

Fuente de Tensión

Club de Robótica

12 de julio de 2012

Este documento fue creado por el CdR para que los participantes del *Proyecto Electrónica Básica* puedan realizar una experiencia práctica en el diseño y construcción de una fuente de tensión. La actividad tiene como finalidad principal, que el lector pueda -a partir del circuito esquemático-, realizar el diseño del PCB y su posterior implementación en una placa.

El software a utilizar para el diseño del circuito es *Kicad*, el cual fue presentado a lo largo del curso y esta bajo licencia *GPL*. Es necesario para poder realizar este trabajo contar con esta herramienta de diseño.

Por cualquier duda o sugerencia contactarse con el autor de este documento :

Martín Ezequiel Molina.
martinezequielmolina@cdr.usla.org.ar

Descripción del circuito

La fuente de tensión que vamos a construir consta de 2 etapas:

- Etapa de tensión regulada.
- Etapa de tensión fija.

Para comenzar con la descripción del circuito veamos primero como funcionan las etapas por separado.

Etapa de tensión regulada

En esta parte utilizaremos el circuito integrado LM317, el cual es un regulador serie ajustable, capaz de trabajar con hasta 40 [V] de corriente continua de entrada (V_i) y capaz de entregarnos a su salida (V_o) una tensión ajustable de entre 2 y 37 [V].

Para nuestros diseños no necesitamos tanta tensión (V_o) por lo que sólo usaremos un transformador que sea capaz de entregarnos por lo menos 18 [V] de tensión Alterna en su secundario, con una posibilidad de corriente cercana a los 3 o 4 [A]. El circuito empleado es muy sencillo de interpretar y sólo requiere de pequeños detalles a tener en cuenta por el diseñador, detalles que no deben dejarse de lado por más superfluos que parezcan. Un ejemplo muy elemental es no dejar de utilizar todos los componentes que se observan en el circuito, como podría ser el caso del fusible o de alguno de los capacitores mencionados en el esquema.

Primero debemos plantearnos qué queremos hacer y luego comprender las etapas que requiere el diseño emprendido. De esta forma, iniciamos el trabajo con un diagrama en bloques que nos muestra las diferentes partes que componen nuestra fuente de alimentación y en el que vemos destacadas las secciones más importantes que componen el circuito, estando en primer lugar, a la izquierda del diagrama, el Transformador de Alimentación que mencionamos anteriormente. Es importante aclarar que la potencia del transformador debiera ser acorde a la capacidad de corriente de los diodos y el/los transistores que se utilicen en la etapa de regulación. Es decir, no es necesario colocar diodos que soporten 25 [A] cuando el transformador sólo puede entregar una corriente de 3 [A]. Lo mismo ocurre con el/los transistores de potencia, aunque sin caer en sobredimensiones groseras, siempre es bueno colocar dispositivos que sean capaces de trabajar con el doble o triple de la corriente nominal que utilizaremos nosotros. Esto le dará a la construcción la posibilidad de operar en un rango de seguridad y a bajas temperaturas, lo que redundará en una vida útil más prolongada y sin sobresaltos.

Recuerde que un aumento en la temperatura eleva rápidamente la I , reduciendo la vida de los componentes.

En la siguiente figura se puede observar un resumen de lo que queremos construir en esta etapa regulada.

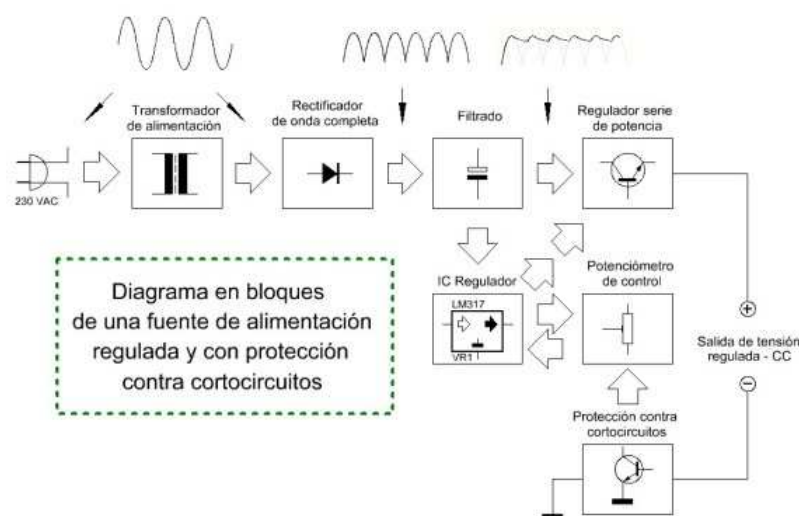


Figura 1: Esquema de la fuente de tensión

Como indicábamos, en la etapa de rectificación sugerimos utilizar un "puente de diodos integrado" de 6 [A], y para el filtrado utilizaremos dos capacitores de $4700\mu F \times 600$ o $1000[V]$. Acá pueden surgir algunas preguntas respecto a los valores como por ejemplo: ¿por qué dos condensadores de $4700\mu F$ y no uno solo de $1000\mu F$?

La respuesta es la siguiente: para obtener una menor resistencia serie equivalente (R_{seq}). Esto permitirá lograr una mejor absorción y filtrado de los ruidos de alta frecuencia que existen en la red eléctrica y que, por supuesto, atraviesan el transformador de alimentación. Podemos decir también que si desean utilizar cuatro capacitores de $2200\mu F$ sería mejor aún.

Después de la etapa de rectificación tendremos una señal como se muestra en la siguiente figura, la cual trataremos que sea lo mas parecido a una continua :

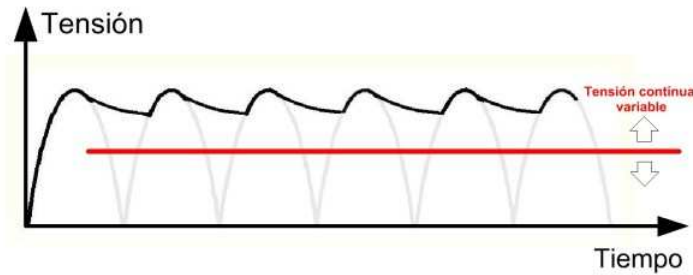


Figura 2: Tensión continua ,rectificada y filtrada

Para la etapa de regulación vemos al circuito integrado LM317 como actor principal actuando como driver para excitar un TIP35 , el cual es un transistor de potencia, más que suficiente para nuestros proyectos en electrónica.

A continuación podemos observar el circuito básico de regulación para un LM317:

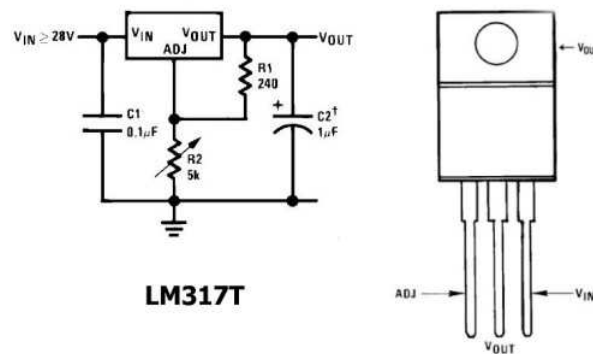


Figura 3: Circuito básico del LM317 y su Encapsulado TO-220

El potenciómetro de control que se conecta referido a *GND* nos permite obtener una excursión en la tensión de salida desde un valor mínimo y cercano a los cero [v] hasta un valor máximo cercano a la tensión rectificada y filtrada (V_i).

La ecuación para conocer nuestro V_o es la siguiente:

$$V_{out} = 1,25[V] * \left(\frac{1 + R_2}{R_1}\right)[V]$$

De esta última fórmula se ve claramente que cuando modificamos R_2 (resistencia variable), se modifica la tensión V_{out}

Por otro lado tenemos una etapa de protección contra cortocircuitos (*BC639*) que se encarga de sensar en forma permanente la tensión que circula a través de la resistencia de bajo valor que cierra el circuito a *GND*. A este terminal también se lo conoce como *TIERRA* y es muy importante, si desean aprender a hablar con propiedad y con una buena terminología electrónica, nunca lo llamen *masa* ni *negativo*; a pesar de que entre los técnicos está implantado por defecto, estos términos no son los apropiados cuando se habla del terminal de retorno de alimentación.

Con la masa se hace la pasta de los Domingos y el terminal negativo posee precisamente lo indicado: tensión negativa o potencial negativo. Tierra o GND son invariable e inequívocamente los correctos indicadores de un potencial cero.

Como dijimos antes, a medida que circule mayor corriente por la resistencia de bajo valor que cierra el circuito de *GND*, obtendremos una mayor diferencia de potencial entre sus extremos por simple *Ley de Ohm* ($V = I \cdot R$). Si la tensión obtenida en los extremos de esta resistencia supera un determinado valor, que será ajustado por el potenciómetro de $33[k\Omega]$, el transistor *BC639* pasará a la saturación (conducción plena) llevando el terminal de ajuste (*Adj*) de tensión del LM317 a su valor mínimo. De este modo, la salida de tensión (V_o) caerá al mínimo valor posible, evitando una circulación excesiva y peligrosa de corriente.

Esta es una virtud muy importante de la fuente de alimentación ya que de este modo obtendremos una protección integral absoluta. No sólo cuidaremos que nuestros circuitos no se destruyan ante un eventual mal funcionamiento de algún componente sino que, además, nuestra nueva *herramienta* estará protegida contra accidentales cortocircuitos en su salida, es decir, en nuestros montajes, cualidad que la hace duradera.

Entre los últimos detalles a destacar podemos agregar que la inclusión de capacitores de $100[nF]$ en paralelo con $1[nF]$ en la salida no es porque si, ni tampoco lo es la colocación de capacitores electrolíticos en paralelo con capacitores cerámicos. La capacidad de conducción a *GND* de los ruidos inducidos por transitorios o por radiofrecuencia cercana varía de un valor capacitivo a otro y de un tipo de construcción a otra. Es por esto que se colocan todos estos capacitores en paralelo. Todos los capacitores empleados en el circuito deben ser de por lo menos $63[v]$ y las resistencias o resistores serán de $\frac{1}{2}[W]$, salvo que en el circuito se indique otro valor.

Etapa de tensión fija

El circuito es muy sencillo y se basa en un pequeño filtro de entrada compuesto por capacitores electrolíticos, cerámicos y una pequeña bobina (L). Esta parte de entrada del circuito está alimentada por la tensión de entrada (V_{in}) de nuestra fuente.

Los reguladores que utilizamos en esta etapa son los del tipo $78xx$, la cual es la denominación de una popular familia de reguladores de tensión positiva. Es un componente común en muchas fuentes de alimentación que tiene tres terminales (V_i , GND y V_o), los cuales se mantienen en toda la familia de este tipo, variando únicamente en V_i y V_o según el modelo.

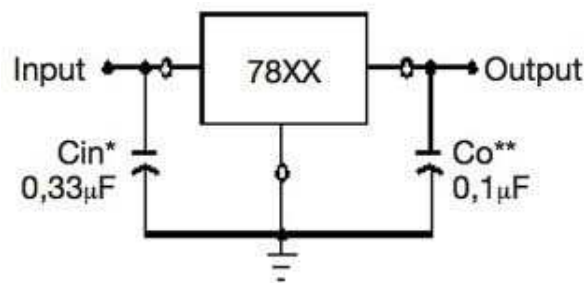


Figura 4: Esquema básico de un regulador 78xx

La tensión de alimentación debe ser un poco más de 2 [v] superior a la tensión que entrega el regulador y menor a 35 [v].

Osea:

$$V_i > 2V_o$$

$$V_i < 35[v]$$

Usualmente, el modelo estándar de encapsulado (TO220) soporta corrientes de hasta 1 [A] aunque hay diversos modelos en el mercado. El dispositivo posee como protección un limitador de corriente por cortocircuito, y además, otro limitador por temperatura que puede reducir el nivel de corriente. Estos integrados son fabricados por numerosas compañías, entre las que se encuentran National Semiconductor, Fairchild Semiconductor y ST Microelectronics.

El ejemplar más conocido de esta serie de reguladores es el 7805 , que provee 5[v], lo que lo hace sumamente útil para alimentar dispositivos TTL.

Vamos a realizar un análisis similar al de la etapa regulada para poder comprender como funciona esta otra parte de nuestra fuente.

Partiendo de la tensión positiva V_i que obtenemos del rectificado y filtrado, nos encontramos con 3 reguladores conectados en serie. Primero tenemos un 7812 el cual se encarga de suministrar 12 [v] fijos a la carga, le sigue un 7809 cuya tensión de salida será 9[v], y por último un 7805 que se encarga de entregar los 5[v] necesarios para la mayoría de las aplicaciones con circuitos lógicos y con microcontroladores. Cada una de las salidas posee su *LED* indicador, y es recomendable utilizar colores distintos para identificar las salidas y evitar confusiones.

* Cuando hablamos de *carga* nos referimos a lo que conectaremos en los terminales de salida de la fuente.

Una de las cosas que puede llamar la atención es el valor asignado a cada resistencia que se encarga de alimentar los *LEDs* indicadores de funcionamiento. El sentido de colocar valores resistivos tan altos es para garantizar un encendido agradable y aceptable desde el aspecto *visual* utilizando la menor corriente posible a través de los *LEDs*. Una corriente lógica de *LED* para una tensión de 5[v], por ejemplo, sería igual a 15 [mA] (manteniendo un amplio margen de seguridad). Esto equivaldría a utilizar una resistencia de 330 [Ω] y sin embargo, nosotros estamos utilizando una de 1[k Ω] para tal efecto.

Las pruebas nos demostraron que con 5 [mA] alcanza para que un *LED* rojo difuso (común de 5 [mm]) encienda de manera aceptable y cumpla su función de indicar que la tensión de salida está presente. Con este método, logramos reducir la corriente consumida por los reguladores fijos de manera constante (a pesar de no tener carga), en especial, al primer regulador que es el 7812. Si colocamos 4 *LEDs* consumiendo 15 [mA] cada uno, estaríamos absorbiendo 60 [mA] de manera innecesaria desde este regulador. En cambio con los valores seleccionados, la corriente no alcanzará los 20 [mA] y esto ofrecerá un funcionamiento más aliviado y con menor disipación de temperatura final.

¿ Por que están en serie los reguladores ?

Estamos construyendo una fuente *básica*, es decir que la usaremos para proyectos que consumirán como mucho 1,5[A] en total.

Por ejemplo un PIC que puede consumir (a toda máquina) 100[mA] con 3 leds encendidos continuamente. Si al circuito le agregamos un amplificador pequeño (12V) (LM386) podemos agregar un consumo de 10[mA] y si necesitamos operacionales de fuente común (9V) le sumaremos 5[mA] (o menos)

de consumo extra. Todo da 115 [mA]. El primer 7812 todavía se está riendo de la baja temperatura que tiene. Su diferencia de potencial entre entrada y salida es mínima y el producto $V * I$ entonces es también mínimo.

Ese mismo 7812 sirvió para disminuir la tensión de entrada en el 7809 e hizo que este no eleve su temperatura por diferencia de potencial entre V_i y V_o ; y de esto también se benefició el 7805. Es decir, acá todo funcionó a la perfección y nadie levantó temperatura.

Si hubiese puesto una resistencia limitadora para cada regulador y hubiese alimentado a cada uno con la tensión de entrada V_{in} , el fenómeno de tener consumos variables y hasta en ciertas oportunidades consumos iguales a cero, habrían dado una gran diferencia de potencial entre entrada y salida de los reguladores de 9[V] y 5[V]. Esto, llevado al cálculo de potencia ($V * I$) nos entrega números muy altos y en consecuencia resistencias de mucho valor de potencia de disipación (en *Watt*) a la entrada de cada regulador.

El montaje se transforma en varias resistencias de gran tamaño que calientan y en reguladores de tensión que siempre calentarán.

Resumiendo el concepto de la disipación de potencia

La potencia (P) depende de la tensión de entrada, por ejemplo, si tenemos un LM7812, cuya tensión de salida es de 12[V], con una tensión de entrada de 20[V], y una carga en su salida de 0,5[A], multiplicando la diferencia entre la tensión de entrada y la tensión de salida por la corriente que circulara por la carga nos da los vatios[W] que va a tener que soportar el integrado:

$$(V_{in} - V_{out}) * I_{out} = (20 - 12) * 0,5 = 4[W]$$

La tensión de entrada es un factor muy importante, ya que debe ser superior en unos 2 [V] a la tensión de salida (es el mínimo recomendado por el fabricante), pero todo el exceso debe ser eliminado en forma de calor. Si en el ejemplo anterior en lugar de entrar con 20 [V] solo usamos 15[V] (los 12V de la salida mas el margen de 2V sugerido) la potencia disipada es mucho menor:

$$(V_{in} - V_{out}) * I_{out} = (15 - 12) * 0,5 = 1,5[W]$$

Uniendo la etapa fija y variable

Una vez explicadas las dos etapas, podemos realizar una "fusión" obtener por un lado la etapa variable y por otro las salidas fijas mediante la utilización de 2 interruptores.

Es importante recordar que el diseño es de una fuente lineal pensada para trabajos de laboratorio que no requieran grandes consumos, por lo tanto la estabilidad de las salidas no será muy precisa en determinadas condiciones, por ello es recomendable la utilización de 2 llaves que alternen las etapas evitando sobrecargar al transformador de entrada.

El diseño esquemático propuesto es el siguiente, el cual puede ser modificado por el lector según sus comodidades.

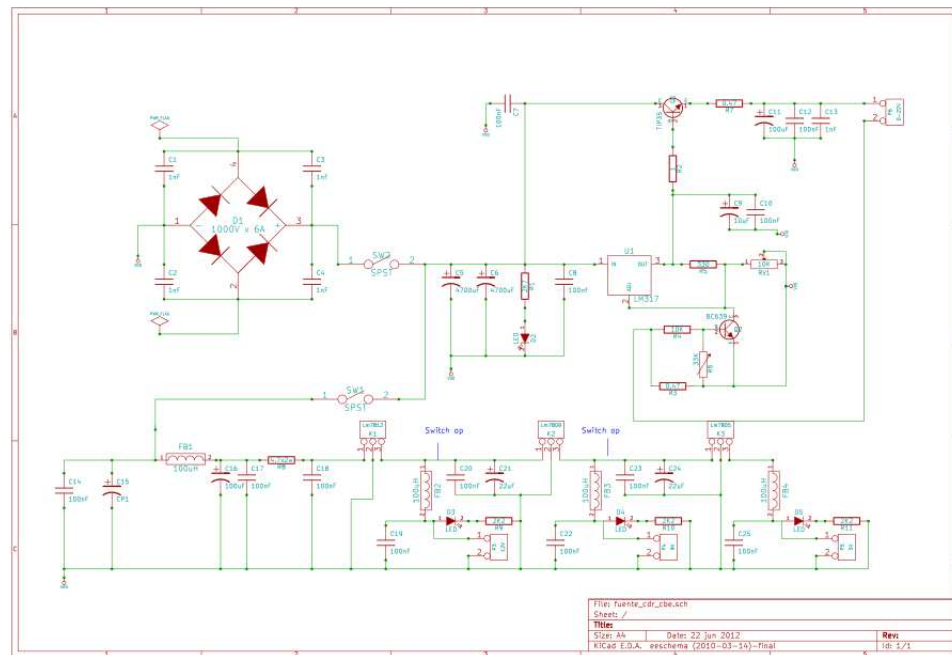


Figura 5: Esquemático completo de la fuente

Para visualizar correctamente el esquemático deben descargar el archivo que se encuentra en la wiki del CdR , en la sección correspondiente al Proyecto Electrónica Básica.

Una construcción mas completa podría involucrar el agregado de un *voltímetro* y de un *amperímetro* para tener pleno conocimiento de los valores de tensión y de corriente que será capaz de suministrar nuestra fuente. Además, la posibilidad de obtener los valores de consumo en potencia de nuestros circuitos nos permitirá mejorar los desarrollos en pos de una optimización energética adecuada a estos tiempos. Estos agregados quedan a criterio de cada uno, según lo que desea construir preveyendo un incremento en el costo . Con todo lo expuesto, sólo nos resta recomendarles que tengan precaución de no descuidar ningún detalle de los enumerados ni obviar ninguno de los componentes involucrados en la construcción para obtener así una fuente de alimentación que dure en el tiempo.

En las siguientes secciones se exponen los componentes y materiales que intervienen en el armado de la fuente , como así tambien algunos consejos y procedimientos para la implementación en la placa.

1. Materiales y Componentes

Componentes necesarios

Resistencias

- R: 2,7 $[k\Omega]$; 10 $[k\Omega]$; 2,2 $[k\Omega]$; 330 $[\Omega]$; 0,47 $[\Omega]$; 1 $[\Omega]$
- Potenciómetro 33 $[k\Omega]$ (1)
- Potenciómetro 10 $[k\Omega]$ (1)
- R: 4,7 $[\Omega]$ / 2 $[W]$ (1)

Capacitores polarizados

- 4700 $[\mu F/63v]$ (2)
- 10 $[\mu F/63v]$
- 100 $[\mu F/63v]$ (3)
- 22 $[\mu F/63v]$ (2)

Capacitores cerámicos

- 1 $[nF]$ (5)
- 100 $[nF]$ (12)

Reguladores lineales

- 7805
- 7809
- 7812

Varios

- Transistor BC639.
- Regulador LM317.
- TIP 35.
- Inductor 100 $[\mu H]$. (4)

- Switch 2 puntos. (2)
- Puente de diodos integrado 1000 V/6A.
- LED 5 [mm] (4) (Se recomiendan de distintos colores)

Materiales y herramientas

- Placa pertinax virgen 10x10.
- Acido (percloruro férrico).
- Soldador tipo lápiz (se recomienda uno de punta cerámica / 30 [W]).
- Estaño 0,7 [mm].
- Pinza de punta.
- Pinza de corte oblícuo.
- Cinta aisladora o termocontraíble.
- Cable (como máximo 1,5 [mm] de sección).

Si se va a realizar el montaje en gabinete, se recomiendan agregar estos componentes:

- Fichas banana hembra para chasis (4 Rojas ; 4 Negras).
- Fichas banana macho (2 Rojas y 2 Negras).
- Borneras x 2 para placa. (6)
- Fusible y porta fusible.
- Luz testigo y switch (220v).

1.1. Del papel a la placa

En esta parte vamos a explicar como llevar a cabo una de las partes mas importantes en la construcción de cualquier circuito electrónico: "plasmar el diseño en una placa de cobre".

Para esta tarea se necesita:

- Acido.

- Placa de cobre virgen.
- Diseño PCB impreso con impresora láser.
- Plancha.
- Recipiente plástico (mas grande que la placa que queremos hacer).

Antes de comenzar con el procedimiento es importante hacer algunas aclaraciones :

- El ácido corroe cualquier superficie metálica, por eso es importante trabajar en un ambiente despejado y limpio.
- Es recomendable cortar la placa antes de traspasar el diseño para facilitar el trabajo.
- La placa debe estar libre de manchas u óxido; si tiene alguna de estas cosas, se la limpia con una esponja tipo virulana.
- Para cortar la placa basta con marcar con una "trincheta" de cada lado de la placa y hacer presión sobre un borde plano.
- Las manchas con ácido en cualquier superficie son casi irremovibles , por eso se recomienda evitar el contacto.
- No hay un tiempo de planchado, es un ejercicio de prueba y error, con la experiencia se vuelve intuitivo.

Una vez tomadas todas las precauciones del caso, comenzamos con el trabajo:

1. Cortar la placa del tamaño del diseño de PCB que tenemos en papel.
2. Cortar el diseño en papel, dejando de margen aprox $1[cm]$.

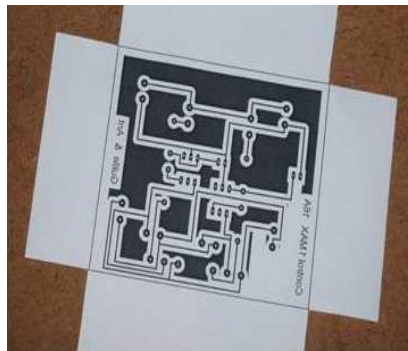


Figura 6: Cortar el papel

3. Colocar la cara con tinta sobre la cara de cobre de la placa.
4. Pegar, por detrás, los bordes exdentes fijando así el papel a la placa.
5. Pasar la plancha varias veces, haciendo presión en toda la superficie.



6. Mojar y retirar con mucho cuidado el papel de la placa .(Note que no se va todo el papel)

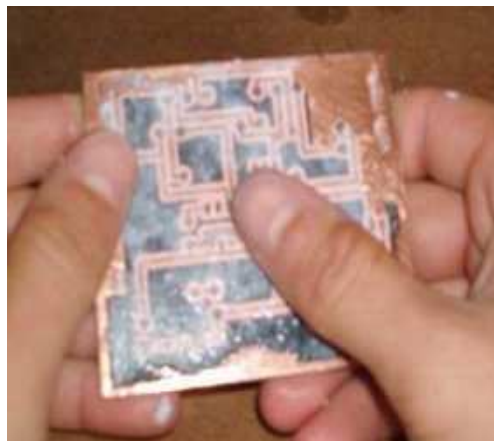


Figura 7: Retirar exeso de papel con ayuda de los dedos y agua

7. Colocar el ácido en un recipiente plástico, y llevarlo a baño maría.
8. Introducir la placa en el ácido.
9. Controlar regularmente el estado de la placa (Observar que comienza a desaparecer el cobre de algunas zonas)
10. Cuando vemos que nuestras pistas ya están como las diseñamos, retirar la placa y enjuagar con agua.

11. Note que la placa queda con restos de papel y tinta, removerlo con alcohol.
12. Si es necesario limpiar nuevamente con virulana.

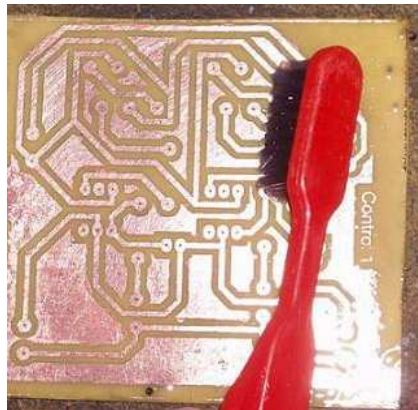


Figura 8: Dejar la placa libre de todo tipo de manchas

13. En este punto es recomendable proteger la placa de la corrosión con algun barniz protector de circuitos.
14. Una vez que el barniz está seco la placa queda lista para perforar y colocar los componentes.