

EC2111 Sistemas Electrónicos Industriales I

Prof. Manuel Rivas

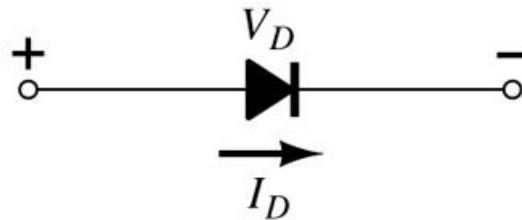
EL DIODO

Temario

- ▶ Símbolo
- ▶ Aspecto físico
- ▶ Curva característica
- ▶ Prueba
- ▶ Modelos
- ▶ Potencia
- ▶ Circuitos
- ▶ Descarga de energía
- ▶ Rectificación de voltaje
- ▶ Filtrado de voltaje

Símbolo

- ▶ El diodo es un dispositivo electrónico que conduce corriente en una sola dirección
- ▶ El símbolo esquemático del diodo muestra un triángulo (denominado ánodo) y una barra (denominada cátodo)
- ▶ La corriente circula en dirección ánodo-cátodo



Curva Característica

- ▶ La relación entre el voltaje aplicado a los terminales del diodo y la corriente que circula por él da a lugar a su curva característica

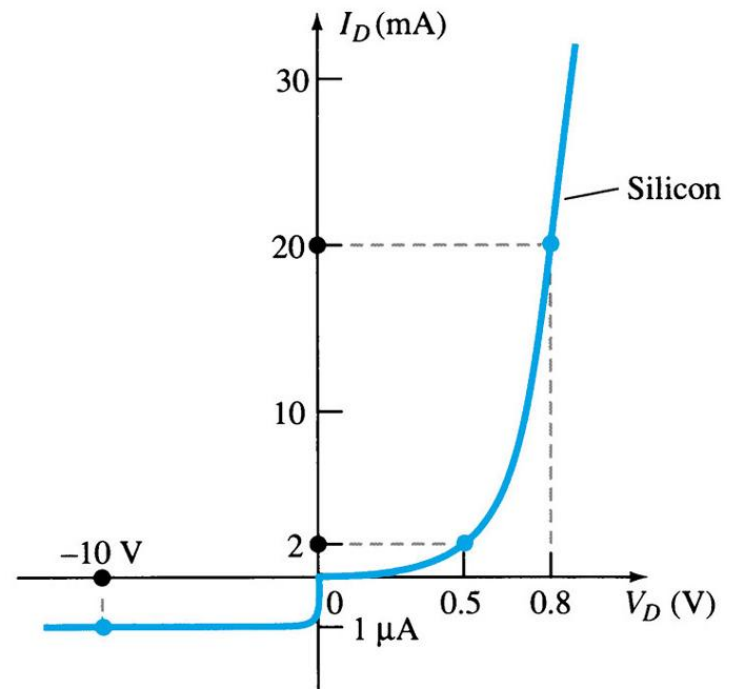
$$I_D = I_S (e^{V_D/V_T} - 1)$$

$$V_T = \frac{KT}{q}$$

$$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J / } ^\circ \text{ K}$$

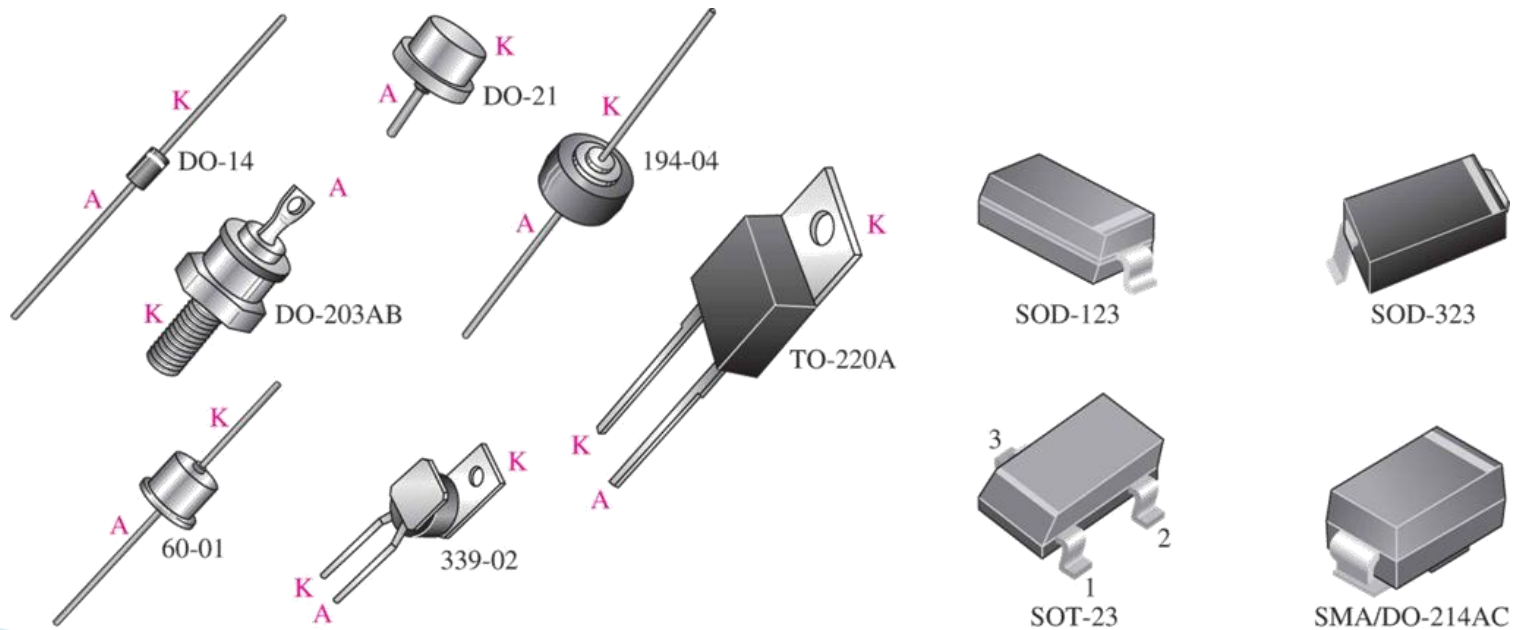
T = temperatura(°K)

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



Aspecto físico

- ▶ Su aspecto físico (o encapsulado) varia dependiendo de la tecnología de construcción y de la cantidad máxima de corriente que puede circular por él

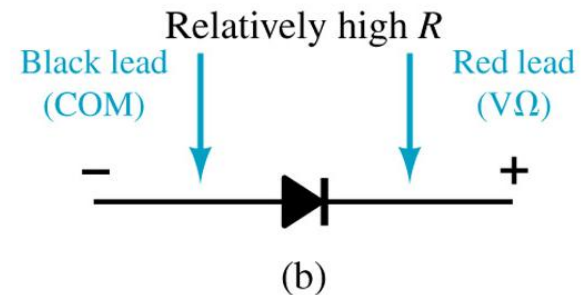
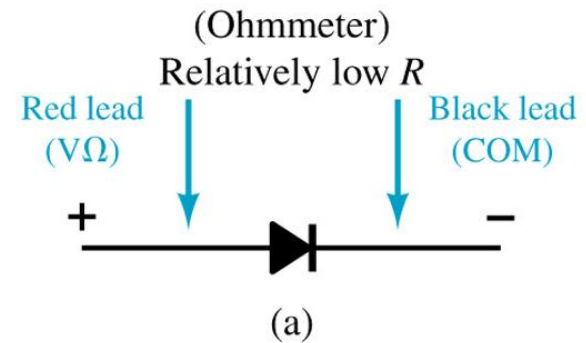


Pruebas

- ▶ El diodo puede ser probado usando el multímetro, midiendo su resistencia entre ánodo y cátodo

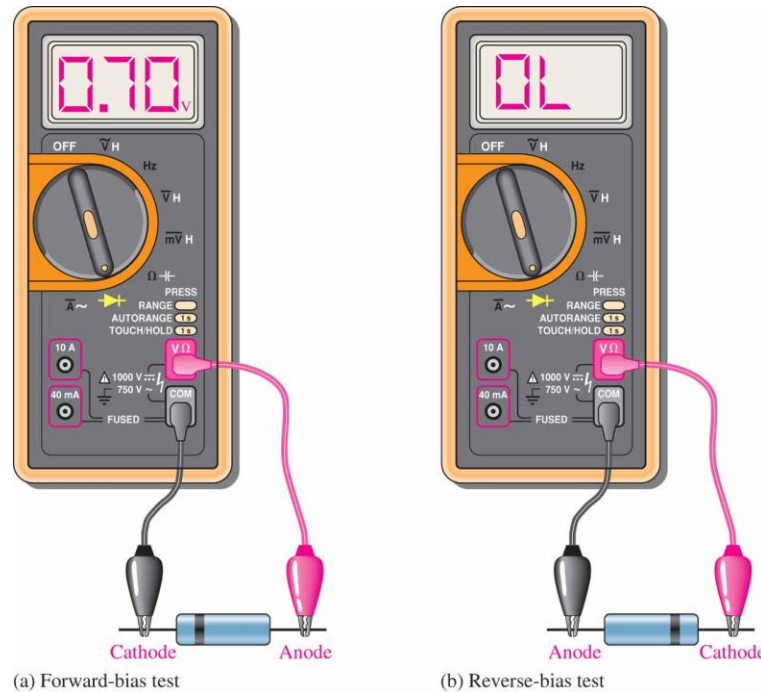
$$R_D = \frac{V_D}{I_D}$$

$$r_D = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} \approx \frac{V_T}{I_D}$$



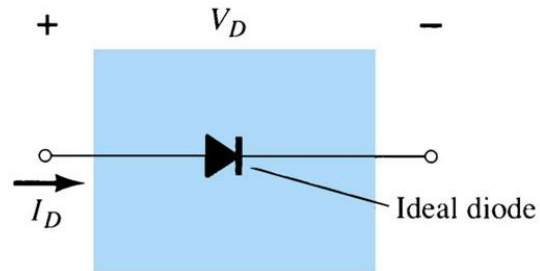
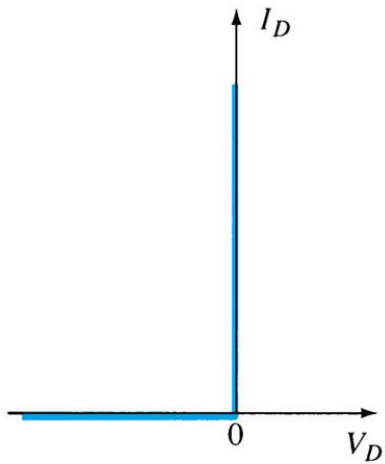
Pruebas

- ▶ Algunos multímetros tienen una función especial para probar diodos, la cual permite determinar cual es el voltaje entre ánodo y cátodo



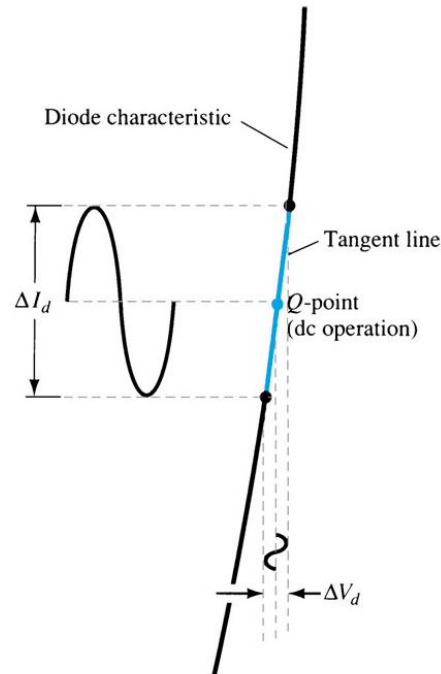
Modelos

- ▶ El diodo se puede representar como un dispositivo ideal que es equivalente a un interruptor

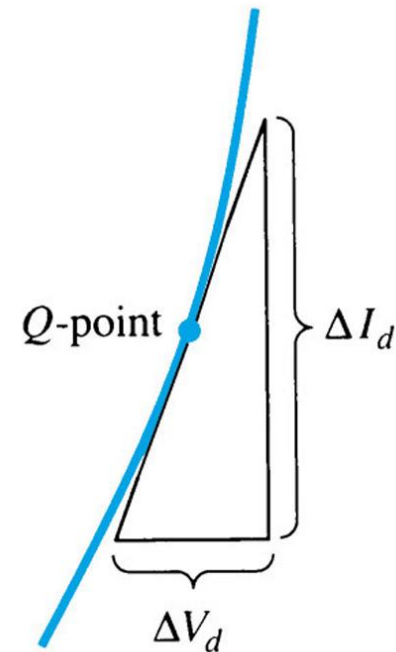


Modelos

- ▶ Si se le aplica un voltaje de magnitud variable al diodo, sus valores de voltaje y corriente cambian en función del tiempo y su resistencia dinámica también



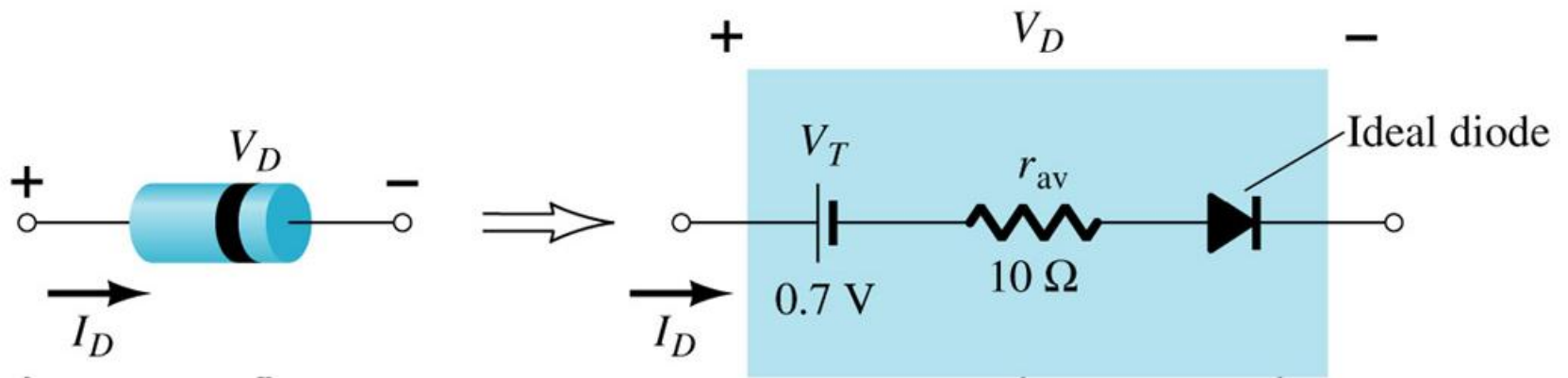
El Diodo



Prof. Manuel Rivas

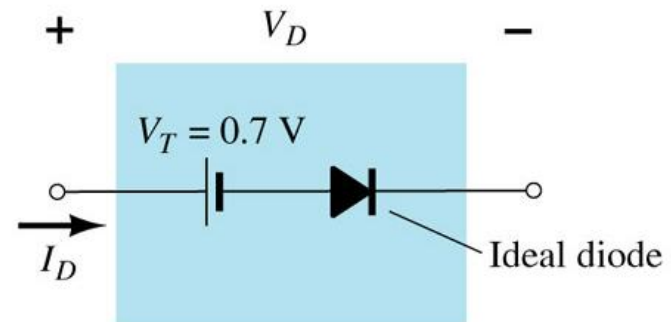
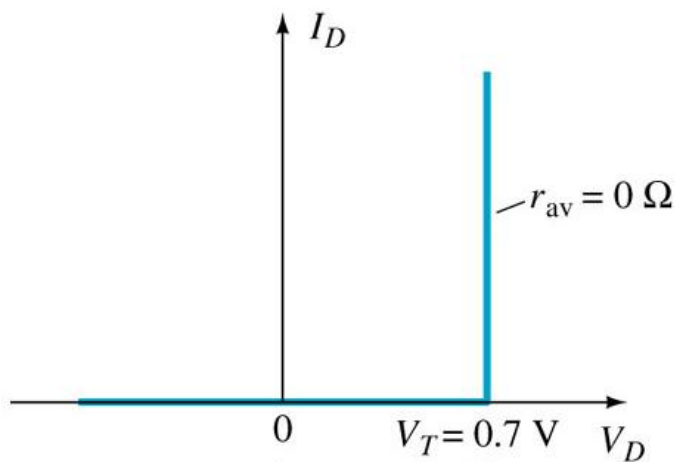
Modelos

- Se puede representar al diodo como un elemento que una fuente de voltaje en serie con una resistencia



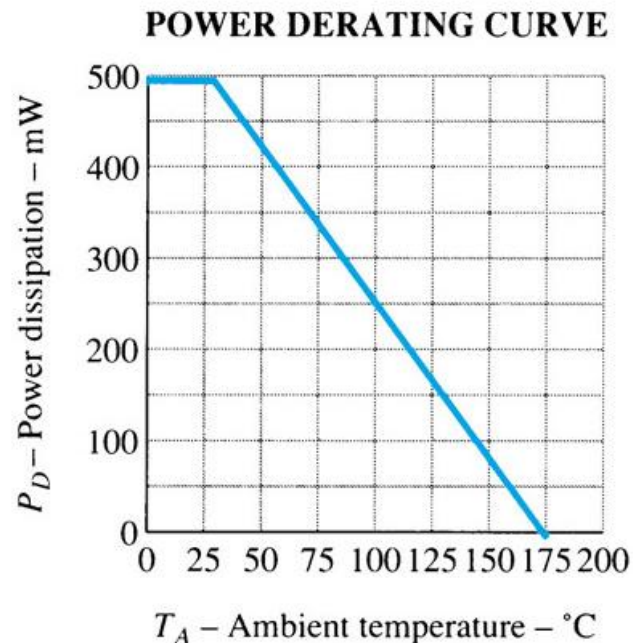
Modelos

- ▶ De pendiendo de las magnitudes de las señales que se le apliquen, se puede obtener una representación simplificada del diodo, la cual consiste de una fuente de voltaje en serie con un diodo ideal



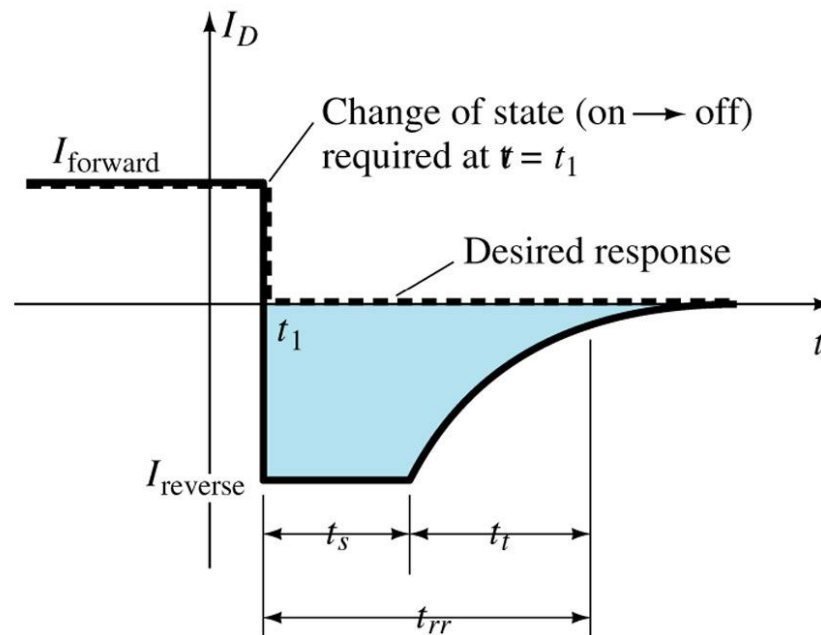
Potencia

- ▶ El diodo se utiliza en aplicaciones en donde la potencia es un factor importante
- ▶ La capacidad de disipación de potencia se ve mermada por el aumento de la temperatura



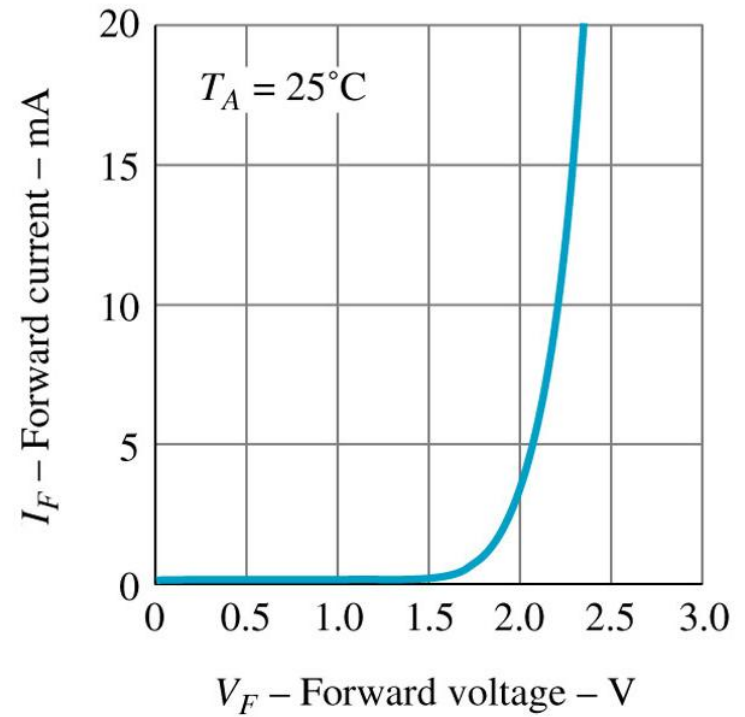
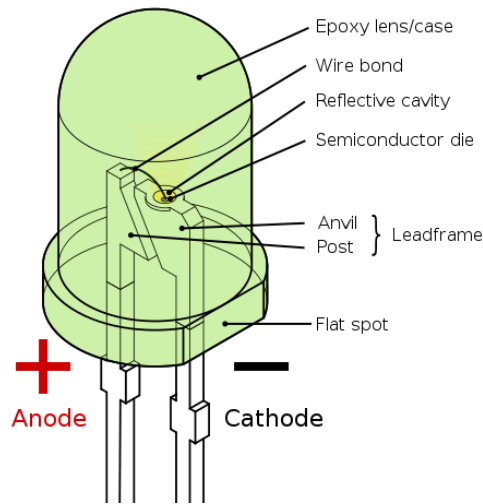
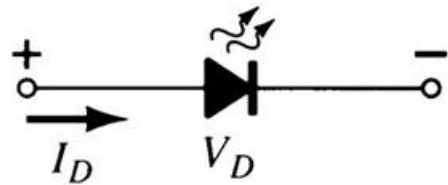
Conmutación

- ▶ Al diodo se le suelen aplicar señales que implican pasar de la región directa a la inversa en un intervalo de tiempo pequeño



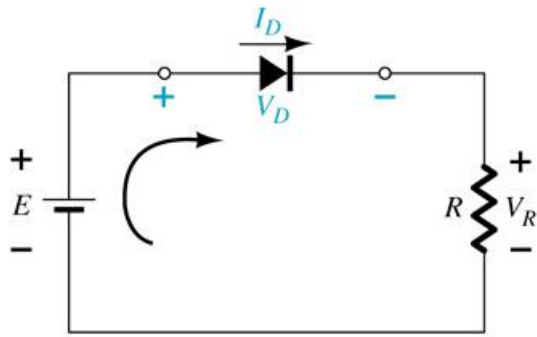
Diodo LED

- ▶ Es un tipo de diodo que produce luz cuando conduce corriente



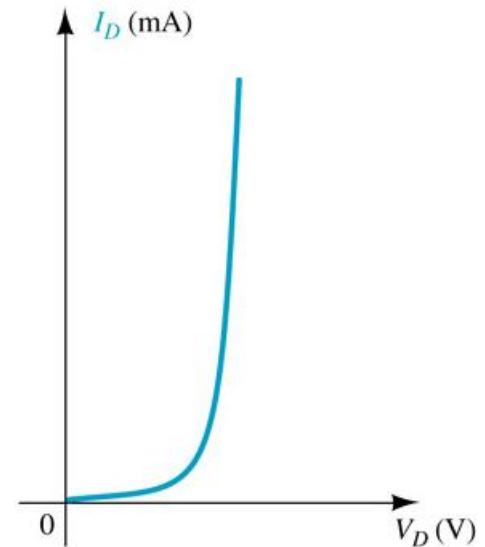
Circuitos

- ▶ Si colocamos al diodo en un circuito tipo serie, el calculo del voltaje y de la corriente es una combinación de la ecuación del circuito y del modelo del diodo utilizado



$$E - V_D - I_D R = 0$$

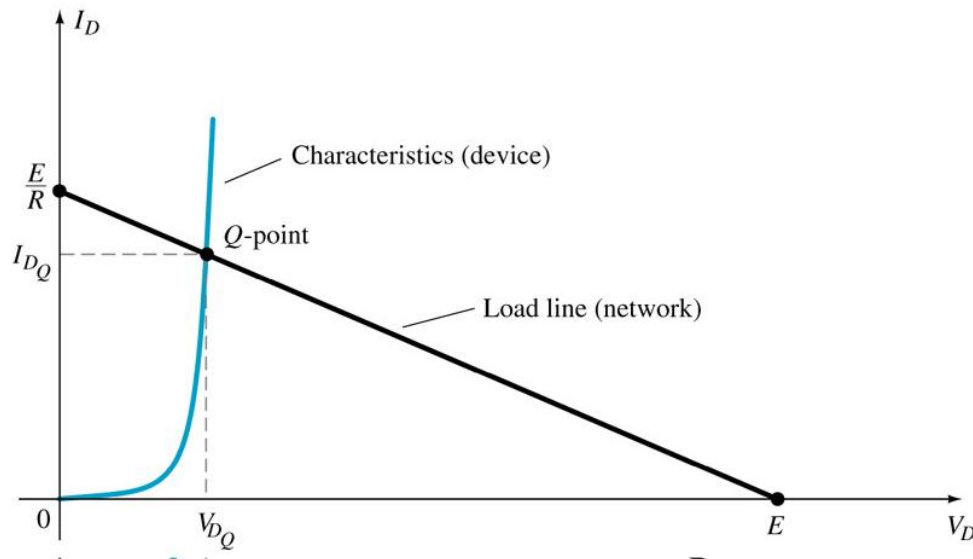
$$I_D = \frac{E - V_D}{R}$$



$$I_D = I_S (e^{V_D/V_T} - 1)$$

Circuitos

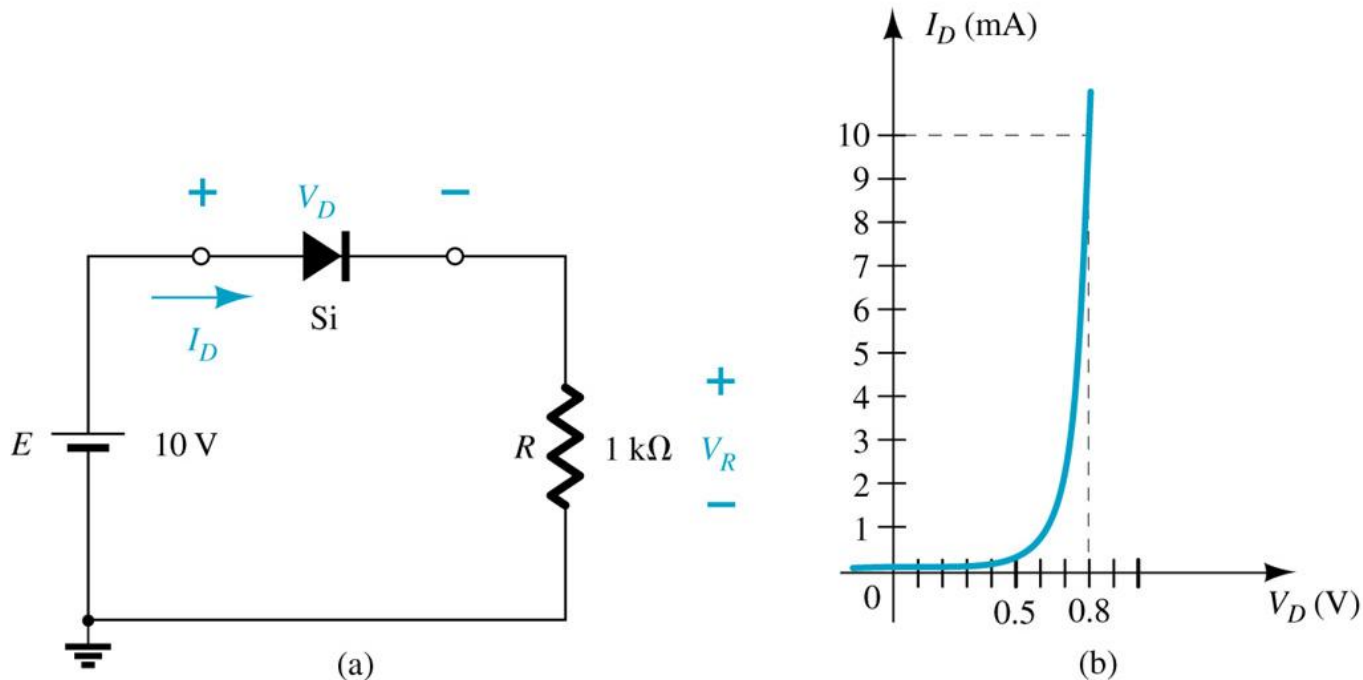
- ▶ El resultado de la intersección de ambas ecuaciones es el punto de operación del diodo o “punto Q”



Circuitos



Determine el punto de operación del diodo si se coloca en el circuito mostrado



$$I_D = 40\text{ pA}(e^{V_D/39\text{ mV}} - 1)$$

Circuitos

- ✓ Utilizando las ecuaciones vistas:

$$E - V_D - I_D R = 0$$

$$I_D = \frac{E - V_D}{R}$$

$$I_D = \frac{10V - V_D}{1K\Omega}$$

$$I_D = I_S (e^{V_D/V_T} - 1)$$

$$I_D = 40pA (e^{V_D/39mV} - 1)$$

$$\frac{10V - V_D}{1K\Omega} = 40pA (e^{V_D/39mV} - 1)$$

Circuitos

- ✓ Iterando, determinamos el valor de V_D que produce la igualdad entre ambos términos:

$$I_{D1} = \frac{10V - V_D}{1K\Omega}$$

$$I_{D2} = 40pA(e^{V_D/39mV} - 1)$$

V_D	I_{D1}	I_{D2}
0.7	0.0093	0.00256
0.8	0.0092	0.0332
0.75	0.00925	0.00922

$$V_{DQ} = 0.75V$$

$$I_{DQ} = 0.00925A$$

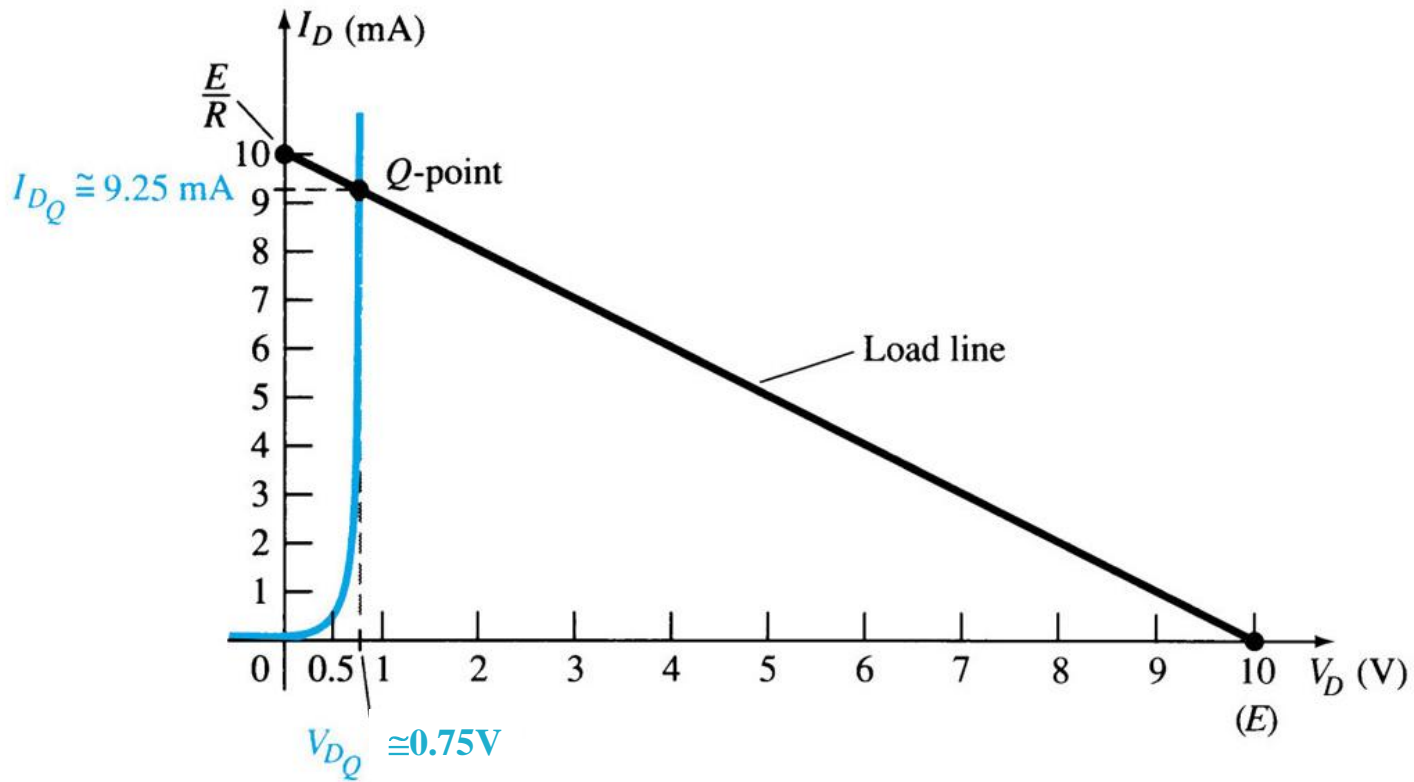
$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = 81.1\Omega$$

$$r_D = \frac{V_T}{I_D} = 2.81\Omega$$

$$P_D = V_D I_D = 7mW$$

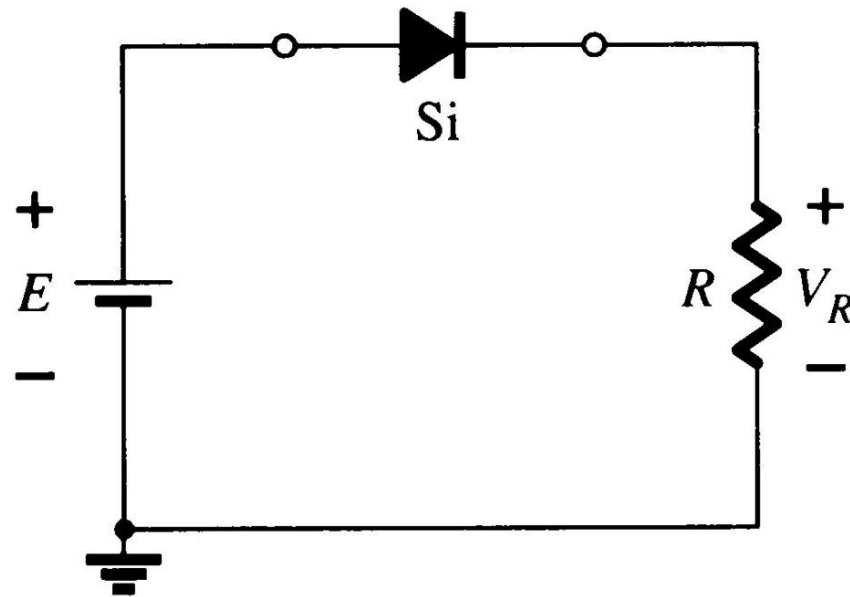
Circuitos

- ✓ Graficamos el resultado obtenido



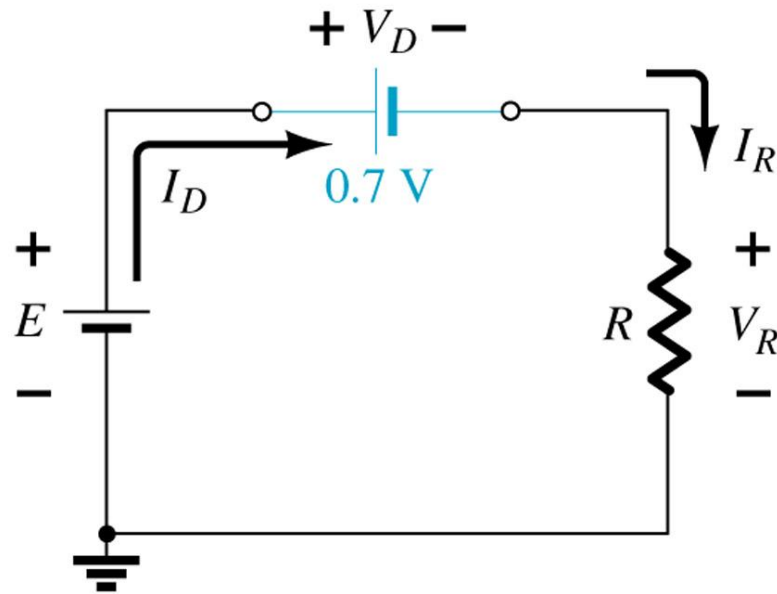
Circuitos

- ▶ Circuito con diodo polarizado en directo y utilizando el modelo de fuente de voltaje



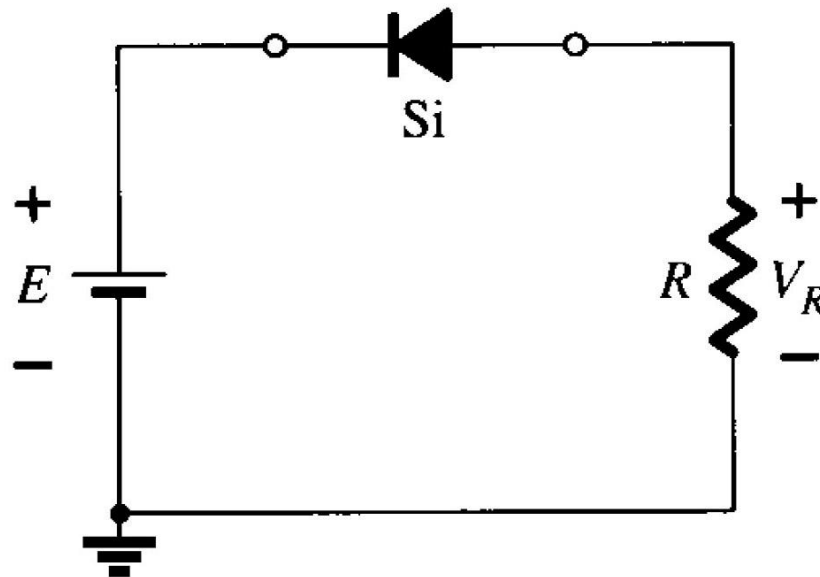
Circuitos

- ▶ Asumiendo que el diodo está en directo, se tiene que:



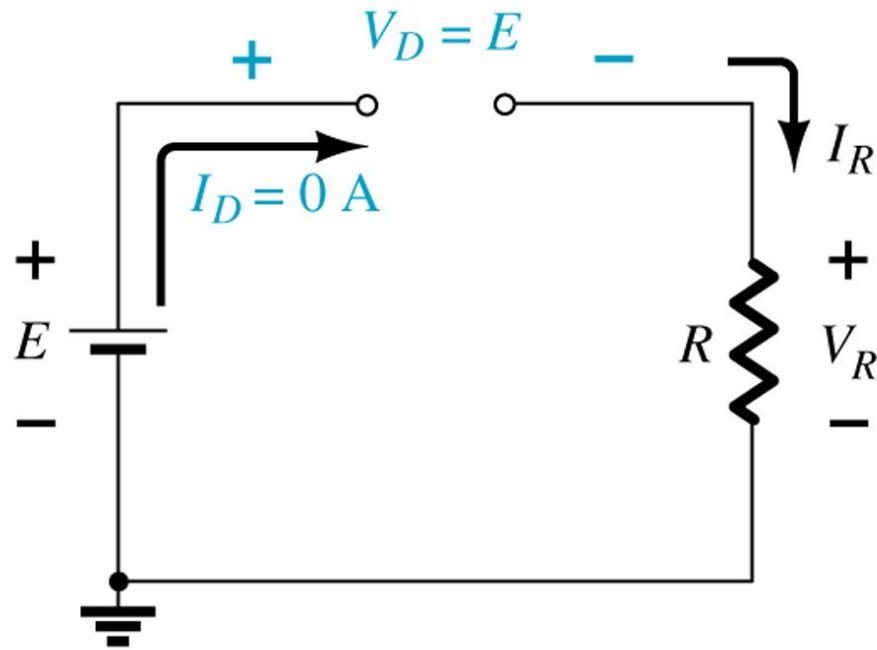
Circuitos

- ▶ Circuito con diodo polarizado en la región inversa y utilizando el modelo de circuito abierto



Circuitos

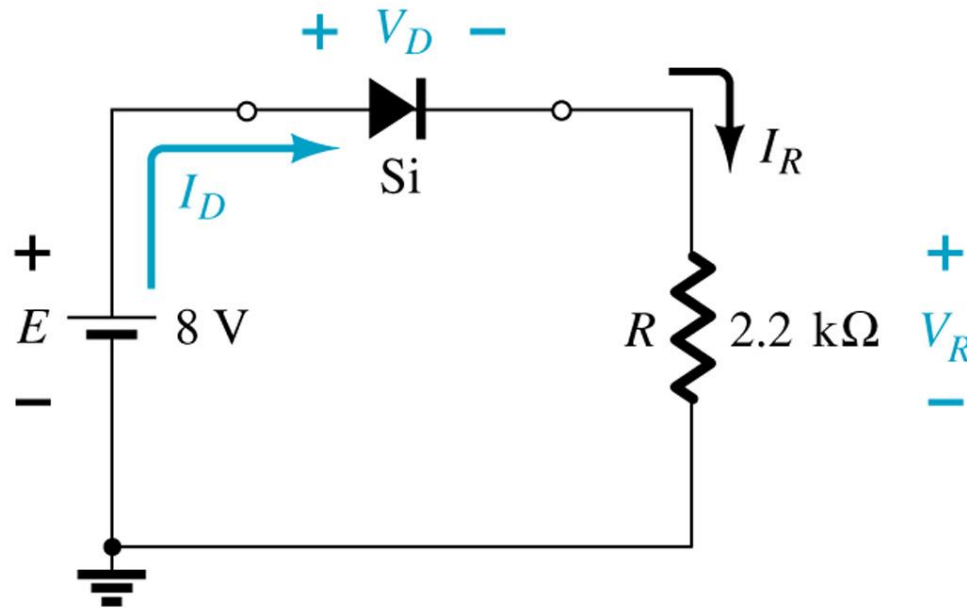
- ▶ Asumiendo que el diodo está en la región inversa, se tiene que:



Circuitos



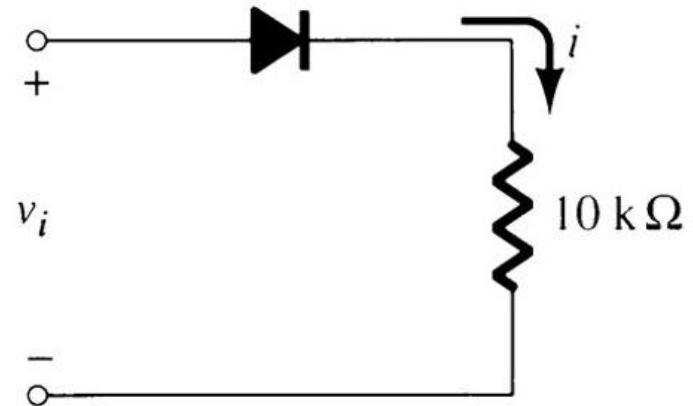
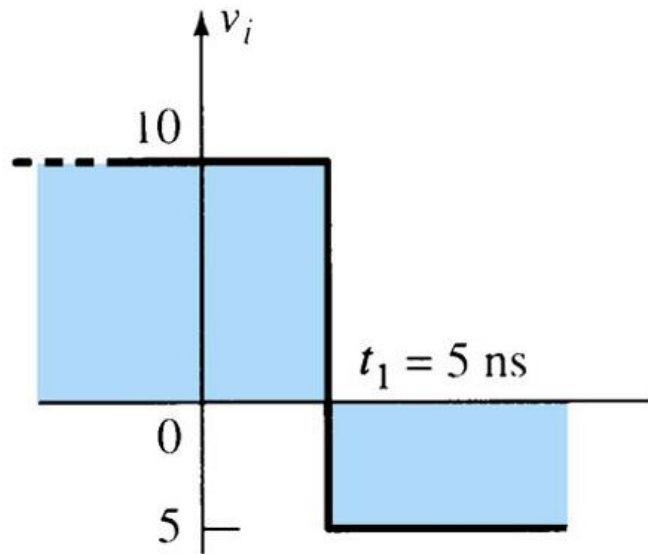
Determine el punto de operación del diodo utilizando el modelo de fuente de voltaje



Circuitos

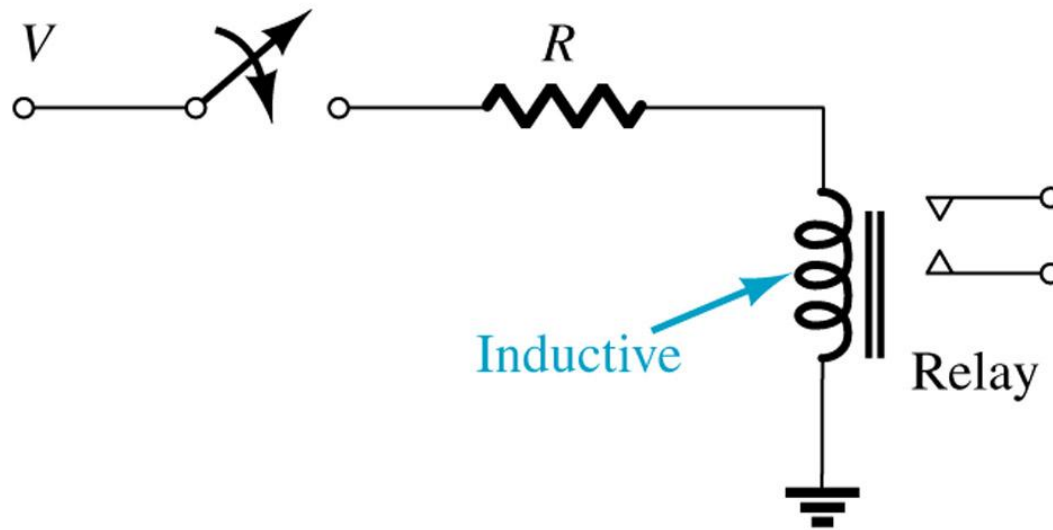


Grafique la corriente i del circuito mostrado indicando los puntos de amplitud y tiempo de interés



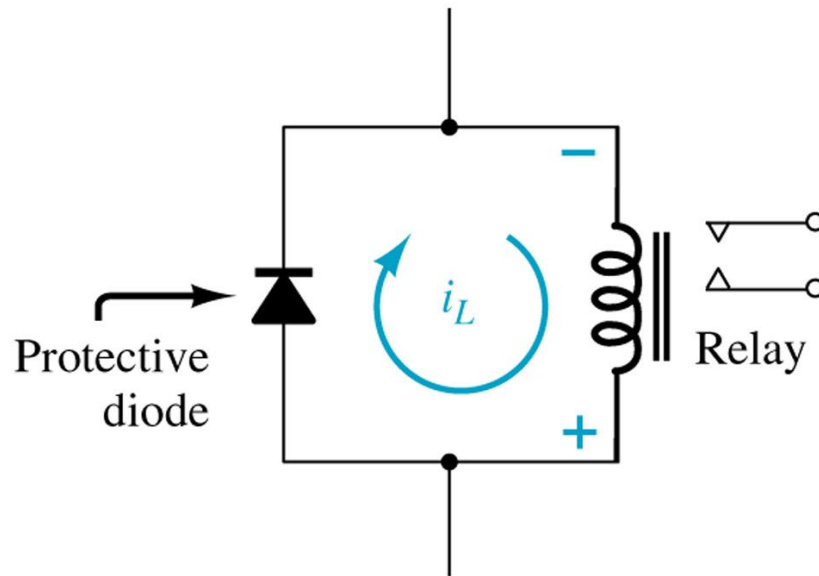
Descarga de energía

- ▶ Una aplicación típica en el mundo de la electrónica es el control de dispositivos electromecánicos (sistemas de alarma, sistemas de control)



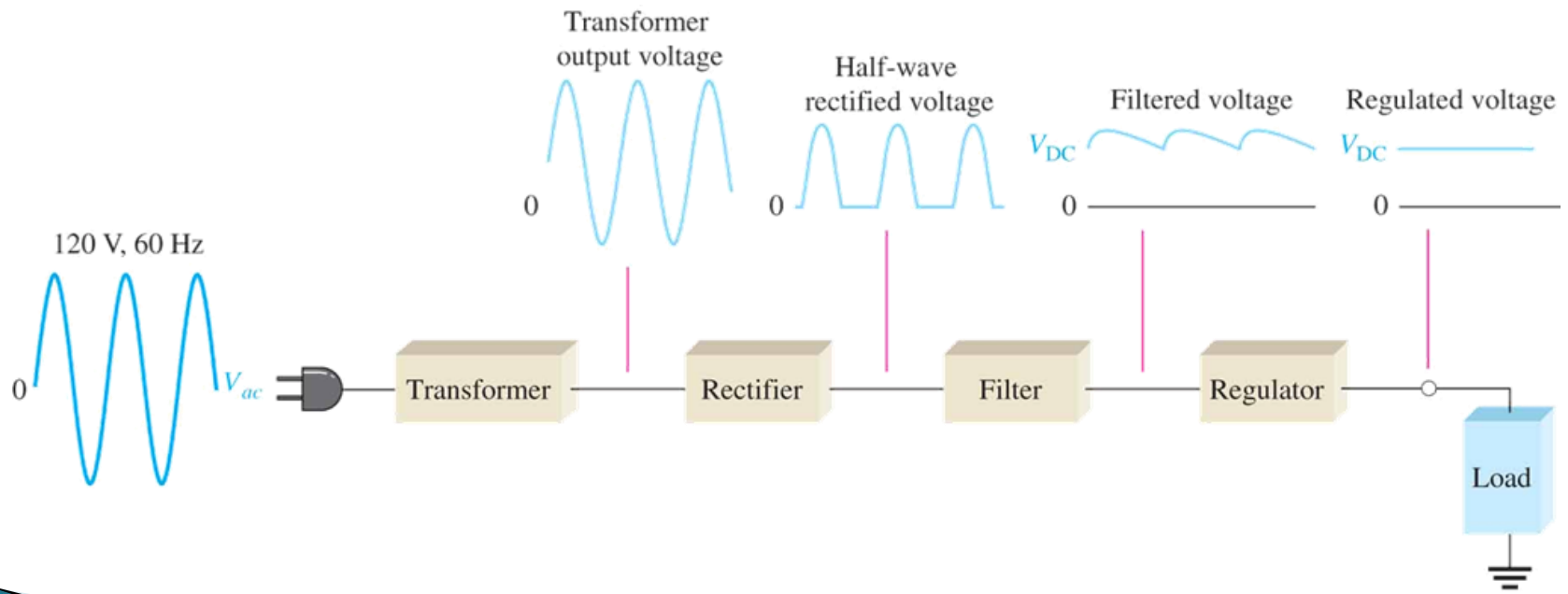
Descarga de energía

- ▶ La colocación de un diodo en paralelo con la bobina (“diodo de marcha libre”) permite disipar la energía atrapada en ella para



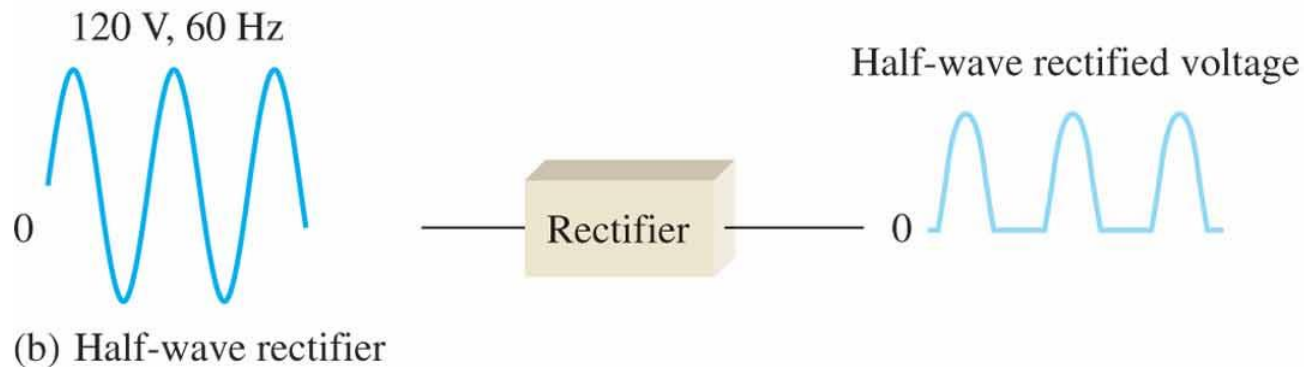
Rectificación de voltaje

- Una aplicación frecuente del diodo es la rectificación del voltaje alterno presente en las tomas eléctricas de las viviendas y oficinas para transformarlo en un voltaje continuo



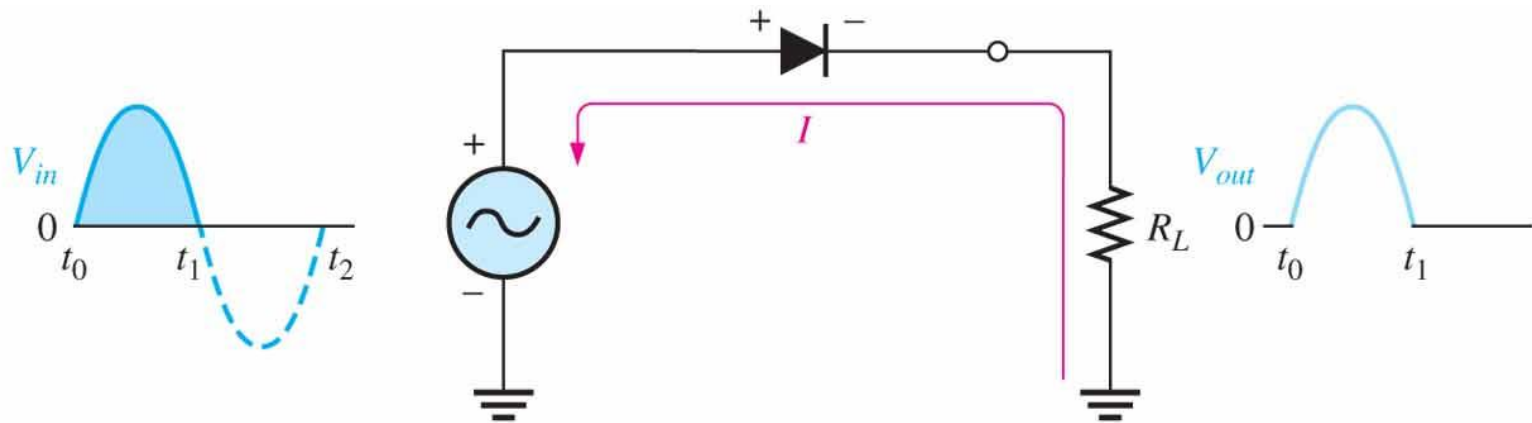
Rectificación de voltaje

- ▶ La rectificación de voltaje consiste en el proceso de transformación de una señal de voltaje bipolar en una señal monopolar
- ▶ Hay dos tipos de rectificación: de media onda y de onda completa



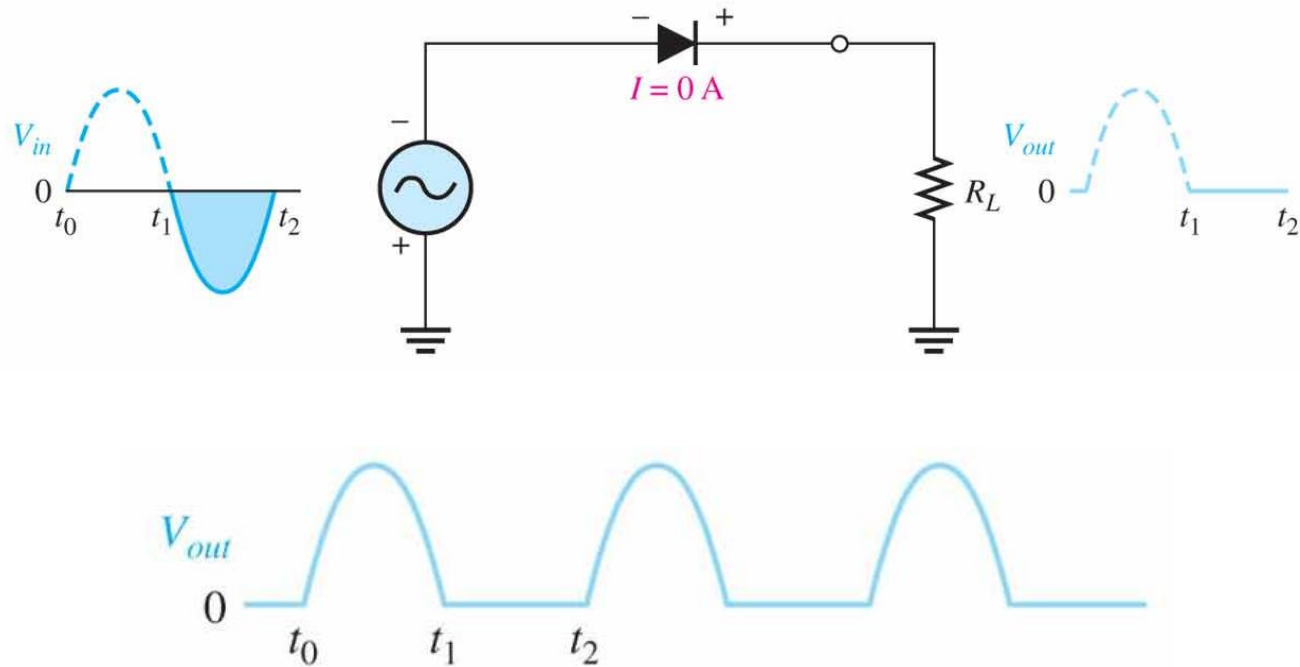
Rectificación de voltaje

- ▶ En la rectificación de media onda se utiliza un solo diodo, el cual se encarga de dejar pasar hacia la carga solo uno de los semiciclos de la señal de voltaje
- ▶ Durante el semiciclo positivo, el diodo está en la región directa y conduce la corriente



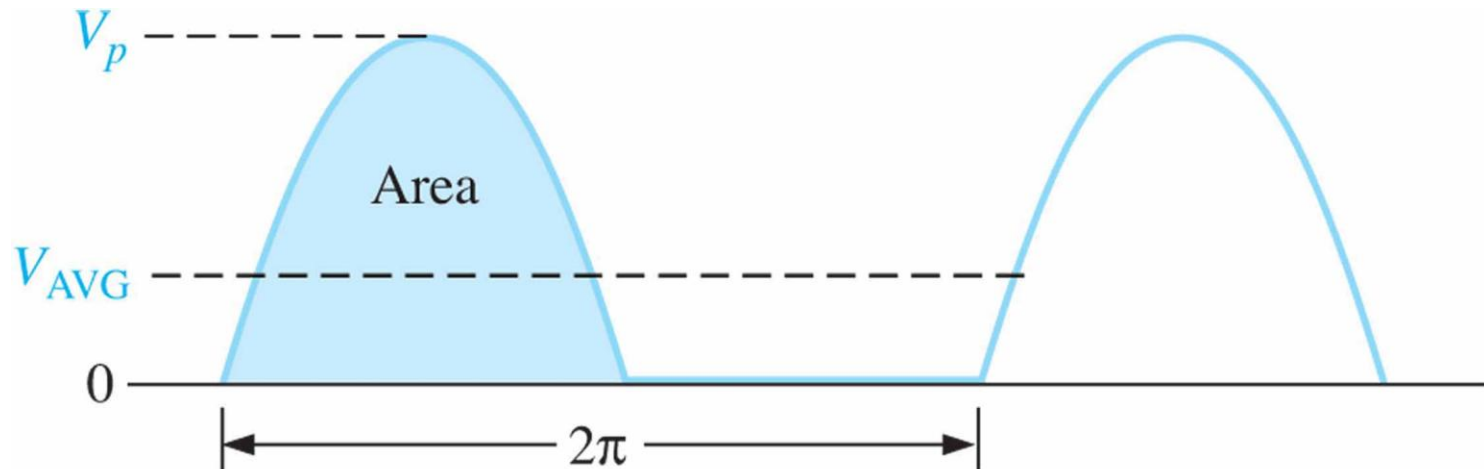
Rectificación de voltaje

- ▶ Durante el semiciclo negativo, el diodo está en la región inversa y no conduce la corriente



Rectificación de voltaje

- ▶ Lo que se gana con el proceso de rectificación es obtener una señal de voltaje cuyo valor DC o promedio sea distinto de cero

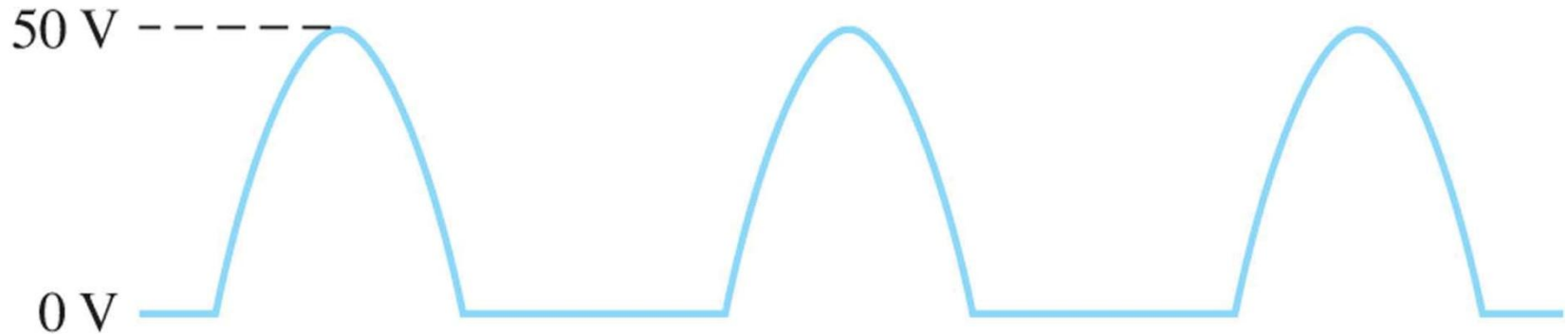


$$V_{AVG} = 0.318 V_p$$

Rectificación de voltaje



Determine el voltaje promedio de la señal mostrada

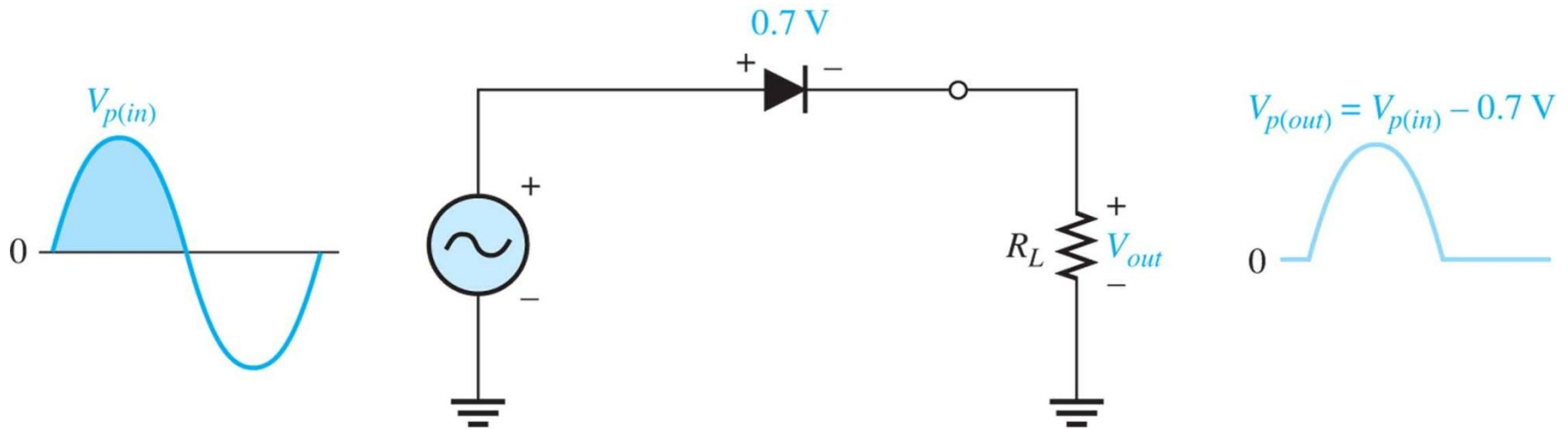


$$V_{AVG} = 0.318V_p$$

$$V_{AVG} = 15.9V$$

Rectificación de voltaje

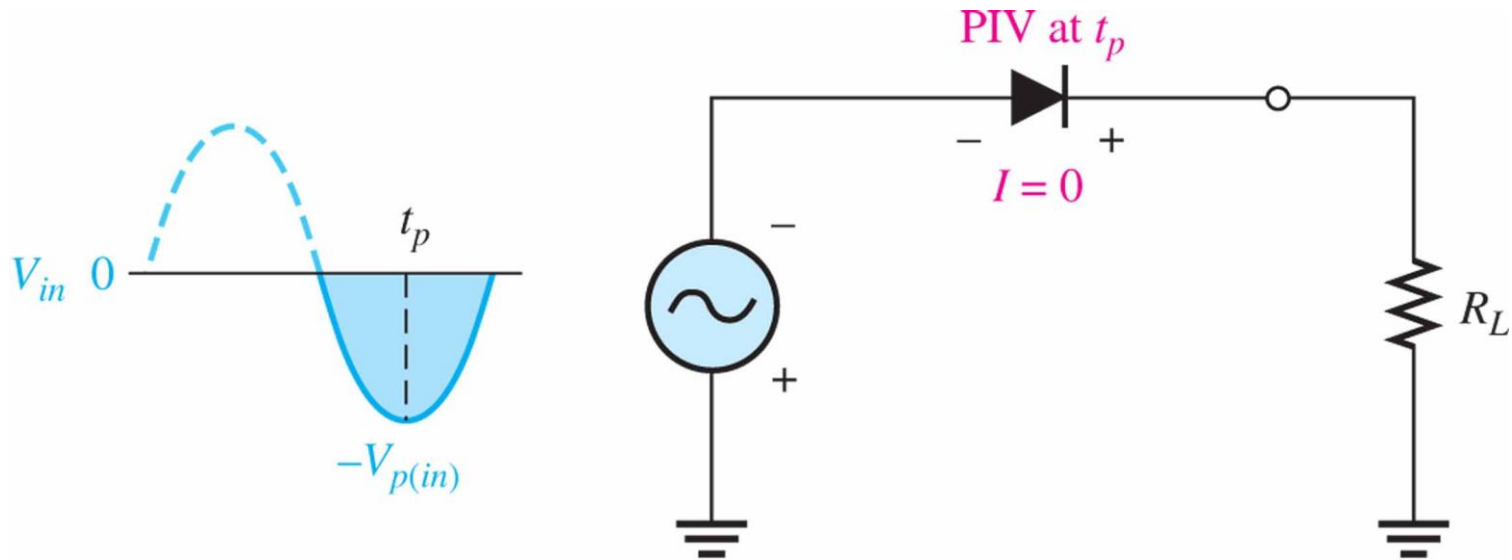
- ▶ Si sabemos que el diodo, cuando conduce, tiene un voltaje de 0.7V, la señal de salida presenta una disminución en ese valor



$$V_{AVG} = 0.318(V_p - 0.7V)$$

Rectificación de voltaje

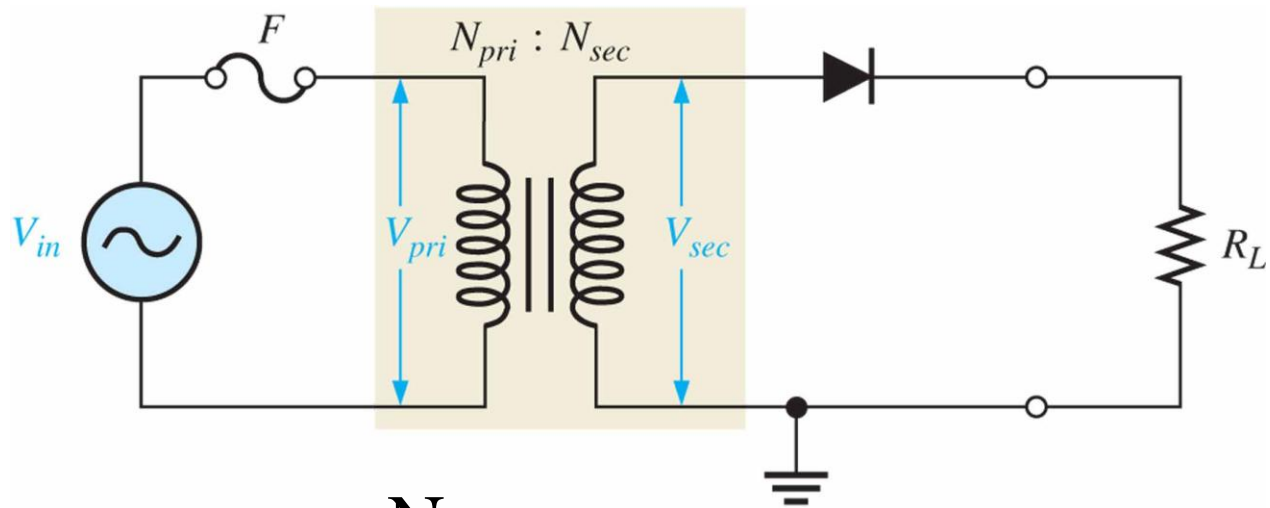
- ▶ Un parámetro importante en los diodos es su capacidad de soportar niveles de voltaje cuando está en la región inversa



$$PIV = V_{p(in)}$$

Rectificación de voltaje

- ▶ Generalmente se utiliza en los rectificadores un elemento llamado transformador para reducir de manera apreciable el nivel de voltaje de la señal de entrada, manteniendo su forma original



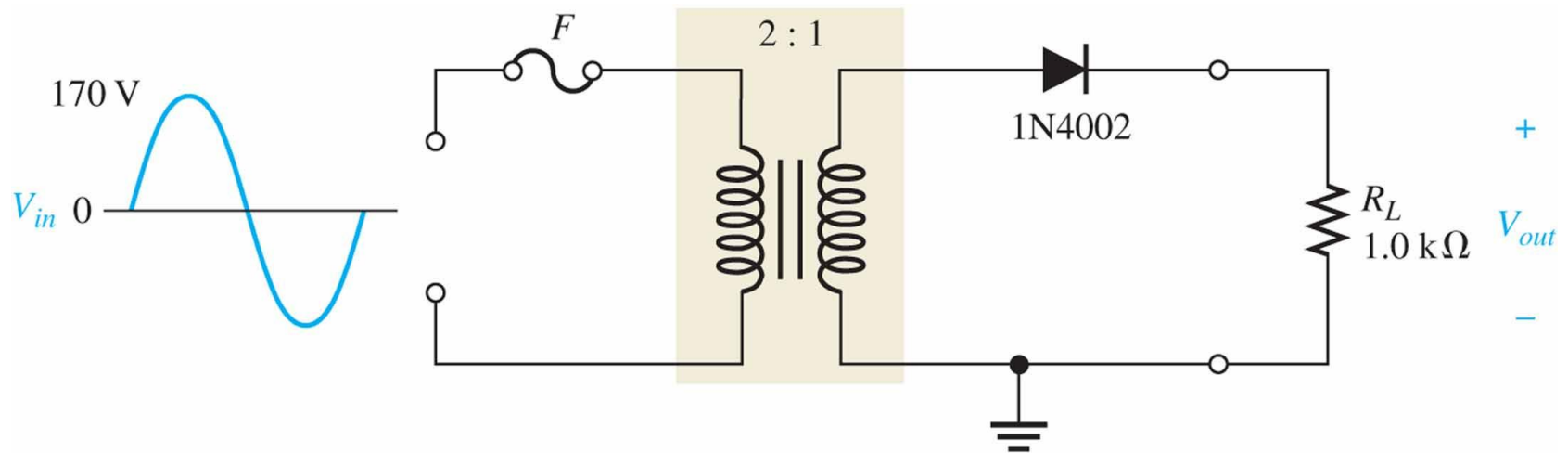
$$n = \frac{N_{sec}}{N_{pri}}$$

$$V_{sec} = n V_{pri}$$

Rectificación de voltaje

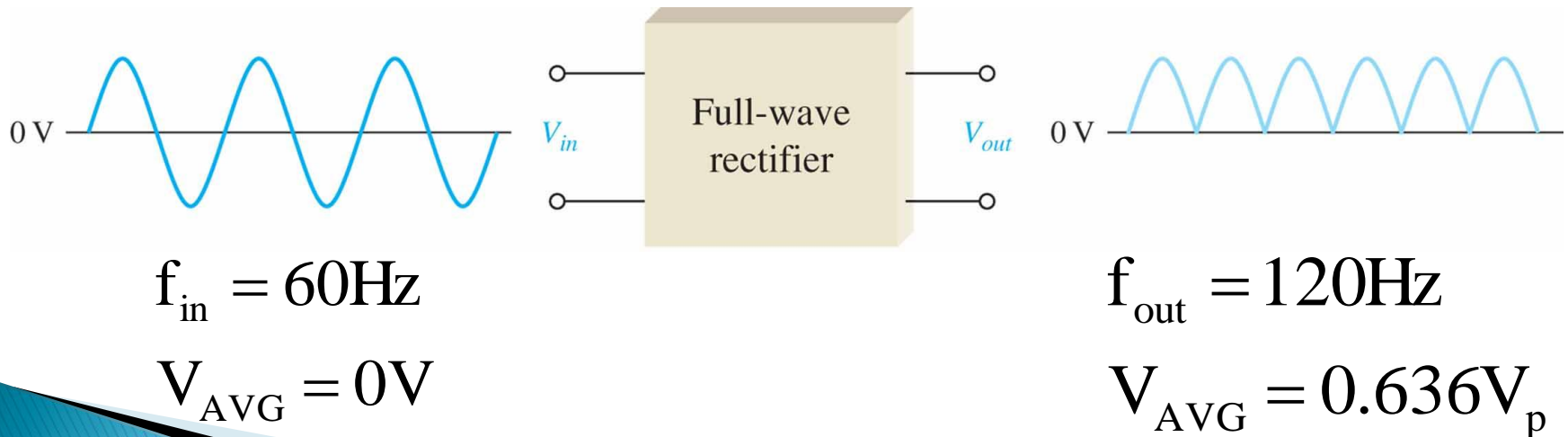


Dibuje la señal de salida del circuito mostrado indicando las referencias de tiempo y voltaje



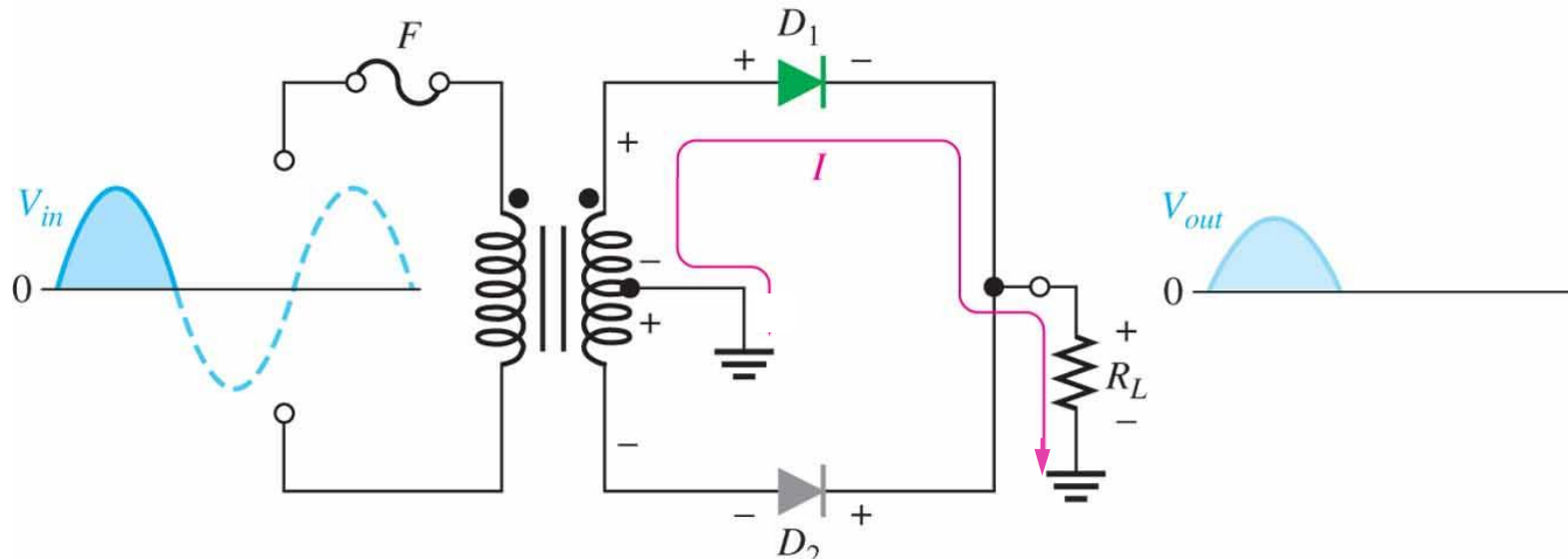
Rectificación de voltaje

- ▶ En la rectificación de onda completa se utilizan dos o cuatro diodos, los que se encargan de dejar pasar hacia la carga los dos semiciclos de la señal de voltaje
- ▶ El objetivo es aumentar el voltaje DC o promedio de la señal de salida



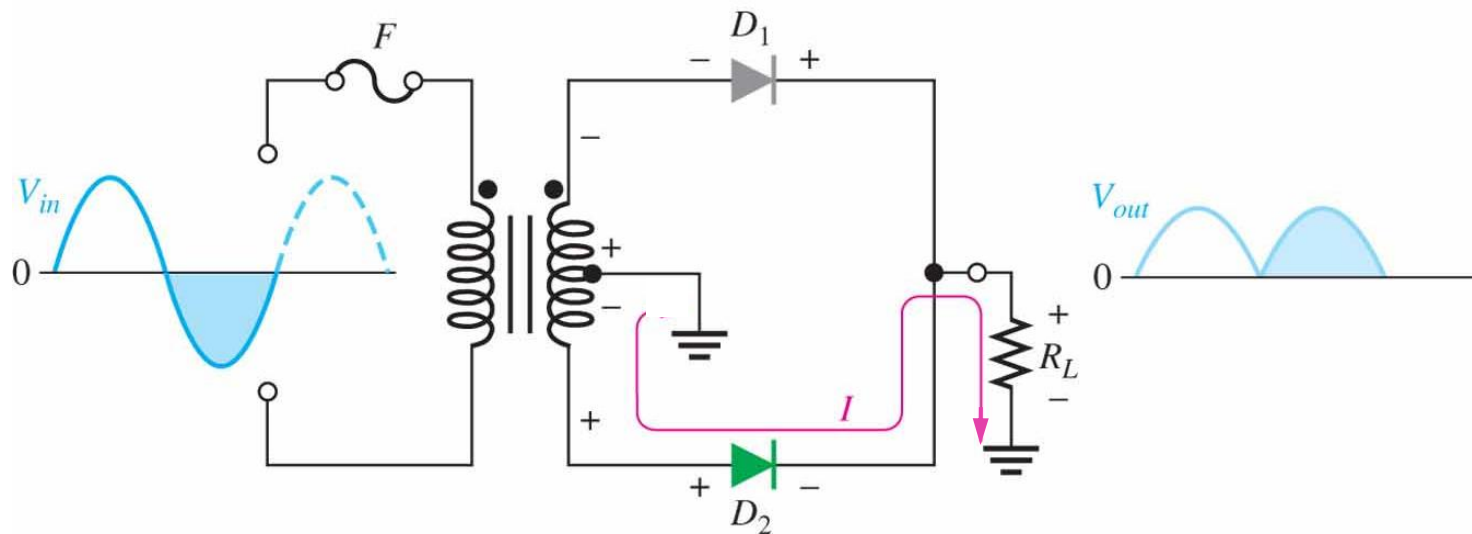
Rectificación de voltaje

- ▶ Durante el semiciclo positivo de la señal de entrada, el diodo D_1 está en la región directa y el diodo D_2 está en la región inversa



Rectificación de voltaje

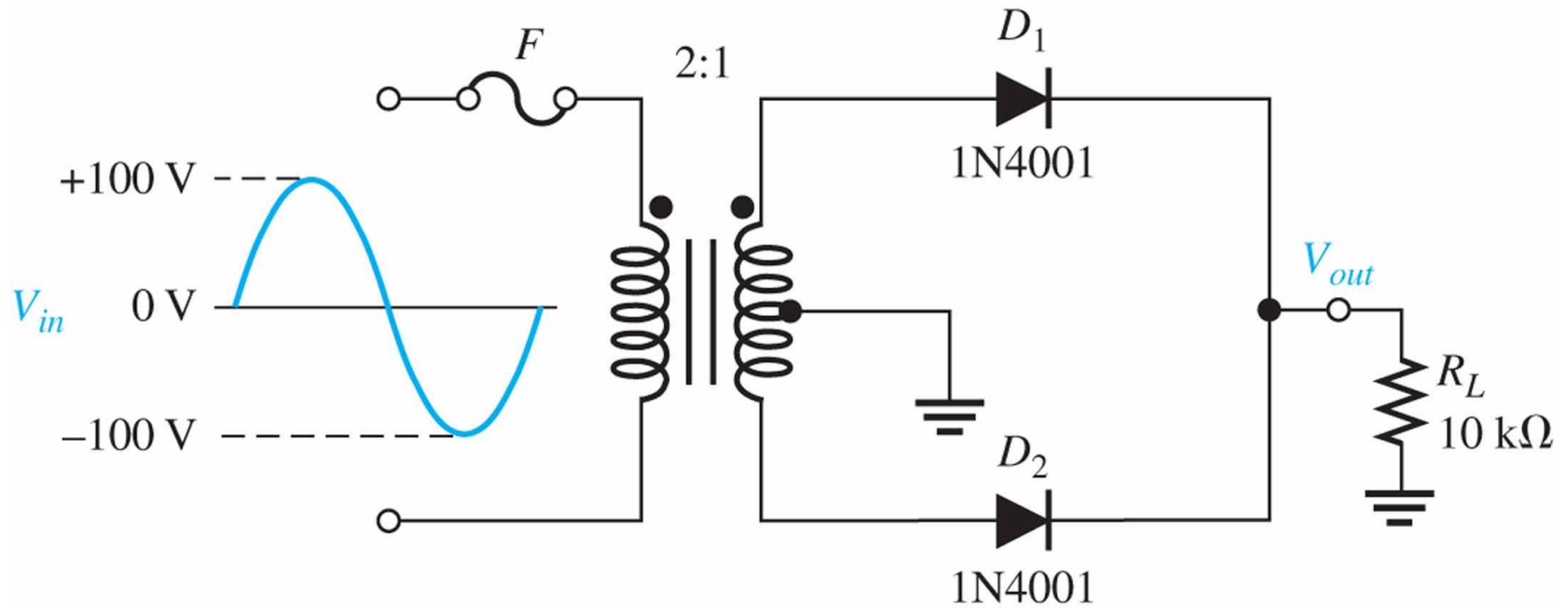
- ▶ Durante el semiciclo negativo de la señal de entrada, el diodo D_2 está en la región directa y el diodo D_1 está en la región inversa



Rectificación de voltaje

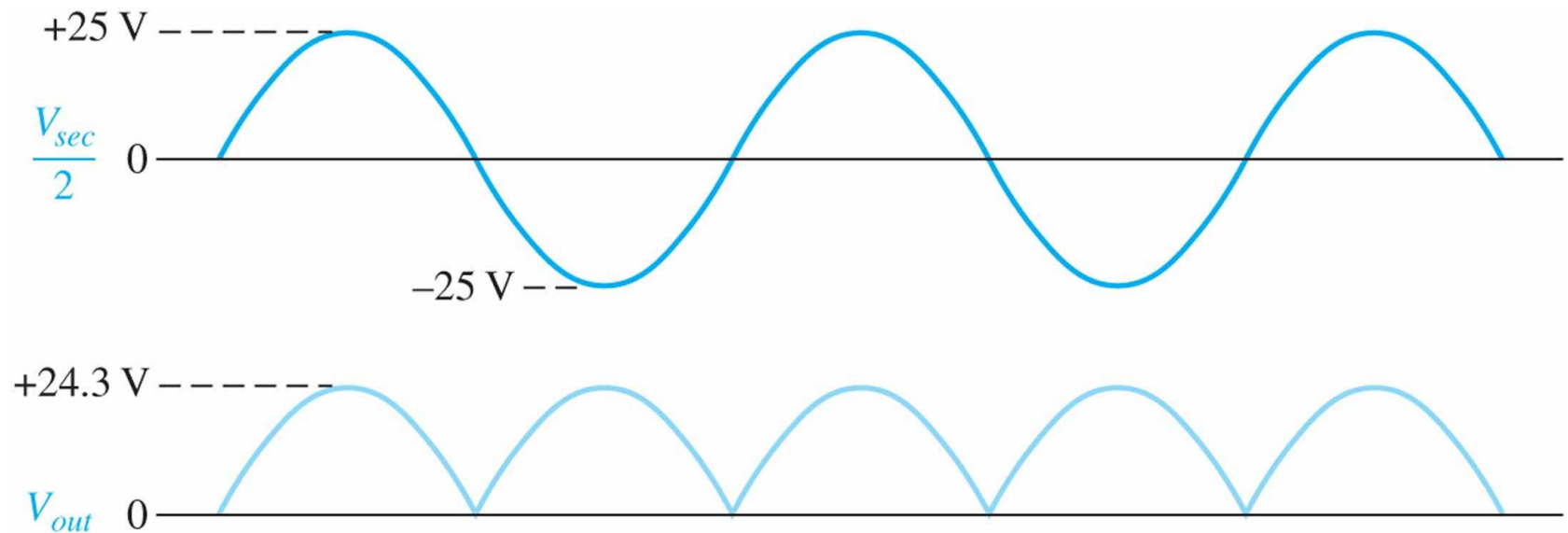


Dibuje la señal de salida del circuito mostrado indicando las referencias de tiempo y voltaje



Rectificación de voltaje

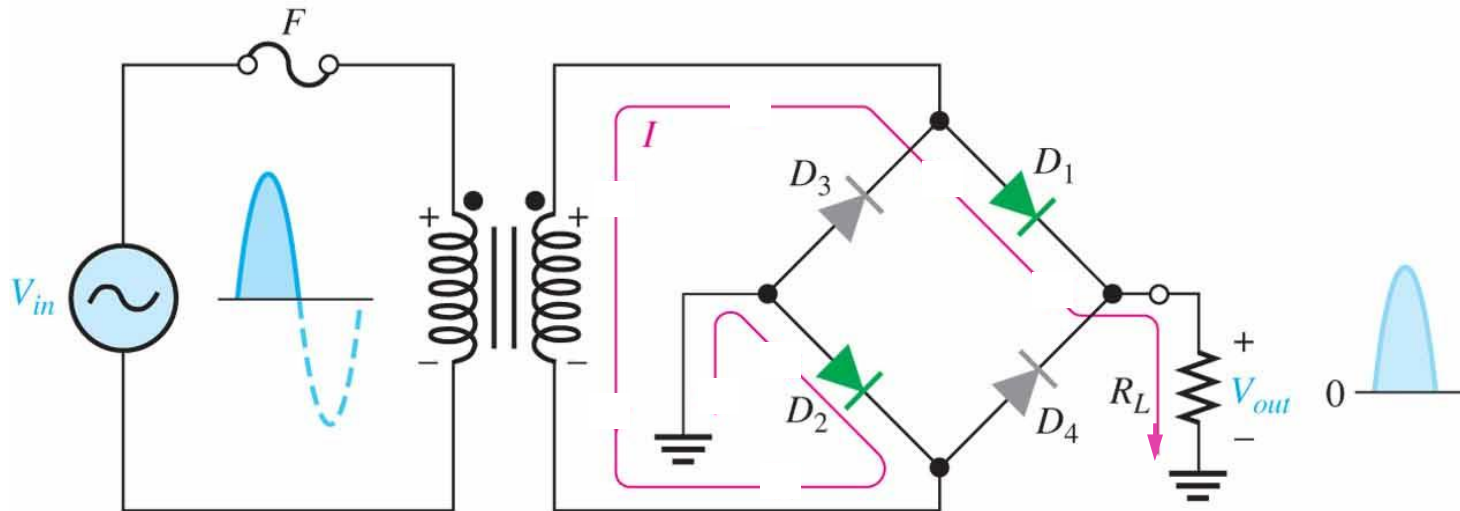
- ☑ La señal de salida del transformador y de la salida



$$V_{AVG} = 0.636 (V_p - 0.7\text{V})$$

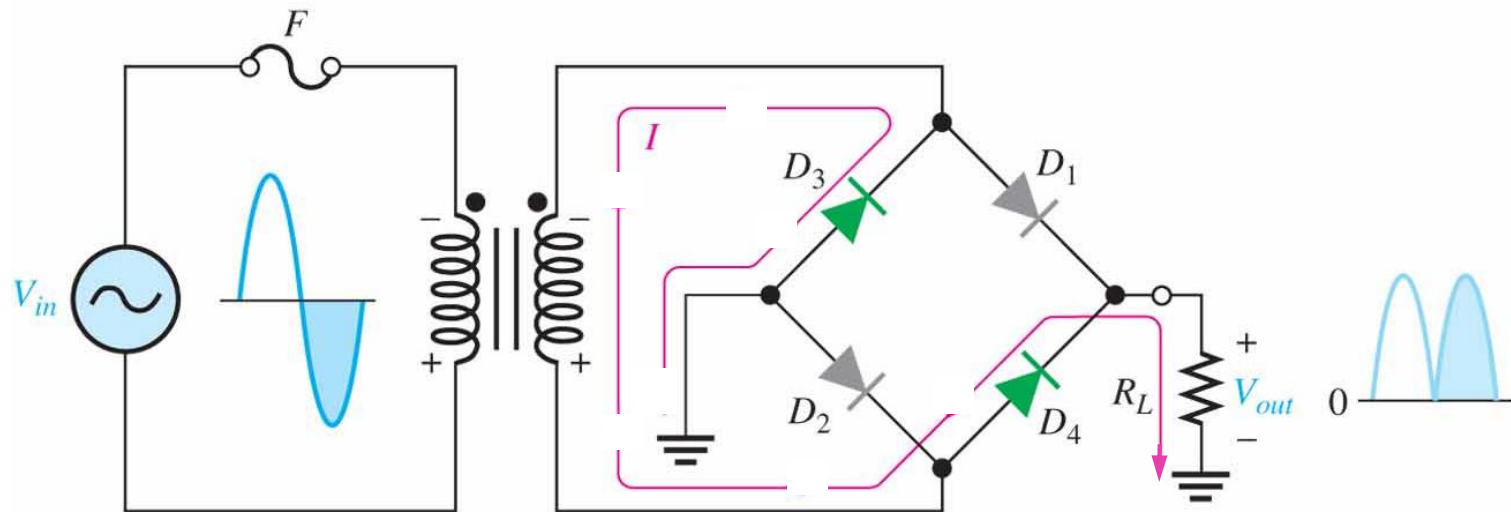
Rectificación de voltaje

- ▶ La rectificación de onda completa se puede lograr utilizando cuatro diodos en configuración tipo puente
- ▶ Durante el semiciclo positivo, los diodos D_1 y D_2 están en la región directa.



Rectificación de voltaje

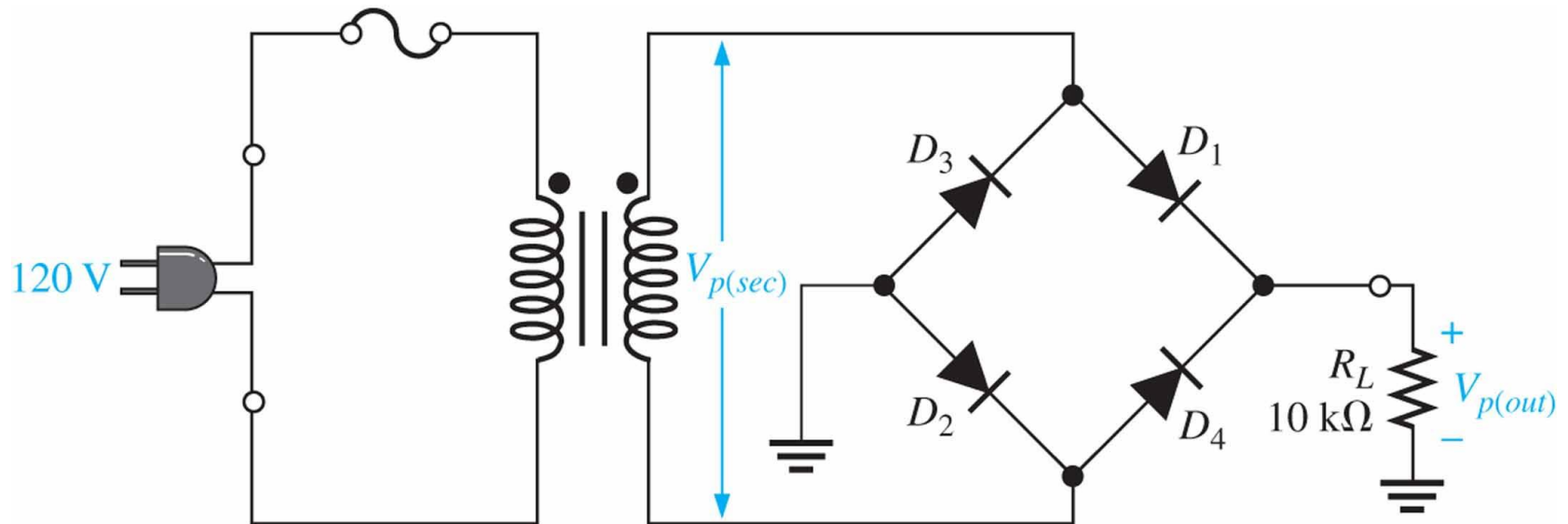
- ▶ Durante el semiciclo negativo, los diodos D_3 y D_4 están en la región directa



Rectificación de voltaje



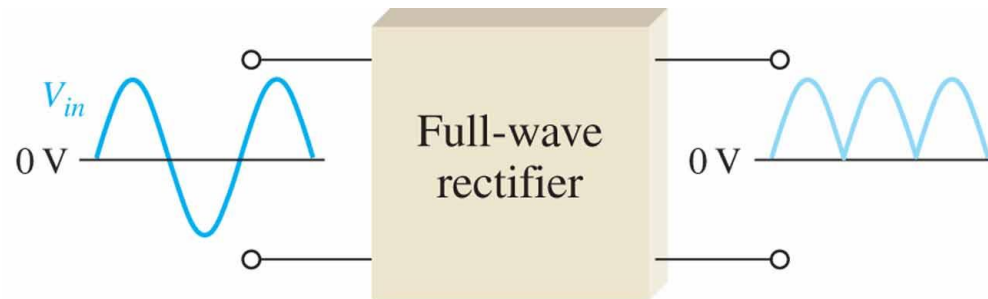
Grafique el voltaje y la corriente de salida indicando los tiempos y amplitudes de referencia



$$V_{AVG} = 0.636 (V_p - 1.4\text{V})$$

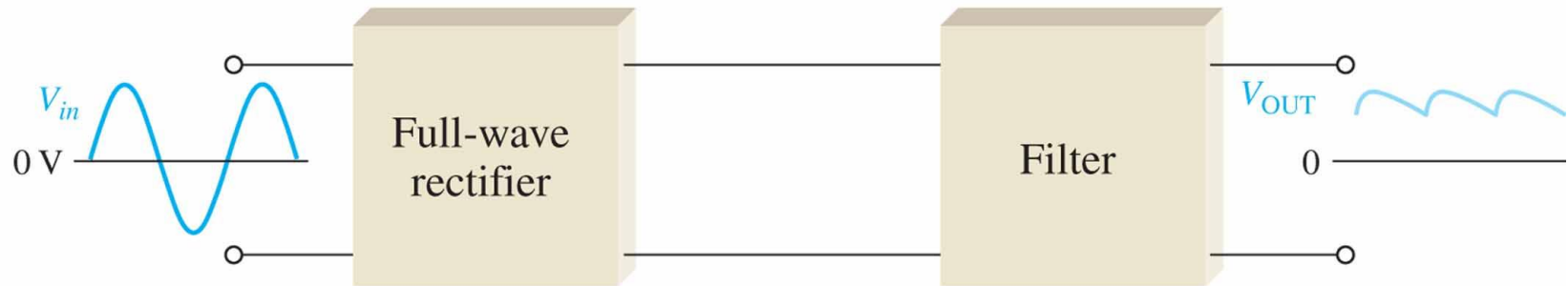
Filtraje de voltaje

- ▶ El proceso de rectificación de voltaje permite convertir una señal bipolar en una monopolar generando un voltaje DC (promedio) que es importante para muchas aplicaciones de la electrónica



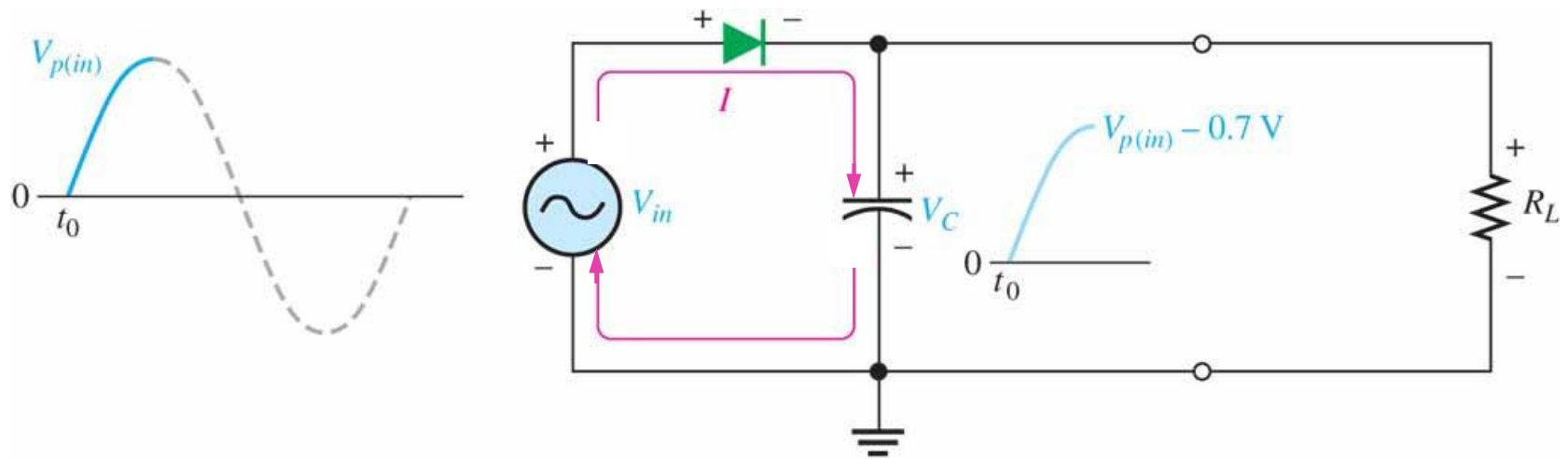
Filtraje de voltaje

- ▶ Si a esa señal monopolar le colocamos un circuito tipo filtro, se puede elevar de manera sustancial el voltaje DC (promedio) de la señal rectificadora



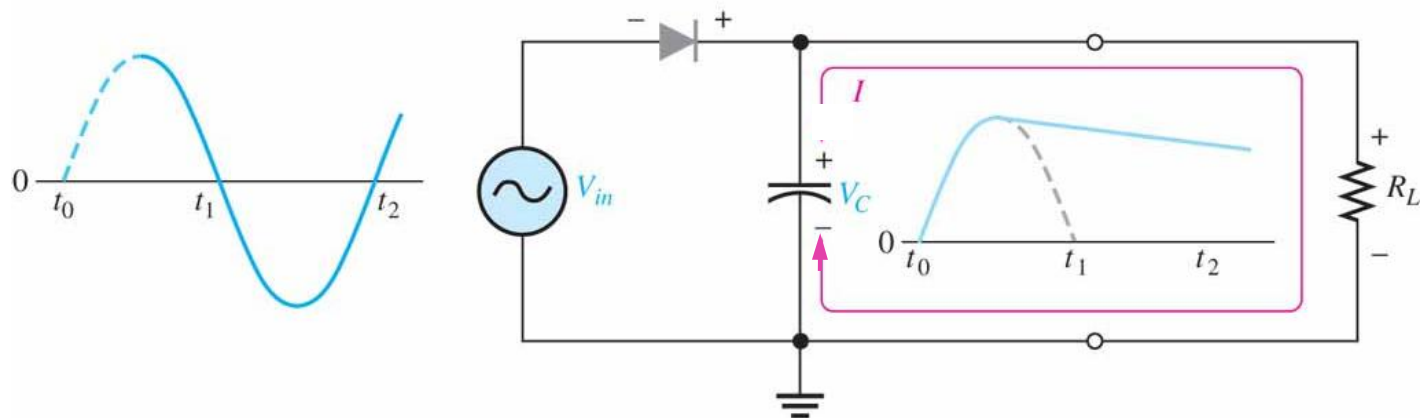
Filtraje de voltaje

- ▶ El ciclo inicial de carga ocurre solo una vez ya que el capacitor está completamente descargado. El diodo está polarizado en directo.



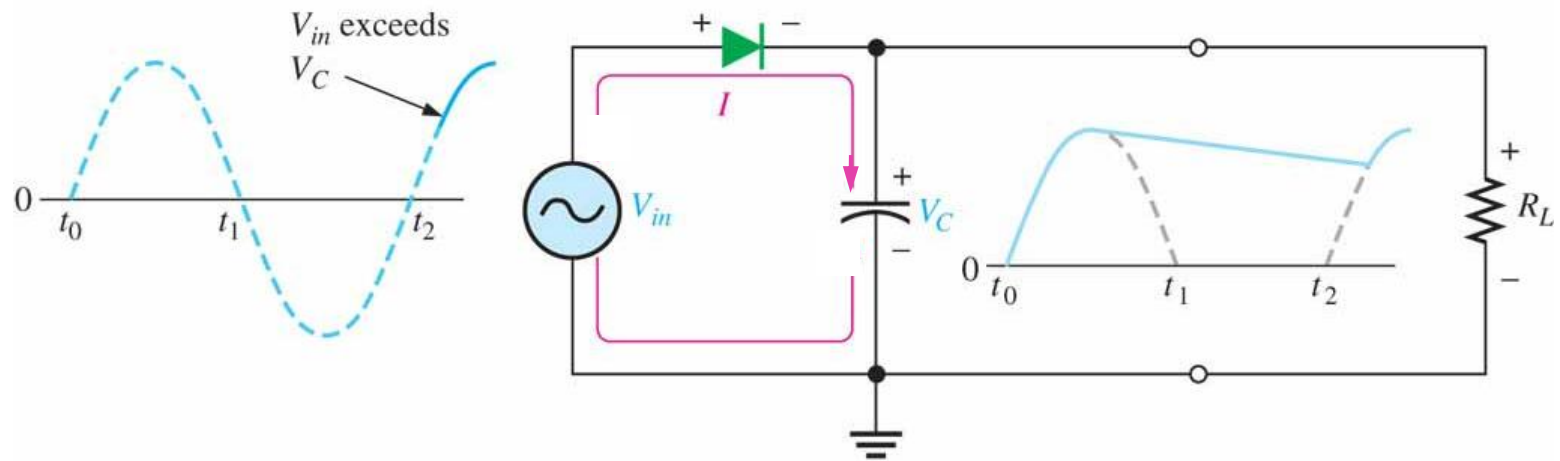
Filtraje de voltaje

- ▶ Cuando el voltaje comienza a decrecer y el voltaje en el ánodo es menor al del cátodo, el diodo deja de conducir y el capacitor se descarga a través de la carga



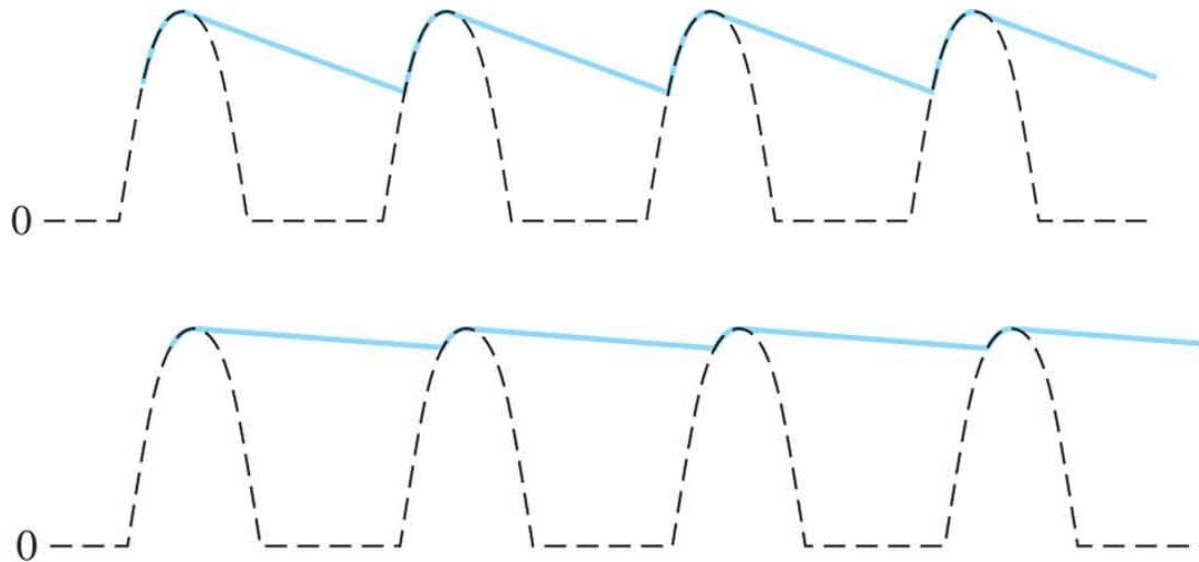
Filtraje de voltaje

- ▶ Cuando el voltaje crece de nuevo y alcanza el valor almacenado en el capacitor, el diodo conduce de nuevo y el capacitor vuelve a cargarse para luego repetir el ciclo



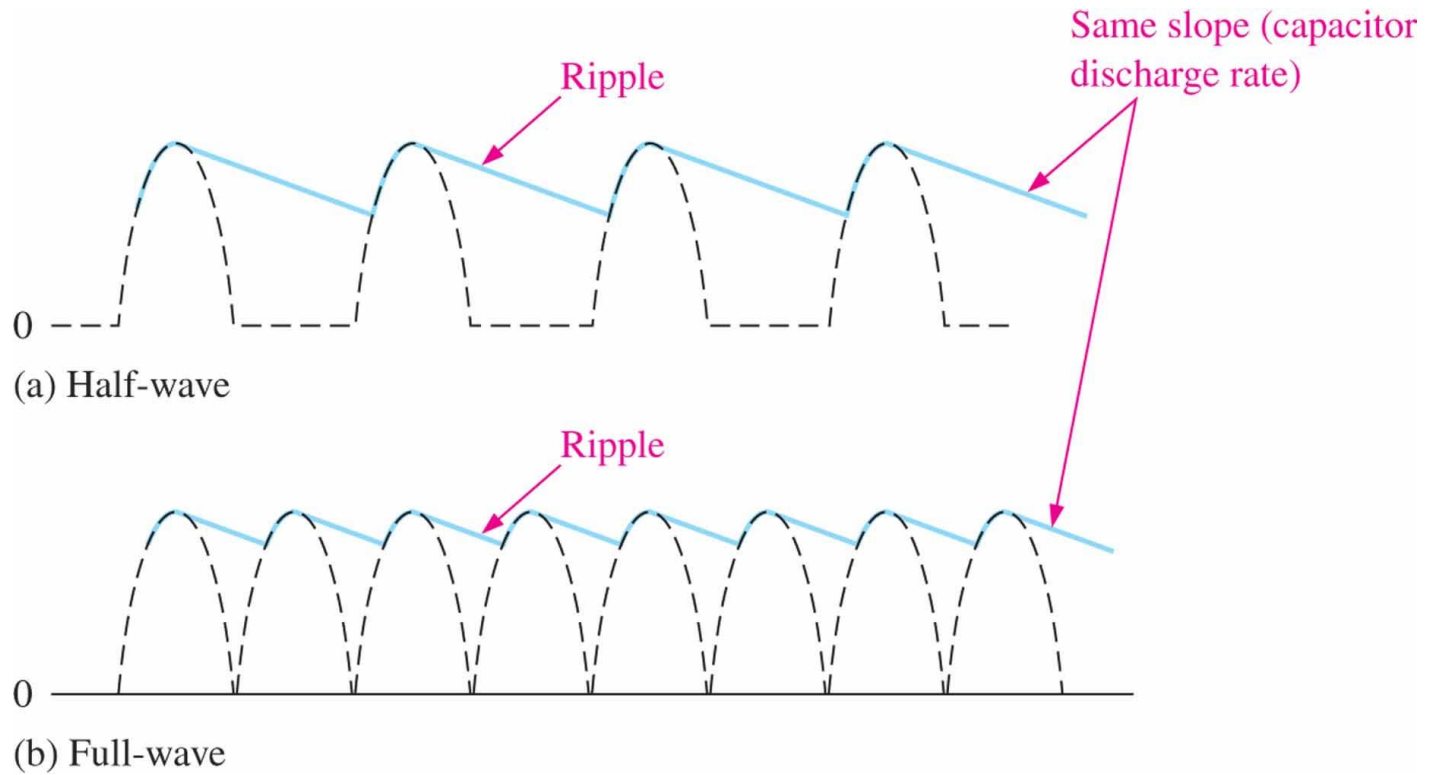
Filtraje de voltaje

- ▶ El rizado depende del tamaño del capacitor escogido como filtro. Si el capacitor es pequeño, el rizado es grande y si el capacitor es grande, el rizado obtenido es pequeño



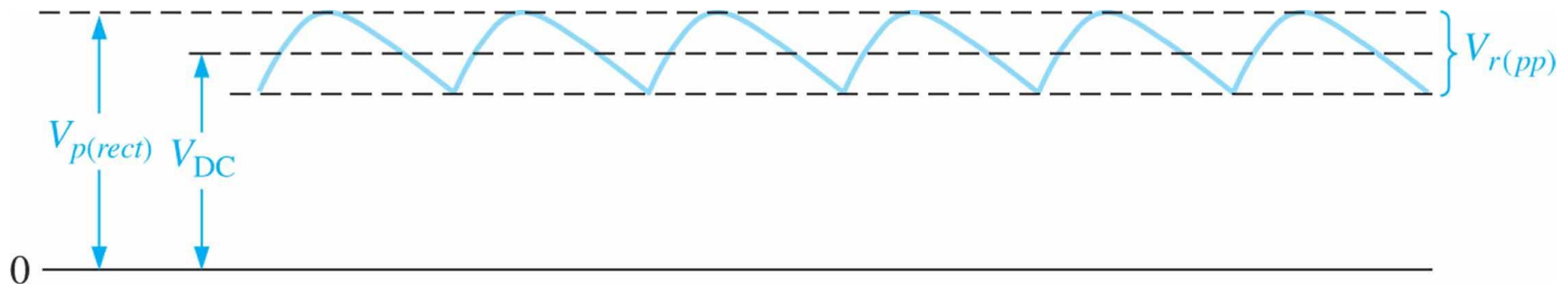
Filtraje de voltaje

- ▶ Dependiendo del tipo de rectificación que se utilice, influye sobre el rizado de la señal filtrada



Filtraje de voltaje

- ▶ Si observamos el resultado de la rectificación (ya sea de media onda o de onda completa), notamos que el valor DC ha aumentado



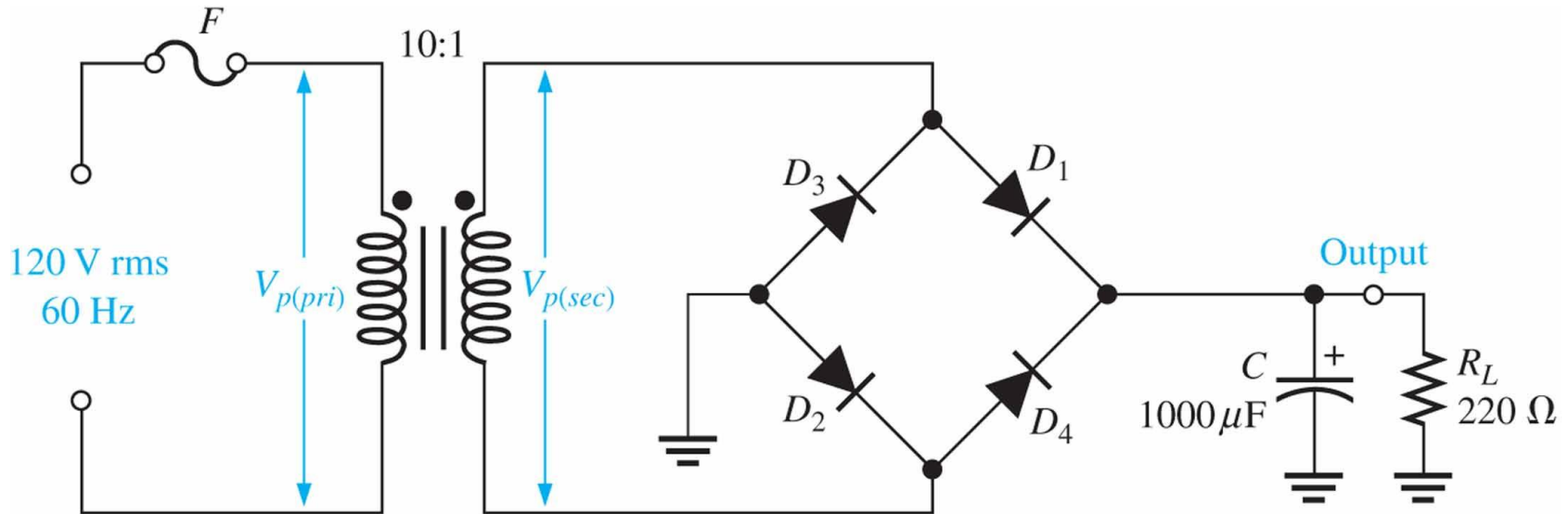
$$V_{r(pp)} = \frac{V_{p(rect)}}{fR_L C}$$

$$V_{DC} = V_{p(rect)} - \frac{V_{p(rect)}}{2fR_L C}$$

Filtraje de voltaje



Grafique el voltaje y la corriente de salida en la carga indicando tiempos y amplitudes de referencia



All diodes are 1N4001.