

CURSO: SEMICONDUCTORES

UNIDAD 1: EL DIODO - TEORÍA

PROFESOR: JORGE ANTONIO POLANÍA

1. INTRODUCCIÓN

Los dispositivos de estado sólido, tales como los diodos de juntura y los transistores se fabrican de materiales semiconductores. Estos materiales tienen propiedades eléctricas que se localizan entre la de los conductores y la de los aislantes. Los principales semiconductores utilizados son el germanio y el silicio, que adquieren la forma cristalina al encontrarse puros y tienen cuatro electrones de valencia (órbita externa).

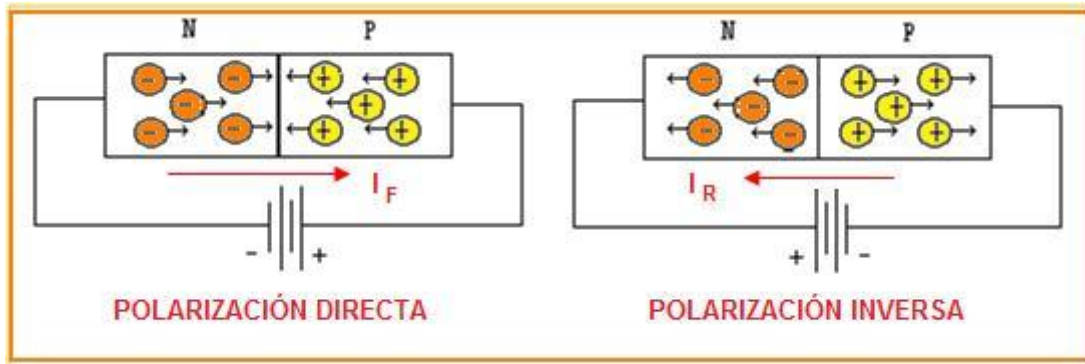
Para lograr un dispositivo semiconductor útil, se le agrega al cristal semiconductor puro una pequeña cantidad de otro elemento denominado impureza; a ésta técnica se le llama “dopado”. Los átomos de la impureza tienen 5 o 3 electrones de valencia.

Al dopar el cristal, se forman uniones covalentes entre los impuros y los puros en los cuales sobraré un electrón de valencia (átomos de 5 electrones) o un hueco (átomos de 3 electrones) en la vecindad del átomo de impureza. Las impurezas que contribuyen con electrones se llaman “donadoras” y al cristal así formado se le denomina tipo N. Los que contribuyen con huecos se les llama “aceptadores” y al cristal formado se le denomina tipo P.

Si un material tipo P y otro de tipo N se juntan mecánicamente para formar un único cristal, esa juntura se llama juntura PN o diodo de juntura.

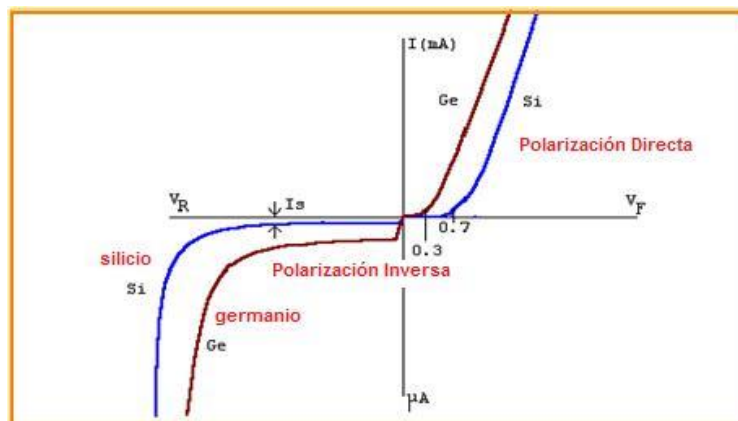
Durante la difusión, se produce un campo eléctrico debido a los iones negativos y positivos recientemente creados en las caras opuestas de los materiales. En esta zona se crea una diferencia de potencial que se llama “barrera de potencial” y que es igual a 0,3 voltios para el germanio y 0,7 V para el silicio a temperatura ambiente.

Al aplicarse un voltaje que anule la zona de transición, se polariza directamente el diodo (positivo a P y negativo a N) se crean dos corrientes, una de electrones y otra de huecos mayoritarios creando una corriente directa I_F , como se indica en la figura. Al polarizarse inversamente se aumenta la zona de transición y solo fluye una pequeña corriente llamada corriente inversa I_R debido a portadores minoritarios. La región P se conoce como ánodo y la región N como cátodo.



2. CURVAS CARACTERÍSTICAS

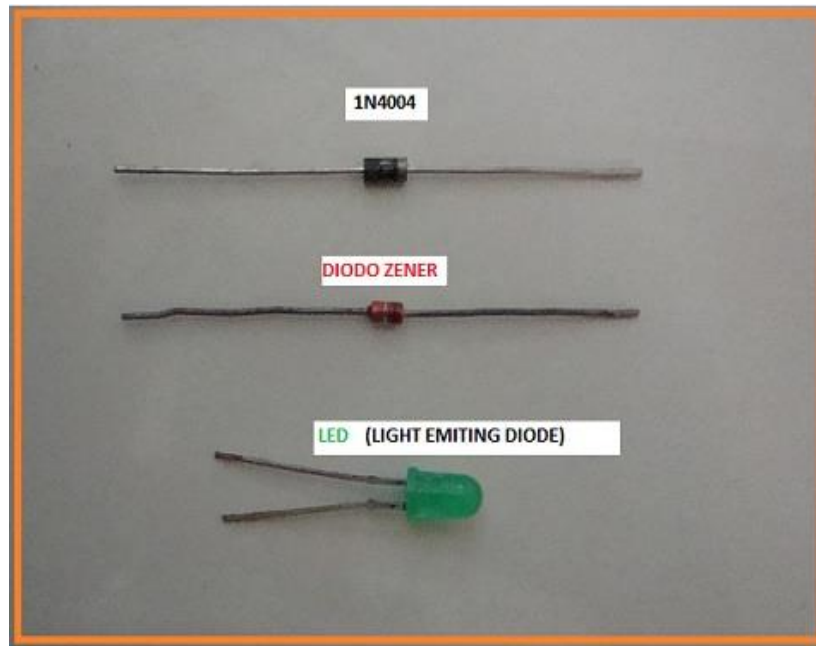
La corriente de saturación o fuga crece abruptamente con la temperatura. Aproximadamente dobla su magnitud cada 10°C de aumento de la temperatura. Para los diodos de germanio esta proporción aumenta, de ahí que para altas temperaturas se prefiera el diodo de silicio. Ver la siguiente figura:



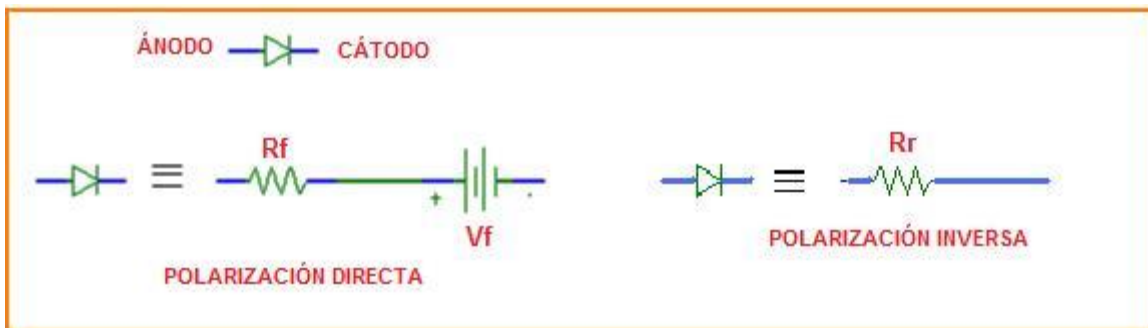
Nótese en la figura que la conducción del diodo de germanio comienza cuando se supera el voltaje $V_F=0.3\text{V}$ y para el diodo de silicio con $V_F=0.7\text{V}$. Para

consideraciones prácticas la corriente de conducción (polarización directa) es del orden de los miliamperios y la corriente inversa es del orden de los microamperios (no conducción), esto quiere decir que la resistencia de un diodo en directo R_f es muy pequeña y la resistencia en inverso es muy alta R_r .

SÍMBOLO Y REPRESENTACIÓN



El diodo en directo se representa como una resistencia de valor R_f en serie con el voltaje de conducción V_f (0.3V si es de germanio y 0.7V si es de silicio) y el diodo en inverso con una resistencia de valor R_r .



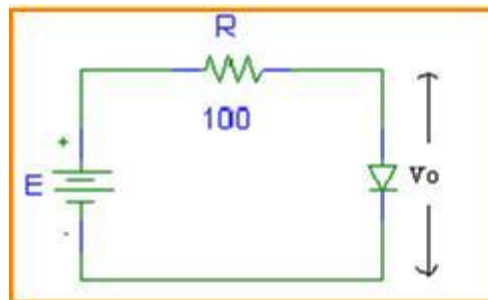
EJEMPLO 1:

En el circuito hallar la caída de voltaje en el diodo (silicio) del circuito de la figura, cuando:

a) $E = 5V$

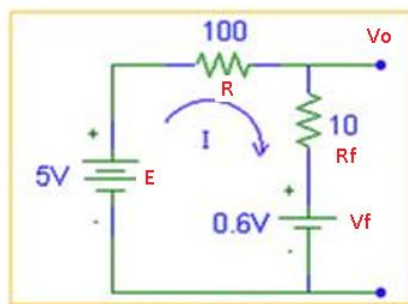
b) $E = - 20V$

Parámetros: $R_f = 10\Omega$, $V_f = 0,6V$; $R_r = 10k\Omega$

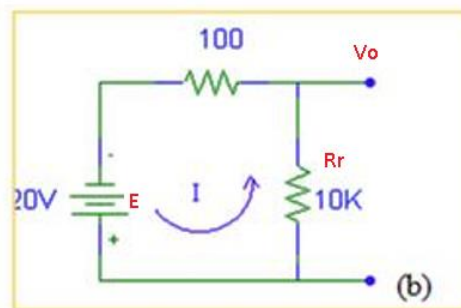


Solución:

Primero realizar los circuitos equivalentes:



EN DIRECTO



EN INVERSO

a) El diodo está en directo:

En este circuito las fuentes se restan porque la corriente sale por positivo en la fuente de 5V y sale por negativo en la fuente de 0.6V. Las dos resistencias están en serie, luego se suman.

$$\text{Ecuación de malla: } 5V - 0.6V = R \cdot I; \quad 4.4 V = (100 + 10) \cdot I = 110 \cdot I$$

Aplicando la Ley de Ohm, o despejando la corriente:

$$I = E / R = 4.4V / 110\Omega = 0.04 \text{ A, o sea, } I = 0.04 * 1000 = 40 \text{ mA}$$

El voltaje de salida es igual a:

$$V_o = V_f + I * R_f = 0.6V + 0.04A \times 10 \Omega = 0.6V + 0,4V = 1.0 \text{ V}$$

b) El diodo está en inverso:

Aplicando Ley de Kirchhoff de voltajes para la malla:

$$20V = (R + R_r) * I; \quad 20 = (100\Omega + 10K\Omega) * I, \quad 20 = (0.1K + 10K) * I,$$

$$20 = (10.1K\Omega) * I, \quad \text{despejando, } I = 20V / 10.1K\Omega = 1.98 \text{ mA}$$

$$\text{entonces, } V_o = R_r * I = 10K\Omega * (-1.98 \text{ mA}) = -19,8V$$

UNIDAD 2: EL DIODO - SIMULACIÓN

Las simulaciones que se realizarán en este curso se desarrollarán con el simulador Matlab-Simulink por ser una de las herramientas más populares a nivel mundial para el diseño y simulación. Contiene una serie de librerías para el diseño como: condensadores, resistencias, diodos, transistores, circuitos integrados. Incluye fuentes, medidores etc.

PASO 1: POLARIZACIÓN DIRECTA

- a) Realice la siguiente simulación con el fin de probar la conducción del diodo cuando se polariza directamente, esto es, su ánodo se conecta al positivo de la fuente y el cátodo al negativo. Coloque los parámetros del diodo como se indica,

Diode

Piece-wise linear model of a diode. If the voltage across the diode is bigger than the Forward voltage V_f , then the diode behaves like a linear resistor with low On resistance R_{on} plus a series voltage source. If the voltage across the diode is less than the Forward voltage, then the diode behaves like a linear resistor with low Off conductance G_{off} .

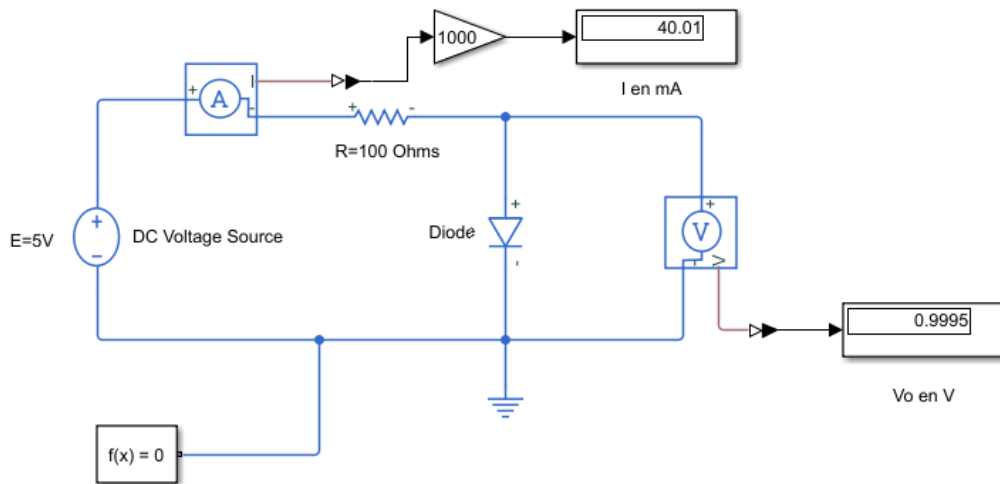
When forward biased, the series voltage source is given by $V_f(1 - R_{on} * G_{off})$. The $R_{on} * G_{off}$ term ensures that the diode current is exactly zero when the voltage across it is zero.

[Source code](#)

Settings

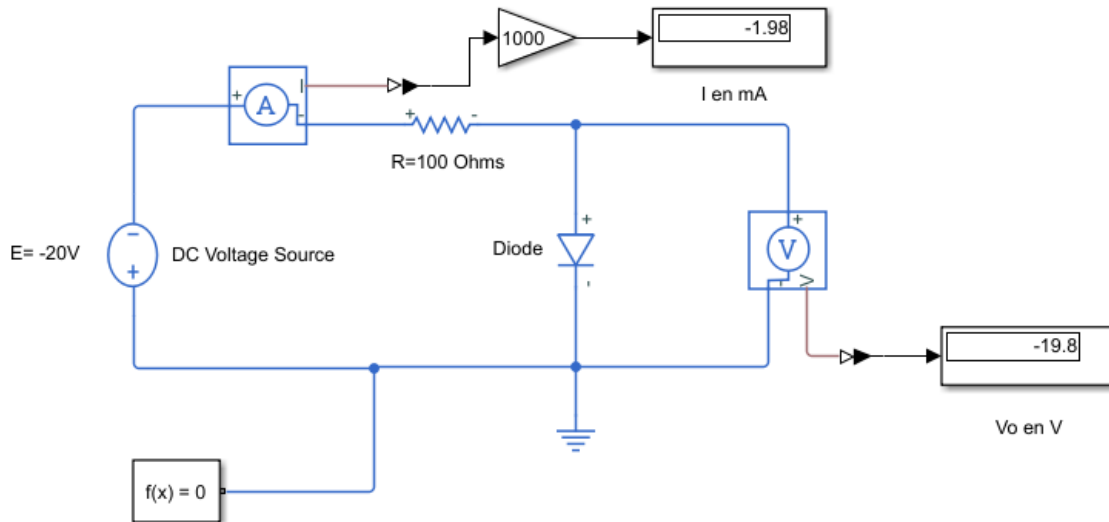
Parameters Variables

Forward voltage:	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="V"/>
On resistance:	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="Ohm"/>
Off conductance:	<input type="text" value="1e-4"/>	<input type="text" value="1/Ohm"/>



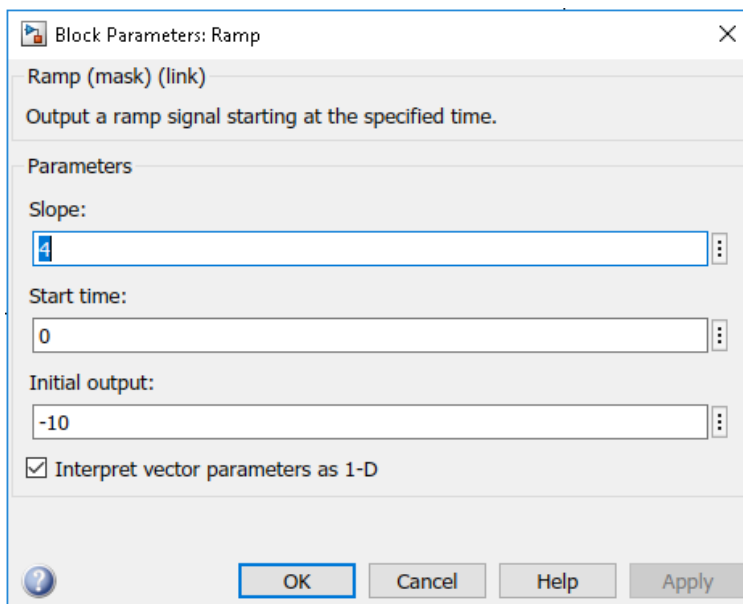
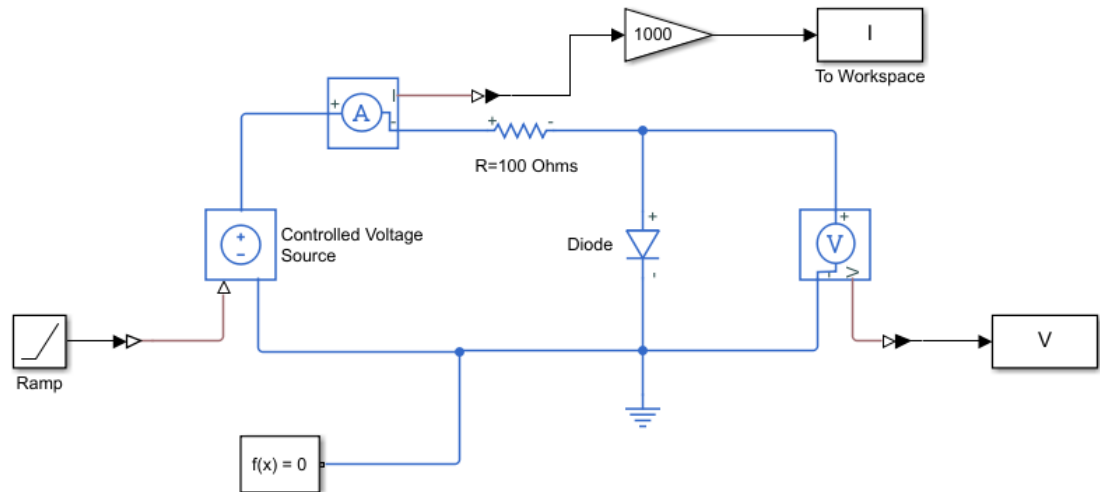
PASO 2: POLARIZACIÓN INVERSA

a) Realice la conexión con polarización inversa, o sea, con el negativo de la fuente en el ánodo y el positivo en el cátodo. Arranque la simulación.



PASO 3: CURVA CARACTERÍSTICA

Obtenga la curva característica del diodo con polarización directa e inversa realizando la siguiente simulación.



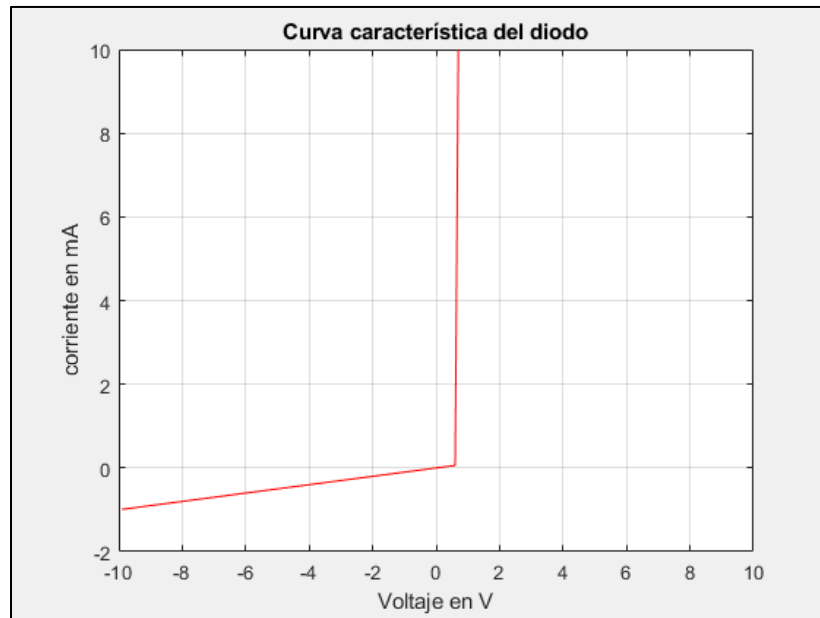
Después de correr el programa en Simulink, se debe ejecutar el siguiente programa en Matlab,

```

plot(V,I,'r')
grid
xlabel('Voltaje en V')
ylabel('corriente en mA')
title('Curva característica del diodo')
axis([-10 10 -2 10])

```

El resultado es el siguiente,



UNIDAD 3: EL DIODO - LABORATORIO

PASO 1: POLARIZACIÓN DIRECTA

Realice el montaje del circuito que se muestra en la figura. $R=1K$ y utilice un diodo 1N4007, recuerde que para la polarización directa debe conectar el ánodo al terminal positivo y el cátodo en el negativo. Para identificar el cátodo de un diodo solo basta con mirar el terminal que está rodeado por una línea gris. Conecte y mida la tensión en los terminales del diodo. ¿de qué material es este diodo?



PASO 2: POLARIZACIÓN INVERSA

Ahora invierta los terminales del diodo y mida el voltaje en el diodo, anote esta medición. Cómo se comporta el diodo?. Repita con otro valor de la fuente.

