

Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de

Componentes electrónicos

5º ELEC

**Electrónica
Lineal**

Cód- 21503-15

Ing. Claudia Pendino
Adsc. Gabriel Roldán



Dpto. de Electrotécnia

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



Capítulo 2

Componentes Electrónicos

2.1 Definiciones

Semiconductores:

Un semiconductor es un elemento con valencia 4, lo que quiere decir que un átomo aislado de semiconductor tiene 4 electrones en su órbita exterior o de valencia. Los conductores poseen un electrón de valencia, los semiconductores tienen 4 y los aislantes 8 electrones de valencia.

El silicio tiene 4 electrones en la órbita exterior o de valencia, por esta razón el silicio es un semiconductor y es el más ampliamente utilizado.

Dopado de un semiconductor:

Una forma de aumentar la conductividad de un semiconductor es mediante el dopado. El dopado supone que deliberadamente se añadan átomos de impurezas a un cristal intrínseco para aumentar su conductividad eléctrica. Un semiconductor dopado se llama semiconductor extrínseco.

Un semiconductor se puede dopar para que tenga un exceso de electrones libres o un exceso de huecos. Debido a ello, existen dos tipos de semiconductores dopados.

Semiconductor Silicio tipo "P":

Este semiconductor se obtiene luego de un proceso de 'dopado', sustituyéndole algunos átomos por otros con menos electrones de valencia, normalmente trivalentes (tienen 3 electrones en su capa de valencia), para aumentar el número de portadores de cargas libres (en este caso positivos: "Huecos").

Semiconductor Silicio tipo "N":

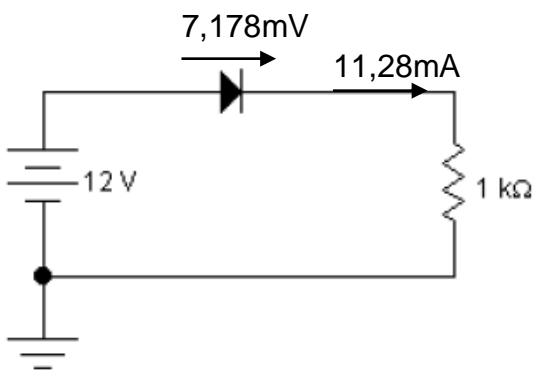
Este semiconductor se obtiene llevando a cabo un proceso de 'dopado' (similar al de tipo "P") añadiendo un cierto tipo de elemento, normalmente pentavalente (tienen 5 electrones en su capa de valencia), al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso, negativos: electrones libres).

La separación o frontera física entre un semiconductor tipo "N" y uno tipo "P" se llama unión PN. La unión PN tiene propiedades tan útiles, entre las que se encuentran los diodos, los transistores y los circuitos integrados. Conocer la unión PN permite entender toda clase de dispositivos fabricados con semiconductores.

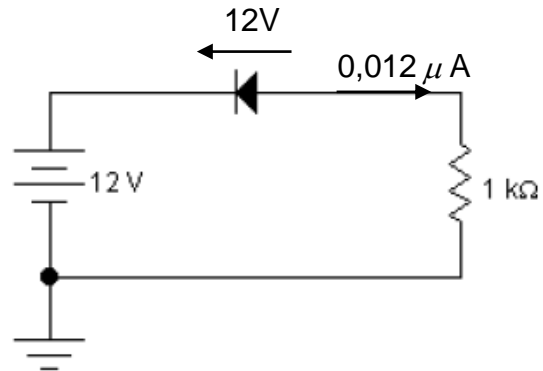
2.2 Diodo

Características generales

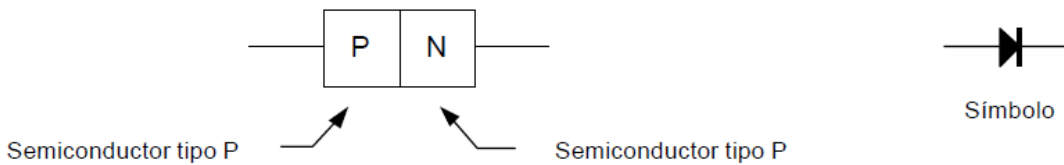
Un diodo es un dipolo cuya característica principal es la de permitir la circulación de corriente en un sentido (directo) e impedirla en sentido contrario (inverso).



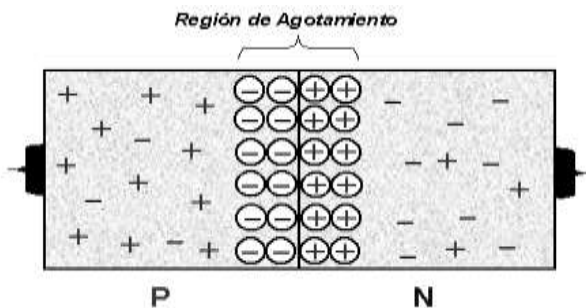
Diodo polarizado en sentido directo



Diodo polarizado en sentido inverso



Se construye mediante la unión de dos partes de material semiconductor (en general silicio) de naturalezas P (positivo) y N (negativo) según su composición a nivel atómico



Región de agotamiento:

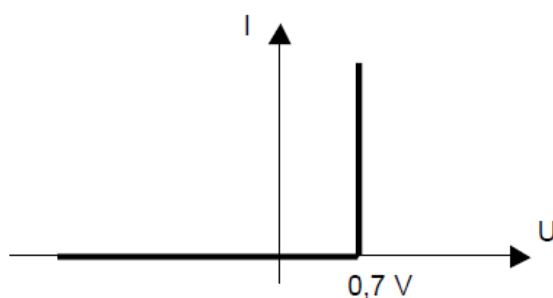
Al unir ambos semiconductores, se manifiesta una difusión de electrones del cristal n al p. Al establecerse estas corrientes aparecen cargas fijas en una zona a ambos lados de la unión, zona que recibe diferentes denominaciones como **barrera interna de potencial, zona de carga espacial, de agotamiento o empobrecimiento**, etc.



La acumulación de iones positivos en la zona n y de iones negativos en la zona p, crea un campo eléctrico: equivalente a decir que aparece una diferencia de tensión entre las zonas p y n. Esta diferencia de potencial (V_0) es distinta según el material:

Germanio:	0,3V
Silicio:	0,7V
Arseniuro de Galio:	1,5V

Característica V-A:



Su característica V-A muestra su no conducción en sentido inverso y su conducción, a partir los 0,7 V (silicio), llamada tensión umbral, en sentido directo.

En realidad, un diodo real permitirá circular una pequeña corriente en sentido inverso, llamada corriente de fuga, y presentará, en el sentido directo, luego de superar la tensión umbral, una pendiente debido a una pequeña resistencia interna.

Las principales características de un diodo para propósitos generales pueden observarse en la hoja de datos que se adjunta al final del apunte.

2.2.1 LED

La palabra española LED proviene de las siglas del inglés '*Light Emitting Diode*' que en español significa 'Diodo Emisor de Luz'.

Después de que un electrón ha saltado una órbita mayor, puede regresar a su nivel de energía inicial. Si lo hace, devolverá la energía sobrante en forma de luz, calor u otro tipo de radiación. La energía perdida por un electrón al regresar a la órbita inicial es igual a la cantidad de energía emitida por el átomo. Como los niveles de energía son diferentes para cada elemento, el color de la luz emitida depende del material con el que se este trabajando.

El principio del funcionamiento del LED se basa en los niveles de energía. En este tipo de dispositivos, la tensión aplicada excita a los electrones a los niveles de energía mas altos. Cuando estos regresan a sus niveles de energía originales emiten luz. Según el material empleado, la luz puede ser roja, verde, naranja, azul, etc.



Símbolo del LED

La tensión umbral de los LED's varía según la luz que emita este. En el caso del LED de color rojo la tensión umbral es de aprox. 2V y para obtener un brillo óptimo debe circular una corriente de 10mA.

2.3 Rectificación

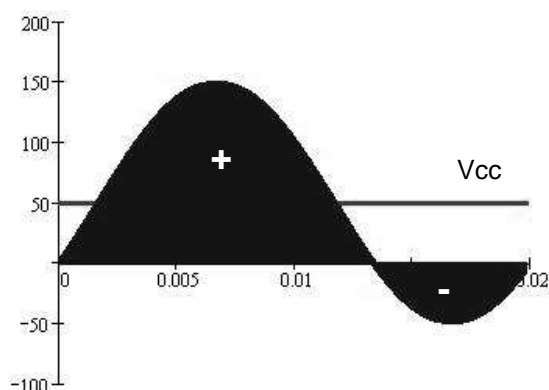
La principal función de los diodos es la rectificación: convertir corriente alterna en corriente continua.

2.3.1 Algunas definiciones:

Valores característicos para magnitudes no constantes

Componente de Continua

Es un valor constante que transporta la misma cantidad de carga que la tensión o corriente original. Se deberá considerar el sentido en que circula, pudiendo ser la cantidad neta igual a cero.

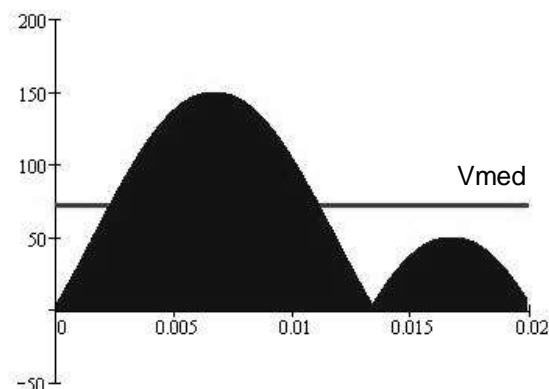


$$V_{cc} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T v(t) \cdot dt$$

La integral entre 0 y T representa el área encerrada por la función y el eje de tiempo. La componente de continua será entonces un valor constante que encierra la misma superficie que la función original. Las zonas por debajo del eje de tiempo deben ser consideradas negativas. Es el valor que indicaría un instrumento en DC.

Valor medio

Es un valor constante que transporta la misma cantidad de carga que la tensión o corriente original, sin importar el sentido en que circula.



$$V_{med} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T |v(t)| \cdot dt$$

Es el mismo concepto anterior pero aplicado al valor absoluto de la función. Es equivalente a rectificar onda completa la señal. En DC es igual a la componente de continua.

Multiplicado por 1,11 suele ser el valor que indican los multímetros en AC (salvo que indiquen valor eficaz verdadero).



Valor eficaz

Es un valor constante que produce sobre una resistencia el mismo efecto energético que la tensión o corriente original.

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (v(t))^2 \cdot dt}$$

Este cálculo es equivalente a elevar la función al cuadrado, obtener su valor medio y luego tomar raíz cuadrada de esto. Es por esto que también es llamado valor RMS (iniciales del inglés).

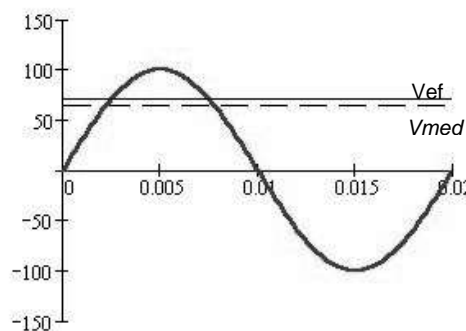
Factor de forma

$$\zeta = \frac{V_{ef}}{V_{med}}$$

Caracteriza la forma de la onda y resulta independiente de la frecuencia o del valor máximo.

Ejemplo

Sinusoide



$$V_{cc} = 0$$

$$V_{med} = \frac{2 \cdot V_{max}}{\pi}$$

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\zeta = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}} = 1,111$$

2.3.2 Fuentes de alimentación

En muchos casos interesa alimentar un circuito desde la red de distribución domiciliar que, como sabemos ofrece 220V de tensión alterna monofásica a 50Hz.

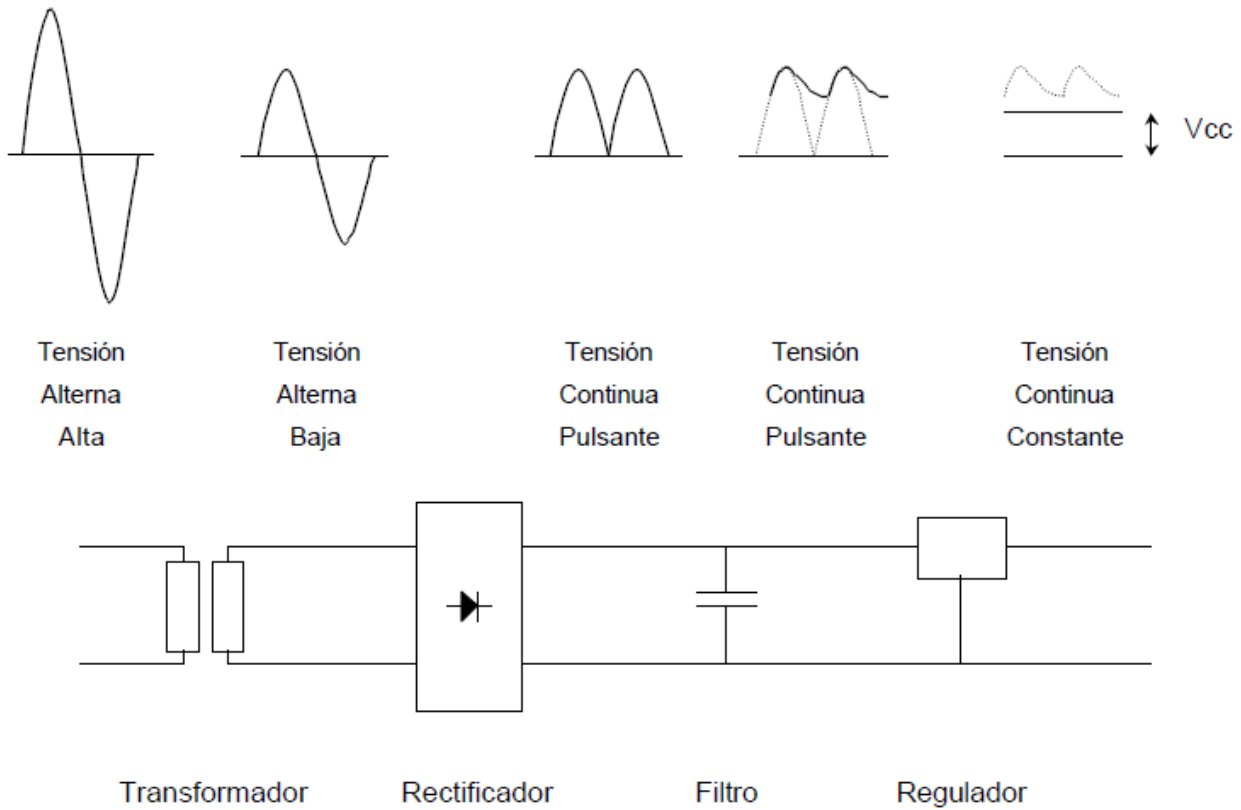
En CA siempre nos referimos a **valores eficaces** de tensión o de corriente, a menos que se especifique lo contrario.

La mayoría de los circuitos electrónicos trabajan con bajos valores de tensión continua para ello es necesario "rectificar" la corriente.

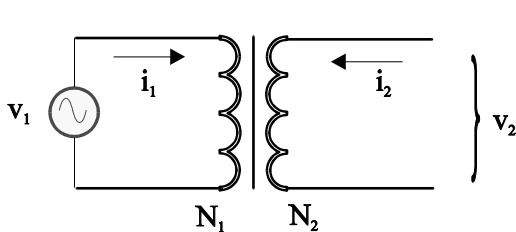
El circuito encargado de realizar la rectificación de la corriente se llama **fuentes de alimentación**. Este circuito consta normalmente de tres etapas: transformador, rectificador y filtro.

Electrónica Lineal

Un esquema del proceso de rectificación de la fuente de alimentación puede verse a continuación:



Transformadores



El transformador es considerado una **máquina eléctrica** a pesar de no tener partes móviles.

El objetivo fundamental de un transformador es transferir energía eléctrica de un bobinado llamado primario a otro bobinado llamado secundario.

En esa transformación puede alterarse el voltaje, ya sea para elevarlo como para reducirlo.

Los transformadores sólo trabajan en CA.



La relación entre voltajes se denomina **relación de transformación** (a)

$$a = V_2 / V_1$$

y por motivos que no analizaremos aquí resulta igual a la relación entre espiras de cada bobinado:

$$a = N_2 / N_1$$

Los transformadores son máquinas de muy alto rendimiento, si bien parte de la energía se pierde en forma de calor.

Para un estudio aproximado podemos considerar que la potencia del primario es igual a la potencia del secundario.

Entonces:

$$I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

Lo que permite calcular la corriente primaria, una vez conocida la corriente secundaria. Obviamente ésta última dependerá de la carga. Un transformador sin carga (en "vacío") no consume corriente.

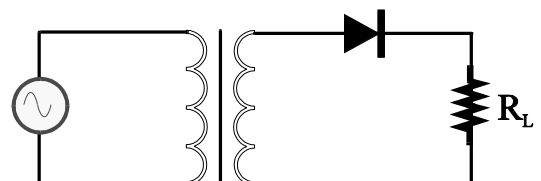
Rectificadores

Existen distintos tipos de rectificadores que mostraremos a continuación:

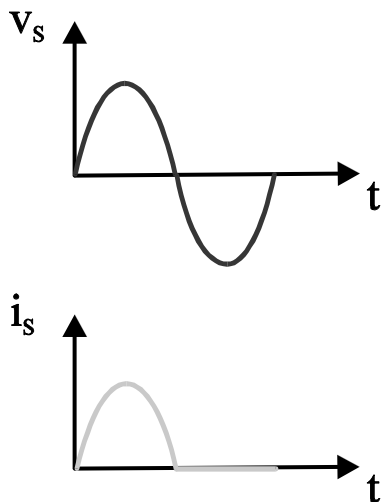
- de media onda.
- de onda completa, tipo puente.
- de onda completa, con punto medio.

2.3.3 Rectificador de media onda:

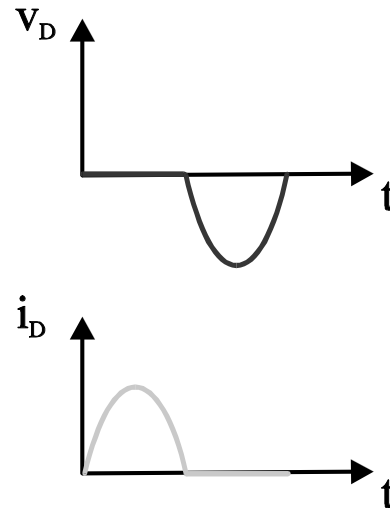
R_L modeliza al circuito que se desea alimentar, llamado en forma genérica "carga".



Formas de ondas en el transformador:



Formas de ondas en el diodo:

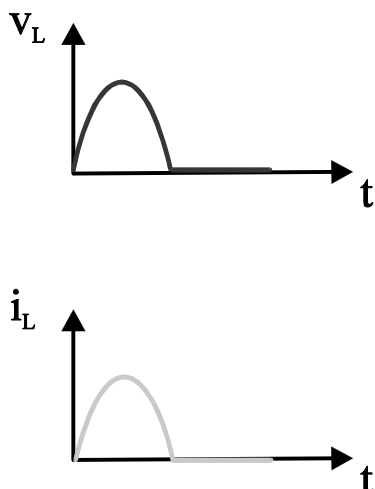


La tensión en el secundario es **siempre** senoidal

La tensión y la corriente en los diodos son **siempre** medias ondas

La corriente es, en este caso, una media onda.

Formas de ondas en la carga:



En tanto la carga sea **resistiva**, las formas de ondas de tensión y corriente son siempre iguales (Difieren en la magnitud).



¿Qué tienen en común estas gráficas entre sí?

Todas comparten los mismos **valores máximos**, ya que suponemos que los diodos son ideales y no hay caída de tensión en ellos.

Para calcular los valores medios y eficaces en media onda, debemos usar las siguientes fórmulas:

Media onda:

$$\text{Valor eficaz: } V_{\text{ef}} = V_{\text{máx}} / 2$$

$$\text{Valor medio: } V_{\text{med}} = V_{\text{máx}} / \Pi$$

Los valores medios suelen llamarse también (y especialmente en los rectificadores) valores de corriente continua.

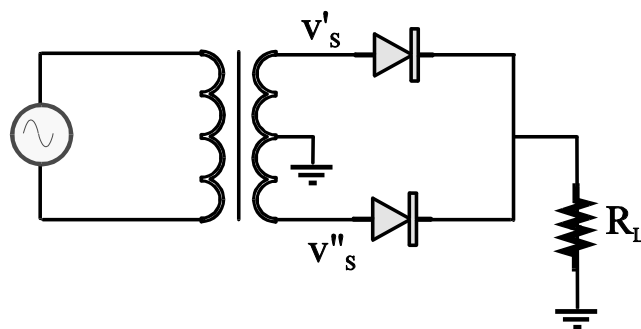
Potencia del transformador:

Ya que consideramos diodos ideales, no hay pérdida de potencia en ellos y toda la energía suministrada por el transformador es transferida a la carga.

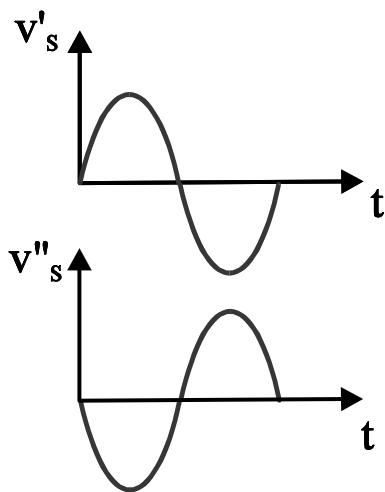
Para calcular la potencia del transformador debemos calcular la potencia en la carga, usando la Ley de Joule:

$$P_{\text{TR}} = P_L = I_L^2 \cdot R$$

2.3.4 Rectificador de onda completa, punto medio:

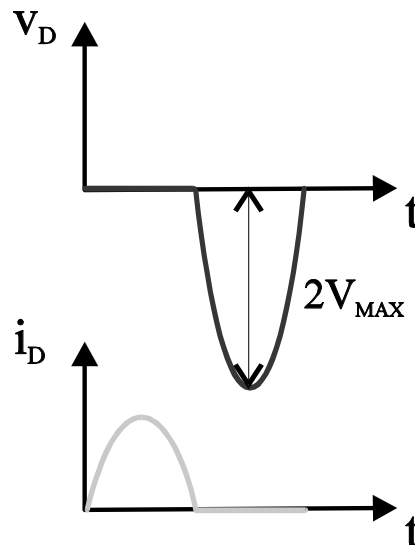


Formas de ondas en el transformador:



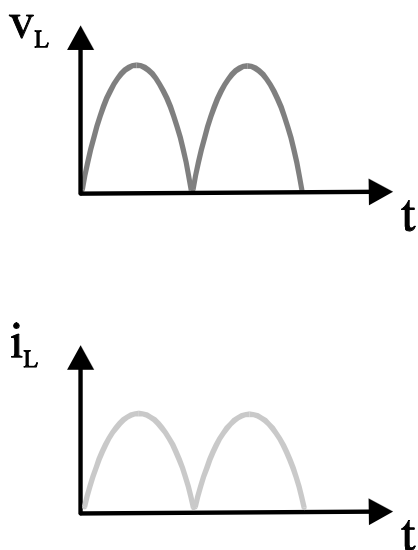
En este caso las corrientes por cada una de las ramas del secundario circulan en semiperíodos distintos

Formas de ondas en el diodo:



Las curvas son iguales a las del rectificador de punto medio, pero observemos que la VPI (Tensión de Pico Inverso) de los diodos es, en este caso, el doble de la anterior:

Formas de ondas en la carga:



Para calcular los valores medios y eficaces en **onda completa**, debemos usar las siguientes fórmulas:

Valor eficaz: $V_{ef} = V_{m\acute{a}x} / \sqrt{2}$

Valor medio: $V_{CC} = V_{m\acute{a}x} \cdot 2 / \pi$

Que son los mismos de una senoidal pura.

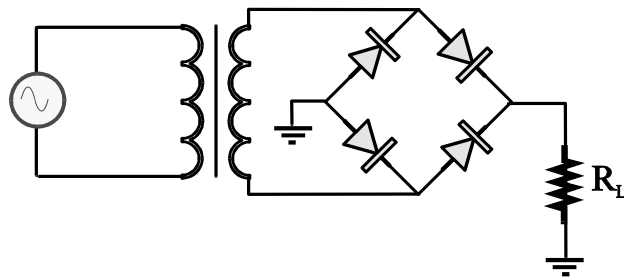


El valor medio en este caso es el doble del circuito de media onda, lo que hace que normalmente se prefieran los rectificadores de onda completa.

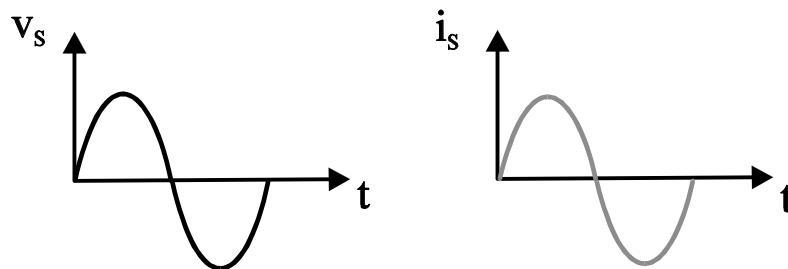
El factor de ondulación será la mitad del que obteníamos anteriormente. Es interesante observar que la frecuencia de la onda completa es el doble de la senoidal que le dió origen.

La potencia en el transformador se calcula igual que en media onda.

2.3.5 Rectificador de onda completa, tipo puente:



Formas de ondas en el transformador:



Formas de ondas en los diodos:

Las curvas son iguales a las del rectificador de **media onda**.

Formas de ondas en la carga:

Estas curvas y todas las demás características son iguales a las del rectificador con transformador de punto medio.

Desde el punto de vista de la carga, ambos circuitos son idénticos

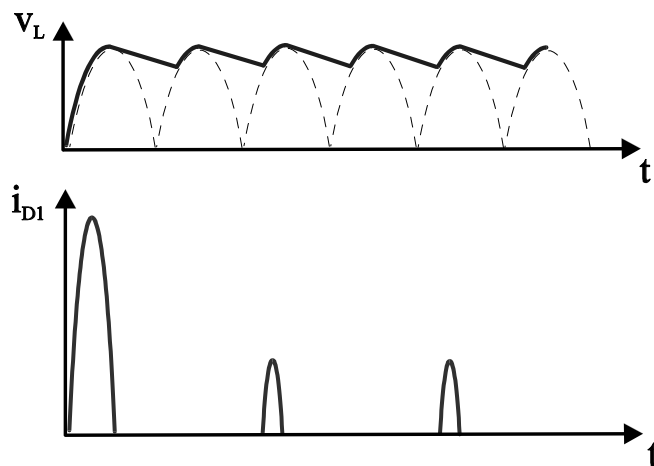
Filtrado

El filtro más comúnmente utilizado, por su simplicidad y bajo costo, es un condensador de alta capacidad (electrolítico), en paralelo con la carga.

Al conectar la fuente, durante el primer cuarto de ciclo, el condensador se cargará rápidamente.

Luego de los 90° el voltaje del transformador comienza a descender. El voltaje del condensador no desciende en la misma medida, porque **el diodo impide que circule una corriente de descarga hacia el secundario**. El condensador sólo puede descargarse a través de la resistencia de carga, pero la constante de tiempo de este circuito es mucho mayor ($\tau_D = R_L \cdot C$)

Esto produce una tensión sobre la carga aproximadamente triangular, como muestra la figura:



¿Qué valor debe darse al condensador?

Para tensiones de ripple menores al 20% puede calcularse el condensador usando la siguiente fórmula:

$$V_R = \frac{I}{f \cdot C}$$

donde f es la frecuencia, V_R la tensión de ripple pico a pico, I la corriente sobre la carga en Amperes y C la capacidad en faradios

Es interesante notar que la tensión de ripple no depende del valor medio de la tensión sobre la carga.



Tensión sobre la carga

El uso de un condensador de filtro eleva mucho el valor medio de la tensión sobre la carga.

En un circuito en vacío ($R_L = \infty$) V_{CC} coincidirá con el valor máximo, porque el condensador no se descargará nunca.

En un circuito con carga podemos aproximar :

$$V_{CC} = V_{m\acute{a}x} + \frac{V_R}{2}$$

Corriente en los diodos

En las hojas de datos de los diodos, además del **valor medio máximo** (I_o), se especifica:

Corriente máxima de pico no repetitivo (I_{FSM} o I_{SURGE}) que es la máxima corriente que puede soportar el diodo durante un breve instante, cuya duración deberá especificar el fabricante

Corriente máxima de pico repetitivo que es la que máxima que puede soportar, aún cuando se repita periódicamente.

La periodicidad debe ser especificada por el fabricante, pero normalmente es mayor al doble de la frecuencia de línea.

En un rectificador con filtro capacitivo la corriente en los diodos, ya no circulará durante un semiciclo, sino que lo hará en el breve período en que se carga el condensador. Pero la energía que se transfiere del transformador a la carga, es siempre la misma, de manera que el pico de corriente en los diodos crecerá mucho, aunque su valor medio no haya variado.

Hay que cuidar que este pico no supere la **corriente máxima de pico repetitivo**.

En el arranque del circuito el condensador está totalmente descargado y la corriente en los diodos sólo se verá limitada por la resistencia interna de los bobinados del secundario y la resistencia del diodo, alcanzando valores muy altos.

Hay que cuidar que este valor no supere la **I_{SURGE}** .

Cuando se usan valores muy grandes de capacitores se recomienda poner una pequeña resistencia en serie entre los diodos y el condensador, lo que atenúa la corriente en el arranque, aunque disminuye el rendimiento de la fuente.

Reguladores Integrados

Los reguladores más usados en fuentes son integrados que se fabrican en una gran variedad de tipos, de los cuales citaremos los más usuales.

Reguladores para tensiones positivas fijas (78XX)

Los dos últimos dígitos indican el voltaje de salida, normalmente se proveen los siguientes voltajes: 05 ; 06 ; 08 ; 12 ; 15 ; 18 y 24V

La tensión de entrada debe ser, por lo menos 3V superior a la de salida, El voltaje máximo de entrada debe calcularse de acuerdo a las especificaciones de potencia.

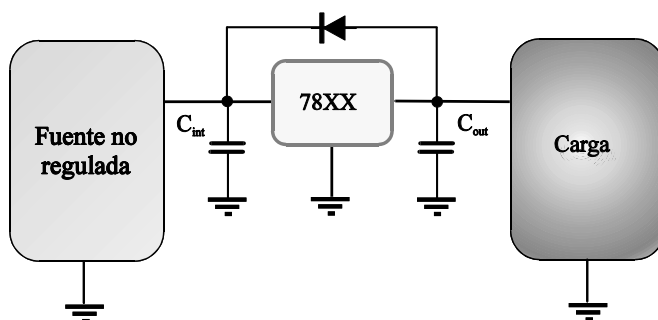
Salvo cuando se usen en potencias muy bajas, deberá proveerse a estos dispositivos de un disipador de calor.

La corriente máxima de salida es generalmente de 1,5A, pero habrá que atender a las especificaciones de cada fabricante.

Existe una versión de baja potencia (100 mA de corriente de salida) que se indican como 78LXX

El integrado está protegido contra cortocircuitos y sobrecalentamiento. En ese caso disminuyen el voltaje de salida.

Circuito de aplicación



El condensador de entrada **no es el condensador de filtro de la fuente**, es un condensador auxiliar que sólo debe ponerse si la distancia de la fuente al regulador es mayor de 10 cm.

El valor mínimo recomendado es de 0,22 μf si es de tantalio o 10 μf si es electrolítico.

El condensador de salida no es imprescindible, pero ayuda a filtrar transitorios de alta frecuencia. Valor mínimo recomendado: 0,1 μf en tantalio.

Si este condensador es mayor de 10 μf se recomienda usar el diodo de protección, que evitará la destrucción del circuito, si la tensión de entrada se cortocircuita.

Ambos condensadores deben estar lo más próximos posibles al integrado.

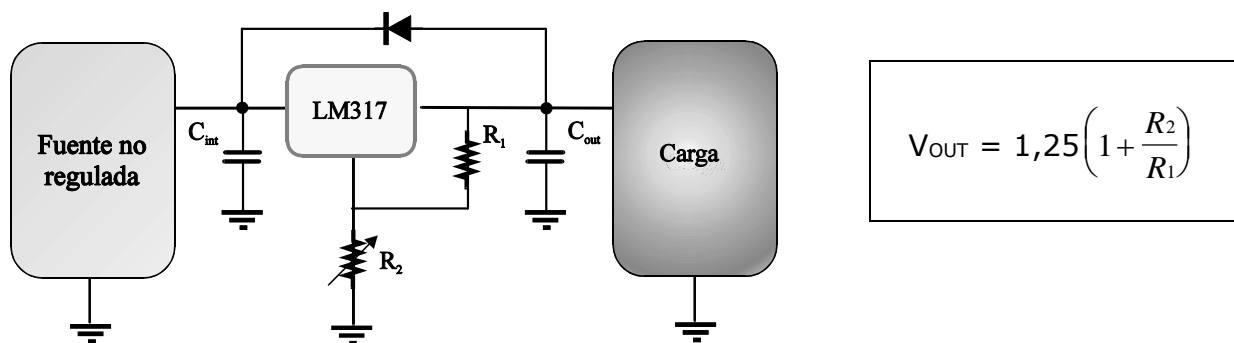


Reguladores para tensiones negativas fijas (79XX)

Valen todas las consideraciones hechas para los reguladores positivos.
Normalmente se fabrican en -5 ; -8 ; -12 y -15V

Reguladores para tensiones positivas variables (LM317)

Presentan la ventaja, con respecto a los anteriores, de que su voltaje de salida puede variarse ajustando una resistencia, como muestra el circuito:



Valen todas las consideraciones hechas para los reguladores fijos.

El voltaje de salida se puede ajustar entre 1,2 y 37V.

La tensión de entrada debe ser entre 3 y 40 voltios superior a la de salida.

Se recomienda $R_1 = 240\Omega$

Existe una versión especial (LM317HV) que soporta hasta 57V de diferencia de tensión entre la entrada y la salida

Reguladores variables negativos (LM137)

Valen todas las consideraciones hechas para los reguladores variables positivos.

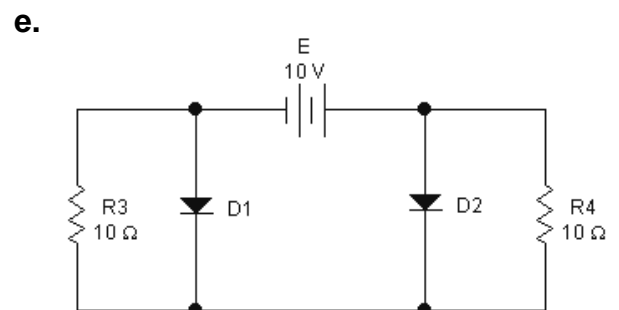
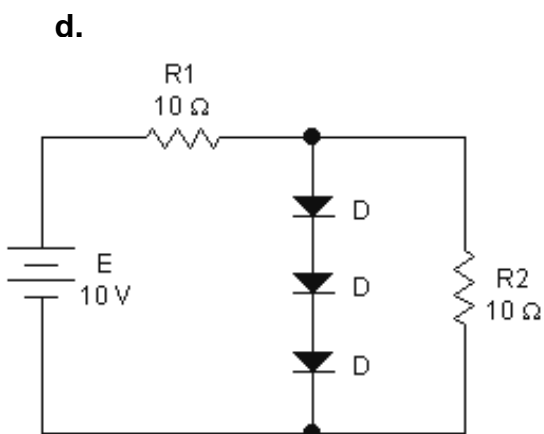
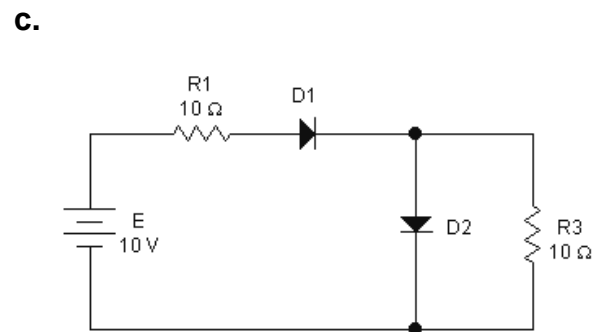
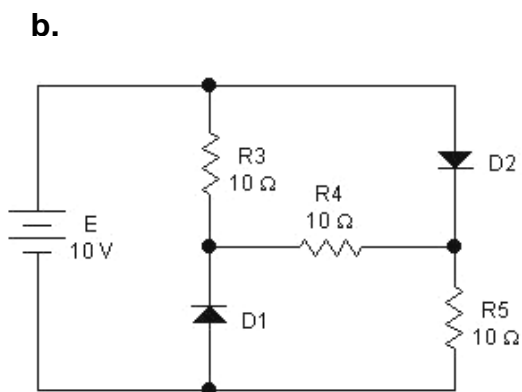
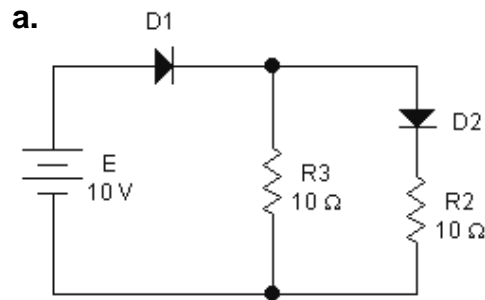
Se recomienda $R_1 = 120\Omega$

Problemas Aplicativos

Capítulo 2 - Componentes Electrónicos

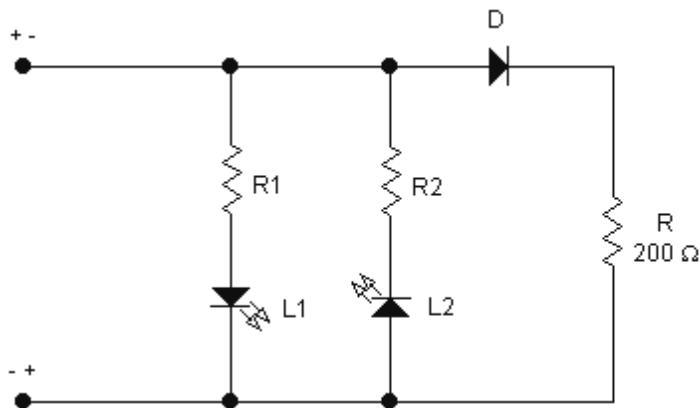
Diodo

1. Calcular **todas** las corrientes en cada uno de los siguientes circuitos:





2.



El circuito de la figura es utilizado para controlar la polaridad con que se alimenta la carga R. Se utilizan dos led's, de colores verde (L1) y rojo (L2) para su indicación. La tensión de alimentación del circuito es 12 V. Calcular las resistencias R_1 y R_2 necesarias y todas las corrientes para ambas posibilidades.

Fuentes

3.

Se desea construir una fuente de CC que entregue 12Vcc sobre una carga de 20Ω . Diseñar un rectificador de onda completa, sin filtro, usando un transformador con punto medio.

- Dibuje el circuito
- Calcular VPI de los diodos y valor medio de la corriente (I_D) en los mismos.
- Calcular tensión eficaz en el secundario (V_s)
- Calcular potencia del transformador (P)

4.

Se desea construir una fuente de CC que entregue 15Vcc sobre una carga de 10Ω . Diseñar un rectificador de onda completa, sin filtro, usando un puente de diodos.

- Dibuje el circuito
- Calcular VPI de los diodos y valor medio de la corriente (I_D) en los mismos.
- Calcular tensión eficaz en el secundario (V_s)
- Calcular potencia del transformador (P)

5.

Se ha diseñado un rectificador de onda completa usando un transformador 220 / 15 + 15V - 20W y dos diodos $I_{cc} = 1A$ $V_{PI} = 30V$ para alimentar una carga resistiva.

- a - Dibujar el circuito
- b - Dibujar las formas de onda de tensión y corriente sobre la carga y uno de los diodos
- c - Calcule:
¿Cuál es la potencia máxima que se puede entregar a la carga de acuerdo a las características del transformador? Verifique si los diodos soportan la corriente necesaria para esa potencia y si la VPI de los diodos es suficiente. Justifique sus respuestas.

6.

Se desea alimentar una carga resistiva con $V_{cc} = 20V$ $I_{cc} = 1,5A$
Se dispone de los siguientes elementos:

4 diodos $V_{PI} = 20V$ $I_{cc} = 1 A$
Un transformador 220/20V $P = 30W$

- a - Dibujar el circuito
- b - Dibujar las formas de onda de corriente y tensión sobre la carga y uno de los diodos (especificar cuál)
- c - Indicar si el transformador y los diodos están bien seleccionados. En caso contrario indique cuáles deberían ser sus características. Justifique su respuesta.

7.

Se desea construir un puente rectificador capaz de alimentar con 12 Vcc una carga de 5W. Si en determinado momento la carga consume el 72% de su potencia, calcular las siguientes magnitudes:

- Sobre la carga: a) $V_{m\acute{a}x}$ b) I_{cc} c) R_L
- En los diodos: d) V_{PI} e) I_{cc} f) $I_{m\acute{a}x}$
- En el transformador: g) V_2 h) P_T



Bibliografía

Tecnología de Control, Pendino C, Quaranta G, Instituto Politécnico, 2003.

Elementos de electrónica, Usinger C, Instituto Politécnico, 2002.

Principios de electrónica, Malvino A., Mc graw - Hill, España, 1994.