

通信电子设备热设计方法浅析

袁 涛

陕西烽火电子股份有限公司 陕西 宝鸡 721400

摘 要: 元器件的工作温度是影响电子产品使用寿命和可靠性的重要因素。本文主要针对电子设备的热设计方法进行分析,阐述了热设计在产品研发过程中的必要性,提出了一些散热设计的思路 and 结构方案,希望可以为今后的设计工作提供参考。

关键词: 电子设备; 可靠性; 散热设计; 结构方案前言

在电子产品的开发过程中,设计过程是其重要的环节之一。这个过程中的安全性、稳定性等方面直接保证了产品的正常工作。随着高功率集成芯片的快速发展,其单位面积的发热量急剧增加,导致电子设备的工作温度迅速增高,从而使设备更容易频繁的发生故障。正确的热设计是电子产品可靠性保证的主要方法之一。因此,对电子设备的散热设计进行研究变得至关重要。

1 热设计概念

电子设备热设计系指对电子设备的热耗散单元以及整机或系统采用合适的冷却技术和散热结构设计,对其温升进行控制,从而保证电子设备或系统的正常工作和可靠性。热设计按级别一般分为三类,电子机箱机柜的系统级热设计;电子模块、PCB板级的热设计;元器件芯片级别的热设计。^[1]

通常,对于工作环境相对固定的电子设备,其热应力主要来自两方面:

设备或系统工作过程中,功率元器件耗散的热量,即由电能转换为热能;

设备或系统周围的工作环境,通过导热、对流或辐射将热量传递给电子设备。

所以,热设计的总原则就是自热源至耗散空间(环境)之间提供一条尽可能低的热阻通路,使热量迅速的传递出去。

2 常用散热技术

2.1 自然散热

2.1.1 自然散热中的传导

在大部分的情况下,元器件的热量主要利用接触面以热传导的形式散发。

界面热阻的理论计算公式如下:

式中:

θ_{TIM} —— 热界面材料有效综合热阻;

K_{TIM} —— 热界面材料的导热系数;

T —— 热界面材料的厚度;

R_c —— 热界面材料与接触表面的接触热阻。

在设计中要遵循以下基本原则:

- 1) 要尽量减少传热路径上的分界面,缩短传热路径;
- 2) 增大热传导面积,增加与发热器件的接触面积,保证接触面光滑平整;
- 3) 使用合适的导热界面材料,保证足够的接触压力,减少接触热阻。

2.1.2 自然散热中的对流

2.1.2.1 计算公式

当环境风速低于0.2m/s时,可认为是自然对流。对流换热的热量按照牛顿冷却定律计算:

$$Q = hA(TW - TA)$$

式中:

Q —— 对流换热的热流量,单位为W;

A —— 与热量传递方向垂直的面积,单位为 m^2 ;

TW —— 固体壁面温度,单位为K;

TA —— 流体的温度,单位为K;

h —— 对流换热系数,自然对流时换热系数在 $1 \sim 10 W/m^2 \cdot K$ 量级,一般不会超过 $3 \sim 5 W/m^2 \cdot K$ 。

2.1.2.2 自然对流散热设计的基本原则

自然散热表面换热系数低,只能满足功率小、热流密度低的设备散热需求。降低自然对流热阻,可以强化散热。自然对流热阻的主要影响因素有固体与流体之间的接触面积和温度梯度等,设计中要遵循以下基本原则:

- 1) 确保自然散热设备、元器件、散热结构之间的空间距离,以减少对流热阻;
- 2) 采用肋片等表面扩展技术增加对流换热表面积;
- 3) 增加散热物体与外界环境之间的温度差;
- 4) 增加通风孔(通常在顶部开出风孔,底部或侧面开进风孔,形成气流合理风道);
- 5) 有通风孔的自然对流设备,出风面积应大于进风

面积,一般推荐进出风孔面积比1.1~1.2;

6) 元器件分类布置,耐温规格高的元器件放在气流下游,热敏感器件应布置在气流上游,必要时采取热隔离措施。

在一定功率和温升限制条件下,自然散热设备的强化散热措施主要是通过有效扩展散热表面积。常用的方式有以下几种:

- 1) 散热器齿厚和齿数优选;
- 2) 增加表面波纹、凹槽或突起等结构,扩展表面积;
- 3) 采用高效散热器;
- 4) 表面喷涂高效散热涂料。

2.1.2.3 通风孔设计的基本原则

通风孔设计的基本原则如下:

- 1) 通风孔的开设要形成有效的自然对流气流通道,进风孔与出风孔应远离,以避免气流短路;
- 2) 进风孔尽量对准发热元器件;
- 3) 进出风孔设计要满足电磁兼容要求;
- 4) 开孔率和当量直径尽可能大,常用开孔形式有:圆孔、方孔、长条孔、十字条孔和异形孔等;
- 5) 出风口面积与进风口面积的比值大于1.1~1.2,以利于空气的自然对流。

2.1.3 自然散热中的辐射

2.1.3.1 设备的辐射散热

高温器件可以通过热辐射将部分热量传递给机壳,机壳对辐射热的吸收强度和表面的辐射率成正比。同样,机壳可以通过热辐射将设备的部分热量传递到外界低温环境中。

辐射换热理论公式:

$$Q = 5.67 \times 10^{-8} \epsilon AT^4$$

式中:

Q——辐射换热的热流量,单位为W;

T——物体的绝对温度值,单位为K;

A——辐射表面积,单位为m²;

ϵ ——表面的黑度或发射率(这里主要指红外波段的发射率),其值总小于1。该值取决于材料热物理性质相关参数、表面温度和表面状况,与外部环境无关。

自然散热设备中通过辐射传递能量不容忽视,表面喷漆或者喷粉可以有效提高发射率,表面拉丝或者导电氧化后表面发射率会降低。通过不同的表面处理工艺可以强化和削弱辐射换热量。

为了改善辐射换热能力,在设计中应遵循以下基本原则:

- 1) 需散热的物体选用辐射率高的表面,保持光亮,

减少吸收其它物体的辐射热量;

- 2) 增加需散热的物体散热表面积;
- 3) 增加需散热的物体与外界环境之间的温度差。

2.1.3.2 太阳辐射对户外自然散热设备的影响

对于户外自然散热设备,减少户外设备受太阳辐射影响的方法:

- 1) 阻挡阳光的直射和反射,如遮阳篷、遮阳罩等;
- 2) 避免阳光的直射和反射:自然散热设备尽量安装于建筑物的背阴面,强迫风冷设备安装时,使进风口所在面位于背向阳光的一侧;
- 3) 选用浅色或白色的表面涂料(降低对太阳辐射中可见光能量的吸收);
- 4) 表面使用对太阳辐射中可见光部分吸收比低的涂料。

2.1.4 自然散热传热路径控制

自然冷却时,设备内部的主要传热方式应采用传导,减小发热器件到机壳的传导热阻,不宜采用辐射作为设备内部空间的主要传热方式。

对封闭式设备的自然散热,内部可考虑采用风机,强化内部空气对流,防止出现局部热点。

2.2 强迫风冷技术

当单元耗散大于50W或器件的热功率密度超过0.155W/cm²时,自然对流的冷却方式已无法有效带走热量,这时必须采用强迫风冷的散热技术。强迫风冷相较于自然对流,在换热能力上有着数量级的增加,但更为复杂。结构上主要增加风道、冷却风机和过滤网等装置。

2.2.1 风道设计

2.2.1.1 风道设计的基本原则

根据散热方式的不同,风道可以分为自然散热风道和强迫散热风道;对于使用空调/热交换器的系统,可分为内风道和外风道。

风道设计是强迫风冷散热设计中的重要工作,其基本原则是:

- 1) 降低系统的压力损失,保证有足够的空气流量通过发热源;
- 2) 保证流过关键热源的风速;
- 3) 防止风道中产生空气回流;
- 4) 防止空气短路;
- 5) 防止系统中发热部件的相互影响。

风道设计要点如下:

- 1) 风道的设计要考虑减少系统的压力损失;
- 2) 避免风道的骤然扩展和骤然收缩;
- 3) 风道尽可能简洁通直,避免过多弯转,在气流急剧转弯的地方,应采用导风板或者导流插箱使气流逐渐转向,以实现流场的均匀分配;
- 4) 风道中,下游的过流截面积应大于上游的过流截面积;
- 5) 当大功耗器件位于单板进风口位置时,在布

局上应避免导轨或加强筋的流场影响区域；风机附近不应存在大尺寸障碍物；6) 对于进出风口的通风网孔，在满足电磁兼容和强度等其他要求的前提下，开孔率应尽可能大，在开孔率相同的情况下，应尽可能选当量直径大的孔，推荐采用六边形蜂窝孔；^[2]

7) 对于上下风道，风道的进风口尽可能靠下，同时应适当距离地面一定的高度，一般距离地面应不低于20cm；

8) 风道设计时尽可能使风量在系统中均匀分布。对于有集中热耗的系统，可根据具体情况，集中冷却发热区域。但要注意的是：在局部低速区或回流区，避免发热量大的器件布放。对于风道不均匀的地方，需要采用导流板、阻尼网孔或者其他匀流结构以改善风量的分配；

9) 当系统热耗大时，应避免风道出风口正对设备正面人员操作的高度位置；

2.2.1.2 机柜系统的风道形式

针对机柜，其风道形式宜符合ETS300119-5的相关规定。常用的风道形式推荐使用前进-后出及前进-顶出的风道形式。如机柜前门为玻璃门，允许机柜后门进风。^[3]

2.2.1.3 风道的选择

当单元热耗在300W以下时，可以由多个单元组成一

个风道，热耗小的单元位于机柜底部；对于单元热耗大于500W时，优先采用独立的风道。如果可行，也可以两个单元组成一个风道；对于热耗大于1000W的单元，建议采用独立的散热风道。

2.2.1.4 风道的密封与隔离

风道要求有明确的进、出风口，其余部分应该密封，风道各部分实现无缝连接；对于不同的风道，应相互隔离，不同的风道之间，还应防止气流短路，避免一个风道的出风成了另一个风道的进风。

3 结束语

鉴于热设计在保证电子产品性能稳定方面的重要性 and 广泛性，及设备微型化中的关键作用，我们对其常用冷却技术进行了较详细的分析，并总结了一些设计的方法和要点，可供今后参考和借鉴。

参考文献

- [1]张苗,袁丽,许强. 军用加固计算机的热设计与仿真分析[J]. 工业控制计算机,2017(11):37-38+41.
- [2]王亚智. 浅谈低压机柜的热设计[J]. 电工文摘,2017(03):20-28.
- [3]赵惇爻. 电子设备热设计[M]. 北京: 电子工业出版社,2009.