

涡轮加速升压 (Turbo-boost) 充电器可为 CPU 涡轮加速模式提供支持

作者：德州仪器 (TI) 产品线经理钱金荣 (Jinrong Qian) 和设计工程师 Suheng Chen

引言

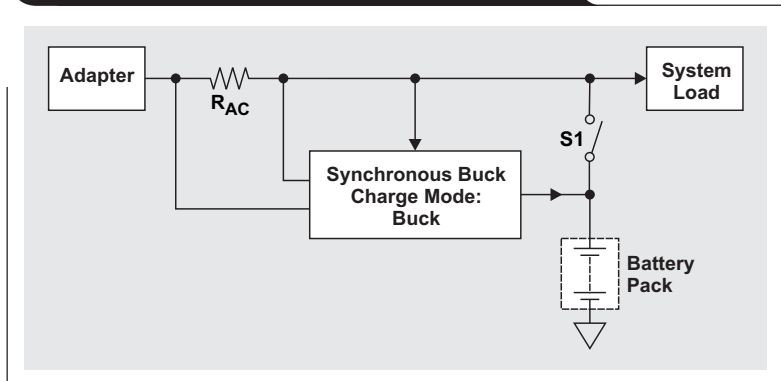
为了不断提高 CPU 的动态性能，让笔记本电脑拥有高速处理复杂多任务的能力，我们首先必须短时间提高 CPU 时钟频率，并充分利用其散热能力。但是，这样做会使系统要求的总功耗超出电源（例如：AC 适配器等）所供功率，从而导致适配器崩溃。一种可能的解决方案是提高适配器的额定功率，但成本也随之增加。本文介绍的涡轮加速升压 (turbo boost) 充电器，允许适配器和电池同时为系统供电，以满足笔记本电脑在 CPU 内核加速模式下工作时出现的猝发、超高功率需求。

在传统笔记本电脑系统中，使用一个 AC 适配器供电，并利用系统不需要的功率为电池充电。AC 适配器不可用时，通过开启 S1 开关（请参见图 1）让电池为系统供电。适配器可以为系统供电的同时为电池充电，因此要求其具有较高的额定功率，从而难以有效控制体积和成本。动态电源管理 (DPM) 一般用于精确地监控适配器总功率，实现优先为系统供电。

一旦达到适配器的功率限制，DPM 便通过降低充电电流，并在没有最佳效率功率转换的情况下直接由适配向系统供电，并对输入电流（功率）进行调节。系统负载最大时，所有适配器功率全部用于为系统供电，不对电池充电。因此，主要设计标准就是确保适配器的额定功率足以支持峰值 CPU 功率和其他系统功率。

人们对于使用多 CPU 内核和增强型图形处理器单元 (GPU) 高速处理复杂任务的高系统性能的需求越来越大。为了满足这种需求，英特尔为其 Sandy Bridge 处理器开发出了 turbo-boost 技术。这种技术允许处理器短时间内（数十毫秒到数十秒）出现超出热设计功耗 (TDP) 的猝发式功率需求。但是，在考虑到设计容差的情况下，AC 适配器的设计仅能在某个 TDP 电平满足处理器和平台的高功率需求。当充电器系统发现，充电电流被动态电源管理单元降至零后适配器达到其输入额定功率时，避免 AC 适配器崩溃的一种最简单方法是通过降低 CPU 频率来实现 CPU 降频工作，但这会降低系统性能。如何能在适配器不崩溃或者不增加其额定功率的情况下，让 CPU 在 TDP 电平以上短时间高速运行呢？

图 1 适配器和电池充电器系统



Turbo-boost 电池充电器

当系统负载和电池充电器要求的总功率达到适配器功率极限时，动态电源管理便开始减少电池的充电电流。电池充电器停止充电，并在系统负载达到 AC 适配器功率极限时其充电电流降至零。CPU 内核加速模式下系统不断增加其负载，电池充电器（通常为一种同步降压转换器）闲置，原因是没有剩余功率可用于对电池充电。这种同步降压转换器实际为一个双向 DC/DC 转换器，它可以根据不同的工作状态运行在降压模式或者升压模式下。如果电池电量足够，电池充电器便工作在升压模式下，同 AC 适配器一起为系统供电。图 2 显示了一个 turbo-boost 电池充电器的结构图。

那么，电池充电器何时以及怎样从降压模式转到升压放电模式呢？系统可在任何时候进入 CPU 内核加速模式，因此常常无法及时通过 SMBus 通知充电器开始实施这种模式转换。充电器应能自动检测到系统需要哪种工作模式。另外，系统设计应能实现升降压模式之间的快速转换，这一点非常重要。DC/DC 转换器需要几百微秒到几毫秒的软启动时间来最小化浪涌电流。适配器应拥有较强的过负载能力，以在充电器转入升压放电模式以前支持总系统峰值功率需求。目前的大多数 AC 适配器都可以维持其输出电压数毫秒。

图 3 显示了一个支持 CPU 内核加速模式的 turbo-boost 电池充电器的应用电路。R_{AC} 电流检测电阻器用于检测 AC 适配器电流，以便实现动态电源管理功能，并确定电

池充电器是工作在降压充电模式还是升压放电模式下。电流检测电阻器 R7 根据电池状态通过 SMBus 检测主机编程电池充电电流。如果需要, 可以通过 IOUT 输出监测充电器和系统提供的总功率, 其为检测电阻器 R_{AC} 压降 (实现 CPU 降频工作) 的 20 倍。通过 SMBus 控制寄存器, 可根据电池充电状态和温度条件开启或者关闭电池升压放电模式。在升压放电模式下, 电路通过监测低侧 MOSFET Q4 的压降, 提供额外逐周期限流保护。为了实现如英特尔超级本™ 等超薄型笔记本电脑, 可将开关频率设定为 615、750 或者 885 kHz。这样可以最小化电感尺寸和

输出电容器数量。充电器控制芯片完全集成充电电流环路补偿器、充电电压和输入电流调节环路, 可以进一步减少外部组件数目。电源选择器 MOSFET 控制器也集成在充电器中。另外, 充电器系统使用所有 n 通道 MOSFET, 而非传统充电解决方案中使用的 p 通道功率 MOSFET, 目的是降低成本。使用这种 turbo-boost 充电器系统的另一个好处是, 它可以在不改变材料清单的情况下用于上述任何一种功能。系统设计人员可在不增加硬件设计工作量的情况下进行快速系统性能评估。

图 2 CPU 内核加速模式下工作的 turbo-boost 电池充电器

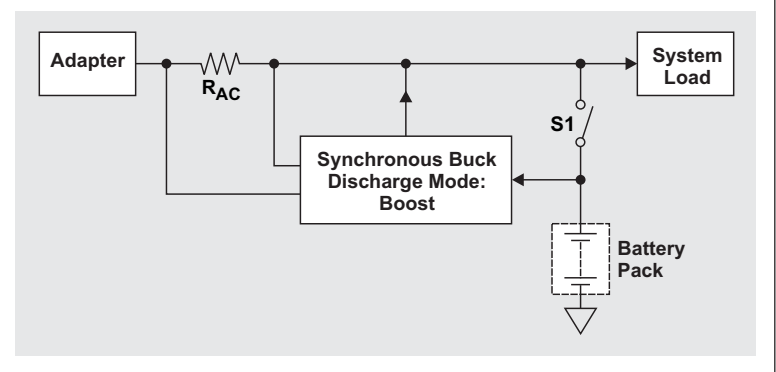
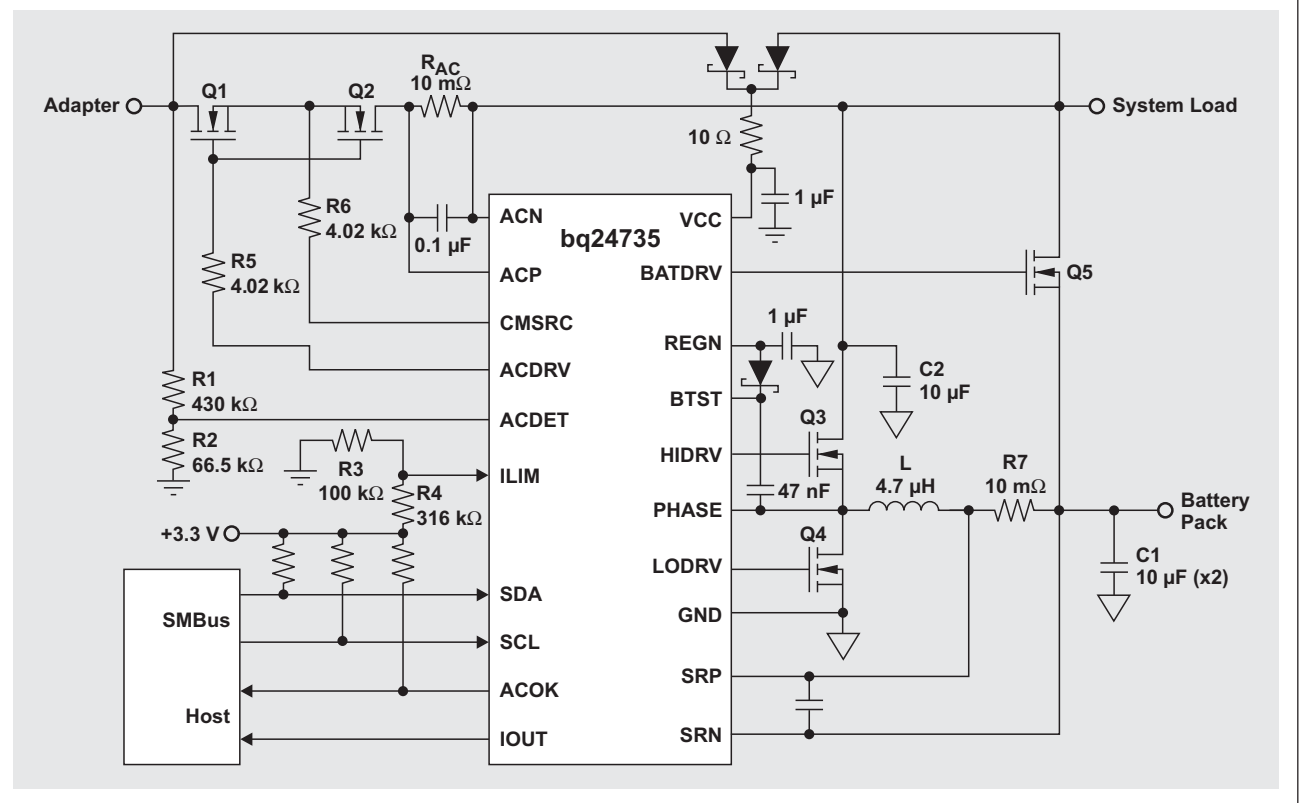


图4显示了从降压充电模式转换到升压放电模式期间出现的开关波形。由于系统负载增加输入电流达到适配器最大功率极限时, 电池充电器便停止充电, 同时电池转入升压模式为系统提供额外功率。

图 5 显示了 turbo-boost 充电器的效率。我们可以看到, 对一块 3 节或者 4 节电池组充电和放电时, 可以达到 94% 以上的效率。如果电池被取下, 或者电池剩余电量过低时, 必需让 CPU 降频工作, 以避免适配器崩溃。

图 3 turbo-boost 电池充电器应用电路



现在，即使适配器处于连接状态也可以对电池放电。但是，一个潜在问题是电池使用寿命。由于升压放电模式仅能持续数十毫秒到数秒，因此其对电池使用寿命产生的影响也降至最小。电池老化速度与单节电池电压正比关系；因此，这种电压越高，电池老化也越快，而电池老化越快其使用寿命也就越短。升压放电模式下对电池放电会使单节电池电压变得更低，从而降低电池老化程度，最终延长其使用寿命。

结论

turbo-boost 充电器是一种简单、高成本效益的方法。当 AC 适配器和电池同时为系统供电时，它让电池能够在短时间内弥补 AC 适配功率的不足。这种拓扑结构支持 CPU 内核加速模式，保证最低系统成本，且无需为了满足峰值系统功率需求而提高 AC 适配器额定功率。测试结果表明 turbo-boost 充电器是现实笔记本电脑设计中一款实用的解决方案。

相关网站

Power.ti.com

www.ti.com/product/bq24735

图 4 降压充电模式和升压放电模式之间的波形

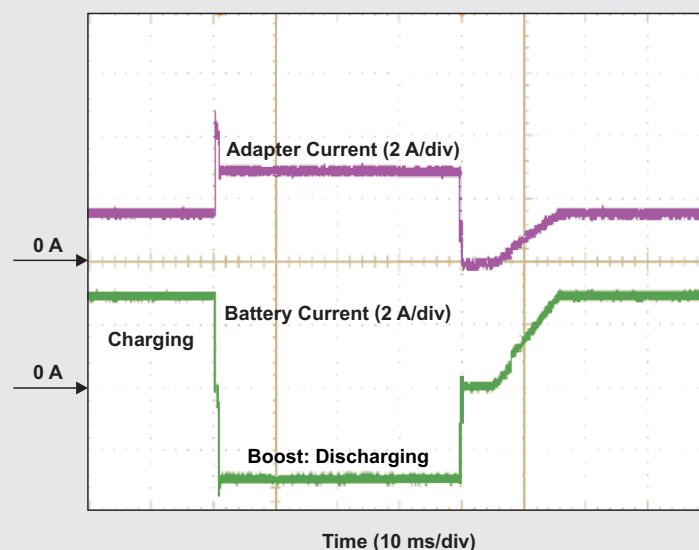
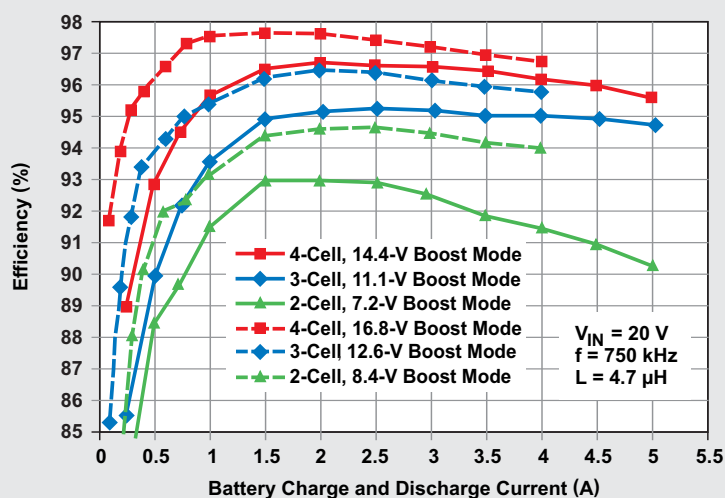


图 5 turbo-boost 充电器效率



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