

Actualización del sistema de contenidos de Electrónica Digital para formar ingenieros adaptables a cambios tecnológicos

Digital Electronics content system update for training adaptable engineers to technological changes

Sonia Pavoni Oliver¹. Dilaila Criado Cruz² . Leonardo César Vega Gómez³

^{1, 2} Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Centro de Investigaciones en Microelectrónica Cuba,

¹Correo electrónico: sonnia.pavoni@cime.cujae.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9348-6051>

²Correo electrónico: dilaila.criado@cime.cujae.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1718-3598>

³Empresa Cubana de Navegación Aérea UEB Habana. Centro de Investigaciones en Microelectrónica Cuba, Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica.

³Correo electrónico: lcvgmez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5782-1828>

Recibido: 23 de mayo de 2023

Aceptado: 17 de julio de 2023

Resumen

En la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, los profesores de Electrónica Digital enfrentan el desafío de un escenario tecnológico que evoluciona constantemente. El objetivo de este artículo es presentar una actualización metodológica del sistema de contenidos de las asignaturas ED1 y ED2, orientada a satisfacer los nuevos retos en la enseñanza y las nuevas demandas de la sociedad, en consonancia con los planes de estudio E. En la actualización se enfatizó en cuatro habilidades: el diseño y análisis de circuitos digitales; la descripción de circuitos digitales mediante la documentación estándar establecida por normas internacionales; la aplicación de herramientas computacionales (CAD) en el análisis, síntesis y verificación de circuitos digitales; la estimulación del aprendizaje cooperativo y autoaprendizaje. Las habilidades se potenciaron mediante acciones concretas.

Las modificaciones en el sistema de contenidos de Electrónica Digital han impactado favorablemente en varios aspectos técnicos y formativos que permiten preparar a los estudiantes para la inserción en diversos y cambiantes escenarios tecnológicos en la rama de la electrónica.

Palabras clave: enseñanza universitaria, electrónica digital

Abstract

At the José Antonio Echeverría Technological University of Havana, Digital Electronics professors face the challenge of keeping it updated in a technological scenario that constantly evolves. The objective of this article is to present a methodological update of the content system of the Digital Electronics 1 and Digital Electronics 2 subjects, aimed at meeting the new challenges in teaching and the new demands of society, in line with the E curriculum. Four skills were emphasized in the update: the design and analysis of digital circuits; the description of digital circuits through standard documentation established by international standards; the use of computational tools (CAD) in the analysis, synthesis and verification of digital circuits; the promotion of cooperative learning and self-learning. Skills were enhanced through concrete actions. The changes in the Digital Electronics content system have had a favorable impact on several technical and training aspects that allow students to be prepared for insertion into diverse and changing technological scenarios in the field of electronics.

KeyWords: college teaching, digital electronic

Licencia Creative Commons



Introducción

Las asignaturas Electrónica Digital 1 (ED1) y Electrónica Digital 2 (ED2) son parte del plan de estudios de las carreras Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, Ingeniería Biomédica e Ingeniería en Automática de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Estas asignaturas aportan conocimientos y habilidades relacionados con el diseño y análisis de circuitos digitales, que le permitirán al egresado resolver problemas vinculados con el ejercicio de la profesión. En las últimas décadas los circuitos integrados digitales han evolucionado vertiginosamente y se ha incrementado el abanico de posibilidades en cuanto a la selección de estos componentes [1, 2]. Paralelamente, se han desarrollado también los métodos y herramientas para el diseño, al punto de que se ha hecho imprescindible el empleo de metodologías de trabajo en combinación con herramientas computacionales que permitan modelar, verificar e incluso sintetizar circuitos digitales [3, 4].

En este interesante y complejo escenario tecnológico, es preocupación de los claustros universitarios la problemática de cómo mantener actualizada la enseñanza de la Electrónica Digital y cómo lograr que los estudiantes practiquen hoy sus habilidades y las adapten a los nuevos entornos del mañana. Además, surge la interrogante de cómo formar profesionales capaces de operar con el cúmulo creciente de información sin perder sus condiciones humanas [5, 6]. A tono con esta necesidad, la educación superior cubana diseñó la nueva generación de planes de estudio E que, entre sus bases conceptuales, planteó el logro de un mayor nivel de esencialidad en los contenidos de las asignaturas. Los contenidos, que se estructuran sobre la base de los objetivos, incluyen los conocimientos, habilidades, hábitos y valores de los que debe apropiarse el estudiante [7].

Con el acelerado avance tecnológico que vive la sociedad actual, no es posible abarcar toda la información diversa y compleja en el proceso de formación de ingenieros. Por lo tanto, en el diseño del sistema de contenidos es imprescindible hallar los elementos comunes que el estudiante debe asimilar para lograr una formación profesional que garantice la continuidad de su desarrollo. Esto significa fortalecer la base conceptual y desarrollar habilidades, aptitudes y competencias que le permitan adaptarse a la dinámica cambiante de la sociedad actual [8, 9].

El objetivo de este artículo es presentar una actualización metodológica del sistema de contenidos de las asignaturas ED1 y ED2, orientada a satisfacer los nuevos retos en la enseñanza y las nuevas demandas de la sociedad, en consonancia con los planes de estudio E. Los reajustes, que se han apoyado en las bases y tendencias del diseño digital, se han enfocado en el refuerzo de cuatro habilidades, lo que a su vez ha permitido reorganizar temas del sistema de conocimientos y potenciar valores en los estudiantes. Las modificaciones han impactado favorablemente en diversos aspectos técnicos y formativos. Las habilidades y acciones propuestas preparan a los estudiantes para la inserción en diversos y cambiantes escenarios tecnológicos en la rama de la electrónica.

Desarrollo

Para realizar el proceso de actualización del sistema de contenidos de Electrónica Digital se llevó a cabo una investigación donde se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- Revisión bibliográfica para analizar las bases y tendencias del diseño electrónico digital.
- Análisis de documentos normativos precedentes.
- Basar la actualización del sistema de contenidos en el refuerzo de habilidades acordes con las tendencias del diseño de circuitos digitales, las competencias que debe tener un profesional de esta especialidad y las características de los planes de estudio E.

Análisis de las bases y tendencias del diseño electrónico digital

La electrónica tiene como finalidad el diseño y análisis de sistemas que permitan la recepción, el procesamiento y la transmisión de información contenida en señales eléctricas. En la electrónica digital se trabaja con señales eléctricas que se modelan de modo que tomen uno de dos posibles valores 0 o 1 y que tiene sus fundamentos teóricos en el álgebra de conmutación [10].

Según Barrios [11], el diseño electrónico digital o diseño digital, se puede definir como el proceso planificado y organizado mediante el cual se implementa un sistema electrónico digital concreto para solucionar un problema práctico. En el diseño digital convergen varios elementos: los fundamentos teóricos, la tecnología electrónica, las herramientas de diseño asistidas por computadoras (CAD) y las metodologías de diseño. Además, en un mundo interconectado no pueden obviarse las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) que facilitan una permanente actualización e intercambio de experiencias entre los diseñadores [9].

Los fundamentos teóricos corresponden a los conceptos y metodologías que no han cambiado con el desarrollo tecnológico. Desde el punto de vista docente-metodológico, Barrios denomina a estos elementos como invariantes del contenido [11]. Entre ellos se encuentran el sistema numérico binario, el álgebra de conmutación, las compuertas lógicas, el método de simplificación por mapas de Karnaugh, los circuitos combinatorios y los circuitos secuenciales [10].

La tecnología electrónica está relacionada con la evolución alcanzada en la fabricación de circuitos integrados y cada vez tiene un vínculo más estrecho con el desarrollo de herramientas CAD. El empleo de estas últimas se ha vuelto indispensable en el análisis, síntesis y verificación de circuitos digitales y también constituye un apoyo en la enseñanza de la Electrónica Digital [12].

La verificación mediante herramientas computacionales forma parte del proceso de diseño de un circuito digital. Es importante razonar que, si bien las herramientas CAD automatizan muchas tareas, estas sólo permiten realizar algunas transformaciones y optimizaciones en los circuitos. Esto significa que un resultado favorable dependerá siempre de los métodos utilizados y de la experiencia humana. Es fundamental entonces incorporar a la enseñanza de la Electrónica Digital metodologías generales de trabajo que sean adaptables a cualquier tecnología. En este sentido, en los procesos de diseño de circuitos digitales se recomienda tener en cuenta tres aspectos: la jerarquización, la abstracción y las formas de descripción [11].

La jerarquización consiste en la subdivisión de un sistema en módulos o bloques de forma recursiva para conseguir que el nivel de complejidad de cada parte sea abordable, ya que en la mayoría de los casos tratar todo el sistema de forma unitaria es imposible. El enfoque jerárquico tiene dos tendencias (Fig. 1): descendente (top-down) y ascendente (bottom-up). En el diseño descendente se define el bloque de nivel superior y se identifican los subbloques necesarios para construirlo, los cuales se subdividen en otros subbloques hasta llegar a un nivel donde no sea necesario seguir dividiendo. Por el contrario, en el diseño ascendente primero se identifican los subbloques de menor nivel y estos se emplean para construir bloques de mayor nivel hasta llegar al de nivel superior. Construir un sistema como una jerarquía de módulos proporciona claridad en lo que se necesita hacer y permite que más de un diseñador trabaje en la solución. Además, los bloques desarrollados pueden reutilizarse.

El proceso de abstracción está íntimamente ligado a la jerarquización. Se refiere a la cantidad de decisiones de diseño que se especifican en la descripción de un circuito. Mientras menos decisiones de diseño, mayor será el nivel de abstracción.

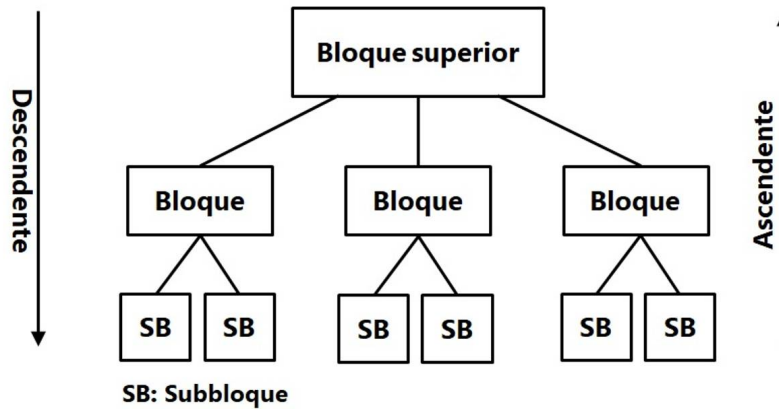


Figura 1. Jerarquización de un sistema digital. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se presenta un esquema que se basa en el diagrama Y introducido en 1983 por Gajski y Kuhn [13] para describir diferentes perspectivas del proceso de diseño de circuitos integrados digitales de muy alta escala de integración. En el diagrama Y se representan mediante círculos concéntricos los diferentes niveles de abstracción con los que puede describirse un circuito digital. Mientras más externo es el círculo, mayor el nivel de abstracción, o sea, menor nivel de detalle. El círculo de menor diámetro, que representa el nivel Físico, está vinculado a la física del dispositivo y a los procesos de fabricación del circuito integrado. En este nivel han ocurrido los impresionantes avances de las últimas décadas relacionados con la velocidad de respuesta de los transistores y su cantidad por unidad de área. En el nivel Lógico, los componentes principales son compuertas (AND, OR, NOT) y flip-flops (unidad básica de almacenamiento de un dato binario). Por su parte, en el nivel de Transferencia de Registros la descripción se basa en bloques funcionales que pueden ser combinatorios (ej. multiplexores y sumadores) o secuenciales (ej. contadores y registros). Si los bloques tienen una funcionalidad lógica predefinida se les denomina regulares.

Independientemente del nivel de abstracción, un circuito digital se puede representar mediante descripciones estructural, funcional y física. Estas variantes se reflejan en el diagrama como las flechas que conforman la letra Y.

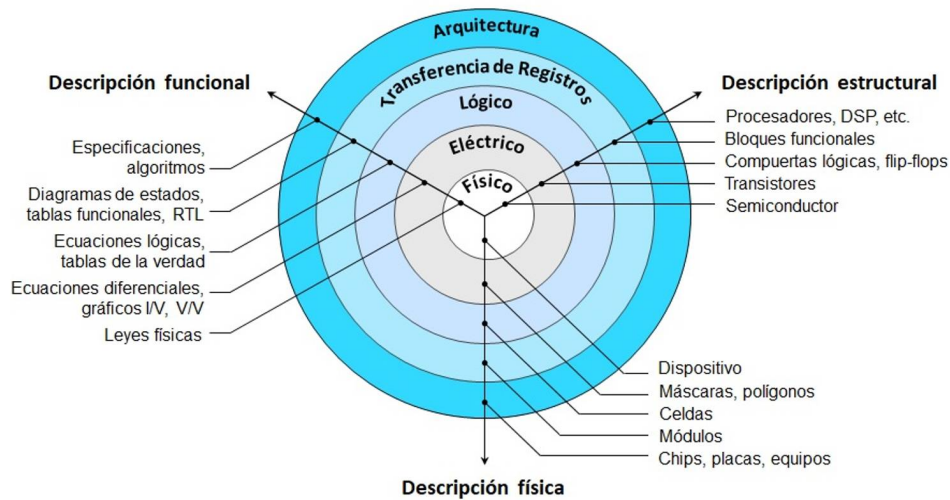


Figura 2. Niveles de abstracción y formas de descripción de un circuito digital (Basado en el diagrama Y de Gajski-Kuhn). Fuente: Elaboración propia.

La descripción estructural consiste en especificar el total de los elementos que componen el sistema digital y las interconexiones entre ellos. En la funcional, el sistema puede describirse mediante ecuaciones matemáticas, curvas, algoritmos, tablas, diagramas, etc. La descripción física corresponde al aspecto real que tendrá el sistema o circuito una vez fabricado. Aunque se puede aprender y practicar el diseño a un nivel particular, es usual que para efectuar el trabajo haya que subir o bajar algunos niveles. Igualmente, el diseñador puede cambiar de una forma de representación a otra. A medida que se incrementa la complejidad del circuito, los diseñadores tienden a una representación con mayores niveles de abstracción [10].

Las diversas formas de abordar un diseño significan un reto para la enseñanza de la Electrónica Digital. En el contexto internacional, esta materia está presente en los programas de formación de ingenieros de las ramas de la electrónica, automática, telecomunicaciones, ciencias de la computación, entre otros. Puede presentarse con diferentes nombres (Electrónica Digital, Sistemas Digitales, Diseño Digital, etc.). Es común que un curso inicial imparta los contenidos invariantes ya que constituyen la base del diseño digital. En función del contexto y de los objetivos puntuales que se persigan, se incorporan contenidos asociados a la tecnología y se enfatiza en determinadas habilidades. Por lo general, el diseño con alto nivel de abstracción se presenta en asignaturas de últimos años y en cursos de postgrado.

Análisis del sistema de contenidos de Electrónica Digital en plan D

Las asignaturas ED1 y ED2 han tenido como objetivo principal que los estudiantes aprendan a diseñar circuitos electrónicos digitales que resuelvan problemas relacionados con las esferas de actuación del ingeniero, teniendo en cuenta las continuas transformaciones tecnológicas, los impactos social y económico, así como las competencias y valores profesionales acordes con nuestra sociedad.

Al contrastar sus sistemas de conocimientos con el diagrama Y de la figura 2, se puede afirmar que en ambas asignaturas se trabaja fundamentalmente en los niveles Lógico y de Transferencia de Registros, aunque por supuesto tienen contacto con otras capas. Los niveles Físico y Eléctrico se abordan en asignaturas precedentes o simultáneas (Física y Electrónica Analógica), mientras que el nivel de Arquitectura se trabaja en años superiores y en la formación de postgrado.

En el plan de estudio D, el sistema de conocimientos de ED1 partía de las familias lógicas y parámetros eléctricos de los circuitos integrados digitales. Les seguían el sistema numérico binario, álgebra de conmutación y diseño de circuitos combinatorios con circuitos integrados comerciales de pequeño y mediano niveles de integración. Se introdujo el lenguaje de descripción de hardware VHDL. También se impartían las memorias ROM y se concluía con los biestables.

El sistema de conocimientos de ED2 tenía las máquinas de estados sincrónicas (MES), los circuitos integrados comerciales secuenciales de pequeño y mediano niveles de integración, VHDL para describir circuitos secuenciales y las memorias RAM. Esta organización del sistema de conocimientos era coherente con muchos libros de texto y en su momento satisfacía las demandas de formación de profesionales.

En cuanto a las habilidades, ambas asignaturas del plan D estaban dirigidas fundamentalmente hacia el análisis, diseño, simulación y montaje de circuitos lógicos con los dispositivos integrados comerciales más conocidos en ese momento.

Como resultado del análisis de estos programas precedentes se detectaron aspectos que podían ser mejorados para las condiciones actuales. Entre ellos se encuentran:

- La fragmentación en algunos contenidos limitaba la integración del conocimiento.
- Los contenidos invariantes estaban dispersos entre ED1 y ED2 y mezclados con aspectos tecnológicos que no siempre facilitaban la comprensión.

- Algunos contenidos se organizaban siguiendo un orden cronológico de la evolución histórica de la electrónica, que no siempre iba de lo simple a lo complejo.
- No se enfatizaba en métodos generales de diseño que tuvieran en cuenta enfoques jerárquicos y niveles de abstracción.
- La enseñanza se orientaba al estudio de circuitos integrados específicos y no a las funcionalidades lógicas predefinidas que más se aplican en los sistemas digitales y que pueden implementarse en diversas tecnologías.
- Los métodos de diseño estaban muy vinculados a la tecnología.
- La documentación técnica original no estaba al alcance de todos. En consecuencia, se hacía poco énfasis en su utilización y la mayoría de las veces los profesores facilitaban la información ya procesada.
- El empleo de herramientas CAD se consideraba una opción y no un paso esencial del proceso de diseño de un circuito digital.

Actualización del sistema de contenidos de Electrónica Digital

En el proceso de actualización del sistema de contenidos de las asignaturas ED1 y ED2, se mantuvieron el objetivo, los conocimientos esenciales a adquirir y el sistema de valores. Las modificaciones se centraron en el énfasis de cuatro habilidades importantes para el desarrollo de un profesional adaptable a los cambios tecnológicos en la rama de la electrónica. Estas habilidades, que aparecían de forma dispersa en planes anteriores y no se priorizaban, se han reorganizado y potenciado mediante acciones concretas (Tabla 1) que hoy forman parte de las indicaciones metodológicas. Las acciones que se proponen repercuten en todo el sistema de contenidos.

Establecer habilidades y enfoques comunes ha permitido reorganizar el sistema de conocimientos de las asignaturas de Electrónica Digital de manera integrada y flexible. Electrónica Digital 1 se ha organizado en tres temas. En el primero se incluyen sistemas numéricos, álgebra de conmutación, compuertas lógicas y biestables. El segundo tema integra los conocimientos y habilidades anteriores para abordar los circuitos secuenciales sincrónicos y máquinas de estados sincrónicas. Se trabaja en estos dos temas el análisis y diseño de circuitos en el nivel lógico. En el tercero, que también constituye una integración de los anteriores, se abordan los bloques funcionales (nivel RT). En cada tema se estudian métodos de diseño relacionados con el nivel de abstracción y con un enfoque jerárquico.

Por su parte, el sistema de conocimientos de Electrónica Digital 2 se conforma por familias lógicas y parámetros eléctricos de los circuitos integrados digitales, análisis de hojas de datos, circuitos integrados digitales de diferentes niveles de integración y VHDL.

Tabla 1. Habilidades que se refuerzan en la actualización del sistema de contenidos de las asignaturas ED1 y ED2.

Habilidades	Acciones
Aplicar metodologías generales para el diseño y análisis de circuitos digitales que, en la medida de lo posible, sean independientes de las herramientas CAD y de las alternativas tecnológicas disponibles para el desarrollo de un circuito.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el método jerárquico en la solución de problemas. • Orientar el estudio y aplicación de los bloques funcionales regulares. • Emplear el modelo general de los circuitos secuenciales sincrónicos [3, 4] en el estudio de los bloques funcionales secuenciales sincrónicos.
Describir los circuitos digitales mediante la documentación estándar establecida por normas internacionales. Analizar e interpretar información técnica (hojas de datos, notas de aplicación, artículos científico-técnicos, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> • Enfatizar en la interpretación y descripción de circuitos mediante tablas funcionales, diagramas funcionales, diagramas de tiempo y diagramas de estados. • Orientar el análisis e interpretación de la información técnica de cualquier circuito integrado digital comercial (funcionamiento lógico, parámetros eléctricos estáticos y dinámicos).
Aplicar herramientas computacionales (CAD) en el análisis, síntesis y verificación de circuitos digitales.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la verificación de circuitos digitales mediante simulación con herramientas CAD como un paso esencial en la solución de ejercicios docentes. • Aplicar el diseño jerárquico en la simulación con herramientas CAD.
Aplicar aprendizaje cooperativo y autoaprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar un sistema de actividades y materiales de aprendizaje para desarrollar de forma individual y en equipos de trabajo. • Utilizar las plataformas digitales que ofrece la universidad para gestionar las asignaturas.

Discusión

La aplicación del método jerárquico permite organizar la solución de problemas tanto de análisis como de diseño. Para ello se orienta a los estudiantes partir de la definición de las entradas y salidas del circuito digital que se trabaja; identificar las funciones que debe

realizar; asociarlas a bloques lógicos que pueden ser regulares o no; y reutilizar los bloques regulares. Utilizar bloques lógicos funcionales regulares también permite abordar la solución

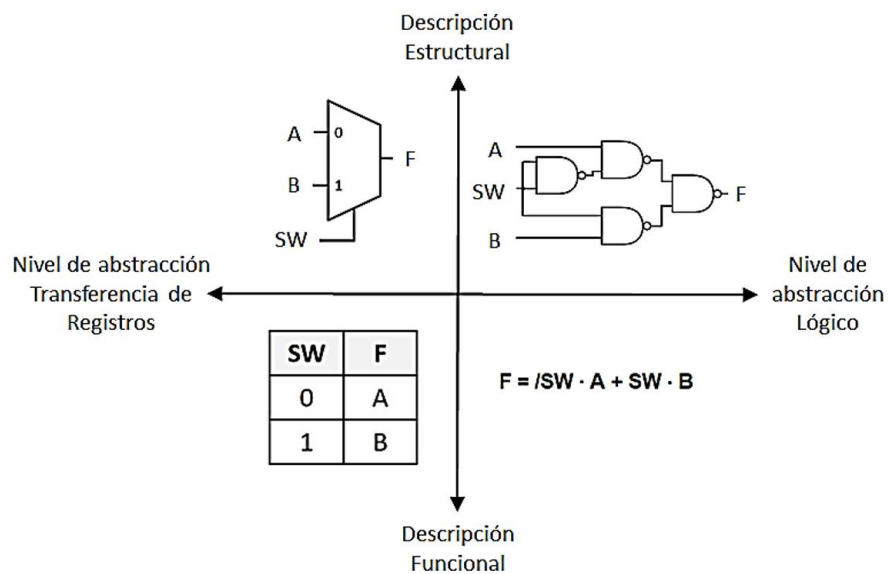


Figura 3. Multiplexor de dos canales de un bit en diferentes niveles de abstracción y formas de descripción. Fuente: elaboración propia.

de problemas desde diferentes niveles de abstracción y formas de descripción. Un ejemplo de ello se ilustra en la figura 3 con un multiplexor, bloque funcional regular combinatorio muy utilizado en el diseño digital.

Una de las acciones más relevantes de la actualización es el empleo del modelo general de los circuitos secuenciales síncronos (CSS) en el estudio de los bloques funcionales secuenciales síncronos regulares (registros, registros de desplazamiento y contadores). Como se observa en la figura 4, este modelo tiene un enfoque jerárquico y su comportamiento está descrito en la literatura técnica [3].

En planes precedentes, el modelo general de los CSS se empleaba únicamente en ED2 para describir MES. Cada circuito integrado secuencial síncrono, así como las MES, se estudiaban como unidades independientes.

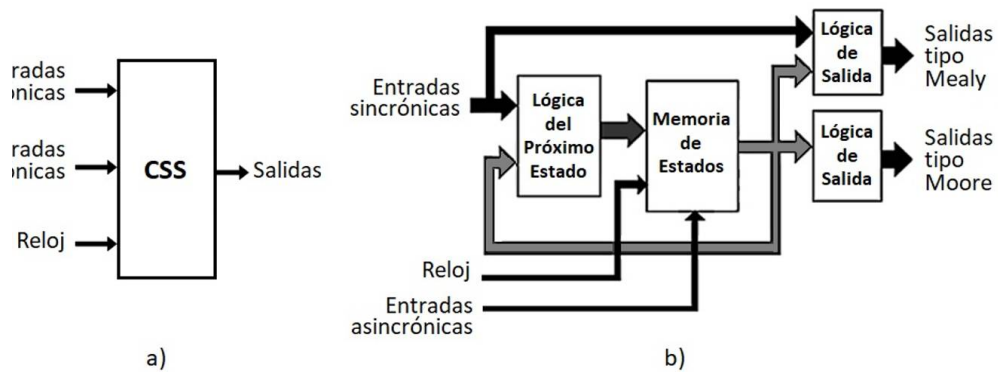


Figura 4. Circuito Secuencial Sincrónico (CSS): a) Diagrama de entradas y salidas; b) Modelo general. Fuente: elaboración propia.

Esa organización obstaculizaba la integración del conocimiento y muchas veces los estudiantes se sentían abrumados por un exceso de información. Teniendo en cuenta que los bloques regulares secuenciales sincrónicos y las MES siguen la estructura jerárquica de los CSS, en la actualización de las asignaturas de Electrónica Digital se utiliza este modelo general para estudiarlos.

Establecer el modelo como punto de partida permite analizar las semejanzas y diferencias tanto estructurales como funcionales entre los bloques secuenciales sincrónicos regulares. Al comprender mejor la estructura interna, se viabiliza el análisis e interpretación de los mismos mediante tablas funcionales y diagramas de tiempo, lo que a su vez prepara al estudiante para el análisis e interpretación de la documentación estándar establecida por normas internacionales. Apoyarse en este esquema también facilita el análisis y el diseño de circuitos secuenciales sincrónicos, independientemente del nivel de abstracción y las formas en que estén representados. Esto es significativo porque brinda flexibilidad en la enseñanza del diseño digital con independencia de la tecnología.

Es imprescindible para un profesional de la ingeniería el empleo de la documentación estándar establecida por normas internacionales. En el estudio de los bloques y circuitos integrados combinatorios, se enfatiza en la descripción de sus comportamientos mediante tablas funcionales y diagramas de tiempo.

Para los bloques y circuitos secuenciales sincrónicos se emplean, además, diagramas de estados. En esta actualización se hace hincapié en que el estudiante desarrolle la habilidad de buscar, analizar e interpretar la información técnica de cualquier circuito integrado digital comercial, en lugar de que el profesor la proporcione ya procesada. Al trabajar directamente con las hojas de datos que contienen la información técnica que aportan los fabricantes de circuitos integrados, los estudiantes se acercan al escenario que encontrarán en su desempeño profesional.

A diferencia de planes anteriores, se tiene en cuenta que la verificación del funcionamiento de los circuitos mediante herramientas CAD forma parte del proceso de diseño. En este sentido se tomó como acción que en las actividades de aprendizaje se oriente la verificación mediante programas de simulación de los circuitos que se analizan y diseñan. También se guía hacia el análisis y discusión de los resultados de simulación. De esta manera se estimulan el desarrollo del pensamiento crítico y hábitos de proceder reflexivo que favorezcan en el estudiante una constante autoevaluación, la evaluación del trabajo de otros compañeros y del grupo.

Organizar un sistema de actividades de aprendizaje para desarrollar de forma individual y en equipos de trabajo se ajusta a los nuevos paradigmas educativos. El trabajo cooperativo constituye uno de los pilares de aprender a aprender y una de las competencias que debe desarrollar un profesional. Trabajar con otros ayuda a entender mejor los objetivos, acordar estrategias, explicar a sí mismo y a los compañeros por qué se defiende una idea [14, 15]. Es importante que los materiales didácticos y las orientaciones sean concisos, coherentes y estén disponibles para los estudiantes en las plataformas universitarias de teleformación.

La actualización del sistema de contenidos de estas asignaturas ha sido un proceso continuo durante años de trabajo. Ha permitido adaptarse a cursos con condiciones diversas y a afectaciones docentes no previstas. Un ejemplo constituyó el desarrollo de cursos en modalidad a distancia durante la pandemia por la COVID 19 [16]. También se califica positivamente en los indicadores que se utilizan para evaluar el diseño curricular de los planes de estudio E. Entre ellos se destacan:

- Actualidad de los contenidos planificados en el programa, en el orden científico y profesional.

- Establece propuestas didácticas que propician el protagonismo de los estudiantes en el proceso de formación, elevan el tiempo dedicado a su autopreparación y favorecen el aprendizaje autónomo.
- El uso de los recursos educativos disponibles y necesarios para el aprendizaje del contenido, priorizando las TIC y las plataformas de aprendizaje.

Conclusiones

Se presentó una actualización metodológica del sistema de contenidos de las asignaturas ED1 y ED2. La propuesta parte de la necesidad de formar profesionales con habilidades, aptitudes y competencias que les permitan adaptarse a la dinámica cambiante de la sociedad actual. Tiene en cuenta las tendencias en la enseñanza de la electrónica: los fundamentos teóricos, aspectos tecnológicos, herramientas y metodologías de diseño, niveles de jerarquización y abstracción, así como las formas de descripción de circuitos digitales. También se apoya en las bases conceptuales de los planes de estudio E, entre las que plantea un mayor nivel de esencialidad en los contenidos de las disciplinas.

En la actualización metodológica se enfatizó en cuatro habilidades: el diseño y análisis de circuitos digitales; la descripción de circuitos digitales mediante la documentación estándar establecida por normas internacionales; la aplicación de herramientas computacionales (CAD) en el análisis, síntesis y verificación de circuitos digitales; la estimulación del aprendizaje cooperativo y autoaprendizaje. Las habilidades se potenciaron mediante acciones concretas, que a su vez permitieron reorganizar temas del sistema de conocimientos y potenciar valores en los estudiantes.

Las modificaciones en el sistema de contenidos de Electrónica Digital han impactado favorablemente en varios aspectos técnicos y formativos que permiten preparar a los estudiantes para la inserción en diversos y cambiantes escenarios tecnológicos en la rama de la electrónica.

Reconocimiento

Dedicamos este trabajo a la memoria del profesor Víctor Eugenio Escartín Fernández, quien consagró su vida a la enseñanza de la Electrónica, comenzó la dirección de este proyecto y falleció en activo, víctima de la COVID-19.

Referencias bibliográficas

1. Alam S. Seeing Moore's Law with 2020 Vision: Less Is Now Moore. EETimes Europe; 2020. [citado 2020]. Disponible en: <https://www.eetimes.eu/seeing-moores-law-with-2020-vision-less-is-now-moore/>.

2. Ward-Foxton S. World's Largest FPGA has 35 Billion Transistor. EETimes; 2019 [citado octubre 2020]. Disponible en: <https://www.eetimes.com/worlds-largest-fpga-has-35-billion-transistors/>.
3. Pong PC. FPGA Prototyping by VHDL Examples. Xilinx MicroBlaze MCS SoC. 2da ed. USA: Wiley; 2017.
4. Pedroni VA. Circuit Design with VHDL. 3ra ed: MIT Press; 2020.
5. Ruiz de Clavijo P, Juan J, Sivianes F, Hernández M, Fortet P. La Motivación en el Aprendizaje de Electrónica como Mejora de la Calidad de la Educación. Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica: TAAE 2018. Tenerife; 2018. 20-22 de junio de 2018, pp 270-274.
6. Bhuyan MH, Khan SSA, Rahman MZ. Teaching digital electronics course for electrical engineering students in cognitive domain. International Journal of Learning and Teaching. 2018;10(1):1-12.
7. Herrero E, Zilberstein J, Borroto G, Castañeda AE, Fernández AM. Preparación pedagógica integral: para profesores universitarios. La Habana: Editorial Universitaria; 2019.
8. Artola ML, Tarifa L, Finalé de la Cruz L. Planes de estudio E en la Educación Superior cubana: una mirada desde la educación continua. Universidad y Sociedad, 2019; 11(2):364-371.
9. Ovalles FO. Retos y tendencias de la Ingeniería en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) frente al Desarrollo del Sector Productivo. Espacios. 2018; 39(14): 7-18.
10. Wakerly JF. Digital Design Principles and Practices. 5 ed: Pearson; 2018.
11. Barrios JP. Estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad diseño electrónico digital en estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica (Tesis doctoral). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas; 2006. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344239566_UNIVERSIDAD_CENTRAL_MARTA_ABREU_DE_LAS_VILLAS_FACULTAD_DE_INGENIERIA_ELECTRICA
12. Pérez R. Software as a didactic support in the teaching of digital electronics in higher education in Mexico. RUNAS [Internet]. 2021Jul.12 [citado 2022Ene.10];2(3):e21045. Disponible en: <https://runas.religacion.com/index.php/about/article/view/45/48>
13. Gajski D, Kuhn R. New VLSI Tools. Computer. 1983; 16(12):11-14.

14. Méndez JA, Comino L, García F, Gómez E. Tres pilares para el aprendizaje significativo. Experiencia multidisciplinar en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Granada. *Innovación Educativa en Edificación*. 2018; 2(3): 65-79.
15. Pérez-Poch A. Análisis del Impacto de Metodologías Activas en la Educación Superior: Tesis Doctoral Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech; 2019. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/667822/TAPiP1de1.pdf>
16. Pavoni Oliver S, Vega Gómez LC, Criado Cruz D, Vega González I, Montesino Duque L. Programa de Electrónica Digital centrado en el estudiante para el aprendizaje a distancia en COVID-19. *RRP [Internet]*. 21 de febrero de 2023 [citado noviembre de 2023]; 10(3): 462-76. Disponible en: <https://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/319>.

Contribución de autoría: Los autores han colaborado en partes iguales, en todas las etapas del artículo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses. Todos los autores del artículo declaramos que estamos de total acuerdo con lo escrito en este informe y aprobamos la versión final.

Autores

Sonnia Pavoni Oliver, Dr en Ciencias; Profesor Titular. Centro de Investigaciones en Microelectrónica Cuba, Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica; Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

Dilaila Criado Cruz Asistente. Centro de Investigaciones en Microelectrónica Cuba, Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

Leonardo César Vega Gómez Instructor Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica..Empresa Cubana de Navegación Aérea UEB Habana. Centro de Investigaciones en Microelectrónica Cuba, La Habana, Cuba.

