

Cálculo de disipadores de calor.

Los disipadores de calor son unos elementos complementarios que se usan para aumentar la evacuación de calor del componente al que se le coloque hacia el aire que lo rodea. Esto trae como consecuencia que se reduce la temperatura de trabajo del componente ya que la cantidad de calor que se acumula en él es menor que sin disipador. Un cálculo estricto de los disipadores puede ser complejo. En este artículo se tratará un sistema de cálculo aproximado, que sin embargo proporciona buenos resultados y está muy difundido. Este sistema se basa en una analogía entre circuitos de flujo de calor y circuitos eléctricos resistivos.

¿Disipador o radiador?

Ambos términos se usan como sinónimos en el ámbito de la evacuación de calor en los componentes electrónicos. Sin embargo, en opinión del autor de este artículo, el término apropiado es el de disipador de calor. Y esto porque el método que se usa para extraer el calor del componente no es el de radiación, sino el de convección. Por tanto, al ser el término disipador (que disipa o extrae el calor) más genérico que el de radiador (que extrae el calor por radiación) creo que el primero es el más adecuado. Por tanto, me referiré a estos elementos como disipadores y no como radiadores.

Establezcamos la analogía: la Ley de Ohm térmica:

Al igual que en los circuitos eléctricos, se puede definir una Ley de Ohm en los circuitos de flujo de calor. Pero antes identifiquemos los elementos térmicos equivalentes a sus análogos eléctricos. Así, el papel de la fuente de tensión eléctrica (por ejemplo una batería) lo cumple el componente que genera el calor que se desea evacuar. El papel de masa de un circuito eléctrico lo tiene el aire, que supondremos a una temperatura de unos 25°C. La diferencia de tensión eléctrica encuentra su homólogo en la diferencia de temperatura. La potencia generada en forma de calor en el componente tiene su equivalente en la corriente eléctrica entregada por la fuente de tensión. Por último, la resistencia eléctrica tiene su reflejo en la resistencia térmica medida en °C/W (grados centígrados por vatio). Con estos elementos podemos ya formular la Ley de Ohm térmica:

$$T_j - T_a = P \cdot R_{th\ t}$$

T_j : temperatura máxima de la unión del elemento semiconductor.

T_a : temperatura ambiente.

P : potencia consumida por el componente.

$R_{th\ t}$: resistencia térmica total entre la unión y el aire ambiente.

Sí, pero ¿realmente necesito colocar un disipador?:

Supongamos que tenemos cierto componente de tipo semiconductor y queremos saber si necesitará o no un disipador. Pues bien, deberemos

empezar por buscar en su hoja de características (data sheet) algunos datos. A saber,

- Temperatura máxima de la unión (o las uniones), T_j .
- Resistencia térmica entre la unión y el aire circundante, $R_{th\ j-amb}$ (o en su defecto la resistencia térmica entre la unión y la cápsula del componente, $R_{th\ j-c}$).

Conocidos estos parámetros, necesitaremos saber también la potencia que va a estar disipando el componente, P , y la temperatura ambiente de trabajo que estimemos oportuna, T_a (digamos 35 ó 40°C). Pues bien, si conocemos $R_{th\ j-amb}$ podemos estimar la temperatura que alcanzaría la unión (o uniones) del componente, T_j estimada, de la siguiente forma:

$$T_j \text{ estimada} - T_a = P \cdot R_{th\ j-amb} \implies T_j \text{ estimada} = P \cdot R_{th\ j-amb} + T_a$$

Así, si $T_j \text{ estimada} > T_j$ o $T_j \text{ estimada} = T_j$ o $T_j \text{ estimada} < T_j$ pero está peligrosamente cerca de esta última, debe de colocarse un disipador que ayude al componente a evacuar el calor. ¿Qué ocurre si el fabricante proporciona $R_{th\ j-c}$ en lugar de $R_{th\ j-amb}$ en el data sheet? En ese caso el fabricante proporcionará también la potencia máxima disipable por el componente, normalmente a 25°C. Entonces $R_{th\ j-amb}$ se puede hallar mediante un simple cálculo:

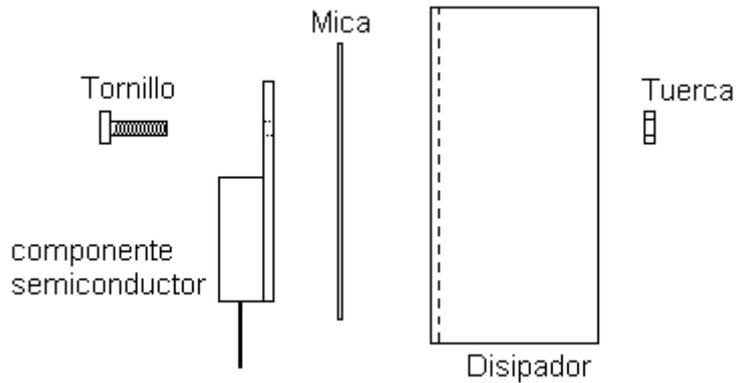
$$T_j - T_a = P_{\text{máx}} (R_{th\ j-c} + R_{th\ c-amb}) \implies R_{th\ c-amb} = \frac{T_j - T_a}{P_{\text{máx}}} - R_{th\ j-c}$$

donde T_a es en este caso la temperatura para la que el fabricante especifica la potencia máxima, $P_{\text{máx}}$. Entonces, $R_{th\ j-amb}$ se obtendría de la siguiente forma:

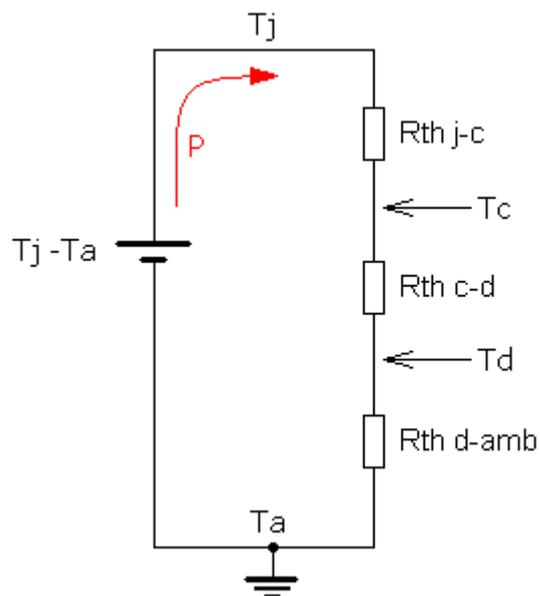
$$R_{th\ j-amb} = R_{th\ j-c} + R_{th\ c-amb}$$

Necesito un disipador, pero ¿cúal?:

Llegados a la conclusión de que el disipador es necesario tendremos que realizar un cálculo que nos oriente sobre el disipador que debemos usar. El diagrama del montaje componente-disipador podría ser el siguiente:



Este montaje tiene el siguiente circuito térmico, o de flujo de calor, asociado:



T_j : temperatura de la unión semiconductor.

T_a : temperatura del aire circundante.

T_c : temperatura de la cápsula del transistor.

T_d : temperatura del disipador.

$R_{th\ j-c}$: resistencia térmica entre la unión y la cápsula.

$R_{th\ c-d}$: resistencia térmica entre la cápsula y el disipador.

$R_{th\ d-amb}$: resistencia térmica entre el disipador y el aire.

P : potencia disipada en forma de calor por el transistor.

Por la analogía con los circuitos eléctricos se puede ver que

$$R_{th\ t} = R_{th\ j-c} + R_{th\ c-d} + R_{th\ d-amb}$$

con lo que la Ley de Ohm térmica podrá expresarse así:

$$T_j - T_a = P (R_{th\ j-c} + R_{th\ c-d} + R_{th\ d-amb})$$

Lo que se pretende hallar es $R_{th\ d-amb}$, debiendo de ser conocidos el resto de parámetros (por el data sheet del componente y por un cálculo de la potencia que deba disipar dicho componente). Así, despejando de la Ley de Ohm térmica el valor de $R_{th\ d-amb}$ tendremos que:

$$R_{th\ d-amb} = \frac{T_j - T_a}{P} - (R_{th\ j-c} + R_{th\ c-d})$$

Por regla general, $R_{th\ c-d}$ se puede tomar entre 0.5 y 1°C/W siempre y cuando la unión que se haga entre el componente y el disipador sea directa (sin mica aislante) y con silicona termoconductora. Si esta unión se efectúa con mica y sin silicona estaremos hablando de resistencias térmicas de contacto entre 1 y 2°C/W. Si necesitamos usar mica para aislar también podemos aplicar silicona termoconductora, en cuyo caso la resistencia estaría comprendida entre 1 y 1.5°C/W.

Se necesita calcular el disipador que debe colocarse a un transistor 2N3055 que trabajará disipando una potencia de 30W. Considerar la temperatura ambiente de trabajo igual a 40°C.

Por el data sheet del 2N3055 sabemos que $R_{th\ j-c}$ es de 1,5°C/W. Además, su temperatura máxima de la unión, T_j , es de 200°C. Este valor lo rebajaremos por seguridad hasta los 150°C (a pesar de lo que diga el fabricante). Como la unión con el disipador será directa con silicona termoconductora supondremos $R_{th\ c-d}$ de 1°C/W. Con estos datos ya podemos calcular $R_{th\ d-amb}$:

$$R_{th\ d-amb} = \frac{T_j - T_a}{P} - (R_{th\ j-c} + R_{th\ c-d}) = \frac{150^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}}{30\text{W}} - (1.5^\circ\text{C/W} + 1^\circ\text{C/W}) = 1.2^\circ\text{C/W}$$

Por tanto, el disipador que le coloquemos al transistor deberá tener una resistencia térmica de como mucho 1.2°C/W. La elección del modelo concreto ya se haría mirando en los catálogos.

¿Qué temperatura alcanzará el disipador del ejemplo anterior? ¿Y la cápsula del transistor?

La unión estará, según hemos supuesto en el cálculo anterior, a 150°C. En $R_{th\ j-c}$ existirá una diferencia de temperatura debida al flujo de calor. En concreto:

$$T_j - T_c = P \cdot R_{th\ j-c} = 30\text{W} \cdot 1.5^\circ\text{C/W} = 45^\circ\text{C}$$

También en $R_{th\ c-d}$ caerá una temperatura dada por

$$T_c - T_d = P \cdot R_{th\ c-d} = 30\text{W} \cdot 1^\circ\text{C/W} = 30^\circ\text{C}$$

Entonces, la temperatura de la cápsula del transistor será

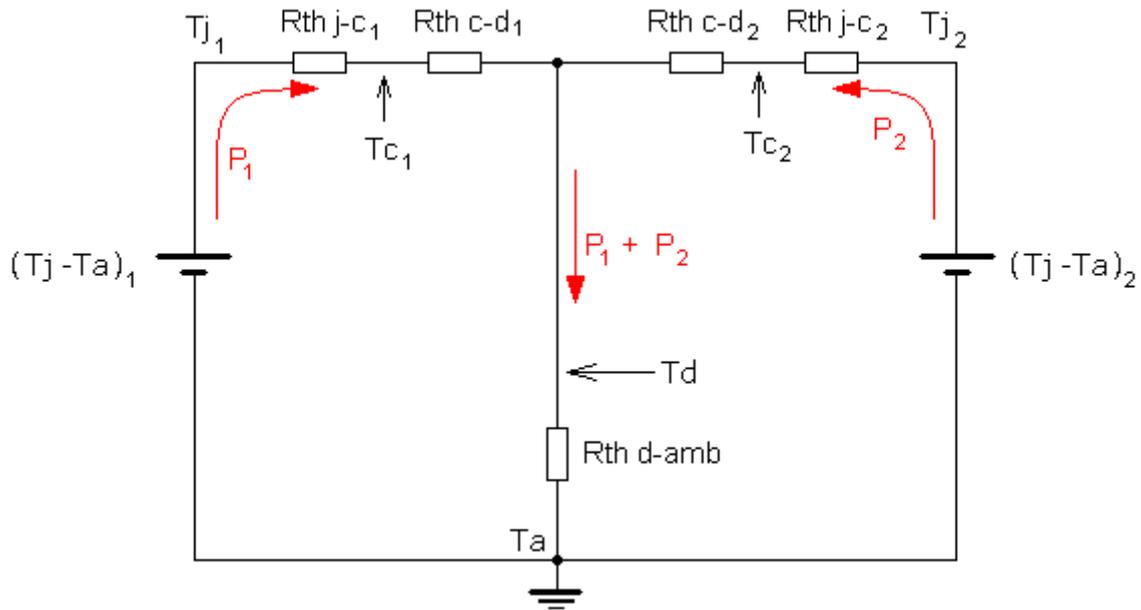
$$T_c = T_j - 45^\circ\text{C} = 105^\circ\text{C}$$

y la temperatura del disipador será

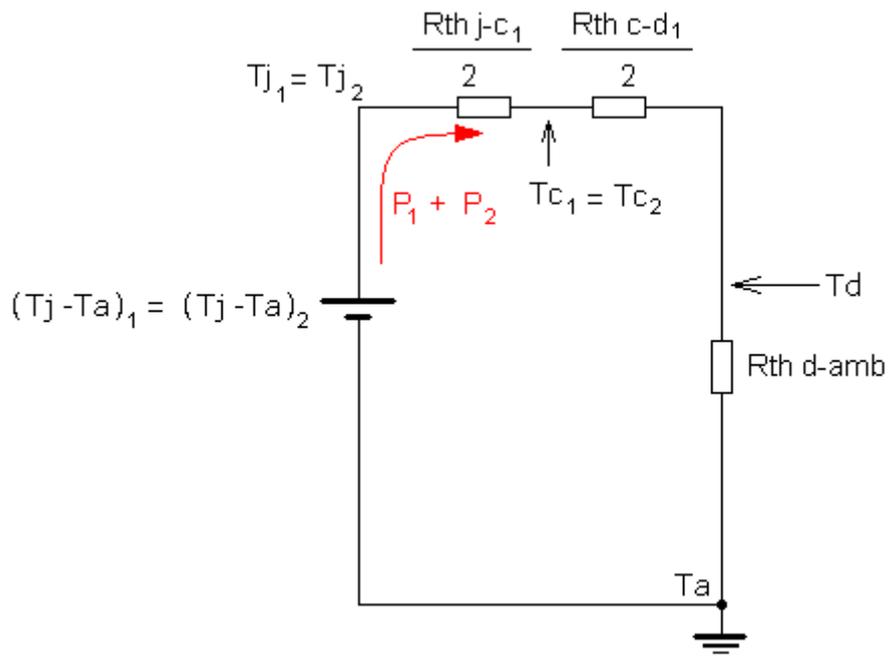
$$T_d = T_c - 30^\circ\text{C} = 75^\circ\text{C}$$

La conexión de más de un componente activo en un disipador:

Es habitual colocar más de un componente semiconductor en un solo disipador. Por ejemplo, podrían colocarse sobre un disipador los transistores finales de un amplificador con la etapa de potencia en simetría complementaria. Veamos cómo calcular el disipador necesario en estos casos basándonos en el ejemplo expuesto. El circuito térmico sería el siguiente:



Supondremos que la situación (tanto eléctrica como física a efectos de transmisión de calor) es simétrica, ya que de lo contrario podría darse el caso de que uno de los componentes fuese receptor de calor del otro, lo que complicaría todo el cálculo amén de que podría darse el caso de que el componente que actuase como receptor alcanzase una temperatura mayor que sin disipador. Bien, con esta limitación que hemos impuesto se podría simplificar el circuito térmico a este otro:



Un circuito de este tipo ya se ha calculado en el apartado anterior, con lo que no debería tener ningún problema con él.