

# DIODO SEMICONDUCTOR REAL

## LO IDEAL VS LO PRACTICO

Una analogía utilizada con frecuencia para describir el comportamiento de un diodo semiconductor es un interruptor mecánico. En la figura 1.21a el diodo está actuando como un interruptor cerrado que permite un flujo abundante de carga en la dirección indicada. En la figura 1.21b el nivel de corriente es tan pequeño en la mayoría de los casos que puede ser aproximado como 0 A y representado por un interruptor abierto.

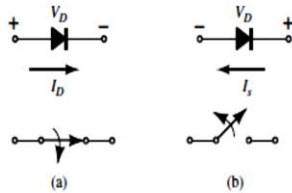


FIG. 1.21

Diodo semiconductor ideal: (a) polarizado en directa; (b) polarizado en inversa.

En otras palabras:

**El diodo semiconductor se comporta como un interruptor mecánico en el sentido de que puede controlar el flujo de corriente entre sus dos terminales.**

Sin embargo, también es importante tener en cuenta que:

**El diodo semiconductor es diferente del interruptor mecánico en el sentido de que cuando éste se cierra sólo permite que la corriente fluya en una dirección.**

Idealmente, para que el diodo semiconductor se comporte como un cortocircuito en la región de polarización en directa, su resistencia deberá ser de 0  $\Omega$ . En la región de polarización en inversa su resistencia deberá ser de  $\infty \Omega$  para representar el equivalente a un circuito abierto. Tales niveles de resistencia en las regiones de polarización en directa y en inversa producen las características de la figura 1.22.

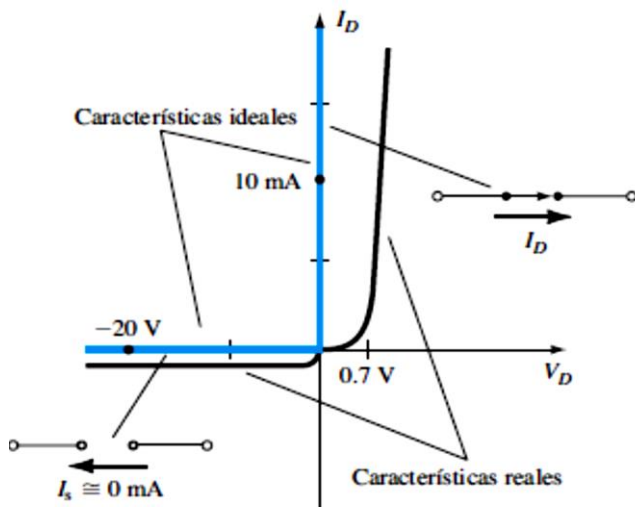


FIG. 1.22

Características de semiconductor ideales contra reales.

## NIVELES DE RESISTENCIA

### Resistencia de CD o estática

La aplicación de un voltaje de cd a un circuito que contiene un diodo semiconductor produce un punto de operación en la curva de características que no cambia con el tiempo. La resistencia del diodo en el punto de operación se halla determinando los niveles correspondientes de  $V_D$  e  $I_D$  como se muestra en la figura 1.23 y aplicando la siguiente ecuación:

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} \quad (1.3)$$

Los niveles de resistencia de cd en la rodilla y debajo de ella son mayores que los niveles de resistencia obtenidos para la sección de levantamiento vertical de las características. Los niveles de resistencia en la región de polarización en inversa son por naturaleza bastante altos. Como los óhmetros en general emplean una fuente de corriente relativamente constante, la resistencia determinada será un nivel de corriente preestablecido (por lo general de algunos miliamperes).

**En general, por consiguiente, cuanto mayor sea la corriente a través de un diodo, menor será el nivel de resistencia de cd.**

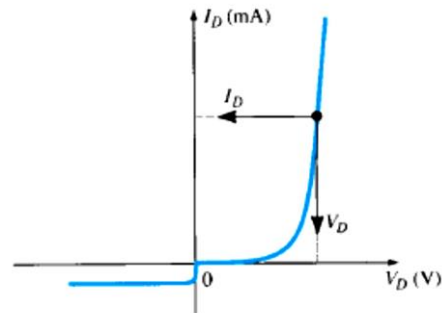


FIG. 1.23

Determinación de la resistencia de cd de un diodo en un punto de operación particular.

### Resistencia de CA o dinámica

Es obvio de acuerdo con la ecuación (1.3) y el ejemplo 1.3 que la resistencia de cd de un diodo es independiente de la forma de las características en la región alrededor del punto de interés. Si se aplica una entrada senoidal en lugar de una de cd, la situación cambiará por completo. La entrada variable moverá el punto de operación instantáneo hacia arriba y hacia abajo de una región de las características, y por lo tanto define un cambio específico de la corriente y voltaje como se muestra en la figura 1.25. Sin ninguna señal variable aplicada, el punto de operación sería el punto Q que aparece en la figura 1.25, determinado por los niveles de cd aplicados. La designación de punto Q se deriva de la palabra *quiescente*, que significa "fijo o invariable".

Una línea recta trazada tangente a la curva por el punto Q como se muestra en la figura 1.26 definirá un cambio particular del voltaje y corriente que se puede utilizar para determinar la resistencia de ca o dinámica en esta región de las características del diodo. Se deberá hacer un esfuerzo por mantener el cambio de voltaje y corriente lo más pequeño posible y equidistante a ambos lados del punto Q. En forma de ecuación,

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \quad (1.4)$$

donde  $\Delta$  indica un cambio finito de la cantidad.

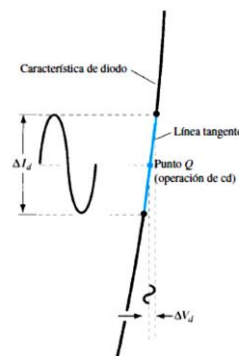


FIG. 1.25

Definición de la resistencia dinámica o resistencia de ca.

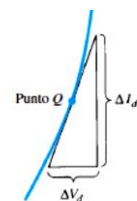


FIG. 1.26

Determinación de la resistencia de ca en un punto Q.

### Resistencia de ca promedio

Si la señal de entrada es suficientemente grande para producir una amplia variación tal como se indica en la figura 1.28, la resistencia asociada con el dispositivo en esta región se llama *resistencia de ca promedio*. La resistencia de ca promedio es, por definición, la resistencia determinada por una línea recta trazada entre las dos intersecciones establecidas por los valores máximo y mínimo del voltaje de entrada. En forma de ecuación (observe la figura 1.28),

$$r_{prom} = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \bigg|_{\text{punto a punto}} \quad (1.7)$$

En la situación indicada por la figura 1.28,

$$\Delta I_d = 17 \text{ mA} - 2 \text{ mA} = 15 \text{ mA}$$

y

$$\Delta V_d = 0.725 \text{ V} - 0.65 \text{ V} = 0.075 \text{ V}$$

con

$$r_{prom} = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.075 \text{ V}}{15 \text{ mA}} = 5 \Omega$$

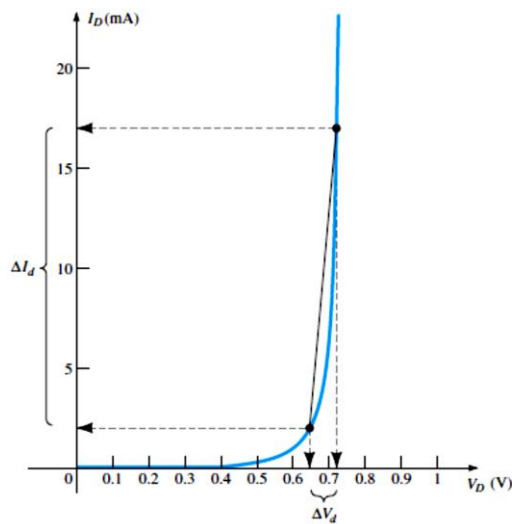


FIG. 1.28

Determinación de la resistencia de ca promedio entre los límites indicados.

TABLA 1.5  
Niveles de resistencia

Tipo	Ecuación	Características especiales	Determinación gráfica
CD o estática	$R_D = \frac{V_D}{I_D}$	Definida como un punto en las características	
CA o dinámica	$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{26 \text{ mV}}{I_D}$	Definida por una línea tangente en el punto Q	
CA promedio	$r_{\text{prom}} = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \Big _{\text{punto a punto}}$	Definida por una línea recta entre los límites de operación	

## CIRCUITOS EQUIVALENTES

Un circuito equivalente es una combinación de elementos apropiadamente seleccionados para que representen mejor las características terminales reales de un dispositivo o sistema en una región de operación particular.

### Circuito lineal equivalente por segmentos

Una técnica para obtener un circuito equivalente de un diodo es simular con más o menos precisión las características del dispositivo mediante segmentos de línea recta, como se muestra en la figura 1.29. El circuito resultante equivalente se llama *circuito equivalente lineal por segmentos*.

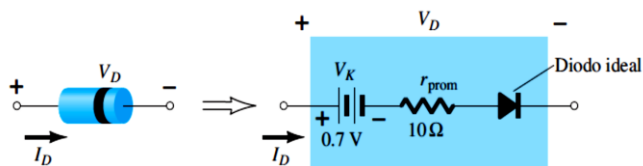


FIG. 1.30

Comparación del circuito equivalente lineal por segmentos.

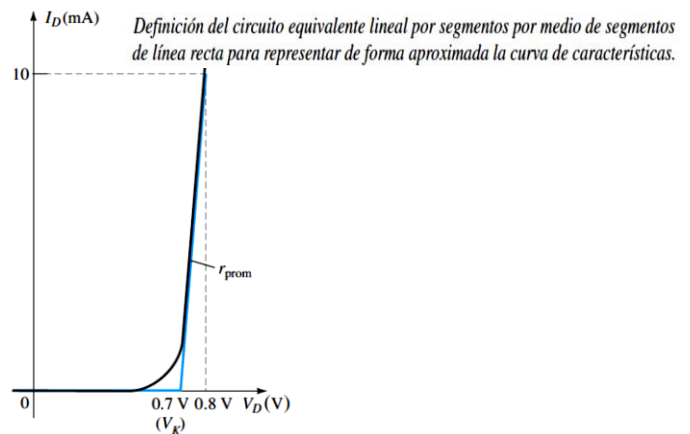


FIG. 1.29

### Circuito equivalente simplificado

En la mayoría de las aplicaciones, la resistencia  $r_{\text{prom}}$  es suficientemente pequeña para ser ignorada en comparación con los demás elementos de la red. La eliminación de  $r_{\text{prom}}$  del circuito equivalente es lo mismo que suponer que las características del diodo son las que se muestran en la figura 1.31. En realidad, esta aproximación se emplea con frecuencia en el análisis de circuitos

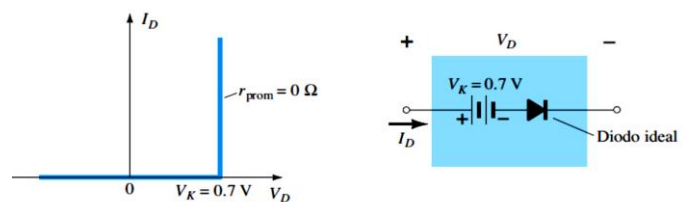


FIG. 1.31

Circuito equivalente simplificado del diodo semiconductor de silicio.

### Circuito equivalente ideal

Ahora que se eliminó  $r_{\text{prom}}$  del circuito equivalente, llevemos el análisis un paso adelante y establezcamos que el nivel de 0.7 V con frecuencia puede ser ignorado en comparación con el nivel de voltaje aplicado. En este caso el circuito equivalente se reducirá al de un diodo ideal como se muestra en la figura 1.32 con sus características. En el capítulo 2 veremos que esta aproxima-

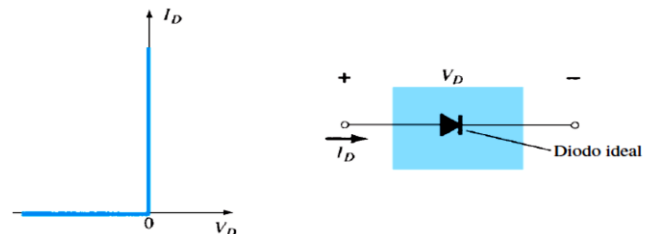


FIG. 1.32

Diodo ideal y sus características.

TABLA 1.6  
Circuitos equivalentes (modelos) del diodo

Tipo	Condiciones	Modelo	Características
Modelo lineal por segmentos			
Modelo simplificado	$R_{\text{red}} \gg r_{\text{prom}}$		
Dispositivo ideal	$R_{\text{red}} \gg r_{\text{prom}}$ $E_{\text{red}} \gg V_K$		