

# 用太阳能电池板为升压拓扑结构电池充电器供电

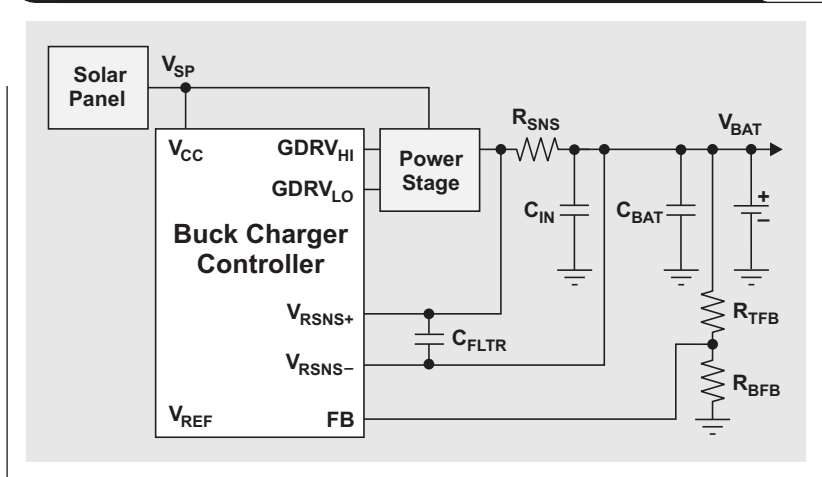
作者: Jeff Falin

德州仪器 (TI) 电源应用工程师和 Wang Li 电池电源应用工程师

## 引言

近年来, 电池太阳能充电变得非常流行。一块太阳能电池的典型电压为 0.7V。许多太阳能电池板都有 8 块串联电池, 因此最多能够产生 5.6V 的电压。利用降压充电器, 这一电压足以将一块单体锂离子电池 (例如: 手机电池等) 充电至 4.2V。但是, 相同的太阳能电池板用于为多体锂离子电池组 (例如: 笔记本电脑的电池) 充电时, 则要求使用一个升压充电器。目前, 市场上销售的大多数充电器均基于降压拓扑结构, 因此要求其输入电压高于电池完全充电电压。但是, 对降压电池充电器进行一些改进, 便可以让其成为一种升压电池充电器。本文将介绍实施这种改进的过程中需要注意的一些重要问题, 并提供一个设计实例。该设计实例使用了 TI 的 bq24650 太阳能电池充电器。

图 1 太阳能电池充电器结构图

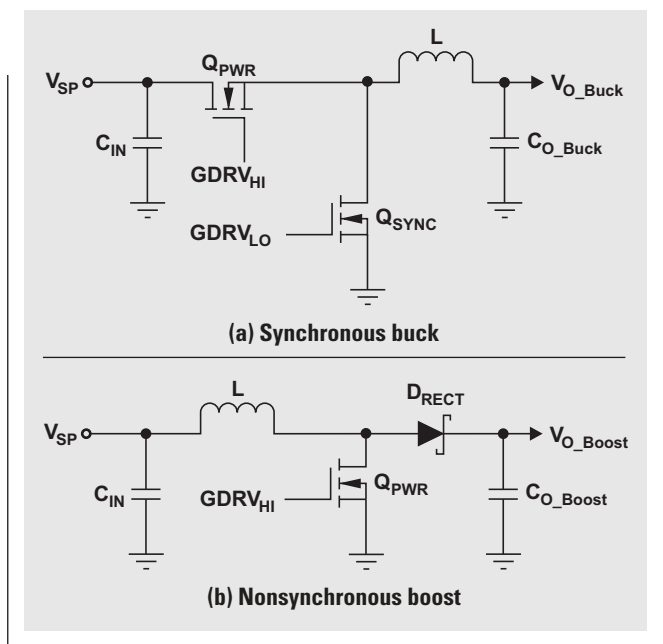


## 降压功率级与升压功率级的对比

图 1 是一个太阳能电池充电器的简易结构图。充电器控制器 IC 通过一个电流检测电阻器 ( $R_{SNS}$ ) 监控充电电流, 并通过反馈电阻器 ( $R_{TFB}$  和  $R_{BFB}$ ) 监控电池电压 ( $V_{BAT}$ )。这种 IC 还对功率级的输出进行调节, 以满足充电参数要求。如果输入源电压 ( $V_{SP}$ ) 始终高于最大电池电压, 则可以使用一个降压功率级。如果  $V_{SP}$  始终低于最大电池电压, 则要求使用一个升压功率级。

图 2 为一个同步降压功率级和一个非同步升压功率级。两个功率都使用高侧栅极驱动器 ( $G_{DRV_{HI}}$ ) 来驱动功率 FET ( $Q_{PWR}$ )。但是, 我们可以很轻松地对降压控制器进行配置, 让其驱动升压转换器的同步整流开关; 这样,  $Q_{SYNC}$  被二极管  $D_{RECT}$  替代, 且没有用到低侧栅极驱动器 ( $G_{DRV_{LO}}$ )。降压转换器还可提供连续电感电流, 电流通过电容器  $C_{IN}$  和  $C_{BAT}$  滤波 (请参见图 1), 与哪个开关导通无关。与降压转换器不同的是, 升压转换器使用  $Q_{PWR}$  只给电感充电。在这期间, 输出电容器必须提供电池充电电流。 $D_{RECT}$  开启时, 当前接受充电的电感同时提供输出电容器电流和电池充电电流。因此, 相比使用相同电感、输出电容和相同输出功率的降压转换器, 升压转换器的输出电压纹波始终都更高。这种纹波可导致电流检测电阻器出现不准确的电流测量结果。对比图 1

图 2 功率级拓扑



所示降压功率级，升压功率级要求一个更大的电压检测滤波电容器 ( $C_{FLTR}$ )，以及一个更大的输出电容 ( $C_{BAT}$ )。

### $V_{BAT} \ll V_{SP}$ 时，限制预充电电流

在控制器未进行开关操作时，升压功率级的整流二极管提供了一条从  $V_{SP}$  到电池的 DC 电流路径。深度放电的电池，电池电压低于太阳能电池板的输出电压，导致充电器控制器停止开关操作，并且不再对电池充电电流进行调节。因此，要求使用一个与二极管（请参见图 3）串联的限流电阻器 ( $R_{Precharge}$ )，以将充电电流限定在某个更低的预充电电流值。一旦电池电压达到  $V_{SP}$ ，控制器便开始开关操作，同时通过一个 FET ( $Q_{Short}$ ) 让  $R_{Precharge}$  短路，从而允许控制器提供更高的充电电流。图 3 描述了  $R_{Precharge}$ 、 $Q_{Short}$  和比较器如何一起工作来实施这种功能的过程。

适当选择  $R_{Precharge}$  的大小，让其能够以太太阳能电池板最大功率点电压 ( $V_{SP\_MPP}$ ) 为电池提供最大建议预充电电流。还要注意选择  $Q_{Short}$  的大小，让其能够承受最大电池电压 ( $V_{BAT(max)}$ ) 和最大充电电流 ( $I_{CHRG(max)}$ )。比较器反馈电阻器 ( $R_{HYS}$ ) 提供迟滞作用。因此，比较器的电压检测输入端需要一些电阻分压器。

### $V_{BAT} > V_{SP}$ 或者 $V_{BAT} < V_{BATSH1}$ 时，确保正常运行

降压充电器希望电池电压始终都低于充电器的输入电压。实际上，许多充电器都具有一种功能，即在  $V_{BAT}$  大于  $V_{SP}$  时让充电器进入睡眠模式。或者，如果  $V_{BAT}$  降至某个阈值 ( $V_{BATSH1}$ ) 以下，IC 便会假设电池短路，然后进行保护模式。如果电流检测引脚的电压 ( $V_{RSNS+}$  和  $V_{RSNS-}$ ) 用于确定电池的状态，则需要对受检测电压进行电平移动，以避免检测到伪短路输出。图 4 描述了如何使用一个配置为分流监控器的检测放大器，对  $R_{SNS}$  的电流检测信息进行电平移动。该电路降低了检测电压的 DC 设置点，让 IC 不会进入睡眠模式，并且让电压维持足够高，以使 IC 不进入短路保护模式。如果充电器没有自己的参考电压 ( $V_{REF}$ )，可以使用一个外部参考 IC。

图 3 预充电电路

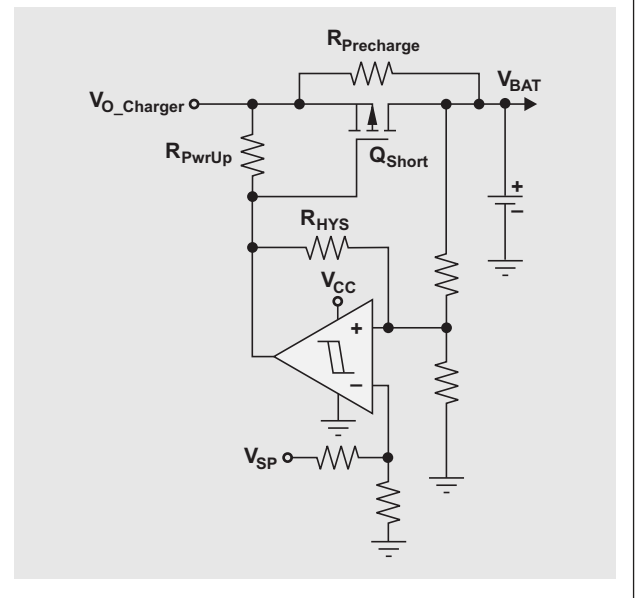
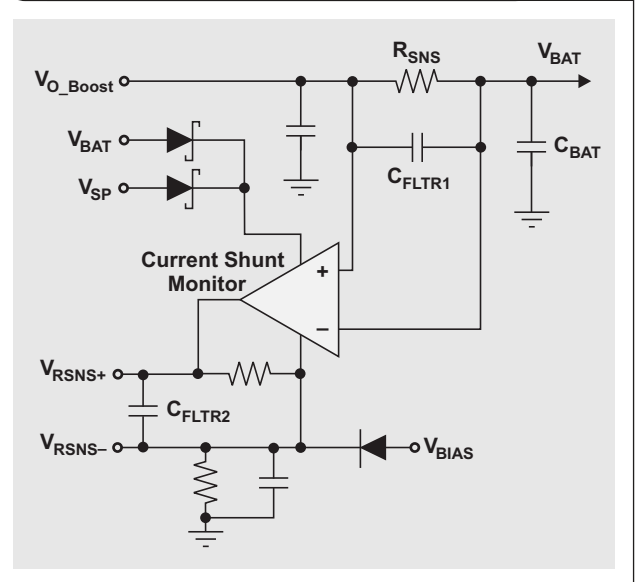


图 4 使用电平移动的电流检测电路



### 计算最大充电电流

升压充电器的最大充电电流与其可用输入功率有关。估算最大充电电流的一种简单方法是：首先估算输入到输出效率，即  $P_{OUT}/P_{IN} = \eta_{est}$ ，其中  $\eta_{est}$  为相似工作条件下升压充电器效率的估算值。下列方程式可用于计算具体电池电压的最大充电电流：

$$I_{CHRG(max)} = \frac{V_{SP\_MPP} \times I_{SP\_MPP} \times \eta_{est}}{V_{BAT}}$$

其中  $V_{SP\_MPP}$  为太阳能电池板的最大功率点电压，而  $I_{SP\_MPP}$  为太阳能电池板的最大功率点电流。

适当选择  $RSNS$  的大小，让其能够提供  $I_{CHRG(max)}$ 。 $Q_{PWR}$  的额定电压稍高于  $V_{SP(max)}$ ，而  $Q_{PWR}$  和  $L1$  的额定电流至少等于  $I_{SP\_MPP}$ 。管理输入电压和电流的充电器控制电路会对充电电流进行调节，以让充电器工作在太阳能电池板的最大功率点。如 bq24650 等充电控制器，使用最大功率点追踪 (MPPT) 技术来实施相同的功能。

### 使用 bq24650 的设计实例

表 1 将图 1 的功能引脚名称与图 5 中相应的 bq24650 引脚名称相对应。图 5 显示的是 TI 的 bq24650 充电器控制器，其使用一个 5-V 太阳能电池板为一块 12.6-V、

3 节的锂离子电池组充电。最大充电电流被限制在 1.2A。利用升压转换器的标准设计指导原则，我们确定了功率 n 通道 FET (Q1) 和整流二极管 (D1) 的大小。我们适当选择了电感 (L1) 和输出电容器 (C3 和 C4) 的大小，以减少电感电流纹波及其产生的输出电压纹波。R18 用于减缓 Q1 的快速开启。另外，将控制器的 PH 引脚接地，以帮助提供较高的输出电压。为了防止分流监控器 (U2) 的输出给 SRP 引脚带来负载，一个整体增益缓冲器 (U3) 是必要的。

表 1 控制器引脚名称对照表

FIGURE 1 CONTROLLER PIN NAME	bq24650 PIN NAME
GDRV <sub>HI</sub>	HIDRV
GDRV <sub>LO</sub>	LODRV
V <sub>RSNS+</sub>	SRP
V <sub>RSNS-</sub>	SRN
FB	VFB

图 5 配置为升压充电器的 bq24650

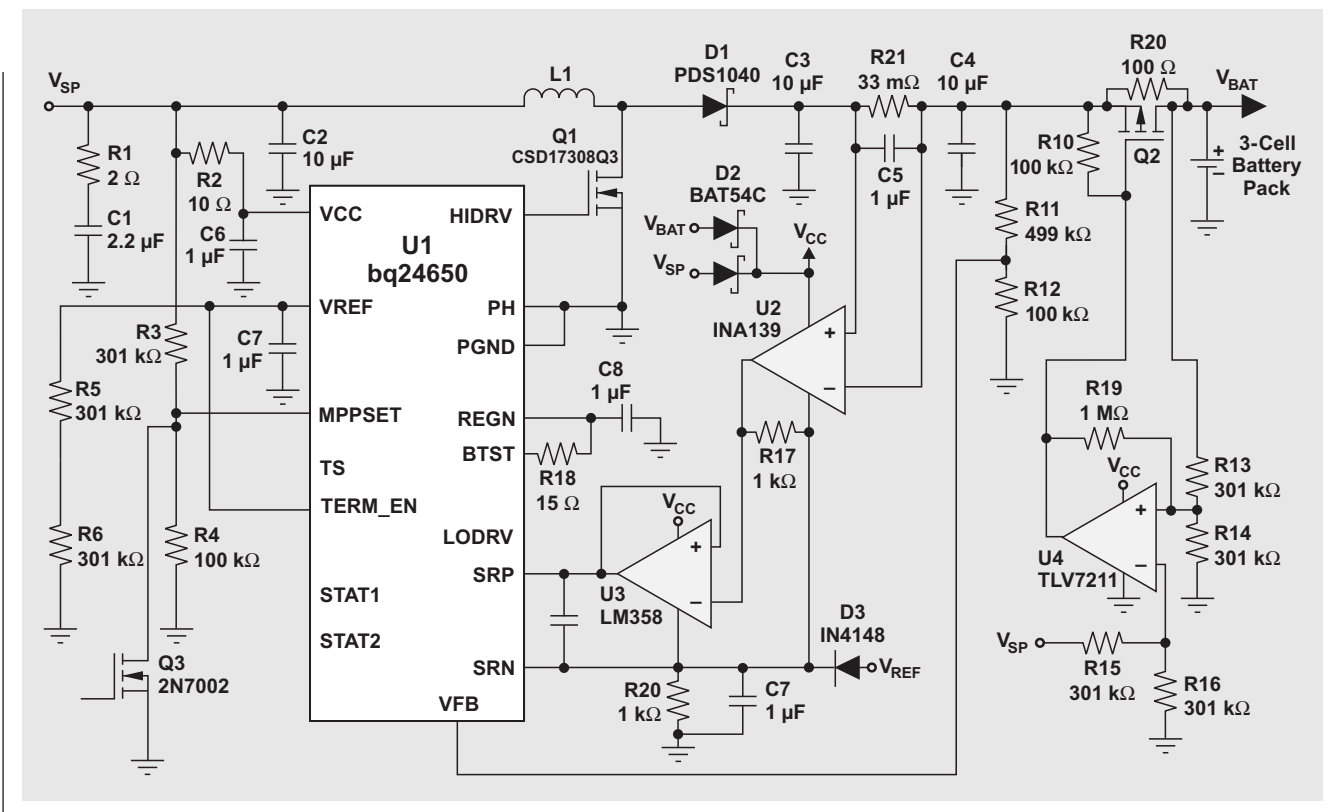


图 6 显示了图 5 所示充电器的效率。尽管 bq24650 作为一个降压充电器在内部获得补偿，但当 IC 作为一个升压充电器工作时，其小信号控制环路在一个较宽的工作范围运行稳定，如图 7 所示。将 bq24650 与不同的功率级电感和电容器一起使用时，设计人员必须确认环路的稳定性。

### 结论

对于升压电池充电器的需求正不断增长，特别是在太阳能电池板充电需求增长的情况下。利用本文介绍的一些指导原则，设计人员可以将 bq24650 降压充电器转换为一个升压充电器。将不同的降压充电器转换为升压充电器时，设计人员必须理解充电器的工作原理，这样才能确定哪一种附加电路是必需的，才能确定其是否能够稳定运行。

### 相关网站

Power.ti.com

www.ti.com/sc/device/partnumber (用 bq24650、CSD17308Q3、INA139、LM358 或者 TLV7211 替换网址中的“partnumber”)

图 6 图 5 所示升压充电器的效率

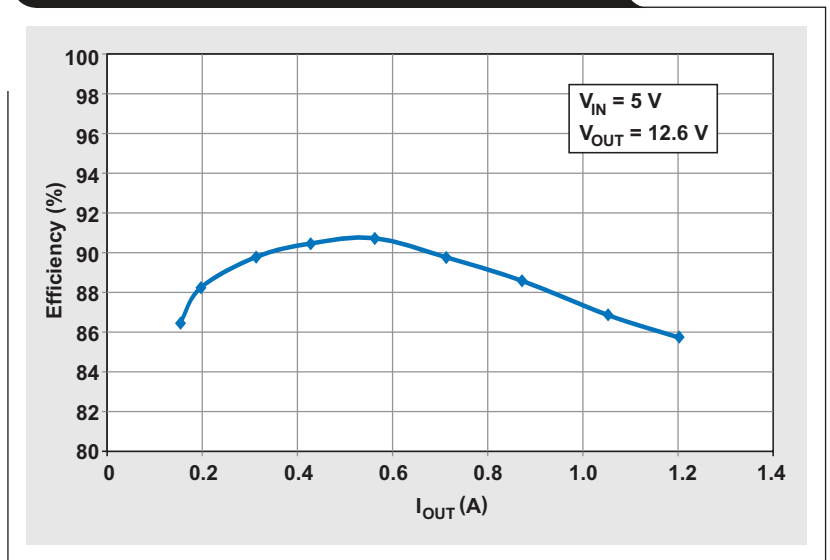
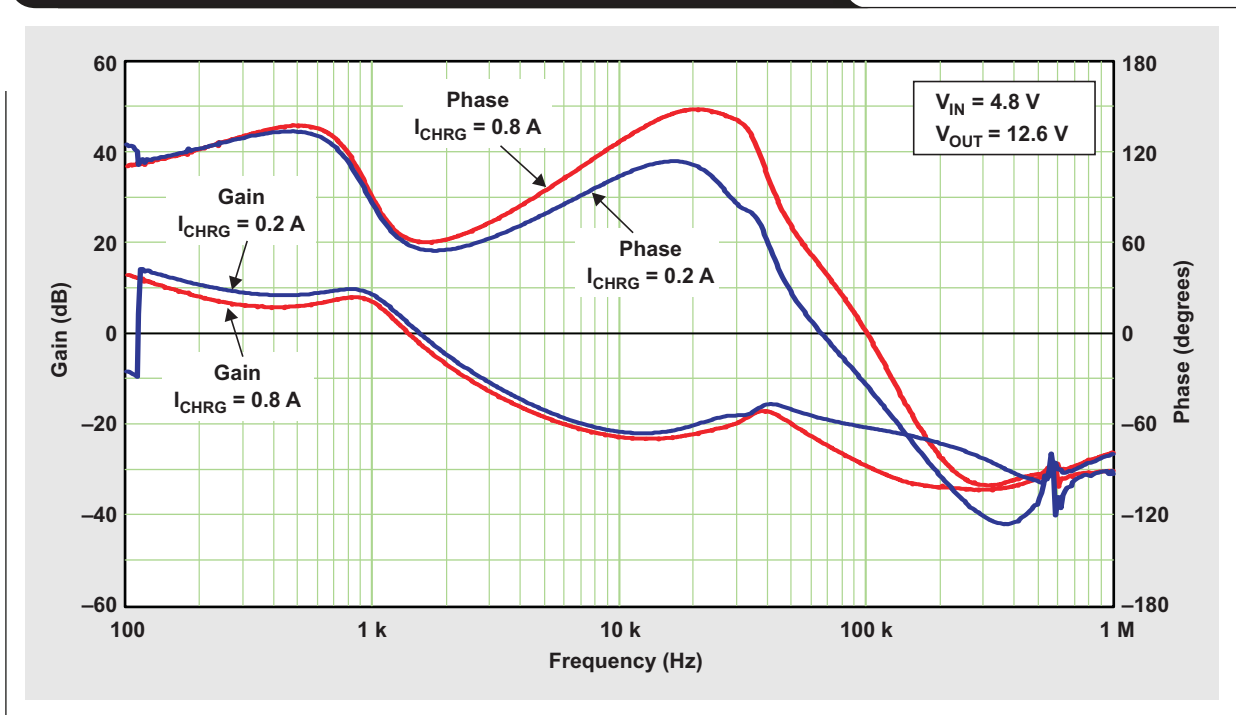


图 7 开反馈环路的增益和相位波特图



## 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	<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/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/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 机动性处理器	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/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 © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司