



Universidad  
de Oviedo

## Lección 7

# PROTECCIÓN TÉRMICA DE SEMICONDUCTORES

Sistemas Electrónicos de Alimentación  
5º Curso. Ingeniería de Telecomunicación

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Introducción

Los semiconductores no son ideales, por lo que al manejar corriente disipan potencia

La disipación de potencia se traduce en un aumento de temperatura

El silicio (Si) pierde sus propiedades semiconductoras por encima de 150 °C

Debemos asegurar por diseño que esto no va a suceder

La evacuación de calor desde el interior del dispositivo hasta el ambiente depende enormemente del encapsulado utilizado

Cada modelo tiene unas características geométricas que le proporcionan una cierta capacidad de evacuar calor

En caso de que el propio encapsulado no sea suficiente para

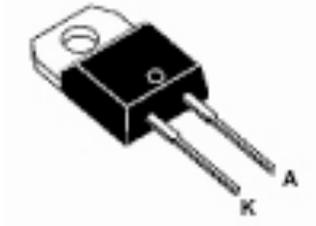
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

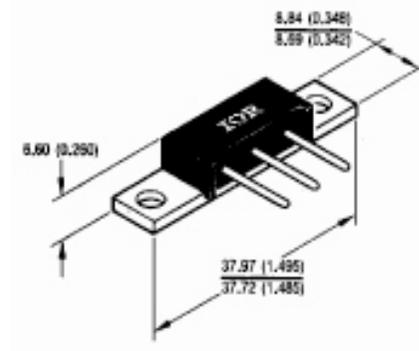
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

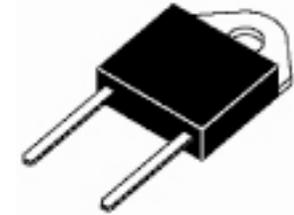
## Encapsulados



TO 220 AC



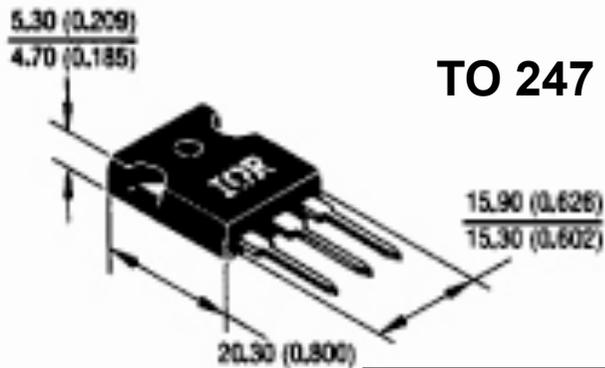
D 61



DOP 31



DO 5



TO 247



B 44

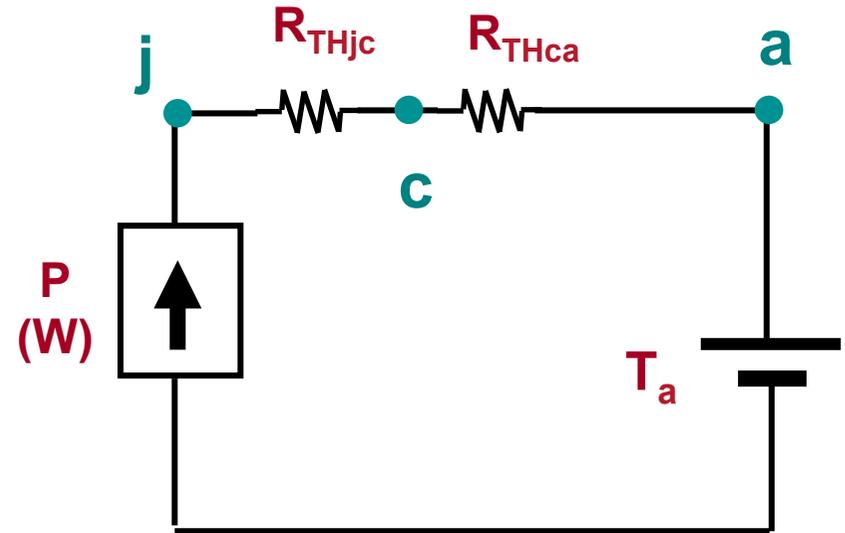
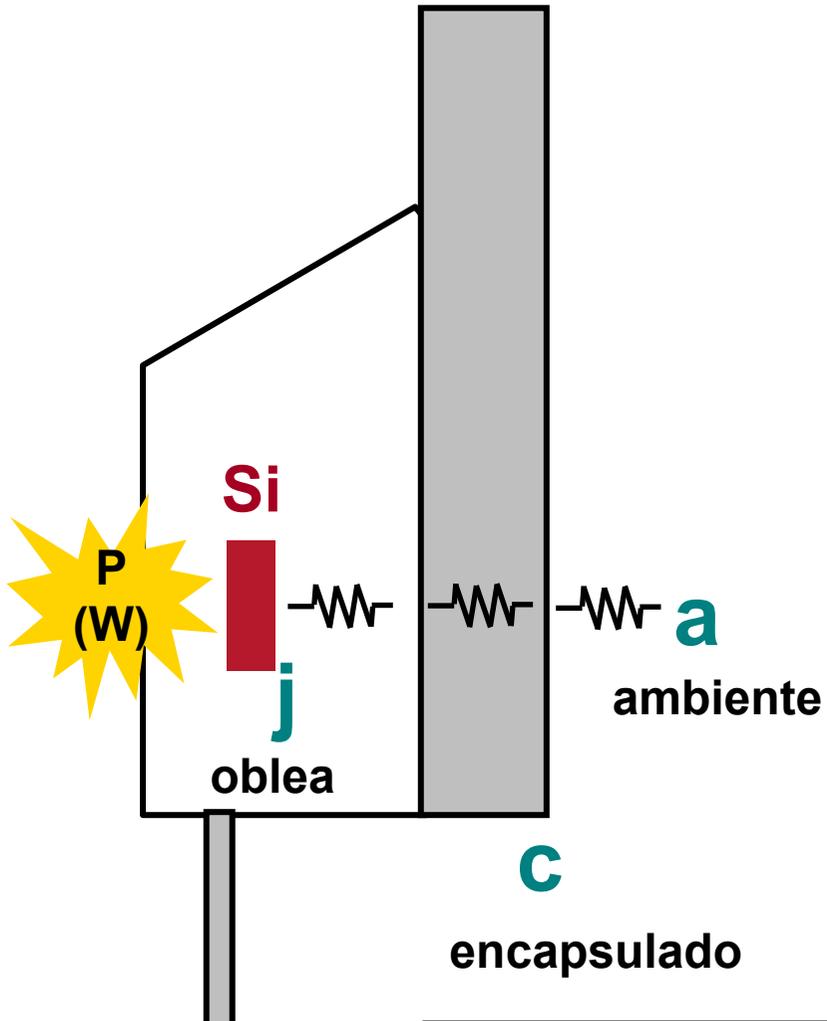
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Equivalente eléctrico



$T_a$  : Temperatura ambiente

Tensiones = Temperaturas

Corriente = Pérdidas (W)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

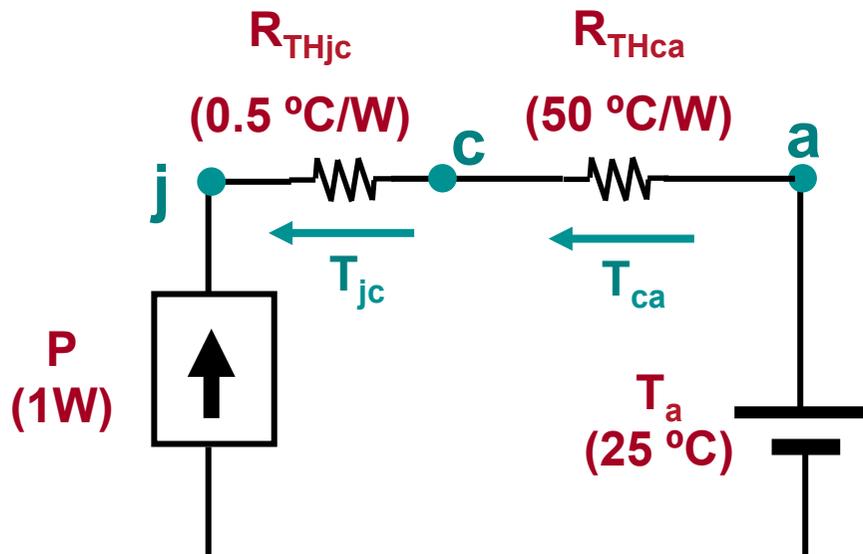
## Equivalente eléctrico

Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta jc}$	Junction-to-Case	—	—	0.75	°C/W
$R_{\theta cs}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.50	—	
$R_{\theta ja}$	Junction-to-Ambient	—	—	62	

La resistencia térmica **oblea – encapsulado** es baja ( $\approx 0.5 \text{ °C/W}$ )

La resistencia térmica **encapsulado- ambiente** es alta ( $\approx 50 \text{ °C/W}$ )



$$T_{ca} = R_{THca} \cdot P = 50 \text{ °C/W} \cdot 1 \text{ W} = 50 \text{ °C}$$

$$T_{jc} = R_{THjc} \cdot P = 0.5 \text{ °C/W} \cdot 1 \text{ W} = 0.5 \text{ °C}$$

$$T_j = T_a + T_{ca} + T_{jc} =$$

$$= 25 + 50 + 0.5 = 75.5 \text{ °C}$$

$T_j < 150 \text{ °C}$  ➔ **Correcto**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

El salto térmico se produce entre el encapsulado y el ambiente

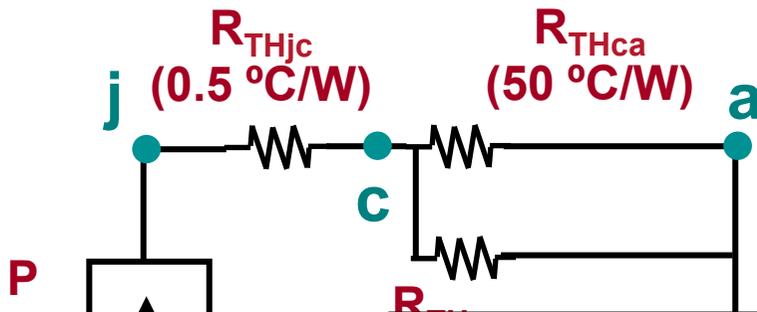
## Equivalente eléctrico

Para reducir la temperatura se puede colocar un radiador  
 Proporcionamos un camino de salida alternativo al calor  
 Equivale a conectar una resistencia en paralelo con la  $R_{THca}$

La  $R_{TH}$  del radiador debe ser baja en comparación con  $R_{THca}$   
 para que sea efectivo

Ejemplo:  $R_{THra} = 5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

$$R_{THEq} = \frac{R_{THca} \cdot R_{THra}}{R_{THca} + R_{THra}} = \frac{5 \cdot 50}{5 + 50} = 4.5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$



$$T_{ca} = R_{THEq} \cdot P = 4.5 \text{ } ^\circ\text{C/W} \cdot 1 \text{ W} = 4.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{jc} = R_{THjc} \cdot P = 0.5 \text{ } ^\circ\text{C/W} \cdot 1 \text{ W} = 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_j = T_a + T_{ca} + T_{jc} =$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

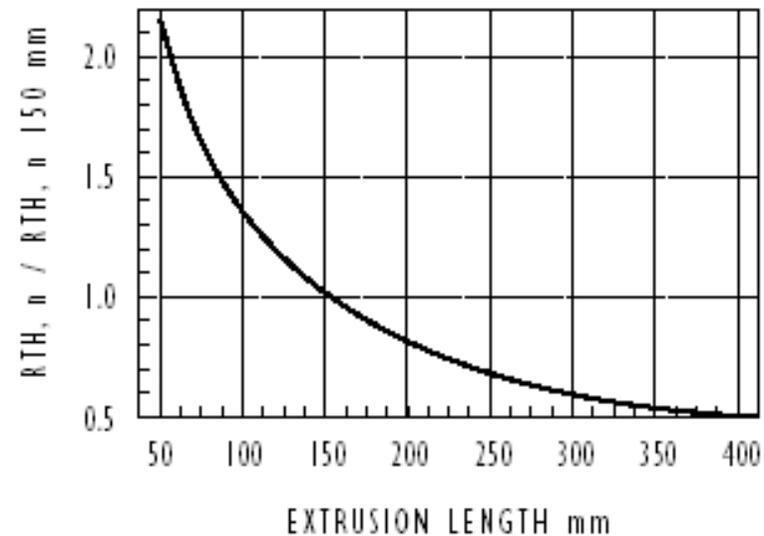
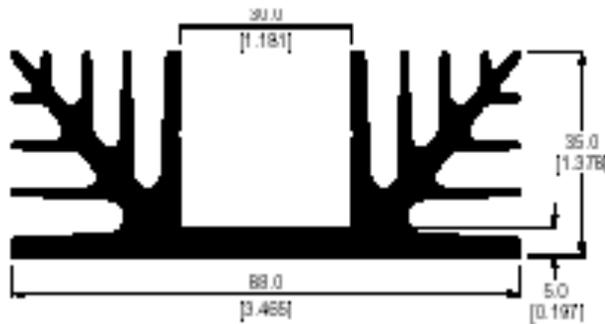
## Modelos de radiadores

Los radiadores grandes se venden en barras de 1 ó 2 metros

El diseñador debe cortar la longitud que le interesa

La resistencia térmica depende de la longitud

El fabricante proporciona una curva con la  $R_{TH}$  de cada perfil en función de la longitud



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Unión del semiconductor al radiador

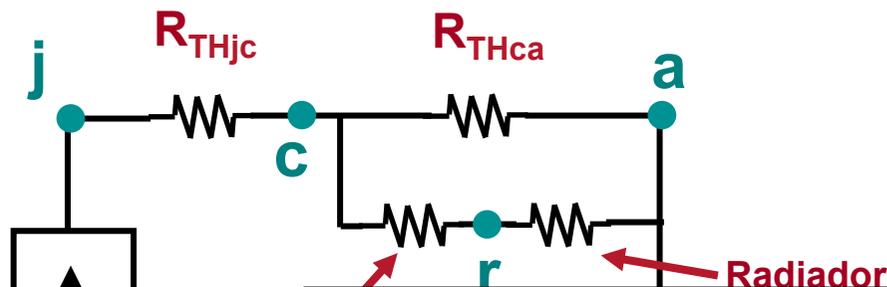
La lámina aislante interpone también una resistencia térmica adicional  
 Dependiendo del material utilizado, la  $R_{TH}$  varía

Mica de espesor 60  $\mu\text{m}$ :  $R_{TH} : 1.4 \text{ }^\circ\text{C/W}$

Mica de espesor 100  $\mu\text{m}$ :  $R_{TH} : 2.2 \text{ }^\circ\text{C/W}$

Alúmina de espesor 250  $\mu\text{m}$ :  $R_{TH} : 0.8 \text{ }^\circ\text{C/W}$

Para mejorar el contacto térmico, se utilizan pastas de silicona que reducen la resistencia térmica alrededor del 30%



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

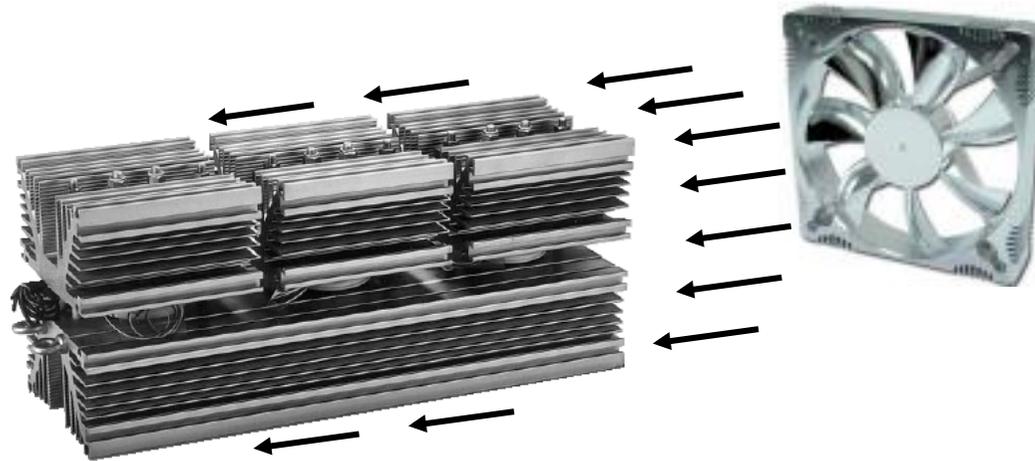
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Factores que afectan a la $R_{TH}$

### Ventilación

Para mejorar la capacidad de evacuación de calor es posible utilizar ventilación forzada

Con esto se consigue reducir la resistencia térmica



Atención a la dirección del flujo de aire



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

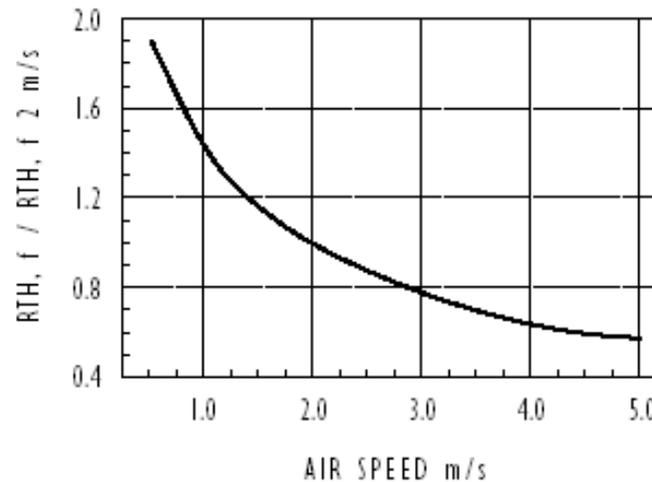
CORRECTO

INCORRECTO

## Factores que afectan a la $R_{TH}$

### Ventilación

El fabricante da una curva con el coeficiente a aplicar en función del caudal de aire



**A partir de un cierto caudal, tampoco se consigue disminuir la resistencia térmica**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

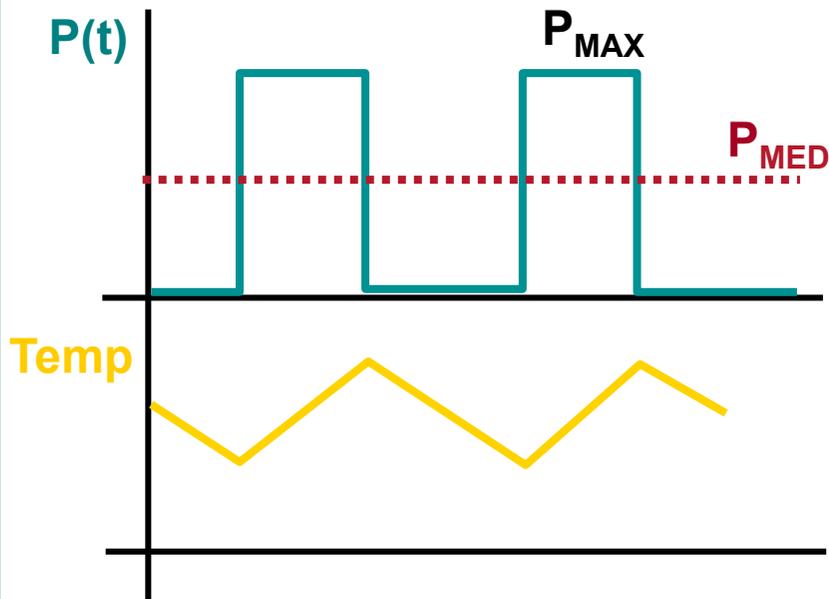
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## Cálculo dinámico de radiadores

Hasta ahora hemos supuesto que la potencia disipada era constante  
Sin embargo, la potencia instantánea no suele serlo



Por tanto, la temperatura estará variando en torno a un valor medio

**¿Qué valor de potencia debo utilizar para el dimensionamiento**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

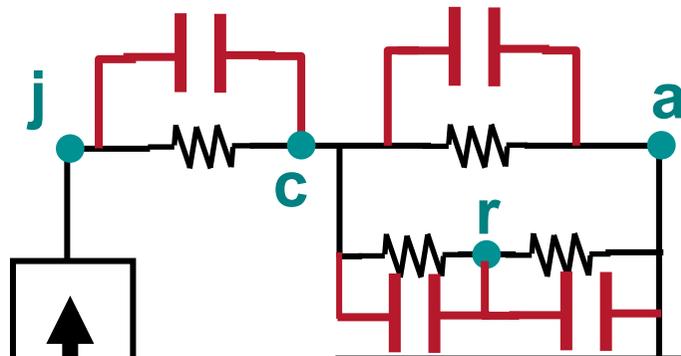
## Cálculo dinámico de radiadores

Las pérdidas se producen en la oblea de silicio

Al tener poca masa, su inercia térmica es muy pequeña y puede cambiar de temperatura rápidamente

El radiador tiene mucha masa con lo que su inercia es mucho mayor y los cambios de temperatura son mucho más lentos

Para modelar correctamente el comportamiento, se deben incluir condensadores para simular las inercias de los elementos



Una inercia grande se simularía con un condensador grande

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

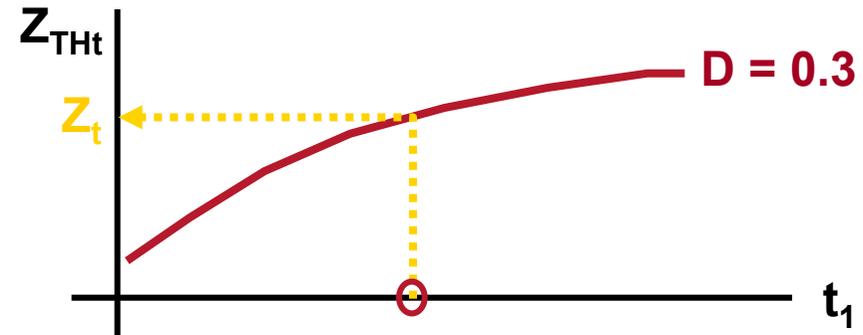
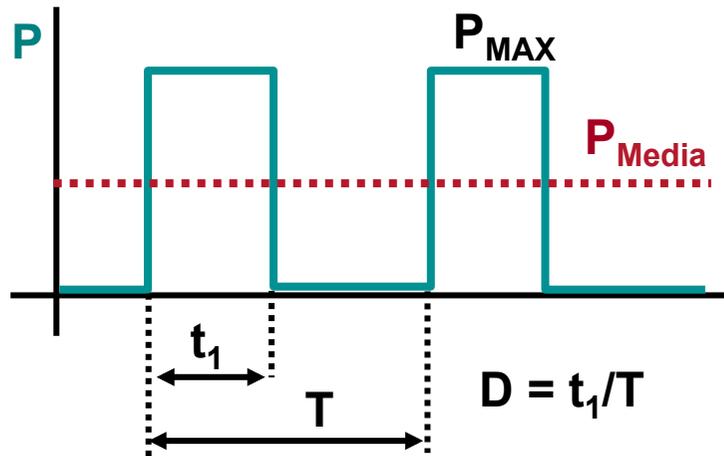
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

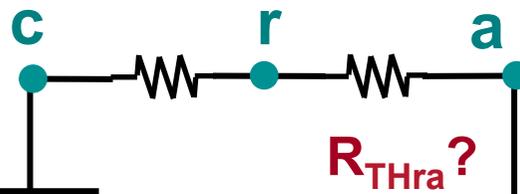
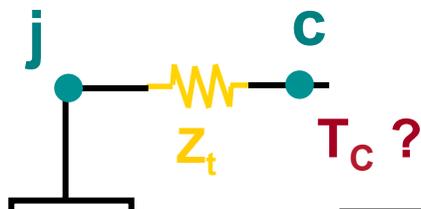
## Cálculo dinámico de radiadores

En la práctica, se utiliza un método simplificado

El fabricante proporciona unas curvas de impedancia térmica transitoria



Se plantean 2 circuitos:



Tenemos 2 ecuaciones con 2 incógnitas:

$T_c$  y  $R_{THra}$

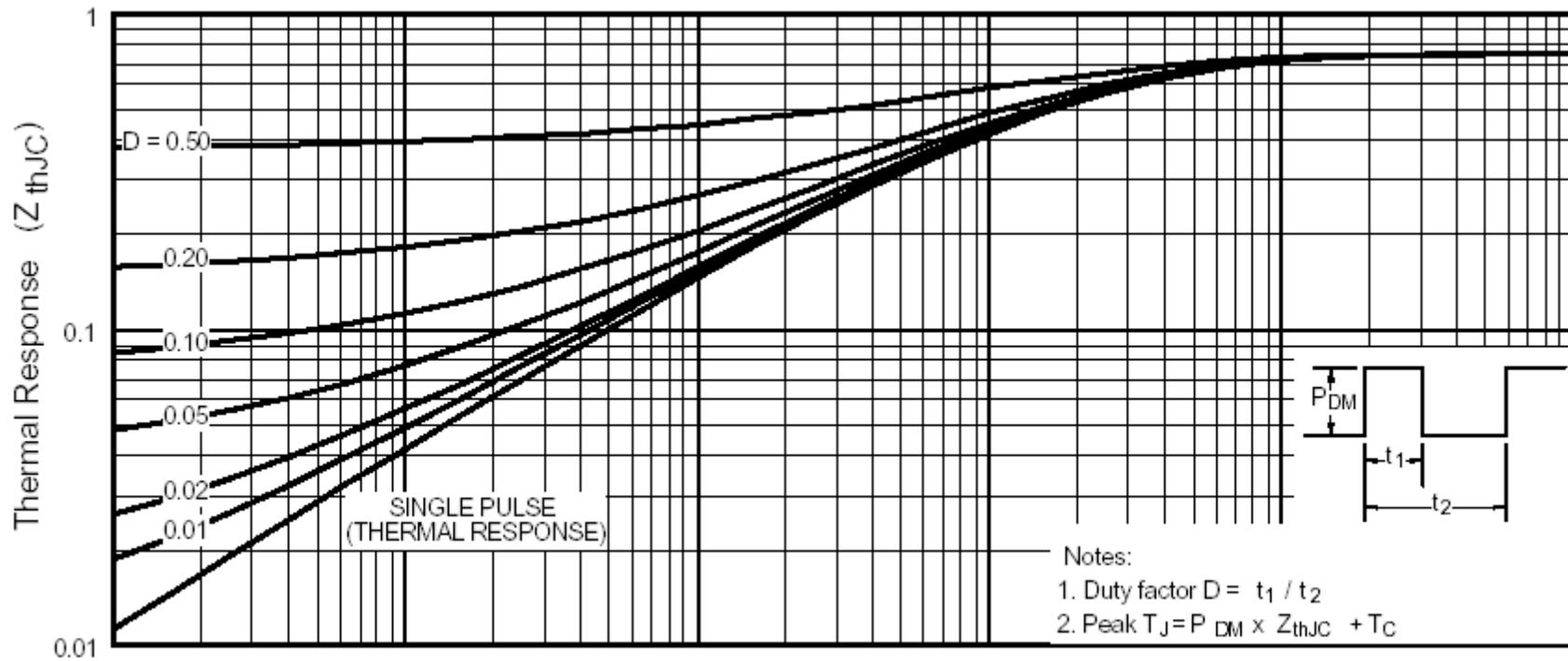
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Cálculo dinámico de radiadores

**Curvas reales de la impedancia transitoria de un MOSFET**  
**Hay una curva para cada valor de ciclo de trabajo**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99