

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES

TRAB
ITC 2006
13

TRABAJO DE ASCENSO
(GUIA SOBRE FUENTES DE ALIMENTACIÓN, CON
DISEÑOS PRACTICOS, PARA LA ASIGNATURA DE
LABORATORIO DE CIRCUITOS Y SISTEMAS
ELECTRONICOS II)

TRABAJO PRESENTADO POR:
ING. BIAGIO CANTE MATA

Caracas; 15 de Marzo del 2006.

Asistente

Índice.

Introducción.....	1
Planteamiento del Problema.....	2
Justificación para la Realización del Trabajo.....	2
Fuentes de Alimentación.....	3
Rectificador Media Onda.....	6
Rectificador Onda Completa con transformador de derivación central.....	10
Rectificador de onda completa con puente de diodos.....	13
Regulador con diodo Zener.....	15
Regulador de voltaje Transistorizado.....	17
Reguladores de voltaje integrados.....	25
Fuente de alimentación simple.....	27
Fuente de alimentación simple de mayor potencia.....	31
Fuente dual para tensiones positivas y negativas.....	33
Fuente simple con indicador digital.....	35

Introducción.

Las fuentes de alimentación, constituyen en elemento de relevancia en las ciencias relacionadas con la electrónica, formando parte de esta las Telecomunicaciones. Para los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones es importante conocer el funcionamiento interno de una fuente de alimentación, ya que todos los dispositivos de comunicaciones (Radio, Televisión, y otros) operan con energía continua y los sistema de distribución de energía domestica e industrial son alterna, por lo cual es necesario un dispositivo que convierta esta energía alterna en energía continua.

El presente trabajo esta dividido en dos grandes partes, como son el Planteamiento de Problema, donde se evalúa la condición actual de los estudiantes cuando se enfrentan al proyecto de la asignatura, Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electrónicos II, de la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones. La segunda parte es el resultado del trabajo en si, una guía completa que le permitirá al estudiante aprender lo necesario sobre las fuentes de alimentación AC-DC. Esta guía es bastante ilustrada, permitiendo así al estudiante adquirir con facilidad todos aquellos conocimientos sobre las fuentes de alimentación. Además hay fotografías de fuentes de alimentación ya construidas por los mismos estudiantes de la escuela, para que así el lector tenga una idea del trabajo final que deberá de realizar.

Planteamiento del Problema

La situación problemática encontrada en la Escuela de Telecomunicaciones, específicamente en la asignatura, Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electrónicos II, es la realización del proyecto final, en el que se construye una Fuente de Alimentación, el cual resulta difícil para la mayoría de los estudiantes, debido a que, durante el desarrollo de la teoría y la práctica de la asignatura, se hace corto el lapso de tiempo para lo extenso del contenido de la misma. Los tópicos relacionados al tema de la fuente de alimentación son expuestos en forma muy concisa, y aunado a esto los estudiantes no tienen el suficiente tiempo para madurar la información que es proporcionada por los docentes, tanto de teoría como de laboratorio.

Parte problema, es que el tema de las fuentes de alimentación no es fácil de conseguir debido a que los libros que tratan específicamente este contenido son escasos, trayendo como consecuencia que la información que se encuentra es muy poca.

A los estudiantes, muchas veces con la información que se le proporciona acerca del proyecto, no les resulta claro lo que se quiere o cómo, deben integrar los conocimientos adquiridos, en la carrera para la realización del proyecto de la fuente de poder. Teniendo como resultado una desorientación general relacionada con el abordaje del mismo.

En la mayoría de los casos los estudiantes presentan problemas al momento de construir el circuito y esto ocasiona que se les dañen componentes, los cuales deben reemplazar ocasionando un gasto adicional de dinero, en la realización del proyecto, aparte de una inversión de tiempo extra en la búsqueda y reemplazo de los mismo.

Por otra parte, nos enfrentamos a que el estudiante no es capaz de darle un valor agregado, al proyecto asignado, debido a la falta de conocimiento y a que ellos se convierten en entes pasivos, que siguen las instrucciones dadas por un esquema presentado por el docente. Lo cual no es lo más óptimo si estamos formando ingenieros.

Justificación para la Realización del Trabajo.

La idea de presentar este trabajo viene para dar una solución al problema ya planteado, y dar a los estudiantes una herramienta que les permita de manera fácil y rápida adquirir los conocimientos necesarios sobre las fuentes de alimentación, de manera que puedan cumplir con el proyecto asignado, y darle un valor agregado colocando ellos en las fuentes de alimentación otras modificaciones que mejoren y/o amplíen las capacidades del equipo construido, lo cual les dará un mayor aprendizaje, debido a que ya estarán realizando trabajo de ingeniería de diseño. Cabe mencionar que la fuente la podrán utilizar para probar circuitos y realizar proyectos asignados en futuras asignaturas relacionadas con el área.

Fuente de Alimentación

Las fuentes de alimentación son aquellos circuitos encargados de proveer la energía necesaria para que los artefactos eléctricos (Radios, Televisores, Fax, y otros) que utilizamos hoy en día funcionen; en tal sentido la fuente de alimentación debe proporcionar una energía que sea confiable y por sobre todo que se adapte a las necesidades del elemento ó artefacto que consumirá

Evidentemente que existen varios tipos de fuente de alimentación:

Generadores eléctricos: Son sistemas electromecánicos que convierten la energía mecánica en energía eléctrica, en este caso esta energía eléctrica es de tipo alterna.

Baterías: son dispositivos generan energía eléctrica continua, mediante un proceso electroquímico.

Fuentes de Alimentación DC-AC: Llamados circuitos inversores, convierten la energía DC en AC para que los dispositivos que necesitan este tipo de energía la puedan utilizar.

Fuentes de Alimentación AC-DC: Estas son las más comunes ya que la mayoría de los dispositivos (Televisores, Computadoras, Radios, y otros) funcionan con energía DC, y los sistemas de distribución eléctrica a nivel domestico son en AC.

Muchos circuitos necesitan para su funcionamiento, una alimentación de corriente continua (D.C.), pero lo que normalmente se encuentra es alimentación de corriente alterna (C.A.)

En la figura 1 se puede observar el funcionamiento de una fuente de alimentación DC, con la ayuda de un diagrama de bloques y de las formas de onda esperadas al inicio (entrada), al final (salida) y entre cada uno de los bloques. La señal de entrada es una onda senoidal cuya amplitud dependerá del lugar en donde vivimos (110 / 220 Voltios u otro).

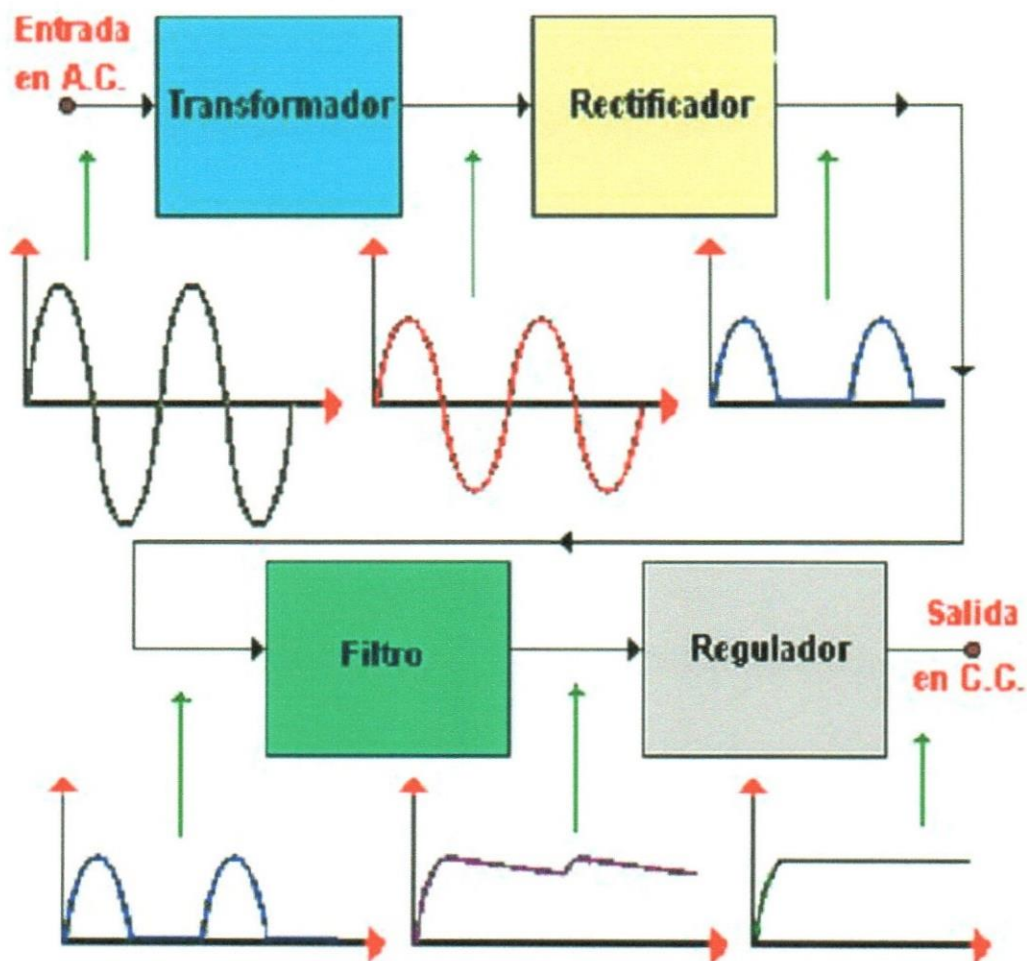


Figura 1. Diagrama de una fuente de poder DC

El diagrama de bloques mostrado en la figura 1, representa

- El **transformador** disminuye la amplitud de la señal de entrada a un valor menor de voltaje.
- El **rectificador** convierte la señal de salida del transformador, en una onda de corriente continua pulsante, y elimina la parte negativa de la misma.
- El **filtro** alisa o aplanar la onda de salida del rectificador, eliminando el componente de corriente alterna (C.A.) que entregó el rectificador.
- El **regulador** entrega una tensión constante sin importar las variaciones en la carga o del voltaje de alimentación.

La resistencia interna en las fuentes de tensión.

Las fuentes de tensión, sean estas baterías, generadores, u otras. no son ideales (perfectas). Una fuente de tensión real (figura 2.b) está compuesta

de una fuente de tensión ideal (figura 2 a), en serie con una resistencia (llamada resistencia interna). Esta resistencia interna no existe en la realidad, de manera que nosotros la podamos palpar. Es una resistencia deducida por el comportamiento de las fuentes de tensión reales.

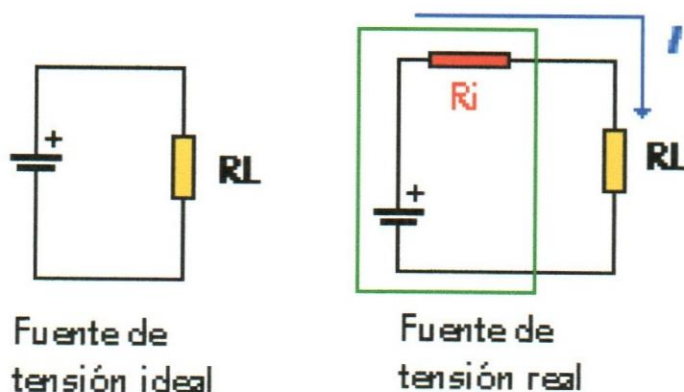


Figura 2. Circuitos comparativos entre una fuente de tensión ideal y real.

En el siguiente ejemplo podremos apreciar cuanta tensión se pierde en la resistencia interna de la fuente :

- V_i = Voltaje en la resistencia interna
- V_L = Voltaje en la resistencia de carga
- R_i = Resistencia interna
- R_L = Resistencia de carga

Tomando los siguientes valores:

- $I = 4$ Amperios
- $R_i = 3$ Ohmios
- $R_L = 5$ Ohmios

En cada una de las resistencias hay una caída de tensión.

- $V_i = I \times R_i = 4 \text{ A} \times 3 \text{ W} = 12 \text{ Voltios}$
- $V_L = I \times R_L = 4 \text{ A} \times 5 \text{ W} = 20 \text{ Voltios}$

La caída total de tensión será: $V_i + V_L = 12 \text{ V} + 20 \text{ V} = 32 \text{ Voltios}$ (igual a la tensión de la fuente ideal) (ley de tensiones de Kirchhoff).

Se puede ver con claridad que solamente 20 de los 32 voltios se aplican a la Carga (R_L), la tensión restante se pierde en la resistencia interna. Frecuentemente esta tensión (la de 20 Voltios) se llama tensión terminal, debido a que se mide en los terminales de la fuente de tensión.

Como se obtiene la resistencia interna

- 1- Se mide la tensión en los terminales de una fuente de voltaje sin carga (sin RL). El voltaje medido será Vsc (voltaje sin carga)
- 2- Se conecta una carga y se mide el voltaje en esta. El voltaje medido será Vcc (voltaje con carga)
- 3- Se mide la corriente al circuito con carga. La corriente medida será I

Una vez que se tienen estos valores se aplica la siguiente ecuación:

$$R_i = (V_{sc} - V_{cc}) / I$$

Ejemplo:

Si Vsc = 12 Voltios , Vcc = 11.8 Voltios e I = 10 Amperios

$R_i = 0.05 \text{ Ohms}$

Con lo expuesto se puede concluir que mientras más corriente demande la carga (R_L), menor será el voltaje terminal, debido a la mayor caída en la resistencia interna (R_i).

El rectificador de media onda.

La corriente y voltaje que las compañías distribuyen a nuestras casas, comercios u otros es alterna. Para que los artefactos electrónicos que allí tenemos puedan funcionar adecuadamente, la corriente alterna debe de convertirse en corriente continua.

Para realizar esta operación se utilizan diodos semiconductores que conforman circuitos rectificadores. Inicialmente se reduce el voltaje de la red (110 / 220 voltios u otro) a uno más bajo como 12 o 15 Voltios con ayuda de un transformador. A la salida del transformador se pone el circuito rectificador.

La tensión en el secundario del transformador es alterna, y tendrá un semiciclo positivo y uno negativo.

Polarización del diodo en sentido directo

Durante el semiciclo positivo el diodo queda polarizado en directo, permitiendo el paso de la corriente a través de él. (figura 3)

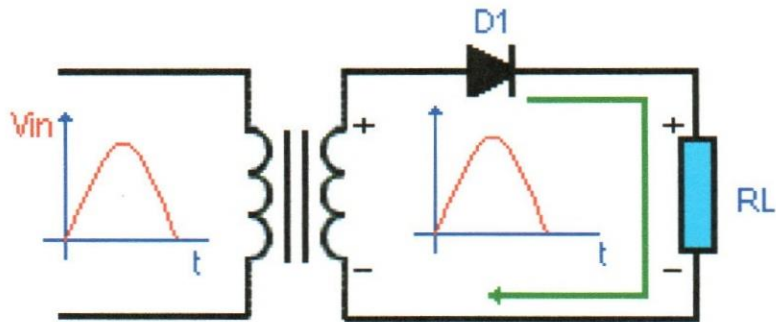


Figura 3. Polarización del diodo en directo.

Polarización del diodo en sentido inverso

Durante el semiciclo negativo, la corriente suministrada por el transformador querrá circular en sentido opuesto a la flecha del diodo. Si el diodo es considerado ideal entonces este actúa como un circuito abierto y no habrá flujo de corriente, (figura 4)

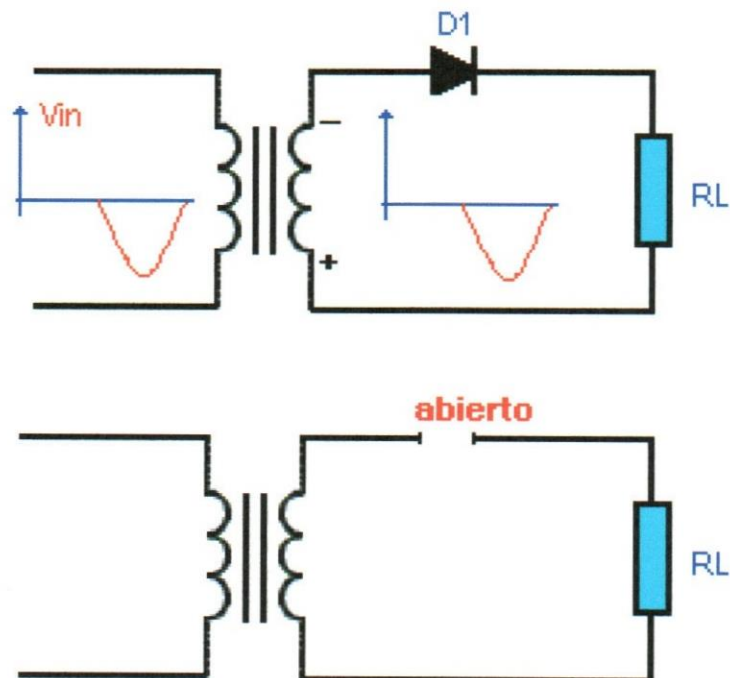


Figura 4. Polarización del diodo en inverso.

La señal obtenida es una señal DC de tipo pulsante como se muestra en la figura 5.

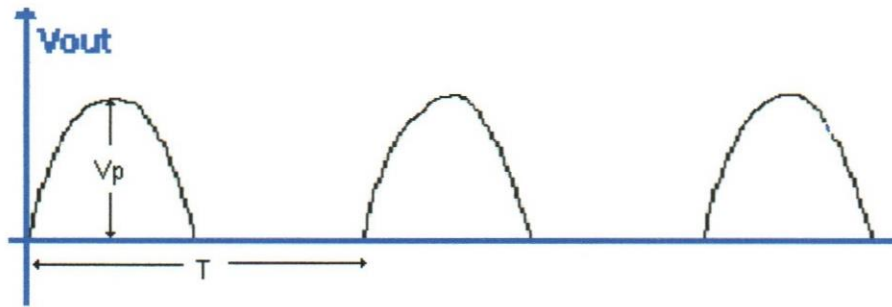


Figura 5. Forma de onda de la tensión en la resistencia (onda de tipo DC pulsante).

Esta forma de onda tiene un valor medio, ya que la función no es simétrica; el valor medio es lo que llamamos el valor DC de la señal, que para las señales alternas puras es igual a 0.

El valor DC (Valor medio) de una señal se puede calcular utilizando la siguiente expresión :

$$V_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

La función $f(t)$, es la que define el comportamiento y el tipo de onda, para nuestro caso es una onda senoidal, con un valor pico igual a V_p , lo cual se expresa como:

$$V(t) = V_p \text{sen}(wt)$$

Donde w es la velocidad angular (frecuencia de la señal).

Bueno para calcular el valor DC de la señal de salida de un rectificador de media onda, con entrada senoidal procedemos de la siguiente manera :

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_p \text{sen}(t) dt$$

Podemos observar que nuestra función es una función compuesta, ya que entre los intervalos de 0 y π es una función seno y de π a 2π es una función constante con valor igual a cero, debido a esto entonces nos queda :

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} V_p \text{sen}(t) dt + \int_{\pi}^{2\pi} 0 dt \right)$$

Resolviendo la integral :

$$V_{DC} = \frac{V_p}{2\pi} (-\cos \pi + \cos 0)$$

$$V_{DC} = \frac{V_p}{\pi}$$

Hay que considerar que si el diodo es de silicio ó germanio, se debe restar al valor pico de la onda, la caída de tensión en el diodo. Para medir el valor DC, lo único necesario es un multímetro colocado en la carga midiendo voltaje, con la perilla en la opción de voltaje DC y la escala de tensión apropiada.

Filtrado con capacitor (condensador)

La tensión de salida del rectificador de 1/2 onda (una onda pulsante) no muestra con claridad un voltaje en corriente continua, que se pueda aprovechar (no es constante). Pero, si incluimos a la salida de este y antes de la carga un condensador (capacitor), este ayudará a aplanar la salida. (figura 6)

Cuando el diodo conduce (semiciclo positivo) el capacitor se carga al valor pico del voltaje de entrada. En el siguiente semiciclo, cuando el diodo está polarizado en inversa y no hay flujo de corriente hacia la carga, es el condensador el que entrega corriente a la carga (el condensador se descarga a través de la resistencia de carga). El condensador al entregar corriente a la carga se descarga (disminuye el voltaje en sus terminales).

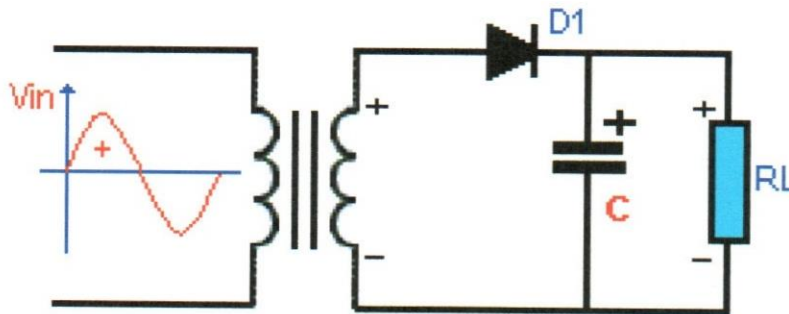


Figura 6: Circuito rectificador de media onda con filtro capacitivo.

A la variación del voltaje (Δv) en los terminales del condensador, debido a la descarga de este en la resistencia de carga, se le llama tensión de rizado. La magnitud de este rizado dependerá del valor de la resistencia de carga y al valor del capacitor. (figura 7)

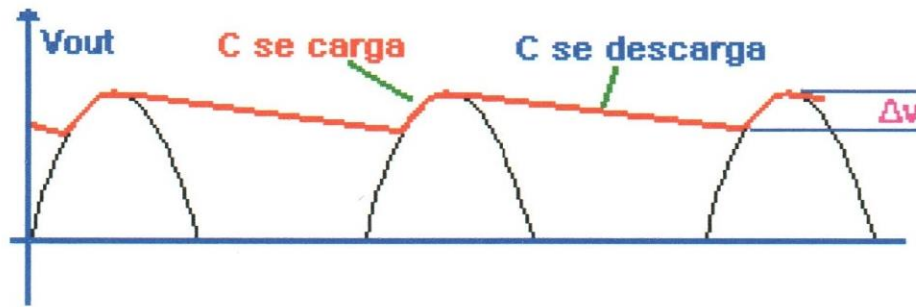


Figura 7: Voltaje de rizo en el condensador.

En el semiciclo positivo el transformador entrega corriente (a través del diodo) al condensador C y a la resistencia RL, en el semiciclo negativo es el capacitor el que entrega corriente a la resistencia (se descarga).

Si el capacitor es grande significa menos rizado, pero aún cumpliéndose esta condición el rizado podría ser grande si la resistencia de carga es muy pequeña (corriente en la carga es grande). Si hacemos una aproximación observando la forma de onda de la figura anterior diremos que :

$$V_{DC} = V_p - \frac{\Delta V}{2}$$

Durante la descarga del capacitor, el cambio de voltaje a través de C será :

$$\Delta V = \frac{I_{dc} T_2}{C}$$

Donde T2 es el tiempo de descarga, si decimos que la forma de onda se parece a una onda triangular, entonces el valor rms de rizo será igual a :

$$V_{r(rms)} = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}}$$

Rectificador onda completa con transformador de derivación central

Este tipo de rectificador necesita un transformador con derivación central. La derivación central es una conexión adicional en el bobinado secundario del transformador, que divide la tensión (voltaje) en este bobinado en dos voltajes iguales . Esta conexión adicional se pone a tierra.

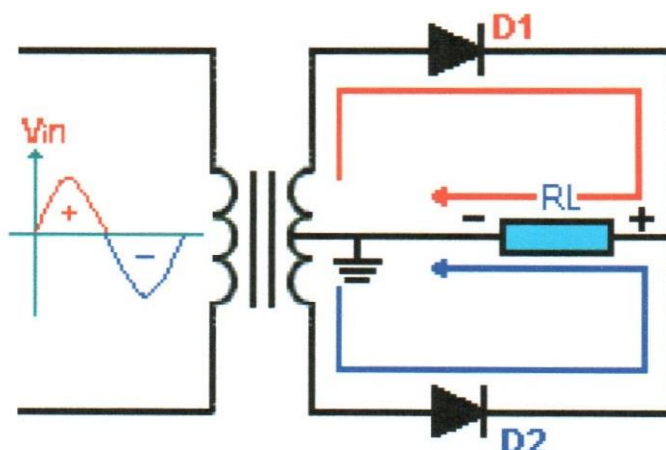


Figura 8: Rectificador con transformador de toma central.

Durante el semiciclo positivo (ver figura 8 V_{in} color rojo) el diodo D1 conduce. La corriente pasa por la parte superior del secundario del transformador, por el diodo D1 por RL y termina en tierra. El diodo D2 no conduce pues está polarizado en inversa.

Durante el semiciclo negativo (ver figura 8 V_{in} color azul) el diodo D2 conduce. La corriente pasa por la parte inferior del secundario del transformador, por el diodo D2 por RL y termina en tierra. El diodo D1 no conduce pues está polarizado en inversa.

Ambos ciclos del voltaje de entrada son aprovechados y el voltaje de salida se verá como en el siguiente figura:

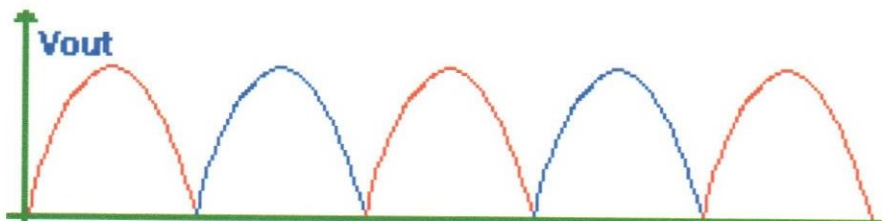


Figura 9: Voltaje en la carga RL.

Es lógico que el valor DC de este tipo de señal sea mayor al rectificador de media onda, considerando que la frecuencia se duplica y el periodo se redujo a la mitad, si aplicamos la ecuación de valor medio observamos que :

$$V_{DC} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_p \sin t dt$$

$$V_{dc} = \frac{V_p}{\pi} (-\cos 0 + \cos \pi)$$

$$V_{dc} = \frac{2V_p}{\pi}$$

El valor DC es el doble de la tensión esperada en un rectificador media onda. Es claro que el costo del transformador también se incrementa y que hay que utilizar dos diodos, lo cual si nuestra prioridad es el costo y espacio, no es lo mejor, pero si la prioridad es tener una señal limpia y con un buen valor DC este es el rectificador ideal.

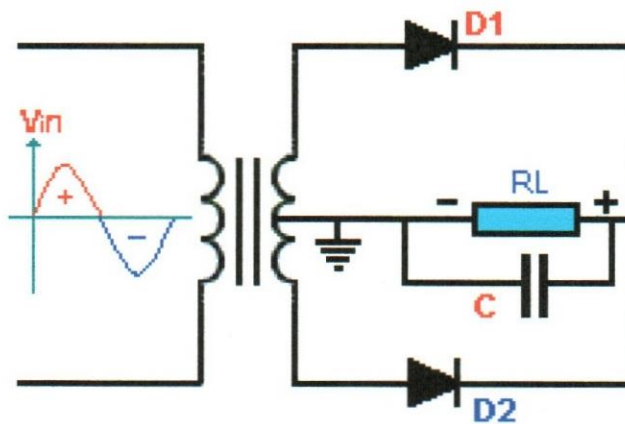


Figura 10: Rectificador con transformador de toma central con filtro capacitivo.

Si a RL se le pone en paralelo un condensador (Figura 10), el voltaje de salida se verá como en la siguiente figura (línea negra, Figura 11)).

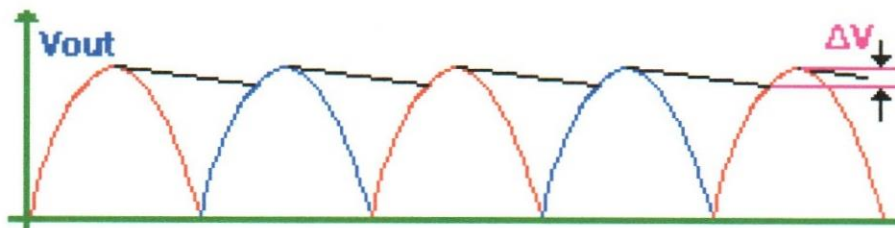


Figura 11: Voltaje en RL

A la variación del voltaje (Δv) en los terminales del condensador debido a la descarga de este en la resistencia de carga se le llama tensión de rizado. La magnitud de este rizado dependerá del valor de la resistencia de carga y al valor del capacitor.

Si se compara este diagrama con su correspondiente de rectificación de 1/2 onda, se puede ver que este circuito tiene un rizado de mayor frecuencia (el doble), pero es menor.

En cada semiciclo el transformador entrega corriente (a través de los diodos D1 y D2) al condensador C y a la resistencia RL. Esto sucede mientras las ondas aumentan su valor hasta llegar a su valor pico (valor máximo), pero cuando este valor descende es el condensador el que entrega la corriente a la carga (se descarga).

Si el capacitor es grande significa menos rizado, pero aún cumpliéndose esta condición el rizado podría ser grande si la resistencia de carga es muy pequeña (corriente en la carga es grande)

Nota: Hay que tomar en cuenta que el voltaje máximo que se podrá obtener dependerá del voltaje que haya entre uno de los terminales del secundario del transformador y el terminal de la derivación central

Rectificador de onda completa con puente de diodos (Puente de Graets).

El circuito rectificador de onda completa de la figura que se muestra, es el que se utiliza si, lo que se desea es utilizar todo el voltaje del secundario del transformador (en el caso de un transformador con derivación central). En el circuito con transformador con derivación central, la tensión de salida depende de la mitad de la tensión del secundario (Figura 12).

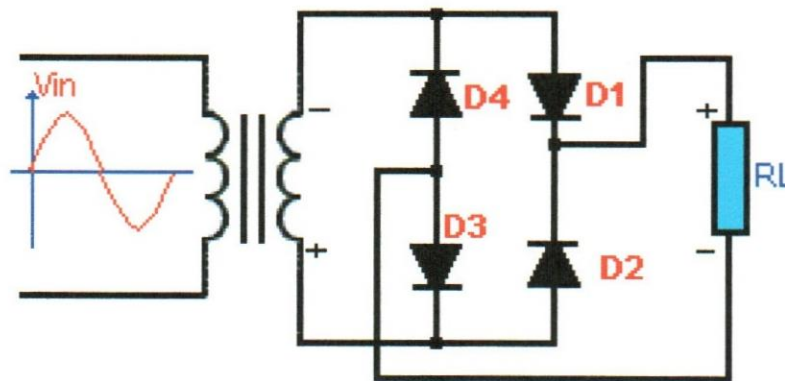


Figura 12: Rectificador con puente de diodos ó puente de Graets.

En este circuito con puente de diodos, los diodos, D1 y D3 son polarizados en directo en el semiciclo positivo, los diodos D2 y D4 son polarizados en sentido inverso. Ver que la corriente atraviesa la carga RL (Figura 13).

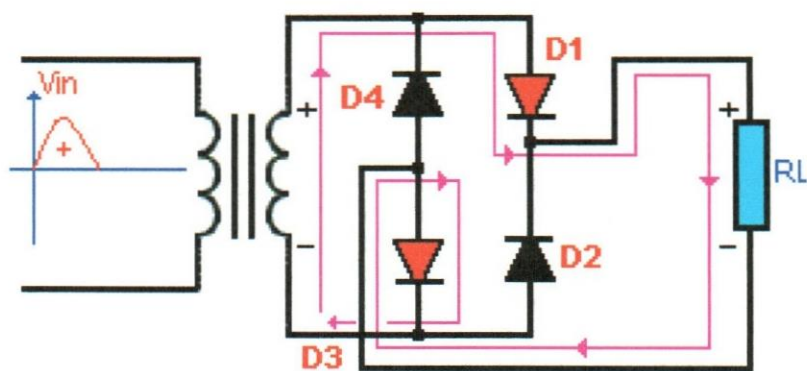


Figura 13: Funcionamiento del puente de diodo en el semiciclo positivo.

El semiciclo negativo, la polaridad del transformador es el inverso al caso anterior y los diodos D1 y D3 son polarizados en sentido inverso y D2 y D4 en sentido directo. La corriente como en el caso anterior también pasa por la carga R_L en el mismo sentido que en el semiciclo positivo (Figura 14).

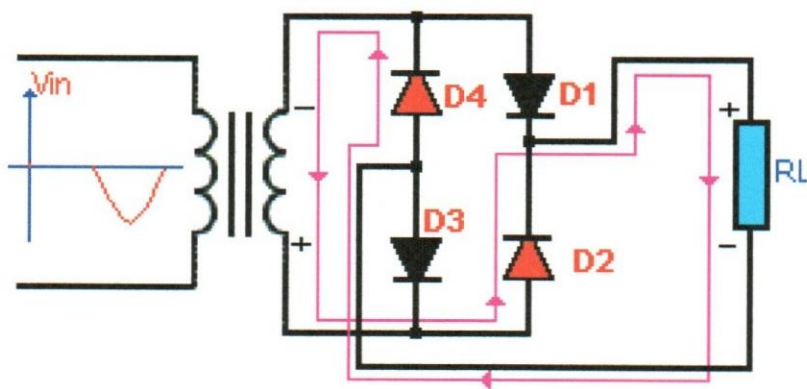


Figura 14: Funcionamiento del puente de diodo en el semiciclo negativo

La salida tiene la forma de una onda rectificada completa. Esta salida es pulsante y para "aplanarla" se pone un condensador (capacitor) en paralelo con la carga (Figura 15).

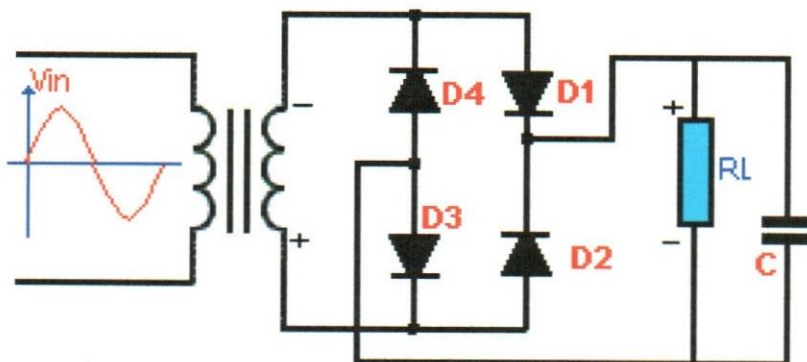


Figura 15: Circuito puente de diodos con filtro capacitivo.

Este capacitor se carga a la tensión máxima y se descargará en RL mientras que la tensión de salida del secundario del transformador disminuye a cero ("0") voltios, y el ciclo se repite. Observando en la carga una tensión de prácticamente continua (Figura 16), es probable que exista un valor de rizo el cual se disminuye aumentando el valor del capacitor ó de la resistencia RL.

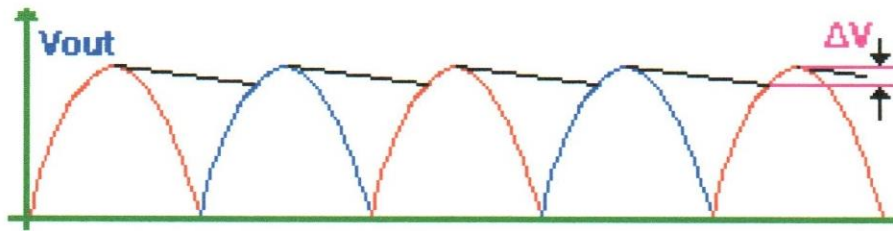


Figura 16: Voltaje en RL dentro de un circuito puente de diodos con filtro capacitivo.

Regulador con diodo Zener.

El diodo zener se fabrica en una amplia variedad de voltajes y potencias. Estos van desde menos de 2 voltios hasta varios cientos de voltios, y la potencia que pueden disipar va desde 0.25 watts (vatios) hasta 50 watts (vatios) o más

Un diodo zener puede utilizarse para regular una fuente de tensión Ver el siguiente circuito (Figura 17):

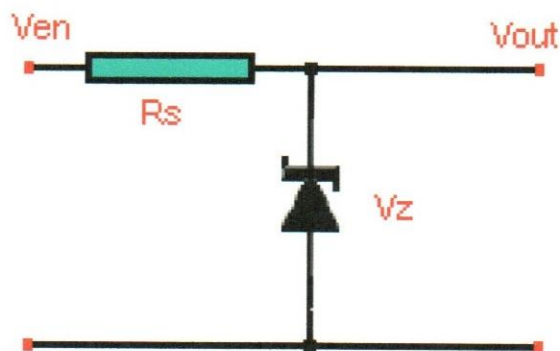


Figura 17: Circuito regulador zener básico.

La potencia que disipa un diodo zener es simplemente la multiplicación del voltaje para el que fue fabricado por la corriente que circula por el. Esto significa que la máxima corriente que puede atravesar un diodo zener es:

$$I_z = P_z / V_z.$$

Donde:

I_z = Corriente que pasa por el diodo Zener

P_z = potencia del diodo zener (dato del fabricante)

V_z = Voltaje del diodo zener (dato del fabricante)

Ejemplo:

La corriente máxima que un diodo zener de 10 Voltios y 50 Watts (vatios), podrá aguantar será: $I_z = P_z / V_z = 50 / 10 = 5$ Amperios

Cálculo de la resistencia limitadora R_s .

El cálculo de R_s está determinado por la corriente que pedirá la carga (lo que vamos a conectar a esta fuente). Esta resistencia (resistor) se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{V_{en(min)} - V_z}{1.1 * I_{L(max)}}$$

donde

$V_{en(min)}$: es el valor mínimo del voltaje de entrada. (acordarse que es un voltaje no regulado y puede variar)

$I_L(max)$: es el valor de la máxima corriente que pedirá la carga.

Una vez que se obtuvo R_s , se obtiene la potencia máxima del diodo zener, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$PD = \left(\frac{V_{en(min)} - V_z}{R_s} - I_L \right) * V_z$$

Ejemplo de un diseño:

Una fuente de 15 voltios debe alimentar una carga con 9 Voltios, que consume una corriente que varía entre 200 y 350 mA. (mili amperios). Se escoge un diodo zener de 9.1 voltios pues no hay de 9.

Calculo de Rs :

$$R_s = \frac{(15V - 9.1V)}{(1.1 * 0.35A)} = 15\Omega$$

Calculo de la potencia del diodo Zener :

$$PD = \left(\frac{(15V - 9.1V)}{15\Omega} - 0A \right) * 9.1V = 3.58watt$$

Como no hay un diodo zener de 3.58 vatios, se escoge uno de 5 vatios que es el más cercano.

Potencia de Rs: Un cálculo adicional es la potencia de la resistencia Rs. Este se hace con la fórmula:

$$P = I^2 R$$

Los datos actuales son: I (max) = 350 miliamperios = 0.35 amperios y Rs = 15 Ohmios (ohms) aplicando la fórmula obtenemos:

$$P = 0.35^2 A * 15\Omega = 1.84watt$$

Esto significa que a la hora de comprar esta resistencia (resistor) deberá ser de 2 Watts o más.

Regulador de voltaje Transistorizado.

Existen básicamente dos tipos de reguladores transistorizados, el cual es regulador serie y paralelo, para la regulación serie es esquema en diagrama de bloque que podemos observar consta de :

1.- Elemento de Control: Constituido normalmente con transistores de potencia, actúa como una válvula que regula el paso de corriente.

2.- Circuito de Muestreo: Esta echo normalmente con resistencias conectadas en serie ó paralelo, para generar una realimentación en este caso de tensión.

3.- Circuito Comparador: Esta conformado en su mayoría de la veces por un amplificador operacional, y realiza la función de verificar si la tensión de referencia y salida son la misma, para regular el paso de corriente usando el elemento de control. .

4.- Voltaje de Referencia: Esta constituido en su mayoría por una red con un diodo zener y/u otro dispositivo, donde se fija un voltaje el cual debe ser invariable. .

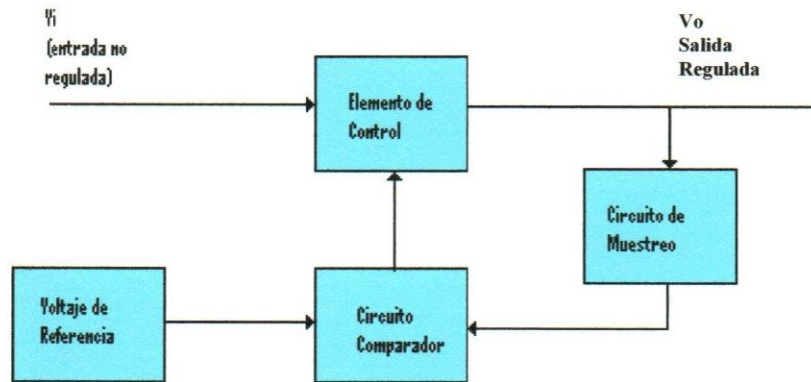


Figura 18: Diagrama de bloque de un regulador de tensión serie.

El elemento de control actúa como una válvula la cual va a permitir el paso de corriente según la orden que venga del circuito comparador, el cual va a establecer la relación entre el voltaje deseado (Voltaje de Referencia) y el voltaje que hay a la salida del circuito, para de esta manera usando el elemento de control equilibrar las tensiones. El circuito de muestreo no es más que una red donde tenemos una realimentación de tensión a la entrada.

El primer circuito serie utiliza un transistor, el cual actúa como válvula de paso para la corriente de salida, un zener el cual trabaja como el elemento que proporciona la tensión de referencia y un diodo de silicio el cual sirve para compensar la caída de tensión en la unión base-emisor (Figura 19).

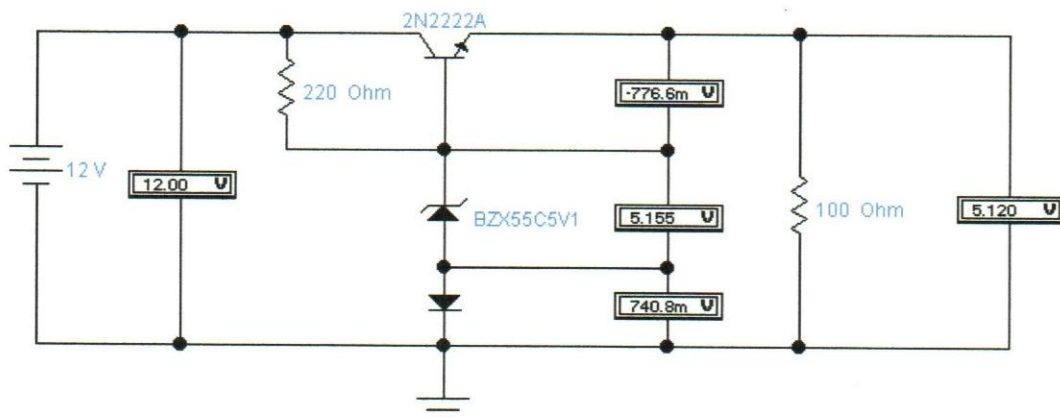


Figura 19: Circuito Regulator serie con transistor BJT.

Como observamos tenemos una resistencia de 220 ohms (Figura 19), la cual sirve para polarizar el transistor, en este tipo de circuito hay que tener presente dos parámetros importantes:

1.- La corriente máxima que puede dar el circuito a su salida depende directamente de la corriente máxima del transistor.

2.- La potencia máxima que puede disipar el diodo zener ya que el mismo actúa como drenaje de corriente ya que la corriente que no fluye a la base del transistor va por el diodo zener.

Teniendo en cuenta estos parámetros se procede al calculo de la resistencia de polarización del transistor, evitando que la corriente del zener supere su valor máximo, cuando el voltaje de entrada es el más alto posible (Recordando que la entrada de voltaje no esta regulada).

También se puede construir un sencillo regulador de tensión con un amplificador operacional, en configuración de amplificador no-inversor (Figura 20):

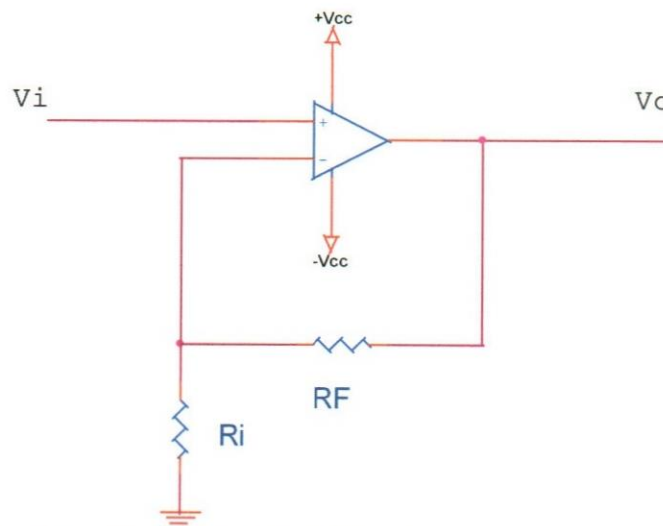


Figura 20: Amplificador Operacional en Configuración no-inversor.

Cuando se utiliza este tipo de configuración el voltaje de salida V_o , viene dado por :

$$V_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_i} \right) * V_i$$

El problema esta en que los operacionales no pueden entregar mucha corriente por lo cual se coloca un transistor a la salida para que maneje una mayor corriente, el transistor que utiliza debe soportar la corriente que es suministrada a la resistencia de carga, la conexión es como se muestra en la figura 21.

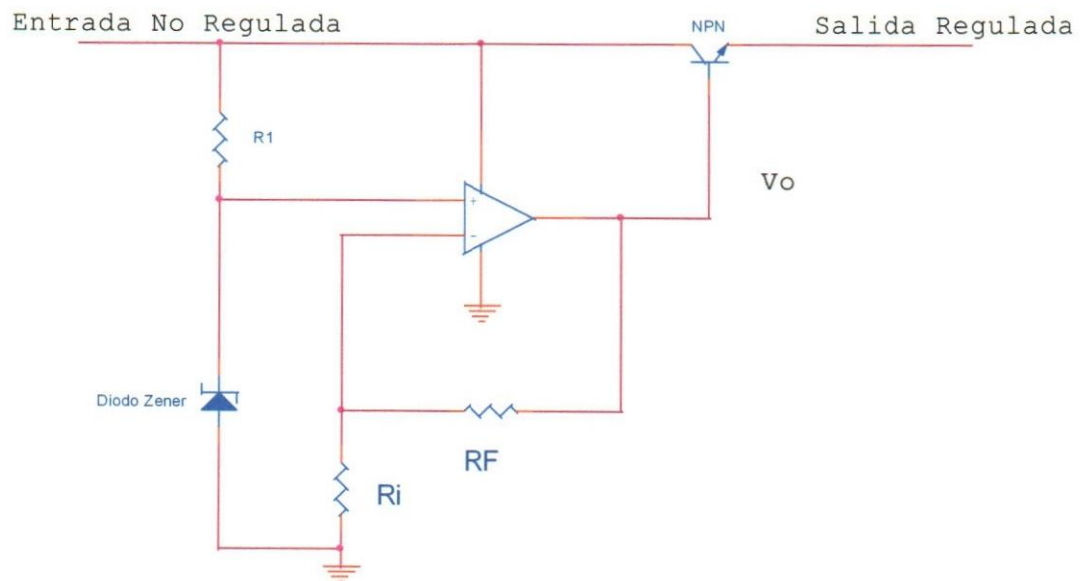


Figura 22: Regulador serie con amplificador operacional y transistor.

Para este tipo de regulador el voltaje de salida será igual a :

$$V_o = \left(1 + \frac{RF}{Ri}\right) * V_Z - 0.7V$$

La ventaja de este tipo de regulador es que la corriente que circula por el diodo zener es pequeña, por lo cual la potencia del diodo tener no es preocupante, pero es importante considerar el valor de alimentación del operacional el cual no debe ser mayor que las especificaciones del fabricante y no menor que el voltaje de salida que se desea regular (Figura 23).

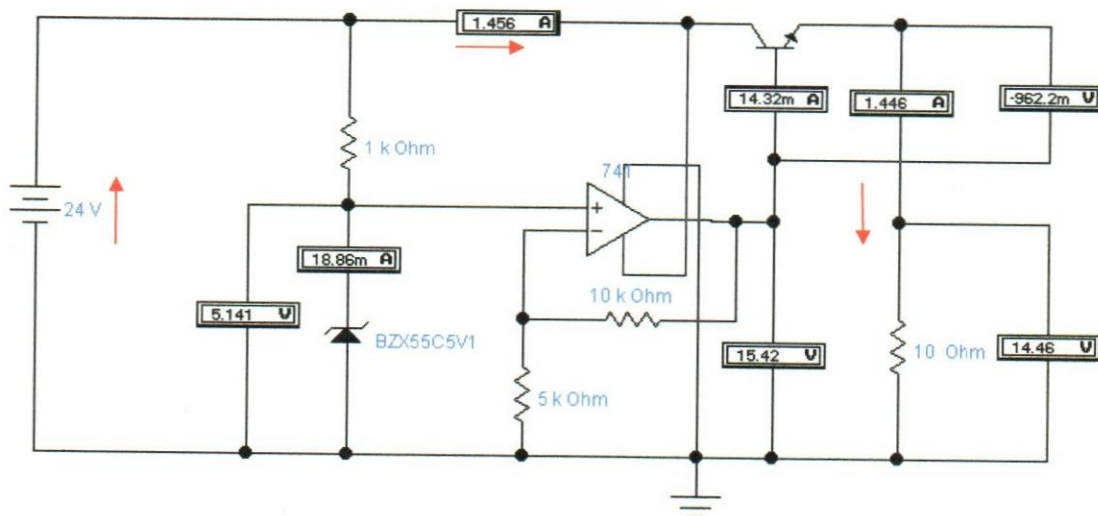


Figura 23: Simulación de funcionamiento del regulador de tensión serie con operacionales.

Como se observa el voltaje de entrada es de 24V, lo cual si se utiliza un operacional LM741 no lo dañara ya que el mismo puede trabajar con tensiones hasta los 30V (Figura 23). Se colocó un diodo zener de 5.1, y para R_F se colocó 10K y en R_i 5K lo cual hace que tengamos a la salida una tensión de :

$$V_o = \left(1 + \frac{10K}{5K}\right) * 5.1 - 0.7V = 14.6V$$

Es claro y vemos que el corriente que circula por la resistencia de 10ohms es de 1.46A (Figura 23), pero esta pasa a través del transistor y viene directamente de la entrada no regulada, por el diodo zener y el amplificador operacional existe una muy pequeña corriente que los mantiene en operatividad.

Si se coloca una resistencia variable donde esta R_i (Figura 22), entonces tendremos un regulador de tensión variable, ya que el usuario podrá colocar a la salida el voltaje que desee, entre el valor de 5.1V a 24V, este principio es similar al que usan los reguladores de tensión variable como el LM317, el cual estudiaremos más adelante.

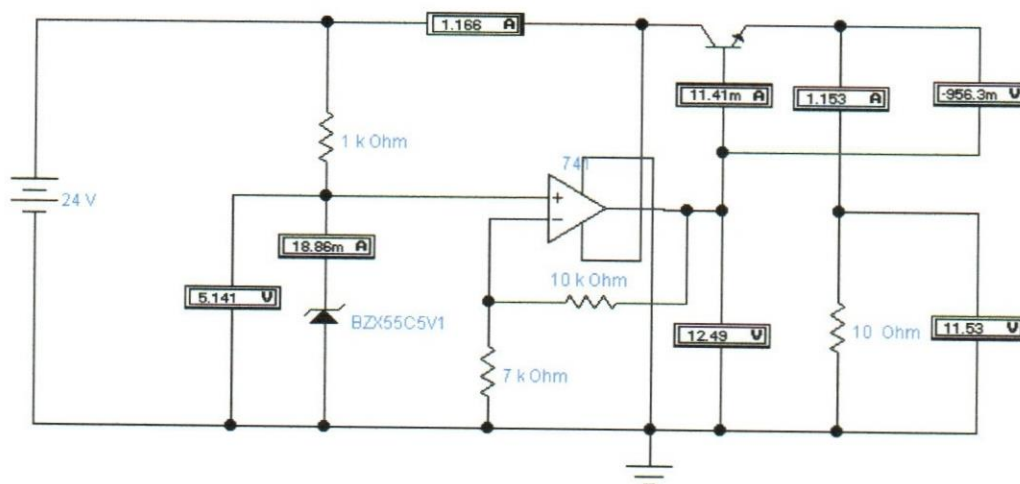


Figura 24: Simulación de funcionamiento del regulador de tensión serie con operacionales.

Si observamos R_i se cambio a 7K (Figura 24) lo cual hace que la salida de tensión disminuya a 11.53V, es decir si aumentamos la resistencia la salida disminuye hasta que la tensión sea igual a los 5.141V, menos los 0.7V del transistor.

El otro tipo de regulador es en paralelo ó llamado también en derivación y en el diagrama de bloques podemos apreciar su funcionamiento (Figura 25):

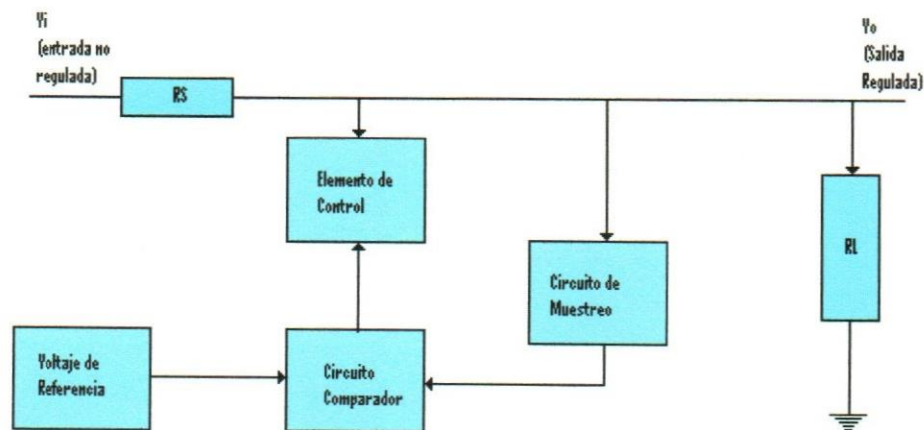


Figura 25: Diagrama de bloques de un regulador de tensión en derivación.

En este modelo regulador el elemento de control estará absorbiendo una corriente para compensar los cambios de valor tanto de RL y Vi para que el voltaje de salida sea constante. Un ejemplo es el circuito que se muestra a continuación (Figura 26):

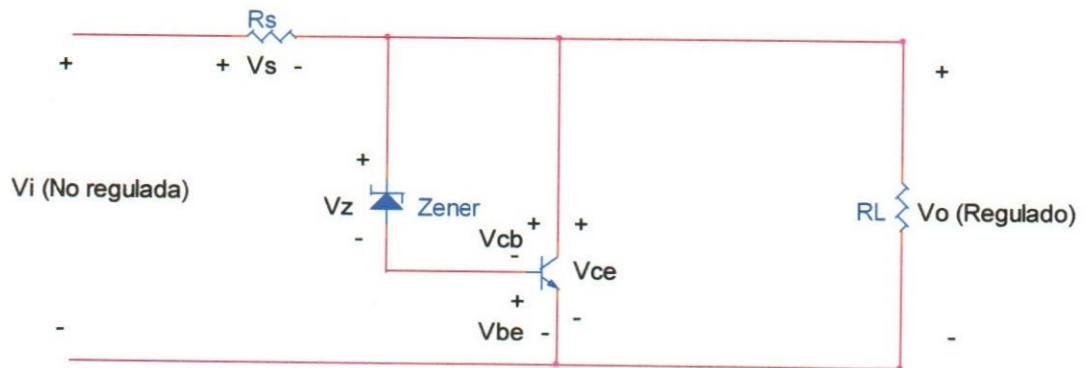


Figura 26: Regulador en derivación de tensión con diodo zener.

Como vemos si deseamos calcular el voltaje en RL debemos primero hacer la malla de entrada y este nos da lo siguiente:

$$-V_i + V_s + V_z + 0.7V = 0$$

Despejando Vs podemos obtener la corriente Is :

$$I_s = \frac{V_i - 0.7V - V_z}{R_s}$$

Luego de calcular I_s he de saber que esta será la máxima corriente que puede proporcionar este modelo de regulador. Ahora podemos calcular el voltaje V_{cb} con la malla interna y nos queda:

$$V_{cb} = V_z$$

Luego podemos encontrar el valor de V_{ce} ya que sería :

$$V_{ce} = V_z + 0.7V$$

Es claro que a la salida debemos de considerar los 0.7V de la unión base-emisor. Un ejemplo de este tipo de fuente se puede observar en la siguiente simulación de funcionamiento (Figura 26):

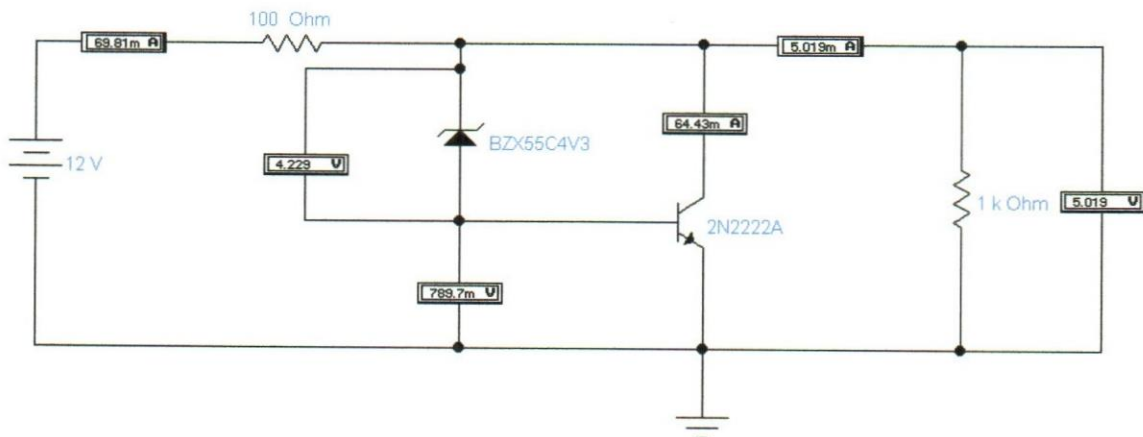


Figura 26: Simulación de un circuito regulador de tensión en derivación con diodo zener.

Como vemos la corriente I_s viene dada por la siguiente ecuación:

$$I_s = \frac{12v - 4.3v - 0.7v}{100\Omega} = 70mA$$

Y el voltaje en R_L viene dado por:

$$V_{RL} = V_z + 0.7v = 4.3v + 0.7v = 5v$$

Como vemos en la simulación la carga apenas consume 5mA, mientras que el resto de la corriente se va en derivación a tierra a través del transistor, unos 65mA aproximadamente, esto es lo por que también lo llaman regulador en derivación.

Para observar el efecto de derivación vamos a disminuir la resistencia R_L y observaremos como la corriente del colector disminuye pero V_o se mantiene en 5V, claro esta que la mínima resistencia que podemos colocar,

manteniendo V_o en 5V se determina diciendo que la $I_z = 0A$ por lo cual I_c es 0A y la obtenemos de la siguiente manera:

$$R_{L_{min}} = \frac{5V}{70mA} = 71.42\Omega$$

Para el ejemplo se colocó una resistencia de 100ohms (Figura 27), con lo cual la I_L aumento y la I_c disminuye. Para este tipo de regulador es necesario que el transistor soporte la corriente I_s , en algunos casos debido a la potencia que disipa el transistor es necesario colocarlo con un disipador de calor.

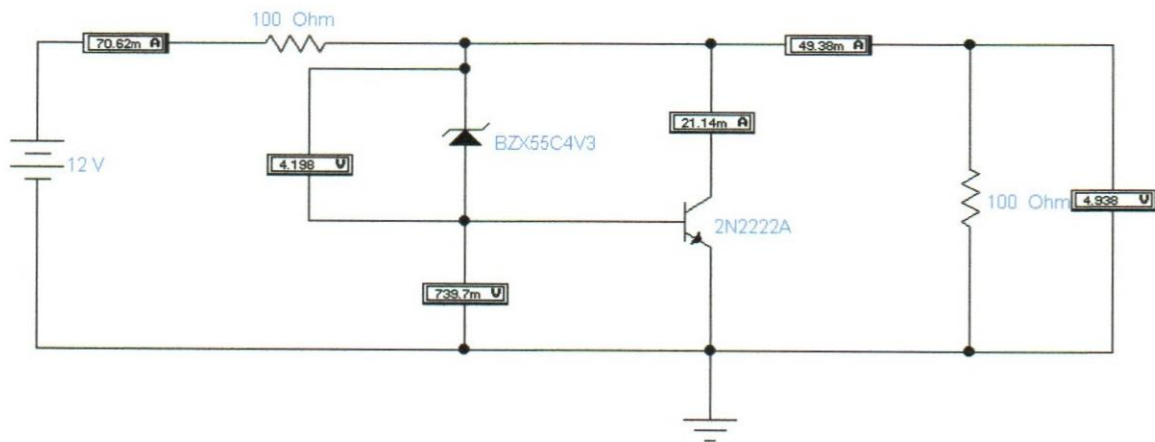


Figura 27: Simulación de un circuito regulador de tensión en derivación con diodo zener.

Como vemos en la figura si calculamos el valor de I_s nos dará los mismos 70mA:

$$I_s = \frac{12v - 4.3v - 0.7v}{100\Omega} = 70mA$$

Y si calculamos el valor del voltaje en R_L nos dará:

$$V_{RL} = V_z + 0.7v = 4.3v + 0.7v = 5v$$

Esta vez observamos que la carga apenas consume unos 50mA y por el transistor se drenan los 20mA restantes.

Reguladores de voltaje Integrados.

Los reguladores de voltaje integrados son muy comunes en el mercado actual de la electrónica, ya que los mismos son muy confiables y fáciles de usar. Existen reguladores desde muy baja potencia, hasta los industriales que manejan corrientes considerables. Los hay también para tensiones fijas ó variables.

Dentro de la gama de los reguladores fijos de tensión tenemos la serie 78 y 79 los cuales son reguladores de tensión positiva y negativa respectivamente.

La forma de identificar que tensión nos regula en circuito integrado a su salida es la siguiente (Figura 28):

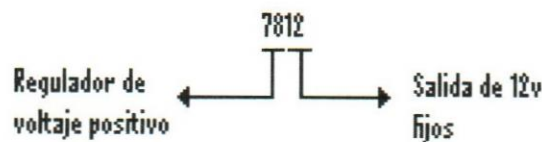


Figura 28: Forma de identificar los reguladores de tensión.

Como vemos los dos primeros números nos indican si es voltaje positivo (78) ó negativo (79), los dos siguientes nos indican el voltaje de salida del regulador.

Su conexión es muy sencilla ya que los mismos son dispositivos de tres terminales (Figura 29).

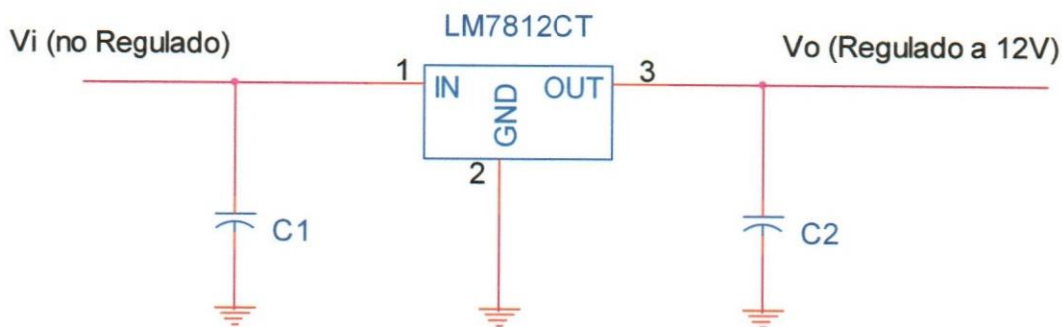


Figura 29: Conexión básica de un regulador integrado de tensión LM78XX.

El voltaje de entrada no regulado debe estar en un rango de valor establecido por el fabricante, para el LM7812 el voltaje de entrada no debe de exceder los 40V, pero tampoco debe estar debajo de 14.6V.

Como veremos en esta tabla se muestran algunos reguladores de tensión positiva :

REGULADORES DE VOLTAJE POSITIVOS.		
Numero de IC	Voltaje de Salida	Voltaje Mínimo de Entrada
7805	5V	7.3V
7806	6V	8.3V
7808	8V	10.5V
7810	10V	12.5V
7812	12V	14.6V
7815	15V	17.7V
7818	18V	21.0V
7824	24V	27.1V

también tenemos la serie 79XX los cuales son reguladores de tensión negativa, funcionan igual que los 78XX pero con la peculiaridad que los sentidos de corriente y voltaje son opuestos. Los hay en varios valores como veremos a continuación.

REGULADORES DE VOLTAJE NEGATIVOS.		
Numero de IC	Voltaje de Salida	Voltaje Mínimo de Entrada
7905	-5V	-7.3V
7906	-6V	-8.3V
7908	-8V	-10.5V
7910	-10V	-12.5V
7912	-12V	-14.6V
7915	-15V	-17.7V
7918	-18V	-21.0V
7924	-24V	-27.1V

Fuente de alimentación simple

Esta fuente de voltaje es ideal para personas que necesitan una salida de voltaje variable (1.2 V a 27 Voltios) con capacidad de entrega de corriente de hasta de 1.5 Amperios con el LM 317T (si se utiliza el LM 317 solo se obtienen 500 mA. a la salida., más que suficiente para muchas aplicaciones.). Viene con protección contra sobrecorrientes que evita el integrado se quemé accidentalmente debido a un corto circuito.

El voltaje de salida depende de la posición que tenga la patilla variable del potenciómetro de 5 K Ω (kilohmios), patilla que se conecta a la patilla de AJUSTE del integrado. (COM)

El transformador debe de tener un secundario con un voltaje lo suficientemente alto como para que la entrada al regulador IN se mantenga 3 voltios por encima de su salida OUT a plena carga, esto debido a requisitos de diseño del circuito integrado.

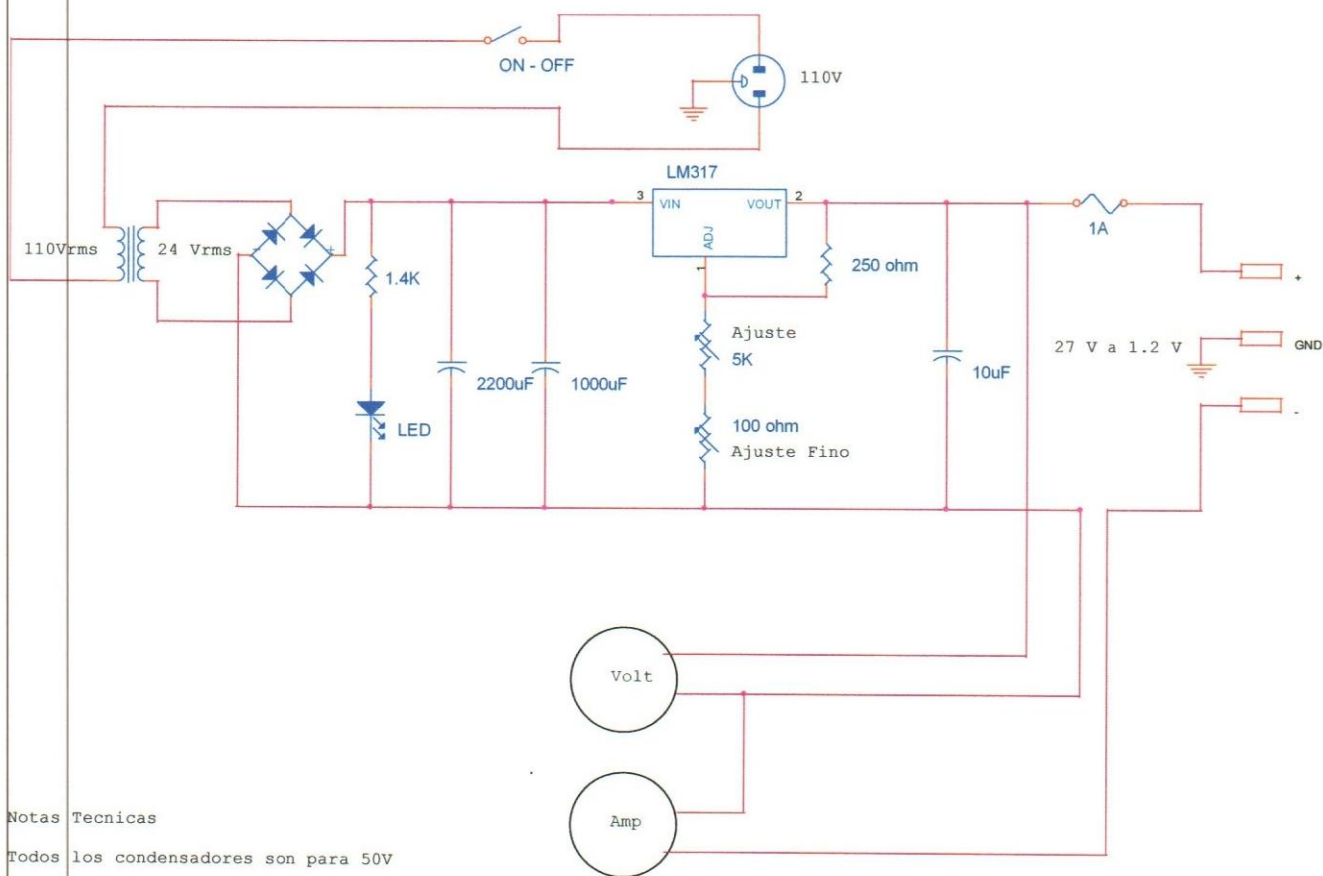
En este caso se espera obtener, a la salida, un máximo de 27.0 voltios lo que significa que a la entrada del integrado debe de haber por lo menos 30.0 Voltios. Para obtener un voltaje de 18 voltios en la entrada In se debe tener un transformador con un voltaje de:

$$30 \text{ voltios} / 1.41 = 21.27 \text{ Voltios a.c.}$$

Normalmente se encuentran transformadores con un voltaje en el secundario de 24 voltios, lo que significa que el voltaje final máximo que se puede obtener con este regulador es el esperado

Se puede poner un diodo entre los terminales de salida y entrada para proteger al regulador de posibles voltajes en sentido opuesto, esto debido a que cuando la fuente de voltaje se apaga, algunas veces el voltaje de salida se mantiene alto por más tiempo que el voltaje de entrada. Se pone el cátodo hacia la patita IN y el ánodo hacia la patita OUT

Un capacitor (condensador) de 10 μ F electrolítico se coloca a la salida para mejorar la respuesta transitoria, y un capacitor de 1000 μ F se recomienda colocar en la entrada del regulador si éste no se encuentra cerca del condensador de 2200 μ F electrolítico.



Notas Tecnicas

Todos los condensadores son para 50V

El regulador debe de estar colocado a un disipador de calor.

El puente rectificador debe de manejar una corriente de 1.5A

La escala del voltmetro debe de ser de 0V a 30V

La escala del amperimetro debe de ser de 0A a 1A

La conexión de tierra se realiza al chasis de la estructura.

Las bornas de la fuente deben ser banana hembra.

Fuente de Poder Variable.		
Title (Title) Ing. Biagio Cante		
Size A4	Document Number (Doc)	Rev (RevCode)
Date: Wednesday, December 10, 2003 Sheet 1 of 1		

TO-220



1. Adj 2. Output 3. Input

Configuración de patillas de un LM 317T

Como veremos en el diagrama de bloques de la estructura interna del LM317 es un regulador de tensión transistorizado tipo serie (Figura 30):

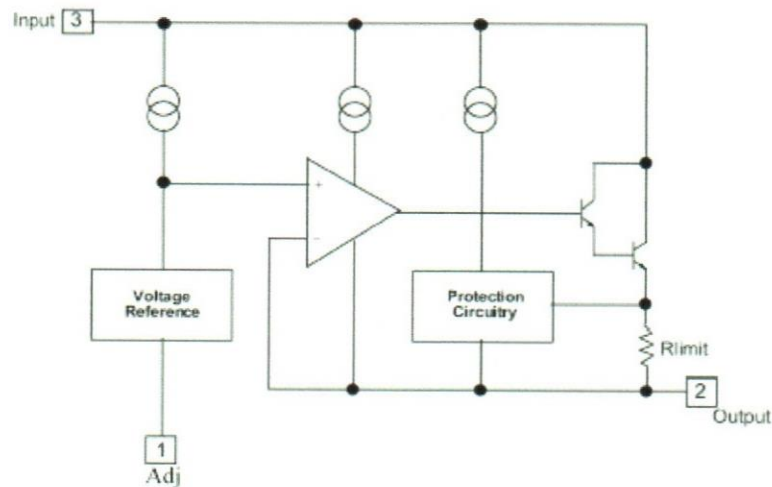


Figura 30: Digrama del LM317.

Como vemos en la entrada tenemos un circuito con un operacional en donde a la entrada no-inversora esta conectado el voltaje de referencia, este operacional tiene una realimentación negativa, es decir tiene la configuración de un seguidor de tensión (amplificador no-inversor con ganancia unitaria) el cual esta conectado a un par darlington el cual es el que maneja la corriente que se le suministrara a la carga por el Terminal de salida (2), desde el terminal de entrada (3). Y en el terminal (1) es donde colocamos el potenciómetro para hacer variar la tensión de referencia. Además tiene un circuito que es de protección contra cortocircuitos a la salida y una resistencia limitadora de corriente.

Lista de componentes

Circuitos integrados:

1 LM 317T regulador de voltaje

Diodos:

4 1N4001 (rectificadores)

Resistencias:

1 de 250 Ω (ohmios), 1 potenciómetro de 5K Ω (kilohmios)

Condensadores:

1 de 2200 μ F (microfaradios) de 50 Voltios, electrolítico, 1 de 10 μ F de 50 Voltios, electrolítico, 1 de 1000 μ F de 50 Voltios

Otros:

1 Transformador 120 / 240V.a.c. a 24 V.a.c. de 1 Amp. en el secundario, 1 Fusible de 1 amperios, 1 diodo LED, 1 Resistencia de 1.4K, 1 Interruptor, 1 Caja de proyectos, 1 Baquelita universal (perforada), aislantes, tornillos, etc.

Aspecto final de la fuente de poder.

LED indicador de encendido

Potenciómetro de Ajuste.

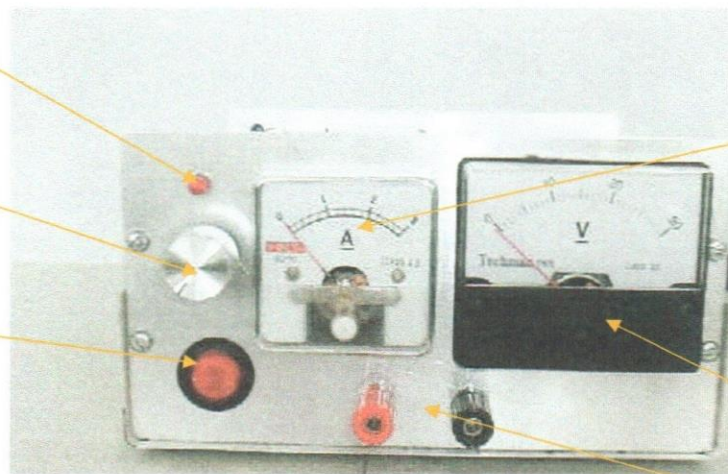
Interruptor de encendido

Amperímetro

Voltímetro

Bornes de Salida

Vista Frontal



Conector Hembra para cable de alimentación

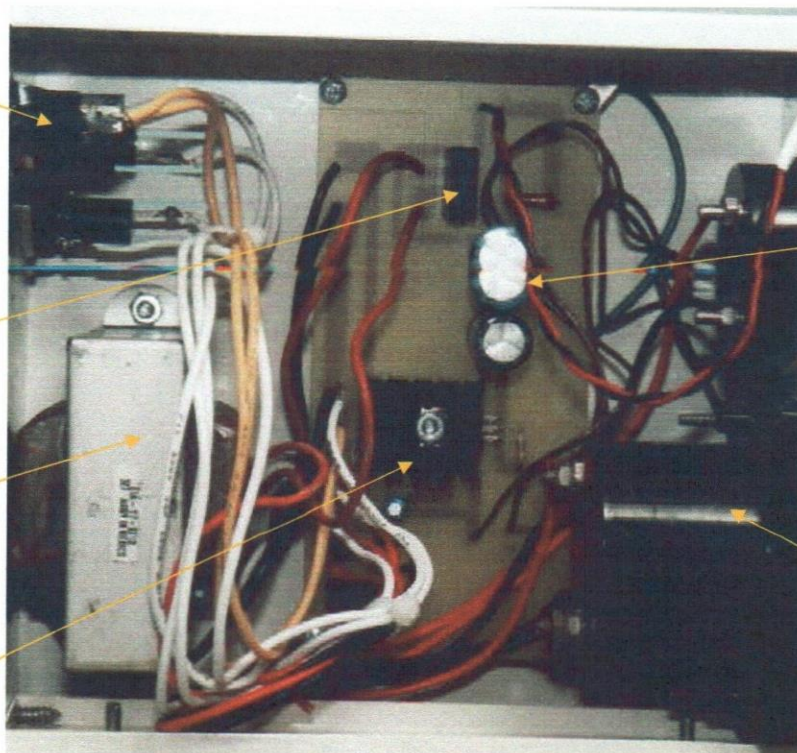
Puente Rectificador

Transformador

LM317

Condensadores

Amperímetro



Vista Interior.

Fuente de alimentación simple de mayor potencia.

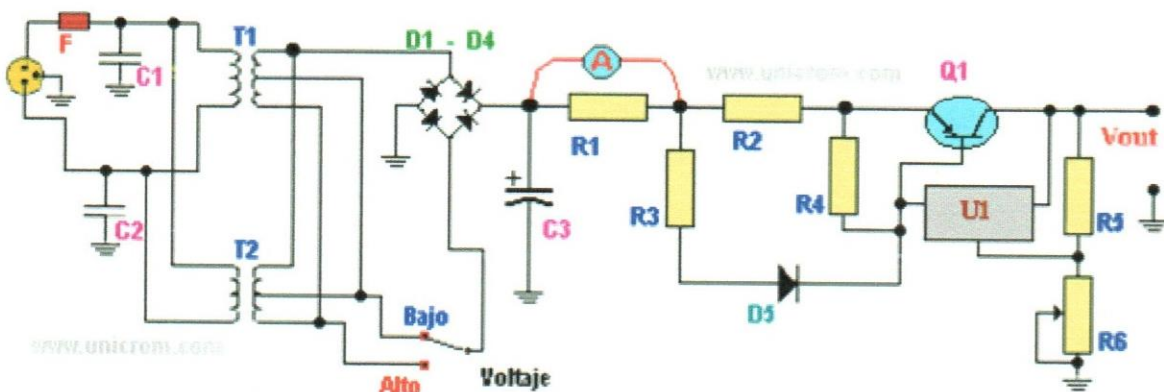
Esta fuente se compone principalmente de un regulador (el LM-317) y un transistor PNP para mejorar la capacidad de entrega de corriente de la fuente.

La operación del circuito se puede entender observando los valores de R2 y R3. La mayoría de la corriente que fluye por el regulador (LM317) pasa a través del diodo D1 y de R3. El diodo tiene una caída de 0.7 V. igual que el voltaje emisor base del transistor (VEB) (Q1). Debido a esto, el voltaje en R2 es igual al voltaje en R3. Ya que $R2 = 0.33 \times R3$, tres veces mas corriente circulará por el transistor que por el regulador. Entonces la capacidad de todo el circuito es 4 veces más grande que si solo estuviera el regulador solo. También la capacidad de limitación de corriente se aplica a todo el circuito.

La resistencia R1 se pone antes del conjunto regulador-transistor de paso para no afectar el voltaje de salida (R1 se utiliza para medir la corriente)

$I = V / R$ como $R = 1\Omega$, entonces $I = V$. Entonces solo se necesita medir el voltaje en los extremos de esta resistencia, pero la lectura del voltímetro la interpretamos como una corriente.

El regulador ofrece la opción de escoger entre un nivel alto y uno bajo de voltaje con ayuda de un interruptor (ver diagrama). Este se utiliza para evitar que en niveles bajos de voltaje el regulador deba de recibir un voltaje muy alto que viene del puente de rectificación (los 4 diodos) y así tener que disipar mucho calor.



Lista de componentes

Circuitos integrados:

1 regulador monolítico variable LM317 K (U1)

Semiconductores:

1 transistor PNP 276-2043 (Q1), 5 diodos comunes rectificadores de 50 Voltios / 25 amperios

Resistencias:

1 de 1 Ω de 1 Watt, 1 de 0.1 Ω de 5 Watts, 1 de 0.33 Ω de 5 Watts, 1 de 10 Ω de 2 Watts, 1 de 220 Ω de 1 Watt, 1 Potenciómetro de 2.5 K Ω / 2 Watts

Condensadores:

2 de 0.01 μ F / 1 KV (1000 voltios), 1 de 3300 μ F / 35 voltios electrolítico

Otros:

2 transformadores de 110 V o 220 Voltios en el primario (según el país donde viva) con secundario de 18 voltios con derivación central y capacidad de entregar de 4 a 5 amperios, 1 estuche para fusible de 1 amperio, 1 interruptor general para el circuito, 1 interruptor de dos posiciones para escoger el nivel de voltaje de salida alto-bajo (ver diagrama) de 2 posiciones.

Fuente dual para tensiones positivas y negativas.

La fuente para tensiones positivas y negativas, se basa en el principio de que una tensión es negativa ó positiva, dependiendo de donde se toma la referencia de la medición. Es decir que el signo de la tensión depende de contra quien se mida, por ejemplo (Figura 31):

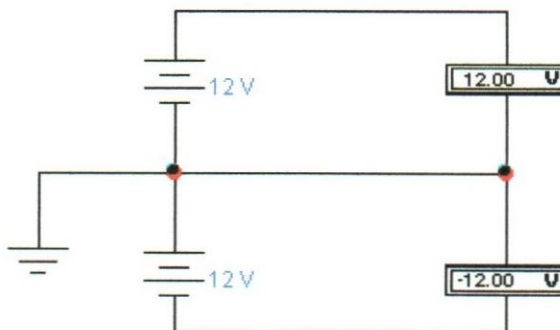


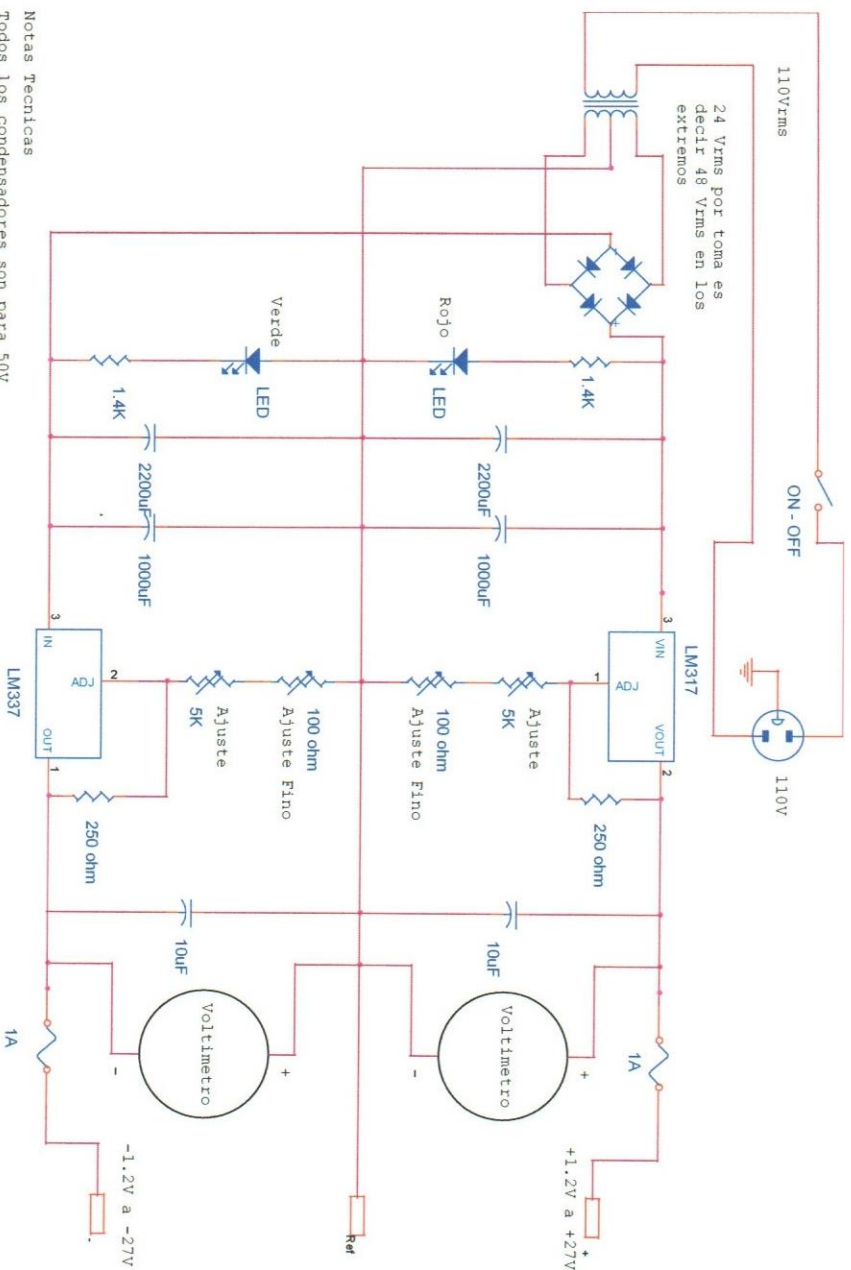
Figura 31: Circuito de conexión de una fuente positiva y otra negativa.

Si observamos vemos que el voltaje V1 nos da una lectura positiva, mientras que el voltaje V2 nos da una lectura negativa, esto debido a que la referencia la estamos tomando entre las dos fuentes. Las fuentes duales así llamadas, son muy útiles ya que muchos circuitos electrónicos deben ser alimentados tanto con tensión positiva como tensión negativa, un ejemplo de ello son los amplificadores operacionales.

Para este diseño de fuente es necesaria la utilización de un transformador de toma central, ya que tomaremos como referencia de cero voltios la toma central del transformador. Es conveniente que el transformador tenga una salida de 24V (RMS) en cada toma y 48V (RMS) entre sus extremos.

Se utilizara un integrador LM337 para la parte de regulación negativa, dicho integrado tiene las mismas características del LM317, pero con la peculiaridad que trabaja con tensiones inversas (Negativas de entrada y salida). El integrado LM337 soporta una corriente de 1A y debe ser colocado con disipador de calor, al igual que el LM317. El voltaje de estrada de ambos circuitos no debe exceder los 40Vdc, si colocamos el transformador de 24V (RMS) tendremos una tensión aproximada de 32.5 Vdc. Claro esta si los condensadores son mayores a 2000 μF .

Si se usa voltímetro analógico se debe tener cuidado al conectar el voltímetro de los fuente negativa, ya que el mismo debe de estar conectado de manera inversa, es decir la Terminal positiva en tierra y la Terminal negativa en la borne de salida de la fuente negativa, de no hacerlo así la aguja deflectara en sentido contrario provocando daños en el voltímetro.



Notas Técnicas

Todos los condensadores son para 50V

El regulador debe de estar colocado a un disipador de calor.

El puente rectificador debe de manejar una corriente de 1.5A

La escala del voltímetro debe de ser de 0V a 30V

La conexión de tierra se realiza al chasis de la estructura.

Las bornas de la fuente deben ser banana hembra.

Fuente Variable Positiva y Negativa			
Title		(Title)	
Size		Document Number	
Custodian		Ing Biagio Cante	
Date		Sunday, October 17, 2004	
Sheet		1 of 1	
Rev		(Rev)	
Code		(Code)	

Fuente simple con indicador digital de tensión a la salida.

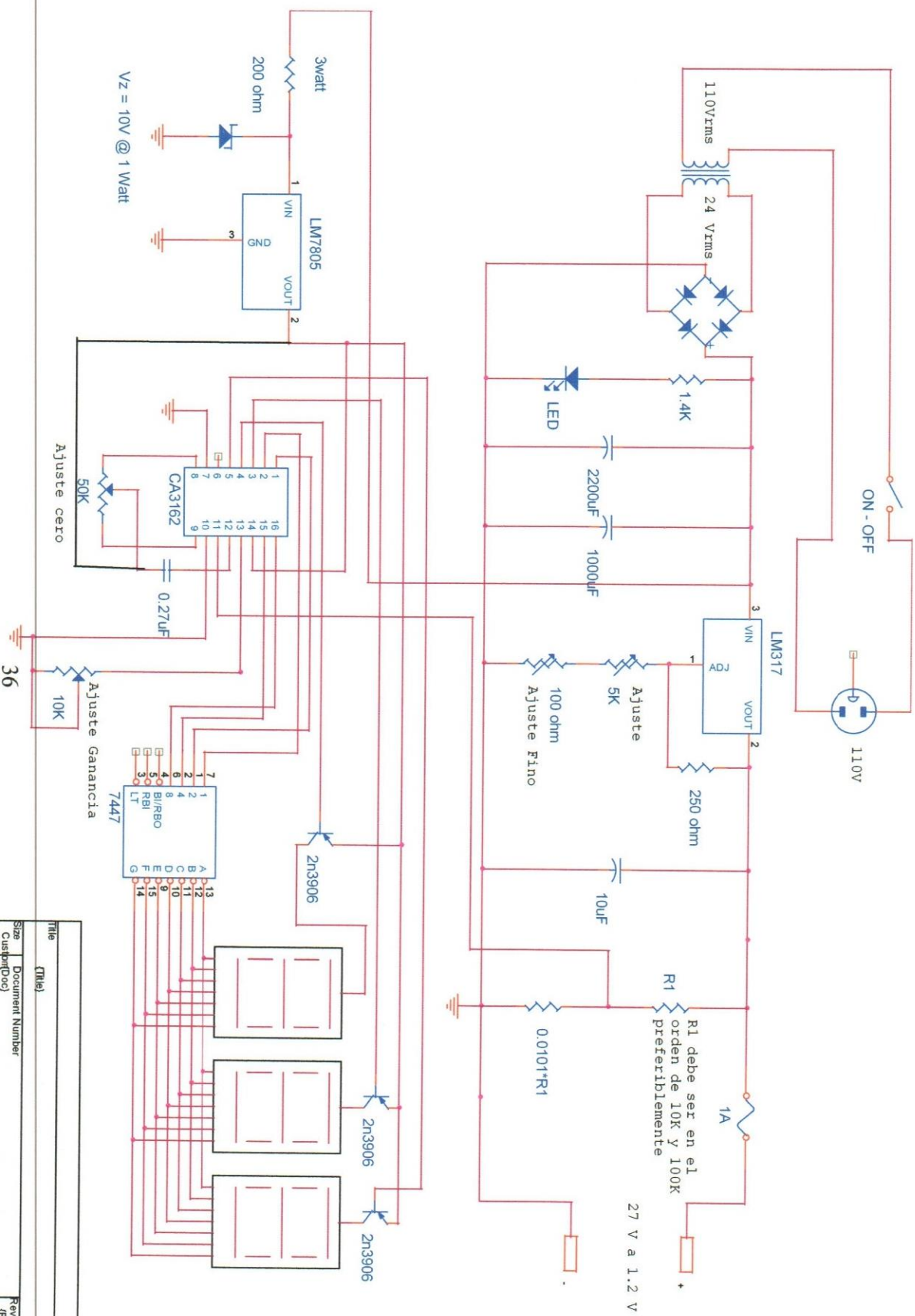
En cuanto al diseño de la fuente es simple con el LM317, pero cabe destacar que esta vez usamos un regulador LM7805 el cual es un regulador fijo de tensión, este regulador soporta a su entrada una tensión máxima de 15V y a la salida da 5V fijos con una corriente máxima de 1A. Claro este previo a el regulador se coloco un circuito estabilizador de tensión con un diodo zener de 10Vdc, esto debido que la salida del circuito filtro se tienen 32.5 Vdc, los cuales dañarían al LM7805. Se calculo una resistencia de 200 ohm (aproximado, puede variar un poco dependiendo de la salida del rectificador) la cual debe ser de no menos de 5W, debido que deberá junto al tener disipar la potencia restante del circuito.

Para la calibración del CA3162 es necesario utilizar un multímetro digital como referencia, en un primer aspecto se deberá de colocar a la entrada del CA3162 una tensión igual a 0V (claro esta desconectando este pin del divisor de tensión que hay a la salida de la fuente) luego se deberá de mover el potenciómetro denominado ajuste cero, hasta que la lectura en los displays sea igual a 000. Si la lectura de los displays no cambia y muestra EEE significa que el voltaje de entrada al CA3162 es superior a 999mV, lo cual será debido a una mala relación en las resistencias del divisor de tensión.

Luego de calibrado el cero se procede a conectar pin de entrada del CA3162 al divisor de tensión y se ajusta a un voltaje (puede ser aleatorio) y si no marca lo mismos que el multímetro, se puede ajustar usando el potenciómetro de ajuste de ganancia.

Es bueno realizar el montaje del indicador digital en una tarjeta independiente ya que así de esta manera será más fácil su ajuste e instalación. Para el decodificador BCD a 7 segmentos se puede utilizar el 7447, ya que el mismo cumplen la misma función que el CA3161, ambos son iguales inclusive en la distribución de los pines.

Cabe destacar que los componentes como el LM317 (también es valido para el LM350K) el LM7805 deben de tener disipador de calor y la resistencia de 200 ohm debe estar colocada en un sitio donde la misma no dañe a otro componente, ya que esta tendrá que disipar cierta cantidad de potencia en forma de calor.



Title		Rev	
(Title)		(RevCode)	
Size	Document Number		
CustPart(Doc)			
Date:	Wednesday, November 23, 2005 8:00 AM		
Sheet 1 of 1			

Aspecto final de la fuente de poder.

Indicador de voltajes de salida digital.

Potenciómetro de Ajuste de voltaie

Potenciómetro de Ajuste de voltaje Fino

Interruptor de encendido

LED indicador de encendido

Bornes de Salida

17/01/2006



LM7805

Vista Frontal

Conector macho para cable de alimentación

Resistencia de 200ohms

Transformador

Fusible

Condensadores

Potenciómetro de Ajuste para el CA3162

CA3162

7447

Displays 7 Segmentos

Puente Rectificador

LM317



10/01/2006

Vista Interior.