

新型 LED 手术无影灯

盛卫锋¹, 姜薇艳²

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122;

2. 无锡汽车工程学校, 江苏 无锡 214153)

摘要: 介绍了一种基于恒流驱动电路 LM3402 的新型 LED 无影灯控制系统, 分析了恒流驱动电路的构成以及微处理器的控制方法。该系统基于高亮度白光 LED 阵列, 由一个 LM3402 控制一组发光二极管, 根据设定的照度, 微处理器 P89LPC932 通过脉宽调制进行恒流控制。实践证明, 该系统能够满足手术无影灯的各项要求, 工作稳定可靠, 而且提高了无影灯的使用性能, 降低了功耗。

关键词: 手术无影灯; 高亮度 LED 阵列; 微处理器; 脉宽调制

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)19-0019-03

New LED surgical luminaire

SHENG Wei Feng¹, JIANG Wei Yan²

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Wuxi Automobile Engineering School, Wuxi 214153, China)

Abstract: This paper introduced a new LED surgical luminaire system based on the constant current drive circuit LM3402. It mainly analyzes the structure of constant current drive circuit and the control method of microcontroller. This system is based on the high brightness lighting emitting diode arrays, a LM3402 control a string of HBLEDs. Based on the illumination, microcontroller P89LPC932 sends out pulse width modulation, to control the constant current. The application indicates that this system can meet the requests of the surgical luminaire, it works stably and reliably, improves the using functions of the surgical luminaire, and also reduce power waste greatly.

Key words: surgical luminaire; HBLED arrays; microcontroller; PWM

无影灯是用来照明外科手术部位不可缺少的重要设备, 要求能以最佳地观察处于切口和体腔中不同深度、大小、对比度低的物体。因此, 除需要“无影”以外, 还需要光照度均匀、光质好, 能够很好地区分血液与人体其他组织、脏器的色差。此外, 无影灯还须能长时间地持续工作, 而不散发出过量的热, 因为过热会使手术者不适, 也会使处在外科手术区域中的组织干燥^[1]。

目前手术灯一般都采用环形节能灯或卤素灯, 但随着发光二极管 LED 技术的不断发展, 特别是高亮度白光 LED 的发展, LED 无影灯彻底解决了环环节能灯自身存在的先天缺陷, 是环环节能灯的升级换代产品。目前, LED 无影灯的优越性逐渐被显微镜使用者所了解和接受, 使用成本亦较环环节能灯低, 减少了每 1~2 个月就需更换环形灯管的麻烦。

目前, 在技术上已成功解决了大功率 LED 的封装、恒流驱动、散热以及照度控制等问题, 可实现无影灯照度的多级调控, 调光灵活、方便。LED 无影灯的优点有^[1-2]:

(1) 出色的冷光效果: 采用新型的 LED 冷光源作为手术照明, 是真正冷光源, 医生头部和伤口区域几乎无温升。

(2) 光质好: 白光 LED 具有区别于普通手术用无影灯光源的色品特点, 可以增加血液与人体其他组织、脏器的色差, 使得手术中医生的视觉更加清晰, 在流淌、渗透的血液中人体的各个组织、脏器更容易被区分出来, 这是普通手术用无影灯所不具备的。

(3) 亮度无级调节: 采用数字方式无级调控 LED 的亮度, 操作者可根据自身对亮度的适应性随意调节亮度, 使其达到最为理想的舒适度, 使长时间工作的眼睛

不易产生疲劳感。

(4)无频闪:因为LED无影灯为纯直流供电,无频闪,不易使眼睛产生疲劳感,亦不会对工作区域的其他设备产生谐波干扰。

(5)光照度均匀:采用特殊的光学系统,360°均匀照射在被观察物体上,无虚影产生,清晰度高。

(6)寿命长:LED无影灯平均寿命长(35 000 h),远大于环形节能灯(1 500~2 500 h),寿命为节能灯的十倍以上。

(7)节能环保:LED具有较高的发光效率,耐冲击,不易破碎、无汞污染,且其发出的光不含红外和紫外成分的辐射污染。

1 系统结构

1.1 总体结构

由于单个LED的发光效率不能满足手术无影灯的光照强度和均匀性的要求,因此需要用多个LED组成阵列,并要求排列合理,分布均匀,使得每个目标平面的光照度符合要求,以此来决定LED的数量以及分布规则。虽然LED的发光效率高,产生的热量少,但是如此多的LED在一个密封的箱体内部,还是会产生大量的热量,温度甚至会高达60℃~80℃,所以必须合理设计散热器以及散热通道,以有效地降低系统热阻。

LED手术无影灯由多个灯头组成,成花瓣状,固定在平衡臂悬挂系统上,定位稳定,能做垂直或循环移动,可满足手术中不同高度和角度的需求。整个无影灯有144个高亮度白色LED,8个串联成一组,即称为高亮度发光二极管串HBLEDs(High Brightness Lighting Emitting Diode),以18组并联而成。每组相互独立,若有一组损坏,其他照样能够继续工作,所以对手术的影响较小。每组由一个LM3402单独进行恒流驱动,并根据用户需要,接受一个微处理器(CMU)P89LPC932的PWM脉宽调节控制,可无级调节,流过每个LED的电流约为120~320 mA。LED无影灯电气原理图如图1所示。

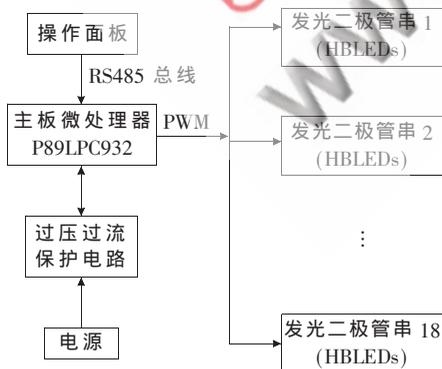


图1 LED无影灯电气原理图

1.2 操作面板

操作面板上有4个按钮(环境照明、关闭、调亮和调暗按钮)和8个LED指示灯。按下环境照明按钮,表示只

需腔镜环境照明,只留下其中一路的3个LED用于照明,而关闭其余LED发光二极管串;按下关闭按钮,将熄灭所有8路LED发光二极管串,再次按下此按钮,则可以回到原照度显示状态,掉电或重启也可回到设定照度状态;调亮和调暗按钮用于改变无影灯的照度,对应8个指示灯,指示8挡亮度,从左到右每增加一档就增加一个指示LED点亮,无影灯处于关灯状态时,最右边2个指示LED点亮。所有操作信息均是通过RS485总线传输给驱动板MCU。

1.3 驱动板

驱动板是整个无影灯控制器的核心,主要由一个MCU P89LPC932和18路LM2402恒流稳压电路组成,还包含RS485通信电路。

P89LPC932是由飞利浦公司生产的低功耗的MCU,电源电压3.3 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2~4个时钟周期,6倍于标准80C51器件。此外,P89LPC932还集成了许多系统级的功能,这样可大大减少元件的数目、电路板面积以及系统的成本,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^[3]。

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6 V~42 V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75 V。根据手术对照度的需要,对转换器的输出电压进行调节,可以维持通过LED阵列的恒定电流水平。图2为LM3402的典型应用电路示意图,其中 R_{SSS} 为电流设定电阻,平均电流 $I_F \approx 0.2/R_{SSS}$, R_{ON} 取值与发光二极管串中的LED数量有关,8个LED时可取值300 k Ω 。经检测,恒流标称值为250 mA时($R_{SSS}=0.8 \Omega$),电流波动在 ± 20 mA以内,完全能够满足手术光感要求^[4]。

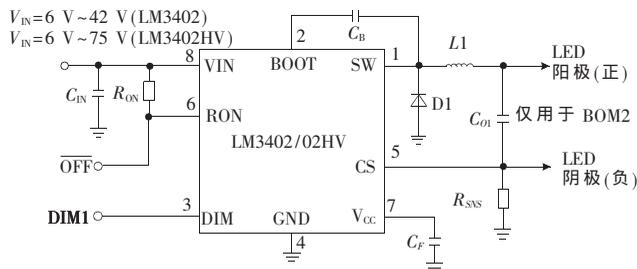


图2 LM3402的典型应用电路

1.4 安全措施

考虑到医用仪器安全要求的特殊性,系统的每一个环节都应该考虑采取相应安全措施。首先,手术室是一个具有强电磁干扰的环境,防止MCU死机十分重要,因此必须采取如下措施:(1)必须认真处理硬件复位电路

设计和内部复位程序;(2)必须排除错误干扰信号,所以整个系统采用了完全电气隔离,以阻止电路各部分的相互影响。此外还采用了 Modbus 冗余校验法;(3)高亮度白色 LED 的价格较高,为避免损坏,必须排除电网和电源损坏对系统的影响,故本文采用了过压和过流自动保护电路,当电压或电流超过设定值的 20%时,系统自动切断电源,以保证系统电路和高亮度 LED 的安全。

2 程序设计

2.1 程序结构

程序主要包含面板控制器和驱动板两个独立程序。面板控制器程序根据 4 个按钮的输入状态,向驱动板发送开关或照度调节命令,并将命令状态在 8 个 LED 上显示出来。驱动板程序初始化以后,主要通过串行口接收中断接收操作信息,进行 Modbus 数据冗余校验后,根据命令指示,发出不同的 PWM 信号。驱动板程序流程图如图 3 所示。

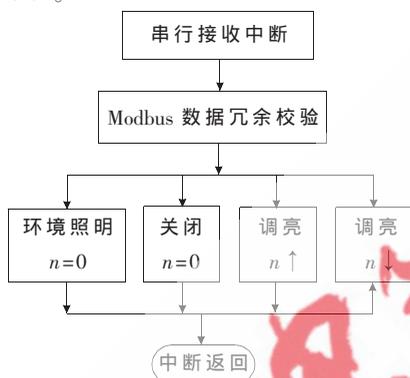


图 3 驱动板的程序结构框图

2.2 PWM 发生

高亮度发光二极管串的电通过 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)。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。定时器初始化设置参考程序如下:

```

void Timer1_init(void)
{
    TMOD1=0x20;           //定时器工作于方式 6
}
  
```

```

TAMOD1=0x10;
TH1=256-n;              //n 为占空比
AUXR11=0x20;           //定时器使能
TR1=1;                  //启动定时器
}
  
```

其中占空比 $duty\ cycle=256-TH1$, 定时器 1 的溢出将使 P1.2 或 P0.7 端口发生翻转,因此输出频率为定时器 1 溢出速率的 1/2。

2.3 节能模式

能耗控制在整个无影灯控制系统中具有十分重要的意义。在多数时间,HBLEDs 处于熄灭状态,控制系统处于待机状态,将功耗降低到最低。将电源控制寄存器 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 MCU 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,MCU 开始工作。驱动板上的 MCU 由串行口接收中断唤醒,面板上的 MCU 通过键盘中断唤醒,键盘中断参考程序如下:

```

void KEY_ISR() interrupt 7
{
    key_push=1;          //有键按下标志
    PCONA=0x00;         //外部功能模块上电
    KBCON=0x00;         //清除键盘中断标志
}
  
```

中国每年无影灯的市场需求量在 2 万台以上,同时因低碳经济发展的需求,需要进行节能改造,所以 LED 无影灯的市场推广前景十分广阔。本文所介绍的 LED 无影灯技术,目前已经在江苏某知名医疗器械公司投入批量生产,取得了良好的社会效益。

参考文献

- [1] 朱根娣,刘敏娟.新型手术无影灯的光照度特性的研究[J].中国医疗器械杂志,2009(3):183-187.
- [2] 祝月.手术无影灯的质量要求及市场预测[J].中国医疗器械信息,1999(4):44-47.
- [3] 广州周立功单片机发展有限公司.P89LPC932A1 Flash 单片机使用指南[Z].2001.
- [4] RICHARDSON C. LM3402/02HV demo board [Z]. National Semiconductor Corporation, June, 2007.

(收稿日期:2010-06-09)

作者简介:

盛卫锋,男,1977 年生,硕士,讲师,主要研究方向:机电一体化。