Tema 2

Elementos de circuitos

Curso OCW de:

Fundamentos de Electrotecnia

Centro Universitario de la Defensa Zaragoza

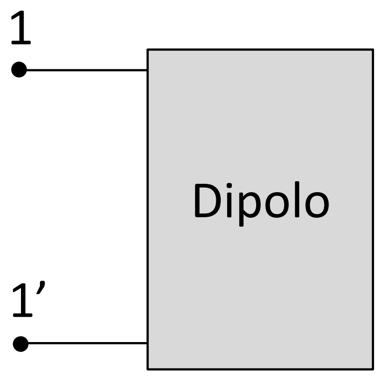
Índice

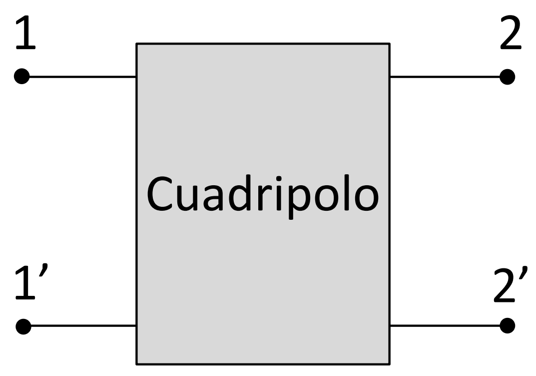
Tema 2.- Elementos de circuitos.

2.1. Elementos ideales de circuitos

2.1. Elementos ideales de circuitos

- *Se denomina **dipolo** a todo circuito eléctrico, compuesto por uno o varios elementos simples, que presenta dos terminales accesibles.*
- *Se denomina **cuadripolo** a todo circuito eléctrico, compuesto por uno o varios elementos simples, que presenta cuatro terminales accesibles.*





2.1. Elementos ideales de circuitos

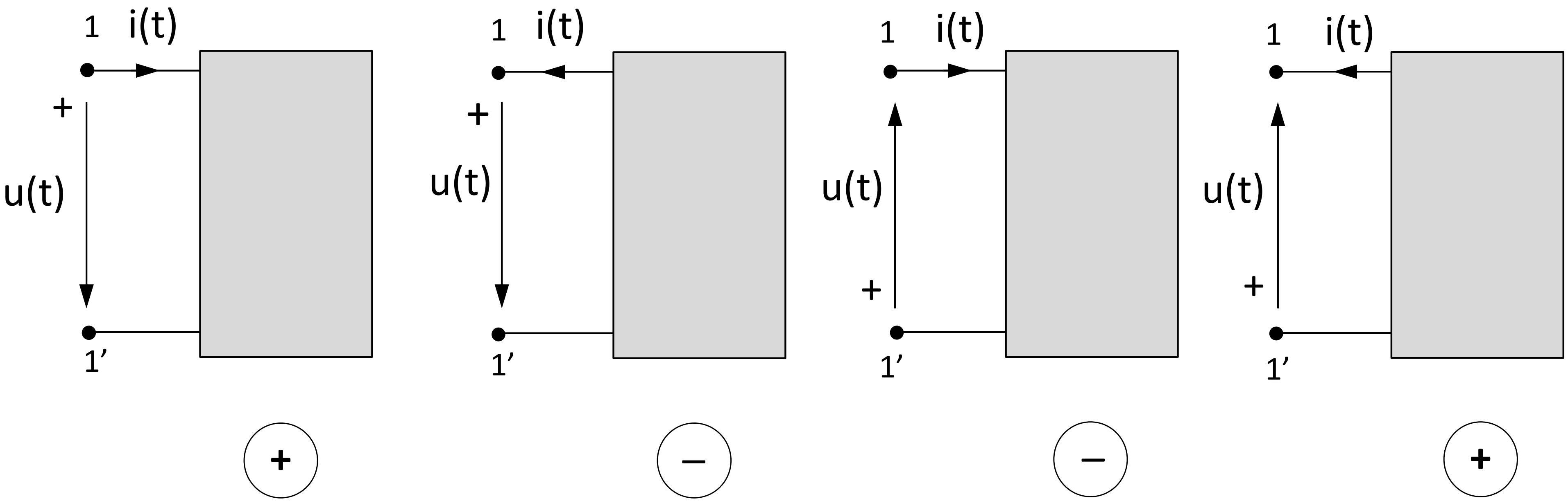
- ***Caracterizar un elemento de un circuito*** *consiste en expresar una relación funcional entre la intensidad que circula a través de él y la caída de tensión entre sus terminales.*

$$u = \pm f(i) \qquad\qquad i = \pm g(u)$$

- *Estas ecuaciones, que modelan matemáticamente el comportamiento de dichos elementos, se denominan* ***ecuaciones de definición****.*

2.1.1. Dipolos

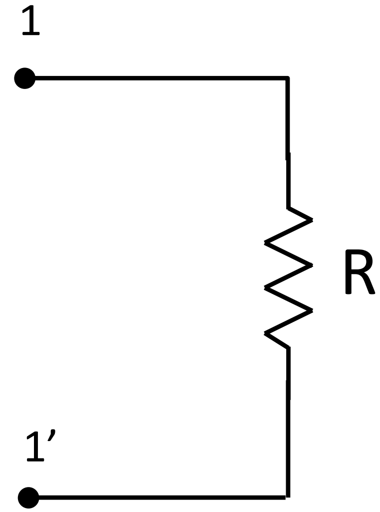
- *El **signo** de las ecuaciones de definición depende del sentido relativo entre las referencias de tensión y de intensidad.*



2.1.1.1. Resistencia

- *Al circular por ella una corriente eléctrica, disipa energía en forma de calor.*
- *La caída de tensión entre sus terminales es proporcional a la corriente que circula a través de ella* → ***Ley de Ohm.***

Representación:



Ec. de definición:

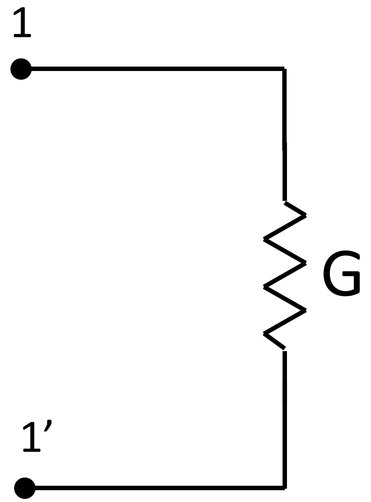
$$\boxed{u(t) = \pm R \cdot i(t)}$$

R: Resistencia

(se mide en ohmios, Ω)

2.1.1.1. Resistencia

- *Otra ecuación de definición:*



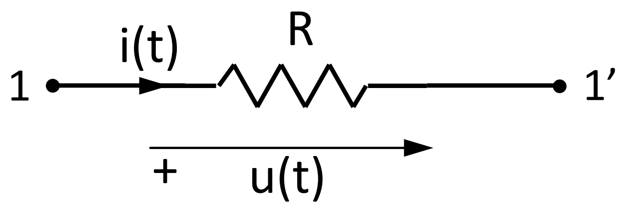
$$\boxed{i(t) = \pm\, G \cdot u(t)}$$

G: Conductancia
(se mide en siemens, S)

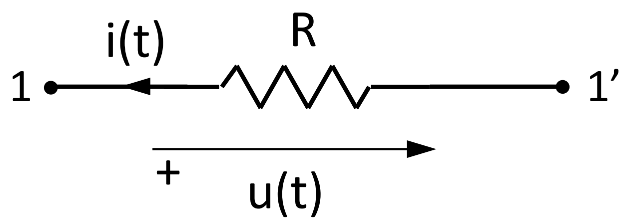
- *Se cumple que:* $G = \dfrac{1}{R}$

2.1.1.1. Resistencia

- *Ejemplos:*



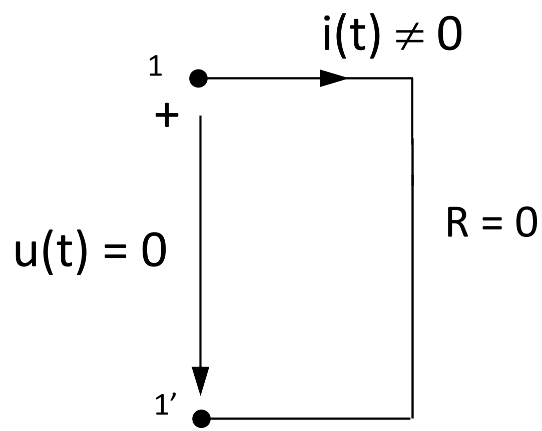
$$\begin{cases} u(t) = +R \cdot i(t) \\ i(t) = +G \cdot u(t) \end{cases}$$



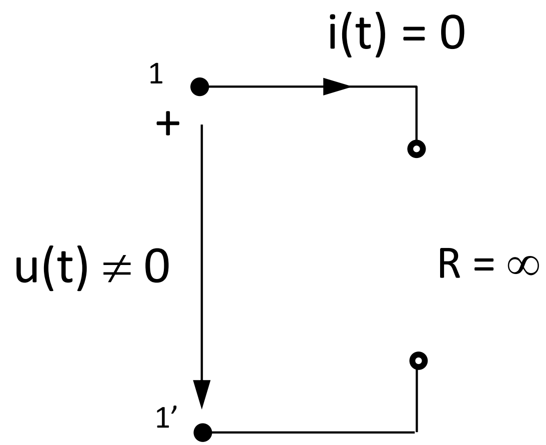
$$\begin{cases} u(t) = -R \cdot i(t) \\ i(t) = -G \cdot u(t) \end{cases}$$

2.1.1.1. Resistencia

- *Casos particulares:*
  - Si $R = 0$ ($G = \infty$), se cumple que la caída de tensión entre sus terminales es, en todo instante, igual a cero ($u(t)=0$). A este elemento se le denomina ***cortocircuito***.



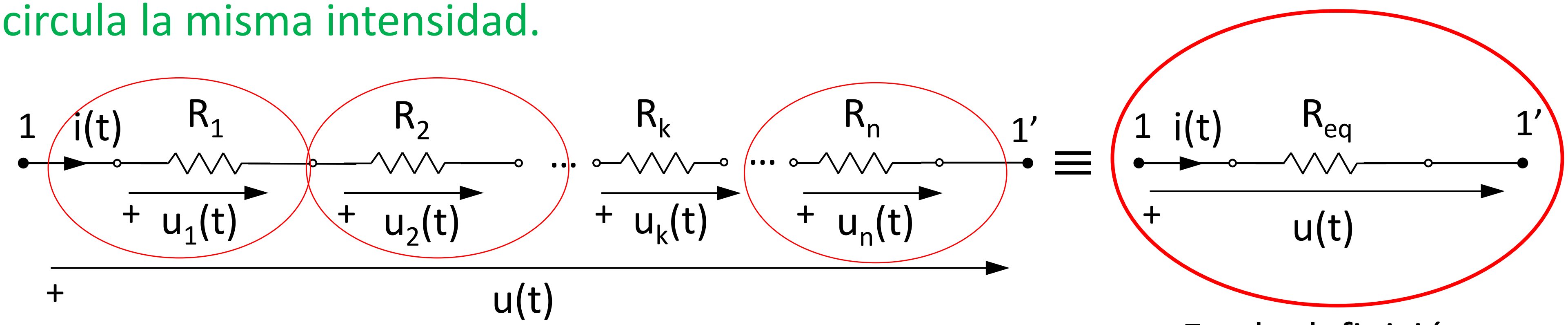
  - Si $R = \infty$ ($G = 0$), se cumple que la corriente que circula por ella es, en todo instante, igual a cero ($i(t) = 0$). A este elemento se le denomina ***circuito abierto***.



2.1.1.1. Asociación de resistencias

- *Asociación de resistencias en serie:*

Dos o más resistencias están conectadas en serie si por todas ellas circula la misma intensidad.



Ec. de definición:

$$u(t) = \mathrm{R}_{\mathrm{eq}} \cdot i(t)$$

$$\left.\begin{aligned} u_1(t) &= R_1 \cdot i(t) \\ u_2(t) &= R_2 \cdot i(t) \\ &\vdots \\ u_k(t) &= R_k \cdot i(t) \\ &\vdots \\ u_n(t) &= R_n \cdot i(t) \end{aligned}\right\}$$

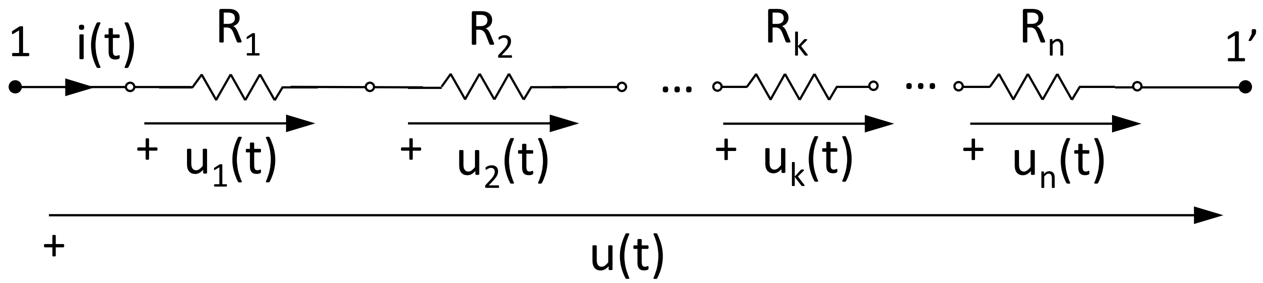
Ley de Kirchhoff de las tensiones:

$$u(t) = \sum_{k=1}^{n} u_k(t) = \left(\sum_{k=1}^{n} R_k\right) \cdot i(t)$$

$$\boxed{R_{eq} = \sum_{k=1}^{n} R_k}$$

2.1.1.1. Asociación de resistencias

- *Divisor de tensión:*



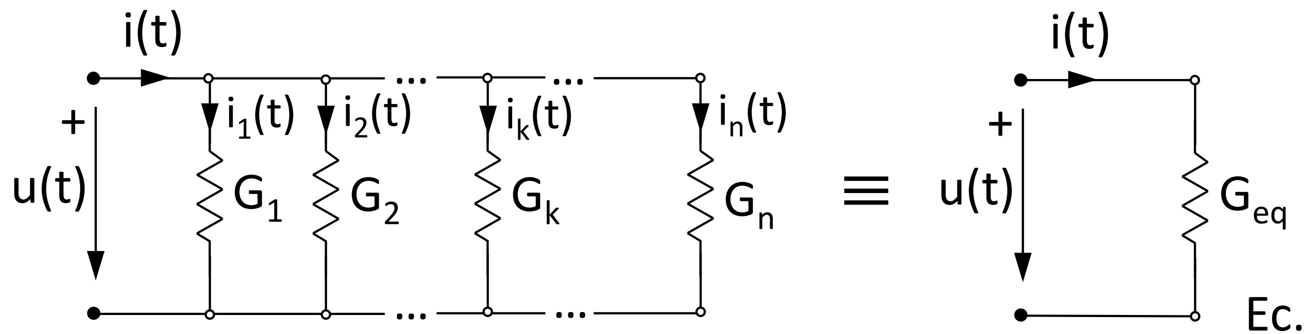
$$\left.\begin{aligned} u(t) &= \left(\sum_{k=1}^{n} R_k\right)\cdot i(t) \\ u_k(t) &= R_k \cdot i(t) \end{aligned}\right\} \quad \frac{u_k(t)}{u(t)} = \frac{R_k}{\sum_{k=1}^{n} R_k} \quad \Rightarrow \quad \boxed{u_k(t) = u(t)\frac{R_k}{\sum_{k=1}^{n} R_k}}$$

Expresión del divisor de tensión

2.1.1.1. Asociación de resistencias

- *Asociación de resistencias en paralelo:*

Dos o más resistencias están conectadas en paralelo si en bornes de todas ellas existe la misma tensión.



Ec. de definición

$$i(t) = G_{eq} \cdot u(t)$$

$$\left.\begin{aligned} i_1(t) &= G_1 \cdot u(t) \\ i_2(t) &= G_2 \cdot u(t) \\ &\vdots \\ i_k(t) &= G_k \cdot u(t) \\ &\vdots \\ i_n(t) &= G_n \cdot u(t) \end{aligned}\right\}$$

Ley de Kirchhoff de las intensidades:

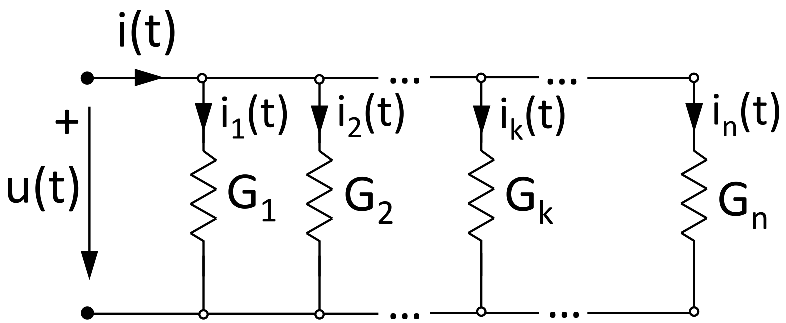
$$i(t) = \sum_{k=1}^{n} i_k(t) = \left(\sum_{k=1}^{n} G_j \right) \cdot u(t)$$

$$\boxed{G_{eq} = \sum_{k=1}^{n} G_k}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

2.1.1.1. Asociación de resistencias

- *Divisor de intensidad:*

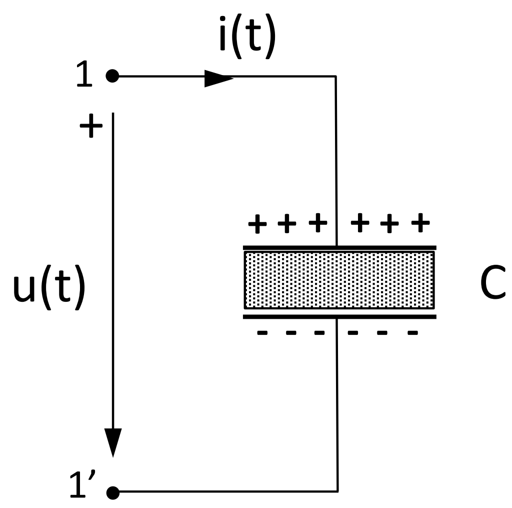


$$\left.\begin{aligned} i(t) &= \left(\sum_{k=1}^{n} G_k\right)\cdot u(t) \\ i_k(t) &= G_k \cdot u(t) \end{aligned}\right\} \quad \frac{i_k(t)}{i(t)} = \frac{G_k}{\sum_{k=1}^{n} G_k} \quad \Rightarrow \quad \boxed{i_k(t) = i(t)\frac{G_k}{\sum_{k=1}^{n} G_k}}$$

Expresión del divisor de corriente

2.1.1.2. Condensador

- *Elemento constituido por dos conductores enfrentados separados por un medio aislante llamado dieléctrico.*
- *Al aplicar una tensión entre estos dos conductores se depositan cargas eléctricas de signos contrarios en cada uno de ellos, apareciendo un campo eléctrico en el medio aislante.*
- *La cantidad de carga depositada es proporcional a la diferencia de potencial entre las placas.*



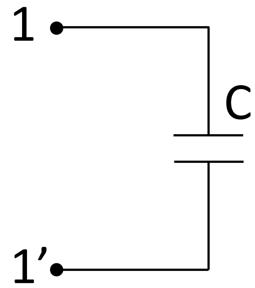
$$q(t) = C \cdot u(t)$$

C: Capacidad

(se mide en faradios, F)

2.1.1.2. Condensador

- *Representación:*



- *Ecuaciones de definición:*

$$q(t) = C \cdot u(t) \Rightarrow \frac{dq(t)}{dt} = C \cdot \frac{du(t)}{dt} \Rightarrow \boxed{i(t) = \pm C \cdot \frac{du(t)}{dt}}$$

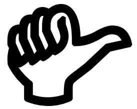
$$i(t) = \pm C \cdot \frac{du(t)}{dt} \Rightarrow u(t) = \pm \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i(\tau)d\tau = \pm \frac{1}{C}\left[\int_{-\infty}^{t_0} i(\tau)d\tau + \int_{t_0}^{t} i(\tau)d\tau\right] = u(t_0) \pm \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)d\tau$$

$$\boxed{u(t) = u(t_0) \pm \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)d\tau}$$

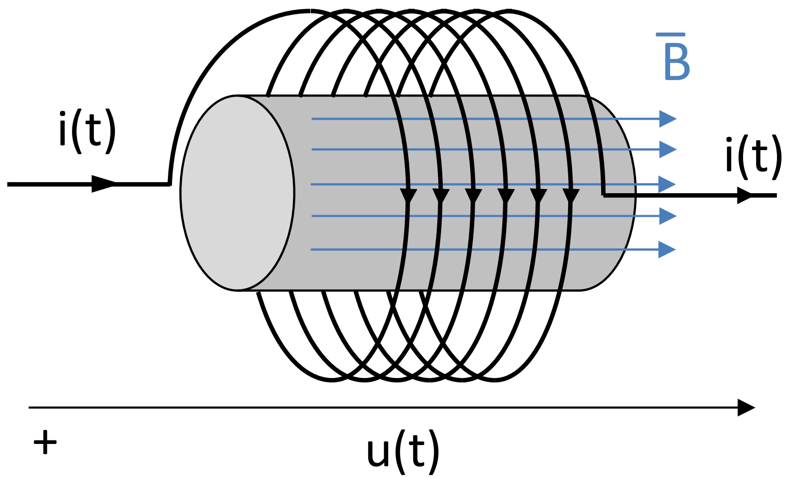
2.1.1.2. Condensador

- *A partir de:* $i(t) = \pm C \cdot \dfrac{du(t)}{dt}$
- *Se deduce que:*
  - La **tensión** en bornes del condensador ha de ser una **función continua en el tiempo**, ya que la existencia de puntos de discontinuidad supondría la existencia de instantes en los que la intensidad fuera infinita, algo físicamente imposible.
  - Si la tensión en bornes de un condensador tiene un valor constante en el tiempo (caso de **corriente continua**), su derivada respecto del tiempo es cero y, por lo tanto, $i(t) = 0 \ \forall t$, es decir, no circulará intensidad por el condensador. En estas condiciones, el condensador se comporta como un ***circuito abierto***.

2.1.1.3. Bobina



«Regla de la mano derecha»



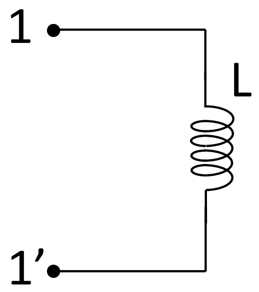
- *Elemento constituido por un conductor arrollado en forma de hélice alrededor de un núcleo. Cada una de las vueltas del arrollamiento se denomina espira.*
- *Al circular una intensidad por el conductor arrollado, se crea un campo magnético en el interior del núcleo de la bobina proporcional a la intensidad y en la dirección del eje de la bobina. El sentido de este campo es el del avance de un sacacorchos que gira con la corriente («regla del sacacorchos»).*

$$N \cdot \phi(t) = \pm L \cdot i(t)$$

L: coeficiente de autoinducción (se mide en henrios, H)

2.1.1.3. Bobina

- *Representación:*



- *Ecuaciones de definición:*

$$N \cdot \phi(t) = \pm L \cdot i(t) \Rightarrow N\frac{d\phi(t)}{dt} = L\frac{di(t)}{dt}$$

Ley de Faraday: $|u(t)| = \left|N\frac{d\phi(t)}{dt}\right|$

$$|u(t)| = \left|L\frac{di(t)}{dt}\right| \Rightarrow \boxed{u(t) = \pm L\frac{di(t)}{dt}}$$

$$u(t) = \pm L\frac{di(t)}{dt} \Rightarrow i(t) = \pm\frac{1}{L}\int_{-\infty}^{t} u(\tau)d\tau = \pm\frac{1}{L}\left[\int_{-\infty}^{t_0} u(\tau)d\tau + \int_{t_0}^{t} u(\tau)d\tau\right] = i(t_0) \pm \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u(\tau)d\tau$$

$$\boxed{i(t) = i(t_0) \pm \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u(\tau)d\tau}$$

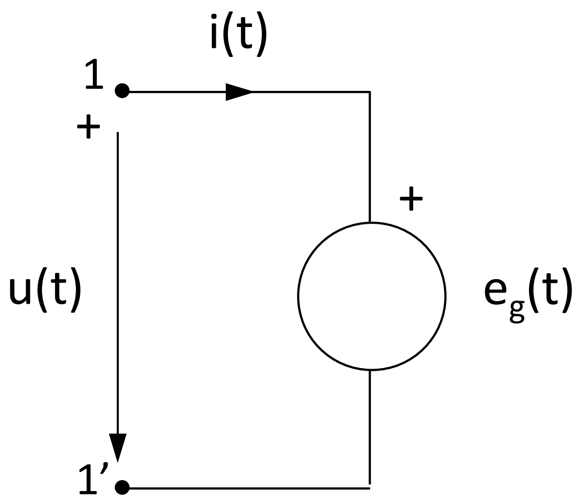
2.1.1.3. Bobina

- *A partir de:* $$u(t) = \pm L \frac{di(t)}{dt}$$

- *Se deduce que:*
  - La **intensidad** que circula por una bobina ha de ser una **función continua en el tiempo**, ya que la existencia de puntos de discontinuidad implicaría la existencia de instantes en los que la tensión entre sus bornes fuera infinita, algo físicamente imposible.
  - Si la intensidad que circula por una bobina es constante en el tiempo (caso de circuitos de **corriente continua**), su derivada con respecto al tiempo es cero y, por lo tanto, la tensión en bornes de la bobina es en todo instante cero. En estas condiciones, la bobina se comporta como un ***cortocircuito***.

2.1.1.4. Fuentes independientes

- ***Fuente ideal independiente de tensión:***
  - Se trata de un elemento de circuito que establece entre sus terminales una tensión bien definida a lo largo del tiempo.
  - Dicha tensión es, además, independiente del resto del circuito al cual está conectada la fuente.

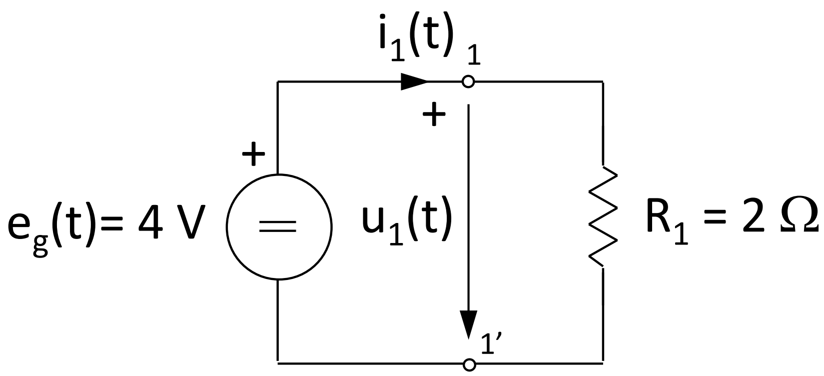


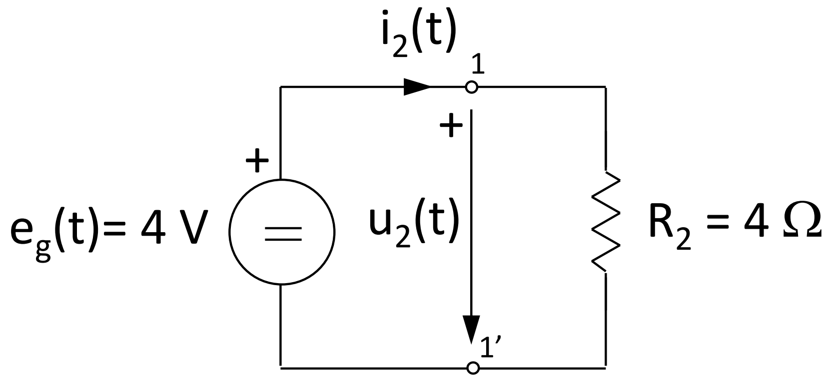
$$\boxed{u(t) = \pm e_g(t)}$$

2.1.1.4. Fuentes independientes

- *Ejemplo: Fuente ideal independiente de tensión continua*

(Notar como el valor de la tensión en bornes de la fuente es independiente del resto del circuito)





$u_1(t) = 4\ V$

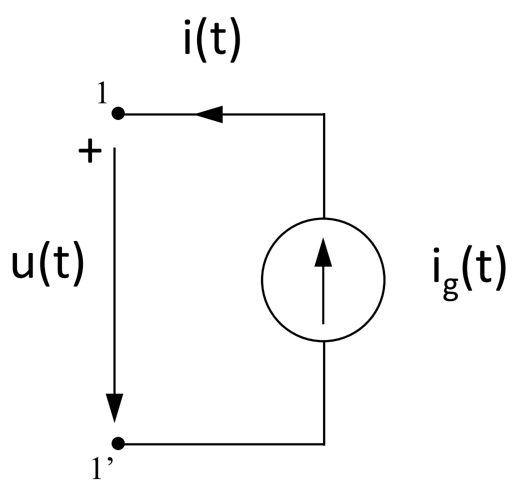
$i_1(t) = 4/2 = 2\ A$

$u_2(t) = 4\ V$

$i_2(t) = 4/4 = 1\ A$

2.1.1.4. Fuentes independientes

- ***Fuente ideal independiente de intensidad:***
  - Se trata de un elemento de circuito que suministra una intensidad bien definida a lo largo del tiempo.
  - Dicha intensidad es, además, independiente del resto del circuito al cual está conectada la fuente.

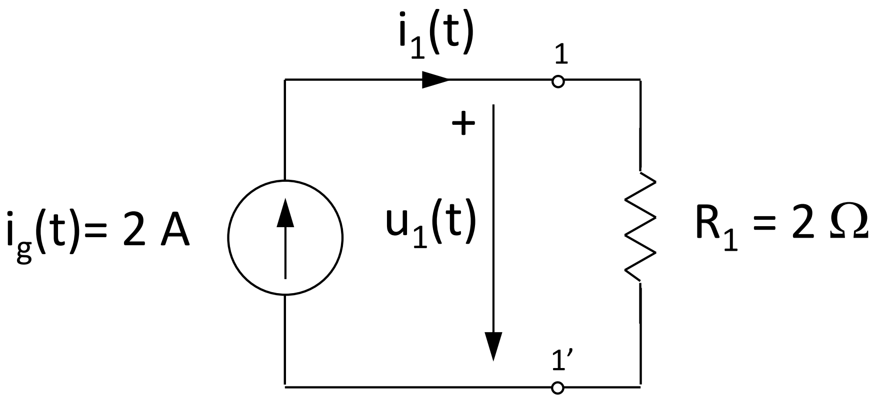


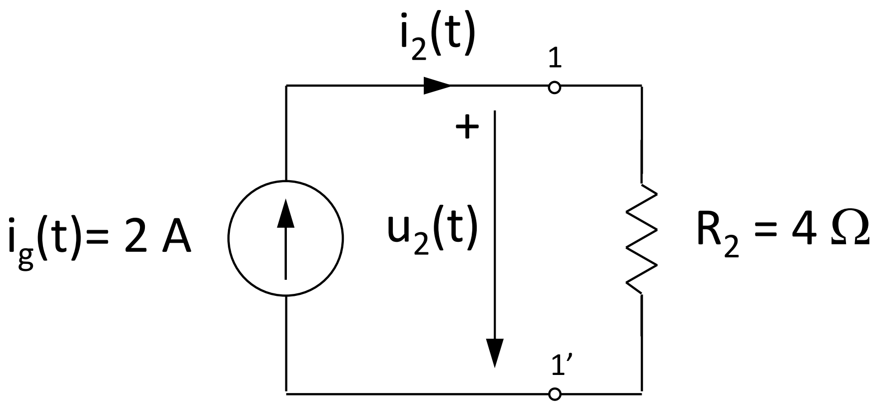
$$\boxed{i(t) = \pm i_g(t)}$$

2.1.1.4. Fuentes independientes

- *Ejemplo: Fuente ideal independiente de intensidad continua*

(Notar como el valor de la corriente que suministra la fuente es independiente del resto del circuito)





$$i_1(t) = 2\ A$$

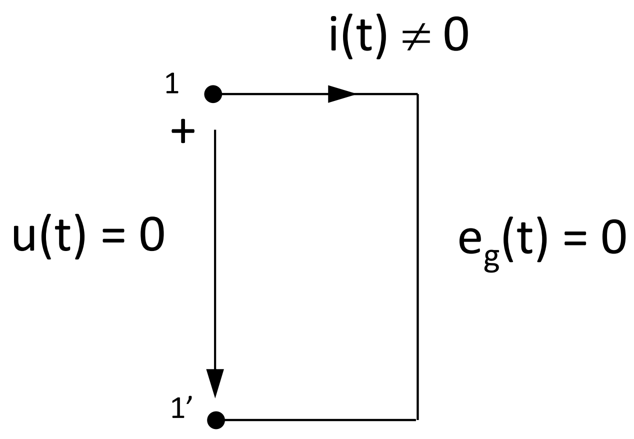
$$i_2(t) = 2\ A$$

$$u_1(t) = i_1(t) \cdot R_1 = 4\ V$$

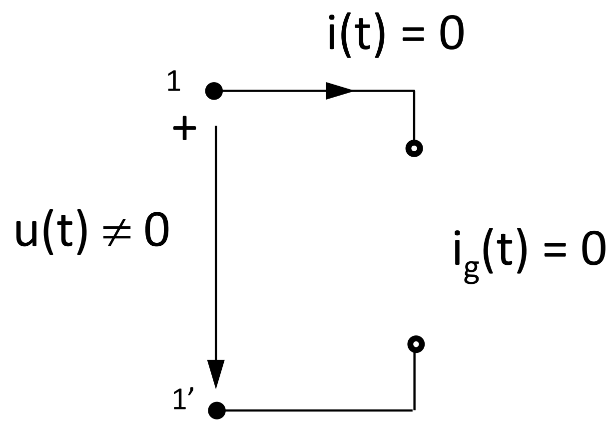
$$u_2(t) = i_2(t) \cdot R_2 = 8\ V$$

2.1.1.4. Fuentes independientes

- *Casos particulares:*
  - Si una fuente de tensión es constantemente de valor cero, esto es $\boldsymbol{e_g(t) = 0}$ (para todo t), se trata de un ***cortocircuito***.



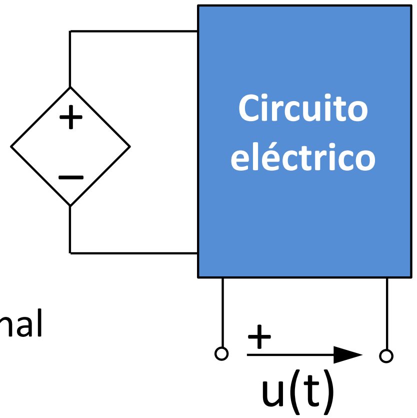
  - Si una fuente de intensidad es constantemente de valor cero, esto es, $\boldsymbol{i_g(t) = 0}$ (para todo t), se trata de un ***circuito abierto***.



2.1.1.5. Fuentes dependientes

- *Elementos tales que la tensión o intensidad que suministran depende de la tensión o intensidad en otra parte del circuito.*

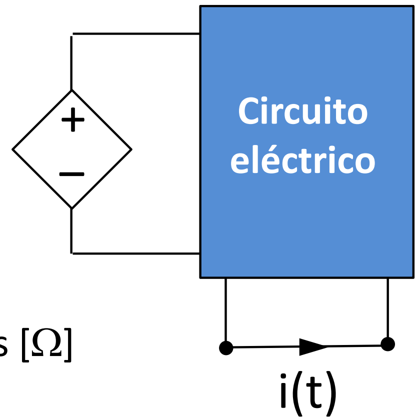
$e_g(t) = \alpha \cdot u(t)$



α: adimensional

Fuente de tensión dependiente de tensión

$e_g(t) = \beta \cdot i(t)$

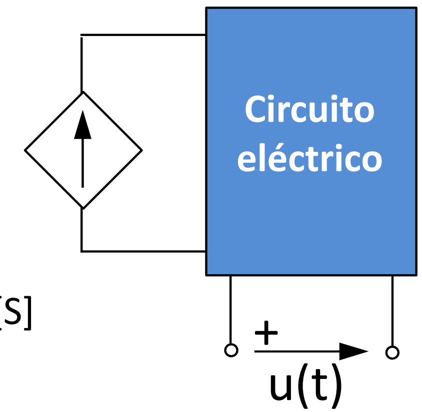


β: ohmios [Ω]

Fuente de tensión dependiente de intensidad

α, β, γ, δ son constantes

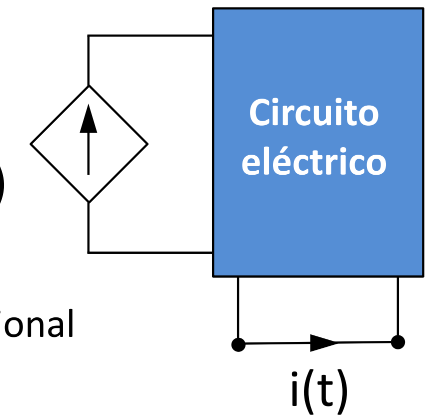
$i_g(t) = \gamma \cdot u(t)$



γ: siemens [S]

Fuente de intensidad dependiente de tensión

$i_g(t) = \delta \cdot i(t)$

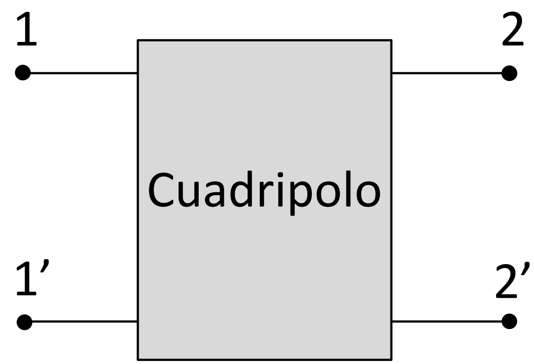


δ: adimensional

Fuente de intensidad dependiente de intensidad

2.1.2. Cuadripolos

- *Como ya se ha dicho, se denomina **cuadripolo** a todo circuito eléctrico, compuesto por uno o varios elementos simples, que presenta cuatro terminales accesibles.*

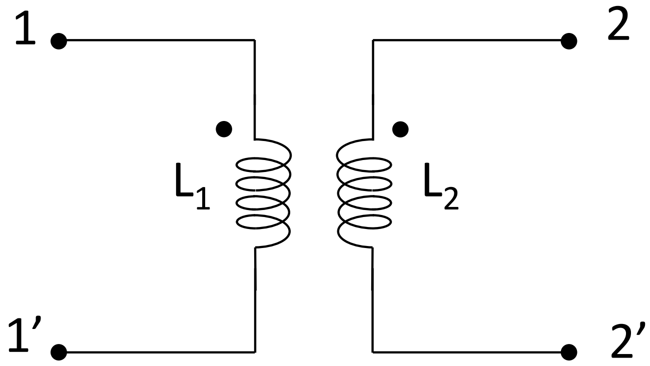


- *Cuadripolos que se van a estudiar: bobinas acopladas magnéticamente, transformador ideal.*

2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Dos circuitos se dice que están acoplados cuando intercambian energía.*
- *Las variables que se presentan en cada uno de ellos no dependen únicamente de los parámetros de sus propios elementos, sino que también dependen de parámetros de acoplamiento o mutuos.*
- ***Propiedad:** Dado un medio magnético lineal, se cumple que el flujo magnético en una sección debido a la acción conjunta de dos intensidades es igual a la suma de los flujos en esta misma sección debido a la acción de cada intensidad considerándolas por separado.*

Representación:



2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Análisis de los flujos:*

$$\left.\begin{aligned}\phi_1(t)&=\phi_{11}(t)+\phi_{12}(t)\\ \phi_2(t)&=\phi_{22}(t)+\phi_{21}(t)\end{aligned}\right]$$

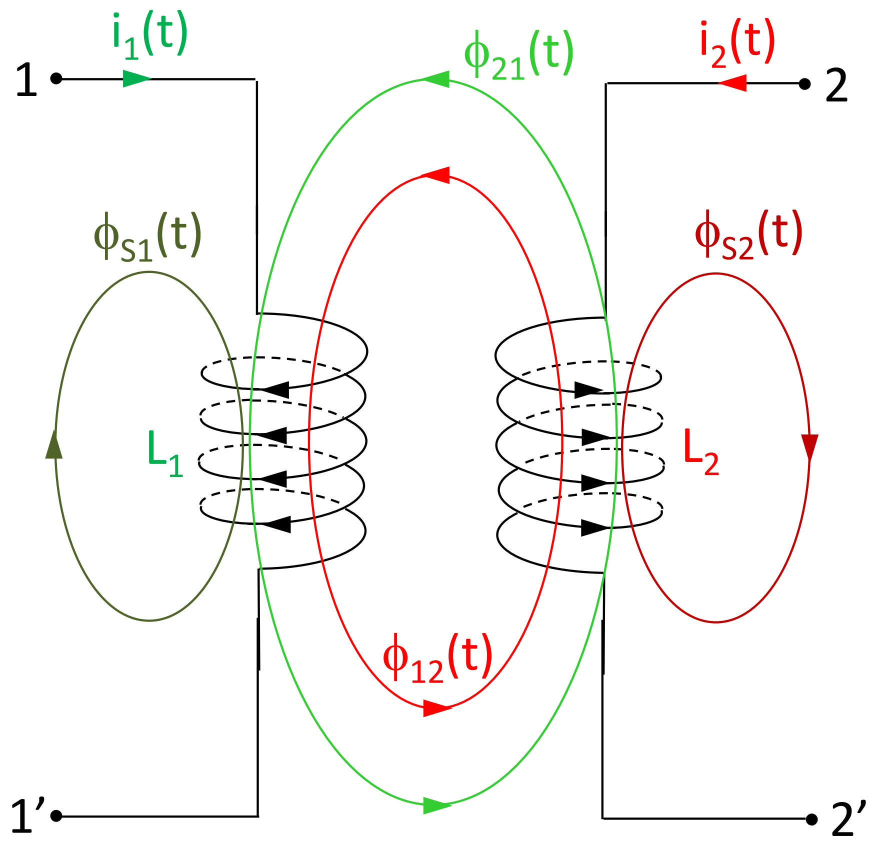
flujo de dispersión

$$\phi_{11}(t)=\phi_{21}(t)+\phi_{S1}(t)$$
$$\phi_{22}(t)=\phi_{12}(t)+\phi_{S2}(t)$$

$$\left.\begin{aligned}\phi_1(t)&=\phi_{11}(t)+\phi_{12}(t)=\phi_{S1}(t)+\phi_{21}(t)+\phi_{12}(t)\\ \phi_2(t)&=\phi_{22}(t)+\phi_{21}(t)=\phi_{S2}(t)+\phi_{12}(t)+\phi_{21}(t)\end{aligned}\right]$$

flujo mutuo $\phi_m(t)=\phi_{21}(t)+\phi_{12}(t)$

$$\left.\begin{aligned}\phi_1(t)&=\phi_{11}(t)+\phi_{12}(t)=\phi_{S1}(t)+\phi_m(t)\\ \phi_2(t)&=\underbrace{\phi_{22}(t)+\phi_{21}(t)}_{\text{Circuitos}}=\underbrace{\phi_{S2}(t)+\phi_m(t)}_{\text{Máquinas}}\end{aligned}\right]$$



$\phi_1(t)$: *Flujo total que abarca una espira de la bobina 1*

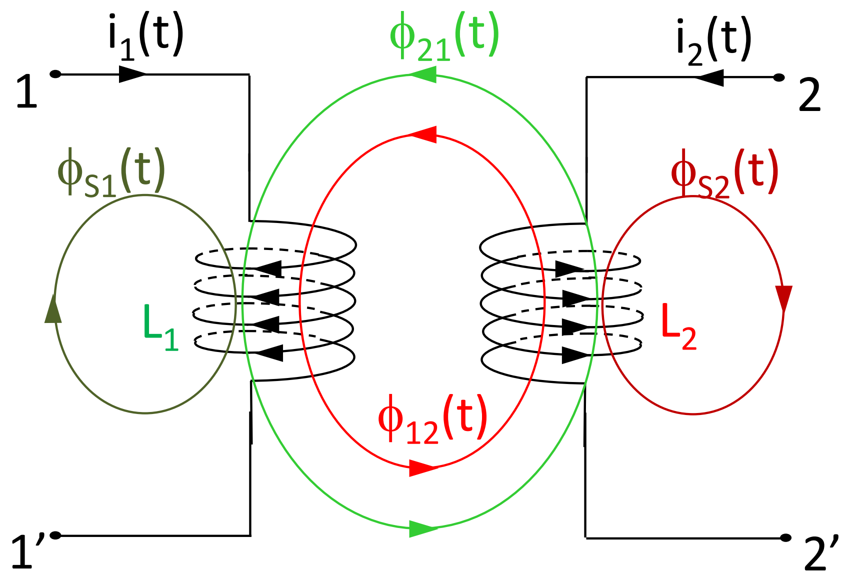
$\phi_2(t)$: *Flujo total que abarca una espira de la bobina 2*

$\phi_{ij}(t)$: *Flujo que abarca una espira de la bobina "i "debido a que circula intensidad por la bobina "j"*

2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Relación entre los flujos y las intensidades:*

$$N_1 \cdot \phi_{11}(t) = \pm L_1 \cdot i_1(t)$$
$$N_1 \cdot \phi_{12}(t) = \pm M_{12} \cdot i_2(t)$$
$$N_2 \cdot \phi_{21}(t) = \pm M_{21} \cdot i_1(t)$$
$$N_2 \cdot \phi_{22}(t) = \pm L_2 \cdot i_2(t)$$

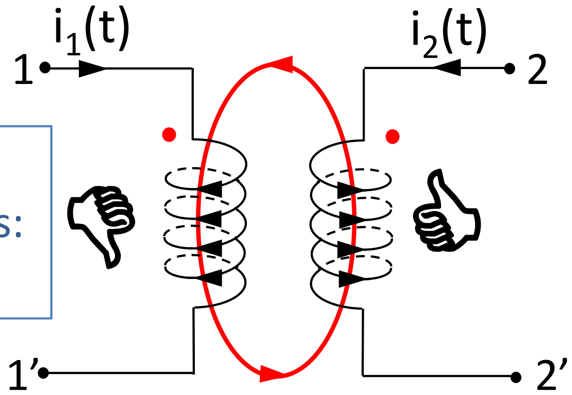


Donde:
L_1 y L_2 : coeficientes de autoinducción de las bobinas,
M_{12} y M_{21}: *coeficientes de inducción mutua* y sus unidades son *HENRIOS* (H)

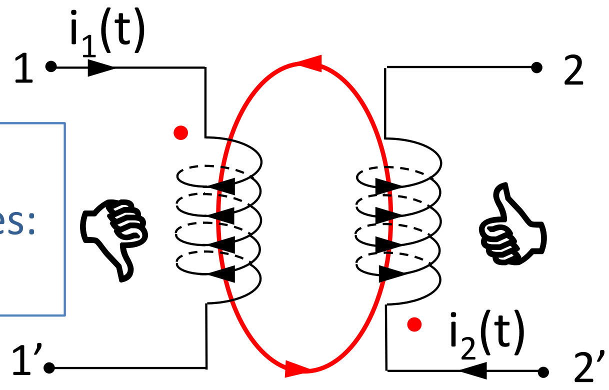
2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Determinación del signo en las ecuaciones:*
  - Dibujar las bobinas acopladas en representación espacial y dar también referencias para los flujos (***engorroso***).
  - Utilizar el concepto de ***terminales correspondientes***.
    - Se llaman así al conjunto de terminales (***un terminal de cada una de las bobinas acopladas***) para los que se verifica que, si entra (o sale) por ellos simultáneamente intensidad en cada una de las bobinas, se originan líneas de campo magnético comunes *del mismo sentido*.

Terminales correspondientes:
1 y 2



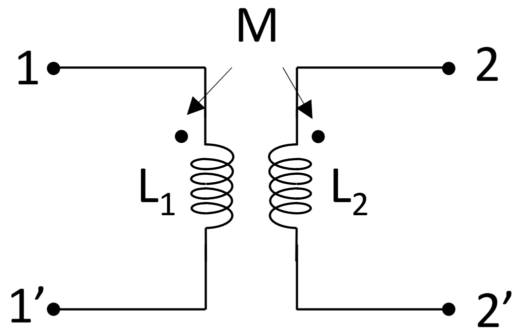
Terminales correspondientes:
1 y 2'



2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Ecuaciones de definición:*

$$\phi_1(t) = \phi_{11}(t) + \phi_{12}(t)$$
$$\phi_2(t) = \phi_{22}(t) + \phi_{21}(t)$$



⇓ Multiplicar por N_1 y N_2, y derivar

$$N_1 \frac{d\phi_1(t)}{dt} = N_1 \frac{d\phi_{11}(t)}{dt} + N_1 \frac{d\phi_{12}(t)}{dt}$$
$$N_2 \frac{d\phi_2(t)}{dt} = N_2 \frac{d\phi_{22}(t)}{dt} + N_2 \frac{d\phi_{21}(t)}{dt}$$

⇓ Ley de Faraday y relación entre flujos e intensidades

$$u_1(t) = N_1 \frac{d\phi_{11}(t)}{dt} + N_1 \frac{d\phi_{12}(t)}{dt} = L_1 \frac{di_1(t)}{dt} + M_{12} \frac{di_2(t)}{dt}$$
$$u_2(t) = N_2 \frac{d\phi_{22}(t)}{dt} + N_1 \frac{d\phi_{21}(t)}{dt} = L_2 \frac{di_2(t)}{dt} + M_{21} \frac{di_1(t)}{dt}$$

⇒

$$\boxed{\begin{aligned} u_1(t) &= \pm L_1 \frac{di_1(t)}{dt} \pm M_{12} \frac{di_2(t)}{dt} \\ u_2(t) &= \pm L_2 \frac{di_2(t)}{dt} \pm M_{21} \frac{di_1(t)}{dt} \end{aligned}}$$

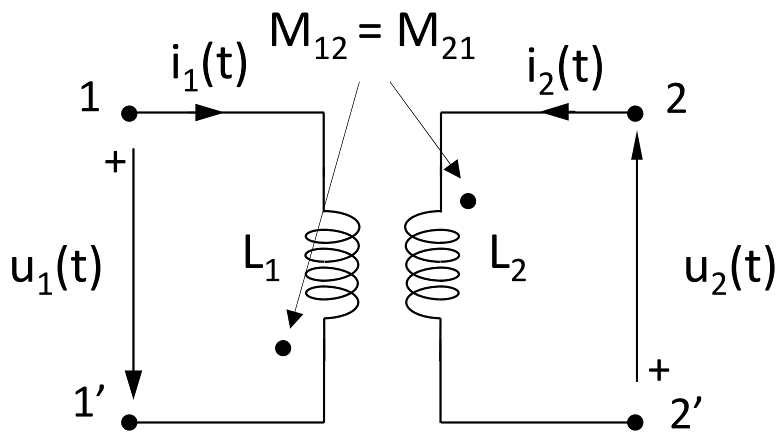
En general, se cumple que $M_{12} = M_{21} = M$.

2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Signo de las ecuaciones de definición:*
  - ***Términos que contienen L_i***: Se miran las referencias de tensión e intensidad sobre la bobina "i". Si ambas llevan el mismo sentido sobre esta bobina, el signo del término es "+". En caso contrario, signo "–".
  - **Términos que contienen M_{ij}**: Se miran las referencias de la tensión "i", la intensidad "j" y los terminales correspondientes. Si la intensidad "j" entra por terminal marcado de la bobina "j" (se puede razonar de la misma manera en el caso de que le intensidad "j" salga por el terminal marcado), la intensidad equivalente que circulando por la bobina "i" crearía el mismo efecto, sería una intensidad que entrase por el terminal marcado de la bobina "i". Si dicha intensidad equivalente en la bobina "i" lleva sobre ella el mismo sentido que le referencia de la tensión "i", el signo del término es positivo. En caso contrario, signo "–".

2.1.2.1. Bobinas acopladas magnéticamente

- *Ejemplo:*



$$u_1(t) = +L_1 \frac{di_1(t)}{dt} - M_{12} \frac{di_2(t)}{dt}$$

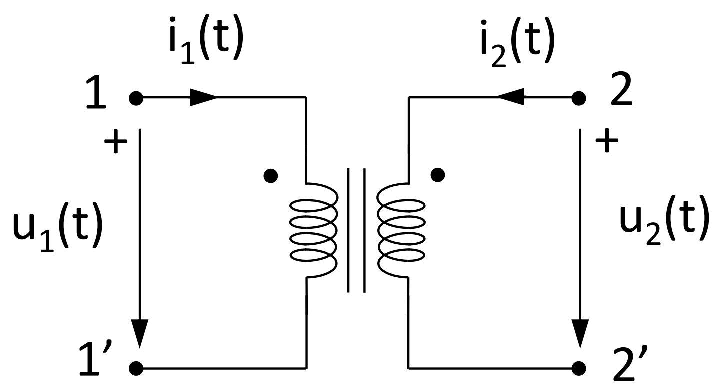
$$u_2(t) = -L_2 \frac{di_2(t)}{dt} + M_{21} \frac{di_1(t)}{dt}$$

2.1.2.2. Transformador ideal

- *Es un elemento constituido por dos o más bobinas acopladas magnéticamente.*
- *El acoplamiento magnético entre las bobinas se consigue gracias a que éstas están arrolladas sobre un núcleo encargado de conducir el campo magnético que crean las intensidades que pueden circulan por dichas bobinas.*
- *Si la relación entre las intensidades que circulan por las bobinas y el flujo magnético en el núcleo es lineal, se hablará del transformador lineal.*

2.1.2.2. Transformador ideal

- *Un transformador se considera ideal cuando cumple las siguientes condiciones:*
  - 1) Las bobinas que lo forman carecen de resistencia.
  - 2) No existe flujo de dispersión en las bobinas. El acoplamiento entre ellas es perfecto.
  - 3) La permeabilidad magnética del medio que conduce el campo magnético es infinita.
  - 4) Dicho núcleo magnético carece de histéresis y en él no se inducen corrientes parásitas.
  - 5) No existen capacidades parásitas entre las espiras de las bobinas ni entre éstas.



$$u_1(t) = +N_1 \frac{d\phi_1(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = +N_2 \frac{d\phi_2(t)}{dt}$$

2.1.2.2. Transformador ideal

- *Ecuaciones de definición:*

$$u_1(t) = +N_1 \frac{d\phi_1(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = +N_2 \frac{d\phi_2(t)}{dt}$$

$$\phi_1(t) = \phi_{S1}(t) + \phi_m(t), \quad \phi_2(t) = \phi_{S2}(t) + \phi_m(t)$$

$$u_1(t) = +N_1 \frac{d\phi_{S1}(t)}{dt} + N_1 \frac{d\phi_m(t)}{dt}$$

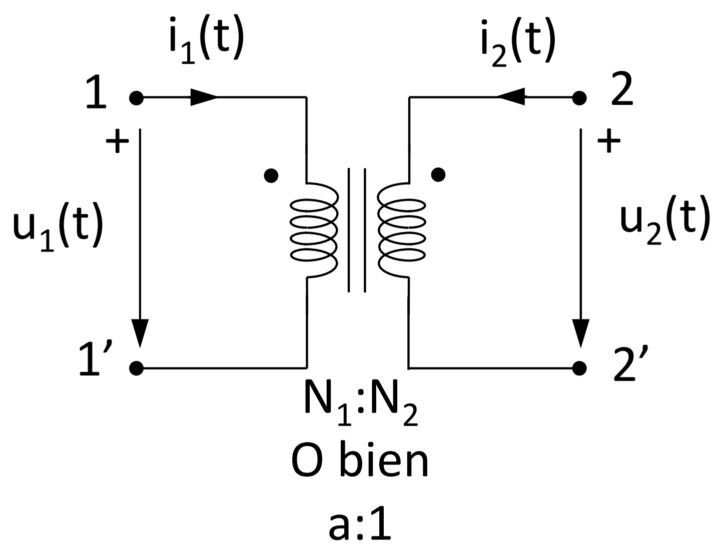
$$u_2(t) = +N_2 \frac{d\phi_{S2}(t)}{dt} + N_2 \frac{d\phi_m(t)}{dt}$$

No existen flujos de dispersión

$$u_1(t) = +N_1 \frac{d\phi_m(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = +N_2 \frac{d\phi_m(t)}{dt}$$

$$\boxed{\frac{u_1(t)}{u_2(t)} = \pm \frac{N_1}{N_2}}$$



$$a = \frac{N_1}{N_2}$$ **: Relación de transformación**

1ª Ec. de definición

$$\boxed{\frac{u_1(t)}{u_2(t)} = \pm a}$$

2.1.2.2. Transformador ideal

- *Ecuaciones de definición:*
  - Ley de Ampère:

$$\oint \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum N\cdot i(t) \qquad H\cdot l = \sum N\cdot i(t)$$

$$\phi = B\cdot S \qquad B = \mu\cdot H$$

$$\phi_m(t)\cdot\frac{1}{\mu}\cdot\frac{l}{S} = \sum N\cdot i(t)$$

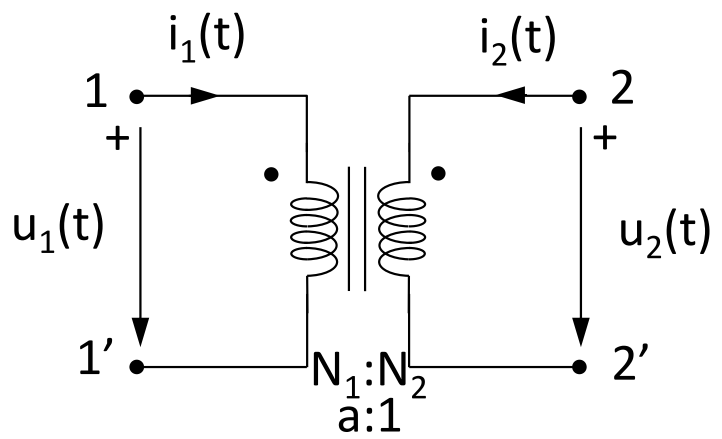
Permeabilidad infinita

$$N_1\cdot i_1(t) + N_2\cdot i_2(t) = 0 \Rightarrow \boxed{N_1\cdot i_1(t) \pm N_2\cdot i_2(t) = 0}$$

No confundir a:1 con a=1

$$a:1 \Leftarrow \frac{N_1}{N_2}:1 \Leftarrow N_1:N_2$$

$$a=1 \Rightarrow \frac{N_1}{N_2}=1 \Rightarrow N_1=N_2$$



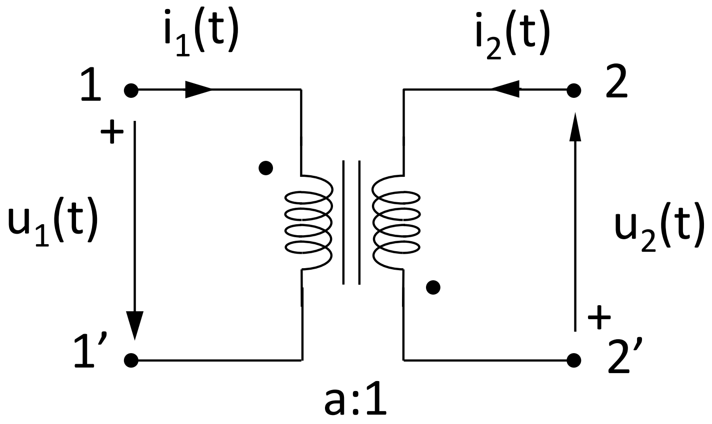
2ª Ec. de definición

2.1.2.2. Transformador ideal

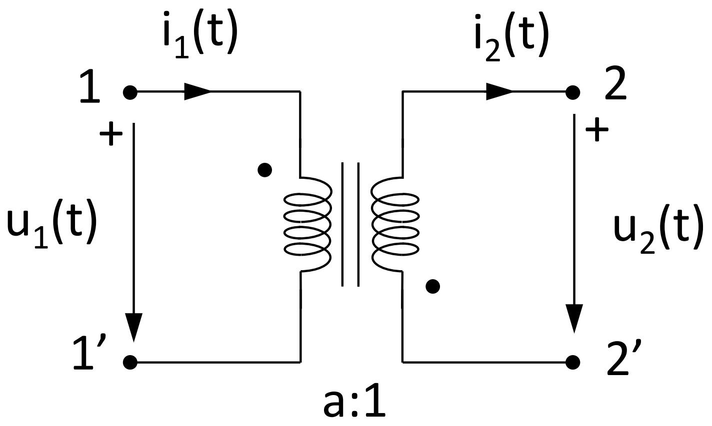
- *Determinación del signo en ecuaciones de definición:*
  - Primera ecuación ($\frac{u_1(t)}{u_2(t)} = \pm \frac{N_1}{N_2}$)
    - Si ambas referencias de tensión parten de o llegan a terminales correspondientes, signo "+". En caso contrario, signo "–".
  - Segunda ecuación ($N_1 \cdot i_1(t) \pm N_2 \cdot i_2(t) = 0$)
    - Si ambas referencias de intensidad entran o salen por terminales correspondientes, signo "+". En caso contrario, signo "–".

2.1.2.2. Transformador ideal

- *Ejemplos:*



$$\begin{cases} \dfrac{u_1(t)}{u_2(t)} = +\dfrac{N_1}{N_2} = +a \\ N_1 i_1(t) - N_2 i_2(t) = 0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \dfrac{u_1(t)}{u_2(t)} = -\dfrac{N_1}{N_2} = -a \\ N_1 i_1(t) + N_2 i_2(t) = 0 \end{cases}$$

2.2. Elementos reales de circuitos

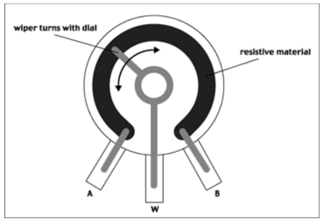
2.2.1. Resistencia

- *2.2.1. Resistencia*
  - En el mercado es posible encontrar resistencias de muy diversos tipos:
    - Fijas

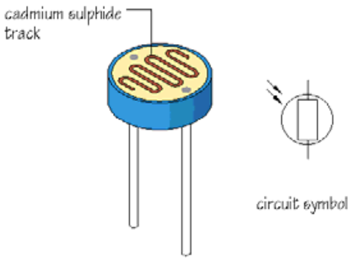




    - Variables:
      - Potenciométros
      - Con la tensión
      - Con la temperatura
      - Con la luz
      - Etc.

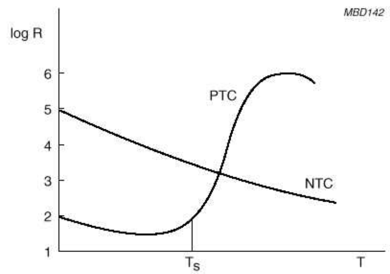



Potenciómetros



LDR (luz)

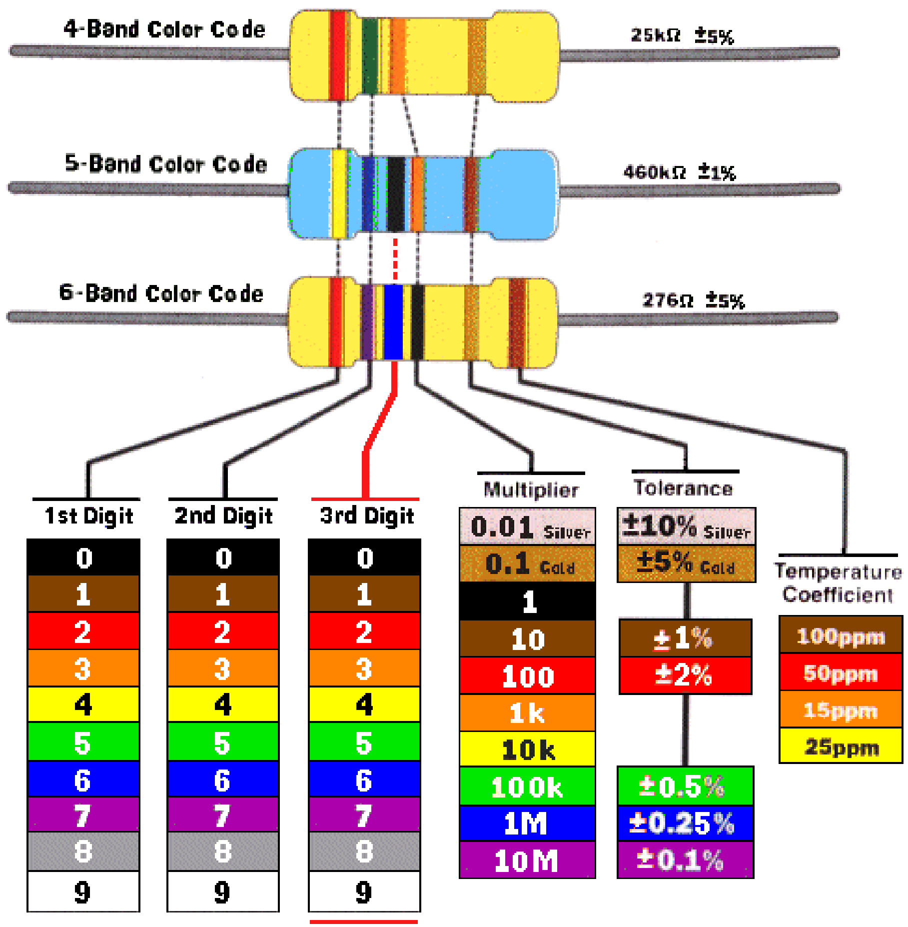
VDR (tensión)



NTC, PTC (temperatura)

2.2.1. Resistencia

- Parámetros de una resistencia:
  - Resistencia
  - Potencia máxima que es capaz de disipar (de ¼ W, ½ W, 1 *W*, etc)
  - Tolerancia (desde 0,5% hasta 10%)
  - Los valores se indican:
    - Escritos en la superficie (100 Ω ± 10%)
    - Mediante franjas de colores.



2.2.2. Condensador

- *2.2.2. Condensador*
  - Diferentes tipos: electrolíticos, de papel, de poliéster, cerámicos, etc, (según el dieléctrico).

Poliéster

Polipropileno

Electrolítico

Tántalo

  - Parámetros de un condensador:
    - Capacidad.
    - Tensión máxima que es capaz de soportar sin perforarse.
    - Tolerancia (mediante valores o colores).

2.2.3. Bobina

- *2.2.3. Bobina*
  - La bobina es el elemento en el que su comportamiento real más se aleja del comportamiento ideal.
  - Existen diferentes tipos según su núcleo.

Núcleo de aire

Núcleo ferrromagnético

Núcleo toroidal

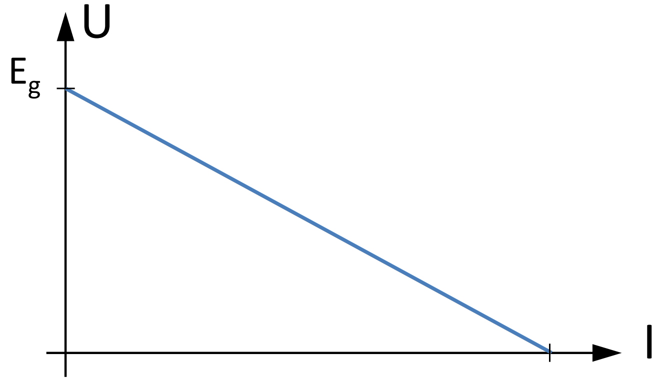
Multitoma

2.2.4. Fuente real de tensión

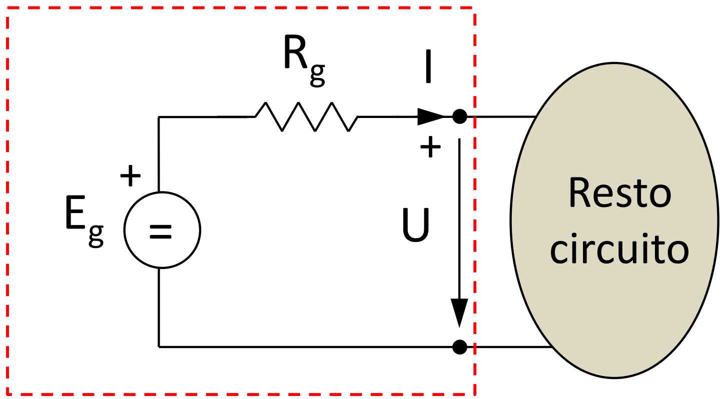
Centro Universitario de la Defensa Zaragoza

PRAUZ 449 (2021/22)

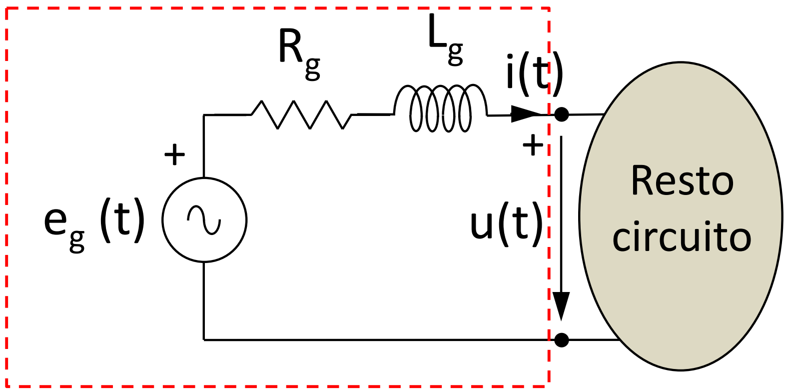
- *2.2.4. Fuente real de tensión*
  - En una fuente independiente de tensión ***real***, se observa que la tensión en sus bornes disminuye conforme aumenta la intensidad que se solicita a dicha fuente.



$$\boxed{u(t) = e_g(t) - R_g \cdot i(t)}$$



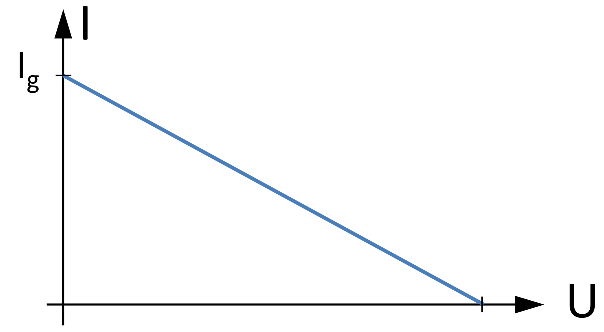
Circuito equivalente de una fuente real de tensión continua



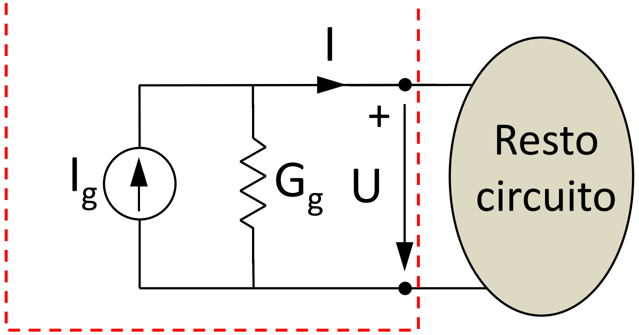
Circuito equivalente de una fuente real de tensión sinusoidal

2.2.5. Fuente real de intensidad

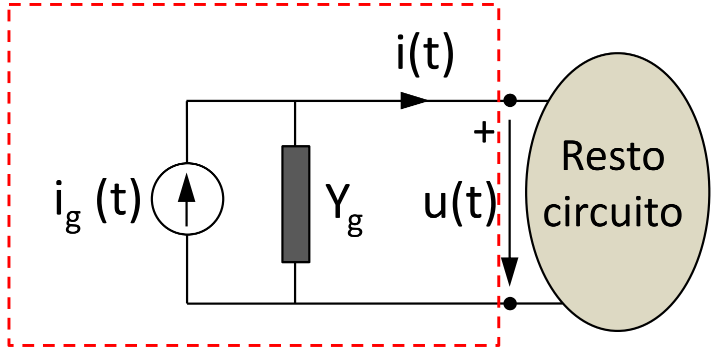
- *2.2.5. Fuente real de intensidad*
  - En una fuente *real* de intensidad se observa que conforme aumenta la tensión entre sus bornes va disminuyendo la intensidad que suministra.



$$i(t) = i_g(t) - G_g \cdot u(t)$$



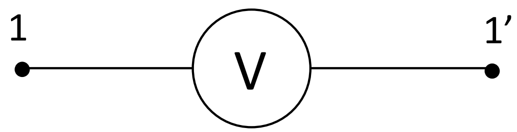
Circuito equivalente de una fuente real de intensidad continua



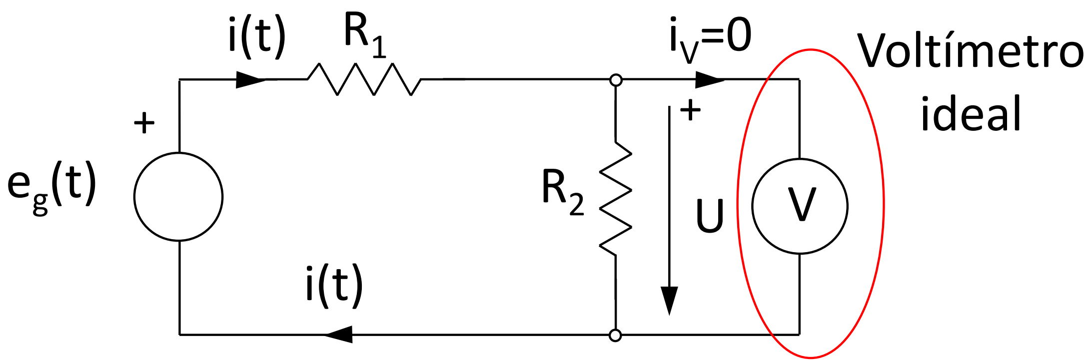
Circuito equivalente de una fuente real de intensidad sinusoidal

2.2.6. Voltímetro

- *2.2.6. Voltímetro*
  - Instrumento que sirve para medir la tensión existente entre dos puntos de un circuito eléctrico.

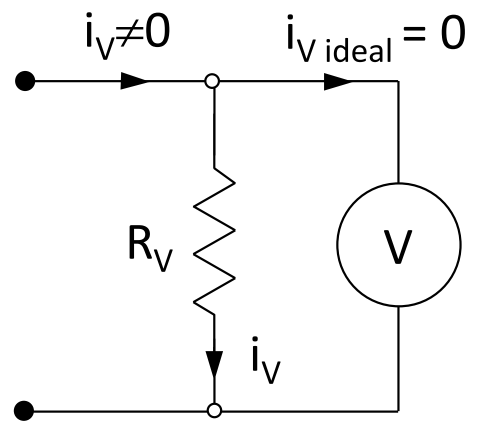


  - Se conecta en paralelo con los dos puntos entre los que se desea medir la tensión.



2.2.6. Voltímetro

- ***Comportamiento ideal del voltímetro***: No circula intensidad por el voltímetro.
- ***Comportamiento real del voltímetro***: Circula cierta intensidad por el voltímetro. Este comportamiento se puede modelar colocando una resistencia interna (R_v) en paralelo con un voltímeto ideal.
- Voltímetro ideal ⇒ Voltímetro real con resistencia interna infinita



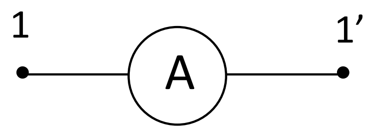
Circuito equivalente de un voltímetro real

R_v viene indicada por el fabricante

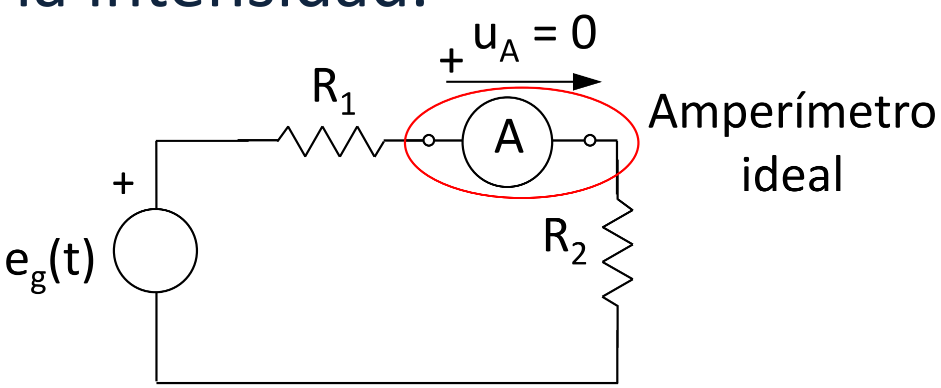
Si $R_v = \infty$
Voltímetro ideal

2.2.7. Amperímetro

- *2.2.7. Amperímetro*
  - Instrumento empleado para medir la intensidad que circula por un circuito.



  - Se conecta en serie con la rama del circuito en la que se desea medir la intensidad.

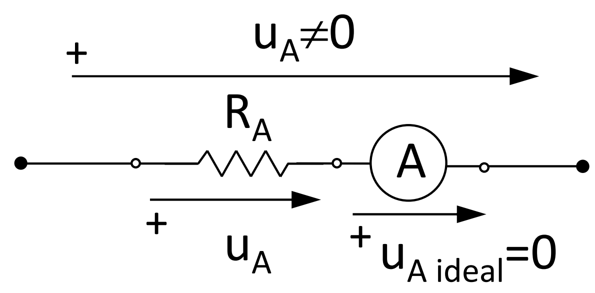


2.2.7. Amperímetro

– ***Comportamiento ideal del amperímetro***: No hay caída de tensión entre sus bornes.

– ***Comportamiento real del amperímetro***: Se produce una cierta caída de tensión entre sus bornes. Este comportamiento se puede modelar colocando una resistencia interna (R_A) en serie con un amperímetro ideal.

– Amperímetro ideal ⟹ Amperímetro real con resistencia interna cero.



Circuito equivalente de un amperímetro real

R_A viene indicada por el fabricante

Si $R_A = 0$ Amperímetro ideal

Referencias

- *PARRA, V. M.; ORTEGA, J.; PASTOR, A.; PEREZ, A.: **"Teoría de Circuitos (Tomo I)"**. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).*
- *BAYOD, A.A.; BERNAL, J.L.; DOMINGUEZ, J.A.; GARCIA GARCIA, M.A.; LLOMBART, A.; YUSTA, J.M.: **"Análisis de circuitos eléctricos I".** Colección Textos Docentes, vol. 58. Prensas Universitarias de Zaragoza.*