

# 10W 非隔离 LED 驱动电源的设计

Jacky Zhang

**摘要：**本文介绍了一款使用 TI 控制芯片 TPS92210 设计的 10W LED 驱动电源。TPS92210 特有的临界模式固定峰值电流控制功能，设计无须反馈，从而整个设计简单，器件少，成本低。

近来，LED 驱动电源市场中，非隔离解决方案由于其磁性元件尺寸更小、能效更高、元件数量更少、总物料单成本更低，以及能以机械设计满足安规等优势，成为应用热点。本文介绍了一款使用 TI 控制芯片 TPS92210 设计的 10W LED 驱动电源，使用 TPS92210 特有的临界模式固定峰值电流控制功能，设计无须反馈，从而整个设计简单，器件少，成本低，效率高。

## 1 电源方案介绍

本方案采用 TPS92210 控制的临界 Buck 电路，设置 TPS92210 工作于固定峰值电流的方法，使电感电流峰值固定，因为电路工作在临界模式，所以电感电流的平均值等于峰值电流的一半，从而达到输出恒流的目的。

同时，本方案不需要额外的电路，TPS92210 本身可以实现输出过流、短路、开路等保护。所以整个方案的元件少，成本低。

输入采用了填谷电路，使得整机的 PF 值一直在 0.7 以上。

C8, L2, C5 组成 pi 型滤波。整机通过了传导测试。

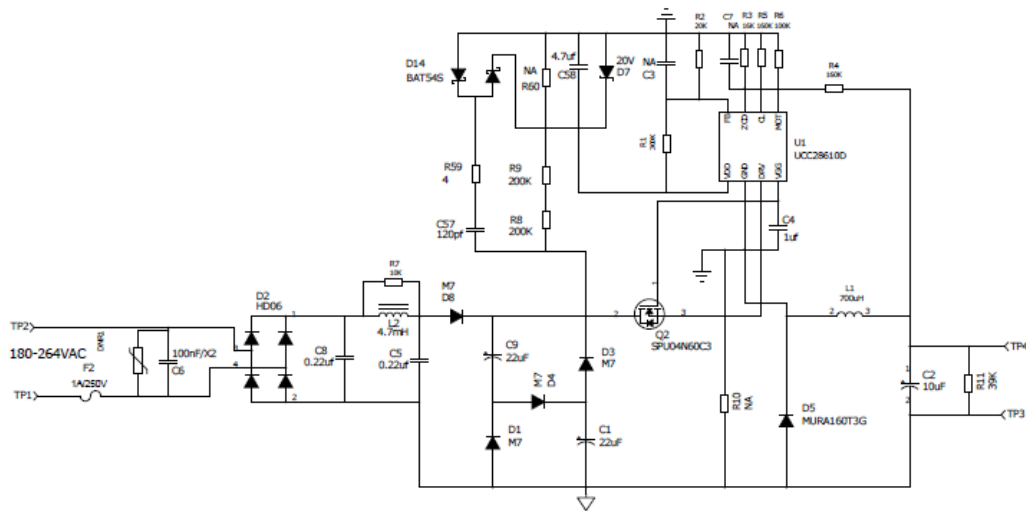


图 1:10W LED 电源解决方案

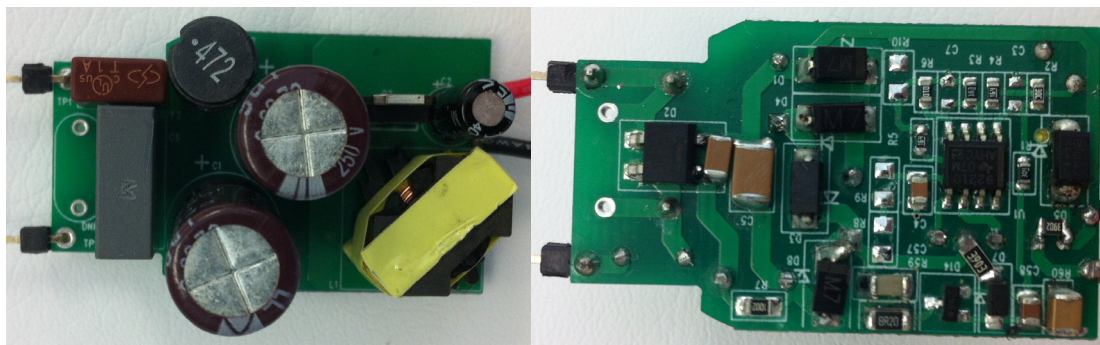


图 2: 10W LED 电源实物图

## 1.1 TPS92210 临界模式设置

TPS92210 需要满足三个条件来开始一个新的周期:

1. 距离上一次开通的时间需要大于由 $I_{fb}$ 电流控制的时间。
2. 距离上一次开通的时间需要大于芯片的最高频率所限制的时间 $7.5\mu s$ 。
3.  $Tze$ 脚必须有由高到低的零点穿越。

由于需要满足以上三个条件, 设计中将 $FB$ 脚通过电阻接到 $V_{dd}$ 设置一个固定的直流偏置, 使TPS92210的开通完全由 $Tze$ 脚的电压零点穿越来决定, 这就保证了变换器一直工作在临界电流模式。

## 1.2 电感的设计

根据输入输出要求, 计算电感量。本方案中, 输入  $176V \sim 264V_{ac}$ , 输出  $40V, 0.25A$ 。由于输入采用了填谷电路, 所以输入的电压范围可以计算如下:

$$V_{inmin} := 176 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} V = 124.451 V$$

$$V_{inmax} := 264 \cdot \sqrt{2} V = 373.352 V$$

根据上面计算的最小最大输入电压, 可以计算最小、最大占空比:

$$D_{min} := \frac{V_o}{V_{inmax}} = 0.107$$

$$D_{max} := \frac{V_o}{V_{inmin}} = 0.321$$

输出平均电流为  $0.25A$ , 电流工作在临界电流模式, 电感上的平均电流就是输出电流。可以计算得电感峰值电流、有效值电流分别为:

$$I_{pk} := 2 \cdot I_o = 0.5 A$$

$$I_{rms} := \frac{I_{pk}}{\sqrt{3}} = 0.289 A$$

因为临界模式的变换器, 输入电压越高, 工作频率。综合考虑, 体积以及效率, 设定最

大工作频率为 100KHz。

$$f_{s\max} := 100 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

那么电感量可以计算如下：

$$L_f := \frac{V_o \cdot (V_{in\max} - V_o)}{V_{in\max} \cdot I_{pk} \cdot f_{s\max}} = 7.143 \times 10^{-4} \text{ H} \quad \text{所以电感量大约为 } 700\mu\text{H}.$$

根据计算得出的电感量，可以验证最低开关频率为：

$$f_{s\min} := \frac{V_o \cdot (V_{in\min} - V_o)}{V_{in\min} \cdot I_{pk} \cdot L_f} = 7.6 \times 10^4 \frac{1}{\text{s}}$$

根据计算得出的最大占空比以及最低开关频率，可以得出最大导通时间为：

$$T_{\text{onmax}} := \frac{D_{\max}}{f_{s\min}} = 4.229 \times 10^{-6} \text{ s} \quad T_{\text{onmax}} \text{ 小于 TPS92210 所允许设置的最大导通时间 } 5\mu\text{s}。 \text{ 所以电感设计没有问题。}$$

选择磁芯：假定  $B_{\max}=2500\text{G}$ ，填充系数： $k=0.4$  电流密度为： $j=6\text{A}/\text{mm}^2$   
可以计算得磁芯所需的 AP 值为：

$$A_p := \frac{L_f \cdot I_{pk} \cdot I_{\text{rms}}}{B_{\max} \cdot k \cdot j} = 1.718 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

根据 AP 值，选择 RM5 作为电感磁芯：

RM5 的  $A_e$  面积如下，可以计算电感所需要的匝数：

$$A_e := 21.2 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{L_f \cdot I_{pk}}{B_{\max} \cdot A_e} = 67.386 \quad \text{电感需要大约 } 67 \text{ 匝。}$$

根据之前计算的电流 RMS 值，和设定的电流密度  $j$ ，选择 AWG30 来绕制电感。

$$S_{30} := 0.0509 \text{ mm}^2$$

$$\frac{I_{\text{rms}}}{6 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \cdot S_{30}} = 0.945 \quad \text{选用 } 1 \text{ 股 AWG30 作为绕组。}$$

## 2 测试结果

根据以上分析和设计，制作了样机并验证其性能，实验结果如下。

### 2.1 效率测试

Vin(Vac)	Freq(Hz)	Pin(W)	Vo(V)	Io(A)	Eff(%)
----------	----------	--------	-------	-------	--------

180	60	10.69	39.77	0.246	91.5
230	60	11.13	39.81	0.252	90.13
264	60	11.49	39.78	0.256	88.63

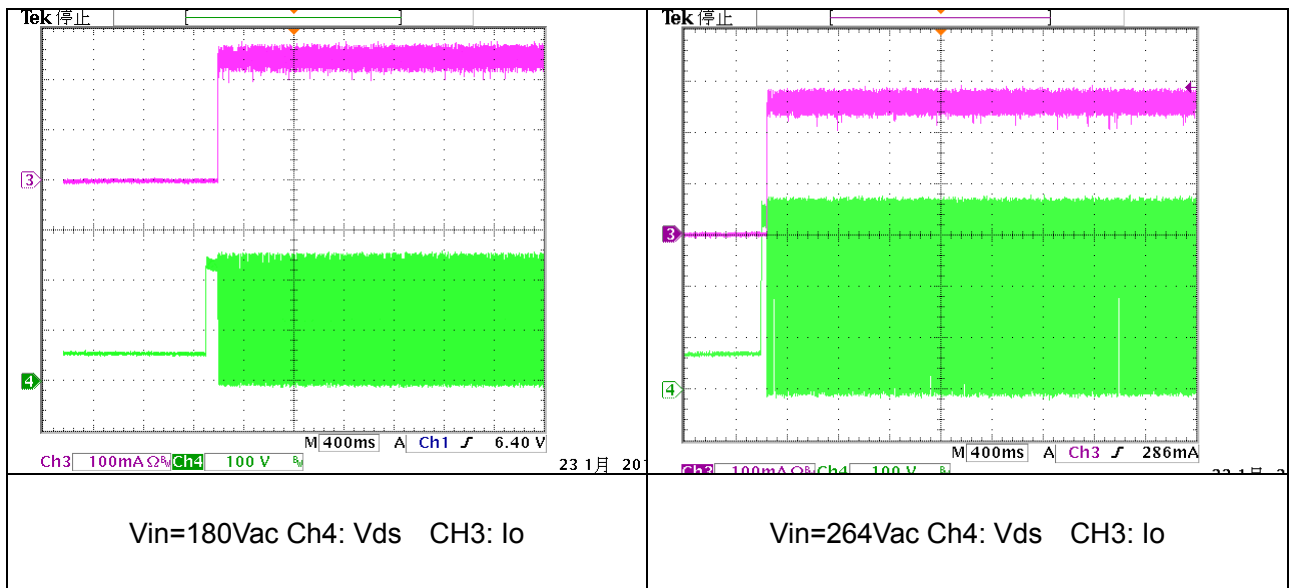
## 2.2 PF 值

Vin(Vac)	Freq(Hz)	PF
180	60	<b>0.777</b>
230	60	<b>0.744</b>
264	60	<b>0.714</b>

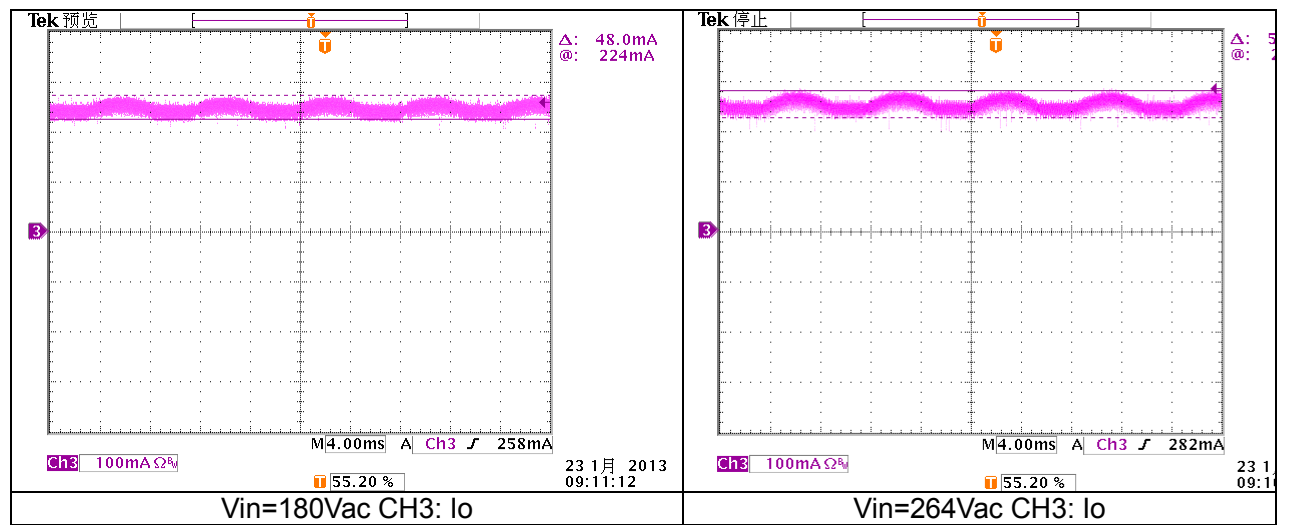
## 2.3 电流精度

Vin(Vac)	Freq(Hz)	Io(A)
180	60	<b>0.246</b>
230	60	<b>0.252</b>
264	60	<b>0.256</b>

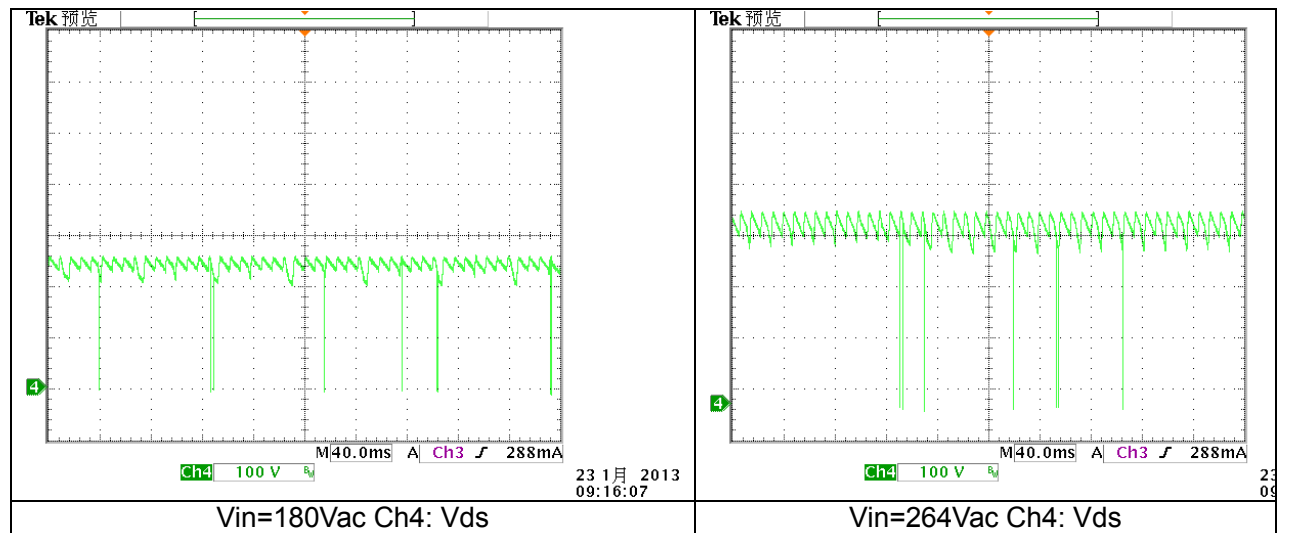
## 2.4 启动



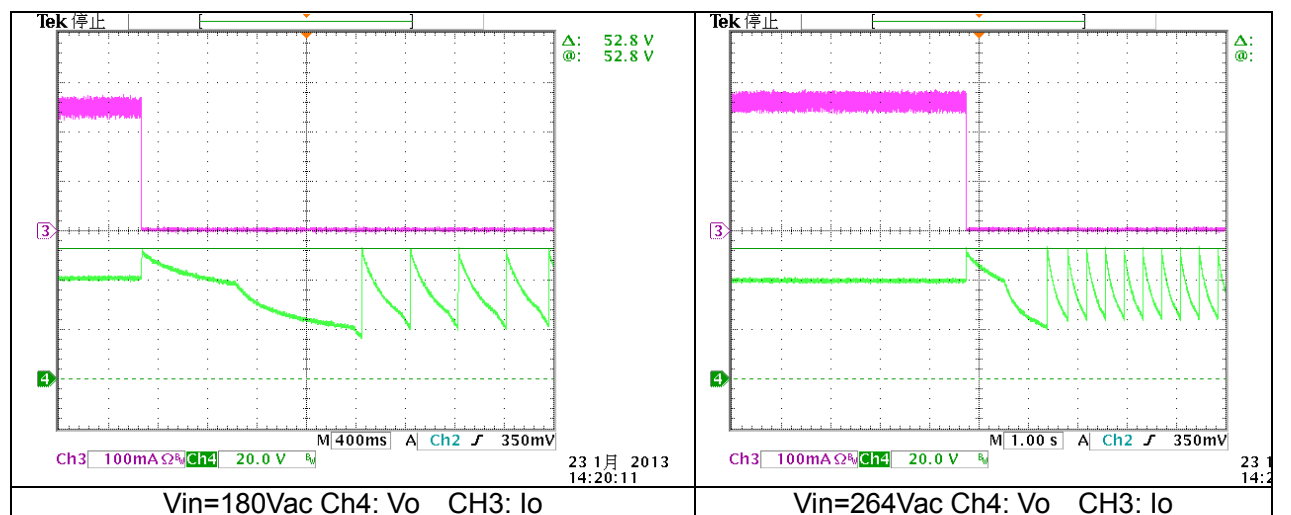
## 2.5 输出纹波



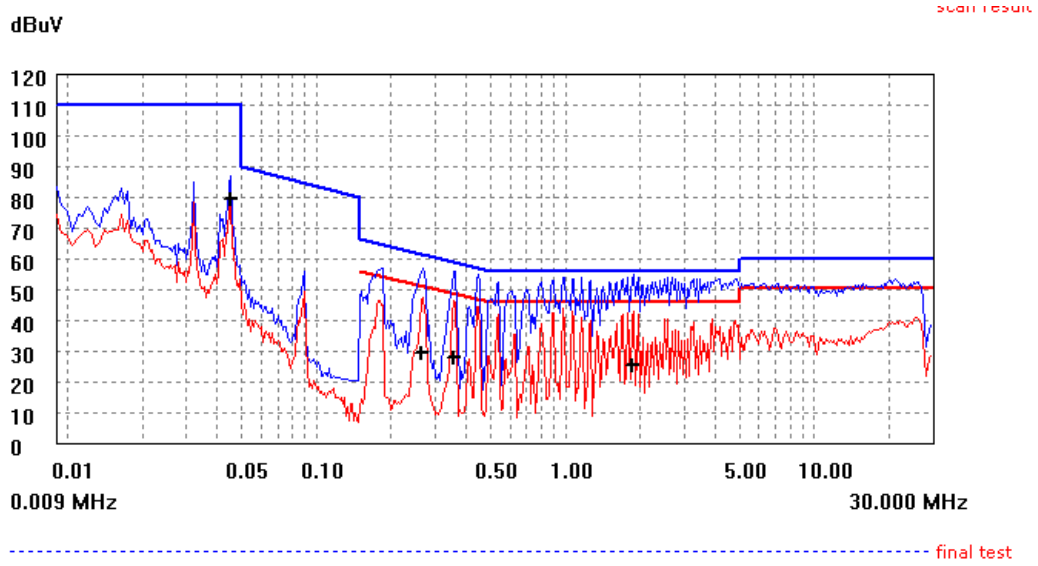
## 2.6 短路保护



## 2.7 开路保护



## 2.8 EMC 测试



## 3 结论

本文分析设计了使用 TPS92210 控制的临界模式 buck 变换器。分析了 TPS92210 临界模式的可行性以及设置方式。详细介绍了电感的计算和设计方法。最后制作了样机验证了分析和计算的正确。保证了 TPS92210 用于非隔离恒流 LED 驱动电源的可行性。

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

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 © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司