

1 1 0 . 0 1 7

***P r o g r a m a d e
e l e c t r ó n i c a b á s i c a***

NOTA

Una vez terminadas, las maquetas de construcción de OPITEC no deberían ser consideradas como juguetes en el sentido comercial del término. De hecho son medios didácticos adecuados para un trabajo pedagógico.

Código de colores para las resistencias



| Color | Abreviatura | 1 ^o | 2 ^o | 3 ^o | 4 ^o Anillos (Tolerancia) |
|------------|-------------|----------------|----------------|----------------|--|
| negro | nr | 0 | 0 | sin | |
| marrón | ma | 1 | 1 | 0 | 1 % |
| rojo | ro | 2 | 2 | 00 | 2 % |
| naranja | na | 3 | 3 | 000 | - |
| amarillo | am | 4 | 4 | 0.000 | - |
| verde | ve | 5 | 5 | 00.000 | 0,5 % |
| azul | az | 6 | 6 | 000.000 | 0,25 % |
| violeta | vi | 7 | 7 | 0.000.000 | 0,1% |
| gris | gr | 8 | 8 | 00.000.000 | - |
| blanco | bl | 9 | 9 | - | - |
| oro | or | - | - | 1/10 | 5% |
| plata | pt | - | - | 1/100 | 10% |
| sin anillo | s/a | - | - | - | 20% |

El valor de una resistencia no se indica sobre ella con cifras porque no se podrían leer. Se realiza con un código de anillos de colores.

Los dos primeros colores indican un número, el color del tercer anillo indica el número de ceros que van detrás de los primeros números. El cuarto anillo indica la tolerancia, que aquí no se considera. El cuarto anillo se sitúa a la derecha.

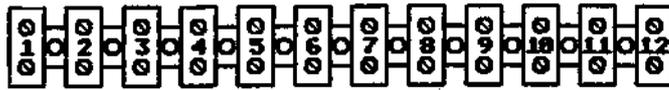
Aprende el significado de los colores y ejercitar con los siguientes ejemplos:

ro - ro - na = = 4.700 Ohm = 4,7 kOhm
 am - vi - ma = = 120 Ohm = 0,12 kOhm
 ma - ne - ve = = 2.700 Ohm = 2,7 kOhm
 ro - vi - ro = =
 na - bl - na = =

NOTA:

Para disfrutar con los montajes electrónicos, es importante leer todas las notas y explicaciones de montaje y aplicarlas. Todas las experiencias han sido probadas rigurosamente.

Preparación de los componentes:

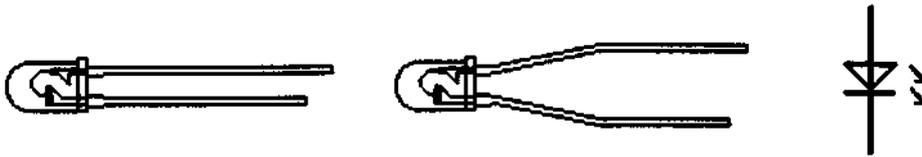


Tomar una regleta de conexiones y aflojar todos los tornillos.

El montaje sobre una regleta de conexiones tiene varias ventajas: los circuitos se pueden montar y desmontar fácilmente y no se necesita soldador. Sin embargo tiene ciertos inconvenientes: se ha de asegurar que los cables que estén en el interior de los bornes estén bien fijados. Los tornillos no deben apretarse mucho para no morder el cable y romperlo.

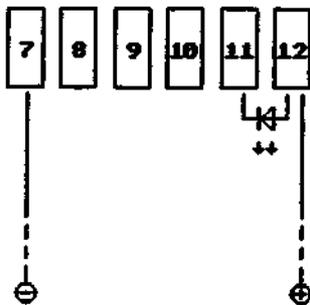
Se puede preparar ahora el primer montaje.

La figura representa un diodo electroluminiscente (LED) y su representación simbólica. En el material suministrado hay cuatro LED, tres rojos y uno verde. Tomar el verde y doblar las dos patas de conexión como se indica en la figura de forma que entren en dos bornes contiguos.



Las patas de conexión son de diferente longitud para que puedan identificarse: la más larga debe conectarse siempre al borne del polo positivo (+) y la más corta al borne del polo negativo (-).

El LED tiene además una parte aplastada en la parte superior que también identifica el polo negativo (-).



Colocar el LED verde en la regleta, conectando la pata larga en (+) en el borne (12) y la pata corta (-) en el borne (11) como se muestra en la figura. Coger dos trozos de hilo de unos 10 cm cada uno y quitar unos 5 mm del aislamiento de cada extremo. Colocar un hilo en el borne (7)(-) y el otro en el borne (12)(+). Se necesitan además dos trozos de hilo de 5 cm a los que también hay que quitar 5 mm de aislamiento de sus extremos.

En la figura se muestra el LED, no con su forma real, sino con su símbolo. Esta forma simbólica será la forma de representar a los componentes excepto los transistores, que para evitar confusiones, se representarán con su forma real.

Antes de empezar la experiencia

Si es la primera vez que se realizan estas experiencias leer atentamente estas indicaciones que facilitan una mejor comprensión y evitan manipulaciones erróneas durante el montaje.

NOTA: Cuando se manipule un circuito electrónico respetar siempre las siguientes normas:

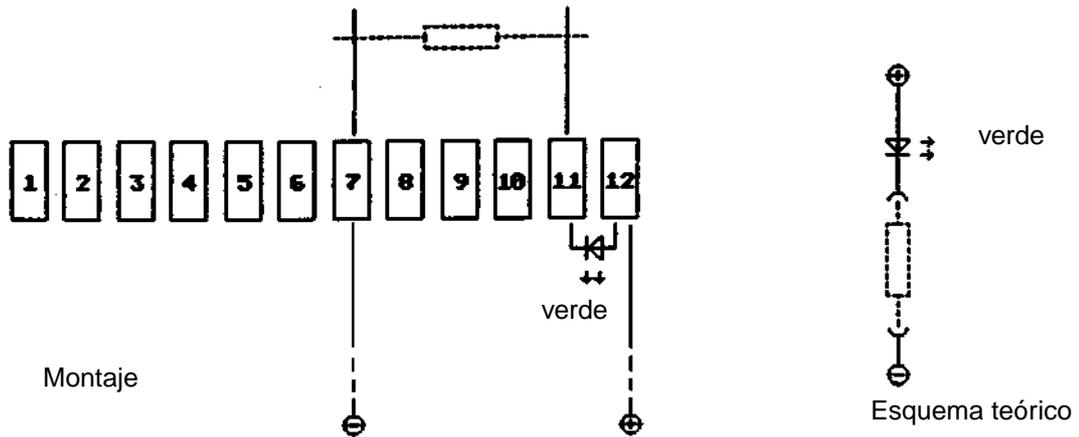
- desconectar la fuente de alimentación antes de manipularlo
- leer atentamente las instrucciones
- montar el circuito
- comprobar la corrección del montaje
- conectar la fuente de alimentación

Experiencia 1: La resistencia

Buscar e identificar las resistencias siguientes:

| | |
|----------|----------------|
| 120 Ohm | = ma - ro - ma |
| 470 Ohm | = am - vi - ma |
| 1 kOhm | = ma - ne - ro |
| 2,7 kOhm | = ro - vi - ro |
| 4,7 kOhm | = am - vi - ro |
| 22 kOhm | = ro - ro - na |
| 1 MOhm | = ma - ne - ve |

Conectar los dos hilos anteriores, uno al borne (7) y el otro al borne (11) como se muestra en la figura.



Se puede empezar la primera experiencia.

Poner en marcha el circuito conectando a los terminales de la pila los extremos de los cables correspondientes al positivo y al negativo, bornes (12) y (7) respectivamente.

Hacer contacto con las resistencias, una tras otra, sobre los extremos pelados de los bornes (7) y (11) y observar el comportamiento del LED.

La corriente pasa (dirección convencional de la corriente) del polo positivo de la pila, a través del borne (12) al LED, a la resistencia y al polo negativo, borne (7).

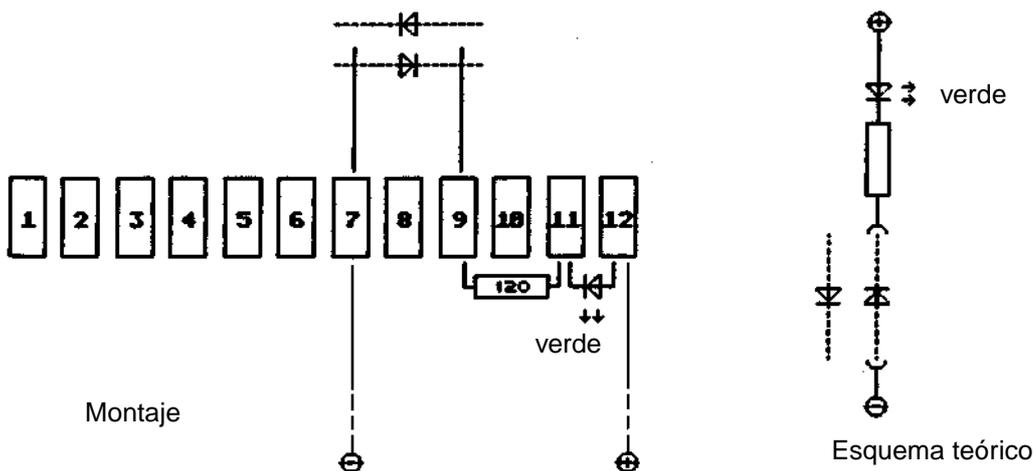
Conclusión:

La resistencia de 120 Ohm es pequeña y deja pasar mucha corriente, por ello el LED brilla con mucha intensidad. Cuando las resistencias son mayores dejan pasar menos corriente y el LED brilla menos, hasta que deja de brillar.

Experiencia 2: El diodo electroluminiscente (LED)

Para nuestras experiencias no es necesario usar diodos normales y se utilizan los LED (Light Emitting Diode) que hacen las mismas funciones que un diodo normal.

Desconectar el cable del borne (11) y conectarlo al borne (9). Conectar una resistencia de 120 Ohm entre los bornes (9) y (11) como se indica en la figura.



Conectar un LED rojo de las dos formas posibles a los bornes (7) y (9) y observar que pasa.

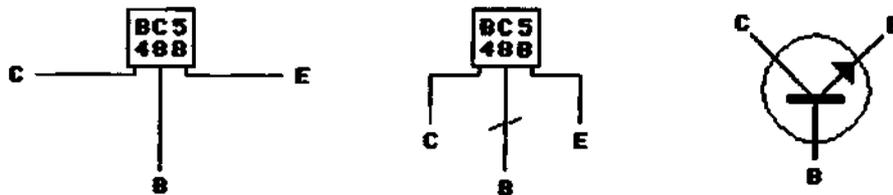
Se comprobara que los dos LED solo se iluminan cuando ambos están conectados en la misma dirección. La explicación es simple: los diodos funcionan con la corriente igual que las válvulas de un neumático con el aire, solo lo dejan pasar en un sentido.

En el esquema simbólico, la flecha del símbolo del diodo indica el sentido de la corriente, es decir del positivo al negativo. Las dos flechitas de al lado del símbolo indican que el montaje emite luz. Los diodos normales no emiten luz y su símbolo es el mismo, pero sin las flechitas.

NOTA: Los diodos y los LED no deben conectarse nunca directamente a una fuente de alimentación (pila). La corriente sería demasiado fuerte y los destruiría. En el montaje de las experiencias, esto se evita con una resistencia de 120 Ohm que se utilizará siempre como resistencia de protección de los LEDs.

Experiencia 3: El transistor

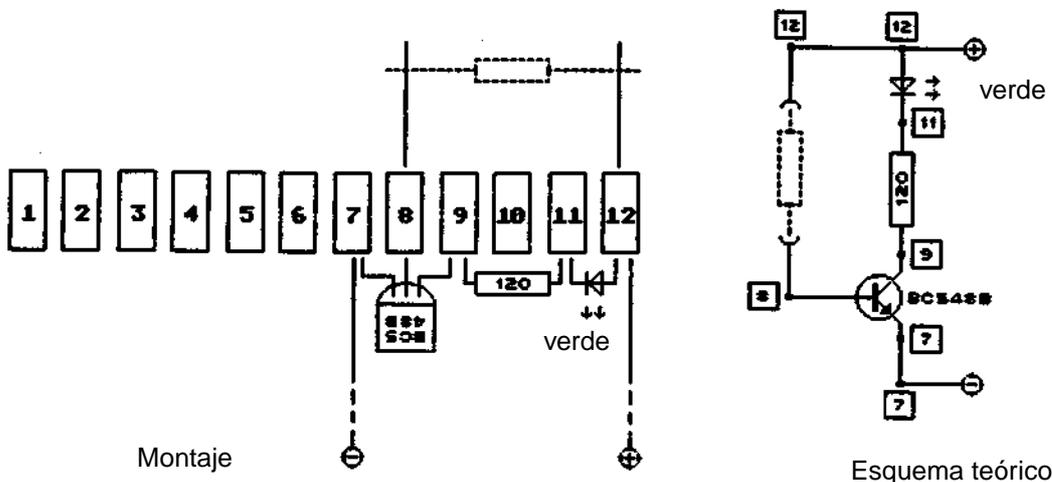
Si no se ha realizado ninguna experiencia de este tipo, primero deben estudiarse los transistores. Doblar las patas de conexión de todos los transistores como se indica en la figura de modo que las 3 patas queden alineadas para poder colocarlas en 3 bornes consecutivos de la regleta.



NOTA:

En algunos casos los transistores suministrados para los montajes tienen otras especificaciones que las indicadas en las figuras. En este caso consultar la tabla de equivalencias anexa para ver a que tipo de transistor corresponde. En las instrucciones cuando se nombra un tipo de transistor se añade un espacio en blanco entre corchetes {...} en el que se debe anotar el tipo de transistor que realmente se emplea en la experiencia.

Conectar ahora un transistor tipo "BC 548B" en los bornes (7), (8) y (9) de forma que la parte impresa quede hacia arriba



Desconectar los cables de los bornes (7) y (9) y conectarlos a los bornes (8) y (12)

Comprobar que el montaje se corresponda exactamente con el de la figura.

Para facilitar la orientación, el numero de los bornes de la regleta esta referenciado en el esquema de la figura, lo que permite comprobarlo fácilmente.

El transistor tiene tres patas de conexión: el emisor (E), conectado al borne (7), el colector (C) conectado al borne (9) y la base (B) conectada al borne (8). Conectar la pila.

Detrás del LED y de la resistencia de 120 Ohm, esta conectado el polo positivo (+) al colector y, en el emisor, esta conectado el polo negativo. El hecho de que el LED no se ilumine indica que no hay paso de corriente, se dice en este caso, que el transistor esta bloqueado.

Conectar ahora la resistencia de 2,7 kOhm a los extremos de los cables que salen de los bornes (8) y (12). El LED se ilumina con intensidad: el transistor esta desbloqueado y permite el paso de la corriente.

Por tanto, se deduce que el paso de una débil corriente que, partiendo del polo positivo y pasando por la base (B) y luego por el emisor (E) y llegando finalmente al polo negativo, es suficiente para permitir el paso libre entre el colector (C) y el emisor (E).

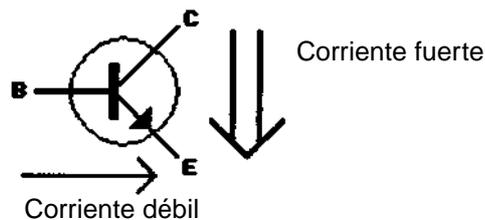
Realizar esta misma experiencia con una resistencia de 22 kOhm. La corriente que pasará a través de la base será mucho más pequeña, pero suficiente para desbloquear el transistor y el LED se ilumina.

Gracias a la primera experiencia, sin transistor, se sabe que a través de una resistencia de 22kOhm pasa una corriente muy débil. Con esta resistencia el LED no se ilumina.

Probar ahora con una resistencia de 1 MOhm. Aún así el LED debe iluminarse. En este caso la corriente que pasa a través de la base no tiene mas que 4 millonésimas de amperio, pero es suficiente para permitir que el transistor permanezca desbloqueado.

NOTA: Los transistores pueden cumplir dos funciones:

- 1.- Pueden utilizarse como interruptor, bloqueando o dejando pasar la corriente a través del colector..
- 2.- Puede utilizarse como amplificador. En efecto una corriente muy débil, aplicada a la base, es suficiente para permitir el flujo de una fuerte corriente a través del colector.



Pequeña entrada → Gran salida

Para el transistor BC 548B {...} como para el BC 558B {...}, la corriente del colector es de 200 a 450 veces más grande que la de la base.

En algunos transistores especiales como el BC 517, que se vera mas adelante, la corriente del colector es de 30.000 veces más grande que la de la base.

Experiencia 4: El condensador

Observa atentamente un condensador. En la figura de la izquierda se representa un condensador electrolítico.

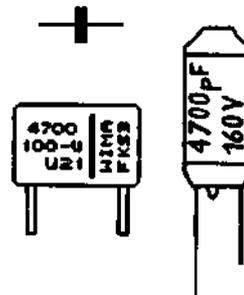
Condensador electrolítico



Símbolo

Elemento en el comercio

Condensador normal



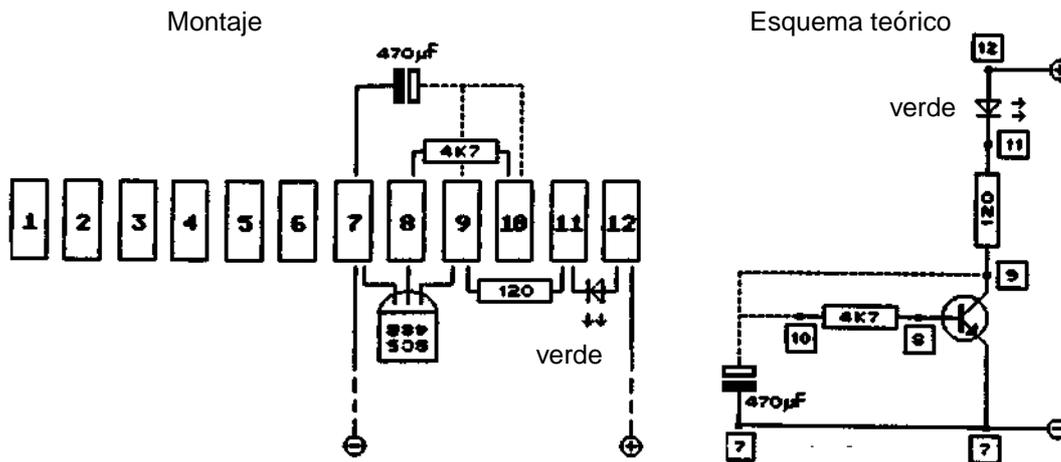
Para este tipo de condensadores es muy importante la forma de su conexión. Por ello, por lo menos una pata de conexión esta identificada como muestra la figura.

NOTA:

No se debe conectar nunca un condensador electrolítico con la polaridad equivocada, no solo se estropearía, sino que podría explotar y producir heridas con su contenido corrosivo. Una buena solución para identificar fácilmente la polaridad de las patas de conexión, es introducir un trozo de tubo de plástico (del aislamiento del cable) de color rojo en la pata del polo positivo del condensador.

A la derecha de la figura se representa un condensador normal. En este caso no es preciso tener precauciones especiales para su conexión. Se pueden conectar de forma indistinta.

Modificar el circuito dejándolo de la forma que se indica en la figura



Las líneas de puntos indican que la conexión no es permanente, solo se realiza cuando es preciso. Conectar el circuito a la pila

La pata del negativo del condensador electrolítico esta conectada al negativo a través del borne (7). Ahora hacer contacto con la pata del polo positivo en los bornes (9) y (10) de forma alternativa y observar que ocurre.

Por simple contacto en el borne (9), el condensador electrolítico recibe la corriente del positivo a través del LED y de la resistencia de 120 Ohm y se carga.

El rápido encendido del LED demuestra que la corriente pasa. Cuando el condensador esta cargado, no pasa mas corriente y el LED se apaga.

Haciendo ahora contacto con el borne (10), el condensador se descarga lentamente pasando la corriente negativa a través de la resistencia de 4,7 kOhm, a la base del transistor que se desbloquea por unos instantes permitiendo el paso de corriente e iluminándose el LED.

La descarga del condensador dura mas tiempo porque la resistencia de 4,7 kOhm es mucho más grande que la resistencia de 120 Ohm.

NOTA:

Un condensador puede almacenar cargas eléctricas (mientras se carga) y luego producir una corriente (cuando se descarga).

En esta experiencia se ha empleado el condensador más grande de los suministrados, tiene una capacidad de 470 µF (microfaradios).

Repetir la experiencia con un condensador de 22 µF (microfaradios).

Se comprobara que tanto la carga como la descarga son mucho más rápidas, porque la capacidad del condensador es mucho más pequeña.

Hacer la misma experiencia con condensadores normales.

Algunos tienen números de capacidad muy grandes (1.000 y 4.700), pero en este caso se refiere a pF (pico faradios) como unidad de medida, que es un millón de veces más pequeño que el microfaradio.

Esto significa que estos condensadores pueden cargarse y descargarse en fracciones de segundo y ocurre tan rápidamente que no es fácil ver como funcionan.

El tipo de condensador empleado en un circuito es fácilmente identificable por su representación simbólica.

NOTA:

Cuando se fijó la unidad de medida, el Faradio, se hizo una elección muy importante y desafortunada ya que un condensador normal con una capacidad de un faradio seria enorme (no manejable).

Por ello no debe sorprender que en la práctica se utilicen mucho las pequeñísimas capacidades.

El condensador más grande de los suministrados tiene una capacidad de 470 microfaradios. Un microfaradio corresponde a una millonésima parte de la unidad de medida base.

El condensador más pequeño de los suministrados tiene una capacidad de 1.000 pico faradios. Un pico Faradio corresponde a una millonésima parte de un microfaradio y en consecuencia a la billonésima parte de la unidad de base, el Faradio. En cifras es 1/ 1.000.000.000.000

Experiencia 5: Sensores ópticos

Fotoresistencia = (LDR) «Light Dependent Resistor»

Fotodiodo = (LDD) «Light Dependent Diode»

Fototransistor = (LDT) «Light Dependent Transistor»

Los sensores ópticos son elementos que reaccionan con la luz.

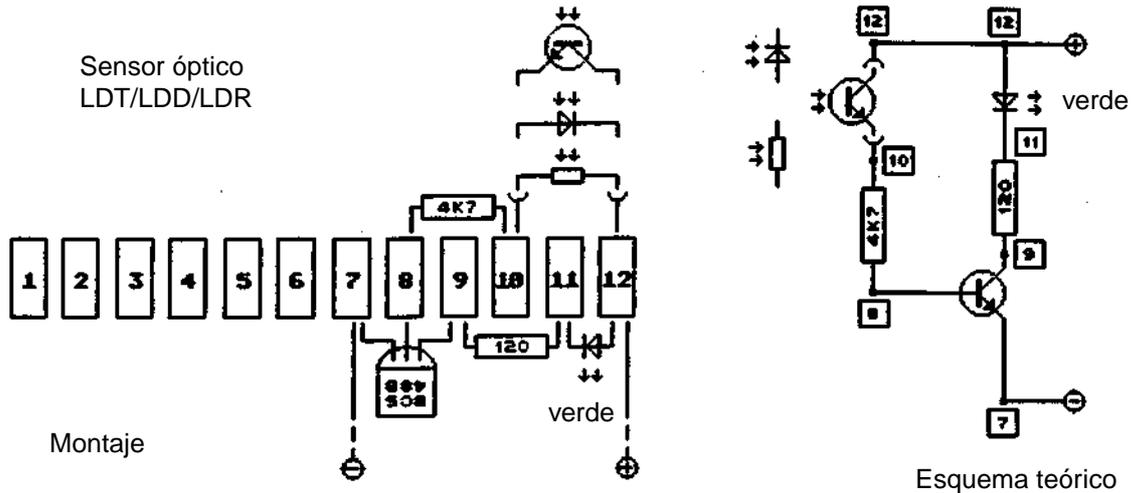
Estos elementos son muy caros por lo que solo se suministra uno.

Los tres sensores tienen el mismo comportamiento.

Manipular este componente con precaución y no doblar nunca las patas de conexión sobre su cuerpo.

Colocar ahora este elemento en los bornes (10) y (12) de forma que el lado sensible a la luz quede boca arriba.

Montar el circuito como se indica en la figura.



Alimenta el circuito.

Cuando la luz es captada por el sensor, este ofrece poca resistencia al paso de la corriente, entonces el transistor está en fase de paso y el LED se ilumina.

Cubrir ahora el sensor con la mano y se comprueba que cuando este no recibe luz, el transistor no conduce la corriente y el LED no se ilumina. Se comprueba que la experiencia no funciona cuando el LED no se apaga.

En este caso es muy probable que el sensor reciba luz por los lados por exceso de claridad y con la mano no se puede proteger lo suficiente.

Repetir la experiencia cubriéndolo con un elemento que lo oscurezca totalmente.

Se utilizan fotoresistencias (LDR) para efectuar mediciones (fotómetros por ejemplo)

Se utilizan fotodiodos (LDD) y fototransistores (LDT) para interruptores, por ejemplo en barreras luminosas. Con estos componentes se puede poner un dispositivo de alumbrado que se apague con la luz del día o uno para abrir puertas o para contar objetos que pasen por delante del sensor y muchos más. Posteriormente se realizara una barrera luminosa.

NOTA: En las cinco primeras experiencias se han mostrado las funciones de los diferentes elementos de montaje.

La siguiente experiencia permite asociar los diferentes componentes de forma adecuada.

Para comprender el circuito y la asociación de los elementos del montaje, es necesario conocer las funciones individuales de cada elemento.

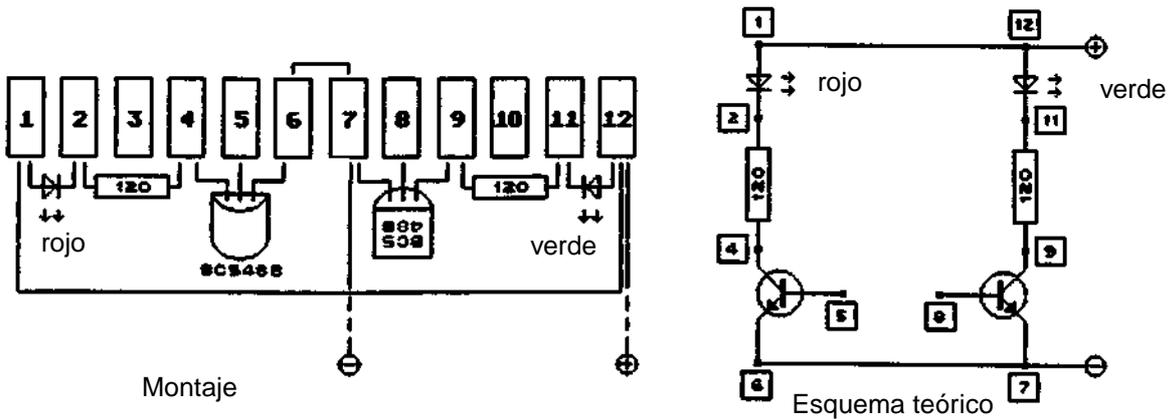
Si no se tiene clara la función de cada elemento en el montaje, no se podrá comprender el funcionamiento del circuito completo.

En este caso se debe repetir la experiencia que corresponda al elemento que no se comprenda.

Para la siguiente experiencia, que tiene una estructura voluminosa, aparecen frecuentemente conexiones que se cruzan. Tener cuidado en que los hilos no se toquen (salvo si están en el mismo borne). En caso contrario se puede producir fácilmente un cortocircuito y la destrucción de algún elemento del montaje. Se pueden evitar estos cortocircuitos muy fácilmente asegurándose de que no hay contactos fuera de los bornes.

Cuando se quiera presentar, utilizar o transportar un montaje experimental, se deben verificar detenidamente los cruces de las conexiones críticas, antes de volver a alimentarlo.

Preparación para las experiencias siguientes

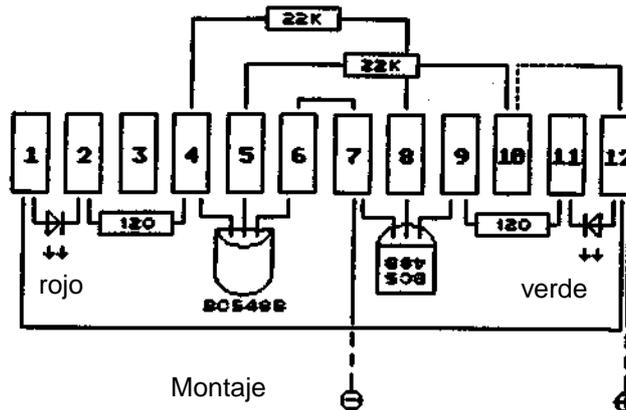


Para los montajes siguientes, la parte izquierda de la regleta de conexiones debe estar montada como se indica en la figura. Ahora se utilizan dos transistores del tipo BC 548B {...}.

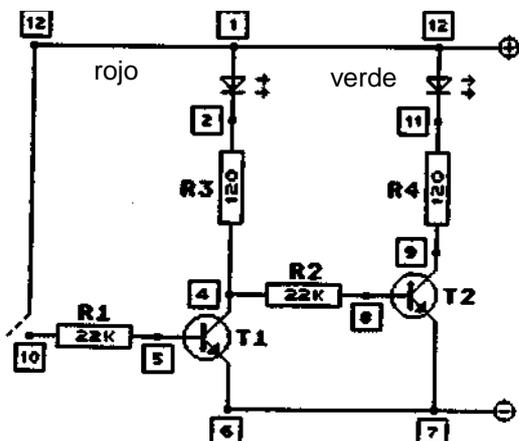
El transistor de la izquierda se montará con la cara hacia abajo.

Por otra parte, los bornes (1) y (12) y también el (6) y (7) deben unirse respectivamente entre ellos con un cable haciendo un puente.

Experiencia 6: «Robo» de corriente



Cambia el montaje dejándolo como se indica en la figura. Alimentar el circuito y el LED verde se ilumina.



Esquema teórico

Leer atentamente las descripciones siguientes y tener en cuenta el esquema teórico que se muestra para comprender lo que pasa en el circuito.

R1 tiene una pata en el aire en el borne (10). Por ello el primer transistor T1 no recibe corriente en la base y por tanto esta bloqueado.

Al borne (1) llega corriente positiva y después la corriente pasa consecutivamente al LED rojo, a R3, hasta el borne (4).

A partir de aquí puede pasar por R2, hasta la base (8) de T2 y a través del transistor, al borne (7) que conecta al negativo. Pero la corriente es tan débil que el diodo rojo no se ilumina. Dado que T2 recibe una corriente en la base, esta en situación de paso, por lo que permite el paso de la corriente y el diodo verde se ilumina.

Apoyar ahora el cable del borne (12) en el borne (10), el diodo rojo se ilumina y el verde se apaga.

Ello ocurre porque mientras el borne (12) esta conectado con el borne (10), T1 recibe por medio de R1 una corriente de base y conduce, por lo cual el LED rojo se ilumina.

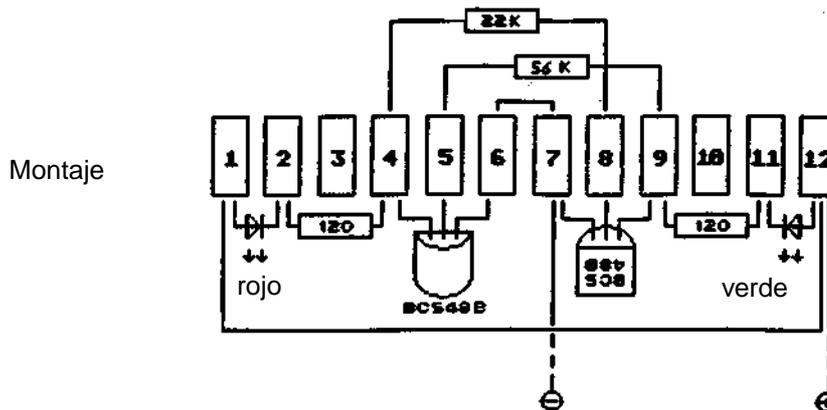
Cuando T1 conduce, la corriente no pasa del borne (4) a través de R2 (22kOhm) hasta la base de T2, pero sí a través de T1 directamente y después al borne (6) y al negativo.

T1 conduce (entre el colector y el emisor) y casi no ofrece resistencia a la corriente, por esta razón T2 no recibe corriente de la base y esta bloqueado. El LED verde permanece apagado, se puede decir entonces que T1 «roba» la corriente de base de T2.

La corriente circula siempre por el camino más fácil, es decir, por el que ofrece menos resistencia, aunque por las bifurcaciones circule una corriente de mínima intensidad, no suficiente para activar algunos componentes.

El principio de base según el cual un transistor roba corriente a otro, aparece siempre en las experiencias siguientes. Por ello solo se deben empezar las demás experiencias cuando se haya comprendido bien esta.

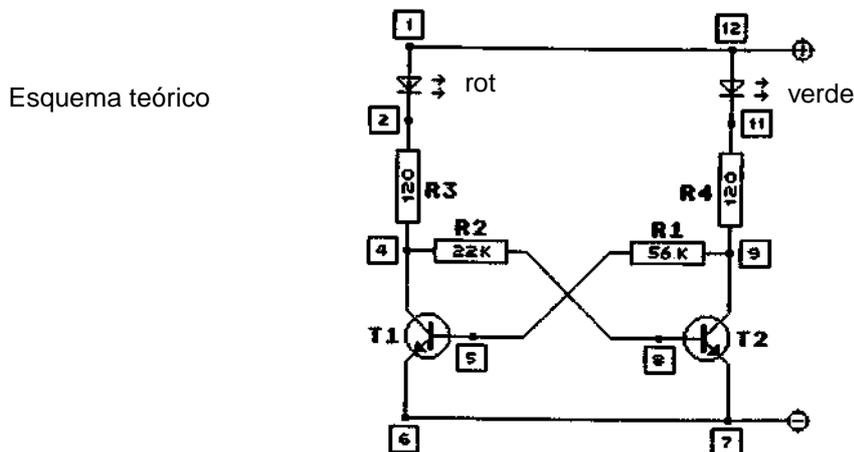
Experiencia 7: «Robo» de corriente mientras es posible



Cambia el montaje para dejarlo como se indica en la figura

Para poder precisar la importancia de los dos transistores, el esquema teórico se presenta de forma simétrica, es decir que se compone de dos partes completamente idénticas.

Por otro lado el montaje ha cambiado poco. Solo la resistencia R1 entre los bornes (5) y (9) se ha cambiado por una de 56 kOhm. Compararlo con el de la experiencia 6.



Conecta y desconecta varias veces la fuente de alimentación.

El LED verde permanece siempre encendido, mientras que el rojo se mantiene apagado. ¿Porque sucede esto si las dos mitades del montaje son idénticas?

En realidad las dos partes no son idénticas, pasa menos corriente a través de la gran resistencia R1 que a través de la pequeña R2.

Para comprender mejor el funcionamiento se debe reflexionar respecto a lo que pasa cuando se alimenta el circuito:

Al inicio los dos transistores están bloqueados. En efecto, para conducir les falta corriente en la base. A través de los dos LEDs circula una pequeñísima corriente.

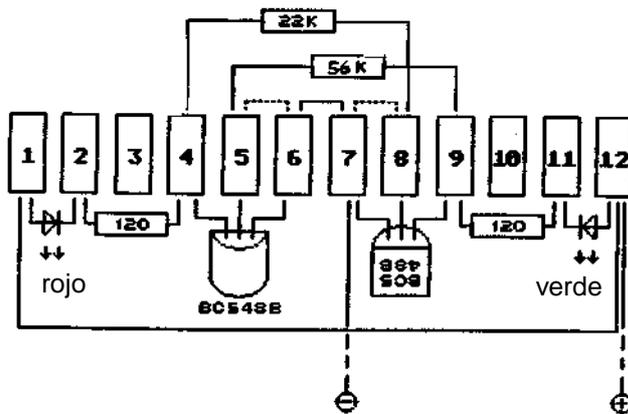
La corriente pasa a través del LED rojo, de la resistencia R3, después de la R2 hasta la base del transistor T2.

La corriente pasa a través del LED verde, de la resistencia R4, después de la R1, hasta la base del transistor T1.

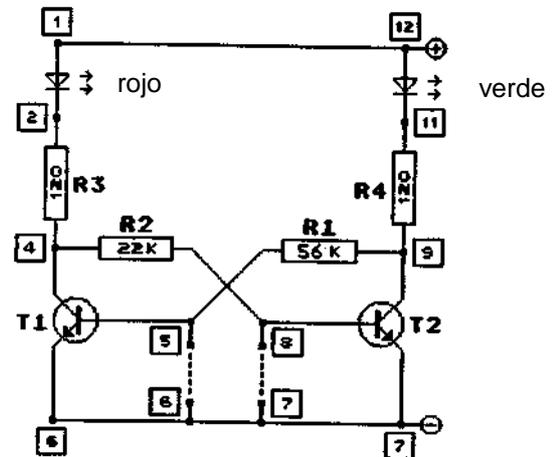
T2 recibe mas corriente en la base y se convierte en pasante ya que la resistencia R2 es más pequeña que la resistencia R1.

Cuando T2 conduce, le «roba» la corriente de la base de T1 y este no tiene ninguna posibilidad de convertirse en pasante. Dado que esto no cambia el comportamiento, el proceso funciona de forma idéntica cada vez que se alimenta el circuito. R2 deja pasar mas corriente, T2, «roba» la corriente de base de T1, T1 se bloquea, el LED verde se ilumina y el rojo queda apagado.

Experiencia 8: Flip - Flop



Montaje



Esquema teórico

Como se puede observar en la figura, el circuito no ha cambiado.

Para esta experiencia se precisa solo un trozo de hilo pequeño.

Para que el LED rojo también se ilumine, se bloqueará voluntariamente el transistor T2.

Hacer contacto con un hilo entre los bornes (8) y (7)

El LED rojo se ilumina y el verde se apaga

Con un hilo se ha «robado» la corriente de la base de T2, conectando simplemente el borne 980 con el borne negativo.

- Cuando T2 no recibe corriente de base, se bloquea
- Cuando T2 se bloquea, T1 recibe una corriente de base a través de R1 y conduce
- Cuando T1 conduce, «roba» la corriente de base de T2

En consecuencia el LED rojo queda iluminado y el verde apagado.

Si se quiere ver que el LED verde se ilumina nuevamente, bloquear T1, corto circuitando con un hilo los bornes (5) y (7).

El circuito en sí mismo no cambia de estado. Hay dos estados estables y no puede bascular de un lado a otro más que de una forma forzada. El circuito se denomina bi-estable.

Dado que este montaje puede salvaguardar el último estado alimentado durante cierto tiempo, se utiliza este procedimiento en las máquinas de calcular o en los ordenadores como memoria electrónica.

Se puede hacer igual, para ello,

Conectar a cada uno de los bornes (5) y (7) un hilo largo y realizar un contacto entre las dos puntas que por ejemplo, corresponderían a una puerta cerrada. El circuito señalaría entonces cuando se abre la puerta.

Después de la alimentación el LED verde se ilumina

Conectar ahora con un hilo los bornes (7) y (8) para que el LED rojo se ilumine. Así si alguien utiliza la puerta «vigilada», el LED verde se iluminará.

Después de una interrupción de corriente, el circuito no se puede reiniciar con el encendido del LED rojo, en consecuencia, después de la alimentación, el LED verde se iluminará siempre.

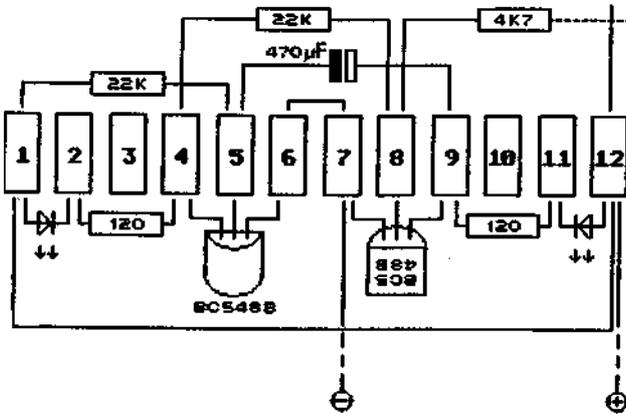
Únicamente en el caso en que alguien conozca el montaje, podrá hacer iluminar el rojo.

Si se quiere controlar una puerta con este montaje, se debe instalar el montaje en el exterior.

Experiencia 9: El reloj quiz

Cambiar el montaje o construirlo como se indica en la figura

Montaje

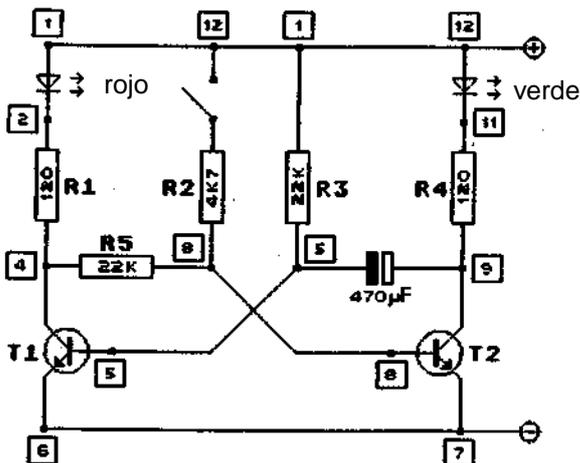


La pata libre de la resistencia de 4,7 kOhm y el hilo que parte del borne (12) inicialmente, no deben tocarse.

Efectuar un contacto entre las dos patas del condensador electrolítico, con un hilo o con un destornillador para descargarlo. Seguidamente alimentarlo y observar que pasa.

El LED verde se ilumina muy rápidamente, después se ilumina el LED rojo y se apaga el verde.

Esquema teórico



Explicación:

Después de la alimentación, los dos transistores están inicialmente bloqueados y el condensador electrolito se carga.

T2 podría recibir por medio del LED rojo, de R1, después de R5 una corriente de base, pero T1 recibe directamente del polo positivo una corriente de base a través de R3 y gana la carrera, mientras T1 conduce y «roba» la corriente de base de T2. En consecuencia el LED rojo se ilumina y el verde queda apagado. Ahora el montaje cambia de estado por sí mismo.

¿ Porque el LED verde se ilumina rápidamente al inicio ?

En la experiencia 4 se vio que un condensador se puede cargar de corriente.

Gracias a la base del transistor T1, el condensador electrolito esta conectado al polo negativo. La corriente procedente del borne positivo pasando por la resistencia R3, no cambia nada de esto, pasa también por T1 hasta el negativo.

La conexión de la pata positiva del condensador electrolito se hace al borne (9). De esta forma T2 se bloquea y una corriente de carga puede, por medio del LED verde de R4, pasar al condensador. El LED verde se ilumina rápidamente gracias a esta corriente de carga. El condensador se carga de forma rápida, después de cargado el condensador, no pasa mas corriente y el LED verde se apaga.

Mientras se alimenta y desconecta el circuito, solo se ilumina el LED rojo, el verde no se puede iluminar porque el condensador esta aún cargado. Aplicar rápidamente el hilo de la resistencia de 4,7 kOhm en el borne (12) y observar que pasa.

El LED verde se ilumina y el rojo se apaga, después de unos instantes, el verde se apaga y el rojo se ilumina como antes.

Explicación:

Mientras R2 esta conectada al positivo, una corriente de base, suficientemente grande, pasa a T2 a través de la resistencia de 4,7 kOhm, por lo que el transistor esta en fase de paso. T1 continua siendo pasante durante una fracción de segundo, pero no puede «robar» la corriente de base de T2 porque R5 se sitúa entre los dos y su valor de 22 kOhm, representa un obstáculo demasiado grande. Así queda T2 siempre pasante.

Mientras T2 es pasante, la pata positiva del condensador esta conectada al negativo por medio de T2 y este se descarga.

Después de la descarga del condensador, no puede salir fácilmente corriente de la pata positiva pero al mismo tiempo, se necesita otro tanto de corriente que entra en la pata negativa del condensador. Esta corriente solo puede provenir de R3, así el condensador durante la carga, utiliza corriente de base de T1 y pone a T1 en fase de bloqueo.

Mientras T1 esta bloqueado, T2 recibe su corriente de base por medio de R5. El LED verde continua iluminado aunque el contacto entre R2 y el borne (12) se pierda. Como solo circula poca corriente a través de la gran resistencia R3 (22 kOhm), T2 no será pasante y en consecuencia el condensador electrolito solo puede descargarse lentamente.

Pero mientras el condensador se descarga, T1 recibe nuevamente corriente de base, se convierte en pasante y «roba» la corriente de base de T2. T2 se bloquea de nuevo y el condensador comienza a cargarse, por ello el LED verde permanece un poco iluminado. Ahora el estado de salida es de nuevo estable.

En consecuencia este circuito tiene un solo estado estable, es por lo que se le denomina monoestable.

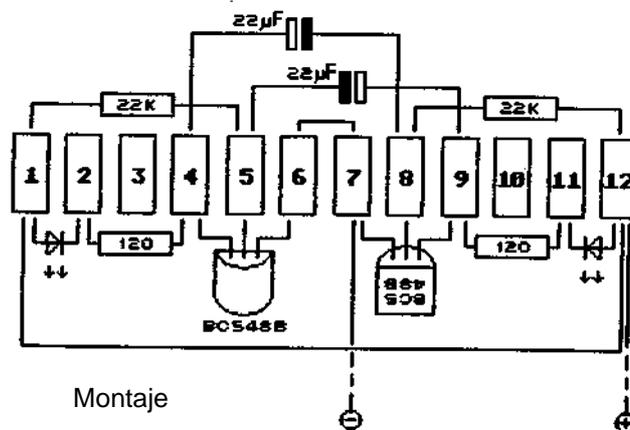
NOTA: Probablemente no se entienda a la primera, las cosas se han complicado un poco. Leer atentamente las instrucciones varias veces observando siempre el esquema teórico.

Si se ha comprendido este montaje, también se comprenderán los siguientes sin ninguna dificultad. Continuar pues con las otras experiencias, cuando se haya aprendido esta.

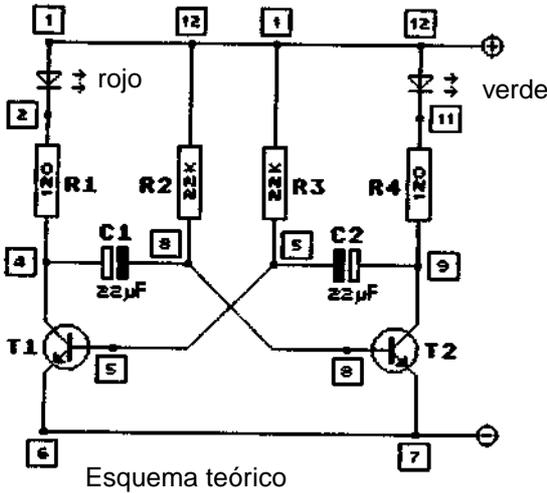
Experiencia 10: El doble intermitente

Cambiar el montaje o construirlo como se indica en la figura.

¡Asegurar que los dos condensadores estén conectados al polo adecuado!



El LED rojo y el verde se encienden alternativamente.
 En realidad la explicación es simple si se ha comprendido la experiencia anterior.



Mientras un transistor conduce, «roba» la corriente de base del otro transistor, se descarga su condensador y por tanto lo bloquea. El condensador del transistor bloqueado esta cargado. Mientras el condensador de uno de los transistores esta descargando, el otro transistor se convierte en pasante descargando su condensador y «robando» la corriente de base al otro transistor y así sucesivamente.

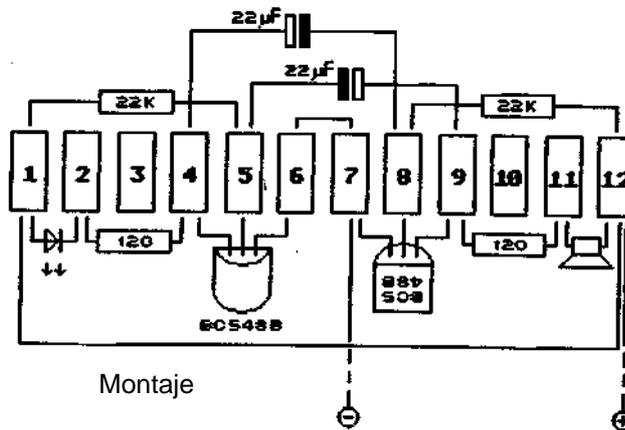
El tiempo de descarga del condensador (es decir el tiempo de intermitencia) depende de la capacidad del condensador electrolito y de las resistencias R2 y R3. Pequeñas resistencias o condensadores pequeños reducen el tiempo de descarga. Grandes valores, alargan el tiempo de descarga.

Volver a empezar la experiencia cambiando uno de los condensadores electrolitos por uno de 470 microfara-dios.

Por supuesto, se puede hacer la experiencia con otras resistencias, pero se ha de tener presente sin embar-go que R2 y R3 no deben ser inferiores a 2,7 kOhm.

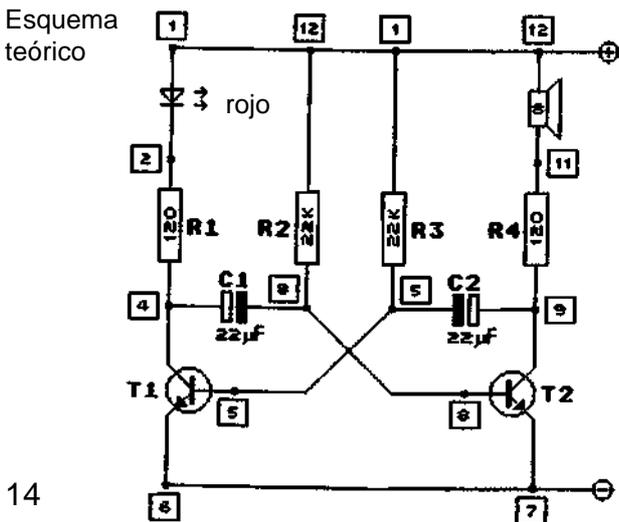
Experiencia 11: El metrónomo

Cambiar el montaje o construirlo como se indica en la figura.



La diferencia con el montaje anterior es muy pequeña: el LED es sustituido por un altavoz.

!Alimentar el circuito y escuchar que pasa!



El LED rojo se ilumina de nuevo y el altavoz emite crujidos.

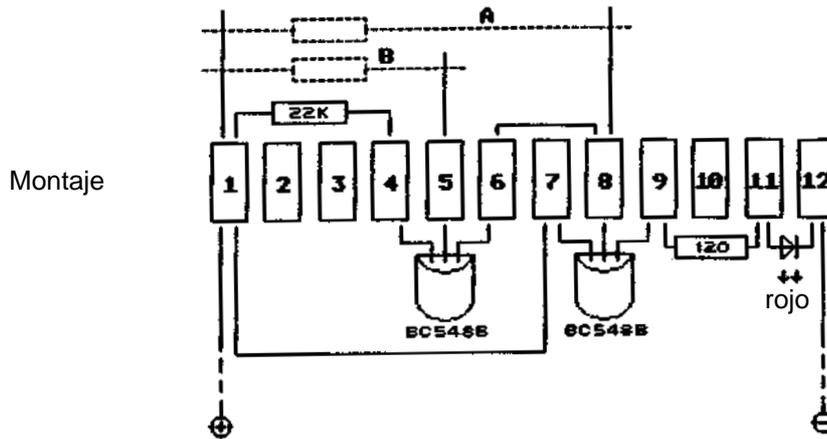
Cada vez que el transistor T2 conduce, la mem-brana del altavoz se contrae. Si se pone la mano sobre el altavoz, se nota.

El altavoz no hace honor a su nombre en este tipo de montaje. Lo que se esta buscando es su princi-pio de funcionamiento.

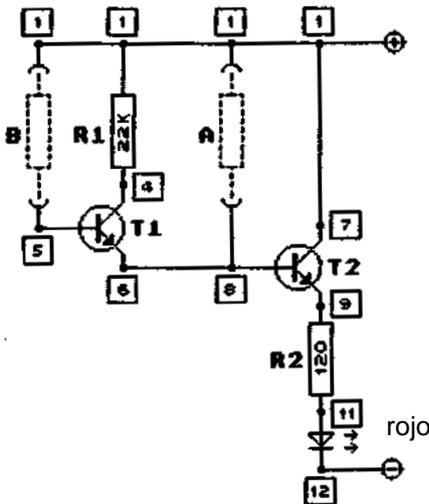
Mas adelante se estudiara otro montaje que utiliza realmente el altavoz y lo hace vibrar.

Experiencia 12: El montaje Darlington

Para esta experiencia se necesitan dos transistores normales tipo BC 548BC{.....}
 Para realizar este montaje no es necesario desmontar el anterior de la experiencia 11.
 Utilizar ahora la otra regleta de conexiones y realizar el montaje que se indica en la figura.



Esquema teórico



Alimentar el circuito y poner la resistencia de 22 kOhm en los extremos de los bornes (1) y (8). El LED se iluminará intensamente ya que T2 recibe suficiente corriente de base (T1 no hace aún ninguna función).

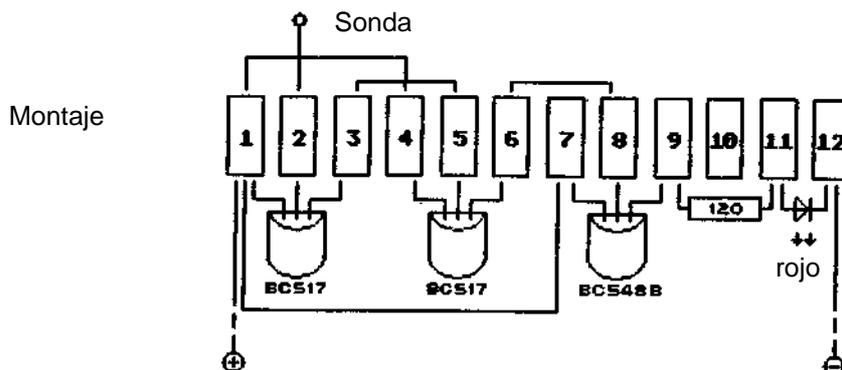
Cambiar ahora la resistencia por una resistencia de 1MOhm. El LED se iluminará más débilmente. Sin embargo esta iluminación demuestra que el transistor está aún un poco pasante.

Cambiar ahora la resistencia de 1MOhm al extremo de los bornes (1) y (5). El LED se iluminará intensamente indicando que T2 recibe una corriente abundante.

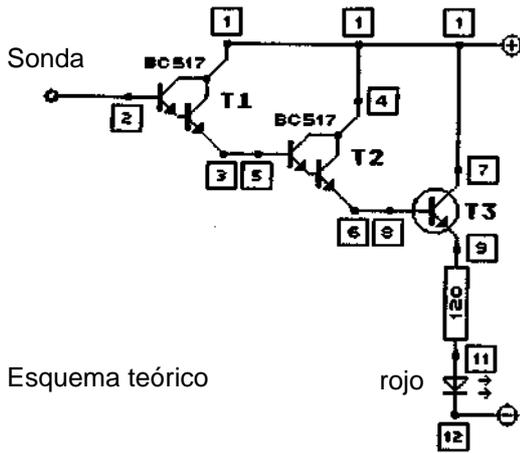
NOTA: Como ya se ha visto antes, la débil corriente pasando por la resistencia de 1 MOhm es suficiente para permitir a un transistor ser un poco pasante. Es lo que sucede ahora con T1. La corriente más importante del colector de T1 es la corriente de base de T2. En consecuencia T2 recibe una corriente de base suficiente para ser pasante.

Como los montajes Darlington se utilizan con mucha frecuencia, se desarrollan transistores especiales como los BC 517 con la apariencia exterior idéntica a los transistores normales y son utilizados de la misma manera. La diferencia está en que en su interior están compuestos por dos transistores en montaje Darlington.

Experiencia 13: El electroscopio



En el esquema teórico es evidente que los dos transistores Darlington y el transistor normal forman un montaje Darlington de cinco niveles.



Esquema teórico

Uno se puede imaginar que este montaje es sensible a corrientes muy débiles.

NOTA: El cable que se utiliza con la sonda del borne (2) no debe estar nunca en contacto con un componente que tenga corriente. Los transistores no la podrían soportar. El hilo de la sonda debe estar así siempre aislado (excepto naturalmente por el extremo que esta dentro del borne (2)).

Alimentar el circuito

Tomar un objeto de material sintético (una regla de plástico por ejemplo), frotarla con velocidad sobre la ropa, acercarla al cable de la sonda y alejarla enseguida.

El LED se ilumina cada vez que se aleja la regla.

¿Cómo sucede esto si no hay contacto físico con la sonda? Se sabe que el diodo se ilumina mientras el primer transistor recibe una corriente de base. En consecuencia debe pasar corriente en la sonda.

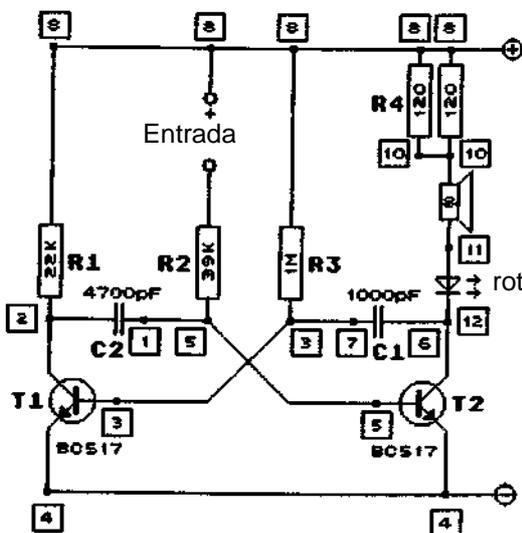
Como se ha frotado la regla sobre un tejido, la regla ha cedido algunos electrones al tejido y por tanto la regla se ha quedado con una carga positiva. Al acercarla al hilo de la sonda, los electrones del hilo han sido atraídos por la regla.

Si la regla se aparta súbitamente, los electrones tienen un movimiento inverso y vuelven al sitio inicial (cable) lo que significa que circula una corriente en el hilo de la sonda.

Aunque esta corriente sea infinitamente pequeña, es suficiente para permitir la iluminación del LED en un montaje Darlington de cinco niveles.

Experiencia 14: El «centinela»

Esquema teórico



Estudiar el montaje de la figura y compararlo con el de la experiencia 10.

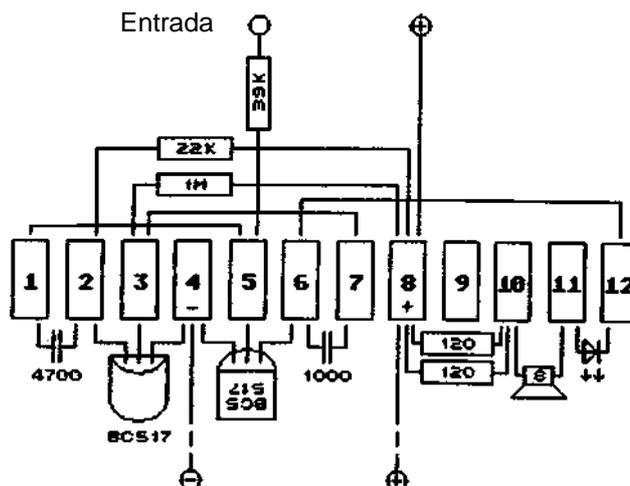
Hay muchas similitudes con el doble intermitente, aunque como en la experiencia 11, el altavoz se utiliza como testigo sonoro.

Los condensadores son aquí de mucha menos capacidad para que el circuito conmute mas rápidamente, algunas miles de veces por segundo.

La consecuencia de ello, es que la membrana del altavoz sube y baja (vibra) muy rápidamente. Se oye más un ruido explosivo que un sonido. Como el LED esta atravesado por la misma corriente, se encenderá y apagará miles de veces por segundo, aunque nuestros ojos no trabajan tan a prisa, no se apreciara y el LED parece permanecer encendido.

Para el montaje, utilizar la segunda regleta de conexiones que quedo montada en la experiencia 11, ya que el «centinela» se utilizará en todas las experiencias siguientes.

Montaje



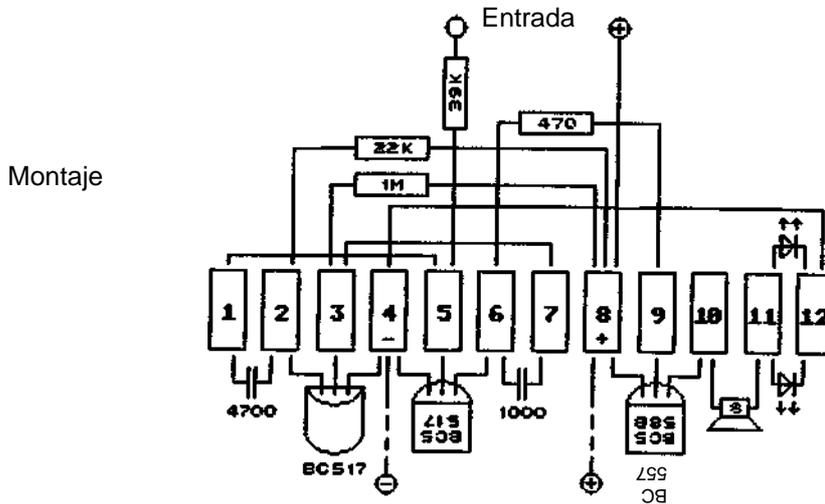
Para que el «centinela» chirrie solo debe conectarse la entrada con el polo positivo. Se puede hacer con un hilo. También es suficiente, coger la entrada con una mano y con la otra tocar el polo positivo.

NOTA:

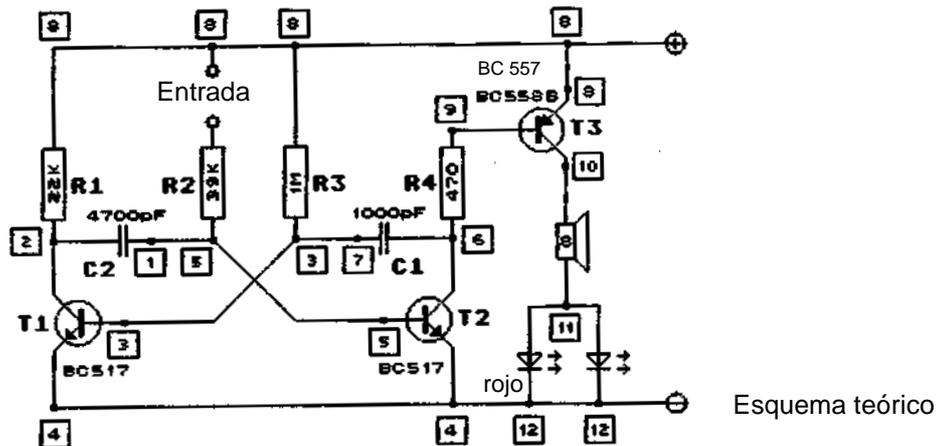
Las dos resistencias de 120 Ohm aquí están en paralelo y funcionan como una resistencia de 60 Ohm

Experiencia 15: El «supercentinela»

En la ultima experiencia no se han dado demasiados detalles, porque el montaje del «centinela» es simple y por ello más fácil de comprender, pero no es muy ruidoso. Como se desea utilizar el montaje como medio de control de otros montajes, se ha de aumentar la intensidad del sonido. Completar el montaje



El montaje no es simple, porque los tres transistores y otros elementos deben añadirse a la regleta. Por ello, se debe controlar que no se produzcan cortocircuitos en los cruces.



Como se puede observar en el esquema de la figura se añade un transistor de otro tipo, el BC 558/557B {...}. Se trata de un transistor PNP de estructura opuesta a los transistores NPN, es decir, que esta construido de una forma inversa a nivel de sus capas. Por ello en el esquema teórico, la flecha del emisor no indica el negativo sino el positivo. Por lo demás funcionan como los otros.

¿Que función suplementaria presenta este transistor?

Es muy simple: debe permitir aportar el sonido deseado al altavoz con la mayor corriente posible.

Para ello entre el positivo y el negativo en el exterior del transistor, no hay mas que los dos LED y el altavoz. Dado que un LED (en este caso) representa para la corriente demasiada resistencia, se utilizará el mismo truco que para el montaje en paralelo ya visto en la experiencia anterior con las dos resistencias de 120 Ohm.

Dos LED en paralelo ofrecerán la mitad de resistencia que uno solo.

Por otra parte, los dos LED soportan esta sobrecarga sin resistencia de protección porque no reciben corriente continuamente sino por periodos, que aunque sean breves, van precedidos de periodos de reposo.

En un «centinela» normal, se puede observar que además de un altavoz y de un LED hay una resistencia de 60 Ohm antes del colector de T2. Hay un motivo muy simple: si la resistencia fuera demasiado grande o demasiado pequeña, la intermitencia no funcionaría bien.

Por la misma razón en el «supercentinela» hay una resistencia de 470 Ohm, que es lo bastante pequeña para una resistencia de colector, como para que el montaje conmutador funcione correctamente y lo bastante grande como para que T3 no reciba demasiada corriente de base.

¿Que hace tan super el supercentinela?

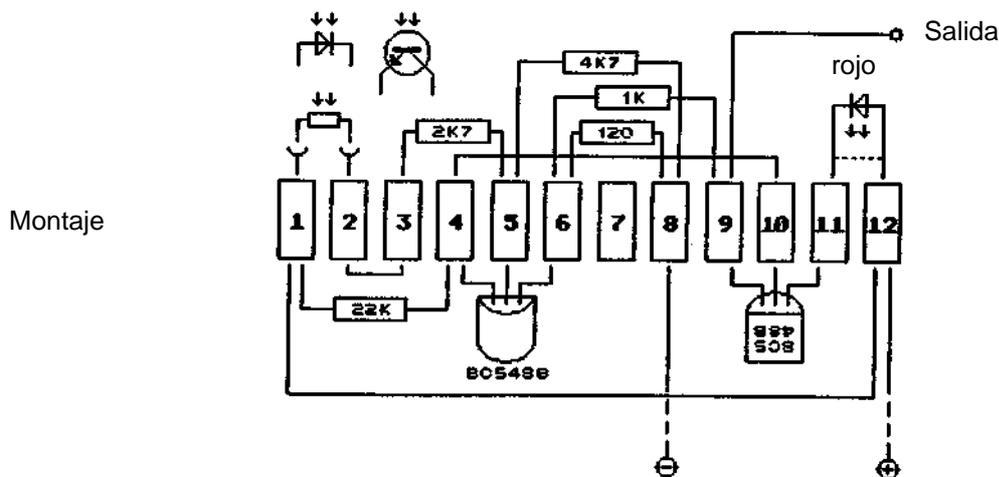
- 1.- Mientras el montaje esta inactivo (cuando no hace ruido), utiliza menos corriente, consumiendo menos.
- 2.- El circuito es más fiable de modo que no se deteriora cuando la entrada esta conectada directamente al polo positivo.
- 3.- El circuito es más sensible ya que una corriente más pequeña que una diez millonésima de amperio (no medible con los procedimientos normales) en la entrada, es suficiente para recibir de una manera audible una señal.
- 4.- El circuito es utilizable universalmente ya que se puede combinar con un numero infinito de circuitos de sensores ópticos o acústicos.

¿Que se puede hacer con el «supercentinela»?

Poner tantos compañeros de clase como se pueda en un gran circulo. El primero coge el polo positivo y el ultimo la entrada. Cuando se cojan de las manos, el «supercentinela» lo indicara de forma innegable. Pero cuando uno rompa el circulo, el «supercentinela» se quedara mudo. La experiencia se ha hecho con 60 escolares y hasta con mas de 120.

Experiencia 16: La barrera luminosa

Este circuito no se puede utilizar solo ya que necesita otro montaje como circuito indicador, por ello se unirá al «supercentinela» de la experiencia 15.



Construir el circuito en la regleta 1 y dejar la regleta 2 con el montaje del «supercentinela». Conectar cada borne (+) y (-) de los dos montajes para que puedan estar alimentados por la misma pila y conectar por otra parte la salida de la barrera luminosa con la entrada del «supercentinela».

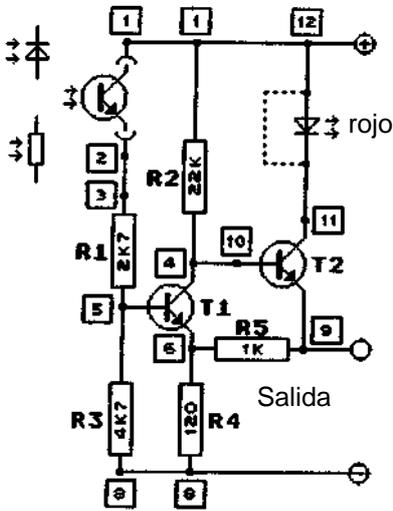
Gracias a la experiencia 5 se sabe que el sensor reacciona ante los rayos de luz procedentes de los lados, pero en este caso no es deseable. Por ello se debe colocar un tubito negro de unos 3 cm que no deje pasar la luz y cuyo interior sea un poco mayor que el sensor. Cortar también un trocito de corcho o de goma que pueda entrar en el tubito.

Colocar el sensor, de unos 1,5 a 2 cm, en el tubito y rellenar con el corcho o la goma la separación entre las patas del sensor de forma que no se puedan tocar. Ahora la luz solo debe entrar por la abertura del extremo abierto del tubito.

Si se quiere probar la barrera luminosa colocar el montaje completo o el sensor de forma que la abertura del tubito reciba luz, natural o artificial.

Cuando se pasan los dedos por la abertura del tubito, el «supercentinela» envía una señal correspondiente a cada interrupción de la luz.

El circuito de la barrera luminosa tiene, como otros montajes, muchas particularidades que ya se habrán comprendido.



Esquema teórico

Mientras el sensor esta iluminado ofrece muy poca resistencia a la corriente. La corriente parte del (+) y pasa a través del sensor, después por R1 y una parte a través de R3 hasta el borne (-) puesto que R3 es relativamente grande, la mayor parte pasa a través de la base T1, después por R4 hasta el borne (-) puesto que R4 es relativamente pequeña.

T1 esta entonces pasante y por ello la corriente partiendo de (+), pasando a través de R2 no traspasa la base de T2, pues sobre el emisor se encuentra aun la resistencia R5 de 1 kOhm.

El recorrido a través de T1 y R4 presenta mucha menos resistencia. Al no recibir corriente de base, T2 esta bloqueado y no deja pasar corriente de salida. Si el sensor no recibe luz, ofrece mucha resistencia a la corriente: La débil corriente que llega a través del sensor y R1 se ve mas disminuida al pasar por R3 y una parte es derivada al (-). en consecuencia, la base de T1 no recibe corriente suficiente y T1 se bloquea. Cuando T1 esta bloqueado, la corriente proveniente de R2 no puede pasar mas que a través de T2 y entonces T2 se convierte en pasante. Cuando T2 es pasante, la salida esta prácticamente directa al borne (+). La entrada del montaje siguiente recibe entonces una tensión completa y el «supercentinela» muestra el resultado correspondiente.

Se habrá observado que los emisores de los dos transistores no están conectados directamente al (-). A continuación se exponen algunos motivos:

Cuando T1 conduce, la corriente procedente de su emisor no va directamente al negativo ya que ha de pasar por la resistencia R4. Es decir hay un filtro delante de R4.

Ahora T2 debería estar pasante y para ello debe recibir una corriente de base, pero esta corriente debe pasar aun por el filtro de delante de R4.

La consecuencia de todo ello es que el montaje no debe reaccionar a todas las variaciones del alumbrado, mostrando una gran estabilidad y fiabilidad de funcionamiento.

Inversamente, cuando T2 esta pasante, su corriente del emisor vigila el filtro de delante de R4. Por tanto T1 no puede ser pasante sea cual sea el aumento del alumbrado y en este estado, el montaje muestra una gran estabilidad y una gran fiabilidad de funcionamiento.

En ambos casos debe sobrepasarse una tensión de umbral antes de que el montaje bascule de uno a otro estado. Este montaje se llama montaje de tensión de umbral o Trigger.

Si cuando se construye el montaje de la barrera luminosa se quiere controlar su funcionamiento, colocar un LED (que solo se ilumina débilmente) y cuando se conecta con el «supercentinela» se cambia el LED por un hilo.

Experiencia 17: El detector de agua

El circuito utilizado es el mismo que el de la experiencia 16

Se utiliza el «supercentinela» como medio de control.

En lugar del sensor óptico se utilizaran dos simples hilos con un extremo sin aislamiento, uno yendo al borne (1) y el otro al borne (2)

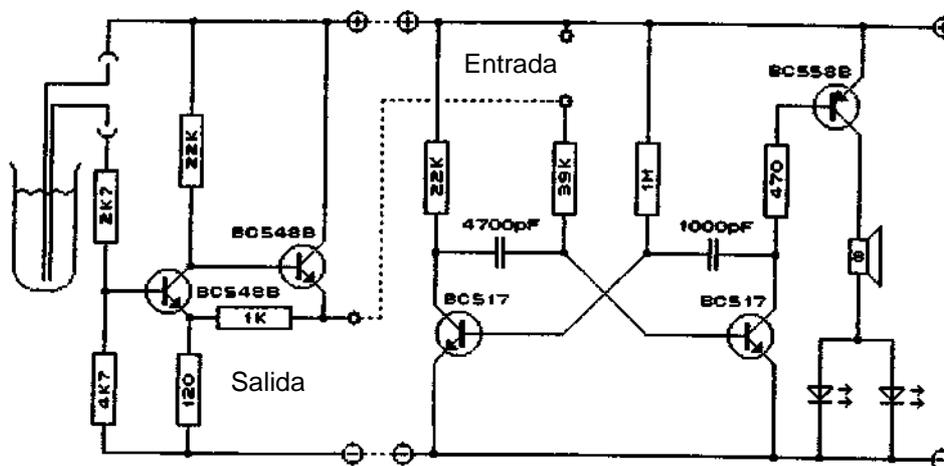
Si se observa el circuito en acción, cuando chirría es porque la corriente no circula entre los bornes (!) y (2).

Si se conectan los dos cables, el sonido desaparece.

Sumergir ahora los dos extremos de los hilos en un vaso lleno de agua o en una maceta regada recientemente. Procurar que los dos extremos del hilo estén cerca uno de otro, pero que no se toquen. El agua conduce la corriente y hace que el «supercentinela» no chirría. Pero si baja el nivel de agua o se acaba, el «supercentinela» envía una señal de alarma.

Para que esto funcione de forma inversa y envíe una señal de alarma cuando aumente el nivel de agua es aun, más simple. Solo se necesita el «supercentinela».

Poner el hilo de entrada y el del (+) uno al lado del otro y detectara incluso cuando llueve o en el sótano, avisara si hay inundación.



El esquema teórico muestra como se puede conectar el montaje de la barrera luminosa u otro montaje con el «supercentinela». Se puede por ejemplo abrir una puerta, contar objetos, asegurar pasos y maquinas como por ejemplo prensas y guillotinas.

El mismo montaje sirve para el alumbrado nocturno que con la llegada de la luz del día se apaga.

Otras aplicaciones:

El mismo montaje Trigger de las experiencias 16 y 17 se pueden utilizar con otros objetivos si se cambia el sensor óptico.

Si se utiliza una resistencia termodinámica en el que su valor cambia con la temperatura, se crea una alarma de incendios o de aumento de temperatura (para neveras por ejemplo) o inversamente una alarma de frío.

Las resistencias termodinámicas son muy caras y no se pueden suministrar en el kit.

Las verdaderas alarmas de incendios o de frío, trabajan de una forma idéntica a la del montaje.

NOTA: Si se quieren hacer otros montajes con el «supercentinela» adaptarlos a los ejemplos anteriores.

En los otros montajes no hay una salida característica. Se encontrara fácilmente: para todos los otros montajes utilizar la pata del colector del transistor como salida. En este caso no se puede estropear nada.

Probar por ejemplo con el montaje del doble intermitente, el «supercentinela» chirriara al mismo ritmo que el intermitente. Se ocurrirgan otras combinaciones.

Tabla de equivalencias entre transistores

Leyenda:

| | | |
|-------|---|--|
| Ptot | = | Perdida de rendimiento máximo autorizado |
| UCBO | = | Tensión máxima autorizada |
| ICmax | = | Corriente de colector máxima autorizada |
| IC/IB | = | Factor de amplificación de corriente |

| Transistores NPN | Ptot | UCBO | ICmax | IC/IB |
|------------------|-------|------|-------|---------|
| BC 548 B | 0,5 W | 30 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 107 B | 0,3 W | 45 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 108 B | 0,3 W | 30 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 170 C | 0,3 W | 20 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 171 B | 0,3 W | 50 V | 0,1 A | 240-500 |
| BC 172 B | 0,3 W | 30 V | 0,1 A | 240-500 |
| BC 174 B | 0,3 W | 70 V | 0,1 A | 240-500 |
| BC 237 B | 0,3 W | 50 V | 0,1 A | 240-500 |
| BC 238 B | 0,3 W | 30 V | 0,1 A | 240-500 |
| BC 546 B | 0,5 W | 80 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 547 B | 0,5 W | 50 V | 0,1 A | 200-450 |

| Transistores PNP | Ptot | UCBO | ICmax | IC/IB |
|------------------|-------|-------|-------|---------|
| BC 558/557 B | 0,5 W | -30 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 251 B | 0,3 W | -45 V | 0,1 A | 180-460 |
| BC 252 B | 0,3 W | -25 V | 0,1 A | 180-460 |
| BC 261 B | 0,3 W | -45 V | 0,1 A | 180-460 |
| BC 262 B | 0,3 W | -25 V | 0,1 A | 180-460 |
| BC 307 B | 0,3 W | -45 V | 0,1 A | 180-460 |
| BC 308 B | 0,3 W | -25 V | 0,1 A | 180-460 |
| BC 556 B | 0,5 W | -80 V | 0,1 A | 200-450 |
| BC 557 B | 0,5 W | -50 V | 0,1 A | 200-450 |

| N - Darlington - Tr. | Ptot | UCBO | ICmax | IC/IB |
|----------------------|---------|------|-------|---------|
| BC 517 | 0,625 W | 40 V | 0,4 A | >30 000 |

NOTA: Para este transistor no hay ningún sustituto

Material necesario

El material necesario para realizar las experiencias es el siguiente:

| Cantidad | Elemento |
|----------|--|
| 2 | BC 548 B (Transistor NPN) |
| 1 | BC 558/557 B (Transistor PNP) |
| 2 | BC 517 (Transistor Darlington N) |
| 1 | LDR/LDD/LDT |
| 3 | LED rojo (diodo electroluminiscente 5 mm diámetro) |
| 1 | LED verde (diodo electroluminiscente 5 mm diámetro) |
| 1 | 470 nF (Condensador electrolito) |
| 2 | 22 nF (Condensador electrolito) |
| 1 | 4.700 pF (Condensador) |
| 1 | 1.000 pF (Condensador) |
| 1 | Altavoz de 8 Ohm - 0,2 W - 57 mm |
| 2 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 120 Ohm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 470 Ohm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 1 kOhm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 2,7 kOhm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 4,7 kOhm |
| 3 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 22 kOhm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 39 kOhm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 56 kOhm |
| 1 | Resistencia 1/4 W - 5 % de 1 MOhm |
| 2 | Regletas para conexiones (distancia de 7,5 mm entre contactos) |
| 2 | Cables con pinzas cocodrilo (para conexión a la pila) |
| 1 | Hilo eléctrico de 200 cm aproximadamente. |

Lista de los componentes y experiencias en los que se utilizan

| Elemento | Se utiliza en la experiencia numero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|---|---|---|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| BC 548 B (NPN) | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | 16 | 17 | | | | |
| BC 548 B (NPN) | | | | | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | | 16 | 17 | | | |
| BC 558/557 B (PNP) | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | + | + | | | |
| BC 517 (N-D) | | | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | + | + | | | | |
| BC 517 (N-D) | | | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | + | + | | | | |
| LDR | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | 16 | | | | |
| LED (Verde) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | | | | | | |
| LED (Rojo) | | 2 | | | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | | | | | | | | |
| LED (Rojo) | | | | | | | | | | | | 12 | 13 | 14 | 15 | + | + | | | | |
| LED (Rojo) | | | | | | | | | | | | | | | 15 | + | + | | | | |
| 120 Ohm | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | 16 | 17 | | | | |
| 120 Ohm | | | | | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | 14 | | | | | | | |
| 470 Ohm | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 15 | + | + | | | |
| 1 KOhm | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 17 | | | |
| 2,7 KOhm | 1 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 17 | | |
| 4,7 KOhm | 1 | | | 4 | 5 | | | | | 9 | | | | | | | | | 16 | 17 | |
| 22 KOhm | 1 | | 3 | | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | 16 | 17 |
| 22 KOhm | | | | | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | |
| 22 KOhm | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 15 | + | + | | | |
| 39 KOhm | 1 | | | | | | | | | | | | | | 14 | 15 | + | + | | | |
| 56 KOhm | | | | | | | 7 | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 MOhm | 1 | | 3 | | | | | | | | | 12 | | 14 | 15 | + | + | | | | |
| 1000 pF | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 15 | + | + | | | |
| 4700 pF | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 15 | + | + | | | |
| 22 µF | | | | 4 | | | | | | 10 | 11 | | | | | | | | | 16 | 17 |
| 22 µF | | | | | | | | | | 10 | 11 | | | | | | | | | | |
| 470 µF | | | | 4 | | | | | 9 | 10 | | | | | | | | | | | |
| Altavoz | | | | | 11 | | | | | 14 | | 15 | | | + | | | | | | + |

(+) = Necesario para el "supercentinela"