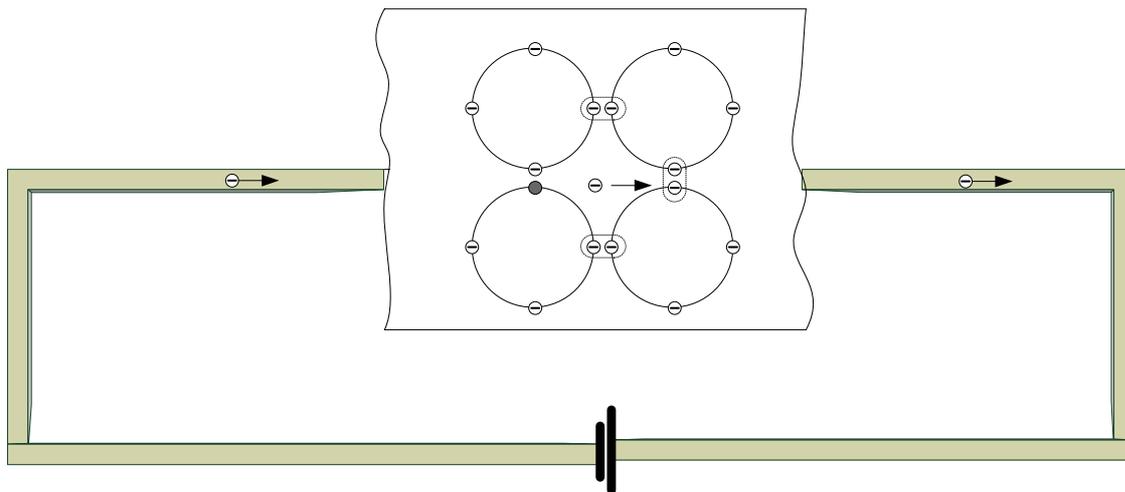


SEMICONDUCTORES

Los semiconductores son elementos que tienen una conductividad eléctrica inferior a la de un conductor metálico pero superior a la de un buen aislante. El semiconductor más utilizado es el silicio, que es el elemento más abundante en la naturaleza, después del oxígeno. Otros semiconductores son el germanio y el selenio.

Los átomos de silicio tienen su orbital externo incompleto con sólo cuatro electrones, denominados electrones de valencia. Estos átomos forman una red cristalina, en la que cada átomo comparte sus cuatro electrones de valencia con los cuatro átomos vecinos, formando enlaces covalentes. A temperatura ambiente, algunos electrones de valencia absorben suficiente energía calorífica para librarse del enlace covalente y moverse a través de la red cristalina, convirtiéndose en electrones libres. Si a estos electrones, que han roto el enlace covalente, se les somete al potencial eléctrico de una pila, se dirigen al polo positivo.



Cuando un electrón libre abandona el átomo de un cristal de silicio, deja en la red cristalina un hueco, que con respecto a los electrones próximos tiene efectos similares a los que provocaría una carga positiva. Los huecos tienen la misma carga que el electrón pero con signo positivo.

El comportamiento eléctrico de un semiconductor se caracteriza por los siguientes fenómenos:

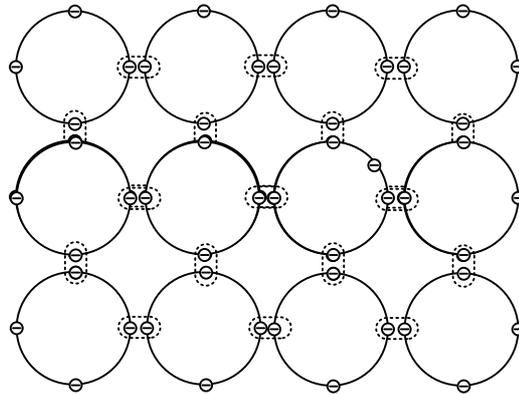
- Los electrones libres son portadores de carga negativa y se dirigen hacia el polo positivo de la pila.
- Los huecos son portadores de carga positiva y se dirigen hacia el polo negativo de la pila.
- Al conectar una pila, circula una corriente eléctrica en el circuito cerrado, siendo constante en todo momento el número de electrones dentro del cristal de silicio.
- Los huecos sólo existen en el seno del cristal semiconductor. Por el conductor exterior sólo circulan los electrones que dan lugar a la corriente eléctrica.

Semiconductores P y N

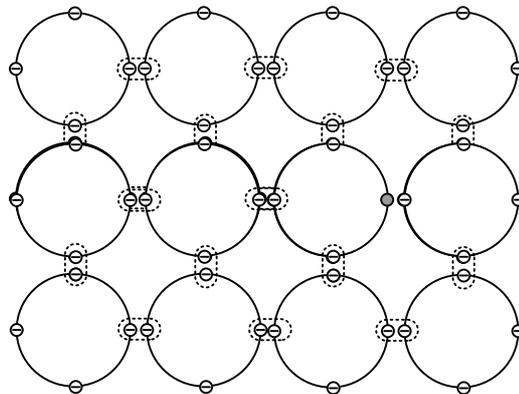
En la práctica, para mejorar la conductividad eléctrica de los semiconductores, se utilizan impurezas añadidas voluntariamente. Esta operación se denomina dopado, utilizándose dos tipos:

- Impurezas pentavalentes. Son elementos cuyos átomos tienen cinco electrones de valencia en su orbital exterior. Entre ellos se encuentran el fósforo, el antimonio y el arsénico.
- Impurezas trivalentes. Son elementos cuyos átomos tienen tres electrones de valencia en su orbital exterior. Entre ellos se encuentran el boro, el galio y el indio.

Cuando un elemento con cinco electrones de valencia entra en la red cristalina del silicio, se completan los cuatro electrones de valencia que se precisan para llegar al equilibrio y queda libre un quinto electrón que le hace mucho mejor conductor. De un semiconductor dopado con impurezas pentavalentes se dice que es de tipo N.



En cambio, si se introduce una impureza trivalente en la red cristalina del silicio, se forman tres enlaces covalentes con tres átomos de silicio vecinos, quedando un cuarto átomo de silicio con un electrón sin enlazar, provocando un hueco en la red cristalina. De un semiconductor dopado con impurezas trivalentes se dice que es de tipo P.



Unión PN

Cuando a un material semiconductor se le introducen impurezas de tipo P por un lado e impurezas tipo N por otro, se forma una unión PN .

Los electrones libres de la región N más próximos a la región P se difunden en ésta, produciéndose la recombinación con los huecos más próximos de dicha región. En la región N se crean iones positivos y en la región P se crean iones negativos. Por el hecho de formar parte de una red

cristalina, los iones mencionados están interaccionados entre sí y, por tanto, no son libres para recombinarse.

Por todo lo anterior, resulta una carga espacial positiva en la región N y otra negativa en la región P, ambas junto a la unión. Esta distribución de cargas en la unión establece una «barrera de potencial» que repele los huecos de la región P y los electrones de la región N alejándolos de la mencionada unión. Una unión PN no conectada a un circuito exterior queda bloqueada y en equilibrio electrónico a temperatura constante.

Unión PN polarizada en directo

Si se polariza la unión PN en sentido directo, es decir, el polo positivo de la pila a la región P y el polo negativo a la región N, la tensión U de la pila contrarresta la «barrera de potencial» creada por la distribución espacial de cargas en la unión, desbloqueándola, y apareciendo una circulación de electrones de la región N a la región P y una circulación de huecos en sentido contrario. Tenemos así una corriente eléctrica de valor elevado, puesto que la unión PN se hace conductora, presentando una resistencia eléctrica muy pequeña. El flujo de electrones se mantiene gracias a la pila que los traslada por el circuito exterior circulando con el sentido eléctrico real, que es contrario al convencional establecido para la corriente eléctrica.

Unión PN polarizada en inverso

Si se polariza la unión PN en sentido inverso, es decir, el polo positivo de la pila a la región N y el polo negativo a la región P (figura 6), la tensión U de la pila ensancha la «barrera de potencial» creada por la distribución espacial de cargas en la unión, produciendo un aumento de iones negativos en la región P y de iones positivos en la región N, impidiendo la circulación de electrones y huecos a través de la unión.

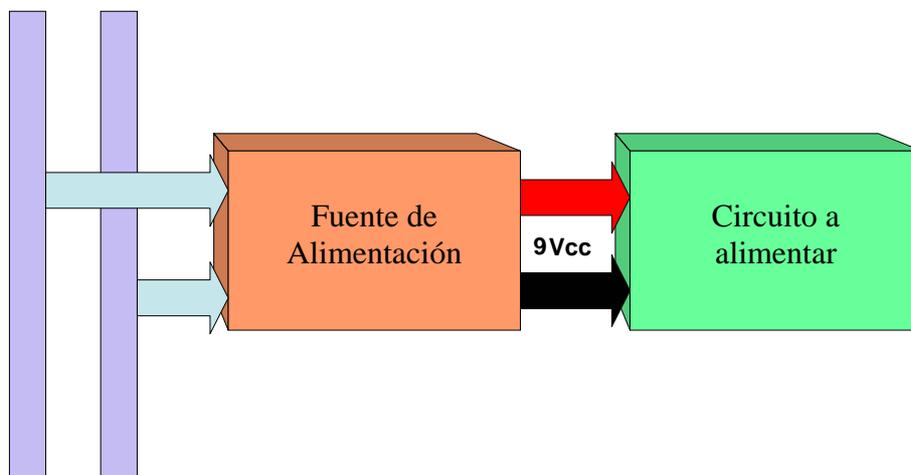
La unión PN se comporta de una forma asimétrica respecto de la conducción eléctrica; dependiendo del sentido de la conexión, se comporta como un buen conductor (polarizada en directo) o como un aislante (polarizada en inverso).

RECTIFICACIÓN

Muchos dispositivos o equipos móviles de naturaleza eléctrica o electrónica, como las linternas, los receptores de radio, etc., se alimentan con generadores químicos de corriente continua. Como ya sabemos, el gran inconveniente de este tipo de fuentes, es su limitada vida en el caso de las desechables o el escaso tiempo que permanece la carga o la tensión nominal en los reversibles o recargables.

En consecuencia, siempre que sea posible, la alimentación de aquellos dispositivos que requieran una corriente continua se realiza con sistemas que se fabrican con elementos eléctricos y electrónicos. Dichos sistemas, de mayor o menor complejidad, pueden estar incorporados a los propios equipos o, por el contrario, ser independientes del aparato o elemento que necesita estar alimentado con una corriente de determinadas características. Nos referimos a las **fuentes o sistemas de alimentación** electrónicos.

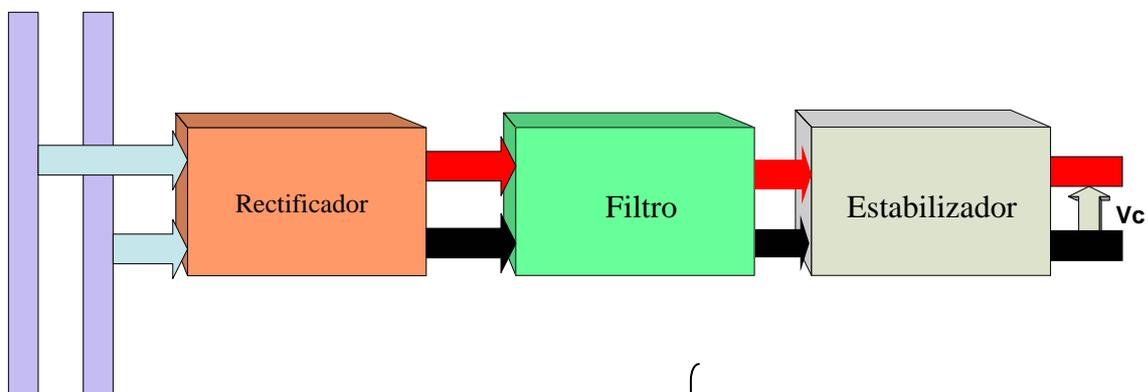
220 Vca



Generalmente las fuentes de alimentación constan de las siguientes partes:

1. Un rectificador que convierte la c.a. de la red en una señal pulsante.
2. Un filtro que reduce las ondulaciones de la tensión de salida, haciendo que ésta sea lo más constante posible.
3. Un circuito estabilizador que hace que aunque se den variaciones de tensión de red o variaciones de la carga, la tensión de salida no varíe.

220 Vca



Los rectificadores monofásicos pueden

De media onda
De doble onda
Puente

ser:

RECTIFICADOR MONOFÁSICO DE MEDIA ONDA

La función de este circuito es eliminar uno de los dos semiperiodos de una señal alterna senoidal, proveniente del secundario del transformador. El componente electrónico que se usa para este fin es el diodo, que tiene la propiedad de conducir en un solo sentido.

El esquema y las formas de onda son las que se representan en la figura.

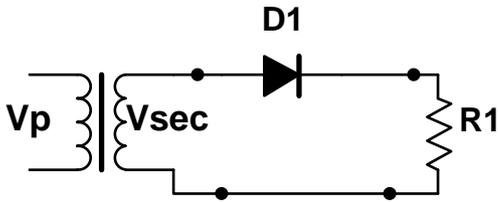


Fig. 1 V secundario del transformador

R1 carga o elemento al que vamos a alimentar con la tensión rectificada.

Vsec, tensión de entrada al rectificador (V secundario)

$$V_{sec} = V_D + V_{R1}$$

Aplicamos una onda senoidal a la entrada (transformador reductor). En el semiciclo positivo el diodo queda polarizado directamente y se comporta prácticamente como un interruptor cerrado (excepto los 0.6V de la barrera de potencial). Esto hace que por el circuito circule una corriente cuya forma de onda está representada en la fig. 3. Esta corriente provoca una caída de tensión senoidal como la de la fig.2.

$$V_{R1} = V_{sec} - 0,6 \quad (\text{para } V_{sec} \geq 0,6V)$$

En el semiciclo negativo, el diodo se polariza inversamente (ánodo más negativo que el cátodo), comportándose como un interruptor abierto. No existe corriente por el circuito y en la resistencia de carga R1 no hay caída de tensión, esto supone que toda la tensión de entrada estará en extremos del diodo como se ve en la fig.4

$$V_{R1} = 0V \quad V_{D1} = V_{sec}$$

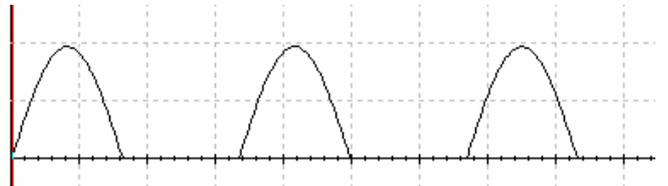


Fig. 2 V en la resistencia

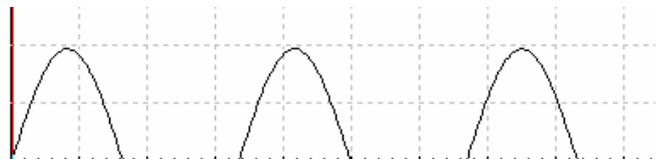


Fig. 3 I por el diodo y la resistencia

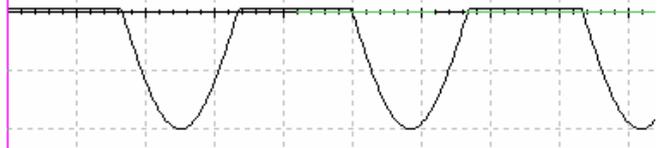


Fig. 4 V inversa en el diodo

Valores Medios y Eficaces en un rectificador.

- Onda Alterna senoidal

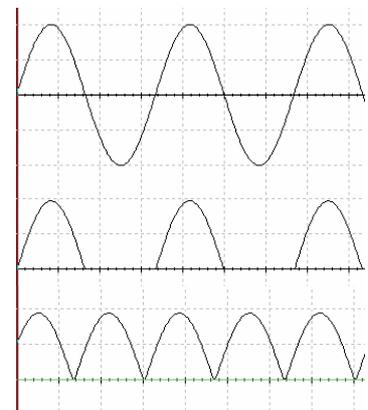
○ Valor eficaz $V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$ Valor medio $V_{dc} = 0$

- Media Onda

○ Valor eficaz $V_{ef} = \frac{V_{max}}{2}$ Valor medio $V_{dc} = \frac{V_{max}}{\Pi}$

- Doble Onda

○ Valor eficaz $V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$ Valor medio $V_{dc} = \frac{V_{max}}{2\Pi}$



CALCULO DE UN RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

Vamos a realizar el cálculo de las características de los componentes que lo forman. Conocida la tensión de red y las exigencias de la carga que debemos alimentar (definidas por la tensión de salida V_{dc} que es la tensión media de la señal en la carga y la corriente de salida I_{dc} que es la intensidad media de la señal en la resistencia), se trata de calcular los datos necesarios para escoger un diodo y un transformador de los que se encuentran disponibles en el mercado.

1.- Datos para el diodo.

El fabricante indica en su catálogo las características de cada modelo de diodo. Nosotros tenemos que hallar las condiciones que debe cumplir el diodo en el circuito y elegir uno de los que nos ofrece el fabricante.

Los datos más importantes que especifica el catálogo son:

I_{FRM} - Máxima corriente directa de pico repetitivo.

$I_{F(AV)}$ - Corriente media con carga resistiva.

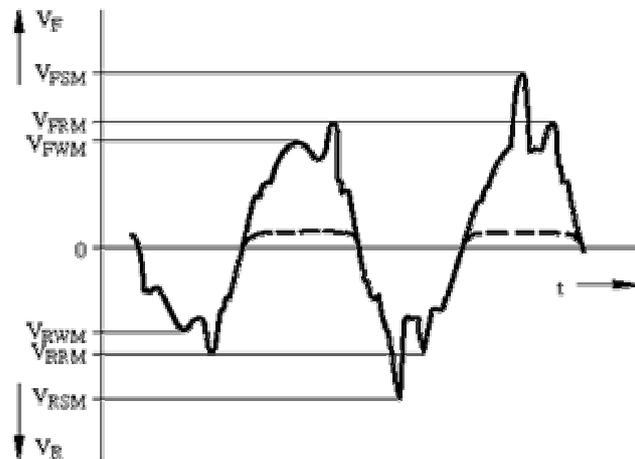
V_{RWM} - Tensión inversa máxima repetitiva.

Otros datos que proporciona el fabricante son:

I_{TSM} - Máxima corriente de pico transitoria.

V_{RSM} - Máxima tensión inversa de pico no repetitivo.

V_D - Caída de tensión directa.



2.- Datos para el transformador.

Debemos de calcular los datos de trabajo del citado transformador, estos datos son:

P_{ef} - Potencia eficaz.

V_{ef} - Tensión eficaz del secundario.

I_{ef} - Intensidad eficaz del secundario.

La tensión del primario es la de la red (220V/50Hz normalmente).

En el caso del rectificador de media onda la corriente que circula por el diodo, secundario del transformador y resistencia es la misma. Esto nos permite afirmar que la corriente que tendrá que soportar el diodo máxima y media son:

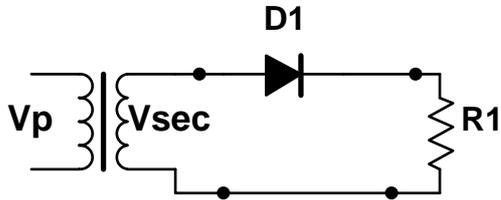
$$I_{dc} = I_{F(AV)} \quad I_{m\acute{a}x} = I_{FRM}$$

Cuando el diodo no conduce la tensión inversa que soporta coincide con la tensión máxima de la señal en el secundario o en la carga.

$$V_{m\acute{a}x} = V_{RWM}$$

Ejemplo Resuelto

Se quiere calcular un rectificador monofásico de media onda, que ha de alimentar a una carga cuyos datos son: nivel de continua 12V y corriente continua 0.5A. Dibujar el circuito, formas de onda y los datos para elegir los componentes.



$$V_{máxRL} = 12 \cdot \pi = 37,69V$$

$$I_{máxRL} = 0,5 \cdot \pi = 1,57A$$

De lo anterior deducimos que debemos escoger un diodo cuyas características superen los siguientes valores:

$$I_{FRM} = 1,57A \quad I_{F(AV)} = 0,5A \quad V_{RWM} = 37,64V$$

Datos para el transformador:

$$V_{ef} = \frac{V_{máx}}{\sqrt{2}} = \frac{37,69}{\sqrt{2}} = 18,84V$$

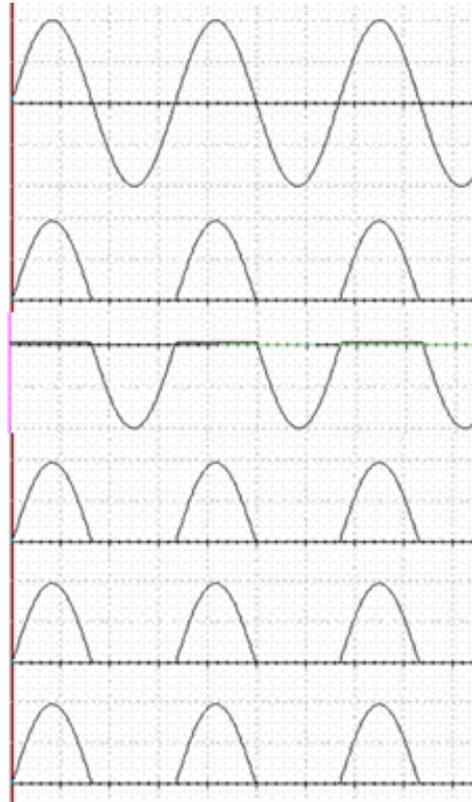
$$I_{ef} = \frac{I_{máx}}{2} = \frac{1,57}{2} = 0,78A$$

$$P_{ef} = I_{ef} \cdot V_{ef} = 0,78 \cdot 18,84 = 14,69W$$

Nota: La caída de tensión en el diodo se desprecia (0,6V).

El transformador sería de las características siguientes:

Potencia	P=14,69W como mínimo
V secundario	V=18,84V



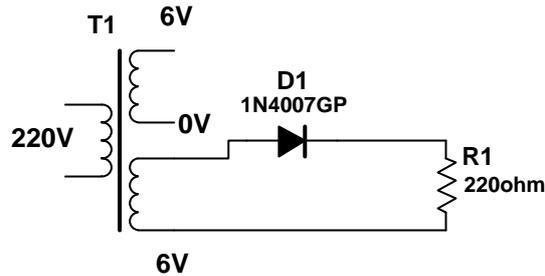
PRÁCTICA RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

MATERIAL UTILIZADO

- 1 Transformador 220V/6V+6V
- 1 Resistencia de carga de 220Ω
- 1 Osciloscopio
- 1 Polímetro

PROCESO OPERATIVO

1. Realizar el montaje del circuito y calcular los datos característicos del diodo, transformador.



DATOS		
TRANSFORMADOR	DIODO	CARGA
$V_{ef} =$	$I_{FRM} =$	$R_L =$
$I_{ef} =$	$I_{F(AV)} =$	$V_{dc} =$
$P_{ef} =$	$V_{RWM} =$	$I_{dc} =$

2. Observar en el osciloscopio y dibujar las tensiones que hay en el secundario del transformador, en el diodo y en la carga.
3. A partir de las ondas anteriores, calcular V_{dc} e I_{dc} en la resistencia de carga.
4. Medir con el polímetro en continua, la tensión en la carga V_{RL} y la corriente I_{RL} .
5. Hacer una tabla comparando los valores medidos con el osciloscopio, con el polímetro y es teórico.

	V_{ef} Trans.	$V_{máx}$ Trans.	I_{ef} Trans.	$V_{máx}$ R_L	V_{dc} R_L	I_{dc} R_L
Cálculo						
Osciloscopio	$V_{máx}/\sqrt{2}$		V_{ef}/R_L		DC-AC	V_{dc}/R_L
Polímetro	V en AC	$V_{ef}*\sqrt{2}$	I en AC	$V_{dc}*\Pi$	V en DC	I en DC

1.- INTRODUCCION

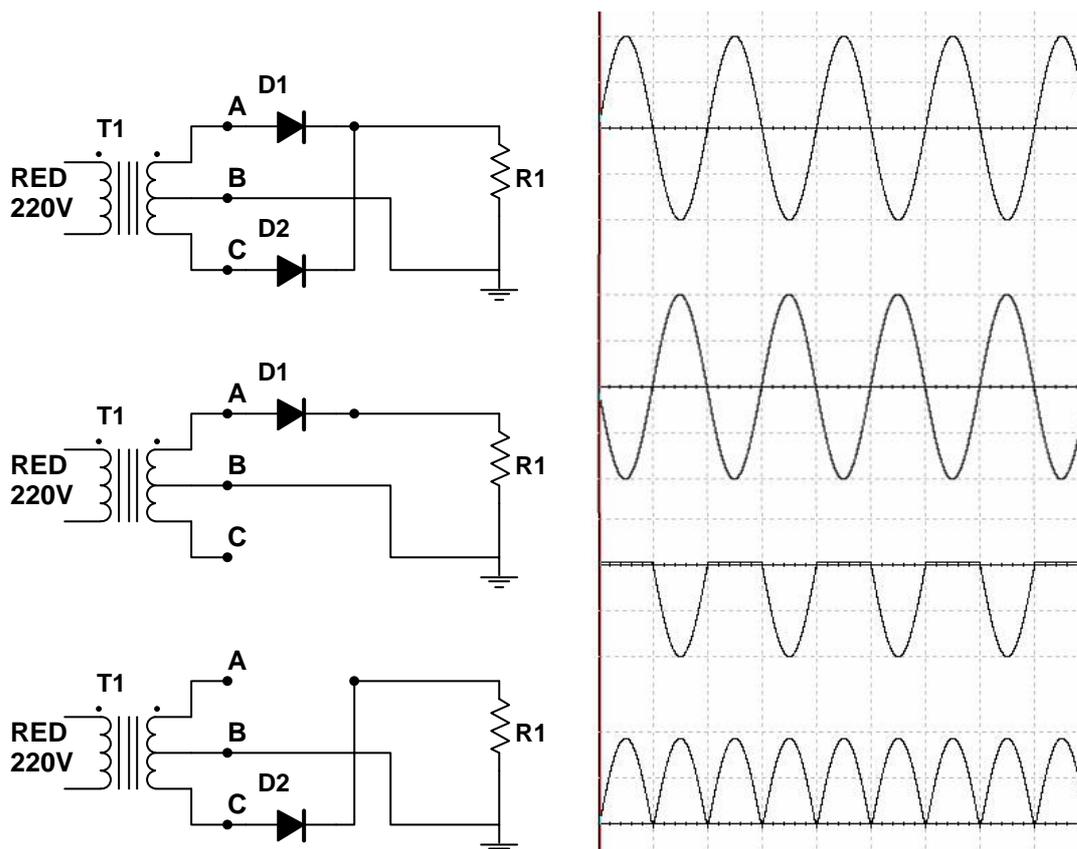
Así como un rectificador de media onda se obtiene un semiciclo por cada ciclo de la señal del transformador, en los rectificadores de doble onda (onda completa), se obtiene dos semiciclos por cada periodo (ciclo) de la señal del transformador.

La rectificación de doble onda u onda completa se puede realizar:

- Rectificador con toma intermedia (o central). Dos diodos.
- Rectificador en puente. Cuatro diodos.

2.- RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA CON TOMA INTERMEDIA

Su nombre viene dado por el hecho de utilizar un transformador de toma intermedia, el cual proporciona dos tensiones en el secundario (V_{t1} y V_{t2}), de igual amplitud pero desfasadas 180° . Esta toma intermedia hace de masa ó punto de referencia de tensiones.



En cada uno de los semiciclos de la tensión aplicada, conducirá un diodo y el otro estará polarizado inversamente. Es decir cada semiciclo es rectificado por un diodo, obteniéndose en la carga una señal pulsante de doble onda.

En el circuito podemos apreciar dos mallas:

1) A-D1-RL-B

2) C-D2-RL-B

A) SEMICICLO POSITIVO: A es positivo respecto a B:

El diodo D_1 está polarizado directamente y conduce, mientras D_2 , al ser B negativo con respecto a C, está polarizado inversamente y no conduce. De esta forma la corriente que circula por R_L es debida a V_{t1} y;

$$V_{R1} = V_{t1} - V_{D1} = V_{t1} - 0,6V \text{ (para } V_t \geq 0,6V)$$

B) SEMICICLO NEGATIVO: C es positivo con respecto a B:

El diodo D_2 está polarizado directamente y conduce, mientras que el D_1 , al ser ahora A negativo con respecto al B está polarizado inversamente y no conduce. De esta forma la corriente que circula por R_L es debida a V_{t2} y

$$V_{R1} = V_{t2} - V_{D2} = V_{t2} - 0,6V \text{ (para } V_{t2} \geq 0,6V).$$

En ambos casos V_{R1} tienen la misma polaridad y el mismo sentido de la corriente. Hemos conseguido que durante ambas alternancias circule corriente por R_L .

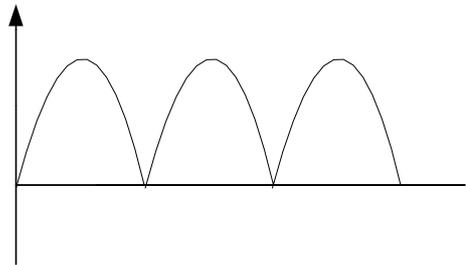
VALORES MEDIOS Y EFICACES EN UN RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA

Con toma central:

Entrada $V_t = V_{RL} + V_D$

Valor Eficaz $V_{ef} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$

Valor medio $V_{dc} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\pi}$



CALCULO DE UN RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA

Para la elección del diodo los valores a calcular son:

- IFRM. Máxima corriente directa de cresta periódica.
- IF(AV). Intensidad media directa.
- VRWM. Voltaje inverso máximo de trabajo.

Para la elección del transformador los valores serán:

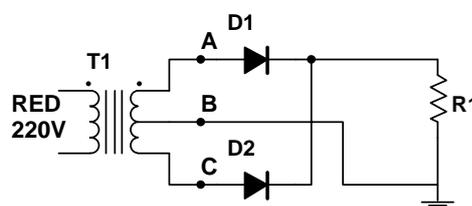
- V_{ef} . Voltaje eficaz de un secundario.
- I_{ef} . Corriente eficaz de un secundario.
- P_{ef} . Potencia de un secundario

EJEMPLO DE CALCULO.

Se quiere calcular un rectificador de doble onda para alimentar a una carga cuyos datos son:

$$V_{dc} = 5 V$$

$$I_{dc} = 0.5 A$$



Datos en la carga:

$$V_{dc} \text{ por } R_L = 5V$$

$$I_{dc} \text{ por } R_L = 0,5A$$

$$R_L = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = \frac{5V}{0,5A} = 10\Omega$$

$$P_{RL} = V_{dc} \cdot I_{dc} = 5V \cdot 0,5A = 2,5W$$

Datos para la elección del diodo:

$$V_{dc} = \frac{2 \cdot V_{m\acute{a}x}}{\pi} \quad I_{dc} = \frac{2 \cdot I_{m\acute{a}x}}{\pi}$$

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{V_{dc} \cdot \pi}{2} \quad I_{m\acute{a}x} = \frac{I_{dc} \cdot \pi}{2}$$

$$V_{ef} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} \quad I_{ef} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{5 \cdot \pi}{2} = 7,85V$$

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{0,5 \cdot \pi}{2} = 0,78A$$

Nota: $V_d = 0,6V$ lo despreciamos

$$I_{FRM} = 0,78A$$

$$I_{F(AV)} = \frac{I_{dc}}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25A$$

$$V_{RWM} = 2 \cdot V_{m\acute{a}x} = 2 \cdot 7,85 = 15,7V$$

Datos para el transformador

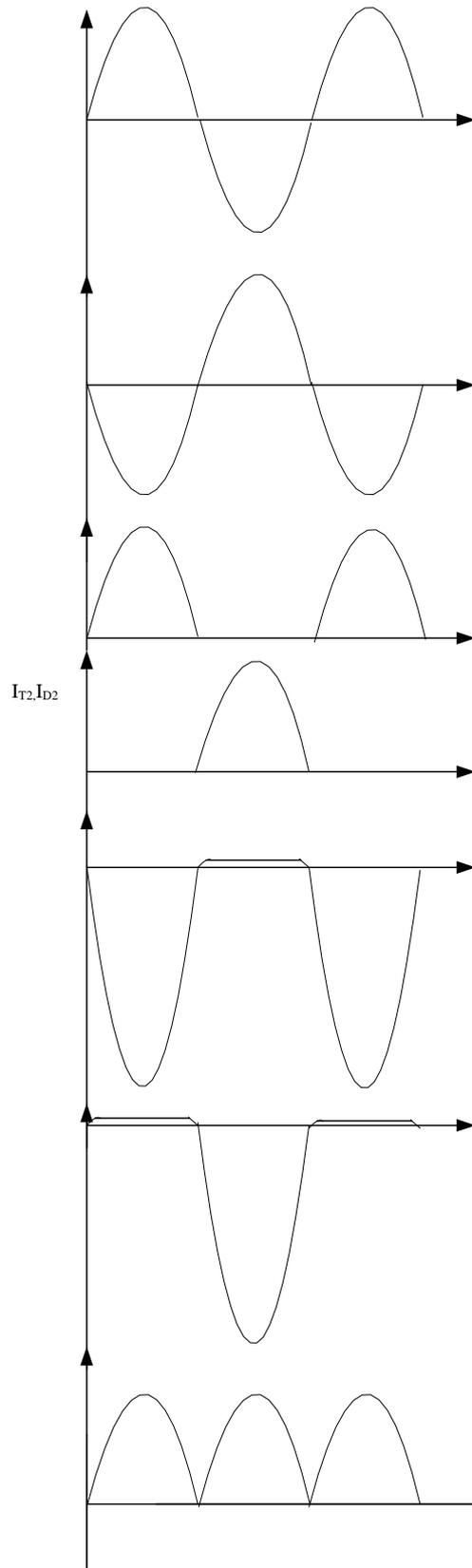
$$V_{ef} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{ef} = \frac{7,85}{\sqrt{2}} = 5,5V$$

$$I_{ef} = \frac{0,78}{2} = 0,39A$$

$$P_{ef} = 2 \cdot (V_{ef} \cdot I_{ef}) = 4,36W$$

El transformador elegido es 220V/6+6 y 5W



RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA EN PUENTE

Esta es otra forma de rectificación en doble onda, en la que vemos que se utilizan cuatro diodos en vez de los dos diodos del circuito anterior. También vemos que el transformador no es de toma intermedia, por lo que resulta más barato.

El circuito de la figura representa un rectificador puente (PUENTE DE GRAETZ). En este rectificador, los diodos trabajan por parejas. Dos de ellos condu en un semiciclo y los otros lo hacen en el otro semiciclo de la señal de entrada. La forma de onda de la tensión de salida es igual al rectificador de doble onda.

FUNCIONAMIENTO:

A) SEMICICLO POSITIVO: Cuando el punto A sea positivo respecto a B:

El diodo D1 queda polarizado directamente y conduce a través de la resistencia RL y del diodo D3, hasta el punto B (A-D1-C-RL-D-D3-B), donde se cierra el circuito. Los diodos D2 y D4 están polarizados inversamente. Se produce dos caídas de tensión Vd1 y Vd3, siendo la tensión en RL

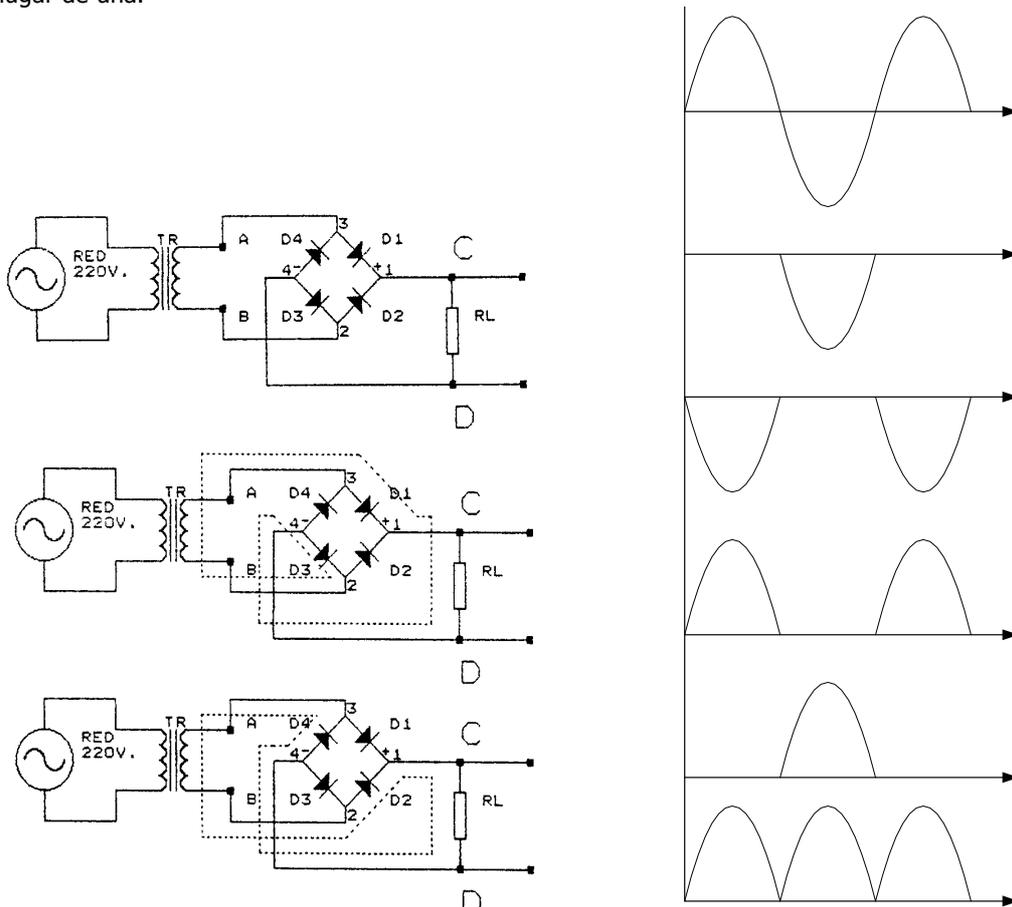
$$V_{RL} = V_t - (V_{d1} + V_{d3}) = V_t - 1,2V \text{ (para } V_t > 1,2 V.)$$

B) SEMICICLO NEGATIVO: Cuando el punto A es negativo respecto a B:

El diodo D2 está polarizado en sentido directo a través de RL y de D4 (B-D2-C-RL-D-D4-A). Los diodos D1 y D3 están polarizados inversamente. Se produce dos caídas de tensión Vd2 y Vd4, siendo la tensión en RL

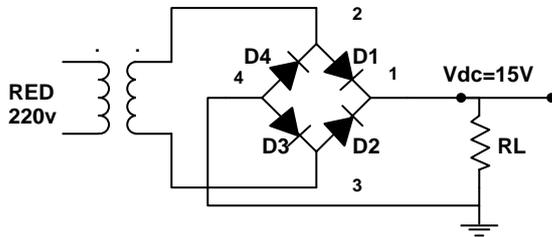
$$V_{RL} = V_t - (V_{d2} + V_{d4}) = V_t - 1,2V \text{ (para } V_t > 1,2 V.)$$

En ambos casos la corriente ha circulado en el mismo sentido por RL, siendo C positivo respecto a D. Vemos que los resultados sean similares a los del rectificador con toma intermedia, pero ahora VRL es inferior en 1,2V a Vt, ya que la corriente ha de atravesar dos diodos y provoca dos caídas de tensión en lugar de una.



Ejemplo de Cálculo

Se quiere calcular un rectificador de doble onda en puente para alimentar una carga cuyos datos son: $V_{dc}=15V$
 $I_{dc}=3A$.



Datos para la carga:

$$V_{dc} = 15V$$

$$I_{dc} = 3A$$

$$R_L = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = \frac{15V}{3A} = 5\Omega$$

$$P_{RL} = V_{dc} \cdot I_{dc} = 15V \cdot 3A$$

Datos para la elección del diodo

$$V_{dc} = \frac{2 \cdot V_{max}}{\pi} \quad I_{dc} = \frac{2 \cdot I_{max}}{\pi}$$

$$V_{max} = \frac{V_{dc} \cdot \pi}{2} \quad I_{max} = \frac{I_{dc} \cdot \pi}{2}$$

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

$$V_{max} = \frac{15 \cdot \pi}{2} = 23,6V$$

$$I_{max} = \frac{3 \cdot \pi}{2} = 4,7A$$

$$I_{FRM} = I_{max} = 4,7A$$

$$I_{F(AV)} = \frac{I_{dc}}{2} = \frac{3}{2} = 1,5A$$

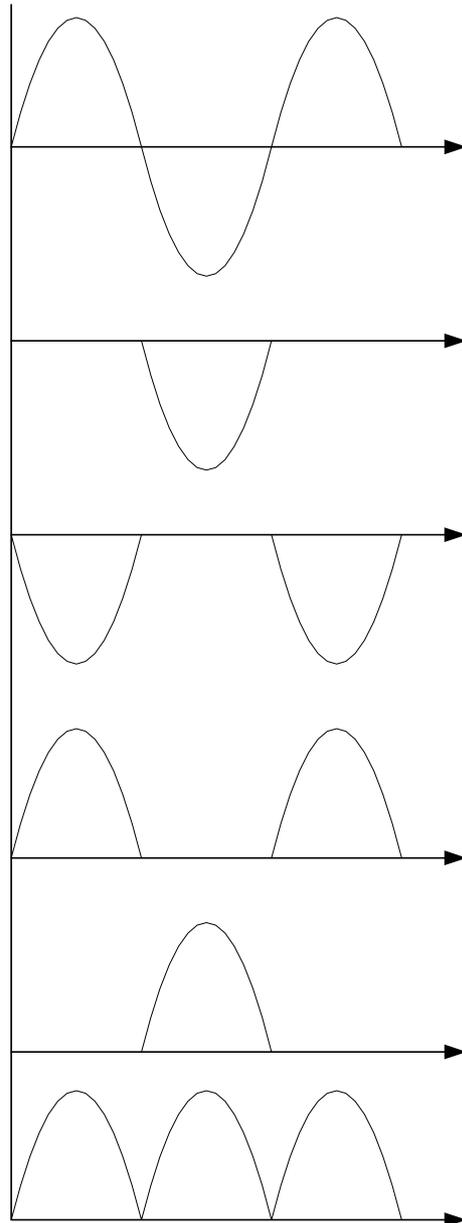
$$V_{RWM} = V_{max} = 23,6V$$

Datos para el transformador

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{23,6}{\sqrt{2}} = 16,7V$$

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{4,7}{\sqrt{2}} = 3,32A$$

$$P_{ef} = V_{ef} \cdot I_{ef} = 55,44W$$



PRÁCTICA

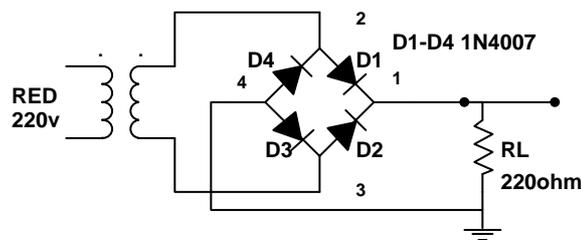
MATERIAL UTILIZADO

- 1 Transformador 220/6V+6V.
- 4 Diodos 1N4007.
- 1 Resistencia de carga 220 ohm
- 1 Osciloscopio
- 1 Polímetro.

PROCESO OPERATIVO

1.- Realizar el montaje del circuito y calcular los datos característicos del diodo, transformador, teniendo en cuenta que:

Resistencia de carga: 220 ohm Tensión eficaz del transformador: 6 V



Transformador:

Diodos:

Carga:

$V_{eft} =$

$I_{FRM} =$

$R_L =$

$I_{eft} =$

$I_{F(AV)} =$

$V_{dc} =$

$P_{eft} =$

$V_{RWM} =$

$I_{dc} =$

3.- Montar el circuito propuesto.

4.- Observar en el osciloscopio y dibujar las tensiones que hay en el secundario del transformador (V_t), en los diodos ($D1=D3$ y $D2=D4$) y en la carga (V_{RL}).

5.- Medir con el polimetro en continua, la tensión en la carga (V_{RL}) y la corriente (I_{RL}).

6.- Hacer una tabla comparando los valores medidos con el osciloscopio, con el polimetro y el teórico.

REALIZAR	V_{ef} Transformador	V_{max}	V_{dcRL}	I_{dcRL}
CALCULO				
OSCILOSCOPIO	$V_{maxT}/\sqrt{2}$		$2*V_{max}/\pi$	V_{dc}/R_L
POLIMETRO	V en AC	$V_{efT}*\sqrt{2}$	V en DC	I en DC

