

## Gerenciamento térmico de dispositivos eletrônicos

A maioria dos componentes eletrônicos é de baixa potência e produz quantidades desprezíveis de calor em sua operação. Porém, alguns dispositivos - tais como transistores de potência, CPUs e diodos de potência - produzem uma quantidade significativa de calor e podem ser necessárias medidas para levar isso em conta a fim de prolongar sua vida útil e aumentar a confiabilidade. Se considerarmos um componente eletrônico que produz calor em isolamento, então, durante a operação, sua temperatura subirá até que o calor produzido dentro do dispositivo se torne igual ao calor perdido para as adjacências e o dispositivo tenha atingido o equilíbrio. A taxa de perda de calor de um objeto quente é governada aproximadamente pela Lei do Resfriamento de Newton - que afirma que a taxa de perda de calor é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e as adjacências. Conforme a temperatura do componente sobe, a perda de calor aumenta - quando a perda de calor por segundo iguala o calor produzido por segundo dentro do componente, o dispositivo atingirá sua temperatura de equilíbrio. Essa temperatura pode ser alta o bastante para encurtar a vida do componente ou mesmo fazer com que o dispositivo falhe. É nesses casos que medidas de gerenciamento térmico precisam ser tomadas. As mesmas considerações podem ser aplicadas a um circuito completo ou dispositivo que incorpore o calor produzido por componentes individuais.

A taxa de perda de calor será mais alta em uma ventilação forçada do que no ar em repouso, e assim um modo de controlar a temperatura de um dispositivo ou circuito é incorporar um ventilador ou ventiladores para aumentar o fluxo de ar. Mesmo assegurando ventilação geral adequada resultará numa temperatura de operação mais baixa do que se o circuito estiver num espaço confinado sem fendas de ventilação. Um ponto que pode ser negligenciado é que a densidade atmosférica reduzida em grandes altitudes leva a menos transferência efetiva de calor para as adjacências e consequentes temperaturas de operação mais altas do dispositivo.

O calor é perdido de um componente para suas adjacências na superfície do componente. A taxa de perda de calor aumentará com a área superficial do componente - um pequeno dispositivo produzindo 10 watts atingirá uma temperatura mais alta do que um dispositivo de potência semelhante com uma área superficial maior. Um modo de limitar a temperatura de operação será, portanto, aumentar artificialmente a área superficial. Isso é feito anexando um dissipador de calor metálico ao dispositivo. Os dissipadores de calor podem ser feitos por estampagem, extrusão ou fundição e geralmente são fabricados de cobre ou alumínio e suas ligas - o dissipador de calor precisa ser um bom condutor de calor. Frequentemente os dissipadores de calor têm uma estrutura em palhetas para maximizar a área disponível para dissipação do calor para as adjacências. Onde dissipadores de calor estiverem sendo usados, eles serão mais eficazes se a unidade inteira for bem ventilada ou, ainda melhor se for aplicado fluxo de ar forçado pelo uso de um ou mais ventiladores. se for aplicado fluxo de ar forçado pelo uso de um ou mais ventiladores. É impossível fazer dissipadores de calor ou componentes com superfícies perfeitamente ajustadas, assim, quando as duas entram em contato, os pontos mais altos contactam entre si e haverá um pequeno vão de ar entre os dois sobre uma grande parte da superfície. O ar é um mau condutor de calor e assim a interface proporcionará uma barreira térmica que limita a eficiência da perda de calor do dispositivo. É para superar esse efeito que compostos de transferência de calor são usados.

Os compostos de transferência de calor são projetados para preencher o vão entre o dispositivo e o dissipador de calor e assim reduzir a resistência térmica no limite entre

os dois. Isso leva a perda de calor mais rápida para o dissipador de calor e uma temperatura de operação mais baixa para o dispositivo. Os compostos de transferência de calor podem ser de vários tipos. A Electrolube produz uma gama de colas termicamente condutoras que podem ser aplicadas para deslocar o ar da interface entre o componente e o dissipador de calor. Eles consistem de enchimentos minerais termicamente condutores em um fluido transportador - o fluido pode ser sem silicone ou à base de silicone. As pastas à base de silicon, tais com a HTS e HTSP da Elecrolube, geralmente têm temperaturas de operação maiores que suas alternativas não de silicone, HTC e HTCP. As pastas à base de silicone poderão provocar problemas em alguns circuitos, uma vez que o silicone migra muito rapidamente e pode provocar contaminação (por exemplo: em contatos de relés). É possível modificar a condutividade térmica de pastas condutoras térmicas, por meio do aumento do conteúdo de carga mineral ou da modificação do tipo de carga utilizada. Normalmente as versões "P" das pastas acima apresentam maior quantidade de carga e contêm uma mistura especial de cargas diferentes para maximizar a condutividade térmica. De modo geral, as pastas com maior condutividade térmica possuem viscosidade mais elevada e isso poderá provocar maior dificuldade na aplicação.

As pastas condutoras térmicas permanecem no estado pastoso e isso facilita a desmontagem dos componentes para recuperação ou reparo. Para fins de transferência térmica, em algumas circunstâncias poderá ser desejável utilizar um material que passe para o estado sólido, por meio de um processo de cura. O TCR da Elecrolube é um RTV de silicone com uma mistura exclusiva de cargas minerais: Quando aplicado entre o dissipador de calor e o dispositivo, o RTV cura e adquire a forma de borracha, sob a influência da umidade atmosférica. O TBS da Electrolube é uma resina epóxi com dois componentes, que cura para o estado sólido e cola o dissipador de calor ao componente. Para alguns tipos de dispositivo isso poderá ser vantajoso, mas apresentará problemas para a desmontagem. Em qualquer material condutor térmico é muito importante assegurar que a interface entre o dispositivo e o dissipador de calor seja completamente preenchida e que todo o ar seja deslocado. Normalmente isso é conseguido por meio da aplicação de uma quantidade de pasta no centro da superfície de contato do dispositivo ou do dissipador de calor e, em seguida, encaixando as duas superfícies e fixando-as de modo que as superfícies de contato fiquem paralelas. É aconselhável controlar a quantidade de material aplicado, de modo que seja aplicada uma quantidade suficiente para deslocar todo o ar, mas não uma quantidade demasiada que provoque o surgimento de excesso de material nas bordas da interface. Isso pode ser conseguido mais facilmente por meio de um dispositivo automático para aplicação de material e montagem do componente. A eliminação de todo o ar da interface provoca a diminuição da resistência térmica e a diminuição da temperatura de operação do componente. Quanto maior a condutividade térmica da pasta ou da resina, menor será a resistência térmica e, conseqüentemente, menor a temperatura de operação. O composto condutor térmico utilizado para transferência de calor possui condutividade térmica menor que a do material do dissipador de calor. Assim sendo, manter a menor espessura possível da película do composto utilizado na interface, diminuirá a resistência térmica e diminuirá, conseqüentemente, a temperatura de operação. Entretanto, é importante assegurar que a pequena espessura da película não resulte em vazios na película. É possível controlar cuidadosamente a espessura da película por meio da inclusão de esferas sólidas de vidro muito pequenas (ballotini), com diâmetro controlado, na pasta ou na resina, de modo que a espessura seja determinada pelo diâmetro dessas esferas. É aconselhável assegurar o bom contato entre o dispositivo e o dissipador de calor, por meio de parafusos ou de grampos.

Conhecendo-se a condutividade térmica do composto utilizado para transferência de calor, a espessura da película do composto e a área de contato do dissipador de calor, é possível calcular a resistência térmica na interface e, conseqüentemente, a temperatura de operação de equilíbrio do dispositivo. É necessário conhecer a potência do dispositivo e terão que ser feitas estimativas sobre a temperatura atingida pelo dissipador de calor.

Em circuitos que geram calor, poderá ser adequado assegurar o controle da temperatura por meio do embutimento do dispositivo em uma caixa metálica, dotada ou não de aletas integradas ou fixadas para dissipação de calor, utilizando um composto condutor de calor para preenchimento do espaço entre o circuito e a caixa metálica. A Electrolube produz vários materiais desse tipo, entre os quais os mais populares são as resinas epóxi com dois componentes, ER 2074 e ER 2183. Mais uma vez, é importante assegurar que não se formem bolhas de ar durante a operação de preenchimento do espaço entre o circuito e a caixa metálica, uma vez que bolhas de ar interferirão na transferência de calor entre o circuito e a caixa metálica. Caso não seja necessária a condutividade térmica tão elevada das duas resinas citadas, poderá ser suficiente utilizar um composto para embutimento de uso geral, como o ER 2188. As cargas minerais possuem condutividade térmica mais elevada do que a resina de base, de modo que, no que se refere ao controle térmico, resinas com carga são melhores que as sem carga. Quanto maior a proporção de carga no composto, maior será a condutividade térmica. Entretanto, níveis elevados de carga aumentam a viscosidade e aumentam a possibilidade de formação de bolhas de ar no embutimento.

Outros métodos muito especializados de controle térmico incluem a utilização de líquidos de arrefecimento e dispositivos que utilizam o efeito Peltier. Normalmente, o resfriamento por meio de líquidos envolve a circulação de um líquido de arrefecimento em estreita proximidade com o dispositivo: Para transferência de calor, os líquidos são mais eficazes que o ar. Um refinamento do resfriamento por meio de líquidos é a utilização de tubos de calor. Nesse processo de resfriamento, um líquido de arrefecimento é vaporizado no componente quente e, em seguida, o vapor é conduzido para uma área fria, onde é condensado. O calor latente da evaporação do fluido torna muito eficaz o processo de resfriamento do componente. Esse princípio é utilizado com muita eficácia em refrigeradores. O efeito Peltier é observado quando uma corrente contínua passa através da interface de dois metais diferentes: Se a corrente passa em um sentido, a interface aquece. Mas se a corrente passa no sentido contrário, a interface esfria. Sabe-se agora que semicondutores apresentam esse efeito e pode-se utilizar um grupo de semicondutores para resfriamento. Todos esses dispositivos de arrefecimento exigem a utilização de materiais condutores térmicos na interface com o componente que está sendo esfriado, com o objetivo de eliminar o ar isolante térmico e de aumentar a eficiência da transferência de calor para o sistema de resfriamento. Além disso, a extremidade quente do dispositivo de arrefecimento poderá envolver a utilização de dissipadores de calor.

No setor de produtos eletrônicos, o aumento da miniaturização significa que os problemas relacionados a dissipação de calor estão se tornando cada vez mais importantes. Normalmente, um gerenciamento térmico mais eficaz leva à maior confiabilidade e ao aumento da vida útil dos dispositivos.

Dr. John Humphries  
Electrolube