

# USB 充电用高效 AC 适配器

作者: Adnaan Lokhandwala,  
德州仪器 (TI) 产品经理

通用串行总线 (USB) 充电已经成为小型电子产品的一种常见供电方法。许多新型消费类电子设备 (例如: 智能手机、平板电脑和电子阅读器等) 的 AC 电源适配器/电池充电器的功率范围均为 5 到 25W, 并且都有一个 USB 标准 A 接口。5V 适配器输出电压已经成为兼容 PC/桌面端口充电和通信的首选。目前主流的连接方法是使用一条标准 (mini 或者 Micro-B) USB 线, 而大多数情况下使用的却是非标准型连接器。随着人们对电池充电问题关注度的提高, 老式的“块儿砖式适配器”正变身成为一种外形“酷”、重量轻、设计时尚并且安全绿色的充电器。除满足标准调节要求外, 原始设备制造商还在不断打破适配器效率和空载功耗 (待机功耗) 方面的性能局限性。例如, 各大主要移动电话充电器制造商已经一致推行五星 (空载功耗小于 30 mW) 充电器功耗评级制度。这让广大消费者可以更加容易地比较和选择那些能效高的充电器。

最近, 人们在激烈讨论如何标准化移动电话输入, 以及如何生产出一种能为所有手机充电的通用充电器。2006 年, 中国发布了一项新规定, 旨在标准化墙上充电器及其连接线。无独有偶, 现在 GSM 协会 (GSMA) 也正领导制定“通用充电解决方案”适配器计划, 其目标是用 micro USB 接口移动电话供电。普通充电器要求提供  $5V \pm 5\%$  的电压, 最小电流为 850 mA, 空载功耗小于 150 mW。另外, 它还必须符合 USB 设计论坛 (USB-IF) 电

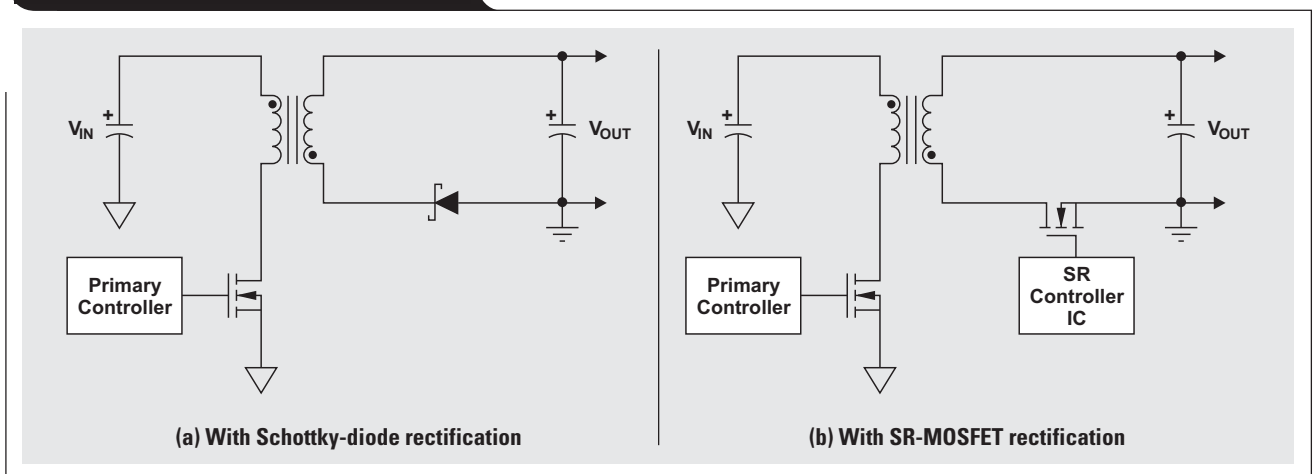
池充电规范 1.1 (BC1.1)。\*除便于消费者使用以外, 标准化充电器还可减少大量的多余充电器。另外, 带有多个 USB 插孔的 AC 适配器, 让消费者可以在无需使用众多专用充电器的情况下方便地为多种电子设备充电。一些高输出电流充电器还允许进行快速电池充电。相比限制电流 500mA 的标准 USB 2.0 端口, 这是一个重要优势。人们对于这些改进性能的需求日益增加, 同时适配器设计也越来越小型化, 这些都让这种“黑匣子”中的热管理成为摆在广大电源设计者面前的一道巨大难题。

## 电源架构

考虑到功耗大小问题, 图 1 所示反向拓扑结构因其简单性和低成本成为我们的首选。二次侧肖特基二极管整流器 (图 1a) 的传导损耗, 成为实现高效率、紧凑型适配设计的一个限制因素。例如, 在一个典型 5-V/3-A 适配器中, 满负载条件下二极管整流器本身的功率损耗便可达到总系统损耗的 30% 到 40% (忽略二次损耗对高一次侧损耗的综合影响)。为输出 (图 1b) 安装一个同步整流器 (SR), 可以提高转换器的总效率, 并且由于产生的热量更少 (适配器设计中至关重要), 因此系统热管理更加容易。

\*USB-IF BC1.2 将充电电流范围从 1.5A 扩展至 5A。

图 1 简化反向拓扑



给经典反向拓扑增加一个SR并不复杂，但却可以大大降低总系统功耗。这种方法可有效改变功耗电平，功耗随着MOSFET技术的快速发展而不断降低。因此，同步整流现在适用于种类繁多的各种产品。SR的低功耗特性让设计人员可以使用一些体积更小的组件。这些组件拥有更少的散热组件，从而实现降低组装成本、产品尺寸和包装重量的同时提高功率密度。

请注意，如果允许SR MOSFET在空载/待机状态下开关，系统功耗性能可能会降低。除SR控制器IC所要求的静态功耗以外，SR-MOSFET开关功耗会成为实现最佳可行系统空载性能的限制因素。

### 绿色输出整流：满负载到空载

本文现在将为您介绍如 TI UCC24610™绿色整流器控制器等IC如何简化USB充电器设计，以及如何实现满负载范围的高系统效率。图2显示了有和没有同步整流的反向转换器的简化系统波形。这些波形是某个控制方案所产生的结果，其直接检测MOSFET漏极到源极电压 ( $V_{DS}$ )。相比其他实现方法，例如：一次侧同步或者使用二次侧电流变压器实现的同步控制，这种控制方法在今天获得了广泛的使用。这种控制方案中，需让SR控制器的关闭阈值尽可能地接近零，从而实现MOSFET通道的最大传导时间。

我们可以对反向转换器进行设计，让它可以根据终端应用要求工作在不同模式下。对于工作在连续导电模式 (CCM) 下的设计来说，变压器二次绕组的电流在一次侧MOSFET开启以前不会降至零，从而导致一定时间的交叉导电。在这类转换器中实现同步整流后，一旦一次侧开关开启SR MOSFET马上就要关闭，这点极为重要。这样可以防止出现反向导电，并控制额外功耗和器件应力。“绿色整流器”的同步功能检测到一次侧导通跃迁后，关闭SR MOSFET。图3描述了SR门关断跃迁现在如何受到一次侧同步信号的控制，而不受 $V_{DS}$ 检测的控制。

如前所述，实现同步整流可能会降低轻载效率和空载功耗。轻载或者空载功耗的主要原因是SR-MOSFET开关和SR控制器IC偏置。“绿色整流器”成功地解决了这些问题，方法是：(1) 使用一个自动轻载检测电路，在其导电时间降至某个阈值以下时关闭SR MOSFET的门开关；(2) 使用EN功能，让IC进入睡眠模式，消除静

图 2 使用肖特基二极管和SR-MOSFET输出整流的简化反向波形

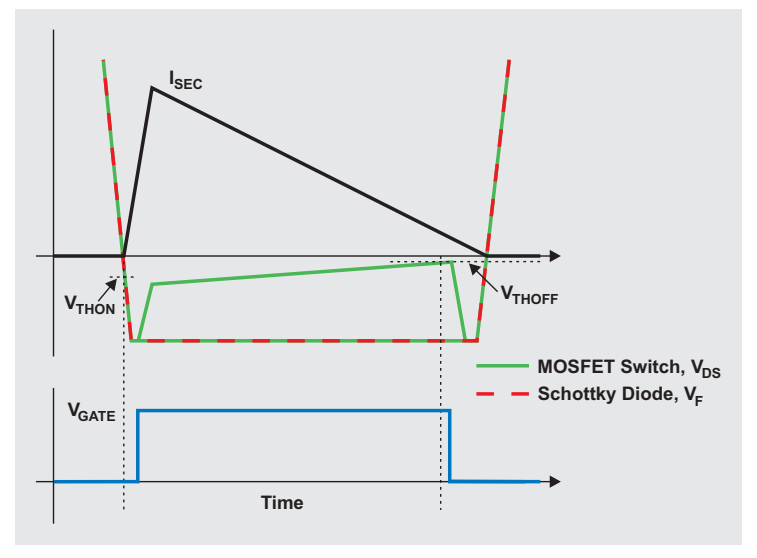
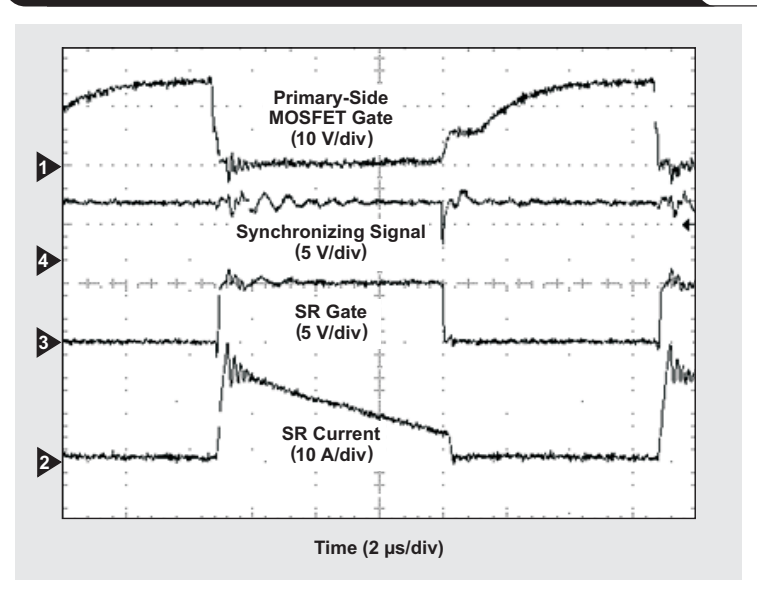


图 3 一次侧同步的典型 CCM 反向波形



态功耗。轻载检测电路对每个开关周期的SR导电时间和设定最小“导通”时间 (MOT) 进行比较。当负载降低时，二次导电时间短于MOT，且下一个SR门脉冲失效。利用控制器IC的EN功能，可实现进一步降低空载功耗。我们可以使用一种MOSFET漏极电压的简易均衡电路，空载状态下让IC进入睡眠模式，从而将IC的偏置电流消耗限制在100  $\mu$ A。利用这种方法，可以再降低10mW的空载功耗。提高空载性能的最后一步是添加一个低电流肖特基二极管，并与SR MOSFET并联在一起。

例如，我们使用两个控制器芯片组（TI UCC28610和UCC24610），为平板电脑终端应用设计一种3A额定电流的USB充电器。访问本文末尾的网站地址，可以查看到这种充电器的参考设计（PMP4305）。UCC24610非常适合于那些使用5-V反向开关模式电源的应用，并且可以工作在4.75到5.25 V规定USB电压范围内。因此，这种SR控制器直接偏置于转换器输出，无需在主电源变压器上安装辅助绕组。这种控制器还允许使用两个消隐计时器的外部编程，防止导通和关断过渡期间检测到的VDS振铃引起SR伪触发。图4显示了满负载状态下PMP4305的典型功率级波形。IC控制方案不受导通时VDS信号的严重振铃所影响，因为可编程MOT计时器在此期间禁用了 $V_{THOFF}$ 比较器。

图5显示了115V和230V AC线压状态下SR-MOSFET和肖特基二极管输出整流效率之间的对比情况。实现同步整流，可在满负载到约25%满负载范围内实现80%以上的效率。另外，在这一负载范围内，通过肖特基二极管整流可实现3到5个百分点的效率提高。

## 结论

消费类设备USB充电解决方案正受到越来越多的关注。拥有多个USB接口的10W到25W充电器通用标准，可为多种设备供电，无需为每一种新的电子设备都配备一个新的墙上充电器。我们需要使用一些高效率的AC/DC转换器，才能满足高密度小型适配不断发展的需求。如UCC24610“绿色整流器”等器件，可以帮助提高AC/DC转换器效率，并实现高密度USB充电器设计。

## 相关网站

power.ti.com

www.ti.com/product/UCC24610

www.ti.com/product/UCC28610

如欲了解平板电脑充电器参考设计的更多详情，敬请访问：[www.ti.com/tool/PMP4305](http://www.ti.com/tool/PMP4305)

图 4 PMP4305 满负载波形

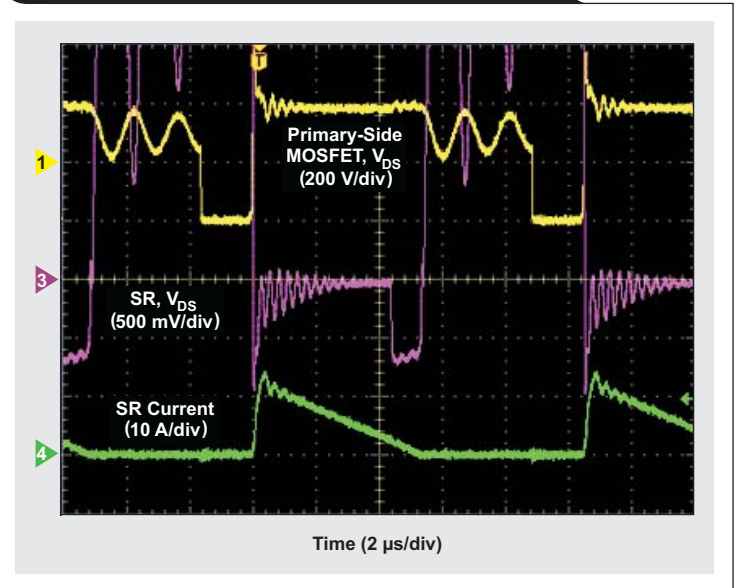
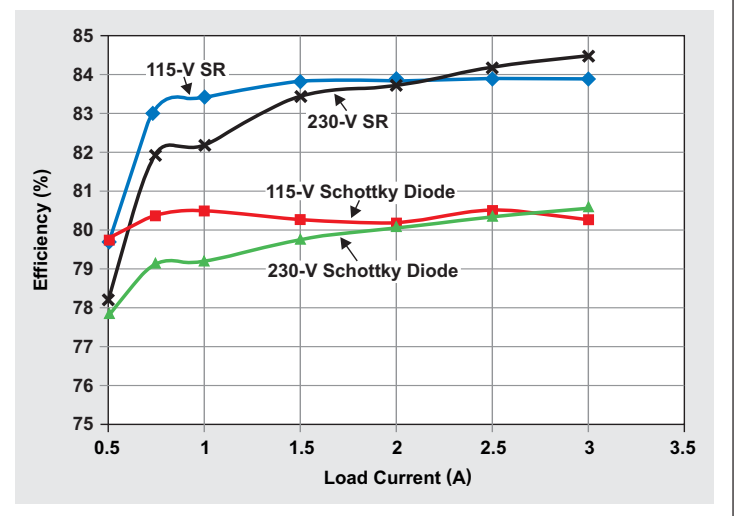


图 5 肖特基二极管与同步整流（SR）系统效率对比图



## 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 © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司