

动态电源管理，实现更快速、更高效的电池充电

作者：Samuel Wong，德州仪器 (TI) 系统工程师

引言

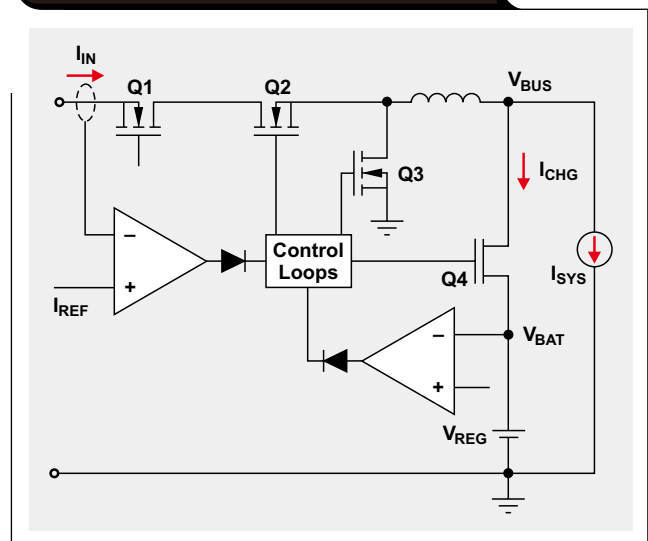
随着对于新兴便携式设备（例如：平板电脑和智能电话等）需求的快速增长，在如何提高电池供电型系统性能方面出现了许多新的挑战。电池管理系统必须能够智能地支持不同类型的适配器和电池化学成份，并且必须拥有高效的快速充电能力。与此同时，提供良好的用户体验也非常重要，例如：系统瞬间开启、更长的电池使用时间以及快速充电等。本文将讨论如何通过动态电源管理（DPM）实现快速电池充电和提高电池充电性能。DPM帮助避免系统崩溃，并可最大化适配器的可用功率。它可以基于输入电流或者输入电压，或者与电池补充供电模式一起组合使用。本文还会介绍一些延迟电池使用时间的重要设计考虑。

锂离子（Li-Ion）电池对于便携式设备不断增长的电力需求来说是一种理想选择，因为它拥有非常高的能量密度。今天，一部10英寸屏幕的平板电脑，通常会使用一块6到10Ah容量的电池组来提供更长的工作时间。利用大容量电池，便携式设备便可拥有快速、高效的充电能力，从而实现良好的用户体验。另外，平板电脑还要求具备其它一些功能，例如：优异的散热性能和瞬间开机的能力（即使在电池被深度放电的情况下）。这些要求带来了许多技术挑战。一个挑战是，如何在使电源崩溃的同时，最大化电源的可用功率，以高效和快速地对电池充电。另一个挑战是，如何在系统工作的同时对深度放电的电池进行充电。最后一个挑战是，如何延迟电池使用时间和提高散热性能。

动态电源管理（DPM）

如何最大化可用功率，对电池进行快速、高效的充电？所有电源都有其输出电流或者功率限制。例如，高速USB（USB 2.0）端口的最大输出电流限定在500mA，而超高速USB（USB 3.0）端口的最大输出电流为900mA。如果系统的功率需求超出电源能够提供的功率，则电源会崩溃。电池充电时，如何在使功率输出最大化的同时防止电源崩溃呢？下面，我们介绍3种控制方法：基于输入电流的DPM，基于输入电压的DPM，以及与电池补充供电模式一起使用的DPM。

图1 基于输入电流的DPM



基于输入电流的DPM

图1显示了使用DPM控制的高效开关模式充电器。MOSFET Q2及Q3与电感器L组成了一个同步开关降压型电池充电器。使用一个降压转换器，可确保有效转换适配器的输入功率，以实现更快速的电池充电。MOSFET Q1用作一个电池反向阻塞MOSFET，用于防止电池到输入的漏电流通过MOSFET Q2的体二极管。另外，它还起到一个输入电流检测器的作用，以监测适配器电流。

MOSFET Q4用于主动监测和控制电池充电电流，以实现DPM功能。当输入功率足以支持系统负载和电池充电时，使用理想的充电电流值 I_{CHG} 来对电池充电。如果系统负载 (I_{SYS}) 突然增加且其总适配器电流达到限流设置 (I_{REF})，则输入电流调节环路主动调节，并使输入电流保持在预定义 I_{REF} 输入基准电流上。给予更高的优先权为系统供电，以让其达到最高性能，并同时降低充电电流，这样便可实现上述目标。因此，我们始终可以在输入功率电源不崩溃的同时最大化输入功率，并且让可用功率动态地在系统和电池充电之间共用。

基于输入电压的DPM

如果一个第三方电源插入系统，而系统却无法识别其电池限制，则难以根据输入电流限制来使用DPM。这种情况下，我们可以使用基于输入电压的DPM（图2）。电阻分压器R1和R2用于检测输入电压，然后馈给输入电压调节环路的误差放大器。同样，如果系统负载增加，致使输入电流超出适配器的电流限制，则适配器电压开始下降，并最终达到预设的最小输入电压。输入电压调节环路被激活，以让输入电压维持在预设水平。通过自动降低充电电流以便让来自输入功率电源的总电流达到其最大值（电源不崩溃），可以完成这项工作。因此，系统可以追踪适配器的最大输入电流。设计输入电压调节的目的是，让电压保持足够高，以便对电池完全充电。例如，可把电压设置为4.35V左右，以对一块单节锂离子电池组完全充电。

电池补充供电模式

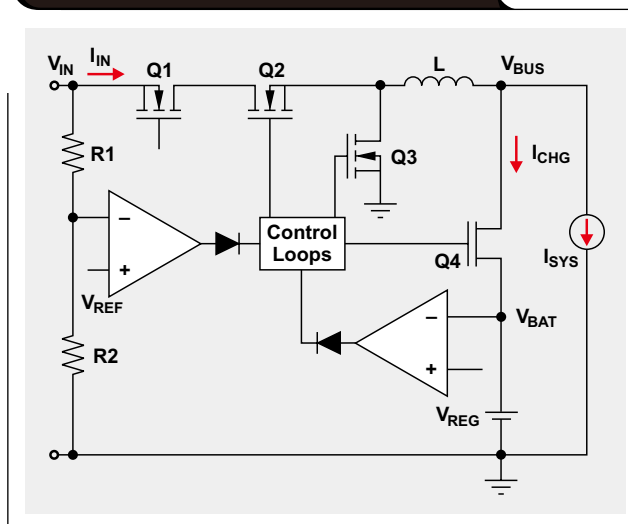
基于输入电流或者输入电压的DPM可在电源不崩溃的情况下从适配器获得最大功率。对于一些便携式设备而言，例如：智能电话和平板电脑等，系统负载通常是动态的，并且有高脉冲电流。即使是充电电流已降至零，如果出现脉冲电流的系统的峰值功率高于输入功率怎么办？如果不主动控制，则输入功率电源可能会崩溃。

一种解决方案是，增加适配器的额定功率，但这会增加适配器的体积和成本。另一种解决方案是，开启MOSFET Q4对电池放电而非充电，从而暂时性地为系统提供更多的功率。组合运用DPM控制和电池补充供电模式，可优化适配器，以提供平均功率而非最大峰值系统功率，从而降低成本，并实现最小的解决方案尺寸。

提高系统性能设计考虑

如平板电脑和智能电话等便携式设备，均要求实现瞬时开机功能，从而提供良好的用户体验。这就意味着，不管电池是完全充电还是深度放电，插入适配器时系统都要瞬时开启。

图2 基于输入电压的DPM



例如，我们假设，系统使用一块单节锂离子电池，如图1和2所示。如果在没有MOSFET Q4的情况下，电池直接连接至系统，则系统总线电压（ V_{BUS} ）与电池电压一样。电压小于3V的一块深度放电电池，可能会阻止系统开启。用户可能不得不等待电池充电至3.4V以后才能开启系统。为了支持瞬时开启功能，我们添加了MOSFET Q4，以便工作在线性模式下，实现对深度放电电池充电的同时维持最小系统工作电压。最小系统电压通过开关式转换器调节，而Q4的充电电流则通过一个线性控制环路来调节。一旦电池电压达到最小系统电压，MOSFET Q4便完全开启。它的充电电流通过同步降压转换器的占空比来调节。所以，系统电压始终维持在最小系统工作电压和最大电池电压之间，以为系统供电。

在一个5V的USB充电系统中，电源和电池之间的所有串行电阻都会影响充电效率。充电通路的电阻由FET Q1、Q2及Q4的“导通”电阻以及USB线缆约250 mΩ的电阻共同组成。如果线缆电压下降，充电器输入电压很少能达到4.5V。因此，设计一种FET“导通”电阻最低的充电器，可以最小化充电时间，这一点至关重要。图3比较了使用TI bq24190

USB/适配器充电器设计和80 mΩ充电通路额外电阻替代设计的充电时间。我们可以看到，相比另一种设计，由于输入电压达到4.5V，bq24190设计的充电时间缩短了20%。

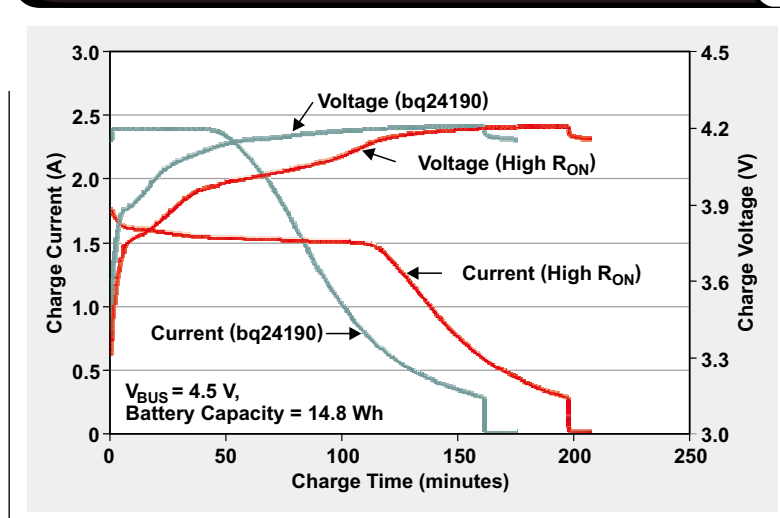
延迟电池使用时间

当然，电池容量越高，电池使用时间也就越长。对于一个单电池供电的系统而言，通常要求3.3V的输出电压，其典型最小系统电压为3.4V左右。如果MOSFET Q4的“导通”电阻为50 mΩ，并且电池放电电流为3A，则电池截止电压为3.55V。这就意味着，超过15%的电池容量并未得到利用。为了最大化电池使用时间，MOSFET Q4的“导通”电阻

必须尽可能地小。例如，“导通”电阻为10 mΩ，并且峰值电池放电电流同样为3A，则电池截止电压为3.43V。相比50 mΩ的“导通”电阻，它所提供的电池电量多10%。

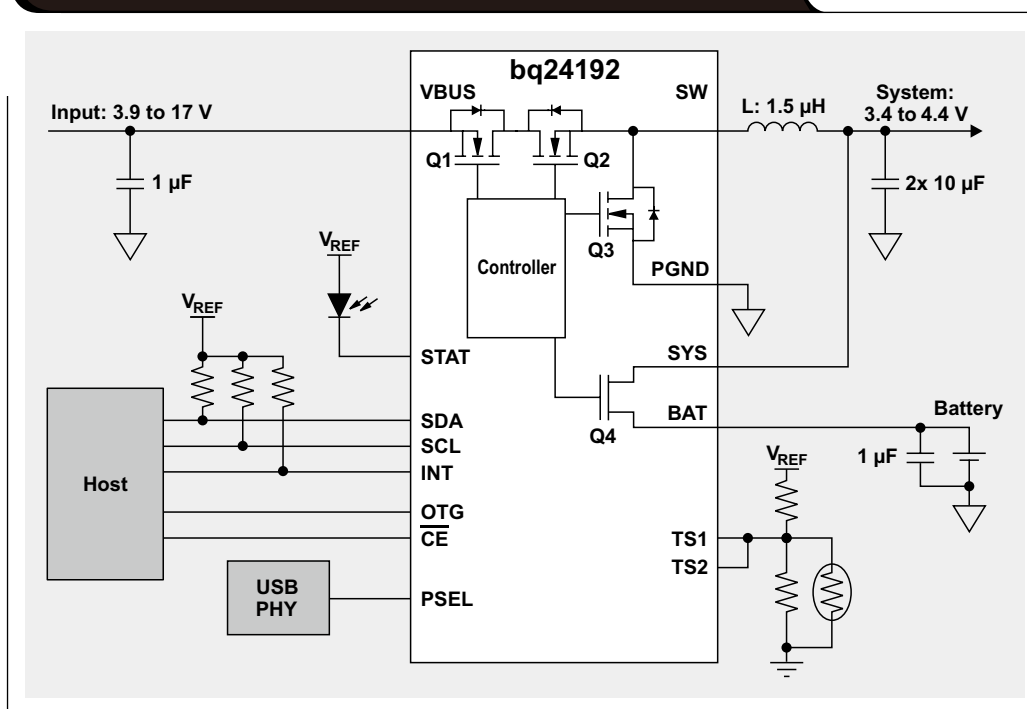
图4显示了一个使用集成MOSFET的高效、单电池I²C充电器举例。这种充电器同时支持USB和AC适配器输入，适用于平板电脑和便携式媒体设备。集成了所有4个功率MOSFET，同时MOSFET Q1和Q4用于检

图3 充电通路中高“导通”电阻的影响



测输入电流和电池充电电流，从而进一步最小化系统的解决方案尺寸。这种充电器还可区分USB端口和适配器，以快速设置正确的输入电流限制。另外，充电器可以单独工作（即使在系统关闭的情况下），拥有内部默认充电电流、充电电压、安全计时器和输入电流限制。这种充电器还具有USB On-the-Go (OTG) 功能，其工作在增压模式下，通过电池在USB输入端提供5V、1.3A输出。

图4 使用DPM的高效、4A I²C开关式充电器



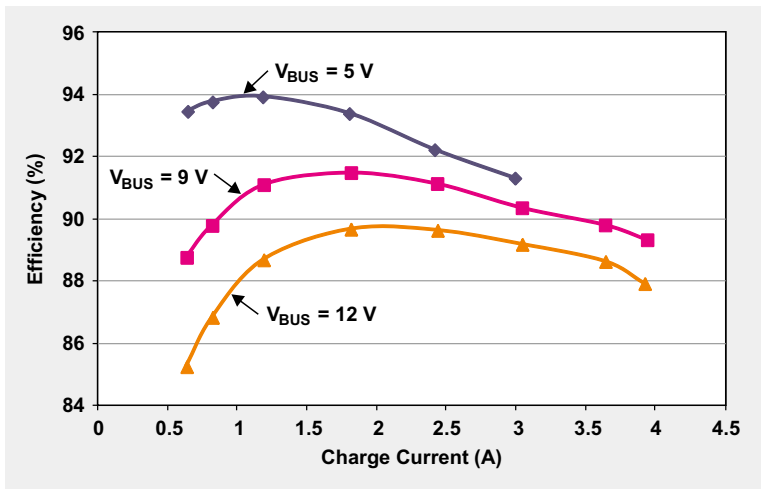
散热性能

对于那些具有超薄外形的便携式设备而言，散热性能至关重要，因为用户可以很容易地感觉到来自印刷电路板的发热情况。这种热是由一些高功耗组件所产生，例如：电池充电器等。要想解决这个问题，使用高效的充电器和良好的电路板布局非常重要。为了进一步提高散热性能，bq2419x系列产品内部使用了一个热调节环路。它通过在器件达到预设结点温度时降低充电电流，来控制最大结点温度。图5显示了bq24190设计的测得电池充电效率。使用5V USB输入时，它的效率可高达94%。9V输入和4A充电电流时，温升仅32°C。

结论

本文表明，基于输入电流或者输入电压的DPM可用于为便携式设备供电，从而在对电池充电的同时实现系统瞬时开启。另外，它还表明，增加电池补充供电模式对于电源系统性能优化至关重要。我们还讨论了其它一些设计考虑，例如：如何使用低电量电池实现瞬时系统开启、电池使用时间、充电通路电阻以及散热性能等。

图5 不同充电电流下的测得电池充电效率



相关网站

电源管理:

www.ti.com/power-aaj

www.ti.com/battery-aaj

www.ti.com/bq24190-aaj

www.ti.com/bq24192-aaj

《模拟应用期刊》订阅:

www.ti.com/subscribe-aaj



WEBENCH® 设计中心: 易于使用且可提供定制结果的设计工具。
PowerLab™ 参考设计库, 包含了近千个适用于所有应用的参考设计。
电源在线培训课程

www.ti.com.cn/webench
www.ti.com.cn/powerlab
www.ti.com.cn/powertraining

WEBENCH® Designer

Power **FPGA/μP** Sensors LED

Enter your power supply requirements:

Min	Max
Vin 14.0 V	22.0 V
Vout 3.3 V	Iout 2.0 A
Ambient Temp 30 °C	

Multiple Loads **Power Architect** Single Output **Start Design**

WEBENCH® Designer My Designs

最小	最大
输入电压 14.0 V	22.0 V
输出电压 3.3 V	输出电流 2.0 A
环境温度 30 °C	

SIMPLE SWITCHER®
开始设计 ▶



从通讯、计算机、消费类电子到汽车、工业, 从能源、医疗到安防、航空航天, TI推出一系列创新、完整、独特的制胜解决方案, 给您带来前所未有的技术支持体验。 <http://www.ti.com.cn/www/more/>



德州仪器在线技术支持社区

www.deyisupport.com

中国产品信息中心 免费热线:

800-820-8682

TI新浪微博



e.weibo.com/tisemi

热门产品

- | | |
|-----------|--|
| TPS92075 | 具有自适应基准的非隔离式、相位可调光、降压 PFC LED 驱动器 |
| BQ24195 | 具有 5.1V 1A/2.1A 同步升压运行的由 I2C 控制的 2.5A/4.5A 单电池 |
| LM3447 | 相位调光、初级侧电源调整的准谐振反激式控制器 |
| LM34917 | 具有智能电流限制的超小型 33V、1.25A 恒准时降压开关稳压器 |
| ADS1298 | 具有集成 ECG 前端的 8 通道 24 位模数转换器 |
| SN65HVD82 | 针对要求严格的工业类应用的稳健耐用的驱动器和发送器 |
| LM22670 | 具有同步或可调节开关频率的 3A SIMPLE SWITCHER、降压电压稳压器 |
| ISO1050 | 电镀隔离的隔离式 CAN 收发器 |

了解更多, 请搜索以下产品型号:

TPS92075



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 © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司