

降雨及沙尘暴报警系统的设计

杨志萌, 张凯临

(中国海洋大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 设计了一种基于光电检测原理的降雨、沙尘暴报警系统, 用来对海上或偏远地区无人看护的设备提供保护信号, 在此基础上继续提供了与降雨大小成比例关系的脉宽调制(PWM)输出以及一分钟降雨雨滴数值的 LCD 显示。本报警器利用降雨雨滴和空气中悬浮颗粒对红外光的消光作用来产生相应的电信号, 通过相应的滤波、信号放大等处理来获得降雨大小和沙尘暴信息, 并及时向其他在降雨、沙尘暴天气发生时需自动进入保护状态的仪器发出报警信号。本仪器选用器件简单、廉价, 适于大批量生产, 又便于维修和更换测试。

关键词: 光电检测; 红外; pic16f877a; 降雨报警; 沙尘暴报警

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2013)02-0137-03

Design of precipitation and sandstorm alert system

YANG Zhi-meng, ZHANG Kai-lin

(College of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: This paper discusses a Precipitation and sandstorm optical alert system. The system can detect whether the phenomenon of rain or sandstorm happen and provide protection signal to some instruments deployed on voluntary observing ships (VOS) or in some remote areas without any service requirement or operator intervention and in further, it can output the voltage that in proportion to the rainfall intensity. With the extinction ability of rain and sand particles to the infrared light, a photoelectric can convert the phenomenon of rain and sandstorm into voltage, the voltage is processed by the filters and amplifiers for giving warning signal of rain and dust storms as well as distinguish the level of the phenomenon.

Key words: photoelectric detection; infrared; pic16f877a; precipitation alert; sandstorm alert

降雨及沙尘暴天气对非全天候工作的仪器具有破坏性。尤其在海上平台或偏远地区, 在无人值守条件下的自动运行的仪器经常会因受到降雨及沙尘暴影响而造成测量结果不准或损坏仪器元件的情况, 如各种安装有光学镜片等娇贵元件的仪器。因此, 设计一款能在发生以上天气情况时及时向非全天候工作的仪器提供保护报警信号的报警仪极为重要。另外, 本仪器也可以应用在公路、铁路沿线易出现地质灾害的位置, 还可以扩展为阳台上自动防雨门窗信号的触发。

1 实现原理

雨滴、沙尘对透射光会产生消光效应, 本仪器使用红外发光二极管作为激励光源, 光敏二极管作为接收器来接收由于降雨及沙尘颗粒引起的光强变化以达到探测是否有降雨或沙尘现象发生, 并通过计数一分钟之内降雨雨滴滴数来判断降雨相对大小, 以提供与之相适应的 PWM 输出。通过光学透镜的聚焦原理增大了感雨面积, 在保证报警检测仪在不显著增加体积的同时, 增强了其感应能力。当有雨滴或沙尘颗粒出现在此感知区域时, 会使得到达光敏二极管的光强减弱。对于降雨, 光强减弱是雨滴沿着光程随机下落遮挡而产生

的, 根据雨滴降落到地面时的速度结合系统设计, 确定出雨滴引起光路闪烁的频率, 从而通过选取合适带宽的滤波器来获取降雨信息; 对于沙尘天气, 光强减弱是由空气中漂浮沙尘颗粒的消光特性而引起, 通过模数转换及合理的设置阈值来及时的判断是否有沙尘暴天气产生, 以便发出报警信号。

2 硬件设计与实现

本系统主要分为 4 部分: 红外发射模块、红外接收模块、信号处理模块、实时显示及报警信号发生模块。系统原理框图如图 1 所示。

传感器输出为微弱信号, 不易于检测, 所以需要对其输出信号进行放大, 选择合适的放大倍数, 使其电压信号幅度在可测量范围内^[1]。经放大的信号因外界干扰、元器件自身等因素, 都会产生噪声, 因此需要经过滤波处理, 然后将处理过的信号直接输入到 PIC16F877A^[2-3]的 AD 模块以及外部计数模块。

2.1 红外发射模块

红外发射模块的主要元件是红外发光二极管、透镜、滤光片、及带有 3 mm 宽度狭缝的遮光板。发光二极管利用恒流

收稿日期: 2012-09-15

稿件编号: 201209099

作者简介: 杨志萌(1987—), 男, 山东济南人, 硕士研究生。研究方向: 海洋仪器仪表的嵌入式设计。

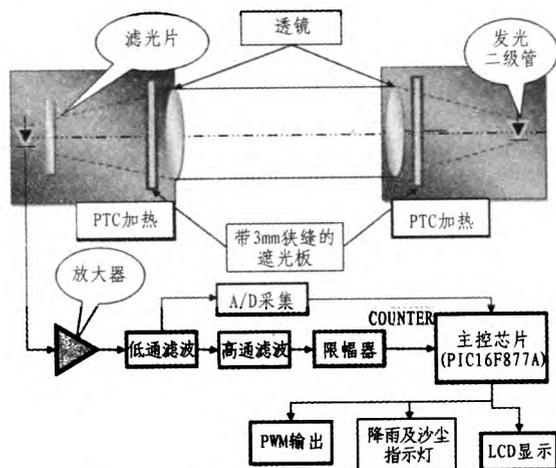


图1 系统原理框图

Fig. 1 System principle and program

源驱动电路对其进行驱动(见图2),以达到二极管发射的光强不随外界接入电压波动而产生变化,并延长其使用寿命的作用。为了得到平行的结构光,在发光二极管的前方加入了透镜,将点光源的发散光转变成平行光。此平行光透过带水平狭缝的遮光板而变为厚度为3 mm左右的平行结构光发出。这样,此光路仅对垂直方向变化的光强明暗灵敏,从而减小了由于其他因素,如飞虫、落叶等导致的误判现象的发生,提高了其可靠性。

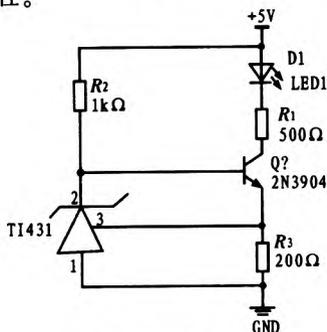


图2 恒流源电路

Fig. 2 Constant-current source circuit

2.2 红外接收模块

红外接收模块的主要作用是将发射模块发射的平行结构光汇聚到光敏二极管的感光面上,从而通过光敏二极管将收到的光信号转变成电信号传输到下一级电路进行处理^[4]。其核心元件是一个光敏二极管,并同样配置一带水平狭缝的遮光片与一片透镜来调理光路。由于光敏二极管的感光面积非常小,只有几平方毫米的大小,因此,使用一片透镜将接收到的平行结构光汇聚到光敏二极管的感光面上。带水平狭缝的遮光板在此处起到的作用是只接收由发射模块发射而来的光源,遮挡住来自其他方向的自然光的进入,避免引起干扰。另外,加入的滤光片只允许特定波长的光通过,从而进一步减少了杂散光源的干扰。

2.3 信号处理模块

信号处理模块是此报警仪的核心模块。它分为两路,一

路对光敏二极管传送来的电信号进行处理以得到降雨雨滴引起的光闪烁信号,一路对光敏二极管传送来的电信号进行处理来获取沙尘天气发生时的空气中悬浮沙尘颗粒浓度信息^[5]。因为由光敏二极管转换的电流信号非常微弱,因此,紧接光敏二极管的是一低噪声的前置放大器。本仪器选择了光电电压模式接法,并通过相应的放大处理,然后将放大的电压信号分为两路。一路通过带通滤波器来得到雨滴引起的光闪烁信号,并送入 pic16f877a 中进行一分钟计数,根据一分钟降雨雨滴数值来估算降雨强度,进而输出 PWM 脉冲电压信号;另一路通过低通滤波器来去除高频噪声,送入单片机的 A/D 模块,并通过合理设置阈值来判断沙尘暴天气是否发生。

带通滤波器选通频率的计算。大部分雨滴到达地面时的下降速度在 0.27~9.3 m/s。结合本设计所选遮光板的狭缝孔径宽度为 3 mm,可以计算出上限截止频率,及下限截止频率。

对于 f_{max} ,将雨滴抽象为直径为 6 mm 的球形模型,雨滴遮挡住光路的时间 $t_{min}=6 \text{ mm}/9.3 \times 10^3 \text{ mm/s} \approx 0.66 \times 10^{-3} \text{ s}$ (1)

则上限截止频率

$$f_{max}=1/t_{min}=1.5 \text{ kHz} \quad (2)$$

对于 f_{min} ,将雨滴抽象为直径为 0.1 mm 的球形模型,考虑到遮光板狭缝宽度 3 mm,因此,雨滴遮挡住光路的时间

$$t_{max}=3 \text{ mm}/0.27 \times 10^3 \text{ mm/s} \approx 11.11 \times 10^{-3} \text{ s} \quad (3)$$

对应的下限截止频率

$$f_{min}=1/t_{max}=90 \text{ Hz} \quad (4)$$

因此,将带通滤波器选择的带宽设为为 50~1 600 Hz。

设计的带通滤波器电路部分如图3所示。

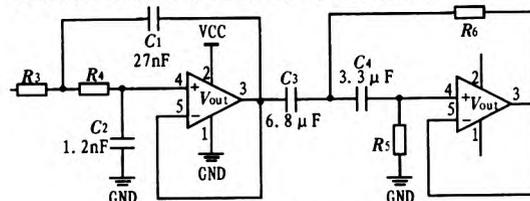


图3 带通滤波器电路

Fig. 3 Band-pass filter circuit

2.4 LCD显示及报警信号的警报

LCD 屏幕用来显示降雨雨滴滴数和沙尘暴天气。降雨报警与沙尘报警信号采用指示灯颜色进行区分。如果报警仪判断为降雨发生,则会通过微控制器控制蓝色指示灯亮起;如果判断为沙尘暴发生则点亮红色指示灯。在判断降雨信号或沙尘信号消失 15 min 后(时间从 1~30 min 任意可调)(防止雨停后,其他地方仍有个别残留的雨滴滴入仪器造成损坏),报警仪自动消除报警信号。

3 系统控制软件设计

根据控制原理,控制程序由 AD 转换子程序、外部脉冲计数程序、PWM 脉冲输出以及主程序 4 个主要部分组成,程序流程,如下图 4 所示。主程序初始化过程,包括 IO 口的输入

或输出设定,AD 转换通道设置、外部脉冲计数设定及 PWM 的初始设置。AD 转换子程序根据 A/D 模块数值并结合设置的阈值来产生沙尘暴天气报警, 主要包含确定 AD 转换模拟信号端口,启动转换和贮存转换结果等过程。外部脉冲计数子程序根据单片机计数模块数值来输出调制脉冲宽度。主要包括计数器的定时测量,及清零,及 PWM 寄存器的设置等过程。经多次测试,决定设定当一分钟内雨滴滴数大于等于 200 时,设定 PWM 脉冲占空比为 95%,当一分钟内测到一滴雨滴时,PWM 脉冲占空比设定为 5%。

软件选用嵌入式 C 语言对单片机进行控制,C 语言编译器选择的是 CCS 公司的 CCS c 编译器,集成开发环境选择 microchip 的 MPLAB[®]。

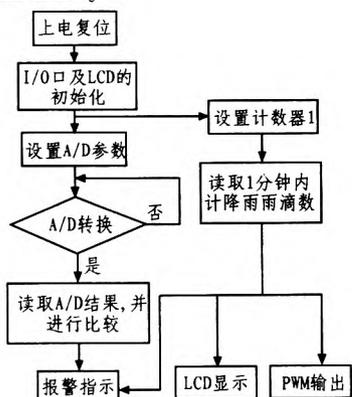


图 4 程序流程图
Fig. 4 Program flow chart

4 结果与讨论

测试方案分两部分进行,第一部分是测试报警仪对降雨的检测。给报警仪通电后,用胶头滴管滴入一滴自来水时,红色报警指示灯亮起(此时设置为 1 滴开始报警),如图 5 所示。



图 5 降雨报警
Fig. 5 Rainfall alarm

说明触发了降雨报警信号,并且 LCD 上雨滴滴数的显示与胶头滴管滴下的滴数相吻合。改用带喷嘴的水壶洒水,每次控制洒水的量不同,LCD 在每一分钟内捕捉到雨滴滴数也不同,同一时刻越多的水滴洒下,LCD 雨滴滴数越大。测试发现一分钟内最大达到 200 滴时,PWM 输出的占空比接近于 95%,当一分钟内无滴时,PWM 输出一个占空比 5%的方波。

第二部分是沙尘暴报警的测试。选取不同的阈值,则可对不同强弱等级的沙尘暴进行报警。根据本仪器对沙尘暴报警的原理,选用一块透明遮光挡板遮挡光路来达到光路光强减弱的效果。结果如图 6 所示。当挡板遮住光路后,红色报警指示灯亮起。



图 6 沙尘暴报警
Fig. 6 Sandstorm alarm

当检测到沙尘暴或降雨停止 15 min 后,系统自动恢复正常状态,即下雨计数值为 0,绿色指示灯亮起。如图 7 所示。整个系统外观图如图 8 所示。



图 7 无报警信号
Fig. 7 No alarm signal

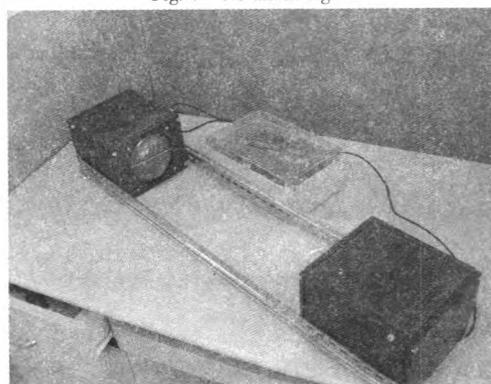


图 8 系统外观
Fig. 8 System appearance

5 结论

通过测试,发现本仪器对降雨、沙尘暴反应灵敏,在刚开

(下转第 143 页)
-139-

如图5所示商用 silvaco 软件仿真的 Si 双极晶体管集电极电流随集电极电压变化曲线,可以看出电流增益大约有 100 倍,且具有较宽的电压摆幅。图6是基于量子流体动力学模型的器件模拟软件仿真的 si 双极晶体管集电极电流随集电极电压变化曲线,它与图5曲线具有相同电压增益和电压摆幅。图7是两个软件在 IC=0.05 mA 时集电极电流随集电极电压变化曲线的比较,其中 ICS 代表 silvaco 软件的集电极电流,ICg 代表基于量子流体动力学模型的器件模拟软件的集电极电流,可以看出它们有相同的变化趋势,且数值较为接近。

4 结论

比较了采用基于量子流体动力学模型开发的器件模拟软件与商用 silvaco 软件对同一个 Si 双极晶体管仿真结果,其中比较了 Gummel 曲线和输出特性曲线,出比较的结果可以看出两个软件结果相近。这就证明了无论是文中采用量子流体动力学模型,还是数值离散方法以及嵌入的物理模型都是正确的、可行的。此项技术对我国自主器件模拟软件开发

有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 吴金,杨廉峰. 半导体器件的并行模拟分析[J]. 电子器件, 1999,22(2):80-86.
- WU Jin, YANG Lian-feng. Parallel Analysis for Semiconductor device simulation[J]. Journal of Electron Devices, 1999,22(2):80-86.
- [2] 施教,伍国钰. 半导体器件物理[M]. 西安:西安交通大学出版社,2010.
- [3] 吉利久. 计算微电子学[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [4] Klaassen D B M. A unified mobility model for device simulation[J]. Solid-State Electronics, 1992, 35:953-959.
- [5] Canali C, Magni G, Minder R, et al. Electron and hole drift velocity measurements in Silicon and their empirical relation to electric field and temprature[J]. IEEE Trans. Electron Devices ED, 1975(22):1045-1047.
- [6] Law, M.E. et al. Self-Consistent model of minority-carrier lifetime, diffusion Length, and mobility [J]. IEEE Electron Device Letters, 1991, 12(8):256-261.

(上接第 136 页)

- [2] 叶佳字,陈晓刚,张新家. 基于AFDX的航空电子通信网络的设计[J]. 测控技术, 2008, 27(6):56-60.
- YE Jia-zi, CHEN Xiao-gang, ZHANG Xin-jia. Design of avionics communication network based on AFDX[J]. Measurement & Control Technology, 2008, 27(6):56-60.
- [3] 熊华钢,李峭,黄永葵. 航空电子全双工交换式以太网标准研究[J]. 航空标准化与质量, 2008, 2(1):25-28.
- XIONG Hua-gang, LI Qiao, HUANG Yong-kui. Study on the avionics full-duplex switched ethernet standards[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2008, 2(1):25-28.
- [4] Bassoon K, Troshynski T. Switched ethernet testing for avionics applications[J]. IEEE A & E Systems Magazine, 2004 (5):31-35.
- [5] 任向隆,马捷中,翟正军. 基于FPGA的AFDX端系统协议栈虚链路层的研究与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(1):157-160.
- REN Xiang-long, MA Jie-zhong, ZHAI Zheng-jun. Research and implementation of VL layer in AFDX End system stack based on FPGA[J]. Computer Measurement & Control, 2010, 18(1):157-160.
- [6] 武华,马捷中,翟正军. AFDX端系统通信端口的设计与实现[J]. 测控技术, 2009, 28(3):56-59.
- WU Hua, MA Jie-zhong, ZHAI Zheng-jun. Design and implementation of communication port in AFDX end-system[J]. Measurement & Control Technology, 2009, 28(3):56-59.

(上接第 139 页)

始下雨时,只要在光路中出现一滴雨滴,仪器即可捕捉到,并发出报警信号。并且输出的脉冲宽度正比与一分钟内降雨雨滴滴数,满足报警器的要求。在对沙尘暴的报警中,只要光路中的光强被沙尘暴遮挡,使光强低于阈值,则会产生沙尘暴报警信号,但阈值的选取还需要结合需要报警的沙尘暴强弱等级进行设定。

参考文献:

- [1] 松井邦彦. 传感器应用技巧141例[M]. 梁瑞林,译.北京:科学出版社,2006.
- [2] 张明峰. PIC单片机入门与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [3] Microchip Technology Inc. PIC16F87XA Data Sheet[EB/OL]. [2012-03-15]. http://ww1.microchip.com/downloads/en/device_doc/39582b.pdf.
- [4] 钱浚霞,郑坚立. 光电检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [5] 塞尔吉欧·佛朗哥. 基于运算放大器和模拟集成电路的电路设计[M]. 刘树棠,译. 西安:西安交通大学出版社,2009.
- [6] Richard Barnett. 嵌入式C语言编程与Microchip PIC[M]. 薛晓东,译.北京:清华大学出版社,2005.