

一种装载机的无线遥控系统设计

黄志凌, 冯勇建*

(厦门大学 物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 为了提高在不安全或环境恶劣的机车调车作业现场的安全性、方便性及其作业效率, 以厦工装载机为实验平台, 开发设计一种应用于工业现场, 具有远距离、高可靠性的多路无线遥控系统。该遥控系统由发射、接收和驱动控制三部分组成, 提供无线键盘操作控制与 PC 机界面独立操作控制的两种遥控模式, 同时, 软件部分采用了模块化结构设计方法。经过多次现场调试实验, 其结果表明, 该遥控系统具有较强的实用性, 另外, 经过改进也可用于其他设备的控制, 有较好的扩展功能。

关键词: 无线遥控; 单片机; 无线通信模块; 串行通讯

中图分类号: TP322

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)02-0235-03

Design of wireless remote control system in loaders

HUANG Zhi-ling, FENG Yong-jian

(School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Aiming at improving security, operational efficiency and convenience of the field shunting locomotive that work in unsafe or poor environment, a multiple wireless remote control system applied in the industrial field of long-distance and high reliability was developed and designed with XG loader for the experimental platform, the wireless remote control system was made of three parts including the transmitting, the receiving and driving control, a dual wireless remote control mode that through the wireless keyboard or the PC was provided, a modular structural design method was used in the software part. Many on-the-spot debugging test was carried. The results indicate that the remote control system has strong practical, furthermore, the improved can also be used to control other devices, which has good scalability.

Key words: wireless remote control; microcontroller; wireless communication module; serial communication

0 引言

工业无线技术是本世纪初新兴的、一种面向设备间的信息交互的无线通信技术, 在提高产品质量、降低生产成本、提高能源效率等方面发挥着重要作用。尤其是在工程机械的应用上, 近几年有着飞速的发展, 目前, 在大型汽车起重机及随车吊、履带运输车等大型机械中已广泛采用该技术, 而在履带装载机、滑移装载机、混凝土泵车、物探钻机机械中也有很大的开发潜力。从最广泛的意义上来说, 一切装有电动运转设备或电气开关的场所, 如果感觉有某种必要, 都可考虑加装遥控设备来改善现有定点开关的操作, 即用遥控器

的操作来实现原有设备的开、停、变向、变速等功能^[1]。

基于这种情况, 本研究进行了本遥控系统的设计, 该遥控系统已进行实际现场试验, 具有一定的可行性。另外, 经过改进也可用于其他设备的控制, 具有较好的扩展性。

1 工作原理

本设计是以厦工装载机为实验平台的一种应用于工业现场, 具有远距离、高可靠性的多路无线遥控系统。可通过手持端按键操作或 PC 机界面操作两种模式发射操作人员所发出的指令, 经过并行、串行变换、

信号程序控制、纠错信号等处理形成数字码,经过载波调制后用无线电波发射出去。控制端接收由发射器发出的电波,读取发射器发出的载波信号并解调译码为代表操纵内容的数字信号,经过驱动放大等处理后发出继电器控制信号^[2]。进而继电器完成对装载机电磁阀的通/断动作,以实现装载机的无线控制。

2 系统硬件组成

整个多路无线遥控系统由发射和接收控制两部分组成。其中的无线遥控发射部分包括:键盘模块、电源模块、MCU 控制模块、无线发射模块;无线接收部分包括:无线接收模块、MCU 驱动模块、控制驱动模块。发射部分电路主要是利用微控制器的输入端口获取按键状态,并通过无线模块发送控制指令(方向,启停设备等命令);接收部分电路则利用无线模块接收控制命令,接收电路接收此串行编码脉冲信号,然后送入 MCU 完成对控制电路的控制。经过光电隔离、放大等处理后发出继电器控制信号,控制机车运行^[3]。两部分使用相同的微控制器模块和无线传输模块,另外,发射端键盘电路、接收端电源管理模块和继电器驱动模块也是系统设计的重点。系统组成框图如图 1 所示。

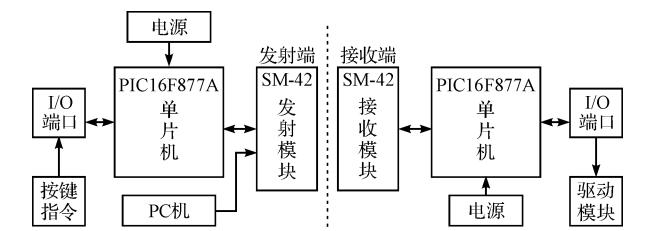


图 1 系统电路结构总图

2.1 无线通信模块

在本工业遥控系统中,笔者采用了由上海桑博电子科技有限公司生产的无线通信模块 SM-42。SM-42 型无线通信模块应用原理图如图 2 所示。该模块基于 GFSK 的调制方法,可靠传输距离 > 400 m,可满足本系统的遥控需求。该模块采用透明式数据传输,无需改变原有系统通信程序及硬件连接方法;串口具有 TTL、RS232、RS485 等多种电平接口;内含看门狗电路,可掉电记忆设置参数;具有组网通信模式,便于点对多点通信。同时,该模块还提供了一个 USB 连接模块,给使用者提供了另一个操作方式,这样就可以在 PC 机界面上进行操作控制^[4]。

2.2 微控制器模块

微控制器模块电路主要包括 PIC16F877A 单片机与 SM-42 芯片的接口电路,以及单片机的 ICD2 仿真

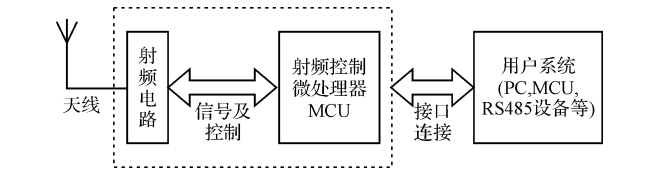


图 2 SM-42 型无线通信模块应用原理图

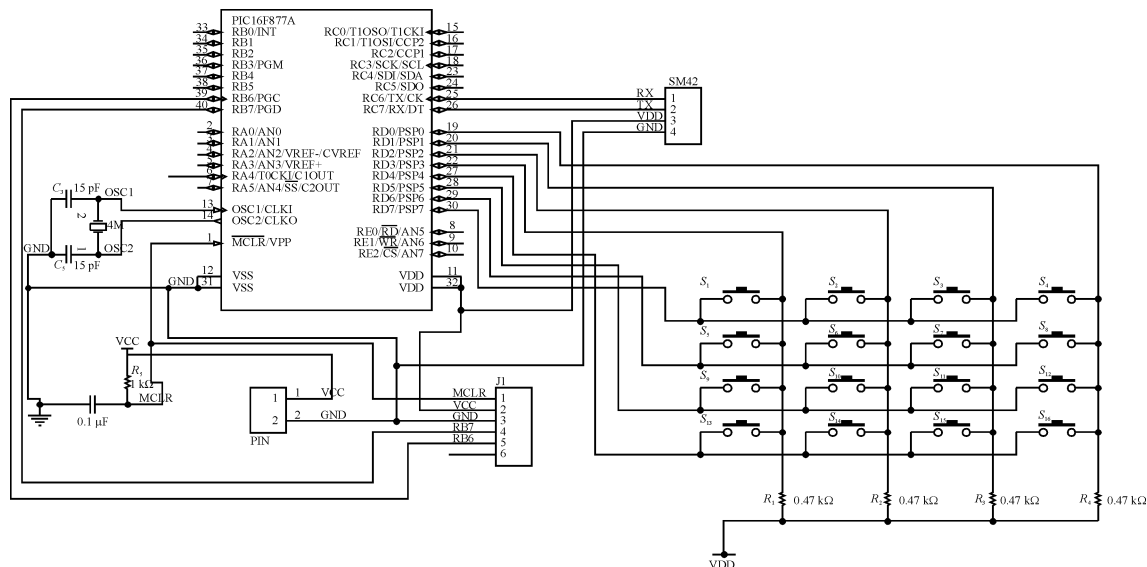
电路设计。SM-42 与单片机相连较为简单,只需要 4 根信号线,即 GND、VCC、RX、TX,ICD2 仿真口有 6 脚与单片机相连,在电路设计中要注意的是,单片机的 RX 端口须接 SM-42 模块的 TX 端,TX 端口须接 SM-42 模块的 RX 端^[5]。

2.3 发射键盘模块

发射端键盘电路主要是利用 PIC16F877A 单片机的一般 I/O 进行扩展设计,来实现对按键值数据的采集。该无线遥控系统为工业使用,应根据具体的实际操作设置好控制点数。对于装载机,它在工业操作中要求有 4 路控制活动:前进、后退;左转、右转;铲斗上升、铲斗下降;铲斗装斗、铲斗卸斗。正确地选择遥控器的控制点数可有效合理地降低系统成本。实际操作中要求实现多路的同时控制,一般来讲,发射器上的一个按钮占一个控制点,本设计对键盘的设置采用按下键盘按键执行该按键对应的控制操作动作,松开该按键则控制操作动作停止^[6]。再设计两个功能按键:开关、复位。由于 PIC16F877A 单片机的 I/O 端口具有中断功能,在软件设计时可以采用键盘扫描的方式采集键值,也可以利用 I/O 的中断功能实现键盘输入。需要指出的是,本次设计共对 10 个键进行设置,以控制 4 路 8 个控制活动及两个功能开关,每一路中的两个动作设置为不能同时触发进行,而多路的动作则设置为可同时触发进行工作。在实验操作中本研究采用 4 × 4 的矩阵键盘,其与单片机、发射模块电路连接图如图 3 所示。

2.4 电源管理模块

由于发射端为独立的外接操作部分,并不与装载机相连,采用外接 5 V 电源供电。接收端与控制系统相连,而单片机和传输模块需要 5 V 电源供电,驱动模块继电器工作电压为 12 V,而且本次实验驱动的电磁阀的电压也为 12 V,它由装载机内部供电。因此,在接收端统一采用 12 V 的电压,电路须通过电压变换,整流滤波等一系列电路后对系统进行供电^[7]。采用的电压变换芯片为 L7805CV,为了减小杂波干扰,在芯片的电源端都要加上一个 0.1 μF 与一个 0.33 μF 的电容器进行滤波处理。



2.5 继电器驱动模块

接收端驱动模块主要是利用单片机控制继电器,随后继电器驱动电磁阀工作。本次实验采用 HK4100F-DC5V-SH 型继电器,此型号继电器为 6 脚继电器。继电器电路中一般都要在继电器的线圈两头加 1 个二极管以吸收继电器线圈断电时产生的反电势,防止干扰。如图 4 所示,AB 为常开触点,AC 为常闭触点。当控制信号为高电平时,继电器常开触点吸合(AB 导通),当控制信号为低电平时,继电器常开触点断开、常闭触点吸合(AC 导通)。由于接收部分单片机与接收模块连接图与发射部分相同,本研究只给出接收部分驱动模块的电路。本次实验采用的驱动电路图如图 4 所示。

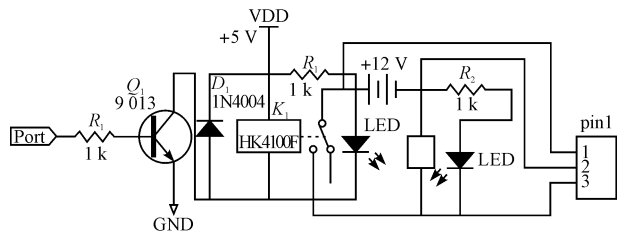
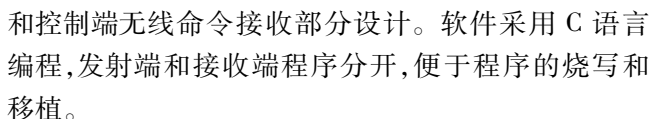


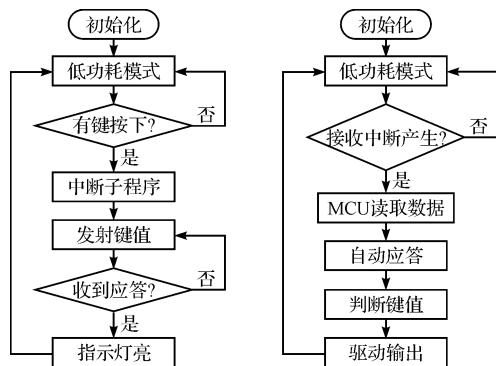
图 4 单路继电器控制电磁阀电路

从电路原理图中可以看到,当单片机 I/O 口与一个 PNP 型三极管基极相连,经三极管电路放大后,直接驱动继电器,继电器的开/关完全由三极管的基极电平进行控制。当单片机的 I/O 口输出高电平,PNP 型三极管截止,这时继电器不工作;反之为低电平的话,PNP 型三极管导通,继电器得电吸合^[8]。



PC 机发射部分软件采用串口调试助手软件,应用串口来发送数据以实现对接收端的控制。

手持端键盘发射部分软件为单片机 I/O 口对键值数据进行采集,并通过无线发射模块发送控制命令的软件设计。该部分软件包括端口初始化程序、键值采集程序、中断服务程序、传输模块发射程序等。控制端接收部分软件为无线收发模块接收控制命令,并通过单片机对继电器进行控制的软件设计^[9]。该部分软件包括端口初始化程序、传输模块接收程序、接收中断程序、键值判断程序、输出控制程序等。程序流程图如图 5 所示。系统从 main 函数入口,首先关闭中断位,屏蔽所有中断,然后初始化 CPU,依次调用各子程序顺序执行。由于 PIC16F877A 单片机的 I/O 口具有中断功能,在本软件设计中利用中断服务程序实现键盘的输入。



(a) 发射程序

(b) 接收程序

图 5 系统程序流程图

3 系统软件实现

该系统软件设计主要包括无线命令发射部分设计

(下转第 242 页)

	A	B	C	D	E	F
1	参数	结构计算	单位	参数	水力计算	单位
2	塔径DT	1.1 m		校正阀孔动能因子F0	10.01397711	
3	塔板的总横截面积AT	0.9116672 m ²		出口堰高hw	50 mm	
4	降液管面积AD	5.47E-02 m ²		泛点百分数EDA	75 %	
5	弓形降液管宽度HSD	0.119338 m		泡点夹带量EB	2.257664 kg液体/kg气体	
6	堰长Lw	0.6838304 m		泡点气速WWEEP	1.624693 m/s	
7	阀数N	108 个		阀未开启气速WOC	2.088844 m/s	
8	停留时间TAO	9.48251 s		阀全开启气速WOO	5.044301 m/s	
9	有效塔板面积AA	0.06 m ²		负荷下限XX	3376.292 %	
10	AD/AT	0.8022672		负荷上限GX	14376.37 %	
11	塔板净面积AN	0.8569672 m ²		气液负荷动能因子PLV	4.11E-02	
12	塔板开孔总面积AH	0.11232 m ²		横过板的液层高度Hw	13.51798 mm	
13	开孔的面积分率AF	0.14000322		干板压降Hd	30.69293 mm	
14	气体动能因子F0	10 kg0.5/s.m		鼓泡层压降Hb	36.6661 mm	
15	单位长度出口堰上的液体负荷QL	9.110446 m ³ /h.m		塔板压降HT	67.35903 mm	
16	阀孔气速WO	5.976143 m/s		实际布阀数目	108 个	

图 8 塔板结构参数输出 Excel 表界面

4 结束语

VB 是基于 Windows 的一种简单易用的开发环境,是比较适合机电软件开发人员使用的一种开发工具,本研究所建立的模型及其基于 VB 环境的实现具有较好的通用性,所提供的利用软件设计浮阀塔的方法,省去了手工设计的繁琐与不便,达到了传统设计很难实现的结果准确、开发周期短的优点,并能快速绘制浮阀塔板布阀图及负荷性能图,能实现 EXCEL 表输出结构计算参数和水力计算参数,在很大程度上增强了软件的实用

性和参考价值。由此可见计算机辅助设计技术在化工设计及其他工业设计中具有很高的应用价值。

参考文献 (References):

- [1] 谭天恩, 谯梅, 周明华. 化工原理 [M]. 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] Erwin. Industrial chemical process design [M]. New York, NY: McGraw-Hill Companies, 2002.
- [3] 吴兆亮, 邱进申. 板式塔塔板主要结构尺寸的新设计方法——负荷性能图法 [J]. 化学工程, 1997, 25(1): 23-26.
- [4] 刘保柱. 利用 Excel 和 VBA 开发板式塔设计软件 [J]. 计算机与应用化学, 2006, 23(10): 1035-1037.
- [5] LUO C Y, SHI J R, CAO Y B, et al. Excel method of drawing load characteristic diagram of distillation column [J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2004, 21(3): 39-41.
- [6] LIU Y L, QI J Q, XU P Y. The Visual Basic 6.0 applying to chemical technology design [J]. Computers and Applied Chemistry, 2005, 22(4): 320-322.
- [7] 罗朝盛, 郑玲利. Visual Basic 6.0 程序设计实用教程 [M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [8] 李晓明, 肖亮亮, 孙琛琛. 基于 VB 的通用运动控制软件模型 [J]. 机电工程, 2009, 26(12): 50-53.
- [9] 姚玉英. 化工原理 (下) [M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1999: 163.

[编辑: 李 辉]

(上接第 237 页)

为了提高传输的成功率,应简化信息的传输形式,进行数据压缩,去掉多余部分,使所传递的信息字节中每一位都代表特定的含义。单片机的数据通讯由串行口完成,设置传输速率 9 600 bit 载波频率为 433 MHz,发射功率为 12 dBm,串行口设置为 TTL 电平。数据传输格式为 8N1 (1 位起始位, 8 位数据位, 1 位停止位, 无校验)。单片机通过中断的方式发送和接收数据。无线控制系统工作过程如下:首先是接收过程,单片机都采用中断方式,波特率选择 9 600 bps,帧格式传输为异步方式。当发信端发送时,首先发出相应的地址,然后发送数据;当接收端收到数据后,首先解调成数字信号,将该数据发送到单片机的 RXD 端。一旦接收到一帧数据,便立即向 CPU 提出中断申请, CPU 便可将接收到的数据取走,接收一帧数据的过程至此结束^[10]。

4 结束语

该遥控系统在设计中采用了模块化结构,利用软、硬件相结合的方法来实现无线的遥控。经过现场操作表明,该遥控系统有效解决了控制命令编码的产生,准确性高、误差小,能够满足现实情况中监控的要求。可以使操作人员通过手持端的状态反光灯实时监测接收状况,操作人员可自由走动选择最佳角度,避免能见度

差、污染严重、危险的操作位置,改善操作人员的工作环境。经过多次调试和现场试验,目前,该无线系统已可以投入使用。另外,该系统结构经过改进也可适用于其他设备的控制,具有良好的扩展性。

参考文献 (References):

- [1] 肖景和, 赵健. 无线电遥控组件其应用电路 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [2] 马宏远. 钢铁工业中的无线遥控和计算机无线数据通信 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [3] SM-42 datasheet (rev. 1.2) [M]. [s. l.]: [s. n.], 2008.
- [4] CHEN L, QIN H B, ZHOU Q H. Design of programmable wireless remote control multi-channel switch system [J]. Semiconductor Technology, 2004, 29(9): 60-73.
- [5] WANG H, KIM S C. Development of multi-functional tele-operative modular robotic system for greenhouse watermelon [J]. Proceedings of the 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2003, 14(5): 1344-1349.
- [6] GOLDENBERG A A, WIERCIENSKI J, KUZAN P. A remote manipulator for forestry operation [J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1995, 13(2): 185-197.
- [7] 姜红艳, 孙艳军. 薄煤层液压牵引采煤机无线遥控系统 [J]. 煤矿机电, 2009, 8(6): 6-9.
- [8] 田海, 常小晋. 工业无线遥控系统在桥式起重机上的应用 [J]. 包钢科技, 2006, 14(2): 34-36.
- [9] 丁则信. 塔式起重机的无线遥控装置 [J]. 工程机械, 2005, 25(1): 13-15.
- [10] 陈洪, 杨毅, 冯培恩, 等. 采掘机器人远程无线遥控系统的设计 [J]. 机电工程, 1998, 16(2): 38-40.

[编辑: 李 辉]