

Tema VII. Dispositivos semiconductores de potencia. Interruptores

Lección 16 El diodo de potencia

16.1 Construcción y encapsulado

16.2 Características estáticas

16.2.1 Curvas características

16.2.2 Estados de bloqueo y conducción

16.2.3 Cálculo de pérdidas

16.3 Características dinámicas

16.3.1 Salida de conducción: Recuperación inversa

16.3.2 Entrada en conducción: Recuperación directa

16.3.3 Cálculo de pérdidas

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.4 Tipos de diodos de potencia

16.4.1 Diodos rectificadores para baja frecuencia

16.4.2 Diodos rápidos y ultrarrápidos

16.4.3 Diodos Schotkky

16.4.4 Diodos para aplicaciones especiales

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.1 Construcción y encapsulado

CARACTERÍSTICAS DESEABLES:

- Corriente elevada con baja caída de tensión
- Tensión inversa elevada con mínimas fugas

COMPARACIÓN DE LOS DIODOS DE POTENCIA:

Tipo	Caída de tensión directa (V)	Corriente de fugas	Temp. interna máx. (°C)	Tensión inversa máx. (V)	Intensidad directa máx. (A)	Densidad de corriente (A/cm ²)
Mercurio	15 a 19	baja	400	20.000	5.000	4.000
Selenio	1	alta	150	50	50	1
Germanio	0,5	baja	120	800	200	100
Silicio	1	muy baja	200	3.500	1.000	100
Oxido de cobre	0,6	alta	70	30	10	1

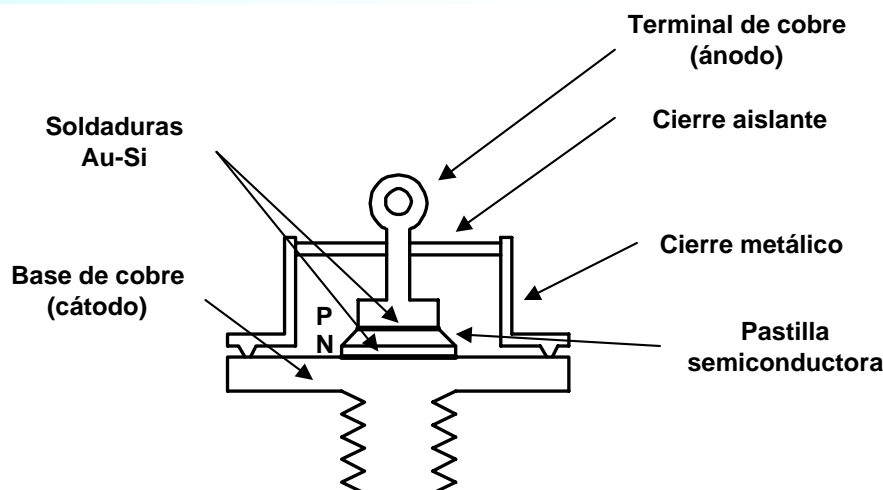
Lección 16. – El diodo de potencia.

16.1 Construcción y encapsulado

ENCAPSULADOS

DO - 5

- Aislamiento
- Conexión Eléctrica
- Disipación térmica

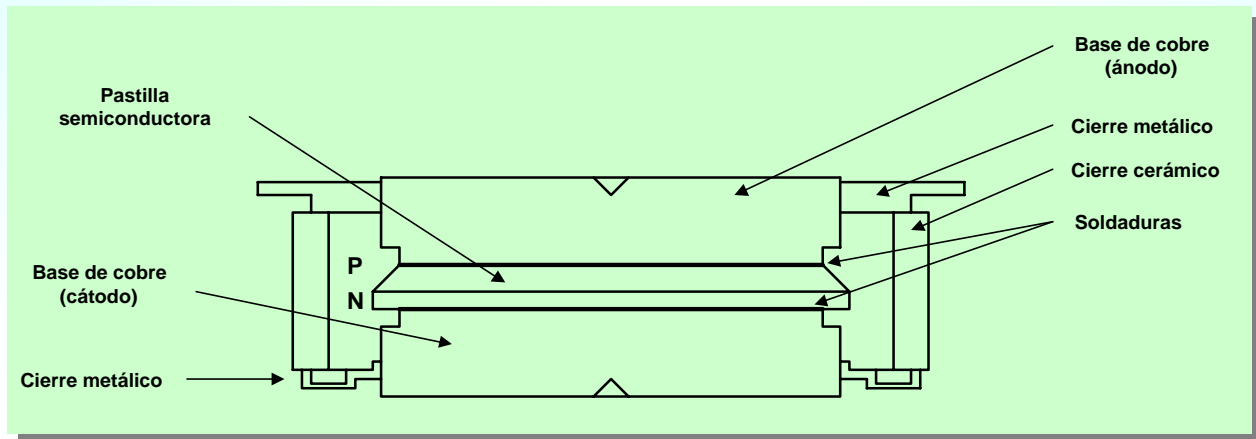


Lección 16. – El diodo de potencia.

16.1 Construcción y encapsulado

DO – 200AC

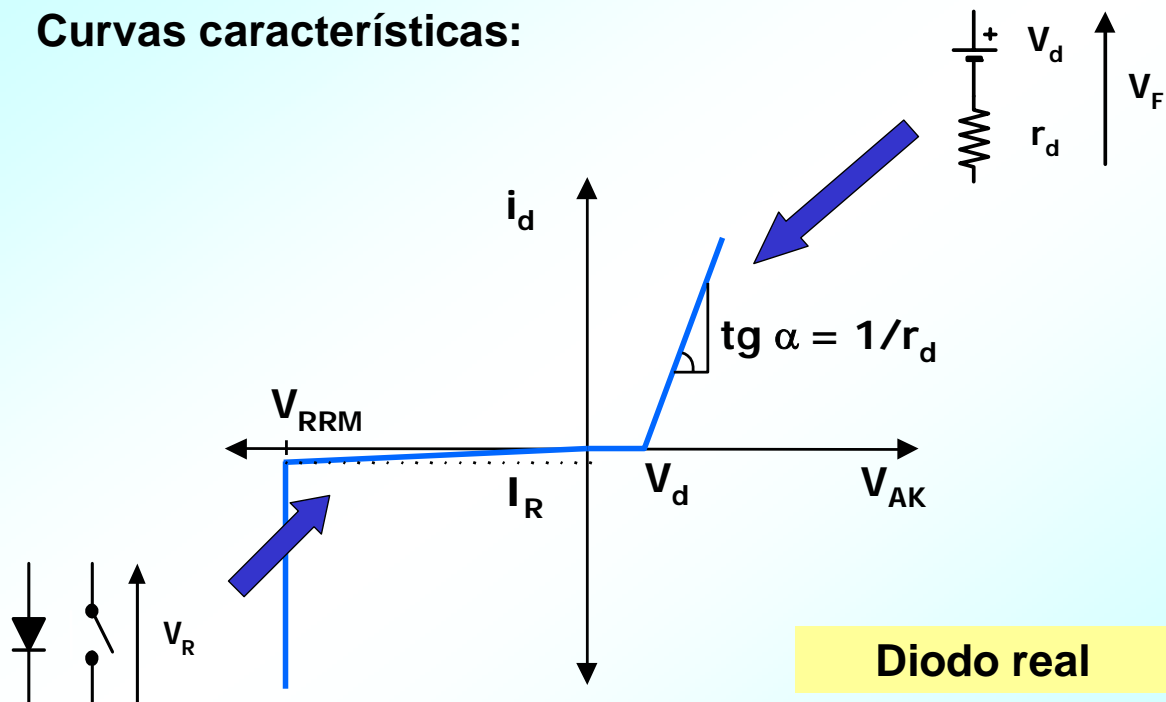
Grandes corrientes
(3500 – 5000 A)



Lección 16. – El diodo de potencia.

16.2 Características estáticas

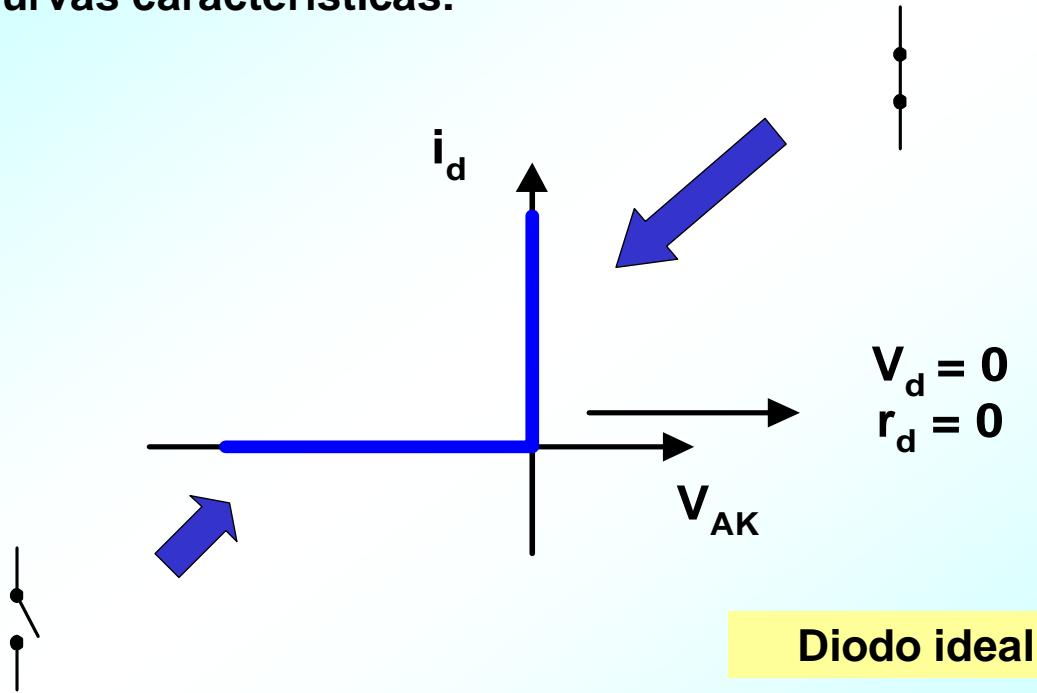
Curvas características:



Lección 16. – El diodo de potencia.

16.2 Características estáticas

Curvas características:

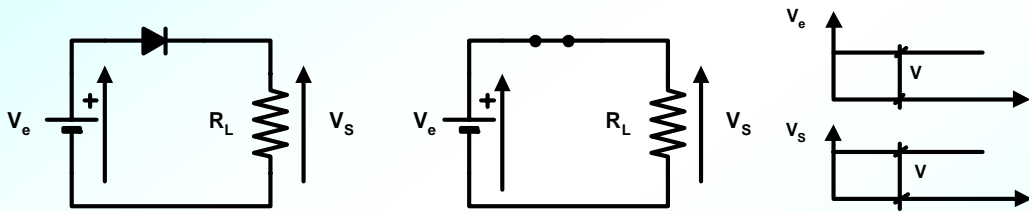


Lección 16. – El diodo de potencia.

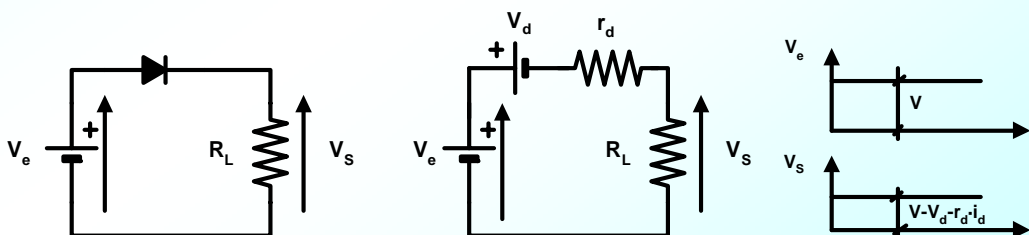
16.2 Características estáticas

Estado de conducción:

DIODO IDEAL



DIODO REAL



Lección 16. – El diodo de potencia.

16.2 Características estáticas

Estado de conducción. Parámetros:

Intensidad media nominal (I_{FAV}):

Es el valor medio de la máxima intensidad de impulsos senoidales de 180° que el diodo puede soportar con la cápsula mantenida a determinada temperatura (110°C normalmente).

Intensidad de pico repetitivo (I_{FRM}):

Máxima intensidad que puede ser soportada cada 20 ms por tiempo indefinido, con duración de pico de 1ms a determinada temperatura de la cápsula.

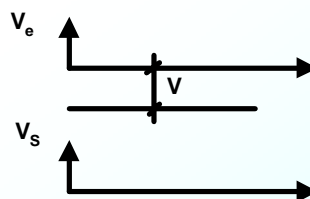
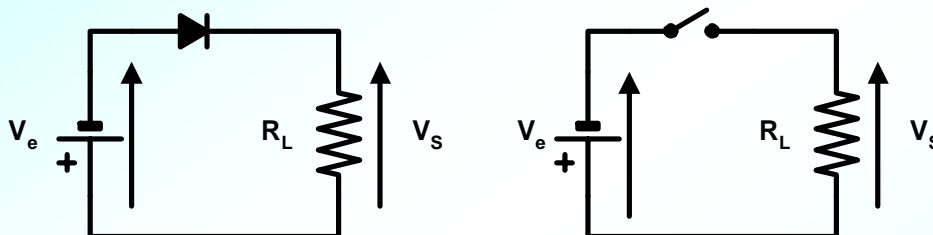
Intensidad de pico único (I_{FSM}):

Es el máximo pico de intensidad aplicable por una vez cada 10 minutos o más, con duración de pico de 10ms.

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.2 Características estáticas

Estado de bloqueo:



Lección 16. – El diodo de potencia.

16.2 Características estáticas

Estado de bloqueo. Parámetros:

Tensión inversa de trabajo (V_{RWM}):

Tensión inversa máxima que puede ser soportada por el diodo de forma continuada sin peligro de avalancha.

Tensión inversa de pico repetitivo (V_{RRM}):

Tensión inversa máxima que puede ser soportada en picos de 1ms repetidos cada 10 ms por tiempo indefinido.

Tensión inversa de pico único (V_{RSM}):

Tensión inversa máxima que puede ser soportada por una sola vez cada 10 min o más, con duración de pico de 10ms.

Tensión de ruptura (V_R):

Si es alcanzada, aunque sea por una vez, el diodo puede destruirse o al menos degradar sus características eléctricas.

Lección 16. – El diodo de potencia.

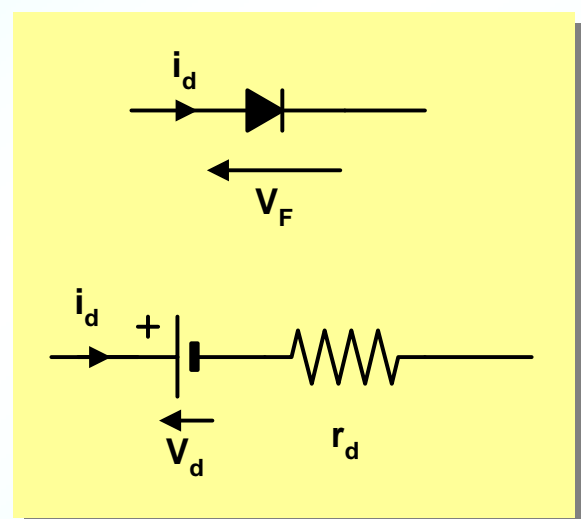
16.2 Características estáticas

Cálculo de pérdidas:

$$P_{\text{dis}} = \frac{1}{T} \int_0^T v_F(t) \cdot i_d(t) \cdot dt$$

$$P_{\text{dis}} = V_d \cdot I_{\text{dm}} + r_d \cdot (I_{\text{def}})^2$$

V_d : Tensión umbral.
 I_{dm} : Corriente media.
 r_d : Resistencia dinámica.
 I_{def} : Corriente eficaz.

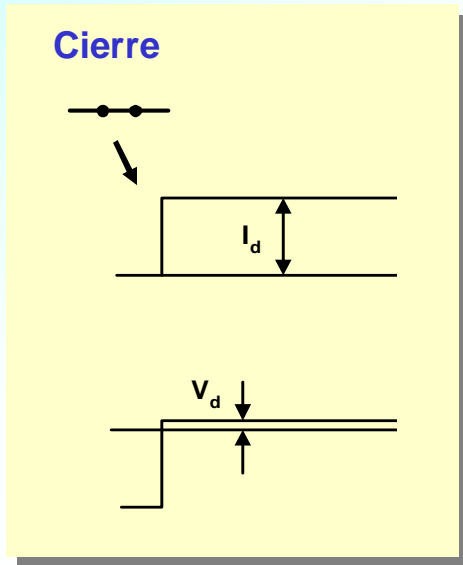


Lección 16. – El diodo de potencia.

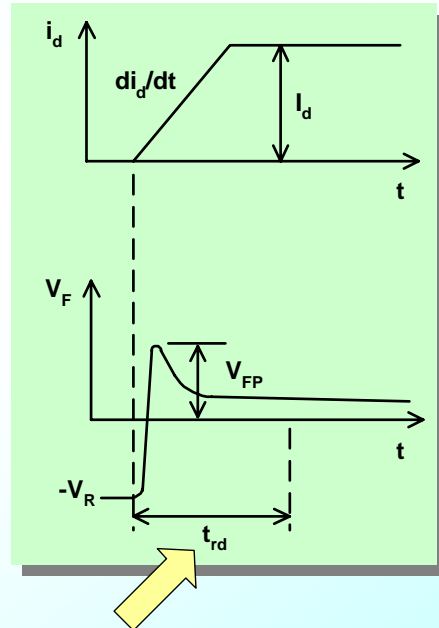
16.3 Características dinámicas

Entrada de conducción: Recuperación directa

Diodo Ideal:



Diodo Real:



t_{rd} : tiempo de recuperación directa

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.3 Características dinámicas

Salida de conducción: Recuperación inversa

Pico de corriente de recuperación Inversa:

$$I_{rr} = t_a \frac{di_d}{dt}$$

Tiempo de recuperación inversa:

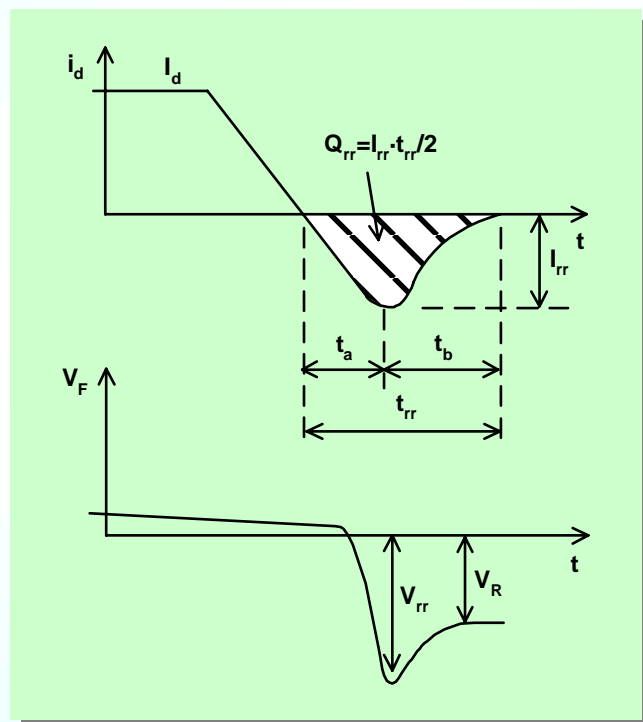
$$t_{rr} = t_a + t_b$$

t_a = tiempo de almacenamiento.
 t_b = tiempo de caída.

Carga de Almacenamiento:

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

$$t_{rr} = \sqrt{\frac{2Q_{rr}}{\frac{di_d}{dt}}} \quad I_{rr} = \sqrt{2Q_{rr} \frac{di_d}{dt}}$$



Lección 16. – El diodo de potencia.

16.3 Características dinámicas

Cálculo de pérdidas:

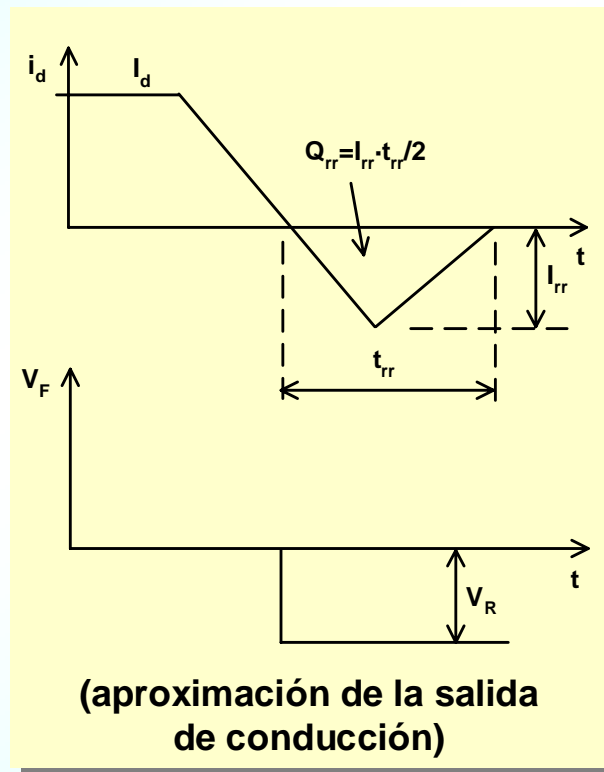
Las pérdidas de entrada en conducción son muy pequeñas ($t_{rd} \ll t_{rr}$) y suelen despreciarse!

$$P_{dis} = \frac{1}{T} \int_0^T v_F(t) \cdot i_d(t) \cdot dt$$

$$P_{dis} = Q_{rr} \cdot V_R \cdot f_S$$

f_S : Frec. de conmutación.

Observar la dependencia de las pérdidas con la frecuencia de conmutación.



Lección 16. – El diodo de potencia.

16.4 Tipos de diodos de potencia

Diodos rectificadores para baja frecuencia:

I_{FAV} : 1 A – 6000 A

V_{RRM} : 400 – 3600 V

V_{Fmax} : 1,2V (a I_{FAVmax})

t_{rr} : 10 μ s

Aplicaciones: - Rectificadores de Red.
- Baja frecuencia (50Hz).

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.4 Tipos de diodos de potencia

Diodos rápidos (fast) y ultrarrápidos (ultrafast):

$$I_{FAV}: 30A - 200 A$$

$$V_{RRM}: 400 - 1500 V$$

$$V_{Fmax}: 1,2V \text{ (a } I_{FAVmax})$$

$$t_{rr}: 0,1 - 10 \mu s$$

- Aplicaciones:
- Conmutación a alta frecuencia (>20kHz).
 - Inversores.
 - UPS.
 - Accionamiento de motores CA.

16.4 Tipos de diodos de potencia

Diodos Schotkky:

$$I_{FAV}: 1A - 120 A$$

$$V_{RRM}: 15 - 150 V$$

$$V_{Fmax}: 0,7V \text{ (a } I_{FAVmax})$$

$$t_{rr}: 5 ns$$

- Aplicaciones:
- Fuentes conmutadas.
 - Convertidores.
 - Diodos de libre circulación.
 - Cargadores de baterías.

16.4 Tipos de diodos de potencia

Diodos para aplicaciones especiales (alta tensión):

$$I_{FAV}: 0,45A - 2 A$$

$$V_R: 7,5kV - 18kV$$

$$V_{RRM}: 20V - 100V$$

$$t_{rr}: 150 ns$$

Aplicaciones: - Aplicaciones de alta tensión.

16.4 Tipos de diodos de potencia

Diodos para aplicaciones especiales (alta corriente):

$$I_{FAV}: 50A - 7000 A$$

$$V_{RRM}: 400V - 2500V$$

$$V_F: 2V$$

$$t_{rr}: 10 \mu s$$

Aplicaciones: - Aplicaciones de alta corriente.

16.4 Tipos de diodos de potencia



Encapsulado
cerámico
600V/6000A



DO - 5

Ánodo

200V
60A

Cátodo
(roscado)



Rectificador
1500V
168A
1.8V

Schottky
120A – 150V



Alta Tensión
40.000V
0.45A
32V (VF)
32



HSK SKV



Fast
1500V
168A
1.8V

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

International
IOR Rectifier

SCHOTTKY RECTIFIER

11DQ09

11DQ10

1.1 Amp

Major Ratings and Characteristics

Characteristics	11DQ..	Units
$I_{F(AV)}$ Rectangular waveform	1.1	A
V_{RRM}	90/100	V
I_{FSM} @ $t_p = 5 \mu s$ sine	85	A
V_F @ 1 Apk, $T_J = 25^\circ C$	0.85	V
T_J range	-40 to 150	$^\circ C$

Description/Features

The 11DQ.. axial leaded Schottky rectifier has been optimized for very low forward voltage drop, with moderate leakage. Typical applications are in switching power supplies, converters, free-wheeling diodes, and reverse battery protection.

- Low profile, axial leaded outline
- High purity, high temperature epoxy encapsulation for enhanced mechanical strength and moisture resistance
- Very low forward voltage drop
- High frequency operation
- Guard ring for enhanced ruggedness and long term reliability

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

Voltage Ratings

Part number	11DQ09	11DQ10
V_R Max. DC Reverse Voltage (V)	90	100
V_{RRM} Max. Working Peak Reverse Voltage (V)		

Absolute Maximum Ratings

Parameters	11DQ..	Units	Conditions
$I_{F(AV)}$ Max. Average Forward Current * See Fig. 4	1.1	A	50% duty cycle @ $T_C = 75^\circ\text{C}$, rectangular waveform
I_{FSM} Max. Peak One Cycle Non-Repetitive Surge Current * See Fig. 6	85	A	5 μs Sine or 3 μs Rect. pulse
	14		10ms Sine or 6ms Rect. pulse
E_{AS} Non-Repetitive Avalanche Energy	3.0	mJ	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{AS} = 0.5$ Amps, $L = 10$ mH
I_{AR} Repetitive Avalanche Current	0.2	A	Current decaying linearly to zero in 1 μsec Frequency limited by T_J max. $V_A = 1.5 \times V_R$ typical

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

Electrical Specifications

Parameters	11DQ..	Units	Conditions
V_{FM} Max. Forward Voltage Drop * See Fig. 1 (1)	0.85	V	@ 1A
	0.96	V	@ 2A
	0.68	V	@ 1A
	0.78	V	@ 2A
I_{RM} Max. Reverse Leakage Current * See Fig. 2 (1)	0.5	mA	$T_J = 25^\circ\text{C}$
	1.0	mA	$T_J = 125^\circ\text{C}$
C_T Typical Junction Capacitance	35	pF	$V_R = 5V_{DC}$ (test signal range 100Khz to 1Mhz) 25°C
L_S Typical Series Inductance	8.0	nH	Measured lead to lead 5mm from package body
dv/dt Max. Voltage Rate of Change	10000	V/ μs	(Rated V_R)

(1) Pulse Width < 300 μs , Duty Cycle <2%

Thermal-Mechanical Specifications

Parameters	11DQ..	Units	Conditions
T_J Max. Junction Temperature Range (*)	-40 to 150	$^\circ\text{C}$	
T_{stg} Max. Storage Temperature Range	-40 to 150	$^\circ\text{C}$	
R_{thJA} Max. Thermal Resistance Junction to Ambient	100	$^\circ\text{C/W}$	DC operation Without cooling fin
R_{thJL} Typical Thermal Resistance Junction to Lead	81	$^\circ\text{C/W}$	DC operation (See Fig. 4)
wt Approximate Weight	0.33(0.012)	g(oz.)	
Case Style	DO-204AL(DO-41)		

(*) $\frac{dP_{tot}}{dT_J} < \frac{1}{R_{th(j-a)}}$ thermal runaway condition for a diode on its own heatsink

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

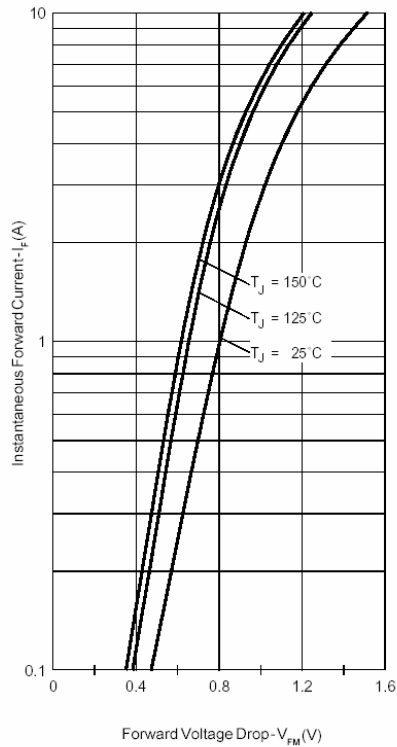


Fig. 1 - Max. Forward Voltage Drop Characteristics

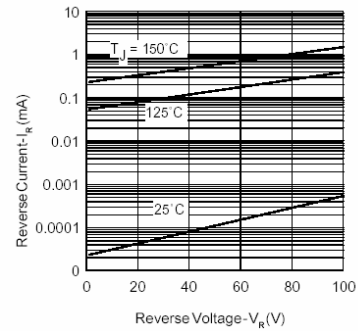


Fig. 2 - Typical Values Of Reverse Current Vs. Reverse Voltage

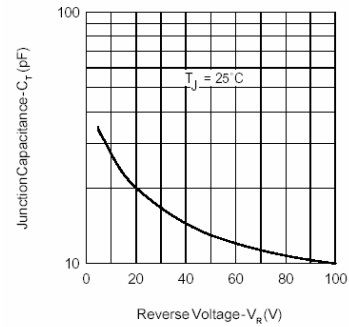


Fig. 3 - Typical Junction Capacitance Vs. Reverse Voltage

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

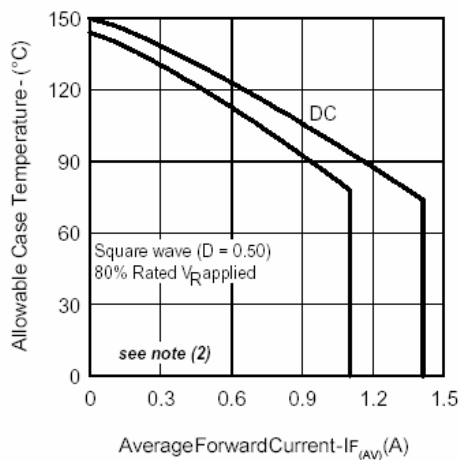


Fig. 4 - Max. Allowable Case Temperature Vs. Average Forward Current

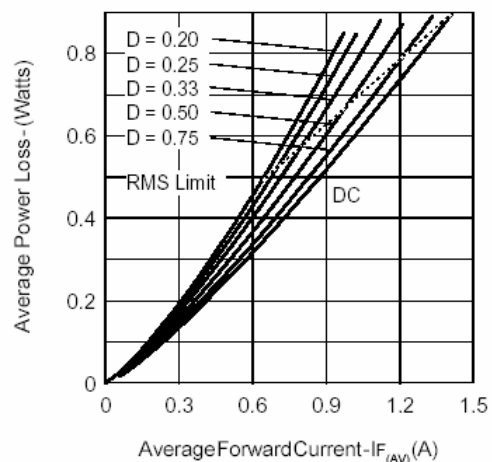


Fig. 5 - Forward Power Loss Characteristics

Lección 16. – El diodo de potencia.

16.5 Uso de los datos de catálogo de fabricantes

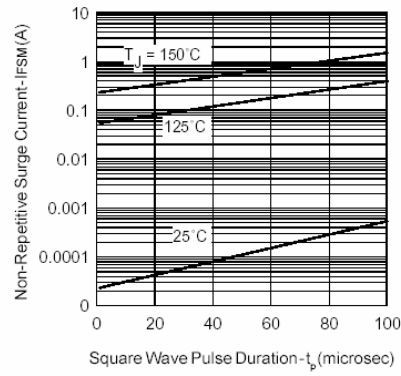
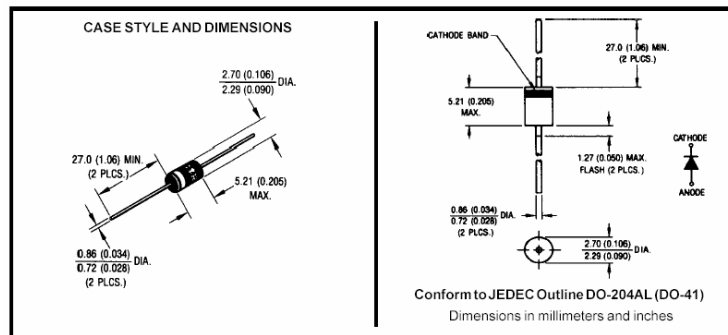


Fig. 6 - Max. Non-Repetitive Surge Current



Lección 16. – El diodo de potencia.