

Práctica 1: Características de Diodos Semiconductores

Objetivo:

Identificar y medir características de diodos rectificadores, emisores de luz (leds) y zener.

Referencias:

1. Boylestad, Electronic Devices and Circuits, 7th Ed. -Cap. 1, 2.2, 2.3, 2.11.
2. Página del curso (<http://mate.uprh.edu/~iramos/teel2032.html>).

Preguntas de repaso:

1. ¿Qué es un diodo semiconductor y cuáles son sus características más importantes?
2. ¿Cómo se verifica si un diodo está funcionando correctamente?
3. ¿Cuáles son las diferencias entre los diodos rectificadores, leds y zener? ¿Para qué se usa cada uno de estos diodos?
4. Dibuje la curva característica de un diodo. Identifique las regiones forward, reverse, zener y el voltaje umbral.

1. Diodos Semiconductores

Los diodos más comunes son los diodos semiconductores que están formados por la unión de un semiconductor tipo n y un semiconductor tipo p. Los materiales más utilizados para construir estos diodos son silicio y germanio. El extremo que tiene una raya es el cátodo (ver figura 1). Un diodo que esté funcionando correctamente debe permitir el paso de corriente de ánodo a cátodo (**forward**) e impedir el paso de corriente de cátodo a ánodo (**reverse**).

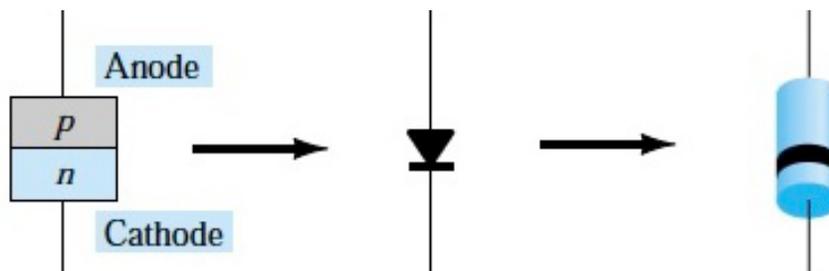


Figure 1. Construcción, símbolo e imagen de diodo

Práctica 1: Verificando la operación de diodos con DMM

1. Seleccione tres diodos distintos del armario del laboratorio. **Las pruebas deben hacerse con los diodos desconectados de cualquier circuito.**
2. Active el botón con el símbolo de diodo/continuidad  para diodo en su DMM.
3. Conecte los cables en la salida de V- Ω -  del DMM cómo muestran las imágenes en la figura 2.
4. **Forward:** Conecte el terminal positivo al ánodo y el negativo al cátodo como muestra la figura 2 izquierda.
5. **Reverse:** Conecte el terminal positivo al cátodo y el negativo al ánodo como muestra la figura 2 derecha.
6. El diodo está funcionando correctamente si la lectura es **OL** (Open) en reverse. La lectura forward debe corresponder al voltaje forward de la unión cuando se le aplica una corriente de 0.5 mA. El DMM emitirá un pitido cuando el voltaje sea menor a 0.7 V y pitidos continuos cuando sea menor a 50 mV.
7. Si el diodo tiene un corto circuito, ambas lecturas (forward y reverse) serán 0 V y se emitirán muchos pitidos.
8. Si el diodo tiene un circuito abierto, ambas lecturas serán OL (Open).
9. Repita para cada uno de los diodos. ¿Cómo comparan las medidas del voltaje forward?
10. Usando los modelos de su diodos busque las hojas de datos (data sheet) en el internet. Estudie los parámetros en las hojas y compare los voltajes forward medidos con los esperados.
11. Este procedimiento se utilizará para verificar el funcionamiento de los diodos siempre que tenga que usarlos en este laboratorio.
12. Frótese los dedos y péguelos a los diodos antes de medir el voltaje forward nuevamente.
13. En su **informe** incluya una tabla con los modelos de diodos y voltajes forward. Discuta los resultados, compare con hojas de datos de sus diodos y explique como se afectan por el cambio en temperatura.

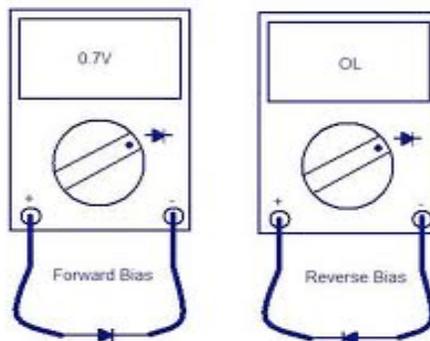


Figura 2. Pruebas funcionamiento del diodo (imagen de www.circuitstoday.com)

2. Diodo Rectificador

La corriente a través de una unión p-n está dada por la siguiente ecuación:

$$i(V) = i_{sat} \left[e^{\frac{eV}{nkT}} - 1 \right]$$
, donde e es la carga del electrón (1.6×10^{-19} C), k es la constante de Boltzman (1.38×10^{-23} J/K), V es el voltaje a través de la unión e i_{sat} es la corriente de saturación. Esta última depende del tipo de material, temperatura y geometría de la unión. La constante n depende del tipo de diodo y varía entre 1 y 2 aunque el valor típico es 2. Cuando el voltaje a través del diodo es positivo (**forward**) la corriente aumenta rápidamente por su relación exponencial. Cuando el voltaje a través del diodo es negativo (**reverse**) la corriente se aproxima a $-i_{sat}$. Como la corriente de saturación suele ser muy pequeña el diodo se comporta como si no condujera.

Para efectos prácticos, el diodo se comporta como una válvula que permite el paso de corriente en una sola dirección. Este comportamiento del diodo semiconductor hace que se le conozca también como **diodo rectificador**. Los rectificadores convierten una señal ac en dc. El primer paso para construir un rectificador es hacer que la corriente fluya en una sola dirección.

Algunos de los rasgos más importantes de la operación del diodo pueden ser observados en su curva característica (figura 3). Para voltajes menores que el **voltaje umbral** (V_T) el diodo conduce una corriente de magnitud despreciable. El comportamiento del diodo en esta área se puede modelar como una resistencia de gran magnitud o un circuito abierto.

La pendiente pronunciada de la curva en la región forward indica que la resistencia que ofrece el diodo es mínima. **De la curva característica del diodo podemos estimar los valores del voltaje umbral (V_T) y resistencia en conducción (R_F)** dibujando una línea tangente de la curva y calculando su pendiente e intercepto, como muestra la figura 3.

Práctica 2: Curva característica de diodo

1. Construya el circuito en la figura 4 utilizando el diodo 1N485.
2. Varíe el voltaje del Power Supply desde 0.25 V hasta 1 V en intervalos de 0.25 V y continúe incrementando en intervalos de 1 V hasta llegar a 12 V. Para cada voltaje de entrada, mida el voltaje en el resistor. Para cada medida, calcule la corriente en el circuito (resistor) y el voltaje en el diodo.
3. Trace la curva característica del diodo y estime los valores de V_T y R_F .
4. No rompa el circuito ya que lo utilizará en el próximo ejercicio.
5. En su **informe** incluya copia de las medidas, cálculos y gráficas. Compare los resultados con los esperados. De acuerdo al valor de su voltaje umbral, ¿de qué semiconductor está hecho su diodo?

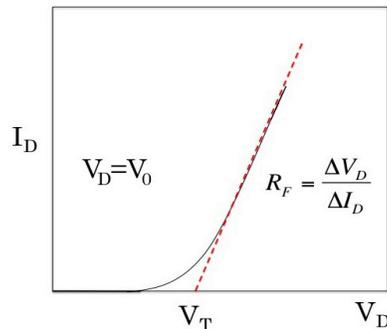


Figura 3. Curva característica de diodo semiconductor

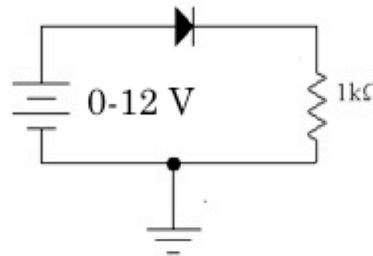


Figura 4. Circuito con diodo y fuente de dc

3. Línea de carga

Otro tipo de análisis gráfico que nos permite estudiar el comportamiento de circuitos con diodos semiconductores es la línea de carga. La corriente en el circuito de la figura 4

puede representarse con la siguiente expresión: $I(V) = \frac{V_0 - V_D}{R}$, donde V_0 es el voltaje

de la fuente y V_D el voltaje en el diodo. Esta ecuación corresponde a una línea recta con interceptos en $I = V_0/R$ y $V_0 = V_D$ (ver figura 5). Se le llama línea de carga porque depende exclusivamente de la resistencia (carga) y de la fuente. La línea es independiente del valor de la impedancia.

El punto donde la ecuación exponencial de la corriente y la línea de carga coinciden se conoce como punto de equilibrio o **punto de operación** del circuito. Este punto se muestra en la figura 5.

Práctica 3: Punto de operación

1. Usando la curva característica de la práctica 2, trace la línea de carga para el circuito de la figura 4 con un voltaje de 6 V y determine el punto de operación del diodo (ver figura 5).
2. Mida el voltaje y corriente a través del diodo y compare con los cálculos del paso 1.
3. En su **informe** incluya copia de los circuitos, tabla con las medidas, cálculos y gráficas. Compare los resultados medidos con los esperados.

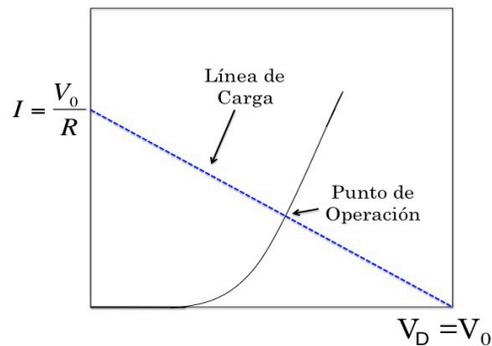


Figura 5 Línea de Carga

4. Diodos emisores de luz (LEDs)

Los diodos emisores de luz (figura 6) se fabrican con materiales semiconductores como GaAs en lugar de silicio. Las uniones pn de estos materiales emiten luz cuando conducen en forward.

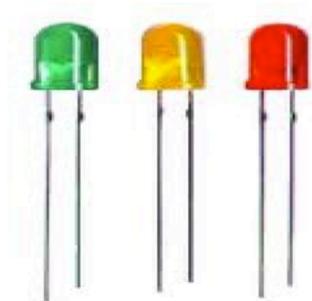


Figura 6. Diodos emisores de luz (leds)

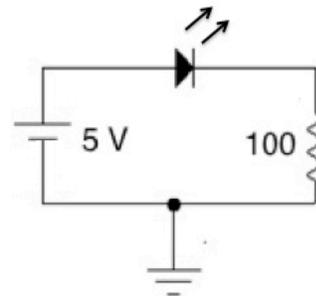


Figura 7. Circuito con diodo emisor de luz (led)

Práctica 4: Diodos emisores de luz (LEDs)

1. Construya el circuito en la figura 7 utilizando uno de los leds que se encuentran en el laboratorio. El ánodo corresponde al lado con la pata más larga y el lado plano es el cátodo.
2. Observe que el LED se enciende. Intercambie las polaridades de la fuente y observe que el LED no emite luz. Regrese el diodo a la posición forward.
3. Mida los voltajes en el LED y el resistor.
4. Repita cambiando los valores del resistor por 1k, 10k y 100k.
5. En su **informe** incluya copia de los voltajes medidos para cada resistor y los cambios en la luz que emite el LED. Explique los resultados.

5. Diodos zener

A diferencia de los diodos rectificadores, los diodos Zener se utilizan mayormente en modo 'reverse'. La figuras 8 y 9 muestra un diodo zener y su curva característica, respectivamente. En la región zener los cambios grandes en corriente corresponden a cambios muy pequeños en el voltaje. Por eso se dice que el diodo zener *regula* el voltaje. En circuitos electrónicos se utiliza esta característica de los diodos zener para regular (mantener constante) el voltaje en algunos circuitos.



Figura 9. Diodo Zener

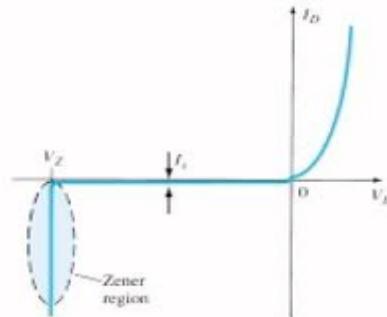


Figure 10. Curva característica diodo zener

Práctica 5: Circuito regulador con diodo zener

1. Construya el circuito regulador en la figura 11 utilizando el diodo zener 1N4742.
2. De acuerdo a la hoja de datos del diodo 1N4742, el voltaje zener es aproximadamente 12 V. Los pasos siguientes son para este diodo en particular. Si usted utiliza otro diodo zener, consulte con la profesora para ajustar los parámetros de las medidas.
3. Ajuste el voltaje de la fuente de manera que el voltaje a través del diodo (V_z) aumente de 0 a 10 V en pasos de 2 V. Para cada voltaje, mida la corriente en el circuito. Al acercarse a la región zener reduzca el tamaño de los pasos a 0.5 o 0.25 V. Verifique que al alcanzar la región zener, V_z permanece aproximadamente constante aunque aumente la corriente en el circuito. **Asegúrese de no exceder una corriente de 50 mA.**
4. En su **informe** muestre la curva característica del diodo e identifique el voltaje zener. Obtenga la resistencia interna del diodo zener, calculando la pendiente de la curva en la región zener: $R_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z}$. Compare los valores obtenidos (V_z y R_z) con los que especifica la hoja de datos de su diodo.

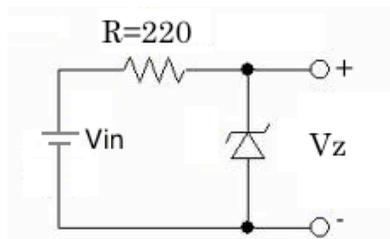


Figura 11. Circuito regulador con diodo zener