



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

## Programa de Electrónica Fundamental

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR: Electrónica Fundamental

2. CRÉDITOS: 11

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Los objetivos formativos centrales del curso de Electrónica Fundamental es que el estudiante:

- Conozca los principios físicos, modos de operación y modelos de componentes reales en los que se basa la tecnología electrónica actual.
- Comprenda y maneje en casos básicos las metodologías de análisis de circuitos electrónicos, que permiten tanto estimar cuantitativamente las características del circuito, como identificar rápidamente cuál es su función a partir del diagrama esquemático.
- Para ello manejará los modelos de los principales dispositivos (amplificadores operacionales, diodos, transistores, especialmente los MOSFET) teniendo en cuenta sus características no ideales, sus diferentes zonas de funcionamiento y sus principales configuraciones.
- También se familiarizará con las técnicas básicas aplicadas para simplificar los circuitos resultantes de emplear estos modelos por medio de identificar módulos que implementan funciones conocidas o identificar los componentes que definen la característica a analizar.
- Se enfrente al problema de diseño de circuitos electrónicos. El diseño de un circuito electrónico es usualmente un problema con muchos grados de libertad (variables) y restricciones (ecuaciones), que generalmente lleva a un sistema de ecuaciones (o inecuaciones) indeterminado. El estudiante se formará en como manejar eficientemente este tipo de problemas que no son los que más típicamente ha debido encarar en su formación anterior.
- Aprenda a utilizar un simulador de la familia Spice para simular comportamiento en continua, alterna y transitorio de circuitos electrónicos.
- Contraste los análisis y diseños realizados con los resultados de simulación y con la realidad en el laboratorio. De esta forma, el estudiante se familiarizará con los dispositivos físicos reales que implementan los circuitos electrónicos; tomará conciencia de los límites de algunos modelos y simplificaciones aplicadas para el análisis o diseño, ganará experiencia en reconocer y explicar las diferencias que estas limitaciones originan entre el comportamiento esperado y el real, así como ganará experiencia en identificar y resolver las dificultades que aparecen durante el montaje de un circuito electrónico.
- Tome contacto con la información suministrada por los fabricantes de componentes electrónicos a través de hojas de datos y notas de aplicación, y sepa correlacionar la información que allí aparece con la utilizada en los métodos de análisis y diseño. En el caso de los amplificadores operacionales se buscará que se conozcan en detalle el impacto y modelado de todas las no idealidades principales.

- Conozca los principios físicos en que se basa el funcionamiento de los dispositivos semiconductores y como estos dispositivos proveen la funcionalidad requerida para adquisición y tratamiento de información.
- Conozca los principios físicos que determinan las principales características de los dispositivos electrónicos (velocidad, consumo de energía, precisión).
- Conozca conceptos fundamentales usados en el análisis de circuitos electrónicos que tienen uso en otras áreas de la Ing. Eléctrica tales como: offset, descomposición de señales en componente diferencial y de modo común, y análisis en pequeña señal.
- Tenga una primer sensibilización hacia el impacto en el medio ambiente de la producción y deshecho de dispositivos electrónicos.

A estos objetivos formativos, se suman varios objetivos informativos de interés tanto para el diseñador como para el ingeniero usuario de equipos electrónicos. El detalle se indica en el temario que sigue. A modo de ejemplo podemos mencionar como objetivos que el estudiante conozca las características no ideales de los amplificadores operacionales, las principales configuraciones de amplificadores, las estructuras básicas de una fuente de alimentación lineal y los parámetros que definen el funcionamiento de una familia lógica.

#### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

En lo que refiere a horas presenciales para el estudiante, se dictarán semanalmente dos clases de 1.5hs cada una de teórico. Adicionalmente a lo largo del semestre se tendrán 8 clases de ejercicios de 2hs cada una y se realizarán 3 prácticas de laboratorio. Las prácticas de laboratorio se realizarán en forma no presencial, trabajando en grupo, presentándose y defendiéndose lo realizado en una instancia de evaluación. Para ello se entregará un kit de bajo costo que provee, conectándolo a una computadora, del instrumental necesario para la realización de la práctica. Se estima por parte de cada estudiante del grupo 1h presencial de consulta para realización de cada práctica de laboratorio y 1h presencial de defensa. Esto implica  $3 \cdot 15 + 8 \cdot 2 + 3 \cdot 2 = 67$  horas presenciales en el semestre. Se estima como dedicación no presencial del estudiante la misma cantidad que las horas de clase teóricas, una vez y media para las clases de ejercicios y 10 horas por cada práctica de laboratorio. Esto resulta en un total de  $(3 \cdot 15 + 8 \cdot 2 \cdot 1,5 + 3 \cdot 10) = 99$  horas no presenciales en el semestre y un total de horas de dedicación para toda la unidad curricular de  $67 + 99 = 166$  hs.

## 5. TEMARIO

### 1 Amplificadores Operacionales Reales

Definiciones básicas: señales y ganancia diferenciales y en modo común, relación de rechazo al modo común (CMRR).

Aspectos no ideales de los amplificadores operacionales reales, como se modelan y sus efectos sobre los principales circuitos. Ganancia y ancho de banda finito, resistencia de entrada. Operación en gran señal: saturación, slew rate, ancho de banda a máxima potencia. Imperfecciones en DC: tensión de offset, corrientes de polarización y de offset. Efecto de las no idealidades sobre el amplificador inversor y no inversor, el seguidor y el integrador.

Otros circuitos de interés basados en amplificadores operacionales: amplificadores de instrumentación, circuitos no lineales (monostable, astable, Schmitt trigger, rectificadores ideales).

### 2 Dispositivos de Estado Sólido y Circuitos Básicos.

#### 2.1 Diodos.

Característica corriente tensión de los diodos de juntura. Dependencia con la temperatura.

Operación física de los diodos. Conceptos básicos de semiconductores (semiconductores dopados, portadores, mecanismos de conducción de la corriente (difusión y arrastre)). Operación de la juntura p-n.

Modelos simplificados del diodo para análisis de circuitos.

Modelo de pequeña señal del diodo a baja y alta frecuencia (capacidades de difusión y deplexión).

Operación en la zona de ruptura inversa: diodos Zener y su aplicación a reguladores de tensión.

Aplicaciones de diodos: Rectificador de media onda y onda completa.

Tipos especiales de diodos: diodo Schottky, varactors, fotodiodos y LEDs.

#### 2.2 Transistores de Efecto de Campo (MOSFETs) y su aplicación en pequeña y gran señal.

Estructura física y operación del transistor MOS de enriquecimiento. Modelo gráfico del transistor MOS (Jespers-Memelink). Características tensión corriente. Características del transistor p-MOS. Símbolos de circuito y convenciones de signos. Análisis en DC y estructuras de polarización. El transistor como amplificador. Modelo de pequeña señal. Configuraciones básicas de amplificadores de una etapa. El transistor MOS como llave.

#### 2.3 Transistores Bipolares de Juntura (BJTs)

El transistor BJT como caja negra. Zonas de operación, características y ecuaciones. Comparación transistores BJT y MOS.

### 3 Fundamentos y Características de Circuitos Integrados Digitales CMOS

Principales características eléctricas de circuitos digitales. Niveles lógicos y márgenes de ruido. Tiempos de propagación, tiempos de subida y bajada. Consumo estático y dinámico. Fan-in y Fan-out.

Inversor CMOS. Propiedades y características eléctricas (niveles lógicos, retardo, consumo).

Estructura básica de compuertas lógicas CMOS. Compuertas con etapas de salida especiales: colector o drain abierto y tercer estado.

Niveles lógicos TTL y su interfaz con lógica CMOS.

### 4 El medio ambiente y el uso y fabricación de equipos electrónicos

Los desechos de equipos electrónicos y las políticas para limitar las sustancias peligrosas en ellos así como para su adecuado manejo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 Básica

1. Sedra, Adel y Smith, Kenneth (2015). Microelectronic Circuits, 7th Edition. New York: Oxford University Press.

Sedra, Adel y Smith, Kenneth (2006). Circuitos Microelectrónicos, 5ta Edición. México D.F.: McGraw Hill Interamericana.

### 6.2 Complementaria

2. Razavi, Behzad (2014). Fundamentals of Microelectronics, 2nd Edition. Hoboken: JohnWiley & Sons, Inc.

Wilson, Peter (2017). The Circuit Designer's Companion, 4th Edition. Oxford: Newnes – Elsevier

Horowitz, Paul y Hill, Winfield (2015). The Art of Electronics, 3rd Edition, New York: Cambridge University Press

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

### 7.1 Conocimientos Previos Exigidos:

Conceptos básicos de Electromagnetismo: carga eléctrica, campo y potencial eléctrico, capacitores y dieléctricos.

Los siguientes temas de la Teoría de Circuitos y Sistemas. Leyes de Kirchhoff y teoremas de circuitos (Thevenin y Norton, principio de superposición). Análisis de respuesta en frecuencia y en el tiempo de circuitos R, L, C. Expresiones de la impedancia de un condensador e inductancia. Análisis de circuitos aplicando la Transformada de Laplace. Análisis de circuitos lineales basados en amplificadores operacionales ideales. Análisis de circuitos con diodos ideales. Diagramas de Bode.

### 7.2 Conocimientos Previos Recomendados:

Conceptos básicos de estabilidad BIBO.

Conceptos básicos de diseño lógico: operaciones lógicas elementales, operación lógica de los sistemas digitales.

**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Eléctrica

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Se indican horas presenciales de clase teóricas (hs\_t), clase práctica (hs\_p) y laboratorio (evaluación y consulta hs\_l).

Semana 1	Presentación del curso (1h_t), Amplificadores operacionales (2hs_t)
Semana 2	Amplificadores operacionales (3hs_t)
Semana 3	Amplificadores operacionales (3hs_t, 2hs_p)
Semana 4	Amplificadores operacionales (1.5hs_t, 2hs_p), Diodos (1.5hs_t)
Semana 5	Diodos (3hs_t, 2hs_p), Amplificadores operacionales (1hs_l)
Semana 6	Diodos (3hs_t, 2hs_p), Amplificadores operacionales (1hs_l)
Semana 7	Transistor MOS (3hs_t, 2hs_p)
Semana 8	Buffer y consultas
Semana 9	Transistor MOS (3hs_t, 1hs_l)
Semana 10	Transistor MOS (3hs_t, 2hs_p, 1hs_l)
Semana 11	Transistor MOS (1.5hs_t), Transistor BJT (1.5hs_t)
Semana 12	Circuitos Integrados Digitales (3hs_t), Transistor MOS y BJT (2hs_p, 1hs_l)
Semana 13	Circuitos Integrados Digitales (3hs_t), Transistor MOS (1hs_l)
Semana 14	Circuitos Integrados Digitales (1.5hs_t, 2hs_p), Impacto ambiental (1.5hs_t)
Semana 15	Buffer y consultas

**A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

La evaluación del curso se basa en la evaluación del desempeño del estudiante en las prácticas de laboratorio (realizadas en modalidad en casa) que tiene un total de 25 puntos y una prueba escrita final que tiene un total de 75 puntos.

1. Para exonerar la asignatura se deberá:

\* Aprobar el laboratorio: Asistir a las 3 evaluaciones de las prácticas y obtener un mínimo de 15 puntos en la evaluación de los laboratorios.

\* Obtener más de 60 puntos entre las evaluaciones de los laboratorios y la prueba escrita.

2. Para ganar el curso (derecho a dar examen y cursar unidades curriculares que tienen este curso como previo):

\* Aprobar el laboratorio: Asistir a las 3 evaluaciones de las prácticas y obtener un mínimo de 15 puntos en la evaluación de los laboratorios.

\* Obtener más de 25 puntos entre las evaluaciones de los laboratorios y la prueba escrita y obtener al menos el 10% de la prueba escrita (7.5 puntos).

**A4) CALIDAD DE LIBRE**

No.

**A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Cupos mínimos: No tiene  
Cupos máximos: No tiene

15  
Quirce

16  
dieciseis

Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

## ANEXO B para la carrera Ingeniería Eléctrica

Esta(s) parte(s) del anexo incluye(n) los aspectos que son particulares de cada carrera que tome la unidad curricular.

### B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Electrónica

### B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso: Exámenes de Física 1, Física 3, Física Experimental 1, Geometría y Álgebra Lineal 1 y 2, Cálculo diferencial e integral en una variable y Cálculo diferencial e integral en varias variables.; Cursos de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos; 35 créditos en el área Física y 50 en Matemática.

Alternativamente estarán habilitados a cursar quienes cuenten con el examen de electromagnetismo y uno de los exámenes de Sistemas Lineales 1 o Sistemas Lineales 2.

Examen: No tiene

(Las unidades curriculares previas serán definidas por las carreras que tomen la unidad curricular en cuestión, teniendo en cuenta los conocimientos exigidos que figuran en el programa.)

APROB. RES. CONSEJO DE FAC. ING.

Fecha 19/02/19 Exp. 060180-001842-18