



TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

MAESTRÍA EN ELECTRONICA

PROGRAMAS DE LOS CURSOS

Cartago, 2017

Índice

1	Nuevas mallas de estudio de los énfasis	4
2	Cursos Electivos	8
3	Programas de estudio del Tronco Común para los cuatro énfasis	9
	Técnicas de Adquisición y Procesamiento de Datos.....	10
	Integración de Sistemas	15
	Interfaces de Comunicación.....	20
	Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos.....	25
4	Programas de estudio del bloque de investigación para todos los énfasis	31
	Seminario de Investigación	32
	Investigación 1	37
	Investigación 2	40
5	Cursos de énfasis para el Énfasis de Sistemas Empotrados	43
	Procesamiento Digital de Señales	44
	Verificación Funcional.....	48
	Verificación y Validación de Software	53
	Diseño de Sistemas en Tiempo Real.....	59
	Sistemas Empotrados de Alto Desempeño	64
6	Cursos Electivos para el Énfasis de Sistemas Empotrados	69
	Procesamiento Digital de Imágenes	70
	Diseño Avanzado con FPGAs	74
	Diseño para Bajo Consumo de Potencia.....	79
	Metodologías del Diseño Microelectrónico	84
	Reconocimiento de Patrones	89
	Procesamiento de Sonido	94
7	Cursos de énfasis para el Énfasis de Procesamiento Digital de Señales	99
	Procesamiento Digital de Señales	100
	Reconocimiento de Patrones	104
	Procesamiento Adaptivo	109
	Procesamiento de Sonido	113
	Procesamiento Digital de Imágenes	118
	Métodos Matemáticos para PDS.....	122

8	Cursos Electivos para el Énfasis de Procesamiento Digital de Señales	127
	Visión por Computador	128
	Verificación y Validación de Software	133
	Diseño Avanzado con FPGAs	138
9	Cursos de énfasis para el Énfasis de Microelectrónica.....	143
	Diseño de Circuitos Integrados Digitales	144
	Diseño de Circuitos Integrados Analógicos	149
	Diseño de Circuitos Integrados en Señal Mixta	154
	Diseño para Bajo Consumo de Potencia.....	159
	Verificación Funcional	164
10	Cursos Electivos para el Énfasis de Microelectrónica.....	169
	Procesamiento Digital de Señales	170
	Diseño Avanzado con FPGAs	174
	Dispositivos Microelectrónicos Avanzados	178
	Circuitos Microelectrónicos de Alta Velocidad.....	183
	Automatización del Diseño Electrónico.....	188
	Diseño para Comprobación.....	193
	Arquitecturas de procesamiento paralelo.....	197
11	Cursos de énfasis para el Énfasis de Microsistemas.....	202
	Tecnologías para Microsistemas	203
	Técnicas de Microfabricación.....	207
	Técnicas de Caracterización y Prueba	212
	Simulación y Modelado de Microsistemas	217
	Diseño de Microsistemas	222
12	Cursos Electivos para el Énfasis de Microsistemas.....	227
	Diseño Microelectrónico para Microsistemas.....	228
	Microfluídica	233
	Dispositivos Ópticos	238
	Dispositivos Microelectrónicos Avanzados	242
	Nanotecnología y Aplicaciones.....	247
	Metodologías del Diseño Microelectrónico	252

1 Mallas de estudio

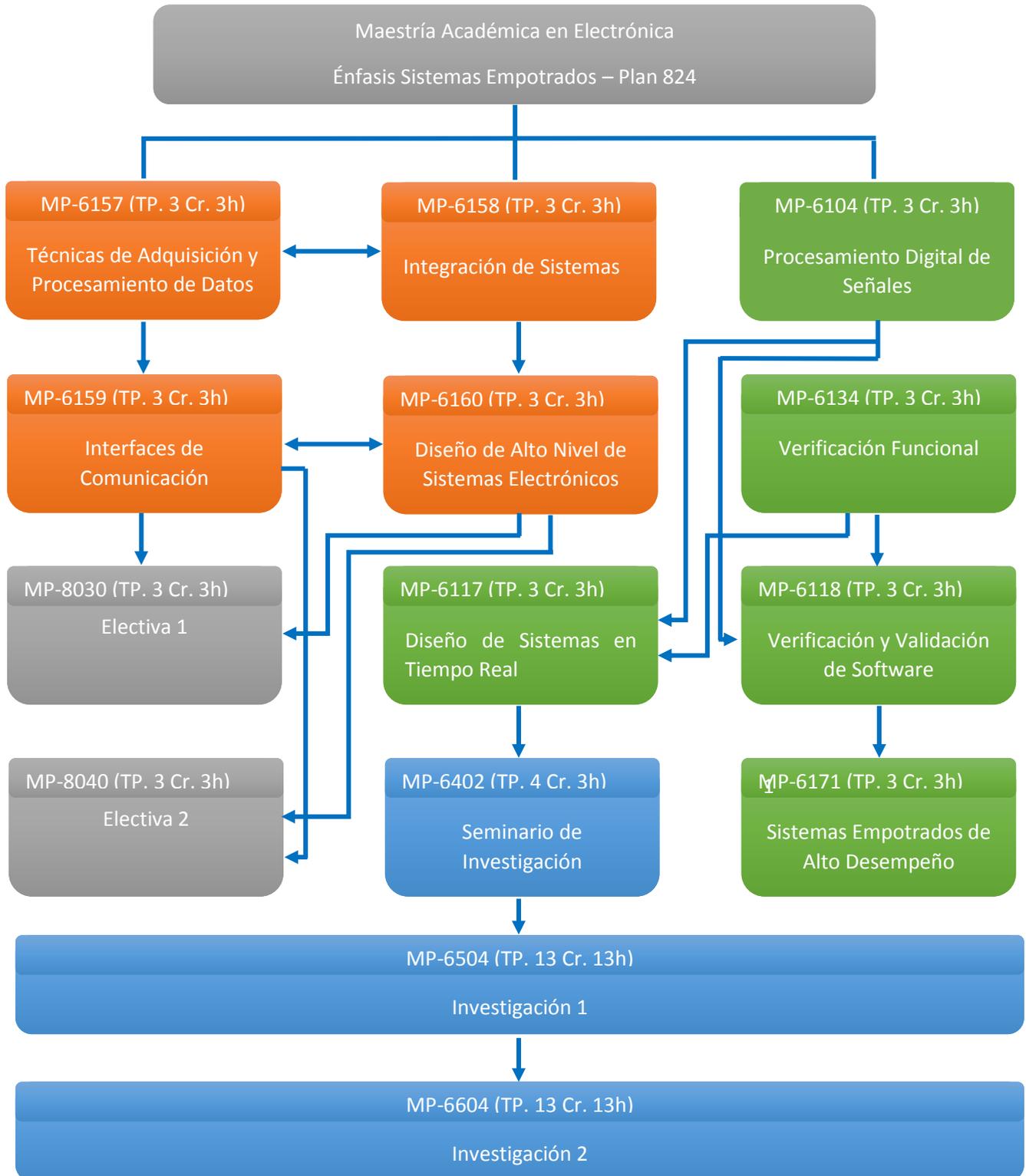


Figura 1. Malla curricular del énfasis en Sistemas Empotrados

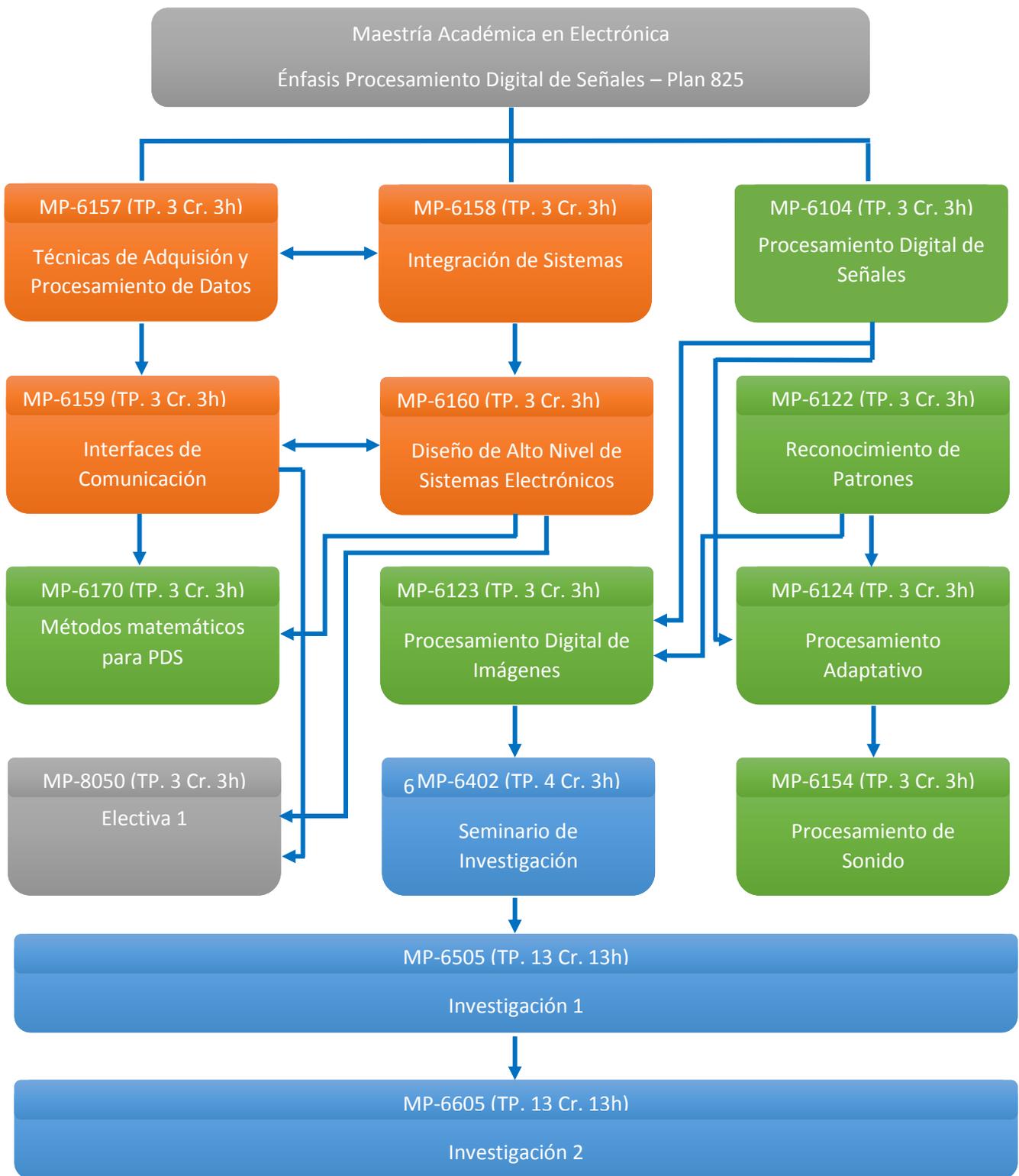


Figura 2. Malla curricular del énfasis en Procesamiento Digital de Señales

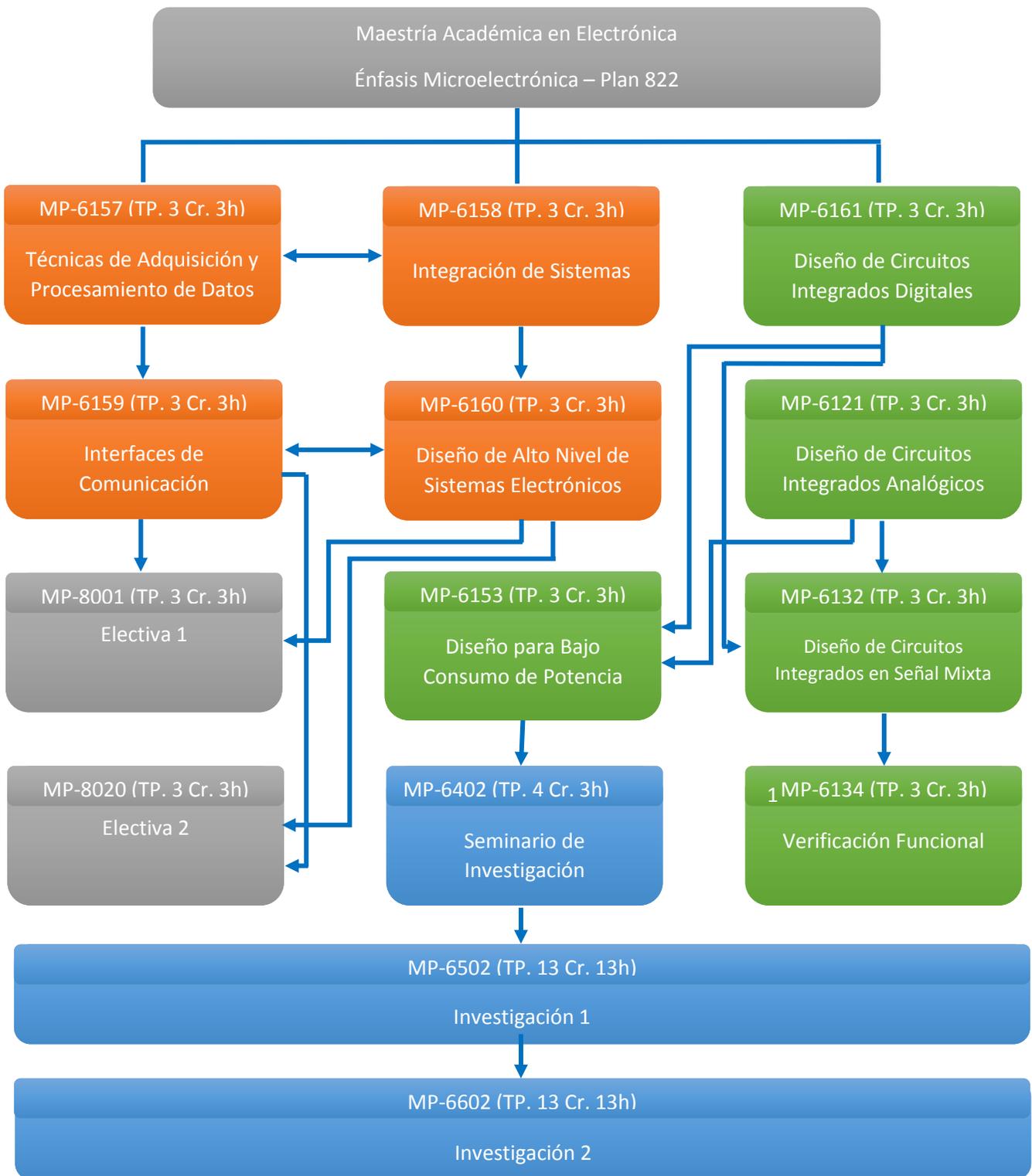


Figura 3. Malla curricular del énfasis en Microelectrónica

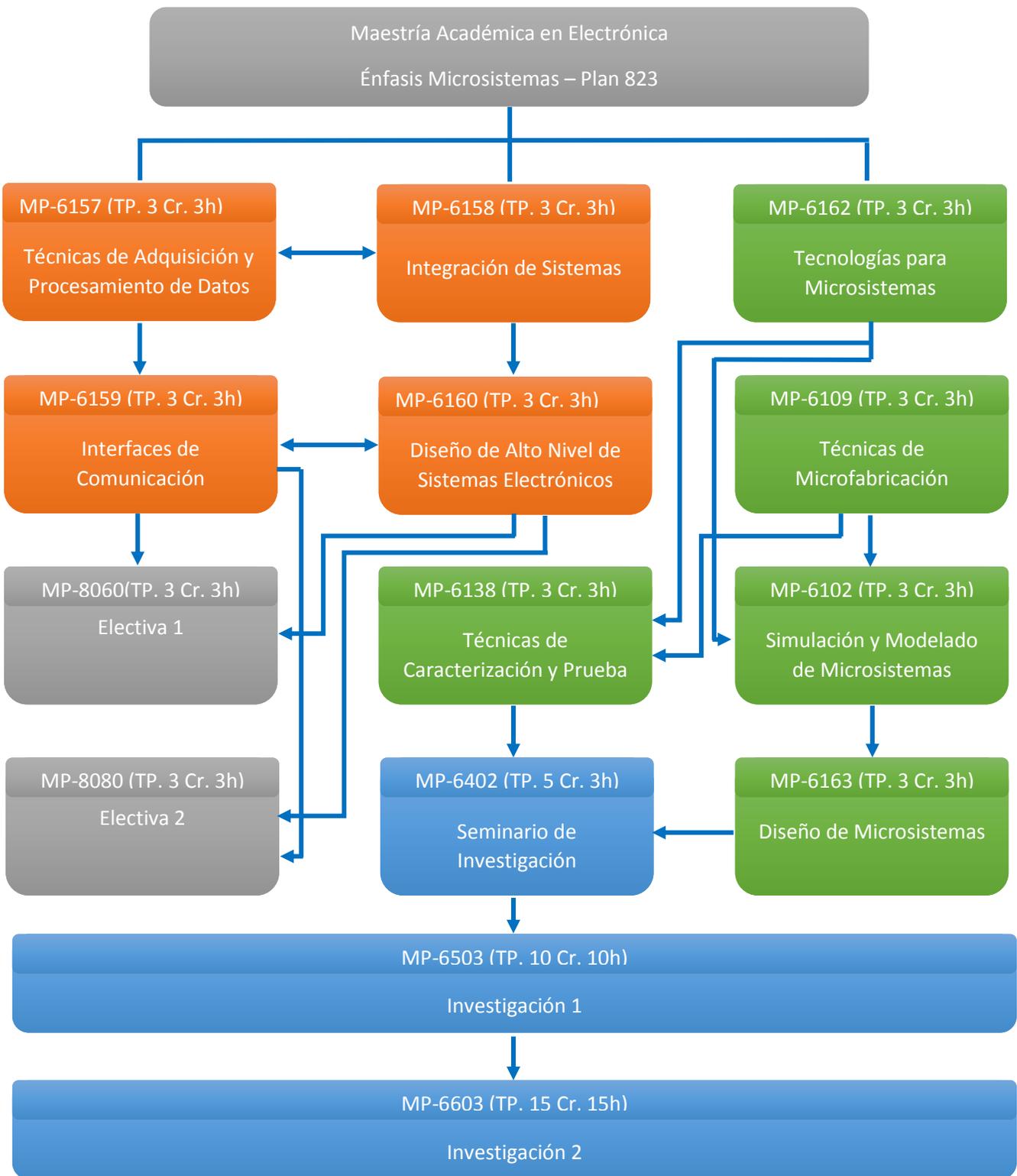


Figura 4. Malla curricular del énfasis en Microsistemas

2 Cursos Electivos

Sistemas Empotrados

MP6122 - Reconocimiento de Patrones
MP6123 - Procesamiento Digital de Imágenes
MP6131 - Metodologías del Diseño Microelectrónico
MP6153 - Diseño para Bajo Consumo de Potencia
MP6154 - Procesamiento de Sonido
MP6166 - Diseño Avanzado con FPGAs

Procesamiento Digital de Señales

MP6118 - Verificación y Validación de Software
MP6127 - Visión por Computador
MP6166 - Diseño Avanzado con FPGAs

Microelectrónica

MP6103 - Circuitos Microelectrónicos de Alta Velocidad
MP6104 - Procesamiento Digital de Señales
MP6110 - Dispositivos Microelectrónicos Avanzados
MP6112 - Arquitecturas de procesamiento paralelo
MP6113 - Automatización del Diseño Electrónico
MP6133 - Diseño para Comprobación
MP6166 – Diseño Avanzado con FPGAs

Microsistemas

MP6107 - Dispositivos Ópticos
MP6110 - Dispositivos Microelectrónicos Avanzados
MP6116 - Nanotecnología y Aplicaciones
MP6131 - Metodologías del Diseño Microelectrónico
MP6168 - Diseño Microelectrónico para Microsistemas
MP6169 - Microfluídica

3 Programas de estudio del Tronco Común para los cuatro énfasis



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6157

Técnicas de Adquisición y Procesamiento de Datos

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Técnicas de Adquisición y Procesamiento de Datos
Código:	MP-6157
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	MP-6158 Integración de Sistemas
El curso es requisito de:	MP-6159 Interfaces de Comunicación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general En este curso se estudian los conceptos fundamentales detrás del desarrollo de sistemas electrónicos complejos de adquisición y procesamiento de datos; se estudian arquitecturas avanzadas de procesamiento de datos en entornos reales. Para ello, se definen y estudian los conceptos fundamentales de muestreo y adquisición de datos tanto para extraer información de sistemas físicos como para aplicarla a los mismos. Luego se estudian las arquitecturas de

microprocesadores avanzados, incluyendo las distintas versiones de unidades de procesamiento aritmético que poseen, así como su esquema de tratamiento de la información y el modelo de programación que utilizan.

- 3 **Objetivos** El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
- generales y
- Específicos Evaluar alternativas distintas para el diseño de sistemas electrónicos modernos de alto desempeño, basados en arquitecturas avanzadas de computación digital, utilizando para ello los conocimientos alcanzados sobre fundamentos del muestreo y adquisición de datos, y su posterior aplicación al mundo físico; de tal manera que aporte con su conocimiento adquirido y valoración realizada, en la resolución de problemas complejos y relacionados con el procesamiento de datos y señales del mundo real.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Evaluar la pertinencia de un sensor de variable física en función de sus principios básicos, para determinar su aplicabilidad y limitaciones en la resolución de problemas de adquisición de datos reales.
- 3.2 Aplicar los principios fundamentales de acondicionamiento de señal para adquirir variables físicas en un sistema electrónico, minimizando así los problemas de ruido, rango dinámico, filtrado y escalamiento.
- 3.3 Evaluar las características y especificaciones de la conversión de datos analógica-digital y digital-analógica, utilizando para ello los conceptos de cuantificación, resolución, relación señal-ruido, rango dinámico y linealidad.
- 3.4 Evaluar la pertinencia de un tipo conversor analógico-digital o digital-analógico para un problema de adquisición y procesamiento de datos en un sistema electrónico avanzado, en función de su arquitectura, y de las necesidades de resolución aritmética, relación señal-ruido, rango dinámico y ancho de banda de las señales físicas a procesar.
- 3.5 Interpretar las características estructurales primordiales de las arquitecturas típicas de los microprocesadores de alto desempeño modernos, de su modelo de programación y de su consumo de recursos, y así contrastarlos en términos de desempeño computacional y eficiencia.
- 3.6 Diferenciar entre los distintos modelos de procesamiento de datos que usan los microprocesadores de alto desempeño y sus capacidades respectivas de desempeño computacional, con miras a decidir sobre aquel idóneo para resolver un problema de procesamientos de datos particular.

3.7 Evaluar la pertinencia de aplicación de un microprocesador para resolver un problema de procesamiento de datos definido.

- 4 Contenidos
- 4.1 Introducción a los Sistemas Electrónicos avanzados: Definición y visión general de los sistemas electrónicos. Señales y sistemas en tiempo discreto. (1 semana)
 - 4.2 Adquisición de datos. (5 semanas)
 - 4.2.1 Fundamentos de adquisición de datos.
 - 4.2.2 Sensores y transductores.
 - 4.2.3 Definición de parámetros y especificaciones de un sistema de adquisición de datos.
 - 4.2.4 Hardware de adquisición.
 - Acondicionamiento de señal.
 - Filtrado y escalamiento.
 - Amplificación de bajo ruido.
 - Control automático de ganancia.
 - Ecuilibración.
 - Circuitos de muestreo y mantenimiento.
 - Convertidores analógico-digital (ADC).
 - Especificaciones de un ADC
 - Arquitecturas de ADC
 - Convertidores digital-analógico (DAC)
 - Especificaciones de un DAC
 - Arquitecturas de DAC
 - 4.3 Procesamiento de Datos. (6 semanas)
 - 4.3.1 Repaso de conceptos básicos.
 - 4.3.2 Arquitecturas de procesamiento basadas en microprocesadores: Superescalares, VLIW, GPU, DSP.
 - 4.3.3 Arquitecturas Multihilo / Heterogéneas.
 - Arquitecturas específicas de procesamiento.
 - Unidades aritméticas de coma fija (aritmética entera).
 - Unidades aritméticas de coma flotante.
 - Procesadores vectoriales.
 - 4.3.3.1 Computación de alto desempeño.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación *sugerida* consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Baker, R. J. (2010). *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation*. Piscataway, New Jersey, NJ: IEEE Press.

Di Paolo, M. (2013). *Data acquisition systems from fundamentals to applied design*. New York: Springer.

Hennessy, J., Patterson D. (2011). *Computer Architecture: A Quantitative Approach*. (5ta. ed.) San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers/ Elsevier.

Kwang, K. (1992). *Advanced Computer Architecture: Parallelism, Scalability and Programmability*. New York, NY: McGraw-Hill Higher Education.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6158

Integración de Sistemas

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Integración de Sistemas
Código:	MP-6158
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	MP-6157 Técnicas de Adquisición y Procesamiento de Datos
El curso es requisito de:	MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general Diversas tecnologías conviven en sistemas electrónicos modernos con el fin de proveer un mayor número de funciones, mejores capacidades de procesamiento de información y menores dimensiones. En esta tendencia, la incorporación de nuevas funciones a las tecnologías existentes, su miniaturización y el mejoramiento de las tecnologías de interconexión son aspectos fundamentales para el desarrollo de sistemas electrónicos. En este curso se estudian diferentes acercamientos utilizados desde el punto de vista de su implementación física a nivel de circuito integrado y empaquetado,

haciendo énfasis en la importancia de la formulación de un diseño a nivel de sistema.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
- generales y
- Específicos Desarrollar soluciones de diseño para sistemas electrónicos a nivel físico, utilizando el conocimiento global adquirido sobre requerimientos de diseño y los acercamientos modernos de integración a nivel de sistema, aportando así soluciones a problemas complejos de ingeniería en el ámbito de la electrónica.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Evaluar las tendencias modernas de integración y miniaturización a nivel de circuito integrado y empaquetado, con el fin de determinar su pertinencia en el proceso de diseño de sistemas electrónicos.
- 3.2 Explicar los paradigmas de integración “System on Chip”, “System in Package”, “System on Package” y “System on Board”, con el propósito de analizar en qué situaciones es ventajoso escoger un acercamiento sobre el otro, o combinarlos, en función del desempeño, funcionalidad y costo estimado.
- 3.3 Evaluar la pertinencia de las principales tecnologías de empaquetado en la elaboración de soluciones de diseño en sistemas electrónicos complejos, aplicando el conocimiento adquirido en relación a los procesos de fabricación, desempeño alcanzable y costos de las mismas.
- 3.4 Explicar las consideraciones necesarias para la coexistencia de tecnologías heterogéneas en un mismo sistema, con el fin de aplicarlas integralmente al proceso de diseño.
- 3.5 Evaluar los principios físicos más importantes y las tecnologías de fabricación asociadas para el desarrollo de transductores en sistemas miniaturizados, con el fin de estar en capacidad aplicar dichos principios en el desarrollo de soluciones de diseño.

- 4 Contenidos 4.1 Convergencia digital (1 semana)
- 4.1.1 Ley de Moore y segunda ley de integración.
- 4.1.2 Concepción a nivel de sistema

Aspectos tecnológicos

Aspectos de diseño

4.2 Tecnologías para el desarrollo de sistemas (8 semanas)

4.2.1 Sistemas a nivel de circuito impreso (SoB)

Tecnologías de empaquetado

Interconexiones de primer, segundo y tercer nivel.

Introducción a integridad de señales y potencia.

Introducción a compatibilidad electromagnética.

4.2.2 Sistemas a nivel de empaquetado (SoP)

Tecnologías de integración multi-chip (MCM)

Tecnologías de integración 3D (SiP)

Interconexiones verticales en Silicio (TSVs)

Desarrollo a nivel de sistema sobre empaquetado

4.2.3 Sistemas a nivel de circuito integrado (SoC)

Tecnologías modernas de integración de circuitos

Arquitecturas para el desarrollo de circuitos VLSI

4.2.4 Integración heterogénea en sistemas complejos.

4.3 Introducción a Microsistemas (3 semanas)

4.3.1 Aspectos tecnológicos.

4.3.2 Principios de Sensado y Actuación

Piezoelectricidad y Piezoresistividad

Materiales con memoria

Termoelectricidad y Piroelectricidad

Magnetostricción y Electrostricción

Micromaquinado del Silicio

Dispositivos ópticos

Dispositivos magnéticos

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la

metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Chang, L. (2011). Foundations of MEMs. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Pearson/Prentice-Hall.

Tummala, R. (2001). Fundamentals of Microsystem Packaging. New York, NY: McGraw-Hill.

Tummala, R. (2008). System on Package: Miniturization of the Entire System. New York, NY: McGraw-Hill.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6159

Interfaces de Comunicación

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Interfaces de Comunicación
Código:	MP-6159
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Segundo Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6158 Técnicas de Adquisición y Procesamiento de Datos
Correquisitos:	MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
El curso es requisito de:	Electiva 1 y Electiva 2
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general En este curso se estudian los conceptos fundamentales detrás del desarrollo de sistemas electrónicos complejos que deben comunicarse con otros sistemas similares. Para ello, se estudian tanto fundamentos detrás de las

comunicaciones digitales modernas, como las especificaciones y características de las interfaces de transferencia de datos de alto desempeño.

- 3 **Objetivos** El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
- generales y
- Específicos Evaluar la interconexión de sistemas electrónicos complejos, aplicando los conceptos fundamentales de las comunicaciones digitales modernas y los conocimientos logrados sobre las características y especificaciones de los distintos estándares de interfaces de datos de alto desempeño, de manera tal que pueda eficaz y eficientemente valorar los medios idóneos para la adecuada interconexión que requieren dichos sistemas electrónicos complejos

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar los fundamentos matemáticos del muestreo, codificación y modulación de la información, basados en la teoría de sistemas de comunicaciones digitales, como medio para discriminar entre las capacidades de comunicación de distintos sistemas electrónicos.
- 3.2 Aplicar el modelado matemático de un canal de datos y de su capacidad de transferencia de información, para seleccionar el medio adecuado en la comunicación entre sistemas electrónicos para una aplicación particular
- 3.3 Evaluar las técnicas más importantes de codificación, detección y corrección de errores, con el fin de robustecer el proceso de comunicación entre sistemas electrónicos avanzados.
- 3.4 Evaluar la eficacia de los principales estándares de comunicación digital en función de sus capacidades de transmisión, su inmunidad al ruido y su robustez ante los errores, dentro de una aplicación particular de un sistema electrónico complejo.
- 3.5 Explicar las definiciones de los estándares de comunicación desde el punto de vista del modelo de datos y la capa física, con el fin de alcanzar la implementación real del sistema de comunicación.

- 4Contenidos 4.1 Fundamentos Teoría de la Información (1 semana)
- 4.2 Comunicaciones (5 semanas)
- 4.2.1 Fundamentos

Sistema de comunicación: TX, RX, el canal de comunicación y sus efectos

Medición de la información: Teorema del muestreo

Sistemas FDM

Capacidad del canal, modulación y codificación

Modulaciones analógicas: AM, FM y PM

Ruido en sistemas analógicos

4.2.2 Fundamentos de modulación digital

PAM, PCM, DPCM, APCM

ASK, FSK, PSK

Sistemas M-arios

OFDM

Técnicas de comunicación óptica: OOK, DPSK, WDM

Ruido en sistemas digitales

Códigos de detección y corrección de errores

4.3 Interfaces (6 semanas)

4.3.1 Estándares alambrados

4.3.2 Estándares Inalámbricos

4.3.3 Estándares Ópticos

4.3.4 Modelos para Interfaces

4.3.5 Controladores

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Carlson, A., y Crilly, P. (2009). *Communication Systems: An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication*. (5ta. ed.) Avenue of the Americas, New York, NY: McGraw-Hill.

Lathi, B. P. (1998). *Modern Digital and Analog Communication Systems*. (3era. ed.) New York, NY: Oxford University Press.

Proakis, J., y Salehi, M. (2007). *Digital Communications*. (5ta. ed.) Avenue of the Americas, New York, NY: McGraw-Hill.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6160

Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Código:	MP-6160
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Segundo Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6158 Integración de Sistemas
Correquisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación
El curso es requisito de:	Electiva 1 y Electiva 2
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Los sistemas modernos electrónicos son cada vez más complejos, gracias a los avances tecnológicos y a la cada vez mayor demanda de las aplicaciones que se ejecutan en estos mismos sistemas. En la actualidad, los sistemas electrónicos son construcciones complejas y heterogéneas que integran procesadores de uso general, procesadores dedicados, unidades de almacenamiento de datos, software de múltiples prestaciones, sistemas operativos complejos, interfaces con usuarios y variables del mundo real, y etapas de procesamiento analógico y de señal mixta. El diseño a nivel de

sistemas electrónicos de alto nivel permite conjugar el diseño tanto del hardware como del software en un proceso coordinado desde el establecimiento de especificaciones hasta el diseño y verificación funcional del sistema deseado.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
- generales y
- Específicos Modelar y diseñar sistemas heterogéneos con procesadores multi-núcleo, componentes dedicados de señal mixta y analógica, buses y memorias en chip, propiedad intelectual de terceros y software embebido, aplicando metodologías modernas de diseño en alto nivel de sistemas electrónicos, con los cuales resuelve problemas abiertos de ingeniería en el campo de la electrónica.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar el concepto de exploración del espacio de diseño a nivel de sistema electrónico (Electronic System Level Design, ESL), para plantear el modelo inicial de especificaciones de un sistema electrónico complejo.
- 3.2 Aplicar marcos de programación avanzados, tales como System Verilog, SystemC, Verilog-A y herramientas de cálculo numérico avanzado, para especificar modelos de alto nivel de sistemas electrónicos.
- 3.3 Modelar los aspectos no electrónicos en el diseño de un sistema electrónico, mediante la utilización de metodologías adecuadas y lenguajes adecuados de alto nivel para el modelaje de dichos aspectos.
- 3.4 Recomendar la incorporación de un lenguaje de alto nivel, tal como SystemC, SystemVerilog o Verilog-A por parte de los diseñadores de sistemas electrónicos, como lenguaje de especificación para la primera etapa en el desarrollo de un sistema electrónico heterogéneo.
- 3.5 Definir la síntesis de alto nivel de sistemas electrónicos heterogéneos, mediante el uso de herramientas basadas en System Verilog, SystemC, C ó C++
- 3.6 Establecer marcos de verificación adecuados para sistemas heterogéneos, a partir del modelo de alto nivel definido para el sistema a diseñar, y de sus especificaciones críticas.

4 Contenidos

1.1. Introducción (2 semanas)

1.1.1. Modelos de computación

1.1.2. Modelos y lenguajes

Lenguajes imperativos, declarativos, funcionales, no-funcionales, meta y de banco de pruebas.

SystemC.

1.1.3. Meta-Modelos de IP

1.2. Modelos funcionales (3 semanas)

1.2.1. Lenguajes algorítmicos de alto nivel: MatLab, Simulink, LabView, Python

1.2.2. Lenguajes de modelado de arquitecturas digitales: SystemC, System Verilog

1.2.3. Modelos de arquitecturas

1.2.4. Modelos formales

1.2.5. Modelo de interfaces con el mundo externo

1.2.6. Modelado de variables no electrónicas en el diseño de un sistema electrónico

1.3. Introducción a los modelos de verificación (2 semanas)

1.3.1. Construcción básica de pruebas de banco

1.3.2. Establecimiento de la validación desde el modelo funcional de alto nivel

1.3.3. Integración de un plan de verificación desde la especificación en alto nivel de un sistema electrónico avanzado

1.4. Prototipos virtuales y modelos de abstracción mixta (2 semana)

1.4.1. Prototipos de sistemas y su construcción

1.4.2. Depuración y verificación del prototipo. Herramientas de simulación y evaluación

1.5. Síntesis de alto nivel (HLS) (3 semanas)

1.5.1. Síntesis de alto nivel desde la perspectiva de ESL

1.5.2. Evaluación de fortalezas y debilidades de los lenguajes: C/C++/SystemC/SystemVerilog para HLS

1.5.3. Fundamentos prácticos de HSL y uso de herramientas EDA de síntesis

1.5.4. Unión con el flujo de verificación

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Bailey B., y Martin G. (2009). ESL Models and their Application: Electronic System Level Design and Verification in Practice. New York , London: Springer.

S. Sutherland, S. Davidmann, P. Flake. (2006) SystemVerilog for Design Second Edition: A Guide to Using SystemVerilog for Hardware Design and Modeling (2nd edition). New York, NY: Springer.

S. Sutherland, D. Mills. (2013) *“Synthesizing SystemVerilog: Busting the Myth that SystemVerilog is only for Verification”*. Presentado en la conferencia SNUG Silicon Valley - Synopsys Users Group. Recuperado de: http://www.sutherland-hdl.com/papers/2013-SNUG-SV_Synthesizable-SystemVerilog_paper.pdf

SciPy v.0.16.0 *Guía de referencia: Signal Processing (scipy.signal)*. Recuperado de: <http://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/signal.html>

8

Profesor

4 Programas de estudio del bloque de investigación para todos los énfasis



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6402

Seminario de Investigación

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Seminario de Investigación
Código:	MP-6402
Tipo de curso:	Teórico- práctico.
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	10
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (25%), Diseño Ingeniería (75%)
Ubicación en el plan de estudios:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

Requisitos:

Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-650X Investigación 1
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

- 2 Descripción general El curso presenta los principales requeridos para el planteamiento de una investigación científica, considerando los diferentes métodos existentes y aplicando el que mejor se adapte a su campo de acción.
- 3 Objetivos generales y Específicos Este curso tiene como propósito fundamental la preparación de la propuesta de tesis de maestría.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Realizar un estudio del estado del arte para determinar la novedad de un tema de investigación.
- 3.2 Plantear los objetivos de una investigación científica.
- 3.3 Aplicar los criterios de novedad, pertinencia y factibilidad para plantear un proyecto de investigación.
- 3.4 Determinar si los potenciales resultados obtenidos de la investigación son susceptibles de protección de propiedad intelectual.
- 3.5 Plantear un proyecto de investigación contemplando análisis de riesgo, indicadores, productos y actividades requeridas para lograr llevar a término la investigación.

- 4 Contenidos
- 4.1 La ciencia, la ingeniería y el proceso de investigación científica.
 - 4.2 Las acciones fundamentales del proceso de investigación científica: exploración, planificación, ejecución, evaluación, comunicación, vinculación y evaluación de impactos.
 - 4.3 La concepción teórica de la investigación.
 - 4.4 El diseño metodológico del proyecto de investigación científica.
 - 4.5 Paradigmas de investigación.
 - 4.6 Los métodos de investigación.
 - 4.7 Diferentes enfoques y clasificaciones de los métodos de investigación.
 - 4.8 Tipos de investigación.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje	de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.
6 Evaluación	<p>La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:</p> <p>Participación 15%</p> <p>2 Pruebas cortas 20%</p> <p>Examen Final 30%</p> <p>Proyecto Final 35%</p>
7 Bibliografía	Sampieri, H. R., Fernández, C., et. al. (2003). <i>Metodología de la Investigación</i> . Colombia: McGraw-Hill.
8 Profesor	



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-650X

Investigación 1

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Investigación 1
Código:	MP-650X
Tipo de curso:	Teórico- práctico.
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	13
Nº horas de clase por semana:	13
Nº horas extraclase por semana:	16
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (25%), Diseño Ingeniería (75%)
Ubicación en el plan de estudios:	Quinto Cuatrimestre
Requisitos:	Seminario de Investigación
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-660X Investigación 2
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general Consiste en la investigación del tema de tesis, basado en el planteamiento del tema realizado en el curso Seminario de Investigación.

3 Objetivos Este curso tiene como propósito fundamental la investigación del tema de
generales y investigación elegido como tesis de maestría.
Específicos

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Seguir la metodología planteada para la investigación y obtención de datos
- 3.2 Comparar sus resultados con respecto al estado del arte indicando cómo su investigación contribuye a la generación de conocimiento
- 3.3 Integrar sus habilidades técnicas y científicas para el desarrollo de su tema de tesis.

4Contenidos En este curso el estudiante inicia las actividades requeridas para la investigación de su tema de tesis y procesa los resultados obtenidos.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Sampieri, H. R., Fernández, C., et. al. (2003). *Metodología de la Investigación*. Colombia: McGraw-Hill.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-660X

Investigación 2

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Investigación 2
Código:	MP-660X
Tipo de curso:	Teórico- práctico.
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	13
Nº horas de clase por semana:	13
Nº horas extraclase por semana:	16
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (25%), Diseño Ingeniería (75%)
Ubicación en el plan de estudios:	Sexto Cuatrimestre
Requisitos:	Investigación 1
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general Consiste en la investigación del tema de tesis, basado en el planteamiento del tema realizado en el curso Seminario de Investigación y con base en los resultados obtenidos en el curso Investigación 1.

3 Objetivos Este curso tiene como propósito fundamental la investigación del tema de
generales y investigación elegido como tesis de maestría y su conclusión en la escritura de
Específicos una tesis.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Seguir la metodología planteada para la investigación y obtención de datos
- 3.2 Comparar sus resultados con respecto al estado del arte indicando cómo su investigación contribuye a la generación de conocimiento
- 3.3 Integrar sus habilidades técnicas y científicas para el desarrollo de su tema de tesis
- 3.4 Integrar el conocimiento adquirido en una tesis científica que constituya un aporte al estado actual del conocimiento

4Contenidos En este curso el estudiante inicia las actividades requeridas para la investigación de su tema de tesis y procesa los resultados obtenidos.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Sampieri, H. R., Fernández, C., et. al. (2003). *Metodología de la Investigación*. Colombia: McGraw-Hill.

8 Profesor

5 Cursos de énfasis para el Énfasis de Sistemas Empotrados



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6104

Procesamiento Digital de Señales

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento Digital de Señales
Código:	MP-6104
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6117 Diseño de Sistemas en Tiempo Real MP-6118 Verificación y Validación de Software
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general El procesamiento digital de señales hoy está presente en una gran cantidad de sistemas electrónicos, y la tendencia es que cada vez se utilicen más, debido a que de esta manera se puede interpretar y manipular mejor la información contenida en las señales. Este curso brinda las bases teóricas e investigativas sobre el procesamiento digital de señales y profundiza en conceptos clásicos y modernos del área. Se revisarán los conceptos sobre sistemas lineales abarcando

los análisis de Fourier y Transformada z, además del análisis estocástico de señales y los métodos multitasa utilizados cada vez más en conjunto con el reconocimiento de patrones.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Aplicar el procesamiento digital de señales necesario para el diseño de circuitos procesadores de señales además del procesamiento de señales mediante diferentes técnicas matemáticas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

3.1 Describir con profundidad las bases teóricas del procesamiento digital de señales moderno

3.2 Aplicar y adaptar la teoría del procesamiento digital de señales para su implementación en proyectos de desarrollo e investigación

3.3 Aplicar y adaptar los conceptos básicos del procesamiento digital de señales en el diseño básico de circuitos electrónicos para este tipo de aplicaciones.

4 Contenidos

- 4.1 Señales, sistemas y procesamiento de señales (1 semana)
- 4.2 Señales y sistemas en tiempo discreto (1 semana)
- 4.3 La transformada z (1 semana)
- 4.4 Análisis en Frecuencia (1 semana)
- 4.5 DFT y FFT (1 semana)
- 4.6 Diseño e implementación de filtros digitales (2 semanas)
- 4.7 Predicción lineal (1 semana)
- 4.8 Análisis estocástico de señales (2 semanas)
- 4.9 Wavelets y otros métodos de procesamiento multitasa (2 semanas)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Fliege, N. J. (2000). *Multirate Digital Signal Processing: Multirate Systems, Filter Banks, Wavelets*. (2da. ed.) New York, NY: John Wiley & Sons.

Haykin, S., y Van Veen, B. (2001). *Señales y Sistemas*. México, D. F.: Limusa.

Oppenheim, A., Willsky, A. y Nawab, S. H. (1998). *Señales y Sistemas*. (2da. ed.) Naucalpán de Juárez, Edo. De México: Prentice Hall Hispanoamericana.

Proakis, J., y Manolakis, D. (1996). *Digital Signal Processing. Principles, Algorithms, and Applications*. (3ra. ed.) Upper Saddle River, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

IEEE Signal Processing Society, IEEE Transactions on Signal Processing.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6134

Verificación Funcional

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Verificación Funcional
Código:	MP-6134
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Segundo Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6117 Diseño de Sistemas en Tiempo Real MP-6118 Verificación y Validación de Software
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Parte fundamental del diseño ocupa gran cantidad de recursos, no sólo financieros, sino de ingeniería y herramientas, en verificación. El curso se enfoca en introducir conceptos básicos sobre verificación funcional de circuitos

descritos por HDL, con el fin de lograr una verificación eficiente y reducir el tiempo de desarrollo de productos.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Introducir conceptos básicos sobre verificación funcional de circuitos descritos por HDL, y proveer una visión del significado de verificación funcional así como de su rendimiento, dando a conocer la importancia del proceso de verificación en el diseño de circuitos integrados y las técnicas utilizadas en la industria.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Abstractar a partir de la especificación y arquitectura de un diseño lógico una estrategia de verificación.
- 3.2 Comprender métodos/herramientas de verificación para circuitos integrados.
- 3.3 Aplicar conocimientos de software para la creación de ambientes de verificación.
- 3.4 Comprender criterios, aptitudes y formas de pensamiento relacionadas a la verificación funcional.
- 3.5 Evaluar la calidad en el esfuerzo de diseño y verificación.
- 3.6 Aplicar herramientas de software para el análisis de resultados.

4 Contenidos

- 4.1 Flujo de diseño en circuitos integrados (2 semanas)
 - 4.1.1 Verificación como parte del ciclo de diseño.
 - 4.1.2 Verificación estructural, funcional y basada en aserciones.
 - 4.1.3 Ciclo de verificación.
- 4.2 Verificación Funcional (2 semanas)
 - 4.2.1 El problema de la verificación

El caso de la lógica combinacional.

¿Cómo ejercitar todo en el chip?

Observabilidad y controlabilidad.

- 4.2.2 Verificación estática vs. dinámica
- 4.2.3 Prueba directa y semi aleatoria
- 4.2.4 Verificación basada en aserciones
- 4.2.5 Verificación basada en la cobertura de condiciones
- 4.3 Simulación Dinámica (2 semanas)
- 4.3.1 El ambiente de pruebas

Generador de estímulos

Monitores

Puntos de prueba

Arquitectura de las pruebas

- 4.4 Simulación estática (2 semanas)
- 4.4.1 Modelando utilizando reglas.
- 4.4.2 Evaluación de las reglas de cobertura.
- 4.4.3 Ventajas y limitaciones
- 4.5 Verificación basada en aserciones (2 semanas)
- 4.5.1 Aserciones y la simulación dinámica
- 4.5.2 Aserciones en verificación formal
- 4.6 Plan de verificación (2 semanas)
- 4.6.1 Comprensión de las especificaciones de diseño.
- 4.6.2 Escogencia de la estrategia de verificación
- 4.6.3 Ejecución de la verificación

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%
2 Pruebas cortas 20%
Examen Final 30%
Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Grady, J. (2007). *System Verification: Proving the Design Solution Satisfies the Requirements*. Elsevier, Academic Press.

Lam, K. (2005). *Hardware Design Verification: Simulation and Formal Method-Based Approaches*. New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Meyer, A. (2003). *Principles of Functional Verification*. United States of America: Elsevier Sciences, Newnes.

Spear C., y Tumbush, G. (2005). *System Verilog for Verification: A Guide to Learning the Testbench Language Features*. (3era. ed.) New York: Springer.

Wile, B., Goss, J., y Roesner Wolfgang, C. (2005). *Comprehensive Funcional Verification: The complete industry cycle*. Burlington, Massachusetts: Morgan Kaufmann.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6118

Verificación y Validación de Software

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Verificación y Validación de Software
Código:	MP-6118
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6104 Procesamiento Digital de Señales MP-6134 Verificación Funcional
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6155 Sistemas Empotrados de Alto Desempeño MP-6401 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general La verificación y validación de software enfocada brinda al profesional e investigador de hoy día las herramientas necesarias para valorar software especializado en relación a su eficacia y eficiencia. El curso utiliza una

metodología teórico-práctica que permite a los estudiantes aplicar los conceptos aprendidos mediante casos, laboratorios y proyectos.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Verificar y validar la calidad del software así como de diseñar planes de verificación y aseguramiento de calidad de software

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

3.1 Identificar los procesos de Ingeniería de Software relevantes para el desarrollo de sistemas empujados.

3.2 Describir los conceptos fundamentales de Ingeniería de Software, de Ingeniería de Requerimientos y verificación y validación de software

3.3 Explicar y utilizar los conceptos de desarrollo de pruebas de verificación, las metodologías de desarrollo de casos de prueba y el proceso de desarrollo de procedimientos de prueba manuales y automatizados.

3.4 Analizar los estándares aplicables al aseguramiento de calidad y desarrollo de planes de verificación y aseguramiento de calidad.

3.5 Diseñar planes de verificación y aseguramiento de calidad de software.

4 Contenidos 4.1 Ingeniería de software: conceptos (1 semana)
 4.1.1 Desarrollo de software para sistemas empujados
 4.1.2 Procesos de sistema de software para sistemas empujados
 4.1.3 Actividades del ciclo de vida
 4.1.4 Procesos de desarrollo y procesos integrales: Análisis, Diseño, Codificación, Verificación, Administración de Configuración, Aseguramiento de Calidad, Ciclos de Vida tradicionales: Cascada, prototipos, espiral, Proceso Unificado de Desarrollo, Desarrollo Dirigido por Pruebas (TDD)

- 4.2 Conceptos de ingeniería de requerimientos (0.5 semana)
 - 4.2.1 Niveles de requerimientos
 - Requerimientos de Sistema, de Alto Nivel y de Bajo Nivel.
 - 4.2.2 Requerimientos Funcionales y no funcionales
 - 4.2.4 Casos de Uso
 - 4.2.5 Notación UML
- 4.3 Verificación de software de sistemas empotrados (1 semana)
 - 4.3.1 Aseguramiento de Calidad
 - 4.3.2 Verificación y Validación
 - 4.3.3 ¿Por qué es necesario verificar el software?
 - 4.3.4 Complejidad
 - 4.3.5 Independencia
- 4.4 Métodos estáticos (1 semana)
 - 4.4.1 Actividades de Verificación
 - 4.4.2 Actividades estáticas
 - 4.4.3 Actividades dinámicas
 - 4.4.4 Inspecciones
 - 4.4.5 Caminatas
 - 4.4.6 Análisis
 - 4.4.7 Pruebas
- 4.5 Pruebas de caja negra (1 semana)
 - 4.5.8 Pruebas de Caja Blanca
 - Inspecciones
 - Análisis
- 4.6 Estándares de calidad de software (1 semana)
 - 4.6.1 Estándares ISO, IEEE, de la Industria de Aviación, de la Industria Médica, de la Industria Automotriz, etc...
 - 4.6.2 Plan de Calidad de Software para Sistemas Empotrados
- 4.7 Pruebas de software en sistemas empotrados (1 semana)
 - 4.7.1 Conceptos de Pruebas de Software
 - Errores, fallas, correctitud
 - 4.7.2 Clases de Pruebas
 - Pruebas de sistema, de integración de software, de integración de hardware y software, unitarias, de aceptación y de regresión.
- 4.8 Diseño de pruebas de software para sistemas empotrados (1 semana)

- 4.8.1 Casos de prueba
- 4.8.2 Procedimientos de prueba
- 4.8.3 Pruebas normales
- 4.8.4 Pruebas de robustez
- 4.8.5 Pruebas de condición de frontera
- 4.8.6 Clases de equivalencia
- 4.8.7 Prueba de operadores lógicos.
- 4.9 Pruebas unitarias (1 semana)
 - 4.9.1 Pruebas manuales
 - 4.9.2 Pruebas automatizadas
 - 4.9.3 Herramientas para pruebas unitarias.
- 4.10 Pruebas de integración (1 semana)
 - 4.10.1 Pruebas manuales, automatizadas y de rendimiento
- 4.11 Análisis de cobertura estructural (1 semana)
 - 4.11.1 Análisis manual y automatizado
- 4.12 Presentación de proyectos finales (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Beizer, B. (1995). Black-Box Testing: Techniques for Functional Testing of Software and Systems. Canadá: Wiley.

Binder, R. (2009). *Testing Object Oriented Systems: Models, Patters, and Tools*. Reading, Massachusstes: Addison-Wesley

Burstein, I. (2003). *Practical Software Testing – A process Oriented Approach*. Chicago: Springer-Verlag.

Kaner, C., Falk, J., y Nguyen, H. (1999). *Testing Computer Software*. (2 da. ed.) Canadá: Wiley.

Pressman, R., y Maxim, B. (2009). *Software Engineering, a practitioner's approach*. (7ma. ed.) New York, NY: McGraw-Hill.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6117

Diseño de Sistemas en Tiempo Real

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de Sistemas en Tiempo Real
Código:	MP-6117
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6104 Procesamiento Digital de Señales MP-6134 Verificación Funcional
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6401 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Hoy en día es muy importante para muchos sistemas la respuesta en un intervalo de tiempo determinado y mínimo, por lo que este curso discute las características de los sistemas de tiempo real, tanto desde una perspectiva de hardware como de software, con orientación en el diseño, validación e implementación de estos sistemas. La práctica del curso incluye experimentación con Ada 95,

RT-Linux, QNX, MarteOS y sistemas operativos con características empotradas. Así, el estudiante tendrá conocimientos profundos para diseñar sistemas de control de tiempo real, enfatizando en las problemáticas relativas a la validación de estos, y a su aplicación en investigación.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Aplicar técnicas modernas para el diseño de Sistemas de Tiempo Real, concentrándose en los aspectos de diseño, validación e implementación

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Describir las características y categorizaciones de sistemas de tiempo real.
- 3.2 Definir las características particulares de hardware para aplicaciones con necesidades de procesamiento en tiempo real.
- 3.3 Evaluar y comparar las características particulares de sistemas operativos para sistemas de tiempo real.
- 3.4 Aplicar herramientas teóricas para el modelado de sistemas de tiempo real
- 3.5 Utilizar la teoría de planificación y análisis de planificabilidad en sistemas operativos de tiempo real.

4 Contenidos 4.1 Definición, características y clasificación de los sistemas de tiempo real (1 semana)

4.2 Hardware para tiempo real (1 semana)

4.3 Programación de sistemas de tiempo real (1 semana)

4.3.1 Lenguajes de programación y sistemas operativos (1 semana)

4.4 Métodos de especificación (2 semanas)

4.4.1 Redes de Petri

- 4.4.2 Teoría de validación con redes de Petri de alto nivel y coloreadas
- 4.5 Métodos y fases de diseño (1 semana)
- 4.6 Modelo orientado a objetos (1 semana)
- 4.7 Realización, sistemas empotrados, el lenguaje Ada (1 semana)
- 4.8 Teoría de planificación (1 semana)
- 4.9 Análisis de planificabilidad (1 semana)
- 4.10 Planificadores estáticos y dinámicos (1 semana)
- 4.11 Sistemas inteligentes de tiempo real (2 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Audsley, N. C. (1991). *Resource Control for Hard Real-Time Systems: A Review*. Technical Report, Department of Computer Science: University of York.

Baresi, L., y Pezzè, M. (1997). *A Formal Design Notation for Real-Time Systems*. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM), Vol 11 Issue 2, 149-190.

Bucci, G., Campanai, M., Nesi, P. (1995). *Tools for Specifying Real-Time Systems*. Real-Time Systems, Vol 8 Number 2/3, 117-172.

Burns, A., y Wellings, A. (1995). *HRT-HOOD: A Structured Design Method for Real-Time Ada Systems*. United States of America: Elsevier.

Burns, A., y Wellings, A. (1995). *Concurrency in Ada*. New York, NY: Cambridge University Press.

Burns, A., y Wellings, A. (1996). *Real Time Systems and Programming Languages*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6171

Sistemas Empotrados de Alto Desempeño

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas Empotrados de Alto Desempeño
Código:	MP-6171
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6118 Verificación y Validación de Software
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	No Aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Programa aprobado a principios de setiembre 2013

2 Descripción general Durante las últimas décadas, los avances en la tecnología para el procesamiento digital de información han permeado a muchas aplicaciones, incrementando la capacidad del humano para comprender y controlar el mundo. La naturaleza de las soluciones implementadas, ha definido un concepto conocido como computación empotrada de alto rendimiento o HPEC por sus siglas en ingles.

El énfasis de la HPEC es el diseño de sistemas empotrados, abordando el mismo desde la perspectiva de sistemas y subsistemas que se complementan, utilizando tanto arquitecturas de propósito específico, como arquitecturas de propósito general.

Un ejemplo es la integración de DSP, CPU, ADC en solo chip, capaces de ejecutar un sistema operativo de tiempo real. Por lo tanto, el diseño de HPEC, incluye tanto aspectos de hardware como de software que van estrechamente relacionados, utilizando por ejemplo lenguajes de descripción de hardware, arquitectura de computadores y diseño con FPGA entre otros, por lo que es un curso recomendado para estudiantes avanzados de maestría, capaces de analizar, sintetizar y evaluar soluciones basadas en sistemas empotrados o aplicaciones de los mismos para procesamiento digital de señales.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Valorar el diseño de sistemas empotrados de alto rendimiento, de acuerdo a estándares propios de las aplicaciones.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Interpretar especificaciones de implementación para algoritmos de procesamiento de señales en sistemas HPEC, según estándares utilizados para diferentes aplicaciones

- 3.2 Describir el desempeño de algoritmos implementados sobre HPEC, con tal de identificar áreas y aplicar mejoras tanto a nivel de hardware como a nivel de software.

3.3 Modificar la implementación de algoritmos de procesamiento de señales en sistemas HPEC, demostrando mejoras contra implementaciones de referencia.

3.4 Argumentar los resultados de implementaciones de algoritmos de procesamiento en sistemas HPEC, desde la perspectiva de la arquitectura de hardware como de software.

- 4 Contenidos
 - 4.1 Arquitectura de sistemas empujados de alto desempeño (3 semanas)
 - 4.1.1 Tecnologías de hardware y software para HPEC
 - 4.1.2 Complejidad de sistemas HPEC
 - 4.1.3 Integración de sistemas HPEC
 - 4.1.4 Técnicas de implementación de HPEC
 - 4.1.5 Arquitecturas heterogéneas y SoC
 - 4.2 Técnicas de perfilado de desempeño algoritmos en sistemas empujados de alto desempeño (3 semanas)
 - 4.2.1 Estrategias de perfilado de algoritmos de procesamiento de señales
 - 4.2.2 Herramientas de perfilado de algoritmos de procesamiento digital de señales para HPEC
 - 4.2.3 Comparación de sistemas HPEC
 - 4.2.4 Benchmarking
 - 4.3 Plataformas de desarrollo de aplicaciones para sistemas HPEC (3 semanas)
 - 4.3.1 Flujo de diseño de software para sistemas HPEC
 - 4.3.2 Integración del diseño de aplicaciones con bibliotecas de código abierto.
 - 4.3.3 Lenguajes de programación utilizados en HPEC
 - 4.4 Aplicaciones con sistemas HPEC (3 semanas)

4.4.1 Estudios de caso de aplicaciones con sistemas HPEC

4.4.2 Aplicaciones de comunicaciones

4.4.3 Aplicaciones médicas

4.4.4 Aplicaciones aeronáuticas

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Martínez, D., Bond, R., y Vai, M. (2008). *High Performance Embedded Computing Handbook: A System Perspective*. United States of America: CRC-Press.

Wolf, W. (2007). *High-Performance Embedded Computing: Architectures, Applications, and Methodologies*. USA: Elsevier.

8 Profesor

6 Cursos Electivos para el Énfasis de Sistemas Empotrados



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6123

Procesamiento Digital de Imágenes

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento Digital de Imágenes
Código:	MP-6123
Tipo de curso:	Teórico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso brinda conceptos modernos sobre el procesamiento digital de imágenes bidimensionales en color y en escala de grises, y profundiza en algunos conceptos actualmente en investigación a nivel mundial. Se cubrirá el uso de filtros lineales y no lineales, así como transformaciones utilizadas en la

actualidad para el procesamiento y el análisis de las imágenes en un amplio rango de aplicaciones.

3 Objetivos Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de aplicar los
generales y conceptos y herramientas matemáticas necesarias para procesar y
Específicos analizar imágenes digitales por medios computacionales.

Objetivos Específicos

- 3.1 Describir los fundamentos del procesamiento digital de imágenes digitales, incluyendo la formación de las imágenes, la percepción visual humana como modelo, las representaciones de estructuras de datos básicas de imágenes digitales.
- 3.2 Aplicar principios de procesamiento digital de imágenes en los dominios espacial y frecuencial.
- 3.3 Utilizar diferentes métodos para representar y tratar la información de color en imágenes digitales.
- 3.4 Describir los principios básicos y aplicaciones de la morfología de imágenes.
- 3.5 Aplicar diferentes algoritmos y técnicas para el análisis de imágenes, orientados a la extracción de información sobre estructuras contenidas en imágenes digitales (bordes, esquinas, regiones, líneas, etc.)
- 3.6 Aplicar herramientas de software y lenguajes de programación en la solución de problemas de procesamiento digital de imágenes.

4Contenidos

- 4.1 Introducción (1 semana)
- 4.2 Fundamentos de adquisición (1 semana)
- 4.3 Procesamiento en el dominio espacial (2 semanas)
- 4.4 Procesamiento en el dominio de la frecuencia (2 semanas)
- 4.5 Procesamiento de color (2 semanas)
- 4.6 Morfología (2 semanas)
- 4.7 Aplicaciones (Mejora, restauración, compresión) (2 semanas)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía González, R., y Woods, R. (2008). *Digital Image Processing*. (3era. ed.) Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Sonka, M., Hlavac V., y Boyle, R. (2007). *Image Processing, Analysis and Machine Vision*. (3era. ed.). PWS Publishing

IEEE Signal Processing Society, IEEE Transactions on Image Processing.

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6166

Diseño Avanzado con FPGAs

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño Avanzado con FPGAs
Código:	MP-6166
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No aplica
El curso es requisito de:	No aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

- 2 Descripción general Este curso proporciona una sólida base en el diseño de sistemas electrónicos complejos utilizando un FPGA para la realización de los principales elementos de hardware y software para el diseño de un nuevo producto o para actualizar y sustituir el hardware de un producto existente.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Diseñar sistemas electrónicos usando Field Programmable Gate Arrays (FPGA), de forma que sea capaz de especificar y producir un diseño de alto nivel de un sistema utilizando una FPGA y software embebido.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Evaluar las ventajas y limitaciones del prototipado con FPGAs.
- 3.2 Evaluar los aspectos técnicos y comerciales de los núcleos IP disponibles.
- 3.3 Producir diseños FPGA con código HDL y verificar el rendimiento del sistema utilizando un kit de desarrollo de FPGA
- 3.4 Aplicar e interpretar el flujo de diseño con FPGAs, del código HDL a un producto autónomo
- 3.5 Escribir y aplicar programas de prueba pre y post síntesis
- 3.6 Diseñar y verificar un complejo sistema utilizando FPGA's para cumplir con las especificaciones de velocidad / potencia / requerimientos de tamaño.
- 3.7 Especificar los requisitos del sistema y desarrollar metodologías de análisis y pruebas de los productos basados en FPGA.

- 4 Contenidos 4.1 Arquitectura de velocidad (1 semana)
- 4.2 Área de arquitectura (1 semana)
- 4.3 Arquitectura de potencia (2 semanas)
- 4.4 Diseño de alto nivel (1 semana)
- 4.5 Dominios de reloj (1 semana)
- 4.6 Implementando funciones matemáticas (2 semanas)
- 4.7 Circuitos de reset (1 semana)
- 4.8 Simulación avanzada (1 semana)
- 4.9 Código para síntesis (1 semana)
- 4.10 Optimización de la síntesis (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje	Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.
6 Evaluación	<p>La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:</p> <p>Participación 15%</p> <p>2 Pruebas cortas 20%</p> <p>Examen Final 30%</p> <p>Proyecto Final 35%</p>
7 Bibliografía	<p>Chang H., Cooke L., et. al. (1999). <i>Surviving the SOC Revolution: A Guide to Platform-Based Design</i>. Kluwer Academic, ISBN 0792386795.</p> <p>Cofer R., y Harding, B. (2005). <i>Rapid Prototyping with FPGAs: Accelerating the Design Process (Embedded Technology)</i>, Elsevier, 2005, ISBN 0750678666.</p> <p>Hamblen, J., y Furman, M. (2001). <i>Rapid Prototyping of Digital Systems</i>. Kluwer Academic, 0792374398.</p> <p>Kilts, S. (2007). <i>Advanced FPGA Design: Architecture, Implementation, and Optimization</i>. Hoboken, New Jersey, NJ: John Willey & Sons.</p> <p>Meyer-Baese, U. (2007). <i>Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays</i>. (3era. ed.). Elsevier Science, ISBN 3540211195.</p> <p>Navabi, Z. (2006). <i>Embedded Core Design with FPGAs</i>. New York, NY: McGraw-Hill, ISBN 0071474811.</p> <p>Tiwari, A. (2006). <i>Low Power FPGA Design Techniques for Embedded Systems</i>. ProQuest/UMI, ISBN 0542155184.</p> <p>Wolf, W. (2009). <i>FPGA-based System Design</i>. (2da. ed.). Pearson, ISBN 0131424610.</p>

Zeidman, R. (2002). *Designing with FPGAs and CPLDs*. CMP Books, ISBN 1578201128.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6153

Diseño para Bajo Consumo de Potencia

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño para Bajo Consumo de Potencia
Código:	MP-6153
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No aplica.
Asistencia:	Obligatoria.
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general *Bajo consumo de potencia es una característica deseable y obligatoria en la mayoría de los sistemas actuales. Para dispositivos móviles operados por una batería, la potencia es una de las restricciones de diseño más importantes. Una plataforma para diseño de bajo consumo de potencia debe proveer al usuario métodos y herramientas para la optimización de potencia a todos los niveles de flujo de diseño. Este curso presenta una revisión exhaustiva de las técnicas que forman parte del estado del arte en*

estimación y optimización de potencia, tanto a nivel de hardware como de software. La parte práctica del curso permite introducir a los estudiantes a las herramientas existentes para ese fin.

- 3 Objetivos generales y Específicos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
Explicar las técnicas para el diseño de sistemas con requerimientos de baja potencia, tanto desde el punto de vista de hardware como de software.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Explicar las técnicas para el diseño de bajo consumo de potencia desde el punto de vista de hardware desde el nivel de transistores hasta el nivel del sistema.
- 3.2 Explicar las técnicas para el diseño de baja potencia desde el punto de vista de software, incluyendo la programación y la compilación.
- 3.3 Aplicar herramientas que representan el estado del arte en el diseño para bajo consumo de potencia

- 4 Contenidos 4.1 Diseño de baja potencia a nivel de hardware. (9 semanas)
- 4.1.1 Introducción al diseño de bajo consumo de potencia
 - Consumo de potencia en circuitos CMOS.
 - Motivación para el diseño de bajo consumo de potencia.
 - Técnicas para la reducción de consumo de potencia.
 - Flujo de diseño para bajo consumo de potencia.
 - 4.1.2 Principios de estimación de potencia.
 - Estimación a nivel de compuertas.
 - Estimación a nivel RTL.
 - 4.1.3 Optimización de potencia a nivel de compuertas.
 - Optimización de potencia dinámica.
 - Optimización de potencia estática.
 - 4.1.4 Optimización de potencia a nivel de RTL.

Manejo de potencia dinámica.

Planeamiento de reloj basado en potencia.

4.1.5 Optimización de potencia a nivel de comportamiento.

Calendarización de operaciones.

Reservación y vinculación de recursos.

Recursos compartidos.

Calendarización de fuentes con múltiples voltajes.

4.1.6 Optimización a nivel del sistema.

Co-diseño de Hardware/Software.

Codificación de bus.

Diseño de la memoria.

Manejo dinámico de potencia.

Modelado y manejo de batería.

4.1.7 Herramientas para el diseño de bajo consumo de potencia.

4.2 Diseño de baja potencia a nivel de Software. (3 semanas)

4.2.1 Estimación de potencia a nivel del sistema.

4.2.2 Técnicas de compilación para bajo consumo de potencia.

4.2.3 Transformación de programas y estilo de codificación para bajo consumo de potencia.

4.2.4 Manejo dinámico de potencia.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Bellaouar, A., y Elmasry M. (2006). *Low-Power Digital VLSI Design: Circuits and Systems*. New York: Springer.

Brodersen, R. (2006). *Low Power Digital CMOS Design*. New York: Springer.

Flynn, D., Aitken, R., Gibbons, A., y Shi, K. (2007). *Low Power Methodology Manual*. New York: Springer.

Piguet, C. (2005). *Low-Power CMOS Circuits: Technology, Logic Design and CAD Tools*. United States of America: CRC-Press.

Rabaey, J., y Pedram Editors. (1995). *Low Power Design Methodologies*. New York, NY: Springer, Kluwer Academic Publishers.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6131

Metodologías del Diseño Microelectrónico

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Metodologías del Diseño Microelectrónico
Código:	MP-6131
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso presenta los flujos de diseño *front to back* analógico, digital y de señal mixta, desde la concepción del sistema a diseñar hasta la simulación de *post-layout*. Los flujos se presentan por medio del diseño de circuitos utilizando herramientas CAD para el diseño microelectrónico.

3	Objetivos generales y Específicos	Explicar los flujos de diseño front to back analógico, digital y de señal mixta, desde la concepción del sistema a diseñar hasta la simulación de post-layout. Los flujos se presentan por medio del diseño de circuitos utilizando herramientas CAD para el diseño microelectrónico
---	-----------------------------------	--

Objetivos Específicos

- 3.1 Aplicar las etapas del flujo de diseño *front-to-back* analógico, digital y de señal mixta.
- 3.2 Interpretar la jerarquía de diseño y los niveles de abstracción necesarios para la implementación de un circuito microelectrónico.
- 3.3 Aplicar herramientas CAD para completar los flujos de diseño *front-to-back* analógico, digital y de señal mixta.
- 3.4 Describir los principios de fabricación de circuitos integrados CMOS

4	Contenidos	<p>4.1 Fundamentos de diseño y tecnología CMOS (1 semana)</p> <p>4.1.1 Introducción al proceso de fabricación CMOS: materiales, técnicas y flujo de fabricación, definición de capas y conectividad</p> <p>4.1.2 Jerarquía de diseño</p> <p>4.1.3 Niveles de abstracción</p> <p>4.2 Diseño analógico (4 semanas)</p> <p>4.2.1 El flujo de diseño analógico front to back</p> <p>4.2.2 Diagramas de prelayout (stick diagrams)</p> <p>4.2.3 Principios de layout, prevención de latch-up, de errores de antena y de ESD, elementos parásitos</p> <p>4.2.4 Consideraciones de simetría y layout de centroide común, dispositivos interdigitados, dispositivos dummy</p> <p>4.2.5 Técnicas de layout para integración de elementos pasivos</p> <p>4.2.6 Circuitos de protección de entrada/salida</p> <p>4.3 Diseño digital (4 semanas)</p> <p>4.3.1 El flujo de diseño digital front to back</p>
---	------------	--

- 4.3.2 Síntesis para optimización de área y/o temporización
- 4.3.3 Principios de layout digital
- 4.3.4 Distribución física de redes de temporización
- 4.3.5 Verificación de temporización y optimización a nivel de síntesis y layout
- 4.3.6 Circuitos de protección de entrada/salida
- 4.3.7 Optimización del consumo de potencia
- 4.4 El flujo de diseño de señal mixta (2 semanas)
 - 4.4.1 El flujo de diseño de señal mixta front to back
 - 4.4.2 Técnicas de layout para integración de circuitos de señal mixta
- 4.5 Tapeout (1 semana)
 - 4.5.1 Encapsulado
 - 4.5.2 Circuitos de protección y entrada/salida
 - 4.5.3 Distribución de tensión de alimentación

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje	Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.
6 Evaluación	<p>La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:</p> <p>Participación 15%</p> <p>2 Pruebas cortas 20%</p> <p>Examen Final 30%</p> <p>Proyecto Final 35%</p>
7 Bibliografía	Chinnery, D., y Keutzer, K. (2002). Closing the gap between ASIC and custom: tools and techniques for high performance. New York, NY: Springer.

Dordrecht (2002). *ASIC design*. (on line) Boston: Kluwer Academic Publisher 2002.
Disponibile en:
<<http://ebooks.springerlink.com/UrlApi.aspx?action=summary&v=1&bookid=99306>>.
ISBN 1-402-07113-2.

Hastings, A. (2005). *The art of analog layout*. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Prentice-Hall,
ISBN 0131464108.

Jansen, D. (2003). *The electronic design automation handbook*. Boston: Kluwer
Academic Publisher, ISBN 1-4020-7502-2.

Rabaey, J., Chandrakasan, A., y Nikolic, B. (2005). *Circuitos Integrados Digitales*. (2da.
ed.) New Jersey, NJ: Prentice Hall.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6122

Reconocimiento de Patrones

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Reconocimiento de Patrones
Código:	MP-6122
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general El objetivo del curso es profundizar en el estudio de técnicas modernas para el reconocimiento de patrones. La práctica del curso incluye experimentación con software como el MatLab y programación con bibliotecas especializadas en lenguajes como el C++. Al finalizar el

curso el estudiante podrá aplicar y adaptar técnicas del reconocimiento de patrones en la solución de problemas relacionados con su tema de investigación.

3 Objetivos Desarrollar en el estudiante la competencia de aplicar y adaptar
generales y técnicas del reconocimiento de patrones en la solución de problemas
Específicos complejos que le permitan determinar su mejor uso en nuevos casos.

Objetivos Específicos

3.1 Describir y utilizar técnicas de decisión probabilísticas paramétricas y no paramétricas

3.2 Evaluar mecanismos de reducción de dimensión de descriptores.

3.3 Analizar técnicas de reconocimiento de patrones supervisadas y no supervisadas.

3.4 Describir y utilizar principios y técnicas de meta-clasificación.

4 Contenidos 4.1 Percepción de Máquina (0.5 semanas)
4.2 Sistemas de reconocimiento de patrones y su ciclo de diseño
 (0.5 semanas)
4.3 Aprendizaje y adaptación (0.5 semanas)
4.4 Teoría de decisión Bayesiana (1 semana)
Clasificación y funciones discriminantes
Densidad normal
Decisión Bayesiana con atributos discretos
4.5 Estimación de Máxima Verosimilitud y de parámetros Bayesianos
 (1.5 semanas)
Problemas de dimensionalidad
Análisis de componentes y discriminantes
Maximización de la esperanza
Modelos de Markov ocultos
4.6 Técnicas no paramétricas de estimación de densidad (1 semana)
Ventanas de Parzen

k nearest neighbor

Clasificación difusa

4.7 Funciones discriminantes lineales y superficies de decisión (2 semanas)

Perceptrones

Métodos de relajación

Comportamiento no separable

Mínimos cuadrados

Procedimientos Ho-Kashyap

Procedimientos por programación lineal

Support Vector Machines

4.8 Redes neuronales con múltiples capas (1 semana)

Retropropagación

Superficies de error

Técnicas para mejorar la retropropagación

Técnicas de segundo orden

4.9 Métodos estocásticos (1 semana)

Búsqueda estocástica

Aprendizaje de Boltzmann

Redes de Boltzmann y modelos gráficos

Métodos evolutivos

4.10 Métodos no métricos (1 semana)

Arboles de decisión

Reconocimiento con hileras

Métodos gramaticales

Inferencia gramatical

4.11 Aprendizaje de máquina independiente del algoritmo (2 semanas)

Teorema del no hay almuerzo gratis

Teorema del patito feo (Ugly duckling)

Largo mínimo de la descripción

Comparación de clasificadores

Combinación de clasificadores

Ensamblajes de clasificadores

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Bishop, C. (1996). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Birmingham, UK: Oxford University Press.

Duda, R., Hart, P., y Stork, D. (2000). *Pattern Classification*. (2da. ed.) Oxford: John Wiley & Sons.

Haykin, S. (2000). *Neural Networks: A comprehensive foundation*. (2da. ed.) Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

IEEE Computer Society, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6154

Procesamiento de Sonido

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento de Sonido
Código:	MP-6154
Tipo de curso:	Teórico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general Este es un curso sobre el procesamiento (análisis, síntesis, modificación y compresión) del sonido por medio de computadora y sus aplicaciones al reconocimiento del habla y del hablante, síntesis de voz e instrumentos musicales, recuperación de información musical y codificación del

sonido. El curso es de índole multidisciplinaria, ya que utiliza conocimientos de Ingeniería Eléctrica, Física, Matemática, Estadística, Música, Neurociencia, Psicología, y Lingüística.

3 Objetivos Aplicar el procesamiento de sonido mediante herramientas matemáticas y
generales y de software que le permitan conocer el estado del arte del mismo, así como
Específicos desarrollar una aplicación en que se procese sonido.

Objetivos Específicos

- 3.1 Describir el proceso de producción, propagación y percepción de la voz humana y de algunos instrumentos musicales.
- 3.2 Aplicar la transformada de Fourier discreta para analizar sistemas y señales de audio.
- 3.3 Interpretar el espectro de un sonido para realzar regiones importantes o eliminar componentes no deseados.
- 3.4 Desarrollar una aplicación en la que se procese sonido.

4 Contenidos 4.1 Principios (1 semana)
 4.2 Procesamiento de Señales. (1 semana)
 Transformación de Fourier a Corto Plazo: Definición, propiedades,
 análisis de señales utilizando ventanas corredizas.
 Muestreo de señales: Muestro de una señal mediante multiplicación
 por un tren de impulsos. Teorema de Nyquist.
 Transformación de Fourier Discreta: Definición, propiedades,
 aplicaciones: análisis y filtrado de señales digitales.
 Señales aleatorias: Definición. Ergocidad. Función de autocorrelación.
 Teorema de Wiener y Khinchin.
 4.3 Acústica (5 semanas)
 Producción del sonido: Movimiento armónico simple. Voz humana.
 Instrumentos musicales.
 Propagación del sonido: Velocidad. Intensidad.
 Percepción del sonido: El sistema auditivo. Sonoridad. Altura. Timbre.
 4.4 Aplicaciones (5 semanas)
 Síntesis de sonido: Aditiva. Sustractiva. Modal. Modulación de la
 frecuencia.

Reconocimiento del habla: Predicción lineal. Análisis cepstral. Coeficientes cepstrales en escala Mel. Modelos ocultos de Markov. Recuperación de información musical: Consulta por canto o tarareo. Reconocimiento automático de género musical. Huellas dactilares en audio. Compresión de sonido: Modulación por impulsos codificados. Predicción lineal. Cuantificación vectorial. Codificación perceptual. Codificación de Huffman.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Benade, A. (1990). *Fundamentals of Musical Acoustics*. (2da. ed.) Hoboken, New Jersey, NJ: Wiley-Interscience.

Bracewell, R. (1999). *The Fourier Transform and its Applications*. New York, NY: McGraw-Hill.

Cook, P. (2000). *Real Sound Synthesis for Interactive Applications*. South Avenue: AK Peters.

Geisler, D. (1996). *From Sound to Synapse: Physiology of the Mammalian Ear*. UK: Oxford University Press.

Hamming, R. (1997). *Digital filters*. (3ra. ed.) Mineola, New York, NY: Dover.

Huang, X., Acero, A., y Hon, H. (2001). *Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

- IRARRÁZVAL, P. (1999). *Análisis de Señales*. Santiago de Chile: McGraw-Hill.
- Mitra, S. (1999). *Digital Signal Processing Laboratory using MATLAB*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Moore, B. (2003). *An Introduction to the Psychology of Hearing*. (5ta ed.) London, UK: Academic Press.
- O'Shaughnessy, D. (1999). *Speech Communications: Human & Machine* (2da. ed.) Wiley-IEEE Press.
- Rabiner, L., y Schafer, R. (1978). *Digital Processing of Speech Signals*. Prentice Hall.
- Rabiner, L., y Juang, B. (1993). *Fundamentals of Speech Recognition*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.
- Rigden, J. S. (1985). *Physics and the Sound of Music*. (2da. ed.) St. Louis: John Wiley & Sons.
- Spanias, A., Painter, T., y Venkatraman, A. (2007). *Audio Signal Processing and Coding*. Hoboken, New Jersey, NJ: Wiley-Interscience.
- Steiglitz, K. (1996). *A DSP Primer with Applications to Digital Audio and Computer Music*. Reading, Massachusstes: Addison-Wesley.
- Quatieri, T. (2001). *Discrete-Time Speech Signal Processing: Principles and Practice*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

7 Cursos de énfasis para el Énfasis de Procesamiento Digital de Señales



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6104

Procesamiento Digital de Señales

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento Digital de Señales
Código:	MP-6104
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6123 Procesamiento Digital de Imágenes MP-6124 Procesamiento Adaptativo
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general El procesamiento digital de señales hoy está presente en una gran cantidad de sistemas electrónicos, y la tendencia es que cada vez se utilicen más, debido a que de esta manera se puede interpretar y manipular mejor la información contenida en las señales. Este curso brinda las bases teóricas e investigativas sobre el procesamiento digital de señales y profundiza en conceptos clásicos y modernos del área. Se revisarán los conceptos sobre sistemas lineales abarcando

los análisis de Fourier y Transformada z, además del análisis estocástico de señales y los métodos multitasa utilizados cada vez más en conjunto con el reconocimiento de patrones.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Aplicar el procesamiento digital de señales necesario para el diseño de circuitos procesadores de señales además del procesamiento de señales mediante diferentes técnicas matemáticas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

3.1 Describir con profundidad las bases teóricas del procesamiento digital de señales moderno

3.2 Aplicar y adaptar la teoría del procesamiento digital de señales para su implementación en proyectos de desarrollo e investigación

3.3 Aplicar y adaptar los conceptos básicos del procesamiento digital de señales en el diseño básico de circuitos electrónicos para este tipo de aplicaciones.

4 Contenidos	4.10	Señales, sistemas y procesamiento de señales (1 semana)
	4.11	Señales y sistemas en tiempo discreto (1 semana)
	4.12	La transformada z (1 semana)
	4.13	Análisis en Frecuencia (1 semana)
	4.14	DFT y FFT (1 semana)
	4.15	Diseño e implementación de filtros digitales (2 semana)
	4.16	Predicción lineal (1 semana)
	4.17	Análisis estocástico de señales (2 semana)
	4.18	Wavelets y otros métodos de procesamiento multitasa (2 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Fliege, N. J. (2000). *Multirate Digital Signal Processing: Multirate Systems, Filter Banks, Wavelets*. (2da. ed.) New York, NY: John Wiley & Sons.

Haykin, S., y Van Veen, B. (2001). *Señales y Sistemas*. México, D. F.: Limusa.

Oppenheim, A., Willsky, A. y Nawab, S. H. (1998). *Señales y Sistemas*. (2da. ed.) Naucalpán de Juárez, Edo. De México: Prentice Hall Hispanoamericana.

Proakis, J., y Manolakis, D. (1996). *Digital Signal Processing. Principles, Algorithms, and Applications*. (3ra. ed.) Upper Saddle River, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

IEEE Signal Processing Society, IEEE Transactions on Signal Processing.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6122

Reconocimiento de Patrones

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Reconocimiento de Patrones
Código:	MP-6122
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Segundo Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6124 Procesamiento Adaptativo MP-6123 Procesamiento Digital de Imágenes
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general El objetivo del curso es profundizar en el estudio de técnicas modernas para el reconocimiento de patrones. La práctica del curso incluye experimentación con software como el MatLab y programación con bibliotecas especializadas en lenguajes como el C++. Al finalizar el

curso el estudiante podrá aplicar y adaptar técnicas del reconocimiento de patrones en la solución de problemas relacionados con su tema de investigación.

3 Objetivos Desarrollar en el estudiante la competencia de aplicar y adaptar
generales y técnicas del reconocimiento de patrones en la solución de problemas
Específicos complejos que le permitan determinar su mejor uso en nuevos casos.

Objetivos Específicos

3.1 Describir y utilizar técnicas de decisión probabilísticas paramétricas y no paramétricas

3.2 Evaluar mecanismos de reducción de dimensión de descriptores.

3.3 Analizar técnicas de reconocimiento de patrones supervisadas y no supervisadas.

3.4 Describir y utilizar principios y técnicas de meta-clasificación

5 Contenidos 5.1 Percepción de Máquina (0.5 semanas)
5.2 Sistemas de reconocimiento de patrones y su ciclo de diseño
 (0.5 semanas)
5.3 Aprendizaje y adaptación (0.5 semanas)
5.4 Teoría de decisión Bayesiana (1 semana)
Clasificación y funciones discriminantes
Densidad normal
Decisión Bayesiana con atributos discretos
5.5 Estimación de Máxima Verosimilitud y de parámetros Bayesianos
 (1.5 semanas)
Problemas de dimensionalidad
Análisis de componentes y discriminantes
Maximización de la esperanza
Modelos de Markov ocultos
5.6 Técnicas no paramétricas de estimación de densidad (1 semana)
Ventanas de Parzen
k nearest neighbor
Clasificación difusa
5.7 Funciones discriminantes lineales y superficies de decisión (2
 semanas)
Perceptrones

Métodos de relajación
 Comportamiento no separable
 Mínimos cuadrados
 Procedimientos Ho-Kashyap
 Procedimientos por programación lineal
 Support Vector Machines
 5.8 Redes neuronales con múltiples capas (1 semana)
 Retropropagación
 Superficies de error
 Técnicas para mejorar la retropropagación
 Técnicas de segundo orden
 5.9 Métodos estocásticos (1 semana)
 Búsqueda estocástica
 Aprendizaje de Boltzmann
 Redes de Boltzmann y modelos gráficos
 Métodos evolutivos
 5.10 Métodos no métricos (1 semana)
 Árboles de decisión
 Reconocimiento con hileras
 Métodos gramaticales
 Inferencia gramatical
 5.11 Aprendizaje de máquina independiente del algoritmo (2 semanas)
 Teorema del no hay almuerzo gratis
 Teorema del patito feo (Ugly duckling)
 Largo mínimo de la descripción
 Comparación de clasificadores
 Combinación de clasificadores
 Ensamblajes de clasificadores

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la

metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación *sugerida* consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Bishop, C. (1996). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Birmingham, UK: Oxford University Press.

Duda, R., Hart, P., y Stork, D. (2000). *Pattern Classification*. (2da. ed.) Oxford: John Wiley & Sons.

Haykin, S. (2000). *Neural Networks: A comprehensive foundation*. (2da. ed.) Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

IEEE Computer Society, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6124

Procesamiento Adaptivo

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento Adaptativo
Código:	MP-6124
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6154 Procesamiento de Sonido
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general El procesamiento adaptativo es un área de fuerte aplicación y constante investigación necesaria para tratar con sistemas no lineales y dependientes en el tiempo. Este curso introduce las técnicas fundamentales empleadas en el área.

3 Objetivos Describir los algoritmos principales y modelos matemáticos utilizados en el
generales y filtrado adaptativo de señales para el diseño, análisis, evaluación y
Específicos comparación de filtros.

Objetivos Específicos

- 3.1 Utilizar las técnicas de estimación óptima
- 3.2 Aplicar los conceptos de estimación lineal
- 3.3 Describir y utilizar las técnicas de descenso máximo aplicables en filtrado adaptativo
- 3.4 Analizar el desempeño de filtros (estimadores) adaptativos

4Contenidos 4.1 Estimación óptima (2 semanas)
 4.2 Estimación lineal (2 semanas)
 4.3 Algoritmos de máximo descenso (*steepest-descent*) (2 semanas)
 4.4 Algoritmos de gradiente estocástico (2 semanas)
 4.5 Desempeño de filtros adaptativos (2 semanas)
 4.6 Filtros Recursivos, Arreglo RLS, Filtros rápidos de orden fijo. (2
 semanas)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación *sugerida* consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

[1] Haykin, S. (2002). *Adaptive Filter Theory*. (4ta. ed.). Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice -Hall.

[2] Sayed, A. (2003). *Fundamentals of Adaptive Filtering*. Hoboken, New Jersey, NJ: Wiley-Interscience.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6154

Procesamiento de Sonido

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento de Sonido
Código:	MP-6154
Tipo de curso:	Teórico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6124 Procesamiento adaptativo
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este es un curso sobre el procesamiento (análisis, síntesis, modificación y compresión) del sonido por medio de computadora y sus aplicaciones al reconocimiento del habla y del hablante, síntesis de voz e instrumentos musicales, recuperación de información musical y codificación del sonido. El curso es de índole multidisciplinaria, ya que utiliza

conocimientos de Ingeniería Eléctrica, Física, Matemática, Estadística, Música, Neurociencia, Psicología, y Lingüística.

3 Objetivos Aplicar el procesamiento de sonido mediante herramientas matemáticas y
generales Y de software que le permitan conocer el estado del arte del mismo, así como
Específicos desarrollar una aplicación en que se procese sonido.

Objetivos Específicos

- 3.5 Describir el proceso de producción, propagación y percepción de la voz humana y de algunos instrumentos musicales.
- 3.6 Utilizar la transformada de Fourier discreta para analizar sistemas y señales de audio.
- 3.7 Manipular el espectro de un sonido para realzar regiones importantes o eliminar componentes no deseados.
- 3.8 Desarrollar una aplicación en la que se procese sonido.

4 Contenidos 4.5 Principios (1 semana)
4.6 Procesamiento de Señales. (1 semana)
 Transformación de Fourier a Corto Plazo: Definición, propiedades, análisis de señales utilizando ventanas corredizas.
 Muestreo de señales: Muestro de una señal mediante multiplicación por un tren de impulsos. Teorema de Nyquist.
 Transformación de Fourier Discreta: Definición, propiedades, aplicaciones: análisis y filtrado de señales digitales.
 Señales aleatorias: Definición. Ergodicidad. Función de autocorrelación. Teorema de Wiener y Khinchin.
4.7 Acústica (5 semanas)
 Producción del sonido: Movimiento armónico simple. Voz humana. Instrumentos musicales.
 Propagación del sonido: Velocidad. Intensidad.
 Percepción del sonido: El sistema auditivo. Sonoridad. Altura. Timbre.
4.8 Aplicaciones (5 semanas)
 Síntesis de sonido: Aditiva. Sustractiva. Modal. Modulación de la frecuencia.
 Reconocimiento del habla: Predicción lineal. Análisis cepstral. Coeficientes cepstrales en escala Mel. Modelos ocultos de Markov.
 Recuperación de información musical: Consulta por canto o tarareo. Reconocimiento automático de género musical. Huellas dactilares en audio.

Compresión de sonido: Modulación por impulsos codificados.
Predicción lineal. Cuantificación vectorial. Codificación perceptual.
Codificación de Huffman.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Benade, A. (1990). *Fundamentals of Musical Acoustics*. (2da. ed.) Hoboken, New Jersey, NJ: Wiley-Interscience.

Bracewell, R. (1999). *The Fourier Transform and its Applications*. New York, NY: McGraw-Hill.

Cook, P. (2000). *Real Sound Synthesis for Interactive Applications*. South Avenue: AK Peters.

Geisler, D. (1996). *From Sound to Synapse: Physiology of the Mammalian Ear*. UK: Oxford University Press.

Hamming, R. (1997). *Digital filters*. (3ra. ed.) Mineola, New York, NY: Dover.

Huang, X., Acero, A., y Hon, H. (2001). *Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

IRARRÁZVAL, P. (1999). *Análisis de Señales*. Santiago de Chile: McGraw-Hill.

Mitra, S. (1999). *Digital Signal Processing Laboratory using MATLAB*. New York, NY: McGraw-Hill.

Moore, B. (2003). *An Introduction to the Psychology of Hearing*. (5ta ed.) London, UK: Academic Press.

O'Shaughnessy, D. (1999). *Speech Communications: Human & Machine* (2da. ed.) Wiley-IEEE Press.

Rabiner, L., y Schafer, R. (1978). *Digital Processing of Speech Signals*. Prentice Hall.

Rabiner, L., y Juang, B. (1993). *Fundamentals of Speech Recognition*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Rigden, J. S. (1985). *Physics and the Sound of Music*. (2da. ed.) St. Louis: John Wiley & Sons.

Spanias, A., Painter, T., y Venkatraman, A. (2007). *Audio Signal Processing and Coding*. Hoboken, New Jersey, NJ: Wiley-Interscience.

Steiglitz, K. (1996). *A DSP Primer with Applications to Digital Audio and Computer Music*. Reading, Massachusstes: Addison-Wesley.

Quatieri, T. (2001). *Discrete-Time Speech Signal Processing: Principles and Practice*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6123

Procesamiento Digital de Imágenes

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento Digital de Imágenes
Código:	MP-6123
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6104 Procesamiento Digital de Señales MP-6122 Reconocimiento de Patrones
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño

2 Descripción general Este curso brinda conceptos modernos sobre el procesamiento digital de imágenes bidimensionales en color y en escala de grises, y profundiza en algunos conceptos actualmente en investigación a nivel mundial. Se cubrirá el uso de filtros lineales y no lineales, así como transformaciones utilizadas en la

actualidad para el procesamiento y el análisis de las imágenes en un amplio rango de aplicaciones.

3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
generales y
Específicos

Aplicar los conceptos y herramientas matemáticas necesarias para procesar y analizar imágenes digitales por medios computacionales.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Describir los fundamentos del procesamiento digital de imágenes digitales, incluyendo la formación de las imágenes, la percepción visual humana como modelo, las representaciones de estructuras de datos básicas de imágenes digitales.
- 3.2 Aplicar principios de procesamiento digital de imágenes en los dominios espacial y frecuencial.
- 3.3 Utilizar diferentes métodos para representar y tratar la información de color en imágenes digitales.
- 3.4 Describir los principios básicos y aplicaciones de la morfología de imágenes.
- 3.5 Aplicar diferentes algoritmos y técnicas para el análisis de imágenes, orientados a la extracción de información sobre estructuras contenidas en imágenes digitales (bordes, esquinas, regiones, líneas, etc.)
- 3.6 Aplicar herramientas de software y lenguajes de programación en la solución de problemas de procesamiento digital de imágenes.

4 Contenidos

- 4.1 Introducción (1 semana)
- 4.2 Fundamentos de adquisición (1 semana)
- 4.3 Procesamiento en el dominio espacial (2 semanas)
- 4.4 Procesamiento en el dominio de la frecuencia (2 semanas)
- 4.5 Procesamiento de color (2 semanas)
- 4.6 Morfología (2 semanas)
- 4.7 Aplicaciones (Mejora, restauración, compresión) (2 semanas)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Gonzales, R. y Woods, R. (2008). *Digital Image Processing. Tercera edición.* New Jersey. Prentice Hall.

Sonka, M., Hlavac V. y Boyle, R. (2007). *Image Processing, Analysis and Machine Vision.* Tercera edición. PWS Publishing

IEEE Transactions on Image Processing.

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP- 6170

Métodos Matemáticos para PDS

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Métodos Matemáticos para PDS
Código:	MP-6170
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	No aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general En este curso se profundizan tópicos matemáticos avanzados utilizados en las técnicas modernas del procesamiento digital de señales y de reconocimiento de patrones. Estas incluyen herramientas selectas del álgebra lineal, el análisis funcional, probabilidad y fundamentos de optimización. Estos tópicos serán utilizados en tareas asociadas al procesamiento digital adaptativo, el análisis

de imágenes y visión por computador, sistemas de codificación y compresión de señales modernos, por mencionar algunos de ellos.

- 3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
- generales y
- Específicos Utilizar las herramientas y métodos matemáticos que subyacen el procesamiento digital y el reconocimiento de patrones moderno, particularmente en tópicos del álgebra lineal, el análisis funcional, probabilidad y fundamentos de optimización.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Utilizar herramientas del álgebra lineal en el planteo y análisis de problemas incompletos o sobrecompletos
- 3.2 Interpretar los conceptos del análisis funcional aplicados en el planteo de métodos modernos del procesamiento de señales
- 3.3 Aplicar los conceptos de probabilidad utilizados en el análisis de señales estocásticas y los modelos gráficos probabilísticos.
- 3.4 Utilizar métodos de optimización básicos en la búsqueda de óptimos para funciones de error típicas del reconocimiento de patrones.

- 4 Contenidos 4.1. Tópicos del álgebra lineal (3 semanas)
- 4.1.1. Espacios y subespacios vectoriales
 - 4.1.2. Interpretación de operaciones entre vectores y matrices
 - 4.1.3. Descomposición de valores singulares
 - 4.1.4. Análisis de componentes principales
- 4.2. Tópicos del análisis funcional (3 semanas)
- 4.2.1. Espacios de Hilbert y de Banach
 - 4.2.2. Bases ortonormales, marcos, proyecciones y subespacios complementarios
 - 4.2.3. Operadores en espacios de Hilbert
 - 4.2.4. Ejemplos: wavelets, codificación escasa
- 4.3. Tópicos de probabilidad (3 semanas)

4.3.1. Probabilidades condicionales y el teorema de Bayes

4.3.2. Distribución gaussiana multivariada

4.3.3. Máxima verosimilitud

4.4. Tópicos de optimización (3 semanas)

4.4.1. Downhill simplex

4.4.2. Descenso de gradiente, gradientes conjugados, Levenberg-Marquardt

4.4.3. Optimizaciones heurísticas: (PSO, GA, SA)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se sugiere una metodología constructivista basada en la revisión de artículos y textos científicos reales, de modo que cada estudiante pueda identificar los tópicos matemáticos que necesita profundizar para comprender la literatura actual. Lecciones virtuales y/o presenciales complementan los conceptos teóricos avanzados con actividades participativas con el fin de nivelar los conocimientos del grupo. Se deberán resolver problemas y tareas programadas que fomenten la aplicación de los conceptos teóricos desarrollados en el curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, tareas teóricas y programadas, y examen final:

Participación 15%

Tareas teóricas 25%

Tareas programadas 40%

Examen Final 20%

7 Bibliografía

W. Press et al. (2007) Numerical Recipes: The art of scientific computing. 3ra edición. Cambridge University Press.

C.M. Bishop. (2006) Pattern Recognition and Machine Learning. Springer Verlag.

S. Mallat. (1989) *A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No. 7, Julio.

O. Christensen. (2001) *Frames, Riesz bases, and discrete Gabor/Wavelet expansions*. Bulletin of the American Mathematical Society. Vol. 38, No. 3, pp. 273-291.

8 Profesor

8 Cursos Electivos para el Énfasis de Procesamiento Digital de Señales



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6127

Visión por Computador

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Visión por Computador
Código:	MP-6127
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-6401 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño

2 Descripción general La visión por computador es el área de la visualística encargada de rescatar computacionalmente información sobre las escenas capturadas en imágenes digitales. En esta área se intenta emular y superar las capacidades del sistema visual humano, y es considerada parte de la *inteligencia artificial*. Estudia el análisis de imágenes y vídeos para obtener resultados similares a los alcanzados

por humanos. De este modo, el sistema visual humano se toma como referencia con respecto al análisis de imágenes por computador.

El área es muy extensa para ser cubierta en su totalidad en un semestre, por lo que este curso realiza un muestreo por varias de las áreas más importantes de la visión por computador. Además, día a día se proponen nuevos algoritmos para abordar los problemas clásicos, lo que implica la revisión continua de la literatura técnica en el área.

El curso cubre la detección de puntos de interés, como herramienta del análisis de imágenes digitales fuertemente utilizada en las siguientes partes del curso, así como las técnicas de reconstrucción tridimensional, basados en la correspondencia de puntos entre varias imágenes.

- | | | |
|---|--|--|
| 3 | Objetivos
generales y
Específicos | El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento pleno para:

Describir y analizar los algoritmos y sistemas utilizados en la solución de problemas frecuentes de la visión por computador. |
|---|--|--|

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Describir, comparar y aplicar las estrategias utilizadas para la detección de lugares de interés en imágenes bidimensionales.
- 3.2 Describir, comparar y aplicar estrategias utilizadas en la reconstrucción de la estructura tridimensional de escenas a partir de imágenes bidimensionales.
- 3.3 Introducir diferentes estructuras de sistemas utilizados en el reconocimiento visual de objetos.
- 3.4 Aplicar en la solución de problemas concretos las técnicas matemáticas del álgebra lineal, cálculo y probabilidad
- 3.5 Aplicar los conocimientos adquiridos en la construcción de un sistema computacional para la visión por computador

- | | | |
|---|------------|--|
| 4 | Contenidos | 4.1 Detección de lugares de interés (2 semanas)

El espacio de escala
Detección de esquinas
SURF y la detección rápida por matriz Hessiana |
|---|------------|--|

Búsqueda de puntos correspondientes y estimación de matrices de transformación

4.2 Reconstrucción tridimensional de escenas (3 semanas)

Geometría proyectiva

Calibración de cámaras

Estimación de matrices fundamental y esencial

Reconstrucción de posición espacial.

Tema opcional: shape from ...

4.3 Introducción al reconocimiento de patrones. (2 semanas)

El problema de clasificación en un espacio de características.

Clasificador estadístico kNN (k-Nearest Neighbors).

Redes neuronales de retropropagación.

Redes neuronales de base radial.

4.4 Reconocimiento visual de objetos (3 semanas)

Reconocimiento por descriptores globales

Segmentación de imágenes

Descriptores de color

Descriptores de textura

Descriptores de forma

4.5 Reconocimiento por descriptores locales (2 semanas)

Técnicas de votación

Tema opcional: Trabajos recientes en el área (Lowe, INRIA, etc.)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Hartley, R., y Zisserman, A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*. (2da. ed.) Inglaterra, Reino Unido: Cambridge University Press.

IEEE Computer Society. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

IEEE Signal Processing Society. IEEE Transactions on Image Processing.

International Journal on Computer Vision. Elsevier.

Sonka, M., Hlavac, V., y Boyle, R. (2007). *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. (3era. ed.) PWS Publishing.

Shapiro L., y Stockman, G. (2001). *Computer Vision*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice-Hall.

Trucco, E., y Varri, A. (1998). *Introductory Techniques for 3D Computer Vision*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6118

Verificación y Validación de Software

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Verificación y Validación de Software
Código:	MP-6118
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño

2 Descripción general La verificación y validación de software enfocada brinda al profesional e investigador de hoy día las herramientas necesarias para valorar software especializado en relación a su eficacia y eficiencia. El curso utiliza una metodología teórico-práctica que permite a los estudiantes aplicar los conceptos aprendidos mediante casos, laboratorios y proyectos.

- 3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:
generales y Verificar y validar la calidad del software así como de diseñar planes de
Específicos Verificación y aseguramiento de calidad de software

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Identificar los procesos de Ingeniería de Software relevantes para el desarrollo de sistemas empotrados.
- 3.2 Describir los conceptos fundamentales de Ingeniería de Software, de Ingeniería de Requerimientos y verificación y validación de software
- 3.3 Explicar y utilizar los conceptos de desarrollo de pruebas de verificación, las metodologías de desarrollo de casos de prueba y el proceso de desarrollo de procedimientos de prueba manuales y automatizados.
- 3.4 Analizar los estándares aplicables al aseguramiento de calidad y desarrollo de planes de verificación y aseguramiento de calidad.

3.5 Diseñar planes de verificación y aseguramiento de calidad de software.

4 Contenidos

- 4.1 Ingeniería de software: conceptos (1 semana)
 - 4.1.1 Desarrollo de software para sistemas empotrados
 - 4.1.2 Procesos de sistema de software para sistemas empotrados
 - 4.1.3 Actividades del ciclo de vida
 - 4.1.4 Procesos de desarrollo y procesos integrales: Análisis, Diseño, Codificación, Verificación, Administración de Configuración, Aseguramiento de Calidad, Ciclos de Vida tradicionales: Cascada, prototipos, espiral, Proceso Unificado de Desarrollo, Desarrollo Dirigido por Pruebas (TDD)
- 4.2 Conceptos de ingeniería de requerimientos (0.5 semana)
 - 4.2.1 Niveles de requerimientos
Requerimientos de Sistema, de Alto Nivel y de Bajo Nivel.
 - 4.2.2 Requerimientos Funcionales y no funcionales
 - 4.2.4 Casos de Uso

4.2.5 Notación UML

4.3 Verificación de software de sistemas empotrados (1 semana)

4.3.1 Aseguramiento de Calidad

4.3.2 Verificación y Validación

4.3.3 ¿Por qué es necesario verificar el software?

4.3.4 Complejidad

4.3.5 Independencia

4.4 Métodos estáticos (1 semana)

4.4.1 Actividades de Verificación

4.4.2 Actividades estáticas

4.4.3 Actividades dinámicas

4.4.4 Inspecciones

4.4.5 Caminatas

4.4.6 Análisis

4.4.7 Pruebas

4.5 Pruebas de caja negra (1 semana)

4.5.8 Pruebas de Caja Blanca

Inspecciones

Análisis

4.6 Estándares de calidad de software (1 semana)

4.6.1 Estándares ISO, IEEE, de la Industria de Aviación, de la Industria Médica, de la Industria Automotriz, etc...

4.6.2 Plan de Calidad de Software para Sistemas Empotrados

4.7 Pruebas de software en sistemas empotrados (1 semana)

4.7.1 Conceptos de Pruebas de Software

Errores, fallas, correctitud

4.7.2 Clases de Pruebas

Pruebas de sistema, de integración de software, de integración de hardware y software, unitarias, de aceptación y de regresión.

4.8 Diseño de pruebas de software para sistemas empotrados (1 semana)

4.8.1 Casos de prueba

4.8.2 Procedimientos de prueba

4.8.3 Pruebas normales

4.8.4 Pruebas de robustez

4.8.5 Pruebas de condición de frontera

- 4.8.6 Clases de equivalencia
- 4.8.7 Prueba de operadores lógicos.
- 4.9 Pruebas unitarias (1 semana)
 - 4.9.1 Pruebas manuales
 - 4.9.2 Pruebas automatizadas
 - 4.9.3 Herramientas para pruebas unitarias.
- 4.10 Pruebas de integración (1 semana)
 - 4.10.1 Pruebas manuales, automatizadas y de rendimiento
- 4.11 Análisis de cobertura estructural (1 semana)
 - 4.11.1 Análisis manual y automatizado
- Presentación de proyectos finales (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Beizer, B. (1995). *Black-Box Testing: Techniques for Functional Testing of Software and Systems*. Canadá: Wiley.

Binder, R. (2009). *Testing Object Oriented Systems: Models, Patters, and Tools*. Reading, Massachusstes: Addison-Wesley

Burstein, I. (2003). *Practical Software Testing – A process Oriented Approach*. Chicago: Springer-Verlag.

Kaner, C., Falk, J., y Nguyen, H. (1999). *Testing Computer Software*. (2 da. ed.) Canadá: Wiley.

Pressman, R., y Maxim, B. (2009). *Software Engineering, a practitioner's approach*. (7ma. ed.) New York, NY: McGraw-Hill.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6166

Diseño Avanzado con FPGAs

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño Avanzado con FPGAs
Código:	MP-6166
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso proporciona una sólida base en el diseño de sistemas electrónicos completos utilizando un FPGA para la realización de los principales elementos de hardware y software para el diseño de un nuevo producto o para actualizar y sustituir el hardware de un producto existente.

3 Objetivos generales y Específicos Desarrollar en el estudiante la competencia en el diseño de sistemas electrónicos usando Field Programmable Gate Arrays (FPGA), de forma que sea capaz de especificar y producir un diseño de alto nivel de un sistema de procesamiento digital de señales utilizando una FPGA y software embebido.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Evaluar las ventajas y limitaciones del prototipado con FPGAs.
- 3.2 Evaluar los aspectos técnicos y comerciales de los núcleos IP disponibles.
- 3.3 Producir diseños FPGA con código HDL y verificar el rendimiento del sistema utilizando un kit de desarrollo de FPGA
- 3.4 Aplicar e interpretar el flujo de diseño con FPGAs, del código HDL a un producto autónomo
- 3.5 Escribir y aplicar programas de prueba pre y post síntesis
- 3.6 Diseñar y verificar un complejo sistema utilizando FPGA's para cumplir con las especificaciones de velocidad / potencia / requerimientos de tamaño.
- 3.7 Especificar los requisitos del sistema y desarrollar metodologías de análisis y pruebas de los productos basados en FPGA.

- 4 Contenidos
- 4.1 Arquitectura de velocidad (1 semana)
 - 4.2 Área de arquitectura (1 semana)
 - 4.3 Arquitectura de potencia (2 semanas)
 - 4.4 Diseño de alto nivel (1 semana)
 - 4.5 Dominios de reloj (1 semana)
 - 4.6 Implementando funciones matemáticas (2 semanas)
 - 4.7 Circuitos de reset (1 semana)
 - 4.8 Simulación avanzada (1 semana)
 - 4.9 Código para síntesis (1 semana)
 - 4.10 Optimización de la síntesis (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje	Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.
6 Evaluación	<p>La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:</p> <p>Participación 15%</p> <p>2 Pruebas cortas 20%</p> <p>Examen Final 30%</p> <p>Proyecto Final 35%</p>
7 Bibliografía	<p>Chang H., Cooke L., et. al. (1999). <i>Surviving the SOC Revolution: A Guide to Platform-Based Design</i>. Kluwer Academic, ISBN 0792386795.</p> <p>Cofer R., y Harding, B. (2005). <i>Rapid Prototyping with FPGAs: Accelerating the Design Process (Embedded Technology)</i>, Elsevier, 2005, ISBN 0750678666.</p> <p>Hamblen, J., y Furman, M. (2001). <i>Rapid Prototyping of Digital Systems</i>. Kluwer Academic, 0792374398.</p> <p>Kilts, S. (2007). <i>Advanced FPGA Design: Architecture, Implementation, and Optimization</i>. Hoboken, New Jersey, NJ: John Willey & Sons.</p> <p>Meyer-Baese, U. (2007). <i>Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays</i>. (3era. ed.). Elsevier Science, ISBN 3540211195.</p> <p>Navabi, Z. (2006). <i>Embedded Core Design with FPGAs</i>. New York, NY: McGraw-Hill, ISBN 0071474811.</p> <p>Tiwari, A. (2006). <i>Low Power FPGA Design Techniques for Embedded Systems</i>. ProQuest/UMI, ISBN 0542155184.</p> <p>Wolf, W. (2009). <i>FPGA-based System Design</i>. (2da. ed.). Pearson, ISBN 0131424610.</p>

Zeidman, R. (2002). *Designing with FPGAs and CPLDs*. CMP Books, ISBN 1578201128.

8 Profesor

9 Cursos de énfasis para el Énfasis de Microelectrónica



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6161

Diseño de Circuitos Integrados Digitales

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de Circuitos Integrados Digitales
Código:	MP-6161
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No aplica
Correquisitos:	No aplica
El curso es requisito de:	MP-6153 Diseño para Bajo Consumo de Potencia MP-6132 Diseño de Circuitos Integrados en Señal Mixta
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general Los circuitos digitales son muy importantes dentro del desarrollo de sistemas electrónicos, siendo utilizados para la construcción de unidades de procesamiento, funciones de adquisición de datos, entre muchas otras aplicaciones. En este curso se evalúan las técnicas de análisis y de diseño más

relevantes para los circuitos digitales integrados, haciendo énfasis en tecnología CMOS. Se estudian conceptos de temporización, distribución de reloj, diseño basado en cerrojos y flip-flops, estilos de lógica combinacional estática y dinámica, así como los flujos de diseño con herramientas de software especializadas.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Aplicar técnicas de análisis y de diseño para los circuitos integrados digitales, así como los flujos de diseño front-to-back para la implementación de etapas digitales complejas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar el flujo de diseño digital front-to-back para sistemas digitales integrados.
- 3.2 Comprender metodologías de diseño digital para sistemas microelectrónicos
- 3.3 Aplicar los conceptos básicos de temporización de diseño basado en cerrojos y diseño basado en flip-flops
- 3.4 Aplicar estilos de diseño de lógica combinacional estática y dinámica.
- 3.5 Comprender técnicas de análisis y diseño para la correcta temporización y distribución de reloj en sistemas digitales VLSI.

6 Contenidos 6.1 Fundamentos de escalamiento y su problemática en VLSI (1 semana)
 6.2 Estrategias de implementación de circuitos digitales (1 semana)
 6.2.1 Diseño personalizado
 6.2.2 Basado en celdas, macroceldas y bloques de propiedad intelectual
 6.2.3 Arreglos prealambrados
 6.3 El flujo de diseño digital front-to-back (1 semana)
 6.4 Lógica combinacional estática y dinámica (1 semana)
 6.5 Lógica secuencial (1 semana)
 6.6 Clasificación
 6.7 Diseño basado en cerrojos y flip-flops
 6.8 Interconexiones (3 semana)
 6.8.1 Parámetros de interconexión
 6.8.2 Modelos eléctricos de interconexión
 6.8.3 Estimación de retardo

6.8.4 Problemática de interconexiones

Caída de tensión

Electromigración

Ruido inductivo

Cross-talk

6.9 Consumo de potencia (1 semana)

4.12.1 Dinámica

4.12.2 De corto circuito y estática

6.10 Temporización (3 semana)

4.12.3 Sesgo

4.12.4 Incertidumbre de reloj

4.12.5 Análisis de temporización estático

4.12.6 Síntesis y distribución de reloj

6.11 Integridad de señal

6.12 Traslape de dominios de Reloj

6.13 Metaestabilidad y sincronizadores

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Baker, R. J. (2010). CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation. (3era. ed.) Piscataway, NJ: IEEE Press.

Dally, W., y Poulton, J. (2008). *Digital Systems Engineering*. Inglaterra, Reino Unido: Cambridge University Press.

Rabaey, J., Chandrakasan, A., y B. Nikolic. (2005). *Circuitos integrados digitales*. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Kang, S., y Leblebici, Y. (2002). *CMOS digital integrated circuits: analysis and design*. United States of America, USA: McGraw-Hill Internacional.

Chandrakasan, A., Bowhill, W., y Fox, F. (2001). *Design of High-Performance Microprocessor Circuits*. IEEE Press.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6121

Diseño de Circuitos Integrados Analógicos

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de Circuitos Integrados Analógicos
Código:	MP-6121
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	II Cuatrimestre
Requisitos:	No aplica
Correquisitos:	No aplica
El curso es requisito de:	MP-6153 Diseño para bajo consumo de potencia MP-6132 Diseño de Circuitos Integrados en Señal Mixta
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general En este curso se estudia el diseño de circuitos integrados desde la perspectiva analógica, que involucra un conocimiento más profundo de los dispositivos y sus modelos para la implementación de etapas útiles, por ejemplo, adquisición de datos, amplificación, transducción y actuación. El curso se centra en el análisis, diseño y verificación de circuitos analógicos en tecnologías CMOS y bipolar, además de estrategias para su implementación física, valoración de efectos parásitos y su extracción, así como el análisis de la respuesta en frecuencia y el impacto de ruido.

3 Objetivos generales y Específicos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:

Diseñar etapas analógicas complejas a nivel de circuito integrado en una tecnología estándar de fabricación.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

3.1 Aplicar los modelos compactos de primer y segundo orden de transistores, con el fin de analizar y dimensionar subcircuitos analógicos.

3.2 Diseñar etapas de procesamiento de señales analógicas, incluyendo su implementación física y validación a nivel de simulación.

3.3 Evaluar efectos de ruido y la respuesta de frecuencia de circuitos analógicos.

3.4 Diseñar subcircuitos y etapas de amplificación complejas, tales como amplificadores operaciones y de transconductancia.

3.5 Comprender los efectos de incertidumbre y desapareamiento en el diseño físico de etapas analógicas.

4 Contenidos

- 4.1 Introducción al Diseño Analógico (1/2 semana)
- 4.2 Modelado de dispositivos semiconductores (1/2 semana)
 - 4.2.1 Modelos compactos para transistores CMOS y Bipolares
 - 4.2.2 Modelos complejos para simulaciones numéricas
- 4.3 Implementación física de transistores y elementos pasivos (1/2 semana)
- 4.4 Ruido en circuitos analógicos (1/2 semana).
 - 4.4.1 Tipos y fuentes de ruido.

- 4.4.2 Modelos de ruido para dispositivos semiconductores.
- 4.5 Amplificadores básicos (2 semanas)
 - 4.5.1 Definiciones básicas
 - 4.5.2 Parámetros y caracterización
 - 4.5.3 Transconductancia, transimpedancia, voltaje, corriente.
 - 4.5.4 Pares diferenciales
 - 4.5.5 Etapas de salida
 - 4.5.6 Inversores como amplificadores
 - 4.5.7 Amplificadores de corriente
- 4.6 Subcircuitos (2 semanas).
 - 4.6.1 Implementación de resistencia activas
 - 4.6.2 Interruptores activos
 - 4.6.3 Referencias de corriente
 - 4.6.4 Referencias de tensión
- 4.7 Amplificadores operacionales (2 semanas)
 - 4.7.1 Amplificador básico de dos etapas
 - 4.7.2 Señalización sencilla y diferencial.
 - 4.7.3 Respuesta en frecuencia. Análisis de polos y ceros.
 - 4.7.4 Compensación en frecuencia y estabilidad
 - 4.7.5 Realimentación y topologías de realimentación.
 - 4.7.6 Arquitecturas de amplificadores
- 4.8 Comparadores. (1 semana)
 - 4.8.1 Arquitecturas básicas
 - 4.8.2 Comparadores conmutados por histéresis (realimentación positiva)
- 4.9 Circuitos con capacitores conmutados (1 semana)
 - 4.9.1 Resistencia RC.
 - 4.9.2 Integradores
- 4.10 Sintetizadores de frecuencia. (2 semanas)
 - 4.10.1 Osciladores controlados por voltaje
 - 4.10.2 Implementaciones de PLLs.
 - 4.10.3 DLLs

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor para la parte de teoría. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal, para la resolución de problemas y resolución de ejercicios de diseño con herramientas CAD asociadas a un kit de diseño comercial.

6 Evaluación La evaluación consta de pruebas escritas, resolución de problemas y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Resolución de Problemas 25 %

Ejercicios de Diseño	25 %
Examen Final	25 %
Proyecto Final	25 %

7 Bibliografía

Baker, R., Li, H., y Boyce, D. (2010). *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation*. (3era. ed.) Chicago: Wiley.

Gray, P. (2009). *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*. Chicago: Wiley.

Holberg, D., y Allen, P. (2002). *CMOS Analog Circuit Design*. USA: Oxford University Press.

Johns, D., y Martin, K. (1996). *Analog Integrated Circuit Design*. (2da. ed.) Chicago: Wiley.

Maloberti, F. (2010). *Analog Design for CMOS VLSI Systems*. New York: Springer

Razavi, B. (2000). *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*. New York, NY: McGraw-Hill.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6132

Diseño de Circuitos Integrados en Señal Mixta

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de Circuitos Integrados en Señal Mixta
Código:	MP-6132
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6161 Diseño de Circuitos Integrados Digitales MP-6121 Diseño de Circuitos Integrados en Analógicos
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6134 Verificación Funcional
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general En circuitos integrados complejos, la combinación de circuitos digitales y analógicos es frecuente. Consideraciones especiales para el diseño de este tipo de etapas mixtas son necesarias para lograr la implementación exitosa de un diseño específico. En este curso se estudian los principios para el diseño en señal mixta y los flujos de diseño con herramientas CAD. Se estudia en el curso teoría de adquisición de señales y procesamiento en tiempo discreto, arquitecturas para filtrado, adquisición y conversión de datos.

3 Objetivos generales y El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:

Aplicar técnicas de análisis y de diseño avanzadas para circuitos en señal mixta orientados a la adquisición, filtrado y conversión de datos.

Específicos

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Comprender las métricas utilizadas para la especificación de diseño de circuitos convertidores de datos
- 3.2 Diseñar etapas básicas de sistemas de adquisición de datos y acondicionamiento de señal
- 3.3 Aplicar técnicas de diseño para reducción de ruido en circuitos de señal mixta
- 3.4 Aplicar el flujo de diseño “*front to back*” de señal mixta con herramientas CAD

4 Contenidos

- 4.1 Sistemas de adquisición de datos (2 semanas)
 - 4.1.1 Arquitectura básica
 - 4.1.2 Etapas de acondicionamiento de señal
 - 4.1.3 Señales analógicas y discretas
 - 4.1.4 El teorema del muestreo y replicación
 - 4.1.5 Promediación
 - 4.1.6 Decimación
 - 4.1.7 Interpolación
 - 4.1.8 Circuitos de muestreo y retención
- 4.2 Filtros analógicos (2 semanas)
 - 4.2.1 Integradores
 - 4.2.2 Filtros g_m -C
- 4.3 Filtros digitales (2 semanas)
 - 4.3.1 Filtros tipo Sinc
 - 4.3.2 Filtros FIR
- 4.4 Convertidores digital-analógico (2 semanas)
 - 4.4.1 Especificaciones de diseño de convertidores DA
 - 4.4.2 Arquitecturas de convertidores DA
 - 4.4.3 Convertidores por distribución de corriente, voltaje o carga

- 4.4.4 Convertidores seriales
- 4.4.5 Sub-DACs
- 4.5 Convertidores analógico-digital (2 semanas)
- 4.5.1 Especificaciones de diseño de convertidores AD
- 4.5.2 Arquitecturas de convertidores AD

Integradores de rampa simple y doble

De aproximaciones sucesivas

Flash

Interpolación

Doblaje

- 4.6 Convertidores de sobremuestreo.(1 semana)
- 4.6.1 Modulación sigma-delta: principio de funcionamiento y aplicaciones
- 4.7 Ruido en convertidores de datos (1 semana)
- 4.7.1 Técnicas de reducción de Ruidos
- 4.7.2 Técnicas de reducción de ruido
- 4.7.3 Convertidores de datos basados en conformado de ruido

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Baker, R. (2008). *CMOS mixed-signal circuit design*. (2da. ed.). IEEE Press Series on Microelectronic Systems.

Baker, R., Li, H., y Boyce, D. (2010). *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation*. (3era. ed.) Chicago: Wiley.

Holberg, D., y Allen, P. (2002). *CMOS Analog Circuit Design*. USA: Oxford University Press.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6153

Diseño para Bajo Consumo de Potencia

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño para Bajo Consumo de Potencia
Código:	MP-6153
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6161 Diseño de Circuitos Integrados Digitales MP-6121 Diseño de Circuitos Integrados Analógicos
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6401 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Bajo consumo de potencia es una característica deseable y obligatoria en la mayoría de los sistemas actuales. Para dispositivos móviles operados por una batería, la potencia es una de las restricciones de diseño más importantes. Una plataforma para diseño de bajo consumo de potencia debe proveer al usuario métodos y herramientas para la optimización de potencia a todos los niveles de flujo de diseño. Este curso presenta una revisión exhaustiva de las técnicas que forman parte del estado del arte en estimación y optimización de potencia,

tanto a nivel de hardware como de software. La parte práctica del curso permite introducir a los estudiantes a las herramientas existentes para ese fin.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Explicar las técnicas para el diseño de sistemas con requerimientos de baja potencia, tanto desde el punto de vista de hardware como de software.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Explicar las técnicas para el diseño de bajo consumo de potencia desde el punto de vista de hardware desde el nivel de transistores hasta el nivel del sistema.
- 3.2 Explicar las técnicas para el diseño de baja potencia desde el punto de vista de software, incluyendo la programación y la compilación.
- 3.3 Aplicar herramientas que representan el estado del arte en el diseño para bajo consumo de potencia.

4 Contenidos 4.1 Diseño de baja potencia a nivel de hardware. (9 semanas)

4.1.1 Introducción al diseño de bajo consumo de potencia

Consumo de potencia en circuitos CMOS.

Motivación para el diseño de bajo consumo de potencia.

Técnicas para la reducción de consumo de potencia.

Flujo de diseño para bajo consumo de potencia.

4.1.2 Principios de estimación de potencia.

Estimación a nivel de compuertas.

Estimación a nivel RTL.

4.1.3 Optimización de potencia a nivel de compuertas.

Optimización de potencia dinámica.

Optimización de potencia estática.

4.1.4 Optimización de potencia a nivel de RTL.

Manejo de potencia dinámica.

Planeamiento de reloj basado en potencia.

4.1.5 Optimización de potencia a nivel de comportamiento.

Calendarización de operaciones.

Reservación y vinculación de recursos.

Recursos compartidos.

Calendarización de fuentes con múltiples voltajes.

4.1.6 Optimización a nivel del sistema.

Co-diseño de Hardware/Software.

Codificación de bus.

Diseño de la memoria.

Manejo dinámico de potencia.

Modelado y manejo de batería.

4.1.7 Herramientas para el diseño de bajo consumo de potencia.

4.2 Diseño de baja potencia a nivel de Software. (3 semanas)

4.2.1 Estimación de potencia a nivel del sistema.

4.2.2 Técnicas de compilación para bajo consumo de potencia.

4.2.3 Transformación de programas y estilo de codificación para bajo consumo de potencia.

4.2.4 Manejo dinámico de potencia.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Bellaouar, A., y Elmasry M. (2006). *Low-Power Digital VLSI Design: Circuits and Systems*. New York: Springer.

Brodersen, R. (2006). *Low Power Digital CMOS Design*. New York: Springer.

Flynn, D., Aitken, R., Gibbons, A., y Shi, K. (2007). *Low Power Methodology Manual*. New York: Springer.

Piguet, C. (2005). *Low-Power CMOS Circuits: Technology, Logic Design and CAD Tools*. United States of America: CRC-Press.

Rabaey, J., y Pedram Editors. (1995). *Low Power Design Methodologies*. New York, NY: Springer, Kluwer Academic Publishers.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6134

Verificación Funcional

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Verificación Funcional
Código:	MP-6134
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto cuatrimestre
Requisitos:	MP-6132 Diseño de Circuitos Integrados en Señal Mixta
Correquisitos:	No aplica
El curso es requisito de:	No Aplica
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del Rediseño.

2 Descripción general Parte fundamental del diseño ocupa gran cantidad de recursos, no sólo financieros, sino de ingeniería y herramientas, en verificación. El curso se enfoca en introducir conceptos básicos sobre verificación funcional de circuitos descritos por HDL, con el fin de lograr una verificación eficiente y reducir el tiempo de desarrollo de productos.

3 Objetivos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento
generales y pleno para:
Específicos

Introducir conceptos básicos sobre verificación funcional de circuitos descritos por HDL, y proveer una visión del significado de verificación funcional así como de su rendimiento, dando a conocer la importancia del proceso de verificación en el diseño de circuitos integrados y las técnicas utilizadas en la industria.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Abstracta a partir de la especificación y arquitectura de un diseño lógico una estrategia de verificación.
- 3.2 Comprender métodos/herramientas de verificación para circuitos integrados.
- 3.3 Aplicar conocimientos de software para la creación de ambientes de verificación.
- 3.4 Comprender criterios, aptitudes y formas de pensamiento relacionadas a la verificación funcional.
- 3.5 Evaluar la calidad en el esfuerzo de diseño y verificación.
- 3.6 Aplicar herramientas de software para el análisis de resultados.

- 4 Contenidos
- 4.1 Flujo de diseño en circuitos integrados (2 semanas)
 - 4.1.1 Verificación como parte del ciclo de diseño.
 - 4.1.2 Verificación estructural, funcional y basada en aserciones.
 - 4.1.3 Ciclo de verificación.
 - 4.2 Verificación Funcional (2 semanas)
 - 4.2.1 El problema de la verificación

El caso de la lógica combinacional.

¿Cómo ejercitar todo en el chip?

Observabilidad y controlabilidad.

 - 4.2.2 Verificación estática vs. dinámica
 - 4.2.3 Prueba directa y semi aleatoria
 - 4.2.4 Verificación basada en aserciones

- 4.2.5 Verificación basada en la cobertura de condiciones
- 4.3 Simulación Dinámica (2 semanas)
 - 4.3.1 El ambiente de pruebas

Generador de estímulos

Monitores

Puntos de prueba

Arquitectura de las pruebas

- 4.4 Simulación estática (2 semanas)
 - 4.4.1 Modelando utilizando reglas.
 - 4.4.2 Evaluación de las reglas de cobertura.
 - 4.4.3 Ventajas y limitaciones
- 4.5 Verificación basada en aserciones (2 semanas)
 - 4.5.1 Aserciones y la simulación dinámica
 - 4.5.2 Aserciones en verificación formal
- 4.6 Plan de verificación (2 semanas)
 - 4.6.1 Comprensión de las especificaciones de diseño.
 - 4.6.2 Escogencia de la estrategia de verificación
 - 4.6.3 Ejecución de la verificación

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Grady, J. (2007). *System Verification: Proving the Design Solution Satisfies the Requirements*. Elsevier, Academic Press.

Lam, K. (2005). *Hardware Design Verification: Simulation and Formal Method-Based Approaches*. New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Meyer, A. (2003). *Principles of Functional Verification*. United States of America: Elsevier Sciences, Newnes.

Spear C., y Tumbush, G. (2005). *System Verilog for Verification: A Guide to Learning the Testbench Language Features*. (3era. ed.) New York: Springer.

Wile, B., Goss, J., y Roesner Wolfgang, C. (2005). *Comprehensive Functional Verification: The complete industry cycle*. Burlington, Massachusetts: Morgan Kaufmann.

8 Profesor

10 Cursos Electivos para el Énfasis de Microelectrónica



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6104

Procesamiento Digital de Señales

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Procesamiento Digital de Señales para Microelectrónica
Código:	MP-6104
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general El procesamiento digital de señales hoy está presente en una gran cantidad de sistemas electrónicos, y la tendencia es que cada vez se utilicen más, debido a que de esta manera se puede interpretar y manipular mejor la información contenida en las señales. Este curso brinda las bases teóricas e investigativas sobre el procesamiento digital de señales y profundiza en conceptos clásicos y modernos del área. Se revisarán los conceptos sobre sistemas lineales abarcando los análisis de Fourier y Transformada z, además del análisis

estocástico de señales y los métodos multitasa utilizados cada vez más en conjunto con el reconocimiento de patrones.

3 Objetivos Aplicar el procesamiento digital de señales necesario para el diseño de circuitos
generales y procesadores de señales además del procesamiento de señales mediante
Específicos diferentes técnicas matemáticas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

3.1 Describir profundamente las bases teóricas del procesamiento digital de señales moderno

3.2 Aplicar y adaptar la teoría del procesamiento digital de señales para su implementación en proyectos de desarrollo e investigación

3.3 Aplicar y adaptar los conceptos básicos del procesamiento digital de señales en el diseño básico de circuitos electrónicos para este tipo de aplicaciones

4 Contenidos 4.1 Señales, sistemas y procesamiento de señales (1 semana)
 4.2 Señales y sistemas en tiempo discreto (1 semana)
 4.3 La transformada z (1 semana)
 4.4 Análisis en Frecuencia (1 semana)
 4.5 DFT y FFT (1 semana)
 4.6 Diseño e implementación de filtros digitales (2 semanas)
 4.7 Predicción lineal (1 semana)
 4.8 Análisis estocástico de señales (2 semanas)
 4.9 Wavelets y otros métodos de procesamiento multitasa (2 semanas)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Fliege, N. J. (2000). *Multirate Digital Signal Processing: Multirate Systems, Filter Banks, Wavelets*. (2da. ed.) New York, NY: John Wiley & Sons.

Haykin, S., y Van Veen, B. (2001). *Señales y Sistemas*. México, D. F.: Limusa.

Oppenheim, A., Willsky, A. y Nawab, S. H. (1998). *Señales y Sistemas*. (2da. ed.) Naucalpán de Juárez, Edo. De México: Prentice Hall Hispanoamericana.

Proakis, J., y Manolakis, D. (1996). *Digital Signal Processing. Principles, Algorithms, and Applications*. (3ra. ed.) Upper Saddle River, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6166

Diseño Avanzado con FPGAs

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño Avanzado con FPGAs
Código:	MP-6166
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

- 2 Descripción general Este curso pretende proporcionar una sólida base en el diseño de sistemas electrónicos completos utilizando un FPGA para la realización de los principales elementos de hardware y software para el diseño de un nuevo producto o para actualizar y sustituir el hardware de un producto existente.

- 3 Objetivos Desarrollar en el estudiante la competencia en el diseño de sistemas
generales y electrónicos usando Field Programmable Gate Arrays (FPGA), de forma que sea
Específicos capaz de producir y crear un diseño de alto nivel de un sistema utilizando una
FPGA y software embebido.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Evaluar las ventajas y limitaciones del prototipado con FPGAs.
- 3.2 Evaluar los aspectos técnicos y comerciales de los núcleos IP disponibles.
- 3.3 Producir diseños FPGA con código HDL y verificar el rendimiento del sistema utilizando un kit de desarrollo de FPGA
- 3.4 Aplicar e interpretar el flujo de diseño con FPGAs, del código HDL a un producto autónomo
- 3.5 Escribir y aplicar programas de prueba pre y post síntesis
- 3.6 Diseñar y verificar un complejo sistema utilizando FPGA's para cumplir con las especificaciones de velocidad / potencia / requerimientos de tamaño.
- 3.7 Especificar los requisitos del sistema y desarrollar metodologías de análisis y pruebas de los productos basados en FPGA.

- 4 Contenidos
- 4.1 Arquitectura de velocidad (1 semana)
 - 4.2 Área de arquitectura (1 semana)
 - 4.3 Arquitectura de potencia (2 semanas)
 - 4.4 Diseño de alto nivel (1 semana)
 - 4.5 Dominios de reloj (1 semana)
 - 4.6 Implementando funciones matemáticas (2 semanas)
 - 4.7 Circuitos de reset (1 semana)
 - 4.8 Simulación avanzada (1 semana)
 - 4.9 Código para síntesis (1 semana)

 - 4.10 Optimización de la síntesis (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Chang H., Cooke L., et. al. (1999). *Surviving the SOC Revolution: A Guide to Platform-Based Design*. Kluwer Academic, ISBN 0792386795.

Cofer R., y Harding, B. (2005). *Rapid Prototyping with FPGAs: Accelerating the Design Process (Embedded Technology)*, Elsevier, 2005, ISBN 0750678666.

Hamblen, J., y Furman, M. (2001). *Rapid Prototyping of Digital Systems*. Kluwer Academic, 0792374398.

Kilts, S. (2007). *Advanced FPGA Design: Architecture, Implementation, and Optimization*. Hoboken, New Jersey, NJ: John Willey & Sons.

Meyer-Baese, U. (2007). *Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays*. (3era. ed.). Elsevier Science, ISBN 3540211195.

Navabi, Z. (2006). *Embedded Core Design with FPGAs*. New York, NY: McGraw-Hill, ISBN 0071474811.

Tiwari, A. (2006). *Low Power FPGA Design Techniques for Embedded Systems*. ProQuest/UMI, ISBN 0542155184.

Wolf, W. (2009). *FPGA-based System Design*. (2da. ed.). Pearson, ISBN 0131424610.

Zeidman, R. (2002). *Designing with FPGAs and CPLDs*. CMP Books, ISBN 1578201128.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6110

Dispositivos Microelectrónicos Avanzados

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Dispositivos Microelectrónicos Avanzados
Código:	MP-6110
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso resume los principios físicos del funcionamiento de los dispositivos electrónicos nanométricos, así como los principales dispositivos derivados de estos efectos físicos.

- 3 Objetivos generales y Específicos Al finalizar este curso el estudiante estará en capacidad de aplicar los conceptos básicos de la física en pequeñas dimensiones que hacen posible la implementación de dispositivos electrónicos nanométricos, así como los principales dispositivos de este tipo.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Describir y analizar los principios de la física cuántica, que permiten la implementación de dispositivos electrónicos nanométricos
- 3.2 Aplicar las estructuras derivadas de la ingeniería nanométrica que permiten la implementación de los dispositivos electrónicos nanométricos
- 3.3 Comparar y evaluar los principales dispositivos electrónicos nanométricos emergentes

- 4 Contenidos
- 4.1 Principios Teóricos (2 semana)
 - 4.1.1 Mecánica ondulatoria y la ecuación de Schrödinger
 - 4.1.2 Partículas libres y partículas confinadas (pozos cuánticos)
 - 4.1.3 Densidad de estados y ocupación de estados
 - 4.1.4 Electrones y fonones en estructuras cristalinas
 - 4.1.5 Estructuras de bandas, bandas en una, dos y tres dimensiones
 - 4.1.6 Movimiento de electrones y huecos en las bandas
 - 4.1.7 Fonones
 - 4.2 Heteroestructuras (3 semanas)
 - 4.2.1 Propiedades generales de las heteroestructuras
 - 4.2.2 Crecimiento de heteroestructuras
 - 4.2.3 Ingeniería de bandas
 - 4.2.4 Estructuras en capas
 - 4.2.5 Pozos y barreras cuánticas
 - 4.2.6 Heteroestructuras dopadas
 - 4.2.7 Capas tensas
 - 4.2.8 Heteroestructuras de Si-Ge
 - 4.2.9 Interconexiones y puntos
 - 4.2.10 Confinamientos ópticos
 - 4.3 Pozos cuánticos y sistemas de pequeña dimensión (3 semanas)
 - 4.3.1 Pozo cuadrado de profundidad infinita y finita, pozo parabólico
 - 4.3.2 Pozos cuánticos en heteroestructuras
 - 4.3.3 Sistemas de pequeña dimensión

- 4.3.4 Diagramas de bandas
- 4.3.5 Super lattice y minibandas
- 4.3.6 Tunneling
- 4.3.7 Efecto Hall cuántico
- 4.3.8 Modulación por dopado
- 4.3.9 Mecanismos de dispersión en pozos cuánticos
- 4.4 Dispositivos nanométricos (4 semanas)
 - 4.4.1 FinFET, FETs de nanotubos de carbono
 - 4.4.2 Dispositivos nanoelectrónicos basados en efectos cuánticos: diodo de tunneling resonante, transistores de alta movilidad electrónica (HEMT), Laser de pozo cuántico, detector, modulador e interruptor de pozo cuántico
 - 4.4.3 Dispositivos de único electrón (Single electrón devices): Fenómeno de Coulomb Block, efecto de electrón único y su aplicación en transistores y memorias, fabricación de dispositivos de único electrón
 - 4.4.4 Dispositivos electrónicos basados en spin

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7Bibliografía Davies, J. (1997). *The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction*. Cambridge: University Press.

Deleonibus, S. (2008). *Electronic devices architectures for the nano-CMOS era: from ultimate CMOS scaling to beyond CMOS devices*. Hackensack, NJ: World Scientific Publising.

Kelly, M. (1996). *Low-Dimensional Demiconductors: Materials, Physics, Technology, Devices*. Series on Semiconductor Science and Technology. Oxford: University Press.

Waser, R. (2008). *Nanoelectronics and Information Technology: Advanced Electronic Materials and Novel Devices*. Weinheim: Wiley-Vch.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6103

Circuitos Microelectrónicos de Alta Velocidad

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Circuitos Microelectrónicos de Alta Velocidad
Código:	MP-6103
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

- 2 Descripción general Este curso cubre los principios más importantes y arquitecturas para el diseño de circuitos de alta velocidad, tanto a nivel de sistema como a nivel de circuito integrado. La primera parte considera aspectos fundamentales para el diseño a nivel de sistema y la caracterización de sistemas en alta frecuencia. Luego se estudian arquitecturas para los circuitos microelectrónicos de entrada/salida más importante: transmisores, receptores, circuitos de temporización, y

ecualizadores. Finalmente se estudian casos de aplicación con estándares comerciales, interfaces seriales y sistemas optoelectrónicos.

3 Objetivos En este curso se pretende que el estudiante aplique técnicas de análisis y de
generales y diseño para los circuitos analógicos, digitales y de señal mixta para aplicaciones
Específicos de alta velocidad. Asimismo, se desea que el estudiante describa los problemas
que se presentan al diseñar este tipo de circuitos.

Objetivos específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar tendencias tecnológicas y estrategias para la implementación de soluciones en alta frecuencia.
- 3.2 Aplicar los fundamentos de integridad de señales y potencia.
- 3.3 Aplicar los principios básicos de diseño microelectrónico para aplicaciones de alto rendimiento.
- 3.4 Analizar arquitecturas básicas, sus bloques funcionales y su implementación para el diseño de canales de alta velocidad.
- 3.5 Diseñar etapas y arquitecturas para circuitos en señal mixta de alta velocidad.

4 Contenidos 4.1 Integridad de señales y potencia (2 semanas)

- 4.1.1 Principios
- 4.1.2 Componentes de un canal de alta velocidad
- 4.1.3 Tecnologías de empaquetado
- 4.1.4 Fuentes de ruido
- 4.1.5 Modelos para interconexiones
- 4.1.6 Fenómenos de propagación y Líneas de Transmisión
- 4.1.7 Parámetros de Microondas (Parámetros S)

4.2 Caracterización de canales de alta velocidad (2 semanas)

- 4.2.1 Modelos para interconexiones
- 4.2.2 Respuesta al impulso (IR)
- 4.2.3 Reflectometría en el dominio del tiempo (TDR)
- 4.2.4 Diagrama de Ojo (Eye Diagrams), análisis de jitter y análisis de errores (BER)

- 4.2.5 Análisis en el dominio de la frecuencia con analizadores de redes vectoriales (VNA)
- 4.3 Transmisores de alta velocidad (2 semanas)
 - 4.3.1 Esquemas de modulación (NRZ, Duobinario, PAM4)
 - 4.3.2 Circuitos de Terminación
 - 4.3.3 Circuitos de transmisión (drivers)
 - 4.3.4 Técnicas de distribución de reloj y multiplexado
- 4.4 Receptores de alta velocidad (2 semanas)
 - 4.4.1 Parámetros de recepción y sensibilidad
 - 4.4.2 Circuitos receptores (amplificadores, integradores y circuitos en tiempo discreto)
 - 4.4.3 Circuitos demultiplexadores
 - 4.4.4 Detección y recuperación del reloj (TDR)
- 4.5 Ecuación (2 semanas)
 - 4.5.1 Concepto, implementaciones analógicas y digitales.
 - 4.5.2 Ecuación FFE
 - 4.5.3 Ecuación CTLE
 - 4.5.4 Ecuación DFE
- 4.6 Arquitecturas de comunicación de alta velocidad (2 semanas)
 - 4.6.1 Estándares
 - 4.6.2 Arquitectura SerDes
 - 4.6.3 Interconexiones Ópticas

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación	15%
2 Pruebas cortas	20%
Examen Final	30%
Proyecto Final	35%

7 Bibliografía

Derickson, D., y Mueller, M. (2007). *Digital Communications Test and Measurement*. New Jersey, NJ: Prentice-Hall.

Hall, S., Hall, G., y McCall, J. (2000). *High-Speed Digital Design*. New Jersey, NJ: Wiley.

Razavi, B. (2011). *RF Microelectronics*. New Jersey, NJ: Prentice-Hall.

Razavi, B. (2002). *Design of Integrated Circuits for Optical Communications*. New York, NY: Mc-Graw-Hill.

Young, B. (2000). *Digital signal integrity*. Upper Saddle River, New Jersey, NJ: Prentice Hall.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6113

Automatización del Diseño Electrónico

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Automatización del Diseño Electrónico
Código:	MP-6113
Tipo de curso:	Teórico- práctico.
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Los sistemas integrados complejos necesitan de un proceso automatizado en su realización, debido al gran número de elementos a ser tratados y la mezcla de aspectos digitales y analógicos. Así, el estudio y diseño de herramientas y software de automatización de proyectos es esencial para disminuir no solo el tiempo dedicado a la implementación de circuitos de ultra alta integración (ULSI), sino que debe ahora enfrentar retos inherentes al escalamiento de las

nuevas tecnologías, tales como la integridad de señal, la variabilidad de parámetros, la fiabilidad de la verificación por computadora ante dicha variabilidad y las necesidades de disminuir el consumo de potencia.

- 3 Objetivos Describir problemas computacionales y aplicar algoritmos y metodologías para generales y la generación de herramientas de diseño automatizadas para el diseño de Específicos circuitos integrados.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar los fundamentos de las teorías de grafos, complejidad algorítmica y los métodos de optimización en la construcción de algoritmos para distintas partes del flujo top-down de diseño de circuitos integrados de señal mixta.
 - 3.2 Analizar métodos de síntesis lógica automatizables y sus restricciones dependiendo del nivel de representación.
 - 3.3 Analizar estrategias avanzadas de particionamiento, colocación, planeamiento de piso y asignación de pines para el layout físico de diseños VLSI.
 - 3.4 Aplicar estrategias de enrutamiento global y local de dispositivos VLSI.
 - 3.5 Explicar el impacto sobre los algoritmos de diseño físico de las restricciones de frecuencia, disipación de potencia y ruido, particularmente en tecnologías nanométricas.
- 4 Contenidos 4.1 Repaso de los fundamentos de teoría de grafos, complejidad de algoritmos y métodos de propósito general para optimización combinatoria (1 semana)
- 4.2 Métodos de síntesis automática desde descripciones de alto nivel (1 semana)
 - 4.3 Síntesis de las descripciones de comportamiento a nivel de transferencia de registros y a nivel de transacciones (1 semana)
 - 4.4 Estrategias de síntesis lógica y particionamiento lógico (1 semana)
 - 4.5 Estrategias de particionamiento (1 semana)

- 4.5.1 Métodos de migración de grupo
- 4.5.2 Aproximación por simulated annealing (recocido simulado)
- 4.5.3 Particionamiento guiado por desempeño
- 4.6 Colocación, planeamiento de piso y asignación de pines (1 semana)
- 4.7 Enrutamiento global (1 semana)
 - 4.7.1 Enrutamiento de laberinto
 - 4.7.2 Búsqueda de línea
 - 4.7.3 Métodos del camino más corto
 - 4.7.4 Métodos basados en el árbol de Steiner
 - 4.7.5 Enrutamiento detallado
 - 4.7.6 Enrutamiento de capa sencilla
 - 4.7.7 Enrutamiento de dos y tres capas
- 4.8 Minimización de vías y enrutamiento sobre la celda (1 semana)
- 4.9 Enrutamiento especializado (1 semana)
 - 4.9.1 Enrutamiento de reloj
 - 4.9.2 Enrutamiento de mallas de alimentación y tierra
- 4.10 Compactación de layout (1 semana)
 - 4.10.1 Compactación unidimensional
 - 4.10.2 Compactación basada en grilla virtual
 - 4.10.3 Compactación de dos dimensiones
- 4.11 Complejidades de las restricciones de frecuencia, consumo y ruido en herramientas para tecnologías nanométricas (1 semana)
- 4.12 Estudios de casos con tecnologías avanzadas (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Balkin, S. et al (2003). *Analog VLSI Design Automation*. United States of America: CRC-Press.

Dewey, Director (1990). *Principles of VLSI System Planning*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers.

Gerez, S. (1998). *Algorithms for VLSI Design Automation*. New Jersey, NY: John Wiley & Sons Ltd, 340 p. ISBN 0-47198489-2.

Hill, W., et al (1989). *Algorithms and Techniques for VLSI Layout Synthesis*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers.

Leiserson, C., Cormen T., et. al. (1992). *Introduction to Algorithms MIT Press*. (3era. ed.) United States of America: Massachusetts Institute of Technology Press.

Lengauer, T. (1990). *Combinatorial Algorithms for Integrated Circuit Design*. New York, NY: John Wiley & Sons.

Preas, B., y Lorenzetti, M. (1998). *Physical Design Automation of VLSI Systems*. San Fco., USA: The Benjamin-Cummings Pub.

Shanblatt, L. (1989). *ASIC System Design with VHDL: a Paradigm*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6133

Diseño para Comprobación

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño para Comprobación
Código:	MP-6133
Tipo de curso:	Teórico- práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso cubre los conceptos y técnicas más relevantes del diseño de circuitos electrónicos orientado a su comprobación, así como el origen de las fallas y su modelado.

- 3 Objetivos Se pretende que el estudiante aplique técnicas de diseño para facilitar la
generales y observabilidad y la comprobación circuitos electrónicos, así como la aplicación
Específicos de las principales técnicas de prueba de componentes microelectrónicos.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar técnicas de diseño para mejorar la observabilidad y la comprobación de los sistemas electrónicos.
- 3.2 Describir el origen de las fallas y aplicar sus modelos.
- 3.3 Aplicar las pruebas correspondientes de acuerdo con las técnicas de diseño implementadas en un circuito integrado en particular

- 4 Contenidos 4.1 Defectos físicos, fallas funcionales, modelado de fallas (1/2 semana)
- 4.2 Tipos de comprobación (1/2 semana)
- 4.2.1 Funcional
 - 4.2.2 Estructural
- 4.3 Comprobación de manufactura (1 semana)
- 4.3.1 Generación de pruebas
 - 4.3.2 Prueba IDDQ
- 4.4 Algoritmos de generación automática de patrones de prueba (1 semana)
- 4.4.1 Algoritmo D
 - 4.4.2 Diferencia booleanas
 - 4.4.3 Determinística
 - 4.4.4 Aleatoria poderada
- 4.5 Fallas de retardo, ATPG para circuitos secuenciales (1/2 semana)
- 4.6 Algoritmos de simulación de fallas (1/2 semana)
- 4.7 Arquitecturas y técnicas de rastreo (1/2 semana)
- 4.8 Autocomprobación incorporada (BIST) (1/2 semana)
- 4.9 Diseño jerárquico para comprobación (1 semana)
- 4.10 Síntesis para comprobación (1 semana)
- 4.11 Estándares de diseño para comprobación (1/2 semana)
- 4.12 Flujos de diseño incluyendo diseño para comprobación (1/2 semana)
- 4.13 Arquitecturas y técnicas de comprobación de memorias (1 semana)

- 6.13.1 Fallas permanentes
- 6.13.2 Intermitentes y sensibles a patrones
- 6.13.3 Rastreo de fallas por recorrido
 - 4.14 Fundamentos de comprobación de sistema en chip. (1 semana)
 - 4.15 Redundancia y corrección de errores (1 semana)
 - 4.15.1 Concepto de redundancia
 - 4.15.2 Redundancia espacial y temporal
 - 4.15.3 Códigos de corrección de errores
 - 4.15.4 Corrección de errores
 - 4.16 Técnicas de reconfiguración (1 semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

8 Bibliografía Crouch. Design for test for digital ICs and embedded core systems. New Jersey, NY: Prentice Hall.

Kohavi, Z., Jha, N. (2010). *Switching and Finite Automata Theory*. (3era. ed.) Inglaterra, Reino Unido: Cambridge University Press.

Sorin, D. (2009). *Fault Tolerant Computer Architecture*. Morgan & Claypool.

Wang, L. (2006). *VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability*. Burlington, Massachusetts: Morgan Kaufmann.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6112

Arquitecturas de procesamiento paralelo

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Arquitecturas de procesamiento paralelo
Código:	MP-6112
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Curso Electivo.
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general *En este curso se estudian arquitecturas para el procesamiento paralelo de información, sus consideraciones de diseño y la determinación de su rendimiento, así como las técnicas de programación relacionadas.*

3 Objetivos generales y Específicos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento pleno para:

A. Al finalizar este curso, el estudiante podrá aplicar los conceptos básicos requeridos en el diseño de hardware de un sistema de procesamiento paralelo y los conceptos de programación aplicados en dichos sistemas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

1. Explicar funcionamiento y las características de hardware de las arquitecturas de procesamiento paralelo.
2. Explicar el funcionamiento y las características de la programación para procesamiento paralelo.
3. Seleccionar la arquitectura adecuada para una aplicación específica.

4Contenidos

- 4.1 Introducción a las arquitecturas paralelas (1 semana)
 - 4.1.1 Tipos de arquitecturas paralelas, clasificación de Flynn
 - 4.1.2 Consideraciones fundamentales de diseño
 - 4.1.3 Anatomía de computadores paralelos
- 4.2 Programación paralela (2 semana)
 - 4.2.1 Proceso de paralelización
 - 4.2.2 Introducción a OpenMP y Pthreads
 - 4.2.3 Ejemplos de programación
- 4.3 Programación orientada al rendimiento (1 semana)
 - 4.3.1 Ley de Amdahl
 - 4.3.2 Particionamiento
 - 4.3.3 Optimización de acceso de datos
 - 4.3.4 Orquestación
 - 4.3.5 Implicaciones para los modelos de programación
- 4.4 Evaluación del rendimiento (1 semana)
 - 4.4.1 Escalamiento de cargas de trabajo y sistemas
 - 4.4.2 Evaluación de sistemas reales
 - 4.4.3 Evaluación de conceptos de arquitectura y sus pros y contras
- 4.5 Multiprocesadores de memoria compartida (2 semanas)
 - 4.5.1 Coherencia de cache
 - 4.5.2 Consistencia de memory

- 4.5.3 Sincronización
- 4.5.4 Diseño de protocolo Snoopy
- 4.6 Diseño de sistemas multiprocesadores basado en Snoop (2 semanas)
 - 4.6.1 Diseño para caches de un único nivel
 - 4.6.2 Diseño para jerarquías multinivel de cache
 - 4.6.3 Diseño con un bus de transacciones partidas
 - 4.6.4 Extensiones
- 4.7 Coherencia de cache basada en directorios (1 semanas)
 - 4.7.1 Coherencia de cache escalable
 - 4.7.2 Resumen de los enfoques basados en directorios
 - 4.7.3 Protocolos de valoración de directorios
- 4.8 Redes de interconexión (2 semanas)
 - 4.8.1 Estructura organizativa
 - 4.8.2 Topologías
 - 4.8.3 Diseño de conmutadores
 - 4.8.4 Control de flujo
 - 4.8.5 Microarquitectura de enrutadores modernos en chip

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Bischof, C., Bucker, M., et. al. (2008) Parallel Computing: Architectures, Algorithms and Applications. Amsterdam: IOS Press.

Chapman, B., Jost, G., y Van Der Pas, R. (2008). *Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming*. (Vol. 10) Massachusetts: MIT Press.

[3]Culler, D., Singh, J., y A. Gupta. (1998). *Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach*. Massachusetts: Morgan Kaufmann.

Eeckhout, L. (2010). *Computer Architecture Performance Evaluation Methods*. Morgan & Claypool Publishers.

Enright, N., Peh, L. (2009). *On-Chip Networks*. Morgan & Claypool Publishers.

Herlihy, M., y Shavit, N. (2008). *The Art of Multiprocessor Programming*. (2da. ed.) Massachusetts: Morgan Kaufmann.

Patterson, D., y Hennessy, J. (2005). *Computer Organization and Design*. (3era. ed.) Massachusetts: Morgan Kaufmann.

Patterson, D., y Hennessy, J. (2006). *Computer Architecture: A Quantitative Approach*. (4ta. ed.) Burlington, Massachusetts: Morgan Kaufmann.

Sorin, D., Hill, M., y Wood, D. (2011). *A primer on Memory Consistency and Cache Coherence*. Morgan & Claypool Publishers.

11 Cursos de énfasis para el Énfasis de Microsistemas



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6162

Tecnologías para Microsistemas

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Tecnologías para Microsistemas
Código:	MP-6162
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6138 Técnicas de Caracterización y Prueba MP-6102 Simulación y Modelado de Microsistemas
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general En este curso se estudian las principales tecnologías utilizadas para el desarrollo de microsistemas, incluyendo principios físicos asociados, materiales y procesos generales de fabricación, y diseño de dispositivos.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
generales y
Específicos Explicar las tecnologías y principios físicos básicos que se utilizan para el desarrollo de microsistemas, así como las ventajas y desventajas de cada técnica en la implementación de sistemas reales.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Explicar los conceptos y efectos físicos más utilizados para el diseño de microsistemas
- 3.2 Conocer las tecnologías de fabricación y materiales más comunes para el desarrollo de microsistemas.
- 3.3 Diseñar con base en el efecto físico más adecuado, el proceso de fabricación y materiales para el desarrollo de un microsistema según su aplicación, tomando en cuenta el rendimiento y costo.

- 4 Contenidos 4.1 Generalidades de los microsistemas.(1/2 semana)
 4.2 Leyes de escalamiento y microciencias. (1/2 semana)
 4.3 Propiedades de los materiales. (2 semana)
 4.4 Principios de física de semiconductores: bandas de energía, modelos de conducción, propiedades de materiales semiconductores. (1 semana)
 4.5 Generalidades de los procesos de fabricación: Deposición, Decapado, Litografía, Moldeado. (1 semana)
 4.6 Sensores y Actuadores. (1 semana)
 4.7 Piezoelectricidad. (1 semana)
 4.8 Piezoresistividad. (1 semana)
 4.9 Efectos Térmicos, Piroelectricidad y Termoelectricidad. (1 semana)
 4.10 Efectos Magnéticos. (1 semana)
 4.11 Magnetostricción y Electrostricción.(1 semana)
 4.12 Materiales con memoria. (1 semana)

- 5 Metodología de Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se enseñanza y aplicará también la metodología participativa por parte del aprendizaje de estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de

problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Liu, C. (2010). MEMS and Microsystems: Design, Manufacture, and Nanoscale Engineering. (3era. ed.) New Jersey, NJ: Prentice-Hall.

Madou, M. (2009). *Fundamentals of Microfabrication*. (3era. ed.) United States of America: CRC-Press.

Wolf, S., y Tauber, R. (2004). *Silicon Processing for the VLSI Era*. Sunset Beach, CA: Lattice Press.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6109

Técnicas de Microfabricación

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Técnicas de Microfabricación
Código:	MP-6109
Tipo de curso:	Teórico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Primer Cuatrimestre
Requisitos:	No Aplica
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6138 Técnicas de Caracterización y Prueba MP-6102 Simulación y Modelado de Microsistemas
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso resume las principales técnicas de fabricación utilizadas para sistemas microelectromecánicos, además del estudio de algunos de los flujos de fabricación comerciales para microsistemas.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
generales y
Específicos Analizar las características, ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de microfabricación, así como de elegir la técnica adecuada para fabricar una microestructura según su material y forma.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Describir las diferentes técnicas de microfabricación, incluyendo materiales compatibles, parámetros
- 3.2 Comparar las diferentes técnicas, determinando sus ventajas y desventajas
- 3.3 Establecer criterios para la elección de técnicas de microfabricación de una microestructura, de acuerdo con su material y forma.
- 3.4 Describir y evaluar flujos de microfabricación disponibles comercialmente para el prototipado a bajo costo

- 5 Contenidos
- 4.1 Cuartos limpios (1 semana)
 - 4.2 Litografía (1 semana)
 - 4.3 Oxidación (1 semana)
 - 4.4 Difusión (1 semana)
 - 4.5 Deposición química y física (1 semana)
 - 4.6 Decapado (1 semana)
 - 4.7 Galvanizado y micromoldeado metálico (1 semana)
 - 4.8 Micromaquinado mecánico y de haz (1 semana)
 - 4.9 Procesos de moldeo (1 semana)
 - 4.9.1 Moldeo plástico
 - 4.9.2 LIGA
 - 4.9.3 Hot embossing
 - 4.9.4 Moldeo por inyección
 - 4.10 Micromaquinado superficial (1 semana)
 - 4.10.1 Flujo básico
 - 4.10.2 Escogencia de materiales

- 4.10.3 Tensión residual, planarización, liberación de estructuras, stictions stringers
- 4.11 Micromaquinado de substrato (1 semana)
- 4.12 Flujos de microfabricación comerciales (1 semana)
 - 4.12.1 Tronics MEMSSOI- H.A.R.M.
 - 4.12.2 MEMSCAP MUMPs
 - 4.12.3 PolyMUMPs
 - 4.12.4 METALMUMPs
 - 4.12.5 SOIMUMPs
 - 4.12.6 MUMPS
 - 4.12.7 Summit

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Elwenspoek, M., y Jansen, H. (2004). *Silicon Micromachining*. (N° 7) Inglaterra, Reino Unido: Cambridge Press.

Madou, M. (2009). *Fundamentals of Microfabrication*. (3era. ed.) United States of America: CRC-Press.

Wolf, S., y Tauber, R. (2004). *Silicon Processing for the VLSI Era*. Sunset Beach, CA: Lattice Press.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6138

Técnicas de Caracterización y Prueba

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Técnicas de Caracterización y Prueba
Código:	MP-6138
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6162 Tecnologías para Microsistemas MP-6109 Técnicas de Microfabricación
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-6402 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso aborda las principales técnicas de caracterización eléctrica, mecánica y térmica de los productos electrónicos, con aplicación la validación de productos y en el análisis de fallas.

3 Objetivos generales y Específicos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
Aplicar las técnicas de caracterización eléctrica, mecánica, térmica y óptica de productos electrónicos y afines, con el fin de validarlos y poder realizar análisis de fallas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar las técnicas de caracterización que comúnmente se utilizan para microsistemas
- 3.2 Seleccionar la técnica más apropiada para la caracterización o determinación de una falla
- 3.3 Operar los equipos de laboratorio necesarios para la caracterización

6 Contenidos

- 4.1 Inspección y caracterización estructural de materiales. (6 semanas)
 - 4.1.1 Inspección por rayos X, tomografía computarizada.
 - 4.1.2 Microscopía de escaneo acústico (SAM).
 - 4.1.3 Microscopía de escaneo electrónico (SEM).
 - 4.1.4 Espectroscopia de energía dispersiva (EDS).
 - 4.1.5 Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF).
 - 4.1.6 Microscopía de fuerza atómica (AFM).
 - 4.1.7 Microscopía óptica.
 - 4.1.8 Microscopía electrónica de transmisión (TEM).
 - 4.1.9 Haces de iones enfocados (FIB).
 - 4.1.10 Análisis Termogravimétrico (TGA)
 - 4.1.11 Espectroscopia Raman
- 4.2 Caracterización Química. (2 semanas)
 - 4.2.1 Introducción.
 - 4.2.2 Aprovechamiento de transiciones núcleo-electrón.
 - 4.2.3 Análisis químico por medio de iones.
- 4.3 Revisión de dispositivos bajo estrés eléctrico. (1 semana)
 - 4.3.1 Técnicas de contraste de voltaje.
 - 4.3.2 Termografía.
 - 4.3.3 Pruebas de análisis de dieléctrico: Rampa de voltaje y constante de voltaje

4.4 Otras pruebas (1 semana)

4.4.1 Prueba de corrosión acelerada

4.4.2 Técnicas no destructivas de análisis de fallas.

4.4.3 Pruebas de electromigración.

4.4.4 Espectroscopia de impedancia eléctrica

4.5 Conceptos en aceleración de pruebas (2 semanas).

4.5.1 Introducción.

4.5.2 Pautas de sentido común para la prevención de fallas en aceleración de pruebas anómalas.

4.5.3 Factor tiempo de aceleración.

4.5.4 Aplicaciones para aceleración de pruebas.

4.5.5 Modelo de aceleración de vida en operación a alta temperatura.

4.5.6 Modelo de aceleración temperatura-humedad-voltaje de polarización

4.5.7 Modelo de aceleración de ciclo de temperatura.

4.5.8 Modelo de aceleración de vibración.

4.5.9 Modelo de aceleración de Electromigración.

4.5.10 Planeamiento de aceleración de pruebas libres de fallas

4.5.11 Pruebas paso-estrés (step-stress).

4.5.12 Descripción de distribuciones de vida en función del estrés.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Crowe, D., Feinberg, A. (2001). *Design for reliability*. United States of America: CRC Press.

Goldstein, J. et al. (2003). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. (3era. ed.) Boston: Kluwer Academic Publishers.

Ohring, M. (1998). *Reliability and Failure of Electronic Materials and Devices*. Elsevier, Academic Press.

Gerton, R. (2005). *Physical Principles of Electron Microscopy. An introduction to TEM, SEM, and AEM*. USA: Springer Science+Business Media Inc.

Eaton, P. West, P. (2010). *Atomic Force Microscopy*. New York. Oxford University Press, New York.

Goodhew, P. Humphreus, J. Beanland, R. (2001) *Electron Microscopy and Analysis*. Third Edition. London. Taylor and Francis.

8 Profesor



TEC

Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6102

Simulación y Modelado de Microsistemas

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Simulación y Modelado de Microsistemas
Código:	MP-6102
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6162 Tecnologías para Microsistemas MP-6109 Técnicas de Microfabricación
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6163 Diseño de Microsistemas
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general

Este curso describe las principales técnicas de simulación de microsistemas, incluyendo la simulación multifísica. Además, se estudia el modelado de estos sistemas, con el fin de dar un fundamento para el análisis físico orientado al diseño.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
generales y Aplicar técnicas de modelado de sistemas físicos y multifísicos para el diseño de
Específicos un microsistema.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar técnicas de simulación de sistemas físicos y multifísicos
- 3.2 Crear modelos de sistemas físicos y multifísicos tomando en cuenta los efectos de escala
- 3.3 Seleccionar el efecto físico adecuado para la operación del microsistema, tomando en cuenta parámetros como: microfabricación, costo, consumo de potencia y rendimiento.

- 4 Contenidos 4.1 La línea de ruta de Microsistemas (1 semana)
- 4.1.1 Escalamiento y sus consecuencias
 - 4.1.2 Escalamiento geométrico
 - 4.1.3 Escalamiento de sistemas mecánicos
 - 4.1.4 Escalamiento de sistemas térmicos
 - 4.1.5 Escalamiento de sistemas fluídicos
 - 4.1.6 Escalamiento de sistemas eléctricos
 - 4.1.7 Escalamiento de sistemas ópticos
 - 4.1.8 Escalamiento de sistemas químicos y biológicos
- 4.2 Modelado de sistemas físicos y multifísicos (4 semanas)
- 4.2.1 Modelado de fenómenos de convección, difusión, radiación y conducción
 - 4.2.2 Sistemas térmicos
 - 4.2.3 Sistemas piezoeléctricos y piezoresistivos
 - 4.2.4 Sistemas electromagnéticos
 - 4.2.5 Sistemas microfluídicos
 - 4.2.6 Sistemas neumáticos
 - 4.2.7 Sistemas mecánicos

- 4.2.8 Sistemas acústicos
- 4.3 Métodos de resolución de ecuaciones diferenciales parciales (6 Semanas)
 - 4.3.1 Condiciones de frontera: Neumann y Dirichlet
 - 4.3.2 Métodos de aproximación numérica
 - 4.3.3 Método de elementos finitos
 - 4.3.4 Condiciones de frontera
 - 4.3.5 Dominios y subdominios
 - 4.3.6 Simetría
 - 4.3.7 Convergencia
 - 4.3.8 Simulación para el uso eficiente del poder computacional
- 4.4 Diseño de microsistemas con herramientas CAD profesionales (2 semanas)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Allen, J. (2005). Micro Electro Mechanical System Design (Mechanical Engineering). Taylor & Francis, CRC.

Huebner, K., Dewhirst, D., et. al. (2001). *The Finite Element Method for Engineers*. (4ta. ed.) United States of America: Wiley-Interscience.

Pelesko, J., y Bernstein, D. (2009). *Modeling MEMS and NEMS*. Taylor & Francis, CRC-Press.

Pryor, R. (2009). *Multiphysics Modeling using COMSOL*. Burlington, MA, USA: Jones & Bartlett Pub.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6163

Diseño de Microsistemas

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de Microsistemas
Código:	MP-6163
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6102 Simulación y Modelado de Microsistemas
Correquisitos:	No Aplica
El curso es requisito de:	MP-6501 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso describe la metodología y herramientas para el diseño de microsistemas, considerando los principios físicos y materiales para una aplicación específica, además de casos de estudio.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
- generales y
- Específicos Aplicar los principios físicos, metodologías, herramientas, escogencia de materiales y técnicas de fabricación para el diseño eficiente de microsistemas, tomando en cuenta las consecuencias del escalamiento.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Explicar las consecuencias de las leyes de escalamiento en el comportamiento de sistemas físicos en la microescala
- 3.2 Seleccionar el principio de funcionamiento adecuado para el diseño de sensores y actuadores en la microescala, según la aplicación
- 3.3 Aplicar los principios físicos de funcionamiento de sensores y actuadores en la microescala para el diseño de sistemas Microelectromecánicos
- 3.4 Aplicar un flujo de diseño de MEMS, desde la concepción hasta la preparación para su fabricación

- 4 Contenidos
- 4.1 Flujo de diseño de MEMS (4 Semanas)
- 4.1.1 Comprensión del problema y consideraciones de la microescala
 - 4.1.2 Definición de especificaciones
 - 4.1.3 Elección del principio de sensado o actuación
 - 4.1.4 Elección de materiales
 - 4.1.5 Modelado multifísico
 - 4.1.6 Simulación multifísica
 - 4.1.7 Definición del flujo de fabricación
 - 4.1.8 Layout
 - 4.1.9 Encapsulado
 - 4.1.10 Pruebas
- 4.2 Diseño y casos de estudio (9 Semanas)
- 4.2.1 Microsistemas eléctricos y magnéticos
 - 4.2.2 Microsistemas mecánicos
 - 4.2.3 Microsistemas químicos
 - 4.2.4 Microsistemas biomédicos
 - 4.2.5 Microsistemas ópticos
 - 4.2.6 Microsistemas térmicos
 - 4.2.7 Microsistemas fluidicos

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

9 Bibliografía

Elwenspoek, M., y Wiegerink, R. (2010). Mechanical Microsensors. New York, NY: Springer Verlag.

Gad-El-Hak, M. (2005). MEMS Handbook. (2da. ed.) United States of America: CRC-Press.

Jaeger, R. (2001). Introduction to Microelectronic Fabrication. (2da. ed.) Reading, Massachusstes: Addison-Wesley, ISBN 0-201-14695-9.

Kovacs, G. (2000). Micromachined Transducers Sourcebook. New York, NY: McGraw Hill, ISBN 0-07-290722-3.

Madou, M. (2002). Fundamentals of Microfabrication. (2da. ed.) United States of America: CRC-Press.

Nguyen, N., y Wereley, S. (2006). Fundamentals and Applications of Microfluidics. (2da. ed.) Norwood, Massachusetts: Artech House Publishers.

Senturia, S. (2002). Microsystem Design. Boston: Kluwer Academic Publisher, ISBN: 0792372468.

8 Profesor

12 Cursos Electivos para el Énfasis de Microsistemas



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6168

Diseño Microelectrónico para Microsistemas

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Diseño Microelectrónico para Microsistemas
Código:	MP-6168
Tipo de curso:	Teórico-práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No aplica
El curso es requisito de:	No
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Los circuitos integrados son muy importantes como complemento al área de microsistemas debido a que son necesarios como etapas de acondicionamiento y procesamiento. En este curso se evalúan las técnicas de análisis y de diseño más relevantes para los circuitos integrados, haciendo énfasis en tecnología CMOS.

3 Objetivos generales y Específicos El estudiante se muestra con capacidad suficiente y conocimiento pleno para:

Aplicar técnicas de análisis y de diseño para circuitos integrados, así como los flujos de diseño front-to-back para la implementación de etapas digitales complejas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

3.6 Aplicar modelos de dispositivos y técnicas de diseño para circuitos analógicos y digitales.

3.7 Aplicar metodologías de diseño analógico y digital

3.8 Aplicar estilos de diseño de lógica combinacional estática y dinámica.

3.9 Aplicar técnicas de análisis y diseño para la correcta temporización y distribución de reloj en sistemas digitales VLSI.

3.10 Aplicar técnicas básicas de diseño de circuitos analógicos tales como amplificadores.

7 Contenidos Fundamentos de escalamiento y tendencias de las tecnologías microelectrónicas (1 semana)

4.2 Modelos de dispositivos (1 semana)

4.3 Diseño de Etapas basado en Librerías de Diseño (3 semanas)

4.3.1 Inversores y Buffers

4.3.2 Amplificadores

4.3.3 Circuitos de Referencia

4.4 Lógica combinacional y secuencial (2 semana)

4.5 Diseño basado en cerrojos y flip-flops (2 semanas)

4.6 Consumo de potencia (1 semana)

- 4.6.1 Dinámica
- 4.6.2 De corto circuito y estática
- 4.7 Temporización (2 semana)
 - 4.7.1 Sesgo
 - 4.7.2 Incertidumbre de reloj
 - 4.7.3 Análisis de temporización estático
 - 4.7.4 Síntesis y distribución de reloj

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Baker, R. J. (2010). CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation. (3era. ed.) Piscataway, NJ: IEEE Press.

Dally, W., y Poulton, J. (2008). *Digital Systems Engineering*. Inglaterra, Reino Unido: Cambridge University Press.

Rabaey, J., Chandrakasan, A., y B. Nikolic. (2005). *Circuitos integrados digitales*. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Razavi, B. (2000). *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*. New York, NY: McGraw-Hill.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6169

Microfluídica

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Microfluídica
Código:	MP-6169
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso discute los principios de funcionamiento y aplicaciones para dispositivos microfluídicos, cubriendo procesos de fabricación, diseño de dispositivos y casos de estudio.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
generales y
Específicos Explicar los principios de funcionamiento, procesos de fabricación y aplicaciones principales de la microfluídica en microsistemas.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Explicar los principios físicos en los que se sustenta la microfluídica y aplicarlos al desarrollo de dispositivos
- 3.2 Describir el funcionamiento de los dispositivos fabricados con técnicas de microfluídica.
- 3.3 Seleccionar soluciones de diseño para problemas que involucren la incorporación de dispositivos microfluídicos.

- 3 Contenidos 4.1 Teoría de Mecánica de Fluidos (2 semanas)
- 4.1.1 Mecánica de Fluidos en pequeña escala
 - 4.1.2 Acercamientos Moleculares
 - 4.1.3 Electrocinética
 - 4.1.4 Difusión, Mezcla y Separación
- 4.2 Técnicas de Microfabricación para Microfluídica (2 semanas)
- 4.2.1 Técnicas generales
 - 4.2.2 Micromaquinado de silicio
 - 4.2.3 Micromaquinado de polímeros
 - 4.2.4 Técnicas aditivas y substractivas
 - 4.2.5 Ensamblado y empaquetado
 - 4.2.6 Biocompatibilidad
- 4.3 Control Externo del Flujo (2 semanas)
- 4.3.1 Velocidad y medición de turbulencia
 - 4.3.2 Vehículos de Microaire

- 4.4 Microválvulas (2 semanas)
 - 4.4.1 Consideraciones de Diseño
 - 4.4.2 Principios de Funcionamiento
 - 4.4.3 Casos de Estudio
- 4.5 Microbombas (2 semanas)
 - 4.5.1 Consideraciones de Diseño
 - 4.5.2 Principios de Funcionamiento
 - 4.5.3 Casos de Estudio
- 4.6 Sensores de Flujo (2 Semana)
 - 4.6.1 Consideraciones de Diseño
 - 4.6.2 Principios de Funcionamiento
 - 4.6.3 Casos de Estudio

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7Bibliografía

John Lee, S., Sundararajan, N. (2010). *Microfabrication for Microfluidics*. Norwood, Massachusetts: Artech House Publishers.

Nguyen, N., y Wereley, S. (2002). *Fundamentals and Applications of Microfluidics*. (2da. ed.) Norwood, Massachusetts: Artech House Publishers.

Tabelling, P. (2010). *Introduction to Microfluidics*. Inglaterra: Oxford University Press.



TEC

Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6107

Dispositivos Ópticos

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Dispositivos Ópticos
Código:	MP-6107
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso discute los principios de funcionamiento y aplicaciones principales de los dispositivos electrónicos utilizados en aplicaciones con luz, principalmente en las comunicaciones ópticas. Para esto el estudiante

desarrollará una comprensión de los principios de la generación, detección e interacción de la luz con la materia.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
- generales y
- Específicos Explicar los principios de funcionamiento y aplicaciones principales de los dispositivos electrónicos utilizados en aplicaciones ópticas, orientado a microsistemas

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.4 Explicar los principios físicos en los que se sustenta la optoelectrónica y aplicarlos para el diseño de sistemas optoelectrónicos
- 3.5 Describir el funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos más relevantes, así como utilizarlos en el diseño de sistemas optoelectrónicos

4 Contenidos

- 4.1 Principios físicos (2 semanas)
 - 4.1.1 Polarización
 - 4.1.2 Refracción
 - 4.1.3 Deflexión
 - 4.1.4 Interferencia
 - 4.1.5 Guías ópticas
 - 4.1.6 Efecto electro-óptico
 - 4.1.7 Efecto magneto-óptico
 - 4.1.8 Efecto acústico-óptico
 - 4.1.9 Semiconductores para optoelectrónica
- 4.2 Componentes ópticos (2 semanas)
 - 4.2.1 Interruptores
 - 4.2.2 Rastreadores
 - 4.2.3 Lámparas
 - 4.2.4 LCD
- 4.3 Fuentes de Luz (2 semanas)
 - 4.3.1 Diodos emisores de luz (LED)
 - 4.3.2 Diodos LÁSER
- 4.4 Fotodetectores (2 semanas)
 - 4.4.1 Térmicos
 - 4.4.2 Fotoeléctricos

- 4.4.3 Multiplicador de luz
- 4.4.4 Fototransistores
- 4.4.5 Sensores ópticos
- 4.5 Fibra óptica (2 semanas)
 - 4.5.1 Monomodo
 - 4.5.2 Multimodo
- 4.6 Amplificadores ópticos EDFA y Raman (1 Semana)
- 4.7 Casos de Estudio y Aplicaciones (1 Semana)

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7Bibliografía

Band, Y. (2006). *Light and Matter: electromagnetism, optics, spectroscopy and lasers*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.

Kasap, S. (2001). *Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices*. New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Wilson, J., y Hawkes, J. (1993). *Optoelectronics: an Introduction*. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Prentice Hall.

Yariv, A. (1989). *Quantum Electronics*. (3era. ed.) Hoboken, New Jersey, NJ: John Wiley and Sons.

Yariv, A. (2006). *Photonics: Optical Electronics in Modern Communications*. (6ta. ed.) USA, Oxford University Press.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6110

Dispositivos Microelectrónicos Avanzados

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Dispositivos Microelectrónicos Avanzados
Código:	MP-6110
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso resume los principios físicos del funcionamiento de los dispositivos electrónicos nanométricos, así como los principales dispositivos derivados de estos efectos físicos.

- 3 Objetivos Al finalizar este curso el estudiante estará en capacidad de aplicar los
generales y conceptos básicos de la física en pequeñas dimensiones que hacen
Específicos posible la implementación de dispositivos electrónicos nanométricos,
 así como los principales dispositivos de este tipo.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.4 Describir y analizar los principios de la física cuántica, que permiten la implementación de dispositivos electrónicos nanométricos
- 3.5 Describir las estructuras derivadas de la ingeniería nanométrica que permiten la implementación de los dispositivos electrónicos nanométricos
- 3.6 Comparar y evaluar los principales dispositivos electrónicos nanométricos emergentes

- 4 Contenidos 4.1 Principios Teóricos (2 semana)
- 4.1.1 Mecánica ondulatoria y la ecuación de Schrödinger
 - 4.1.2 Partículas libres y partículas confinadas (pozos cuánticos)
 - 4.1.3 Densidad de estados y ocupación de estados
 - 4.1.4 Electrones y fonones en estructuras cristalinas
 - 4.1.5 Estructuras de bandas, bandas en una, dos y tres dimensiones
 - 4.1.6 Movimiento de electrones y huecos en las bandas
 - 4.1.7 Fonones
- 4.2 Heteroestructuras (3 semanas)
- 4.2.1 Propiedades generales de las heteroestructuras
 - 4.2.2 Crecimiento de heteroestructuras
 - 4.2.3 Ingeniería de bandas
 - 4.2.4 Estructuras en capas
 - 4.2.5 Pozos y barreras cuánticas
 - 4.2.6 Heteroestructuras dopadas
 - 4.2.7 Capas tensas
 - 4.2.8 Heteroestructuras de Si-Ge
 - 4.2.9 Interconexiones y puntos
 - 4.2.10 Confinamientos ópticos
- 4.3 Pozos cuánticos y sistemas de pequeña dimensión (3 semanas)

- 4.3.1 Pozo cuadrado de profundidad infinita y finita, pozo parabólico
- 4.3.2 Pozos cuánticos en heteroestructuras
- 4.3.3 Sistemas de pequeña dimensión
- 4.3.4 Diagramas de bandas
- 4.3.5 Super lattice y minibandas
- 4.3.6 Tunneling
- 4.3.7 Efecto Hall cuántico
- 4.3.8 Modulación por dopado
- 4.3.9 Mecanismos de dispersión en pozos cuánticos
- 4.4 Dispositivos nanométricos (4 semanas)
 - 4.4.1 FinFET, FETs de nanotubos de carbono
 - 4.4.2 Dispositivos nanoelectrónicos basados en efectos cuánticos: diodo de tunneling resonante, transistores de alta movilidad electrónica (HEMT), Laser de pozo cuántico, detector, modulador e interruptor de pozo cuántico
 - 4.4.3 Dispositivos de único electrón (Single electrón devices): Fenómeno de Coulomb Block, efecto de electrón único y su aplicación en transistores y memorias, fabricación de dispositivos de único electrón
- 4.5 Dispositivos electrónicos basados en spin

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación

La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía

Davies, J. (1997). *The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction*. Cambridgeshire: Cambridge University Press.

Deleonibus, S. (2008). *Electronic devices architectures for the nano-CMOS era: from ultimate CMOS scaling to beyond CMOS devices*. World Scientific Publishing.

Kelly, M. (1996). *Low-Dimensional Semiconductors: Materials, Physics, Technology, Devices*. Series on Semiconductor Science and Technology, Oxfordshire: Oxford University Press.

Matsumoto, K. (2015). *Frontiers of Graphene and Carbon Nanotubes*. London: Springer.

Reed, G. (2008). *Silicon Photonics: State of the art*. Hoboken, New Jersey, NJ: Wiley.

Waser, R. (2008). *Nanoelectronics and Information Technology: Advanced Electronic Materials and Novel Devices*. Weinheim: Wiley-Vch



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6116

Nanotecnología y Aplicaciones

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Nanotecnología y Aplicaciones
Código:	MP-6116
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	No
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	No
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso cubre los principios y aplicaciones en la emergente área de la Nanotecnología. El curso está destinado para una audiencia multidisciplinaria. Introduce principios científicos y teoría relevante a escala nanométrica. Discute

también aplicaciones actuales y futuras de la Nanotecnología en Ingeniería en Materiales, Física, Química, Biología, Electrónica y Computación, Energía y Medicina.

- 3 Objetivos El estudiante tiene capacidad suficiente y conocimiento para:
- generales y
- Específicos Explicar las aplicaciones emergentes de la Nanotecnología, además de familiarizarse con el concepto de Nanotecnología como una carrera multidisciplinaria en la cual aprenderán conceptos de Física, Biología, Química, Electrónica, Ciencias de los Materiales y Medicina al nivel Molecular. Esto aumentará su capacidad de solución de problemas utilizando la nanotecnología, además de incrementar su capacidad de razonamiento y análisis crítico.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar los principios básicos de física para entender el comportamiento de los materiales a escala molecular.
- 3.2 Explicar aspectos fundamentales de las propiedades eléctricas de los materiales a escala molecular así como los procesos de fabricación y aplicaciones.
- 3.3 Explicar los conceptos de “top down” y “bottom up” en nanotecnología y aplicarlos en procesos de manufactura.
- 3.4 Diseñar el concepto para un producto y/o proceso a escala nanométrica.

- 4 Contenidos 4.1 Introducción (1 Semana)
- 4.1.1 Definición de Conceptos de Nanociencia y Nanotecnología y sus Aplicaciones,
 - 4.1.2 Definición de Conceptos de Ingeniería Multidisciplinaria e Interdisciplinaria,
 - 4.1.3 Descripción de diferentes Nanomateriales
 - 4.1.4 Definición de propiedades y características de materiales a nivel molecular.
- 4.2 Fundamentos de Ingeniería y Física Cuántica (4 Semanas)
- 4.2.1 Materiales Dieléctricos y Ferroeléctricos.
 - 4.2.2 Fundamentos de Polarización

- 4.2.3 Fundamentos de Frecuencia y Resonancia
- 4.2.4 Fundamentos de fonones ópticos y acústicos
- 4.2.5 Fundamentos de Reflexión y Refracción
- 4.2.6 Fundamentos de Antiferroelectricidad, Piroelectricidad y Piezoelectricidad.
- 4.2.7 Propiedades Electrónicas y efectos Cuánticos.
- 4.2.8 Fundamentos de Mecánica Cuántica
- 4.2.9 Propiedades Eléctricas de los Cristales
- 4.2.10 Estadísticas de Fermi en Metales y Semiconductores
- 4.2.11 Superconductividad.
- 4.2.12 Magnetoelétronica: Magnetismo y Magnetotransporte en estructuras de capas.
- 4.2.13 Magneto Resistencia y el efecto de Túnel.
- 4.2.14 Moléculas Orgánicas: Estructuras Electrónicas, Propiedades y Reacciones.
- 4.2.15 Hidrocarburos.
- 4.2.16 Principios Básicos de Síntesis Química.
- 4.2.17 Neuronas.
- 4.2.18 Principios básicos de la arquitectura y capacidades de transmisión de señales.
- 4.3 Fundamentos de diseño de Sistemas y Circuitos a base de Nanotubos de Carbono. (2 Semanas)
 - 4.3.1 Fundamentos de diseño de Circuitos CMOS
 - 4.3.2 Fundamentos de Análisis de Circuitos Digitales
 - 4.3.3 Propiedades de dispositivos de transporte cuántico
 - 4.3.4 Propiedades y Aplicaciones de los Nanotubos de Carbono para procesamiento de datos.
 - 4.3.5 Procesos de Manufactura de los Nanotubos de Carbono.
- 4.4 Técnicas de Caracterización, Microscopía y Metrología. (3 Semanas)
 - 4.4.1 Fundamentos de caracterización por escaneo de sondeo
 - 4.4.2 Fundamentos de Metrología
 - 4.4.3 Fundamentos de escaneo por efecto de túnel (STM) y de fuerza atómica (AFM)
 - 4.4.4 Fundamentos de Análisis por electrones (SEM y TEM)
 - 4.4.5 Fundamentos de Análisis por difracción de rayos X (EDX)
- 4.5 Aplicaciones de la Nanotecnología. (2 Semanas)
 - 4.5.1 Fundamentos de Circuitos de Neuro-Silicio
 - 4.5.2 Fundamentos de Pantallas y circuitos ópticos
 - 4.5.3 Fundamentos de las Aplicaciones Médicas y de Biotecnología
 - 4.5.4 Fundamentos de las Aplicaciones Industriales y Ambientales.

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprensivo de diseño, con la siguiente distribución:

Participación 15%

2 Pruebas cortas 20%

Examen Final 30%

Proyecto Final 35%

7 Bibliografía Foster, L. (2006). *Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity*. New Jersey, NJ: Prentice Hall Professional.

Mitin, V. (2008). *Introduction to Nanoelectronics: Science, Nanotechnology, Engineering, and Applications*. Cambridgeshire: Cambridge University Press.

Waser, R. (2008). *Nanoelectronics and Information Technology: Advanced Electronic Materials and Novel Devices*. Weinheim: Wiley-Vch.

8 Profesor



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Programa del curso MP-6131

Metodologías del Diseño Microelectrónico

Escuela de Ingeniería Electrónica

Carrera de Maestría en Ingeniería Electrónica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Metodologías del Diseño Microelectrónico
Código:	MP-6131
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Sí
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
% de las áreas curriculares:	Ciencias de la Ingeniería (70%), Diseño Ingeniería (30%)
Ubicación en el plan de estudios:	Tercer o Cuarto Cuatrimestre
Requisitos:	MP-6159 Interfaces de Comunicación MP-6160 Diseño de Alto Nivel de Sistemas Electrónicos
Correquisitos:	No
El curso es requisito de:	MP-6401 Seminario de Investigación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	Rige a partir de la aprobación tanto interna como externa del rediseño.

2 Descripción general Este curso presenta los flujos de diseño front to back analógico, digital y de señal mixta, desde la concepción del sistema a diseñar hasta la simulación de post-layout. Los flujos se presentan por medio del diseño de circuitos utilizando herramientas CAD para el diseño microelectrónico.

- 3 Objetivos generales y Específicos Explicar los flujos de diseño front to back analógico, digital y de señal mixta, desde la concepción del sistema a diseñar hasta la simulación de post-layout. Los flujos se presentan por medio del diseño de circuitos utilizando herramientas CAD para el diseño microelectrónico.

Objetivos Específicos

El estudiante tiene competencia para:

- 3.1 Aplicar las etapas del flujo de diseño front-to-back analógico, digital y de señal mixta.
- 3.2 Interpretar la jerarquía de diseño y los niveles de abstracción necesarios para la implementación de un circuito microelectrónico.
- 3.3 Aplicar herramientas CAD para completar los flujos de diseño front-to-back analógico, digital y de señal mixta.
- 3.4 Describir los principios de fabricación de circuitos integrados CMOS

4 Contenidos

4.6 Fundamentos de diseño y tecnología CMOS (1 semana)

4.1.1 Introducción al proceso de fabricación CMOS: materiales, técnicas y flujo de fabricación, definición de capas y conectividad

4.1.2 Jerarquía de diseño

4.1.3 Niveles de abstracción

4.7 Diseño analógico (4 semanas)

4.2.7 El flujo de diseño analógico front to back

4.2.8 Diagramas de prelayout (stick diagrams)

4.2.9 Principios de layout, prevención de latch-up, de errores de antena y de ESD, elementos parásitos

4.2.10 Consideraciones de simetría y layout de centroide común, dispositivos interdigitados, dispositivos dummy

4.2.11 Técnicas de layout para integración de elementos pasivos

4.2.12 Circuitos de protección de entrada/salida

4.8 Diseño digital (4 semanas)

4.3.1 El flujo de diseño digital front to back

4.3.2 Síntesis para optimización de área y/o temporización

4.3.3 Principios de layout digital

- 4.3.4 Distribución física de redes de temporización
- 4.3.5 Verificación de temporización y optimización a nivel de síntesis y layout
- 4.3.6 Circuitos de protección de entrada/salida
- 4.3.7 Optimización del consumo de potencia
 - 4.9 El flujo de diseño de señal mixta (2 semanas)
- 4.4.1 El flujo de diseño de señal mixta front to back
- 4.4.2 Técnicas de layout para integración de circuitos de señal mixta
 - 4.10 Tapeout (1 semana)
- 4.5.1 Encapsulado
- 4.5.2 Circuitos de protección y entrada/salida
- 4.5.3 Distribución de tensión de alimentación

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje
 Se utilizará la metodología expositiva por parte del profesor. Se aplicará también la metodología participativa por parte del estudiante, tanto a nivel individual como grupal. Dependiendo del desarrollo del curso, se utilizará la metodología de resolución de problemas en la cual los estudiantes se enfrentaran a problemas de diseño ligados a los contenidos del curso.

6 Evaluación
 La evaluación sugerida consta de pruebas escritas, estudio de casos y problemas de diseño, y un trabajo comprehensivo de diseño, con la siguiente distribución:

- Participación 15%
- 2 Pruebas cortas 20%
- Examen Final 30%
- Proyecto Final 35%

7 Bibliografía
 Chinnery, D., y Keutzer, K. (2002). Closing the gap between ASIC and custom: tools and techniques for high performance. New York, NY: Springer.

Dordrecht (2002). *ASIC design*. (on line) Boston: Kluwer Academic Publisher 2002. Disponible en: <<http://ebooks.springerlink.com/UrlApi.aspx?action=summary&v=1&bookid=99306>>. ISBN 1-402-07113-2.

Hastings, A. (2005). *The art of analog layout*. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Prentice-Hall, ISBN 0131464108.

Jansen, D. (2003). *The electronic design automation handbook*. Boston: Kluwer Academic Publisher, ISBN 1-4020-7502-2.

Rabaey, J., Chandrakasan, A., y Nikolic, B. (2005). *Circuitos Integrados Digitales*. (2da. ed.) New Jersey, NJ: Prentice Hall.