

Elementos de circuito

Objetivo

- Identificar los elementos básicos que constituyen un circuito eléctrico.

Contenido

- Ingeniería y modelos lineales
- Elementos activos y pasivos
- Resistores
- Fuentes
- Voltmetros y Ampermetros
- Transductores
- Interruptores

Ingeniería y modelos lineales

Ingeniería

- “Consiste en tomar una idea brillante y emplear dinero, materiales y personas expertas, cuidando el entorno, para producir algo que desee el consumidor a un precio asequible”(Dorf, R.; 2006; 28)

- DORF, Richard. (2006). “Circuitos eléctricos”. Alfaomega. Sexta edición. México.. P. 28

Modelo

- Es una descripción de las propiedades de un dispositivo que se consideran importantes.
- Frecuentemente consiste en una ecuación, símbolo o esquema

Modelo

- Resistencia(R)



$$R = v/i$$

- Voltaje (V)



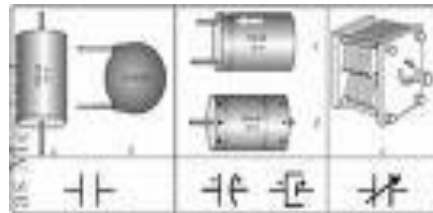
$$v = R \cdot i$$

- Inductor (L)



$$L = \mu(N^2 \cdot A/l)$$

- Condensador(C)



$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Modelo lineal

- Un modelo lineal debe satisfacer las propiedades de superposición y de homogeneidad

Superposición

$$i_1 \rightarrow v_1$$

$$i_2 \rightarrow v_2$$

$$i_1 + i_2 \rightarrow v_1 + v_2$$

Homogeneidad

$$i \rightarrow v$$

$$ki \rightarrow kv$$

Ejemplo uno

1: Un elemento tiene un voltaje v y una corriente i , comprobar si es o no lineal resistivo, si su tabla es:

i A	v V
-5	-80
-2	-32
0	0
3	48
6	96

Ejemplo uno

1: Superposición:

i A 	v V
-5	-80
-2	-32
0	0
3	48
6	96

Ejemplo uno

Superposición

i A	v V
-5	-80
3	48
$-5 + 3$	$-80 + 48$
-2	-32
-2	-32

Como -2 A producen -32 V, se asume que se cumple la superposición

Ejemplo uno

2: Homogeneidad:

$i \text{ A }$	$v \text{ V }$
-5	-80
-2	-32
0	0
3	48
6	96

Ejemplo uno

2: Homogeneidad: asumir constante 2

i A	v V
-5	-80
-2	-32
0	0
3	48
6	96

Ejemplo uno

Homogeneidad con constante 2

v V	i A
3	48
$3*2$	$48*2$
6	96
6	96

Como 6 amperios producen 96 voltios hay homogeneidad

Ejemplo uno

i A 	v V
-5	-80
-2	-32
0	0
3	48
6	96

Ejemplo uno

Es una línea recta que pasa por el origen

Si es lineal

$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{v_1 - v_0}{i_1 - i_0} = \frac{-80 - 48}{-5 - 3} = \frac{-128}{-810} = 16$$

$$16 = \frac{v_1 - 48}{i_1 - 3}$$

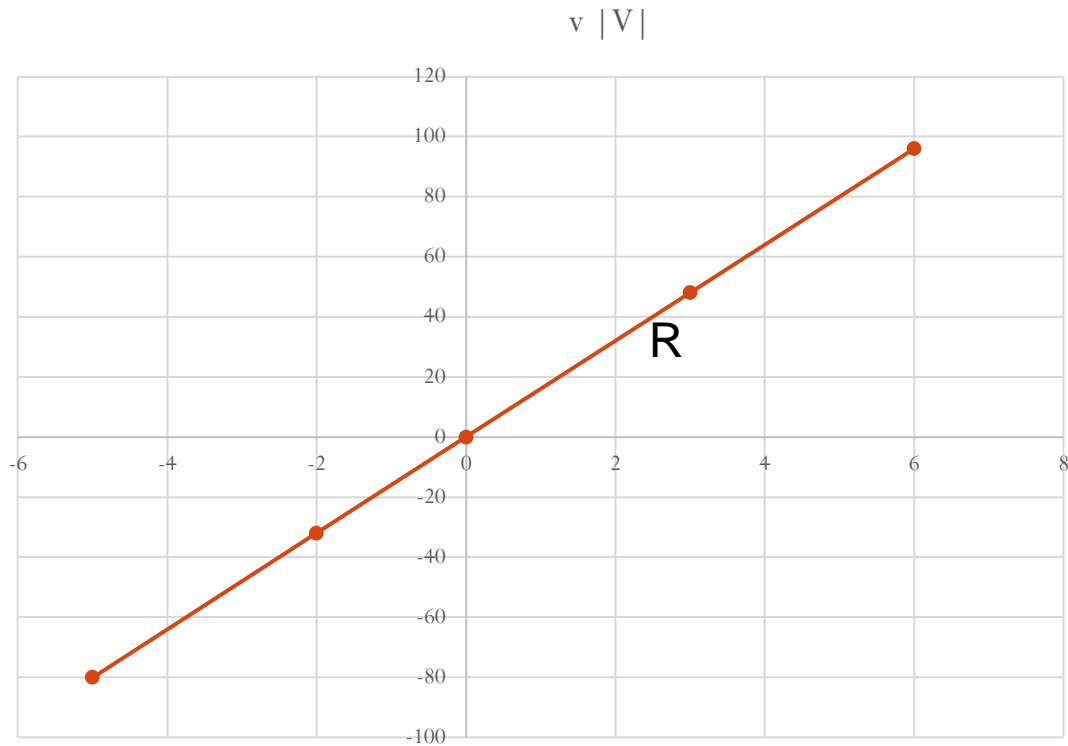
$$16(i_1 - 3) = v_1 - 48$$

$$16i_1 - 48 = v_1 - 48$$

$$16i_1 = v_1$$

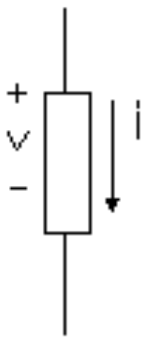
$$.v=16i$$

Línea recta que pasa por el origen



Ejemplo dos

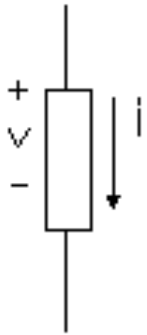
2. Un elemento tiene un voltaje v y una corriente i determine si corresponde a un modelo lineal, si su comportamiento es como muestra la tabla.



$i(\text{A})$	$v(\text{V})$
-3	-3
-2	-4
0	0
2	12
4	32
6	60

Ejemplo dos

1. superposición



$i(\text{A})$	$v(\text{V})$
-3	-3
-2	-4
0	0
2	12
4	32
6	60

Ejemplo dos

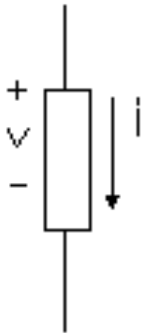
Propiedad de superposición

i A	v V
-2	-4
4	32
$-2 + 4$	$-4 + 32$
2	28
2	12

Como la $i=2$ A origina realmente $v= 12$ V, entonces No cumple superposición

Ejemplos: Homogeneidad

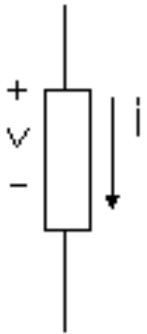
Con $K = -2$



$i(\text{A})$	$v(\text{V})$
-3	-3
-2	-4
0	0
2	12
4	32
6	60

Ejemplo dos: Homogeneidad

Con $K = -2$



$i(\text{A})$	$v(\text{V})$
-2	-4
$-2 * (-2)$	$-4 * (-2)$
4	8
4	32

Ejemplo dos: Homogeneidad

Con $K = -2$

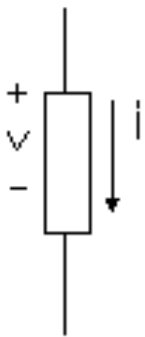
i A	v V
-2	-4
4	8
4	32

No se cumple la homogeneidad porque a 4 A le corresponden 32 V y no 8.

Como no cumple ninguna de las dos propiedades
NO ES UN MODELO LINEAL

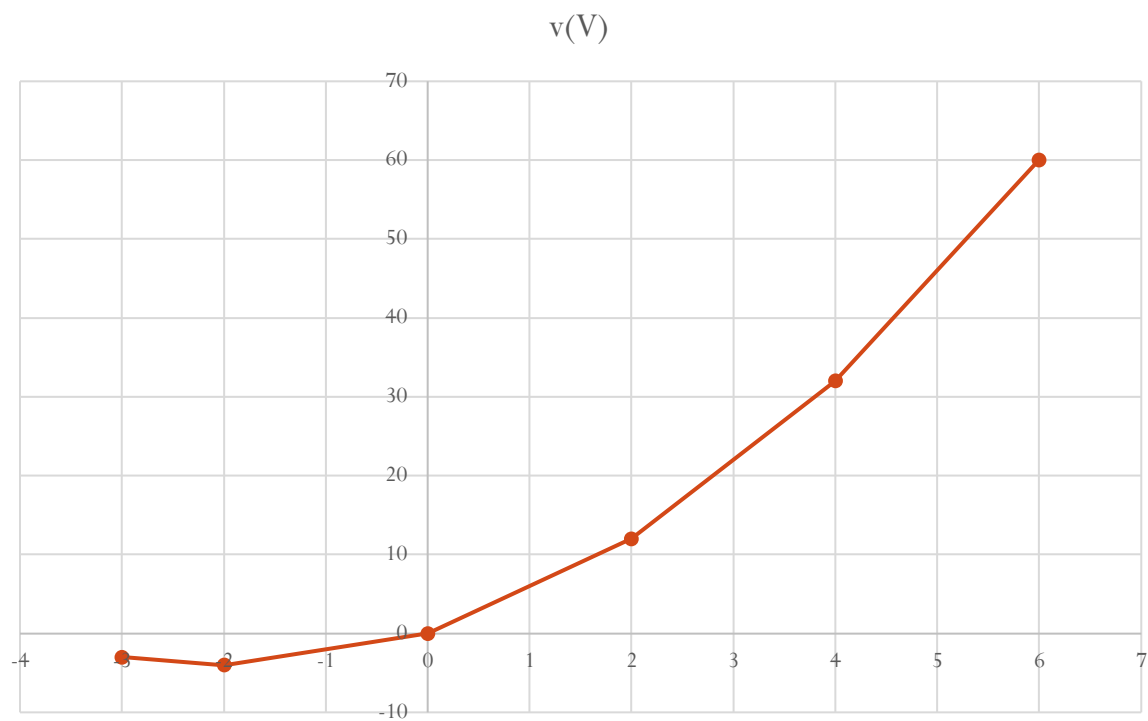
Ejemplo dos

2. Un elemento tiene un voltaje v y una corriente i determine si corresponde a un modelo lineal, si su comportamiento es como muestra la tabla.



$i(\text{A})$	$v(\text{V})$
-3	-3
-2	-4
0	0
2	12
4	32
6	60

Grafica no lineal



Ejemplo tres

- Un elemento está definido por la expresión $v=2i+3$ establecer si el elemento es lineal.

$i A $	$v V $
-1	1
0	3
1	5
3	9

Ejemplo tres

- Un elemento está definido por la expresión $v=2i+3$ establecer si el elemento es lineal.

$i A $	$v V $
-1	1
0	3
1	5
3	9

Ejemplo tres

Superposición no se cumple

$i \text{ A }$	$v \text{ V }$
-1	-1
1	5
-1+1	-1+5
0	4
0	3

COMO 0A PRODUCE REALMENTE 3 V, NO SE CUMPLE SUPERPOSICION

Ejemplo tres

- Homogeneidad con k ejemplo -3

$i A $	$v V $
-1	1
0	3
1	5
3	9

Ejemplo tres

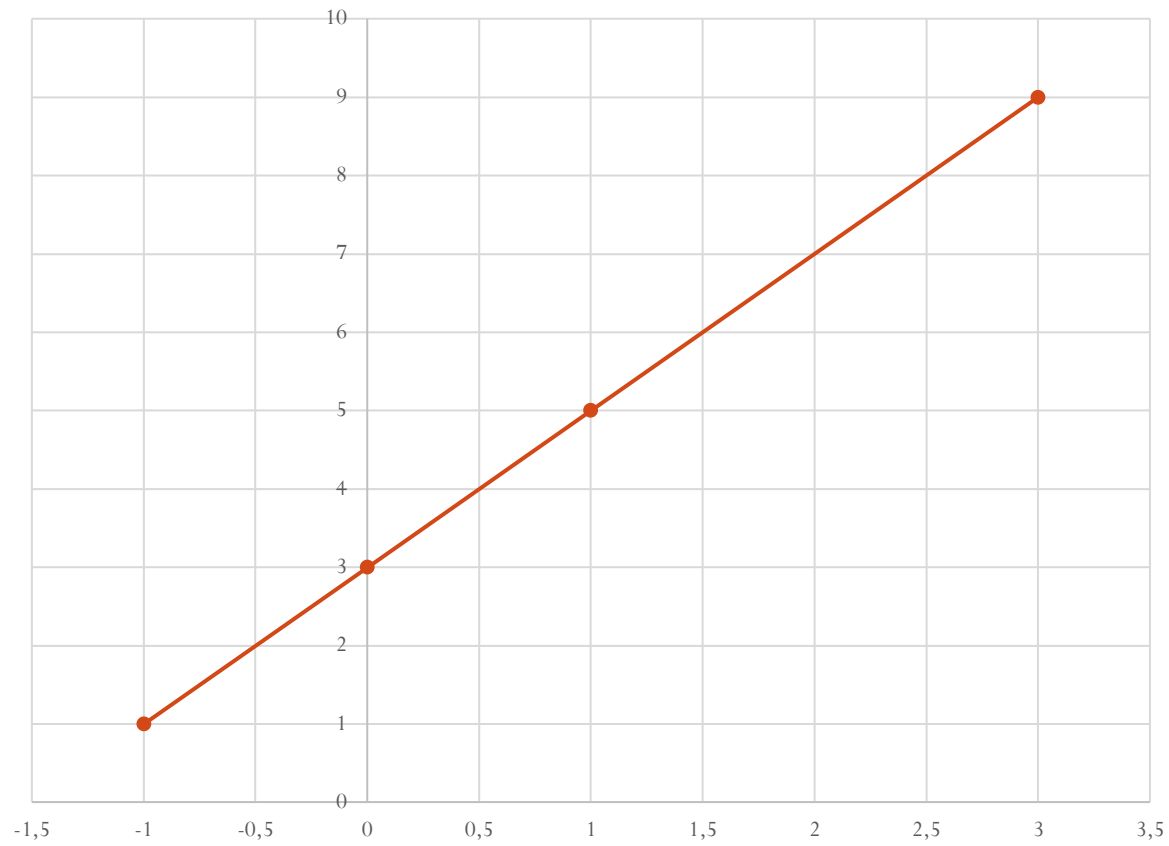
- Homogeneidad con $k=-3$

$i \text{ A }$	$v \text{ V }$
-1	-1
$-1 * (-3)$	$-1 * (-3)$
3	3
3	9

Como 3 A no produce 3 V sino 9 V, entonces tampoco cumple la homogeneidad

$$v=2i+3$$

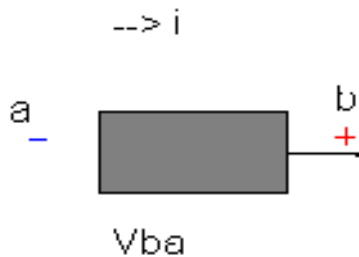
$v|V|$



Elementos activos y pasivos

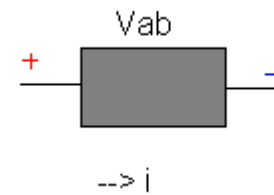
Elementos de circuitos activos y pasivos

Convención Activa.
Potencia Suministrada



$$w = \int_{-\infty}^t v i dt$$

Convención Pasiva.
Potencia Absorbida



$$w = \int_{-\infty}^t v i dt$$

resistores

Resistividad y conductividad

- “La propiedad de un material de resistir el flujo de corriente”² y se denota con el símbolo ρ
- La conductividad es el recíproco de la resistividad, propiedad de la materia para no oponerse al paso del flujo eléctrico con símbolo σ
- 2. DORF, Richar. Op. Cit. P 37

$$\rho = \frac{A \cdot R}{l} \quad |\Omega m|$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{en} \quad \frac{S}{m}$$

Resistividad de algunos materiales

Material	Resistividad a 20°C [$\Omega \cdot m$]	
Poliestireno	1×10^{16}	AISLANTE
Silicio	2.3×10^3	SEMICONDUCT
Carbono	4×10^{-5}	CONDUCTORES
Acero	6×10^{-7}	
Plata	1.25×10^{-8}	
Cobre	1.70×10^{-8}	
Oro	2.44×10^{-8}	
Aluminio	2.82×10^{-8}	
Tungsteno	5.52×10^{-8}	
Níquel	7.2×10^{-8}	
Hierro	9.58×10^{-8}	
Estaño	12×10^{-8}	
Acero Industrial	71.1×10^{-8}	
Grafito	35.0×10^{-8}	

Resistencia

- Propiedad física de dispositivo o elemento que impide el paso de la corriente eléctrica. Su símbolo es R y al elemento que cumple tal propiedad se le llama Resistencia.
- La resistencia ideal se comporta bajo el modelo lineal (Homogeneidad y superposición) Ecuación lineal que pasa por el origen y su formula y modelado es:

$$R = \frac{v}{i} \quad |\Omega|$$



Consumo de potencia

- Como transforma energía la resistencia consume potencia:

$$P = i \times v = i \times (iR) = i^2 R$$

$$P = i \times v = \left(\frac{v}{R} \right) v = \frac{v^2}{R}$$

Clases de resistencias

- Hay varios tipos de resistencias pero en definitiva se agrupan en:
 - fijas (No cambia su valor)
 - variables. Resistencia cuyo valor pueda variarse según la aplicación. Se fabrican bobinadas o de grafito, deslizantes o giratorias.

Resistencias fijas

- **Bobinadas.**
- **Aglomeradas.**
- **Película de Carbono.**
- **Pirolíticas.**

Bobinadas

- Suelen venir así para disipar potencia. Se fabrican sobre una base aislante en forma cilíndrica para enrollar un hilo de alta resistividad (wolframio, manganina, constatán). La longitud y sección del hilo darán su resistividad juntamente con la composición de éste. Suelen venir marcadas en la superficie y se utilizan para las grandes potencias pero con el inconveniente de ser inductivas.

Aglomeradas

- Están realizadas de una pasta con granos muy finos de grafito. Estas son de las más utilizadas. Sus valores vienen determinados por el código de colores.
- Al igual que la bobinadas constan de un hilo enrollado pero se le somete a un proceso de vitrificación a alta temperatura (barniz especial) cuyo cometido es proteger el hilo resistivo y evitar que entren en contacto las espiras enrolladas. Es en este barniz donde se marca el código de colores.

Película de Carbono

- Se pone una fina capa de pasta de grafito encima de una base cilíndrica de cerámica. La sección y su composición determinarán el valor de la resistencia.

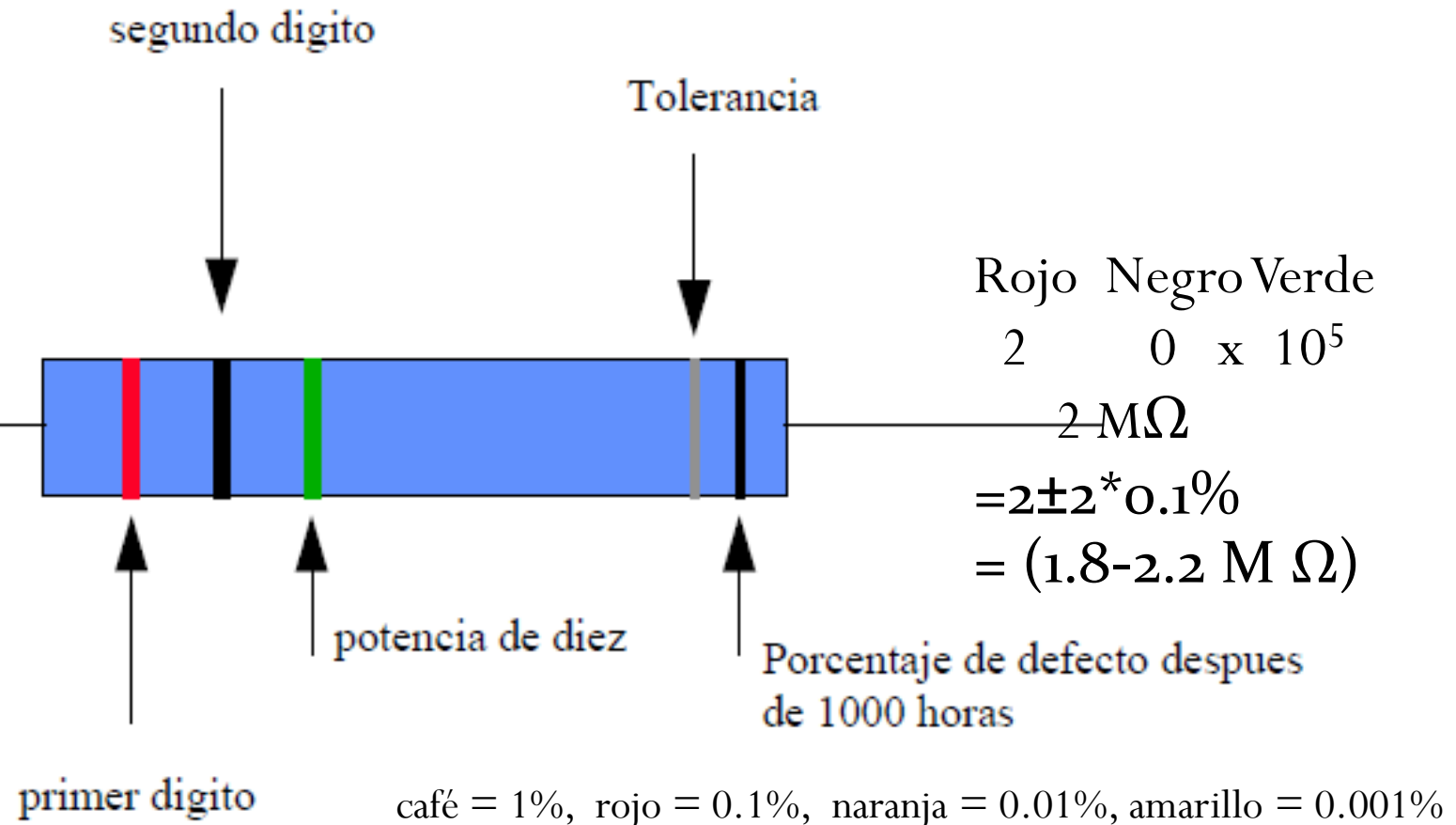
Pirolíticas

- Son muy parecidas a las anteriores, pero con una película de carbón rayada en forma de hélice para ajustar el valor de la resistencia. Son inductivas.

Código de colores

Color de la banda	Valor cifra significati.	Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	1	
Marrón	1	10	1%
Rojo	2	100	2%
Naranja	3	1 000	
Amarillo	4	10 000	
Verde	5	100 000	0,5%
Azul	6	1 000 000	0,25%
Violeta	7	10 000 000	0,1%
Gris	8	100 000 000	
Blanco	9	1 000 000 000	
Dorado		0.1	5%
Plateado		0.01	10%
Ninguno			20%

Código de colores



Ejemplo uno

- En un auto se dejan las luces encendidas estando el motor apagado. Determinar la corriente, potencia y energía entregada durante 4Horas.
- La resistencia de las bombillas es de 6 Ohm
- Voltaje de una batería de carro es de 12 V
- $i = 12\text{V} / 6\text{Ohm} = 2 \text{ A}$
- $P = VI = 12\text{V} * 2\text{A} = 24 \text{ W} ?$
- ‘
- $W = \int_0^{4*60*60\text{S}} 24 dt + w_0 = 24t \Big|_0^{14400\text{s}} = 24 * 14400 - 24 * 0 = 345600\text{J}$

Solución

- $V=12\text{ V}$

$$i = \frac{v}{R} = 2\text{ A}$$

$$P = i \times v = \boxed{24\text{ W}}$$

$$w = \int_0^{\alpha} P dt; \int_0^{14400} 24 dt = 24t_0^{14400} = 24t|_0^{14400}$$

$$w = 24 \times 14400 - 24 \times 0\text{ w} \\ = \boxed{345600\text{ J}}$$

Problema dos

En un alambre de cobre de 0,10 pulgadas de diámetro, existe una corriente de $1 \times 10^{-16} \text{A}$; si la longitud del alambre es de 5 cm. ¿Cuál es la Resistencia del alambre y el voltaje en sus terminales?

Solución:

$$.r=0,05 \text{ pulg} * (2,54 \text{ cm} / 1 \text{ pulg}) = 0,127 \text{ cm} = 1,27 * 10^{-1} * 10^{-2} \text{ m} = 1,27 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi r^2 = \pi (1,27 * 10^{-3})^2 = 5,067 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$.i = 1 * 10^{-16} \text{ A}$$

$$.l = 5 \text{ cm} = 5 * 10^{-2} \text{ m}$$

$$.\rho = 1.7 * 10^{-8} \Omega \text{ m}?$$

$$R = ?$$

$$.v = ?$$

Solución

$$\rho = \frac{A \cdot R}{l} \quad |\Omega m|$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{(5,067 \cdot 10^{-6} m^2)} = 1,6774 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$v = R \cdot i = 1,6774 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot 1 \cdot 10^{-16} A = 1,6774 \cdot 10^{-20} V$$

Ejemplo

- Un calentador de 200 W a 110 V de CA se va a conectar con un alambre, se tienen una madeja de alambre de cobre y otra de tungsteno, las dos de 2 mm de radio ¿cual de las dos madejas utilizo para la conexión, Si la conexión debe quedar fuera del inmueble, pero a una distancia razonable?
- $P = 200 \text{ W}$
- $V = 110 \text{ V}$
- $\rho_{\text{Cu}} = 1.70 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$
- $\rho_{\text{W}} = 5.52 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$
- $l = ?$

Solución

- $\rho = \frac{A \cdot R}{l}$
- $l = \frac{A \cdot R}{\rho}$
- $A = \pi r^2 = \pi * (0,002m)^2 = 1,25664E-05 \text{ m}^2$
- $R=?$, de $p=v/R^2$ SE OBTIENE
- $R^2=(v/p)^{0,5} = (110V/200W)^{0,5} =$
 $0,741619 \Omega$

- $\rho = AR/l$
- $l = AR / \rho$
- $l_{cu} = 3,1416 \cdot (0,002)^2 \cdot 0,741619 / (1,7 \cdot 10^{-8})$
- $l_{cu} = 548,2047648 \text{ m}$
- $l_w = 0,741619 \cdot (3,1416 \cdot 0,002)^2 / (5,52 \cdot 10^{-8})$
- $l_w = 168,8 \text{ m}$

Fuentes

Fuente

- Dispositivo activo. Capaz de generar energía o potencia. Se dice fuente de voltaje cuando lo que suministra es voltaje y se llama de corriente cuando lo que suministra es corriente.

Clasificación

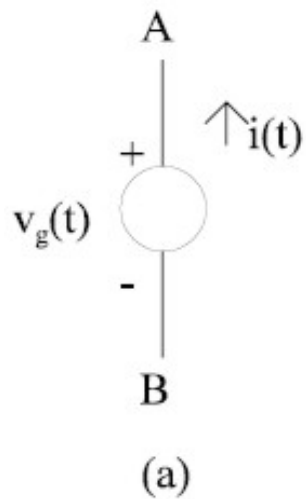
- Ideales vs reales
 - De voltaje
 - De Corriente
- Dependientes vs independientes
 - De voltaje
 - De Corriente

Fuente ideal

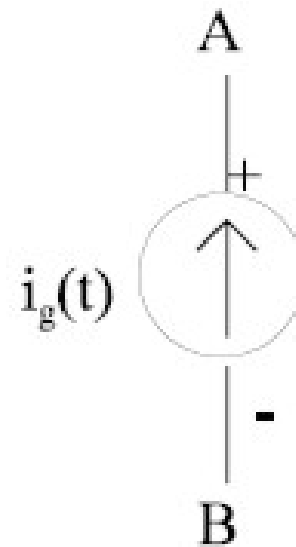
- Elemento que modela el funcionamiento ideal de una fuente como generadora de energía.
 - Fuente ideal de Voltaje: Es un elemento del circuito que produce o genera voltaje siempre del mismo valor y la corriente que genere se determina por el circuito. $V=iR$
 - Fuente ideal de Corriente: Es un elemento capaz de generar corriente siempre con el mismo valor mientras que el voltaje depende de los requerimientos del circuito. $i=v/R$

Fuentes ideales

Fuente ideal de voltaje



Fuente ideal de corriente



Fuente real

- Son las que existen en la práctica y que en su funcionamiento representan los modelos ideales.
 - Fuente de voltaje: Batería, pila
 - Fuente de corriente: Sensor de temperatura

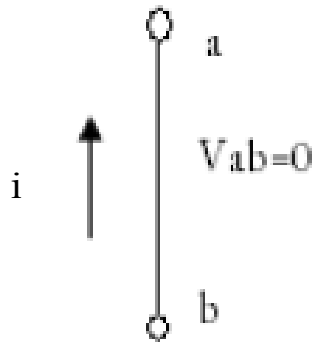
Fuentes dependientes vs fuentes independientes

- **Fuentes independientes:** Elementos que suministran voltaje o corriente de modo que la fuente suministra el valor de la otra variable de acuerdo a los requerimientos del circuito
 - **Fuentes independientes de voltaje:** Produce voltaje independientemente de cuanta corriente sea requerida por el circuito.
 - **Fuentes independientes de corriente:** Produce corriente independientemente de cuanto voltaje requiera el circuito.
- El esquema correspondiente es el modelo ideal

Fuentes dependientes

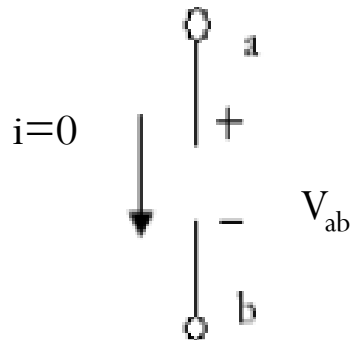
- Una fuente es dependiente cuando el valor de la variable que genera depende de otra variable del circuito.

Fuentes especiales



Corto circuito, fuente especial de voltaje que entrega 0 V.

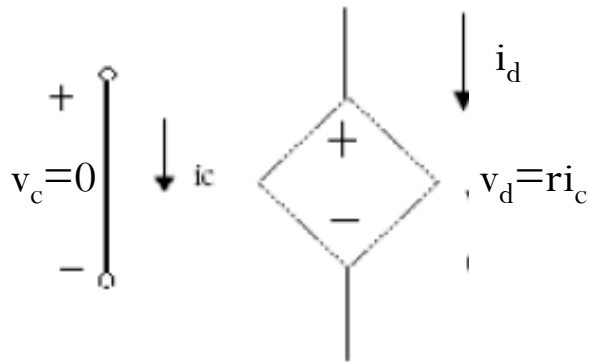
la corriente la determina el resto del circuito



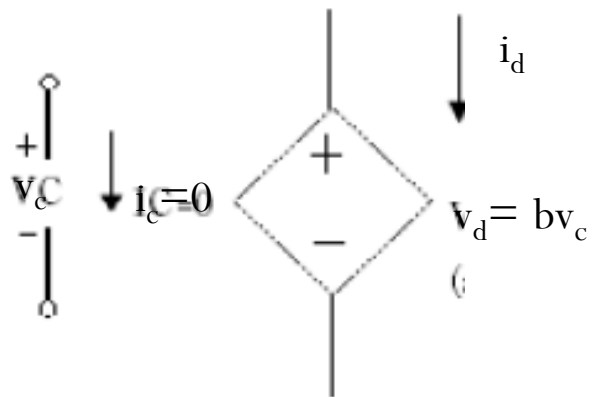
Circuito abierto, fuente especial de corriente que entrega 0 A.

El voltaje lo determina el resto del circuito

Fuentes de voltaje dependiente

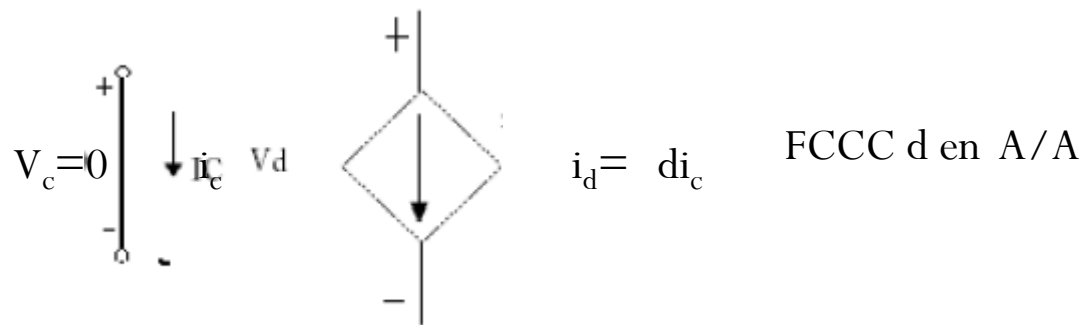
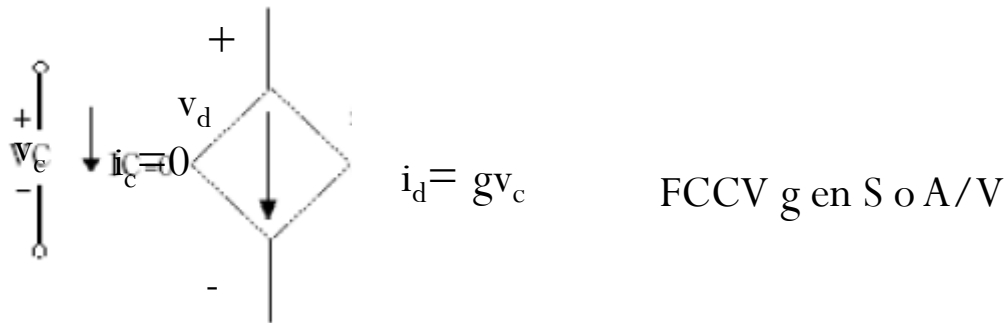


FVCC, r en V/A u Ω

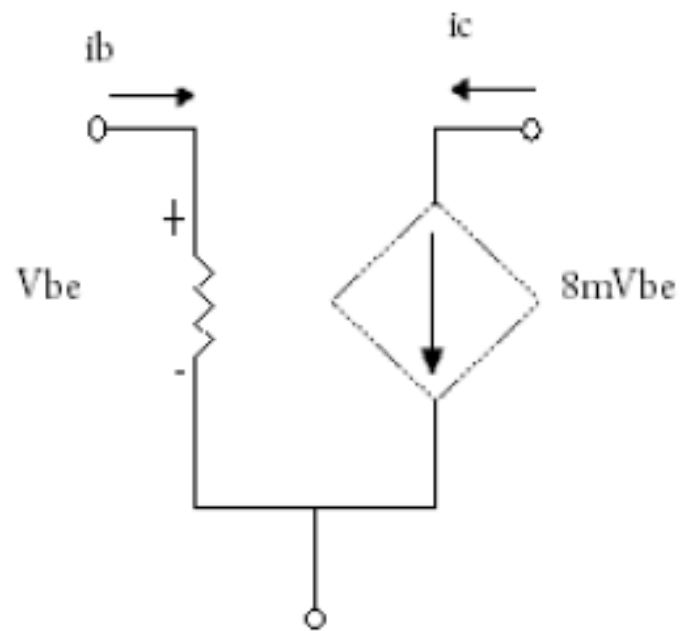
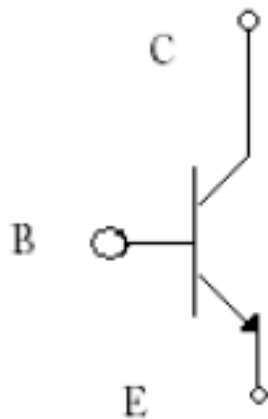


FVCV, b en V/V

Fuentes de corriente dependientes

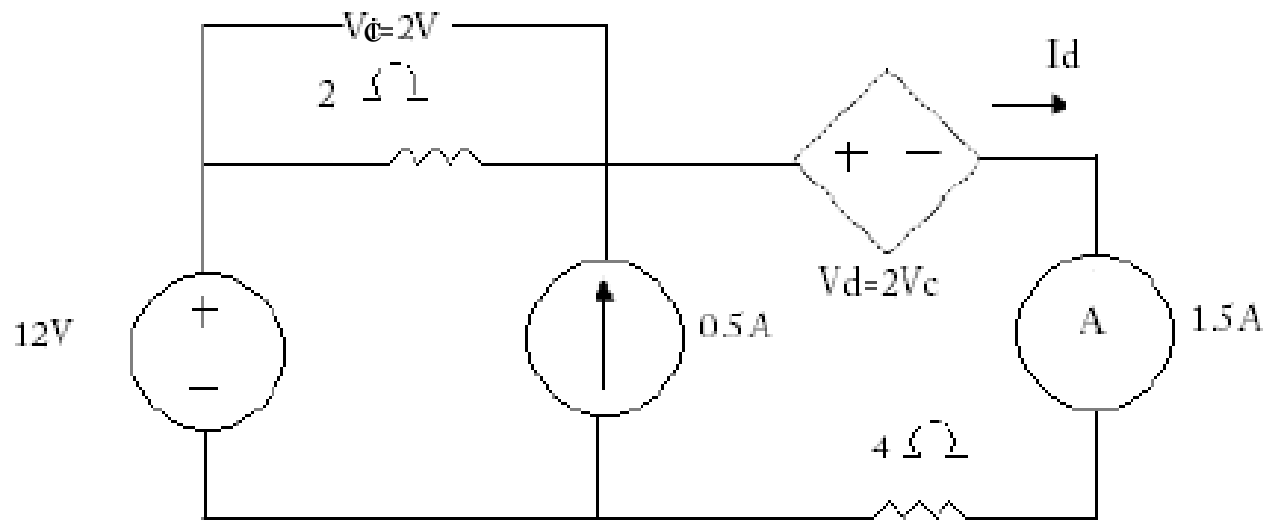


Ejemplo



Problema uno

- Determinar cuál es la potencia absorbida por la fuente dependiente, $i_d = 1.5 \text{ A}$



Solución

$$P_{\text{abs}} = ?$$

FVCV

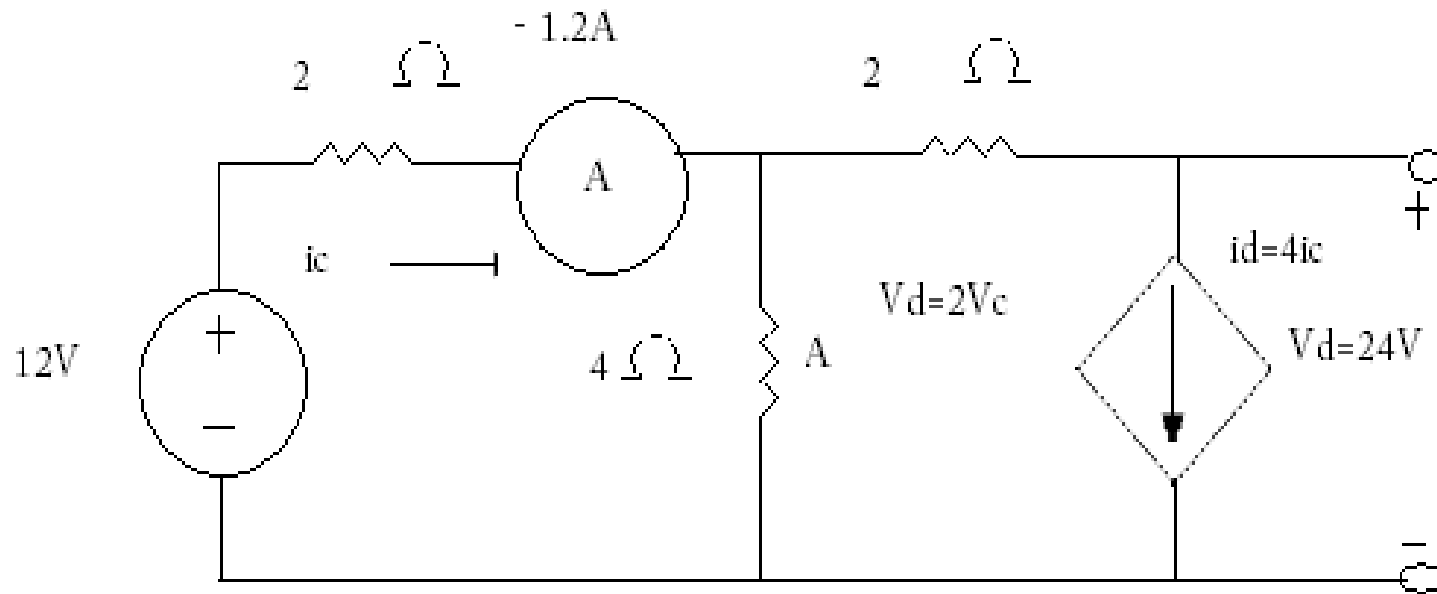
$$\begin{aligned} P_{\text{abs}} &= v * i = 2v_c * i_d \\ &= 2(2 |V|) * 1.5 |A| \\ &= 6W \end{aligned}$$

Absorbe 6 W

$$i = gV_b, \quad g = i / V_b$$

Problema dos

- Determinar la potencia absorbida por la fuente de corriente dependiente



Solución

$$P_{\text{abs}} = ?$$

FCCC

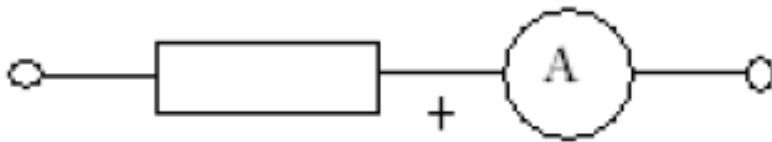
$$\begin{aligned} P_{\text{abs}} &= i_d * v_d = 4i_c 24V \\ &= 4(-1,2A)*(24V) \\ &= -115.2W \end{aligned}$$

Se absorben -115.2 W o se entregan 115.2 W

$$V=rI_g, \quad r=V/I_g=8/2=4\text{ohm}$$

Voltmetros y ampermetros

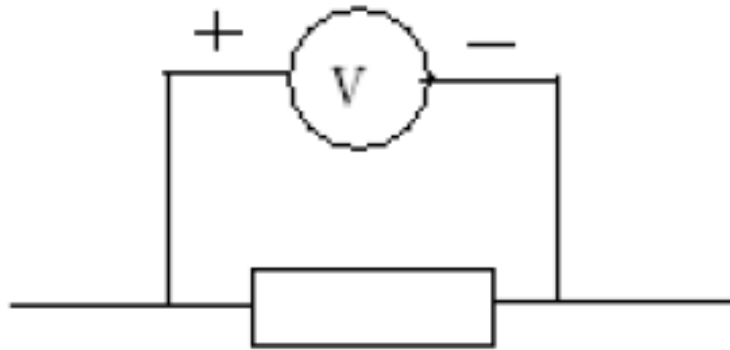
Ampermetro



Amperímetro ideal
(Corto circuito)

Por sus terminales hay 0V, es decir es una fuente de voltaje especial

Voltmetro

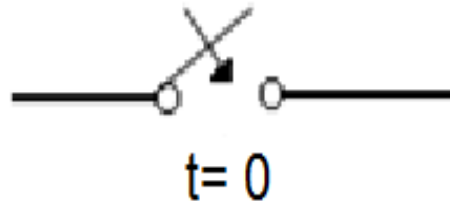


Voltímetro ideal
(Circuito abierto)

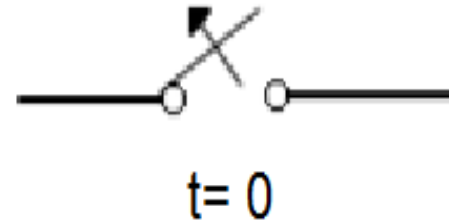
Por sus terminales fluyen 0 A, es decir es una fuente de Corriente especial

Interrupciones

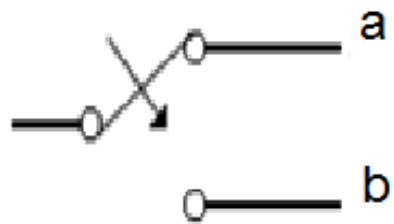
Inicialmente abierto



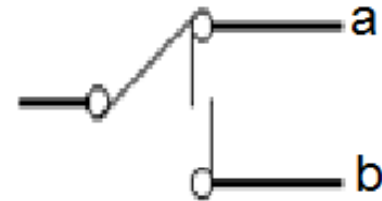
Inicialmente cerrado



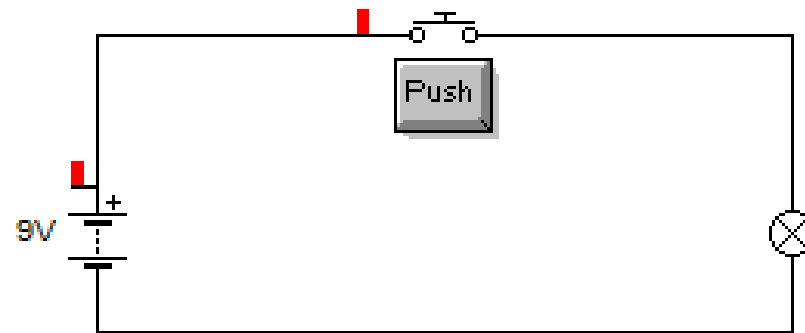
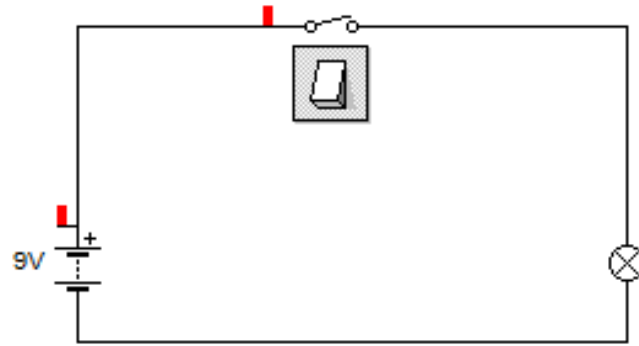
Abrir antes de cerrar



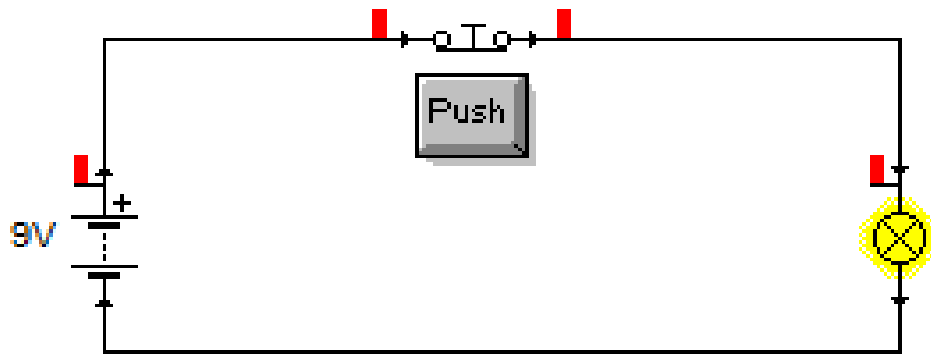
Cerrar antes de abrir



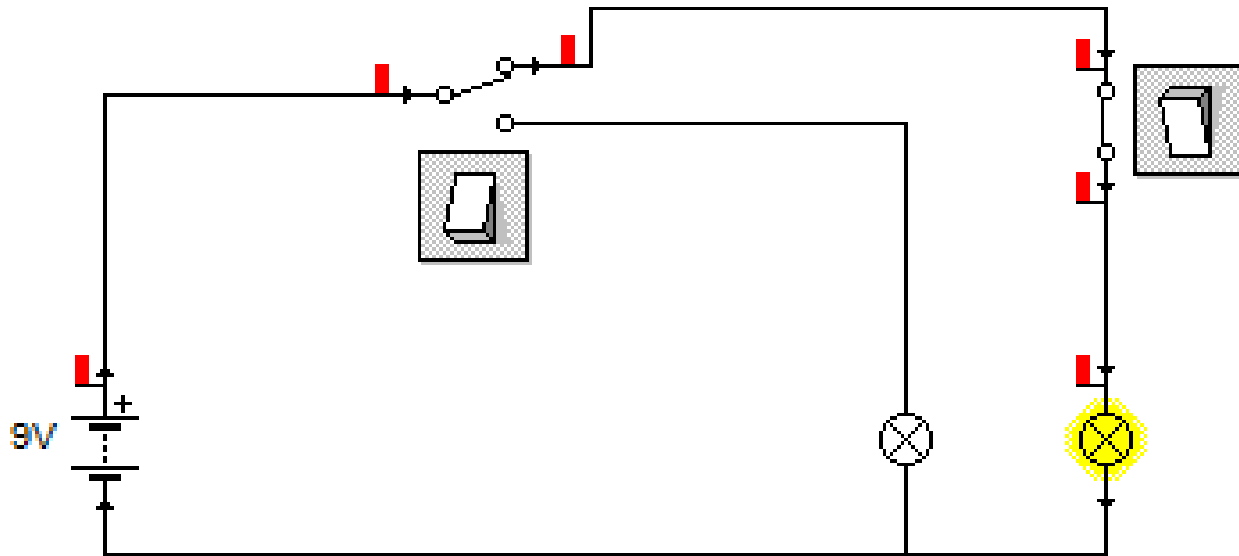
Normalmente abierto



Normalmente cerrada

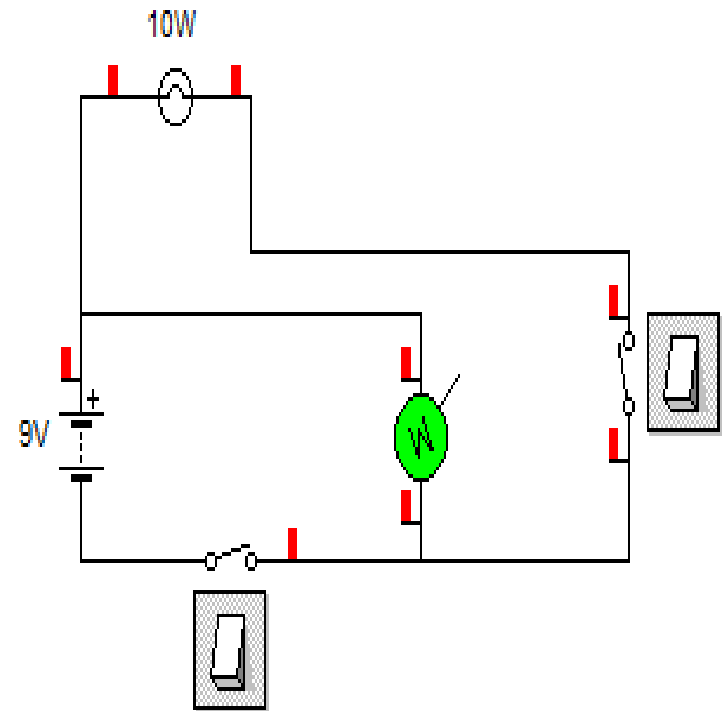


Abrir antes de cerrar y cerrar antes de abrir



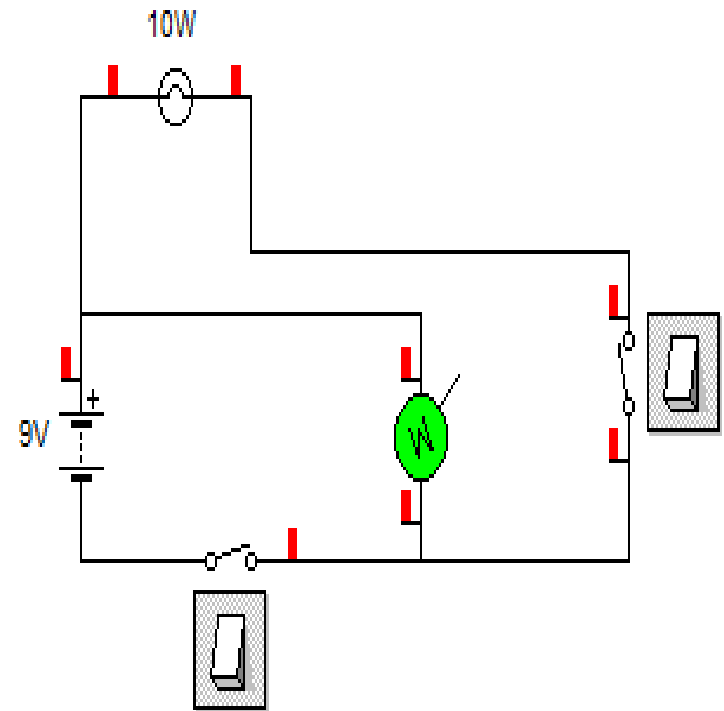
Ejemplo 1

- Asuma que:
 - el interruptor vertical se cierra a los 3 s.
 - El interruptor horizontal se cierra al primer segundo
- Explique como funciona el circuito en los intervalos:
 - De 0 a 1 s
 - De 1 a 3 s
 - De 3 s en adelante



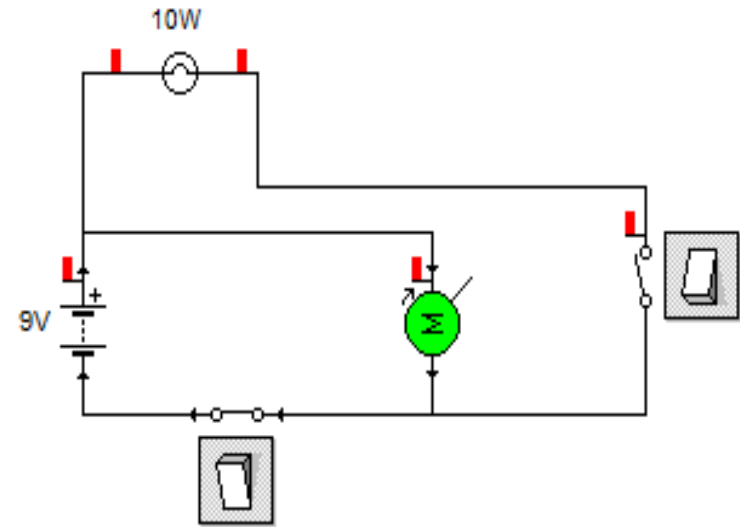
Solución

- Se revisa por intervalos:
- De 0 a 1 s
- El interruptor vertical solo se cierra desde el instante 3 s, luego el bombillo esta apagado
- El interruptor horizontal se cierra al segundo, luego entre 0 y 1 s esta abierto, entonces el motor no funciona.



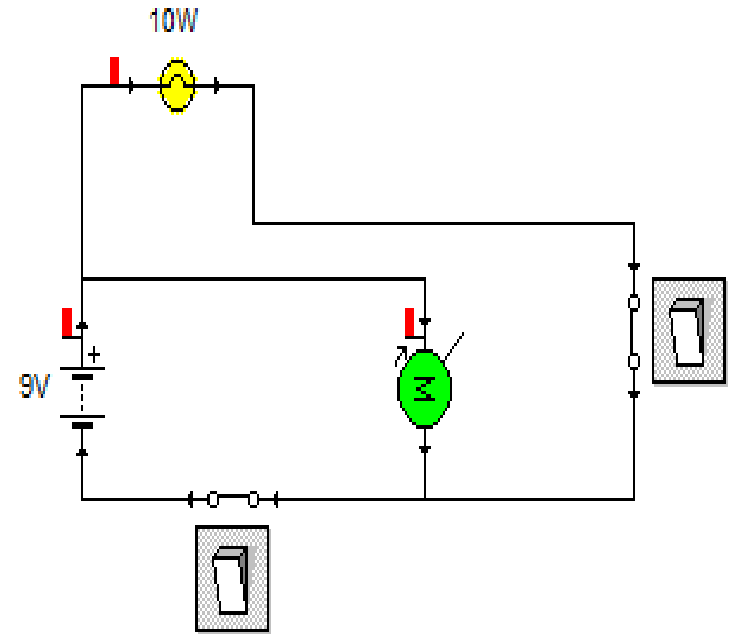
Entre 1 y 3 S

- El interruptor vertical solo se cierra desde el instante 3 s, luego el bombillo entre 2 y 3 s esta apagado
- El interruptor horizontal se cierra al segundo, luego entre 1 y 3 s esta cerrado, entonces el motor está funcionando.



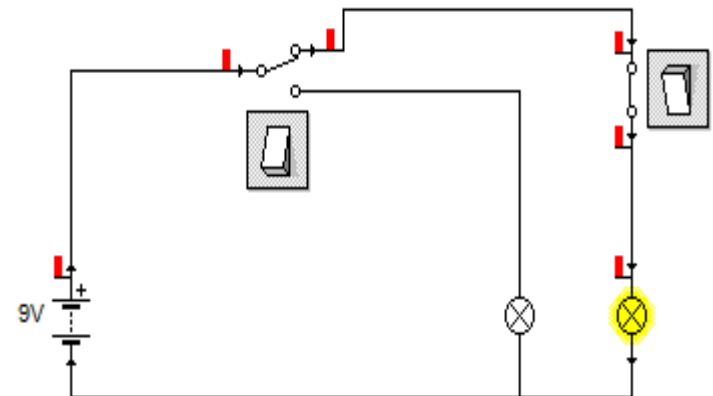
Después de 3 s

- El interruptor vertical se cierra desde el instante 3 s, luego el bombillo ya se prendido
- El interruptor horizontal se cierra al segundo, luego viene funcionando desde ese instante.



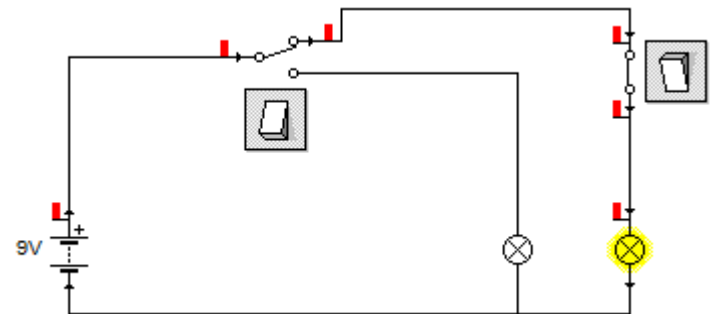
Ejemplo 2

- Suponga que los interruptores inicialmente, o en el instante 0s están como aparece el gráfico:
 - El de 1 a 2, cerrado en el camino de arriba y abierto abajo.
 - El sencillo cerrado
- A los 2 s cambia su posición el interruptor de 1 a 2
- A los 3 s se abre el interruptor sencillo
- ¿En algún momento funcionan los dos bombillos?
- ¿Manualmente es posible apagar los dos bombillos? ¿Cuándo?



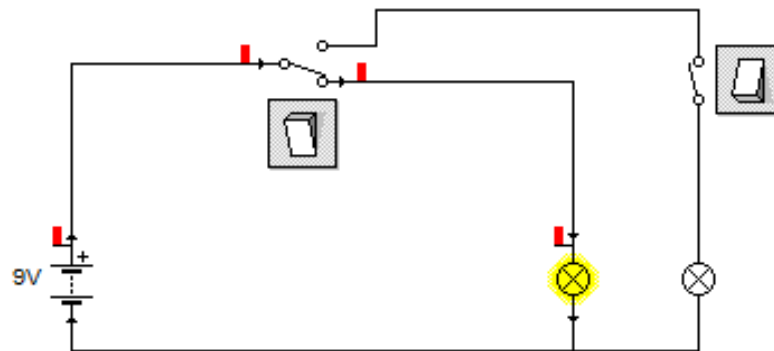
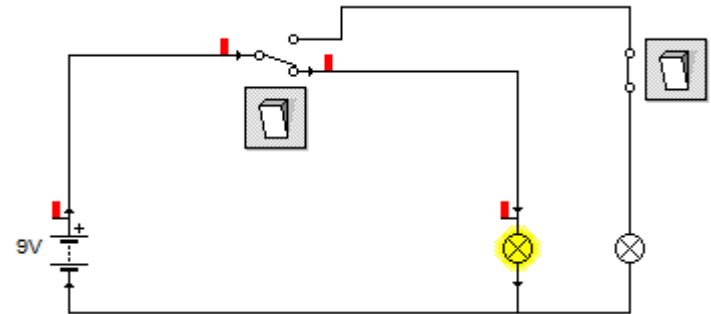
Entre 0 y 2 s

- El de 1 a 2, cerrado en el camino de arriba y abierto abajo.
- El sencillo cerrado
- No hay modificaciones todo sigue igual:
 - La bombilla izquierda apagada y la de la derecha encendida

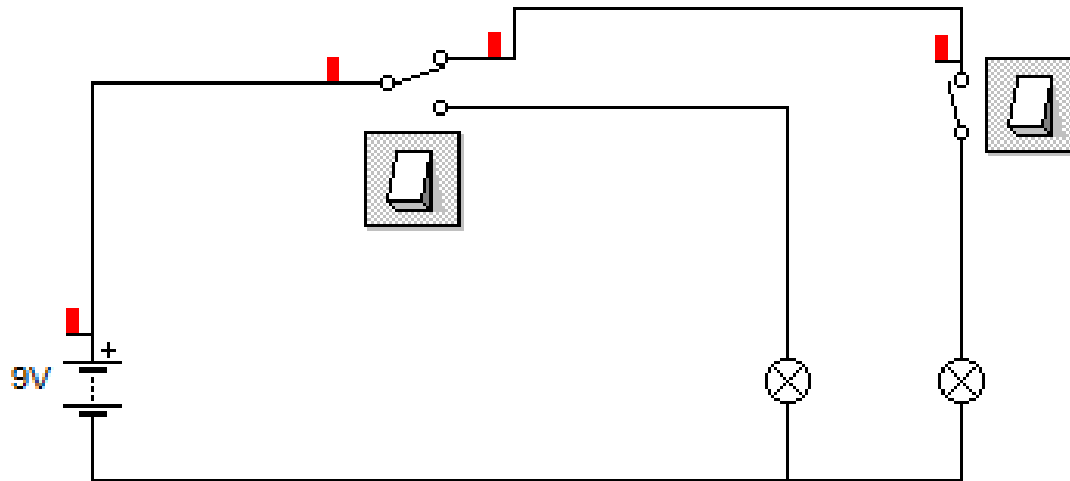


Entre 2 y 3 s

- A los 2 s cambia su posición el interruptor de 1 a 2
- Se apaga el bombillo de la derecha y se prende el de la izquierda,
- Después de 3, se abre el interruptor sencillo.
- Manualmente no se pueden tener los dos encendidos



- Los dos apagados si es posible



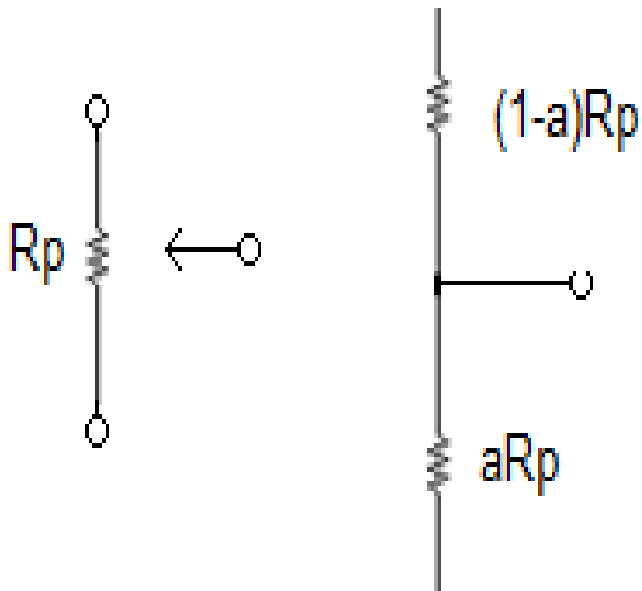
Transductores

Transductores

- Los transductores son dispositivos que transforman cantidades físicas en cantidades eléctricas.
- Ejemplos:
 - Potenciómetros: Convierten una posición en un valor de resistencia
 - Sensores de temperatura: Convierten una temperatura en corriente.

El potenciómetro

- Es un resistor (Variable) que tiene un tercer contacto – cursor- que se desliza a lo largo del resistor que se describe con dos parámetros a y R_p

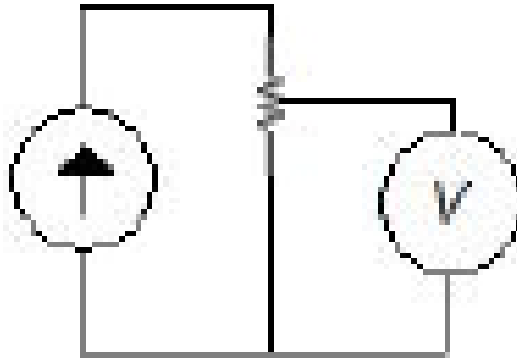


R_p especifica la resistencia del potenciómetro $R_p > 0$ y a representa la posición del cursor $0 \leq a \leq 1$, puede llevarse a posición angular

$$a = \frac{\theta}{360}$$

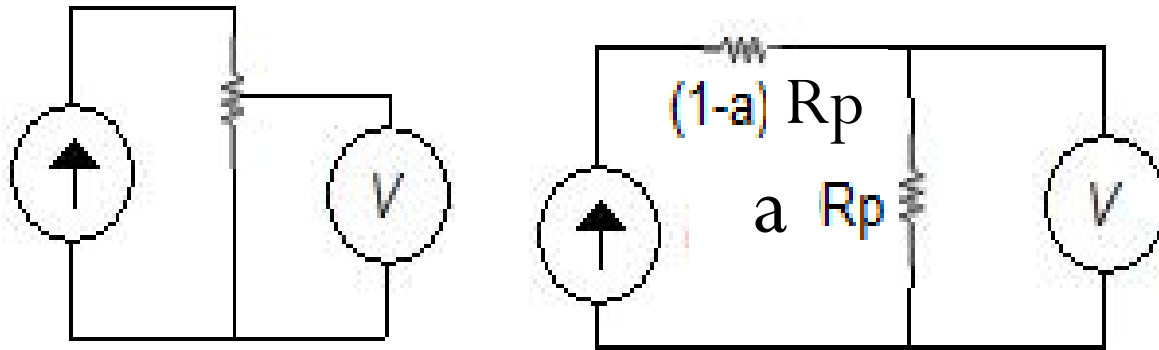
Ejemplo uno

- Del circuito de la figura determine el valor del voltaje leído por el voltmetro si el valor de la fuente de corriente es de I igual a 1 mA y el potenciómetro es de $10\text{ k}\Omega$ y a esta en 163°



Solución

- Una equivalencia del circuito es:

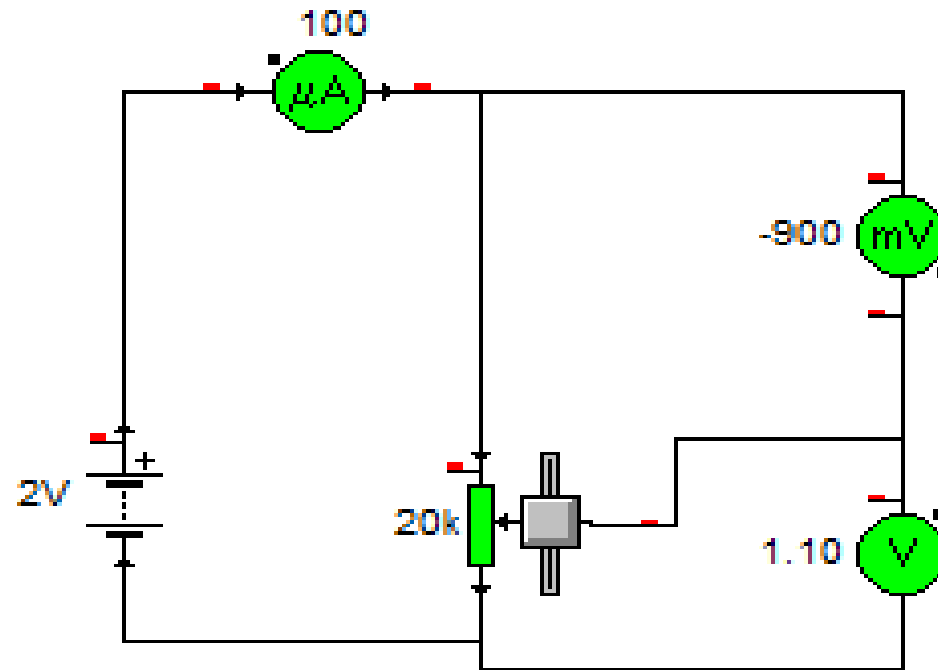


$$R = R_p a = 10000 \frac{163}{360} = 4527,777 \dots \Omega$$

$$v = R * i = 4527,777 \dots * 1mA = 4,57 \dots V$$

Ejemplo 2

- Hallar el recorrido del potenciómetro en grados si el potenciómetro es de 20 k y la fuente de voltaje de 2 V

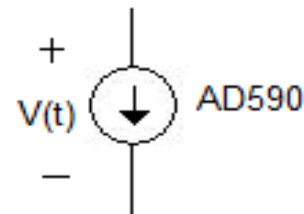
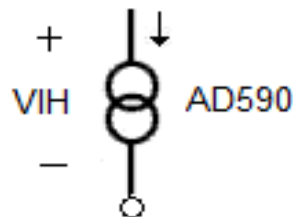


solución

- $R_s = 900\text{mV} / 100\mu\text{A} = 0,9\text{V} / 0,1\text{mA} = 9\text{K}$
- $R_i = 1,1\text{V} / 0,1\text{mA} = 11\text{K}$
- $R_s = (1-a)R_p$
- $R_i = aR_p$
- $a = R_i / R_p = 11\text{k} / 20\text{k} = 0,05$
- $a = \varnothing / 360$
- $\varnothing = a * 360 = 0,05 * 360 = 18 \text{ grados}$

Sensor de temperatura

- Dispositivo que mide la temperatura del ambiente, la transforma en corriente para leerla en grados Kelvin.
- Es finalmente una fuente de corriente con la corriente proporcional a la temperatura absoluta.
- Para que funcione como tal se debe satisfacer: $4V \leq v \leq 30V$ con lo cual la corriente en μA es numéricamente igual a la temperatura en $^{\circ}K$



Ejemplo de sensor de temperatura

- El voltaje y la corriente de un sensor de temperatura AD590 son de 10 V y 280 μA , respectivamente. Determine la temperatura medida.
- R. 280 μA es 280 $^{\circ}\text{K}$