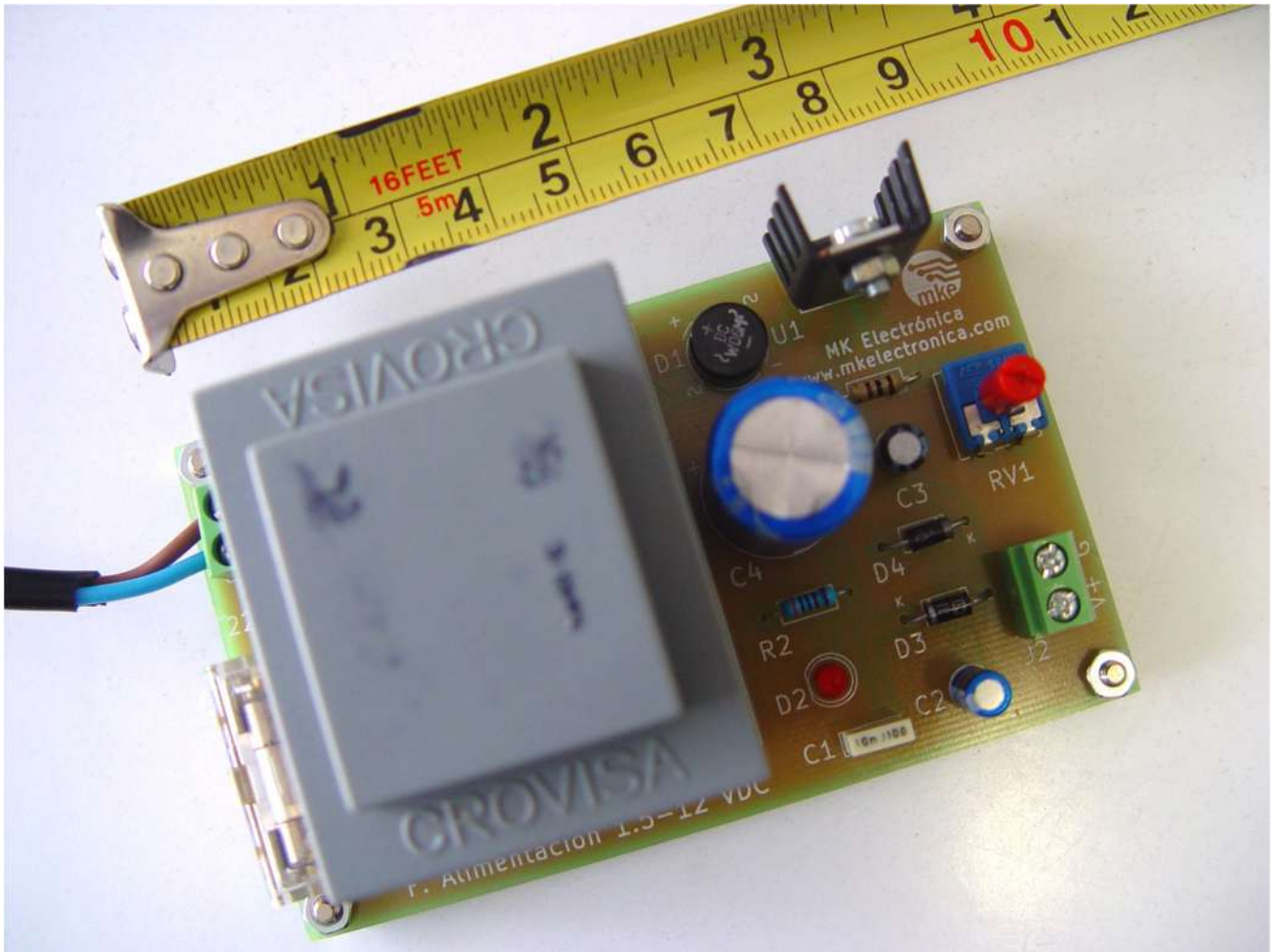


Fuente de alimentación variable

Manual de usuario



Rev. Julio 2022

MK Electrónica

Tfno. 34-944 04 80 89

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



Fuente de Alimentación variable

1. - INTRODUCCIÓN

Cualquier circuito electrónico, sea cual sea, necesita para su correcto funcionamiento ser alimentado mediante una tensión determinada. Una de las tareas más tediosas es conseguir esa tensión de alimentación. Para ello usamos pilas o baterías, o bien transformadores y alimentadores que obtienen la tensión necesaria a partir de la tensión de la red eléctrica.



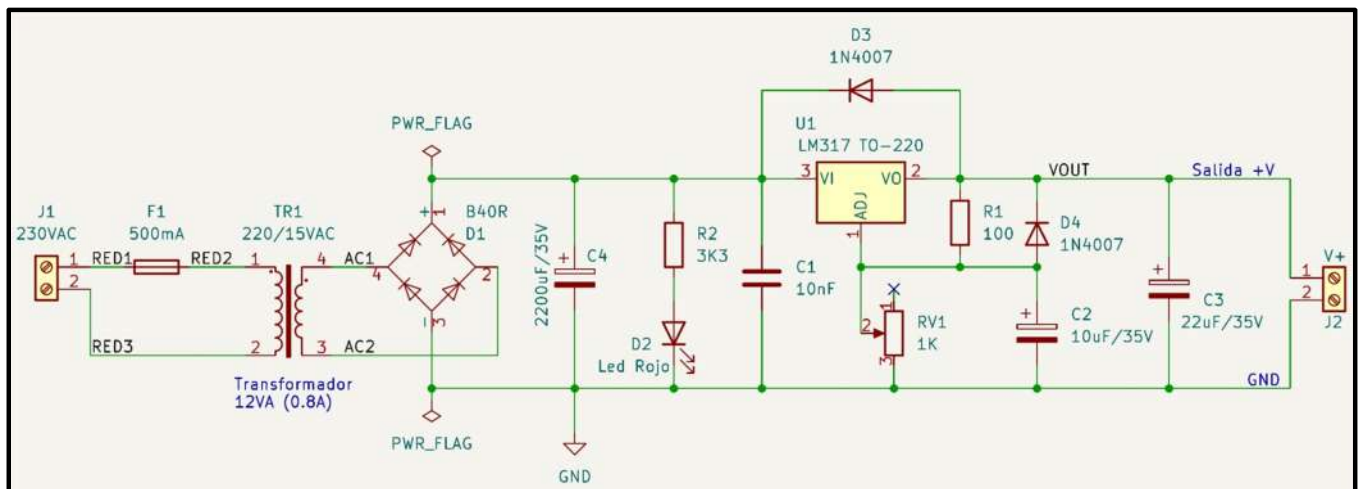
El incordio radica en que esa tensión de alimentación puede ser de múltiples valores. Hay circuitos electrónicos que trabajan con 3V, otros con 5V, con 9V, 12V, etc... , lo que nos obliga a tener un buen número de pilas/baterías que, asociándolas en serie/paralelo, podamos conseguir la tensión y corriente necesaria en cada caso. Lo mismo nos pasa si utilizamos transformadores o alimentadores.

La solución profesional consiste en el empleo de Fuentes de Alimentación de salida variable. La tensión y/o corriente que suministran se puede ajustar entre un mínimo y un máximo según se necesite. En el comercio podemos encontrar infinidad de modelos con características y precios diferentes. Hay auténticas maravillas pero con precios que pueden alcanzar y superar el millar de euros.



En este proyecto no vamos a ir tan lejos, pero vamos a proponer el montaje de una sencilla y económica fuente de alimentación variable, cuya tensión de salida la podremos ajustar entre 1.25V y 13V aproximadamente y con una corriente de unos 300 mA. No es muy pretenciosa, pero nos servirá para alimentar a muchos de los circuitos experimentales que iremos proponiendo.

2.- ESQUEMA ELÉCTRICO Y LISTADO DE MATERIALES



- R1: 100 Ω - 1/4W
- R2: 3K3 Ω - 1/4W
- RV1: Potenciómetro de ajuste de 1 K Ω
- C1: 10nF
- C2: 10 μ F / 35 V
- C3: 22 μ F / 35 V
- C4: 2200 μ F / 35 V
- D1: Puente rectificador
- D2: Led rojo de 3 mm
- D3-D4: Diodo 1N4007
- U1: LM317/TO-220 + Refrigerador
- TR1: Transformador 15VAC/12VA
- F1: Fusible 500mA
- 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.

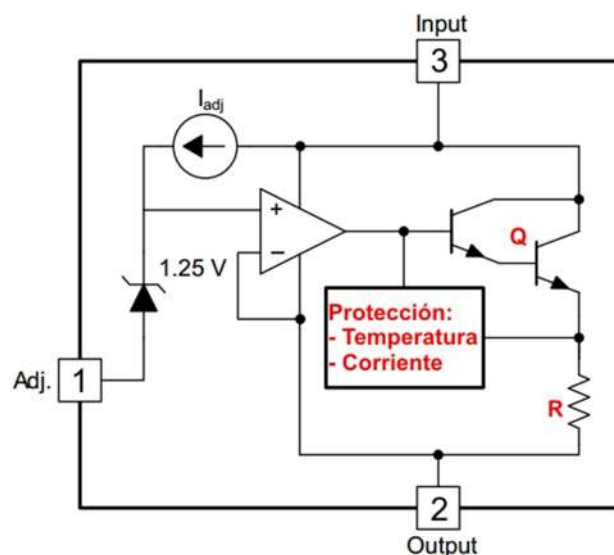
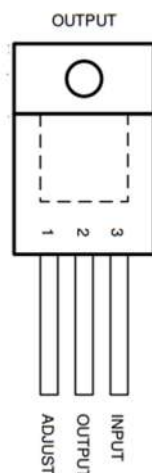
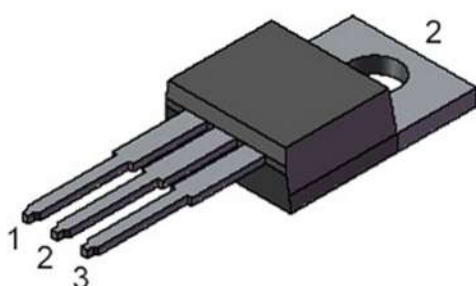
3.- TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO

El componente fundamental de esta fuente de alimentación es el regulador de tensión variable LM317 (U1) capaz de suministrar una tensión comprendida entre 1,25 V y 37 V con una corriente máxima de 1,5 A, con muy pocos componentes externos.

En nuestro caso empelamos un LM317 con encapsulado TO-220 como el que puedes ver en la figura. Tiene tres patillas:

1. **ADJUST:** Terminal para el ajuste de la tensión de salida deseada.
2. **OUTPUT:** Terminal para la tensión de salida. Coincide también con la carcasa metálica del propio encapsulado.
3. **INPUT:** Terminal para la tensión continua de entrada sin regular.

Encapsulado TO-220



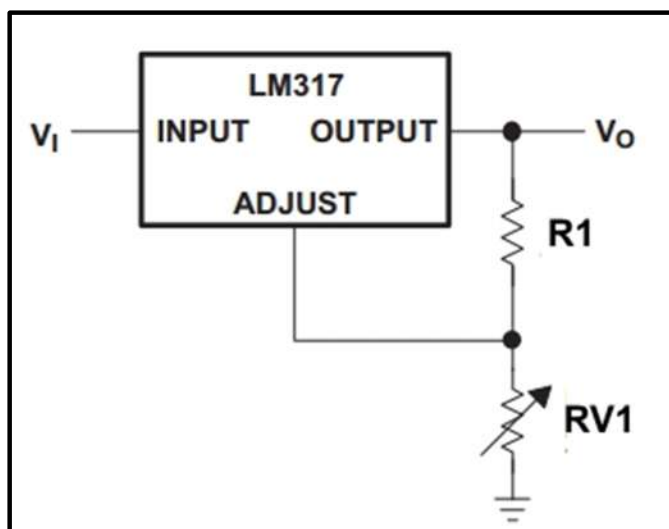
A la derecha se muestra el esquema eléctrico interno simplificado. Según conduzca más o menos la pareja de transistores Darlington (Q), en la salida (patilla 2) tendremos más o menos tensión procedente de la entrada (patilla 3). El amplificador operacional se encarga de controlar la conducción de Q.

Por su entrada no inversora (+) recibe desde el zener una tensión fija de referencia de 1.25V y por la entrada inversora (-) recibe una muestra de la tensión de salida (patilla 2). Actúa como seguidor de tensión en un intento constante de mantener a 0V la tensión en su salida y bloqueando así a Q. Esto solo ocurre si la tensión de salida (patilla 2) también es de 1.25V,

Si aumentamos la tensión de ajuste (patilla 1) por ejemplo a 7.75V, en la entrada no inversora (+) tendremos ahora una tensión de referencia de 9 V ($7.75 + 1.25$), con lo que la tensión de salida del operacional aumenta. Esto origina que Q conduzca más y la tensión de salida (patilla 2) y en la entrada inversora (-) tienda a aumentar. Cuando esta alcanza los mismos 9 V que la de referencia, el operacional mantiene a Q en ese régimen de funcionamiento. Hemos aumentado la tensión de salida a 9.

Si ahora ponemos la tensión de ajuste (patilla 1) a 3.75V, la tensión de referencia en la entrada no inversora (+) es de 5V ($3.75 + 1.25$). La tensión de salida del operacional disminuye y Q conduce menos. La tensión de salida (patilla 2) tiende a bajar hasta alcanzar los mismos 5V que la de referencia. Hemos disminuido la tensión de salida a 5V.

Resumiendo, el operacional está constantemente regulando a Q en un eterno intento de mantener la misma tensión en sus dos entradas inversora (-) y no inversora (+). La resistencia R detecta un exceso de temperatura y/o de intensidad. Si esto ocurre se actúa sobre Q bloqueándolo y cortando la tensión de salida (patilla 2).



Ahora vamos a desglosar la implementación del LM317 sobre nuestra fuente de alimentación regulable. Según el fabricante este es el circuito mínimo necesario. ¿Ves su relación con nuestro esquema general? El cálculo de R1 no es muy estricto y se realiza a partir de dos datos que facilita el propio fabricante:

- VREF: Típico 1.25 V
- Corriente en ADJUST: 50 a 100 μ A

El valor de R1 es fijo y la corriente que circula por ella (IR1) suele ser unas 100 o 150 veces la corriente de ADJUST para minimizar así su influencia. Por ello:

$$R1 = \frac{VREF}{IR1} = \frac{1.25}{150 \times 100 \mu A} = \frac{1.25}{15 mA} = 83,3 \Omega \rightarrow 100 \Omega$$

El valor de RV1 puede variar y sirve precisamente para variar la tensión de ajuste (patilla 1) y con ello seleccionar el valor de la tensión de salida (Vo) como vimos anteriormente. Se calcula a partir de la ecuación que nos facilita el fabricante. Por ejemplo, si deseamos una tensión de salida Vo = 12V...

$$Vo = VREF \left(1 + \frac{RV1}{R1} \right); RV1 = \left(\frac{Vo}{VREF} - 1 \right) \times R1; RV1 = \left(\frac{12}{1.25} - 1 \right) \times 100 = 860 \Omega$$

En lugar de que RV1 sea de un valor fijo de 860 Ω , podemos poner un potenciómetro de ajuste de 1 K Ω como hemos hecho en nuestra Fuente de Alimentación variable. Entonces, si llevamos el cursor a un extremo con 0 Ω , la tensión de salida será:

$$Vo = VREF \left(1 + \frac{RV1}{R1} \right); Vo = 1.25 \left(1 + \frac{0}{100} \right); Vo = 1.25 V$$

Pero si lo llevamos al extremo opuesto con 1 K Ω , la tensión de salida ahora será:

$$V_o = V_{REF} \left(1 + \frac{RV1}{R1} \right); V_o = 1.25 \left(1 + \frac{1000}{100} \right); V_o = 13.75V$$

Ya tenemos una fuente de alimentación ajustable cuya tensión de salida, presente en los bornes J2, varía en función del potenciómetro RV1.

Ahora vamos con el resto de componentes de nuestro circuito según el esquema original. A través de los bornes J1 introducimos la corriente de red de 230VAC que van a parar al primario del transformador TR1 a través del fusible de protección F1. **Mucho cuidado con ella !!**



En el secundario del transformador, entre los puntos AC1 y AC2, tendremos una tensión alterna de unos 15VAC que va a parar al puente Graetz de rectificación (D1). Si descontamos los aproximadamente 1.4V de caída de tensión en cada pareja de diodos del puente, la tensión continua filtrada mediante C4 será de unos 19 V aproximadamente $((15 - 1.4) * 1.41)$. Si consideramos que el regulador LM317 necesita a su entrada (VI) una tensión de como mínimo 3 V superior a la tensión de salida (Vo) deseada, vamos bastante bien.

R2 actúa como resistencia de absorción para el led D2 que se iluminará siempre que haya tensión de entrada (VI). El condensador C1 actúa de desacoplo. Deriva a masa o GND señales de alta frecuencia que pudieran aparecer en el circuito. Recuerda que un condensador disminuye su reactancia capacitiva X_c a frecuencias altas.

Con objeto procurar que la tensión de ajuste en la patilla 1 del regulador (ADJ) fluctúe lo mínimo posible ponemos el condensador C2. Sin embargo, cuando desconectamos la fuente, es posible que ese condensador tienda a descargarse a través del propio regulador. Para evitarlo ponemos los diodos D3 y D4 que facilitan un camino de descarga alternativo.

Por último el condensador C3 filtra y atenúa también las fluctuaciones o "rizado" que se pudiera producir en la tensión de salida, según la carga demande más o menos consumo.

Y con esto acabamos la descripción del funcionamiento de nuestra fuente de alimentación variable. Espero que no te hayas agotado y sigas adelante con el proyecto.



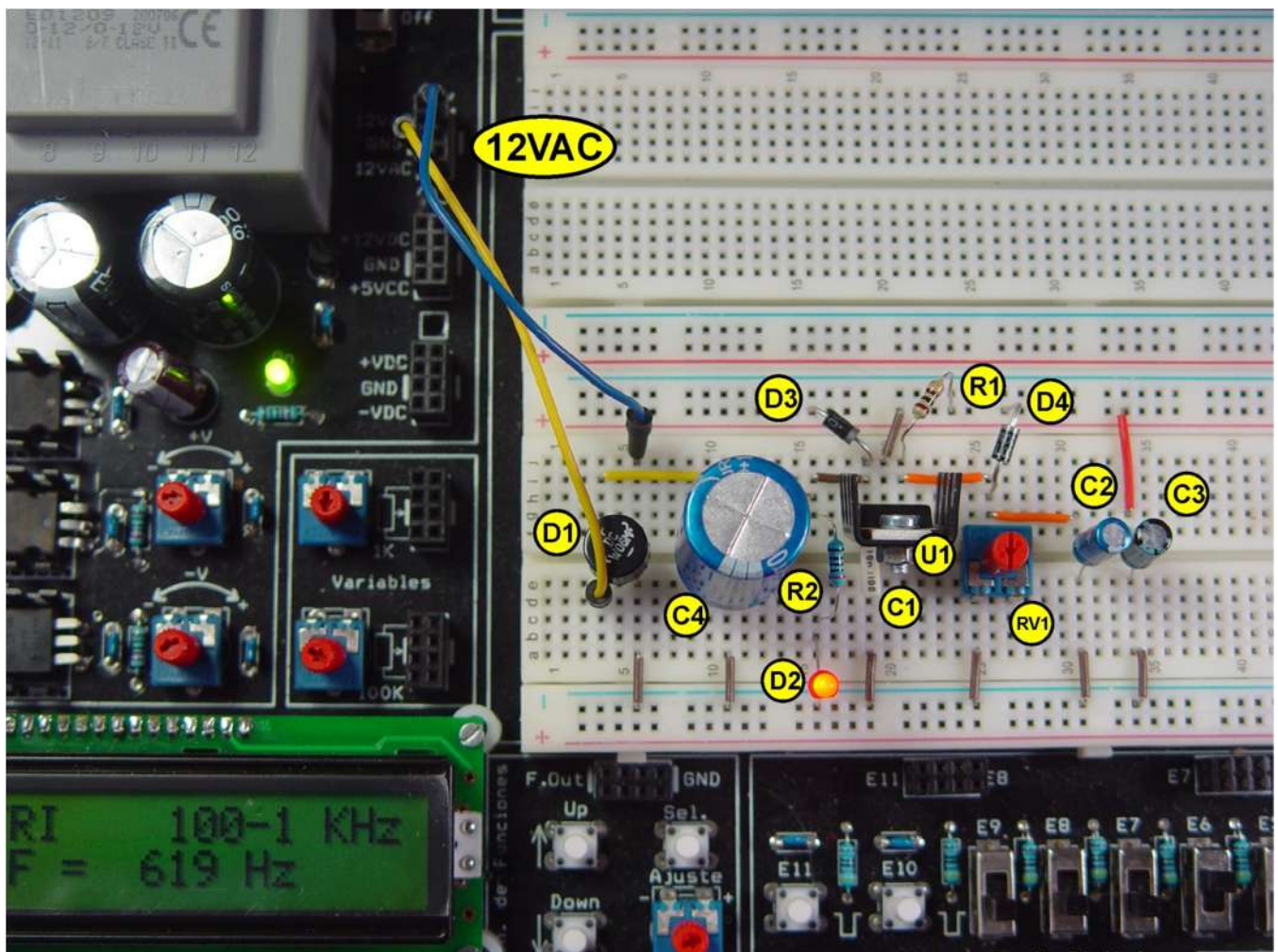
4.- ANALISIS Y EVALUACIÓN

Es el momento de realizar un primer montaje de nuestra fuente de alimentación circuito para hacer todas las comprobaciones oportunas. Para ello se sugiere el empleo de algún tipo de plataforma experimental que permita realizar el montaje de forma rápida y sin soldaduras. Podremos hacer así las modificaciones y/o mejoras que fueran necesarias.

Nosotros empleamos el entrenador Universal Trainer. Dispone de:

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

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



En esta ocasión usamos la salida de 0 a 12 VAC del secundario del transformador del entrenador, que es inferior a los 15 VAC que nos va a proporcionar el secundario del transformador empleado en el montaje definitivo. No obstante es de esperar que nuestra fuente funcione correctamente. Para comprobarlo vamos a realizar una serie de medidas que repetiremos cuando usemos el transformador definitivo.

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VAC1-VAC2		Tensión alterna entre las patillas del secundario del transformador
VC4=VI		Tensión continua rectificada y filtrada de entrada al regulador LM317 (patilla 3) respecto a GND
VR2		Tensión en la resistencia de absorción
VD2		Tensión en el diodo led
VI=VR2+VD2		Comprobamos que la suma de ambas tensiones es igual a la tensión de entrada en el regulador en la patilla 3.

Ahora vamos a realizar estas medidas con el potenciómetro de ajuste en el extremo de mínima resistencia.

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VR1=VREF		Tensión en R1 que debe coincidir con la tensión de referencia VREF.
VA		Tensión entre la patilla de ajuste (1) y GND
Vo		Tensión entre la patilla de salida (2) y GND
Vo=VA+VREF		Comprobamos que la tensión de salida Vo en la patilla 2 del regulador es igual a la suma de la tensión de referencia y la de ajuste en la patilla 1.

Movemos el eje del potenciómetro de ajuste a la mitad de su recorrido aproximadamente y repetimos las medidas anteriores.

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VR1=VREF		Tensión en R1 que debe coincidir con la tensión de referencia VREF.
VA		Tensión entre la patilla de ajuste (1) y GND
Vo		Tensión entre la patilla de salida (2) y GND
Vo=VA+VREF		Comprobamos que la tensión de salida Vo en la patilla 2 del regulador es igual a la suma de la tensión de referencia y la de ajuste en la patilla 1.

Movemos el eje del potenciómetro de ajuste al extremo opuesto que representa su máxima resistencia y repetimos nuevamente las medidas.

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
VR1=VREF		Tensión en R1 que debe coincidir con la tensión de referencia VREF.
VA		Tensión entre la patilla de ajuste (1) y GND
Vo		Tensión entre la patilla de salida (2) y GND
Vo=VA+VREF		Comprobamos que la tensión de salida Vo en la patilla 2 del regulador es igual a la suma de la tensión de referencia y la de ajuste en la patilla 1.

Como resumen a todo lo anterior podemos comprobar que la tensión de salida Vo varía entre un mínimo de unos 1.25 V y un máximo de 13 V aproximadamente. Esto seguirá siendo más o menos igual cuando pongamos el transformador de 15VAC. Lo que siempre se cumple es que: $V_o = V_A + V_{REF}$

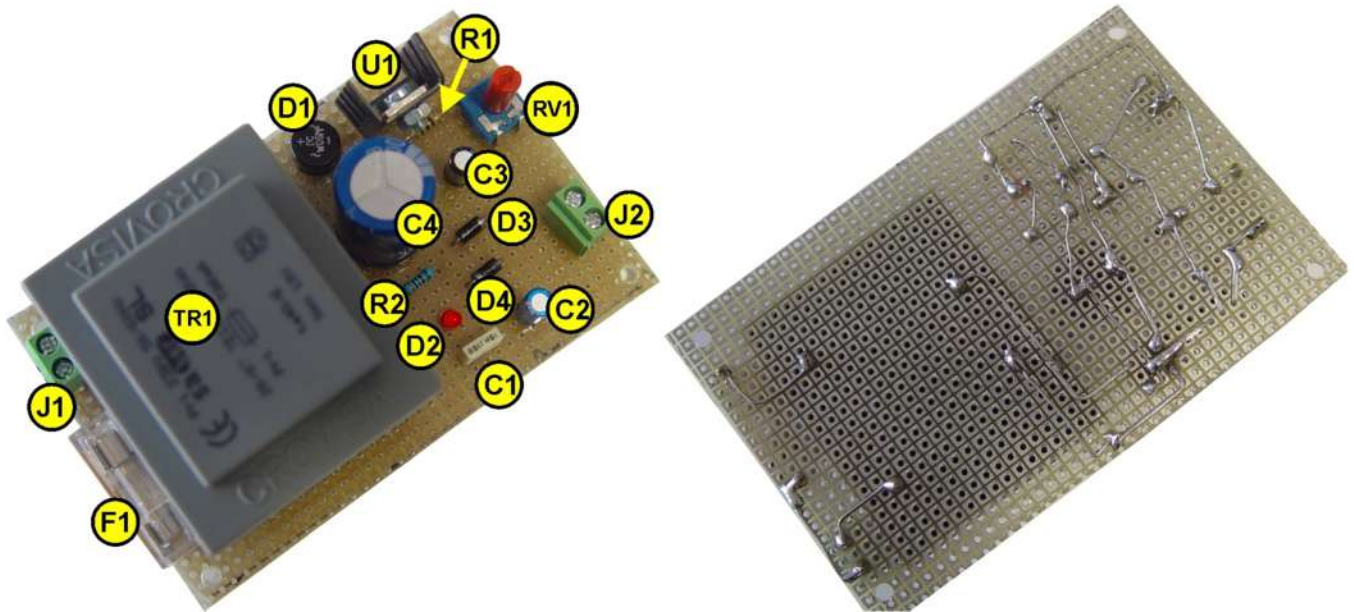
5. - PROTOTIPADO

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

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

- Obtener un circuito mucho más compacto y fiable que el construido sobre los módulos protoboard durante la fase preliminar de análisis y evaluación.
- Nos aproximamos al aspecto que tendrá el futuro PCB.
- Tenemos la posibilidad de hacer el montaje completo, incluyendo el fusible, el transformador y los bornes.
- Facilita una visión más global de cómo quedarán distribuidos los componentes sobre esa futura placa impresa.
- Ayuda al posterior trazado de las pistas.

En la imagen se muestra cómo ha quedado nuestro prototipo de fuente de alimentación 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% que su circuito eléctrico funciona a la perfección. Básicamente consiste en dibujar las componentes del circuito y 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.

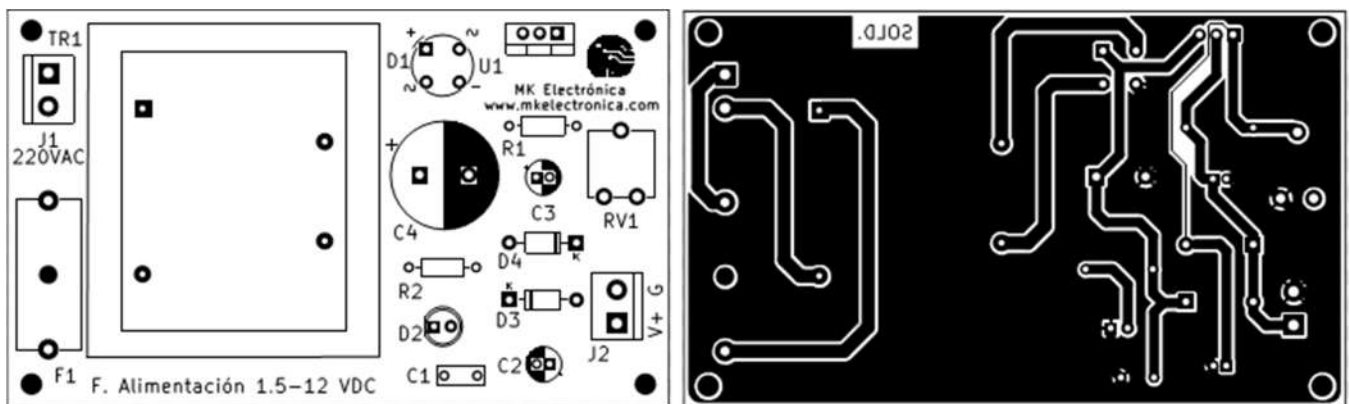
Para el diseño de un circuito impreso o PCB existen un buen número de programas informáticos que facilitan el trabajo. Con ellos puedes dibujar el esquema eléctrico. Es lo que se conoce como "*captura del esquema*" y, normalmente, es el primer paso. Luego se determina el tamaño de la placa impresa, se dibujan 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. Entre las herramientas de diseño más conocidas podemos citar...

- EAGLE
- EasyEDA
- OrCad
- Altium
- KiCAD
- ...

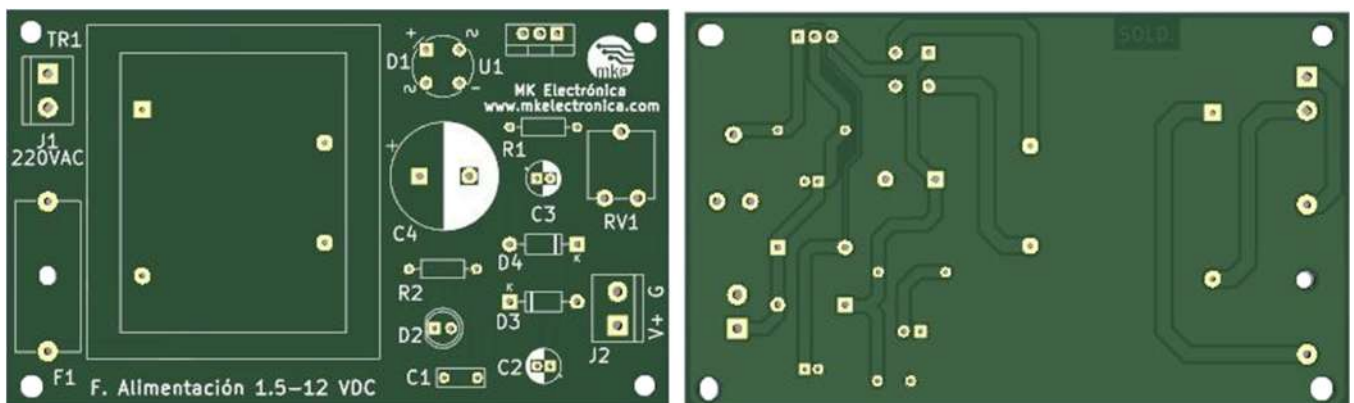
Algunas son totalmente gratuitas (p.e. KiCad y EasyEDA) y otras, aunque de pago, suelen tener una versión gratuita de demostración. Lo ideal es investigar, probar y elegir la que más nos convenga. Aprender a usar este tipo de herramientas requiere bastante esfuerzo y más vale elegir bien. Nosotros estamos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



A modo de ejemplo puedes ver en tamaño real cómo nos ha quedado el diseño del circuito impreso de nuestra fuente de alimentación variable. A la izquierda tenemos la cara superior y a la derecha la inferior.



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



A la izquierda vemos la cara superior donde se encuentra la serigrafía con referencias, gráficos, textos, etc... Es por donde se insertan los componentes y se le conoce como "cara de los componentes". A la derecha está la cara inferior o, "cara de soldadura". Observa que es una vista de "espejo" respecto a la cara inferior que mostramos primero. En ella se encuentran los pads y las pistas de conexión según el

esquema eléctrico que es el que manda. Los pads se taladran para poder insertar las patillas de esos componentes y realizan las soldaduras.

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



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

La fabricación de las tarjetas impresas puede hacerse, en algunos casos, de forma "casera". Necesitas para ello adquirir una serie de productos químicos, placas vírgenes, disolventes, taladros, etc... Por supuesto que también existen empresas especializadas. Simplemente hay que mandarles los ficheros que contienen la información apropiada para que puedan fabricar las tarjetas de forma totalmente automatizada. Esos ficheros son generados por las mismas herramientas de diseño como por ejemplo KiCad.

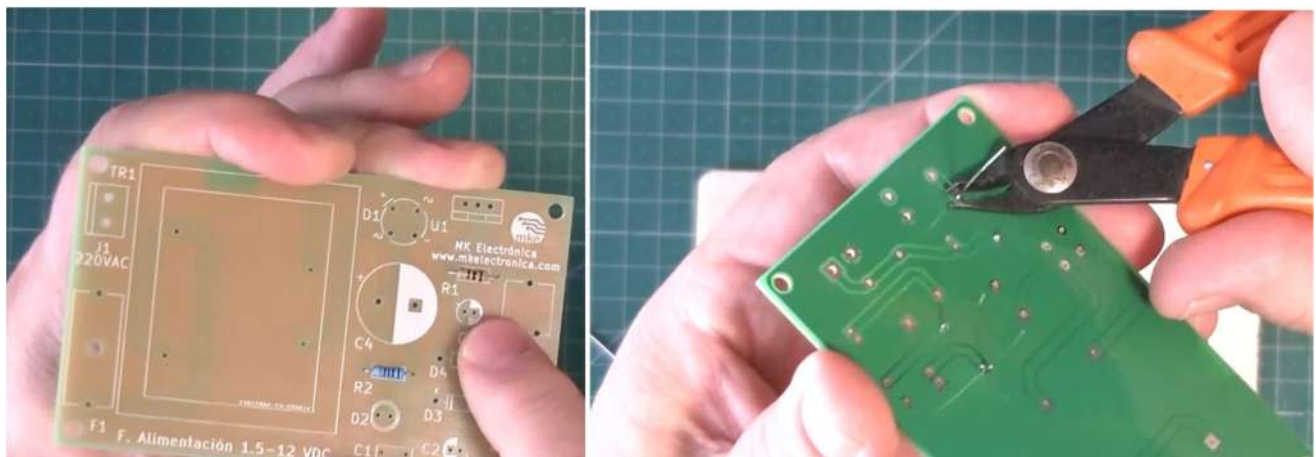
7.- MONTAJE

El último paso para completar el proyecto de nuestra fuente de alimentación será realizar el montaje definitivo de los componentes sobre la placa de circuito impreso o PCB. Una vez identificados todos los componentes del kit "Fuente de Alimentación" sugerimos seguir el siguiente orden.



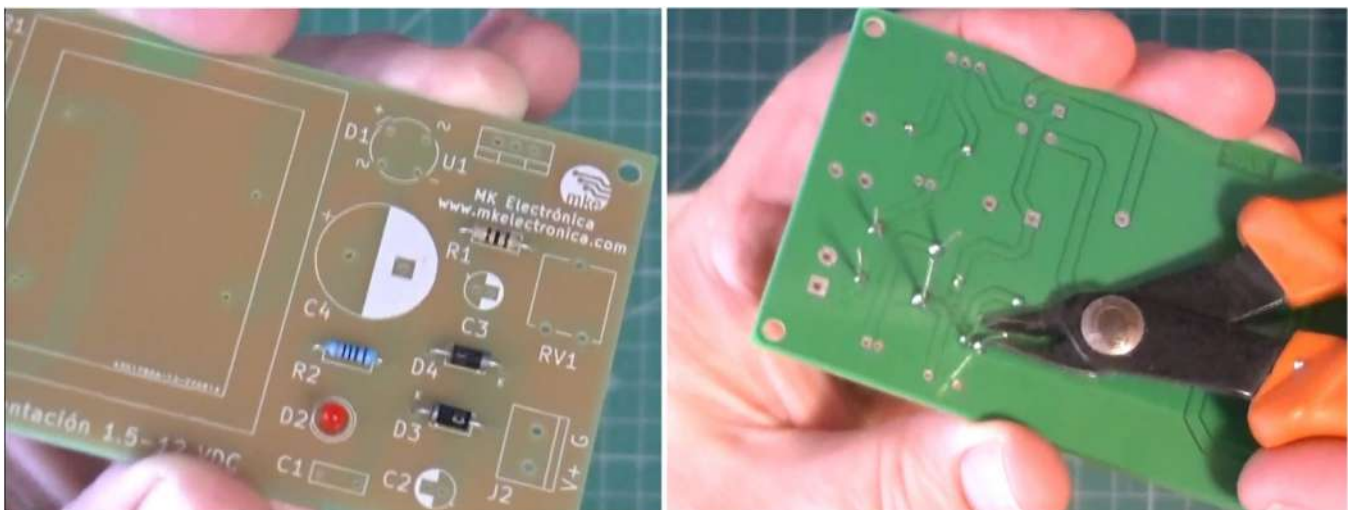
7-1 Resistencias R1 y R2

Por regla general se comienza colocando los componentes de menor perfil y se continúan montando progresivamente, en orden creciente, hasta los componentes de mayor perfil. En nuestro proyecto empezamos con las dos resistencias R1 y R2. Si insertan al ras de la placa y, una vez realizadas las soldaduras, cortamos las patillas sobrantes de los componentes.



7-2 Diodos D2, D3 y D4

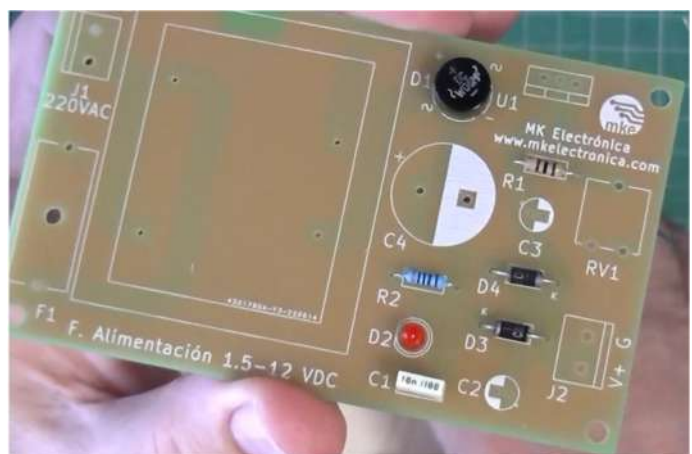
Los siguientes componentes van a ser el diodo led D2 y los dos diodos rectificadores D3 y D4. Debes de tener precaución a la hora de insertarlos y orientarlos debidamente. La pata corta del led es el cátodo y se debe insertar orientada a la parte achatada de su dibujo o huella de la serigrafía. Los diodos D3 y D4 tienen pintada una raya en uno de sus extremos. Es la patilla cátodo y debe orientarse según el dibujo de la serigrafía. Una vez soldados cortamos las patillas sobrantes al ras de la soldadura.



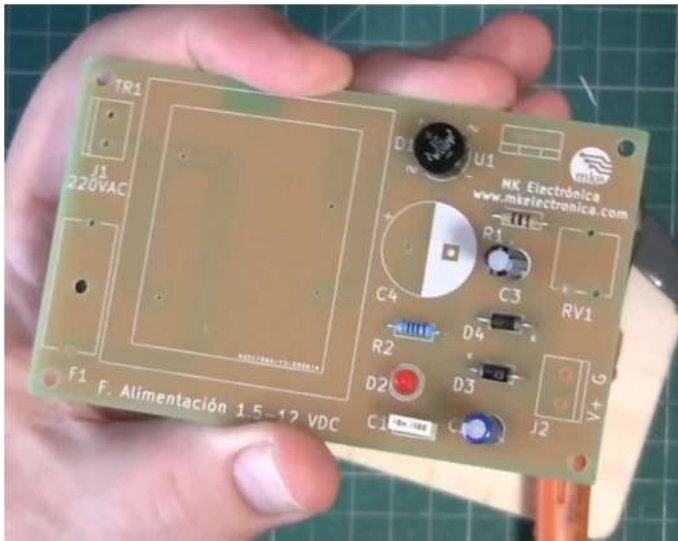
7-3 Puente rectificador y condensador C1

Ambos componentes tienen un perfil parecido. El puente D1 tiene una orientación muy concreta. Sus patillas + y - se deben orientar coincidiendo con esos signos representados en la serigrafía de la placa impresa. El condensador C1 no tiene polaridad.

Como de costumbre cortamos las patillas sobrantes.



7-4 Condensadores electrolíticos C2 y C3

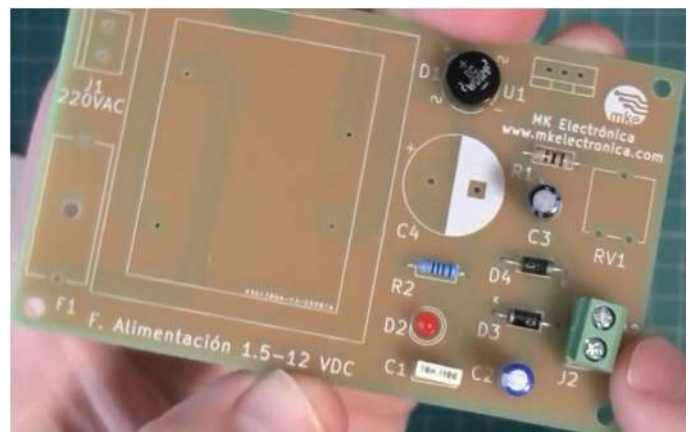


Les toca el turno a los condensadores electrolíticos C2 y C3. Estos condensadores tienen polaridad y hay que respetarla. Una de sus patillas viene marcada con el signo -. La otra será la positiva y hay que orientarla hacia el signo + de la serigrafía de la placa.

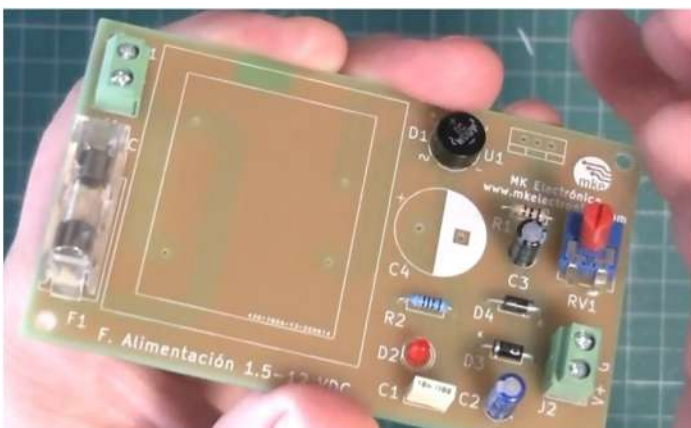
Si un condensador electrolítico se polariza inversamente, se calienta y revienta esparciendo todo el electrólito a su alrededor.

7-5 Bornes J1 y J2

A través de J1 podremos conectar el cable de red que transporta los 230VAC. Cada cual debe usar el cable/enchufe que se adapte a su instalación. Por J2 tenemos la tensión continua de salida. Los bornes deben orientarse hacia el borde de la tarjeta de forma que podamos introducir y atornillar los cables.



7-6 Porta fusibles F1 y potenciómetro de ajuste RV1



El porta fusibles está compuesto de tres piezas: el porta fusibles propiamente, el fusible de cristal y la tapa protectora. Todo el conjunto se inserta en la placa impresa y no tiene ninguna orientación específica. Por su parte el potenciómetro incorpora un eje que facilita el movimiento de su cursor y por tanto el ajuste de la tensión de salida.

7-7 Regulador U1 y condensador C4

Poco a poco vamos acabando el montaje. Vamos a poner el regulador U1 al que previamente le habremos colocado un refrigerador de aluminio. Fíjate bien en la imagen para no colocarlo al revés. Luego colocaremos el condensador electrolítico C4. Te recuerdo que tiene polaridad y que es muy importante respetarla. Termina cortando las patillas sobrantes.



7-8 El transformador TR1



El transformador solo tiene una manera de colocarse, pero debes de tener un poco de paciencia. Empieza alineando y enderezando sus 4 patillas para que puedas insertarlas simultáneamente en la tarjeta impresa antes soldarlas.

7-9 Limpieza y protección

El estaño que empleamos en la soldadura incorpora una resina antioxidante conocida como "flux" o "fundente" para facilitar que el estaño derretido se deslice hacia el pad metálico que estamos soldando. Sin embargo esto deja una serie de residuos o "corros" alrededor de cada soldadura. Si eres un poco curioso los puedes eliminar mediante algún disolvente tipo acetona o alcohol isopropílico. También se comercializan productos específicos que se presentan en diferentes tipos de envases.

En este proyecto en particular también recomendamos aislar las soldaduras relativas a la conexión con la red eléctrica: J1, fusible F1 y primario del transformador

TR1. Ten presente que por aquí circula una tensión de 230 VAC que puede ser peligrosa en caso de descarga eléctrica.

Puedes usar una pistola termofusible para fundir unas gotas de adhesivo plástico sobre cada uno de esos pads tan comprometidos.



7-10 Punto final...

Ya has completado el montaje de la fuente de alimentación variable sobre una placa de circuito impreso profesional. Ahora solo tendrás que comprobar por última vez su

correcto funcionamiento. Te sugiero que vuelvas a repetir las medidas que hiciste en el apartado 4. Debieras obtener un resultado similar e incluso más estable debido a que el montaje ahora es mucho más compacto y las conexiones más fiables.

