



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

**CÓDIGO ASIGNATURA**

**01048**

**DEPARTAMENTO:** *Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas*

**ASIGNATURA:** Teoría de Circuitos II  
**Ingeniería Electrónica**  
**Prof. Ing. Marcelo Márquez**

**OBJETIVOS:**

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA**

**Al concluir el presente curso de Teoría de Circuitos II el alumno estará en condiciones de resolver los más variados problemas asociados al análisis y la síntesis de redes lineales, tanto pasivas como activas.**

No tendrá inconvenientes en obtener, a partir del conocimiento de una red eléctrica, su modelo matemático y reconocer a partir de éste su funcionamiento.

Será capaz de expresar matemáticamente un conjunto de requerimientos o especificaciones y a posteriori diseñar una red que los satisfaga.

Sabrán 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 ...

Estará en condiciones de diseñar las redes antes mencionadas a partir de sus especificaciones básicas.

Manejará adecuadamente las técnicas de síntesis de dipolos y cuadripolos pasivos los que luego interconectados a amplificadores operacionales darán lugar a estructuras de filtros activos

Será capaz de interpretar ábacos, gráficos y tablas suministradas por los fabricantes, proveedores y diseñadores de redes lineales y emplearlos adecuadamente en rutinas de diseño.

Dispondrá de las herramientas y conceptos esenciales que le facilitarán cursar e interpretar adecuadamente los temas específicos relacionados con la Electrónica Analógica, el Control, las Comunicaciones ...



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Con la idea de alcanzar los objetivos generales planteados se ha dividido la etapa de aprendizaje en seis unidades o módulos. Cada módulo está caracterizado por una serie de objetivos específicos los que servirán fundamentalmente para saber qué resultados se deben lograr, qué conocimientos adquiridos se evaluarán y cómo se llevará a cabo dicha evaluación.

### • **Módulo 1**

Al concluir este módulo introductorio el alumno no sólo recordará algunos conceptos ya adquiridos al cursar Análisis de Señales y Sistemas, Medios de Enlace y Teoría de Redes I, sino que los tendrá disponibles desde una óptica diferente y más apta para el análisis y la síntesis de redes.

Sabrán diferenciar el problema del análisis del problema de la síntesis

Reconocerá las propiedades que caracterizan a una función de red.

Diferenciará una función de excitación de una de transferencia.

Aprenderá e interpretará el concepto de la normalización de funciones y de redes

Sabrán analizar y sintetizar funciones de red.

Comprenderá las relaciones existentes entre la amplitud, la fase y el retardo.

Será capaz de representar funciones de red en gráficos logarítmicos.

Sabrán obtener una función de red a partir de la aproximación de una deseada respuesta en frecuencia.

### • **Módulo 2**

Al concluir este módulo sabrán reconocer las características de una función de excitación para que resulte físicamente realizable y será capaz de sintetizarla en forma sistemática mediante dipolos pasivos.

Sabrán reconocer una FRP a través de sus propiedades

Manejará diversos métodos de síntesis de dipolos pasivos

### • **Módulo 3**

Al concluir este módulo manejará sin dificultad la mayoría de las herramientas asociadas al análisis de cuadripolos lineales y dispondrá de un conjunto de expresiones que le posibilitarán en una próxima etapa el diseño y la síntesis de dichos cuadripolos

Sabrán evaluar los parámetros correspondientes a cuadripolos tanto pasivos como activos.

Reconocerá el comportamiento de una red a partir de sus parámetros.

Podrá evaluar, por interconexión de cuadripolos simples, los parámetros correspondientes a cuadripolos complejos.

Aprenderá a evaluar transferencias y funciones de excitación correspondientes a cuadripolos cargados.

Será capaz de reconocer, implementar e interconectar conversores de impedancia.

Interpretará y aplicará los gráficos de flujo de señal al cálculo de funciones de red.



Manejará la matriz admitancia indefinida como herramienta de análisis.  
Diferenciará la interconexión pasiva de la activa e incorporará los conceptos de realimentación y estabilidad.  
Aplicará la representación polar y logarítmica al cálculo de los márgenes de estabilidad.  
Sabrá qué es y para qué se emplea una red iterativa.  
Manejará los conceptos de impedancia iterativa, imagen y característica.  
Aprenderá a evaluar e interpretar la función propagación de un cuadripolo.  
Manejará las unidades de transmisión básicas (Neper, dB, dBm..).  
Reconocerá los factores y coeficientes de reflexión y transmisión.  
Sabrá ponderar las pérdidas de inserción.  
Interpretará el significado de las pérdidas de retorno, relación de onda estacionaria...  
Conocerá los parámetros S y sus aplicaciones.

- **Módulo 4**

Al concluir este módulo será capaz de resolver problemas vinculados a la adaptación de impedancias, el filtrado y la ecualización y habrá adquirido experiencia en el diseño de redes capaces de resolver los mencionados problemas

Aplicará los conceptos vistos en el módulo anterior y será capaz de analizar y diseñar atenuadores y adaptadores de impedancia.

Conocerá la teoría clásica de filtros.

Será capaz de analizar y diseñar filtros k-constante y m-derivados.

Podrá hacer lo propio con los filtros Láttice.

Manejará el análisis y la síntesis de ecualizadores de amplitud, de fase y de retardo.

- **Módulo 5**

Al concluir este módulo sabrá reconocer las características de una función transferencia para que resulte físicamente realizable y será capaz de sintetizarla en forma sistemática mediante cuadripolos pasivos

Aprenderá a vincular el modelo matemático a sintetizar con los parámetros de la red a diseñar recordando lo visto en la etapa de análisis.

Estará en condiciones de sintetizar prácticamente cualquier función transferencia, ya sea en vacío o cargada, mediante la implementación de cuadripolos pasivos configurados como escaleras, T puenteados, doble T, puentes...

Sabrá elegir la configuración circuital y el método de síntesis adecuado en base a la ubicación de las singularidades de la función transferencia y a los requerimientos de sus ceros de transmisión.

Será capaz de verificar la síntesis haciendo uso de las herramientas vistas en la etapa de análisis.

- **Módulo 6**

Al concluir este módulo manejará la Teoría Moderna de Filtros con soltura y habrá aplicado la mayoría de los conocimientos adquiridos en los módulos anteriores hasta lograr su dominio.

Sabrá por lo tanto aproximar las especificaciones o requerimientos mediante un adecuado modelo matemático y no tendrá inconvenientes en sintetizarlo haciendo uso tanto de redes tanto pasivas como activas y empleando estructuras analógicas y/o digitales



El contenido de este módulo está basado sobre un texto que el alumno deberá ser capaz de interpretar correctamente y sobre el que seguramente se basará una buena parte de la evaluación final. El docente no desarrollará este módulo de la misma forma que los anteriores y solo tendrá una actitud tutorial.

Se tratará en esta última etapa que el alumno lea, comprenda, consulte y resuelva problemas vinculados con la asignatura y en lo posible se ayude con técnicas de simulación antes de implementar una red prototipo.

Se destaca que la interpretación del mencionado texto sólo será posible si el alumno domina la mayoría de los conceptos y herramientas, tanto de análisis como de síntesis de redes, presentadas en los módulos anteriores.

Finalmente las mediciones sobre el prototipo le indicarán hasta que punto lo predecible es cierto y de que modo es factible minimizar estas diferencias, ya sea retocando las hipótesis de partida o seleccionando adecuadamente la tecnología.

## **PROGRAMA ANALÍTICO. CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS:**

- **Módulo 1**

### **INTRODUCCION**

Excitación, red y respuesta. Análisis y síntesis de redes. Objetivos del análisis. La síntesis intuitiva y los métodos sistemáticos. La transformada de Laplace y el campo frecuencial complejo. Los componentes de red y sus modelos. Los elementos ideales y los reales. Hipótesis simplificadoras: linealidad, concentración e invariancia en el tiempo.

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.

El amplificador operacional. Modelos ideales y reales. Análisis de redes con AO ideales.

Relación entre 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.



- **Módulo 2**

### **SINTESIS DE FUNCIONES DE EXCITACION**

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. Funciones mínimas y preámbulo de Foster. Métodos sistemáticos: Brune, Boot-Duffin y Miyatta

- **Módulo 3**

### **ANALISIS 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. Tablas de conversión de parámetros. Aplicación a cuadripolos con fuentes controladas y amplificadores operacionales

Matrices de fuentes controladas. Implementación con amplificadores operacionales. Interconexión de cuadripolos pasivos. Test de Brune. Estructuras T puenteada, doble T, Láttice.... Transformación de redes desbalanceadas a balanceadas.

Cuadripolos cargados. Evaluación de funciones de excitación y de transferencia. Definición e implementación de convertidores de impedancia: NIC, GYR, GIC, FDNR.... Interconexiones con NIC, GYR, GIC y redes pasivas. Solución mediante cálculo matricial y gráficos de flujo de señal (SFG)

Matriz admitancia indefinida. Propiedades. Aplicación al cálculo de funciones de excitación Aplicación al cálculo de transferencias de redes pasivas y activas. Aplicación al caso de los tripolos (transistores, giradores.). Aplicación a redes con amplificadores operacionales. Propiedades asociadas a las redes escalera.

Interconexión activa. Conceptos de realimentación y estabilidad. Ventajas e inconvenientes de la realimentación. Modificación de la ganancia y niveles de impedancia. Márgenes de ganancia y de fase. Interpretación gráfica. Criterios de Bode y de Nyquist. Concepto de esquemas en bloque y gráficos de flujo de señal. Osciladores: condición y frecuencia de oscilación.

Caracterización de cuadripolos mediante parámetros imagen. Redes iterativas. Definición de impedancia iterativa, imagen y característica. Función propagación. Unidades de transmisión: el Neper, el dB, el dBm, dBm0,...

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 y sus aplicaciones.



- **Módulo 4**

### **APLICACIONES**

Definición e implementación de redes adaptadoras de impedancia. Adaptación en banda ancha y banda angosta. Adaptación imagen y adaptación para máxima transferencia de potencia

Diseño de redes adaptadoras. Empleo de transformadores, NIC y GYR como redes adaptadoras

Definición e implementación de redes atenuadoras. Atenuadores estructurados como T, Pi, doble T, T puenteado, Láttice. Atenuadores simétricos y asimétricos. Atenuadores balanceados y desbalanceados. Atenuadores de pérdidas mínimas.

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....

Filtros puente o Láttice. Los resonadores piezoeléctricos como filtros. El filtro m-derivado como ecualizador de retardo. El análisis de redes de resistencia constante. Ecualizadores de amplitud y fase

- **Módulo 5**

### **SINTESIS DE FUNCIONES TRANSFERENCIA**

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. Transformación de cuadripolos balanceados en desbalanceados. Síntesis de transferencias simplemente cargadas. Síntesis de transferencias doblemente cargadas. Método de Darlington

Síntesis de transferencias con pérdidas. Condiciones de realizabilidad. Condiciones de parte real y residuo. Condición de polo compacto. Transformación de parámetros no compactos en compactos. Ceros de transmisión. Transferencias en vacío y cargadas. Síntesis mediante redes escalera

Métodos de síntesis mediante cuadripolos simétricos y compactos. Método de Osaky. Método de Guillemin. Método de Fialkow-Gerst. Realización balanceada y desbalanceada. Diseño de redes de resistencia constante: balanceadas y desbalanceadas, simétricas y asimétricas.



- **Módulo 6**

Con los conocimientos adquiridos en la primera parte del cuatrimestre, el alumno está en condiciones de interpretar los contenidos de cualquiera de los textos propuestos como guía para introducirse en el diseño de filtros y ecualizadores temas que evidentemente constituyen la base teórica y práctica de la segunda parte del cuatrimestre.

## **TEORIA 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. Los ábacos, gráficos y tablas de diseño. Obtención de la función transferencia. Los procesos de síntesis. Concepto de sensibilidad.

Implementación mediante redes reactivas. Síntesis de transferencias pasa bajos. Uso de tablas. Dualidad y reciprocidad. Efectos de la disipación. Técnicas de predistorsión. Transformación pasa bajo - pasa alto

Filtros pasa banda. Banda ancha y banda angosta. Filtros Notch. Transformación pasa bajo - pasa banda. Implementación mediante el acoplamiento de circuitos resonantes. Técnicas de predistorsión. Estructuras pasa banda elíptica. Filtros elimina banda. Transformación de frecuencia. Implementación mediante redes reactivas. Refinamiento en el diseño de filtros LC. Selección de componentes. Mediciones, ajuste y sintonía

Implementación mediante redes activas. Ventajas y limitaciones de los filtros activos. Síntesis directa. Estructuras de Kuh, Linvill, Yanagisawa, Mitra, Matthew.... Los métodos de simulación. La transformación de Bruton y las redes implementadas con FDNR.

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.(estructuras de Sallen-Key). Estructuras de variables de estado. Biquad (SAB y MAB) y Leapgroff. Estructuras pasa banda con NIC y GYR

Síntesis de transferencias a todo polo y elípticas. Síntesis de transferencias de orden superior. Concepto de la síntesis en cascada. Diseño usando tablas.

Redes en el dominio temporal. Transferencias pasa todo de primer y segundo orden. Implementación mediante redes reactivas. Síntesis mediante redes activas. Diseño de líneas de retardo pasivas y activas. Ecualizadores de retardo

Filtros a condensadores conmutados (SC). Señales presentes en un circuito SC. Análisis de redes SC. Circuitos equivalentes en el dominio Z de las redes SC. Síntesis de filtros activos SC.

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 fieltro. Diseño de filtros IIR pasa bajos, pasa banda y elimina banda. Tecnología DSP.



## **BIBLIOGRAFIA:**

### **BIBLIOGRAFÍA BASICA**

Apuntes	Alberto J. Araujo
Apuntes	Sigfredo Pagel
Introduction to modern network synthesis	Van Valkenburg
Network synthesis	Balabanian
Operational amplifier	Graeme-Tobey-Huelsman
Passive and active filter theory and implementation	Wai-Kai Chen

### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

Active and passive analog filter design	Lawrence P. Huelsman
Active filter design	Arthur B. Williams
Amplificadores Operacionales y circuitos integrados lineales	Robert Coughlin- Frederick
Analog and digital filters: design and realization	Harry Lam
Digital filters: analysis and design	Andrea Antoniou
Electric filter	Hasler Neyrinck
Electronic filter design handbook	Arthur B. Williams
Etude des filtres passifs	Tribes
First principles of discrete system and digital signal processing	Robert Strum-Donald Kirk
Filtres actifs à amplificateurs opérationnels	Sescosem
Handbook of filter synthesis	Zverev
Handbook of operational amplifier circuit design	Stout-Kaufman
IC OP-Amp	Jung
Implementing IIR / FIR filters with Motorola's DSP	Motorola
Ingeniería de comunicaciones	Everitt y Hanner
La progettazione dei filtri elettronici	Liberatore-Manetti
Linear integrated network	Moschytz
Manual para ingenieros y técnicos	Seidman-Kaufman
Network analysis and synthesis	Wiemberg
Operational amplifier	Graeme-Tobey-Huelsman





## **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA.**

### **Dictado de clases teóricas:**

El profesor será el encargado de transmitir a sus eventuales alumnos los conceptos asociados a cada módulo sin perder de vista los objetivos específicos y tratando de ayudar a entender, más que enseñar.

Los conceptos abstractos se esclarecerán a través de problemas prácticos los que perseguirán un doble objetivo: por un lado ilustrar el manejo de las herramientas de análisis y síntesis y por otro lado aplicarlas a circuitos o redes de aplicación concreta.

Se intentará ir de lo simple a lo complejo fijando para ello una secuencia que, además de favorecer el aprendizaje, relacione entre sí los contenidos y facilite la integración de los conocimientos.

## **EXPERIENCIAS DE LABORATORIO, TALLER O TRABAJOS DE CAMPO**

### **Dictado de clases prácticas**

El auxiliar docente se hará cargo de esta actividad. Los alumnos contarán con una guía de Trabajos Prácticos, en la que se sugerirá una serie de problemas y el Docente Auxiliar será el encargado de orientarlos en su resolución y fundamentalmente en su interpretación y posibles aplicaciones prácticas.

### **Clases de laboratorio**

Se tratará de organizar clases de trabajos prácticos de laboratorio con el objeto de evidenciar las inevitables discrepancias entre los resultados teóricos, los métodos de simulación y la realidad. Se utilizarán recursos del laboratorio y prototipos desarrollados por los alumnos como respuesta a una consigna de la cátedra y se destinarán las tres últimas clases para la presentación y discusión de los mencionados trabajos.



## USO DE COMPUTADORAS

### Clases de simulación

Esta metodología se implementará en la medida que los recursos de la facultad lo permitan. La idea es complementar la resolución de los problemas propuestos utilizando software específico, como ser el software de simulación profesional **Orcad Pspice** y **Matlab** haciendo notar sus ventajas y limitaciones y motivando al alumno para que sugiera, discuta y proponga sobre el particular.

## METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

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

Oportunamente se comunicarán las fechas correspondientes a los exámenes parciales 1 y 2.

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 su auxiliar docente. 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 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.



## CALENDARIO DE ACTIVIDADES

### Cronograma Cuatrimestral

Dictado de clases teóricas	62 horas
Dictado de clases prácticas	20 horas
Ensayos de Laboratorio	06 horas
Parciales y Recuperatorios	08 horas
TOTAL	96 horas

### Cronograma de actividades

Módulo 1	04 horas
Módulo 2	04 horas
Módulo 3	06 horas
Módulo 4	06 horas
Módulo 5	06 horas
Módulo 6	06 horas

### Primer Examen Parcial y Recuperatorios

Módulo 7	10 horas
Módulo 8	10 horas
Módulo 9	06 horas
Módulo 10	06 horas

### Segundo Examen Parcial y Recuperatorios

## REGLAMENTO DE PROMOCIÓN

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

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

Para promocionar la materia se deberá cumplimentar la requisitoria aprobada oportunamente por el Consejo Académico

*“Certifico que el presente programa de estudios de la asignatura **Teoría de Circuitos II** es el vigente para el ciclo lectivo **2014**, guarda consistencia con los contenidos mínimos del plan de estudios y se encuentra convenientemente actualizado”*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

<i>Firma</i>	<i>Aclaración</i>	<i>Cargo</i>	<i>Fecha</i>
--------------	-------------------	--------------	--------------