

基于输出电压半闭环控制的两串电池充放电系统设计

Olin Zhang

Sales & Applications/ Nanjing

摘要

近年来，随着消费类电子中的快充技术不断发展，手机等应用中单节锂离子电池的充电电流已经达到8A甚至更高，接近单节锂离子电池能够承受的极限。为了突破充电电流的瓶颈而进一步提高充电速度，两节电池串联的方案开始出现在手机场景中。针对两节电池串联的系统，TI的Boost charger bq25882为当前市面上的主流方案，它用于兼容传统的低压适配器充电。另外，放电系统的能量损耗影响电池使用时间是另一个问题。本文介绍一种基于高效率Buck芯片TPS62180的半闭环控制的放电系统设计，使电池利用率更高从而有效延长电池使用时间。本应用报告详细分析了两节电池串联系统设计中会遇到的问题并给出了一套核心器件的推荐选型设计。

关键词：两串电池 快充 半闭环系统 双相Buck变换器

目录

1.引言.....	Error! Bookmark not defined.
2.两节电池串联系统设计难点分析	2
3.两节电池串联系统设计方案	2
4.结论.....	5
参考文献.....	5

图

Figure 1. 两节电池串联系统框图	3
Figure 2. 半闭环控制系统输入输出电压关系	4
Figure 3. 推荐的两串电池充放电系统框图	4
Figure 4. TPS62180 输出过压保护与恢复	5

1. 引言

随着消费类电子中快充技术的不断发展，手机平板等应用中的最大充电功率已经从原始的5W(5V/1A)提升到了40W(10V/4A)。在40W充电的情况下，进入电池的电流已经达到8A甚至更高，整个充电系统发热严重，严重影响电池寿命和用户体验。为了进一步提高充电功率而不增加电池端的电流，部分用户选择在手机系统中采用两节电池串联(下文简称两串电池)系统。两串电池可以通过增大输出电压的方式来翻倍充电功率，进一步实现快充。而缺点是放电系统的设计较为复杂且始终需要一级降压变换，从而折损了系统效率。本文将介绍一种基于TI的高效率降压芯片TPS62180而实现的输出电压半闭环控制的两串电池放电系统，有效平衡两串电池的放电效率和待机时间，最终优化两串电池系统的整体收益。

2. 两节电池串联系统设计难点分析

传统手机均为单节电池系统，即使为了增加电池容量，也会选择多节电池并联而不增加电池电压的形式。而为了进一步提高手机应用中的快充的功率，达到50W甚至更高，就需要不断增大充电电流，这将使得单节电池的充电电流需要达到10A甚至更高，这对于单节电池系统而言是非常难以实现的。在这样的情况下，部分客户尝试选择两串电池的系统，即提高输出电压的方式来实现更高的充电功率。下面我们将分析两串电池系统的优劣势：

1. 两串系统的优势：

例如目标为实现50W快充，如果是单节电池，则充电电流需要达到10A甚至更高。而如果是两串电池系统，则充电电流减半，只需要超过5A即可。我们知道，充电通路上的导通损耗与充电电流的平方成正比，因此两串电池系统里的导通损耗只有单串电池系统的四分之一。另一方面，进入电池的电流减半，也会使得电池系统的安全性增加。

2. 两串系统的劣势：

同时，两串系统的劣势也比较明显。一是由于手机系统的用电端耐压均是按照单节电池电压来设计的，因此两串电池电压需要通过一级降压变换才可以供手机系统使用。以目前效率最高的开关电容架构降压来看，最高效率约为97%，因此这3%的损耗始终存在，牺牲着电池的待机时间。另一方面，将原本单节电池替换成双串电池，两块电池的连接处至少会出现3%的容量损失，又进一步降低了电池利用率。所以两串电池的劣势主要是牺牲了手机的待机时间。

因此，如何解决两串电池所引起的待机时间减少，是关系着两串电池是否可以在手机市场普及，这也将决定着未来手机市场上的快充技术能否可以突破到更高的水平。

3. 两节电池串联系统设计方案

基于上述分析，我们介绍一种针对两串电池的系统设计，其中包括大功率充电系统和输出电压半闭环控制的放电系统，用于抵消两串电池带来的电池容量损失，有效延长待机时间。系统框图可以参考Figure 1。

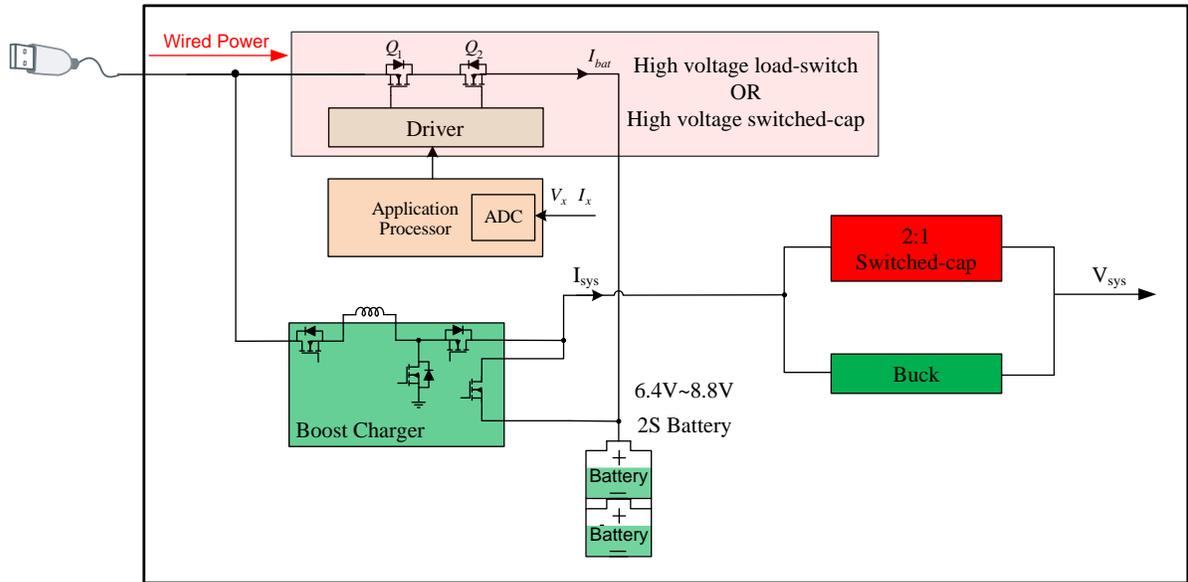


Figure 1. 两节电池串联系统框图

1. 快充系统设计：

对于快充系统的设计而言，首先需要有一个高压直充架构或者高压开关电容架构，用于实现大功率的功率变换并充电，利用开环系统的高效率来减小大功率充电产生的热量。需配备特殊适配器以调节适配器电压跟随电池电压变化。目前市面上已有的方案是分立的高压开关电容变换器方案。

该充电系统中还需要一个 **Boost charger**，用于兼容市面上大部分传统的固定输出电压为 **5V** 的适配器。同时 **Boost charger** 还需要实现完整充电流程管理的功能，无论是开始的预充电或者是电池快充满时候的涓流充电亦或是截止充电，均由该 **Boost charger** 来完成。目前市面上的成熟方案是 TI 的 **bq25882**，专门针对手机或平板里的两串电池系统设计。

2. 输出电压半闭环控制放电系统设计：

对于两串电池的放电系统而言，如果可以以尽可能高的变换效率将两串电池电压降低到单节电池电压范围以提供给后级负载使用，是最理想的方式。因此，这里推荐选择一级开环的开关电容变换器，可以直接将两串电池电压折半供给后级。因此对于后级系统而言，看到的电池电压就等效于会随电池电量而变化的单节电池电压。由于开环控制的开关电容变换器始终工作在 **50%** 占空比且没有电感的损耗，因此效率会比传统 **Buck** 变换器要高。目前市面上已有成熟方案推荐。另一方面，之所以称之为半闭环放电系统，是因为方案中推荐再用一颗高效率的 **Buck** 变换器与之并联。当电池电压较高时，例如两串电池电压超过 **6.4V** 时，采用开关电容变换器工作以确保高效变换。当电池电压低于 **6.4V** 时，如果依然使用开关电容变换器降压，则后级得到的低于 **3.2V** 电压已经接近手机系统关机的门限，此时可以切换成高效率 **Buck** 变换器工作。由于 **Buck** 变换器可以固定输出电压（如 **3.5V**），这样即使两串电池电压低到 **5V**，依然可以维持手机系统正常工作，半闭环控制系统的输入电压和输出电压关系可以参考 **Figure 2**。

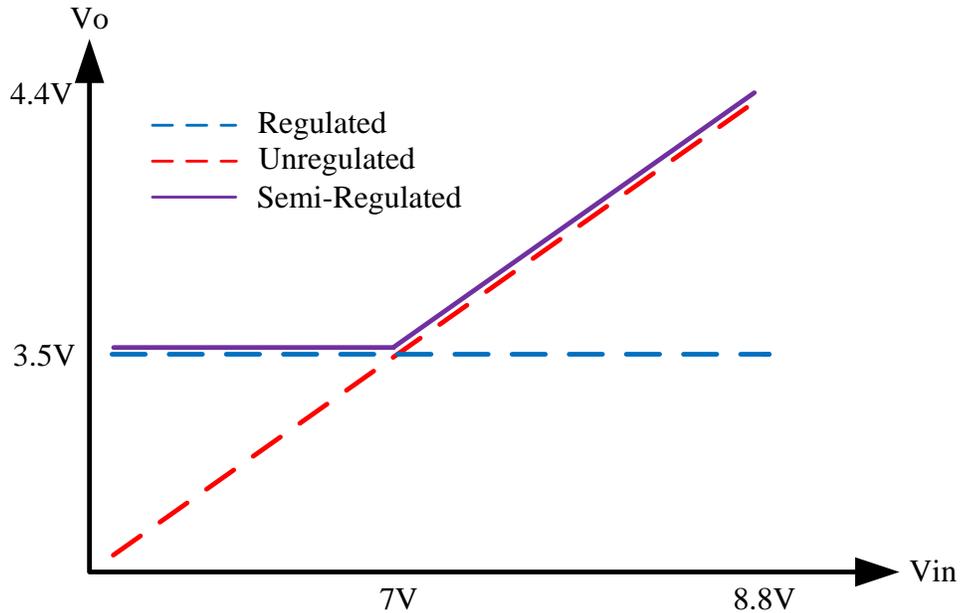


Figure 2. 半闭环控制系统输入输出电压关系

因此，在这样的半闭环控制放电系统的设计下，整套方案既能保证电量充足时放电系统的高效率工作，又能使得电池可以充分放电提供更长的使用的时间，将原本 6.4V 就要停止工作的电池使用到 5.6V 甚至更低。目前适合手机里使用的高效率 Buck 推荐 TI 方案 TPS62180，除了效率高之外另一个重要的原因是它本身是双相交错并联 Buck 变换器，在相同输出电流的情况下，可以将一颗大尺寸电感拆分成两颗小尺寸电感，非常适合手机这样高度受限的应用场景。综上所述，结合目前市面上已有的成熟方案，针对整套两串电池的充放电系统框图如图 Figure 3 所示。

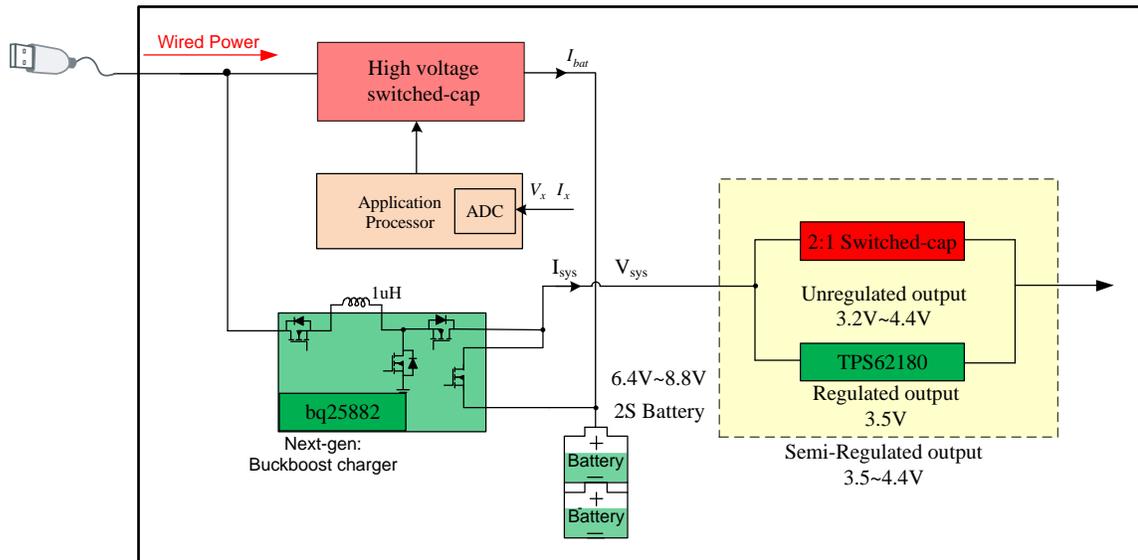


Figure 3. 推荐的两串电池充放电系统框图

3. TPS62180 输出过压自动关断功能

由于上述介绍的开关电容变换器 IC 和高效率 Buck 芯片 TPS62180 是输出并联关系，而一般开关电容变换器 IC 的正常输出范围(上至 4.4V)会触发 TPS62180 长时间处于输出过压保护状态。因此，这里通过实验证明 TPS62180 在输出有较高偏置电压的情况下不会损坏芯片(Figure 4)，并且会根据输偏置电压的高低自动进入或退出输出过压保护状态。从而确保了这种电路连接方式下的安全可靠。

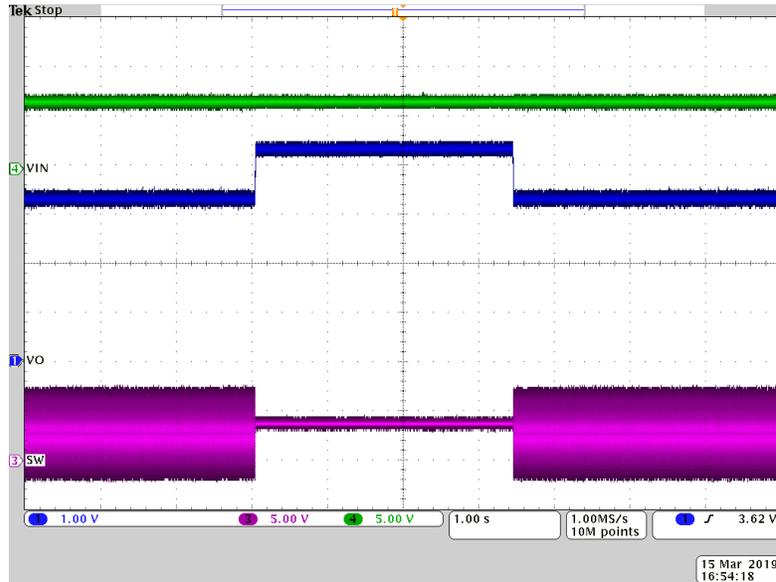


Figure 4. TPS62180 输出过压保护与恢复

4. 结论

本文结合市面上新出现的采用两节电池串联的手机系统介绍了实际的设计案例。不仅分析了两串电池充放电系统设计的关键点和难点，同时介绍了一种基于bq25882的充电系统设计和基于TPS62180的半闭环控制放电系统设计。有效解决了在两串电池系统中电池待机时间短和电池利用率低的问题，优化了整个充放电系统的整体性能。

参考文献

- [1] TPS62180 Datasheet, [SLVSB88B](#), Texas Instruments.
- [2] TPS62180 User's Guide, [SLVUA93](#), Texas Instruments.
- [3] bq25882 Datasheet, [SLVSE40A](#), Texas Instruments.

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司