

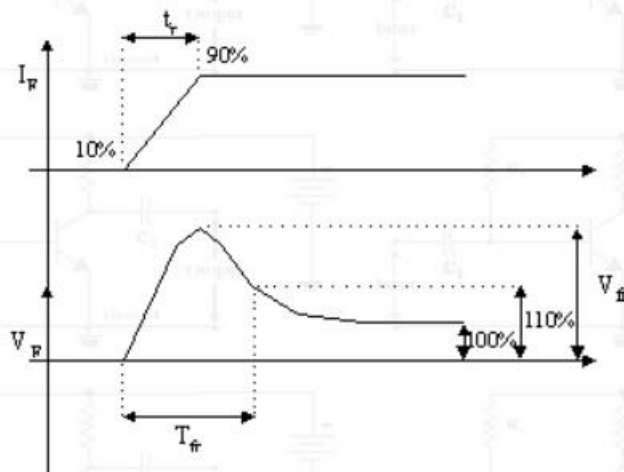
El diodo en conmutación.

La característica que limita la acción en frecuencia de un diodo es el tiempo de recuperación inversa.

En el diodo hay dos tiempos

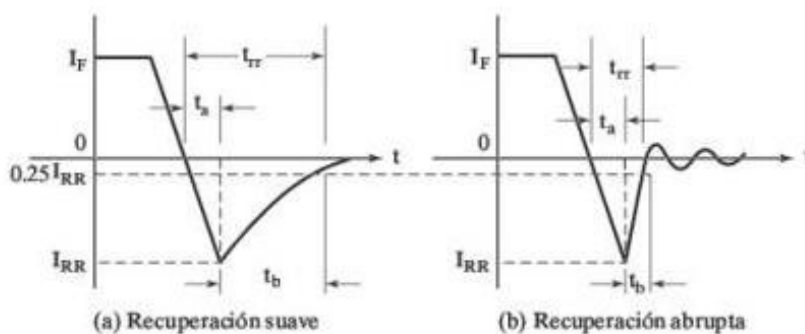
- a)  $t_{fr}$  (*tiempo de recuperación directo*): es el tiempo que transcurre entre el instante en que la tensión ánodo-cátodo se hace positiva y el instante en que dicha tensión se estabiliza en el valor  $V_F$ ).

#### Tiempo de recuperación directo



Recuperación directa del diodo

- b)  $t_{rr}$  (*tiempo de recuperación inverso*): es el tiempo que transcurre entre el instante en que la tensión ánodo-cátodo se hace nula y el instante en que la corriente en el diodo toma el valor de 25% del pico de corriente  $I_{RR}$ .



De estos dos tiempos ( el  $t_{fr}$  y el  $t_{rr}$  ), el segundo es mucho mayor que el primero y por lo tanto es el limitante en la conmutación del diodo.

Tiempo de recuperación inversa.

El tiempo de recuperación inversa se mide desde que la corriente directa pasa por cero, hasta que toma el valor de 25% de  $I_{rr}$  (en algunas bibliografías pueden encontrar el 10%). El  $t_{rr}$  está compuesto por la suma de dos tiempos:

$t_a$ : tiempo de almacenamiento. Se debe a las cargas almacenadas en la región de carga espacial que se mide desde que la corriente directa se anula, hasta que llega a un máximo negativo llamado corriente máxima de recuperación inversa,  $I_{rr}$ .

$t_b$ : tiempo de caída. Se debe a las cargas almacenadas en el cuerpo del material semiconductor y se mide desde  $I_{rr}$  hasta que  $I_{rr}$  toma un valor del 25%.

En la recuperación como se puede ver en los gráficos hay dos tipos de curva.

La recuperación abrupta y la recuperación suave. Para diferenciarlas se suele definir un coeficiente que se llama factor de suavidad  $SF$ .

$$SF = \frac{t_b}{t_a} \quad (1)$$

Si  $t_b$  es muy pequeño con respecto a  $t_a$ , decimos que la recuperación es abrupta y podemos asumir  $SF = 0$  y  $t_{rr}$  aproximadamente igual a  $t_a$ .

$$t_{rr} = t_a + t_b \quad (2)$$

El tiempo de recuperación directo, depende de la temperatura de la juntura, de la velocidad de caída de la corriente directa y del valor absoluto de la corriente directa  $I_f$ .

La corriente pico en sentido inverso puede expresarse en función de la variación de la corriente en esta:

$$\frac{I_{rr}}{t_a} = \frac{di}{dt} \quad (3)$$

En este punto tenemos dos opciones al cálculo.

- 1) Si la recuperación es abrupta, podemos considerar  $SF = 0$
- 2) Si la recuperación es suave, debemos incluir  $SF$  en el cálculo.

Vamos a calcular como si la recuperación fuera suave, porque el caso 1) es el mismo solamente considerando  $SF = 0$ .

La carga almacenada en la recuperación inversa  $Q_{rr}$ , es el área bajo la curva desde que la corriente se anula, se hace máxima ( $I_{rr}$ ) y vuelve a anularse después de  $0.25I_{rr}$ .

Podemos aproximar esa área a dos triángulos que base uno de base  $t_a$  y altura  $I_{rr}$ , y otro de base  $t_b$  y altura  $I_{rr}$ .

Por lo tanto:

$$Q_{rr} \sim \frac{1}{2} t_a \cdot I_{rr} + \frac{1}{2} t_b \cdot I_{rr} \quad (4)$$

Es decir

$$Q_{rr} = \frac{1}{2} t_{rr} \cdot I_{rr} \quad (5)$$

De esta surge que:

$$I_{rr} = \frac{2 \cdot Q_{rr}}{t_{rr}} \quad (6)$$

Igualando la (3) con la (6)

$$\frac{2Q_{rr}}{t_{rr}} = t_a \frac{di}{dt} \quad (7)$$

$$t_{rr} \cdot t_a = \frac{2Q_{rr}}{\frac{di}{dt}} \quad (8)$$

De la ecuación (2)

$$t_{rr} = t_a + t_b = t_a + SF \cdot t_a = (1 + SF) \cdot t_a \quad (9)$$

Reemplazando en (8)

$$\frac{t_{rr}^2}{1+SF} = \frac{2Q_{rr}}{\frac{di}{dt}} \quad (10)$$

De donde finalmente surge  $t_{rr}$ :

$$t_{rr} = \sqrt{\frac{2Q_{rr}}{(1+SF) \frac{di}{dt}}} \quad (11)$$

Reemplazando en la (6)

$$I_{rr} = \frac{2.Q_{rr}}{\sqrt{\frac{2.Q_{rr}}{(1+SF)\frac{di}{dt}}}}$$

Finalmente operando:

$$I_{rr} = \sqrt{2.Q_{rr} \cdot (1 + SF) \frac{di}{dt}}$$

En los ejercicios numéricos se va a observar que este valor de corriente es importante para el diseño del circuito, porque el error de quitarle importancia a este valor, puede provocar la rotura del dispositivo.