

FUENTES DE ALIMENTACIÓN SIN TRANSFORMADOR



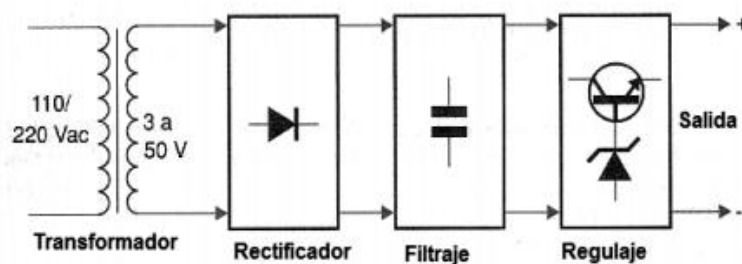
INTRODUCCIÓN

Para la mayoría de las aplicaciones electrónica, las fuentes de alimentación requieren que el voltaje de la red se baje con el fin de obtener un valor más aproximado para los circuitos alimentados en corriente continua. Esto normalmente se hace a través de un transformador, que es un componente caro, pesado y ocupa mucho lugar.

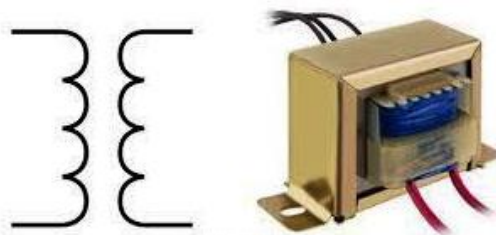
Lo que muchos lectores pueden no saber es que existen alternativas al uso del transformador y éstas son las **fuentes de alimentación sin transformador** que son una gran alternativa para la alimentación de aparatos electrónicos de bajo consumo a través de la red eléctrica pero sin haber un transformador adaptador de voltaje.

El uso de un transformador en fuentes de alimentación de CC tradicionalmente ha sido una solución bastante común porque son muchas las ventajas que conseguimos con él, especialmente en lo que se refiere al aislamiento, pero sin embargo, una gran desventaja de usar un transformador es que éste no se permite que la unidad sea compacta añadiendo bastante peso y coste al dispositivo que lo use, por ello las ventajas de usar un circuito de fuente de alimentación sin transformador se centran en que se reduce bastante el coste, tamaño y peso siendo además una solución muy efectiva para aplicaciones que requieren baja potencia para su funcionamiento, como por ejemplo aplicaciones que requieren corriente por debajo de 100 mA.

En una fuente analógica convencional, lo que tenemos es un transformador que baja el voltaje de la red eléctrica y actúa como elemento de aislamiento, como se muestra en la siguiente figura.



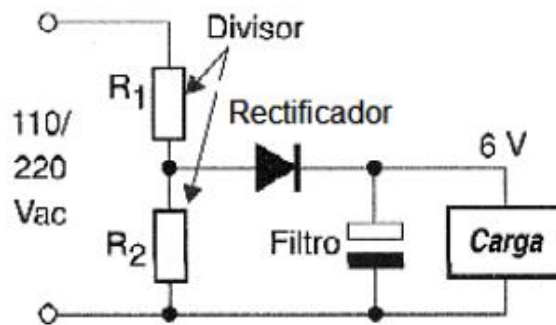
Después del transformador tenemos la conexión de la rectificación de la corriente alterna, después el paso de filtrado, posiblemente seguidos de un circuito de regulador de voltaje, diodo zéner o transistor. El problema fundamental de esta arquitectura es el transformador que es un componente pesado y costoso. Cuanto mayor es la potencia requerida por el circuito alimentado, el transformador será más grande y pesado. Existen muchas diversidades de transformadores en el mercado comercial, por ejemplo, los transformadores utilizados en circuitos de alimentación de energía por lo general de 5 a 50 V con corrientes en el rango de 50mA a 10A, varían en tamaño y forma.



Estos transformadores están formados por un núcleo pesado de hierro alrededor de los cuales son arrolladas el bobinado que componen el primario y el secundario, pudiendo tener incluso más bobinas tanto en el primario como en el secundario.

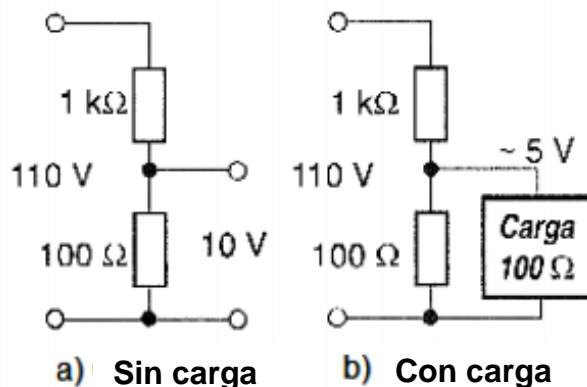
¿CÓMO REEMPLAZAR EL TRANSFORMADOR?

Una idea inicial consiste en un divisor resistivo, por lo que la tensión de alimentación se reduce y después de eso, puede ser rectificadora y filtrada, como se muestra en la siguiente figura.



Sin embargo, esta configuración tiene varios problemas a tener en cuenta:

1. La primera de ellas es que la resistencia R_1 , generalmente por ser mucho mayor que R_2 , dependiendo de la corriente requerida por la carga, habrá una disipación bastante alta. Incluso una fuente de unas pocas decenas de miliamperios, suministrada de una red de 110/220 V, esta resistencia debe poseer una potencia de varios vatios de disipación. Además, el tamaño que representa, tenemos el problema adicional de calentamiento y desperdicio de energía.
2. El otro problema es más grave. La tensión en el divisor depende sólo de la relación entre resistencias de valor que lo forman, pero también de la carga. Por lo tanto, cuando la carga es conectada, ella representa la conexión de una resistencia adicional en paralelo que consume energía y hace que la tensión baje, como se muestra en la siguiente figura.

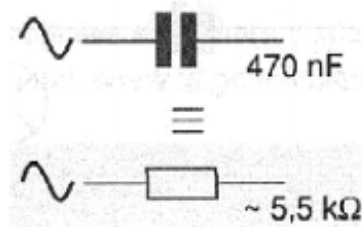


Una fuente de este tipo debe de estar bien diseñada para tener una tensión estable, sin que se produzca una gran caída de tensión cuando se conecta la carga.

Por lo tanto, primeramente es esencial para este tipo de configuración de un diodo zéner o un circuito regulador que mantenga fija la tensión que se necesita para el circuito alimentado con la suficiente corriente para que no se produzca una excesiva caída de tensión.

Una alternativa interesante al uso de R_1 en una fuente sin transformador, es tomar ventaja de la reactancia capacitiva de un condensador. Un condensador presenta una impedancia, medida en ohmios, que depende de su valor y la frecuencia de la señal que se aplica a él. Podemos decir simplemente que un condensador se comporta como una "resistencia para la corriente alterna".

En la siguiente figura, se muestra una similitud de un condensador con una resistencia. En este caso, el condensador debe ser de alto voltaje 250...400Vca, y la resistencia de 5,5 K cuya potencia debe estar comprendida entre 5...10W para soportar la gran caída de tensión en sus extremos resultando inadecuada por la gran pérdida de energía y el sobrecalentamiento que se producen, mientras que en el condensador no se produce estas pérdidas.



La importancia de utilizar un condensador radica en que no disipa energía en forma de calor en el circuito. Y, es que, opera por carga y descarga y, por lo tanto, no hay elementos resistivos para generar calor. En otras palabras, no hay ninguna pérdida de energía en ese componente, lo que significa que no existe una corriente o consumo que se pierda. En la práctica, hay una pequeña pérdida, esto es, porque no hay condensador perfecto.

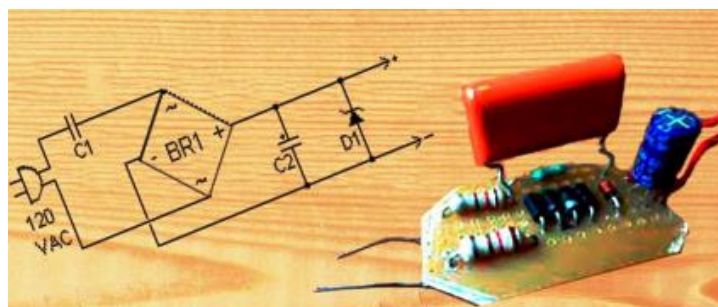
Las desventajas es el hecho de que el condensador debe ser mayor cuanto mayor sea la corriente deseada para alimentar la carga. La corriente depende de la reactancia en la razón inversa. Cuanto mayor sea la corriente, menor será la reactancia y bajar la reactancia implica mayor capacidad.

Otra desventaja radica en el hecho de que los condensadores para esta aplicación requieren altos voltajes de aislamiento y esto significa condensadores especiales y son mucho más caros cuanto mayor sea su capacidad.

El límite de estos factores para el uso de esta arquitectura para fuentes pequeñas no debe proporcionar más de 100 mA bajo tensión en el rango de unos pocos voltios cerca de 30 o 40 V.

UNA ALTERNATIVA PUNTUAL

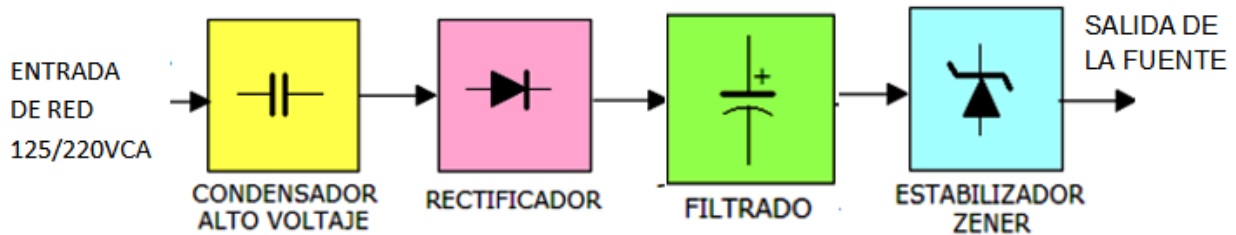
Como su nombre lo define, una **fente de alimentación sin transformador**, se aleja del concepto clásico de las fuentes de alimentación tradicionales que poco a poco van reservándose para propósitos más específicos donde básicamente suele haber un voluminoso transformador, un rectificador y un circuito estabilizador. En efecto, esto lo hace más voluminoso, incluso si el requisito actual de consumo para su aplicación de circuito es bajo, el transformador sería de un tamaño grande y pesado teniendo que, por seguridad, guardarlo en una caja y aislarlo de las personas, ocupando sitio.



Fuente de alimentación sin transformador.

Las fuentes de alimentación sin transformador es una alternativa para un caso puntual de alimentar un aparato cuyo consumo sea bajo y a la misma vez que sea de bajo coste y de pequeñas dimensiones. Sin embargo, debemos ser muy prudentes con su aislamiento, porque el aparato alimentado se conectará directamente a la red eléctrica.

Las cuatro partes de que se compone generalmente una fuente de alimentación sin transformador son principalmente el condensador de entrada de alto voltaje, tipo poliéster o cerámico, el rectificador, ya sea en media u onda completa, el filtrado y el estabilizador de la tensión fija que necesita el circuito de carga.



Del mismo modo es importante conocer que según el condensador que se vaya a utilizar, la alimentación de salida que se vaya a suministrar está limitada en corriente, por ejemplo 50 mA, esto impide que otros circuitos puedan utilizarla y conectarse a la misma vez, puesto que está diseñada puntualmente para la alimentación de un circuito que tiene unas determinadas características y consumo de corriente.

Hay que empezar en el cálculo de estos tipos de fuentes sabiendo la corriente que se necesita a la salida para alimentar el circuito en cuestión y para posteriormente saber el valor capacitivo del condensador de entrada que hace falta. Por otra parte es importante que cuando se vaya a conectar la fuente siempre esté el circuito de carga conectado o una resistencia, de lo contrario al estar la fuente sin carga la tensión de salida sube hasta niveles de 300V, muy perjudicial para otros componentes que se pueden dañar.

No olvidar que estas fuentes también son interesantes en caso de baja potencia, donde los componentes alternativos, como vamos a ver son pequeños y baratos. Para aplicaciones en las que el consumo es alto, la tecnología no se aplica a modo simple. Los componentes alternativos, en este caso, pueden ser grandes y costosos.



Fuente de alimentación sin transformador que suministra una corriente máxima de 20mA

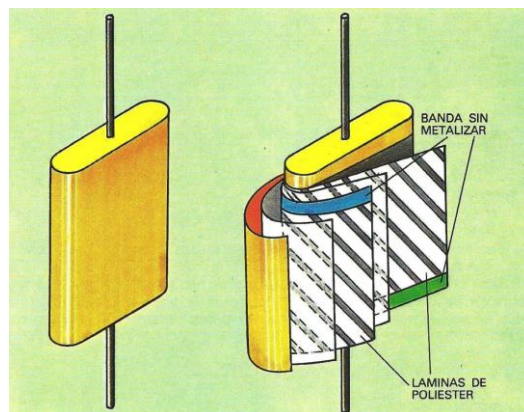
De todo ello se concluye que las fuentes de alimentación sin transformador son ideales para aplicaciones en las que el aislamiento de la red eléctrica no es un factor importante en el proyecto. Esto ocurrirá cuando la unidad está totalmente contenida en una caja o carcasa de material aislante, sin el peligro de un contacto directo con cualquier parte eléctrica.

Con este nuevo enfoque se proporciona una corriente continua desde la red de CA de alta tensión con las ventajas en reducción tanto del coste como de su tamaño, pero conllevando también los inconvenientes en relación a **posibles peligros de contactos de la alta tensión** ya que el circuito quedará expuesto directamente a la red de corriente alterna si no se protege adecuadamente.

EL CONDENSADOR DE ALTO VOLTAJE

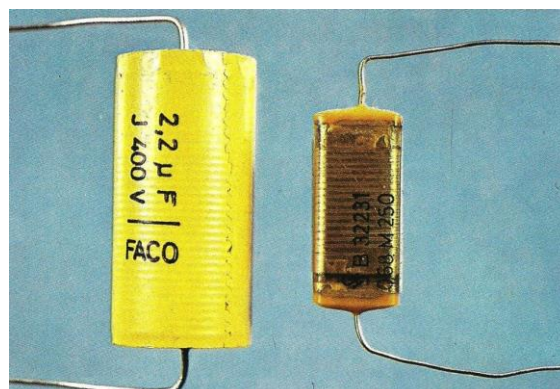
Como se ha comentado, el concepto principal de todo ello no es otro que el uso de condensadores de alto voltaje para bajar la corriente alterna de red al nivel inferior requerido, lo cual puede ser adecuado para el circuito electrónico conectado a la carga.

Los condensadores utilizados normalmente para este fin son del tipo poliéster de alta capacidad y voltaje. Éstos no tienen polaridad, están fabricados con dos finas tiras de poliéster metalizadas por una cara dejando una banda sin cubrir en el borde y en sitios opuestos en cada una arrollada entre sí. El conjunto va recubierto con una envoltura aislante. Se emplean en frecuencias bajas o medias y como condensadores de paso. Tiene la ventaja de poder conseguirse capacidades superiores relativamente elevadas a tensiones que llegan hasta los 1000 voltios; además si se produce una perforación del dieléctrico por un exceso de tensión, el metal se vaporiza en una pequeña zona rodeando la perforación y evitando el cortocircuito, con lo que el condensador no se destruye y puede seguir funcionando.



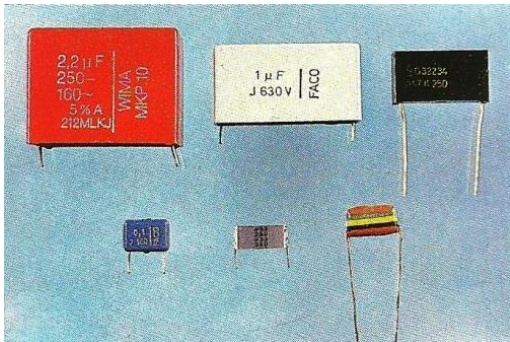
Construcción de un condensador de poliéster metalizado

La especificaciones de voltaje de este condensador se selecciona de tal manera que su clasificación de voltaje pico RMS es mucho mayor que el pico de la tensión de red de CA con el fin de garantizar el funcionamiento seguro del condensador.

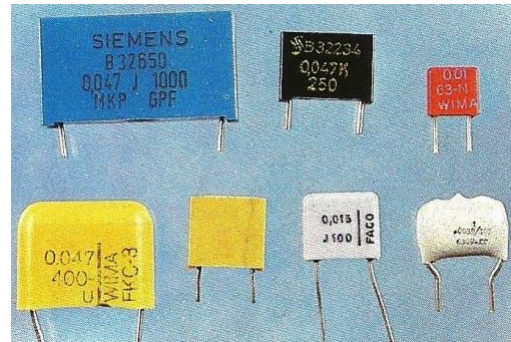


Condensador de poliéster de alto voltaje 400 voltios y capacidad de 2,2 μ F

Si la frecuencia aplicada a un condensador aumenta, el dieléctrico no podrá seguir los cambios a la misma velocidad y la polarización disminuirá, con lo que se produce una disminución de la capacidad, por lo tanto, en un condensador la capacidad disminuye cuando la frecuencia aumenta, lo que es idóneo utilizarlos para la frecuencia de red de 50 Hz o 60 Hz que no se producen variaciones y su capacidad no se ve alterada.

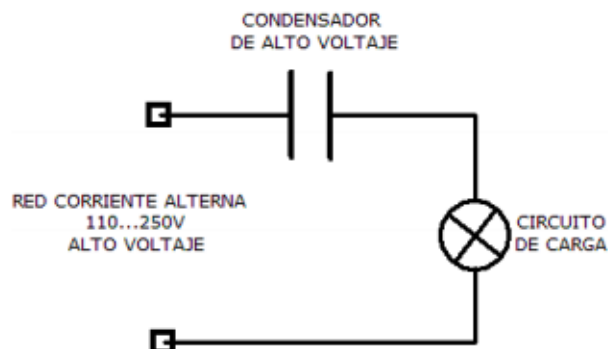


Condensadores de poliéster con capacidades superiores a 0,1 μF . Puede observarse que el tamaño depende, además de la capacidad, de la tensión aplicada.



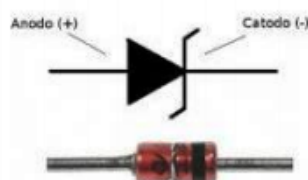
Condensadores de poliéster con capacidades inferiores a 0,1 μF

Este condensador se aplica en serie con una de las entradas de red, preferiblemente la línea de fase de la CA.



Cuando la red de corriente alterna AC entra en el condensador, dependiendo del valor del condensador, la reactancia del condensador entra en acción y restringe la corriente alterna de la red de exceder el nivel dado, según lo especificado por el valor del condensador.

Sin embargo, aunque la corriente está restringida la tensión no lo es, por lo tanto, si se mide la salida rectificadora de una fuente de alimentación sin transformador, se observa que la tensión es igual al valor máximo de la red de CA, alrededor de 310 voltios, lo cual podría ser alarmante para cualquier nuevo aficionado, pero dado que la corriente puede ser suficientemente reducidas por el condensador, este alto voltaje de pico podría ser fácilmente abordado y estabilizado mediante el uso de un **diodo zéner** en la salida del rectificador de puente como veremos más adelante.



El componente que se utiliza como regulador paralelo es el diodo zéner, el cual es capaz de mantener una tensión constante entre sus terminales de una forma casi independiente de la corriente que lo atraviesa, si se encuentra polarizado por encima de su tensión zéner.

Por cierto, no olvidar que la potencia del **diodo zéner** debe seleccionarse adecuadamente de acuerdo con el nivel de corriente permitido del condensador. La función del diodo zéner es mantener entre sus terminales, ánodo y cátodo, una tensión fija y estable a partir de un rango de tensión mayor de la tensión de zéner. La corriente circula de cátodo a ánodo, en contra de la flecha, y el voltaje tiene el valor más positivo en el cátodo. El diodo zéner tiene un valor de tensión específico que es el que mantiene a partir de una tensión continua, es decir, para un diodo zéner de 12 voltios tiene que tener en sus terminales un mínimo de unos 14 voltios para estabilizar la tensión a 12 voltios.

¿CÓMO SE CALCULA EL CONDENSADOR?

Un condensador se comporta como una resistencia para la corriente alterna y esto se conoce como reactancia capacitiva X_c y puede calcularse mediante la fórmula:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

X_c es la resistencia capacitiva en ohmios, aplicando la fórmula de la Ley de Ohm, tenemos:

$$X_c = \frac{V_c}{I} \rightarrow \frac{V_c = V_r (\text{Voltaje de red}) - V_z (\text{Voltaje de zéner})}{I = \text{Corriente máxima de consumo de la carga}}$$

V_c es el voltaje que cae en el condensador de entrada y es la diferencia del voltaje de red eléctrica de entrada y el voltaje de salida que necesita el circuito de carga.

I es la intensidad máxima que consume el circuito de carga.

Igualamos y sustituimos X_c en la fórmula de la reactancia capacitiva y tenemos:

$$\frac{V_c}{I} = \frac{1}{2\pi f C}$$

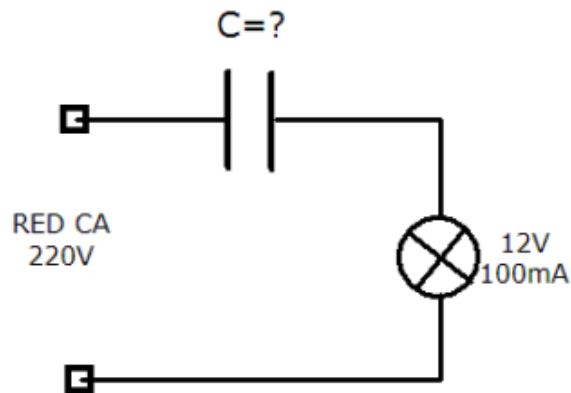
Despejamos C , capacidad eléctrica de alta tensión en faradios y tenemos que:

$$C = \frac{I}{2\pi f V_c}$$

π es igual a 3,1416, f es la frecuencia de la red eléctrica en hercios de cada País.

Ejemplo 1

Veamos a continuación un ejemplo de una configuración básica, donde nos dan los datos y tenemos que calcular el condensador de alta.



Para calcular el condensador tenemos los siguientes datos:

- $V = 12 \text{ V}$ (Tensión continua de salida de la fuente)
- $V_{in} = 220 \text{ V}$ (Tensión alterna de entrada)
- $I = 0,1 \text{ A}$ (100 mA) (Consumo máximo del dispositivo de carga)
- $F = 50 \text{ Hz}$ (Frecuencia de la red eléctrica del País)
- $C = ?$ (Calcular la capacidad del condensador)

Primeramente calculamos la tensión que cae en el condensador de alta, que es la diferencia de la tensión de entrada alterna 220 voltios y la tensión de alimentación de nuestro circuito 12 voltios.

$$V_c = 220 \text{ V} - 12 \text{ V}$$

$$V_c = 208 \text{ V}$$

Por lo tanto por la ley de Ohm: $V_c = I \times X_c$; $X_c = V_c / I$;

La fórmula de la reactancia capacitiva tenemos que:

$$X_c = 1 / (2 \pi f C)$$

Sustituyendo en la fórmula de la reactancia capacitiva X_c con la ley de Ohm, tenemos:

$$V_c / I = 1 / (2 \pi f C)$$

Despejamos C

$$C = I / (2 \pi f V_c)$$

sustituimos los valores

$$C = 0,1 / (2 \times 3,14 \times 50 \times 208 \text{ V}) \rightarrow C = 0,1 / 65312 = 1,53 \times 10^{-6}$$

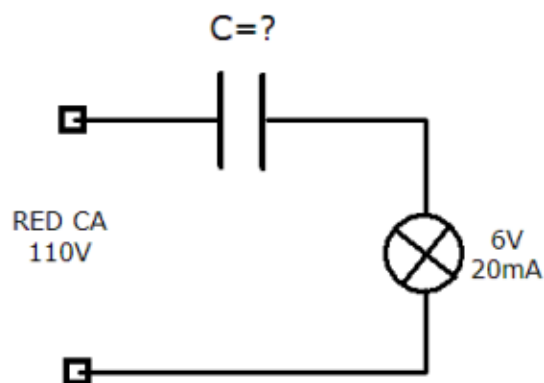
El máximo del voltaje 220 V red es:

$$V_p = 220 \times 1,41 = 311,08 \text{ V}$$

El condensador equivaldría aproximadamente a **1,5 μF 400V** de poliéster.

Ejemplo 2

En este otro ejemplo vamos a calcular el condensador con otros valores.



Para calcular el condensador tenemos los siguientes datos:

$V = 6\text{ V}$ (Tensión continua de salida de la fuente)

$V_{in} = 110\text{ V}$ (Tensión alterna de red)

$I = 0,02\text{ A}$ (20 mA) (Consumo máximo de la corriente del dispositivo de carga)

$F = 60\text{ Hz}$ (Frecuencia de la red eléctrica del País)

$C = ?$ (Calcular el valor de la capacidad del condensador de alta)

Se comienza por determinar la tensión que cae en el condensador, que es la diferencia de la tensión de entrada alterna 110 voltios y la tensión de alimentación de la bombilla 6 voltios.

$$V_c = 110 - 6$$

$V_c = 104\text{ V}$ es la tensión que cae en el condensador.

por la ley de Ohm V_c es: $V_c = I \times X_c$

despejamos $X_c \rightarrow X_c = V_c/I$

La reactancia capacitiva tenemos:

$$X_c = 1/2\pi fC$$

Sustituimos en la fórmula el valor de X_c con la fórmula de la ley de Ohm, tenemos:

$$V_c/I = 1/2\pi fC$$

Despejamos C :

$C = I/2\pi fV_c$ y sustituimos valores

$$C = 0,02/2 \times 3,14 \times 60 \times 104$$

$$C = 0,02/39.187$$

$$C = 0,510 \cdot 10^{-5}$$

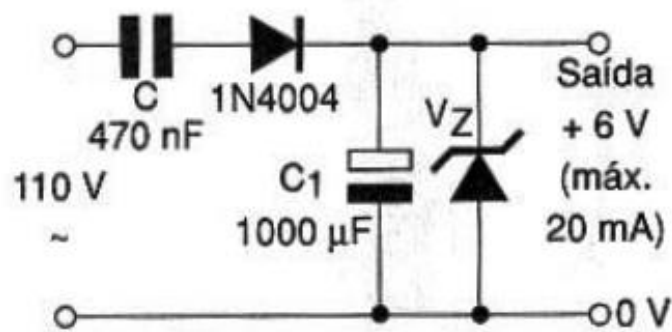
El máximo del voltaje 110 V red es:

$$V_p = 110 \times 1,41 = 155,1\text{ V}$$

El condensador equivaldría aproximadamente a **470nF 250V** de poliéster.

Esto nos indica que tenemos que usar un condensador C de poliéster con tensión de trabajo por lo menos de 200 V. Como la tensión en este tipo de divisor varía según la corriente en la carga, podemos agregar un paso regulador con un diodo zéner cuyo valor sea de 6 voltios.

La tensión será de 6 Voltios de salida y la disipación está dada por la corriente máxima que circula por el circuito del regulador en ausencia de la carga, en el orden de 0.02 (20 mA). En la siguiente figura se muestra cómo agregar este diodo zéner Dz.



Así, en esta condición, la potencia disipada en el diodo zéner será:

$$P = 6 \times 0,02 = 0,12 \text{ W o } 120 \text{ mW}$$

Dando una tolerancia, para que el diodo zéner no se caliente demasiado y pueda mantener su tensión de referencia a la salida sin ningún problema, podemos utilizar un tipo de 500 mW.

Si nos fijamos en el circuito anterior, después del condensador de alta se coloca un diodo rectificador en configuración de media onda y un condensador de filtro de 1000µF de 10V, el valor de esta tensión depende del valor de diodo zéner que tiene que regular y estabilizar una tensión de 6 voltios. Hay que tener cuidado de que al conectar la fuente esté conectado el diodo zéner de lo contrario se dañaría el condensador debido a la alta tensión que existe cuando no está conectado el diodo zéner.

En algunos casos y para proteger al diodo zéner se coloca en serie una resistencia limitadora encargada de absorber la diferencia de tensión que existe entre la salida del filtro y la tensión zéner. El diodo zéner estará absorbiendo la máxima intensidad cuando la corriente de carga sea pequeña, produciéndose en esta circunstancia la máxima disipación de potencia sobre él.

$$\text{Resistencia Limitadora del zéner} = \frac{V_e - V_z}{I_c} = \frac{78 \text{ V} - 6 \text{ V}}{0,020 \text{ A}} = 3600 \Omega$$

LA SERIGRAFÍA DE LOS CONDENSADORES

Dada la importancia del condensador, en este caso, vamos a ver cómo entender la serigrafía que aparecen en el lomo de los condensadores tanto cerámicos como de poliéster usado típicamente para las fuentes de alimentación sin transformador.

Los condensadores cerámicos de 10 picofaradios a 82 picofaradios vienen representados con dos cifras, por tanto no tienen problema para diferenciar su capacidad.

Para los valores comprendidos entre 1 y 82, los fabricantes suelen utilizar el punto, es decir, suelen escribir 1.2 - 1.5 - 1.8 o bien situar entre los dos números la letra "p" de picofaradios, es decir, 1p2 - 1p5 - 1p8 que se interpreta como 1 picofaradio y 2 décimas, 1 picofaradio y 5 décimas, etc...

Las dificultades comienzan a partir de los 100 picofaradios, ya que los fabricantes utilizan dispares identificaciones:

- El primer sistema es el japonés: Las dos primeras cifras indican los dos primeros números de capacidad.
El tercer número, al igual que las resistencias, indican el número de ceros que hay que agregar a los dos primeros. Por ejemplo:
 - 100pF se muestra como 101, 120pF se muestra como 121 o 150 picofaradios se muestran como 151.
 - 1000pF se muestra como 102, 1200 se muestra como 122 o 1500 picofaradios se muestran como 152,...
- Otro sistema es utilizar los nanofaradios: en el caso se 1000 - 1200 - 1800 - 2200 pf se marcan 0'001 - 0'0015 - 0'0018 - 0'0022. Como no siempre hay sitio en las carcasas de los condensadores para tanto número, se elimina el primer cero y se deja el punto, .001 - .0015 - .0018 - .0022.



Diferentes tipos y valores de condensadores cerámicos

En cambio los condensadores de poliéster usados para capacidades mucho mayores que los cerámicos, además de ir identificado como un sistema que ya hemos visto, pueden marcarse con otro sistema que utiliza la letra griega "μ". Así pues, un condensador de 100.000 picofaradios, lo podemos encontrar marcado indistintamente como 10nf - .01 - μ10.



Condensadores de poliéster utilizados normalmente en estos tipos de fuentes.

En la práctica la letra μ sustituye al "0", por tanto $\mu 01$ equivale a 0.01 microfaradios. Entonces, si encontramos condensadores marcados con $\mu 1$ - $\mu 47$ - $\mu 82$, tendremos que leerlo como 0.1 μ - 0.47 μ - 0.82 microfaradios.

También en los condensadores de poliéster, al valor de la capacidad, le siguen otras siglas o números que pudieran despistar. Por ejemplo 1k, se puede interpretar como 1 kilo, es decir, 1000pf, ya que la letra "K" se considera el equivalente a 1000, mientras que su capacidad es en realidad 1 microfaradio.

La sigla .1M50 se puede interpretar erróneamente como 1.5 microfaradios porque la letra "M" se considera equivalente a microfaradios, o bien en presencia del punto, 150.000 picofaradios, mientras que en realidad su capacidad es de 100.000 picofaradios.

Las letras M, K o J presentes tras el valor de la capacidad, indican la tolerancia:

- M = tolerancia del 20%
- K = tolerancia del 10%
- J = tolerancia del 5 %

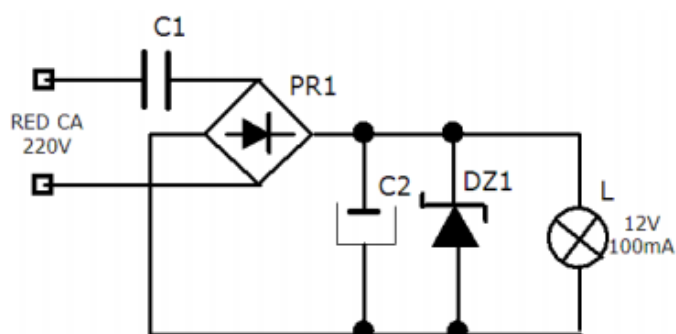
Tras estas letras, aparecen las cifras que indican la tensión de trabajo. Por ejemplo: .15M50 significa que el condensador tiene una capacidad de 150.000 picofaradios, que su tolerancia es M = 20% y su tensión máxima de trabajo son 50 voltios.

EL CIRCUITO

A pesar de que vemos ciertas ventajas en este enfoque de fuente de alimentación sin transformador, también hay algunas desventajas:

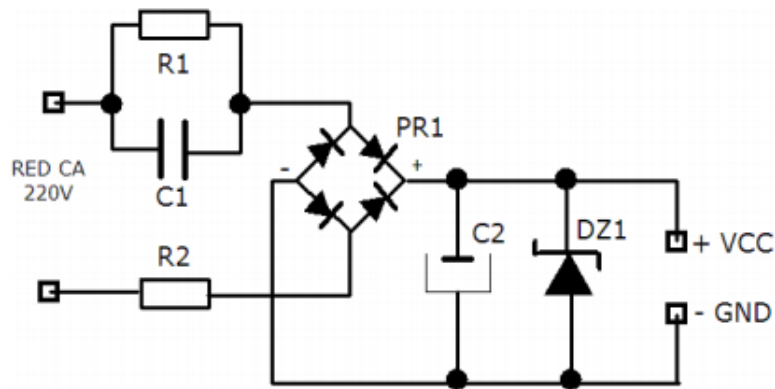
1. En primer lugar, el circuito **no puede producir salidas de alta corriente**, pero eso no será un problema para la mayoría de las aplicaciones.
2. Otro inconveniente que ciertamente necesita cierta consideración es que el concepto **no aísla el circuito de las potencialidades peligrosas de la red de CA**. Este inconveniente puede tener graves impacto para los diseños que tienen salidas terminadas o partes metálicas de metal, pero no importará para las unidades que tienen todo cubierto en una carcasa no conductora o de plástico.

Por lo tanto, **debemos trabajar con estas fuentes con mucho cuidado para evitar cualquier contacto** con toda la parte eléctrica pues, el circuito permite que la sobretensión pueda entrar a través de él, lo que puede causar graves daños al circuito alimentado y al propio circuito de suministro. Sin embargo, en el diseño de circuito de fuente de alimentación sin transformador este inconveniente se ha abordado razonablemente mediante la introducción de diferentes tipos de etapas de estabilización después del rectificador de puente gracias a un diodo zéner DZ1 y un condensador electrolítico C2 a la salida DC del puente diodos.



En el siguiente esquema se representa fundamentalmente un circuito de fuente de alimentación sin transformador. El condensador de alto voltaje C1 y la resistencia R1 son los que limitan la corriente de entrada y dejan pasar la tensión alterna, siendo el resto del circuito nada más que una típica configuración de puente rectificador para convertir la tensión alterna en continua y estabilizarla.

Veamos pues la forma más típica:



El circuito mostrado anteriormente es un diseño clásico que se puede utilizar como una fuente de alimentación de 12 voltios DC para la mayoría de los circuitos electrónicos que no demanden demasiada corriente.

El funcionamiento de esta fuente de alimentación sin transformación se puede entender con los siguientes cuatro puntos:

1. Cuando la entrada de red de CA está presente, el condensador C1 bloquea la entrada de la corriente de red y la restringe a un nivel inferior según lo determinado por el valor de la reactancia capacitiva conectada en paralelo con R1 de $470\text{K}\Omega$ y C1 de $1\mu\text{F}/400\text{V}$ AC de poliéster. Con estos valores la corriente que podría circular será de más o menos alrededor de unos 60mA. Sin embargo, la tensión no está restringida, y por lo tanto la tensión de 220V completa pueda estar en la entrada pudiendo alcanzar la etapa posterior del rectificador del puente de diodos con una tensión de pico a pico de 310V, de ahí el peligro de este tipo de fuente.
2. El rectificador de puente rectifica los 220V AC a un más alto 310V DC, debido a la conversión RMS al pico de la forma de onda AC.
3. Esta tensión de 310V DC se reduce instantáneamente a una tensión de bajo nivel por la siguiente etapa de diodo zéner, lo que lo deriva al valor de referencia del zéner. Si se utiliza un zéner de 12V, esto se convertirá en 12V y así sucesivamente.
4. C2 de $470\mu\text{F}$ a $1000\mu\text{F}$ 35V, filtra los 12V DC de la tensión pulsante ondulatoria de la salida del rectificador, y la deja relativamente continua y estabilizada a 12V DC.

Usando los siguientes valores en el esquema anterior podemos obtener una tensión DC de 12V y como máximo unos 60mA:

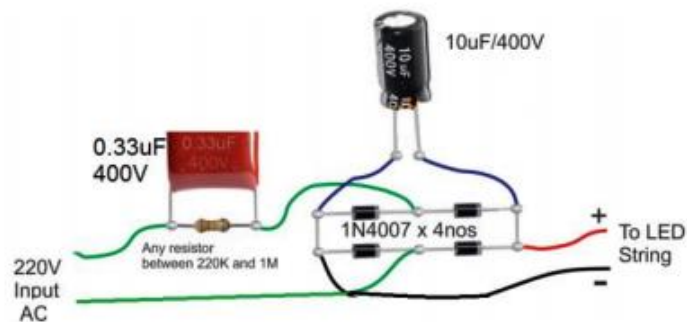
- $R1=470\text{K}\Omega$ $\frac{1}{2}$ W
- C1=105 /400 PPC donde $105= 10\ 00000$ pf o lo que es lo mismo $1.000.000\text{pF}$, es decir $1\mu\text{F}/400\text{V}$ de poliéster.
- $R2=47\Omega$ 4W vitrificada.
- Z1= diodo zéner de 12V 1W
- C2= $1000\mu\text{F}$ /35V electrolítico.

Recuerda que para obtener mayor corriente de salida de la fuente el valor de la capacidad del condensador de alta tensión de entrada debe ser más alto, pero a la misma vez el diodo zéner tiene que soportar mayor corriente y por lo tanto debe tener una potencia más alta debido a la sobrecarga de tensión y corriente en sus extremos.

Un ejemplo práctico

Las bombillas a Leds del tipo de bajo consumo y que se utilizan actualmente, están fabricadas a base de diodos Leds de alta luminosidad y se encuentran conectadas en series. Estas bombillas poseen internamente una fuente de alimentación capacitiva que alimenta las tiras o luces en cadena y el valor del condensador capacitivo está calculado a partir de la corriente de consumo del grupo de diodos Leds en serie. Por ejemplo, para una tensión de 220V de entrada, habrá que disponer de 70 Leds de 3 voltios en serie que sería unos 210 voltios en continua.

El circuito de alimentación que se muestra a continuación es adecuado para conducir cualquier cadena de LEDs que tenga menos de 100 LED, para entrada de 220V, cada LED clasificado en 20mA, LED de 3.3V de 5 mm y de alta luminosidad.



Aquí el condensador de entrada 0.33µF/400V o 330nF/400V decide la cantidad de corriente suministrada a la cadena LED. En este ejemplo será alrededor de 17mA que es casi correcto para la cadena de LED seleccionada.

Si se utiliza un solo alimentador para un mayor número de cadenas LED 60/70 similares en paralelo, entonces simplemente el valor del condensador mencionado podría aumentarse proporcionalmente para mantener una iluminación óptima en los LED.

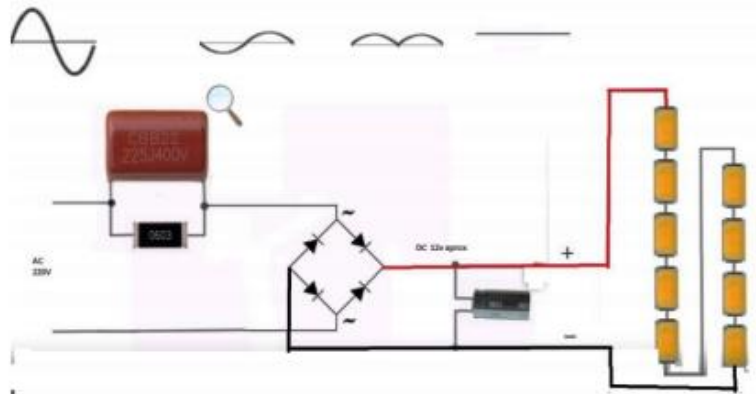
Por lo tanto, para 2 cadenas en paralelo, el valor requerido sería 0.68µF/400V o 680nF/400V, para 3 cadenas podría reemplazarlo por uno de 1µF/400V. De forma similar para 4 cadenas, esto tendría que actualizarse a 1,5 µF/400V, y así sucesivamente y todos del tipo poliéster.

Como se podrá observar en el circuito no existe un diodo zéner que regule la tensión de salida a una determinada tensión, esto es debido a que si sumamos la tira de Leds y suponiendo que cada led sea de 3 voltios el resultado sería de unos 200 voltios.

Importante: Aunque no se ha incluido una resistencia limitadora en el diseño, sería recomendable incluir una resistencia de 33 ohmios y 2 vatios en serie con cada cadena LED para mayor seguridad. Esto se puede insertar en cualquier lugar de la serie con las cadenas individuales.

Otro ejemplo similar

En este otro caso vamos a ver el circuito de alimentación de una tira de led comercial cuyo esquema se muestra a continuación:



Una vez más tenemos como pieza clave a la entrada de AC un condensador de poliéster, en este caso de 220nF, 400V y 5% de tolerancia con una resistencia de 470KΩ en paralelo antes del puente de diodos.

En este caso al tener perfectamente delimitado el consumo de 10 Leds en serie, sabemos que aproximadamente al ser de 1.2V la salida en el puente de diodos debería rondar los 12V DC y como se puede ver no es preciso un diodo zéner a la salida del puente, ya que la misma carga de Leds y el condensador electrolítico de 100µF/25V mantiene el nivel de tensión.

ADVERTENCIA: LOS EJEMPLOS MENCIONADOS NO ESTAN AISLADOS DE LA TENSIÓN DE LA RED ELÉCTRICA AC POR LO TANTO TODAS LAS MANIPULACIONES EN EL CIRCUITO SON EXTREMADAMENTE PELIGROSAS CUANDO ESTAN CONECTANAS DIRECTAMENTE AL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE 230V.

CIRCUITOS Y ESQUEMAS

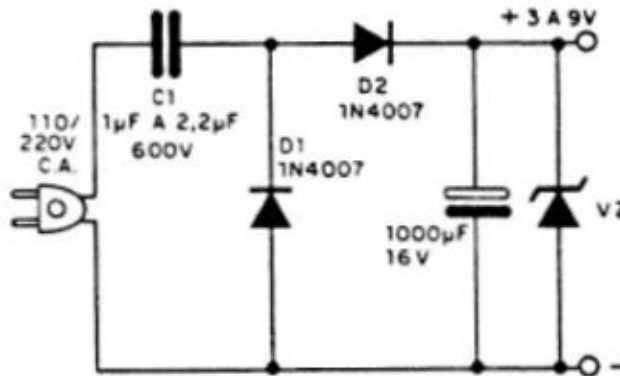
A continuación se muestra más circuitos y esquemas de fuentes de alimentación sin transformador, todos ellos, diseñados para una determinada aplicación. Pero no podemos garantizar que su tensión de salida que es de 5 o 15V pueda servir para alimentar cualquier otro circuito o equipo electrónico. Recuerda que la capacidad del condensador de entrada a la fuente, normalmente C1, tiene diferentes valores de capacidad en varios circuitos, esto depende de la necesidad de corriente de consumo de cada circuito de carga.

En todo diseño de una fuente de alimentación sin transformador cabe destacar dos puntos fundamentales:

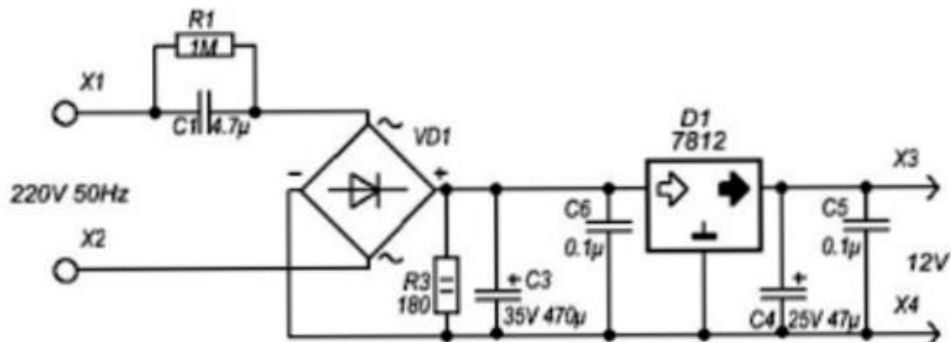
1. La tensión necesaria para nuestro circuito y
2. la corriente que consume.

Con estos dos conceptos debemos calcular el condensador de alto voltaje de entrada y el zéner con su resistencia de protección limitadora y la potencia de éste. Si se opta por un circuito regulador a transistores éstos deben estar preparados para aguantar tensiones altas de más de 200 voltios pues, en ellos, para mantener la tensión estable a la salida de 9, 12, 24...voltios tienen que absorber una gran caída de tensión de unos 150 o 200 voltios.

En el siguiente esquema eléctrico el condensador C1 posee un valor capacitivo de entre $1\mu\text{F}$ a $2,2\mu\text{F}$ a 600 voltios del tipo poliéster. Recuerda que contra mayor capacidad tenga el condensador de alta mayor será la corriente que entra en el circuito. Los diodos D1 y D2 rectifican la tensión alterna en media onda, un condensador electrolítico C2 que filtra la corriente pulsante dejándola más continua y el diodo zéner que estabiliza la tensión de salida con valores comprendidos entre 3 a 9 voltios.



En este otro circuito sin transformador utiliza un regulador de tensión fija de 12V. La célula R1-C1 es la reactancia inductiva de entrada al circuito, R1 se encarga de descargar C1 cuando no existe tensión de entrada y evita una descarga fortuita. La resistencia R3 de 180 ohmios hace de carga para disminuir la tensión que entra en el regulador y este poder regular la salida a una tensión de 12 voltios aproximadamente. Por lo tanto R3 debe ser de alta potencia 5W a 10W, por la caída de tensión en ella, el regulador 7812 debe ir provisto de un disipador de buen tamaño. La corriente de salida suele ser de unos 200mA.



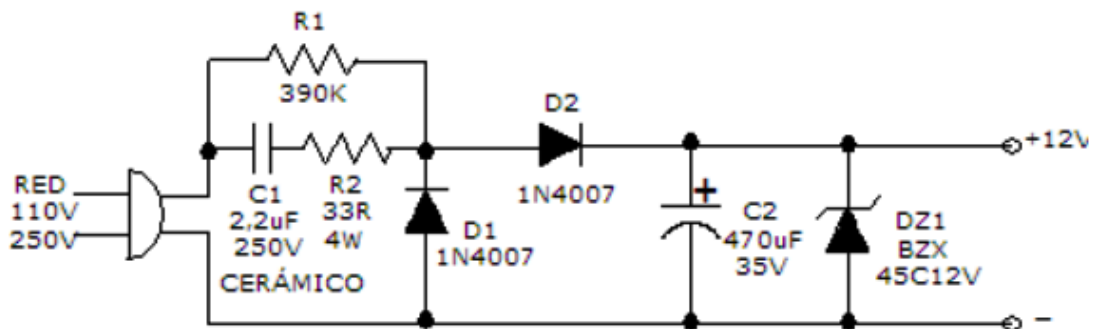
Las caídas de las tensiones en algunos componentes suelen calentarse un poco más, esto es debido a que el condensador C1 deja pasar más corriente debido a su alta capacidad $4,7\mu\text{F}$, para ello, es indispensable que algunos componentes tenga una potencia suficiente que aguante la caída de tensión en ellos: resistencias de 1W, diodos zéner de 1W, diodos de 1W.

Tener una fuente de alimentación sin transformador es posible. Pero hay que tener especial cuidado en donde se va a utilizar y la seguridad de manipularla, puesto que son fuentes que están muy limitadas en el suministro de corriente y la alta tensión que se maneja interiormente.

Estos tipos de fuentes se regulan con ayuda de un diodo zéner. Esto significa que la fuente de alimentación podrá dar corriente en un rango limitado, por lo tanto, habrá un máximo y un mínimo de corriente posibles.

Veamos más ejemplos, la siguiente fuente de alimentación está diseñada para alimentar un circuito específico y normalmente no se utiliza para alimentar cargas con diferentes demandas de corriente debido a que, como se dijo anteriormente, no permite grandes variaciones en la corriente que puede entregar. El circuito consta de:

- Un diodo zéner (D3): que mantendrá el voltaje constante para la carga.
- Dos diodos semiconductores (D1 y D2) que se utilizan para rectificación y cuya configuración es de un rectificador de 1/2 onda.
- Un condensador C2: que es el filtro básico para “aplanar” la salida que viene de los diodos (rectificación de 1/2 onda), antes de aplicarla al diodo zéner.
- La resistencia R2 y el condensador C1: que en su conjunto sirven para reducir el voltaje de entrada (110 / 220 Voltios A.C., 50 / 60 Hertz) al nivel que sea aceptable para el diodo zéner.



Fuente de alimentación sin transformador

La caída de la tensión se da, tanto en R2 de 33Ω 4W como en el condensador C1 de $2,2\mu\text{F}/250\text{V}$. En el condensador C1 la caída de voltaje se debe a la reactancia capacitiva que tiene un valor que depende del valor del condensador y de la frecuencia de la señal aplicada (50 o 60 Hz).

El diseño original fue hecho pensando en una fuente de voltaje conectado a 220 Voltios a 50 Hercios pero fue probado con 110 Voltios, 60 Hertz y funciona sin problemas. La resistencia R1 se incluye para ayudar en el proceso de descarga cuando el circuito se desconecta.

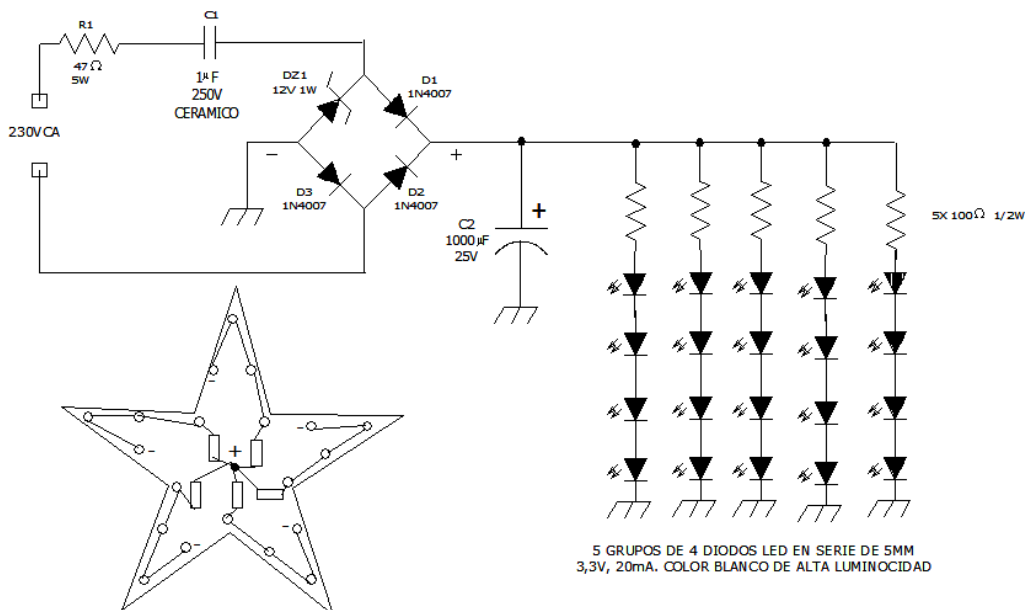
Este circuito fue diseñado para entregar no más de 100 o 120 miliamperios, así que hay que respetar esa limitación. Tanto el circuito que se alimenta como esta fuente de alimentación se deben desconectar como una sola unidad, no se debe desconectar sólo el circuito que se alimenta.

Lista de componentes para el circuito:

- 1 diodo zéner de 5.6 A 12 Voltios. (1N5338B - 5.1V, 5W). Se puede utilizar uno de menos potencia (D3)
- 2 diodos rectificadores comunes de 400 Voltios / 25 amperios (D1, D2)
- 1 resistencia de 390 K Ω de 1W (R1)
- 1 resistencia de 33 Ω , 4W vitrificada. (R2)
- 1 condensador de 2,2 μF (microfaradios) 250 V., no polarizado poliéster (C1)
- 1 condensador electrolítico de 470 μF a 1000 μF (microfaradios), 16 voltios o más. (C2)

Nota: Precaución! Observar que el circuito está conectado directamente a la tensión de la red (110/220VAC), lo que significa que hay que tener un cuidado especial cuando se hacen las pruebas.

En este otro caso utilizamos también una fuente de alimentación sin transformador para iluminar una estrella de navidad, diseñada con diodos LEDs blanco de alta luminosidad formando cinco grupos de Leds en paralelo, cada grupo contiene una cadena de 4 Leds en serie con una resistencia de protección de 100Ω .



El circuito consta del bloque de entrada formado por la resistencia R1 de 47Ω de 4W en serie con el condensador de alta de $1\mu\text{F}$ a 250V de poliéster, que realizan la limitación de corriente de entrada al puente rectificador que rectifica la tensión alterna en continua pulsatoria a unos 310V y la filtra mediante C2 de $1000\mu\text{F}/40\text{V}$ y se estabiliza mediante el diodo zéner DZ1 de 12 V.

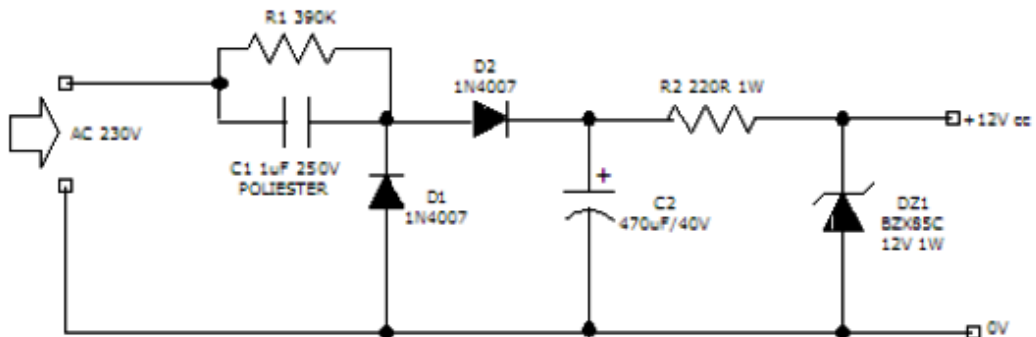
DZ1 de 12 V y 1W incorporado en el puente rectificador y el condensador de filtro de $1000\mu\text{F}$ 25V estabiliza y fija la tensión continua de salida a unos 12V y 60mA, suficientes para alimentar los 5 grupos de Leds de alta luminosidad y bajo consumo.

El caso de ponerse solamente en cada grupo una cadena de 4 Leds y no de 6 u 8 Leds, es debido a que cada led funciona y se ilumina a su tensión de funcionamiento que son 3,3V, lo que se hace es dividir la tensión de la fuente que nos proporciona unos 12 voltios entre los 3 voltios que trabaja cada led, el resultado sería de cuatro diodos Leds conectados en serie. En el caso de que pongamos uno o dos diodos led más en serie no se encendería el grupo de Leds. Se le añade una resistencia de protección de 100Ω en serie en cada cadena.

Así, como también, si aumentamos el número de grupos de Leds en paralelo, en vez de cinco grupos ponemos 8 grupos, la corriente de consumo es mayor y la tensión de salida se ve afectada cayendo la tensión y provocando que no se ilumine ningún led.

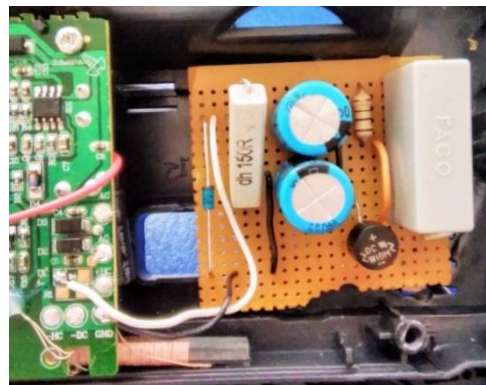
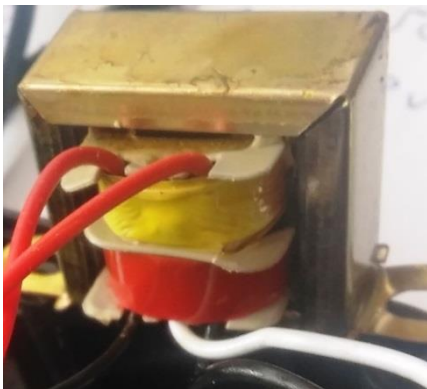
Está claro que, la tensión y corriente de salida de una fuente de alimentación capacitiva o sin transformador depende totalmente del bloque de entrada capacitivo, a mayor capacidad del condensador de entrada mayor corriente tendremos a la salida. Pero, cuidado, tenemos que la tensión es la misma y aún mayor cuando se rectifica, por lo tanto, hay una gran diferencia de la tensión rectificadora de unos 310V a la que necesitamos regular para nuestro proyecto, que en este caso ha sido de 12Vcc, esa diferencia es de aproximadamente 280V. Absorbida por el bloque capacitivo y resistivo de entrada y el diodo zéner. En el caso de que fallara el diodo zéner no habría limitador de tensión y entraría una alta tensión que destruiría los componentes del circuito que se alimenta de la fuente... condensadores, transistores, resistencias...

En este circuito se ha calculado el condensador de alta C1 de 1 μ F/250V en base a la corriente de carga necesaria para alimentar el dispositivo de salida de unos 80mA. La rectificación se realiza mediante dos diodos en configuración de media onda, un condensador de filtro C2 de 470 μ F/40V, la resistencia limitadora R2 220 Ω 1W de protección del diodo zéner DZ1 de 12 V.



En algunos casos se ha prescindido de colocar la resistencia limitadora por motivos de la tensión de salida y el consumo de corriente del circuito de carga, puesto que se obtiene mayor corriente a la salida, produciendo una sobrecarga de tensión y corriente en el diodo zéner. Pero sería recomendable de instalar una resistencia limitadora de entre 47 Ω a 200 Ω después del condensador de alta o después del rectificador.

En este otro circuito que se describe a continuación, se diseña una fuente de alimentación sin transformador que sustituye en una radio de FM/AM a un pequeño transformador que se encontraba abierto en el primario de red y no poseía ninguna referencia. Se optó por su diseño y montaje, puesto que realmente por su tamaño y sin tener referencias sería complicado y costoso adquirirlo igual en el mercado.



Primeramente se mide con un amperímetro la corriente que consume la radio en todas las bandas con la potencia del volumen a nivel más alto. Aplicamos una tensión de alimentación en continua de 3,5 voltios que se conecta en la entrada DC 3V de pilas y se obtiene un valor de corriente máxima de unos 80 mA en los picos de la música más alto. Teniendo en cuenta estos datos realizamos el cálculo del condensador de alta.

Para no estar muy apurado de la corriente de consumo vamos a tomar como corriente máxima de 100mA y una tensión continua de 3,9 Vcc.

Calculamos la caída de tensión en el condensador de alta:

$$V_c = V_r - V_z \rightarrow V_c = 230V - 3,9V = 226,1 V$$

Se calcula la reactancia capacitiva:

$$X_c = I / 2\pi f V_c \rightarrow X_c = 0,1A / 2 \times 3,14 \times 50 \times 226,1 \rightarrow X_c = 1,4085419 \times 10^{-6}$$

Se calcula el máximo valor de la tensión de red:

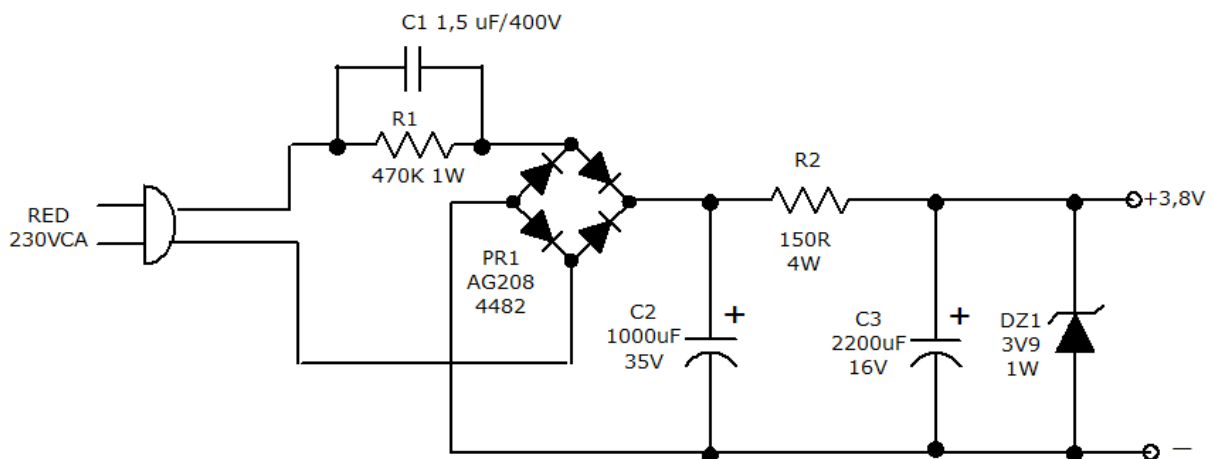
$$V_p = 230 \times 1,41 \rightarrow V_p = 324,3 \text{ voltios.}$$

Se obtiene una capacidad comercial de **1,5 μ F a 400V poliéster** tipo FACO

Así, en esta condición, la potencia disipada en el diodo zéner será:

$$P = V_z \times I = 3,9V \times 0,1A = 0,39 W$$

El diodo zéner deberá tener una potencia de entre $\frac{1}{2}$ W y 1 W.



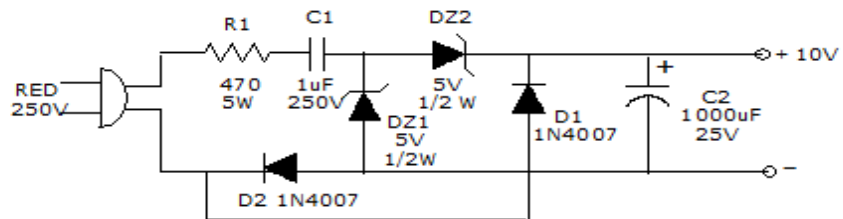
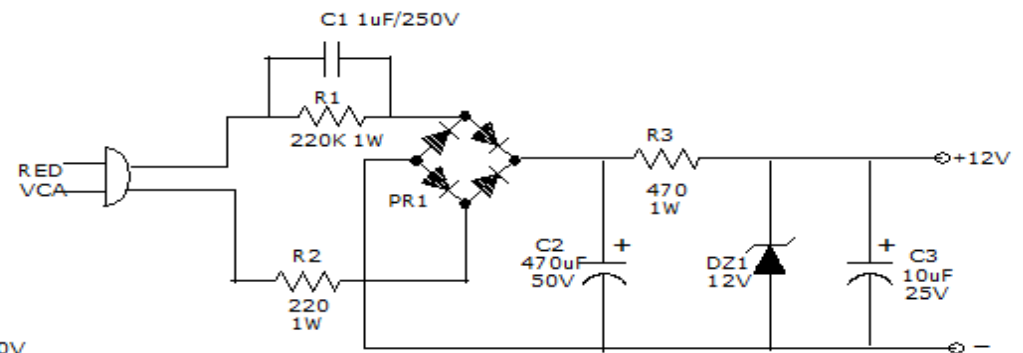
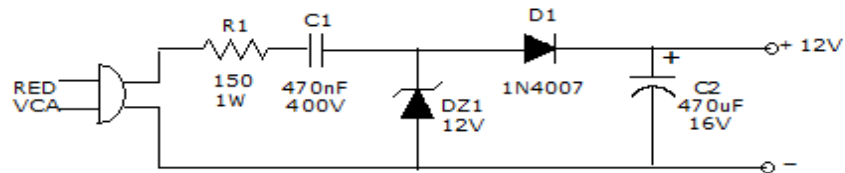
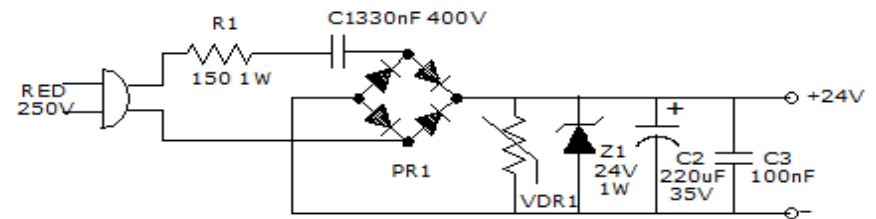
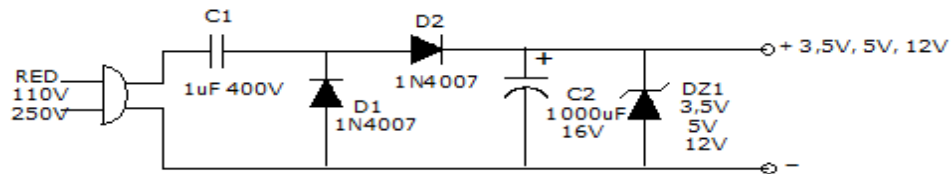
Tanto en el bloque capacitivo C1 y R1 como en R2 es donde se reparten la caída de tensión limitando la tensión y corriente que le llega al diodo zéner DZ1 para mantener la tensión de salida a unos 3,8V en continua. Para ello, y para obtener una tensión estable y continua a la salida de la fuente se ha dotado los condensadores de filtro C2 y C3 de mayor capacidad para eliminar al máximo el factor de rizado de la corriente pulsatoria y obtener una tensión lo más continua posible.

Una vez realizado el montaje y comprobación de la fuente, sin carga, nos da un valor de 3,8 voltios de continua a la salida, se procede a conectarlo en la entrada de alimentación continua del circuito de la radio, desconectando y eliminando todas las conexiones del transformador.

Se mide la tensión y corriente tanto con la radio desconectada y conectada:

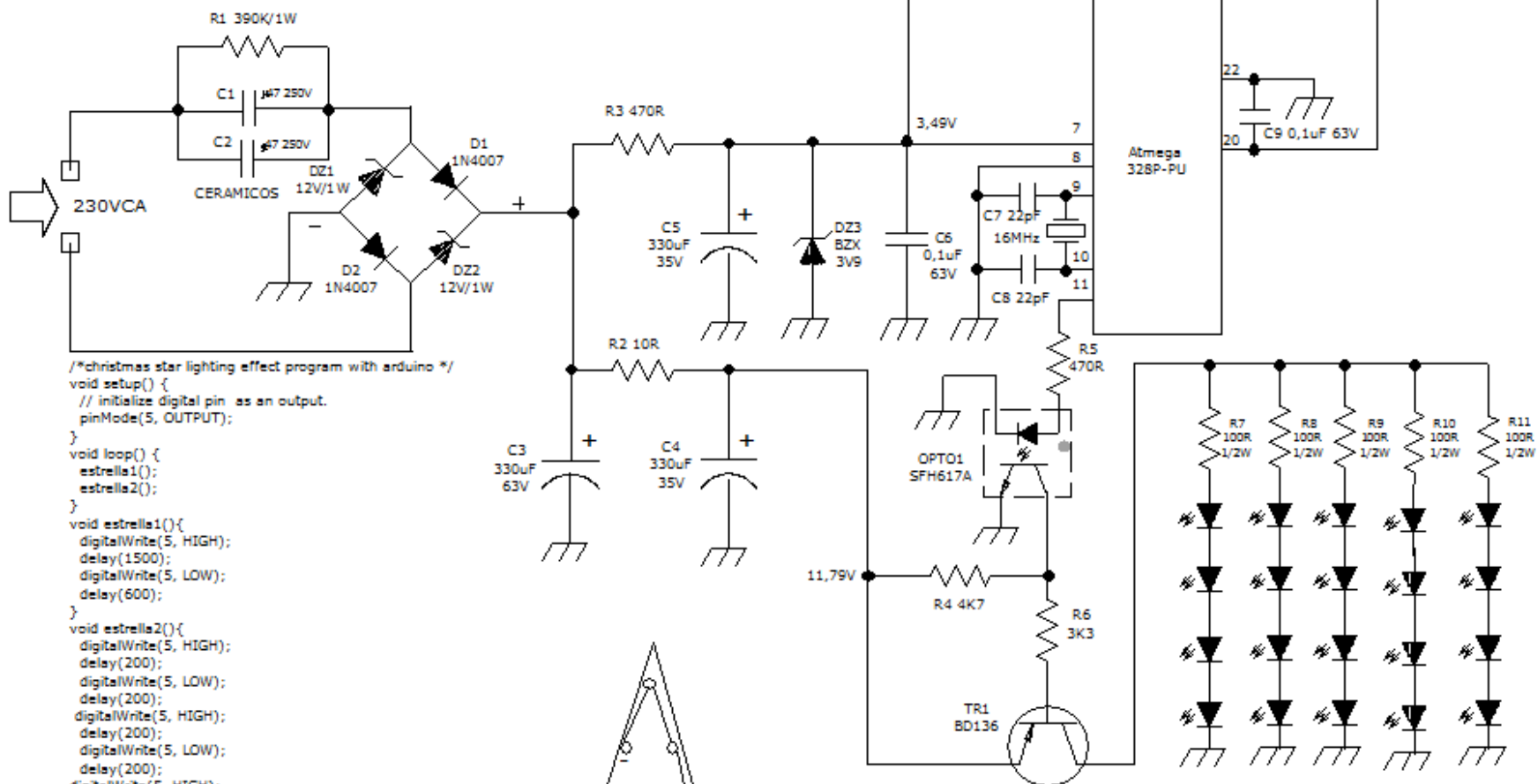
	OFF	ON
INTENSIDAD	0	0,065A
VOLTAJE	3,8V	3,4V

La corriente media es de unos 65mA para un nivel medio de música y parlante, con música disco y nivel alto de sonido en FM se establecen unos picos de corriente hasta llegar a los 85mA.



FUENTES DE ALIMENTACIÓN SIN TRANSFORMADOR

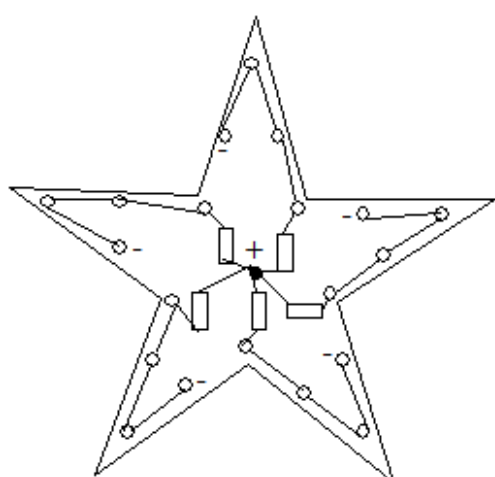
Plano:	Fecha: 30/11/2020	Nº de Hojas: 1/1
P-2011	Dibujado: José M.Castillo Castillo	



```

/*christmas star lighting effect program with arduino */
void setup() {
  // initialize digital pin as an output.
  pinMode(5, OUTPUT);
}
void loop() {
  estrella1();
  estrella2();
}
void estrella1(){
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(1500);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(600);
}
void estrella2(){
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(100);
}

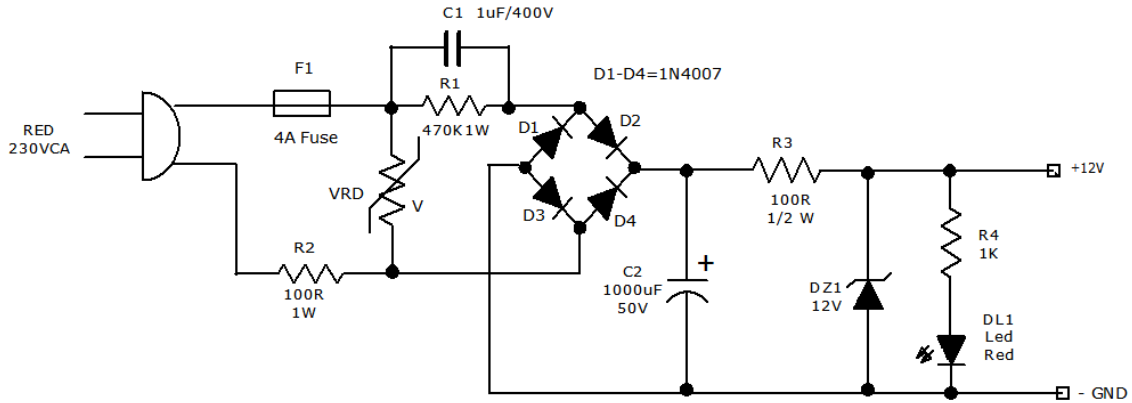
```



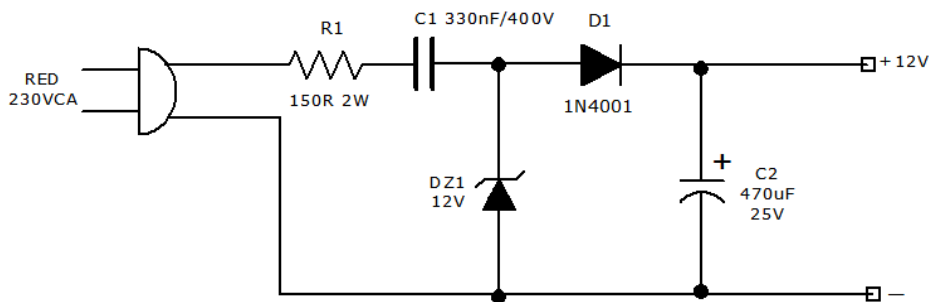
5 GRUPOS DE 4 DIODOS LED EN SERIE DE 5MM
3,3V, 20mA. COLOR BLANCO DE ALTA LUMINOCIDAD

CIRCUITO DE ILUMINACIÓN ESTRELLA DE NAVIDAD CON EFECTO ARDUINO		
Plano:	Fecha: 14/01/2022	Nº de Hojas: 1/1
P- 1199	Dibujado: Jose M. Castillo Castillo	

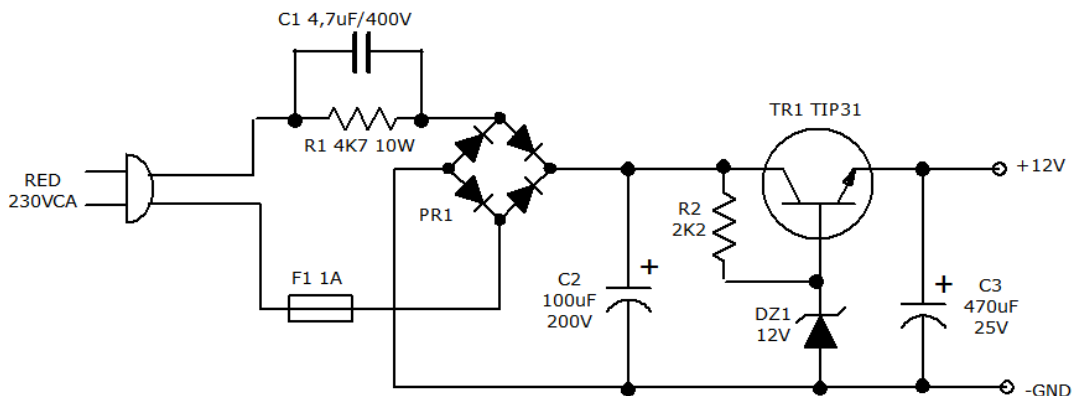
Existen una gran variedad de circuitos dedicados a las fuentes de alimentación sin transformador, de diferentes formas, componentes y configuraciones de tensiones y corrientes. Pero que realmente están indicadas a emplearse en situaciones puntuales para dispositivos de carga que trabajen con corrientes que no superen los 150mA, aunque algunos diseños lo superan.



En esta fuente de alimentación sin transformador se le añade una protección a la entrada de la red eléctrica formado por un fusible de 4A y un varistor de 350V que en el caso de producirse una sobretensión el varistor disminuye su valor provocando que se funda el fusible. Se coloca un diodo Led a la salida de la fuente para señalar que la fuente está conectada.



Esta otra fuente utiliza un diodo zéner como rectificador de media onda y estabilizador de tensión de 12 voltios. Siempre se podrá obtener una corriente mayor aumentando la capacidad del condensador C1 o poniendo en paralelo otro condensador de las mismas características.



Esta fuente sin transformador ofrece mayor corriente en la salida debido a la gran capacidad y resistencia del bloque capacitivo de entrada. La regulación se hace en serie mediante un transistor de potencia y el diodo zéner que estabiliza a unos 11,7 voltios. Si el circuito de carga no está conectado a la salida de la fuente y se conecta mediante un interruptor es recomendable conectarle a la salida de esta fuente una resistencia de carga con un valor de 470 o 1 K para evitar que el transistor, en ausencia de la carga, se destruya por alta tensión.