

CIRCUITOS DE PLACA DE PVC

Agradecimientos

Este trabajo se empezó hace tres años, durante ese tiempo cabe destacar multitud de apoyo recibido, en concreto de mi familia. Además un especial reconocimiento a Pablo Angulo por su apoyo y su sitio web, a Guillermo Encinas por sus consejos, discusiones y su afición incansable a la electrónica.

Y en definitiva este documento esta dedicado a todas las personas que se dedican tanto al hardware libre como software libre, y contribuyen a mejorar el mundo. Lo quiero dedicar también a los que me educaron como pudieron y a todas las personas de mi país.

1. Nuevo concepto de placa

Las principales ventajas del diseño de circuitos con polímeros son:

- Costos menores, ya que no se necesita soldadura, estaño y componentes químicos como ácidos o otras sustancias.
- Posibilidad de modificación de los diseños de manera sencilla, tanto de pistas como componentes.
- Posibilidad de cambiar y testear los componentes del circuito defectuosos sin necesidad de herramientas adicionales como soldador y estaño.
- Posibilidad hacer varias capas de circuitos, reduciendo el tamaño de los circuitos y la elaboración de circuitos 3D.
- Circuitos con cierta flexibilidad y que dicha propiedad se use para modificar el hardware, es decir una deformación mecánica provoca un circuito diferente a que se tenía antes de la deformación.

Para poder desarrollar la una placa de polímero hay que tener en cuenta las siguientes cuestiones a la hora de elegir el polímero con el que se va trabajar:

- Algunos polímeros pueden conducir la electricidad, por lo tanto serían unos candidatos poco apropiados para esto.
- Si son transparentes será más fácil elaborar las placas, pero no es determinante.
- El polímero debe ser resistente y flexible, pero no duro.

2. Materiales

Para la elaboración de los circuitos se necesita un plástico flexible y que recupere su forma. Esta característica es importante para una buena conexión entre la pista y el componente.

Se necesita agujas de coser, cable de cobre de distintas secciones y herramientas varias, que se explican en el siguiente apartado. Los cables se pueden comprar o obtenerse de trozos reciclados. Las distintas secciones se usaran según el tipo de circuito y de dispositivos que se quiera hacer.

Para en el caso que se quiera hacer buses se necesitara cuchillas de distintos tipos y otros elementos como arandelas y otros plásticos, se usarán para dar distintos tamaños y espaciados entre las cuchillas, consiguiendo así el espaciado deseado entre las pistas del bus. En el caso de encapsulados como QFN o DFN se necesitará un tubo de latón.

En principio no se necesitara el circuito impreso en papel, bastara con tenerlo disponible en el ordenador para observarlo mientras que se realiza.

a) Placa de plástico

En este caso se usa PVC, sus características son:

- Anchura de 1,85 mm para los circuitos de baja potencia y de 2,85 mm para los circuitos de alta potencia.
- Transparente con un ligero color azulado.
- Duro pero flexible. Recupera su forma ante la deformación.
- Resistencia a ácidos y bases.
- Temperatura de 82° C.
- El más fino se puede perforar con una aguja, se puede usar sacabocados para hacer agujeros. Se puede cortar fácilmente con tijeras o cuchilla.

El plástico usado se muestra e la imagen siguiente:



Si se usa el de mayor grosos gana solidez ya que es menos flexible y los componentes quedan más seguros. En ambos es posible "apilar" circuitos y pistas, apilando varias capas de circuitos e incluso

encapsular todo el circuito.

b) Tubos de plástico

Se dispone de distintos tipos de plástico, en concreto se usará un tubo de plástico de diámetro de 6,5 mm y diámetro interior 2,5 mm.



c) Hilo de cobre

Los hilos de cobre par hacer las pistas se obtienen a partir de cable al cual se le quita el aislante, los distintos tipos de hilos y sus aplicaciones son las siguientes:

- 0.04 cm de diámetro, se usara para encapsulados DIP y otros circuitos que no requieran extremada precisión en la elaboración de pistas.
- 0.02 cm de diámetro, se juntaran varios, en concreto 2, 3 o 4 hilos, y se enrollaran haciendo un cable de 0.3, 0.4 o 0.5 cm de diámetro de sección respectivamente, este se puede usar para encapsulados SO, SOP y DIP.
- 0.01 cm de diámetro se usará para los circuitos integrados cuyo espacio entre patas del integrado sea por debajo de 0.1 cm, es decir para encapsulados tipo DFN, QFN, TSSOP, MSOP y similares.

Estos hilos de cobre serán las pistas de la placa, para ello se hilará el hilo de cobre en una aguja cosiendo la placa, la puntadas darán forma a la pista.

d) Trazador de pistas

Para poder hacer circuitos con buses y para encapsulados TSSOP, MSOP, QFN y DFN se debe fabricar los trazadores de pistas. Estos trazadores consisten en cuchillas puestas en paralelo en las que puede haber algo o no intercalado entre cada cuchilla, dando origen a un espaciado entre cuchillas.

Se dispone de distintos tipos de cuchillas y separadores como se ve en la figura:

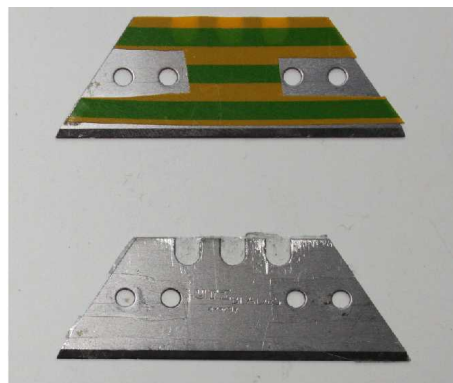


Cuchillas



Separadores de 0.5, 0.2 y 0.1 mm

Se puede usar celo o cinta aislante, para ello pegar un trozo de la misma en la cuchilla y recortar dejando libre los agujeros donde irán los tornillos, aquí se presenta algunos ejemplos.



Las cuchilla con cinta aislante y con celo transparente son de 0.5-0.55 y 0.45 mm respectivamente

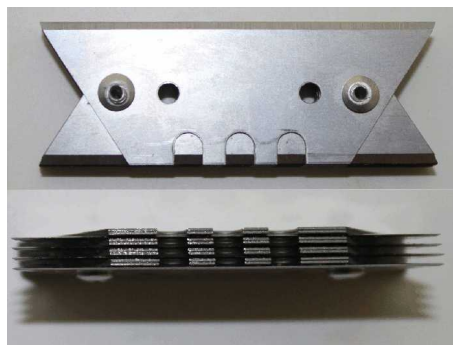
También se usaran arandelas de 1.2 - 1 mm de espesor, tornillos y tuercas del 5. Se debe buscar la combinación adecuada de cuchillas, espaciadores de plástico y arandelas para obtener la herramienta adecuada para cada encapsulado o bus. Se presentan distintas herramientas diseñadas:

- Trazadora de pistas DIP, se intercalado dos tipos de arandelas y un plástico. La sucesión es C-Ag-Ap-C-P-Ag-Ap-C-... Siendo C de cuchilla, Ag arandela grande, Ap arandela pequeña, P plástico de 0.2 mm. El plástico es una corrección en los casos de usar un bus de más de 4 hilos.



DIP

- Trazadora de pistas SOP. Simplemente se pone una al revés de la otra y se usa una maquina de remachar o se puede usar tornillos de 2.5 con sus respectivas tuercas para mantenerlas unidas.



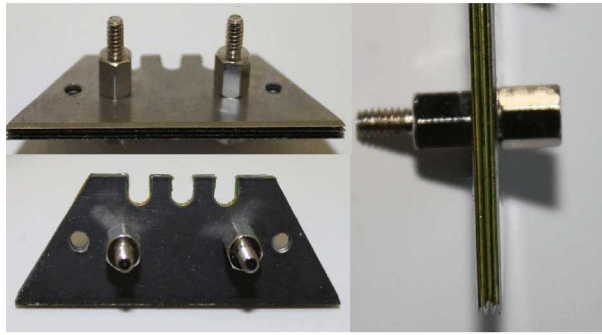
SOP

- Trazadora de pistas TSSOP. El espaciador entre cuchillas que se ha usado es el de 0.5 mm.



TSSOP

- Trazadora de pistas QFN. Se usa las cuchillas con cinta aislante de 0.5-0.55 mm.



QFN

Estas herramientas son una parte muy importante ya que una calibración adecuada del espaciado supondrá que el problema de trazado de pistas esté solucionado en gran medida.

e) Hilador de pistas

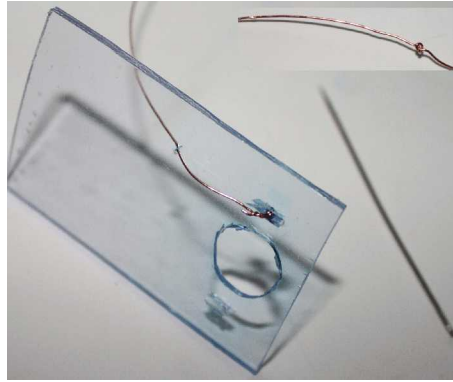
Las pistas de los circuitos se fabrican enrollando varios cables en uno, además para los encapsulados SO, SOP, MSOP y TSSOP el cable debe enrollarse de una manera especial. Para realizar fabricar las pistas es aconsejable construir un circuito que consta de un motor y interruptor. Este diseño se puede realizar de muchas maneras, en este caso se dispone de un motor, cable de cobre, placa e interruptor.



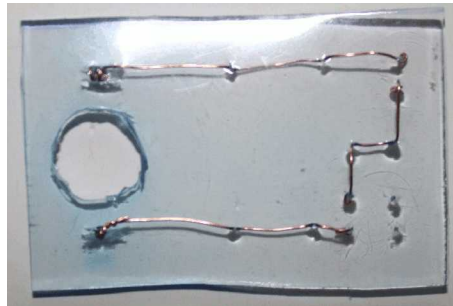
Se perfora la placa con un cutter o una cuchilla para realizar cuatro hendiduras, agrupadas dos a dos, y una circunferencia, esto es para que el motor se introduzca sin problemas, que como se ve en la figura:



Entrelazando el hilo de cobre entre las dos hendiduras se realizan los contactos donde irá uno de los bornes del motor como se muestra en la figura:



Con un nudo en los extremos, ver parte superior derecha de la imagen, se finaliza la pista, quedando la placa como se ve en la figura:



Se puede alimentar el circuito con un cargador de móvil, se modifica el cabezal para adaptarlo al circuito.



Ahora se debe hacerle un agujero al plástico blanco que posee el motor en su eje, este agujero se le puede hacer con una taladradora. Dicho agujero servirá como punto de anclaje de los cables que se quieren enroscar como muestra en la siguiente figura.



Finalmente, se muestra el hilador de pistas ya terminado:



f) Otras herramientas

Para realización de los circuitos es aconsejable tener algunas herramientas:

- Corta uñas y tijeras, útil para cortar restos de cables y restos de placa.
- Pinzas, ya sean de maquetismo o de higiene personal, útil para hacer los nudos y guiar las pistas.
- Colección de agujas de diversos tamaños.
- Tubo cuadrado de latón u otro material de 3,96 mm lado, se vende en tiendas de maquetismo. Será útil para encapsulados QFN, esta pendiente de encontrar otro valido para DFN.



- Destornilladores de tipo relojero y trozos de cuchilla, en concreto los planos serán útiles para hacer los circuitos SMD.



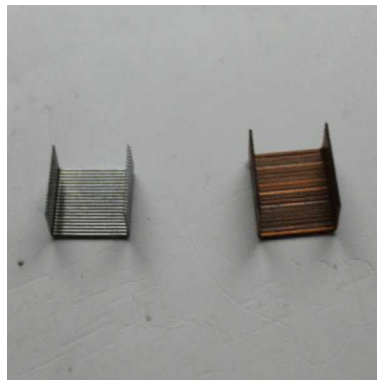
- Sacabocados, esta herramienta se suele usar para trabajar el cuero. En este caso se usara para hacer los agujeros en donde irán los componentes y cables. Se muestra abajo y en la izquierda una placa con los agujeros que puede realizar esta herramienta (es mejor si se tiene un sacabocados pero en forma de destornillador que el de la figura).



- Crochet, esta herramienta se usa para tejer. En este caso se usará para hacer pasar los cables a través de los agujeros hechos con el sacabocados.



- Grapas de dimensiones 1.38 cm de ancho y con patas de 0,6 cm de largo. La anchura de la grapa para las de color plateado es 0,5 mm y para las de color cobre es de 0,75 mm.



3. Encapsulados y elaboración de placas

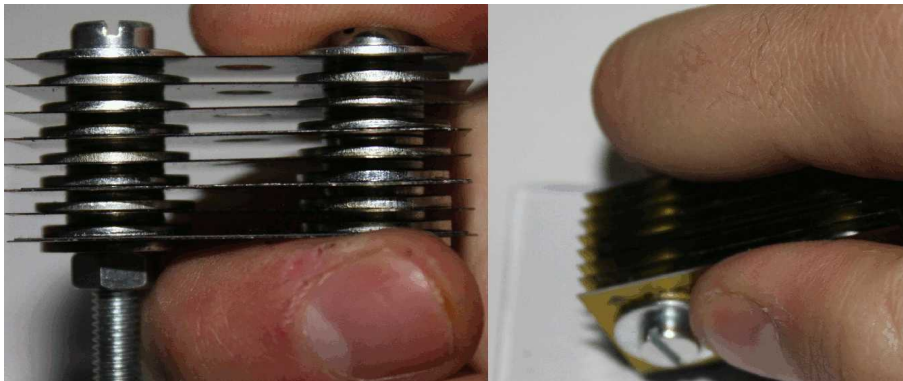
En este apartado se explica los detalles del diseño de placas y su elaboración, los aspectos destacables son:

- Los diferentes tipos de encapsulados y su anclaje, ya que cada tipo tiene un espaciado y una dimensiones en sus conexiones y patas.
- La elaboración de buses y pistas para cada tipo encapsulado.

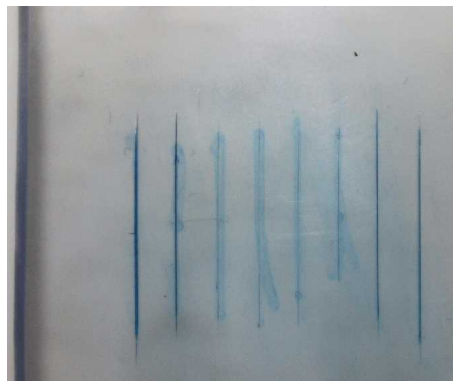
Con este nuevo diseño los circuitos con encapsulados más pequeños se realizan con la misma facilidad que los encapsulados más grandes, siendo en general más fácil la elaboración de placas.

a) Elaboración de buses

Para elaborar buses se usarán las herramientas descritas en apartado de **“Trazadores de pistas”**. Como se muestra en la imagen, se coge el trazador de pista y se pone en la placa como se observa en la imagen derecha. Se debe coger con mucho cuidado ya que las cuchillas nuevas cortan con mucha facilidad.

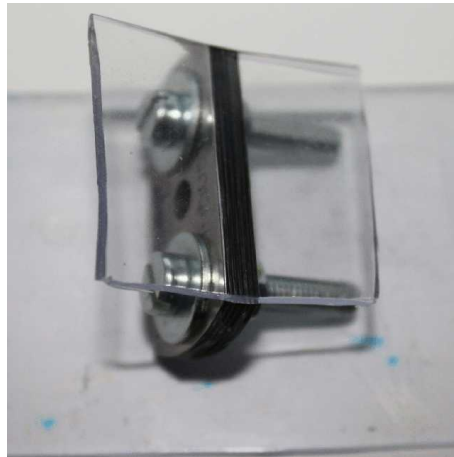


Se desplaza el trazador de pistas, presionando sobre la placa, de tal manera que se consiga una serie de cortes paralelos, originando las pistas que se ven en la imagen. Se ha usado un rotulador azul para remarcar las pistas.

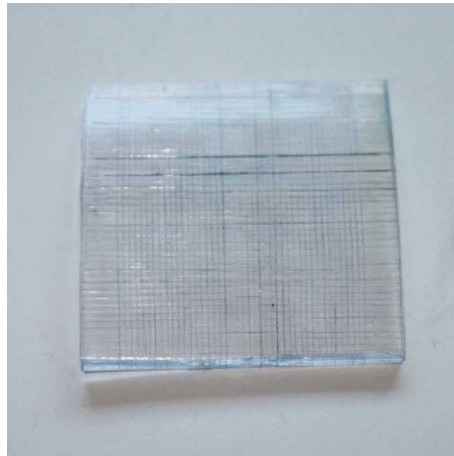


Para los trazadores de MSSOP, TSSOP y similares es más difícil hacerlo del modo en que se ha explicado anteriormente, por ello se recomienda que para hacer estas pistas hay que poner el

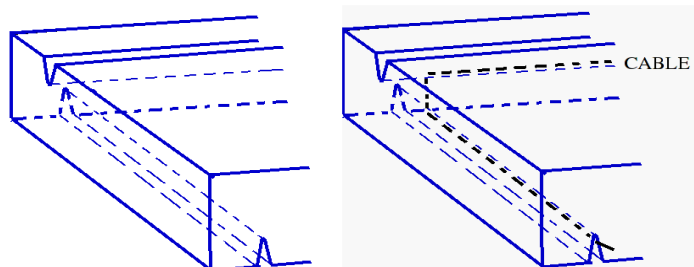
trazador sobre un plástico grueso que no sirva o una madera. Encima del trazador se pone la placa en la cual se quiere hacer la pista, como se observa en la figura:



Con un martillo se golpea ligeramente hasta que las cuchillas penetren en la placa haciendo los carriles, si se realiza en toda la placa se obtiene el siguiente resultado:



En este caso, los buses horizontales están en un lado de la placa, y los buses verticales están en el otro lado de la placa. Este permite que cuando se cosa la pista se pueda introducir el cable en el surco dejado por el trazador, cambiando de dirección cuando se pasa de un lado de la placa. Los surcos hechos con la trazadora sirven de guía al cable o hilo de cobre, como se muestra en la figura.



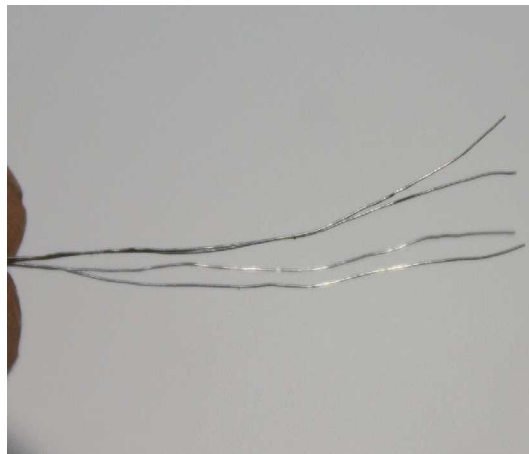
b) Cables para encapsulados DIP

Estos cables no necesitan mucha precisión por lo que se usa hilo de 0.02 cm de diámetro,

enroscando 2, 3 o 4 hilos se consiguen cables de aproximadamente 0.3, 0.4 o 0.5 cm de diámetro de sección respectivamente, cada uno de ellos se podrá usar en distintos diseños, en este caso se elige el formado por 4 hilos (Ver figura).



Luego se deben juntar los cuatro cables por un extremo, como se muestra:

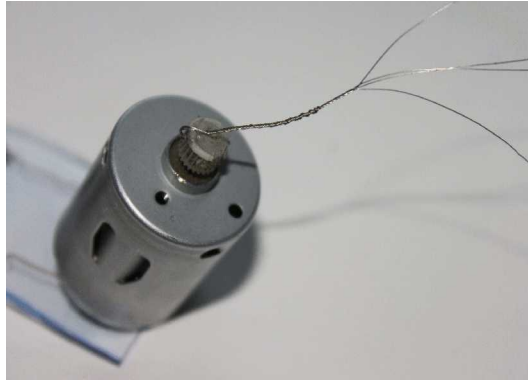


Y se ponen en el agujero del motor.



Para anclar el cable se necesita juntar con los dedos los cables que se observan en la figura de arriba, se pone en marcha el motor durante un pequeño intervalo de tiempo, obteniendo un trenzado

como se muestra:

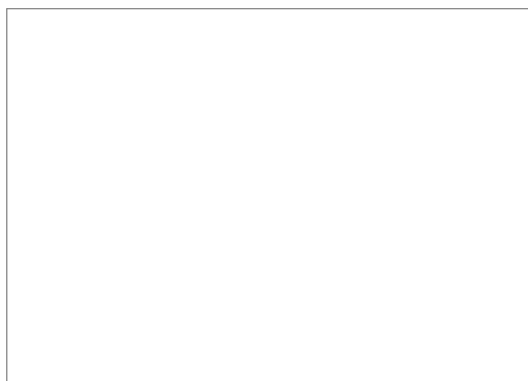


Al mismo tiempo que se cogen los extremos libres de los cable y se juntan con los dedos de una mano y con el hilador en la otra mano, se separa los dos hasta tensar un poco los cables y se activa el motor enroscando los cuatro cables en uno solo. Entonces el giro del motor enroscara los cables hasta obtener un cable más fuerte y más homogéneo. Se debe hacer con cuidado ya que si se enrosca o tensa demasiado se romperá el cable. Se muestra el cable terminado.

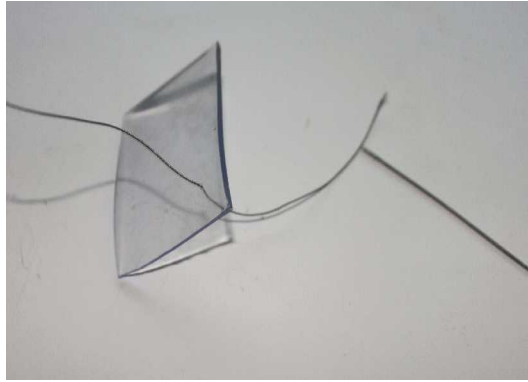


c) Elaboración de placas con encapsulado DIP y de propósito general

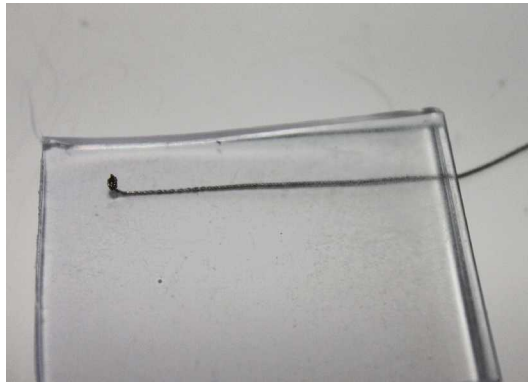
Se elige un circuito que consiste en una batería, una resistencia y un led, para ello se corta una placa de plástico, ya sea con el cutter o las tijeras, como se muestra en la figura.



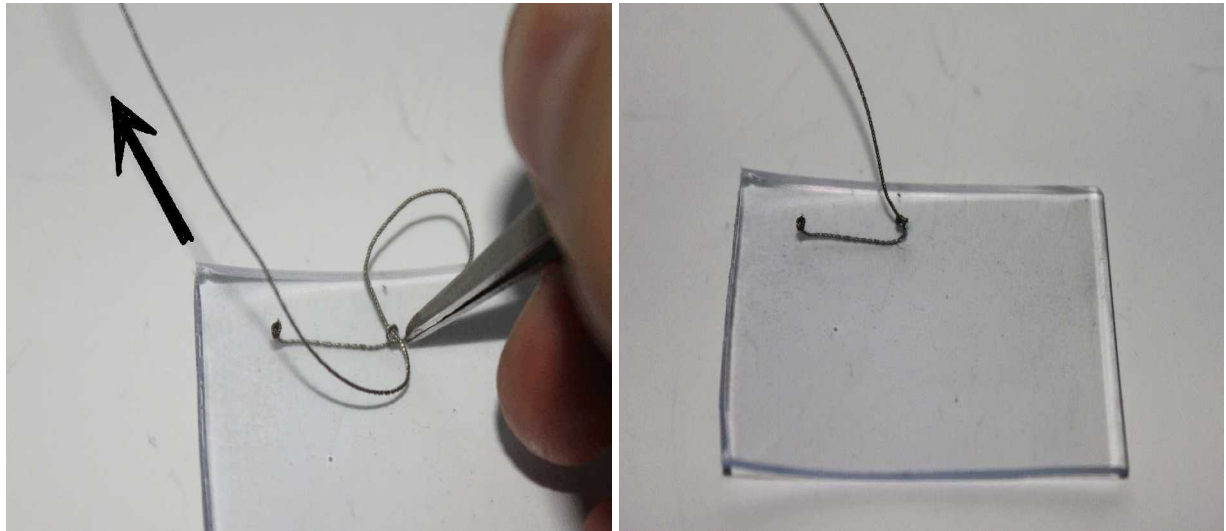
Se hila una aguja con el cable y se penetra la placa, de tal manera que el cable atraviese la placa.



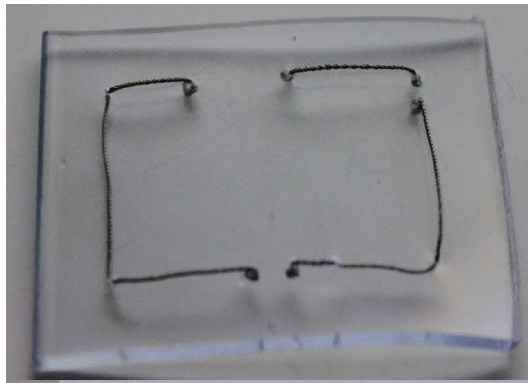
Se realiza un nudo en el extremo de la pista y se corta los restos de cable que sobra, dejando el nudo y se hace otra puntada como se muestra.



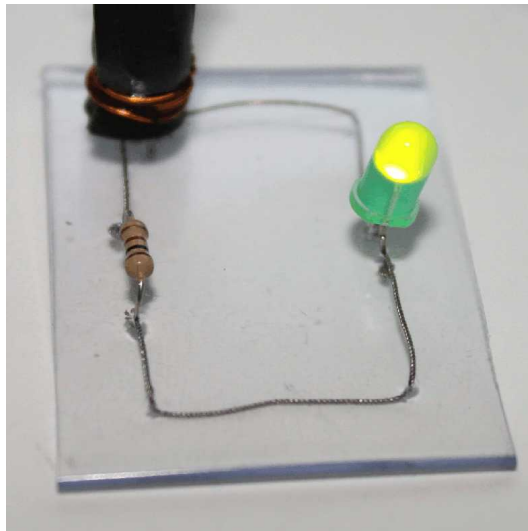
Para que la pista quede anclada se hace un nudo en el otro cable, para ello necesita unas pinzas y realizar un nudo como se muestra en la figura, para se debe tirar del cable en dirección de la flecha como se muestra en la figura.



Después de tirar del cable, se corta el resto. Repitiendo esto para todas las pistas se termina placa.

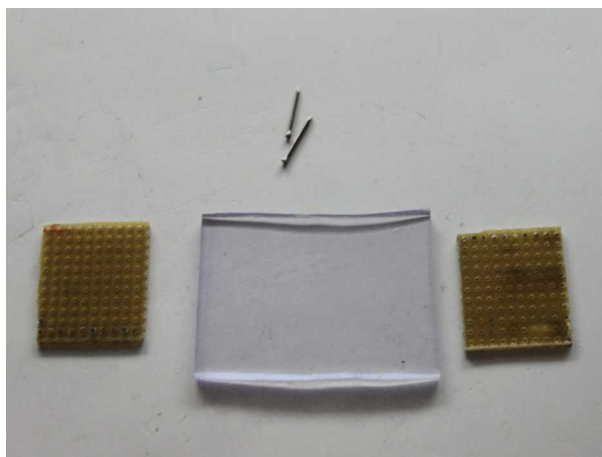


Poniendo los componentes y conectando el adaptador.

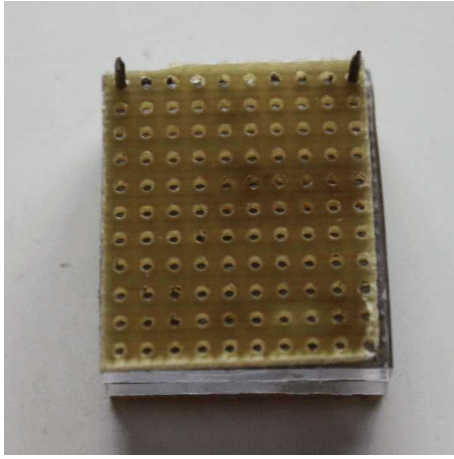


Para estos circuitos existe la posibilidad de tener un patrón impreso sobre la placa con agujeros equiespaciados, con esto se consigue coser las pistas con mucha más precisión.

Se usan dos trozos de baquelita, placa de plástico y clavos, estos clavos deben ser de un diámetro igual al diámetro de los agujeros de la baquelita.



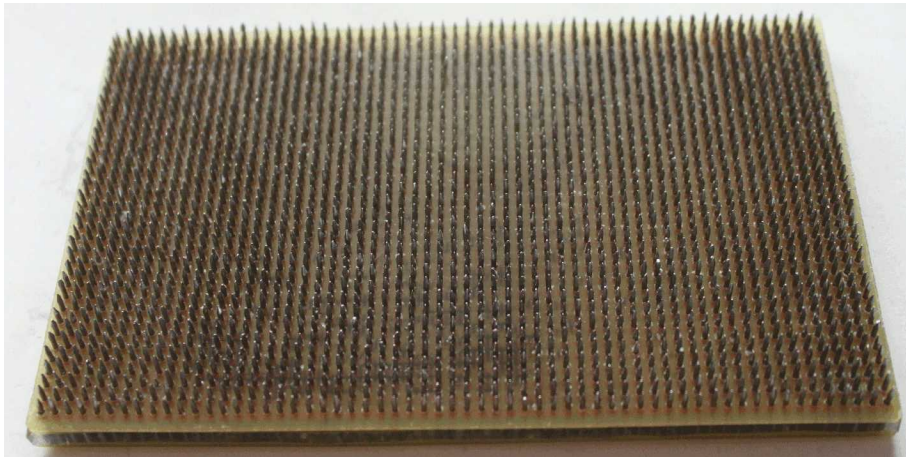
Se ponen dos placas entre las dos placas de baquelita, luego se pone unos clavos quedando como se muestra en la figura.



Poniendo los clavos que faltan.



Para realizar grandes placas se realiza en una placa de mayor escala.



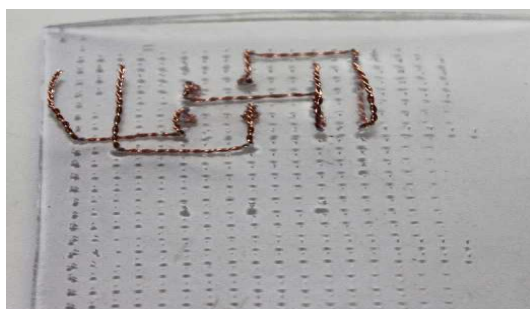
Para hacer un plástico con patrón se pone el plástico encima de la baquelita, se golpea con un martillo de tal manera que el plástico quede marcado por los clavos. Luego se retira el plástico quedando como se muestra a continuación.



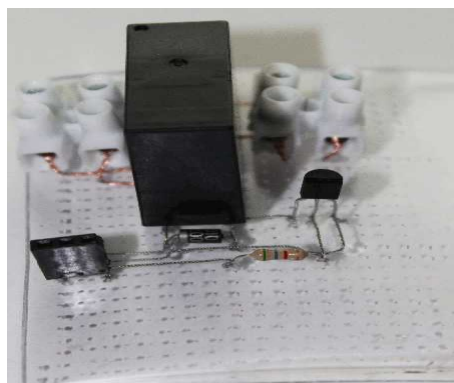
Se muestra un circuito a modo de ejemplo, dicho circuito contiene en un relé (ZETTLER AZ733W-2A-12DE), un transistor (BC547), un diodo (1N4007), un resistencia(5600 ohm) y varias clemas. Para la parte del circuito que regula los 220 V se usa 2 cables de sección 0,04 mm.



Se elaboran las pistas como se muestra a continuación.



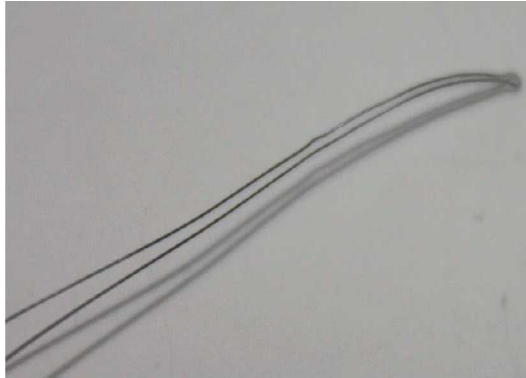
Se ponen los componentes y se verifica que funciona.



d) Cables para encapsulados SO, SOP, MSOP y similares

Para estos encapsulados se debe elegir un cable adecuado al espaciado entre patas, este espaciado es del orden de un milímetro, por lo tanto para estos casos se debe elegir el cable de 0.01 cm de diámetro. La elección del cable es importante como se verá en el apartado de **“Elaboración de placas SO, SSOP, MSOP y similares”**.

Estos cables se enrollan de una manera especial, para ello se dobla el cable por la mitad (sin romper) igualando los dos extremos, quedando el otro lado así:



Se introduce el otro extremo por el agujero del hilador como se muestra en la figura de abajo, esto servirá como punto de anclaje del cable.



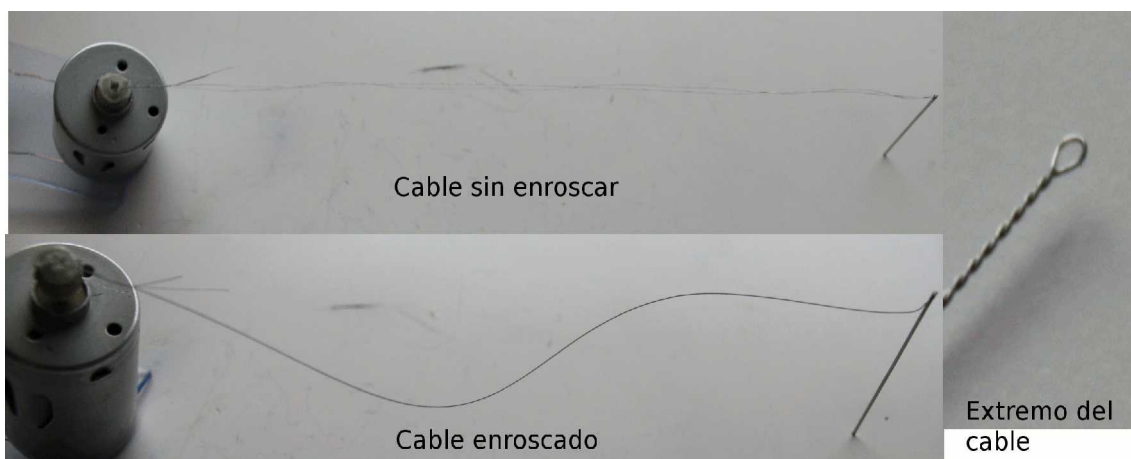
Para trenzar el cable se necesita juntar con una mano los cables que se observan en la figura de arriba y con la otra, durante un pequeño intervalo de tiempo, poner en marcha el motor usando el interruptor. De esta manera se consigue trenzar el principio del cable como muestra la imagen siguiente.



Ahora que el cable esta sujeto al eje de giro del motor, se tensa el cable usando un alfiler con la cabeza rota y se pone como muestra la figura, con esto se conseguirá formar un pequeño aro.



Al mismo tiempo que se coge la aguja con una mano y el hilador con el otro, se separa los dos hasta tensar un poco el cable y se se activa el motor enroscando el cable. Entonces el giro del motor enroscara los cables (ver parte inferior de la imagen de abajo) hasta obtener un cable más fuerte y homogéneo, esto se debe hacer con cuidado ya que si se enrosca o tensa demasiado se romperá el cable.



Se observa en la parte derecha de la imagen que en un extremo se ha obtenido un aro, esto será útil para "coser" el integrado tipo SO, SOP, MSOP y similares a la placa de plástico.

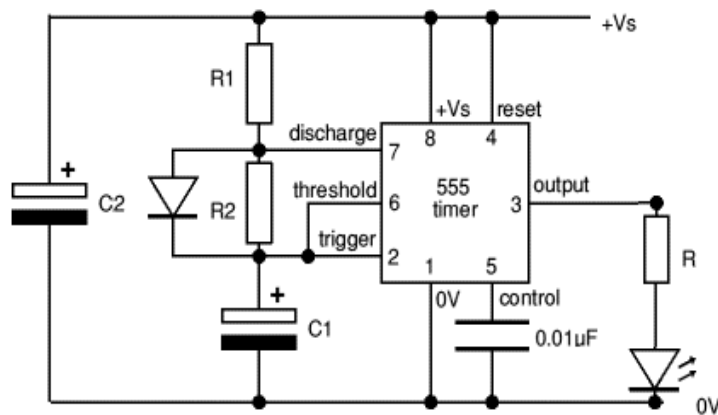
e) Elaboración de placas con encapsulados SO, SOP, MSOP y similares

Para elaborar estas placas se usaran los cables descritos en el apartado "**Cables para encapsulados SO, SOP, MSOP y similares**". Los encapsulados SO, SOP, MSOP y similares tienen un espaciado entre patas del orden de un milímetro o menos. Por eso es necesario el cable que finalice en una aro para que este pueda "coser" el integrado a la placa.

Para verificar esto se cose un cable en la placa dejando el aro a nivel de superficie y se pone el integrado. En este caso se ha elegido el LM555 tipo SO, se introduce la pata del integrado por el aro como se muestra en la imagen:

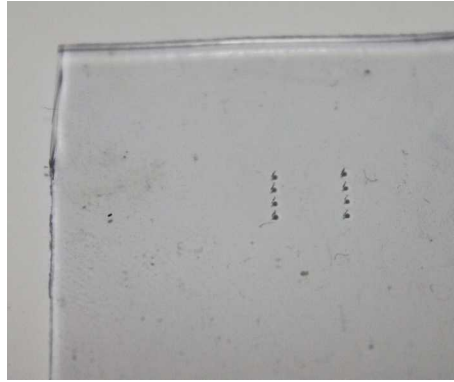


Para mostrar un ejemplo, se elige en este caso un circuito formado por un N555 en modo astable como se muestra en el esquema.

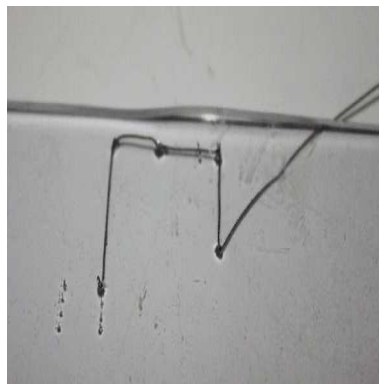


A la salida tiene un led con una resistencia conectada a tierra para verificar si funciona, los componentes elegidos son $R1 = 10\text{ K Ohm}$, $R2 = 100\text{ K Ohm}$, $C1 = 10\text{ nF}$, $C2 = 47\text{ uF}$ y un diodo 1N4148. Estos dan como resultado unas 41 pulsaciones con un 10% del ciclo debido al diodo.

Entonces se pone el encapsulado sobre la placa y se marca con una aguja donde ira las patas, teniendo en cuenta que el integrado debe estar ajustado lo mas posible.

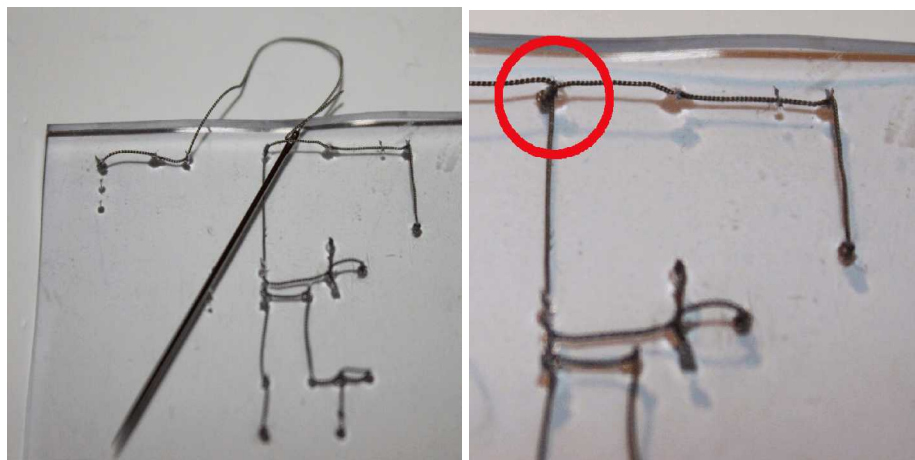


En concreto se debe realizar las marcas de tal forma que cada agujero quede tapado por su respectiva pata cuando se ponga el integrado. Esto es más fácil si se tiene algún integrado roto y se le corta las patas un poco y se utiliza para marcar mejor donde deberían ir los agujeros. Luego se pone la primera pista como se muestra a continuación.

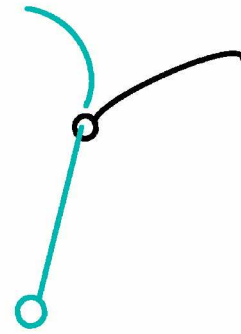
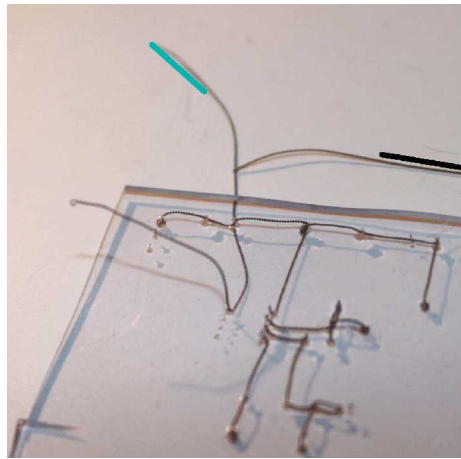


Esta pista se finaliza con un nudo el cual queda en el otro lado de la placa, se continua haciendo las pistas hasta terminar el circuito, durante este proceso hay que destacar una serie de detalles importantes:

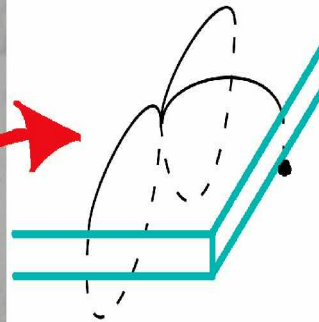
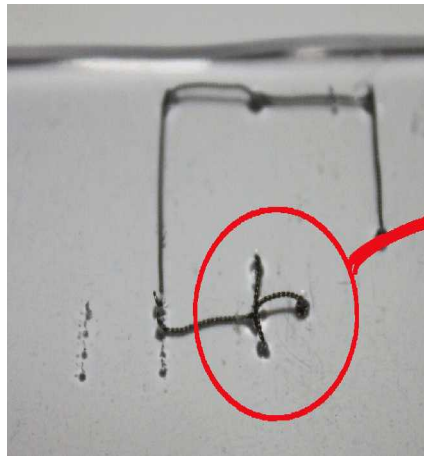
1. Conexión de varias pistas mediante nudo. Se pasa la pista por debajo de la otra y se pasa al otro lado de la placa mediante la aguja, ver figuras:



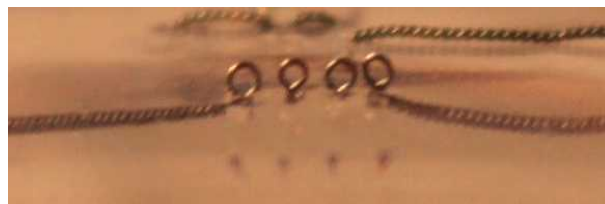
2. Conexión de varias pistas mediante anclaje de cables. Los cables se pueden anclar sin problemas unos a otros usando sus extremos terminados en aro.



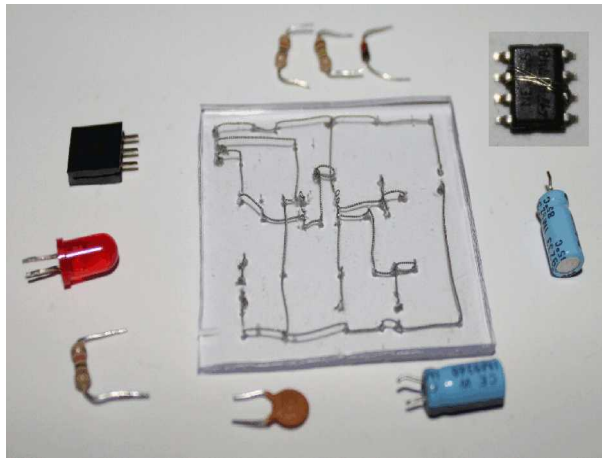
3. Conexión de mediante un mismo hilo. Las líneas discontinuas representan cable que esta en interior de la placa y al otro lado de la placa. Finalmente la pista termina en un nudo.



4. La conexión con el integrado se realiza en estos cuatro aros.

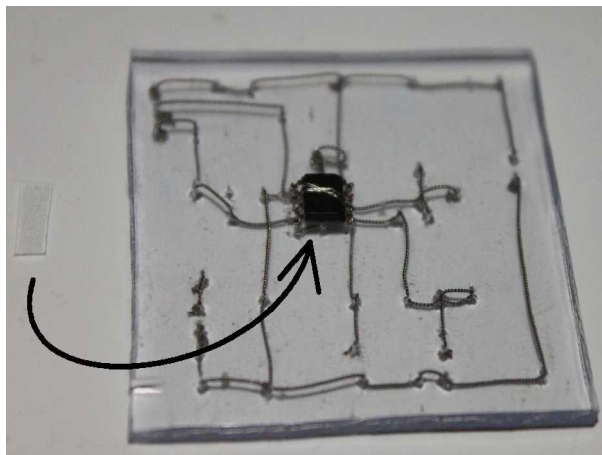


Finalizando las pistas, se muestra la placa y los componentes.



Observar que se ha aprovechado en hacer la conexión entre la pata 2 y 6 por encima del integrado con un cable. Se pone el primero el integrado, para ello es recomendable usar el alfiler para insertar el aro a cada pata. Si se tienen los aros alineados es más fácil (ver foto anterior).

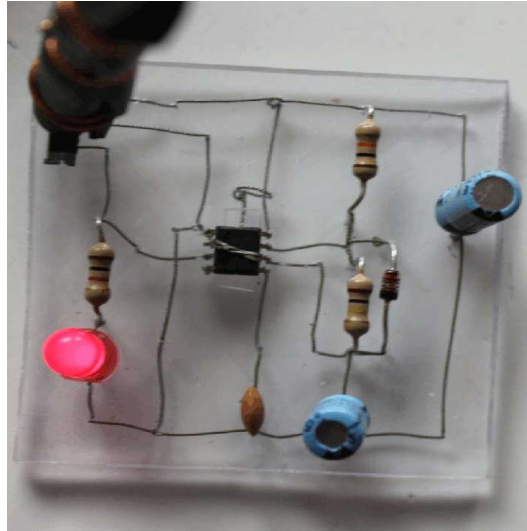
Después de introducir todas las patas se debe introducir un plástico por debajo del integrado, el plástico se muestra a la izquierda y es un trozo de plástico de 0.5 mm. Se introduce debajo del integrado asegurando el conexionado ya que tensará los aros asegurando el integrado en la placa.



Poniendo el resto de componentes del circuito.

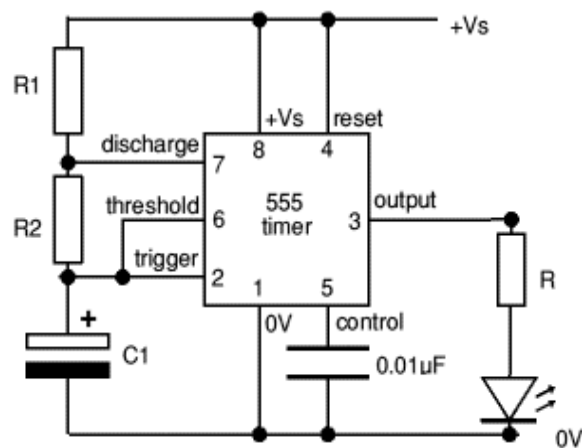


Y finalmente se verifica que funciona.



f) Placas y pistas con resistencias y condensadores SMD

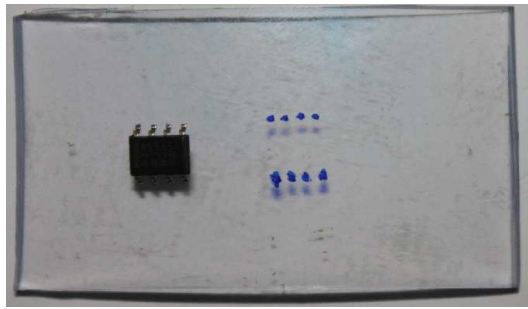
Para este caso usaremos resistencias y condensadores SMD 0830. Se muestra el siguiente ejemplo, un circuito formado por un N555 en modo astable. Cuyas resistencias y condensadores son SMD siendo el esquema:



A la salida tiene un led con una resistencia conectada a tierra para verificar el funcionamiento, los componentes elegidos son $R1 = 10\text{ K Ohm}$, $R2 = 100\text{ K Ohm}$, $C1 = 10\text{ nF}$.

Para hacer las incisiones en la placa donde irán los componentes SMD se usaran destornilladores de relojero descritos en “**Otras herramientas**”, en concreto con el destornillador plano se pondrán hacer dichas incisiones. Es recomendable sacar filo al destornillador mediante un afilador, se consigue así incisiones mejores.

Para hacer la placa se pone el integrado N555 y se marca los extremos de patas como se observa en la figura.



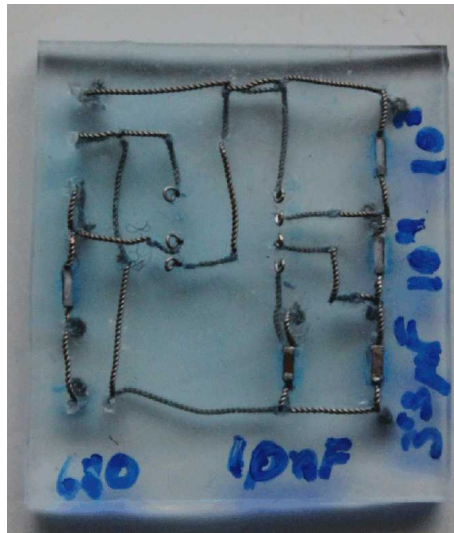
Después se marcan los demás componentes del diseño.



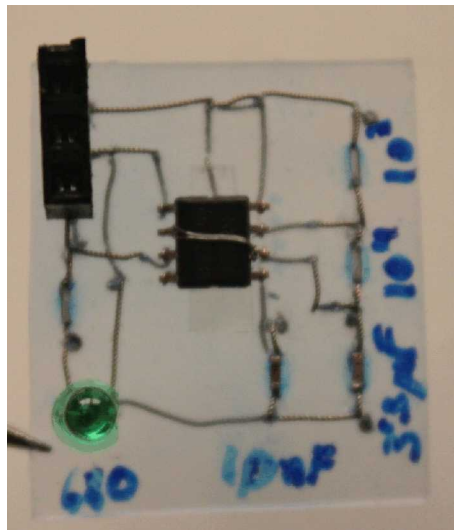
Se usa el destornillador de cabezal plano más ancho para hacer las incisiones, el tamaño del ancho coincide con el tamaño del componente SMD que se quiera introducir.



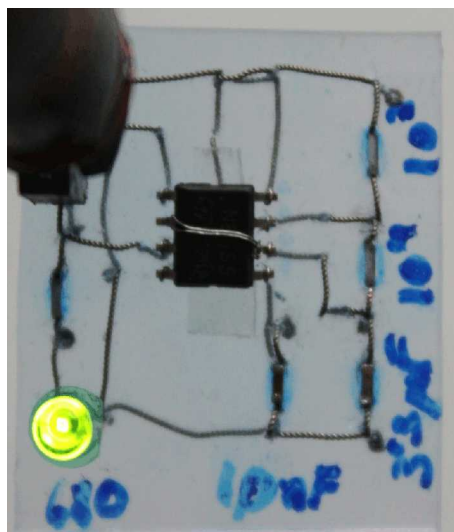
Para las pistas se usan los cables descritos en el apartado de **“Cables para encapsulados SO, SOP y MSOP y similares”** y para hacer las pistas se procede de la misma manera que en apartado de **“Elaboración de placas con encapsulados SO, SOP, MSOP y similares”**, quedando como muestra la figura.



Se pone el integrado como se muestra en el apartado **“Elaboración de placas con encapsulados SO, SOP, MSOP y similares”**, quedando el circuito:



Se conecta para verificar que funciona.

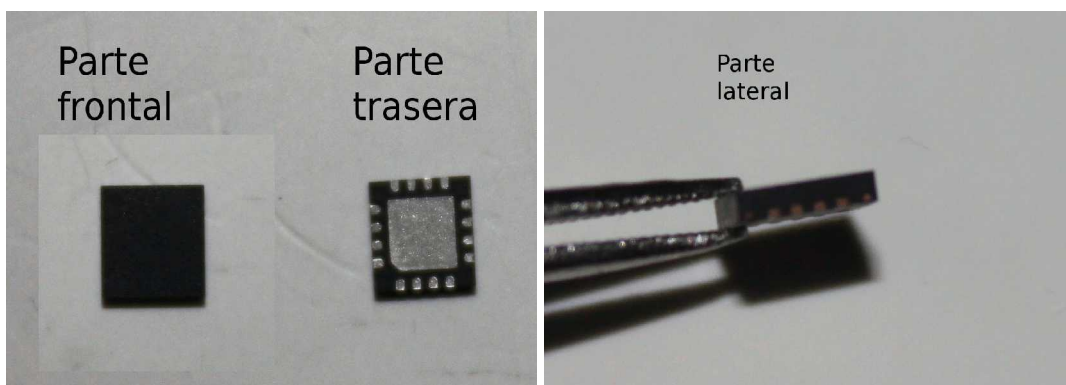


g) Elaboración de circuitos y pistas QFN-DFN

Para realizar estos circuitos se necesita:

- El tubo de latón descrito en el apartado de **“Otras herramientas”**. Es aconsejable sacarle algo de filo en uno de los extremos, para ello se puede usar una lima.
- Cable de sección 0.01 cm.
- Trazador de pistas QFN descrito en el apartado **“Trazadores de pistas”**.

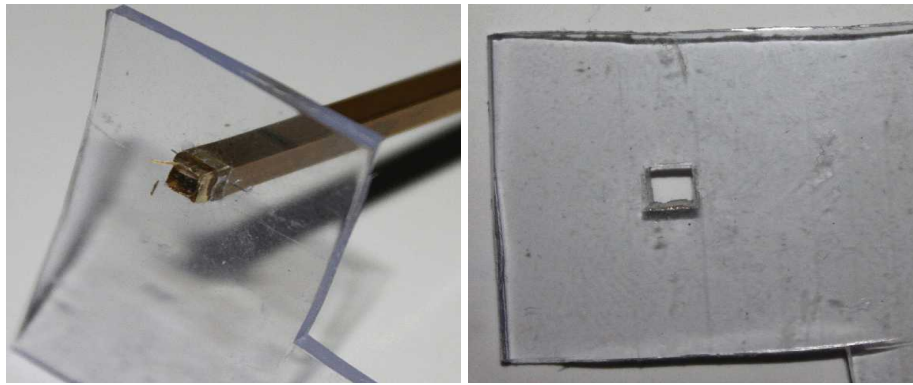
Para dar un ejemplo de estos circuitos se usará un integrado QFN, de anchura de lado 4 mm con 4 conexiones en cada lado. El circuito consiste en simplemente hacer las conexiones. Se muestra unas imagenes del componente.



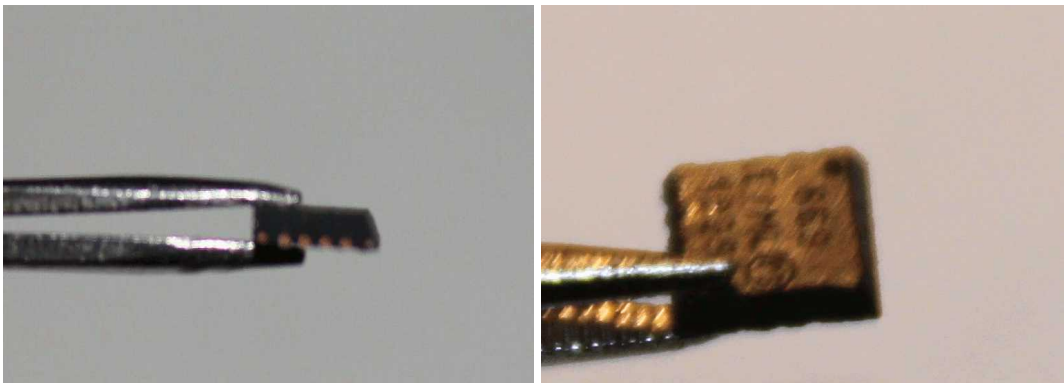
Para sujetar el circuito en la placa se debe hacer un agujero del tamaño del integrado, para ello hay que usar el tubo cuadrado como se muestra en la figura.



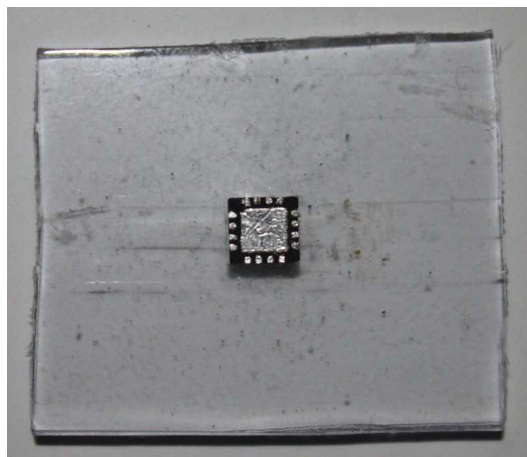
Se apoya la placa sobre una madera y se pone el tubo cuadrado con el extremo afilado encima de la placa, se da unos cuantos golpes con un martillo y se perfora. Retirando el tubo, se muestra la placa con el hueco.



Luego para que el integrado pueda insertarse en el hueco se debe cortar parte del perfil del integrado como se muestra en la figura, para ello se puede usar una cuchilla dejando el integrado con forma trapezoidal.



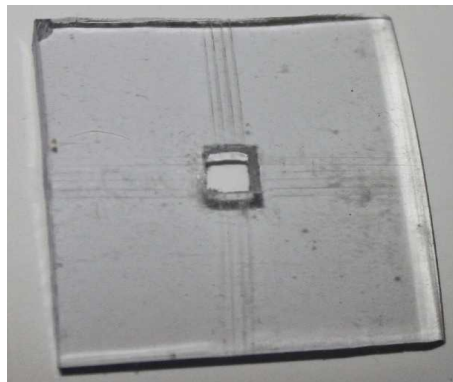
Se verifica que efectivamente encaja en el agujero de la placa. Normalmente, dependiendo de la herramienta y el plástico utilizado, se debe probar en las dos caras para ver en cual encaja mejor, técnicamente la mejor opción es la que coincide con la forma trapezoidal que tiene el integrado.



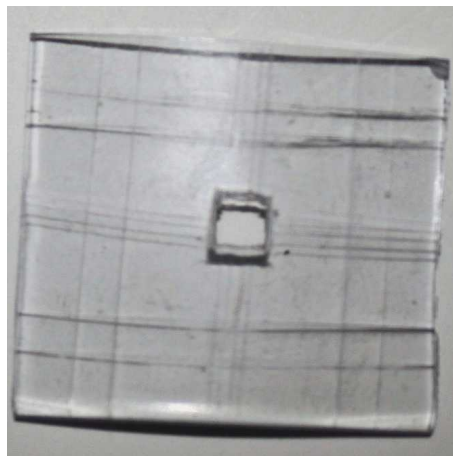
Para hacer las pistas se usará el trazador de pistas, para ello se pondrá el trazador encima de la placa, después alienando las cuchillas con los conectores del integrado se procede dar un pequeño golpe encima del trazador, de tal manera que dicho trazador penetran en la placa dejando unos surcos paralelos y alineados con los conectores del integrado.



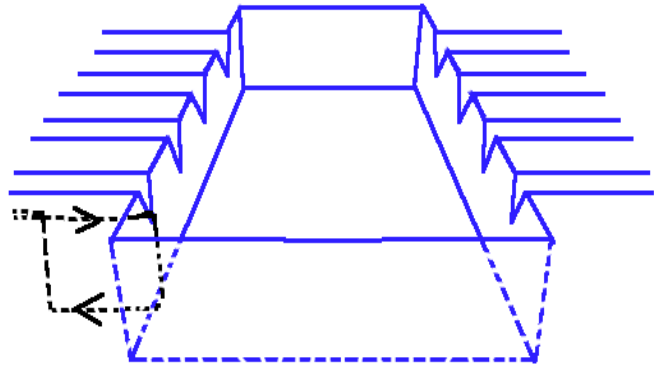
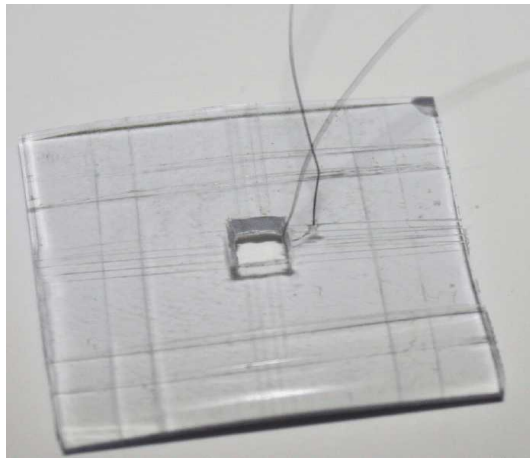
Realizando en las dos direcciones el mismo proceso, se tienen las pistas que se observan en la figura.



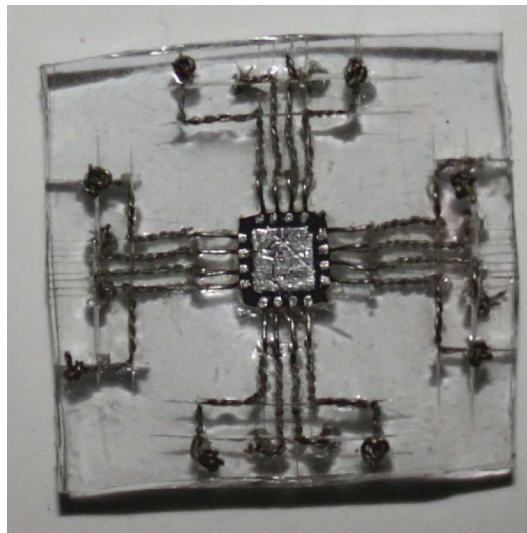
A continuación se trazan el resto de pistas con dos cuchillas en paralelo con una separación de encapsulado DIP. Para trazar estas pistas hay que darle la vuelta a la placa y realizar el mismo proceso con este trazador DIP (ver parte final del apartado **“Elaboración de buses”** para entender la geometría de las pistas).



Entonces con cuidado se empieza a elaborar las pistas, cerca del borde y en uno de los surcos se da una puntada con el hilo de 0.01 cm, y se pasa un extremo por el hueco cuadrado, pasando al otro lado de la placa. Después se pasa el hilo por el agujero que se ha realizado anteriormente a la puntada, se presenta dicho esquema a continuación siendo la línea negra representa el cable.



Después de pasar al otro lado de la placa, se trenzan los dos extremos. El cable se introduce en los surcos, cosiendo las pistas a la placa como se muestra en la figura siguiente.



Y la placa esta terminada, se hace el chequeo de continuidad y se mueve un poco los cables si hace falta. Normalmente en estos diseños hay que destacar que si el agujero y los surcos están bien hechos el 99% del trabajo esta resuelto. Los pasos más críticos se encuentran en estos procesos.

Para dispositivos DFN todavía no se ha encontrado la herramienta adecuada para hacer el agujero rectangular en la placa, posiblemente si se recurre a distribuidores especializados se obtendría dichas herramientas.

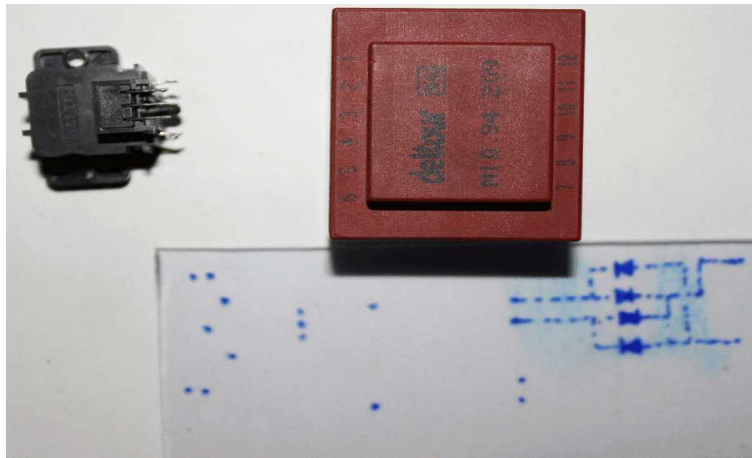
h) Elaboración de circuitos de potencia

Para estos diseños se usará socabocados y crochet descritos en “Otras herramientas”. La placa de plástico que se usará es de 2,85 mm de anchura, las pistas se realizarán enroscando 10 o más cables de sección 0,02 cm o varios de 0,04 cm, si son de sección de 0,02 cm se procederá a elaborarse como se describe en el apartado “Cables para encapsulados DIP” y para los de 0,04 cm se hará manualmente.

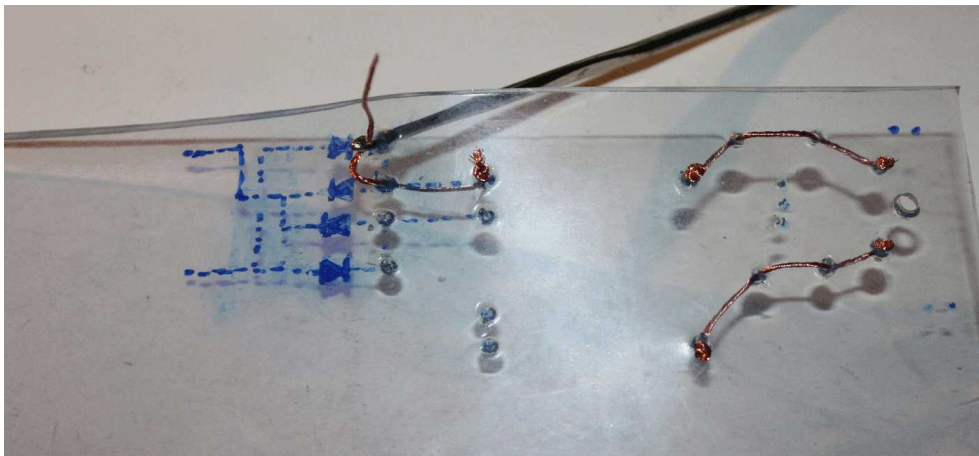
Para mostrar diseño se elaborará una fuente de alimentación, en este caso se usará un conector, un transformador de 220V-9V (220V en terminales 1-6 y 9V en terminales 11-12), diodos,

condensadores electrolíticos, condensador cerámico, regulador de voltaje de 12 V y una clema.

Con un rotulador de DVD u otro tipo se marca en la placa los agujeros en donde irán los componentes, como se muestra en la figura siguiente.



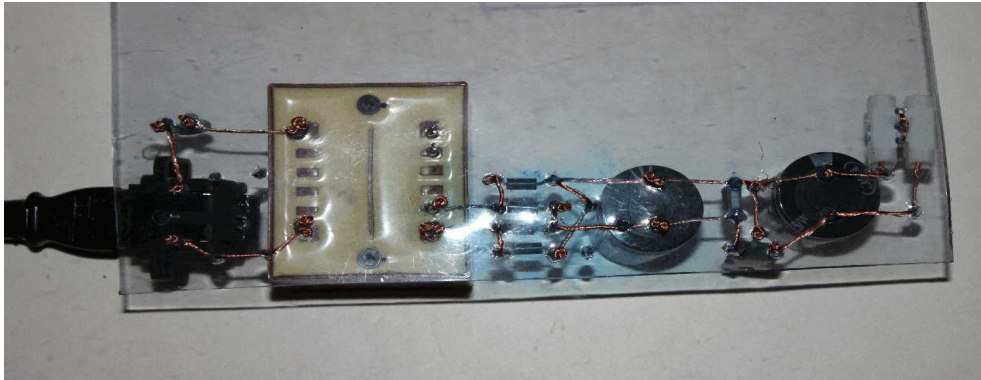
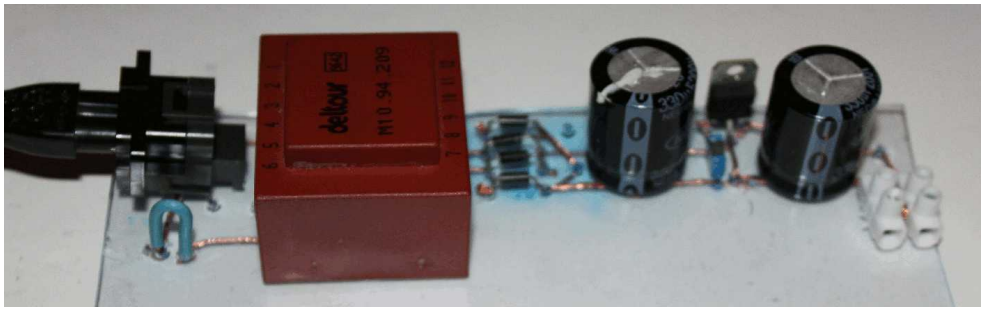
Se pasan los cables por los agujeros usando el gancho del corchet.



Se muestra a continuación algunas pistas finalizadas.



Se muestra a continuación una imagen lateral y de la parte de abajo de dicho circuito.



i) Elaboración de conexiones, usb, serie y otros

Lo importante de este apartado es que los conectores se pueden hacer en la propia placa como el conector serie o el usb, o también se puede usar tubos de plástico para hacer los conectores DC.

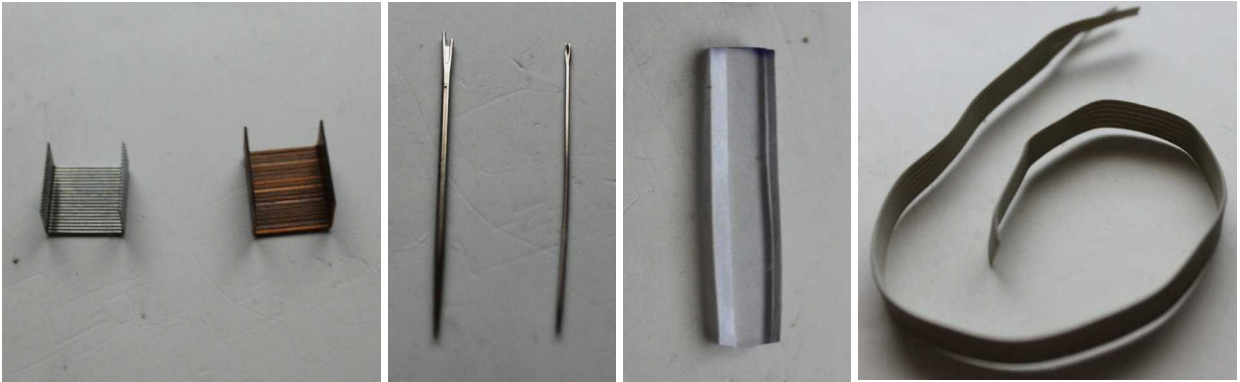
Los cables IDE y grapas se usan para realizar conectores, pudiendo hacer buses de más de dos cables. Todo estas conexiones se hacen sin soldador lo que reduce tiempo y dinero.

- **Conector macho y hembra**

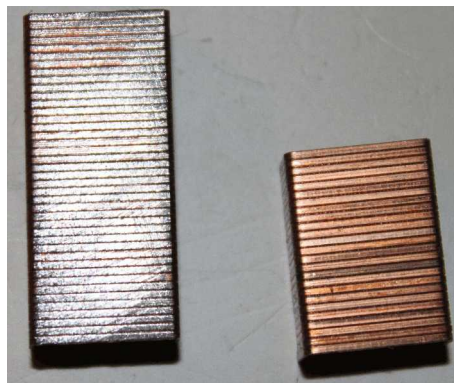
El conector macho que se realizará se muestra en la figura.



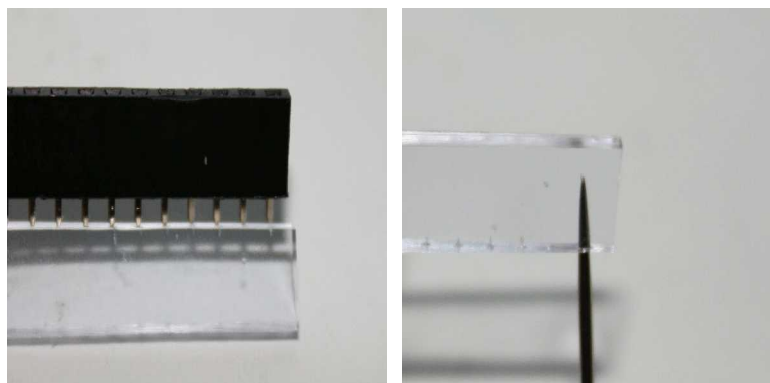
Para ello se usan las grapas descritas en el apartado de **“Otras herramientas”**, agujas, plástico de 2,85 mm y cable, en este caso se ha elegido cable IDE.



Las grapas están recubiertas de un material aislante, para poder usarlas en los circuitos se debe quitar este material. Se puede usar una lima o una cuchilla. La grapas de la izquierda están limadas.



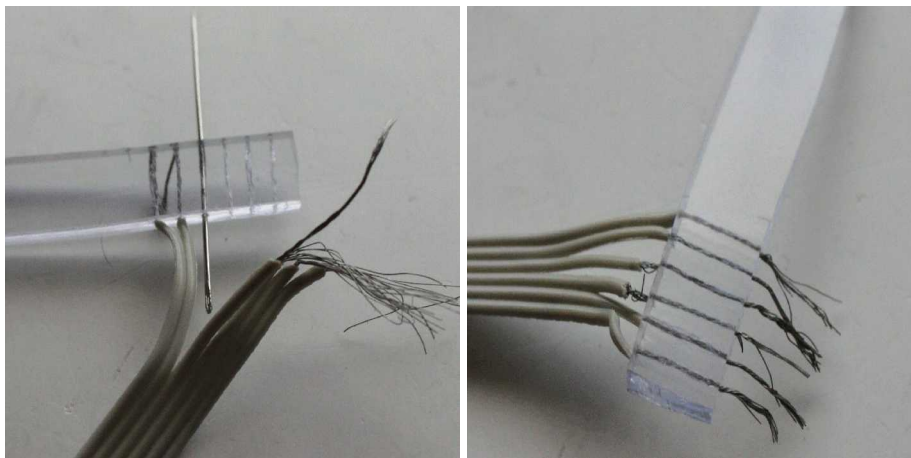
Para que las patas del conector salga alineado se puede poner un conector hembra como se muestra en la figura, con leve un golpe se consiguen agujeros equiespaciados. Con la aguja gruesa se hacen los agujeros atravesando la placa. Es útil apoyar la aguja contra una superficie y empujar la placa hacia abajo, así se controla la dirección de la aguja a lo largo del interior de la placa.



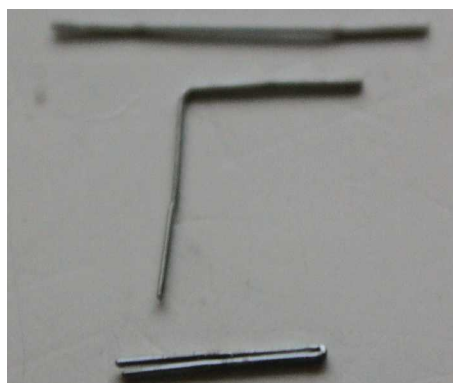
Se pela el cable como se observa en la figura, fijarse en el detalle del pelado ya que es importante pelar el cable más por el centro que los extremos. Esto es para que al acoplarlo a la placa de plástico no se doble por el lado y se deforme.



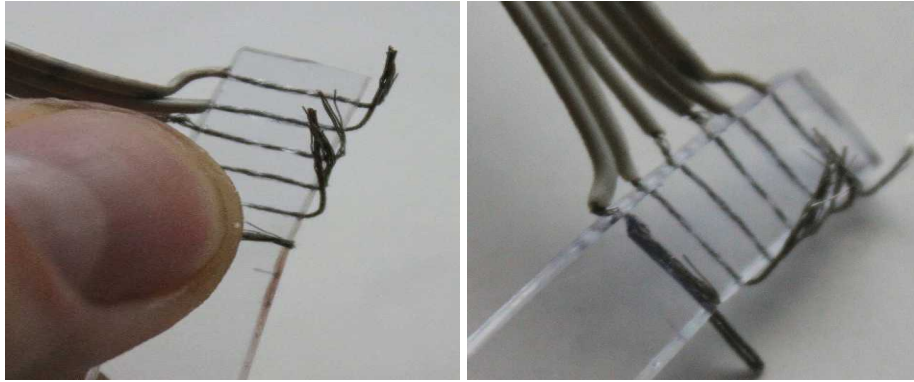
Se introduce el cable en los agujeros de la placa usando la aguja menos gruesa. Tener en cuenta que en uno de los lados los agujeros están ordenados y en la otra no tanto. Ya que al introducir la aguja es más difícil guiar la aguja, por lo tanto es conveniente meter los cables por el lado no ordenado de los agujeros de tal manera que las patas de conexión si estarán ordenadas.



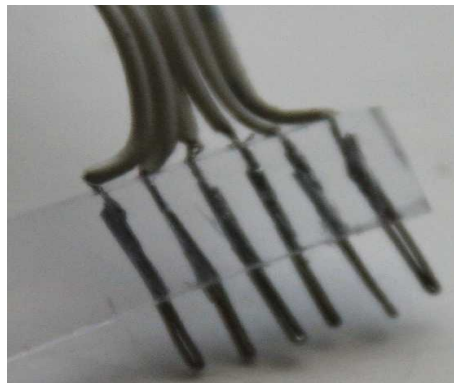
Se procede a sacar una de las grapas de color plateado y con un alicate se dobla según se muestra en la figura. Primero se pone recta (parte superior de la figura) y después se dobla por la mitad hasta juntar los dos extremos (parte inferior de la figura)



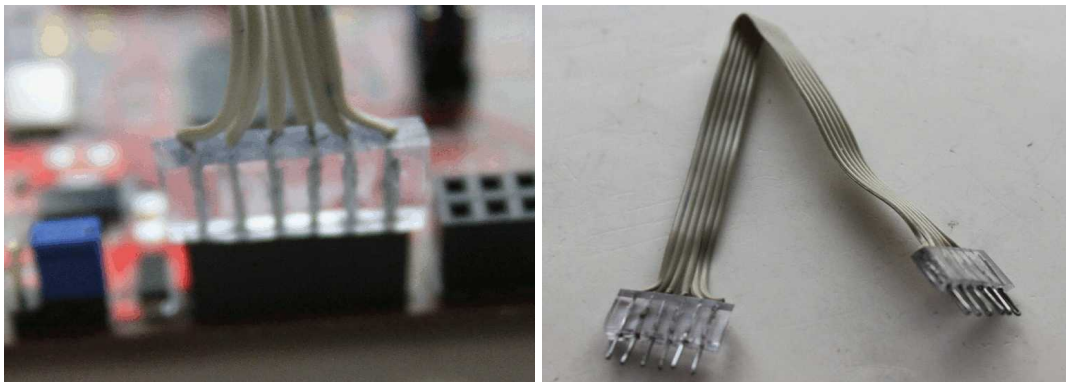
Se introduce dicha grapa doblada en uno de los agujeros del conector, se debe evitar que la grapa al introducirla en el agujero tire del cable. Para ello apretar levemente el cable con una mano del terminal que se va introducir y con la otra mano introducir la grapa en el agujero, preferiblemente que queden los dos extremos dentro del conector.



Se pone el resto de conectores y se corta los restos del cable que sobran.

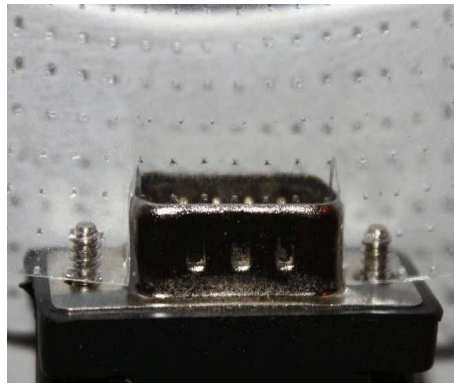


Se corta el resto de la placa y se termina el cable, se verifica que entra adecuadamente en los conectores de una placa.

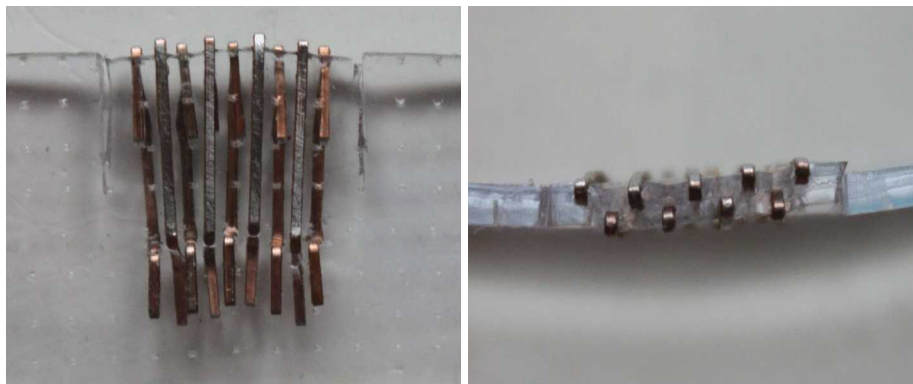


- **Conector serie**

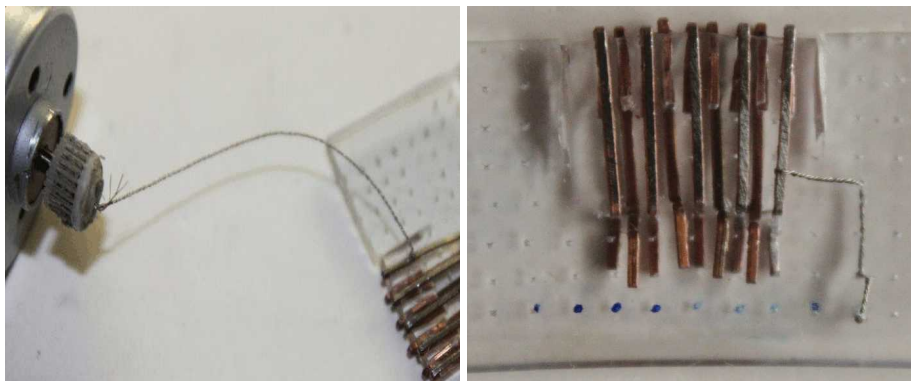
El conector serie a emular es el RS232 de 9 pines. Para realizar el conector se usará el espaciado DIP como guía, los pines 1-5 irán en una parte de la placa y el 6-9 en el otro lado de la placa. Se pone el conector con al placa para alinear los pines con los agujeros y se corta la placa por los laterales de tal manera que encaje como muestra en la figura.



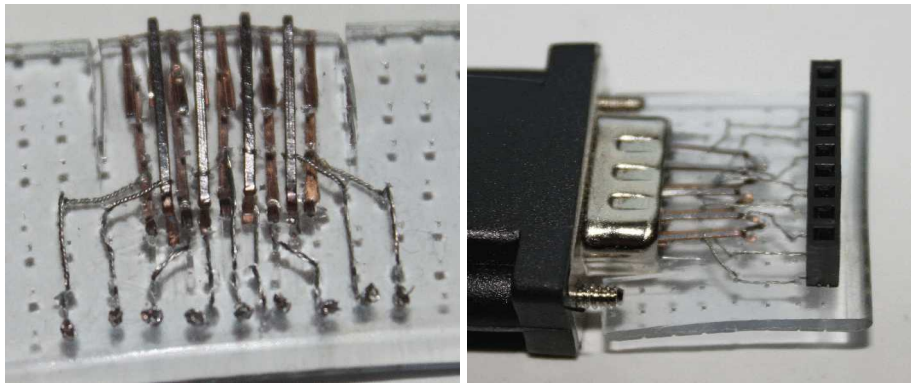
Para hacer el conector se usaran grapas, recordar que estas deben estar limadas ya que vienen recubiertas de una sustancia no conductora. Se ponen las grapas de tal manera que coincidan con la distribución de los 9 pines del conector, esto implica que entre cada dos grapas del patrón DIP, hay que poner una en el otro lado de la placa. Se muestra el conector terminado.



Observar que uno de los extremos de las grapas se introduce en el interior del plástico y el otro se engancha en la placa. Se pasan dos cables de 0.01 cm de diámetro para hacer las pistas, se usa el hilador de pistas para enroscar el cable alrededor de los pines del conector.



Se finaliza el las conexiones.

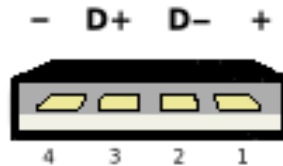


Se verifica la continuidad y se cortan los trozos de grapa que sobra, si se tiene problema con las conexiones es recomendable torcer la grapa para el lado adecuado facilitando la conexión, como se muestra en siguiente figura.

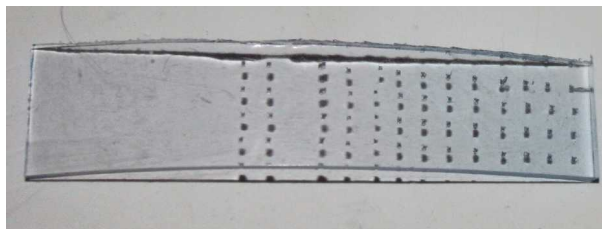


- **Conector usb**

El conector a emular dispone de 4 líneas, GND, D+, D-, V+ siendo el estándar tipo A.



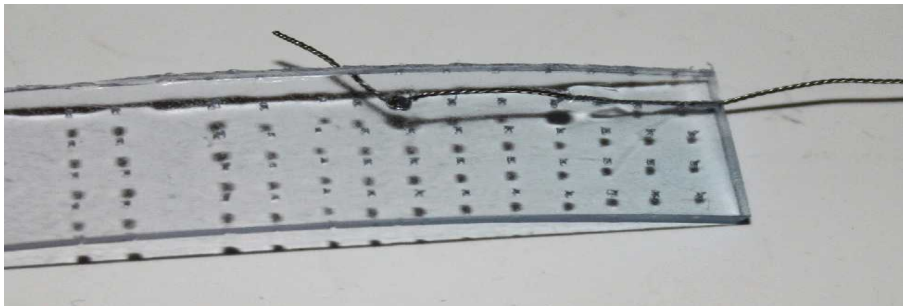
Se usa la placa de 1,85 mm de espesor, si se quiere hacer en una placa de mayor espesor simplemente se debería rebajar el grosor con un cutter. Se usará la placa descrita en el apartado **”Elaboración de placas con encapsulado DIP y de propósito general”**, que contiene un patrón regular de agujeros, estos coinciden con el espaciado que hay de separación entre las patillas del conector USB.



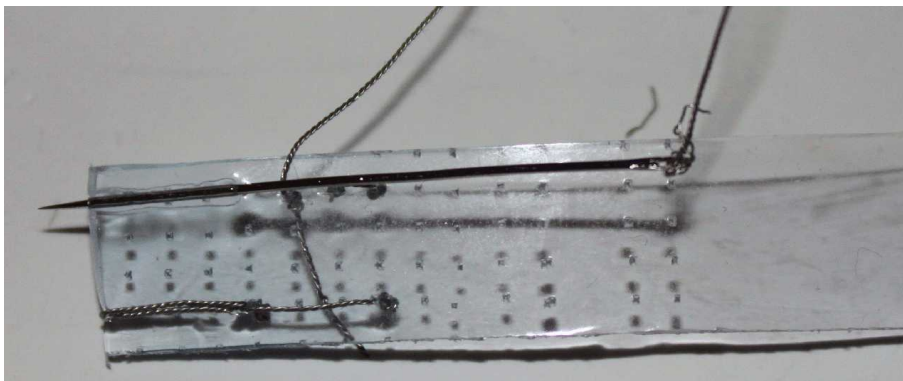
Hay dos alternativas, la primera es con un cable trenzado compuesto de dos cables de 0,02 mm y en

la segunda se usan grapas para hacer el conector. Para ambos casos, hay que tener en cuenta que el conector usb en la carcasa tiene GND, por lo tanto hay que aislar bien las diferentes lineas. Por lo tanto las cables deben ir por el interior de la placa para que no halla cortocircuito con la carcasa.

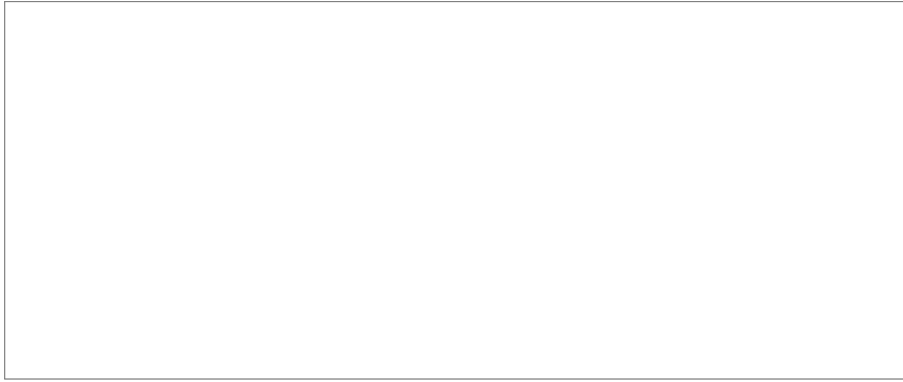
Se elige un circuito que consiste en una resistencia y un led en serie. Para la primera alternativa que es sin usar grapas, se hila el cable con la aguja y se introduce atravesando la placa por el medio como se ve en la figura.



Se realiza dos vueltas en cada conexión, las conexiones importantes en este caso es GND y V.



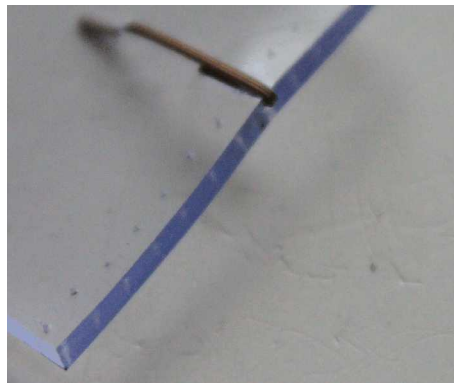
Se finaliza el circuito y se ponen los componentes.



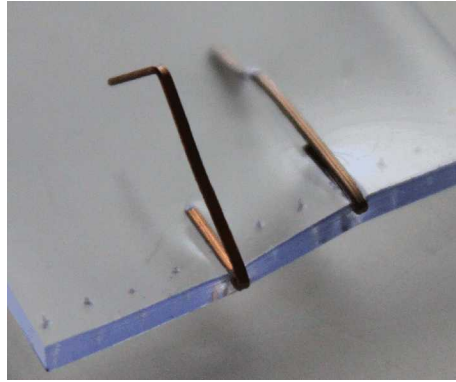
Se introduce en el usb del ordenador y se verifica que funciona.



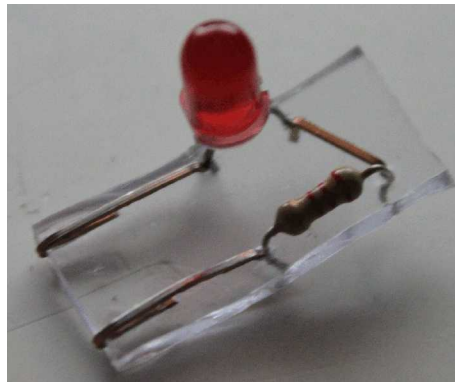
Para el caso de que se usen grapas, se pone una de las patas en el interior de la placa y la otra anclada como se ve en la figura.



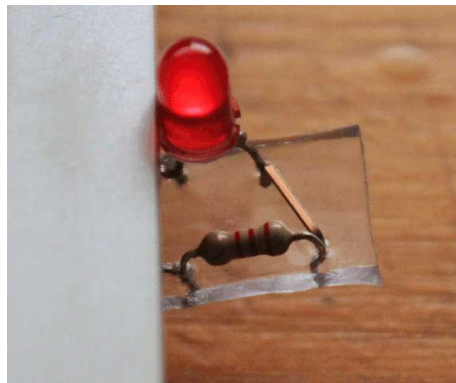
Se ponen la otra grapa del conector correspondiente al terminal USB.



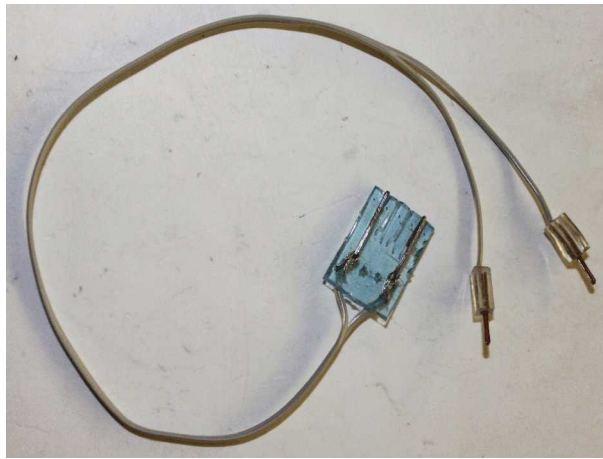
Se pone la resistencia y un led, para conectar la resistencia y el led se usará una grapa.



Se muestra la placa funcionando.



Se muestra a continuación un cable usb para poder alimentar circuitos con los 5V.



- **Conector DC**

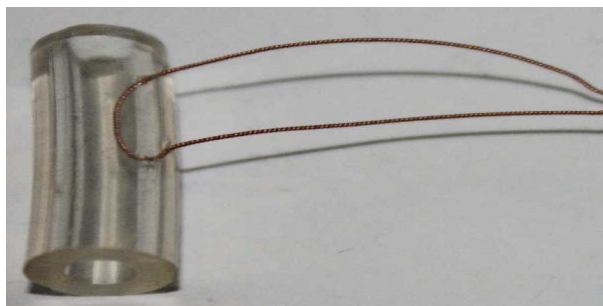
El conector DC que se va emular se muestra a continuación:



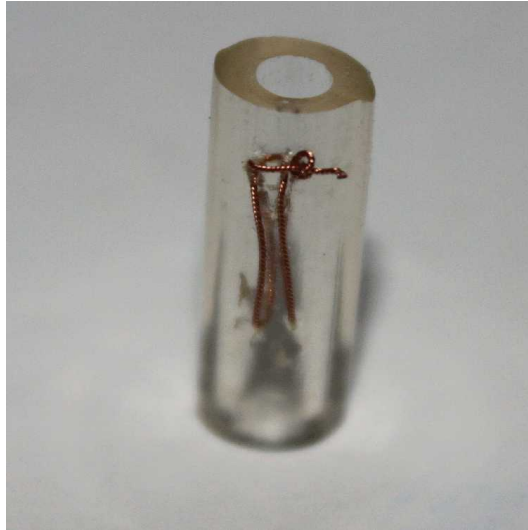
Para ello se usa el tubo de plástico descrito en **“Otras herramientas”**. Se corta un trozo de este tubo de unos 2-3 cm como se muestra en la figura.



La conexión positivo se coserá a la pared interior del tubo.



El terminal positivo se finaliza quedando como se muestra.



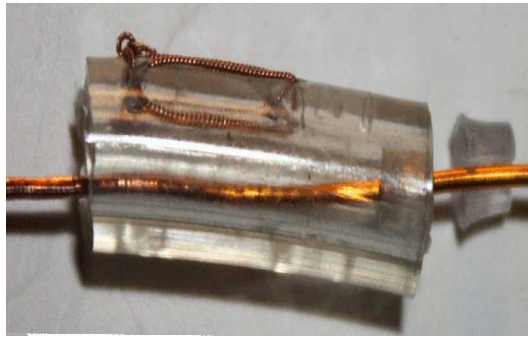
Se usara un trozo de cable de cobre de 1mm de diámetro para hacer el conexión negativo del interior, para fijar dicho conexión dentro del tubo de plástico se necesitan unos cilindros de plástico. Para obtenerlos se usará el socabocados descrito en “**Otras herramientas**” y una placa de plástico cualquiera. El diámetro del agujero hecho en la placa por el socabocados deberá ser del diámetro interior del tubo de plástico, se debe sacar tres o cuatro de estas piezas de plástico.



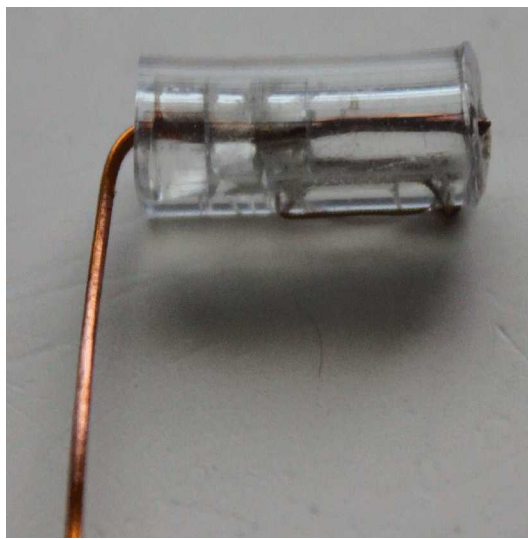
Con un alfiler grueso se hace un agujero en el centro o con una cuchilla se hace una muesca como se observa en la figura obteniendo la siguiente forma:



Se el trozo de cobre se introduce dentro del tubo y se usan las piezas cilíndricas para fijar la posición del cable de cobre dentro del tubo.



Se muestra el conector finalizado:

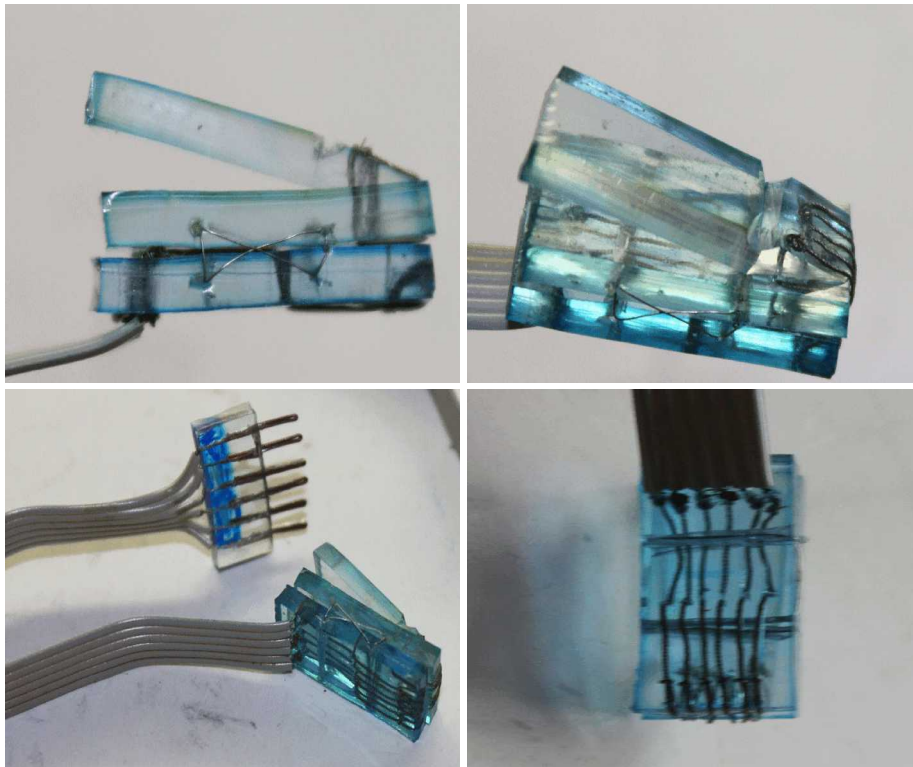


- **Conector RJ**

El conector que se va emular se muestra a continuación:



Se usa el plástico 2,85 mm de grosor para elaborar el conector, se forma con varias piezas cosiendo unas a otras. Se muestra el conector terminado.

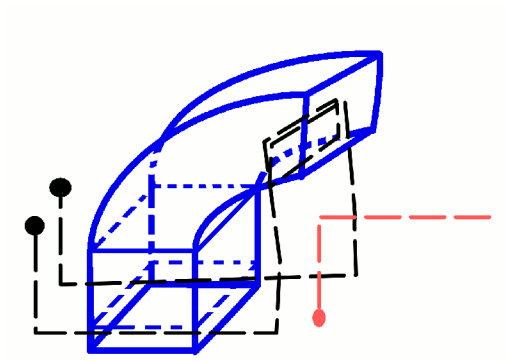


- **Interruptor**

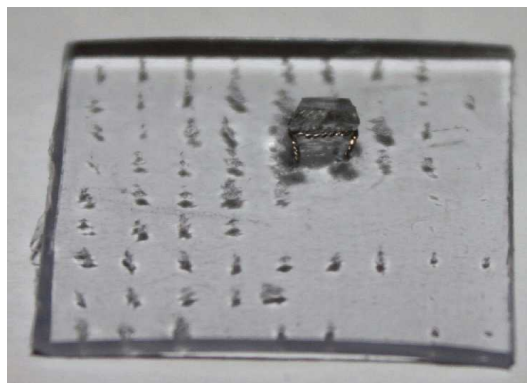
Para realizar un interruptor se usa un trozo de plástico como muestra en la parte izquierda de la figura, la placa de la derecha tiene un agujero cuadrado.



El plástico pequeño se introduce en el agujero de la placa y se cose siguiendo el esquema de abajo, Las líneas negras son un borne y la línea roja es el otro borne del interruptor. De tal manera que presionando se pone en contacto el cable negro y el rojo. Cuando se deja de presionar el plástico recupera su forma.



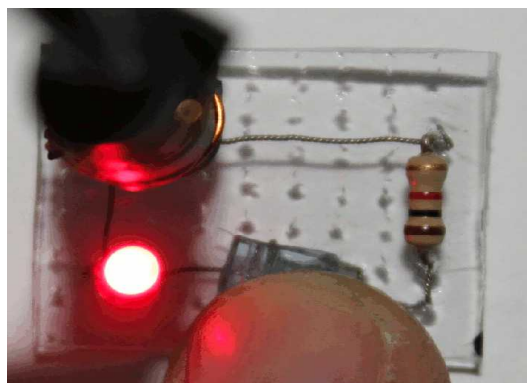
En la figura se muestra el interruptor terminado.



Se ponen las pista y componente.



Se prueba el circuito.



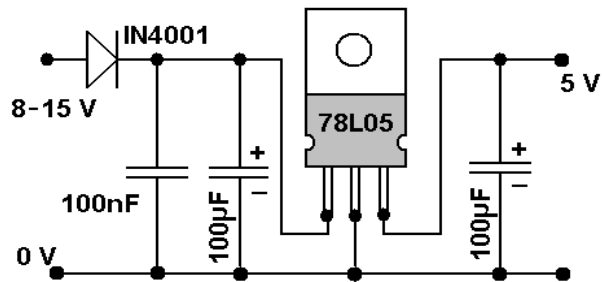
4. Otros Ejemplos

Se han realizado diferentes circuitos

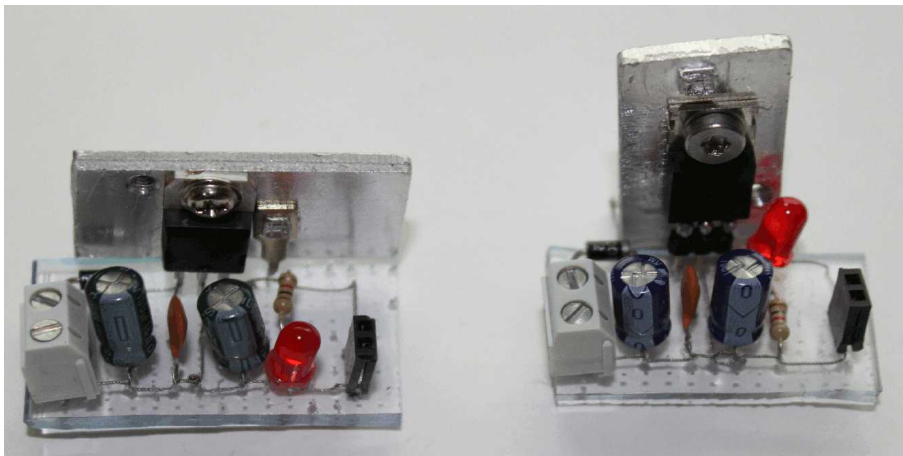
a) Placa DIP

- **Placa reguladores de voltaje**

El esquema que se ha seguido es el siguiente:

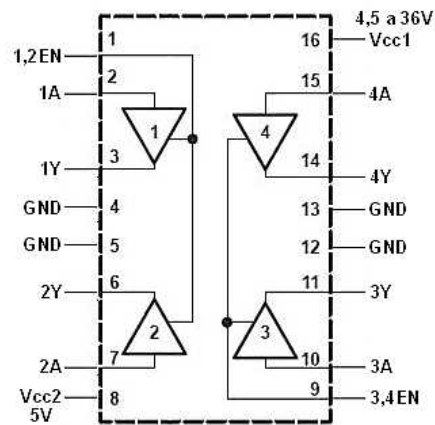


Se le ha añadido una resistencia y un led en el terminal de salida para verificar que funciona. Se muestran los circuitos realizados:

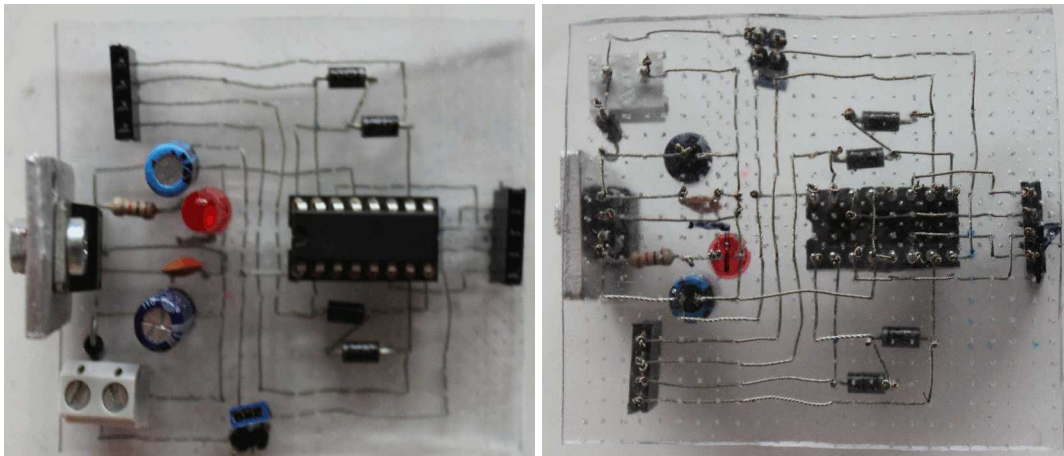


- **Placa LB293**

Este circuito se compone de un circuito formado por un regulador de voltaje como la placa del apartado de “**Placa reguladores de voltaje**” y un L293D. Este dispositivo se compone de cuatro drivers que se habilitan dos a dos por medio de las señales de control EN1 (driver 1 y 2) y EN2 (driver 3 y 4).

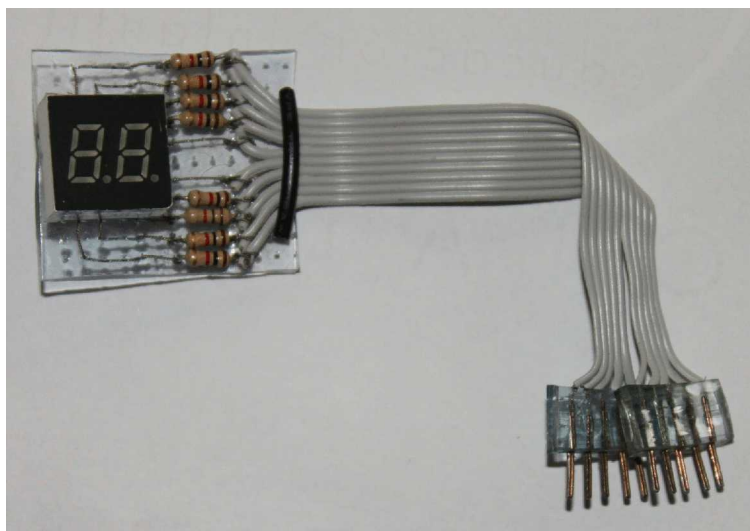


En el diseño se usaran las señales de entrada de los driver para la señal de habilitación, se usan unos diodos para evitar cortocircuitos entre las señales de cada par.



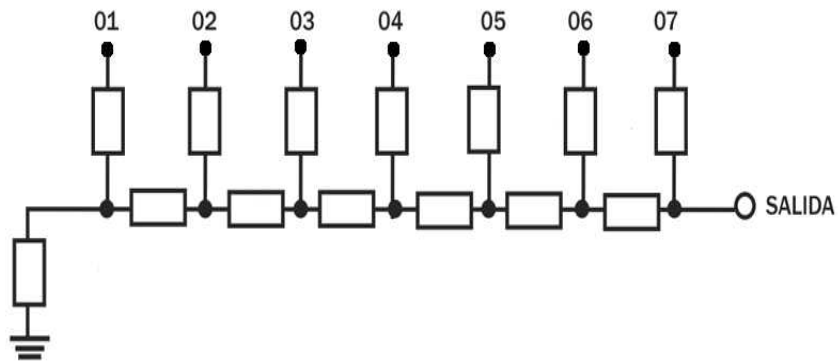
- **Placa BCD**

Se usa un BCD de dos dígitos, se pone un resistencia de protección en serie con los diodos led:

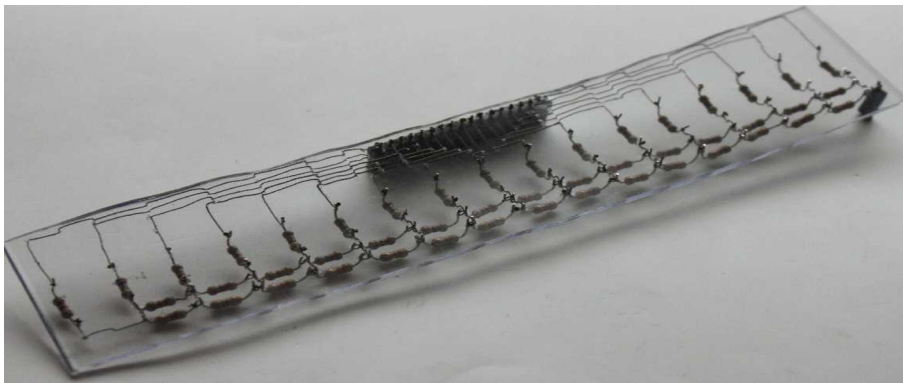
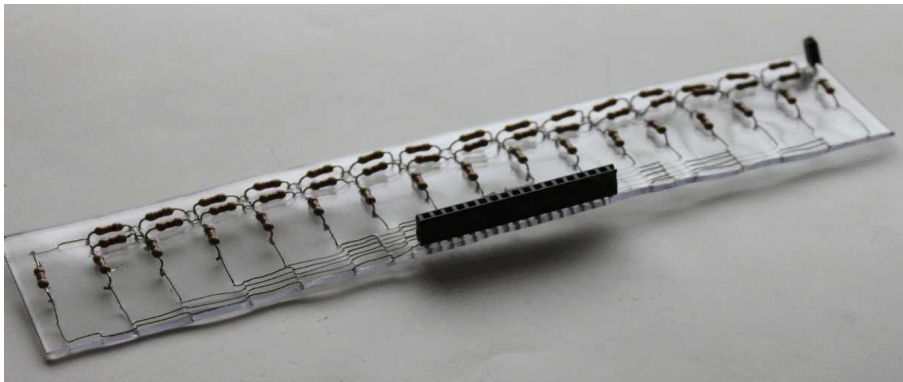


- **Placa conversor DA**

El conversor digital analógico elegido se presenta a continuación.



Se presenta un conversor digital analógico, en concreto se ha realizado con resistencias de $R=4700$ ohmios.



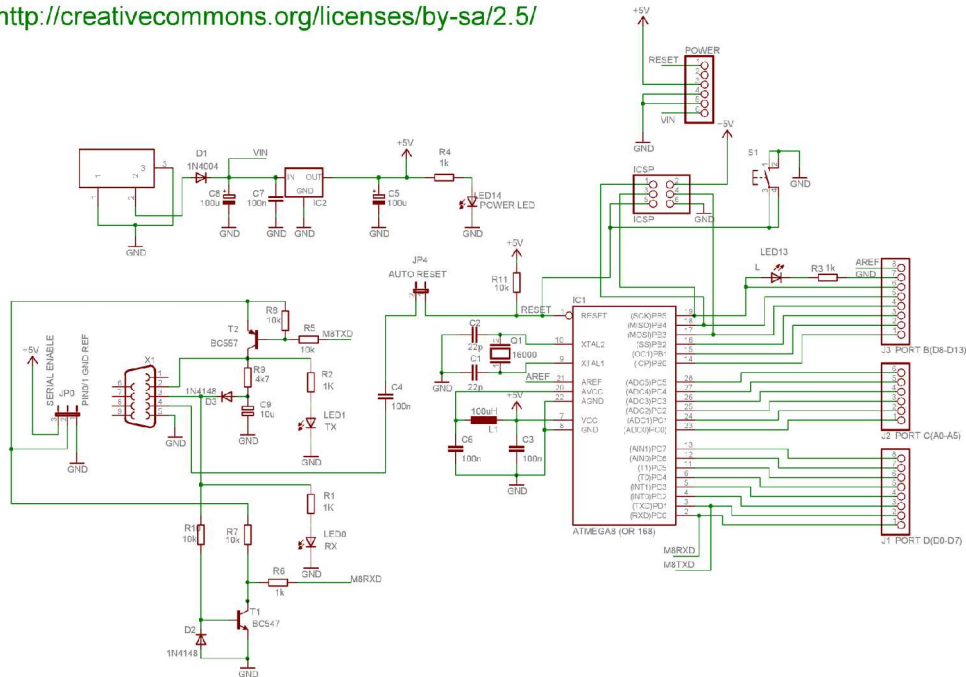
- **Placa arduino severino**

Este circuito se basa en el siguiente esquema:

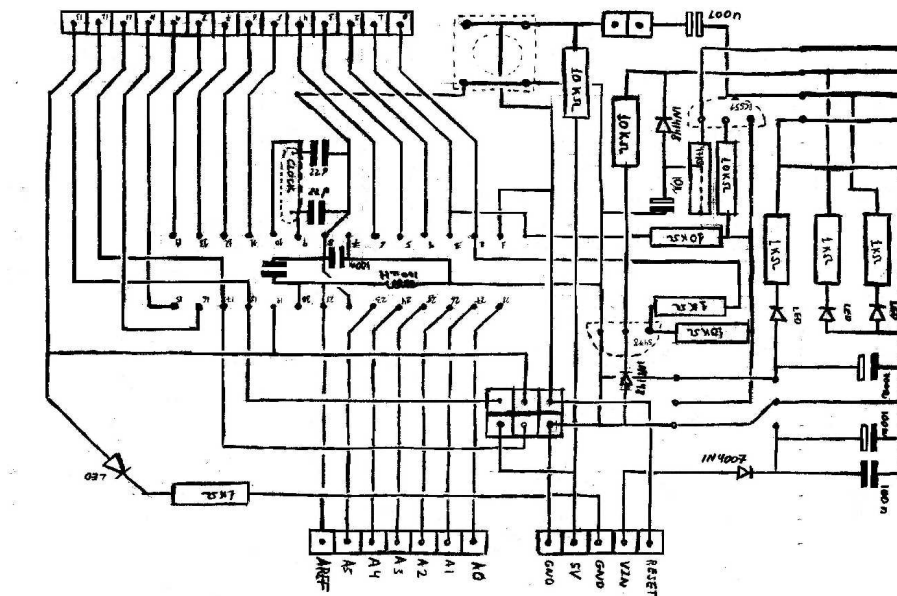
Arduino S3v3 Revision 2

Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

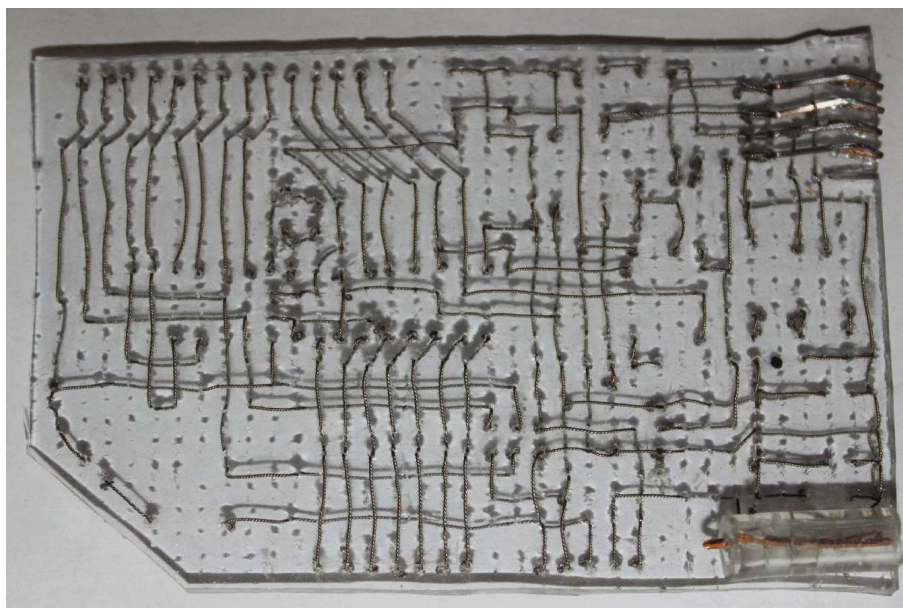
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>



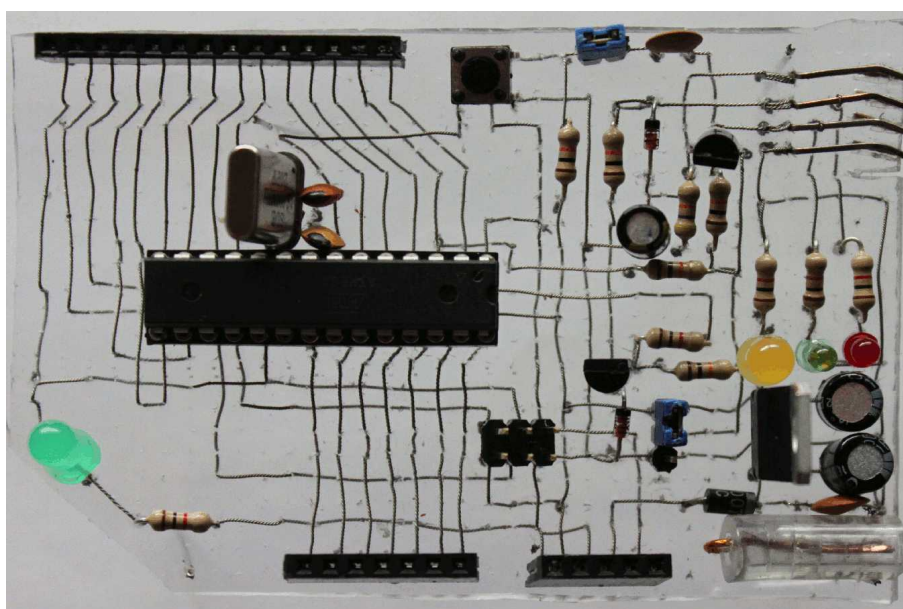
El esquema de las pistas que se ha seguido se muestra a continuación.

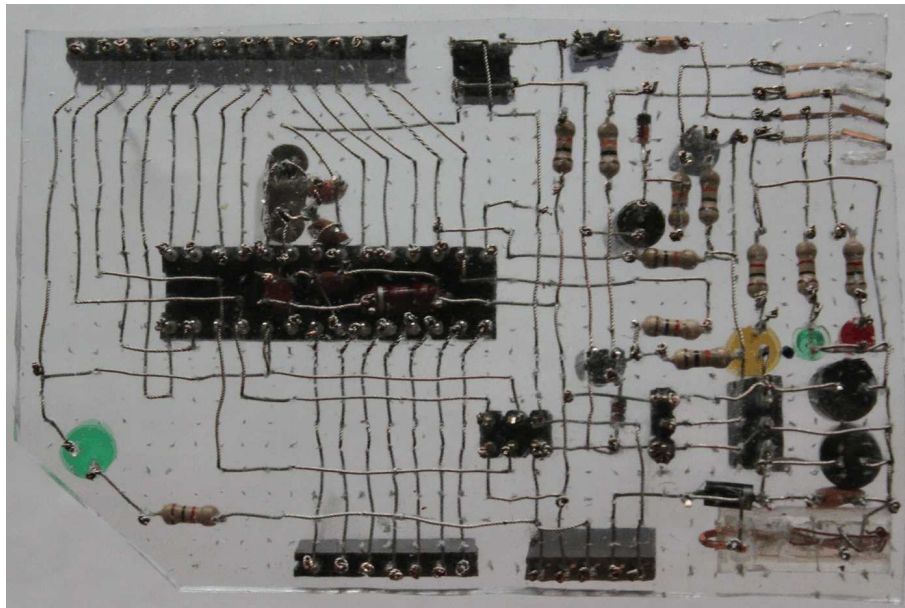


Se muestra la placa terminada.



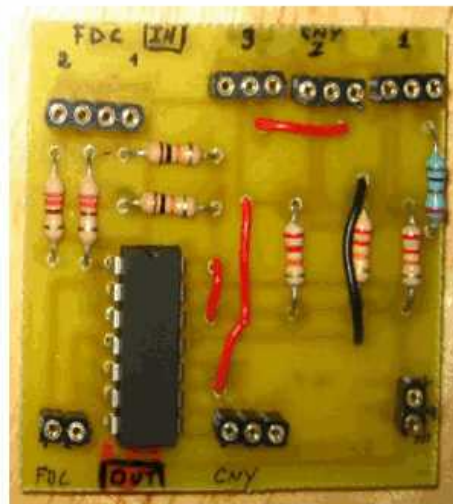
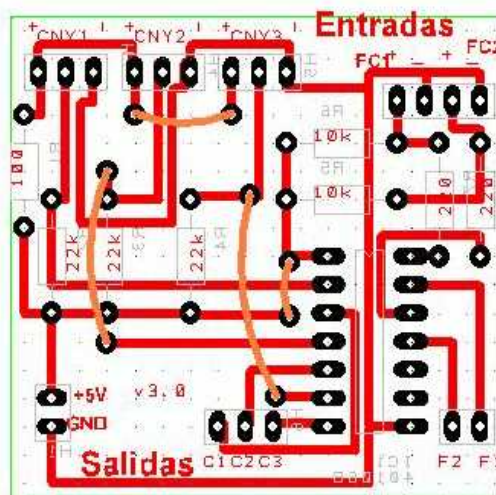
Se ponen los componentes en la placa.



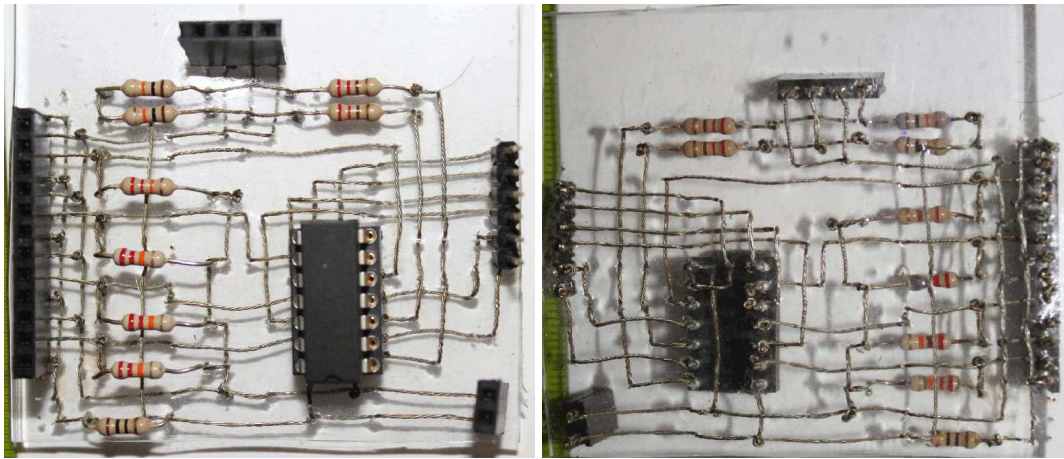


- **Placa sensores de arduino**

Este circuito se basa en el siguiente esquema:



Los componentes para realizar esta placa son el 74HC14B1, varias resistencias, conectores hembras y machos. En este caso se ha modificado las pistas y se ha añadido un sensor CNY.



Los conectores de la izquierda son para los CNY70, los de arriba son para los bumpers, los conectores macho de la derecha son para las conexiones del arduino y el conector hembra es la alimentación de la placa.

5. Desarrollo avanzado

Hay distintos aspectos para el desarrollo y mejora de este tipo de placas que se puede realizar, entre ellas cabe destacar:

- **Encapsulado de pistas.** Para encapsular las pistas se introduce la placa entre dos planchas calientes, el calor ablandará el plástico y los cables se introducirán en el plástico mediante una presión entre las planchas calientes. Esto permite que las pistas estén en el interior de la placa, después se repasa los agujeros donde irán los componentes. Aunque las pistas estén dentro de la placa es posible sacar las pistas en caso de necesitar modificar el diseño.
- **Apilar pistas.** Las pistas se pueden apilar si se pone un plástico entre las pista que se cruzan. En principio las placas se hacen a doble cara pero mediante este método se puede hacer varias capas. Se puede también encapsular las pistas con cada capa que se añada.
- **Componentes electrónicos en micro hilos.** Suponer que se tiene en un hilo con distintas densidades de materiales, este hilo debido a estas diferentes densidades tiene propiedades inductivas, capacitivas y resistivas diferentes o incluso puede tener características similares a los diodos.

Este hilo puede ser fabricado a partir de un maquina que funciona fundiendo distintos elementos que se encuentran en unas probetas. Si por ejemplo, se tiene en las probetas tres materiales A,B y C, regulando el tipo de material fundido se puede conseguir por ejemplo que este microhilo tenga una zona en la que tenga un proporción superior de A que de B y C. Con esto se consigue un microhilo que variaría en sus propiedades resistivas, capacitivas e inductivas según los proporciones relativas de A, B y C. Es decir, en una zona a lo largo del hilo se tiene un resistencia, en otra un capacitor o incluso un diodo

Este microhilo se encontraría enrollado en un carrete y sería introducido en una máquina industrial textil, sería cosido en la placa, dando la posibilidad de elaborar las

autoinducciones e incluso los condensadores en la propia placa. Para una autoinducción se cosería en forma de bobina, para un condensador se podría hacer incisiones para introducir placas paralelas, etc..

- **Cambio hardware por deformación mecánica de placa.** Se puede diseñar una placa que tenga ciertos condensadores los cuales estén incrustados en la placa u otros componentes de tal manera que cuando se deforme cambie la capacidad u otras características por deformación de la placa, también esa deformación puede afectar también a una autoinducción que este cosida en la placa. También hay la posibilidad de diseñar una conexión o desconexión de componentes con la deformación de la placa.

6. Conclusión

En el contexto actual y social, hay que destacar que este nuevo diseño afectará:

- A los que no tengan experiencia, ya que empezar con la electrónica les será más fácil.
- A los que ya tengan experiencia, les permitirá realizar diseños mucho más condensados, versátiles y con un menor costo tanto en piezas, material y tiempo.
- A la docencia, cambiará en todos los niveles.
- En un nivel más profesional, puede revolucionar el hardware y su implementación, siempre que se adapte a la producción industrial. La aplicación industrial es casi inmediata ya que las máquinas para la elaboración de estas placas ya existen en la actualidad en la industria textil, solo necesitarían una adaptación. La industria química aportaría los conocimientos necesarios para elaborar unas placas más duras o más blandas según las aplicaciones que se requieran.

Este nuevo diseño de circuitos constituye una nueva concepción de hardware, en este documento se ha mostrado la elaboración y diseño de los mismos. Sin embargo las posibilidades y consecuencias de este nuevo concepto va más allá de lo expuesto en este documento.

En un análisis más arriesgado se puede pronosticar que la elaboración de estos circuitos puede desembocar en un desarrollo de robots con un aspecto que emule los comportamientos de los músculos y aproveche las propiedades eléctricas de ciertos plásticos para desarrollar sensores “más deslocalizados” emulando propiedades mecánicas-sensitivas características de los tejidos vivos.