

# 功率器件的散热设计方法

郝国欣<sup>1</sup>, 郭华民<sup>1</sup>, 高 攀<sup>2</sup>

(1. 中国电子科技集团公司第 22 研究所研发中心, 山东省青岛市 266071;

2. 总装工程兵科研一所, 江苏省无锡市 214035)

**【摘 要】**在模拟电路设计过程中难免会使用功率器件, 如何处理和解决这些功率器件散热问题对于电路设计师来说非常重要, 因为这些功率器件的工作温度将直接影响到整个电路的工作稳定性和安全性, 文中首先介绍了功率器件的热性能指标, 并根据作者的实际工作经验, 介绍了功率器件的散热设计方法。

**关键词:**功率器件, 散热设计, 散热器热阻, 绝缘

**中图分类号:** TN603

## 0 引 言

随着微电子技术的发展, 越来越多的电子产品开始采用贴片式封装器件, 但是对于功率器件及一些功率模块来说, 依然有很多采用穿孔式封装, 这样设计的主要目的是可以方便地把发热功率器件安装在散热器上, 便于散热。要对发热功率器件进行良好的散热设计, 首先要了解功率器件的热性能指标, 然后通过这些热性能指标进行理论计算, 最后利用计算结果选择相对应的散热材料(散热器)。

## 1 功率器件的热性能指标

在电子元器件参数中, 生产厂家或多或少会提供一些器件的热性能参数, 例如器件的焊接温度、工作温度范围、结温  $T_j$ 、热阻  $R$  等。

通常用热阻表征一个封装好的器件的热性能。热阻表示稳态时发热器件表面每耗散 1 W 功率(热), 器件结点与参考点之间的温度差, 单位为  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。功率器件总的热阻为:

$$R_{JA} = R_{JC} + R_{CS} + R_{SA} \quad (1)$$

式中:  $R_{JC}$  为器件管芯传到器件外壳的热阻;  $R_{CS}$  为器件外壳与散热器之间的热阻;  $R_{SA}$  为散热器将热量散到周围空间的热阻。

在器件的数据手册中, 大多数情况下厂家只提供了器件管芯传到器件外壳的热阻  $R_{JC}$ 。

## 2 散热设计

在器件的数据手册中, 由于厂家只提供  $R_{JC}$ , 因

此, 进行散热设计时必须计算出器件总的热阻  $R_{JA}$ 。

若功率器件的实际损耗功率为  $P_D$ , 并已知器件允许的结温  $T_j$ 、工作环境温度  $T_A$ , 通常可以按下式求出器件允许的总热阻  $R_{JA}$ :

$$R_{JA} = \frac{T_j - T_A}{P_D} \quad (2)$$

这样就可以通过式(1)和式(2)计算出散热器将热量散到周围空间的热阻的最大值  $R_{SA, \max}$ :

$$R_{SA, \max} = \frac{T_j - T_A}{P_D} - R_{JC} - R_{CS} \quad (3)$$

在实际计算过程中, 通常都要留有很大的设计余量。生产厂家在器件数据手册中提供的电性能指标大多是在  $T_j$  为 25 ~ 150 时测定的, 因此进行散热设计时可以取  $T_j = 125$ ; 而整体电路的工作环境温度  $T_A$  一般为 20 ~ 60, 通常取 40 ~ 60; 器件外壳与散热器之间的热阻  $R_{CS}$  一般与器件的封装大小、器件和散热材料的连接安装技术以及是否在器件和散热器之间有填充材料有关。例如, 如果器件采用导热油脂或导热垫后再与散热器安装, 其  $R_{CS}$  典型值为 0.1  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$  ~ 0.2  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ; 若要求器件底面与散热材料绝缘, 需要另加云母片绝缘, 则其  $R_{CS}$  可达 1  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。功率器件实际的最大损耗功率  $P_D$  不是器件自身的最大功耗, 可根据不同器件的实际工作条件计算而得。有了这些参数, 就可以求得散热器将热量散到周围空间的热阻  $R_{SA}$ , 然后根据  $R_{SA}$  选择合适的散热器。

## 3 散热器选择

由于功率器件的热阻指标有很大的差异性, 对于一些热阻非常小的功率器件, 通常选择在印制板上大面积覆铜后, 把器件紧密安装在铜皮面上, 基本可以达到散热的目的。发热量略大的器件可以选择与封装匹

配的散热片,例如封装为 TO-220的器件就有与之相对应的散热器。

通常条件下,热量的传递包括传导、对流和辐射 3 种方式。传导是指直接接触的物体之间热量由温度较高的一方向温度较低的一方传递,对流是借助流体的流动传递热量,而辐射无需借助任何媒介,是发热体直接向周围空间释放热量。

器件的散热方式常见的有风冷、水冷、散热器连接等。在电子电路设计过程中,通常采用发热功率器件和散热器紧密连接的散热方式,但是采用散热器和风扇并用的散热方式也比较多见。散热器通过和芯片表面的紧密接触使芯片的热量传导到散热器,而散热器通常是一块带有很多叶片的热的良好导体,它的充分扩展的表面使热量辐射大大增加;同时,流通的空气也能带走尽可能多的热量,来降低工作电路周围的环境温度。有些散热器的表面经电泳涂漆或黑色氧化处理,以提高散热效率及绝缘性能。

选择散热器时,可以根据厂家对不同型号的散热器提供的热阻值或给出的有关温度热量曲线,来决定是否满足发热功率器件的散热要求。

下面以功率放大器 AN779H(电路见图 1)中发热功率器件 MRF433 的散热设计为例,介绍功率发热器件的散热设计。

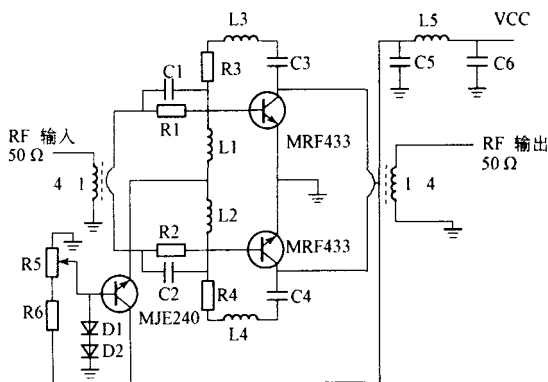


图 1 AN779H 电路原理

AN779H 是 2 MHz ~ 30 MHz 的 20 W 宽带功率放大器,功率增益为 55 dB,电路设计中主要依靠功率器件 MRF433 在 AB 类的信号功率放大。其工作条件如下:工作电压  $V_{CC}$  为 12 V,负载阻抗  $R_L$  为 50  $\Omega$ ,环境温度为 40  $^{\circ}\text{C}$  ~ 60  $^{\circ}\text{C}$ ,首先不考虑使用任何散热材料,只采用自然冷却方式散热。

MRF433 数据手册中提供了器件的管芯传到器件外壳的热阻  $R_{jc}$  最大值为 2.2  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ,静态电流取  $I_{CQ}$  25 mA。

首先要求出 MRF433 的实际功耗  $P_D$ 。MRF433 的

功耗包括两部分,一部分是输出功率的功耗  $P_{Dout}$ ,另一部分是 MRF433 内部电路的自身功耗  $P_{DQ}$ 。

在电路中,AN779H 的整体输出功率为 20 W,而且整个电路设计是 AB 类功率放大器,因此,每片 MRF433 的输出功率功耗  $P_{Dout} = 10 \text{ W}$ ,  $P_{DQ} = I_{CQ} V_{CC} = 25 \text{ mA} \times 12 \text{ V} = 0.3 \text{ W}$ ,所以每片 MRF433 的实际功耗为:  $P_D = 10 \text{ W} + 0.3 \text{ W} = 10.3 \text{ W}$ 。取环境温度  $T_A = 50$ 。根据式 (3)求得:

$$R_{sa} = \frac{125 - 50}{10 \times 3} = 2.2 - 0.2 = 4.881 (^{\circ}\text{C}/\text{W})$$

因此,应选用自然冷却时热阻小于 4.881  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$  的散热材料。一般散热片铝材的热阻在 0.5  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$  左右,纯铜的热阻则会达到 0.4  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$  甚至更低。另外, MRF433 的封装已经考虑了使用铜作为散热材料,这样大大降低了集中在 MRF433 自身上的热量。假如 AN779H 长时间的工作,仅依靠 MRF433 本身的铜制底座散热是远远不够的,这时就应该考虑使用较大的散热材料。笔者的实际经验是在 AN779H 电路板下面安装使用表面面积与 AN779H 同样大小的铝材散热片,效果良好。

#### 4 功率器件散热设计过程中的结构工艺

对于功率放大器件的散热,通常情况下经过合理计算后选择相应的散热材料,基本上可以满足工作需要,但是还应注意设计过程中的结构工艺。

a) 散热器的安装要有利于散热的方向,并在机箱或机壳的相应位置开一些散热孔,最好是使冷空气从底部进入,热空气从顶部散出。实际工作中,假如功率器件的发热量很大,这时可以考虑另外加入风扇进行风冷。

b) 大多数情况下采用铜或铝材制作散热器,但这些材料是电的良好导体,而且通常与电路中的地相连接。假如功率发热器件的外壳为一电极或与电源相连,则功率器件的外壳和散热安装面就要求绝缘,此时必须采用云母垫片或其他高性能导热绝缘材料进行绝缘,以防止发生短路。另外,功率器件的引脚如要穿过散热器,则需要在散热器上钻孔,为防止引脚与孔壁相碰,通常套上聚四氟乙烯套管进行绝缘。

#### 参 考 文 献

- [1] 胡志勇. MCM 器件的热设计方法. 世界电子元器件, 2003, (12): 68 ~ 70
- [2] 表面贴装元器件的热设计方法. 世界电子元器件, 2003, (2): 55 ~ 57

(下转第 28 页)

滤波器部分采用块状微带偏置,并用电感和电容来滤除射频信号以及电源纹波。

### 3 结束语

本文介绍的 Ka波段微带下变频器具有低噪声、高增的特点,实际接收卫星电视信号效果良好,具有较好的实用价值。不足之处是相位噪声一般,本振容易跳模,有待进一步改进。

#### 参 考 文 献

- [1] 方学忠,丁文生,项志鹏. 卫星电视与有线电视技术. 北京:中国物资出版社,1996 127~148
- [2] 张肃文. 高频电子线路(上册). 北京:高等教育出版社,1984 207~209

- [3] 姚彦,梅顺良,高葆新,等. 数字微波中继通信工程. 北京:人民邮电出版社,1990 303~328
- [4] Mitchell M P, Bannner G R. A Novel Low-noise Downconverter System Using a Microstrip Coupled Transmission-mode Dielectric Resonator. IEEE Trans on Microwave Theory and Techniques, 1987, 35(6): 591~594
- [5] 顾其铮. 介质谐振器微波电路. 北京:人民邮电出版社,1986 36~45
- [6] 张秉一,刘重光. 微波混频器. 北京:国防工业出版社,1984 167~187
- [7] 言华. 微波固态电路. 北京:北京理工大学出版社,1995 95~100
- [8] 甘本祯,吴万春. 现代微波滤波器的结构与设计(上册). 北京:科学出版社,1973 3~6

## A Ka-band Microstrip Low Noise Downconverter

Yan Fengjun<sup>1,2</sup>, Xia Chuanhao<sup>1,2</sup>, Hong Yi<sup>2</sup>

(1. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. China Electronics Technology Group Corporation No 38 Research Institute, Hefei 230031, China)

**【Abstract】** LNB (low noise downconverter block) is called RF head for short. It is an important part of satellite-television receiving system. It can amplify and convert satellite down-signals. In comparison with traditional C-band LNB and Ku-band LNB, Ka-band LNB has a lot of advantages, and is being used gradually in communication fields. This paper introduces a kind of Ka-band microstrip LNB for direct broadcast satellite (DBS). It firstly explains the circuit operation principle and the structure of Ka-band LNB, then studies the design methods of its internal modules and the realization process of the specific circuit made up of microwave components. Debugging experiments and practical reception show that this kind of Ka-band LNB has good performance and big practical value.

**Keywords:** Ka-band microstrip, low noise downconverter, low noise amplifier, dielectric resonator oscillator

(上接第 18 页)

## A Method of Heat Dissipation Design for Power Devices

Hao Guoxin<sup>1</sup>, Guo Huamin<sup>1</sup>, Gao Pan<sup>2</sup>

(1. The No. 22 Research Institute of CETC, Qingdao 266071, China;

2. The First Engineering Research Institute of the General Armaments Department, Wuxi 214035, China)

**【Abstract】** It's inevitable for electronic engineers to use power devices when they design circuits. And it's very important to deal with and solve the problems of heat dissipation of these power devices. Because the working temperature of these power devices directly affects the stability and security of the whole circuit. So in this paper some design methods of heat dissipation design for power device based experience are introduced.

**Keywords:** power devices, heat dissipation design, radiator thermal resistance, insulation