



# 视频滤波器的热管理设计

Maxim 公司 David Fry

**摘要:** 在功率电子学中,热管理是电路和印刷电路板设计的基础。虽然热管理和器件的性能一样重要,但在信号链路中热管理很容易被设计人员所忽略。定义并讨论了基本的热管理特性,介绍了使用 MAX11500~MAX11509 系列低成本视频滤波器时的热管理设计问题。

**关键词:** 视频滤波器;SD 视频滤波器;标清视频滤波器

## 热管理设计的通用问题和定义

任何半导体器件都会因消耗功率释放一定的热量,热量主要通过三个途径散发:封装顶部到空气、封装底部到电路板以及封装引脚到电路板。在 MAX11500、MAX11501/MAX-11502、MAX11504/MAX11505 视频滤波器中,主要的散热通道是从引脚到电路板。热阻是表示材料导热性能的参数,用希腊字母  $\theta$ (theta)表示。

从结到管壳的热阻称为  $\theta_{JC}$ ,从管壳到周围环境的热阻称为  $\theta_{CA}$ ,从结到周围环境的热阻称为  $\theta_{JA}$ 。热模型与电子仿真模型(图 1)类似,两个模型都使用了电容。温度类似于电压,而热量类似于电流。电子器件中,电流流过电阻就会产生压差,同样,热量流经热阻就会产生温差。另外,如果只是瞬间通过热量,则热电容会

旁路热量,只产生很小的温升,因为物体的加热需要时间。

通常, $\theta_{JC} < \theta_{CA}$ ,  $CT_{JC} < CT_{CA}$ , 这个关系可以用式(1)表示。

$$\theta_{JA} = \theta_{JC} + \theta_{CA} \quad (1)$$

$$T_J = T_A + R_{JA} \times \theta_{JA}$$

以下讨论将忽略电容,只研究静态情况,这与视频滤波器的工作状况更接近。通常会使用  $\theta_{JA}$ , 因为封装是由 JEDEC 标准、JES51-3 或 JES51-7 中定义的标准 PCB 规定的。

得到封装的热阻后,可以根据给定的耗散功率和环境温度计算结温。IC 的结温取决于 PCB 的散热能力,即结到周围环境的实际热阻。

下面考虑一个简单的示例,如果器件的  $V_{CC}=5.0V$ ,吸收电流为 100mA,最大环境温度为 40°C,最大容许结温为 150°C,则功耗可以表示为:

$$P_D = V \times I, P_D = 5 \times 0.1 = 0.5W$$

假定  $\theta_{JA}=150^\circ C/W$ ,设备必须在散热条件良好的 40°C 环境,结温按下式计算:

$$T_J = 40 + 0.5 \times 150 = 115.5^\circ C$$

这个温度远远低于最大管芯温度,所以器件不会出现过热问题。此过程看上去很简单,但实际执行时很

复杂。对于小尺寸 IC,因为它与 PCB 布局有关,所以很难确定  $\theta_{JA}$  的实际值。

### 封装规格

以下内容为 MAX11501 视频滤波驱动器产品数据资料中给出的额定工作范围。

#### (1)绝对工作范围

- $V_{CC}$  至 GND:  $-0.3V \sim +6V$

- 其他引脚与 GND 之间:  $-0.3V \sim (V_{CC} + 0.3V)$  和  $+6V$  中的较小电压

- 连续功耗( $T_A = +70^\circ C$ ): 8 引脚 SoIC(降额系数  $5.9mW/^\circ C$ ,  $+70^\circ C$  以上)为 470mW

- 允许进入任何引脚( $V_{CC}$  和 GND 除外)的最大电流:  $\pm 50mA$

#### (2)工作温度范围

- MAX1150xUSA:  $0^\circ C \sim +85^\circ C$

- 储存温度范围:  $-65^\circ C \sim +150^\circ C$

- 引脚温度(焊接, 10s):  $+300^\circ C$

- 结温:  $+150^\circ C$

本讨论的关键是连续耗散功率和结温,最高结温是  $150^\circ C$ ,最大可耗散功率在  $70^\circ C$  环境温度下为 470mW,该条件会导致管芯温度达到  $150^\circ C$ 。因此,可以按照下式计算  $\theta_{JA}$ :

$$\theta_{JA} = (T_J - T_A) / P_D = (150 - 70) / 0.47 = 170^\circ C/W$$

$\theta_{JA}$  是降额因子倒数,很容易验证:  $1/170 = 0.00588W/^\circ C$

这些数据取自该封装的 JEDEC 规范。对于 Maxim 视频滤波器,有三个相关规范:

(1)EIA/JESD51-3: 含铅、表面贴封装的低效热传导测试板;

(2)EIA/JESD51-5: 封装带有直接导热附件的热测试板标准扩展;

(3)EIA/JESD51-7: 含铅、表面贴

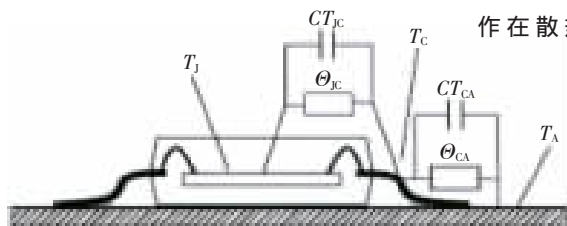


图 1 通过器件引脚散热的电子仿真



表 1 视频滤波器封装的热特性参数

型号	单层板			多层板		
	$\Theta_{JA}/(^{\circ}\text{C}/\text{W})$	$\Theta_{JC}/(^{\circ}\text{C}/\text{W})$	$\Theta_{CA}/(^{\circ}\text{C}/\text{W})$	$\Theta_{JA}/(^{\circ}\text{C}/\text{W})$	$\Theta_{JC}/(^{\circ}\text{C}/\text{W})$	$\Theta_{CA}/(^{\circ}\text{C}/\text{W})$
MAX11500	170	40	130	136	38	98
MAX11501	170	40	130	136	38	98
MAX11502	170	40	130	136	38	98
MAX11504	180	42	138	113	42	71
MAX11505	180	42	138	113	42	71

封装的高效热传导测试板。

MAX11500~MAX11505 的封装规格如表 1 所示。

## 实际环境中的视频信号和 IC

JEDEC 规范详细定义了用来测试器件的标准 PCB, 这个规范能够按照规定的方式测试器件并进行比较和定义。但实际测试中, 器件不可能安装在与 JEDEC 定义电路板完全相同、具有同样热特性的电路板上, 电路板也不会具有同样的布局。

视频滤波器的功耗来源于静态和信号功耗。静态功耗计算很简单, 从数据资料就可以直接得到数据。

MAX11501 数据资料标明  $V_{CC}=5.0\text{V}$  时, 电源电流典型值为  $18\text{mA}$ , 最大值为  $24\text{mA}$ 。因此, 静态功耗最大值为  $120\text{mW}$ 。

由信号产生的功耗按照下式定义:

$$P_{do_n} = \frac{(V_{CC} - V_{orms_n}) \times V_{orms_n}}{Rl_n}$$

式中:

- $P_{do}$  = 通道功耗
- $V_{orms}$  = 通道输出的 rms 电压
- $Rl$  = 通道负载电阻
- $V_{CC}$  = 器件电源电压

计算器件的总功耗只需将每个通道的功耗与器件的静态功耗相加。

整个过程看上去很简单, 但无法得到 RMS 输出电压, 它与视频信号有关。

## 最差工作条件下的视频信号

有几种需要考虑的信号: CVBS、Y/C、RGB 和 YUV。最差工作条件

现在 100% 白电平 RGB 图像, 每个通道需要驱动两倍负载。这是将要考虑的信号。

行信号如图 2 所示。

PAL 和 NTSC 场消隐间隔分别如图 3 和图 4 所示。

根据以上信息, 可以计算出信号 RMS 电压。首先计算 PAL 制式的情况。行电压的 RMS 按照式(2)计算, 式中同步头归一化到 1V 峰值白电平。

$$V_{RMS} = (5.75 \times 0.3 + 52 \times 1.0 + 1.55 \times 0.3) / 64 = 0.847\text{V} \quad (2)$$

式(2)适用于场消隐周期以外的 575 行。用同样的方法可以计算场消隐间隔内的 RMS 行电压, 计算结果以及最终的 RMS 值如表 2 所示。

表 3 所示为针对 NTSC 制式的近似计算。

如果同步头高于 0V, 只需简单增加一个偏置, 与最终结果相加即可得到总的 RMS 值。因此, 对于 PAL 制式, 总的 RMS 电压占同步脉冲(峰值白电平加直流偏置)的 80%; 对于 NTSC 制式, 占 81%。大部分工程师

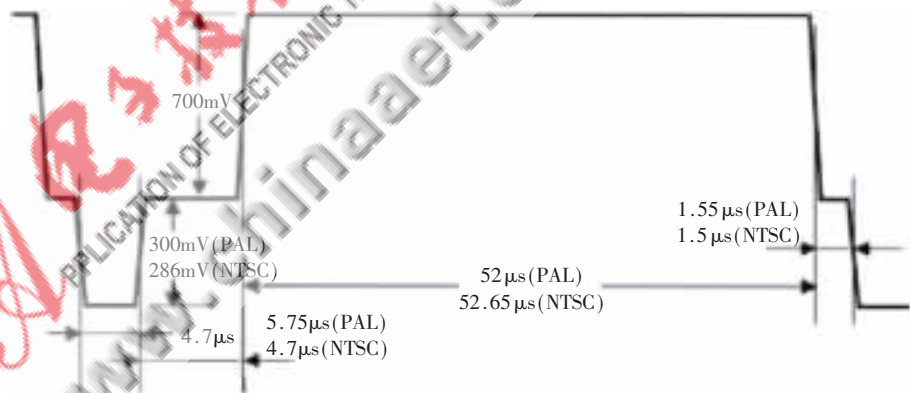


图 2 视频波形

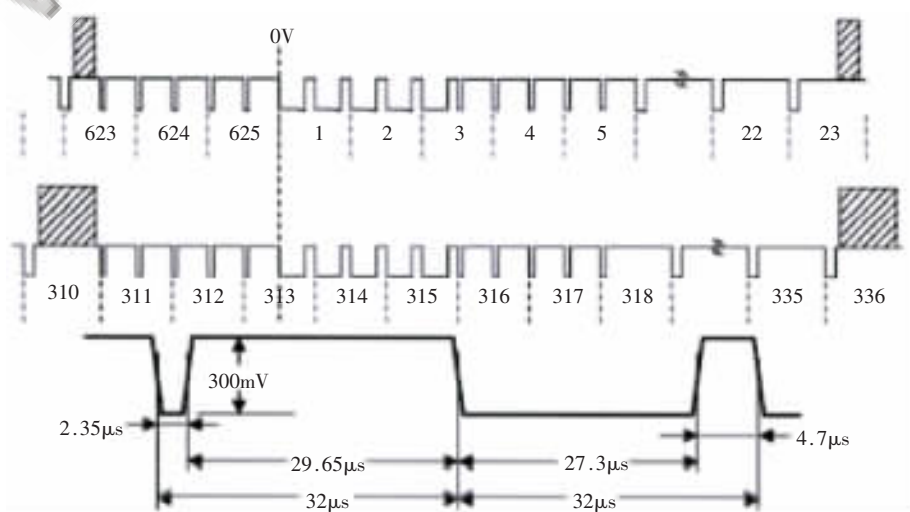


图 3 PAL 场消隐和场同步脉冲

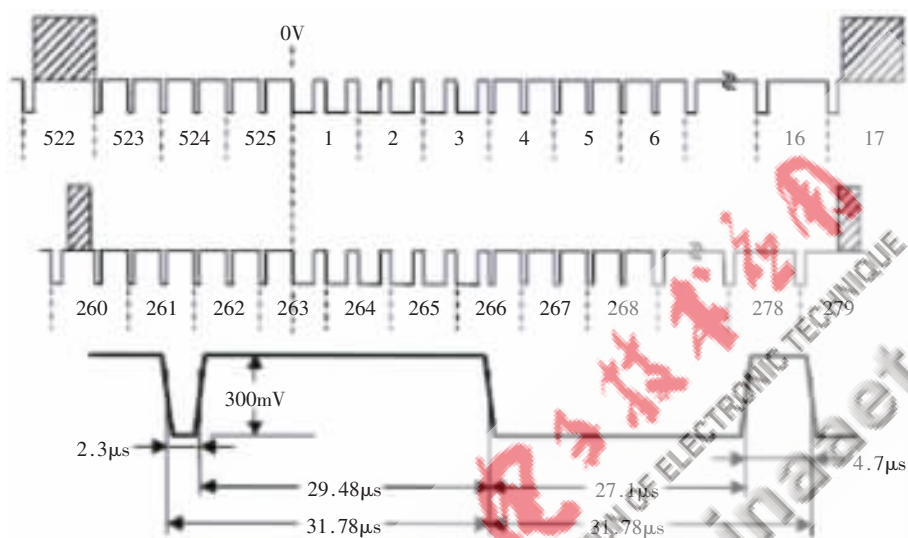


表 2 PAL 制式的 RMS 电压计算

行号	对应的 RMS 电压/V
623	1 0.552
624, 625, 4, 5, 311, 312, 316, 317	8 0.278
1, 2, 314, 315	4 0.044
3	1 0.161
6~22, 318~335	34 0.278
23	1 0.562
313	1 0.161
所有有效行	575 0.847
共计	625
总计 RMS	0.800

表 3 NTSC 制式的 RMS 电压计算

行号	对应的 RMS 电压/V
1, 2, 3, 264, 265	5 0.044
523, 524, 525, 4, 5, 6, 261, 262, 267, 268	10 0.278
7~16, 269~278	20 0.278
260	1 0.557
263	1 0.161
266	1 0.161
所有有效行	487 0.858
共计	525
总计 RMS	0.814



注: NTSC 定义最小场消隐周期占 19H, 但它可以更长。

图 4 NTSC 场消隐和场同步脉冲

实际应用时选择 80% 的情况。

### 实例说明

下面考察一个最差工作条件下的示例, 将 MAX11501 三通道视频滤波器用于 625 行 RGB 信号。

输入、输出采用直流耦合, 输入端峰值白电平为 1.4V, 这是所容许的最大输入电压。考虑到 5% 的开销, 输入端最大同步脉冲到峰值白电平的电压为 1.05V。因此, 得到的电压如图 5 所示。

随后, 可以很容易地计算出典型功耗和最大功耗。

#### (1) 计算 RMS 输出电压

$$V_{\text{ORMSTYP}} = 0.8 \times (2.98 - 0.98) + 0.98 = 2.58$$

$$V_{\text{ORMSMAX}} = 0.8 \times (3.08 - 0.95) + 0.95 = 2.65$$

#### (2) 计算每通道功耗

$$P_{\text{D0}} = (5 - 2.58) \times 2.58 / 75 = 83 \text{mW}$$

$$P_{\text{D10}} = (5.25 - 2.65) \times 2.65 / 75 = 92 \text{mW}$$

#### (3) 计算总功耗

$$P_{\text{D}} = 5 \times 0.018 + 0.083 + 0.083 = 340 \text{mW}$$

$$P_{\text{D}} = 5.25 \times 0.024 + 0.092 + 0.092 = 402 \text{mW}$$

假定有一个良好的散热片, 可以得到接近理想的散热效果, 从而计算出管芯温度:

$$T_{\text{JTP}} = 70 + 0.34 \times 168 = 127^\circ\text{C}$$

1.400V (max)  
1.350V (typ)

0.65V  
0.335V (min)  
0.350V (typ)

输入信号

3.080V (max)  
2.980V (typ)

1.580V  
0.950V (min)  
0.980V (typ)

输出信号

图 5 示例中的输入、输出电压

$$T_{\text{JMAX}} = 70 + 0.4 \times 168 = 137^\circ\text{C}$$

显然, 实际应用中温度不可能达到最大值  $137^\circ\text{C}$ 。因此可以确定, 即使在最差工作条件下, 管芯也不会出现过热。

#### 实际测量

对 MAX11501 评估板进行测量, 由于它是一个双层板, 所以采用了多层电路板的热参数。 $\theta_{\text{JA}} = 136$ ,  $\theta_{\text{JC}} = 38$ ,  $\theta_{\text{CA}} = 98$ 。电路板放置在静态空气中。设置:

- $V_{\text{CC}} = 5.0\text{V}$
- 每个输出端有两个视频负载
- 信号为 525 行的 RGB, 所有通道为带同步的 100% 白电平

#### (1) 理论计算

以下计算假定 PCB 的热特性指标与封装定义的指标接近。

$$P_{\text{D}} = 0.34\text{W}$$

$\Delta T_{\text{JA}} = P_{\text{D}} \times \theta_{\text{JA}} = 0.34 \times 136 = 46$ , 预计  $T_{\text{J}}$  高于环境温度  $46^\circ\text{C}$ 。

$\Delta T_{\text{CA}} = P_{\text{D}} \times \theta_{\text{CA}} = 0.34 \times 98 = 33$ , 预计  $T_{\text{C}}$  高于环境温度  $46^\circ\text{C}$ 。

#### (2) 结果

- 静态电流  $I_{\text{CC}}: 18\text{mA}$
- 接地引脚测试得到的器件温度:  $63^\circ\text{C}$
- 环境温度:  $25^\circ\text{C}$



### (3) 计算

通过计算系统的  $\theta_{JA}$ , 从计算结果看出所使用的电路板非常接近定义封装的理想情况:

$$\Delta T_{CA} = 63 - 25 = 38^\circ\text{C}$$

$$\theta_{CA} = \Delta T_{CA} / PD = 38 / 0.34 = 112^\circ\text{C/W}$$

由此可见, PCB 效率与理想情况相差甚微。可以针对整个系统使用总的  $\theta_{JA}$  值计算管芯温度, 假定最高环境温度为  $70^\circ\text{C}$ 。

$$T_J = T_A + P_D \times \theta_{JA} = 70 + 0.34 \times 140 = 118^\circ\text{C}$$

### 结论

计算结果表明: 最差工作条件下视频信号的 RMS 电压近似为同步脉冲、峰值白电平加上偏置电压的 80%。演示了对评估板热特性的测量, 并将其用于实际设计, 可将器件的管芯温度保持在规定范围内。(收稿日期: 2008-07-30)