

Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica

Ley de Ohm

Profesor Álvaro Lorca

IEE2123 – Circuitos Eléctricos
Segundo Semestre 2018

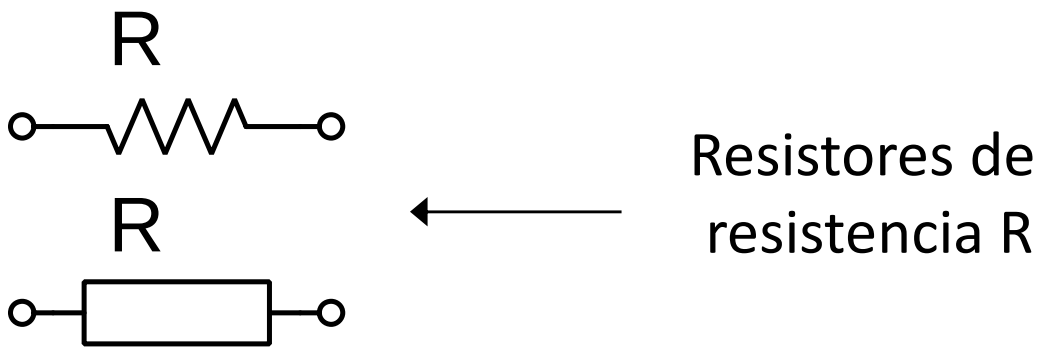
Agradecimientos material: Ángel Abusleme, Enrique Álvarez, Daniel Olivares

Introducción

En esta clase estudiaremos nuestros primeros elementos circuitales: la fuente independiente de voltaje, la fuente independiente de corriente, el resistor ideal y fuentes dependientes. Además veremos una de las leyes más importantes en el contexto de la Ingeniería Eléctrica, *la Ley de Ohm*, y revisaremos algunos conceptos útiles como el de *recta de carga*.

Resistor

- Un *resistor* es un componente circuital *pasivo* de dos terminales que transforma energía eléctrica en calor. No entrega ni almacena energía, sólo disipa energía.
  - La principal característica de un resistor es su *resistencia*, la que cuantifica cuánto se opone (o resiste) un material al flujo de corriente eléctrica.
  - El componente se llama ***resistor***, no ***resistencia***. La resistencia es su propiedad.

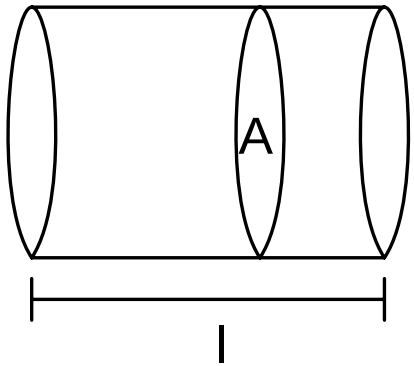


Resistor

- La resistencia se mide en Ohm [Ω]:

$$1\ [\Omega] = 1\ \left[\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}\right]$$

- La resistencia de un material se mide como:



Resistividad

$$R = \frac{\rho l}{A}\ \Omega$$

$$\rho_{cobre} = 17.1 \cdot 10^{-9}\ \Omega\mathrm{m}$$

- La *conductancia* corresponde al recíproco de la resistencia. Se mide en Siemens [S] o Mhos:

$$G = \frac{1}{R}\ [\mathrm{S}]$$

Resistor

- Algunos tipos de resistores discretos:



Resistores *through-hole*. Los colores indican la resistencia.



Resistor de montaje superficial

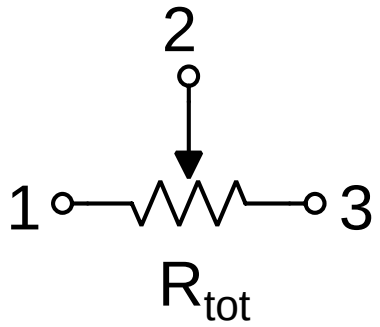


Resistores *through-hole* de potencia

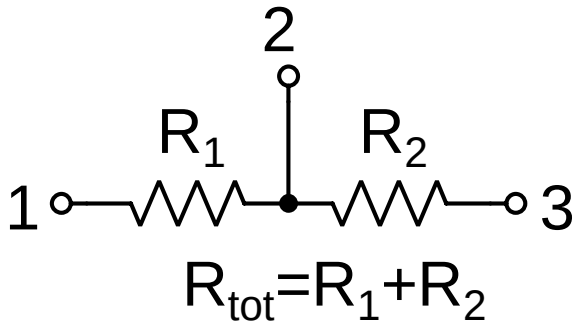
[learn.sparkfun.com/tutorials/resistors]

Potenciómetro

- Un potenciómetro es un resistor de resistencia controlable.
  - Comúnmente tiene tres terminales, donde el terminal 2 puede ser movido de alguna manera (e.g. con una perilla) para modificar los valores de R_1 y R_2:

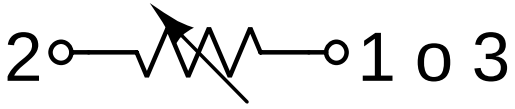


R_{tot}



$R_{tot}=R_1+R_2$

  - Si sólo se conectan los terminales 1-2 o 2-3, típicamente se utiliza el siguiente símbolo:



Potenciómetro

- Algunos tipos de potenciómetros:

Reóstato

spanish.alibaba.com/product-gs/educational-instrument-sliding-rheostat-slide-wire-rheostats-sliding-rheostat-51355672.html





Potenciómetro de perilla clásico

panamahitek.com/potenciometro-digital-el-circuito-integrado-x9c103p/



Potenciómetro multi-vuelta

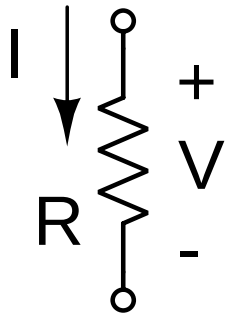
www.electronicoscaldas.com/resistencias-fijas-variables/309-trimmer-trimpot-potenciometro-ajustable-cuadrado.html

Ley de Ohm

- La *Ley de Ohm* (1827) es lejos una de las cosas más importantes que hay en Ingeniería Eléctrica. De acuerdo a esta ley el voltaje en los terminales de un resistor es directamente proporcional a la corriente que circula a través de él. El factor de proporcionalidad está dado por la resistencia del resistor.

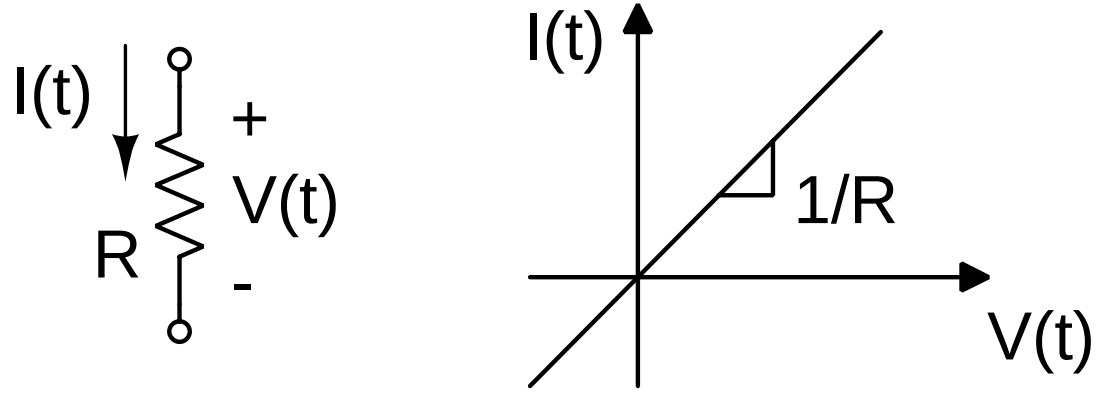
$$V = I \cdot R$$

Ley de Ohm



Ley de Ohm

- Gráficamente:



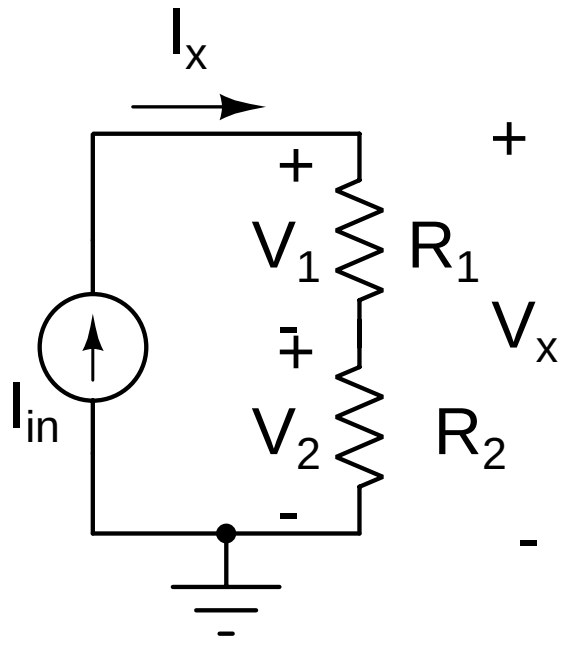
- La potencia disipada por un resistor está dada por:

$$P(t) = V(t) \cdot I(t) = I^2(t)R = \frac{V^2(t)}{R}$$

- Un resistor de *resistencia baja* implica una *carga alta* para una fuente de voltaje y una *carga baja* para una fuente de corriente.

Ley de Ohm

- **Ejemplo**: Determinar V_x e I_x.



- Tenemos que:

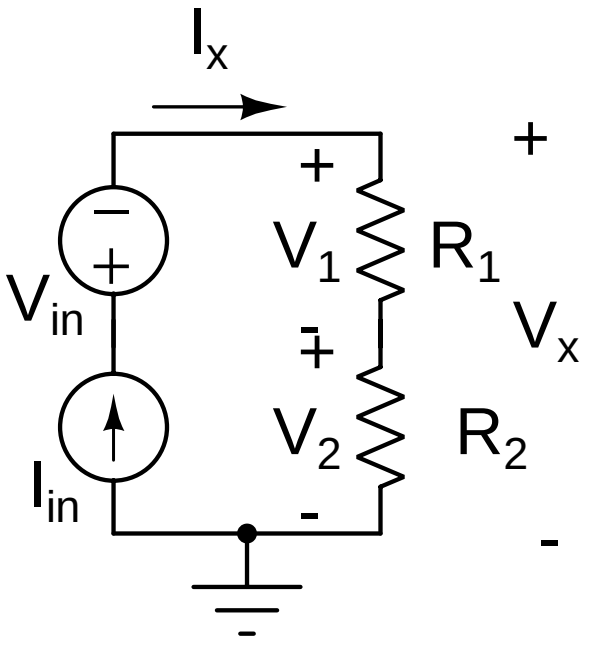
$$I_x = I_{in}$$
$$V_1 = I_{in} R_1$$
$$V_2 = I_{in} R_2$$
$$V_x = V_1 + V_2 = I_{in}\left(R_1 + R_2\right)$$

Al conectar R_1 y R_2 en serie se ven como un resistor equivalente de valor $R_1 + R_2$

Fin ej.

Ley de Ohm

- **Ejemplo**: Determinar V_x e I_x.



- Tenemos que:

$$I_x = I_{in}$$
$$V_1 = I_{in} R_1$$
$$V_2 = I_{in} R_2$$
$$V_x = V_1 + V_2 = I_{in}\left(R_1 + R_2\right)$$

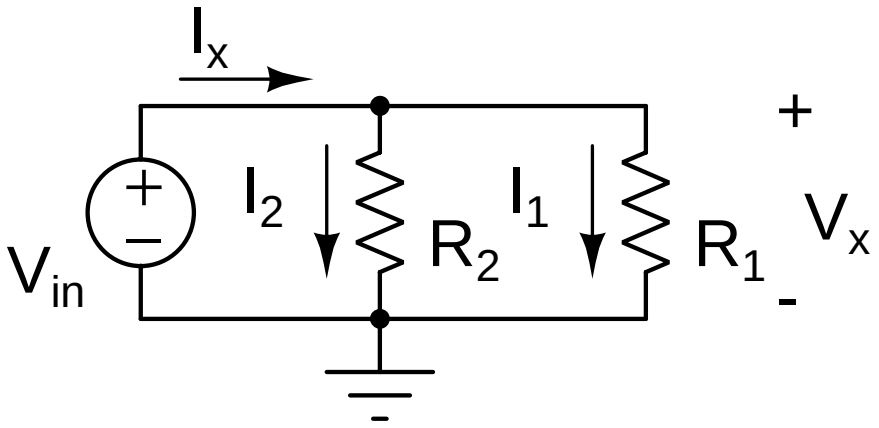
- En este caso lo único que cambió fue el voltaje en los bornes de la fuente de corriente!

Fin ej.

Ley de Ohm

- **Ejemplo**: Determinar V_x e I_x.

- Tenemos que:



$$V_x = V_{in}$$
$$I_1 = V_{in}/R_1$$
$$I_2 = V_{in}/R_2$$
$$I_x = I_1 + I_2 = V_{in}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V_{in}}{R_1||R_2}$$

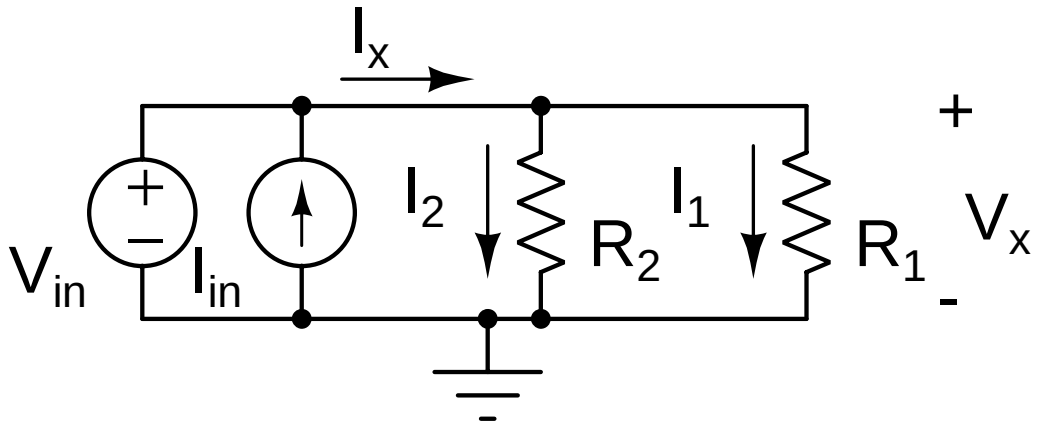
Al conectar R_1 y R_2 en paralelo se ven como un resistor equivalente de valor $R_1||R_2 = R_1R_2/(R_1 + R_2)$

Fin ej.

Ley de Ohm

- **Ejemplo**: Determinar V_x e I_x.

- Tenemos que:



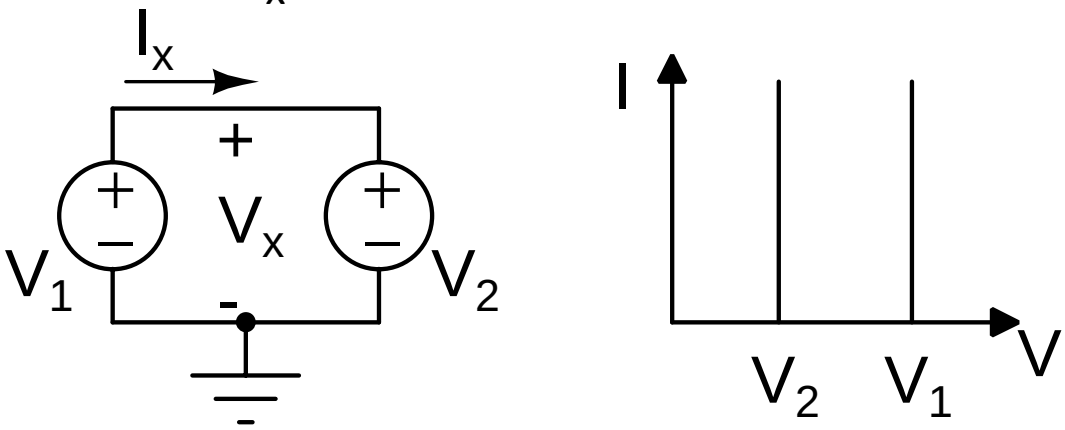
$$V_x = V_{in}$$
$$I_1 = V_{in}/R_1$$
$$I_2 = V_{in}/R_2$$
$$I_x = I_1 + I_2 = V_{in}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V_{in}}{R_1||R_2}$$

- En este caso lo único que cambió fue la corriente que circula por la fuente de voltaje!

Fin ej.

Ley de Ohm

- **Ejemplo**: Determinar I_x.



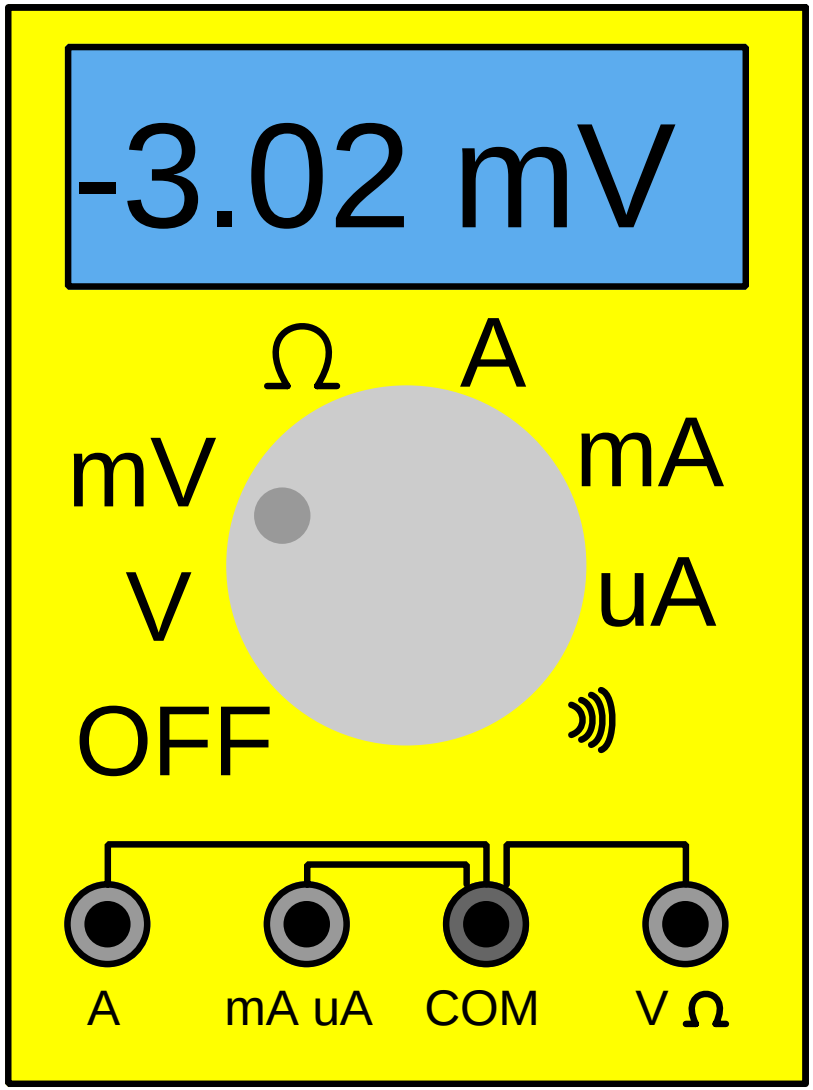
- Considerando que un cable es un conductor ideal (R=0):

$$I_x = \frac{V_1 - V_2}{0} = \infty$$

- En la práctica V_x depende del punto del cable en el que se esté midiendo (un diagrama circuital no tiene esta información, por lo que en el dibujo V_x no está bien definido).

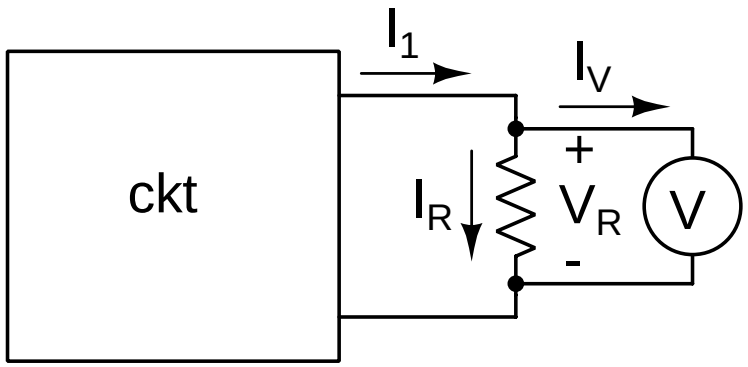
Fin ej.

Multímetro



Multímetro

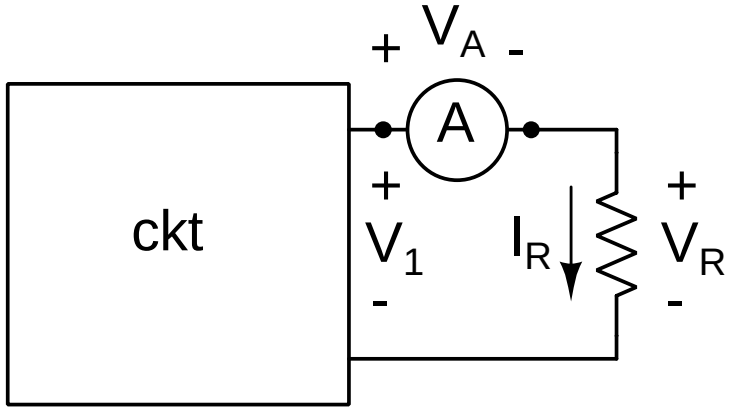
- Voltímetro ideal:



$$I_V = 0 \rightarrow I_R = I_1$$

$$R_{V,int} = \infty$$

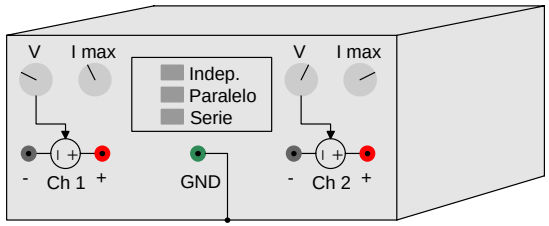
- Amperímetro ideal:

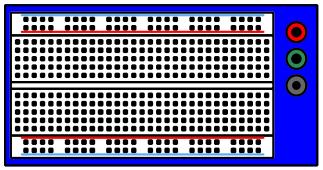


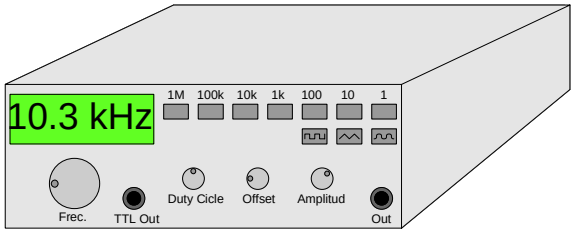
$$V_A = 0 \rightarrow V_R = V_1$$

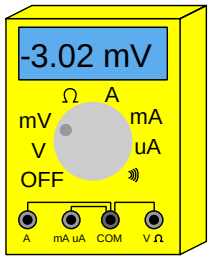
$$R_{A,int} = 0$$

Multímetro





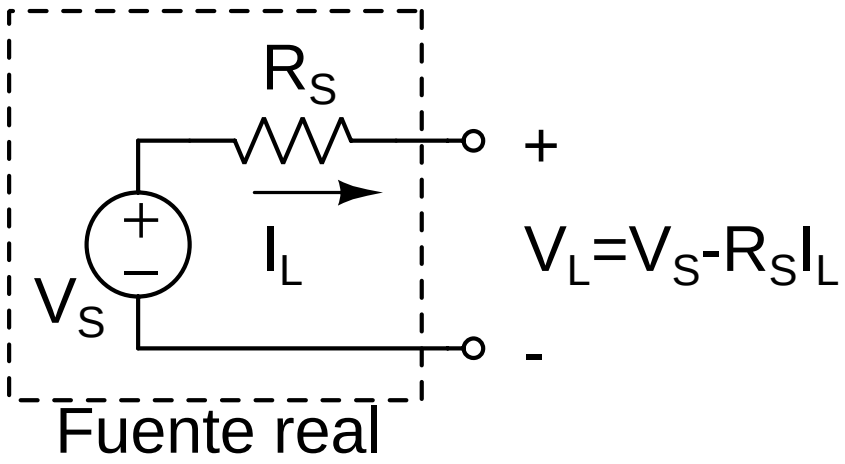


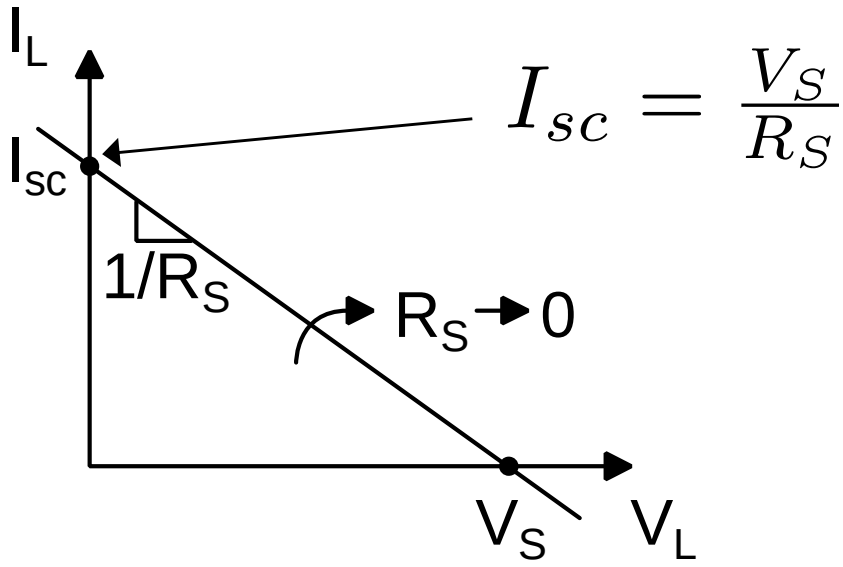


Instrumentos de laboratorio

Fuentes independientes reales

- Una fuente independiente y real de voltaje puede ser modelada como una fuente de voltaje ideal con un resistor en serie (resistencia interna):

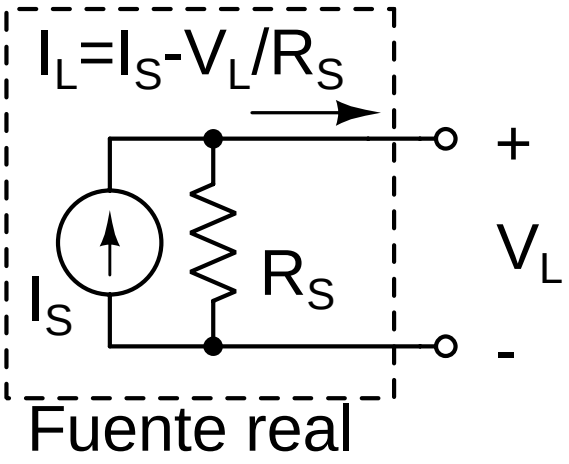


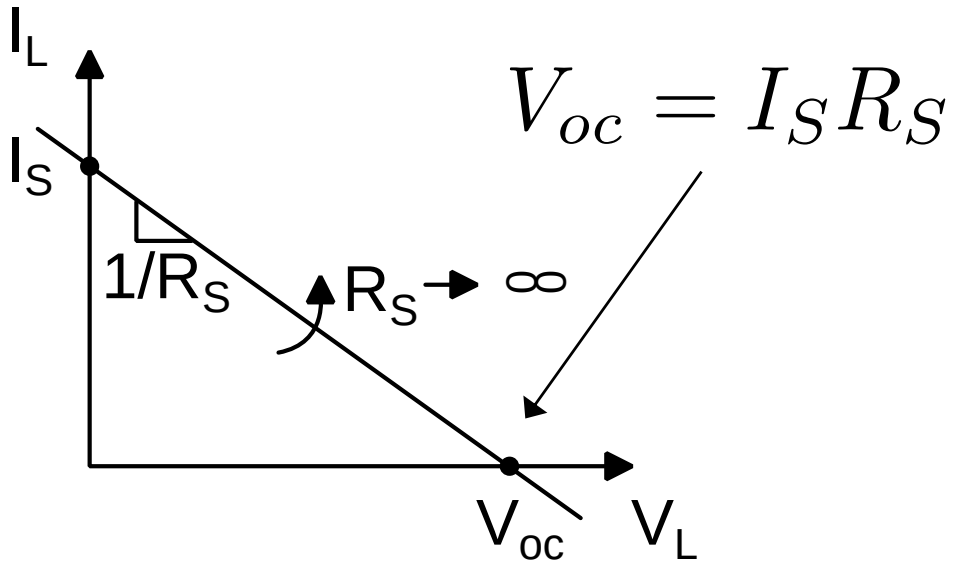


  - V_L depende de la carga conectada (I_L depende de la carga).
  - Mientras más pequeño sea R_s, mejor (V_L se acerca a V_S independientemente del valor de I_L).

Fuentes independientes reales

- Una fuente independiente y real de corriente puede ser modelada como una fuente de corriente ideal con un resistor en paralelo (resistencia interna):

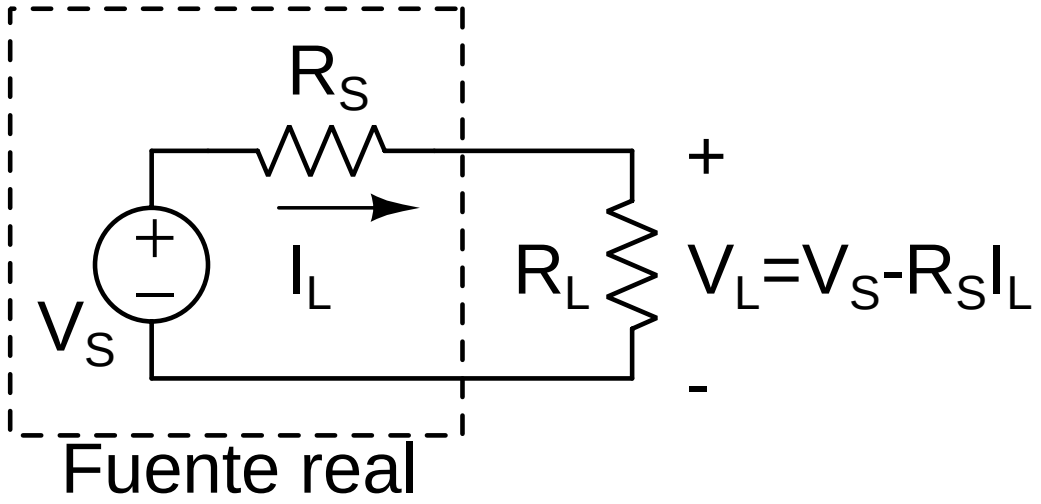


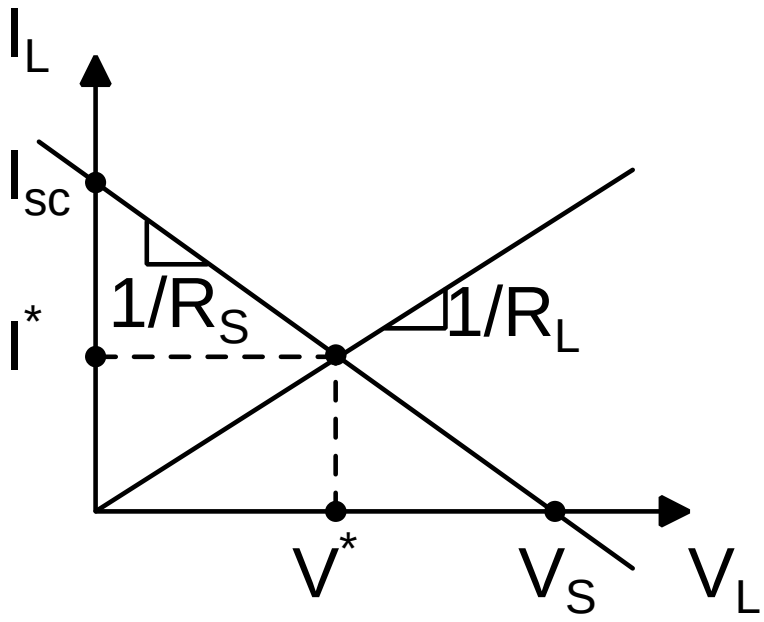


  - I_L depende de la carga conectada (V_L depende de la carga).
  - Mientras más grande sea R_s, mejor (I_L se acerca a I_S independientemente del valor de V_L).

Recta de carga

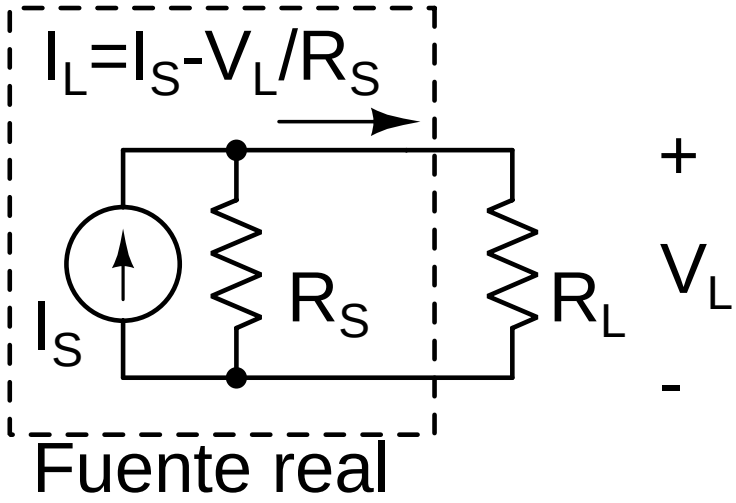
- Al tratarse con fuentes reales cabe preguntarse cuál será el voltaje o la corriente finalmente entregada a la carga R_L considerando las pérdidas que hay producto de R_S. Para determinar esto se puede usar una *recta de carga*.
  - Para una fuente real de voltaje:

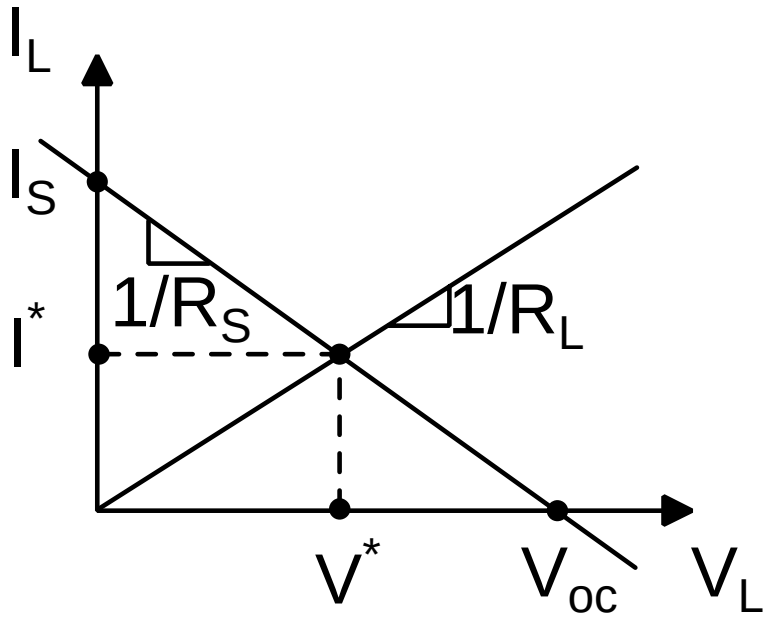




Recta de carga

- Para una fuente real de corriente:

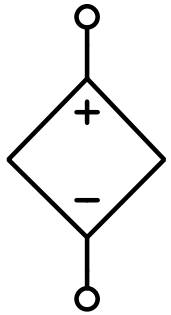


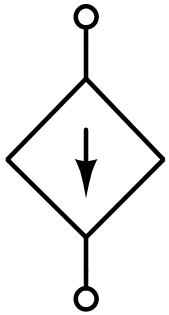


Fuentes dependientes

- Una fuente dependiente de voltaje (V) o de corriente (I) entrega una V o una I que sí depende de lo que ocurre en el resto del circuito.
  - Para las fuentes dependientes se utilizan los mismo símbolos antes vistos, pero también se utilizan los siguientes:

Fuente de voltaje



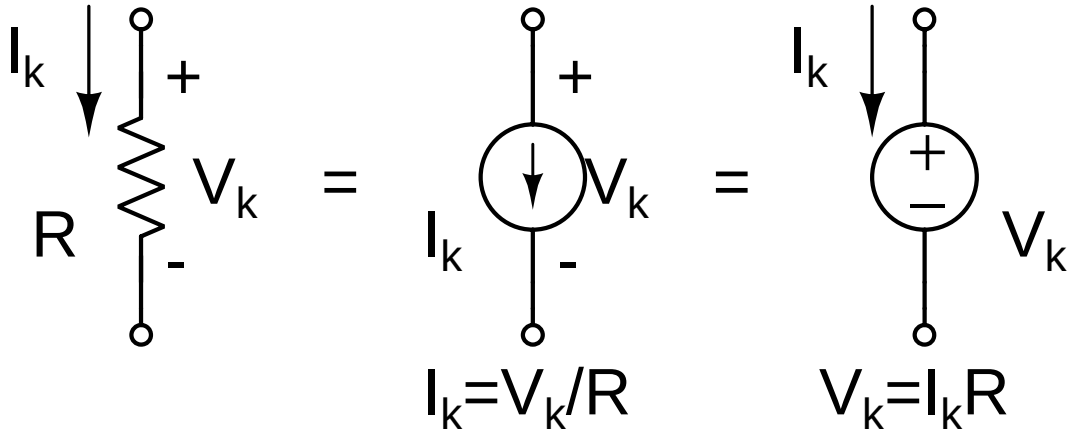


Fuente de corriente

  - Como siempre, hay que fijarse en el contexto para ver de qué tipo de fuente se trata.

Fuentes dependientes

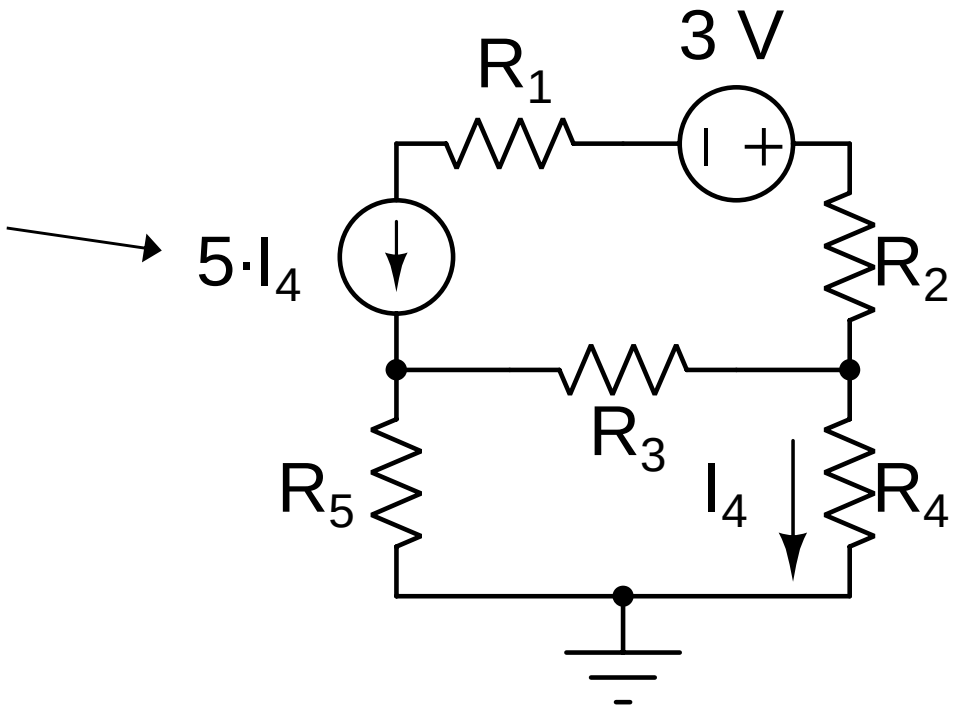
- Una fuente dependiente no es un dispositivo físico real.
  - En realidad sirven para modelar el comportamiento de algunos dispositivos. Por ejemplo, sirven para modelar dispositivos no lineales al ser utilizados como amplificadores operando en una región lineal.
- En términos circuitales, un resistor puede ser modelado como una fuente dependiente!



Fuentes dependientes

- Ejemplo de circuito con fuentes dependientes:

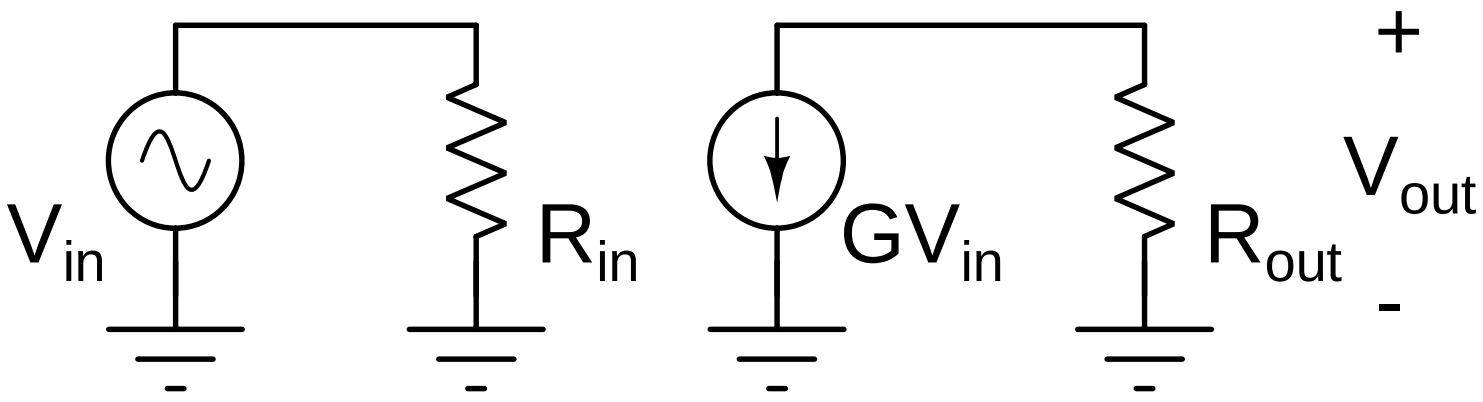
Fuente dependiente de corriente controlada por corriente



- Una fuente dependiente puede ser de voltaje o corriente controlada por voltaje, corriente o por una función lineal entre voltajes y corrientes.

Fuentes dependientes

- Otro ejemplo (amplificador de voltaje genérico):



$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -GR_{out}$$

Algunos comentarios

- Un resistor, en el contexto de teoría de circuitos, no es más que un componente de dos terminales (un solo puerto) cuyo voltaje y corriente se relacionan según la Ley de Ohm.

- También existe el resistor de resistencia negativa como elemento de circuito. Por supuesto, ese componente no existe físicamente. Este componente ficticio sirve para modelar el comportamiento de dispositivos no lineales al ser utilizados en ciertas regiones de operación.