

EC 1113 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

PRESENTACIÓN PERSONAL

SECCIÓN 1

Prof. María Isabel Giménez de Guzmán

Correo electrónico: mgimenez@usb.ve

HORARIO Y UBICACIÓN SECCIÓN

Martes:	9:30 a 11:30 am	ELE 218
Jueves:	9:30 a 11:30 am	ELE 218
Viernes:	1:30 a 4:30 pm	ELE218

EVALUACIÓN

PARCIALES

Nº 1 (30%)

Nº 2 (35%)

QUICES

Evaluación Previa (3%)

Nº 1 (3%)

Nº 2 (3%)

Nº 3 (3%)

Nº 4 (3%)

LABORATORIOS

Nº 1 (4%)

Nº 2 (4%)

Nº 3 (4%)

Nº 4 (4%)

Nº 5 (4%)

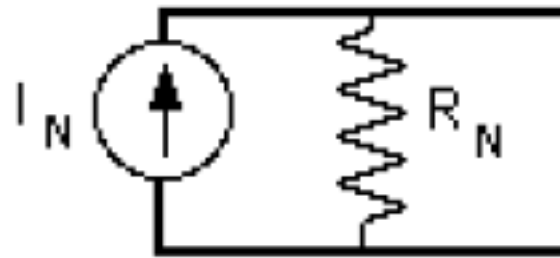
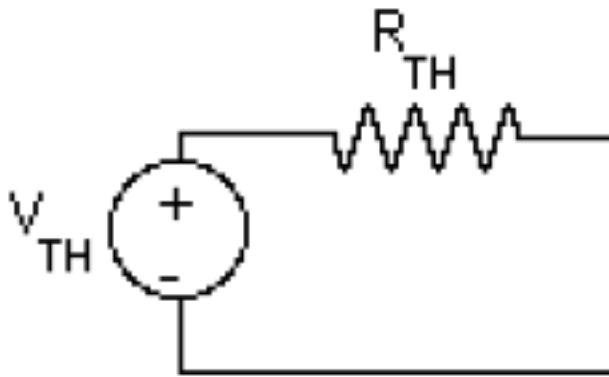
INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA

*Microelectrónica: Tecnología de circuitos integrados capaz de elaborar circuitos con millones de componentes en un solo chip.

*Señales: Fenómenos eléctricos (o de cualquier otro tipo) que contienen información.

*Para extraer información de una señal hay que **procesarla**.

*Las variables se convierten en señales electrónicas mediante **transductores**.



REPASO DE REDES ELÉCTRICAS

Conceptos fundamentales

Rama: Cada uno de los componentes de un circuito entre dos terminales

Nodo: Unión de tres o más ramas. Se escoge uno como referencia

Malla: cualquier trayecto cerrado que se tome en la estructura circuital

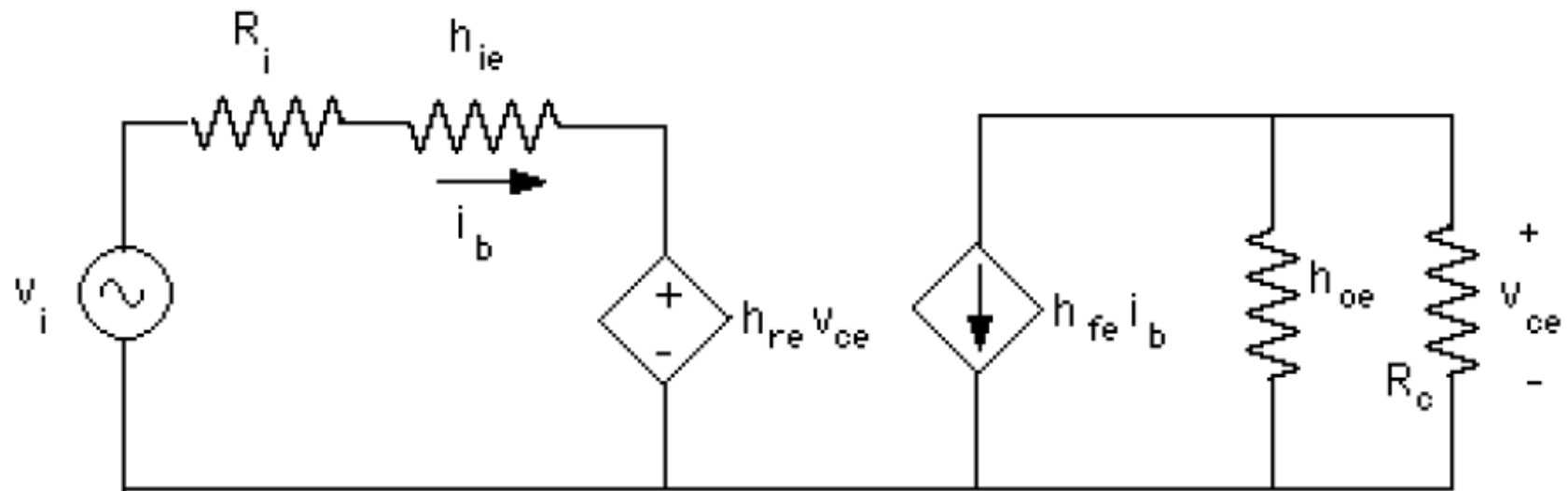
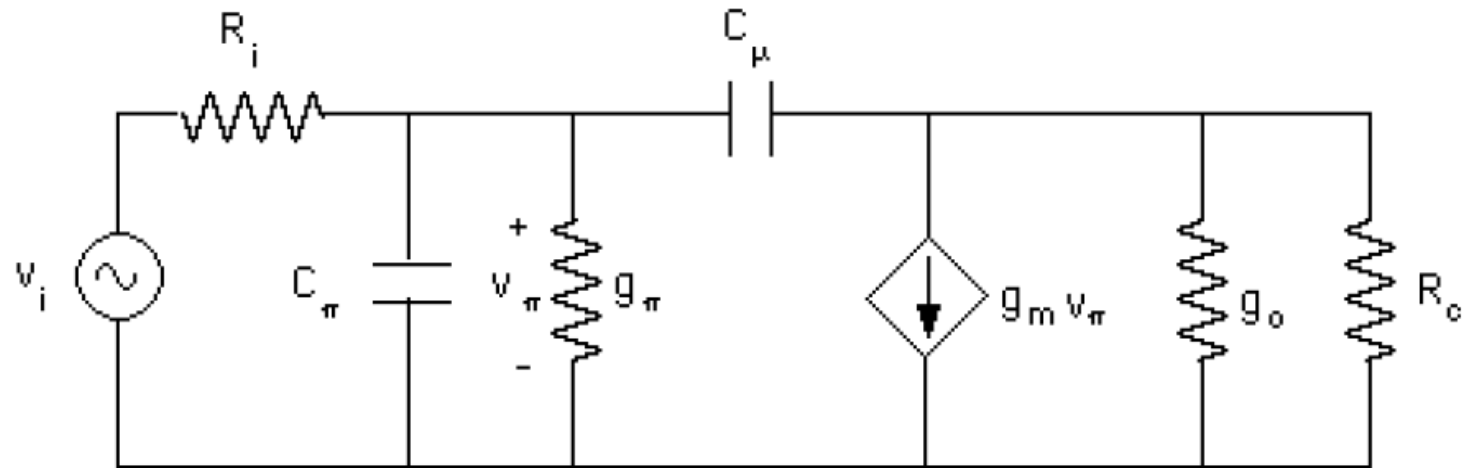
Leyes de Kirchhoff

Ley de Kirchhoff de los voltajes LKV: La suma algebraica de los voltajes de rama en cualquier malla cerrada de una red es igual a cero.

Ley de Kirchhoff de las corrientes LKC: La suma algebraica de las corrientes de rama en un nodo es cero.

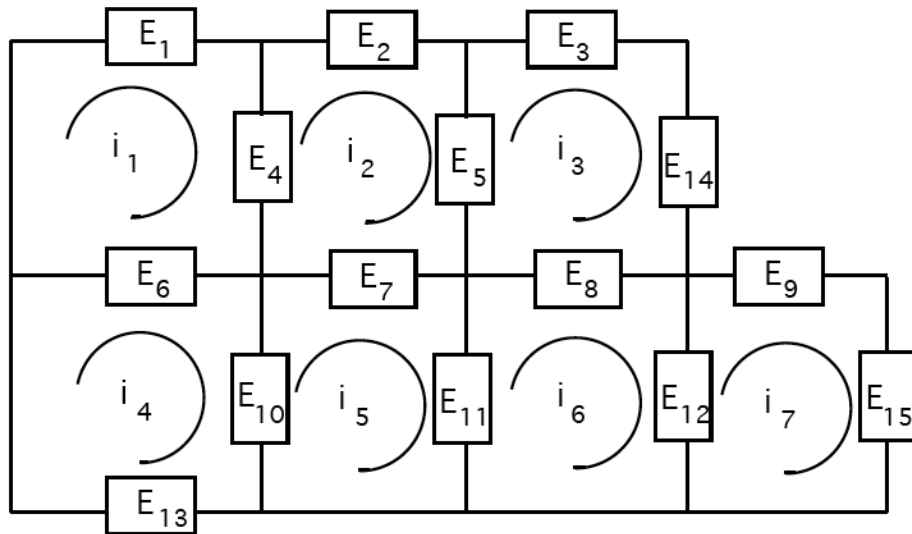
Ley de Ohm El voltaje a través de una resistencia es directamente proporcional a la corriente que circula por ella $\mathbf{v = R i}$

FUENTES DEPENDIENTES



MÉTODO DE MALLAS

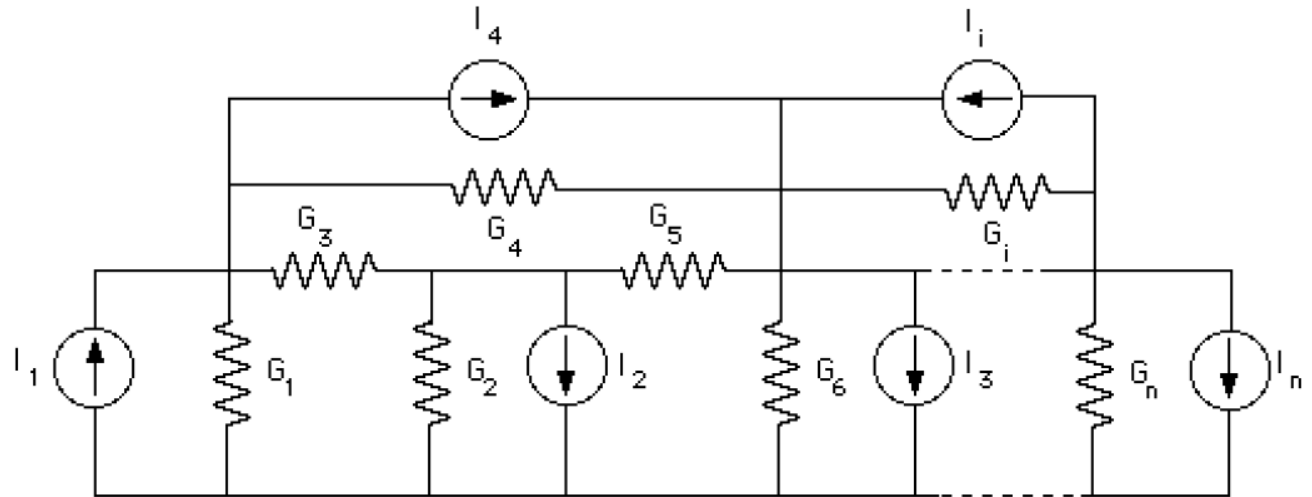
Aplicable a cualquier red plana. Se basa en el análisis de las mallas elementales de la red.



$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & -R_{12} & \dots & \dots & -R_{1n} \\ -R_{21} & R_{22} & \dots & \dots & -R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -R_{n1} & -R_{n2} & \dots & \dots & R_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \dots \\ \dots \\ i_n \end{bmatrix}$$

MÉTODO DE NODOS:

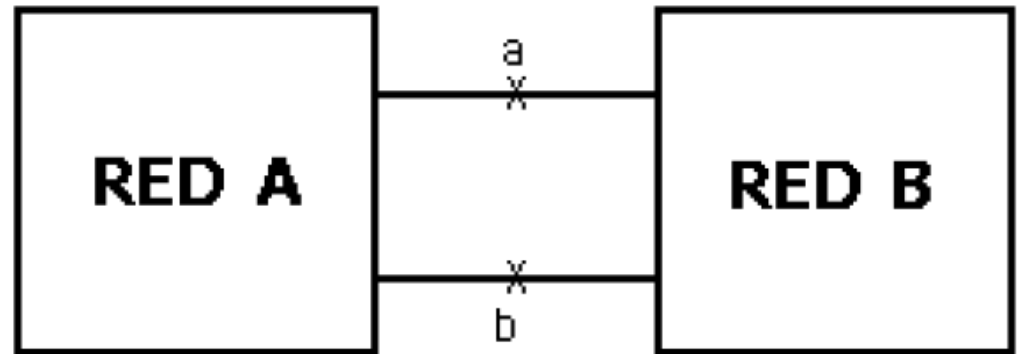
Aplicable a cualquier red, plana o no plana. Se basa en el análisis de los nodos independientes de la red. El número de nodos independientes de una red es igual al número de nodos totales menos uno, el cual es el nodo de referencia o nodo de tierra.



$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ \dots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & -G_{12} & \dots & \dots & -G_{1n} \\ -G_{21} & G_{22} & \dots & \dots & -G_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -G_{n1} & -G_{n2} & \dots & \dots & G_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix}$$

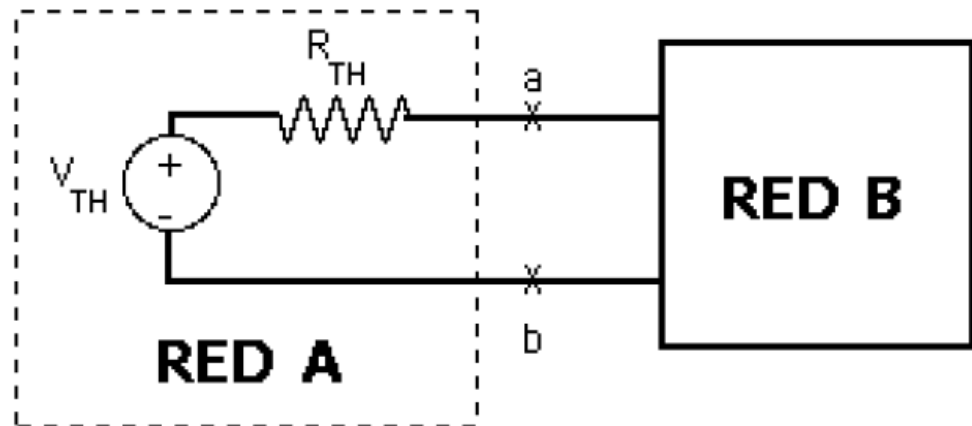
TEOREMA DE THÈVENIN:

La Red A es equivalente a un circuito formado por una sola Fuente de Voltaje Independiente (V_{TH}) en serie con una resistencia equivalente (R_{TH})



V_{TH} : Voltaje existente entre los terminales a y b de la Red A cuando la Red B no está conectada a dichos puntos.

R_{TH} : Resistencia existente entre los puntos a y b cuando las Fuentes Independientes de la Red A se sustituyen por sus respectivas resistencias internas.



$$R_{TH} = \frac{V_p}{I_p}$$

TEOREMA DE NORTON:

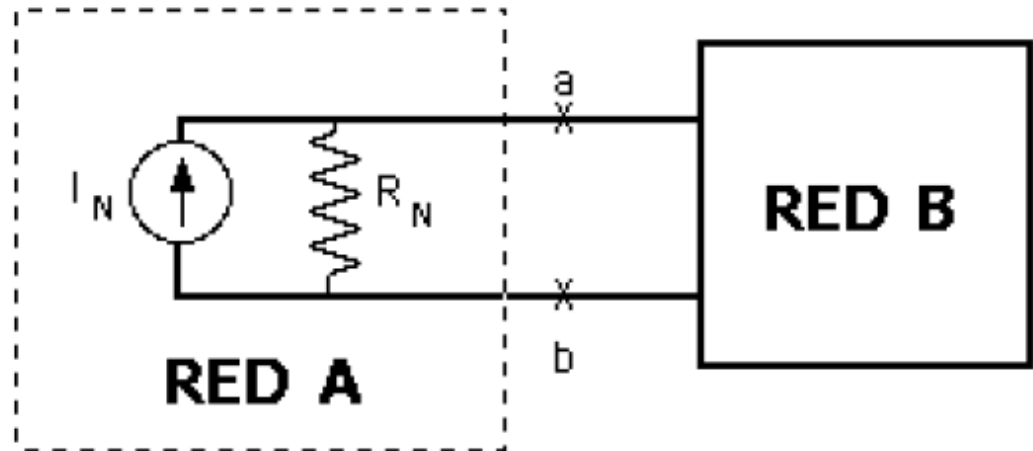
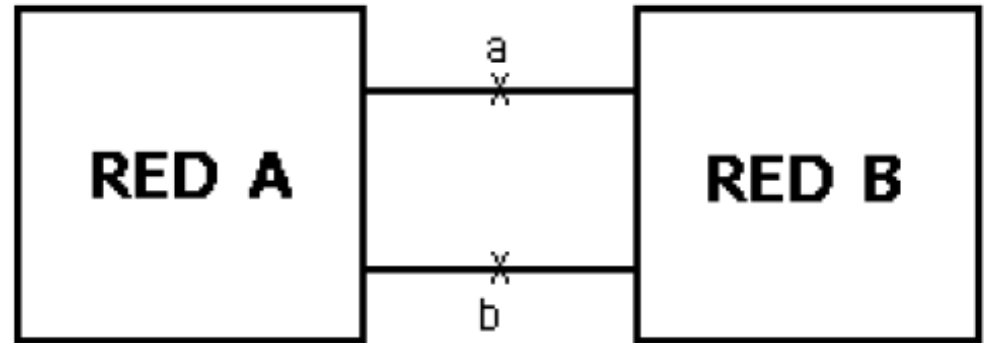
La Red A es equivalente a un circuito formado por una sola Fuente de Corriente Independiente (I_N) en paralelo con una resistencia equivalente (R_N)

I_N : Corriente que circula entre los terminales a y b de la Red A cuando se conecta un cortocircuito entre dichos puntos.

R_N : Resistencia existente entre los puntos a y b cuando las Fuentes Independientes de la Red A se sustituyen por sus respectivas resistencias internas.

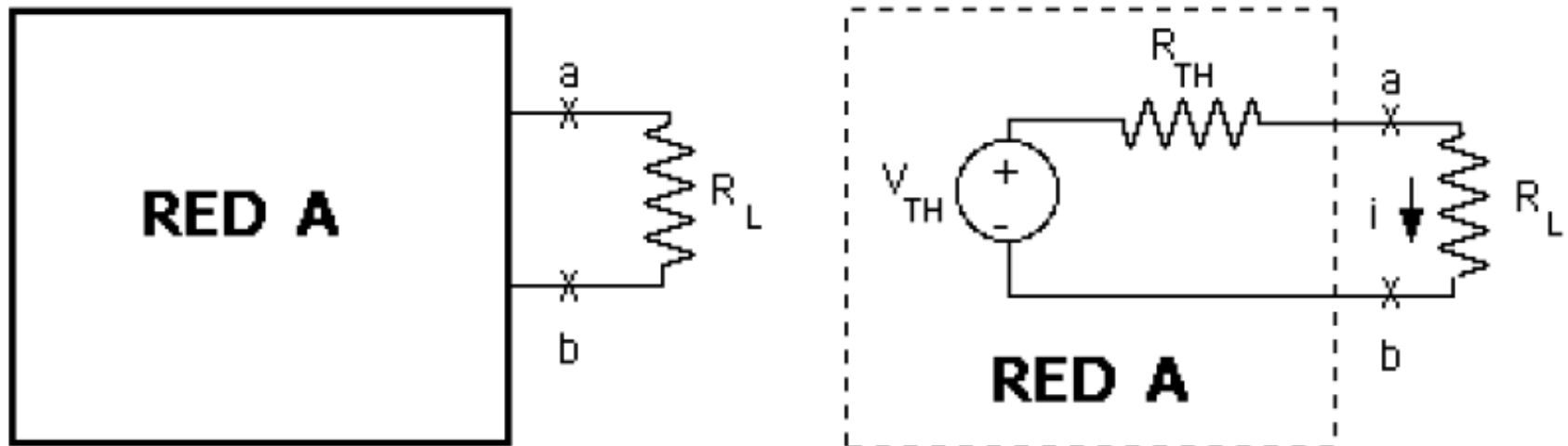
$$R_{TH} = R_N = R_{eq}$$

$$R_{eq} = \frac{V_{TH}}{I_N}$$



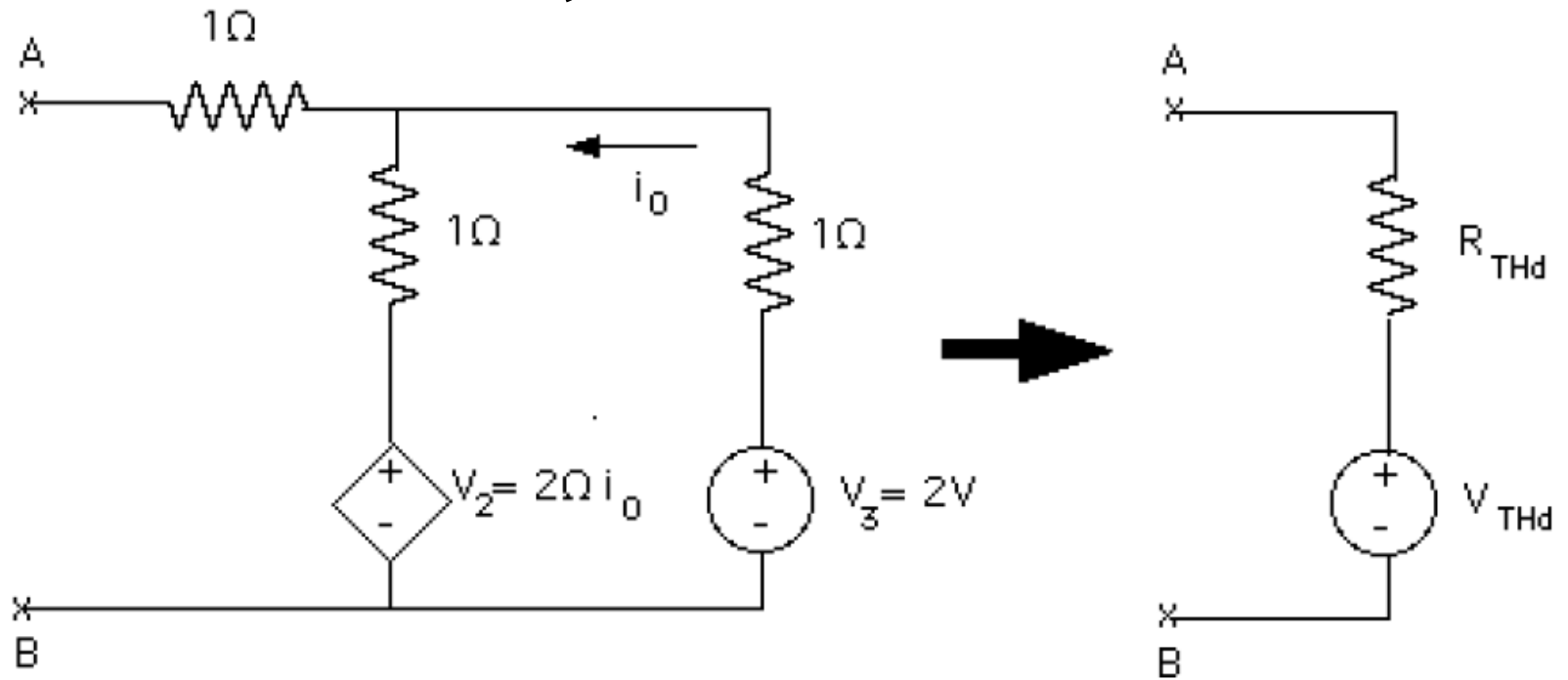
TEOREMA DE MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA

Dada una fuente con una resistencia de fuente fijada de antemano (equivalente Thevenin o Norton), la resistencia de carga que maximiza la transferencia de potencia es aquella con un valor óhmico igual a la resistencia de fuente: $R_L = R_{TH}$



Si R_L fija y R_{TH} variable, entonces la potencia se maximiza con $R_{TH} = 0$

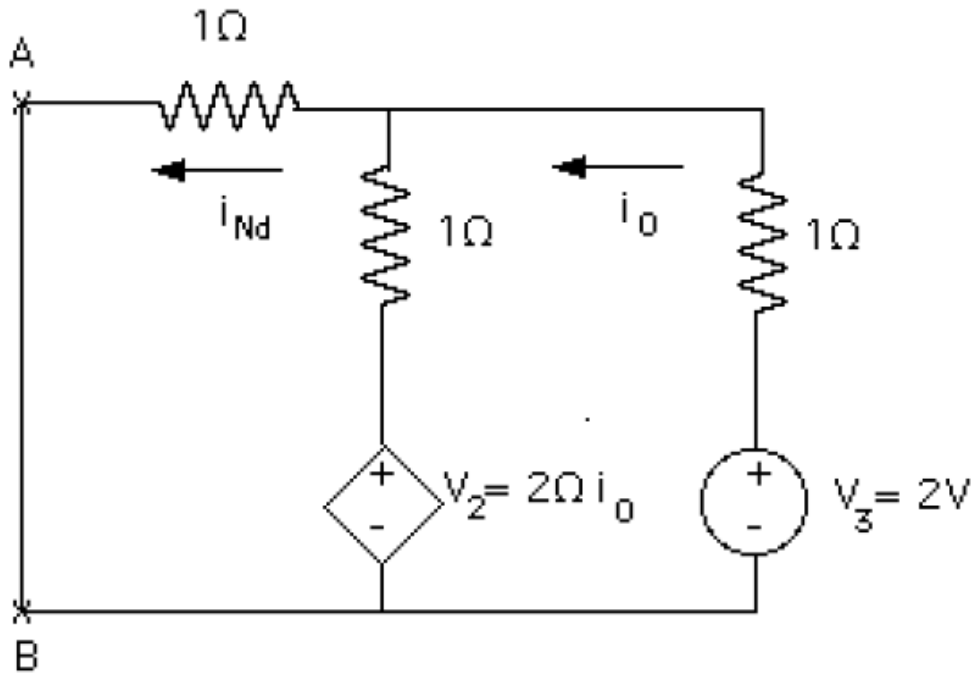
EJEMPLO EQUIVALENTE THEVENIN VOLTAJE DE THEVENIN



$$2V = 1\Omega i_0 + 1\Omega i_0 + 2\Omega i_0 = 4\Omega i_0 \quad i_0 = 0,5 A$$

$$V_{THd} = 1\Omega i_0 + 2\Omega i_0 = 3\Omega i_0 = 3\Omega \times 0,5 A = 1,5 V$$

CORRIENTE DE NORTON



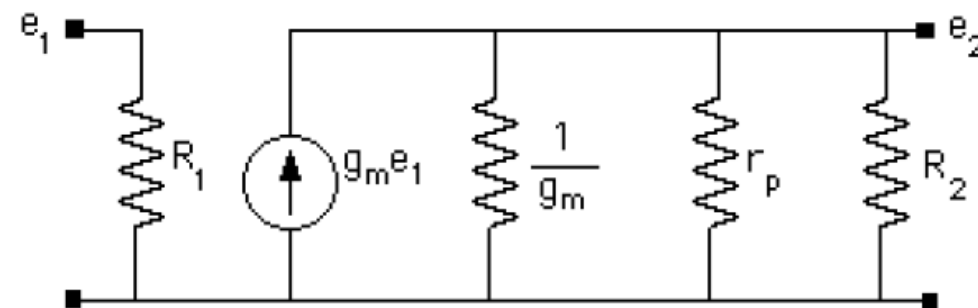
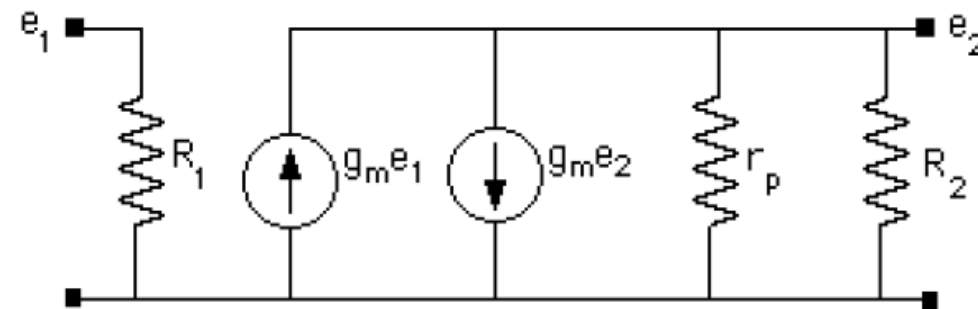
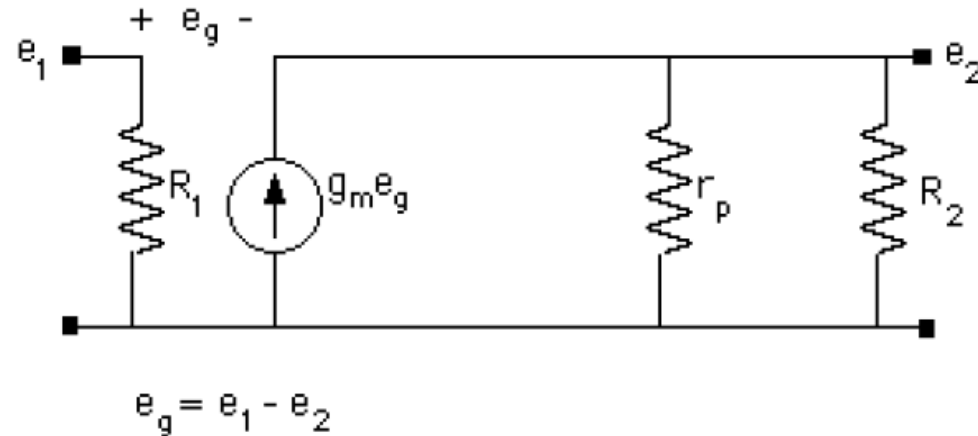
$$\begin{bmatrix} 2i_0 \\ 2V-2i_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{Nd} \\ i_0 \end{bmatrix}$$

$$i_{Nd} = 1,2 \text{ A}$$

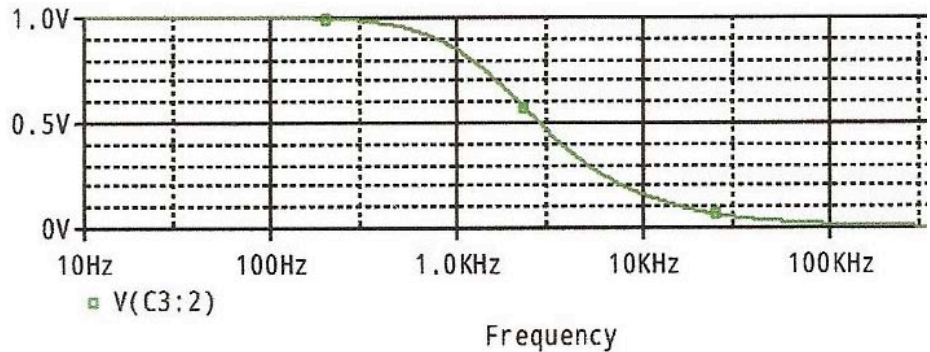
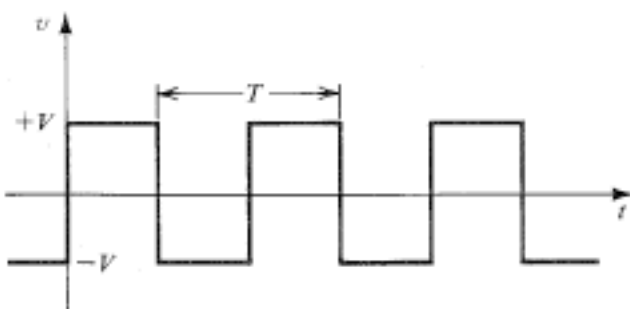
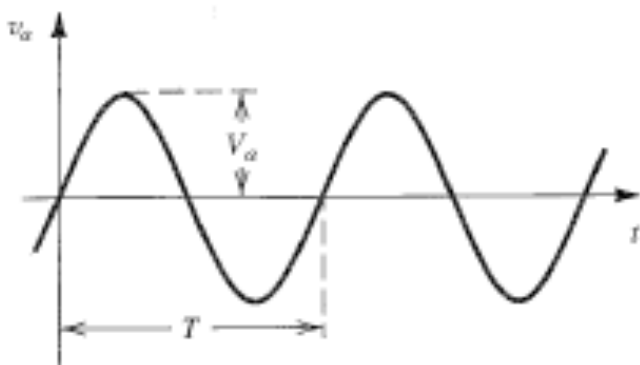
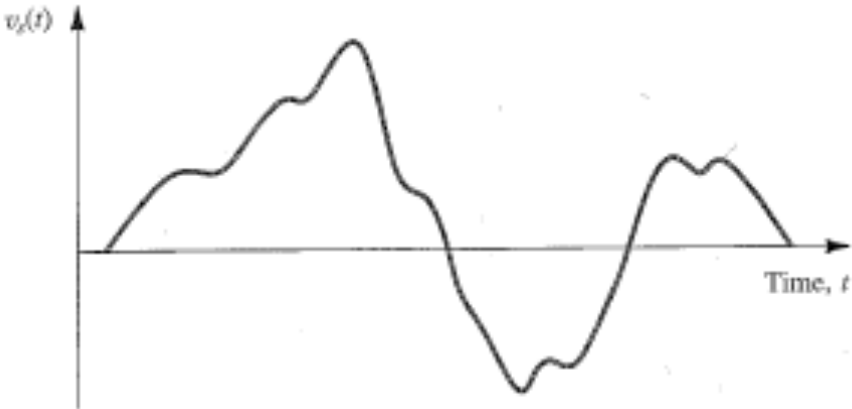
$$R_{THd} = \frac{V_{THd}}{I_{Nd}} = \frac{1.5 \text{ V}}{1.2 \text{ A}} = 1,25 \Omega$$

TEOREMA DE SUSTITUCIÓN

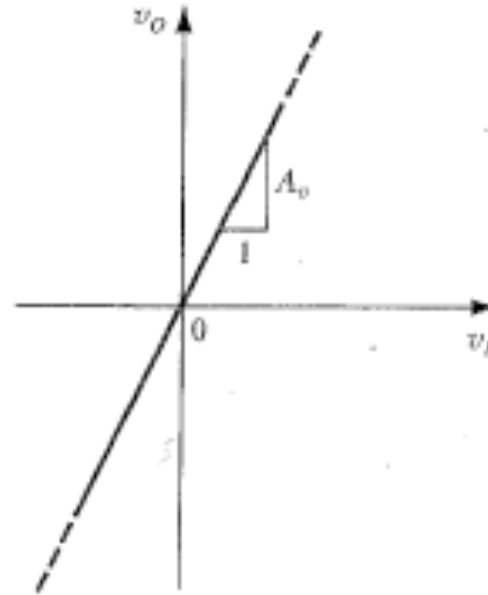
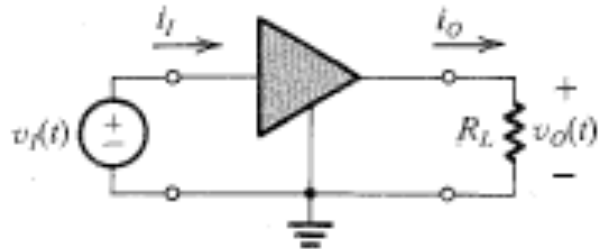
Cualquier rama de una red puede ser reemplazada por otra diferente siempre y cuando la corriente que circula por esa rama y el voltaje entre sus terminales permanezcan inalterados.



GRAFICAS DE SEÑALES



AMPLIFICADORES LINEALES



Ganancia de voltaje $A_v = V_o / V_i$

$$A_v = 20 \log (V_o / V_i)$$

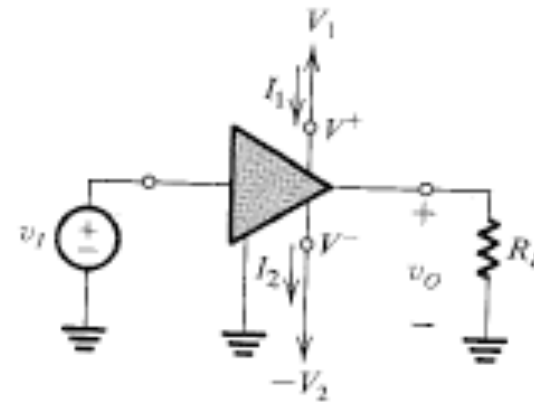
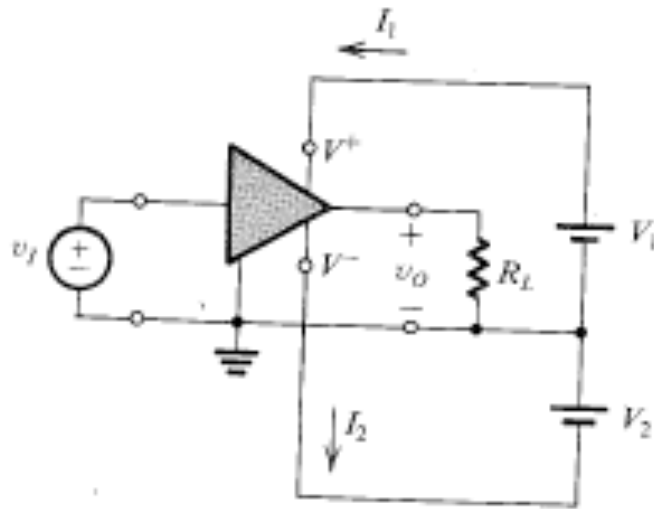
Ganancia de corriente $A_i = I_o / I_i$

$$A_i = 20 \log (I_o / I_i)$$

Ganancia de potencia $A_p = P_o / P_i$

$$A_p = 10 \log (P_o / P_i)$$

FUENTES DE ALIMENTACIÓN DEL AMPLIFICADOR



Potencia entregada por las fuentes: $P_{dc} = V^+ I_1 + V^- I_2$

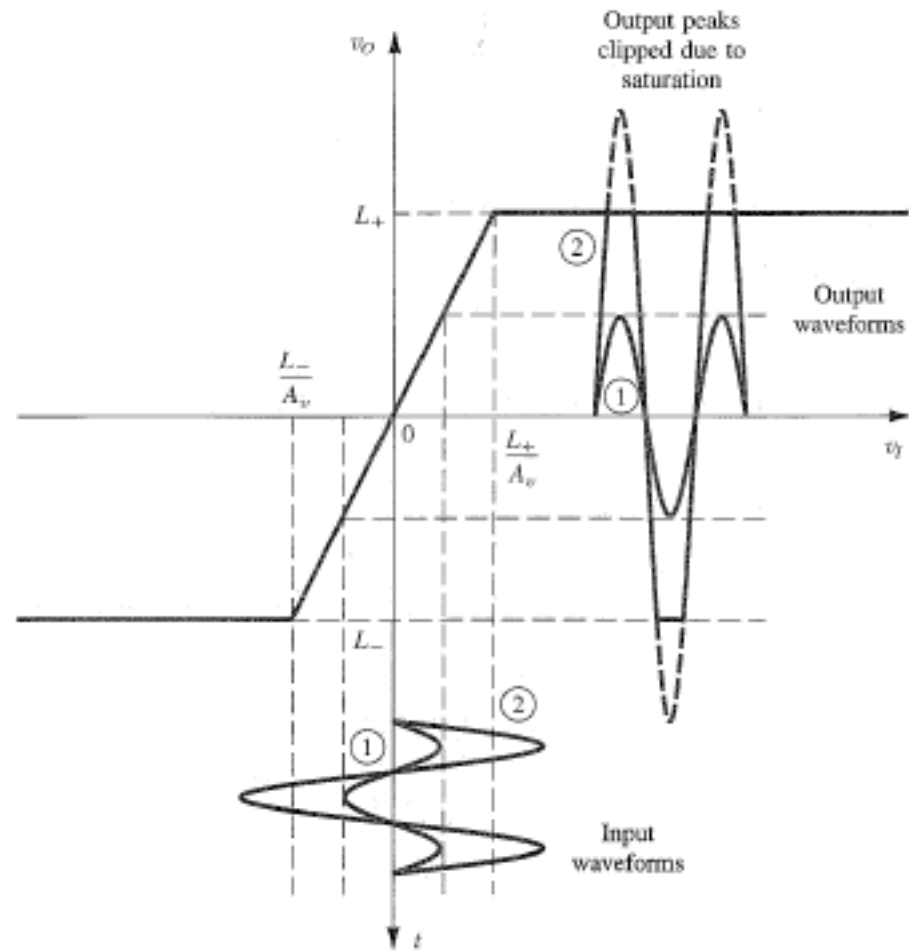
$$P_i = V_i I_i$$

$$P_o = V_o / I_o$$

$$P_{dc} + P_i = P_o + P_{disipada}$$

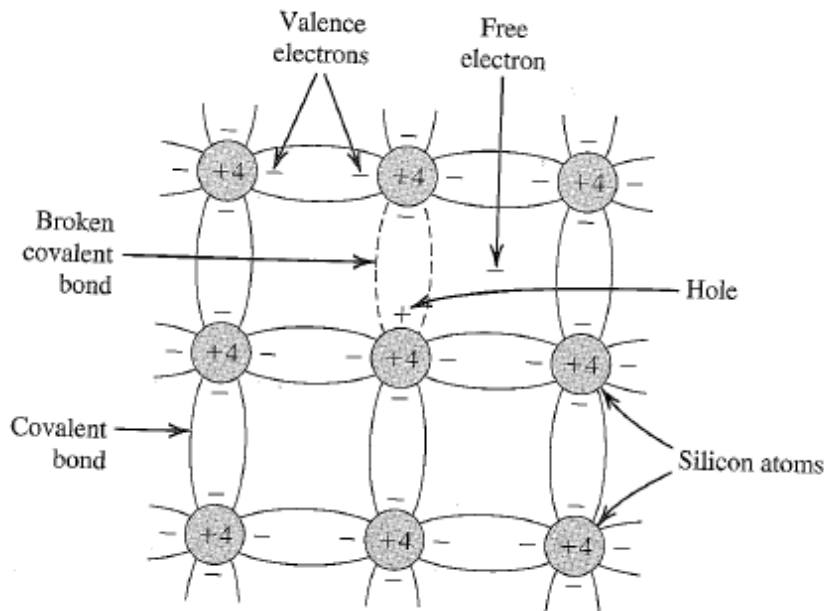
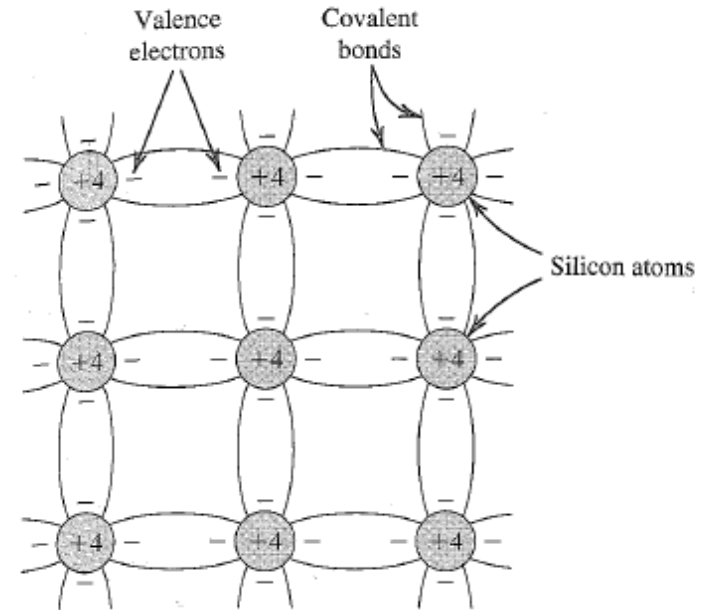
Eficiencia:
$$\eta = \frac{P_o}{P_{dc}}$$

SATURACIÓN



SEMICONDUCTORES

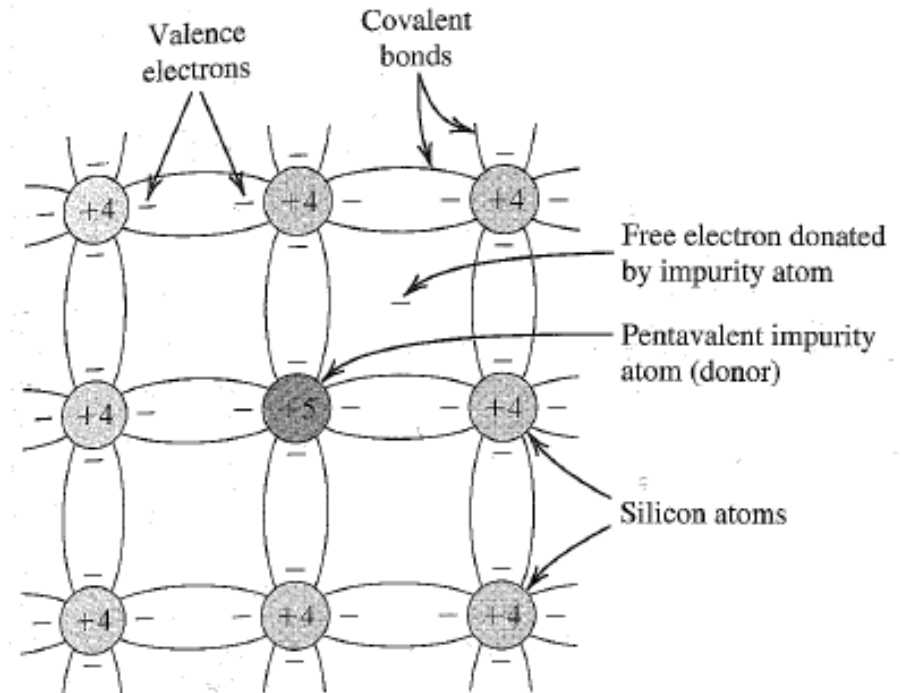
- *Semiconductor
- *Cristal de silicio
- *Enlaces covalentes. Banda de valencia
- *Semiconductor intrínseco
- *Baja temperatura: No hay conducción
- *Temperatura ambiente: Suficiente energía para que algunos electrones pasen a la banda de conducción



- * Hay electrones libres
- * Los electrones dejan espacios: Huecos
- * Los huecos los ocupan otros electrones
- * Conducción en la banda de valencia
- * Conducción en la banda de conducción
- * Electrones: Portadores negativos
- * Huecos : Portadores positivos

DOPAJE CON IMPUREZAS

- * Se difunden átomos de impurezas
- * Donantes: Valencia 5: Fósforo, Arsénico, Antimonio (Material N)
- * Aceptoras: Valencia 3: Boro, Indio, Aluminio (Material P)
- * Semiconductores extrínsecos
- * Portadores mayoritarios y minoritarios
- * En un semiconductor extrínseco la densidad de portadores mayoritarios es aproximadamente constante mientras que la densidad de portadores minoritarios aumenta con la temperatura.
- * Cuando la densidad de portadores minoritarios llega al 10% de la densidad de portadores mayoritarios, el semiconductor se comporta como intrínseco.



TIPOS DE CORRIENTE EN UN SEMICONDUCTOR

Corriente de Difusión:

- * Es el flujo de carga eléctrica asociado con el movimiento aleatorio debido a la agitación térmica.
- * Lo causa el gradiente de concentración de los portadores.
- * Los huecos y electrones se mueven en la misma dirección (de zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración).
- * Las corrientes tienen signo opuesto.

Corriente de Deriva, Arrastre o Desplazamiento:

- * Es el flujo de carga eléctrica producido por la aplicación de un campo eléctrico.
- * Los huecos se mueven en una dirección en la capa de valencia y los electrones se mueven en la otra dirección en la capa de conducción.
- * Las corrientes tienen el mismo sentido.

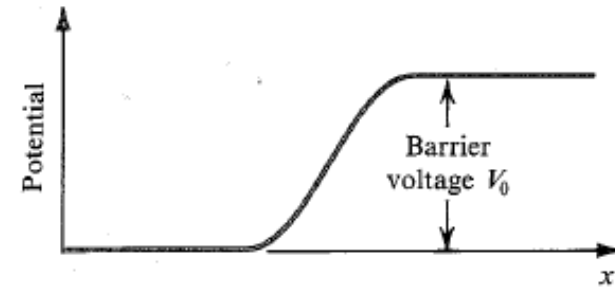
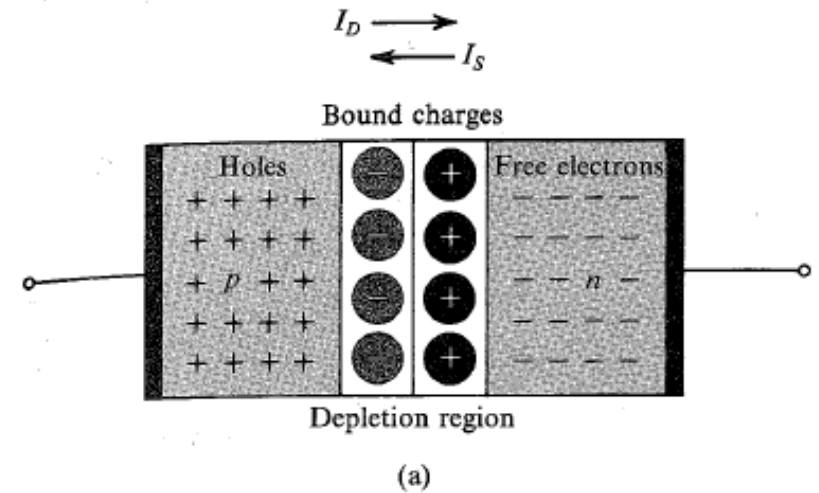
LA JUNTURA PN

*Se forma al poner en contacto un semiconductor P con uno N.

* Los huecos se difunden de P a N y los electrones de N a P, dando lugar a la **corriente de difusión I_D** , cuya dirección es de la región P a la N.

* Al cruzar la juntura, los que eran portadores mayoritarios en su región se convierten en minoritarios y se recombinan con los respectivos átomos.

*Del lado P hay átomos de impurezas aceptoras sin cubrir y del lado N impurezas donantes sin cubrir. Se forma la **región de vaciamiento** o **zona de carga espacial** al quedar átomos (iones) con carga positiva en la región N y negativa en la región P.



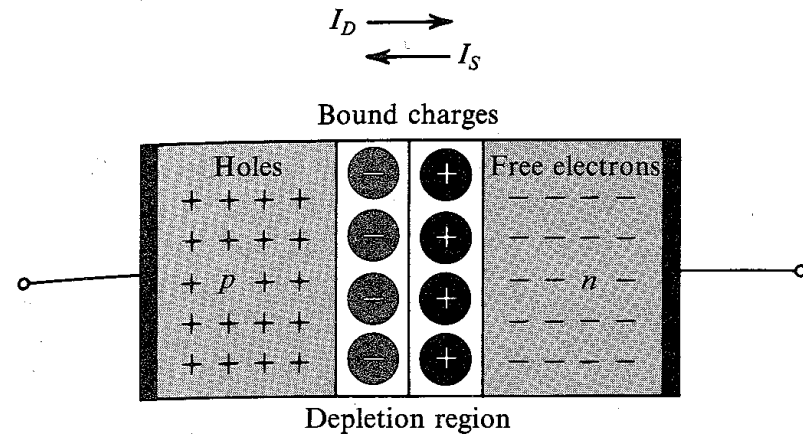
* Se genera un campo eléctrico que forma una barrera de potencial V_0 la cual se opone a que continúe la difusión.

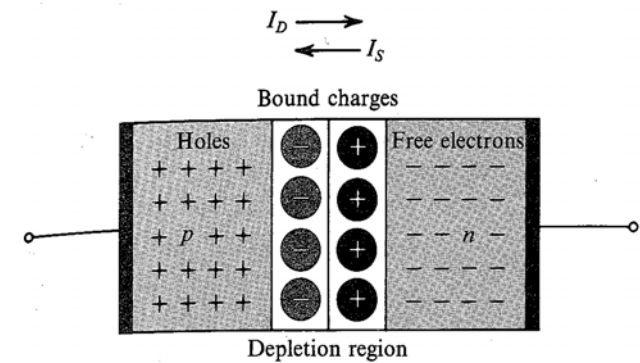
* Además de la corriente de difusión, hay **corriente de deriva I_S** debido al movimiento de los portadores minoritarios.

* Los electrones de la región P generados térmicamente que llegan a la barrera de potencial son barridos hacia la región N y los huecos de la región N generados térmicamente son barridos hacia la región P donde pasan a ser portadores mayoritarios.

* Dado que la corriente I_S se debe a los portadores minoritarios generados térmicamente, su valor depende fuertemente de la temperatura y es independiente del valor del voltaje de la barrera de potencial V_0

* Bajo condiciones de circuito abierto debe haber equilibrio $I_D = I_S$





* El equilibrio lo mantiene V_0 .

* Si I_D aumenta porque hay más difusión de una región a la otra, aumentará el número de cargas no cubiertas, por lo que aumentará V_0 , lo cual hará que la difusión disminuya, hasta que $I_D = I_S$.

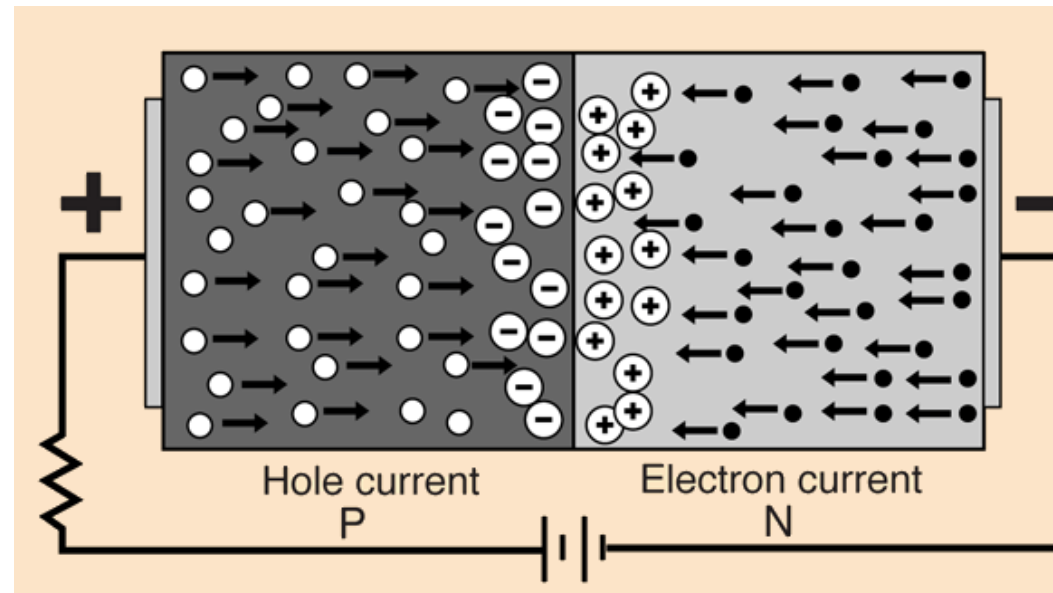
* Si I_S aumenta, el número de impurezas sin cubrir de cada lado disminuye, por lo que la zona de carga espacial se hace más estrecha, el valor de V_0 disminuye, lo cual hace que aumente la corriente de difusión I_D hasta que nuevamente $I_D = I_S$.

* V_0 depende de las concentraciones de portadores y de la temperatura. Para dispositivos de silicio, su valor está entre 0,6 y 0,8 V.

* Cuando el dispositivo no está conectado, el voltaje entre los terminales es cero. Esto se debe a que los voltajes de las juntas metal-semiconductor de los extremos, equilibran exactamente el voltaje de la zona de carga espacial.

Si esto no fuera así, podríamos obtener energía de las juntas PN, lo cual viola el principio de conservación de la energía.

LA JUNTURA PN EN POLARIZACIÓN DIRECTA

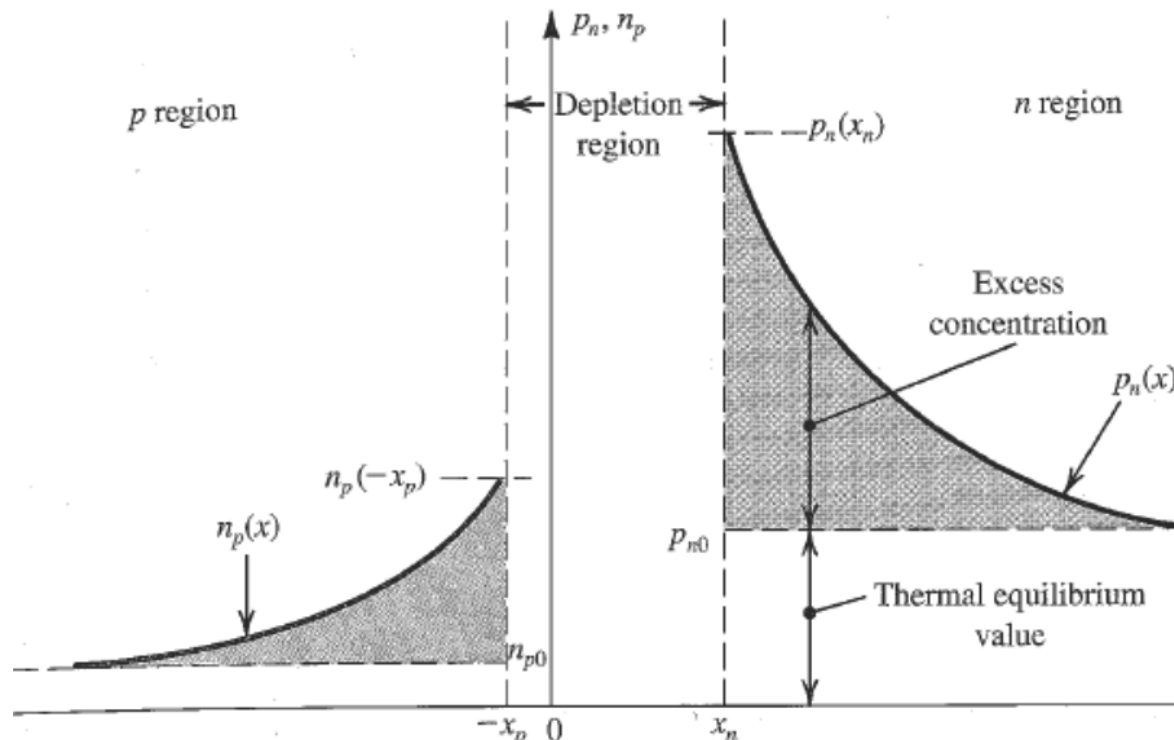


Disminuye la barrera de potencial V_0 , lo cual hace que aumente la corriente de difusión tanto de los huecos como de los electrones, haciendo que circule una corriente I de la región P a la región N, donde $I = I_D - I_S$.

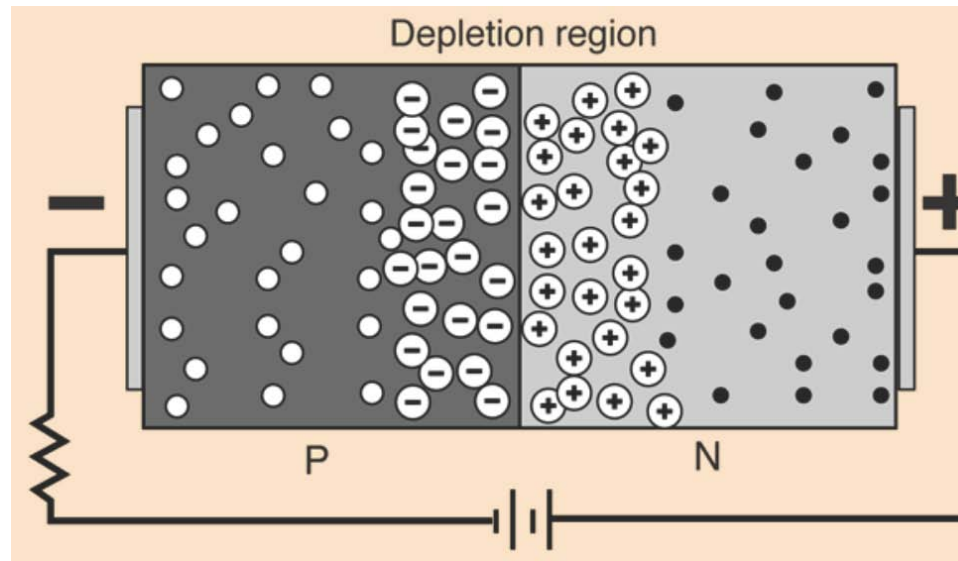
CAPACITANCIA DE DIFUSIÓN

*Al haber conducción, hay un exceso de portadores minoritarios en ambas regiones, cuyas concentraciones dependen del voltaje aplicado.

* Si cambia el voltaje deben cambiar las concentraciones. El efecto de acumulación de carga da origen al efecto capacitivo denominado **Capacitancia de Difusión**.

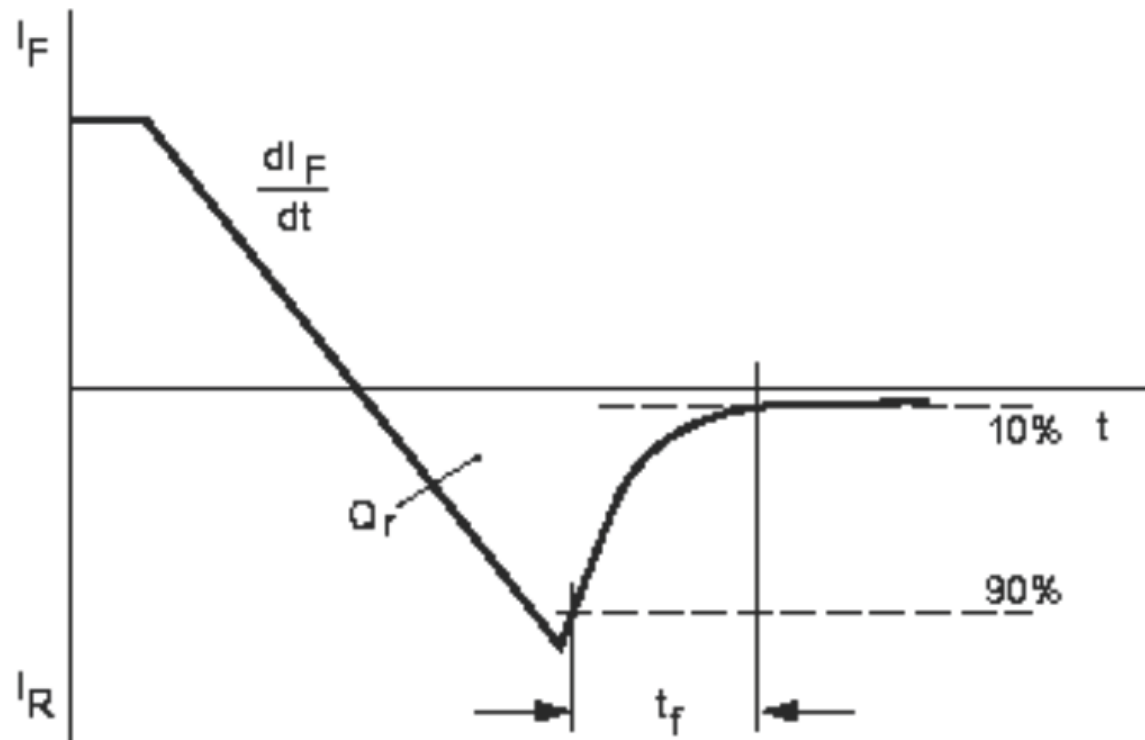


LA JUNTURA PN EN POLARIZACIÓN INVERSA



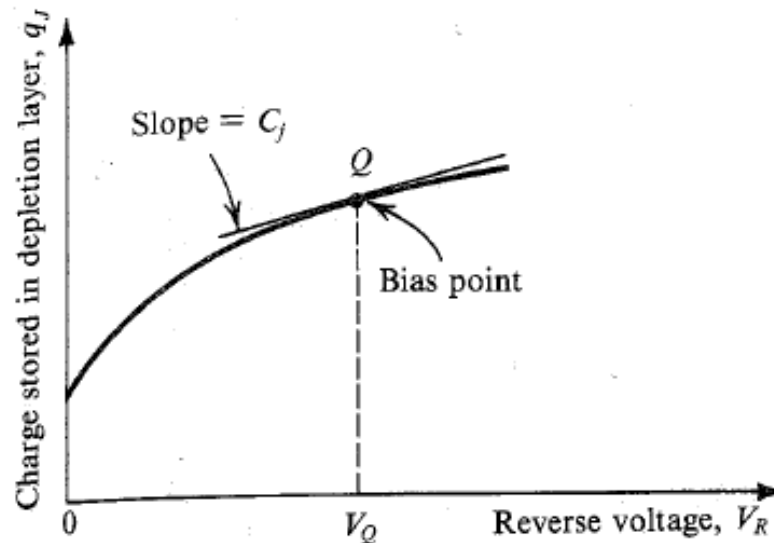
- *Se incrementa el voltaje de juntura V_0 , lo cual hace que aumenten los átomos ionizados y aumenta la zona de carga espacial.
- *Inicialmente se produce una corriente inversa debido al número de portadores que abandonan la zona de carga espacial.
- *Una vez en equilibrio, continúa circulando una corriente comparativamente pequeña, denominada corriente inversa del dispositivo.

CORRIENTE INVERSA DIODO DE POTENCIA



CAPACITANCIA DE JUNTURA

Al tener dos áreas cargadas, una con voltaje positivo y otra con voltaje negativo, se dispone de un condensador en la zona de carga espacial, cuya capacitancia depende del voltaje inverso aplicado.



Aunque la función no es lineal, puede trabajarse con valores de carga directamente proporcionales al voltaje de juntura si se consideran variaciones de voltaje pequeñas alrededor del punto Q .

REGIÓN DE RUPTURA (BREAKDOWN)

*Si se sigue aplicando voltaje negativo a la juntura PN se entra en la región de conducción inversa, o ruptura, o breakdown.

***No todos los tipos de diodos pueden operar en esa zona.** Puede ser destructivo si se sobrepasa la capacidad de disipación máxima de la juntura.

* La ruptura se puede deber al **efecto avalancha o al efecto zener.**

***El efecto avalancha** ocurre cuando el voltaje inverso aplicado introduce suficiente energía para que **los portadores choquen con los iones**, rompiendo un enlace covalente, lo cual genera un hueco y un electrón que se mueven en direcciones opuestas, produciendo a su vez nuevos huecos y electrones, lo cual da origen a una corriente externa con muy poco cambio en el voltaje de juntura.

***El efecto zener** ocurre cuando el campo es mucho mas intenso y la energía introducida es tan elevada que los **enlaces covalentes se rompen** sin que haya colisión. El incremento del voltaje de juntura es muy reducido.

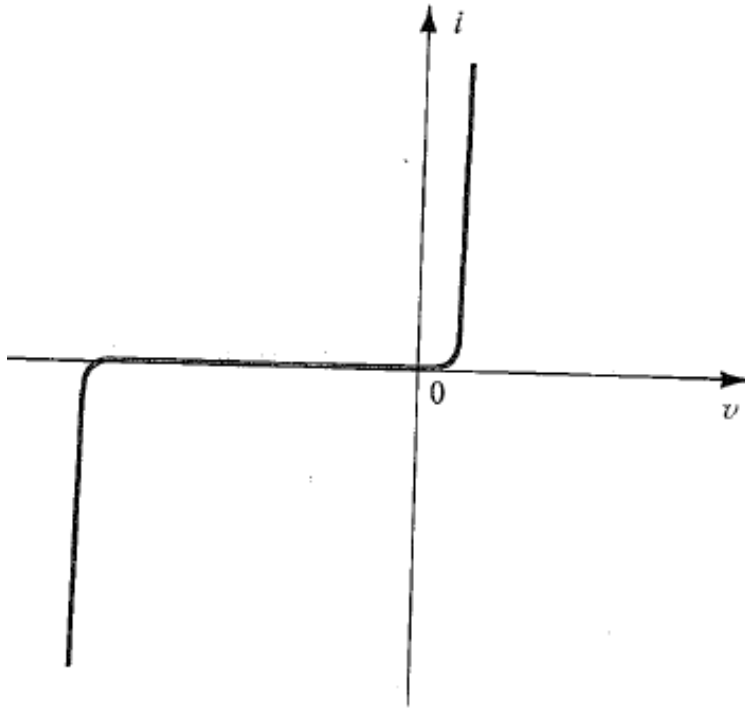
*Menor de 5V: zener

*Mayor de 8 voltios: avalancha

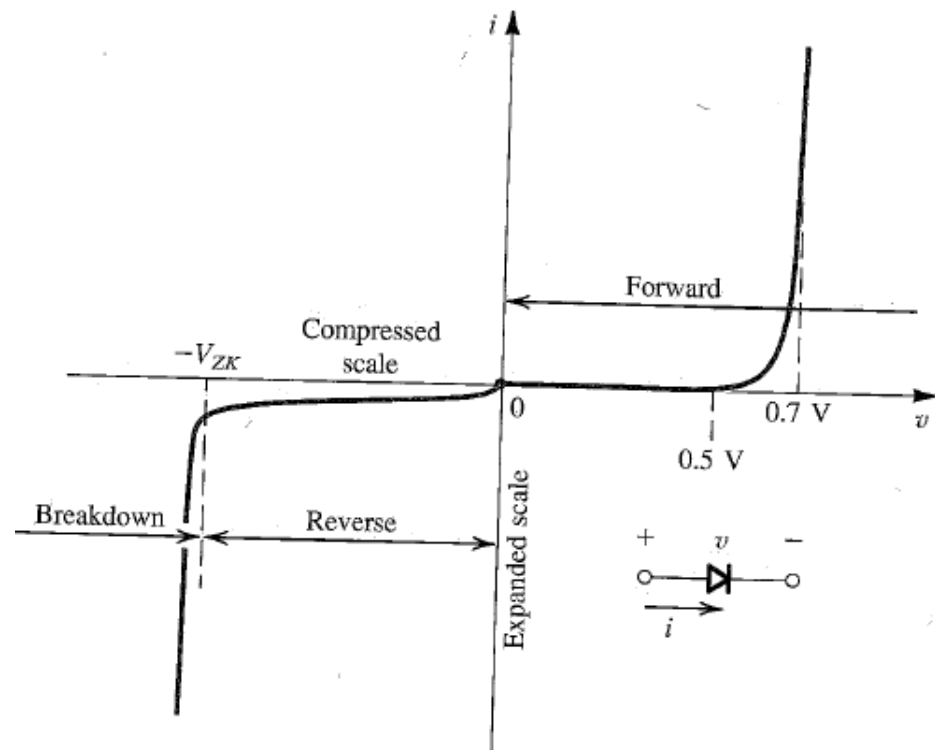
*Entre 5 y 8 V: ambos.

RELACIÓN CORRIENTE-VOLTAJE DE LA JUNTURA PN

$$I = I_S \left(e^{v/nv_t} - 1 \right)$$

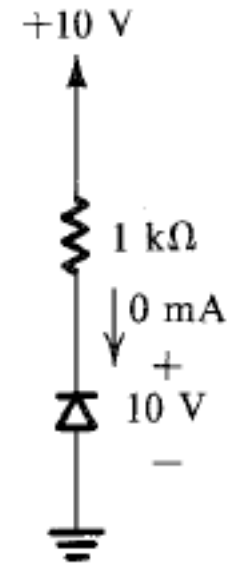
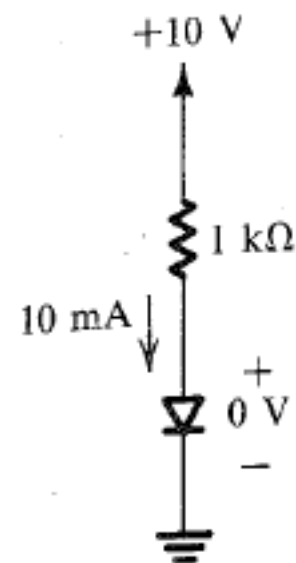
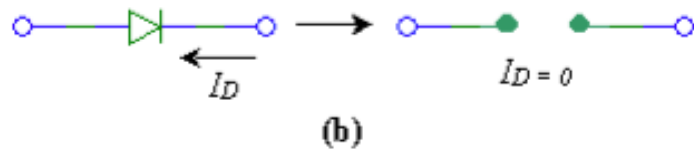
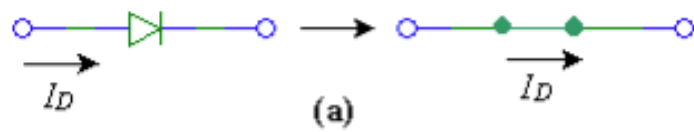
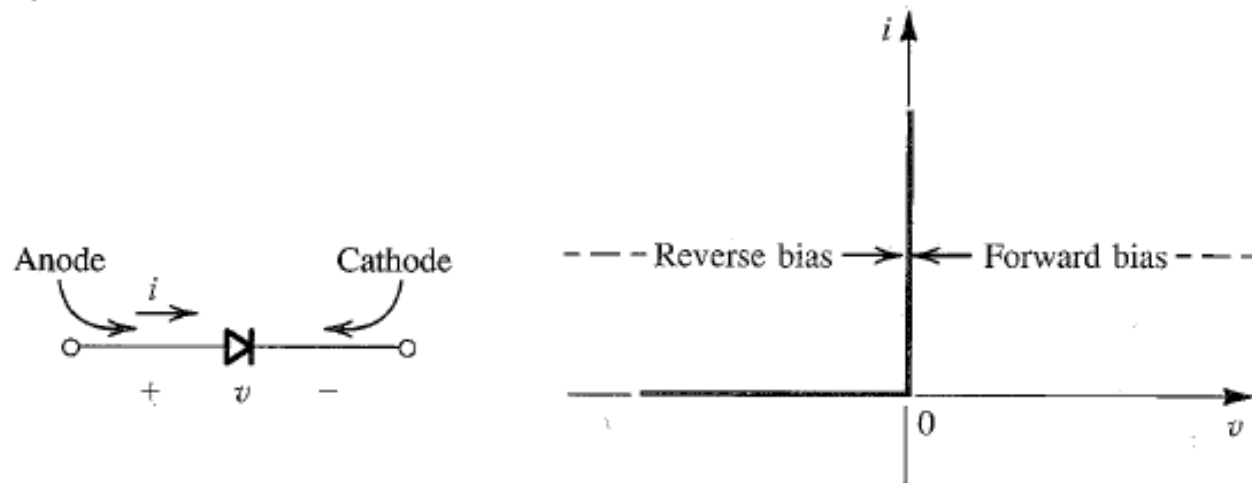


Escalas expandidas o comprimidas para ver mas detalles

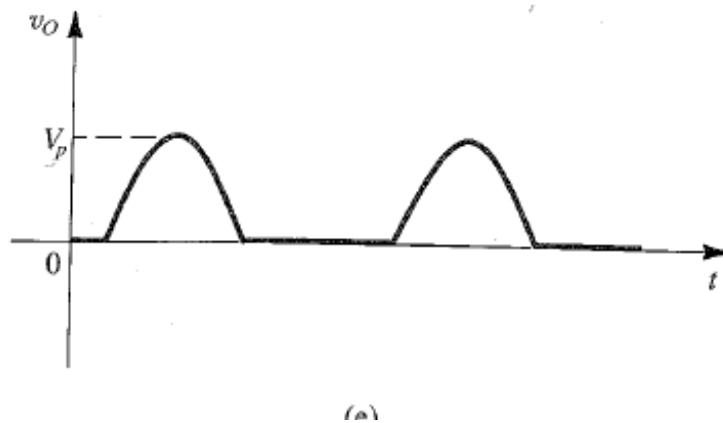
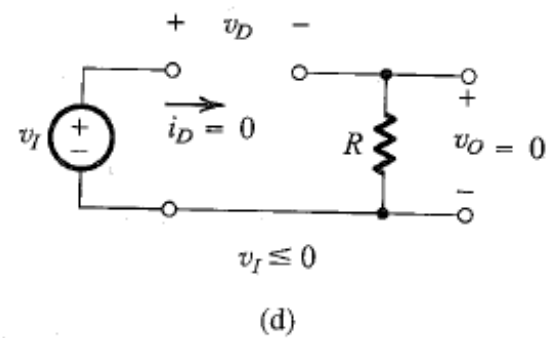
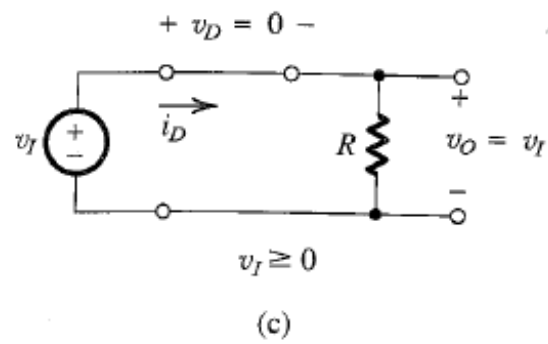
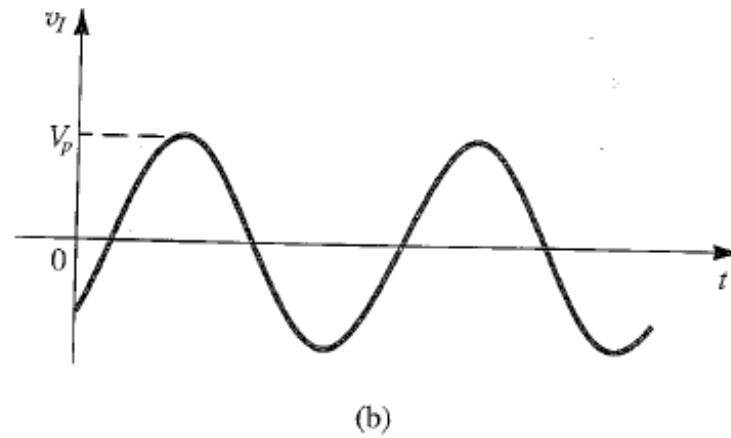
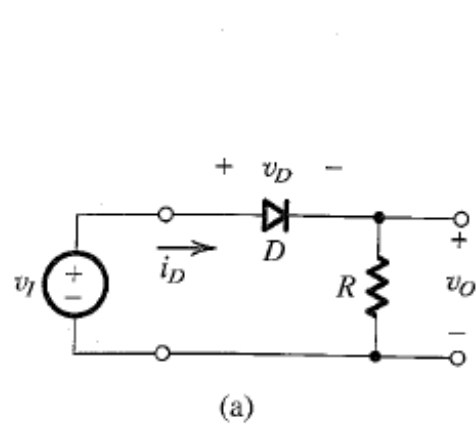


DIODOS

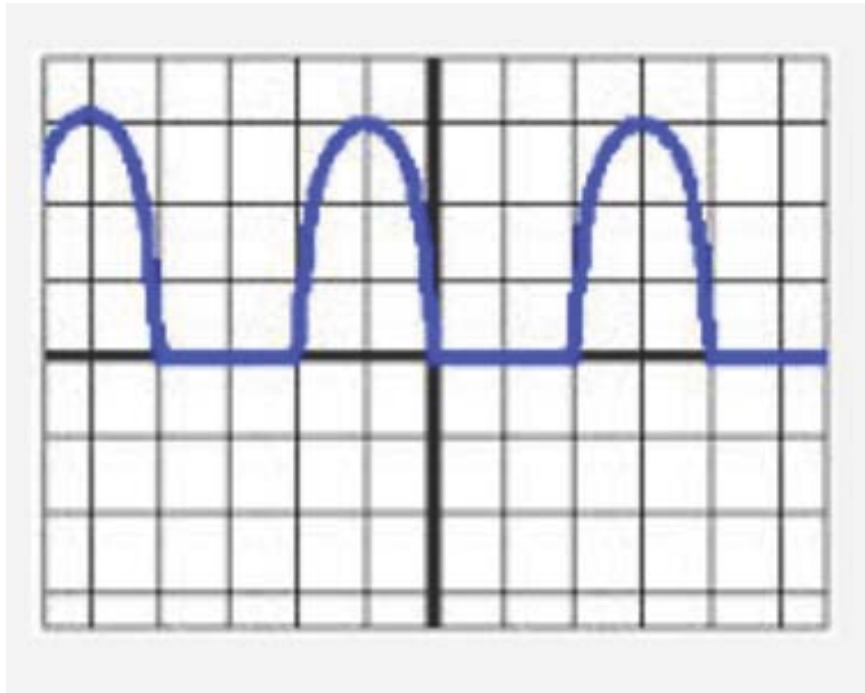
EL DIODO IDEAL



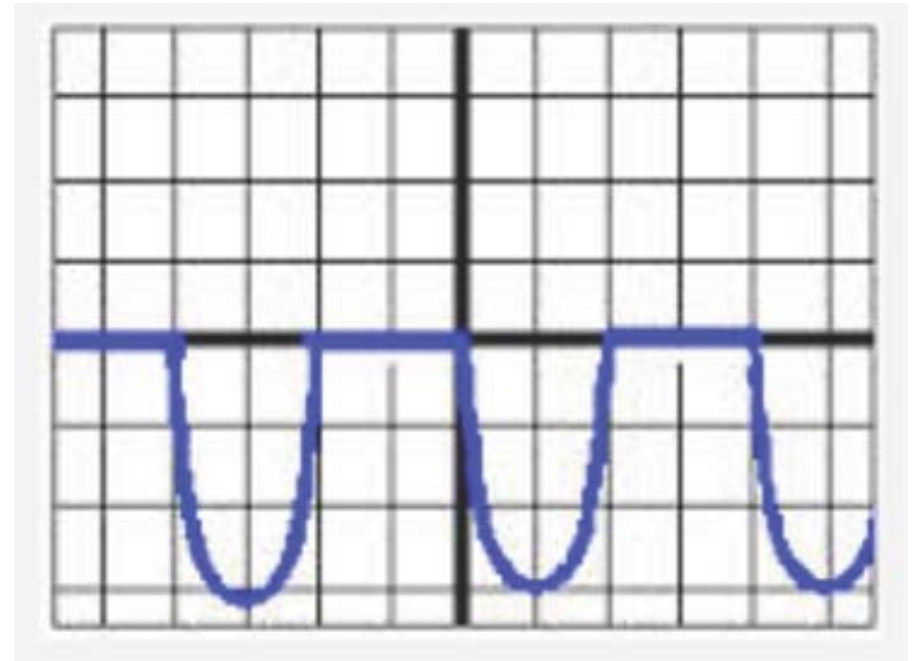
APLICACIÓN: EL RECTIFICADOR



VOLTAJE EN LA CARGA Y EN EL DIODO

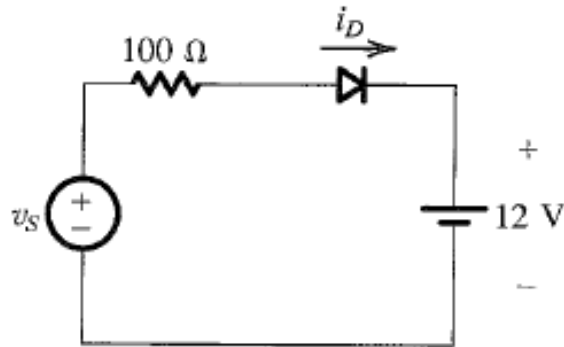


Voltaje en la carga

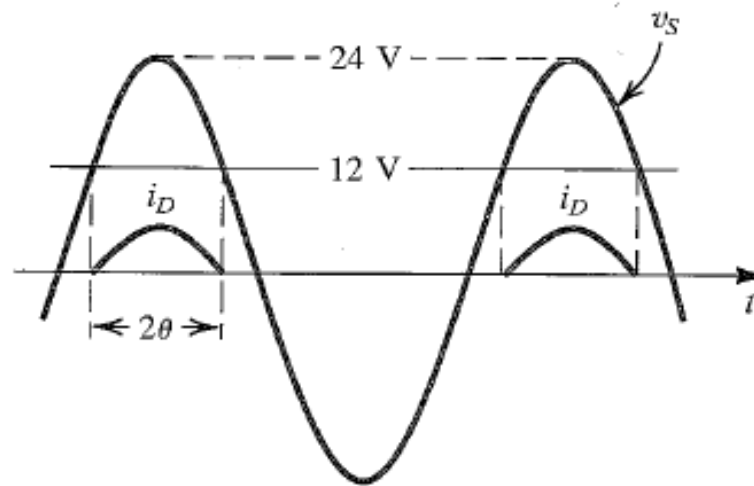


Voltaje en el diodo

EJEMPLO



$$v_s = 24 \text{ sen } \phi$$



El diodo comienza a conducir cuando v_s llega a 12 V , en el ángulo δ .

$$\delta = \arcsen \frac{12}{24} = 30^\circ$$

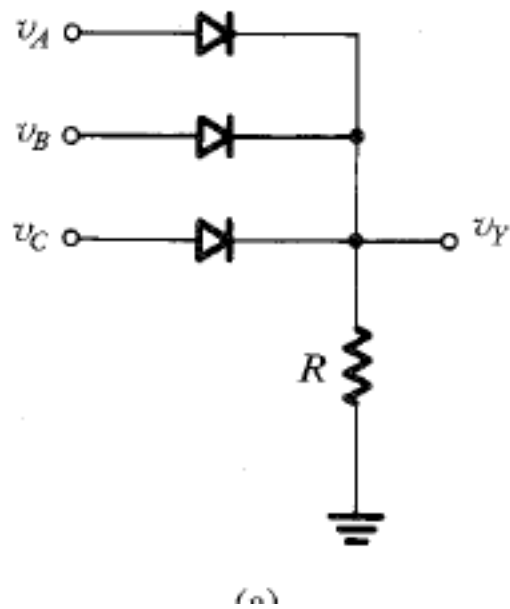
$$2\theta = 180^\circ - 2 \times 30^\circ = 120^\circ$$

La corriente máxima por el diodo es $\frac{24\text{ V} - 12\text{ V}}{100\ \Omega} = 0,12\text{ mA}$

El voltaje inverso máximo en el diodo es $24 + 12 = 36\text{ V}$

PUERTA LÓGICA OR

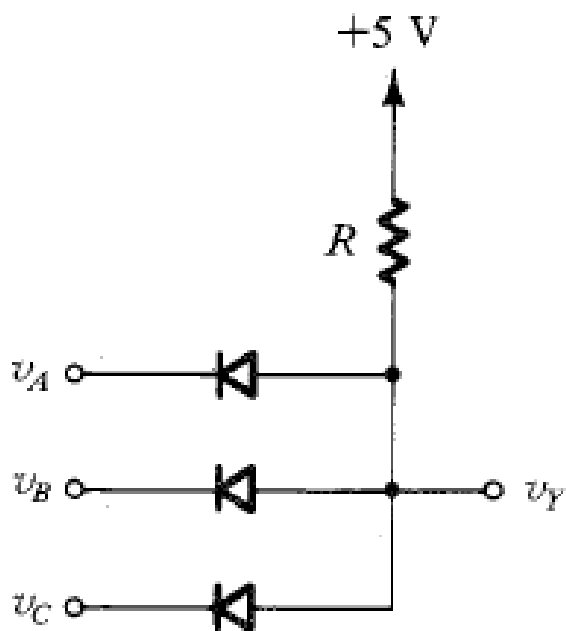
$$Y = A + B + C$$



V_A	V_B	V_C	V_Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

PUERTA LÓGICA AND

$$Y = A * B * C$$



V_A	V_B	V_C	V_Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1