

采用 SO-8 和 PSOP-8 封装的 LM3404/04HV 的散热性能

查询LM3404HV供应商

美国国家半导体公司
应用注释 1629
Chris Richardson
2007年5月



采用 SO-8 和 PSOP-8 封装的 LM3404/04HV 的散热性能

引言

LM3404/04HV是一款降压型稳压器，专为驱动正向电流高达1.0A的大功率LED而设计。即使在开关转换器方式下工作，LED驱动器也常常会遇到一些极端的发热情形。例如，通常会将LED驱动器和LED一起放置在同一块金属核心PCB (MCPCB)上。在1.0A电流下，单芯白光LED的功耗会超过3W。MCPCB的温度能轻易达到60°C乃至更高。即使将驱动器放置在单独的PCB上，由于大功耗、狭小和封闭的空间以及极少的气流等综合因素，也会产生很高的环境温度和甚至更高的结温。

LED驱动器的高占空比会使集成（板载MOSFET）LED驱动器的散热条件变得更差。在采用多个LED的应用中，将尽可能多的LED串联，以便与稳压器的电流和电压限制相匹配。结果使得输出电压恰好低于输入电压。由24V输入提供5V输出的稳压器具有21%的占空比，意味着内置MOSFET在其21%的时间内是导通的。与之相反，通常会采用24V输入电压来驱动五个串联的白光LED，每个LED压降是3.5V时的输出电压为17.5V，强制MOSFET在73%的时间内导通。

本应用注释的第一部分采用实验室测试的热性能结果和仿真结果，探讨LM3404HV在大电流、高输入电压、高占空比的许多LED驱动器应用中的性能。将带有裸露焊盘封装

（亦称为晶粒黏接焊盘或DAP）的业界标准的SO-8封装和引脚兼容的PSOP-8封装进行比较，有助于用户预测不同情况下的晶片温度，并确定哪种类型的封装最适合具体应用。

利用第一节中计算的功耗，本应用注释的第二部分估算在两种典型LED配置下LED驱动器LM3404HV的晶片温度。第一种配置是LM3404HV安装在分开的PCB上，通过线束将其连接到LED。这种情况假定环境温度受到LED散热的影响，但不是LED本身造成PCB发热。第二种情况假定LM3404HV与LED安装在相同的MCPCB上。在这种配置中MCPCB的温度对LM3404HV晶片温度的影响要比环境温度大很多，测试也假定一个固定的MCPCB温度而不是固定的环境温度。

测试电路

测试电路输入电压为 $48V \pm 5\%$ ，采用LM3404HV来驱动十个串联的3W白光LED。典型正向压降为36V（处于热平衡中）时总的正向电流 I_F 为 $1A \pm 5\%$ 。输出电流纹波为 $70mA_{p-p}$ 或更低。开关频率为 $550kHz \pm 10\%$ 。电路的浪涌保护可高达60V。完整的材料清单列于文件的后面，在应用注释AN-1585中会给出性能波形。电路如图1所示。

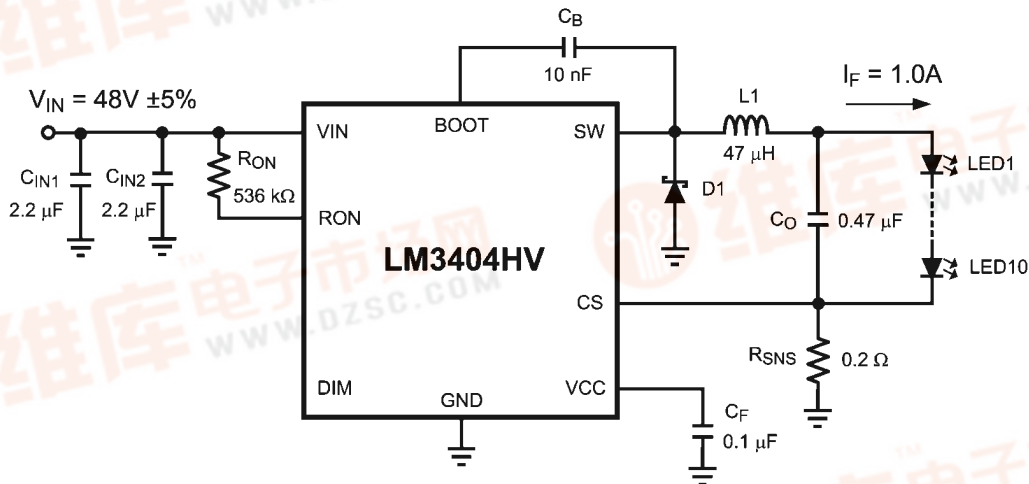


图 1.



AN-1629

测试用的PCB

查询LM3404HV供应商

在本应用注释中测试用的PCB是LM3402/04 PSOP-8评估电路板。电路板的尺寸为1.95英寸×1.25英寸，并采用1盎司铜箔的两层板以及62mil的FR4材质。为了获得最佳的散热性能，顶层的大部分和完整底层都由大面积（形状）铜箔构成。这些区域主要作为LM3404HV的散热片。其中特别重要的是焊盘和散热通孔的布置，通过它们将PSOP-8封装的DAP连接到底层上的接地平面。图2所示为焊盘上的详细信息，这是为了获得最佳散热性能而推荐采用的布局。也可将PSOP-8封装的LM3404HV用在标准SO-8封装图形上，或者将SO-8封装的LM3404HV用在PSOP-8封装的评估电路板上，然而当将其正确地焊到散热焊盘，并连到一个大面积（1平方英寸或者更大）的铜箔区域上时，任一种选择都不能充分利用PSOP-8封装的增强散热性能。在本文的结尾会提供PCB的分层布局图。

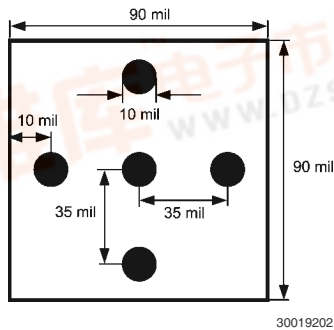


图2. PSOP-8焊盘和散热通孔布局

功耗

LM3404HV内部的功耗可分为三种类型：传导损耗 (I^2R)，栅极电荷损耗和开关损耗。对于每种计算，使用最大值和最差情况。占空比D为0.75。MOSFET的导通电阻 $R_{DS(ON)}$ 为0.75Ω，栅极电荷 Q_G 为6nC，上升和下降时间 t_R 和 t_F 都是20ns。

内置MOSFET中的传导损耗 P_C 为：

$$P_C = (I_F \times D)^2 \times R_{DS(ON)} = (1.0 \times 0.75)^2 \times 0.75 = 420 \text{ mW}$$

栅极驱动器和线性稳压器中的栅极充电和VCC损耗 P_G 为：

$$P_G = (I_{IN-OP} + f_{SW} \times Q_G) \times V_{IN}$$

$$P_G = (675 \times 10^{-6} + 550000 \times 6 \times 10^{-9}) \times 48 = 191 \text{ mW}$$

内置NFET中的开关损耗 P_S ：

$$P_S = 0.5 \times V_{IN} \times I_F \times (t_R + t_F) \times f_{SW}$$

$$P_S = 0.5 \times 48 \times 1.0 \times (40 \times 10^{-9}) \times 550000 = 528 \text{ mW}$$

则LM3404HV内部的总功耗为

$$P_D = P_C + P_G + P_S = 1.14 \text{ W}$$

散热计算

LM3404HV所具有的最大工作结温(T_J)为125°C。采用SO-8封装（型号 LM3404HVMA）和PSOP-8封装（型号 LM3404HVMR）的LM3404HV的校准测试都在实际的PSOP-8评估电路板上进行。结点到环境的热阻(θ_{JA})的测试结果总结如下，单位为°C/W。

封装	0.5W	1.0W	1.5W
SO-8	102	99	未提供
PSOP-8	50.9	49.6	48.4

为了与期望的应用环境相匹配，所有测试都在无气流的条件下进行。之所以没有提供SO-8封装在1.5W处的数据，是因为最终的 T_J 超过了125°C。 θ_{JA} 对于PCB的重要性就像其对于半导体芯片的意义一样。PSOP-8评估电路板的顶层包含大约75%的铜箔，而底层（的通孔和线路）大约占用90%的铜箔。因此估算的总铜箔面积为 $(0.75 + 0.9) \times (1.25" \times 1.95") = 4$ 平方英寸。

根据功耗和热阻数据，可估算出最大的工作环境温度，或者在给定工作环境温度下，可为LM3404HV选择合适的封装类型。

通过以下等式可确定最大的工作环境温度 T_{A-MAX} ：

$$T_{A-MAX} = T_{J-MAX} - P_D \times \theta_{JA}$$

$$T_{A-MAX} (\text{SO-8}) = 125 - 1.14 \times 99 = 12^\circ\text{C}$$

$$T_{A-MAX} (\text{PSOP-8}) = 125 - 1.14 \times 50 = 68^\circ\text{C}$$

从计算中可清楚看到高功耗的应用必须用PSOP-8封装。

还有一种可能，如果环境温度是已知的，LM3404HV的硅片温度可以通过上述等式的变形来估算：

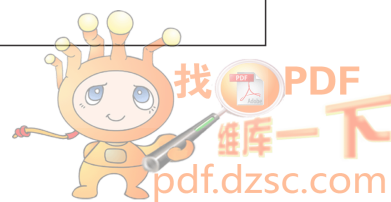
$$T_J = T_A + P_D \times \theta_{JA}$$

例如，如果带功率LED的壳体内部的环境温度达到60°C，再次对两种封装选项进行评估：

$$T_J (\text{SO-8}) = 60 + 1.14 \times 99 = 173^\circ\text{C}$$

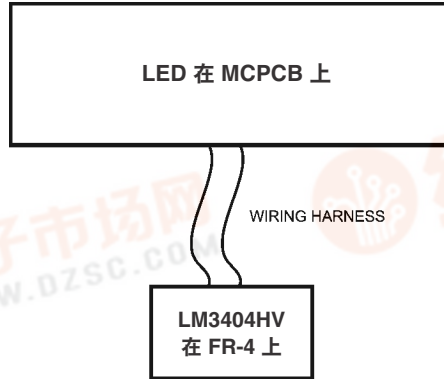
$$T_J (\text{PSOP-8}) = 60 + 1.14 \times 50 = 117^\circ\text{C}$$

结果再次表明，SO-8封装不能将结温保持在规格的限值内。



采用FR4来预测散热性能

[查询LM3404HV供应商](#)



30019203

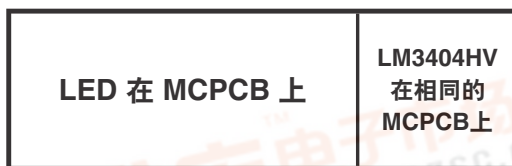
图3. 第一种系统电路配置图

采用有限元分析，在三种不同尺寸的PCB上对PSOP-8和SO-8封装的LM3404HV的散热性能仿真。这些仿真假定环境温度为22°C，功耗为1W，两层PCB由顶层和底层上的1盎司铜箔组成，中间用62mil的FR4介质分隔。结果如下所示：

θ_{JA} (°C/W)	PSOP-8	SO-8
1.25" x 1.95" (评估电路板)	55.1	104.8
1" x 1" (典型情况)	73.0	120.8
0.5" x 0.5" (最坏情况)	240.2	263.7

评估电路板情况的测试结果和仿真结果之间具有较好的关联性。通过将评估电路板的结果与典型及最坏情况的仿真结果比较，可以发现PCB尺寸的较大影响。若没有足够的铜箔面积去发散和消耗热量，外露焊盘的优势会受到削弱，即使PSOP-8封装也会被限制在低功耗、低环境温度的应用。

采用金属核心PCB来预测散热性能



30019204

图4. 第二种系统电路配置图

采用PSOP-8和SO-8封装的LM3404HV在下列组分的1英寸方截面MCPCB上消耗1W时，再次使用有限元分析来仿真LM3404HV的性能。

材料	厚度(mil)	热传导率 (W/m-K)
金属核心 (6061-T6 铝)	40	167
绝缘材料	3	2.4
铜线 (75% 覆盖)	1.4	377

为了获得典型的工作条件，包含LM3404HV的1英寸方截面被假定为测量面积1英寸×6英寸的更大MCPCB的一部分。其它5平方英寸区域包含了5个大功率LED，假定它们将整个电路板加热到一个统一的温度， T_{BD} 为50°C（代表一个稍大的散热区）和75°C（代表一个稍小的散热区）。从电路板至LM3404HV硅片的热阻 Ψ_{JBD} 的测试结果列于下表：

Ψ_{JBD} (°C/W)	$T_{BD} = 75^\circ\text{C}$ $T_A = 60^\circ\text{C}$	$T_{BD} = 75^\circ\text{C}$ $T_A = 45^\circ\text{C}$	$T_{BD} = 50^\circ\text{C}$ $T_A = 40^\circ\text{C}$	$T_{BD} = 50^\circ\text{C}$ $T_A = 30^\circ\text{C}$
SO-8	70.5	69.2	71.4	70.5
PSOP-8	9.8	9.2	10.5	10.1

利用下列等式和参数 Ψ_{JBD} ，计算LM3404HV的结温：

$$T_J = \Psi_{JBD} \times P_D + T_{BD}$$

或者，通过从125°C的 T_{J-MAX} 回溯计算， Ψ_{JBD} 也可用于确定可容忍的最高电路板温度。

$$T_{BD-MAX} = 125 - \Psi_{JBD} \times P_D$$

从这些结果中也可得到两个主要结论。首先，电路板温度或者环境温度对散热阻抗影响很小。相反，热阻主要依赖于所采用的封装类型。其次，当DAP焊接到具有低热阻的大块区域，例如MCPCB时，PSOP-8封装能够再次表现出远优于SO-8封装的性能。

结论

查询LM3404HV供应商

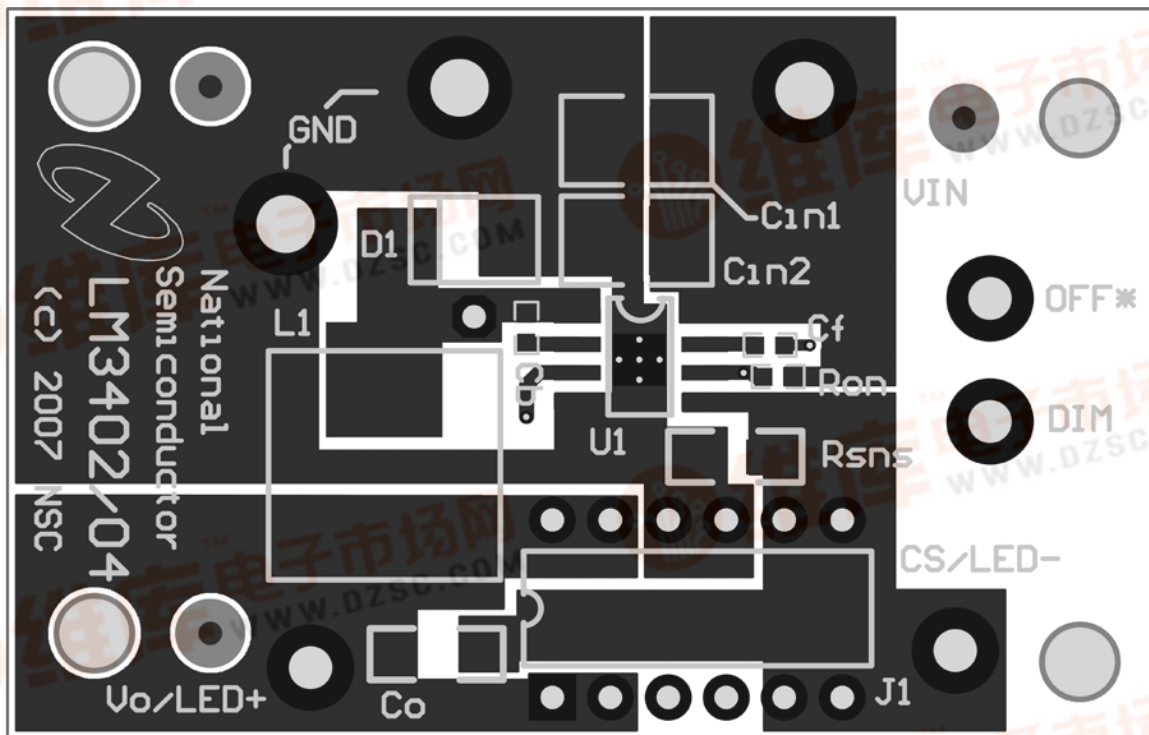
若环境温度、电路板温度和LM3404HV的功耗值越高，则越有可能需要采用PSOP-8封装，从而维持低于 T_{J-MAX} 的结温。此外，随着热应力变得更大，同时PCB面积变得更小，就越有可能将LM3404HV安装在MCPCB上。

本应用注释中分析得到的结果用于指导用户为大功率LED驱动器，例如LM3404HV，选择合适的封装类型和配置。观察到的一般趋势对于其它的应用也是有效的，但是其不会与其它电路或者应用有直接联系。

材料清单

符号	器件型号	类型	尺寸	参数	数量	供应商
U1	LM3404HVMR	LED 驱动器	PSOP-8	75V 1A	1	NSC
L1	SLF10145T-470M1R4	电感	10.0 x 10.0 x 4.5mm	47 μ H, 1.4A, 0.1 Ω	1	TDK
D2	CMSH2-60	肖特基二极管	SMB	60V 2A	1	Central Semi
Cf	VJ0603Y104KXXAT	电容	0603	100nF 10%	1	Vishay
Cb	VJ0603Y103KXXAT	电容	0603	10nF 10%	1	Vishay
Cin1, Cin2	C4532X7R2A105M	电容	1812	2.2 μ F 100V	2	TDK
Co	C3216X7R2A474M	电容	1206	0.47 μ F 100V	1	TDK
Rsns	ERJ8BQFR20V	电阻	1206	0.2 Ω 1%	1	Panasonic
Ron	CRCW06035363F	电阻	0603	536k Ω 1%	1	Vishay

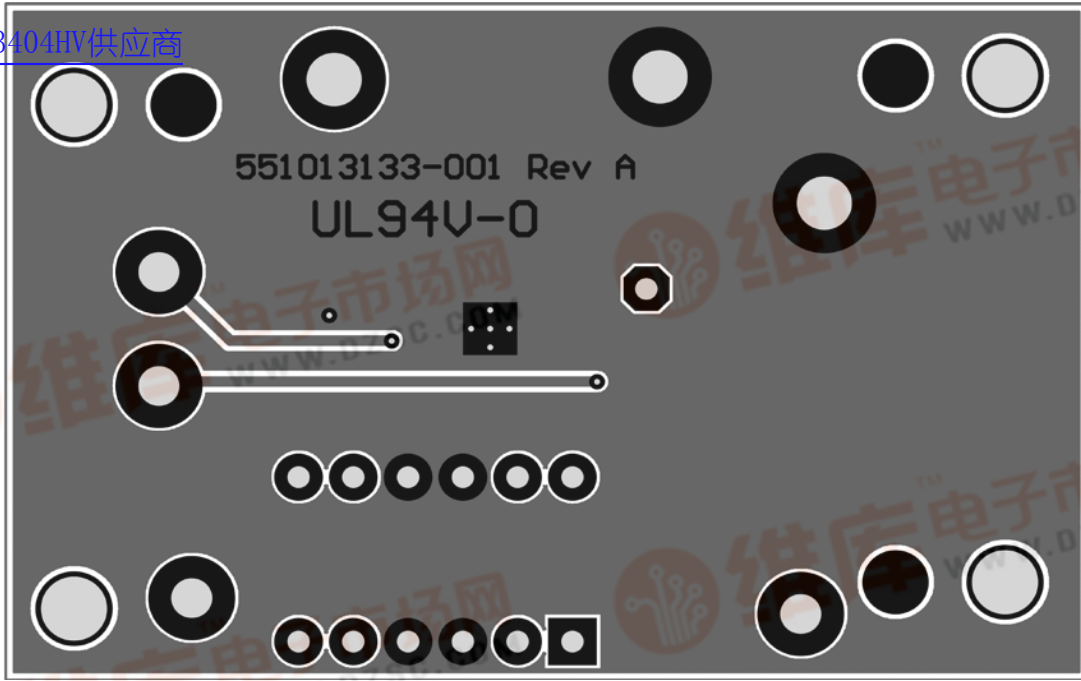
PCB布局



顶层

30019205

[查询LM3404HV供应商](#)



底层

30019206



[查询LM3404HV供应商](#)

注释

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。
想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范 (CSP-9-111C2)》以及《相关禁用物质和材料规范 (CSP-9-111S2)》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。
无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor
Americas Customer
Support Center
Email: new.feedback@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Support Center
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
Fax: 81-3-5639-7507
Email: jpn.feedback@nsc.com
Tel: 81-3-5639-7560