

## LED 调光电路设计

随着能源危机的到来，高效的照明技术得到人们广泛的关注。发光二极管 LED (Light Emitting Diode) 是利用半导体 PN 结或类似结构把电能转换成光能的器件，以其高效率、低功耗、低电压驱动、使用寿命长等优点，已在众多应用领域中得到普遍的应用，如各类消费电子产品——手机、PDA、液晶电视的背光光源等。

高亮度 LED 是传统白炽灯的一种理想替代方案，因为前者的寿命和效率都比后者高得多，且不同于紧凑型荧光灯泡，这些 LED 能够在低温下工作。为提高 LED 照明电路的使用性能和适用范围，本文将介绍一种具成本优势的高亮度白光 LED (HBLED) 调光方法。

对于 HBLED 而言，在高照度工作条件下导通电压高达 3~5V，工作电流可达 0.15~3A。LED 的发光亮度与流过 LED 正向电流的大小基本上成正比关系，所以 LED 应用的关键技术之一是提供与其特性相适应的电源或驱动电路。高亮度 LED 有两种基本的调光方法。第一种是 PWM (脉冲宽度调制) 调光方法，即在大于 200 Hz 的某些频率下以 0%~100% 的不同占空比来导通和关断 LED。导通期间 LED 满电流工作，而关断期间 LED 上没有电流流过，可以保证色彩的一致性。第二种方法是控制流经 LED 串的电流，这可能导致 LED 串电压下降，并造成轻微的色差。不过如果观察调光器打开情况下工作的白炽灯，也会看到明显的色彩变化。

高亮度白光二极管一般采用恒流电源驱动。因为随着 LED 逐渐变热，其电压降将减小，而且若 LED 串由恒压电源供电的话，电源往往会持续提供过多的电流，使输出电压增大，直到电源达到电流限值或 LED 失效。脉宽调制方式是用较高的频率开关 LED，开关频率超出人一般能够察觉的范围，给人一种 LED 总亮的假象，现在普遍采用脉宽调制方式调节 LED 的亮度，在某些应用中，调光比可达 5000:1，常用的 LED 驱动有降压型 (Buck)、升压型 (Boost)、升降压型 (Buck~Boost) 等 3 种。

LM3402 是一款由可控电流源衍生的降压型稳压器，输入电压范围涵盖整个汽车应用领域，内置 MOS 管最多可以驱动 5 颗 LED，性价比高，且接受领域较广、线路简洁实用，是众多 LED 驱动 IC 中间的佼佼者。

### 1 系统结构

#### 1.1 总体结构

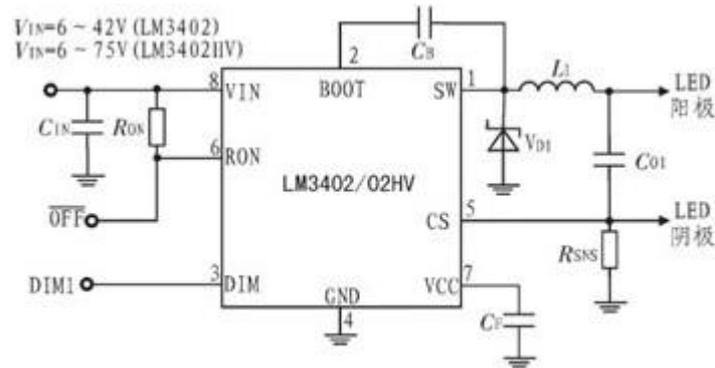


图1 LM3402的典型应用电路示意图

由于单个 HBLED 的发光效率不能完全满足亮度要求，因此，需要用多个 LED 组成阵列，1 个 LM3402 对 5 个高亮度发光二极管组成的串 (HBLEDs) 进行恒流驱动，接受 1 个微处理器 P89LPC932 的 PWM 脉宽调节控制，可实现无级调节，流过每个 HBLEDs 的电流约为 120~350 mA。

## 1.2 人机界面

操作面板上有 3 个按钮 (关闭、调亮和调暗按钮) 和 4 个普通发光二极管指示灯。按下关闭按钮，将熄灭高亮度发光二极管串 HBLEDs，再次按下此按钮，则可以回到原亮度显示状态，掉电或重启也可回到设定亮度状态；调亮和调暗按钮用于改变 HBLEDs 的亮度，对应 4 个指示灯，其中每个指示灯有亮暗 2 级指示，这样可以指示 8 挡亮度。

## 1.3 驱动电路

驱动电路是整个 LED 调光电路的核心，主要由 1 个微处理器 P89LPC932 和 LM3402 恒流稳压电路组成。LM3402 是一款由可控电流源衍生的降压型稳压器，可驱动串联的大功率、高亮度发光二极管串，可以接受范围在  $\pm 2V$  的输入电压。当使用引脚兼容的 LM3402HV 时，输入电压的上限可达到 75V。按照需要对转换器的输出电压进行调节，以维持通过 LED 阵列的恒定电流水平。只要 HBLEDs 的组合前馈电压不超过  $V_o(\text{MAX})$ ，则电路能保持任意数量的 LED 中的调节电流不变。图 1 为 LM3402 的典型应用电路示意图，其中  $R_{\text{SNS}}$  为电流设定电阻，平均电流  $I_F \approx 0.2/R_{\text{SNS}}$ ， $R_{\text{ON}}$  取值与发光二极管串中的 LED 数量有关，5 个以上 LED 时可取值  $300K\Omega$ ，经检测，恒流标称值为 250mA 时 ( $R_{\text{SNS}}=0.8\Omega$ )，电流波动在  $\pm 10\text{mA}$  以内。

DIM1 的逻辑是直接的，因此当 DIM1 端口为高电平时，LM3402 会输出稳定的电流；当 DIM1 处为低电平时，禁止任何电流输出。所以对 LM3402 的 DIM1 端口输入 PWM 信号，可对 LED 阵列进行调光，PWM 信号的最大逻辑低电平应为 0.8V，最小逻辑高电平为 2.2V。将 DIM1 端口悬浮或者接至逻辑高电平，一旦输入达到 6V，LM3402 就开始运作。

将 OFF 端口接地,从而将 LM3402 置于一个低功率关机状态(典型值为  $90\mu\text{A}$ )。在正常工作期间,该端口应始终保持在开路状态。

P89LPC932 是由飞利浦生产的低功耗单片微处理器,电源电压  $3.3\text{V}$ ,可低功耗运行,适合于许多要求高集成度、低成本的情况。可以满足多方面的性能要求。P89LPC932 采用了高性能的处理器结构,指令执行时间只需  $2\sim 4$  个时钟周期,6 倍于标准 80C51 器件。P89LPC932 集成了许多系统级的功能,这样可大大减少元件的数目、电路板的面积以及系统的成本,其内部有 2 个定时器,可作为一个具有 256 个定时器时钟周期的 PWM 发生器使用。LED 调光电路电气原理图如图 2 所示。

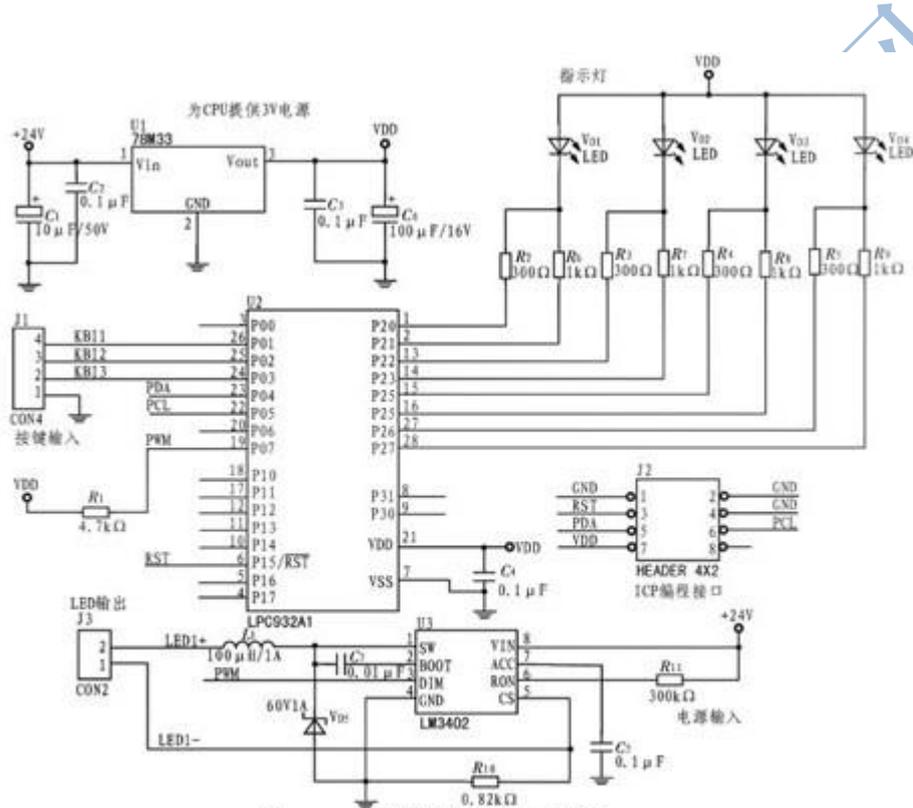


图2 LED调光电路电气原理图

## 2 程序设计

### 2.1 程序结构

控制器程序根据 3 个按钮的输入状态,实现开关或亮度调节,并将亮度状态在 4 个指示灯上显示出来。利用微处理器自身集成的 EEPROM 单元,可随时保存亮度状态  $n$ (PWM 占空比)。主程序流程框图如图 3 所示。

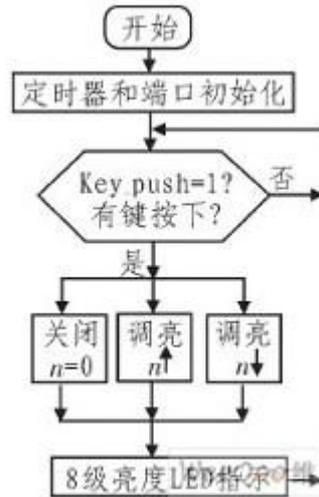


图3 主程序流程框图

## 2.2 PWM 发生

高亮度白光二极管串 HBLEDs 的电流主要通过 LM3402 的 DIM 端口进行 PWM 调节，实际电流占设定电流值的比例取决于 PWM 的占空比 duty cycle。如果 PWM 信号的频率正好落在 200Hz~20kHz 之间，白光 LED 驱动器周围的电感和输出电容就会产生人耳听得见的噪声，所以设计时要避免使用 20kHz 以下低频段。

微处理器 P89LPC932 内部定时器 T0/T1 的 PWM 输出与计数输入和定时器触发输出占用相同的管脚，发生定时器溢出时自动触发端口输出。此功能通过 AUXR1 寄存器中的控制位 ENT0 和 ENT1 分别使能定时器 0 和 1。该模式打开时，在首次定时器溢出前端口的输出为逻辑 1。为了使该模式生效，必须清零 C/T 位以选择 PCLK 作为定时器的时钟源。

## 2.3 节能模式

经检测，在同等照度要求的情况下，采用 LED 调光控制系统的功耗较白炽灯降低 90%以上，当然为进一步降低能耗，节能方法的探究仍然具有十分重要的意义。在多数时间，HBLEDs 可能处于熄灭状态，若控制系统处于待机状态或掉电状态，可将功耗降低到最低；或将 OFF 端口接地，也可将 LM3402 置于一个极低的低功率关机状态。将微处理器 P89LPC932 的电源控制寄存器 PCONA 设置为 0xFF 时，外部功能模块掉电；将电源控制寄存器 PCON 设置为 03H 时，可将微处理器处于完全掉电状态，只有在中断触发的时候，才能唤醒，随即给外部功能模块上电，微处理器开始工作。

## 3 结论

本文介绍了一种基于恒流驱动电路 LM3402 的 LED 调光控制系统，该系统由微处理器 P89LPC932 PWM 控制输出电压，用户可通过按钮设定亮度。由于采用了低功耗微处理器，并应用多种节能方法，使得该调光系统的功耗极低，能够适用于多数 LED 照明节能改造场合，正好符合低碳经济的发展需求。随着 LED 发光效率的不断提高，封装技术的改进，使用寿命的不断增加，以及生产成本的降低，再加上驱动电路性能的改善，HBLED 在照明市场上的推广前景十分广阔。目前该技术已投入批量生产，取得良好的社会效益。

OFweek 电子工程网