

EL TRANSISTOR

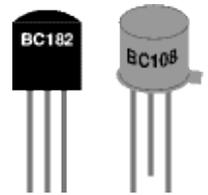
El Transistor

Función

Los transistores amplifican corriente, por ejemplo pueden ser usados para amplificar la pequeña corriente de salida de un circuito integrado (IC) lógico de tal forma que pueda manejar una bombilla, un relé u otro dispositivo de mucha corriente.

Un transistor puede ser usado como un *interruptor* (ya sea a la máxima corriente, o encendido **ON**, o con ninguna corriente, o apagado **OFF**) y como *amplificador* (siempre conduciendo corriente).

La cantidad amplificada de corriente es llamada *ganancia de corriente*, β o hFE . Para información adicional por favor mira la página [Circuitos con Transistores](#) (en inglés)

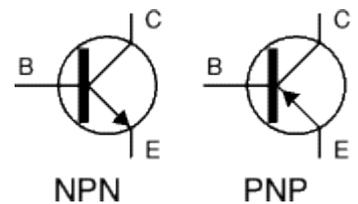


Tipos de transistores

Hay dos tipos de transistores estándar, **NPN** y **PNP**, con diferentes símbolos de circuito. Las letras hacen referencia a las capas de material semiconductor usado para construir el transistor. La mayoría de los transistores usados hoy son NPN porque este es el tipo más fácil de construir usando silicio. Si tú eres novato en la electrónica es mejor que te inicies aprendiendo cómo usar un transistor NPN.

Los terminales son rotulados como **base (B)**, **colector (C)** y **emisor (E)**.

Estos términos se refieren al funcionamiento interno del transistor pero no ayuda mucho a entender cómo se usa, así que los trataremos como rótulos!



Símbolos de transistores

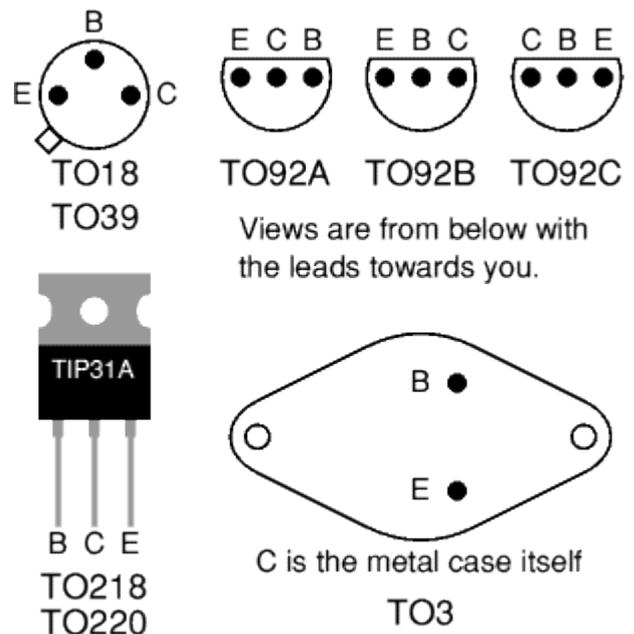
Un **par Darlington** consiste en un par de transistores, o bien NPN o PNP, conectados juntos dentro de un mismo encapsulado, para dar una ganancia de corriente muy alta.

Además de los transistores estándar (juntura bipolar), existen los transistores de efecto de campo los que son conocidos como **FET** (field effect transistor). Tienen un símbolo de circuito distinto y su funcionamiento y propiedades respecto del transistor estándar también es bastante diferente.

Terminales y tipos de encapsulado

Los transistores tienen tres terminales los cuales deben conectarse de la manera correcta. Por favor ten mucho cuidado con esto porque un transistor mal conectado puede dañarse al instante cuando lo alimentes con una fuente y lo hagas conducir corriente. Si tienes suerte la orientación del transistor estará clara desde el diseño del diagrama de montaje en la placa PCB, de otra manera necesitarás buscar en un catálogo del fabricante para identificar los terminales. Los dibujos de la derecha muestran los terminales para algunos tipos de encapsulado más comunes. Nota que los diagramas muestran la vista desde abajo con los terminales hacia ti. Esto es lo opuesto de los chips o circuitos integrados (IC), cuyos pines o patillas se muestran vistos desde arriba.

Por favor mira la tabla que muestra una clasificación de los [tipos de transistores](#) según su encapsulado, usos más comunes y demás parámetros.



EL TRANSISTOR

Soldadura

Los transistores pueden ser dañados por calor cuando son soldados así si tú no eres un experto es necesario usar un disipador de calor unido al terminal entre la soldadura y el cuerpo del transistor. Un clip cocodrilo de metal puede ser usado como disipador de calor.



clip cocodrilo

No confundas este disipador temporal con el permanente (descrito más abajo) el cual puede requerirse para un transistor de potencia para prevenir el sobrecalentamiento durante su funcionamiento.

Disipadores de calor

Calor residual se produce en los transistores debido al flujo de corriente que los atraviesa. Un disipador de calor es necesario para los transistores de potencia porque por ellos suele pasar mucha corriente. Si observas que un transistor se pone demasiado caliente al tocarlo ciertamente necesita un disipador! El disipador ayuda a evacuar o disipar el calor transfiriéndolo por conducción al aire del medio ambiente circundante.



Disipador de calor

Para más información por favor mira la página [Disipadores de calor](#).

Probando un transistor

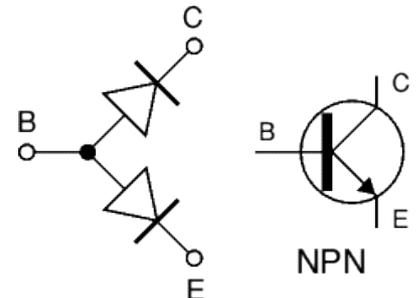
Los transistores pueden dañarse por calor cuando los estamos soldando o por uso indebido en un circuito. Si tú sospechas que un transistor puede estar dañado hay dos maneras fáciles de probarlo:

1. Probarlo con un multímetro

Usa un multímetro, polímetro o un simple tester (batería, resistor y LED) para verificar por conducción cada par de terminales. Coloca un multímetro digital en la posición diodo test o un multímetro analógico en el rango de baja resistencia.

Prueba cada par de terminales en ambos sentidos (seis en total):

- * La juntura base-emisor (BE) debería comportarse como un diodo y conducir sólo en un sentido.
- * La juntura base-colector (BC) debería comportarse como un diodo y conducir sólo en un sentido.
- * Entre colector-emisor (CE) no debería conducir en ningún sentido.



Probando un transistor NPN

La figura muestra cómo se comportan las junturas en un transistor NPN. Para un transistor PNP los diodos están invertidos pero puede usarse el mismo procedimiento de prueba.

2. Probarlo en un sencillo circuito de conmutación

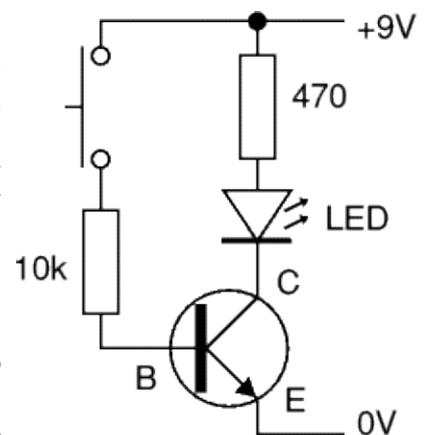
Conecta el transistor en un circuito como el de la derecha en el que funciona como interruptor (switching) o conmutador. La fuente de alimentación no es crítica, cualquier valor entre 5 y 12 V es adecuado. Este circuito puede construirse rápidamente en un protoboard ([breadboard](#)) por ejemplo. Ten cuidado de incluir la resistencia de 10kΩ en la conexión de la base o destruirás el transistor al probarlo!

Si el transistor está bien el LED brillará cuando se presione el pulsador y no brillará si se suelta el mismo.

Para probar un transistor PNP puedes usar el mismo circuito pero invierte el LED y la fuente de alimentación.

Algunos multímetros tienen una función “transistor test” la cual provee una corriente de base conocida y mide la corriente de colector para

mostrar en display la ganancia de corriente en DC o hFE del transistor.



Un sencillo circuito de conmutación para probar un transistor NPN

EL TRANSISTOR

Códigos en los transistores

Hay tres series principales de códigos de transistores:

* Códigos que comienzan con **B** (o **A**), por ejemplo BC108, BC478

La primera letra **B** es para *silicio*, **A** es para *germanio* (raramente usado). La segunda letra indica el tipo o uso habitual; por ejemplo **C** significa baja potencia audio frecuencia; **D** significa alta potencia audio frecuencia; **F** significa baja potencia alta frecuencia. El resto de los códigos identifican los transistores particulares. No hay ninguna lógica obvia para el sistema de numeración. Algunas veces se agrega una letra al final (ej: BC108C) para identificar una versión especial del tipo principal, por ejemplo una ganancia de corriente más alta o un tipo de encapsulado distinto. Si un proyecto especifica una ganancia de corriente más alta la versión (BC108C) debe ser usada, pero si se da el código más general (BC108) cualquier transistor con este código es adecuado.

* Códigos que comienzan con **TIP**, por ejemplo TIP31A

TIP se refiere al fabricante: transistor de potencia Texas Instruments. La letra al final identifica las versiones con diferentes rangos de voltaje.

* Códigos que comienzan con **2N**, por ejemplo 2N3053

El código inicial '2N' identifica el componente como un transistor y el resto del código el transistor en particular. No hay ninguna lógica obvia para el sistema de numeración.

Si quieres ver cómo elegir un transistor puedes consultar las tablas: [Elegiendo un transistor](#).

Corrientes en un transistor

El diagrama muestra los dos caminos que sigue la corriente a través de un transistor. Puedes construir este circuito con dos LED rojos estándar de 5 mm y cualquier transistor NPN de baja potencia y propósito general (BC108, BC182 o BC548 por ejemplo).

La pequeña corriente de base controla la corriente más grande de colector.

Cuando se presiona el pulsador fluye una pequeña corriente que entra a la base (B) del transistor. Es justo lo suficiente para hacer que el LED B brille tenuemente. El transistor amplifica esta pequeña corriente para permitir que fluya una corriente mucho más grande a través de su colector (C) y su emisor (E). Esta corriente de colector es suficientemente grande para hacer que el LED C brille intensamente.

Cuando se suelta el pulsador y se abre no fluye corriente por la base, así el transistor pasa a OFF (apagado) y no hay corriente en el colector. Ambos LED están apagados.

Un transistor amplifica la corriente y puede ser usado como un interruptor.

Esta disposición donde el emisor (E) está en el circuito de control (corriente de base) y en el circuito controlado (corriente de colector) es llamada configuración en *emisor común*. Es la disposición o configuración más ampliamente usada por lo que es la primera en aprenderse.

Modelo funcional de un transistor NPN

El funcionamiento de un transistor es difícil de explicar y entender en términos de su estructura interna. Es más útil utilizar este modelo funcional:

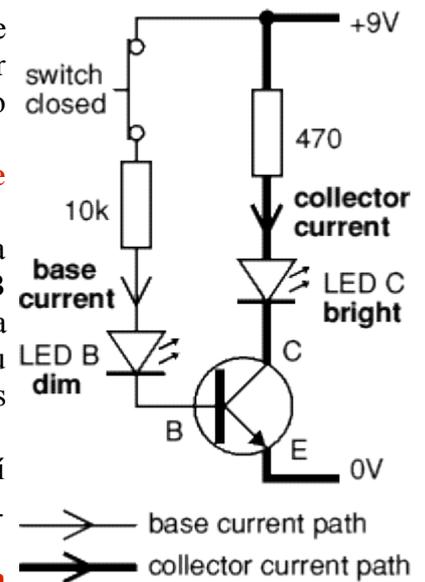
* La juntura base-emisor se comporta como si fuera un diodo.

* Una corriente de base I_B fluye solo cuando el voltaje V_{BE} a través de la juntura base-emisor es superior a 0,7V.

* La pequeña corriente de base I_B controla una corriente gran corriente de colector I_C .

* Siempre se cumple que: $I_C = h_{FE} \times I_B$ (al menos que el transistor esté totalmente en ON saturado)

El h_{FE} es la ganancia de corriente (estrictamente la ganancia de DC), un valor típico para h_{FE} es 100



EL TRANSISTOR

(no tiene unidades porque es una relación o cociente)

* La resistencia colector-emisor R_{CE} es controlada por la corriente de base I_B :

- $I_B = 0$ $R_{CE} = \text{infinita}$ transistor OFF (cortado o apagado)
- I_B pequeña R_{CE} reducida transistor parcialmente en ON
- I_B incrementada $R_{CE} = 0$ transistor totalmente en ON ('saturado')

Notas adicionales:

* Una resistencia en serie es a menudo necesaria con la conexión de base para limitar la corriente I_B y prevenir que el transistor sea dañado

* Los transistores tienen un máximo rango de corriente de colector I_C .

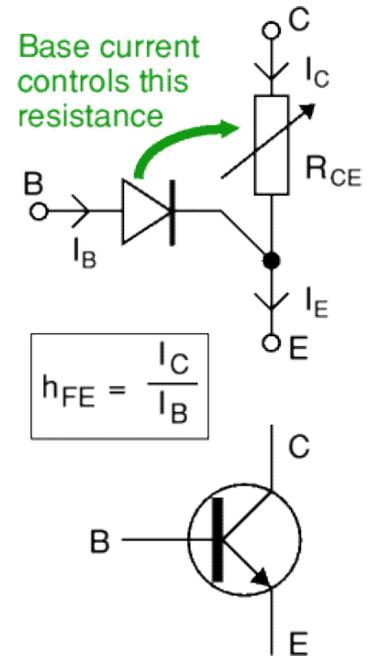
* La ganancia de corriente h_{FE} puede variar ampliamente, aún para transistores del mismo tipo!

* Un transistor que está conduciendo al máximo (con $R_{CE} = 0$) se dice que está 'saturado'.

* Cuando un transistor está saturado el voltaje colector-emisor V_{CE} se reduce a casi 0V.

* Cuando un transistor está saturado la corriente de colector I_C está determinada por la fuente de alimentación y la resistencia externa en el circuito de colector, no por la ganancia de corriente del transistor. Como resultado la relación I_C/I_B para un transistor saturado es menor que la ganancia de corriente h_{FE} .

* La corriente de emisor $I_E = I_C + I_B$, pero I_C es mucho mayor que I_B , así que más o menos $I_E = I_C$.



Par Darlington

Consiste en dos transistores conectados juntos de tal forma que la corriente amplificada por el primero es amplificada de nuevo por el segundo transistor. Esto da al par Darlington una ganancia de corriente muy alta, tanto como 10000. Los pares Darlington se venden en un encapsulado completo que contiene los dos transistores.

Tienen tres terminales (B, C y E) los cuales son equivalentes a los terminales de un transistor individual estándar. Aunque vienen en un mismo encapsulado, tú mismo podrías construir tu propio par Darlington con dos transistores. Por ejemplo:

* Para TR1 usa un BC548B con $h_{FE1} = 220$

* Para TR2 usa un BC639 con $h_{FE2} = 40$

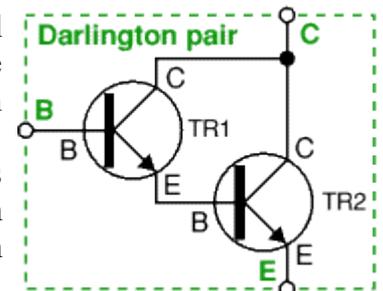
La ganancia de corriente total de este par es $h_{FE1} \times h_{FE2} = 220 \times 40 = 8800$.

La máxima corriente de colector del par $I_{C(\text{max})}$ es la misma que tiene TR2.

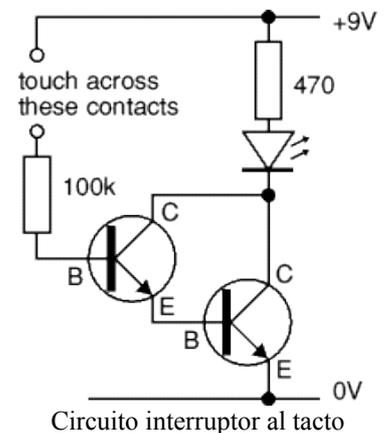
Un par Darlington se comporta de forma similar a un simple transistor con una ganancia de corriente muy alta. Para hacerlo conducir debe tener 0,7 V sobre cada juntura base-emisor y como están internamente en serie, en conclusión requiere al menos 1,4 V para conducir.

Por lo visto en el ejemplo de más arriba TR1 puede ser de baja potencia, pero normalmente TR2 necesitará ser de alta potencia.

Un par Darlington es suficientemente sensible para responder a la pequeña corriente que puede pasar por tu piel y esto puede usarse para hacer un **interrupción al tacto** como el de la figura de la derecha. En este circuito que controla un LED los dos transistores pueden ser de baja potencia y propósito general. La resistencia de 100 kΩ protege a los transistores si los contactos están unidos con una pieza de alambre.



Esquema de un par Darlington

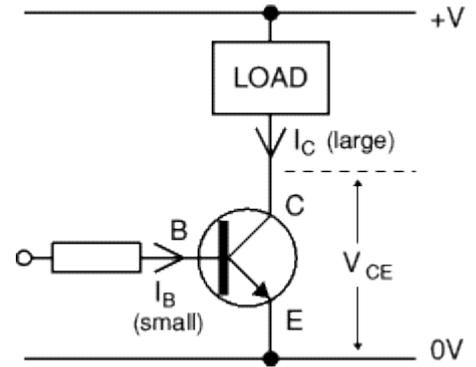


Circuito interruptor al tacto

EL TRANSISTOR

Usando un transistor como interruptor (switch)

Cuando un transistor es usado como interruptor debe estar o “*apagado*” (OFF) o totalmente “*encendido*” (conduciendo: ON). En este último estado el voltaje entre colector-emisor V_{CE} es prácticamente cero y se dice que el transistor está *saturado* porque no puede pasar cualquier corriente más que la de colector I_C , determinada no por el transistor sino por parámetros externos. El dispositivo de salida conmutado por el transistor es usualmente llamado “*carga*” (load). La potencia desarrollada en un transistor en conmutación es muy pequeña:



* En el estado OFF: potencia = $I_C \times V_{CE}$, pero $I_C = 0$, así la potencia es cero.

* En el estado ON: potencia = $I_C \times V_{CE}$, pero $V_{CE} = 0$ (aprox.), así la potencia es muy pequeña.

Esto quiere decir que el transistor no debería calentarse al usarlo y no necesitas considerar su máximo rango de potencia. Los rangos importantes en circuitos conmutados son la máxima corriente de colector $I_{C(max)}$ y la mínima ganancia de corriente $h_{FE(min)}$. Los rangos de voltaje pueden ser ignorados al menos que estés usando una fuente de más de 15 V. Hay una [tabla](#) que muestra los datos técnicos para los transistores más comunes.

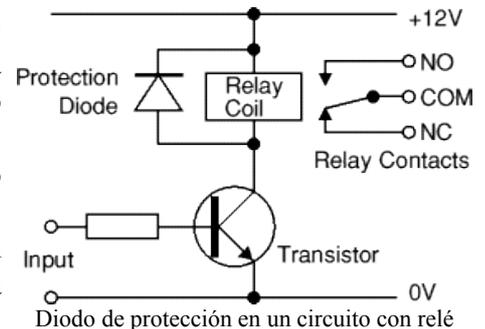
Para más información acerca del funcionamiento del transistor, por favor mira el [modelo funcional](#) descrito más arriba.

Diodo de protección

Si la carga es un motor, relé o solenoide (o cualquier otro dispositivo con una bobina) debe conectarse un diodo sobre la carga para proteger al transistor del breve alto voltaje producido cuando la carga es desconectada.

El diagrama muestra cómo un diodo de protección es conectado “al revés” sobre la carga, en este caso sobre la bobina de un relé.

La corriente que fluye a través de la bobina de un relé crea un campo magnético el cual cae de repente cuando la corriente deja de circular por ella. Esta caída repentina del campo magnético



induce sobre la bobina un breve pero alto voltaje, el cual es muy probable que dañe transistores y circuitos integrados. El diodo de protección permite al voltaje inducido conducir una breve corriente a través de la bobina (y el diodo) así el campo magnético se desvanece rápidamente. Esto previene que el voltaje inducido se haga suficientemente alto como para causar algún daño a los dispositivos.

Conectando un transistor a la salida de un circuito integrado (IC)

La mayoría de los ICs no pueden suministrar grandes corrientes en sus salidas así puede ser necesario usar un transistor para conmutar las grandes corrientes requeridas por los dispositivos de salida tales como lámparas, motores o relés. El IC timer (temporizador) 555 es inusual porque puede suministrar una corriente relativamente grande de hasta 200 mA la cual es suficiente para algunos dispositivos de salida tales como lámparas de baja corriente, zumbadores y muchas bobinas de relé sin necesitar el uso de un transistor.

Un transistor también puede ser usado para permitir a un IC conectado a una fuente con bajo voltaje (como ser 5V) conmutar la corriente para un dispositivo de salida con una fuente de alimentación más alta y aislada (como ser de 12V). Las dos fuentes deben estar unidas, normalmente esto se hace uniendo sus conexiones de 0V. En este caso deberías usar un transistor NPN.

Se requiere colocar una resistencia R_B en la base del transistor para limitar dicha corriente y prever un posible daño. Sin embargo, R_B debe ser suficientemente baja para asegurar que el transistor es bien saturado para prevenir su sobrecalentamiento, esto es particularmente importante si el transistor está

EL TRANSISTOR

conmutando grandes corrientes (más de 100 mA). Una regla segura es hacer la corriente de base I_B alrededor de 5 veces más grande que el valor que solo debe saturar al transistor.

Usando un transistor conmutado por un sensor

El diagrama de circuito superior muestra un LDR (sensor de luz) conectado de tal forma que el LED brilla cuando el LDR está en la oscuridad. La resistencia variable permite ajustar el brillo para el cual el transistor se pone en ON y en OFF (encendido y apagado). Cualquier transistor de baja potencia y propósito general puede usarse en este circuito. La resistencia fija de $10k\Omega$ protege al transistor de una excesiva corriente de base (la cual lo destruiría) cuando la resistencia variable es reducida a cero. Para hacer que este circuito conmute a un brillo adecuado debes experimentar con diferentes valores de la resistencia fija, pero ésta no debe ser menor de $1k\Omega$.

Si el transistor está conmutando una carga con una bobina, tal como un motor o un relé, recuerda agregar un diodo de protección sobre la carga.

La acción de conmutación puede invertirse, así el LED brilla cuando el LDR esté muy iluminado, intercambiando el LDR con la resistencia fija. En este caso puede omitirse la resistencia fija porque la resistencia del LDR no puede reducirse a cero.

Nota que la acción de conmutación de este circuito no es particularmente buena porque habrá un brillo intermedio cuando el transistor esté conduciendo parcialmente (no saturado). En este estado el transistor está en peligro de sobrecalentamiento al menos que esté conmutando una pequeña corriente. No hay problema con la pequeña corriente de un LED, pero las mayores corrientes para una lámpara, motor o relé es probable que causen sobrecalentamiento.

Otros sensores, tales como un [termistor](#), pueden ser usados con este circuito pero pueden requerir una resistencia variable diferente.

Puedes calcular un valor aproximado para la resistencia variable (R_v) usando un multímetro para encontrar los valores de resistencia mínimo y máximo del sensor (R_{\min} and R_{\max}):

resistencia variable, $R_v = \text{raíz cuadrada de } (R_{\min} \times R_{\max})$

Por ejemplo un LDR con: $R_{\min} = 100\Omega$, $R_{\max} = 1M\Omega$, so $R_v = \text{raíz cuadrada de } (100 \times 1M) = 10k\Omega$.

El transistor como inversor

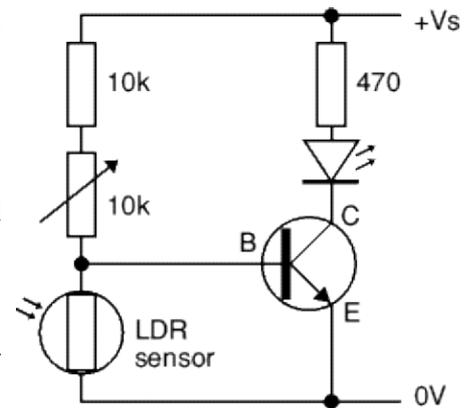
Los inversores (puertas NOT) están disponibles en IC lógicos pero si tú solo requieres de un inversor es mejor usar este circuito. La señal de salida (voltaje) es la inversa de la señal de entrada:

* Cuando la entrada está en alto (+Vs) la salida está en bajo (0V).

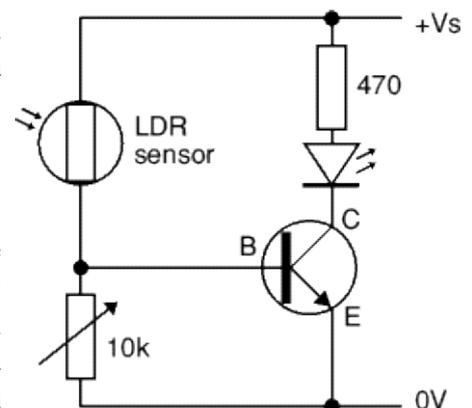
* Cuando la entrada está en bajo (0V) la salida está en alto (+Vs).

Cualquier transistor de baja potencia y propósito general puede ser usado. En general $R_B = 10k\Omega$ and $R_C = 1k\Omega$, entonces la salida del inversor puede conectarse a un dispositivo con una resistencia de entrada de al menos $10k\Omega$ tal como un IC lógico o un timer 555 (en sus entradas de trigger o disparo y reset). Si conectas el inversor a

la entrada de un IC con lógica CMOS (muy alta resistencia) puedes aumentar R_B a $100k\Omega$ y R_C a $10k\Omega$, esto reducirá notablemente la corriente utilizada por el inversor.



El LED brilla cuando el LDR está en oscuridad



El LED brilla cuando el LDR está iluminado

