

## PROGRAMA DE CURSO SISTEMAS DIGITALES

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Eléctrica (DIE)					
Nombre del curso	Sistemas Digitales	Código	EL3102	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Digital Systems</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	FI2002: Electromagnetismo, CD2201: Módulo interdisciplinario					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes diseñen y construyan sistemas digitales o hardware funcional, eficiente y de máximo desempeño, considerando especificaciones técnicas, económicas y ambientales. Para esto, utilizan conceptos y principios de la física (energía y calor) y matemáticas (lógica y álgebra), en el diseño de circuitos digitales simplificados.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE2: Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE3: Analizar, usar experimentos e interpretar sus resultados para la verificación y validación de desarrollos tecnológicos.

CE4: Concebir, diseñar y evaluar, dispositivos, sistemas y desarrollos científico-tecnológicos para la solución de problemas en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, considerando especificaciones técnicas, así como requerimientos económicos, ambientales, sociales y éticos.

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

**CG4: Trabajo en equipo**

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2, CE5	RA1: Utiliza conceptos y principios de la física (energía y calor) y matemáticas (lógica y álgebra), en el diseño de circuitos digitales simplificados que permitan generar soluciones eficientes y de máximo desempeño.
CE3, CE4	RA2: Diseña y construye múltiples sistemas digitales, así como un sistema digital o hardware funcional, considerando especificaciones técnicas, económicas y ambientales, a fin de resolver, en forma óptima, eficiente y efectiva, un problema digital concreto.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA3: Elabora, de forma clara y concisa, reportes de los trabajos de laboratorio, fundamentando sus resultados con aspectos teóricos y técnicos del diseño de sistemas digitales.  RA4: Expone un estado de avance y los resultados de la construcción de un sistema digital o hardware funcional, considerando en su propuesta criterios de eficiencia y de máximo desempeño.
CG4	RA5: Ejecuta, de manera organizada, una serie de actividades para el diseño de sistemas digitales en un contexto de respeto hacia las ideas y propuestas de solución por parte de sus pares, favoreciendo con esto la producción de conocimiento.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Introducción a los sistemas digitales	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Comparación de circuitos digitales respecto de circuitos analógicos. 1.2. Dispositivos digitales básicos, niveles lógicos y la abstracción digital. Circuitos integrados, convenciones y dispositivos lógicos programables. 1.3. Tablas de verdad y diagramas de tiempo. Características eléctricas de compuertas, hoja de datos. Salidas de tres estados. Propiedades universales de las compuertas. Familias lógicas, consumo de potencia y software para el diseño digital. 1.4. Representación de números positivos y negativos, punto flotante, suma y resta. Códigos para detectar y corregir errores.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Diferencia entre un circuito digital y uno analógico, considerando el tipo de señal que cada uno de estos circuitos procesa.</li> <li>Elabora e interpreta tablas de verdad y diagramas de tiempo para el diseño de circuitos lógicos.</li> <li>Clasifica familias lógicas, considerando sus aplicaciones.</li> <li>Describe las características eléctricas de los circuitos digitales.</li> <li>Utiliza códigos y representaciones de números.</li> <li>Identifica los supuestos de la abstracción digital, considerando su validez y alcances.</li> <li>Utiliza códigos para la detección y corrección de errores.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[1] Cap. 1, 2 [2] Cap. 1- 3	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA4, RA5	Diseño y análisis de circuitos combinacionales	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Definición de circuito combinacional. 2.2. Álgebra de Boole y su aplicación al análisis y diseño de circuitos combinacionales. Representación estándar de funciones lógicas, minitérminos y maxitérminos. Minimización en suma de productos (SoP) o producto de sumas (PoS). 2.3. Representación y minimización de funciones booleanas en mapas de Karnaugh. Diseño de circuitos para		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Aplica álgebra de Boole en la simplificación de circuitos combinacionales.</li> <li>Representa y simplifica funciones Booleanas en Mapas de Karnaugh.</li> <li>Utiliza conceptos y principios de la física (energía, calor) y matemáticas (lógica y álgebra) en el diseño de circuitos digitales simplificados.</li> </ol>	

<p>funciones booleanas incompletamente especificadas y con múltiples salidas.</p> <p>2.4. Dispositivos de lógica combinatorial y su utilización para implementación de funciones booleanas. Decodificadores, multiplexores, OR exclusivo, comparadores, memorias, sumadores con y sin carry, buffers. Dispositivos de lógica programable (<i>PLD, PAL, PLA, CPLD, FPGA</i>).</p> <p>2.5. Introducción a lenguajes de descripción de hardware y aplicación a circuitos digitales.</p> <p>2.6. Peligros estáticos y dinámicos en circuitos digitales. Diseño de circuitos libres de peligros.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Organiza con su equipo, en un marco de respeto por las ideas de sus pares, el trabajo en circuitos combinatoriales con compuertas lógicas.</li> <li>5. Diseña y construye, en el laboratorio, circuitos combinatoriales con compuertas lógicas, cuyos resultados reporta de forma clara y sintética.</li> <li>6. Resuelve peligros estáticos y dinámicos en circuitos digitales.</li> <li>7. Programa dispositivos de lógica digital, utilizando lenguajes de descripción de hardware.</li> <li>8. Determina aspectos de eficiencia energética de máximo desempeño, como parte de las especificaciones en el diseño de circuitos.</li> </ol>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>[1] Cap. 2-10 [2] Cap. 4-6</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3	Diseño y análisis de circuitos secuenciales	6 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Definición de circuitos secuenciales.</p> <p>3.2. Circuitos de almacenamiento de información (<i>Latch</i> y <i>Flip-Flops</i>), según tipos de entradas (SR=Set/Reset, D=Data, JK)</p> <p>3.3. Aplicaciones básicas de <i>flip-flops</i>: memorias, registros de desplazamientos, divisor de frecuencias, contadores.</p> <p>3.4. Síntesis y análisis de circuitos secuenciales síncronos. Modelos de Mealy y Moore. Diagrama de estado, tabla de estado, minimización de tablas de estado (estados equivalentes y compatibles), asignación de estados, tabla de transición de estados, elementos de memoria.</p> <p>3.5. Circuitos digitales libres de peligros (<i>timing hazards</i>).</p> <p>3.6. Aplicaciones a microprocesadores.</p> <p>3.7. Arquitectura básica de microprocesadores, buses de direcciones y datos. Direccionamiento, lectura/escritura de memoria y diseño de bloque decodificador de direcciones.</p> <p>3.8. Implementación física de las compuertas lógicas.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseña, analiza e implementa, en laboratorio, circuitos secuenciales síncronos, cuyos resultados expone en reportes claros y concisos.</li> <li>2. Utiliza aplicaciones básicas de circuitos de almacenamiento de información (<i>latch</i> y <i>flip-flops</i>), para diseñar circuitos secuenciales.</li> <li>3. Simplifica circuitos secuenciales en cuanto a tamaño y costo del circuito, mediante reducción de tablas de estado.</li> <li>4. Diseña circuitos digitales libres de peligros (<i>timing hazards</i>), reduciendo errores.</li> <li>5. Realiza en laboratorio, la implementación física de las compuertas lógicas de sistemas digitales.</li> <li>6. Diseña y construye, en el laboratorio, sistemas digitales, cuyos resultados expone, de forma concisa, en un reporte.</li> <li>7. Trabaja con su equipo, de manera consensuada en cada tarea asignada con sus respectivos productos.</li> <li>8. Concibe el diseño de un hardware funcional, considerando especificaciones técnicas de función del circuito y velocidad.</li> <li>9. Presenta avances del proyecto de hardware, considerando en su diseño criterios de eficiencia y de máximo desempeño.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[2] Cap. 7 y 8	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA4	Lenguaje de descripción de hardware, tipos de memorias y ADC.	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Lenguajes de descripción de hardware y aplicación a circuitos digitales. 4.2. ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> ) y DACs ( <i>DAC: Digital to Analog Converter</i> ). Distintos tipos de ADC y DAC (ventajas y desventajas). 4.3. Teorema del muestreo de Nyquist-Shannon y zonas de Nyquist. 4.4. Memorias y medios de almacenamiento: Memoria SRAM ( <i>Static Random Access Memory</i> ), DRAM ( <i>Dynamic Random Access Memory</i> ), EEPROM ( <i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i> ) y unidades de disco.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza el proceso de manufactura de los circuitos integrados, determinando costos y limitaciones.</li> <li>2. Utiliza el Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon demostrando la reconstrucción exacta de una señal.</li> <li>3. Aplica ADC y memorias SRAM, DRAM, EEPROM, seleccionándolas según sus ventajas y desventajas y tipo de requerimiento.</li> <li>4. Utiliza lenguajes de descripción de hardware aplicándolos a circuitos secuenciales.</li> <li>5. Construye y presenta un hardware funcional, eficiente y de máximo desempeño, considerando función del circuito y velocidad, mínimo costo y mínimo consumo de potencia.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[2] Cap. 3 y 9	

### E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas.
- Laboratorio (4 experiencias en el semestre).
- Proyecto de diseño, construcción, caracterización de un sistema digital/hardware funcional.

## F. Estrategias de evaluación:

Al inicio de cada semestre, se informará sobre el tipo de evaluación, cantidad y ponderaciones correspondientes.

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
Control N°1	RA1-Unidad 1 y Unidad 2.
Control N°2	RA2-Unidad 2 y Unidad 3.
Control N°3	RA1 y RA2: Unidad 3 y Unidad 4.
4 experiencias de laboratorio con su respectivo reporte.	RA3. Cada informe se trabaja semana por medio.
Proyecto final (de duración de un mes, con una entrega de avance)	RA2, RA3, RA4, RA5. Entrega final de proyecto: Todas las unidades.

## G. Recursos bibliográficos:

### Bibliografía obligatoria:

- [1] Roth, C. (2006). *Fundamentals of Logic Design*. Thomson-Engineering.  
[2] Wakerly, J. (2006). *Digital Design: Principles & Practices*. Prentice Hall.

### Bibliografía Complementaria:

- [3] Floyd, T.L. (1998). *Fundamentos de Sistemas Digitales*. Sexta Edición. Prentice Hall.  
[4] Gajjski, D. (1997). **Principios de Diseño Digital**. Prentice Hall.  
[5] Mano, M. (2004). *Logic and Computer Design Fundamentals*. Prentice Hall.  
[6] Shu, L., COSTELLO, D.J. (S/F). *Error Control Coding*. Prentice Hall: Segunda Edición.  
[7] TOCCI, R.J. **Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones**. Prentice Hall.

## H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Ricardo Finger
Validado por:	Validación primera y segunda validación CTD ampliado de Eléctrica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular