

太阳能 LED 街灯高效驱动解决方案

近年来，业界越来越关注利用可再生的清洁能源太阳能进行街道照明，太阳能面板的低光电转换能效是最大的市场化障碍。那么，怎样才能最大程度地提高太阳能电池板的功率输出呢？设计师又该采用什么样的拓扑结构来实现 90W 的 LED 驱动系统？本文将详细告诉你如何实现一个高效的 90W 太阳能 LED 街灯系统。

M 典型太阳能街道照明系统由太阳能电池板、充电控制器、蓄电池、光源以及灯杆等组成，如图 1 所示。而在照明光源方面，经历了从白炽灯到荧光灯和高强度气体放电灯 (HID) 等三个重要阶段，如此前荧光灯和 HID 均已被用于太阳能街灯。



相比较而言，发光二极管 (LED) 被视作照明光源的第四个重要阶段。LED 具有着高效、超长工作寿命、低直流电压工作、发出指向光、能够提供多种色彩及白光、小巧、具有固态器件的强固性、不含汞等众多优势，因此，业界越来越地将 LED 用于太阳能街道照明。且 LED 的能效及光输出性能已大幅提升，公开宣称的最强白光 LED 研发能力已经达到 132 至 136 流明/瓦 (lm/W)，这种能效水平已经高于传统的荧光灯和 HID 金属灯。特别是到 2008 年，白光 LED 已实现大批量商业化生产，为 LED 更大规模地进军太阳能街灯应用打开了大门。



图 1: 典型的太阳能供电街道照明系统示意图

对于太阳能街灯而言，提高太阳能电池板的光电转换能效(目前仅为约 30%)非常重要。太阳能电池板的电压-电流(V-I)特性曲线呈现非线性和可变性，要从中吸取最大量的电能非常困难。这需要太阳能 LED 街灯的充电控制器及其它相关电子电路(一般采用微控制器来实现)尽可能采用有效的控制方法以提高能效，从而发挥最大优势。

基本型的充电控制器设计用于保护电池免受过充或欠充影响，并防止反向电流。脉宽调制(PWM)型控制器会控制对电池充电的电量，并可实现细流充电(trickle charge)，从而保护电池并延长使用寿命。而最新支持最大功率追踪(MPPT)功能的控制器能对太阳能电池不断变化的 V/I 特性曲线提供补偿，优化太阳能电池的功率输出，提高能效，并使蓄电池充电至优化电量。

具体而言，当我们实际上无法改变负载时，MPPT 功能使太阳能电池“认为”负载正在发生变化；通过这种方式，MPPT“欺骗”太阳能板输出希望所得到的电压和电流，从而允许更多电能输入至蓄电池。

在本文第一部分，我们介绍了典型太阳能街道照明系统的基本构成，以及可以用什么技术来提高太阳能电池板的转换能效，接下来我们将介绍安森美半导体基于其 CS51221 增强型电压模式 PWM 控制器实现的针对太阳能板电池充电控制应用的具体解决方案。

安森美半导体针对太阳能板电池充电控制应用解决方案，其核心采用 CS51221 增强型电压模式 PWM 控制器，支持最大功率追踪，输入电压为 12 至 24 V，输出电流为 12 V@2 A，并提供可调节逐脉冲限流、输入欠压锁定和输出过压锁定等保护特性。该控制器提供辅助输入端，用于远程传输和监控；能够适应功率高至 90 W 的太阳能板应用。

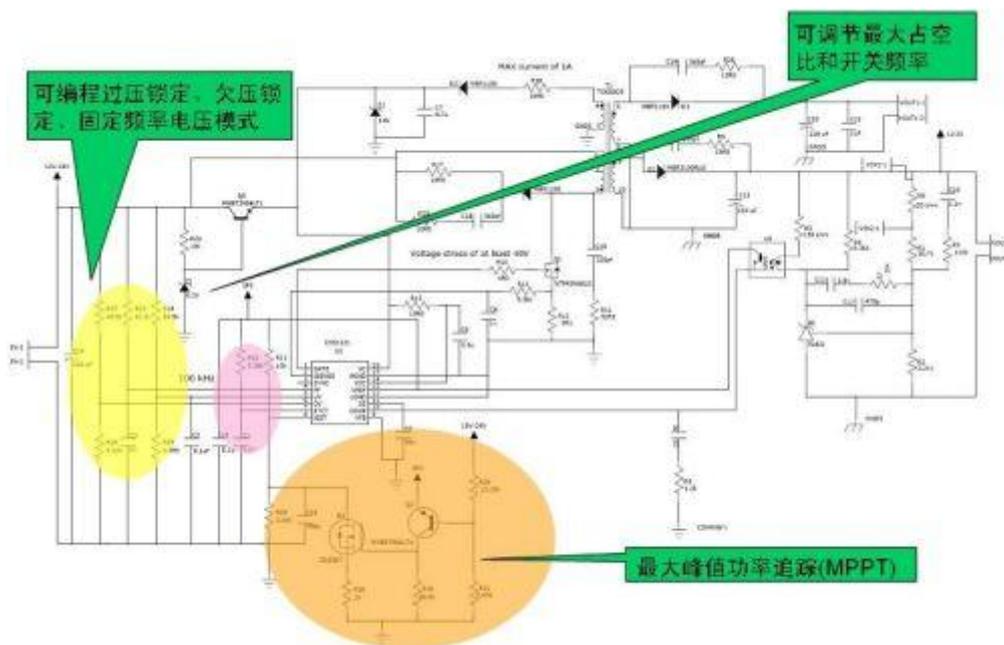


图 2: 安森美半导体 CS51221 控制器的太阳能板充电控制应用示意图

在应用电路中，需要针对 CS51221 选择合适的拓扑结构。所选择的拓扑结构要能够在有一个蓄电池的情况下将太阳能板输出电压降至 12V，而在有两个或多个蓄电池情况下，也能轻易修改，支持升压至 24 V。CS51221 本身能够配置为正激、反激或升压拓扑结构。安森美半导体针对太阳能板充电控制应用所推出的参考设计中，选择的是反激拓扑结构。

在应用中，通过在 ISET 引脚动态地调节电流限制，从而实现最大峰值功率追踪功能。一旦输入电压逐脉冲下降，电流限制就会被降低，直至输入电压恢复。这种方式消除了使用价格昂贵的微控制器 (MCU) 的需要。这样实现的充电控制器会发现峰值功率点并进行动态调节，使其符合不断变化的电源特性。

通过采用最大峰值功率追踪技术，可以有约 30% 的额外电荷从太阳能板传输至蓄电池，这样就可以使太阳能街灯系统采用尺寸更小的太阳能板。如在获得相同电能的情况下，可以采用带 MPPT 功能的 60W 功率太阳能板来替代采用基本充电控制器的 90W 功率太阳能板。按照输出每瓦电能需要约价值 4 美元的太阳能板来计算，功率减少 30 W 所带来的太阳能板成本节省就可达到 120 美元，从而带来显著的成本降低收益。

在本文第二部分，我们介绍了安森美半导体基于其 CS51221 增强型电压模式 PWM 控制器实现的针对太阳能板电池充电控制应用的具体解决方案，接下来我们将介绍大功率 LED 驱动电路的设计策略。

如前所述，在太阳能街道照明系统的光源方面，LED 正在取代传统的荧光灯和高强度气体放电灯 (HID)。HID 包括金属卤化物灯 (简称“金卤灯”)、高/低压

钠灯和水银蒸气灯等多种类型，其中，凭借着相对较高的发光效率，金属卤化物灯应用得更为普遍。

如今，随着 LED 性能的快速提升，它在替代金卤灯方面显示出了更大潜力，要提供同等的光输出，所使用的 LED 数量将会更少，从而提供 LED 的经济适用性。以 100 W 金卤灯为例，其平均光输出流明数为 3,500 流明(lm)，这功率等级所需要采用的 LED 数量在 2007 年是 30 个；预计到 2012 年，数量会减少到 20 个！所以 LED 将具有越来越大的经济适用优势。

为了因应 LED 性能快速提升的趋势，并维持设计在较长时期内的适用性，必须采用一些实用的设计策略，如模块化替代、使用寿命周期分析和物料清单(BOM)成本降低等。

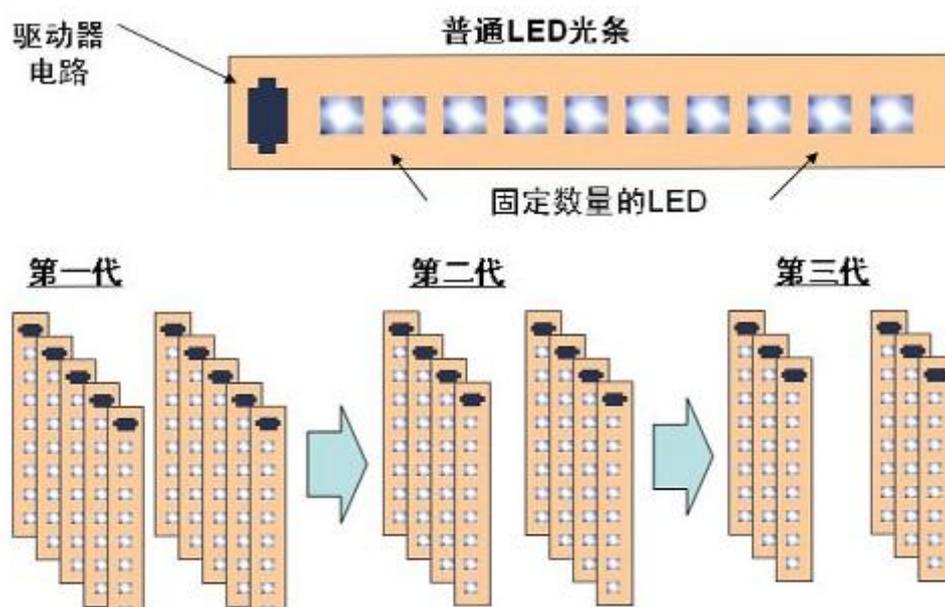


图 3: 通过模块化 LED 途径替代金卤灯。

首先，在模块化途径替代金卤灯光源方面，可使每个 LED 光条采用固定数量的 LED。随着 LED 在光输出等方面性能的持续提升，要提供相同的总光能输出，就可以使用更少的 LED 光条，从而降低需要使用的 LED 的成本，参见图 3。

其次，在设计过程中，要有效地利用 LED 使用寿命周期分析，从而提前预知可能的后果。例如，在采用目前市场上性能最高的 LED 进行原型设计方面，虽然相关的成本较为高昂，但随着 LED 性能的提升及价格的下降，这种方式能够缔造出在未来较长时期内具有更高竞争力和更长使用寿命的产品。此外，随着 LED 性能的提升及由此带来的单个设计用量减少，在 LED 驱动器设计方面也需要更好地规划相关的灵活性，做到相应的 BOM 成本降低。

在本文第三部分，我们介绍了大功率 LED 驱动电路的设计策略，接下来我们将具体介绍如何实现典型的 90W 太阳能街灯 LED 驱动设计。

以一个典型的太阳能街灯 LED 驱动设计为例，我们可以定出这样的目标：初始光输出为 4,200 lm；光能效适用，采用单层光学器件；采用+12 V 电池工作。

与此相应，假定所使用的 LED 规范如下：

输出：典型 100 lm @ 350 mA @ 结温度(T_j)=25°C

驱动电流：350 mA

光电器件：单层，且耦合良好，光学损耗仅为 12%

最高环境温度：40°C

驱动器损耗：10%（目标能效 90%）

这样一来，我们就首先需要估计 LED 数量及总功率。由于 $T_j=25^\circ\text{C}$ 时 LED 光输出为 100 lm，而 T_j 升高时 LED 光输出会降低； T_j 为 90°C 时，LED 光输出会下降 20%，即输出降为 80 lm。由于光器件的光学损耗为 12%，所以每个 LED 的光输出就为约 71 lm。由于需要的总光能输出为 4,200 lm，所以计算出的所需 LED 数量为约 60 个。相应的，总输出功率为： $3.6\text{ V (LED 工作电压)} \times 0.350\text{ A (输出电流)} \times 60\text{ (LED 数量)} = 76\text{ W}$ 。由于驱动器的损耗约为 15%，所以灯具总功率约为 87 W。

而在拓扑结构方面，需要采用恒流架构来进行驱动。此外，需要能够根据不同 LED 数量来调节 LED 输出电流、满足较高能效要求、系统途径具有高性价比及易于实现。

针对上述设计要求，可以采用安森美半导体的稳压器 NCP3066 来实现驱动解决方案。NCP3066 是一款高亮度 LED 恒流降压稳压器，带专用“启用”引脚用于实现低待机能耗，具有平均电流感测功能（电流精度与 LED 正向电压无关），提供 0.2 V 电压参考，适合小尺寸/低成本感测电阻。该器件采用滞环控制，不需要环路补偿，易于设计。需要指出的是，NCP3066 也可用作 PWM 控制器，如可采用 100 V 外部 N 沟道 FET 来进行升压。针对 4 至 30 W 功率的不同应用，可提供不同 MOSFET 选择。

在设计途径上，我们进行模块化设计，即采用 8 个 LED 光条，每个光条含 1 个驱动器电路及 8 个 LED。这样 LED 总数即为 64 个，接近所要求的 60 个 LED 数量，可以提供所要求的功率及光输出，并具有极高的能效，参见图 4。

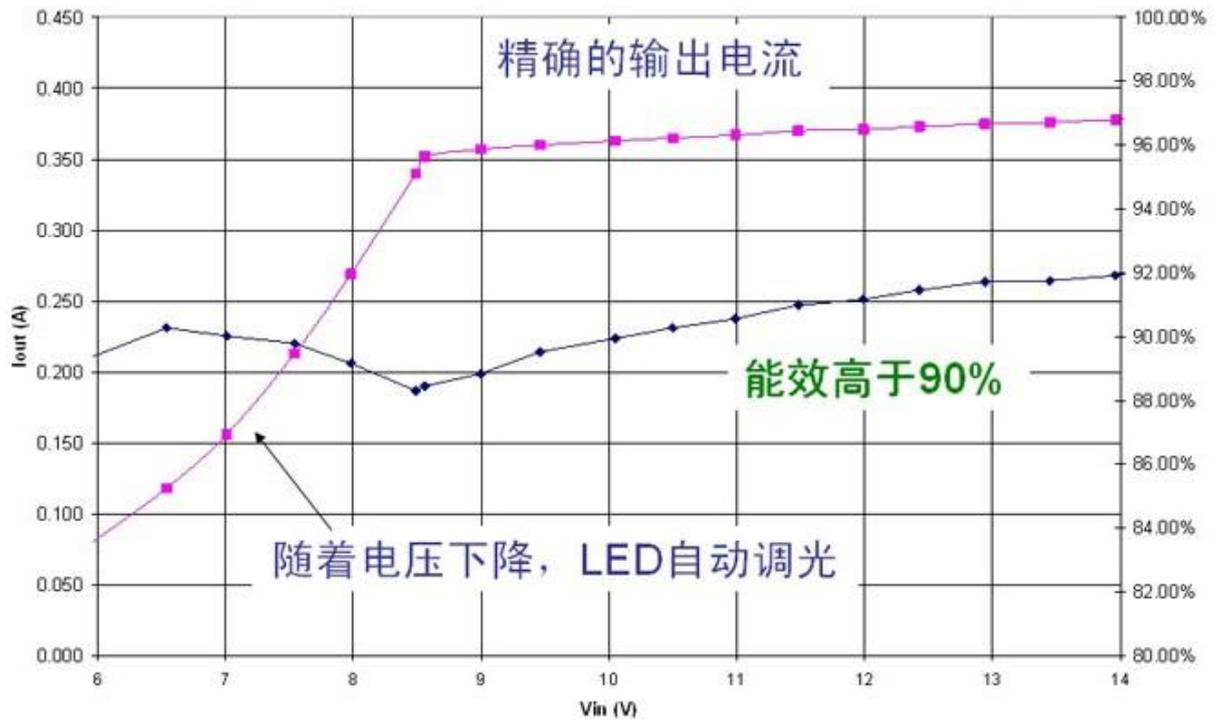


图 4: NCP3066 驱动 8 个 CREE XRE LED 时的输出电流与输入电压曲线图。

总结: 本文探讨了如何利用安森美半导体的 CS51221 充电控制器, 并结合最大峰值功率追踪 (MPPT) 功能来最大限度提升太阳能电池板为 LED 街灯供电的能效及降低相关成本, 以及如何利用安森美半导体灵活的 NCP3066 控制器来驱动电池供电的 LED 街灯及相关的设计策略, 帮助客户缩短太阳能 LED 街灯的设计过程, 加快产品上市。