



Universidad
de Oviedo

Lección 7

PROTECCIÓN TÉRMICA DE SEMICONDUCTORES

Sistemas Electrónicos de Alimentación
5º Curso. Ingeniería de Telecomunicación

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

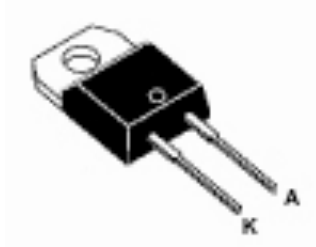
Debemos asegurar por diseño que esto no va a suceder

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

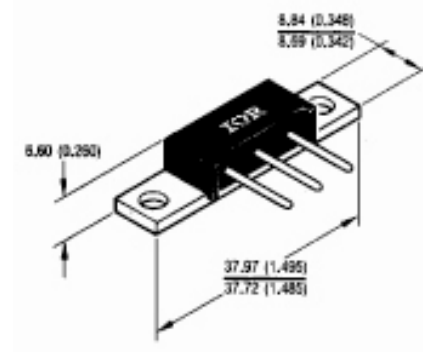
Cada modelo tiene unas características geométricas que le proporcionan una cierta capacidad de evacuar calor

En caso de que el propio encapsulado no sea suficiente para evacuar todo el calor, es necesario utilizar algún sistema para mejorar la transferencia: LOS RADIADORES

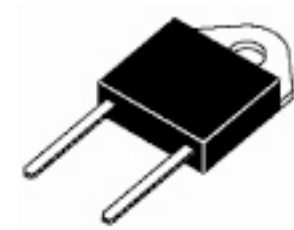
Encapsulados



TO 220 AC



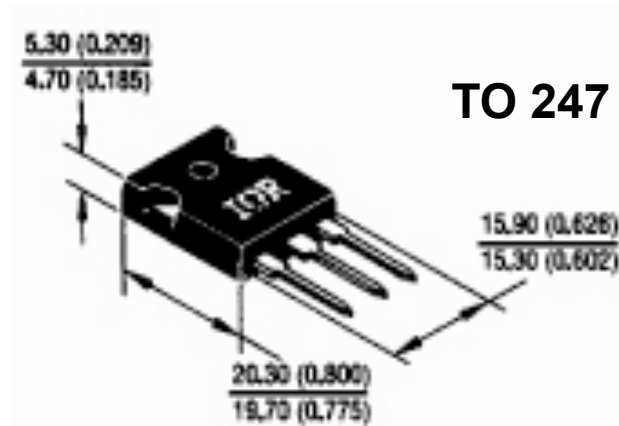
D 61



DOP 31



DO 5



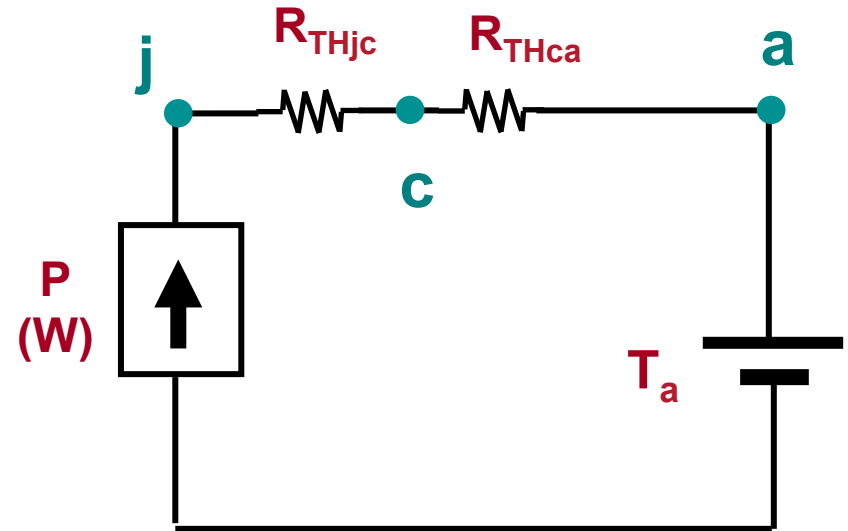
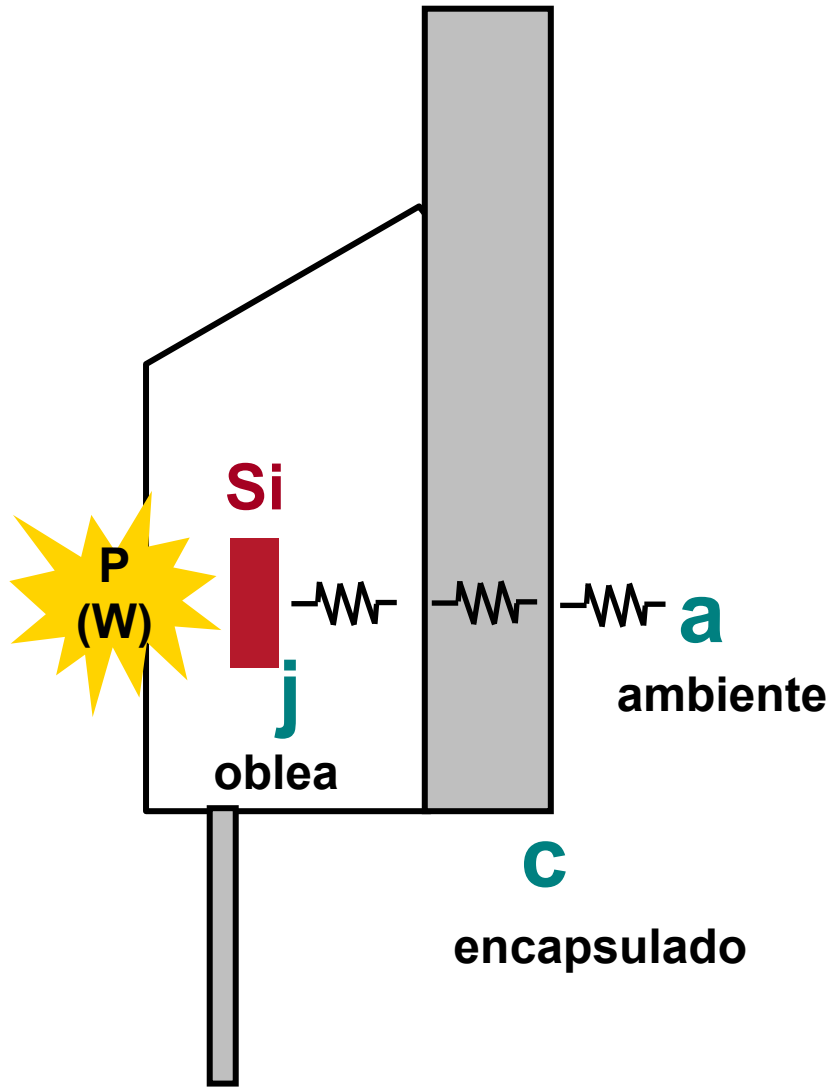
TO 247



B 44

En general, cuanto más grandes son y cuanto más superficie metálica tienen, más grande es la capacidad de evacuación de calor

Equivalente eléctrico



T_a : Temperatura ambiente

Tensiones = Temperaturas
Corriente = Pérdidas (W)

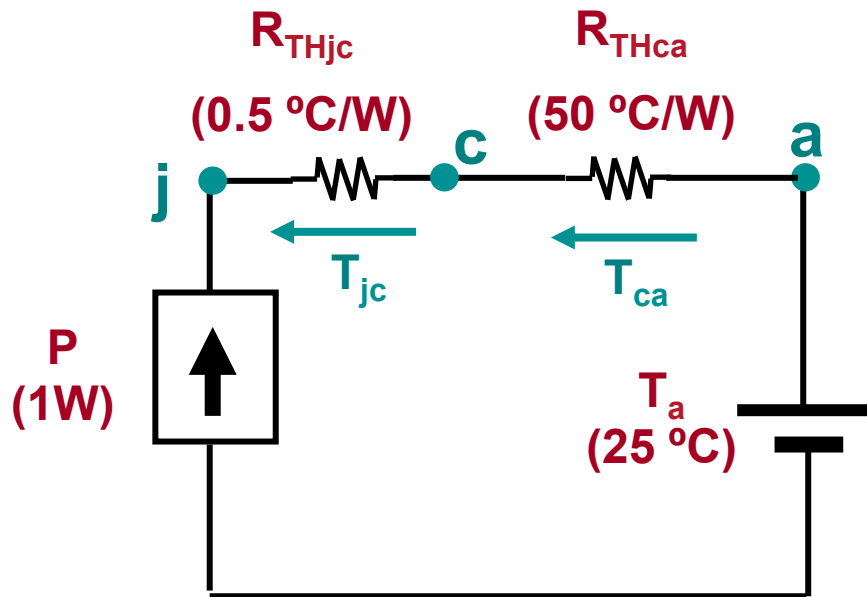
Equivalente eléctrico

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 ($\approx 0.5 \text{ }^\circ\text{C/W}$)

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



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

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

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

$$= 25 + 50 + 0.5 = 75.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_j < 150 \text{ }^\circ\text{C} \quad \rightarrow \quad \text{Correcto}$$

La temperatura de la unión es prácticamente la temperatura del encapsulado
El salto térmico se produce entre el encapsulado y el ambiente

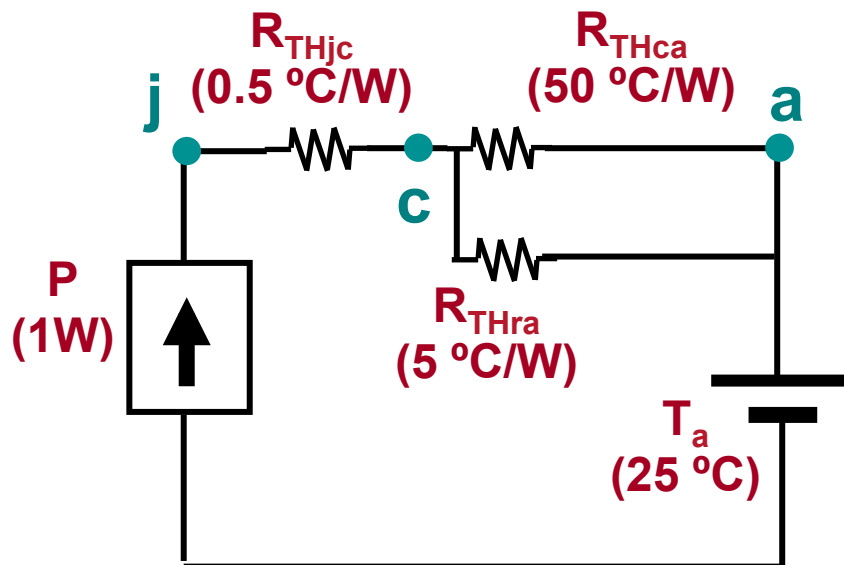
Equivalente eléctrico

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

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



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

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

$$T_j = T_a + T_{ca} + T_{jc} = 25 + 4.5 + 0.5 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sin radiador, $T_j = 75.5 \text{ }^\circ\text{C}$

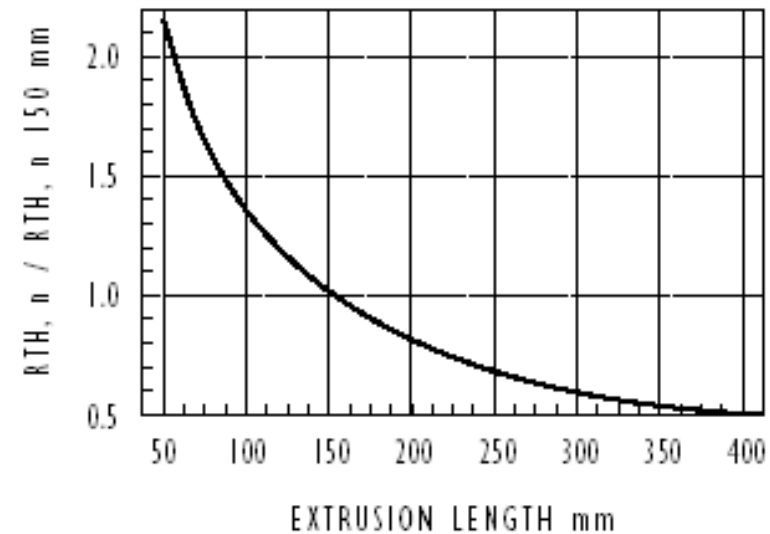
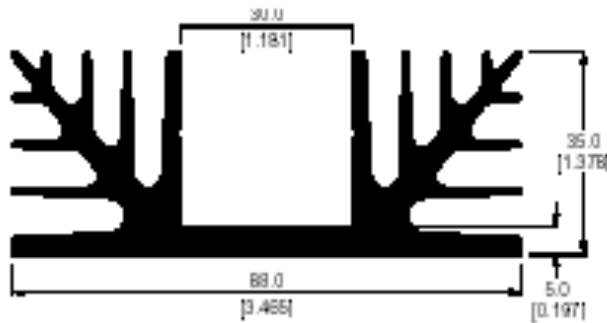
Modelos de radiadores

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



La curva es asintótica: a partir de una cierta longitud, por mucho que la aumentemos no disminuye la R_{TH}

Unión del semiconductor al radiador

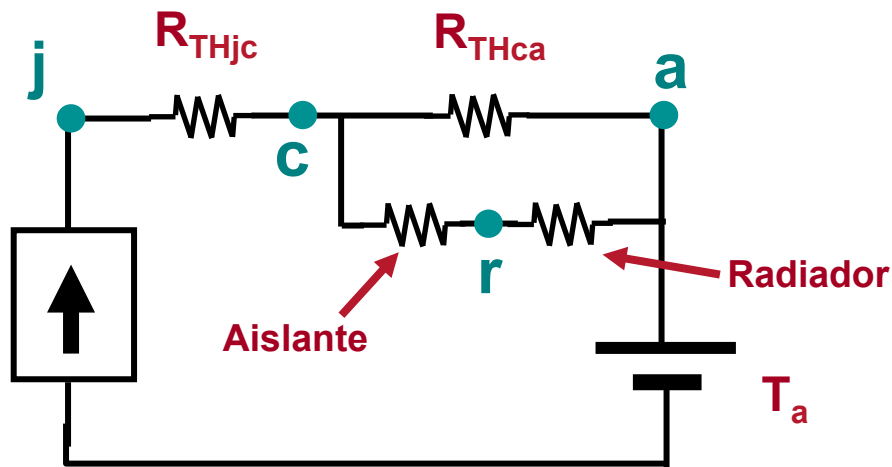
La lámina aislante interpone también una resistencia térmica adicional
 Dependiendo del material utilizado, la R_{TH} varía

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

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

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

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



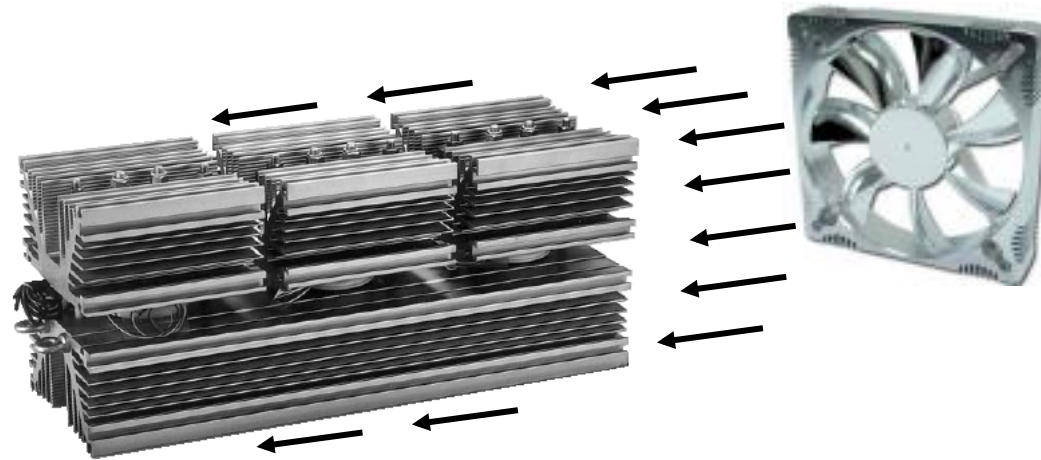
Para hacer el cálculo de la R_{THra} necesaria se puede despreciar la resistencia del propio dispositivo (R_{THca})

Factores que afectan a la R_{TH}

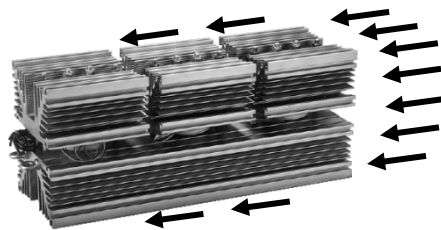
Ventilación

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

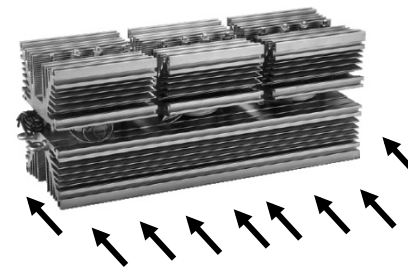
Con esto se consigue reducir la resistencia térmica



Atención a la dirección del flujo de aire



CORRECTO

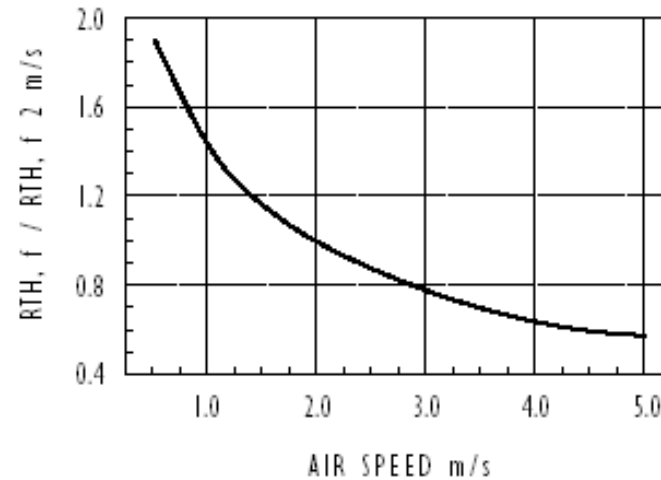


INCORRECTO

Factores que afectan a la R_{TH}

Ventilación

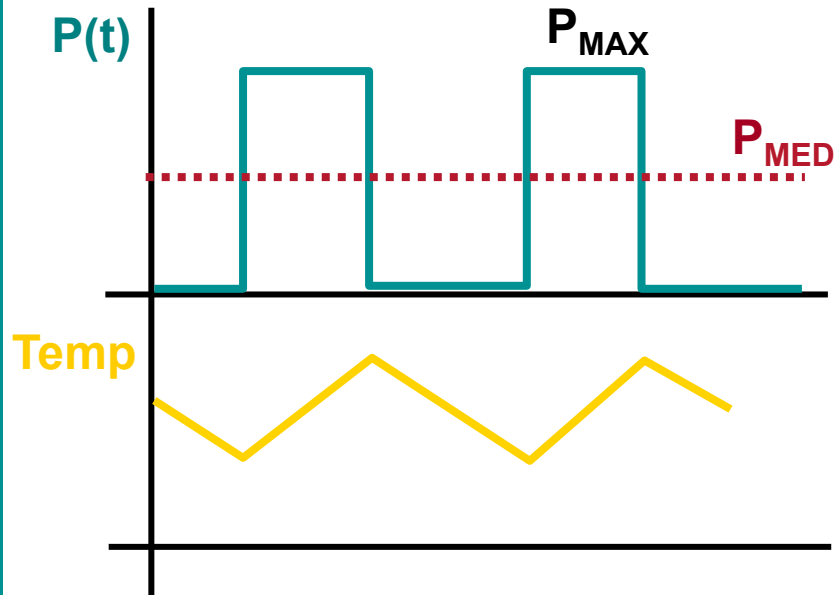
El fabricante da una curva con el coeficiente a aplicar en función del caudal de aire



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

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 del radiador?

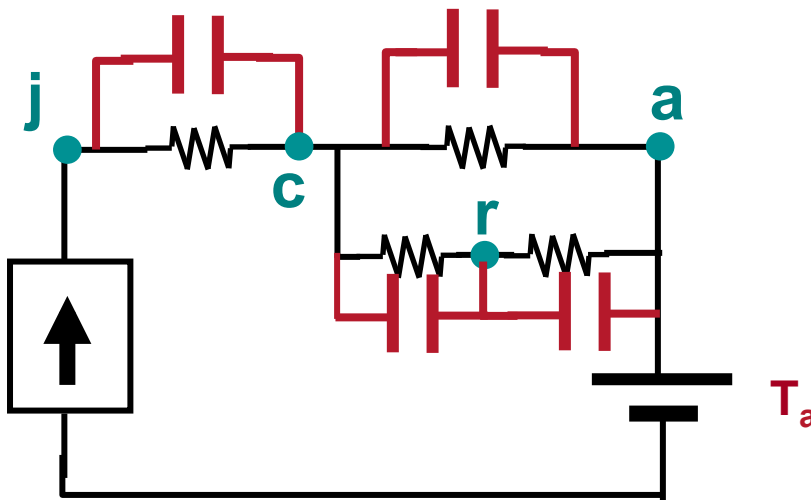
Cálculo dinámico de radiadores

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

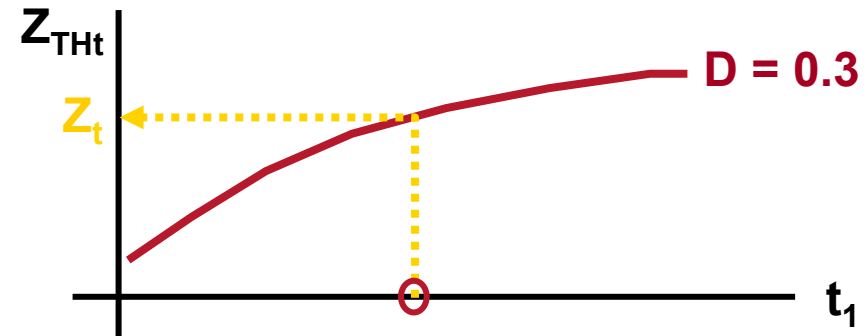
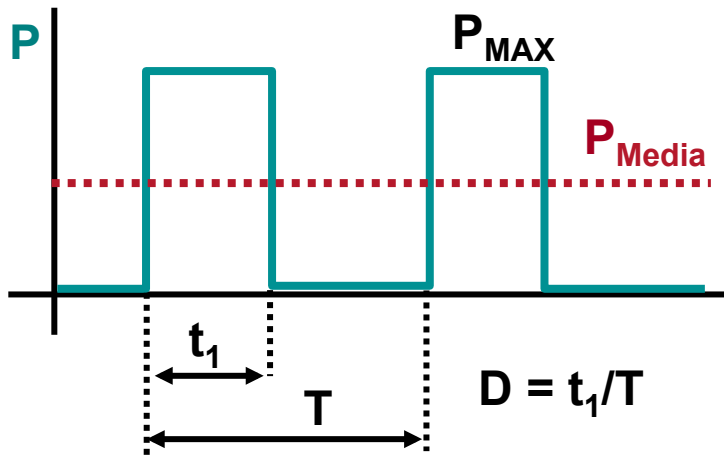


Una inercia grande se simularía con un condensador grande

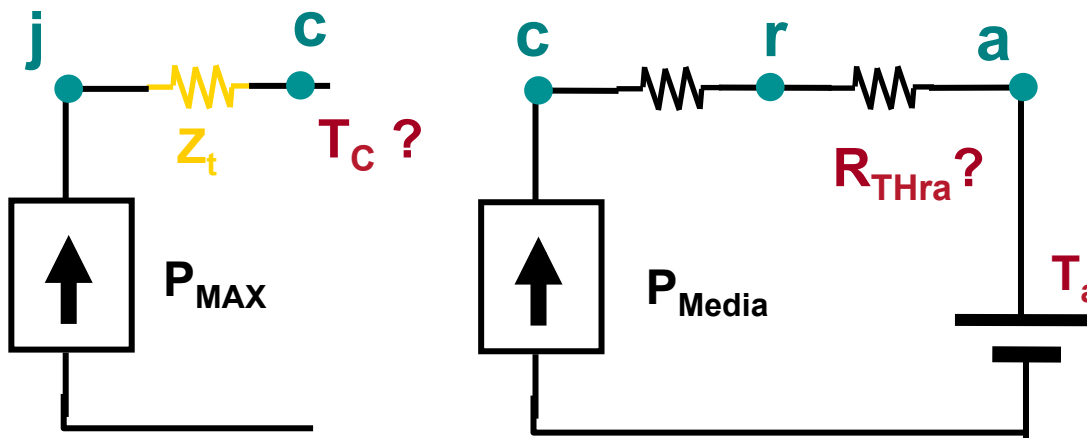
Cálculo dinámico de radiadores

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}

Cálculo dinámico de radiadores

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

