

Curso: Procesamiento Electrónico de Potencia

CIRCUITOS TÉRMICOS PARA SEMICONDUCTORES DE POTENCIA

Ing. Sergio A. Morales Hernández

Escuela de Ingeniería Electrónica
Tecnológico de Costa Rica

I Semestre 2021

1 PARÁMETROS IMPORTANTES

AGENDA

1 PARÁMETROS IMPORTANTES

2 CIRCUITO TÉRMICO

AGENDA

1 PARÁMETROS IMPORTANTES

2 CIRCUITO TÉRMICO

3 CASO PRÁCTICO

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds}

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds}
 - La potencia de disipación máxima, P_d .

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds}
 - La potencia de disipación máxima, P_d .
 - El voltaje de ruptura drenador-fuente, V_{dss} .

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds}
 - La potencia de disipación máxima, P_d .
 - El voltaje de ruptura drenador-fuente, V_{dss} .
 - La resistencia térmica, θ_{jc} .

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds}
 - La potencia de disipación máxima, P_d .
 - El voltaje de ruptura drenador-fuente, V_{dss} .
 - La resistencia térmica, θ_{jc} .
 - El voltaje de activación, V_{GS} .

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds}
 - La potencia de disipación máxima, P_d .
 - El voltaje de ruptura drenador-fuente, V_{dss} .
 - La resistencia térmica, θ_{jc} .
 - El voltaje de activación, V_{GS} .
 - La capacitancia de entrada, C_{iss}

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds} .
 - La potencia de disipación máxima, P_d .
 - El voltaje de ruptura drenador-fuente, V_{dss} .
 - La resistencia térmica, θ_{jc} .
 - El voltaje de activación, V_{GS} .
 - La capacitancia de entrada, C_{iss} .
- Estos parámetros se pueden obtener de la hoja de datos de los dispositivos.

SELECCIONANDO EL COMPONENTE

- Para escoger bien un MOSFET utilizado como interruptor, es importante considerar los siguientes parámetros:
 - La corriente de drenador máxima, $I_{d(max)}$.
 - La resistencia drenador-fuente, R_{ds} .
 - La potencia de disipación máxima, P_d .
 - El voltaje de ruptura drenador-fuente, V_{dss} .
 - La resistencia térmica, θ_{jc} .
 - El voltaje de activación, V_{GS} .
 - La capacitancia de entrada, C_{iss} .
- Estos parámetros se pueden obtener de la hoja de datos de los dispositivos.
- Veamos un ejemplo.

SELECCIONANDO EL COMPONENTE, continuación

- Supongamos un MOSFET que posee una resistencia drenador-fuente de $R_{ds} = 20m\Omega$.

SELECCIONANDO EL COMPONENTE, continuación

- Supongamos un MOSFET que posee una resistencia drenador-fuente de $R_{ds} = 20m\Omega$.
- Si se debe hacer circular una corriente de 10A a través del MOSFET, tendríamos una potencia de disipación $P_d = 2W$.

SELECCIONANDO EL COMPONENTE, continuación

- Supongamos un MOSFET que posee una resistencia drenador-fuente de $R_{ds} = 20m\Omega$.
- Si se debe hacer circular una corriente de 10A a través del MOSFET, tendríamos una potencia de disipación $P_d = 2W$.
- Sin embargo, no es la única “fuente” de disipación de energía, ya que, en la transición entre estados, también se produce, por un corto periodo, una pérdida de potencia.

SELECCIONANDO EL COMPONENTE, continuación

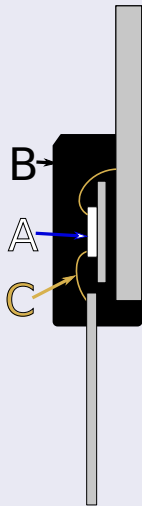
- Supongamos un MOSFET que posee una resistencia drenador-fuente de $R_{ds} = 20m\Omega$.
- Si se debe hacer circular una corriente de 10A a través del MOSFET, tendríamos una potencia de disipación $P_d = 2W$.
- Sin embargo, no es la única “fuente” de disipación de energía, ya que, en la transición entre estados, también se produce, por un corto periodo, una pérdida de potencia.
- En este caso, la disipación de potencia en la conmutación se define como $P_{ds} = V_a \cdot I_a \cdot d^2$, donde V_a e I_a son el voltaje y la corriente aplicados, d es el ciclo de trabajo.

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN

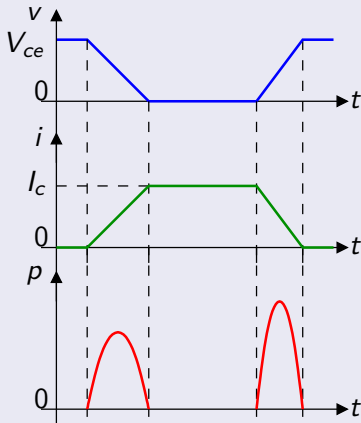
Veamos una representación de las partes que conforman un transistor, desde el punto de vista del flujo de calor, así como en dónde se producen pérdidas de potencia durante la conmutación:

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN

Veamos una representación de las partes que conforman un transistor, desde el punto de vista del flujo de calor, así como en dónde se producen pérdidas de potencia durante la conmutación:



- Transistor real (A).
- Encapsulado (B).
- Conexiones (C).



POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

donde t_t es el tiempo que tarda en darse la transición y t_{et} es el tiempo entre transiciones.

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

donde t_t es el tiempo que tarda en darse la transición y t_{et} es el tiempo entre transiciones.

- Tenemos un MOSFET que conmutará a una frecuencia de $20kHz$ y que le toma $1\mu s$ hacer la transición entre estados (de encendido a apagado y viceversa).

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

donde t_t es el tiempo que tarda en darse la transición y t_{et} es el tiempo entre transiciones.

- Tenemos un MOSFET que conmutará a una frecuencia de $20kHz$ y que le toma $1\mu s$ hacer la transición entre estados (de encendido a apagado y viceversa).
- Se tiene una fuente de voltaje de $12V$ y fluirá por el transistor una corriente de $10A$. Además, el ciclo de trabajo es $d = 0,5$.

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

donde t_t es el tiempo que tarda en darse la transición y t_{et} es el tiempo entre transiciones.

- Tenemos un MOSFET que conmutará a una frecuencia de $20kHz$ y que le toma $1\mu s$ hacer la transición entre estados (de encendido a apagado y viceversa).
- Se tiene una fuente de voltaje de $12V$ y fluirá por el transistor una corriente de $10A$. Además, el ciclo de trabajo es $d = 0,5$.
- Entonces tenemos que $P_{ds} = 12 \cdot 10 \cdot 0,5^2 = 30W$.

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

donde t_t es el tiempo que tarda en darse la transición y t_{et} es el tiempo entre transiciones.

- Tenemos un MOSFET que conmutará a una frecuencia de $20kHz$ y que le toma $1\mu s$ hacer la transición entre estados (de encendido a apagado y viceversa).
- Se tiene una fuente de voltaje de $12V$ y fluiría por el transistor una corriente de $10A$. Además, el ciclo de trabajo es $d = 0,5$.
- Entonces tenemos que $P_{ds} = 12 \cdot 10 \cdot 0,5^2 = 30W$.
- Ahora, $\overline{P}_{ds} = 30 \cdot \frac{1\mu s}{25\mu s} = 1,2W$.

POTENCIA EN LA CONMUTACIÓN, continuación

La disipación de potencia promedio en la conmutación será:

$$\overline{P}_{ds} = P_{ds} \cdot \frac{t_t}{t_{et}}$$

donde t_t es el tiempo que tarda en darse la transición y t_{et} es el tiempo entre transiciones.

- Tenemos un MOSFET que conmutará a una frecuencia de $20kHz$ y que le toma $1\mu s$ hacer la transición entre estados (de encendido a apagado y viceversa).
- Se tiene una fuente de voltaje de $12V$ y fluiría por el transistor una corriente de $10A$. Además, el ciclo de trabajo es $d = 0,5$.
- Entonces tenemos que $P_{ds} = 12 \cdot 10 \cdot 0,5^2 = 30W$.
- Ahora, $\overline{P}_{ds} = 30 \cdot \frac{1\mu s}{25\mu s} = 1,2W$.
- **CUALQUIER DISIPACIÓN DE POTENCIA MAYOR A 1 W REQUIERE EL USO DE DISIPADORES EN UN MOSFET.**

CIRCUITO TÉRMICO: DEFINICIONES

- Todos los semiconductores operan a una temperatura de juntura elevada.

CIRCUITO TÉRMICO: DEFINICIONES

- Todos los semiconductores operan a una temperatura de juntura elevada.
- Es importante conocer las limitaciones térmicas del dispositivo para obtener su mejor rendimiento.

CIRCUITO TÉRMICO: DEFINICIONES

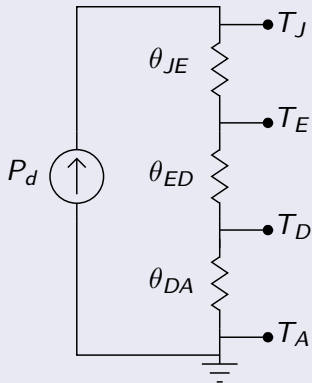
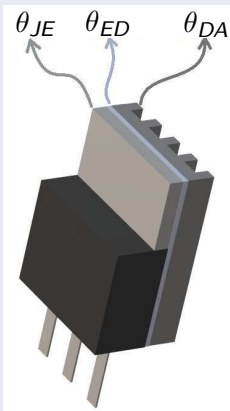
- Todos los semiconductores operan a una temperatura de juntura elevada.
- Es importante conocer las limitaciones térmicas del dispositivo para obtener su mejor rendimiento.
- Muchas de las especificaciones de un semiconductor vienen dadas a una temperatura de juntura, T_J , igual a la temperatura ambiente.

CIRCUITO TÉRMICO: DEFINICIONES

- Todos los semiconductores operan a una temperatura de juntura elevada.
- Es importante conocer las limitaciones térmicas del dispositivo para obtener su mejor rendimiento.
- Muchas de las especificaciones de un semiconductor vienen dadas a una temperatura de juntura, T_J , igual a la temperatura ambiente.
- Por lo tanto, es imprescindible lograr que el exceso de temperatura sea enviada, de forma eficiente, hacia fuera del encapsulado.

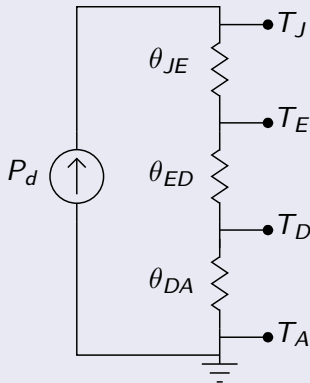
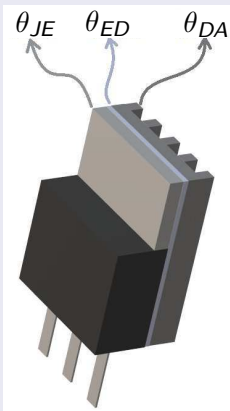
DEFINICIONES, continuación

- La oposición al flujo de calor se conoce como resistencia térmica, θ .



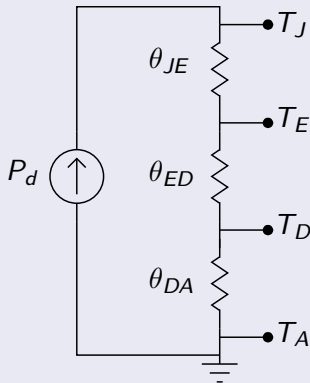
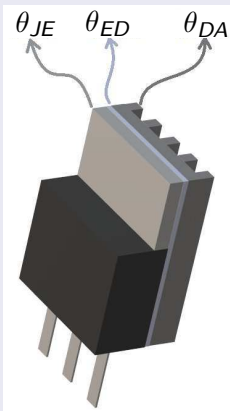
DEFINICIONES, continuación

- La oposición al flujo de calor se conoce como resistencia térmica, θ .
- Cada elemento del “recorrido” que debe realizar el calor aporta en la disipación de esa potencia.

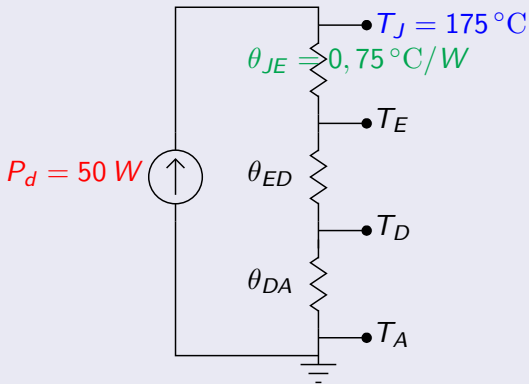


DEFINICIONES, continuación

- La oposición al flujo de calor se conoce como resistencia térmica, θ .
- Cada elemento del “recorrido” que debe realizar el calor aporta en la disipación de esa potencia.
- Tanto la soldadura como la grasa o pasta térmica, al poseer un valor muy bajo de resistencia térmica, no se consideran en el circuito.

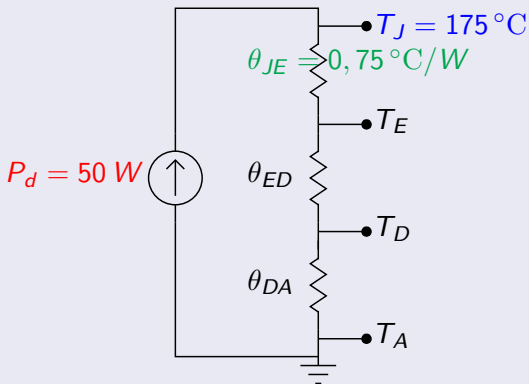


CASO PRÁCTICO



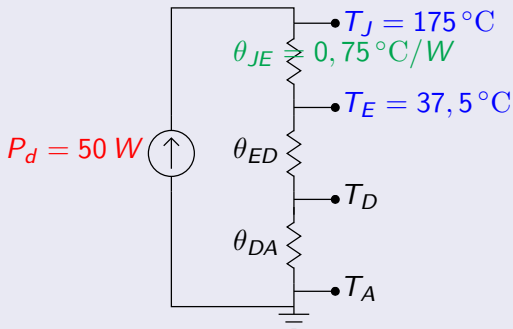
- Vamos a utilizar el MOSFET IRF3205. Posee una $T_{J_{max}} = 175^\circ\text{C}$ y una $\theta_{JE} = 0,75^\circ\text{C/W}$.

CASO PRÁCTICO



- Vamos a utilizar el MOSFET IRF3205. Posee una $T_{J_{max}} = 175^\circ\text{C}$ y una $\theta_{JE} = 0,75^\circ\text{C/W}$.
- Supongamos que la potencia a la cual operará el MOSFET es de 50 W .

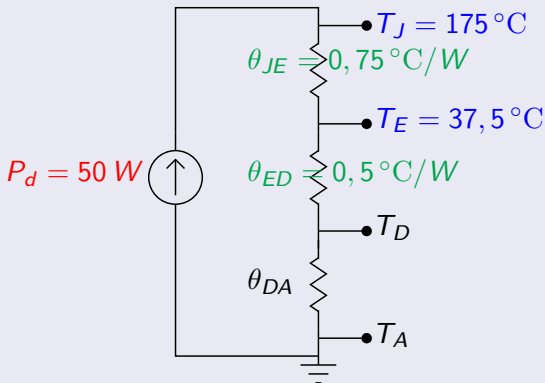
CASO PRÁCTICO



- Vamos a utilizar el MOSFET IRF3205. Posee una $T_{J_{max}} = 175^\circ\text{C}$ y una $\theta_{JE} = 0,75^\circ\text{C/W}$.
- Supongamos que la potencia a la cual operará el MOSFET es de 50 W .
- La caída de temperatura debido a la θ_{JE} será $T_E = 50\text{ W} \cdot 0,75^\circ\text{C/W} = 37,5^\circ\text{C}$.

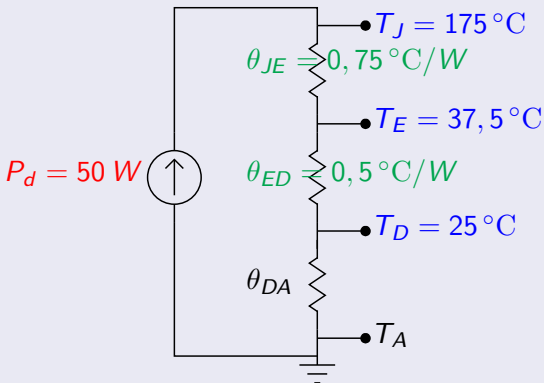
CASO PRÁCTICO, continuación

- La resistencia térmica encapsulado-disipador es $\theta_{ED} = 0,5^\circ\text{C}/\text{W}$.



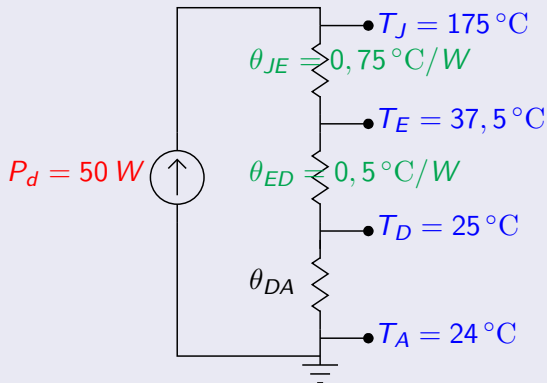
CASO PRÁCTICO, continuación

- La resistencia térmica encapsulado-disipador es $\theta_{ED} = 0,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
- La caída de temperatura al disipador será de $T_D = 50\text{ W} \cdot 0,5^{\circ}\text{C}/\text{W} = 25^{\circ}\text{C}$.



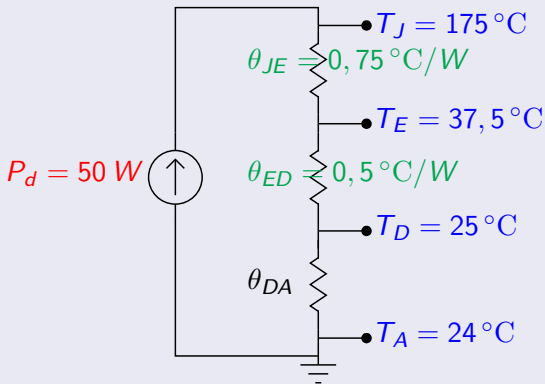
CASO PRÁCTICO, continuación

- La resistencia térmica encapsulado-disipador es $\theta_{ED} = 0,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
- La caída de temperatura al disipador será de $T_D = 50\text{ W} \cdot 0,5^{\circ}\text{C}/\text{W} = 25^{\circ}\text{C}$.
- Y la temperatura ambiente es de $T_A = 24^{\circ}\text{C}$.



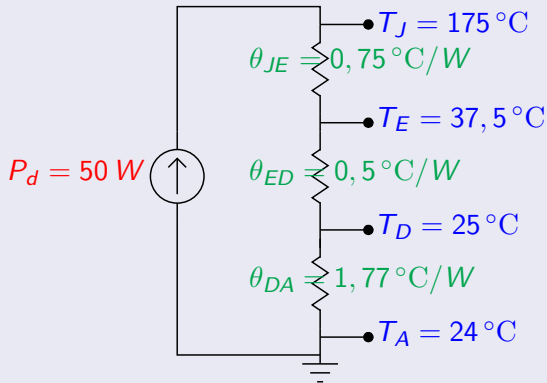
CASO PRÁCTICO, continuación

- La temperatura que deberá eliminar el disipador será $175^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C} = 88,5^{\circ}\text{C}$.



CASO PRÁCTICO, continuación

- La temperatura que deberá eliminar el disipador será $175^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C} = 88,5^{\circ}\text{C}$.
- Con esta última temperatura podemos calcular la resistencia térmica del disipador $\theta_{DA} = \frac{88,5^{\circ}\text{C}}{50\text{ W}} = 1,77^{\circ}\text{C/W}$.



¡Muchas Gracias!

