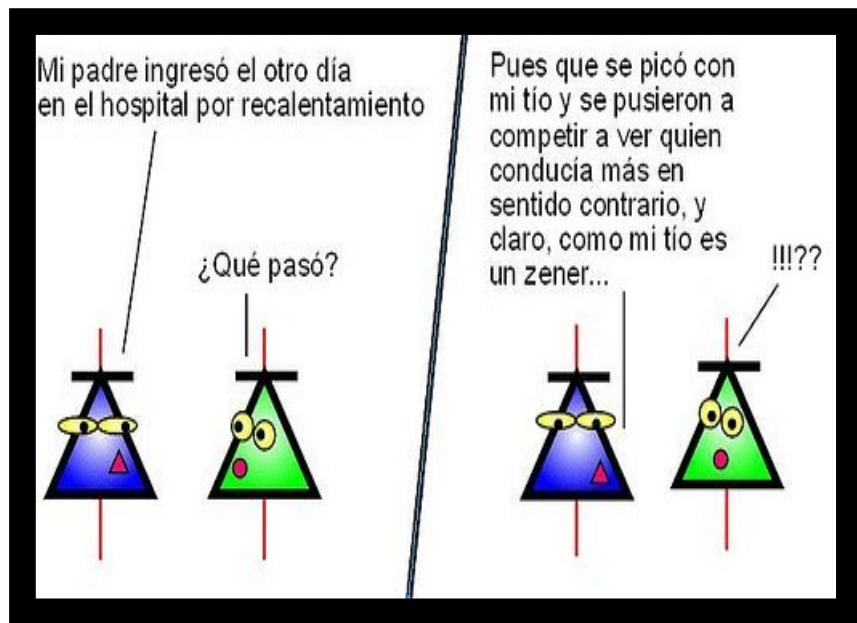


TEMA 5: O DÍODO. RECTIFICACIÓN E FONTES DE ALIMENTACIÓN

1. Os SEMICONDUCTORES.....	3
1.1. SEMICONDUCTORES EXTRÍNSECOS. O DOPADO.....	4
SEMICONDUCTOR TIPO N.....	4
SEMICONDUCTOR TIPO P.....	5
1.2. A UNIÓN PN. O DÍODO.....	6
1.3. POLARIZACIÓN DIRECTA DO DÍODO.....	7
1.4. POLARIZACIÓN INVERSA DO DÍODO.....	7
1.5. CURVA CARACTERÍSTICA DO DÍODO.....	8
TENSIÓN LIMIAR (V_r).....	9
1.6. RECTA DE CARGA E PUNTO DE TRABALLO NUN DÍODO.....	10
1.7. CURVA APROXIMADA DO DÍODO.....	11
1.8. APLICACIÓNS DOS DÍODOS.....	12
LIMITADORES OU RECORTADORES.....	12
FIXADORES DE NIVEL.....	13
MULTIPLICADORES.....	13
1.9. DÍODOS ESPECIAIS.....	15
DÍODO EMISOR DE LUZ LED.....	15
DÍODO LÁSER.....	15
FOTODÍODO.....	16
DÍODO SCHOTTKY.....	16
DÍODO ZENER.....	16
DÍODO VARICAP.....	17

2. FONTES DE ALIMENTACIÓN LINEAIS.....	18
2.1. TRANSFORMADOR.....	19
2.2. RECTIFICACIÓN.....	19
RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.....	19
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA CON TRANSFORMADOR DE TOMA INTERMEDIA.....	21
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA EN PONTE DE GRAETZ.....	23
RECTIFICADOR TRIFÁSICO DE MEDIA ONDA.....	25
RECTIFICADOR TRIFÁSICO DE ONDA COMPLETA.....	25
2.3. FILTRADO.....	27
FILTRADO POR CONDENSADOR.....	27
OUTROS FILTROS.....	31
2.4. REGULACIÓN.....	31
REGULACIÓN CON ZENER.....	32
REGULADORES INTEGRADOS.....	34
3. FONTES CONMUTADAS.....	35
3.1. REGULADORES CONMUTADOS.....	36

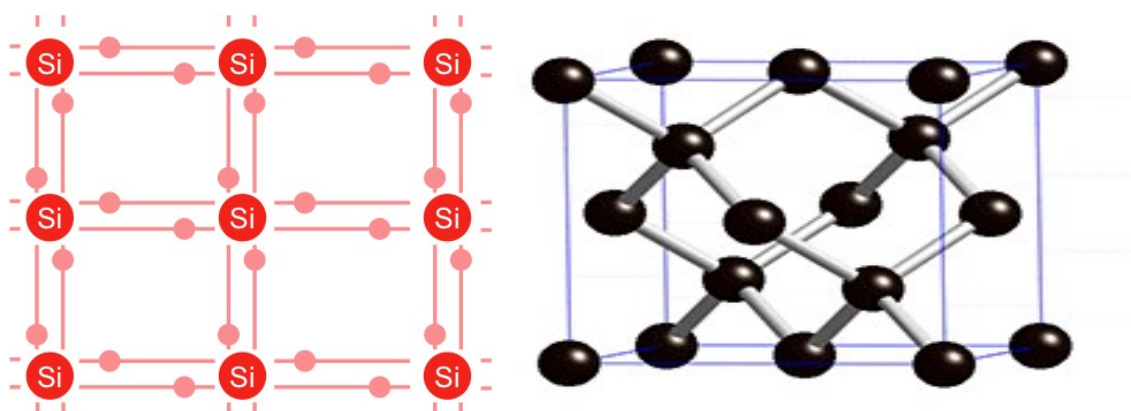


1. OS SEMICONDUCTORES.

Un semiconductor é un elemento que se comporta como un condutor ou como illante dependendo de diversos factores, por exemplo o campo eléctrico ou magnético, a presión, a radiación que lle incide, ou a temperatura do ambiente no que se atope.

Os semicondutores puros son elementos do grupo 14. O máis empregado é o silicio(Si), seguido do xermanio(Ge). Tamén presentan comportamento semiconductor as combinacións de elementos dos grupos 12 e 13 cos dos grupos 15 e 16 respectivamente (InP, AsGaAl, CdTe, CdSe, CdS, GaN...).

A característica común a todos eles é que poden formar cristais nos que cada átomo comparte un electrón (ligazón covalente) con cada un do seu catro veciños máis próximos forma unha estrutura tetraédrica similar á do diamante. Nas seguintes figuras pode verse unha estrutura deste tipo nunha representación plana e tridimensional.



Nunha estrutura cristalina como esta deixamos de falar de orbitais electrónicos asociados aos átomos para falar de bandas de enerxía asociadas ao cristal. Existen dúas bandas, a de valencia e a de condución. Na **banda de valencia** atópanse os electróns que están ligados a unha ligazón concreta e, por tanto, non poden moverse. Pola súa parte na **banda de condución** atópanse os electróns que por ter absorbido unha certa cantidade de enerxía, saíron do seu enlace e son capaces de moverse libremente polo cristal.

Ao estar o material a temperatura ambiente algúns electróns poden absorber a enerxía necesaria para saltar á banda de condución deixando o correspondente oco na banda de valencia. Obviamente o proceso inverso tamén é posible, un electrón pode caer dende á banda de condución a un oco na banda de valencia liberando enerxía. A este fenómeno denomínaselle recombinación.

Os electróns e os ocos reciben o nome de portadores. Nos semicondutores, ambos os tipos de portadores contribúen ao paso da corrente eléctrica. Ao someter o cristal a unha diferenza de potencial prodúcese dúas correntes eléctricas, unha debida ao movemento dos electróns (cargas negativas e^-) e outra debida ao movemento dos ocos (cargas positivas h^+) en dirección contraria á dos electróns.

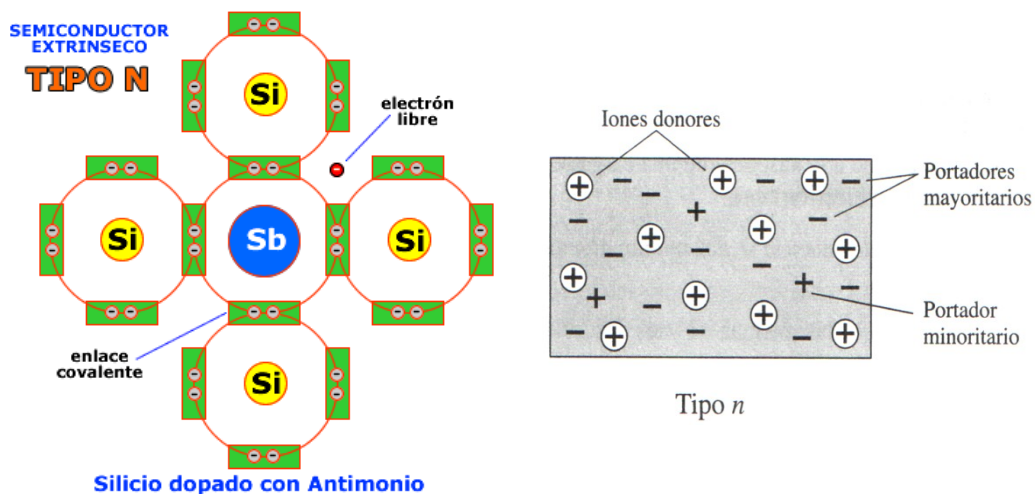
1.1. SEMICONDUCTORES EXTRÍNSECOS. O DOPADO

Se a un semiconductor intrínseco, como o anterior, engádeselle unha pequena porcentaxe de impurezas, o semiconductor denomínase extrínseco, e dise que está dopado. As impurezas son átomos que se insiren na estrutura cristalina substituíndo ao correspondente átomo do cristal.

Semiconductor tipo N

Un semiconductor tipo N obtense levando a cabo un proceso de dopado engadindo un certo tipo de átomos ao semiconductor para poder aumentar o número de portadores de carga libres negativos ou electróns.

O propósito da dopaxe tipo N é o de producir abundancia de electróns portadores no material. Para axudar a entender como se produce a dopaxe tipo N considérese o caso do silicio (Si). Os átomos do silicio teñen valencia catro, polo que se forma unha ligazón covalente con cada un dos átomos de silicio adxacentes. Se un átomo con cinco electróns de valencia (P, As, Sb...), incorpórase á rede cristalina no lugar dun átomo de silicio, entón ese átomo terá catro enlaces covalentes e un electrón non enlazado. Este electrón extra dá como resultado a formación de "electróns libres", o número de electróns no material supera amplamente o número de ocos, nese caso os electróns son os portadores maioritarios e os ocos son os portadores minoritarios.

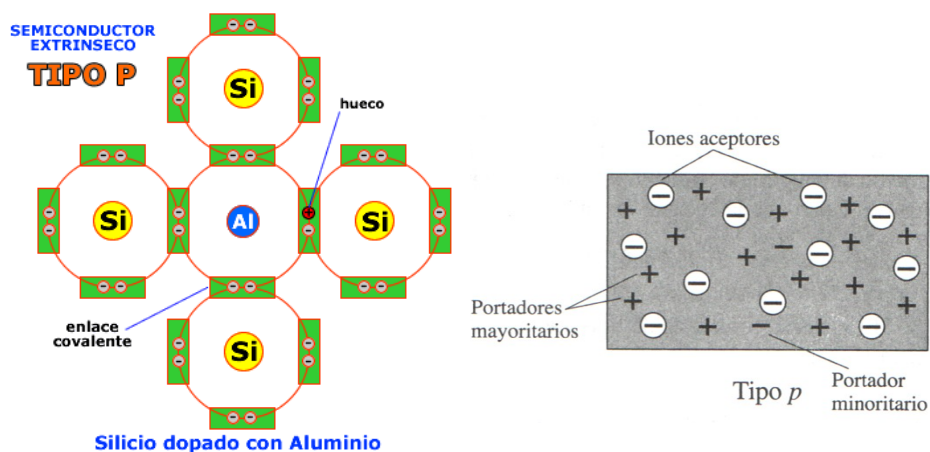


Semiconductor tipo P

Un Semiconductor tipo P obtense levando a cabo un proceso de dopado, engadindo un certo tipo de átomos ao semiconductor para poder aumentar o número de portadores de carga libres positivos ou ocos.

O propósito da dopaxe tipo P é o de crear abundancia de ocos. No caso do silicio, un átomo tetravalente úneselle un átomo con tres electróns de valencia, (Ao, Ga, B...), e incorpórase á rede cristalina no lugar dun átomo de silicio, entón ese átomo terá tres enlaces covalentes e un oco producido que se atopará en condición de aceptar un electrón libre.

Cando un número suficiente de impurezas deste tipo é engadido, os ocos superan amplamente aos electróns. Así, os ocos son os portadores maioritarios, mentres que os electróns son os portadores minoritarios nos materiais tipo P.

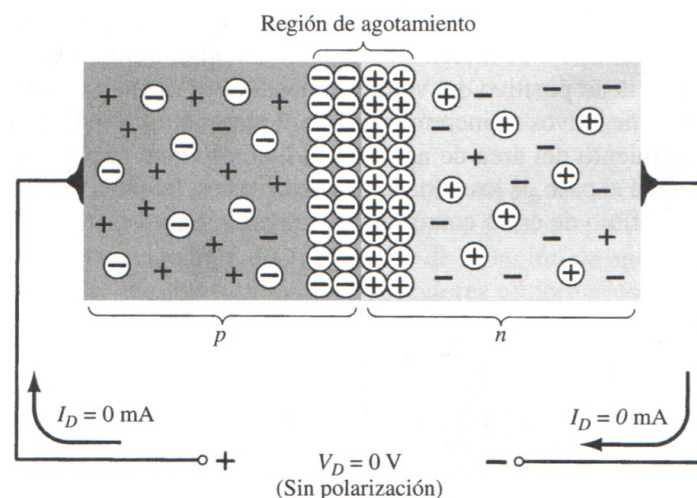


1.2. A UNIÓN PN. O DÍODO.

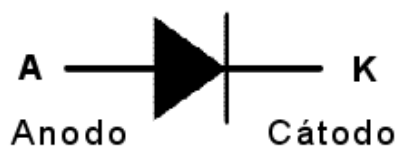
Os semicondutores tipo N e P por si mesmos non teñen maior utilidade práctica. A meirande parte dos dispositivos semicondutores modernos (diodos, transistores, tiristores...) están baseados na combinación de dúas ou máis capas alternadas de material tipo N e P.

O diodo é o máis sinxelo dos dispositivos semicondutores formado por unha única unión PN. Un diodo obtense dopando un cristal semiconductor con impurezas de xeito que unha metade sexa de tipo N e a outra P. Ao unir ambos os cristais, maniféstase unha difusión (movemento) dos *electróns extra* do cristal N ao P aloxándose estes nos *occos extra* da zona P. A medida que se produce este proceso de difusión de cargas aparecen cargas fixas nunha zona a ambos os dous lados da unión, zona que recibe o nome de **rexión de esgotamento**. A medida que progresa o proceso de difusión, a rexión de esgotamento vai incrementando a súa anchura profundando nos cristais a ambos lados da unión.

A acumulación de ións positivos na zona N e de ións negativos na zona P, crea unha diferenza de potencial que actúa sobre os portadores libres de detendo a difusión. Pensemos que os portadores negativos (e^-) móvense de potenciais menores a maiores e os positivos (h^+) móvense de potenciais maiores a menores polo que en ambos casos o potencial empúrraos cara a fora da barreira. Esta diferenza de potencial (V_D) é de 0,7 V no caso do silicio e 0,3 V para os cristais de xermanio.



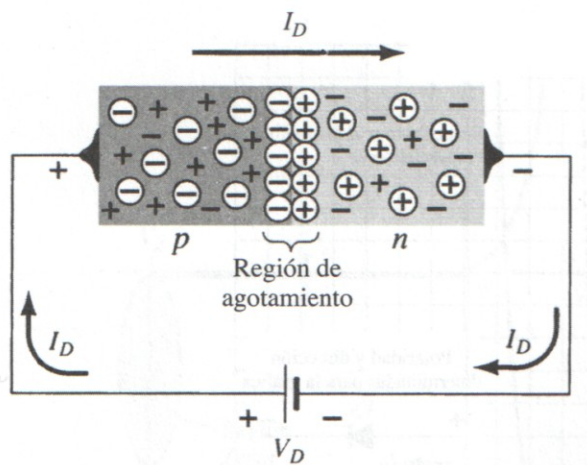
Á zona P do díodo chamáselle ánodo e a zona N cátodo, o símbolo circuital do díodo pode verse na seguinte figura.



Cando se somete ao díodo a unha tensión externa, dise que o díodo está polarizado, podendo ser a polarización **directa** ou **inversa**.

1.3. POLARIZACIÓN DIRECTA DO DÍODO

Cando un díodo se polariza de xeito directo, é dicir o polo positivo da fonte contra o ánodo e o negativo contra o cátodo as cargas libres das zonas P e N son empurradas contra a rexión de esgotamento. Estas recombinanse cos ións da rexión de esgotamento de xeito que esta se estreita a medida que a tensión aplicada aumenta.



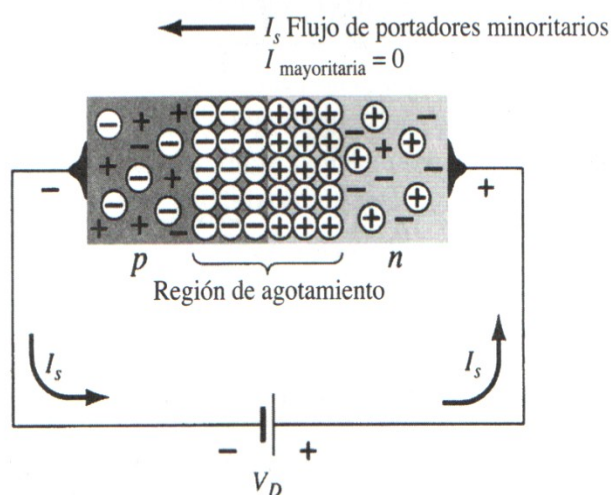
Chegará un momento, ao aumentar a tensión, en que a rexión de esgotamento se anule por completo ($V_D = V_Y$). A partir de ese momento xa non existe a barreira de potencial e os portadores maioritarios de ambas zonas son capaces de atravesala empurrados pola diferenza de potencial externa establecéndose unha corrente que aumentará **de xeito exponencial** ao aumentar a tensión.

1.4. POLARIZACIÓN INVERSA DO DÍODO

Neste caso, o polo negativo da batería conéctase á zona P e o polo positivo á zona N. O polo positivo da batería atrae aos electróns libres da zona N, os cales saen do cristal N e introdúcense no condutor dentro do cal se desprazan até chegar á batería. A medida que os electróns libres abandonan a zona N, os átomos dopantes, ao verse desprendidos do seu electrón extra, convértense en ións positivos. Do mesmo xeito o polo negativo da batería cede electróns libres

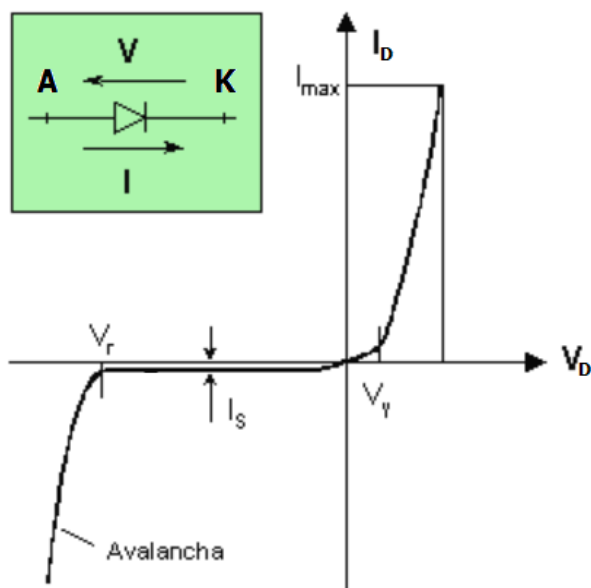
aos átomos dopantes da zona P converténdoos en ións negativos. Este proceso repítese unha e outra vez ata que a zona de carga espacial vólvese máis ancha adquirindo a barreira de potencial o mesmo potencial eléctrico que a batería.

Nesta situación, o díodo non debería conducir a corrente; con todo os **portadores minoritarios** que existen en un número moi pequeno a ámbolos lados da unión non son detidos pola barreira de potencial senón que son acelerados por esta producindo unha pequena corrente (da orde de μA) denominada corrente inversa de saturación (I_s).



1.5. CURVA CARACTERÍSTICA DO DÍODO

A curva característica do díodo é unha curva na que se representa a corrente que atravesa o díodo (I_D) en función da tensión entre os extremos do mesmo (V_D).



A propia curva e os puntos máis importantes da mesma aparecen nas follas de características dos díodos ([Exemplo](#)). Algúns dos parámetros máis importantes son os seguintes.

Tensión limiar (V_V).

A tensión limiar (tamén chamada barreira de potencial) de polarización directa coincide en valor coa tensión da zona de carga espacial do díodo non polarizado. Ao polarizar directamente o díodo, a barreira de potencial inicial vaise reducindo, incrementando a corrente lixeiramente. Cando a tensión externa supera a tensión limiar, a barreira de potencial desaparece, de forma que para pequenos incrementos de tensión prodúcense grandes variacións da intensidade de corrente.

Corrente máxima (I_{max}).

É a intensidade de corrente máxima que pode conducir o díodo sen fundirse debido ao calor xerado no mesmo por efecto Joule. Dado que depende da cantidade de calor que pode disipar o díodo, depende sobre todo do deseño do mesmo.

Xeralmente danse dous valores, un medio ao que pode traballar o díodo de xeito continuado e outro de pico non repetitivo que pode alcanzarse puntualmente durante un período curto de tempo.

En algúns casos nas follas de características dos díodos aparece a potencia máxima disipable polo díodo que virá dada por $P_{max} = I_{max} \cdot V_{max}$

Corrente inversa de saturación (I_S).

É a pequena corrente que se establece ao polarizar inversamente o díodo debida aos portadores minoritarios xerados debido á temperatura. Xeralmente indicase mediante unha familia de curvas I-V, unha curva para cada temperatura.

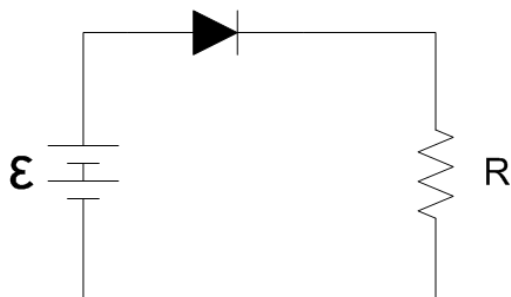
Tensión de ruptura (V_R).

É a tensión inversa máxima que o díodo pode soportar antes de darse o efecto avalancha que leva a un aumento enorme da corrente e á destrución do díodo.

1.6. RECTA DE CARGA E PUNTO DE TRABALLO NUN DÍODO

Cando cargamos un dispositivo, neste caso un díodo, cunha resistencia é posible debuxar sobre a curva característica do dispositivo a curva característica da resistencia de xeito que, como ambas deben cumprirse, o circuíto permanecera no punto de corte de ambas curvas (punto de traballo Q).

A recta de carga é unha ferramenta fundamental para analizar o comportamento dos circuítos con transistores, neste apartado veremos como se constrúe para un díodo. Pensemos no seguinte circuíto formado por unha fonte, un díodo e unha resistencia:



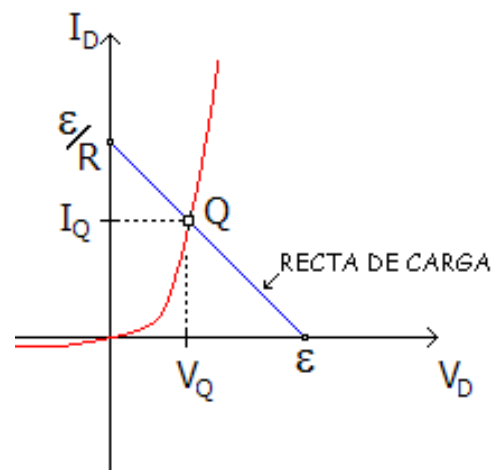
A Lei de Ohm na resistencia escrita en termos da corrente a través do díodo (I_D) e a caída de potencial no mesmo (V_D) será:

$$I_R = I_D = \frac{V_R}{R} = \frac{\varepsilon - V_D}{R}$$

O seguinte paso será debuxar esa recta de carga sobre a curva característica do díodo. Para debuxar unha recta so necesitamos dous puntos, por simplicidade tomaremos os cortes cos eixos de coordenadas: $I_D=0$ e $V_D=0$.

$$I_D=0 \Rightarrow \frac{\varepsilon - V_D}{R} = 0 \Rightarrow V_D = \varepsilon$$

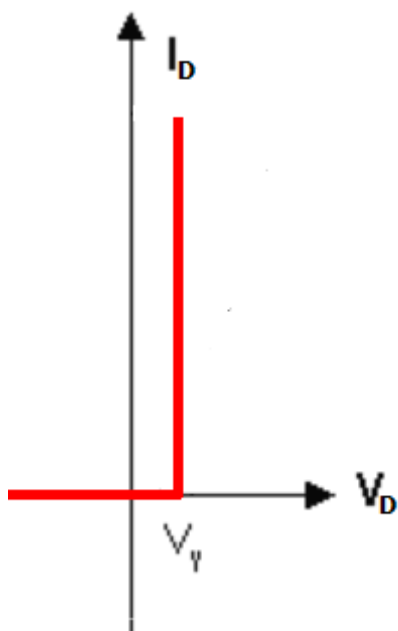
$$V_D=0 \Rightarrow I_D = \frac{\varepsilon - 0}{R} = \frac{\varepsilon}{R}$$



Os valores de I_Q e V_Q serán a corrente a través do díodo e a tensión entre extremos do mesmo para o circuíto. Obsérvese que tanto a recta de carga como o punto de traballo dependen do valor de R como cabía esperar.

1.7. CURVA APROXIMADA DO DÍODO

A curva aproximada do díodo resulta de supoñer que a corrente inversa de saturación (I_s) é nula e que a tensión entre extremos do díodo permanece constante no seu valor limiar (V_y) independentemente da corrente que o atravesa.



Esta curva característica aproximada resulta de máxima utilidade á hora de resolver circuítos con díodos e ademais resulta ser unha aproximación bastante boa na maior parte dos casos xa que a corrente inversa de saturación (I_s) é moi pequena e a tensión entre extremos do díodo varia moi pouco ao variar a corrente nunha marxe razoable.

O xeito de resolver os circuítos con díodos é substituír o díodo por un circuíto equivalente que varia segundo se o díodo atopase no seu estado de corte ou de condución.

Aplicaremos o seguinte procedemento: En primeiro lugar temos que atopar a condición que se ten que cumprir para que o díodo conduza. A fonte terá que aportar unha tensión suficiente para que o díodo permita o paso de corrente “roubando” unha tensión V_y . Unha vez atopada esta condición resolvemos o circuíto para cada un dos casos de interese substituíndo o díodo polo correspondente circuíto equivalente. Se as fontes do circuíto son de corrente constante so haberá un caso de estudo pero se son de corrente variable ou alterna pode haber varios.

Díodo en corte $\Rightarrow \begin{matrix} V_D < V_y \\ I_D = 0 \end{matrix} \Rightarrow$ Substituímos o díodo por un circuíto aberto.

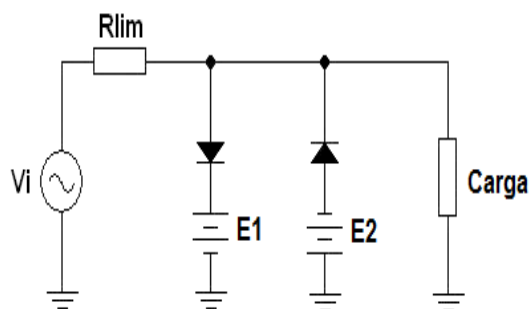
Díodo en condución $\Rightarrow \begin{matrix} V_D = V_y \\ I_D > 0 \end{matrix} \Rightarrow$ Substituímos o díodo por unha fonte de tensión de $\varepsilon = V_y$ situada de xeito que se opon ao paso de I_D .

1.8. APLICACIÓNS DOS DÍODOS

Como veremos no apartado adicado ás fontes de alimentación lineares a principal utilidade dos díodos é a rectificación. Con todo, existen outros circuítos interesantes con díodos, neste tema falaremos dos limitadores ou recortadores, dos fixadores de nivel e dos multiplicadores.

Limitadores ou Recortadores

Un limitador ou recortador é un circuíto que permite, mediante o uso de resistencias e díodos, limitar as tensións que chegan a un determinado punto dun circuíto. Mediante un limitador pódese protexer a un compoñente de tensións positivas ou negativas a partir dun determinado valor.



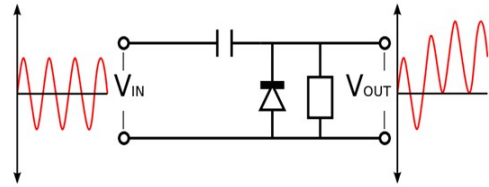
Pensem no circuíto da figura da dereita. Imaxinemos que nos interesa protexer á carga de tensións positivas superiores a $E1+V_y$ e de tensións negativas superiores a $E2+V_y$. Se a tensión de entrada supera por calquera motivo o valor $E1+V_y$ o díodo D1 quedará polarizado directamente fixando a tensión no seu ánodo ao valor $E1+$ e facendo que o resto da tensión caia en R_{lim} . Do mesmo xeito cando a tensión de entrada diminúa por debaixo de $-(E2+V_y)$, o diodo D2 quedará polarizado directamente fixando a tensión na carga en $-(E2+V_y)$.

A resistencia limitadora é parte imprescindible do limitador, xa que se non estivese conectada, ao polarizarse un dos díodos directamente comezaría a conducir a corrente eléctrica sen control e destruíríase. Esta resistencia ten como función limitar a corrente que atravesa os díodos, como indica o seu nome.

As fontes E1 e E2 permiten axustar as tensións máximas que o limitador permite. Sen embargo é moi habitual ver limitadores sen fontes, recortando as tensións maiores que $\pm V_y$ nas entradas de circuítos.

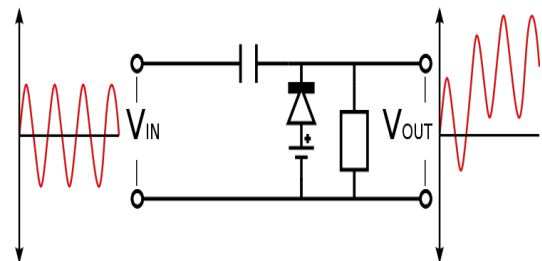
Fixadores de nivel

Un fixador é un circuío electrónico que permite engadir a un sinal electrónico unha compoñente de continua positiva ou negativa. O modelo máis básico é o que se mostra na figura da dereita.



Inicialmente, no primeiro semiciclo negativo de V_{IN} , o díodo conduce e o condensador cargase ate un valor igual $V_{IN,p}-V_Y$. Despois, durante o semiciclo positivo o díodo permanece polarizado inversamente e a tensión V_{IN} sumase ao nivel de continua almacenado no condensador. Deste xeito o valor de pico da tensión na saída do circuío será $2 \cdot V_{IN,p}-V_Y$.

Se ademais do díodo engadimos unha fonte de continua de valor E en serie con este poderemos fixar a compoñente de continua a un valor maior elevando a tensión de pico na saída ata un valor $E+2 \cdot V_{IN,p}-V_Y$.



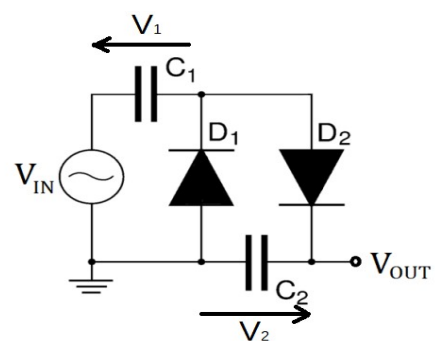
Dando a volta ao díodo e á fonte é posible engadir ao sinal unha compoñente de continua negativa en lugar de positiva.

Multiplicadores

Un Multiplicador de tensión é un circuío eléctrico que converte unha tensión alterna ou continua a outra continua de maior voltaxe mediante etapas de díodos e condensadores.

Multiplicador de Cockcroft-Walton

Na figura da dereita pode verse un multiplicador CW de unha etapa. Suporemos por simplicidade que C_1 e C_2 teñen a mesma capacidade. No semiciclos positivos D_1 estará en corte e D_2 en condución. Pola súa parte, nos semiciclos negativos D_1 estará en condución e D_2 en corte.

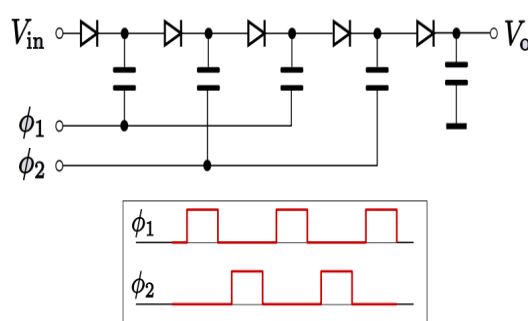


No primeiro semiciclo positivo C_1 e C_2 adquirirán cada un a metade da tensión de pico da fonte en sentido positivo segundo as frechas no diagrama. No seguinte semiciclo negativo C_1 cargárase ate a tensión de pico en sentido negativo. No seguinte semiciclo positivo a tensión entre extremos do circuíto formado por C_1 , D_2 e C_2 será menor que a tensión da fonte polo que a corrente fluirá polo circuíto cargando ambos condensadores. Este proceso repetirase ata que a tensión entre extremos de C_2 sexa o dobre da tensión de pico da fonte, a partir de ese momento o díodo D_2 permanecería pechado durante todo o ciclo.

Engadindo máis etapas idénticas pódese multiplicar a tensión por factores maiores. Estes multiplicadores desenvóléronse para obter tensións de continua de valores enormes para os aceleradores de partículas. Hoxe en día seguen empregándose nos aceleradores de partículas pero tamén en aparatos de raios X, televisións de tubo, fotocopiadoras e outros.

Multiplicador Dickson

O multiplicador Dickson ou bomba de carga Dickson é unha modificación do multiplicador CW que, en lugar de traballar con CA na entrada traballa con CC. Ademais da entrada de CC este circuíto precisa de dous trens de pulsos de amplitude igual á tensión da fonte de CC empregada na entrada e en oposición de fase entre eles.



Para explicar o funcionamento do circuíto numeraremos os compoñentes de esquerda a dereita (D_1 , $D_2...$ e C_1 , $C_2...$). Ao comezo ϕ_1 está en baixa, D_1 ábrese e C_1 cárgase a V_{in} . Seguidamente ϕ_1 pasa a alta, D_1 pechase e C_1 é levado a unha tensión $2 \cdot V_{in}$, D_2 ábrese e C_2 cárgase até $2 \cdot V_{in}$. A continuación ϕ_1 pasa a baixa e ϕ_2 a alta, D_2 pechase e C_2 é levado a unha tensión $3 \cdot V_{in}$, D_3 ábrese e C_3 cárgase até $3 \cdot V_{in}$. A continuación ϕ_1 pasa a alta e ϕ_2 a baixa, D_3 pechase e C_3 é levado a unha tensión de $4 \cdot V_{in}$, D_4 ábrese e C_4 cárgase até $4 \cdot V_{in}$. Finalmente ϕ_1 pasa a baixa e ϕ_2 a alta, D_4 pechase e C_4 é levado a unha tensión de $5 \cdot V_{in}$, D_5 ábrese e C_5 cárgase até $5 \cdot V_{in}$.

Estes multiplicadores non se empregan como os CW para aplicacións de alta tensión senón que son empregados habitualmente no interior de circuítos integrados para obter tensións maiores que as subministradas polas súas baterías. Tanto os condensadores como os díodos poden implementarse en tecnoloxía MOS polo que é posible integrar o multiplicador completo no interior dun chip.

1.9. DÍODOS ESPECIAIS

Os díodos normais, os cales operan como se describía, fanse xeralmente de silicio ou xermanio e reciben o nome de díodos rectificadores. Ademais destes existen outros tipos de díodos, que teñen características particulares. Algúns dos mais importantes son:

Diodo emisor de luz LED



Nun díodo emítense fotóns cando se recombinan os portadores de carga na rexión de esgotamento. Construindo o díodo de xeito que se favorezan estas recombinacións e que ademais a estrutura do díodo permita a saída desa luz díodo emitira luz dun xeito moi eficiente. Dependendo do material empregado, do salto enerxético entre as bandas de condución e valencia, a lonxitude de onda que se poden xerar van dende o infravermello até o ultravioleta.

As aplicacións son moi variadas: iluminación, visualizadores, mandos a distancia, detectores... E as súas vantaxes sobre outros emisores de luz son tamén numerosas: rendemento, peso, robustez, duración...

Díodo láser

Cando a estrutura dun LED introdúcese nunha cavidade resoante formada ao puír as caras dos extremos, pódese formar un láser. Os díodos láser úsanse frecuentemente en dispositivos de almacenamento ópticos e para a comunicación óptica de alta velocidade. Se ben non chegan a ter características tan puras coma outros láseres resultan moi económicos e de pequeno tamaño.

Fotodíodo



Todos os semicondutores están suxeitos á aparición de portadores de carga por efecto da luz. Xeralmente é un efecto non desexado, polo que moitos dos semicondutores están empacados en materiais que bloquean o paso da luz. Os fotodíodos teñen a función de ser sensibles á luz, polo que están empacados en materiais que permiten o paso da luz. O fotodíodo polarízase en inversa e a corrente inversa varia coa cantidade de luz incidente. Un fotodíodo pode usarse en celas solares, en fotometría ou en comunicación óptica.

Díodo Schottky



Os díodos Schottky están construídos como unha unión metal semiconductor. Teñen unha tensión limiar moito menor que os díodos PN, para correntes ao redor de 1mA está no rango de 0.15V a 0.45V, o cal os fai útiles en aplicacións de fixación de tensións desa orde (prevención de saturación en transistores bipolares). Ademais son capaces de pasar de condución a corte máis rápido que os díodos PN polo que se usan en circuitos de alta velocidade.

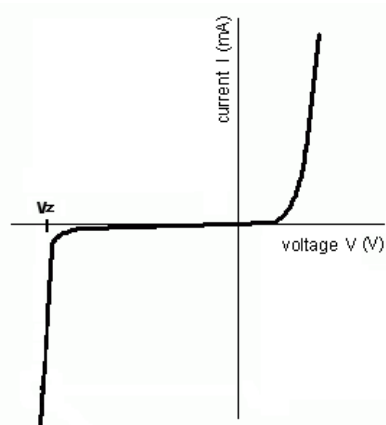
Díodo Zener



Un díodo Zener é unha clase especial de díodo. En polarización directa o Zener permite o paso de corrente eléctrica do mesmo xeito que un díodo normal. A particularidade do díodo Zener é que tamén permite o paso da corrente en polarización inversa cando a voltaxe esta por riba dun valor ao que chamaremos tensión Zener (V_Z).

A tensión Zener depende do proceso de fabricación polo que é posíbel fabricalos para unha ampla gama de valores.

A variación da tensión inversa ao variar a corrente inversa a través do díodo é moi pequena o que fai o díodo Zener ideal para a xeración de voltaxes de referencia, ou como estabilizador voltaxe para aplicacións de baixa potencia.



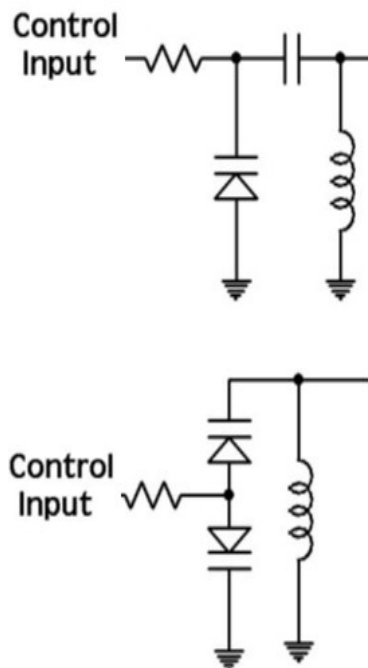
Díodo Varicap



Segundo vimos anteriormente un díodo polarizado en inversa presenta unha zona libre de portadores de carga no seu interior. Esta zona libre de portadores presenta unha certa capacidade. Esta capacidade da do díodo depende da anchura de esta zona e esta pode modificarse aplicando ao díodo unha polarización inversa entre os seus extremos. Un aumento da tensión de polarización inversa da lugar a un ensanchamento da zona libre de portadores e, por tanto, a unha diminución da capacidade (o mesmo efecto producido ao distanciar as placas do un capacitor).

Tamén son coñecidos como diodo de capacidade variable ou varactores. As capacidades típicas de un díodo varicap, por exemplo o [BB148 de NXP](#), atopase entre os 45 pF para unha tensión inversa en torno aos 0,6V e os 7pF cunha tensión inversa en torno aos 20V.

O uso máis habitual de este tipo de díodos é substituír aos capacitores variables mecánicos en osciladores ou etapas de sintonía de todo tipo de equipos. Xeralmente conéctanse nun circuítio resoante xunto con outros compoñentes. Na figura da dereita poden verse dous exemplos de circuítos resoantes LC feitos con varicaps e deseñados para que o nivel de polarización continua do varicap non chegue ao resto dos compoñentes do circuítio. No primeiro deles situase un condensador en serie co varicap para bloquear a continua e que esta non chegue ao resto do circuítio. No segundo caso empregase outro varicap en lugar do capacitor o que reduce a capacidade variable á metade pero tamén reduce á metade a amplitude da tensión AC que chega aos varicaps. É moi importante nestas montaxes que a amplitude da tensión AC sexa pequena para que non modifique substancialmente o punto de polarización e, por tanto, a capacidade do varicap.



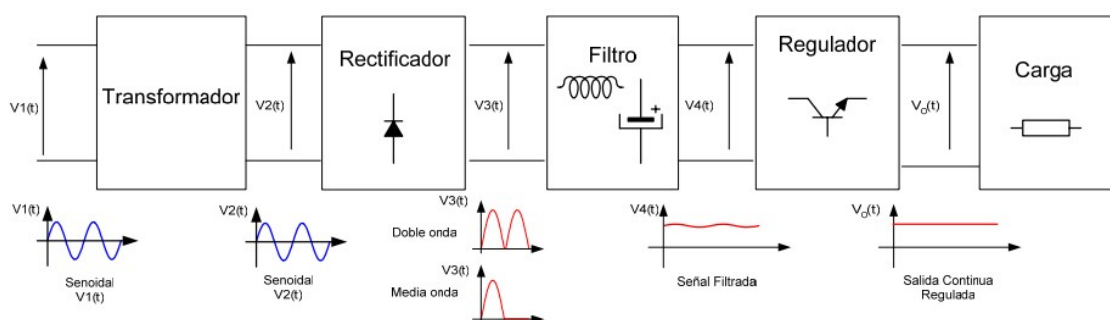
2. FONTES DE ALIMENTACIÓN LINEAIS

Tanto a xeración como a transmisión e conversión de enerxía eléctrica realízanse dunha maneira máis simple e eficiente en corrente alterna. En efecto, a xeración de corrente alterna non require contactos móbiles (colectores, escobillas) susceptibles de causar perdas enerxéticas e de sufrir desgastes.

Deixando de lado os motores, os calefactores e os sistemas de iluminación, a gran maioría dos equipos con alimentación eléctrica requiren corrente continua para o seu funcionamento. Aparece entón a necesidade de converter a corrente alterna en continua, o cal se logra por medio das fontes de alimentación.

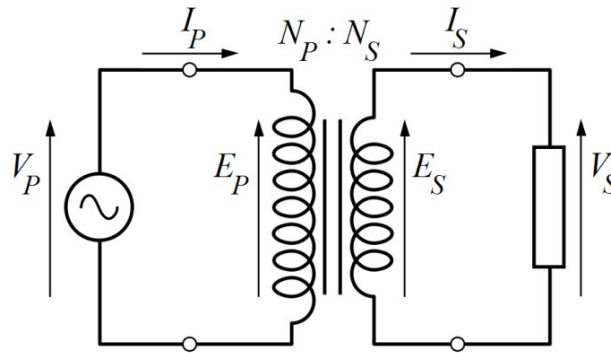
Unha fonte de alimentación lineal que serán as que estudaremos primeiramente esta composta basicamente por tres etapas: transformación, rectificación e filtrado. Os transformadores permitirannos controlar a amplitude da tensión xerada, o rectificador é a etapa que converte a corrente alterna á saída do transformador en corrente continua e, por último, o filtrado permítenos obter unha corrente continua de maior calidade (continua e constante).

A estas tres etapas pode engadirse unha cuarta, a de regulación ou estabilización que permitirá que a corrente continua xerada permaneza nun valor constante e concreto. Ademais a etapa de regulación mantén a saída constante independentemente das fluctuacións que se produzan nas demais etapas, na corrente alterna coa que se alimenta a fonte de alimentación (regulación de liña) ou na carga que esta debe alimentar (regulación de carga).



2.1. TRANSFORMADOR

Como xa vimos no tema 3 un transformador é un núcleo de material ferromagnético sobre o que se devanan dous arroiamentos, o devanado primario de N_P voltas e o secundario de N_S voltas:



Segundo razoamos no tema 3 as expresións que relacionan as correntes e tensións en ambos devanados son:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = m \quad \text{e} \quad \frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{1}{m}$$

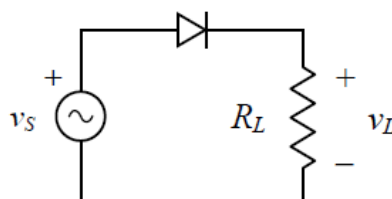
Onde a m chamámoslle relación de transformación.

2.2. RECTIFICACIÓN

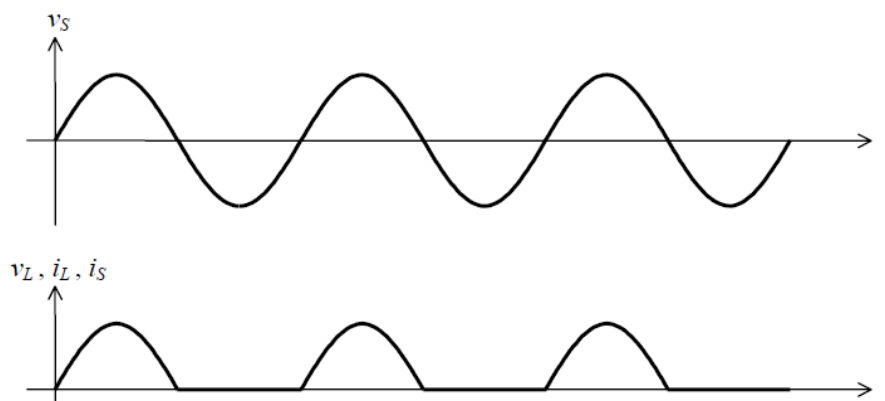
Como xa se comentou a rectificación consiste en transformar a corrente alterna á saída do transformador en corrente continua mediante unha serie de díodos. Analizaremos neste apartado algúns dos circuítos rectificadores máis importantes.

Rectificador de media onda

Na seguinte figura represéntase esquematicamente un rectificador de media onda no cal un díodo interponse entre a fonte e a carga. Cando a tensión v_S da fonte é maior que v_Y , o sentido da corrente é favorable e prodúcese a circulación, polo cal $v_L = v_S - v_Y$.



Cando, en cambio, $v_s < v_y$, o díodo non conduce e entón $v_L = 0$. Isto ilústrase na seguinte figura 2 para un típico sinal sinusoidal. Indícase tanto a tensión na carga como a corrente que circula por ela e pola fonte (a tensión e as correntes neste caso teñen a mesma forma). Invertendo o díodo lograríase unha tensión negativa.



Valor medio da tensión na saída ($V_{L,med}$)

Este sería o valor que mediríamos con un voltímetro de continua conectado á saída do rectificador.

$$V_{L,med} = \frac{V_{L,p}}{\pi} = \frac{V_{S,p} - V_y}{\pi} \cong \frac{V_{S,p}}{\pi}$$

Intensidade de corrente na carga e nos díodos ($I_{L,med}$, $I_{D,med}$ e $I_{D,p}$)

A corrente que pasa polos díodos é un parámetro fundamental á hora de elixilos. Neste rectificador, tanto a media como a de pico serán idénticas na carga e nos díodos.

$$I_{D,med} = I_{L,med} = \frac{V_{L,med}}{R_L} \quad I_{D,p} = I_{L,p} = \frac{V_{L,p}}{R_L} = \frac{V_{S,p} - V_y}{R_L} \cong \frac{V_{S,p}}{R_L}$$

Tensión inversa máxima nos díodos ($V_{R,p}$)

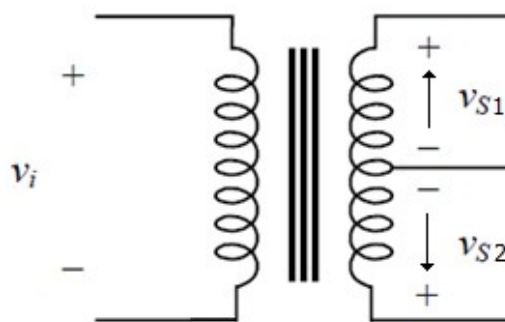
Este é outro parámetro fundamental á hora de elixilos.

Neste caso coincidirá co valor da tensión de pico á saída do transformador.

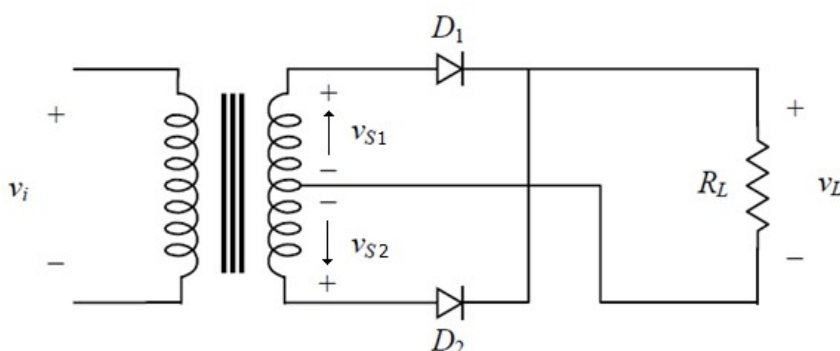
$$V_{R,p} = V_{S,p}$$

Rectificador de onda completa con transformador de toma intermedia

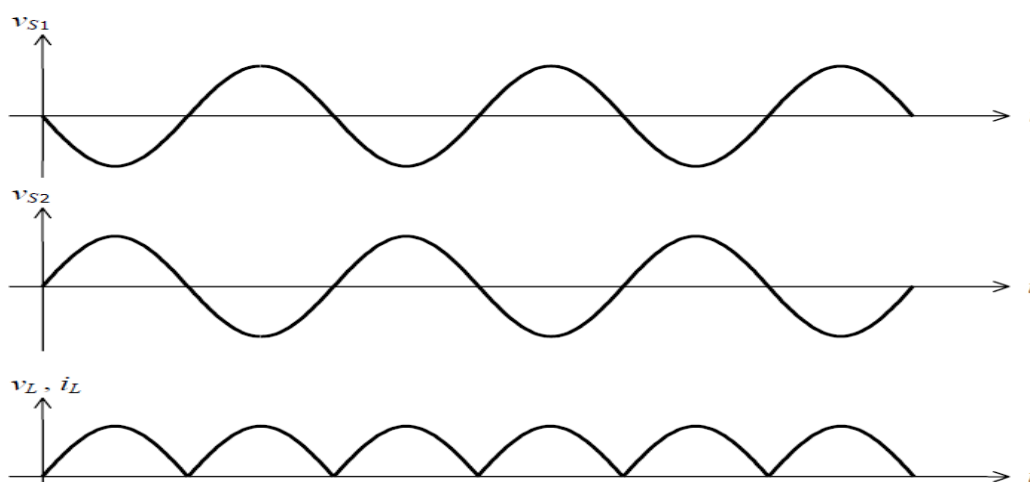
Nun transformador con toma intermedia a metade da tensión aparece entre cada un dos contactos extremos e o central. Se tomamos as tensións de saída como indica a seguinte figura teremos dúas tensións v_{S1} e v_{S2} idénticas en amplitude e opostas en fase.



Na seguinte figura represéntase esquematicamente un rectificador de onda completa con transformador de toma intermedia. O funcionamento do circuíto e como o de dous rectificadores de media onda coas súas saídas conectadas entre si e alimentados por tensións en oposición de fase.



Na saída obteremos unha tensión completamente rectificadas onde cada semiperíodo é rectificadas por un dos díodos.



Valor medio da tensión na saída ($V_{L,med}$)

Será o dobre que para un rectificador de media onda.

$$V_{L,med} = 2 \cdot \frac{V_{L,p}}{\pi} = 2 \cdot \frac{V_{S,p} - V_\gamma}{\pi} \cong 2 \cdot \frac{V_{S,p}}{\pi}$$

Intensidade de corrente na carga e nos díodos ($I_{L,med}$, $I_{D,med}$ e $I_{D,p}$)

A corrente media na carga tomara o valor:

$$I_{L,med} = \frac{V_{L,med}}{R_L}$$

Sen embargo so a metade pasara por cada un dos díodos é, polo tanto:

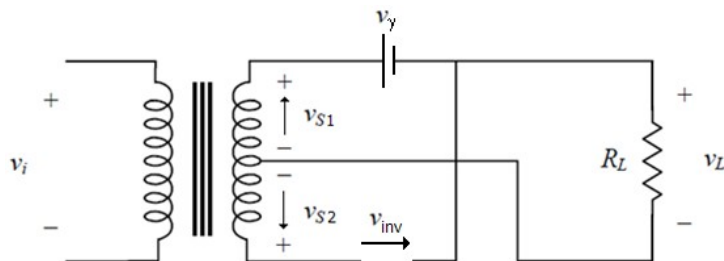
$$I_{D,med} = \frac{V_{L,med}}{2 \cdot R_L}$$

Pola súa banda a corrente de pico será a mesma que nun rectificador de media onda, ademais é a mesma no díodo e na carga.

$$I_{D,p} = I_{L,p} = \frac{V_{L,p}}{R_L} = \frac{V_{S,p} - V_\gamma}{R_L} \cong \frac{V_{S,p}}{R_L}$$

Tensión inversa máxima nos díodos ($V_{R,p}$)

Observemos o circuítu equivalente cando so o díodo D1 conduce:

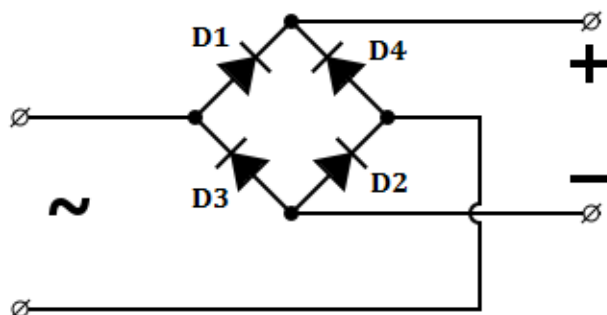


No momento no que a tensión v_{S1} toma o valor de pico tamén o fai v_{S2} aínda que no senso contrario. De xeito que a tensión no cátodo de D2 é de $V_P - V_\gamma$ e no ánodo é de $-V_P$, a tensión inversa que soporta o díodo será a diferenza entre a tensión no cátodo e a tensión no ánodo como indica a figura:

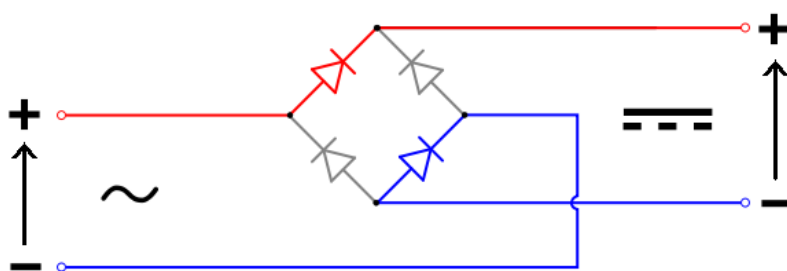
$$V_{R,p} = 2 \cdot V_{S,p} - V_\gamma \cong 2 \cdot V_{S,p}$$

Rectificador de onda completa en ponte de Graetz

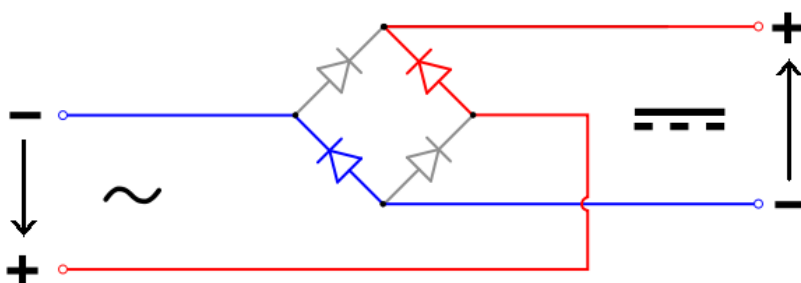
Na seguinte figura represéntase esquematicamente un rectificador de onda completa en ponte de Graetz.



Cando $v_s > 0$, os díodos D_1 e D_2 están polarizados en forma directa e polo tanto conducen, en tanto que D_3 e D_4 non conducen. Teremos entón $v_L = v_s - 2 \cdot v_Y$.



Cando a fase da entrada se inverte, pasando a ser $v_s < 0$, serán D_3 y D_4 os que estarán en condicións de conducir, mentres que D_1 e D_2 cortaranse. O resultado é que a tensión da fonte atopase agora aplicada á carga en forma oposta, de xeito que $v_L = -v_s - 2 \cdot v_Y$.



Na saída obteremos unha tensión completamente rectificadora.

Valor medio da tensión na saída ($V_{L,med}$)

Será o dobre que para un rectificador de media onda tendo en conta que agora a corrente pasa por dous díodos:

$$V_{L,med} = 2 \cdot \frac{V_{L,p}}{\pi} = 2 \cdot \frac{V_{S,p} - 2 \cdot V_\gamma}{\pi} \cong 2 \cdot \frac{V_{S,p}}{\pi}$$

Intensidade de corrente na carga e nos díodos ($I_{L,med}$, $I_{D,med}$ e $I_{D,p}$)

A corrente media na carga tomara o valor:

$$I_{L,med} = \frac{V_{L,med}}{R_L}$$

Sen embargo so a metade pasara por cada un dos díodos é, polo tanto:

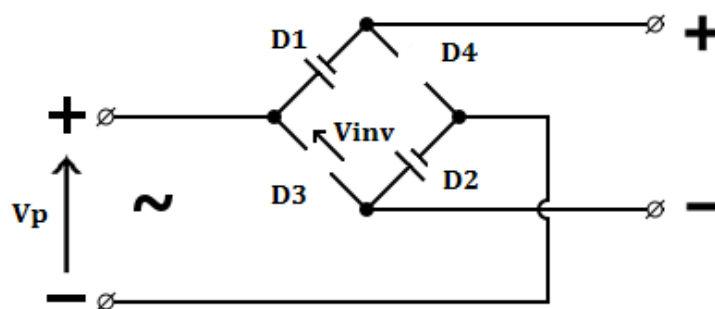
$$I_{D,med} = \frac{V_{L,med}}{2 \cdot R_L}$$

Pola súa banda a corrente de pico será a mesma na carga e nos diodos:

$$I_{D,p} = I_{L,p} = \frac{V_{L,p}}{R_L} = \frac{V_{S,p} - 2 \cdot V_\gamma}{R_L}$$

Tensión inversa máxima nos díodos ($V_{R,p}$)

Observemos o circuío equivalente cando D1 e D2 conducen:

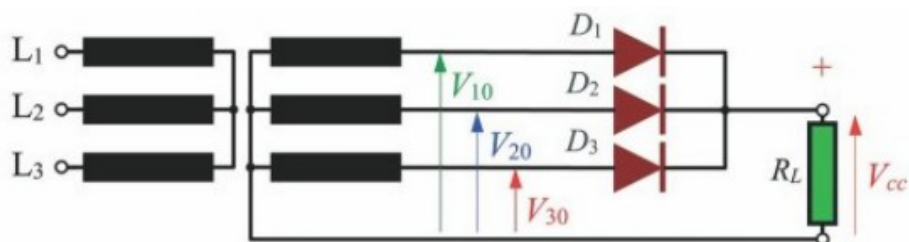


Á vista de este circuío resulta evidente que a tensión inversa entre extremos de D3 é:

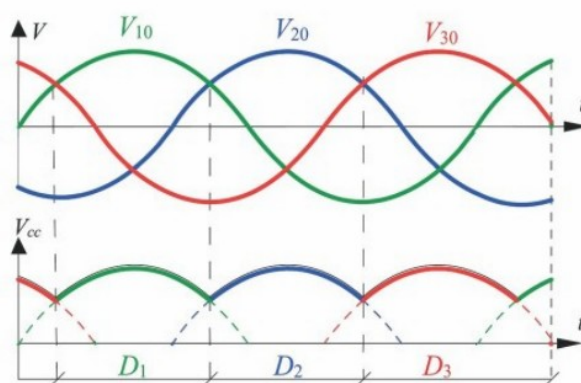
$$V_{R,p} = V_{S,p} - V_\gamma = V_{L,p} + V_\gamma \cong V_{S,p}$$

Rectificador trifásico de media onda

O circuío mostrase na seguinte figura.

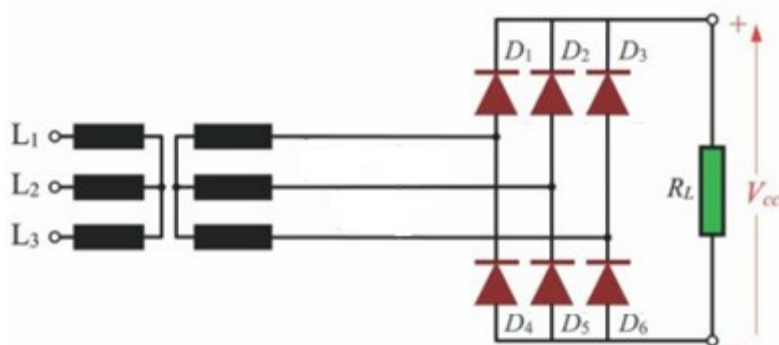


A análise é análoga á de tres rectificadores monofásicos de media onda coas súas saídas acopladas de xeito que en cada instante conducirá unicamente un dos tres. Como o desfase entre as tres fases é de 120° cada díodo conducirá durante un terzo de ciclo. As formas de onda resultantes poden verse na seguinte figura.



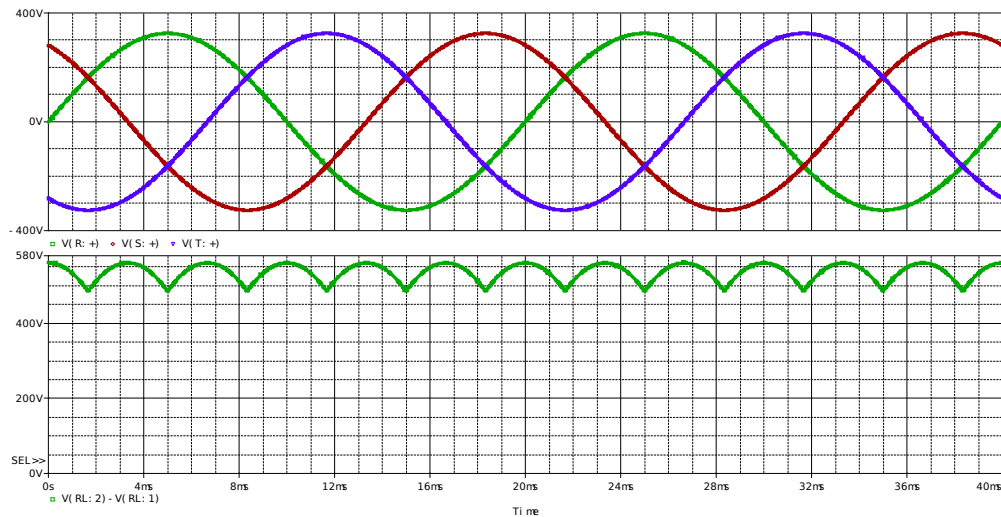
Rectificador trifásico de onda completa

O circuío mostrase na seguinte figura.

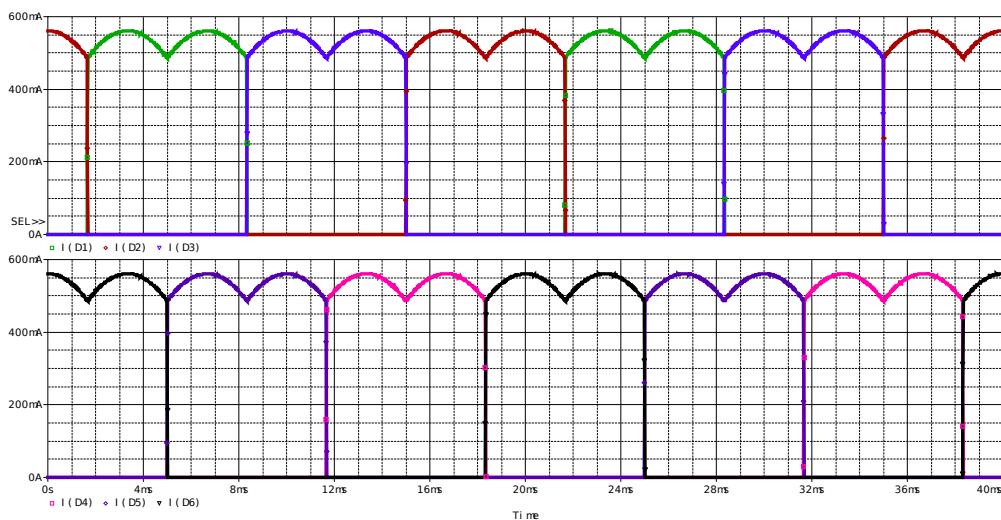


O funcionamento de este rectificador é máis complexo que o do anterior, sen embargo é o máis empregado na práctica xa que proporciona unha corrente

continua de maior calidade e ademais non precisa de neutro para a súa conexión. As tres tensións da corrente trifásica e a tensión pulsante de saída poden verse na seguinte figura.



Só dous díodos conducirán cada sexta parte do ciclo completo, un deles será D1, D2 ou D3 e o outro será D4, D5 ou D6. Deste xeito a carga verá en cada un dos extremos a unha das fases de xeito que esta sometida á tensión de liña (entre liñas) en lugar de a tensión de fase (de fase a neutro). A tensión pulsante na saída terá un valor máximo moi próximo á tensión de pico de liña menos a caída de tensión nos dous díodos que están en condución. Na seguinte figura aparecen as correntes polos díodos, na de arriba D1, D2 e D3 e na de abaixo D4, D5 e D6. Cada un conduce durante unha terceira parte do período.



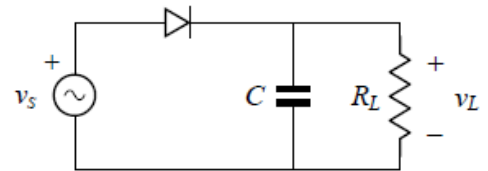
2.3. FILTRADO

A corrente proporcionada polos rectificadores, aínda que é continua, non é a corrente que nos queremos nun xerador de continua. A misión da etapa de filtrado é a de reducir ao máximo as variacións de amplitude á saída do rectificador.

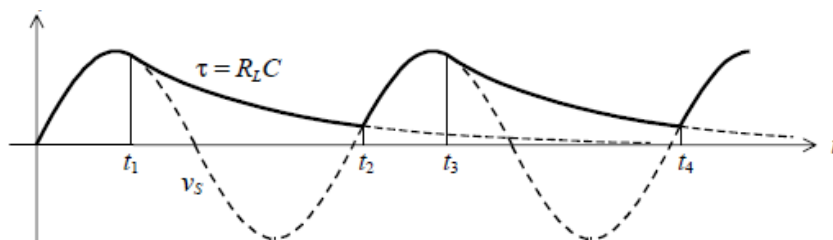
Definimos **tensión de rizado de pico a pico ($V_{RIZ,pp}$)** como a diferenza entre a máxima e a mínima tensión á saída da fonte. A misión da etapa de filtrado é a de reducir ao máximo a tensión de rizado. Nun rectificador monofásico sen filtrado a tensión de rizado será igual á tensión de pico á entrada do rectificador.

Filtrado por condensador

Se conectamos un condensador de capacidade elevada á saída do rectificador en paralelo coa carga lograremos reducir a tensión de rizado. O circuío será o seguinte para un rectificador de M.O.



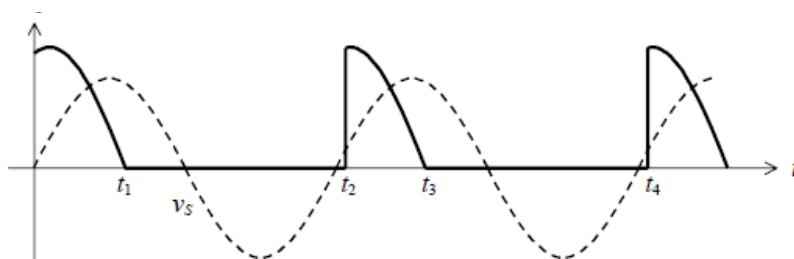
Na seguinte figura poden verse as formas de onda neste circuío, a liña sólida corresponde á tensión na carga mentres que a punteada corresponde á tensión á entrada do rectificador.



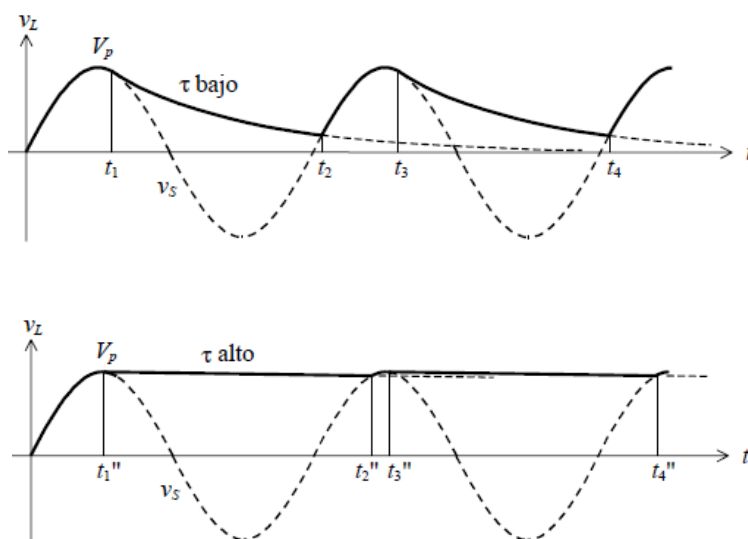
Inicialmente o capacitor está descargado, mentres v_s crece cara a valores positivos, o díodo polarízase en forma directa e conducirá. Dado que a resistencia da fonte e a do díodo son extremadamente pequenas, a tensión de saída seguirá á da entrada cargándose o condensador instantaneamente. Este proceso continuará até o instante t_1 en que a tensión de entrada diminúa máis rapidamente que a descarga de C a través de R_L , xa que nese caso o díodo pasará a estar polarizado inversamente e deixará de conducir. A partir dese

momento a tensión de saída desvincúlase da da entrada, seguindo a evolución da descarga do capacitor a través da resistencia de carga.

Mentres tanto, a entrada continuará coa súa variación sinusoidal, farase negativa e logo volverá ser positiva. No instante t_2 a caída exponencial da saída cruzarase co ascenso sinusoidal da entrada, e a partir de entón o díodo volverá conducir, repetíndose o proceso anterior. Na seguinte figura pode verse a corrente que proporciona a fonte que é a mesma que atravesa o díodo.



Canto maior sexa a constante de tempo do circuío RC formado pola resistencia de carga e o condensador de filtro menos se descargara o condensador durante o tempo de corte do díodo, efecto que se pode ver na seguinte figura:



A corrente polo díodo é a pulsos, durante os intervalos nos que a tensión aumenta. Estes pulsos teñen que achegar suficiente carga ao condensador para que poida manter a corrente de saída constante durante a non conduction do díodo. Isto quere dicir que o díodo ten que conducir nese intervalo de tempo suficiente corrente para cargar o condensador na mesma medida que se

descargou durante o resto do ciclo. É moi normal, entón, que teñamos unha corrente na carga de 1A e eses pulsos cheguen até 10A ou mais.

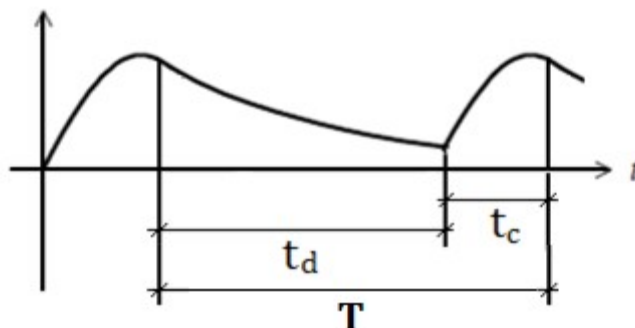
Se poñemos un condensador maior reducimos o rizado, pero ao facer isto tamén reducimos o tempo de condución do díodo. Como a corrente media que pasa pola carga será a mesma (lixeiramente maior en realidade) os pulsos de corrente fanse aínda maiores aumentando a esixencia sobre os díodos. O pico máis grande producirase no acendido da fonte, cando o condensador estea totalmente descargado. Isto tamén afectará o transformador, xa que el é quen debe fornecer esa corrente. A groso modo pode estimarse a corrente de pico nos díodos, co circuío xa no estacionario, como:

$$\text{Rectificador de MO: } I_{D,p} = \frac{V_{L,p}}{R_L} \cdot \left(1 + 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot V_{L,p}}{V_{riz,pp}}} \right)$$

$$\text{Rectificador de OC: } I_{D,p} = \frac{V_{L,p}}{R_L} \cdot \left(1 + 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{V_{L,p}}{2 \cdot V_{riz,pp}}} \right)$$

Cálculo da tensión de rizado con rectificador de media onda

Na figura da dereita aparecen os tempos de carga e descarga do condensador xunto coa forma de onda na saída.



Nun condensador temos que:

$$V = \frac{Q}{C}$$

Polo tanto a tensión de rizado de pico a pico será:

$$V_{RIZ(pp)} = \frac{Q_1}{C} - \frac{Q_2}{C} = \frac{Q_1 - Q_2}{C}$$

Dividindo ambos lados da ecuación polo tempo de descarga do condensador:

$$\frac{V_{RIZ(pp)}}{t_d} = \frac{Q_1 - Q_2}{C \cdot t_d}$$

Lembrando que a intensidade de corrente é a variación de carga por unidade de tempo temos que a variación de carga no condensador dividida polo tempo que este pasa descargados debe ser igual a corrente media que atravesa a carga $I_{L(\text{med})}$

$$\frac{V_{RIZ(pp)}}{t_d} = \frac{I_{L(\text{med})}}{C} \Rightarrow V_{RIZ(pp)} = \frac{I_{L(\text{med})}}{C} \cdot t_d$$

Como o condensador pasa practicamente todo o período descargándose podemos aproximar o tempo de descarga como o período: $t_d = T$

$$V_{RIZ(pp)} \cong \frac{I_{L(\text{med})}}{C} \cdot T = \frac{I_{L(\text{med})}}{f \cdot C}$$

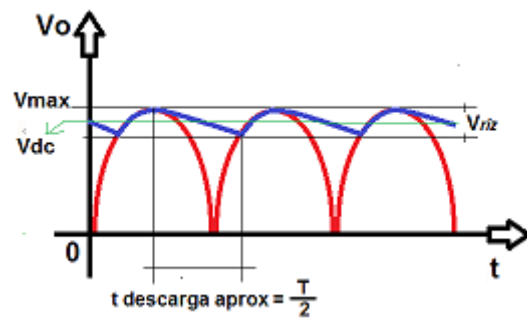
E a tensión media na carga poderase aproximar como:

$$V_{L(\text{med})} = V_P - \frac{V_{RIZ(pp)}}{2}$$

Cálculo da tensión de rizado con rectificador de onda completa

O razoamento é idéntico ao do caso anterior ata o punto no que se calcula:

$$V_{RIZ(pp)} = \frac{I_{L(\text{med})}}{C} \cdot t_d$$



Como o condensador pasa practicamente medio período descargándose podemos aproximar o tempo de descarga como o período: $t_d = T/2$

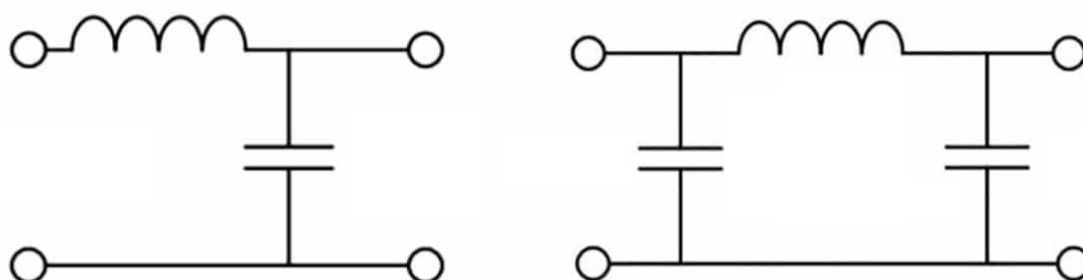
$$V_{RIZ(pp)} \cong \frac{I_{L(\text{med})}}{C} \cdot \frac{T}{2} = \frac{I_{L(\text{med})}}{2 \cdot f \cdot C}$$

E a tensión media na carga poderase aproximar como:

$$V_{L(\text{med})} = V_P - \frac{V_{RIZ(pp)}}{2}$$

Outros Filtros.

Cando o filtrado por condensador non é suficiente recórrase a montaxes máis complexos con bobinas e condensadores. Sen embargo estas montaxes están en desuso dado que as bobinas de baixa frecuencia son voluminosas, pesadas e caras e os reguladores integrados, que son capaces de anular case completamente o rizado, son cada día máis baratos. Algúns dos deseños máis habituais son os filtros en L e en π que xa se estudaron e poden verse na seguinte figura:



2.4. REGULACIÓN.

A tensión continua dispoñible á saída do filtro pode non ser o suficientemente boa para a aplicación debido ao rizado, ademais o seu valor depende das variacións da tensión de entrada, da carga ou da temperatura. Se estas variacións non son aceptables ou cando se precise un valor exacto e coñecido de tensión será necesario empregar circuitos de regulación para que a tensión continua a utilizar sexa o máis constante posible e teña o valor axeitado.

Os circuitos de regulación máis habituais son o regulador con diodo zener e os reguladores integrados lineares ou conmutados.

Defínense os seguintes parámetros para analizar o comportamento dos reguladores:

Regulación de liña: É unha medida da capacidade do regulador para manter la tensión de saída constante ante as variacións da tensión na entrada do regulador. A regulación de liña (Reg_{LINE}) defínese como:

$$Reg_{LINE} = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \quad (\text{mV/V}) \qquad Reg_{LINE} = \frac{\Delta V_{OUT}/V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \quad (\%/V)$$

Regulación de carga: É unha medida da capacidade do circuíto regulador para manter a tensión de saída constante ante as variacións da corrente demandada pola carga (I_L). Se o circuíto fose unha fonte de tensión ideal, a saída debería ser independente de I_L . A regulación de carga (Reg_{LOAD}) defínese como:

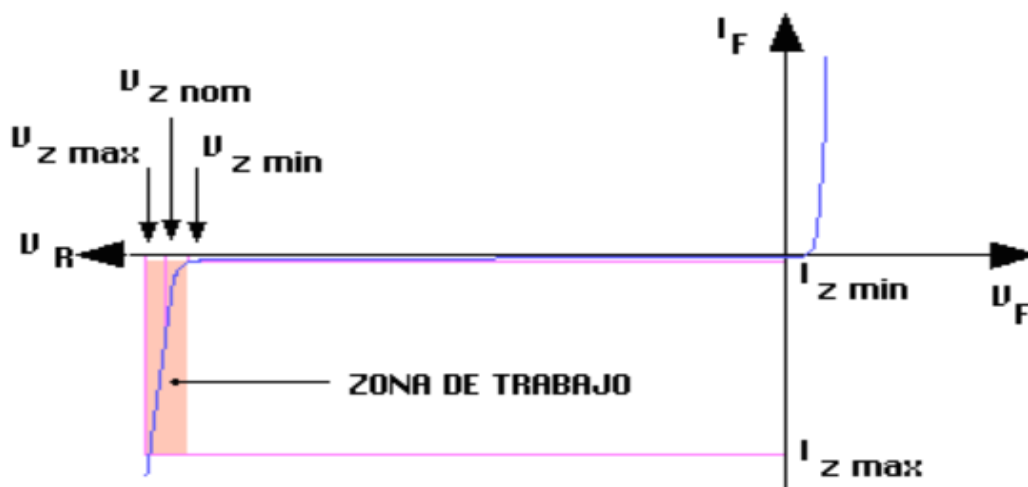
$$Reg_{LOAD} = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_L} \quad (\text{mV/A}) \qquad Reg_{LOAD} = \frac{\Delta V_{OUT}/V_{OUT}}{\Delta I_L} \quad (\%/A)$$

Existe outra definición só a partir das tensións a plena carga (V_{FL}) e sen carga (V_{NL}), en este caso o valor proporcionase en %:

$$Reg_{LOAD} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \quad (\%)$$

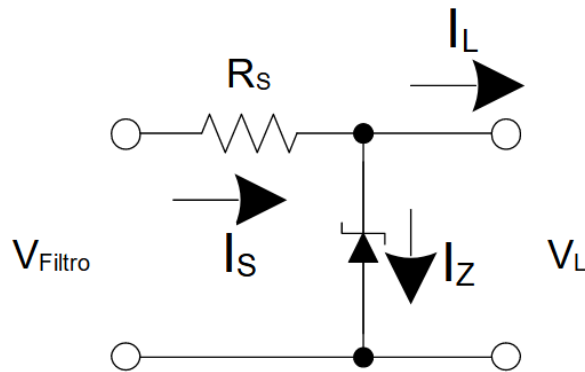
Regulación con Zener

A idea é aproveitar a característica inversa do díodo Zener que pode absorber unha ampla gama de intensidades cunha variación moi pequena de tensión.



Do filtro sae unha tensión que pode fluctuar entre dous valores, $V_{L(MAX)}$ e $V_{L(MIN)}$, a misión do regulador Zener consiste en que a tensión na carga permaneza aproximadamente constante independentemente de estas variacións á saída do filtro e tamén ante as variacións da intensidade a través da carga. Para iso a corrente a través do díodo Zener deberá permanecer entre $I_{Z(MIN)}$ e $I_{Z(MAX)}$, de xeito que o díodo permaneza sempre na zona zener e, polo tanto a tensión entre os seus extremos estea sempre en torno a V_Z .

O circuíto que se empregará   o seguinte:



Suporemos para simplificar os cálculos que $V_Z = V_{Z(min)} = V_{Z(max)}$. Para que a tens o na carga permaneza en torno a V_Z e o estabilizador funcione deberá cumprirse:

- Cando a tens o   entrada do estabilizador   mínima ($V_{E(MIN)}$) a corrente polo d odo Zener debe ser maior que $I_{Z(MIN)}$ para que estabilice.

$$I_{S(MIN)} = \frac{V_{E(MIN)} - V_Z}{R_S} > I_{L(MAX)} + I_{Z(MIN)} \Rightarrow R_S < \frac{V_{E(MIN)} - V_Z}{I_{L(MAX)} + I_{Z(MIN)}}$$

- Cando a tens o   entrada do estabilizador   máxima ($V_{E(MAX)}$) a corrente polo d odo Zener debe ser menor que $I_{Z(MAX)}$ para que non se queime.

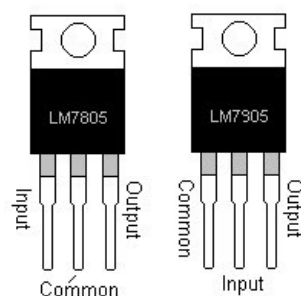
$$I_{S(MAX)} = \frac{V_{E(MAX)} - V_Z}{R_S} < I_{L(MIN)} + I_{Z(MAX)} \Rightarrow R_S > \frac{V_{E(MAX)} - V_Z}{I_{L(MIN)} + I_{Z(MAX)}}$$

Ademais deberemos elixir a resistencia R_S de xeito que sexa capaz de disipar a potencia do peor caso.

$$P_{max} = I_{S(MAX)}^2 \cdot R_S = \left(\frac{V_{E(MAX)} - V_Z}{R_S} \right)^2 \cdot R_S = \frac{(V_{E(MAX)} - V_Z)^2}{R_S}$$

Reguladores integrados

A alternativa é utilizar algún regulador de tensión integrado, dispoñibles para case todas as voltaxes que podamos necesitar, e para correntes desde unhas poucas centésimas de ampere até varios amperes.



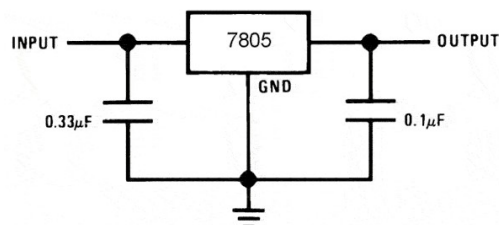
Dentro dos reguladores de voltaxe con saída fixa, atópanse os pertencentes á familia LM78xx, onde “xx” é a voltaxe da saída. Os valores normalizados son 05, 06, 08, 09, 10, 12, 15, 18 e 24V, entregan unha corrente máxima de 1 A e soportan consumos pico de até 2,2 A. Posúen protección contra sobrecargas térmicas e cortocircuitos que desconectan o regulador no caso de que a súa temperatura supere os 125°C.

Os LM78xx son reguladores de saída positiva, mentres que a familia LM79xx son para os mesmos voltaxes pero con saída negativa. Así, un LM7805 é capaz de entregar 5 voltios positivos, e un LM7912 entrega 12 voltios negativos.

A tensión de entrada é un factor moi importante, xa que debe ser superior nuns 3 voltios á tensión de saída (é o mínimo recomendado polo fabricante).

Para alcanzar correntes elevadas é necesario dotalos dun dissipador de calor adecuado, sen o só obteremos unha fracción desta corrente antes de que o regulador alcance a súa temperatura máxima e se activen as proteccións.

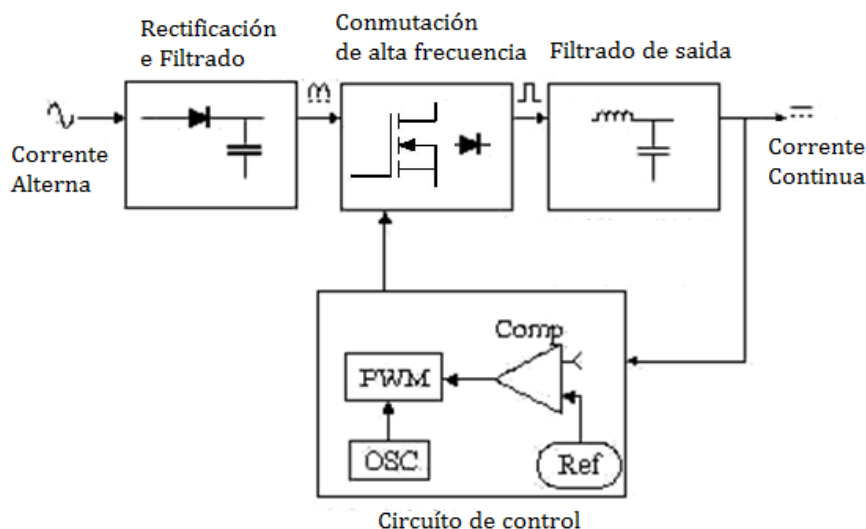
Son dispositivos de tres pinos que poden realizar algunhas funcións máis ademais de actuar como reguladores. As montaxes que se poden realizar con eles e os compoñentes adicionais que hai que usar nas diferentes montaxes poden consultarse na folla de características do dispositivo. Na figura da dereita pode verse a montaxe que debe facerse para que actúe coma regulador de tensión fixa.



Tamén existen reguladores cuxa saída non é fixa, se non que se pode axustar mediante unha resistencia variable. Este é o caso do LM317 para tensións positivas e o LM137 para tensións negativas.

3. FONTES CONMUTADAS

As fontes conmutadas son circuitos relativamente complexos, pero podemos sempre diferenciar catro bloques construtivos básicos:



O primeiro bloque rectifica e filtra a tensión alterna de entrada converténdoa nunha continua pulsante como nunha fonte lineal.

O segundo bloque encárgase de recortar esta tensión convertendo esa continua nun tren de impulsos de alta frecuencia (10 a 200 kHz.) e anchura variábel.

O terceiro bloque filtra a saída de alta frecuencia do bloque anterior, entregando así unha continua pura.

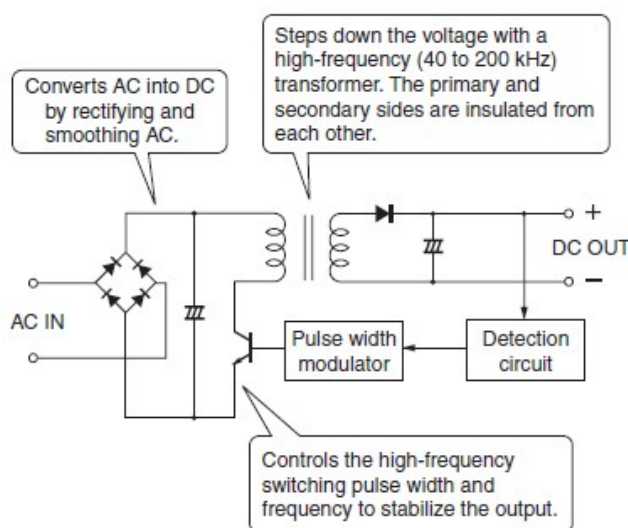
O cuarto bloque, por último, encárgase de controlar o funcionamento do segundo bloque e, polo tanto, axustar a tensión na saída. Consiste, na súa configuración máis básica, nun comparador de tensión que compara a tensión á saída da fonte cunha tensión de referencia. Se a tensión á saída da fonte é diferente da referencia a saída do comparador modifica a anchura dos pulsos de control enviados ao segundo bloque e, por tanto, a anchura dos pulsos que saen deste actuando sobre a tensión de saída da fonte.

As vantaxes das fontes conmutadas son moitas: menor tamaño e peso, maior rendemento, posibilidade de obter varias tensións na mesma fonte... Estas vantaxes fan que hoxe en día sexan as máis empregadas. As desvantaxes

comparándoas con fontes lineais é que son máis complexas e xeran ruído eléctrico de alta frecuencia que debe ser coidadosamente minimizado para non causar interferencias a equipos próximos a estas fontes.

Unha das claves das fontes conmutadas é que ao ser a tensión conmutada a unha alta velocidade (10 a 200 kHz) antes de entrar no transformador o tamaño dos transformadores pode ser moito menor, do mesmo xeito o rizado á saída dos rectificadores terá tamén unha frecuencia moi alta polo que resulta posíbel empregar bobinas dun tamaño razoable nos filtros.

Un deseño moi sinxelo de fonte conmutada pode verse na seguinte figura

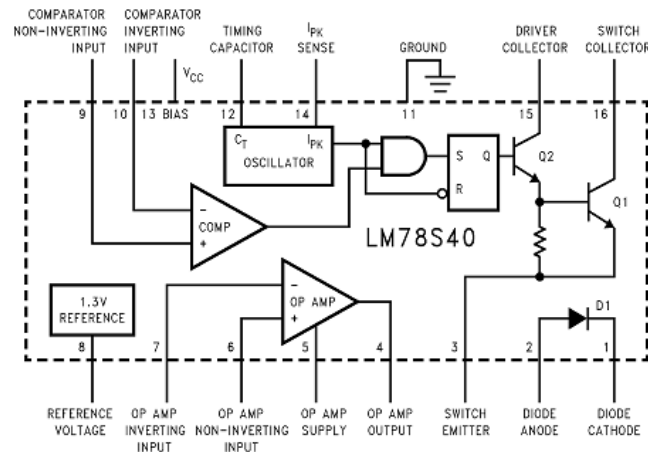


3.1. REGULADORES CONMUTADOS

Debido ás vantaxes das fontes conmutadas sobre as lineares teñen aparecido nos últimos anos circuítos integrados que integran nun único encapsulado tódolos compoñentes necesarios para realizar unha etapa de regulación conmutada para unha fonte de alimentación.

Ademais de todas as vantaxes propias das fontes conmutadas estes circuítos engaden funcionalidades que van moito máis aló que a dos reguladores lineares. Permiten implementar, ademais do regulador, un conversor DC-DC que permite obter tensións de maior valor que a de entrada ao regulador. Os reguladores DC-DC estudarémolos no tema adicado á electrónica de potencia.

Un bo exemplo de este tipo de circuítos integrados é o LM78S40 de Texas Instruments. Na seguinte figura pode verse o seu esquema interior.



Como se aprecia claramente incorpora todos os elementos necesarios para realizar un control conmutado da tensión de saída: un xerador de tensión de referencia, un oscilador, un comparador e un conmutador (formado polos transistores Q1 e Q2). Ademais incorpora un díodo para realizar o conversor DC-DC e tamén un amplificador operacional para engadirlle funcionalidade extra.

Na seguinte figura pode verse a montaxe que habería que realizar para obter unha tensión estabilizada de 15V a partir dunha fonte de 5V mediante un LM78S40 e uns poucos compoñentes adicionais.

