

# 基于超高亮LED驱鸟控制系统的设计

陈隐宏, 王计平, 郑 奇, 张明亮, 郭立泉

(中国科学院苏州生物医学工程技术研究所, 江苏 苏州 215011)

**摘 要:**设计了一种声光驱鸟控制系统。以STM32微处理器为核心搭建硬件控制系统,并给出了具体的硬件电路实现。为了解决鸟类适应性问题,设计了不同档位之间的切换。为了验证系统的性能,对所测LED的光斑区域进行等面积划分,并对其照度进行了测试。结果表明:所设计的系统光照照度达到200 Lx以上,为设计新型驱鸟系统提供了参考。

**关键词:**发光二极管;超声波;驱鸟

**中图分类号:** TN29      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-488X(2020)01-0070-05

## Design of a Bird Repellent Control System Based on Ultra-bright LED

CHEN Yinong, WANG Jiping, ZHENG Qi, ZHANG Mingliang, GUO Liqian

(Suzhou Institute of Biomedical Engineering, Chinese Academy of Sciences, Suzhou Jiangsu 215011, CHN)

**Abstract:** An acousto-optic control system was designed for expelling birds, which took the STM32 microprocessor as the core to build the hardware control system, and the implementation of hardware circuit was given. To solve the problem of bird adaptability, the function of switching different gear positions was designed. In order to verify the performance of the system, the measured LED spot area was divided into equal areas, and its illumination was tested. The results showed that the illumination of the designed system could reach more than 200 Lx, which could provide a reference for designing a new type of bird repellent system.

**Key words:** LED; ultrasonic; birds repellent

### 引 言

飞机在起飞、飞行时与鸟类相撞的事故属于航空灾难。目前,国际航空联合会已经把鸟害升级为A类航空灾难。鸟害作为一种多发性、危险性事件,不仅会造成巨大的人员伤亡,也会给航空部门带来

巨大的经济损失<sup>[1]</sup>。现在大部分机场都是采用“吓唬类”的驱鸟方式,如车载煤气炮、恐怖眼、强声驱鸟、驱鸟钛镭弹<sup>[2]</sup>。实际上单一形式的驱鸟方式在初期时都很有有效,但时间一长鸟类对这种单一“吓唬式”的驱赶方式很快就能适应,驱鸟效果就会大打折扣。因此,鸟害的防治需要综合多种方式,尽

收稿日期:2019-07-15

作者简介:陈隐宏(1990—),男,硕士研究生,工程师,研究方向为医用LED工程应用;(E-mail: zuqiudaxia007@163.com)

王计平(1986—),男,硕士研究生,副研究员,研究方向为智慧康复工程;

郑 奇(1994—),男,硕士研究生,研究方向为智慧康复工程。

可能综合使用视觉威慑、声响惊吓、捕捉猎杀手段,使各种方式在驱鸟空间、驱鸟时间、驱鸟方式等方面互为补充,最大程度降低机场鸟类对驱赶防治措施的适应性<sup>[3]</sup>。

## 1 声光驱鸟原理

超声波驱鸟是基于鸟类听到一定强度的超声波时,会明显表现出烦躁不安这一生理特性。这是由于超声波可以干扰、刺激、破坏鸟类的神经系统、听觉系统<sup>[4-5]</sup>。光驱鸟是利用光线刺激鸟类的视觉神经,使鸟类受到惊吓飞离亮光区域,达到驱鸟的目的。有研究表明,光的闪烁频率在5~10 Hz,光通量在200 Lx以上时驱鸟效果明显<sup>[6]</sup>。

文章提出了一种基于超高亮LED的驱鸟控制系统,该系统利用超高亮LED作为光源、超声波模块作为声源,同时使用声音刺激和视觉恐吓两种驱鸟方式,达到长期驱鸟的效果。

## 2 系统硬件方案设计

基于超高亮LED驱鸟控制系统的总体结构如图1所示。整个系统主要包括主控制器模块,LED恒流驱动模块,通讯接口模块,设地址码模块、超声波模块和电源模块等部分。

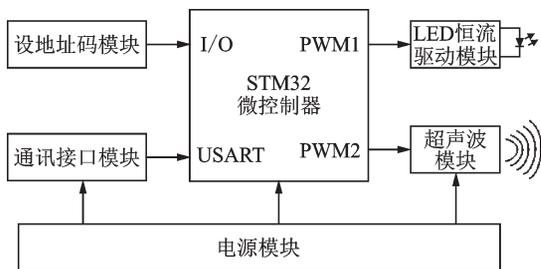


图1 基于超高亮LED驱鸟控制系统的总体框图

Fig.1 The block diagram of bird repellent control system based on ultra-bright LED

### 2.1 主控制器模块

主控制器模块采用STM32F103RCT6微处理器进行设计。STM32F103RCT6采用32位ARM Cortex-M3 CPU,最高运行主频可达72 MHz。STM32F103RCT6具有丰富的通用I/O,且集成PWM功能及其他丰富的外设资源,非常适合本系统的设计<sup>[7]</sup>。

STM32F103RCT6通过按键或485指令,触发

产生两路PWM。一路PWM驱动LED恒流驱动模块,点亮LED;另外一路PWM驱动超声波模块,发出高频率的声波信号,达到声光驱鸟的目的。同时,通过地址码模块的设定,可以完成对485地址码的设定。

### 2.2 LED恒流驱动模块

LED本质上是一个二极管,其特性曲线和普通二极管基本相同。当外加电压达到二极管导通电压后,外加电压的微变会引起二极管电流的巨变。此外,LED具有温度效应。当LED温度升高时,其结电阻减小,导致导通电压减小,即在相同电压下,温度升高将促使LED电流增大,电流增大又使温度进一步提高,恶性循环将会导致LED烧毁<sup>[8]</sup>。因此,为了保证LED的驱动效果及寿命,LED必须采用恒流驱动方式。

恒流驱动模块采用TI公司的LED恒流驱动芯片LM3409。LM3409是一款P沟道、工作在开关降压模式,可用于驱动大功率LED的控制芯片。其最大工作电压可达75 V(LM3409HV/LM3409QHV),LED最大工作电流可达5 A。

LED恒流驱动模块的电路设计如图2所示。图中,LM3409、采样电阻 $R_{SNS}$ 、P-MOS管 $Q_1$ 、续流二极管 $D_1$ 和电感 $L_1$ 组成恒流驱动回路。LM3409使用芯片内部的COFT逻辑结构来控制LED电流。在刚开始工作的时候,LM3409驱动PMOS管 $Q_1$ 打开,电感 $L_1$ 充电,流过电感 $L_1$ 上的电流 $I_L$ 逐渐增加,此时二极管 $D_1$ 被反偏截止;随着 $I_L$ 的增加,采样电阻 $R_{SNS}$ 上的压降 $V_{SNS}$ 也逐渐变大,当 $V_{SNS}$ 超过芯片内部的门限电压 $V_{CST}$ 时,LM3409驱动 $Q_1$ 关断,电感 $L_1$ 上的能量释放,电感 $L_1$ 通过二极管 $D_1$ 续流, $I_{LED}$ 又逐渐减小; $I_{LED}$ 减小, $V_{SNS}$ 也减小,芯片又驱动 $Q_1$ 打开。

图3说明了电感上电流的变化情况。电感上的平均电流 $I_L$ 等于LED上的平均电流,因此只要 $I_L$ 被控制, $I_{LED}$ 也就被控制了。当输入电压或输出电压变化时,占空比 $D$ 随着 $I_L(I_{LED})$ 的变化而变化。对于任何BUCK电路来说, $D$ 是输出电压和输入电压之间的比值。

$$D = \frac{V_O}{\eta \times V_{IN}}$$

LM3409提供三种方法设置门槛电压 $V_{CST}$ :

(1) $I_{ADJ}$ 引脚悬空:芯片内部5  $\mu$ A的电流使稳压二极管工作在反偏状态,将 $I_{ADJ}$ 引脚的电压 $V_{ADJ}$ 钳制在1.24 V,由此 $V_{CST}$ 可由下式确定。

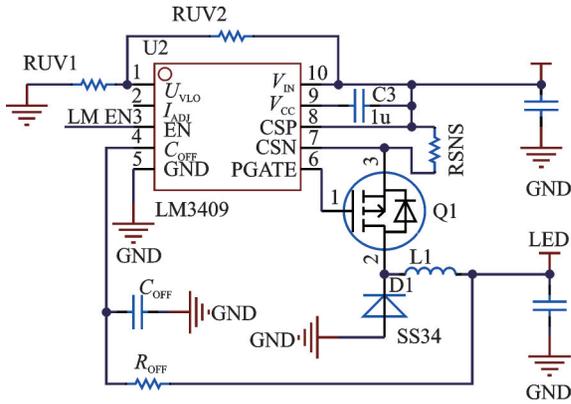


图 2 LED 恒流驱动电路

Fig.2 LED constant current drive circuit

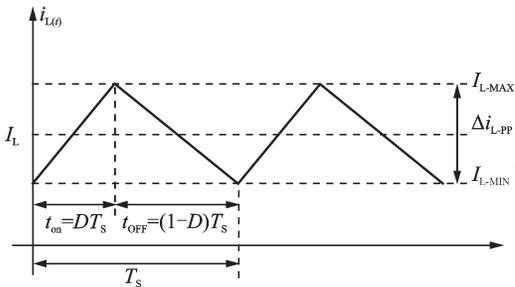


图 3 电感电流变化示意图

Fig.3 The diagram of inductance current variation

$$V_{CST} = \frac{V_{ADJ}}{5 \times R} \times R = \frac{V_{ADJ}}{5} = \frac{1.24 \text{ V}}{5} = 248 \text{ mV}$$

(2)  $I_{ADJ}$  引脚上加电压: 在  $I_{ADJ}$  引脚上加电压, 使  $V_{CST}$  在  $0 \sim 248 \text{ mV}$  之间变化。如果  $V_{ADJ}$  可以调节, 那么就可以实现模拟方式调光。

(3) 在地与  $I_{ADJ}$  引脚之间加一个电阻:  $V_{CST}$  的电压可由下式确定。

$$V_{CST} = \frac{V_{ADJ}}{5} = \frac{5 \mu\text{A} \times R_{EXT}}{5} = 1 \mu\text{A} \times R_{EXT}$$

### 2.3 通讯接口模块

考虑到通信距离、传输速度、支持的节点数、抗干扰等问题, 通讯接口模块采用 485 协议进行通讯。485 通讯的接口电平低, 不易损坏芯片; 传输距离远, 最大传输距离可达 1200 m; 差分通讯抗干扰能力强; 支持级联, 一般最大支持 32 个节点的级联<sup>[9-10]</sup>。

RS485 通信推荐在点对点网络实现, 如线性、总线型, 不能是星型、环形网络。理想情况下 RS485 需要 2 个匹配电阻, 其阻值要求等于传输电缆的特性阻抗 (一般为  $120 \Omega$ )。如果没有特性阻抗匹配, 那么会使得较快速的发送端产生多个数据信号的边沿, 导致数据传输出错。485 级联推荐的方式如

图 4 所示。



图 4 485 级联推荐方式

Fig.4 485 cascade recommended mode

本系统中, 485 通讯接口芯片采用 SP3485 作为收发器。SP3485 接口芯片的电路设计如图 5 所示。图中 JP1 为总线接口, 用于连接 485 总线, RO 是接收输出端, 与 STM32 的 PA3 (USART2\_RX) 脚相连, DI 是数据输入端, 与 STM32 的 PA2 (USART2\_TX) 脚相连, RE 是接收使能信号 (低电平有效), DE 是发送使能信号 (高电平有效), 这两个引脚都与 STM32 的 PA1 脚相连, 通过 PA1 来控制 SP3485 的收发。当 PA1=0 时, 为接收模式; 当 PA1=1 时, 为发送模式。另外, 图中的 R6 和 R7 是偏置电阻, 用来保证总线空闲时, A、B 之间的电压差都会大于  $200 \text{ mV}$  (逻辑 1), 从而避免总线空闲时, A、B 压差不定, 出现乱码。

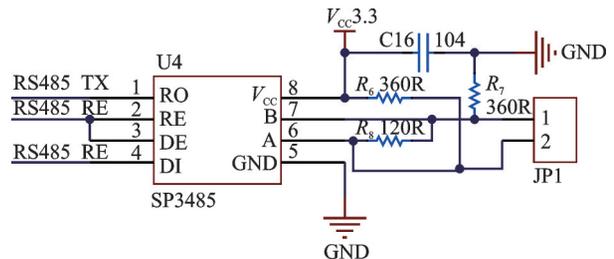


图 5 SP3485 外围电路

Fig.5 The peripheral circuit of SP3485

### 2.4 设地址码模块

设地址码模块采用 1 个 5 位的拨码开关, 最多可支持 32 个地址码 ( $0 \sim 0x1f$ ) 的设定。设地址码模块的电路设计如图 6 所示。SET\_ADDR0 - SET\_ADDR4 与 STM32 的 PC4-PC8 脚相连。当拨码开关的某位打开或关闭, STM32 检测到该位是 1 或 0, 则可以确定当前系统的地址码。如 5 位拨码开关依次被设置为“关关关关开”, 则相应的地址码为  $0x01$ 。

### 2.5 超声波模块

超声波模块采用市面上常见的 5120 超声波喇叭, 它与传统的超声波发声器件相比, 声压分贝更高、作用范围更广, 因此驱鸟效果更好。

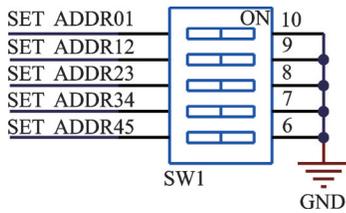


图6 设地址码模块电路

Fig.6 The circuit of set address module

超声波喇叭由STM32内部定时计数器产生的方波信号驱动发声,但由于STM32输出的方波信号驱动能力较弱,不能直接驱动超声波喇叭发声,因此需要对该方波信号进行功率放大。超声波喇叭的驱动电路如图7所示。该电路采用NPN三极管进行电流放大。当三极管基极的控制信号为高电平时,三极管导通,超声波喇叭发声,低电平时三极管关断,由于驱动电压 $V_{cc}$ 是12V,因此在超声波喇叭两端产生幅值为12V的方波信号,且该信号频率与控制信号的频率相同。图中二极管 $D_1$ 起到续流作用,由于超声波喇叭是感性负载,在关断瞬间会产生很高的电压,如果没有 $D_1$ 的续流,三极管将烧毁。

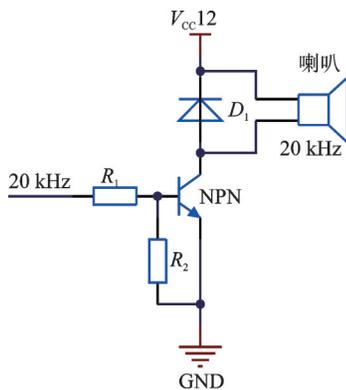


图7 超声波喇叭驱动电路

Fig.7 The drive circuit of ultrasonic speaker

### 2.6 电源模块

电源模块采用英飞凌公司的TLE4266-3.3线性稳压芯片。TLE4266支持宽电压输入,最大输入电压可达45V,最大可提供150mA的负载电流,完全能满足整个系统的电源负载要求。电源模块的电路设计如图8所示。电源输入电压 $V_{pp}$ 经过线性稳压芯片的降压和滤波,输出3.3V稳压,供系统中的其他模块使用。 $D_3$ 是发光二极管,当 $D_3$ 亮起时,表示系统供电情况正常。

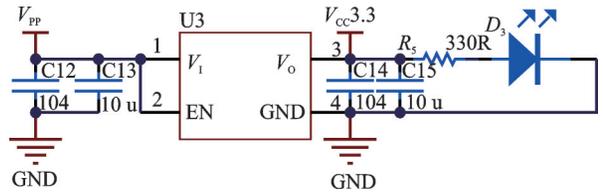


图8 电源电路

Fig.8 The power supply circuit

### 3 系统软件方案设计

考虑到鸟类极强的适应能力,固定模式的声音驱赶或视觉驱赶会影响驱鸟效果,因此本系统设计有五档控制功能,分为弱、中、强、爆闪、关。不同的档位分别对应不同亮度的LED和不同频率的超声波。档位区分可以利用STM32内部的定时计数器产生PWM,通过调节PWM的占空比和频率实现。系统的控制可通过外部按键触发,也可以通过485总线发送指令实现。需要注意的是,在设计485总线指令时,应包含系统的地址码。只有当485指令中的地址码与本系统的地址码相符时,本系统才会响应485总线上的指令。

系统软件的工作流程如图9所示。系统上电后,对各个功能模块进行初始化。初始化完毕后,程序进入大循环等待按键触发和485指令触发。这里按键触发是通过不断查询主控制器对应的I/O口状态实现;485指令触发是通过串口中断实现:当485总线上发送完一串固定格式的指令后,触发STM32的串口中断,判断指令地址码。若总线上的地址码与本系统的地址码相符,则执行相应功能;若不符合本系统地址码,则不响应当前指令。

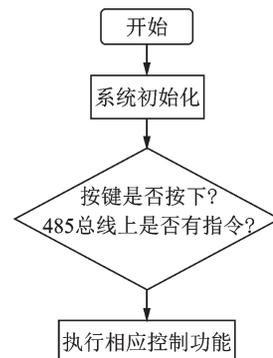


图9 系统工作流程图

Fig.9 The flow chart of system

### 4 实验结果与分析

基于超高亮LED驱鸟控制系统的光源采用

COB封装的大功率LED模组。每个大功率LED模组采用8颗LED芯片串联的方式。当系统工作时,在距离系统100 m的地方,使用CL-500A照度计测量光照度。为了保证测量数据的准确性,将测量区域划分为9宫格,如图10所示。实际测量时分别记录9点照度的最大值和最小值。测量数据如表1所示。

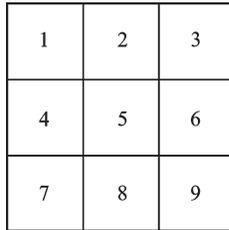


图10 测量光斑照度区域划分示意图

Fig.10 The partition diagram of measuring spot illumination area

表1 光斑照度测量结果

Tab.1 The measured results of spot illumination

档位	最小照度/Lx	最大照度/Lx
弱	97	170
中	231	406
强	468	815
爆闪	225	400

从表1数据可以看出,光斑区域的照度并不一致,呈现出照度中心强、边缘弱的特点,这是由于光学设计时未匀光导致的,但这并不会影响驱鸟的效果。相关文献表明,只要当光强超过200 Lx时,就能达到一定的驱鸟效果。

## 5 结束语

本设计将大功率LED模组作为光源,以超声波模块作为声源,所设计的驱鸟系统与传统的驱鸟器相比,具有驱鸟长期效果好、易操作、稳定性高等优点。控制系统以STM32微处理器为核心,给出了硬件系统的设计方案和具体的电路。通过不同档位的切换,改进了固定模式驱鸟导致鸟类适应性的问题。最后,对LED光的照度进行了测试。结果表明:所设计的驱鸟系统光照照度达到驱鸟要求,能够满足实际使用。这为设计一种新型的驱鸟系统提供了参考。

## 参 考 文 献

- [1] 王远超.基于ARM7的机场无线驱鸟器设计与实现[D].大连:大连海事大学,2009.
- [2] 李其颖.鸟撞飞机的一般规律和防撞措施[J].航空学报.1988(08):33-35.
- [3] 谭建锋,陈磊,朱成方.机场鸟害防治的重要性及方法[J].中国媒介生物学及控制杂志,2007(04):330-331.
- [4] 宋跃庆.基于垂直轴风机的声光复合驱鸟系统[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2015.
- [5] 郝锡联,易国栋.机场驱鸟方法的探究[J].吉林师范大学学报(自然科学版),2005(02):45-46+52.
- [6] 田治富,叶明树,胡庆,等.智能超声波驱鸟装置的设计与实现[J].电力电子技术,2011,45(04):106-108.
- [7] 刘太钢,刘响响,周克良,等.基于STM32智能家用车库控制系统设计[J].传感器与微系统,2016,35(8):98-100.
- [8] 罗治民.具有过温保护功能调光LED驱动电路设计[D].湘潭:湘潭大学,2019.
- [9] 王晓燕.基于RS-485通讯的多路温度控制系统的实现[J].火力与指挥控制,2019,44(04):159-163.
- [10] 赵艳明,曾培峰.一种基于STM32的Modbus-RS485通信方法[J].智能计算机与应用,2018,8(03):50-53+56.