

Application Note

太阳能充电应用中的单电芯电池充电器 MPPT



Mike Emanuel

摘要

对于单电芯电池，越来越多的应用需要使用太阳能电池板进行充电。为了从太阳能电池板使用最大充电电流为电池充电，充电器需要在最大功率点 (MPP) 运行。如果充电器输入电压没有保持在 MPP，那么充电器会尝试从电池板提取尽可能多的功率，可能导致输入电压急剧下降。可以使用 TI 电池充电器的一项称为输入电压动态电源管理 (VINDPM) 的功能，使电池充电器的输入电压保持在 MPP。

内容

1 简介.....	2
2 什么是动态电源管理？.....	2
3 如何使用 VINDPM 实现太阳能电池充电.....	3
4 使用 BQ25638 和 BQ2562x 进行太阳能电池充电.....	3
5 其他关键点.....	4
6 总结.....	4
7 参考资料.....	5

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

从太阳能电池板汲取的电流与所用太阳能电池板的输出电压密切相关。当没有汲取电流时，太阳能电池板会恢复至开路电压 (OCV) 状态。固定太阳能电池板的 OCV 会随着温度的降低而增大 [1 - 3]。另一方面，如果汲取过多电流，则太阳能电池板的输出电压会变为短路状态。在这个工作时段，电流称为短路电流 (SCC)。固定太阳能电池板的 SCC 电流随着光照强度的增加而增加。MPP 处于这些状况之间，需要仔细选择输入电压限制，不仅要避免在 OCV 和 SCC 条件下运行，而且要满足 MPP [4]。

通常，在完全照射的阳光条件下，MPP 电压介于 OCV 的 75% 至 85% 之间。这个 MPP 电压与 OCV 之比也称为 k 因子。如果能够调制接近此比率的输入电压，则有助于达到太阳能电池板的 MPP。图 1-1 展示了太阳能电池板的采样电流与电压以及功率与电压的关系曲线。在功率与电压的关系曲线中，存在一个明显的 MPP，其值为 7W 和 13.5V。将电压上下移动超过该点会降低输出功率 [5]。重要的是找到一种将太阳能电池板电压保持在理想状态的方法，这有助于更快地给电池充电。

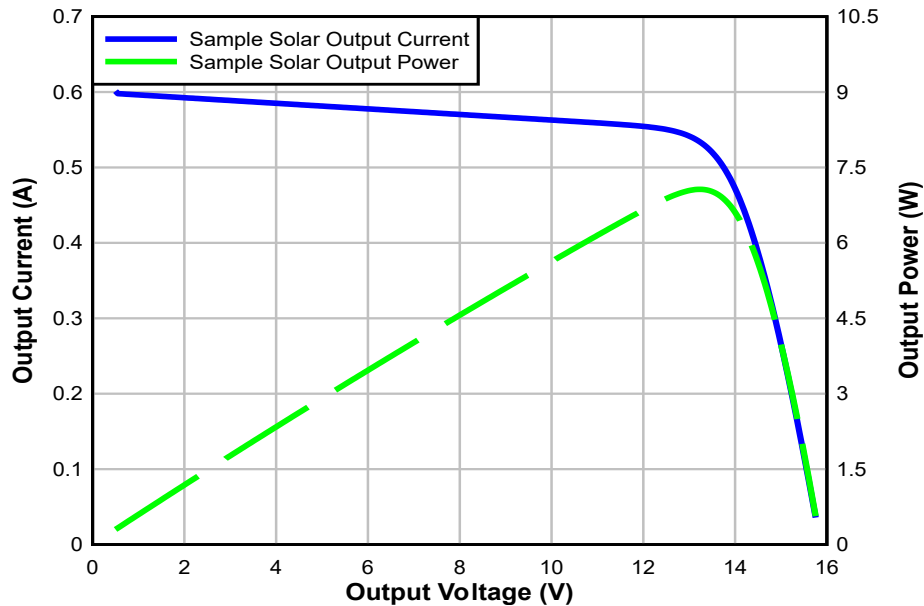


图 1-1. I-V 和 P-V 曲线示例

2 什么是动态电源管理？

从太阳能电池板提取最大功率的关键是保持在 MPP。在接近 MPP 充电时，电池充电器有可能导致电池板的电压急剧下降至短路状态。防止这种骤降的一种方法是调节电池充电器的输入电压。如果 MPP 已知且电池充电器将输入电压保持在此限制内，则可实现最大功率传输。

TI 利用 VINDPM 和输入电流动态电源管理 (IINDPM) 来调节电池充电器的输入。通过使用 VINDPM 和 IINDPM，电池充电器可将输入电压和输入电流保持在设定点，从而防止适配器出现电压降低的情况。在此模式下，电池充电器还优先考虑为系统提供电流，而不仅仅向电池提供电流，从而确保负载能够正常运作。在极端负载情况下，如果适配器过载，电池充电器可以从电池中补充电流来供给负载。在所有这些情况下，关键在于要调节输入电压和/或输入电流，以防止适配器电压骤降。

3 如何使用 VINDPM 实现太阳能电池充电

对于太阳能用例，VINDPM 比 IINDPM 更适用。将电池充电器的 VINDPM 设置在 MPP，以便从太阳能电池板中获取最大功率。根据电池充电器的性质，如果用户尝试请求最大电流，则会使适配器出现电压降低。但是，固定 VINDPM 可使输入电压保持在正确的工作点。为了使用 VINDPM，电池充电器需要具有足够的 VINDPM 步幅分辨率，以便能够准确地找到 MPP。

在环境条件发生变化时，需要使用算法在整个充电周期内获得良好的 MPP。一个很好的方法是在每个 VINDPM 设置下测量充电电流，并将 VINDPM 固定在提供最大充电电流的设置。在短期内，对于固定的电池电压，任何提供最大充电电流的输入电压即为 MPP。

有两种情况（假设无系统负载）。第一种，充电器处于 VINDPM 状态，其设置可提供最大的充电电流。这表示在 MPP 运行。第二种，在实现充电电流最大值时，充电器不处于 VINDPM 状态。这表明太阳能电池板可提供的能量多于请求的能量。

4 使用 BQ25638 和 BQ2562x 进行太阳能电池充电

如上所述，实现太阳能电池充电需要满足以下两项关键条件：

1. 能够小步幅调整 VINDPM 设置
2. 能够测量充电电流

BQ25638 和 BQ2562x 都可以按 40mV 的步幅调整 VINDPM，范围为 3.800V 至 16.800V。由于这两个器件都由 I2C 控制，用户在寻找 MPP 时可以按小步幅轻松地调整每个充电器的 VINDPM 设置。

第二项要求是能够在 VINDPM 变化时测量充电电流。这两个器件都有充电电流 ADC，可用于计算充电电流的近似值。图 4-1 展示了 BQ25638 的降压拓扑，以灰色为主色调，附带太阳能应用示例。

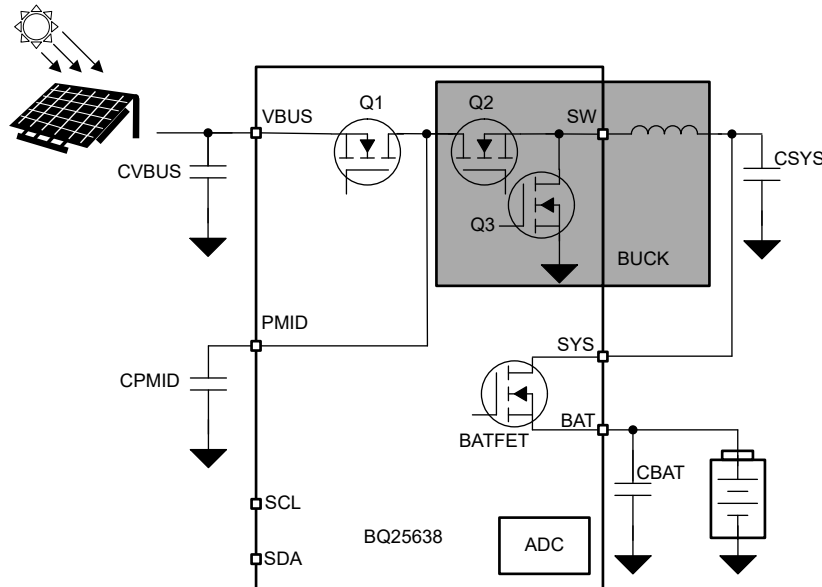


图 4-1. 太阳能降压充电器

每个器件的算法如下。首先，设定所需的充电电流。第二，将 VINDPM 设置从 OCV 逐步变化到可用的最低值。记录每个步骤的充电电流。第三，返回到提供最大充电电流的步骤。第四，随着负载变化和環境条件变化，定期重复这个过程。为了简单演示算法，使用了 BQ25638，请参阅图 4-2。

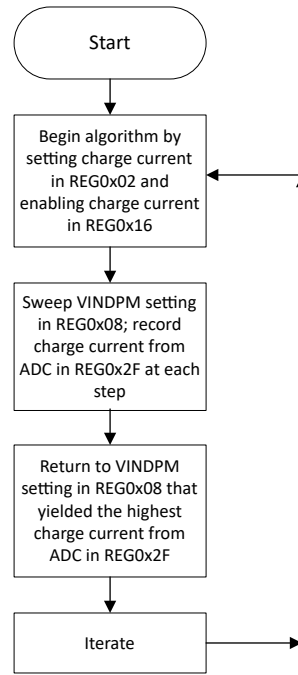


图 4-2. BQ25638 的太阳能充电算法

5 其他关键点

将太阳能电池板与电池充电器结合使用时，要记住几个关键点。首先，电池板的 OCV 必须小于所选充电器的 OVP。当太阳能电池板在弱光条件下或在夜间连接时，太阳能电池板电压会上升至 OCV。使 OCV 保持低于 OVP 可让电池充电器正常运行。

其次，在调整电池充电器的 VINDPM 和坚持到最后找到 MPP 之间，需要维持一个平衡。以图 1-1 为例。太阳能电池板输出电压为 14V 到 16V 时，太阳能电池板输出功率在 0W 至 6.5W 之间的变化相对线性。假设每个步骤的时间相等，并且持续对 MPP 进行调整，则平均功率约为 3.25W，如方程式 1 所示。但如果仅在 25% 的时间内进行调整，而 75% 的时间专用于 14V/6.5W 工作点，则平均功率约为 5.69W，如方程式 2 所示。如果持续进行电压调整，则在理想情况下，总平均功率将减少 43%。因此，重要的是评估调整电池板的时间有多长以及电池板保持稳定状态的时间有多长。

$$\text{Sweep Average Power} = 0.5 \times (0\text{W} + 6.5\text{W}) = 3.25\text{W} \quad (1)$$

$$\text{Sweep and Hold Average Power} = 0.25 \times 3.25\text{W} + 0.75 \times 6.5\text{W} = 5.69\text{W} \quad (2)$$

6 总结

当尝试使用电池充电器从太阳能电池板提取最大电流时，太阳能电池板的输入电压往往会下降。为了防止出现这种现象，电池充电器需要使输入电压保持在固定值。用户应该尽量使输入电压保持在 MPP。BQ25638 和 BQ2562x 设计提供了可编程的 VINDPM 功能，以 40mV 的步幅进行调整，从而精确找到 MPP。此外，这些器件还具有可用于监测充电电流的 ADC。这可用于定期调整 VINDPM 设置，以便在太阳能电池板状况变化时寻找 MPP。

7 参考资料

1. N. H. Zaini、M. Z. Ab Kadir、M. Izadi、N. I. Ahmad、M. A. M. Radzi 和 N. Azis , [The effect of temperature on a mono-crystalline solar PV panel, 2015 IEEE Conference on Energy Conversion \(CENCON\)](#) , 2015 年 , 第 249-253 页。
2. 德州仪器 (TI) , [BQ24650 充电器的最大功率点跟踪 应用手册](#)。
3. N. I. Ahmad、M. Z. Ab Kadir、M. Izadi、N. H. Zaini、M. A. M. Radzi 和 N. Azis , [Effect of temperature on a poly-crystalline solar panel in large scale solar plants in Malaysia, 2015 IEEE Conference on Energy Conversion \(CENCON\)](#) , 2015 年 , 第 244-248 页。
4. 德州仪器 (TI) , [实现简单的最大功率点跟踪 \(MPPT\) 算法 应用手册](#)。
5. 德州仪器 (TI) , [为太阳能应用选择合适的太阳能电池充电器 应用手册](#)。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司