

**Plan 95 Adecuado**

---

**ASIGNATURA:** TEORÍA DE CIRCUITOS II

**CÓDIGO:** 95-0431

**DEPARTAMENTO:** ELECTRÓNICA

**CLASE:** OBLIGATORIA

**ÁREA:** TEORÍA DE CIRCUITOS

**BLOQUE:** TECNOLOGÍAS BÁSICAS

**NIVEL:** 4º

**MODALIDAD:** ANUAL

**CARGA HORARIA TOTAL:** HS. RELOJ 128 HS. CÁTEDRA 160

---

**Fundamentación:**

Se trata de una materia formativa sustentada en las leyes de la electrotecnia y cuyos contenidos incorporan los avances tecnológicos con el objeto de formar un profesional con profundo criterio analítico y una imaginación sin fronteras para la elaboración de modelos y la síntesis de redes.

**Objetivos:**

- Reconocer el funcionamiento de una red eléctrica a partir de su modelo matemático
- Expresar matemáticamente un conjunto de requerimientos o especificaciones y a posteriori diseñar una red lineal que los satisfaga.
- Reconocer, casi por simple observación, los parámetros característicos de redes convertoras y adaptadoras de impedancia, atenuadores, filtros, ecualizadores de amplitud, de fase y de retardo
- Diseñar las redes antes mencionadas a partir de sus especificaciones básicas.
- Aplicar adecuadamente las técnicas de síntesis de dipolos y cuadripolos pasivos los que luego interconectados a amplificadores operacionales darán lugar a estructuras activas capaces de suministrar las más variadas prestaciones.
- Interpretar ábacos, gráficos y tablas suministradas por los fabricantes, proveedores y diseñadores de redes lineales y emplearlos adecuadamente en rutinas de diseño.
- Integrar los conocimientos adquiridos en Medios de Enlace, Teoría de los Circuitos I, Señales y Sistemas y Dispositivos y por otro lado le facilitarán cursar e interpretar adecuadamente los temas relacionados con Electrónica Aplicada III, Electrónica de Potencia, Sistemas de Control, Comunicaciones.

**Programa sintético:**

Lugar de Bode. Amplitud y fase.  
Teoría de los cuádrupolos.  
Filtros eléctricos. Teoría imagen. Teoría de la aproximación.  
Atenuadores y compensadores.  
Filtros activos analógicos.  
Sistemas discretos y muestreados. Usos de la transformada z.  
Filtros digitales. Recursivos y no recursivos.

## Programa analítico:

### **Unidad 1: Introducción**

Excitación, red y respuesta. Análisis y síntesis de redes. Objetivos del análisis. Los componentes de red y sus modelos. Los elementos ideales y los reales. Hipótesis simplificadoras: linealidad, concentración e invariancia en el tiempo. La transformada de Laplace y el campo frecuencial complejo. Análisis: obtención del modelo matemático a partir de la red y su verificación. Las funciones de red: funciones de excitación y de transferencia.

Comentarios sobre las propiedades de sus modelos matemáticos. La normalización de redes y funciones. La síntesis intuitiva y los métodos sistemáticos

### **Unidad 2: Análisis de redes con Amplificadores Operacionales**

El amplificador operacional. Modelos ideales y reales. Análisis de redes con AO ideales  
Amplificador inversor. Amplificador no inversor. Buffer. Amplificadores con ganancia ajustable.  
Amplificadores sumadores. Amplificador diferencial. Amplificador de instrumentación. Amplificador integrador y derivador. Amplificador de trasconductancia.  
Multiplicadores y divisores de impedancia. Multiplicador de impedancia paralelo y serie.  
Simulador de inductancia. Rotador de fase de primero y segundo orden. Conversor de Impedancia negativa.  
GIC y FDNR

### **Unidad 3: Filtrado analógico Activo**

Implementación mediante redes activas. Ventajas y limitaciones de los filtros activos.  
Transferencias de primero, segundo y tercer orden. Estructuras de ganancia infinita y realimentación simple.  
Estructuras de ganancia infinita y realimentación múltiple: estructuras de Rauch. Estructuras de ganancia finita y realimentación simple: estructuras de Sallen-Key. Estructuras de variables de estado. Biquad ". Síntesis de transferencias de orden superior. Concepto de la síntesis en cascada. Diseño utilizando Matlab.

### **Unidad 4: Teoría moderna de filtros**

Introducción. Comentarios acerca de las diversas técnicas y tecnologías. Ventajas y limitaciones.  
Especificaciones. Técnicas de aproximación: Butterworth, Chebyshev, Bessel, Cauer....  
Comparación entre las distintas técnicas de aproximación. Respuesta transitoria. Retardo de grupo. Aplicaciones con matlab. Obtención de la función transferencia. Los procesos de síntesis. Concepto de sensibilidad.

### **Unidad 5: Análisis y Síntesis de Funciones de red**

Cálculo de las diferentes partes de una función de red. Evaluación de una función de red a partir del conocimiento de una parte de ella.  
Amplitud, fase y retardo. Modos de representación. Gráficos logarítmicos y polares. Diagramas de Bode.

### **Unidad 6: Filtros digitales**

Señales y sistemas digitales. Proceso de muestreo de una señal continua. Cuantificación y codificación. Comparación entre sistemas discretos y continuos. Transformada  $z$ . Transformación del plano  $s$  al plano  $z$ . Respuesta de un filtro discreto. La transformación bilineal y sus aplicaciones. Respuesta impulsiva finita e infinita. Comentarios sobre su realización.

Diseños de filtros FIR. Empleo de ventanas. Diseño de filtros IIR por el método directo.

Determinación del orden del filtro. Diseño de filtros IIR pasa bajos, pasa banda y elimina banda.

Empleo de Mat Lab como ayuda en el análisis y diseño de redes.

### **Unidad 7: Síntesis de funciones de excitación**

Propiedades del modelo matemático que caracteriza a una función de excitación. La función real positiva. Los polinomios de Hurwitz. Propiedades de las funciones reactivas puras. Síntesis de dipolos LC. Métodos canónicos: Foster y Cauer. Concepto de remoción total de un polo.

Concepto de remoción parcial de un polo. Dipolos no canónicos. Solución analítica y gráfica Propiedades de las funciones de excitación con pérdidas. Síntesis de dipolos RC y RL. Métodos canónicos: Foster y Cauer. Concepto de remoción total de polo y parte real. Interpretación gráfica. Dipolos no canónicos. Concepto de remoción parcial de polo y parte real. Solución analítica y gráfica. Síntesis de dipolos RLC. Síntesis por remociones sucesivas.

### **Unidad 8: Teoría de Cuadripolos**

Definición de cuadripolo y convención de signo. Parámetros  $z, y, h, g$ . Parámetros de la matriz transmisión. Condiciones de simetría y reciprocidad. Cálculo e interrelación de parámetros..

Transformación de redes. Interconexión de cuadripolos pasivos. Estructuras T puenteadas, doble T, Láttice. Transformación de redes desbalanceadas a balanceadas. Matriz admitancia indefinida (MAI). Propiedades. Aplicación al cálculo de funciones de excitación Aplicación al cálculo de transferencias

### **Unidad 9: Síntesis de Filtros Activos**

Matrices de fuentes controladas. Implementación con amplificadores operacionales. Definición e implementación de convertidores de impedancia: NIC, GYR, GIC, FDNR. Interconexiones con convertidores y redes pasivas. Síntesis directa de filtros activos. Método de Linvill. Método de Yanagisawa. Método basado en el empleo de un girador. Método basado en el empleo de un girador. Síntesis en cascada de filtros activos. Comparación de los distintos métodos.

### **Unidad 10: Síntesis de Filtros Pasivos**

Estudio de las funciones transferencias. Orden de una función transferencia. Ceros de transmisión, su ubicación en el plano complejo y forma de generarlos. Transferencias de mínima fase. Diagramas polos-ceros. Síntesis de funciones transferencia sin pérdidas. Cuadripolos LC. Condiciones de realizabilidad. Transferencias en vacío y cargadas. Síntesis mediante redes escalera. Síntesis mediante redes láttice simétricas y compactas. Síntesis de transferencias simplemente cargadas. Síntesis de transferencias doblemente cargadas. Síntesis de transferencias con pérdidas

### **Unidad 11: Teoría Imagen**

Caracterización de cuadripolos mediante parámetros imagen. Redes iterativas. Definición de impedancia iterativa, imagen y característica. Función propagación. Unidades de transmisión: el Néper, el dB, el dBm, dBm0, dBv.... Ecuaciones hiperbólicas de un cuadripolo. Aplicación al caso de cuadripolos simétricos y adaptados. Caso de cuadripolos desadaptados. Pérdidas por desadaptación. Pérdidas de inserción. Factores y coeficientes de reflexión. Relación de onda estacionaria. Pérdida de retorno. Coeficientes de reflexión y transmisión, en tensión y en potencia. Obtención de la expresión de diseño de cuadripolos reactivos puros doblemente cargados.

Parámetros S. Impedancia de referencia. Definición de parámetros e interpretación de los mismos. Condiciones de medición. Conversión de parámetros. Cálculo de parámetros en cuadripolos elementales

## Unidad 12: Teoría Clásica

El filtro ideal y el filtro real. Principio de funcionamiento. Bandas de paso y detenida, frecuencia de corte, pérdida de inserción, discriminación.

La teoría clásica de filtros. Impedancia característica de una red de reactancias puras, absorción de potencia. Función propagación. Criterios para determinar las bandas de paso y detenidas.

Las redes escalera como filtros. Estructura k-constante pasa bajo. Características de atenuación y fase. Limitaciones de los filtros k-constante. Estructuras m-derivadas.

Características de atenuación y fase. Frecuencia de atenuación infinita. Medias secciones adaptadoras. Transformación pasa bajo - pasa alto, pasa bajo - pasa banda.

## Unidad 13: Atenuadores y compensadores

Atenuadores resistivos simétricos y no simétricos. Atenuadores de resistencia constante. Atenuadores a diodos PIN. Filtros reactivos de resistencia constante. Filtros pasatodo de primer y segundo orden. Ecualesadores de amplitud y fase.

### Distribución de carga horaria entre actividades teóricas y prácticas

| Tipo de actividad       | Carga horaria total en hs. reloj | Carga horaria total en hs. cátedra |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Teórica                 | 64                               | 80                                 |
| Formación Práctica      | 64                               | 80                                 |
| Formación experimental  | 22                               | 28                                 |
| Resolución de problemas | 22                               | 28                                 |
| Proyectos y diseño      | 20                               | 24                                 |
| Práctica supervisada    | 0                                | 0                                  |

|   | % Carga horaria total curricular | Lugar de desarrollo |
|---|----------------------------------|---------------------|
| Teórica   | 50                               | Aula                |
| Resolución de problemas: abiertos de ingeniería (incluye clase de repaso y parcial) | 18.75                            | Aula                |
| Proyecto y diseño   | 12.5                             | Aula                |
| Formación experimental:   | 18.75                            | Laboratorio         |

### Estrategias Metodológicas:

- Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)  
Dictado teórico-práctico tratando de ayudar a entender el manejo de las más variadas herramientas de análisis y síntesis de redes lineales y obligando al alumno a la lectocomprensión y la integración. Ilustración a través de problemas concretos (interpretación, planteo, solución, discusión, conclusiones...)
- Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

Fundamentalmente pizarrón y diálogo. Si es posible y eventualmente como herramienta de verificación software (exclusivamente en blanco) y cañón electrónico.

### **Metodología de Evaluación:**

#### Modalidad

Se pondera la interpretación, el planteo, la lógica deductiva y la exactitud de los cálculos. Estos ingredientes deben estar presentes al unísono para merecer la aprobación.

Resolución de problemas (planteo, solución, discusión, conclusiones...)

#### Requisitos de regularidad

Se efectuarán **dos evaluaciones parciales** durante el año lectivo. La primera involucrará temas correspondientes a los módulos 1, 2 y 3 y la segunda incluirá temas de los módulos 4, 5 y 6.

Durante los meses de diciembre y febrero se podrán recuperar las evaluaciones perdidas

Un parcial se pierde por ausencia o reprobación y se asignarán para su recuperación cuatro fechas no pudiéndose recuperar más de un examen parcial por fecha.

Un examen parcial se podrá recuperar como máximo en dos oportunidades.

**Para aprobar los trabajos prácticos** es imprescindible aprobar los dos exámenes parciales y tener firmada la carpeta de informes.

La carpeta de informes es personal y deberá contener, además de los datos del alumno y su ubicación en la cátedra, el programa de la materia, la guía de TP, los parciales aprobados y/o reprobados y las tareas que oportunamente le asignará la cátedra. El tipo de tareas es variado y puede involucrar la resolución de problemas, la traducción de un tema específico asociado a la materia, la verificación de un problema mediante el empleo de un simulador, la implementación de una red y su verificación a través de mediciones en laboratorio ...

La **evaluación final** estará a cargo de los Docentes del curso quienes indagarán sobre cualesquiera de los temas que integran el programa cuidando que los métodos de evaluación sean coherentes con la metodología utilizada en el diseño de las actividades.

En todos los casos se tratará de evaluar la comprensión del tema, la capacidad lógica-deductiva y finalmente la exactitud de los resultados.

#### **Criterio de evaluación**

La evaluación forma parte del proceso enseñanza-aprendizaje y no debe ser pensada como una valla o un obstáculo a atravesar con el objeto de aprobar una materia. Es el momento en el cual el estudiante y el docente sabrán a ciencia cierta si su tarea ha sido efectiva y si han alcanzado los objetivos abarcados. Constituye el momento en el que el alumno "prueba" los conocimientos y habilidades intelectuales adquiridas y recibe del docente una retroalimentación destinada a introducir los factores correctivos que correspondan. En consecuencia lo más importante no es la nota colocada en una cartelera sino la devolución de la prueba con todos los comentarios del docente para saber qué es lo correctamente aprendido y aquello que se deberá reforzar, corregir o estudiar nuevamente. El criterio de aprobación es la certeza de que lo aprendido alcanza para no tener problemas en el resto de la carrera o en la vida profesional ya que los errores cometidos se restaurarán con la sola lectura de las indicaciones del docente. Cuando esto no ocurra será necesario recuperar el examen parcial o si no quedan más instancias para ello recurrir a la materia. Pero en ningún caso debe generarse una carga emocional. No aprobar no debe afectar el buen nombre y la dignidad del alumno o del docente que le enseñó. Debe ser considerado un hecho normal en el proceso educativo ya que también se aprende de los errores.

La evaluación, entendida como parte del proceso enseñanza-aprendizaje, debe ser concebida junto con la planificación. No es una actividad que se piensa al final del ciclo como si fuera un filtro pasa – no pasa. Tampoco se debe elaborar improvisadamente un rato antes del examen. Merece ser concebida reflexivamente con el fin de

- Mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje
- Modificar el plan de acción diseñado al realizar la planificación
- Programar acciones correctivas o de esfuerzo si los errores de los estudiantes son generalizados.

- Estimular en los estudiantes hábitos de autoevaluación que le serán útiles para el ejercicio de la profesión.

Los exámenes parciales sirven para evaluar técnicas de resolución en profundidad o conceptos con mucho detalle. Mientras que los exámenes finales permiten evaluar la integración de temas y si han sido adquiridos los criterios de selección del método más adecuado.

### ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Describir la articulación con otras materias y las acciones, reuniones, comisiones en las que participa el equipo docente para trabajar sobre la articulación vertical y horizontal de los contenidos y la formación. Si bien no se trata de una materia integradora por definición, lo es por su inserción en la curricula ya que

- Utiliza las herramientas desarrolladas en **Análisis de Señales y Sistemas** como son las Transformadas de Laplace y Z para la concreción, por ejemplo, de filtros analógicos y digitales.
- Emplea las herramientas de análisis desarrolladas en **Teoría de los Circuitos I** y además de complementarlas le agrega las de síntesis de redes lineales pasivas y activas.
- Al desarrollar los temas relacionados con los parámetros imagen refuerza los conceptos de adaptación, impedancias imagen y características, coeficientes de transmisión, coeficientes de reflexión, pérdida de retorno, relación de onda estacionaria ... vistos en **Medios de Enlace**.
- Suministra herramientas de análisis vinculadas con la estabilidad de redes como son las debidas a Bode y Nyquist , la relación entre ubicación polos-ceros de una función de red y sus márgenes de estabilidad, los gráficos de flujo de señal ... que se emplearán en **Teoría de Control**.
- Suministra las herramientas de análisis para resolver redes con Amplificadores Operacionales y la interconexión de cuadripolos activos o redes realimentadas las que se emplearán en **Electrónica Aplicada II**.
- Se presentan los principios de funcionamiento y los criterios de diseño de redes adaptadoras de impedancia, convertoras de impedancia, filtros y ecualizadores...que se utilizarán a posteriori en **Sistemas de Comunicaciones y Electrónica Aplicada III**

La materia marca una notoria transición de nivel debido a que desde la primer clase se le presenta al alumno el problema de la síntesis, destacando el rol de esta disciplina en su futuro como ingeniero. Se le recalca al alumno que ha llegado el momento de pensar, imaginar y proponer soluciones y probablemente esta responsabilidad que hasta el momento no le han concedido, los complique y desmoralice en una primera instancia. Ante un problema concreto tratan de utilizar todo el arsenal matemático que disponen, pero impensadamente, sin darse cuenta que la solución pasa más por el ingenio que por una potente calculadora y si no desesperan seguramente que con el apoyo de los docentes descubrirán como en las cosas simples están las grandes verdades

#### Bibliografía:

Design of Analog Filters 2<sup>o</sup> edition (The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering). Rolf Schaumann, Haiquiao Xao, Van Valkenburg Mac. Hardcover -. 2009

Active and passive analog filter design. Lawrence P. Huelsman. Mcgraw-Hill Collage. EEUU 1993 ISBN 978-0070308602

Active filter design. Arthur B. Williams. Artech House EEUU 1975 ISBN 9780890060445

Active network synthesis. Kendall L. Su. McGraw-Hill EEUU 1965 ISBN 9780070622852

Analog and digital filters: design and realization. Harry Lam. Prentice hall EEUU 1979 ISBN 978-0130327550

Amplificadores Operacionales y circuitos integrados lineales. R. Coughlin – F. Driscoll. Prentice hall EEUU 1999 ISBN 9789701702673

Amplificadores Operacionales y circuitos integrados lineales. Fiore James M. Ed. Parainfo España2002/2004 ISBN 9788497320993

Apuntes (Biblioteca FRBA) Alberto J. Araujo

Apuntes (Biblioteca FRBA) Sigfredo Pagel

Circuitos integrados y dispositivos semiconductores. G. Deboo – C. Burrous. Ed McGraw-Hill EEUU 1979 ISBN 9788426701954

Circuitos eléctricos. J. W. Nilsson. España : Pearson 2011 Prentice Hall 2007 ISBN 9788420544588

Design of analog filter. R. Schaumann – M. Van Valkenburg. Oxford University Press, Reino Unido 2009 ISBN 978-0195373943

Digital filters: analysis and design. Andrea Antoniou. McGraw-Hill EEUU 2002 ISBN 978-0072432817

Electric filter. Hasler Neyrinck. Artech House EEUU 1986 ISBN 978-0890061862

Electronic filter design handbook. A B. Williams – Fred Taylor. McGraw-Hill 1995 ISBN 978-0070704411

Synthesis of passive networks. E. Guillemin. Krieger EEUU 1977 ISBN 9780882754819

First principles of discrete system and digital signal processing. Robert Strum-Donald Kirk. Prentice Hall EEUU 1988 ISBN 978-0201095180

Reference data for radio engineers. ITT. ITT Edition EEUU 1972 ISBN 9780672206788

Handbook of filter synthesis. A. Zverev. Wiley-Interscience EEUU 1967. ISBN 978-0471986805.

Handbook of operational amplifier circuit design. D. Stout- M. Kaufman. McGraw Hill. EEUU 1976 ISBN 978-0070617971

IC Op Amp Cook Book. Walter G Jung. Prentice EEUU may 1986 ISBN 978-0138896010

Implementing IIR / FIR filters with Motorola's DSP DSP56000/DSP56001 (Motorola digital signal processors) John Lane. Motorola; EEUU Rev edition (1991) ASIN: B0006P0ITC

Communication Engineering. W. Everitt y G. Anner. McGraw; New York, 3Rev Ed edition (1956) ISBN 978-0070197787

Introduction to modern network synthesis. Van Valkenburg. John Wiley & Sons Inc EEUU (June 1960) ISBN 978-0471899914

Principles of active network synthesis and design. Daryanani Gobin. Wiley EEUU 1976 ISBN 978-0471195450

Linear integrated network. G. Moschytz. Van Nostrand Reinhold Company EEUU 1975 ISBN 978-0442255824

Métodos de síntesis de redes lineales. W. Warzanskyj. Editores: Madrid: E. T. S. de Ingenieros de Telecomunicación, Departamento de Publicaciones, D.L. 1974/1977/1983. ISBN: 9788460064787

Manual para ingenieros y técnicos. A. Seidman- M. Kaufman. McGraw-Hill EEUU 1992 ISBN 9684227760

Network analysis and synthesis. L. Wienberg. R. E. Krieger Pub. Co EEUU (1975) ISBN 978-0882753218

Network synthesis. N. Balabanian. Prentice-Hall EEUU 1958 ASIN: B0000CK4P0

Network synthesis. D. Tuttle. John Wiley & Sons EEUU 1953 ISBN 978-0471894636

Operational amplifier. J. Graeme-G. Tobey-L. Huelsman. McGraw-Hill EEUU 1971 ISBN 9780070649170

Passive and active filter theory and implementation. Wai-Kai Chen. Wiley EEUU1986 ISBN 978-0471823520

Passive network synthesis. Storer James. McGraw EEUU 1957 ASIN: B000JZFGC8

|                      |
|----------------------|
| <b>Correlativas:</b> |
|----------------------|

**Para cursar:**

Cursada: Teoría de Circuitos I

Análisis de Señales y Sistemas

Aprobada: Física II

Análisis Matemático II

**Para rendir:**

Aprobada: Teoría de Circuitos I