

充电器设计技巧: 锂离子电池太阳能充电器

最近几年,使用电池供电的小型设备发展迅速,例如:平板电脑、掌上游戏机、视频播放器、数字相框等。一般而言,这些设备都使用可再充锂离子 (Li-Ion) 电池作为电源。一些常见的充电解决方案包括墙上适配器类充电器和通用串行总线 (USB) 类充电器。尽管这些充电器解决方案是为锂离子电池充电的一种低成本的解决方案,但是这些充电器也都存在一个共同的缺点:依靠主电源才能工作运行。这种对主电源的依赖性增加了用户的电费开销,同时也增加了温室气体排放。而且由于对主电源有依赖性,这些充电解决方案的便携性也大打折扣。要想以一种有益环境的方式来延长电池使用时间,利用太阳能板收集自然光能量的太阳能充电器或许是一种理想的方案。太阳能充电器的另一个好处是它提供了一种可移动的充电解决方案。

本文中,我们将对开发太阳能充电解决方案过程中一些重要的考虑因素进行说明。需要考虑这些因素的主要原因是:随着光照环境不同,电压和电流也随之变化,那么太阳能电池板就会成为一个高输出阻抗电源。而墙上电源适配器或者 USB 电源均为低输出阻抗电源,具有预先规定好的输出电压和电流。我们要讨论的太阳能充电解决方案中需要重点关注的因素包括:最大功率点跟踪 (MPPT)、反向漏电保护、充电终止方法技巧以及太阳能板崩溃保护等。

最大功率点跟踪

最大功率点 (MPP) 是能够获得最大功率的太阳能电池工作区域^[1]。图1中的曲线图表明了该区域。该曲线图显示了典型输出电流与输出功率同 MPP 双节太阳能电池板电压曲线的对比关系。曲线上的 MPP 很明显,因为它是对应于太阳能电池板最大功率输出的电压和电流。MPP 与环境温度和光线有关,因此会随时间而变化。这表明,利用太阳能电源的充电器必须具有相应的电路,以随环境条件变化不断跟踪 MPP。MPPT 方案种类繁多,包括简单的开环技术(电池板电压维持在固定开电路电压)和复杂的微控制器类技术(测量输入和输出功率,然后正确调节电池板电压)。

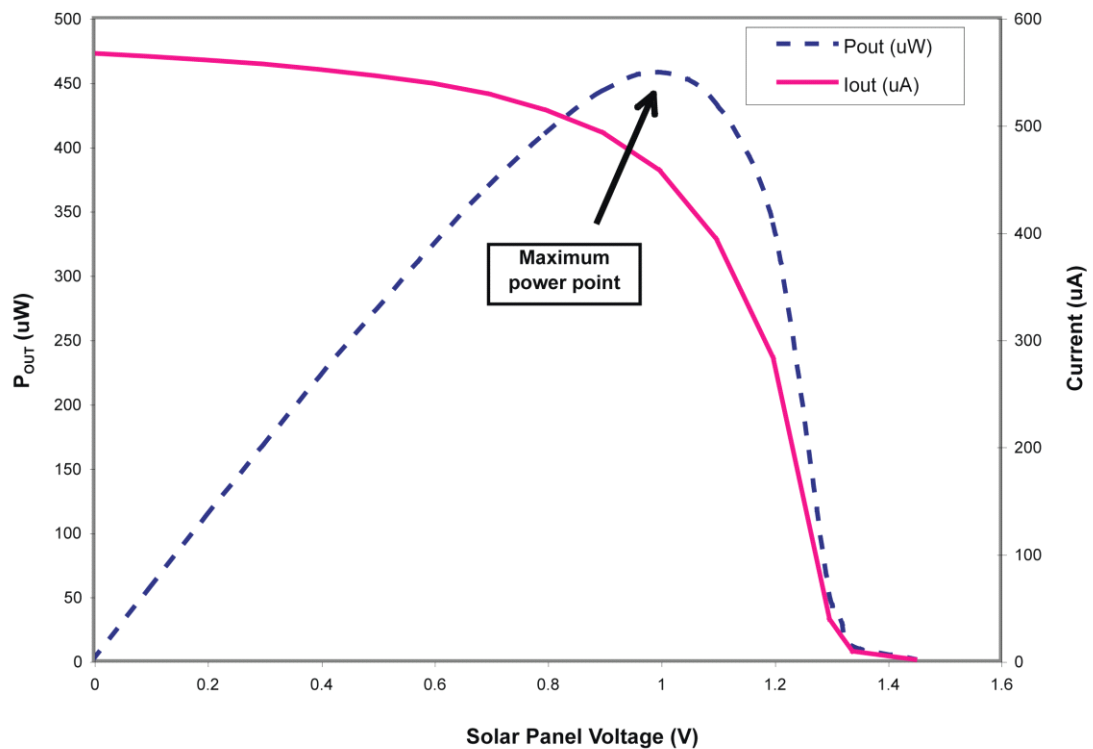


图 1 输出电流和输出功率为双节太阳能电池板电压的函数

正确选择充电解决方案的 MPPT 方案，需要在成本和效率之间做出折中，并且应视具体应用而定。

反向漏电保护

反向漏电是电池中存储的电荷丢失并返回至电源的一种现象。电池电压高于电源时出现反向漏电现象。出现这种现象时，电源便成为电池的负载，不再对电池充电。使用墙上电源适配器或者 USB 电源时不会出现这种状态，因为这两种电源的电压输出始终保持在锂离子电池电压之上。使用太阳能电池板时，太阳能板的电压会在光照不足的情况下降低至电池电压以下。图2a 显示了一个连接至电池的 USB 电源充电器原理图。当开关 S1 关闭时，电源从电池断开，电池无电流。使用太阳能电池板时，如果使用相同的布局，则如果太阳能板电压降至电池电压以下时开关体二极管开启。解决这种问题的一种常用方法是使用背靠背式开关，

如图**2b** 所示。

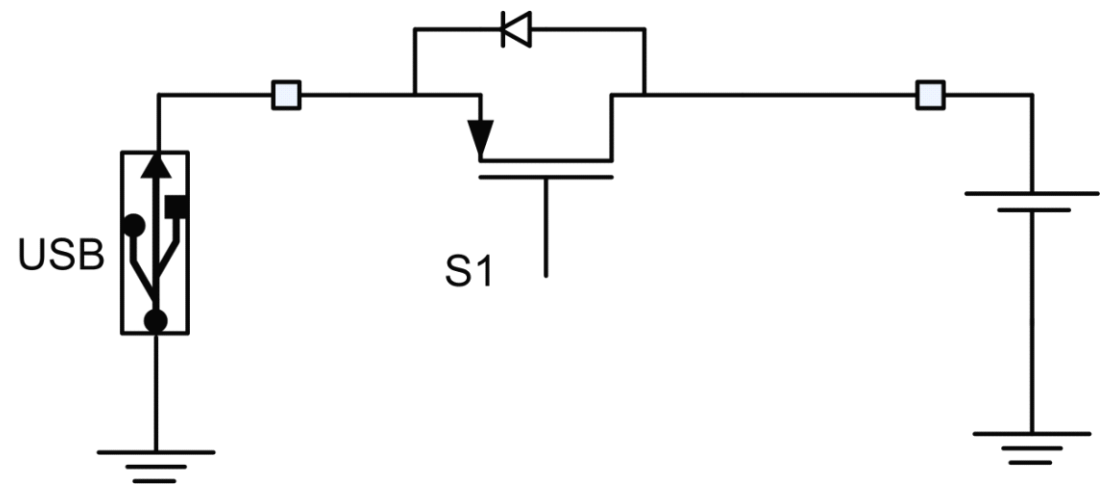
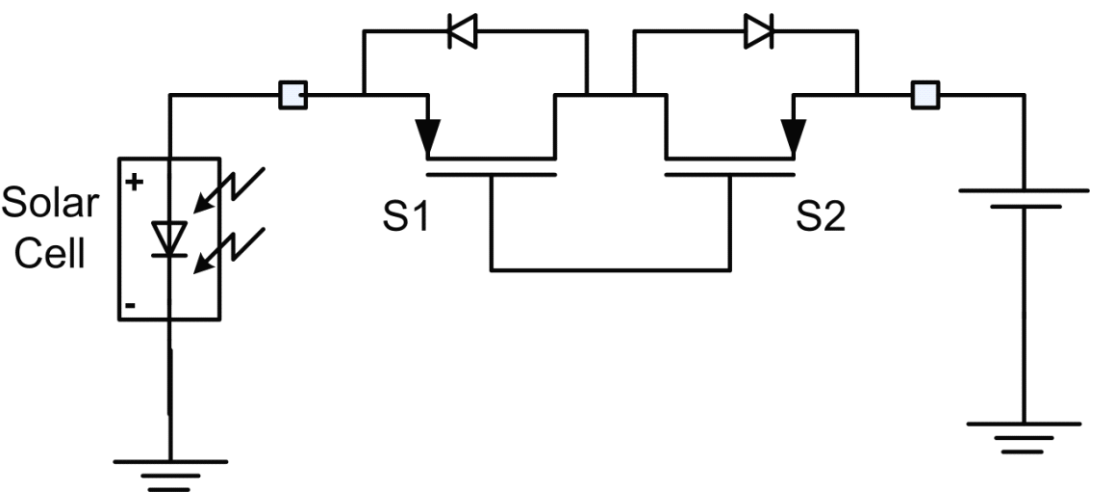


图 **2a** 显示电源开关的 **USB** 型充电器原理图



图**2b** 显示背靠背式电源开关的太阳能板型充电器原理图

充电终止

锂离子电池充电要求对电池实施精确的电流和电压控制，以确保电池电量充满，防止缩短电池使用寿命，并防止在充电期间出现危险状态。锂离子电池充电的常见过程（请参见图**3**）可分为如下三个阶段：预稳压、恒定电流充电和恒定电压充电。

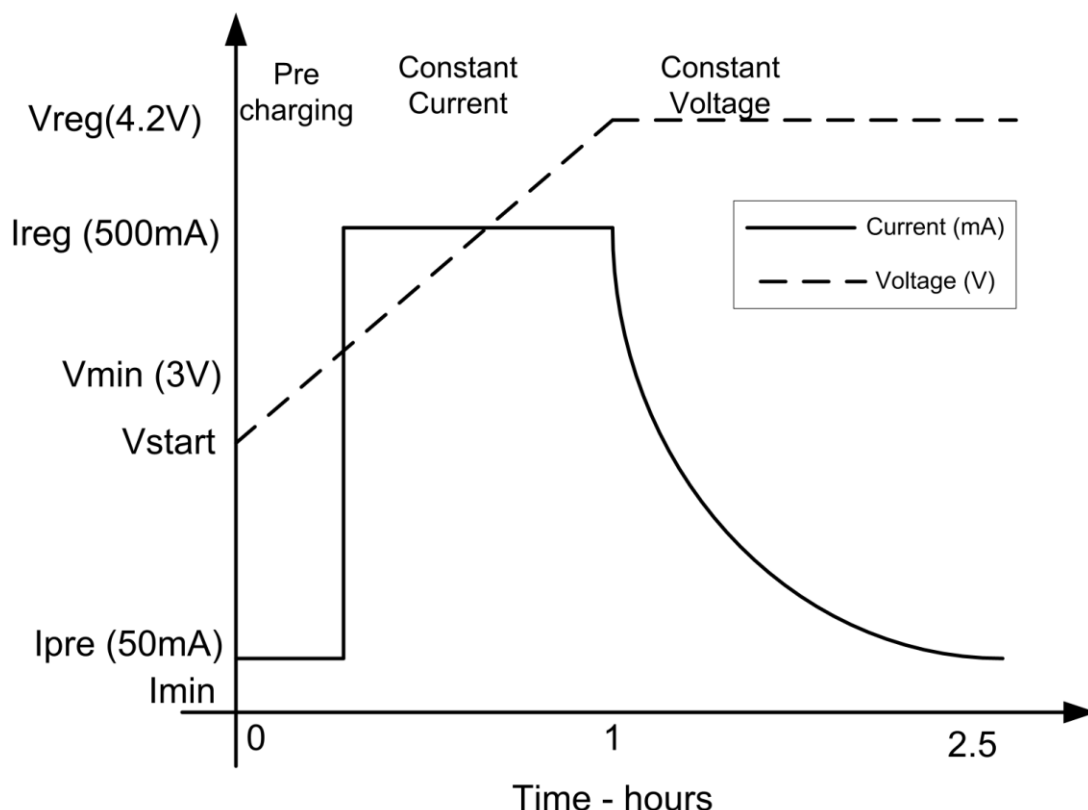


图3锂离子电池充电不同阶段的电池电压和电流曲线图

在预稳压阶段，利用 $0.1C$ 恒定电流（通常情况）对电池充电，以使电池电压缓慢上升至 $2.5V$ 左右。该阶段仅用于深度放电的电池。一旦电池电压上升至 $\sim 2.5V$ 以上，则使用恒定电流充电。在恒定电流充电阶段，利用 $1C$ 恒定电流（通常情况）对电池充电，直到电池电压达到 $\sim 4.2V$ 。一旦电池电压达到 $\sim 4.2V$ ，则使用 $4.2V$ 恒定电压对电池充电。在这一阶段，需对进入电池的电流情况进行监控。当电池电流降至 $0.1C$ 时，充电终止。在恒定电压充电阶段，进入电池的电流会减少，原因是电池充满时电池阻抗增加。一旦电流减少至 $0.1C$ 以下，充电源必须完全从电源断开。如果未彻底断开，会出现金属锂电镀现象，让电池变得不稳定，从而出现危险状态。我们必须根据进入电源的电流情况来终止锂离子电池充电，以保证电池刚好充满至其最大电量。

使用太阳能充电的充电器必须遵循上述充电过程。问题大多会出现在对电池电流进行监控的恒定电压充电阶段。进入到电池的电流可能会减少，但不是因为电池电量的增加，而是因为光照环境变化带来太阳能板输出的降低。因此，电池可能永远也不会充满至其最大电量，而且太阳能板可能会一直连接电池。要想解决这个问题，我们可以使用一个长时恒定计时器。计时结束时，太阳能板便从充电器断开，而不用考虑电池电量情况，这样便可以防止电池损坏。

太阳能电池板崩溃保护

在一些传统的充电器中，我们预先知道电源的电流和电压大小。因此，充电器电路专门为电源规定范围内运行而设计。使用太阳能电池板输出时，电流大小和开路电压都是动态的，其取决于周围的环境。所以，相比墙上电源适配器，为太阳能充电器设计控制环路要更有挑战性一些。

利用太阳能进行锂离子电池充电的系统，在努力维持锂离子电池充电过程的同时，还要不能让太阳能板出现意外崩溃现象。因为如果太阳能板电压急剧下降，就无法从太阳能板获得有用的电能。在恒定电流充电阶段出现太阳能板崩溃的机率较大。在这一阶段，太阳能板可能无法提供电池充电所需的电流。当出现这种情况时，太阳能板电压开始迅速崩溃。因此，充电器必须能够检测到太阳能板电压的快速下降，并立即减少从太阳能板获取电流，从而防止太阳能板崩溃。

总结

太阳能充电器可以为锂离子电池提供一种移动的、有益环境的充电方法。在进行太阳能充电器设计时，会遇到许多在进行墙上电源适配器充电器设计时所碰不到的问题。如果设计人员开动脑筋，便可以设计出一些能够使用太阳能、USB 和墙上电源适配器输入的充电器，实现对锂离子电池的完美充电。