

Electrónica Microcontrolada



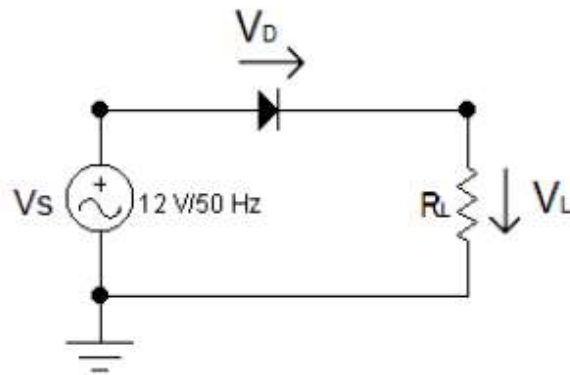
Electrónica

2da parte

Circuitos Electrónicos: El diodo, Aplicaciones

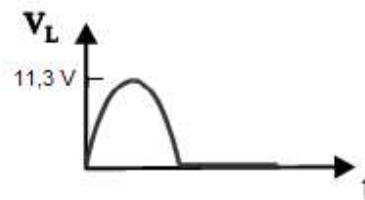
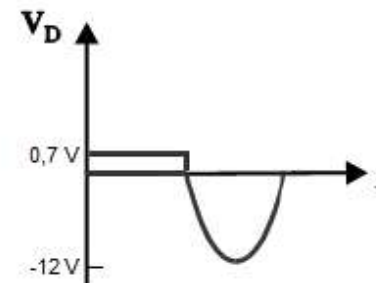
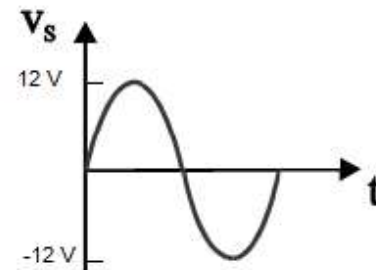
Rectificador media onda

El circuito más simple que puede convertir corriente alterna en corriente continua es el rectificador de *media onda*, que se muestra a continuación.



Ciclo positivo: El diodo conduce y la tensión en la carga V_L es $V_S - V_D$. El valor de la corriente es $I_L = V_L / R_L$.

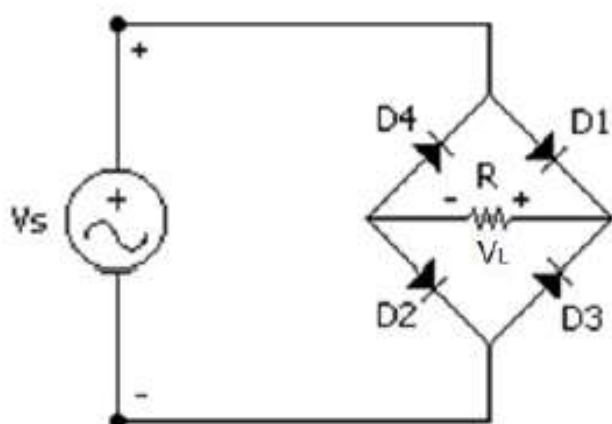
Ciclo negativo: El diodo se polariza en inversa y no conduce. La corriente I_L es cero y por lo tanto la tensión en la carga V_L es cero. La tensión de entrada V_S se ve reflejada en bornes del diodo V_D .



Circuitos Electrónicos: El diodo, Aplicaciones

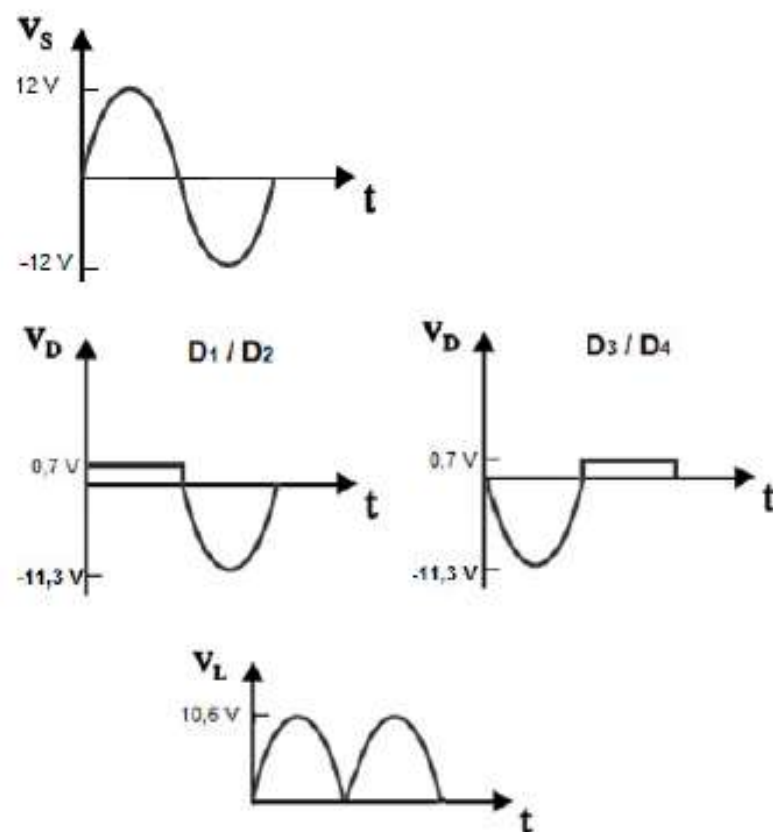
Rectificador de onda completa - Tipo puente

En la figura de abajo se muestra la configuración de un *punte rectificador*. Mediante el uso de 4 diodos, en lugar de dos, este diseño tiene la ventaja de aprovechar los dos ciclos de la onda de entrada; tanto el positivo como el negativo.



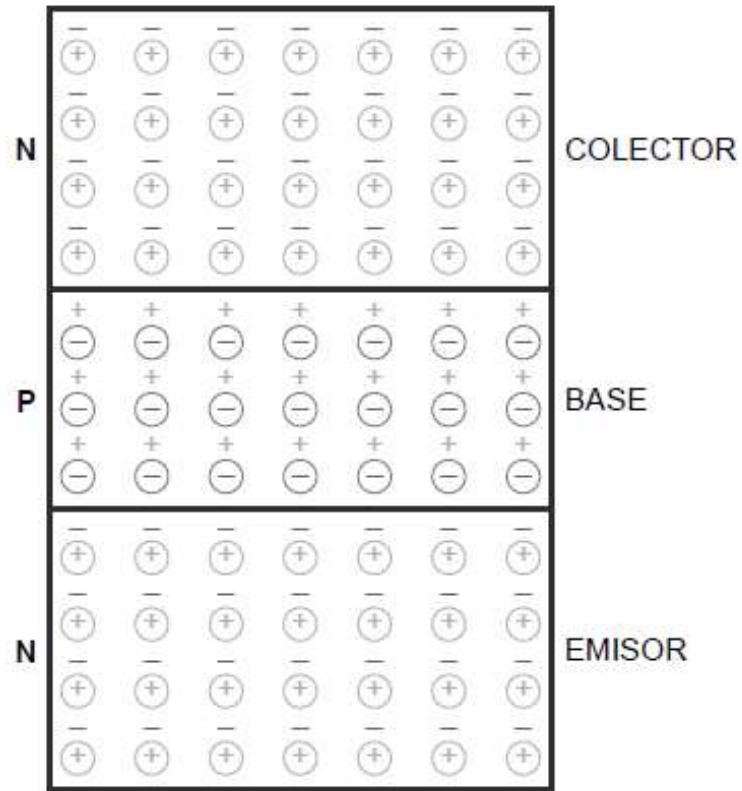
Ciclo positivo: Conducen los diodos D_1 y D_2 . La tensión en la carga V_L es $V_S - 2V_D$. El valor de la corriente es $I_L = V_L / R_L$.

Ciclo negativo: Conducen los diodos D_3 y D_4 . En este caso, la corriente I_L mantiene el mismo sentido que en el ciclo anterior, es por eso que la tensión en la carga V_L se mantiene positiva.



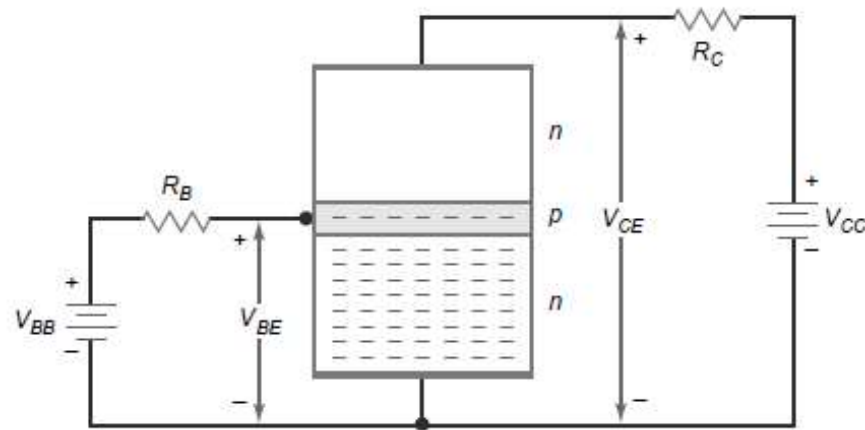
Circuitos Electrónicos: El transistor

Estructura de un transistor.

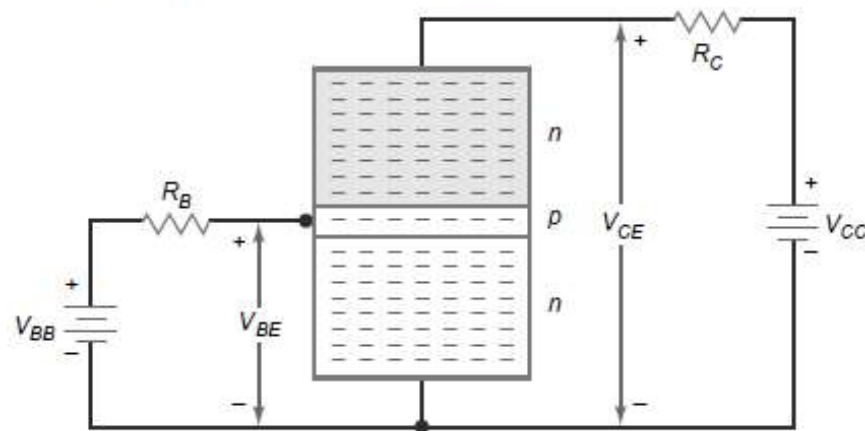


Circuitos Electrónicos: El transistor

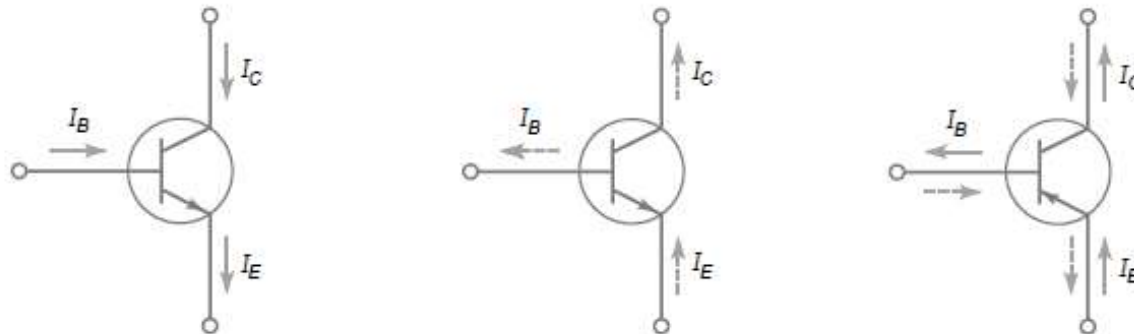
El emisor inyecta electrones libres en la base.



Los electrones libres de la base fluyen y entran en el colector.



Circuitos Electrónicos: El transistor



Relación de corrientes

Recordemos la ley de Kirchhoff: la suma de todas las corrientes que entran en un punto o unión es igual a la suma de todas las corrientes que salen del punto o unión. Cuando se aplica a un transistor, la ley de las corrientes de Kirchhoff proporciona esta importante relación:

$$I_E = I_C + I_B$$

Esto quiere decir que la corriente de emisor es igual a la suma de la corriente de colector y la corriente de base. Puesto que la corriente de base es muy pequeña, la corriente de colector es aproximadamente igual a la corriente de emisor:

$$I_C \approx I_E$$

y la corriente de base es mucho menor que la corriente de colector:

$$I_B \ll I_C$$

(Nota: \ll significa *mucho menor que*.)

La Figura muestra el símbolo esquemático de un transistor *pnp* y sus corrientes. Observe que la dirección de las corrientes es la opuesta a la del transistor *nnp*. Fíjese en que la Ecuación sigue siendo cierta para las corrientes del transistor *pnp*.

Circuitos Electrónicos: El transistor

Beta

La **beta de continua** (simbolizada por β_{dc}) de un transistor se define como la relación de la corriente continua de colector y la corriente continua de base:

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

La beta de continua también se conoce como **ganancia de corriente** porque una corriente de base pequeña controla a una corriente de colector mucho más grande.

La ganancia de corriente es una importante ventaja de un transistor y ha llevado a todo tipo de aplicaciones. En los transistores de baja potencia (menos de 1 W), la ganancia de corriente normalmente está comprendida entre 100 y 300. Los transistores de alta potencia (por encima de 1 W) tienen usualmente ganancias de corriente comprendidas entre 20 y 100.

La Ecuación puede reordenarse para obtener dos formas equivalentes. La primera es, cuando se conoce el valor de β_{dc} e I_B , se puede calcular la corriente de colector como sigue:

$$I_C = \beta_{dc} I_B$$

Segundo, cuando se tiene el valor de β_{dc} e I_C , se puede calcular la corriente de base como sigue:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{dc}}$$

Circuitos Electrónicos: El transistor

Subíndices simples

Los subíndices simples se emplean para designar las tensiones de nodo; es decir, tensiones entre el punto especificado por el subíndice y tierra. Por ejemplo, si dibujamos de nuevo la Figura *a* con conexiones a tierra, obtenemos la Figura *b*. La tensión V_B es la tensión entre la base y tierra, la tensión V_C es la tensión entre el colector y tierra y V_E es la tensión entre el emisor y tierra (en este circuito, V_E es cero).

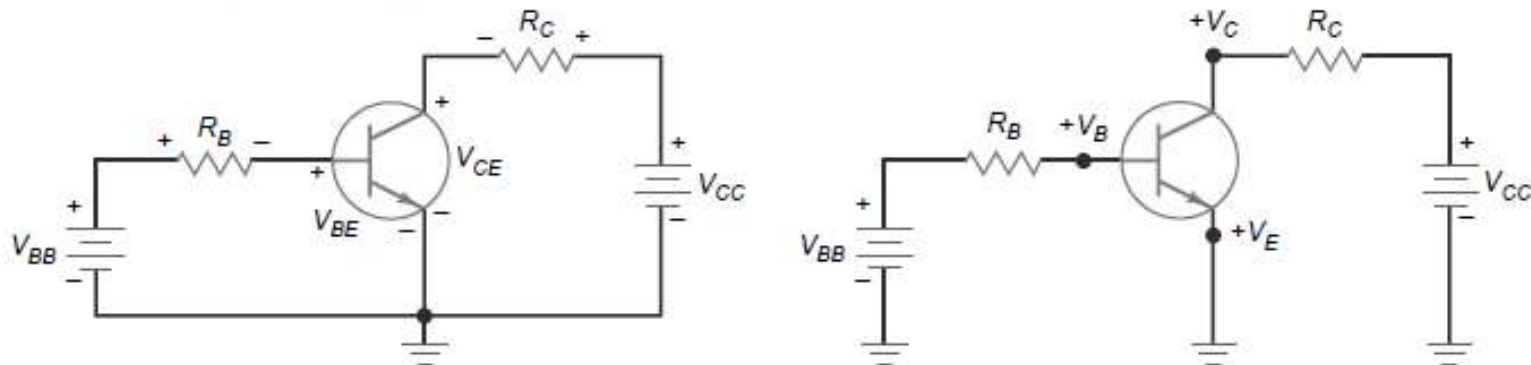
Podemos calcular una tensión con doble subíndice (siendo los subíndices diferentes) restando las tensiones de subíndice simple correspondientes. He aquí tres ejemplos:

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$V_{CB} = V_C - V_B$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

Figura Conexión en emisor común. (a) Circuito básico. (b) Circuito con conexiones a tierra.



Circuitos Electrónicos: El transistor

Curva característica de entrada

¿A qué le recuerda la gráfica de I_B en función de V_{BE} ? Es parecida a la gráfica de un diodo ordinario, como la mostrada en la Figura a. ¿Y por qué no iba a ser así? Se trata de un diodo de emisor polarizado en directa, por lo que es lógico obtener la gráfica habitual del diodo de la corriente en función de la tensión. Esto implica que podemos utilizar cualquiera de las aproximaciones del diodo estudiadas anteriormente.

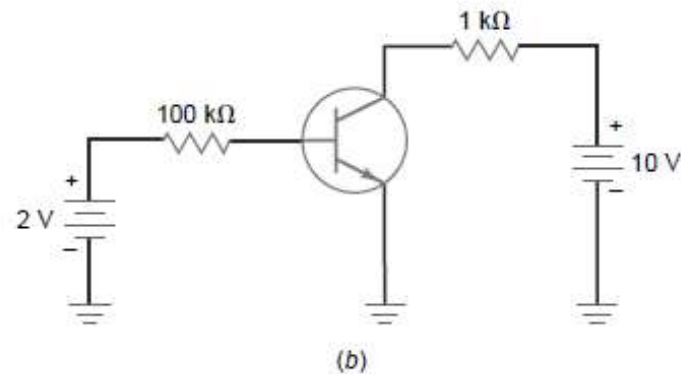
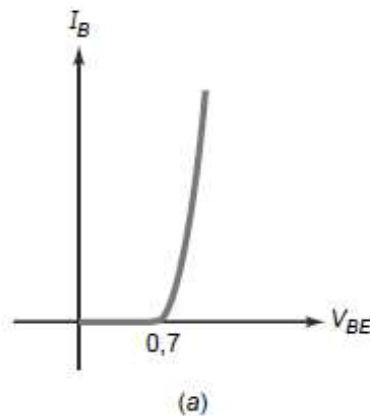
Aplicando la ley de Ohm a la resistencia de la base en el circuito de la Figura b obtenemos esta derivación:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

Si utilizamos un diodo ideal, $V_{BE} = 0$. Con la segunda aproximación, $V_{BE} = 0,7$ V.

En la mayoría de las ocasiones, comprobaremos que la segunda aproximación es el mejor compromiso entre la velocidad de utilizar el diodo ideal y la precisión de las aproximaciones de orden superior. Todo lo que hay que recordar para la segunda aproximación es que V_{BE} es 0,7 V, como se muestra en la Figura a.

Figura (a) Curva del diodo. (b) Ejemplo.



Circuitos Electrónicos: El transistor

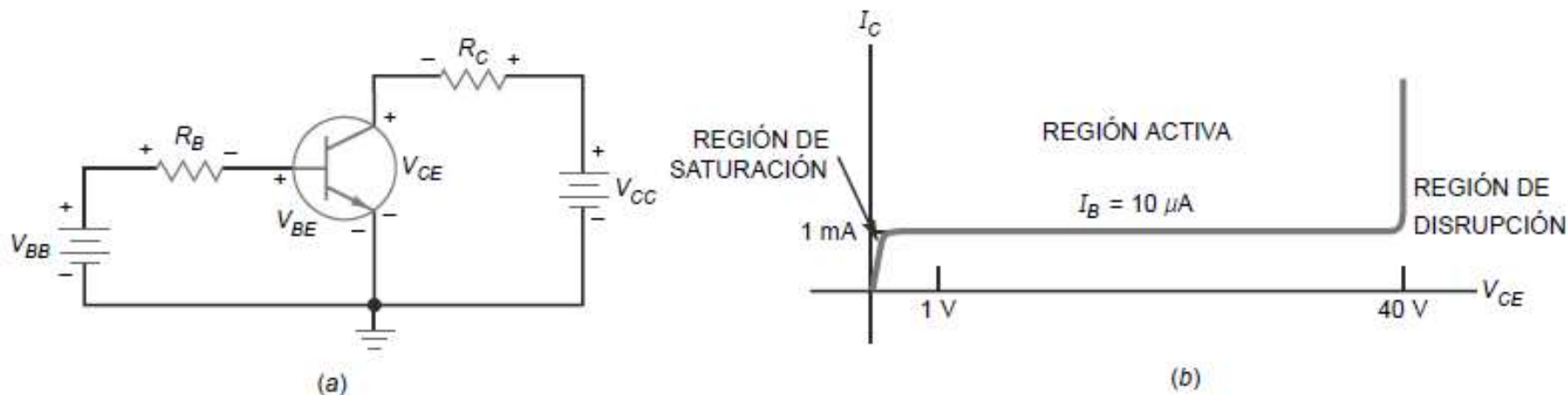
Curvas de colector

En circuito de la Figura *a*, ya sabemos cómo calcular la corriente de base. Puesto que V_{BB} polariza en directa al diodo de emisor, todo lo que tenemos que calcular es la corriente a través de la resistencia de base R_B . Volvamos ahora nuestra atención sobre la malla de colector.

Podemos variar V_{BB} y V_{CC} en la Figura *a* para generar diferentes tensiones y corrientes de transistor. Midiendo I_C y V_{CE} , podemos obtener los datos de una gráfica de I_C en función de V_{CE} .

Por ejemplo, supongamos que cambiamos V_{BB} para poder obtener una corriente $I_B = 10 \mu A$. Teniendo este valor fijo de la corriente de base, podemos variar ahora V_{CC} y medir I_C y V_{CE} . Dibujando estos datos se obtiene la gráfica mostrada en la Figura *b*, (nota: esta gráfica es para un 2N3904, un transistor de baja potencia ampliamente utilizado). Con otros transistores, estos datos pueden variar, pero la forma de la curva será similar.

Figura (a) Circuito básico de transistor. (b) Curva de colector.



Potencia y tensión de colector

La ley de las tensiones de Kirchhoff establece que la suma de las tensiones alrededor de una malla o camino cerrado es igual a cero. Cuando se aplica al circuito de colector de la Figura 6.9a, la ley de las tensiones de Kirchhoff nos proporciona esta derivación:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

Esto quiere decir que la tensión colector-emisor es igual a la tensión de alimentación del colector menos la tensión que cae en la resistencia de colector.

En la Figura 6.9a, el transistor tiene una disipación de potencia de aproximadamente:

$$P_D = V_{CE} I_C$$

Lo que significa que la potencia del transistor es igual a la tensión colector-emisor por la corriente de colector. Esta disipación de potencia hace que la temperatura de la unión del diodo de colector aumente. Cuanto mayor es la potencia, más alta es la temperatura de la unión.

Los transistores se quemarán cuando la temperatura de la unión se encuentre entre 150 y 200°C. Uno de los parámetros más importantes especificados en una hoja de características es la potencia máxima $P_{D(max)}$. La disipación de potencia dada por la Ecuación (6.8) tiene que ser menor que $P_{D(max)}$. En caso contrario, el transistor se destruirá.

Circuitos Electrónicos: El transistor

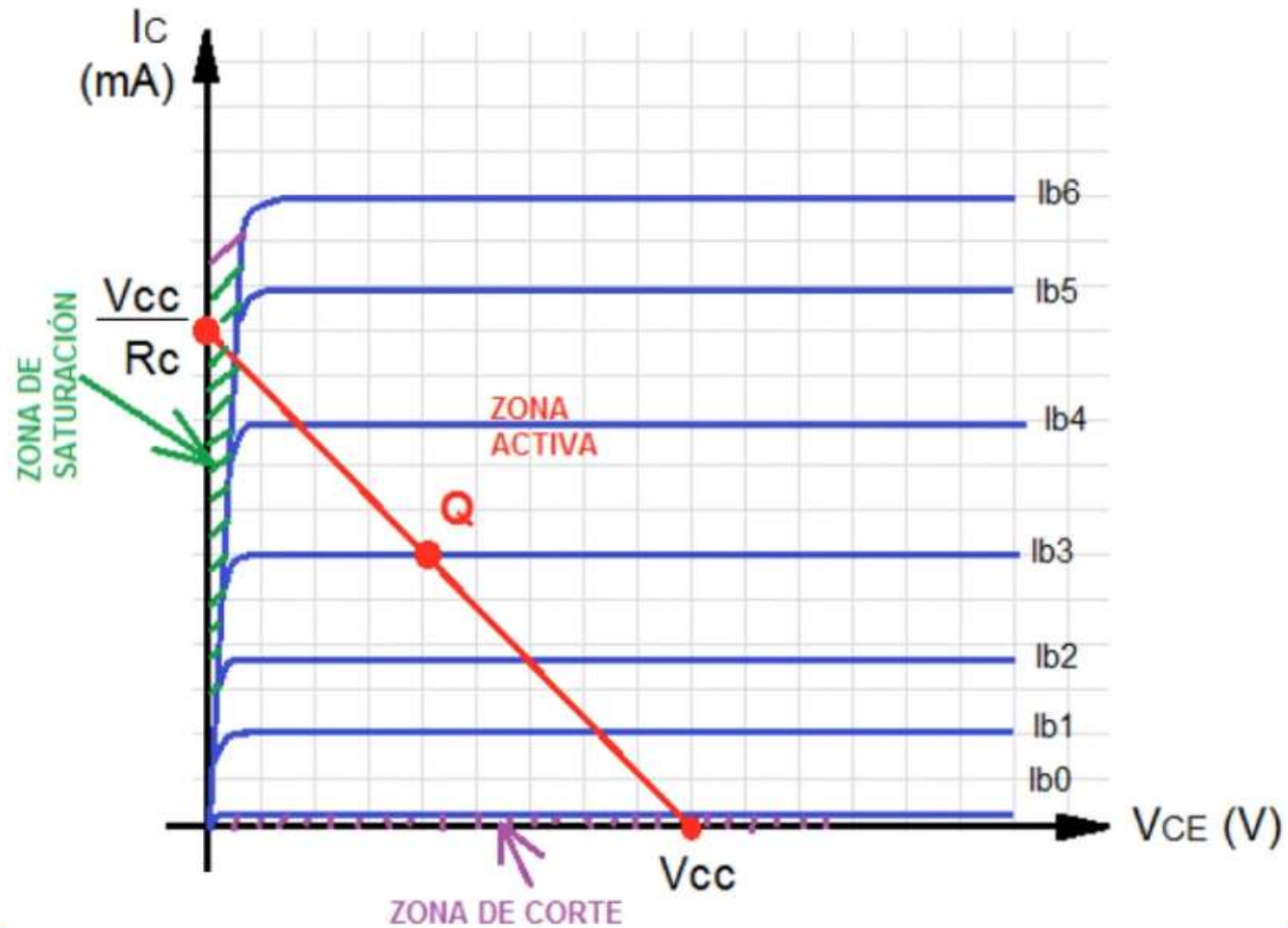
- **Zona de Corte:** La tensión base-emisor V_{BE} es menor a 0,7 V, lo que implica que la corriente de base I_B es cero y por lo tanto la corriente por el colector I_C también será cero (o bien será extremadamente pequeña). La tensión colector-emisor V_{CE} dependerá de la configuración del circuito. El transistor se comporta como una llave abierta.
- **Zona de Saturación:** La tensión base-emisor V_{BE} es 0,7 V, por lo que circula una corriente de base I_B , lo que implica una circulación de corriente I_C por el colector. La relación entre la corriente de base y la de colector es $I_B \approx I_C/10$. La tensión colector-emisor V_{CE} será aproximadamente cero. El transistor se comporta como una llave cerrada.
- **Zona Lineal:** La relación entre la corriente de base y la corriente de colector es igual a una constante llamada β , siendo la de colector la mayor de las dos. El transistor es utilizado como amplificador y en el circuito de colector la corriente sigue las variaciones de la corriente de base.

Transistor en conmutación

Se dice que el transistor opera en conmutación cuando trabaja en las zonas de corte y saturación. En general, éste es el uso que se le da al transistor en los circuitos de control.

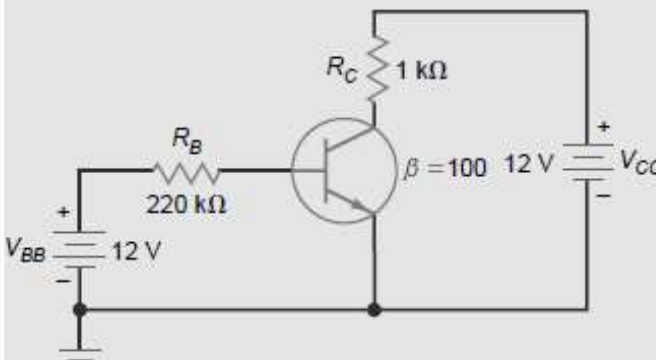
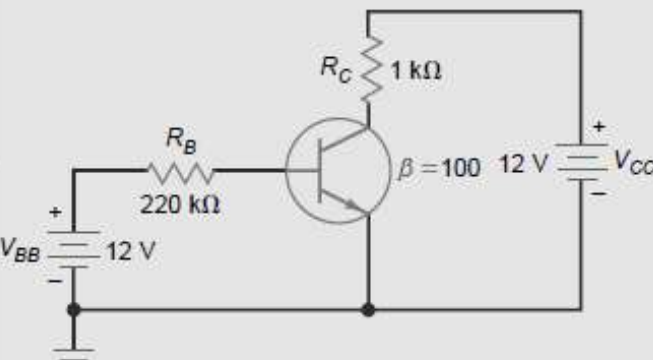
Podemos decir que el transistor actúa como una llave electrónica en el circuito colector-emisor, operada por la corriente de base, como se muestra a continuación. Tiene en general una rápida actuación, lo que hace que se pueda utilizar a frecuencias relativamente altas. Las características básicas de un transistor pueden apreciarse en la hoja de datos que se adjunta al final del apunte.

Circuitos Electrónicos: El transistor

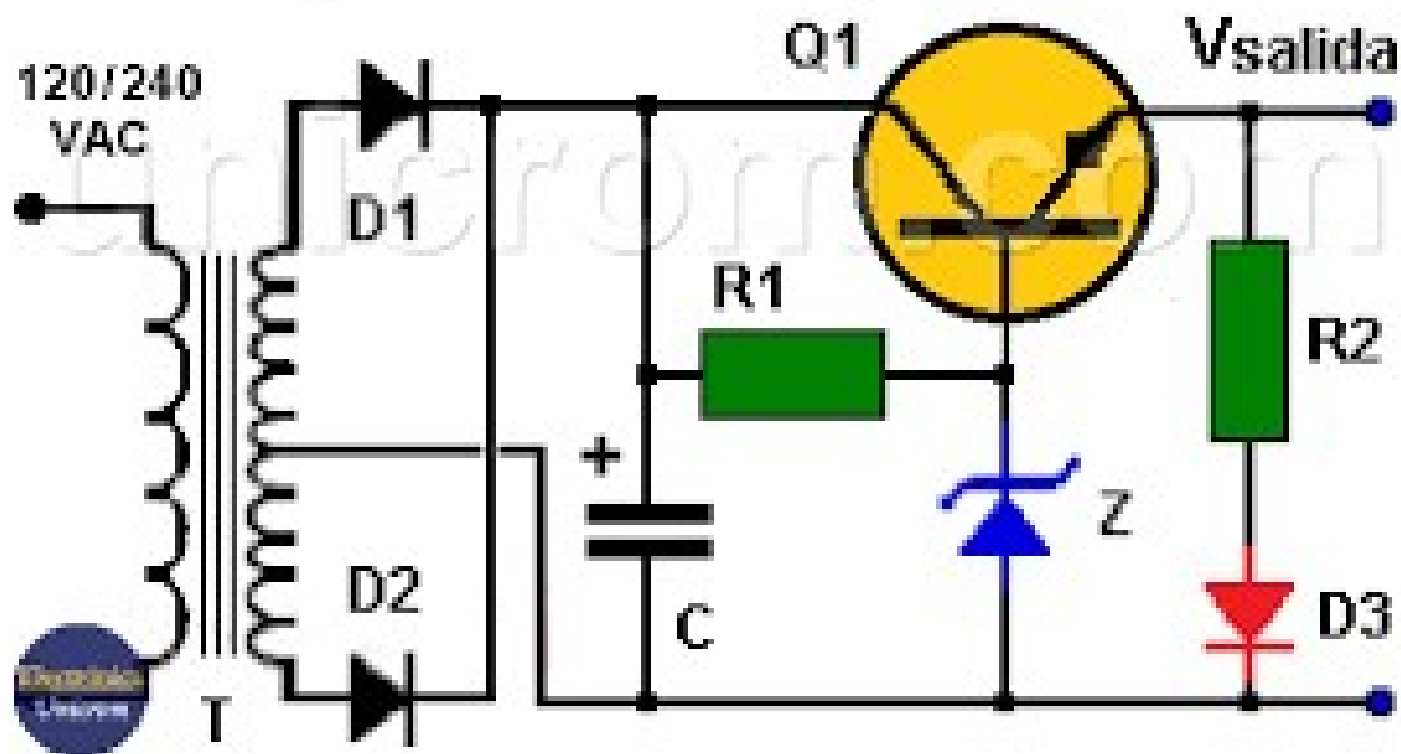


Circuitos Electrónicos: El transistor

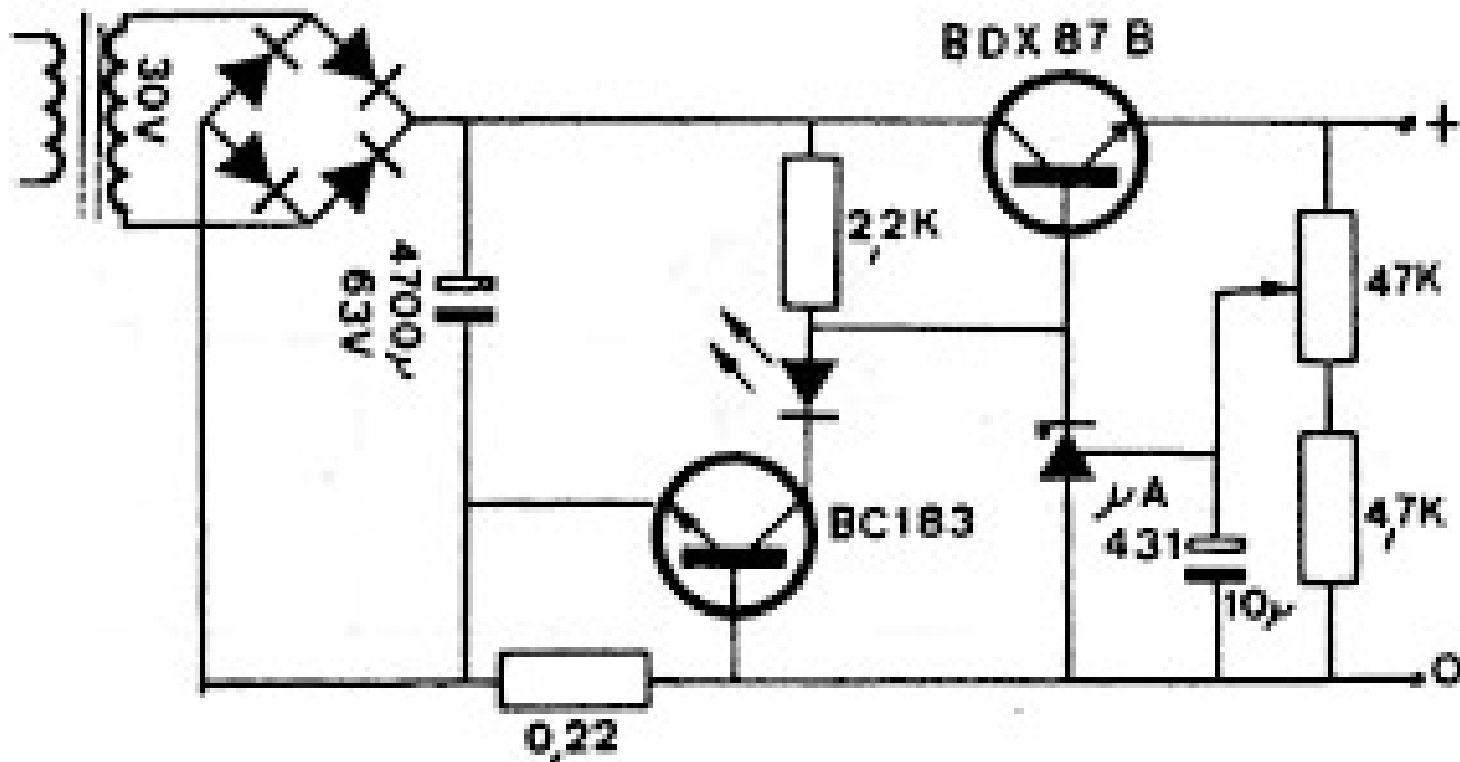
Tabla-resumen 6.1 Aproximaciones del circuito de transistor

	Ideal	Segunda
Circuito		
Se utiliza	Detección de averías o estimaciones aproximadas.	Cuando se necesitan cálculos más precisos. Especialmente cuando V_{BB} es pequeña.
$V_{BE} =$	0 V	0,7 V
$I_B =$	$\frac{V_{BB}}{R_B} = \frac{12 \text{ V}}{220 \text{ k}\Omega} = 54,5 \mu\text{A}$	$\frac{V_{BB} - 0,7 \text{ V}}{R_B} = \frac{12 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{220 \text{ k}\Omega} = 51,4 \mu\text{A}$
$I_C =$	$(I_B) (\beta_{dc}) = (54,5 \mu\text{A}) (100) = 5,45 \text{ mA}$	$(I_B) (\beta_{dc}) = (51,4 \mu\text{A}) (100) = 5,14 \text{ mA}$
$V_{CE} =$	$V_{CC} - I_C R_C$ $= 12 \text{ V} - (5,45 \text{ mA}) (1 \text{ k}\Omega) = 6,55 \text{ V}$	$V_{CC} - I_C R_C$ $= 12 \text{ V} - (5,14 \text{ mA}) (1 \text{ k}\Omega) = 6,86 \text{ V}$

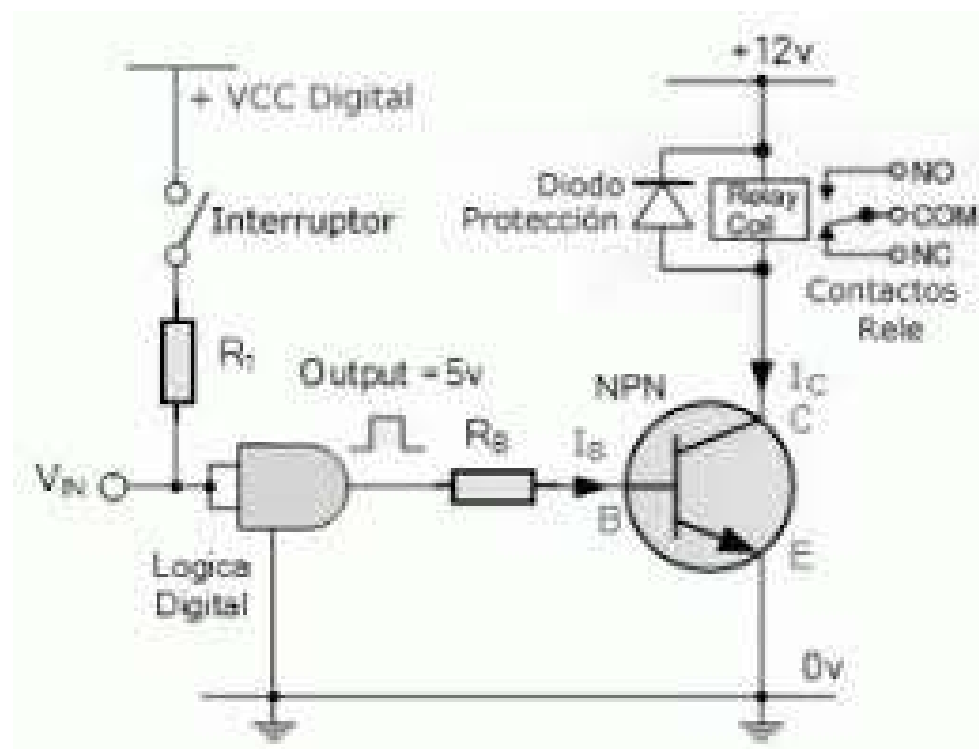
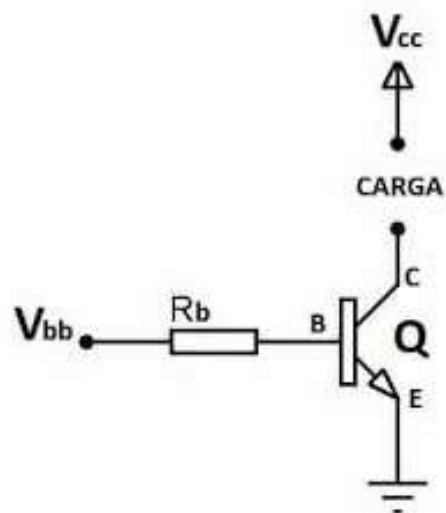
Fuente de 9 Voltios con Diodo Zener
y Transistor de paso



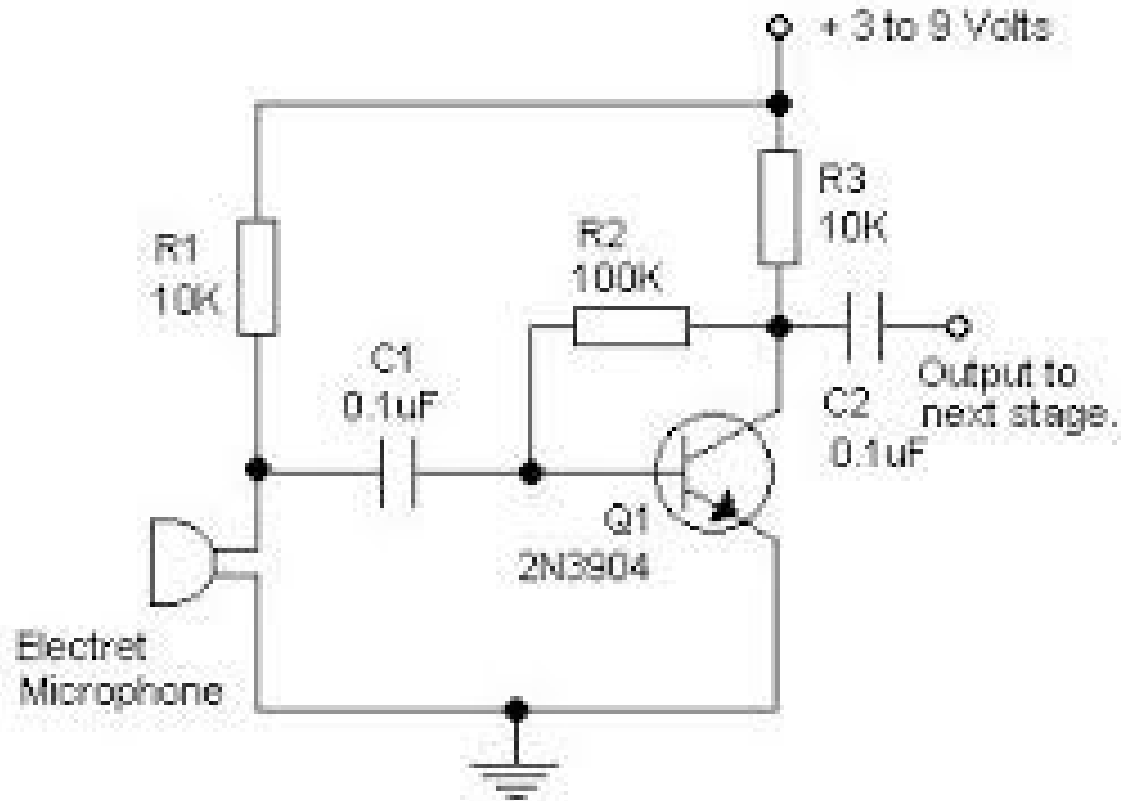
Circuitos Electrónicos: Circuitos con transistores



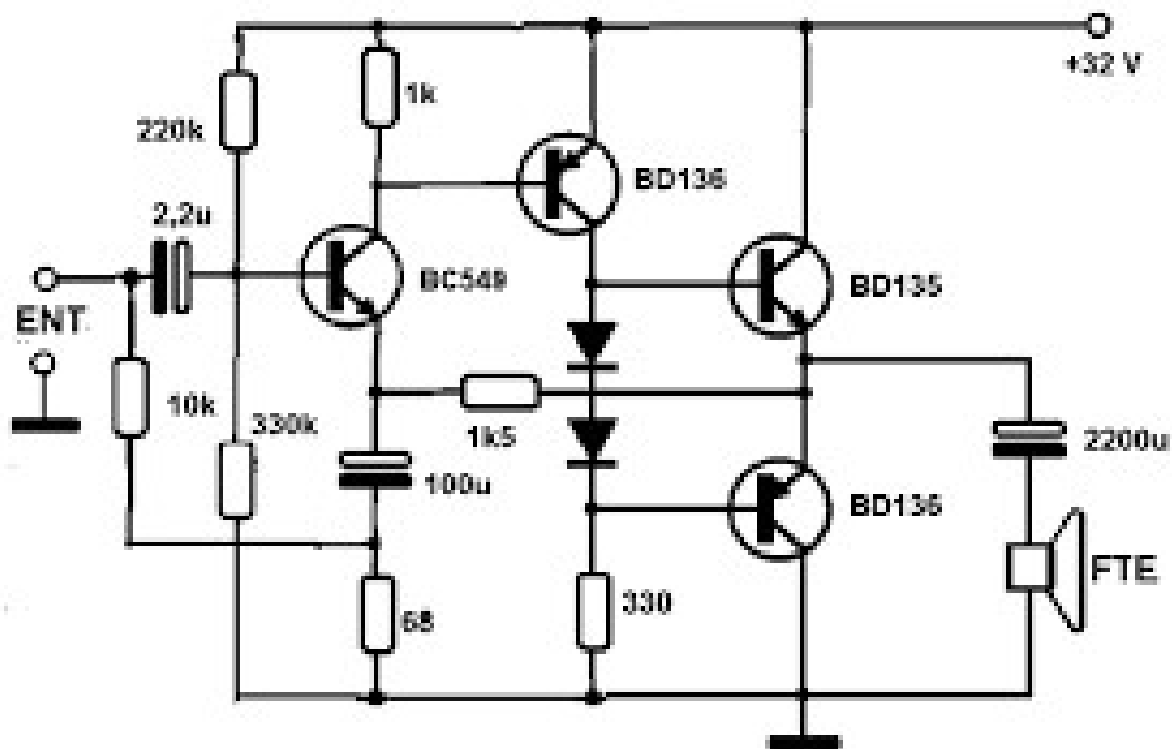
Circuitos Electrónicos: Circuitos con transistores



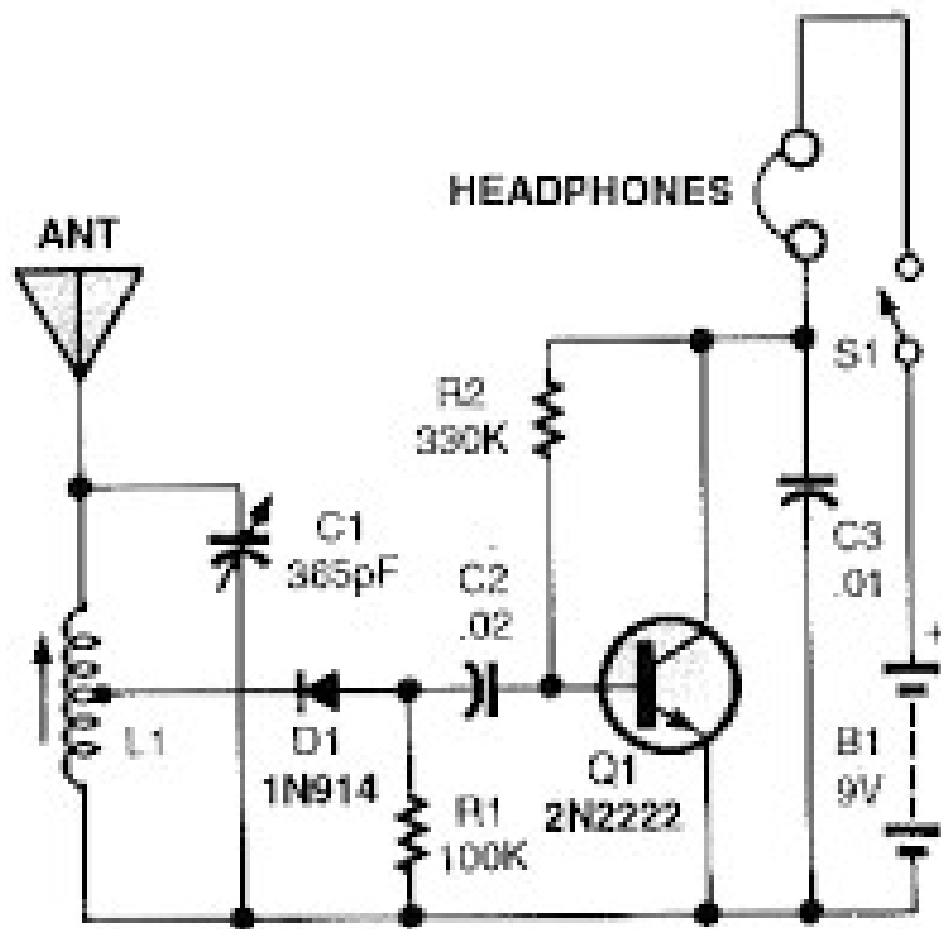
Circuitos Electrónicos: Circuitos con transistores



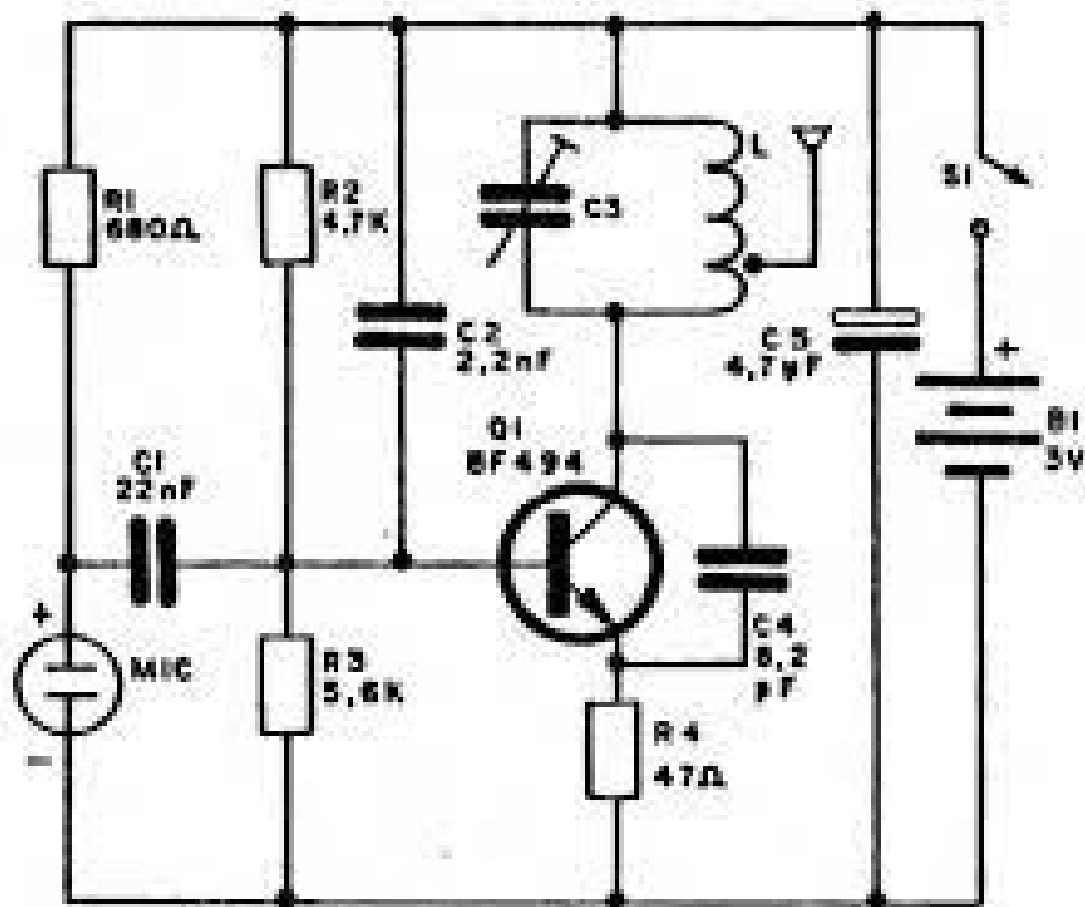
Circuitos Electrónicos: Circuitos con transistores



Circuitos Electrónicos: Circuitos con transistores



Circuitos Electrónicos: Circuitos con transistores

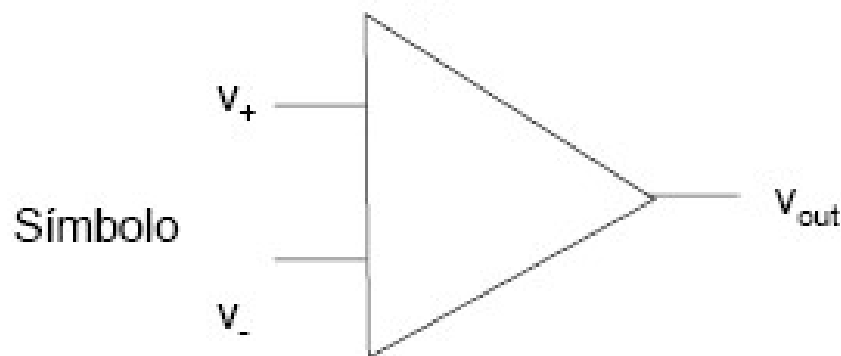


Circuitos Electrónicos: El Operacional

El amplificador Operacional

☞ El Amplificador Operacional es un **amplificador de gran ganancia**, empleado para llevar a cabo múltiples funciones (filtrado analógico, rectificación, conmutación, acoplamiento...)

☞ “**Circuito integrado básico**”

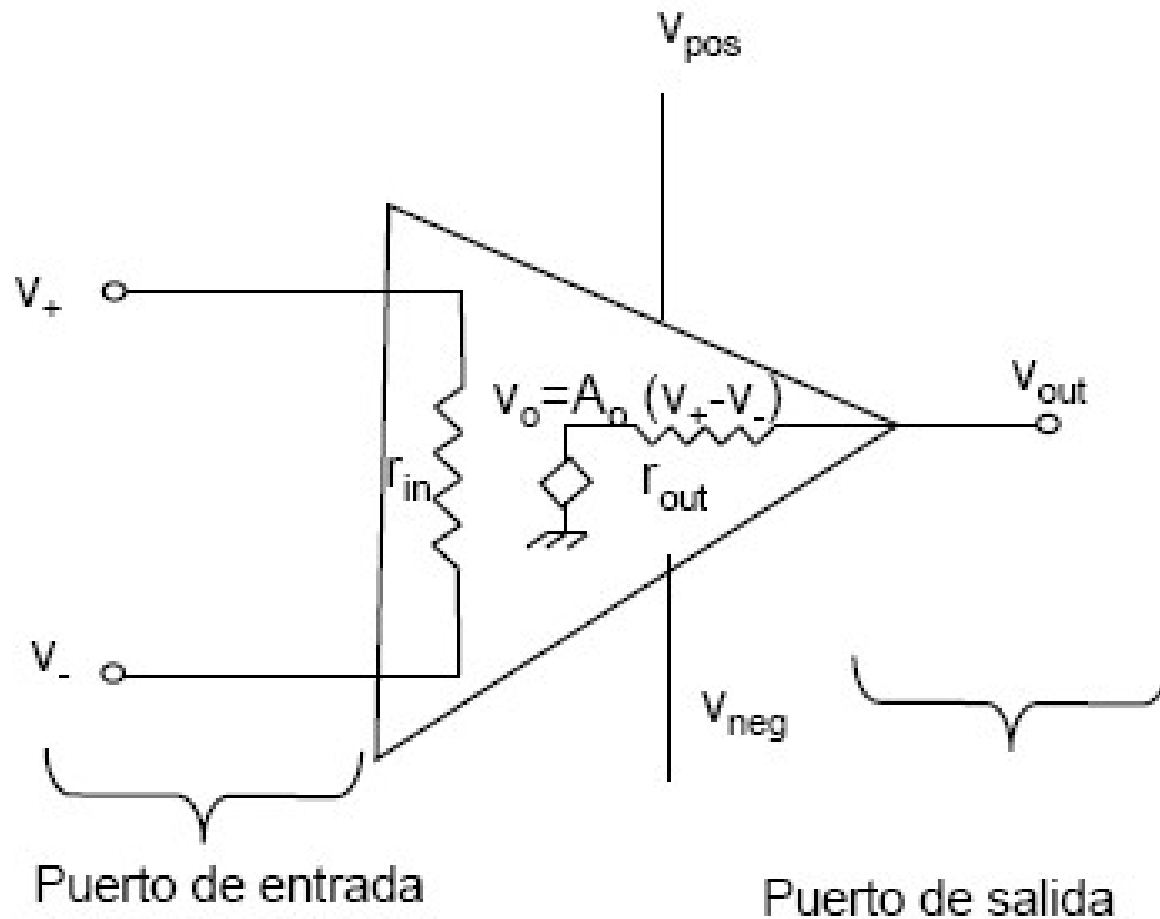


$$V_{out} = A(v_+ - v_-)$$

↓
GANANCIA

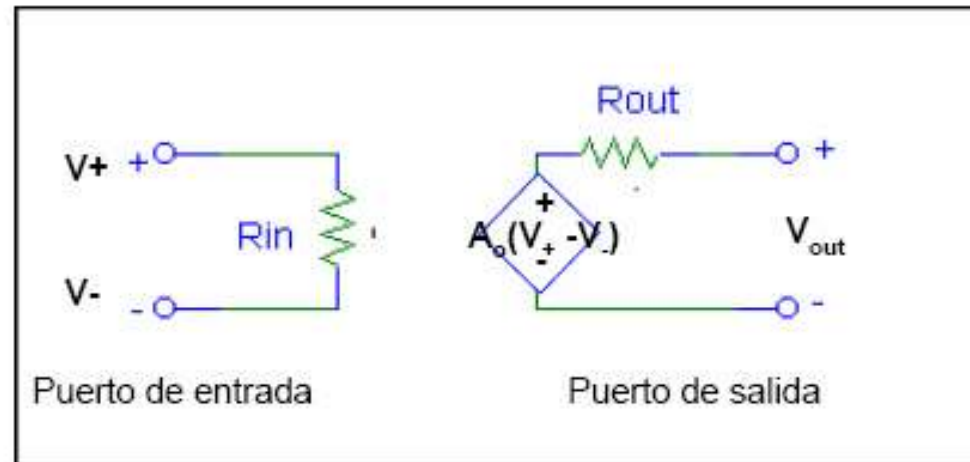
Circuitos Electrónicos: El Operacional

MODELO SIMPLIFICADO DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL



Circuitos Electrónicos: El Operacional

MODELO SIMPLIFICADO DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL



MODELO SIMPLIFICADO DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Valores típicos

$$10^4 \leq A_o \leq 10^6$$

$$r_{in} \geq 10^6 \Omega$$

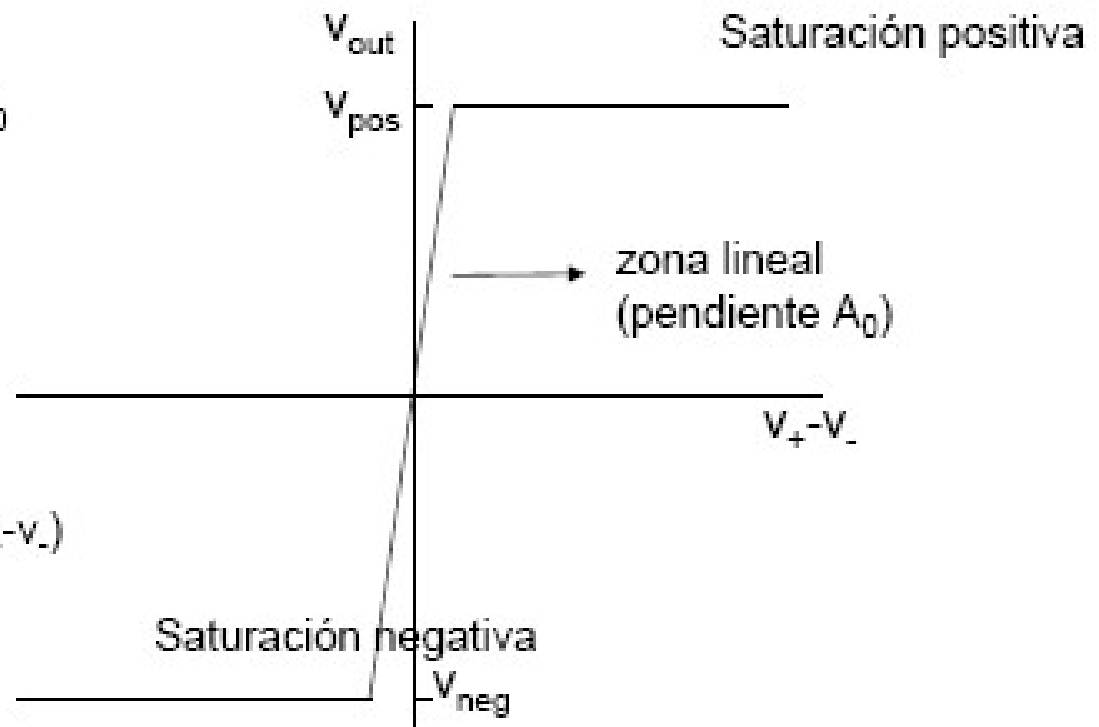
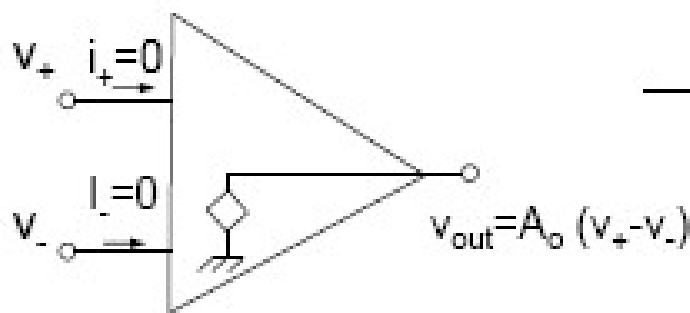
$$r_{out} \leq 100 \Omega$$

V_o tiene como límites ideales v_{pos} y v_{neg}

Circuitos Electrónicos: El Operacional

APROXIMACIÓN IDEAL DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL

- Los límites de saturación son los voltajes de alimentación (v_{pos} y v_{neg})
- A_0 es muy alta
- r_{in} muy alta $\Rightarrow v_+ = v_-$
- r_{out} muy baja $\Rightarrow v_{out} = v_o$



Circuitos Electrónicos: El Operacional

Circuitos Amplificadores de Señal:

- ✓ Amplificador Inversor
- ✓ Amplificador No Inversor

Circuitos Convertidores de Señales

- ✓ Convertidores D/A
- ✓ Convertidores A/D

Circuitos Operadores de Señales

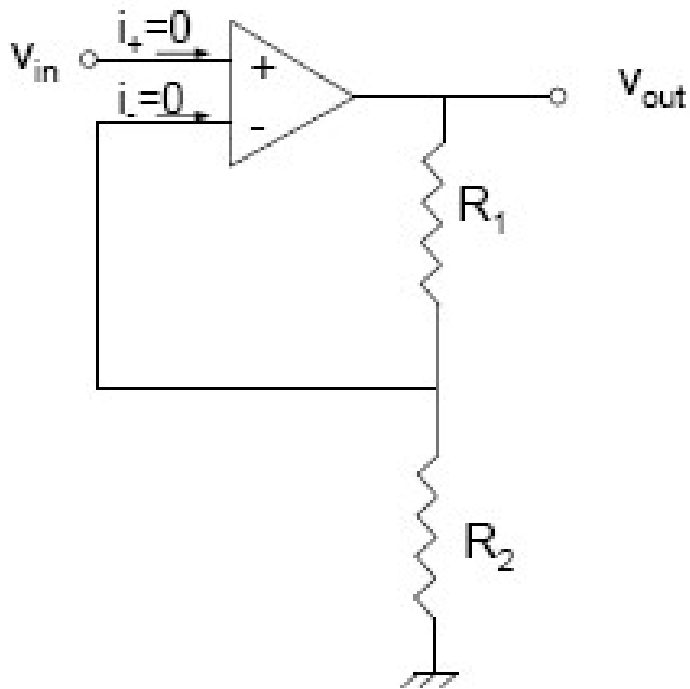
- ✓ Sumador
- ✓ Derivador
- ✓ Integrador
- ✓ Comparador

Circuitos Filtros Activos

- ✓ Filtro Paso Bajo
- ✓ Filtro Paso Alto
- ✓ Filtro Paso Banda
- ✓ Filtro Banda Eliminada

Circuitos Electrónicos: El Operacional

Amplificador no inversor



Función de transferencia

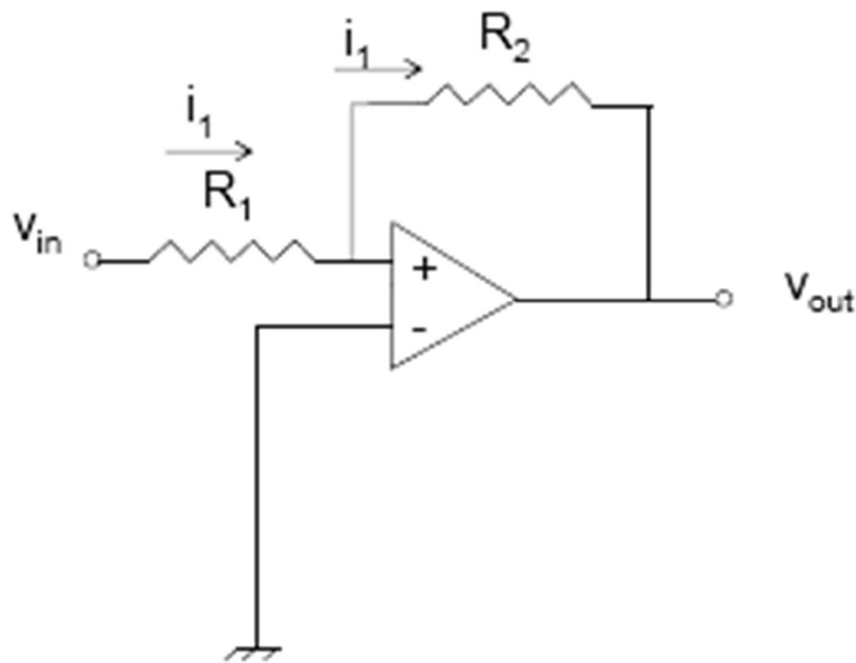
$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_2 + R_1}{R_2}$$

Resistencia de entrada

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \infty$$

Circuitos Electrónicos: El Operacional

Amplificador inversor



Función de transferencia

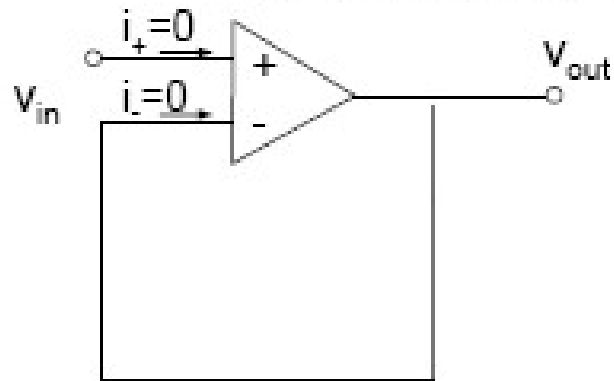
$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Resistencia de entrada

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = R_1$$

Circuitos Electrónicos: El Operacional

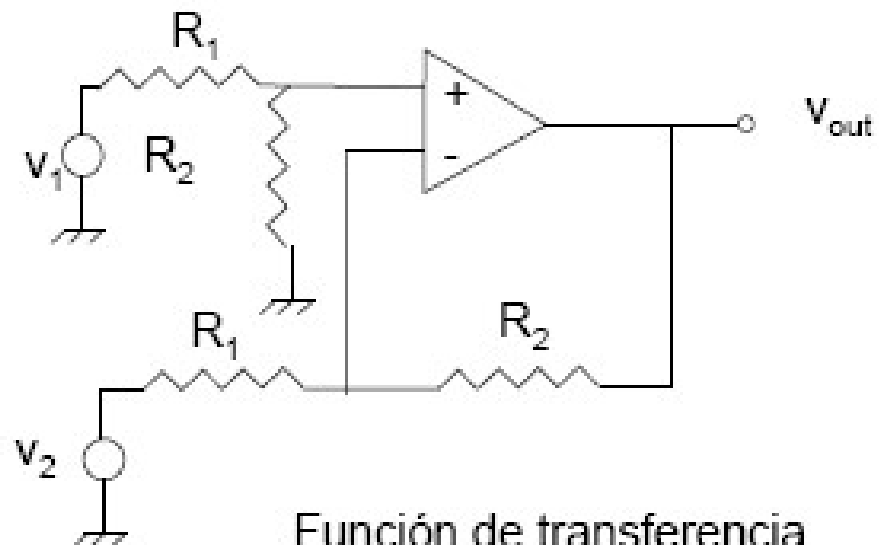
Seguidor de voltaje



Función de transferencia

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = 1$$

Amplificador diferencial

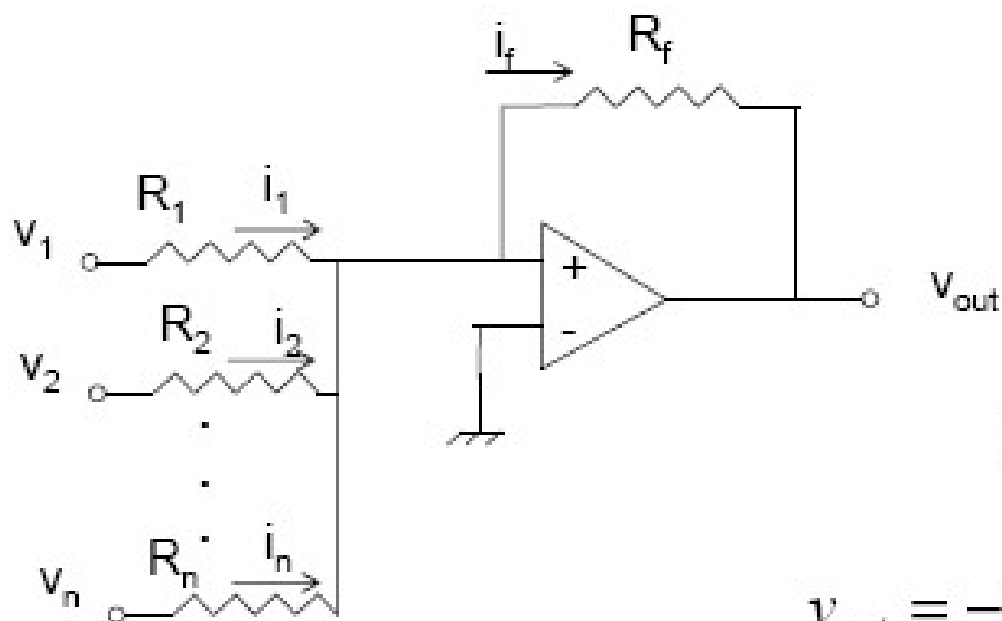


Función de transferencia

$$v_{out} = \frac{R_2}{R_1} (v_1 - v_2)$$

Circuitos Electrónicos: El Operacional

Amplificador sumador

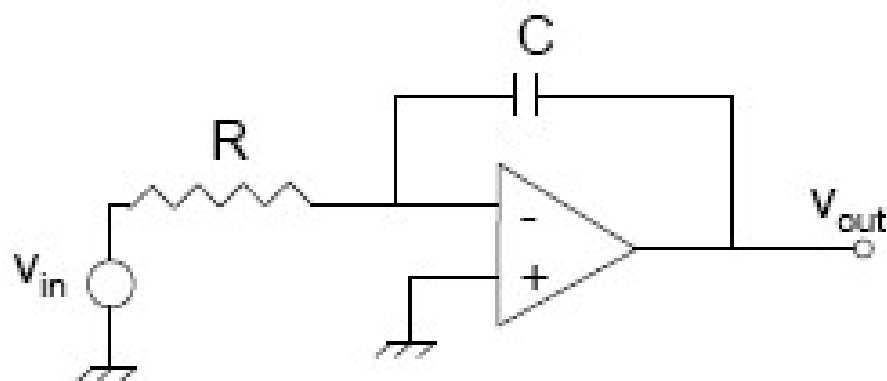


Función de transferencia

$$v_{out} = -R_f \left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \dots + \frac{v_n}{R_n} \right)$$

Circuitos Electrónicos: El Operacional

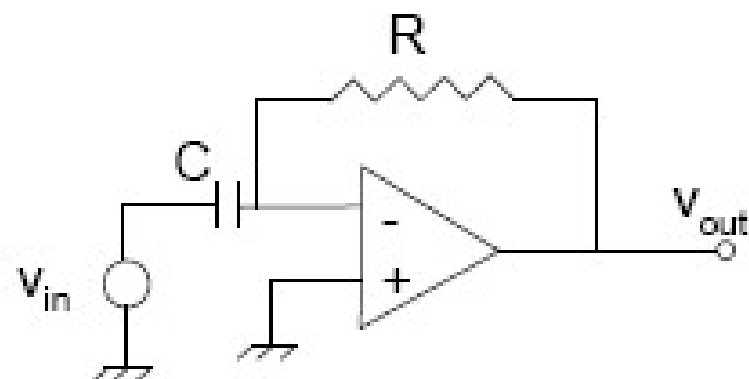
Integrador



Función de transferencia

$$v_{out} = -\frac{1}{RC} \int v_{in} dt$$

Diferenciador

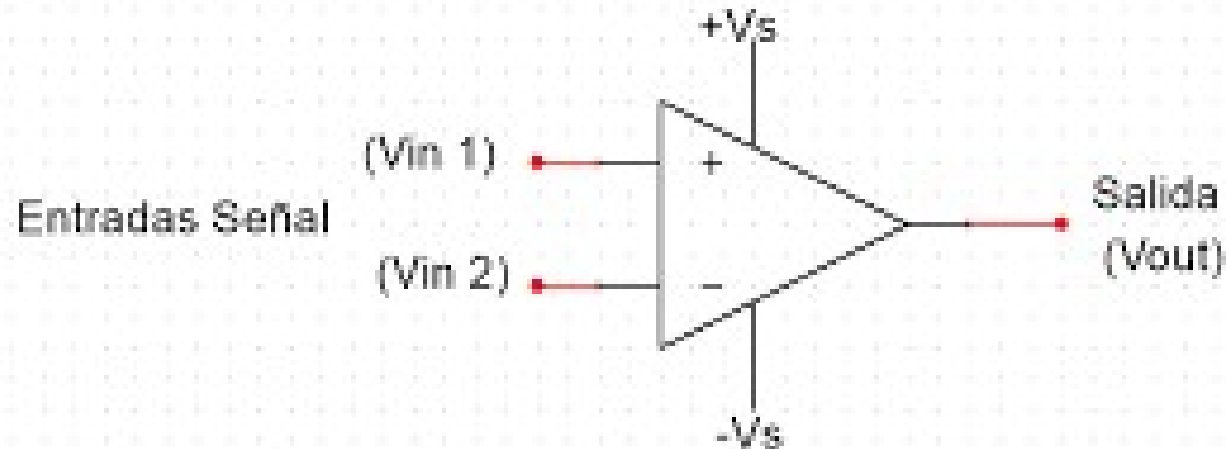


Función de transferencia

$$v_{out} = -RC \frac{dv_{in}}{dt}$$

Circuitos Electrónicos: El Operacional

Comparador de Voltaje

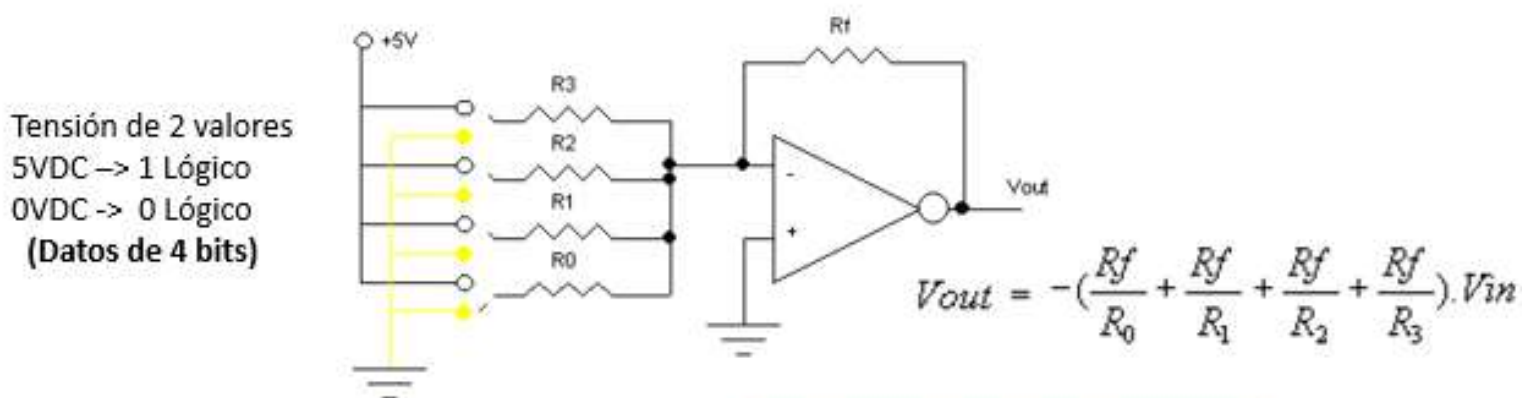


$$V_{out} = +V_s \quad \text{si} \quad V_{in 1} > V_{in 2}$$

$$V_{out} = -V_s \quad \text{si} \quad V_{in 2} > V_{in 1}$$

Circuitos Electrónicos: El Operacional

El convertidor **Digital/Analógico (D/A)**, produce una salida igual a la suma ponderada de las entradas, donde el peso de cada entrada esta dado por la ganancia de cada canal.



$$R_0 = R_0 / 2^0 = R_0 / 1 = R_0$$

$$R_1 = R_0 / 2^1 = R_0 / 2$$

$$R_2 = R_0 / 2^2 = R_0 / 4$$

$$R_3 = R_0 / 2^3 = R_0 / 8$$

$$R_f = R_3$$

(Resistencia mas baja de las entradas digitales)

v3	v2	v1	v0	Vout (V)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0,625
0	0	1	0	1,25
0	1	0	0	2,5
1	1	1	1	9,375

Circuitos Electrónicos: El Operacional

El convertidor **Analogico/Digital (A/D)**, produce un conjunto de salidas con solo dos niveles De voltaje (0 y 1), partir de un rango de voltajes a la entrada.

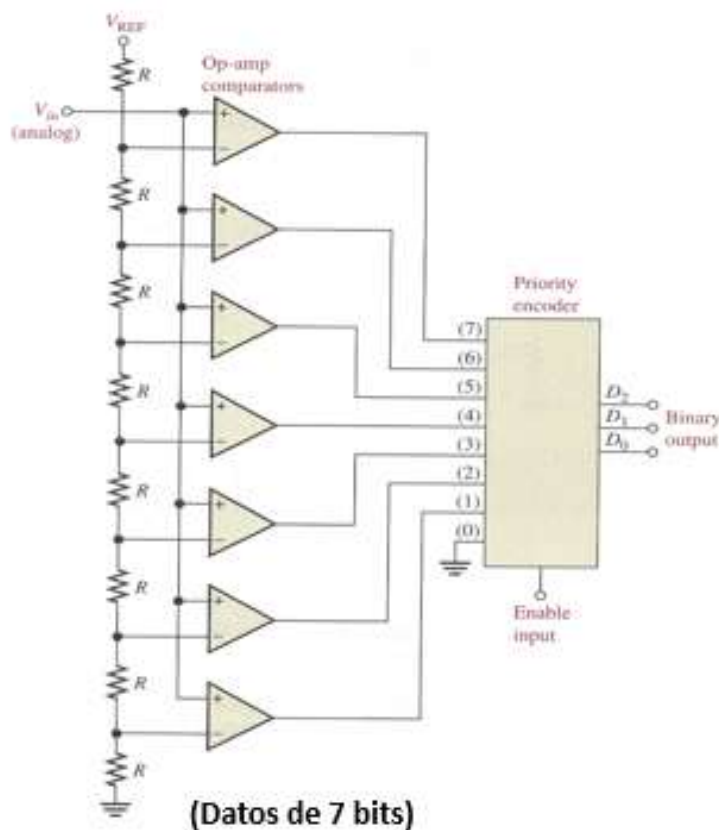
$$V_{ref} = 5VDC$$

$$+V \text{ y } -V = 5VDC$$

$$\text{Resolución} = V_{ref} / n + 1$$

Donde n = bits de salida

$$\text{Resolución} = 5 / 8 = 0,625 \text{ V}$$



7	6	5	4	3	2	1	Vin (V)
0	0	0	0	0	0	0	0 a 0,625
0	0	0	0	0	0	1	0,625 a 1,25
0	0	0	0	0	1	0	1,25 a 1,875
0	0	0	0	1	0	0	1,875 a 2,5
0	0	0	1	0	0	0	2,5 a 3,125
0	0	1	0	0	0	0	3,125 a 3,75
0	1	0	0	0	0	0	3,75 a 4,375
1	0	0	0	0	0	0	4,375 a 5

FIN

