

Tema VII. Dispositivos semiconductores de potencia. Interruptores.

Lección 22 Radiadores

22.1 Generalidades

22.2 Modelo estático de la transferencia térmica

22.3 Cálculo estático de radiadores

22.4 Modelo dinámico. Concepto de impedancia térmica

22.5 Cálculo dinámico de radiadores

22.6 Ejemplos

Lección 22. – Radiadores.

22.1 Generalidades.



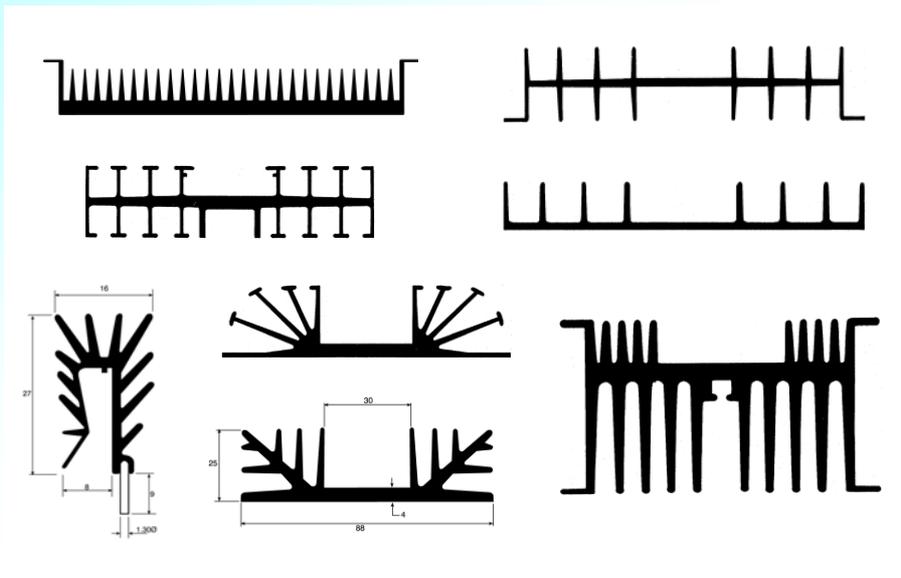
Lección 22. – Radiadores.

22.1 Generalidades.



Lección 22. – Radiadores.

22.1 Generalidades.



Lección 22. – Radiadores.

22.1 Generalidades.

TRANSFERENCIA DE CALOR: UNIÓN - CÁPSULA

(CONDUCCIÓN)

\dot{Q} = Potencia a disipar.

T_j = Temperatura de la unión.

T_c = Temperatura de la cápsula.

R_{thjc} = Resistencia térmica entre la unión y la cápsula.

$$\dot{Q} = \frac{T_j - T_c}{R_{thjc}}$$

TRANSFERENCIA DE CALOR: CÁPSULA - AMBIENTE

(CONVECCIÓN + RADIACIÓN)

\dot{Q} = Potencia a disipar.

T_c = Temperatura de la cápsula.

T_a = Temperatura del ambiente.

R_{thca} = Resistencia térmica entre la cápsula y el ambiente.

$$\dot{Q} = \frac{T_c - T_a}{R_{thca}}$$

Lección 22. – Radiadores.

22.2 Modelo estático de la transferencia térmica.

Analogía eléctrica:

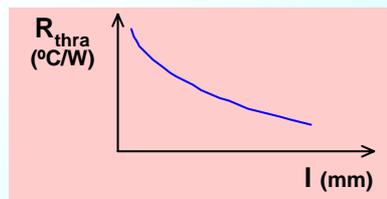
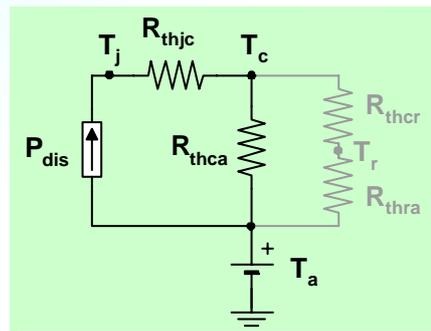
- El fabricante da la R_{thjc} del semiconductor.

- Si $T_j > T_{jmax} \Rightarrow$ **DESTRUCCIÓN!**

- Para reducir T_j se añade un radiador, incorporando una R_{thra} mucho menor al modelo.

El paralelo equivalente es pract. R_{thra}

- El fabricante proporciona R_{thra} en función de la longitud del radiador:



Lección 22. – Radiadores.

22.3 Cálculo estático de radiadores.

1. **Determinar T_{jmax} :** Es un dato proporcionado por el fabricante.

Si no lo diera, tomar: $T_{jmaxSi} = 135\text{ °C}$, $T_{jmaxGe} = 90\text{ °C}$.

2. **Determinar R_{thjc} :** Es un dato proporcionado por el fabricante.

Si no lo diera, calcularla a partir de la máxima potencia que el semiconductor es capaz de disipar sin radiador (dato del fabricante):

$$R_{thjc} = (T_{jmax} - T_c) / P_{dismax@25°C} \quad (\text{tomando } T_c = T_a = 25\text{ °C})$$

3. **Determinar R_{thcr} :** Depende del tipo de contacto y del encap. (tablas):

DIRECTO: El contacto térmico no suele ser bueno.

PASTA DE SILICONA: Mejora mucho el contacto térmico.

MICA: Aislante eléctrico, pero empeora mucho la transmisión térmica.

R_{thcr} : directo + pasta de silicona > directo > mica+pasta > mica
(+ transmisión de calor -)

Lección 22. – Radiadores.

22.3 Cálculo estático de radiadores.

Tabla de R_{thcr} :

Tipo contenedor	Contacto directo sin mica	Contacto directo más pasta de silicona	Contacto con mica	Contacto con mica más pasta de silicona
N. 1 TO.39 TO.5	1	0,7	—	—
N. 2 TO.126	1,4	1	2	1,5
N. 3 TO.220	0,8	0,5	1,4	1,2
N. 4 TO.202	0,8	0,5	1,4	1,2
N. 5 TO.152	0,8	0,5	1,4	1,2
N. 6 TO.90	0,5	0,3	1,2	0,9
N. 7 TO.3 plástico	0,4	0,2	1	0,7
N. 8-9 TO.59	1,2	0,7	2,1	1,5
N. 10 TO.117	2	1,7	—	—
N. 11 SOT.48	1,8	1,5	—	—
N. 12-13 DIA.4L	1,1	0,7	—	—
N. 14 TO.66	1,1	0,65	1,8	1,4
N. 15 TO.3	0,25	0,12	0,8	0,4

4. **Determinar R_{thra} :**

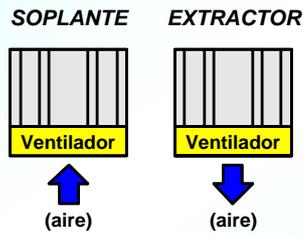
- Depende de su forma geométrica y de la longitud de la pieza. (ver tablas adjuntas).
- Se debe colocar en el exterior.
- Se debe colocar en posición vertical (Si posición horizontal multiplicar por 1,25).
- Es preferible el color negro (Si color blanco multiplicar por 1,1).
- El aire debe atravesar longitudinalmente el disipador.

Lección 22. – Radiadores.

22.3 Cálculo estático de radiadores.

4. Determinar R_{thra} :

- Se puede incorporar un ventilador para ayudar al disipador. (Ver tablas de corrección).
- Posición del ventilador:



$$R_{thra} = \text{posición} \cdot \text{color} \cdot \text{ventilación} \cdot R_{thra}(\text{fabr.})$$

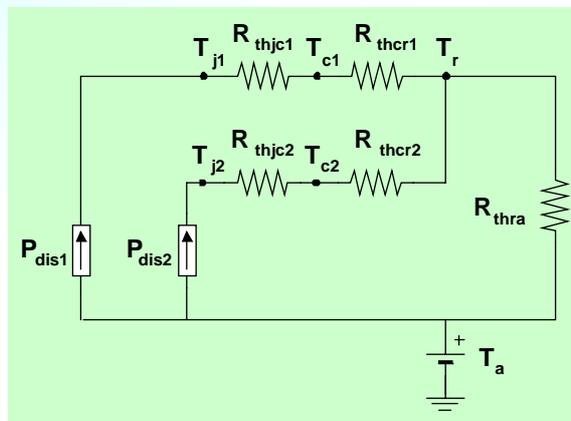
FACTOR DE CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DEL RÉGIMEN DEL VENTILADOR		
RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO		FACTOR CORRECTOR
litros/seg.	Metros cúbicos/hora	F
8	30	0,79
11	40	0,72
14	50	0,66
17	60	0,60
19	70	0,55
22	80	0,51
25	90	0,49
28	100	0,47
30	110	0,45
33	120	0,43
36	130	0,41
39	140	0,39
42	150	0,37
44	160	0,36
47	170	0,35
50	180	0,34
53	190	0,33
56	200	0,32
58	210	0,31
61	220	0,30
64	230	0,29
67	240	0,28
70	250	0,27
72	260	0,26
75	270	0,25
78	280	0,24
81	290	0,23
84	300	0,22
86	310	0,22
89	320	0,21
92	330	0,21

Lección 22. – Radiadores.

22.3 Cálculo estático de radiadores.

4. Determinar R_{thra} :

- Centrar el dispositivo en el disipador.
- Se pueden colocar varios elementos sobre el mismo disipador, distribuyéndolos.



Lección 22. – Radiadores.

22.4 Modelo dinámico.

- En general, P_{dis} no es constante.

(Por ejemplo, en el arranque puede existir un pulso de potencia).

- La dinámica térmica es muy lenta.

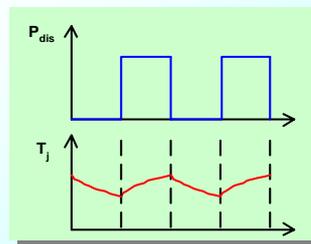
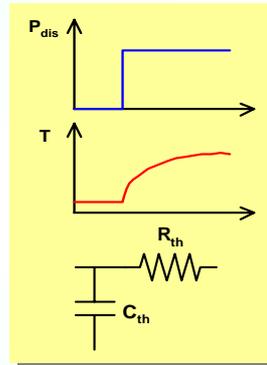
(las masas al elevar su temperatura absorben energía, actuando como capacidades térmicas).

-Si la P_{dis} es pulsante, T_j puede no llegar al régimen permanente.

(El cálculo estático sobredimensionaría el disipador).

-Otro error es calcularlo tomando P_{dismed} .

(En los transitorios podríamos sobrepasar T_{jmax} !!).



Lección 22. – Radiadores.

22.4 Modelo dinámico.

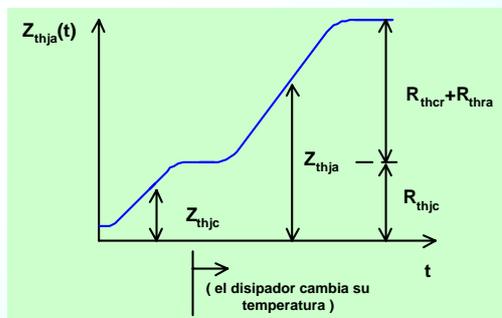
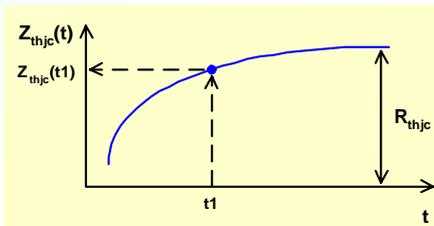
- Como se puede apreciar, $T_j = T_j(t)$.

- El fabricante proporciona $Z_{thjc}(t)$.

(Impedancia térmica transitoria)

$$T_j(t) = Z_{thjc}(t) \cdot P_{dis} + T_a$$

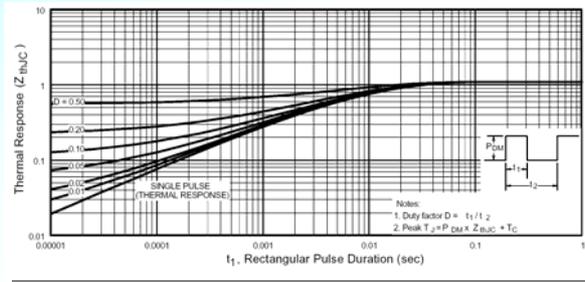
- Evolución de la impedancia térmica de un semiconductor montado sobre un disipador:



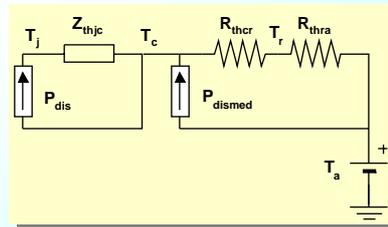
Lección 22. – Radiadores.

22.5 Cálculo dinámico de radiadores.

- Para régimen pulsante de alta frecuencia, el fabricante da Z_{thjc} para diferentes ciclos de trabajo:



- Los cambios de temperatura solo los experimentará la unión. La temperatura de la cápsula y del disipador pueden calcularse estáticamente a partir de P_{dismed}



Lección 22. – Radiadores.

22.6 Ejemplos.

EJEMPLO 1

Se desea colocar un disipador a un transistor TO204 (encap. TO3), de modo que estén eléctricamente aislados.

$$T_{jmax} = 115^\circ\text{C} \quad R_{thjc} = 2,5^\circ\text{C/W} \quad P_{max} = 10\text{W} \quad T_a = 40^\circ\text{C}$$

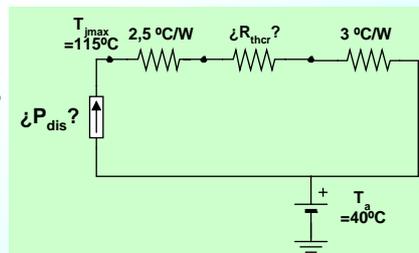
Si se coloca un disipador de 3°C/W . Determinar:

- ¿Qué potencia se puede disipar?.
- En caso afirmativo ¿ T_j y T_c ?
- ¿Se pueden disipar 30 W en este transistor?

a) ¿Qué potencia se puede disipar?

Necesitamos conocer R_{thcr} . Entrando en la gráfica correspondiente con el tipo de encapsulado (TO3) y de contacto (directo con mica).... $R_{thcr} = 0,8^\circ\text{C/W}$

$$P_{dis} = \frac{115 - 40}{2,5 + 0,8 + 3} = 12\text{ W}$$



Lección 22. – Radiadores.

22.6 Ejemplos.

EJEMPLO 1

b) En caso afirmativo ¿ T_j y T_c ?

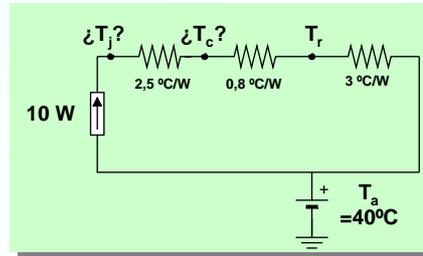
Conocida R_{thcr} el cálculo de las temperaturas es inmediato.

$$T_c = 40 + (0,8 + 3) \cdot 10$$

$$T_c = 78 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_j = 78 + 2,5 \cdot 10$$

$$T_j = 103 \text{ }^\circ\text{C}$$



c) ¿Se pueden disipar 30 W en este transistor?

$$30 = \frac{115 - 40}{2,5 + 0,8 + R_{thra}} \Rightarrow R_{thra} = -0,8 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

La resistencia térmica es negativa. No existe ningún radiador que permita disipar esa potencia.

Lección 22. – Radiadores.

22.6 Ejemplos.

EJEMPLO 1

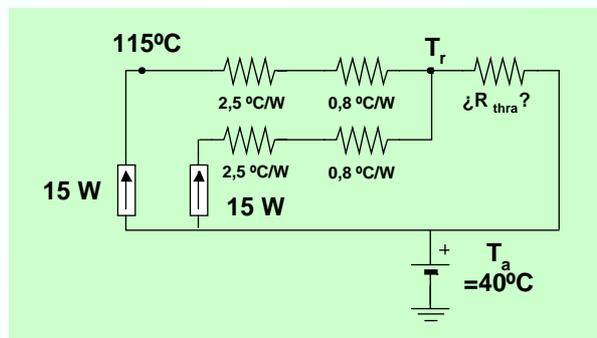
Si disponemos dos transistores en paralelo sobre el mismo disipador quizá se puedan disipar los 30W.

En este caso, cada transistor disiparía 15W:

$$T_r = 30 \cdot R_{thra} + 40$$

$$T_r = 115 - (2,5 + 0,8) \cdot 15$$

$$\Rightarrow R_{thra} = 0,85 \text{ }^\circ\text{C/W}$$



Lección 22. – Radiadores.

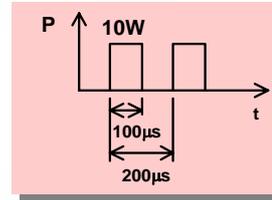
22.6 Ejemplos.

EJEMPLO 2

Supongamos el caso anterior, pero en régimen pulsante.

$$P_{\max}=10\text{W} \quad T_a=40^\circ\text{C} \quad R_{\text{thcr}}=0,8 \text{ }^\circ\text{C/W} \quad R_{\text{thra}}=3 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Determinar: $T_{j\max}$, T_c y T_d

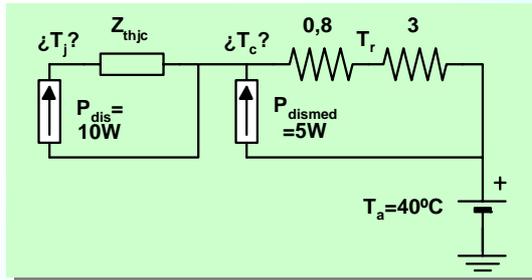


Lo primero que tenemos que calcular es la potencia media disipada, para calcular T_c .

$$P_{\text{dismed}} = \frac{t_{\text{ON}}}{T} \cdot 40 = 5\text{W}$$

$$T_c = 5 \cdot (0,8 + 3) + 40 = 59^\circ\text{C}$$

$$T_r = 5 \cdot 3 + 40 = 55^\circ\text{C}$$



Lección 22. – Radiadores.

22.6 Ejemplos.

EJEMPLO 2

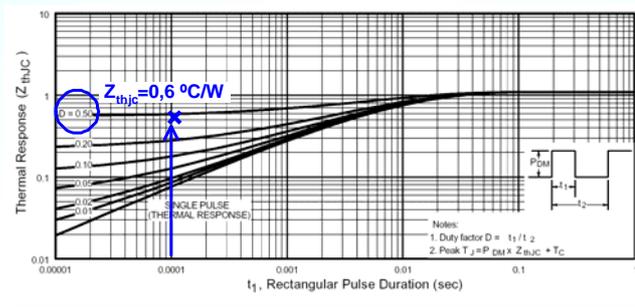
A continuación, calcularemos la impedancia térmica transitoria, Z_{thjc} .

Acudiendo a la gráfica suministrada por el fabricante:

$$D=100\mu\text{s}/200\mu\text{s}=0,5$$

$$t_1=100\mu\text{s}$$

$$\Rightarrow Z_{\text{thjc}}=0,6^\circ\text{C/W}$$



Entonces:

$$T_{j\max} = 10 \cdot 0,6 + 59 = 65^\circ\text{C}$$

Lección 22. – Radiadores.