

窄脉冲调理及光路同步识别的安全光幕电路

Safety Light Curtains Circuitry

Based on Narrow Pulse Conditioning and Optical Path Synchronous Identification

凌秀泽 孔逸敏 徐寅林

(南京师范大学物理科学与技术学院,江苏 南京 210046)

摘要: 在现代化生产过程中,人机交互十分频繁,保障作业人员安全的电路系统显得十分重要,由此,提出了一种新型的红外安全光幕电路。针对光幕电路中红外光线远距离、高抗干扰的工作要求,提出了大电流窄脉冲调理的方案,并且巧妙地利用收发两模块之间信号的逻辑关系,实现了光路的同步识别。实测结果表明该安全光幕电路完全满足光电安全保护的需要,具有较强的实用价值,应用前景良好。

关键词: 窄脉冲 红外检测 时序译码 脉冲分频 光路同步识别 安全光幕

中图分类号: TP277 **文献标志码:** A

Abstract: In modern productive process, human-machine interaction is frequent. The circuitry system that protecting the safety of operators is very important, thus a new type of infrared safety light curtains circuitry is proposed. In accordance with the operational requirements of long distance and strong anti-interference for infrared light in the circuitry, the scheme based on large current narrow pulse conditioning is put forward. In addition, the logical relationship between the two modules of receiving and sending is used ingeniously for implementing synchronous identification of the optical path. The results of practical measurement show that the safety light curtains circuitry has fully met the needs of photoelectric security; the design possesses strong practical value and application prospect.

Keywords: Narrow pulse IR detection Timing decoding Pulse frequency divider Optical path synchronous identification Safety light curtains

0 引言

在工业生产过程中,由于作业的复杂性和重复性,致使生产车间的机械化程度越来越高。机械化程度的提高一方面减轻了作业人员的劳动量,但另一方面,人机交互程度的大幅提高,也对保护作业人员的人身安全提出了更高的要求^[1]。

拥有保障一线生产工人人身安全的可靠防护装置,是现代化机械生产的一个重要部分^[2]。本文设计了一种新型的安全光幕。安全光幕包括大电流间隙脉冲驱动的红外线发射、接收和光路的同步识别三个部分。系统以红外线为介质,在危险区域形成红外光幕。正常工作时,接收端可以接收到发射端发出的红外信号,而当有物体进入该危险区域时,任一条光路的红外线被挡住,被挡光路经光路同步识别电路识别后,安全系统就可以驱动实施相应的安全措施,从而即时保障作业人员的安全。

1 系统结构

从脉冲信号的输入到最后的安全系统的控制,整体上经过了窄脉冲产生调理电路、大电流驱动的红外发射电路、红外接收电路及光路同步识别电路等几个模块。系统结构框图如图1所示。

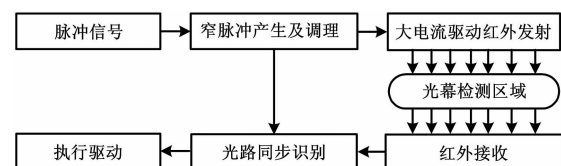


图1 系统结构框图

Fig.1 Structure of the system

检测区域之所以选择红外线是源于一方面红外线为不可见光,隐蔽性好;另一方面红外线的波长较长,穿透能力和抗干扰能力较强,且不易散射、不易引起串干扰^[3]。红外接收管是一种光感电流源,光感电流随光通量的增大而增大,光感电流对电容进行充电,就可以得到随光通量变化而变化的电信号。无遮挡物时,光路通畅无阻,光感电流最大;有遮挡物通过检测区域时,光路部分被遮挡,输出电位升高。遮光面积越大,输出电位就越高^[4-5]。利用该原理可以实现对检测区

企业委托技术开发基金资助项目(编号:2011XYL01)。

修改稿收到日期:2011-12-26。

第一作者凌秀泽(1987-),男,现为南京师范大学电路与系统专业在读硕士研究生;主要从事生物医学电子学的研究。

域是否存在异物的测定,进而可执行下一步的安全措施。

本设计先对脉冲信号进行处理,以产生占空比极小的窄脉冲信号,然后大电流驱动红外对管发射端,接收端收到信号并处理后,结合其与发射端信号之间的同步关系,识别每一条光路的通畅情况,从而决定是否驱动相应的安全措施。

2 电路原理及波形分析

为清晰阐述本设计中各模块的工作原理,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,并对信号处理过程中的波形进行分析。

2.1 光幕的产生

光幕发射电路由窄脉冲产生及调理和大电流驱动红外发射两模块组成,其电路原理如图2所示。

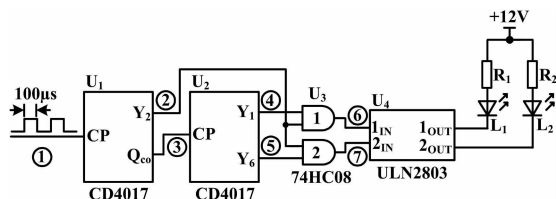


图2 光幕产生原理图

Fig.2 Generating principle of the light curtain

图2中, U_1 为十进制计数/脉冲分频电路。该电路每过1个基准脉冲周期,输出端 $Y_0 \sim Y_9$ 就把“1”的状态传递给下一位,而级联输出 Q_{co} 每过10个基准脉冲周期输出1个进位脉冲^[6]。脉冲调理波形如图3所示。

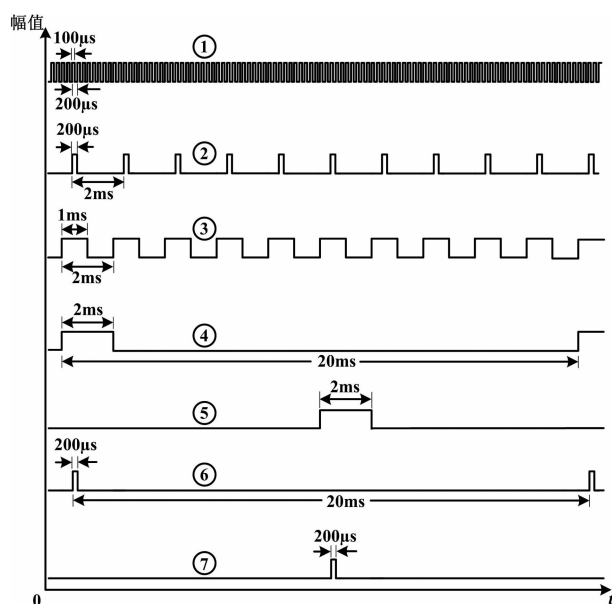


图3 脉冲调理波形分析

Fig.3 Waveform analysis of pulse conditioning

在图2所示的红外光幕发射电路中,为了加大红外线发射距离,红外管发射时需要很大的电流,而其本身又不能长时间工作于大电流状态。鉴于此,本文采取大电流、窄脉冲间隙供电的方式来驱动红外管。红外光幕发射电路的基准输入信号是周期为 $200 \mu s$ 的脉冲信号(如图2、图3中①所示)。该信号通过十进制计数/脉冲分频芯片 U_1 、 U_2 和与门 U_3 组成的脉冲信号调理电路,产生两路时分的占空比极小的窄脉冲信号(如图2、图3中⑥、⑦所示)。

脉冲信号调理电路的工作原理如下。

周期为 $200 \mu s$ 的基准信号①从 U_1 的时钟输入端(CP)输入,根据十进制计数/脉冲分频电路 CD4017 的工作原理,其 Y_2 译码端输出的是脉宽为 $200 \mu s$ 、周期为 $2 ms$ 的窄脉冲信号,波形如图3中②所示;同时,其级联进位端(Q_{co})输出的是脉宽为 $1 ms$ 、周期为 $2 ms$ 的脉冲信号,波形如图3中③所示。根据 CD4017 的工作时序可知, Y_2 的每个正脉冲刚好落在 Q_{co} 的每个脉冲正半周的中间位置。选择 Y_2 与 Q_{co} 的组合输出也就是基于这个原因,目的是在这两个信号经过后续电路时延后,不至于互相错开。

U_1 的级联进位信号(Q_{co})进一步接至 U_2 的时钟输入端,作为 U_2 的基准信号。 U_2 由此产生了10路脉宽与④相同的、时分的译码输出信号 $Y_0 \sim Y_9$,这10路信号均为脉宽为 $2 ms$ 、周期为 $20 ms$ 的脉冲信号,在时间上它们之间也是完全错开的。这10个信号作为10路红外光幕的选通信号。

为了简化说明问题,图3仅画出 U_2 的 Y_1 、 Y_6 两路信号(曲线④、⑤)。把每一路的选通信号与 U_1 的 Y_2 (信号②)相“与”,就得到调理后的窄脉冲信号(图3中⑥、⑦)。以此类推,新得到的10路窄脉冲信号在时间上同样是均匀时分的。

这10路窄脉冲经达林顿集成电路 ULN2803,增强了驱动(图2中 R_1 、 R_2 限流电阻仅为几十欧姆),实现了大电流窄脉冲驱动红外发射管的需要。

2.2 光幕的接收检测

红外光幕接收检测模块的硬件电路如图4所示。

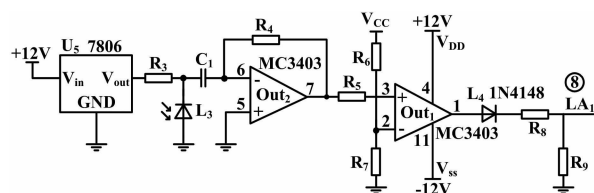


图4 光幕接收及脉冲处理电路

Fig.4 Screens receiver and pulse processing circuits

当反向偏置的红外接收管 L_3 接收到发射端的脉冲后,其电阻值发生显著变化,经过一个以 MC3403 为核心的微分电路、阈值比较电路,产生了峰值为 12 V、脉宽约为 200 μs 的矩形脉冲^[7]。为去除负半周脉冲,在后续电路设计中加入一单向导通的二极管 L_4 ;再经过一分压电路,最终生成脉宽为 200 μs 、电压为 5 V 的正向矩形窄脉冲 LA_1 ,作为该光路通畅的指示。红外光幕接收检测电路的红外接收管采用了三端集成稳压电路 LM7806 单独供电。这主要是因为红外发射端在驱动红外管发射的瞬间,由于红外发射管的驱动电流较大,系统总的供电 V_{CC} 也会产生一个小的尖峰脉冲,而如果红外接收管偏置电阻直接接至 V_{CC} ,则系统会误判其为有效输入信号,对后续的信号处理产生较大影响^[8]。

实际电路中,有多少路红外光幕,就需要对应数量的接收电路。

2.3 光路的同步识别

光路同步识别波形如图 5 所示。

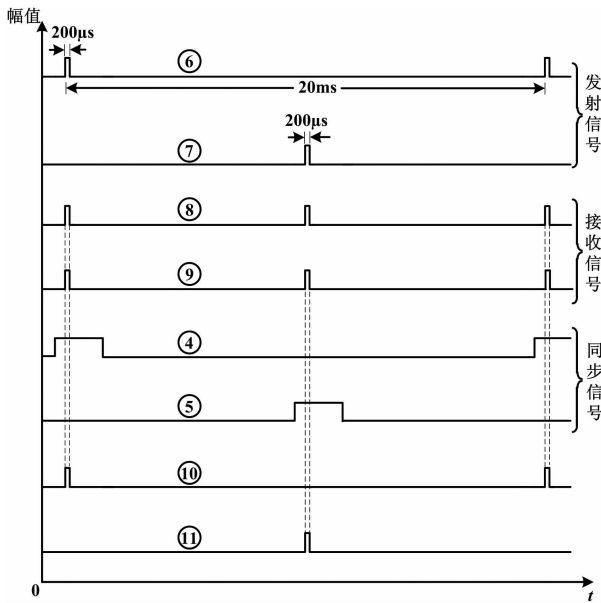


图 5 光路同步识别波形分析

Fig.5 Waveform analysis of optical path synchronous identification

理论上,当任一路红外管发射信号后,在没有遮挡物的情况下,同一光路对应的接收端应该接收到较强的信号;而当有遮挡物时,接收端就应该检测不到信号。但在实际调试过程中发现,在某一光路中即使有遮挡,其接收端仍照样发出脉冲信号,原因是红外接收管除了接收本身光路的信号外,还会接收相邻光路的信号,即产生了交叉干扰。即当安全光幕中数对红外发射管同时工作时,如果挡住其中一路,该路对应的接

收端仍然会接收到较强的信号。因为红外管发射的红外线并不是理想的约束成一条直线传播,会有一些角度的散射偏角,正是这个偏角导致在挡住其中一路信号传输时,该路接收端仍然会接收到相邻发射端发来的红外信号。这显然不利于接收端的判断,存在安全隐患^[9]。

为解决交叉干扰问题,设计了光路同步识别电路。同步信号取自于红外发射端的光路选通信号。如对于图 2 中 L_1 、 L_2 产生的两路光路,接收端选其光路选通信号(图 5 中④、⑤所示)作为同步信号。同步信号与最后输出的 LA_1 、 LB_1 信号(图 5 中⑧、⑨所示)相“与”,起到时间选择的作用,即只有在同一光路发射的同时在接收端检测到的信号才是真正有用的,其他时间片段接收到的信号则需要屏蔽。

3 实际应用中的注意事项

安全光幕的检测部分是通过红外对管的收发实现的,因此,红外对管的选取就显得至关重要。在选定时,必须保证以下条件:①电性参数一致;②光学参数一致;③管芯的几何尺寸、形状、位置一致。此外,红外接收组件在生产中一般均经过激光调校,可以不用筛选^[10]。

在安装时,也应当注意红外对管的位置、方向和轴距的选取,以保证其确定的光路,并可减小干扰,保证电路正常工作^[10-11]。

4 逻辑功能的软件实现

软件实现程序流程图如图 6 所示。

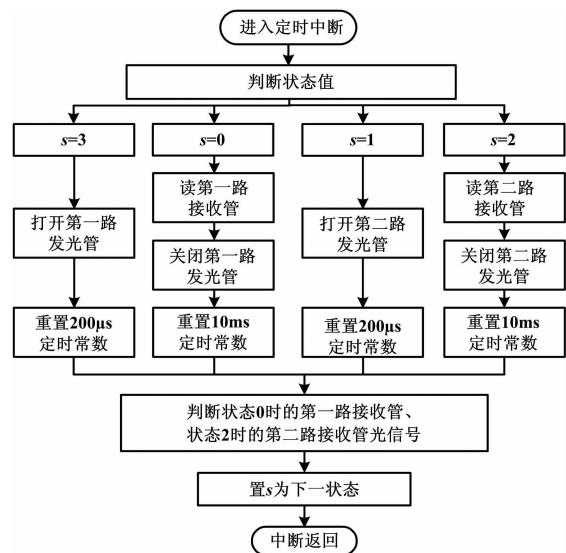


图 6 软件实现程序流程图

Fig.6 Flowchart of software implementation

(下转第 52 页)