

TEMA 1

INTRODUCCIÓN

Teoría de Circuitos

Dpto. Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad

Índice

- 1 **Magnitudes eléctricas**
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad

Carga eléctrica

Carga eléctrica, $q(t)$: Propiedad de las partículas elementales que constituyen la materia y que se manifiesta por medio de fuerzas eléctricas.

El electrón, e^- , constituye la carga eléctrica más pequeña posible.

Unidad en el SI: Culombio [C] que equivale a $6,242 \cdot 10^{18} q_e$.

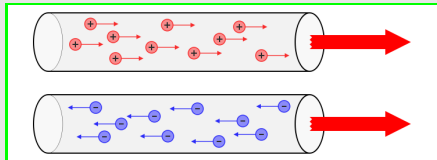


Charles-Augustin de
Coulomb
(1736-1806)

Corriente eléctrica

Corriente eléctrica, $i(t)$: Cantidad de carga que atraviesa una superficie de control en la unidad de tiempo:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$



Por motivos históricos, tiene asociado el sentido de movimiento de las cargas positivas (aunque las cargas que se mueven en los conductores sean siempre negativas).

Unidad en el SI: Amperio [A].

Conocida $i(t)$, la carga neta total que ha circulado por el conductor hasta el instante t es

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau$$



André-Marie Ampère
(1775-1836)

Voltaje (tensión, diferencia de potencial,...)

Se define la diferencia de potencial entre dos puntos como la energía necesaria para trasladar la unidad de carga entre dichos puntos:

$$u(t) = \frac{dw(t)}{dq(t)}$$

Unidad en el SI: Voltio [V].

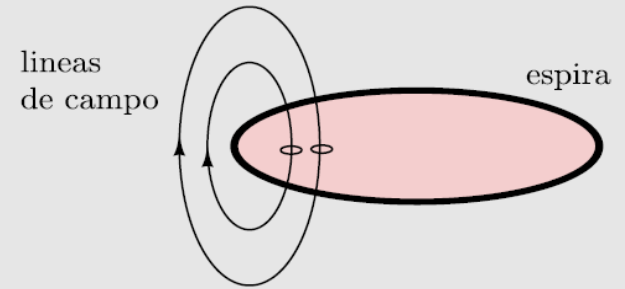


Alessandro Giuseppe
Antonio Anastasio Volta
(1745-1827)

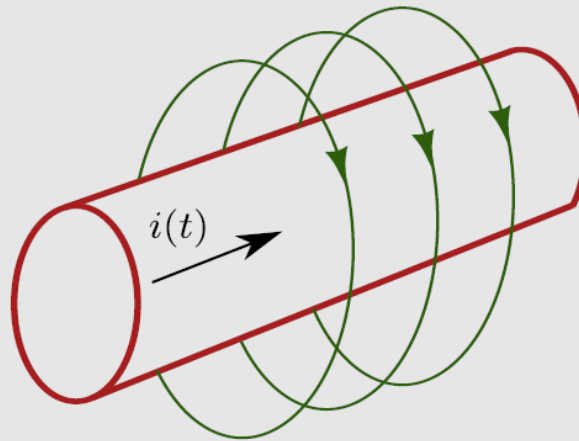
Flujo magnético

Flujo magnético, $\Phi(t)$: Conjunto de líneas de fuerza que atraviesan una superficie.

Unidad en el SI: Weber [Wb].



Electricidad-Magnetismo. Ley de Ampère: Toda corriente eléctrica crea un campo de fuerzas alrededor del conductor, de la misma naturaleza que la fuerza magnética asociada a los imanes naturales.

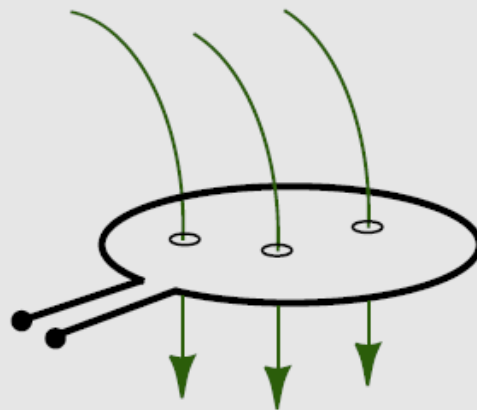


Flujo magnético

Magnetismo-electricidad. Ley de Faraday: Si los enlaces de flujo de la superficie delimitada por una espira varían con el tiempo, en los bornes de dicha espira se genera una tensión proporcional a la velocidad de variación del flujo neto concatenado:

$$u(t) = \frac{d\phi(t)}{dt}$$

- Se aplica a todo el flujo enlazado por la espira.
- El flujo puede provenir: imán permanente, electroimán, intensidad que recorre la propia espira.



Flujo magnético externo



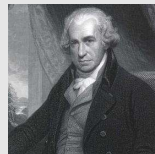
Flujo magnético originado por la corriente

Potencia y energía

Potencia: Cantidad de energía intercambiada en la unidad de tiempo.

$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt} = \frac{dw(t)}{dq(t)} \cdot \frac{dq(t)}{dt} = u(t) \cdot i(t)$$

Unidad en el SI: Vatio [W].



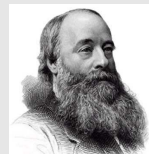
James Watt
(1736-1819)

Energía:

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau$$

Unidad en el SI: Julio [J].

Otras unidades muy utilizadas: [Wh] y [kWh].



James Joule
(1818-1889)

Potencia y energía

Ejercicio 1.1

Calcular el tiempo que tarda un circuito de 2000 W en consumir 16 kWh .

Solución: 8 horas.

Ejercicio 1.2

Una máquina de tren tiene una potencia nominal de 500 kW . En un trayecto de 1 hora se sabe que la máquina permanece el 50% del tiempo absorbiendo su potencia nominal mientras que el resto del tiempo absorbe solo la mitad de la potencia nominal. Calcular la energía absorbida por la máquina en dicho trayecto.

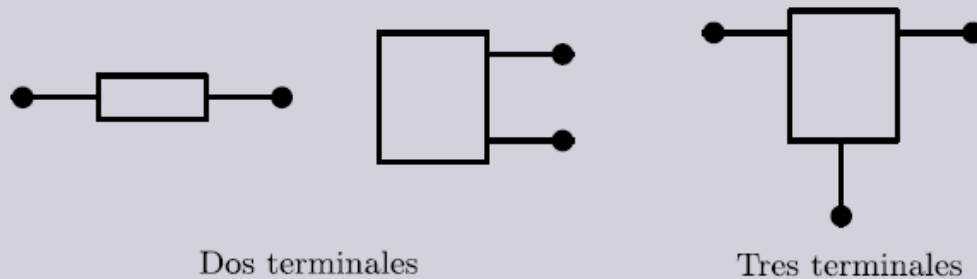
Solución: 375 kWh .

Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas**
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad

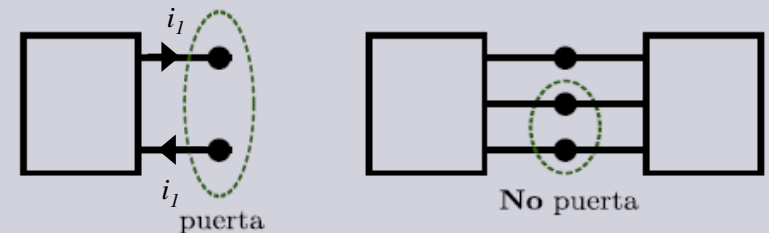
Terminal

Extremo de un conductor, o borne, preparado para facilitar su conexión con un componente elemental de un circuito.



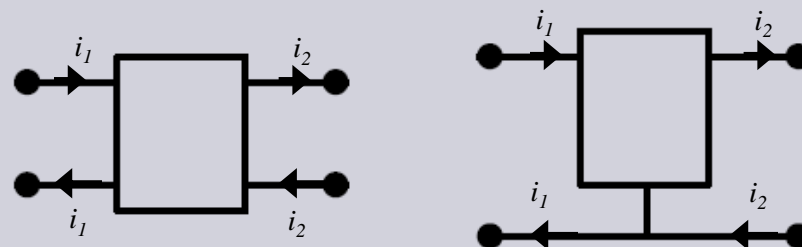
Puerta

Pareja de terminales donde la intensidad que entra por uno sale por el otro.



Bipuerta

Elemento de dos puertas.



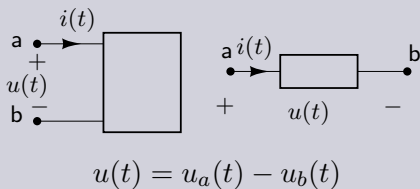
Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad**
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad

Unificar los criterios de signo de las magnitudes eléctricas.

Referencias Pasivas

Una vez definido el sentido positivo de la tensión, la intensidad entra por el terminal positivo.

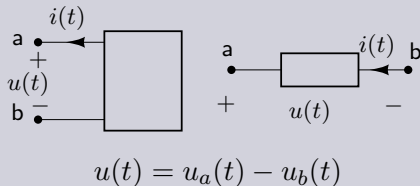
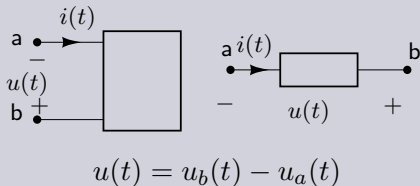


Si $p(t) = u(t) \cdot i(t) > 0 \rightarrow$ Absorbe potencia

Si $p(t) = u(t) \cdot i(t) < 0 \rightarrow$ Cede potencia

Referencias Activas

Una vez definido el sentido positivo de la tensión, la intensidad sale por el terminal positivo.



Si $p(t) = u(t) \cdot i(t) > 0 \rightarrow$ Cede potencia

Si $p(t) = u(t) \cdot i(t) < 0 \rightarrow$ Absorbe potencia

Las referencias son solamente un criterio de signos que permite medir las magnitudes pero la realidad no se ve afectada por utilizar unas u otras en el estudio del circuito.

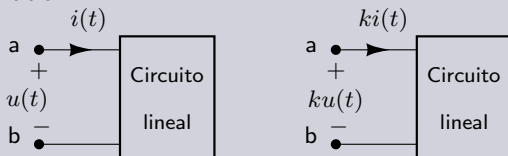
Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos**
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad

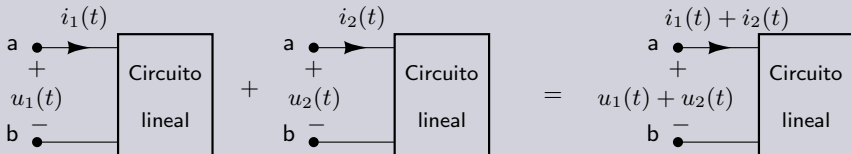
Circuitos lineales

Gobernados por ecuaciones lineales, donde las magnitudes eléctricas se suman, restan, derivan, integran o se multiplican por escalares.

- Proporcionalidad:**



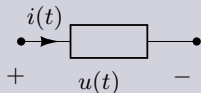
- Superposición:**



Circuitos no lineales

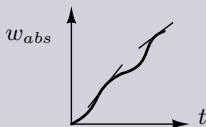
Generalmente son circuitos cuyos parámetros son función de la intensidad que lo recorre o de la tensión aplicada y casi siempre conducen a ecuaciones no lineales.

Circuitos pasivos y activos



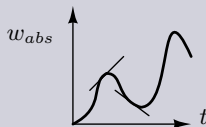
$$w_{abs}(t) = \int_{-\infty}^t p_{abs}(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^t u(\tau) \cdot i(\tau) d\tau$$

Circuitos pasivos: $w_{abs}(t) \geq 0, \forall t$



$$p_{abs}(t) \geq 0, \forall t$$

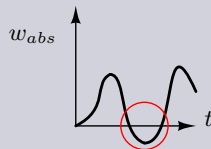
Disipativo



$$\text{Si } \exists t_0 \text{ tal que } p_{abs}(t_0) < 0$$

Almacenador

Circuitos activos: Si $\exists t_0$ tal que $w_{abs}(t_0) < 0$



Circuitos invariantes en el tiempo

Caracterizados por ecuaciones algebraicas o integrodiferenciales de coeficientes constantes.

Circuitos estáticos

Gobernados estrictamente por ecuaciones algebraicas.

Circuitos dinámicos

Gobernados por ecuaciones integrodiferenciales, cuya solución en un instante dado requiere conocer la historia pasada del circuito.

Tipo de excitación

- Circuitos de corriente continua.
- Circuitos de corriente alterna sinusoidal:
 - Circuitos monofásicos.
 - Circuitos trifásicos.

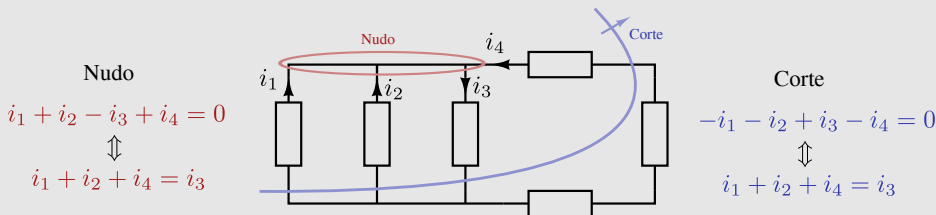
Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff**
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad

Ley de Kirchhoff de corrientes (Conservación de la carga)

En un nudo (corte) eléctrico donde inciden k conductores cuyas corrientes se suponen entrando al nudo se cumple que

$$\boxed{\sum_k i_k(t) = 0} \Leftrightarrow \boxed{\sum_{i, \text{entran}} i_i(t) = \sum_{j, \text{salen}} i_j(t)}$$



Nudo: Interconexión de varios terminales del circuito.

Corte: Conjunto de elementos de interconexión de una región del circuito con el resto.

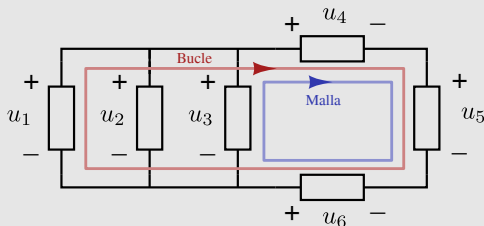
Ley de Kirchhoff de tensiones (Conservación de la energía)

En un bucle (malla) eléctrico formado por k elementos cuyas tensiones se suponen en el mismo sentido en el que se recorre el bucle (malla) se cumple que

$$\sum_k u_k(t) = 0$$

Bucle: Camino cerrado en un circuito.

Malla: Bucle que no contiene ningún otro en su interior.



Bucle

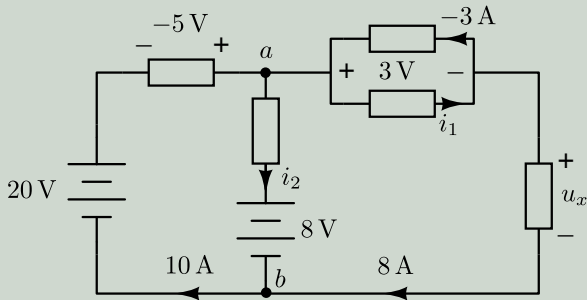
$$-u_1 + u_4 + u_5 - u_6 = 0$$

Malla

$$-u_3 + u_4 + u_5 - u_6 = 0$$

Ejercicio 1.3

Aplicando las leyes de Kirchhoff, determinar i_1 , i_2 , u_{ab} y u_x .



Solución: $i_1 = 5\text{ A}$, $i_2 = 2\text{ A}$, $u_{ab} = 15\text{ V}$ y $u_x = 12\text{ V}$

Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia**
- 7 Dualidad

Principio conservación de la energía

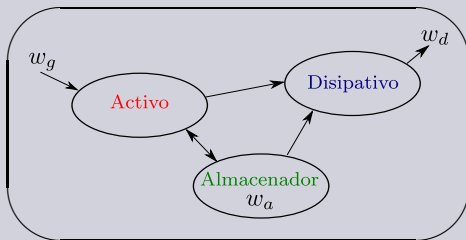
$$w_g(t) = w_a(t) + w_d(t)$$

$$\downarrow$$

$$w_d(t) + w_a(t) - w_g(t) = 0$$

$$\downarrow [d/dt]$$

$$p_d(t) + p_a(t) - p_g(t) = 0$$



Balance de potencia

El sumatorio de potencias absorbidas (o cedidas) es igual a cero.

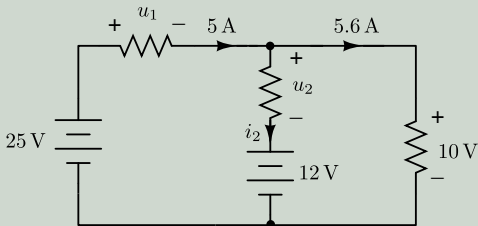
$$\sum_k p_k(t) = 0$$

Alternativamente:

$$\sum_{i, cedida} p_i(t) = \sum_{j, absorbida} p_j(t)$$

Ejercicio 1.4

Calcular la potencia de cada uno de los elementos del circuito y efectuar el balance de potencia.



Índice

- 1 Magnitudes eléctricas
- 2 Terminales y puertas
- 3 Referencias de polaridad
- 4 Clases de circuitos
- 5 Leyes de Kirchhoff
- 6 Balance de potencia
- 7 Dualidad**

Algunas observaciones

- La Teoría de circuitos se construye sobre dos magnitudes básicas: **tensión** e **intensidad**.
- El **flujo magnético** se relaciona con la tensión como la **carga eléctrica** con la intensidad:

$$u(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} \quad ; \quad i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

- La Teoría de circuitos se rige por las **leyes de Kirchhoff**, que resultan idénticas si cambiamos tensión por intensidad:

$$\sum_k i_k(t) = 0 \quad ; \quad \sum_k u_k(t) = 0$$

- El **nudo** y la **mall**a son los tipos más elementales de corte y bucle respectivamente.

Conclusiones

- La **tensión** y la **intensidad** son duales.
- El **flujo magnético** y la **carga eléctrica** son duales.
- Aplicar la ley de Kirchhoff de corrientes a un nudo o corte es dual de hacerlo con la ley de Kirchhoff de tensiones a una malla o bucle, respectivamente.

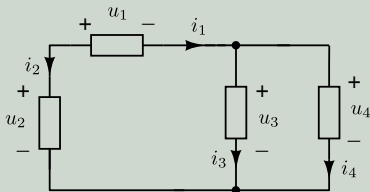
Tabla : Relaciones de dualidad

u	i
ϕ	q
malla	nudo
bucle	corte
serie	paralelo
cortocircuito	circuito abierto
potencia (energía)	potencia (energía)

Cualquier teorema, ecuación, etc. puede ser convertido a su dual sin más que intercambiar las magnitudes y conceptos que se corresponden en la anterior tabla.

Ejercicio 1.5

Determinar la configuración que debería tener el circuito dual del circuito de la figura



Solución:

