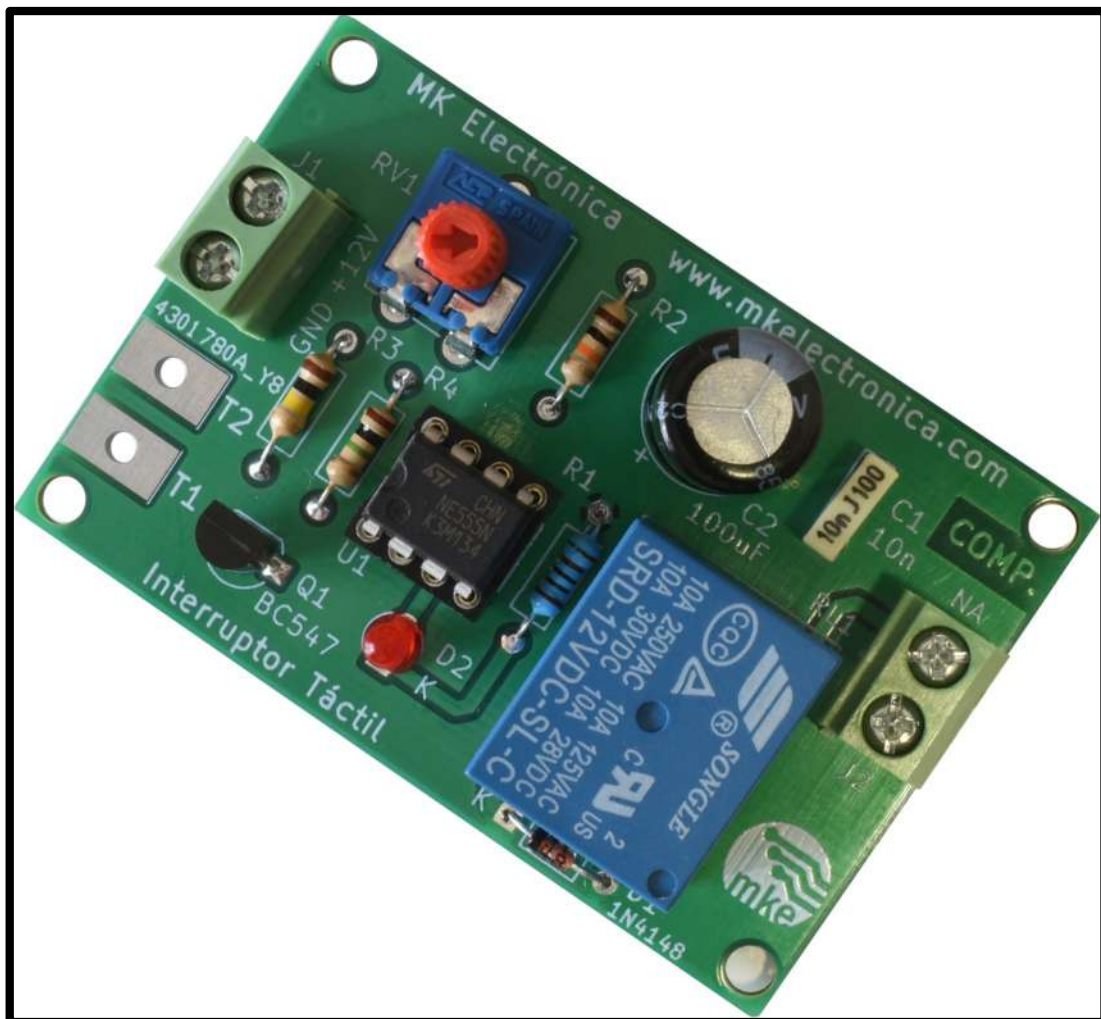


Interruptor Táctil

Manual de usuario



Rev. Diciembre 2022

MK Electrónica

Tfno. 34-944 04 80 89

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





1. - INTRODUCCIÓN

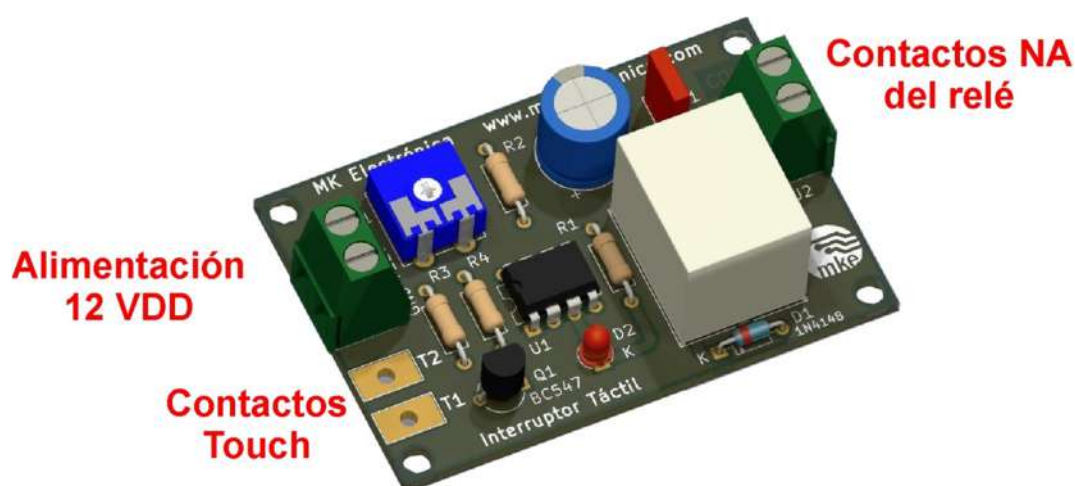
Otro circuito didáctico con una posible utilidad práctica. En esta ocasión vamos a hacer un interruptor sensible al tacto que acciona un relé durante un cierto tiempo. También se le conoce como "Interruptor Táctil o Touch Switch".

El funcionamiento se basa en detectar un cambio en la capacidad/resistencia entre dos conductores cuando nos acercamos o los tocamos, gracias a la capacidad/resistencia del propio cuerpo humano. Cuando esto ocurre, nuestro circuito dispara un relé durante un tiempo ajustable y cuyos contactos a su vez pueden activar cualquier tipo de dispositivo de carga.

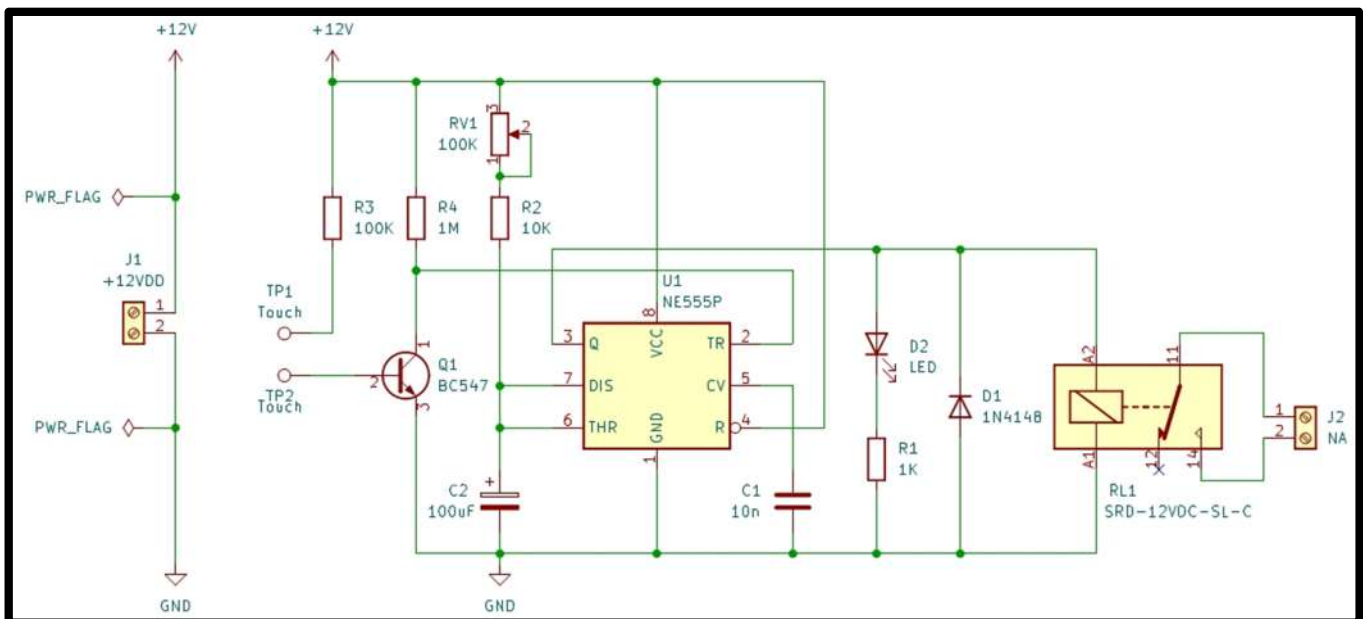
Este tipo de interruptores táctiles se fabrican y comercializan, en el plano profesional, en diferentes tipos y características, y pueden sustituir a los clásicos interruptores o pulsadores mecánicos empleados en las instalaciones eléctricas. Algunos modelos son aptos para instalarlos en exteriores, en ambientes húmedos, con polvo, etc... y no tienen contactos al contrario que los mecánicos.



Como viene siendo habitual en estos proyectos que estamos proponiendo, nuestro circuito es un circuito con finalidades experimentales y didácticas. En la imagen puedes ver sus conexiones típicas: alimentación del circuito de 12VDD, contactos del sensor sensible al tacto o "Touch" y los contactos normalmente abiertos (NA) para activar el dispositivo de carga tanto en continua como en alterna. Esperamos que te resulte útil y atractivo y, sobre todo, te sirva para aprender.



2.- ESQUEMA ELÉCTRICO Y LISTADO DE MATERIALES

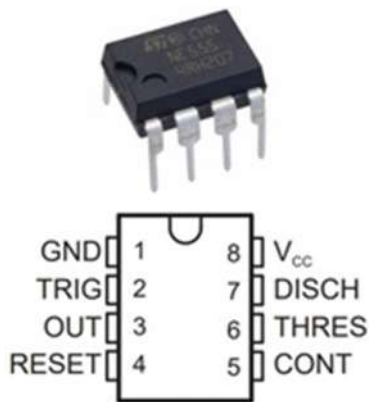


- R1: 1K Ω - 1/4W
- R2: 10K Ω - 1/4W
- R3: 100K Ω - 1/4W
- R4: 1 M Ω - 1/4W
- RV1: Potenciómetro de ajuste de 100 K Ω para mando
- C1: Condensador multicapa de 10 nF
- C2: Condensador electrolítico radial de 100 μ F/63V
- D1: Diodo 1N4148
- D2: Led rojo 3 mm
- Q1: Transistor BC547
- U1: Circuito Integrado LM555 - 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.

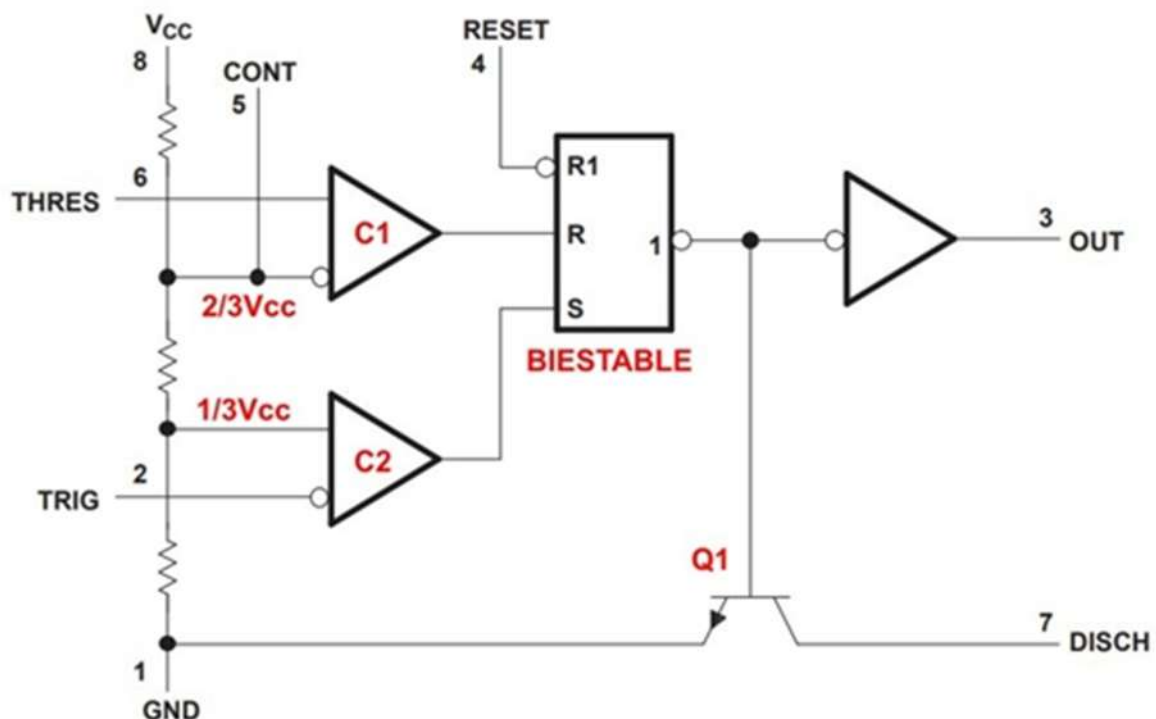
3.- TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO

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...



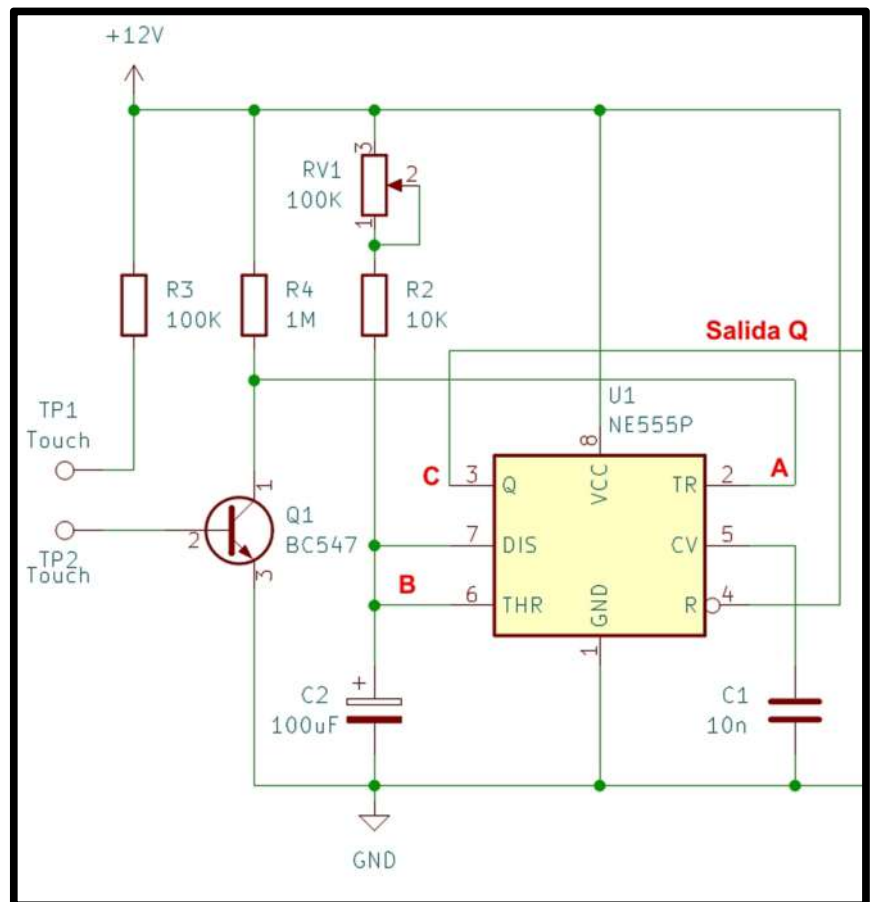
Por un lado dispone de un biestable. Las señales S y R activan o desactivan la salida OUT poniéndola a nivel alto o bajo respectivamente. Por otro lado un divisor de tres resistencias proporciona tensiones de referencia a los dos comparadores C1 y C2.

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.

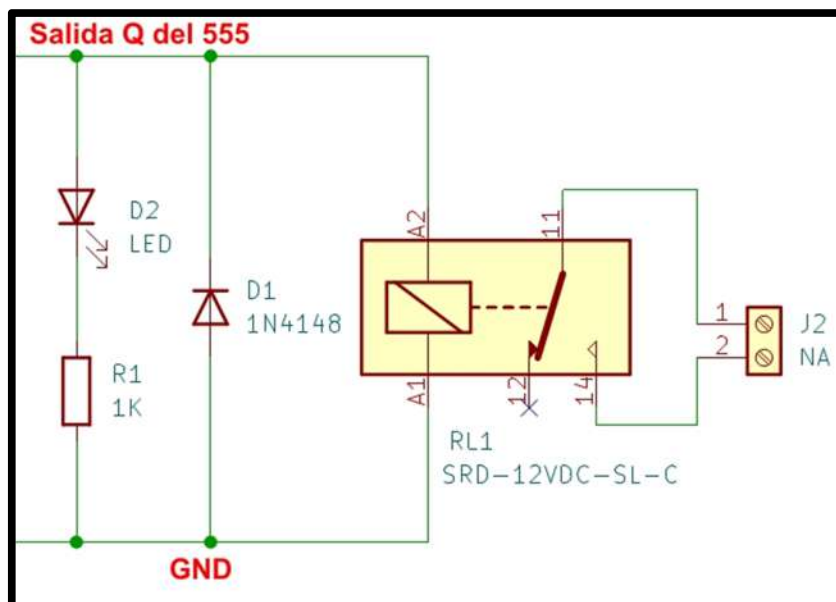
El comparador C2 recibe por su entrada no inversora una tensión fija de $1/3$ de V_{cc} , y otra variable aplicada a la entrada inversora por la patilla 2 de disparo (TRIG). Cuando esta es inferior a $1/3$ de V_{cc} se produce la señal S y la salida OUT se pone a nivel alto sacando una tensión próxima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

Inicialmente el condensador C2 está descargado. El sensor táctil propiamente dicho está formado por los conductores TP1 y TP2. Cuando entran en contacto entre sí, el transistor Q1 conduce y su tensión de colector-emisor (VCE) disminuye. Esta tensión se aplica a la entrada TRIG de disparo del 555 y, cuando es inferior a $1/3$ de la V_{cc} de alimentación, la salida Q se activa. En realidad basta con tocar con la mano a ambos conductores para desencadenar todo esto, pues la resistencia de nuestro cuerpo cierra el circuito de polarización del transistor.



Cuando la salida se activa, el condensador $C2$ inicia su ciclo de carga a través de $R2$ y $P1$. El tiempo aproximado viene dado por: $T = 1.1 \times C \times (R2 + RV1)$. Cuando la tensión en el condensador, aplicada a la patilla THRES, supera los 2/3 de la V_{cc} de alimentación, la salida Q se desactiva y pasa a valer 0V. El condensador se descarga y el ciclo se repite.



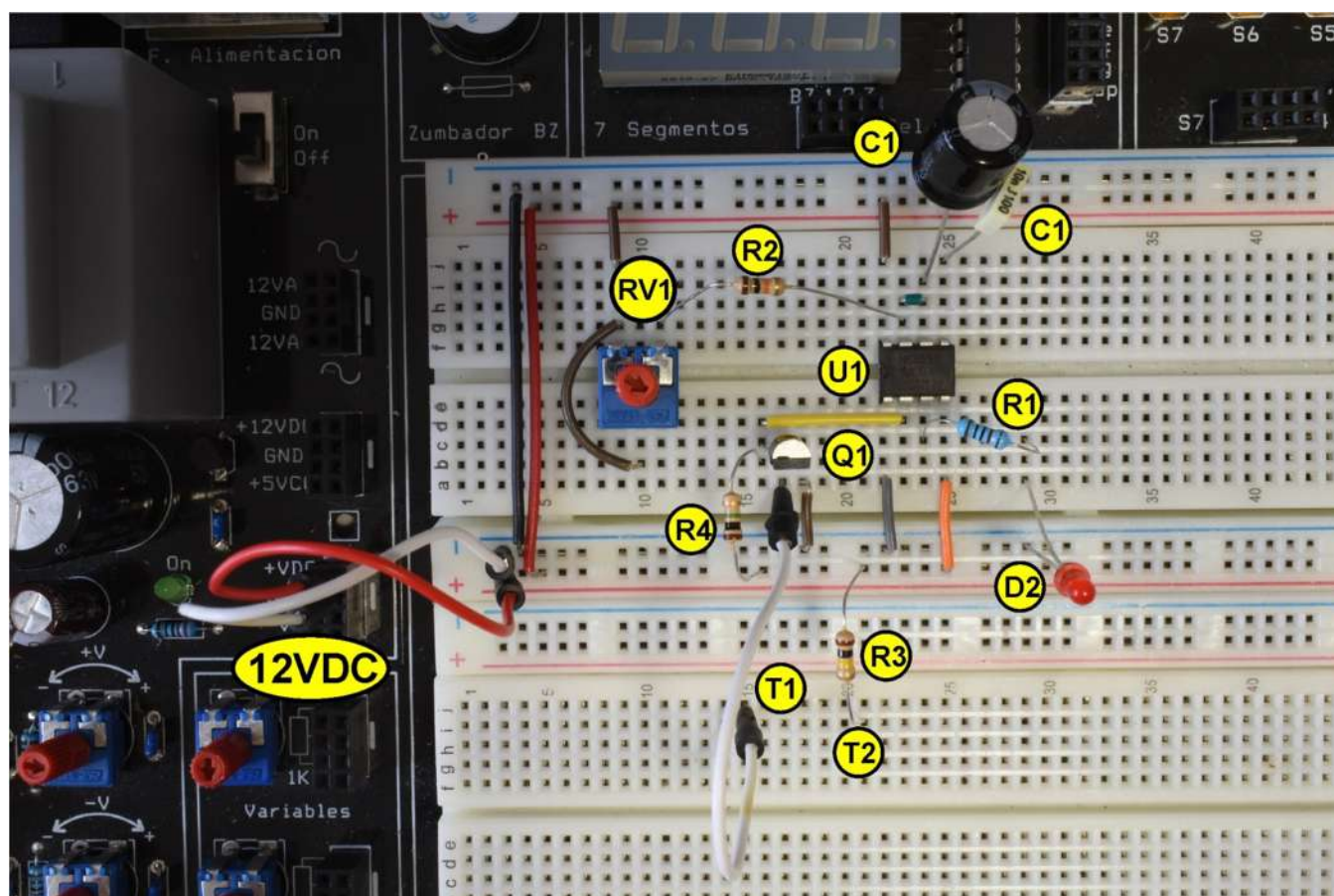
La señal de salida Q del 555 va a parar al led $D2$ y al relé $RL1$. Cuando se activa, los contactos normalmente abiertos (NA), se cierran accionando así la carga que hubiéramos conectado. El diodo $D1$ sirve para evitar las corrientes inversas que produce la bobina del relé durante su conexión / desconexión.

4.- ANALISIS Y EVALUACIÓN

Como es habitual en estos circuitos o proyectos didácticos, sugerimos el montaje de un primer prototipo que permita realizar las comprobaciones básicas de funcionamiento de nuestro interruptor táctil. 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 por la salida de tensión variable entre +VDC y GND, previo ajuste a +12V. Para simplificar el montaje vamos a omitir el relé $RL1$. Simplemente nos basta con el led $D2$ que se encenderá cuando toquemos los conductores del sensor táctil (Touch).



En este primer prototipo no vamos a colocar el relé RL1. Nos basta con el led D2 para conocer cuándo se ha producido un "Touch" en los sensores T1 y T2. Para comprobar su funcionamiento vamos a realizar una serie de medidas.

SIN TOCAR LOS SENSORES T1 y T2, NO "TOUCH"		
PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VA		Tensión entre la patilla TRIG (2) y GND. Es la tensión VCE del transistor Q1
VB		Tensión del condensador medida entre la patilla THR (6) y GND.
VC		Tensión de salida entre la patilla Q/OUT (3) y GND.
VD2		Tensión en el diodo led D2
VR1		Tensión en la resistencia de absorción R1
$VC=VD2+VR1$		Comprobamos que la tensión entre la patilla de salida Q/OUT (3) y GND es la suma de VD2 + VR1

Debemos ver claramente que el transistor Q1 está bloqueado y su tensión VCE es alta. La tensión en la patilla TRIG (VA) está por encima de 1/3 de VCC y la salida Q del

555 (VC) está sin tensión. El led está apagado y la tensión en el condensador (VB) está próxima a los 0 V. Situación de reposo.

Ahora ponemos el potenciómetro RV1 con su máxima resistencia para que nos dé tiempo a realizar las medidas y tocamos con una mano los sensores T1 y T2 durante un breve instante de tiempo.

TOCANDO LOS SENSORES T1 y T2, "TOUCH"		
PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VA		Tensión entre la patilla TRIG (2) y GND. Es la tensión VCE del transistor Q1
VB		Tensión del condensador medida entre la patilla THR (6) y GND.
VC		Tensión de salida entre la patilla Q/OUT (3) y GND.
VD2		Tensión en el diodo led D2
VR1		Tensión en la resistencia de absorción R1
VC=VD2+VR1		Comprobamos que la tensión entre la patilla de salida Q/OUT (3) y GND es la suma de VD2 + VR1

Comprobamos que mientras tocamos los sensores T1 y T2 el transistor Q1 conduce y su tensión VCE disminuye. La tensión VA en la patilla TRIG está por debajo de 1/3 de VCC lo que provoca el disparo en el 555 La tensión de salida VC en la patilla Q se aproxima a la de alimentación y el led se enciende. El circuito está activado.

Al mismo tiempo observamos que la tensión VB del condensador va aumentando. Cuando en la patilla THRES se superan los 2/3 de la tensión de alimentación, la tensión VB del condensador cae bruscamente a 0V al igual que la tensión VC en la salida Q del 555. El circuito queda nuevamente en situación de reposo.

Podemos medir el tiempo que tarda el condensador en cargarse, es decir, desde que hacemos el "Touch" y se activa el led hasta que este se desactiva. Tiene que ser parecido al tiempo que resulta de hacer este cálculo:

$$T = 1.1 \times C \times (R2 + RV1) = 1.1 \times 0,0001 \times 110000 = 12,1"$$

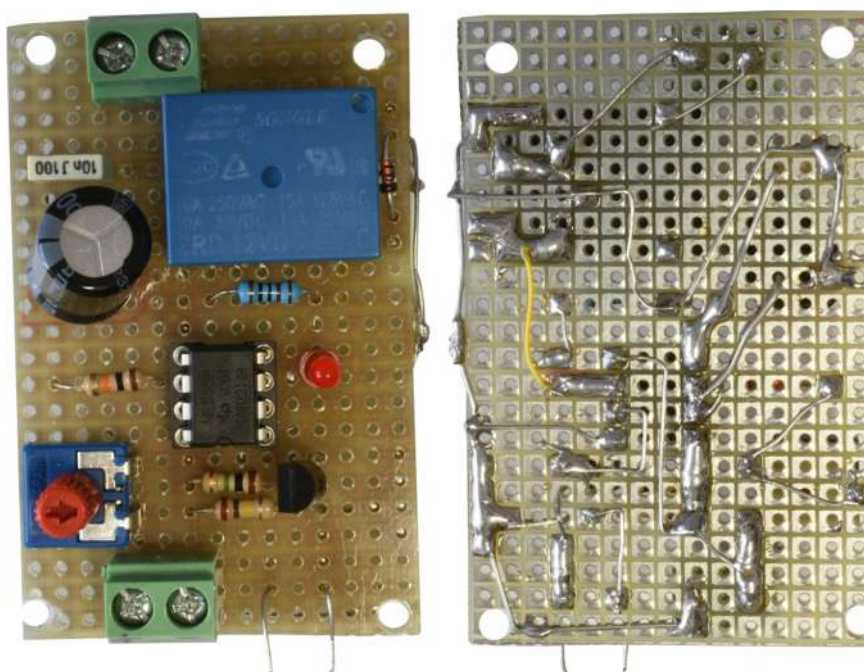
5. - PROTOTIPADO

Como hemos venido haciendo con otros proyectos, 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, el relé y la carga controlada por este.
- 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 interruptor táctil, 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
- ...

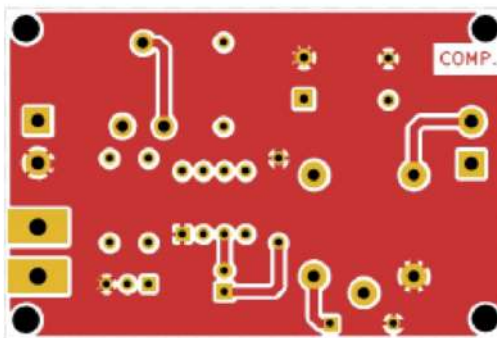
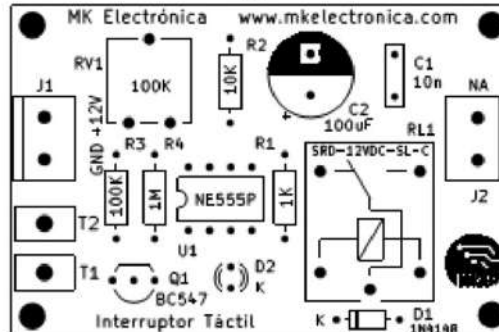
Algunas son totalmente gratuitas (p.e. KiCad y EasyEDA) y otras, aunque de pago, suelen tener una versión gratuita de demostración. Lo ideal es investigar, probar y elegir la que más nos convenga. Aprender a usar este tipo de herramientas requiere de bastante esfuerzo y más vale elegir bien. Nosotros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



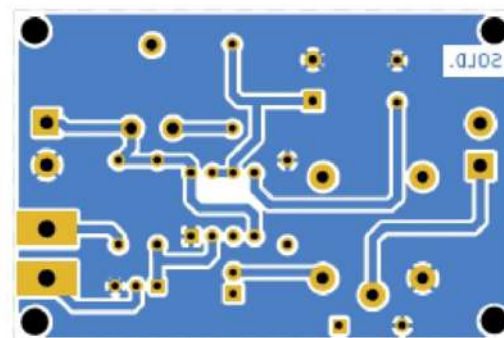
A modo de ejemplo puedes ver en tamaño real cómo nos ha quedado el diseño del circuito impreso de nuestro interruptor táctil. A veces, debido a la complejidad de las conexiones, o bien a que estamos obligados a mantener una cierta estética, o bien a que los componentes tengan que ir en una ubicación concreta, puede ser necesario colocar pistas de conexión en ambas caras de la placa de circuito impreso (PCB). Se la conoce como una "*PCB de doble cara*". Es lo que hemos hecho en nuestro diseño. En la imagen

puedes ver la serigrafía donde se ubican los componentes, las pistas en la cara de los componentes (rojo) y las pistas en la cara de las soldaduras (azul)

Serigrafía

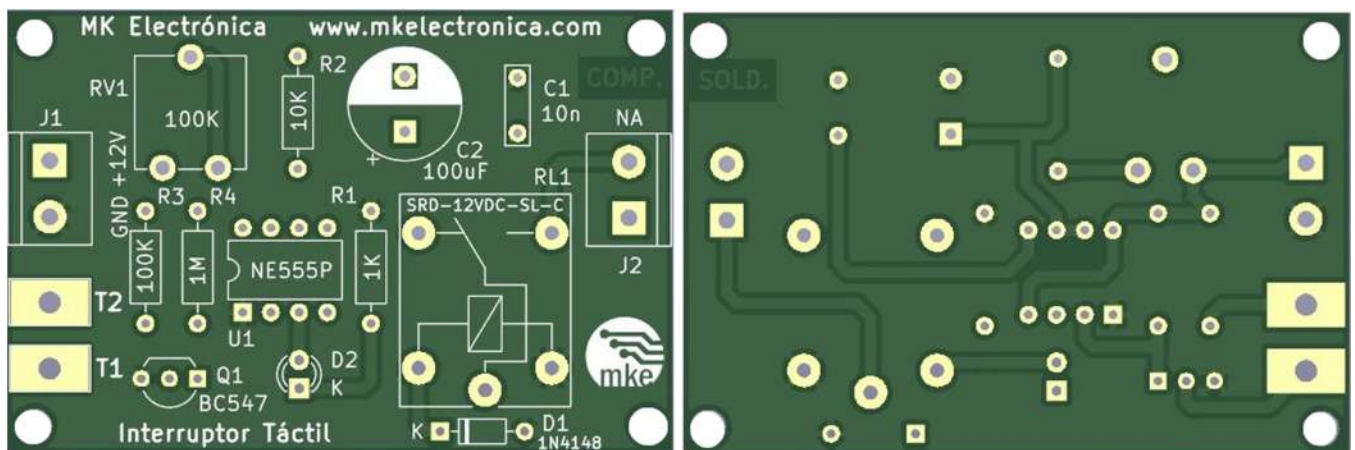


Cara de los componentes



Cara de las soldaduras

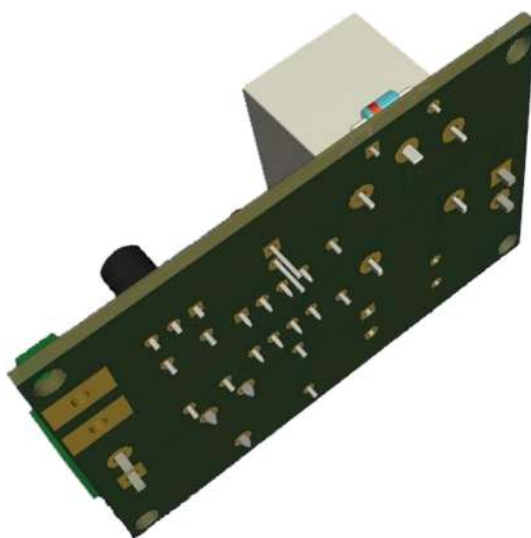
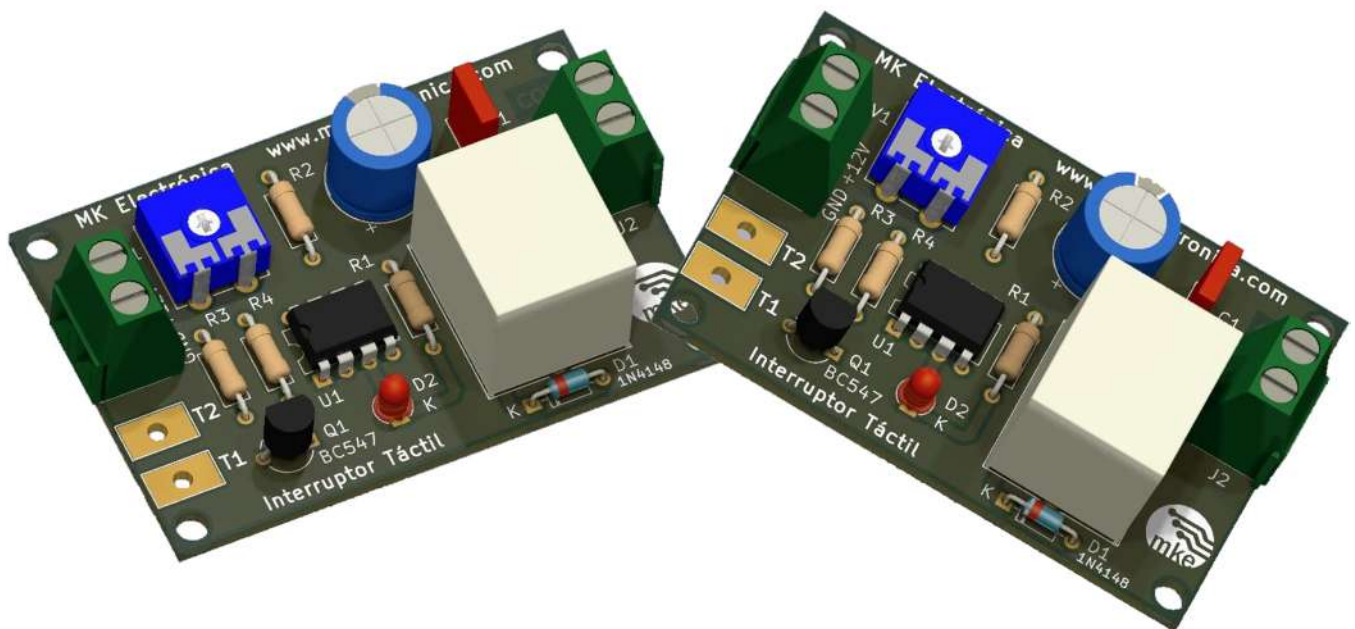
Las conexiones entre las pistas de una cara con las de la otra, se hacen mediante orificios metalizados conocidas como "vías" y "pads". En la siguiente figura tienes una imagen (ampliada) de las dos caras de la tarjeta impresa (PCB) una vez fabricada.



A la izquierda vemos la cara superior donde se encuentra la serigrafía con referencias, gráficos, textos, etc..., además de las pistas propias de esa cara. Es por donde se insertan los componentes y se le conoce como "cara de los componentes" o "Top".

A la derecha está la cara inferior o, "cara de soldadura" o "Bottom". Observa que es una vista de "espejo" respecto a la cara inferior que mostramos en azul en la figura anterior. En ella se encuentran los pads y las pistas de conexión de esa cara según el esquema eléctrico que es el que manda. Los pads también son metalizados y se taladran para poder insertar las patillas de esos componentes y realizar las soldaduras sobre ellos.

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 interruptor táctil una vez que realicemos el montaje de los componentes sobre la tarjeta impresa o PCB, ii incluso antes de hacerlo realmente !!



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

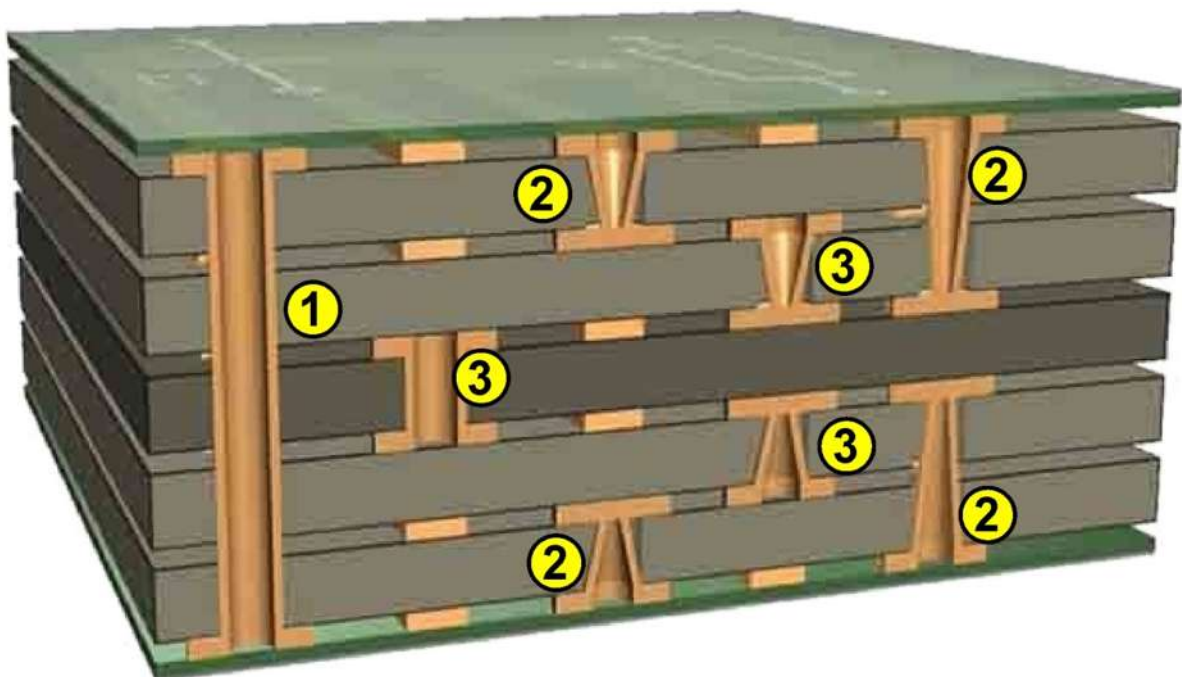
La fabricación de las tarjetas impresas puede hacerse, en algunos casos, de forma "casera". Necesitas para ello adquirir una serie de productos químicos, placas vírgenes, disolventes, taladros, etc... Por supuesto que también existen empresas especializadas. Simplemente hay que mandarles los ficheros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

En otros casos, el circuito es tan complejo que las pistas de la placa impresa que lo contiene (PCB) no pueden trazarse en dos caras y mucho menos en una. Hablamos de los circuitos impresos "multicapa". Imagina un sándwich de varios pisos.

Efectivamente, en una PCB multicapa nos podemos encontrar con pistas en diferentes capas aisladas entre sí, desde 4 capas hasta 64. La conexión entre las pistas de diferentes capas se realizan mediante una serie de taladros metalizados. Los pads ya los conoces. Son taladros a través de los cuales se insertan las patillas de los componentes y se realizan las soldaduras. Normalmente conectan con todas las capas. Luego están las "vías". Según el diseño pueden servir para mantener la conexión entre las pistas de dos o más capas y pueden ser de 3 tipos:

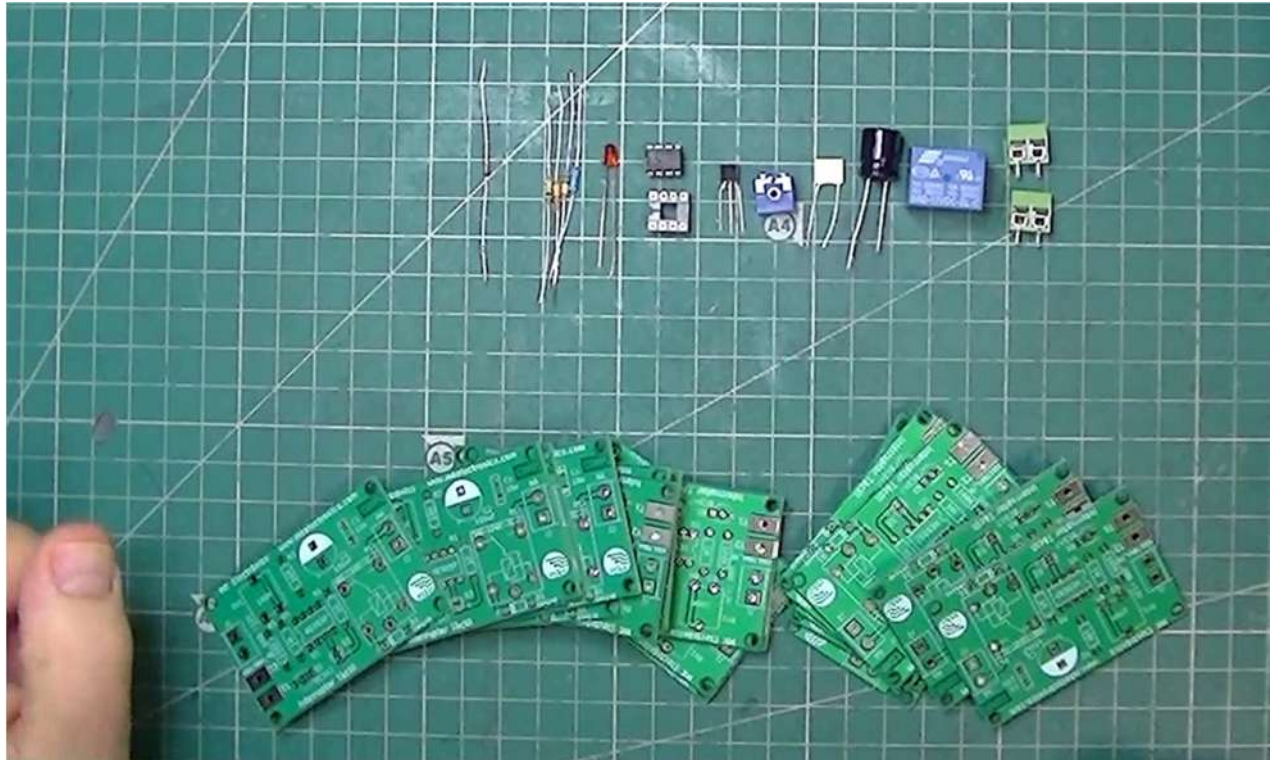
1. **Through:** Empiezan y acaban en las capas exteriores (componentes y soldaduras)
2. **Blind:** Empiezan en una de las capas externas y finalizan en una capa interna
3. **Buried:** Empiezan y terminan en capas internas.



La PCB de nuestro interruptor táctil es de doble cara y las vías son de tipo Through porque solamente hay que conectar algunas pistas de la cara de componentes (Top) con las de la cara de las soldaduras (Bottom).

7.- MONTAJE

El último paso para completar el proyecto de nuestro interruptor táctil 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.



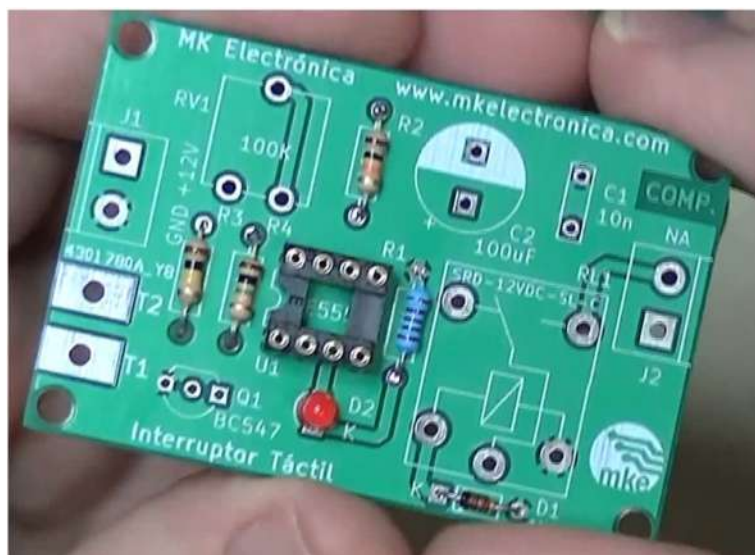
7-1 El diodo 1N4148 (D1), las resistencias R1-R4

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 (D1). Como tiene polaridad, la patita del cátodo está marcada con una raya negra y debe orientarse hacia la raya de la serigrafía de la PCB marcada con 'K'. A continuación seguimos con las cuatro resistencias R1-R4. Colocar cada una según su referencia y valor.



Todos estos componentes se insertan al ras de la placa y una vez realizadas las soldaduras, cortamos las patillas sobrantes de los mismos mediante un alicate de corte.

7-2 Zócalo de 8 pines y diodo led D2



Siguiendo el orden de menor a mayor perfil vamos a soldar el zócalo de 8 pines. Al emplear un zócalo evitamos someter a elevadas temperaturas al propio circuito integrado que alojará y podremos cambiarlo con facilidad. Orientar la marca de referencia en forma de semicírculo con la referencia en la serigrafía de la PCB.

Se recomienda soldar primero un par de patillas, verificar el correcto posicionamiento del zócalo y terminar soldando las patillas restantes.

En cuanto al diodo led D2, basta recordar simplemente que la patilla más corta es el cátodo y debe orientarse hacia el pad marcado con K en la serigrafía.

7-3 El transistor Q1 y el potenciómetro RV1

La forma del encapsulado del transistor (TO-92) no da lugar a dudas. Hay que orientarlo según el dibujo de la serigrafía de la placa impresa. Los dispositivos con encapsulados del tipo TO-92 (transistores, tiristores, reguladores, etc...) no se insertan al ras de la placa. Se suelen dejar a una altura de unos 3-6 mm.

Por su parte el potenciómetro RV1 no da lugar a dudas. La distribución de sus patillas solo pueden encajar con una única orientación.



7-4 Condensador C1, bornes J1-J2, condensador C2 y relé RL1



- C1 es un condensador de 10 nF que no tiene polaridad.
- Los bornes J1-J2 se colocan en ambos bordes de la PCB con los tornillos mirando al exterior.
- C2 es electrolítico y tiene polaridad. Orientar la patilla + con el símbolo + de la serigrafía
- RL1 no debe presentar ningún problema y solo puede colocarse con una orientación.

7-5 Insertar el circuito integrado U1 y el eje del potenciómetro

Para acabar con el montaje basta con insertar a presión el circuito integrado LM555 (U1) en su zócalo. Este dispone de una marca de referencia, una especie de semicírculo o bien un 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. Ahora podemos también insertar el eje o mando del potenciómetro RV1.



7-6 Limpieza



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).

7-7 Punto final...

Ya has completado el montaje del interruptor táctil sobre una placa de circuito impreso (PCB) profesional. Ahora solo tendrás que comprobar por última vez su correcto funcionamiento. Por si te sirve de idea, en MK Electrónica hemos usado un enchufe con una bombilla que ilumina con la tensión de red de 230 VAC cada vez que se cierran los contactos del relé RL1. Como puedes ver en la imagen usamos la Fuente de Alimentación que hicimos en otro proyecto anterior para alimentar con 12 VDC al interruptor táctil.



Para comprobar el funcionamiento sugerimos seguir los siguientes pasos:

1. Ajustar el potenciómetro al tiempo deseado, mínimo a la izquierda y máximo a la derecha.
2. Tocar los conductores T1 y T2 para desencadenar la activación del relé. Basta también con tocar uno de los dos conductores, el que va directamente a la base de Q1, T1 en la serigrafía.

