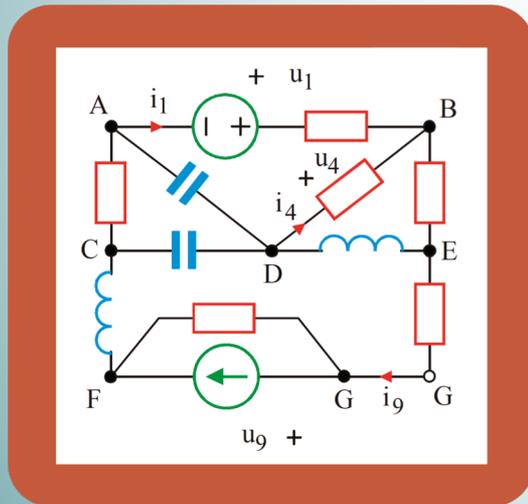


Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

U.D. 1: ELEMENTOS DE CIRCUITOS LINEALES

Tema 1.1 - Introducción



Alberto Arroyo Gutiérrez
José Carlos Lavandero González
Sergio Bustamante Sánchez
Eugenio Sainz Ortiz
Alberto Laso Pérez
Raquel Martínez Torre
Mario Mañana Canteli

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este material se publica bajo la siguiente licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Grado en Ingeniería Eléctrica y Grado en Ingeniería en
Electrónica Industrial y Automática

G412/G280 FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

U.D. 1: Elementos de Circuitos Lineales

Tema 1.1 - Introducción

Tema 1.1 - Introducción

- 1. Clase Previa**
- 2. La Ingeniería Eléctrica**
- 3. La Asignatura**
- 4. Campos cuasi-estacionarios**
- 5. Generalidades de Circuitos**
- 6. Ejemplo**
- 7. Resumen de la Clase**
- 8. Clase Siguiete**

1

Clase Previa

<https://moodle.unican.es/course/view.php?id=13845>

U.D. 1

Generalidades
de circuitos

Tema 1

Formas
de onda

Tema 2

Aparatos de
medida

Tema 3

Elementos pasivos
de dos terminales

Tema 4

Asociación de
elementos pasivos

Tema 5

Elementos activos
de dos terminales

Tema 6

Asociación de
elementos activos

Tema 7

Elementos y
magnitudes duales

Tema 8

U.D. 2

Introducción

Tema 1

M.C.I.

Tema 2

Transformada
compleja

Tema 3

Método
complejo

Tema 4

Potencia en
régimen sinusoidal

Tema 5

Potencia
instantánea en R.S.

Tema 6

Balance de
potencias

Tema 7

Medida de la
potencia

Tema 8

Mejora del factor
de potencia

Tema 9

Fuentes reales en
A.C.

Tema 10

Teorema de M.T.P.

Tema 11

U.D. 3

Introducción

Tema 1

RLC en el dominio
de la frecuencia

Tema 2

U.D. 4

Introducción

Tema 1

Análisis mediante
leyes de Kirchhoff

Tema 2

Maxwell. Análisis
por mallas

Tema 3

Maxwell. Análisis
por nudos

Tema 4

Funciones
de Red

Tema 5

Teorema de
Reciprocidad

Tema 6

Teorema de
Superposición

Tema 7

Teoremas de
Thevenin y Norton

Tema 8

Teorema de
compensación

Tema 9

- Conocimientos previos de:



2

La Ingeniería Eléctrica

✓ La Ingeniería Eléctrica

◆ ¿De qué trata?

- Estudia las aplicaciones de la electricidad, la electrónica y el electromagnetismo, basadas sobre conocimientos físicos y matemáticos.

◆ Materias que abarca

- La ingeniería eléctrica clásica, incluye las materias de electrotecnia, electrónica, sistemas de control, procesamiento de señales y las telecomunicaciones.

◆ Reconocimiento profesional

- Desde el siglo XIX, es una de las áreas fundamentales de la ingeniería.
- Se trata de una carrera profesional reconocida en todo el mundo.

◆ Contexto actual

- Sus actividades iniciales, fueron: el alumbrado eléctrico, el uso del telégrafo y la generación industrial de energía eléctrica.
- Dada la entidad propia que van adquiriendo las distintas materias que la componen, estas van formando nuevas ingenierías, separadas de la ingeniería eléctrica clásica, tales como: la ingeniería electrónica, la ingeniería de sistemas y automática y la ingeniería de telecomunicaciones.
- Ingeniería eléctrica actual, contempla: *la generación, el transporte, la distribución y la utilización de la energía eléctrica.*

3

La Asignatura

◆ Objetivos

- Hacer posible el progreso del futuro ingeniero en las materias de naturaleza eléctrica y electrónica.

◆ ¿De qué trata?

- De la introducción a la Teoría de Circuitos Eléctricos.
- Comprende el *Análisis de los Circuitos Eléctricos*, que permite determinar los niveles de tensión, corriente, potencia y energía en cada punto de un circuito, como respuesta a una determinada excitación.
- Históricamente, la Teoría de los Circuitos Eléctricos se denominaba Electrocinética. Su desarrollo fue independiente de la Teoría de Campos Electromagnéticos.
- Las bases iniciales de esta rama de la Ingeniería Eléctrica se fundamentan en la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff.

4

Campos Cuasi-Estacionarios

◆ Introducción

- La Teoría de Circuitos constituye una simplificación de una teoría más completa: la Teoría de Campos Electromagnéticos, sintetizada, al final, por J.C. Maxwell.
- Las simplificaciones están basadas en la consideración de *campos electromagnéticos cuasiestacionarios*, lo que implica que sólo puede aplicarse cuando la longitud de onda de las señales (tensiones, corrientes, ...) presentes en el circuito, son mucho mayores que las dimensiones físicas de éste.
- Este hecho ocurre en la mayoría de las aplicaciones electrotécnicas, si se exceptúan las líneas largas de transporte de energía eléctrica.
- El uso en Electrotecnia de la Teoría de Circuitos frente a la de campos, está justificado en cuanto supone una mayor potencialidad –facilidad– de cálculo, junto con una precisión suficiente.

◆ Origen de los fenómenos electromagnéticos

- Los fenómenos electromagnéticos, tienen su origen en:
 - + La carga eléctrica, q (unidad: culombio, C).
 - * Carga elemental (electrón): $e^- = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 - * Densidad de carga, ρ (C/m^3)
 - + La corriente eléctrica, i (unidad: amperio, A).
 - * Densidad de corriente, \vec{J} (A/m^2)
- Cargas y corrientes, originan interacciones o fuerzas entre si, \vec{F} (unidad: newton, N).

◆ Magnitudes de los campos electromagnéticos

- Intensidad del campo eléctrico, \vec{E} (V/m).
- Inducción eléctrica (desplazamiento) \vec{D} (C/m^2).
- Intensidad del campo magnético, \vec{H} (A/m).
- Inducción magnética, \vec{B} (unidad: tesla, T).

◆ Leyes del campo electromagnético

- En 1865, el físico-matemático escocés, James C. Maxwell, publicó en “A Dynamical Theory of Electromagnetic Field”, la unificación de las distintas leyes eléctricas hasta entonces conocidas.
- Dichas ecuaciones, conocidas como “Ecuaciones de Maxwell”, relacionan las cuatro magnitudes vectoriales, junto con las densidades de carga y corriente.
- Las ecuaciones de Maxwell, junto con el principio de conservación de la carga y la ecuación de Lorentz, constituyen el fundamento del Electromagnetismo.

◆ **Clasificación y propiedades de los materiales ideales**

+ Materiales ideales: homogéneos, lineales e isótropos.

- Conductores: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$.

+ σ = conductividad (siemens/metro, S/m)

+ $\rho = 1/\sigma$ = resistividad (Ω m)

- Dieléctricos o aislantes: $\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$.

+ ε = permitividad, (faradio/metro, F/m)

+ $\varepsilon_0 = 10^{-9} / 36 \pi$ F / m (del vacío o aire)

+ $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ (permitividad relativa o cte. dieléctrica)

- Magnéticos: $\vec{B} = \mu \vec{H}$.

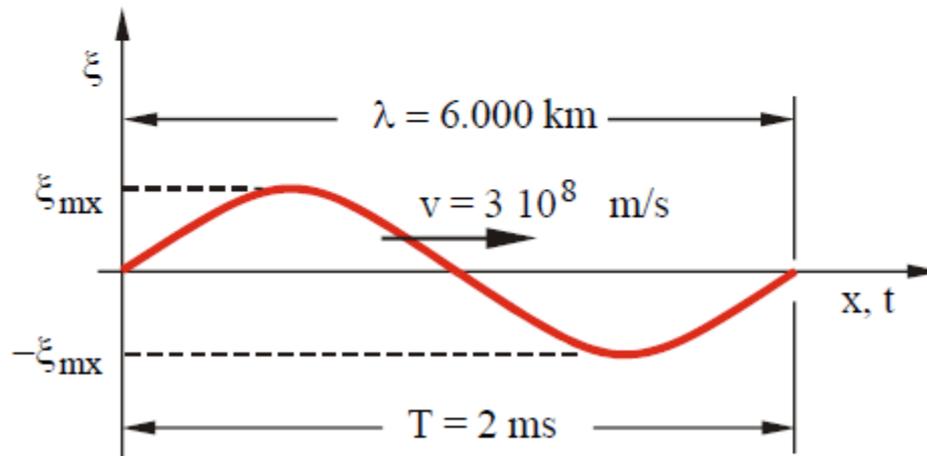
+ μ : permeabilidad, (henrio/metro, H/m)

+ $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7}$ H / m (del vacío o aire)

+ $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ (p. relativa)

◆ **Análisis eléctrico o electrotécnico**

- Constituye una simplificación de las leyes de Maxwell.
- Campos eléctricos industriales: son de variación lenta en el tiempo.
 - + Frecuencia, $f = 50$ Hz (hercio)
 - + Periodo, $T = 1/f = 20$ ms.
 - + Longitud de onda, $\lambda = c \cdot T = 6.000$ km.



- Consecuencias:
 - + Energía es canalizada a través conductores, siendo la energía radiada despreciable.
 - + Para $\lambda / 20 \leq 300 \text{ km}$:
 - * La transmisión de señales es instantánea.
 - * Origina circuitos con elementos denominados, de *parámetros concentrados* o puntuales, que son independientes de la distancia. Es de aplicación la Teoría de Circuitos Eléctricos.
 - + Para $\lambda / 20 > 300 \text{ km}$:
 - * La transmisión de señales presenta un cierto retardo.
 - * Origina circuitos con elementos denominados, de *parámetros distribuidos*, que son dependientes de la distancia. Se aplica la teoría de redes eléctricas.

◆ Características de los campos cuasiestacionarios

- Aplicación de un campo eléctrico a un conductor:
 - + Corriente de conducción.
 - + Energía disipada en forma de calor.
- Aplicación de un campo eléctrico a un aislante o dieléctrico:
 - + Desplazamiento de cargas.
 - + Almacenamiento de energía.
- Circulación de corriente eléctrica por un conductor:
 - + Campo magnético.
 - + Almacenamiento de energía.
- Conductor sometido a campo magnético variable:
 - + Induce una f.e.m. o tensión.
 - + Si conductor cerrado, corriente conducida.

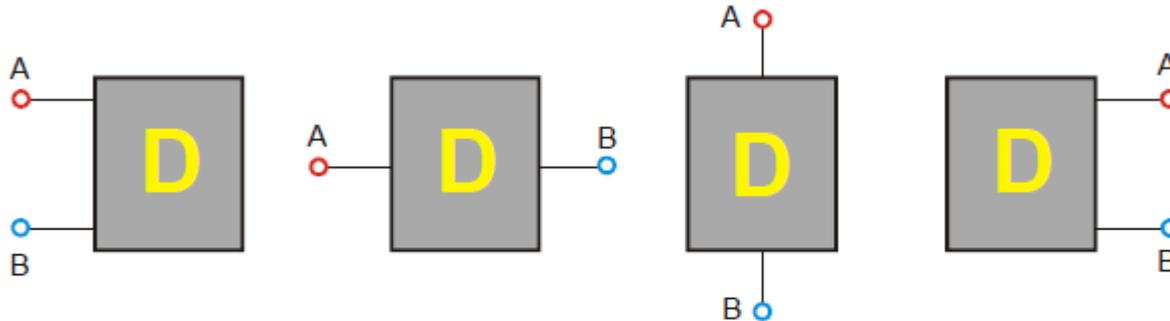
5

Generalidades de Circuitos

✓ Circuito eléctrico

◆ **Dipolo –bipolo– eléctrico**

- Circuito eléctrico con dos terminales accesibles, A y B.

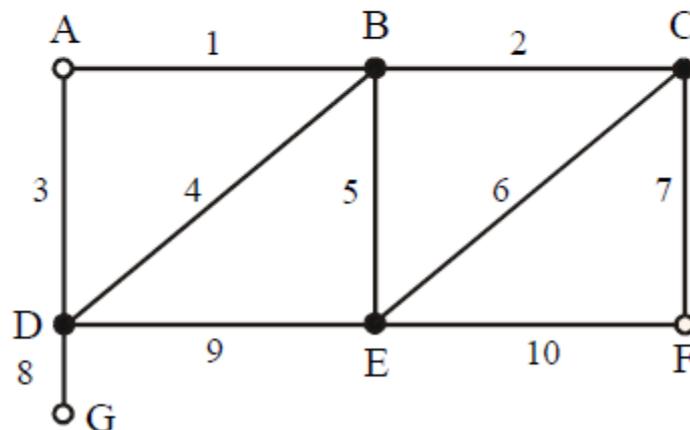


- Constitución:
 - + Desde un circuito complejo, hasta un sólo elemento.
 - + Carácter interno desconocido.

◆ Estructura –topología– del circuito o red

• Algunas definiciones iniciales

camino.- subconjunto ordenado de ramas. En cada punto del camino inciden dos ramas, salvo en los nodos extremos (1269, 14967, etc).



+ Nudo.- extremo de una rama. En los nudos pueden confluir una, dos, tres, ..., r -ramas (A, B, C, ..., G). Se denomina *nudo principal*, aquél en el que confluyen tres o más ramas.

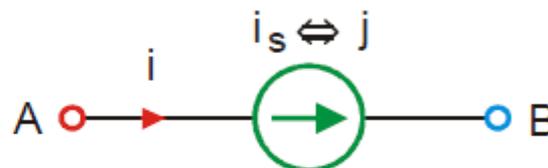
◆ **Variables utilizadas en los circuitos:** fácil medida

- **Tensión o diferencia de potencial (d.d.p.)** -prohibido voltaje-: Símbolo: $u \Leftrightarrow u(t)$.
 - + Unidad de medida: voltio, (V).
- **Corriente o intensidad** -prohibido amperaje-: Símbolo: $i \Leftrightarrow i(t)$.
 - + Unidad de medida: amperio, (A)
- **Potencia:** Símbolo: $p \Leftrightarrow p(t)$.
 - + Unidad de medida: vatio, (W)
- **Energía:** Símbolo: $w \Leftrightarrow w(t)$.
 - + Unidad de medida: julio, (J)

◆ **Criterio de signos de corrientes y tensiones en los elementos**

• Fuente ideal de corriente

+ Símbolo:

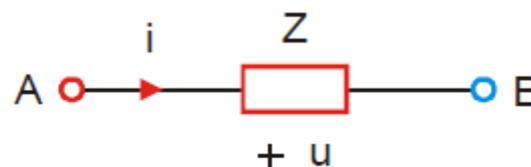


donde, $j \Leftrightarrow i_s$, corriente de fuente.

+ Consecuencia: $i = j$, para $\forall u_{AB}$

• Elemento pasivo

+ Símbolo:



donde, $Z = u/i = \text{impedancia}$.

+ Consecuencia: si $i > 0 \Rightarrow \begin{cases} u_A > u_B \\ u_{AB} = u \end{cases}$.

6

Ejemplo



Calcular el número de ramas, nudos, lazos y mallas del circuito. Dibujar en cada elemento sus polaridades. Aplicar las leyes de Kichhoff a los nudos principales y a las mallas. Calcular la d.d.p. U_{AB} por las 3 posibles ramas.

