997; Gajski, 1997; Mandado (1994, 2000), atendiendo fundamentalmente a la relación de entrada-salida en función del tiempo. En este sentido se considera como la más sistemática la de Mandado (2000, p.8), la cual se ha modificado parcialmente a partir de las experiencias del autor de la presente investigación. (ver figura I.1).



Figura I.1 Clasificación General de los Sistemas Digitales

Diversos autores han estudiado las etapas por las cuales transita el diseño digital moderno (Navabi, 1993; Gajski, 1997; Pellerin, 1998; Wakerly, 2000; Mandado, 2000; Alfonso, 2002; Pollán, 2003). La diferenciación entre una u otra etapa depende esencialmente de los cambios cualitativos que tiene el diseño, desde que se plantea como un problema hasta que se obtiene una realización física del mismo que cumpla con eficiencia los requisitos iniciales.

En la figura I.2 se muestran estas etapas y su interrelación. El planteamiento del problema surge de las propias exigencias de las esferas de la producción, el comercio o los servicios y pasar de este, descrito en un lenguaje natural a una descripción formal no ambigua (Tabla de Verdad, Grafo, Esquemas, *HDLs*) exige de un proceso previo que, en la esfera tecnológica, se denomina: Análisis de las especificaciones de diseño. Como resultado de este análisis se describe un modelo funcional del problema.

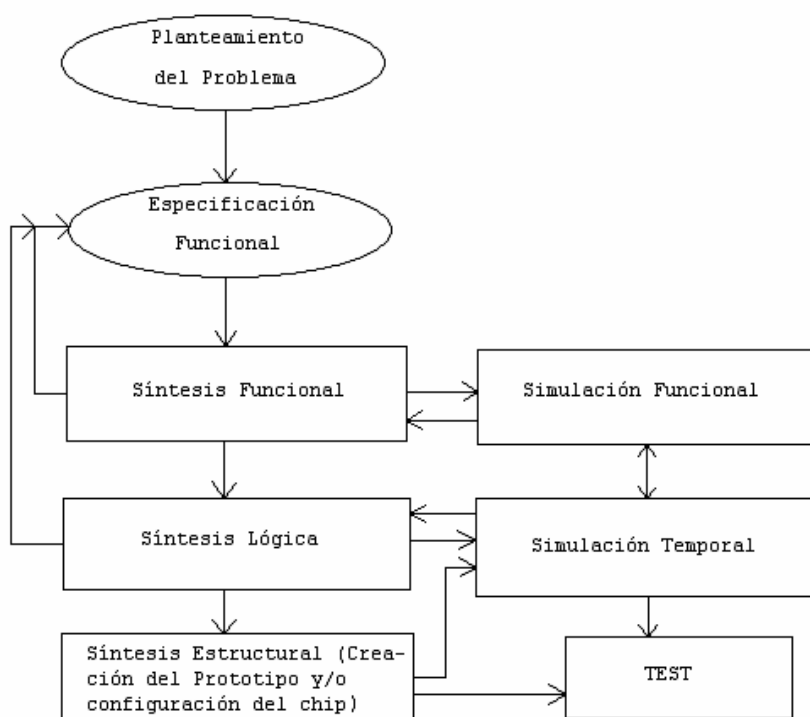


Figura I.2. Etapas del proceso de diseño digital.

Una vez que se dispone de la descripción funcional del sistema, las herramientas computacionales de ayuda al diseño tienen la potencialidad de realizar la síntesis de dicho modelo en diferentes niveles que van desde el más alto e independiente de la tecnología hasta la realización física en la forma de un circuito integrado o chip.

En cada uno de estos niveles es necesario comprobar el funcionamiento del circuito que, de no resultar satisfactorio, obligaría a un reanálisis de las especificaciones iniciales.

Es necesario destacar que la figura I.2 representa una visión externa del proceso de diseño electrónico digital, donde se señalan sólo los momentos o etapas fundamentales y que sólo un estudio más detallado de su estructura interna permitirá comprenderlo en toda su dinámica como una habilidad (diseñar), propia de los profesionales de este perfil. Como ya se señaló anteriormente, las etapas de análisis de las especificaciones del problema, su descripción y modelación, juegan un papel trascendental en el éxito del diseño. Una correcta especificación y descripción del sistema a diseñar evita modificaciones en las etapas posteriores que alargan el proceso de diseño y lo encarecen. Una caracterización que aún mantiene su vigencia (Gajski, 1988 p.13) con relación a las formas de representación de un diseño se muestra en la figura I.3.

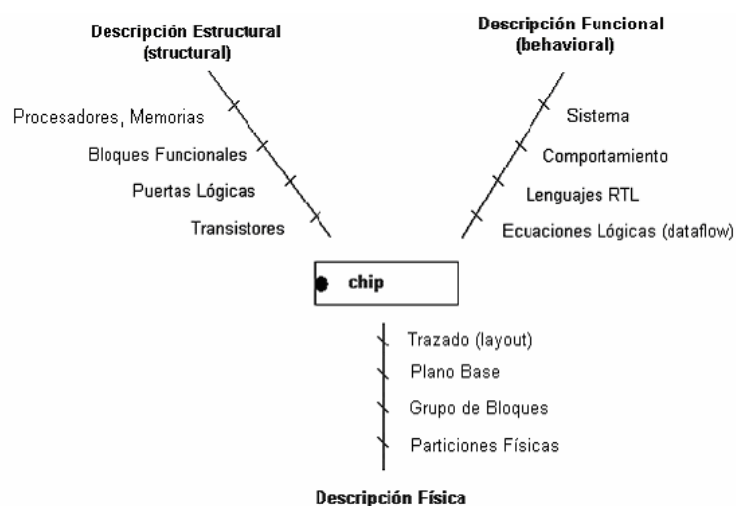


Figura I.3. Formas de descripción de los sistemas digitales complejos (Gajski-Kuhn).

En la actualidad, producto de la separación entre los procesos de diseño e implementación del chip, los modos de descripción estructural y de comportamiento están orientados y se encuentran disponibles en las herramientas EDA ó CAD para los profesionales dedicados al diseño, mientras que los relacionados con la realización física del chip están disponibles en las herramientas propias de los fabricantes de circuitos integrados y poseen una alta complejidad y costo.

Las exigencias actuales del mercado, han impulsado el desarrollo de herramientas de diseño electrónico (herramientas *EDA*, *Electronic Design Automation en inglés*) con facilidades para la transformación de una idea inicial a una realización física de forma rápida, eficiente, fiable y con un bajo costo. Tales exigencias han revolucionado la forma clásica de diseñar sistemas. Lo que habitualmente era un ciclo de diseño basado en prototipos que se iban mejorando hasta conseguir un producto final, está dando paso a concentrar los esfuerzos en el nivel conceptual o de modelación y la verificación previa de la funcionalidad del sistema sin detallar excesivamente en sus partes (Zemva, 1998).

Para (Gartner, 2000) la mayoría de los diseños electrónicos digitales, a partir del 2004, se caracterizarán en su fase inicial por descripciones en un lenguaje de alto nivel (*HLL*, del inglés *High Level Language*).

Los análisis anteriores permiten concluir que, visto como un sistema, los componentes o pilares sobre los que se sustenta el diseño electrónico digital moderno son: Los fundamentos teóricos, la tecnología electrónica y las tecnologías de la información y la comunicación (Figura I.4).

La Tecnología Electrónica abarca el desarrollo alcanzado en la fabricación de circuitos integrados, las herramientas de diseño asistido por computadora (*EDA*, *CAD-CASE*) que facilitan el mismo y lo ponen a tono con el progreso de las nuevas estructuras de estos *chips* (*ASICs*, *FPGAs*, *CPLDs*), las interfaces para la programación y verificación, así como las tarjetas de entrenamiento (*kits*). En resumen, todos los medios técnicos que permiten la realización física del diseño.

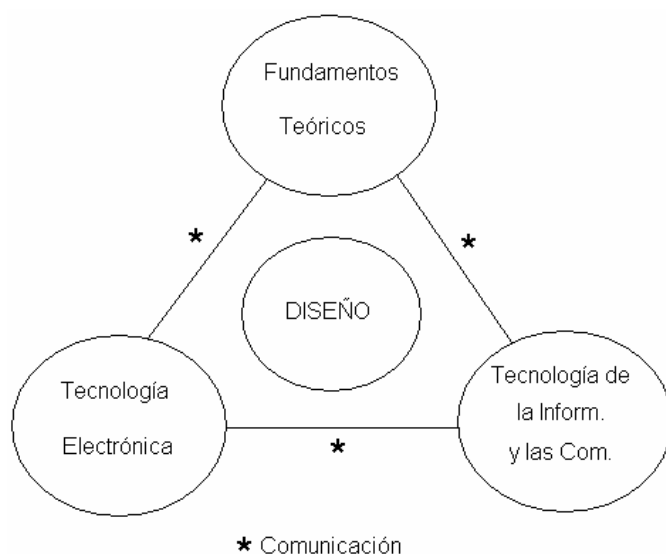


Figura I.4. Componentes generales del diseño digital.

El componente: Fundamentos Teóricos, está constituido por las invariantes de contenido y las metodologías de trabajo que caracterizan el diseño digital en la actualidad. En cuanto a invariantes de contenido se pueden señalar:

- 1- Fundamentos del Álgebra de Boole.
- 2- Los sistemas de representación y manipulación binaria de datos.
- 3- Circuitos combinacionales típicos.
- 4- Circuitos secuenciales típicos.
- 5- Fundamentos del procesamiento paralelo de datos.
- 6- Fundamentos del procesamiento secuencial de datos.
- 7- Subconjunto funcionalmente completo de un lenguaje de descripción de hardware HDL.

En cuanto a las metodologías de trabajo se considera como fundamental el diseño por niveles de jerarquía descendente (*top-down*), utilizando herramientas EDA.

Las TIC son el soporte donde concurren y se realizan los otros dos componentes. Entre las TIC y la tecnología electrónica se produce una sinergia, razón del actual desarrollo vertiginoso y simultáneo de la computación, la electrónica y las comunicaciones.

Otro factor en el que juegan un papel importante las TIC es el relacionado con las facilidades de comunicación entre diseñadores de un mismo o diferentes equipos de trabajo. El intercambio de especificaciones, los resultados parciales, la documentación del proyecto, entre otros, constituyen procesos característicos en el diseño digital moderno.

1.2 Caracterización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital

El análisis de los subepígrafes anteriores pretende ser una apretada síntesis del desarrollo del diseño digital, a la luz de la tecnología, tanto en su estructura como en los métodos que utiliza.

Un enfoque de sistema al desarrollo de la habilidad profesional diseño electrónico digital (en lo adelante y siempre que se refiera a la habilidad se expresará como **diseñar**) exige un estudio descriptivo-comparativo del tratamiento a la misma dentro de la disciplina Electrónica, en el currículo de universidades foráneas y nacionales, visto este último como proyecto y proceso (Tyler, 1971; Sanz, 2004; Horruitiner, 2006), reflejo de las tres fuentes básicas: la sociedad, la especialidad y los alumnos.

Un análisis de documentos oficiales, tales como los programas de las asignaturas de Electrónica Digital, la literatura docente básica empleada en los mismos y las experiencias de su enseñanza en nuestro país, permite caracterizar el tratamiento que se da a la habilidad diseñar y proponer las bases didácticas en que se sustenta su propuesta de desarrollo.

A lo largo del estudio se mantuvo como base metodológica el principio del carácter rector de los objetivos (MINED, 1984; Vecino, 1985; Álvarez, 1992) y la relación dialéctica: objetivo-contenido-método(s)-medios-formas de organización y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

I.2.1 La Electrónica Digital en el contexto académico internacional

En el Anexo I.2 se reseñan los programas de las asignaturas de Electrónica Digital de 18 universidades iberoamericanas, dos europeas y una estadounidense. En algunos casos el nombre de éstas aparece como: Electrónica Digital, Sistemas Digitales y en otros como Diseño Digital, lo que revela tanto la complejidad de esta temática como la finalidad de la misma.

En el caso de Sistemas Digitales, dicha denominación refuerza la concepción moderna de tratar la Electrónica Digital como un conjunto de estructuras modulares típicas con las cuales se pueden elaborar sistemas más complejos.

En cuanto a la denominación de Diseño Digital, ésta enfatiza en su objetivo fundamental: diseñar. Para el autor la denominación de Electrónica Digital es la más acertada por cuanto, a partir de la definición de Electrónica analizada en epígrafes anteriores, integra el objetivo de manejar la información, codificada en señales eléctricas de dos valores (contenido) mediante componentes electrónicas (medios).

En las universidades incluidas en el estudio, la Electrónica Digital se imparte como asignatura obligatoria en carreras de ingeniería, entre las que se encuentran: Telecomunicaciones, Telecomunicaciones y Electrónica, Electrónica, Biomédica, Industrial (modelo europeo), Mecatrónica (Latinoamérica), y en Ciencias de la Computación.

Lo anterior reafirma el carácter horizontal de ésta (Mandado, 2002), la cual se puede caracterizar como básica específica (Hernández, 2004), pues garantiza el desarrollo de las habilidades necesarias para que, en las posteriores asignaturas específicas de la profesión, el estudiante pueda resolver problemas profesionales utilizando los fundamentos del diseño digital.

En la mayoría de las instituciones investigadas se imparte como una sola asignatura de duración anual en el sexto y séptimo semestre, aunque también se puede encontrar como dos asignaturas-semestre (Electrónica Digital I y Electrónica Digital II) e incluso, de forma separada, las asignaturas de fundamentos teóricos y las

dedicadas netamente al desarrollo de los laboratorios.

I.2.1.1 Los objetivos

En nuestro estudio asumimos la clasificación de Talízina (1985, p. 8) y Álvarez (1992, p. 77) de objetivos educativos e instructivos y sólo analizaremos estos últimos, ya que: “su estudio sistémico nos permite encontrar en los mismos los siguientes elementos: **la habilidad**, el conocimiento...”.

Los objetivos instructivos de estos programas no varían en lo fundamental de una universidad a otra y pueden resumirse en los siguientes:

- 1- Conocer los fundamentos de la electrónica digital para realizar el análisis y **diseño** de circuitos electrónicos digitales.
- 2- Conocer las diferentes tecnologías de fabricación de circuitos integrados digitales.
- 3- Analizar y **diseñar** circuitos digitales combinacionales y secuenciales con componentes de diferentes niveles de integración.
- 4- Orientarse al **diseño asistido por ordenador** y al montaje y verificación de circuitos digitales.

Es necesario señalar que el alcance de los mismos se plantea generalmente a nivel de conocer y orientarse, por lo que limita un estudio de los aspectos necesarios para lograr un nivel adecuado de generalización de la habilidad diseñar. La otra habilidad que se plasma en los objetivos es el análisis, como actividad dialécticamente inversa al diseño, al análisis también se le da el nombre de “ingeniería inversa”.

El análisis, en electrónica digital, es aquel conjunto de acciones que permite, dada la implementación física de un circuito y su documentación técnica, describir su funcionamiento. En la actualidad el proceso de análisis resulta sumamente complejo, debido fundamentalmente a los altos niveles de integración de un diseño en un solo chip y a las protecciones contra copias que se incluyen en los mismos por sus fabricantes.

Es prácticamente imposible realizar el análisis de un circuito no desarrollado por el mismo diseñador o equipo de trabajo. A ello se debe la constante exigencia de una elevada calidad en la documentación de los diseños y la prioridad, dentro del contexto académico, al desarrollo de la habilidad diseñar sobre la de analizar.

I.2.1.2 Los Contenidos

Como se observa en el Anexo I.2, los programas de esta asignatura se declaran en forma de sistema de conocimientos, e incluso, en algunos casos no se explicitan los objetivos a alcanzar. Según (IPLAC): “Uno de los componentes no personales del proceso de enseñanza es el contenido. Mientras que los objetivos de la enseñanza son breves, generalizadores, estables, concretos; el contenido de enseñanza es amplio, detallado, cambiante”.

A las características generales antes mencionadas se añade otra muy significativa: el contenido es uno de los componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje que genera grandes polémicas profesionales. Esto se debe a la diversidad de factores que intervienen en la selección y el ordenamiento del contenido para un proceso de enseñanza-aprendizaje concreto.

Entre estos factores se pueden señalar:

1. Concepciones ideológicas y políticas.
2. Desarrollo actual de la ciencia y la técnica en el mundo contemporáneo, en la región y en el país en que tiene lugar el proceso de enseñanza aprendizaje.
3. Desarrollo y perspectivas socioeconómicas de la región y el país en cuestión.
4. Historia nacional y local.
5. Cultura nacional y local.
6. Condiciones naturales – biológicas y geográficas – en que vive la sociedad en que se educa.
7. Aspiraciones, ideales, necesidades y posibilidades de la sociedad.

A los factores anteriores, que pueden considerarse como no personales, se suman otros que guardan estrecha relación con los estudiantes, entre los cuales están:

1. El desarrollo físico e intelectual de los alumnos.
2. El nivel motivacional de estos.
3. El desarrollo profesional del personal docente.

Un estudio comparativo de los contenidos de la Electrónica Digital, a partir de la definición de asignatura (MINED, 1984 p. 237) “como un sistema didácticamente argumentado de conocimientos, habilidades y hábitos, seleccionados de una rama correspondiente de la ciencia o del arte para ser estudiados en un centro docente”, permite contrastar las tendencias actuales del diseño digital expuestas en el epígrafe anterior, con las formas en que el mismo se asume en la academia.

En la Tabla I.2 se muestra una relación de los conocimientos que se abordan en los programas consultados.

En la segunda columna se refleja el porcentaje que indica la presencia o no de cada uno de ellos en estos.

Una comparación entre los tres pilares sobre los que descansa el diseño digital como habilidad profesional (fundamentos teóricos, tecnología electrónica y tecnologías de la información y las comunicaciones) y los resultados del estudio resumido en la tabla anterior permiten concluir que:

- 1- Los conocimientos se orientan en función del perfil de las carreras. En las especialidades de Electrónica y Telecomunicaciones se encuentran analizados con mayor profundidad (nivel de saber hacer) las temáticas de la implementación física. En las de perfil computacional éstos se tratan a nivel de conocer y se profundiza más en las estructuras y métodos de procesamiento de datos.
- 2- La temática: Fundamentos del Diseño Digital, donde se establecen las bases de la estrategia del diseño digital moderno, no es abordada en la totalidad de los programas, carencia que impide alcanzar el objetivo de contar con una visión integral y metodológica de este proceso.

Tabla I.2. Relación de contenidos más comunes en la(s) asignatura(s) Electrónica Digital.

Tema	%
Sistemas de Numeración	100
Álgebra de Boole	100
Funciones Lógicas. Simplificación	100
Familias Lógicas. Compuertas Lógicas	100
Fundamentos del Diseño Digital	84
Circuitos Combinacionales Típicos	100
Circuitos Secuenciales Asincrónicos Básicos	26
Diseño Secuencial Asincrónico	21
Temporizadores	16
Circuitos Secuenciales Sincrónicos Básicos	100
Diseño Secuencial Sincrónico	100
Circuitos Secuenciales Sincrónicos típicos	100
Aplicaciones con circuitos Secuenciales típicos	100
Sistemas Secuenciales Sincrónicos Cableados (ASM)	63
Sistemas Secuenciales Sincrónicos Microprogramables	26
Memorias	84
Lógica Programable (PAL, PLA, CPLDs, FPGAs)	74
Herramientas de ayuda al diseño y lenguaje de hardware	42
Diseño para la verificación (Design for testability)	5

- 3- En opinión del autor, la tendencia a eliminar los aspectos básicos de los circuitos secuenciales asincrónicos limita la interpretación posterior de fenómenos imprevistos en la simulación y comprobación de los circuitos secuenciales sincrónicos, los cuales están formados básicamente por los asincrónicos. Además, el diseño secuencial asincrónico está surgiendo como una solución para incrementar la velocidad de respuesta de los sistemas digitales modernos (Yuan, 2004).
- 4- El tema de los temporizadores se ha venido eliminando de los contenidos de la Electrónica Digital para tratarse dentro de la Electrónica Analógica, algo que el autor considera adecuado, teniendo en cuenta

- que dentro de ésta se pueden analizar mejor los fenómenos relacionados con la respuesta a la alta frecuencia, interferencia, propagación, etc.
- 5- En opinión del autor, el tema de los Sistemas Secuenciales Sincrónicos Cableados ó Máquinas de Estado Algorítmico (*ASM* en inglés) constituye un conocimiento donde se integran todos los temas relacionados con los circuitos secuenciales sincrónicos. Las tendencias actuales del diseño digital moderno sobre sistemas digitales configurables o programables (*PLDs*, *FPGAs*, etc.) constituyen el pilar tecnológico sobre el cual se apoya el diseño *ASM*. El conocimiento de la estrategia de diseño de *ASM*, utilizando herramientas computacionales y circuitos digitales de muy alta integración configurables, se considera imprescindible para un profesional de este perfil que tenga como objetivo el desarrollo de diseños eficientes, con tiempos cortos de planificación-ejecución-comercialización, fiables y con protección intelectual.
 - 6- Las razones anteriores permiten emitir el criterio de incluir en el programa de esta asignatura las temáticas de los circuitos digitales configurables y el diseño utilizando herramientas computacionales, basadas en lenguajes de descripción de hardware, con una estrategia de diseño descendente (*top-down*) que permita simulaciones graduales en cada una de sus fases y la síntesis o implementación automática de las soluciones sobre estos circuitos configurables. Esta opción es la más adecuada para la formación de profesionales dedicados al diseño electrónico digital en países en vías de desarrollo.
 - 7- El débil tratamiento que se da al tema de los lenguajes de descripción de hardware, reafirma que aún son válidos los resultados de estudios realizados por Texas Instruments (1995) y Gadea (2004, p. 5) en los cuales se concluye que:
 - Existe demasiada optatividad en los contenidos relativos a la enseñanza de los *HDLs*.
 - Se observa un alejamiento de éstos con respecto a la Electrónica Digital: "Tenemos que empezar a

pensar que un lenguaje *HDL* puede utilizarse en cursos básicos para explicar de manera sencilla el modelo de funcionamiento de los bloques digitales (no tiene que ser una alternativa a las tablas de verdad o de transición, más bien estamos hablando de otra forma de expresar el funcionamiento). Muchos de los libros de Electrónica Digital incorporan ese punto de vista trabajando con *VHDL* (ver libros de Floyd, Mandado, Wakerly, Tocci, etc.)" (Gadea, 2004 p.6).

I.2.1.3 Los métodos, los medios y las formas de organización-evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje

Con el fin de analizar la manera en que pueden integrarse los métodos, los medios y las formas de organización para el logro de la habilidad diseñar, y partiendo de la concepción dialéctica: objetivo-contenido-método(s)-medios-formas de organización y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje, asumida en la presente investigación, se consultaron las principales publicaciones y congresos dedicados a la enseñanza de la electrónica:

1. *International Conference on Microelectronic Systems Education* (MSE). (2001 y 2003).
2. *European Workshop of Microelectronics on Education* (EWME). (2002).
3. Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. (TAEE). (2002 y 2004).
4. *IEEE Transactions on Education*. (1997 al 2002).

En el Anexo I.3 se relacionan los artículos consultados, agrupados por métodos, medios y formas de organización, lo que permitió, a partir de un enfoque integral de este estudio, arribar a las siguientes conclusiones:

1. Los métodos de enseñanza-aprendizaje innovadores (trabajo por proyectos, trabajo colaborativo, e-learning, etc.) no están totalmente generalizados. Factores subjetivos como la composición del claustro, y objetivos como el número del mismo y la falta de recursos, así como las políticas

académicas, limitan su desarrollo. Esto afecta la creación de un entorno de trabajo, en la asignatura, similar al de un profesional dedicado al diseño digital.

2. En algunos casos se contradicen la aplicación de estos métodos que potencian el trabajo independiente y productivo del estudiante con evaluaciones clásicas (exámenes finales con preguntas no integradoras). Se observa además un enfoque conductista en el tratamiento de estos métodos, pues al estudiante o al equipo se le expone la tarea y la misma no se controla sistemáticamente en sus diferentes etapas, evaluándose sólo al final el resultado de la misma.
3. En ocasiones a los medios se les confiere un carácter rector sobre los métodos. La existencia de programas universitarios patrocinados por empresas desarrolladoras de sistemas digitales que “facilitan” el uso de sus herramientas de ayuda al diseño, en algunas ocasiones no encierran la estrategia general de trabajo del diseño digital moderno o no son consecuentes con el nivel de desarrollo socioeconómico del país. De esta forma crean también una dependencia de los futuros profesionales al trabajo con dichas herramientas.
4. Relacionado con el punto anterior, las formas de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje se enfocan a la realización de actividades “prácticas” que dedican más tiempo al manejo de la herramienta de ayuda al diseño que al desarrollo de las diferentes etapas del mismo.
5. Crecimiento de herramientas de ayuda al diseño con independencia de un fabricante en particular, así como el incremento de materiales soportados por las TIC disponibles en Internet y con facilidades de acceso gratuito que permiten su valoración como posibles recursos en nuestro contexto.
6. Se generaliza la utilización de los lenguajes de descripción de hardware (*VHDL* en Europa y *Verilog* en EEUU), fundamentalmente en la etapa de modelación funcional del sistema.

I.2.1.4 La literatura docente

En el ámbito académico constituyen referencia generalizada los textos de los siguientes autores:

1. Wakerly, J. *Digital Design, principles and practices*. Second Edition. Prentice Hall. 1995.
2. Wakerly, J. *Digital Design, principles and practices*. Third Edition. Prentice Hall. 2000.
3. Gajski, D. *Principles of Digital Design*. Prentice Hall. New Jersey. 1997.
4. Mandado, E. *Sistemas Digitales, principios y aplicaciones*. Paraninfo, España. 2000.
5. Morris, M. Kime, C. *Logic and Computer Design Fundamentals*. Prentice Hall. New Jersey. 1997.
6. Morris, M. *Digital Design*. Second Edition. Prentice Hall. 1987.
7. T. L. Floyd. *Fundamentos de Sistemas Digitales*. Addison-Wesley Iberoamericana. 1996.
8. John P. Hayes. *Diseño Lógico Digital*. Prentice-Hall. Madrid. 1997.

Los señalados como 1 y 2, se consideran bibliografía básica de las asignaturas de Electrónica Digital, según el Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica vigente en Cuba (Plan C modificado, 1998). El primero está disponible para todos los estudiantes como módulo de texto. En el Anexo I.4 se resume el índice de los que se poseen ejemplares en el Centro de Documentación e Información Científico Técnica (CDICT) de la UCLV.

En cuanto a los temas abordados en los textos mencionados, el núcleo básico se corresponde con las invariantes de la ciencia y la tecnología digital caracterizadas en epígrafes anteriores:

- 1- Álgebra de Boole.
- 2- Lógica de Conmutación.
- 3- Tecnologías de fabricación de circuitos integrados digitales.
- 4- Circuitos combinacionales típicos de pequeña, media y alta escala de integración.
- 5- Diseño con circuitos combinacionales.
- 6- Circuitos secuenciales síncronos típicos de pequeña, media y alta escala de

integración.

7- Diseño con circuitos secuenciales sincrónicos. Máquinas de estado algorítmico.

Otros temas que complementan el núcleo básico y que distinguen la finalidad del texto son:

- 1- Tecnología de fabricación microelectrónica.
- 2- Verificabilidad de circuitos integrados.
- 3- Arquitecturas típicas para microprocesadores.
- 4- Lenguajes de descripción de hardware.

En general, la finalidad de estos textos determina su orientación hacia un perfil más de hardware electrónico (Wakerly, Mandado, Floyd, Hayes) o hacia un tratamiento de sistemas con descripciones entrada-salida de los bloques sin entrar en detalles de su implementación (Gajski, Morris, Wakerly). Esta división está relacionada con la carrera donde se imparte la Electrónica Digital, tal como se señaló en las conclusiones del análisis de conocimientos del subepígrafe I.2.1.2 .

Las mayores diferencias entre uno u otro texto se encuentran en el tratamiento dado a la metodología de diseño. En este sentido resultan integradores los enfoques con que se aborda el mismo en Wakerly (1995 y 2000) y Mandado (2000), al encontrarse coherencia entre las estructuras más generales dentro de la clasificación de los sistemas digitales (figura I.1), su principio general de funcionamiento, y la adaptación de la metodología general (figura I.2) a cada una de estas estructuras.

Es necesario señalar que en los textos consultados, a opinión del autor de la presente investigación, el tratamiento a los temas relacionados con el diseño adolece de un análisis exhaustivo en la modelación del problema. En la generalidad de los ejemplos se presenta el problema a diseñar y se pasa a una propuesta de solución utilizando estructuras típicas de circuitos combinacionales o secuenciales. Posteriormente se procede a argumentar el por qué de dicha solución, por lo que en lugar de mostrarse un proceso de diseño, lo que se realiza es un proceso de análisis, definido anteriormente como la actividad dialécticamente inversa.

Por otro lado para que la habilidad diseñar, como toda actividad altamente especializada de la conciencia (Rubinstein, 1966; Talízina, 1988) resulte generalizadora y transferible a situaciones diversas requiere de una base orientadora de tercer tipo (Talízina, 1988 p.90), de manera que la demostración del diseño mediante ejemplos (base orientadora de segundo tipo), aunque necesaria, no es suficiente y debe ser superada.

En los textos más recientes (Wakerly, 2000; Mandado, 2000; Pollán, 2002) se aborda la utilización de los lenguajes de descripción de hardware en el proceso de diseño, pero con la característica de tratar las soluciones por esta vía de forma separada a la de los esquemas utilizando bloques funcionales típicos. En opinión del autor, son dos formas de representación de un mismo problema y tratar ambas paralelamente permite una visión más integral de su solución. El lenguaje y la graficación de un mismo fenómeno favorecen el aprendizaje (Gardner, 1983).

1.2.2 Experiencias en la enseñanza de la Electrónica en Cuba. La Electrónica Digital en el Plan de Estudios de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica

Un análisis integral al tratamiento académico de la habilidad diseñar exige el estudio de los objetivos que debe lograr la Electrónica Digital dentro del currículo de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica en el ámbito nacional.

Entendiendo currículo (Addina, F., 1997 p.7) como: un " proyecto educativo integral con carácter de proceso que expresa las relaciones, las interdependencias con un contexto histórico social, condición que le permite rediseñarse sistemáticamente en función del desarrollo social, los progresos de la ciencia y las necesidades de los estudiantes para que se incorporen al desarrollo de la personalidad del ciudadano que se espera formar".

Un estudio de su diseño (Calzado, D. 2003) permite identificar el lugar que le corresponde a la Electrónica Digital dentro de la disciplina Electrónica de esta carrera, así como su interrelación con el resto de las

asignaturas.

En las orientaciones del Plan de Estudios C (modificado) (MES, 1998 p. 6) para la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica se establece que:

"... el desarrollo de las Telecomunicaciones y la Electrónica, tanto nacional como internacionalmente aconsejan el Perfeccionamiento del Plan C definiéndose nuevas esferas y modos de actuación, en las que existen algunas diferencias con relación a las anteriores, más acorde con la situación nacional".

En el propio documento se definen las esferas, modos de actuación, campos de acción, el problema fundamental del especialista, su objeto y el objetivo a desarrollar en este:

Esferas de actuación:

- 1- Sistemas de Telecomunicaciones por Radio
- 2- Sistemas de Telecomunicaciones por líneas (eléctricas) metálicas y ópticas.
- 3- Sistemas Telemáticos
- 4- Sistemas Electrónicos

Modos de actuación:

- 1- Instalación
- 2- Explotación (Operación y mantenimiento)
- 3- **Diseño** (con mayor peso en la esfera de Sistemas Electrónicos)

Campos de acción:

Componentes, circuitos y sistemas.

Problema:

La necesidad de satisfacer las demandas crecientes de la sociedad en cuanto a captación, procesamiento, transmisión y almacenamiento de la información.

Objeto:

Conjuntos de medios electrónicos y electrotécnicos, radioeléctricos y ópticos para la captación, procesamiento, transmisión y almacenamiento de la información, utilizando diferentes técnicas de acuerdo a la naturaleza y al objetivo del servicio que prestan.

Objetivo:

Explotar eficientemente los medios y sistemas de Telecomunicaciones. Diseñar elementos de Sistemas de Telecomunicaciones y Telemáticos. **Diseñar** y construir circuitos electrónicos.

En la misma fuente se plantea que: "...el Modelo del Profesional debe quedar redactado en términos de objetivos educativos e instructivos. Estos últimos en función de las **habilidades** que realmente sean posibles lograr en el marco de una Educación de Pregrado..."

Como se puede constatar, se considera la habilidad diseñar (en general) como uno de los objetivos fundamentales, en particular dentro del perfil electrónico de esta especialidad, de lo que se deriva la necesidad de atender el desarrollo de la misma en las asignaturas de la disciplina Electrónica.

Las asignaturas Electrónica Digital I y II pertenecen a la disciplina Electrónica la cual está formada, además, por las siguientes:

Asignaturas	Horas totales	Examen final	Año de impartición
Electrónica Analógica I	80	si	Segundo
Electrónica Analógica II	80	sí	Tercero
Electrónica Analógica III	80	sí	Tercero
Electrónica Digital I	64	si	Tercero
Electrónica Digital II	80	sí	Tercero
Microprocesadores I	64	sí	Tercero
Microprocesadores II	80	no	Cuarto
Sistemas con microprocesadores	80	no	Cuarto
Mediciones electrónicas	80	no	Tercero

“La disciplina Electrónica aporta la materia básico-específica que requiere el alumno para analizar o **sintetizar** los elementos fundamentales de que están formados los equipos y sistemas que estudiará en las asignaturas terminales de su carrera y le brindan al egresado una de las herramientas más importantes para su actividad profesional, por la congruencia actual de las técnicas de computación, concebida también como hardware y telecomunicaciones” (MES, 1998 p. 12).

Como se observa, en la misma se precisa el desarrollo de la síntesis (diseño), así como el carácter de disciplina básico-específica, enmarcando las Electrónica Digital I y II en el tercer año, a las que le precede la Electrónica Analógica I, en la cual se establecen los principios de funcionamiento de los componentes electrónicos básicos con los que se crearán los subsistemas digitales.

La Electrónica Digital sirve de precedente a las asignaturas de Microprocesadores II, Sistemas con Microprocesadores y Transmisión de Datos, las que utilizan para el diseño de sistemas especializados, subsistemas basados en bloques digitales típicos.

Durante los años 2000-2004 se realizó el Proyecto MES: “Generalización de experiencias en la enseñanza de la electrónica en Cuba” (Chaljub, 2004). El mismo se efectuó en la modalidad de paneles virtuales para cada una de las asignaturas de la disciplina y en él intervinieron todas las universidades que imparten la Electrónica en el país. Se intercambiaron los programas analíticos, las orientaciones metodológicas, experiencias en la enseñanza, herramientas computacionales y materiales bibliográficos.

Las conclusiones generales obtenidas acerca de la enseñanza de esta disciplina fueron:

1. Los métodos de enseñanza aplicados tienden a converger. Se aplican metodologías que activan el protagonismo del alumno en la búsqueda y clasificación de información, en el estudio de alternativas de solución a problemas y que estimulan a trabajar de manera cooperativa con otros.
2. Se consideran apropiados, los siguientes medios: correo electrónico y plataformas para sitios Web.
3. La transformación del laboratorio de Electrónica se basa en utilizar instrumentos virtuales, en

máquinas con acceso a Internet, para desarrollar prácticas simuladas y reales, de modo presencial.

4. La aplicación de las TIC en la enseñanza de la Electrónica requiere de la cooperación y el esfuerzo conjunto de todos los CES.
5. Se considera conveniente que al alcance de los estudiantes estén textos escritos en formato electrónico, apoyados con videos, con ejercicios resueltos, en los que se ilustran los métodos fundamentales para enfrentar problemas típicos de los diferentes temas abordados.
6. Se deben realizar prácticas de laboratorio con objetivos dirigidos a desarrollar la capacidad de interpretar fenómenos, de distinguir regularidades, etc. y también otras con el objetivo de llevar a la práctica metodologías para el diseño de circuitos típicos.
7. La conferencia magistral comienza a ser un acto menos frecuente, dando paso a sesiones cortas donde el profesor orienta, demuestra, e ilustra con acciones, las vías por las que tendrán que transitar los estudiantes para construir sus conocimientos.
8. La interacción directa con el objeto de estudio, entre estudiantes y entre estudiantes y el profesor, es el acto de mayor importancia, y se debe potenciar mediante el uso adecuado de las TIC.

A los fines de la presente tesis revisten particular importancia las conclusiones anteriores, por cuanto revelan la integración que en epígrafes precedentes se ha señalado entre las TIC, los fundamentos teóricos y las tecnologías, dentro del campo de acción de la Electrónica Digital en particular, y de la Electrónica como disciplina que la abarca.

De dichas conclusiones se deriva la necesidad, en el orden didáctico-metodológico, de transformaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje que favorezcan el aprendizaje mediante el trabajo colectivo y el desarrollo de medios que integren y simulen la manera de actuar los profesionales de este perfil.

I.2.3 Caracterización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital en Cuba

Un análisis de lo general a lo particular conduce a un estudio de las características específicas del proceso de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas de Electrónica Digital I y II dentro de la disciplina Electrónica.

En el Anexo I.5 se muestran los resúmenes de los programas analíticos de las universidades cubanas que imparten las Electrónica Digital I y II en la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica.

Las principales conclusiones se obtienen a partir de la aplicación del Plan de Estudios C, del trabajo investigativo y metodológico del colectivo de asignatura desde 1996, del proyecto MES antes señalado, del proyecto internacional AECl (Agencia Española de Cooperación Internacional): "La enseñanza de la Electrónica Digital y los Microprocesadores utilizando Internet" (Valdés, 2002), y de la propia experiencia docente. Las mismas se pueden resumir en:

1. El desarrollo del sector de la Informática y las Comunicaciones exigía elevar el nivel cualitativo de los profesionales de Telecomunicaciones y Electrónica, especialmente en cuanto al conocimiento de los sistemas digitales y el diseño de éstos utilizando dispositivos lógicos programables (*PLDs* en inglés).
2. El vertiginoso avance de la Electrónica Digital, las nuevas tecnologías y procesos, requerían en el contexto académico la identificación de tendencias, invariantes de contenido y metodologías que favorecieran un aprendizaje flexible capaz de adaptarse a los cambios dinámicos del sector.
3. El amplio desarrollo de los laboratorios computacionales y las redes en los centros del Ministerio de Educación Superior, permite la elaboración de medios de apoyo al proceso docente tales como programas tutoriales, entrenadores, simuladores, sitios Web y su integración al proceso de enseñanza-aprendizaje; tanto en apoyo a la docencia directa, como al estudio independiente. Así mismo este factor favorecía al desarrollo de instrumentos virtuales o reales-virtuales que permitieran suplir las necesidades de laboratorios específicos para estas asignaturas.
4. A diferencia de otras disciplinas, los medios computacionales en la Electrónica Digital no son

solamente medios de enseñanza, constituyen los instrumentos de trabajo para el desarrollo de la actividad de diseñar. Esto le impone un carácter particular al proceso de enseñanza-aprendizaje, por cuanto el estudiante no solo empleará el ordenador para el procesamiento de la información, sino también para desarrollar operaciones de su actividad práctica profesional.

5. Los objetivos de diseñar y analizar continúan siendo los rectores y el primero posee cada vez más trascendencia a partir de los cambios tecnológicos recientes. Sin embargo los resultados en el desarrollo de esta habilidad no eran satisfactorios, al no encontrarse adecuados niveles de generalización de la misma.

En lo que se refiere a la conclusión primera, desde que se diseñó el Plan C, se ha venido incluyendo en el sistema de conocimientos de las asignaturas ED I y ED II el tratamiento a la temática de los circuitos integrados semimedida o configurables, los cuales han evolucionado rápida y exitosamente en el desarrollo de sistemas digitales para producciones en series medias y cortas, con un período entre su concepción y su acceso al mercado menor al de otras tecnologías de circuitos integrados de aplicación específica (*ASICs* en inglés). Esta opción de desarrollo de aplicaciones con circuitos integrados configurables (*PLDs* y *FPGAs* en inglés) se adapta a las necesidades y potencialidades tecnológicas de nuestro país.

En cuanto a la segunda conclusión, se retoma a (Álvarez, C. 1999) cuando expresa: “el currículo es el proceso que establece la relación entre el contexto social o mundo de la vida y el proceso docente o mundo de la escuela”. Las experiencias en el campo profesional del diseño digital y el trabajo metodológico en estas asignaturas como parte del proyecto MES antes señalado han permitido estructurar el sistema de conocimientos de la Electrónica Digital (figura I.5).

A partir de esta figura se puede señalar que, en opinión del autor, los lenguajes de descripción de hardware (*HDL*) sólo se tratan como herramientas para programar sistemas combinacionales y secuenciales de alta escala de integración, desaprovechándose la posibilidad de potenciar la representación de cualquier sistema

digital, independientemente de su nivel de integración, en un lenguaje formal y muy cercano al natural, tal y como se analizó en el subepígrafe I.1.3.

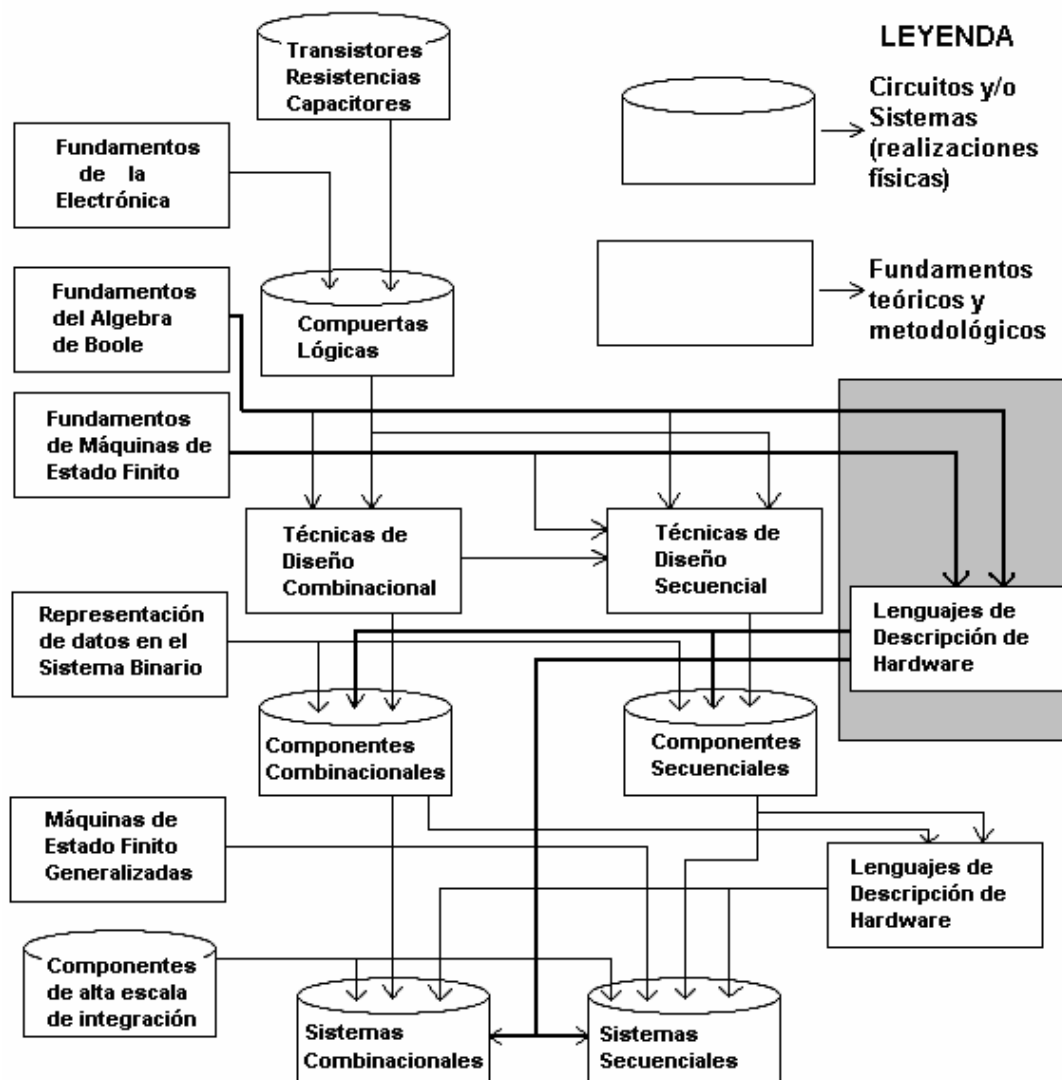


Figura I.5. Integración de contenidos en la Electrónica Digital

Se propone en la presente investigación que, en lugar de tratar los *HDL* como algo “añadido” al sistema de conocimientos, éstos deben integrarse con las técnicas de diseño combinacional y secuencial para la caracterización de los componentes típicos en cada caso (región sombreada de la figura). Es decir, no

enseñar *HDL* a partir del conocimiento de los bloques típicos, sino utilizar *HDL* para reforzar el conocimiento de dichos bloques, considerando que es otra forma más, en lenguaje formal, de describirlos.

Respecto a la quinta conclusión, las experiencias demostraban que el desarrollo de los temas de estas asignaturas se realizaba de forma aislada, evaluándose éstos individualmente, alejados de una dinámica integradora capaz de evaluar el proceso de asimilación y generalización de la habilidad diseñar, en la misma medida en que se incrementaba la complejidad de los problemas a resolver.

I.3 Bases teórico-metodológicas en que se sustenta la propuesta de perfeccionamiento de la habilidad diseñar

Las bases teórico-metodológicas de la presente propuesta se derivan del propio problema y objeto investigativos, así como del campo de acción. Dichas bases se encuentran en los aspectos relacionados con la psicopedagogía del proceso de enseñanza-aprendizaje, la habilidad como una actividad psíquica superior del hombre y las transformaciones del currículo (programa analítico de las Electrónica Digital I y II).

Cualquier basamento teórico-metodológico debe estar sustentado en principios filosóficos generales. En este trabajo se asume el principio dialéctico-materialista e histórico de que, en el desarrollo del hombre intervienen tanto los factores externos como la propia individualidad, en una constante interacción sujeto-objeto, sujeto-sujeto; transformando el medio y a sí mismos.

También se asume dentro de esta perspectiva filosófica, que el perfeccionamiento es un proceso dialéctico de desarrollo en espiral, donde cada estadía alcanzada constituye punto de evaluación y partida de nuevas transformaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, las bases teórico-metodológicas que sustentan la propuesta del presente trabajo se adscriben al enfoque de la escuela histórico-cultural de Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934) y colaboradores, enriquecida por amplias investigaciones en la práctica pedagógica soviética y cubana.

En el enfoque histórico-cultural (Kraftchenko, O.; Hernández, H.; 1999), las ideas de Vygotsky conducen a una reestructuración del concepto de aprendizaje que de modo resumido se expresan en lo siguiente:

- El aprendizaje no existe al margen de las relaciones sociales.
- El aprendizaje no ocurre fuera de los límites de la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP).
- El aprendizaje (en un sentido restringido) y la educación (en un sentido amplio) preceden al desarrollo, o conducen al desarrollo.

El enfoque histórico-cultural considera que la enseñanza precede al desarrollo y que por tanto, la enseñanza es desarrolladora, es decir, produce el desarrollo. De lo que se trata es de conocer el estado de los conocimientos que el estudiante tiene, pero no para adaptar la enseñanza a éstos, sino para producir nuevos desarrollos.

Las tesis psicológicas que propuso Vygotsky hacen referencia a las Funciones Psíquicas Superiores; y son las siguientes:

1ª Tesis: Las Funciones Psíquicas Superiores tienen un origen histórico y social.

2ª Tesis: Las mismas se deben estudiar desde una perspectiva genética.

3ª Tesis: Los instrumentos de mediación (entre ellos el lenguaje) cumplen un papel importante en la formación de éstas.

Para Petrovsky: "... Vygotsky promueve la idea de que el trabajo y la actividad instrumental conducen a modificar el tipo de conducta del hombre, a diferenciar al hombre de los animales. Esta diferencia del hombre consiste en el carácter mediatizado de su actividad. La mediatización se hace posible gracias a que el hombre, en su actividad psíquica interior, emplea signos (la palabra, el número, etc.), así como en la actividad práctica, exterior, utiliza el instrumento. La similitud entre instrumento y signo (en el sentido psicológico) está en que ambos permiten efectuar una actividad mediatizada. La diferencia entre instrumento y signo está en una distinta orientación... el instrumento hacia lo externo... el signo hacia lo interno".

(Petrovski, 1980 p.13).

En el carácter activo de los procesos psíquicos, la esencia del proceso de desarrollo social y humano lo constituye el concepto de actividad, la que tiene como atributo esencial el ser actividad productiva, transformadora (González, 1999). Estos procesos, en el contexto educativo, se manifiestan en tres momentos:

1. La apropiación de los conocimientos.
2. El desarrollo de la actividad práctica.
3. La actividad comunicativa (lenguaje).

En cualquiera de estos momentos estará presente el papel regulador del reflejo de la realidad por parte del individuo (Rubinstein, 1965 p. 358). Dicho papel regulador se manifiesta en dos formas:

1. En forma de regulación inductora.
2. En forma de regulación ejecutora.

Mediante la primera de estas formas se puede responder al qué, por qué y para qué, de la actuación del sujeto. A esta forma pertenecen todos los procesos psíquicos que movilizan, conducen y mantienen la actuación del sujeto, tales como: motivación, vivencias afectivas y voluntad.

Por su parte, la regulación ejecutora responde al cómo en la actuación del sujeto, y determina que lo realizado se cumpla atendiendo a los requisitos existentes. A esta forma pertenecen todos los procesos psíquicos que permiten considerar las condiciones en que transcurre la ejecución por parte del sujeto, tales como: cognición, hábitos, habilidades, capacidades, valores.

Un estudio más detallado de las etapas en la formación de la actividad interna a partir de la externa, del papel de cada uno de los momentos funcionales de la actividad (orientación, ejecución y control); de las transformaciones que sufre la acción en este proceso (abreviación, generalización, automatización), como resultado de lo cual adquiere un carácter específicamente psíquico, fue desarrollado por P. Y. Galperin en la

década de 1960 y continuado por Nina F. Talízina entre mediados de los 70 y principios de los 80.

También en este sentido para Leontiev la actividad “es la interacción entre el sujeto y el objeto, gracias a la cual se origina el reflejo psíquico que media esta interacción y la regula” Leontiev (1981 p. 81). Más adelante (p. 83) plantea que “la actividad está formada por acciones y estas últimas a su vez por diferentes operaciones en cuyo dominio radica el éxito de la realización de cualquier actividad”.

Es por ello que, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la forma en que se orienten las acciones determina el éxito de la actividad. La acción es el componente fundamental de la teoría de Galperin, enriquecida por Talízina. Para esta investigadora “la imagen de la acción y la del medio donde se realiza la acción, se unen en un elemento estructural único sobre cuya base transcurre la dirección de la acción, que se llama: base orientadora de la acción ...la acción, por las funciones que se cumplen puede estar dividida en tres partes:... orientadora, de ejecución y control”. (Talízina, 1988 p. 58).

Una de las formas de actividad psíquica superior es la habilidad. Tanto Leontiev como Talízina consideran que la actividad está constituida fundamentalmente por el motivo, el objetivo, las acciones y las operaciones en las cuales se realiza la actividad, por lo que la habilidad se concibe como una instrumentación ejecutora.

Para Petrovsky: “Una habilidad es el dominio de un complejo sistema de acciones psíquicas y prácticas necesarias para una regulación racional de la actividad con la ayuda de los conocimientos y hábitos que la persona posee”. (Petrovski, 1980, p. 159).

Por su parte, Brito la define como: “es aquella formación psicológica ejecutora particular constituida por el sistema de operaciones dominadas que garantizan la ejecución del sujeto bajo control consciente”. Para este autor las operaciones integrantes de una habilidad deben ser solo aquellas necesarias, esenciales e imprescindibles (denominadas “invariantes funcionales” de la ejecución) que, de ser sistematizadas, se alcanza el nivel de dominio que permite identificar la formación de la habilidad. (Brito, 1990 p. 2).

En (Álvarez, 1992, p. 89) se argumenta: “es el componente del contenido que refleja las realizaciones del

hombre en una rama del saber propio de la cultura de la humanidad. Es, desde el punto de vista psicológico el sistema de acciones y operaciones dominado por el sujeto que responde a un objetivo”.

Por su parte Zilberstein (1999) la define como “conocimiento en acción”. De esta forma se explicita el vínculo entre el contenido y el método en que éste se manifiesta, sustentada en el principio dialéctico de la relación entre contenido y método señalado en el subepígrafe I.1.2. Para el autor, ésta es una de las definiciones que considera más generalizadora.

A esta relación se refiere Leontiev, citado en Pedagogía (1984, p.223) cuando se señala que un alumno posee determinada habilidad cuando pueda ...”aprovechar los datos, conocimientos y conceptos que se tienen, operar con ellos para la elucidación de las propiedades sustanciales de las cosas y la resolución exitosa de las determinadas tareas teóricas o prácticas...”.

En este sentido se pronuncian también varios autores del Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño (IPLAC) cuando se expresa: “...las habilidades y los hábitos se contemplan como experiencias asimiladas mediante distintos modos de actuación. Los conocimientos necesarios acerca de dichos modos están en el sistema de conocimientos y sus subsistemas, y sin ellos no se podrá adquirir ningún sistema de habilidades y hábitos. La experiencia de los modos de actuación ha sido acumulada por la humanidad durante el proceso de trabajo, pero se halla al margen de la personalidad, mientras ésta a través de la práctica, no la convierta en patrimonio suyo, en su experiencia”.

Varios son los autores que han establecido clasificaciones de las habilidades (Bloom, 1979; IPE, 1989; Chernov, 1990; Álvarez, 1992 p. 90; Hernández, 1993; IPLAC; Monereo, 1999; López, 2001; González, 2002). En todas ellas se pueden distinguir tres grandes grupos que varían en su denominación de una a otra definición, pero no en su esencia que, a opinión del autor del presente trabajo, radica en el plano en que estas habilidades se manifiestan: el intelecto, la esfera práctica-social y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por ello se asume la clasificación de Álvarez (1992) de:

- **Habilidades Lógicas o Intelectuales:** Que contribuyen a la asimilación del contenido y sustentan el pensamiento lógico.
- **Habilidades Específicas:** Propias de las ciencias que son objeto de estudio, plasmadas en las asignaturas y concretadas en los métodos de trabajo que deben aparecer en el contenido del programa.
- **Habilidades Docentes:** Comunes a cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los trabajos de Carlos Álvarez y su posterior desarrollo por Homero Fuentes argumentan la necesidad de que, en el trabajo con las habilidades, es imprescindible la selección de aquellas fundamentales o esenciales que deben aparecer en el contenido de la asignatura y dominadas por los estudiantes para alcanzar el desarrollo de sus capacidades cognoscitivas. A estas habilidades (Álvarez, 1992, p. 90) les llama: "habilidades más generales o invariantes".

Según Fuentes: "una habilidad generalizada es aquella que se construye sobre un sistema de habilidades más simples, y con su apropiación por parte del estudiante, el mismo puede resolver múltiples problemas particulares". (Fuentes, 1997, p.44).

En opinión de Zilberstein: "La apropiación de habilidades generales conduce a la formación de un pensamiento teórico, es decir, que se pueda operar con generalizaciones teóricas, con conceptos, leyes, principios generales, con la esencia del conocimiento. Si sólo se desarrollan habilidades específicas, el tipo de pensamiento que se forma es empírico". (Zilberstein, 2000).

En opinión del autor del presente trabajo y, a partir de los análisis anteriores, se considera a la habilidad diseñar, como una habilidad generalizada y compleja que permite resolver los problemas asociados a la esfera de la electrónica digital de los profesionales de Telecomunicaciones y Electrónica.

Sin desconocer la riqueza de las características particulares de cada individuo durante la ejecución de

diferentes tipos de actividad, entre ellas la habilidad; se considera necesario, a fin de establecer una estrategia didáctica para estudiar y evaluar su desarrollo, caracterizar las acciones y operaciones que la componen, para garantizar su ejecución.

En este sentido Brito establece que: “para reconocer la presencia de una habilidad es necesario que en la ejecución de la acción se haya logrado un grado de sistematización tal que conduzca al dominio del sistema de operaciones esenciales y necesarias para su realización (invariantes funcionales [IF])” (Brito, 1989).

Según autores del IPLAC, la invariante funcional es un término teórico-metodológico que permite el estudio de la ejecución de la actividad en cualquiera de sus niveles de manifestación (habilidad, hábito, capacidad). La importancia didáctica de su conocimiento radica en que, si se logra la sistematización consciente de las invariantes funcionales de la ejecución (operaciones y acciones), podemos lograr el dominio de la misma como habilidad. En la misma fuente se señala como ejemplo de tratamiento de las invariantes funcionales el de la habilidad de explicación, mostrada en su descomposición de acciones y operaciones (Tabla I.3)

De esta descripción es necesario señalar que, como acciones se incluyen ejecuciones que por su complejidad ellas mismas pueden ser consideradas habilidades. Esta comparación demuestra el carácter sistémico y relativo de las habilidades, y cómo unas pueden formar parte de otras en función del dominio de la ejecución que posee el estudiante y del carácter consciente de la misma.

Otro aspecto a tener en cuenta entre los fundamentos teórico-metodológicos para el trabajo con las habilidades es el relacionado con la evaluación y efectividad del desarrollo de las mismas. En este sentido Brito (1988, p. 52) señala: “Para la elevación de la efectividad de la formación de las habilidades es necesario la estructuración adecuada de los pasos a seguir en el ámbito pedagógico en consecuencia con las características que debe lograr la acción para derivar en habilidad”.

Por tanto, el desarrollo de la habilidad diseñar exige, en el plano didáctico, de una adecuación de las características más esenciales que identifican a la misma en el plano profesional, así como de las bases

sobre las cuales el diseño electrónico digital se sustenta (tecnología-fundamentos teóricos-TICs).

Tabla I.3. Descomposición de la habilidad: explicar, en invariantes funcionales

HABILIDAD	ACCIONES	OPERACIONES
EXPLICAR	DEFINIR	Conocer los aspectos esenciales del fenómeno.
	RECONOCER	Identificar el caso concreto que pertenece al fenómeno.
	DETERMINAR	Delimitar y fijar los aspectos del fenómeno.
	DESCRIBIR	Enumerar los aspectos que componen el fenómeno.
	EJEMPLIFICAR	Concretar el fenómeno en la realidad.
	COMPARAR	Relacionar el fenómeno con otros.
	ARGUMENTAR	Ofrecer razones del fenómeno.
	DEMOSTRAR	Probar razones del fenómeno.
	VALORAR	Ofrecer criterios propios acerca del fenómeno.

La graduación en el desarrollo de las habilidades es otro de los aspectos estudiados por varios autores (Brito, 1988; Zilberstein, 2000; López, 2001). Al estudiante es necesario plantearle un mismo tipo de acción, aunque cambien los contenidos de la acción que realiza, de manera que se sistematicen sus ejecuciones, siempre con una observación sobre el carácter consciente de la realización de éstas.

Los trabajos del IPLAC plantean los requisitos a tener presentes para la formación y desarrollo de habilidades:

-Complejidad de la ejecución: está dada por el grado de dificultad de los conocimientos o de las ejecuciones, así como del contexto de actuación. Se recomienda trabajar primero las ejecuciones más simples y después las más complejas.

-Periodicidad de la ejecución: dada por la distribución temporal de las acciones y las operaciones. Hay que

efectuarlas ni muy separadas ni muy cercanas.

-Frecuencia de la ejecución: dada por el número de veces que se realizan las acciones o las operaciones.

Si son muy pocas, la habilidad no se consolida; si son excesivas también el efecto es negativo.

-Flexibilidad de la ejecución: dada por el grado de variabilidad de los conocimientos y los contextos de actuación en que son aplicadas las habilidades. Está relacionado con el carácter personalizado del desarrollo de las mismas.

-Retroalimentación del resultado: cuando se está sistematizando la habilidad se requiere su perfeccionamiento continuo, por eso, cada intento requiere que el sujeto conozca el resultado, valore el error y repita el intento, procurando corregirlo correctamente. En la etapa de su formación requiere de la ayuda del profesor.

-Evitar el cansancio, la monotonía, la fatiga: todos estos elementos disminuyen la capacidad de trabajo y conspiran en contra de la adquisición de habilidades.

-Fomentar el papel de la motivación y la conciencia: la presencia de estos factores facilitan mucho la adquisición de las habilidades, resultan elementos imprescindibles en su formación.

-Crear condiciones que favorezcan el trabajo en grupo: el trabajo en equipos, donde sus miembros se evalúen los unos a los otros, permite la confrontación de sus propias ejecuciones y ayuda a la sistematización de las mismas.

En (Montes de Oca y Machado, 2003; IPLAC; López, 2001) se establecen un conjunto de orientaciones metodológicas para la planificación y ejecución del proceso de desarrollo de las habilidades.

En la planificación deben tenerse en cuenta las siguientes etapas:

- 1- Derivar y formular los objetivos de aprendizaje, especificando la acción concreta a ejecutar por el alumno y el sistema de conocimientos relacionado.
- 2- Realizar un análisis del contenido de la enseñanza.

- 3- Diseñar las tareas concretas con el contenido específico con que serán ejecutadas por los estudiantes en las diferentes actividades docentes para contribuir al desarrollo de la habilidad.
- 4- Diseñar el sistema de evaluación.

Por otra parte en el proceso de ejecución deben considerarse los siguientes aspectos:

1. **Motivación y orientación de la habilidad:** La motivación es la base de cualquier actividad, le imprime impulso y dirección. Si ésta no se logra, el resto del proceso tampoco puede lograrse o se afecta su calidad. Este momento tiene como objetivos:
 - Motivar a los estudiantes para desarrollar las actividades en que se verán involucrados.
 - Orientarlos sobre la acción que deben ejecutar de manera voluntaria.
 - Hacerlos conscientes de las invariantes funcionales de la acción.
 - Orientarlos acerca de los indicadores necesarios para evaluar la calidad de la ejecución.
2. **La asimilación de la habilidad:** Pueden presentarse tareas tipo que se adecuen a ese interés, pero en cada nueva situación, en cada nueva tarea se encontrarán también nuevos sistemas de conocimientos que enriquecen el objeto de estudio. Es vital hacer consciente al estudiante de las invariantes funcionales de la acción que se desea que él llegue a dominar.
3. **El dominio de la habilidad:** El docente orientará la ejecución de algunos tipos de tareas que concreten las metas a alcanzar. Las mismas deben ser ejecutadas de manera frecuente y periódica, con diferentes sistemas de conocimientos y distintas gradaciones de complejidad; desde las más simples hasta las más complejas atendiendo al grado de desarrollo alcanzado por los alumnos. De esta manera el alumno desarrolla su independencia.
4. **La sistematización de la habilidad:** La etapa persigue como objetivo la generalización de la ejecución hacia nuevas situaciones, es el momento en que el estudiante debe ser capaz de

relacionar el nuevo contenido con otros que él ya posee. De esta forma será capaz de resumir cuáles son las invariantes funcionales de la acción que debe dominar.

5. **La evaluación:** Permite la comprobación sistemática del logro de los objetivos por parte de los estudiantes a través de una situación; esto es, resolver una nueva tarea pero en cuya esencia se encuentre contenida la invariante de habilidad.

I.4 Diagnóstico del nivel de desarrollo de la habilidad diseñar en los estudiantes

Para proyectar, organizar y dirigir todo proceso de enseñanza-aprendizaje el diagnóstico es indispensable. En esencia el diagnóstico comprende la medición, por parte del profesor, de diferentes indicadores (Zilberstein, 2000; Dueñas, 2002; Wheten & Cameron, 2005), tales como: la motivación y nivel de satisfacción del alumno, nivel logrado en la apropiación del contenido antecedente, operaciones del pensamiento (análisis, síntesis, comparación, abstracción y generalización), habilidades intelectuales (solución de problemas, valoración, argumentación, entre otras), habilidades de planificación, control y valoración de la actividad de aprendizaje, el desarrollo de normas de conducta, cualidades y valores; así como las formas en que se comunica y relaciona con los demás.

Para lograr un diagnóstico efectivo es necesario que el estudiante participe de forma consciente y reflexiva en el mismo, que el proceso se convierta en un autodiagnóstico donde el papel del profesor sea el de facilitador, esclareciendo los aspectos más importantes para su desarrollo y favoreciendo la comunicación estudiante-profesor y estudiante-estudiante.

El diagnóstico debe diseñarse a partir de los objetivos propuestos, y tener en cuenta el desarrollo alcanzado por el estudiante, así como las potencialidades latentes que con ayuda del profesor y/o otros compañeros puede desplegar.

Un diagnóstico del nivel de desarrollo de habilidades exige conocer el estado en que se encuentran tanto los conocimientos como las habilidades asociadas, debe permitirle al profesor valorar los conocimientos logrados y cuáles faltan, así como los niveles con los que el alumno puede operar (reproducción o aplicación) y los procedimientos que emplea, a partir de conocer las exigencias precedentes para el aprendizaje (objetivos).

Existen diferentes formas de obtener información para el diagnóstico, entre las que se encuentran:

- La observación sistemática del alumno
- Entrevistas individuales y grupales
- Encuestas
- Aplicación de instrumentos escritos, preguntas orales.
- Revisión de cuadernos de actividades
- Análisis del comportamiento del alumno en actividades grupales

Para el diagnóstico inicial del estado de la habilidad diseñar se seleccionó la encuesta a subgrupos (de hasta 5 estudiantes). Esta variante facilita el intercambio de criterios, enriquece el análisis con las experiencias individuales y, a la vez, permite sintetizar y argumentar las mismas. Además, favorece el autodiagnóstico estudiantil y la motivación hacia la comprensión de cuál es el objetivo fundamental que se persigue en las asignaturas de Electrónica Digital I y II.

En el Anexo I.6 se muestra la encuesta, la cual se aplica en la Electrónica Digital I, después de haber desarrollado el Tema I (Introdutorio), donde se analizan los aspectos fundamentales de la Lógica Binaria y las características generales del diseño electrónico digital. La ejecución de la misma se realiza en dos etapas, inicialmente y en el marco de una actividad práctica, se les explica a los estudiantes que se persiguen dos objetivos:

1. Conocer, por parte de los profesores del colectivo de la asignatura, el nivel de desarrollo que acerca de la actividad de diseñar poseen los estudiantes, para poder ajustar el proceso de enseñanza-aprendizaje en función de este.
2. Lograr una autocomprensión, a través de un debate colectivo estudiante-estudiante, estudiante-profesor, de qué es lo que verdaderamente conocen acerca de la actividad de diseñar y motivarlos hacia esta.

A los estudiantes se les solicita que formen grupos de hasta cinco miembros, por libre elección, para analizar la encuesta y brindar opiniones por consenso. Durante la actividad práctica, el profesor participa en los debates de los grupos esclareciendo dudas y motivando las discusiones.

En una segunda etapa se les orienta que continúen analizando la encuesta como parte del estudio independiente y que entreguen la misma en la próxima actividad práctica.

En el Anexo I.7 se resumen las respuestas a la encuesta, obtenidas en los cursos en que se ha venido desarrollando la presente investigación. Un análisis a éstas nos permite resumir que:

1. El estudiante de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica posee altos niveles de motivación hacia la actividad de diseñar, que considera muy importante y atractivo el montaje y comprobación de circuitos (para ellos: “cacharrear”). Este factor se debe tener en cuenta para mantener adecuados niveles de interés por la asignatura, creando condiciones materiales que disminuyan los niveles de frustración ante la carencia de medios y/o componentes.
2. Se reconoce que diseñar es solucionar un problema y que para ello necesita de conocimientos previos.
3. Que en las asignaturas precedentes, en cierta medida, han desarrollado actividades parecidas a lo que ellos consideran diseñar. En Física, vinculados a la resolución de problemas de la vida real; y en Electrónica Analógica I y la asignatura integradora (Ingeniería en Telecomunicaciones II), montando

circuitos electrónicos sencillos, pero con funciones prácticas. Sin embargo se puede constatar que en general carecen de una estrategia para la solución de éstos, aspecto ha tener en cuenta para desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje que facilite la asimilación de la habilidad diseñar a partir de la teoría de formación por etapas de las acciones mentales y de la actividad.

4. Se reconoce que diseñar exige de tener conocimientos teóricos, dominio de herramientas de simulación (se refieren a las EDA) y habilidades para el montaje. En esta respuesta se evidencia lo que en los análisis del epígrafe I.1.4 condujo a la conclusión de que los tres componentes fundamentales del diseño electrónico digital son los fundamentos teóricos, la tecnología electrónica y las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

I.5 Conclusiones parciales

Sobre el contenido del presente capítulo se puede señalar:

1. El diseño electrónico encierra un modo de actuación y por tanto es una habilidad en los profesionales de las Telecomunicaciones y la Electrónica. Diseñar es en esencia resolver un problema de la práctica utilizando los conocimientos, los métodos y los componentes y sistemas digitales.
2. El desarrollo de la electrónica en general y de la electrónica digital, en particular desde 1980, ha modificado el contenido y los métodos de diseñar. El uso de herramientas computacionales de ayuda al diseño, las estrategias de diseño descendente (*top-down*), la utilización de los lenguajes de descripción de hardware (*HDL*) y el trabajo en equipos de proyectos, caracterizan el estado actual de esta ciencia aplicada.
3. Los tres componentes en los que descansa el diseño electrónico digital son: Los fundamentos teóricos, la tecnología electrónica y las TIC, con un fuerte vínculo de las comunicaciones. El diseño digital encierra un acto de comunicación.

4. El análisis de los programas de la Electrónica Digital la ubican como una asignatura básica-específica que garantiza el desarrollo de habilidades necesarias para las posteriores asignaturas específicas de la profesión.
5. En el ámbito internacional existe una marcada tendencia a “tecnologizar” los procesos de enseñanza-aprendizaje y con ello se disminuye el tratamiento didáctico al desarrollo de la habilidad diseñar.
6. En el marco nacional existen propuestas diversas, en concordancia con los recursos disponibles de cada centro, en cuanto al desarrollo de la habilidad diseñar. En los programas analíticos se observa una mayor regularidad en las invariantes de conocimiento a tratar en las ED I y ED II, y una tendencia al uso de los lenguajes *HDL*. Lo anterior permitió establecer el mapa de contenidos, donde se integran las invariantes de ambas asignaturas.
7. La impartición del *VHDL*, solamente como un lenguaje *HDL* específico, no se considera adecuada por parte del autor, por cuanto no se aprovechan las posibilidades del mismo como otra de las formas de descripción funcional de los componentes y sistemas digitales, al mismo nivel que las tradicionales tablas de verdad, ecuaciones lógicas, máquinas de estado finito y generalizadas.
8. La habilidad diseñar se puede definir, en términos generales, como el proceso planificado y organizado mediante el cual se implementa un sistema electrónico digital concreto, con vista a solucionar un problema práctico. Diseñar es, además de un proceso tecnológico, el modo de actuación de los especialistas de la electrónica, y constituye por tanto una habilidad profesional compleja.
9. Los fundamentos teóricos-metodológicos que sustentan la presente investigación se basan en el principio materialista-dialéctico e histórico del desarrollo del hombre como ser social en su actividad colectiva. Los fundamentos psico-pedagógicos se vinculan con el enfoque histórico-cultural de

Vygotsky y seguidores, y con la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales de Galperin, Talízina y otros, que permiten considerar la habilidad como un tipo de actividad característica de las funciones psíquicas superiores.

10. Los trabajos pedagógicos, didácticos y psicológicos desarrollados por autores e instituciones nacionales enriquecen el estudio de estrategias para el desarrollo de habilidades. En particular los relacionados con las invariantes funcionales, que permiten caracterizar la estructura interna de éstas y dirigir un proceso gradual para lograr su desarrollo y evaluación.
11. El diagnóstico realizado, al inicio de cada curso en los que se desarrolló la investigación, arrojó un grupo de conclusiones que resumen las carencias e insatisfacciones estudiantiles acerca de la actividad de diseñar en electrónica, la que consideran muy atractiva y necesaria en su formación profesional.

II. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA HABILIDAD DISEÑAR. PROPUESTA DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA SU DESARROLLO

En el presente capítulo se propone una estrategia didáctica que tiene como objetivo el desarrollo de la habilidad diseñar.

Para ello se consultaron diversos estudios acerca del desarrollo de estrategias didácticas, así como las orientaciones generales para su aplicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A partir de los fundamentos teórico-metodológicos abordados en el Capítulo I se analiza la estructura interna de la habilidad diseñar, lo que permitió representar la misma en toda su dinámica.

En función de los resultados anteriores y teniendo en cuenta los objetivos de la asignaturas en que se desarrolla esta habilidad, se proponen un conjunto de transformaciones en los métodos, medios y formas de organización-evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje, como parte de dicha estrategia.

II.1 Consideraciones generales acerca de las estrategias didácticas

Varios autores han estudiado y desarrollado estrategias didácticas y pedagógicas como parte de sus trabajos científico-docentes vinculados al desarrollo de habilidades (Chinea, 1997; Marqués, 2000, 2002; Zilberstein, 2000; Campos, De Armas, Lorences, Perdomo, 2002; González, 2002; Gutiérrez, R., 2000; Ballesteros, 2003; Rodríguez, Rodríguez, 2004; López, 2004; IPLAC, n.d.).

Un análisis de estos estudios permite definir como características generales de una estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades:

1. **El carácter sistémico de la misma.** En ella se deben integrar las acciones necesarias en todos los momentos de desarrollo del proceso (definición de los objetivos, selección de los métodos y medios, planificación y control sistemático de los resultados).
2. **Su dualidad objetiva-subjetiva.** En el primer caso por estar vinculada al desarrollo de un objetivo

determinado y sobre un objeto específico (el proceso de enseñanza-aprendizaje), en el segundo porque el logro del objetivo depende de conocer el nivel de desarrollo de los estudiantes, la motivación hacia su cumplimiento y porque el mismo se alcanza atendiendo a las diferencias individuales de estos. “La teoría de la enseñanza que está dirigida a la formación y desarrollo de las habilidades y los hábitos debe contemplar que este proceso tiene que transformar la forma externa, material de la actuación, en forma interna, psíquica”. (IPLAC, n.d. p. 35)

3. **Su subordinación al contenido** y éste, a su vez, al objetivo como elemento rector del proceso de enseñanza aprendizaje. Una estrategia es un método, un cómo hacer, en este sentido se manifiesta su dependencia con la lógica de la ciencia que se describe y permite establecer acciones para su desarrollo.
4. **La búsqueda de un aprendizaje significativo** a partir de la elaboración de estructuras estables y sólidas de conocimiento con actitudes tendentes a la flexibilidad, donde sea prioritario el elemento cualitativo en la apropiación de los conocimientos, aunque no se desestime su cantidad (Rodríguez, Rodríguez, 2004).

En este sentido el autor prefiere denominarlo generalización de la habilidad (Talízina, 1985), de ahí el carácter de solidez y flexibilidad al que hacen referencia los autores de la cita.

5. **Su interrelación dialéctica con los recursos o medios** con que se cuenta, o se necesitan desarrollar, en el proceso de enseñanza-aprendizaje donde se aplique.
6. **Su carácter planificado y a la vez flexible.** Una estrategia didáctica para desarrollar habilidades debe organizarse a través de acciones graduales y teniendo en cuenta el grado de asimilación, síntesis, generalización, sistematización y rapidez de la habilidad. El profesor debe estar preparado para, en la ejecución de una estrategia didáctica, valorar las contingencias y aplicar los cambios correspondientes.

7. **En ella coexisten dos tipos de control:** los que miden su efectividad (control por resultados) y los que permiten su mejoramiento (control sistemático).
8. **La integración del trabajo individual y en grupos,** donde los roles del profesor y los estudiantes se complementan en un proceso en que enseñan y aprenden, alcanzándose actitudes positivas hacia el análisis colectivo y la autovaloración.

En lo que respecta a las orientaciones metodológicas para la elaboración de una estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades, se asumen por el autor las plasmadas en (IPLAC, n.d p. 35), cuando expresa que la misma debe lograr en los estudiantes:

- Conocer la esfera de aplicación de las habilidades.
- Comprender las particularidades de los objetos y fenómenos que constituyen fuente de los conocimientos con los cuales interactúa el estudiante.
- Conocer el contenido y secuencia de las acciones y operaciones.
- Utilizar con independencia estas secuencias en situaciones docentes nuevas.

En la propia fuente se establecen como etapas de aplicación de una estrategia didáctica:

1. **Planificación y organización:** En ella se elaboran metodológicamente todas las acciones a desarrollar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se establecen los objetivos, se conforma la secuencia estratégica, los medios de enseñanza y se proyecta la ejecución de las tres etapas siguientes.
2. **Demostración:** Donde se muestra, progresivamente, a los estudiantes la manifestación concreta de la habilidad en cuestión y la necesidad de su apropiación.
3. **Ejercitación:** En esta etapa se perfecciona la apropiación de la habilidad y se evalúan sistemáticamente sus niveles de asimilación, síntesis, generalización, sistematicidad y rapidez.
4. **Aplicación:** En la cual, de forma independiente, el estudiante aplica la habilidad a situaciones de

mayor complejidad.

II.2 Análisis a la estructura interna de la habilidad diseñar

En el Capítulo I se hace referencia a la contradicción dialéctica sociedad (industria)-universidad que tiene como solución general el currículo ó transformación curricular (Horruitiner, 2006, p.79), del que se derivan los programas de las disciplinas y asignaturas.

En el caso de las asignaturas de Electrónica Digital I y II, uno de su objetivos lo constituye darle solución a la contradicción: diseño (como actividad profesional) - habilidad diseñar (en su desarrollo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje).

La respuesta a esta problemática transita inicialmente por conocer los precedentes de contenido y habilidades desarrollados en las asignaturas previas de la disciplina Electrónica y la articulación tanto con las asignaturas del año como las de años superiores.

Como se planteó en el capítulo anterior, las Electrónica Digital I y II, son asignaturas básicas de la profesión y por tanto el desarrollo de la habilidad diseñar está enmarcado dentro de un campo de acción parcial, relacionado con un sistema de contenidos propios de los años anteriores y en el mismo donde éstas se desarrollan.

Los resultados del diagnóstico inicial, analizados en el Capítulo I, mostraban que los estudiantes relacionan la actividad de diseñar con la de solución de problemas y con el montaje de circuitos sencillos. El conocimiento de estos está vinculado fundamentalmente a las asignaturas básicas (Análisis Matemático, Física, Fundamentos de Programación), así como con asignaturas básicas del perfil profesional que comienzan a recibir a partir del segundo año (Circuitos Eléctricos, Electrónica Analógica I y Telecomunicaciones y Electrónica).

Teniendo en cuenta lo anterior es que se hace necesario desarrollar la habilidad diseñar asociada al sistema

de contenidos de las asignaturas Electrónica Digital I y II, y tomando como conocimientos previos los de las asignaturas básicas antes señaladas. Posteriormente, y en la medida que el control sistemático refleje que el sistema de conocimientos adquiridos sea superior, la habilidad diseñar se podrá trabajar a problemas relacionados con otras asignaturas del año, e incluso motivar a diseñar sistemas digitales típicos de asignaturas del año siguiente.

II.2.1 Invariantes funcionales de la habilidad diseñar en electrónica digital

Una caracterización didáctica de la habilidad diseñar, a partir de los fundamentos teórico-metodológicos planteados en el Capítulo I, presupone un análisis de su estructura interna y la determinación de las diferentes acciones y operaciones de esta actividad compleja generalizada.

Si bien Wakerly (2000) define diseñar como ingeniería, e ingeniería como resolver un problema, no basta con ver esta actividad en su manifestación externa. Para lograr la generalización de la habilidad diseñar, el autor de la presente investigación asume como fundamentos metodológicos los relacionados con la teoría de la actividad de la escuela soviética y las experiencias cubanas en el desarrollo de investigaciones relacionadas con la enseñanza basada en problemas para ciencias exactas y/o experimentales aplicando los principios generales de la misma (véase Labarrere, 1996; Rizo & Campistrous, 1998; Llivina, 2000; Leyva, 2002; Rivero, 2002).

En general, se asume como válida la definición dada por Rizo (1998) de problema como: "Se denomina problema a toda situación en la que hay un planteamiento inicial y una exigencia que obliga a transformarlo. La vía para pasar de la situación o planteamiento inicial a la nueva situación exigida tiene que ser desconocida y la persona debe querer hacer la transformación". También se comparte el criterio de que las etapas generales para la solución de un problema son la orientación, la ejecución y el control.

En particular asumimos que, en el proceso de asimilación de una actividad (habilidad) (Talízina, 1985, p.

213), el principio de la “caja blanca”, es decir, el estudio de las acciones que componen la habilidad permite un mejor control sobre su desarrollo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

No obstante a las fundamentaciones generales antes señaladas, para el caso de la electrónica digital, la habilidad diseñar adquiere características particulares que la diferencian de la resolución de problemas de matemática, física u otra ciencia. Estas particularidades están asociadas al propio contenido que abarca la actividad de diseño (visto en el Capítulo I) y se sustentan en la relación dialéctica entre contenido y método.

En los cursos 2001-2002, 2002-2003, previos a la presente investigación, se realizó un estudio a los grupos que recibían las Electrónica Digital I y II. El mismo tenía como objetivo identificar cuáles acciones desarrollaban los estudiantes ante tareas extraclases de diseño de sistemas digitales, una vez que habían terminado el estudio de todos los temas de cada una de las asignaturas. Para ello se les pedía que se asociaran en grupos y, en una clase práctica del tema final, se les orientaba un ejercicio que debían resolver en estudio independiente y comentar cómo iban solucionándolo en forma de memoria escrita.

Se les orientaba que reflejaran en dicho informe lo que, luego de debate colectivo y consenso, consideraban que eran momentos esenciales en la solución del problema. Posteriormente, en un seminario, se debatían las experiencias de cada colectivo.

En el Anexo II.1 se muestran dos de los problemas a solucionar (para Electrónica Digital I y II respectivamente) y un resumen de las memorias en las que algunos grupos reflejaron las acciones de solución. En dicho anexo se han resaltado (en negrita) las acciones y conocimientos que consideran relevantes los estudiantes durante la ejecución de la actividad de diseño.

Tanto el análisis de contenido realizado en el Capítulo I al proceso de diseño electrónico digital como actividad profesional, como el estudio de las acciones que desarrollaron los estudiantes para la solución de los problemas planteados, resumido en el Anexo II.1, así como la experiencia tecnológica y pedagógica del autor de esta investigación, permiten definir la habilidad diseñar, en electrónica digital, como: **la actividad**

mediante la cual se especifica, modela, describe, simula, implementa y comprueba un sistema electrónico digital destinado a resolver, de forma eficiente y en un tiempo adecuado, un problema práctico de la profesión.

Como se observa, en su definición se encuentran todos los factores esenciales para el desarrollo de una actividad:

- Motivo ó demanda: Resolver un problema práctico.
- Objetivo: Resolver el mismo de forma eficiente.
- Método: Mediante un conjunto de acciones.

En la figura II.1 se muestra lo que, a criterio del autor, constituye la estructura interna de la habilidad diseñar como actividad compleja generalizada y la interacción entre sus acciones y operaciones.

Se ha considerado adecuado, como punto de partida, ajustarse a lo que el DRAE (2000) y Encarta (2004) plantean como significado de cada una de las acciones y a partir del mismo, realizar un análisis del contexto de éstas, en el proceso que se estudia:

- especificar:

- Explicar, declarar con individualidad algo.
- Fijar o determinar de modo preciso.
- Que es propio de algo y lo caracteriza y distingue de otras cosas.
- Concreto (preciso, determinado).

En el marco de esta investigación, dicha acción está compuesta por las operaciones de interpretar el problema, explicar sus objetivos, identificar el problema y los subproblemas, determinar las variables y explicar la relación entre estas.

En esta primera etapa de la actividad diseñar, el estudiante debe analizar la información que se le presenta en el problema a resolver, argumentando el aporte preciso que daría su solución. Para ello, a partir de

conocimientos previos, precisará el enunciado del problema, determinando las partes que lo componen y las relaciones entre éstas. Es característico de esta etapa la confección de varios borradores acerca del enunciado del problema, esquemas generales del mismo, especificaciones de las variables que intervienen, restricciones de rango y tiempo entre las mismas, comparaciones con posibles soluciones a problemas parecidos, etc.

La especificación es una acción en la que se involucran no solamente los conocimientos que tenga el diseñador sobre la Electrónica Digital en particular, sino también acerca de temáticas relacionadas con los principios físicos, matemáticos, etc., con que se relaciona el problema; exige de una cierta cultura. Es importante entonces que el profesor sea capaz de realizar una selección factible, y al vez retadora, de los problemas a diseñar.

Se puede considerar que esta etapa está concluida cuando se ha establecido un enunciado, lo más detallado posible, de un sistema global que soluciona el problema con una identificación de las variables generales que intervienen en el mismo y la explicación de la interrelación de las partes que lo componen. En opinión del autor, a partir de la reelaboración detallada del enunciado del problema se identifican los subproblemas parciales, los cuales deben estar en correspondencia con bloques o subsistemas típicos y éstos a su vez contener las variables necesarias para realizar sus operaciones.

La especificación es una actividad factible para el trabajo en equipo, donde algunos de sus miembros jueguen el rol de clientes y otros de desarrolladores, con el profesor como moderador de la misma (López, 2000).

- modelar:

- Configurar o conformar algo no material.
- Ajustarse a un modelo.
- Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad

compleja, ...que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

Como resultado de la acción anterior se llegaba a una especificación del problema y de los subproblemas que lo componen. En esta segunda fase el estudiante debe plantear un modelo matemático y/o gráfico de la solución, para lo cual se auxiliará de las invariantes de contenido asimiladas previamente, así como de los modelos capaces de caracterizarlas.

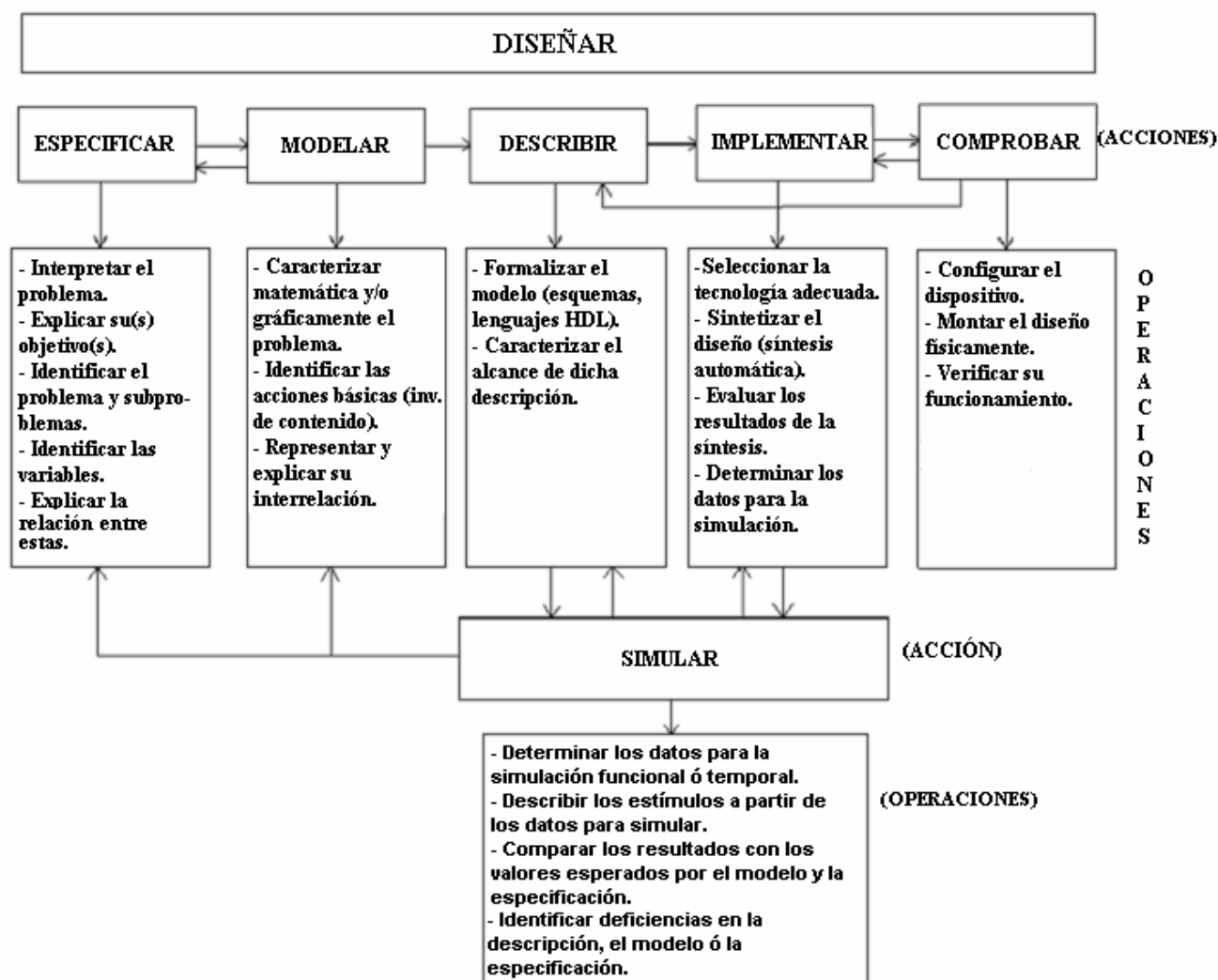


Figura II.1. Estructura interna de la habilidad diseñar.

En el Capítulo I, figura I.2, se presentó la estructura del contenido de la Electrónica Digital. Estas invariantes

de contenido guardan estrecha relación con los modelos que las representan. Para una mejor comprensión, se muestra en la figura II.2, donde se excluyen los contenidos de sistemas secuenciales síncronos de un nivel microprogramables y los secuenciales síncronos de dos niveles o microprocesadores (zonas sombreadas) por ser abordados en otras asignaturas de la disciplina Electrónica.

En la tabla II.1 se señala la relación: subsistema de conocimiento-modelo. Es necesario señalar que la acción de modelar guarda una estrecha relación con la acción de descripción pero que, a los efectos del trabajo con las diferentes acciones de la habilidad, se considera importante separar éstas. En su interrelación con los procesos tecnológicos actuales la acción de modelación tiene un carácter independiente de la tecnología mientras que la acción de descripción, como se verá más adelante, permite la simulación utilizando herramientas de software de ayuda al diseño.

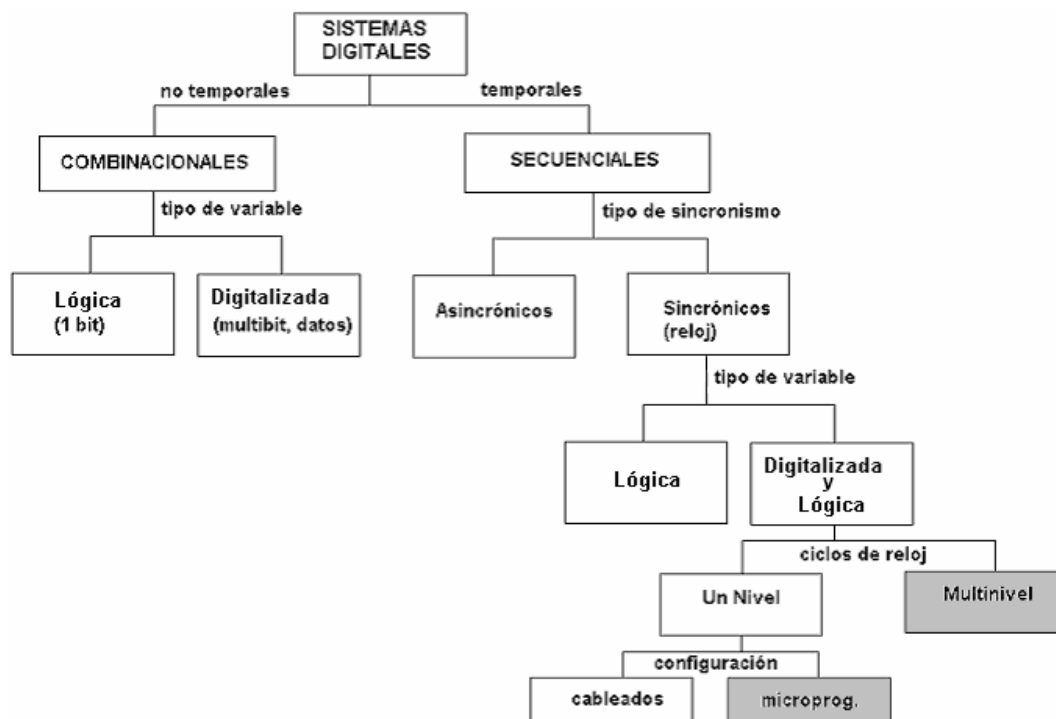


Figura II.2. Estructura de invariantes de contenido de la Electrónica Digital.

Es por ello que se han considerado como modelos: las tablas de verdad, expresiones en el Álgebra de Boole,

diagramas de decisión binaria, tablas de verdad generalizadas, símbolos lógicos y/o aritméticos, diagramas de estado (grafos), tablas de estado-salida y diagramas para máquinas de estado algorítmicas (*ASM*, en inglés).

Es necesario que en el proceso de enseñanza-aprendizaje se creen condiciones para el desarrollo gradual de la acción modelar, partiendo de las estructuras más sencillas, pero sin perder la generalidad en el enfoque de éstas. Por ejemplo, cuando se aborda el tema de los sistemas combinacionales con variables lógicas y digitalizadas se debe lograr que los estudiantes generalicen que cualquiera de estas estructuras típicas (decodificadores, codificadores, sumadores, etc.) pueden ser modeladas mediante una tabla de verdad generalizada o una ecuación lógica generalizada.

Tabla II.1. Relación entre los subsistemas de contenido y sus modelos en la Electrónica Digital.

Subsistema de Conocimiento	Tipo de Variable	Modelo
Combinacionales	Lógica	<ul style="list-style-type: none"> - Tabla de Verdad. - Diagrama de decisión binaria. - Expresión Lógica en Álgebra de Boole. - Símbolos lógicos.
Combinacionales	Digitalizada	<ul style="list-style-type: none"> - Tabla de Verdad generalizada. - Expresión Lógica generalizada. - Símbolos lógicos y aritméticos.
Secuenciales Asincrónicos	Lógica	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de Estados. - Tablas de Estado-Salida. - Símbolos lógicos.
Secuenciales Sincrónicos	Lógica	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de Estados. - Tablas de Estado-Salida. - Símbolos Lógicos.
Secuenciales Sincrónicos	Digitalizada y Lógica	<ul style="list-style-type: none"> - Algoritmos de Máquinas de Estado (<i>ASM</i>). - Símbolos lógicos y aritméticos.

De la propia tabla II.1 se puede observar que un mismo subsistema de conocimiento puede tener varios

modelos de representación. Es importante entonces que el estudiante comprenda el alcance o factibilidad de cada forma de modelación, así; en el caso de un sistema con un número elevado de variables lógicas de entrada (cinco o más) no es factible de modelar mediante una tabla de verdad, más bien mediante una expresión lógica. En resumen, durante el desarrollo de esta acción es necesario orientar la generalidad del alcance de cada modelo en cuestión.

Entre la especificación y la modelación del problema se establece una interacción bidireccional. Como se señaló anteriormente, la especificación termina con un enunciado donde se explicitan las variables y acciones (subproblemas) que entre ellas se dan. Un análisis semántico de este enunciado permite relacionar dichas acciones con invariantes de conocimiento y/o procedimientos secuenciales conocidos y por tanto, modelar las mismas. Durante la modelación pueden surgir incógnitas adicionales, tanto en acciones que sea necesario esclarecer o adicionar, como en variables a incorporar para poder utilizar las invariantes identificadas.

Esta fase concluye cuando se dispone de un modelo general del problema y modelos para todas y cada una de las acciones que solucionan los subproblemas que forman parte del diseño general.

- describir:

- Delinear, dibujar, figurar algo, representándolo de modo que dé cabal idea de ello.
- **Representar a alguien o algo por medio del lenguaje, refiriendo o explicando sus distintas partes, cualidades o circunstancias.**

Esta tercera etapa está estrechamente vinculada a las dos anteriores. En ella se “traducen” a un lenguaje, factible de simular, el modelo y/o los submodelos obtenidos en la etapa anterior.

A los efectos de la presente investigación se entiende como lenguaje factible de simulación aquellas estructuras gráficas (esquemas, símbolos) o escritas (lenguaje) establecidas como normas o estándares dentro de la electrónica digital y que tanto fabricantes de circuitos, como diseñadores de herramientas de

software de ayuda al diseño, utilizan para la documentación, simulación e intercambio de información. Lo anterior ratifica el carácter esencialmente comunicativo de la actividad diseñar, en un contexto de desarrollo de la misma por grupos de trabajo.

Otro factor esencial es que estas formas de descripción permitan la simulación gradual por computadora. Tal como se explicó en el capítulo anterior, la estrategia moderna de diseño *top-down* concibe que en dicho proceso se vayan ejecutando simulaciones en cada una de las etapas del mismo. De particular importancia resulta la comprobación del modelo, que evita la introducción de errores en la acción siguiente de implementar el sistema.

Las acciones de especificación, modelación y descripción presentan una interrelación muy estrecha. En el Anexo II.2 se presentan varios ejemplos donde, a partir del enunciado del problema, se muestran de forma resumida estas tres acciones.

La modelación y la descripción, al tener un mismo objetivo (representar formalmente un problema), suelen solaparse. La observación del autor durante varios años en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital, así como la asesoría a trabajos de diploma e investigación relacionados con la actividad de diseño, demuestran que esto ocurre con frecuencia en aquellas personas en que la habilidad diseñar ha alcanzado un alto grado de asimilación y generalización, por lo que el despliegue de estas etapas dentro de la habilidad se reduce (Talízina, 1985).

En nuestra opinión la modelación es una etapa previa y de mayor nivel de abstracción en la representación del problema. Las estructuras que se utilizan para esta acción (tablas de verdad, grafos, *ASM*, etc.) permanecen como invariantes independientemente del desarrollo tecnológico. No por ello se niega que el desarrollo de la tecnología y de las herramientas de software de ayuda al diseño ha permitido que las formas de descripción de los sistemas digitales puedan considerarse como formas de representación de los modelos.

Tal es el caso del lenguaje *VHDL* que, en su variante de descripción funcional o de comportamiento (behavioral), puede considerarse también como una forma de representar modelos. Lo anterior obedece a que, en el modo de descripción behavioral las estructuras sintácticas del *VHDL* se acercan al lenguaje natural con que se redacta la especificación del problema.

Incluso, cuando se ha alcanzado un determinado nivel de generalización, el estudiante puede deducir de la propia descripción en *VHDL* cuáles son las invariantes de contenido que se requieren.

En otro sentido, también existen programas de ayuda al diseño que admiten como entrada las formas de representación de los modelos antes citados y que generan automáticamente la descripción en *HDL* o esquemática del sistema a diseñar.

Sin negar la utilidad que desde el punto de vista tecnológico esta facilidad ofrece, se considera que, durante las primeras etapas del desarrollo de la habilidad diseñar, cuando el estudiante no ha asimilado todas las estructuras invariantes que forman un sistema digital, el despliegue de esta habilidad en todas sus acciones es mucho más efectivo para la comprensión de toda la dinámica de la misma.

Entre las acciones de especificar, modelar y describir se produce una alta sinergia, por lo que resulta conveniente que esto sea considerado por el profesor en el desarrollo de las bases orientadoras para esta actividad.

Las tres acciones anteriores tienen como finalidad la comprensión y conceptualización del problema a resolver. En este sentido Petrovski plantea que esto se logra, primero, destacando los rasgos esenciales y segundo haciéndolos significativos en los estudiantes. "Para ello es preciso hacer pasar conscientemente al alumno por todas las etapas de la actividad que exige orientarse hacia los rasgos que han sido fijados en el concepto que se estudia". (Petrovski, 1980, p. 260)

La descripción en *VHDL* está muy vinculada a la especificación del problema, pero a su vez permite determinar los diferentes subproblemas que integran el problema de diseño, comprender cuáles son los

modelos necesarios para éstos, representar el modelo de varias formas (gráfica o lingüística), en fin, sistematizar los contenidos previos y el método de diseño.

En las etapas posteriores del desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, cuando la habilidad tenga un alto grado de generalización, se puede (y debe) pasar a utilizar las facilidades de las herramientas de ayuda al diseño. Del análisis del anexo II.2 se puede concluir que en la medida que el grado de complejidad de los subsistemas aumenta, las formas de descripción de los mismos presentan un mayor nivel de abstracción, centrándose más en la funcionalidad o comportamiento que en los detalles de su implementación interna, y de ello, la necesidad de dichas herramientas.

- simular:

- **Predicción de las características técnicas y estéticas de modelos de la realidad, mediante programas informáticos.**

La simulación como medio de ayuda al proceso de enseñanza-aprendizaje puede enfocarse desde dos perspectivas: La primera (González, 1986), como una cierta forma de entrenamiento donde se recrean situaciones similares a los modos de actuación necesarios para el logro del objetivo que se trate. La segunda, y hasta cierto punto relacionada con la anterior, persigue el objetivo de comprobar la funcionalidad de las descripciones desarrolladas, utilizando otros medios (modelos a pequeña escala, métodos matemático-computacionales, etc.).

En la electrónica digital, ambas perspectivas de la simulación se integran. En el presente, el campo de actuación de un diseñador está necesariamente vinculado a las herramientas computacionales de ayuda al diseño, más que como un medio, como un instrumento de trabajo sin el cual no pudieran alcanzarse los objetivos de un diseño moderno.

También desde la otra perspectiva de la simulación, se reconoce internacionalmente que, para la electrónica digital los modelos físico-eléctrico-matemáticos implementados en las herramientas de software de ayuda al

diseño han alcanzado un nivel de exactitud y correspondencia con las realizaciones físicas que permiten considerar la “simulación” por computadora una comprobación necesaria y muy cercana a los resultados reales. Es por ello que la utilización de herramientas computacionales para la simulación forma parte del campo de acción natural en la actividad de diseñar.

La acción de simular, como parte de la habilidad de diseñar, además de depender de los medios de cómputo, requiere metodológicamente de la interacción con las acciones de modelación y descripción. Simular, a partir de una descripción formal de un modelo, exige planificar previamente el conjunto de datos de entrada y las posibles respuestas que debe proporcionar el modelo descrito.

En el caso de la Electrónica Digital se debe favorecer a que el estudiante trabaje, desde las etapas de especificación-modelación, en la preparación del conjunto de datos para la comprobación del modelo (generación de estímulos), y que comprenda que el grado de complejidad de este proceso, dentro de la acción de simulación, aumenta en la misma medida que lo hace la complejidad de los subsistemas a diseñar. De forma similar, el análisis de los resultados de la simulación, obtenidos en respuesta a los estímulos aplicados, es un proceso complejo. En ocasiones los resultados no son los esperados (Navabi, 2004) y entre las posibles causas puede estar una inadecuada descripción del modelo, una modelación incorrecta de las especificaciones del problema o incluso que dichas especificaciones resulten incompletas.

Entre las acciones de especificar, modelar, describir y simular se establece una interacción en espiral ascendente que sólo finaliza cuando el análisis de los resultados de la simulación satisface las especificaciones del problema.

Es por esto que en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje se debe dedicar el tiempo necesario para que, en los laboratorios, el estudiante desarrolle la actividad de simulación sistemáticamente, analizando los resultados de la misma y confrontando estos con los valores esperados a partir de las descripciones de los modelos creados.

- implementar:

- **Poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, etc., para llevar algo a cabo.**

Para el desarrollo de esta acción es necesario que el estudiante conozca las diferentes tendencias que existen en la actualidad para la realización física de sistemas digitales. De particular importancia es la relacionada con la utilización de dispositivos lógicos programables (configurables) por el usuario, tales como las *FPGAs* y los *CPLDs*, tecnologías de relativo bajo costo y de amplio uso en los programas docentes de universidades de países en vías de desarrollo, e incluso desarrollados.

En esta etapa es importante crear en el estudiante una mentalidad de productor, adecuada a las características del desarrollo nacional. Es por ello que el profesor debe seleccionar el conjunto de medios (tanto computacionales como instrumentales) y planificar las acciones que favorezcan el logro de este objetivo, de manera que produzcan la satisfacción en los estudiantes de haber diseñado una solución capaz de implementarse en nuestro entorno, evitando posibles frustraciones por la carencia de tecnologías altamente sofisticadas y/o costosas.

Durante los años de investigación, realización y mejoramiento de esta experiencia se han venido desarrollando medios y herramientas que han permitido suplir estas necesidades, los cuales serán descritos en epígrafes posteriores.

Entre las acciones de modelar-describir e implementar existen diferencias importantes que deben tenerse en cuenta durante el desarrollo de la habilidad diseñar. En los estudiantes debe quedar claro que, entre el modelo descrito funcionalmente y la implementación física existen contrastes dados por las tecnologías seleccionadas para dicha realización.

Aspectos tales como el número de terminales de entrada-salida, frecuencia máxima de trabajo, voltajes, consumo, nivel de integración, costo y accesibilidad al mercado, deben tenerse en cuenta en esta acción.

A partir de la selección que se efectúe se desarrollará la síntesis automatizada, disponible en la mayoría de

las herramientas *EDA* para los sistemas digitales. Es importante que en este proceso el estudiante realice el análisis de los reportes que sobre dicha síntesis proporcionan estas herramientas y confronte los mismos con las especificaciones iniciales del diseño, seleccione el conjunto de datos de prueba y efectúe las simulaciones de los modelos particulares. En este último aspecto, como ya se ha señalado, el desarrollo de las herramientas *EDA* permite comprobar con un alto nivel de exactitud los resultados que, en un montaje real, se alcanzarían con estos dispositivos.

Consecuentemente se debe trabajar para que el estudiante sea capaz de, mediante el trabajo de laboratorio; analizar, comparar y valorar los resultados de las simulaciones; los cuales, de no ser favorables, obligan a un reanálisis de todas las acciones que precedieron a la de implementar.

Esta etapa dentro de la habilidad diseñar también es propicia para el intercambio y discusión alumno-alumno, alumno-profesor, fundamentalmente por el elevado número de factores y criterios tecnológicos a tener en cuenta.

- comprobar :

- **Verificar, confirmar la veracidad o exactitud de algo.**

Comprobar constituye, dentro de las acciones de la habilidad diseñar, la que requiere de un mayor esfuerzo creativo por parte de los profesores de Electrónica Digital en nuestro contexto nacional.

La Electrónica Digital es una disciplina que a nivel mundial utiliza múltiples y poderosos medios, por demás rápidamente cambiantes para el desarrollo de sus diseños. Instrumentos de medición de múltiples variables digitales (analizadores lógicos), osciloscopios de alta precisión y respuesta de frecuencia, tableros (*kits*) de entrenamiento y/o emulación de funciones, sistemas de adquisición de datos por computadora, contratos con firmas comerciales para la fabricación de circuitos digitales integrados con los diseños elaborados con vista a su comprobación; entre otros aspectos, caracterizan el entorno (de un alto costo financiero) de esta última acción.

En este sentido es necesario desarrollar procesos y medios que, sin apartarse de las características más generales del desarrollo actual, sean factibles de ser incorporados al proceso de enseñanza-aprendizaje nacional.

Es por ello que en el estudio de la acción de implementar, se decidió el desarrollo de la actividad de diseño hacia los dispositivos lógicos configurables del tipo *CPLDs* ó *FPGAs*, de los cuales se ofertan tarjetas de entrenamiento a un costo moderado, además de constituir la tecnología factible para el desarrollo de sistemas digitales en el país. El desarrollo de diseños utilizando circuitos digitales a la medida o de aplicación específica (*ASICs* en inglés) es sólo factible en países con alto desarrollo (EWME, 2002).

Entre los instrumentos necesarios para desarrollar la comprobación, el analizador lógico de múltiples canales constituye un recurso esencial. En el mercado se encuentran disponibles múltiples variantes del mismo, pero a los efectos de la comprobación del comportamiento del sistema se pueden desarrollar instrumentos de bajo costo, basados en las facilidades de un computador; aspecto que se tratará más adelante.

En general puede considerarse que los procesos fundamentales dentro de la acción de comprobar pueden lograrse con el auxilio de un analizador lógico y un kit de entrenamiento de dispositivos lógicos configurables.

Estos procesos comprenden:

- La configuración (programación) del dispositivo lógico configurable, a partir de los resultados de la síntesis automatizada efectuada en la fase de implementación. Este proceso está altamente automatizado y el estudiante debe estar familiarizado con las opciones que proporciona la herramienta de software de ayuda al diseño que utiliza, el tipo de formato del fichero de configuración y el dispositivo hacia el cual está dirigida la misma.
- La verificación, ya sea mediante las facilidades de la herramienta de software de ayuda al diseño o de los instrumentos acoplados al dispositivo configurable bajo comprobación.

El objetivo de esta acción se logra cuando se corroboran los resultados (al menos de comportamiento) del

sistema configurado y los mismos están en correspondencia con las especificaciones iniciales del diseño. Para ello es necesario que el estudiante haya desarrollado las habilidades básicas de seleccionar el conjunto de datos esenciales para la comprobación, predecir los valores esperados de la misma, comparar los resultados prácticos con los obtenidos en las etapas de modelación-simulación e implementación-simulación, valorar los mismos e identificar posibles errores de estos, predecir posibles lugares o momentos donde ocurrieron los errores y, por último, emitir criterios finales sobre el diseño realizado. Es por esto que la actividad diseñar no es lineal, más bien semeja una espiral que tiene como eje el problema práctico a resolver.

Un camino para favorecer el desarrollo de la acción de comprobar el diseño lo constituye la elaboración de los informes y las conclusiones de un trabajo, en forma de proyecto, en el que participen grupos pequeños donde se emitan juicios de valor a presentar al profesor, previamente discutidos en el seno del colectivo (Moursund, 1999).

II.2.2 Dinámica de las acciones de especificación, modelación y descripción en la habilidad diseñar

Los análisis expuestos en el apartado anterior, así como el estudio acerca del desarrollo de la electrónica digital, muestran que en la actualidad las acciones de implementar y comprobar tienen un alto grado de automatización con la utilización de las herramientas computacionales.

Es por ello que, cuando el estudiante haya asimilado las operaciones vinculadas a implementar y comprobar, resulta conveniente concentrar el trabajo con la habilidad diseñar en las acciones de especificar-modelar-describir-simular. Como ya se explicó, existe una fuerte dependencia entre las acciones de especificar, modelar y describir. Es precisamente en éstas donde se desarrolla la mayor parte de la actividad intelectual del diseñador y por consiguiente la que exige un mayor análisis didáctico en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Asumiendo como fundamentos psicopedagógicos la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales (Galperin, 1965; Talízina, 1988) y considerando el papel que juega el dominio de los conocimientos dentro de la actividad, se desarrolló un análisis estructural que integra las acciones y los conocimientos, en una dinámica que proporciona las bases orientadoras para la realización de estas tres primeras acciones dentro de la habilidad diseñar (figura II.3).

En dicha dinámica se muestra que, para lograr una adecuada orientación en el desarrollo de la acción especificar, deben conducirse las operaciones hacia el establecimiento de las características que permitan clasificar el problema como combinacional, secuencial o mixto. El vínculo entre las invariantes de conocimiento y las especificaciones del problema no es totalmente sólido y pueden quedar aspectos dentro de la especificación (subproblemas) que no se correspondan con una invariante.

Al inicio del proceso puede orientársele a los estudiantes que se cuestionen: ¿Cuál es la esencia del problema?; ¿Qué otros problemas parecidos he solucionado?; ¿Cuáles son las entradas y salidas del mismo?; ¿Qué relaciones generales existen entre éstas?; ¿Qué invariantes de contenido conocidas puedo utilizar?; ¿Dónde está lo nuevo del problema?.

Lo fundamental en esta etapa es que el estudiante pueda definir un enunciado para el problema, lo más específico posible, donde se relacionen las variables de entrada y salida tanto funcional como temporalmente.

Una vez dentro de la acción de modelar, la dependencia entre ésta y las invariantes de conocimiento es más sólida, por ello se debe orientar que el estudiante analice la semántica del enunciado resultante de la especificación, que “lea y escuche” él mismo, que identifique dentro de las funciones y subfunciones del problema aquellas que pueda vincular con modelos de invariantes estudiadas, que descomponga las complejas en una combinación de subfunciones básicas, auxiliándose de los conceptos estudiados en la Electrónica Digital.

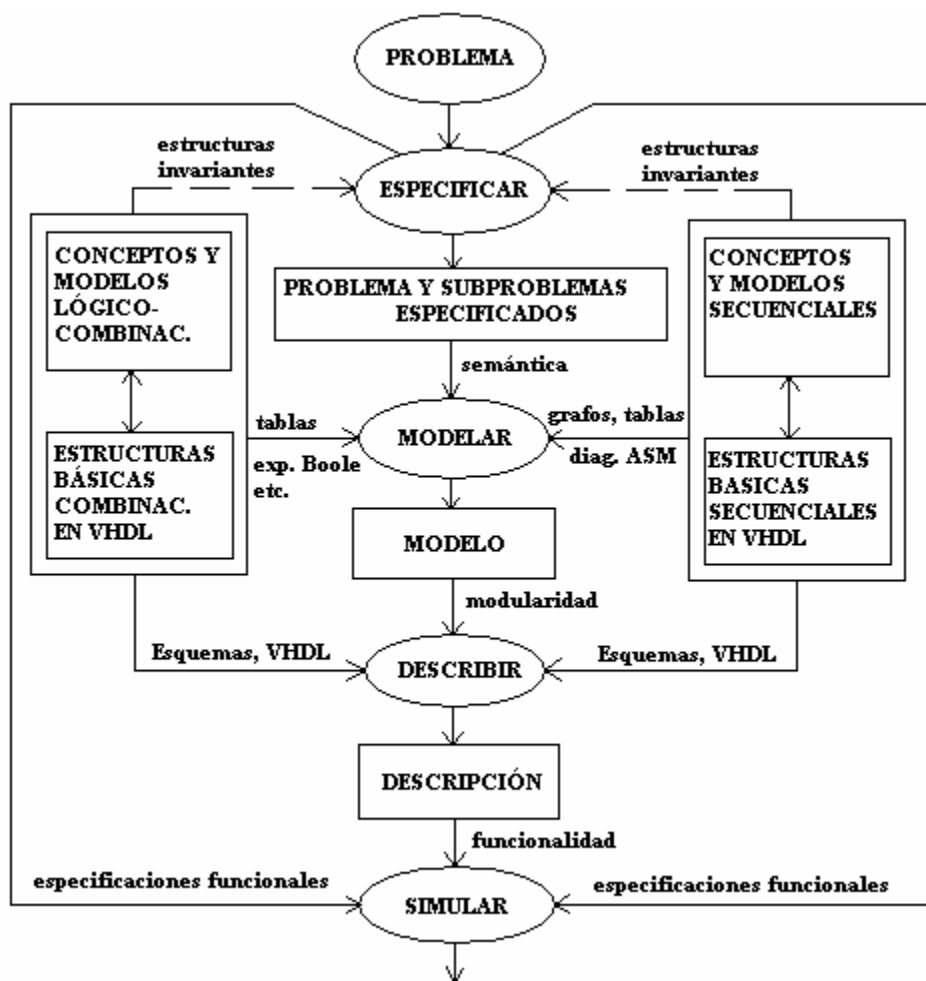


Figura II.3. Dinámica de las fases de especificación, modelación y descripción.

Una característica fundamental de esta acción es la modularidad del modelo resultante y su independencia con la tecnología. Entendiéndose por modularidad la estructuración del modelo en componentes con funciones típicas que, por su grado de generalidad y aplicabilidad múltiple, se han establecido como invariantes de esta disciplina.

La acción de descripción se facilita en la misma medida que la modularidad resultante de la modelación permita establecer un vínculo entre los módulos y las descripciones típicas (esquemas o símbolos estándares y/o descripciones *VHDL*). Preguntas como: Qué circuito(s) de la biblioteca de la herramienta de

ayuda al diseño puedo utilizar para este módulo?; De no existir el circuito, puedo describirlo funcionalmente en el lenguaje *VHDL*?; Cómo amplio la longitud de sus datos?; Cómo interconecto estos módulos para que cumplan con la funcionalidad resultante de la acción de especificar?.

Se puede concluir que las acciones de especificación, modelación y descripción poseen una esencia comunicativa doble. Por una parte en la relación objeto (problema)- sujeto que permite el tránsito desde un escenario de la vida real a un modelo teórico y de él a una descripción en un lenguaje formal. Por la otra, debido a que el problema surge de la propia necesidad (social) y es transmitido a especialistas de la electrónica digital, se requiere de una comunicación inicial entre clientes y diseñadores y, en una segunda etapa, entre los miembros del equipo de diseño. En el proceso de enseñanza-aprendizaje se deben tener en cuenta estos aspectos, de manera que se organice el mismo simulando las situaciones antes mencionadas.

II.3 Propuesta de estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar

En varias investigaciones pedagógicas se estudia la problemática de la formación y desarrollo de las habilidades como una cualidad esencial del contenido de la enseñanza. En ellas se analizan y/o proponen cuáles son las estrategias didácticas más eficientes para formar y evaluar las habilidades, así como metodologías para su elaboración y ejecución (Gutiérrez; Ramírez, 2003; Ballesteros, 2004; Rodríguez, 2004).

Un enfoque de sistema para la aplicación de una estrategia didáctica dirigida al desarrollo de la habilidad de diseñar en Electrónica Digital requiere no sólo de las fases de diagnóstico y de análisis de su estructura y dinámica interna, exige además considerar aspectos relacionados con la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de los objetivos generales definidos para el mismo, la selección de los métodos adecuados, la elaboración y/o utilización de medios que potencien dichos métodos y formas de organización, así como una evaluación sistemática que controle y oriente la marcha de todo el proceso.

II.3.1 La integración de la estrategia didáctica al sistema de objetivos-contenidos de las asignaturas Electrónica Digital I y II

Tal como se describió en el Capítulo I, en el Plan de Estudios C de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica las asignaturas Electrónica Digital I y II se encuentran formando parte de la disciplina Electrónica. Con relación a dicho Plan de Estudios (MES, 1998) resultan de particular importancia, para la integración de la estrategia al cumplimiento de los objetivos, las siguientes orientaciones metodológicas:

- El alumno estudia en la disciplina las células básicas de los equipos y sistemas que utilizará en su trabajo profesional, el cual no será ajeno a los intereses, realidades e ideología de la sociedad. La organización de su preparación, la orientación del trabajo que realice en talleres docentes y centros laborables y la asignación de tareas de investigación o desarrollo se deben corresponder con el cumplimiento de este primer objetivo.
- Debe procurarse una transición gradual, que facilite la apropiación por los alumnos de los métodos de trabajo de ingeniería.
- Las habilidades fundamentales desarrolladas por la Disciplina son las de analizar y diseñar esquemas de circuitos electrónicos básicos. El desarrollo de esas habilidades posibilita la comprensión del funcionamiento de los circuitos, caracterizarlos, compararlos, evaluarlos, montarlos, medirlos y utilizarlos.
- Los conceptos de dispositivo, circuito y sistema están hoy muy entrelazados y no es posible separarlos, se impone un tratamiento general, lo que lleva a la necesidad de conocer las estructuras internas de los dispositivos y a tener noción de sus tecnologías de fabricación.
- El estudio de cada dispositivo o circuito debe comprender la descripción cualitativa de su funcionamiento, el análisis cuantitativo y generalización, relacionándose con las particularidades del diseño y, en lo posible, con el campo de sus aplicaciones.

- El cumplimiento de los objetivos de la Disciplina requiere de la mayor facilidad posible de acceso de los alumnos al laboratorio, es también importante que dispongan de medios de computación para la simulación de los circuitos y sistemas.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como el análisis del contexto tecnológico y académico de las Electrónica Digital I y II, reflejado en el capítulo anterior; los fundamentos teóricos acerca del diseño curricular y las particularidades de la habilidad de diseñar, se reestructuraron los programas analíticos de estas asignaturas, los cuales se muestran en el Anexo II.3.

Como se observa en el mismo, los objetivos se han declarado en términos de tareas o habilidades (Talízina, 1985) lo que garantiza la integración de conocimientos-habilidades en una disciplina de carácter tecnológico como la Electrónica Digital.

Para lograr que durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje se garantice la dinámica entre las diferentes acciones de la habilidad diseñar y el sistema de conocimientos con las cuales éstas se relacionan, se ha elaborado la tabla II.2, que vincula estos aspectos.

Dicha tabla constituye una visión de sistema que orienta cómo, mediante el cumplimiento de los objetivos parciales y el sistema de conocimientos de cada uno de los temas, se va contribuyendo a la ejecución de las acciones del objetivo más general: diseñar.

Nótese en la misma cómo el carácter primario de la habilidad generalizadora diseñar y su estructura interna permiten organizar los contenidos, el sistema de conocimientos y el sistema de habilidades básicas, para que tributen al desarrollo de la misma.

La tabla II.2 es consecuencia del análisis de la dinámica de la habilidad diseñar, y demuestra la esencia dialéctica entre método y contenido, constituyendo una orientación para el tratamiento gradual de la misma durante el proceso de enseñanza-aprendizaje; tanto para el profesor como para los estudiantes, pues permite comprender en qué momentos de la ejecución de la habilidad se encuentra el alumno y cuáles son

las necesidades de contenido a ellas asociadas. Con ella puede realizarse un proceso de observación, tanto del cumplimiento de los objetivos parciales por tema, como del nivel de asimilación y generalización de la habilidad diseñar.

Tabla II.2 Vinculación entre las acciones y el contenido de las asignaturas

HABILIDAD	ACCIONES	OPERACIONES	CONTENIDO	
			ED 1 (Temas)	ED 2 (Temas)
D I S E Ñ A R	ESPECIFICAR	1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas.	1, 3, 4	1, 3, 4
	MODELAR	1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas (invariantes de contenido). 3. Representar y explicar su interrelación.	1, 3, 4	1, 3, 4, 5
	DESCRIBIR	1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción.	1, 2, 3, 4, 5	1, 3, 4, 5, 6
	SIMULAR	1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación.	1, 2, 3, 4, 5	1, 3, 4, 5, 6
	IMPLEMENTAR	1. Seleccionar la tecnología adecuada. 2. Sintetizar la misma (síntesis automática). 3. Evaluar los resultados de la síntesis. 4. Determinar los datos para la simulación.	1, 2, 3, 5	1, 2 y 3(ED 1), 3, 5, 6
	COMPROBAR	1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento.	2, 3, 5	2 y 3(ED 1), 3, 5, 6

De lo anterior se derivan dos orientaciones metodológicas: la primera es que el tratamiento al desarrollo de la

habilidad diseñar no es lineal, sino es una espiral dialéctica ascendente donde la realización de sus acciones está vinculada al nivel de dominio de ciertos conocimientos. Así, por ejemplo, se podrá diseñar (con un alcance parcial de ésta), desde el propio Tema I de la ED I, ya que en él se reciben los conocimientos fundamentales para que se puedan ejecutar las acciones de especificar, modelar y describir. Pero el grado de generalización de la habilidad en este punto está limitado a problemas de baja complejidad pues el estudiante desconoce invariantes de contenido típicas combinacionales, su descripción en *VHDL*, no domina tecnologías de circuitos integrados digitales, ni herramientas de ayuda al diseño.

La segunda orientación metodológica está relacionada con las formas en que se desarrollarán las bases orientadoras de la actividad para lograr ejecutar la habilidad diseñar de forma gradual en cada uno de los Temas que forman parte de las ED I y II, en subepígrafes siguientes se analizará este aspecto.

II.3.2 Métodos, formas de organización-evaluación y medios de apoyo al desarrollo de la habilidad diseñar para un proceso de enseñanza-aprendizaje presencial

Otro aspecto a tener en cuenta en la ejecución del proceso de enseñanza-aprendizaje es el considerar que la asimilación de habilidades está acompañada de procesos cognoscitivos y procedimentales (Petrovski, 1980; Talízina, 1985; IPLAC; Monereo, 1998), proceso que exige del estudiante la atención voluntaria y consciente, la asimilación real del sistema de acciones que conforman a las habilidades, así como del conocimiento al cual está asociado.

También, en este sentido, la formación y desarrollo de las habilidades requiere que los estudiantes comprendan el significado y el valor de éstas para su propio proceso de conocer, revelándose en esta interacción la unidad de lo instructivo y lo educativo. En este proceso juega un papel importante el desarrollo de la motivación, entendida ésta como la conjugación necesidad-objeto que la satisface, transformándose entonces el deseo en motivo (Klingberg, 1980).

Debe considerarse también el carácter primario de la relación objetivo-contenido sobre los métodos a aplicar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, según (Klingberg, 1980, p. 281): “si nos restringimos a la proposición “el contenido determina el método” sería bastante problemático, pues se ignora al objetivo, que es en definitiva la magnitud (ideológica) decisiva del proceso pedagógico”.

Es por ello que la estrategia didáctica propuesta se ha desarrollado dentro de un proceso de enseñanza-aprendizaje presencial. El carácter esencialmente comunicativo, ya antes expuesto, de la habilidad diseñar y la propia práctica pedagógica del investigador, han constatado la riqueza del intercambio que se establece en clases, durante el desarrollo de las acciones de especificar-modelar-describir, asociadas a la solución de diseños particulares. Dicho intercambio deviene en propuestas de nuevas soluciones, correcciones a otras, esclarecimiento de conceptos sobre las invariantes de contenido, entre otros resultados.

Aunque el autor no se opone a la posibilidad de aplicar otra modalidad en el futuro, el análisis de viabilidad de la investigación en el aspecto relacionado con la forma de enseñanza, teniendo en cuenta las tecnologías de la información y comunicación disponibles en el centro, no hace factible el desarrollo de procesos semipresenciales o a distancia, por el momento.

Es necesario que la integración de la estrategia didáctica para el desarrollo gradual de la habilidad diseñar no afecte el cumplimiento de los restantes objetivos. En el Capítulo I se expusieron las razones por las cuales la habilidad analizar tiene un alcance limitado en la actualidad, producto de los altos niveles de integración presentes en los dispositivos y sistemas digitales. Aunque la misma no es objeto de estudio de la presente investigación, esto no significa que su logro se haya afectado para favorecer el de la habilidad diseñar. Como se observa en ambos programas analíticos del anexo II.3, el tratamiento a la misma está presente hasta que se alcanzan los niveles de integración de media escala (MSI en inglés).

II.3.2.1 Formas de tratamiento al desarrollo de la habilidad diseñar

En lo que respecta a la habilidad diseñar, la estrategia propone trabajar la misma por niveles cualitativos de su desarrollo. Según Talízina: “para evaluar la calidad de las acciones formadas hay que conocer sus características principales... Cualquier acción humana puede caracterizarse por cinco aspectos, a saber: la forma, el grado de generalización, el nivel de despliegue, el carácter independiente y el dominio de la misma”. (Talízina, 1985, p.153-154).

Así, en el Tema I de la Electrónica Digital I; en el momento en que se estudian los fundamentos del Álgebra de Boole, el concepto de función de conmutación y las funciones básicas y universales, se trabajan las acciones de especificar, modelar y describir “como si se estuvieran diseñando” las propias funciones básicas y universales, es decir, se presentan estas como un problema (por ejemplo, la función XOR debe ser verdadera cuando en sus entradas hay una cantidad impar de unos), se procede a especificar el problema (cantidad de entradas, qué significa impar, etc.), para posteriormente modelar dicha función en forma de tabla de verdad y describir ésta en forma de expresión lógica, esquemática y en lenguaje *VHDL*. En este momento no se trabajan las acciones de simulación, implementación y comprobación, por cuanto no se han adquirido aún los conocimientos ni desarrollado las otras acciones y operaciones que permiten realizarlas.

En este primer tema hay que facilitar el tránsito de la forma material hacia la perceptiva, se debe favorecer, mediante la actividad comunicativa, (profesor-alumno, alumno-alumno, alumno-profesor) el reconocimiento del problema para, de ahí, avanzar a la forma externa donde el estudiante se manifieste verbalmente en alguna de las estructuras formales de modelación y descripción (tablas de verdad, esquemas, expresiones algebraicas y lenguaje *VHDL*) y posteriormente a la forma interna (apropiación de la acción) que le permita generalizar éstas a otros problemas, mediante una ejercitación adecuada.

En lo relacionado con la generalización (relación entre las posibilidades objetivas de aplicar el conocimiento y

las posibilidades subjetivas del estudiante) las orientaciones se van desarrollando a medida que se incrementa la complejidad del contenido. Así, en el Tema III, el estudiante se va percatando de las limitaciones que posee el modelo de tabla de verdad para representar una función con un número de variables elevado y la necesidad de recurrir entonces a las expresiones algebraicas y/o al lenguaje *VHDL*.

En esta etapa inicial el despliegue de las acciones es total, es decir en todos sus procesos, con un papel orientador por parte del profesor, lo que se corresponde con un incremento gradual del nivel de independencia a través de las clases prácticas, seminarios y laboratorios. Posteriormente, durante los restantes temas, se va favoreciendo el trabajo independiente para que el estudiante pueda reducir el despliegue de la actividad y demuestre un mayor nivel de dominio, lo que encuentra su punto máximo en la realización de un proyecto de media a alta complejidad en la modalidad de trabajo en grupo.

Para la planificación y ejecución del tratamiento a la habilidad diseñar se han utilizado los principios de las bases orientadoras de la actividad (Galperin, 1958; Talízina, 1988, p. 89). En este caso, durante el proceso de enseñanza aprendizaje se transita desde las bases orientadoras de la actividad de primer tipo a las de segundo y tercer tipo.

En las tablas II.3 y II.4 se muestra la relación de temas de las Electrónica Digital I y II, así como los tipos de bases orientadoras utilizadas para el tratamiento de la habilidad diseñar en correspondencia con el nivel de desarrollo alcanzado en cada etapa.

Se especifican para cada caso el carácter generalizado o no, el grado de plenitud y el modo de obtención de la misma. Así, una base orientadora de primer tipo tiene un carácter concreto (se dan ejemplos particulares), su orientación es incompleta, es decir el estudiante debe develar de la misma aspectos esenciales que faltan y el modo de obtención de la orientación es independiente. Este tipo de base orientadora requiere de un elevado número de ejercicios, provoca muchos errores en las acciones, las cuales son muy sensibles a los cambios en las condiciones del problema.

Tabla II.3 Relación de Temas y tipo de base orientadora de la actividad en ED I

ASIGNATURA		Tipo de base orientadora			
Electrónica Digital I		Carácter	Plenitud	Obtención	Tipo
I	Introducción al Álgebra de Boole.	Concreta	Incompleta	Independ.	De 1
		Concreta	Completa	Preparada	a 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
II	Circuitos Integrados Digitales.	Concreta	Completa	Preparada	2
III	Diseño y Análisis de Sistemas Combinacionales con dispositivos SSI.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
IV	Diseño y Análisis de Sistemas Combinacionales con dispositivos MSI.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Preparada	a 4
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
V	Diseño de Sistemas Combinacionales con dispositivos de LSI.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3

Tabla II.4 Relación de Temas y tipo de base orientadora de la actividad en ED II.

ASIGNATURA		Tipo de base orientadora			
Electrónica Digital II		Carácter	Plenitud	Obtención	Tipo
I	Análisis y Diseño (Síntesis) de Circuitos Secuenciales Asincrónicos (CSA).	Concreta	Incompleta	Independ.	De 1
		Concreta	Completa	Preparada	a 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
II	Multivibradores.	Concreta	Completa	Preparada	2
III	Análisis y Diseño de Circuitos Secuenciales Sincrónicos (CSS) con componentes SSI.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
IV	Análisis y Diseño de CSS con componentes MSI.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
V	Máquinas de Estado Algorítmico.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Preparada	a 4
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3
VI	Diseño de CSS con componentes LSI.	Concreta	Completa	Preparada	De 2
		Gralizada.	Completa	Independ.	a 3

Si bien Talízina y colaboradores consideran la base orientadora de la actividad (BOA) de tercer tipo como la idónea, por ser la que favorece a un mayor desarrollo cualitativo de la actividad con una mayor eficiencia, el autor considera importante que el estudiante sea capaz (con el profesor como moderador) de apropiarse del propio proceso de tránsito a este tipo de base orientadora. Lo anterior exige, desde el punto organizativo del proceso de enseñanza-aprendizaje, actividades de resolución de problemas, con un alto nivel de confrontación y análisis de variantes de solución, argumentación de las propuestas y simulación a nivel de laboratorio.

Tal como se muestra en la tabla II.3, en el Tema I se debe transitar desde BOAs de primer tipo a la de tercer tipo. En este tema, y mediante un fuerte intercambio comunicativo-reflexivo, se transitará de lo particular a lo general, de lo incompleto a lo completo, de lo independiente (con ensayos de prueba y error) a lo colaborativo y de allí a lo independiente con sistematicidad y dominio. El estudiante concluye que lo esencial para asimilar la habilidad diseñar, en esta etapa del proceso de enseñanza-aprendizaje, consiste en orientar la actividad hacia la identificación del tipo y número de entradas, de identificar que la relación entre éstas y la salida es independiente del tiempo y de que esta relación se obtiene modelando el fenómeno bien sea por una tabla de verdad o por una expresión lógica, teniéndose en cuenta para ello la cantidad de entradas.

En el Tema II de la Electrónica Digital I, el objetivo es que se conozcan los aspectos fundamentales de la tecnología CMOS que permiten utilizar la misma en las acciones de implementación y comprobación de la habilidad diseñar. Estas son las razones por las que la BOA es de segundo tipo aplicada al caso concreto de una tecnología (la dominante actualmente y en el futuro previsible), con una plenitud completa, pues se necesita que el estudiante sea capaz de consultar las características de los dispositivos CMOS en los manuales afines y con un modo de obtención de la orientación preparada, pues no constituye un objetivo para el perfil del ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica de nuestro país trabajar de manera creadora en la fabricación de circuitos integrados.

En el Tema IV de la ED I se trabaja con la BOA de tipo 4, pues se requiere desarrollar acciones lógicas para la solución de problemas de media a alta complejidad que se orientan precisamente en el mismo y se evalúan como un proyecto desarrollado en la modalidad de trabajo en grupo.

Al llegar a este tema el estudiante ha asimilado los modelos y descripciones de las invariantes fundamentales de los sistemas combinatoriales, además de haber logrado avanzar en las acciones de especificar, modelar, describir y simular. Se encuentra entonces preparado para que de forma generalizada, completa y con ayuda del profesor (preparada) se le muestre toda la orientación asociada al despliegue de la habilidad diseñar.

En los materiales para el estudio independiente correspondientes al Tema IV, disponibles en el sitio Web de la asignatura (epígrafe siguiente), se les describe a los estudiantes la estructura interna de la habilidad diseñar, presentándose una síntesis de los contenidos necesarios en cada momento de la misma y una visión integral de cada una de las acciones componentes de la habilidad.

Se considera entonces que el estudiante puede desarrollar de forma generalizada, completa e independiente, las bases orientadoras para el desarrollo de la habilidad diseñar y aplicar la misma a la solución del proyecto integrador que se orienta en este Tema IV y se materializa y evalúa en el Tema V y final.

En resumen, se puede concluir que entre el alcance de la relación objetivo-habilidad, la estructura interna de la habilidad (derivada del contenido) y el tipo de base orientadora de la actividad, se manifiesta una interrelación que sólo es posible solucionar dialécticamente si se realiza un enfoque de sistema en el desarrollo de la estrategia didáctica.

La tabla II.4 resume el tipo de BOA para cada Tema de la Electrónica Digital II. Como se puede observar se mantienen acciones dentro de la estrategia de favorecer el tránsito de los estudiantes de BOA de tipo 1 y/o 2 a la de tipo 3 en los tres primeros temas de la asignatura.

En el Tema I, correspondiente a los circuitos secuenciales asincrónicos (CSA), que constituyen el núcleo básico a partir del cual se desarrollan los circuitos secuenciales sincrónicos (CSS), en las actividades

docentes iniciales (primera conferencia y clase práctica) se analizan problemas concretos que, mediante análisis colectivos, van revelando las características generales de un CSA y cuál es la estrategia de diseño para el mismo. En la segunda conferencia y clase práctica, así como en el laboratorio asociado se crean las condiciones para que el estudiante alcance a orientar su actividad de diseño por la vía del tercer tipo. En estos momentos está en condiciones, a partir del conocimiento de la estructura general de un CSA y la relación que existe entre las variables de salida; las de entrada y las de estado presente y siguiente, de aplicar los procesos generales del diseño a la solución de problemas particulares.

El Tema II de la ED II, está fundamentalmente dedicado al análisis de estructuras típicas de multivibradores (monoestables y astables) y no al diseño de las mismas.

A partir del Tema III, comienza el desarrollo del diseño de circuitos secuenciales sincrónicos (CSS) que van incrementando su complejidad en la medida que se avanza en las formas de procesamiento y el tipo de variable digital. Así, un CSS para el procesamiento de variables lógicas solamente encuentra aplicaciones en el diseño de detectores de secuencia, secuenciadores lógicos, contadores y registros, con una estructura general que tiene como aspectos más significativos los biestables como elementos de memoria y la señal general de sincronismo.

En este tema se da preferencia al trabajo con las acciones de especificación, modelación, descripción y simulación, constituyendo los diagramas de estado y/o las tablas de estado-salida los modelos apropiados.

Los Temas IV y V constituyen los núcleos integradores de esta asignatura; en el caso del Tema IV se analizan las invariantes de conocimiento fundamentales que forman parte de cualquier sistema digital secuencial (los registros y contadores) y la estrategia para su diseño. Se analizan dispositivos integrados representativos y cómo se incorporan estos al diseño de CSS del tipo procesadores lógicos. En este tema se demuestra lo limitado del alcance de este tipo de procesadores para la manipulación de datos (sumar, restar, comparar, desplazar, etc.). Así mismo, se profundiza en la acción de describir estos dispositivos utilizando el

lenguaje de descripción de *hardware VHDL* a partir de estructuras sintácticas sencillas.

De esta forma se crean las condiciones para avanzar en la generalización del concepto de CSS a aquellos circuitos que pueden manejar tanto variables lógicas como datos y se lleva a su plenitud el desarrollo de la habilidad diseñar en las Máquinas de Estado Algorítmico (*ASM* en inglés). En este Tema V, al igual que en el Tema IV de la ED I, se aplica la táctica de transitar de una BOA tipo 4 a la de tipo 3.

La complejidad de este tema se manifiesta en lo relacionado con la secuencia de acciones lógicas para la introducción del modelo de algoritmo de hardware, pues se tiende a generar interpretaciones erróneas producto del precedente conceptual que sobre algoritmo se estudió en las asignaturas de programación de software de años anteriores. La necesidad del trabajo por niveles de jerarquía, las potencialidades de lenguaje *VHDL* en la acción de describir, constituyen las razones fundamentales por las cuales resulta necesario utilizar bases orientadas generalizadas, completas y preparadas por el profesor.

También en este caso se han planificado y preparado las actividades docentes necesarias (ver sitio *Web DIGITAL* en CD anexo) que permitan posteriormente la orientación y desarrollo del proyecto integrador donde se aplique la estrategia de diseño en toda su plenitud.

Es conveniente señalar que, en el proceso de planificación de ambos programas analíticos, así como en la preparación de los materiales docentes, se ha tenido presente la relación de precedencia entre las dos asignaturas. En el desarrollo del proyecto de la ED II, los problemas propuestos contienen estructuras invariantes combinatoriales de la ED I que el estudiante debe identificar a partir de los conocimientos ya adquiridos.

Para garantizar la factibilidad de este proyecto, en los Temas V y VI se ha planificado tiempo de laboratorio para que los grupos de trabajo puedan desarrollar las diferentes etapas del mismo. Esta organización favorece el control y/o asesoría por parte del profesor sobre los resultados parciales del trabajo. Por otro lado evita afectar el tiempo de estudio que deben dedicar los estudiantes al resto de las asignaturas del semestre.

II.3.2.2 Los métodos y formas de organización-evaluación

Los métodos de enseñanza, vistos en su aspecto externo (Klingberg, 1980), comprenden la enseñanza monologada (exposición y el trabajo independiente) y la dialogada (elaboración conjunta). En el desarrollo de las asignaturas Electrónica Digital I y II, el método expositivo tiene particular importancia en las conferencias iniciales de cada uno de los temas que la componen, momento en el que se muestran los principios, conceptos y métodos generales de trabajo.

Particular jerarquía se le otorga a la elaboración conjunta en el resto de las conferencias de los diferentes temas, así como en las clases prácticas, seminarios y laboratorios. Entre sus aspectos positivos, permite exponer las bases orientadoras de la actividad de diseño, mantener una valoración continua, tanto por parte del profesor como de los estudiantes, de la asimilación de dicha habilidad y elevar los niveles de motivación y comunicación necesarios para el desarrollo de diseños más complejos en grupos de trabajo.

Precisamente, entre las formas externas de organización del proceso, se potencia el trabajo en grupo (de hasta 5 estudiantes), tanto en la forma de elaboración conjunta, como en el propio trabajo independiente del grupo.

En el caso del trabajo en grupo, las actividades de elaboración conjunta se desarrollan en seminarios y laboratorios. Los seminarios se planifican a final del tema y en ellos cada grupo expone los aspectos generales de éste y en qué medida se ha desarrollado la dinámica de la habilidad diseñar.

Los laboratorios se realizan previos al seminario, cuando se han asimilado los contenidos necesarios para el desarrollo de actividades prácticas y/o simulación. La distribución se hace a partir de subgrupos (2 ó 3 estudiantes) del mismo grupo y en la ejecución del mismo se promueve el intercambio de opiniones, moderadas por el profesor, acerca de las consideraciones del diseño, se comparan los resultados de la simulación, etc.

El trabajo en grupo, tanto en los seminarios, como en subgrupos de un mismo grupo en el laboratorio, facilita

la preparación de éste como colectivo para enfrentar las tareas del diseño integrador a desarrollar al final de cada asignatura, sirve de elemento de comparación para evaluar las habilidades y capacidades individuales, así como de los estilos y estrategias de actuación que pueden utilizarse como referencia. Además, proporciona una retroalimentación más rica y variada que la que puede aportar un solo estudiante e incrementa las expectativas de cada miembro ante los problemas y disminuye las tensiones al enfrentar la tarea, debido a que no se siente solo porque ve que otros enfrentan un problema similar.

También (Sanz, Rodríguez, 1996) el trabajo en grupo se convierte en medio no sólo de la formación intelectual sino también de la educación social, donde se promueve al mismo tiempo el respeto a la libertad personal.

Es por ello que, para lograr que el grupo funcione de manera integrada, es necesario desarrollar durante un tiempo las interacciones tanto técnicas como sociales. Según Reinoso: "La enseñanza debe proponerse construir significados compartidos, por lo que el profesor como dirigente del proceso de enseñanza-aprendizaje debe promover estrategias que promuevan el diálogo y la reflexión, así como la solución cooperada de problemas en el establecimiento de proyectos comunes no sólo del tema que se discute, sino de la forma en que transcurrió la relación interpersonal entre los partícipes del proceso, de manera que se vayan adquiriendo paralelamente habilidades sociales que favorecen el trabajo en colaboración". (Reinoso, 2000)

El trabajo en grupo permite potenciar la habilidad diseñar en todas sus acciones, particularmente en las de especificar, modelar y describir. Tanto en el trabajo de laboratorio, como en el desarrollo del proyecto y el trabajo independiente del grupo, sus integrantes necesitan expresar, argumentar, comparar y seleccionar las ideas más adecuadas para solucionar el problema. Esto exige el dominio de las diferentes formas y/o lenguajes técnicos de modelación y descripción que le permitan expresar con rigor, y sin ambigüedades, sus propuestas.

Según Amthor: “Los procesos de comunicación masiva son materia de análisis y realización en relación con la presentación de productos y servicios a potenciales clientes” (Amthor, 2003). Como se ha expresado antes diseñar en electrónica digital posee un profundo carácter comunicativo, tanto en su proceso de desarrollo, como en la documentación final del mismo. Es por ello que a la evaluación del proyecto se le concede un peso importante dentro de la asignatura, para lo cual se dan un conjunto de orientaciones relacionadas con la confección del informe del proyecto y el acto de defensa del mismo. Este informe debe reflejar:

- Enunciado del problema.
- La aplicación de la estrategia a la solución del mismo, argumentando la secuencia lógica y las decisiones tomadas en cada momento.
- La estructura por jerarquía de niveles del sistema digital que da solución al problema.
- Los modelos y descripciones de los bloques funcionales que lo componen.
- Los resultados de las simulaciones y el análisis de los resultados obtenidos.
- Argumentos acerca de la tecnología seleccionada.
- Análisis de la comprobación de los resultados.

Tanto en la documentación del proyecto como en la defensa del mismo, el grupo se debe apoyar en los medios ofimáticos y herramientas computacionales de ayuda al diseño. La defensa se realiza en colectivo ante el profesor quien, en dicho momento, escucha la exposición y plantea las preguntas pertinentes para cada etapa del desarrollo lógico del proceso de diseño, es decir, indaga cómo los integrantes del grupo dominan la acción de especificación, cuáles y por qué son los modelos que han elegido, solicita la explicación de la interrelación modelo-descripción, interroga sobre los resultados de la simulación, la selección del tipo de tecnología, etc., de manera que la exposición pueda fluir de forma dinámica sin excesivas interrupciones que provoquen tensiones a los expositores.

Con vistas a brindar una guía de trabajo en el desarrollo del proyecto y de lograr un marco referencial común en los informes finales a presentar y defender por parte de los diferentes grupos, se confeccionaron las orientaciones generales para el mismo, tanto para la Electrónica Digital I como la II, las cuales se muestran en el Anexo II.4 y están incorporadas al entorno *Web* DIGITAL.

En el programa analítico de la ED II también se han previsto momentos para el trabajo independiente, fundamentalmente en las clases prácticas, la orientación para el trabajo extraclase y la realización de evaluaciones parciales utilizando este método. Incluso, en el propio trabajo de los subgrupos de laboratorio y los chequeos parciales de los proyectos de grupo, se debe tener una valoración individual del desempeño del estudiante como vía de ajuste y perfeccionamiento de la estrategia didáctica en particular y del proceso de enseñanza-aprendizaje en general.

Un aspecto importante, derivado de la propia labor docente del autor, es que entre el método de trabajo independiente y el de grupo existe una interrelación que se dinamiza con la elaboración conjunta. Cuando en el desarrollo de una clase práctica se orienta un ejercicio y se proporciona tiempo para el trabajo individual, en el transcurso del mismo el profesor debe valorar las respuestas que promuevan un mayor análisis de la lógica interna de la solución y posteriormente debatir éstas en el colectivo.

Por otro lado, el trabajo independiente y su evaluación sistemática permite corregir errores ó estrategias individuales no adecuadas que puede ser trasladados de un estudiante al grupo que pertenece. También puede ocurrir el caso contrario, es decir, que se den soluciones novedosas con las cuales el profesor puede reforzar la efectividad de la actividad y estimular a su vez los resultados del estudiante en el seno del colectivo.

En el sitio *Web* elaborado como apoyo a las ED I y II se han plasmado los aspectos teóricos y prácticos esenciales para el estudio independiente, ejemplos en los que se aplica la estrategia de diseño en general, ejercicios propuestos, ejemplos de evaluaciones, soluciones de proyectos, herramientas de ayuda al diseño,

referencias bibliográficas importantes, direcciones de otros sitios de interés, etc. que el estudiante puede consultar en cualquier momento y desde cualquier lugar del centro, incluso portar esta información a otras máquinas de instituciones cercanas a su residencia (Joven Club, Sedes Universitarias Municipales).

II.3.2.3 Desarrollo y/o explotación de medios como soporte material de la estrategia

En sus estudios acerca de los medios de enseñanza González (1986, p.48-49) realiza un análisis del concepto de medio, circunscrito al proceso docente-educativo como: "todos los componentes del proceso docente-educativo que actúan como soporte material de los métodos (instructivos o educativos) con el propósito de lograr los objetivos planteados... desde el punto de vista de la Teoría de la Comunicación, los medios de enseñanza son el canal a través del cual se transmiten los mensajes docentes, son el sustento material de los mensajes en el contexto de la clase... el papel de los medios de enseñanza está (además de presentar al alumno la realidad objetiva o sus representaciones materiales más concretas...), en proporcionar verdaderamente el puente o vínculo entre estas percepciones concretas y el proceso lógico del pensamiento".

Es precisamente el doble carácter sensorial y racional de los medios reflejado en la cita anterior lo que justifica su desarrollo y/o aplicación como soporte material para una estrategia didáctica encaminada al desarrollo de la habilidad diseñar en electrónica digital.

En el Capítulo I fueron analizados los tres pilares sobre los cuales descansa el diseño electrónico digital como habilidad profesional (fundamentos teóricos, tecnología electrónica y tecnología de la información y las comunicaciones). Dicho análisis mostró que el ordenador, en el caso que nos ocupa, es a la vez un medio (en su sentido de portador de información) y un instrumento de trabajo.

Desde el punto de vista didáctico, el ordenador constituye tanto el soporte físico donde descansan estos tres pilares, como el soporte lógico que, en su propia configuración, debe ser portador de la estrategia propuesta.

Es precisamente este segundo componente el que revela el aporte racional que se pretende potenciar con el desarrollo o explotación conveniente de un conjunto de medios se que analizan a continuación.

II.3.2.3.a El lenguaje VHDL como medio facilitador de la interacción entre las acciones: especificación-modelación-descripción

En el Capítulo I se exponen las características generales del *VHDL* como el lenguaje estándar 1076-87/93 de la *IEEE (Institute of Electric and Electronics Engineers* en inglés) para la descripción de hardware digital; destacándose entre otros aspectos su amplia difusión en el campo del diseño y las herramientas computacionales de ayuda al mismo, así como su extenso repertorio de estructuras sintácticas que conllevan a que en múltiples instituciones académicas dicho lenguaje sea impartido como una asignatura aparte (en ocasiones optativa) en los años superiores vinculada al diseño con dispositivos de alta escala de integración. Generalmente estas asignaturas se concentran en explicar la extensa estructura sintáctica del lenguaje *VHDL* y su operatividad dentro de una herramienta de software de ayuda al diseño.

Anteriormente se destacó el aporte que tiene el lenguaje *VHDL* dentro de la acción de describir como parte de la actividad de diseño. Mientras que en las asignaturas de otras universidades consultadas, el objetivo está supeditado al medio (enseñar *VHDL*), en la presente investigación el medio está subordinado (dialécticamente) al objetivo (aprender a diseñar sistemas digitales utilizando el *VHDL* como medio).

Como ya se ha señalado, entre las acciones de especificación-modelación-descripción existe una dinámica muy fuerte que como proceso va transformando el enunciado original del problema (expresado generalmente en lenguaje natural) a una modelación-descripción del mismo en un lenguaje lógico formal (tablas de verdad, esquemas, grafos, descripciones *HDL*), lo que a su vez se revierte en una etapa superior de la especificación del problema, en el que los estudiantes pueden identificar con mayor exactitud las invariantes propias del sistema a diseñar.

La experiencia en el trabajo con el *VHDL*, en más de diez años de su aplicación gradual en la docencia y en cursos y proyectos de colaboración nacional e internacional, ha permitido al autor seleccionar un subconjunto de estructuras sintácticas capaces de representar la funcionalidad de las invariantes de contenido de las asignaturas ED I y II.

La intencionalidad incorporada en la estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar se manifiesta en que, en los temas iniciales de ambas asignaturas, el estudiante encuentre que “lo que dice del funcionamiento del sistema” puede “verlo” y analizarlo a partir de una descripción formal en *VHDL*. Posteriormente, cuando se familiarice con estas estructuras sintácticas fundamentales, puede desencadenar la espiral analítica: “lo que digo, puedo formalizarlo en *VHDL* y, al verlo descrito, puedo entender mejor lo que digo; incluso, reelaborarlo, especificarlo mejor, perfeccionar su(s) modelo(s) e incluso volver a describirlo mejor nuevamente”. A lo anterior se añaden las ventajas tecnológicas propias del lenguaje, al estar formando parte de herramientas que permiten la simulación e implementación.

En la figura II.2 se mostraba una clasificación general de los sistemas digitales a partir de sus invariantes de conocimiento. En la tabla II.5 se muestran las estructuras sintácticas y operadores fundamentales del *VHDL* que pueden describirlas, de manera funcional, en un lenguaje muy cercano al natural.

En el transcurso de las diferentes actividades docentes estas estructuras se van incorporando como otra forma más de descripción de las invariantes de conocimiento, discutiéndose modificaciones a las mismas como resultado de ejercicios propuestos o en los seminarios y prácticas de laboratorio de simulación, donde se comprueba la validez y efectividad de una u otra forma de descripción, tanto en la etapa de simulación como en la de implementación.

Tabla II.5 Estructuras sintácticas y operadores fundamentales utilizados del VHDL.

Invariante de Conocimiento	Estructuras Sintácticas en VHDL	Operadores
Sistemas Combinacionales (variables lógicas)	<ul style="list-style-type: none"> - Process(entradas) end process - Case ... when ... end case - If ... then ... else ... elsif ... end if - For ... loop 	AND, OR, NOT XOR, NAND, NOR
Sistemas Combinacionales (variables digitalizadas)	<ul style="list-style-type: none"> - Process(ent, señales) ... end process - Case ... when ... end case - If ... then ... else ... elsif ... end if - For ... loop ent: entradas	AND, OR, NOT XOR, NAND, NOR, SHR(), SHL(), +, -, *, /, MOD, >, <, =
Sistemas Secuenciales Asíncronos	<ul style="list-style-type: none"> - Process(ent, señales) ... end process - Case ... when ... end case - If ... then ... else ... elsif ... end if 	AND, OR, NOT XOR, NAND, NOR
Sistemas Secuenciales Sincrónicos (variables lógicas)	<ul style="list-style-type: none"> - Process(ent, señales) ... end process - Case ... when ... end case - If ... then ... else ... elsif ... end if 	AND, OR, NOT XOR, NAND, NOR
Sistemas Secuenciales Sincrónicos (variables lógicas y digitalizadas)	<ul style="list-style-type: none"> - Process(ent, señales) ... end process - Case ... when ... end case - If ... then ... else ... elsif ... end if - For ... loop 	AND, OR, NOT XOR, NAND, NOR, SHR(), SHL(), +, -, *, /, MOD, >, <, =

Con vistas a proporcionar a los estudiantes un medio de consulta ágil e interactivo, se ha incorporado al sitio *Web DIGITAL* la preparación de las actividades docentes y múltiples ejemplos de descripciones en *VHDL* de circuitos típicos combinacionales y secuenciales.

II.3.2.3.b Herramientas SiCoBIN, DigitalTools y ASM2VHDL

Si bien el lenguaje de descripción de *hardware VHDL* constituye un medio que facilita la relación entre las acciones de especificar-modelar-describir, tal como se expuso en el apartado anterior, en el Capítulo I se

muestran las tendencias hacia formas de modelación y descripción con un mayor nivel de abstracción, es decir, más cercanas a los modelos utilizados para la representación de las tres estructuras invariantes más generales de la Electrónica Digital (Sistemas Combinacionales, Sistemas Secuenciales para señales lógicas y Sistemas Secuenciales para el procesamiento de datos), los cuales aparecen relacionados en la tabla II.1 y estructurados jerárquicamente en la Figura II.2.

Resulta conveniente entonces proporcionar herramientas de ayuda a la representación de estos modelos, con características particulares enfocadas a los objetivos y métodos con que se abordan los mismos en las asignaturas. Además, para lograr su integración, en función de potenciar el *VHDL* como lenguaje para facilitar la interacción antes señalada, se concibió que estas herramientas generaran como salida expresiones lógicas ó descripciones en este lenguaje, lo cual promueve la coherencia en el proceso modelación-descripción.

Si bien es cierto que, tanto en la literatura relacionada con esta materia, como en sitios de Internet; existen herramientas para estos fines, lo que distingue éstas en particular es que han sido desarrolladas por los propios estudiantes, en conjunto con la asesoría del autor, a partir de sus sugerencias y de la propia práctica pedagógica. Las herramientas desarrolladas son:

- a) SiCoBIN.
- b) DigitalTools.
- c) ASM2VHDL.

a) SiCoBIN: La versión 1 de SiCoBIN ha sido desarrollada sobre Borland Delphi 6.0 para sistemas operativos Windows con el objetivo de simplificar funciones combinacionales uniterminales de hasta 8 variables de entrada.

El algoritmo programado es el conocido como método de Quine-Mckluskey o Tabular y la expresión simplificada se obtiene en forma de suma de productos con la facilidad de introducir combinaciones

opcionales o no importa.

En la figura II.4 se muestra la ventana inicial de esta aplicación, en la cual, a través de la opción File-New Project, se puede crear un nuevo proyecto que en esencia es la especificación, mediante una tabla de verdad, de las variables de entrada y salida, así como los valores que hacen verdadera la función (1) o las combinaciones opcionales (X).

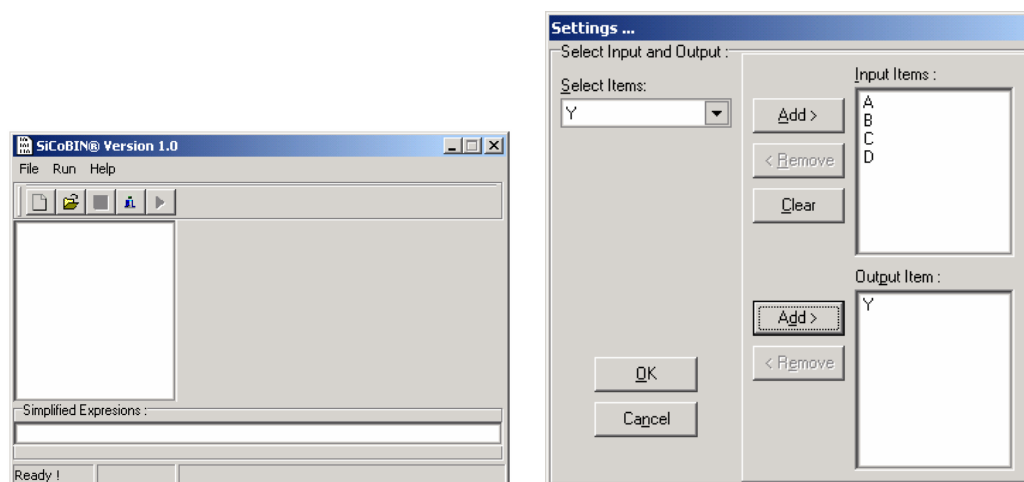


Figura II.4. Ventanas inicial y de introducción de variables de entradas-salida de SiCoBIN.

Una vez que se han definido las variables de entrada y salida, SiCoBIN genera de forma automática la tabla de verdad correspondiente, considerando como variable más significativa la primera seleccionada (en este caso A). En la figura II.5 se muestra la tabla con los valores introducidos por el usuario. Ésta puede almacenarse en disco, lo que permite utilizarla o modificarla en cualquier momento sin tener que confeccionar toda la tabla nuevamente. En la misma figura se muestra el resultado de la simplificación automática expresado en forma de suma de productos.

b) DigitalTools: Es una herramienta de ayuda a la modelación de Sistemas Secuenciales Sincrónicos con variables de tipo lógicas, es decir no permite el procesamiento de datos. Este tipo de sistema se conoce también en la literatura como procesadores lógicos o secuenciadores lógicos.

Existen dos formas de modelar este tipo de sistemas: mediante un grafo de estado o mediante una tabla de estados-salida. DigitalTools utiliza la segunda, aunque no se descarta la utilidad de la primera por su facilidad visual, otras herramientas existentes que se han podido analizar presentan dificultades con el movimiento de las entidades gráficas, lo que en ocasiones resulta molesto y puede desmotivar el trabajo con las mismas. Es por ello que se decidió dejar al estudiante que, en esta primera etapa, trasladara manualmente la gráfica a una tabla de estados-salida, que es la utilizada como entrada de datos en DigitaTools.

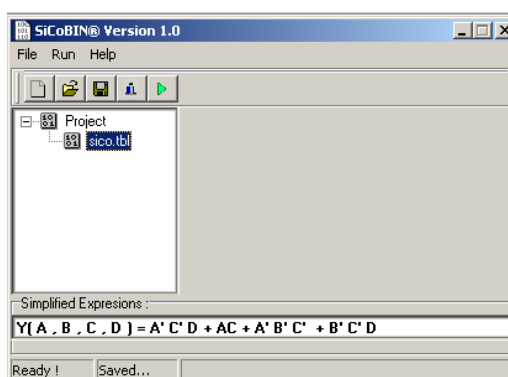


Figura II.5. Resultados de la simplificación automática de la función.

La ventana inicial de DigitalTools se muestra en la figura II.6. El estudiante puede seleccionar entre el diseño de una máquina de Mealy o de Moore, definir el número de entradas síncronas, asíncronas, estados y salidas.

El software, desarrollado en Borland Delphi 6, generará automáticamente la tabla de transición-salida con todas las posibles combinaciones de entrada para cada estado presente, permitiendo la introducción del estado siguiente y el valor de la salida, tal como se muestra en la figura II.7a). Una vez que el estudiante introduce la tabla tiene la opción de solicitar al programa la simplificación de la misma, mostrándose una nueva tabla con la codificación binaria para cada uno de los estados, según se ilustra en la figura II.7b).

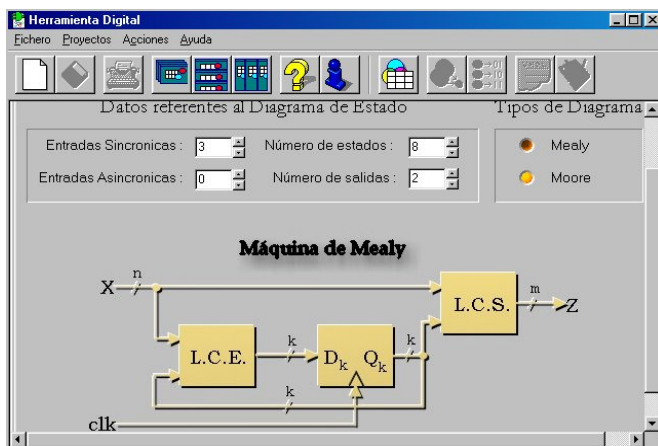


Figura II.6. Ventana inicial de DigitalTools.

Herramienta Digital

Archivo Proyectos Acciones Ayuda

Proyecto1

Opciones Estados Asignación

IG	Entrada	EP	ES	Salidas
	x1 x2			Z0 Z1
0	0 0	A		0 0
0	0 1	A		0 0
1	0 0	A		0 0
1	1 0	A		0 0
0	0 0	B		0 0
0	0 1	B		0 0
1	0 0	B		0 0
1	1 0	B		0 0
0	0 0	C		0 0
0	0 1	C		0 0
1	0 0	C		0 0
1	0 1	C		0 0

Herramienta Digital

Archivo Proyectos Acciones Ayuda

Proyecto1

Opciones Estados Asignación

x1	x2	O0	O1	Qn0	Qn1	Z0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	0
0	0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	1

Figura II.7a) Tabla de estados-salidas inicial. Figura II.7b) Asignación binaria de estados.

El método de simplificación programado se basa en el principio de la equivalencia entre estados (Mano, 1995). El programa DigitalTools permite un solo tipo de codificación, conocida como "binary" o de máxima codificación de estados.

Por último, DigitalTools genera automáticamente una descripción en *VHDL* (figura II.8) del sistema bajo diseño. La modularidad empleada para la descripción de las tres componentes fundamentales de un sistema secuencial síncrono (lógicas de excitación, salida y unidad de memoria), así como el uso de las estructuras básicas de este lenguaje (Navabi, 1993; Pellerin, 1998), tienen como objetivo alcanzar una mayor

portabilidad para ser comprobados con diversos tipos de simuladores y la factibilidad de ser sintetizado a un circuito integrado de gran escala.

DigitalTools proporciona además un reporte de las principales etapas del diseño y las ecuaciones de excitación y salida del mismo, así como una plantilla en *VHDL* para generar los estímulos del sistema diseñado.

La combinación de los modos de descripción estructural para el circuito general; dataflow tanto para las ecuaciones de excitación y salida, así como el modo behavioral para la celda de memoria (biestable tipo D), unido a la modularidad antes mencionada, permite que el estudiante pueda modificar las ecuaciones lógicas así como el tipo y modo de funcionamiento de la celda básica de memoria.

La descripción en *VHDL* del circuito se ha podido comprobar utilizando el modo de descripción jerárquica de la herramienta profesional OrCAD 9.0 y los resultados de las simulaciones han sido satisfactorios.

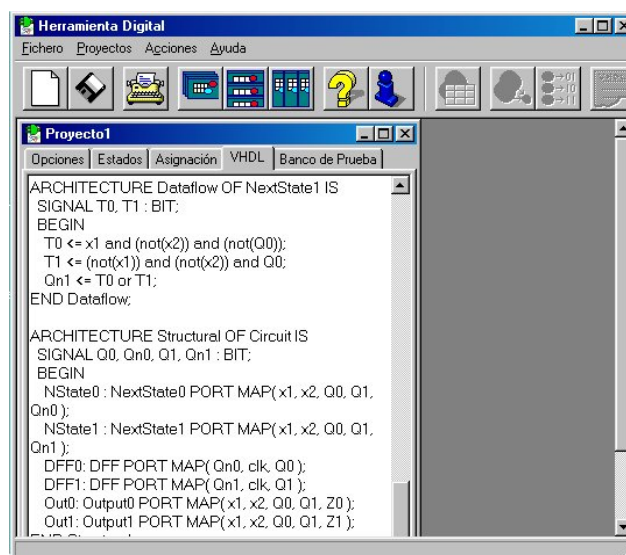


Figura II.8. Descripción en VHDL del sistema bajo diseño.

c) **ASM2VHDL**: Herramienta para la modelación de la estructura invariante más compleja que se aborda en la Electrónica Digital de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones-Electrónica, a saber: los

Procesadores Digitales Secuenciales Sincrónicos de un nivel con arquitectura cableada, conocidos en la literatura también como Máquinas de Estado Algorítmico (*ASM* del inglés *Algorithmic State Machine*). Las *ASM* permiten el procesamiento, tanto de variables lógicas como de digitalizadas (datos).

Desarrollada también sobre Borland Delphi, permite la modelación gráfica de un algoritmo *ASM*, generando la descripción en VHDL del mismo (modo *behavioral*). Para ello se utiliza el subconjunto de estructuras sintácticas abordadas por los estudiantes durante el desarrollo de la asignatura Electrónica Digital II, con la ventaja de que dicha descripción puede ser sintetizada automáticamente hacia un circuito integrado, utilizando herramientas profesionales de ayuda al diseño tales como OrCAD, AlteraMaxPlus u otras.

Los estudiantes manifiestan un alto nivel de satisfacción con esta herramienta, pues los libera del proceso de teclear la descripción en *VHDL* y les permite centrarse en el proceso de modelación (algoritmo *ASM*) y en el análisis crítico de la descripción en *VHDL*, generada automáticamente por esta herramienta (Ver Anexo II.5).

ASM2VHDL posee un manual de usuario dentro de la propia aplicación y, al igual que *SiCoBIN* y *DigitalTools*, puede accederse desde el sitio Web *DIGITAL* disponible en el CD que acompaña la presente tesis.

II.3.2.3.c El entorno *Web DIGITAL*

Las potencialidades presentes y futuras de la *Web* permiten que, tanto para una red exterior como para una local, se puedan desarrollar espacios virtuales integradores (micromundos) de un grupo de facilidades propios de una esfera específica de actuación.

El término micromundo fue acuñado por S. Papert en 1984 (Kommers, 1996, p. 36) y refleja desde entonces la tendencia a la integración de información, medios, herramientas, etc., de un determinado conocimiento en un entorno informático que, en forma de portal, sustenta el campo de acción de grupos de personas vinculadas a dicho contenido.

El sitio (micromundo) *Web* DIGITAL se ha venido desarrollando a partir de esta concepción para responder a los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital. Para la realización del mismo se llevó a cabo un estudio acerca de los principios pedagógicos e informacionales que se aplican en la esfera de la enseñanza basada en estos recursos tecnológicos (Kommers, 1996; Lacerda, 1996; Jenci, 1998; Internet World, 1998; entre otros).

Entre de los principios informacionales considerados, se pueden señalar como los más generales:

1. Mostrar la información esencial de forma clara.
2. Proveer todos los datos relacionados con la tarea.
3. Evitar información irrelevante.
4. Ubicar los objetos en el orden acostumbrado de procesamiento.
5. Ubicar los elementos de izquierda a derecha y de arriba abajo.
6. Usar espacios de separación para evitar confusión.
7. Proveer diversas vías de acceso a la información.

Por otra parte se tuvo en cuenta un grupo de recomendaciones técnicas que faciliten la navegación del usuario dentro del sitio:

1. Una página principal (*default*) que se pueda acceder rápidamente con la información fundamental de lo que trata el sitio, sus autores, direcciones de contacto, tipo de navegador que se recomienda y los derechos sobre la misma.
2. Las páginas no deben requerir más de 15 segundos cada una para ser descargadas, lo que exige que las mismas sean de fondo blanco con caracteres en negro y con gráficos que no excedan a los 40 Kbytes en formato GIF o JPEG.
3. El tipo y tamaño de letra para el cuerpo del documento se fijó en "Arial" 12 puntos, de color negro y estilo normal, reservando otros estilos con tamaño de letra entre 14 y 16 puntos para pequeñas partes del

documento, como títulos, subtítulos y pies de figuras. Este formato se mantiene constante en todos los documentos, lo que contribuye a una buena legibilidad del texto y a la familiarización con el sistema.

4. Sistema de navegación amistoso y de fácil familiarización por parte del usuario, de manera que le evite "naufragar" en la búsqueda de información necesaria. Esto exige la estructuración de la misma en temas y subtemas, la utilización de enlaces y menús así como de índices y glosarios.

El sitio *Web* DIGITAL cuya página principal (portal) se muestra en la figura II.9, permite realizar consultas sobre todos los temas de las asignaturas Electrónica Digital I y II. En el mismo se ha estructurado la información de manera que se integre al proceso de enseñanza-aprendizaje en el logro de la estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar.



Figura II.9 Página principal del sitio Web DIGITAL.

Los materiales informativos se han preparado de forma tal que sean aprovechadas las potencialidades propias de las páginas *Web*, de manera que se puedan acceder mediante hipervínculos y/o marcadores a las argumentaciones de los conceptos, ejemplos de ejercicios, demostraciones animadas, simulaciones, enlaces

a otros sitios relacionados, etc. En este sentido se ha tenido cuidado de brindar un sistema de navegación que, aunque brinde libertad de navegación por parte del estudiante, evite su “naufragio” informativo, para lo cual las páginas desarrolladas se han limitado en extensión y cada una posee un enlace a la anterior o siguiente, aunque también se ha creado dentro de cada una la facilidad de navegación personalizada con las opciones de acceder a un tema particular para usuarios que conozcan de la asignatura o de realizar una búsqueda mediante palabras claves.

El entorno *Web* DIGITAL contiene además el programa analítico de ambas asignaturas, ejemplos de evaluaciones, propuestas de proyectos con ejemplos de soluciones elaboradas por los propios estudiantes, el desarrollo teórico-práctico de todos los temas que integran la ED I y la ED II con facilidades de hipervínculos a ejemplos, descripciones en *VHDL*, gráficos animados, etc. También se incluyen prácticas de simulación, tutoriales sobre temáticas avanzadas del diseño electrónico digital, enlaces a otros sitios de interés, las herramientas de ayuda al diseño SiCoBIN, DigitalTools y ASM2VHDL, así como otras facilidades para la comunicación, navegación y búsqueda.

Entre de las facilidades disponibles para la comunicación y colaboración en red alumno-alumno, alumno-profesor se señala el desarrollo propio de los medios informáticos ClientChat y ServerChat. En el caso de ClientChat es una aplicación que se ejecuta desde la PC del estudiante y permite establecer charlas con otros estudiantes dentro de la red local e intercambiar imágenes, textos y mensajes.

Por su parte ServerChat se ejecuta desde el ordenador del profesor, el cual puede estar en el laboratorio ó en cualquier otro lugar de la red local. Además de tener todas las facilidades de ClientChat, permite establecer una administración de los usuarios conectados a este servicio y de visualizar en la pantalla de su ordenador el contenido de la pantalla remota de cualquiera de los estudiantes que se encuentren conectados en ese momento. Todo lo anterior facilita el intercambio de información y la asesoría por parte del profesor.

Actualmente el sitio Web DIGITAL cuenta con 445 páginas html, 678 figuras, 77 documentos en formato pdf,

23 en ppt y 2 aplicaciones asp, ocupando un espacio de 180 Mbytes y está disponible desde cualquier punto de la Intranet universitaria, y en soporte de disco compacto en el Ministerio de Educación Superior de Cuba, como uno de los resultados del proyecto MES concluido en el 2004 (Chaljub, 2004). Su utilización está articulada dentro del propio desarrollo de la asignatura, fundamentalmente en el trabajo de autopreparación y estudio independiente para las clases prácticas, seminarios, laboratorios y para el desarrollo de los proyectos.

II.3.2.3.d La simulación y comprobación con las herramientas profesionales OrCAD y MaxPlus II

Como se ha señalado antes, diseñar en Electrónica Digital constituye una habilidad profesional y por lo tanto exige que, en el desarrollo de esta actividad, el estudiante se familiarice con herramientas de ayuda al diseño propias de este campo tecnológico.

La selección de cuál es el software idóneo para ser utilizado en el proceso de enseñanza-aprendizaje depende de múltiples factores que van desde la factibilidad de su adquisición e instalación en los medios computacionales disponibles, hasta el tiempo necesario para que los estudiantes conozcan el manejo del mismo. Un análisis multifactorial de este aspecto se puede encontrar en (Pescador, 1996), donde se definen las características más importantes a tener en cuenta para la selección de un software profesional de ayuda al diseño electrónico, con vista su utilización en la docencia:

- 1- Independencia con la tecnología de los fabricantes.
- 2- Bibliotecas de funciones bajo las normas mundialmente estandarizadas.
- 3- Posibilidad de diseño por jerarquía de niveles.
- 4- Factibilidad de descripciones tanto esquemáticas como de lenguaje de hardware.
- 5- Portabilidad de los diseños hacia otros entornos de trabajo.
- 6- Interfaz hombre-máquina amistosa, a fin de reducir el tiempo de familiarización con la misma.

- 7- Entorno integrado donde se puedan realizar los diseños y las simulaciones en las diversas etapas.
- 8- Costo asequible.
- 9- Mantenibilidad y actualizaciones.

Desde 1997, y a partir de experiencias obtenidas en la utilización de versiones sobre *MSDOS*, el autor ha utilizado como herramienta profesional de ayuda al diseño las versiones 7.0 y 9.0 de OrCAD con resultados satisfactorios en la docencia tanto de pregrado como de postgrado nacional e internacional. Un análisis más reciente de las experiencias en la enseñanza de la Electrónica en Cuba (Chaljub, 2004) dio como resultado la validez del OrCAD 9.0 y el Altera MaxPlus II 9.23 como herramientas computacionales profesionales de ayuda al diseño digital orientado a semimedida (*CPLDs*, *FPGAs*, etc.), las que desde el curso 1999 – 2000 se han utilizado en ambas asignaturas.

La decisión de incorporar el Altera MaxPlus II 9.23 como herramienta de un fabricante de dispositivos digitales *VLSI*/ semimedida al proceso de enseñanza-aprendizaje obedece al objetivo de fortalecer la acción de implementación dentro de la habilidad diseñar. La compatibilidad entre OrCAD y Altera MaxPlus II permite que el proceso de síntesis hacia un chip de la familia Altera se puede realizar desde el OrCAD de manera transparente para el usuario.

II.3.2.3.e Analizador Lógico de 8 canales

La acción de comprobación dentro de la actividad de diseño electrónico digital constituye una de las fases más exigentes en cuanto a los recursos tecnológicos que se requieren para cumplir con los entornos característicos de este proceso a nivel mundial en la actualidad.

Resultan característicos de esta etapa la utilización de analizadores lógicos u osciloscopios digitales de varios canales (16, 32 ó más) o tarjetas de adquisición de datos que, acopladas al ordenador, lo conviertan en el instrumento anterior, "*kits*" de entrenamiento para circuitos digitales de muy alta escala de integración

del tipo *CPLD* ó *FPGA*, puntas de prueba especiales, etc.

Generalmente el costo de cada uno de estos puestos de trabajo es superior al del propio ordenador, a lo cual se añade el de los programas que permiten el acoplamiento entre todos los componentes del sistema.

Una solución económica y que favorece la acción de comprobar, al menos hasta los temas de diseño con dispositivos de media escala de integración, consiste en desarrollar un instrumento real virtual que permita convertir al ordenador en un analizador digital de 8 canales a través del puerto paralelo.

El analizador elaborado está compuesto por una tarjeta que permite el acoplamiento de las 8 señales a visualizar con el PC, y un programa en lenguaje C que se ejecuta sobre MSDOS y convierte la pantalla del ordenador en un instrumento visualizador de estas señales. De esta forma los estudiantes pueden desarrollar prácticas de laboratorio real-virtual, comprobando el funcionamiento de sus diseños de baja y media escala de integración, lo que abarca desde los Temas I al IV de ambas asignaturas y permite aprovechar los ordenadores de bajas prestaciones que van saliendo de los laboratorios de computación por renovación de la tecnología.

II.4 Conclusiones parciales

En el presente capítulo se ha desarrollado la propuesta de una estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar, teniendo en cuenta los fundamentos de la teoría de la actividad de la escuela soviética y las experiencias de varios autores nacionales que han trabajado esta temática. A manera de resumen de los aspectos esenciales del mismo se puede plantear que:

1. El desarrollo de una estrategia didáctica exige un enfoque de sistema, una planificación con previsión de contingencias y una ejecución flexible. Ello responde, por una parte al carácter objetivo y dependiente del contenido a trabajar y, por la otra, al aspecto subjetivo relacionado con las características singulares y en muchos casos irrepetibles de la comunicación interpersonal como

sustento del proceso en que ésta se aplica.

2. La habilidad diseñar, en Electrónica Digital, se define como: la actividad mediante la que se especifica, modela, describe, simula, implementa y comprueba un sistema electrónico digital destinado a resolver, de forma eficiente y en un tiempo adecuado, un problema práctico profesional.
3. El carácter esencialmente comunicativo del contenido de esta habilidad exige que una estrategia para su desarrollo tenga en cuenta métodos, medios y formas de organización-evaluación de la actividad docente que favorezcan su desarrollo, dentro de los cuales se ha promovido el trabajo en grupo para el desarrollo de proyectos.
4. El estudio de la estructura interna de la habilidad diseñar demuestra que las acciones de especificación, modelación, descripción; presentan una interrelación dialéctica que se potencia si en la estrategia elaborada se tiene en cuenta la vinculación: invariantes de conocimiento-modelos que lo representan-estructuras sintácticas en VHDL que los describen. Lo anterior también favorece la comunicación de los diseños en un lenguaje formal y sin ambigüedad.
5. Un enfoque de sistema para la elaboración de la estrategia didáctica exige transformaciones en los métodos, medios y formas de organización-evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje, de manera que el desarrollo de la habilidad diseñar se integre al del resto de los objetivos de la asignatura. Dicho enfoque sólo puede lograrse si se contempla la interrelación habilidad generalizadora-sistema de acciones y operaciones-sistema de conocimientos y habilidades básicas que contribuyen a su desarrollo; lo que constituye un instrumento efectivo y sistemático de control-mejora, tanto por parte del profesor como por los estudiantes.
6. Entre los métodos de enseñanza-aprendizaje empleados se destacan, en su aspecto externo, el de elaboración conjunta en las actividades de clases prácticas, seminarios, laboratorios y en el desarrollo de los proyectos en grupos de trabajo.

7. Desde el punto de vista del tratamiento interno de los métodos se transita por tres tipos de bases orientadoras de la actividad, en dependencia del alcance del objetivo de cada tema de las asignaturas y de cómo éstos contribuyen al objetivo general de desarrollar la habilidad diseñar, se potencia la BOA de tercer tipo en los temas finales de ambas por el carácter generalizador, completo e independiente que se debe alcanzar en la ejecución de la habilidad diseñar en esta etapa.
8. El conjunto de medios elaborados, así como la selección e incorporación de otros de carácter profesional han permitido conformar un entorno de trabajo y aprendizaje que potencia la actividad independiente de los estudiantes, ya sea individual o como grupo. Las características tecnológicas propias del sitio *Web* permiten recrear un micromundo de estudio, consulta, colaboración y trabajo.

III. EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD DISEÑAR EN EL TERCER AÑO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES-ELECTRÓNICA

La evaluación de la efectividad de una experiencia didáctica requiere tener en cuenta un conjunto de principios fundamentales derivados del carácter particular del proceso de enseñanza aprendizaje (ICCP, 1984; Talízina, 1985; Alvarez, 1992), entre los cuales se pueden señalar:

- 1- Su carácter esencialmente humanista y por tanto comunicativo.
- 2- Es un proceso continuo, sistemático y dinámico de observación.
- 3- Se deriva de los objetivos definidos y del grado de alcance de los mismos.
- 4- Su dinámica está sujeta a las leyes que caracterizan el contenido de la experiencia que se desarrolla.
- 5- Debe diseñarse para medir la sistematicidad, asimilación y profundidad de la experiencia.

Al inicio de la presente investigación se utilizaron métodos de nivel teórico tales como el análisis, la síntesis, la abstracción y la generalización, los cuales permitieron caracterizar la habilidad de diseñar, tanto desde el punto de vista de su contenido tecnológico como de su estructura interna, lo que facilitó la elaboración de la estrategia didáctica descrita en el Capítulo II.

El contenido y la lógica del objeto de investigación condujeron al autor a la selección de métodos cualitativos de la investigación (ICCP, 1984; Bogdan & Taylor, 1987; Elliot, 1987; Vallés, 1997; Iñiguez, 1999; Ribot et al, 2000; Rodríguez et al, 2004), para la validación de la misma en los cursos 2003-2004 y 2004-2005. La evaluación de la misma, por el propio carácter comunicativo y humanista que reviste, exige de métodos empírico-experimentales de los cuales el autor ha utilizado la observación participante, las encuestas y las entrevistas grupales.

La validación de la estrategia didáctica se desarrolló en dos fases. Inicialmente, y en el contexto del proyecto MES, en el curso 2002-2003 se sometieron a consideración los programas analíticos de la ED I y II, como

parte de los intercambios de documentos, orientaciones metodológicas y experiencias acumuladas en la práctica docente.

Esta primera etapa tenía como objetivo fundamental conocer las opiniones de los especialistas y acopiar recomendaciones encaminadas a perfeccionar dichos programas, para ser aplicados en los posteriores cursos.

En una segunda fase de la evaluación, se implementó y validó la propuesta de estrategia didáctica en los cursos 2003-2004 y 2004-2005, aplicándose para ello las técnicas de observación participante en ambos, la encuesta cerrada en el curso 2003-2004 y las entrevistas grupales en el 2004-2005.

III.1 Valoración, mediante criterios de especialistas, al Programa Analítico de las asignaturas ED I y ED II

El Proyecto MES “Generalización de las experiencias de la enseñanza de la Electrónica en Cuba” se desarrolló entre los años 2001 al 2003 y contó con la participación de los profesores que imparten las asignaturas pertenecientes a la disciplina Electrónica en los centros de Educación Superior del país, a saber: Universidad de Pinar del Río (UPR), Centro Universitario “José Antonio Echeverría” (CUJAE), Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), Universidad de Camagüey (UC) y Universidad de Oriente (UO).

El equipo principal de investigación estuvo integrado por 11 profesores, de los cuales, siete poseen categoría docente de Profesor Titular o Auxiliar, para un 63%; tres son doctores, para un 27% y siete Master, para un 63%. Participaron además, en diferentes momentos otros 31 profesores, de los cuales, 17 son Profesores Titulares o Auxiliares, para un 54% y 13 son doctores para un 42%.

En la Tabla III.1 se muestra la relación de especialistas participantes en dicho proyecto. El mismo se realizó en varias etapas, inicialmente cada participante envió los programas analíticos, las orientaciones metodológicas y toda la información disponible sobre las asignaturas que impartía, con el objetivo de que

ésta fuese analizada por los restantes colectivos de disciplina.

Tabla III.1 Relación de participantes en el Proyecto MES.

<i>Nombre y Apellidos</i>	<i>Categoría docente</i>	<i>Categoría científica</i>
1. Ing. José A. Chaljub Duarte (UCLV)	Prof. Titular	Doctor.
2. Ing. Juan Pablo Barrios (UCLV)	Prof. Auxiliar	Máster
3. Ing. Carlos Roche Beltrán (UCLV)	Prof. Asistente	Máster
4. Ing. Rolando Rodríguez H. (UPR)	Prof. Auxiliar	Máster
5. Ing. Amneris Betancourt V. (UPR)	Prof. Asistente	
6. Ing. Katia Cela Noriega (UO)	Prof. Auxiliar	Máster
7. Ing. José R. González Vázquez (UO)	Prof. Auxiliar	Máster
8. Ing. Enrique Valdés (ISPJAE)	Prof. Auxiliar	Doctor.
9. Ing. Alberto Hernández Pérez (ISPJAE)	Prof. Consultante	Doctor.
10. Ing. Imandra Rojas Díaz (UC)	Prof. Asistente	Máster
11. Ing. Humberto Hernández (UC)	Prof. Asistente	Máster

Posteriormente, y a partir de un cuestionario debatido y aprobado por todos los participantes, se desarrollaron los teletalleres (a distancia), en los que cada colectivo de disciplina o participante individual expresaba su valoración sobre la información de la asignatura que correspondía en ese momento, la misma contaba de los rangos evaluativos del cuestionario y de los comentarios y argumentaciones que cada participante consideraba necesario.

En el Anexo III.1 se resumen los resultados de la evaluación para cada centro. Para un mejor análisis de estos, se muestran además las opiniones expresadas sobre las asignaturas Electrónica Digital (ED) I y II impartidas en el centro donde se desarrolló la presente investigación.

Los aspectos a tener en cuenta para la evaluación en los tele talleres fueron:

1. Cumplimiento de las indicaciones del Plan de Estudio.
2. Actualidad de las temáticas tratadas de acuerdo a la evolución de la Tecnología Electrónica.
3. Tratamiento a las temáticas de acuerdo a la evolución de la Electrónica como objeto de estudio en los procesos académicos.
4. Orden en que son tratados los temas.
5. Actualidad de la bibliografía utilizada.
6. Utilidad de los recursos de software que se emplean. Contribución potencial al cumplimiento de los objetivos de la asignatura.
7. Recursos de hardware que se utilizan. Contribución potencial al cumplimiento de los objetivos de la asignatura.
8. Formas organizativas de la docencia que se utilizan.
9. Sistema de evaluación que se utiliza.
10. Correspondencia entre el método de enseñanza que se aplica y los recursos que se utilizan.

El tele taller de la asignatura ED I fue coordinado por la CUJAE y se desarrolló en el período comprendido entre junio y octubre del año 2002. En el caso de la asignatura ED II fue coordinado por la UCLV y se desarrolló en el período comprendido entre noviembre y diciembre de 2002. Las principales deficiencias señaladas por los especialistas de otros CES fueron:

1. Actualidad de la bibliografía en formato impreso (en la UCLV no se cuenta con la versión impresa del texto básico "Digital Design, Principles and Practices" de John F. Wakerly, edición del año 2000).

Para atender esta dificultad se crearon facilidades de esta versión en formato digital a través del entorno Web.

2. Baja disponibilidad de recursos de hardware.

Lo cual motivó el desarrollo y explotación de medios como el analizador lógico de 8 canales y el *kit* de APEX en los cursos siguientes.

3. El orden en que son tratados los temas en Electrónica Digital II de la UCLV es diferente al del resto de los CES, pues éstos no consideran importante el estudio del diseño y análisis de los circuitos secuenciales asincrónicos antes de los circuitos secuenciales sincrónicos.

La experiencia del colectivo al cual pertenece el autor demuestra lo contrario, tal y como se argumenta en el Capítulo II de esta tesis.

Como aspectos positivos los especialistas señalaron:

1. Actualidad de las temáticas tratadas de acuerdo a la evolución de la Electrónica como objeto de estudio, para lo cual se tomaron como referencia los programas analíticos de centros universitarios con reconocido prestigio internacional.
2. Utilidad de los recursos de software que se utilizan y su contribución potencial al logro de los objetivos de la asignatura.
3. Formas organizativas de la docencia que se utilizan y la asignación de tiempo para cada una de ellas.
4. Desarrollo de herramientas propias de ayuda al diseño de sistemas digitales combinacionales y secuenciales con interfaces que se corresponden a las características de las formas de enseñanza aplicadas.

III.2 Validación de la estrategia durante los cursos 2003-2004, 2004-2005, mediante su implementación, la observación participante y las encuestas estudiantiles

Para la validación de la estrategia didáctica encaminada al desarrollo de la habilidad diseñar se realizaron experiencias continuas a lo largo de los cursos 2003-2004 y 2004-2005, con los estudiantes de tercer año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. En la misma el autor participó como profesor de clases prácticas, laboratorios y seminarios en la asignatura de Electrónica Digital I y como profesor principal en todas las actividades de la Electrónica Digital II.

En el curso 2003-2004 la matrícula del tercer año fue de 34 estudiantes, que formaban un grupo único de conferencias, de clases prácticas y seminarios, y dos subgrupos para los laboratorios. En el curso 2004-2005 la matrícula se incrementó a 60 estudiantes, con dos grupos para clases prácticas y seminarios, así como 3 subgrupos para los laboratorios.

Los métodos fundamentales empleados fueron la observación participante (en ambos cursos) y las encuestas estudiantiles. Estas últimas se realizaron en las modalidades de cerrada, al finalizar el curso 2003-2004 y abierta (entrevistas grupales) en el curso 2004-2005.

III.2.1 Resultados de la observación participante

Por el carácter gradual del desarrollo de la habilidad diseñar, y teniendo en cuenta su estructura interna como actividad generalizada, así como el contenido y carácter técnico-procedimental de la misma, se confeccionó una guía para el seguimiento y validación de la experiencia.

En la Tabla II.2, subepígrafe II.3.1, se mostraba la vinculación entre las acciones-operaciones componentes de la habilidad diseñar y los contenidos de las asignaturas (estructurados por Temas) ED I y ED II, que contribuían a la ejecución de las mismas, y con ello a la asimilación y generalización de la habilidad. En consecuencia con este principio de derivación dialéctica: objetivo-habilidad-acciones-operaciones-contenido,

reflejado de forma resumida en dicha tabla, se elaboró una guía de observación que sirviera, para el profesor y los estudiantes, como instrumento de evaluación y control sistemático al desarrollo de la habilidad diseñar.

Debe señalarse que la misma no tiene un carácter rígido y unidireccional, sino que constituye un marco de referencia para el seguimiento del proceso y en todo momento el investigador, en su carácter de observador participante, tomó decisiones a tono con la dinámica del proceso docente.

En el caso de la asignatura Electrónica Digital I, dicha guía tomaba en cuenta los aspectos que se muestran en la Tabla III.1, a los que se añaden (con carácter general) los siguientes :

- Se incrementa la actividad del grupo de trabajo a partir de niveles superiores de comunicación en las soluciones a problemas de complejidad ascendente orientados en el laboratorio y seminario.
- El grupo de trabajo alcanza autonomía en la toma de decisiones ante el problema de diseño de la tarea extraclase, que como ejercicio integrador se le propone.
- Se desarrolla de manera integral la metodología de diseño ascendente-descendente (*top-down*), con análisis de las simulaciones parciales en cada una de las etapas del mismo.
- El grupo de trabajo es capaz de interactuar con el profesor e internamente y defender, mediante exposición apoyada en los medios técnicos e informáticos disponibles, la validez de su diseño.

En el Anexo III.2 se muestran las tablas con los resultados de las autoevaluaciones de cada uno de los grupos, para ambos cursos.

Como conclusiones del análisis de dicha observación, las que constituyeron pautas para el perfeccionamiento dinámico de la estrategia didáctica, se pueden señalar:

- La interpretación del problema es esencial para cumplir con la acción de especificación e identificar las variables y la posible relación entre estas. Sin embargo comprender el objetivo del problema resulta en ocasiones difícil para algunos estudiantes, sobre todo si se vincula a alguna aplicación práctica en la que la cultura tecnológica del mismo no sea muy amplia.

Tabla III.1 Guía para la observación participante de la Electrónica Digital I.

D I S E Ñ A R	ACCIONES	OPERACIONES	CONTENIDO (ED I)
	ESPECIFICAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracteriza las magnitudes del mundo real y diferencia cuáles de ellas pueden ser representadas por valores lógicos y cuáles por magnitudes digitales, así como la relación temporal entre estas. ▪ Establece proposiciones lógicas a partir del enunciado de un problema. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos.
	MODELAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas 3. (invariantes de contenido). 4. Representar y explicar su interrelación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expresa en modelos propios de las estructuras combinatorias, situaciones dadas en lenguaje natural. ▪ Simplifica funciones combinatorias de conmutación aplicando el Álgebra de Boole. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos.
	DESCRIBIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Describe los modelos de funciones combinatorias típicas, utilizando esquemas o las estructuras sintácticas básicas del lenguaje VHDL. ▪ Desarrolla habilidades operatorias en el trabajo con una herramienta profesional de ayuda al diseño y la simulación, para la representación esquemática de una estructura jerárquica descrita en VHDL, la introducción del código, la generación de patrones de estímulos y la simulación de diseños sencillos. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos.
	SIMULAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracteriza las magnitudes del mundo real y diferencia cuáles de ellas pueden ser representadas por valores lógicos y cuáles por magnitudes digitales, así como la relación temporal entre estas. ▪ Desarrolla habilidades operatorias en el trabajo con una herramienta profesional de ayuda al diseño y la simulación, para la representación esquemática de una estructura jerárquica descrita en VHDL, la introducción del código, la generación de patrones de estímulos y la simulación de diseños sencillos. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos.
	IMPLEMENTAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la tecnología adecuada. 2. Sintetizar la misma (síntesis automática). 3. Evaluar los resultados de la síntesis. 4. Determinar los datos para la simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracteriza las magnitudes del mundo real y diferencia cuáles de ellas pueden ser representadas por valores lógicos y cuáles por magnitudes digitales, así como la relación temporal entre estas. ▪ Selecciona la tecnología de implementación adecuada, a partir de conocer las características eléctricas estáticas y dinámicas fundamentales de cada familia, subfamilia y sus niveles de integración. ▪ Explota las facilidades de las herramientas de ayuda al diseño.
	COMPROBAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprueba, en el laboratorio, diseños de relativa complejidad con dispositivos de media y alta escala de integración, utilizando los instrumentos reales y virtuales, comparando los resultados con las exigencias de las magnitudes del mundo real.

- La modelación es una acción que alcanza un mayor despliegue en los temas finales de la asignatura cuando el estudiante ha asimilado estructuras matemáticas generales y ejercitado las mismas a través de los circuitos combinacionales típicos.
- En general, a los estudiantes les resulta complejo trasladar un enunciado en lenguaje natural al lenguaje proposicional e identificar las funciones lógicas básicas involucradas en el mismo. Este objetivo se mantiene en todo el transcurso de la asignatura y se logra alcanzar a la altura del tema IV donde se estudian las estructuras combinacionales de media escala de integración (decodificadores, codificadores, multiplexores, selectores de datos, comparadores, unidades aritmético-lógicas). Aquí se refuerzan los vínculos sintácticos y semánticos del lenguaje *VHDL* con el análisis funcional de estas estructuras invariantes y el estudiante interioriza esta interrelación.
- En el curso 2003-2004 el tiempo para la ejercitación y asimilación de las estructuras básicas del *VHDL* no resultó suficiente, por lo cual se reestructuró la planificación del mismo en el siguiente curso.
- Cuando el estudiante no caracteriza bien el alcance de la descripción, presenta dificultades para comparar los resultados de su diseño con las especificaciones del problema.
- En general, para ambos cursos, se puede observar que las acciones de especificar-modelar-describir-simular exigen de un mayor nivel de elaboración por parte de los estudiantes, y que las acciones de implementar-comprobar demandan más la operabilidad con las herramientas de ayuda al diseño y los medios técnicos de laboratorio.
- La familiarización con la herramienta profesional de ayuda al diseño se vio afectada por condiciones objetivas y subjetivas del laboratorio de computación, ajenas al investigador, que se presentaron durante el desarrollo del curso 2003-2004, lo que afectó los resultados de las acciones de implementar-simular y comprobar. Se realizaron ajustes organizativos en la planificación docente de

la asignatura y se logró superar estas deficiencias antes de plantear las orientaciones para el desarrollo de la tarea extraclase en la modalidad de proyecto en grupo.

- La tecnología con que se contaba en el curso 2003-2004 no permitía el cumplimiento total del desarrollo de las acciones de implementar y comprobar. En el curso 2004-2005 se logró la introducción del *kit* de entrenamiento APEX 20KE, compatible con las herramientas de OrCAD y Altera, alcanzándose resultados superiores.
- Las acciones de implementar y comprobar se vieron limitados ante la carencia y/o rotura de medios del laboratorio de hardware en el curso 2003-2004, lo que motivó al desarrollo del analizador lógico de 8 canales utilizando el PC como instrumento virtual (Capítulo II). La aplicación de este medio incrementó los niveles de motivación y experimentación real de los estudiantes en el curso 2004-2005.
- El factor comunicación dentro del grupo es clave para un desempeño efectivo del mismo, en el curso 2003-2004 (primer semestre) se confrontaron algunas dificultades internas en uno de los grupos formados para la realización de la tarea extraclase en la modalidad de proyecto. Fue necesaria la intervención educativa del profesor y, después de una reestructuración, se superaron las mismas.

La guía para el desarrollo de la observación participante en la asignatura Electrónica Digital II se muestra en la Tabla III.2.

A estos indicadores se adjuntan los de carácter general ya señalados en la guía de observación de la ED I.

También en el Anexo III.2 se reflejan los resultados de las autoevaluaciones sistemáticas de los grupos para ambos cursos.

Tabla III.2 Guía para la observación participante en Electrónica Digital II.

D I S E Ñ A R	ACCIONES	OPERACIONES	CONTENIDO (ED II)
	ESPECIFICAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracteriza las magnitudes del mundo real y diferencia cuáles de ellas pueden ser representadas por valores lógicos y cuáles por magnitudes digitales, así como la relación temporal entre estas (sincrónica o asincrónica). ▪ Representa en un eje de tiempo la relación temporal entre las variables de entrada y salida. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL.
	MODELAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas (invariantes de contenido). 4. Representar y explicar su interrelación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expresa en modelos propios de las estructuras secuenciales (grafos, tablas, ASM), situaciones dadas en lenguaje natural. ▪ Identifica acciones del problema con circuitos típicos secuenciales, y/o la asociación de estos (biestables, contadores, registros). ▪ Representa en un eje de tiempo la relación temporal entre las variables de entrada y salida. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos..
	DESCRIBIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Describe los modelos de funciones secuenciales típicas, utilizando esquemas o las estructuras sintácticas básicas del lenguaje VHDL. ▪ Desarrolla habilidades operatorias en el trabajo con una herramienta profesional de ayuda al diseño y la simulación, para la representación esquemática de una estructura jerárquica descrita en VHDL, la introducción del código, la generación de patrones de estímulos y la simulación de diseños sencillos. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos.
	SIMULAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracteriza las magnitudes del mundo real y diferencia cuáles de ellas pueden ser representadas por valores lógicos y cuáles por magnitudes digitales, así como la relación temporal entre estas (sincrónica o asincrónica). ▪ Representa en un eje de tiempo la relación temporal entre las variables de entrada y salida de diferentes circuitos secuenciales típicos. ▪ Consulta, colabora y explota las facilidades del micromundo Web DIGITAL, mediante los laboratorios, el estudio individual y por grupos. ▪ Desarrolla habilidades operatorias en el trabajo con una herramienta profesional de ayuda al diseño y la simulación, para la representación esquemática de una estructura jerárquica descrita en VHDL, la introducción del código, la generación de patrones de estímulos y la simulación de diseños sencillos.
	IMPLEMENTAR	<p>Seleccionar la tecnología adecuada.</p> <p>Sintetizar la misma (síntesis automática).</p> <p>Evaluar los resultados de la síntesis.</p> <p>Determinar los datos para la simulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selecciona la tecnología de implementación adecuada, a partir de conocer las características eléctricas estáticas y dinámicas fundamentales de cada familia, subfamilia y sus niveles de integración (CPLDs, FPGAs), y los requerimientos de las magnitudes del mundo real. ▪ Explota las facilidades de las herramientas de ayuda al diseño.
	COMPROBAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprueba, en el laboratorio, diseños de relativa complejidad con dispositivos de media y alta escala de integración (CPLDs y FPGAs), utilizando los instrumentos reales y virtuales, comparando los resultados con las exigencias de las magnitudes del mundo real

En este caso las consideraciones de la observación pueden resumirse en:

- Los resultados del primer control parcial demuestran que el diseño de CSA es complejo para el estudiante. En primer lugar, porque se enfrenta por primera vez a fenómenos prácticos que ocurren en el tiempo, no vistos en la ED I; en segundo lugar, y derivado de lo anterior, porque estos fenómenos se modelan con estructuras matemáticas (grafos y tablas de estado-salida) que en un inicio el estudiante tiende a interpretar del modo combinacional precedente de la ED I. Es muy importante en esta etapa trabajar sistemáticamente en las acciones de especificar-modelar, para lo cual es necesario emplear el mayor tiempo en la discusión conjunta del problema, y en cómo la relación entre sus variables se particulariza a partir de las estructuras generales que las representan (CSA y CSS).
- La acción de modelar alcanza el nivel de generalización en los temas IV y V, para ello fue necesario dedicar mayor tiempo a la discusión y análisis colectivo (seminarios por grupos) de las estructuras típicas secuenciales sincrónicas de media escala de integración, aspecto que refuerza en un mayor dominio de sus modelos y descripciones en *VHDL*.
- En la ED II, se observaron niveles superiores de explotación eficiente de las herramientas disponibles en el micromundo *web* DIGITAL, debido fundamentalmente a la sistematicidad del trabajo con éstas desde la ED I, así como en las actividades de laboratorio y orientaciones para el estudio independiente. En esta última asignatura el estudiante aprovecha mejor el tiempo de diseño al dedicar mayor peso a las actividades de especificación y modelación, pues conoce y tiene confianza en las facilidades de las herramientas de generación automática de descripción y síntesis de los diseños.
- En general los resultados de la actividad del trabajo de grupo en la ED II son cualitativamente superiores. En la mayoría de los casos estos grupos de trabajo se mantienen de una asignatura a la

otra con pocas excepciones, en cuanto a la comunicación interna, como la señalada en el análisis de la ED I. Se observan niveles superiores de apoyo, comunicación y planificación del trabajo, que se revierten en mejores resultados en la preparación para los seminarios, el trabajo en el laboratorio y la presentación del informe final del proyecto.

- A pesar de que la complejidad de las tareas extraclases en la modalidad de proyecto de la ED II es superior a la de la ED I, se observaron mayores niveles de independencia, tanto individual como del grupo de trabajo, en la propuesta de soluciones. En los chequeos parciales se pudo constatar un incremento en la argumentación de las variantes de respuesta, apoyándose en los conceptos de las estructuras fundamentales generalizadoras de la asignatura (*ASM*), así como de las herramientas de ayuda al diseño y la simulación.

III.2.2 Resultados de las encuestas estudiantiles

III.2.2.1 Encuesta cerrada del curso 2003-2004

En lo relacionado con las encuestas estudiantiles, la encuesta cerrada del curso 2003-2004 estaba orientada a determinar el grado de satisfacción de los métodos y medios empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Dicha encuesta se aplicó al finalizar la Electrónica Digital II, ya que en este momento es cuando el estudiante tiene una visión más integral de toda la Electrónica Digital y puede aportar criterios más sólidos acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje del cual es protagonista.

La relación de preguntas de la encuesta se encuentra en el Anexo III.3, donde se pueden observar algunas que se dejan abiertas a las sugerencias y/o argumentaciones de los estudiantes.

En la confección de las preguntas se tuvo en cuenta que las mismas pudieran utilizarse para contrastar las respuestas con los resultados de la observación participante. Los resultados de la misma se muestran en la

Tabla III.3.

En el Anexo III.3 se muestran además un conjunto de sugerencias, opiniones y argumentaciones planteadas por los estudiantes.

Tabla III.3 Resultados de la encuesta del curso 2003-2004.

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sí	30	-	34	-	7	30	-	34	27	34	34	15	27	30	27	34	12
No	-	-	-	34	27	-	15	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-
En Cierta Medida.	-	-	-	-	-	4	-	-	7	-	-	-	7	4	7	-	9
Desconozco	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adecuada	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No Adecuada	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No me Interesa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No me es Necesario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Me Molesta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sí, pero formando parte de un equipo.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13

En resumen se puede apreciar que:

- Las preguntas comprendidas entre la 1 a la 5 y la 8, están relacionadas con el Plan Temático de estas asignaturas y con la organización de las formas de actividades, aspectos en los cuales existe una evaluación satisfactoria de la gran mayoría de los estudiantes. Las sugerencias en este grupo están relacionadas con una mayor profundización del VHDL como lenguaje, mejorar la disponibilidad técnica de los laboratorios de computación, así como incrementar el número de laboratorios tanto de

software como de hardware.

- Las preguntas 6, 7 y 17 están relacionadas con la utilidad que brinda el micromundo sobre plataforma *Web: DIGITAL*, para el trabajo con proyectos de media-alta complejidad y para actividades independientes futuras. En este caso las sugerencias se centran en incluir mayor número de ejercicios resueltos y evaluaciones de cursos anteriores.
- Las preguntas 9, y de la 11 a la 14, permiten evaluar el grado de satisfacción con las herramientas *EDA* utilizadas y la estrategia de diseño *top-down*, con ayuda del *VHDL*, aplicada a lo largo de ambas asignaturas. Las mayores insatisfacciones se encuentran en no contar con un kit de entrenamiento para el trabajo con *PLDs*, ya sea en un laboratorio real o en su variante real-virtual a través de la Intranet, razones por las cuales se trabajó en el curso 2004-2005, lográndose mejorar las condiciones materiales para los laboratorios reales y reales-virtuales con el analizador lógico y el *kit* de entrenamiento de APEX 20KE.
- Por último las preguntas 10, 15 y 16 evalúan la aceptación de los estudiantes respecto al trabajo en grupo para la solución del proyecto final. La gran mayoría reconoce que el trabajo en esta modalidad es superior a la forma individual para enfrentar la solución a problemas complejos, además solicitan que la evaluación de este proyecto constituya la calificación final de la asignatura.

III.2.2.2 Entrevistas grupales del curso 2004-2005

Por otro lado, en el curso 2004-2005 se aplicó una entrevista grupal abierta a los diferentes grupos de trabajo como parte del acto de defensa de los proyectos. Algunas de estas entrevistas se muestran en el Anexo III.4 y dos de ellas, grabadas en video digital, se incluyen en el sitio web *DIGITAL*.

Las preguntas debían surgir como parte de la propia comunicación, en el acto de presentación final del informe sobre el proyecto, insertadas en la continuidad del debate y no provocar tensiones adicionales ni

desviaciones del tema (Taylor & Bogdan, 1987, p.139). Se previó además que las preguntas se concentraran en los aspectos generales que validaran la adquisición, por parte de los estudiantes, de la habilidad diseñar de forma generalizada y con un alto nivel de independencia.

Las principales conclusiones que se pueden derivar de la defensa de estos proyectos son:

- En el acto de defensa los estudiantes demuestran altos niveles de generalización de la habilidad diseñar, constatado por la solidez en la utilización del lenguaje comunicativo característico de esta actividad, el dominio de las acciones de especificación-modelación-descripción y la profundidad en cuanto al manejo de las herramientas de ayuda al diseño en las acciones de simulación, implementación y comprobación. Estos aspectos corroboran los resultados de los chequeos parciales del proyecto que, como parte de las acciones dinámicas de la observación participante, se desarrollaron durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A preguntas como: ¿Qué fue lo primero que hicieron?, ¿Cómo empezaron a resolver el problema?, ¿Fueron directamente a escribir la descripción en *VHDL*?, ¿Empezaron a dibujar el diagrama circuital?; la generalidad de los grupos estuvo de acuerdo en que: "lo primero que hicimos fue pensar con nuestras palabras y luego fuimos organizando las ideas, buscamos la forma de expresar el problema más algorítmicamente", "primero hicimos la tabla de verdad", "primero hicimos el algoritmo *ASM*", "luego que teníamos el algoritmo (modelo), nos fue más fácil describir el mismo en *VHDL*".

La solidez en la comunicación formal, utilizando el lenguaje *VHDL*, así como la validez del mismo en cuanto a generar la sinergia entre la acción de descripción y las anteriores acciones de especificación y modelación, quedó demostrada al responder en los diálogos a preguntas como: ¿Les ayudó la descripción en *VHDL* a identificar los subsistemas del sistema a diseñar?, ¿Si no conocieran *VHDL*, qué hubieran hecho?; los grupos respondieron: "Sí, porque cuando describo en *VHDL* instrucciones como comparar, sumar, condicionales de selección, incrementar, etc. podemos

asociarlos con las pastillas (subsistemas) tales como comparadores, unidades aritmético-lógicas, selectores, contadores, etc.". "El uso del lenguaje *VHDL* en el diseño de los circuitos lógicos simplifica la complejidad de este proceso, es muy esclarecedor, lo que se describe con facilidad en él, a veces se complica a nivel de pastillas (esquemático)", "si no tuviéramos la posibilidad de describir en *VHDL*, tendríamos que hacerlo a partir de establecer un vínculo entre las acciones del enunciado resultado del análisis inicial del problema", "se puede hacer, pero en nuestro caso resulta más difícil", "la facilidad que aporta el *VHDL* es que podemos simular lo mismo que pensamos y ver si estábamos en lo correcto, si no volver a analizar el problema y revisar el algoritmo", etc.

- Los estudiantes reconocen la validez de la tarea extraclase en forma de proyecto como un ejercicio integrador de los conocimientos y métodos adquiridos en la asignatura. En preguntas relacionadas con este aspecto, los estudiantes expresaron opiniones tales como: "consolidamos el estudio de todo el curso en la realización del proyecto que permite la interacción de conocimientos y el trabajo en conjunto", "con el proyecto hemos aprendido más, porque participamos en todas las etapas de solución del problema y pudimos familiarizarnos más con las herramientas de diseño", "el proyecto nos prepara para afrontar situaciones de la vida real", "se aprende mucho más que en clases, tenemos la computadora mucho más tiempo y podemos "chocar" con los problemas", "en el proceso de dar cumplimiento a la tarea se adquirieron conocimientos de forma autodidacta, se desarrolla el pensamiento lógico en la solución de los problemas", etc.
- En cuanto a los resultados del trabajo en grupo para la solución del proyecto los estudiantes plantean que: "el trabajo en equipo acelera el proceso de aprendizaje y comprensión, ya que lo que no sabe uno lo puede saber otro y explicárselo", "nos estimula más y nos compromete más, porque si no se trabaja, se compromete el resultado del grupo", "nos animamos entre todos cuando no sabemos algo y tratamos de comprenderlo", etc.

- En general están de acuerdo con la planificación de la tarea extraclase en forma de proyecto, orientada en el Tema IV de ambas asignaturas, consideran adecuada la planificación de tiempo de laboratorio que les permite su ejecución sin afectaciones al estudio para el resto de las asignaturas del año. Opinan que esta forma de evaluación es superior a un examen final enmarcado en tiempo y lugar fijos.
- En los informes finales a presentar en la defensa del proyecto (ver CD) se puede constatar la calidad de las soluciones aportadas, donde se observa además el nivel de generalización y reducción de los niveles de despliegue de la actividad de diseño concentrándose en las acciones fundamentales de especificación-modelación-descripción-simulación, y explotando eficientemente las herramientas de ayuda al diseño.

En estos informes (para la Electrónica Digital II) se pidió a los estudiantes que expresaran con sus propias palabras ¿Qué era DISEÑAR?. En el Anexo III.5 se muestran las respuestas a esta interrogante, las que avalan la conclusión planteada en el párrafo anterior.

Además, en todos los casos, las presentaciones (en formato Word ó PowerPoint) demuestran cómo los estudiantes han sido capaces de exponer las acciones fundamentales del desarrollo de la actividad, argumentando las mismas con los resultados parciales de cada una de estas (modelo en forma de Tabla de Verdad, Grafo de Estado, Diagrama *ASM*, descripciones en *VHDL*, simulaciones e implementación y comprobación), lo que manifiesta poder de síntesis y dominio de la actividad.

III.3 Conclusiones Parciales

En el presente capítulo fueron expuestos los resultados fundamentales de la implementación y validación de la estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar. A manera de resumen del mismo se puede expresar que:

1. Los métodos cualitativos de investigación, entre ellos; las opiniones de especialistas, la observación participante y las entrevistas grupales constituyen, por el carácter del proceso de enseñanza-aprendizaje, herramientas efectivas para la validación de la estrategia didáctica aplicada.
2. Los fundamentos teórico-metodológicos de la presente investigación (enfoque histórico-cultural y la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales) exigen para la evaluación de la estrategia didáctica un análisis, mediante observación participante fundamentalmente, de la evolución de las acciones y operaciones que componen la habilidad diseñar.
3. El desarrollo de una guía de autoevaluación del grupo, confeccionada a partir de la estructura interna de la habilidad diseñar y su interrelación con el sistema de contenidos, tal como se derivó en el Capítulo II, permite que el estudiante vea qué factores influyen en el logro exitoso de sus operaciones y acciones, contribuyendo al desarrollo gradual de la habilidad hasta su nivel de generalización.
4. La discusión sistemática de la autoevaluación en el grupo (y en ocasiones con la participación del profesor), al final de cada una de las evaluaciones parciales, enriquece las opiniones individuales de cada uno de sus integrantes y, a su vez, dichas individualidades impulsan el trabajo colectivo.
5. El desarrollo de proyectos por grupos de trabajo, el informe final y el acto de defensa presencial, permiten validar también la efectividad de la estrategia didáctica aplicada, al comprobarse elevados niveles en el grado de generalización del desarrollo de la habilidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente Tesis tiene como base un trabajo de investigación y práctica docente que abarcó más de un lustro, encaminado a la elaboración y aplicación de una estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseñar en estudiantes de tercer año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. A partir de los fundamentos y los resultados de la práctica pedagógica resumidos en este informe, se pueden establecer como conclusiones generales las siguientes:

1. El principio materialista-dialéctico acerca de la relación contenido-método permite identificar las características principales de la habilidad diseñar en un contexto productivo, lo cual examinado a la luz del enfoque histórico cultural y de la teoría de la actividad derivada del mismo, hace posible la identificación de la estructura interna de dicha habilidad, en las condiciones específicas de su desarrollo en un contexto académico nacional.
2. Un análisis del enfoque académico internacional contemporáneo, sobre el desarrollo de la habilidad diseñar reveló que el mismo se corresponde con modelos operacionales y tecnológicos en los que está ausente el análisis interno de ésta, considerada como actividad compleja generalizada. Por otra parte, en el marco nacional tampoco existía un análisis sistémico sobre esta problemática; por lo que el presente trabajo contribuye a enriquecer la didáctica de una disciplina tan rápidamente cambiante en su contenido como la Electrónica.
3. La identificación de los pilares básicos en que se sustenta la actividad del diseño electrónico digital facilitó derivar las invariantes de contenido y las metodologías asociadas, lo que articulado con las necesidades de los estudiantes, permitió el desarrollo de un proceso de enseñanza-aprendizaje motivador y contextualizado.
4. La elaboración de la estrategia didáctica exige transformaciones en los métodos, medios y formas de organización-evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje, de manera que el desarrollo de la

habilidad diseñar se integre al del resto de los objetivos de la asignatura. Dicho enfoque sólo puede lograrse si se contempla la interrelación habilidad generalizadora-sistema de acciones y operaciones-sistema de conocimientos y habilidades básicas que contribuyen a su desarrollo; lo que constituye un instrumento efectivo y sistemático de control-mejora, tanto por parte del profesor como por los estudiantes.

5. La estrategia didáctica desarrollada articula y potencia armónicamente las acciones de especificación-modelación-descripción, aprovechando las facilidades que proporcionan las estructuras sintácticas fundamentales del *VHDL*, a partir de establecer de forma gradual el vínculo entre los modelos de las invariantes en Electrónica Digital y su descripción en dicho lenguaje.
6. La ejecución del proceso de enseñanza-aprendizaje con métodos que en su estructura interna reflejan el trabajo con bases orientadoras de la actividad, graduadas en sus cuatro tipos fundamentales, favorece el logro del objetivo fundamental de la presente investigación; el cual se comprobó mediante observación participante, encuestas y entrevistas grupales, desarrolladas en los dos cursos académicos en que se implementó la estrategia.
7. Constituyen aportes adicionales de la presente investigación un conjunto de herramientas informáticas elaboradas conjuntamente por el autor y varios estudiantes asesorados por él en sus trabajos de Diploma, que tienen aplicación tanto en la esfera académica como en la productiva; todas las cuales alcanzan un alto grado de aceptación, expresada en encuestas por parte de los estudiantes y de especialistas relacionados con esta temática.
8. El sitio Web DIGITAL que, con seis años de aplicación, ha apoyado el estudio independiente y la preparación de estudiantes en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UCLV y de otros centros, como los Joven Club de Computación y Electrónica de las provincias centrales, constituye también un aporte didáctico significativo de esta Tesis.

RECOMENDACIONES

El propio carácter dialéctico de la práctica pedagógica debe ser fuente de una actitud de insatisfacción permanente hacia lo logrado y de un continuo esfuerzo en aras de su perfeccionamiento. La esencia misma de la estrategia didáctica propuesta en esta tesis; así como los análisis que conllevaron a su surgimiento y desarrollo, como respuesta a una necesidad educativa para formar profesionales a tono con su tiempo, sirven de base a las siguientes recomendaciones:

1. Mantener un alto nivel de actualización profesional en la electrónica digital que propicie identificar cambios previsibles de orden cualitativo en el modo de actuación de los especialistas de este perfil, lo que unido a la continua superación pedagógica y su práctica consecuente, sirva para introducir modificaciones pertinentes a fin de mantener actualizada esta estrategia didáctica.
2. Valorar el desarrollo de estrategias a ser aplicadas en procesos de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital, atendiendo a modalidades no presenciales, en consonancia con los esfuerzos que actualmente se desarrollan en nuestro país para facilitar el acceso a la Educación Superior de todos los ciudadanos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Addina, F. (1997). Didáctica y Curriculum. Análisis de una experiencia. Editorial Bioestadísticas. Potosí Bolivia. 1997.
2. Alfonso, S., Soto, E., Fernández, S. Diseño de Sistemas Digitales con VHDL. Thomson Ed. Spain. 2002.
3. Alvarez de Zayas, C. (1986). Elementos de didáctica de la Educación Superior. Material en formato digital. 1986.
4. Alvarez de Zayas, C. (1992). La Escuela en la Vida. La Habana. Cuba. 1999
5. _____. (1999). Diseño Curricular. Cochabamba. Material en formato digital. 1999.
6. Alvarez de Zayas, R. (1996). Diseño Curricular. Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño. Cátedra UNESCO en Ciencias de la Educación. Material impreso, 1996.
7. Al-Hadithi, Basil M. y Suardíaz, Muro Juan (2004). "Nuevas tendencias en el diseño electrónico digital: codiseño hardware/software". Tecnol@ y Desarrollo. Revista de Ciencia, Tecnología y Desarrollo. Universidad Alfonso X el sabio. Madrid. Volumen II. Año 2004. ISSN: 1696-8085.
8. Amthor, C., Ugalde, L. (2003). Didáctica de la Educación Tecnológica. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago de Chile. 2003. Material digitalizado.
9. Ballesteros, R. (2003). Estrategia didáctica para la selección y ejecución de las prácticas de laboratorio sobre sistemas supervisores en la carrera de Ingeniería en Automática. Tesis en Ciencias Pedagógicas. Universidad Central de Las Villas. Cuba. 2003.
10. Barrios, J. Enseñanza de los Dispositivos Lógicos Programables. Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE) 2000. Barcelona. España.
11. _____. Metodología aplicada al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Electrónica Digital utilizando las NTIC. Simposio de Ingeniería Eléctrica (SIE 2001). Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba. ISBN 959-250-024-4.

12. _____. Entorno Web para el aprendizaje y la simulación en Electrónica Digital. I Conferencia Internacional: Problemas Pedagógicos de la Educación Superior 2001. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba. ISBN 959-250-025-8
13. Barrios, J. (2002). Estrategias para el desarrollo del pensamiento lógico en el diseño y análisis de los sistemas digitales utilizando el lenguaje VHDL. Convención Internacional Universidad 2002. La Habana, Cuba. ISBN 959-16-0138-7.
14. _____. La enseñanza de los procesadores digitales secuenciales utilizando Internet y OrCAD 9.0. Un ejemplo de colaboración. Informática 2002. La Habana, Cuba. ISBN 959-237-079-6
15. _____. Using Internet and OrCAD 9.0 to teach about Sequential Digital Processors: An International Collaboration Experience. European Workshop on Microelectronic Education (EWME) 2002. Baiona, Spain. ISBN 84-267-1325-4 D.L. 20.331-02
16. _____. Desarrollo de medios de ayuda al diseño para las asignaturas de Electrónica Digital. Simposio de Ingeniería Eléctrica (SIE) 2003. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
17. _____. Soporte Web para la descripción de circuitos integrados digitales con las normas ANSI/IEEE std 91-1984 e IEEE 1076/84/93. II Conferencia Internacional: Problemas Pedagógicos de la Educación Superior 2003. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
18. _____. DigitalTools: Una herramienta de ayuda a la enseñanza del diseño de unidades de control secuenciales síncronas. Informática 2003. La Habana, Cuba. ISBN 959237095-8
19. _____. La integración de medios informáticos y el trabajo en equipo en la enseñanza del diseño electrónico digital. Una experiencia de cinco años. Informática 2005. Palacio de Convenciones. Ciudad Habana. Cuba. ISBN 959-7164-87-6.
20. _____. Estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseño electrónico digital en estudiantes de Telecomunicaciones-Electrónica. Universidad 2006. Palacio de Convenciones. Ciudad Habana. Cuba. ISBN 959-02-82-08-3.

21. Bloom, B. S. (1979). Citado en: Marqués, P. 2001. Didáctica. Los procesos de enseñanza y aprendizaje. La motivación. Departamento de Pedagogía Aplicada. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Barcelona. 2001.
22. Boole, G. "An investigation of the laws of thought", Walton and Maberley, London, 1854. (Reprinted by Dover Books, New York, 1954). Hay traducción española: "Investigación sobre las leyes del pensamiento", Editorial Paraninfo, Madrid, 1982.
23. Bogdan, R., Taylor, S. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados. Editorial PAIDOS. 1987.
24. Brito, H. (1988). Habilidades y Hábitos: consideraciones psicológicas para su manejo pedagógico. Revista Científico-Metodológica del Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona". No. 20. 1988. p. 53.
25. Brito, H. (1990) Capacidades, habilidades y hábitos. Una alternativa teórica, metodológica y práctica. Material en formato digital. 1990.
26. Calzado, D. (2003). El contenido del proceso pedagógico. Material docente del Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona". Ciudad de la Habana. 2003.
27. Campistrous, L. y Celia Rizo. Aprende a resolver problemas aritméticos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1997.
28. _____. Los significados y la modelación en la resolución de problemas aritméticos. México 1997.
29. Campos, Y. Un enfoque humanista con apoyo tecnológico en la educación básica. Colegio de Pedagogía. México. 2004.
30. Castro, F. (2006). Intervención en el acto por el aniversario 15 del Palacio Central de Computación, el 7 de marzo. Tomado del periódico Granma. 8 de marzo de 2006.
31. Cerdá, J., Colom, R., García, R., Larrea, M., Gadea, R., Martínez, M. Desarrollo de un tutorial multimedia como apoyo a la docencia de VHDL. Congreso TAAE 2002. Las Palmas de Gran Canaria. 2002.

32. Chaljub, J. (2004). Generalización de experiencias en la enseñanza de la Electrónica en Cuba. Informe final del proyecto del MES. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba. Material impreso. 2004.
33. Chávez, J. (2001). Apuntes para el examen estatal de Ciencias de la Educación. La Habana. Cuba. 2001.
34. Chernov, Y. Habilidades. Conferencias de Pedagogía e Historia de la Pedagogía. Material impreso en el Instituto Superior Pedagógico "Félix Valera". Villaclara. Cuba. 1990.
35. Chernov, Y., Lara Díaz, L. Contribución al problema de la metodología para la investigación del nivel de desarrollo de la actividad cognoscitiva en el grupo estudiantil. Instituto Superior Pedagógico "Félix Valera". Villaclara. Cuba. 1990.
36. Chernov, Y., Pérez Selva, D. (1990). La evaluación de los conocimientos, hábitos y habilidades. Departamento de Pedagogía. Instituto Superior Pedagógico "Felix Valera". Villaclara. Cuba. 1990.
37. Chinea, A. (1997). El impacto social en las investigaciones pedagógicas.(formato digital). CDI. Sancti Spiritus. 1997.
38. Cohen, B. VHDL Coding Styles and Methodologies. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts. 1999.
39. Colectivo de Autores, 1984. Pedagogía. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1984.
40. Danilov, M.A., Stakin, M.N. Didáctica de la Escuela Media. Edit. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, 1978.
41. Davíдов, V. Tipos de generalización en la enseñanza. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 1986.
42. Davíдов, V. Los principios de la enseñanza. La psicología evolutiva y pedagógica en la URSS. Editorial Progreso. Moscú. 1987.
43. De Armas, N., Lorences, J.; Perdomo, J. M. (2002). Conceptualización y caracterización de los aportes teóricos metodológicos como resultados científicos de la investigación. Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela". Santa Clara. 2002. En formato digital.
44. DRAE, (2000). Diccionario de la Real Academia Española. Versión Digital.
45. Dueñas, M. (2002). Curso de diagnóstico pedagógico. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). España. Material en formato digital.
46. Elliot, J. (1987). La investigación – acción en la educación. Ediciones Morata. España. 1987.

47. Encarta, (2004). Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2004. Redmond, WA 98052-6399. U.S.A. Dirección electrónica: <http://www.msnencarta.com>
48. EWME, (2002). Proceedings of the 4th European Workshop on Microelectronics Education. Baiona. España. 2002.
49. Fuentes, H., Mestre, U., Repilado, F., (1997). Fundamentos didácticos para un proceso de enseñanza-aprendizaje participativo. Material en formato digital.1997.
50. Gadea, R., Colom, R., Cerdá, J., Herrero, V., Martínez, J. (2004). El futuro de los HDL en las enseñanzas de la Electrónica. VI Congreso TAAE. Universidad Politécnica de Valencia. España. 2004.
51. Galviz , A. H. (1992). "Ingeniería del Software Educativo". Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia.
52. Gajski, D. (1988). Silicon Compilation. Reading, MA: Addison-Wesley, 1988.
53. Gajski, D. Principles of Digital Design. Prentice Hall. New Jersey. 1997
54. García, J., Sanz, J., Sotomayor, B. Mejoras en el entorno Boole-Deusto de diseño digital. TAAE 2004. Universidad Politécnica de Valencia. España. 2004.
55. García, S. (2003). Diseño de Sistemas Digitales con VHDL. Ed. Thomson. España. 2002.
56. Gartner, (2000). "Electronic Design Automation Worlwide 2000". DoD VHDL Project.
57. González Castro, V. (1986). Teoría y práctica de los medios de enseñanza. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
58. González, F. Comunicación, Personalidad y Desarrollo. Editorial Pueblo y Educación, C. Habana,1995.
59. González, M. (1999). La Investigación Acción como tendencia pedagógica. Capítulo X de "Tendencias Pedagógicas Contemporáneas". Colectivo de Autores. CEPES. Ciudad de la Habana. Material en formato digital. 1999.
60. González, O. (1999). Tendencias Pedagógicas Contemporáneas. CEPES. Universidad de la Habana. 1999.
61. González, R. (2002). Perfeccionamiento del sistema de habilidades para la física del nivel preuniversitario. Tesis Doctoral. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Ciudad Habana. Cuba. 2002.

62. Gutiérrez, R. Metodología para la elaboración de estrategias pedagógicas. Material digitalizado. Instituto Superior Pedagógico "Félix Valera". Santa Clara.
63. Hernández, A. (1993). Hacia una eficiencia educativa. Ed. Instituto Superior Tecnológico "América" e Instituto Superior Pedagógico para la ETP. Dpto. Editorial del Ejército Sangolquí. Valle de los Chillos. 1993.
64. Hernández, H. (2004). Diseño de Planes y Programas de Estudio. Revista Pedagogía Universitaria. CEPES. Universidad de La Habana. Vol. 9. No. 2. 2004
65. Horruitiner, P. (2006). La Universidad Cubana: el modelo de formación. Editorial Félix Varela. La Habana. 2006.
66. ICCP, (1984). Pedagogía. Colectivo de Autores del MINED bajo la dirección del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1984.
67. Iñiguez, L. (1999). "Investigación y evaluación cualitativa: bases teóricas y conceptuales". Atención Primaria. Vol. 23 (mayo): 8, 496-502.
68. Internet World, (1998). Arquitectos de la Web. Ed. Mecklermedia Corporation, Buenos Aires. Argentina. Año 3. No 14. pp69. 1998.
69. ITESM. El método de proyectos como técnica didáctica. Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo Vicerrectoría Académica. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Consultado en: <http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/inf-doc/estrategias/>. 24/10/2004.
70. IPE. (1989). Colectivo de Autores. Las habilidades generales de carácter intelectual. Instituto de Perfeccionamiento Educacional. La Habana. 1989.
71. IPLAC, n.d. Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño. Modelo Pedagógico para la formación y desarrollo de habilidades, hábitos y capacidades. [versión electrónica]. CDIP. ISP "Félix Varela". Santa Clara.
72. Jenci, M. (1998). Selección de una plataforma abierta para el desarrollo de software orientado a la Educación. Memoria de la II jornadas Iberoamericanas de Informática Educativa. Bolivia. 1998.
73. Klingberg, L. (1980). Introducción a la Didáctica General. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1980.

74. Kommers, P. (1996). "Hypermedia Learning Enviroments, Instructional Design and Integration". Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, EEUU. 1996.
75. Kraftchenko, O., Hernández, H. (1999). Tendencias Pedagógicas Contemporáneas. CEPES. Universidad de la Habana. Material en formato digital. 1999.
76. Labarrere, A. Pensamiento, análisis y autorregulación de la actividad cognoscitiva de los alumnos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1996.
77. Lacerda, T. (1996). Conceptos de Interfaz para Documentos Educativos Hipermedia. Memorias del Simposio Investigación y Desarrollo de Software Educativo, Lisboa, Portugal, 1996.
78. Latchman, H. Information Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION. 1999.
79. Leontiev, A. (1981). Actividad. Conciencia. Personalidad. Ed. Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1981.
80. Leyva, J. (2002). La estructura del método de solución de tareas experimentales de Física como invariante del contenido. Tesis Doctoral. Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela". Villaclara.
81. Llivina, M. y otros. (2000). Un sistema básico de competencias matemáticas. Centro de Estudios Educativos. Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona". Ciudad Habana.
82. López, A. (2000). Estrategias Didácticas. Consultado en Internet en: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/estrategia.htm#TOP>
83. López, J. V. (2000). Teoría de la comunicación. La comunicación didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En: Compilación de materiales para cursos de postgrado, diplomados y maestrías en ciencias de la educación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. 2000.
84. López, L. (2001). El desarrollo de las habilidades de investigación en la formación inicial del profesorado de Química. Tesis Doctoral. Universidad de Cienfuegos. Cuba. 2001.
85. Mandado, E. (2000). "Sistemas Digitales, principios y aplicaciones". Paraninfo, España. 2000

86. Mandado, E., Valdés, M., Álvarez, J. (2002). Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones. Ed. Thomson. España. 2002.
87. Mandado, E., Valdés, M., et al. (2004). "Sistema integrado para la enseñanza/aprendizaje de la Electrónica". VI Congreso TAAE (Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica), 14-16 de Julio de 2004. Universidad Politécnica de Valencia. España.
88. Mano, M. (1995). Digital Design. Prentice Hall, 2nd. Ed. New York. 1995.
89. Marqués, P. (2002). Buenas Prácticas Docentes. Departamento de Pedagogía Aplicada. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Barcelona. (última revisión: 30/08/04). Tomado de Internet en: www.dewey.uab.es
90. Marqués, P. (2000). Diseño de Intervenciones Educativas. Departamento de Pedagogía Aplicada. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Barcelona. (última revisión: 5/01/04). Tomado de Internet en: www.dewey.uab.es
91. Martí, J. Maestros Ambulantes. Obras Completas. Volumen 8. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana. 1975. Pág. 289.
92. MES, (1998). Plan de Estudios C (modificado). Ministerio de Educación Superior. Ciudad de La Habana. 1998.
93. Mestre, U. La formación de habilidades en estudiantes de ingeniería a través de la resolución de problemas de Física. Revista Pedagogía Universitaria Vol. 7 No. 1. 2002.
94. Millman, Jacob, and Samuel Seely. Electronics. 1951. McGraw Hill. 2nd Ed.
95. MINED (1984). Colectivo de autores. Pedagogía. Ministerio de Educación de Cuba. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1984.
96. Monereo, C., Sánchez, M. Habilidades que componen el proceso del pensamiento en sus diferentes fases. Tomado de Internet en: ayura.udea.edu.co/cognitivo/articulo1.htm (1992).
97. Monereo, C.; Castelló, M.; Clariana, M.; Palma, M.; Pérez, M. L., Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en el aula. Grao. Barcelona. 1998.

98. Montes de Oca, N., Machado, E. La formación y desarrollo de habilidades en el docente-educativo. En: <http://www.monografias.com/trabajos15/habilidades-docentes>. 2003.
99. Moreno, A.(2005). Técnicas de diseño digital y sistemas configurables (FPGAs). (9ª Edición). Libro electrónico en Internet. Universidad Politécnica de Cataluña. España. www-eel.upc.es (consultado el 17/2/2005).
100. Morris, M. Kime, C. Logic and Computer Design Fundamentals. Prentice Hall. New Jersey. 1997.
101. Moursund, D. (1999). Project-Based Learning Using Information Technology. ISTE. 1999.
102. Navabi, Z. (1993). VHDL. Analisis and Modeling of Digital Systems. McGraw Hill. 1993.
103. Navabi, Z., Shojai, H. (2004). Formal specification for hardware verification. (Electrical and Computer Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran)
104. Nieto, L. EDWeb: Un tutorial WEB de electrónica digital. Congreso TAAE 2002. Las Palmas de Gran Canaria. 2002.
105. Ortiz, E. El peligro del eclecticismo en las investigaciones psicopedagógicas contemporáneas. El caso de las concepciones de Vigotsky y Piaget. Revista Pedagogía Universitaria. 2000. Vol. 5 No. 3. La Habana.
106. Pescador, F.; Vivas, O.; et al. (1996). Informe de evaluación de Software aplicable a la enseñanza de la electrónica. Ponencia al TAAE 96. Universidad de Sevilla. España 1996.
107. Pellerin, D. (1998). VHDL made easy. Prentice Hall. New Jersey. 1997.
108. Peón, R. La "Alfabetización Psicotecnológica": Potencia la Educación a Distancia y el uso de las Tecnologías de la Información en el Aprendizaje. Primer Taller Mesoamericano y del Caribe de Educación a Distancia y Biblioteca Digital. INAOE-ISTEC-2002. Universidad de La Sonora. México. 2002. En formato digital.
109. Petrovski, A. Psicología Evolutiva y Pedagógica. Ed. Educación. La Habana. 1980.
110. Pollán, T. (2003). Electrónica Digital. I. Sistemas Combinacionales. Prensas Universitarias de Zaragoza. Colección Textos Docentes nº 97. Universidad de Zaragoza. 2003.
111. Polya, G. Cómo plantear y resolver problemas. Editorial Trillas. México. 1976.

112. Ramírez, E. et al (2003). Una estrategia didáctica basada en el vínculo interdisciplinario entre la Biometría y el Análisis Farmacéutico en la carrera Licenciatura en Ciencias Farmacéuticas. Consultado en: <http://www.monografias.com/cgi-bin/jump.cgi?ID=7873> el día 12 de septiembre del 2003.
113. Reia-Baptista, V. Contribuciones para una Pedagogía de la Comunicación. Disponible en formato digital. Portugal. 1998
114. Reinoso, C. (2000). Desarrollo Humano y Comunicación. Material digitalizado. Centro de Estudios Educativos. Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona". Ciudad Habana. 2000.
115. Ribot, C., Fernández-Tenllado, M. A., García de León, D. (2000). Investigación cualitativa en atención primaria. Una experiencia con entrevistas abiertas. Atención Primaria. Vol. 25 (marzo).
116. Rivero, H. (2002). Un modelo para el tratamiento didáctico integral de las tareas teóricas de Física y su solución. Tesis Doctoral. Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela". Villaclara.
117. Rizo, C., Campistrous, L. (1998). Didáctica y Solución de Problemas. Material en formato digital. descargado del sitio web del ICCP.
118. Rodríguez, G., Gil, J., García, E. (2004). Metodología de la investigación cualitativa. Ed. "Félix Varela". La Habana. 2004. 378 pp.
119. Rodríguez, M., Rodríguez, A. (2004). La estrategia como resultado científico de la investigación educativa. Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela". Santa Clara. 2004. Disponible en formato digital.
120. Rubinstein, S. (1965). El ser y la conciencia. Ed. Rev. 1965
121. Sagahyroon, Assim A. (2000). From AHPL to VHDL: A Course in Hardware Description Languages. IEEE Transactions on Education. VOL 43. NO. 4, November 2000.
122. Sánchez, F., Casanella, R., Fernández, I. Introducción Sistemática del Aprendizaje Cooperativo en la Asignatura Electrónica Digital de la EPSC". XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET). Cataluña. 2003.
123. Sanz, C., Pescador, F., Freire, M., Garrido, M., Rodríguez, M. Recursos para la enseñanza de la electrónica digital. Congreso TAAE 2002. Las Palmas de Gran Canaria. 2002.

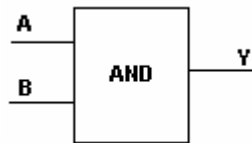
124. Sanz, T. (2004). El curriculum. Su conceptualización. Revista Pedagogía Universitaria. CEPES. Universidad de La Habana. Vol. 9. No. 2. 2004.
125. Sanz, T., Rodríguez, A. (1996). Tendencias Pedagógicas Contemporáneas. Capítulo 2. La Escuela Nueva. Departamento de Psicología y Pedagogía. Universidad de la Habana. Publicado en Ibagué, Colombia. 1996.
126. Shuare, M. La psicología soviética tal y como yo la veo. Editorial Progreso. Moscú. 1990.
127. Talízina, N. (1985). Conferencias sobre "Los fundamentos de la enseñanza en la Educación Superior". Nina F. Talízina. Departamento de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior. La Habana. 1985.
128. Talízina, N. (1988). Psicología de la Enseñanza. Editorial Progreso. Moscú.
129. Tim, Kotnour. "Developing and Evaluating an Organizational Learning Process to Continuously Improve Teaching". IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION. 1999.
130. Tyler (1971). Referenciado en: El curriculum. Su conceptualización. Revista Pedagogía Universitaria. CEPES. Universidad de La Habana. Vol. 9 No. 2 2004.
131. Valdés, V. G., Barrios, J. P., Mandado, E. (2001). Using Internet and OrCAD 9.0 to teach about Sequential Digital Processors: An International Collaboration Experience. EWME 2002. Baiona, Spain. 2002.
132. Vallés, M. (1997). Variedad de paradigmas y perspectivas en la investigación cualitativa. Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional (48-68). Madrid. 1997.
133. Vecino, F. (1985). Prólogo del libro: Conferencias sobre "Los fundamentos de la enseñanza en la Educación Superior. Nina F. Talízina. Departamento de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior. La Habana. 1985.
134. VHDL, (1995). VHDL International, "VHDL International University Usage Survey", VHDL International, Santa Clara, CA, 1995.
135. Vygotsky, L. Pensamiento y Lenguaje. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1982.
136. Wakerly, J. (2000). Digital Design. Principles and Practices. Prentice Hall. New Jersey. 2000.

137. Whetten, D., Cameron, K. (2005). Desarrollo de habilidades directivas. 6ta. Edición. Pearson Educación. México. Capítulo I. 720 pp.
138. Yuan, J. (2004). Teaching Asynchronous Design in Digital Integrated Circuits. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, VOL. 47, NO. 3, AUGUST 2004.
139. Zemva, A. (1998). A Rapid Prototyping Environment for Teaching Digital Logic Design. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION. 1998.
140. Zilberstein, J. Conferencia Especial: Tendencias y enfoques en la enseñanza de las ciencias naturales y exactas. Cuba. MINED. 1999. p. 20
141. Zilberstein, J., Silvestre, M. (2000). ¿Cómo hacer más eficiente el aprendizaje?. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Ciudad Habana. Cuba. 2000.
142. Zilberstein, J., Silvestre, M. (2000). Una didáctica para una enseñanza y un aprendizaje desarrollador. En formato digital. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Ciudad Habana. Cuba. 2000.
143. Zilberstein, J. El desarrollo de habilidades en los estudiantes, en una didáctica integradora. En formato digital. Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela". Santa Clara. Cuba. 2000.

Anexo I.1 Formas de descripción de la función lógica Y (AND ó conjunción).

“La función lógica AND, para dos variables de entrada, es aquella en la que su salida es verdadera sí y sólo sí, sus dos entradas son verdaderas”.

Si consideramos como verdadero(a) el 1 lógico y falso el 0 lógico. Tendríamos que:



“Y es 1 si A es 1 y B es 1” =====> en VHDL: *if A = '1' and B = '1' then*
Y <= '1';
else
Y <= '0';
end if;

Tabla de Verdad:

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Anexo I.2 Resumen de los programas de las asignaturas: Electrónica Digital

1- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA Circuitos Electrónicos Digitales Curso 2002/2003

Objetivos

El principal objetivo de esta asignatura es la obtención de un nivel básico de conocimientos en Electrónica Digital y sentar las bases para poder realizar el análisis y diseño de circuitos electrónicos digitales complejos que se completará en asignaturas de cursos posteriores.

Programa

1. **Introducción** (0,1 créditos)
[Tema 1](#) Información administrativa. Descripción del temario.
2. **Principios básicos** (0,4 créditos)
[Tema 2](#) Niveles lógicos en lógica binaria. Carga y descarga de capacidades en CMOS. Temporización básica.
3. **Codificación de la información y álgebra de conmutación** (0,7 créditos)
[Tema 3](#) Principios de numeración. Lógica booleana. Axiomas y ecuaciones. Representación de circuitos. Simplificación por Karnaugh.
4. **Circuitos Combinacionales** (1 crédito)
[Tema 4](#) y [Problemas](#) Puertas lógicas simples y complejas. Multiplexores. Elementos varios: codificadores y decodificadores, comparadores y operadores. Memorias ROM, RAM y EPROM.
5. **Circuitos Secuenciales** (1,0 crédito)
[Tema 5](#) y [Problemas](#) Búsqueda R-S. Latches y biestables. Registros. Contadores. Registros de desplazamiento.
6. **Teoría de Autómatas** (0,6 créditos)
[Tema 6](#) y [Problemas](#) Máquinas de estados finitos (Mealy y Moore). Diseño de máquinas de estados.
7. **Descripciones funcionales y estructurales** (0,7 créditos)
[Tema 7](#) Descripciones funcionales y estructurales. Introducción al lenguaje VHDL. Descripciones en VHDL. Componentes sobre los que realizar la síntesis: CPLD y FPGA. Ejemplos adicionales y ejercicios.

Bibliografía

Libro Recomendado

- **Digital Design (Principles and practices), John F. Wakerly** - Tercera edición. Prentice Hall.
- **Diseño Digital (Principios y prácticas), John F. Wakerly** - Tercera edición en español

Evaluación

La evaluación de la asignatura se realiza mediante un examen en el que no se permite la utilización de libros ni apuntes. Su duración estimada será de unas tres horas y que generalmente constará de problemas de aplicación donde se ponga de manifiesto el dominio de los conocimientos teóricos de la asignatura. Durante el desarrollo del curso se realizarán, sin aviso previo y dentro del periodo de clase, pequeñas pruebas que se calificarán con las siguientes notas: M (mal), R (regular), B (bien) y MB (muy bien). Los resultados de estas pruebas se utilizarán para decidir la nota final en los casos en que el examen esté dudoso entre el aprobado y el suspenso.

2- Universidad de Zaragoza (España):

Asignatura de Electrónica Digital

Objetivos y evaluación.

Objetivos:

Se pretende conseguir capacidad de análisis, de diseño y de mantenimiento de sistemas electrónicos digitales, tanto combinacionales como secuenciales.

Esta capacidad supone:

- ★ Manejar con fluidez la información codificada en palabras binarias; comprender, construir e interpretar con soltura las funciones booleanas y los grafos de estado como formas de describir los sistemas digitales.
- ★ Conocer los bloques digitales y ser capaz de configurar sistemas mediante diagramas de bloques, atendiendo a unas especificaciones dadas; entender lo que aporta y lo que requiere el sincronismo y ser capaz de aplicarlo al diseño.

- ★ Conocer y razonar la tecnología CMOS y tener en cuenta y aplicar sus características en su utilización circuital.
- ★ Contar con una cierta habilidad de montaje y comprobación de circuitos digitales.
- ★ Asumir una aptitud de síntesis y una perspectiva ingenieril en cuanto a diseño funcional, global y realista.
- ★ Desarrollar una actitud crítica y cooperativa y percibir el respeto a y la convivencia con las personas y el medio natural como valores a defender.

Criterios de evaluación

- ★ Se realizarán dos exámenes parciales, el primero de ellos referido a "sistemas combinacionales" y su realización electrónica (10 primeros temas del programa); el segundo dedicado a "sistemas secuenciales" (8 temas restantes). Los parciales superados durante el curso tendrán vigencia hasta el examen final de junio; los exámenes de septiembre y diciembre habrán de realizarse globalmente, sin distinción en ellos entre parciales.
- ★ La realización de las prácticas de laboratorio es una condición indispensable para superar la asignatura; quienes no puedan o no deseen realizar las prácticas en las sesiones previstas habrán de superar un examen de laboratorio que demuestre su capacidad de montaje, comprobación y medida de circuitos digitales.
- ★ A lo largo del desarrollo de las prácticas de laboratorio deberá dejarse constancia del trabajo realizado y de sus resultados en un cuaderno de prácticas que será revisado al finalizar las mismas. La realización con suficiente aprovechamiento de todas las prácticas contará positivamente en la calificación final de la asignatura; por el contrario, una grave deficiencia en su realización supondrá la necesidad de superar el examen de laboratorio indicado en el apartado anterior.
- ★ Cada semana se entregará en clase una hoja de problemas; en la semana siguiente se recogerán las soluciones de quienes los hayan trabajado y, en la medida de lo posible, se devolverán corregidas. Obviamente, la valoración del trabajo desarrollado durante el curso será tomada en cuenta en la calificación de la asignatura.
- ★ Los exámenes constarán de dos partes: cuestiones y ejercicios; la primera con varias cuestiones de aplicación razonada de la teoría, supondrá entre el 35 y el 40 % de la calificación del examen; la segunda parte incluirá varios problemas o ejercicios de análisis o de diseño con incidencia entre el 60 y el 65 % del total. Para superar un examen será necesario obtener en cada una de las dos partes, el menos, un tercio de la calificación prevista para la misma; en tal caso, la calificación global del examen será la suma de las obtenidas en cada parte.
- ★ Durante el examen no se podrán consultar textos ni apuntes y, en el primer parcial, no podrá utilizarse calculadora. En la parte de cuestiones habrá, por lo general, preguntas relacionadas con las actividades, montajes y medidas desarrollados en las prácticas de laboratorio.

Programa

0. Introducción. La Electrónica como técnica instrumental de la información.
Electrónica Analógica ↔ Electrónica Digital.

primer cuatrimestre. SISTEMAS COMBINACIONALES

1. Álgebras de Boole de 2 elementos. Operaciones booleanas y puertas lógicas
2. Puertas lógicas con diodos y con interruptores. Puertas NMOS.
3. Funciones booleanas y su simplificación.
4. Puertas con interruptores complementarios. Lógica CMOS.
5. Bloques aritméticos y codificación numérica.
6. Bloques combinacionales. Configuraciones reticulares.
7. Conjuntos de funciones: estructuras matriciales y bloques programables.
8. Tecnología CMOS. Diversidad de configuraciones.
9. Codificación en palabras binarias. Detección de error.
10. Familias lógicas integradas

segundo cuatrimestre. SISTEMAS SECUENCIALES

11. Introducción a los circuitos secuenciales: conceptos y diseño.
12. Sincronismo y biestables síncronos. Secuenciadores lógicos programables.
13. Diseño secuencial síncrono.
14. Temporizadores: osciladores y monostables.

15. Contar pulsos y dividir frecuencias. Diseño y conexión de contadores.
16. Aplicaciones de los contadores. Diseño modular de sistemas digitales.
17. Pulsos de anchura modulada.
18. Memorias de acceso directo. Arquitectura con buses.

Prácticas

Se realizarán 10 prácticas de laboratorio, 5 en cada cuatrimestre, en conexión directa con los contenidos del mismo e inmediatamente después de su impartición en clase.

Estas son las sesiones a realizar durante el primer cuatrimestre

- ★ PRACTICA 1. Operaciones booleanas: puertas lógicas.
- ★ PRACTICA 2. Puertas lógicas con transistores
- ★ PRACTICA 3. Funciones lógicas.
- ★ PRACTICA 4. Bloques combinacionales.
- ★ PRACTICA 5. Estudio de las características de la familia lógica CMOS: serie 74HC.

Bibliografía

Tomás Pollán "Electrónica Digital" Colección Textos Docentes. Univ. Zaragoza. 2003.
Segunda edición de este texto en 2 volúmenes (Sistemas combinacionales/ secuenciales).

John F. Wakerley "Digital Design" 3ª Edición. Prentice-Hall International Ed. 2000.

T. L. Floyd "Fundamentos de Sistemas Digitales" Addison-Wesley Iberoamericana. 1996.

John P. Hayes "Diseño Lógico Digital" Prentice-Hall. Madrid. 1997 .

R.J. Tocci "Sistemas Digitales" Prentice-Hall. Méjico. 1987.

Randy H. Katz "Contemporary Logic Design" The Bengamin/Cummings Publishing. 1994.

Manuel Mazo y otros "Circuitos Electrónicos Digitales". Univ. de Alcalá. 1995.

Daniel D. Gajski "Principios de Diseño Digital" Prentice-Hall. Madrid. 1997.

Jerry D. Daniels "Digital Design from Zero to One" John Wiley & Sons, Inc. 1996.

Horowitz and Hill "The Art of Electronics" 2ª Edición Cambridge University Press. 1989.

Carmen Baena y otros "Problemas de circuitos y sistemas digitales" McGraw-Hill. 1997.

Catálogos de circuitos integrados de los diversos fabricantes.

3- UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Titulación: Ingeniero de Telecomunicación (P244)

Centro: Escuela.Tecnica.Superior. de Ingenieros de Telecomunicación - Valladolid - Campus "Miguel Delibes".
Camino del Cementerio s/n. 47011 (C211)

Objetivos:

Estudio de los circuitos digitales básicos: sus principios, análisis de funcionamiento y diseño. Conocimiento de las distintas tecnologías de circuitos digitales.

Programa:

TEMA 1 - FUNDAMENTOS

Variables y funciones lógicas. Álgebra de Boole. Teoremas. Funciones de dos variables. Suficiencias. Códigos numéricos y alfanuméricos. Simplificación de funciones lógicas. Forma canónica.

TEMA 2 - CIRCUITOS COMBINACIONALES

Introducción. Análisis y síntesis AND-OR. Implementación en 2 niveles

Análisis y síntesis NAND-NOR. Fenómenos aleatorios.

TEMA 3 - CIRCUITOS COMBINACIONALES INTEGRADOS

Introducción. Decodificadores. Codificadores. Conversores de código. Multiplexores. Demultiplexores. Comparadores. Sumadores .

TEMA 4 - SISTEMAS SECUENCIALES ASÍNCRONOS

Introducción. Principios de diseño. Reducción de la tabla de fases. El cerrojo estático. Utilidades

Codificación de los estados internos.

TEMA 5 - FLIP-FLOPS. SISTEMAS SECUENCIALES SÍNCRONOS

El cerrojo dinámico. El Flip-Flop Maestro-Eslavo. El Flip-Flop activado por flancos. Tiempos de elevación, mantenimiento y propagación. Registros. Sistemas secuenciales síncronos. Ejemplo de sistemas secuenciales síncronos: Contadores.

TEMA 6 - FAMILIAS LÓGICAS

Introducción. Parámetros característicos de las puertas lógicas. Circuitos digitales con transistores: DCTL, RTL, DTL (AND cableada), TTL (salida totem-pole, salida en 3 estados)

Circuitos digitales con MOS: N-MOS, P-MOS, C-MOS. Comparación entre las diferentes familias lógicas

TEMA 7 - MEMORIAS

Introducción. Memorias de acceso aleatorio. Memorias secuenciales. Matrices de lógica programable: PLA, PAL, PLD.

TEMA 8 - DISEÑO A NIVEL DE REGISTROS- SISTEMAS DIGITALES

Introducción: sistemas digitales de proceso. Operaciones sobre registros. Unidad de procesamiento de datos.

Controladores. Implementación de un controlador. Respuesta condicional de controladores

Prácticas:

Las prácticas de laboratorio correspondientes a esta asignatura se realizarán dentro de la asignatura obligatoria de Laboratorio de Electrónica

Evaluación:

Examen final de la asignatura compuesto de una serie de problemas/cuestiones y preguntas de conceptos básicos.

4- Universidad del País Vasco (España):

ASIGNATURA: Electrónica Digital

CUATRIMESTRE: 3

ÁREA DE CONOCIMIENTO: Tecnología Electrónica

ESPECIALIDAD:

DEPARTAMENTO: Electrónica y Telecomunicaciones.

Nº CRÉDITOS: 3 Teóricos - 3 Prácticos

OBJETIVOS: Los objetivos generales más importantes de la enseñanza de la electrónica, ordenados según la escala ascendente de cualquier proceso de aprendizaje, podrían ser los siguientes:

1. Conocer los procesos, circuitos, subsistemas y sistemas electrónicos, como base fundamental del diseño electrónico.
2. Comprender el funcionamiento de un circuito y extraer propiedades y consecuencias del mismo.
3. Aplicar lo comprendido para la resolución de problemas y ver la utilidad de cualquier circuito que se le presente.
4. Analizar circuitos y sistemas electrónicos, es decir, conocido y comprendido el funcionamiento de un circuito, ser capaz de predecir el funcionamiento de un circuito semejante.
5. Sintetizar o diseñar circuitos y sistemas electrónicos semejantes o de mayor complejidad, especificando qué bloques funcionales son necesarios.
6. Valorar qué alternativa es la más adecuada en un determinado diseño, evaluar qué componentes o subsistemas son más adecuados, etc...

A pesar de la importancia de estos objetivos, que proporcionan una base sólida a un diseñador electrónico, creemos que también hay que considerar como objetivo el inculcar al alumno la necesidad de estar abierto a los cambios y desarrollar un espíritu crítico en el planteamiento y obtención de resultados, teniendo en cuenta el cambio continuo y la

evolución que se está produciendo en la tecnología electrónica. En definitiva, hay que preparar al alumno para aprender a aprender.

En cuanto a la asignatura de Electrónica Digital en particular, tiene como objetivos el conocimiento, análisis y diseño de circuitos electrónicos que utilizan técnicas digitales. Teniendo esto en cuenta se recogen en el programa dos líneas de actuación claramente diferenciadas. Una es el estudio de las tecnologías existentes y de los circuitos integrados estándar desde un punto de vista funcional, y otra la aplicación de éstos al diseño de sistemas electrónica digitales. Para alcanzar los objetivos se deben utilizar en todo momento dispositivos reales, lo que, por otra parte, contribuye a consolidar una habilidad importante en el diseño electrónico como es el manejo de catálogos.

PROGRAMA RESUMIDO

1. Álgebra de variables lógicas.
2. Sistemas numéricos y aritmética binaria.
3. Circuitos combinacionales aritméticos.
4. Circuitos combinacionales lógicos.
5. Circuitos integrados digitales.
6. Diseño de circuitos secuenciales.
7. Registros y contadores.
8. Lógica programable por el usuario.
9. Memorias.
10. Circuitos mixtos.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Martín González, J.L.; Ibáñez Ereño, P.; "Electrónica Digital. 3º Telecomunicaciones"; Publicaciones de la E.T.S.I.I. y de I.T. de Bilbao; U.P:V./E.H.U.; Septiembre 1994.
- Padilla, I.; "Ejercicios de Electrónica Digital"; Servicio de Publicaciones de la E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación de Madrid; 1988.
- Muñoz Merino, E. (Coordinador) y otros; "Circuitos Electrónicos Digitales II"; Servicio de Publicaciones de la E.T.S. Ingenieros Telecomunicación de Madrid; 4ª Edición; 1987.
- Mandado, E.; "Sistemas Electrónicos Digitales"; Marcombo Boixareu Editores; 7ª Edición; 1991.
- Cheung, J.Y.; Bredeson, J.G.; "Modern Digital Systems Design"; West Publishing Company; 1990.
- Katz, R.H.; "Contemporary Logic Design"; The Benjamin/Cummings Publishing Company; 1994.
- Malvino, A.P.; Leach, D.P.; "Principios y Aplicaciones Digitales"; Marcombo Boixareu Editores; 4ª Edición; 1988.
- Taub, H.; "Circuitos Digitales y Microprocesadores"; MacGraw-Hill; 1983.
- Sandige, R.S.; "Modern Digital Design"; MacGraw-Hill; 1990.

5-UNIVERSIDAD DE VIGO (España):

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA:

ELECTRÓNICA

DIGITAL

CENTRO: E. T. S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

TITULACIÓN: INGENIERO DE TELECOMUNICACION

ESPECIALIDADES: TELEMÁTICA – COMUNICACIONES - ELECTRÓNICA

CURSO: 2º

TIPO DE ASIGNATURA: TRONCAL

CRÉDITOS: 6 TEORÍA

PROFESORADO:

Coordinadora: Dña. María José Moure Rodríguez

D. Enrique Mandado Pérez

PROGRAMA DE TEORÍA

TEMA 1: Introducción a los Sistemas Digitales.

Sistemas Digitales frente a Sistemas Analógicos. Sistemas binarios. Sistemas de numeración. Códigos binarios.

TEMA 2: Funciones lógicas.

Algebra de Boole. Formas canónicas. Tablas de verdad.

TEMA 3: Sistemas combinacionales I

Simplificación de funciones. Método de Karnaugh. Funciones incompletas. Multifunciones.

TEMA 4: Sistemas combinacionales II

Realización con puertas de las funciones lógicas. Fenómenos aleatorios.

TEMA 5: Sistemas combinacionales III

Bloques MSI: decodificadores, codificadores, multiplexores, demultiplexores, comparadores, detectores/generadores de paridad. Aplicaciones y simbología normalizada.

TEMA 6: Sistemas combinacionales IV (5 h.)

Sistemas combinacionales programables no universales. Sistemas combinacionales programables universales: memorias de acceso aleatorio y matrices lógicas programables (PLA, PAL).

TEMA 7: Circuitos aritméticos (5 h.)

Suma y resta binarias. Semisumador. Sumador total. Circuitos de generación de acarreo. Sumador-restador en complemento a 2. Sumador-restador en complemento a 1. Unidades aritmético-lógicas. Multiplicación binaria. Circuitos multiplicadores. Aritmética en BCD. Sumador-restador en BCD.

TEMA 8: Tecnologías (6 h.)

Características generales de los circuitos digitales: fan-out, fan-in, tensiones umbrales, margen de ruido, tiempo de propagación, disipación de potencia. Familias lógicas: RTL, DTL, TTL, TTL Schottky, ECL, CMOS, BiCMOS, GaAs.

TEMA 9: Sistemas Secuenciales I (1'5 h.)

Sistemas secuenciales asíncronos. Biestable R-S. Biestable J-K. Biestable T.

TEMA 10 : Sistemas Secuenciales II (5 h.)

Monoestables. Temporizadores analógico-digitales. Astables. Generadores de impulsos. Circuito temporal 555.

TEMA 11 : Sistemas Secuenciales III (3 h.)

Sistemas secuenciales síncronos. Biestables sincronizados por niveles. Biestables master-slave. Biestables activados por flancos.

TEMA 12: Sistemas Secuenciales IV (5 h.)

Bloques funcionales síncronos: registros de entrada/salida en paralelo, contadores, registros de desplazamiento. Simbología normalizada bloques funcionales síncronos. Sistemas secuenciales síncronos asincronizados. Contadores asíncronos.

TEMA 13: Sistemas Secuenciales V (6 h.)

Síntesis de sistemas secuenciales síncronos de control: cableados, microprogramables.

TEMA 14: Sistemas Secuenciales VI (1'5 h.)

Aplicaciones de los sistemas secuenciales síncronos de control: procesadores digitales, controladores lógicos.

TEMA 15: Memorias I (5 h.)

Parámetros de una memoria. Memorias de acceso aleatorio. Memorias de acceso aleatorio activas (SRAM, DRAM).

TEMA 16: Memorias II (4'5 h.)

Memorias de acceso aleatorio pasivas (ROM, EPROM, EEPROM, Flash). Memorias de acceso serie (FIFO, LIFO). Tecnologías de las unidades de memoria.

TEMA 17: Introducción a los PLD's (1'5 h.)

BIBLIOGRAFÍA

"Sistemas Electrónicos Digitales". E. Mandado. Ed. Marcombo, 8ª Edición, 1998.

"Manual de prácticas de Electrónica Digital". E. Mandado, J.J. Rodríguez, L.J. Álvarez. Ed. Marcombo, 3ª Edición, 1995.

"Sistemas Digitales. Principios y aplicaciones". Tocci, Widmer. Prentice-Hall, 8ª edición, 2003.

"Microelectrónica: Circuitos y sistemas analógicos y digitales". J. Milmann. Ed. Hispano-Europea, 3ª Edición, 1986.

"Circuitos electrónicos. Volumen 4: Digitales II". E. Muñoz. E.T.S.I.T., U.P. de Madrid.
"Introduction to Digital Logic Design". J. Hayes. Addison-Wesley, 1994.
"Contemporary Logic Design". R. Katz. Ed. B. Cummings.
"Design of Logic Systems". D. Lewin, D. Protheroe. Chapman and Hall, 3ª Edición, 1994.

PRERREQUISITOS Y CORREQUISITOS RECOMENDADOS

Prerrequisitos: Fundamentos Matemática Discreta, Dispositivos Electrónicos I.

Correquisitos: Dispositivos Electrónicos II.

6- UNIVERSIDAD DE VIGO. ESPAÑA

CENTRO: E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicacion

TITULACION: Ingeniero de Telecomunicacion

ESPECIALIDADES: TELEMATICA-COMUNICACIONES-ELECTRONICA.

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: Laboratorio de electronica digital.

OBJETIVOS

La asignatura LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DIGITAL es el complemento de la asignatura teórica ELECTRÓNICA DIGITAL del mismo curso y primer cuatrimestre.

En esta asignatura se supone que el alumno ya ha adquirido los conocimientos básicos de dispositivos electrónicos y electrónica digital en las asignaturas DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS I (1er curso) y ELECTRÓNICA DIGITAL (1er cuatrimestre de 2º curso). Por ello, se le dará una orientación hacia el diseño asistido por ordenador y el montaje/verificación de sistemas digitales que previamente habrá diseñado el propio alumno. Las prácticas se orientan fundamentalmente al diseño, montaje y verificación de circuitos secuenciales.

PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

PRÁCTICA 0: INTRODUCCIÓN A LA REALIZACIÓN DE PROTOTIPOS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DIGITALES.

Se introducirán los recursos y herramientas hardware y software que se utilizarán en las prácticas de esta asignatura. Además se explicará la metodología a seguir en el proceso de montaje y verificación de circuitos electrónicos.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 1: INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE MONTAJE Y VERIFICACIÓN DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DIGITALES.

En esta práctica el alumno habrá de montar y verificar un sistema combinacional simple construido con puertas lógicas. El alumno habrá realizado previamente el diseño en base a unas especificaciones.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 2: CIRCUITOS COMBINACIONALES I. BLOQUES ARITMÉTICOS.

El alumno realizará el diseño de un circuito combinacional sencillo basado en bloques funcionales y puertas lógicas.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 3: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DIGITALES.

En esta práctica se introducirá al alumno en el manejo básico de un programa profesional de diseño electrónico asistido por computador: Descripción de circuitos (esquemáticos), Utilización de librerías de componentes, Simulación de circuitos digitales.

El dominio de esta herramienta se amplía en el resto de las prácticas.

También se realizará el montaje de un circuito combinacional simple, previamente diseñado por el alumno, en base a unas especificaciones, que permita una sencilla comparación con los resultados obtenidos en las primeras simulaciones.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 4: CIRCUITOS COMBINACIONALES II.

El alumno habrá diseñado previamente un circuito combinacional simple con puertas y bloques funcionales. En el laboratorio realizará la simulación, el montaje y la verificación de su diseño usando las herramientas CAD introducidas en la práctica anterior.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 5: DISEÑO JERARQUICO. SUMADOR DE 4 BITS CON SALIDA DE ACARREO.

En esta práctica se introduce al alumno en el diseño jerárquico. El alumno deberá diseñar, simular y montar un circuito electrónico que sume dos números binarios de cuatro bits a partir de bloques funcionales que implementen las funciones de un semisumador (half-adder).

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 6: SISTEMAS SECUENCIALES: CONTADORES SÍNCRONOS Y ASÍNCRONOS. CIRCUITOS ANTIRREBOTES.

En esta práctica el alumno estudiará, mediante la simulación y montaje, los diferentes tipos de contadores y las diferencias entre ellos. También comprobarán de una manera práctica la necesidad de utilizar circuitos antirrebotes en los generadores de flancos.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 7: CIRCUITOS SECUENCIALES I.

Sobre un diseño previo, en base a unas especificaciones, el alumno realizará la simulación y el montaje de un sistema secuencial utilizando biestables J-K.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 8: CIRCUITOS SECUENCIALES II. ELECCIÓN Y GENERACIÓN DE VECTORES DE PRUEBA.

Sobre un diseño previo, en base a unas especificaciones, el alumno realizará la simulación y el montaje de un sistema secuencial. Al mismo tiempo deberá determinar los vectores de prueba que permitan verificar la evolución del circuito secuencial.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 9: CIRCUITOS SECUENCIALES III.

Sobre un diseño previo, en base a unas especificaciones, el alumno realizará la simulación y el montaje de un sistema secuencial. Se utilizarán circuitos integrados de diferentes tecnologías (CMOS y TTL) y el alumno deberá estudiar la adaptación entre ellas.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 10: CIRCUITOS SECUENCIALES IV.

Sobre un diseño previo, en base a unas especificaciones, el alumno realizará la simulación y el montaje de un sistema secuencial complejo.

Duración: 2 horas.

PRÁCTICA 11: TRABAJOS GUIADOS.

Se realizarán una serie de casos prácticos bajo la supervisión del profesor.

Duración: 8 horas.

BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA

Goody R. W., "Orcad Pspice para Windows. Volume III: Datos y Comunicaciones Digitales", Ed. Prentice Hall, 3th Edition, ISBN 84-205-4172-9, 2004.

Recanes M.A. y González J., "Orcad capture y layout 9.2", Ed. Thomson, 2002.

Mandado E., "Sistemas electrónicos digitales". Ed. Marcombo, 8ª edición, 1998.

7- UNIVERSIDAD DE SEVILLA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA ELECTRONICA

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA :ELECTRÓNICA DIGITAL

TEMA 1. INTRODUCCIÓN.

Sistema electrónico. Señales analógicas y digitales. Descripción de sistemas electrónicos. Objetivo de la asignatura.

TEMA 2. REPRESENTACIÓN BINARIA.

Sistemas de numeración, dígito, base y número. Representación posicional de cantidades. Cambios de base. Códigos. Aritmética binaria. Representación de números con signo.

TEMA 3. ÁLGEBRA DE CONMUTACIÓN.

Álgebra booleana. Funciones lógicas. Fórmulas de conmutación. Otras formas de representación. Complemento de una función. Formas normalizadas y formas canónicas. Otras operaciones lógicas. Conjuntos completos.

TEMA 4. PUERTAS LÓGICAS Y ANÁLISIS DE CIRCUITOS COMBINACIONALES.

Relación entre operaciones lógicas y puertas. Análisis lógico de circuitos combinacionales. Características eléctricas y temporales de puertas lógicas. Familias Lógicas.

TEMA 5. DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES.

Reducción de funciones empleando Mapas de Karnaugh. Funciones incompletamente especificadas. Realización de circuitos.

TEMA 6. SUBSISTEMAS COMBINACIONALES.

Decodificadores. Codificadores. Comparadores de magnitud. Demultiplexores. Multiplexores. Dispositivos lógicos programables(PLD). ROM. PLA. PAL. Aspectos tecnológicos. Dispositivos comerciales.

TEMA 7. ELEMENTOS DE MEMORIA: BIESTABLES.

Circuitos secuenciales. Biestables. Biestables asíncronos. Biestables síncronos. Entradas asíncronas. Requerimientos temporales. Construcción de un biestable a partir de otro.

TEMA 8. ANÁLISIS DE CIRCUITOS SECUENCIALES SÍNCRONOS.

Introducción. Análisis de circuitos secuenciales síncronos.

TEMA 9. DISEÑO DE CIRCUITOS SECUENCIALES SÍNCRONOS.

Proceso de diseño. Métodos de reducción de la tabla de estados, Asignamiento de estados. Observaciones respecto al proceso de diseño.

TEMA 10. SUBSISTEMAS SECUENCIALES.

Contadores. Contadores asíncronos. Contadores síncronos. Contadores reversibles. Entradas y salidas especiales. Contadores incompletos. Registros.

II. BIBLIOGRAFÍA

ELECTRÓNICA DIGITAL

V. P. Nelson, H. T. Nagle, B. D. Carroll y J. D. Irwin

ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS LÓGICOS DIGITALES

Prentice Hall, 1996

R. J. Tocci

SISTEMAS DIGITALES

Prentice-Hall, 1996 6ª EDICIÓN

C. Baena, M. Bellido, A. Molina, P. Parra y M. Valencia

PROBLEMAS DE CIRCUITOS Y SISTEMAS DIGITALES

McGraw-Hill Interamericana, 1997

M. Gascón, A. Leal y V. Peinado

PROBLEMAS PRÁCTICOS DE DISEÑO LÓGICO Paraninfo, 1990

8- UNIVERSIDAD DE ALICANTE

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

Ingeniería Técnica de Telecomunicación (Sonido e Imagen) (01/02)

- Electrónica Digital (A)

Troncal; 5,5 ECTS/Cuatrimestre; 5 Horas/Sem.

Contenido:

Tema 1 Introducción a los sistemas electrónicos digitales

Panorámica actual de los circuitos y de los sistemas electrónicos digitales: planteamiento moderno de su análisis y diseño. Niveles de representación.

Tema 2 Interfaz analógico-digital. Conversión D/A. Sumador. Red en escalera resistiva. Circuito de muestreo y retención. Conversión A/D.

Tema 3 Lógica combinacional de dos niveles

Representación digital de la información: sistemas numéricos y códigos. Funciones lógicas y conmutadores. Puertas lógicas. Simplificación de la lógica binivel. Tecnología electrónica digital.

Tema 4 Lógica combinacional multinivel

Lógica multinivel. Respuesta temporal en circuitos combinacionales. Hazards/Glitches y cómo evitarlos.

Tema 5 Dispositivos lógicos programables

Motivación para la lógica programable. Matrices programables de puertas lógicas (PALs y PLAs). Proceso de síntesis de circuitos combinacionales: ejemplos.

Tema 6 Módulos funcionales basados en lógica combinacional

Conmutadores y lógica steering. Módulos multiplexores/selectores. Módulos decodificadores/ demultiplexores. ROM's. Módulos sumadores / restadores / comparadores. Procedimiento general de diseño.

Tema 7 Introducción a los circuitos lógicos secuenciales

Circuitos de conmutación secuenciales (latches, flip-flops). Temporización, metodologías. Realización con diferentes Ffs. Entradas asíncronas.

Tema 8 Módulos funcionales basados en lógica secuencial

Circuitos de lógica secuencial como componentes reales: registros, contadores y RAMs. Método de diseño de contadores. Implementación con diferentes Ffs. Memorias de acceso aleatorio (RAM)

Tema 9 Análisis y diseño de circuitos secuenciales: máquinas de estados finitos

Concepto de MEF. Metodología de diseño básico. Representaciones alternativas. Procedimientos de diseño: modelos de Mealy y Moore. Ejemplos.

Tema 10 Optimización de circuitos secuenciales síncronos

Optimización de estados: métodos de reducción y de asignación de estados. Implementación óptima de las MEF.

Tema 11 Implementación lógica de la estructura de un ordenador.

Elementos que componen el sistema microprocesador: sistemas de memoria, interfaz de memoria, dispositivos de entrada/salida. Funcionamiento de la CPU: relación entre control y ruta de datos, diagrama de bloques, operaciones elementales, instrucciones, modos de direccionamiento, subrutinas, la pila. Entradas/Salidas: estructura HW, protocolos, direccionamiento, interrupciones, acceso directo a memoria.

Tema 12 Familia de microcontroladores MCS51. Microcontrolador 80C51.

Descripción de la arquitectura funcional del 80C51. Memoria de programa y datos. Modos de direccionamiento y juego de instrucciones. Diseño y utilización de puertos E/S. Timers/Interfaz de comunicación serie. Interrupciones. Introducción y manejo de software de simulación KEIL. Dispositivo E/S. PIA 8255.

Método de enseñanza:

Examen final, prueba parcial, entregas de problemas.

Método de evaluación:

Clases teóricas, clases prácticas. Convocatoria ordinaria La asignatura, de carácter anual, se dividirá en dos partes, realizándose en el mes de Febrero un examen parcial sobre la materia impartida que tendrá carácter liberatorio en la convocatoria ordinaria y extraordinaria del curso correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA**Básica:**

FLOYD, T.L. Fundamentos de sistemas digitales. Prentice-Hall, 1997.

Temas 4-8.

MARTÍNEZ PÉREZ, J. ; BARRÓN RUIZ, M. Prácticas con Microcontroladores de 8 bits: Aplicaciones Industriales, McGraw-Hill, 1993. Tema 8.

Complementaria:

SAVANT Jr, C.J. et al. Diseño electrónico: Circuitos y sistemas. 3ª ed., Prentice-Hall, 2000. Temas 2-8.

MALIK, N.R. Circuitos electrónicos. Prentice-Hall, 1997. Temas 1-3.

WAKERLY, J.F. Diseño digital, principios y prácticas. Prentice-hall. Temas 4-8.

RUIZ, ARAUJO Y SALA. Física de los dispositivos electrónicos, Vols I y II. Servicio de publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 1982. Temas 2-3.

9- UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**DPTO DE INGENIERIA ELECTRONICA Y AUTOMATICA****ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL****Programa de la asignatura****Electrónica Digital**

- Sistemas y códigos de numeración
- Algebra de boole
- Aritmética binaria
- Subsistemas combinacionales básicos
- Operaciones aritméticas y lógicas

- Biestables
- Diseño de circuitos secuenciales asíncronos y síncronos
- Registros de desplazamiento
- Contadores
- Memorias
- Conceptos básicos de microprocesadores

Bibliografía básica

Electrónica Digital:

"Análisis y Diseño de Circuitos Lógicos Digitales", Victor P. Nelson, H. Troy Nagle, Bill D. Carroll, J. David Irwin. Prentice Hall.

"Circuitos Electrónicos Digitales", M. Mazo Quintas, I. Fernández Lorenzo, J. Ureña Ureña, J. L. Lázaro Galilea. Universidad de Alcalá.

10- UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. ESPAÑA

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

ELECTRÓNICA DIGITAL

Nombre y descripción de la asignatura _

Electrónica Digital: Introducción al diseño de sistemas digitales.

Curso y especialidad: Asignatura troncal correspondiente al 2º curso de I.T.I. Especialidad en Electrónica Industrial. Se

imparte en el primer cuatrimestre.

Créditos _

Asignatura de 7.5 créditos distribuidos de la siguiente manera:

Teoría 4'5 créditos

Prácticas 3 créditos

Departamento y Área de conocimiento _

Electrotecnia y Electrónica. (Arquitectura y Tecnología de Computadores)

Objetivos docentes _

El objetivo de esta asignatura es dotar a los alumnos de los conocimientos precisos, tanto sobre los fundamentos teóricos como sobre los componentes elementales que constituyen un Sistema Digital. Igualmente se le dota al alumno de los conocimientos precisos para poder acometer el diseño tanto de sistemas combinacionales como secuenciales, empleando circuitos integrados de tecnología SSI y MSI.

Temario de las clases teóricas _ _

Tema 1.- Introducción a los Sistemas Digitales.

Los sistemas digitales frente a los sistemas analógicos. Definición y características.

Clasificación de los sistemas digitales. Aplicaciones.

Tema 2.- Representación de la información.

Sistemas de numeración. Conversión entre sistemas de numeración. Códigos binarios de numeración. Códigos BCD. Códigos alfanuméricos. Códigos detectores y correctores de errores.

Tema 3.- Álgebra de conmutación.

Álgebra de Boole. Teoremas de un álgebra de Boole. Función lógica: definición y representación. Funciones básicas y su simbología. Otras funciones semi-elementales.

Tema 4.- Funciones lógicas. Simplificación

Implementación. Principios de la minimización lógica. Algoritmo gráfico de los mapas de Karnaugh. Algoritmo numérico de Quine-McCluskey. Funciones incompletamente especificadas. Minimización de multifunciones.

Tema 5.- Análisis y Diseño de circuitos combinacionales.

Circuito combinacional: definición y características. Síntesis mediante puertas básicas.

Introducción a los circuitos integrados digitales. Los fenómenos aleatorios en los circuitos combinacionales: tipos y técnicas para su compensación.

Tema 6.- Circuitos combinacionales aritméticos.

Representación binaria de números con signo. Aritmética binaria. Semisumador y

sumador total. Circuitos sumadores con propagación serie del acarreo y con generación anticipada. Circuitos sumadores/restadores (binarios, BCD). Circuitos comparadores de magnitud. Unidad aritmético-lógica.

Tema 7.- Circuitos combinacionales lógicos. Bloques combinacionales MSI.

Codificadores y decodificadores. Conversores de código. Multiplexores y demultiplexores. Generadores y detectores de paridad. Aplicación a la síntesis de funciones lógicas. Circuitos Integrados MSI.

Tema 8.- Introducción a los Sistemas Secuenciales.

Definición y caracterización. El biestable: Definición y caracterización. Análisis del biestable básico: latch RS. Biestables síncronos. nivel y flanco: (RS, D, JK y T). Clasificación de los sistemas secuenciales. Análisis de un sistema secuencial síncrono. Teoría de autómatas. Modelos Mealy y Moore.

Tema 9.- Diseño de circuitos secuenciales síncronos.

Introducción. Metodología clásica de síntesis. Obtención del diagrama de estados. Tabla de estados. Minimización de estados. Asignación de estados. Tabla de transiciones. Obtención de las ecuaciones de excitación de los biestables. Ecuaciones de salida.

Tema 10.- Circuitos secuenciales básicos. Bloques secuenciales MSI.

Registros : estudio de los diversos tipos. Aplicaciones de los registros. Contadores: tipos. Contadores especiales: reversibles, etc.. Aplicaciones de los contadores. Conversión serie-paralelo y paralelo-serie. Circuitos Integrados MSI..

Tema 11.- Diseño de circuitos secuenciales asíncronos.

Introducción. Sistemas en modo fundamental. Metodología de síntesis. Obtención de la tabla de estados. Minimización de estados en un sistema incompletamente especificado. Asignación de estados. Ciclos y carreras: técnicas de supresión. Tablas y mapas de transiciones. Obtención de las ecuaciones de transición y de salida.

Tema 12.- Circuitos digitales de temporización.

Introducción. Circuitos monoestables: tipos y análisis estructural y funcional. Circuitos a estables: tipos y análisis estructural y funcional. Temporizadores analógico-digitales.

Temario de las clases prácticas _

Prácticas de simulación:

Práctica 1.- Introducción a las herramientas CAD/CAE. Entorno hardware y entorno software.

Captura de esquemas y Simulación con herramientas CAD/CAE.

Práctica 2.- Funciones lógicas.

Práctica 3.- Síntesis de circuitos combinacionales lógicos.

Práctica 4.- Síntesis de circuitos combinacionales aritméticos.

Práctica 5.- Unidad aritmético-lógica.

Práctica 6.- Síntesis de circuitos secuenciales.

Prácticas de laboratorio:

Práctica 1.- Instrumentación de un laboratorio de electrónica digital.

Práctica 2.- Circuitos combinacionales.

Práctica 3.- Circuitos Secuenciales.

Bibliografía básica recomendada _

Diseño lógico

Antonio Lloris y Alberto Prieto

McGraw-Hill (1996)

Principios de diseño digital

D. Gajski

Prentice Hall Hispanoamericana (1997)

Circuitos digitales y microprocesadores

Herbert Taub

McGraw-Hill (1983)

Sistemas Electrónicos Digitales

Enrique Mandado

MARCOMBO (1993)

Teoría de la conmutación y diseño lógico
F. Hill & G. Peterson
LIMUSA (1978)
Diseño digital
Morris Mano
Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1987)

11- UNIVERSIDAD DE SEVILLA (curso 01/02)
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA ELECTRONICA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA INFORMATICA
INGENIERIA INFORMATICA

Asignatura: Fundamentos de Computadores.

1. METODOLOGÍA

1.1 Actividades docentes:

- Clases de aula: teoría y problemas.
- Prácticas de laboratorio:
Son de carácter obligatorio. En su caso, el profesor podrá establecer convalidaciones.

La organización de las prácticas se hará pública oportunamente.

- Tutorías: cada profesor hará público su horario de tutorías.

1.2 Evaluación:

- Las pruebas se adaptarán a la normativa vigente.
 - Los exámenes se harán preferentemente por escrito y podrán contener teoría y problemas.
 - El trabajo de laboratorio será evaluado como APTO o NO APTO.
 - Para aprobar la asignatura es necesario tener “APTO” en la nota de laboratorio. La nota final de la asignatura será la del examen de teoría/problemas.
- Departamento Tecnología Electrónica. Universidad de Sevilla. Curso 02/03
- El aprobado en teoría/problemas (o el de laboratorio) se conserva sólo durante las convocatorias oficiales de la matrícula correspondiente.

Bloque I: FUNDAMENTOS DE TEORÍA DE CONMUTACIÓN

Tema de INTRODUCCIÓN

Información analógica y digital. Términos básicos y características de la información digital. Circuitos y sistemas digitales. Objetivos de la asignatura.

Tema 1: REPRESENTACIÓN BINARIA

Representación posicional de magnitudes. Bases y dígitos. Cambios de base. Códigos binarios. Representación binaria de números con signo. Representación de números racionales.

Tema 2: ÁLGEBRA DE CONMUTACIÓN

Álgebra de Boole: Definición axiomática y propiedades. Álgebra de conmutación. Funciones y expresiones. Representación: tablas de verdad y mapas de Karnaugh. Formas canónicas y normalizadas. Primitivas lógicas: conjuntos completos. Simplificación de expresiones.

Bloque II: CIRCUITOS COMBINACIONALES

Tema 3: CIRCUITOS DE CONMUTACIÓN: ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES.

Puertas y circuitos de conmutación. Puertas lógicas integradas: tipos y parámetros de conmutación. Análisis lógico de circuitos combinacionales. Objetivos y conceptos básicos en el diseño de circuitos de conmutación. Pasos en el proceso de diseño. Obtención de tablas de verdad a partir de otras descripciones. Realizaciones en dos niveles. Método de reducción mediante el mapa de Karnaugh. Funciones incompletamente especificadas.

Tema 4: SUBSISTEMAS COMBINACIONALES

Circuitos integrados MSI/LSI. Subsistemas de propósito específico: decodificadores, codificadores, codificadores de prioridad, convertidores de código, comparadores,

demultiplexores. Subsistemas de propósito general: multiplexores, dispositivos lógicos programables (PLD's): PLA, PAL, ROM.

Tema 5: CIRCUITOS ARITMÉTICOS

Aritmética binaria. Circuito semisumador. Sumador completo. Operaciones con “n” bits. Sumador paralelo con arrastre serie. Circuito sumador-restador. Sumador BCD. Unidad aritmético lógica (ALU).

Bloque III: CIRCUITOS SECUENCIALES

Tema 6: ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS SECUENCIALES SÍNCRONOS

Elementos de memoria: biestables asíncronos y síncronos. Biestables JK, T, D. Entradas asíncronas. Modelo general de máquina secuencial: máquinas de Mealy y de Moore. Representación mediante diagramas y tablas. Estructura general de un circuito secuencial síncrono. Procedimiento de análisis de circuitos secuenciales síncronos. Pasos en el proceso de diseño. Ejemplo de diseño. Optimización del diseño: reducción de estados; asignación de estados; elección de biestables.

Tema 7: SUBSISTEMAS SECUENCIALES

Contadores. Registros. Síntesis de máquinas secuenciales basadas en subsistemas secuenciales. Dispositivos lógicos programables secuenciales. Memorias semiconductoras: de acceso aleatorio y de acceso secuencial.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica:

- * M. Morris Mano y Charles R. Kime: “Fundamentos de diseño lógico y computadoras”. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1998.
- * V. P. Nelson, H. Troy, B. D. Carroll, J. D. Irwin: “Análisis y Diseño de circuitos lógicos digitales”. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996.
- * J. Wakerly: “Digital Design”. Ed. Prentice-Hall, 1999.
- * C. Baena, M.J. Bellido, A. J. Molina, M.P. Parra, M. Valencia: “Problemas de Circuitos y Sistemas Digitales”. Ed. McGraw-Hill Interamericana, 1997.

Bibliografía complementaria:

- * T. L. Floyd: “Fundamentos de sistemas digitales”. Ed. Prentice-Hall, 7ª edición, 2000.
- * J.E. García, D. Gil, M. Martínez: “Circuitos y Sistemas Digitales”. Ed. Tebar Flores, 1992.
- * J.P. Hayes: “Introducción al Diseño Lógico Digital”. Ed. Addison-Wesley, 1996.
- * R. H. Katz: “Contemporary Logic Design”. Ed. The Benjamin/Cummings Pu. Co., 1994.
- * J. Bignell & R. Donovan: “Digital Electronics”. Delmar, Thomson Learning, 2000

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- Práctica 1: Familiarización con el instrumental de laboratorio.
- Práctica 2: Función combinacional con puertas integradas.
- Práctica 3: Función combinacional con subsistemas combinacionales.1
- Práctica 4: Biestables.1
- Práctica 5: Circuito secuencial síncrono.
- Práctica 6: Contadores y registros de desplazamiento.1

Bibliografía básica:

- * C. Baena, M. P. Parra: “Manual de prácticas de laboratorio. Circuitos y sistemas digitales I”. Dpto. Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, 1995.
- * Enunciados de prácticas del curso actual.

12- UNIVERSIDAD DE ALCALA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

12.1 TÍTULO: Ingeniero en Electrónica

ELECTRONICA DIGITAL

Tema 1: Aspectos generales de los sistemas digitales. (3 horas)

Introducción a los sistemas digitales: sistemas analógicos y digitales, análisis y síntesis de sistemas.- Puertas lógicas

básicas (AND, OR, XOR, NAND, etc).- Síntesis de funciones lógicas mediante puertas básicas.- Ejemplos de aplicación.

Tema 2: Tecnologías de realización de C.I. digitales (familias lógicas) (10 horas)

Introducción.- Niveles lógicos.- Características de los C.I. digitales: características de transferencia y de entrada y salida, fan-out y fan-in, margen de ruido, consumo, velocidad, producto consumo*tiempo de retardo, flexibilidad lógica, margen de temperaturas.- Familias lógicas.- Familia TTL: aspectos generales, subfamilias TTL (estándar, colector abierto, tri-state, LS, AS, ALS, S, L, F), consideraciones prácticas.- Familia CMOS: circuitos básicos, subfamilias (4000A y B, 74C, 74HC, 74HCT, 74AC, 74ACT), características prácticas.- Interconexión entre familias lógicas.

Tema 3: Circuitos combinacionales (18 horas)

Definición de circuito combinacional: realización a partir de puertas lógicas.- Circuitos integrados MSI combinacionales: multiplexores (extensión de la capacidad de un multiplexor, módulos comerciales, aplicaciones), demultiplexores, decodificadores (extensión de la capacidad de un decodificador, módulos comerciales, aplicaciones), codificadores, conversores de código y comparadores binarios.- Circuitos sumadores binarios (semisumador, sumador completo, acarreo serie y paralelo).- Resta aritmética binaria.- Circuito sumador/restador, aplicaciones.- Multiplicación binaria.- Unidades aritmético-lógicas.

Tema 4: Introducción a los sistemas secuenciales. (4 horas)

Definición de circuito secuencial.- Biestables: clasificación de los biestables (R-S, J-K, T, D), biestables asíncronos, biestables síncronos.- Parámetros temporales de los biestables.

Tema 5: Subsistemas secuenciales. (10 horas)

Registros.- Concepto de registro.- Registros de desplazamiento: generalidades, tipos (entrada serie-salida serie, entrada serie-salida paralelo, entrada paralelo-salida serie, entrada paralelo-salida paralelo, registros universales), aplicaciones.- Contadores asíncronos, contadores síncronos, aplicaciones, contadores en anillo.

Tema 6: Síntesis de sistemas digitales (8 horas)

Introducción. Definición de un secuenciador (Máquinas de Moore y Mealy). Metodología general de diseño. Síntesis de sistemas secuenciales síncronos con decodificador. Síntesis de sistemas secuenciales síncronos microprogramables.

Tema 7: Introducción a las memorias de semiconductores. (4 horas)

Introducción.- Clasificación de las memorias.- Parámetros fundamentales de las memorias: tiempo de acceso, capacidad, etc.- Jerarquías de memorias.- Memorias RAM: memorias RAM estáticas (generalidades, el chip de memoria, estructura interna, ciclos de acceso, ampliación de memoria, mapas de memoria).- Memorias no volátiles: Memorias ROM, PROM, EPROM, EEPROM (células de memoria, programación, ciclos de acceso, aplicaciones).

13. UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIONES

ESPECIALIDAD EN TELEMÁTICA

ASIGNATURA: ELECTRÓNICA DIGITAL.

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIONES: ESPECIALIDAD EN TELEMÁTICA. PLAN 2000.

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

RESUMEN DE LA ASIGNATURA:

Iniciación al estudio y diseño, a nivel funcional, de circuitos digitales de lógica cableada. Introducción a los conversores AD y DA y a dispositivos de lógica programable. Estudio de características eléctricas de los circuitos digitales y aspectos de interconexión.

OBJETIVOS GENERALES:

Análisis, diseño y montaje de sistemas combinacionales y secuenciales síncronos, basados en dispositivos SSI y MSI.

Comprensión de la tecnología y el diseño con PLD's.

Comprensión de las características electrónicas de circuitos TTL y CMOS. Familias avanzadas.

Introducción a la conversión A/D y D/A

Aplicación de los contenidos teóricos al diseño y montaje de circuitos combinacionales y secuenciales de lógica cableada

Montaje de circuitos de interfaz elementales

PROGRAMA:**CONTENIDOS:****Tema 1.- REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

- Introducción a los sistemas digitales.
- Sistemas numéricos posicionales. Conversión entre sistemas.
- Operaciones básicas con números binarios.
- Códigos básicos.

Tema 2.- SISTEMAS COMBINACIONALES

- Álgebra de Boole
- Funciones combinacionales: expresión y simplificación.
- Bloques combinacionales estándar. Descripción funcional y aplicaciones: Codificadores, decodificadores, multiplexores, demultiplexores generadores/detectores de paridad, sumadores, ALU.
- Ejemplos de diseño.
- Especificaciones de fabricantes.

Tema 3.- SISTEMAS SECUENCIALES SÍNCRONOS

- Estructura de máquinas de estado finito
- Elementos de memoria síncronos activados por flancos. Descripción funcional: Bistables JK y D. Contadores binarios incrementales.
- Métodos de diseño de sistemas secuenciales síncronos
- Registros: tipos y aplicaciones.
- Ejemplos de diseño
- Especificaciones de fabricantes.

Tema 4.- DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES

- Estructuras básicas PROM, PLA y PAL. Estudio comparativo
- Diseño combinacional y secuencial con dispositivos PAL.
- Introducción a los lenguajes de descripción de hardware
- Otros tipos de PLD's: FPGA, CPLD, LCA.
- Estándares de documentación.

Tema 5.- CONVERSIÓN DE DATOS

- Introducción a los conversores AD y DA.
- Convertidores DA. de resistencias ponderadas y red R-2R. Parámetros de entrada y salida
- Convertidores AD Flash, de simple y doble rampa, de aprox. sucesivas. Parámetros de entrada y salida. Dispositivo SH.
- Otros convertidores: convertidores V/f y f/V y conversores de telefonía.
- Conversores comerciales y especificaciones de fabricantes.

Tema 6.- FAMILIAS LÓGICAS

- Parámetros generales de entrada/salida.
- Lógica TTL y CMOS: Características estáticas y dinámicas. Salidas triestado y de colector abierto. Subfamilias lógicas.
- Comparativa entre familias TTL y CMOS. Interconexión entre familias lógicas. Estándares de documentación.
- Familias lógicas avanzadas.
- Buses: dispositivos triestado, cargas pasivas.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- “Fundamentos de Sistemas Digitales”, Thomas L. Floyd. Ed. Prentice Hall.
- “Diseño Digital: Principios y Prácticas”, John F. Wakerly. Ed. Prentice Hall.
- “Sistemas Electrónicos Digitales” (6ª ed.), E. Mandado. Ed. Marcombo.
- “Desarrollo y Aplicación de Sistemas Digitales” G. Almonacid. Ed. Paraninfo.
- “Diseño Lógico”, A. Lloris, A. Prieto. Ed. McGraw-Hill.
- “Problemas de Sistemas Electrónicos Digitales”. J. Velasco, J. Otero. Ed. Paraninfo.
- “Problemas de Circuitos y Sistemas Digitales”. C. Baena. Ed. McGraw-Hill.
- “Electrónica Digital: Introducción a la Lógica Digital. Teoría, problemas y Simulación”. S. Acha Edit. RA-MA.

BIBLIOGRAFÍA:

“Introducción al Diseño Lógico Digital”, John P. Hayes. Addison-Wesley Iberoamericana.
 “Diseño de Lógica Digital”, B. Holdsworth. Gustavo Gili.
 “Circuitos Digitales Programables por el usuario”, G. Almonacid et al. Universidad de Granada.
 “Digital Systems”, Ronal. J. Tocci. Prentice Hall.
 “Ejercicios de Electrónica Digital”, I. Padilla. ETSIT de Madrid.
 “Sistemas Digitales: Problemas”, P. López Rodríguez. Univ. Politécnica de Valencia.

SISTEMA DE EVALUACIÓN:

La calificación final será la suma de la nota de prácticas y la de un examen escrito realizado en la convocatoria ordinaria o extraordinaria.

Prácticas: Sesiones de laboratorio repartidas durante el curso, con dos horas de duración.

Asistencia obligatoria

Evaluación continua. Puntuación máxima: dos puntos. Suspensas si se tienen más de 2 faltas no justificadas.

En caso de no superar la asignatura, se guardará la nota de prácticas durante un curso académico

Exámen escrito: Puntuación máxima: ocho puntos

14. UNIVERSITAS EXTREMATURENSIS

AREA DE ELECTRONICA- ESCUELA POLITECNICA

Curso académico 2002/2003

Plan de estudios de Ingeniero Técnico en Telecomunicaciones especialidad en Imagen y Sonido.

1. INTRODUCCION A LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DIGITALES.

1. Magnitudes analógicas y digitales.
2. Niveles lógicos y formas de onda digitales.
3. Operaciones lógicas básicas.
4. Funciones lógicas básicas.
5. Circuitos digitales integrados.
6. Tecnologías de circuitos integrados digitales y familias de circuitos lógicos.
7. Sistemática de diseño.
8. Parámetros y características de operación básicas.
9. Circuitos CMOS.
10. Circuitos TTL.
11. Consideraciones prácticas sobre el uso de TTL.
12. Comparación de las prestaciones CMOS y TTL.
13. Circuitos ECL.

2. ALGEBRA DE CONMUTACIÓN.

1. Sistemas de numeración.
2. Álgebra de Boole y simplificación lógica.

3. SISTEMAS LÓGICOS COMBINACIONALES.

1. Sistemas combinacionales.
2. Simplificación de funciones lógicas mediante diagramas de Karnaugh.
3. Funciones incompletamente especificadas.
4. Multifunciones.
5. Circuitos combinacionales MSI.
6. Circuitos aritméticos y unidades de lógica aritmética.

4. SISTEMAS LÓGICOS SECUENCIALES.

1. Elementos de memoria.
2. Registros y contadores básicos.
3. Análisis y diseño de circuitos secuenciales.
 1. El concepto de estado y la línea de tiempo.
 2. Autómatas de Moore.
 3. Contadores generalizados.
 4. Autómatas de Mealy.
 5. Diferencias entre los modelos de autómata de Moore y Mealy.

6. Carreras y estados redundantes.
4. Diseño de sistemas.
 1. Captación de eventos asíncronos.
 2. Generación de tiempos de espera.
 3. Adecuación de frecuencias de reloj.
5. **CONVERSORES A/D Y D/A.**
 1. Muestreo de señales analógicas.
 2. Conversión Digital – Analógica (D/A).
 3. Conversión Analógico - Digital (A/D).
6. **MEMORIAS.**
 1. Principios de las memorias semiconductoras.
 2. Memorias de acceso aleatorio (RAM).
 3. Memorias de solo lectura (ROM).
 4. Memorias ROM programables (PROM y EPROM).
 5. Memorias flash.
 6. Expansión de memorias.
 7. Tipos especiales de memorias.
7. **INTRODUCCIÓN A LOS DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES (PLDs).**
 1. Introducción.
 2. Clasificación. Matrices programables.
 3. Matriz lógica programable PAL.
 4. Matriz lógica genérica (GAL).
 5. CPLD y FPGA.
 6. Microcontroladores.
 7. Programación de los PLD (HDLs).

Bibliografía BÁSICA:

- [FLOYD, 97] Thomas L. Floyd. Fundamentos de Sistemas Digitales. Prentice Hall. 1997.
 [TAUB, 82] Herbert Taub. Circuitos Digitales y Microprocesadores. McGraw-Hill. 1982.
 [HAYES, 96] J. P. Hayes. Introducción al diseño lógico digital. Addison-Wesley iberoamericana.
 [SEDRA 98] Adel S. Sedra y Kenneth C. Smith. Microelectronic Circuits. Oxford University Press, 1998.

Bibliografía COMPLEMENTARIA:

- [MANDADO, 91] Enrique Mandado. Sistemas Electrónicos Digitales. Ed. Marcombo. 1990.
 [ARTIGAS, 02] J.I. Artigas y otros. Electrónica Digital. Aplicaciones y problemas con VHDL. Ed Prentice Hall. 2002.
 [ANGULO, 03] J.M. Angulo Usategui e I. Angulo Martínez. Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones. Primera parte. Ed McGraw-Hill. 2003.

15. UNIVERSIDAD DE MALAGA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA INGENIERÍA EN INFORMÁTICA INGENIERÍA TÉCNICA DE SISTEMAS

Programa de la asignatura: Sistemas Electrónicos Digitales

Se desglosa en los siguientes bloques temáticos:

1. Introducción a los Sistemas Electrónicos Digitales
2. Teoría de la Conmutación
3. Sistemas Lógicos Combinacionales
4. Sistemas Lógicos Secuenciales

En el primero se pretende introducir al alumno en la problemática del análisis y el diseño de circuitos a nivel lógico proporcionando la metodología didáctica y de estudio a seguir a lo largo del curso. El segundo suministra los métodos matemáticos básicos para la descripción y manipulación de los Sistemas Digitales. El tercero introduce al alumno en las técnicas clásicas de análisis, síntesis y optimización de circuitos combinacionales, en el estudio de las características tecnológicas de los circuitos electrónicos digitales y, finalmente, en el estudio de las unidades funcionales combinacionales y los circuitos aritméticos como módulos lógicos universales. Por último, el cuarto

bloque temático, tras la presentación de los modelos matemáticos básicos para la descripción de los sistemas secuenciales y las técnicas clásicas de optimización, se realiza un estudio de los elementos básicos de memoria pasando al análisis y diseño de circuitos secuenciales síncronos y asíncronos, terminando con la caracterización de bloques funcionales secuenciales.

Tipo de prueba

Una única prueba teórica al final del cuatrimestre en la que se debe obtener cinco de los diez puntos posibles.

Criterios de Corrección:

Objetivo en la preguntas individuales y con una visión global del conocimiento adquirido teniendo en cuenta el grado de continuidad, coherencia, objetividad y participación del alumno.

Bibliografía:

- *Clements, A., The Principles of Computer Hardware*, Oxford Science Publications, 1996.
- *Breeding, K. J., Digital Design Fundamentals*, Prentice-Hall International Editions, 1989.
- *Katz, R.H., Contemporary Logic Design*, Ed. Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1994.
- *Lewin, D. Design of Logic Digital*. Van Nostrand Reinhold. 1985
- *Lloris, A. y Prieto, A., Diseño Lógico*, McGraw-Hill, 1996.
- *Hill, F.J. y Peterson, G. R., Teoría de conmutación y diseño lógico*, Ed. Limusa, 1989.
- *Taub, H., Circuitos digitales y microprocesadores*. Ed. McGraw-Hill, 1993.
- *Hayes, Introducción al Diseño Lógico Digital*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1996.
- *Floyd, Fundamentos de Sistemas Digitales*, Prentice Hall, sexta edición, 1997
- *Velasco, J. Y Otero, J., Problemas de Sistemas Electrónicos Digitales*, Paraninfo, 1996.
- *Almonacid Puche, G. et al., Desarrollo y Aplicación de los Sistemas Digitales*, Paraninfo, 1995.
- *Baena, Bellido, Molina, Parra y Valencia, Problemas de Circuitos y Sistemas Digitales*, McGraw-Hill, 1997.

16. UNIVERSIDAD NACIONAL ROSARIO. ARGENTINA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS INGENIERIA Y AGRIMENSURA

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA

ASIGNATURA: Electronica Digital

Programa Sintético

Digital 1

Fundamentos matemáticos. Sistemas numéricos. Álgebra de Boole.

Diseño, análisis y síntesis de Sistemas lógicos.

Sistemas Combinacionales. Diseño tabular.

Síntesis con: Compuertas / Multiplexores / Decodificadores / PLD.

Sistemas Secuenciales. Autómatas finitos. Modelización con redes de Petri.

Síntesis con: Flip Flops / PLD / PLC.

Circuitos electrónicos digitales comerciales.

Circuitos SSI, MSI, LSI., autómatas programables.

Digital 2

Diseño de sistemas lógicos mediante bloques funcionales. Comportamiento real de los componentes. Familias lógicas.

Sistemas digitales inteligentes: Memorias de estado sólido. Clasificación. Tecnología. Representación de datos y algoritmos empleados en microprocesadores. Microprocesadores. Diagramas funcionales. Registros de usos generales y dedicados. Programación.

Digital 3

Diseño circuital de sistemas inteligentes. Memorias y bancos de memoria. Arquitectura y controladores. Controladores y coprocesadores. Interfaces de comunicación serie y paralelo. Diseño de sistemas con microprocesadores y microcomputadores. Herramientas de depuración de hardware y software (ambientes de desarrollo, proyectos).

17. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MONTERREY. MÉXICO.

TE2002: Diseño de sistemas digitales

C-L-U: 3- 2- 8

Programas académicos:

Requisitos: No tiene.

Equivalencias: No tiene.

Objetivo general:

Conocer y entender el principio de operación y los parámetros más importantes de las familias lógicas más usadas. Entender el principio de operación de los dispositivos lógicos programables. Desarrollar en los alumnos los conocimientos básicos para el diseño basado en lenguajes descriptores de Hardware. Conocer y diseñar cada una de las partes que integran un sistema computacional, así como la manera en que se interconectan y trabajan en conjunto para conformar el sistema computacional. Mediante la práctica reafirmar los conocimientos adquiridos en el salón de clase.

18. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (Colombia):

PROGRAMA DE: ELECTRÓNICA DIGITAL I

Asignatura : Electrónica Digital I. Plan : 2001

Tipo de asignatura : De la Profesión

Año : III. Semestre : V

Pre-requisito : Ninguno

Precedencia : Electrónica Digital II

Co- requisito : Ninguno

Créditos : 4

Horas : 84

Frecuencia Semanal : 6

Objetivos

- Generales.

Al terminar este curso de Electrónica Digital el estudiante debe conocer las bases de la teoría aritmética digital, las técnicas de codificación digital, los fundamentos teóricos del álgebra de Boole, dominio de las técnicas de diseño combinacional de circuitos lógicos, los conceptos de memoria y máquinas de estado, así como el análisis y diseño de circuitos secuenciales.

- Específicos.

- Aprender el dominio digital y sus fundamentos. Enseñar los niveles lógicos de los sistemas digitales.
- Instruirse en los sistemas numéricos digitales binario, octal y hexadecimal y la conversión entre números de bases diferentes.
- Familiarizarse con los fundamentos de codificación digital numérica y alfanumérica de la información en un sistema digital.
- Estudiar el álgebra de Boole y sus fundamentos teóricos.
- Aplicar las funciones booleanas y su representación con compuertas lógicas.
- Asimilar los diversos métodos de documentación de diagramas lógicos en los diversos lógicos.
- Descubrir las características de la familia de circuitos integrados TTL 7400.
- Ejercitar las técnicas de minimización combinatoria clásicas en especial los métodos de minimización con el álgebra de boole y de los Mapas de Karnaugh.
- Dominar el procedimiento de análisis y diseño de circuitos combinatorios con compuertas estándar.
- Conocer las reglas básicas para la búsqueda de fallas en circuitos digitales.
- Emplear las técnicas contemporáneas de diseño de circuitos combinatorios basados en tecnología de media escala de integración (MSI) como son Multiplexores, Demultiplexores, Codificadores, Decodificadores, Circuitos aritméticos, etc.
- Entender las técnicas de análisis de circuitos secuenciales con reloj.
- Dominar las técnicas de diseño de circuitos secuenciales autómatas tipo detectores de secuencias, contadores, etc.
- Estudiar el problema de redundancia de estados y las técnicas de determinación de un modelo mínimo de comportamiento.
- Conocer las técnicas de diseño de circuitos secuenciales con diagramas ASM.
- Utilizar las técnicas contemporáneas de diseño usando módulo funcionales secuenciales basados en tecnología de media escala de integración como lo son contadores y registros de desplazamiento.
- Ejercitarse en la utilización de software de computadoras para la simulación de circuitos digitales del tipo combinatorio y secuencial.

Bibliografía.

Materiales:

Apuntes de clase.

Folletos provistos por el profesor (Existen una serie de folletos elaborados por el departamento)

Guía de laboratorios

TEXTO BASICO

Sistemas Digitales, Principios y Aplicaciones

Tocci Ronald,

Prentice Hall. 1992.

TEXTOS AUXILIARES**Diseño Digital**

Mano Morris,

Prentice Hall, 1987.

An Engineering Approach to Digital Design

Fletcher William,

Prentice Hall, 1980.

TEXTOS COMPLEMENTARIOS

Fundamentos de Diseño Lógico y Computadoras

Mano Morris,

Prentice Hall, 1987.

Sistemas Electrónicos Digitales

Mandado, Enrique.

Alfaomega Grupo Editores, 1996.

The Art of Digital Logic Design

Winkel.

Digital Electronic A practical approach

Kleitz William,

Prentice Hall. 1990

19. UNIVERSIDAD DE SURREY. INGLATERRA**Aims:**

To introduce the fundamental principles of digital logic starting with symbolic logic through to the concept of logic gates to the analysis and design of digital logic circuits and systems.

Learning Outcomes:

Upon successful completion of this module students will be able to:

- Manipulate and simplify logic functions using the laws of Boolean algebra, Karnaugh maps and computer algorithmic techniques, handle number systems, perform simple binary arithmetic and code conversion and describe the implementation of basic computer arithmetic circuits,.
- Show the implementation of logic functions using multiplexer & decoder ICs and programmable logic devices.
- Analyse and Design, given a word specification, simple combinational logic systems using both logic gates and MSI/LSI Ics.
- Analyse circuits to detect logic and function hazards and show how these can be eliminated.
- Understand the basic principles of sequential logic systems and the characteristics and operation of flip-flops at gate level.
- Analyse and design synchronous sequential systems using state diagrams and flip-flop state change tables.

Content

Part 1 Combinational Logic

[1-9] Elements of symbolic logic, Venn Diagram. Logical connectives: AND, OR, NAND NOR, EXOR. Laws of Boolean Algebra and their verification. De Morgan's Theorem. Truth Tables. Duality. Positive and negative assertion level logic.

Logic Gate Implementation: NMOS & CMOS. Function Implementation: conversion of Word specifications. Standard forms, minterm and maxterm designations, binary and decimal representation. Simple binary arithmetic and code conversion.

Minimisation of Boolean functions: algebraic, Karnaugh Maps, Computer algorithmic techniques. Multiple output problems. NAND and NOR gate-only circuits.

Part 2 Combinational Systems

[10-16] Computer arithmetic circuits: Series/parallel adders and subtractors. Circuit implementation and design using multiplexers, decoders. Design techniques using programmable logic devices: PROMs, PALs and PLAs.

Logic and Function hazards, static and dynamic. Hazard detection and elimination.

Iterative method of logic circuit implementation.

Part 3 Synchronous Sequential Logic

[17-24] Cross-coupled gates for latches and flip-flops. Transparent latch, clocked devices; edge –triggered and master-slave.

General synchronous systems: Moore and Mealy models. State diagrams and tables, state reduction, state assignments.

Operating characteristics and state change tables for SR, D, T and JK flip-flops.

Design and implementation of sequential systems: sequencers, counters and registers. Circuit control. Handling unused states and problems at power-up.

Methods of Teaching/Learning

22 lectures

1 summary/revision class

1 class test in week 5 or 6

Methods of Assessment and Weighting

Components of Assessment

Method(s)

Percentage weighting

Exam only: 100%

Selected Texts/Journals

Lecture course notes, Dr. N G Emerson: 'Digital Logic' A

Tutorial problems, Dr. N G Emerson: 'Digital logic Tutorials 1-8 and past examination questions'. A

Crowe, J & Hayes-Gill, B. (1998) 'Introduction to Digital Electronics'. 0-0340-64570-9 Arnold. B

Marcovitz, A. (2002) 'Introduction to Logic Design'. 0-07-112247-8 McGraw Hill B

Roth, C. (2004) 'Fundamentals of Logic Design' 5th Edition. 0-534-37804-8 Thomson Brooks/Cole C

20. UNIVERSIDAD DE LEUVEN. BÉLGICA

General information

- **Language:** Dutch
- **Category:** lecture
- **Duration:** 39.0 hours
- **Periodicity:** Taught in the first semester

Content

- *Principles of digital design*, including number representation.
- *Boolean algebra and logical gates*, including implementation technology (e.g., FPGA).
- *Design of combinatorial circuits*: minimization of Boolean functions; technology mapping; correct timing behaviour; basic combinatorial RTL building blocks.

- *Design of sequential circuits*: the flip-flop as building block; design of synchronous and asynchronous sequential circuits; basic sequential RTL building blocks.
- *Design of FSMs*, including basic minimization techniques.
- *Design of microprocessors*: instruction sets & addressing methods; design of a CISC microprocessor.
- *Language based design and electrical aspects of the design process*: introduction to VHDL and electrical aspects of the design process.

21. UNIVERSIDAD DE STANFORD (EEUU): (Sólo disponible en Internet un resumen)

EE 108A. Digital Systems I—Digital circuit, logic, and system design. Digital representation of information. CMOS logic circuits. Digital transmission lines. Combinational logic design. Logic building blocks, idioms, and structured design. Sequential logic design and timing analysis. Clocks and synchronization. Finite state machines. Microcode control. Digital system design. Control and datapath partitioning. Lab. Prerequisite: ENGR 40. Corequisite for WIM: ENGR 102E.

4 units, Aut (Dally), Win (Gill)

EE 108B. Digital Systems II—The design of processor-based digital systems. Instruction sets, addressing modes, data types. Assembly language programming, low level data structures, introduction to operating systems and compilers. Processor microarchitecture, microprogramming, pipelining. Memory systems and caches. Input/output, interrupts, buses and DMA. System design implementation alternatives, software/hardware tradeoffs. Labs involve the design of processor subsystems and processor-based embedded systems. Prerequisite: 108A.

4 units, Win (Olukotun), Spr (Kozyrakis)

Anexo I.3 Referencias a publicaciones de métodos, medios y formas de organización de la enseñanza del diseño electrónico digital

2.1 Métodos:

- Sagahyroon, Assim A. (2000). From AHPL to VHDL: A Course in Hardware Description Languages. IEEE Transactions on Education. VOL 43. NO. 4, November 2000.
- Álvarez, L.J., Ledo, R., Losada, A. Sistema de enseñanza de electrónica digital práctica. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- On the Use of Very High Level Languages in Teaching Simulation and Test Techniques of Electronic Circuits. J. A. Soares. INESC-ID/IST – Portugal. European Workshop on Microelectronics Education. Vigo. Spain. 2002.
- Collaborative Learning by Sharing Design Experience. L. S. Indrusiak, M. Glesner, R. Reis. Darmstadt University of Technology – Germany. European Workshop on Microelectronics Education. Vigo. Spain. 2002.
- Teaching Design-Oriented VHDL. Volnei A. Pedroni. 2003 International Conference on Microelectronic Systems Education. Marriott Anaheim, California.
- Extensive Introduction to VHDL and PLDs in the Sophomore Year. Eric W. Johnson. 2003 International Conference on Microelectronic Systems Education. Marriott Anaheim, California.
- Team Project - An Effective Tool for Application of Knowledge and Deriving Engineering Competencies. Daniel Donoval and Daniel Hajtas. 2003 International Conference on Microelectronic Systems Education. Marriott Anaheim, California.
- Teaching Trade-offs in System-level Design Methodologies. Kazuo Sakiyama, Patrick Schaumont, David Hwang, Ingrid Verbauwhede. 2003 International Conference on Microelectronic Systems Education. Marriott Anaheim, California.
- Castro, M., Martínez, C., López, E. Enseñanza de componentes digitales y simulación VHDL usando ipss_ee (internet-based system support with educational elements). VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- Gadea, R., Colom, R., Cerdá, J., Herrero, V., Martínez, J. El futuro de los HDL en las enseñanzas de la Electrónica. VI Congreso TAEE. Universidad Politécnica de Valencia. España. 2004.
- Prim, M., Oliver, J., Roig, J., Soler, V. Laboratorio virtual de sistemas digitales. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- Dolores, M^a., José, M^a., Quintáns, C., Pérez, B., Mandado, E. Sistema integrado para la enseñanza de los circuitos digitales configurables y sus aplicaciones. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.

2.2 Medios:

- A Case Study in the Development of Multi-Media Educational Material: The VHDL Interactive Tutorial. Anthony J. Gadiant, Jack A. Stinson, Tommy C. Taylor, James H. Aylor, Robert H. Klenke, Maximo H. Salinas, Vijay K. Madiseti, et al. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, VOL. 40, NO. 4, NOVEMBER 1997.

- An Introductory Digital Design Course Using a Low-Cost Autonomous Robot. Kimberly E. Newman, James O. Hamblen, Tyson S. Hall. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, VOL. 45, NO. 3, AUGUST 2002
- Nieto, L. EDWeb: Un tutorial WEB de electrónica digital. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- Vega, M., Sánchez, J., Chávez, F., Gómez, J. SD2I: sistema para la docencia de sistemas digitales a través de Internet. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- Sanz, C., Pescador, F., Freire, M., Garrido, M., Rodríguez, M. Recursos para la enseñanza de la electrónica digital. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- Cerdá, J., Colom, R., García, R., Larrea, M., Gadea, R., Martínez, M. Desarrollo de un tutorial multimedia como apoyo a la docencia de VHDL . V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- UML/UEDK: An Open Platform for CAD/EDA Design Learning. J. A. Lima. European Workshop on Microelectronics Education. Vigo. Spain. 2002.
- A University-based Web Resource Supporting the Xilinx University Program. Michael A. Shanblatt, Brian Foulds, Patrick Kane, Anna Acevedo. 2003 International Conference on Microelectronic Systems Education. Marriott Anaheim, California.
- Educational Software for Digital Electronics: BOOLE-DEUSTO. Javier Garcia Zubia. 2003 International Conference on Microelectronic Systems Education. Marriott Anaheim, California.
- Sánchez, G., Barbancho, A., Gómez, I. DIGITAL SYSTEMS STUDIO: Herramienta para el diseño, comprobación y simulación de sistemas digitales. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- Pollán, T. ELECTRÓNICA DIGITAL. Un libro para su estudio. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- García, J., Sanz, J., Sotomayor, B. Mejoras en el entorno Boole-Deusto de diseño digital. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- García, J. Laboratorio WebLab aplicado a la lógica programable: WEBLAB PLD. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- Cebrián, A., Gadea, R., Manuel, J. Módulo analizador lógico para la tarjeta UP1 de Altera. IV Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.

2.3 Formas de organización:

- Experience from a 450 Students/Year Course on Digital Logic and Computer Fundamentals using FPGAs and Microcontrollers: Tormod Njolstad and Lasse Natvig. 2001 International Conference on Microelectronic Systems Education.
- Principles vs. Practices in Undergraduate Microelectronic Systems Education: Bradley S. Carlson. 2001 International Conference on Microelectronic Systems Education.
- Integrated Circuits Design Teaching Using Professional CAD Environments: R. P. Ribas, F. R. Barbosa, N. Turatti. 2001 International Conference on Microelectronic Systems Education.

- Martínez-Peiró, M., Larrea, M., Colom, R., Gadea, R., Cerdá, J. Metodología docente en la evaluación de sistemas digitales mediante software de síntesis lógica. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- Pescador, F., Serrano, P., Arriaga, J. Sistema para la autoevaluación de prácticas de Electrónica Digital a través de Internet. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- Barrios, J., Mandado, E., Menéndez, L., Valdés, V., Valdés, M. La enseñanza de los procesadores digitales secuenciales utilizando Internet y ORCAD 9.0. Un ejemplo de colaboración. V Congreso TAEE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. 2002.
- Computer-Based Learning - Towards a Comprehensive Evaluation Methodology. F. P. Henderson, J. N. Coleman, B. Canavan, D. J. Kinniment, A. M Koelmans. European Workshop on Microelectronics Education. Vigo. Spain. 2002.
- Sánchez, F., Casanella, R., Fernández, I. Estimación de la carga de trabajo del estudiante y el profesor de la asignatura electrónica digital (epscupc) basada en el aprendizaje cooperativo. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.
- Pescador, F., Freire, M., Garrido, M., Rodríguez, C., Sanz, C. Desarrollo curricular de la electrónica digital: un caso práctico la tarjeta Prince. VI Congreso TAEE. Universidad de Sevilla. España. 2004.

Anexo I.4 Resumen del índice de los textos más referenciados en los programas de las asignaturas de Electrónica Digital disponibles en el CDICT

Texto: Principles of Digital Design, Daniel D. Gajski, Prentice-Hall, Inc. (1997).

1. Introducción.

- 1.1 Representaciones de Diseño.
- 1.2 Niveles de Abstracción.
- 1.3 Proceso de Diseño.
- 1.4 Herramientas CAD.
- 1.5 Proceso de Diseño Típico.

2. Representaciones y Tipos de Datos.

3. Diseño Lógico y Álgebra Booleana.

4. Simplificaciones de las Funciones Booleanas.

5. Componentes Combinacionales.

6. Lógica Combinacional.

7. Sistemas Secuenciales.

- 7.1 Modelo de diseño.
- 7.2 Definición de FSM.
- 7.3 Tablas de Máquinas de Estado Algorítmicas.
- 7.4 Síntesis de Tablas ASM.
- 7.5 Diseño de Procesadores.

Texto: Digital Design Principles & Practice, Third Edition Updated, John F. Wakerly, Prentice Hall, (2001). (Disponible también en formato electrónico en la Intranet).

1. Introducción.

- 1.1 Acerca del Diseño Digital.
- 1.2 Aspectos Electrónicos del Diseño Digital.
- 1.3 Aspectos de Software del Diseño Digital.

2. Sistemas de Números y Códigos.

3. Circuitos Digitales.

- 3.1 Lógica CMOS.
- 3.2 Lógica Bipolar.
- 3.3 Lógica de Emisor Acoplado.

4. Principios de Diseño Lógico Combinacional.

- 4.1 Análisis de Circuitos Combinacionales.
- 4.2 Síntesis de Circuitos Combinacionales.
- 4.3 Método de Minimización Programada.
- 4.4 Timing Hazards.
- 4.5 El Lenguaje de Descripción de Hardware ABEL.
- 4.6 El Lenguaje de Descripción de Hardware VHDL.

5. Práctica de Diseño Lógico Combinacional.

- 5.1 Estándares de la Documentación.
- 5.2 Sincronización de Circuitos.
- 5.3 PLDs Combinacionales.
- 5.4 Decodificadores.
- 5.5 Codificadores.
- 5.6 Dispositivos de Tres Estados.
- 5.7 Multiplexores.
- 5.8 Puerta OR exclusivo y Circuitos de Paridad.
- 5.9 Comparadores.
- 5.10 Sumadores, Restadores, y ALUs.
- 5.11 Multiplicadores Combinacionales.

6. Ejemplos de Diseño de Circuitos Combinacionales.

- 6.1 Ejemplos de Diseño de Bloques.
- 6.2 Ejemplos de Diseño usando ABEL y PLDs.
- 6.3 Ejemplos de Diseño usando VHDL.
- 7. Principios de Diseño Lógico Secuencial.**
 - 7.1 Elementos Biestables.
 - 7.2 Latches y Flip-Flops.
 - 7.3 Análisis Síncrono de Máquinas de Estado.
 - 7.4 Diseño Síncrono de Máquinas de Estado.
 - 7.5 Diseño de Máquinas de Estado usando Diagramas de Estado.
 - 7.6 Síntesis de Máquinas de Estado usando Listas de Transición.
 - 7.7 Ejemplos de Diseño de otras Máquinas de Estado.
 - 7.8 Descomposición de Máquinas de Estado.
 - 7.9 Circuitos Secuenciales de Realimentación.
 - 7.10 Diseño de Circuitos Secuenciales Realimentados.
 - 7.11 Características de Diseño de Circuitos Secuenciales con ABEL.
 - 7.12 Características de Diseño de Circuitos Secuenciales con VHDL.
- 8. Práctica de Diseño Lógico Secuencial.**
 - 8.1 Estándares de Documentación de Circuitos Secuenciales.
 - 8.2 Latches y Flip-Flops.
 - 8.3 PLDs Secuenciales.
 - 8.4 Contadores.
 - 8.5 Registros de Cambio.
 - 8.6 Circuitos Secuenciales Contra Iterativos.
 - 8.7 Metodología de Diseño Síncrono.
 - 8.8 Impedimentos para el Diseño Síncrono.
 - 8.9 Falla y Metaestabilidad del Sincronizador.
- 9. Ejemplos de Diseño de Circuitos Secuenciales.**
 - 9.1 Ejemplos de Diseño Usando ABEL y PLDs.
 - 9.2 Ejemplos de Diseño usando VHDL.
- 10. Memory, CPLDs, and FPGAs.**
 - 10.1 Memoria de sólo Lectura.
 - 10.2 Memoria de Escritura / Lectura.
 - 10.3 RAM Estática.
 - 10.4 RAM Dinámica.
 - 10.5 Dispositivos Lógicos Programables Complejos.
 - 10.6 Arreglos de Puerta Programable de Campo.
- 11. Temas Adicionales del Mundo Real.**
 - 11.1 Herramientas de Diseño Asistido por Computador (CAD).
 - 11.2 Diseño para la Verificación.
 - 11.3 Estimación de la Confiabilidad del Sistema Digital.
 - 11.4 Líneas de Transmisión, Reflexiones, y Terminación.

Texto: Logic and Computer Design Fundamentals, M. Morris Mano, Charles R. Kime, Prentice-Hall, Inc. (1997).

- 1. Información y Computadores Digitales.**
- 2. Circuitos Lógicos Combinacionales.**
- 3. Diseño Lógico Combinacional.**
 - 3.1 Circuitos Combinacionales.
 - 3.2 Temas de Diseño.
 - 3.3 Procedimiento de Análisis.
 - 3.4 Procedimiento de Diseño.
 - 3.5 Circuitos Típicos.
- 4. Circuitos Secuenciales.**
 - 4.1 Definición de Circuito Secuencial.

- 4.2 Cerrojos.
- 4.3 Flip-Flops.
- 4.4 Análisis de Circuitos Secuenciales.
- 4.5 Diseño de Circuitos Secuenciales.
- 5. Contadores y Registros.**
- 6. Dispositivos Lógicos Programables y Memorias.**
- 7. Registros de Transferencia y Vías de Datos (datapath).**
 - 7.1 Vías de Datos y Operaciones.
 - 7.2 Operaciones de Registros de Transferencia.
 - 7.3 Microoperaciones.
 - 7.4 Transferencia Basada en Multiplexores.
 - 7.5 Transferencia Basada en Bus.
 - 7.6 Vías de Datos.
 - 7.7 La Unidad Lógica Aritmética (ALU).
 - 7.8 El Registro.
 - 7.9 Representación de Vías de Datos.
 - 7.10 La Palabra de Control.
 - 7.11 Vías de Datos para procesamiento por lotes.
- 8. Control y Secuenciamiento.**
 - 8.1 La Unidad de Control.
 - 8.2 Máquinas Algorítmicas de Estado.
 - 8.3 Control Cableado.
 - 8.4 Control Microprogramado.
 - 8.5 Arquitectura de Computadora Sencilla.
 - 8.6 Control Cableado de Ciclo Simple.
 - 8.7 Control Programado de Ciclo Múltiple.
 - 8.8 Control Pipeline.
- 9. Arquitectura Set de Instrucciones.**
 - 9.1 Conceptos de Arquitectura de Computadora.
- 10. Diseños de Unidad de Procesamiento Central.**
 - 10.1 Dos Diseños de CPU.
 - 10.2 El Set de Instrucciones de Computadoras Complejo (CISC).
 - 10.3 El Set de Instrucciones de Computadoras Reducido (RISC).
 - 10.4 Más en Diseño.
- 11. Comunicación y Entrada-Salida.**
- 12. Sistemas de Memoria.**
 - 12.1 Jerarquía de Memoria.
 - 12.2 Localidad de Referencia.
 - 12.3 Memoria Cache.
 - 12.4 Memoria Virtual.

Anexo I.5 Resumen de los Programas Analíticos de las asignaturas Electrónica Digital I y II de universidades cubanas

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

I. DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

Asignatura: Electrónica Digital I

Disciplina: Electrónica

Carreras: Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica

Ing. en Automática.

Semestre: I Semestre

Año: 3ro.

Fondo de Tiempo: 64h

Distribución general:

Conferencias	Clases prácticas	Seminarios	Laboratorios
22h	16h	14h	12h

Distribución por temas:

	Tema	C	CP	S	L	T
1.	Algebra de Conmutación y Compuertas Lógicas	10	6	2	4	22
2.	Circuitos Integrados Digitales	8	4	8	4	24
3.	Circuitos Combinacionales Multiterminales	4	6	4	4	18
Totales		22	16	14	12	64

II. OBJETIVOS GENERALES

Instructivos

Analizar y diseñar circuitos con lógica combinacional, de mediana complejidad, haciendo uso del Algebra de Conmutación y VHDL, y del conocimiento de las principales familias lógicas para su selección, de acuerdo a situaciones problemáticas diversas, con la ayuda de la Literatura Docente, Manuales en Idioma Inglés y Español y con el auxilio de Programas de Computación para la simulación.

III. RELACIÓN DE TEMAS

TEMA 1. ALGEBRA DE CONMUTACIÓN Y COMPUERTAS LÓGICAS. (14 h)

Objetivos:

Conocer los postulados y teoremas del Algebra de Conmutación como base matemática de los circuitos lógicos para aplicarlos en su simplificación.

Analizar, diseñar y simular circuitos con compuertas para aplicaciones de poca complejidad, para lo cual debe utilizar manuales y documentación técnica en español e inglés, como herramienta para conocer los CID con que se realizan, montar y poner a punto los diseños.

Conocer el VHDL como otra herramienta de diseño de Circuitos Digitales de alto nivel de integración y utilizarlo en el diseño de circuitos combinacionales.

Sistema de Conocimientos:

1. Introducción. Sistemas numéricos: binario, octal, hexadecimal. Conversión entre ellos. Códigos binarios. Aritmética binaria. Algebra de conmutación. Postulados y teoremas.

2. Elementos básicos de los circuitos lógicos: compuertas, representación, tabla de la verdad, integrados comerciales. Formas canónicas de las funciones lógicas: forma normal disyuntiva y forma normal conjuntiva.

3. Análisis y síntesis de circuitos lógicos sencillos haciendo uso del Álgebra de Conmutación, tablas de verdad, formas canónicas, realización de funciones y esquemas lógicos con diferentes tipos de compuertas, con diferentes grados de complejidad.
4. Simplificación de funciones lógicas (Método de los Mapas de Karnaugh).
5. Lenguaje de Descripción de Hardware VHDL. Características generales, estructura. Descripción estructural, por flujo de datos y por comportamiento.

Distribución del fondo de tiempo:

Conferencia	Clase Practica	Seminario	Laboratorio
10	6	2	4

Sistema de Habilidades:

1. Realizar conversiones entre Sistemas Numéricos.
2. Utilizar el Álgebra de Conmutación en el análisis y síntesis de funciones lógicas. Representar circuitos lógicos con diferentes tipos de compuertas. Simplificar funciones lógicas con el Método de los Mapas de Karnaugh.
3. Diseñar Sistemas Digitales sencillos con compuertas.
4. Utilizar programas de computación para el diseño y simulación digital.
5. Montar y poner a punto circuitos digitales sencillos.
6. Diseñar circuitos digitales sencillos con VHDL haciendo uso de las herramientas de Xilinx.

Evaluación:

- Evaluación en clases prácticas, laboratorios y seminario.
- Trabajo de control en clase de 1 hora (TC #1).
- Trabajo Extraclases (TEC): Diseño de un Sistema digital combinacional utilizando CID de baja y mediana complejidad.

TEMA2. CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES (24h)

Objetivos:

Conocer las estructuras, funcionamiento, parámetros, ventajas y desventajas de las Familias lógicas más importantes: TTL y CMOS, en sus diferentes variantes y aplicaciones, así como las interfaces entre ellas.

Seleccionar la subfamilia o tipo de compuerta a utilizar en un diseño, de acuerdo a sus parámetros, según los requerimientos del problema planteado y con la ayuda de Literatura Docente y Manuales en Idiomas Ingles y Español.

Conocer los Dispositivos SPLDs Combinacionales. Ventajas. Estructura. Parámetros

Sistema de Conocimientos:

1. Introducción. Parámetros de las familias lógicas.
2. Familia TTL: Estructura y funcionamiento de la compuerta básica. Parámetros. Comportamiento dinámico de la TTL. Variantes de la TTL. Comparación entre ellas. Tipos de compuertas. Recomendaciones prácticas en el uso de la TTL. Criterios de selección, uso de Manuales.
3. Familia CMOS: Estructura y funcionamiento de la compuerta básica. Parámetros. Comportamiento dinámico. Variantes de la CMOS Comparación entre ellas. Tipos de compuertas. Recomendaciones prácticas en el uso de la CMOS. Criterios de selección, uso de Manuales.
4. Compatibilidad entre familias lógicas. Interfaces TTL- CMOS, CMOS- TTL.
5. Dispositivos SPLDs Combinacionales. Ventajas. Estructura. Parámetros.

Distribución del fondo de tiempo:

Conferencia	Clase Practica	Seminario	Laboratorio
8	4	8	4

Sistema de Habilidades:

1. Cálculo de parámetros de circuitos lógicos con compuertas TTL, CMOS y sus variantes. Cálculo de los parámetros como V_o , I_o , P_d , N , t_{pd} , en condiciones prácticas, considerando la conexión con diferentes cargas y entre las familias. Uso de criterios de selección.

2. Hacer uso de los criterios de selección de los componentes apropiados, determinando parámetros del circuito, mediante el uso de manuales.

Evaluación:

- Evaluación en clases prácticas, laboratorios y seminario.
- Trabajo de control en clase de 1 hora (TC #2).
- Trabajo Extraclases (TEC): Diseño de un Sistema digital combinacional utilizando CID de baja y mediana complejidad.

TEMA3. CIRCUITOS COMBINACIONALES MULTITERMINALES (18h).

Objetivos:

Analizar, diseñar a nivel productivo y simular sistemas combinacionales haciendo uso de los métodos convencionales para el diseño con CI SSI, MSI y en VHDL para SPLDs seleccionándolos adecuadamente a fin de lograr un correcto funcionamiento de acuerdo a situaciones problemáticas diversas, con la ayuda de Literatura Docente y Manuales en Idiomas Ingles y Español, con el auxilio de Programas de Computación para el diseño y simulación de Sistemas Digitales con esquemáticos de componentes convencionales y con VHDL.

Sistema de Conocimientos:

1. Circuitos combinacionales multiterminales: codificadores, decodificadores, convertidores de código, multiplexores y demultiplexores, circuitos aritméticos, sumadores, comparadores binarios. Funcionamiento de acuerdo a su tabla de la verdad, CI comerciales.
2. Diseño de sistemas combinacionales con estos circuitos haciendo uso de los métodos convencionales para el diseño con CI SSI, MSI y con VHDL para PLDs

Distribución del fondo de tiempo:

Conferencia	Clase Practica	Seminario	Laboratorio
4	6	4	4

Sistema de Habilidades:

1. Analizar, diseñar y simular sistemas combinacionales de mediano nivel de complejidad que incluyan codificadores, multiplexores, circuitos aritméticos en aplicaciones de carácter práctico con métodos convencionales.
2. Utilizar literatura y manuales en Español e Inglés para el diseño de los sistemas y la selección apropiada de los componentes.
3. Utilizar programas de computación de ayuda al diseño de sistemas digitales.
4. Elaborar informes técnicos con ayuda de un procesador de texto y un editor de esquemas electrónicos digitales.

Evaluación:

- Evaluación en clases prácticas, laboratorios y seminario.
- Trabajo de control en clase de 1 hora (TC #3).
- Trabajo Extraclases (TEC): Diseño de un Sistema digital combinacional utilizando CID de baja y mediana complejidad.

IV. SISTEMA DE EVALUACION DE LA ASIGNATURA

Tiene Examen Final (Se realiza Oral)

TC de 1 hora de duración Tema #1(TC #1) Tema #2(TC #2) Tema #3 (TC #3)

Trabajo Extraclase(Miniproyecto) Tema #1(TE #1) Tema #2(TE#1) Tema #3 (TE #1)

V. BIBLIOGRAFÍA DE LA ASIGNATURA

Texto Básico :

Título: Digital Design. Principles and Practices.

Autor : John F. Wakerly, Third Edition ,946 pags.

Editor: Prentice-Hall. 2000.
(formato Copia Dura y formato Electrónico en la red)

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

ASIGNATURA: ELECTRÓNICA DIGITAL II

CARRERAS: INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES Y ELECTRONICA E INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA. Universidad de Oriente.

AÑO: 3ro

FONDO DE TIEMPO TOTAL: 80 h. de Clases

Distribución del Fondo de Tiempo Total de la Asignatura

Conferencia	Clase Practica	Seminario	Laboratorio
26 h	30h	12h	12h

ORGANIZACIÓN TEMÁTICA

Temas	C	CP	S	L	T
1. Circuitos Secuenciales	14	18	4	4	40
2. Circuitos de Alta Escala de Integración	12	12	8	8	40
Totales	26	30	12	12	80

II. OBJETIVOS GENERALES

Instructivos

Analizar, caracterizar y diseñar sistemas digitales de bajo y medio nivel de complejidad con circuitos combinacionales, secuenciales y multivibradores, utilizando CID no programables y programables, empleando métodos de análisis y síntesis lógica, programas de computación de ayuda al diseño y la simulación y un Lenguaje de Descripción de Hardware (VHDL), para la solución de situaciones problemáticas diversas y con la ayuda de la Literatura Docente, Manuales en Idioma Inglés y Español e informaciones en red.

III. RELACIÓN DE TEMAS

TEMA # 1. Circuitos Secuenciales.

Objetivos:

Analizar estructuras de biestables y sus aplicaciones. Analizar, diseñar y caracterizar circuitos multivibradores y circuitos Secuenciales asincrónicos y sincrónicos empleando métodos de análisis y síntesis lógicas, un Lenguaje de Descripción de Hardware (VHDL), programas de computación de ayuda al diseño y la simulación así como documentación técnica apropiada.

Diseñar sistemas secuenciales de baja y media complejidad con CI no programables.

Sistema de Conocimientos:

1. Analizar las estructuras de biestables y su funcionamiento lógico, aplicaciones sencillas. El disparador de Schmitt, Aplicaciones. Descripción de biestables con VHDL.
2. Análisis y diseño de multivibradores monoestable y astable. Estructuras y funcionamiento. Circuitos integrados monolíticos comerciales. Aplicaciones.
3. Características generales de los circuitos secuenciales asincrónicos y sincrónicos. Registros de desplazamiento. CI Comerciales. Descripción con VHDL.
4. Contadores asincrónicos y sincrónicos, binarios y no binarios. Contadores monolíticos. Diseño general de estructuras sincrónicas. Descripción con VHDL.
5. Diseño de sistemas secuenciales de medio nivel de complejidad con CI no programables. Efectos de metastabilidad, asincronismo, retardos en el funcionamiento de los sistemas digitales.

Sistema de Habilidades :

Diseñar , simular y comprobar circuitos multivibradores de mediana complejidad.

Diseñar y montar registros de desplazamiento y contadores Comprobar su funcionamiento y carta de tiempo.

Analizar y diseñar estructuras secuenciales con Herramientas de software.

Diseñar estructuras secuenciales con VHDL.

Evaluación del Tema

- Evaluación en clases prácticas, laboratorios y seminario.
- Trabajos de control en clases de 1 hora (TC #1, TC#2).
- Trabajo Extraclase (TEC): Diseño de un Sistema Digital de media complejidad haciendo uso de CI estándares y programables.

TEMA #2. Circuitos de Alta Escala de Integración.

Objetivos

1. Analizar y caracterizar diferentes tipos de Memorias semiconductoras y PLD's.
2. Diseñar sistemas digitales con PLD's descritos mediante el VHDL, sintetizados e implementado mediante herramientas CAD y programados sobre tarjetas de entrenamiento.
3. Utilizar manuales y documentación técnica en español e inglés, como herramienta para la caracterización de dispositivos.

Contenido

Sistema de Conocimientos :

1. Memorias. Estructuras, clasificación, parámetros. Aplicaciones en Sistemas Digitales.
2. Dispositivos Lógicos Programables (PLD). Características. Estructura interna, Formas de programación.
3. Explotación de Herramientas de Programación para el diseño de PLD's.
4. Diseño de Sistemas Digitales de media complejidad con PLDs mediante el VHDL.

Sistema de habilidades

1. Diseñar estructuras lógicas con Memorias.
2. Explotar Herramientas de Programación para el diseño de PLD's.
3. Diseñar sistemas digitales con PLD's y comprobar su funcionamiento.

Evaluación del Tema

- Evaluación en clases prácticas, laboratorios y seminario.
- Trabajo de control en clase de 1 hora (TC #3).
- Trabajo Extraclase (TEC): Diseño de un Sistema Digital de media complejidad haciendo uso de CI estándares y PLDs.

IV. SISTEMA DE EVALUACION DE LA ASIGNATURA

Tiene Examen Final (Se realiza Oral)

Prueba de ½ hora de duración Tema #1(TC #1 y #2) Tema #2(TC #3)

Trabajo Extraclase Tema #1(TE) Tema #2(TE)

V. BIBLIOGRAFÍA DE LA ASIGNATURA

Texto Básico :

- John F. Wakerly, "Digital Design. Principles and Practices". Third Edition , 946 pags. Editor: Prentice-Hall. 2000.

Centro Universitario "José Antonio Echeverría" (CUJAE)

Asignatura: Electrónica Digital II.

3er año CRD 2001/2002 ED2 2º. semestre 23/11/2001

Carreras: Automática y Telecomunicaciones fichero:pled202

Total de horas: 80, C=38, CP=24, Lab=10 PP=4, S=4

Jefe Dpto. Ing. E. E. Valdés Hecho por A Hernández y A. Bárzaga

Sistema de evaluación:

Seminarios, pruebas parciales, prácticas de laboratorio, examen final escrito

Act.	FE	CONTENIDO
		Tema no.1: Máquinas de estado. Astables y monoestables
1	C1	Introducción a la asignatura. Biestable, flip-flop y latch semejanza y diferencia entre ellos. Definiciones, ejemplos.
2	C2	Latches y flip flops: Diferentes tipos. Tablas características y de excitación. Ejemplos comerciales. Latch D multipuerto.
3	C3	Monoestables y astables. Estudio del 555.
4	C4	Otros CIs monoestables. Ejemplos.
5	CP1	Flip.flop, Latch, Monoestables y astables.
6	C5	Introducción a los PLD secuenciales. El PAL16V8, el 22V10 y el 26V12.
7	C6	Introducción a las máquinas de estado: Máquinas Mealy y Moore.. Maquinas sincrónicas y asincrónicas. Ejemplos
8	C7	Estudio de las máquinas de estado sincrónicas.
9	C8	Lenguajes de descripción de hardware. Ejemplo de programa.
10	CP2	Diseño de máquinas de estado con CIs SSI y con PLD.
11	CP3	Diseño de máquinas de estado con PLD.
12	L1	PROGRAMAR EN EL CENTRO DE CALCULO DE LA FACULTAD. Diseño de máquinas de estado con PLD.
13	L2	Maquinas de estado
14	C9	Máquinas de estado asincrónicas
15	CP4	Máquinas de estado asincrónicas
16	S1	Seminario 1 sobre el tema no.1
		Tema no.2: Registros y contadores
17	C10	Registros. Diferentes tipos. Ejemplos comerciales
18	C11	Registros de desplazamiento. Ejemplos comerciales.
19	PP1	Prueba parcial 1 sobre el tema no.1
20	C12	Contadores. Diferentes tipos. Ejemplos comerciales
21	C13	Aplicaciones de los contadores como controladores
22	CP5	Diseño de registros y contadores con PLD.
23	C14	Contadores basados en registros de desplazamiento.
24	CP6	Diseño de máquinas de estado sincrónicas con CIs MSI contadores y/o registros de desplazamiento.
25	CP7	Diseño de máquinas de estado sincrónicas con contadores y/o registros de desplazamiento realizados con PLD.
26	L3	PROGRAMAR EN EL CENTRO DE CALCULO DE LA FACULTAD. Diseño de máquinas de estado sincrónicas con contadores y/o registros de desplazamiento realizados con PLD.
27	L4	Máquinas de estado sincrónicas con contadores y/o registros de desplazamiento tanto con CI MSI como con PLD
28	S2	Seminario 2 sobre el tema no.2
		Tema no.3: Memorias RAM, CPLD y FPGA
29	C15	Introducción a los CPLD y FPGA, características generales de ambos.
30	CP8	Estudio de los CPLD. PROGRAMAR EN EL AULA ESPECIALIZADA DE AUTÓMATICA O DE LA FACULTAD
31	CP9	CPLD.
32	C16	Introducción a las memorias RAM. Diferentes tipos de SRAM
33	C17	Estudio de la SRAM: celda básica standard, celda multipuerto, SRAM sincrónica

		(SSRAM)
34	PP2	Prueba parcial 2 sobre el tema no.2
35	C18	Estudio de la DRAM: celda básica, refrescamiento. Diagramas de tiempo.
36	C19	DRAM síncrona.
37	CP10	Aplicaciones de las memorias RAM
38	CP11	Aplicaciones de las memorias RAM
39	L5	PROGRAMAR EN EL CENTRO DE CALCULO DE LA FACULTAD
40	CP12	Integración de toda la asignatura

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO

PROGRAMA ANALÍTICO DE LA ASIGNATURA ELECTRÓNICA DIGITAL I

Carrera: Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

Año en que se Imparte: 3ro. (1er. Semestre CRD).

Esta asignatura tiene examen final.

Problema: El acondicionamiento de las señales eléctricas, la representación de funciones y el almacenamiento de información mediante dispositivos electrónicos digitales.

Objeto: Los Circuitos Combinacionales.

Indicaciones Metodológicas:

En las clases se utilizan los métodos participativos, estableciendo el debate para lograr que los alumnos lleguen al conocimiento por sí solos. El enfoque problémico crea las condiciones necesarias para el debate, así como las referencias bibliográficas que aportan diferentes ideas a colación. La generalización de la metodología del diseño de los circuitos combinacionales se rige a partir de la simulación por computadora y de la comprobación experimental.

Plan Temático:

Nota: C (conferencia), CP (clase práctica), LS (laboratorio simulado), LP (laboratorio práctico), PP(prueba parcial).

Objetivos Instructivos: Analizar y diseñar Circuitos Digitales Combinacionales para aplicaciones de mediana complejidad, haciendo la selección adecuada de los componentes, de acuerdo a criterios prácticos, mediante la utilización de manuales, documentación técnica, información científico-técnica en Español e Inglés y la simulación eléctrica por microcomputadoras, como herramienta indispensable para el montaje, la puesta a punto y medición de los índices principales.

Sistema de Conocimientos:

El álgebra de conmutación como herramienta básica de trabajo con los circuitos lógicos. Minimización de funciones lógicas. Compuertas y familias lógicas. Características y parámetros. Aplicaciones. Circuitos combinacionales multiterminales. Circuitos aritméticos, convertidores de código, decodificadores, codificadores, multiplexores y sumadores. Aplicaciones. VHDL como lenguaje de descripción de hardware.

Sistema de Habilidades:

Reconocer y utilizar los circuitos integrados de las compuertas lógicas. Sintetizar y probar el funcionamiento de circuitos combinacionales sencillos utilizando diferentes familias lógicas. Analizar y sintetizar cualquier función de conmutación con cualquier sistema de compuertas. Simplificar expresiones de conmutación. Analizar y sintetizar redes multiterminales. Operar con circuitos integrados de mediana escala de integración, tales como sumadores, decodificadores y otros. Analizar y diseñar sistemas combinacionales sobre dispositivos lógicos programables haciendo uso del VHDL como lenguaje de descripción de hardware. Explotar programas de computación de ayuda al diseño y simulación de circuitos de conmutación.

TEMA I: Álgebra de Conmutación y Compuertas Lógicas.

Objetivos generales:

- Conocer y aplicar los postulados y teoremas del Álgebra de Conmutación como base matemática de los circuitos lógicos para caracterizarlos y realizar su simplificación.
- Analizar y sintetizar Circuitos Combinacionales haciendo la selección adecuada de los circuitos lógicos, utilizando manuales, documentación científico-técnica en Español e Inglés así como realizando su simulación eléctrica por microcomputadora, como herramienta indispensable para el montaje, puesta a punto y medición de los índices fundamentales.

· *Examen parcial sobre el Tema.*

TEMA II: Familias Lógicas.

Objetivos generales:

· Analizar las variantes, estructuras, funcionamiento y parámetros de las familias lógicas más importantes: TTL y CMOS. Aplicación (selección) e interconexión.

TEMA III: Circuitos Combinacionales Multiterminales, con mediana y alta escala de integración. Lenguajes de descripción de hardware.

Objetivos generales:

· Analizar, caracterizar, simplificar, diseñar y simular circuitos combinacionales multiterminales como: circuitos aritméticos, codificadores, multiplexores, etc.

· *Examen parcial sobre el Tema.*

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS POR ACTIVIDADES:**Sistema de evaluación:****· Evaluación frecuente:**

Se harán evaluaciones orales en algunas conferencias, con calificación.

Evaluaciones orales y escritas en:

Ø TEMA I

(Cp1, Ls1, Cp2, Lp1)

Ø TEMA II

(Cp4, Lp2, Cp5, Cp6)

Ø TEMA III

(Cp7, Ls2, Cp9, Lp3, Ls5, Ls6, Lp4)

· Evaluación parcial:

Pruebas parciales de dos horas en el final del tema uno y a mediados del tema tres, o sea antes de comenzar con los lenguajes de descripción de hardware y los dispositivos lógicos programables.

· Evaluación final:

Examen final escrito.

Recursos de Hardware:

Se cuenta con un laboratorio dotado con protoboards, osciloscopios, generadores de señal y fuentes de alimentación. Estos equipos poseen algunas deficiencias por el tiempo de explotación.

Se cuenta también con cuatro puestos de trabajo con tarjetas de propósito general para el montaje de circuitos combinacionales. Por último, la asignatura dispone de una tarjeta para la programación de dispositivos lógicos programables a través del puerto paralelo de la PC. Realmente es insuficiente aún el trabajo práctico en el tema dedicado a esta materia, de modo que las prácticas que se realizan son demostrativas.

Recursos de Software:

Se cuenta con el OrCAD9.1 como herramienta de simulación de circuitos combinacionales y también con el WARP5.0 de Cypress para la programación en VHDL. La asignatura cuenta además con una página web en la que se exponen los contenidos de la misma así como también se hace referencia a las páginas de los principales fabricantes de dispositivos relativos a la asignatura.

Bibliografía:**· Texto básico:**

1. Wakerlly J. F., "Digital Design. Principles and Practices.", *Segunda Edición, Prentice-Hall, 1994.*

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO.**PROGRAMA ANALÍTICO DE LA ASIGNATURA ELECTRÓNICA DIGITAL II.**

Carrera: Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

Año en que se Imparte: 3ro. (2do. Semestre CRD).

Esta asignatura posee examen final escrito.

Problema:

La medición de tiempo y de frecuencia, el desplazamiento y la retención de datos, el conteo de eventos y el almacenamiento de un gran número de información, mediante dispositivos electrónicos digitales.

Objeto:

Los Circuitos Secuenciales Sincrónicos y Asincrónicos, y los Dispositivos de Alta Escala de Integración Programables.

Indicaciones Metodológicas:

En las clases se utilizan los métodos participativos, estableciendo el debate para lograr que los alumnos lleguen al conocimiento por sí mismos. El enfoque problémico crea las condiciones necesarias para el debate, así como las referencias bibliográficas que aportan diferentes ideas a colación. La generalización de la metodología del diseño de los circuitos secuenciales se rige a partir de la simulación por computadora y de la comprobación experimental.

Plan Temático:

Tema

No.

Título

I Circuitos Secuenciales 18 16 6 4 2 46

II Circuitos de Alta Escala de

Integración Programables 6 2 20 4 2 34

Total (h) 24 18 26 8 4 80

Nota: C(conferencia), CP(clase práctica), LS(laboratorio simulado), LP(laboratorio práctico), PP(prueba parcial).

Objetivos generales de la asignatura:

Instructivos: Analizar y diseñar Circuitos Digitales Secuenciales para aplicaciones de mediana complejidad, haciendo la selección adecuada de los componentes, de acuerdo a criterios prácticos, mediante la utilización de manuales, documentación técnica, información científico-técnica en Español e Inglés y la simulación eléctrica por microcomputadoras, como herramienta indispensable para el montaje, la puesta a punto y medición de los índices principales. Programar Dispositivos de Alta Escala de Integración haciendo uso de algún Lenguaje de Descripción de Hardware.

Sistema de Conocimientos:

Circuitos secuenciales. Máquinas de estado algorítmicas. Método general de análisis y diseño de circuitos secuenciales sincrónicos. Elementos de diseño de circuitos secuenciales asincrónicos. Monoestables y astables. Diferentes configuraciones. Aplicaciones con C.I. comerciales. Registro de desplazamiento. Contadores sincrónicos y asincrónicos. Análisis y diseño . Aplicaciones. Circuitos de alta escala de integración utilizados en Sistemas Digitales: Memorias. Lenguaje de descripción de hardware. Fundamentos del diseño con PLD.

Sistema de habilidades:

Analizar circuitos secuenciales sencillos basándose en el principio de funcionamiento de los distintos tipos de biestables.

Operar con circuitos integrados de diferentes familias lógicas, tales como compuertas, multivibradores, temporizadores, registro y contadores.

Analizar y sintetizar circuitos digitales evaluando los componentes existentes y seleccionando los más apropiados a partir de limitaciones, de velocidad, niveles lógicos, etc.

Analizar y sintetizar Circuitos secuenciales, tanto sincrónicos como asincrónicos incluyendo el análisis de sus formas de onda.

TEMA I: Circuitos Secuenciales.

Objetivos Generales:

Analizar, diseñar y probar circuitos secuenciales para aplicaciones de pequeña y mediana complejidad, haciendo la selección adecuada de los componentes, de acuerdo a métodos y criterios prácticos y utilizando manuales, documentación científico-técnica en Español e Inglés así como realizando su simulación eléctrica por microcomputadora, como herramienta indispensable para el montaje, puesta a punto y medición de los índices fundamentales.

TEMA II: Circuitos de Alta Escala de Integración Programables.

Objetivos Generales:

Analizar, diseñar y comprobar aplicaciones de pequeña y mediana complejidad en Circuitos de Alta Escala de Integración Programables, haciendo uso de un Lenguaje de Descripción de Hardware y realizando su simulación eléctrica por microcomputadora, como herramienta indispensable para el montaje, puesta a punto y medición de los índices fundamentales.

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS POR ACTIVIDADES:

No. Tipo Título

**** ***** TEMA I *******

- 1 C1** Introducción a los Circuitos Secuenciales. Biestables sin reloj.
- 2 C2** Biestables en modo síncrono, activos por nivel.
- 3 C3** Biestables disparados por flanco.
- 4 Ls1** Análisis de los circuitos biestables en computadora.
- 5 C4** Multivibrador Monoestable.
- 6 C5** Multivibrador astable.
- 7 Cp1** Análisis y diseño de monoestables y astables con compuertas y monolíticos.
- 8 Cp2** Análisis y diseño de monoestables y astables con compuertas y monolíticos.
- 9 Ls2** Diseño y simulación de multivibradores monoestables y astables.
- 10 Lp1** Diseño y montaje de monoestables y astables monolíticos.
- 11 C6** Síntesis de Circuitos Secuenciales Sincrónicos.
- 12 Cp3** Ejercitación sobre Síntesis de Circuitos Secuenciales Sincrónicos detectores y contadores.
- 13 C7** Contadores Asincrónicos Monolíticos.
- 14 C8** Contadores Sincrónicos Monolíticos.
- 15 Cp4** Ejercitación con Contadores Asincrónicos Monolíticos.
- 16 Cp5** Ejercitación con Contadores Sincrónicos Monolíticos.
- 17 Cp6** Ejercitación con Contadores Sincrónicos Monolíticos.
- 18 Ls3** Simulación de un Sistema utilizando Contadores Sincrónicos Monolíticos.
- 19 Lp2** Montaje y comprobación de un Sistema Contador.
- 20 C9** Registros de Desplazamiento Monolíticos.
- 21 Cp7** Ejercitación con Registros de Desplazamiento Monolíticos.
- 22 Cp8** Ejercitación con Registros de Desplazamiento Monolíticos.
- 23 PP1** Multivibradores, Síntesis de Circuitos Secuenciales Sincrónicos y aplicaciones con contadores y registros de desplazamiento monolíticos.

**** ***** TEMA II *******

- 24 C10** Memorias de Semiconductores.
- 25 C11** Memorias de Semiconductores.
- 26 Cp9** Ejercitación con Memorias de Semiconductores.
- 27 Ls4** Simulación y comprobación del funcionamiento de algunas Memorias.
- 28 C12** Dispositivos Lógicos Programables y Lenguaje de Descripción de Hardware (VHDL).
- 29 Ls5** Modularidad
- 30 Ls6** Diseño y simulación de circuitos contadores en VHDL
- 31 Ls7** Diseño y simulación de circuitos contadores en VHDL
- 32 Lp3** Implementación y comprobación de un contador sobre un CPLD
- 33 Ls8** Diseño y simulación de registros de desplazamiento en VHDL.
- 34 Ls9** Diseño y simulación de circuitos secuenciales en VHDL.
- 35 Lp4** Implementación de hardware secuenciales sobre un CPLD.
- 36 Ls10** Implementación de un Sistema Digital
- 37 Ls11** Implementación de un Sistema Digital
- 38 Ls12** Implementación de un Sistema Digital
- 39 Ls13** Implementación de un Sistema Digital
- 40 PP2** Evaluación de HDL.

Sistema de evaluación:

- Se harán evaluaciones orales en algunas conferencias, con calificación.
- Evaluaciones orales y escritas en:

TEMA I

(Ls1, Cp2, Ls2, Lp1, Cp4, Cp6, Ls3, Lp2, Cp8)

TEMA II

(Cp9, Ls4, Ls8, Lp3, Lp4)

Evaluación parcial:

- Prueba parcial de dos horas escrito, en el final del tema uno.
- Prueba parcial de dos horas oral y práctica, en el final del tema dos.

Evaluación final:

- Examen final escrito.

BIBLIOGRAFÍA

Texto básico:

1. Wakerlly J. F., “Digital Design. Principles and Practices.”, *Segunda edición, Prentice-Hall, 1994.*

Anexo I.6: Encuesta para el diagnóstico inicial del conocimiento sobre la habilidad de diseñar por parte de los estudiantes.

ENCUESTA

Estimado estudiante, la presente tiene como objetivo, tu aporte anónimo al perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Electrónica Digital, en particular en lo que se refiere al desarrollo de la habilidad de diseño como uno de los objetivos fundamentales a lograr por ustedes al finalizar las mismas.

Esta encuesta es anónima, además, puede ser respondida en grupo (hasta 5) después de un proceso de análisis y consenso.

Agradecemos tu importante colaboración.

Datos Generales

Estudiante (si es uno solo)_____

Grupo de Estudiantes(señalar cantidad)_____

Introducción

Algunos profesionales y profesores de Electrónica definen la habilidad de diseño electrónico digital como:

M. Morris Mano: “La creación de sistemas con dispositivos y componentes digitales, lo que confirma la complejidad de estos.....”

John F. Wakerly: “El diseño digital es ingeniería, e ingeniería es solucionar un problema...”

Teniendo como referente general estas ideas analice(n) y conteste(n) las siguientes preguntas:

Preguntas:

1. ¿Tienes alguna idea de lo que significa diseñar en general?: Sí ____ No ____
2. ¿Pudieras comentar brevemente que significa para ti diseñar?. (al dorso).
2. ¿Has diseñado algo en el transcurso de tu carrera?: Sí ____ No ____
3. ¿Has realizado en alguna asignatura una actividad parecida a lo que entiendes por diseñar?. Sí ____ No ____ . En caso afirmativo, comenta brevemente.
4. ¿Te ha gustado este tipo de actividad?. Sí ____ No ____ Me da igual ____
5. ¿Has seguido algunos pasos para solucionarlo?. Sí ____ No ____ . Comenta sobre ello.
7. ¿Has visto diseñar a tus compañeros de años superiores?. Sí ____ No ____
8. ¿Consideras atractiva la actividad de diseñar con dispositivos y componentes electrónicos?. Sí ____ No ____ . En caso afirmativo, comenta sobre ello.
9. ¿Qué aspectos en general consideras fundamentales para resolver un problema o diseñar en ingeniería?. Comenta.

Anexo I.7 Resultados de la encuesta-diagnóstico inicial acerca del conocimiento, por parte de los estudiantes, de la habilidad diseñar.

Preg.	Respuestas	
	Curso 03-04	Curso 04-05
1	100%	100%
2	<ul style="list-style-type: none"> . Montar un circuito que cumpla con las funciones requeridas. . Analizar un problema y definir los pasos para ejecutar su solución. . Crear un circuito que responda a los requisitos especificados. . Construir algo que responda a los requerimientos del problema teniendo en cuenta el costo, el tiempo y el valor social. 	<ul style="list-style-type: none"> . Montar un circuito que cumpla con las funciones requeridas. . Construir un amplificador. . Analizar un problema y definir los pasos para ejecutar su solución. . Solucionar un problema de forma práctica y barata. . Proponer soluciones a un problema. . Crear un circuito que responda a los requisitos especificados.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (90%) - No (10%) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (86 %) - No (14%)
4	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (100%) - No <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . En la asignatura de Física. . En Programación C. . En Circuitos Eléctricos I. . En Electrónica Analógica I. . En la asignatura Integradora 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (95%) - No <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . En Física. . En Electrónica Analógica I. . En Ingeniería en Tele (Integradora).
5	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (100%) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (100%)
6	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (90%) - No (5%) <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Analizar y determinar el problema, hacer una descripción lógica y matemática del mismo aplicando los conocimientos adquiridos. . No hay un esquema general de pasos y para cada asignatura utilizamos los conocimientos. . Muchas veces piden la solución, pero no dan los pasos lógicos para lograrlo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (75%) - No (10%) <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Sin los pasos no podemos lograrlo. . No se ha seguido un algoritmo específico. . Muchas veces piden la solución, pero no dan los pasos lógicos para lograrlo. . Utilizar los conocimientos y luego simular o montar y comprobar.
7	<ul style="list-style-type: none"> - A muchos - A pocos (25 %) - A ninguno (75 %) 	<ul style="list-style-type: none"> - A muchos - A pocos (35 %) - A ninguno (65 %)
8	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (100 %) - No <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Es emocionante ver cómo funcionan las cosas. . Es la forma práctica de ver cómo funcionan las cosas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí (100 %) - No <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Es atractivo el “cacharreo”. . Combino la teoría con la práctica. . Puedo solucionar problemas de la vida cotidiana.

	<ul style="list-style-type: none"> . Desarrollo habilidades necesarias para solucionar un problema. . Con la práctica se entiende mejor la teoría. . Es atractivo poder montar y crear lo que damos en la teoría aunque al final no tenga tanto uso. . Nos vemos frenados por la falta de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> . Es la práctica la parte más importante de la teoría. . Porque podemos hacer cosas nuevas con nuestros propios conocimientos. . Necesitamos medios y componentes para montar los circuitos.
9	<p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Los conocimientos teóricos, dominio de herramientas de simulación y componentes electrónicos. . Darle solución a un problema de la manera más óptima, eficiente y económica, como mucho ingenio. . Analizar el problema y darle solución con los conocimientos adquiridos. 	<p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Conocer la teoría, relacionarse con el problema, tener herramientas de ayuda al diseño virtual y real, y laboratorios con componentes. . Primero que nada tener claro qué es lo que se quiere hacer, analizar el problema y proponer posibles soluciones, tener en cuenta los recursos para solucionar el problema. . Saber qué es lo que se quiere, con qué cuentas y si es práctico o no solucionarlo.

Anexo II.1 Propuesta de problemas a solucionar mediante la actividad de diseño electrónico digital (diseñar) y resumen de algunas descripciones de las etapas por las cuales transitaron para su solución los estudiantes.

Electrónica Digital I

- A) Diseñe un circuito capaz de determinar para tres valores digitales, de 4 bits cada uno, (A, B, C), el valor mayor y el menor. Comente "como si estuviera pensando en voz alta", las etapas por las cuales transita para lograr el objetivo.

Electrónica Digital II

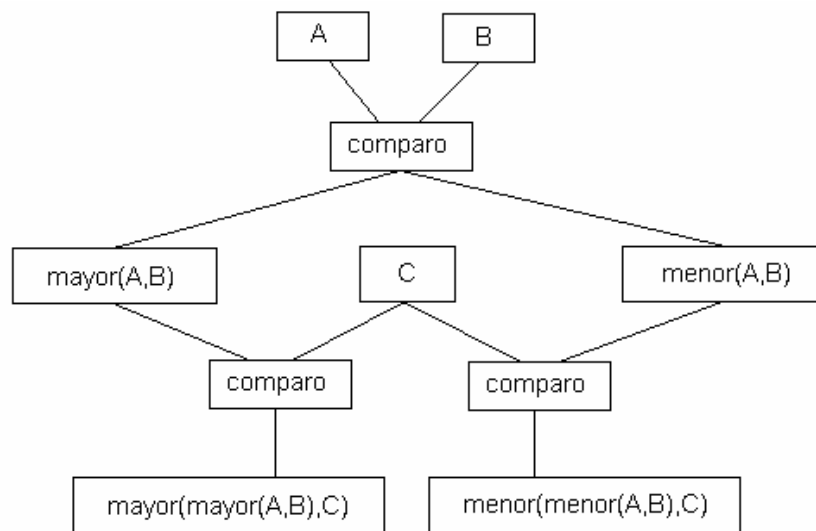
- B) Diseñe un procesador digital secuencial sincrónico (PSD) capaz de determinar el menor de un conjunto indeterminado de datos de 4 bits. La transferencia de los datos desde el exterior ocurre a través de un protocolo entre las señales L y R. Cuando L=1 hay un nuevo dato. El sistema responde con R=1, de manera que el sistema que envía los datos reconocerá esta respuesta y colocará L=0, con lo que el sistema bajo diseño responde con R=0, repitiéndose el proceso mientras exista un nuevo dato. El proceso se inicia con S=1 y termina con S=0.

NOTA: Responda el problema comentando las acciones y conocimientos necesarios para, mediante el diseño, darle solución.

Resumen de descripciones:

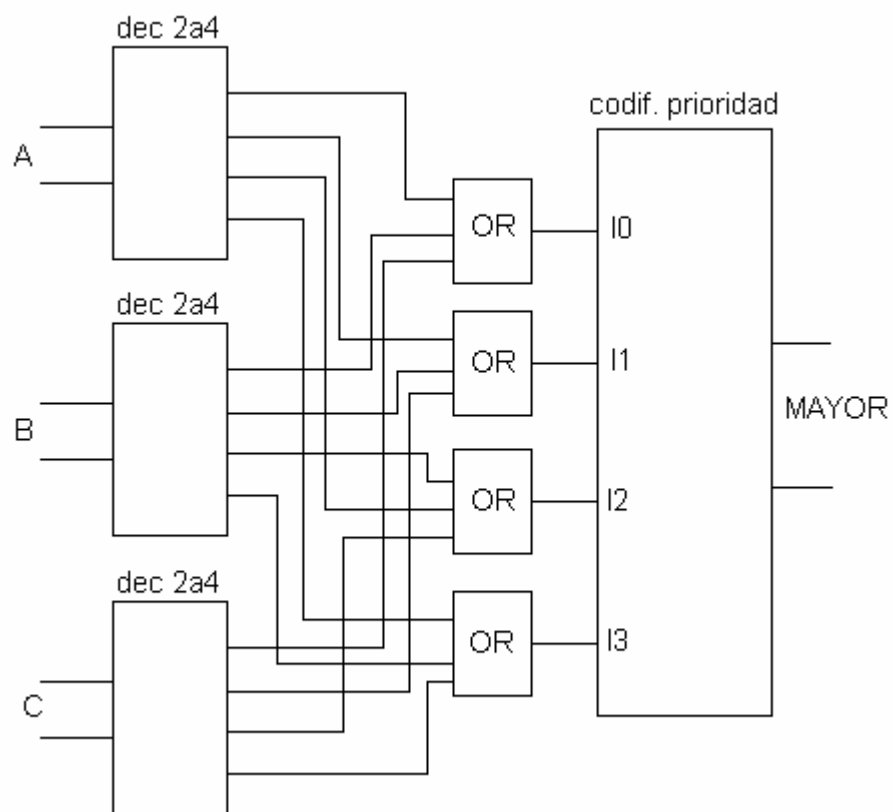
Del problema A):

- **Grupo X:** Consideramos que lo primero que hicimos fue **leer bien** el problema y **orientarnos** en lo que teníamos que hacer. **Interpretamos** como intermedio aquel valor que no es ni el mayor ni el menor, por lo que esto exige una comparación, y como **conocemos dispositivos MSI** comparadores (7485), por ahí podemos ir empezando a darle solución al problema. Nos dimos cuenta que diseñar la solución no era fácil porque la comparación era de dos en dos y había que ir seleccionando con cuál no íbamos a quedar cada vez que comparamos. Entonces tuvimos que dejar de **dibujar la solución** del circuito y **hacer un gráfico** que representara cómo se iba a ir comparando y seleccionando. También sabíamos que la selección la podemos hacer con el MSI 74157. El gráfico que hicimos fue éste:



Luego nos fue muy fácil implementar con pastillas MSI ese **algoritmo**, utilizando solamente comparadores (tres 7485) y selectores (cuatro 74157). Lo **diseñamos en el OrCAD** y lo **simulamos** con excelentes resultados.

- **Grupo Y:** Nos pusimos a **pensar en cómo solucionar el problema** y vimos que era necesario comparar las magnitudes de las combinaciones binarias de los 4 bits de cada uno de los datos de entrada. Hicimos **una primera variante** a partir de un **algoritmo** de comparaciones sucesivas, pero nos resultó muy **aburrido** y pensamos que no era muy eficiente. Decidimos **buscar otra solución** y nos **recordamos** de que **conocíamos que el codificador de prioridad** es capaz de representar a su salida el código de la línea de entrada con subíndice de mayor peso. Luego si decodificamos cada una de las entradas de datos de 4 bits (decodificador de 4 a 16, 74154) y les hacemos un OR de cada salida respectiva de estos tres decodificadores y la salida de cada una de las OR la conectamos a un decodificador de prioridad, a la salida del mismo tendremos de vuelta el código de la línea de mayor prioridad que representa el mayor de los tres valores de A, B y C. El menor es muy fácil si pensamos que se puede hacer otro subsistema igual pero ahora con los valores negados de A, B y C y con la salida de codificador de prioridad negado. Esta idea surgió de **pensar el verdadero significado de lo que significa mayor ó menor asociado al peso en binario de cada dato**. Primero **lo probamos** como si los datos fueran de dos bits solamente (ver gráfica) y luego que **lo “simulamos” en el papel** y vimos que funcionaba, pasamos a **diseñarlo en el OrCAD** y **comprobar la simulación** sin dificultades. Algo que también nos pareció superior en nuestra solución es que con nuestra variante el sistema es “cascadeable”, se puede ampliar a datos de mayor cantidad de bits utilizando el mismo algoritmo, incluso a más de tres datos.



- **Grupo Z:** Cuando empezamos a **analizar el problema** nos dimos cuenta que había que comparar, que **los conocimientos** que teníamos de dispositivos MSI nos permitían trabajar con el 7485, pero vimos la dificultad de que éste sólo compara dos datos de cuatro bits, por lo que para solucionar el problema teníamos que hacer comparaciones

sucesivas, que es lo mismo que comparadores en cascada. Consideramos **que esta variante de solución era algo tediosa** y nos pusimos a **pensar otra manera** de darle solución como si tuviéramos la posibilidad de comparar los tres datos de una vez. Analizando esto llegamos a que, con tres datos (A, B, C) podemos formar 6 posibles combinaciones en dependencia de quién es el mayor y el menor de ellos, como si estuviesen ordenados. Entonces hicimos una tabla:

Combinación	menor	mayor
$A < B < C$	A	C
$A < C < B$	A	B
$B < A < C$	B	C
$B < C < A$	B	A
$C < A < B$	C	B
$C < B < A$	C	A

De los conocimientos básicos que tenemos del VHDL vimos que era muy fácil describir mediante sentencias: **if** (condición) **then** (sentencia1; sentencia2) **end if**, las seis condiciones. **Como la herramienta OrCAD genera una compilación de lo que uno le describe en VHDL**, no nos hace falta hacer la implementación del diseño en MSI, sino dejar que el OrCAD realice la misma.

La **dificultad mayor que vemos en esta solución**, es para si son más de tres datos, pues el número de combinaciones se incrementa (factorialmente), pero si se hiciera con comparadores, también se incrementaría el mismo.

Otra **ventaja de esta variante** es que, además de obtener el mayor y el menor, se puede dar una salida con el valor intermedio, es decir se pueden dar a la salida los datos ordenados.

Todo esto **lo probamos en el OrCAD y simulamos tanto la descripción en VHDL, como la compilación que hizo OrCAD hacia una pastilla (simulación TIMED)** y todo dio bien.

Del problema B):

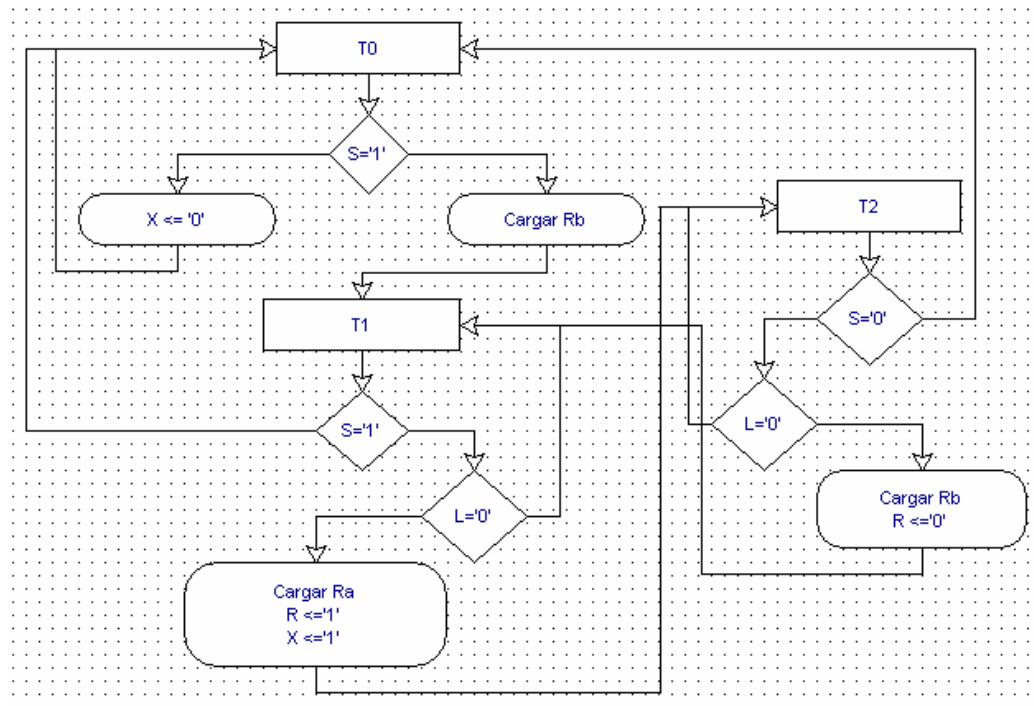
- **Grupo X)**: Para el diseño, el primer paso es tratar de **detallar el problema** que se nos plantea, en este caso realizar el diseño de un procesador digital secuencial síncrono (ASM), capaz de determinar el menor de una lista de datos de cuatro bits...

La primera etapa antes mencionada nos da información en cuanto a **la estructura del circuito general**, pues todos los ASM constan de dos bloques funcionales: la lógica de control y el procesador de datos. El primero consta de ..., el segundo de ...

Del análisis y la comprensión de las especificaciones anteriores nos damos cuenta que el sistema cuenta con 8 estados, a partir de los cuales gira la ejecución del problema...

A partir del algoritmo descrito y especificado en la explicación de los bloques ASM (ver figura), se determina el **diagrama de estados**, que es el que permite obtener las ecuaciones lógicas de cada estado....

Una vez hecho lo anterior se puede **conformar un circuito general del ASM** del problema que es el punto clave y final que nos propusimos desarrollar.



- **Grupo Y):** Para dar solución adecuada al problema planteado, llevamos a cabo una metodología para el diseño de la arquitectura capaz de procesar información y manipular datos, es decir, nos concentramos en la obtención de un procesador digital secuencial síncronico.

El primer paso consistió en realizar un análisis de lo que se nos pedía, de las características del protocolo de comunicación utilizado e identificamos las variables de entrada y salida. A partir de esto discutimos algunas variantes de la composición de la estructura general del bloque ASM. Se hizo necesario apoyarnos en un sistema de conocimientos adquiridos en la Electrónica Digital I, que nos permitía obtener el menor dato de entre dos valores y luego, con lo adquirido en la Digital II, ver cómo repetíamos este proceso para una lista de datos...

Luego procedimos a la modelación del diseño, descomponiendo el bloque ASM en uno que se encargara de la lógica de control y otro del procesador de datos. La estructura de este último nos permitió razonar y obtener el algoritmo ASM, a partir del cual se extrae el diagrama de estados y se construye la tabla que determina las ecuaciones de la lógica de control.

A partir del algoritmo también obtuvimos las ecuaciones de control de los bloques MSI que van a formar parte del procesador de datos....

- **Grupo Z):** Para realizar cualquier diseño, el primer paso es especificar bien el problema, aclararnos todo lo posible de qué es lo que hay que resolver, qué es lo que nos piden. Para el caso de este ejercicio se no pide diseñar un PSD capaz de determinar el menor de una lista de datos de 4 bits...

Esta primera etapa nos revela información en cuanto a la estructura del circuito...este último debe tener dos registros de 4 bits de los cuales uno nos va a almacenar el dato menor que es comparado con el nuevo dato, lo que se realiza con un comparador de 4 bits ya conocido de la Digital I...

Además, para implementar la lógica de control es necesario modelar antes, en un algoritmo ASM los estados del PDSS...

Del análisis y la comprensión de las especificaciones nos damos cuenta que el sistema debe presentar tres estados, los cuales podemos llamar como: estado de apagado, estado en espera del nuevo dato y el estado de procesamiento del dato...

A partir del algoritmo se determina el diagrama de estado que es el que permite **obtener las ecuaciones lógicas** de cada estado, para obtener las ecuaciones lógicas del procesador de datos hay que **analizar las características de las señales** de control propias de cada componente....

También no queríamos finalizar sin mencionar que **la realización de este diseño fue posible gracias a los conocimientos adquiridos sobre el funcionamiento** de los circuitos sincrónicos, el trabajo con componentes combinacionales MSI, así como el **desarrollo de habilidades en la confección de los diagramas ASM, de diagramas de estado y del manejo del álgebra de Boole.**

- **Grupo W):** Para solucionar el problema planteado seguimos una serie de pasos que los podemos sintetizar en:

Interpretación del problema: Para solucionar el problema planteado, necesitamos de que el dato entrante sea guardado para ser comprado con el próximo. Luego de esta comparación...

Para la realización de estas operaciones necesitamos contar con dos registros...

Modelación: Para modelar el problema debemos convertir las acciones y verbos del análisis del problema, en elementos realizables mediante dispositivos electrónicos, por ejemplo, la acción de entrar el dato se convierte en cargar un registro; seleccionar el menor de dos datos se realiza con un comparador...

Luego podemos describir un algoritmo que exprese la secuencia de acciones que obtuvimos del análisis del problema...

Implementación: Para la implementación y solución del problema planteado, hacemos uso de las herramientas de ayuda al diseño y del algoritmo ASM que realizamos. Es importante que el diseño se describa y simule en OrCAD para comprobar el mismo.

Anexo II.2 Invariantes de conocimientos y formas de representación de los mismos

A) Subsistema Combinacional

Tipo de variable: Lógica

Ejemplo: Para tomar la decisión de que sea válida la puntuación del jurado (salida Z), debe suceder que en las entradas que representan a cada uno de los 3 jueces (A B C) se presenten mas valores verdaderos que falsos.

Especificación del problema: El valor de Z será verdadero (1) si A y B son 1 ó A y C son 1 ó B y C son 1 ó A y B y C son 1.

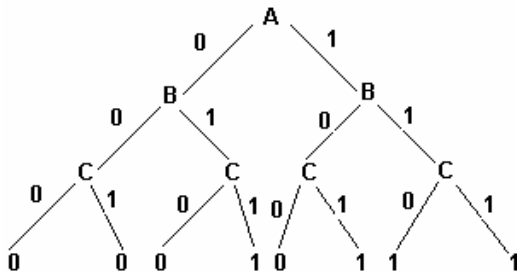
Tabla de Verdad (modelo):

Entradas			Salida
A	B	C	Z
1	1	0	1
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1
Para el resto			0

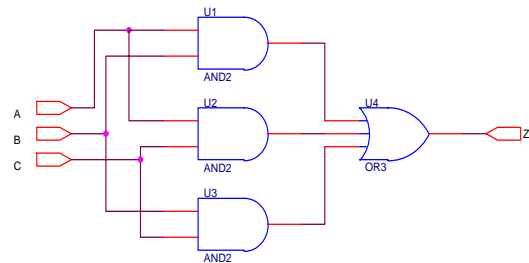
Expresión Lógica (modelo):

$$Z(A, B, C) = BC + AC + AB$$

Diagrama de Decisión Binaria (modelo):



Esquemática (descripción):



Lenguaje de Descripción de Hardware (HDL)

(descripción):

Entity mayoría is

port(A: In std_logic;

B: In std_logic;

C: In std_logic;

Z: Out std_logic);

End mayoría

Architecture behavioral of mayoría is

begin

process(A, B, C)

begin

case A&B&C is

when "110" => Z <= '1';

when "101" => Z <= '1';

when "011" => Z <= '1';

when "111" => Z <= '1';

when others => Z <= '0';

end case;

end process;

end behavioral;

B) Subsistema Combinacional

Tipo de variable: Digitalizada

Ejemplo: Los valores A y B representan, en binario de 4 dígitos, la distancia respecto al origen de dos cuerpos. Determine cuál de ellos se encuentra más alejado del origen.

Especificación del problema: Estará más alejado del origen aquel valor binario que sea mayor. Luego se necesita comparar A con B y colocar en la salida Z el mayor de ellos.

Tabla de funcionamiento (modelo):

Condición	Salida (Z)
$A > B$	A
$A < B$	B
$A = B$	A ó B

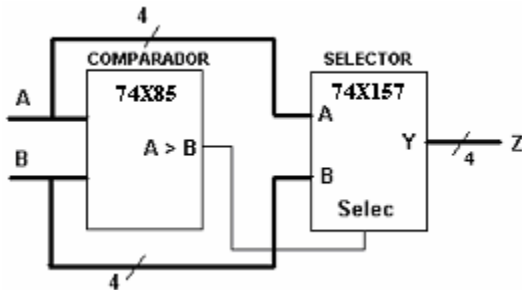
Expresión Lógica Generalizada (modelo):

$$Z = (A > B).A + (A > B)'.B$$

Architecture behavior of mayordeAB is

```
begin
  process (A, B)
    begin
      if A > B then
        Z <= A;
      else
        Z <= B;
      end if;
    end process;
  end behavior;
```

Esquemática (descripción):



Lenguaje HDL (descripción):

```
Entity mayordeAB is
  port( A, B : In std_logic_vector(3 downto 0);
        Z : Out std_logic_vector(3 downto 0);
  end mayordeAB;
```


C) Subsistema Secuencial Asincrónico

Tipo de Variable: Lógica

Ejemplo: Se tienen dos señales de 1 bit (X1 y X2) que varían en el tiempo de forma no sincrónica. Se desea activar la salida (Z), cuando la señal X1 sea verdadera antes que X2 y mantener la salida en 1 hasta que ambas entradas vuelvan a 0. Nota: X1 y X2 no cambian simultáneamente.

Especificación del problema: El problema es secuencial porque el valor de la salida depende del orden en que se presenten las combinaciones de entrada. Un análisis del mismo requiere de su modelación mediante un diagrama de estados que reúna todas las posibles secuencias de las combinaciones de entrada y el valor correspondiente de la salida.

Diagrama (Grafo) de Estados (modelo):

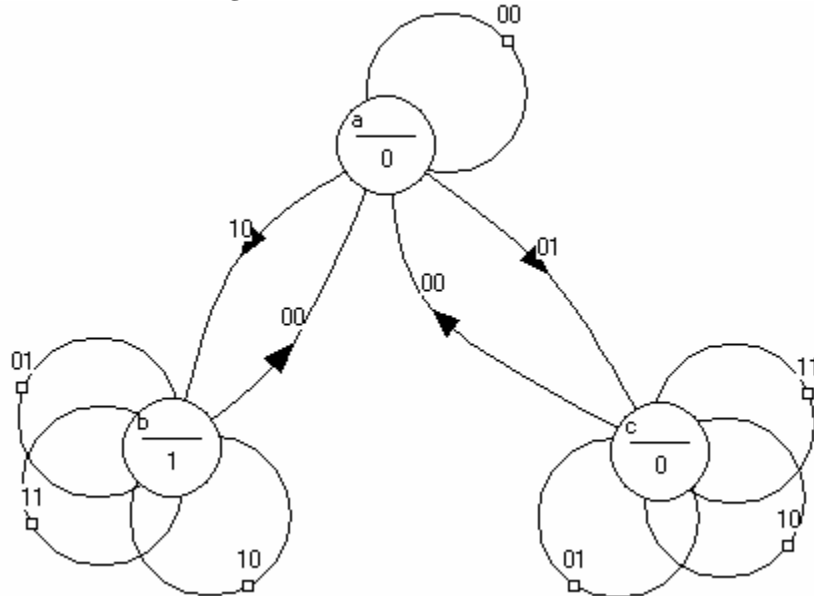
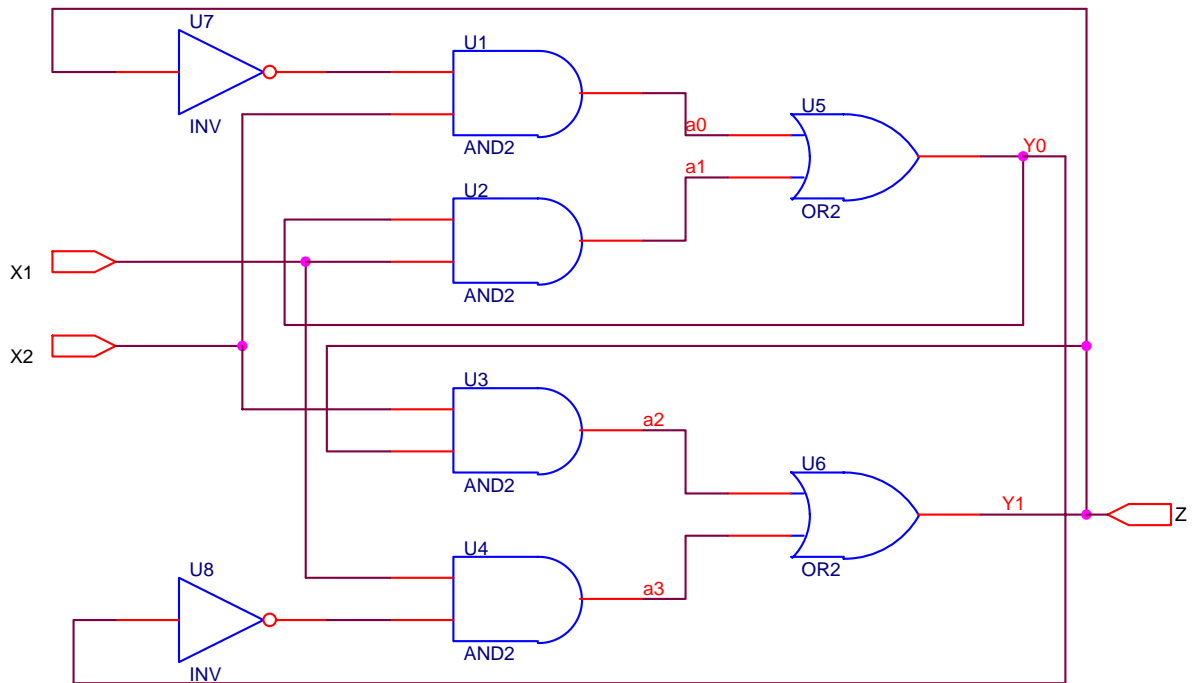


Tabla de Estados-Salida(modelo):

Estado Presente	Entradas x1 x2	Estado Siguiente	Salida Z
a	00	a	0
a	10	b	-
a	01	c	-
b	10	b	1
b	11	b	1
b	01	b	1
b	00	a	-
c	01	c	0
c	11	c	0
c	10	c	0
c	00	a	-

Esquemática (descripción):



Lenguaje HDL (descripción):

```

Entity x1primero is
    Port (X1, X2: In std_logic;
          Z : Out std_logic);
End x1primero;
Architecture funcional of x1primero is
    type estados is (a, b, c);
    signal ep, es : estados;
Begin
    Process(X1, X2, ep)
    Begin
        Case ep is
            When a =>
                Z <= '0';
                Case X1 & X2 is
                    When "00" => es <= a;
                    When "01" => es <= c;
                    When "10" => es <= b;
                    When others => null;
                End case;
            When b =>
                Z <= '1';
                Case X1 & X2 is
                    When "00" => es <= a;
                    When "01" => es <= b;
                    When "10" => es <= b;
                    When "11" => es <= b;
                    When others => null;
                End case;
        End case;
    End process;
End funcional;

```

```

When c =>
    Z <= '0';
    Case X1 & X2 is
        When "00" => es <= a;
        When "01" => es <= c;
        When "10" => es <= c;
        When "11" => es <= c;
        When others => null;
    End case;
End case;
End process;
Process (es)
    Begin
        ep <= es;
    end process;
end functional;

```

D) Subsistema Secuencial Sincrónico:

Tipo de Variable: Lógica

Ejemplo: Se necesita implementar un sistema capaz de identificar la secuencia 110 en una línea, activando una salida Z.

Especificación del problema: El problema se corresponde con un circuito secuencial del tipo síncrono ya que en una línea la presencia de 11 debe interpretarse como un 1 durante dos intervalos o períodos de reloj. Un análisis del mismo requiere de su modelación mediante un diagrama de estados que reúna todas las posibles secuencias de la entrada y el valor correspondiente de la salida.

Diagrama (Grafo) de Estados (modelo):

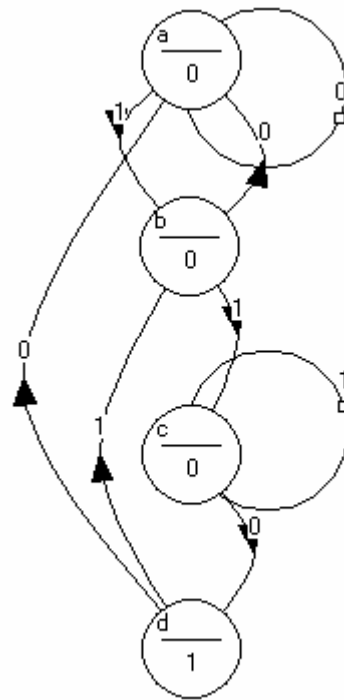
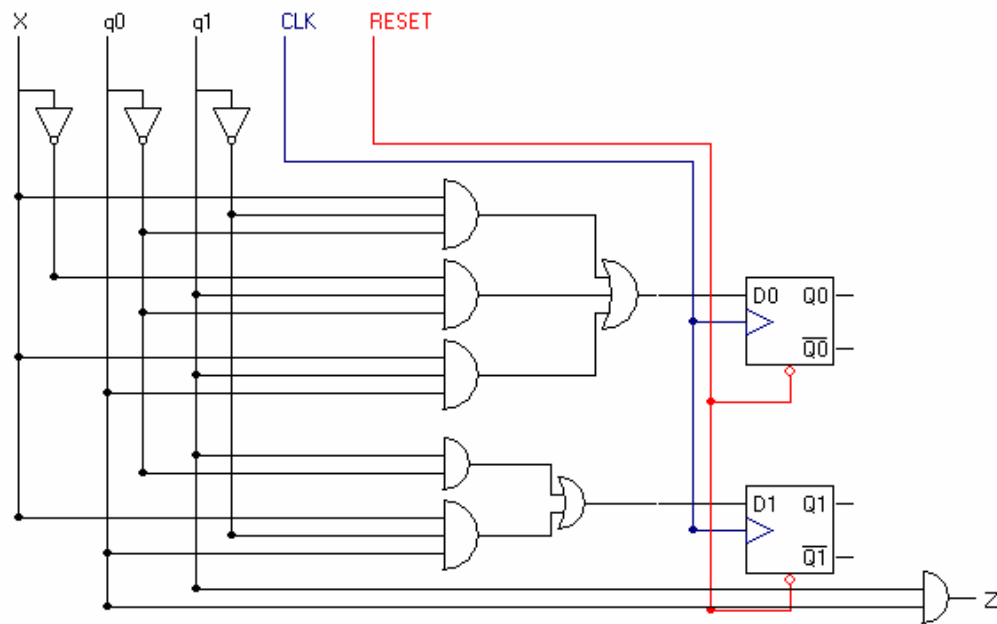


Tabla de Estados-Salida (modelo):

Estado Presente	Entrada X	Estado Siguiente	Salida Z
a	0	a	0
a	1	b	0
b	0	a	0
b	1	c	0
c	0	d	0
c	1	c	0
d	0	a	1
d	1	b	1

Esquemática (descripción):



Lenguaje HDL (descripción):

```

entity dectsec is
  Port (
    reset: in std_logic;
    clk: in std_logic;
    X: in std_logic;
    Z: out std_logic
  );
end dectsec;

architecture behavioral of dectsec is

  type nombres_estados is (a, b, c, d);
  signal estado: nombres_estados;

begin

  process(reset, ck)
  begin
    if reset='1' then
      estado<=a;
    elsif clk='1' and clk'event then
      case estado is
        when a =>
          case X is
            when '0' => estado<=a;
            when '1' => estado<=b;
            when others => estado<=a;
          end case;
        when b =>
          case X is
            when '0' => estado<=b;
            when '1' => estado<=c;
            when others => estado<=b;
          end case;
        when c =>
          case X is
            when '0' => estado<=c;
            when '1' => estado<=d;
            when others => estado<=c;
          end case;
        when d =>
          case X is
            when '0' => estado<=d;
            when '1' => estado<=a;
            when others => estado<=d;
          end case;
      end case;
    end if;
  end process;

  Z <= X and estado = a;

end architecture behavioral;

```

```

        when b =>
            case X is
                when '0' => estado<=a;
                when '1' => estado<=c;
                when others => estado<=a;
            end case;
        when c =>
            case X is
                when '0' => estado<=d;
                when '1' => estado<=c;
                when others => estado<=a;
            end case;
        when d =>
            case X is
                when '0' => estado<=a;
                when '1' => estado<=b;
                when others => estado<=a;
            end case;
        when others => estado<=a;
    end case;
end if;
end process;

process(estado)
begin
    case estado is
        when a =>
            Z<='0';
        when b =>
            Z<='0';
        when c =>
            Z<='0';
        when d =>
            Z<='1';
    end case;
end process;

end behavioral;

```

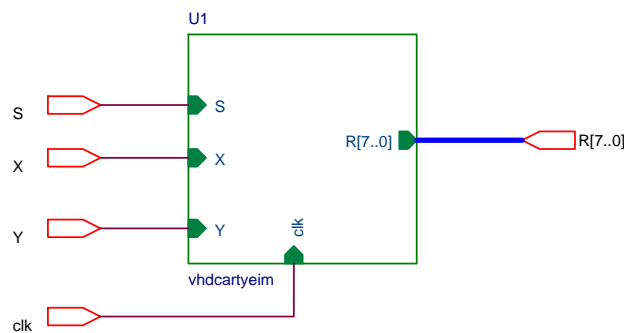
E) Subsistema Secuencial Sincrónico:

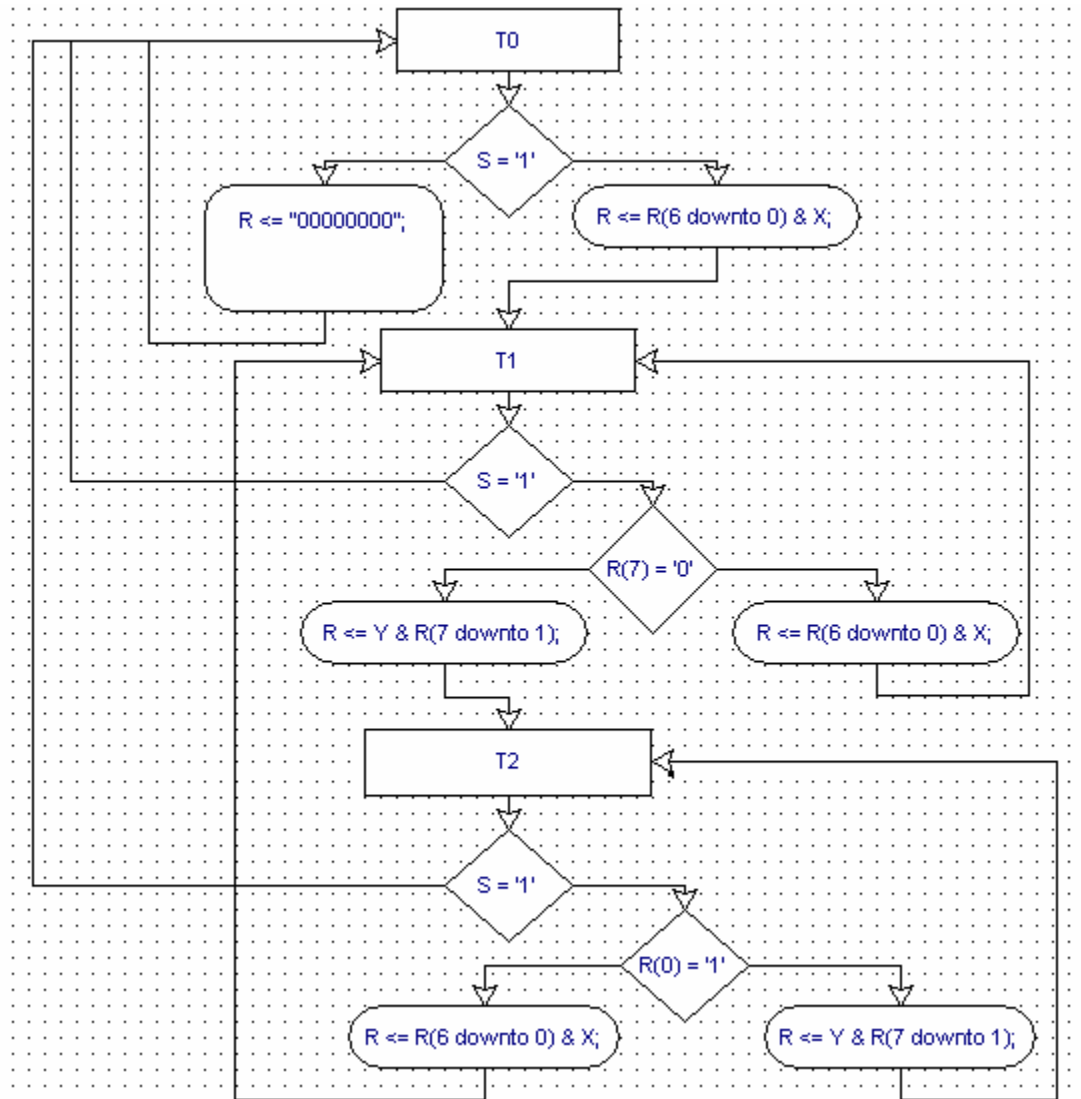
Tipo de Variables: Digitalizadas (datos) y Lógicas.

Ejemplo: Se desea diseñar un sistema digital que a partir del momento en que una señal S (inicio) se active ($S = 1$), una salida de 8 bits comience a llenarse de 1s secuencialmente. Cuando todos los bits de salida sean 1, la salida debe comenzarse a llenarse de 0s. El proceso se mantendrá cíclicamente mientras la señal S esté activa, de lo contrario se colocarán todos los bits de salida a 0.

Especificación del problema: El sistema está compuesto por una salida de 8 bits que cambia su valor secuencialmente y que, cuando $S = 0$ todos sus bits van a 0. **El módulo secuencial típico que realiza esta función es el registro de desplazamiento.** Dicho registro debe llenarse de 1s y 0s secuencialmente mientras $S = 1$ o borrarse cuando $S = 0$, de manera que la señal S y el estado del registro (lleno de 1s ó lleno de 0s) controlan al propio registro. **Como en el sistema se están procesando datos a partir de señales de control y del estado de los propios datos,** la estructura que permite esto se denomina: Procesador Secuencial Sincrónico de 1 nivel Cableado o **Máquina de Estado Algorítmico (ASM)**, correspondiéndose con esta la metodología que se desarrolla a continuación.

Esquema General (modelo):





Algoritmo ASM (modelo):

Descripción HDL

```

entity asm1 is
  port (clk: in std_logic;
        S: in std_logic;
        X, Y: in std_logic;
        R: out std_logic_vector(7 downto 0)
  );
end asm1;
architecture behavior of asm1 is
  type state is (T0, T1, T2);
  signal ps: state;
  signal s_X, s_Y: std_logic;
  signal s_R: unsigned (7 downto 0);
begin
  -- type conversion

```



```

s_X <= X;
s_Y <= Y;
R <= std_logic_vector(s_R);
process(clk)
begin
    if clk = '1' and clk'event then
        case ps is
            when T0 =>
                if S = '1' then
                    s_R <= s_R(6 downto 0) & s_X;
                    ps <= T1;
                else
                    s_R <= "00000000";
                    ps <= T0;
                end if;
            when T1 =>
                if S = '1' then
                    if s_R(7) = '0' then
                        s_R <= s_R(6 downto 0) & s_X;
                        ps <= T1;
                    else
                        s_R <= s_Y & s_R(7 downto 1);
                        ps <= T2;
                    end if;
                else
                    ps <= T0;
                end if;
            when T2 =>
                if S = '1' then
                    if s_R(0) = '1' then
                        s_R <= s_Y & s_R(7 downto 1);
                        ps <= T2;
                    else
                        s_R <= s_R(6 downto 0) & s_X;
                        ps <= T1;
                    end if;
                else
                    ps <= T0;
                end if;
        end case;
    end if;
end process;
end behavior;

```

Anexo II.3 Programas analíticos de las asignaturas Electrónica Digital I y II

PROGRAMA ANALÍTICO

Asignatura: Electrónica Digital I.

Disciplina: Electrónica.

Carrera: Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

Centro: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Datos Generales:

Tiempo total: 64 horas.

Año en que se imparte: Tercero.

Semestre: Primero.

Examen Final: SÍ

Resumen Temático:

	Relación de Temas	Conf.(h)	C.P.(h)	Sem.(h)	Lab.Hw.(h)	Lab.Sw.(h)	Eval.(h)	Total
I	Introducción al Álgebra de Boole.	4	4		2	-	2	12
II	Circuitos Integrados Digitales.	4	2	2	2	-	-	10
III	Diseño y Análisis de Sistemas Combinacionales con dispositivos de SSI.	4	4	2	-	2	-	12
IV	Diseño y Análisis de Sistemas Combinacionales con dispositivos de MSI.	4	4	2	2	2	2	16
V	Diseño de Sistemas Combinacionales con dispositivos de LSI.	4	2	2	-	4	2	14
		20	16	8	6	8	6	64

Relación de Temas:

Tema I. Introducción al álgebra de Boole.

Fondo de tiempo: 12 horas (C4h, CP4h, LR2h, EP2h).

Objetivos:

1. Diseñar y analizar, a partir de las funciones básicas del Álgebra de Boole, esquemas combinacionales uniterminales con funciones AND, OR y NOT.
2. Representar la Tabla de Verdad de una función a partir de la descripción verbal de un problema.
3. Expresar e interpretar las Tablas de Verdad, las formas canónicas y las formas compactas de una función de conmutación; tanto en forma esquemática como en lenguaje de descripción de hardware (estructuras behavioral y dataflow).
4. Simplificar funciones combinacionales, aplicando los postulados y teoremas básicos.
5. Implementar funciones combinacionales uniterminales con conjuntos universales NAND y NOR.
6. Explotar el OrCAD 9.0 en los aspectos relacionados con la descripción esquemática, VHDL, y en la simulación digital.

Conocimientos:

Introducción al álgebra de Boole. Funciones básicas. Teoremas y Postulados. Tablas de Verdad. Función de conmutación. Representación con funciones básicas. Descripción en el lenguaje de hardware VHDL IEEE-1076/87 (behavioral y dataflow).

Tema II. Circuitos Integrados Digitales.

Fondo de tiempo: 10 horas (C4h, CP2h, S2h, LR2h)

Objetivos:

1. Explicar el funcionamiento de las celdas básicas CMOS.
2. Describir los parámetros eléctricos más importantes de la familia CMOS.
3. Comparar las subfamilias CMOS.

4. Implementar funciones combinacionales uniterminales con compuertas universales NAND y NOR comerciales, comparando costos de realización.
5. Comprobar los parámetros eléctricos en el laboratorio.
6. Describir las características fundamentales de las tecnologías de bajo voltaje.

Conocimientos:

Circuitos Integrados Digitales. Tecnología CMOS. Celda Básica CMOS. Parámetros eléctricos estáticos y dinámicos. Compuertas básicas con CMOS. Compuerta de Transmisión. Lógica de Tercer estado. Subfamilias CMOS. Tecnología CMOS de bajo voltaje.

Tema III. Diseño y Análisis de Sistemas Combinacionales con dispositivos SSI.

Fondo de tiempo: 12 horas (C4h, CP4h, S2h, LmC2h)

Objetivos:

1. Diseñar sistemas combinacionales uni y multiterminales mínimos aplicando el método de los mapas de Veitch-Karnaugh.
2. Diseñar circuitos combinacionales típicos (ver conocimientos del tema) con componentes SSI. Comprobar su funcionamiento mediante simulación.
3. Analizar descripciones de circuitos combinacionales típicos en el lenguaje de descripción de hardware VHDL (IEEE-1076).
4. Simular circuitos SSI típicos con OrCAD 9.0, tanto en sus descripciones esquemáticas como en VHDL.

Conocimientos:

Redes combinacionales multiterminales. Diseño y Análisis con componentes SSI. Circuitos típicos: semisumador, sumador completo, decodificador/demultiplexor, multiplexor, codificador, convertidores de código, comparador, unidades aritmético-lógicas, etc. Métodos de simplificación. Introducción al uso del VHDL (IEEE-1076) y el OrCAD 9.0. Trabajo con las herramientas SiCoBin y Boole-Deusto.

Tema IV. Diseño y Análisis de Sistemas Combinacionales con dispositivos MSI.

Fondo de tiempo: 16 horas (C4h, CP4h, LR2h, S2h, LmC2h, EP2h)

Objetivos:

1. Interpretar el funcionamiento de los dispositivos MSI, a partir de su tabla de verdad y/o de funcionamiento.
2. Diseñar sistemas digitales sencillos con componentes MSI (ampliación de la capacidad de decodificación o multiplexación, conexión en cascada, implementación de ALUs sencillas, etc.). Comprobar mediante simulación los mismos.
3. Analizar circuitos combinacionales de media complejidad formados a partir de la interconexión de dispositivos MSI conocidos.
4. Describir en VHDL (IEEE-1076) las estructuras MSI combinacionales estudiadas, utilizando las estructuras behavioral y/o dataflow.
5. Simular circuitos con dispositivos MSI utilizando el OrCAD 9.0.

Conocimientos:

Diseño y Análisis con componentes MSI. Circuitos integrados típicos: semisumador, sumador completo, decodificador/demultiplexor, multiplexor, selector, codificador, convertidores de código, comparador, unidades aritmético-lógicas. Ampliación de la capacidad de decodificación o multiplexación, conexión en cascada, implementación de ALUs sencillas, etc. Descripción de estos en VHDL IEEE-1076. Orientación del proyecto.

Tema V. Diseño de Sistemas Combinacionales con dispositivos LSI.

Fondo de tiempo: 14 horas (C4h, CP2h, S2h, LmC4h, EP2h)

Objetivos:

1. Comparar los diferentes tipos de PLDs a partir de la clasificación general de los mismos.
2. Seleccionar, en función de la aplicación, el tipo de PLD más adecuado, tanto funcional como económicamente.
3. Representar circuitos combinacionales sencillos utilizando la representación lógica de ROMs, PLAs y PALs.
4. Diseñar circuitos combinacionales de complejidad media-alta, utilizando el lenguaje VHDL (IEEE-1076) y las herramientas EDA: OrCAD-AlteraMaxPlus II mediante una tarea extraclase en forma de proyecto.

Conocimientos:

Diseño combinacional con LSI. Introducción a los Dispositivos Lógicos Programables (PLDs). Clasificación: memorias ROM y RAM, dispositivos PLA, PAL, GAL, EPLD, CPLD y FPGA. Descripción de PLDs

combinacionales típicos. Aplicaciones. Uso del VHDL para la descripción de estas. Estrategia de diseño top-down aplicada a la solución de proyectos de media-alta complejidad con el uso de VHDL y las herramientas EDA: OrCAD-AlteraMaxPlus II.

Bibliografía:

Bibliografía Básica.

- Digital Design, Principles and Practices. John F. Wakerly. Prentice Hall. 2000.

Bibliografía complementaria.

- Dispositivos Lógicos Programables. E. Mandado, L. J. Alvarez, Ma. D. Valdés. Editorial Thomson 2002.

- VHDL made easy. David Pellerin et all. Prentice Hall. 1998.

- Digital Design. M. Morris Mano. Prentice Hall. 1994.

- Circuitos Lógicos. Nancy Blanco.

- Manual de circuitos integrados TTL. ENPES.

Herramientas Computacionales:

- OrCAD 9.0

- AlteraMaxPlus II.

- SiCoBin: (desarrollada por Ing. Boris Luis Ordúñez y MSc. Juan Pablo Barrios permite la simplificación de funciones combinacionales de varias variables y una salida).

- Boole-Deusto (desarrollada por el Dr. Javier García Zubía y colaboradores (País Vasco), facilita el diseño tanto de sistemas combinacionales como secuenciales (diagramas de estado) generando las descripciones esquemática y en VHDL de estos).

- LogicAnalyzer (desarrollada por MSc. Juan Pablo Barrios y Ing. Bernard Curtis Dodd permite representar en el display del PC, 8 señales digitales capturadas por el puerto paralelo).

Sitios de Interés:

- <http://www.digital.fie.ucv.edu.cu> (red LAN de la Facultad de Ingeniería Eléctrica)

- <http://www.ddpp.com> (Digital Design Principles and Practices. John F. Wakerly)

Leyenda:

C: Conferencias. CP: Clases Prácticas.

S: Seminarios.

LR: Laboratorios Reales.

LmC: Laboratorios de Microcomputadoras.

EP: Evaluaciones Parciales.

PROGRAMA ANALÍTICO

Asignatura: Electrónica Digital II.

Disciplina: Electrónica.

Carrera: Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

Centro: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Datos Generales:

Tiempo total: 80 horas.

Año en que se imparte: Tercero.

Semestre: Segundo.

Examen Final: SÍ

Resumen Temático:

	Relación de Temas	Conf.(h)	C.P.(h)	Sem.(h)	Lab.Hw.(h)	Lab.Sw.(h)	Eval.(h)	Total
I	Análisis y Diseño (Síntesis) de Circuitos Secuenciales Asincrónicos (CSA).	4	4		-	2	2	12
II	Multivibradores.	2	4	-	2	-	-	8
III	Análisis y Diseño de Circuitos Secuenciales Sincrónicos (CSS) con componentes SSI.	4	6	2	-	2	2	16
IV	Análisis y Diseño de CSS con componentes MSI.	2	4	-	2	2	-	10
V	Máquinas de Estado Algorítmico.	4	6	2	-	4	2	18
VI	Diseño de CSS con componentes LSI.	4	2	2	-	6	2 (LmC)	16
		20	26	6	4	16	8	80

Relación de Temas:

Tema I. Análisis y Diseño (Síntesis) de Circuitos Secuenciales Asincrónicos (CSA)

Fondo de tiempo: 12 horas (C4h, CP4h, LmC2h, EP2h).

Objetivos:

1. Explicar la necesidad del diseño de circuitos secuenciales, así como el funcionamiento de estos a partir de su esquema general.
2. Explicar las ventajas y desventajas de los CSA con respecto a los sincrónicos
3. Diseñar circuitos secuenciales asincrónicos a partir de una interpretación de la relación entre las diferentes variables que forman estos sistemas.
4. Analizar circuitos secuenciales asincrónicos a partir de una interpretación de la relación entre las diferentes variables que forman el circuito dado.
5. Modelar, mediante diagramas de estados, el funcionamiento de un sistema secuencial expresado en forma verbal.
6. Diseñar y/o Analizar CSA con realimentación directa.
7. Describir CSA utilizando la forma behavioral del VHDL.

Conocimientos:

Análisis y Diseño de Circuitos Secuenciales Asincrónicos (CSA) con realimentación directa. Metodología de diseño. Ejemplos: Latch SR, biestable D.

Tema II. Multivibradores.

Fondo de tiempo: 8 horas (C2h, CP4h, LR2h)

Objetivos:

1. Identificar el tipo de multivibrador a partir de su esquema eléctrico y explicar su principio de funcionamiento.
2. Analizar y representar las formas de onda que caracterizan el funcionamiento de estos circuitos.
3. Deducir y calcular las expresiones y valores de tiempo de diferentes esquemas multivibradores.

Conocimientos:

Clasificación de los Multivibradores. Biestables, monoestables y astables digitales SSI y MSI.

Tema III. Análisis y Diseño de Circuitos Secuenciales Sincrónicos (CSS) con componentes SSI.

Fondo de tiempo: 16 horas (C4h, CP6h, S2h, LmC2h, EP2h)

Objetivos:

1. Explicar el funcionamiento de los CSS y compararlos con los CSA.
2. Modelar, mediante diagramas de estados, CSS.
3. Analizar y diseñar CSS de media complejidad con componentes SSI (diseño de contadores, registros de desplazamiento, etc.).
4. Describir CSS típicos utilizando el VHDL en modo behavioral.

Conocimientos:

Análisis y Diseño de Circuitos Secuenciales Sincrónicos (CSS) con componentes SSI. Diseño de contadores síncronos y asíncronos de módulo binario y no binario. Registros de desplazamiento. Contador de anillo y Johnson. Modelación de CSS mediante diagramas de estados. Descripción de los mismos en VHDL. Herramientas Boole-Deusto y DigitalTools.

Tema IV. Análisis y Diseño de CSS con componentes MSI.

Fondo de tiempo: 10 horas (C2h, CP4h, LR2h, LmC2h)

Objetivos:

1. Interpretar el funcionamiento de diferentes componentes secuenciales MSI a partir, tanto de sus tablas de descripción funcionales, como de su descripción en los modos behavioral y/o dataflow del VHDL.
2. Diseñar sistemas secuenciales síncronos de media complejidad con componentes MSI.
2. Analizar el funcionamiento de esquemas sencillos con componentes MSI.
3. Describir diagramas de estado utilizando el VHDL.

Conocimientos:

Análisis y Diseño de CSS con componentes MSI. Contadores 7416X. Registros de desplazamiento 74194 y 74198. Otros contadores y registros. Utilización de las entradas de control. Diseño de ejemplos típicos (reloj, divisores de frecuencia, contadores de diferentes bases, registros de desplazamiento de barras, etc.). Descripción de componentes MSI en VHDL.

Tema V. Máquinas de Estado Algorítmico.

Fondo de tiempo: 18 horas (C4h, CP6h, S2h, LmC4h, EP2h).

Objetivos:

1. Diseñar, utilizando la metodología de las Máquinas de Estado Algorítmico, circuitos procesadores digitales de media complejidad. (controlador de posición en un eje, complemento a 2 serie, multiplicador serie, etc.).
2. Implementar Máquinas de Estado Algorítmico con componentes MSI.
3. Diseñar ASM con procesamiento en paralelo.
4. Describir ASM utilizando el VHDL.
5. Diseñar la solución de problemas de media complejidad, mediante una Tarea Extraclase (miniproyecto), en pequeños grupos de trabajo, que permita aplicar la metodología de diseño estudiada.
7. Explotar la herramienta de ayuda al diseño ASM2VHDL.

Conocimientos:

Máquinas de Estado Algorítmico (ASM). Diagramas ASM. Implementación de la Lógica de Control y el Procesador de Datos con dispositivos SSI y MSI. Uso del VHDL y el OrCAD 9.0. Desarrollo de la Tarea Extraclase (proyecto). Herramienta ASM2VHDL.

Tema VI. Diseño de CSS con componentes LSI.

Fondo de tiempo: 16 horas (C4h, CP2h, S2h, LmC6h, EP2h(LmC))

Objetivos:

1. Explicar la estructura de los Dispositivos Lógicos Programables (PLDs) secuenciales (PLDS ó PLS).
2. Seleccionar el PLDS adecuado para un diseño en particular, teniendo en cuenta su estructura lógica interna, sus características eléctricas y el costo.
3. Explotar la metodología para el diseño de PDSS de alta escala de integración para sistemas de media complejidad (ver tema anterior) y comprobar su funcionamiento utilizando las herramientas computacionales al efecto.
4. Elaborar y defender la realización del diseño, en forma de proyecto, y en la modalidad de trabajo en grupo.

Conocimientos:

Clasificación de los CSS LSI y VLSI. Memorias RAM, PLDs secuenciales (PLA, PAL, EPLD, GAL, FPGA, etc.). Diseño de CSS con componentes LSI. Introducción a los procesadores secuenciales. Uso del VHDL y el OrCAD 9. Tendencias actuales del diseño digital. Evaluación del Proyecto.

Bibliografía:Bibliografía Básica.

- Digital Design, Principles and Practices. John F. Wakerly. Prentice Hall. 2000.

Bibliografía complementaria.

- Dispositivos Lógicos Programables. E. Mandado, L. J. Alvarez, Ma. D. Valdés. Editorial Thomson 2002.

- VHDL made easy. David Pellerin et all. Prentice Hall. 1998.

- Digital Design. M. Morris Mano. Prentice Hall. 1994.

- Manual de circuitos integrados TTL. ENPES.

Herramientas Computacionales:

- OrCAD 9.0

- AlteraMaxPlus II.

- Boole-Deusto (desarrollada por el Dr. Javier García Zubía y colaboradores (País Vasco), facilita el diseño tanto de sistemas combinacionales como secuenciales (diagramas de estado) generando las descripciones esquemática y en VHDL de estos).

- DigitalTools (desarrollada por MSc. J. P. Barrios, Ing. J. L. Pérez Saavedra y Ing. J. L. Izaguirre Vasallo). Permite la descripción de una tabla de estados/salida(s) y de forma automática su simplificación, asignación binaria, y descripción del sistema en VHDL.

- ASM2VHDL (desarrollada por Lic. Yeimer Torres Nápoles y MSc. Juan Pablo Barrios Rodríguez permite la modelación de procesadores digitales secuenciales sincrónicos de un nivel cableados (máquinas ASM) mediante el modo gráfico de diagramas ASM y genera la descripción VHDL del mismo).

- LogicAnalyzer (desarrollada por MSc. Juan Pablo Barrios y Ing. Bernard Curtis Dodd permite representar en el display del PC, 8 señales digitales capturadas por el puerto paralelo).

Sitios de Interés:

- <http://www.digital.fie.ucv.edu.cu> (red LAN de la Facultad de Ingeniería Eléctrica)

- <http://www.ddpp.com> (Digital Design Principles and Practices. John F. Wakerly)

Anexo II.4 Orientaciones para la realización de las tareas extraclases en forma de proyecto

PROPUESTA DE PROYECTOS DE ELECTRONICA DIGITAL I

Objetivo:

- Diseñar sistemas digitales combinacionales de media complejidad aplicando la metodología de diseño vertical ascendente-descendente (top-down), el trabajo colaborativo en grupos de trabajo soportado en redes, las herramientas de diseño electrónico asistido por computadora y el uso del lenguaje de descripción de hardware VHDL.

Orientaciones para la realización del proyecto:

1. Cada equipo tendrá como máximo 5 integrantes, la evaluación será colectiva pero en función de la participación individual de cada uno de sus integrantes en la defensa del mismo y la respuesta a las preguntas del tribunal, el cual estará integrado por el(los) profesor(es) y, en algunos casos, el equipo del otro grupo con igual trabajo.
2. El informe final debe presentarse en formato electrónico con cada uno de los pasos de la metodología y los resultados de las simulaciones. Cada equipo debe realizar chequeos parciales con el profesor (pasos del 3 al 6) con el objetivo de analizar las variantes de solución a los problemas que se vayan presentando.
3. Aplique la metodología de diseño vertical ascendente-descendente (top-down), definiendo primeramente el bloque general del sistema a realizar, sus entradas y salidas, así como su descripción a alto nivel en modo comportamiento (behavioral) simulando la misma, apóyese en el OrCAD, sus posibilidades de descripción jerárquica y de simulación.
4. Proponga un esquema particionado del sistema en función de las unidades típicas estudiadas (compuertas, decodificadores, comparadores, multiplexores, selectores, ALUs, memorias, etc.), para ello apóyese en las decisiones lógicas y operaciones aritmético-lógicas generales utilizadas en la descripción modo behavioral del paso anterior (ejemplo: if $A > B$ a comparador, $A + B$ a sumador).
5. Describa cada una de estas unidades, bien en modo behavioral o de flujo de datos (dataflow), en dependencia de la complejidad de estas. Compruebe el funcionamiento simulando de cada una de forma independiente e interconectadas para la aplicación en particular. Aplique este paso tantas veces como sea necesario hasta que los elementos sean típicos de las bibliotecas del OrCAD.
6. Determine aproximadamente el número de elementos básicos que componen el sistema (compuertas) y en función de esto el consumo. Realice un estimado de la demora de propagación del mismo y proponga un PLD comercial el que pueda programarse. Calcule el porcentaje de aprovechamiento del mismo.

Relación de proyectos:

1. Diseñe un comparador de tres palabras de cuatro bits cada una (A, B, C), que en las dos salidas (X, Y) muestre sólo el mayor y el menor.
2. Diseñe un sistema que muestre a la salida el módulo de dos números de entrada (A y B) de cuatro bits cada uno.

3. Diseñe el circuito que permita ordenar en las salidas de cuatro bits, nombradas MAYOR, MEDIO y MENOR, los valores de tres entradas A, B, C de igual longitud de bits.
4. Diseñe el circuito capaz de desplazar una palabra A de 8 bits en función del valor de la entrada S, si $S=0$ se desplaza a la derecha y si $S=1$ viceversa.
5. Proponga un diseño que, utilizando un sumador completo de dos palabras de cuatro bits, permita sumar o restar dos valores de entrada A y B en función del valor de la entrada S (si $S=0$ suma, si $S=1$ resta).
6. Diseñe un sistema con entradas A, B y C de cuatro bits y salidas X y Y que en función de la entrada S permita que: si $S=0$, $X=\text{mayor}(A, B, C)$ y $Y=\text{menor}(A, B, C)$ y si $S=1$ sea lo contrario.
7. Diseñe un multiplicador binario de dos palabras de cuatro bits, que en su nivel más bajo de realización (structural) sólo esté formado por sumadores completos de 1 bit y compuertas AND.
8. Diseñe un multiplicador binario de dos palabras de cuatro bits con una memoria ROM de 256×8 bits. Amplíe el diseño a un multiplicador binario de 8 bits utilizando esta memoria y sumadores binarios de 4 bits.
9. Diseñe un registro de desplazamiento en barras (barrel shift register) de ocho entradas $I7...I0$ y ocho salidas $Y7...Y0$. En las salidas estará rotada a la izquierda la palabra de entrada, tantas veces como lo indiquen las entradas $S2...S0$.
10. Diseñe un codificador de prioridad doble de ocho entradas, con EIN como entrada de habilitación y dos salidas de tres bits cada una: $A2...A0$ y $B2..B0$. En la salida $A2..A0$ aparecerá el código de la señal de entrada de mayor prioridad que esté activa y en la salida $B2..B0$ el código de la siguiente entrada en prioridad que esté activa.

PROPUESTA DE PROYECTOS DE ELECTRONICA DIGITAL II

Objetivo:

- Diseñar sistemas digitales mixtos (combinacionales y secuenciales) de media complejidad aplicando la metodología de diseño vertical ascendente-descendente (top-down), el trabajo colaborativo en grupos de trabajo soportado en redes, las herramientas de diseño electrónico asistido por computadora y el uso del lenguaje de descripción de hardware VHDL.

Orientaciones para la realización del proyecto:

1. Cada equipo tendrá como máximo 5 integrantes, la evaluación será colectiva pero en función de la participación individual de cada uno de sus integrantes en la defensa del mismo y la respuesta a las preguntas del tribunal, el cual estará integrado por el(los) profesor(es) y, en algunos casos, el equipo del otro grupo con igual trabajo.
2. El informe final debe presentarse en formato electrónico con cada uno de los pasos de la metodología y los resultados de las simulaciones. Cada equipo debe realizar chequeos parciales con

el profesor (pasos del 3 al 7) con el objetivo de analizar las variantes de solución a cada problema que se presente.

3. Aplique la metodología de diseño vertical ascendente-descendente (top-down), definiendo primeramente el bloque general del sistema a realizar, sus entradas y salidas, así como su descripción a alto nivel en modo comportamiento (behavioral), simulando la misma. Apóyese en el OrCAD, sus posibilidades de descripción jerárquica y de simulación.
4. Proponga un esquema particionado del sistema en los dos bloques fundamentales que componen un ASM, a saber: lógica de control y procesador de datos. Exprese la estructura de este último función de las unidades típicas estudiadas (compuertas, decodificadores, comparadores, multiplexores, selectores, ALUs, memorias, biestables, contadores y registros). Para ello apóyese en las decisiones lógicas y operaciones aritmético-lógicas o secuenciales utilizadas en la descripción modo behavioral del punto 3 (ejemplo: $\text{if } A > B \Rightarrow \text{comparador}$, $A + B \Rightarrow \text{sumador}$, $C = C + 1 \Rightarrow \text{contador}$, $\text{desplazar } R \Rightarrow \text{registro}$, etc.).
5. Obtenga el algoritmo ASM correspondiente (apóyese en la herramienta ASM2VHDL). Compruebe su funcionamiento, apoyándose en la jerarquía por niveles y la simulación que brinda el OrCAD.
6. Obtenga las ecuaciones de excitación de los diferentes módulos que componen el procesador de datos. Describa estas ecuaciones en VHDL modo dataflow. Diseñe completamente el sistema, interconectando la Lógica de Control descrita en el punto 5 con los diferentes bloques del procesador de datos a través de los bloques combinacionales de excitación descritos como módulos VHDL dataflow.
7. Determine aproximadamente el número de elementos básicos que componen el sistema (compuertas, biestables) y en función de esto el consumo. Realice un estimado de la demora de propagación del mismo y proponga un PLD comercial en el que pueda programarse.

Relación de proyectos:

1. Diseñe un circuito con una entrada de datos de 8 bits y señales F y E de 1 bit. El circuito debe ser capaz de determinar el mayor de un conjunto de datos que se van presentando por la entrada de 8 bits. El mayor se entregará por una salida MAYOR de 8 bits. Cada vez que hay un nuevo dato la señal F sube a uno. El circuito reconoce esta solicitud colocando la salida R en 1. Cuando F vaya a 0, la señal R se coloca a 0. El proceso termina cuando la señal E se coloca en 1.
2. Diseñe un circuito capaz de determinar la cantidad de datos de 8 bits iguales a cero. Las entradas del circuito son, además de la entrada de 8 bits, las señales S y L. Cuando $S = 1$ se comienza el proceso y cada vez que $L = 1$ es que hay un nuevo dato. El circuito posee una salida de 8 bits que informa sobre la cantidad de datos iguales a cero. Además posee una salida R que es 1 cuando L es 1 y va a 0 cuando $L = 0$. La cantidad de datos nunca será mayor que 255 y el primer dato que se lee representa la cantidad de datos a leer.
3. Diseñe un multiplicador de dos datos de 4 bits aplicando el principio de suma sucesivas. Tenga en cuenta de ejecutar el lazo con el menor de los dos valores a multiplicar y que, si uno de los valores es 0, el resultado es directamente 0. El proceso comienza cuando la señal de entrada S sea 1.
4. Diseñe un divisor de dos datos de 4 bits aplicando el principio de restas sucesivas que entregue a la salida la división y el resto de la división. Si el divisor es cero, el circuito debe activar una señal de salida ERROR en el valor 1. El proceso comienza cuando la señal de entrada S sea 1.
5. Diseñe un sistema capaz de contar la cantidad de 1s que hay en un dato de entrada de 8 bits y expresar dicha cantidad como un dato de salida. El proceso debe comenzar cuando la señal S sea 1 y colocar una salida END en 1 cuando finalice.

6. Diseñe un circuito capaz de sumar hasta 15 datos de 4 bits, expresando su valor en una salida de 8 bits. El protocolo de entrega de estos datos se realiza mediante la señal F en 1, a lo cual el circuito responde con L en 1, volviendo a L = 0 cuando F = 0. El primer dato leído es la cantidad de datos a sumar. Cuando el proceso termina se colocará una señal E en 1.
7. Diseñe un transmisor de datos paralelo-serie de 8 bits que toma los datos en paralelo desde un microprocesador. Cada vez que hay un nuevo dato de 8 bits el microprocesador activa la señal WR, a lo que el sistema debe responder con READY. Una vez leído el dato a este se le debe incorporar un bit de paridad par y ser transmitido de forma serie por la salida TX, hacia un dispositivo externo. Para ello el sistema activará la señal RTS y esperará cuando el dispositivo externo esté listo leyendo la señal CTS.
8. Diseñe un receptor de datos serie-paralelo de 8 bits, que recibe un dato serie desde un dispositivo externo. Cada vez que hay un nuevo dato el dispositivo externo activa la señal DTR, a lo que el receptor debe responder con READY. Una vez recibido el dato serie debe chequearse la paridad par del mismo que, de ser incorrecta se informará activando la señal ERROR. Cuando el dato sea correcto se debe enviar una señal al microprocesador de NDATA a lo cual este responderá con RDATA y se entregará el dato de 8 bits en paralelo.
9. Estudie los códigos de línea impartidos en la asignatura Fundamentos de las Comunicaciones II y seleccione aquellos que pueden ser implementados digitalmente. Diseñe tanto el codificador como el decodificador.

Anexo II.5 Herramienta de software de ayuda al diseño de Máquinas de Estado

Algorítmico (ASM2VHDL)

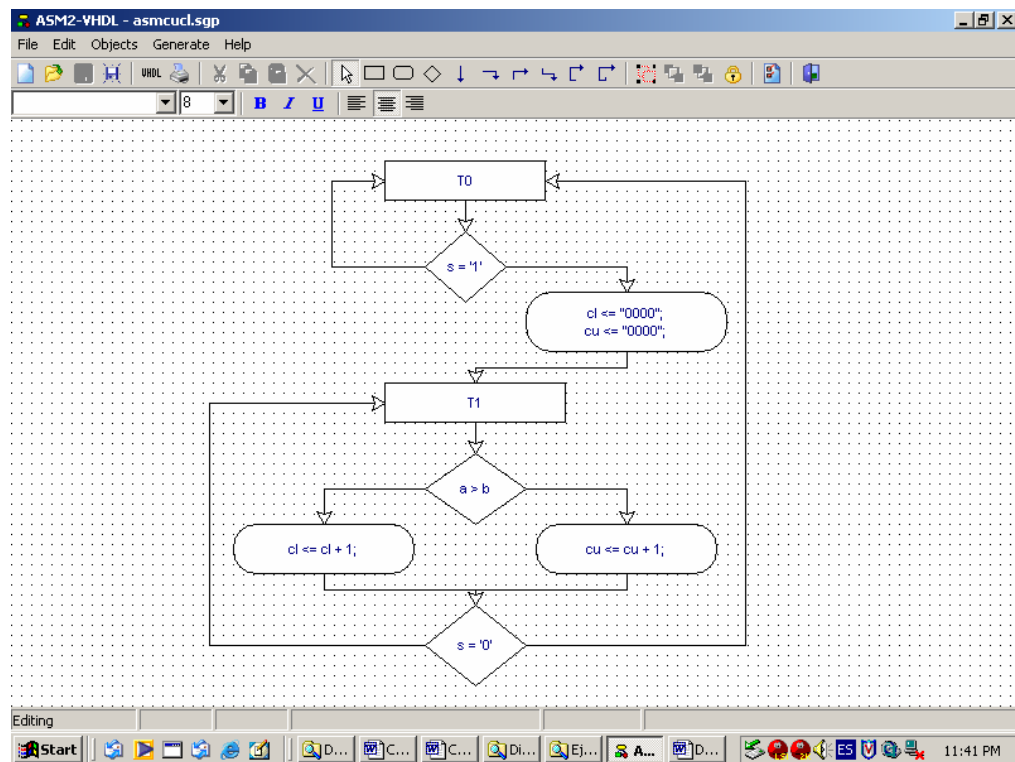


figura #1. Algoritmo ASM

The image shows the Code VHDL software interface. The main window displays the VHDL code for the ASM diagram. The code is as follows:

```
Library ieee;
Use ieee.std_logic_1164.all;
Use ieee.numeric_std.all;
entity asm1 is
  port (clk: in std_logic;
        s: in std_logic;
        a: in std_logic_vector(3 downto 0);
        b: in std_logic_vector(3 downto 0);
        cl: out std_logic_vector(3 downto 0);
        cu: out std_logic_vector(3 downto 0));
end asm1;
architecture behavior of asm1 is
  type state is (T0, T1);
  signal ps: state;
  signal s_a: unsigned(3 downto 0);
  signal s_b: unsigned(3 downto 0);
  signal s_cl: unsigned(3 downto 0);
  signal s_cu: unsigned(3 downto 0);
begin
  -- type conversion
  s_a <= unsigned(a);
  s_b <= unsigned(b);
  cl <= std_logic_vector(s_cl);
  cu <= std_logic_vector(s_cu);
  process(clk)
  begin
    if clk = '1' and clk'event then
      case ps is
        when T0 =>
          if s = '1' then
            s_cl <= "0000";
            s_cu <= "0000";
            ps <= T1;
          else
            ps <= T0;
          end if;
        when T1 =>
          if s_a > s_b then
            s_cu <= s_cu + 1;
          else
            s_cl <= s_cl + 1;
          end if;
          if s = '0' then
            s_cl <= s_cl + 1;
          end if;
          ps <= T0;
        end case;
      end if;
    end process;
```

The software interface includes a menu bar (File), a toolbar, and a status bar at the bottom showing the time 11:46 PM.

figura #2. Descripción VHDL

Anexo III.1 Resumen de las valoraciones de los especialistas en los teletalleres de Electrónica Digital

Guía:

1. Cumplimiento de las indicaciones del Plan de Estudio.
2. Actualidad de las temáticas tratadas de acuerdo a la evolución de la Tecnología Electrónica.
3. Tratamiento a las mismas de acuerdo a la evolución de la Electrónica como objeto de estudio en los procesos académicos.
4. Orden en que son tratados los temas.
5. Actualidad de la bibliografía utilizada.
6. Utilidad de los recursos de software que se emplean. Contribución potencial al cumplimiento de los objetivos de la asignatura.
7. Recursos de hardware que se utilizan. Contribución potencial al cumplimiento de los objetivos de la asignatura.
8. Formas organizativas de la docencia que se utilizan.
9. Sistema de evaluación que se utiliza.
10. Correspondencia entre el método de enseñanza que se aplica y los recursos que se utilizan.

TELETALLER DE ELECTRÓNICA DIGITAL I.

La calificación promedio recibida en cada uno de estos criterios se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 1 (Resumen de los criterios de las demás universidades sobre la UCLV)

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
ISPJAE	10	8	10	10	7	10	7	8	8	8	8,6
UPR	9	10	10	9	10	9	7	10	8	10	9,2
UO	9	10	10	10	9	10	8	10	9	10	9,5
UC	10	10	10	10	9	8	8	10	10	9	9,4
Prom.	9,5	9,5	10	9,75	8,75	9,25	7,5	9,5	8,75	9,25	9,2

Tabla 2 (Resumen de los criterios de las demás universidades sobre la UO)

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
UCLV	10	10	10	10	10	10	10	10	8	10	9,8
UPR	10	10	10	10	10	10	9	9	10	10	9,8
ISPJAE	10	10	10	7	10	10	10	8	8	10	9,3
UC	10	10	10	10	10	10	9	10	10	9	9,8
Prom.	10	10	10	9,25	10	10	9,5	9,25	9,0	9,75	9,7

Tabla 3 (Resumen de los criterios de las demás universidades sobre la UPR)

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
UCLV	10	10	10	10	10	9	8	9	9	9	9.4
ISPJAE	10	8	10	7	7	9	9	10	10	10	9,0
UO	10	10	10	10	10	10	8	8	7	9	9.2
UC	10	10	10	10	9	8	7	10	10	9	9.3
Prom.	10	9,5	10	9,25	9,0	9,0	8,0	9,25	9,0	9,25	9,2

Tabla 4 (Resumen de los criterios de las demás universidades sobre la CUJAE)

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
UCLV	10	10	10	10	10	8	8	8	9	9	9,2
UPR	9	10	10	8	9	8	7	8	8	9	8,6
UO	9	10	10	6	8	8	7	7	9	9	8,3
UC	10	10	10	10	8	7	7	8	8	9	8,7
Prom.	9,5	10	10	8,5	8,75	7,75	7,25	7,75	8,5	9	8,7

TELETALLER DE ELECTRÓNICA DIGITAL II

La calificación promedio recibida en cada uno de estos criterios se muestra en las tablas siguientes:

Sobre la UCLV.

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CUJAE	7	9	10	7	7	10	6	10	10	10
UPR	9	10	10	7	9	10	4	8	8	9
UO	9	10	10	8	9	10	7	9	7	8
UC	10	10	10	10	9	8	5	10	10	9
Promedio	8.75	9.75	10	8	8.5	9.5	5.5	9.25	8.75	9

Sobre la CUJAE

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UC	10	10	10	10	8	7	8	8	8	9
UPR	8	8	9	10	8	4	6	7	7	10
UO	9	10	10	9	9	5	5	9	7	8
UCLV	8	8	10	9	8	9	8	8	8	9
Promedio	8.75	9	9.75	9.5	8.25	6.25	6.75	8	7.5	9

Sobre UPR

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CUJAE	6	8	9	6	7	10	9	7	8	10
UCLV	10	10	10	8	9	8	8	8	8	10
UO	10	10	10	10	9	10	9	9	8	10
UC	10	10	10	10	9	8	7	10	10	9
Promedio	9	9.5	9.75	8.5	8.5	9	8.25	8.5	8.5	9.75

Sobre UO

Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CUJAE	6	5	5	10	10	10	6	10	10	10
UPR	10	10	10	10	9	10	9	10	10	10
UCLV	10	10	8	10	10	10	8	10	10	9
UC	10	10	10	10	10	8	7	10	8	9
Promedio	9	8.75	8.25	10	9.75	9.5	7.5	10	9.5	9.5

Anexo III.2 Resultados de la autoevaluación.

D
I
S
E
Ñ
A
R

	ACCIONES	OPERACIONES	GRUPOS DE TRABAJO ED I (2003-2004)																										
			A				B				C				D				E				F						
			1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P			
ESPECIFICAR	1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas.		B	B	B	B	R	B	B	B	B	R	B	B	R	R	B	B	B	B	B	B	B	R	R	B	B		
			R	B	B	B	R	R	B	R	B	R	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	M	R	R	R
			B	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	B	B	M	R	R	R	R	R	
			B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	R	R	R	B			
			R	B	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B			
MODELAR	1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas (invariantes de contenido). 3. Representar y explicar su interrelación.		R	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B			
			B	R	B	B	R	R	B	B	B	R	B	B	B	R	R	R	R	B	R	B	R	R	R	R			
			R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	R	R	R	B	M	R	R	R			
DESCRIBIR	1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción.		R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	R			
			R	B	B	B	R	B	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	M	R	R			
SIMULAR	1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación.		B	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B				
			R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B			
			R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	R			
			R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	R			
IMPLEMENTAR	1. Seleccionar la tecnología adecuada. 2. Sintetizar la misma (síntesis automática). 3. Evaluar los resultados de la síntesis. 4. Determinar los datos para la simulación.		N E	B	B	B	N E	B	B	B	N E	B	B	B	N E	B	B	B	N E	B	B	B	N E	B	B	B			
				N E	B	B		N E	B	B		N E	B	B		N E	B	B		N E	B	B		N E	B	B			
					B	B			R	B			R	R			R	B			R	B			R	R			
					B	B			B	R			B	R			B	B			B	B			R	R			
COMPROBAR	1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento.		N E	N E	N E	R R R	N E	N E	N E	B R R	N E	N E	N E	B R R	N E	N E	N E	R B R	N E	N E	N E	B B R	N E	N E	N E	B R R			

Leyenda: 1,2,3 (se refieren a los trabajos de control parcial). P (para la tarea extraclase en forma de proyecto). NE (no evaluable)

D I S E Ñ A R	ACCIONES	OPERACIONES	GRUPOS DE TRABAJO ED I (2004-2005)																							
			A				B				C				D				E				F			
			1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
ESPECIFICAR	1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas.		R	R	B	B	R	B	B	B	B	R	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B	B
			M	R	B	B	R	R	B	R	B	R	B	R	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	R	R
			M	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	B	B	B	R	R	B
			R	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	R	B
			R	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B
MODELAR	1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas (invariantes de contenido). 3. Representar y explicar su interrelación.		R	R	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B
			R	R	R	B	R	R	B	B	B	R	B	B	B	R	R	R	B	R	B	R	B	R	R	R
			M	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	R	B
DESCRIBIR	1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción.		R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B
			R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B
SIMULAR	1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación.		R	R	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	B	R	R	B
			R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B
			R	B	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B
			R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B
IMPLEMENTAR	1. Seleccionar la tecnología adecuada. 2. Sintetizar la misma (síntesis automática). 3. Evaluar los resultados de la síntesis. 4. Determinar los datos para la simulación.		N	B	B	B	N	B	B	B	N	B	B	B	N	B	B	B	N	B	B	B	N	B	B	B
			E				E				E				E				E				E			
				N	B	B		N	B	B		N	B	B		N	B	B		N	B	B		N	B	B
					B	B			R	B			R	R			R	B			R	B			R	B
COMPROBAR	1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento.		N	N	B	B	N	N	B	B	N	N	B	B	N	N	B	B	N	N	B	B	N	N	B	B
			E	E	B	B	E	E	B	B	E	E	B	R	E	E	B	B	E	E	B	B	E	E	B	B
					B	R			B	B			B	R			B	B			B	R			B	B

DISEÑAR

D
I
S
E
Ñ
A
R

	ACCIONES	OPERACIONES	GRUPOS DE TRABAJO ED II (2003-2004)																							
			A				B				C				D				E				F			
			1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
ESPECIFICAR	1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas.	R	B	B	B	R	B	B	B	B	R	B	B	R	R	B	B	B	B	B	B	R	R	B	B	
		R	R	B	B	R	R	R	R	B	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	R	
		R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B	B	B	B	B	R	R	B	B	
		R	B	R	B	R	R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	B	B
MODELAR	1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas (invariantes de contenido). 3. Representar y explicar su interrelación.	R	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	
		B	R	B	B	R	R	B	B	B	R	B	B	B	B	R	R	R	B	R	B	R	R	R	B	
		R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	R	R	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	B	B
DESCRIBIR	1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción.	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	
		R	B	B	B	R	B	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	M	B	R	
SIMULAR	1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación.	B	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	
		R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	
		R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
		R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
IMPLEMENTAR	1. Seleccionar la tecnología adecuada. 2. Sintetizar la misma (síntesis automática). 3. Evaluar los resultados de la síntesis. 4. Determinar los datos para la simulación.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
		R	B	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	R	R	
		R	R	B	B	B	B	B	R	B	R	B	R	B	B	B	B	R	B	B	B	R	R	R	R	
		N	N	N	R	N	N	N	B	N	N	N	B	N	N	N	R	N	N	N	B	N	N	N	B	
COMPROBAR	1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento.	E	E	E	R	E	E	E	R	E	E	E	R	E	E	E	R	E	E	E	R	E	E	E	R	
					R				R				R				R				R				R	
					R				R				R				R				R				R	

D
I
S
E
Ñ
A
R

	ACCIONES	OPERACIONES	GRUPOS DE TRABAJO ED II (2004-2005)																								
			A				B				C				D				E				F				
			1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P	
ESPECIFICAR	1. Interpretar el problema. 2. Explicar su(s) objetivo(s). 3. Identificar los posibles subproblemas. 4. Identificar las variables. 5. Explicar la relación entre estas.		R	R	B	B	R	R	B	B	B	R	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	R	B	B	B
			R	R	B	B	R	R	B	R	B	R	B	R	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	R	R	R
			M	R	B	B	R	B	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	B	B	B	R	R	R	B
			R	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	R	B
			R	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B
MODELAR	1. Caracterizar matemática y/o gráficamente el problema. 2. Identificar las acciones básicas (invariantes de contenido). 3. Representar y explicar su interrelación.		R	R	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	
			R	R	R	B	R	R	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	B	R	B	R	B	R	B	
			M	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	R	B	
DESCRIBIR	1. Formalizar el modelo (mediante Esquemas, lenguaje VHDL). 2. Caracterizar el alcance de dicha descripción.		R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
			R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
SIMULAR	1. Determinar los datos para la simulación funcional o temporal. 2. Describir los estímulos a partir de los datos para simular. 3. Comparar los resultados con los valores esperados por el modelo y la especificación. 4. Identificar deficiencias en la descripción, el modelo ó la especificación.		R	R	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	B	R	R	B	
			R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
			R	B	B	B	R	R	R	B	R	R	R	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
			R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	
			B	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
IMPLEMENTAR	1. Seleccionar la tecnología adecuada. 2. Sintetizar la misma (síntesis automática). 3. Evaluar los resultados de la síntesis. 4. Determinar los datos para la simulación.		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
			R	R	B	B	R	B	R	B	R	R	R	R	B	R	B	R	R	R	B	R	B	R	B		
			R	B	B	B	B	B	B	R	R	B	B	R	B	B	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	
			N E	B R	B B	B R	N E	B R	B B	B B	N E	B R	B B	B R	N E	B R	B B	B B	N E	R R	B B	B B	N E	B R	B B	B B	
COMPROBAR	1. Configurar el dispositivo. 2. Montar el diseño físicamente. 3. Verificar su funcionamiento.		R	B	B	B	R	B	B	B	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B		
			R	B	B	B	R	B	B	B	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B	R	R	B	B		
			R	B	B	R	R	B	B	R	B	B	R	R	B	B	B	R	R	B	R	R	B	B	B		

Anexo III.3 Encuesta aplicada en el curso 2003-2004

ENCUESTA DE ELECTRONICA DIGITAL

Curso: 2003-2004.

Grupo: 3ro de Telecomunicaciones y Electrónica.

La presente encuesta tiene como finalidad que Ud. evalúe cómo la preparación de la asignatura ha permitido el desarrollo de sus habilidades en el diseño de sistemas digitales.

1. Considera Ud. que los temas estudiados en la asignatura están actualizados?
No En cierta Medida Sí Desconozco
2. Cómo evalúa Ud. la planificación de las actividades (Conferencias, C.Práct., Labor., Sem, Evaluaciones)?
Adecuada No Adecuada Desconozco
- Sugerencias:**
3. Considera Ud. que el ordenamiento de los temas es el correcto para desarrollar sus habilidades en el diseño?
Sí No En cierta medida Desconozco
- Sugerencias:**
4. Considera que algún tema debe ser eliminado?. Cuál?
5. Considera necesario incluir algún tema que mejore sus habilidades de diseño?. Cuál?
6. Considera que el sitio Web digital facilita el desarrollo de dichas habilidades?
Sí No En cierta medida Desconozco
7. Qué otras facilidades le sugeriría al mismo?.
8. Facilitan las actividades docentes la comprensión de las estrategias de diseño?
Sí No En cierta medida Desconozco
- Sugerencias:**
9. Ha comprendido Ud. la estrategia de diseño top-down (ascendente-descendente)?
Sí No En cierta medida Desconozco
10. Considera de utilidad el desarrollo del proyecto final para la integración de sus habilidades de diseño?
Sí No En cierta medida Desconozco
- Sugerencias:**
11. Le ha resultado útil la herramienta OrCAD en el desarrollo de la estrategia de diseño top-down?
Sí No En cierta medida Desconozco
12. Qué otras herramientas y/o facilidades para el diseño necesitaría? (incluso aunque no existan, alguna que Ud. considere le facilite el trabajo)
13. Ha llegado Ud. a familiarizarse con las estructuras fundamentales del VHDL para describir sistemas combinacionales y secuenciales?
Sí No En cierta medida No me interesan
14. Le facilita el VHDL al desarrollo de la estrategia para un diseño confiable?
Sí No En cierta medida No me es necesario Me molesta
15. Facilita el trabajo en grupo, para el proyecto, el desarrollo de las habilidades de diseño?
Sí No En cierta medida No me es necesario Me molesta
16. Considera Ud. que la forma de evaluación de dicho proyecto es la adecuada?
Sí No En cierta medida Propongo otra:
17. Considera Ud. que con los medios y métodos de que dispone (Web, ejemplos, simuladores, materiales de consulta) puede enfrentar diseños futuros de forma independiente?
Sí Sí, pero formado parte de un equipo No En cierta medida
18. De no ser positiva la respuesta anterior, qué considera le falta para ello?

2. Sugerencias:

- ✓ En los laboratorios hay poca exigencia a los técnicos, que no instalan los programas, o sea, falta de software en las máquinas.
- ✓ Desarrollar más laboratorios para fortalecer habilidades con el software (2).
- ✓ Realizar más actividades, como la desarrollada en el salón de conferencias con el DataProject acerca del diseño VLSI utilizando OrCAD-Altera MaxPlus II.

3. Sugerencias:

- ✓ Profundizar más en VHDL.

5. Sugerencias:

- ✓ Profundizar más en VHDL.
- ✓ Sí, VHDL como tema, que se dé cómo programar.

7. Sugerencias:

- ✓ Nos da una visión de cómo hacer las cosas basados en ejemplos, pero debía existir más información acerca de cómo realizar estos problemas.
- ✓ Que además contenga la opción, no sólo de leer sino de escuchar un video hablado sobre el contenido.
- ✓ Un apartado sobre temas prácticos.
- ✓ Incluir todos los proyectos realizados por los estudiantes.
- ✓ Adjuntar los proyectos de curso.
- ✓ Una página que contenga pruebas de otros años.

8. Sugerencias:

- ✓ Complementarlas con mayor detalle en los laboratorios reales.
- ✓ Más horas de laboratorios.

10. Sugerencias:

- ✓ Se debería orientar al inicio de semestre para ir realizándolo poco a poco a medida que se desarrollan los temas.
- ✓ Que esta evaluación tenga un gran peso en las notas de la asignatura.
- ✓ Que se le dé continuidad a los proyectos de Digital I en Digital II.
- ✓ Si existe una buena discusión del proyecto final, creo que no es necesario hacer el examen final.

12. Sugerencias:

- ✓ Analizar otros simuladores para circuitos digitales que existan.
- ✓ Instrumentación virtual, remota, programar PLDs de verdad.
- ✓ Manuales con las descripciones de las pastillas.
- ✓ Listados de pastillas y funciones.
- ✓ Un laboratorio real.

18. Sugerencias:

- ✓ Más preparación personal.
- ✓ Más contacto con práctica, análisis de tecnología inversa a partir de circuitos impresos.

Anexo III.4 Encuestas abiertas como parte de las entrevistas grupales en la defensa de las tareas extraclases en la modalidad de proyecto

Electrónica Digital I.

Equipo para el problema #10: Diseñe un codificador de prioridad doble de ocho entradas, con EIN como entrada de habilitación y dos salidas de tres bits cada una: A2...A0 y B2..B0. En la salida A2..A0 aparecerá el código de la señal de entrada de mayor prioridad que esté activa y en la salida B2..B0 el código de la siguiente entrada en prioridad que esté activa.

Cantidad de Integrantes: 5

El estudiante 3) expone el enunciado del problema. Explica el bloque general y la manera en que funcionaría el mismo.

El estudiante 4) explica la descripción general del problema en VHDL.

Pregunta: Pudieran argumentar más cómo llegaron a esta propuesta de solución ?.

1): Hay que tener conocimientos de pastillas (circuitos integrados) que hagan algo parecido, esta es una nueva variante. Si conocemos lo que hace el codificador y realizamos ciertas modificaciones y utilizamos otro codificador podemos obtener el diseño deseado.

Pregunta: Es decir, que Uds. pensaron en una solución del problema, más con pastillas que utilizando el lenguaje VHDL?.

5): La idea de elaborar con pastillas, a mí en lo personal me resultó mas compleja. En VHDL, cuando tenemos bien especificado el problema podemos pasar a su modelación-descripción. Para ello me basé en pastillas con un funcionamiento similar.

3): Yo lo veo mejor con pastillas en su forma de representación esquemática, conozco lo que una invariante de contenido puede realizar y las utilizo con una lógica asociada.

4): Aunque tiene sus complicaciones porque “hay que ponerle algo en el medio” (lógica asociada) para que dé solución al problema planteado.

1): A cualquiera que conozca de programación, Ud. le presenta el enunciado de este problema y lo hace, pero no puede hacerlo a nivel de circuitos combinacionales típicos que no conoce.

3): Eso depende, a mí la programación no me gusta y veo mejor las cosas gráficas, cada cual tiene su forma de pensar u opinión.

Pregunta: Pero al final pudieron comprender las dos formas de descripción?

1 y 4): Consultamos entre todos y entre todos pudimos comprender y solucionar el problema.

2): Expone los resultados de la simulación, utilizan varias muestras de datos de entrada para validar la solución.

2): Expone la solución utilizando dispositivos de media escala de integración... para mí la herramienta y el rastreo de las variables internas me fue muy útil para comprender el funcionamiento del sistema como un todo. Cuando uno empieza a “poner” pastillas y se da cuenta de que no hace lo que uno quiere tiene que volver atrás a la idea del algoritmo inicial y buscar más lógica para solucionar el problema.

1): A lo mejor no era esa función XOR la única solución, lo básico era plantearse la “tabla de verdad” y buscar la función necesaria.

3): Expone los resultados de las simulaciones.

Pregunta: Qué consideran como:

Positivo: Profundizamos el conocimiento en cuanto al trabajo con la herramienta de ayuda al diseño OrCAD, consolidamos el estudio de todo el curso en la realización del proyecto que permite la interacción de conocimientos y el trabajo en conjunto.

Negativo: Nada.

Interesante: Las facilidades de la simulación por etapas dentro del proceso de diseño.

Equipo para el problema #8: Diseñe un multiplicador binario de dos palabras de cuatro bits con una memoria ROM de 256 X 8 bits. Amplíe el diseño a un multiplicador binario de 8 bits utilizando esta memoria y sumadores binarios de 4 bits.

Cantidad de integrantes: 5

Pregunta: Qué consideran Uds. como positivo, negativo ó interesante de este trabajo?.

Positivo: El uso del lenguaje VHDL en el diseño de los circuitos lógicos combinacionales simplifica la complejidad de este proceso, es muy esclarecedor, lo que se describe con facilidad en él, a veces se complica a nivel de pastillas (esquemático).

El poder trabajar con herramientas como el OrCAD para el diseño y análisis de circuitos.

El trabajo en grupo acelera el proceso de aprendizaje y comprensión ya que lo que no sabe uno lo puede saber el otro y explicárselo.

La rapidez del proceso de diseño con ayuda de las herramientas de software.

Negativo: No hemos podido aprender a profundidad el OrCAD pues hay baja disponibilidad de máquinas. En algunas los diseños corren bien y en otras no.

Interesante: En el proceso de dar cumplimiento a la tarea se adquirieron conocimientos de forma autodidacta.

Se desarrolla el pensamiento lógico en la solución de los problemas.

Pregunta: El proyecto que realizaron fue mas factible de solucionar a nivel de pastillas (esquemático) o en descripción VHDL ?.

2): En nuestro caso se utilizan mejor las facilidades del VHDL al tener este implementada la función de multiplicación.

5): Aunque lo primero que hay que hacer de todas formas en la descripción jerárquica, el bloque general, para después describir el algoritmo, de ahí se saca todo, si hace falta un sumador, comparador, ALU, etc.

1) y 3): Cuando hicimos el algoritmo paso a paso y vimos las funciones que intervenían a partir de analizar las acciones o verbos que se presentaban en los enunciados, de allí derivamos los módulos típicos necesarios.

5): Muestra y explica los resultados ambos diseños, el descrito en VHDL y el esquemático.

4): Explica y compara los resultados de las simulaciones para cada una de las variantes de diseño anterior.

Equipo para el problema #6: Diseñe un sistema con entradas A, B y C de cuatro bits y salidas X y Y que en función de la entrada S permita que: si $S=0$, $X=\text{mayor}(A, B, C)$ y $Y=\text{menor}(A, B, C)$ y si $S=1$ sea lo contrario.

Cantidad de Integrantes: 5

3): Comienza explicando la interpretación del enunciado del problema.... “empezamos a pensar en cómo había que hacer esto, pensamos en comparadores y selectores.

Pregunta: Cómo surge la decisión de utilizar comparadores y selectores?.

2): En clases se habían visto ejemplos parecidos en cuanto a relacionar las acciones (o los resultados de las acciones) con elementos de media escala de integración (MSI) que fueran capaces de hacerlas.

3): El problema sería en ver cómo “encajar” las cosas para lograrlo.

3): Continúa con la presentación del procedimiento para la solución.

4): Explica los pasos que siguieron desde el análisis del problema hasta la descripción del mismo. Explica la descripción del problema en VHDL.

2): Explica el vínculo entre el procedimiento “con palabras” y el VHDL descrito y concluye que ambos se corresponden.

Pregunta: Qué ventaja pudiera tener esta similitud?.

2): Es el mismo pensamiento que lo llevamos al lenguaje VHDL.

4): Conociendo las estructuras clásicas digitales y las sintácticas básicas del VDHL, es muy sencillo.

5): Expone los resultados de la simulación funcional.

3): Expone los pasos de la compilación, síntesis y simulación en tiempo para el modelo descrito en VHDL.

1): Expone y explica el diseño con bloques MSI.

3): Expone los pasos de la compilación, síntesis y simulación en tiempo para el modelo descrito en forma esquemática a partir de circuitos MSI.

Pregunta: Valoren lo positivo, lo negativo y lo interesante de esta tarea en forma de proyecto:

- **Positivo:** Aprendimos todo el proceso de diseño. “Se aprende mucho más que en las clases”. No es lo mismo, pues ante la computadora podemos comprobar, si está mal, volver atrás, etc.
- **Negativo:** Un laboratorio de hardware para comprobarlo en la realidad.
- **Interesante:** Que debatiendo en el grupo, todos juntos ahí pensando, cuando surgía una nueva idea la debatíamos y volvíamos ó la aceptábamos. De esa forma todos aprendimos de todos.

Equipo para el problema #7: Diseñe un multiplicador binario de 8 bits hasta el nivel de compuertas.

Cantidad de Integrantes: 5

1): Expone el problema, los demás participan en la exposición interactivamente.

Pregunta: En este diseño se les pidió trabajar con componentes de bajo nivel de integración, qué dificultades se encontraron, pudieron comparar su trabajo con el de otros grupos?.

1): Pasamos mucho mas trabajo, tuvimos que diseñar utilizando mas niveles de jerarquía, incluso combinar unos de un nivel con otros de un nivel diferente.

4): Incluso pudimos comprobar un error de la herramienta OrCAD de diseño al no tener definido el modelo funcional de una componente.

3): Consultando con otros grupos vimos que, utilizando niveles de integración mas altos (MSI ó LSI) el diseño hubiera sido más rápido.

2): Pero aunque nos dio más trabajo aprendimos más acerca de la forma de modelar un multiplicador y por eso después nos percatamos de que los componentes MSI ó LSI que tienen esta función contienen una gran cantidad de lógica.

Pregunta: Y cuando plantearon el diseño con VHDL en modo funcional?.

5): Fue más fácil porque con una sola línea de código se describía la multiplicación.

2): A eso me refería hace un momento que, sí, es verdad que con VHDL, nos fue más fácil, pero no “descubríamos” el por qué cuando sintetizábamos nos daba tanta lógica, por eso fue trabajoso pero útil estudiar todo el algoritmo de la multiplicación y ver cuánta lógica era necesaria.

Pregunta: Qué les pareció este forma de trabajo por proyecto y en grupo?.

4): Pudimos intercambiar lo que unos conocen y otros no, no es lo mismo uno sólo para hacer un trabajo tan grande que varios colaborando.

3): Con el proyecto aprendí muchas cosas de la simulación con OrCAD y el trabajo con otras herramientas, “chocando” con los errores e interactuando con mis compañeros fue que aprendí. No es lo mismo así que con lápiz y papel donde no podemos comprobar.

2): Aparte cuando simulamos nos damos cuenta que podemos rediseñar y optimizar y volvemos a hacerlo hasta que perfeccionamos el trabajo.

Equipo para el problema #3: Diseñe el circuito que permita ordenar en las salidas de cuatro bits, nombradas MAYOR, MEDIO y MENOR, los valores de tres entradas A, B, C de igual longitud de bits.

Cantidad de Integrantes: 5

3): Expone el planteamiento del problema, explica en detalle las entradas y salidas, sus rangos.

2): Explica con sus palabras el procedimiento, pero no se apoya en los medios.

Pregunta: Cómo te auxiliaste, no ahora que ya conoces la solución, sino cuando empezaste los primeros análisis del problema.

2): Muestra un diagrama sobre papel de sus análisis que concluyen con una gráfica en forma de algoritmo.

1) y 3): Explican, a partir del diagrama, la utilización de subfunciones para determinar el mayor y/o el menor entre dos cantidades.

4) y 5): Exponen la descripción en VHDL de dicho diagrama. “Lo que hicimos fue prácticamente escribir lo que muestra el diagrama”.

2): Profundiza en la explicación de la descripción en VHDL.

5): Es como si tuviera una “vista en mi mente y la tradujera en diagrama y luego en palabras”.

4): Por eso es muy importante antes de ponerse a escribir el VHDL hacer el algoritmo.

Pregunta: En qué momento empezaron a pensar en los bloques típicos que necesitaban?.

1): Al principio no teníamos idea de cuántas pastillas necesitábamos, pero luego poco a poco, analizando el algoritmo y la descripción en VHDL de este, buscamos cuáles eran las acciones que tenían un semejante en pastilla.

4): Expone los resultados de la simulación, la compilación, y la síntesis de la descripción en VHDL.

Pregunta: Qué valor Uds. le dan a la simulación en esta etapa?.

4): Que si los resultados no nos daban los que nosotros suponíamos, teníamos que volver a repensar en qué lugar del VHDL estaba el error o si el algoritmo que hicimos en forma de diagrama estaba mal.

1): Porque a lo mejor pensamos mal y hay que volver a revisar y a describir en VHDL.

5): Muestra el diseño, ahora con pastillas (dispositivos típicos MSI). Explica el subcircuito por el que se obtiene el valor intermedio.

1): Muestra los resultados de la simulación para esta etapa.

2): Argumenta los resultados de la compilación y la síntesis. Compara estos con los de la etapa anterior.

Pregunta: Les gustó esta forma de trabajar?. Aprendieron a diseñar?.

4): Nos sirvió de mucho porque nos dio una idea de cómo trabajar en la práctica cuando salgamos para la calle.

3): Trabajar de esta forma nos ayudó a investigar y si no se investiga no se aprende.

2): Nos dio trabajo, además de familiarizarnos mas con las herramientas, nos ayudó mucho el tutorial que hay en el sitio Web sobre cómo trabajar con el OrCAD. Nos ayudó también las otras informaciones y ejemplos que allí hay. En la práctica es como aprendimos las cosas.

5): Sin este trabajo no estuviéramos preparados bien para el examen final. Me parece que, además, trabajar en equipo es mas dinámico, todos aportan sus ideas, además, uno saca tiempo de máquina, otro escribe la descripción en VHDL, otro prepara la presentación en Power Point, etc.

4): Nos dividimos el trabajo, pero lo hicimos juntos.

Pregunta:Cuál es la diferencia entre trabajar el proyecto y un examen final?.

4): Por ejemplo, si estamos en el examen final, y pensamos una vía incorrecta, y nos vamos por ella, llegamos al final y, como sólo tenemos unas horas, no podemos volver atrás y repensar el problema.

1) Además en un examen no tenemos posibilidad ejecutar simulaciones, etc.

Equipo para el problema #4: Diseñe el circuito capaz de desplazar una palabra A de 8 bits en función del valor de la entrada S, si $S=0$ se desplaza a la derecha ($A7 \leftarrow A0$) y si $S=1$ viceversa.

Cantidad de Integrantes: 5

Pregunta: Todos trabajaron y se familiarizaron con el trabajo de diseño utilizando los métodos y medios necesarios?.

Todos): Sí, Noches enteras.

Pregunta: Cuántos días?.

5): Lo que más trabajo dio fue entender lo que se pedía y la idea inicial de solución. En eso nos pasamos como 2 semanas. No podemos decir exactamente el tiempo porque en esas semanas también estudiamos otras asignaturas.

1): Puede ser cerca de dos jornadas de 8 horas si se suma los tiempos mas o menos que dedicamos a esta primera parte. Después que tuvimos la idea, el trabajo fue con la ayuda de la herramienta OrCAD, es decir menos creativo, mas mecánico.

Pregunta: Pasemos a la explicación del mismo.

2): Comenzaré, aunque todos estamos preparados. Plantea el enunciado del problema.

3): El primer paso que dimos fue la interpretación del problema, la identificación de las entradas/salidas y pasamos a la formulación de una tabla de verdad que nos reflejara el funcionamiento del sistema.

4): Vimos mejor lo que pasaba con la tabla de verdad.

3): Después que teníamos la idea, pasamos a describir en VHDL.

5): Explica el VHDL, observe que en el lazo **for** se utiliza una variable.

4): Sí, cuando utilizamos **signal** vimos que los cambios de la salida en la simulación no ocurrían en el momento adecuado.

1) y 2): Exponen los resultados de esta primera simulación.

1): Expone el proceso de síntesis y compara ambas simulaciones (funcional y en tiempo).

5): Explica la implementación en pastilla.

3): Convencidos de que la simulación fue correcta, pasamos a hacerlo ahora a nivel de componentes MSI.

1): Explica el proceso de síntesis en una pastilla.

3): Cuando estuvimos convencidos de que la simulación fue correcta, se pasó a implementarlo a nivel de compuertas.

4): En nuestro caso, el diseño esquemático, también se obtiene de la interpretación de la tabla de verdad.

5): Describe el esquemático.

4): Por acá con la Tabla de Verdad nos fue más óptimo que tratar de derivar del VHDL el circuito en pastillas.

Pregunta: En el análisis de la síntesis de ambos modelos, la herramienta generó sendos circuitos muy parecidos.

1): Explica el proceso de implementación en pastilla.

3): Convencidos de que la simulación fue correcta para el modelo en VHDL, pasamos a describirlo con componentes MSI y SSI:

4): El diseño esquemático también lo obtuvimos de la propia interpretación de la Tabla de Verdad.

5): Describe el esquemático (bastante sencillo para este caso).

4): Para nuestro ejemplo, fue más óptimo que tratar de derivar del VHDL.

2) Todo dio OK , lo mismo que en VHDL, para la cantidad componentes de síntesis.

Pregunta: Han visto otros proyectos?.

2): Sí, explica detalles de la simulación. Explica el proceso de síntesis y compara ambas simulaciones.

5): Describe el esquemático.

4): Por acá con la Tabla de Verdad es más óptimo que tratar de derivar del VHDL el circuito en pastillas. Por lo menos para este ejemplo que nos tocó.

Pregunta: Creen que la estrategia que han seguido son estrategias?

2): Creen que esta estrategia le sirve para otros. Y, además, en equipo tiene la ventaja de que todos aprendimos de todos.

Pregunta: Es mejor que un examen final?.

2): Sería muy novedoso si tenemos las máquinas, internet, etc. En el momento del examen.

3): Es mucho mejor, en un examen final uno está solo “tranco” en sus ideas

1): En la prueba uno se cierra, con la computadora se siente mejor, profundiza más, comprueba, consulta.

2): Nos dimos cuenta que, cuando ya tenemos la idea y la modelamos en VHDL, no haría falta profundizar. Además tenemos la máquina, tenemos Internet, el sitio Web, etc.

Equipo para el problema #3: Diseñe el circuito que permita ordenar en las salidas de cuatro bits, nombradas MAYOR, MEDIO y MENOR, los valores de tres entradas A, B, C de igual longitud de bits.

Cantidad de Integrantes: 4

2): Comienza planteando el problema, explica la vía de solución que pensaron.

1): Muestra un gráfico con el proceso en secuencia de las comparaciones de dos en dos.

1): Muestra gráfico con el proceso, en secuencia, de la comparación.

3): Nos apoyamos en un gráfico de los que pensábamos.

4) Muestra el VHDL.

3): Nos apoyamos en un gráfico de lo que pensábamos.

4) y 3): Muestra el VHDL, en VHDL lo que hacemos es describir el proceso que antes habíamos visto gráficamente. Se llega a un punto en que se “desprende” en VHDL lo que hemos pensado con palabras.

5): Hacerlo a pastillas se pudiera hacer, porque antes se hacía. Pero en VHDL el diseño se demora menos.

4): Explica los resultados de la simulación para esta primera parte donde se describe en VHDL el proyecto.

3): Explica ahora el diseño con unidades típicas MSI. “esto está prácticamente en concordancia con lo que habíamos pensado.

4): Explica que tuvieron que implementar un selector de 3 a 1. Para ello se apoyaron en una tabla de verdad y desarrollaron una lógica de “pegamento”.

Pregunta: Cómo se sienten después del final del curso?

1): Mejor, “ahora pensamos con mayor eficiencia”.

Pregunta: Han quedado motivados?.

3): Gracias a esto es que podemos saber e interpretar mejor la digital, e incluso diseñar. Es más, nos hemos quedado pensando en otra variante de solución del problema.

Equipo para el problema #1: Diseñe un comparador de tres palabras de cuatro bits cada una (A, B, C), que en las dos salidas (X, Y) muestre sólo el mayor y el menor.

Cantidad de Integrantes: 5

C): Comienza presentando el problema. Explica que va a comparar de dos en dos y el resultado con el tercero. Argumenta que debe ser así porque los módulos típicos sólo son capaces de comparar dos a dos. “Además en realidad cuando nosotros comparamos utilizamos también la comparación dos a dos”.

Pregunta: Pensaron en el algoritmo ó en las pastilla, qué fue lo primero?.

D): Pensamos en lenguaje natural “con nuestras palabras”.

A): Nos fue más fácil primero comparar los dos primeros valores, retener el mayor y el menor de estos dos y continuar en secuencia comparando con el siguiente

E): El algoritmo lo pensamos primero con nuestras palabras.

A): De ahí pasamos a pensar cómo “traducirlo” al VHDL y nos fue bastante fácil.

B): Utilizando las herramientas del OrCAD definimos la “cajita” (bloque general) y pasamos a describir en VHDL. El VHDL que se muestra describe(comenta la descripción) tuvimos que utilizar variables intermedias de la misma forma en que cuando pensamos la comparación nos quedábamos con el valor mayor(menor) de dos para después compararlo con el siguiente

Pregunta: Por qué en la lista de sensibilidad del proceso están las señales A, B y C ?.

A, B y C): Porque en los sistemas combinacionales la salida ó las salidas dependen de los cambios de las entradas, es decir si cualquier entrada cambia, es posible que cambie la salida, por lo que hay que tener en cuenta cualquiera de las entradas dentro del process. “Eso fue lo que nos llevamos del concepto de combinacional y su forma de escribirlo en VHDL”.

B): Continúa explicando el algoritmo...

Pregunta: Por qué el uso de LT y LG como variables intermedias y no señales intermedias (signal) ?.

D): Las variables son locales al proceso (process) y se actualizan inmediatamente, mientras que las signals no se actualizan dentro del propio process sino cuando se vuelva a entrar al mismo.

C): “Sí eso lo vimos en la simulación”. Continúa con la explicación del ejercicio.

A): continúa con la explicación de la simulación. “Además se puede observar que en nuestro caso se pueden “ver” de la descripción VHDL las pastillas que nos hacen falta”. “En la simulación In Design, vemos que no hay análisis temporal.

Pregunta: Qué hicieron para el análisis en tiempo ?.

A): Compilar y sintetizar. Continúa explicando los resultados reales en función de lo que estudió en el libro de los tiempos de propagación de las pastillas.

D): Continúa con la explicación de la síntesis de la descripción en VHDL hacia el chip. Explica el porcentaje de utilización del mismo.

C): Continúa con el diseño, ahora en componentes MSI. Explica los bloques básicos que empleó.

Pregunta: Cómo identificaste que esos eran los bloques necesarios ?.

D): De la propia descripción en VHDL.

E): Porque sabemos las acciones que tenemos que hacer para solucionar el problema y en función de ellas derivamos los circuitos ó módulos típicos. Continúa explicando el diseño esquemático-circuitual completo.

E): Yo creo que los módulos o bloques típicos los puedo derivar de la propia solución del problema.

Pregunta: A qué le llamas solución del problema ?.

E): A lo que pienso inicialmente de cómo resolverlo. Bueno, si pienso en acciones que conozco como seleccionar, comparar, etc.

Pregunta: Ahora la síntesis para esta variante de solución utilizando pastillas genera una lógica mayor. Por qué ?.

A): Nos da un error si tomamos para configurar el chip la misma pastilla de la descripción en VHDL. Esto pasa porque cuando el diseño es con módulos básicos el sintetizador que tiene la herramienta de OrCAD no optimiza todo sino que trata de generar cada una de los módulos típicos que forman el esquema general.

B): Continúa explicando los resultados de la simulación para esta otra solución

Pregunta: Les fue útil el proyecto ?.

C): Sí, vimos cosas que verdaderamente nos acercan a la práctica. “Uno le fue aportando los conocimientos que tenía a los otros, fue un buen intercambio”.

E): Trabajar en el equipo es muy importante, cuando uno se acerca en el equipo se motiva más.

D): Todos nos ayudamos.

Pregunta: Han visto otros problemas ?.

A): Hemos consultado otros equipos, nos estamos “preparando” para el examen final, aunque también nos sirve para el futuro

Equipo para el problema #9: Diseñe un registro de desplazamiento en barras (barrel shift register) de ocho entradas I7...I0 y ocho salidas Y7...Y0. En las salidas estará rotada a la izquierda la palabra de entrada, tantas veces como lo indiquen las entradas S2...S0.

Cantidad de Integrantes: 5

Pregunta: Todos han participado en la realización del proyecto ?.

TODOS): Sí buscamos tiempo de máquina en dos máquinas una al lado de la otra y unos hicimos la solución en VHDL y los otros en forma esquemática.

3): Primero trabajamos a papel y lápiz en el cuarto y ya después fuimos a las máquinas. Continúa planteando el problema y la descripción del bloque general “aplicando el enfoque de trabajo top-down”.

Pregunta: top-down ?.

1) y 2): Sí eso en inglés significa que vamos a ir de lo más general hasta llegar al circuito con pastillas, eso fue lo que estudiamos en el sitio DIGITAL.

3): Explica el “razonamiento”.

1) y 2): Lo primero que hicimos fue elaborar una tabla de verdad que “explicitara” mejor el problema. Es decir “plasmamos” en forma de tabla lo que en palabras decía el problema... continúan con la explicación de la Tabla de Verdad.

4) Para desplazar tuvimos que pensar en hacer un ciclo.

Pregunta: Un ciclo ?.

5): Sí lo que había que desplazar en varias posiciones de acuerdo a lo que pudimos ver de la Tabla de Verdad. Explica...

1) y 3): Exponen la expresión en VHDL que describe el algoritmo.

4): Explica otra posible variante de descripción del algoritmo pero “esta se vé mejor”.

5): Explica los resultados de la simulación para la primera variante de solución.

4): Muestra los resultados de la síntesis en el chip y explica el aprovechamiento del mismo en un 62%.

Pregunta: Esto significa que con esta primera variante donde se utiliza la descripción en VHDL general hubiese sido suficiente, qué utilidad le ven ustedes entonces al diseño utilizando los módulos típicos MSI ?.

3): Para mí lo veo como un “entrenamiento” con bloques MSI que conocemos, o en caso de que no tengamos chips LSI: Creo que en el diseño moderno esta primera variante es mejor.

1) y 3): Los bloques MSI se “desprenden” del propio VHDL. Si no tuviésemos la posibilidad de describir en VHDL, habría que hacerlo a pastillas MSI.

2): Yo creo que realizarlo a pastillas MSI nos da una idea “mas real” de “hardware” de lo que en realidad es el circuito.

5): Expone la solución esquemática utilizando pastillas MSI. “Fuimos consecuentes con nuestro razonamiento inicial y ordenamos lo que teníamos en la Tabla de Verdad para hacer la solución esquemática”.

1): En realidad cuando estuvimos pensando la solución, después que hicimos la Tabla de Verdad, quisimos pasar directo a las pastillas MSI, pero vimos que se necesitaban muchas y empezamos a depurar la solución. Vimos entonces que el VHDL nos era útil en esta parte.

Pregunta: Consultaron literatura para esto ?.

1) y 5): En la página Web y en el libro, pero el razonamiento fue “puro” nuestro.

4): Expone los resultados de la simulación de la variante con pastillas MSI y argumenta los resultados de la síntesis en un chip para esta variante.

2): Por eso dije que podemos entender estos resultados de la síntesis mejor comparándolos con la solución esquemática.

Pregunta: Cómo evalúan todo lo que han hecho en el proyecto ?.

2), 3) y 4): Provechoso, interesante. Provechoso porque cualquier problema que tengamos que resolver ya sabemos qué estrategia seguir.

1) y 5): Nos consolidamos trabajando en equipo. “Cinco pensamos mas que uno”. “Fuimos buscando que era lo útil en las ideas de cada uno”.

Pregunta: Cuánto tiempo necesitaron par terminar el trabajo ?.

2): Creo que en dos o tres días “a tiempo completo” nos hubieran sido suficiente.

4): Nos fue muy útil los laboratorios que teníamos planificados dentro de la propia asignatura para el proyecto.

Pregunta: Si se les hubiera propuesto un problema parecido en un examen final de 4 horas?.

5): Depende “de cómo uno tenga el día”.

1): En una prueba me parece que no.

2): A una prueba vamos tensos, en el proyecto “desconectamos”, volvemos al trabajo, consultamos entre todos, etc.

3): En la prueba “si se te ocurre la solución de primera” puede ser que se termine, pero de lo contrario De esta otra forma se pueden analizar variantes, probarlas simulando, corregir errores o mejorar la variante, etc.

Equipo para el problema #2: Diseñe un sistema que muestre a la salida el módulo de dos números de entrada (A y B) de cuatro bits cada uno.

Cantidad de Integrantes: 5

4): Presenta el proyecto. Lo primero que hicimos fue pensar una “estrategia de ataque”, esto no es sólo para este proyecto.

2): Una “estrategia de ataque” es bueno para todas las cosas y para nuestra profesión.

Pregunta: En qué consistió la misma ?.

4): Primero analizar el orden en que se deben ejecutar las cosas, eso es un algoritmo de trabajo.

5): Eso es lo primero, luego hacerlo mas formal, llevarlo al VHDL.

Pregunta: Les resultó útil ver esta primera variante de solución en VHDL ?.

5): Lo considero una forma rápida para llegar a la solución del problema, antes de ponerme a buscar las pastillas (módulos MSI) con las que puedo resolverlo.

1): Presenta el bloque general “puedo definir una cajita y lo que quiero que haga el mismo escribirlo en VHDL de forma rápida”.

3): Explica la descripción en VHDL “pasamos nuestras ideas del algoritmo muy fácil al VHDL”.

Pregunta: Reconocen como lo primario el algoritmo ?.

3): Sí, es lo fundamental. Luego lo “tradujimos” al VHDL.

Pregunta: Y esa “traducción” les resultó fácil ?.

5): Fácil, conociendo el VHDL, sus sentencias básicas, es bastante fácil.

2): Expone los resultados de la simulación por esta vía. Esta simulación es importante porque muestra “mi idea” de cómo debe funcionar el circuito.

4): Si hay algo que da mal o no hace lo que tiene que hacer, hay que volver atrás.

1): Muestra los resultados de la síntesis y la simulación explicando los tiempos “porque nada se hace en tiempo cero”, teniendo en cuenta los tiempos de propagación de los dispositivos.

Pregunta: Cómo se organizaron el trabajo ?.

2): Una parte realizó la solución utilizando el VHDL en modo behavioral (funcional) y la otra en pastillas MSI. Pero todos al principio nos reunimos y planificamos el algoritmo y luego nos dividimos el trabajo, luego nos volvimos a unir para discutir los trabajos y preparar la exposición.

1): Muestra los resultados de la segunda variante en pastillas MSI y explica la simulación.

Pregunta: Este fue uno de los proyectos que se utilizó como ejemplo en clases prácticas, pero veo que le dieron otra solución el mismo.

2): En clases prácticas era con una ALU, pero lo quisimos hacer con un sumador y utilizando un circuito que calculara el complemento a dos y nos parece mas sencillo de esta forma.

1): Muestra los resultados de esta otra solución. Explica la implementación en un chip LSI.

Pregunta: Consideran provechoso el proyecto ?.

1): Si no hubiéramos trabajado en el proyecto no hubiéramos aprendido tanto de las herramientas de ayuda al diseño.

2): “Descubrimos cosas que en clases no captamos”.

3): “Vimos las potencialidades del VHDL”.

2): También trabajar en grupo nos resultó más motivante. A veces uno aportaba una idea y otro otra mejor, incluso pudimos consultar con Ud.

5): A veces uno solo tiene un error y “mira y mira” y no se da cuenta, sin embargo viene el otro y se da cuenta enseguida.

3): Se ahorra tiempo y se gana en calidad.

Anexo III.5 Explicaciones sobre la interrogante: ¿QUÉ ES DISEÑAR?

A) Diseñar es para nosotros procurar una solución técnica para un problema, de la forma más eficiente y económica posible. Para ello es necesario un análisis detallado del problema para apropiarnos de lo que se desea obtener, así como de los medios disponibles para su solución. A partir de una representación inicialmente abstracta de la solución, que nos permita ir descendiendo hasta niveles técnicos que luego se puedan implementar...Modelar la cotidianidad (un problema de la vida) para explotar las facilidades de la tecnología...

B) Mediante un problema que se te plantea crear un circuito que cumpla las especificaciones planteadas en el problema propuesto teniendo en cuenta los gastos económicos-materiales, la factibilidad, pero que a su vez cumpla con las expectativas esperadas.

- Diseñar es crear.
- Diseñar exige prever antes lo que vamos a hacer.
- El diseño de una cosa exige las herramientas adecuadas (y disponibles) para esa cosa.
- Es necesario tener conocimientos básicos de la materia y de las herramientas.

C) Para nosotros diseñar nos es más que luego de habernos planteado un problema, conociendo previamente la teoría que lo abarca, crear, modelar una solución que se pueda implementar en la práctica dejando constancia de todo el proceso teórico llevado a cabo. Es el camino de los conocimientos teóricos a los prácticos. En fin diseñar no es más que explicar, ejemplificar y desarrollar ideas teóricas de forma esquemática, gráfica o en forma modelada para dar solución con una teoría bien fundamentada, encaminada a resolver un problema.

Comprobamos que mediante el diseño que elaboramos pudimos dar solución a nuestra tarea y así crear las bases para la implementación de posteriores diseños que se nos presenten en la vida práctica como ingeniero.

D) Diseñar es un proceso iterativo. El primer y más importante paso es la interpretación del problema (interpretar implica estudiar). Luego tenemos que buscar el camino para llegar a la solución y modelar, con el camino escogido, el problema.

Luego es preciso poner a prueba nuestra solución para esto se toman situaciones específicas y se hacen pronósticos y si nuestro pronóstico está bien pues hemos terminado, de lo contrario tenemos que volver atrás ya sea a la interpretación o la búsqueda de un nuevo camino. Es por eso que el diseñar es un proceso iterativo.

E) Para poder diseñar, primero es necesaria la existencia de un problema nuevo, un "presupuesto" y un tiempo para obtener la solución. El siguiente paso consiste en la descripción del mismo en lenguaje natural, es decir, representar el problema con acciones y estados en el pensamiento abstracto. Esto se hace recorriendo en la mente el problema en busca de soluciones a cada acción. Así se van creando bloques funcionales y los primeros verbos empiezan a convertirse en "cajitas negras" donde aun no se tiene idea de cómo van a ser por dentro. Se toma papel y lápiz y se comienza a dibujar, en conjunto con la mente, figuras que esclarezcan el problema. Cuando el problema está bien claro, desde el punto de vista funcional, es decir, se sabe que hay que hacer, pero no cómo, es el momento de caracterizar el problema y hacer una búsqueda en el conocimiento previo de cómo han sido abordado los problemas que más se asemejen al que se plantea. Es aquí donde se eligen el o los modelos, procedimientos, etc. que se utilizarán para modelar el problema. Muchas veces, el reanálisis del problema aporta nuevas y poderosas ideas en la modelación del problema. Así comienza a describir el problema en un lenguaje formal y aparecen las primeras versiones del contenido de las "cajitas negras". Durante el diseño es conveniente aplicar principios filosóficos como el de la encapsulación, que permite concentrar fuerzas sobre problemas más pequeños; esto es posible mediante procesos de abstracción. Cuando ya se tiene lo que se llama "solución del problema versión 1.0" se procede a simular

el mismo para comprobar su veracidad y efectividad. Esta acción se retroalimenta con la aparición de nuevas soluciones que mejoran la solución general. Cuando la solución "versión n.x" demuestra cumplir con garantía las metas trazadas, es el momento de parar el diseño, y se considera listo para ser implementado. Esto está condicionado por muchísimos factores subjetivos, por eso el motivo de ser de las organizaciones de estandarización y otras con el objetivo de definir umbrales de calidad en los diseños. Un buen diseño es aquel que verdaderamente solucione el problema en el menor tiempo, al menor coste, con la mayor posibilidad de reutilización en el futuro y cuya "idea original" perdure a lo largo del tiempo.

F) La tendencia en cuanto al diseño de circuitos electrónicos digitales esta encaminada cada vez mas a la simplificación del proceso de diseño como tal, mediante la implementación de herramientas que facilitan extraordinariamente dicho proceso, centrándose el diseño de un circuito digital sólo en su primera fase, la de especificación. Esto trae como consecuencia que el problema se reduzca sólo a su análisis e interpretación tornándose cada vez mas sencillo el proceso de diseño de un circuito electrónico digital, haciéndose asequible a personas que "sepan poco del tema". No obstante nosotros en nuestra preparación como ingenieros sí debemos conocer.

G) El diseño es un procesamiento de datos, requiere de un proceso de análisis que nos permita definir un esquema a seguir, el cual puede ser construido con palabras y modelado con las herramientas conocidas. Es preciso una descripción detallada del mismo que nos permita mas tarde su implementación física. En fin, el diseño es una necesidad de dar respuesta a los problemas que se van presentando con nuevas características y exigencias. Es preciso hacerlo de una forma eficiente y barata. "Es una forma de aprender haciendo".

H) Diseñar es desarrollar la solución de un determinado problema para lo cual, como primer paso, debemos utilizar los conocimientos previamente adquiridos ,hay que tener creatividad y en base a eso plantear una solución a este problema mediante un modelado que permita su implementación en forma práctica. O sea llevar los conocimientos teóricos a la práctica. En resumen podemos decir que diseñar no es mas que fundamentar y desarrollar ideas con una base teórica de forma esquemática, gráfica y modelada con el interés de aportar los elementos necesarios para la solución del problema planteado.