

**LMZ10503、LMZ10504、LMZ10505、LMZ12001、
LMZ12001EXT、LMZ12002、LMZ12002EXT、
LMZ12003、LMZ12003EXT、LMZ14201、
LMZ14201EXT、LMZ14201H、LMZ14202、
LMZ14202EXT、LMZ14202H、LMZ14203、
LMZ14203EXT、LMZ14203H、LMZ22003、
LMZ22005、
LMZ23603、LMZ23605**

《应用笔记 2078 TI SIMPLE SWITCHER® 电源模块的 PCB 布局》



文献编号：ZHCA459

TI SIMPLE SWITCHER® 电源模块的 PCB 布局

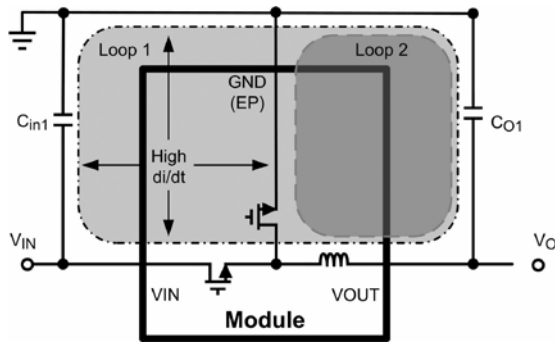
德州仪器
应用笔记 2078
Don Rhodes 和 Marc Davis-Marsh
2010 年 9 月 16 日



TI Simple Switcher® 电源模块为通常与 DC-DC 转换器有关的复杂电源设计和 PCB 布局问题提供了一种替代方案。然而，在采用这些模块进行设计以及对其实施布局的时候仍然有一些工程方面的工作需要完成。这篇应用笔记将讨论旨在实现模块性能最大化的最佳 PCB 布局方法、惯例和技术。

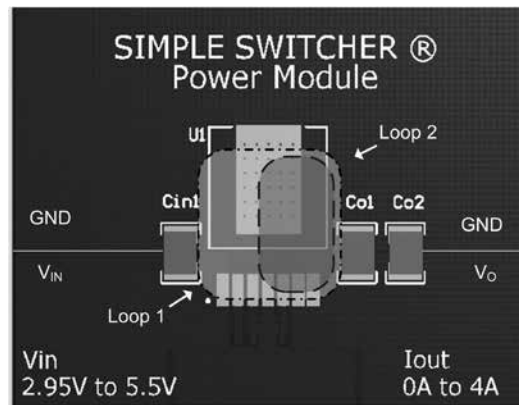
在设计电源转换器布局时，首先需要考虑的是两个开关电流

环路的物理环路面积。尽管在电源模块中这些基本上难以察觉，但是了解两个环路中各自的电流路径却十分重要，因为它们的确实延伸到了模块之外。在环路 1（示于图 1）中，电流源于通电的输入旁路电容器 C_{in1} ，接着继续流过内部高端 MOSFET（在其导通时间里），然后是内部电感器和输出旁路电容器 C_{o1} ，最终返回输入旁路电容器。



大电流环路

30129501



演示板上的大电流环路

30129502

图 1

环路 2 在内部高端 MOSFET 的关断时间和低端 MOSFET 的导通时间里形成。如图所示，存储在内部电感器中的能量流经输出旁路电容器和低端 MOSFET，而后返回 GND。这两个环路不重叠的面积（包括环路之间的边界）是一个高 di/dt 电流面积。在向转换器提供高频电流并使之返回其信号源的过程中，输入旁路电容器 C_{in1} 起到了至关重要的作用。输出旁路电容器 C_{o1} 虽然不提供大的 AC 电流，但确实充当了一个用于抑制开关噪声的高频滤波器。为此，输入和输出电容器应布设在尽可能靠近模块上其各自的 V_{IN} 和 V_{OUT} 引脚的地方。如图 1 所示，需使旁路电容器与其各自 V_{IN} 和 V_{OUT} 引脚之间的走线尽量简短和宽阔；从而最大限度地降低这些接线的电感。

尽量降低布局的电感有两个主要的好处。第一个好处是可通过分别增强与 C_{in1} 和 C_{o1} 之间的往来能量传输改善器件性能。这将确保模块拥有优良的高频旁路，以最大限度地减少由高 di/dt 电流引起的感应电压尖峰。这可使器件所承受的噪声和电压应力最小化，从而确保其正确地运作。第二个好处是使 EMI 得到了最大限度的抑制。对于高得多的频率，一个与较小寄生电感相连的电容器将呈现低阻抗，因此降低了

传导辐射。建议使用陶瓷（X7R 或 X5R）或者其他低 ESR 型电容器。增加更多输入电容的做法只在靠近 GND 和 V_{IN} 的地方布设了额外电容器的情况下才有效。凭借其与众不同的设计，Simple Switcher® 电源模块具备了辐射 EMI 和传导 EMI 较低的固有特性。不过，通过遵循本应用笔记中所讨论的布局指引，将能实现其性能的最大化。

返回电流的走线排布常常被忽视，然而它在任何电源设计的优化当中均起到了不可或缺的作用。同样，从 C_{in1} 和 C_{o1} 引出的接地走线应尽可能地保持简短和宽阔，并直接连接至裸露焊盘（EP）。对于负责传输大 AC 电流的输入电容器 C_{in1} 的接地连接来说，这一点尤其重要。

模块的接地引脚（包括 EP）、输入和输出电容器、软启动电容器和反馈电阻器皆应连接至 PCB 上的一个回程平面（return plane）。该回程平面充当超低电感电流返回路径和散热器，后面我们将对此进行论述。

反馈电阻器应放置在尽可能靠近模块 FB（反馈）引脚之处。（接下页）

(续上页) 如欲最大限度地减少该高阻抗节点上潜在的噪声捡拾, 那么使 FB 引脚与反馈电阻器中心抽头之间的走线尽可能地简短是十分重要的。在适用的情况下, 应把补偿组件(即前馈电容器)布设在尽可能靠近上部反馈电阻器的地方。具体实例可参见各模块数据表中的“PCB 布局示意图”。

LMZ14203 的布局示例请参见 AN-2024。

热设计建议

模块的紧凑布局虽然产生了有利于电气性能的好处, 但对于热设计则带来了负面影响。需要从较小的空间消散相同的功

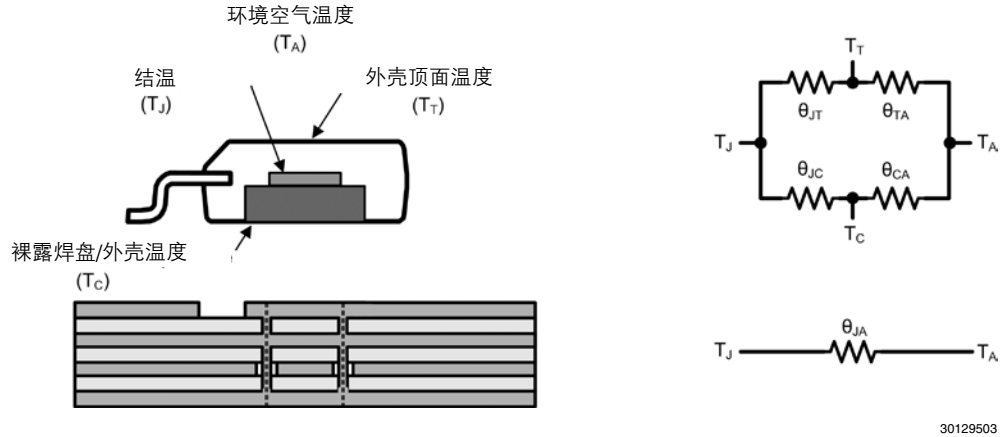


图 2: 采用 SMS4.2.1 设计的电路

我们来很快地看一下如何完成印刷电路板(不带散热器)的简单热设计。图 3 将模块和印刷电路板示为热阻。由于结点和外壳顶面之间的热阻抗较高(相比于从结点到裸露芯片连接焊盘的热阻抗), 因此在我们对结点到环境温度热阻 θ_{JA} 的首过估算 (first pass estimate) 中, 可以忽略 θ_{JT} 散热路径。

热设计的第一步是确定我们需要耗散多少功率。模块的耗散功率 P_D 可以利用产品数据表中公布的效率曲线 η 轻松地加以计算:

$$P_D = V_{OUT} \times I_{OUT} \times \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)$$

接着, 使用设计的温度限制条件(最大环境温度 $T_{AMBIENT}$ 和额定结温 $T_{JUNCTION}$ [125°C]), 我们就能确定安装在印刷电路板上的模块所需的热阻。

$$\theta_{JA} = \frac{T_{JUNCTION} - T_{AMBIENT}}{\text{Power Dissipation}}$$

最后, 我们采用大为简化的印刷电路板(其在顶层和底层均具有无断口的 1 盎司散热铜箔以及大量的热过孔)表面的对流热传递近似计算来确定散热所需的电路板面积。

率量。有鉴于此, Simple Switcher[®] 电源模块在封装的背面设计了单个电连接至地的大裸露焊盘, 该焊盘在内部 MOSFET (大部分热量产生于此) 和印刷电路板之间提供了非常低的热阻抗。这些器件的半导体结点到外壳热阻 θ_{JC} 为 1.9°C/W。拥有业界领先的 θ_{JC} 固然非常重要, 但是如果从外壳至环境空气的热阻 θ_{CA} 过大, 那么低 θ_{JC} 将毫无意义! 当未提供至环境空气的低电阻散热路径时, 热量将被截聚在裸露焊盘上。决定 θ_{CA} 的因素是什么? 从裸露焊盘至环境空气的热阻完全受制于印刷电路板及任何相关散热器的设计。

$$\text{Board Area (cm}^2\text{)} \geq \frac{500 \frac{\text{°C} \times \text{cm}^2}{\text{W}}}{\theta_{JA} - \theta_{JC}}$$

$$\text{Board Area (in}^2\text{)} \geq \frac{77.5 \frac{\text{°C} \times \text{in}^2}{\text{W}}}{\theta_{JA} - \theta_{JC}}$$

所需 PCB 电路板面积的这种近似计算未考虑热过孔的作用, 这些热过孔用于把热量从顶层金属(封装在此连接至 PCB) 传递至底层金属。底层被用作第二个散热平面, 空气对流可利用该平面把热量传递至远离电路板的地方。为了使这种电路板面积近似计算有效, 应至少采用 8 到 10 个热过孔。过孔的热阻可采用下式近似求出。

$$\theta_{VIAS} \approx \frac{261 \frac{\text{°C}}{\text{W}}}{\# \text{ of Thermal Vias}}$$

该近似针对的是一个具有 0.5 盎司铜侧壁的典型 12 密耳直径穿透式过孔 (through hole via)。在裸露焊盘的下方使用尽可能多(以合适为准)的过孔, 这些过孔采用 1 mm 至 1.5 mm 的间隔, 以形成一个阵列。

如需了解更多信息, 请参见应用笔记: AN-2020 和 AN-2026。

TI Simple Switcher[®] 电源模块为通常与 DC-DC 转换器有关的复杂电源设计和 PCB 布局问题提供了一种替代方案。(接下页)

(续上页) 虽然消除了棘手的布局难题, 但仍然需要进行一些工程设计方面的工作, 以通过上佳的旁路和热设计实现模块性能的最大化。

Notes

For more National Semiconductor product information and proven design tools, visit the following Web sites at:
www.national.com

Products		Design Support	
Amplifiers	www.national.com/amplifiers	WEBENCH® Tools	www.national.com/webench
Audio	www.national.com/audio	App Notes	www.national.com/appnotes
Clock and Timing	www.national.com/timing	Reference Designs	www.national.com/refdesigns
Data Converters	www.national.com/adc	Samples	www.national.com/samples
Interface	www.national.com/interface	Eval Boards	www.national.com/evalboards
LVDS	www.national.com/lvds	Packaging	www.national.com/packaging
Power Management	www.national.com/power	Green Compliance	www.national.com/quality/green
Switching Regulators	www.national.com/switchers	Distributors	www.national.com/contacts
LDOs	www.national.com/ldo	Quality and Reliability	www.national.com/quality
LED Lighting	www.national.com/led	Feedback/Support	www.national.com/feedback
Voltage References	www.national.com/vref	Design Made Easy	www.national.com/easy
PowerWise® Solutions	www.national.com/powerwise	Applications & Markets	www.national.com/solutions
Serial Digital Interface (SDI)	www.national.com/sdi	Mil/Aero	www.national.com/milaero
Temperature Sensors	www.national.com/tempsensors	SolarMagic™	www.national.com/solarmagic
PLL/VCO	www.national.com/wireless	PowerWise® Design University	www.national.com/training

THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE PROVIDED IN CONNECTION WITH NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION ("NATIONAL") PRODUCTS. NATIONAL MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE CONTENTS OF THIS PUBLICATION AND RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES TO SPECIFICATIONS AND PRODUCT DESCRIPTIONS AT ANY TIME WITHOUT NOTICE. NO LICENSE, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, ARISING BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

TESTING AND OTHER QUALITY CONTROLS ARE USED TO THE EXTENT NATIONAL DEEMS NECESSARY TO SUPPORT NATIONAL'S PRODUCT WARRANTY. EXCEPT WHERE MANDATED BY GOVERNMENT REQUIREMENTS, TESTING OF ALL PARAMETERS OF EACH PRODUCT IS NOT NECESSARILY PERFORMED. NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY FOR APPLICATIONS ASSISTANCE OR BUYER PRODUCT DESIGN. BUYERS ARE RESPONSIBLE FOR THEIR PRODUCTS AND APPLICATIONS USING NATIONAL COMPONENTS. PRIOR TO USING OR DISTRIBUTING ANY PRODUCTS THAT INCLUDE NATIONAL COMPONENTS, BUYERS SHOULD PROVIDE ADEQUATE DESIGN, TESTING AND OPERATING SAFEGUARDS.

EXCEPT AS PROVIDED IN NATIONAL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, AND NATIONAL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY RELATING TO THE SALE AND/OR USE OF NATIONAL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS PRIOR WRITTEN APPROVAL OF THE CHIEF EXECUTIVE OFFICER AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

Life support devices or systems are devices which (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling can be reasonably expected to result in a significant injury to the user. A critical component is any component in a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor and the National Semiconductor logo are registered trademarks of National Semiconductor Corporation. All other brand or product names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.

Copyright© 2010 National Semiconductor Corporation

For the most current product information visit us at www.national.com



**National Semiconductor
Americas Technical
Support Center**
Email: support@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

**National Semiconductor Europe
Technical Support Center**
Email: europe.support@nsc.com

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

**National Semiconductor Japan
Technical Support Center**
Email: jpn.feedback@nsc.com

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司保留依据 JESD46C 对所提供的半导体产品和服务进行更正、增强、改进或其它更改，并有权依据 JESD48B 中止提供任何产品和服务的权利。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。所有半导体产品（这里也被称作“组件”）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 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。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。除非适用法律做出了硬性规定，否则没有必要对每种组件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 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接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中 TI 信息的重要部分，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。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时，如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分，则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权，且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意，尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供，但他们将独立负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意，他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识，可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中，为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此，此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III（或类似的生命攸关医疗设备）的授权许可，除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意，对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用，其风险由客户单独承担，并且由客户独立负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件，此类组件主要针对汽车用途。凡未做如此标示的组件则并非设计或专门用于汽车用途；如果客户在汽车应用中使用任何未被指定的产品，则 TI 对未能满足应用要求不承担任何责任。

产品

数字音频
放大器和线性器件
数据转换器
DLP® 产品
DSP - 数字信号处理器
时钟和计时器
接口
逻辑
电源管理
微控制器(MCU)
RFID 系统
OMAP 机动性处理器
无线连通性

www.ti.com.cn/audio
www.ti.com.cn/amplifiers
www.ti.com.cn/dataconverters
www.dlp.com
www.ti.com.cn/dsp
www.ti.com.cn/clockandtimers
www.ti.com.cn/interface
www.ti.com.cn/logic
www.ti.com.cn/power
www.ti.com.cn/microcontrollers
www.ti.com.cn/rfidsys
www.ti.com/omap
www.ti.com.cn/wirelessconnectivity

应用

通信与电信
计算机及周边
消费电子
能源
工业应用
医疗电子
安防应用
汽车电子
视频和影像

www.ti.com.cn/telecom
www.ti.com.cn/computer
www.ti.com/consumer-apps
www.ti.com/energy
www.ti.com.cn/industrial
www.ti.com.cn/medical
www.ti.com.cn/security
www.ti.com.cn/automotive
www.ti.com.cn/video

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 © 2012 德州仪器半导体技术（上海）有限公司



重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 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, 并有权根据 JESD48 最新标准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 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。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。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件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 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权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中 TI 信息的重要部分, 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。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 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与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	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.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/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应用处理器	www.ti.com.cn/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 © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司