

---

# CED: Circuitos Electrónicos Digitales

**Universidad de Sevilla**

---

# Tema 2

## Circuitos y dispositivos electrónicos

-----

Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra y de hacer obras derivadas siempre que se cite la fuente y se respeten las condiciones de la licencia Attribution-Share alike de Creative Commons.

Texto completo de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

-----

# Guión

---

- **Señales y circuitos eléctricos**
  - Señales eléctricas. Leyes de Kirchhoff
  - Componentes básicas (R, C y Fuente)
  - Análisis de circuitos eléctricos
- **Semiconductores**
  - Dispositivos semiconductores: Clasificación.
  - Diodos.
  - Transistores MOS.
- **Modelos simples de gran señal**
- **Circuitos electrónicos: Ejemplos**
  - Circuito con diodo
  - Circuito con transistores

# Señales y circuitos eléctricos

- Unidades básicas del sistema internacional usadas en este tema

	Símbolo	Nombre
Carga	C	Culombio
Intensidad	A	Amperio
Voltaje o tensión	V	Voltio
Potencia	W	Watio

- Prefijos del SI para cuantificar las diversas potencias de 10 de la unidad fundamental

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
$10^{-15}$	femto	f	$10^{15}$	peta	P
$10^{-12}$	pico	p	$10^{12}$	tera	T
$10^{-9}$	nano	n	$10^9$	giga	G
$10^{-6}$	micro	$\mu$	$10^6$	mega	M
$10^{-3}$	mili	m	$10^3$	kilo	k

Ejemplos:

5nW

3MV

3mV

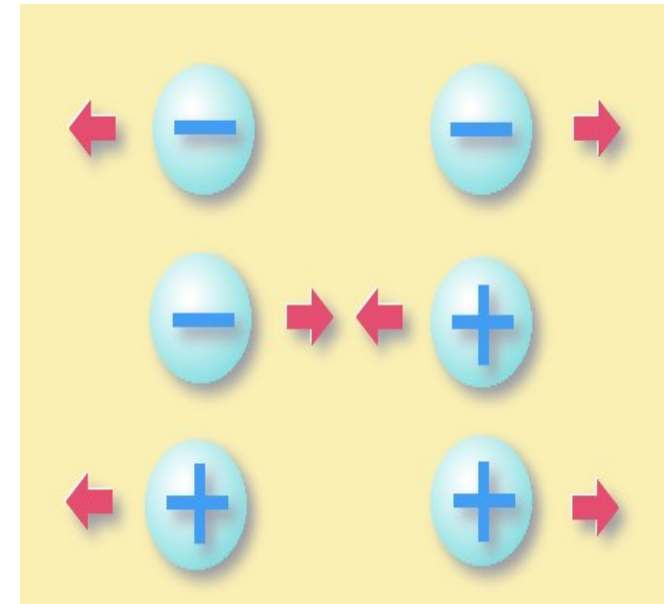
100pC

10 $\mu$ A

# Señales y circuitos eléctricos

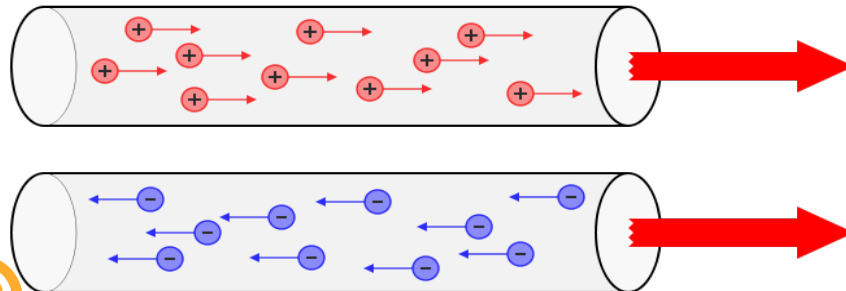
## Carga (Q)

- Propiedad intrínseca de la materia que se manifiesta en dos tipos: positiva y negativa.
- Existen interacciones entre ellas que se manifiesta mediante atracciones y repulsiones.
- La carga del electrón es de  $-1.6 \cdot 10^{-19}$  fC



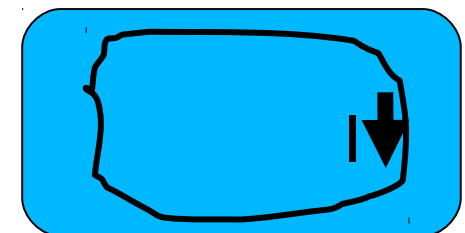
## Corriente o intensidad (I)

- Representa la carga en movimiento.
- La cantidad de carga que pasa por una superficie arbitraria durante un segundo se denomina Amperio (A).
- Tiene signo (para denotar el sentido del flujo)



$$\bar{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$



# Señales y circuitos eléctricos

## Voltaje (V)

- También se denomina tensión eléctrica o diferencia de potencial.

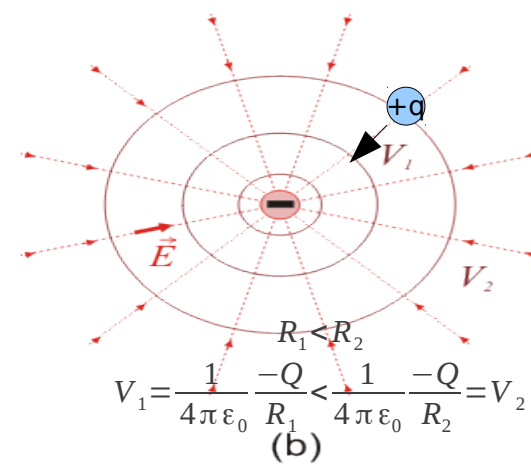
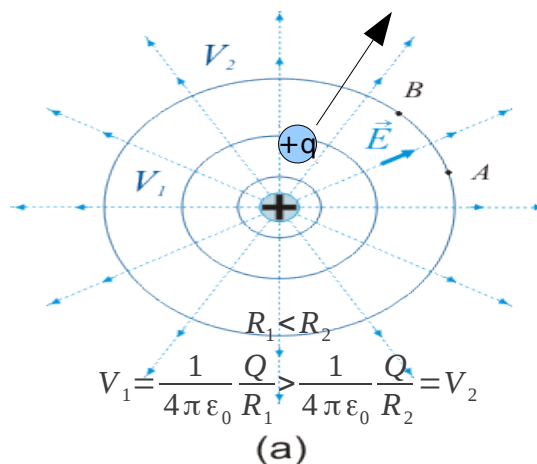
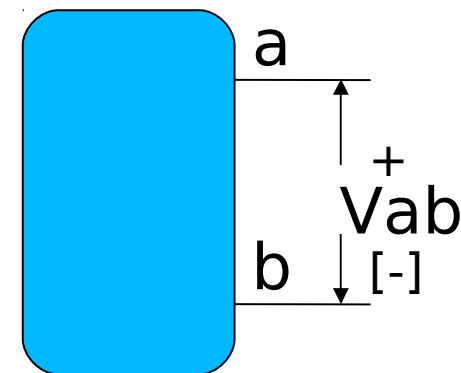
- Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos [ab].

- Cuando una carga eléctrica  $q$  se introduce en un campo de potencial eléctrico, ésta sigue el movimiento hacia las posiciones de menor potencial eléctrico.

- Ejemplo: El potencial eléctrico creado por una carga  $Q$  inmóvil es:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$$

Una carga positiva,  $q$ , en el interior de dicho campo se mueve hacia regiones de menor potencial eléctrico.



# Señales y circuitos eléctricos

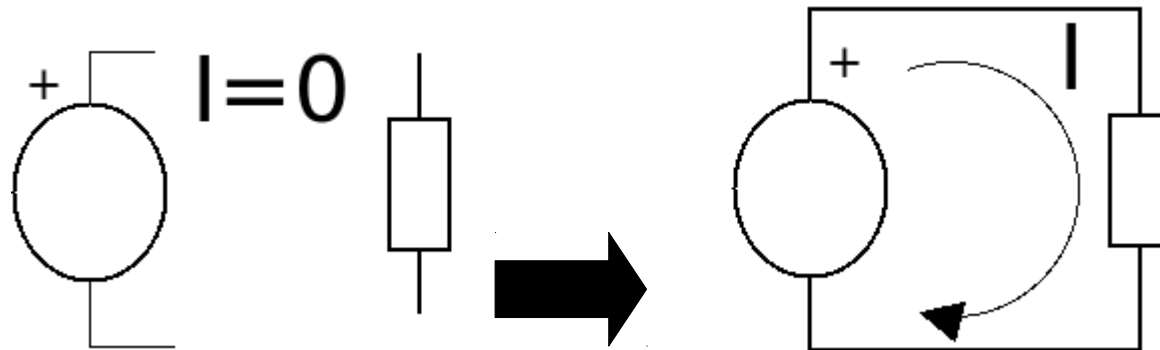
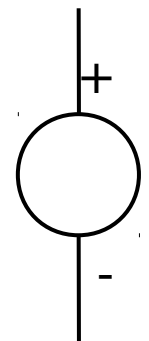
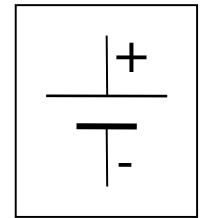
## Voltaje (V)

- Existen dispositivos que generan voltaje: **fuentes de tensión**

- Disponen de dos terminales con diferentes potenciales eléctricos: Terminal +, Terminal -

- La conexión de los terminales de una fuente de tensión a un elemento o dispositivo que permita el paso de portadores de corriente, crea un circuito cerrado por el que circula corriente.

*La intensidad de corriente sale del terminal positivo, atraviesa el circuito y vuelve al terminal negativo.*



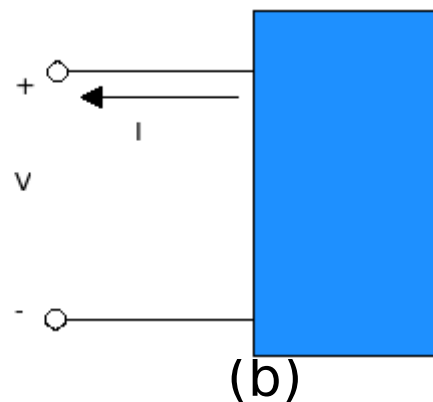
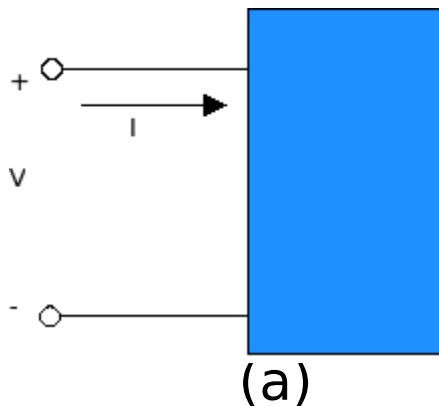
# Señales y circuitos eléctricos

## Potencia (P)

- Cantidad de energía por unidad de tiempo para transferir un culombio de carga a través de un dispositivo

$$P = V \times I$$

- Convención de signos: potencia absorbida  $p=vi$  (a), potencia generada  $p=-vi$  (b)

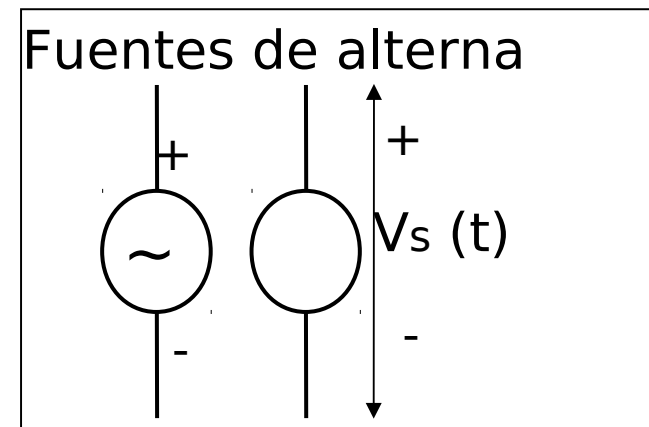
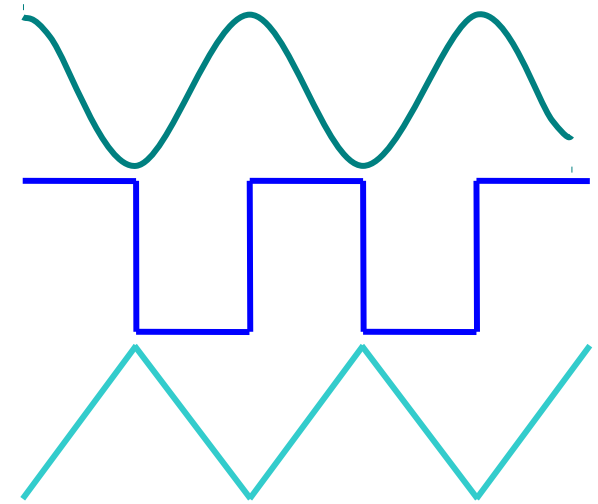




# Señales y circuitos eléctricos

En el tiempo las señales de tensión pueden ser:

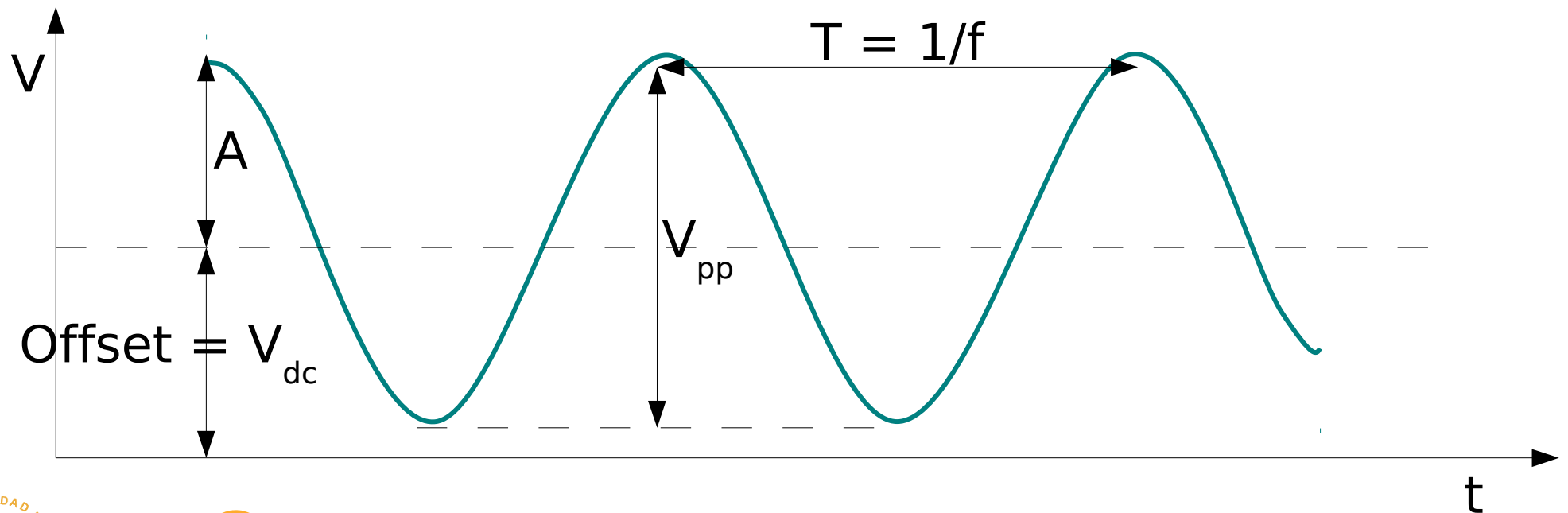
- Constantes o de *corriente continua*, *cc*, (en inglés, *dc*, *direct current*):  
 $V_{dc} = 5 \text{ V}$
- Variables o de *corriente alterna*, *ca*, (en inglés, *ac*, *alternating current*):
  - Periódicas:
    - Forma senoidal, cuadrada, ...
  - No periódicas: Más difíciles de tratar, se estudian por su respuesta frecuencial (espectro)



# Señales y circuitos eléctricos

## Parámetros típicos de señales periódicas

- Periodo ( $T$ ) expresado en segundos (s) o múltiplos. De forma equivalente, frecuencia ( $f$ ) donde  $f = 1/T$ , expresado en Hercios (Hz) o ciclos por segundo, o múltiplos
- Amplitud ( $A$ ) expresado en voltios (V) o valor pico-pico ( $A_{pp}$ ,  $V_{pp}$ ) expresado también en voltiosV
- Valor de continua (*dc offset*,  $V_{dc}$ ), expresado en voltios



# Señales y circuitos eléctricos

## Circuito

- Es una red que interconecta dos o más elementos que contiene al menos una trayectoria cerrada

## Partes del circuito

- *Componentes.*

Elementos con dos terminales y por el que puede pasar carga (Ej.: I, E1, E2, R1, R2, R3, R4, R5, R6)

- *Nodo.*

Punto en el cual dos o más componentes tienen una conexión común (Ej. A, B, C, D, E)

- *Rama.*

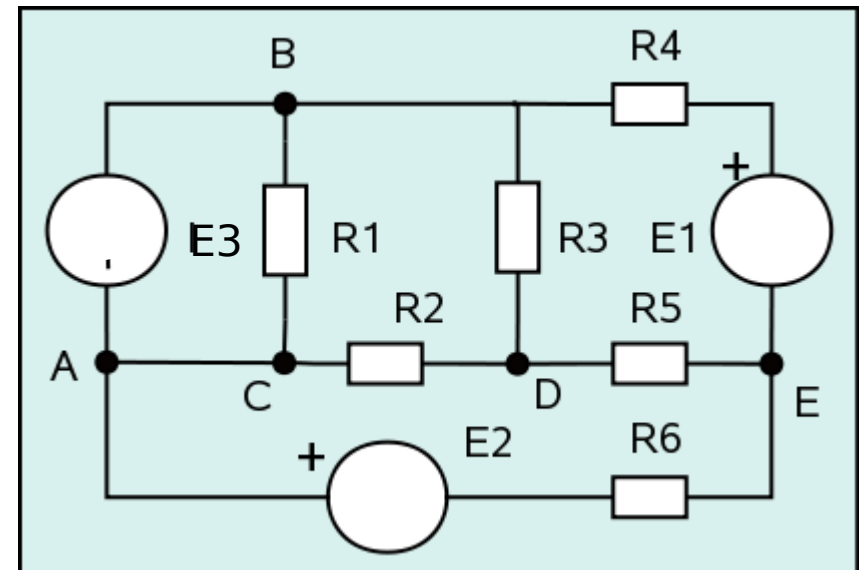
Conjunto de todos los elementos de un circuito comprendidos entre dos nodos consecutivos (Ej.: BC, CD, BD, etc.)

- *Malla.*

Un grupo de ramas que están unidas en una red y que a su vez forman un lazo cerrado. Ej, (ABC)

- *Conductor o cable.*

Une los componentes (Resistencia nula)



# Señales y circuitos eléctricos

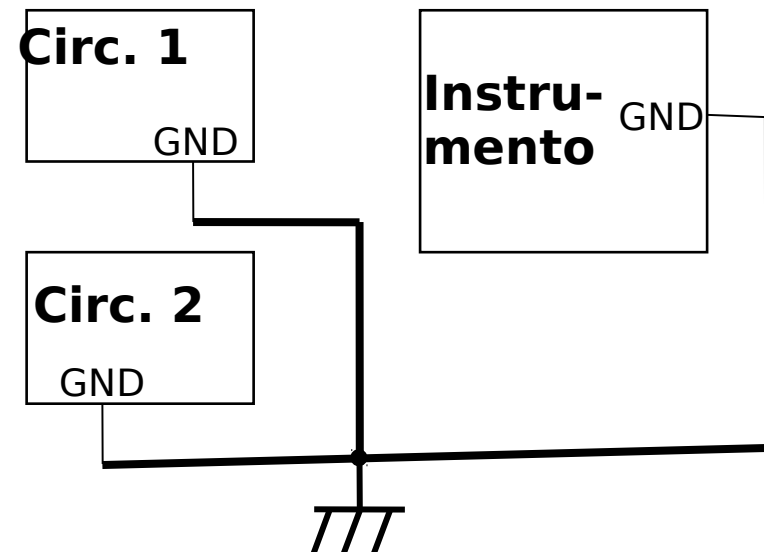
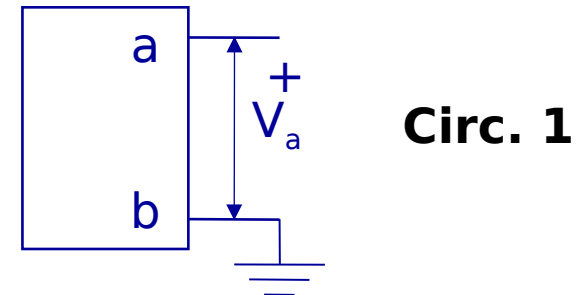
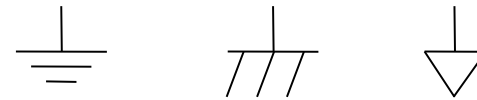
Masa o tierra (GND: ground):

- La masa es un nudo del circuito que se toma como **referencia**.
- Convenio: La tensión o potencial eléctrico en la masa tiene un valor nulo:  $V_{\text{GND}} = 0$
- Así, en los otros nodos puede hablarse de “la tensión o potencial en ese nodo”:

$$V_a = V_a - V_{\text{GND}} = V_a - 0$$

- La masa de todos los circuitos e instrumental **se conectan** entre sí.

Símbolos de GND:



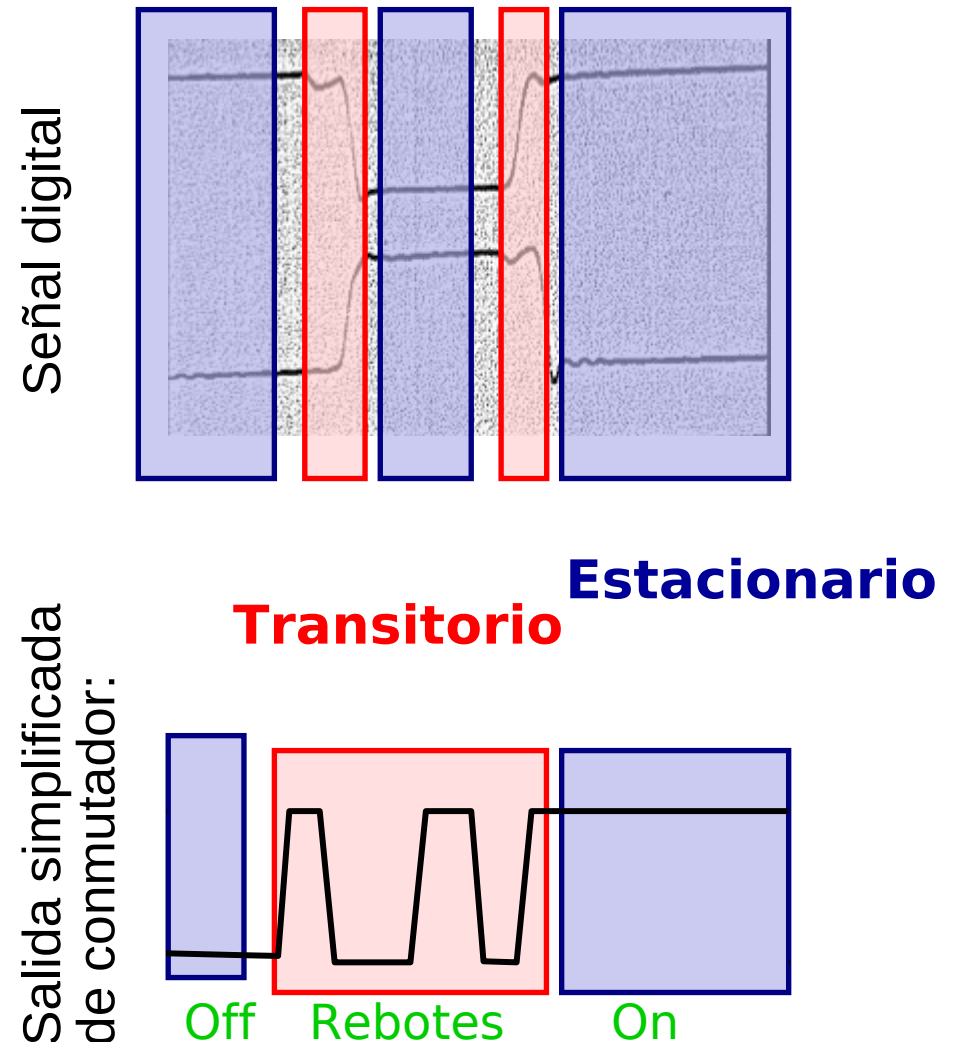
# Señales y circuitos eléctricos

En el análisis de circuitos caben distinguir dos intervalos:

- **Estacionario**: Intervalo de tiempo que ocurre cuando el comportamiento es estable
- **Transitorio**: Intervalo que ocupa pasar de una situación estacionaria a la siguiente



Ejemplos:



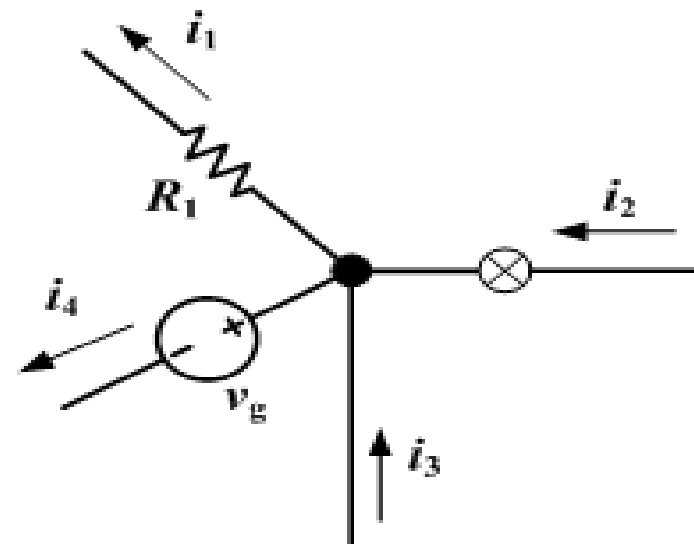
# Señales y circuitos eléctricos

## Ley de corrientes de Kirchhoff

“En cualquier nodo, la suma de la corriente que entra en ese nodo es igual a la suma de la corriente que sale.

De igual forma, la suma algebraica de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero.”

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n = 0$$



La corriente que pasa por un nodo es igual a la corriente que sale del mismo:  $i_1 + i_4 = i_2 + i_3$ .

# Señales y circuitos eléctricos

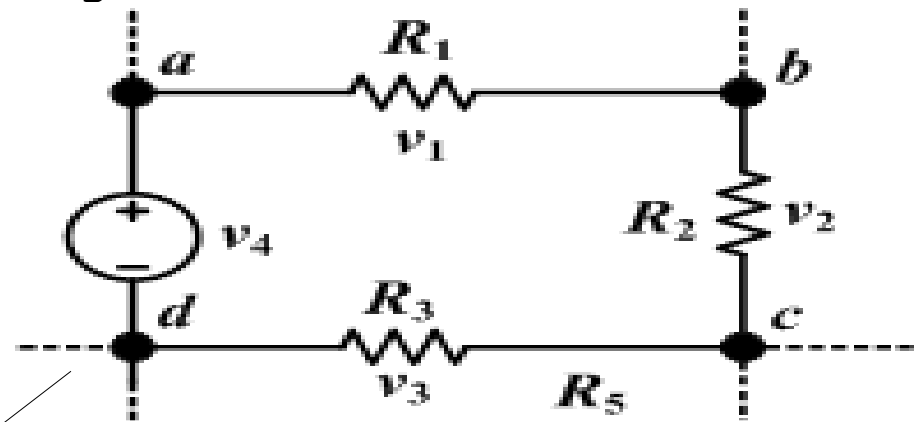
## Ley de tensiones de Kirchhoff

“En toda malla la suma de todas las caídas de tensión es igual a la suma de todas las subidas de tensión.

De forma equivalente, en toda malla la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico es igual a 0.”

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0$$

Por ejemplo



$$\sum_{k=1}^4 V_k = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{da} = 0$$

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} - E = 0$$

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} = E$$

Donde  $E = v_4$

# Señales y circuitos eléctricos

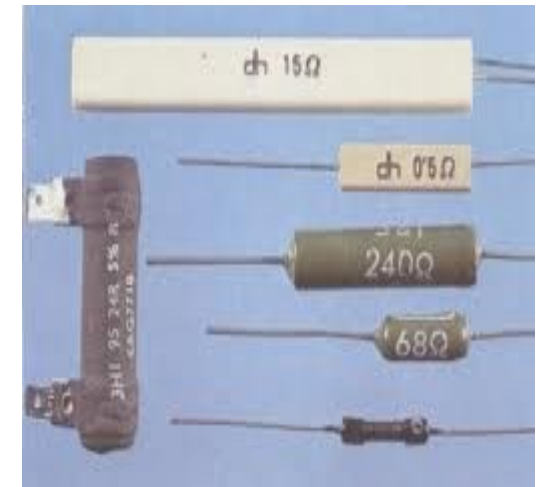
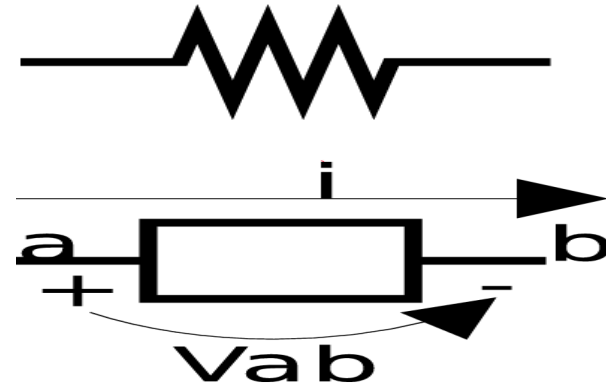
Las principales componentes de circuito son:

- Resistencia ( $\Omega$ , ohmio):

Cumple la ley de Ohm,  $V_{ab} = i \cdot R$

- Conductancia (G, S siemens):

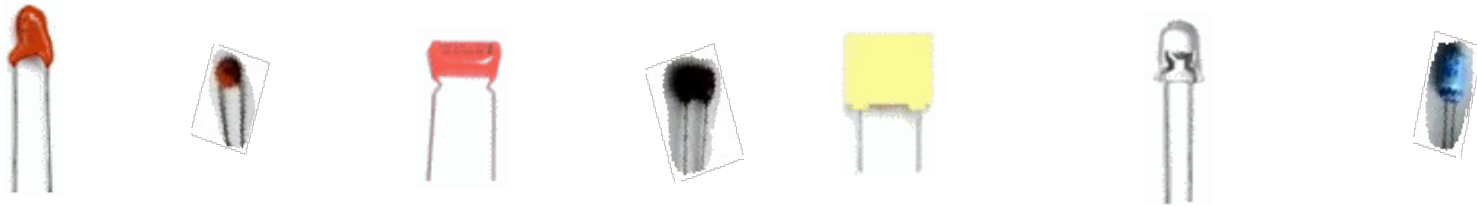
$$G = 1/R$$





# Señales y circuitos eléctricos

- **Condensador:** Componente que almacena carga,  $q$ .



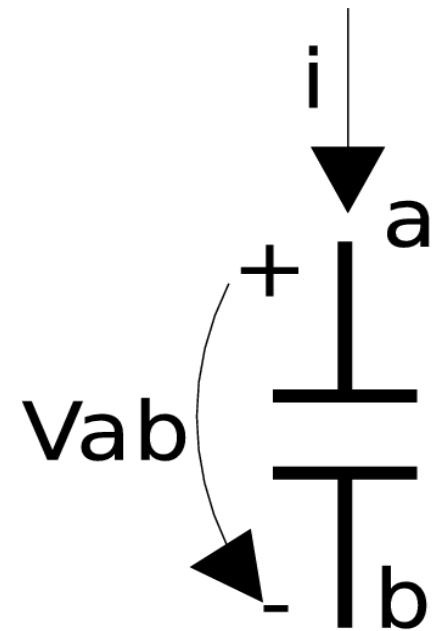
- **Capacidad** (F, Faradio): Es el parámetro que caracteriza a los condensadores y cumple:

$$q = CV_{ab}$$

$$i = C \frac{dV_{ab}}{dt}$$

- En continua o en el estado estacionario no circula corriente por C:

$$\text{cc: } q(t) = \text{cte.} \quad i = dq/dt = 0 \rightarrow V_{ab} = \text{cte}$$



# Señales y circuitos eléctricos

- **Fuentes de tensión:** Son las componentes de circuito que generan señales de voltaje.

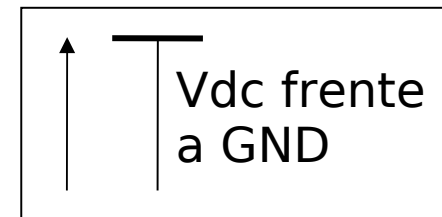
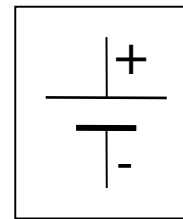
- Fuentes de continua:  
Generan  $V_{dc}$

- Se usan como **alimentación**
    - Representaciones diferentes

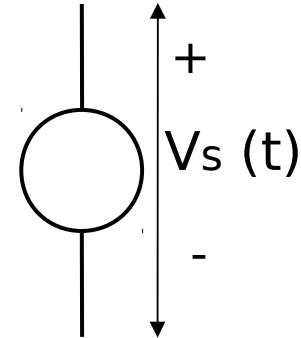
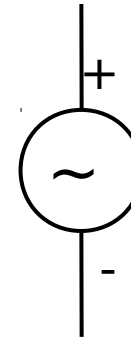
- Fuentes de alterna:  
Generan  $V_{ac}$

- Se usan como **excitación**

Fuentes de continua

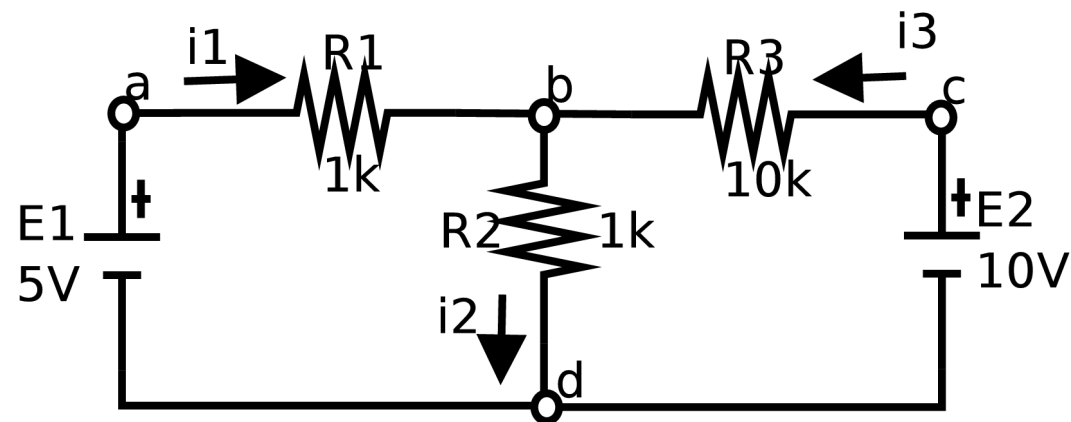


Fuentes de alterna



# Señales y circuitos eléctricos

Ejemplo: Encontrar las tensiones de cada nodo e intensidades en cada rama del siguiente circuito



Paso 1: Asignamos etiquetas a todos los nodos

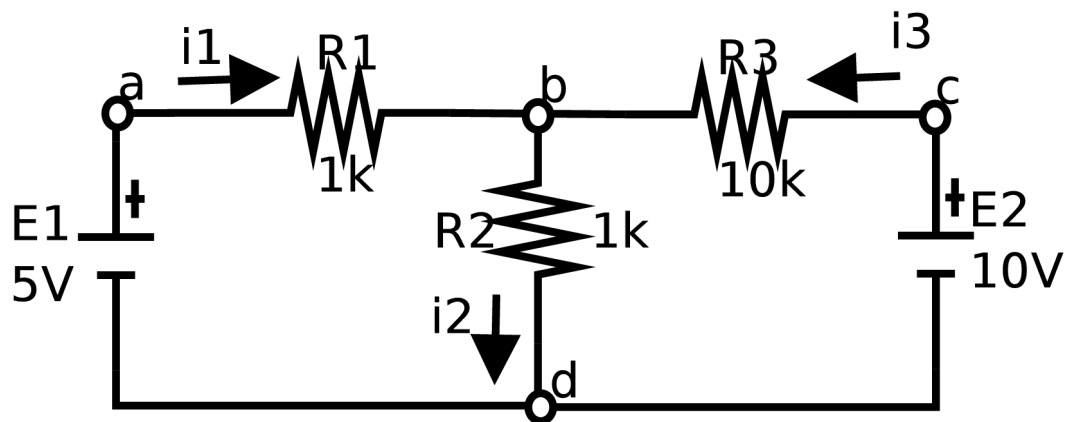
Paso 2: Identificamos todas las intensidades que circulan por cada rama del circuito. No es importante el sentido que se le asigne a la intensidad.

Paso 3: Ley de corrientes de Kirchoff aplicadas a todos los nodos. En este caso sólo el nodo b.

$$\begin{array}{ccc} \text{Intensidades} & \left( i_1 + i_3 = i_2 \right) & \text{Intensidad de} \\ \text{de entrada al} & \leftarrow & \text{salida del} \\ \text{nodo b} & & \text{nodo b} \\ & i_1 + i_3 - i_2 = 0 & \end{array}$$

# Señales y circuitos eléctricos

Ejemplo: Encontrar las tensiones de cada nodo e intensidades en cada rama del siguiente circuito



Paso 4: Ley de tensión de Kirchoff a cada malla

Malla abd

$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bd}$$
$$E_1 = V_{ab} + V_{bd}$$

Malla bcd

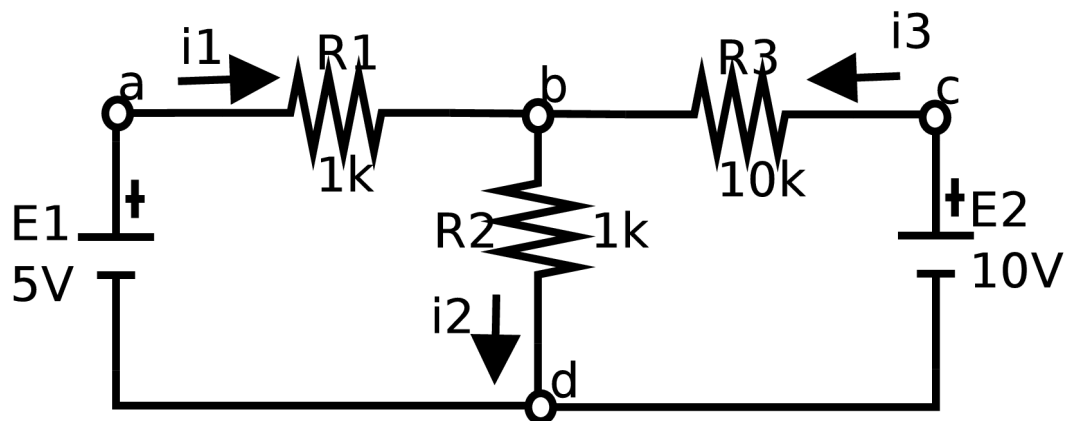
$$V_{bd} = V_{bc} + V_{cd}$$
$$V_{bd} = V_{bc} + E_2$$

$$i_1 + i_3 - i_2 = 0$$
$$E_1 = V_{ab} + V_{bd}$$
$$V_{bd} = V_{bc} + E_2$$

Leyes de Kirchoff

# Señales y circuitos eléctricos

Ejemplo: Encontrar las tensiones de cada nodo e intensidades en cada rama del siguiente circuito

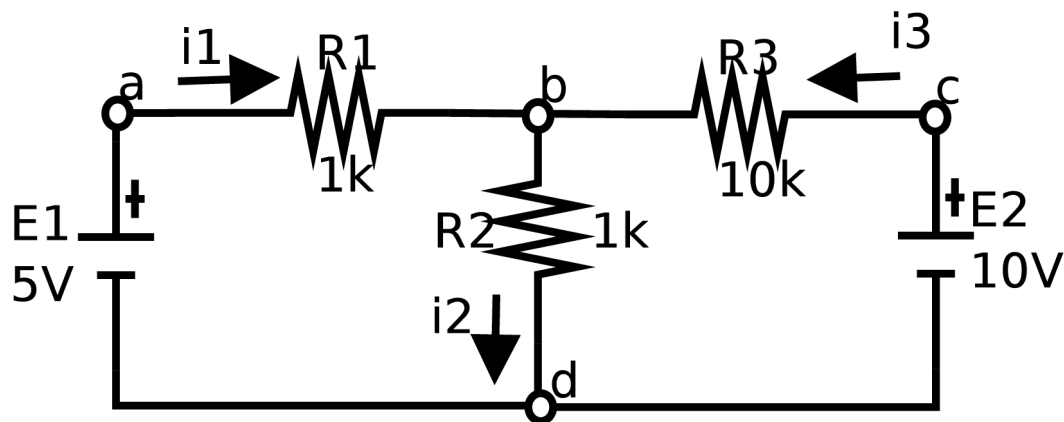


Paso 5: Relacionar la caída de tensión o potencial eléctrico de cada componente con la intensidad que lo circula. Ley de Ohm.

$$\begin{array}{l} V_{ab} = R_1 i_1 \\ V_{bd} = R_2 i_2 \\ V_{bc} = -R_3 i_3 \end{array} \xrightarrow{\text{Substituir}} \begin{array}{l} i_1 + i_3 - i_2 = 0 \\ E_1 = V_{ab} + V_{bd} \\ V_{bd} = V_{bc} + E_2 \end{array} = \begin{array}{l} i_1 + i_3 - i_2 = 0 \\ E_1 = R_1 i_1 + R_2 i_2 \\ R_2 i_2 = -R_3 i_3 + E_2 \end{array}$$

# Señales y circuitos eléctricos

Ejemplo: Encontrar las tensiones de cada nodo e intensidades en cada rama del siguiente circuito



$$\begin{aligned} i_1 + i_3 - i_2 &= 0 \\ E_1 &= R_1 i_1 + R_2 i_2 \\ R_2 i_2 &= R_3 i_3 + E_2 \end{aligned}$$

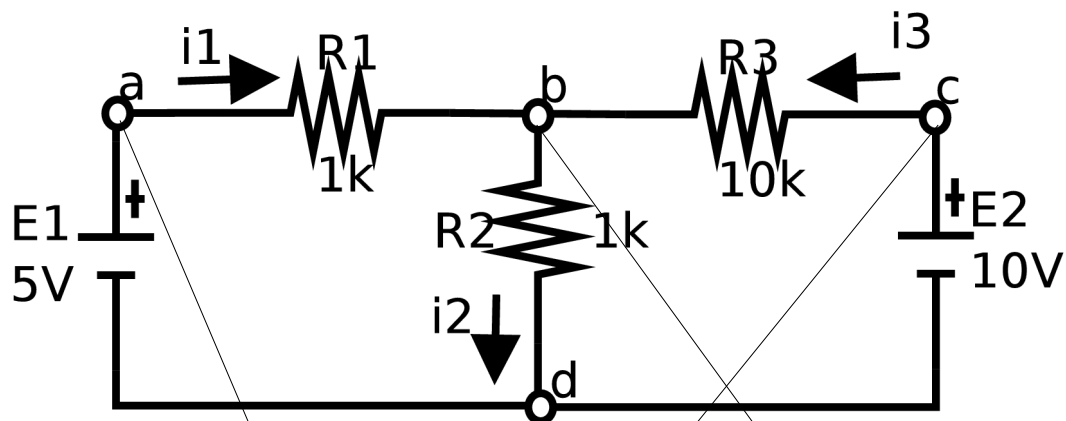
Paso 6: Resolución del sistema de ecuaciones para obtener las intensidades en cada rama.

$$\begin{aligned} i_1 + i_3 - i_2 &= 0 \\ 5 &= 1000 i_1 + 1000 i_2 \\ 1000 i_2 &= -10000 i_3 + 10 \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} i_1 &= \frac{45}{21} \text{ mA} \\ i_2 &= \frac{60}{21} \text{ mA} \\ i_3 &= \frac{15}{21} \text{ mA} \end{aligned}$$

**¡Comprobar que se verifica la ley de intensidades!**

# Señales y circuitos eléctricos

Ejemplo: Encontrar las tensiones de cada nodo e intensidades en cada rama del siguiente circuito



$$i_1 + i_3 - i_2 = 0$$

$$E_1 = R_1 i_1 + R_2 i_2$$

$$R_2 i_2 = R_3 i_3 + E_2$$

Paso Final: Obtención de las tensiones en cada nodo.

Nodos con voltajes fijados por las fuentes de tensión

$$V_a = 5V$$

$$V_c = 10V$$

$$V_d = 0 (GND)$$

$$V_b = R_2 i_2 = 1k \frac{60}{21} mA = \frac{60}{21} V \approx 3V$$

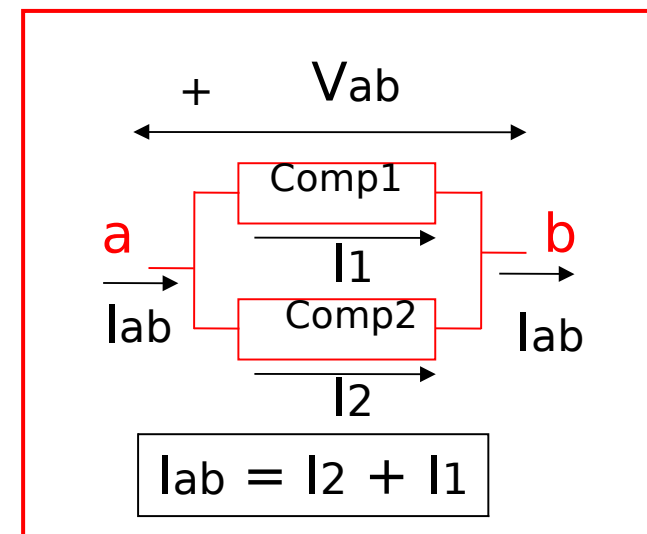
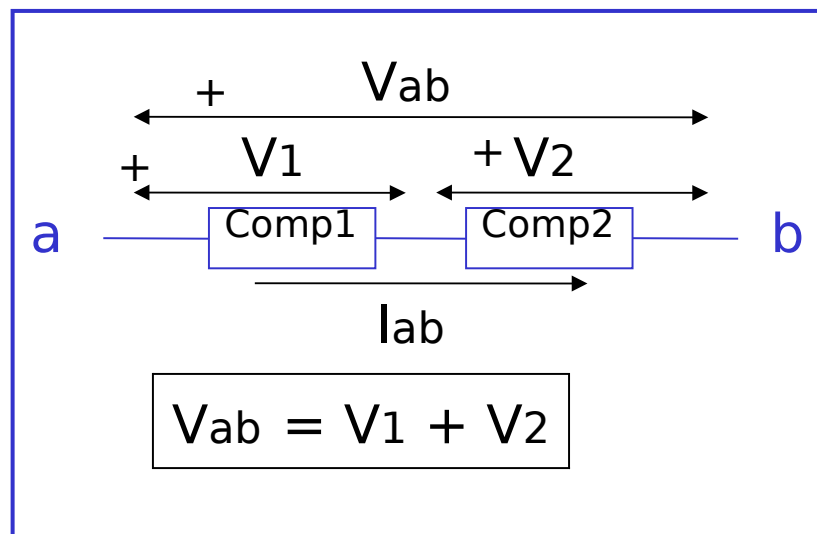
$$V_b = E_1 - V_{ab} = E_1 - R_1 i_1 = 5 - 1k \frac{45}{21} mA = \frac{60}{21} V$$

$$V_b = E_2 + V_{bc} = E_2 + R_3 i_3 = 10 - 10k \frac{15}{21} mA = \frac{60}{21} V$$

Varias posibilidades para Vb

# Señales y circuitos eléctricos

- Los componentes de un circuito se pueden distribuir o conectar de dos formas básicas:
  - SERIE**: Misma intensidad, suma tensiones
  - PARALELO**: Misma tensión, suma intensidades
- Los componentes (R, C, E) de la misma naturaleza distribuidos de las formas básicas se pueden asociar para simplificar la complejidad del circuito.



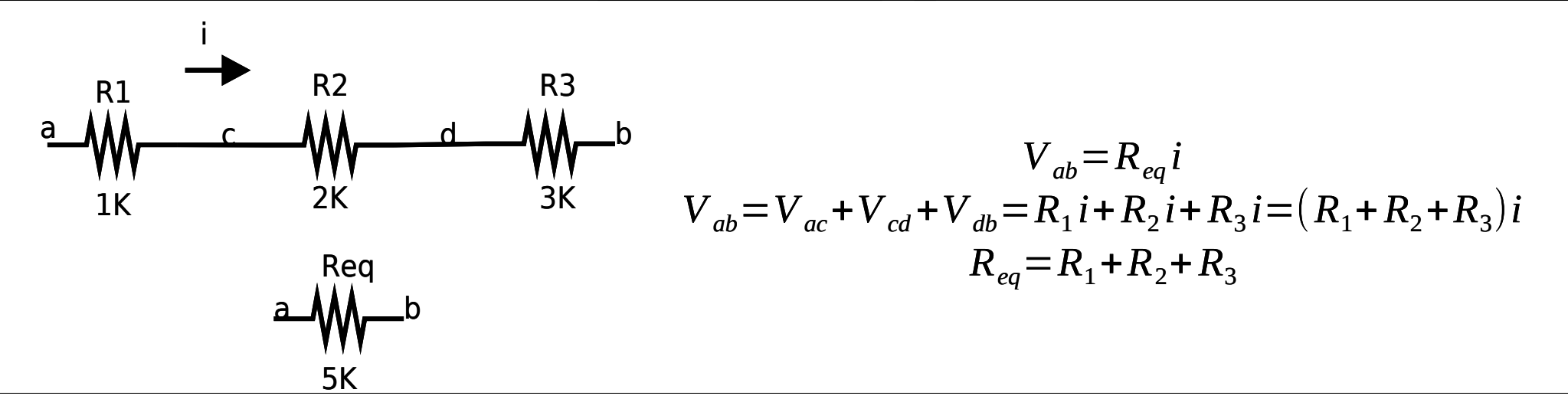


# Señales y circuitos eléctricos

- Asociación serie

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

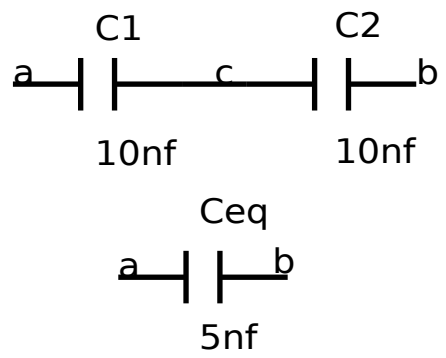
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



$$V_{ab} = \frac{Q}{C_{eq}}$$

$$V_{ab} = V_{ac} + V_{cb} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) Q$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

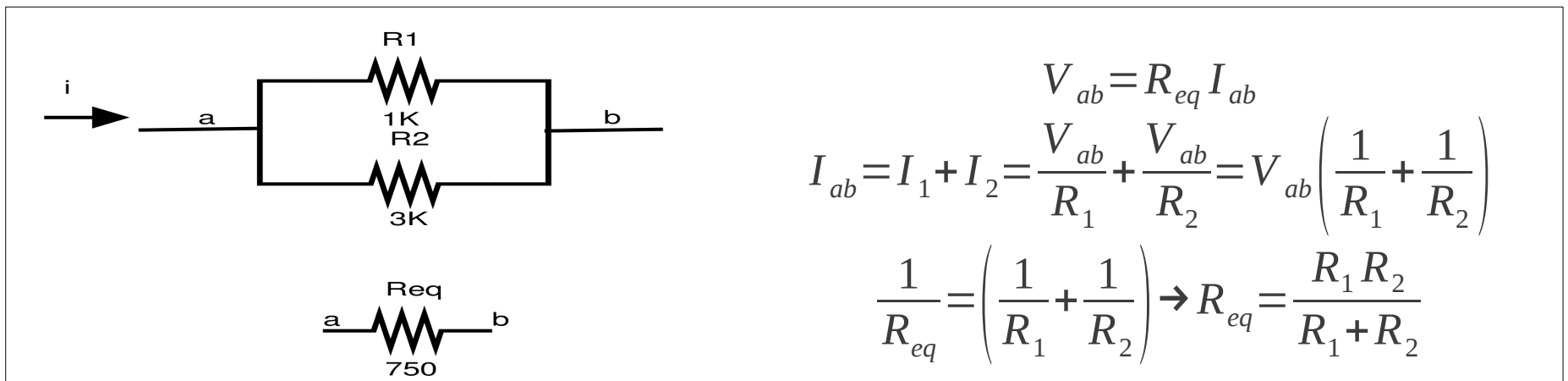


# Señales y circuitos eléctricos

- Asociación paralelo

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

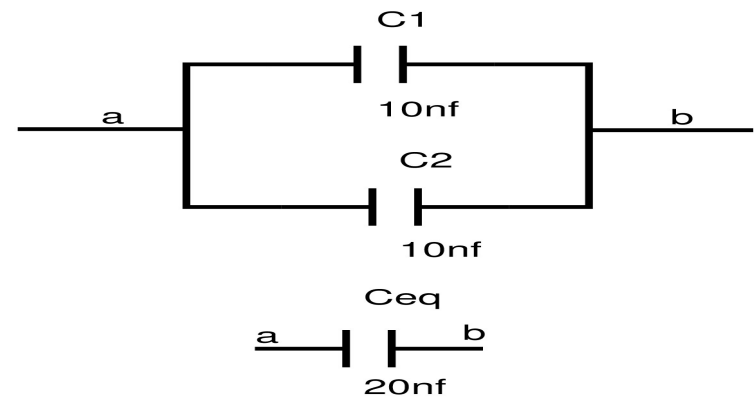
$$C_{eq} = C_1 + C_2$$



$$Q_T = C_{eq} V_{ab}$$

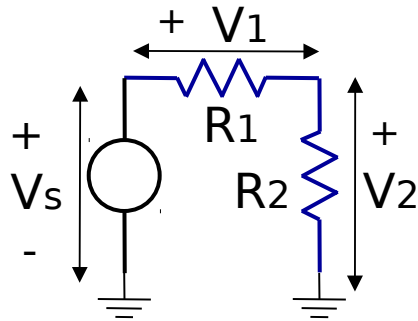
$$Q_T = Q_1 + Q_2 = C_1 V_{ab} + C_2 V_{ab} = (C_1 + C_2) V_{ab}$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$



# Señales y circuitos eléctricos

## Divisor de tensión



$$V_1 = V_s \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$V_2 = V_s \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

- Estas expresiones valen para todo valor de  $V_s$  y toda frecuencia

## Demostración:

La intensidad del circuito es  $i$ .  
 $R_1$  y  $R_2$  están en serie.

$$i = \frac{V_s}{R_{eq}} = \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$

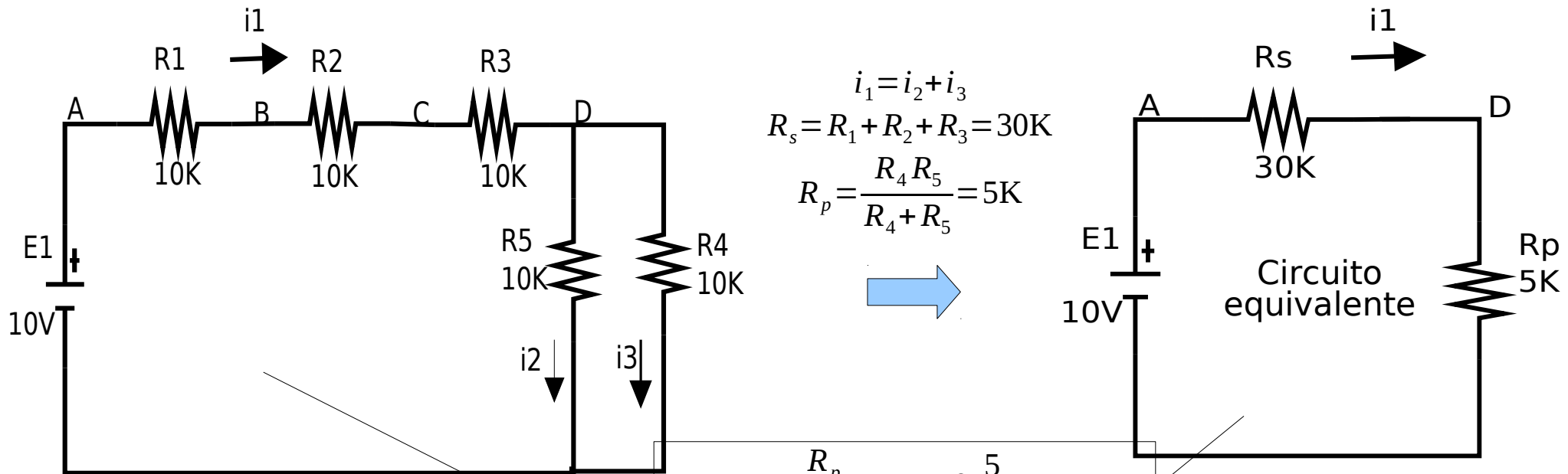
La caída de tensión en la resistencia  $R_1$  y  $R_2$  vienen dadas por la ley de Ohm

$$V_1 = R_1 i = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$$

$$V_2 = R_2 i = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$

# Señales y circuitos eléctricos

**Ejemplo:** Resuelva el siguiente circuito



$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 = 30K$$

$$R_p = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = 5K$$

$$V_D = \frac{R_p}{R_p + R_s} E_1 = 10 \frac{5}{35} = 1.42V$$

$$i_1 = \frac{E_1}{R_p + R_s} = \frac{10}{35k} = 0.286mA$$

$$V_A = 10V$$

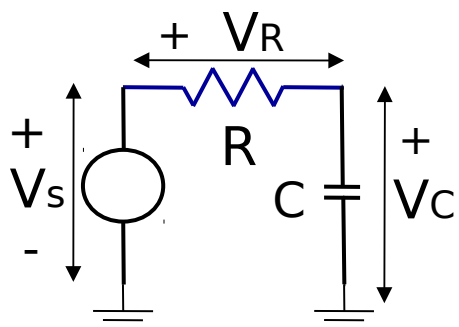
$$V_B = E_1 - R_1 i_1 = 10 - 10K \cdot 0.286m = 7.14V$$

$$V_C = E_1 - (R_1 + R_2) i_1 = 10V - 20K \cdot 0.286m = 4.28V$$

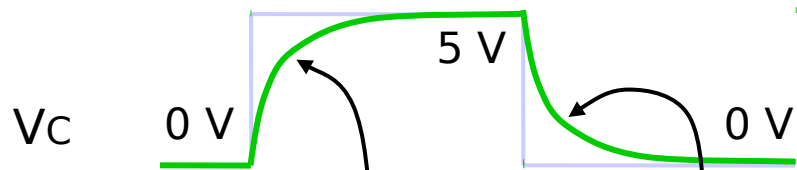
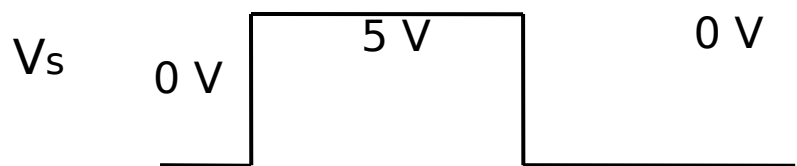
$$i_2 = i_3 = i_1 / 2 = 0.143mA$$

# Señales y circuitos eléctricos

## Circuito RC



Las expresiones dependen de la forma de onda y frecuencia de  $V_s$

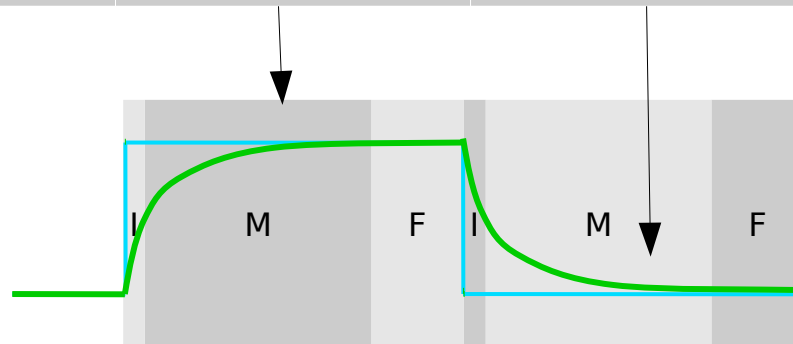


$$V_c = 5 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$V_c = 5 \cdot e^{-t/\tau}$$

$\tau = R \cdot C$  es la constante de tiempo

	$V_s = 5V$ (Fuente ON)	$V_s = 0V$ (Fuente OFF)
Inicio (I)	$Q = 0, V_c = 0,$ $i = V_s/R$	$Q = C V_c,$ $i = V_c/R$
Intermedio (M)	$Q \uparrow, V_c \uparrow,$ $i \downarrow$	$Q \downarrow, V_c \downarrow, i \downarrow$
Final (F)	$I = 0,$ $V_c = V_s,$ $Q = C V_c$	$I = 0,$ $V_c = 0,$ $Q = 0$



# Guión

---

- **Señales y circuitos eléctricos**
  - Señales eléctricas. Leyes de Kirchhoff
  - Componentes básicas (R, C y Fuente)
  - Análisis de circuitos eléctricos
- **Semiconductores**
  - Dispositivos semiconductores: Clasificación.
  - Diodos.
  - Transistores MOS.
- **Modelos simples de gran señal**
- **Circuitos electrónicos: Ejemplos**
  - Circuito con diodo
  - Circuito con transistores

# Semiconductores

---

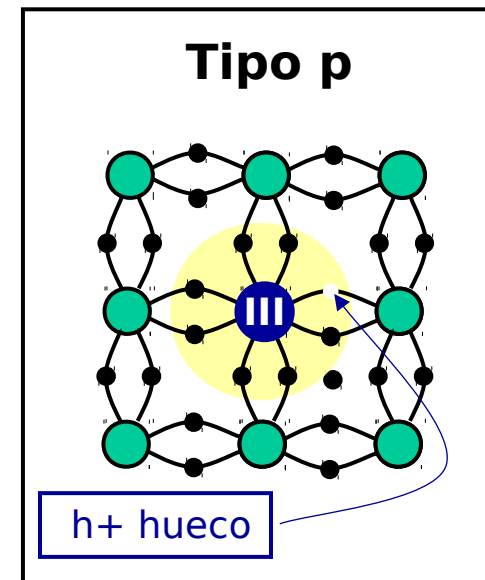
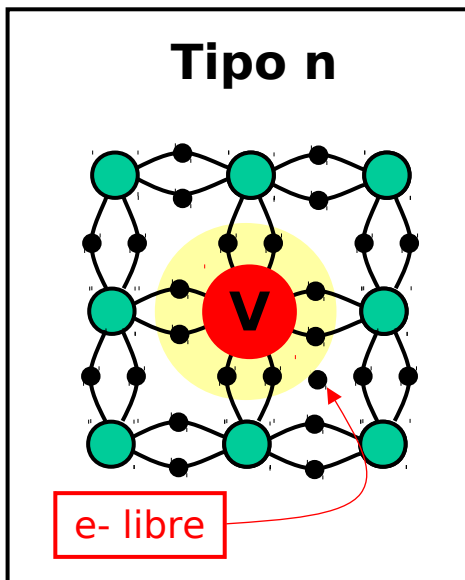
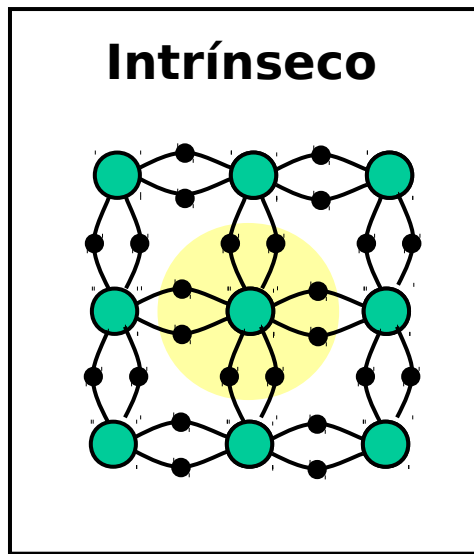
**Conducción eléctrica:** Los materiales son:

- **Conductores:** Tienen muchos electrones (e-) libres
- **Aislantes** (*dieléctricos*): Pocos e- libres
- **Semiconductores:** En estado puro conducen 'regular' la corriente eléctrica, pero con impurezas son la base de la electrónica actual (el más utilizado es el Silicio).

# Semiconductores

Conducción del Si: El Si tiene 4 e- en la última capa

- Semiconductor intrínseco: Estado puro cristalino en el que comparten e- mediante enlaces covalentes. La única conducción es por e- libres generados por efecto térmico y causan una concentración baja.
- Semiconductor extrínseco: Tienen impurezas (V: P, As; III: Al, In, Ga)
  - Tipo n: dan e-
  - Tipo p: dan h+ (h: huecos, actúan como carga +)





# Semiconductores

---

## Clasificación dispositivos semiconductores basados en Si:

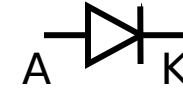
- **Diodo:**
  - Unión PN
  - Otros: diodos ópticos (fotodiodos, diodos LED), de barrera<sup>1</sup> (Schottky), de ruptura<sup>2</sup> (Zener).
- **Transistor** (procede de '*transfer resistor*'):
  - BJT (*Bipolar Junction Transistor*): Son los dispositivos de familias lógicas muy populares (TTL y subfamilias).
  - MOSFET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor*): Son los dispositivos de la mayoría de circuitos integrados actuales (CMOS).

<sup>1</sup> Es especialmente rápido (se usa en alta frecuencia).

<sup>2</sup> Suele usarse como rectificador ya que al polarizarse inversamente mantiene entre sus terminales una tensión constante.

# Semiconductores

## Diodo de unión:



- Se trata de una unión de semiconductores P y N.
- Se forma una barrera de potencial asociada a una región de vaciamiento de portadores situada alrededor de la unión de los dos semiconductores.
- Electrones del material n fluyen hacia el p por la diferencia de concentración, dejando una porción del material n con carga positiva.
- Por el mismo motivo, huecos del material p fluyen al n, dejando una porción del material p con carga negativa.
- El campo eléctrico resultante frena el progreso de portadores



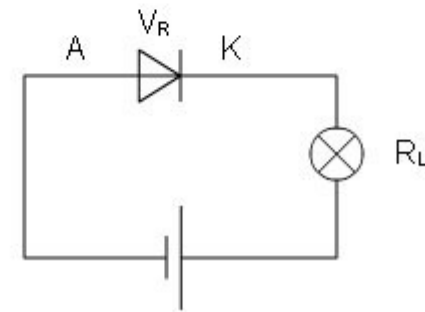
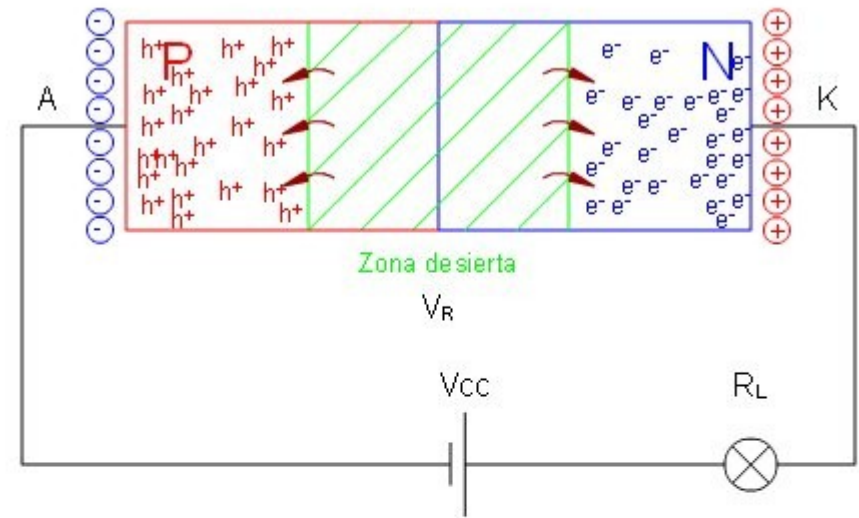
<http://www.youtube.com/watch?v=gfmeTxqLeX0>



# Semiconductores

## Diodo de unión:

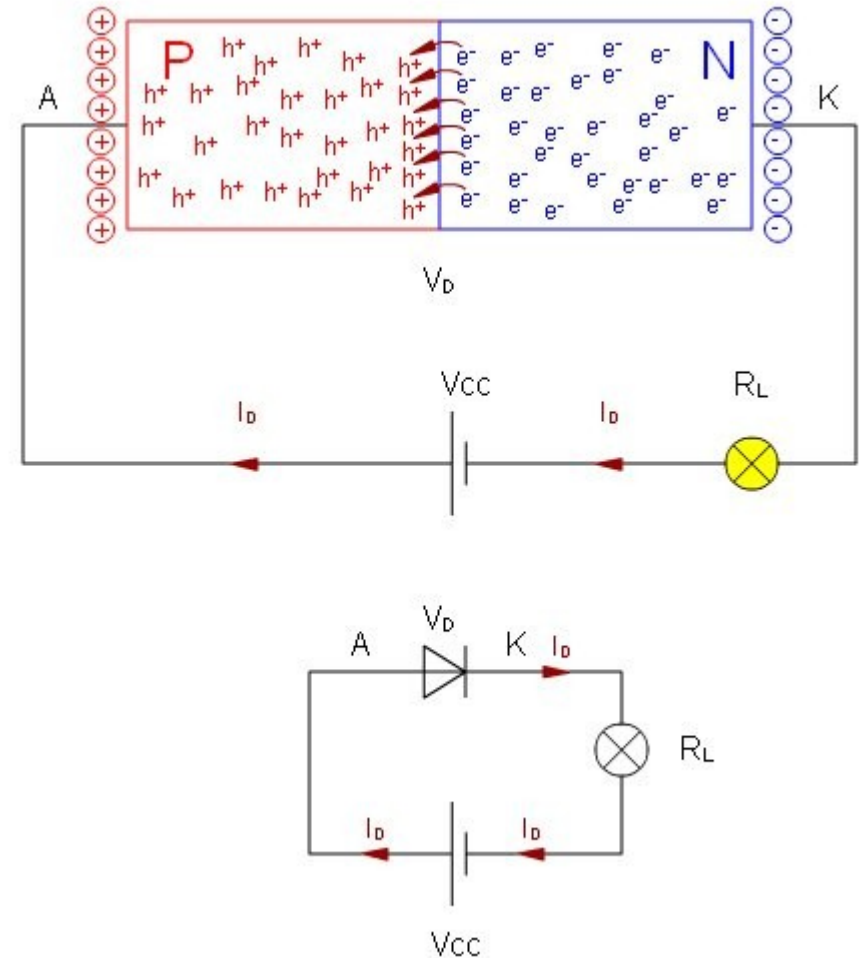
- El diodo pn se puede polarizar en inversa.
- En esta situación, los electrones del material n se mueven hacia el polo positivo de la fuente, mientras que los huecos del material p hacia el negativo:
  - Se incrementa la región de vaciamiento
  - Se impide la circulación de portadores.



# Semiconductores

## Diodo de unión:

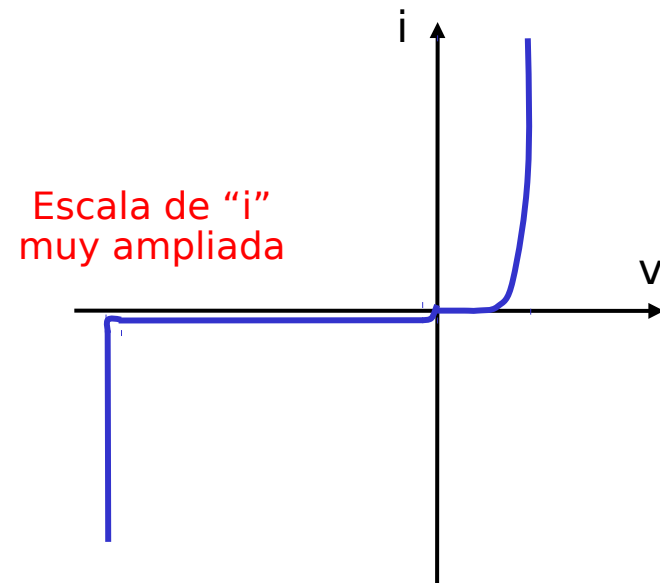
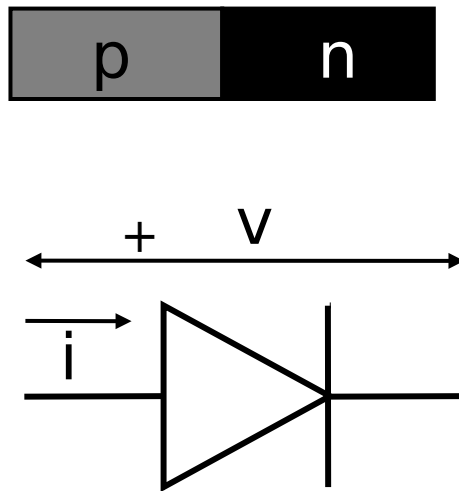
- El diodo pn se puede polarizar en directa.
- En esta situación, la región de vaciamiento disminuye permitiendo que los electrones circulen del material n hacia el polo positivo de la fuente y los huecos del material p hacia el polo negativo.
- Se permite la circulación de portadores.



# Semiconductores

## Diodo de unión:

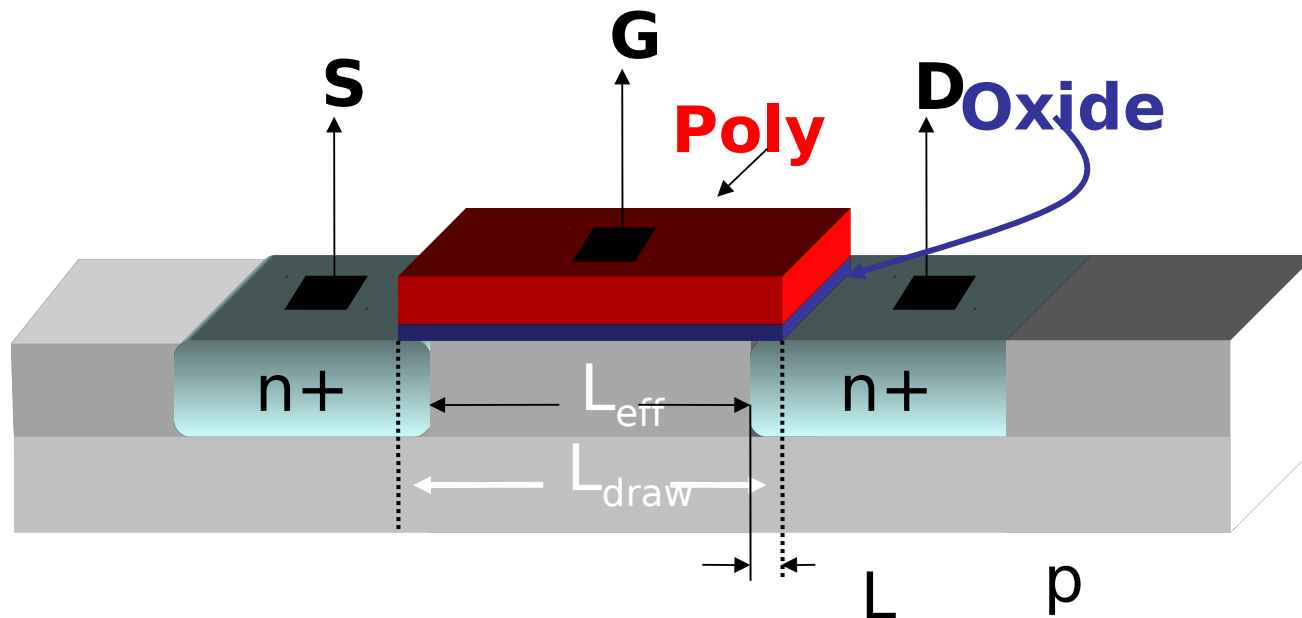
- Macroscópicamente: Dispositivo que deja pasar la corriente para voltajes positivos (portándose como una resistencia variable) y la corta para los opuestos (rectificador).



# Semiconductores

## MOSFET:

- La estructura física tiene 3 terminales:
  - **G** (*Gate*): Por donde se aplica la tensión del efecto campo. No conduce  $i$ .
  - **D** (*Drain*) y **S** (*Source*, fuente de  $e^-$ ).

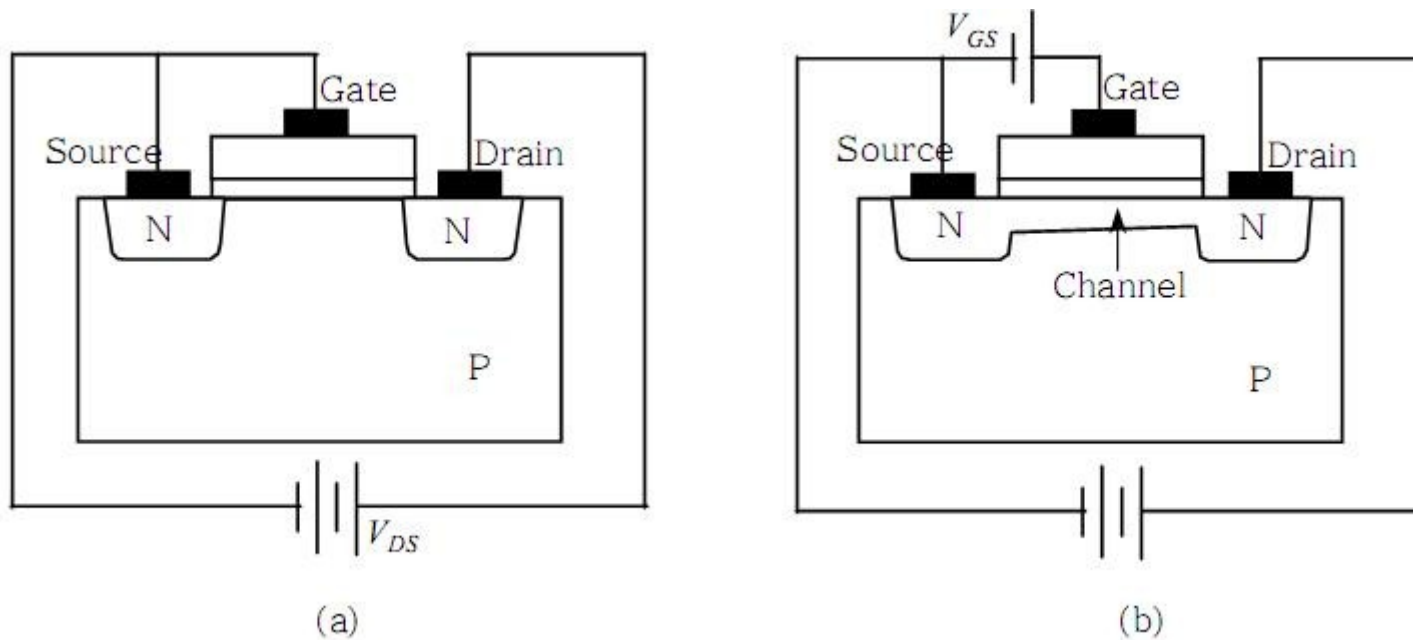


<http://www.youtube.com/watch?v=9JKj-wIEPMY>

# Semiconductores

## MOSFET:

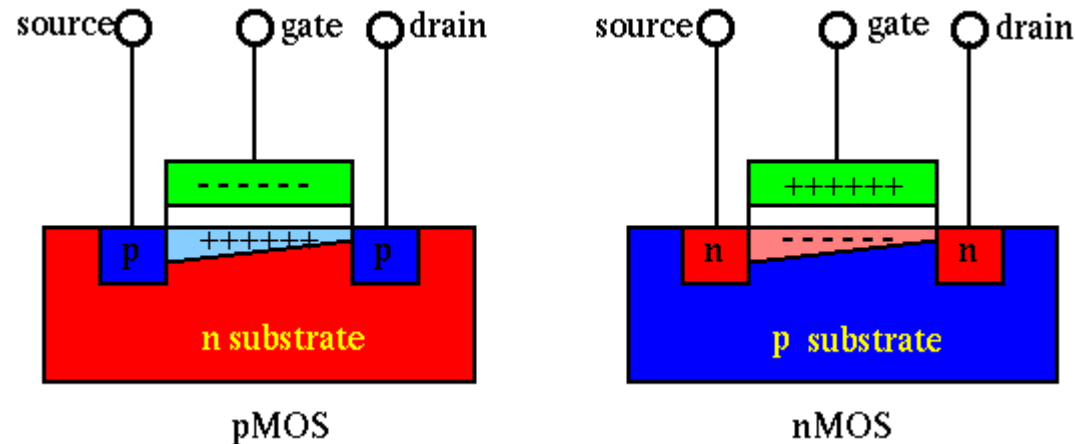
- Si  $V_G = 0$ , no hay corriente entre D y S (material n-p-n)
- Si  $V_G$  sube, se origina un campo eléctrico que atrae e- hacia el canal, el cual se transforma en un buen conductor entre **D** y **S**. Hay conducción de portadores entre D y S



# Semiconductores

## MOSFET:

- Tipos de Mosfet: nMos, pMos
- En el transistor pMos, el canal se forma cuando la tensión de la puerta es negativa respecto de la fuente y drenador. De esta forma se atraen huecos que forman el canal que permite la conducción entre S y D





# Guión

---

- **Señales y circuitos eléctricos**
  - Señales eléctricas. Leyes de Kirchhoff
  - Componentes básicas (R, C y Fuente)
  - Análisis de circuitos eléctricos
- **Semiconductores**
  - Dispositivos semiconductores: Clasificación.
  - Diodos.
  - Transistores MOS.
- **Modelos simples de gran señal**
- **Circuitos electrónicos: Ejemplos**
  - Circuitos con diodo
  - Circuitos con transistores

# Modelos simples de gran señal

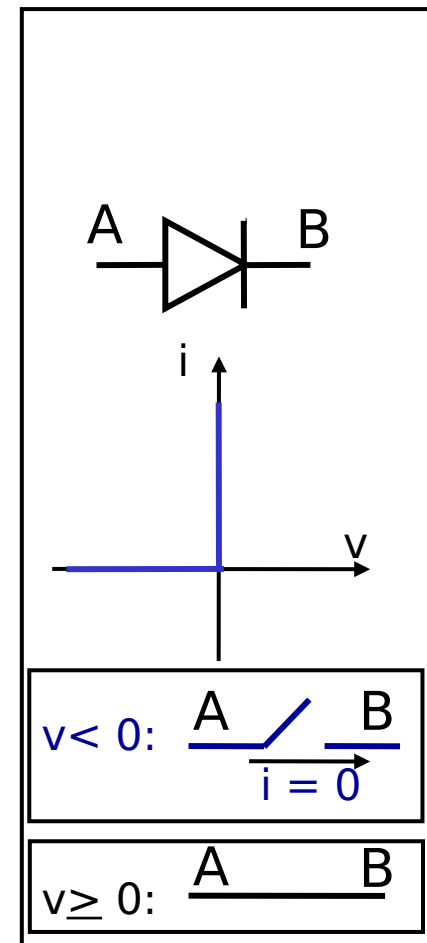
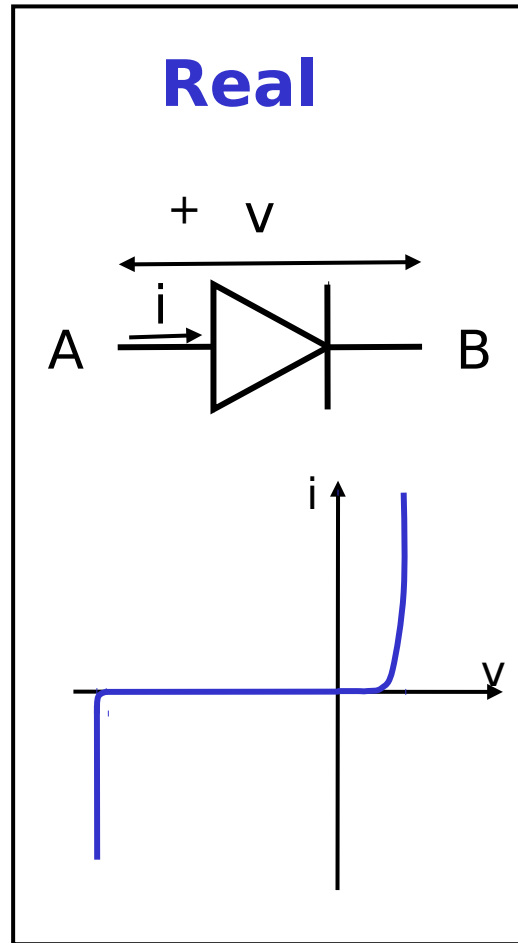
---

## Modelos de pequeña y de gran señal

- Todos los circuitos electrónicos deben estar *alimentados* por una fuente de energía. *Por ejemplo, en digital,  $V_{CC}$  es de 5V (respecto a GND).*
- Con los circuitos complejos se trabaja con gran señal o con pequeña señal
  - Gran señal: Los valores de las señales pivotan entre los valores extremos (o cerca de ellos). *Por ejemplo, en digital, una señal normal cambia entre 0 y 5V.*
  - Pequeña señal: El dispositivo trabaja con valores pequeños de señal que oscilan alrededor de un punto de operación.

# Modelos simples de gran señal

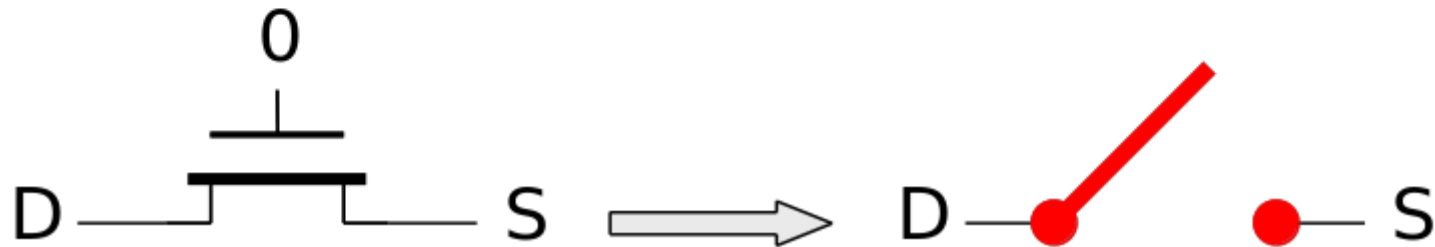
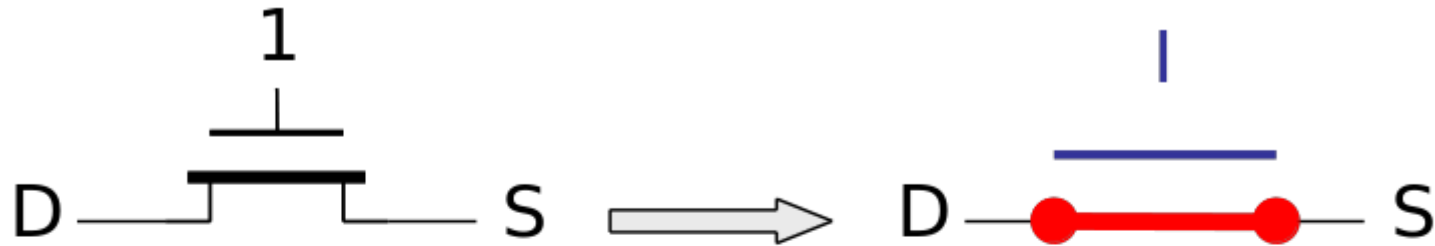
Modelo simple de gran señal para el diodo:



**CUIDADO**  
El diodo sólo permite el paso de corriente desde el ánodo al cátodo

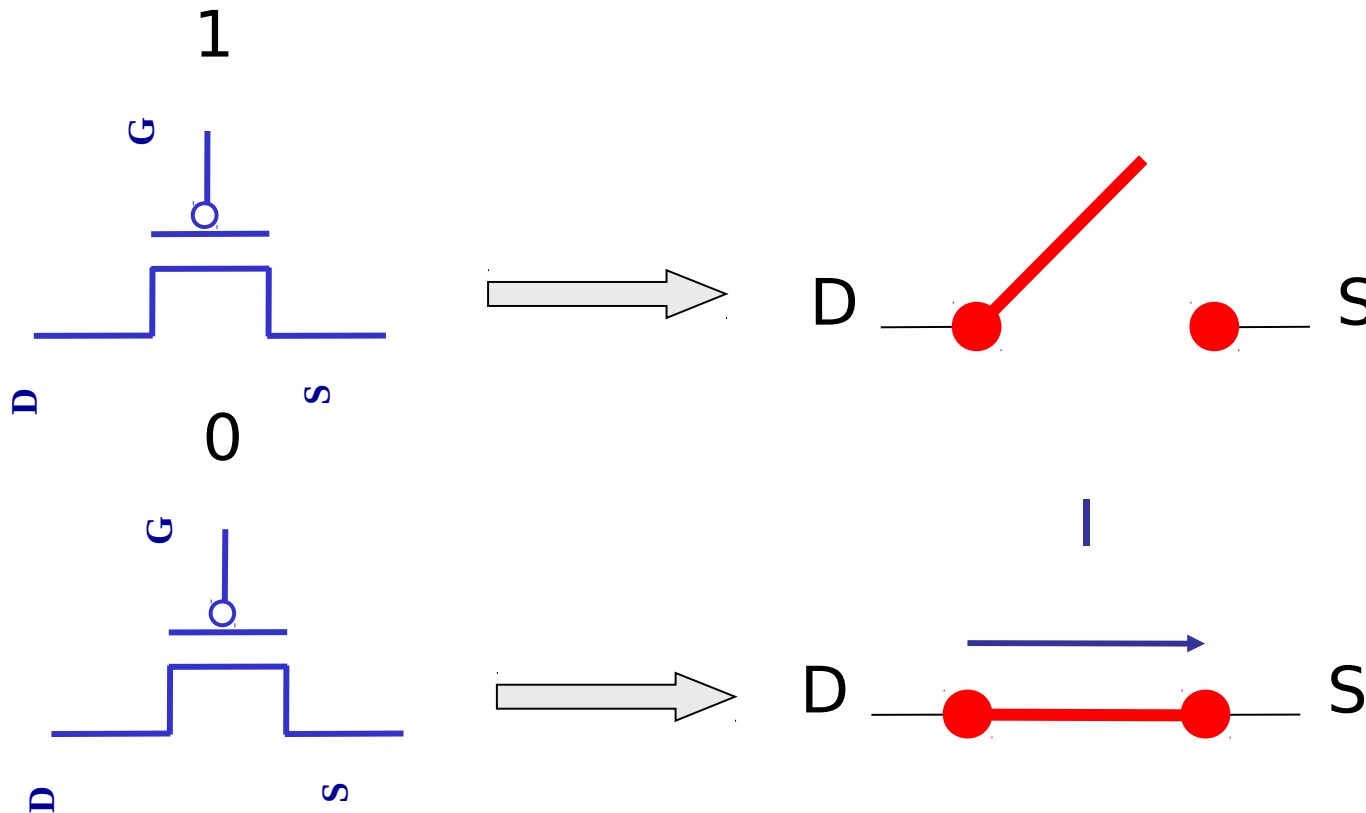
# Modelos simples de gran señal

Modelo simple de gran señal para el n-MOSFET:



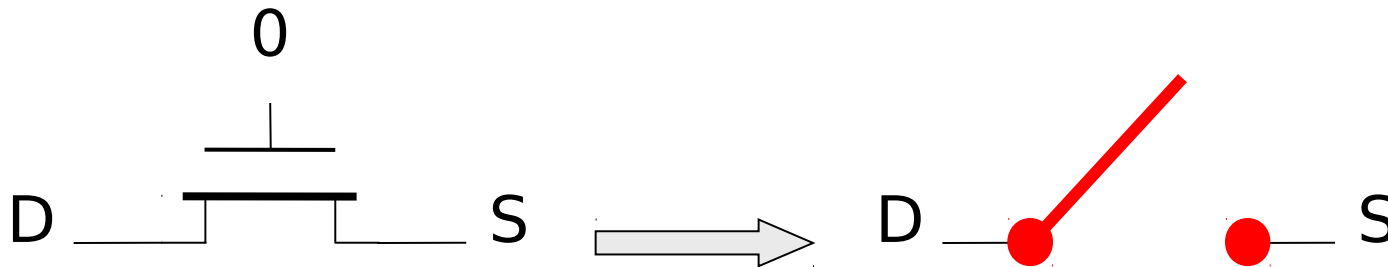
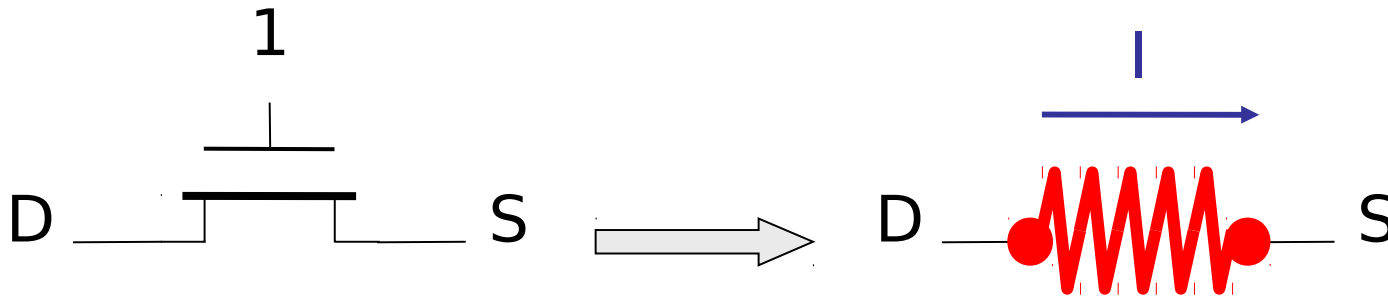
# Modelos simples de gran señal

Modelo simple de gran señal para el p-MOSFET:



# Modelos simples de gran señal

Modelo con resistencia para el MOSFET:



# Guión

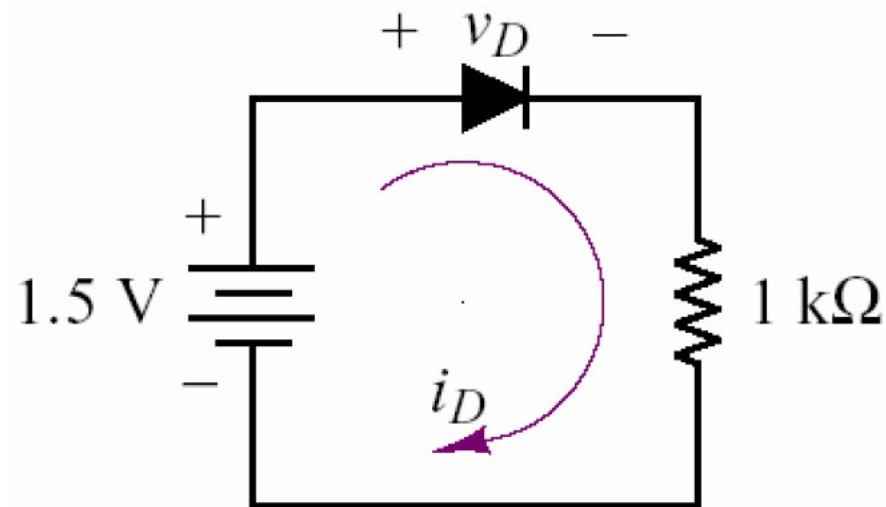
---

- **Señales y circuitos eléctricos**
  - Señales eléctricas. Leyes de Kirchhoff
  - Componentes básicas (R, C y Fuente)
  - Análisis de circuitos eléctricos
- **Semiconductores**
  - Dispositivos semiconductores: Clasificación.
  - Diodos.
  - Transistores MOS.
- **Modelos simples de gran señal**
- **Circuitos electrónicos: Ejemplos**
  - Circuito con diodo
  - Circuito con transistores
  - Circuito

# Ejemplos de circuitos electrónicos

## Ejercicio 1: Circuito con diodo

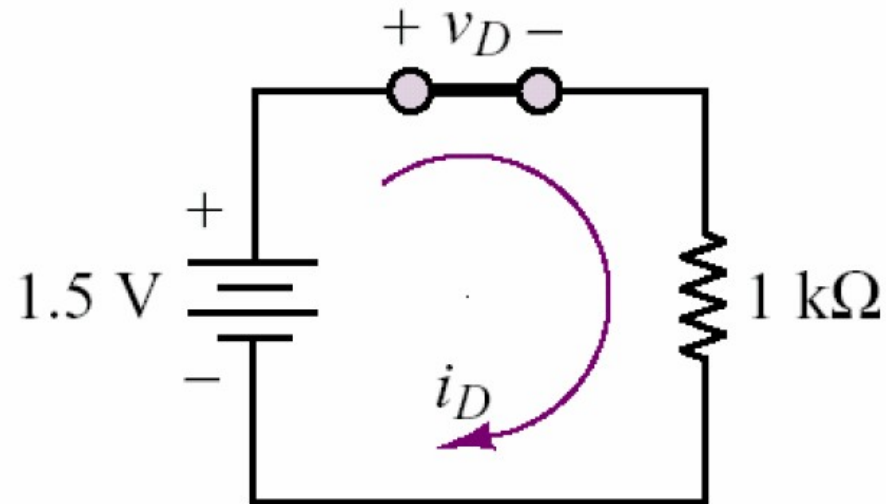
Determine si el diodo del siguiente circuito conduce:





# Ejemplos de circuitos electrónicos

## Ejercicio 1: Circuito con diodo



Supongamos, inicialmente que el diodo está en contacto, es decir:

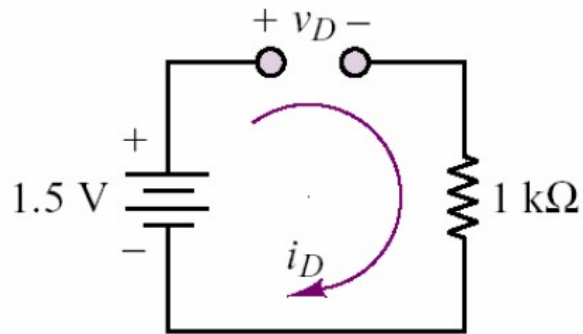
$$v_D \geq 0$$

La corriente circulante por el diodo será

$$i_D = 1.5/1,000 = 1.5 \text{ mA}$$

# Ejemplos de circuitos electrónicos

## Ejercicio 1: Circuito con diodo



Asumamos ahora que el diodo está abierto. La II Ley de Kirchoff será, para este caso:

$$1.5 = v_D + 1,000i_D = v_D$$

Pero no circula corriente por la resistencia, por lo que:

$$v_D = 1.5 \text{ V}$$

Lo que **contradice** la condición:

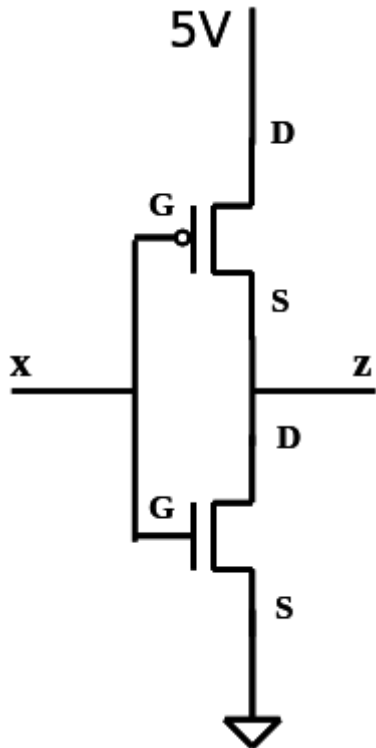
$$v_D < 0$$

Para el diodo abierto. Por lo tanto, conduce.

# Ejemplos de circuitos electrónicos

## Ejercicio 2: Circuito con transistores

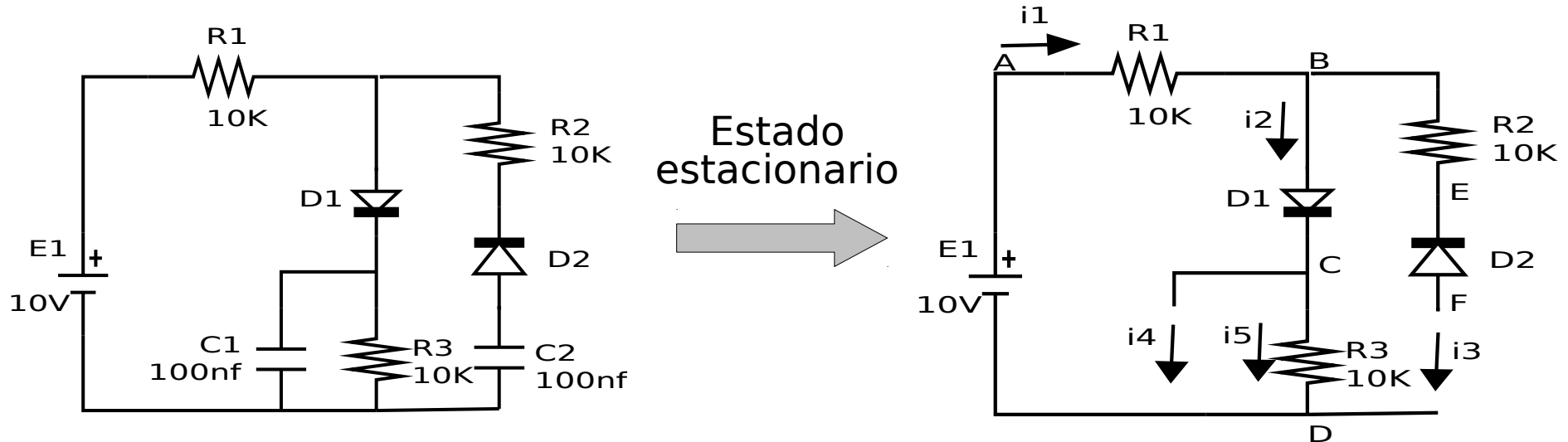
Analice el siguiente circuito y complete la tabla:



X	Z
0 V	5 V
5 V	0 V

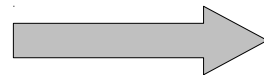
# Ejemplos de circuitos electrónicos

**Ejercicio 3** Analice el siguiente circuito para el estado estacionario



Ley de Kirchoff de intensidades

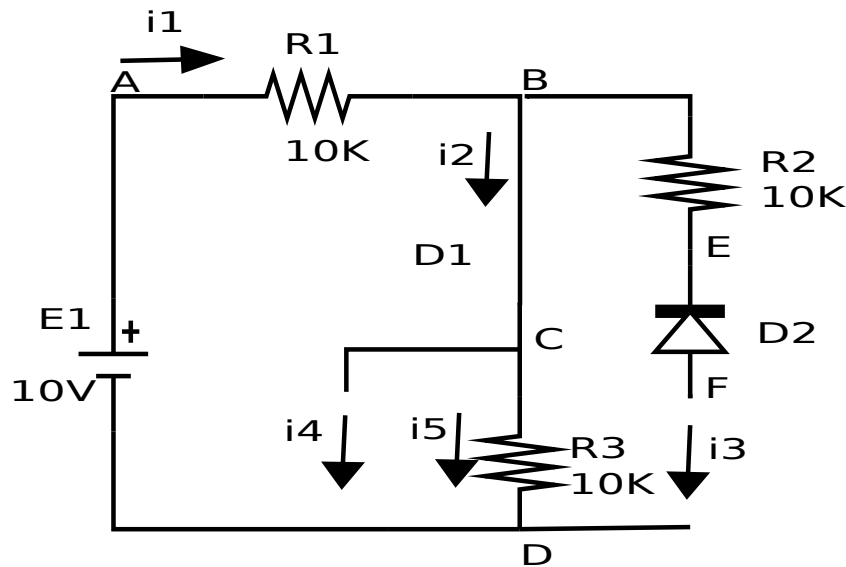
$$\begin{aligned}i_1 &= i_2 + i_3 \\i_2 &= i_4 + i_5 \\i_4 &= i_3 = 0\end{aligned}$$



$$i_1 = i_2 = i_5 = i$$

# Ejemplos de circuitos electrónicos

**Ejercicio 3** El sentido de la corriente,  $i_2$ , hace que D1 esté en ON.



$$V_B = E_1 \frac{R_3}{R_3 + R_1} = 10 \frac{10k}{20k} = 5V$$

$$i = \frac{E_1}{R_1 + R_2} = \frac{10}{20k} = 0.5 mA = 500 \mu A$$

$$V_A = 10V$$

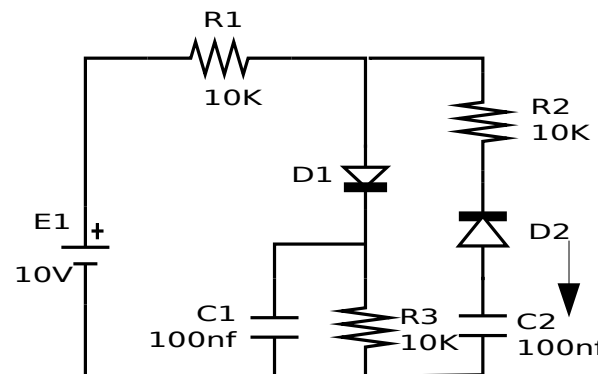
$$V_B = 5V$$

$$V_C = 5V$$

$$V_D = 0V (GND)$$

$$V_E = 5V$$

$$V_F = 0V$$



$i_3 = 0$  siempre por tanto  $q = 0$ .  
De esta forma  $V_{fd} = 0$