

ELECTRÓNICA ANALÓGICA

7 SEMICONDUCTORES

Profesor: Javier Salgado

INTRODUCCIÓN

Los semiconductores produjeron un gran salto en la electrónica y recientemente en los dispositivos eléctricos.

Este tipo de tecnología permite:

1. Disminuir el volúmen y el peso de los equipos y circuitos.
2. Disminuir el consumo de potencia y la emisión de calor.
3. Disminuir el coste de los equipos.
4. Facilita el diseño de sistemas por la enorme variedad de componentes.
5. Permite la integración progresiva de todo tipo de componentes electrónicos en circuitos integrados con uniones PN.
6. Ha sido una tecnología decisiva para el desarrollo de sistemas digitales programables.

ESTRUCTURA BASICA DE LOS SEMICONDUCTORES

Semiconductores intrínsecos

- Al combinarse los átomos de Silicio para formar un sólido, lo hacen formando una estructura ordenada llamada cristal. Esto se debe a los "Enlaces Covalentes", que son las uniones entre átomos que se hacen compartiendo electrones adyacentes de tal forma que se crea un equilibrio de fuerzas que mantiene unidos los átomos de Silicio.
- Cada átomo de silicio comparte sus 4 electrones de valencia con los átomos vecinos, de tal manera que tiene 8 electrones en la órbita de valencia, como se ve en la figura.
- La fuerza del enlace covalente es tan grande porque son 8 los electrones que quedan (aunque sean compartidos) con cada átomo, gracias a esta característica los enlaces covalentes son de una gran solidez.
- Los 8 electrones de valencia se llaman electrones ligados por estar fuertemente unidos en los átomos.

electrón ⇒ electrón libre
hueco ⇒ electrón ligado

- El aumento de la temperatura hace que los átomos en un cristal de silicio vibren dentro de él, a mayor temperatura mayor será la vibración. Con lo que un electrón se puede liberar de su órbita, lo que deja un hueco, que a su vez atraerá otro electrón, etc...
- La unión de un electrón libre y un hueco se llama "recombinación", y el tiempo entre la creación y desaparición de un electrón libre se denomina "tiempo de vida".

Semiconductores extrínsecos

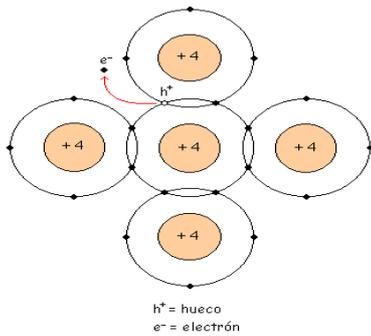
Si a un semiconductor intrínseco, como el anterior, se le añade un pequeño porcentaje de **impurezas**, es decir, elementos trivalentes o pentavalentes, el semiconductor se denomina extrínseco, y se dice que está dopado. Evidentemente, las impurezas deberán formar parte de la estructura cristalina sustituyendo al correspondiente átomo de silicio.

Semiconductor tipo N

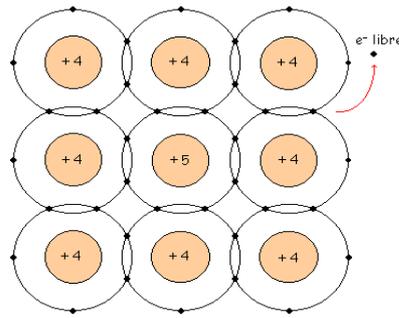
Se obtiene añadiendo un cierto tipo de átomos al **semiconductor** para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso negativas o *electrones*). Impurezas de valencia 5 (Arsénico, Antimonio, Fósforo). Tenemos un cristal de Silicio dopado con átomos de valencia 5.

Semiconductor tipo P

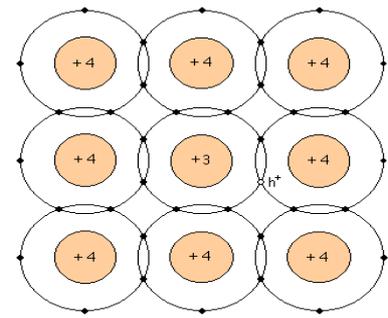
Se obtiene añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso positivos o *huecos*). Impurezas de valencia 3 (Aluminio, Boro, Galio). Tenemos un cristal de Silicio dopado con átomos de valencia 3.



Semiconductor intrínseco



Semiconductor extrínseco N



Semiconductor extrínseco P

DIODOS

Posee una unión PN con dos terminales cátodo en el lado N y ánodo en el lado P.

Clasificación

- **Diodos rectificadores , uso general , o de potencia** :de toda la gama de potencias, con encapsulado individual o en puente.

Rectificación de corrientes, control de sentido de corrientes, eliminación de corrientes inversas (protección)

-Tensión inversa (**V_r**):

-Tensión directa de conducción:(**V_y**)

- Corriente directa (**I_f**)

- Potencia máxima (**P/tot**)

-**Tiempo de conmutación conducción-corte.**

- **Diodos de conmutación.**

➤ Suelen emplearse en circuitos integrados dentro de la estructura de las puertas lógicas o como componente(diodo schottky ó diodos de potencia) para circuitos que necesitan conmutar(conducción-corte).

➤ Pueden ser considerados rápidos aquellos diodos con un **TRR** inferior a 400 nanosegundos, en modelos de media potencia, para los de baja potencia este tipo es del orden de los 5 nanosegundos.

- **Diodos de alta frecuencia.**

Se caracterizan por presentar una baja capacidad de difusión (**C_d**) entre las dos zonas semiconductoras que forman la unión **P-N**, cuando éstas están polarizadas en sentido directo.

-Frecuencia mínima de trabajo:**f_{max}**: 1 MHz.

- **Diodos estabilizadores de tensión (Diodo zéner).**

Se emplean generalmente en la estabilización de tensiones y recortadores de onda y sensores de temperatura.

- Tensión zener (**V_z**).

- Corriente mínima para alcanzar la **V_z** (**I_z**).

- Potencia máxima (**P/tot**).

- **mV/°C** .

- **Diodos especiales.**

➤ Diodos varicap: se construyen buscando acentuar al máximo la propiedad que presente la unión **P-N** de comportarse de una forma análoga a un condensador, cuando se la polariza inversamente, lo cual permite disponer de una forma muy simple de condensadores variables, controlados por una diferencia de potencial. Su empleo está muy generalizado en etapas de sintonía de receptores de radio y TV.

➤ Diodos túnel: Cuando la resistencia es negativa, la corriente disminuye al aumentar el voltaje. En consecuencia, el diodo túnel puede funcionar como amplificador, como oscilador o como biestable. Esencialmente, este diodo es un dispositivo de baja potencia para aplicaciones que involucran microondas y que están relativamente libres de los efectos de la radiación.

- **Diodos Led:** Se emplean en la señalización de estados o en la visualización de información(displays), acoplo optico en combinación con otros fotodetectores(fotodiodo).
- **Diodos láser :** Acoplo optico en combinación con otros fotodetectores(fotodiodo) para conversión entre señales luminosas por fibra óptica a señales eléctricas.
 - Tensión inversa (**Vr**).
 - Tensión directa de conducción:(**Vy**)
 - Corriente directa (**Ifmax, Ifmin**) de iluminación.
 - Potencia máxima (**P/tot**).
 - **Tiempo de conmutación conducción-corte.**
 - **Rendimiento: If/ I_L(lux).**
- **Fotodiodos:** Se emplean en el acoplo optico en combinación con emisores(led, laser) o cualquier otra fuente de luz (sensores luminosos).
 - Corriente directa (**Ifmax, Ifmin**) de iluminación.
 - Potencia máxima (**P/tot**).
 - Tiempo de conmutación conducción-corte.**
 - **Rendimiento:I_L(lux)/Ir.**

IDENTIFICACIÓN DE LOS TERMINALES:

- Diodos rectificadores, zéner, varicap, chottky: CATODO: Banda hacia el extremo de dicho terminal.
- Diodos led: CATODO: electrodo más grande/bisel hacia el extremo de dicho terminal.

FISONOMIA DE DIODOS



“Diodos rectificadores”



“Diodos led”



“Puentes rectificadores”



“Diodos zener”



“Diodos led infrarrojos”



“Diodos SMD”



“ Fotodiodo y led”



“Diodos de germanio”

SIMBOLOGIA DE DIODOS

	Diodo rectificador *		Diodo rectificador		Diodo túnel *		Diodo túnel
	Diodo rectificador		Diodo zener		Diodo rectificador túnel		Diodo Schottky
	Diodo zener		Diodo zener		Diodo Pin *		Diodo Pin
	Diodo zener		Diodo zener *		Diodo varicap		Diodo LED
	Diodo varicap *		Diodo varicap		Fotodiodo		Diodo LED
	Diodo varicap		Diodo Gunn Impatt		Fotodiodo bidireccional NPN		Fotodiodo de dos segmentos cátodo común PNP
	Diodo supresor de tensión *		Diodo supresor de tensión		Fotodiodo de dos segmentos cátodo común PNP		Diodo sensible a la temperatura
	Diodo de corriente constante		Diodo de recuperación instantánea, Snap				

EL DIODO DE UNION

Barrera de potencial

El campo eléctrico entre los iones es equivalente a una diferencia de potencial llamada "Barrera de Potencial" que a 25 °C vale:

- 0.3 V para diodos de Ge.
- 0.7 V para diodos de Si.
- El diodo comenzará a conducir cuando la tensión entre sus extremos supere la barrera de potencial.

Polarizar: Poner una pila.

No polarizado: No tiene pila, circuito abierto o en vacío.

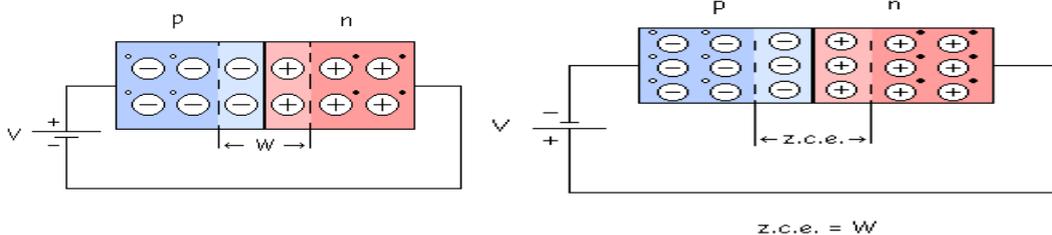
z.c.e.: Zona de Carga Espacial o zona de deplexión (W).

Polarización directa:

- En este caso tenemos una corriente que circula con facilidad, debido a que la fuente obliga a que los electrones libres y huecos fluyan hacia la unión. Al moverse los electrones libres hacia la unión, se crean iones positivos en el extremo derecho de la unión que atraerán a los electrones hacia el cristal desde el circuito externo.
- Así los electrones libres pueden abandonar el terminal negativo de la fuente y fluir hacia el extremo derecho del cristal. El sentido de la corriente lo tomaremos siempre contrario al del electrón.

Polarización inversa:

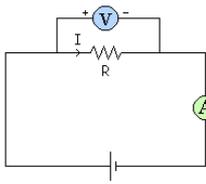
- El terminal negativo de la batería atrae a los huecos y el terminal positivo atrae a los electrones libres, así los huecos y los electrones libres se alejan de la unión y la **z.c.e.** se ensancha.



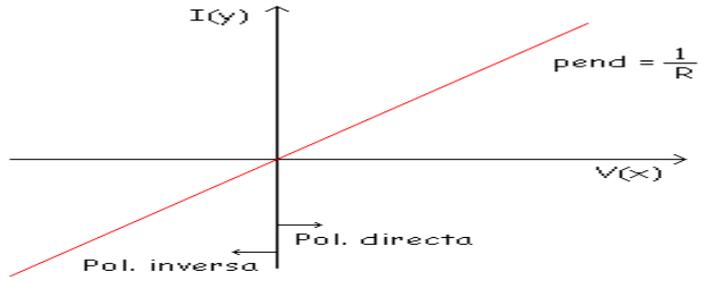
“Polarización directa”

“Polarización inversa”

Característica de una resistencia:



$V = IR$
 $I = \frac{1}{R} V$
 $y = m \cdot x$
 ecuación de una recta que pasa por el origen con pendiente $\frac{1}{R}$



Curvas características de un diodo:

Como no es una línea recta, al diodo se le llama "Elemento No Lineal" ó "Dispositivo No Lineal", y este es el gran problema de los diodos, que es muy difícil trabajar en las mallas con ellos debido a que sus ecuaciones son bastante complicadas.

La ecuación matemática de esta curva es:

$$I = I_S \cdot (e^{\frac{V}{\eta \cdot V_T}} - 1)$$

η = Constante que vale entre 1 y 2

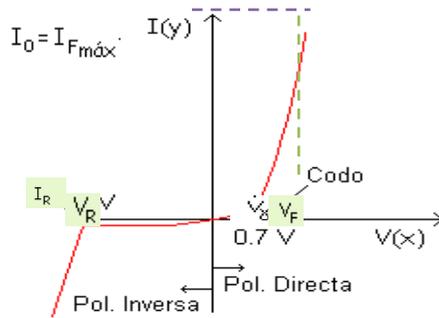
I_S = Corriente inversa de saturación

V_T = Potencial equivalente de temperatura

$V_T = K \cdot T$

K = Constante de Boltzman = $8.62 \cdot 10^{-5} \frac{eV}{^\circ K}$

T = Temperatura en grados Kelvin ($^\circ K$)



En la zona inversa el diodo se destruye a no ser que sea un diodo zener.

Al punto en el que se vence la barrera de potencial se le llama codo. La "Barrera de Potencial" ó "Tensión Umbral" es el comienzo del codo, a partir de ahí conduce mucho el diodo en directa.

Parámetros de un diodo rectificador:

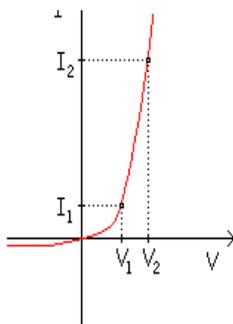
- Máxima corriente continua en polarización directa: I_{Fmax}
- Corriente rectificada media: I_o .
- Corriente inversa máxima: I_R .
- Caída de tensión máxima instantanea: V_F
- Potencia máxima: $P_{Dmax} = V_F \cdot I_F$

Resistencia interna de un diodo:

Este valor generalmente no viene en las hojas de características.

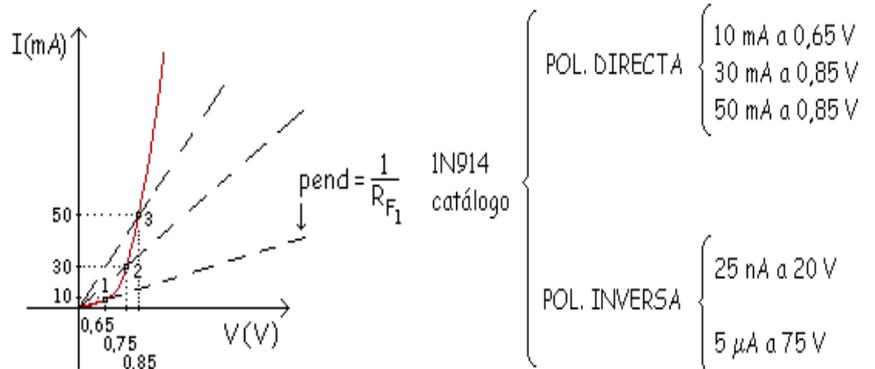
Se saca a partir de dos puntos de la curva en la zona lineal:

$$r_B = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$



Resistencia con polarización directa e inversa:

Se saca para todos los puntos de la curva por separado en la zona directa e inversa:

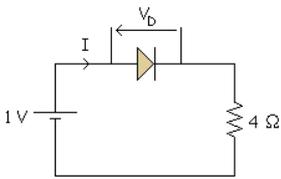


Comprobación de diodos:

- Con un polímetro. Midiendo la tensión de conducción: Cátodo a terminal: COMUN, Anodo a Ω , conmutador en: SÍMBOLO DE DIODO.
- Con un polímetro. Midiendo la resistencia directa: Cátodo a terminal: COMUN, Anodo a Ω , conmutador en: Ω ->Resistencia baja <K Ω .
- Midiendo la resistencia inversa: Anodo a terminal: COMUN, Cátodo a Ω , conmutador en: Ω ->Resistencia Alta->M Ω .
- Con la fuente de alimentación.
 - Midiendo la tensión de conducción :Cátodo a terminal: (-), Anodo a (+),Aumentar poco a poco con ajuste fino la tensión hasta llegar a la tensión de conducción.
 - Midiendo la tensión inversa :Cátodo a terminal: (+), Anodo a (-),Aumentar la tensión hasta sin llegar a la tensión inversa máxima, la corriente debe ser <mA.
- Con un osciloscopio: Seleccionar: Medida de componentes, conectar en el conector de prueba de componentes: Debe mostrar la curva directa e inversa del diodo.
- Con un osciloscopio:
 1. Aplicar una señal senoidal a un circuito serie R-diodo.
 2. Conectar el CI en el generador y el CII en la resistencia.
 3. Invertir el canalII.
 4. Modo de visión XY.
 5. Muestra las curvas características del diodo.

Modos de resolución de circuitos con diodos:

Modelo exacto:



Primeramente y mirando la temperatura en la que estamos trabajando tomamos del catálogo los siguientes valores para $T^a = 27\text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente):

$I_S = 1,2 \cdot 10^{-11}\text{ A}$
 $\eta = 1$

$V_T = K \cdot T = 8,62 \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{\text{K}} \cdot 300 = 0,026\text{ V}$

Ecuación exacta del diodo:

$I = 1,2 \cdot 10^{-11} \cdot (e^{\frac{V}{1 \cdot 0,026}} - 1)$

Ecuación de la malla: $1 = V_D + I \cdot R$, para $V_D = V$

Y ahora tenemos 2 incógnitas y 2 ecuaciones:

$$1,2 \cdot 10^{-11} \cdot (e^{\frac{V}{1 \cdot 0,026}} - 1) = \frac{1 - V}{4}$$

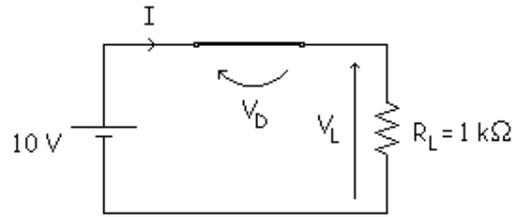
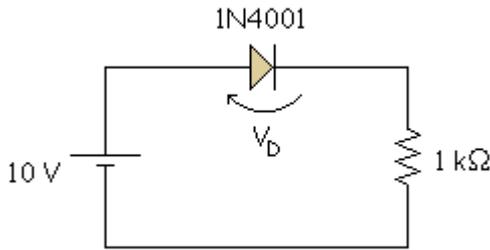
$V = ?$

Para resolver este tipo de ecuaciones hay que usar otro tipo de métodos, aquí lo resolveremos por "tanteo", que consiste en ir dándole valores a una de las incógnitas hasta que los valores se igualen.

$\left. \begin{aligned} I &= \frac{1 - V}{4} \\ V &= 0,026 \ln\left(\frac{I}{1,2 \cdot 10^{-11}} + 1\right) \end{aligned} \right\}$	$V = 0 \implies I = 0,25\text{ A} \implies V = 0,6177\text{ V}$
	$V = 0,6177\text{ V} \implies I = 0,09556\text{ A} \implies V = 0,5927\text{ V}$
	$V = 0,5927\text{ V} \implies I = 0,101012\text{ A} \implies V = 0,59439\text{ V}$
	$I = 0,101400\text{ A} \implies V = 0,59439\text{ V}$
	$I = 0,101426\text{ A}$ $V = 0,59429\text{ V}$

1ª aproximación: "Diodo ideal". En directo es un corto circuito, En inverso es un circuito abierto.

Si la tensión aplicada al circuito $V_s > 10 \cdot V_V$, y $r_B < 10 \cdot R_c$



$$I = \frac{10}{1} = 10 \text{ mA}$$

$$V_L = \text{Tensión en la carga}$$

$$V_L = 10 \text{ V}$$

$P_L =$ Potencia en la carga $P_D =$ Potencia disipada en el diodo

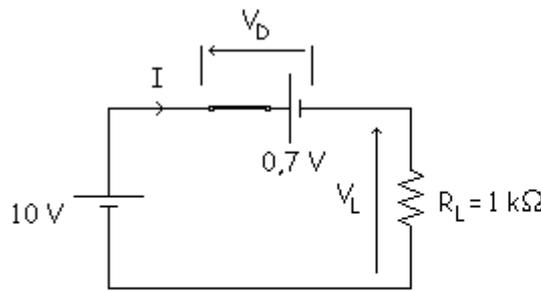
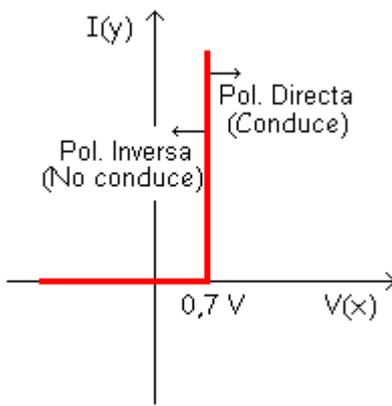
$$P_L = V_L \cdot I = 10 \text{ V} \cdot 10 \text{ mA} = 100 \text{ mW}$$

$$P_D = V_D \cdot I = 0 \cdot 10 \text{ mA} = 0 \text{ W}$$

$$P_T = \text{Potencia disipada total} = P_D + P_L = 0 + 100 \text{ mW} = 100 \text{ mW}$$

2ª aproximación: En directo es una pila de valor= a la tensión de conducción V_V , En inverso es un circuito abierto.

Si $r_B < 10 \cdot R_c$



$$\text{malla: } -10 + 0,7 + 1I = 0$$

$$I = \frac{10 - 0,7}{1} = 9,3 \text{ mA}$$

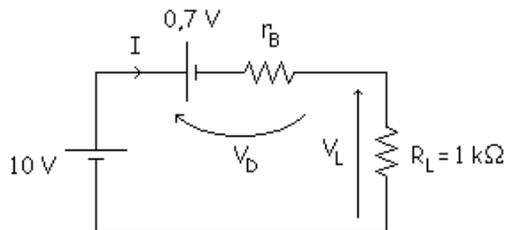
$$V_L = 10 - 0,7 = 9,3 \text{ V}$$

$$P_L = V_L \cdot I = 9,3 \cdot 9,3 = 86,5 \text{ mW}$$

$$P_D + P_L = 6,51 + 86,5 = 93 \text{ mW}$$

$$P_D = V_D \cdot I = 0,7 \cdot 9,3 = 6,51 \text{ mW}$$

3ª aproximación: 2ª aproximación teniendo en cuenta la resistencia interna directa en serie con la tensión de conducción.



$$r_B = 0,23 \Omega$$

$$\text{malla: } -10 + 0,7 + (1 + 0,23 \cdot 10^{-3}) \cdot I = 0$$

$$I = \frac{10 - 0,7}{1 + 0,23 \cdot 10^{-3}} = 9,3 \text{ mA}$$

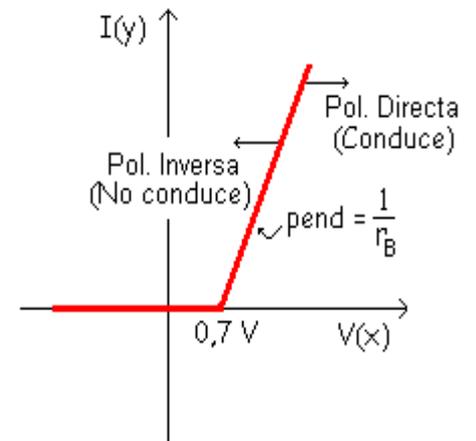
$$V_D = 0,7 + 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 9,3 = 0,702 \text{ V}$$

$$P_D = V_D \cdot I = 0,702 \cdot 9,3 = 6,5286 \text{ mW}$$

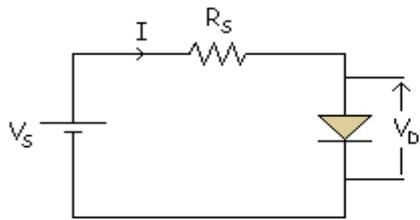
$$V_L = 10 - 0,702 = 9,298 \text{ V}$$

$$P_L = V_L \cdot I = 9,298 \cdot 9,3 = 86,4714 \text{ mW}$$

$$P_T = P_D + P_L = 6,5286 + 86,4714 = 93 \text{ mW}$$

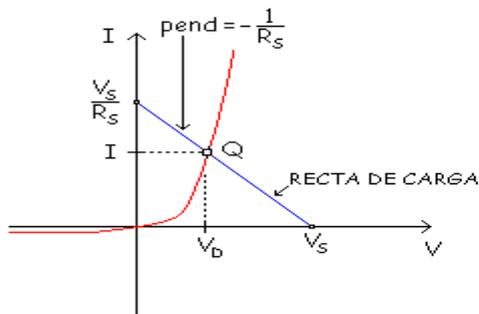


Recta de carga: Modo gráfico.
Si disponemos de las curvas



$$-V_s + I \cdot R_s + V_D = 0 \rightarrow I = -\frac{1}{R_s} \cdot V_D + \frac{V_s}{R_s}$$

$$y = m \cdot x + b$$



Los puntos de corte:

- $V_D = 0 \rightarrow I = \frac{V_s}{R_s}$ Punto de corte con el eje y
- $I = 0 \rightarrow V_D = -V_s$ Punto de corte con el eje x

El punto de corte de la recta de carga con la exponencial es la solución, el punto Q, también llamado "punto de trabajo" o "punto de funcionamiento". Este punto Q se controla variando V_s y R_s .

Antes de resolver un circuito con diodos en DC:

Conviene en primer lugar deducir los diodos que están en corte y aplicar thévenin en extremos los restantes diodos.

Deducir el sentido de la corriente por un diodo:

Si la tensión aproximada en el diodo es $V_D < V_V \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow$ el diodo es un circuito abierto (no conduce).

Si al hacer los cálculos $I_D > 0 \Rightarrow$ conduce, $\Rightarrow V_D = V_V$. Rehacer cálculos.

Asociación de diodos:

Serie: $V_V = V_{V1} + V_{V2} + \dots + V_{Vn} \Rightarrow$ Aumenta la tensión de conducción.

$r_B = r_{B1} + r_{B2} + \dots + r_{Bn} \Rightarrow$ Aumenta la resistencia del diodo equivalente (menor pendiente).

Paralelo: $V_V = V_{th}$ de la asociación ;

$r_B = r_{B1} // r_{B2} // \dots // r_{Bn}$ Disminuye la resistencia del diodo equivalente (mayor pendiente).

Elección del diodo:

Temperaturas de trabajo menores que las máximas y mínimas que soporta.

$I_{max} < I_F, P_{Dmax} > I_{max} \cdot V_V$, y $|-V_{Dmax}| < V_R$.

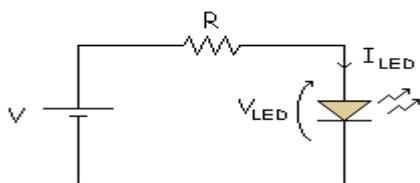
Ejemplo: Si el diodo tiene que soportar unas temperaturas $-10^\circ C \rightarrow 40^\circ C$, $I_{max} = 250mA$, Tensión inversa = 300v

Elección: $T = -10^\circ C \rightarrow 60^\circ C$, $I_F = 500mA, V_R = 500v, V_V = 1v \Rightarrow P_{Dmax} > 250mA \cdot 1v = 0,25w$

Ejercicio1:

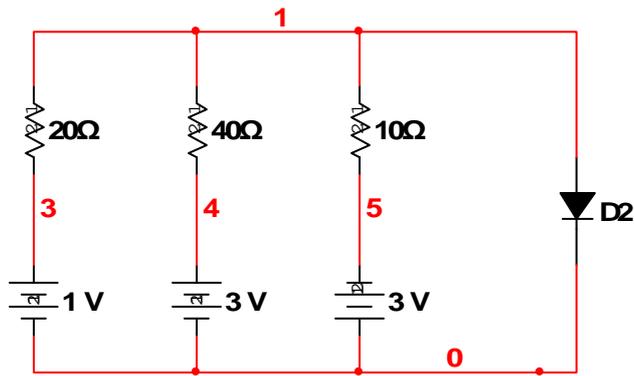
Calcular la resistencia limitadora de un diodo led con las siguientes características:

$I_{Fmax} = 50mA, I_{Fmin} = 10mA, V_{Vmin} = 0,7v, V_{Vmax} = 1,2v, V_s = 12v$.

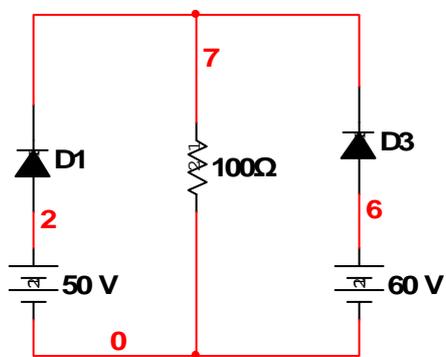


$$I_{LED} = \frac{V - V_{LED}}{R}$$

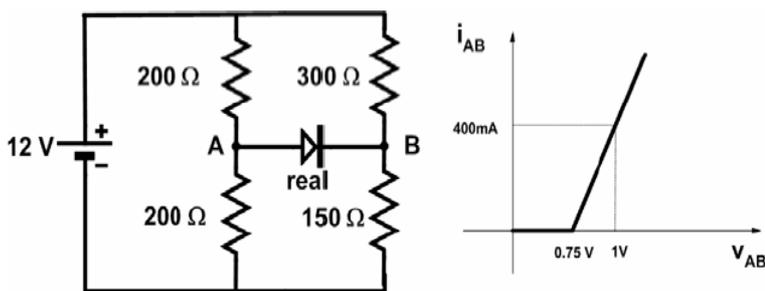
Ejercicio2: Calcular la tensión y la corriente por el diodo, y el balance de potencias. $V_V=0,7v$, $I_F=1A$



Ejercicio3: Calcular la tensión , la corriente por los diodos, que son ideales .



Ejercicio4: Calcular la tensión y la corriente por el diodo, que es ideal

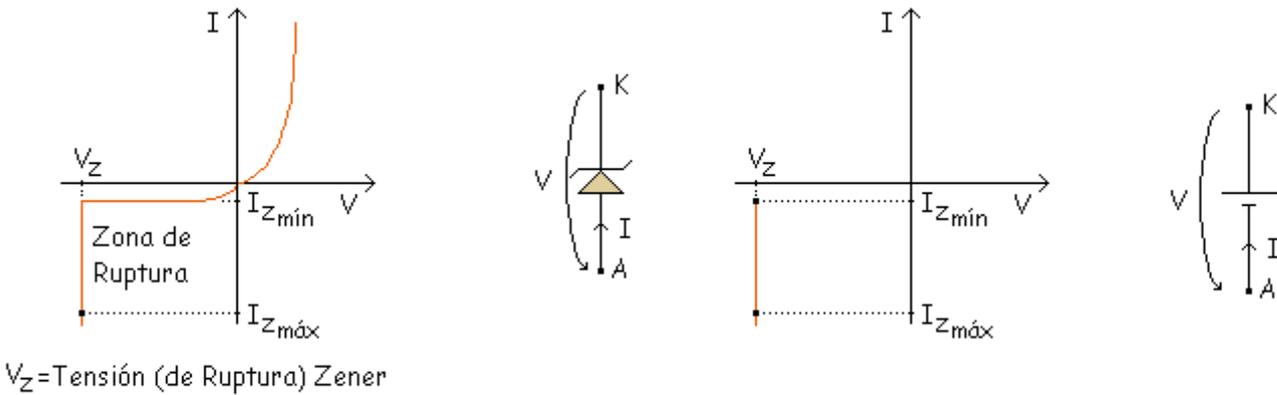


EL DIODO ZENER

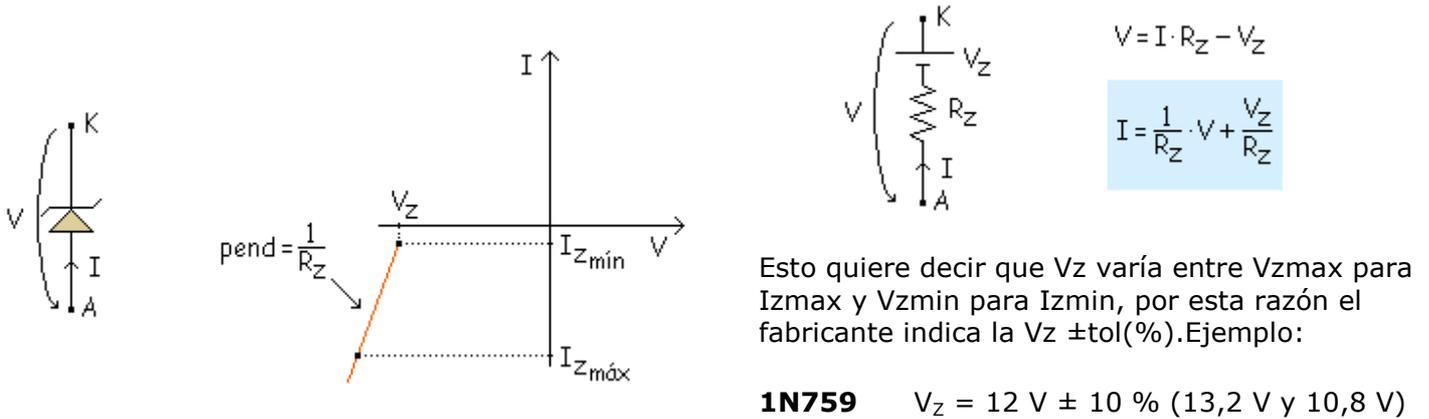
Se diferencia de los diodos rectificadores en que conducen en la zona de ruptura por efecto "avalancha" y se utilizan para su funcionamiento en esta zona.

CARACTERISTICAS

1ª Aproximación (Rz=0)



2ª Aproximación (Rz=0)



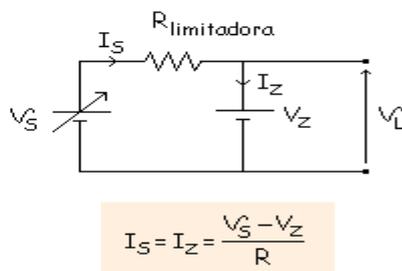
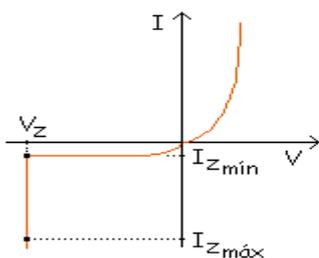
La potencia máxima que resiste en la "Zona de Ruptura" ("Zona Zener"):

$$P_{Zmax} = V_Z \cdot I_{Zmax}$$

$I_{Zmin} \Rightarrow$ de CATÁLOGO
 $I_{Zmax} \Rightarrow$ de CATÁLOGO

Regulador de tensión en vacío (sin carga)

V_S estará entre un mínimo y un máximo, y el regulador tiene que funcionar bien entre esos 2 valores ($V_{Smáx}$ y V_{Smin}). En este caso V_S lo pondremos como una pila variable. Para que esté en ruptura:

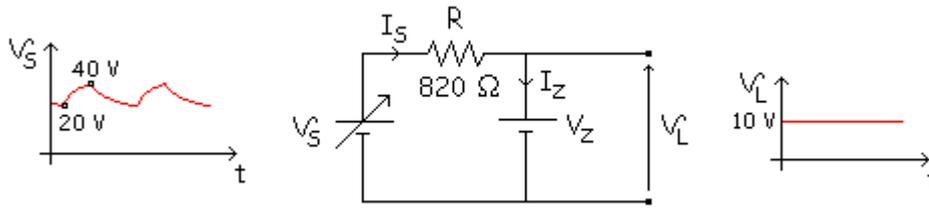


$V_S > V_Z \Rightarrow$ RUPTURA

$I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$

Si $V_S < V_Z \Rightarrow$ INVERSA

EJEMPLO: Comprobar si funciona bien el siguiente circuito, Vz=10v:

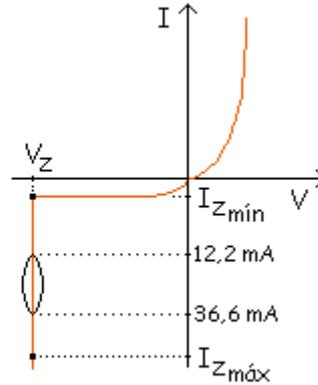


Para Vsmax=>Izmax; Vsmin=> Izmin tiene que funcionar en la zona de ruptura para estabilizar la tensión.

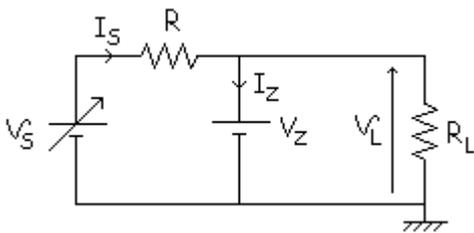
$$V_S > V_Z \Rightarrow \text{Cumple}$$

$$I_{S\text{mín}} = I_{Z\text{mín}} = \frac{20-10}{0,820} = 12,2 \text{ mA}$$

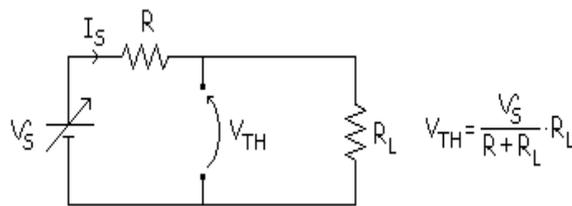
$$I_{S\text{máx}} = I_{Z\text{máx}} = \frac{40-10}{0,820} = 36,6 \text{ mA}$$



Regulador de tensión con carga



Para comprobar que estamos en ruptura calculamos el equivalente de Thevenin desde las bornas de la tensión Vz:



Si $V_{TH} > V_Z \Rightarrow$ RUPTURA
 Si $V_{TH} < V_Z \Rightarrow$ INVERSA

$-V_e = V_{emin}, I_L = I_{Lmax}$

Asegurar la tensión zener Vz=>Iz>Izmin=>

$$R_S < \frac{V_{emin} - V_{zmin}}{I_{zmin} + I_{Lmax}}$$

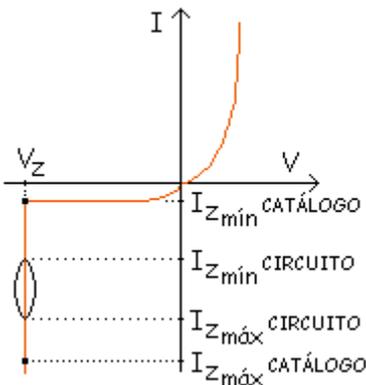
$-V_e = V_{emax}, I_L = I_{Lmin}$

Asegurar que no se queme el zener=>Iz<Izmax=>

$$R_S > \frac{V_{emax} - V_{zmax}}{I_{zmax} + I_{Lmin}}$$

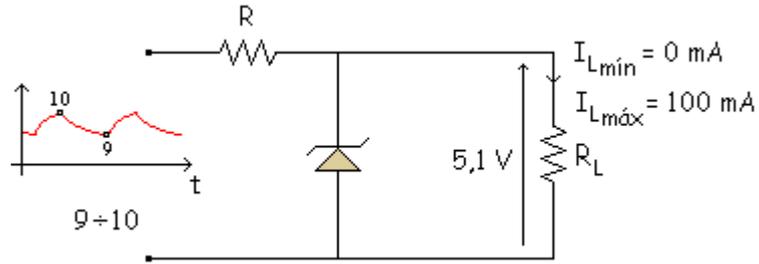
$P_{zmax} < I_{zmax} * V_{zmax}$

$P_{RS} > (V_{emax} - V_Z) \cdot (I_{zmax} + I_{Lmin})$

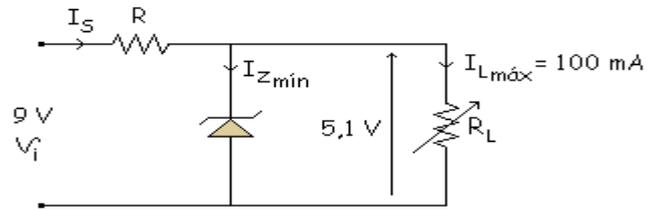
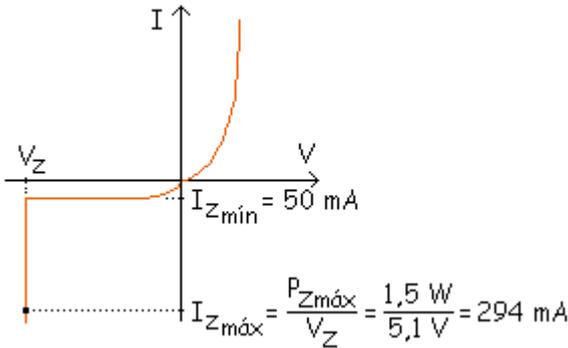


EJEMPLO: Elegir el zéner y la R más adecuada al circuito de la figura

	V_Z	$I_{Z\text{mín}}$	$P_{Z\text{máx}}$
Z_1	5,1 V	5 mA	400 mW
Z_2	5,1 V	50 mA	1,5 W
Z_3	5,1 V	100 mA	2,5 W



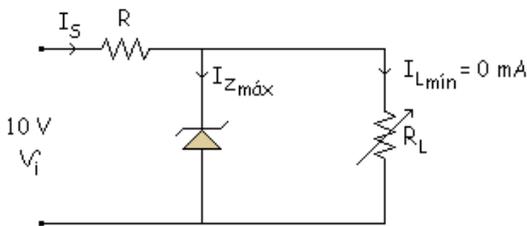
$Z_1 \Rightarrow I_{z\text{max}} = 0,4 / 5,1 = 78,43 \text{ mA} < 100 \text{ mA} \Rightarrow$ No sirve
 $Z_2 \Rightarrow I_{z\text{max}} = 1,5 / 5,1 = 294 \text{ mA} \Rightarrow$ Es el adecuado.
 $Z_3 \Rightarrow I_{z\text{max}} = 2,5 / 5,1 = 490 \text{ mA} \Rightarrow$ Sobra \Rightarrow Más caro



$$R = \frac{V_{i\text{mín}} - V_Z}{I_{Z\text{mín}} - I_{L\text{máx}}}$$

$$R = \frac{9 - 5,1}{I_S} = \frac{9 - 5,1}{I_{Z\text{mín}} - I_{L\text{máx}}} = \frac{9 - 5,1}{50 \text{ mA} - 100 \text{ mA}} = 26 \Omega$$

$$16,6 \Omega < R < 26 \Omega$$



$$R = \frac{V_{i\text{máx}} - V_Z}{I_S} = \frac{V_{i\text{máx}} - V_Z}{I_{Z\text{máx}} + I_{L\text{mín}}}$$

$$R = \frac{10 - 5,1}{294 + 10} = 16,6 \Omega$$

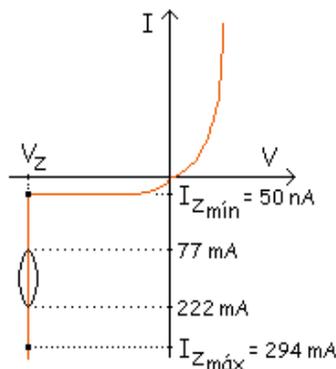
Si $R \uparrow \Rightarrow I_Z \downarrow$ funciona bien
 Si $R \downarrow \Rightarrow I_Z \uparrow$ se quema

$$16,6 \Omega < R < 26 \Omega$$

Elegimos una resistencia de 22Ω

$$\frac{9 - 5,1}{I_Z + 100 \cdot 10^{-3}} = 22 \Rightarrow I_Z = 77 \text{ mA}$$

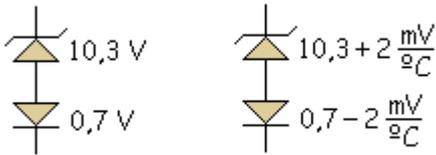
$$\frac{10 - 5,1}{I_Z + 0} = 22 \Rightarrow I_Z = 222 \text{ mA}$$



Peor caso: $I_Z = 222 \text{ mA}$
 $P = (10 - 5,1) \cdot 222 \cdot 10^{-3} = 1,08 \text{ W}$
Se coge un valor normalizado de 2 W.

Variación con la temperatura:

Para compensar el coeficiente de temperatura del zéner con otro diodo con coeficiente de temperatura igual y opuesto conectando los dos en serie, de forma que cuando conduzcan sumen sus tensiones de conducción:



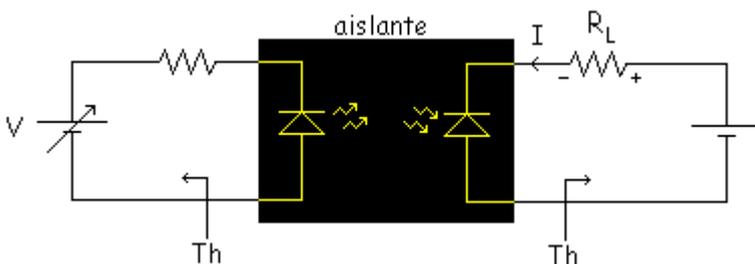
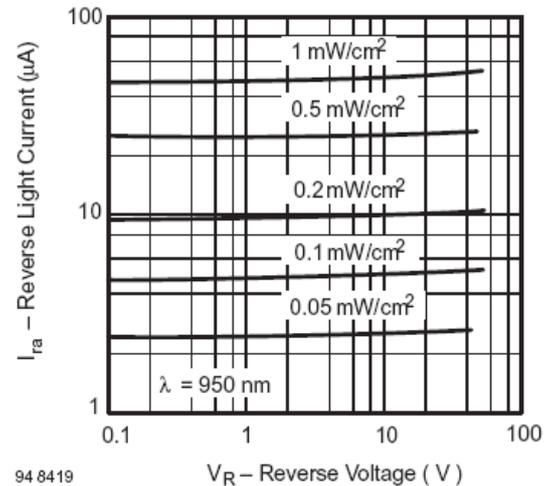
Se puede aprovechar esta característica para utilizar el diodo zéner como sensor de temperatura. El circuito del sensor debe detectar incrementos de tensión con respecto a un valor de referencia.

El Optoacoplador

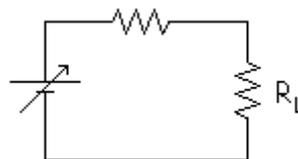
Fotodiodo

Un **fotodiodo** es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz. Debido a

El optoacoplador es un encapsulado con 4 patillas, también de negro, para que no salga luz de dentro hacia fuera.



Si vario la pila varía I_{LED} , varía la iluminación que recibe el fotodiodo, varía su corriente I. Esta variación de V afecta a la I y esta a la tensión en R_L . En realidad ese circuito es como:



El fotodiodo sirve también para aislar, y puede dar problemas conectar directamente a la carga.

PRACTICA 3A : DIODOS

ALUMNO:

FECHA DE INICIO:

FECHA DE TERMINO:

INSTRUMENTACION:

COMPONENTES:

HERRAMIENTAS:

1.- Dibujar las curvas características de un diodo rectificador , Zener y ledd según los circuitos de la figura:

Vcc1:-30v..10v

Vcc2:-10v..5v

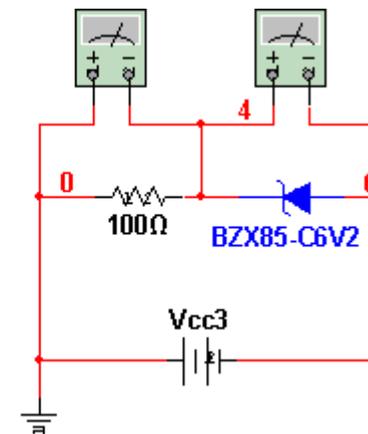
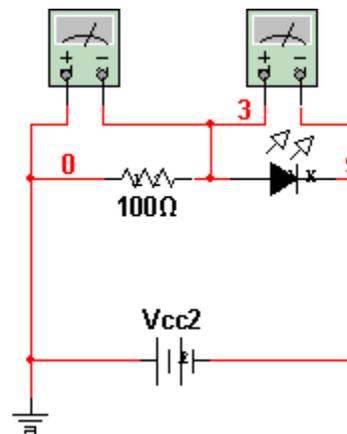
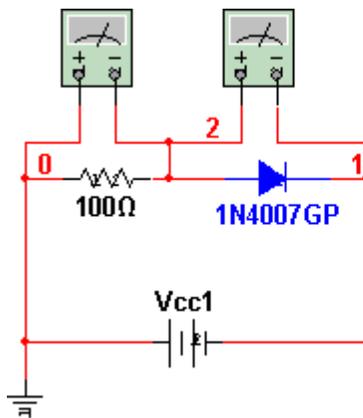
Vcc3:-5v..10v

2.- Hallar el punto de trabajo para:

Vcc1=10v

Vcc2=5v

Vcc3=10v



MEDIDAS

1.- DIODO RECTIFICADOR

Vcc1	V _D (v)	I _D (mA)	R _d
-30v			
0,2v			
0,7v			
1v			
2v			
10v			

1.- DIODO LED

Vcc2	V _D (v)	I _D (mA)	R _d
-10v			
0,2v			
0,7v			
1v			
2v			
5v			

1.- DIODO ZENER

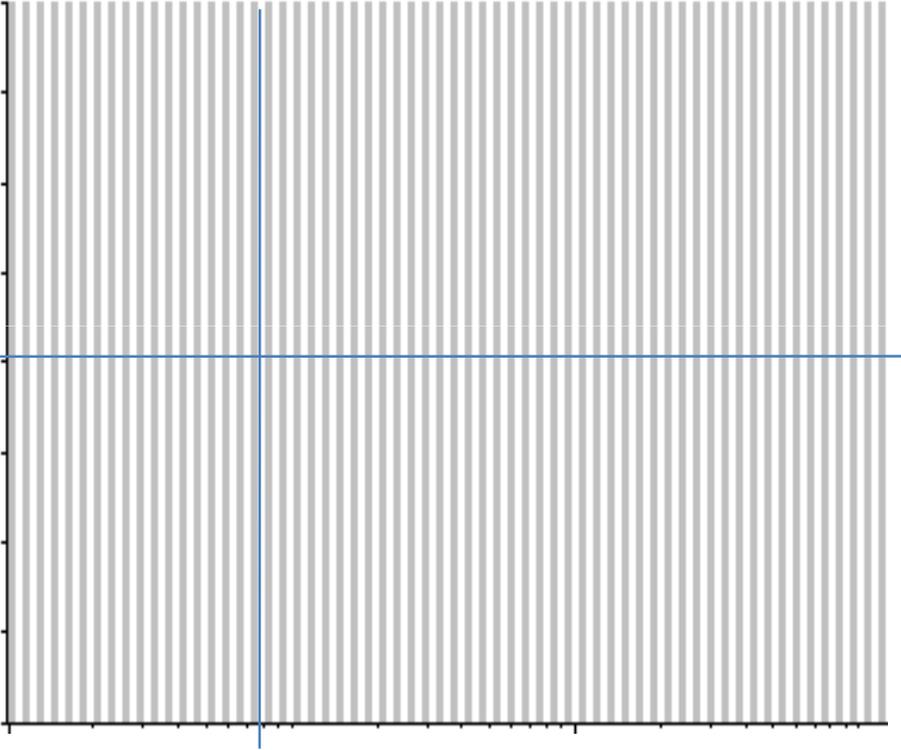
Vcc3	V _D (v)	I _D (mA)	R _d
-5v			
0,2v			
1v			
5v			
6v			
10v			

CALCULOS

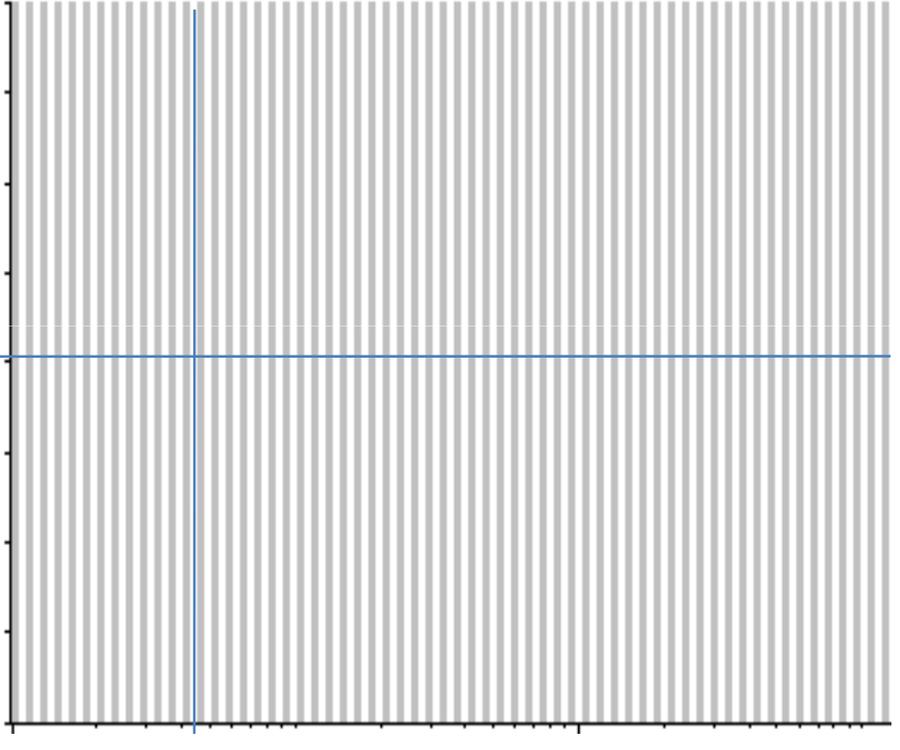
$$ID = V_R / 0,1K\Omega$$

$$RD = (VD1 - VD2) / (ID1 - ID2)$$

DIODO RECTIFICADOR



DIODO LED



DIODO ZENER

