

太阳能充电解决方案为多节电池应用提供了窄电压 DC/DC 系统总线

作者: 王力 (Wang Li),
德州仪器 (TI) 电池电源应用工程师和 Michael Day, 电源应用经理

引言

由于太阳能电池板的输出电压变化较大, 因此太阳能供电系统一般都必须有很宽的输入电压范围。这种宽工作电压范围, 限制了系统在所有光照条件下从太阳能电池获取最大功率的能力。理想的太阳能充电应用, 可以在限制系统输入电压范围的同时, 让太阳能电池在其最大功率点 (MPP) 工作供电。通过将一个窄电压 DC/DC (NVDC) 电池充电架构与太阳能充电器设计集成到一起, 便可以实现这个目标。系统电源总线的窄电压范围, 可以提供高系统效率、最小电池充电时间并延长电池工作时间¹。本文将为您说明太阳能充电应用的 NVDC 充电架构, 并向您介绍一种电路, 这种电路可以让充电器较好地运行在数种工作状态下, 例如: 电池过热、电池电量用尽、电池完全充电和系统电流过负载等。

传统的充电器拓扑

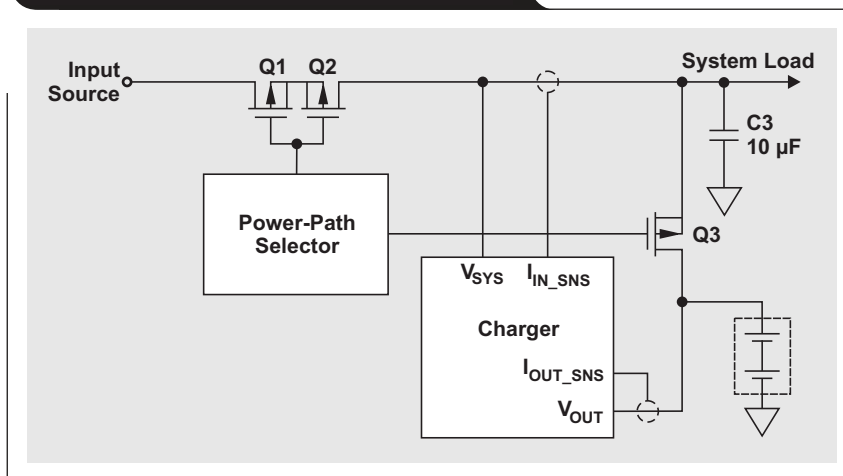
图 1 显示了一款高功耗开关式充电器的传统充电器拓扑架构。笔记本电脑充电便是这种拓扑的一种典型应用。它的一个缺点是系统宽工作电压范围, 其要求使用一些价格昂贵、效率低下的电源, 来为下游电路提供电源轨 1。系统电压范围为最高 AC 适配器电压 (轻负载适配器

一般为 22V) 到最低电池电压 (3S2P 笔记本电脑电池组为 9V)。(3S2P 为 3 串 2 并式电池连接的缩写。) 使用 AC 适配器时, 电源路径选择器 MOSFET (Q1 和 Q2) 开启, 而电池 MOSFET (Q3) 关闭。AC 适配器电压同时施加于系统电压和电池充电器输入, 同时为两个电路供电。如果 AC 适配器电压因弱电、过电流状态或者电源插头断开等影响而出现降压, 则 Q1 和 Q2 关闭, 以阻止电池电源回流至适配器中。Q3 开启, 将电池组电压直接连接系统。这样, 系统便始终能够获得供电—通过适配器或者电池。

太阳能充电器的要求

对于那些使用 AC 适配器的系统来说, 图 1 所示电池充电器架构是可以接受的, 但它却并非是一些太阳能充电应用的理想选择, 因为没有限制输入电流的方法。为了让太阳能电池能够始终工作在其 MPP (可最小化电池充电时间和太阳能电池体积), 充电器需要一种电流限制机制。与传统的 AC 适配器不同, 太阳能电池工作时, 应非常严格地控制其负载电流。图 2 显示了一种光照条件下典型太阳能电池的 V-I 特性, 有助于解释这种概念。实线表示电压变化时太阳能电池板的输出电流情况, 而

图 2 太阳能电池板的 V-I 曲线和输出功率曲线

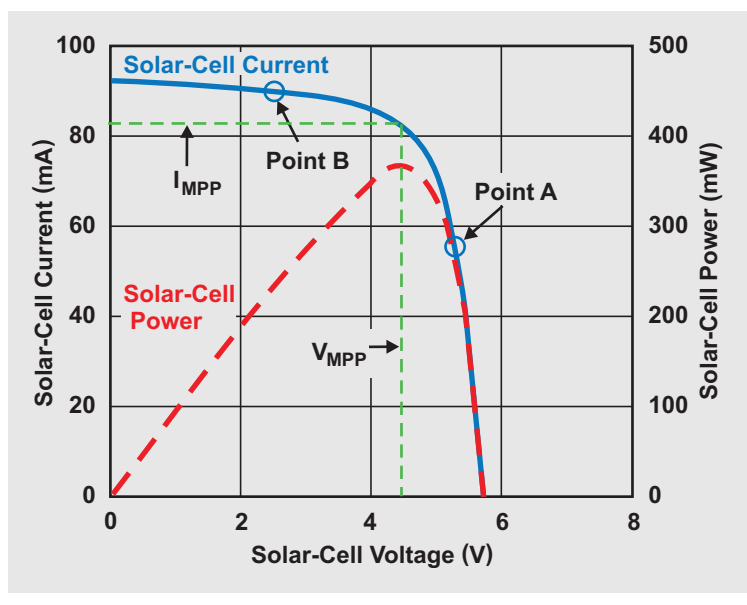


虚线表示输出功率。由于电池板提供的电流增加时其电压随之下降，因此在某个具体的电压和电流下形成 MPP。不同光照条件和温度下，太阳能电池的 MPP 也不同。如果要求的充电电流和系统电流极其小，则太阳能电池可能会工作在图 2 中 A 点处，其低于电池的 MPP。太阳能电池供电低于其最大功率，但却是可以接受的，因为系统获得了其需要的电源。但是，如果电池充电电流或者系统电源要求提高，则充电器会拉取更多的电流，太阳能电池便工作在图 2 中 B 点处。在 B 点这个位置，太阳能电池的输出电流增加了，但实际供给功率却下降了，因为出现了压降。由于太阳能电池功率下降，便延长了电池的充电时间。优秀的太阳能电池充电器设计，应该包含有能够将太阳能电池与系统隔离的电路，以及对太阳能电池的总电流进行控制的电路，这样太阳能电池便可以工作在其 MPP。这种组合电路可以充分利用太阳能电池的有效功率，从而实现一种成本不那么高的系统。这是因为，设计人员不必使用大号的太阳能电池来满足各种充电要求。

最大功率点追踪技术基本原理

太阳能电池充电器包括一种被称为最大功率点追踪 (MPPT) 电路的特殊电路，它可以防止充电器超出太阳能电池最大功率。我们一般通过设置与太阳能电池 MPP 相一致的最小工作电压来实现这个目标。图 2 中是一个使用了太阳能电池的设计，只要太阳能电池的电压维持在 V_{MPP} 以上，这种设计就允许充电器和系统从太阳能电池吸取所有电流。当电流增加至电压降至 V_{MPP} 的那个点时，充电器中的一种特殊控制环路便接管控制，对太阳能电池的总电流进行调节，以将太阳能电池的电压保持在 V_{MPP} 。在这个运行点上，太阳能电池提供其最大功率。系统负载不需要的所有功率，都用于对电池充电。在提供最大功率方面，这种电压型 MPPT 电路非常精确，即使在太阳能电池光照水平不断变化的条件下也是如此。尽管低光照降低了太阳能电池的最大功率和电流，但是仍然在电压基本不变的情况下达到了 MPP²。电压型 MPPT 电路一般由两个电池充电器的外部电阻器组成³。所有其他电路均集成到充电器 IC 中。太阳能电池的 V_{MPP} 一定会随温度而变化。如果需

图 2 太阳能电池板的 V-I 曲线和输出功率曲线

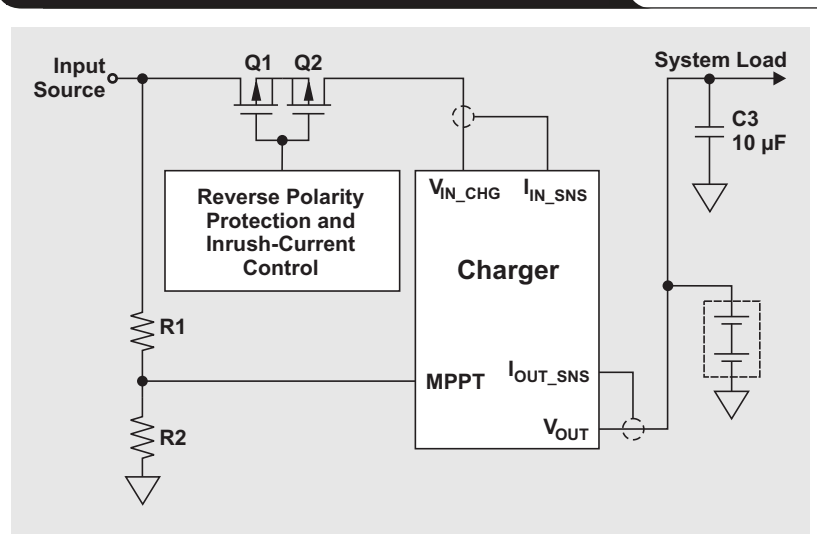


要，可以另外添加电路，来追踪太阳能电池 V_{MPP} 随温度变化情况。追踪 MPP 随温度变化情况，可以缩短充电时间 40%⁴。

添加 NVDC 充电架构

图 3 显示了窄电压 DC/DC (NVDC) 充电架构如何将太阳能电池与系统分离开。它没有通过电源路径选择器 FET 连接至太阳能电池，而是将系统直接连接电池。现在，系统电压等于电池电压，其与适配器或者太阳能电池的输入电压无关。窄工作电压，让设计人员能

图 3 MPPT 电路的 NVDC 架构



够对系统电源进行尺寸、成本和效率方面的优化¹。同时，它还消除了对于电池FET的需求。NVDC架构适用于太阳能充电，因为它对通过充电器的所有电流进行安排。这让MPPT电路可以有效地控制太阳能电池的总电流，并让其始终工作在最大额定功率下。系统直接连接电池（如图3所示），具有很多明显的优点，但在某些工作状态下其也存在不少缺点，我们应予以考虑到。这些工作状态包括：

- 1、电池电压低于电池预充电电压时，电池电流肯定会被限制为预充电电流，从而无法为系统运行提供充足的电流。
- 2、电池温度超出充电允许范围时，充电器拒绝充电，同时也让系统失去电源。
- 3、电池完全充电后应该从充电电源断开以延长电池寿命，但系统应该仍然保持开启状态。

为NVDC架构添加FET Q4和Q5后，便可以满足所有这些工作状态的要求。一个电量计或者主控制器负责监控电压、电流和电池温度，利用这些信息来控制FET，通过FET来根据具体的工作状态，决定连接还是断开电池和充电器。这种主控制器可以与具有模数转换器的微处理器一样复杂，可以持续地监控工作状态，并根据系统需求调节充电器性能；它也可以是一种简单的离散式电路，只对电池电压和温度进行监控。

深度放电的电池要求在充电以前进行预调节。典型的锂离子 (Li-Ion) 电池要求充电器使用 1/10 快速充电电流作

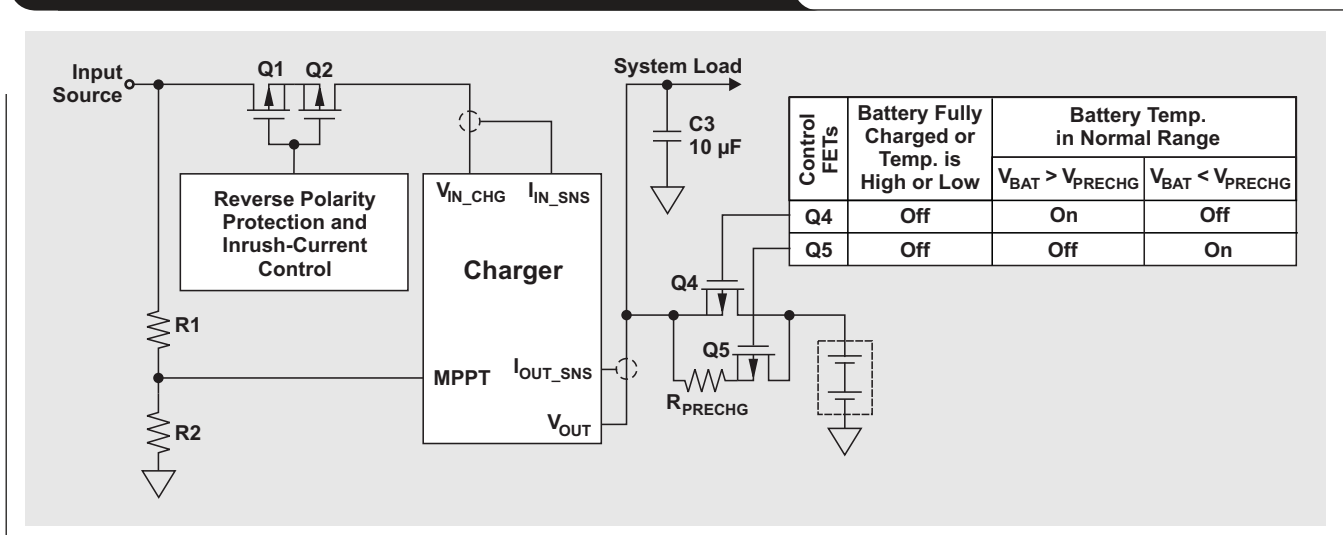
为预充电电流，直到电池电压升至某个规定电压（一般为 3 V）以上为止。当主控制器检测到低于规定预充电电压 ($V_{BAT} < V_{PRECHG}$) 的电池电压时，便开启 Q5，并通过 R_{PRECHG} 提供预充电电流。 R_{PRECHG} 值的选择，要能够在电池电压完全放电时提供最大允许预充电电流。在这种工作模式下，系统被有效地隔离于电池电压，从而让充电器能够保持NVDC调节电压，即使是一节经过放电的电池也没有问题。电池电压升至预充电电压以上时，主控制器关闭 Q5，并开启 Q4，从而有效地让电池和系统一起短路。电池充电电流增至充电器最大输出电流减去进入系统的电流。如果系统电流超出充电器的快速充电电流，则电池进入补充模式。这种模式下，电流从电池流出至系统。

如果主控制器检测到高温或者低温故障状态，便同时关闭 Q4 和 Q5。这样可以阻止电池充电，同时仍然允许充电器为系统供电。当电池达到其完全充电电压时，主控制器也会关闭 Q4 和 Q5，目的是延长电池寿命。电池断开电路的更多详情，请查看《参考文献 5》。

结论

相比标准充电架构，NVDC充电器架构同MPPT和电池断开电路结合具有许多优点。它可以在一定的工作状态下，智能地连接或者断开电池和系统，从而让设计人员能够对太阳能电池板的输出功率进行优化，以满足系统的需求。另外，这种充电器还拥有窄系统工作电压，可以提高效率和延长电池使用寿命。

图 4 电池断开电路的 NVDC 架构



参考文献

如欲了解本文更多详情，敬请访问www.ti.com/lit/litnumber（用TI文档编号替换“litnumber”）
下载Acrobat® Reader®文件，获取下列相关资料。

文献标题	TI文献编号
1、《移动计算系统中窄Vdc型供电架构设计考虑》，作者：梁小国（音）、Gnanavel Jayakanthan 和王蒙（音），刊发于 2010 年美国加利福尼亚棕榈泉《应用电源电子会议和展览会 (APEC) 草案》，第 794-800 页（在线版），网址：http://ieeexplore.ieee.org	
2、《使用 bq2031 的简单 MPPT 型铅酸电池充电器》，作者：Lokesh Ghulyani，刊发于《应用报告》	SLVA378
3、《具有最大功率点追踪功能的太阳能同步开关模式电池充电控制器》，bq24650产品说明书	SLUSA75
4、《bq24650充电器最大功率点追踪技术说明》，作者Jared Casey，刊发于《应用报告》	SLUA586
5、《多节电池离散窄电压DC/DC（NVDC）充电器解决方案》，作者王力（音），刊发于《应用报告》	SLUA620

相关网站

Power.ti.com
www.ti.com/product/bq2031
www.ti.com/product/bq24650

TI Worldwide Technical Support

Internet

TI Semiconductor Product Information Center Home Page

support.ti.com

TI E2E™ Community Home Page

e2e.ti.com

Product Information Centers

Americas Phone +1(972) 644-5580

Brazil Phone 0800-891-2616

Mexico Phone 0800-670-7544

Fax +1(972) 927-6377
Internet/Email support.ti.com/sc/pic/americas.htm

Europe, Middle East, and Africa

Phone

European Free Call 00800-ASK-TEXAS
(00800 275 83927)
International +49 (0) 8161 80 2121
Russian Support +7 (4) 95 98 10 701

Note: The European Free Call (Toll Free) number is not active in all countries. If you have technical difficulty calling the free call number, please use the international number above.

Fax +(49) (0) 8161 80 2045
Internet support.ti.com/sc/pic/euro.htm
Direct Email asktexas@ti.com

Japan

Phone Domestic 0120-92-3326
Fax International +81-3-3344-5317
Domestic 0120-81-0036
Internet/Email International support.ti.com/sc/pic/japan.htm
Domestic www.tij.co.jp/pic

Asia

Phone

International +91-80-41381665
Domestic Toll-Free Number

Note: Toll-free numbers do not support mobile and IP phones.

Australia 1-800-999-084
China 800-820-8682
Hong Kong 800-96-5941
India 1-800-425-7888
Indonesia 001-803-8861-1006
Korea 080-551-2804
Malaysia 1-800-80-3973
New Zealand 0800-446-934
Philippines 1-800-765-7404
Singapore 800-886-1028
Taiwan 0800-006800
Thailand 001-800-886-0010

Fax +8621-23073686
Email tiasia@ti.com or ti-china@ti.com
Internet support.ti.com/sc/pic/asia.htm

Important Notice: The products and services of Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries described herein are sold subject to TI's standard terms and conditions of sale. Customers are advised to obtain the most current and complete information about TI products and services before placing orders. TI assumes no liability for applications assistance, customer's applications or product designs, software performance, or infringement of patents. The publication of information regarding any other company's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

A122010

DLP is a registered trademark and Auto-Track, E2E, FilterPro, Impedance Track, MSP430, OMAP, and SWIFT are trademarks of Texas Instruments. Acrobat and Reader are registered trademarks of Adobe Systems Incorporated. The *Bluetooth* word mark and logos are owned by the Bluetooth SIG, Inc., and any use of such marks by Texas Instruments is under license. Celeron is a trademark and StrataFlash is a registered trademark of Intel Corporation. Excel is a registered trademark of Microsoft Corporation. I²C Bus is a registered trademark of NXP B.V. Corporation. InfiniBand is a service mark of the InfiniBand Trade Association. WinZip is a registered trademark of WinZip International LLC. All other trademarks are the property of their respective owners.

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 & 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/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	
RFID 系统	
OMAP 机动性处理器	
无线连通性	
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