



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 θ (theta)表示。

从结到管壳的热阻称为 θ_{JC} ,从管壳到周围环境的热阻称为 θ_{CA} ,从结到周围环境的热阻称为 θ_{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 θ_{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 θ_{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 θ_{JA} :

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

θ_{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

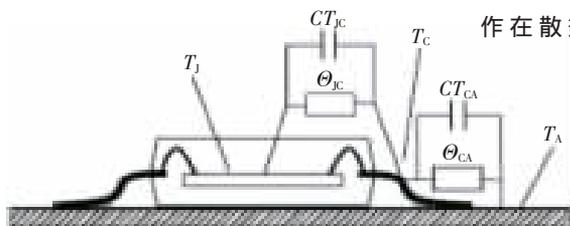


图 1 通过器件引脚散热的电子仿真



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 18mA , 最大值为 24mA 。因此, 静态功耗最大值为 120mW 。

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, 可以计算出信号的 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

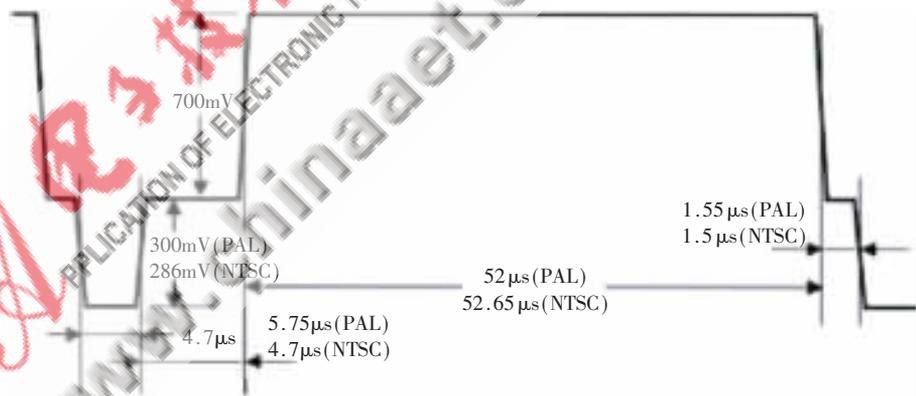


图 2 视频波形

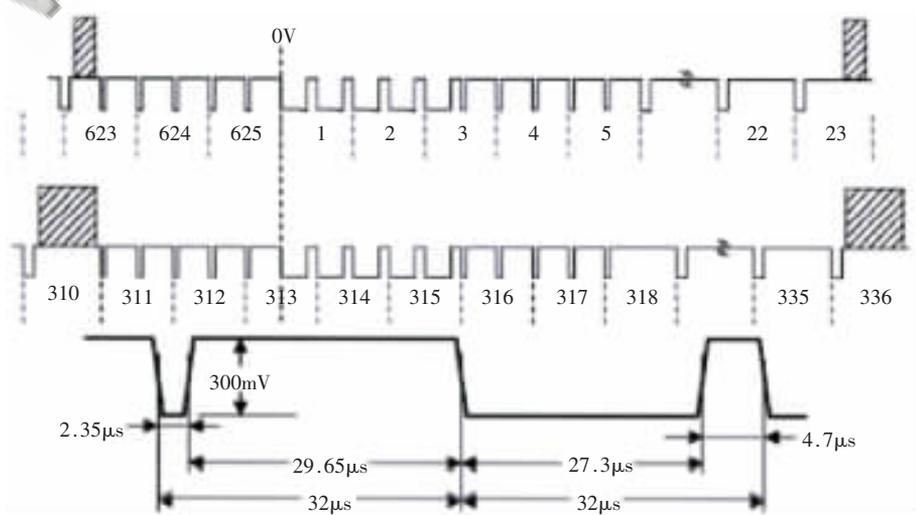


图 3 PAL 场消隐和场同步脉冲

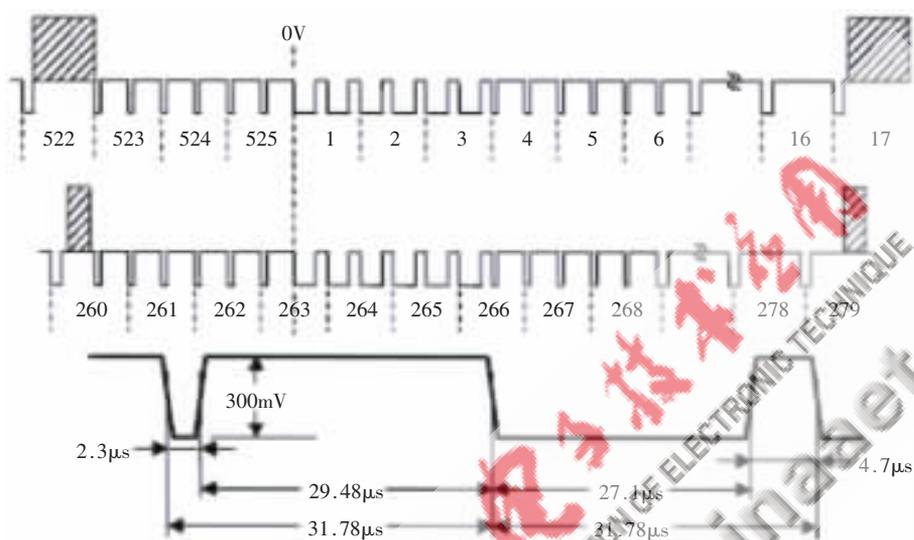


表 2 PAL 制式的 RMS 电压计算

| 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,但它可以更短。

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°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_{J} 高于环境温度 46°C 。

$\Delta T_{\text{CA}} = P_{\text{D}} \times \theta_{\text{CA}} = 0.34 \times 98 = 33$,预计 T_{C} 高于环境温度 46°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°C
- 环境温度: 25°C



(3) 计算

通过计算系统的 θ_{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 θ_{JA} 值计算管芯温度, 假定最高环境温度为 70°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)