



Programa de Teoría de Circuitos

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Teoría de Circuitos.

2. CRÉDITOS

8 créditos.

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Generales:

En líneas generales, se pretende:

- dotar al alumno de las herramientas básicas para el análisis y síntesis de circuitos lineales, tanto para regímenes transitorios como permanentes;
- que el alumno pueda resolver completamente circuitos basados en amplificadores operacionales ideales;
- que el alumno comprenda los principales teoremas de análisis de circuitos;
- vincular la formación básica en física y matemática con los fundamentos de la Ingeniería Eléctrica;
- introducir los diagramas de Bode para representar la respuesta en frecuencia de un sistema lineal;
- desarrollar en el alumno la intuición referida al funcionamiento de un circuito lineal funcionando en régimen permanente, incluyendo la idea de filtrado;
- dotar al alumno de cierta práctica en el manejo de instrumental de laboratorio de electrónica;
- vincular los conceptos básicos de teoría de circuitos a otras áreas de la Ingeniería Biológica;
- introducir nomenclatura técnica específica de Ingeniería Eléctrica;
- introducir al alumno en los aspectos vinculados con los conceptos de potencia instantánea y potencia media y los aspectos relacionados.

Específicos:

Se pretende que al aprobar la asignatura el alumno sea capaz de:

- resolver completamente el funcionamiento de circuitos sencillos, con llaves, diodos, etc.;
- entender a partir de los elementos básicos, cómo un modelo eléctrico se relacionan con otros modelos físicos y biológicos;
- dominar las configuraciones básicas de circuitos con amplificadores operacionales;
- aplicar los principales teoremas de análisis de circuitos;
- analizar un circuito lineal funcionando en régimen sinusoidal, utilizando el análisis fasorial, identificando rápidamente las ecuaciones claves del circuito;
- comprender las ventajas y las limitaciones del análisis fasorial;

- comprender el concepto de respuesta en frecuencia de un circuito lineal y las ideas básicas de filtrado de una señal;
- calcular la transferencia en régimen sinusoidal de un sistema lineal y representarla gráficamente por medio de los diagramas de bode;
- dominar la construcción de las asíntotas en los diagramas de Bode y su relación con la respuesta en frecuencia exacta;
- leer e interpretar correctamente la información contenida en los diagramas de Bode;
- comprender los conceptos de potencia activa, reactiva y aparente;
- modelar y analizar la respuesta en régimen de una línea de transmisión;
- poder describir conceptos técnicos importantes como ancho de banda, impedancia, potencia activa o frecuencia de corte en un lenguaje técnico-coloquial;
- comprender que la matemática y la física brindan un soporte básico a las distintas áreas de la ingeniería eléctrica, reconociendo el necesario compromiso entre la formalidad matemática y la resolución práctica de problemas de ingeniería;
- ser capaz de realizar en la práctica el proceso de diseño, armado y prueba de un circuito básico.

Objetivos de ganancia de curso:

Desde un punto de vista directamente relacionado con los objetivos de la asignatura, un alumno que gana el curso de la asignatura está en condiciones de aprovechar cursos posteriores o rendir el examen con posibilidades de éxito si:

- conoce las componentes básicas de un circuito lineal y pueden plantear sus ecuaciones básicas de funcionamiento, a través de las Leyes de Kirchhoff y los métodos de nudos o mallas;
- puede resolver un circuito lineal funcionando en régimen sinusoidal;
- define la transformada de Laplace para funciones y enuncia sus propiedades básicas;
- resuelve ecuaciones diferenciales lineales con la transformada de Laplace;
- analiza la respuesta transitoria de un circuito en el dominio de Laplace;
- comprende y aplica los conceptos básicos de teoría de circuitos: componentes en Laplace, datos previos, balances energéticos;
- comprende y aplica los principios fundamentales de la teoría de circuitos: principio de superposición, teoremas de Thévenin y Norton;
- maneja la definición de transferencia en régimen sinusoidal de un circuito lineal;
- maneja con relativa fluidez las herramientas de análisis de respuesta en frecuencia de un sistema lineal en régimen (Fasores, Diagramas de Bode);
- conoce las definiciones y propiedades básicas de estas herramientas;
- modela correctamente los elementos no lineales elementales: diodos, comparadores, etc;
- aplica correctamente los modelos de elementos no lineales en el análisis de un circuito;
- describe el modelo ideal del amplificador operacional;
- aplica el modelo ideal del amplificador operacional en el análisis de circuitos;
- describe las configuraciones básicas del amplificador operacional ideal;
- describe cualitativamente los fenómenos presentes de una línea de transmisión, no capaces de ser explicados mediante un modelo de parámetros concentrados;
- adquiere un lenguaje “ingenieril coloquial” (sabe, al menos mínimamente, qué quieren decir cosas como “ancho de banda”, “espectro”, “potencia activa y reactiva”, “respuesta en régimen”, etc.);
- adquiere un nivel básico en el manejo de instrumental de laboratorio de electrónica (uso de fuente, osciloscopio, etc.);
- es capaz de poner en práctica los conocimientos de amplificadores operacionales para realizar un circuito adquisidor de señales biológicas.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Se dictarán semanalmente 4 horas de clases teórico-prácticas, durante las 15 semanas del semestre. Dichas clases se complementarán con trabajo fuera del aula. Habrá consultas y un foro virtual de discusión. Se incentivará el aprendizaje activo por parte del estudiante mediante la entrega periódica de trabajos prácticos, la preparación de laboratorios y la realización de un proyecto final.

La metodología de aprendizaje y evaluación durante el cursado se compondrá de dos tipos de actividades: “trabajos prácticos” y “evaluaciones teóricas”.

Por su parte, los “trabajos prácticos” constan de dos instancias: “Laboratorios” y “Entregables”.

- ⑩ **Laboratorios:** comprenden el diseño e implementación física de los circuitos vistos en el curso. El análisis de su funcionamiento y los resultados obtenidos deberán ser reportados en un informe escrito, que deberá ser entregado en tiempo y forma de acuerdo a pautas previamente establecidas. Se hará principal énfasis en la presentación y redacción de cada informe.
- ⑩ **Entregables:** consisten en una lista de ejercicios preseleccionados sobre varias temáticas del curso, que el estudiante debe resolver y entregar en tiempo y forma.

Por otro lado, las “evaluaciones teóricas” son instancias donde el estudiante debe de preparar parte de un tema del curso y exponerlo en clase.

A continuación, se adjunta una tabla con la distribución de horas presenciales y no presenciales en la formación de tipo teórica y práctica durante el presente curso.

	Teórico	Práctico	Taller	Estudio	Total
Total	32	19	36	33	120
No presenciales			24	33	57
Presenciales	32	19	12		63

Una vez finalizado el cursado y ganado el derecho a examen, los estudiantes desarrollarán un proyecto de forma grupal como una instancia de integración de los conceptos aprendidos y su aplicación en un problema del campo de la Ingeniería Biológica. Dicha actividad será guiada por un docente del curso, con consultas periódicas e instancias de intercambio que aseguren un avance eficiente sobre los objetivos propuestos.

5. TEMARIO

1. Elementos de circuitos (1 clase)

Elementos de un circuito; leyes de Kirchhoff; descripción a través de ecuaciones diferenciales; respuesta de un circuito de primer orden a una entrada constante y una entrada sinusoidal; respuesta transitoria, respuesta permanente, dependencia con la frecuencia de trabajo. Potencia. Analogías con otros modelos (mecánico, térmico, hidráulico, cardiovascular, etc.).

2. Teoremas para circuitos resistivos en régimen de continua (1,5 clases)

Principio de superposición. Métodos de nudos y mallas. Teorema de Thévenin y Norton para circuitos resistivos. Teorema de Tellegen.

3. Amplificadores operacionales (1,5 clases)

Modelo "caja negra"; caso ideal; zonas de funcionamiento (lineal, saturación); configuración inversora y no inversora, sumadores, amplificador diferencial y aplicaciones, amplificador de instrumentación; comparadores (incluye trigger y astable con carga y descarga del condensador).

4. Análisis de circuitos lineales en régimen sinusoidal (2 clases).

Característica de la función sinusoidal; circuitos con excitación sinusoidal; concepto de fasor; equivalente en fasores de un circuito lineal; definición de impedancia; función de transferencia en régimen sinusoidal; relación entre el módulo y la fase de la función de transferencia y la respuesta en régimen; relevamiento experimental de la función de transferencia; concepto de filtrado; concepto de potencia instantánea, activa, reactiva y aparente; medida de la potencia; factor de potencia; máxima potencia extraída de una fuente real. Teoremas de Thévenin y Norton. Extracción de máxima potencia de un equivalente Thévenin.

5. Diagramas de Bode (2,5 clases)

Repaso de logaritmos y escalas logarítmicas; definición de decibel; definición de los diagramas de Bode; construcción de los diagramas asintóticos; ejemplos; distancias entre el diagrama real y el asintótico de módulo para un sistema de primer orden; sistemas de segundo orden: frecuencia natural, factor de amortiguamiento; ejemplos de aplicación: relevamiento experimental de la transferencia en régimen, compensación para incrementar el ancho de banda.

6. Transformada de Laplace (1,5 clases)

Definición. Condiciones de existencia. Propiedades básicas: linealidad, traslación temporal, traslación en frecuencia, transformada de la derivada, transformada de la integral, derivada de la transformada. Teorema de valor inicial. Teorema del valor final. Resolución de ecuaciones diferenciales. Producto de convolución.

7. Resolución de circuitos usando Laplace (1,5 clases)

Ejemplos de aplicación: circuito integrador y derivador con amplificadores operacionales. Impulso de Dirac como respuesta de un circuito RC ideal. Teoría de funciones generalizadas con datos previos. Modelado de componentes en el plano s . Teoremas de Thévenin, Norton y Miller. Análisis de circuitos básicos. Sistemas lineales a tramos.

8. Cuadripolos (1 clases)

Descripción general. Definiciones básicas. Distintos juegos de parámetros. Equivalente T y Pi. Interconexión de cuadripolos.

9. Líneas de transmisión (1,5 clases)

Cuadripolo diferencial; ecuaciones diferenciales de las líneas; soluciones estacionarias; impedancia característica; coeficiente de reflexión; adaptación de impedancia; aproximaciones de bajas pérdidas; transformadores de cuarta y media longitud de onda: stubs. Ejemplos de aplicación a la ingeniería cardiovascular.

6. BIBLIOGRAFÍA

Unidad	Tema	Básica	Complementaria
1	Elementos de circuitos	[1,2,3]	[4,5,8]
2	Teoremas para circuitos resistivos en régimen de continua	[3]	[4,5]
3	Amplificadores operacionales	[2,3]	[4,5,8]
4	Análisis de circuitos lineales en régimen sinusoidal	[1,2,3]	[4,8]
5	Diagramas de Bode	[1,2,3]	[5]
6	Transformada de Laplace	[2,3]	[4,5,8]
7	Resolución de circuitos usando Laplace	[2,3]	[4,5,8]
8	Cuadripolos	[3]	[5]
9	Líneas de transmisión	[1]	[6,7]

6.1 Básica

1. "Sistemas Lineales en Régimen Permanente", Juan Piquinela, Pablo Monzón.
2. "Circuitos Eléctricos", J. Nilsson, Prentice-Hall, 2005.
3. "Circuitos Eléctricos", R. Dorf, Alfaomega. 1993.

6.2 Complementaria

4. "Análisis de Circuitos en Ingeniería" - Hayt & Kemmerly, McGraw-Hill, 2007.
5. "Circuitos", B. Carlson, Thomson Learning, 2001.
6. "Electrical Network Theory", N. Balabanian, J. McPeck. 1969.
7. "Linear Network Analysis" - S. Balabanian.
8. "Análisis Básico de Circuitos Eléctricos" - D. Johnson, J. Hilburn, J. Johnson, P. Scott. Prentice-Hall, 1996.

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1. Conocimientos Previos Exigidos: cálculo diferencial e integral; álgebra lineal; ecuaciones diferenciales lineales; fundamentos de electromagnetismo, número complejo.

7.2. Conocimientos Previos Recomendados: nociones electrónica práctica, nociones en el manejo de instrumental de laboratorio, modelos por analogías.

ANEXO A

A1) INSTITUTO

Departamento de Ingeniería Biológica. CENUR Litoral Norte.

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Unidad	Tema	Teórico (horas)	Práctico (horas)	Taller (horas)	Estudio (horas)	Semanas	Clases
1	Elementos de circuitos	3	2	1	7	1	1
2	Teoremas para circuitos resistivos en régimen de continua	3	2,5	1	7	1,5	1,5
3	Amplificadores operacionales	4,5	1,5	4	8	1,5	1,5
4	Análisis de circuitos lineales en régimen sinusoidal	5,5	3	2,5	9	2,5	2,5
5	Diagramas de Bode	5,5	3	2,5	9	2,5	2,5
6	Transformada de Laplace	2,5	1,5	0,5	5	1,5	1,5
7	Resolución de circuitos usando Laplace	3	2,5	0,5	6	1,5	1,5
8	Cuadripolos	2,5	1,5	0	3	1,5	1,5
9	Líneas de transmisión	2,5	1,5	0	3	1,5	1,5
	Sub-Total	32	19	12*	57	15	15
	Total	120 horas					

* horas presenciales de instancias de taller (trabajos prácticos)

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

La modalidad del curso es de clases teórico-prácticas con instancias de laboratorio. De acuerdo con lo expuesto en la sección "METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA", el método de evaluación se compone de:

- ⑩ Evaluaciones durante el curso: trabajos prácticos y evaluaciones teóricas.
- ⑩ Examen: proyecto final.

La unidad curricular **no es exonerable**. Sólo tendrán el derecho a examen aquellos estudiantes que hayan logrado la ganancia de curso, cuyos criterios e hitos de evaluación se exponen a continuación.

ACERCA DE LA GANANCIA DE CURSO

La nota de ganancia del curso se calcula como el promedio ponderado de los trabajos prácticos y las evaluaciones teóricas. Usualmente tendrán más peso en la evaluación los trabajos prácticos. A modo de ejemplo, se provee la siguiente fórmula:

$$Notacurso = 0,7promedio_{trabajosprácticos} + 0,3promedio_{evaluacionesteóricas}$$

La ganancia del curso se logra cumpliendo con los siguientes puntos:

- ⑩ promedio mayor o igual a 25 % en todas las evaluaciones (laboratorios + entregas).
- ⑩ a lo sumo una sola instancia insuficiente (<25%).

En caso de no cumplimentar con los requerimientos mínimos, el alumno deberá recurrar la asignatura de manera íntegra.

ACERCA DEL EXAMEN

El examen de esta asignatura consta de la ejecución grupal de un proyecto previamente establecido, cuya letra se libera al momento de la inscripción al examen. *Esta instancia será accesible sólo para aquellos estudiantes que hayan logrado la ganancia de curso.*

El proyecto final consiste en la implementación de un proyecto diseñado y propuesto por el equipo docente. El mismo consta de la implementación de un adquirente de una determinada señal biológica en condiciones de laboratorio. Las actividades realizadas deberán ser correctamente documentadas en un informe escrito y defendidas en una presentación oral, incluyendo una demostración interactiva del trabajo realizado.

El proyecto final podrá ser defendido en todos los períodos de examen comprendidos entre el fin de la edición del curso y el comienzo de la edición siguiente.

La nota final del proyecto se calcula como el promedio ponderado de todas las actividades anteriormente mencionadas, con la siguiente importancia relativa: resultado del trabajo y el proceso utilizado para llegar al mismo (producción), informe escrito y la presentación oral. A modo de ejemplo, se provee la siguiente fórmula:

$$Notaproyecto = 0,5producción + 0,2presentación + 0,3informe$$

La aprobación del proyecto final se logra obteniendo un puntaje mayor o igual a 60 %.

Aclaración: el estudiante deberá inscribirse a la mesa de examen en bedelía cuando se encuentre en condiciones de ser evaluado. Una vez inscripto y ya en conocimiento de la letra, el estudiante cuenta con un plazo de una semana para desistir. En caso contrario, se considerará que el proyecto se encuentra en ejecución y se realizará la evaluación correspondiente al finalizar el período asignado.

ACERCA DE LA NOTA FINAL

Una vez aprobado el proyecto final, la *nota final de la de aprobación de la unidad curricular* se compondrá del promedio ponderado de las dos instancias de evaluación. A modo de ejemplo:

$$Notafinal = 0,5curso + 0,5proyecto$$

A4) CALIDAD DE LIBRE

No se podrá acceder a la calidad de libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

No existen cupos para la unidad curricular.

ANEXO B: para la carrera de Licenciatura en Ingeniería Biológica

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Esta unidad curricular otorga 8 créditos en: Ingeniería Eléctrica

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso:

- ⑩ Ganancia del curso de “Física 3”.
- ⑩ Ganancia del curso de “Cálculo Diferencial e Integral en Varias Variables”(FING) o “Cálculo 2” (CENUR Litoral Norte).
- ⑩ Ganancia del curso de “Geometría y Álgebra Lineal 1” (FING o CENUR Litoral Norte)
- ⑩ 30 créditos en el área de “Física” y “Matemática”.

Examen:

- ⑩ Ganancia del curso de “Teoría de Circuitos”.
- ⑩ Aprobación del examen de “Física 3” (FING o CENUR Litoral Norte)
- ⑩ Aprobación del examen de “Cálculo Diferencial e Integral en Varias Variables”(FING) o “Cálculo 2” (CENUR Litoral Norte).
- ⑩ Aprobación del examen de “Geometría y Álgebra Lineal 1”. (FING o CENUR Litoral Norte)

ANEXO C: ejemplo de implementación

C1. EJEMPLO DE PROYECTO FINAL

Al comienzo del curso se presentará la temática del proyecto, que consistirá en el estudio teórico y la implementación práctica de la etapa de adquisición de un electrocardiógrafo. El diseño de los circuitos será provisto por el equipo docente.

El problema consiste en acondicionar la señal de electrocardiograma (ECG), la cual tiene un rango de amplitud de 0,02 mV a 5,0 mV y un rango de frecuencia entre 0,05 Hz y 100 Hz. Para ello se pide implementar un circuito a base de elementos pasivos y amplificadores operacionales que contengan las etapas de aislación, amplificación y filtrado.

En una segunda etapa, el circuito a implementar debe ser capaz de integrarse a un microcontrolador (proporcionado por los docentes) que se encarga de procesar las señales de ECG, por lo tanto, dicha señal debe de ser adaptada para ser leída por una entrada analógica de rango de 0V a 5V. Además, se pide generar una salida digital a partir de un comparador, que será utilizada para registrar la frecuencia cardíaca en tiempo real.