

实验室工程师知识点分享：开关电源的几种热设计方法分享，建议技术人员必看！

产品名称	实验室工程师知识点分享：开关电源的几种热设计方法分享，建议技术人员必看！
公司名称	深圳市实测通技术服务有限公司
价格	.00/件
规格参数	
公司地址	深圳市罗湖区翠竹街道翠宁社区太宁路145号二单元705
联系电话	17324413130 17324413130

产品详情

开关电源已普遍运用在当前的各类电子设备上，其单位功率密度也在不断地提高。但它们工作时会产生大量的热量，如果不能把这些热量及时地排出并使之处于一个合理的水平将会影响开关电源的正常工作，严重时损坏开关电源，本文就针对提高开关电源工作的可靠性，分享几种在开关电源设计中热设计的方法。

为了将发热器件的热量尽快地发散出去，一般从以下几个方面进行考虑:使用散热器、冷却风扇、金属pcb、散热膏等。在实际设计中要针对客户的要求及最佳费/效比合理地将上述几种方法综合运用到电源的设计中。

图1 散热器热阻模型图2 热阻模型等效电路

由于半导体器件所产生的热量在开关电源中占主导地位，其热量主要来源于半导体器件的开通、关断及导通损耗，从电路拓扑方式上来讲，采用零开关变换拓扑方式产生谐振使电路中的电压或电流在过零时开通或关断可最大限度地减少开关损耗但也无法彻底消除开关管的损耗故利用散热器是常用及主要的方法。

散热器是开关电源的重要部件，它的散热效率高与低关系到开关电源的工作性能，散热器通常采用铜或铝，虽然铜的热导率比铝高2倍但其价格比铝高得多，故目前采用铝材料的情况较为普遍，通常来讲散热器的表面积越大散热效果越好，散热器的热阻模型及等效电路如图1所示。

半导体结温公式如下式所示：

$$p_{cmax}(t_a) = (t_{jmax} - t_a) / \theta_{j-a} (w) \text{ -----(1)}$$

$$p_{cmax}(t_c) = (t_{jmax} - t_c) / \theta_{j-c} (w) \text{ -----(2)}$$

pc: 功率管工作时损耗

pc(max): 功率管的额定最大损耗

tj: 功率管节温

tjmax: 功率管最大容许节温

ta: 环境温度

tc: 预定的工作环境温度

s: 绝缘垫热阻抗

c: 接触热阻抗(半导体和散热器的接触部分)

f: 散热器的热阻抗(散热器与空气)

i: 内部热阻抗(pn结接合部与外壳封装)

b: 外部热阻抗(外壳封装与空气)

根据图2热阻等效回路，全热阻可写为:

$$j-a = i + [b * (s + c + f)] / (b + s + c + f) \text{-----}(3)$$

又因为 b 比 s + c + f 大很多，故可近似为

$$j-a = i + s + c + f \text{-----}(4)$$

(1) pn结与外部封装间的热阻抗(又叫内部热阻抗)

i是由半导体pn结构造、所用材料、外部封装内的填充物直接相关.每种半导体都有自身固有的热阻抗.

(2) 接触热阻抗 c是由半导体、封装形式和散热器的接触面状态所决定.接触面的平坦度、粗糙度、接触面积、安装方式都会对它产生影响.当接触面不平整、不光滑或接触面紧固力不足时就会增大接触热阻抗 c。在半导体和散热器之间涂上硅油可以增大接触面积，排除接触面之间的空气而硅油本身又有良好的导热性，可以大大降低接触热阻抗 c。

(3) 绝缘垫热阻抗 s

绝缘垫是用于半导体器件和散热器之间的绝缘.绝缘垫的热阻抗 s取决于绝缘材料的材质、厚度、面积。下表中列出几种常用半导体封装形式的 s + c

(4) 散热器热阻抗 f

散热器热阻抗 f与散热器的表面积、表面处理方式、散热器表面空气的风速、散热器与周围的温度差有关。因此一般都会设法增强散热器的散热效果，主要的方法有增加散热器的表面积、设计合理的散热风道、增强散热器表面的风速。散热器的散热面积设计值如图3所示：

图4

但如果过于追求散热器的表面积而使散热器的叉指过于密集则会影响到空气的对流，热空气不易于流动也会降低散热效果。自然风冷时散热器的叉指间距应适当增大，选择强制风冷则可适当减小叉指间距。如图4所示：

(5) 散热器表面积计算

$$s=0.86w/(t^*) (m^2)$$

t: 散热器温度与周围环境温度 (ta) 的差 ()

: 热传导系数，是由空气的物理性质及空气流速决定。 由下式决定。

$$=nu^* /l ()$$

:热电导率 (kcal/m2h) 空气物理性质

l: 散热器高度 (m)

nu: 空气流速系数。由下式决定。

$$nu=0.664* [(vl)/v']^3 pr$$

v: 动粘性系数 (m2/sec), 空气物理性质。

v': 散热器表面的空气流速(m/sec)

pr: 系数，见下表

2scs5197在电路中消耗的功率为pdc=15w，工作环境温度ta=60，求在正常工作时散热器的面积应是多少？

解: 查2scs5197的产品目录得知:pcmax=80w(tc=25)，tjmax=150 且该功率管使用了绝缘垫和硅油，s+c=0.8 /w

从(2)式可得

$$i= j-c=(tjmax-tc)/pcmax=(150-25)/80 =1.6 /w$$

从(1)式可得

$$j-a=(tjmax-ta)/pdc=(150-60)/15=6 /w$$

从(4)式可得

$$f= j-a - (i+ c+ s) =6 - (1.6+0.8)=3.6 /w$$

根据上述计算散热器的热阻抗须选用 $3.6 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{w}$ 以下的散热器，从散热器散热面积设计图中可以查到:使用2mm厚的铝材至少需要 200cm^2 ，因此需选用 $140*140*2\text{mm}$ 以上的铝散热器。

注：在实际运用中， $t_{j\text{max}}$ 必须降额使用，以80%额定节温来代替 $t_{j\text{max}}$ 确保功率管的可靠工作。

在开关电源的实际设计过程中，通常采用自然风冷与风扇强制风冷二种形式。自然风冷的散热片安装时应使散热片的叶片竖直向上放置，若有可能则可在pcb上散热片安装位置的周围钻几个通气孔便于空气的对流。

强制风冷是利用风扇强制空气对流，所以在风道的设计上同样应使散热片的叶片轴向与风扇的抽气方向一致，为了有良好的通风效果越是散热量大的器件越应靠近排气风扇，在有排气风扇的情况下，散热片的热阻如下表所示：

开关电源中主要发热元件有大功率半导体及其散热器，功率变换变压器，大功率电阻。发热元件的布局的基本要求是按发热程度的大小，由小到大排列，发热量越小的器件越要排在开关电源风道风向的上风处，发热量越大的器件要越靠近排气风扇。为了提高生产效率，经常将多个功率器件固定在同一个大散热器上，这时应尽量使散热片靠近pcb的边缘放置。但与开关电源的外壳或其它部件至少应留有1cm以上的距离。若在一块电路板中有几块大的散热器则它们之间应平行且与风道的风向平行。在垂直方向上则发热小的器件排在最低层而发热大的器件排在较高处。

发热器件在pcb的布局上同时应尽可能远离对温度敏感的元器件，如电解电容等。