

ELECTRONICA APLICADA I

Prof. Tit. Ing. Fernando Cagnolo

Prof. Adj. Dr Ing. Guillermo Riva

Fuentes de Alimentación.

- Introducción.
- Diagrama en bloques.
- Transformador.
- Llave selectora.
- Rectificador.
- Filtro.
- Ensayos y mediciones en la fuente no regulada.
- Regulador.
- Fuente auxiliar.
- Ensayos y mediciones en la salida regulada.
- Bibliografía

ELECTRONICA APLICADA I

Prof. Tit. Ing. Fernando Cagnolo

Prof. Adj. Dr Ing. Guillermo Riva

Fuentes de Alimentación.

Vista de frente



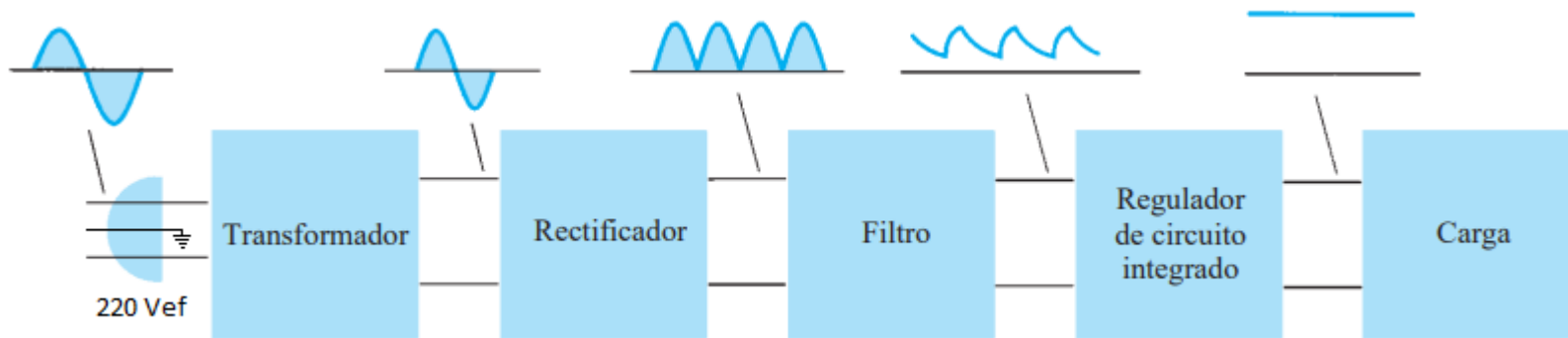
Vista interior



Introducción.

Todo equipo electrónico y los circuitos que estudiaremos necesitan para su funcionamiento una fuente de corriente continua que los alimente. Por ello consideramos de mucha importancia disponer de la misma y también como una buena experiencia practica su construcción. Existen fuentes lineales y conmutadas en nuestro caso nos enfocamos en las primeras.

A continuación presentamos un diagrama en bloques de como esta conformada y en las filminas siguientes iremos describiendo cada uno de ellos.

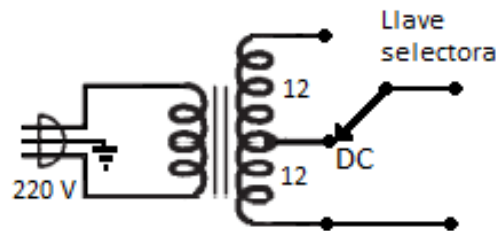


Transformador

El transformador tiene dos funciones:

1. Aislar galvánicamente de la línea de 220 V 50 Hz a la fuente, ya que primario y secundario están acoplados magnéticamente.
2. Reducir la tensión de 220 V a 12/24 V o el valor que sea necesario según las necesidades de la fuente a construir.

El símbolo de un transformador es el siguiente:



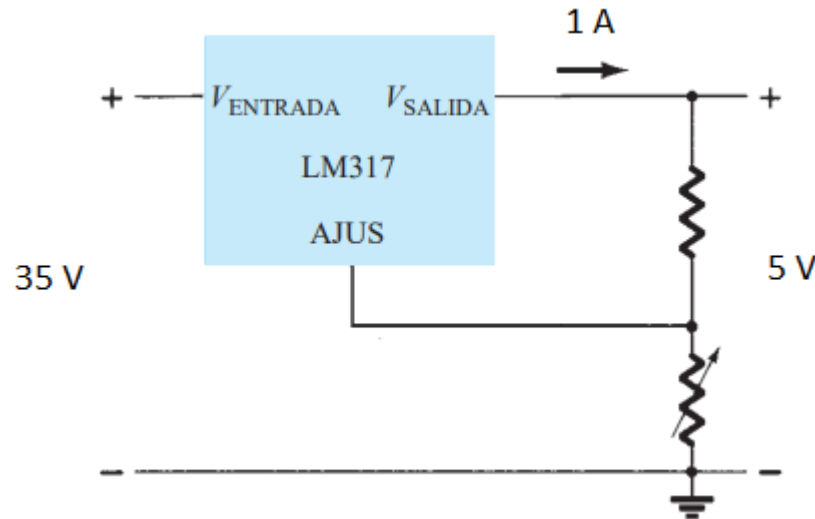
DC: Derivación central

Especificaciones; 12+12 V x 3 A

Esto significa que para una rectificación de onda completa con punto medio se extrae 1,5 A por rama.

Llave selectora.

La necesidad de la llave selectora se justifica con el siguiente ejemplo:



La potencia disipada por el regulador LM317 viene dada por:

$$P_{Disipada-LM317} = (V_{ENTRADA} - V_{SALIDA}) \times I = (35 - 5) \times 1 = 30 \text{ W}$$

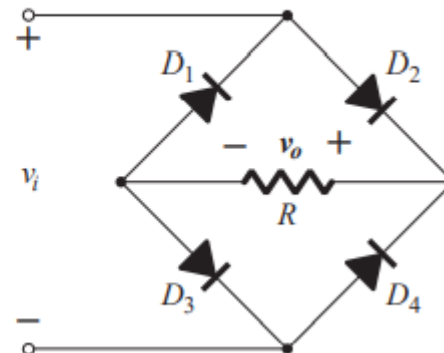
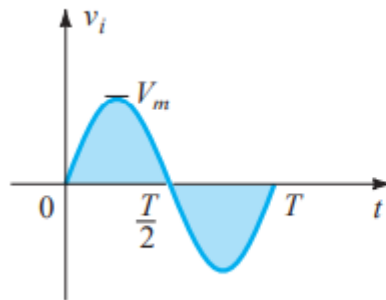
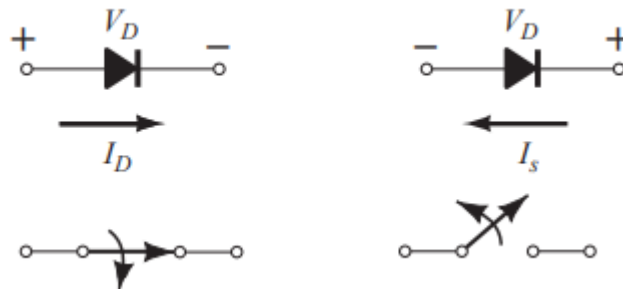
El LM317 encapsulado TO-220 puede disipar 15 W, por lo que estamos excediendo la máxima potencia que puede disipar.

En este caso hay que extraer la tensión de la derivación central.

Cabe mencionar el LM317 encapsulado TO-3 puede disipar 20 W.

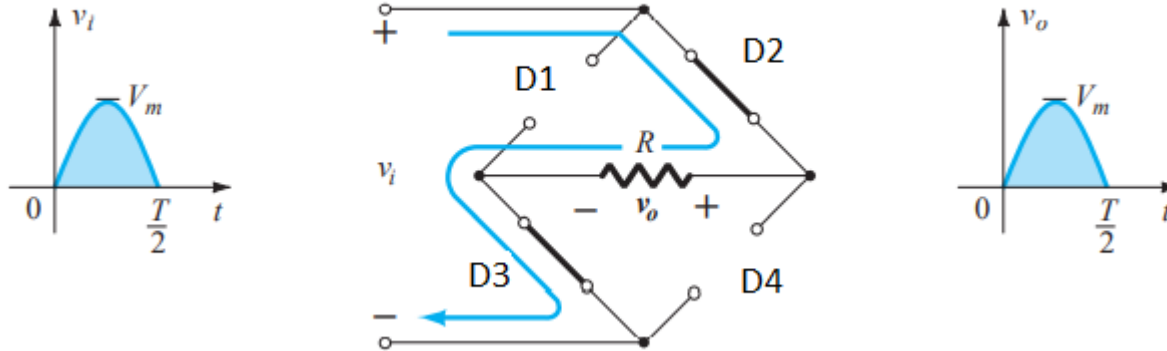
Rectificador.

- La función del rectificador es convertir la tensión alterna en una continua pulsante, el circuito siguiente realiza esa función y se lo conoce como puente de diodos, previamente vemos el comportamiento de un diodo individual.

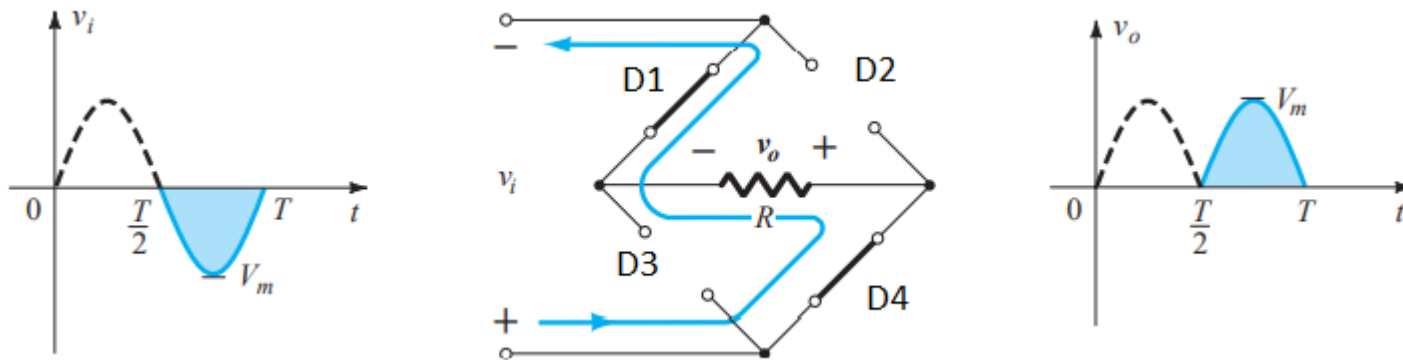


Rectificador.

Para el semiciclo positivo conducen D2 y D3 a través de la carga R

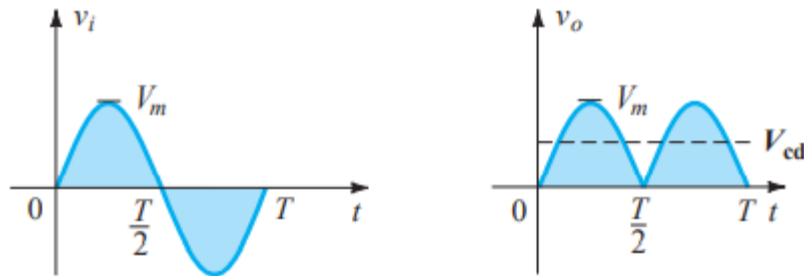


Para el semiciclo negativo conducen D4 y D1 a través de la carga R



Rectificador.

El resultado final se puede apreciar en el siguiente esquema.



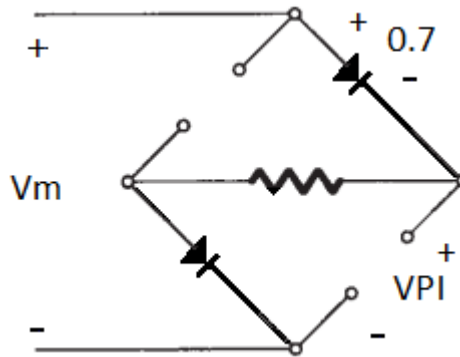
V_{cd} : Es el valor medio de voltaje que se obtendría midiendo con un multímetro en voltaje de corriente continua.

V_m : Valor pico.

Nota: La frecuencia de la onda pulsante de salida es el doble de la señal de entrada o sea 100 Hz.

Rectificador.

Voltaje de pico inverso en los diodos-VPI



V_m : Voltaje pico de la onda senoidal de entrada.

Aplicando la ley de Kirchhoff de voltaje en la malla externa:

$$V_m - 0.7 - V_{PI} = 0 \quad \Rightarrow \quad V_{PI} = V_m - 0.7$$

Rectificador.

Especificaciones de los diodos:

La corriente máxima que entregara la fuente es de 1.5 A, por lo que circularían 0,75 A por cada rama del puente de diodos.

Seleccionando diodos de 1 A tendríamos un margen de 0.25 A, pero sucede que el regulador LM317 es de 1.5 A pero puede suministrar durante un periodo corto de tiempo hasta 2.1 A, luego actúa la protección de sobrecorriente, lo que hace que superemos por un pequeño margen el limite de corriente de los diodos de la serie 1N4001 -1N4007.

Como diodos de 2 A no se fabrican elegimos diodos de 3 A de la serie 1N5400 -1N5408.

Filtro.

La onda pulsante a la salida del rectificador no es apta para alimentar equipos electrónicos por ello se le agrega un capacitor de filtro para alizarla, la formula para calcular el mismo es:

$$C = \frac{I_L}{2 \times f_{salida} \times \Delta V}$$

C : *Valor del capacitor*

ΔV : *Voltaje pico a pico de riple*

I_L : *Corriente de carga*

f_{salida} : *Frecuencia de la onda de salida*

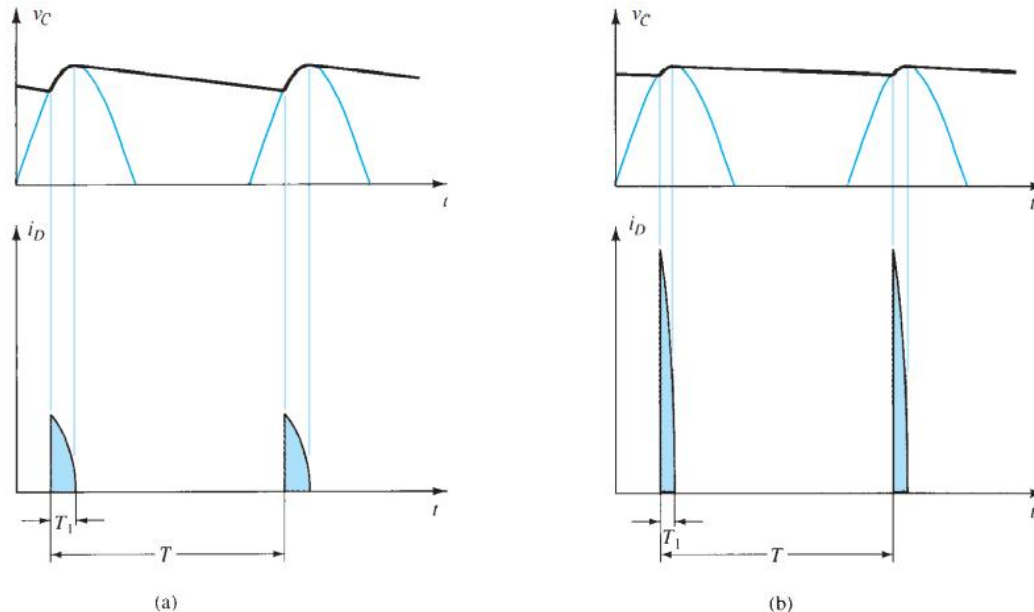
La formula para el cálculo de C es extraída del libro Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales de Coughlin -Driscoll.

Aclaración: Esta ecuación predice muy bien el riple que se mide experimentalmente y no coincide con la formula que deducen en la mayoría de los libros que resulta en un capacitor del doble de valor.

Filtro.

Corriente Pico en los diodos.

Si aumentamos la capacidad del filtro disminuye la amplitud del ripple y aumenta el voltaje promedio, pero esto afecta la corriente pico de los diodos como se puede observar en la grafica.

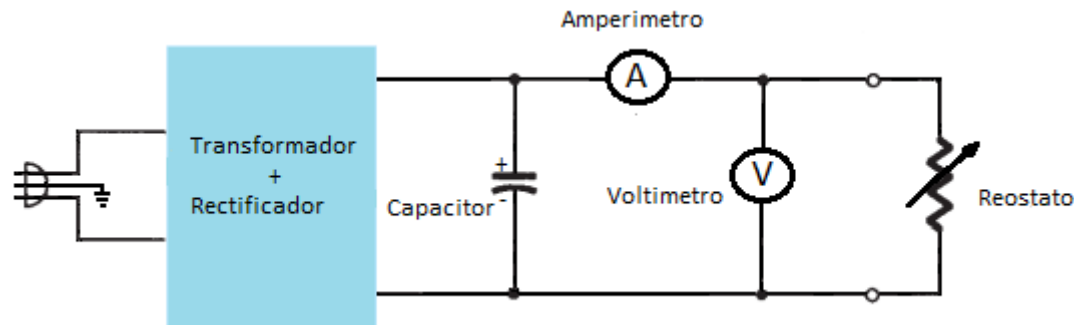


Formas de onda del voltaje de salida y de la corriente del diodo: (a) C pequeño; (b) C grande.

Ensayos en fuente no regulada.

Resistencia Interna

Si a la salida del capacitor le conectamos una carga(reóstato), un amperímetro y voltímetro como se observa en el diagrama siguiente.

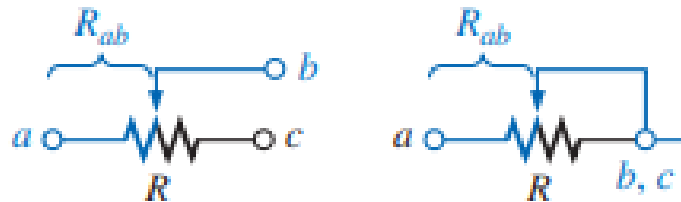


Luego comenzamos a incrementar la carga(disminuir el valor de la resistencia del reostato) y vamos registrando los valores de tensión y corriente para luego graficarlos.

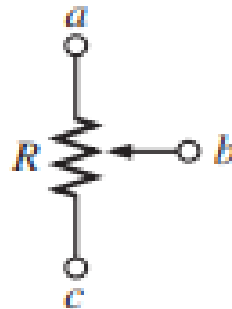
Aclaración: verificar que el amperímetro y el voltímetro estén en escalas de corriente continua.

Ensayos en fuente no regulada.

Reóstato: Los resistores variables tienen tres terminales dos fijas y una móvil. Si se hace contacto solo en dos de ellas el resistor variable en este modo de uso se llama reóstato(nuestro caso).



Potenciómetro: Si se emplean los tres contactos en un circuito, al resistor se le llama potenciómetro. Estos se usan como divisores de voltaje variables.



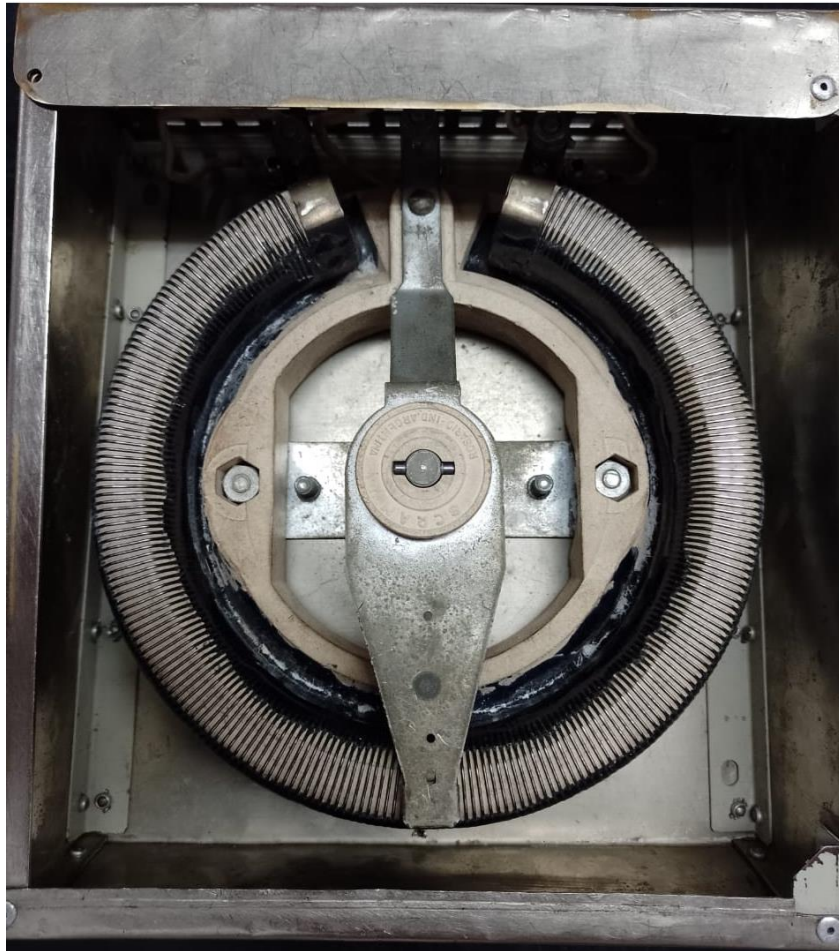
Ensayos en fuente no regulada.

Reostato: Vista de frente



Ensayos en fuente no regulada.

Reóstato: Vista interior



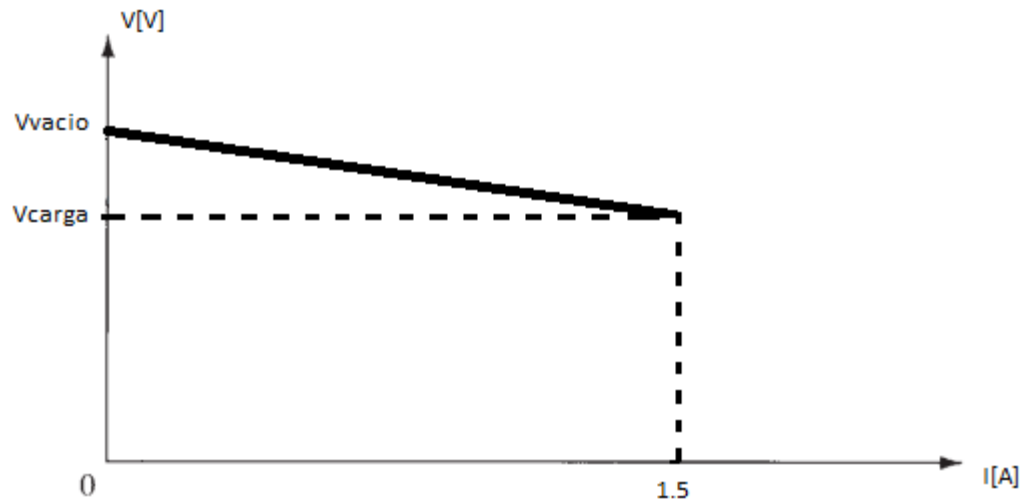
Ensayos en fuente no regulada.

Reóstato: Especificaciones



Ensayos en fuente no regulada.

El primer valor $V_{\text{vacío}}$ es con la carga desconectada y luego se conecta la carga y se toman valores intermedios hasta llegar a la corriente máxima que puede entregar la fuente.

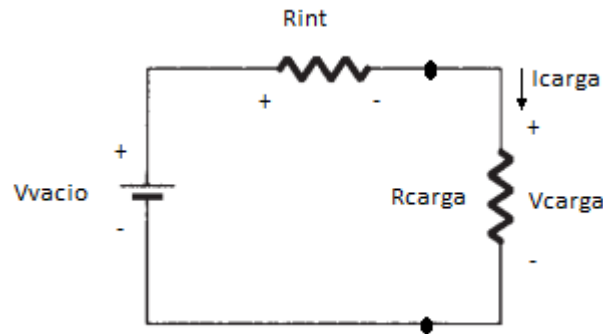


A partir de los valores registrados podemos calcular el valor de la resistencia interna equivalente.

$$R_{\text{int}} = \frac{V_{\text{vacío}} - V_{\text{carga}}}{I_{\text{max}}}$$

Ensayos en fuente no regulada.

Podemos representar la fuente no regulada por el siguiente circuito equivalente



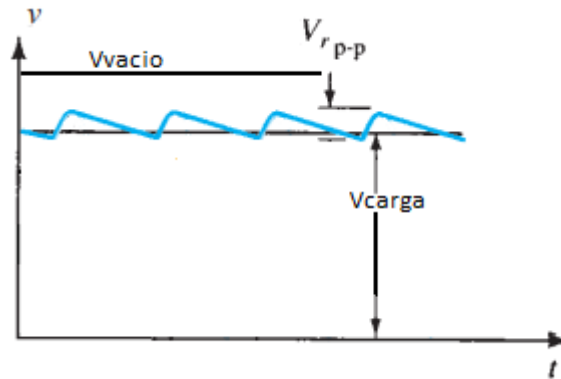
$$V_{carga} = V_{vacío} - I_{carga} \times R_{int}$$

Conclusión 1: Una fuente de alimentación no regulada no se la puede usar para alimentar un equipo electrónico porque a medida que aumenta la carga (I_{carga}) la tensión disminuye.

Aclaración: Pueden encontrarse equipos que funcionan con fuentes no reguladas.

Ensayos en fuente no regulada.

También se puede observar en el siguiente grafico de la tensión en función del tiempo(lo que se observaría en el osciloscopio) que además de disminuir la tensión(V_{carga}) aparece un riple($V_{r\ p-p}$) que va en aumento su amplitud a medida que la cargamos.



Conclusión 2: Una fuente de alimentación no regulada no se la puede usar para alimentar un equipo electrónico porque el riple montado en la componente de continua no es tolerada por estos.

Aclaración: Pueden encontrarse equipos que funcionan con fuentes no reguladas.

Ensayos en fuente no regulada.

Regulación de Voltaje

Es una medida del comportamiento de una fuente de voltaje de como mantiene el voltaje constante entre las condiciones sin carga y con carga máxima.

Se define como:

$$RV = \frac{V_{vacío} - V_{carga}}{V_{carga}} \times 100 \%$$

Factor de riple

Es un indicador de la efectividad del filtro y se define como:

$$FR = \frac{V_{eficaz-riple}}{V_{carga}} \times 100 \%$$

Ensayos en fuente no regulada.

Aclaración: El $V_{\text{eficaz-riple}}$ se mide en escala de voltaje de corriente alterna con el multímetro y debe ser un instrumento que mida valor verdadero eficaz.

Los multímetros que no dicen True RMS en sus especificaciones son solo aptos para medir senoidales puras, en este caso la componente de riple esta conformada inicialmente por una parte de la señal senoidal y otra de una exponencial decreciente.

No obstante se puede realizar la medición con un instrumento común pero sabiendo que se esta cometiendo un cierto error.

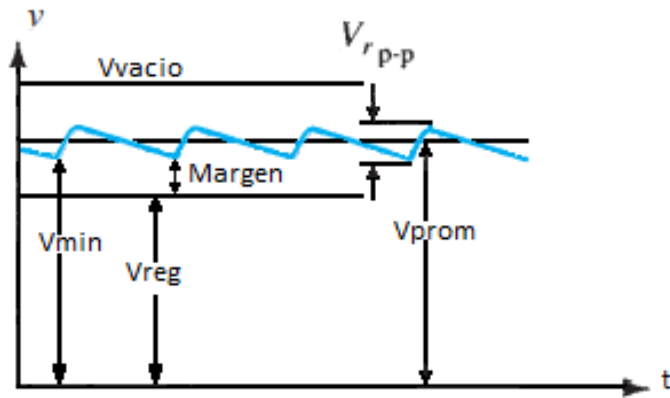
Normalmente esta medición se realiza en el laboratorio de la Facultad con el osciloscopio digital que mide valor verdadero eficaz, además del resto de las otras mediciones que detallamos:

Voltaje en continua, frecuencia, periodo, voltaje pico a pico de riple y también se puede medir en función de la frecuencia determinando el valor de la componente de continua y el valor de las armónicas.

Regulador.

La función del regulador de tensión es mantener constante la tensión de salida a pesar de las fluctuaciones de la corriente en la carga y de la tensión de línea.

Por otra parte atenúa el ripple en el orden de unas 1000 veces, por ejemplo si tenemos 3 V de ripple a la entrada del regulador a la salida quedarán 3 mV. Antes de comenzar con el análisis del regulador veamos algunas definiciones a partir de la grafica. Condición del ensayo es a máxima carga(1.5 A).



$\Delta v = V_{r_{p-p}}$: Voltaje pico a pico del ripple

V_{prom} : Voltaje promedio

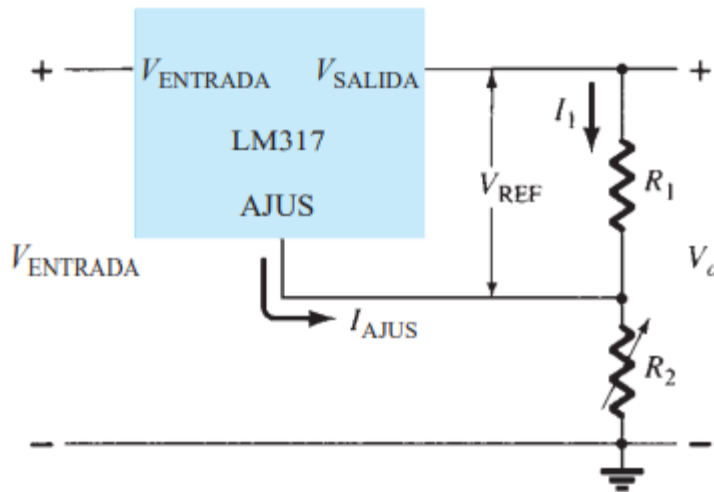
V_{min} : Voltaje minimo

V_{reg} : Voltaje regulado

Margen : 3 V para LM317

Regulador.

En la figura siguiente podemos observar las conexiones de un regulador LM317(1.2 a 37 V) y algunas especificaciones sacadas de las hojas de datos.



$$V_{REF} = 1,25 \text{ V} \quad I_1 = I_{REF} = \frac{V_{REF}}{R_1} = \frac{1,25}{R_1}$$

$$\theta_{JC} = 3 \text{ W}/^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{Juntura-maxima}} = 125^{\circ}\text{C}$$

$$I_{AJUS} = 50 \mu\text{A} \quad I_{\text{max}} = 1,5 \text{ A}$$

$$V_{\text{diferencial-máxima}} = V_{ENTRADA} - V_{SALIDA} = 40 \text{ V}$$

LM 317 encapsulado TO-220 disipa 15 W.

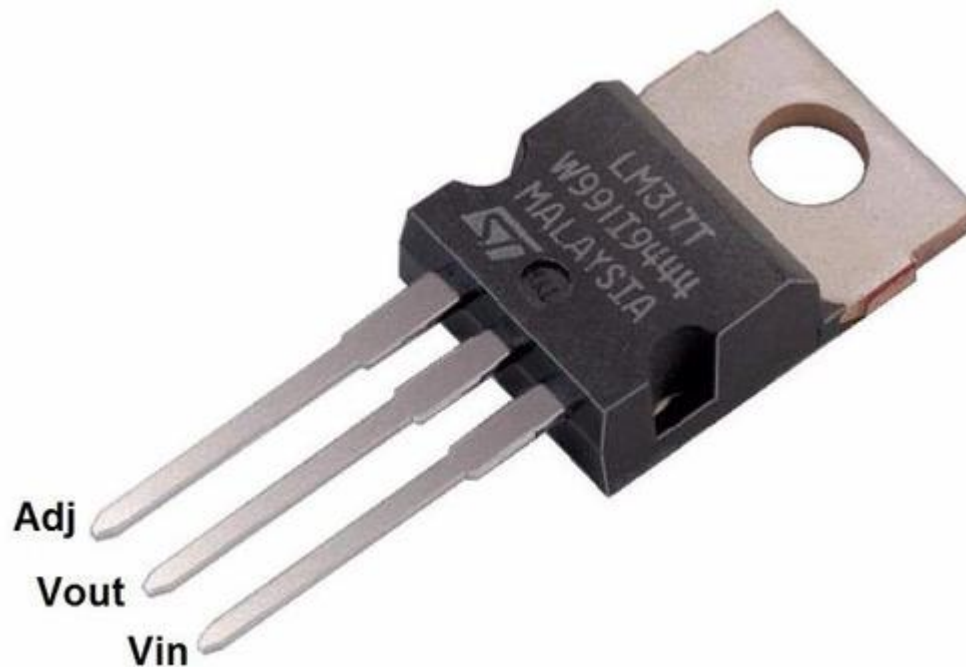
LM 317 encapsulado TO-3 disipa 20 W.

LM350 3 A - LM330 5 A

LM317HV 1.1 a 57 V - Vdiferencial= 60 V

Regulador.

LM 317 encapsulado TO-220 disipa 15 W.



Regulador.

LM 317 encapsulado TO-3 disipa 20 W (Indestructibles ej: Fuentes del Laboratorio Central).



Regulador.

Protecciones internas del regulador LM317

- **De sobrecorriente**, significa que si se supera el limite permisible de corriente de salida actúa la protección interna evitando el daño del mismo.
- **De sobretemperatura**, si las dimensiones del disipador no son acordes para evacuar el calor que se genera debido a la disipación de potencia se eleva la temperatura de la juntura sobrepasando el limite permisible actuando la protección interna.
- **Área de operación segura de potencia del transistor de salida**, si bien no podemos estar excediendo el limite de corriente pero es tal la magnitud del voltaje entre la entrada y la salida que superamos la potencia máxima permisible que puede disipar el regulador y actúa en este caso también la protección interna.

Aclaración: En todos estos casos que actúa la protección interna sacando al regulador de funcionamiento, ni bien cesa la condición indeseable el regulador restablece su funcionamiento.

Regulador.

Ecuación del voltaje de salida

$$V_{Salida} = V_O = I_1 \times R_1 + (I_1 + I_{AJUS}) \times R_2 = I_1 \times R_1 + I_1 \times R_2 + I_{AJUS} \times R_2$$

$$V_{Salida} = V_O = I_1(R_1 + R_2) + I_{AJUS} \times R_2 = \frac{1.25}{R_1}(R_1 + R_2) + \underbrace{I_{AJUS} \times R_2}_{50\mu A \times 5k = 0.25\text{ V}}$$

Despreciando el ultimo termino la ecuación nos queda

$$V_{Salida} = V_O = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

R_2 : Potenciometro ($0 \leq R_2 \leq 5000$)

Cuando $R_2 = 0$

$$V_{Salida} = V_O = 1.25 \left(1 + \frac{0}{R_1} \right) = 1.25\text{ V}$$

Por lo que el valor mínimo que podemos obtener en esta fuente es 1,25 V.

Fuente auxiliar.

En ciertos casos es importante que la fuente parta de 0 Volts para por ejemplo relevar la curva de un diodo, en la placa propuesta cuenta con un circuito para contrarrestar esa tensión inicial de 1.25 V, solo nos falta una tensión que sea independiente de la principal para ello tenemos dos opciones:

1. Realizar una bobina auxiliar al transformador de la fuente.

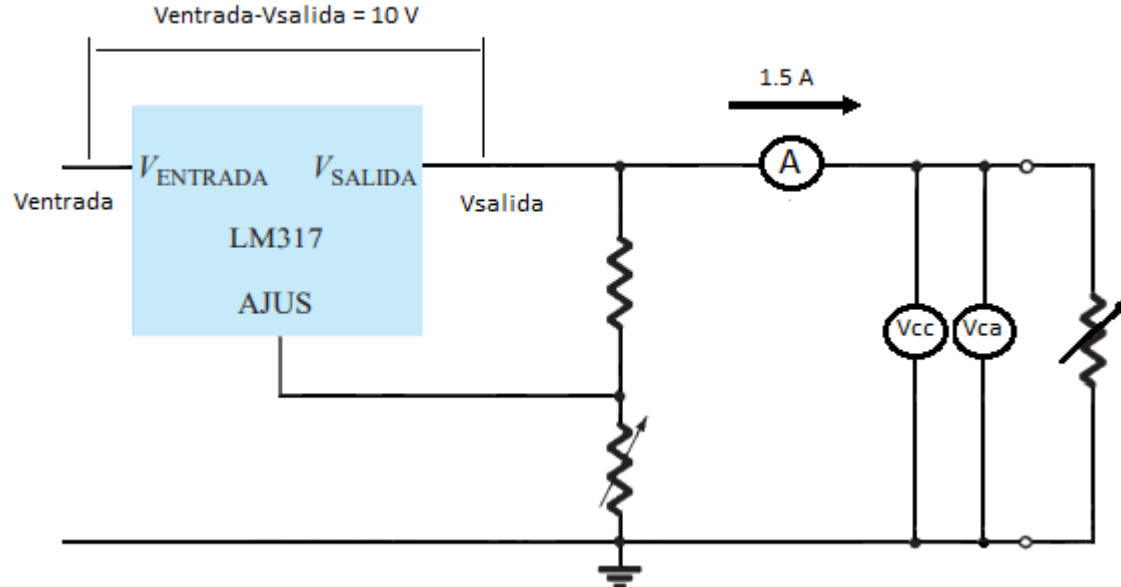
Procedimiento: En la ranura donde esta alojado el secundario y si el lugar lo permite se realiza una espira y se mide la tensión. Luego de acuerdo a la tensión que se quiere obtener se calculan las espiras necesarias.(ver apunte)

2. Utilizar una fuente de celular en desuso. Esta es la solución mas simple, hay que conectar la alimentación de línea en paralelo con la de la fuente principal y la salida de corriente continua a la bornera de entrada de la fuente auxiliar en la plaquita. Se puede conectar de cualquier manera(+ y -) ya que hay un puente rectificador a la entrada.

Ensayos en la salida regulada.

El ensayo final de la fuente regulada se lo va a realizar imponiéndole las condiciones mas severa en que puede funcionar el regulador y que detallamos a continuación.

$$P_{Disipada-LM317} = (V_{Entrada} - V_{Salida}) \times I = 10 \times 1.5 = 15 \text{ W}$$



Ensayos en la salida regulada.

Regulación de voltaje

Es una medida del comportamiento de una fuente de voltaje de como mantiene el voltaje constante entre las condiciones sin carga y con carga máxima.

Se define como:

$$RV = \frac{V_{vacio} - V_{carga}}{V_{carga}} \times 100 \%$$

Factor de riple

Es un indicador de la efectividad del filtro y se define como:

$$FR = \frac{V_{eficas-riple}}{V_{carga}} \times 100 \%$$

Ensayos en la salida regulada.

Calculo de la temperatura de la juntura

La disipación de potencia en el regulador(juntura del transistor de potencia) hace que se eleve la temperatura del mismo, esta tiene un limite que viene dada en la hoja de datos como así también la resistencia térmica juntura carcasa.

El problema térmico se lo puede resolver aplicando una analogía termo-eléctrica de la ley de Ohms donde se sustituye :

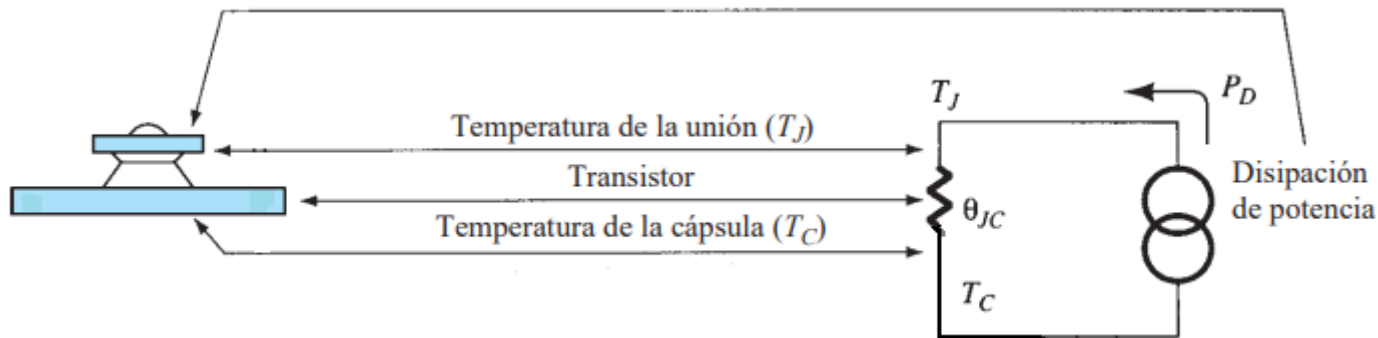
La corriente por la potencia disipada

La tensión por la temperatura

La resistencia eléctrica por la resistencia térmica

Ensayos en la salida regulada.

En la siguiente figura vemos el dispositivo físico y su circuito equivalente



$$T_J - T_C = \theta_{JC} \times P_D \quad \Rightarrow \quad T_J = \theta_{JC} \times P_D + T_C$$

Con un multímetro con termocupla se mide la temperatura de la cápsula el resto de los datos son conocidos, por lo que se calcula y verifica si no sobrepasa el limite de temperatura permisible.

Bibliografía

- **Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales.** Driscoll - Coughlin
- **Dispositivos Electrónicos.** Thomas L. Floyd.
- **Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos.**
- Robert L. Boylestad - Louis Nashelsky.