

采用混合信号高电压 PIC16HV785 单片机 实现 LED 降压-升压驱动电路

Microchip Technology Inc.

LED背景知识

近年来，LED逐渐成为一种可行的新兴光源，它们已经不再仅仅用作电子设备的“状态指示灯”。技术进步使得LED的发光效率通常可达白炽灯的三倍多。LED还非常耐用，其寿命超过上万小时。

针对照明应用的大功率LED要采用恒流源驱动。一些标准驱动电流常常用在不同LED生产商的产品中。其中，350 mA和700 mA最为常见。根据串联结的类型和数量，LED两端的正向压降可能不同。许多生产厂商的大功率LED产品都在单个模块中集成了多个结。

驱动LED的一种简单方法是采用串联电阻来限制电流。线性稳压器或运算放大器也可连接成恒流配置。然而，此类线性方法无法在所需要的功率水平下提供足够的效率。

开关电源（SMPS）为LED驱动提供了效率更高的解决方案。开关电源可以将输入电压升/降至适当的电平，从而提供所需要的LED电流。系统输入电压范围以及所需要的LED正向压降决定对SMPS拓扑结构的选择。

降压-升压转换器

当供电电压高于或低于需要的输出电压时，使用降压-升压转换器结构。对于电池应用来说，降压-升压转换器特别有用。降压-升压结构还称为反激式（fly-back）变压器或逆变稳压器。

降压-升压转换器可按图1的方式实现。这种实现方案的优点是可使用简单的低端MOSFET驱动器电路。图1所示的拓扑结构将产生相对于输入电压轨的正电压。这一降压-升压实现方案的缺点是负载并未以电路地为基准。

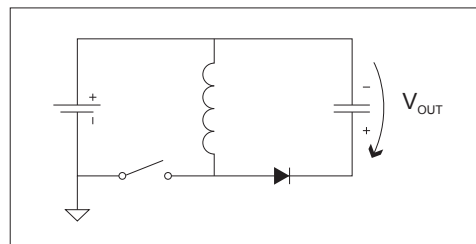


图1 降压-升压转换器拓扑结构

采用PIC16HV785的电路实现方案

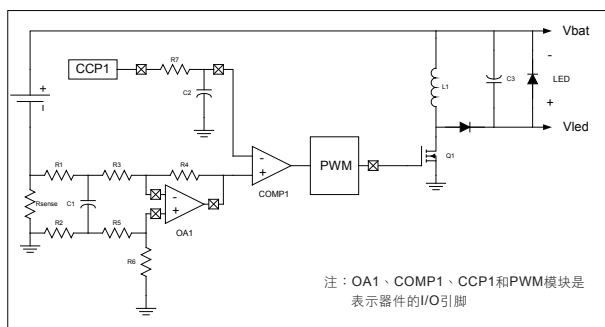


图2 PIC16HV785 LED驱动器的简化原理图

图2给出了LED驱动电路的简单设计方案，其中采用了一个混合信号高电压8位单片机，如PIC16HV785。

请注意该电路的输出相对于电池电压，而非地电位。逆变器的输出连接到LED的阳极，产生一个高于输入电压的电压。

PIC16HV785混合信号单片机集成了一个8位单片机内核和多个片上模拟外设，包括：

- 一个高速双相位PWM电路，对于开关电源的电流模式控制非常适合。
- 两个片上运放，可用于放大电流检测电阻两端的电压。这样可以采用极小阻值的检测电阻，从而可以降低电路损耗并提高电路的总效率。
- 一个高电压分流稳压器，在输入电压更高时也不需要外部5V稳压器。
- 一个数字捕捉、比较和PWM (CCP) 模块
- 两个模拟比较器
- 一个10位A/D转换器
- 内部时钟电路，工作频率8 MHz
- 一个内部精确电压参考源，不需要昂贵的外部器件。
- 一个可编程欠压复位 (BOR) 电路。

注意，运放和比较器的所有引脚都可以通过外部访问，因此可以实现任意电路配置。

电流检测电路

电流检测运放连接成差分放大器，以精确测量电流检测电阻两端的电压。为简化电路要求，在电源返回路径上进行电流测量。 R_1 、 R_2 和 C_1 构成一个低通滤波器，用来降低可能存在的开关噪声。为避免影响控制环的响应，该滤波器的截止频率必须大于电压转换器的开关频率。

稳流电路

稳定LED电流流量的电路由双相位PWM模块、内部比较器和一个参考电压源构成。双相位PWM模块是按置位/复位原理工作的“模拟”式PWM模块。首先，从系统时钟产生的一个时钟信号用来周期性地开启PWM输出。PWM时钟信号确定基本的PWM频率。然后，当达到指定的参考电平时，来自一个片上比较器的复位信号会关断PWM输出。

放大后的电流信号内部连接到PIC16HV785中比较器1的正输入端。PWM模块使用PIC16HV785 器件中的捕捉比较外设 (CCP1) 来产生比较器所需要的参考电压。采用PWM可以更精细地控制比较器参考电压。利用RC滤波器对PWM信号进行滤波，从而获得一个模拟电压并将它输送给比较器的负输入端。

软件实现方案

这一应用的软件非常简单，因为LED电流控制功能是采用模拟方式完成的。一旦所有外设被使能，并且正确设置了电流参考值，那么不需要软件干预，LED就会持续发光。

然后，应用程序代码可以测量供电电压（利用片上集成的10位A/D转换器）和供电电流，从而保证驱动LED工作在恒定功率模式。随着电池输入电压的变化，D/A电路（采用CCP外设实现）将产生新的参考电压值进行补偿。

设置LED亮度

由于单片机内核在稳定功率方面仅需要花费很小一部分时间，因此更多的时间可用于用户界面以及提供更多功能，如电池状态监控和亮度控制。利用这一电路和软件调整LED亮度有两种方法。

第一种技术基于LED的亮度随驱动电流而变化。事实上，利用这种方法可以实现近似线性的LED亮度控制。

然而，改变电流实现调光并非控制LED亮度的最高效方法。只有在生产商指定的最大驱动电流水平下，LED才能够达到最高的发光效率。

可利用一个低频PWM信号来调制LED驱动电流。采用这种方法，电流并未减小，即在点亮时，LED始终通过最大电流。但PWM信号的占空比设定了LED点亮的平均时间。PWM频率要选择得足够高，以使得LED电流的开关速率足够快，从而使人眼感受不到光在闪烁；同时PWM频率又要选择得足够低，这样稳流电路在PWM导通时间内就有足够的时间稳定。如果这些条件都能够满足，那么人眼会对一段时间内的LED的光输出进行平均。PWM调光信号的频率通常在60 Hz 到 1000 Hz之间。

总结

PIC16HV785包含了实现高效大功率LED驱动电路需要的所有元器件。根据输入电压范围，可以方便地配备成升压或降压-升压工作模式。这一应用仅使用了单片机RAM和闪存的一小部分，为其他用户应用程序代码留下了足够的空间。实际上，PIC16HV785单片机中还有足够的未用外设，可用来实现其他的LED驱动器、电池充电器或其他开关电路。

参考文献

1. Microchip应用笔记AN1047，Buck-Boost LED Driver Using the PIC16HV785 MCU，DS01047。
2. Microchip应用笔记AN874，Buck Configuration High-Power LED Driver，DS00874。
3. Microchip的《PIC16F785/HV785数据手册》，DS41249D_CN。