



每一个发射管都对应一个接收管. 最下面的收发逆向安装的发射-接收管实现两端的同步, 其余 16 个发射管依次循环发射. 当在同一光路上没有物体阻挡时, 发射管发出的红外线窄脉冲能顺利到达对应接收管, 接收管两端的突变电压经过微分放大和阈值比较电路输出高电平; 当有物体阻挡时, 发射管发出的红外线不能顺利到达相应的接收管, 接收管两端电压不发生变化, 经过微分放大和阈值比较后输出低电平.

1.2 同步工作原理

为了避免相邻光路互相干扰, 红外发射端并不是同时发出多路光线, 而是以扫描的方式依次发送<sup>[5]</sup>. 扫描工作模式首要的是要实现收发双方时序的同步. 如图 2 所示, 从同步脉冲发出到一轮扫描结束的循环划分为 84 个状态, 每个状态持续 100  $\mu\text{s}$ .

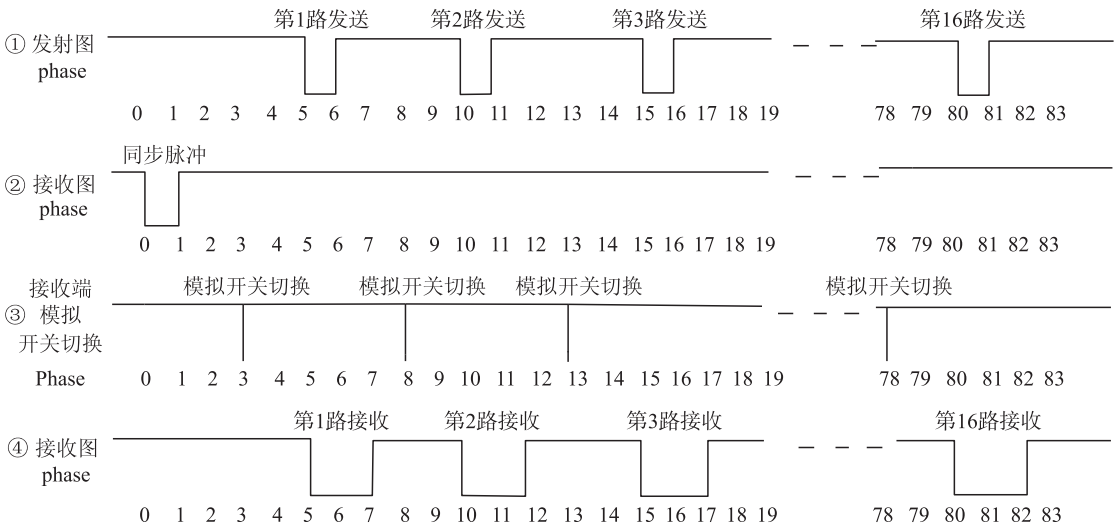


图 2 红外发射、接收端的时序图

Fig. 2 Sequence diagram of infrared emission and receiving end

由接收端主动发送一个 100  $\mu\text{s}$  的同步窄脉冲(见上图②)开始收发双方状态同步清零, 双方定时计时开始. 发射端在状态值为 5 的整数倍时多路红外管依次发出一个 100  $\mu\text{s}$  的窄光脉冲(见上图①), 而接收端在相同状态值时对应光路接收信号(见上图④).

红外对管的发射和接收端不是采用同一电路的晶振源, 若没有同步信号, 随着循环次数的累计, 会产生误差, 使同一路的发射和接收管不同步, 从而产生交叉干扰. 本系统在一轮扫描结束后, 发射端关闭定时器, 等待接收端的下一轮同步窄脉冲到来再开始新一轮的循环, 这样使系统能够长时间稳定同步运行.

为了使电路简单, 接收端仅采用一个微分放大和阈值比较电路. 在不同的状态下通过模拟开关切换到不同路接收管, 并对其两端电压进行微分放大、比较处理. 为了防止模拟开关切换过程中额外产生的信号被当作有效的接收光触发信号, 模拟开关在 3、8、13 等状态切换开关、时间上与光脉冲收发状态是互相错开的(见上图③示意), 从模拟开关的切换到光窄脉冲的发射、接收相差 2 个状态(200  $\mu\text{s}$ ). 因此能确保在状态 5、10、15 等处微分放大电路处理的只是红外接收管信号.

2 电路原理分析

为清晰阐述本设计各模块的工作原理, 仅以驱动两路红外对管为例详细介绍其硬件电路设计的原理.

2.1 红外线发射

在安全光幕系统中, 传输的红外光线需要具备传输距离远、抗干扰能力强的特点<sup>[6]</sup>. 为了实现这一要求, 红外管发射时需要持续时间短但电流值很大的窄脉冲, 如图 3 所示. 红外线发射电路由单

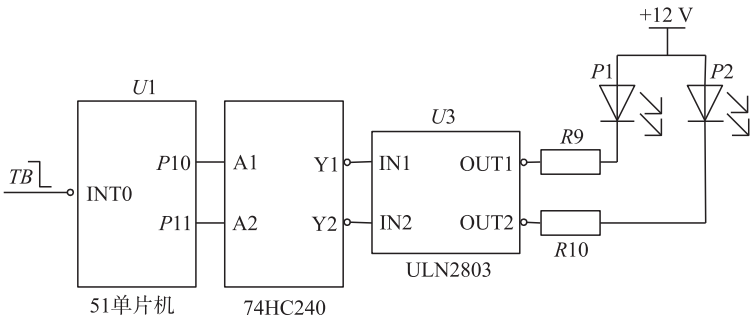


图 3 红外线发射的原理图

Fig. 3 Schematic diagram of infrared emission

片机产生窄脉冲并经过驱动电路产生大电流驱动红外发射管,发射红外线组成. 图中  $U1$  (51 单片机) 产生窄脉冲信号, 采用  $U2$  (74HC240) 和达林顿集成电路  $U3$  (ULN2803) 增强驱动, 实现了大电流窄脉冲驱动红外发射管的需要.

## 2.2 红外对管的接收电路

由于红外接收管是一种光感电流源,无遮挡物时,光路通畅无阻,光感电流为最大;有遮挡物通过检测区域时,光路被挡一部分,输出电位升高;遮光面积越大,输出电位就阻值发生显著变化,经过一个以 LM 片机产生中断.

### 2.3 红外线同步接收和检测

红外接收和检测模块的硬件电路如图 5 所示,红外发射管(P5)定时发射红外光线,红外接收管(P6)接收到光信号触发同步扫描;根据不同的状态值,单片机(A0 端)控制模拟开关切换到特定光路的红外接收管。

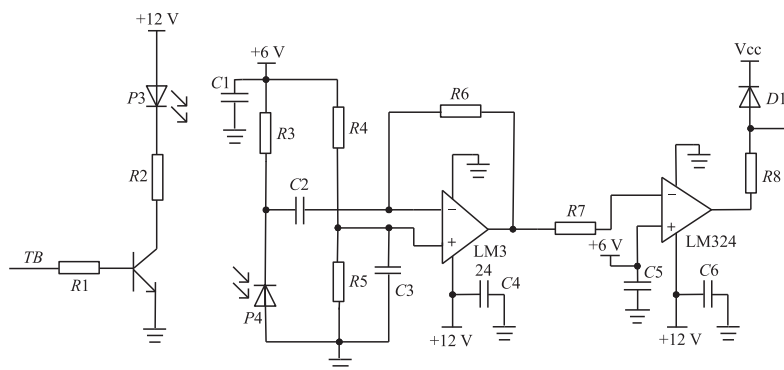


图4 红外线接收原理图

**Fig. 4 Schematic diagram of infrared receiving**

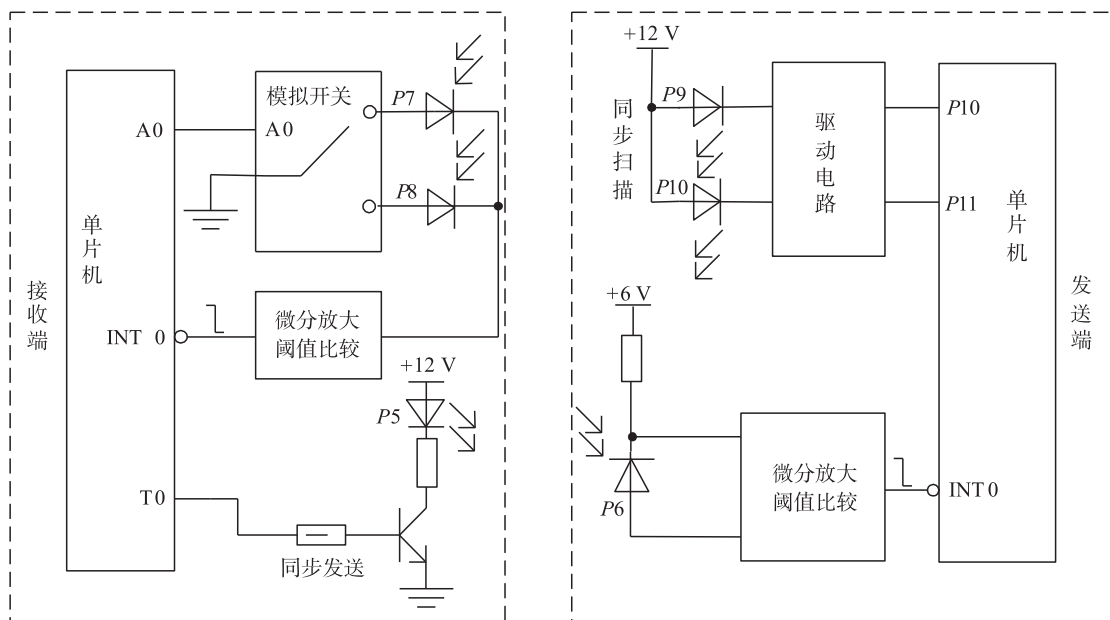


图5 红外同步接收和检测电路

**Fig. 5 Infrared synchronous receive and detection circuits**

由于光幕工作时相邻两个发射-接收级之间可能会出现交叉接收的现象<sup>[7]</sup>. 与传统的工作模式比较, 此方案扫描模式每次仅有同对发射-接收级处于工作状态, 需要判断的检测信号也只有一个, 从根本上排除了级间信号干扰的问题. 本设计方案灵活性强, 可以大幅度增加光幕的路数. 在实际应用中, 还需结合所设计的整个系统的情况来决定选用合适的方案.

### 3 软件实现流程图

本系统分为两个程序模块,分别在收发端两个单片机中运行.发射端单片机实现同步窄脉冲的接收、多路红外窄脉冲的扫描发射,如图6所示,(a)是主函数,(b)实现同步脉冲中断的功能,(c)是定时中断;接收端单片机要实现同步窄脉冲的发射、红外线的扫描接收检测和报警,如图7所示.

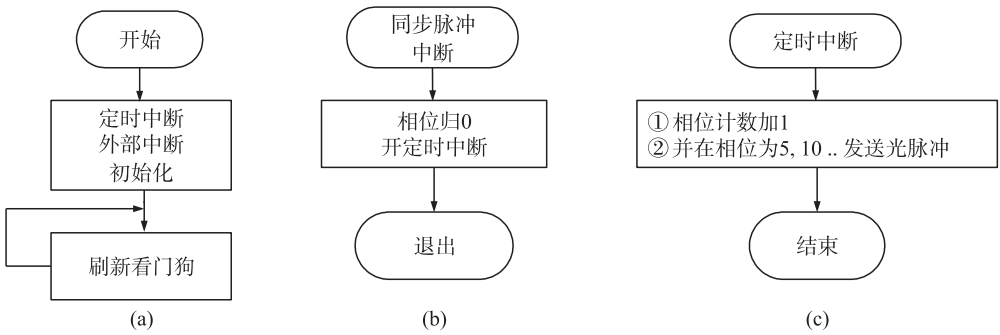


图 6 发射端单片机程序流程图

Fig. 6 MCU program flow chart of emission end

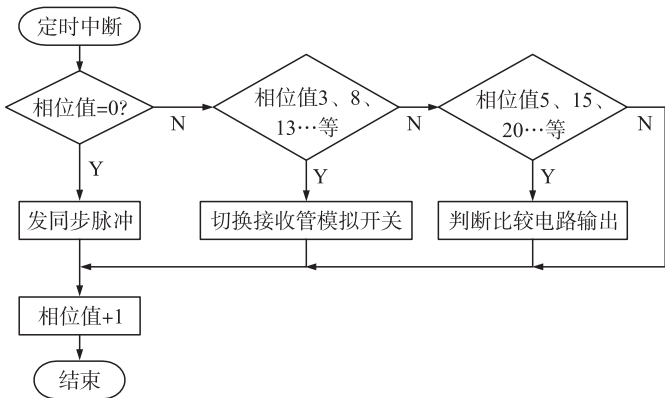


图 7 接收端单片机程序流程图

Fig. 7 MCU program flow chart of receiving end

4 实验结果

以 8 路红外对管为实验对象,图 8 所示波形图中,1 线所测的是图 4 (*TB*) 引脚的波形,2 线所测的是图 4 (*D1* 和 *R8*) 中间点的波形. (a) 为没有物体遮挡的波形图,1 线是同步脉冲波形图,2 线是接收端的红外管依次接收的波形图. (b) 所示为有一路红外对管被物体遮挡时的波形图,很明显被阻挡的那一路没有波形输出.

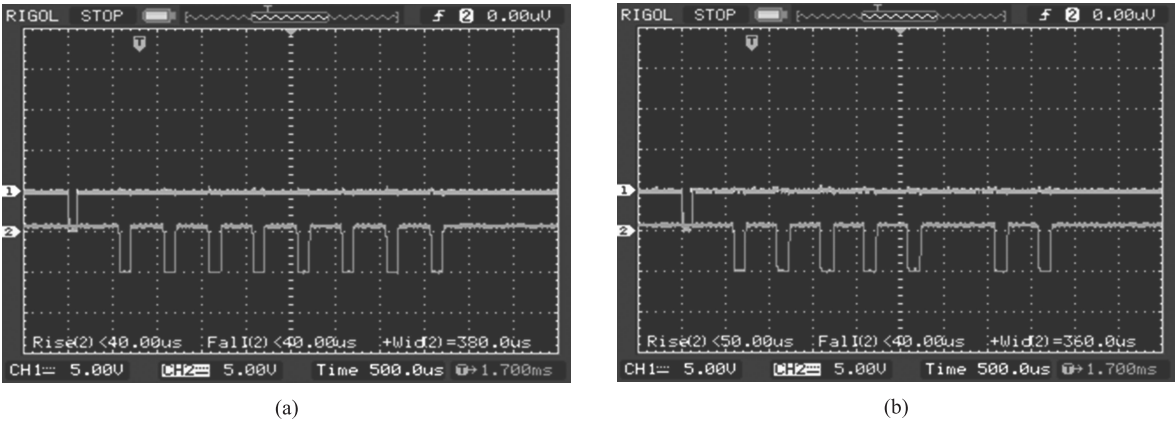


图 8 波形图

Fig. 8 The waveform figure

5 结语

本文提出了一种基于单片机的光触发安全光幕的设计方案. 该方案设计巧妙,使用灵活,可以方便增

加更多数量的红外对管.将复杂的逻辑关系通过软件实现,提高了系统的稳定性.所采用的红外窄脉冲同步方式使发射和接收端可以在电气上完全独立,提高了检测的范围.发射端的同步依次循环扫描和接收管的定时切换设计,很好地避免了发射-接收级的交叉干扰产生的安全隐患<sup>[8]</sup>.在实际应用中该系统取得了较好效果,能够满足安全光幕的要求.

### [参考文献](References)

- [1] Mike Carlson,张雪磊,张良辰. 如何为工业机械选择安全光幕[J]. 软件,2010,15(8):46-47.  
Mike Carlson,Zhang Xuelei,Zhang Liangchen. How to choose safety light curtain for industrial machinery[J]. Software,2010,15(8):46-47. (in Chinese)
- [2] 凌秀泽,孔逸敏,徐寅林. 窄脉冲调理及光路同步识别的安全光幕电路[J]. 自动化仪表,2012,33(10):46-48.  
Ling Xiuze,Kong Yimin,Xu Yinlin. Safety light curtains circuits based on narrow pulse conditioning and optical path synchronous identification[J]. Process Automation Instrumentation,2012,33(10):46-48. (in Chinese)
- [3] 姜博,梁雁冰. 基于FPGA的安全光幕的设计与实现[J]. 现代电子技术,2010,28(3):137-139.  
Jiang Bo,Liang Yanbing. Design and implementation of safety light curtain based on FPGA[J]. Modern Electronics Technique,2010,28(3):137-139. (in Chinese)
- [4] 陈光东. 单片微型计算机原理及其C语言程序设计[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2003.  
Chen Guangdong. Principle of Signal Chip Microcomputer and C Language Programming[M]. Wuhai:Huazhong University of Science and Technology Press,2003. (in Chinese)
- [5] 陈永甫. 红外探测与控制电路[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.  
Chen Yongfu. Infrared Detection and Control Circuit[M]. Beijing:Posts and Telecom Press,2004. (in Chinese)
- [6] 陈宇,王金凤,温欣玲. 高精度可调式红外检测控制系统设计[J]. 传感器与微系统,2006,20(2):55-57.  
Chen Yu,Wang Jinfeng,Wen Xinling. Design of high accuracy adjustable detection and control system based on infrared technology[J]. Transducer and Microsystem Technologies,2006,20(2):55-57. (in Chinese)
- [7] 曹建军. 红外光幕在机床设备安全防护中的应用[J]. 中国仪器仪表,2008,24(9):72-74.  
Cao Jianjun. Application of infrared screen on safety protection for machine equipment[J]. China Instrument and Control,2008,24(9):72-74. (in Chinese)
- [8] 周宇,徐寅林,李杰. ELISA测定中的定位检测及实时状态显示装置[J]. 自动化仪表,2009,30(5):73-75.  
Zhou Yu,Xu Yinlin,Li Jie. Positioning detection and real-time display device used in ELISA tests[J]. Process Automation Instrumentation,2009,30(5):73-75. (in Chinese)

[责任编辑:刘 健]