

# DIODOS DE POTENCIA

## Indice

- [El diodo de potencia.](#)

### Características estáticas

- [Parámetros en bloqueo.](#)
- [Parámetros en conducción.](#)
- [Modelos estáticos de diodo.](#)

### Características dinámicas

- [Tiempo de recuperación inverso.](#)
- [Influencia del  \$t\_{rr}\$  en la conmutación.](#)
- [Tiempo de recuperación directo.](#)

### Disipación de potencia

- [Potencia máxima disipable \( \$P\_{m\acute{a}x}\$ \).](#)
- [Potencia media disipada \( \$P\_{AV}\$ \).](#)
- [Potencia inversa de pico repetitiva \( \$P\_{RRM}\$ \).](#)
- [Potencia inversa de pico no repetitiva \( \$P\_{RSM}\$ \).](#)

### Características térmicas

- [Temperatura de la unión \( \$T\_{jm\acute{a}x}\$ \).](#)
- [Temperatura de almacenamiento \( \$T\_{stg}\$ \).](#)
- [Resistencia térmica unión-contenedor \( \$R\_{jc}\$ \).](#)

- Resistencia térmica contenedor-disipador ( $R_{cd}$ ).

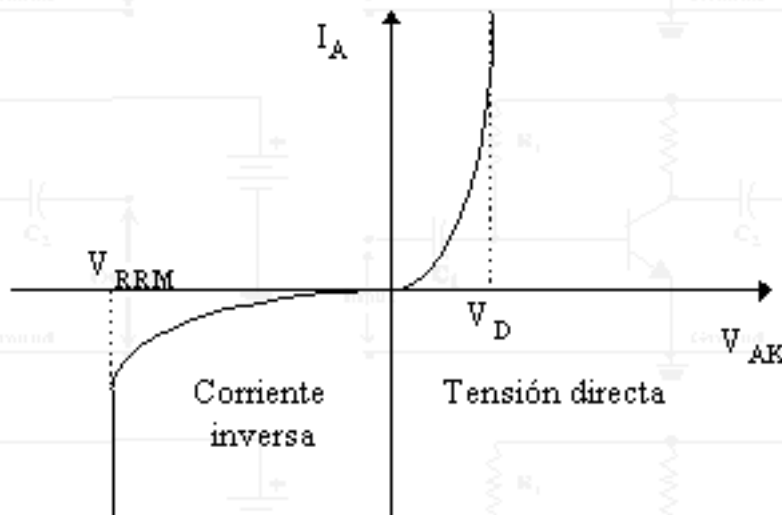
## Protección contra sobreintensidades

- Principales causas de sobreintensidades.
- Organos de protección.
- Parámetro  $I^2t$ .

## El diodo de potencia

Uno de los dispositivos más importantes de los circuitos de potencia son los diodos, aunque tienen, entre otras, las siguientes limitaciones : son dispositivos unidireccionales, no pudiendo circular la corriente en sentido contrario al de conducción. El único procedimiento de control es invertir el voltaje entre ánodo y cátodo.

Los diodos de potencia se caracterizan porque en estado de conducción, deben ser capaces de soportar una alta intensidad con una pequeña caída de tensión. En sentido inverso, deben ser capaces de soportar una fuerte tensión negativa de ánodo con una pequeña intensidad de fugas.



El diodo responde a la ecuación:

$$I = I_s \times (e^{qV/KT} - 1)$$

La curva característica será la que se puede ver en la parte superior, donde:

$V_{RRM}$ : tensión inversa máxima

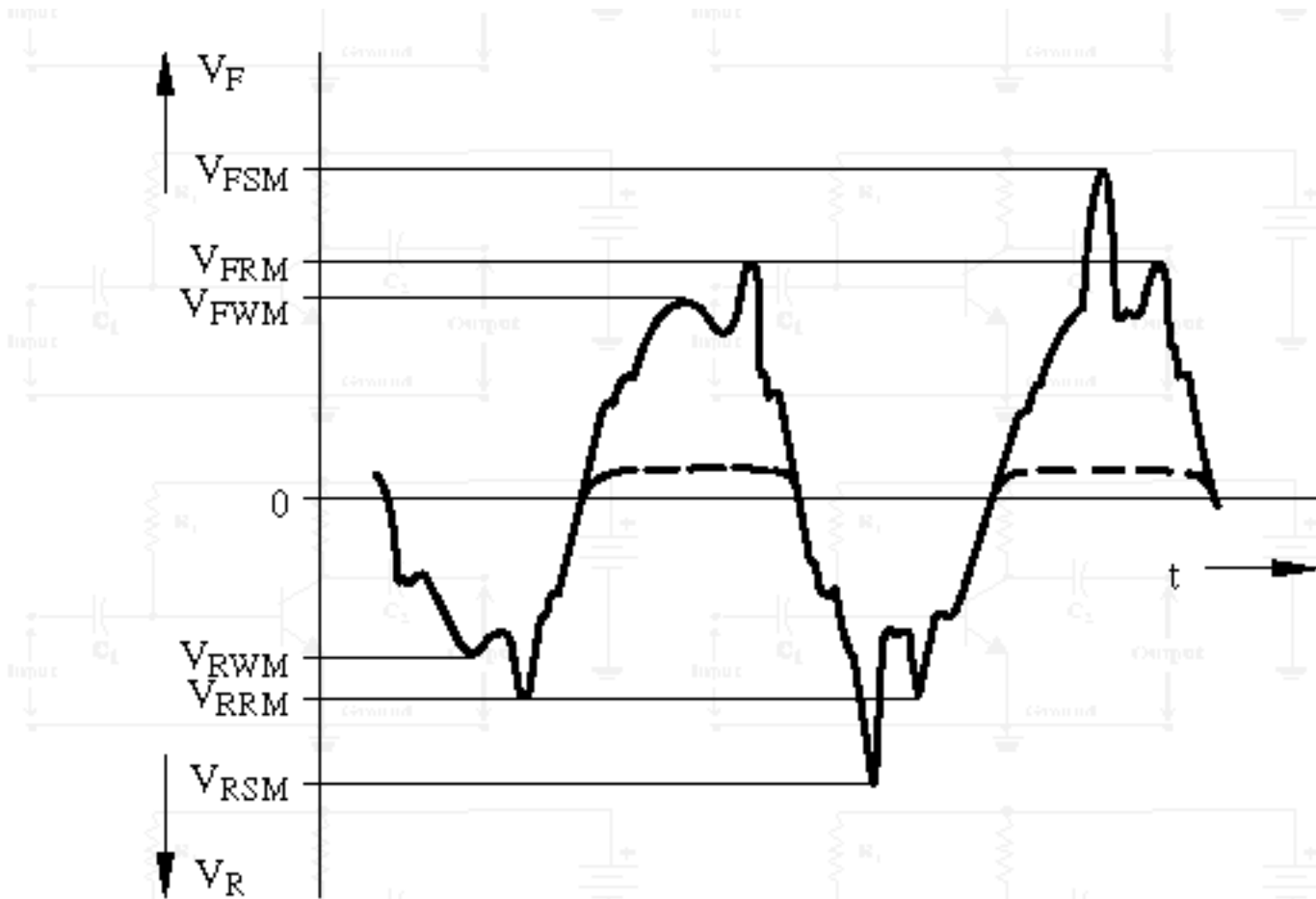
$V_D$ : tensión de codo.

A continuación vamos a ir viendo las características más importantes del diodo, las cuales podemos agrupar de la siguiente forma:

- Características estáticas:
  - Parámetros en bloqueo (polarización inversa).
  - Parámetros en conducción.
  - Modelo estático.
- Características dinámicas:
  - Tiempo de recuperación inverso ( $t_{rr}$ ).
  - Influencia del  $t_{rr}$  en la conmutación.
  - Tiempo de recuperación directo.
- Potencias:
  - Potencia máxima disipable.
  - Potencia media disipada.
  - Potencia inversa de pico repetitivo.
  - Potencia inversa de pico no repetitivo.
- Características térmicas.
- Protección contra sobreintensidades.

[Volver](#)

## Características estáticas



### Parámetros en bloqueo

- *Tensión inversa de pico de trabajo ( $V_{RWM}$ )*: es la que puede ser soportada por el dispositivo de forma continuada, sin peligro de entrar en ruptura por avalancha.
- *Tensión inversa de pico repetitivo ( $V_{RRM}$ )*: es la que puede ser soportada en picos de 1 ms, repetidos cada 10 ms de forma continuada.
- *Tensión inversa de pico no repetitiva ( $V_{RSM}$ )*: es aquella que puede ser soportada una sola vez durante 10ms cada 10 minutos o más.
- *Tensión de ruptura ( $V_{BR}$ )*: si se alcanza, aunque sea una sola vez, durante 10 ms el diodo puede destruirse o degradar las características del mismo.
- *Tensión inversa continua ( $V_R$ )*: es la tensión continua que soporta el diodo en estado de bloqueo.

[Volver](#)

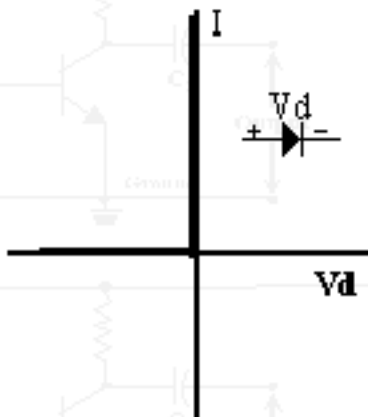
### Parámetros en conducción

- **Intensidad media nominal ( $I_{F(AV)}$ ):** es el valor medio de la máxima intensidad de impulsos sinusoidales de  $180^\circ$  que el diodo puede soportar.
- **Intensidad de pico repetitivo ( $I_{FRM}$ ):** es aquella que puede ser soportada cada 20 ms, con una duración de pico a 1 ms, a una determinada temperatura de la cápsula (normalmente  $25^\circ$ ).
- **Intensidad directa de pico no repetitiva ( $I_{FSM}$ ):** es el máximo pico de intensidad aplicable, una vez cada 10 minutos, con una duración de 10 ms.
- **Intensidad directa ( $I_F$ ):** es la corriente que circula por el diodo cuando se encuentra en el estado de conducción.

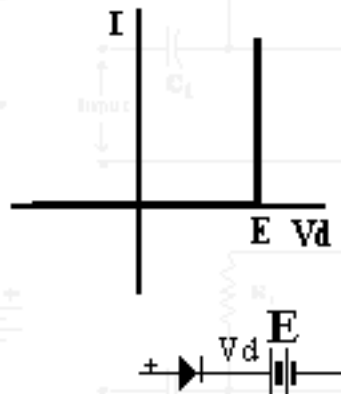
[Volver](#)

### Modelos estáticos del diodo

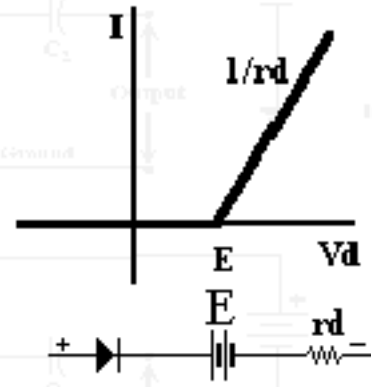
a) Modelo ideal



b) Diodo ideal en serie con fuente de tensión:



c) Diodo ideal en serie con fuente de tensión y con la resistencia del diodo en conducción.



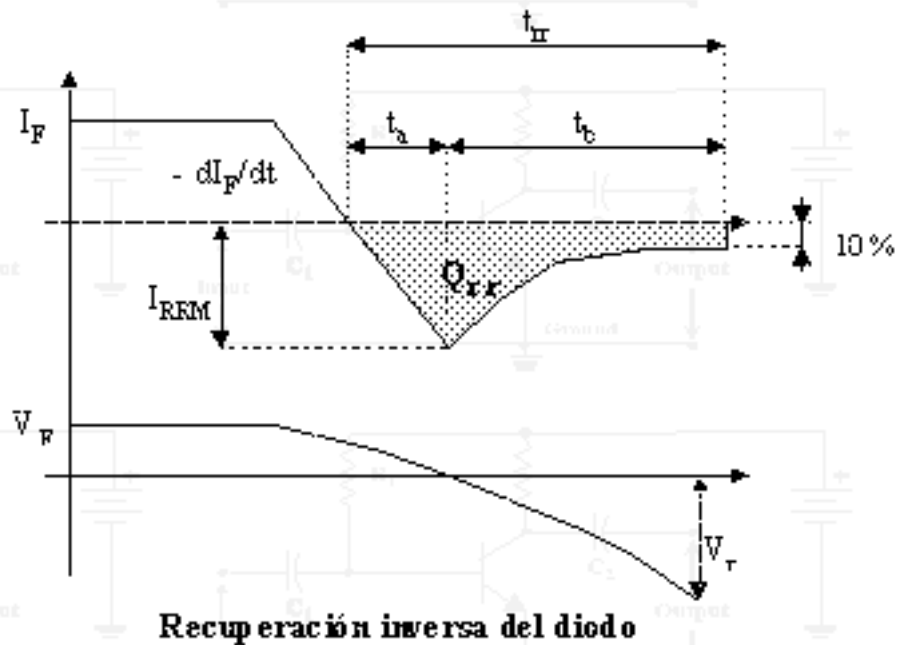
Los distintos modelos del diodo en su región directa (modelos estáticos) se representan en la figura superior. Estos modelos facilitan los cálculos a realizar, para lo cual debemos escoger el modelo adecuado según el nivel de precisión que necesitemos.

Estos modelos se suelen emplear para cálculos a mano, reservando modelos más complejos para programas de simulación como PSPICE. Dichos modelos suelen ser proporcionados por el fabricante, e incluso pueden venir ya en las librerías del programa.

[Volver](#)

## Características dinámicas

### Tiempo de recuperación inverso



El paso del estado de conducción al de bloqueo en el diodo no se efectúa instantáneamente. Si un diodo se encuentra conduciendo una intensidad  $I_F$ , la zona central de la unión P-N está saturada de portadores mayoritarios con tanta mayor densidad de éstos cuanto mayor sea  $I_F$ . Si mediante la aplicación de una tensión inversa forzamos la anulación de la corriente con cierta velocidad  $di/dt$ , resultará que después del paso por cero de la corriente existe cierta cantidad de portadores que cambian su sentido de movimiento y permiten que el diodo conduzca en sentido contrario durante un instante. La tensión inversa entre ánodo y cátodo no se establece hasta después del tiempo  $t_a$  llamado tiempo de almacenamiento, en el que los portadores empiezan a escasear y aparece en la unión la zona de carga espacial. La intensidad todavía tarda un tiempo  $t_b$  (llamado tiempo de caída) en pasar de un valor de pico negativo ( $I_{RRM}$ ) a un valor despreciable mientras van desapareciendo el exceso de portadores.

- $t_a$  (tiempo de almacenamiento): es el tiempo que transcurre desde el paso por cero de la intensidad hasta llegar al pico negativo.
- $t_b$  (tiempo de caída): es el tiempo transcurrido desde el pico negativo de intensidad hasta que ésta se anula, y es debido a la descarga de la capacidad de la unión polarizada en inverso. En la práctica se suele medir desde el valor de pico negativo de la intensidad hasta el 10 % de éste.
- $t_{rr}$  (tiempo de recuperación inversa): es la suma de  $t_a$  y  $t_b$ .

$$t_{rr} = t_a + t_b$$

- $Q_{rr}$ : se define como la carga eléctrica desplazada, y representa el área negativa de la

característica de recuperación inversa del diodo.

- $di/dt$ : es el pico negativo de la intensidad.
- $I_{rr}$ : es el pico negativo de la intensidad.

La relación entre  $t_b/t_a$  es conocida como factor de suavizado "SF".

Si observamos la gráfica podemos considerar  $Q_{rr}$  por el área de un triángulo :

$$Q_{rr} = \frac{1}{2} t_{rr} \times I_{RRM}$$

De donde :

$$I_{RRM} = \left[ \frac{dI_F}{dt} \right] \times t_a$$

Para el cálculo de los parámetros  $I_{RRM}$  y  $Q_{rr}$  podemos suponer uno de los dos siguientes casos:

- Para  $t_a = t_b$   $t_{rr} = 2t_a$
- Para  $t_a = t_{rr}$   $t_b = 0$

En el primer caso obtenemos:

$$t_{rr} = \sqrt{4 \times \frac{Q_{rr}}{\left(\frac{di}{dt}\right)}} \quad I_{RRM} = \sqrt{Q_{rr} \times \left(\frac{di}{dt}\right)}$$

Y en el segundo caso:

$$t_{rr} = \sqrt{2 \times \frac{Q_{rr}}{\left(\frac{di}{dt}\right)}} \quad I_{RRM} = \sqrt{2 \times Q_{rr} \times \left(\frac{di}{dt}\right)}$$

[Volver](#)

### Influencia del trr en la conmutación

Si el tiempo que tarda el diodo en conmutar no es despreciable :

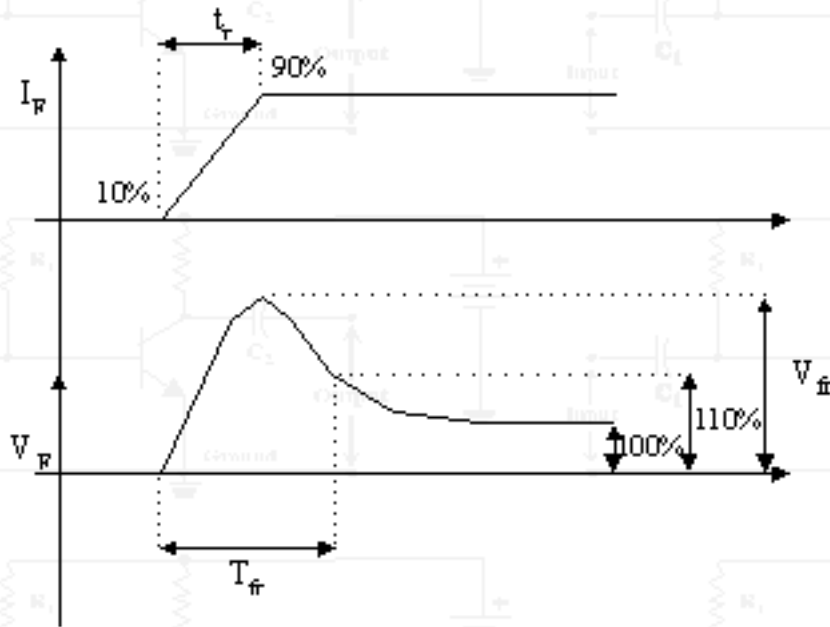
- Se limita la frecuencia de funcionamiento.
  - Existe una disipación de potencia durante el tiempo de recuperación inversa.
- Para altas frecuencias, por tanto, debemos usar diodos de recuperación rápida.

Factores de los que depende  $t_{rr}$  :

- A mayor  $I_{RRM}$  menor  $t_{rr}$ .
- Cuanta mayor sea la intensidad principal que atraviesa el diodo mayor será la capacidad almacenada, y por tanto mayor será  $t_{rr}$ .

[Volver](#)

### Tiempo de recuperación directo



$t_{fr}$  (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  $V_F$ .

### Recuperación directa del diodo

Este tiempo es bastante menor que el de recuperación inversa y no suele producir pérdidas de potencia apreciables.

[Volver](#)

## Disipación de potencia



## Potencia máxima disipable ( $P_{\text{máx}}$ )

Es un valor de potencia que el dispositivo puede disipar, pero no debemos confundirlo con la potencia que disipa el diodo durante el funcionamiento, llamada ésta potencia de trabajo.

[Volver](#)

## Potencia media disipada ( $P_{\text{AV}}$ )

Es la disipación de potencia resultante cuando el dispositivo se encuentra en estado de conducción, si se desprecia la potencia disipada debida a la corriente de fugas.

Se define la potencia media ( $P_{\text{AV}}$ ) que puede disipar el dispositivo, como :

$$P_{T(AV)} = \frac{1}{T} \int_0^T U \times i_A \times dt$$

Si incluimos en esta expresión el modelo estático, resulta :

$$P_{T(AV)} = \frac{1}{T} \int_0^T (U_0 + i_A \times R) \times i_A \times dt = \frac{1}{T} \int_0^T U_0 \times i_A \times dt + \frac{1}{T} \int_0^T i_A^2 \times R \times dt$$

y como :

$\frac{1}{T} \int_0^T i_A \times dt$  es la intensidad media nominal

$\frac{1}{T} \int_0^T i_A^2 \times dt$  es la intensidad eficaz al cuadrado

Nos queda finalmente :

$$P_{T(AV)} = U_0 \times I_m + I_{ef}^2 \times R$$

Generalmente el fabricante integra en las hojas de características tablas que indican la potencia

disipada por el elemento para una intensidad conocida.

Otro dato que puede dar el fabricante es curvas que relacionen la potencia media con la intensidad media y el factor de forma (ya que el factor de forma es la intensidad eficaz dividida entre la intensidad media).

[Volver](#)

### Potencia inversa de pico repetitiva ( $P_{RRM}$ )

Es la máxima potencia que puede disipar el dispositivo en estado de bloqueo.

### Potencia inversa de pico no repetitiva ( $P_{RSM}$ )

Similar a la anterior, pero dada para un pulso único.

[Volver](#)

### Características térmicas

#### Temperatura de la unión ( $T_{j\text{máx}}$ )

Es el límite superior de temperatura que nunca debemos hacer sobrepasar a la unión del dispositivo si queremos evitar su inmediata destrucción.

En ocasiones, en lugar de la temperatura de la unión se nos da la "operating temperature range" (margen de temperatura de funcionamiento), que significa que el dispositivo se ha fabricado para funcionar en un intervalo de temperaturas comprendidas entre dos valores, uno mínimo y otro máximo.

#### Temperatura de almacenamiento ( $T_{stg}$ )

Es la temperatura a la que se encuentra el dispositivo cuando no se le aplica ninguna potencia. El fabricante suele dar un margen de valores para esta temperatura.

[Volver](#)

#### Resistencia térmica unión-contenedor ( $R_{jc}$ )

Es la resistencia entre la unión del semiconductor y el encapsulado del dispositivo. En caso de no dar este dato el fabricante se puede calcular mediante la fórmula:

$$R_{jc} = (T_{jm\acute{a}x} - T_c) / P_{m\acute{a}x}$$

siendo  $T_c$  la temperatura del contenedor y  $P_{m\acute{a}x}$  la potencia máxima disipable.

## Resistencia térmica contenedor-disipador ( $R_{cd}$ )

Es la resistencia existente entre el contenedor del dispositivo y el disipador (aleta refrigeradora). Se supone que la propagación se efectúa directamente sin pasar por otro medio (como mica aislante, etc).

[Volver](#)

## Protección contra sobrecargas

### Principales causas de sobreintensidades

La causa principal de sobreintensidad es, naturalmente, la presencia de un cortocircuito en la carga, debido a cualquier causa. De todos modos, pueden aparecer picos de corriente en el caso de alimentación de motores, carga de condensadores, utilización en régimen de soldadura, etc.

Estas sobrecargas se traducen en una elevación de temperatura enorme en la unión, que es incapaz de evacuar las calorías generadas, pasando de forma casi instantánea al estado de cortocircuito (avalancha térmica).

### Organos de protección

Los dispositivos de protección que aseguran una eficacia elevada o total son poco numerosos y por eso los más empleados actualmente siguen siendo los fusibles, del tipo "ultrarrápidos" en la mayoría de los casos.

Los fusibles, como su nombre indica, actúan por la fusión del metal de que están compuestos y tienen sus características indicadas en función de la potencia que pueden manejar; por esto el calibre de un fusible no se da sólo con su valor eficaz de corriente, sino incluso con su  $I^2t$  y su tensión.

[Volver](#)

### Parámetro $I^2t$

La  $I^2t$  de un fusible es la característica de fusión del cartucho; el intervalo de tiempo  $t$  se indica en

segundos y la corriente  $I$  en amperios.

Debemos escoger un fusible de valor  $I^2t$  inferior al del diodo, ya que así será el fusible el que se destruya y no el diodo.

[Volver](#)

