

---

# 低成本 8 位微控制器的高亮度 LED 照明设计

在汽车行业，从开关照明、LCD 背光到头灯应用等都包括在内，高亮度 LED 技术使车辆在造型、安全、燃油的经济性方面与众不同。但是，高效、可靠地控制 HBLED 的亮度，并不是一件容易的事情；功率级效率，热设计和 EMC 是涉及 HBLED 的应用中最关键的设计难题。通常情况下，使用专用恒定电流驱动器 (CCD) 来驱动 HBLED 串来解决大部分重要设计问题，并简化设计。不过，CCD 通常比基于微控制器的解决方案更贵。本文介绍使用 8 位微控制器 (MCU) 和低成本的分离合解决方案来实施智能 HBLED 照明控制，从而避免使用高昂的模拟驱动或 CCD。

## 高亮度 LED 的重要特征

正如在低强度 LED 中的情况一样，高亮度 LED 的发光强度与通过的电流量成正比。该电流通常被称作正向电流 (IF)，在 HBLED 中的范围是 100mA~1000mA。同时，每当 HBLED 进行极化时，都会出现压降，称为正向电压 (VF)。在 HBLED 中，光度和色度与 IF 成正比，因此对通过 HBLED 的电流进行精确控制显得至关重要。

具有相同部件号和技术规范的 HBLED，不一定拥有完全相同的 VF 值。当通过两个 HBLED 的电流 IF 相同时，它们的后向电压 VF 可能不同。因此，通过恒定电压的方式控制 LED 强度，可能会导致 HBLED 和 HBLED 之间的密度不同，并且要确保所有 HBLED 具有相同亮度，则必须提供一个电流控制。

不仅发光强度与通过 HBLED 的电流有关，色度也与 HBLED 电流有关。为了保持 HBLED 颜色，HBLED 必须采用恒定电流进行驱动。本解决方案将使用 PWM (脉宽调制)，从而在 HBLED (光照强度) 中提供一个更低的平均电流，而同时还能保持相同的瞬时电流 (LED 颜色)。

随着 HBLED 电流增加，功耗也将增加。电流为 350mA、压降为 3V 的 HBLED 大约会消耗 1 瓦的电，如果不进行正确的热管理，这种耗散可能会导致 HBLED 过热和长期性能下降。热设计的另一个重要方面是，HBLED 发光强度与 LED 结温成反比，随着温度增加，发射器的颜色会进入更高的波长。

## 驱动高亮度 LED 所面临的难题

在低强度 LED 中，使用电阻来限制 IF 电流非常普遍。在 HBLED 中，电阻的额定功率必须更高，这会导致系统效率低下。因此，在 HBLED 系统中，开关模式电源 (SMPS) 被用来提高效率和降低功耗。由于 SMPS 需要能源存储组件 (电感器和电容器)，因此价格通常更贵；同时，SMPS 还可能造成噪音或 EMI 问题。

一组 HBLED 可以同时通过并联或串联方式驱动，并联驱动使每个 HBLED 有不同的光照强度，但如果需要一个控制回路，每个 HBLED 会要求一个专用控制，因此对于大量 HBLED 来说费用过高。

以并联方式连接 HBLED 时，每个灯串只需要一个驱动和控制回路，穿过串联中所有 HBLED 的电流都相同，从而为它们提供相对恒定的亮度。根据串联的 LED 数量，线路穿要求的电压可能低于或高于输入电压。

### 采用基于微控制器的解决方案

市场上有大量用来驱动 HBLED 恒定电流的解决方案，其中一部分基于专用智能模拟驱动，另一部分使用数字信号处理器 (DSP) 或带独立模拟驱动的微控制器。

基于 MCU 的解决方案不是执行 HBLED 恒流控制的最好方法，特别是系统采用分离元件构建的开关式电源时会变得不够稳定，并且不可能通过 EMC 认证。基于 S08MP16 八位微控制器，MCU 负责测量来自 LED 灯串的电流反馈，使用 PID 控制算法进行处理，从而控制独立的降压升压开关式电源的操作，通过 HBLED 灯串确保最佳电流流量。

该微控制器还负责监控用户输入、电池电压和温度传感器，诊断实时的 LED 电源供应状态，一些特别的通信功能，如 LIN 功能也可以在同一个微控制器中实施。

开关式电源用来提供到 HBLED 的电源，它是离散降压升压拓扑结构，可以在 1 到 18 个 LED 灯串范围 (0V-5V 的连续范围) 内操作，并且在频率为 350kHz 时运行 500mA 的输出电流。应用框图见图 1。



图 1 开关式电源应用于 HBLED 电源

### 开关模式电源设计面临的难题

对于大量 HBLED，需要提供降压升压电源，以便感应高于或低于电池电压 (VBAT) 的输出电压 (VOUT)。

现在有许多降压升压拓扑可以使用，例如 CUK 电路或 SEPIC 转换器，每个拓扑在要求的元件数量、正负电压基准和效率方面具有不同的要求和各自的优势。

在本设计中选用的开关模式电源组合了一个降压转换器和一个升压转换器，它们使用共同的电感器和电容器，将操作模式从降压变成升压或从升压变成降压需要取决于晶体管 Q1 和 Q2 的状态，如图 2 所示。

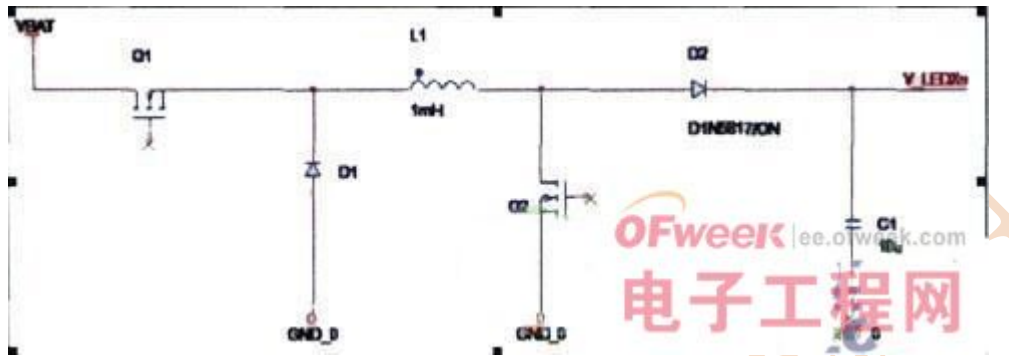


图 2 降压升压转换示例

该拓扑结构降低了成本，不需要额外的电感器和电容器。此外，根据开关模式电源运行的模式，它的传递函数减少为一个共用降压或升压转换器，从而从控制的角度简化了设计。

为了控制使用独立开关模式电源拓扑的 EMC，需要设置缓冲过滤器，并将它们添加到开关晶体管 Q1 和 Q2 上；且需要在两通道间将软件控制策略设为中心对齐 PWM 和开/关时延。

### 选择适当的微控制器用于恒流 HBLED 控制

开关模式电源 (SMPS) 要求准确的开关频率和占空比，PWM 信号抖动会反映在输出电压，进而反映在 HBLED 强度中。同时，为了节省感应器成本和电容器大小，必须将开关频率提高为数万赫兹。模数转换器分辨率和通道可用性，对于随时监测和控制 HBLED 电流和电压也很重要。

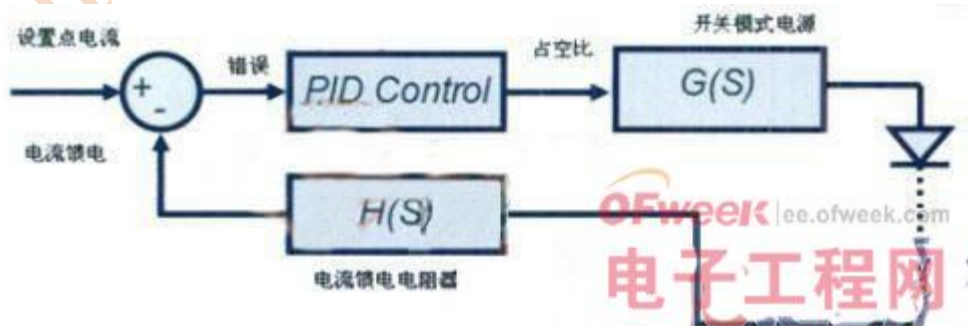


图 3 嵌入式 PID 控制框图

---

为了实现 HBLED 恒流控制，S08MP16 测量反映在电流检测电阻里的 HBLED 灯串电流，这个电阻与 HBLED 灯串进行串联。S08MP16 嵌入式 12 位模数转换器，可以使用小电阻值，功耗极小。此外，通过使用 ADC 和电阻分压器，可以测量过流和过压情况下的 SMPS 输出电压及诊断开放负荷。

为了控制开关式电源频率和占空比，可以使用 FlexTimer (FTM) 模块；在适合汽车版本中使用高达 40MHz 的定时器操作频率，可以生成高频率和高分辨率的脉冲宽度调制 (PWM)，每个灯串上可与更多 HBLED 一起操作，在进行小型操作时不会出现 HBLED 强度不稳定的情况。此外，可编程时延模块 (PDB) 用于在该应用程序中，可以将 ADC 读数与 PWM 切换频率同步，从而确保只有在 ON (开) 状态下电流出现稳定时才会显示 ADC 读数。

OFweek 电子工程网