



APLICACIONES con

En la revista N°274 publicamos varios esquemas sencillos y muy prácticos que utilizaban como elemento principal una fotorresistencia. Hoy cumplimos la promesa que hicimos aquel entonces de publicar más circuitos de aplicación analizando en detalle su funcionamiento y desarrollando kits asociados.

Antes de pasar al análisis de los **5 circuitos** que proponemos en esta ocasión creemos conveniente, para su comprensión, repasar brevemente el **comportamiento eléctrico** de una **fotorresistencia**.

La fotorresistencia es un **semiconductor** que convierte la **luz absorbida** en una **variación de resistencia** del material. En otras palabras, la fotorresistencia **cambia su valor resistivo** al **variar la luz** que incide sobre ella, en concreto su **resistencia es inversamente proporcional** a la cantidad de **luz recibida**.

A medida que **aumenta** la cantidad de **luz** sobre la fotorresistencia su **resistencia eléctrica disminuye** permitiendo el paso de la **corriente sin dificultad**. Ahora bien, cuando la cantidad de **luz** que incide sobre la fotorresistencia **desciende** su **resistencia eléctrica**

aumenta alcanzando valores muy altos, lo que **impide** el paso de la **corriente eléctrica**.

En efecto, cuando las **fotorresistencias** están en la **oscuridad** presentan valores óhmicos de **5 a 100 Megaohmios**, mientras que cuando incide la **luz** sobre ellas los valores pasar a estar en un rango entre **50 y 500 ohmios**.

Como consecuencia la **corriente eléctrica** que atraviesa la **fotorresistencia** es **directamente proporcional** a la **intensidad** de la **fuerza luminosa** a la que es sometida, hecho lógico teniendo ya que la **resistencia** y la **intensidad** son **inversamente proporcionales**.

Dadas sus características se utiliza en muchos automatismos: **Controles crepusculares, circuitos de apertura o cierre automáticos, dispositivos de seguridad**, etc.

A veces puede ser útil disponer de un **circuito** que emita una **señal sonora** cuando **incide luz** sobre una **fotorresistencia**.

Las **aplicaciones** de un circuito de este tipo son **muchas**.

Por ejemplo, se puede utilizar como **avisador** ante la **apertura** de un cajón, de un pequeño armario, de un escritorio, etc. para controlar que ha sido abierto.

También se puede utilizar como **avisador acústico** de un **nivel de luminosidad** determinado o, incluso, para construir una **diana electrónica** utilizando como "arma" un proyector de luz.

Para realizar este circuito hemos utilizado **dos integrados CMOS** tipo **CD.4002**, cada uno compuesto de **2 puertas NOR de 4 entradas**, y **dos transistores finales** para controlar un **altavoz de 8 ohmios**.

Las puertas NOR **IC1/A** e **IC1/B** forman la **primera etapa de oscilación** que genera una **frecuencia** subsónica de **6 hertzios** utilizada para **modular** la **segunda etapa osciladora** compuesta por las puertas **IC2/A** e **IC2/B**.

Estas últimas generan una **frecuencia acústica** de unos **800 hertzios**, que **modulada** por la frecuencia de **6 hertzios**, genera una señal que, mediante la resistencia **R5**, se aplica a las **Bases** de los transistores finales **TR1-TR2**.

FOTORRESISTENCIAS

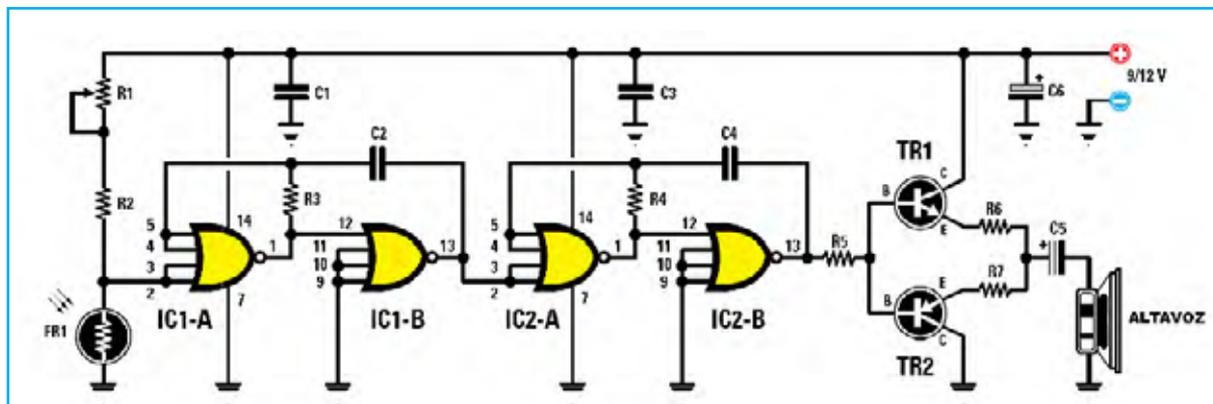
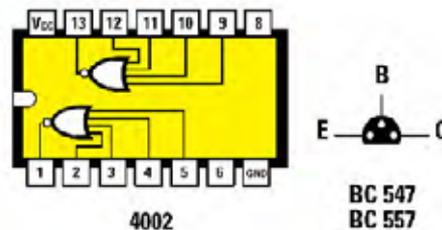


Fig.1 Esquema del circuito que emite una señal sonora cuando la luz incide sobre su fotorresistencia. En la parte inferior se muestran las conexiones de los integrados, vistas desde arriba, y de los transistores, vistas desde abajo.

LISTA DE COMPONENTES LX.5066

- R1 = Trimmer 10.000 ohmios
- R2 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- R3 = 1 Megaohmio 1/4 vatio
- R4 = 820.000 ohmios 1/4 vatio
- R5 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- R6 = 4,7 ohmios 1/4 vatio
- R7 = 4,7 ohmios 1/4 vatio
- FR1 = Fotorresistencia
- C1 = 100.000 pF poliéster
- C2 = 100.000 pF poliéster
- C3 = 100.000 pF poliéster
- C4 = 1.000 pF poliéster
- C5 = 100 microF. electrolítico
- C6 = 47 microF. electrolítico
- TR1 = Transistor BC.547
- TR2 = Transistor BC.557
- IC1 = Integrado CMOS 4002
- IC2 = Integrado CMOS 4002
- Altavoz = 8 ohmios



Cuando **incide luz** sobre la **fotorresistencia** presenta una **baja resistencia óhmica**. Como consecuencia en el terminal de **entrada 2** de la puerta NOR **IC1/A** hay un **nivel lógico 0** y en su terminal de **salida** hay un **nivel lógico 1**.

En estas condiciones se **activan las dos etapas osciladoras**.

En cambio cuando **no incide luz** sobre la **fotorresistencia** presenta una **elevada resistencia óhmica**. Como consecuencia en el terminal de **entrada 2** de la puerta NOR **IC1/A** hay un **nivel lógico 1** y en su terminal de **salida** hay un **nivel lógico 0**. En estas condiciones **no se activan las dos etapas osciladoras**.

NOTA Sustituyendo la **fotorresistencia** por un **pulsador** en el circuito se puede realizar un sencillo **timbre con sonido modulado**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.5066: Precio de todos los componentes mostrados en la **Fig.2**, **incluyendo el circuito impreso perforado y serigrafiado** **22,50€**

CS.5066: Circuito impreso **4,60€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

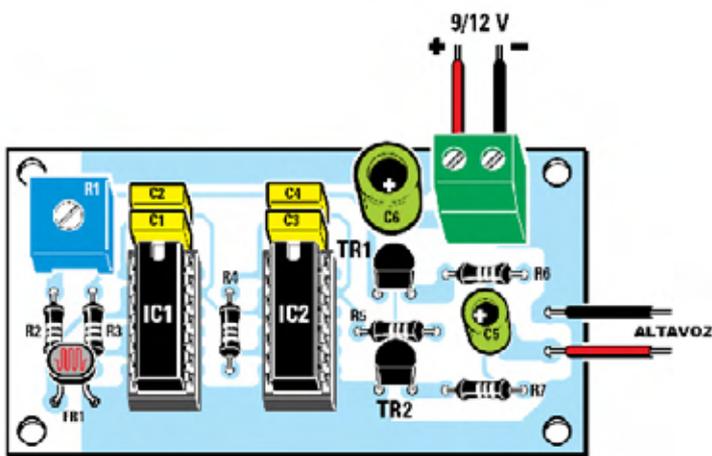


Fig.2 Esquema de montaje práctico de los componentes en el impreso LX.5066. Las muescas de referencia de los integrados IC1-IC2 han de orientarse hacia arriba, en cambio el lado plano de los transistores TR1-TR2 ha de orientarse hacia abajo

Fig.3 Fotografía de un prototipo del circuito LX.5066 con sus componentes montados. Para aumentar la calidad sonora del pequeño altavoz de 8 ohmios es conveniente utilizar una caja acústica.



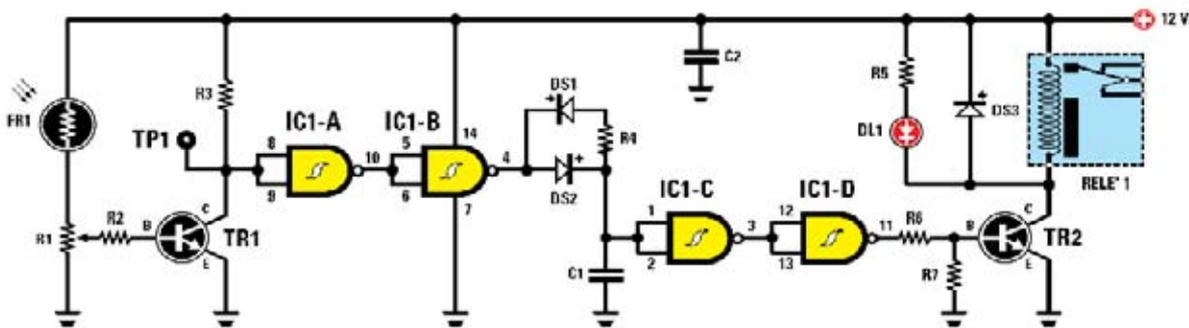


Fig.4 El relé se excita cuando la fotorresistencia FR1 está expuesta a la oscuridad. La sensibilidad se ajusta girando el cursor del trimmer R1 (ver texto).

LISTA DE COMPONENTES LX.5067

R1 = Trimmer 10.000 ohmios	R7 = 10.000 ohmios 1/4 vatio	DS3 = Diodo 1N.4007
R2 = 1.000 ohmios 1/4 vatio	FR1 = Fotorresistencia	DL1 = Diodo LED
R3 = 10.000 ohmios 1/4 vatio	C1 = 220.000 pF poliéster	TR1 = Transistor NPN BC.547
R4 = 10 Megaohmios 1/4 vatio	C2 = 100.000 pF poliéster	TR2 = Transistor NPN BC.547
R5 = 1.000 ohmios 1/4 vatio	DS1 = Diodo 1N.4150	IC1 = Integrado CMOS 4093
R6 = 10.000 ohmios 1/4 vatio	DS2 = Diodo 1N.4150	RELÉ = Relé 12 voltios 1 circuito

El circuito mostrado en la Fig.4 es **insensible** a los destellos de **luz**, todo lo contrario ... el **relé** se **excita** en la **oscuridad**. Además el circuito está provisto de un **temporizador** de unos **6 segundos**.

El **relé** se **excita** cuando la **fotorresistencia** está a **oscuras**, hecho **señalizado** mediante el encendido del diodo LED **DL1**, **desexcitándose** cuando la fotorresistencia es expuesta a la **luz** durante un **tiempo mayor** de **6 segundos**.

Como se puede observar en el esquema eléctrico la **fotorresistencia** está conectada entre el **positivo de alimentación** y el **trimmer R1**. Cuando incide **luz** sobre ella presenta una **baja resistencia óhmica**, como consecuencia en el **Colector** del transistor **TR1** (punto **TP**) hay una tensión de **0 voltios (nivel lógico 0)**.

Cuando la **fotorresistencia** está expuesta a la **oscuridad** presenta una **elevada resistencia óhmica**, esta situación provoca que en el **Colector** del transistor **TR1** haya una **tensión positiva (nivel lógico 1)**.

Puesto que estos niveles lógicos se aplican a las **dos entradas** de la puerta NAND **IC1/A**, configurada como **inversor**, en su **salida** hay un **nivel lógico inverso** al de las **entradas**.

Lo mismo sucede con puerta NAND **IC2/A**, por lo que en su **salida** hay un **nivel lógico** igual al presente en **TP1**.

Así pues cuando la **fotorresistencia** está expuesta a la **oscuridad** en la salida de la NAND **IC1/B** hay una **tensión positiva** de **12 voltios** que, mediante el diodo de silicio **DS2**, **carga** el condensador **C1**.

La señal se aplica posteriormente a las entradas de la NAND **IC1/C**, también configurada como **inversor**. Lo mismo sucede con puerta NAND **IC2/D**, por lo que en su **salida** hay un **nivel lógico** igual al presente en **TP1**, es decir un **nivel lógico 1 (12 voltios positivos)**.

Esta tensión polariza la **Base** del transistor NPN **TR2** que, al entrar en **conducción**, **excita** el **relé** conectado a su **Colector**.

Cuando incide **luz** sobre la **fotorresistencia** ésta presenta una **baja resistencia óhmica**, como consecuencia en el **Colector de TR1** no hay tensión (**nivel lógico 0**). La **doble inversión** del nivel lógico realizada por las puertas **NAND IC1/A-IC1/B** mantiene el **mismo nivel lógico** en la **salida de IC1/B**.

En estas condiciones el condensador **C1** se **descarga lentamente** a través de la resistencia **R4**, de **elevado valor**, y del diodo **DS1**.

Transcurridos unos **6 segundos** la tensión en los contactos de **C1** habrá alcanzado el nivel de **umbral inferior** de forma que la **NAND IC1/C** conmutará su salida de **nivel lógico 0** a **nivel lógico 1**, que, por último, será **invertido** por la siguiente **NAND** provocando la **desexcitación** del relé.

El **trimmer R1** debe **regularse** para que con **luz** presente se **apague** el **diodo LED** y cuando **no incida luz** sobre la **fotorresistencia** el **diodo LED** se **encienda** y el **relé** se **excite**.

El **procedimiento de ajuste** es el siguiente: Después de haber conectado un **téster** en **TP1**, ajustado para medir tensión, hay que poner la **fotorresistencia a oscuras** y **girar** lentamente el **cursor del trimmer R1** hasta leer una **tensión** de unos **10-11 voltios**. En estas condiciones el **relé** se **excita** y el **diodo LED DL1** se **enciende**.

Al **iluminar** la **fotorresistencia** la tensión en **TP1** tiene que bajar hasta **0 voltios**. Después de **unos 6 segundos** el **relé** se **desexcita** y el **diodo LED** se **apaga**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.5067: Precio de todos los componentes mostrados en la **Fig.5**, **incluyendo el circuito impreso** perforado y serigrafiado **19,80€**

CS.5067: Circuito impreso **3,00€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

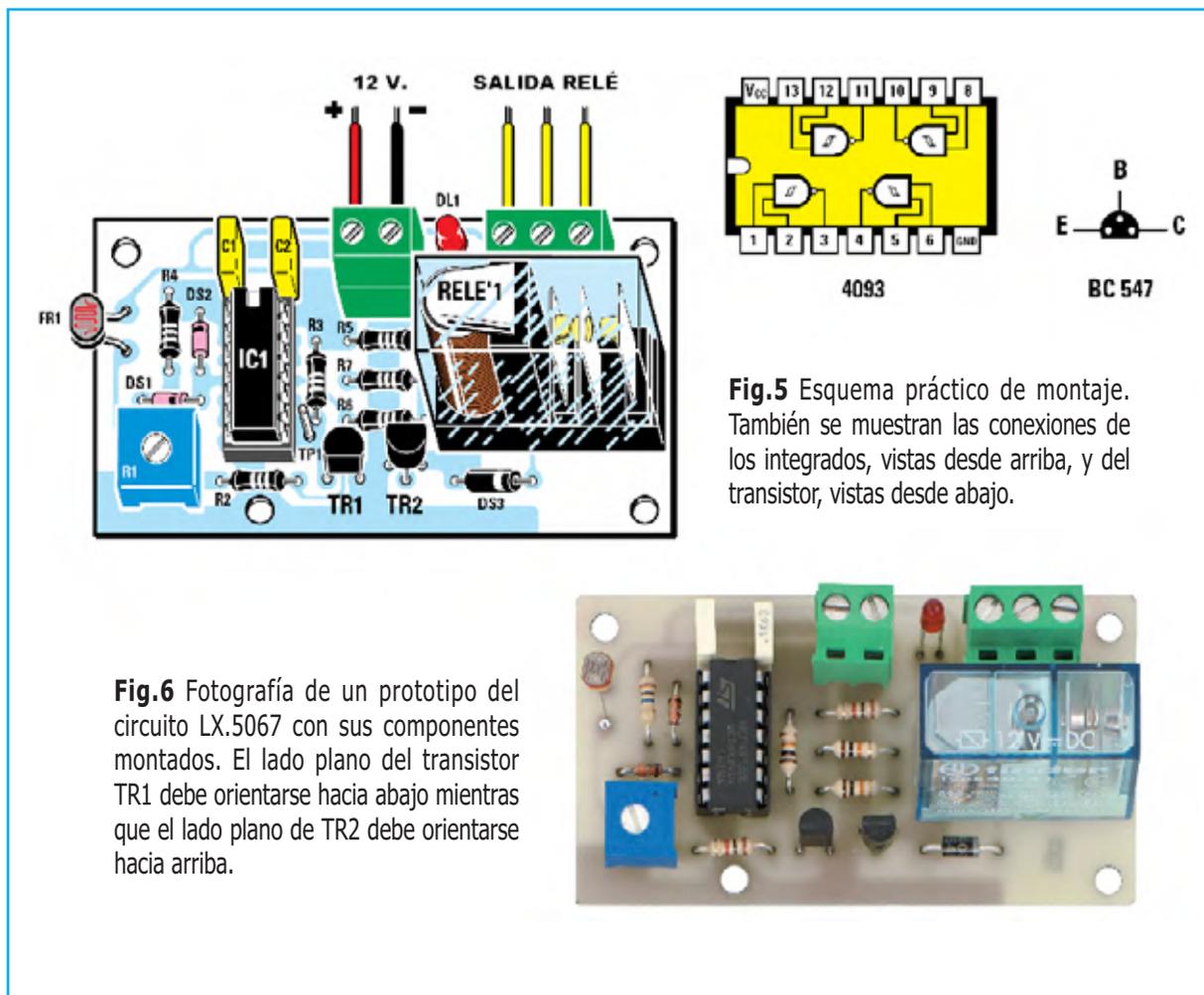
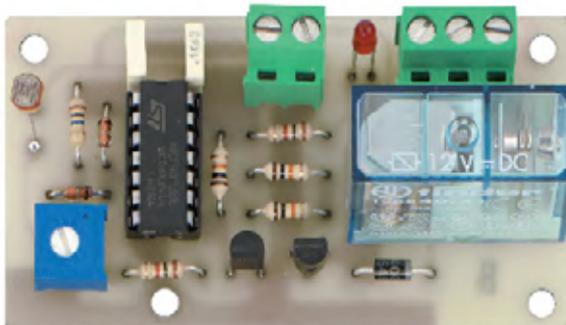


Fig.6 Fotografía de un prototipo del circuito LX.5067 con sus componentes montados. El lado plano del transistor **TR1** debe orientarse hacia abajo mientras que el lado plano de **TR2** debe orientarse hacia arriba.



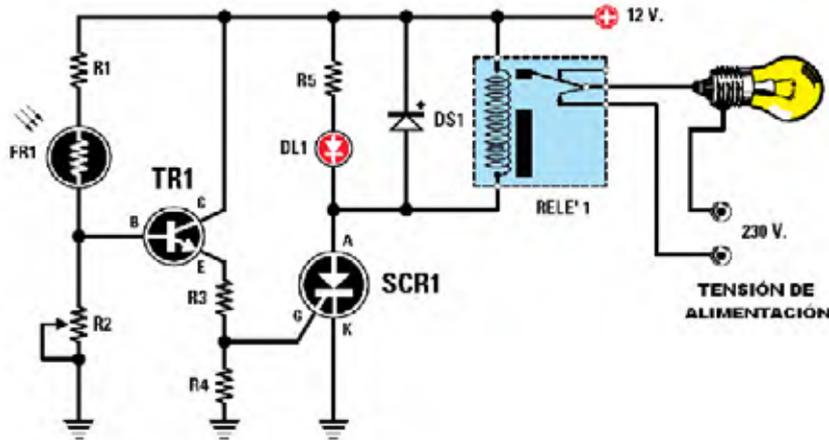


Fig.7 En este caso la fotorresistencia provoca la excitación del relé cuando la luz incide sobre ella. Para ajustar la sensibilidad hay que actuar sobre el cursor del trimmer R2.

LISTA DE COMPONENTES LX.5066

- R1 = 2.200 ohmios 1/4 vatio
- R2 = Trimmer 5.000 ohmios
- R3 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- R4 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- R5 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- FR1 = Fotorresistencia

- DS1 = Diodo 1N.4007
- DL1 = Diodo LED
- TR1 = Transistor NPN BC.547
- SCR1 = Tiristor 2N.2324
- RELE'1 = Relé 12 voltios 1 circuito

En el circuito mostrado en la Fig.7 la **fotorresistencia** se utiliza para **polarizar** la **Base** de un **transistor NPN** que, cuando se pone en **conducción**, **excita** un **relé**.

Los **contactos** del **relé** se utilizan como **interruptor**, por lo que se puede conectar una **bombilla de 230 voltios**, una **bombilla de 12 voltios**, un **motor**, una **sirena** o cualquier otro **aparato electrónico**.

El funcionamiento de este circuito es muy sencillo. Cuando la **luz** incide sobre la **fotorresistencia** ésta presenta una **baja resistencia eléctrica**, por lo que la **corriente** que circula a

través del **trimmer R2** provoca en sus contactos una **tensión positiva**.

Esta **tensión positiva** polariza la **Base** del transistor NPN **TR1** que, cuando entra en **conducción**, excita la **Puerta (Gate)** del tiristor **SCR1**.

En las condiciones descritas el tiristor **conduce** alimentando así el **relé** conectado a su **Ánodo**.

La **tensión positiva de alimentación** puede variar entre un mínimo de **9 voltios** hasta un máximo de **15 voltios**.

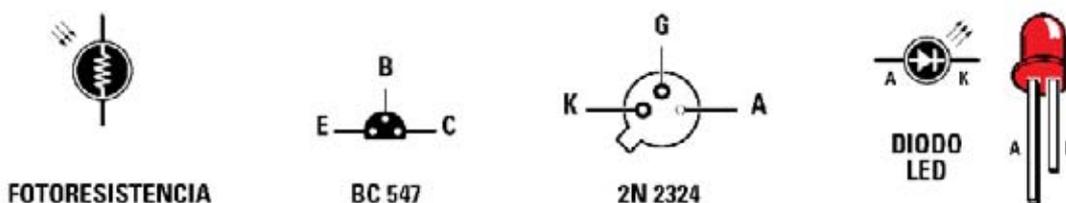


Fig.8 Conexiones del transistor BC.547 y del tiristor 2N.2324 vistas desde abajo. El terminal más largo de los diodos LED es el Ánodo, el más corto es el Cátodo.

Para **desexcitar** el tiristor **SCR1** es necesario **retirarle la tensión de alimentación**.

Para ello, si se cree oportuno, se puede instalar un **pulsador cerrado en reposo** o un pequeño **interruptor** conectado en **serie** a la **alimentación**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.5068: Precio de todos los componentes mostrados en la **Fig.9**, **incluyendo el circuito impreso** perforado y serigrafiado **18,90€**

CS.5068: Circuito impreso **2,40€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

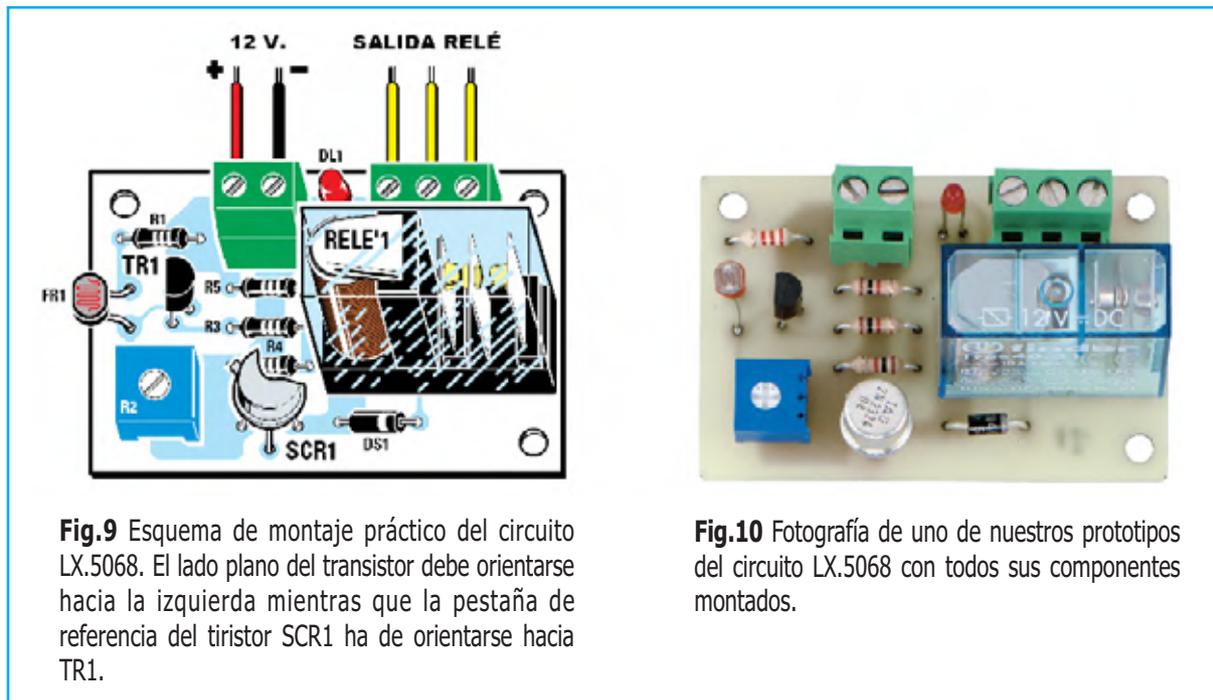


Fig.9 Esquema de montaje práctico del circuito LX.5068. El lado plano del transistor debe orientarse hacia la izquierda mientras que la pestaña de referencia del tiristor SCR1 ha de orientarse hacia TR1.

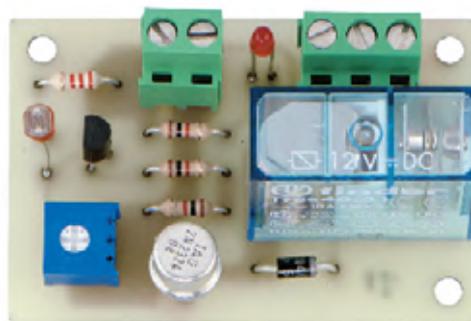


Fig.10 Fotografía de uno de nuestros prototipos del circuito LX.5068 con todos sus componentes montados.

RELÉ controlado por tiristor que se **EXCITA** en la **OSCURIDAD** LX.5069

En el circuito mostrado en la Fig.11 la **fotorresistencia** se conecta entre el **positivo de alimentación** y la **entrada inversora** del operacional **IC1**.

El **amplificador operacional** se utiliza como **comparador de tensión**, tomando como **referencia** un valor de **umbral** igual a la **mitad de alimentación** (valor determinado mediante el **divisor resistivo** formado por **R3-R4**).

Cuando la **fotorresistencia** está expuesta a la **oscuridad** presenta una **elevada resistencia óhmica**, como consecuencia en la **entrada inversora** de **IC1** hay una **tensión inferior** a la presente en la **entrada no inversora**. De esta forma en la **salida** de **IC1** hay una **tensión positiva** que excita la **Puerta (Gate)** del **tiristor** que a su vez, al entrar en conducción, **excita el relé** conectado a su **Ánodo**.

Aunque se **ilumine** la **fotorresistencia**, y presente una **baja resistencia**, el **tiristor** seguirá **conduciendo**.

Para **desexcitar** el tiristor **SCR1** es necesario **retirarle la tensión de alimentación** mediante un **pulsador cerrado en reposo** o un pequeño **interruptor** conectado en **serie** a la **alimentación**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.5069: Precio de todos los componentes mostrados en la **Fig.13**, **incluyendo el circuito impreso** perforado y serigrafiado **20,70€**

CS.5069: Circuito impreso **2,60€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

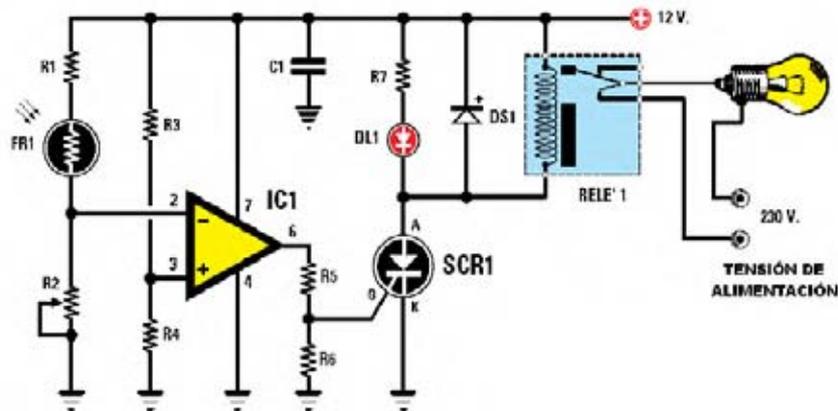


Fig.11 La fotorresistencia provoca la excitación del relé cuando está en la oscuridad. Para desexcitar el relé es necesario, además de la presencia de luz, retirar momentáneamente la tensión de alimentación.

LISTA DE COMPONENTES LX.5069

- R1 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- R2 = Trimmer 10.000 ohmios
- R3 = 10.000 ohmios 1/4 vatio
- R4 = 10.000 ohmios 1/4 vatio
- R5 = 100 ohmios 1/4 vatio
- R6 = 100 ohmios 1/4 vatio
- R7 = 1.000 ohmios 1/4 vatio
- FR1 = Fotorresistencia
- C1 = 100.000 pF poliéster
- DS1 = Diodo 1N.4007
- DL1 = Diodo LED
- IC1 = Integrado TL.081
- SCR1 = Tiristor 2N.2324
- RELE'1 = Relé 12 voltios 1 circuito

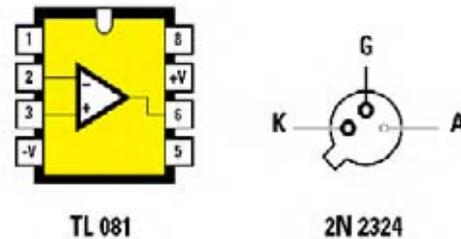


Fig.12 Conexiones, vistas desde arriba, del amplificador operacional TL.081. Las conexiones del tiristor de encapsulado metálico 2N.2324 se muestran vistas desde abajo.

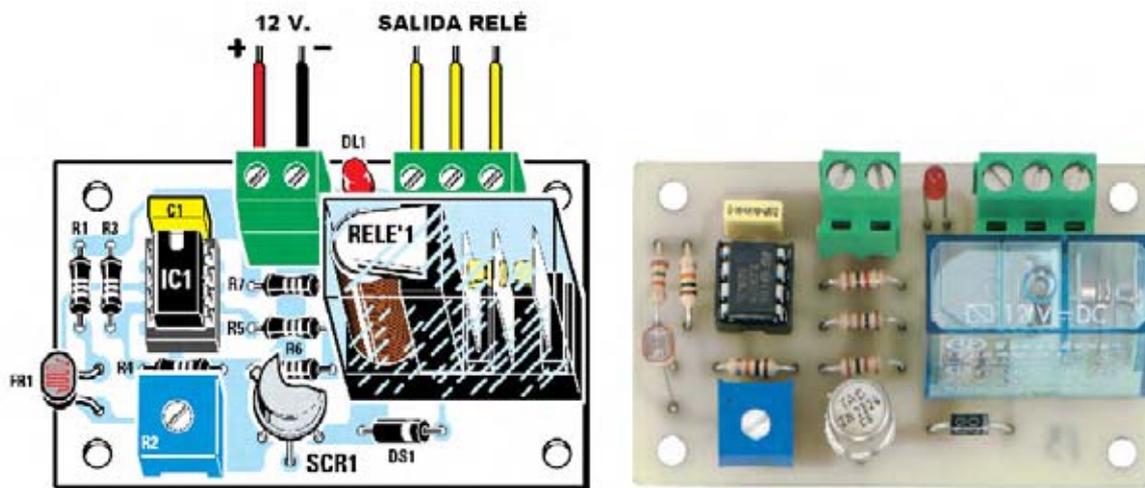


Fig.13 Esquema de montaje práctico y fotografía de un prototipo del circuito LX.5069. La muesca de referencia en forma de U de IC1 ha de orientarse hacia el condensador C1 mientras que la pestaña de referencia del tiristor SCR1 se ha de orientar hacia el integrado IC1.

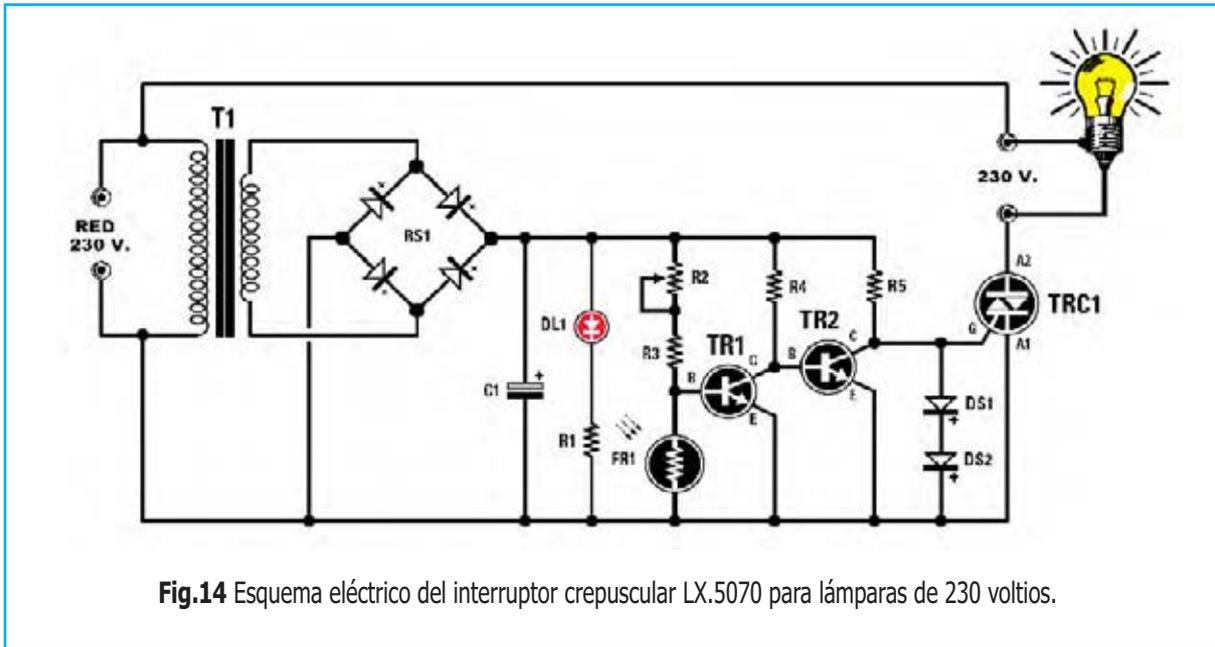


Fig.14 Esquema eléctrico del interruptor crepuscular LX.5070 para lámparas de 230 voltios.

Para realizar un **interruptor crepuscular** es preciso desarrollar un circuito que encienda una o más **bombillas de 230 voltios** cuando, al **atardecer**, la cantidad de **luz solar descendiente** por debajo de un **nivel preestablecido**.

El circuito mostrado en la Fig.14 responde a este objetivo utilizando un **TRIAC** que alimenta las **lámparas de 230 voltios** conectadas a su **Ánodo 2**, siempre y cuando la potencia no supere los **1.000 vatios**.

El trimmer **R2**, conectado en serie a la fotorresistencia, regula el **apagado** de las **lámparas** conectadas al TRIAC cuando aparezcan las primeras luces del **amanecer**.

Cuando incide **luz** sobre la **fotorresistencia** ésta presenta una **baja resistencia óhmica**, de esta forma en la **Base** del transistor **TR1** no hay tensión de **polarización**.

En estas condiciones el transistor **TR1** **no conduce**, teniendo así su **Colector** una **tensión positiva** que **polariza** la **Base** del transistor **TR2** llevándolo a **conducción**.

La consecuencia final es que la **Puerta (Gate)** del TRIAC **TRC1** **no queda excitada** y, por tanto, las **lámparas** conectadas al **Ánodo 2** estarán **apagadas**.

LISTA DE COMPONENTES LX.5070

- R1 = 820 ohmios 1/4 vatio
- R2 = Trimmer 10.000 ohmios
- R3 = 10.000 ohmios 1/4 vatio
- R4 = 10.000 ohmios 1/4 vatio
- R5 = 220 ohmios 1/4 vatio
- FR1 = Fotorresistencia
- C1 = 220 microF. electrolítico
- DS1 = Diodo 1N.4007
- DS2 = Diodo 1N.4007
- RS1 = Puente rectificador 100V 1A
- DL1 = Diodo LED
- TR1 = Transistor NPN 2N.708
- TR2 = Transistor NPN 2N.1711
- TRC1 = TRIAC BT.137
- T1 = Transformador 9V 50 mA

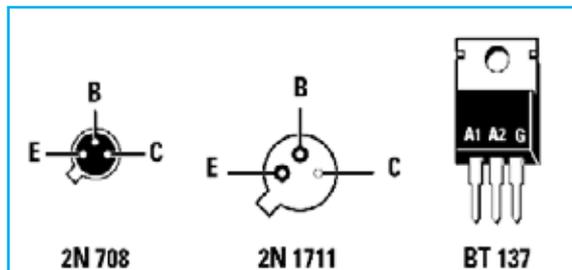


Fig.15 Conexiones de los transistores 2N.708 y 2N.1711, vistas desde abajo. También se muestran las conexiones del TRIAC BT.137, vistas frontalmente.

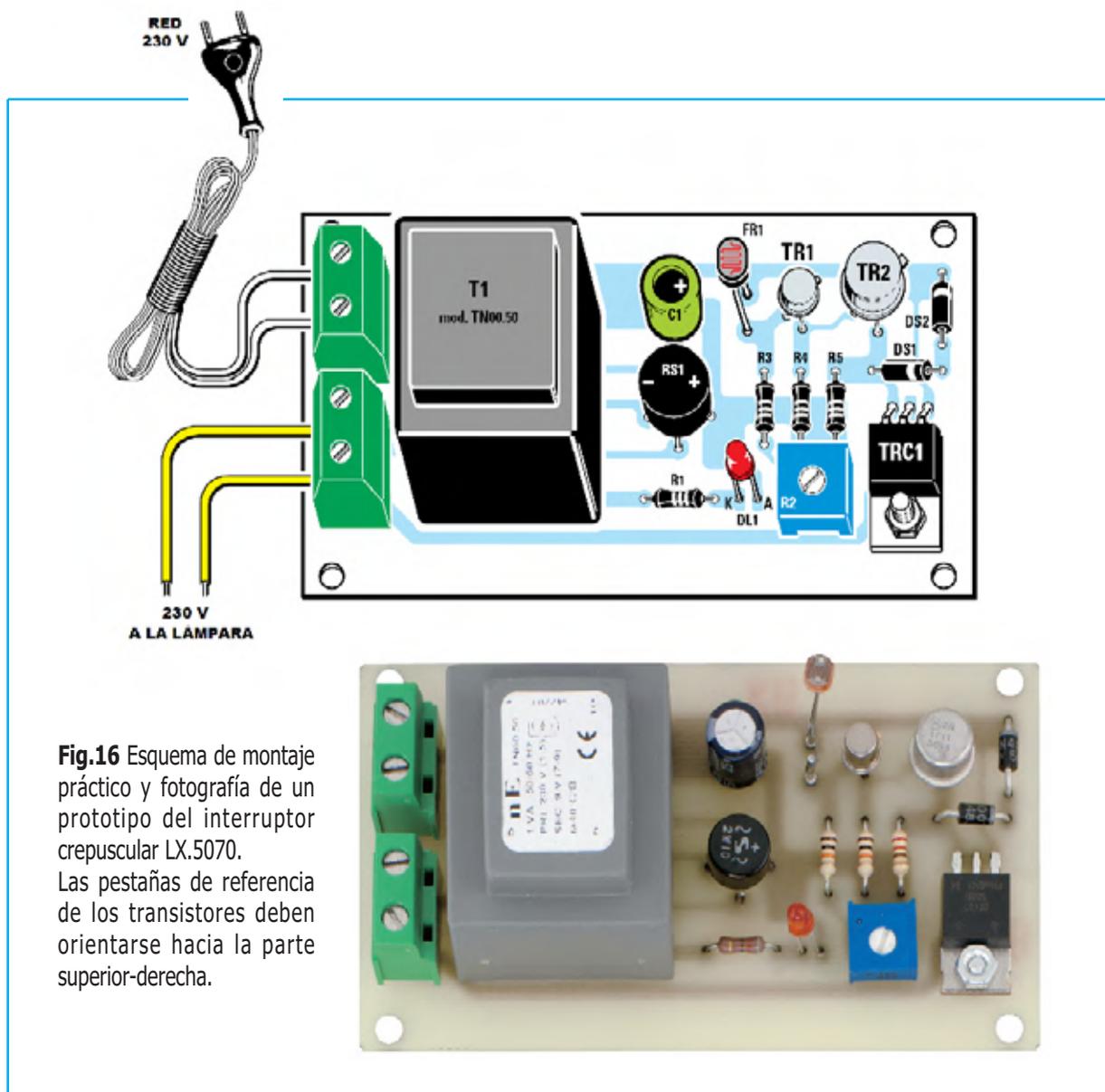


Fig.16 Esquema de montaje práctico y fotografía de un prototipo del interruptor crepuscular LX.5070. Las pestañas de referencia de los transistores deben orientarse hacia la parte superior-derecha.

En cambio, cuando la **fotorresistencia** está expuesta a la **oscuridad** presenta una **elevada resistencia óhmica**, así la **Base** del transistor **TR1** queda **polarizada**. En estas condiciones el transistor **TR1 conduce**, teniendo su **Colector** tiene una **tensión de 0 voltios** que **no polariza** la **Base** del transistor **TR2** llevándolo a **corte**. La consecuencia final es que la **Puerta (Gate)** del **TRIAC TRC1** queda **excitada** y, por tanto, las **lámparas** conectadas al **Ánodo 2** estarán **encendidas**.

Si alguien sustituye el **TRIAC** por un **tiristor** se ha de tener presente que este último sólo conduce en presencia de las **semiondas positivas** de la tensión alterna de red. De esta forma sólo se alimenta a las lámparas con una **tensión eficaz** de:

$$230 : 2 = 115 \text{ voltios}$$

IMPORTANTE Este circuito tiene que instalarse dentro de un **mueble contenedor de plástico** ya que algunas **pistas de cobre del circuito impreso** y algunos **componentes** están directamente conectados a la **tensión de red de 230 voltios**. Si se tocan con las **manos** estos elementos se pueden sufrir **peligrosas descargas eléctricas**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.5070: Precio de todos los componentes mostrados en la **Fig.16**, incluyendo el **circuito impreso** perforado y serigrafiado **29,70€**

CS.5070: Circuito impreso **5,00€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.