

采用80V降压-升压型铅酸和锂电池充电控

简化太阳能供电的电池充电

Simplify solar-based battery charging with innovative 80V buck-boost lead acid & lithium battery charging controller

□ Steve Knoth 凌力尔特公司电源产品部产品市场高级工程师

Albert Wu 凌力尔特公司电源产品部设计经理

太阳能电池板基础知识

就一定量的光能和工作条件而言，太阳能电池板在某一特定输出电压上产生峰值输出功率。图 1 所示为由 72 节电池组成的太阳能电池板在电池板温度为 60°C 时的特性。虚线代表电池板的 I-V 曲线，X 轴表示电池板电压。实线表示当电池板电压从 0V 变化到电池板开路电压时电池板产生的输出功率，电池电压变化是用简单的负载箱实现的。就此处所述这一特定情况而言，最大功率点在 32V，该电池板可提供 140W 功率。如果允许电池板温度变化，在真实情况下这当然是允许的，那么

最大功率点可能在大热天的 28V 到寒冷冬天的 44V 之间变化。

很多较简单的太阳能充电系统将电池板电压工作点设定为固定值。在上述特定电池板情况下，这类较简单的系统会将电池板工作点设定到 32V，以在给定温度时抽取最大功率，而这例子的温度为 60°C。不过，当电池板温度变化时，会浪费大量功率，因为电池板不再在真正的最大功率点上工作了。在这类情况下，可能浪费 20% 至 30% 以上的可用功率。

使情况变得更糟的是，按照已实行的安全标准，大多数电池板必须在太阳能电

池阵列中装上旁路二极管。这么做的原因是，当部分电池板被遮住而得不到太阳光照射，而其他部分得到充足阳光照射时，太阳能电池板有一些特定表现。这时，被遮住的太阳能电池是反向偏置的，但其中仍然有很大的电流流过，因为其他得到充足光照的电池正在提供电流。被遮住的电池温度可能上升，这有可能造成火灾。为了帮助降低火灾风险，制造商在电池板各处都放置了旁路二极管。图 2 显示，在上述 72 节电池的太阳能电池板上，旁路二极管是怎样放置的。

由于电池板中存在旁路二极管，当部

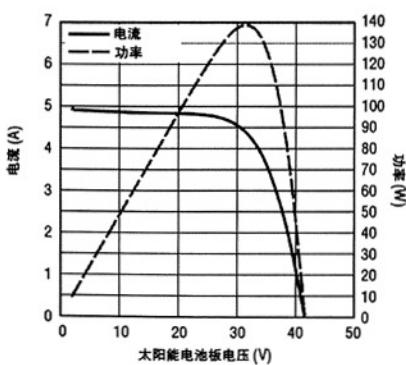


图 1 在不存在局部光照被遮挡的情况下，一个给定太阳能电池板的较简单功率曲线

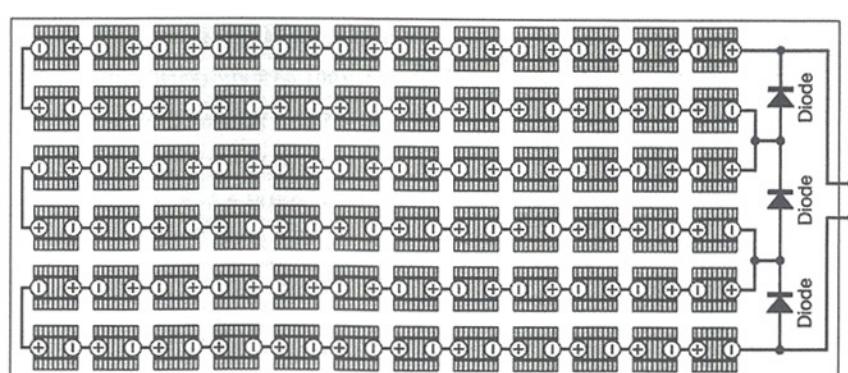


图 2 出于安全考虑，在 72 节电池的太阳能电池板上放置了 3 个旁路二极管

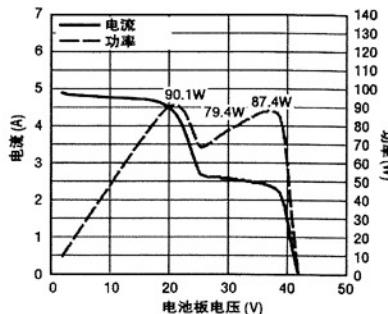


图3 当太阳能电池板被部分遮挡时，会产生较复杂的功率曲线

分电池板被遮挡时，就可能出现复杂的功率电压特性。图3显示了这种情况，其中出现了两个局部最大功率点，一个在21V电压处，另一个在37V电压处。如果采用前述简单的32V功率点设定方法，那么可获得79.4W功率，而不是在真正最大功率点21V上可获得的90.1W。这表明，在这种情况下损失了13.5%的功率。显然，可跟踪真正最大功率点并在其上工作的系统会有卓越功率表现。

太阳能供电可再充电池系统的设计挑战

太阳能电池板的典型效率约在5%至15%之间。考虑到较大型(即更强大)的电池板成本更高，所以太阳能供电设计必须最大限度提高效率，以最大限度降低系统总体成本。

太阳能供电产品要有效收集太阳能，其设计必须能够管理变化范围很宽的输入，同时还能够使太阳能电池板在最大功率点或其附近工作。此外，该设计必须能够安全地给该产品选择使用的化学组成电池充电。

在太阳能充电系统中，还会遇到其他设计问题。就任意给定太阳能供电系统而言，固件开发和调试可能需要大量时间。如果太阳能电池板的最佳功率提供点可以

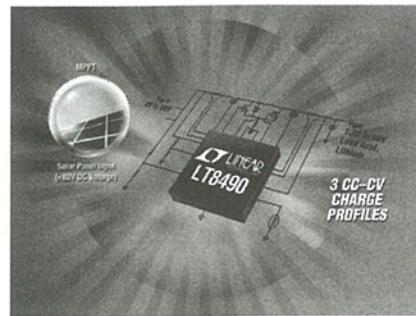


图4 LT8490 的典型应用电路

低于、等于或高于电池电压(这是非常常见的情况)，那么会需要更加复杂的降压-升压型拓扑。降压-升压型拓扑允许真正的双向隔离(与降压型拓扑相比，如果电池板没得到光照，那么它可能通过NMOS的体二极管和电感器耗尽电池电量)。为保护电池，需要恰当的电压终止。最后，既然电池板不是可靠的电源，那么就需要电池原地充电(充电器给电池馈电，且负载连接到电池)，在这种情况下，电池既是电源，又作为“缓冲器”使用。

什么是最大功率点跟踪(MPPT)，为什么需要MPPT？

最大功率点跟踪这种方法有助于在所有工作条件下从太阳能电池板抽取最多能量。以下列举了某些这类非理想工作条件：

- 电池板部分被遮挡(树叶、鸟粪、阴影、雪等)
- 电池板的温度变化
- 电池板老化

例如，在离网太阳能电池板系统中，电源系统故障代价高昂。客户希望尽可能从电池板抽取最多能量。此外，他们希望最大限度延长两次太阳能供电系统维护之间的正常运行时间。

真正的有源MPPT会找出所有条件下

的最佳工作点。这会降低系统总体成本，因为可以使用最小的电池板或最小的电池，从而减少过度设计系统的需求。真正的MPPT会发现最佳峰值功率点，并剔除假的局部最大功率点，这种局部最大功率点在部分被遮挡的电池板中很常见(注：电池板部分被遮挡时的供电模式由电池板内部旁路二极管的数量和安排决定)。

一种简单的IC解决方案

解决上述问题的IC充电解决方案需要具备以下即使不是全部、也是很多特性：

- 最短的软件和固件开发时间
 - 灵活的降压/升压型拓扑
 - 有源MPPT算法
 - 简单、自主运行(无需微处理器)
 - 面向各种不同电池化学组成的终止算法
 - 原地充电——向负载供电的同时给电池充电
 - 宽输入电压范围以适合各种不同的电源
 - 宽输出电压范围以应对多个电池组
 - 高输出/充电电流
 - 小型、扁平解决方案
 - 先进的封装以提高热性能和空间占用效率
 - 成本效益的解决方案
- 典型的复杂太阳能电池充电系统由一个DC-DC开关电池充电器、一个微处理器和几个IC、以及分立式组件组成，以实现最大功率点控制/跟踪功能。另一种可能的解决方案是太阳能模块。不过这些解决方案费用高昂、复杂而不易设计(需要软件、固件等)，而且往往锁定到假的太阳能电池板最大功率点上，因此无法以尽可能高的效率运行。

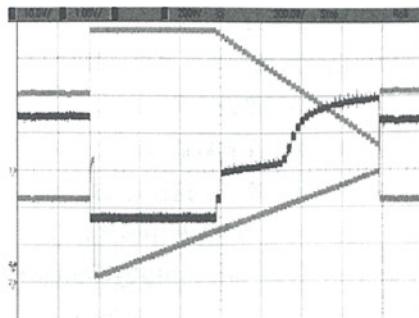


图5 LT8490 MPPT 的全面搜索 —— 黄色曲线 (图中较高位置) —— 电池板电压；红色曲线 (图的中部位置) —— 电池板电流；绿色曲线 (图中较低位置) —— 来自 LT8490 的控制信号

一种高效率太阳能供电解决方案

幸运的是，由于凌力尔特推出了 LT8490 降压-升压型太阳能供电电池充电控制器，所以有了一种简单易用的解决方案。凌力尔特已经开发了一种简单、创新的高压降压-升压型充电控制器 IC，该 IC 专门针对太阳能应用，既不需要开发软件也不需要开发固件，因此极大地缩短了产品上市的进程。

图4所示 LT8490 是一款面向铅酸和锂电池的同步降压-升压型电池充电控制器，具备自动最大功率点跟踪和温度补偿功能。该器件的输入电压可以高于、低于或等于稳定的电池浮置电压。LT8490 的全功能电池充电器提供很多可选恒定电流恒定电压 (CC-CV) 充电曲线，非常适合给各种锂或铅酸化学组成的电池充电，包括密封铅酸电池、凝胶电池和富液式铅酸电池。所有充电终止算法都内置在芯片中，从而无需软件或固件开发，因此节省了设计时间。

LT8490 在很宽的 6V 至 80V 输入电压范围内工作，采用 4 开关同步整流和单个电感器就可产生 1.3V 至 80V 电池浮置电

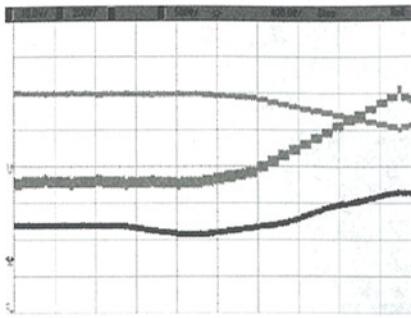


图6 LT8490 在两次全面搜索之间进行局部高频抖动 —— 黄色曲线 (图中较高位置) —— 电池板电压；红色曲线 (图中较低位置) —— 电池板电流；绿色曲线 (图的中部位置) —— 来自 LT8490 的控制信号

压输出。视外部 FET 选择的不同而不同，该器件能够提供高达 10A 的充电电流。LT8490 的 MPPT 电路能够在太阳能电池板的整个工作范围内工作，即使电池板部分被遮挡而导致存在局部最大功率点，它也能找出真正的最大功率点。一旦发现真正的最大功率点，LT8490 就在该点上工作，同时运用高频抖动方法快速地跟踪局部最大功率点的变化。通过这种方法，即使在非理想工作环境中，LT8490 也能够充分利用太阳能电池板产生的功率。

MPPT的全面搜索如图 5 所示。黄色曲线 (图中较高位置) 显示电池板输出电压。LT8490 控制电池板电压达到开路电压，然后再控制电池板线性斜坡下降至最低值。红色曲线 (图的中部位置) 显示随电池板电压变化的电池板电流。LT8490 测量该电流，然后在内部计算功率。一旦全面扫描完成，电池板电压就返回到所测得的最大功率点。

高频抖动方法用来跟踪两次全面搜索之间最大功率点产生的较小变化，如图 6 所示。大约在示波器图形的中间部位，给电池板加上了一次功率点变化，以模仿由

于天空中云的移动而改变电池板光照量的情况。这时，LT8490 先在高于、然后在低于目前 MPPT 点的范围，以小幅度连续移动电池板电压，以检查是否存在一个更好的工作点。如果发现有，就跟踪到新的点上，并重复上述过程。通过这种方式，LT8490 不必太频繁地进行全面搜索就能够跟踪变化。

LT8490 通过检测电池上的外部热敏电阻器，进行自动温度补偿。STATUS 和 FAULT 引脚可用来驱动 LED 指示器灯。充电电流限制可通过改变 1 或两个电阻器来调节，用合适的电阻器分压器可选择充电时间长度。该器件的其他特点包括：输入和充电电流限制引脚、一个 3.3V 稳定 LDO 输出、状态引脚和可同步固定开关频率。

LT8490 采用扁平 (0.75mm) 64 引脚 7mm x 11mm QFN 封装。该器件保证工作在 -40°C 至 125°C 温度范围。

器件主要特点：

- VIN 范围：6V 至 80V
- VBAT 范围：1.3V 至 80V
- 单个电感器允许 VIN 高于、低于或等于 VBAT

- 自动搜索以寻找真正的 MPPT 点
- 支持很多类型的铅酸和锂电池
- LED 驱动器用于状态指示
- 内置电池充电算法
- 自动浮置电压温度补偿
- 输入和输出电流监视器引脚
- 可同步固定频率：100kHz 至 400kHz

• 64 引脚 7mm x 11mm x 0.75mm QFN
封装 EW