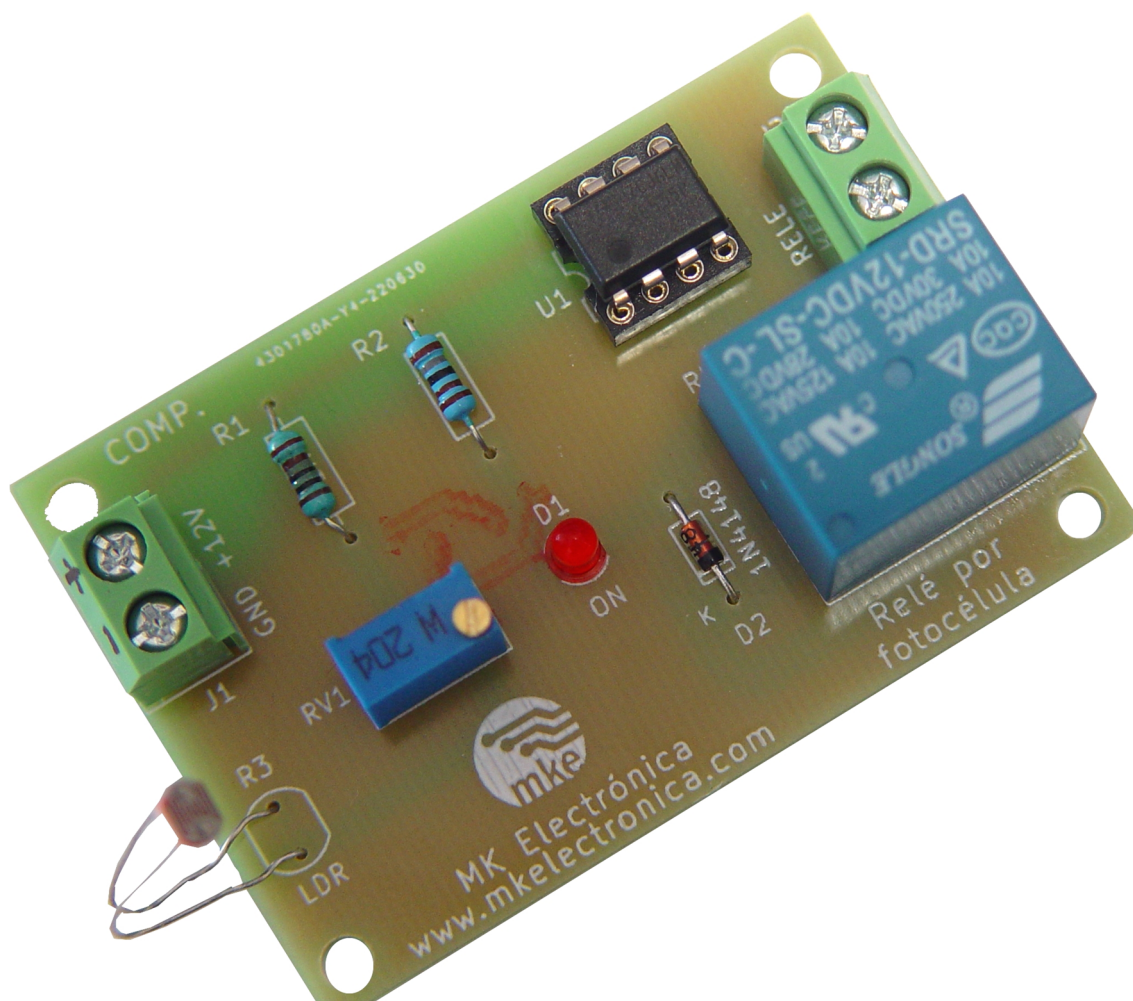


Relé por fotocélula

Manual de usuario



Rev. Julio 2022

MK Electrónica

Tfno. 34-944 04 80 89

Email: info@mkelectronica.com
www.mkelectronica.com

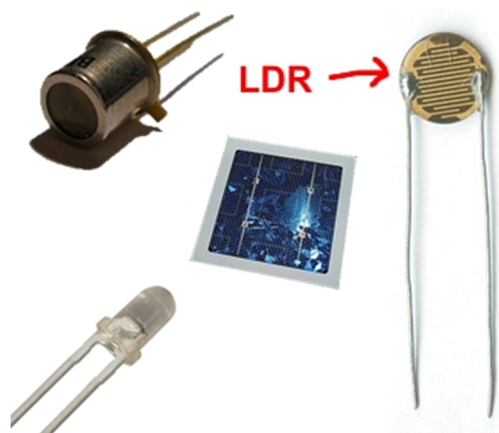




Relé por fotocélula

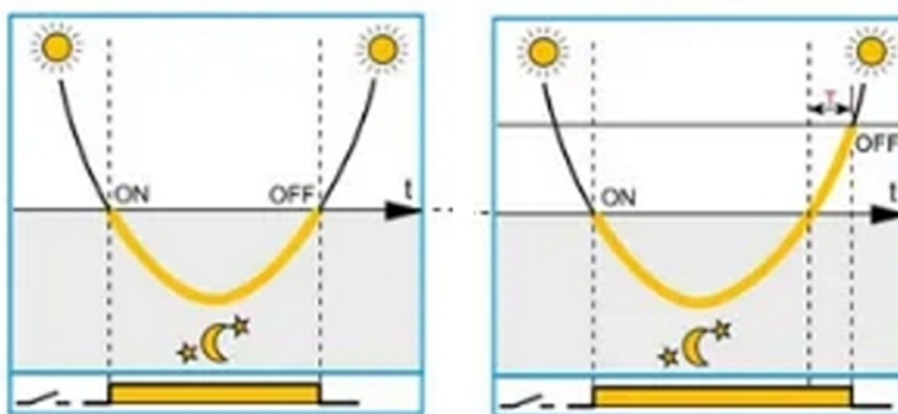
1.- INTRODUCCIÓN

Un clásico de entre los circuitos electrónicos básicos de entretenimiento, se encuentra el relé controlado por una fotocélula. Un sensor fotoeléctrico capta la luz ambiente que incide sobre él. De los muchos tipos de sensores que hay en el mercado, nosotros usaremos el que se conoce como "célula LDR". Su resistencia varía de forma inversa a la luz que incide sobre ella. A más luz menos resistencia y viceversa.



Cuando el nivel de luminosidad está por debajo de un determinado umbral el circuito dispara un relé cuyos contactos se pueden utilizar para activar, por ejemplo, un sistema de alumbrado, una barrera fotoeléctrica, una alarma por corte de luz, etc... Cuando el nivel de luz está por encima de un determinado nivel, el circuito lo detecta y desconecta el relé cuyos contactos desactivan el sistema de alumbrado, la barrera, la alarma, etc...

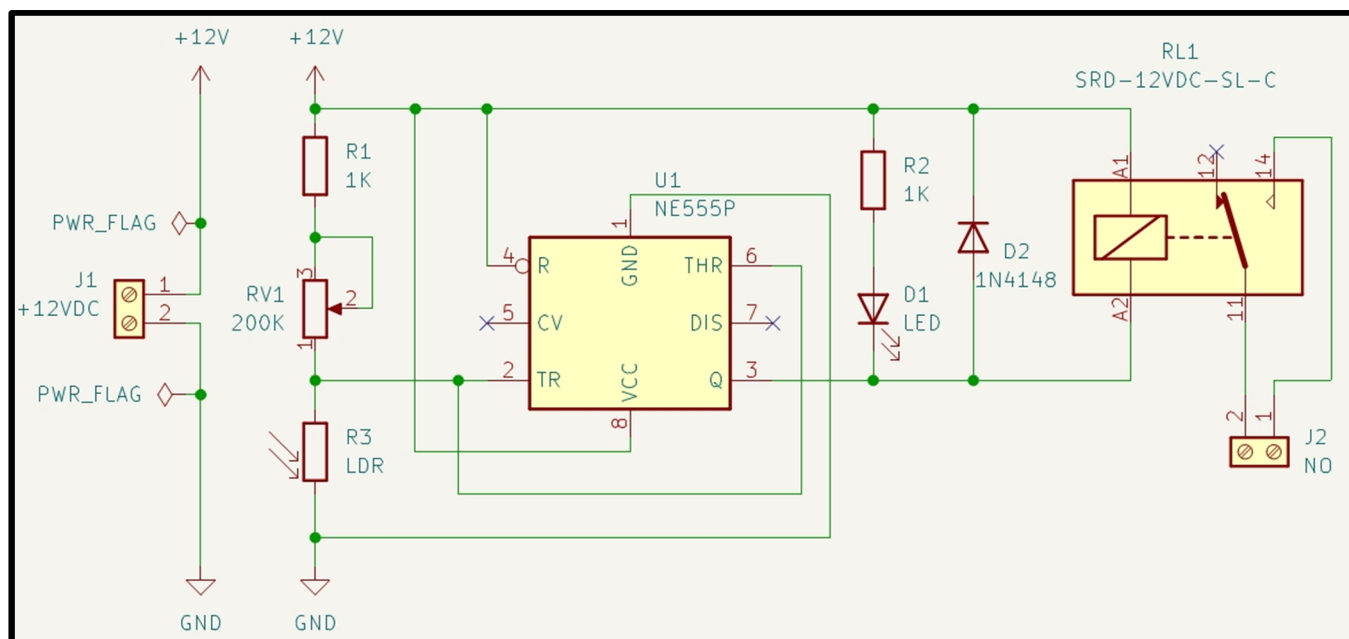
Es interesante que el circuito disponga de una cierta histéresis de forma que el umbral de activación del relé sea ligeramente diferente al umbral de desactivación. Con ello se consigue evitar que el relé se active/desactive continuamente cuando la célula está sometida justo al umbral en el que la luz pasa a la oscuridad o viceversa. Esto se puede explicar con la siguiente figura.



A la izquierda tenemos el funcionamiento de un sistema SIN histéresis. El valor de umbral entre el día y la noche para la conexión/desconexión del relé, es el mismo. Si la célula capta justo el valor de dicho umbral ¿qué hará el relé? ¿y si justo pasa una nube que oscurece la célula brevemente? ¿y si aparece un relámpago que ilumina la célula durante un instante?

A la derecha se representa el funcionamiento de un sistema CON histéresis, similar al nuestro. Cuando la luz desciende por debajo de un umbral el relé se activa (ON). Sin embargo, para que se desactive (OFF), es necesario que la luz supere el valor de un segundo umbral que, en este caso, es superior al primero.

2.- ESQUEMA ELÉCTRICO Y LISTADO DE MATERIALES

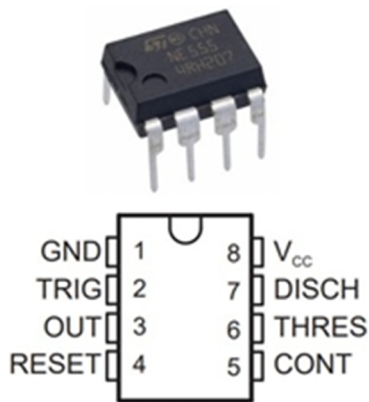


- R1-R2: $1K \Omega$ - 1/4W
- R3: Célula LDR 5 mm de $0.5K - 200K \Omega$
- RV1: Potenciómetro de ajuste multivuelta de $200 K\Omega$ con ajuste vertical
- D1: Led rojo 3 mm
- D2: Diodo 1N4148
- U1: C. Integrado NE555 - DIP
- RL1: Relé SRD-12VDC-SL-C
- J1-J2: Bornes de 2 contactos paso 5.08

NOTA: El valor de algunos componentes puede no coincidir con el valor comercial de los mismos. Se usará el más aproximado o equivalente.

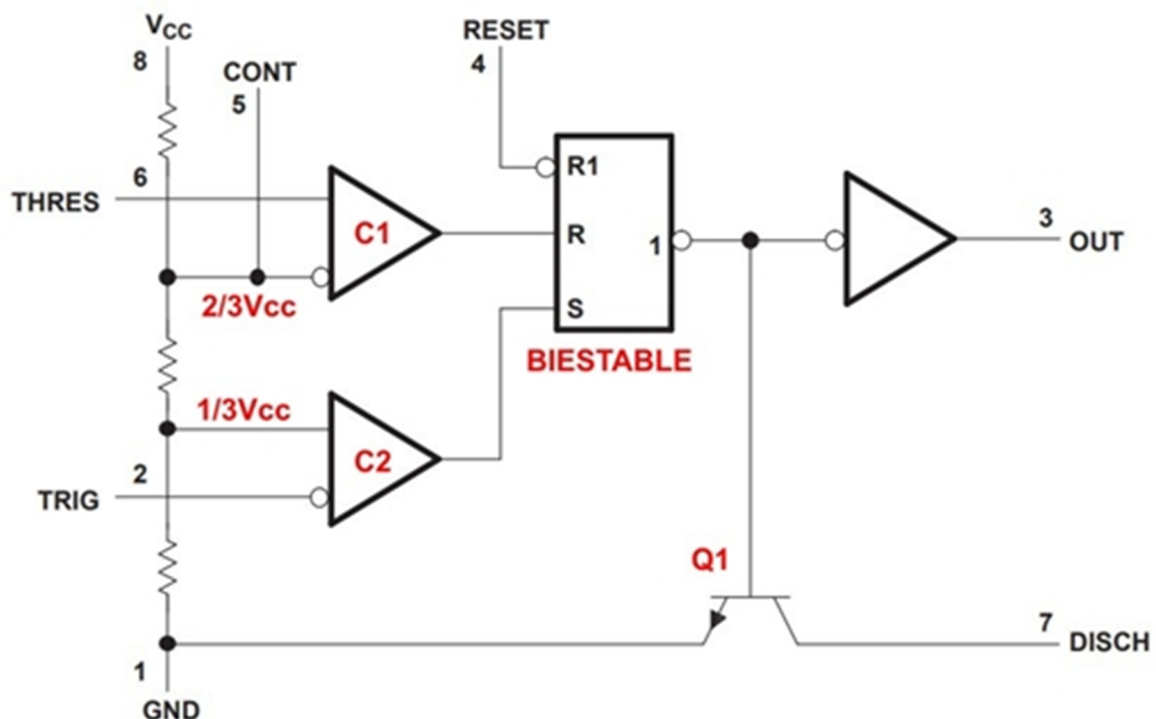
3.- TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO

El componente principal de este montaje es el circuito integrado temporizador NE555, diseñado en los años 70 y probablemente el más famoso y popular de la historia. Su encapsulado en formato DIP es el que puedes ver en la figura junto con la descripción de sus patillas.



PIN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	GND	Tierra de alimentación
2	TRIG	Entrada de inicio de temporización. Pone la salida OUT con tensión o nivel alto.
3	OUT	Es la salida. Puede estar con 0V (nivel bajo) o con tensión VCC-1.7V (nivel alto)
4	RESET	Borrado. Si su tensión es inferior a 0.7V la salida OUT para a nivel bajo o GND.
5	CONT	Entrada de tensión para el control de umbrales.
6	THRES	Entrada para poner la salida a nivel bajo
7	DISCH	Controla la descarga de un condensador externo.
8	VCC	Positivo de alimentación de 4.5 V a 16 V

Su interior está formado por...



Por un lado dispone de un biestable. Las señales S y R activan o desactivan la salida OUT poniéndola a nivel alto o bajo respectivamente. Por otro lado un divisor de tres resistencias proporciona tensiones de referencia a los dos comparadores C1 y C2.

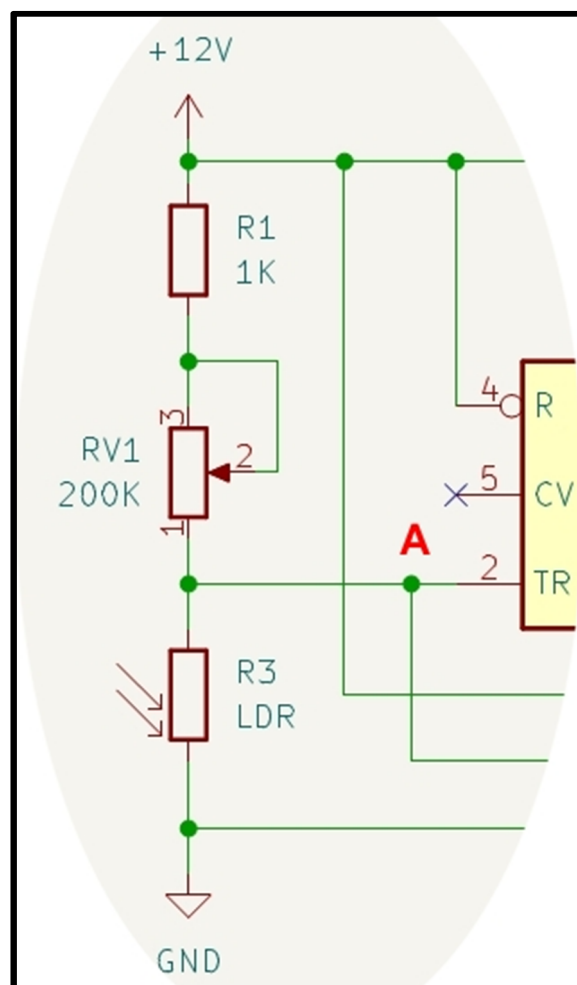
C1 recibe una tensión de referencia de $2/3 V_{CC}$ por su entrada inversora y una tensión externa de umbral, THRES, por la no inversora. Cuando esta sea superior a $2/3$ de V_{CC} , se produce la señal R y la salida OUT pasa a nivel bajo sacando una tensión próxima a los 0V (GND). Al mismo tiempo se activa el transistor Q1 en saturación. Esto cortocircuita la patilla DISCH con GND y permite descargar automáticamente un condensador externo conectado en dicha patilla (7). Por cierto, una tensión externa aplicada por la patilla 5 de control (CONT) puede usarse para modificar el valor de la tensión de umbral necesaria para desactivar la salida OUT.

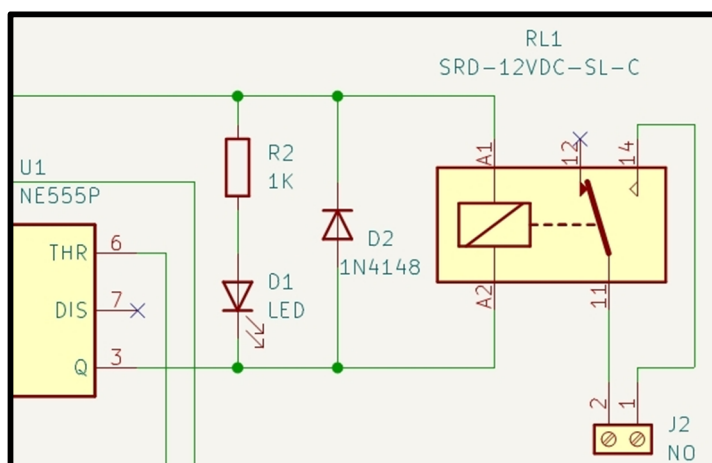
El comparador C2 recibe por su entrada no inversora una tensión fija de $1/3$ de V_{CC} , y otra variable aplicada a la entrada inversora por la patilla 2 de disparo (TRIG). Cuando esta es inferior a $1/3$ de V_{CC} se produce la señal S y la salida OUT se pone a nivel alto sacando una tensión próxima a $+V_{CC}$.

La entrada RESET por la patilla 4, si se conecta a nivel bajo, la salida OUT se mantiene a nivel bajo (GND) independientemente de lo que ocurra con las otras entradas. Con esta sencilla descripción se pueden explicar los múltiples circuitos basados en el NE555, entre los que se encuentra nuestro Relé por fotocélula que ahora explicamos...

Observa el divisor de tensión formado por la LDR (R3) y el potenciómetro RV1 + R1 que produce la tensión del nodo A aplicada a las patillas TRIG (2) y THRES (6). Cuando la célula LDR está a oscuras su resistencia aumenta y la tensión en TRIG y THRES (nodo A) también. Cuando sea superior a $2/3$ de la de alimentación, la salida OUT (3) pasa a nivel bajo (próximo a GND) y el relé se activa. Si la LDR recibe luz su resistencia disminuye al igual que la tensión en TRIG y THRES (nodo A). Cuando es inferior a $1/3$ de la de alimentación la salida OUT pasa a nivel alto (próximo a V_{CC}) y el relé se desactiva.

Como la tensión de alimentación $V_{CC} = 12V$, observa que para activar el relé la tensión en la LDR debe ser superior a $2/3$ de V_{CC} (8 V), y para desactivarlo debe ser inferior a $1/3$ de V_{CC} (4 V). **ii Esta es precisamente la histéresis de la que hablábamos antes !!.**





El resto del circuito es sencillo. Con el potenciómetro RV1 podemos ajustar la sensibilidad de la LDR. Si aumentamos su resistencia la tensión en la LDR será menor y por lo tanto el umbral de oscuridad para activar el relé tendrá que ser mayor. El led D1, al igual que el relé RL1, se activa cuando la salida OUT está a nivel bajo (próximo a GND). El diodo D2 absorbe la corriente inversa que produce la bobina del relé

cuando se desconecta.

Por los bornes J1 se introduce la tensión de alimentación del circuito. Esta puede ser de un valor comprendido entre 5 y unos 15 V, pero está sujeta a la tensión de trabajo del propio relé. En nuestro caso hemos elegido un relé de 12 VDC. Los bornes J2 están asociados a los contactos del relé que están normalmente abiertos (NO)

4.- ANALISIS Y EVALUACIÓN

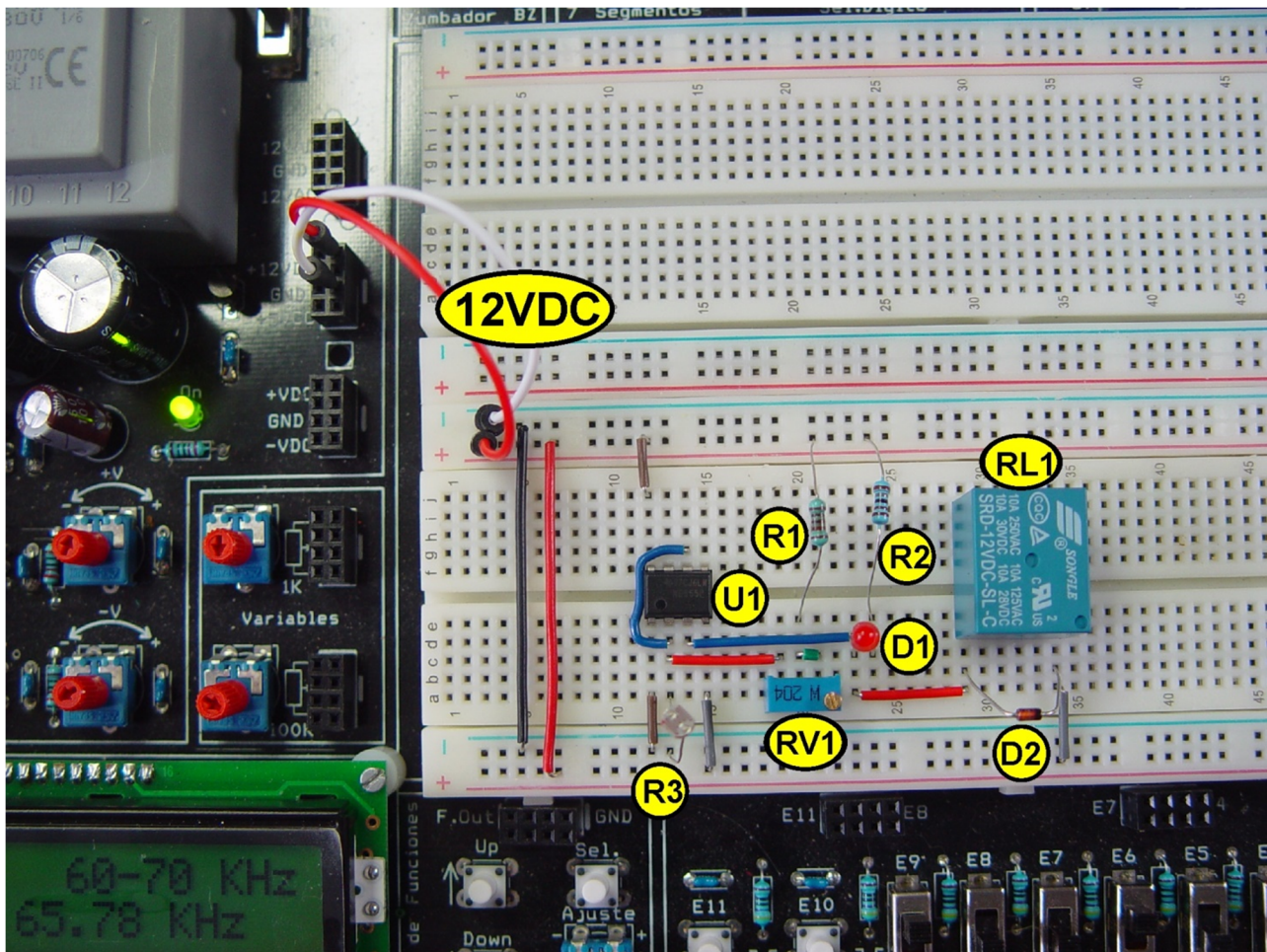
Es el momento de realizar un primer montaje de nuestro Relé controlado por fotocélula y hacer todas las comprobaciones oportunas. Para ello se sugiere el empleo de algún tipo de plataforma experimental que permita realizar el montaje de forma rápida y sin soldaduras. Podremos hacer así las modificaciones y/o mejoras que fueran necesarias.

Nosotros empleamos el entrenador Universal Trainer. Dispone de:

- Una amplia superficie para el montaje sin soldadura a base de módulos protoboard.
- Un sistema de alimentación flexible que suministra tensiones de diferentes tipos y valores con las que alimentar al circuito bajo prueba.
- Generador de funciones analógico y digital para estimular a esos circuitos.

En la imagen se puede ver el montaje del circuito con los diferentes componentes y sus referencias según el esquema original.

El circuito se alimenta con 12VDC que obtenemos entre los salida +12VDC y GND del entrenador. También podemos hacer uso de la salida de tensión variable entre +VDC y GND previo ajuste a +12V. Para comprobar el funcionamiento proponemos realizar una serie de medidas tanto con luz visible incidiendo sobre la LDR, como cuando esta está a oscuras.



En primer lugar debes ajustar el nivel luz al que deseas se active / desactive el relé. Oscurece / ilumina la LDR y vete moviendo el potenciómetro RV1 hasta que el relé se active o desactive cuando te interese.

CON LUZ INCIDIENDO EN LA CÉLULA LDR		
PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VA		Tensión entre la patilla TRIG (2) o THRES (6) y GND. Es el nodo A
VQ1		Tensión de salida entre la patilla Q/OUT (3) y GND.
VQ2		Tensión de salida entre la patilla Q/OUT (3) y +12V.
VD1		Tensión en el diodo led D1
VR2		Tensión en la resistencia R2
VRL1		Tensión en la bobina del relé RL1
VRL1=VD1+VR2		Comprobamos que la tensión en la bobina del relé es la suma de VD1 + VR2.
VQ2=VD1+VR2		Comprobamos que la tensión entre la patilla de salida Q/OUT (3) y +12V es la suma de VD1 + VR2

Ahora vamos a repetir las mismas medidas pero tapando la célula LDR de forma que el relé quede activado.

CON LA CÉLULA LDR A OSCURAS		
PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VA		Tensión entre la patilla TRIG (2) o THRES (6) y GND. Es el nodo A.
VQ1		Tensión de salida entre la patilla Q/OUT (3) y GND.
VQ2		Tensión de salida entre la patilla Q/OUT (3) y +12V.
VD1		Tensión en el diodo led D1
VR2		Tensión en la resistencia R2
VRL1		Tensión en la bobina del relé RL1
$VRL1=VD1+VR2$		Comprobamos que la tensión en la bobina del relé es la suma de VD1 + VR2.
$VQ2=VD1+VR2$		Comprobamos que la tensión entre la patilla de salida Q/OUT (3) y +12V es la suma de VD1 + VR2

También puedes comprobar a variar el valor del potenciómetro RV1 con objeto de variar la sensibilidad o umbral de disparo del relé.

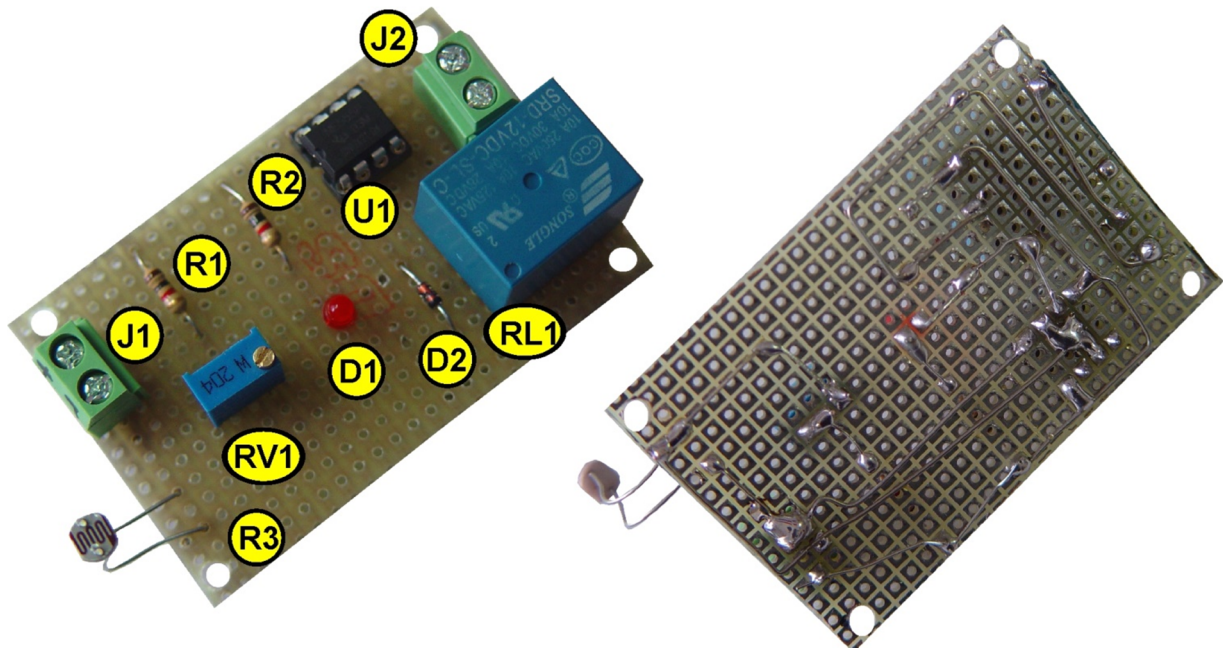
5.- PROTOTIPADO

Completadas todas las pruebas y comprobaciones preliminares, el siguiente paso que recomiendo es construir un prototipo del circuito. Para ello se emplean placas perforadas para prototipos que se les conoce como "Placas Uniprint" y se comercializan en diferentes materiales, tamaños y configuraciones.

Esto es totalmente opcional y además supone un gasto añadido. Ahora los componentes los vamos a soldar y su reutilización ya no es muy recomendable. Sin embargo, de cara al diseño y fabricación de una futura placa de circuito impreso (PCB) profesional, realizar un prototipo del circuito recién evaluado permite:

- Obtener un circuito mucho más compacto y fiable que el construido sobre los módulos protoboards durante la fase preliminar de análisis y evaluación.
- Nos aproximamos al aspecto y tamaño real que tendrá la futura PCB.
- Tenemos la posibilidad de hacer el montaje completo, incluyendo los bornes de entrada de alimentación y conexión con los contactos del relé.
- Facilita una visión más global de cómo quedarán distribuidos los componentes sobre esa futura placa impresa.
- Ayuda al posterior trazado de las pistas de la PCB.

En la imagen se muestra cómo ha quedado nuestro prototipo de relé controlado por fotocélula, tanto por el lado de los componentes como por el lado de las soldaduras.



6.- CIRCUITO IMPRESO

Es la forma profesional y comercial de presentar cualquier circuito electrónico. Su diseño y fabricación tiene un coste tanto en tiempo como en dinero, de ahí la importancia de haber analizado y evaluado correctamente el circuito previamente. Nadie se pone a diseñar y fabricar un circuito impreso sin estar seguro al 100% de que su circuito eléctrico funciona a la perfección. Básicamente consiste en dibujar y colocar las componentes del circuito ("huellas" o "footprints"), así como las pistas que los conectan entre sí según el esquema teórico. Hacer un prototipo como el que proponíamos en el apartado anterior ayuda y mucho.

Para el diseño de un circuito impreso o PCB existen un buen número de programas informáticos que facilitan el trabajo. Con ellos puedes dibujar el esquema eléctrico. Es lo que se conoce como "*captura del esquema*" y, normalmente, es el primer paso. Luego se determina el tamaño de la placa impresa, se dibujan y colocan las formas o "*huellas*" de los componentes, se establece su ubicación y se conectan mediante el trazado de las pistas. Este trazado se puede hacer manual y/o automático a partir del esquema eléctrico. Entre las herramientas de diseño más conocidas podemos citar...

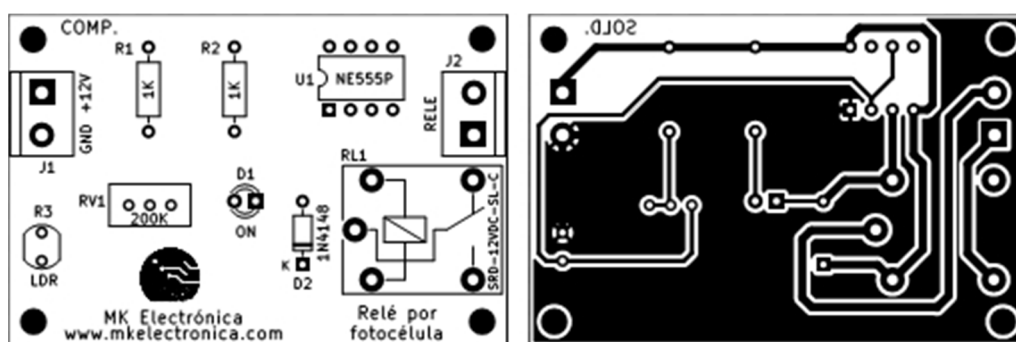
- EAGLE
- EasyEDA
- OrCad

- Altium
- KiCAD
- ...

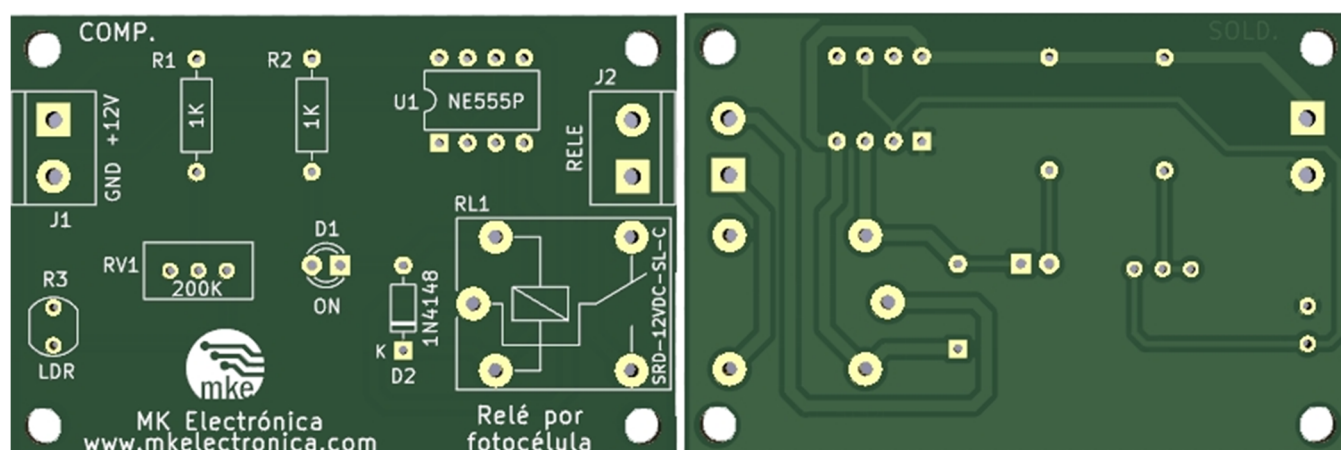
Algunas son totalmente gratuitas (p.e. KiCad y EasyEDA) y otras, aunque de pago, suelen tener una versión gratuita de demostración. Lo ideal es investigar, probar y elegir la que más nos convenga. Aprender a usar este tipo de herramientas requiere de bastante esfuerzo y más vale elegir bien. Nosotros estamos usando KiCad, que nos parece una herramienta asequible y muy aconsejable.



A modo de ejemplo puedes ver en tamaño real cómo nos ha quedado el diseño del circuito impreso de nuestro relé controlado mediante fotocélula. A la izquierda tenemos la cara superior y a la derecha la inferior.



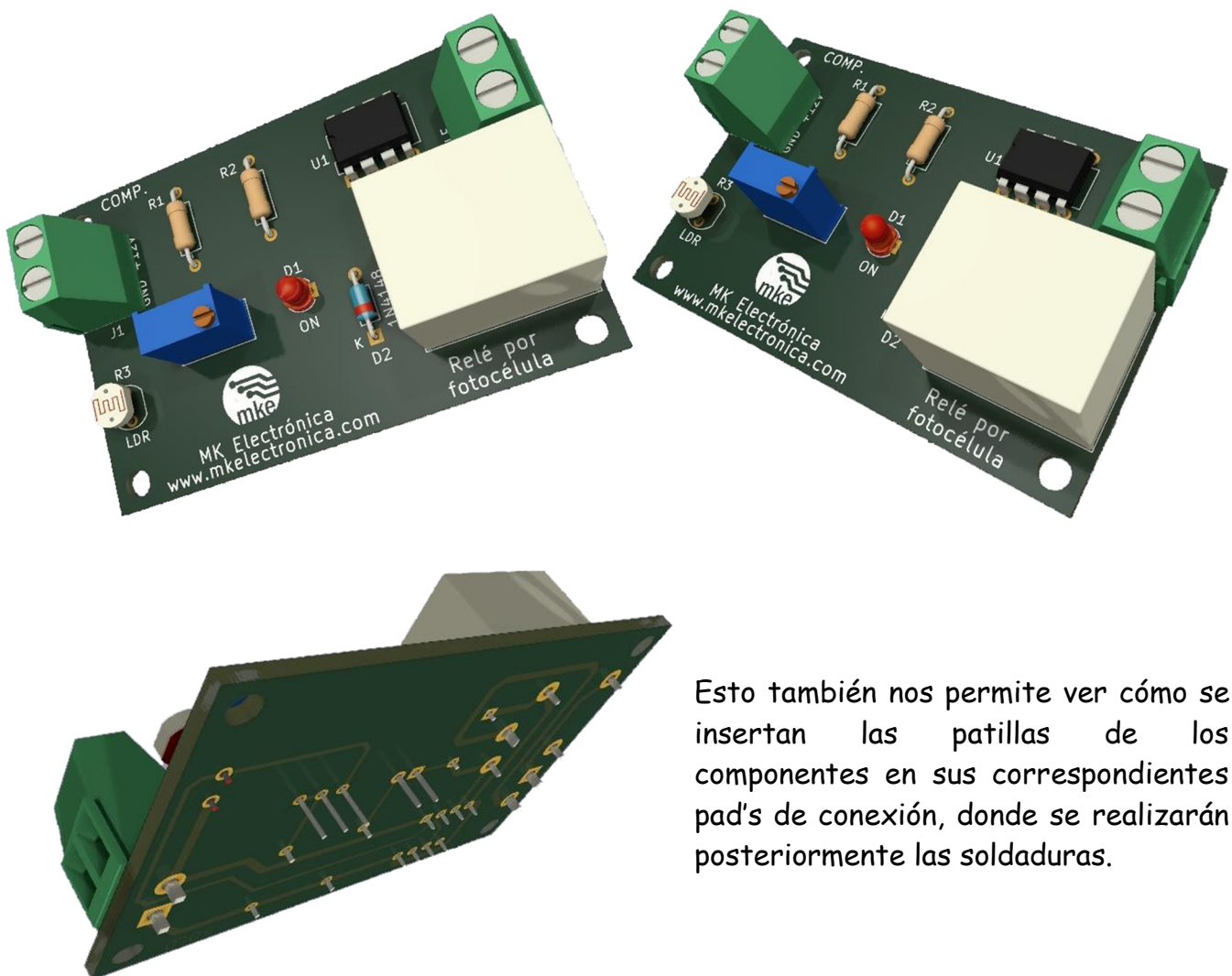
En la siguiente figura tienes una imagen (ampliada) de las dos caras de la tarjeta impresa (PCB) una vez fabricada.



A la izquierda vemos la cara superior donde se encuentra la serigrafía con referencias, gráficos, textos, etc... Es por donde se insertan los componentes y se le conoce como "cara de los componentes". A la derecha está la cara inferior o, "cara de

soldadura". Observa que es una vista de "espejo" respecto a la cara inferior que mostramos primero. En ella se encuentran los pads y las pistas de conexión según el esquema eléctrico que es el que manda. Los pads se taladran para poder insertar las patillas de esos componentes y realizar las soldaduras.

Algunas herramientas de diseño como KiCad, la que estamos usando, permiten realizar una simulación en 3D más o menos digna. En la imagen puedes ver una representación en 3D de cómo quedará el proyecto de nuestro relé una vez que realicemos el montaje de los componentes sobre la tarjeta impresa o PCB.



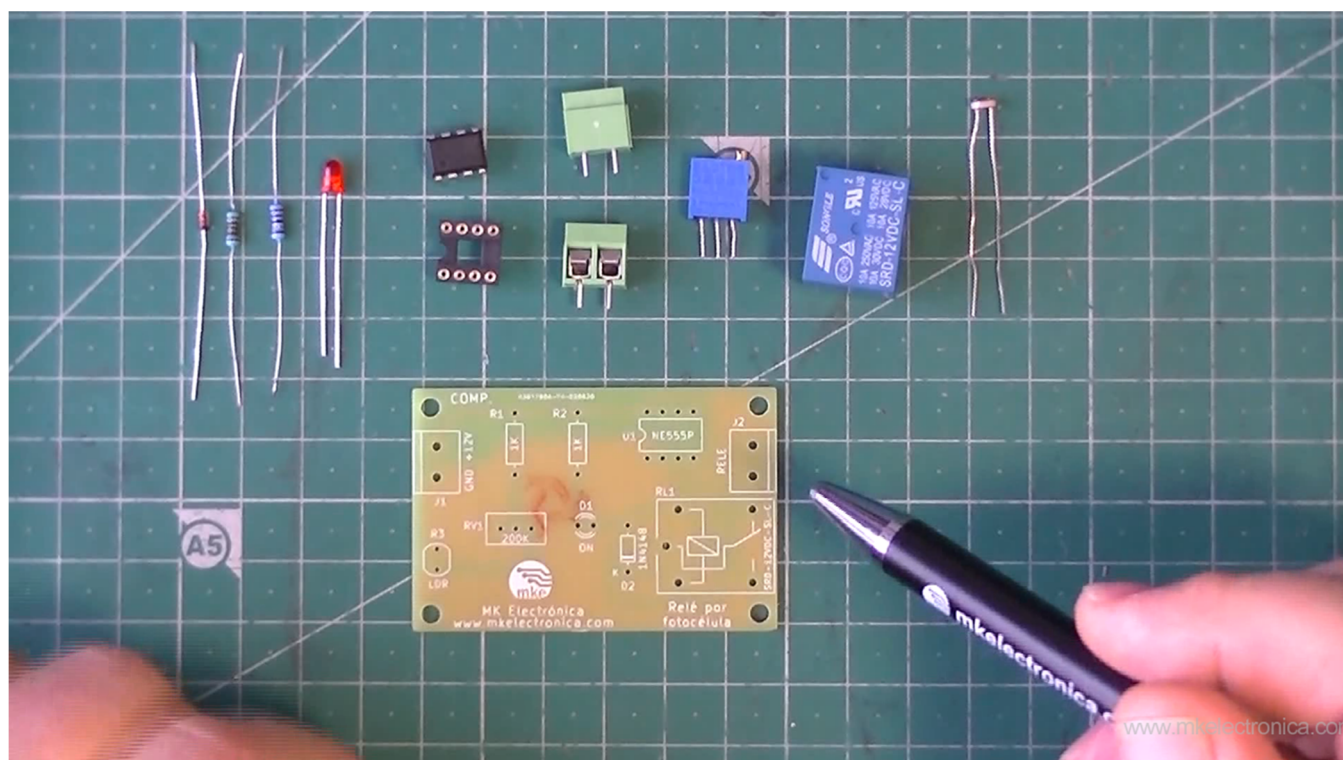
Esto también nos permite ver cómo se insertan las patillas de los componentes en sus correspondientes pad's de conexión, donde se realizarán posteriormente las soldaduras.

La fabricación de las tarjetas impresas puede hacerse, en algunos casos, de forma "casera". Necesitas para ello adquirir una serie de productos químicos, placas vírgenes, disolventes, taladros, etc... Por supuesto que también existen empresas especializadas. Simplemente hay que mandarles los ficheros que contienen la información apropiada para

que puedan fabricar las tarjetas de forma totalmente automatizada. Esos ficheros son generados por las mismas herramientas de diseño como por ejemplo KiCad.

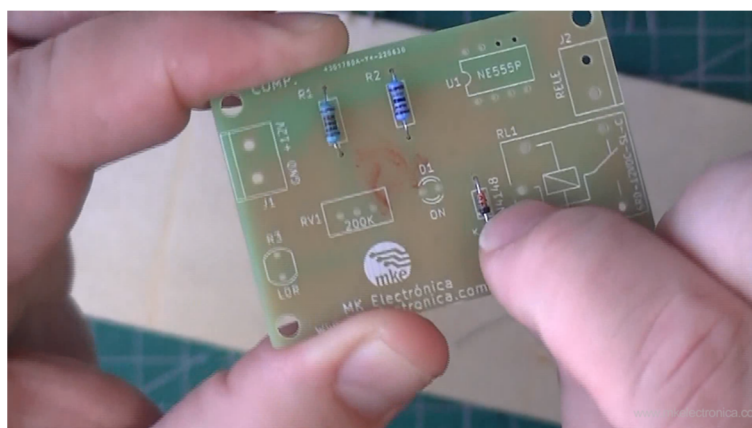
7.- MONTAJE

El último paso para completar el proyecto de nuestro relé accionado por fotocélula LDR será realizar el montaje definitivo de los componentes sobre la placa de circuito impreso o PCB. Una vez identificados todos los componentes del kit sugerimos seguir el siguiente orden.



7-1 El diodo 1N4148 y las resistencias R1,R2

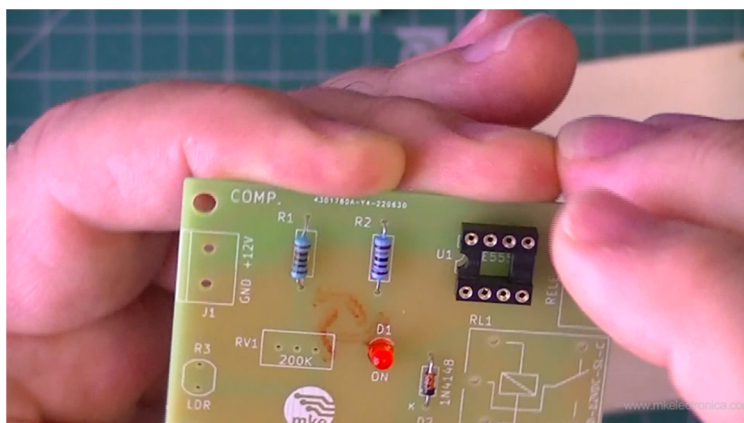
Por regla general se comienza colocando los componentes de menor perfil y se continúan montando progresivamente, en orden creciente, hasta los componentes de mayor perfil. En nuestro proyecto empezamos con el diodo 1N4148 (D2). Como tiene polaridad, la patita del cátodo está marcada con una



raya negra. Debe orientarse hacia la raya de la serigrafía de la PCB. A continuación seguimos con las dos resistencias R1 y R2 que son del mismo valor, 1 K Ω .

Se insertan al ras de la placa y una vez realizadas las soldaduras, cortamos las patillas sobrantes de los componentes.

7-2 Zócalo de 8 pines y diodo led D1

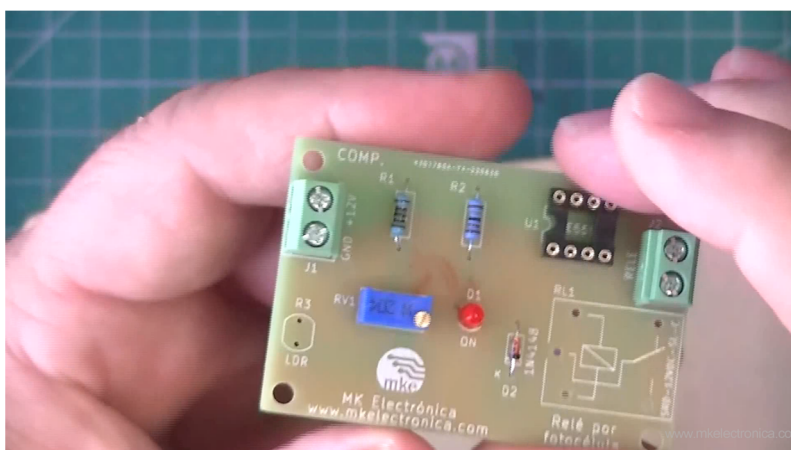


Siguiendo el orden de menor a mayor perfil vamos a soldar el zócalo de 8 pines y el diodo led D2. Al emplear un zócalo evitamos someter a elevadas temperaturas al circuito integrado que alojará. Orientar la marca de referencia con la marca de referencia en la serigrafía de la PCB.

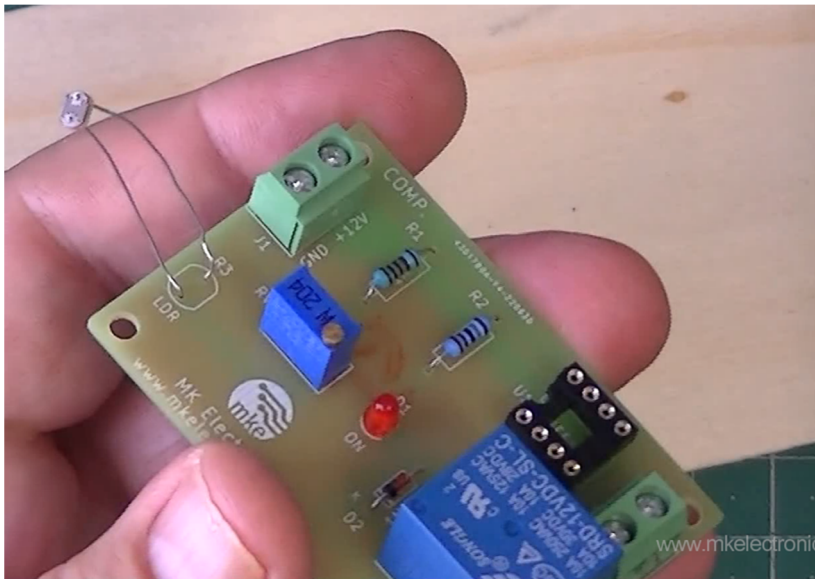
Por su parte, el led D1 tiene polaridad. La patilla corta se corresponde con el cátodo y debe orientarse hacia la parte achaflanada del dibujo de la serigrafía, a la derecha en la imagen. No olvides cortar las patillas sobrantes.

7-3 Bornes J1, J2 y potenciómetro RV1

Colocamos los bornes J1 y J2 teniendo cuidado de que los orificios por donde se insertan los cables de conexión queden orientados hacia los bordes de la tarjeta impresa. Seguidamente colocamos y soldamos el potenciómetro multivuelta RV1 de 200 K Ω



7-4 Relé RL1 y célula LDR R3



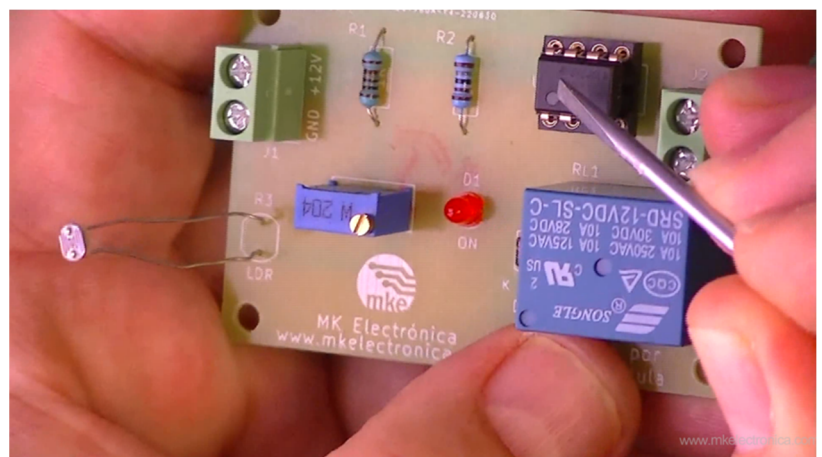
Acabamos con el montaje poniendo el relé RL1 y la célula LDR R3. La colocación del relé no supone ningún problema. La distribución de sus patillas coincide con los pads de la huella y de la serigrafía en la placa impresa. Solo hay una forma de insertarlo.

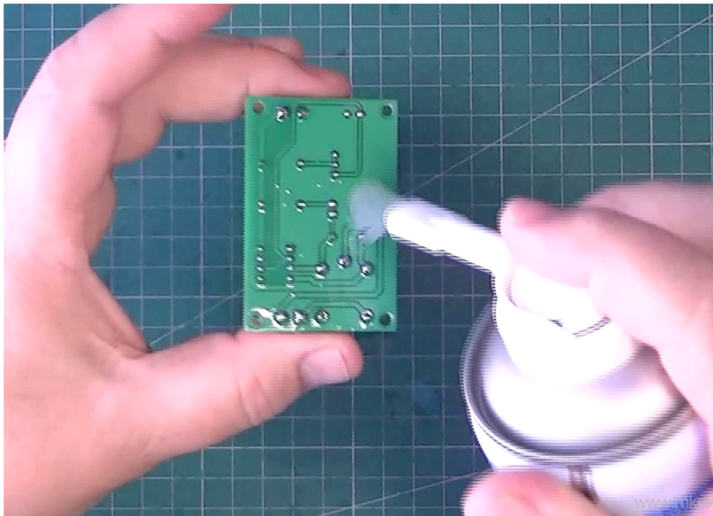
La célula LDR no tiene polaridad y por lo tanto no importa su orientación. Sin embargo, haciendo una

excepción, este componente es el único que no va al ras de la PCB. Lo vamos a insertar lo más alto que podamos. De esta manera lo podremos flexionar para orientarlo hacia la luz según nos convenga.

7-5 Insertar el C.I. 555 y limpieza final

Ya hemos terminado con las soldaduras y podemos insertar a presión el circuito integrado 555. Este dispone de una marca de referencia, una especie de círculo o punto, que representa a la patilla nº 1. Se debe orientar con la referencia del zócalo y de la huella en la serigrafía de la placa. Asegúrate de que ninguna patilla se doble y todas queden insertadas correctamente.





Por último, por razones estéticas y de buen gusto vamos a limpiar la placa PCB de los restos de soldadura que nos han ido apareciendo. Empleamos un disolvente tipo acetona, alcohol isopropílico o productos similares que se comercializan expresamente para la limpieza de placas de circuito impreso (PCB).

7-6 Punto final...

Ya has completado el montaje del relé controlado mediante fotocélula sobre una placa de circuito impreso profesional. Ahora solo tendrás que comprobar por última vez su correcto funcionamiento. Te sugiero que vuelvas a repetir las medidas que hiciste en el apartado 4. Debieras obtener un resultado similar e incluso más estable debido a que el montaje ahora es mucho más compacto y robusto pues las conexiones son más fiables.

Por si te sirve de idea, en MK Electrónica hemos usado este montaje para controlar un sistema de alumbrado. Consiste en una lámpara conectada a la red de 230VAC que se activa si la LDR no recibe suficiente luz. En la imagen puedes ver que hemos usado la misma fuente de alimentación variable que hicimos en un proyecto anterior para alimentar con 12VDC a nuestro nuevo circuito.

