

# **Electrónica Analógica**

## **5 Resolución de Circuitos Eléctricos**

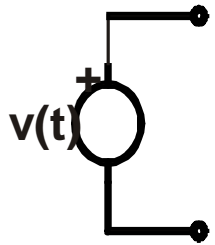
Profesor: Javier Salgado

# CIRCUITO ELECTRONICO

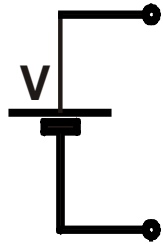
1. Es un sistema tecnológico de naturaleza eléctrica formado por :

- **Elementos aportadores de energía:**
  - Generan la potencia necesaria para que se procese la señal.
  - Generadores de corriente continua:
    - DC: Pilas, células solares, baterías o fuentes de alimentación.
    - Otras funciones: Tensiones de referencia, o Alimentación de sistemas eléctricos.
  - Generadores de corriente variable:
    - AC: la red eléctrica.
    - Alimentación de sistemas eléctricos y electrónicos.
- **Elementos aportadores de señal o información:**
  - AC y otras: Generadores de señal.
  - Antenas , micrófonos, termopares y otros.
- **Componentes receptores/consumidores/conversores de energía:**
  - Consumen la energía aportada por los generadores como:
    - Pérdidas: Efecto Joule(todos los componentes), rozamientos(motores), circuito magnético(Transformadores y motores), acoplamiento óptico (optoacopladores y conversores Luz-Electricidad).
    - Utilidad: Calor, luz, movimiento, proceso de señal.
  - Resistencias, bobinas, transformadores, relés, motores, condensadores.
  - Semiconductores: Diodos, tiristores, triacs, transistores, circuitos integrados.
- **Elementos de control:**
  - Puentes, interruptores, pulsadores, conmutadores: Consumo en forma de arcos eléctricos .
- **Elementos de soporte, unión y conexión:**
  - Conectores, cables y circuito impreso.
  - Consumen energía pero se considera despreciable en los circuitos electrónicos.

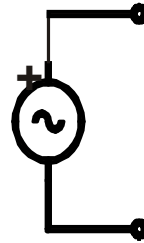
## Fuentes independientes de tensión



general

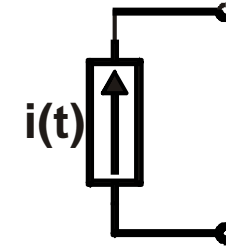
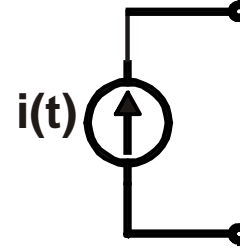


continua



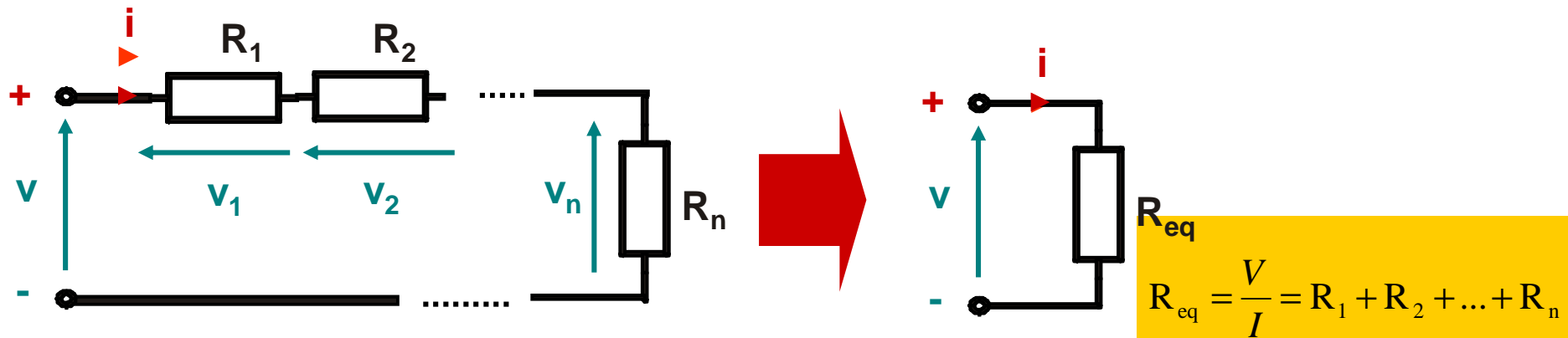
senoidal

## Fuentes independientes de corriente



## Asociación de Resistencias: Serie

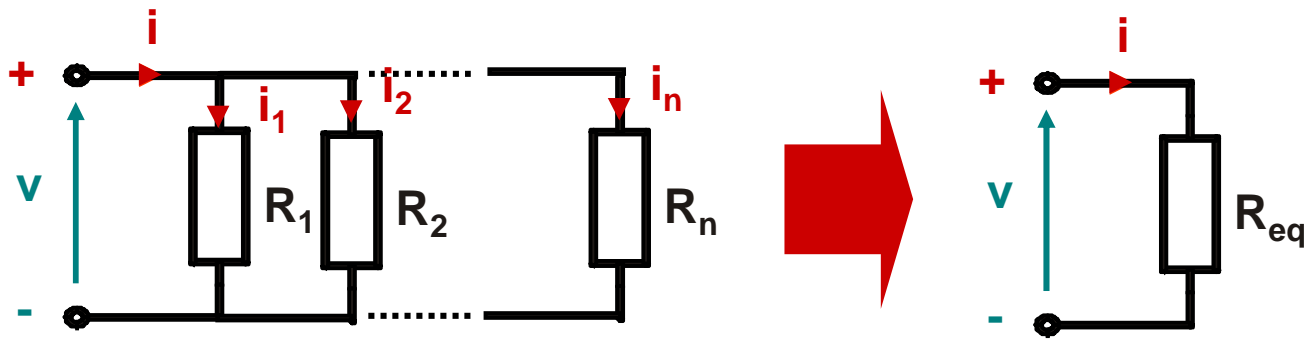
- La tensión aplicada es la suma de las tensiones parciales de cada componente en serie.
- No existe bifurcación de corriente entre los extremos de la asociación.
- Sólo existe una corriente por todos los elementos de la asociación.
- Las resistencias pueden ser resistencias equivalentes de otras asociaciones.



$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = i \cdot R_1 + i \cdot R_2 + \dots + i \cdot R_n = i \cdot (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

## Asociación de Resistencias: Paralelo

- Sólo existe una tensión para todos los elementos de la asociación.
- Cada componente del paralelo tienen los dos terminales comunes (emparejados).
- La corriente total es la suma de las corrientes parciales de cada rama/ componente en paralelo.
- La corriente que entra a las ramas en paralelo es la misma que la que sale en el otro extremo.
- Las resistencias pueden ser resistencias equivalentes de otras asociaciones.



$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n = \frac{v}{R_1} + \frac{v}{R_2} + \dots + \frac{v}{R_n} = \frac{v}{R_{eq}}$$

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

- Realizándolo por paralelo (pares de resistencias):

$$R_{12} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = R_1 // R_2$$

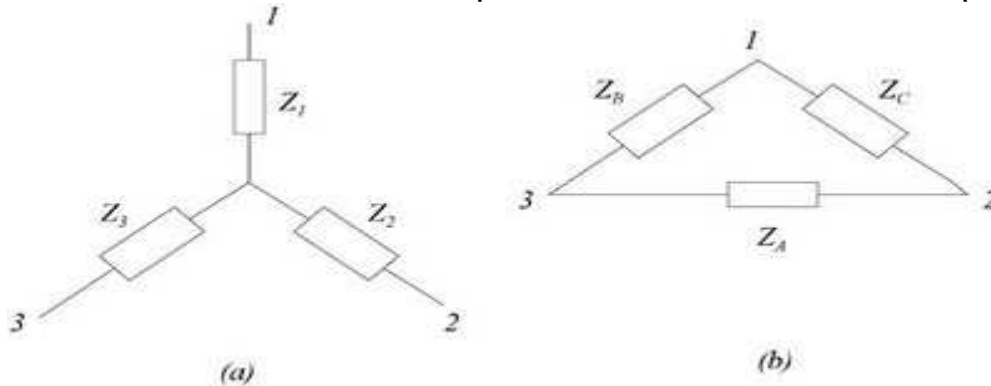
$$R_{eq} = (R_1 // R_2) // R_3 // \dots // R_n$$

- Para n resistencias iguales de valor R:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

## Asociación de Resistencias: ESTRELLA y TRIANGULO

- En algunos casos interesará la transformación de estrella a triángulo y en otros casos la inversa para deshacer un nudo de resistencias que no están ni en serie ni en paralelo.



- TRANSFORMACION TRIANGULO a ESTRELLA:

$$Z_1 = \frac{Z_B \cdot Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C} \quad ; \quad Z_2 = \frac{Z_C \cdot Z_A}{Z_A + Z_B + Z_C} \quad ; \quad Z_3 = \frac{Z_A \cdot Z_B}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

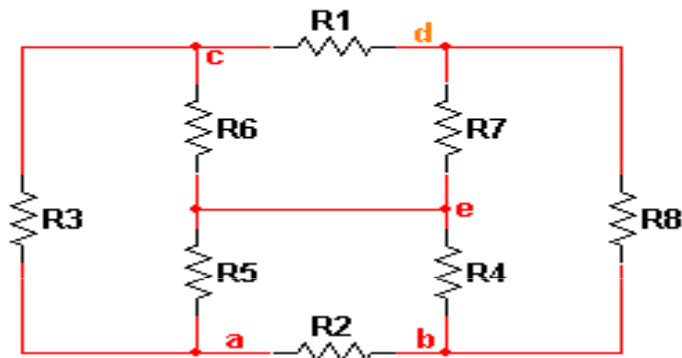
- TRANSFORMACION ESTRELLA a TRIANGULO :

$$Z_A = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_1} \quad Z_B = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_2} \quad Z_C = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

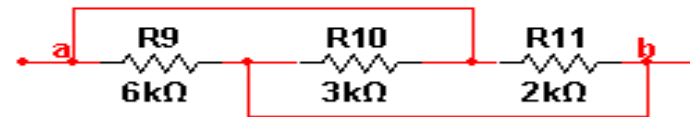
## EJERCICIOS(1 a 4): RESISTENCIAS EQUIVALENTES

- Calcular las resistencias equivalentes de los circuitos de la figura.
  1. *Nombrar todos los nudos.*
  2. *Conservar los terminales de los puntos de referencia para la resistencia equivalente.*
  3. *Detectar resistencias equivalentes y redibujar el circuito con las resistencias equivalentes*

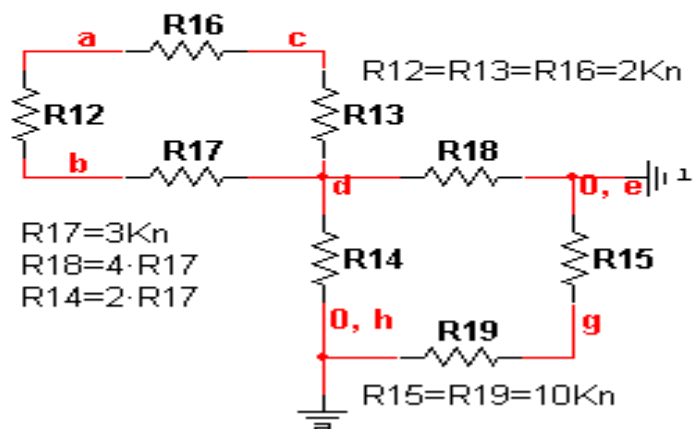
$R_1 = \dots = R_8 = 1\text{K}\Omega$



"Circuito D"  $R_{cb} = 2\text{K}/3$



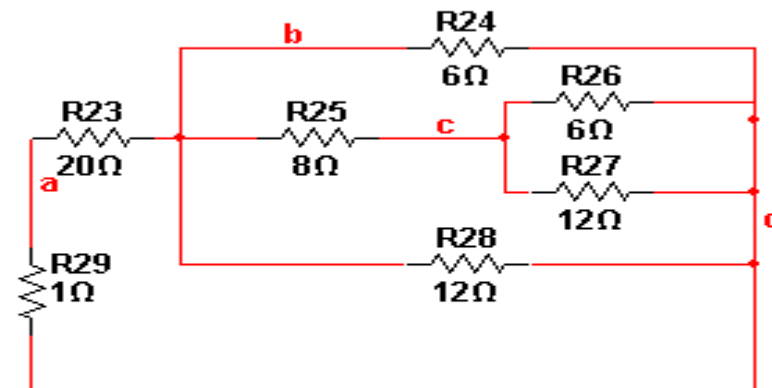
"Circuito A"  $R_{ab} = ?$



$R_{17} = 3\text{K}\Omega$   
 $R_{18} = 4 \cdot R_{17}$   
 $R_{14} = 2 \cdot R_{17}$

$R_{15} = R_{19} = 10\text{K}\Omega$

"Circuito C"  $R_{bh} = ?$

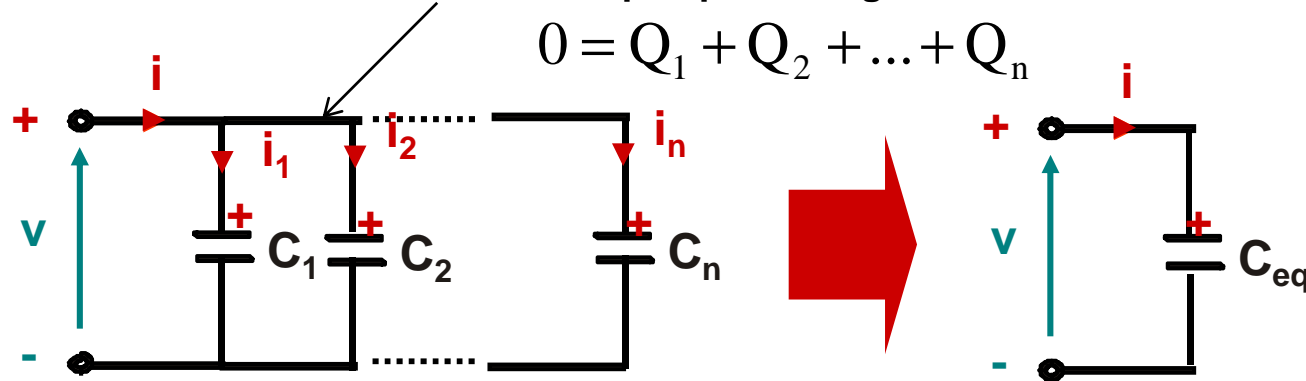


"Circuito B"  $R_{ad} = ?$

## Asociación de Condensadores: Paralelo

- Las mismas condiciones que para las resistencias en paralelo.
- Un condensador cargado con una corriente  $i$  presenta un polo + por donde entra dicha corriente, y negativo por donde sale.
- Una vez cargado, el condensador se comporta como un circuito abierto manteniendo una tensión:
  - $V=Q / C$ , cuya polaridad depende de la polaridad dada por la carga.

• En el nudo se cumple que la carga total almacenada = 0

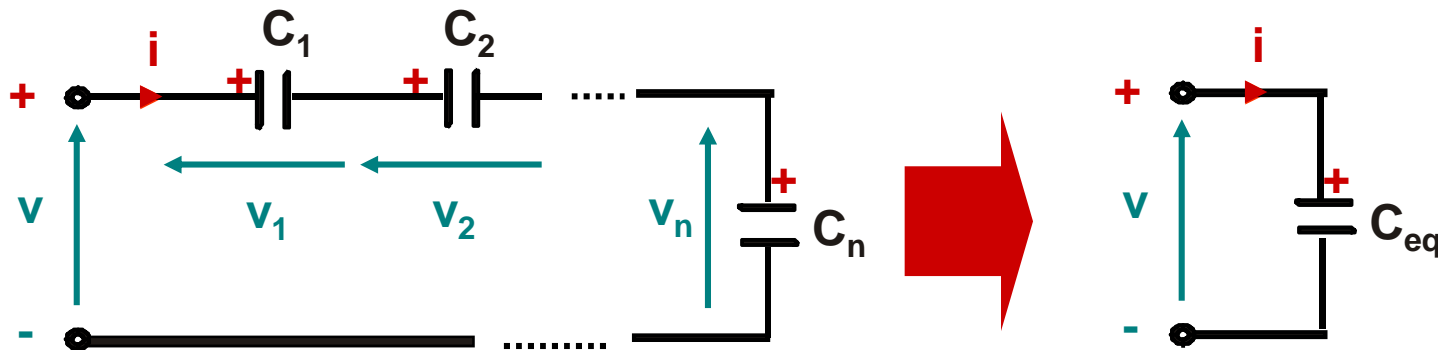


$$C_{eq} = \frac{Q}{V} = \frac{Q_1 + \dots + Q_n}{V} = \frac{Q_1}{V} + \dots + \frac{Q_n}{V} = C_1 + \dots + C_n$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

## Asociación de Condensadores: Serie

- Las mismas condiciones que para las resistencias en serie.
- Un condensador cargado con una corriente  $i$  presenta un polo + por donde entra dicha corriente, y negativo por donde sale.
- Una vez cargado, el condensador se comporta como un circuito abierto manteniendo una tensión:
  - $V=Q / C$ , cuya polaridad depende de la polaridad dada por la carga.
- **Todos los condensadores en serie se cargan con la misma carga, y coincide con la total de la serie:  $Q_{serie}=Q_1+Q_2+\dots+Q_n$**



$$C_{eq} = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} = \frac{Q}{\frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \dots + \frac{Q}{C_n}}$$

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

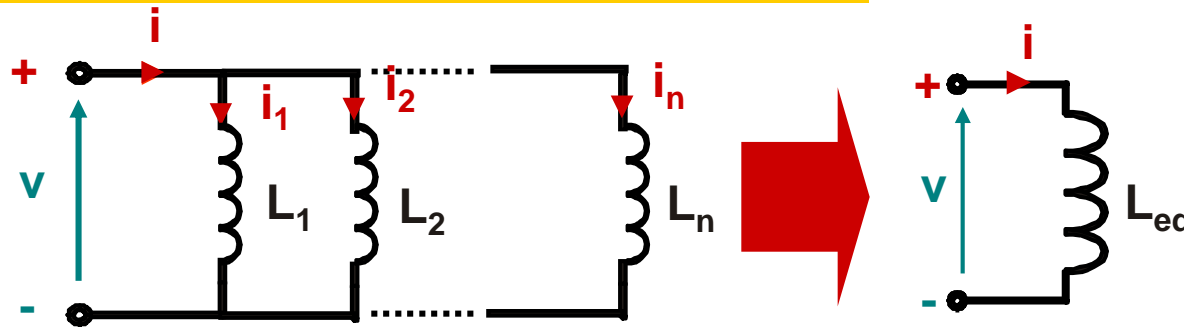
$$C_{eq} = (C_1 // C_2) // C_3 // \dots // C_n$$

- Para  $n$  condensadores iguales de valor  $C$ :

$$C_{eq} = \frac{C}{n}$$

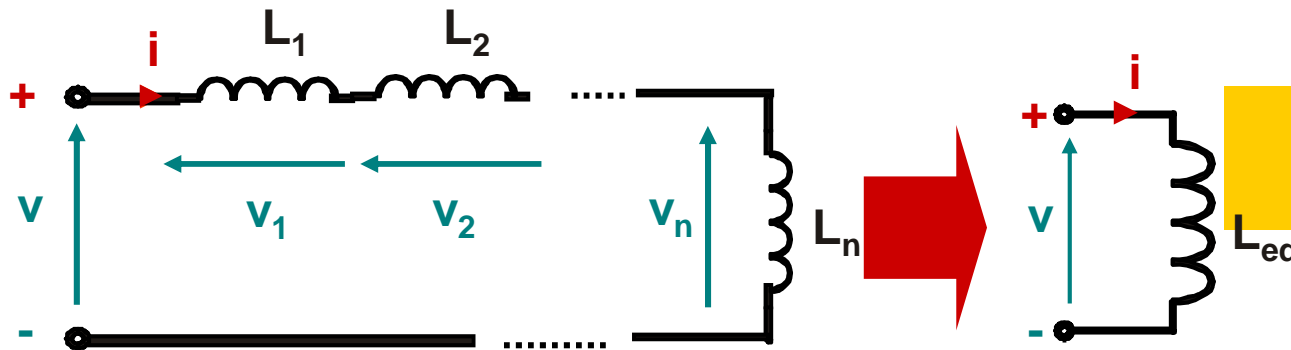


## Asociación de Inductancias: Paralelo



$$L_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

## Asociación de Inductancias: Serie

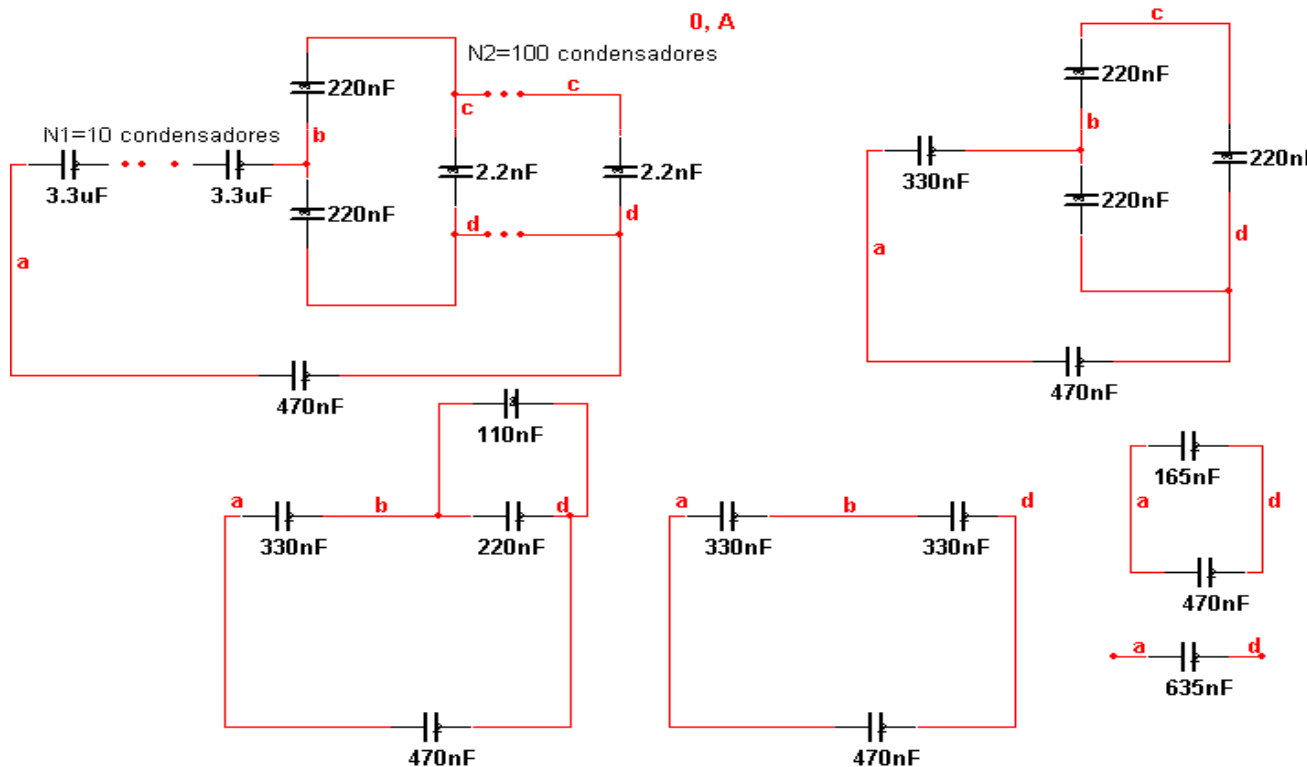


$$L_{eq} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

- Las mismas condiciones que para las resistencias en serie o en paralelo.
- Una bobina cargada con una corriente  $i$  presenta un polo  $+$  por donde entra dicha corriente, y negativo por donde sale.
- Una vez cargada, la bobina, se comporta como una resistencia que coincide con la resistencia del bobinado ( $0\Omega$  si es ideal o con respecto a resistencias  $>100\Omega$ )

## EJERCICIO 5: CONDENSADORES EQUIVALENTES

- Calcular las caídas de tensión en todos los condensadores para  $V_{ad}=30v$ .
  1. Nombrar todos los nudos.
  2. Conservar los terminales de los puntos de referencia para el condensador equivalente.
  3. Detectar condensadores equivalentes y redibujar el circuito con dichos condensadores **hasta llegar al eq total**.
    1. Calcular las tensiones de cada equivalente y condensador ( $Q=C*V$ ) **hasta llegar al circuito original**
    2. Condensadores en serie:  $Q_{serie}= Q_{cada\ condensador\ de\ la\ serie}$ .
    3. Condensadores en un nudo: La suma algebraica de  $Q_{cada\ condensador}=0$ .  
 Nudo b:  $-Q_{3,3u}+Q_{220n}-Q_{220n}=0$ ; Nudo e:  $-Q_{220n}+100*Q_{2.2n}=0$

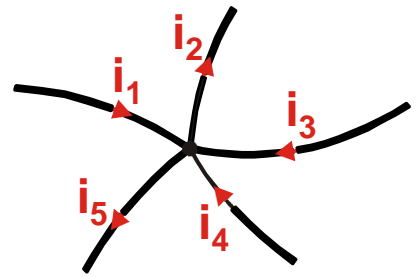
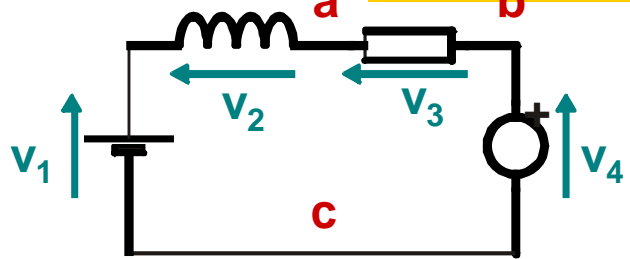


# Teoremas básicos para la resolución de circuitos

## Leyes de Kirchoff

La suma de las tensiones en cualquier malla cerrada de un circuito eléctrico es siempre nula

$$v_1 - v_2 - v_3 - v_4 = 0$$



La suma de las corrientes en cualquier nudo de un circuito eléctrico es siempre nula

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$

La suma de las corrientes entrantes en cualquier punto de un circuito es siempre igual a la suma de las corrientes salientes

### DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS PUNTOS (d.d.p.)

- Es la suma de las diferencias de potencial desde un punto(a) a otro(b) por cualquier camino posible.
- La punta de la flecha de la diferencia de potencial (no confundir con corriente)apunta al primer subíndice del potencial ( a en este caso).
- Al entrar leyendo por la punta de la flecha será tensión + y por el origen de la flecha tensión -.

$$V_{ab} = -v_2 + v_1 - v_4 \quad \text{ó} \quad V_{ab} = v_3$$

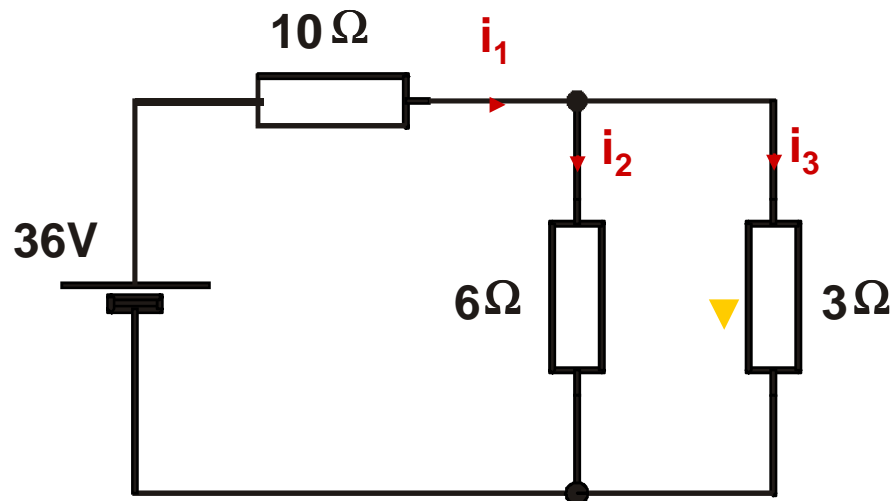
### POTENCIAL EN UN PUNTO

- Es la suma de las diferencias de potencial desde un punto a otro cuyo potencial es conocido por cualquier camino posible.

Si  $V_c = 0 \Rightarrow V_a = -v_2 + v_1$  ó  $V_a = v_3 + v_4$   
 Como ya sabemos el potencial en  $a \Rightarrow V_b = -v_3 + V_a$  ó  $V_b = v_4$

También se cumple que  $V_{ab} = V_a - V_b$

## Ejemplo 1: determinar las corrientes que circulan por el siguiente circuito



$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$36 = 10 \cdot i_1 + 3 \cdot i_3$$

$$36 = 10 \cdot i_1 + 6 \cdot i_2$$

$$i_1 = 3A$$

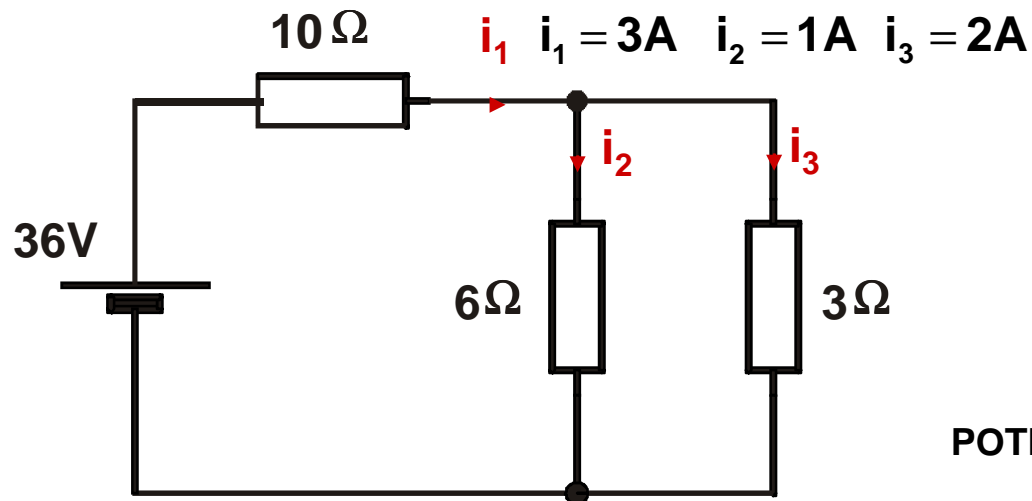
$$i_2 = 1A$$

$$i_3 = 2A$$

- SE LEEN LAS D.D.P. DE CADA MALLA.
- HABRA TANTAS ECUACIONES COMO CORRIENTES DE RAMA. (3 en este caso)
- PARA CONSTRUIR LAS ECUACIONES:
  - ECUACION DE CORRIENTES EN LOS NUDOS QUE RELACIONEN TODAS LAS CORRIENTES DE LAS RAMAS (En este caso un nudo).  $i_1 = i_2 + i_3$
  - ECUACION DE LAS MALLAS QUE RECORRAN TODOS LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO:
    - (En este caso dos mallas de 3 posibles).
      - Podemos partir de un punto y completar la malla llegando al mismo:
      - Si vamos a favor de corriente la encontraremos una resistencia  $R \Rightarrow V = I \cdot R$ . en caso contrario  $\Rightarrow -I \cdot R$
      - Si entramos leyendo por el polo positivo de una f.e.m  $E \Rightarrow +E$ , en caso contrario  $\Rightarrow -E$
      - $10 \cdot I_1 + 3 \cdot I_3 - 36 = 0$  y  $10 \cdot I_1 + 6 \cdot I_2 - 36 = 0$  ó  $6 \cdot I_2 - 3 \cdot I_3 = 0$
    - OTRA FORMA:
      - Si entramos leyendo por el polo positivo de una f.e.m  $E \Rightarrow -E$ , en caso contrario  $\Rightarrow +E$

$$\sum \text{f.e.m} = \sum (i_i \cdot R_i) = 36 = 10 \cdot i_1 + 3 \cdot i_3$$

## BALANCE DE POTENCIAS DE UN CIRCUITO



### SENTIDO REAL Y CONVENCIONAL DE LA CORRIENTE:

- Si una corriente es positiva, el sentido real de los electrones es el contrario.
- Si una corriente es negativa, el sentido real de los electrones es el marcado por la corriente.

**POTENCIA GENERADA = POTENCIA CONSUMIDA**

$$\sum P_{g_i} = \sum (i_i^2 * R_i)$$

### POTENCIA GENERADA:

- Para un generador de corriente  $I_g$ , es la d.d.p. en extremos del generador desde el terminal que apunta la flecha, hasta el terminal opuesto:  $P_g = I_g \cdot V_g$ .
- Para un generador de tensión de f.e.m.  $E$ :
  - Si la corriente  $I$  entra por el polo negativo de la f.e.m.  $P_g = E \cdot I$  (El generador entrega potencia)
  - Si la corriente  $I$  entra por el polo positivo de la f.e.m.  $P_g = -E \cdot I$  (El generador absorbe potencia)

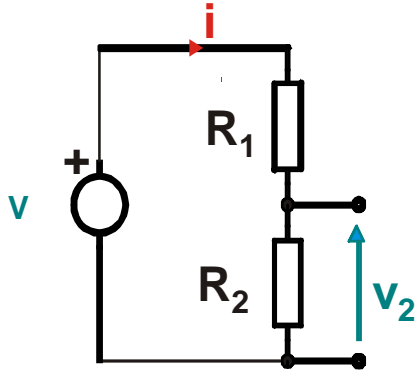
$$P_g = 36v \cdot i_1 = 36v \cdot 3A = 108w$$

### POTENCIA CONSUMIDA en resistencias:

Es el producto de la intensidad que pasa por la resistencia elevado al cuadrado por el valor de la misma.

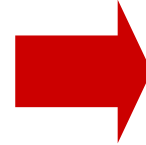
$$P_r = 10\Omega \cdot i_1^2 + 6\Omega \cdot i_2^2 + 3\Omega \cdot i_3^2 = 10 \cdot 9w + 6 \cdot 1w + 3 \cdot 4w = 108w$$

## Ejemplo 2: divisor de tensión con resistencias



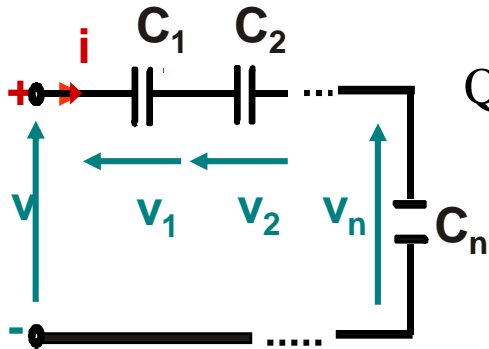
$$i = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

$$v_2 = R_2 \cdot i$$



$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

## Ejemplo 3: divisor de tensión con condensadores

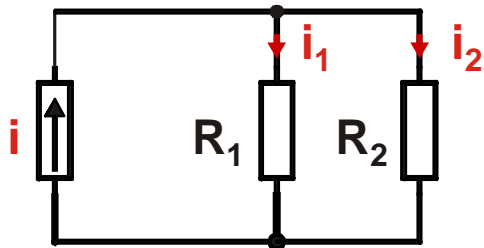


$$Q = C_{eq} \cdot V = C_2 \cdot V_2$$

• Para  $n = 2$ :

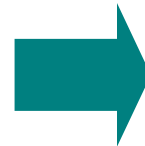
$$V_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V$$

## Ejemplo 4: divisor de corriente



$$v = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot i$$

$$i_1 = \frac{v}{R_1}$$

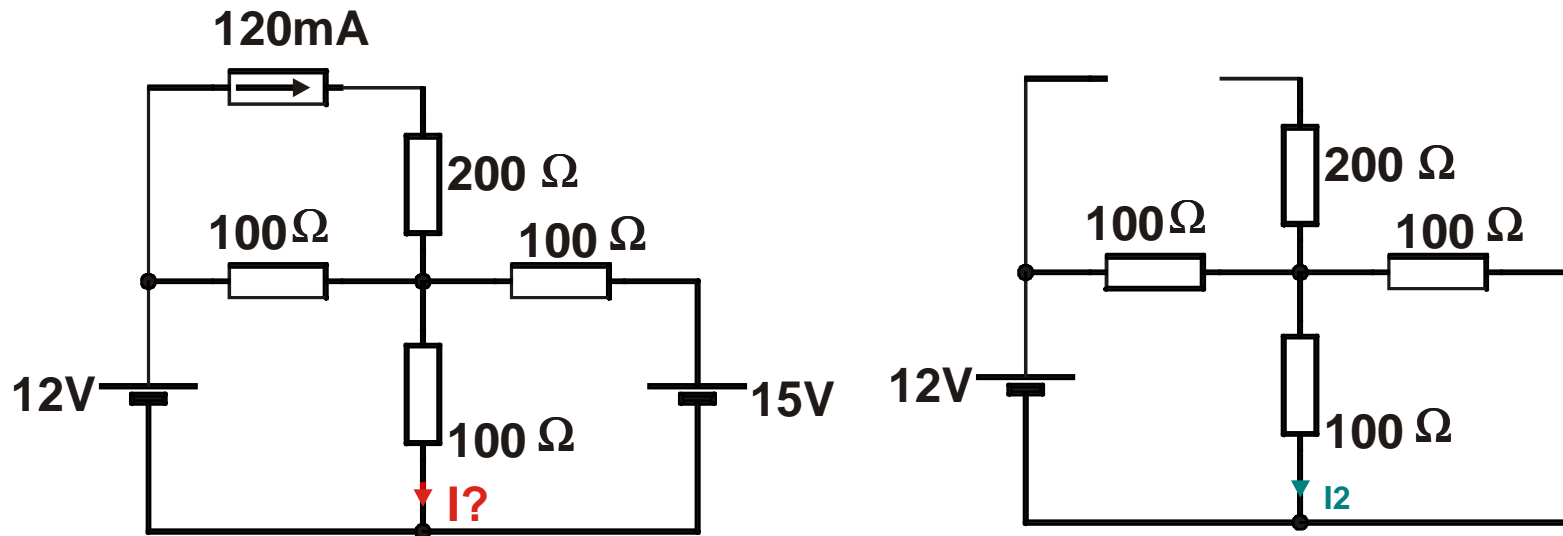


$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i$$

## Principio de superposición

En un circuito lineal (compuesto por fuentes independientes, fuentes dependientes, resistencias, bobinas y condensadores) la corriente o la tensión en cualquier elemento del circuito se puede obtener como la suma de las tensiones o corrientes debidas a cada una de las fuentes independientes por separado, el resto :

- Si son generadores de corriente se sustituyen por un circuito abierto.
- Si son generadores de tensión se sustituyen por un cortocircuito



Efecto de la fuente de 12 v:  $I=40\text{mA}$

Efecto de la fuente de 15v:  $I=50\text{mA}$

Efecto de la fuente de 120mA:  $I=40\text{mA}$

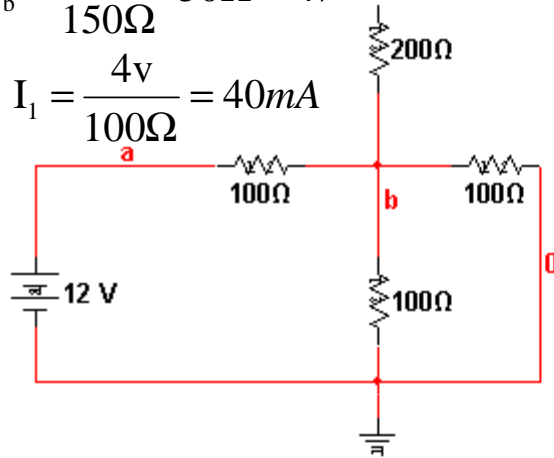
$$I=I_1+I_2+I_3=130\text{mA}$$

## EJERCICIO DE superposición (continuación)

$$100\Omega // 100\Omega = 50\Omega$$

$$V_b = \frac{12v}{150\Omega} \cdot 50\Omega = 4v$$

$$I_1 = \frac{4v}{100\Omega} = 40mA$$

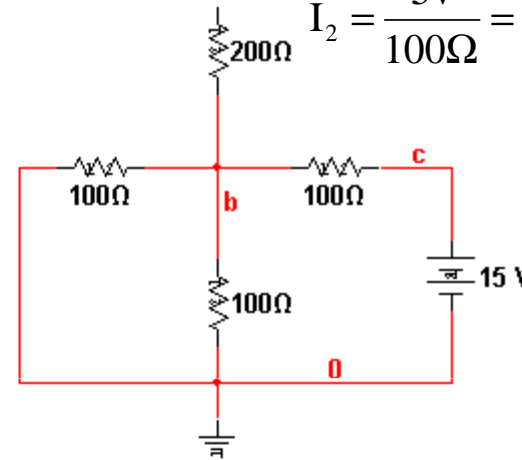


"Con generador de 12v"

$$100\Omega // 100\Omega = 50\Omega$$

$$V_b = \frac{15v}{150\Omega} \cdot 50\Omega = 5v$$

$$I_2 = \frac{5v}{100\Omega} = 50mA$$

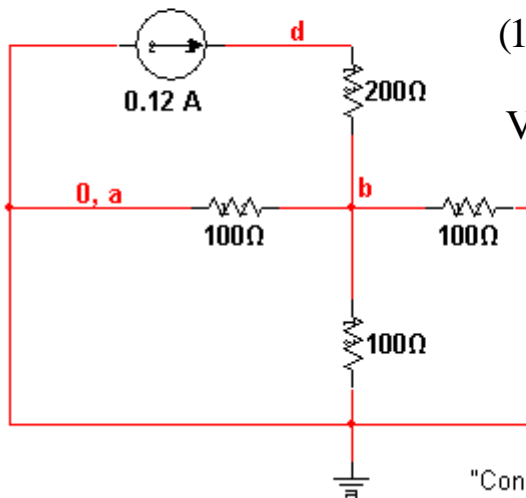


"Con generador de 15v"

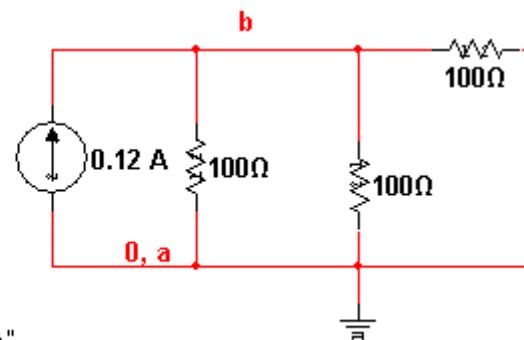
$$(100\Omega // 100\Omega) // 100\Omega = \frac{100}{3}\Omega$$

$$V_b = 0,12A \cdot \frac{100}{3}\Omega = 4v$$

$$I_3 = \frac{4v}{100\Omega} = 40mA$$

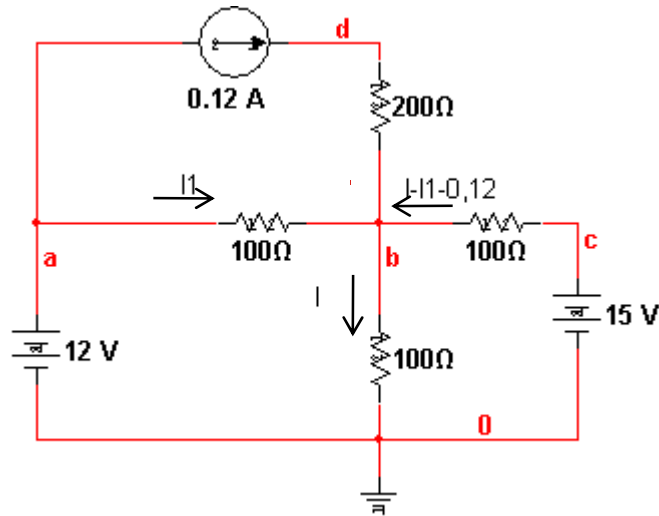


"Con generador de 120mA"





## EJERCICIO DE Kirchoff



$$\begin{aligned}
 12 &= 100 \cdot I_1 + 100 \cdot I \\
 15 &= 100 \cdot (I - I_1 - 0,12) + 100 \cdot I
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} 12 \\ 15 \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} 12 &= 100 \cdot I_1 + 100 \cdot I \\ 27 &= -100 \cdot I_1 + 200 \cdot I \end{aligned}$$

$$39 = 300 \cdot I$$

$$I = \frac{39}{300} = 130 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{12 - 100 \cdot 0,13}{100} = -10 \text{ mA}$$

$$I - I_1 - 0,12 = 0,13 - (-0,01) - 0,12 = 20 \text{ mA}$$

### Potencia generada:

$$P_g = 12 \text{ v} \cdot (I_1 + 0,12 \text{ A}) + 15 \text{ v} \cdot (I - I_1 - 0,12 \text{ A}) + 0,12 \text{ A} \cdot V_{da}$$

$$V_{da} = V_{db} + V_{ba} = 0,12 \text{ A} \cdot 200 \Omega - I_1 \cdot 100 \Omega = 24 \text{ v} - (-0,01 \text{ A} \cdot 100 \Omega) = 25 \text{ v}$$

$$P_g = 12 \text{ v} \cdot (-0,01 + 0,12) \text{ A} + 15 \text{ v} \cdot 0,02 \text{ A} + 0,12 \text{ A} \cdot 25 \text{ v} = 1,32 \text{ w} + 0,3 \text{ w} + 3 \text{ w}$$

$$P_g = 4,62 \text{ w}$$

### Potencia consumida:

$$P_R = 200 \Omega \cdot 0,12^2 \text{ A}^2 + 100 \Omega \cdot I_1^2 + 100 \Omega \cdot (I - I_1 - 0,12 \text{ A})^2 + 100 \Omega \cdot I^2$$

$$P_R = 2,88 \text{ w} + 0,01 \text{ w} + 0,04 \text{ w} + 1,69 \text{ w}$$

$$P_g = 4,62 \text{ w}$$

## Teorema de Thevenin

Cualquier circuito lineal activo de dos terminales puede ser sustituido por una única fuente de tensión y una impedancia en serie.

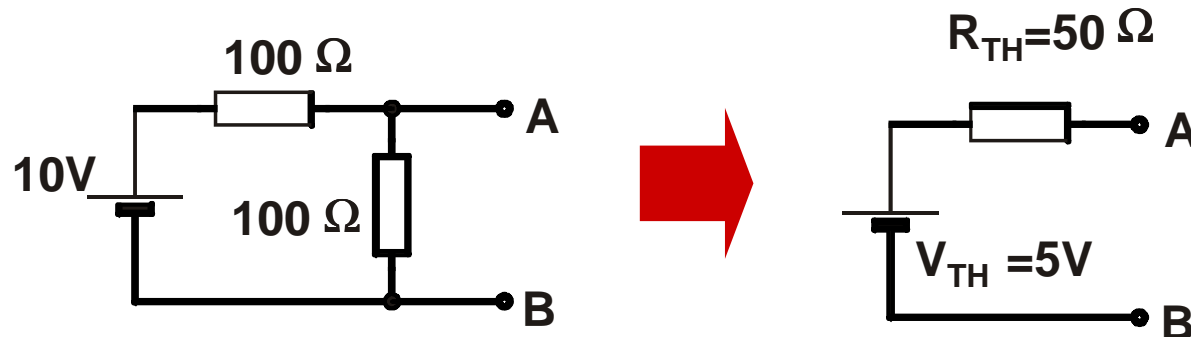


$V_{TH}$  → se calcula como la tensión en vacío del circuito

$R_{TH}$  → se calcula como la resistencia vista desde los terminales A y B:

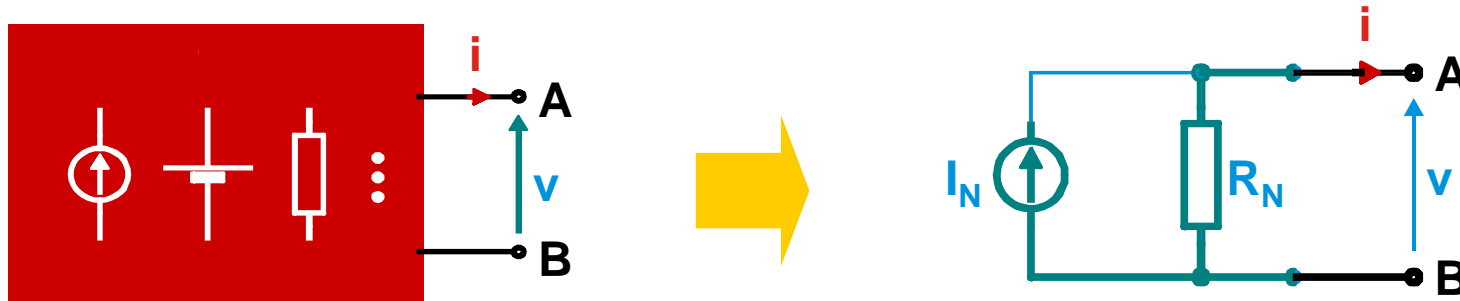
- Los generadores de tensión se sustituyen por cortocircuitos.
- Los generadores de tensión se sustituyen por circuitos abiertos.

### Ejemplo:



## Teorema de Norton

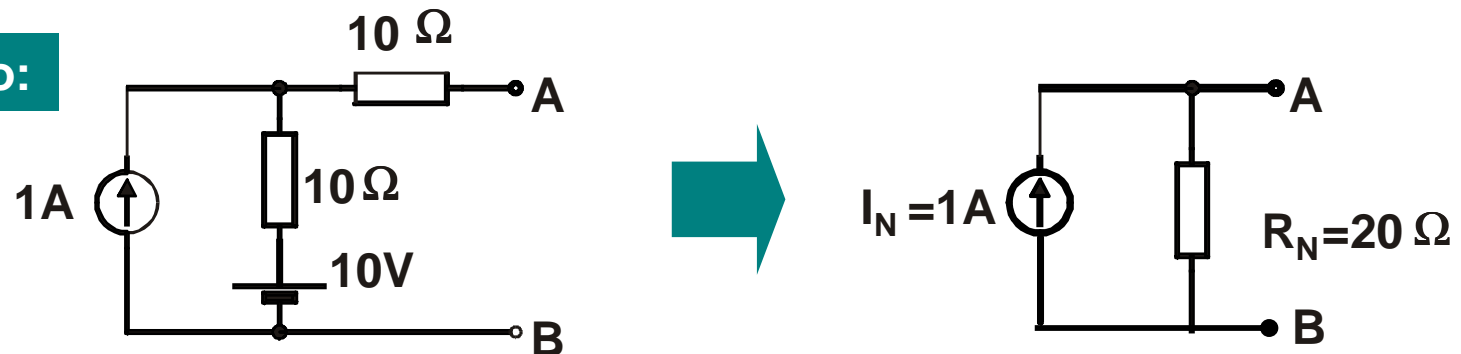
Cualquier circuito lineal activo de dos terminales puede ser sustituido por una única fuente de corriente y una impedancia en paralelo.



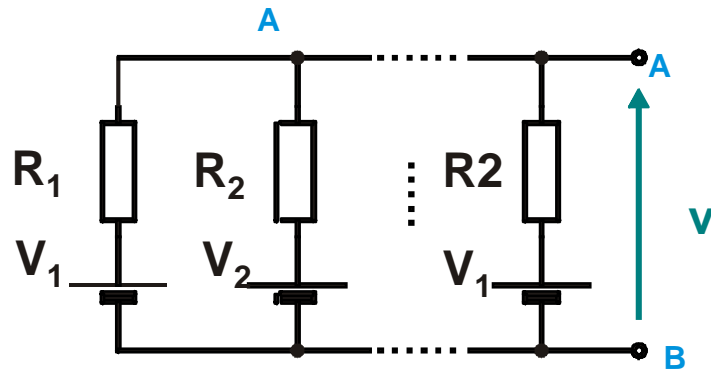
$I_N$  → se calcula como la corriente de cortocircuito

$R_N$  → se calcula como la resistencia vista desde los terminales A y B de la misma forma que la de Thevenin

Ejemplo:



## Fórmula de Millman(método de los nudos)



Tantas ecuaciones como nº de nudos menos 1

$$\frac{V_{AB} - V_1}{R_1} + \frac{V_{AB} - V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_{AB} - V_n}{R_n} = 0$$

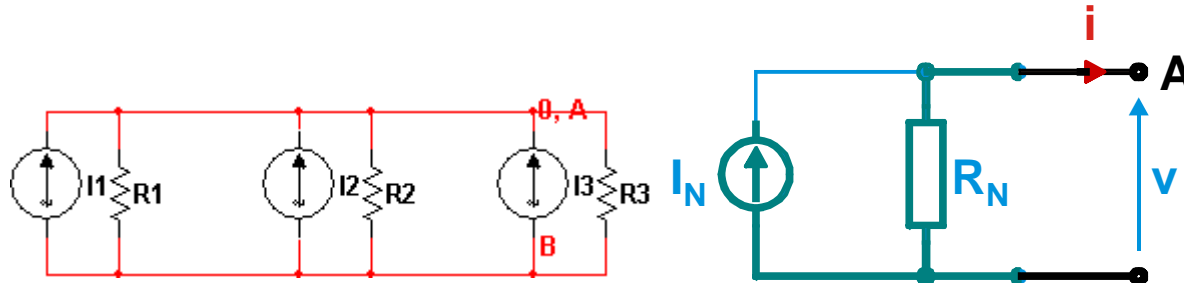
$$V_{AB} = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

## Equivalencia Norton-Thevenin

**THEVENIN->NORTON:** Se puede sustituir cualquier generador de tensión en serie con una o varias resistencias por su equivalente de corriente en paralelo con la misma resistencia o la de la serie:  $I_N = V_{TH}/R_{TH}$ ;  $R_{TH}=R_N$ .

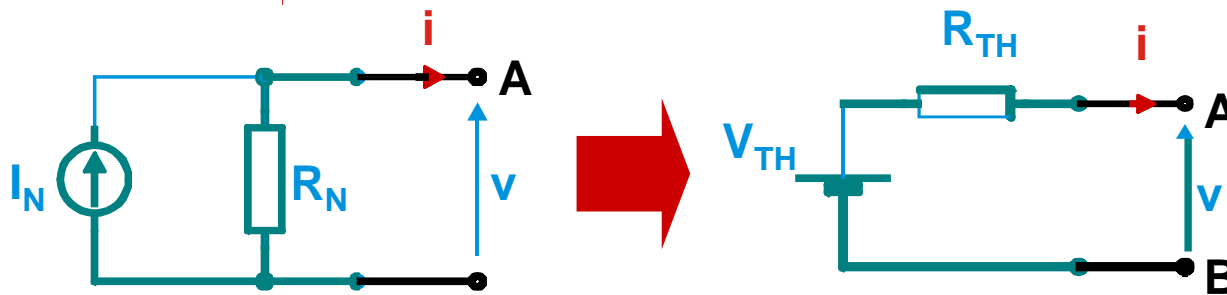
Según el circuito anterior, cada término  $V_1/R_1 \dots V_n/R_n$  son los generadores de corriente equivalentes, y el resto de la fórmula es el paralelo de las resistencias.

$$I_N = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \quad R_N = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$



$$I_N = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = I_N \cdot R_N$$

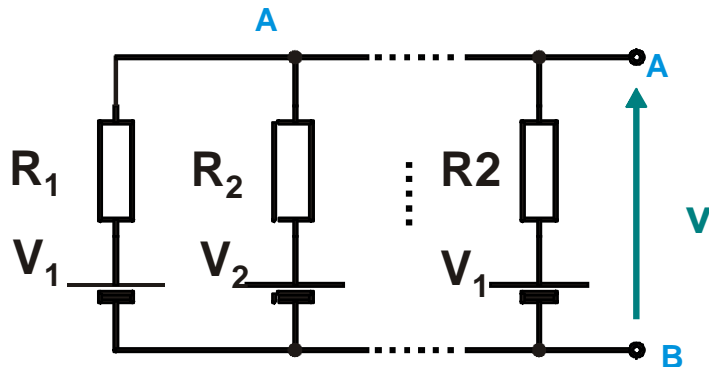


**NORTON->THEVENIN:** Se puede sustituir cualquier generador de corriente en paralelo con una o varias resistencias por su equivalente de tensión en series con la misma resistencia o la del paralelo:

$V = V_{TH} = I_N \cdot R_N$ ;  $R_N = R_{TH}$ ; Según el circuito anterior,  $V$ , es la  $V_{TH}$ , y la  $R_N$  coincide con la  $R_{TH}$

### Método de los nudos

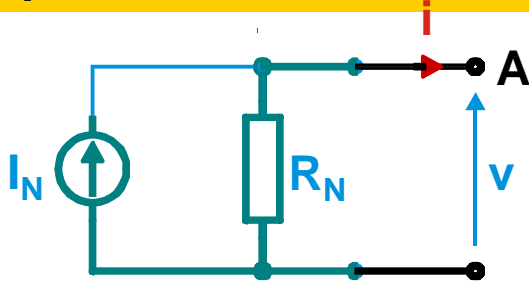
Tantas ecuaciones como  $n^{\circ}$  de nudos menos 1



$$\frac{V_{AB} - V_1}{R_1} + \frac{V_{AB} - V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_{AB} - V_n}{R_n} = 0$$

Es la suma de las corrientes de cada rama hacia abajo. Cumple la ley de Kirchoff de los nudos.

## Equivalencia Norton-Thevenin



**NORTON->THEVENIN:** Se puede sustituir cualquier generador de corriente en paralelo con una o varias resistencias por su equivalente de tensión en series con la misma resistencia o la del paralelo:

$V = V_{TH} = I_N * R_N$ ;  $R_N = R_{TH}$ ; Según el circuito anterior,  $V$ , es la  $V_{TH}$ , y la  $R_N$  coincide con la  $R_{TH}$

## Simulación por ordenador

La simulación de circuitos electrónicos por ordenador o programas CAD para la electrónica, se utiliza en el diseño y desarrollo de circuitos electrónicos analógicos y digitales cableados y programados, porque se aproximan al comportamiento real permitiendo ajustes en el esquema del circuito sin tener que montar una maqueta de pruebas, además ahorra en componentes que se destruirían o que no se utilizarían después de las pruebas.

**Existen multitud de programas:** Workbench, Orcad, Pspice, Multisim, Prodel, Proteus.

• Editan (copiar, rotar, arrastrar...) y simulan tanto circuitos analógicos como digitales con modelos reales a partir de componentes con su referencia correspondiente:

- 7400, LM741, N1007, BC748...

- Simulan situaciones de temperatura, ruido, etc, y cortocircuito/circuitoabierto en componentes.

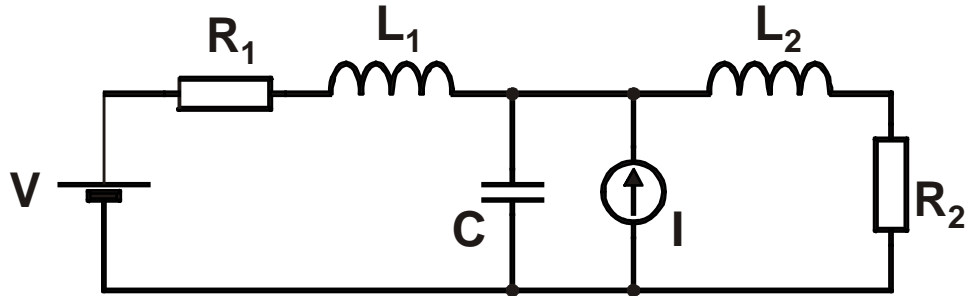
- Se puede modelizar componentes variando los parámetros de los mismos (I, V, Z..)

- Proceso de creación de un circuito para simulación:

- Elección del componente -> Situación en el esquema -> Ajuste de sus parámetros. -> Cableado.

- Elección de instrumentación -> Ajuste de la medida -> Conexión de la instrumentación -> Ajuste de los 22 parámetros de la simulación -> Ejecución de la simulación.

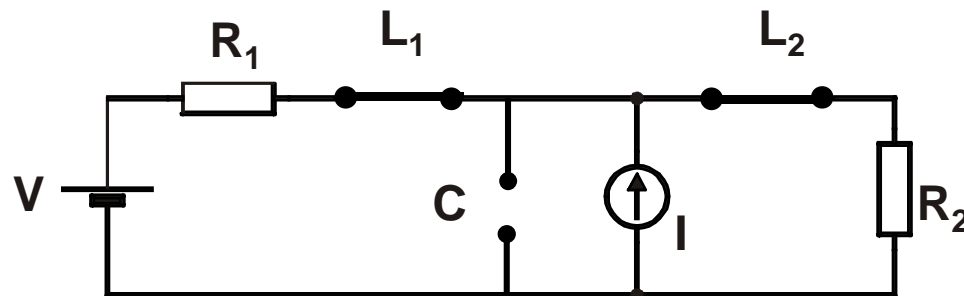
## Régimen permanente en circuitos con bobinas y condensadores alimentados en continua



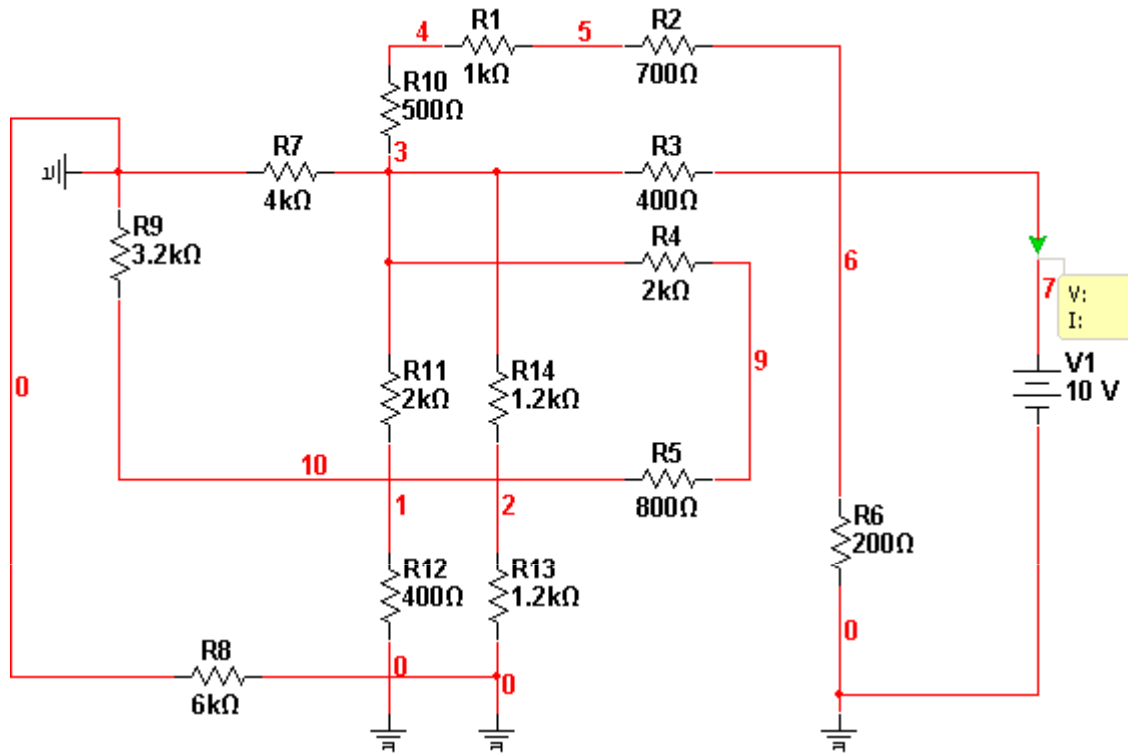
Si todas las fuentes del circuito son de continua, todas las tensiones y corrientes tienden a hacerse constantes después de un cierto tiempo.

Bobina:  $u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}$   $\xrightarrow[t \rightarrow \infty]{i_L = \text{cte.}}$   $u_L(t \rightarrow \infty) = 0$  **CORTOCIRCUITO ó la resistencia del bobinado**

Condensador:  $i_C = C \cdot \frac{du_C}{dt}$   $\xrightarrow[t \rightarrow \infty]{u_C = \text{cte.}}$   $i_C(t \rightarrow \infty) = 0$  **CIRCUITO ABIERTO**

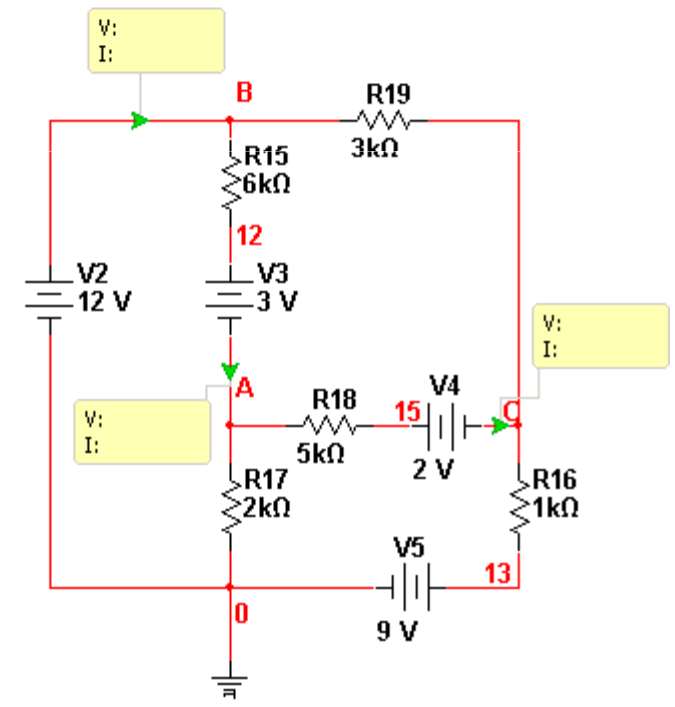


# EJERCICIOS 6 y 7: Aplicando el método más adecuado



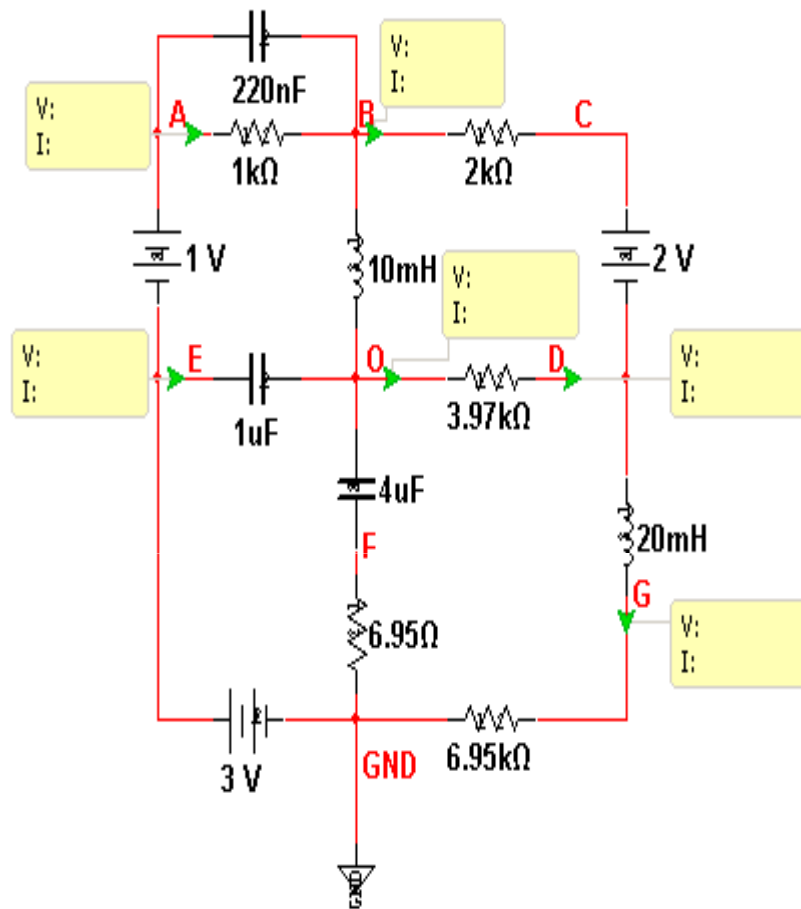
- a) Corrientes por las ramas que se indican aplicando el método de los nudos
- b) Comprobar La ley de Kirchoff de los nudos en todos los nudos del circuito.

- a) Resistencia equivalente en extremos de la fuente de 10v
- b) Potencia que se genera.
- c) Circuito equivalente de Thévenin en extremos de la fuente de 10v.



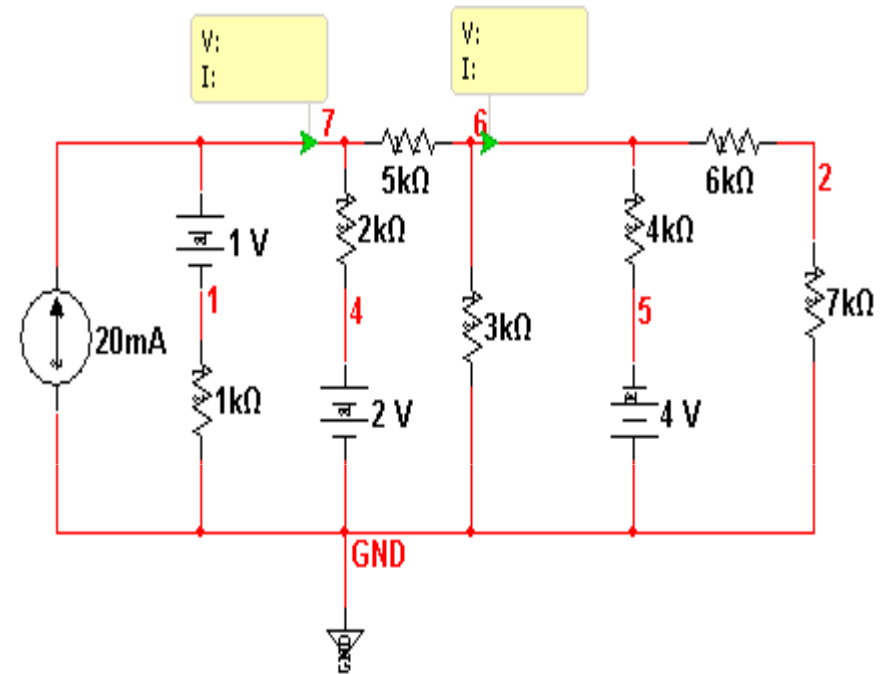


## EJERCICIOS 8 y 9: Aplicando el método más adecuado



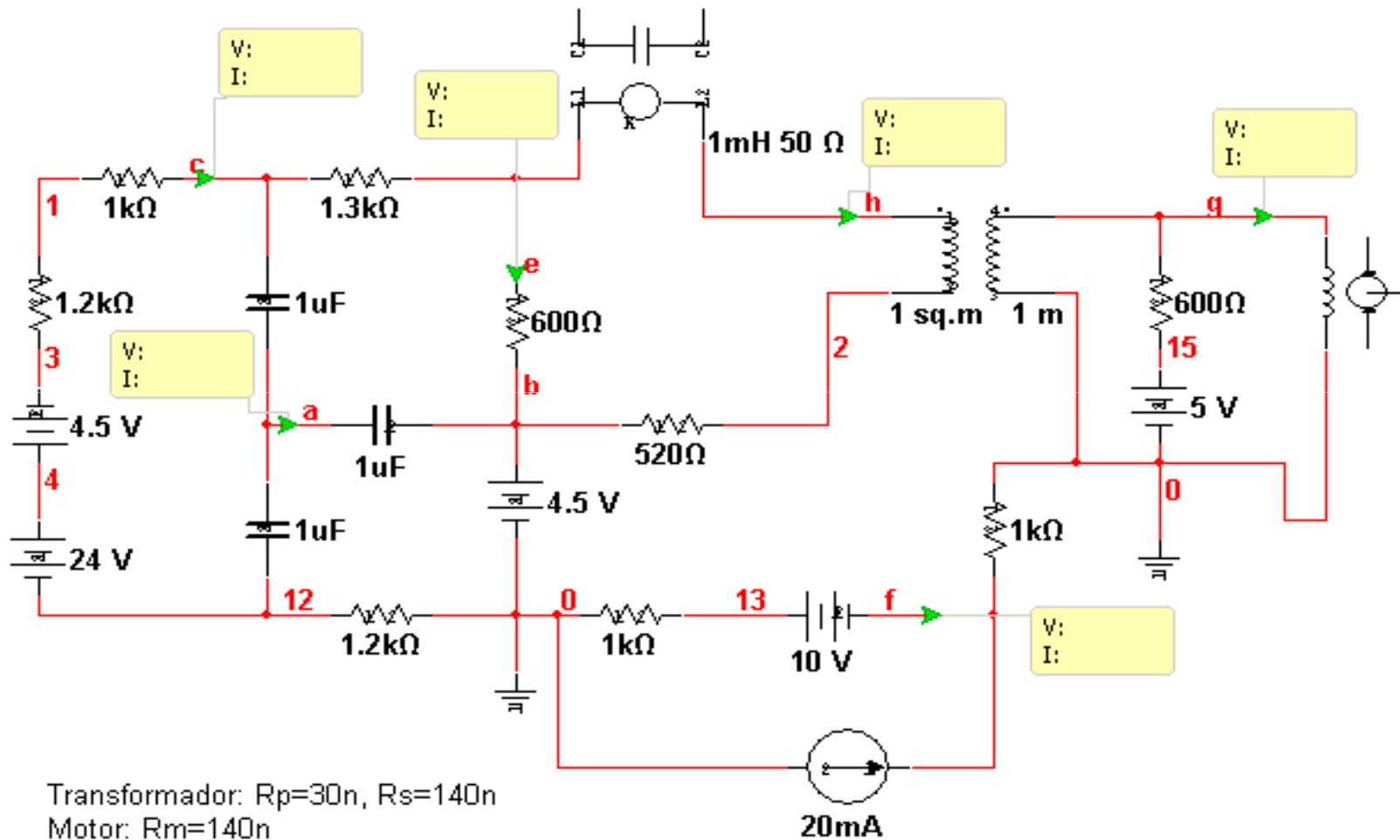
$R_{10mH}=30n$ ,  $R_{20mH}=50n$

- Corrientes por las ramas que se indican
- Potenciales en los puntos que se indican.
- Carga almacenada por los condensadores.



- Generador equivalente de Thévenin entre los puntos 6 y 7
- Aplicando el método de los nudos: Potenciales entre los puntos 6 y 7
- Corrientes por las ramas que se indican aplicando el método de los nudos

## EJERCICIO 10: Para entregar resuelto



- a) Corrientes por las ramas que se indican
- b) Potenciales en los puntos que se indican.
- c) Carga almacenada por los condensadores.

## EFECTO DE LA CARGA EN UN GENERADOR

Todos los generadores poseen una impedancia  $Z_g$  en serie con la f.e.m.  $E$ . Debido a esa impedancia, Al conectar una carga  $R_L$  a alimentar al generador, se produce una corriente  $I_L$ , que es la que entrega el generador a la carga.

**Cuanto más se aproxime el valor de la carga a la impedancia del generador, más caerá la tensión en bornes  $V_L$  del mismo.**

$$I_L = \frac{E_g}{(R_g + R_L)} \quad V_L = \frac{E_g}{(R_g + R_L)} \cdot R_L$$

## ASOCIACION DE GENERADORES

**SERIE: Generalmente para conseguir más f.e.m.**

La f.e.m. resultante es la suma de las componentes:

$$E = E_{g1} + E_{g2} + \dots + E_{gn}$$

La resistencia del generador equivalente es la suma de las componentes:  $r_g = r_{g1} + r_{g2} + \dots + r_{gn}$

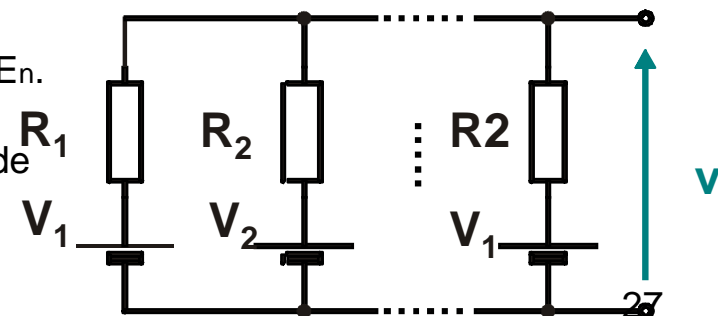
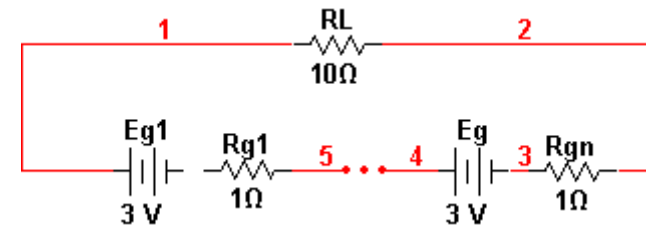
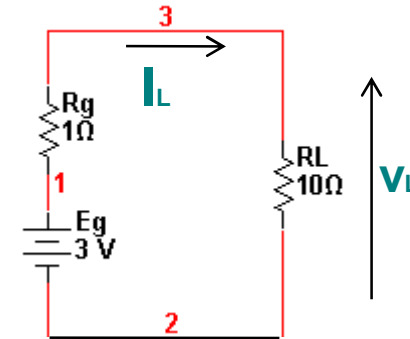
**PARALELO: Para conseguir más corriente.**

La f.e.m. resultante la tensión de MILLMAN .

Si son todos los generadores son iguales, dicha tensión coincide con la f.e.m de las componentes  $E = E_1 = E_2 = \dots = E_n$ .

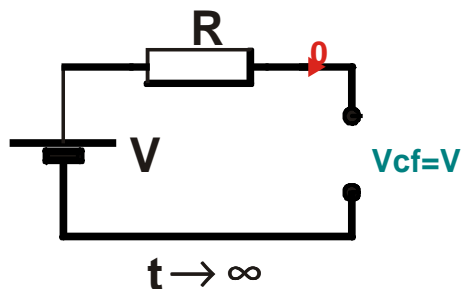
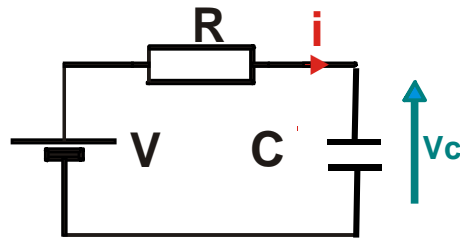
La resistencia del generador equivalente es el paralelo de las componentes:  $r_g = r_{g1} // r_{g2} // \dots // r_{gn}$

• Si son todos los generadores son iguales,  $r_g = r_{g1}/n$



## Régimen transitorio en circuitos RL y RC

### Circuito RC



### EXPRESION GENERAL

de la carga/descarga de un condensador:

$$V_c(t) = V_{cf} + (V_{ci} - V_{cf}) \cdot e^{-\frac{1}{\tau}t}$$

$\tau$ : Constante de tiempo:  $\tau = R \cdot C$

$R$ : Es la resistencia de Thévenin en extremos del condensador  $C$

$V_c(t)$ : Expresión de la carga/descarga de un condensador.

$V_{ci}$ : Tensión de thévenin en extremos del condensador antes de iniciar la carga/descarga.

$$i_{ci} = (V - V_{ci}) / R.$$

$V_{cf}$ : Tensión de Thévenin en extremos del condensador cuando se ha cargado  $\Rightarrow i_{cf} = 0, V_c = V$

### EXPRESION GENERAL

de la corriente por un condensador:

$$i_c(t) = i_{cf} + (i_{ci} - i_{cf}) \cdot e^{-\frac{1}{\tau}t}$$

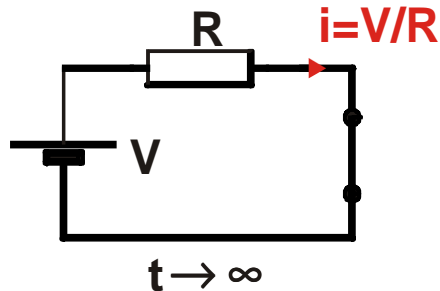
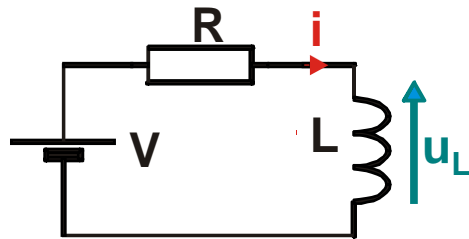
$$i_{ci} = (V - V_{ci}) / R.$$

$$i_{cf} = 0.$$

Para  $t > 5 \cdot \tau$  se tiene un valor muy próximo al valor final  $\rightarrow$  Se considera que el circuito alcanza el régimen permanente

## Régimen transitorio en circuitos RL y RC

### Circuito RL



### EXPRESION GENERAL de la carga/descarga de una bobina:

$$i_L(t) = i_{Lf} + (i_{Li} - i_{Lf}) \cdot e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t}$$

$i_L(t)$ : Expresión de la carga/descarga de una bobina.

$\tau$ : Constante de tiempo:  $\tau = L/R$

$R$ : Es la resistencia de Thevenin en extremos de la bobina L

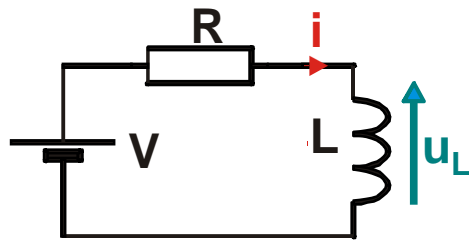
$i_{Li}$ : Intensidad de Norton por la bobina antes de iniciar la carga/descarga.

$i_{Lf}$ : Intensidad de Norton por la bobina cuando se ha cargado  $\Rightarrow i_L = V/R$ .

Para  $t > 5 \cdot \tau$  se tiene un valor muy próximo al valor final  $\rightarrow$  Se considera que el circuito alcanza el régimen permanente

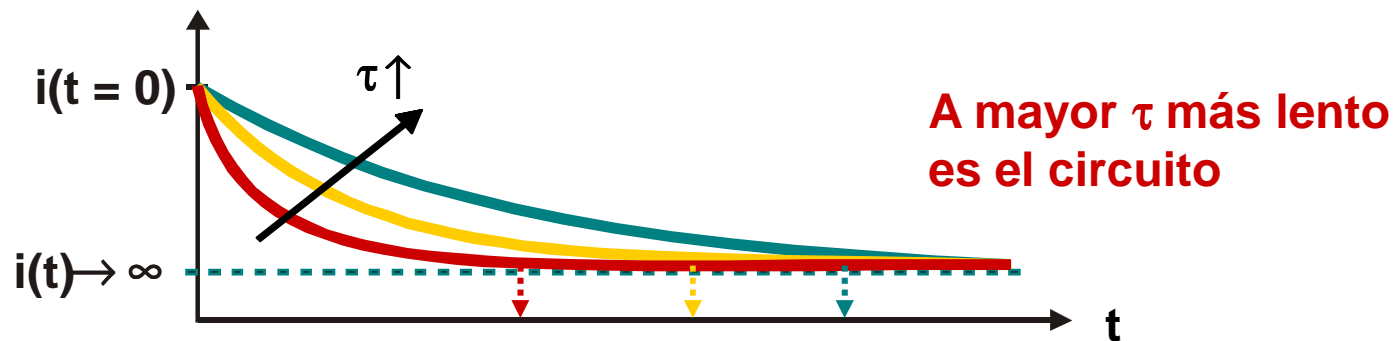
## Régimen transitorio en circuitos RL y RC

### Circuito RL

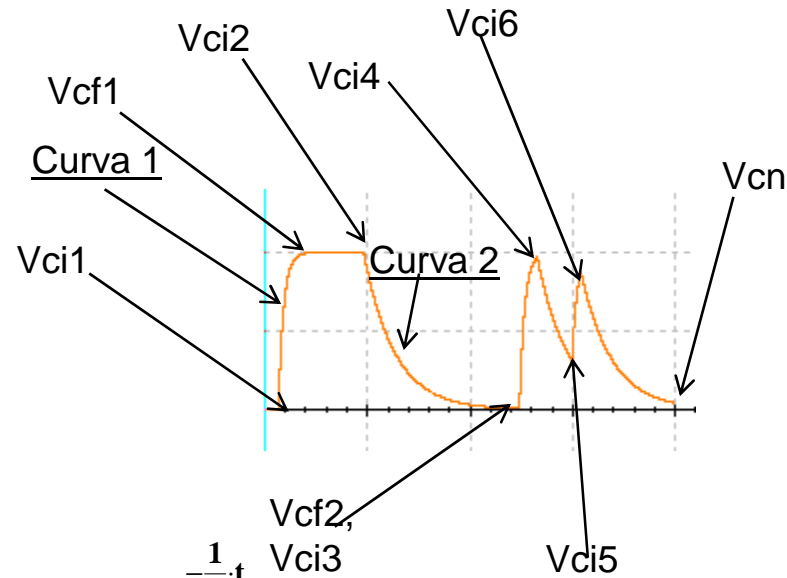
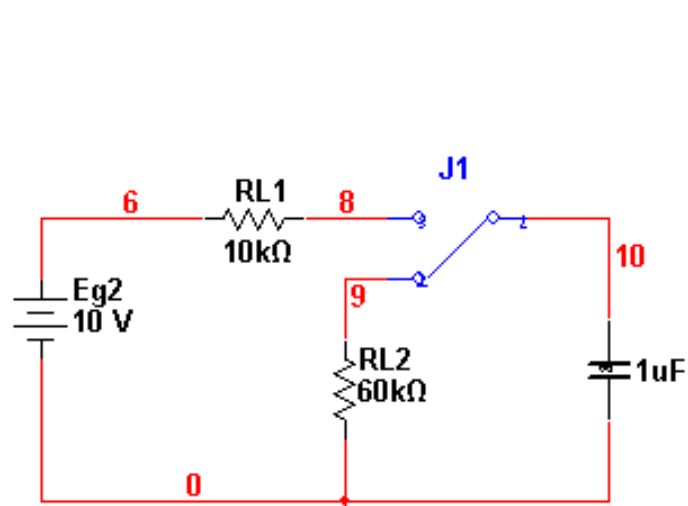


$$i(t) = i(t \rightarrow \infty) + (i(t=0) - i(t \rightarrow \infty)) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

### Interpretación de la expresión general



Para  $t > 5 \cdot \tau$  se tiene un valor muy próximo al valor final  $\rightarrow$  Se considera que el circuito alcanza el régimen permanente



$$V_c(t) = V_{cf} + (V_{ci} - V_c) \cdot e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t}$$

Curva 1

$$\tau_1 = R_1 \cdot C = 10K \cdot 1\mu = 10ms$$

$$5 \cdot \tau_1 = 50ms$$

$$V_{ci1} = 0v$$

$$V_{cf1} = 10v$$

$$V_c(t) = 10 + (0 - 10) \cdot e^{-\frac{1}{10ms} \cdot t}$$

$$V_c(t) = 10 \cdot (1 - e^{-\frac{1}{10ms} \cdot t})$$

Curva 2

$$\tau_2 = R_2 \cdot C = 60K \cdot 1\mu = 60ms$$

$$5 \cdot \tau_2 = 300ms$$

$$V_{ci2} = 10v$$

$$V_{cf2} = 0v$$

$$V_c(t) = 0 + (10 - 0) \cdot e^{-\frac{1}{60ms} \cdot t}$$

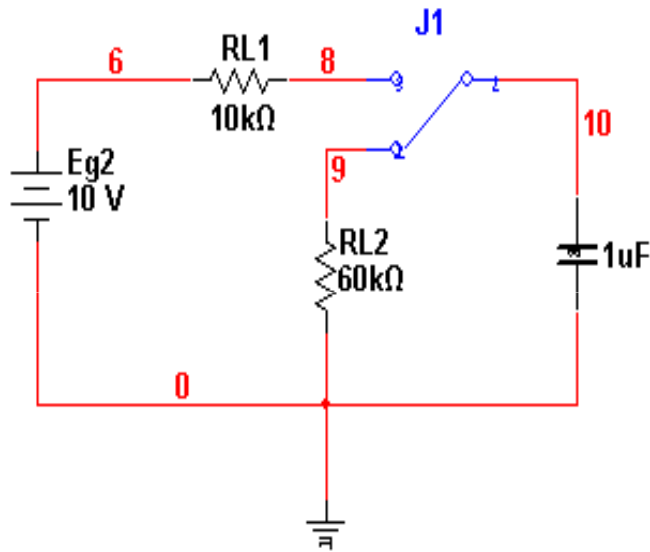
$$V_c(t) = 10 \cdot e^{-\frac{1}{60ms} \cdot t}$$

## EJEMPLOS 11 y 12: Regimen transitorio de Bobinas y condensadores

Para las curvas del ejemplo anterior

Hallar:

- $V_{ci2}$ ,  $V_{ci4}$ ,  $V_{ci5}$ ,  $V_{ci6}$  y  $V_{cn}$
- Tiempos de cada curva.



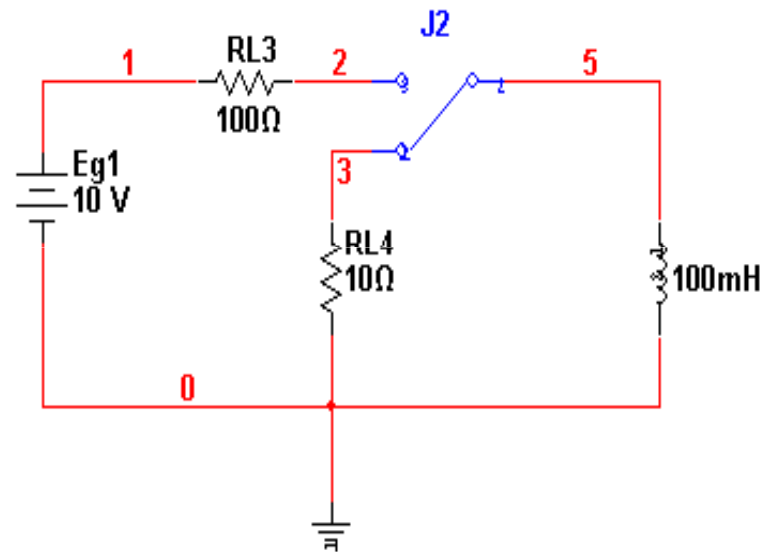
Hallar La corriente por el circuito

para :

$$I_L(0)=0A$$

$0 < t < 10\text{ms}$  en posición 2

$10 < t < 15\text{ms}$  en posición 3

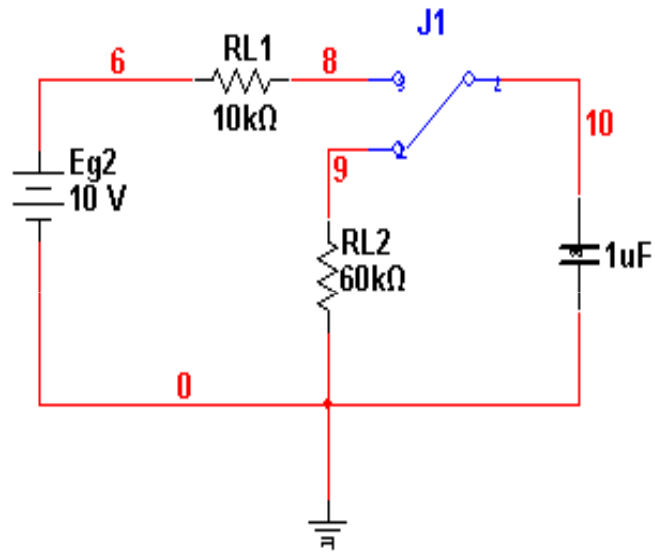




Para las curvas del ejemplo anterior

Hallar:

- a)  $V_{ci2}$ ,  $V_{ci4}$ ,  $V_{ci5}$ ,  $V_{ci6}$  y  $V_{cn}$
- b) Tiempos de cada curva.



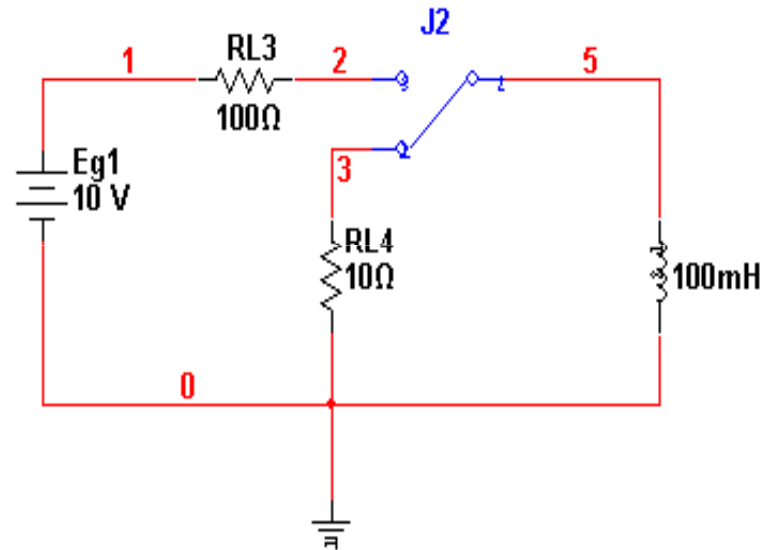
Hallar La corriente por el circuito

para :

$I_L(0)=0A$

$0 < t < 10\text{ms}$  en posición 2

$10 < t < 15\text{ms}$  en posición 3



## PRACTICA 1 : CIRCUITOS DE CC CON RESISTENCIAS Y CONDENSADORES, CARGA/DESCARGA

ALUMNO:

FECHA DE INICIO:

FECHA DE TERMINO:

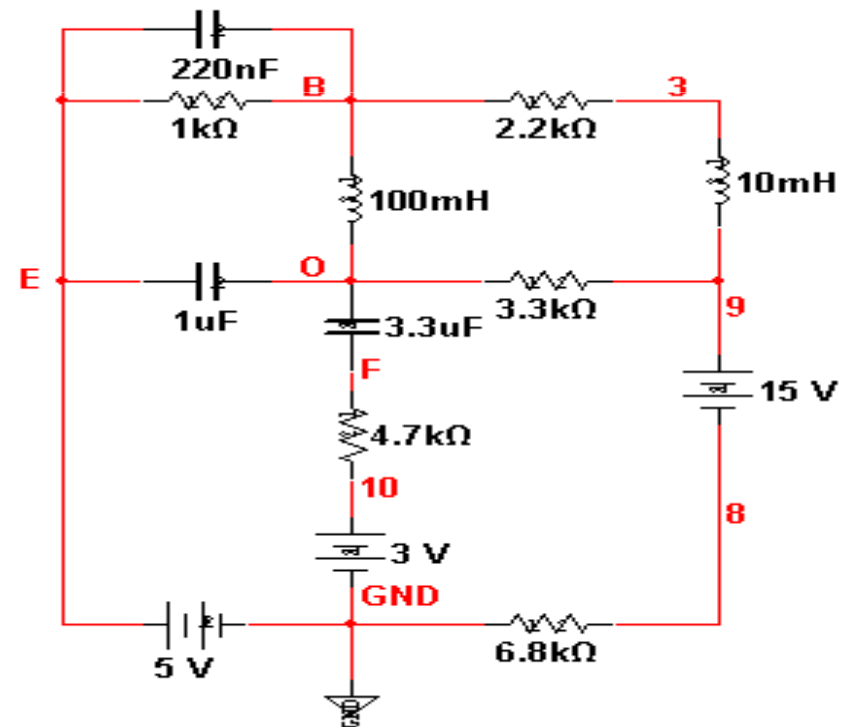
INSTRUMENTACION:

COMPONENTES:

HERRAMIENTAS:

1.- Dado el circuito de CC de la figura

- Calcular las corrientes por todas las ramas, la carga de los condensadores y la potencia entregada al circuito.
- Montar el circuito .
- Medir las corrientes por las bobinas , por las fuentes de tensión y la d.d.p en los condensadores.



## CALCULOS

### MEDIDAS

$I_{100\text{mH}} =$

$V_{1\text{u}} =$

$I_{10\text{mH}} =$

$V_{3.3\text{u}} =$

$I_{5\text{v}} =$

$V_{220\text{n}} =$

$I_{3\text{v}} =$

$I_{15\text{v}} =$

**2.- Dados los circuitos de la figura para Carga y descarga para C y L :**

- a) Construir las ecuaciones de carga y descarga para las condiciones de carga y descarga total.
- b) Montar los circuitos.
- c) Dibujar las curvas de carga y descarga para  $5\zeta$

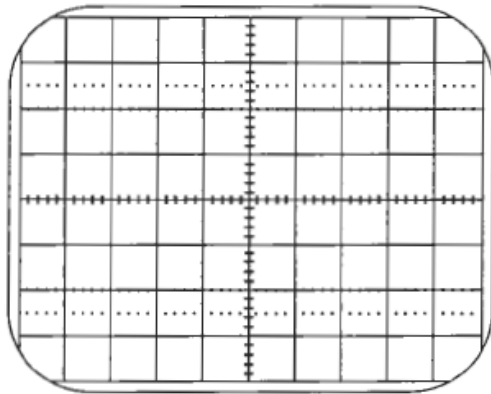
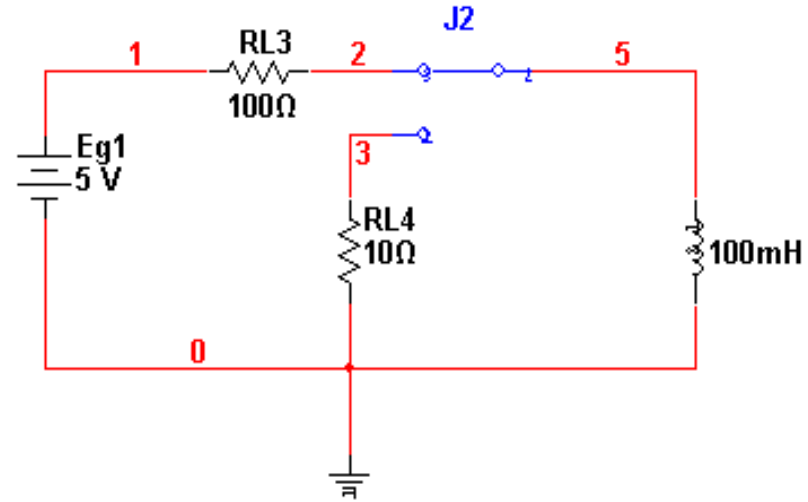
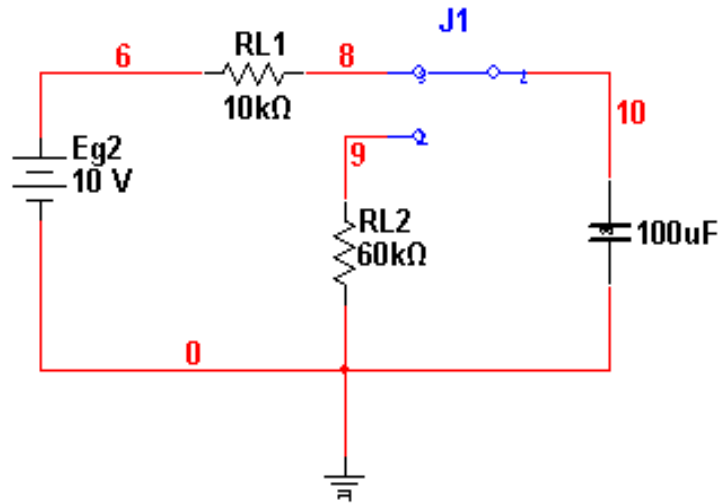
**CARGA DE CONDENSADOR**

**CARGA DE BOBINA**

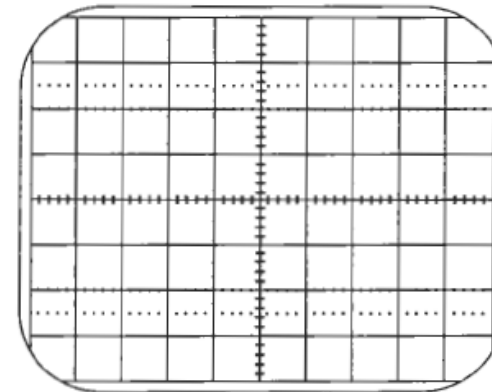
**DESCARGA DE CONDENSADOR**

**DESCARGA DE BOBINA**

2.- Dados los circuitos de la figura para Carga y descarga para C y L :



Carga y descarga de C	
Volt/div	
Time/div	



Carga y descarga de L	
Volt/div	
Time/div	