

LM25576,LM2590HV-AQ,LM5576

*Application Note 1566 Techniques for Thermal Analysis of Switching Power
Supply Designs*



Literature Number: ZHCA276

开关电源设计的散热分析技术

美国国家半导体公司
应用注释1566
应用工程师
Frederik Dostal
2007年2月



为了缩短产品的上市时间和减少元器件的数量，倾向于使用集成功率晶体管的电源管理IC，诸如美国国家半导体的新颖的SIMPLE SWITCHER®稳压器（LM5576、LM25576及其它），其性能通常都优于任何带外置场效应管的控制器。然而，当内置集成功率晶体管时，有一点很重要的就是仔细分析功率IC的散热性能以确保硅片温度不得超过允许的最大结温。将集成电路的额定温度定为最大“硅片”温度。在比之更高的温度下运行将会使IC偏离其性能规格，并有可能损害器件。

有三种主要方法来对给定的设计进行散热分析。下文解释了不同的方法，并讨论了每种方法的精确性。

解析方法

解析方法是对给定开关稳压器的硅片温度作粗略估算的较好途径。一种方法是计算开关稳压器IC产生的损耗。若是降压型稳压器可以采用下列公式。

偏置损耗主要是由接地引脚电流乘以输入电压：

$$P_{\text{bias}} = I_q \cdot V_{\text{IN}}$$

功率导通损耗是当晶体管完全导通时内部产生的损耗，估算值约为：

$$P_{\text{cond}} = \text{duty cycle} \cdot R_{\text{dson}} \cdot I_{\text{OUT}}^2$$

开关损耗是内置晶体管在导通时间之前和之后的转换期间产生的损耗，估算如下：

$$P_{\text{switch}} = (I_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{IN}}) / 2 \cdot F \cdot (t_{\text{LH}} + t_{\text{HL}})$$

其中F为开关频率， t_{LH} 和 t_{HL} 分别是低电平到高电平或者从高电平到低电平的转换时间。

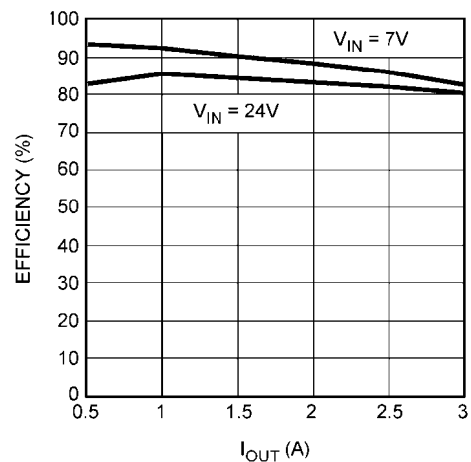
由于某些参数的不完整信息，例如准确的上升时间，导通时间期间，确切的导通电阻Rdson以及其它无法简单表征的寄生参数，所以有时候所有的个别损耗都难以准确计算得到。有时较容易得到给定功率转换器电路板的总体效率，并减去外围器件的损耗，诸如外置肖特基二极管、电感、流经外置电阻分压器的电流，以及可能还包括取决于ESR的电容。

一旦我们得知开关稳压器IC的损耗，便可以开始散热分析。单个数据手册提供了来自IC至外壳（或者PCB）结点的热阻，通常定义为 θ_{JC} 。单位是摄氏度每瓦，并根据已知的环境温度以及硅片上的功耗可得到硅片的温度。电阻值 θ_{JC} 与装载硅片的封装有很大的关系，但是对其的影响还包括硅片的尺寸，硅片连接材料和焊线类型和数目。

这就是为什么针对每种封装类型不是只有一种 θ_{JC} 的原因，而且为什么对每个新发布的IC产品都要进行结点至封装的散热性能测量的原因。

结点至环境的热阻 θ_{JA} 在很大程度上取决于IC周围印刷电路板PCB的设计。通常情况下，数据手册提供了关于PCB和布局的情况，其中给定的热阻是有效的。

解析法的精确性在很大程度上取决于公式的复杂性以及设计师手里可用器件数据的精确性。在许多情况下，由于许多未知因素会造成数学模型缺乏精确度，而采用在实验室里进行测量的实际方法会得到更高的精确性。

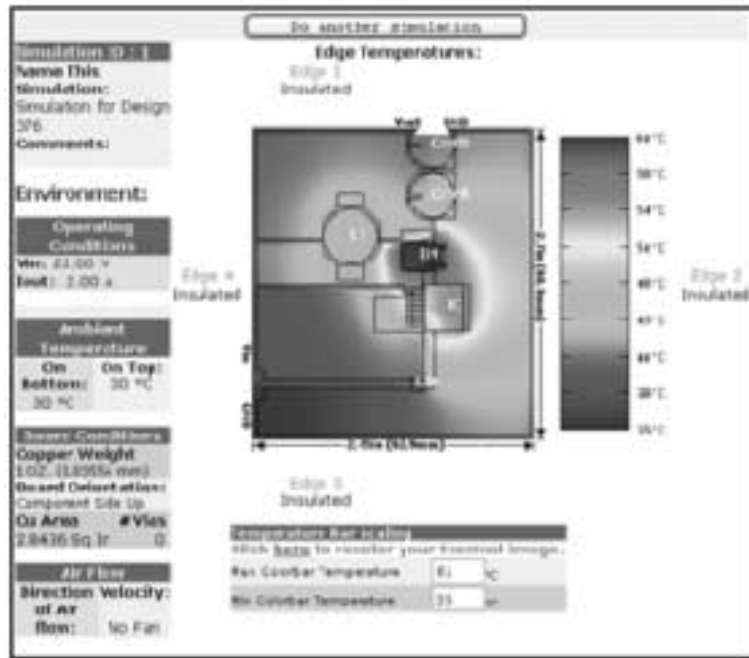


30004609

图 1. 在5V 输出时典型的效率与 I_{OUT} 和 V_{IN} 的关系

仿真方法

为了简化散热预测，美国国家半导体的WEBENCH®在线仿真工具包括一种称为WebTHERM®的模块，可为许多开关稳压器IC，包括美国国家半导体新推出的LM557x和LM2557x SIMPLE SWITCHER系列稳压器，提供散热性能的建模。散热性能仿真的结果如彩色的热能图所示，其中很容易地检测到热点，而且可以找到电路板上每一点的温度。可以通过增加散热片来改善热耗。同样，也可以利用不同方向的风扇来调节气流。图2为采用WebTHERM进行散热仿真的结果截图。这种方法非常简单，并且给出了电路板上功耗是如何产生的概念。它也有助于工程师理解在单独的设计中热点存在的区域。



30004610

图 2. 采用WebTHERM的散热仿真

实验方法

在设计中找到真实IC温度的最精确方法就是使用所有最终在电路板上采用的元器件来建立设计，但在物理上设置使电路板上的器件之间保持足够的距离，以使得单个器件的功耗不会影响电路板上其它器件的温度。无需改变版图而实现相同结果的更聪明的方法是采用短线悬空装配器件。设置电路板工作在稳定状态且外围器件的温度可以用红外线温度计来测量。

下一步，我们通过单独驱动这些外围器件，使得其温度上升到确定的同一温度。例如，我们用直流电流来驱动电感，使其在稳定工作状态时得到相同的红外测量温度。为满足完整的电源设计工作，需要将器件温度上升至相同水平的功耗，这可很容易地通过将直流电流乘以电感上的直流压降来计算得到。

一旦对外围器件执行该实验，其中大部分为外置二极管和电感，我们便可正确地测量完整的电源设计效率，并从测量结果中减去独立的外围器件的功耗，最后得到开关稳压器IC的功耗。

利用数据手册中给定的 θ_{JC} 热阻，我们可以将这种功耗再次换算为硅片温度。

选择在您手中

进行热能分析有许多种不同的方法。在如上所述的不同选择中，具体采用哪种方法取决于所需的精确性以及工程师所愿意投入的时间和精力。如果您的设计需要开关稳压器的的工作结温不是典型的最大125°C，而是高达150°C，此时采用诸如美国国家半导体的SIMPLE SWITCHER系列稳压器LM2590HV-AQ，能够帮助您解决这个难题。

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

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP 机动性处理器	www.ti.com/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity		
	德州仪器在线技术支持社区		www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司