

吉林大学仪器科学与电气工程学院
科技学术实践“六个一”训练项目

中文论文集

2013 年下半年

目录

基于单片机的手机无线充电器设计	丁小旭; 郭百付; 李可	1
全方位分区控制智能照明系统的设计实现	李娜; 张涛; 叶建松	5
防挂载电流智能断电插排	谢明学; 刘亚骄; 熊源	9
公交客流统计系统设计	白璐; 胡雪岩; 韩醒之	13
电磁辐射检测仪的设计与实现	王迪; 任天明; 蒋明杰	17
呼吸暂停综合症早期发现仪的开发与研制	王刚; 连士博; 徐丽霞	21
智能多功能台灯	张卓; 陈捷元; 张微	25
可远程交互的二次重合闸微机装置的设计与实现	马晶; 王钰; 韩思雨	29
基于彩信的智能防盗报警系统	周贤泽; 张翼轩; 刘延	36
便携式电感测量仪	孟泽霖; 李永彬	41
高密度电法编号检测仪	刘馨阳; 程远达; 韩冬	45
基于三角测量的三维扫描和激光测距装置	陈浩; 韩醒之; 唐祥美; 姜弢	50
基于 STC12C5A60S2 单片机的声源定位系统设计	吕婷婷; 王洪超; 彭壹帅	55
光伏发电并网孤岛检测技术	孙淑琴; 耿震; 张发聪; 王慧轩	59
光纤检波器电磁阻尼的研制与仿真	周瑞; 姜然淞; 薛碧曦	64
基于 SG3525 Buck 型的 DC-DC 直流变换器设计	张发聪; 文晓哲; 许琳琳; 王世隆	76
基于 nRF24L01 的无线多点温湿度检测系统设计	武金地; 宋奇翰; 赵潇逸	81
X Y Z 轴步进电机三维运动控制系统	聂洋; 李腾飞; 刘惠	85
基于 NRF905 的无线温室环境检测系统设计	杨树新; 刘洋; 冷舒喆	89
基于 GSM 无线通讯的宿舍智能安全报警系统	焦雷; 赵越; 王正宇	92
一种射频宽带放大器的设计	徐丽霞; 王刚; 连士博	95
办公室计算机显示器的电磁辐射测量报警系统	袁贵扬; 沈春洋; 刘古城	100
基于对消法的高精度数控陷波器的设计	千承辉; 李琦; 石照民; 徐倩	104

基于单片机的手机无线充电器设计*

丁小旭；郭百付；李可

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130012)

摘要: 为了适应无线充电在植入性医疗器件、传感器、市政交通等方面应用, 改变目前电子产品充电接口不兼容的情况。本设计采用 STC12C5A60S2 低功耗单片机作为无线传能充电器的监测控制核心, 基于电磁感应原理, 通过线圈进行能量耦合, 实现能量的传递、电流控制、电压控制功能, 实现在传输距离 5cm 下, 达到 5V 电压、0.5A 电流持续稳定供电, 电能充满后给出充满提示且自动停止充电。充电电压和充电电流显示采用低功耗 LCD1602 液晶屏。系统具有无线充电、能量传输效果好、成本低、无需布线、携带方便等优势, 有着广泛的应用前景。

关键词: STC12C5A60S2 单片机 智能 无线充电

Mobile wireless charger design based on single chip microcomputer

Ding Xiaoxu; Guo Baifu; Li Ke

(Instrument science and electrical engineering college of University Changchun 130012)

Abstract: In order to adapt to wireless charging in implantable medical devices, sensors, application of municipal transportation aspect, change the present electronic charging interface is not compatible. This design uses STC12C5A60S2 low-power microcontroller as the wireless transmission can charger monitoring control core, based on the principle of electromagnetic induction, Energy coupling, through the coil, current control, voltage control to realize the power transfer function and the transmission distance of 5 cm, At 5 v power supply voltage, 0.5 A current steady, electricity given after full of full of hints and automatically stops charging. Charging voltage and charging current display with low power consumption LCD1602 LCD screen. System has good performance in wireless charging, energy transmission, low cost, no wiring, easy to carry and other advantages, has a broad application prospect.

Key words: STC12C5A60S2 microcontroller intelligent wireless charging

前言

手机需要对应的充电器, 大部分充电器不能通用和兼容, 使用者携带有线充电器和充电都不方便。所以一种无需充电器的充电技术亟待开发。诺基亚 920 这款手机具备了无线充电技术, 采用电磁感应原理, 发送和接收端各有一个线圈, 发送端线圈连接有线电源产生电磁信号, 接收端线圈感应发送端的电磁信号从而产生电流给电池充电。但是诺基亚

920 进行无线充电时, 需要放在对应的无线充电板上, 一旦超过 2 厘米便无法进行充电, 而且生产工序复杂, 价格昂贵, 可见增加传输距离是无线充电技术应该重视的问题。本设计同样采用电磁感应原理, 通过线圈耦合产生能量, 硬件电路主要有发射端和接收端两部分组成, 发射端采用 NE555 与 RC 构成振荡电路, 使用场效应管作为功放元件; 接收端由 BUCK 斩波电路即降压型 DC/DC 转换电路实现稳压稳流作用。传输距离可以达到 5-10cm, 电压 5V, 电流 0.5A 稳定充电。具有原理简单, 无线传

* 指导教师: 李春生

项目类型: 大学生创新项目

输距离较长, 成本低的优势。设计中单片机和 LCD 耗电较多, 导致充电电流低的问题, 所以用低功耗芯片和液晶显示器, 可提高充电电流。

1 硬件系统设计

本无线充电系统的设计采用电磁感应原理, 利用线圈耦合方式传递能量。由于无线传电电压随能

量发送单元和接收单元耦合线圈的间距 D 在测试中可能改变, 导致距离的不同充电电压变化, 为安全设计考虑, 所以充电方式上选择恒压的充电方案。在器件选择上选择有多种省电模式, 功耗特别省, 抗干扰力特强的 MSP430 系列超低功耗单片机 MSP430F2274 作为无线传能充电器的监测控制核心芯片, 电压和充电时间显示采用低功耗 LCD1602 液晶屏, 以提高充电电路的能量利用效率。

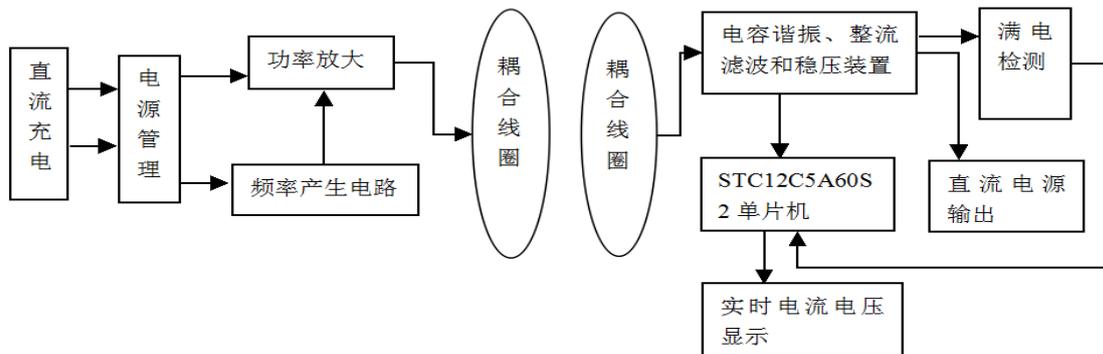


图 1 总体方案设计框图

Fig.1 System architecture

1.1 振荡电路的设计

发射电路由振荡信号发生器和谐振功率放大器两部分组成, 见图 2 所示。采用 NE555 构成振荡频率约为 55KHZ 信号发生器, 为功放电路提供激励信号; 谐振功率放大器由 LC 并联谐振回路和开关管构成。振荡线圈按要求用直径为 0.50 mm 的漆包线密绕 30 圈, 实测电感值约为 90 uH, 由公式可知;

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

当谐振在 55 KHZ 时, 与其并联的电容 $C16$ 约为 0.1uF。当功率放大器的选频回路的谐振频率与激励信号频率相同时, 功率放大器发生谐振, 此时线圈中的电压和电流达最大值, 从而产生最大的交变电磁场, 具有最好能量传输效果。

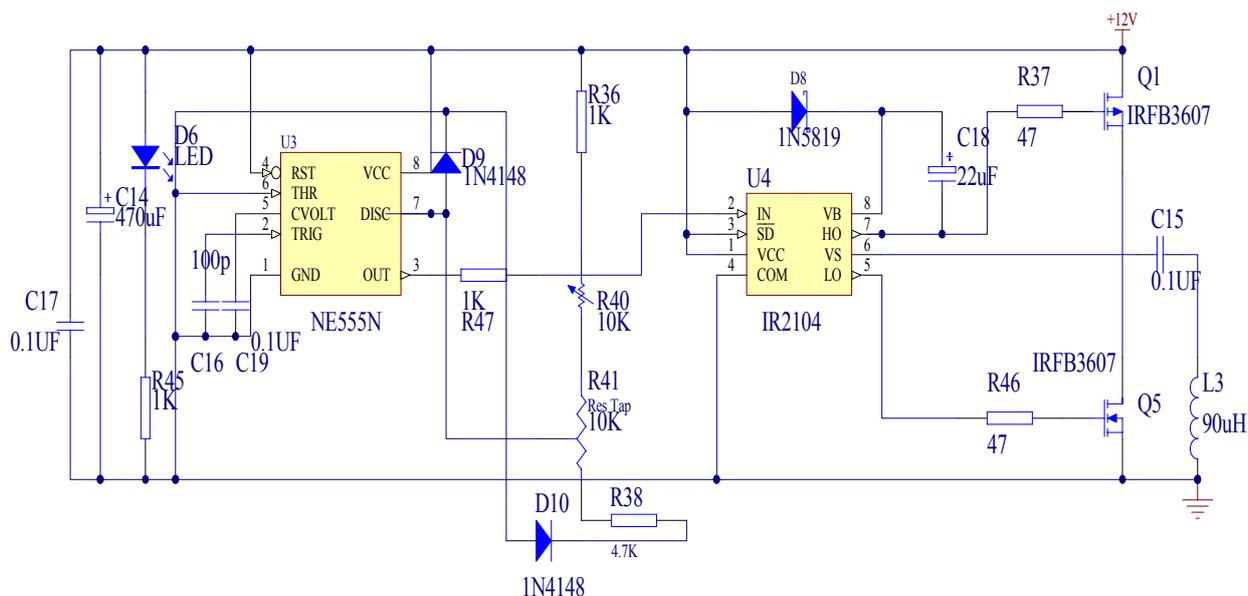


图 2 发射电路硬件图

Fig.2 The hardware circuit

1.2 半桥逆变电路的设计

如图 2 右侧所示半桥逆变电路, 两个 MOS 开关管组成此半桥电路。当 MOS 管 $Q1$ 导通时, $Q5$

截至，电流由 MOS 管 Q1 经 LC 电路到地线。当 MOS 管 Q5 导通时，Q1 截至，电流经 Q2、LC 到地线。如此循环，将直流电逆变为交流电，供给 LC 电路发射。使用 IR2104 作为 MOS 管驱动芯片，IR2104 是一种高电压、高速度的功率 MOSFET 和 IGBT 驱动器，工作电压 10-20V。通过 HO 输出控制 Q1 的导通于关断，而 LO 控制 Q5 的导通于关断，从而达到控制半桥的目的。

1.3 BUCK 斩波电路

DC/DC 变换是将固定的直流电压变换成可变的直流电压，也称为直流斩波。Buck 电路即降压斩波器，其输出平均电压 U_0 小于输入电压 U_i ，极性

相同,在本电路中输入始终大于输出，所以采用脉宽调制方式的 BUCK 变换器，BUCK 变换器又称降压变换器、串联开关稳压电源、三端开关型降压稳压器。

1.3.1 KA7500B 介绍及工作原理

图 3 中所绘电路本质上是一个电源电路，具有恒流/恒压输出功能。它带有两路反馈电路，为电流反馈和电压反馈，其中电流反馈的正、负极对应 KA7500B 的第 1、2 脚，输出电流在电流取样电阻上产生一压降，该压降经 R9、R10 和 R14、R15 电阻回馈回来。

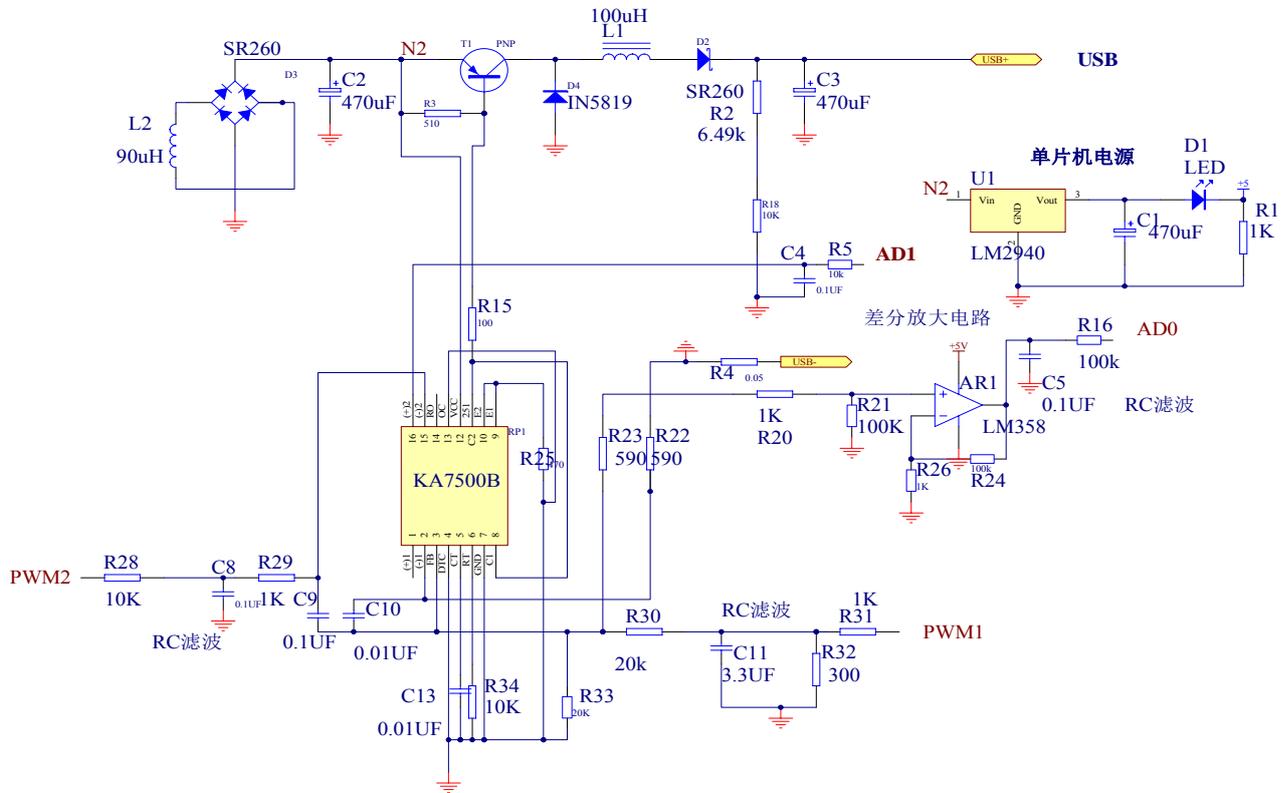


图 3 DC/DC 变换电路

Fig.3 DC/DC inverter

当 KA7500B 的第 1 脚电压大于第 2 脚电压时 KA7500B 会减小输出脉宽（第 8、11 脚），使电流减小，否则增加脉宽，使输出电流恒定在预设值，其恒流值符合以下公式

$$I = PWM * \frac{0.59K}{(0.59K + 20K)} / R$$

式中 R 为电流取样电阻，电路中的电压反馈的正、负极对应 KA7500B 的第 16、15 脚，在上电后，单片机输出 PWM 电压，提供给 KA7500B 的 15 脚作为电压基准，输出电压经过前面电压取样电阻分压

后，与电压基准比较，当电压太大时，则减小脉宽，太小则增加脉宽，使之保持恒定的输出电压值，同时用按键设置输出电压，保证输出最大的电压和电流不超过电池额定充电的限制，通过 USB 数据线接收端连接手机充电端口，其输出电压符合下列公式：

$$V_{out} = PWM * \left(\frac{16.49k}{10k} \right)$$

2 系统整体程序框架

本设计整体工作主要由单片机程序控制实现，其工作过程为：电路启动初始化，电路功能选择，输出选择并确定输出，单片机采集计算输出 PWM 信号，定时采集数据并处理调节 PWM 信号占空比等，通过调节占空比来完成电压调节。

2.1 程序整体框架如图 5 所示。

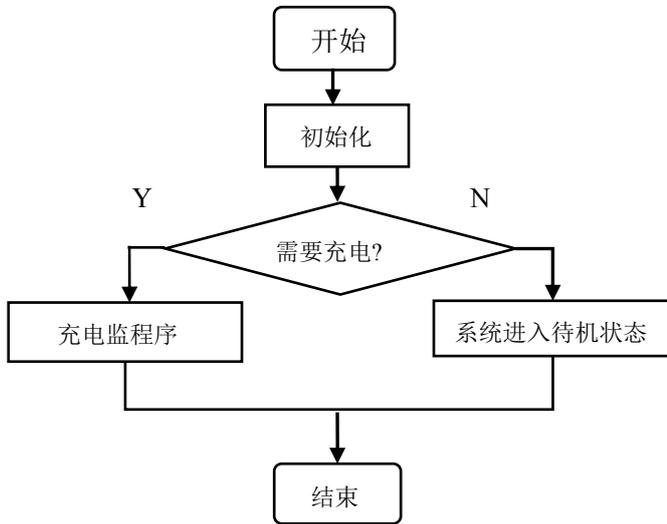


图 4 系统程序流程图

Fig. 4 System program flow chart

2.2 充电子程序的设计

充电过程分两阶段进行，第一阶段为恒压充电，充电电压可设定，当充电电压达到 4.2V 时转入第二阶段，即 4.2V 的恒压充电方式，恒压充电电流会随着时间的推移而逐渐降低，待充电电流降到 10mA 时，表明电池已充到额定容量的 90%~95%，此时即可认为基本充满，如果继续充下去，充电电流会慢慢降低到零，电池完全充满。具体充电过程中，“充电”红指示灯亮；充满时，“充电”绿指示灯亮。由于不同手机的电池电量和充电距离导致手机的冲入电量是不同的。充入电量的数据获得是由手机电池显示图标的数据差。实验所用的两款手机小黄蜂和 HTCONEX 的锂电池容量分别为 1420mAh 和 2000mAh。以表一第三行为例：锂电池输出电压 3.7v，发射端电压电流为 12V1A。

$$P_{\text{有效}}=3.7 \times 2 \times 0.4=3.0\text{w}$$

$$P_{\text{发射}}=12 \times 1=12\text{w}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{有效}}}{P_{\text{发射}}} = \frac{3.0}{12} = 25\%$$

表 1 实际充电情况

Form.1 The actual charge

手机	充入电量	时间 min	距离 cm
小黄蜂	30%	30	6
小黄蜂	40%	30	5
HTONEX	40%	60	5
HTONEX	10%	30	8

3 结论

本设计可实现传输距离为 5-10cm，适合大多数手机接口的无线充电，解决了有线充电接口不兼容，携带不便的问题。系统硬件和软件均采用模块化设计，易于调试和查错。尚且存在的问题是充电效率稍低，传输距离较短，深入研究中，可通过增大电源电压为 24V 以及增大线圈半径改善这一问题。同时让 PWM 产生由独立芯片完成，这样可减轻单片机的负担，并可提高电路输出精度。

参考文献

- 肖志坚, 韩震宇, 李绍卓.关于便携式电子设备新型无线充电系统的研究[J].自动化技术与应用 2007, 12:114-116.
- Digital Voice Systems. Inc. AMBE1000 Vocoder ChipUsers Manual Version 4.1[M].2004-04.
- 周立功,张华.深入浅出 ARM7[M].北京:航空航天大学出版社,2005:52-53,70-90.
- 张歆奕,卢敦陆,张有为.AD73311 通用模拟前端的原理及其在语音处理中的应用[J].电子技术应用,1999(8):53-55.

全方位分区控制智能照明系统的设计实现*

李 娜； 张 涛； 叶健松

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130012)

摘要: 为了营造良好的灯光环境, 充分利用外界自然光以达到动态控制灯光强弱的目的, 并且实现低功耗, 智能化等特点, 本文以 STC89C51RC 单片机作为控制器, 光强传感器模块、LED 驱动电路模块和 LED 灯模块组成全方位分区控制智能照明系统。可以实现和外界光强相补充来自动调节亮度, 节约能源, 并且可以分区域控制, 达到普通照明的要求。光强检测精度 ≤ 1.0 lx, 调节时间 ≤ 2.0 s, 经实际测量, 与普通日光灯相比节能比率为 25%-30%。

关键词: 照明系统 光强传感器 分区控制 低功耗 智能化

Design and Implementation of the full range of sub-control intelligent lighting system

Li Na; Zhang Tao; Ye Jiansong

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to create a good lighting environment, making full use of the outside natural light to achieve dynamic control lights, low power consumption and intelligent characteristics, this intelligent lighting control system is based on the STC89C51RC single-chip microcontroller as the processor, composed of light intensity sensor module, LED module and LED drive circuits. It can automatically adjust the brightness added with the outside light intensity, and energy saving and sub-regional control functions can be implemented. Light intensity detection's accuracy is less than 1.0 lx, adjusting time is less than 2.0 s, through actual measurement, compared with ordinary fluorescent lamp, energy saving can rate up from 25% to 30%.

Key words: Lighting system; Light intensity sensor; Partition control; Low power consumption; Energy saving

0 前言

传统照明系统智能程度低, 灯光控制不够连续, 而且使用寿命短, 能源转化效率低; 另外一些公共场所, 如学校的教室, 光源的使用经常处于无人管理或疏于管理的情况, 这种情况不仅影响人的生活, 更是对电能的极大浪费。本文设计一种组合式照明系统, 可以全方位 360 度实时监测外界光强, 然后自动调节本身的亮度。本系统采用分区域控制的方式, 每个区域自动检测本区域的外界光强, 通过单片机处理信息并发送到调控系统, 调整亮灯的个数

进而调节亮度使之达到普通照明的要求^[1]。本照明系统不仅能满足正常生活工作所需的光强, 节约电能; 而且本系统可以实现自动调节, 能够方便公共场所的监控与管理。

光源方面, 本系统选择 LED 作为光源, LED 被称为第四代绿色光源, 其发光器件为冷光源, 具有能耗低、寿命长等特点。在相同的照明情况下, LED 灯耗电量是白炽灯的十分之一, 荧光灯的二分之一。同时由于 LED 灯与其他照明灯具相比不含有钠, 汞等危害身体健康的元素, 有利于环保^[2]。

*指导教师: 张林行

项目类型: 大学生创新项目

1 系统总体结构

本文所设计的全方位分区智能照明系统，由 STC89C51RC 控制器，BH1750FVI 光强传感器模块、LED 驱动电路模块、LED 灯模块和弧形灯罩组成，系统总体结构图如图 1 所示。传感器模块采用光敏二极管采集外界光强，并将检测到的信号经过前置放大、滤波、A/D 转换等处理产生相应数字信号经 IIC 协议传递给控制器进行处理，然后经过 LED 驱动电路控制 LED 灯亮的个数，以达到普通照明需求。

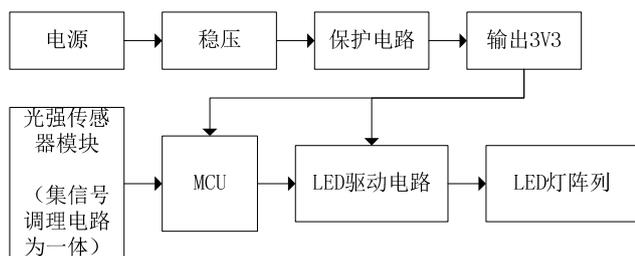


图 1 系统总体结构

Fig.1 System architecture

2 硬件设计

2.1 系统控制结构

控制系统一般分为闭环控制系统和开环控制系统，本设计需要对采集的光强信号进行反馈调节，因此采用闭环控制系统^[3]。系统结构如图 2 所示。

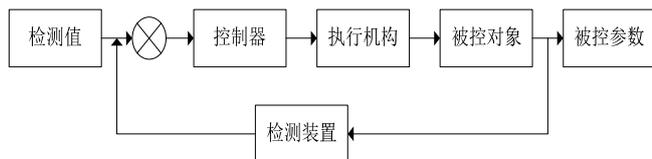


图 2 系统控制结构

Fig.2 System Control Structures

2.2 主控制模块

本系统采用 STC89C51RC 单片机作为控制器，STC89C51RC 是一类具有 16 位总线的带 FLASH 的单片机。它采用 16 位的总线，外设和内存统一编址，寻址范围可达 64K，还可以外部扩展存储器。具有统一的中断管理，具有丰富的片上外围模块。由于为 FLASH 型，则可以在线对单片机进行调试和下载，由于 JTAG 口直接和 FET(FLASH EMULATION TOOL) 相连，不需另外的仿真工具，方便实用，而且可以在低功耗模式下工作^[4]。

主控制器系统的外围接口电路由光强传感器、LED 驱动模块、电源等三部分组成，系统的硬件电

路原理图如图 3 所示。控制器分别连接东、西、南、北和下五个方向的光强传感器测量电路，每个分区的 LED 灯阵列由固定在该区的光强传感器单独控制，单片机通过外部扩展，利用 LED 驱动电路分别连接各个分区的 LED 灯阵列。

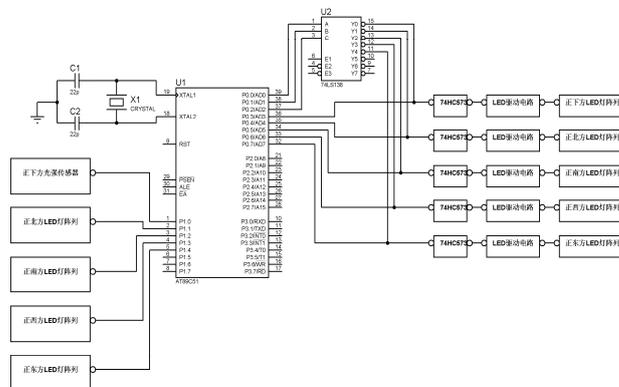


图 3 系统硬件电路图

Fig.3 System hardware circuit

2.3 测量电路模块

本设计采用的 BH1750FVI，是一种用于两线式串行总线接口的数字型光强传感器集成电路。这种集成电路可以根据采集的光线强度数据来调整灯光的亮度，利用它的高分辨率可以探测较大范围的光强度变化^[5]。具有接近人眼视觉灵敏度的光谱灵敏度，较宽的测量范围和高精度（相当于 1lx-65535lx）等特性。

其内部包括 A/D 转换器，信号传输电路，整个测量电路的电路图如图 4 所示。D1 为整个模块的感受元件，其输出信号经前置运算放大器放大和滤波后，再经过 16 位 A/D 转换器转换为数字信号，通过(I²C)协议连接到输出端。传感器模块内部含有 3.3V 电源稳压器，50Hz/60Hz 除光噪音功能，可实现稳定的光强测定。

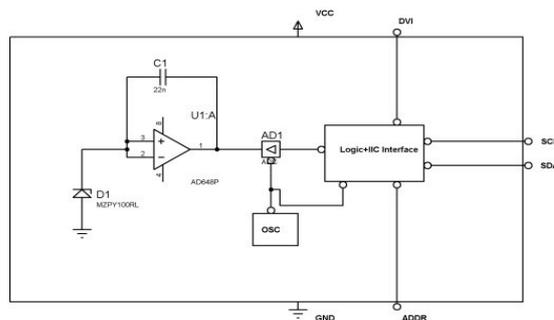


图 4 测量电路原理图

Fig.4 Measuring circuit schematics

2.4 LED 驱动模块

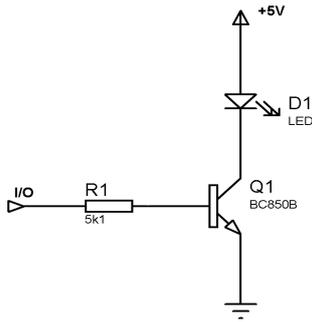


图5 LED灯驱动电路图

Fig.5 LED Lamp driver circuit

北方

如图5所示,1口连接LED驱动模块扩展出来的I/O口,利用三极管的开关特性,控制LED灯的亮灭。经测试,当基极有一高电平时,输出电流为1mA,符合设计要求。R1电阻选用5K,避免输出功率不足,起到了限流的作用^[6]。

2.5 LED灯模块

根据本设计的核心理念,即减少光源的浪费,达到环保与节约资金的效果,设计中将LED灯以弧形的方式排布,这样可以360度全方位的向外界提供光强。弧形灯罩上面的LED灯是分五区排布的,分别为下方,东方,西方,南方,北方。图6为全方位分区控制智能照明灯的结构示意图。

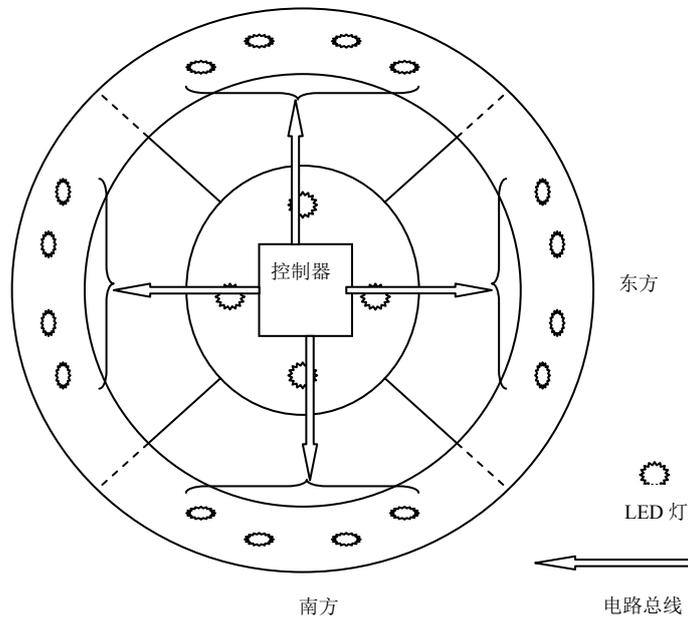


图6(a) 智能照明系统外形结构(俯视图)

Fig.6 (a) Outline structure (Overlook)

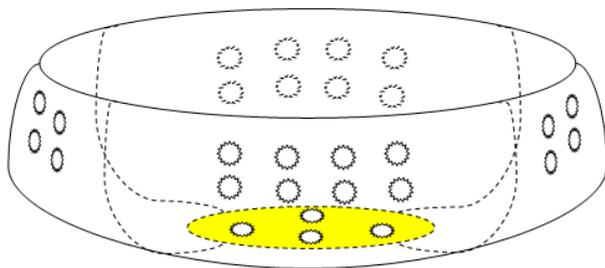


图6(b) 智能照明系统外形结构(立体直观图)

Fig.6 (b) Outline structure (Three-dimensional visual)

处理等组成。主要任务是将传感器传来的数字信号进行处理。首先选择方向,然后获取本方向的光照信息,如果在此方向上的光照强度超过普通照明的要求,则微处理器执行减少本区域亮灯的个数,反之则执行增加本区域亮灯的个数,使室内的光照强度一直保持在普通照明要求的范围内。

3 软件设计

主控制器的程序流程图如图7所示。主控制器的程序主要包括模块初始化、获取光照信息和响应

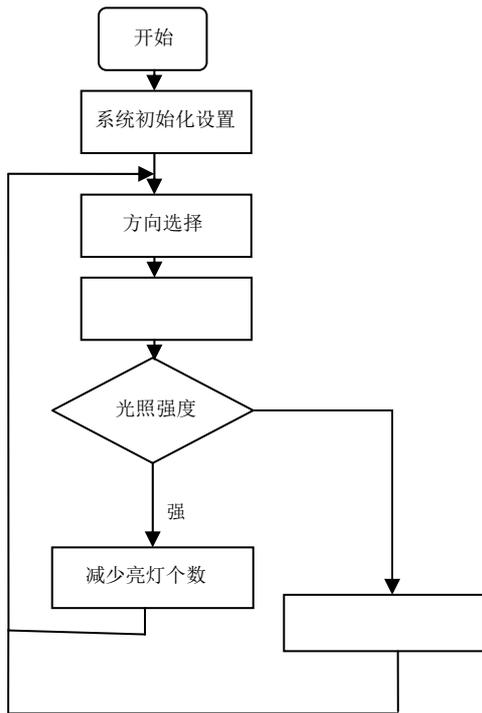


图 7 软件系统流程图

Fig.7 System software flow chart4 测试结果

将试验样机与普通照明系统进行节能效率测试:在相同工作条件下,进行 24 小时的耗电量比较,测试结果为智能照明系统比普通照明系统节省了约 25%-30%的电能。详细测试结果如图 8 所示:

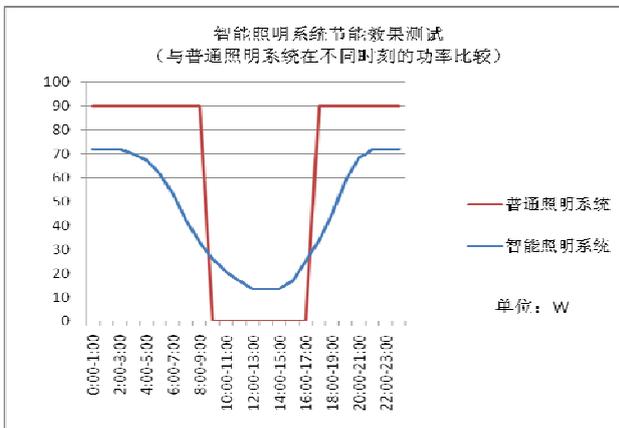


图 8 系统节能效果测试结果图

Fig.8 System energy saving effect test results

有光强传感器测量电路,五个分区相互独立,达到分区域管理的目的。经过实际测试,区域识别率可达 100%,调节时间小于 2.0s,光强分辨率小于 1.0lx,与普通照明系统相比节能率达 25%-30%。此外,本智能照明系统能达到良好的节能效果,延长灯具的寿命,具有很大的市场应用前景。

参考文献

1. 王文升.智能照明控制与节能[J].智能建筑与城市信息.2005.
2. 王希娟.LED 照明智能控制系统.制造业自动化, 2012, 33 (12): 128-131.
3. 王春敏, 刘兴明, 嵇艳鞠著.连续与离散控制系统.吉林大学出版社.2008: 4-6.
4. 云中华,白天蕊著.基于 BH1750FVI 的室内光照强度测量仪[J].单片机与嵌入式系统应用.2012
5. 康华光著.电子技术基础(模拟部分).高等教育出版社.2006: 116-118.

4 结束语

本文介绍的全方位分区控制智能照明系统不仅能够实现实时检测外界光强,并能够和外界光强相互补偿自动调节亮度,实现智能化照明的要求。而且,与传统照明相比,本智能照明系统设有东、西、南、北和下五个分区,每个分区的 LED 灯阵列都装

防挂载电流智能断电插排*

谢明学；刘亚骄；熊源

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130012)

摘要: 本文针对家用电器的待机功耗,提出了一种基于 MSP430F149 单片机的防挂载电流智能断电插排。它利用电流互感线圈与 MSP430F149 单片机采样挂载电流,经模数转换后与用电器工作电流比较,通过发出继电器驱动信号控制电路连通状态。产品经过对几种不同的电器进行测试,结果表明可有效降低使用功耗。

关键词: 挂载电流 智能断电 电流互感线圈 继电器

Intelligent power socket of reducing the mounting current

XieMingxue;LiuYajiao;Xiongyuan

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: in view of the standby power consumption of household appliances, this paper proposes an intelligent power socket based on MSP430F149 MCU for cutting off the mounting current. It samplings mounting current by a coil current transformer, compares with the preset value after analog-to-digital conversion to drives relay to cut off the power supply current. Severally tested on different appliances, it achieves the purpose of reducing power consumption.

Keywords: mounting current intelligent power socket current transformer relay

0 前言

随着技术的不断进步,家用电器已步入了智能化阶段。这些电器即使关闭了,若不能及时将电源插头从插座上拔下仍会造成电力的流逝。这种状态下产生的电流,即为挂载电流。常用电器的待机电流及待机耗电如表1。据资料显示,目前我国城市家庭的平均待机能耗相当于这些家庭每天不间断地使用一盏15~30W的白炽灯,待机能耗占家庭消耗的3%~13%,全国待机能耗相当于我国几个大型火力发电厂的发电总量^[1]。

针对降低待机功耗,在文献[1]、[2]、[3]中提到了几种解决的办法。总体说来有两方面,一是国家法令规定常用电器的待机功耗标准,制造商从电器内部电路改进,二是设置家庭电源总控开关。但问

题的症结在于待机状态的普遍存在和人们的用电习惯。本文提出了一种新型插排,它从人们的不良用电习惯出发,通过超低功耗单片机检测用电状态,在电器非工作状态下自动切断电路。很大程度上降低了待机功耗,切合了当今低碳节能、绿色环保的时代需求。

1 系统总体结构

本文阐述的该系统由电源模块、MSP430F149微控制器、电流互感器、继电器驱动电路,短路保护装置组成。系统总体结构如图1所示。

*指导老师:张林行

项目类型:大学生创新项目

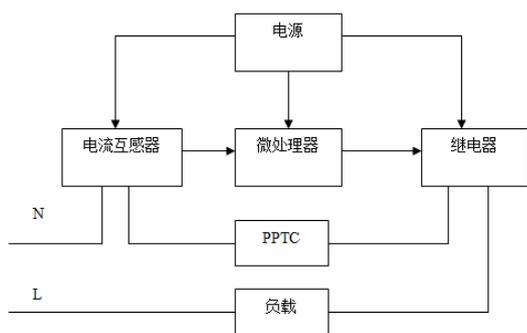


图 1 系统原理框图

Fig.1 The principle diagram of the system

表1 家用电器的待机电流

Tab.1 Standby current value of household appliances

设备名称	待机电流测量值/mA	待机电流平均值/mA	待机耗电功率/W	24h待机耗电量
笔记本电脑	11~87	43	10	0.24
电视机	19~106	53	12	0.29
DVD机	10~34	27	6	0.14
微波炉	2~3	2.5	0.6	0.01
空调	10~23	16	4	0.10
洗衣机	7~15	10	2	0.05
调制解调器	52~81	61	13	0.31
音响	7.3~60	30	7	0.17

2 硬件设计

2.1 主控制器模块

系统采用MSP430F149单片机作为控制器。MSP430F149是美国德州仪器公司开发的一类具有16位总线的带FLASH的单片机。它采用16位的总线，外设和内存统一编址，寻址范围可达64K，还可以外部扩展存储器具有统一的中断管理，具有丰富的片上外围模块。由于为FLASH型，则可以在线对单片机进行调试和下载，由于JTAG口直接和FET（FLASH EMULATION TOOL）相连，不需另外的仿真工具，方便实用，而且可以在超低功耗模式下工作^[4]。可以选择在超低功耗模式下运行，这是该单片机最大的一个优点，另外，单片机外设A/D的存在，简化了本设计电路结构。

2.2 电流检测电路

电流检测是该电路的核心模块，它是获得测量数据的源头。本设计采用了两种方案。方案一，采用电流互感器，电路如图2所示。该电路结构简单，成本低廉，可有效的利用电磁隔离将220V市电与单片机分隔开，保证了安全性能。但缺点是测量精度低，具体比例关系与绕圈匝数和松紧程度有关，不

会有严格的比例关系，体积略大，不利于缩小产品体积。方案二，采用霍尔电流传感器。ACS712是Allegro公司推出的一种线性电流传感器，该器件内置有精确的低偏置的线性霍尔传感器电路，能输出与检测的交流或直流电流成比例的电压。具有低噪声，响应时间快（对应步进输入电流，输出上升时间为5μs），50千赫带宽，总输出误差最大为4%，高输出灵敏度（66mV/A~185mV/A），使用方便、性价比高、绝缘电压高等特点^[5]。测量电路如图3所示。

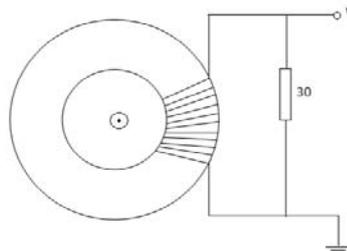


图2 互感线圈测量电路

Fig.2 the measuring circuit of current transformer

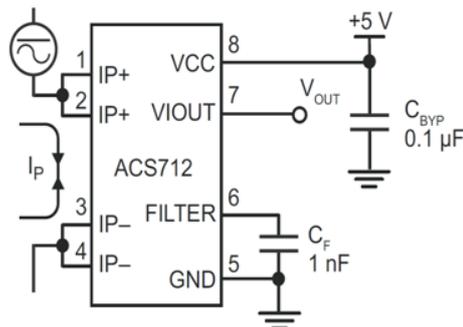


图3 ACS712 测量电路

Fig.3 ACS712 measuring circuit

ACS712ELCTR-05B-T，其检测范围为±5A，灵敏度为185mV/A。本设计采用的主控制器模块MSP430F149自带12位ADC，设内部参考电压为1.5V，1LSB=0.366mV。而1LSB对应霍尔电流传感器的输入电流 $I=(0.366/185)A=1.978mA$ 。由表1可知，能够满足对待机电流的测量精度，可分辨工作电流和待机电流。

因产品对测量精度有求并非十分严格，只需要具备较为粗略的比较能力，判断出用电器的当前的工作状态即可。而从产品推广角度考虑需要降低成本，降低生产难度，所以最终选择方案一。

2.3 继电器驱动电路

继电器是该系统中的执行单元，选择的是HK4100F。驱动电路如图4所示。

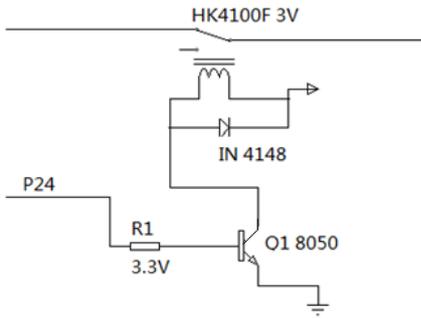


图4 继电器驱动电路

Fig.4 the driver circuit of relay

2.4 短路保护电路

具有过流保护一方面对整个线路保护,更为主要的是保护该系统中一些电子元件不被损坏。有两种思路：一，采用保险丝。热保险丝一旦损坏便不能恢复，故采用可恢复保险丝，如PPTC；二，搭接快速保护电路。在短路时，为了减少判断时间，通过电压比较器产生一个关断TTL信号，通过驱动电路控制继电器断开，如图5所示。

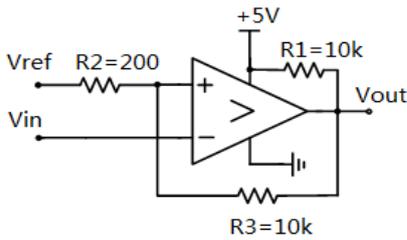


图5 迟滞比较器电路

Fig.5 comparator with Hysteresis

2.5 电平转换电路

考虑到插排的体积与重量，该系统采用5V电池供电。由于MSP430F149单片机支持3.3V供电，因此要经过一个电平转换，电平转换电路如图6所示。

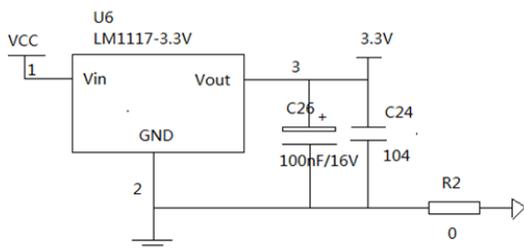


图6 电平转换电路

Fig.6 circuit of Level conversion

3 软件设计

软件的主要原理是依靠获取用电器工作电流，检测实时电流与工作电流比较，判断用电器工作状态，并通过控制继电器以改变电路的通断状态。程序流程图7所示：

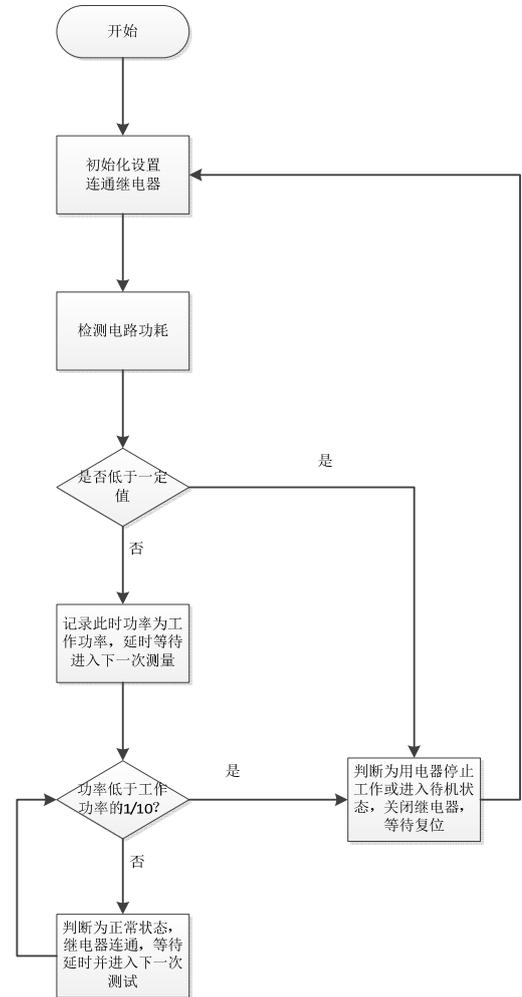


图7 程序流程

Fig.7 program flow char

4 系统测试及结果分析

系统实物图如图8所示。分别对各种手机、电烙铁、显示器、饮水机用电器进行了测试，具体方法为：先让电器处于工作状态，然后按下复位按钮，观察该插排在电器处于待机状态下能否及时切断电路通道。经多次测试，该插排能够识别电器工作状态，具有快速断电的特性。



图 8 系统实物图

Fig.8 System real figure

表 2 家电实测现象表

Tab.2 Appliances measured phenomena table

手机充电器	手机充电达到100%情况下插排自动断电。
笔记本电脑	电脑进入休眠状态下插排自动断电。
台灯	台灯关闭后插排自动断电。
直接空载插排	在六秒延迟过后 插排自动断电。

5 结论

经过实际设计, 本文介绍的防挂载电流智能断电插排,能够实时识别家用电器待机状态,进而切断电路通道。具有误判率低、响应时间短、结构简单、易于使用等优点。在环保节能的当代, 必有其广阔的应用前景。

参考文献

1. 李毅. 家用电器待机耗电分析与家庭节电模式探讨[J].建筑电气. 2013, 2: 39-43.
2. 曾延光.各国待机能效比对分析[J].认证与实验室.2011, 1:57-61.
3. 王晶晶, 白雷石, 严辉, 王晓影. 浅谈家电的待机功耗[J].中国科技信息. 2008, 10: 140-141.
4. 杨平, 王威.MSP43 系列超低功耗单片机及应用[J].国外电子测量技术.2008.
5. 董建怀.电流传感器 ACS712 的原理与应用[J]信息科技.2010,5:94-96.

公交客流统计系统设计*

白璐 胡雪岩 韩醒之

摘要：目前，城市交通堵塞情况严重，作为人们日常交通工具的公交车，在上班高峰时期也是人满为患，在交通低潮时期空空却有大量空位。面对这种公交车以固定时间发车的现状，人们选择自己买车，使交通堵塞情况更加严重。为了解决此问题我们设计了公交客流统计系统，以此来合理调配公交资源，进而缓解交通压力。公交客流统计系统分为发射和接收两部分。发射部分为公交车上的红外对管，我们使用它统计车上客流情况，通过 GPS 获得当前所在地点和行车速度，并利用无线方式将这些信息发给接收部分（即站牌和公交公司调度中心）。在站点等待上车的乘客通过站牌的 LCD 观察公交车运行情况，便于乘客做出最合理的选择，节约时间为出行提供方便。公交公司调度中心可以根据客流量情况来对车次进行调度，节约资源和满足运输需求。

关键词：公交车；GPS；MSP430；人数统计；无线通信

Transit Passenger Flow Statistics System design

Lu bai Xueyan hu Xingzhi han

Abstract : Recently, the urban traffic jams in serious condition, bus as one of the most common means of transport is overcrowded in the rush hour, on the other hand, it's nearly empty in times of traffic low. Moreover, faced with the situation of buses dispatching at regular time, some people choose to buy their own cars, what made traffic in a worse condition. Considering resolving this problem, we designed a transit passenger flow statistics system, which would make a reasonable provision of public transport resources, and then contribute to alleviating the pressure on traffic. Transit passenger flow statistics system consist of transmitting part and receiving part. Transmitting part using Infrared Emitting Diode and Photodiode calculated the passenger flow on the bus, then acquired the current location and speed through GPS, and sent these information to receiving part (i.e. the bus stops and Transit Company Dispatch Center) by wireless. The passengers who was waiting at the site could observe operating conditions through the LCD of the bus stops, in order that the passengers would make the most rational choice, saving time to facilitate travel. Transit Company Dispatch Center would schedule bus trips according to passenger flow conditions, in that way could help conserve resources and satisfy transport needs.

Keywords: bus;GPS;MSP430;people-counting; wireless communication

0 引言

城市交通的现状不容乐观，尤其是上下班的高峰期，车辆更是“寸步难行”，解决这种现状在我们看来有两种方法可以解决。一是改善道路状况，加强道路建；二是在现有的道路状况下合理管理，有效利用现有资源，尽可能缓解交通状况。办法一政

府虽然正在努力进行，但是达到我们的理想要求不是一朝一夕能实现的。相对而言道路二更能快速有效缓解交通状况，因此本文基于当今现状对方案二进行了研究。现有的公交车其实是个非常好的资源，如果加以充分利用，一定会很大程度改善交通状况，而且还能达到节能减排，保护环境的目的，城市智能公交系统的建立应该是未来城市的必经之路，试想如果在上下班的时候公交车充足，车内没那么拥挤，

*指导老师：段清明

项目类型：大学生创新项目

还会有多少人选择自驾车，上了一天班谁还会自己开车呢。为了建立城市智能公交系统，公交车人流统计和公交车的合理调度就显得尤为重要。

1 项目的总体方案设计

公交客流统计系统分为发射部分和接收部分。发射部分在公交车上使用红外对管统计车上客流情况，通过 GPS 获得当前所在地点和行车速度，并利用无线方式将这些信息发给接收部分即站牌和公交公司调度中心。由站牌处的 LCD 将以上信息显示出来以供乘客参考选择最佳乘车方式。整体框图如图 1 所示。

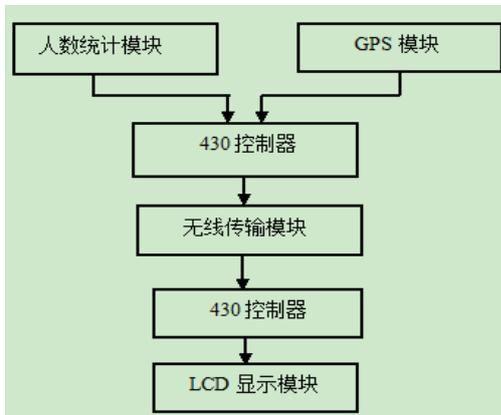


图 1 整体框图

2 各部分功能实现及整理

2.1 发射电路模块：

发射电路包括 MSP430F169 电路板，GPS 模块、发射模块电路，和两对红外对管电路组成。GPS 模块和无线模块都是通过串口与 MSP430 单片机相接。发射部分电路图如图 2 所示。

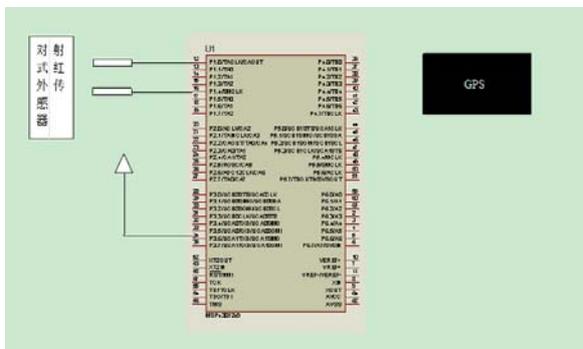


图 2 发射模块电路图

2.2 接收电路模块：

接收部分有 MS430F149 电路板，无线接收模块、液晶显示电路。液晶显示通过并口来控制，无线接收模块连接到串口 0。接收模块电路如图 3 所示。

示。

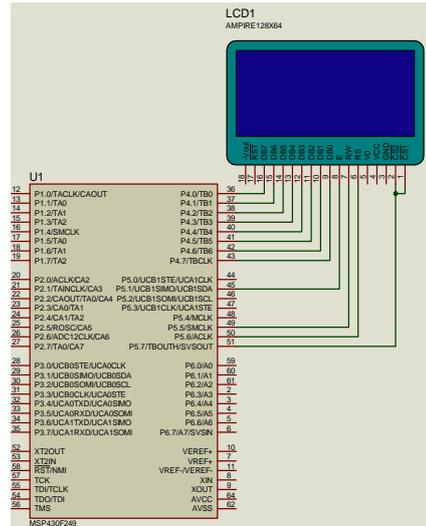


图 3 接收部分电路图

3 软件设计流程图

软件分为接收部分和发射部分。

3.1 发射部分：

发射部分完成人数查询、GPS 定位和速度测量、无线发射数据的功能。发射部分软件流程图如图 4 所示。

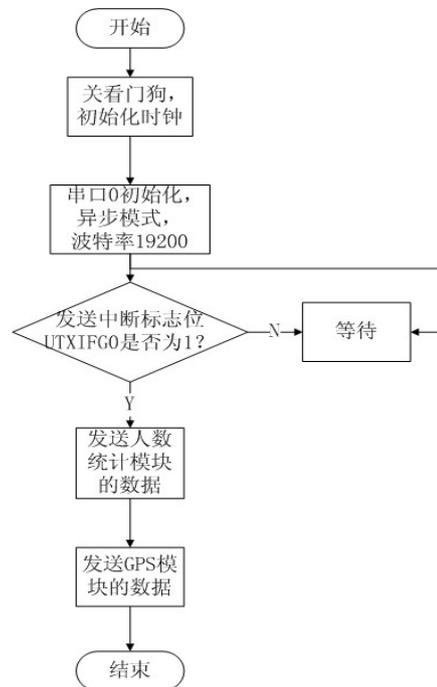


图 4 发射模块软件流程图

3.1.1 人数统计模块：

人数统计模块主要由红外对管组成，若人通过则电平为高电平、人数加 1，若没有人通过电平为低电平，人数保持不变。人数统计模块程序流程图如图 5 所示。

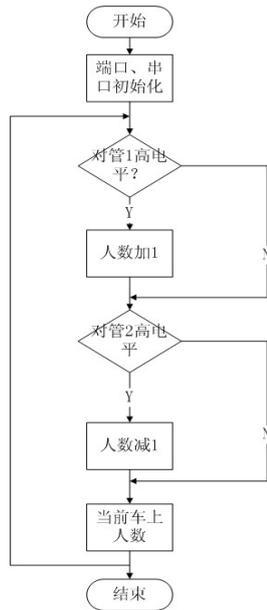


图5 人数统计模块软件流程图

3.1.2 GPS 模块：

GPS 模块的应用关键在于串口通信协议的制定，也就是模块的相关输入输出协议格式。它主要包括数据类型与信息格式，其中数据类型主要有二进制信息和NMEA 全国海洋电子学会 数据信息。这两类信息可以通过串口与 GPS 接收机进行通信。GPS 模块软件流程图如图 6 所示。

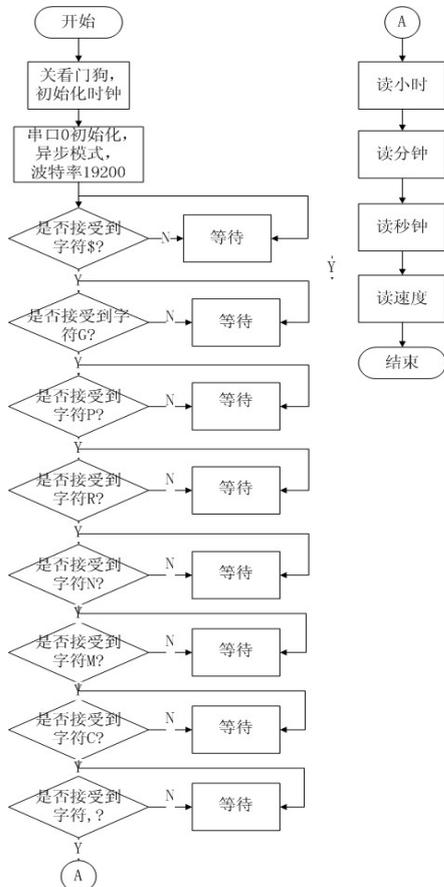


图6 GPS 模块软件流程图

3.2 接收部分：

接收部分负责用 LCD12864 显示人数和位置信息，并响应无线模块发送的接收数据中断。接收部分软件流程图如图 7 所示。

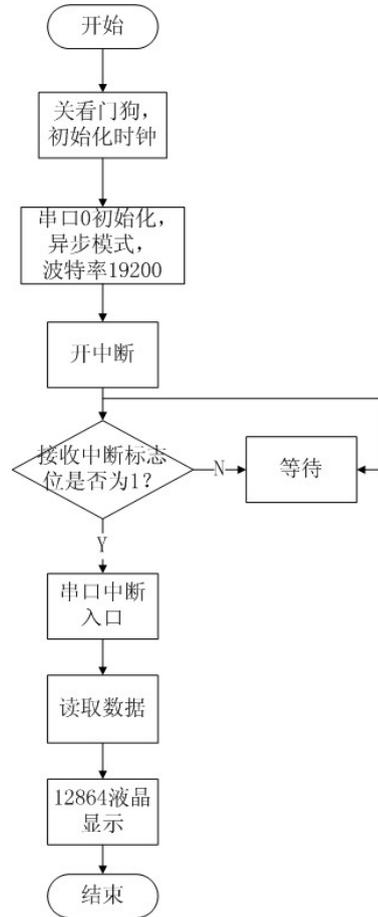


图7 接收部分软件流程图

4 系统测试结果及分析

将此系统在室外环境下测试，可正常显示车上人数、经度、纬度、行车速度、时间等数据。测试结果如下表 1 所示。

表 1 测试结果

测试次数	车上人数	经度	纬度	行车速度 (km/h)
1	33	125° 35'	43° 88'	36
2	16	125° 35'	43° 88'	25
3	27	125° 35'	43° 88'	38

5 结论

最终我们完成了公交车客流统计系统的设计即总体的硬件连接和功能实现。

按照我们设计的控制方式，可顺序实现公交车站牌 LCD 显示车上人数变化、行车位置、行车速度

等信息，达到了乘客可根据行车情况与车载人数来决定是否乘坐该车的目的。

同时依然将这些信息通过无线传输给中心电脑即公交公司调度中心进行车辆的合理调度，实现资源利用的合理化。

参考文献

- 1 黎洪生.智能仪器实时并发打印程序的设计方法 [J].电子与自动化, 1995, (1).
- 2 张林,孙光.12 位 AD 转换器 MAX197 及其在谐波分析仪中的应用 [J].电子工程师, 2002, (5).
- 3 尹斌, 王惠庆, 杨志.点阵液晶显示模块 MGLS??12864T 的接口和编程 [J].河南大学学报, 2000, (5).
- 4 MAXIM 公司产品资料全集 [M].2002.
- 5 王志田.无线电电子学计量 [M].上册.北京: 原子能出版社, 2002:243-312
- 6 Tek 公司.TDS3000 系列数字式荧光示波器用户手册[K].2004.
- 7 周英航.探头的原理及种类[K].2006.
- 8 Fisherpan.教你认识示波器探头[K].2010.
- 9 赵中义.示波器原理、维修与检定[M].北京: 电子工业出版社, 1990:89-106
- 10 刘东卓.电子测量技能训练[K].2005.
- 11 范世福.科学仪器在线、现场化应用发展趋势.现代科学仪器[K]2009.
- 12 杜天旭,谢林柏.仪器仪表的发展历程及趋势.重庆文理学院学报 28(4).
- 13 温申麟.物理实验[M], 广州: 华南理工大学出版社, 1991.
- 14 姬成周.电子示波器的基本知识[J], 物理, 1975 (06) .
- 15 武汉大学《电子线路》教材编写组.电子线路 [M], 北京: 人民教育出版社,1979.
- 16 孙续.电子示波器在挑战中发展[J].国外电子测量技术,2009(03).

电磁辐射检测仪的设计与实现*

王迪，任天明，蒋明杰

(吉林大学，仪器科学与电气工程学院，吉林长春 130001)

摘要：本文介绍了一种基于 MSP430F149 的电磁辐射检测仪，该仪器采用传统的天线为传感器，并由滤波、放大电路、AD 模块以及 nRF905 无线模块和 12864 液晶显示模块共同组成。通过无线模块对各点被测数据进行发送，最终通过液晶显示界面实现汇总显示。市场上现有的电磁辐射检测仪能够在人为操作下对被检测点的电磁辐射强度进行检测，但检测必须人为开启，由于人力因素的限制，不能达到对被检测点的实时检测。同时，在被检测点较多时，现有的检测仪只能对其进行依次检测，不能做到多个数据的汇总显示。这种工作方式在一定程度上浪费了人力，降低了电磁辐射检测的效率。文中介绍了一种可同时测量多点并将所测数据汇总显示的电磁辐射检测仪的设计思路和实现方法。文中详细介绍了该仪器的硬件电路设计组成，和相关模块的软件调试结果，以及最终的实测结果展示。

关键词：单片机；电磁辐射；无线传输；实时显示

The Design and Implementation of Electromagnetic Radiation Detector

Wang Di, Ren Tian-ming, Jiang Ming-jie

College of Instrumentation & Electrical Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin Province 130001

Abstract: This paper describes an approach of electromagnetic radiation detector based on MSP430F149, the instrument uses a conventional antenna for the sensor by the filter, amplifier, AD modules and nRF905 wireless module and the 12864 LCD module. Various points transmit the measured data through the wireless module, the final summary via LCD display interface implementation. Available on the market capable of electromagnetic radiation detector operating under artificial point is detected to detect electromagnetic radiation, but the detection must be manually turned on, because of the human factors, it can't achieve the real-time detection point is detected. Meanwhile, in the detection point is large, the current detector can be sequentially detected, the summary of a plurality of data can't be displayed. This mode of operation will waste manpower to a certain extent, reduce the efficiency of detection of electromagnetic radiation. This paper presents a multi-point simultaneous measurement and display of the measured data aggregation electromagnetic radiation detector design ideas and methods. This paper details the hard ware circuit design of the instrument composition, and related software module debugging results, and the final experimental results show.

Keyword: microcontroller; electromagnetic radiation; wireless transmission; real-time display

0 引言

随着现代电子技术的发展，人们的工作生活都需要频繁地使用各种电子设备。电子设备的运行必然产生不同程度的电磁辐射（电场和磁场的交互变

化产生的电磁波，电磁波向空中发射或泄露的现象，叫电磁辐射），因此导致人们大部分时间都暴露在电磁辐射下^[1]。电磁辐射可谓是“隐形杀手”，研究表明电磁辐射对人体健康有着很大的影响，虽然人们极力希望减小电磁辐射的伤害，但是面对无法用肉眼捕捉的伤害又该如何是好？

*指导老师：杨大鹏

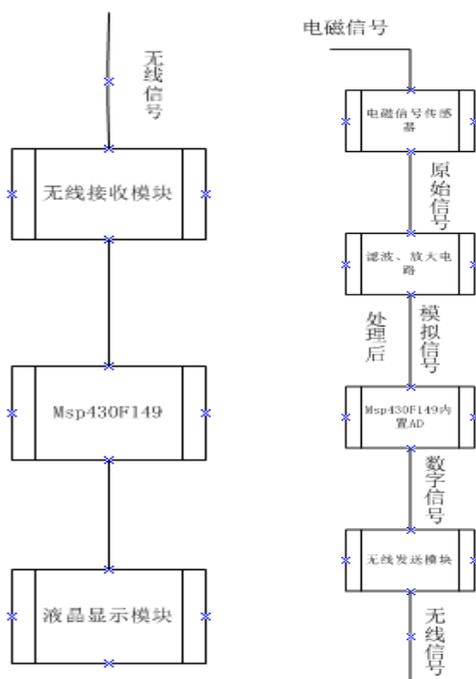
项目类型：大学生创新项目

目前现有的电磁辐射检测仪器已经能够对被检测点的电磁辐射值进行测量，但有时需要对一个点进行长期的电磁辐射检测，或者同时对多个被检测点进行检测，例如通过检测电气设备的电磁辐射值来判断该设备是否正常运行，检查线路是否存在漏电隐患。这就需要检测设备能够脱离人力控制进行长期而稳定的工作并且可以将多个检测地点的数据整合在一起进行监控。但是以现有的设备来讲，还不能实现这种具有时效性和整合能力的检测。

为了让电磁检测技术能够更加灵活的应用在生活以及工业生产中，实现电磁辐射的实时检测和数据整合。本文所设计的电磁辐射检测仪在基于传统的检测设备上，又增加了无线数据传输部分，通过 nRF905 无线传输模块将各个监测点的数据分别发送到上位机，再通过液晶显示模块进行显示。

1 整体设计

该仪器可分为信号采集和处理及发送部分（下位机）和信号的接收与整合显示部分（上位机）。下位机采用将空间电磁信号用天线作为传感器接收，再通过滤波电路将干扰信号过滤，然后通过放大电路对处理后的信号进行放大。再通过 AD 转换模块将电信号转化为数字信号，最终通过无线发射给上位机。上位机首先用无线将信号接收，然后通过液晶显示出来。总体来说上位机是整个仪器设计的重点。



(a) 上位机 (b) 下位机

图 1 整体设计图

2 硬件电路的设计

2.1 上位机设计

2.1.1 传感器

传感器部分采用天线作为接收电磁信号的设备。由于电磁辐射在空间可分为电场辐射分量和磁场辐射分量。电场辐射是由与电压感应出电场，单位是 V/m。磁场辐射是由于磁场感应出电流，单位是 A/m。所以电磁辐射量的单位是 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ，即功率密度。天线作为传感器设备具有频带宽，能准确感应电场、磁场，检测空间功率分布等优点，满足该仪器的设计要求和标准^[2]。

2.1.2 滤波及放大电路

对天线传感器所采集到的信号需要滤掉其高频成分，保留低频成分，故将滤波电路设计为有源低通滤波电路^[3]。由于天线采集的信号比较微弱，所以经过滤波之后要对其进行放大，以满足后续电路对电压的要求。本设计采用基本的 $\mu\text{A}741$ 作为放大电路的主芯片。 $\mu\text{A}741$ 具有操作简单，电路构架简易等优点。其工作电压设计为 $\pm 12\text{V}$ 双电源电压供电。通过 2、3 脚外接电阻值来调节其放大倍数。

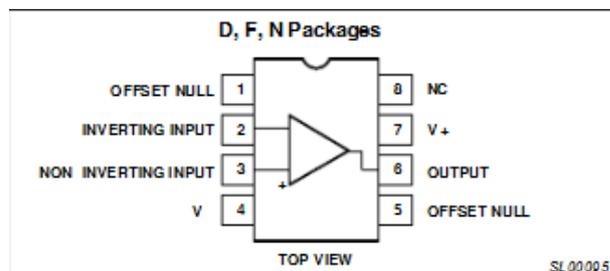


图 2 $\mu\text{A}741$ 管脚图

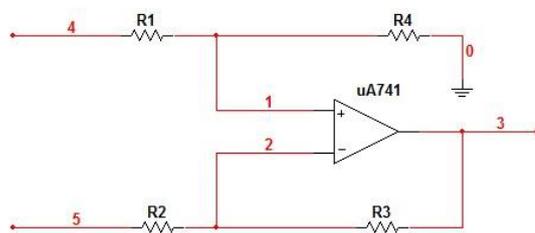


图 3 $\mu\text{A}741$ 电路连接

$$\frac{U_4 - U_1}{R_1} = \frac{U_1}{R_2} \quad (1)$$

$$\frac{U_5 - U_2}{R_2} = \frac{U_2 - U_3}{R_3} \quad (2)$$

取 $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_4}{R_1}$ 则有以下结果

$$U_3 = \frac{R_3}{R_2}(U_4 - U_5)$$

改变 R_2 和 R_3 的电阻值即可改变放大倍数，即改变输出电压 U_3 。

2.1.3 模数转换模块

本文设计采用的模数转换模块是通过使用 MSP430F149 内置比较器实现的 AD 转换。它的基本原理是用单一的 I/O 端口，执行 1 位的数模转换 (DAC)，以比较器的输出作反馈，来维持 V_{out} 与 V_{in} 相等。要维持 $V_{out}=V_{in}$ ，必须通过 I/O 口对电容进行充放电，而确定为充电 还是放电 (即 I/O 口输出高低电平) 由比较器 的输出来决定。当比较器输出为高电平时，说明 $V_{out}>V_{in}$ ，此时应对电容放电，则 I/O 口输出低电平；当比较器输出为低电平时，得出结论 $V_{out}<V_{in}$ ，应对电容充电，则 I/O 口输出高电平^[4]。

2.1.4 无线发送模块

本设计采用的无线模块使用的是 nRF905 单片射频收发器。它的工作电压为 3.0~3.6V。稳定传输距离为 300m。nRF905 由频率合成器、接收解调器、功率放大器、晶体振荡器和调制器组成。其具备配置简单、使用方便、工作稳定 和节能等优点^[5]。

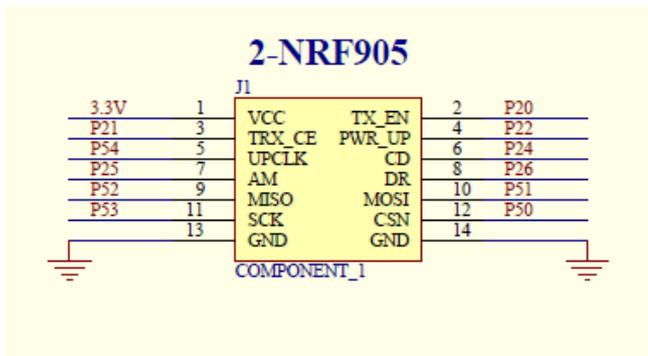


图 4 nRF905 管脚图

2.2 下位机设计

2.2.1 无线接收模块

无线接收部分采用和发送模块相同的 nRF905 单片射频收发器。

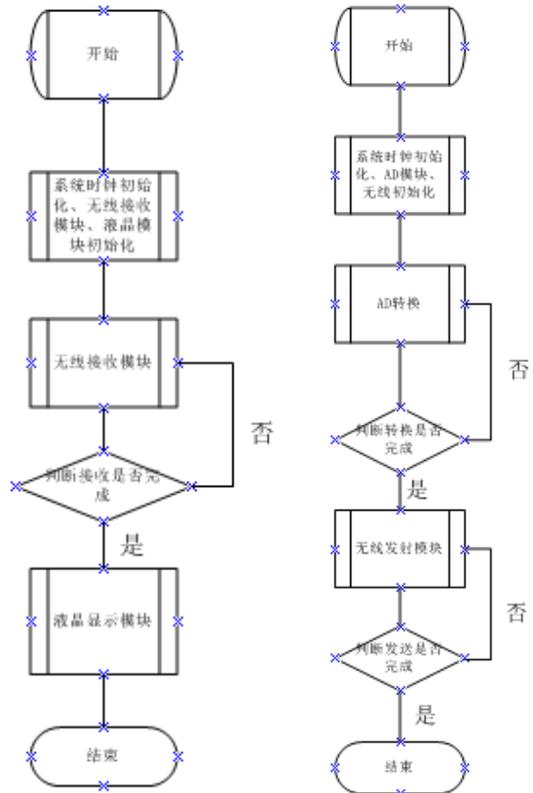
2.2.2 液晶显示模块

液晶显示模块采用 12864 液晶显示器作为整个系统的输出，负责将各个检测点的电磁辐射数据汇总显示，通过算法将下位机无线模块接收到的 12

位 2 进制代码转换为 4 为 10 进制数显示在屏幕上。12864 液晶显示器的工作电压为 4.75~5.25V，本次设计使用 5.0V 供电^[6]。该液晶显示器自带文字库，具有操作方便，成本低，性能稳定等优点。

3 软件设计

软件电路的设计也是分为上位机和下位机用来和硬件电路设计相匹配。其中，上位机的设计包括无线接收模块的系统初始化以及接受程序，对已经接收到的数据进行判断，通过程序设计判断接受是否完成^[7]。完成之后再接收到的信号发送给液晶模块，通过程序运算将 2 进制信息转换为 10 进制信息并将其显示；下位机的软件设计包括 mps430F149 的系统初始化，以及使用芯片中内置的 AD 模块对采集到的模拟信号进行转换，将其转换为方便处理的数字信号，并且通过程序判断转换是否完成，如果完成，则将所转换的信号发送到无线发射模块，由无线发送模块将数字信号发送出去，通过程序判断发送是否完成，如果完成，则程序结束，等待上位机接收无线信号。



(a) 上位机流程图 (b) 下位机流程图

图 5 软件流程图

4 仪器测试数据

表 1 电磁辐射测试数据

	0	1	5	10	20
通话手机	540	48	4	0	0
电脑主机	210	200	120	15	0
显示器	762	3	0	0	0
键盘	105	60	7	0	0
微机电源	1489	1321	1287	1125	341
电气试验 装置	1543	1100	314	6	0

5 结论

本次制作的电磁辐射测量仪能够多地点、实时检测被检测点的电磁辐射量，并通过上位机的液晶显示器进行整合显示。对被检测点的电磁辐射变化能够做到实时检测，安全，稳定。

参考文献

1. 李丽智 便携式环境电磁场仪的设计[J] 2008.1
2. 陈杰, 梁四洋, 刘兵 便携式电磁辐射测量仪 电子测量技术[J] 2009.6
3. 李群岭, 王拓, 王建忠 电磁辐射测量仪对测量结果的影响分析[J] 2011.6
4. 季燕飞, 段焕春基于单片机内置比较器的高精度 A/D[J]
5. 秦会斌, 胡建人, 郑梁 环境电磁辐射测量方法研究[J] 2007.4
6. 徐培基 电磁辐射的测量[J] 1986.12
7. 赵玉峰, 于燕华 环境电磁辐射测量技术[J] 1984.4
8. 赵立威 基于虚拟仪器技术的电磁辐射的检测研究[D]2008.5
9. 管登高, 孙传敏等 电磁辐射污染和电磁辐射环境保护[R]2010.3
10. 张显奎, 马汉吒 手机产品也环境电磁辐射评价研究[R]2008.12
11. 孙燕燕, 电磁辐射检测忙[J] 2010.9

呼吸暂停综合症早期发现仪的开发与研制*

王刚, 连士博, 徐丽霞

(吉林大学仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 设计了一种呼吸暂停综合症早期发现装置, 该系统主要由信号采集模块、数据存储传输模块、上位机数据处理模块、人机交互界面组成。采用驻极体传感器对呼吸信号进行转化, 控制器采集的呼吸数据可存储至 SD 卡或者经蓝牙无线传送至上位机, 利用 MATLAB 对数据进行处理, 设计可视化界面显示呼吸波形并提供病情分析。在实验室环境下对样机进行测试, 实现了对呼吸波形的正确显示和分析。该装置功耗低, 成本低, 体积小, 能够对呼吸暂停综合症进行早期诊断。

关键词: 呼吸信号 驻极体 SD 卡 蓝牙

中图分类号: TH774 文献标识码 A

Development of early detection instrument for apnea syndrome

Wang Gang, Lian Shi-bo, Xu Li-xia

(College of instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun130022, China)

Abstract: Aiming at low levels of detection and penetration of sleep apnea syndrome, a portable early detection device of sleep apnea syndrome is designed. The system is composed of signal acquisition module, data storage and transmission module, host computer data processing module, and an automatic detection program. We use electret sensor to convert respiratory and heart rate signal, and collect the respiratory data through micro control unit, then store the data on a SD card or transmit the data by using Bluetooth to the host computer. The automatic detection program can extract the respiratory signal from ECG signal using EDR algorithm, and display the respiratory signals, meanwhile give the automatic analysis of SAS for the patients. Testing the prototype under laboratory conditions, the result shows that the device can achieve early diagnosis of apnea syndrome with low power consumption and low cost.

Keywords: Respiratory signal Electret SD card Bluetooth

0 引言

睡眠呼吸暂停综合症 (Sleep Apnea Syndrome, SAS) 曾一度被成为“睡梦杀手”^[1]。SAS 是指在 7 小时的睡眠过程中, 呼吸暂停或低通气达 30 次以上或呼吸暂停每小时达 5 次, 每次 10 秒以上。SAS 在一般人群中的患病率为 1—4%, 而 65 岁以上老人患病率则高达 20—40%^[2]。目前临床检测

方法是睡眠呼吸多导图, 但其诊断费用昂贵。睡眠呼吸暂停综合症的检测普及率较低, 我国得到诊断和治疗的患者还不到总数的 2%。因此一种家庭式的睡眠呼吸检测方式显得尤为重要。为此, 设计了一种非直接接触式睡眠 SAS 的自动检测仪器, 并在实验室条件下对该样机进行了测试, 基本实现了呼吸信号的非直接接触式检测及病情的自动诊断。

1 系统整体结构设计

*指导老师: 李肃义

项目类型: 大学生创新项目

系统主要由信号采集模块、数据存储传输模块、数据处理模块、人机交互界面组成四部分组成。系统的结构框图如下：

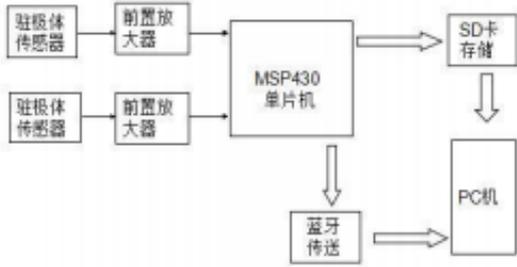


图 1 整体结构框图

2 硬件设计与实现

2.1 传感器选择

目前的简便仪器对呼吸信号的检测主要有三种方式：

- (1) 利用热敏电阻检测鼻腔处的温度的变化，但是热敏电阻重复使用会降低其灵敏度；
- (2) 利用压力传感器检测鼻腔处压力的变化，但是压力传感器要置于在鼻腔内^[3]，会在一定程度上影响呼吸也会产生不适感；
- (3) 通过检测胸腔运动产生的阻抗变化采集呼吸信号。传感器需要紧贴胸腔，会产生束缚感^[4~5]。

驻极体具有体积小、结构简单、频带宽、失真小、瞬态响应好、价格低的特点，所以选择驻极体对呼吸信号进行转化，至于鼻部下方就能准确感受呼吸，利用听诊器听头放于胸腔不用直接接触皮肤，降低不适感^[6]。

2.2 传感器网络架构模型

本部分主要包括基本滤波和放大电路，运用简单的共射级三极管放大电路进行初步处理，基本电路如图 3 所示。

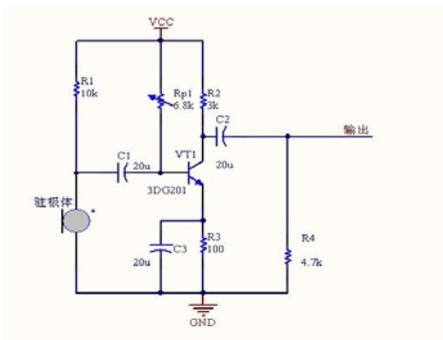


图 3 信号采集电路

3 软件设计与实现

3.1 SD 卡存储

SD 卡存储部分的功能是将经过 AD 转换之后的呼吸信号存储到 SD 卡中，以供后期调出原始数据进行分析。

数据存储采用 FAT16 文件格式，使用该文件格式的 SD 卡分区情况如图 6 所示。MBR 区是 SD 卡物理 0 扇区，保留区存放 FAT 文件系统的重要参数和引导数据，FAT 表记录簇的使用情况，根目录区记录根目录信息，文件目录数据区是各种数据的实际存储区^[7~8]。



图 6 FAT16 存储结构

MSP430 通过 SPI 总线实现对 SD 卡的读写^[9]。MSP430 向 SD 卡中存储信息前，先对 SD 卡初始化，得到扇区信息，然后可进行文件创建操作。文件创建过程是通过访问 SD 卡的 FAT 区和根目录区，确认要建立的文件不存在且有足够的空白簇时，可完成文件创建，并在根目录区登记。写入数据时，根据文件名在文件目录区找到写入目标的地址，由 FAT 表的链式地址完成数据写入。

3.2 蓝牙数据传输

本设计采用 XS128 蓝牙模块，该模块为串口通信，分为主机模块和从机模块，两个模块上电后自动匹配连接，其中主机模块为 USB 接口，可直接与 PC 机连接。

3.2.1 蓝牙终端节点

蓝牙终端节点即蓝牙从机模块，用来发送数据。发送程序的流程图如图 7 所示，采用 8 位数据位、1 位停止位、无奇偶校验的通信格式。

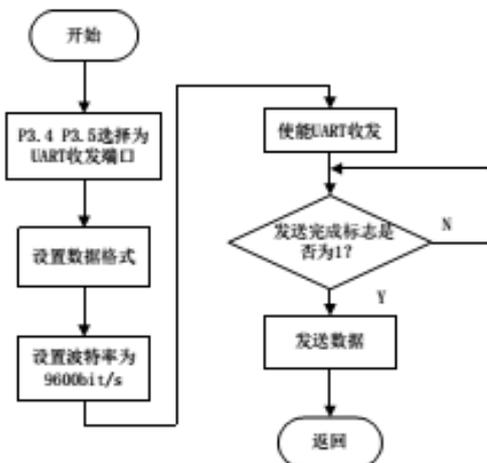


图 7 发送程序的流程图

3.2.2 蓝牙主控节点

主控节点即蓝牙主机模块，用来接收无线传输的数据，并将数据通过串口传送至 PC 机上，并将数据自动保存，以便利用 MATLAB 对数据进行分析。

3.3 PC 机 MATLAB 程序设计

本设计利用 MATLAB 软件，主要进行串口通信、数据处理和交互界面显示三项功能。其中数据处理又分为两部分，一部分是从心电信号中提取出胸部呼吸信号。另一部分是鼻部呼吸信号进行滤波。程序流程如图 8 所示。首先进行模式判断，确定处理数据来源，将两路信号分离后，判断是鼻部呼吸信号还是胸部呼吸信号，分别进行数据处理，最后将波形显示至 GUI 界面，并进行病情分析。

3.3.1 MATLAB 串口通讯

利用 MATLAB 自带的通信功能创建串口通信，通过串口实时接收数据^[11]。

3.3.2 肺部呼吸信号的提取

通过对心电信号频谱的分析可知：信号主要集中在 10Hz 以内，人体呼吸的频率主要集中在 1Hz 以下的频率段，本设计中将心电信号 R 波的波峰相连，提取出特征点，进行插值得到连续信号^[12]再通过 FIR 低通滤波器得到肺部呼吸信号^[13]。图 9~12 分别为心率波形及其频谱、处理后肺部呼吸波形及其频谱。

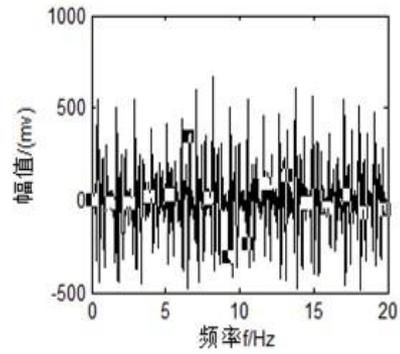


图 9 心率波形

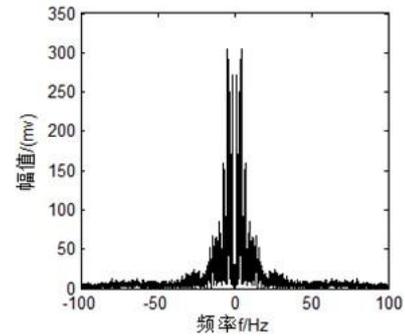


图 10 心率信号频谱

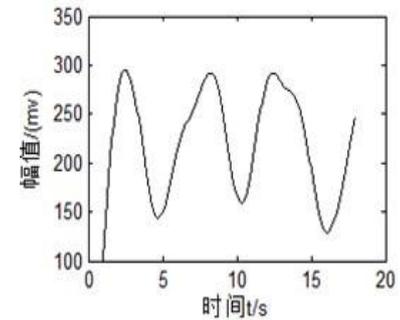


图 11 处理后肺部呼吸波形

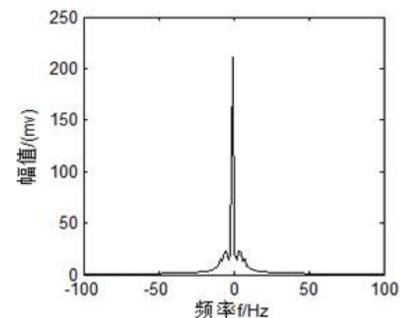


图 12 处理后的肺部呼吸频谱

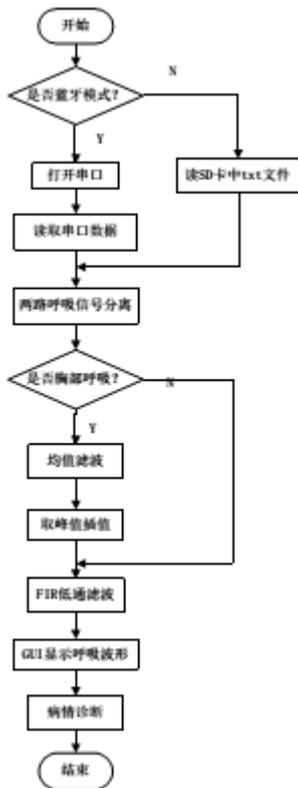


图 8 呼吸信号滤波程序流程图

3.3.3 鼻部呼吸信号的处理

鼻部呼吸信号受外界干扰相对较小，所以在 MATLAB 中仅需运用 FIR 低通滤波器进行提取，相对简单容易。

3.3.4 诊断及可视化界面显示

根据呼吸暂停综合症的定义，通过 MATLAB 计算每晚的呼吸暂停发作次数，对病情进行初步分析，利用 MATLAB 设计 GUI 可视界面如图 13，

由模式选择、诊断结果、呼吸波形显示三部分组成。

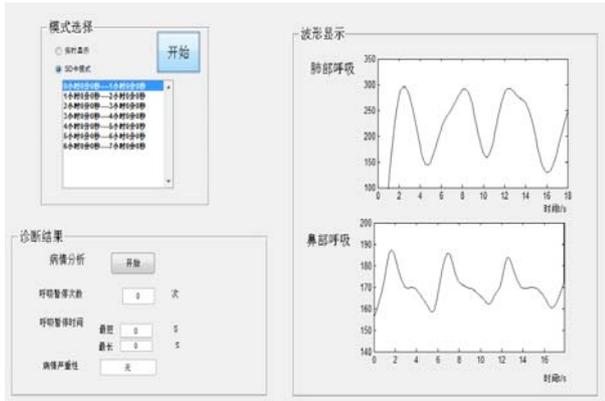


图 13 可视化界面

4 结语

笔者设计的呼吸暂停综合症早期发现仪能够实现无线、无直接接触式呼吸信号检测及基本病情分析,具有重量轻、体积小、功耗低、成本低、佩戴舒适等特点,从而减少病人经济负担,在家里舒适睡觉的同时实现疾病的监测。在接下来的工作中,要使采集模块集成化,从而减小外界干扰,提高采样准确度。

参考文献

1. 李肃义, 李赛男, 于潇, 杨美玲, 丁梅, 熊文激. 应用动态心电图初诊睡眠呼吸暂停症的研究进展[J]. 现代预防医学
2. Hiestand DM, Br itz P, Goldman M, Phillips B. Prevalence of symptoms and risk of sleep apnea in the US population: results from the national sleep foundation sleep in America 2005 poll. Chest [J], 2006, 130(3):780-786.
3. 王双玲, 陈真诚. 基于 VC++6. 0 的家庭式睡眠呼吸测试仪系统[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(4): 2047-2050
4. 郝连旺, 宋涛. 呼吸信号检测方法的研究[J]. 微纳电子技术, 2007, (7/8): 12-16
5. 胡寒冬, 陈洪波, 陈真诚. 便携式睡眠呼吸暂停低通气监测仪的设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2011, 25(9): 812-816
6. 阙小生, 杨浩, 唐容, 但春梅, 朱军. 驻极体传声器在心音采集中的应用[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2007, 30(10): 33-40
7. 关硕, 关济实. FAT16 文件系统在单片机存储系统上的实现[J]. 科技信息, 2008, (13): 409-410
8. 邓剑 杨晓非 廖俊卿. FAT 文件系统原理及实现 [J]. 计算机与数字工程, 2005, 33(9):105-108
9. 蔡靖. 基于 FAT16 文件存储格式的可穿戴心电监测系统[D]. 吉林大学, 2010.
10. 罗志达, 余学飞, 彭达明. 基于蓝牙技术的医疗设备间数据通信接口的设计与实现[J]. 医疗卫生装备, 2010, 31(2): 28-31
11. 顾学乔, 曹赟, 徐寅林. 基于 MATLAB 串口通信及滤波的[J]. 仪表技术, 2010, (8): 17-19
12. 赵素文, 贾磊磊, 卢望. 基于心电信号中提取呼吸信号的探讨[J]. 桂林航天工业高等专科学校学报, 2012, (65): 20-24
13. 李强, 赵伟. MATLAB 数据处理与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001

智能多功能台灯*

张卓；陈捷元；张微

(吉林大学仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 本文设计制作一种 LED 智能台灯, 以 STC89C52 单片机为核心, 综合运用人体热释电红外、光强采集、PWM 波控制技术, 达到人来灯亮, 人走灯灭的效果, 并且有矫正坐姿的不正确和灯光强度随外界光线变化自动变化功能, 节能环保;同时具有人工手动控制灯光亮度模式和无影的实现, 有较好护眼效果, 以满足不同人士的光照需求, 具有一定的市场价值。

关键词: 智能台灯; STC89C52 单片机; 红外热释; PWM 波控制

Intelligent Multifunctional lamp

Zhang Zhuo Chenjieyuan Zhang Wei

(College of instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun130022, China)

Abstract: The design of this article is to make a LED smart lamp, to the microcontroller of STC89C52 for core, integrated using pyroelectricity infrared sensor, collecting light, and the control of PWM wave. When people close to, light on, when people go away, the light off. And it can warn your sitting posture. If lighting outside strength, light changes automatically changes function, energy-saving and environmental protection; We can also change the model of light manually and achieving no shadow, better in protecting eyes. It can meet the needs of different people, also with a certain market value.

Keywords: Intelligent lamp STC89C52 SCM Infrared heat-release PWM control

引言

近视已成为影响我国人民健康的重要问题。日前, 据中国、美国、澳大利亚合作开展的防治儿童近视研究项目前期调查显示, 我国人口近视发生率为 33%, 全国患有近视眼病人数已接近 4 亿, 是世界平均水平 22% 的 1.5 倍。而近视高发群体——青少年近视发病率则高达 50% 至 60%, 我国是世界上近视发病率最高的国家之一, 近视眼人数世界第一, 所以近视问题不容忽视。

今年前 11 月份, 全国用电量 42835 亿千瓦时。第一产业用电量同比增长 3.77%, 第二产业用电量同比增长一成二, 第三产业用电量同比增长一成四;

城乡居民生活用电量同比增长一成左右, 为了更加合理的利用和节约能源, 我们设计出此智能护眼并伴有节能功能的台灯。

如今市场上销售的台灯使用的发光体大多为普通白炽灯或 LED, 存在着很大弊端, 比如灯光亮度不能随环境变化而自动调节, 致使光线过弱或过强, 长时间使用会伤害人眼, 导致眼疲劳。即便是护眼台灯, 其灯光亮度调节也只能通过手动调节, 且其档位有限, 并不能完全达到用户要求, 并且不能提醒用户坐姿不正确。普通台灯发光部分为单一灯管或数颗 LED 集中发光, 投光后如有遮挡物比如写字办公, 手和笔不可避免的造成遮挡, 形成暗影区, 影响办公写字。基于以上提出三点问题, 设计一款集护眼、无影与高效为一体的智能台灯, 以填补市

*指导老师: 杨光

项目类型: 大学生创新项目

场空缺。

1 系统总体设计

从图 1 可以看出：

1) 电源系统：为控制系统和灯珠提供电能，使其能正常工作；

2) 控制系统：主要以 STC89C52 单片机为核心，控制整个台灯正常运行；

3) 人体检测：当人靠近台灯一定距离的时候，产生的红外信号给控制系统 MCU，台灯自动开启；人离开一定距离后，台灯自动关闭；

4) 外界光检测：外界光强度的改变信号经过模数转换后，传给控制系统，进而控制台灯的亮度，调节适宜亮度以保护人眼。

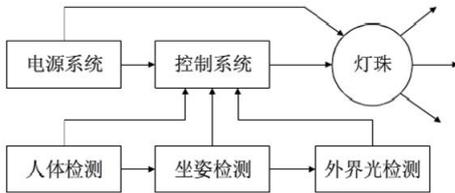


图 1 系统的总体设计

2 软件部分设计

2.1 算法设计

MCU 控制亮度和环境采集采用闭环控制，具体算法用 PID 算法的增量式模式。具体函数如下：

```
typedef struct PID{
    double SetPoint; //设定目标
    double Proportion;//比例常数
    double Integral; //积分常数
    double Derivative;//微分常数
    double LastError; //Error[-1]
    double PrevError; //Error[-2]
    double SumError; //Sums of errors
}PID;
{
    double dError, Error, rOUT;
    Error=pid->SetPoint-NextPiont; //偏差
    pid->SumError += Error; //积分
    dError = pid->LastError - pid->PrevError; //当前微分
    pid->PrevError = pid->LastError;
    pid->LastError = Error;
    return (rOUT);
}
```

2.2 工作流程

程序框图如图十所示，程序开始后，对程序进行初始化。向 P0 脚写入低电平，开启所有中断，启动计数器。当中断 1 来时，进入中断 1，设置 R0 为 0，调用延时程序 TIME0（延时 10ms），判断 R0 是否等于 7，若不是，则加 1，继续发送数据进入循环，直至 R=7，即实现的是灯慢慢变亮的一个过程。

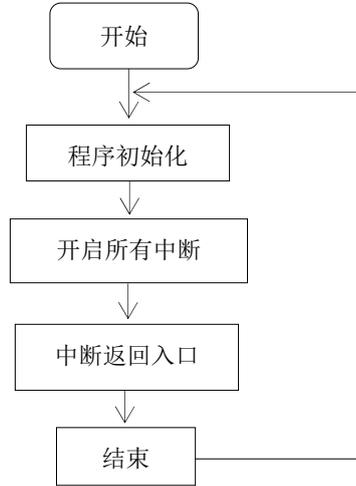


图 2 程序框图

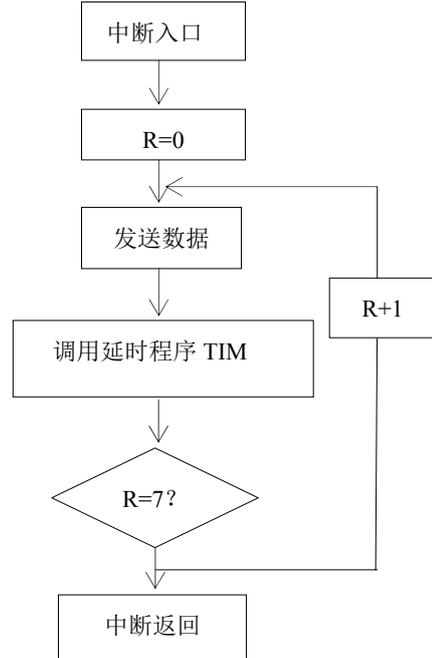


图 3 中断 0 流程

当中断 0 和中断 1 同时产生时，根据优先级，屏蔽掉中断 1，开启中断 0。调用延时程序 TIME0（延时 1 分钟），查询中断 0 控制位；防止人体不小心到达热释电探测器的探测范围内，采用延时程序来排除干扰，防止误判。若为 0，则返回主程序；若为 1，则向 P0 高四位发送数据，使灯保持原来最亮状态，调用延时程序 TIME1，判断 R0 是否等于 0，若是则中断返回，若不是，则 R0 减 1，继续循环，直至 R0 等于 0，此程序的目的是实现灯慢慢变暗。

3 硬件设计

3.1 电源模块

电源由变压器、整流桥、和滤波电路组成，再由开关电源器件 LM2596 构成，设计较简单。220V 交流电经过 2596 开关芯片电路，稳压输出 12V 及 5V，为单片机和灯珠供电，电路如图二：

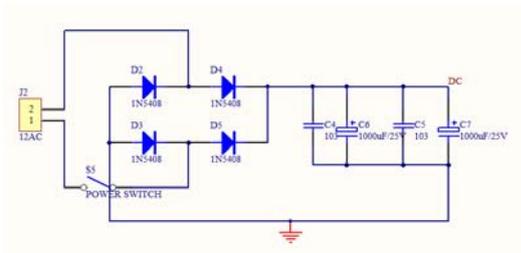


图 4 整流滤波

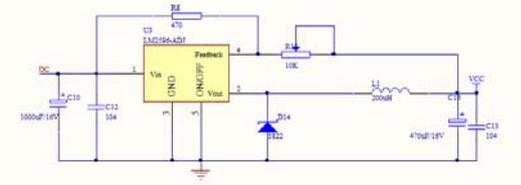


图 5 开关芯片 2596 降压电路

3.2 人体检测模块

人体检测采用红外热释模块，其主要为 BISS0001，它是一款具有较高性能的传感信号处理集成电路。它配以热释电红外传感器和少量外接元器件即可构成被动式热释电红外开关，故能自动快速开启各类白炽灯、荧光灯、蜂鸣器等装置，特别适用于企业、宾馆、商场、库房及家庭的过道等敏感区域，或用于安全区域的自动灯光、照明，特别适合检测人体，通过高低电平信号给单片机来控制台灯亮与灭，其电路如如所示：

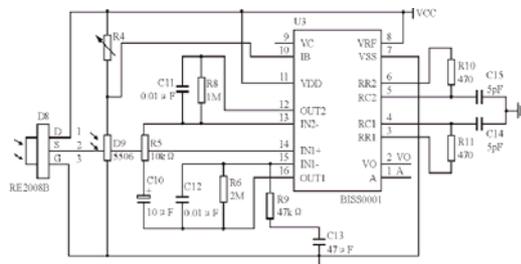


图 6 信号检测与处理单元

3.3 AD 转换模块

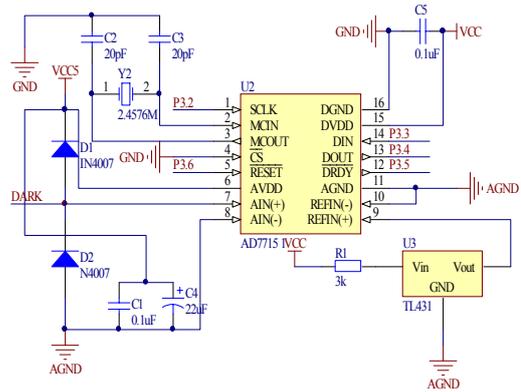


图 7 AD 模数转换模块电路图

3.4 光照采集模块

光照采集模块采用光敏电阻，当外界光亮度改变时，光敏电阻的阻值也随之改变。模拟信号经过 AD 变换后，给控制系统，控制台灯的亮度改变，其工作原理方框图如下图所示：



图 8 光照采集原理图

3.5 坐姿检测

主要通过人体距离台灯的距离来判断，当人距离过近时，提示蜂鸣器响起，电路如图：

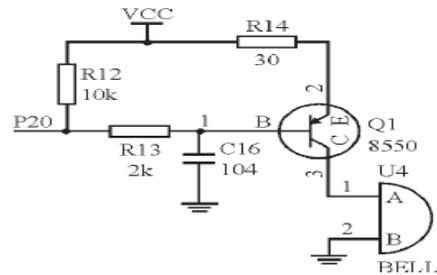


图 9 蜂鸣器提醒电路

3.6 LED 灯驱动模块

传统的大功率 LED 电源，大部分是用 220V AC~DC 后面再用 LM358 或者三极管来做恒流，此电路恒流精度低，并且过温，短路等保护功能没有，输出的可变性不强。故在此设计中高亮 LED 采用大电流、高压 DC/DC 升压恒流 XL6004 恒流驱动，其具有宽电压输入，大电流输出，且其效率可以达到 92%，原理图如下：

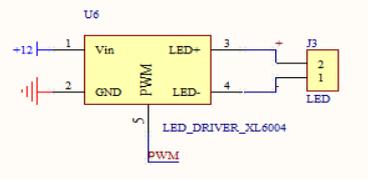


图 10 LED 灯驱动电路

3.7 显示模块

采用 74LS138 译码器，驱动 8 颗红色 LED 作

为该系统的显示，用来显示灯的亮度等级；驱动液晶显示器用来显示日期和时间，电路如图：

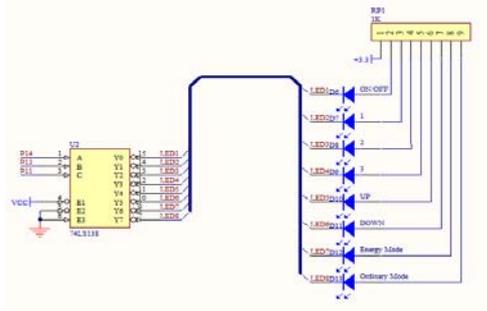


图 11 显示电路

4 结束语

本系统的设计思想来源于生活，所以所具有的功能也是为生活的方便而设置的。因此就产生了制作智能台灯的想法。首先在与老师的商讨下，对项目进行了认证，确定了项目的可行性，列出了项目的主要难点及可能出现的问题，确定了以后的制作重点。接下来进行构思，列出大体的框架图。然后根据框架图用 protues 画出电路原理图，然后进行焊接。

在对电路部分进行了初步的检测后，解决了比较主要的问题；因此依据硬件编写相应的程序，经过 KEIL 软件仿真后，语法上无错误，各个端口的数据正是所需要的，最后是将软件烧到单片机中，然后运行整个系统。

通过本次设计，熟悉了电路的开发和制作及论文的编著写。最终成功设计出一台能够自动调节亮度，矫正坐姿，达到护眼功能；实现无影效果，降低损耗，达到节能目的的智能台灯。

参考文献

1. 周景雷. 新型多功能控制 LED 台灯[J]. 电子技术, 2011(5).
2. 颜重光. 基于 BP2808 的 LED 照明灯具电源应用设计技术[J]. 中国集成电路, 2010(8).
3. 刘迎春. 传感器原理、设计与应用. 国防科技大学出版社, 1998.
4. 彭劲松, 文利群. 恒流源 LED 触摸台灯的设计[J]. 山西电子技术, 2007(2).
5. 王雪文, 张志勇, 传感器原理与应用. 北京航空

- 航天大学出版社, 2003.
6. 童诗白. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
7. 杨帮文. 实用电源电路集锦[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
8. 丁元杰. 单片机原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001: 1.
9. 孙串友, 孙晓斌. 感测技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
10. 赵继文. 传感器与应用电路设计[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
11. 黄继昌. 电子元器件应用手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
12. 何希才. 传感器及其应用电路[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
13. R. JH iggens. E lectronics and Analog In tegra ted C ircuits[M]. N. J. Pren tice- H allInc, 2001.
14. C ray C, SwinhoeC F, M y in,let al. Ta rget controlled in fusion o fketamine as analgessiaforTIV A w ithpropofol. Can. J Anesth, 1999, 40: 957.

可远程交互的二次重合闸微机装置的设计与实现*

马晶，王钰，韩思雨

(吉林大学，仪器科学与电气工程学院，吉林长春 130001)

摘要：传统的一次重合闸装置接线复杂，辅助设备多，不能实现工作人员无接触设定与控制，常常出现误动、拒动情况，若故障无法在短时间内消除，重合闸装置可能再次跳闸，使得合闸成功率不高。本文设计了一种可远程交互的二次重合闸微机装置，该装置基于 MSP430F149 单片机进行控制，具有低功耗，低成本，数据实时显示，单片机重合闸控制，上位机远程交互控制等特点。主要由电源、电压信号采集、单片机处理、继电器、显示、通信等模块和上位机可视化界面等组成。本文详细介绍了硬件电路的设计方案，并给出了软件程序的流程图。对该装置在实验室环境下进行测试，实现了单片机二次重合闸操作并由上位机显示和控制。

关键词：单片机；二次重合闸；远程交互；上位机

Design and Realization of a Secondary Reclosing Microcomputer Device Remotely and Interactively Controlled by PC

Ma Jing, Wang Yu, Han Si-yu

(College of instrumentation & Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130001, China)

Abstract: Traditional reclosing device have complex wiring and much auxiliary equipments. It cannot achieve contact-free setting and control of staff, and it often malfunctions and refuses to work. If the fault does not eliminate in a short time, reclosing device may trip again. It makes that the success rate is not high. This paper designed a secondary reclosing microcomputer device remotely and interactively controlled by PC. The device is based on MS P430F149 single-chip, with low power consumption, low cost, real-time display of data, single-chip reclosing control, remotely and interactively controlled by PC and so on. The device mainly consists of the power supply module, the acquisition module of voltage signal, single-chip module, relay module, display module, communication module, PC visual interface and other components. This paper describes the hardware circuit design, and flow chart of the software procedure. We test the installation in a lab environment, it implements the single-chip microcomputer reclosing operation for the second time and it can be displayed and controlled by the host computer.

Keywords : single-chip; secondary reclosing device; remote interaction; the host computer

0 引言

随着社会发展对电力需求的不断增大，输电线路发生故障的次数不断增多。发生这些故障的根本原因是输电线路长期运行在户外，受自然环境、气候、动植物、人类活动等因素的影响。如雷电引起

的瓷瓶表面闪络、大风引起的碰线、线路通过鸟类及树枝短路等，此类故障称为瞬时故障，占整个线路故障的 90%左右。当故障消失以后，若由运行人员手动进行重合，由于停电时间过长，用户电动机多数已经停转，重新合闸的效果不显著。因此目前市场上多使用自动重合闸装置。自动重合闸（ARC）装置是将因故障跳开后的断路器按需要自动投入的

*指导老师：王永志

项目类型：大学生创新项目

一种自动装置。它能够检测故障电流，并能在给定时间内切断故障电流以及按设定次数进行重合闸。传统的重合闸装置多采用模拟电路进行一次合闸操作，一方面装置接线复杂，辅助设备多，误操作率高，另一方面不能合闸于故障点恢复较慢的瞬时性故障和无法进行远程实时监测和控制^[1,2,3]。因此，如何设计简便高效成功率高的重合闸装置十分重要。

目前可远程交互的二次重合闸微机装置尚处于研究初期，微型重合闸具有高可靠性，高精度，高速度，智能通信，方便快捷，结构简单等优点。使用时只需对其控制字进行一定的设置，便可构成多种工作方式。而自动重合闸多次重合于永久性故障，将使系统遭受多次冲击，导致严重后果^[4]，所以从安全性和合闸成功率上说二次重合闸将是最适合的，近年来一种二次重合闸已广泛应用于广州地区，它是利用配电系统中馈线断路器与柱上开关的动作配合，进行故障定位与隔离并迅速恢复供电的技术^[5]，但没能实现远程显示与控制。

为了实现简便高效成功率高的重合闸装置，本文设计了一种可远程交互的二次重合闸微机装置，该装置选用 MSP430F149 单片机进行电压采集数据的处理和重合闸控制，用继电器 2 模拟重合闸合闸与跳闸操作，通过串口线实现单片机与上位机的通讯。

1 整体设计

该装置可分为串口通信前后两个部分：单片机系统和远程计算机终端。串口通信模块通过串口数据线实现单片机和上位机的数据相互传输。

1.1 单片机系统

串口通信的前侧为单片机系统（如图 1），该部分包括电源模块，电压信号采集模块，单片机处理模块，自动重合闸（继电器），电压信息显示模块、报警模块。系统先通过电压互感器将市电 220V 交流电转换为 0V~5V 交流电，再经过精密整流、滤波装置和 MSP430F149 中的 ADC12 得到可供单片机处理的数字信号。单片机处理模块通过有效的算法程序处理数据，并控制自动重合闸（继电器）的工作状态及二次反应，当过电压时报警电路产生报警信号。整个过程中单片机同时将实时数据显示在液晶屏上并通过通信装置传输给远程的计算机终端。各模块的电力供应都由电源模块提供。

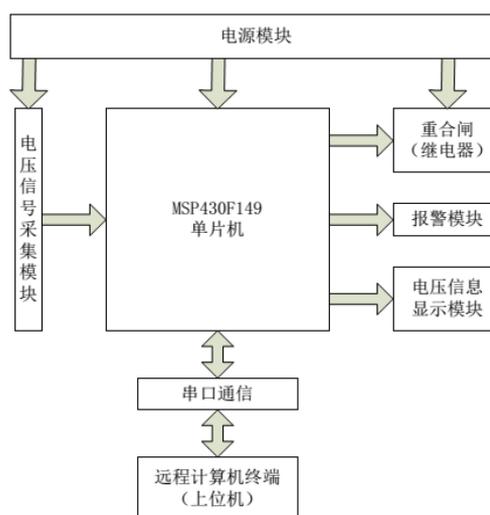


图 1 单片机系统的结构框图

1.2 远程计算机终端（上位机）

串口通信的后侧为远程计算机终端，即上位机，包括数据处理（后台数据处理和数据采集），数据的显示与控制界面的设计。具体方法为，在 Microsoft Visual Studio 2005 软件中采用 C#语言进行编程，设计主界面以供计算机终端的监控人员观察与控制，通过串口线接受单片机发送的实时数据并显示在主界面上，图形界面也可以送命令给单片机，单片机响应请求，并根据命令做出相应动作。远程计算机终端（上位机）与单片机系统的关系结构框图如图 2 所示。

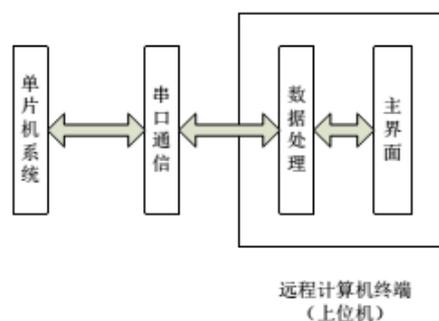


图 2 远程计算机终端（上位机）与单片机系统的关系结构框图

2 设计与实现

2.1 硬件设计

硬件设计主要指单片机系统的硬件和通讯串口部分，包括电源，电压信号采集电路，单片机最小系统，自动重合闸（继电器）电路，电压显示与报警电路和 RS232 串口通讯电路。其中电源模块为各部分电路提供电源（如图 3）。

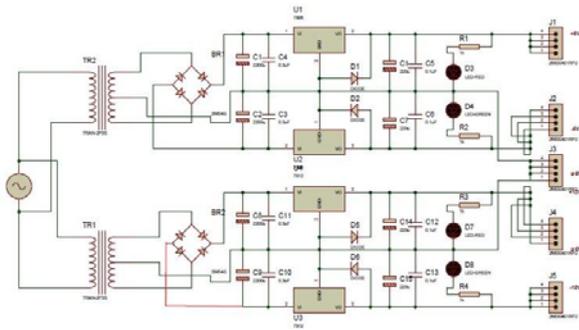


图 3 电源设计电路

2.1.1 电压信号采集电路

电压信号采集电路在整个装置中起着至关重要的作用，电路的放大特性、抗干扰能力以及稳定性直接影响采集到数据的准确性。

电压采集电路主要包括稳压调节部分，整流电路部分，滤波电路部分。电压互感器的主要功能是将市电（220V）左右的电压通过电压互感器变换为 5V 以下的交流电，并由电压调节部分调节交流电压的大小，然后进入稳压部分，通过整流电路进行整流，输出比较稳定的直流信号，最后通过滤波电路进行滤波，滤去高频的波形成分，得到纹波较小的直流波形，通过改变电压调节部分的滑动变阻器，使得直流端输出的直流电压值在 0V~3.3V 之间变化，从而满足单片机 MSP430 内置的 ADC12 对于模拟信号输入电压幅值的要求。

1). 稳压调节部分

输入的交流电压首先经过电压调节装置进行降压调节，可以手动调节滑动变阻器，来改变输入的电压值。如图 4 为电压互感器调压电路图。

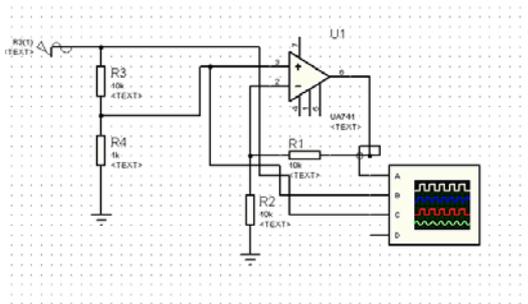


图 4 电压互感器调压电路图

2). 整流电路部分

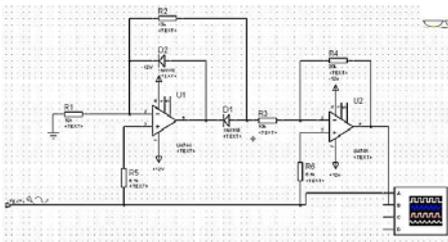


图 5 整流电路图

图 5 为整流电路图，输入电压为 V_i ，输出电压 V_0 ， R_3 为 R_{f1} ， R_4 为 R_{f2} ， V_{01} 为经过第一个 UA741 的输出电压。相关公式如(1)至(4)：

当 $V_i > 0$ 时，

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_{f2}}{R_{f1} + R_2}\right)V_i - \frac{R_{f2}}{R_{f1} + R_2}V_i = V_i \quad (1)$$

当 $V_i < 0$ 时，

$$V_{01} = \left(1 + \frac{R_{f1}}{R_1}\right)V_i \quad (2)$$

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_{f2}}{R_2}\right)V_i - \frac{R_{f2}}{R_2}V_{01} \quad (3)$$

当 $R_{f2} = 2R_{f1} = 2R_1 = 2R_2$ 时

$$V_0 = 2V_i - 4V_i = -V_i \quad (4)$$

3). 滤波电路部分

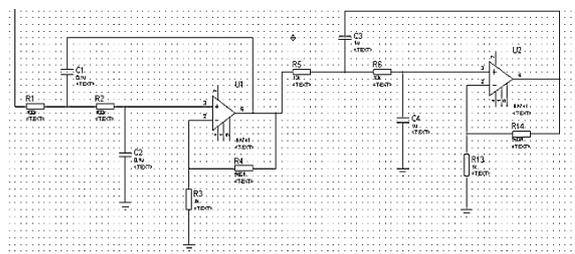


图 6 滤波电路图

图 6 为滤波电路图，二阶有源滤波电路是由两节 RC 滤波电路和同相比比例放大电路组成，其特点是输入阻抗高，输出阻抗低。同相比比例放大电路的电压增益就是低通滤波器的通带电压增益，即 $A_0 = A_{VF} = 1 + (A_{VF} - 1)R_1 / R_1$ 。

此滤波电路的基本公式如(5)至(7)：

$$\omega_c = \frac{1}{RC} \quad (5)$$

$$Q = \frac{1}{3 - A_{VF}} \quad (6)$$

$$A_{VF} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (7)$$

Q 为品质因数, $Q=0.707$ 的时候幅频响应曲线较为平坦。 w_c 为截止角频率为 100Hz, 保证频率低于 100HZ 的信号成分通过, 滤去高频, 达到滤波的目的, 所以将 $Q=0.707$, $w_c=100\text{HZ}$ 带入上述

公式可以得到 $\frac{R_f}{R_1} = 0.586$ $RC=0.01$; 取 $R_f=560$

$R_1=1\text{K}$ $R=100\text{K}$ $C=0.1\mu\text{F}$ 。

2.1.2 单片机最小系统

本设计采用的是德州公司新开发的一种具有 16 位总线的带 FLASH 的单片机 MSP430F149, 其性价比和集成度都很高, 应用广泛, 特点突出。它采用 16 位的总线, 外设和内存统一编址, 寻址范围可达 64K, 还可以外扩展存储器。具有统一的中断管理, 具有丰富的片上外围模块, 片内包括一个精密硬件乘法器、两个 16 位定时器、一个 8 路的 12 位的模数转换器、一个看门狗、6 路 P 口、两路 USART 通信端口、一个比较器、一个 DCO 内部振荡器和两个外部时钟, 支持 8M 的时钟。

单片机最小系统 (如图 7) 将采集到的信号通过 P6.6 口经内部的 ADC12 转换为数字信号, 通过有效的程序算法处理信号并输出相应的控制信号。

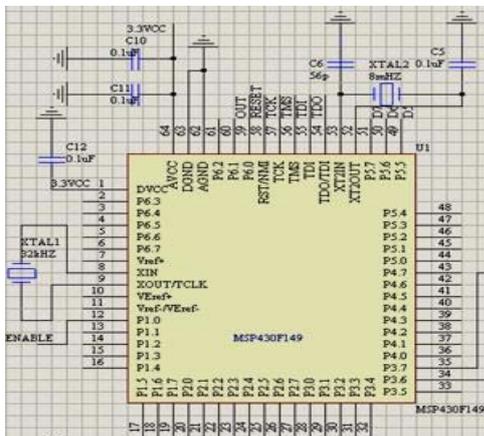


图 7 MSP430F149 最小系统图

2.1.3 自动重合闸 (继电器) 电路

输电线路的电压都很高, 要想直接控制这些高电压、大电流不容易实现, 同时比较危险, 故本设计采用单片机输出低压信号控制高压线路, 但是低压电路与高压电路之间的连接部分还要能够提供良好的电隔离, 而继电器就是连接高压电路与低压电路的元件, 并且其隔离效果好。

本设计采用两个 HK4100F-DC3V-SHG 型继电器模拟重合闸操作, 一个作为主电路二次重合闸

使用, 一个作为备用电源开关使用。当电路持续故障, 二次合闸操作仍旧不能完成时随即闭合另一个继电器使备用电源接入电路, 让用电设备持续工作。继电器电源均为 3.3v, MSP430F149 单片机输出的高电平为 3.2V 左右, 低电平在 0.7V 以下, 控制端接入的是单片机管脚输出的高低电平, 当输出高电平时, 三极管不导通, 继电器不动作, 主电路断开, 指示灯不闪亮。当输出低电平时, 三极管 Q1 基极电压为 $(3.3-0.7=2.6\text{V})$, 改变 R1 的大小便可改变基极电流, 当基极电流足够大时, 三极管饱和导通, 继电器常开触点闭合, 主电路闭合, 指示灯闪亮。继电器硬件连线图如图 8 所示。

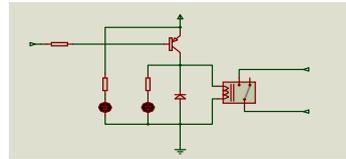


图 8 继电器连线图

2.1.4 电压显示与报警电路

单片机系统采用 LCD1602 进行实时显示, 使用蜂鸣器进行报警提示, 当输入单片机电压值低于电压阈值时, 正常显示实时电压值, 当过电压时则显示报警提示, 蜂鸣器报警。

2.1.5 RS232 串口通讯电路

由于 MSP430 最大工作电压为 3.3V, 所以在与 PC 机进行串口通信的时候需要进行 EIA-RS-232 (美国电子工业协会 EIA 制定的串口通信协议) 逻辑电平转换。

在本设计中采用一块 MAX232 芯片把从 MSP430 中 USART 过来的信号进行电平转换后输出到 PC, 把从 PC 发过来的信号发送给 USART, 把 DB9 作为我们选用的 RS-232 连接器——9 针串行口。考虑到电源的输入波纹对单片机的影响, 在电源的管脚增加一个 $1\mu\text{F}$ 的电解电容来实现滤波, 以减小输入端受到的干扰。另外单片机还有模拟电源的输入端, 所以这里需要考虑干扰问题, 在该系统中的干扰比较小, 因此模拟地和数字地共地, 模拟电源输入端增加一个滤波电容以减小干扰^[18]。RS232 串口通信电路如图 9 所示。

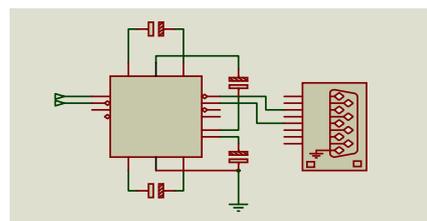


图 9 RS232 串口通讯电路

2.2 软件设计

软件设计指单片机编程和上位机界面的编程，单片机采用 C 语言在 IAR 编译器中进行编写，上位机界面采用 C#语言在 Microsoft Visual Studio 2005 软件中进行编写。

2.2.1 单片机编程

单片机程序总体流程如图 10 所示，首先通过编程对 LCD 初始化，采集到的电压信号通过 MSP430F149 内部的 ADC12 进行转换，每接受一次数据都要送到 LCD 上显示，由于显示的电压值不稳，有闪烁变动，所以取多次的电压值加权求和得到一个最终要显示的电压值：
$$\frac{(V_1 + V_2 + \dots + V_{20}) * 100 * 5.00}{255 * 3}$$
，通过这样的编程方法和技巧，可以稳定的显示测取的电压值。

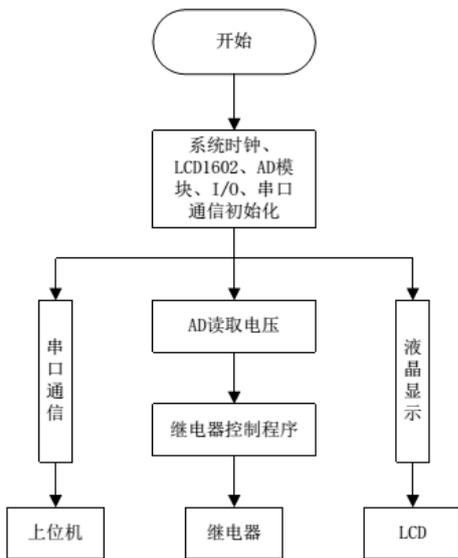


图 10 单片机程序总体流程

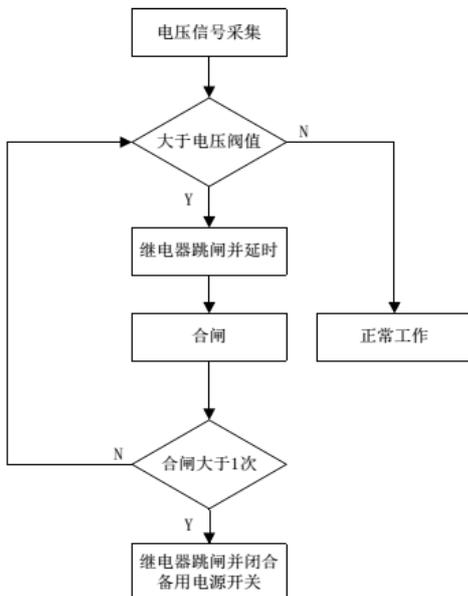


图 11 继电器控制流程图

在显示电压值的同时，还要将测取的电压与电压阈值进行比较，单片机的高电平控制继电器断开，低电平控制闭合，一旦过电压蜂鸣器报警，1602 显示警告信息。二次重合闸操作过程：如果测量的电压低于电压阈值，作为重合闸的继电器一直处于闭合状态，作为备用电源开关的继电器断开。一旦测量的电压超过电压阈值，单片机控制作为重合闸的继电器断开，经过设定的延时时间，继电器一次重合，并进行电压判断：若电压值恢复正常，继电器保持闭合状态，电路正常运行；若仍然过电压，继电器再次断开并重复上述动作。即经过延时时间后二次重合，并进行电压判断：若电压值恢复正常，继电器保持闭合状态，电路正常运行；若仍过电压则断开继电器，同时控制作为备用电源开关的继电器闭合启动备用电源。继电器控制流程图如图 11 所示。

2.2.2 上位机编程

Visual Studio 是由微软公司推出的一款开发环境软件，不仅可以创建 Windows 平台下的窗体应用程序即 WinForm 和网络应用程序，同时也可以用来创建网络服务和 Office 插件等。Visual C# 是微软公司 .NET Framework 框架中的一个重要组成部分。WinForm 是 .Net 开发平台中对 Windows Form 的一种称谓。

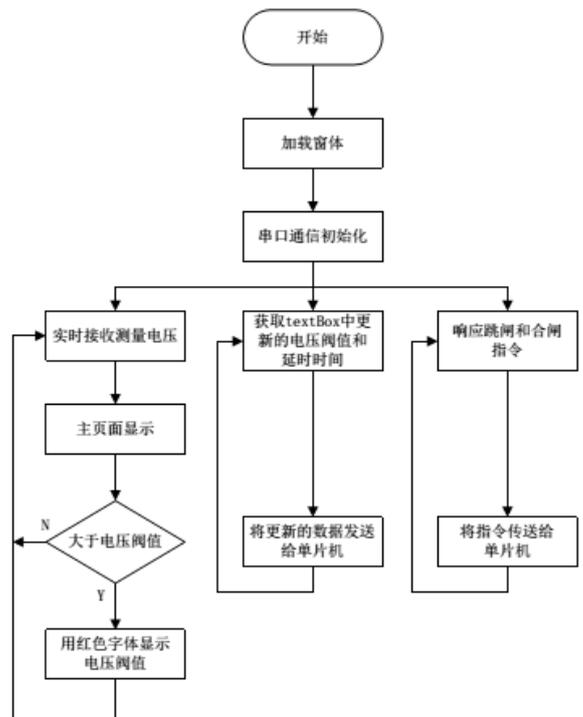


图 12 上位机软件设计流程图

本设计中上位机界面采用 Visual Studio 2005 来设计和编写，根据设计要求添加六个 button 控件：开始、修改电压阈值、修改延时时间、退出和

跳闸、合闸。主要设计三个 textBox：测量电压（有效值），电压阈值，延时时间。测量电压（有效值）显示电网中当前的电压有效值，由单片机将测量的电压值通过 RS232 串口发送给电脑；电压阈值和延时时间供上位机操作人员设置，通过 RS232 串口发送给单片机来控制单片机；跳闸与合闸 button 同样通过串口将指令传送给单片机，能够直接控制继电器动作，便于线路正常运行时也能随时断开继电器维修电路等等。设计中最重要的是用到 SerialPort 控件来调试串口，首先设置通讯端口名称和波特率等参数，打开端 6 口，接收数据进行判断并在 textBox 中显示，更改数据时发送给单片机更新值，实现上位机与单片机之间的通讯。图 12 为上位机软件设计流程图。

上位机 VS 界面如图 13 所示：



图 13 上位机 VS 界面

3 测试结果分析

3.1 电压显示结果分析

使用吉林大学继电保护实验室的试验仪提供单相工频交流电压（电压相位、电压值等均可调），用万用表测取其有效值，并读取 LCD1602 液晶屏上显示的电压值，分别记录读取对应的两组数据。测试数据如表 1 所示。

实际电压与显示电压的关系曲线如图 14 所示：

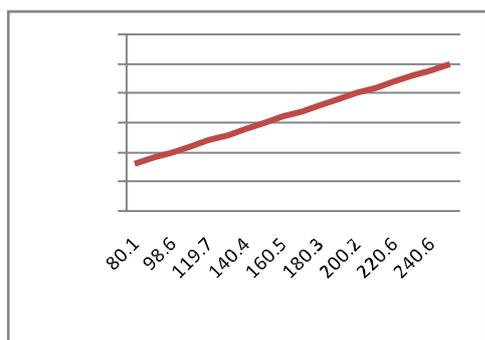


图 14 实际电压与显示电压关系曲线

表 1 实际电压和显示电压对比表

序号	实际电压 (V)	显示电压 (V)
1	80.1	80.6
2	90.2	90.7
3	98.6	98.9
4	109.4	110.0
5	119.7	120.1
6	130.6	130.2
7	140.4	140.3
8	150.4	150.4
9	160.5	160.5
10	170.5	170.6
11	180.3	180.7
12	190.4	190.7
13	200.2	200.8
14	210.3	210.0
15	220.6	220.1
16	230.4	230.2
17	240.6	240.3
18	250.5	250.4

通过上述表格以及绘制的曲线关系图可以发现，显示电压与实际电压之间的函数关系接近于线性变化，证明该装置测取的电压真正可靠，具有使用价值。

3.2 单片机控制结果分析

1). 单片机可以实时接收并显示实际电压值，误差在 1V 以内。

2). 当第一次电压超过上位机设定的电压阈值时，LCD 报警提示，蜂鸣器鸣响，作为重合闸的继电器常开触点断开，闭合指示灯熄灭，经过上位机设定的延时时间继电器自动进行第一次合闸，若电压低于电压阈值，则电路恢复正常，闭合指示灯重新点亮。若仍过电压，则重复上述动作，由于单片机高速运行，人肉眼观察到的现象就是闭合指示灯闪烁一次。

3). 经过第二次延时，继电器自动进行第二次合闸，若电压低于电压阈值，则电路恢复正常，闭合指示灯重新点亮。若仍过电压，继电器跳闸，由于单片机高速运行，人肉眼观察到的现象又是闭合指示灯又闪烁一次，作为重合闸的继电器将不再进行合闸操作，与此同时闭合作为备用电源开关的继电器，其闭合指示灯点亮，备用电源接入电路。

3.3 上位机控制结果分析

一方面，上位机可以实时显示单片机发送的电压值。另一方面，上位机可以随时改变电压阈值和延时时间，在未过电压时可以通过跳闸和合闸按键控制继电器的工作状态，这些都通过串口通信发送给单片机执行。当显示电压值超过电压阈值时电压值字体颜色由黑变红，用来警示工作人员。

4 结论

设计完成了预期目标,实现了电压信号采集,MSP430F149 单片机的二次重合闸和相关外设控制,并能通过串口通信实现上位机的远程显示与控制,高效快捷,方便实用,有一定的市场前景。在今后的工作中,将采用无线或网络数据传输代替有线传输,完成电压信号采集的模块优化和集成,使上位机控制功能更加完善。

参考文献

1. 袁越,张保会.电力系统自动重合闸研究的现状和展望[J].中国电力,1997(10):44-47.
2. 张祥军.传统与现代微机型综合自动重合闸装置的分析[J].辽宁科技学院学报,2008(3):1-2.
3. 周兴奎,田建文.新型微机型自动重合闸的原理及其应用[J].甘肃水利水电技术,2011(11):12-15.
4. 龙启峰,陈昊.二次重合故障的原因分析[J].电工技术,2012(12):10-13.
5. 陈明辉,张少凡,文福拴.二次重合闸与二级二次重合闸在配电系统中的应用[J].华北电力大学学报,2011,38(2):21-26.
6. 汪志彬,杨海平.浅议重合闸与自动恢复供电[J].重庆电力高等专科学校学报,2005,10(1):1-3.
7. 徐海龙.输电线路瞬时故障与自动重合闸的作用浅析[J].机电信息,2012(33):32-33.
8. 韩潇,赵国宇,韩洁,李永敬,田壮梅.重合闸误动作原因分析与防范措施[J].电力系统保护与控制,2010,38(24):217-221.
9. 王体奎,郭建强,高晓蓉,王黎.自适应自动重合闸与继电保护的组合研究[J].现代电子技术,2011,34(16):126-129.
10. 刘欣.话说自动重合闸[J].农村电工,2009,5:33
11. 何桥,段清明,邱春玲.单片机原理及应用[M].北京:中国铁道出版社,2004.3
12. 解广润.电力系统过电压[M].北京:水利电力出版社,1985.
13. 高亮.电力系统微机继电保护[M].北京:中国电力出版社,2007.
14. 田吉,曹俊彪,王福林.继电保护实验装置的研制[J].吉林电气化高等专科学校自控系.
15. 丰明宝,李晓梅.新型微机保护装置硬件和软件的研究[J].山东科技大学
16. 钟晨.电能质量监测仪的设计与实现[J].苏州大学
17. 谭浩强.C 程序设计(第三版)[M].北京:清华大学出版社,2005.7
18. 王海霞.单片机与 PC 机串口通讯设计[J].潍坊学

基于彩信的智能防盗报警系统*

周贤泽, 张翼轩, 刘延

(吉林大学 电气工程及其自动化专业, 吉林长春 130001)

摘要: 本文介绍了一种基于废旧手机而研发的智能防盗报警系统,详细描述了系统的组成结构和软硬件设计。本系统采用废旧手机来发送、接收消息,从而实现对家居安全的监视与控制。选用红外对管传感器采集信息,运用网络信息技术,获得准确的报警信息。主人收到报警信息后,能够了解现场的情况,及时报警,使之达到保证家居安全以及防盗的目的。本系统结构简单、安装调试简单、操作方便。

关键词: 彩信报警; 智能防盗; 家居安全; 旧手机; 单片机

Intelligent alarm system based on MMS

Zhou Xianze, Zhang Yixuan, Liu Yan

(Jilin University electrical engineering and automation, Changchun, 130001)

Abstract: This article introduces an intelligent alarm system based on used cell phones, and describes the composition and structure of the system as well as the hardware and software design in detail. This system uses old cell phones to send and receive messages, in order to supervise and control our home safety. We use infrared sensors to collect information, and make use of network information technology to get the accurate warning. When the owner receive the alarm information, he can know the situation at the scene, so he can call the police in time to ensure domestic safety and security. The structure of the system is simple, and it is not only easy to install, but also convenient to operate.

Key words: MMS alarm; intelligence security; home safety; used cell phones; single-chip microcomputer

1 引言

随着城市流动人口的不断增加,城市社会治安形势日趋严峻。白天居住场所、夜间仓库店铺都可能处在无人留守的状态,这就给犯罪分子提供了可乘之机。目前,多数的居民住宅防盗都采用铁栅栏防盗,这样做既不美观,在发生紧急事件如火灾的时候,居民又不方便逃生。一些高档小区的报警系统因价格昂贵不能被广大消费者所接受,因此限制了它的推广。^[1]考虑家庭所需,我们小组设计一款基于彩信的智能防盗报警系统,经济实用,性能稳定,可以有效的防止各种非法盗窃破坏行为。

在我国,家庭安全防范报警系统已成为智能小区中实现安全管理的基础。家庭智能报警便是其中的一项内容。^[13]报警设备主要是在两方面发展较快,一方面是探测器技术和探测器的发展,一方面是远程报警系统的发展。探测器的发展主要表现在出现了被动红外、超声波和微波三种不同的探测技术,各种不同类型的探测器也纷纷涌现。远程报警系统的发展主要表现在出现了有线式报警系统、无线式报警系统,报警联防网络等。同时,很多防盗报警系统都引入了 FPGA 技术。另外,随着视频监控系统的不断广泛,集中联网监控需求越来越多,尤其是平安城市的建设以及电信网通等运营商的介入,使得网络化的步伐进一步的加速。

*指导老师: 杨大鹏

项目类型: 大学生创新项目

近几年，安防行业向 IT 化发展的脚步也非常快。虽然国内安防技术飞速发展，但是我国的智能安防的普及程度相对国外来讲，还有很大差距。国外已经成功研发出多套成熟的中大规模安防系统。例如，美国 C&K 公司的 2300 系列和“MONITOR”监控软件等，美国 ADEMCO 公司的 4110 系列防盗报警系统，国内此类产品如康必特电子技术研究所生产的 CPT-302 传呼报警系统。此类系统利用微机软件灵活多变，人机界面友好，管理操作简单、方便，图形丰富等特点而做成的监控软件，可监控数十个甚至上百个控制分机，性能价格比较高。国内在此方面的系统较小，产品没有形成系列化和商业化，只有一些简单的微机软件监控系统，如康必特电子技术研究所生产的 CPT-302 传呼报警系统等。随着社会经济高速发展和人们生活水平的不断提高，人们需要一种智能型的家庭安全防范报警系统。以往的家庭监控系统，由于可靠性较差、功能单一或造价高而难于普及。^[10]

随着电子通讯技术的飞速发展，单片微机以其具有体积小、价格低、集成度高、性价比高等突出优点广泛应用于许多方面。^[4]同时，支持彩信接收发送的手机也不是家庭中的鲜见之物，因此利用单片机组件手机来开发一套适合家庭使用的低价位、运行可靠的多功能智能型安全防范报警系统已经势在必行。

2 整体设计

本系统可以分为三个部分，分别是门窗传感模块、手机按键控制模块和声音检测密码锁模块。通过主控芯片 STC89S52 控制手机发送报警信息。

2.1 门窗传感模块

利用 LM393 双路比较器和红外对管传感器的结合，对入侵行为作出判断，并且将采集到的模拟信号转换为数字信号发送给控制芯片 STC89C52，控制芯片在对传感器模块传送的数字信号的分析计算后对控制模块发送响应信号。系统利用红外对管传感器可以灵敏地感应到入侵信号。^[6]其流程图如图 1。

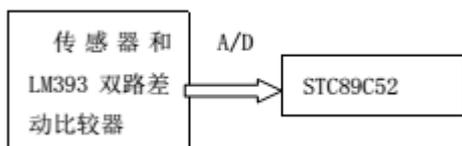


图 1 门窗传感模块流程图

2.2 手机按键控制模块

手机按键控制模块为若干继电器模块和老式旧手机组成。将 5v 继电器用导线与手机键盘相连，形成外部按键。^[2]当有入侵行为时，单片机 STC89C52 发送信号接通相应的继电器模块实现手机按键行为的发生，实现拍照、发送照片、打电话等一系列动作，^[7]同时启动灯光和蜂鸣器报警，震慑入侵者。其流程图如图 2。

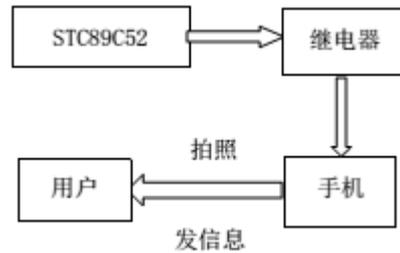
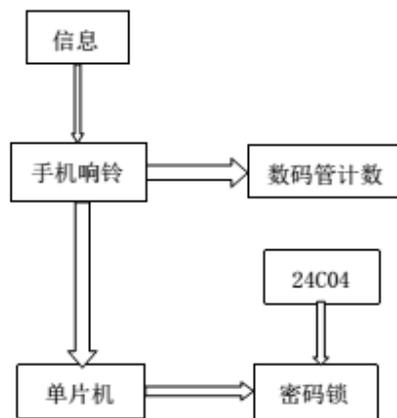


图 2 手机按键控制模块流程图

2.3 声音检测及密码锁模块

用户可以通过向该手机发送信息或 QQ 信息使之响铃，并利用数码管记录声音检测的次数，启动密码锁的声音检测次数可以由用户自行设定，增加了安全性。随后将信号发送给单片机启动密码锁，密码锁的预设密码存储在 24C04 中。主要是用 AT89C52 单片机为核心控制元件，单片机可以对 24C04 进行读取密码和写入密码，本密码锁是事先吧初始密码 123456 写入 24C04 中当用户输入的密码与存储器储存的密码相同时，即可开锁成功，并也可以修改密码，若不相同，则不能开锁，并提示密码错误。用户忘带钥匙时，可以通过启动密码锁开锁，可以用任意一部手机和家中的手机进行通讯。同时，用户也可以在出差或长期离开时启动密码锁，进一步加强防盗功能。



声音检测及密码锁模块流程图

3 硬件设计与实现

硬件设计包括主控系统，和外围控制系统。主控系统包括红外传感检测部分和单片机最小系统部分。外围控制系统包括继电器驱动部分、计数器显示部分和密码锁部分。其中还包括电源设计部分。

3.1 电源设计

设计输出为 5V 的电源，为门窗传感模块、手机按键控制模块、声音检测及密码锁模块提供电源。其设计电路如图 3。

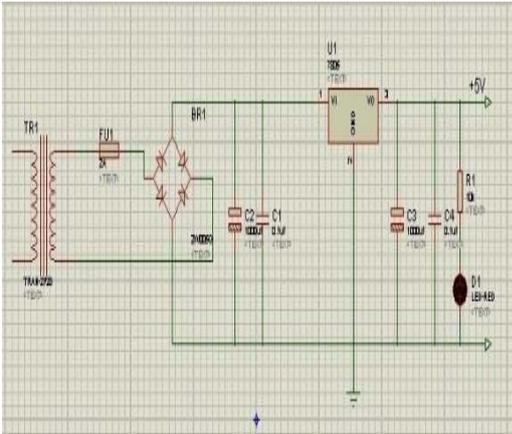


图 3 电源电路

3.2 主控系统电路设计

红外传感检测部分，采用红外对管传感器，其发射和接收的最大距离可达 8 米，并可在室内自然光下，进行准确的计数，无需对光采用聚焦措施。再结合 LM393 双路比较器，即可判断入侵行为。其电路设计如图 4。

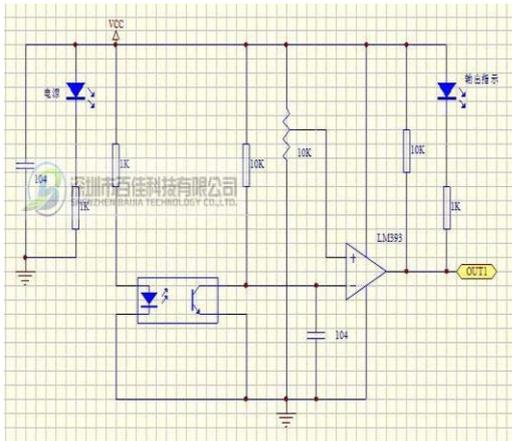


图 4 红外对管检测电路

单片机系统部分。采用 STC89C52 单片机，具有体积小、价格低、集成度高、性价比高等突出优点。检测信息经 A/D 转换传送到单片机系统中。^[9] 控制芯片在对传送的数字信号进行分析计算后对控制模块发送响应信号。^[5]

3.3 外围控制系统电路设计

继电器驱动部分。由若干继电器模块组成，形成手机外部按键。采用六个 5V 普通继电器模拟按

键操作，控制端接入的是单片机管脚输出的高低电平，当输出高电平时，三极管不导通，继电器不工作，电路断开。当输出低电平时，三极管饱和导通，继电器常开触点闭合，电路导通。继电器驱动设计电路如图 6。

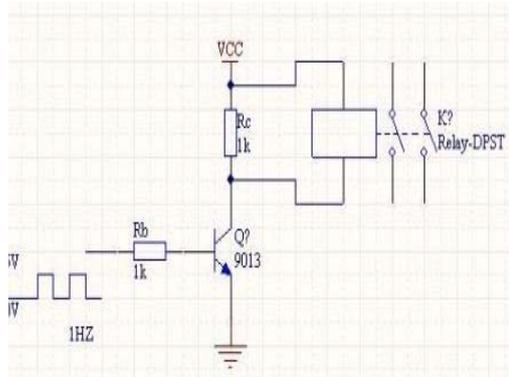


图 6 继电器驱动负载放大电路

计数器显示部分。通过手机信息或者 QQ 等软件使接收手机响铃，记录响铃次数，达到预定的响铃次数（次数可人为设定），即可将信号发送给单片机启动密码锁，增加安全性能。其设计电路如图 7。

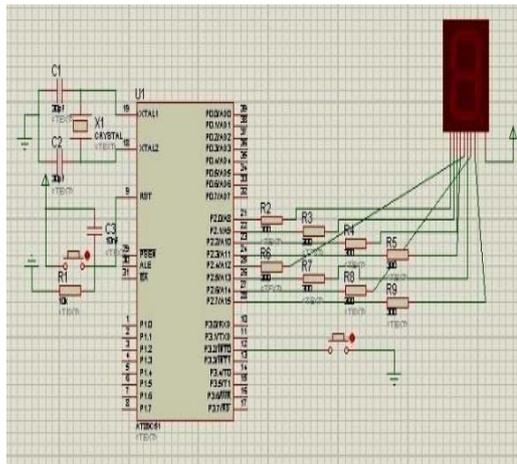


图 7 计数器显示电路

密码锁部分。密码锁的预设密码存储在 24C04 中。用户忘带钥匙时，可以通过启动密码锁开锁，可以用任意一部手机和家中的手机进行通讯。同时，用户也可以在出差或长期离开时启动密码锁，进一步加强防盗功能。其设计电路如图 8。

的设计 科技创新导报 2009,01

11. 戴佳,戴卫恒.51 单片机 C 语言应用程序设计[M].
北京:电子工业出版社, 2006:162- 163.
12. 王晓栋,李丽宏,刘继敏,等.基于 GPRS 的远程称重数据采集系统[J].电子设计工程, 2008 (1) :29
-31
13. 林若波. 家庭防盗报警电路设计[J].现代电子技术, 2001, 28(8):29—30.

便携式电感测量仪*

孟泽霖；李永彬

摘要：本设计为一个便携式电感测量仪。其中设计主要由电感测试模块、分频电路、以及数据选择电路几大功能模块组成。通过 STC89C52 单片机进行频率测量和计算，并且对系统进行控制,实现对电感的测量，在 LCD1602 上显示测试结果。系统利用电感的储能原理，配合 555 定时器组成多谐振荡电路，通过测量振荡电路发出的频率计算出相应的电感的值。本系统设计简单，成本低，测量范围广，测量精度高（在测量范围内测量误差 $\leq 3\%$ ）。

关键字：谐振电路 分频 TLC555 定时器 电感测试

Abstract: This design is a inductor measuring instrument, which is consist of the inductance test module, points frequency circuit, and data choice circuit several big function module. And through STC89C52singlechip undertake frequency measurement and calculation and system control and to realize inductance measurement and displayed on the LCD1602 test results. The system uses the inductance of the principle, cooperate energy-storage composed resonant circuit TLC555 timing. Due to the different inductance value, the size of the resonance frequency of the corresponding to different, through the test out oscillating circuit to calculate the frequency corresponding inductance value. This system design is simple, low cost, wide measurement range and measurement error is less than or equal to %3.

Keywords: tuned circuit frequency division TLC555 timer inductor measuring

1 引言

随着电子工业的发展,电子元器件急剧增加,电子元器件的适应范围也逐渐广泛起来,在应用中我们常常需要测量一些元器件值的大小。电感元件在电路中的应用也十分广泛,精确地测量出电感元件电感值的大小就显得尤为重要。但市场上电感测试仪一般比较昂贵,而且体积比较大,不方便携带测量。因此,设计可靠、安全、便捷、廉价的电感测量仪具有极大的现实必要性。

2 总体设计

本设计将电感测量模块产生的不同频率的方波信号经整形和分频电路分别送至通道选择模块,根据测试的电感元件,单片机通过按键的输入选择电感测试电路,并自动检测出待测元件的值所对应的

频率范围,控制通道选择模块选通相应的输入通道,来自动选择分频的倍数,实现对元件测量的自动换挡。同时单片机通过一定的计算后向液晶发出测量结果并在液晶上显示出测量元件的频率和测量值的大小。

3 各模块方案选择

3.1 电感测试模块电路

方案一:采用平衡电桥法测量电感。将待测电感和已知标准电阻电容组成电桥,通过单片机控制调节电阻参数使电桥平衡,此时,电感的大小由电阻和电桥的本征频率即可求得,该方案测量精准,同时可以测量电容和电阻的大小,但其电路复杂,实现起来较为困难。

方案二:采用 LC 配合三极管组成三点式震荡电路,通过测输出频率大小的方法来实现对电感值测量。该方案成本最低,但其输出波形为正弦

*指导教师：刘鸿石

项目类型：创新项目

波，需要将其波形整形后才能交给处理器处理且输出频率高达数兆。单片机难以测出其频率。

方案三：用 TLC555 定时器和被测电感利用电感储能以及充放原理构成多谐振荡器，通过测频率值确定被测电感的值。该方案电路结构简单，输出波形为 TTL 电平的方波信号，简单分频后可获得较为理想的测试频率范围，方便单片机精确测量。

综上所述，本设计采用方案三，采用频率特性较好的 TLC555 构建 RC 多谐振荡电路。

3.2 频率测量

方案一：直接测频法。在确定的闸门时间内，利用计数器记录待测信号通过的周期数，从而计算出待测信号的频率。此方案对低频信号的测量精度很低，较适合于高频信号的测量。

方案二：测周法。以待测信号为门限，记录在此门限内的高频标准时钟的数量，从而计算出待测信号的频率。但被测信号频率过高时，由于测量时间不足存在测量精度不够的问题。此方案适合于低频信号的测量。

方案三：等精度测量法。其精确门限由被测信号和预控门共同控制。测量精度与被测信号的频率无关，只与基准信号的频率和稳定度有关，因此可以保证在整个测量频段内测量精度不变。但此方案的实现需要 FPGA 等专门的芯片配合单片机才能实现精确的测量，系统较为复杂，成本较高。

综上所述，本设计采用将方案一和方案二结合起来，在高频段采用测频法，低频段采用测周法，大大的提高测量范围以及测量范围内的精度。且系统实现简单。

3.3 理论分析与方案论证

本设计中电感测量原理图如图 1 (a) 所示。用 555 定时器和被测电感构成多谐振荡器。通过频率值来确定被测电感。R1、L1、D1 为电路的定时元件。3 脚输出为 TTL 电平频率随 L1 而变化的方波信号。通电后，L1 中的电流不能突变，R1 和 L1 中的电流从无到有，L1 中的磁通也随之变化，从而产生变化的电动势。2、6 脚电压 $V(2, 6)=VCC$ ，3 脚的电压为低电平，555 内部放电管导通。7 脚与地联通，为低电平，是 L1、R1 回路电流按指数规律上升。R1 上压降 VR 上升，V (2, 6) 下降。当 $V(2, 6)=VCC/3$ 时，电路翻转。3 脚输出高电平，7 脚与地断开，电感 L1 的反电动势按指数规律减小，VR 也随之减小，V (2, 6) 开始上升，当 $V(2, 6)=2VCC/3$ 时，电路再次翻转。3 脚出现低电平，7 脚又与地接通，L1 再次充电，重复上述过程。从而实现自振荡。VR 波形及最终输出波形如图 1 (b)

所示。电路输出波形高低电平时间分别为：

$$T_{PL} = \tau \ln \frac{2/3 VCC}{1/3 VCC} = \tau \ln 2 \tag{1}$$

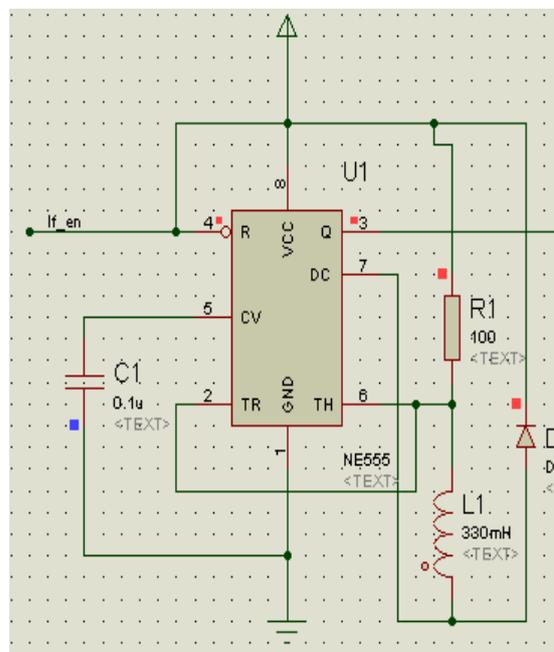
$$T_{PH} = \tau \ln \frac{VCC - 1/3 VCC}{VCC - 2/3 VCC} = \tau \ln 2 \tag{2}$$

其中， $\tau = L_1 / R_3$ 。输出频率为：

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_{PH} + T_{PL}} = \frac{R_3}{2 \ln 2 L_1} \tag{3}$$

即可求出电感量：

$$L_1 = \frac{R_1}{2 \ln 2 \times f} \tag{4}$$



(a) 电感测量电路图



(b) 仿真波形图

图1 电感测量原理图

4 单元电路设计

4.1 硬件电路设计

4.1.1 电感测量电路

鉴于测量电感的范围，由理论分析可知电路的输出频率很高，必须对输出信号做分频，单片机才能处理。设计中，电感测量模块采用高速定时器 TLC555 和两片计数器 74LS196 分别对信号做 10 分频和 100 分频处理，扩大了电感测量的范围。其电压原波形、定时器输出波形、分频后波形如图 2 所示。电路中放电二极管采用高速肖特基二极管 1N4148 以提高电路的阶跃响应。电路具体参数如图 3 所示。

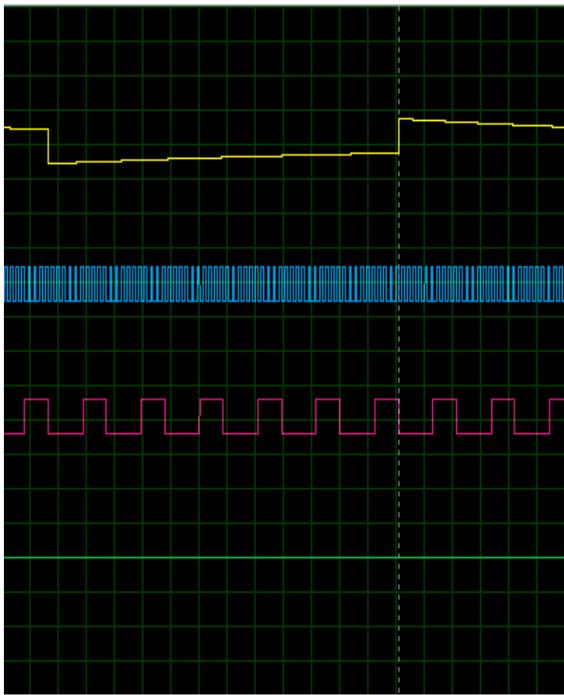


图2 分频前后的仿真波形

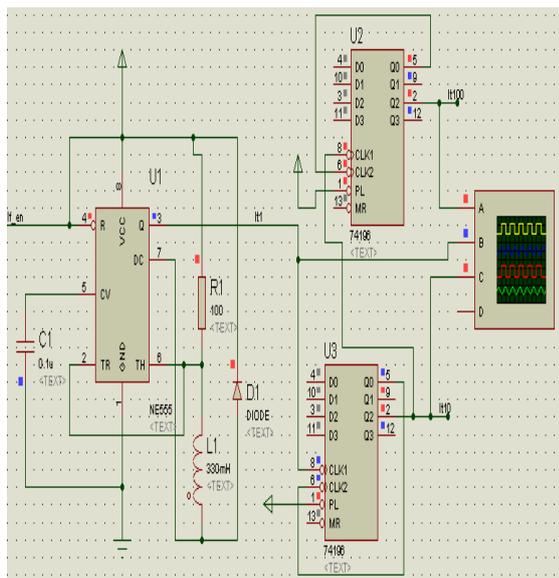


图3 电感测量电路

4.1.2 通道选择电路

本设计需要对 3 路信号进行选择，最后只有一

路信号送至单片机进行频率测量。在此采用模拟开关 8 选 1 的多路模拟开关 CD4052 为 6 路通道作选择。

4.1.3 电源电路

本设计要求各模块产生的波形频率稳定，需要波动较小的电源，设计中选用纹波小的线性稳压器 LM7805 直接将 15V 供电电压降压到系统供电电压 5V。

4.2 软件设计

本设计中的控制器 STC89C52 的主要任务是为测量电路，控制继电器和模拟开关实现测量时的自动换挡，同时测量频率计算出对应元件的值，并控制 LCD1602 显示测量元件的类型以及相应的测量值。软件流程图如图 4 所示。

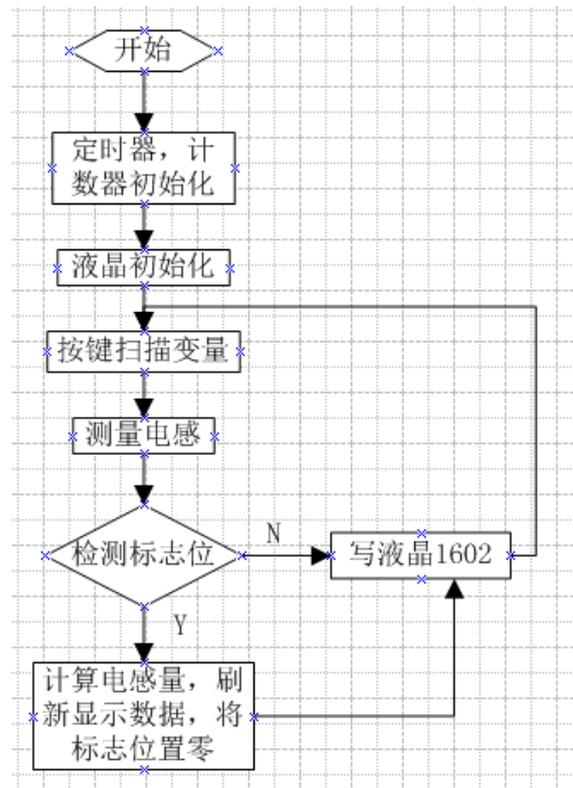


图4 系统流程图

5 系统测试及结果分析

5.1 测试结果

测量真实电感值为 330uH、680uH、2200uH、4700uH 的标准电感元件，用本系统测量的结果如表 1。

表 1 电感测量结果

实际值 (uH)	330	680	2200	4700
测量值 (uH)	318.4	682.1	2202.1	4536.3
误差 (%)	-3.5	0.3	0.1	-3.5

系统测量界面如图 5、图 6 所示。



图 5 初始测量界面



图 6 330uH 测试结果

5.2 测试结果分析

经测试，该电感测试仪能测量出范围在 300uH~10mH 内电感元件的电感值，其中 500uH~5mH 之间测量误差为 $\leq 3\%$ ，其他范围中 $\leq 5\%$ ；系统能实现自动换挡，同时，本设计在电感测量模块中运用了电感和二极管代替电容器配合 TLC555 定时器组成的多谐振振荡器，从而简化了电路，进一步降低了系统的成本，使系统具有一定的创新性。

5.3 系统误差分析

由表可知当测量元件参数过大或过小时测量误差将随之增大，通过分析知，本设计采用的是谐振频率法测量元件，当元件参数过大时其谐振频率较小，反之，其谐振频率较大，因单片机的性能所限，频率过低或过高时测量精度将随之降低，同时系统中各元件自身的精度也将影响该仪器的精度。这些因素都形成了器件测量的误差和限制了测量范围。

6 总结

本系统可以测量出范围在 300uH~10mH 内电感元件的电感值，且在 500uH~5mH 之间测量精度较高，但设计还存在一定的缺陷。就测量的误差而言，我们的改进方法为各测量模块选择更精密的元件，加大对频率的分频，增加测量模块的档位以限制输出频率或选用更好的单片机都将增大该仪器的测量范围，提高系统的测量精度。

参考文献

1. 张永瑞,刘振起,杨林耀,等.电子测量技术基础[M].西安:西安电子科技大学出版社,1994:82-88.

2. 孙肖子,张企民.模拟电子技术基础[M].西安:西安电子科技大学出版社, 2001:22-72.
3. 余孟尝.数字电子技术基础简明教程[M].北京:高等教育出版社, 1999:245-362.
4. 谭浩强,张基温.C 语言程序设计教程[M].北京:高等教育出版社, 2006:306-307.
5. 康华光.电子技术基础(模拟部分)第五版[M].北京:高等教育出版社, 2005.
6. 高吉祥.电子技术基础实验与课程设计[M].北京:电子工业出版社, 2002:283-288.
7. 赫建国,刘立新,党剑华.基于单片机的频率计设计[J].西安邮电学院学报, 2003(3):31-35.
8. 刘南平.现代电子设计与制作技术[M].北京:电子工业出版社 2004:230-232.
9. 陈江华.一种实用的电容、电感和电阻自动测量仪[J].计量与测试技术, 2002(1): 21222.

高密度电法编号检测仪*

刘馨阳 程远达 韩冬

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 高密度电法具备点距小、数据采集密度大, 在物探找水、地质灾害调查和工程勘察中已逐步发展成经常使用的手段。在高密度电法勘探过程中, 接地电阻数量多。在野外生产中, 实际布置的电极的编号, 电极的接地是否正常, 都将直接影响到测量结果。本设计采用基于 MSP430 单片机和 RS485 通信电路设计检测方法对电极的编号进行检测。

关键词: 高密度电法, 编号, 检测, MSP430, RS485

Abstract: As the high density electric method has such characteristics like small point distance, high data acquisition densities, it has gradually become the commonly used method in geophysical exploration for water and the investigation of geological hazard and engineering prospecting. Through the analysis with the geological data to find the results have a highly similarity, the scientific and reasonable basis provides convenient for the popularization of high-density electrical method. The number of grounding resistances is large in the exploration of high-density electrical method. If the numbers of the electrodes and the grounding electrode are correct will directly affect the measurement results in actual production. This subject will be based on the single chip microcomputer 430 circuit design detection methods to test the numbers and grounding of electrode.

Keywords: High-density electrical method, Electrode Numbers, test, MSP430, RS485

1 引言

1.1 设计背景

高密度电法系统中, 现有的分布式电极转换装置是由一根多芯电缆通过电极连接盒与电极连接, 能覆盖整个所测剖面, 而且各从机采用串接的形式连接。

现在野外试验工作人员对电极出现故障的处理一般是由高密度电法系统检测出故障电极的编号, 再由野外试验工作人员回到系统端确定故障电极的编号, 然后从编号为 1 号的电极开始数, 直至数到故障电极的编号, 对故障电极进行处理。在野外几百米甚至几千米距离的查找过程中, 即要沿电缆寻找电极, 又要记住电极编号, 如果一旦忘记或差错电极编号, 野外试验工作人员就要回到系统端重新

进行查找。这种做法费时费力, 野外试验工作人员劳动强度大, 严重影响施工效率。

1.2 设计内容

本设计提供一种电极编号检测装置, 它可以连接在高密度电法仪器从机多芯电缆的任意连接点, 找到该点所对应的电极编号, 以便于找到故障电极编号, 并在故障电极点对故障现象进行判断, 以便于处理故障。

使用电极编号检测装置时, 它可以连接在从机多芯电缆的任意连接点, 找到该点所对应的电极编号。例如在第 K 个电极转换从机处断开, 在断开的位置处连接电极编号检测装置就可以找到该点 K 所对应的电极编号, 以便于找到故障电极编号, 并在故障电极点对故障进行判断。

1.3 高密度电法特点

高密度电阻率法仍然是以岩, 土导电性的差异

*指导老师: 王君

项目类型: 大学生创新项目

为基础，研究人工施加稳定电流场的作用下地中传导电流分布规律的一种电探方法。它的理论基础与常规的电阻率法相同，所不同的只是方法技术。它实际上是一种阵列勘探方法，野外测量时只需将全部电极（几十至上百根）置于观测剖面的各测点上，然后利用程控电极转换装置和微机工程电测仪便可实现数据的快速自动采集，当将测量结果送入微机后，还可对数据进行处理并给出关于地电断面分布的各种图示结果。显然，高密度电阻率勘探技术的运用与发展，是电法勘探的智能化程度大大向前迈进了一步。

相对于常规的电阻率法，具有一下特点：

①电极布设是一次完成的，这不仅仅减少了因电极设置而引起的故障和干扰，而且为野外数据的快速和自动测量奠定了基础。

②对探测结果进行预处理并显示剖面曲线形态，结果直观。

③能有效的进行多种电极排列方式的扫描测量，可以获得较为丰富的关于地电断面结构特征的地质信息。

④野外数据采集实现了自动化，不仅采集速度快，而且避免了由于手工操作所出现的错误。

⑤高密度电法成本低、效率高、信息丰富、解释方便，勘探能力显著提高。

2 高密度电法电极编号检测器设计

高密度电法在野外试验中，动辄上百个电极的分布铺设，毫无规律可言，虽然主机知道每个电极的号码，但是由于铺设的范围广，与主机距离远，当需要某个电极的状态时，或者某个电极没有良好接地的话，就需要人去找出这个电极，测量电极状态，同时为了便利交流需要实现双方的通话。本文设计的电极编号检测器用于此场合。其硬件框图如图 1 所示。

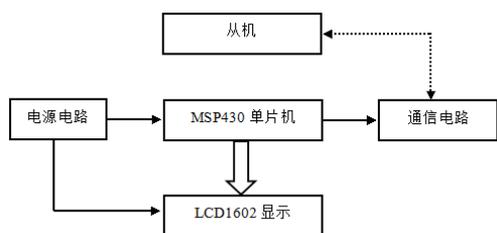


图 1 高密度电法电极编号检测器硬件框图

电源电路由一个稳压 12V 电源经 LM7805 变换得到 5V 电源，5V 电源再经 AS1117 得到 3.3V 电源，电路中所需要的电压由这 3 种电源供电。如图 2 所示。

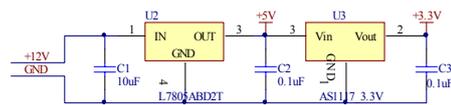


图 2 实验所需的电源电路图

本文主要包括下面内容的设计：基于 MSP430 单片机的编号检测设计和语音通话电路设计两部分内容。

2.1 基于 MSP430 单片机的编号检测设计

2.1.1 关于 MSP430 的一些介绍

MSP430 单片机具有 16 位数据总线，自带 FLASH。它具有性价比高和集成度高的特点，因此这类单片机比较受技术开发人员的欢迎。它的外设和内存采用统一编址的方式，不但有 64k 的寻址范围，而且可以扩展存储器，MSP430 单片机具有统一的中断管理器，片上的外围模块比较丰富，片内的乘法器比较精密，定时器采用 16 位的，采用 14 路的 12 位模数转换器等。

MSP430 电源电压采用 1.8~3.6V，待机模式下消耗电流只有 1.6uA，64K 的程序存储器，16 位 RISC 结构，125ns 的指令周期，以及 3 个 16 位的捕获/比较寄存器 Timer_A。图 3 是 M430F149 的内部功能。

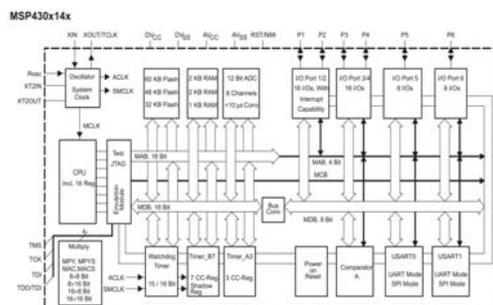


图 3 M430F149 的内部功能图

本次选择的 MSP430F149 单片机属于 MSP430x1xx 系列。

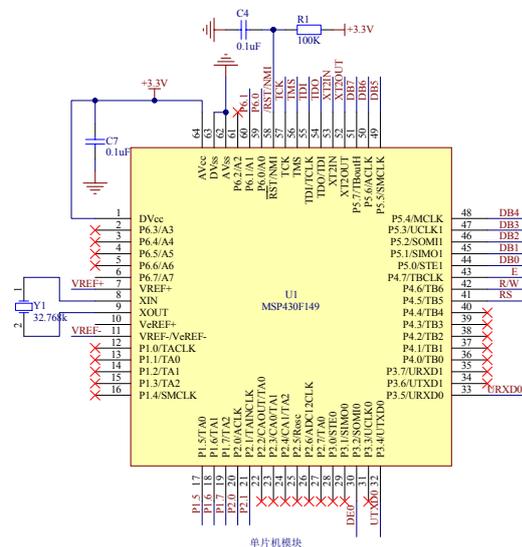
2.1.2 RS485 通信电路的设计

在关于电测仪的设计中，MSP430 单片机主要负责对数据的采集操作，而上位 PC 机则是用来进行数据处理和通信等工作。此时需要单片机定时的向 PC 机传递采集回来的大量数据。但是由于 PC 机和由单片机所构成数据采集系统距离较远，而且又存在数据传输通道环境较差且还需要对大容量的电器设备进行启动和切断操作，为数据采集传输的过程带来了极大的不便。因此数据能否被安全高速的传递给上位 PC 机成为设计的重点，在此我们选用在 PC 机和单片机之间使用 RS485 协议，而使用 RS485 串行通信就必须安装 RS485 转换器，但是由

于这些配套设备价格比较昂贵，因此我们决定采用自己制作 RS485 转换器的办法来实现 PC 机和单片机之间的远程多机通信。

430 单片机完成数据采集，然后主机通信，主机完成处理数据等工作。当实验开始时，单片机需要向主机发送大量的数据包。在实验中，主机和单片机所在的工作地点相隔有一段挺远的距离，电极分散近的话就在脚下，远的话就有上百米甚至更远，野外的环境充满各种不确定性，当传送数据时，保证不了环境的理想性。为了保证数据的快速无误传输，采用 RS485 通信。RS485 是半双工工作方式，一个发送另一个接收。它允许双线总线上一个发送器驱动 32 个负载设备。用于多站互连可节省信号线，便于高速远距离传送。

MSP430 单片机的管脚如图 5 所示。



2.2 语音通话电路设计

前级电路如图 9 所示。当对着麦克说话时，经过电容的除噪声，进入运放放大器 TL082，运放放大器 TL082 的任务是把各种送来的声音信号进行足够的放大，然后再通过 $2.2\ \mu\text{F}$ 的电压与下一部分电路接通。电路采用 12V 的电压供电。

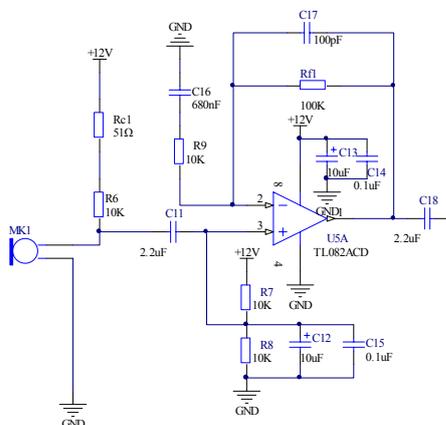


图 8 麦克收音的前置放大电路

后级电路也就是播音电路如图 10 所示。电路中可变电阻可以调节扬声器的输出。上一级的声音信号从 1 脚进入音频放大器 LM1875 后通过扬声器收音。电路采用 12V 电源供电，从而电路实现通话功能。

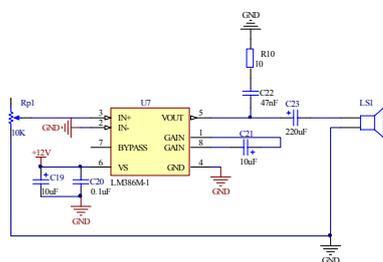


图 9 扬声器播音电路

3 结论

在室内环境下做的实验，电极数目为 5 个，通过航插头与各个电极连接，实现与主机的通信，从而来查询编号。实验结果能够准确查出每个电极的编号。下面为 5 号电极（最后一个电极）的编号查询，以此检验硬件电路。图 10 为对最后一个电极编号的查询结果。



图 10 查询结果图

语音通话部分经过测试实现功能。

实验过程中培养了我们在实践中研究问题，分析问题和解决问题的能力以及培养了良好的工程素质和科学道德，例如团队精神、交流能力、独立思考、测试前沿信息的捕获能力等；提高了自己动手能力，培养理论联系实际的作风，增强创新意识。

参考文献

1. 康华光.电子技术基础（模拟部分）[M].北京：高等教育出版社，2006.
2. 康华光.电子技术基础（数字部分）[M].北京：高等教育出版社，2005.
3. 谢兴红.MSP430 单片机基础与实践[M].北京：北京航空航天大学出版社，2008.
4. 程德福.林君.智能仪器[M].北京：机械工业出版社，2009.
5. 刘国栋.电磁法及电法仪器的新进展和应用[J].石油地球物理勘探，2004，S1：46-51+169.
6. 董浩斌，王传雷.高密度电法的发展与应用[J].地学前缘，2003，01：171-176.
7. 禹言春，张丽丽，王贺涛.单片机的多机通信[J].安徽农学通报，2007，09：157-158.
8. 陈寿元.单片机多机串行通信的改进方案[J].经验交流，2004 年.
9. 曹琳琳，曹巧媛.单片机原理及接口技术[M].国防科技大学出版社，2000.
10. 郭淑慧，尹安治.485 通信总线的可靠性设计[J].国防技术基础，2009，04：9-12.
11. 卜广炎.用自制 RS485/RS232 转换器实现 PC 机和单片机之间的串行通信[J].电子元器件应用，2001，06：30-33.
12. 陈晓英，任国臣.单片机多机通信系统稳定性的研究[J].单片机与嵌入式系统应用，2001，08：20-22.
13. 王君，宗发保，罗冰，赵静，梁冰，凌振宝.一种高密度电法仪的增强型电极转换装置[P].吉林：CN201527481U，2010-07-14.

14. 沈建华, 杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与实践[M]. 北京航空航天大学出版社, 2008.

基于三角测量的三维扫描和激光测距装置*

陈浩 韩醒之 唐祥美 姜弢

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130026)

摘要: 本研究目的是实现对被测物体的三维扫描。运用三角测量和图像采集相结合的方法。工作过程为首先标定图像传感器位置坐标, 由三角测距原理得到物体与传感器距离, 然后激光器被舵机带动进行匀速扫描。摄像头采集反射光线, 用三维激光扫描辅助软件 David laser-scanner 采集点云图像并产生.Obj 格式文件;稍后拍下无激光时的照片,并与点云配准进行显示, 通过 matlab 提取 obj 文件, 并去除毛刺, 并将三维点云信息(顶点坐标、面顶点坐标等)存储在 mat 文件中, 对于同一物体多角度扫描多次并用 c++程序进行拼接最后用 mashlab 滤波、初步显示。可以在在中近距离(0.1m~4.3m),完成毫米级精度的测距, 扫描出物体多个方向的三维点云。与其他先进的扫描仪相比, 该装置成本很低, 所用软件免费, 易拆卸维护, 按键面板易操作, 有备用电池, 这是在三维点云扫描和非接触式测距时昂贵的扫描仪的第二选择。

关键词: 工程测量 三维扫描 拼接配准 图像采集 点云

中图分类号: TB22 **文献标识码:** A

Achieving a three-dimensional reconstruction of the object based on laser scanning and image acquisition

CHEN Hao,HAN Xing-Zhi,TANG Xiang-Mei,JIANG Tao

(The College of Instrument Science & Electrical Engineering, Jilin University,Changchun 130026,China)

Abstract: The purpose of this study is the reconstruction of the three-dimensional model of the measured object. The method is combined triangulation and image acquisition.Steps of: firstly, calibrate image sensor location, and obtained the distance from objects and sensor by the principle of triangulation, laser devices driven by servo begin to scan the object on a rotating platform driven by the stepper motor. The camera capture point cloud data when surface of object reflect the light of laser, produce Obj format file by the software of 3D point cloud scanning(David laser-scanner);then match the photo taken at a later time when no lasers point clouds, and show. Extract Obj format file which has been eliminated error points by Matlab,.storage it in Mat formate files in addition.splice in C++ program after multi-angle scans of the same object multiple times, lastly filter out redundant data points and show it by mashlab. t. The result is in close range (0.1m - 4.3m), a low frequency, the case of low precision, scanning the object in a plurality of directions of the three-dimensional point cloud. The advantages of low cost, free software easy to operate, easy to disassemble the maintenance, button panel. The disadvantage is that the accuracy is not high, real-time. ,it is expensive scanners second selection.

Key words: Engineering survey, three-dimensional scanning, stitching registration, image acquisition, points cloud

CLC: TB22

Document code: A

本文是关于激光扫描和三维点云信息存储(可用于三维模型重建)。

0 前言

*指导老师: 姜弢

项目类型: 大学生创新项目

从 1995 年瑞士徕卡公司推出世界上第一台三维激光扫描仪的原型产品以来,三维激光扫描技术已经走过了 18 年的历程。

三维模型重建应用范围广泛, 在数字化古迹, 工业现场监测, 逆向工程, 快速成型, 游戏制作模型制作, 快速成衣, 增材制造, 矫牙整容, 生物组织模拟等方面得到了很大的发展, 某些三维扫描软件生成的一种 stl 格式文件是新型 3d 打印机的标准输入文件。

国内外对三维扫描的研究很多,知名软件有 Pro/E,HALCON, David laser-scanner 等,专业的扫描仪大多数能很好地完成各项扫描任务。美国的 grape3D, MakerScanner, 促进快速扫描系统能够低成本地应用于家用三维扫描。

1 研究方案选择

扫描方式有 3 种。

第一种：激光器和摄像头绕被测物体，每隔相等的角度扫描一次并拍摄一幅图像。

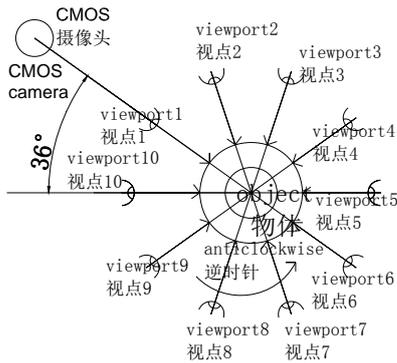


图 1 方法 2 等效示意图

Fig.1 the equivalent schematic of Method II

第二种：被测物体沿轴线每隔定角间歇性自转，停顿时光束上下来回扫描，摄像头保持不动，这种方式在扫描之前要进行精确地背景坐标标定。

第三种：激光器和摄像头绕自身所在的平台上某点转动，被测对象不动。

对小尺寸物体，以上三种方法中，第一种方式快速，所需元件少，但对照片的质量和拍摄角度及距离有较高的要求，不易实现。第三种舵机的转动和扫描的实时性不易同步。第二种通过步进电机控制物体的旋转，容易实现，而且比较稳定，故采用第二种扫描方式。

2 原理与方法步骤

2.1 原理

通过三角测距原理实现非接触测量（线状激光扫描）获得点云数据。这些相距很近的点形成致密的曲面，所用方法是模拟和逼近。其优点是精度高；缺点是数据量很大，对物体的表面材质特性有一定的限制（如物体要能反光，不透明），而透明表面（如玻璃和宝石），镜像，抛光处理，非常有光泽物体（如金属），蓬松和模糊的物体（如绒毛），易变质的物体等不可扫描。

三维点云扫描的扫描视场为穹形视场，扫描方式为线状激光扫描方式。三角激光距离测量利用的是点状激光器，适用距离为 5m 以内（使用更大视角的摄像头，更大功率的激光可以实现更远距离的扫描）。

测量精度与激光光线最窄宽度，激光头功率，图像传感器像素、帧数的大小呈正相关，距物体有效距离与光线张角，摄像头视角大小及激光头鱼摄像头轴线的夹角 θ 成正相关。

接收到的点云数据由 David laser-scanner 转化为 obj 格式文件从而有 matlab 对其进行提取、处理和存储，并通过 matlab 调用摄像头提取图像利用三角激光测距原理分析得到的距离信息

主要原理为三角测量原理，原理图如图 2。

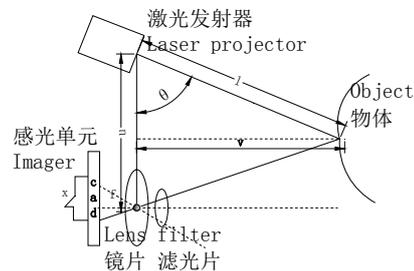


图 2 三角测量原理图

Fig.2 schematics of laser triangulation

物体距离激光器距离可由如下公式求得

$$v=f \times u/x \quad (1)$$

激光头与反射点间距 l 的公式是：

$$l=v/\sin(q)=f \times u/x \times \sin(q) \quad (2)$$

$$\zeta+c \times P1=x \quad (3)$$

c 是单位像素长度, f 即焦距, x 为投影在感光单元的长度。 ζ 等于 x 减去计算 $c \times P1$ 之差。 $P1$ 是像素坐标之一。那么由公式(1)移项后微分得

$$\frac{dv}{dx} = -\frac{v^2}{fu} \quad (4)$$

完成了利用反射激光点的像素坐标来计算物体与传感器的距离，从而 matlab 中用提取最亮反射点的方式得到激光点中心像素坐标得到距离值。

2.2 操作步骤

实验准备有摄像头，红色线状激光器，可旋转平台（包括步进电机），被测物体，舵机，红外带通滤光片，支架。软件 David laser-scanner, matlab, meshlab 等。

第 1 步，摄像头焦距校正和标定，放置线状激光器。打开 david laserscanner 进行标定，标定时需要通过调整摄像头来调整焦距，对比度，曝光度，亮度,使得标定板上的标定点被清晰的拍摄。

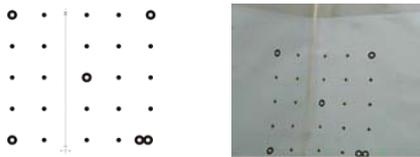


图 3 标定板

Fig.3 Calibrating board

扫描物体时，激光器放在舵机上，舵机固定在比镜头大约高 30cm 处的支架上。如果激光器所在高度不够，就安装在云台上，云台放在可调高度和角度的三脚架上。

第 2 步，关闭线状激光头，打开点状激光头利用三角测距原理测得传感器与物体距离（并与点云信息一同保存）。放置物体在步进电机控制的旋转平台上，物体放在旋转的轴线中心。

第 3 步，关闭点状激光头打开线状激光头，调整摄像头的焦距再开始扫描。为了使图像处理变得更容易，可以加上可拆卸的与激光器波长匹配的带通滤光片，使干扰光线减少。

第 4 步，在每次扫描后，取下滤光片拍摄图像，加上滤光片，开启步进电机电路旋转被扫描物体。旋转 36 度。

第 5 步，重复 9 次第 2、3、4 步，直到被扫描物体转 360 度。然后这些三维点云以及图像配准拼接在一起形成完整的三维点云模型。

2.3 模型重建的主要步骤

被拍摄对象表面因素，扫描仪本身和其他偶然因素会使扫描结果有一些噪声点,所以要进行滤波和优化平滑处理。利用 David laser-scanner 软件实现点云的扫描、采集，输出包含点云顶点坐标及面顶点坐标 obj 格式文件。

重建多边形模型的过程，包括查找和连接相邻的点用直线以创建一个连续的表面。而曲面建模为许多微小平面，成为可视化的网格模型。

利用 matlab 处理后的点云文件，可以在 matlab 界面粗略显示并将点云信息提取存储在 mat 格式数据文件，可用 blender 处理 obj 文件滤掉多余信息以及多模型拼接，最终结果可用 mashlab 查看(meshlab

提供滤波功能可是图像更平滑清晰)，随后用 mashlab 进行材质印射(texture mapping)，原理是近大远小的透射模式原理。

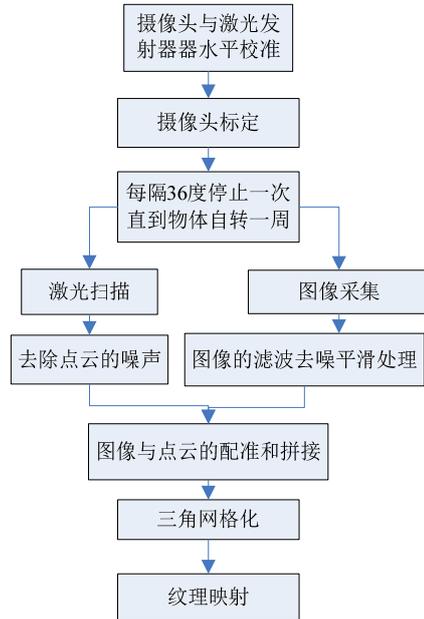


图 4 三维扫描与三维重建流程图

Fig.4 The flowchart of 3D scanning and 3D reconstruction

3 系统设计

3.1 硬件设计

硬件设计电路图如图 5。

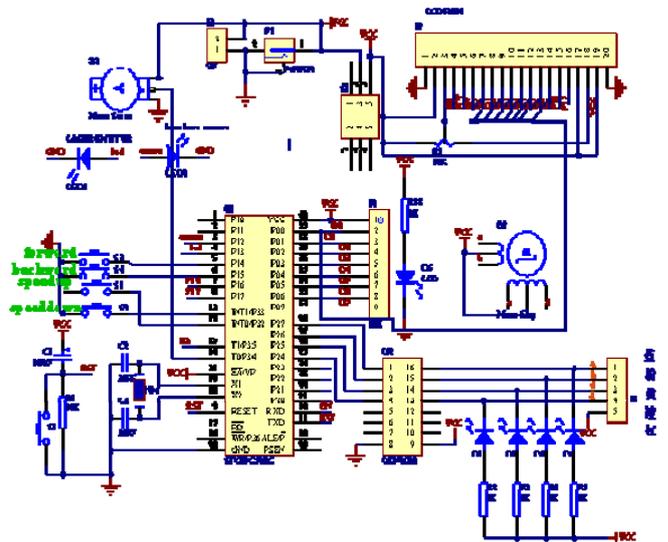


图 5 硬件设计电路原理图

Fig.5 circuit schematics Hardware design

3.2 软件设计

单片机控制舵机程序流程图如图 6，舵机的转动范围是偏离中间线两侧 30 度左右，先回到最大角，再缓慢来回旋转。步进电机不与舵机同时工作，

此时线状激光头工作。步进电机转动固定角度的原理是：规定角度/步进角=步数,这里步进角 1.8 度。如果角度是 36 度，则步数 20 步。

单片机控制步进电机程序流程图如图 7，激光测距流程图如图 8。

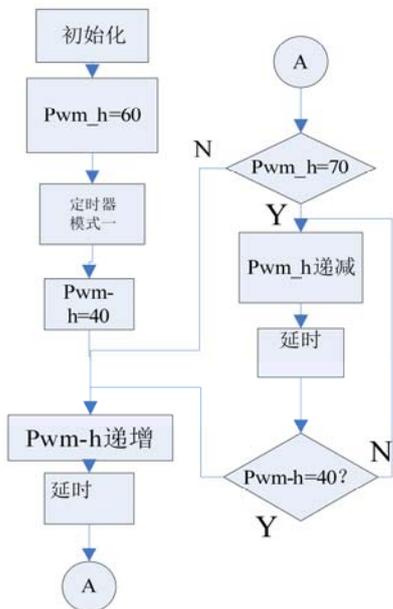


图 6 单片机控制舵机程序流程图

Fig. 6 program flowchart that chip MCU controlling servo

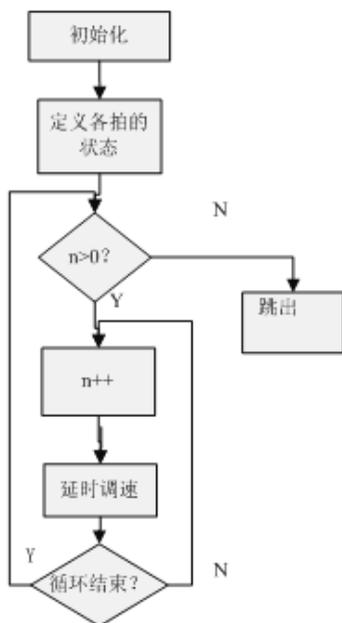


图 7 单片机控制步进电机程序流程图

Fig.7 chip microcomputer controlling stepper motor program flowchart

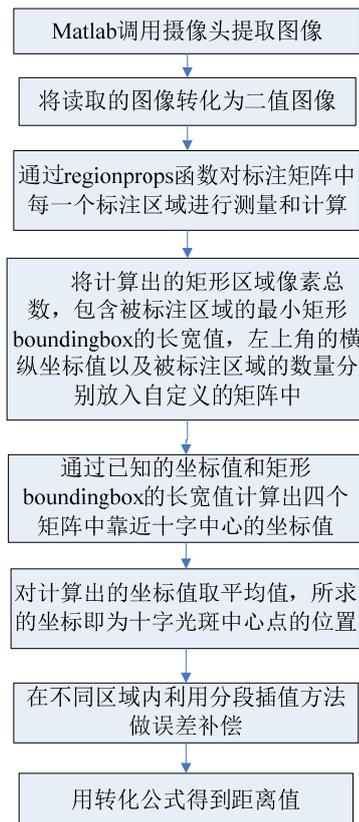


图 8 激光测距流程图

Fig.8 Laser Ranging Flowchart

用于激光测距的 Matlab 程序：

```

y=[215:5:400];
x=[21.8272,24.8125,29.5936 ,34.8217,38.3455 ,4
2.0771,
52.5728,64.5487,73.0343,79.6150,87.7654,94.05
28,100.9066,
108.3337,115.1659,120.3292,125.9549,129.5712,135.
8476,
141.9626,147.9923,154.3038,160.5775,165.8763,
171.4303,
176.0763,180.7522,184.0523,189.5303,193.4214,
198.9518,
204.6413,209.2538,214.5442,218.7177,223.5045,
226.9327,
231.9034];
f=inline('a(1)./x+a(2)','a','x')
a=nlinfit(x,y,f,[1 1])
    
```

使用分段插值的拟合方式依次获取拟合函数，得到 $a(1), a(2)$. 再利用 f 与 $a(1), a(2)$ 的关系并结合 (1)(2)(3)(4) 公式后，程序根据所得出的纵坐标值计算实际的距离。

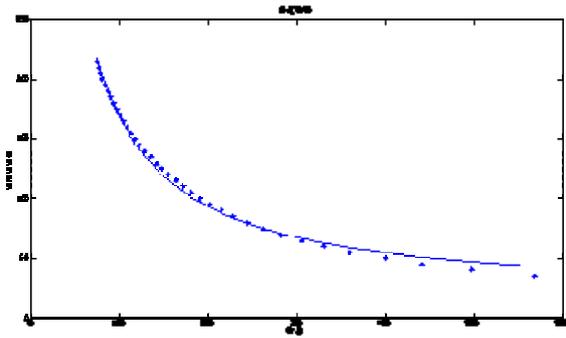


图 9 215mm 到 400mm 区间的拟合函数

Fig.9 range of fitting function from 215 mm to 400 mm

4 结果与分析

图 10 是把一个手机套和塑料盒放置在旋转的圆木片上扫描出的某角度的 obj 格式的点云文件。



图 10 实物和扫描的纹理映射效果图

Fig.10 the object and scanned texture mapping renderings

对这个点云文件用 matlab 进行三角网格化和纹理映射。在进行点的计数和三角网格顶点计数。处理后数据是三维点云面顶点的个数 10381；三维点云顶点的个数 6229。

激光测距实验的测试距离是 1274mm，经过 matlab 计算的数值是 1278mm，相差接近 4mm。误差产生的原因包括系统误差和随机误差。系统误差是包括制作支架的误差，激光发射器与 CCD 摄像头不在相同水平线上，由于标定时用的是卷尺，最小分度值是 1mm，摄像头的镜片到物体的距离难以测量。随机误差则是测量时读数不准确造成的。

5 结论

该装置用较低的花费实现了大部分预期的功能，能半自动的实现得到物体三维点云和采集图像的目的，其优点是成本低，大部分软件免费，易拆卸维护，按键面板易操作。需要改进的地方是，激光不够细；功率不够大，图像传感器像素 640×480，拍摄速度

不稳定，所以精度不高。由于所用元件大部分是入门级的，所以不太稳定，实时性有待提升。现在由于在硬件、软件设计上还不是很成熟，故暂时还不能投入于应用。

参考文献

1. 农俊斌.一种 LIDAR 点云的三角网格生成算法.红水河[J].2011,05:170-172
2. 李天兰,三维点云数据的处理与应用[D].昆明理工大学.2011: 1-33
3. 徐刚著.由二维影像建立三维模型[M] . 郑顺义,译. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.
4. 安维华,付永刚,张习文.基于图像的点云建模及其真实感绘制,计算机工程与应用(J),2010,20:4-8
5. 激光三维扫描仪的硬件设计与实现.孙继银,李忠科,姚森.微机发展[J].1995, 01: 11-13
6. James C. Savage, J. Kevin O'Neal, Robert A. Brown, et al.Powered Low Cost Autonomous Attack System:cooperative, autonomous,wide-area-search munitions with capability to serve as non-traditional ISR assets in a network-centric environment [J]. SPIE,2005,5791: 61- 69.
7. Robert Hauge. LADAR puts the puzzle together [J]. SPIE Newsroom oemagazine. 2003,(4):18-22
8. Stamos, P. E. Allen. 3-D model construction using range and image data[C] . Hilton Head Island: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2000, (1) : 531536

基于 STC12C5A60S2 单片机的 声源定位系统设计*

吕婷婷、王洪超、彭壹帅

(吉林大学仪器科学与电气工程学院, 长春 130021)

摘要: 本声源定位系统是基于 STC12C5A60S2 单片机主控制器的智能控制系统。它主要由移动声源和声音接受系统组成。移动声源主要包含小车和扬声器, 单片机产生信号, 通过放大电路将信号功率放大驱动扬声器发出固定音频声音信号, 利用小车作为扬声器载体, 构成可移动声源。声音信号接收系统使用驻极话筒感知声源信号, 通过前置放大、滤波、比较输出稳定的方波信号, 由此方波信号控制小车移动到指定位置。小车周围声音接受装置在不同时间接收到声波, 主控制器计算各接收端的接收时间差并判断小车与中点位置的偏差, 然后通过 nRF24L01 向从控制器发送命令控制小车运动和声源的发声, 如此反复, 直到声源无限接近中点。经过测试, 偏离定位坐标的距离小于 3cm, 满足设计要求。

关键词: 声源定位 声音接收 nRF24L01 差值控制

STC12C5A60S2 microcontroller based sound source localization system design

Lvtingting、Wanghongchao、Pengyishuai

(Jilin university instrument science and engineering institute, changchun, 130021)

Abstract: The sound source localization system is based on single-chip host controller STC12C5A60S2 intelligent control system. It mainly consists of moving sound source and sound receiving system. Moving sound source consists mainly car and speaker, microcontroller generates a signal, the signal through the amplifier circuit power amplifier drives the speaker issue fixed audio sound signals, using the car as the speaker carrier, constitute a moving sound source. Audio signal receiving system in a very microphone perceived sound source signal, the pre-amplification, filtering, relatively stable output square wave signal, whereby the square wave signal to control the car to the specified position. Car ambient sound receiving device receives sound wave sat different times, the main controller to calculate the receiving end of the reception time difference and determine the location of the trolley and the midpoint of the deviation, then through then nRF24L01 to send commands from the controller to control the car movement audible sound source, so repeatedly until the sound source infinitely close to the midpoint. After testing, the distance between the coordinate positioning deviation is less than 3cm, meet the design requirements.

Keywords: Voice guidance Sound reception Wireless Communications Difference control

0 前言

声音引导系统可对一定范围内的可移动声源定

位和引导其移向预定区域, 信号与信息处理学科是信息科学的重要组成部分, 现代技术发展中实现智能化、数字化是控制系统的重要发展方向。声音引导系统完成对声音的监控、采集、处理等过程, 是

*指导老师: 周志坚

项目类型: 短学期项目

智能化发展的方向之一。在本引导系统中，应用无线通讯 NRF2401 实现双方的信息交换，进而更精准的控制小车的运行状态及相对位置。声音接受系统中 A、B、C 三个接收点灵敏度调节一致，减少接收时间上的误差。设计方案简单实用，具有稳定性好、性价比高的优点。

1 总体设计

设计主要分为两部分，主控制端和从执行端，且两者利用 NRF2401^[1]无线模块实现信息交互。总体设计框图如图 1。

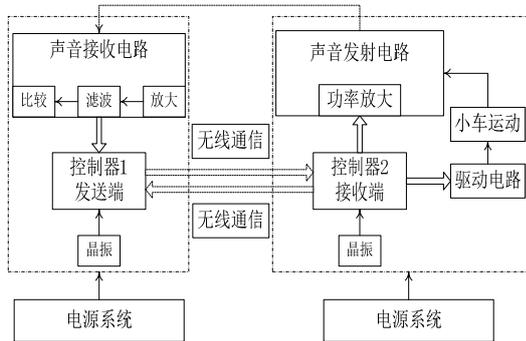


图 1 系统总体设计框图

首先，控制端单片机产生信号由无线发送到执行端的声源上，开始发声，此时控制端的接收声源电路准备接收，一旦接收到信号，单片机就发送停止发声信号，同时根据三点收到信号的时间差计算声源相对中点位置并发送小车运动信号，此时控制接收信号端的开关断开。当小车运行一段时间后，发送小车停止信号，并继续发送声源信号，接收端接收，再次判断小车位置，如此反复，最终小车运动到中点位置处。

2 硬件电路设计

整个系统的硬件设计分为三个部分，即移动声源部分、MIC 接收部分和单片机外围扩展部分。

2.1 移动声源设计

设计中使用小车作声源的移动载体。当控制器接收到发生信号时，单片机发出一定频率的方波信号，该信号经过 LM386 放大电路功率放大^[2]后，驱动扬声器发出响亮的音频信号。放大电路设计如图 2 所示。

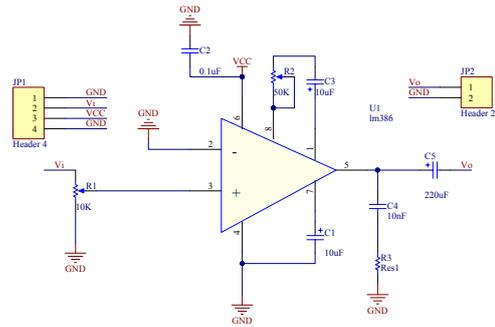


图 2 功率放大电路

2.2 MIC 接收电路设计^[3]

声音接收部分由前置放大、带通滤波、比较整形三部分组成，话筒接收到的信号首先经过前置放大电路，将衰减的声音信号放大，再经过带通滤波滤除干扰信号信号，最后由比较整形电路输出稳定的方波信号。

2.2.1 带通滤波电路

为了滤除干扰信号，提取声源发出的 4KHz 的有效信号，设计由高通滤波和低通滤波组合成的带通滤波器^[4]，高通截止频率为 3KHz，低通截止频率为 5KHz，通带增益为 4，电路设计如图 3 所示。

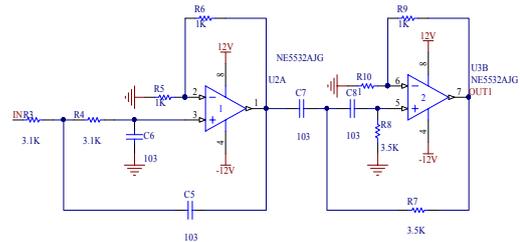


图 3 带通滤波器

滤波器的计算公式为

$$\omega_c = 2\pi f = \frac{1}{RC}$$

$$R = \frac{1}{2\pi f C}$$

选择 $C = 0.01\mu F$

则

$$R_{低} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 0.01 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^3} = 3.1k$$

$$R_{高} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 0.01 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^3} = 3.5k$$

2.2.2 比较整形电路

为了使接收到的信号整形成为单片机可识别的方波，使用 LM311 芯片设计比较电路，当它的输入

电压高于设定的比较电压时，其输出引脚会输出高电平，若输入电压低于比较电压，则输出低电平。如图 4 所示，电路中的 RP 利用分压原理设置比较电压。

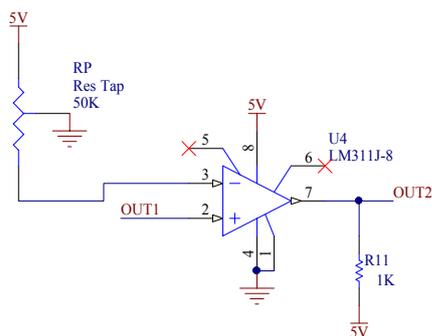


图 4 比较电路

3 系统软件设计

软件控制分为两部分，即主机控制和从机控制。主机与从机之间的信息传输由无线 NRF2401 完成。软件流程及算法见图 5、图 6。

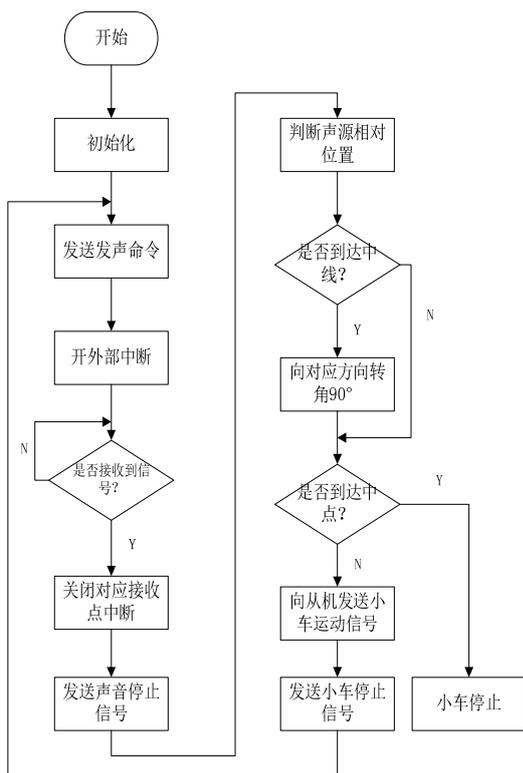


图 5 主机流程图

3.1 主机软件流程

首先，主机向从机发送声源发生命令，此时三个外部中断开启，等待接收声音信号，然后判断接收电路是否接收到声音，若接收到则关闭对应中断源，同时单片机会记住接收电路接收信号的先后，并利用上述控制算法判断声源的相对位置，并将计

算结果通过无线发送到从机来控制小车的相对运动。若声源没到达中点位置，则控制小车运动，运动一定距离后，再发送小车停止信号。如此反复，在中使停在尽可能接近中点的位置。如图 5。

3.2 从机软件流程

从机主要是接收主机发送的命令并执行。首先要等待接收发生命令，使喇叭发出一定频率、一定宽度的方波信号，然后主机接收并计算，从机接收其计算结果并控制小车相对运动。

3.3 定位控制算法^[5]

已知，在正方形的 A、B、C 三个顶点上有三个接收端，如图 6 所示：

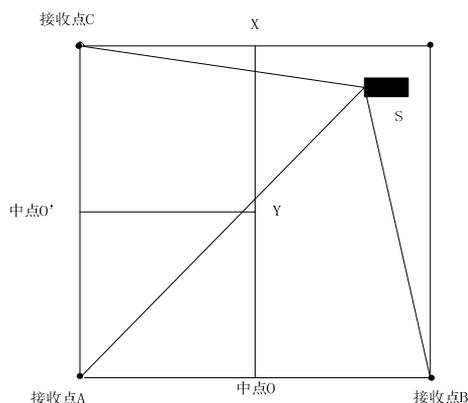


图 6 运动示意图

由于各接收点与声源距离不同，故接收时间上有先后。设 A、B、C 接收到信号的时间分别为 Δt_A 、 Δt_B 和 Δt_C 。则由图 5 可以看出，当声源位于 OX 右侧时，先判断 A、B 两点的接收时间，则会有下列关系。

$$\Delta t_A > \Delta t_B$$

所以，可以判断出，声源向 OX 方向运动，即接收点 A，经过反复比较，直到 $\Delta t_A = \Delta t_B$ 时，认为到达中线 OX，接下来判断 A 点与 C 点的接收时间，如图 6，小车位于 OY 上方，则可以得出以下关系。

$$\Delta t_A > \Delta t_C$$

小车会向 OY 方向转动 90° 并向前运动，反复判断两点，直到 $\Delta t_A = \Delta t_C$ ，小车停止运动，此时声源位于中点上，完成设计。

4 系统测试

设交点坐标为 (50, 50), 单位为 cm。实际测试 100 次, 截取部分测试结果见表一:

声源移动距离测试, 可移动声源发出声音后开始运动, 到达坐标 (50cm, 50cm) 停止。计移动声源从运动开始到达指定地点时间为 t, 起始位置到指定地点两点间距离为 s 采用公式 1 计算出响应的平均速度 v。

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

计算结果如表一所示, 每次平均速度都在 10m/s 以上, 满足设计要求。

声源移动距离定位误差测试。可移动声源停止后的位置与坐标 (50cm, 50cm) 的距离为定位误差 Δs, 根据表一可知实际定位误差在 1cm 范围内, 达到预期目标。

表一 测试结果表

次数	初始坐标	定位坐标	定位误差	平均速度	是否满足
1	(100,100)	(50, 49)	<1cm	12.0cm/s	满足
2	(90, 80)	(50.3, 50.1)	<1cm	12.0cm/s	满足
3	(80, 70)	(48, 49)	<1cm	12.5cm/s	满足
4	(70, 40)	(49.2, 50)	<1cm	12.1cm/s	满足
5	(60, 30)	(50.2, 50)	<1cm	12.0cm/s	满足

5 结论

本设计使用两片 STC 单片机作为核心控制器, 分别作为主机接收声源信号判断从机位置和作为从机发出声音和控制小车运动。由于主机需要中断源较多, 通过扩展外部中断源方法完成整体系统设计。由于信号采集系统对外界的信号特别灵敏, 只要有声音便能让其通过采样, 滤波整形变成一个方波信号, 在信号测试阶段, 必须屏蔽掉其他噪音, 使系统采集声源的声音, 这里通过带通滤波器对外界的噪声进行屏蔽, 达到了很好的效果, 通过对三个接收点进行波形同步校正来减小误差, 使测试结果准确、可靠。

参考文献

1. 侯天星, 王凤新. 基于 nRF2401 的无线数据传输系统[J]. 中国农学通报. 2009, 25 (07) .
2. 杜芸强, 毕淑娥. LM386 在小功率主动声呐发射及接收电路中的应用[J]. 电声技术. 2010 (07).

3. 张剑枢, 马晓冬, 刘志国等. 基于单片机的声音循迹职能小车控制系统设计[J]. 中国新技术新产品. 2010 (05).
4. 康华光, 陈大钦, 张林. 电子技术基础[M]. 高等教育出版社. 2006.
5. 高明. 基于声音定位的自动循迹小车的控制算法研究[J]. 电脑知识与技术. 2012.04 (10).

光伏发电并网孤岛检测技术*

孙淑琴；耿震；张发聪；王慧轩

(吉林大学 仪电学院 吉林 长春)

摘要:孤岛效应是影响光伏并网系统稳定运行的重要问题。随着分布式光伏发电的出现,孤岛监测问题就显得更加重要。通过简析常用的检测方法(AFD, HD 等)的基础上,提出一种 AFDPF 与 HD 相结合的孤岛检测方法,并进行仿真分析,验证了此方法的有效性。

关键词: 光伏发电 ; AFD; HD; 孤岛检测; 仿真

Abstract: Islanding effect is one of the important problems affecting the photovoltaic (pv) grid system and stable operation. With the emergence of distributed photovoltaic power generation, the monitoring of a lonely island becomes even more important. On the basis of commonly used detection methods (AFD, HD, etc.), the method of AFDPF combined with HD island detection is adopted, and aided by the simulation analysis, the effectiveness of this method is verified.

0 引言

孤岛效应是分布式光伏发电系统中存在的基本问题,所谓孤岛效应是指:在分布式发电系统中,电网跳闸后,分布式光伏发电系统未能及时检测这一状态,继续向负载供电,与负载形成一个完全独立孤岛发电的系统^[1],危害严重,因此孤岛检测很重要。当前,检测孤岛的基本思想是监测公共耦合点的频率、电压、相位等信息是否超过国家电力系统的并网标准,超出时,电网进行反孤岛保护,随着经济的飞速发展,电力系统的要求更加严格,重合闸技术的不断完善,紧紧通过监测手段(被动式)进行反孤岛是远远不够的,因此在实际的应用中常常采取主动式的干扰,与被动式相结合,能提高检测效率^[2]。

1 逆变器端的反孤岛策略

逆变器端的反孤岛策略主要分为两类:第一类被称为被动式,通过监测负载端不正常的电压和频率、相位、谐波,来确定孤岛的状态,通常只适用电源负载匹配程度较差的情况下,在一些特定的情况下会

失去效果。第二类是主动式,主动式是人为在逆变器正常工作的时候主动加入干扰量,在没有发生孤岛的情况下这些干扰量不会影响电网的运行,在发生孤岛的情况下,这些干扰量将会被放大,在短时间内就会超过阈值,快速实现反孤岛。

主动法又称有源法,是依靠逆变器自身来检测是否发生孤岛状态,不需要增加额外的测量设备和互感器节约电力系统的成本费用,根据逆变器端输出电流公式 $I = I_m * \sin(2 * \pi * f * t + \theta)$, 同时在

逆变器端的控制信号中分别加入较小的 I_m 、 f 、 θ ,

三个变量可以对输出端的电压产生影响,在未发生孤岛现象时,由于电网的平衡钳制作用,PCC 点处信号扰动较小,不易检测,但发生孤岛效应时就可通过检测输出端电压的幅值和频率来检测孤岛效应的发生^[3]。每个国家都有不同的检测标准,因此在理解原理的同时,先了解孤岛检测的标准。

1.1 孤岛效应的检测标准

由于并网技术要求与配电网的结构和运行制度有较强的关系,因此国际上并没有形成统一的标准,每个国家都有各自的标准本文考虑的孤岛效应检测

*指导教师: 孙淑琴

项目类型: 大学生创新项目

时间主要参考 IEEE Std.1547^[4], 要求: 在一个突发性的孤岛出现后, 分布式电源通过公共连接点继续向电力系统孤岛供电, 分布式电源应在 2s 之内检测出孤岛并停止向这一区域供电。

测试条件要求有一个可调的 RLC 负载并联在光伏逆变器与电网之间, 调整 LC 谐振电路, 使其在电网额定频率处 f 发生震荡, 同时使该电路的品质因数 $Q_f = 1$, 即: 电感吸收的无功功率应该等于电容产生的无功功率, 并且等于额定功率 P 和额定电网电压 V 下电阻消耗的功率。RLC 负载的值如下计算:

$$R = \frac{V^2}{P} \tag{1}$$

$$L = \frac{V^2}{2\pi f P Q_f} \tag{2}$$

$$C = \frac{P Q_f}{2\pi f V^2} \tag{3}$$

1.2 谐波检测法 (HD)

HD 是从理论上避免检测盲区的一种被动式检测方法^[5], 不受负载端功率失配影响, 在没有发生孤岛现象的情况下, 逆变器端的电压的谐波变化微弱, 当电网断开供电的瞬间, 电压谐波变化较大, 因此可以通过监测谐波进行判断, 但是在某些负载的情况下, 由于过于敏感可能漏判或者误判, 存在不足, 作为被动式检测法能够和主动式联合使用。

1.3 主动频率偏移法 (AFD)

AFD 是最常用的主动检测方法^[6], 如果在逆变器端输出的电流波形有轻微的畸变, 那么该电流将产生零电流分量导致频率偏移^[7], AFD 是在逆变器输出的电流频率中加入周期性的微小变化 Δf , 电网在正常工作过程中, 由于 PLL 的作用, 输出端的电流频率与电网电压将进行同步, 进而输出电流的频率在标准的范围内进行波动但不会超出范围, 当电网因故断电后, 为了使负载电路谐振频率和相角保持不变, 逆变器端的输出频率将发生改变, 会持续的进行增减, 直到超出标准范围, 孤岛状态被检测出来。AFD 在实际中很容易实现, 但电流波形的畸变会使供电系统造成不稳定, 减小 Δf 的同时会增大 NDZ, 对于感性负载, 存在 NDZ。当应用于多逆变器并网电路时, 如果频率频率偏移的方向不统一, 可能造成相互抵消, 检测效率会降低很多。但是可以再 AFD 模型的基础上进行完善和提高。

鉴于被动式与主动式可以有机结合成功反孤岛的前提下, 我将 HD 法与 AFD 升级版 AFDPF 法

进行结合, 进行孤岛仿真建模。

2 AFDPF 与 HD 相结合的孤岛检测原理与仿真

2.1 仿真原理

AFDPF 法是避免负载性质对孤岛检测的影响, 在原有 AFD 模型的基础上, 在逆变器端, 加入周期性连续的频率扰动, 加速频率偏移的速度, 在电网供电正常的状态下, 并网侧电流的频率干扰量不会对逆变器端输出的电压频率有较大的影响, 但是, 在孤岛状态下, 由于失去电网侧的影响, 电流扰动会使逆变器端(a 点)电压产生较大的频率变化, 通过扰动加快变化的速度, 经过几次扰动作用的比较, 确定频率变化的方向, 进而对变化的方向进行持续的施加扰动, 直至输出电压的频率超过正常的界限。判断孤岛。同时要依靠 PLL 模块实时监测测电压频率, 并通过编写 S 函数对频率进行处理, 同时能将电压谐波作为函数编写的输入量, 将两种关系进行嵌套, 是被动式检测与主动式检测的有机结合, 降低了污染指数, 提高了效率。将输出后的量经过 PI 调节器的处理, 输出控制 PWM 调节器, 间接的控制逆变器, 实现逆变器-本地负载的反孤岛侧略, 具有很强的应用性。S 函数程序流程图如图 2-1 所示:

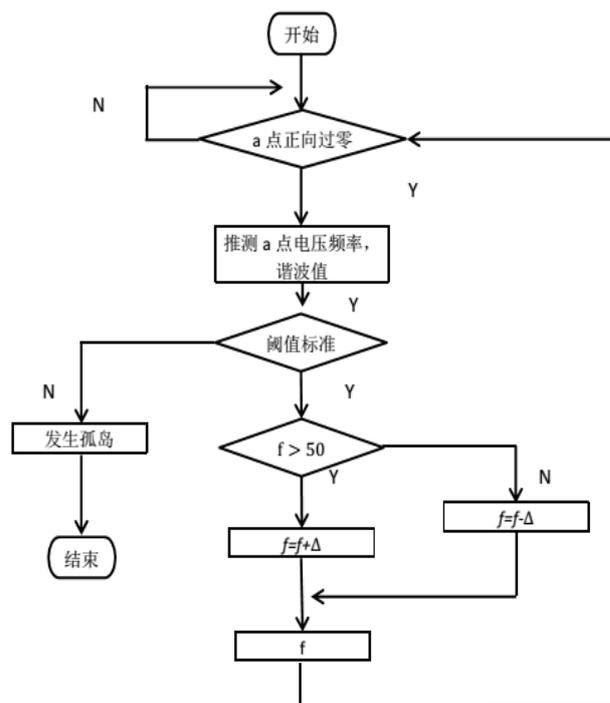


图 2-1 程序流程图

2.2 仿真模型

依靠 Matlab 软件仿真平台模拟搭建光伏发电

并网模型，模拟孤岛现象，并进行仿真分析，Simulink^[8,9]搭建的仿真模型如图 2-2 所示：

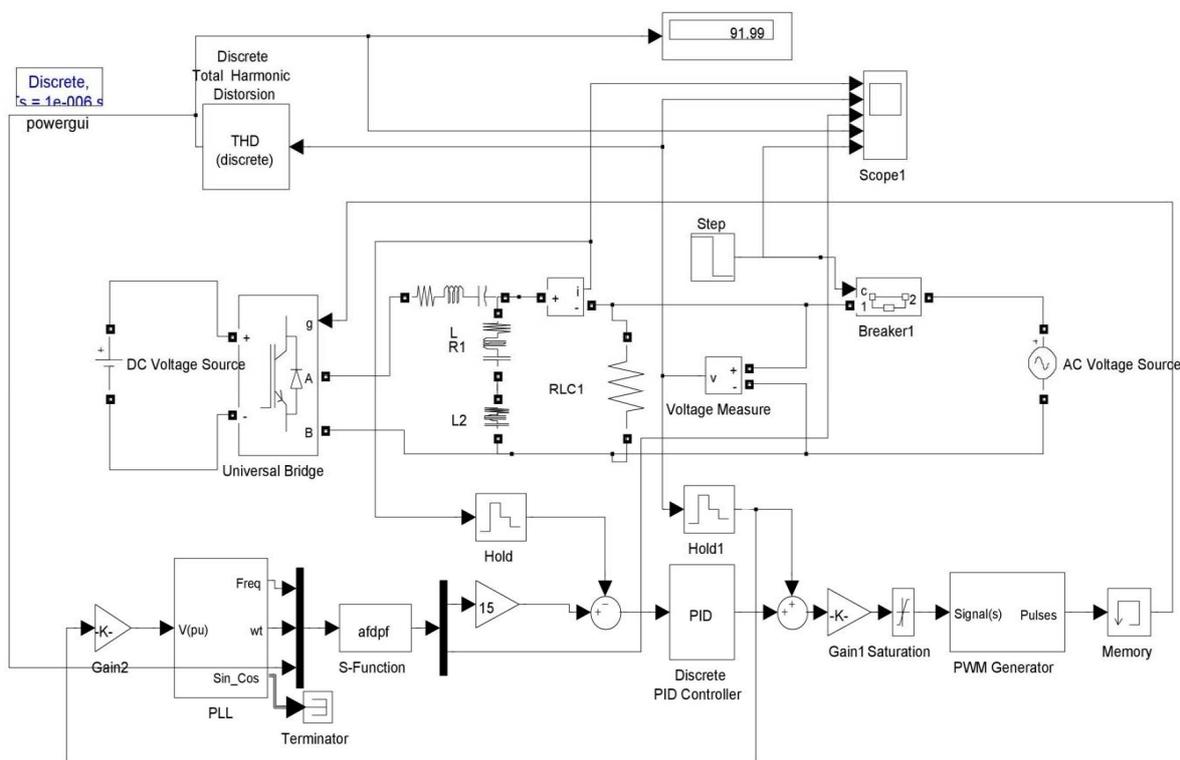


图 2-2 Simulink 仿真模型

2.3 仿真结果及分析

为了验证本文提出孤岛检测方法的有效性，于是分两种情况进行验证，一种是在负载不匹配的情况（电感，电容，电阻），另一种是在负载匹配的情况下，当负载为并联 RLC 负载时，孤岛效应最难检测到，因此当选择 RLC 负载作为本地负载时，同时，并联 RLC 负载谐振频率等于电网频率时，将形成最为严重的孤岛状况，根据中华人民共和国的并网要求，负载频率设置为 50HZ。

在 Matlab 软件下进行仿真，并在电网侧加入控制开关，人为设置时间，控制孤岛的产生，在仿真中，0.1s 时发生孤岛，通过逆变器端电流，电压的波形变化来判断是否实现有效地反孤岛，仿真效果由示波器进行显示，每幅图中包含 5 个小图，依次代表逆变器端输出的电流值、电压值、频率、电压谐波、及产生孤岛时间与时间的变化关系曲线，依据中华人民共和国孤岛频率限制的范围设置检测的标准频率：49.5—50.5HZ；谐波小于 0.5，在此基础上进行反孤岛。

当负载不匹配时，不同负载仿真结果如图 2-3，图 2-4，图 2-5 所示：

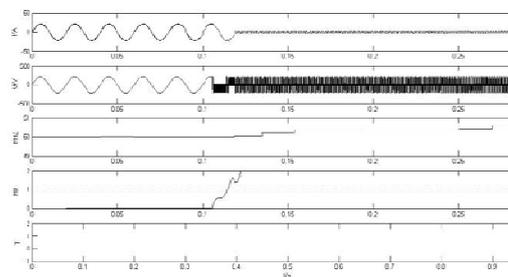


图 2-3 感性负载

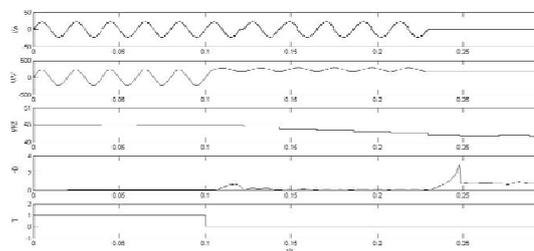


图 2-4 容性负载

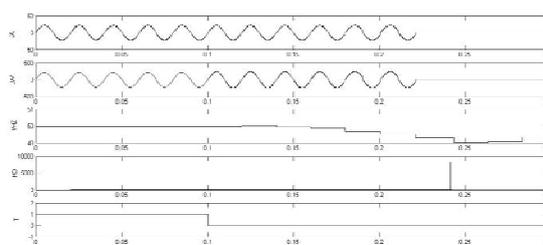


图 2-5 阻性负载

负载不匹配仿真分析:

AFDPF+HD 模型可以再不同负载的情况下, 在不超过国际标准的情况下, 实现了快速反孤岛策略, 对于感性负载, HD 变化最快也最有效, 此时频率变化才刚开始, 就实现了孤岛检测, 容性负载, HD 失去效果, 变化微弱, 但 AFDPF 弥补了这一点, 实现检测的功能, 对于容性负载, HD 和 AFDPF 同时检测出变化状态量, 实现断电, 可以说 HD+AFDPF 能够实现孤岛检测, 并且快速, 是一种新颖的检测方法。容易判断出孤岛现象的产生, 并进行反孤岛。

当负载匹配时 (RLC 并联, 并且 $R = \frac{U}{I}$, $\omega C = 1/(\omega L)$) 因为电网设定电压幅值为 220V, 电流为 20A, 因此电阻值 R 选择 11Ω, 电网电压为 50HZ, 因此, 电容 C 为 1300e-6F, 电感 L 为 7.65-3H, 在标准的检测标准下, 进行仿真, 结果如图 2-6 所示:

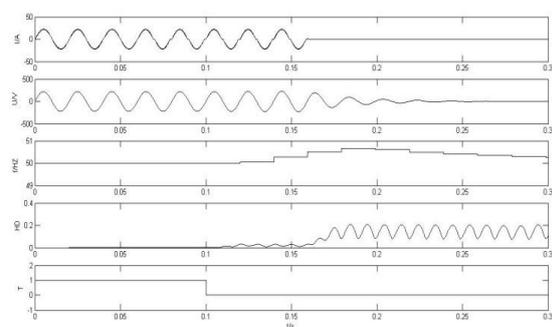


图 2-6 负载匹配仿真图

负载匹配仿真分析:

在负载匹配的情况下, 光伏发电系统发生孤岛的现象时, 负载点的电压及电流幅值不会发生变化, 用传统的被动方式是不能检测出来形成死区, 而应用 AFDPF+HD 的方法, 不仅能够检测孤岛而且可以在标准的检测时间内, 实现反孤岛, 有效地实现了反孤岛控制策略。

3 NDZ 与反孤岛策略的有效评估

我们知道孤岛保护是 DG 中重要的环节, 然而在实际中并没有一种可以适用于所有条件下的模型, 因此, 也就存在检测情况失败的现象发生—NDZ, 这些失败的情况有功率匹配及特殊负载情况, 因此, 有总结的必要, 作为评估不同模型适用范围的标准, 同时也提高了孤岛检测的有效性。由于不匹配功率的大小及具体负载可以对 NDZ 进行定量的描述, 同时反孤岛方案中的 NDZ 的大小反映了该方案检测孤岛状态的有效性。

因此 NDZ 的指标就能够作为衡量反孤岛方案的指标。了解各种方案的原理推导过程^[10], 从中发现 $\Delta P \times \Delta Q$ 坐标中 NDZ 的上下边界分别是由频率的工作范围的上下限决定的, 而 NDZ 的左右边界分别由电压的工作范围的上下限决定的。对于基于频率的反孤岛方案的相位作为判据可以发现, 发生孤岛效应, 系统到达稳态时的频率与负载的参数有直接关系, 有很多的 L 和 C 可以得到相同的 ΔQ , 功率不匹配时也可能画在同一个点上, 很多点可能将导致检测的失败, AFDPF 相对效果会好些。

4 结论

孤岛状态检测是 DG 正常运行的核心问题, 解决好, 将推动 DG 行业的发展, 本文在充分认识到原有模型不足的基础上, 提出的一种结合被动式与主动式相结合的模式, 通过仿真分析 AFDPF+HD 的反孤岛策略能够较好的解决实际问题, 电能污染降低, 检测效率也有一定的提高。同时由于自身能力有限, 该模型还可进一步完善, 可以结合更多的影响因子, 同时在构建函数关系时, 也可以先对数据进行分析处理, 这样可以提高检测效率和减小对电能影响。

参考文献

1. 周克亮, 王政, 徐青山, 译. 光伏与风力发电系统并网变换器. 机械工业出版社. 北京. 2011.
2. 顾娟, 林明耀, 单竹杰, 张怡然. 光伏并网逆变器反孤岛效应控制策略特性分析. 电工电气, 2009, 10(10): 23-26.
3. 程启明, 王映斐, 程尹曼, 汪明媚. 分布式发电并网系统中孤岛检测方法的综述研究. 电力系统保护与控制. 2011, 16 (3): 148-154.

4. IEEE Std.1547-2003,IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems.
5. De Mango,F.,Lisere,M.,Dell' Aquila,A.and Pigazo,A.,' Overview of Anti-islanding Algorithms for PV Systems.Part I:Passive Methods'.In Proceeding of the 12th International Power Electronics and Motion Conference,August 2006,pp.1878-1883.
6. 袁玲,郑建勇,张先飞.光伏发电并网系统孤岛检测方法的分析与改进[J].电力系统自动化,2007,31(21):72-75.
7. Ropp,M.E.,Begovic,M. and Rohatgi,A.,' Analysis and Performance Assessment of the Active Frequency Drift Method of Islanding Prevention'.IEEE Transaction on Energy Conversion,14(3),September 1999,810-816.
8. 王晶,翁国庆,张有兵.电力系统的MATLAB/SIMULINK仿真与应用.西安电子科技大学出版社.2008.11
9. 于群,曹娜.MATLAB/SIMULINK电力系统建模与仿真.机械工业出版社.北京.2011.5.
10. 张兴,曹仁贤,等.太阳能光伏并网发电及其逆变控制.机械工业出版社.北京.2010.9.

光纤检波器电磁阻尼的研制与仿真*

周瑞 姜然松 薛碧曦

摘要: 随着光纤振动检波器技术的不断发展, 对其数据采集的灵敏度、精度及实际应用的要求也越来越高, 因此为光纤检波器加装减震装置便是改进检波器功能的一个方向。光纤检波器在接收到最大振幅信号后需要使信号波迅速衰减以便接收下一个振动信号, 因此需要设计一个阻碍振动的装置。悬臂梁结构由于其结构简单是一种应用广泛的光纤检波器载体, 本文将阐述一种基于悬臂梁结构的阻尼装置。

论文主要分为四个部分: 光纤检波器电磁阻尼装置的研制背景、硬件电路设计并进行搭建和测试、通过 ANSOFT 对阻尼装置进行仿真、对整个工作取得的成果进行总结。

在硬件电路设计中, 要在降低功耗的前提下使通电线圈能产生阻尼效果是最主要的问题。文中介绍了三种解决方案: 方案一和方案二是依据电磁感应定律利用空心线圈和永磁体相互位置的变化来产生感应电动势, 将该电动势通过放大电路后作为电源给阻尼线圈提供电流产生阻尼力。而方案一和方案二的区别在于, 方案一采用触发开关的方式来使同一线圈承担感应振动信号和产生阻尼力的作用。方案二是将悬臂梁结构调整后, 在悬臂梁下放置两个线圈, 一个作为感应线圈, 一个作为阻尼线圈。方案三则采用了较为成熟的振动开关来控制阻尼线圈, 使线圈在悬臂梁未振动时断电, 从而降低损耗。为了得到 0.707 的最佳阻尼比, 利用 ANSOFT 对阻尼装置进行仿真。利用仿真结果提出在线圈匝数, 电流大小等方面的改进意见。

关键词: 电磁阻尼 低功耗 控制电路 ansoft 仿真

Abstract: With the development of the fiber shaking detector, the demand for the sensitivity and accuracy of data collection is higher and higher, so it is a improvable direction to add a damping device to the fiber detector. When a fiber detector receives a maximum amplitude signal, it helps reduce the amplitude. So that it could get prepared for the next signal. It is necessary to design a device that can hinder the shake. It is because the structure of the cantilever is simple that it's widely used in fiber detector, this paper will state a damping device based on the structure of a cantilever.

The paper is divided into three parts: the background of the electromagnetic damping, the design of hardware circuit and test, the simulation for damping device by ANSOFT and summary for the whole achievement of the project.

In the design of hardware circuit, the most important thing is to produce damping effects in closing coil after the demand of low consumption. The paper provides three schemes: Scheme I and Scheme II are based on the electromagnetic induction and induced electromotive force, the damping force comes from the power of the amplified electromotive force. The difference between Scheme I and Scheme II is that Scheme I uses a trigger switch to produce the effect. Scheme II is after the adjustment of cantilever, uses two coils. One is a induction coil, the other is a damping coil. Scheme III uses the mature vibroswitch to control the damping coil, it makes the coil cut off when it does not shake in order to save power. In order to get the best damping ratio, 0.707, ANSOFT becomes the simulating software. The number of a coil turns can be known from the result of the simulation, so does the current.

Key words: electromagnetism damp; low consumption; control circuit; ANSOFT simulation

光纤检波器由于其具有灵敏度高、动态范围大、不受电磁干扰等突出优点, 被广泛应用于振动检波

一 引言

*指导老师: 仲志成

项目类型: 大学生创新项目

器的设计中。随着对光纤检波器精度和灵敏度要求的提高，光纤检波器的使用和改善也被重视起来。因此有必要设计一个阻尼装置能快速将感应装置恢复到初始状态。

目前使用最为广泛的阻尼装置是利用弹簧或阻尼液产生阻尼。但是弹簧容易产生金属疲劳，而阻尼液的配制较为困难而且对装置的密封要求较高，因此我们设想利用通电线圈与永磁体产生排斥力的方式来产生阻尼力。这种方式由于是利用电流大小来决定阻尼力，因此相比前两种方法就具有可以调节的优势，也可以衍生出许多功能电路为用户提供更多便利。但是这种设计需要一个电源对其供电。考虑到

该装置要适应在野外长时间工作的情况。我们要设计一个开关电路，使悬臂梁产生振动时电路才能导通，而这一过程为自动进行的。这样一来便可以达到降低功耗，延长线圈使用寿命的目的。

二 阻尼装置结构及控制电路设计

(一) 阻尼装置基本结构

阻尼装置的基本结构如图 1 所示。当电源给线圈通电时，线圈相当于一个电磁铁，使它的 N 极与永磁体的 N 极相对。这样一来当悬臂梁发生振动时，探头将振动信号发送给检波器，而随着永磁体与线圈相对位置的变化，悬臂梁就会受到阻尼力。逐渐恢复到初始状态，等待下一个振动信号。

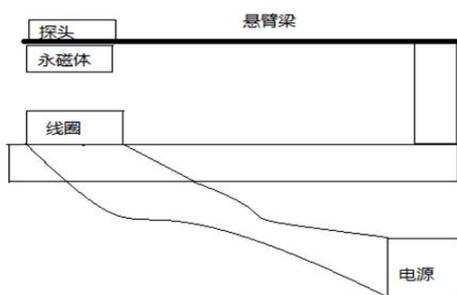


图 1 阻尼装置基本结构

(二) 控制电路设计

从阻尼装置的基本结构可以看出，线圈需要电源供电才能和永磁体产生排斥力。但是在实际应用中振动的产生是不确定因素。如果一直让线圈处于通电状态，能量就会被白白浪费掉，同时也会减少线圈的寿命。控制电路就是为了设计一个控制开关使线圈悬臂梁振动时才通电，不振动时断电。为了达到这一目的，设计了三种方案，前两种通过感应电动势的产生触发信号，第三种通过振动开关来发

出导通和关断信号。下面将作具体阐述。

1. 方案一

方案一的电路可以概括为电磁感应和电磁铁开关控制电路。图 2 是方案一的电路图。

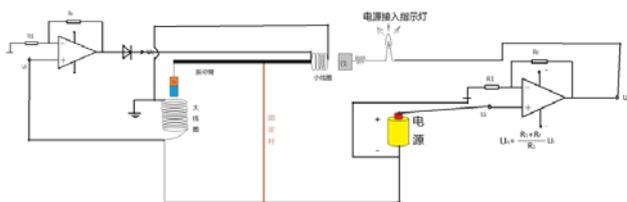


图 2 电磁感应和电磁铁开关控制电路

方案一的组成和原理进行分析说明：

从图中由左至右的顺序，将整个电路分成三个组成部分，分别是振动感应部分、电磁铁开关部分、外接电池部分。将振动臂固定在一个底座上，底座固定于电路板上。振动感应部分，振动臂被固定在一个固定底座上，底座固定在电路板上。在振动臂的一端有一个永磁铁，永磁铁的正下方有一个直径足够大的线圈，可以让磁铁自然的出入其中。左端线圈的一端连接了 741 同相电压放大器。在同相电压放大器的输出端接一个 4007 二极管，使电流只能单方向通过该路径。用一个闭合线圈和软弹簧悬挂的铁片当作电磁铁开关部分。软弹簧的右面串接着一个发光二极管，用作干电池介入工作时的指示灯。电路的最右端是外接电池部分，由一节干电池和同相电压放大器组成。下面简述电路工作原理。

当振动信号来到时，振动臂上的磁铁上下振动，和它下方的闭合线圈发生相对运动，所以左端线圈中将产生感应电动势。然后感应电动势经过同相电压放大器的作用流经二极管传给右面的线圈。这样，左端线圈和放大器在振动来临时相当于一个电动势被放大的等效电源，为右端的线圈供电。于是右端的线圈有电流通过，此时的右端线圈相当于一块电磁铁。设想是当它成为电磁铁之后会吸附其右端的铁片，则此时右面线圈和旁边的铁片构成的“开关”将闭合。然后干电池就会介入整个系统中。干电池介入工作后，放大的电信号会经过发光二极管，然后流经左面的线圈，然后回到负极。这时左面的线圈中就会流来自干电池的电流，其相当于一块电磁铁，对上方振动的磁铁起阻碍的作用，实现了电磁阻尼。概括起来的顺序就是振动感应部分将感应出的电能传递给电磁铁开关部分，然后开关闭和，电源接入。

这个设想看似可行，但是经过实际操作之后才发现，实施起来遇到了瓶颈。

搭建完这个模型之后，第一个问题是磁铁振动

时左端线圈的感应电动势过小，经过放大之后，感应电动势的幅值也不是很大（初始放大倍数是 1000 倍）。这就导致了由线圈和放大器构成的等效电源输出电压不够的问题。后来加了另一个放大倍数是 50 倍的放大器，再次测量振动后放大器的输出感应电压，能达到 4 至 5V 左右，达到了预期的电压，但是右面的线圈无法吸附旁边的铁片。经分析大概是两点原因，一是线圈磁性不够强，二是和铁片连接的弹簧的劲度系数太大，线圈需要有很强的磁力才能使铁片挣脱弹簧弹力的束缚。如果想让铁片被吸附，那么需要更换更软的弹簧，或者增加通过右面线圈的电流。但是增加电流是很困难的。因为 741 的输出电压不能大于为它供电的电源电压，使用的可调直流稳压电源输出的电压，即使加到最大也是达不到这个要求的，所以很难实现。假设达到了可以使右面线圈的磁力足以吸附旁边的铁片，也无法保证该开关多的持续导通。因为金属长时间暴露在空气中表面会被氧化出一层绝缘层，使金属在自然接触的情况下不易导电，需要施加一定的外力才能保证两金属接触面是持续导电的。所以从以上的说明中可以看出此方案在实施过程中遇到了很多问题。由此促进了方案二的产生。

2. 方案二

电路如图 3 所示，此电路按原理可概括为线圈感应电压电磁铁阻尼电路。

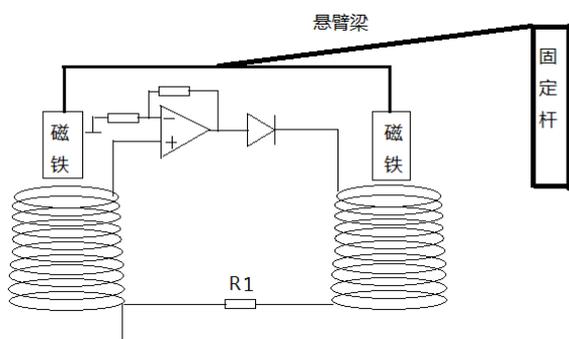


图 3 线圈感应电压电磁铁阻尼电路

下面简述电路的组成及其工作原理。

电路主要由带有两个分支的磁铁振子，两个互相连接的线圈及放大器组成。下面来阐述左右两端的作用。当外界有振动信号作用于该系统时，振动臂带动其首端的两个分支同时振动，于是左端的磁铁开始和下端的固定闭合线圈发生相对运动，从而在左端的闭合线圈产生感应电动势 E 。我们可以将振动信号到来时的左端线圈看作是一个电源，把左端闭合线圈的上端设为正极，则上端就是等效电源的正极。因为感应电压幅值非常小不利于应用到实际的系统中，所以左端线圈上端产生的感应电动势

需要经过串级的 741 同相电压放大器进行放大后才能被利用。我设计的两个同相电压放大器前后级的放大倍数分别是 1000 倍和 50 倍，这样总的放大倍数就是前后放大倍数的乘积。接着，放大后的感应电动势 E' 在闭合的线圈中将产生电流经过放大器输出端的二极管。这个二极管在电路中是至关重要的，起到了整流的作用。由于振动时磁铁是往复振动的，所以在左端线圈上产生的感应电压是一个交流感应电动势，而希望得到的是一个直流感应电动势，这样才能保证它给右端的线圈供电时，右端线圈上下的磁极不发生改变，这样才能阻尼的稳定性。假设移除放大器输出端的二极管，电路将变得不稳定。电流经过二极管流向右端的线圈，此时右端线圈由于有电流通过，故相当于一个电磁铁，于是对上方的永磁铁产生磁力作用，以此达到阻尼作用。最后此电流流过线圈之后回到地。在右端线圈和地之间串联一个滑动变阻器。由于左端线圈的感应电动势经放大之后会有一个最大值，所以在经过放大后加在右端线圈上就有一个最大值，希望可以改变感应电压在右端线圈上的电压降落来实现观察右端线圈具有不同磁性时的阻尼效果，所以在右端线圈和地之间串联一个滑动变阻器实现分压功能。这样的话，通过改变滑动变阻器的阻值，就可以改变右端线圈两端的电压进而改变通过该线圈的电流，最终改变右端线圈磁性的强弱。

经过若干次的测量，得到了以下感应电压被放大之后的数据。两个线圈的匝数均为 70 匝，阻值都是 1.8 欧左右。由于闭合线圈在通过电流时产生的磁场的强弱和电流大小有很大的关系，所以希望线圈的电阻要小一些，这样线圈在通电时电流会大一些，进而使磁场强一些，利于阻尼现象的观察。当右端线圈振动时，将电压表调到直流电压档，将表笔分别接在二极管的负向端和地之间，得到的初始值在 1.0V 以内，估计是由于 741 工作时需要外接供电，致使初始时即使不震动也有一定的输出偏移电压。当悬臂梁开始振动时，电压表的数值开始有规律的变化，最大值能瞬时达到 4.5V 左右，这基本上能满足线圈流过足够的电流而产生磁性的要求。

这个设想应用了一个“等效电源”的思想。此电路是把左端线圈和放大器作为一个等效的放大后的电源，给右端线圈供电，借助了通电的闭合线圈具有磁性的特点来实现“电磁阻尼”这一功能，而且感应电动势仅在振动时产生，没有震动时，两线圈中几乎是没有电流通过的，当有震动时产生的感应电压会被当作是阻尼的电能量来源，所以这又实现了“低功耗”的要求。

下面是此系统中应用的直流可调稳压电源的电路图，此电路左端接 220V/18V 变压器，输出端正负电源负责给 741 供电。在调整正负电源的输出时要尽量保证正负电压的幅值相同，这样才会确保 741 能稳定的工作。电路的参数设计如图 4 所示：

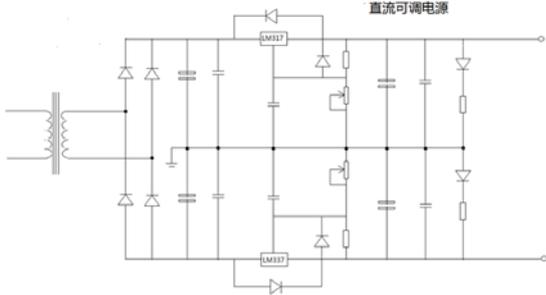


图 4 直流可调稳压电源

器件选择：

- (1) 三端稳压器，LM317，LM337
- (2) C1,C2 的选择。

$$T = 10ms = T_1 + T_2, \quad T_1 \ll T_2, \quad T \approx T_2,$$

$$T_2 = 10ms, \quad V_i = \frac{1}{C_1} \left(\int_0^{10} I_c dt \right) = I_0 / 100 \cdot C_1,$$

$$I_{0 \max} = 0.5A, \quad I_0 = 0.6A, \quad \Delta V_i = 1/5V, \quad I_{min} = 3V$$

$$C_1 = 2000\mu F$$

$$\text{取 } C_1 = C_2 = 2200\mu F$$

- (3) V_2 设计。

$$\sqrt{2}V_2 - 1 - \delta V_i = V_{i \min} = 15V, \quad V_2 = 13.4V。$$

留有余量，取 18v。

- (4) 设计整流元件

(a) 整流二极管反向耐压：

$$V_{BM} = 2\sqrt{2}V_{2 \max} \times 1.1 = 56V \quad (1.1 \text{ 为电网电压波动})$$

波动)

$$V_{BM} \geq 90V, \quad \text{击穿电压为 } 180V。$$

(b) 二极管最大整流电流：

$$I_{DAV} = 1/2(I_{0 \max}) = 0.25A,$$

$$I_F = 1.8I_{DAV} = 0.45A, \quad \text{选 } 1A/200V \text{ 整流桥。}$$

- (5) 变压器的副边电压：

由于变压器中的电流是脉冲电流，所以取

$I_{ac} = 1.8I_{0 \max} = 1.08A$ ，留有余量，取变压器的副边电压 2A。

$$(6) \text{ 散热片参数： } P = [(V)_{AV} - V_0] * I_0,$$

$$P_{\max} = 12.4W$$

(7) 根据 LM317 芯片的使用建议 C_{adj} 选为 10uF/25v, C2 为 C1 的高频补偿电容，用来补偿铝电解电容 C1 在高频时性能下降，C2 选为 0.1uF 的瓷片电容。R1=240Ω，R2: 720Ω~2.2k 电位器。

3. 方案三

1) 总体设计

方案框图如图 5。利用振动开关发出开关信号传递给延时电路，延时电路在接收到闭合信号时开始给线圈供电，并开始计时。在线圈导通和断开的时显示电路都可以显示线圈当前电压值。当延时电路计时时间到时，线圈断电。该控制电路用到了单片机，ADC0804，NE555 等器件和芯片。这些器件和芯片都曾被广泛应用于电子玩具，报警系统，控制电路中。而本文所设计的装置是将这些器件的功能组合起来来服务于悬臂梁系统的阻尼装置。

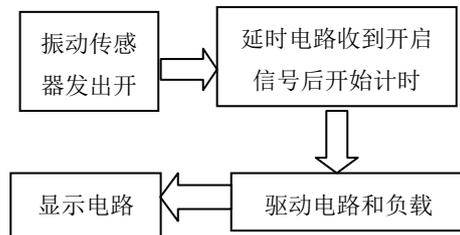


图 5 系统总体设计框图

2) 器件的选择和在电路中的具体应用

(1) SW-420 振动开关简介

现在市面上可以买到许多种类的振动开关。这种开关具有感知到震动时导通的功能，价格便宜，结构简单，广泛应用于各种电子玩具，和小车控制电路中。以专业角度来分析，我们分为弹簧开关与滚珠开关两大类来看。两大类开关都有两个比较重要的指标特性，灵敏度和方向性。弹簧开关的灵敏度是指不同的产品，在实际装置中会产生因感应震动力大小不同的差异，此差异称为灵敏度。使用者会因为不同产品的需求，而选择不同感应震动力大小的震动开关来满足自己产品的灵敏度。例如一个玩具拿在手上轻微摇晃和一个球丢到地上或墙上，就会要求不同感应的弹簧开关来感应震动力与电子电路匹配。方向性是指受力方向，而受力方向粗略分为立体的六面，上下左右前后等六面。一般的产品只有灵敏度的要求并没有方向性的要求，因此要先

了解使用者的产品的用途，才能建议使用者使用那种型号的弹簧开关。而滚珠开关与弹簧开关最大的区别在于：弹簧开关是感应震动力或离心力的大小，最好为直立使用。而滚珠开关是感应角度的变化，最好平铺使用。滚珠开关的灵敏度，就是感应角度大小，将感应结果传递到电路装置使电路启动。在实际装置中就会产生因不同的产品感应角度大小不同的差异，此差异称为灵敏度。使用者会因为不同产品的需求，而要求不同感应角度大小的滚珠开关来满足产品的灵敏度。例如用手拿起一个杯子在轻微角度倾斜时，电路装置就必须使 IC 启动 LED 闪亮或发出声音。客户就会要求不同感应的滚珠开关来感应角度，与电子电路匹配。滚珠开关的方向性是指倾斜角度的方向，其方向粗略为左右二面。

选用 sw-18020 和 sw-420 两种型号两种结构的震动开关，在实际安装和使用中我发现 sw-18020 的安装方式会使其引脚容易断开，于是选用了 sw-420 开关。相比而言它安装更安全，工作更稳定。

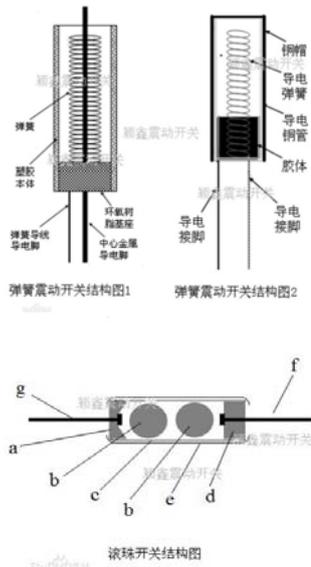


图 6 上：弹簧型 下：滚珠型

最终采用使用一个 SW-420 震动开关模块，它由一个电位器调节灵敏度，和一个 LM393 比较器配合使输出波形更稳定。产品震动时输出高电平，不震动时输出低电平。

(2) 三极管驱动继电器电路

由于 sw-420 震动开关模块闭合式依然存在较大电阻，驱动电流为 10MA 以上，如果直接接入线圈会使线圈流过的电流太小无法产生足够的电磁力，达不到阻尼目的。因此我决定将开关接入三极管，利用三极管带动继电器来给后续电路提供足够电流。

理论上流过继电器线圈的电流应为三极管基极电流的两倍，此外为了保护三极管不被击穿，采用

1N4001 二极管（耐压约 25V）并接在线圈两端。而三极管要能工作基极电流不能过大也不能过小，至少要大于最小基极电流。因此要选择合适大小的电阻接在基极。

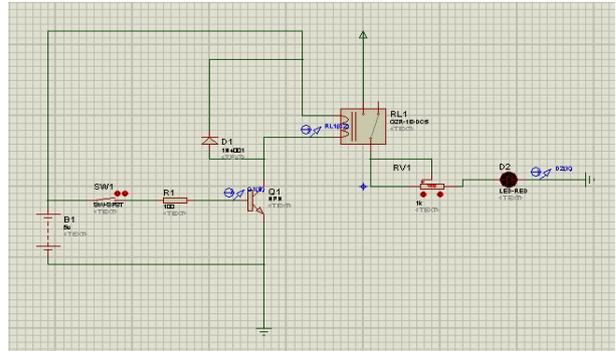


图 7 三极管驱动继电器原理图

本电路采用 5V 电源供电，基极加 100 欧电阻，三极管采用 s8050npn 型。继电器采用 5V 六脚的微型继电器。

(3)线圈电压状态实时显示电路

为了更好地调节线圈电流，并对当前线圈状态有一个直观的监测。通过对线圈的电阻进行测量得知线圈电阻为 64.2 欧，因此可以通过欧姆定律间接测的电流。为磁力大小的计算提供依据。由于供电直流电源为 5v，所以采用 5V 单片机通过 ADC0804 进行模数转换将电压值通过数码管显示出来。

(3-1) STC89C52 单片机

STC89C52 是 STC 公司生产的一种低功耗、高性能 CMOS8 位微控制器，具有 8K 在系统可编程 Flash 存储器。STC89C52 使用经典的 MCS-51 内核，但做了很多的改进使得芯片具有传统 51 单片机不具备的功能。在单芯片上，拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash，使得 STC89C52 为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。具有以下标准功能： 8k 字节 Flash，512 字节 RAM，32 位 I/O 口线，看门狗定时器，内置 4KB EEPROM，MAX810 复位电路，3 个 16 位定时器/计数器，4 个外部中断，一个 7 向量 4 级中断结构（兼容传统 51 的 5 向量 2 级中断结构），全双工串行口。另外 STC89C52 可降至 0Hz 静态逻辑操作，支持 2 种软件可选择节电模式。空闲模式下，CPU 停止工作，允许 RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工作。掉电保护方式下，RAM 内容被保存，振荡器被冻结，单片机一切工作停止，直到下一个中断或硬件复位为止。最高运作频率 35MHz，6T/12T 可选。

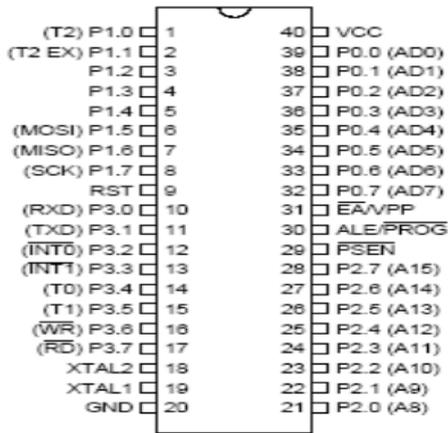


图 8 STC89C52

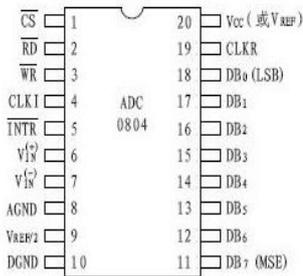


图 9 ADC0804

芯片参数：工作电压：+5V，即 VCC=+5V。

模拟输入电压范围：0~+5V，即 $0 \leq V_{in} \leq +5V$ 。

分辨率：8 位，即分辨率为 $1/2=1/256$ ，转换值介于 0~255 之间。转换时间：100us (fCK=640KHz 时)。

转换误差：±1LSB。参考电压：2.5V，即 Vref=2.5V。

(3-2) ADC0804 的转换原理

ADC0804 是属于连续渐进式 (Successive Approximation Method) 的 A/D 转换器，这类型的 A/D 转换器除了转换速度快 (几十至几百 us)、分辨率高外，还有价钱便宜的优点，普遍被应用于微电脑的接口设计上。

以输出 8 位的 ADC0804 动作来说明“连续渐进式 A/D 转换器”的转换原理，动作步骤如下表示 (原则上先从左侧最高位寻找起)。

第一次寻找结果：10000000 (若假设值 ≤ 输入值，则寻找位=假设位=1)

第二次寻找结果：11000000 (若假设值 ≤ 输入值，则寻找位=假设位=1)

第三次寻找结果：11000000 (若假设值 > 输入值，则寻找位=该假设位=0)

第四次寻找结果：11010000 (若假设值 ≤ 输入值，则寻找位=假设位=1)

第五次寻找结果：11010000 (若假设值 > 输入

值，则寻找位=该假设位=0)

第六次寻找结果：11010100 (若假设值 ≤ 输入值，则寻找位=假设位=1)

第七次寻找结果：11010110 (若假设值 ≤ 输入值，则寻找位=假设位=1)

第八次寻找结果：11010110 (若假设值 > 输入值，则寻找位=该假设位=0)

这样使用二分法的寻找方式，8 位的 A/D 转换器只要 8 次寻找，12 位的 A/D 转换器只要 12 次寻找，就能完成转换的动作，其中的输入值代表图 5 的模拟输入电压 V_{in} 。

各个管脚的作用：

D0-D7：数字量输出端，输出结果为八位二进制结果；

CLK：为芯片工作提供工作脉冲，时钟电路如图所示，时钟频率计算方式是： $f_{CK}=1/(1.1 \times R \times C)$

CS：片选信号；

WR：写信号输入端；

RD：读信号输入端；

INTR：转换完毕中断提供端；

其他管脚连接如图，是供电和提供参考电压的管脚输入端。

(3-3)编程及 proteus 仿真

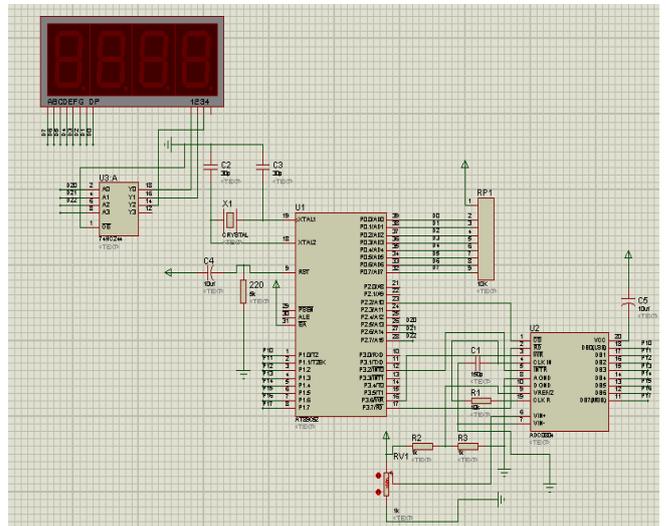


图 10 AD 显示 PROTEUS 仿真

程序：

```
#include <reg52.h>
#include <delay.h>
// #include <intrins.h>
// #include <stdio.h>
#include <adc0804.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
sbit adwr=P3^6;
```

```

sbit adrd=P3^7;
uchar code table[]={0x03,0x9f,0x25,0x0d,
                    0x99,0x49,0x41,0x1f,
                    0x01,0x09};
void display(uchar bai,uchar shi,uchar ge)
{P2 =0X20;
  P0=table[bai];DelayM(5);
  P2 =0;
  P2 =0X40;
  P0=table[shi];DelayM(5);
  P2=0;
  P2 =0X80;
  P0=table[ge]; DelayM(5);
  P2 =0;
}
main()
{  unsigned int aa,bb;
while(1)
{  aa=adc0804();
  bb=aa;
  display(bb/100,bb%100/10,bb%100%10);
}
}

```

经过反复调试和修改,最终达到了预定的目标:线圈两端 0-5V 的电压以 0-255 显示出来。

(4)555 延时电路设计

引言中提到由于震动开关输出的电压信号反复在高电平和低电平之间变化,这样一来会使整个系统很不稳定,还会减少继电器等元件的寿命。因此有必要加一个延时电路。555 时基集成电路可以构成单稳态电路广泛应用于电路延时控制。

555 电路是一种应用十分广泛的集成电路,由于它的灵敏度很高,在某些应用电路中若不采取一定措施,会因受到各种干扰而降低它的工作可靠性。因此采用图 7 的电路可以提高单稳态电路工作的可靠性。本电路是在 555 电路组成的基本单稳态触发器的基础上,增加了一个由一只晶体管组成的开关控制电路和一个由两只二极管组成的反馈式自锁电路。

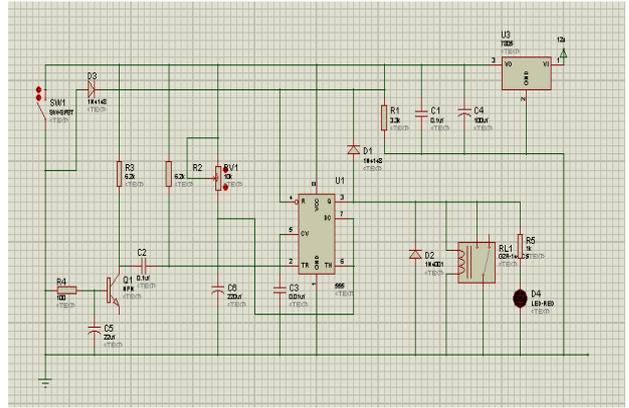


图 11 555 延时电路原理图

电路工作原理分析。本电路中的基本电路是一个由 555 电路组成的脉冲启动型单稳态电路,它的输出端接入一只控制继电器,电路的工作方式是当它输出高电平时继电器被吸合,输出低电平时继电器释放。

电路的触发端为 2 脚,它采用低电平触发方式,平时 555 电路的触发端 2 脚由电源 通过电阻 R4 箝位于高电平,输出端 3 输出低电平,继电器处于释放状态。当按动开关时,电源通过 R1 加至晶闸管基极,使晶闸管导通,它的集电极突然由高电平变为低电平而输出一个负向的脉冲。这一负向脉冲通过 0.1UF 电容加至 2 脚,使电路触发而翻转,3 脚输出高电平使继电器吸合。

(5)各个模块的组合调试

这一过程我没有找到一些确切的资料,主要依靠查阅各个器件的耐压,电流参数来尝试将不同阻值的电阻接入电路来确保电路安全的实现所要求的功能。第一步是振动开关和延时电路的组合。因为振动开关 10MA 以上的驱动电流已经大于三极管最小基极电流,所以可以直接将振动开关的输出脚接入基极便可以顺利的触发后续的延时电路。第二步是延时电路和负载的组合,资料显示当延时电路进入暂态时 3 脚输出高电平并能输出 200MA 以上的驱动电流,于是我打算直接将其接入继电器线圈,但试验结果表明继电器无法正常工作。利用万用表测得 3 脚电压后发现电压值确实接近 5V,推测问题是流过继电器线圈的电流不够造成,于是又重新利用三极管驱动,最终是继电器正常工作。至此整个系统组合完毕。在调整了振动开关的灵敏度后接通电源,可以看到电路能实现之前提出的要求。电路工作情况如图 8 和图 9 所示。

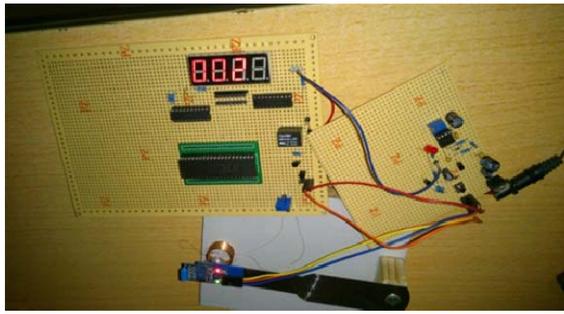


图 12 测试结果（感应振动前）

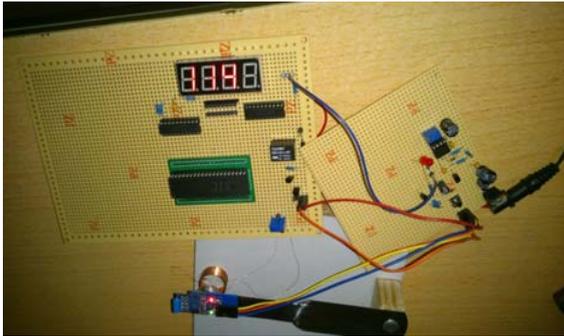


图 13 测试结果（感应振动后）

4. 方案间的对比

通过对上面的方案一、方案二和方案三做对比，方案一和方案二有很多相似之处。两种方案都是利用了运动磁铁在闭合线圈中会产生感应电动势这个原理，利用磁极之间的作用力实现阻尼作用。两者之间也存在区别。区别就是方案二直接利用了放大后的感应电压作为阻尼电路的电能来源。通过上面的对比我们可以发现，方案二有很多的优势。第一个优势就是具有比较强的可行性。方案一中只考虑了利用通电线圈是电磁铁这个原理，而忽略了电流的大小决定了通电线圈磁性的强弱这个至关重要的因素，所以导致线圈根本无法吸附磁铁。而方案二却不存在这个问题。第二个优势是方案二的电路中，直接利用了放大后感应电压作为阻尼电路电能来源，没有中间环节，这样会避免多环节存在的种种问题，使问题更加简单化。第三个优势是方案二比方案一更加节能。因为方案二中除了 741 需要供电，其他部分没有外界电源的参与。而方案一中加了一个干电池，增加了部分电能的损耗，没有最大限度的实现“低功耗”的要求。

方案一及方案二的参数及感应电压放大后的结果如下表 1 所示：

表 1 方案一和方案二参数对比表

	一号线圈 匝数	二号线圈 匝数	感应电压 最大值 E	二号线圈 阻值
方案一	70	60	4.5V 左右	1.2 欧
方案二	70	70	4.5V 左右	1.8 欧

方案三利用了已被广泛应用于其他电子产品的

振动开关作为电路核心，因此可实现性以及可靠性更高，相比前两种方案结构更为简单，并通过加装延时电路，显示电路以及选择合理的驱动方式。实现了对线圈的开关控制，同时线圈通电后也表现了明显的阻尼效果，而且线圈的电压值可调并通过显示电路实时显示的设计，显示了其可以改进的空间，和更好的实用性。

三 系统仿真

（一）系统仿真简述

光纤检波器的基本原理，是将检波器固定在振动物体上，通过检波器内的振动片随着物体振动，获取振动信号。同时在另一侧通入光纤信号，通过振动信号对反射片的影响从而产生不同的反射光波，对其进行测量从而得到相应数据，计算出所测振动的数据。而其中阻尼部分的设计十分关键。只有当阻尼比达到 0.707 时检波器才能最好的接收振动信号。为了分析阻尼部分的阻尼比首先要对磁铁在通电线圈产生的电磁场内的受力进行仿真。常用的磁场仿真软件有 ansys, matlab, ansoft 等，经过试用与比较决定选择 ansoft。

ansoft 公司的 ansoft Maxwell 2D/3D 是一个功能强大、结果精确、易于使用的二维/三维电磁场有限元分析软件。它包括电场、静磁场、涡流场、瞬态场和温度场分析模块，可以用来分析电机、传感器、变压器、永磁设备、激励器等电磁装置的静态、稳态、瞬态、正常工况和故障工况的特性。它所包含的自上而下执行的用户界面、领先的自适应网格剖分技术及用户定义材料库等特点，使得它在易用性上遥遥领先。它具有高性能矩阵求解器和多 CUP 处理能力，提供了最快的求解速度。

ansoft 具有如下几点优点：1 具有直观友好的图形用户界面，快速精确的自适应求解器和功能强大的后处理功能。2 具有一个完整的仿真设计环境，能自动计力、转矩、电容和电感量以及储能等物理量，还能以云图、矢量图或等值线的形式绘制标量电位、电场强度、磁力线、磁通密度、能量等物理量的分布结果。3 强大灵活的宏命令能够方便地对模型进行修改，并具有参数分析功能。

（二）通过 ansoft 软件对磁铁在电磁场中受力的仿真过程

在检波器的阻尼部分的初步模型中选用的是底面直径大约是 10mm，高度为 33mm 的线圈。而仿真是选取的是正 36 面体作为模型，模型的底面直径即为 10mm，高度就是所用线圈的高度，即 33mm。

这种仿真的好处是既保证了与线圈模型的相似，又让软件对电磁场的计算变得简单，不会占用计算机太大的内存。之后将 36 面体的材料设置为 copper，即铜，对其选出剖面再加以一定大小的激励电流就完成了对通电电线圈的仿真。对线圈的仿真也可以选用形状更为接近的圆柱体，但这种做法有个很大的缺点就是会是计算机的计算量变的很大，无法保证精确计算。

磁铁振子的模型选用的是和小组实际所用磁铁相同大小的长方体，对线圈上端磁铁运动的仿真我采用令长方体 Z 轴坐标为变量的方法，设置其变动范围和实际运动距离相近，设置其材料为 NdFe30，将其受力设置成参数。所得基本模型如图 14。

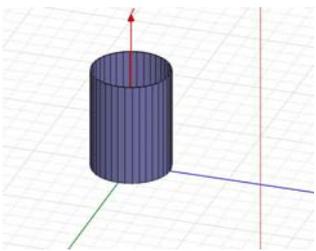


图 14 阻尼部分的仿真模型

完成如上的所有设置经过分析就可得到磁铁振子所受阻力与磁铁振子的 Z 轴坐标的关系图如图 15，图 16 所示，其中 y 轴为磁铁振子所受阻尼力，单位为 N；x 轴为磁铁振子 Z 轴坐标，单位为 mm。

其中图 15 是当计算单位取 0.5 时所得曲线，由此图可较好的看出整个曲线的变化趋势；图 16 则是计算单位为 0.1mm 时得出的关系曲线，其中因为磁铁振子会在闭合线圈中产生感应电动势等原因使得有许多干扰点产生，在数据分析时需将其剔除。其中部分数据如下表 2 所示：

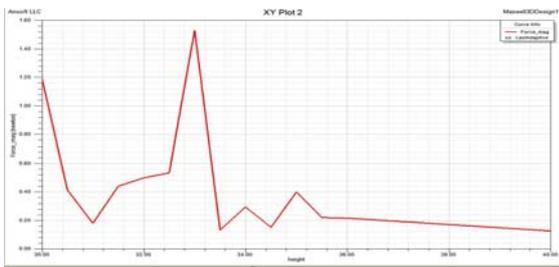


图 15 磁铁振子所受阻尼力与其 Z 轴坐标关系图

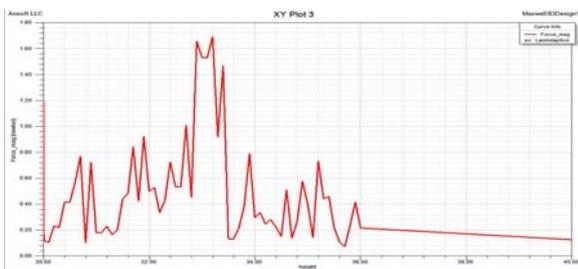


图 16 磁铁振子所受阻尼力与其 Z 轴坐标关系图

表 2 磁铁振子 Z 轴坐标和所受阻尼力关系表

	height	Force (N)
1	30.000000	1.191449
2	30.500000	0.414776
3	31.000000	0.179909
4	31.500000	0.440855
5	32.000000	0.498816
6	32.500000	0.533751
7	33.000000	1.529073
8	33.500000	0.133814
9	34.000000	0.294756
10	34.500000	0.152370
11	35.000000	0.399476
12	35.500000	0.220396
13	36.000000	0.216344

从中不难看出当磁铁下底面和线圈上端处于同一水平面时磁铁振子所受阻尼力最大，即 Z=33mm 时，F 取最大值 1.529073N；当 Z 小于 33mm 时，磁铁振子进入线圈，所受阻尼力逐渐变小；当 Z 大于 33mm 时，磁铁振子向上运动远离线圈，所受阻尼力同样变小，这与之前所学电磁场的理论知识基本相符，证明仿真的误差在允许范围内。

(三) 对仿真结果的分析

在物理学和工程学上，阻尼的力学模型一般是一个与振动速度大小成正比，与振动速度方向相反的力，该模型称为粘性（或粘性）阻尼模型，是工程中应用最广泛的阻尼模型。粘性阻尼模型能较好地模拟空气、水等流体对振动的阻碍作用。本条目以下也主要讨论粘性阻尼模型。然而必须指出的是，自然界中还存在很多完全不满足上述模型的阻尼机制，譬如在具有恒定摩擦系数的桌面上振动的弹簧振子，其受到的阻尼力就仅与自身重量和摩擦系数有关，而与速度无关。除简单的力学振动阻尼外，阻尼的具体形式还包括电磁阻尼、介质阻尼、结构阻尼，等等。尽管科学界目前已经提出了许多种阻尼的数学模型，但实际系统中阻尼的物理本质仍极难确定。下面仅以力学上的粘性阻尼模型为例，作一简单的说明。

粘性阻尼可表示为以下式子：

$$F = -c v \tag{3.1}$$

其中 F 表示阻尼力，v 表示振子的运动速度（矢量），c 是表征阻尼大小的常数，称为阻尼系数，国际单位制单位为牛顿·秒/米。上述关系类比于电学中定义电阻的欧姆定律。在日常生活中阻尼的例子随处可见，一阵大风过后摇晃的树会慢慢停下，用手拨一下吉他的弦后声音会越来越小，等等。阻尼现象是自然界中最为普遍的现象之一。理想的弹簧阻尼器振子系统如右图所示。分析其受力分别有：

弹性力 (k 为弹簧的劲度系数, x 为振子偏离平衡位置的位移):

$$F_s = -kx \quad (3.2)$$

阻尼力 (c 为阻尼系数, v 为振子速度):

$$F_d = -cv = -c\dot{x} = -c\frac{dx}{dt} \quad (3.3)$$

假设振子不再受到其他外力的作用, 于是可利用牛顿第二定律写出系统的振动方程:

$$\sum F = ma = m\ddot{x} = m\frac{d^2x}{dt^2} \quad (3.4)$$

其中 a 为加速度。

本项目中, 我们采用通电线圈产生的磁场对永磁铁的作用力作阻尼力的方式产生阻尼, 而之前所查的资料大多是粘性阻尼模型, 对本项目并不完全适用。故需重新构建合适的阻尼模型以进行下一步的计算。

在粘性阻尼模型中, 阻尼力的关系式为 $F = -cv$ 。而在本模型中, 通过 ansoft 软件对永磁铁在电磁场中的受力的仿真结果如图 16 所示

此时有两种建模方式:

方案 1: 将该曲线拟合为正态分布曲线, 设 F 与 x 的关系式为

$$F = Ae^{-(x-B)^2} \quad (3.5)$$

其中 A, B 为常数。此种方案的优点是接近 F 与 x 的真实曲线, 缺点是不易于后续的计算。

方案 2: 在峰值的两侧分别拟合为

$$F = k_1x + B_1 \quad (3.6), \quad F = k_2x + B_2 \quad (3.7)$$

此种方案的好处是便于后续计算, 缺点则是与原函数曲线存在一定的误差。

现对方案 2 的计算如下: 对磁铁在最低点的受力分析如图所示:



图 17 永磁铁的受力分析图

其中
$$F_{合} = F_{拉} + F_{阻} - G \quad (3.8)$$

又因为
$$F_{拉} = k_{拉} * x \quad (3.9)$$

所以加速度
$$a = \frac{F_{合}}{m} \quad (3.10)$$

根据公式
$$V_t^2 - V_0^2 = 2as \quad (3.11)$$

得

$$V_t^2 = \frac{2 * F_{合} * x}{m} = \frac{2 * (F_{拉} + F_{阻} - G) * x}{m} = \frac{2 * (k_{拉} * x + k_1 * x + B_1 - G) * x}{m} \quad (3.12)$$

所以有:

$$x = \frac{G - B_1 \pm \sqrt{(G - B_1)^2 - 2 * (k_{拉} + k_1) * m * V_t^2}}{2(k_{拉} + k_1)} \quad (3.13)$$

又由式 (3.6), 所以

$$F_{阻} = k_1 * \frac{G - B_1 \pm \sqrt{(G - B_1)^2 - 2 * (k_{拉} + k_1) * m * V_t^2}}{2(k_{拉} + k_1)} + B_1 \quad (3.14)$$

类比粘性阻尼系统

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}} \quad (3.15)$$

及式 (3.1), 得

$$c = k_1 * \sqrt{\frac{m}{2(k_{拉} + k_1)}} \quad (3.16)$$

此即为电磁阻尼的阻尼系数的计算关系式。

所以

$$\zeta = \frac{k_1 * \sqrt{\frac{m}{2(k_{拉} + k_1)}}}{2 * \sqrt{k_1 * \frac{G - B_1 \pm \sqrt{(G - B_1)^2 - 2 * (k_{拉} + k_1) * m}}{2(k_{拉} + k_1)} + B_1}} \quad (3.17)$$

经简化, 得

$$\zeta = \frac{k_1 * \sqrt{\frac{m}{k_{拉} + k_1}}}{\sqrt{k_{拉} * m}} \quad (3.18)$$

即为阻尼比公式。

对于 1 方案, 与方案 2 相比, 区别在于 $F_{阻}$ 的

表达式。对于方案 A，由式 (3.5) 及式 (3.11)，得

$$V_t^2 = \frac{2 * F_{合} * x}{m} = \frac{2 * (F_{拉} + F_{阻} - G) * x}{m} = \frac{2 * (k_{拉} * x + A e^{-(x-B)^2} - G) * x}{m} \quad (3.19)$$

此方程不易解出具体值，只能通过 matlab 等软件求解。故以下求解只对方案 2 求解。对所得磁铁受力的图像进行直线拟合，选取数据如下：

表 3 从图 16 中选取的拟合所用点的 x y 关系表

单位: mm	X	Y
第 1 组	33.2	1.689487
第 2 组	33.4	1.465038
第 3 组	33.9	0.791161
第 4 组	34.6	0.510709
第 5 组	35.0	0.399476
第 6 组	35.5	0.220396
第 7 组	35.6	0.110591
第 8 组	35.87	0.071676

经计算， $\bar{x} = 34.6125$ ， $\bar{y} = 0.6573$

由公式 $X^2 = (x - \bar{x})^2$ 得下表

表 4 拟合所用数据的方差

	X^2
第 1 组	1.9951
第 2 组	1.4702
第 3 组	0.0126
第 4 组	0.0002
第 5 组	0.1502
第 6 组	0.7877
第 7 组	0.9752
第 8 组	1.1827

又可算出 xy 的值如表 4

表 5 拟合所用数据的 xy

	xy
第 1 组	-1.4580
第 2 组	-0.9293
第 3 组	-0.0954
第 4 组	0.0018
第 5 组	-0.0799
第 6 组	-0.3877
第 7 组	-0.5399
第 8 组	-0.6369

所以 $\sum X^2 = 6.5739$ ， $\sum xy = -4.1253$ 经计

算得出拟合直线为 $y = 22.3766 - 0.6275x$

由之前的公式 3.18，得

$$\zeta = \frac{k_1 * \sqrt{\frac{m}{k_{拉} + k_1}}}{\sqrt{k_{拉} * m}} = 0.1324$$

不难看出此时模型的阻尼比还远达不到 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 的要求，这也与实际无法明显观察出有阻尼现象的事实相符。

四 结论

本文提出了一种新的光纤检波器减震装置的设计思路，并设计了三个方案，通过对每个方案的具体实验，分别得到了各个方案测试结果，可行性结论，改进方式。对于方案一由于同一线圈同时作为感应线圈和阻尼线圈需要对电路进行转换，受到材料，和感应电动势太小的限制这一过程实现起来非常困难。这一方案便被放弃。方案二依然利用了振动产生的感应电动势作为触发信号，但是在方案一的基础上改变了结构。将感应线圈和阻尼线圈分开，这样一来便省去了电路的转换。试验结果表明感应电动势通过放大电路达到了预期的 5V 左右的电压。但从阻尼效果的角度来看线圈和磁铁依然无法产生明显的作用力。理论上通过增加线圈匝数提高电压可以改善这一不足。三方案三利用了振动开关，继电器驱动电路，555 延时电路，AD 显示电路。通过合理的组合最终完成了对通电线圈的开关控制。通过调节与线圈串联的电位器可以明显观察到排斥力大小的变化。通过调节 555 延时电路的 RC 串联电路上的电位器可以根据需要调节延时时间，可调范围为 0—25s 左右。整个电路达到了降低功耗，延长线圈使用寿命的目的，使电磁阻尼方式距离实际应用又进了一步。该电路具有结构简单，工作稳定，效果明显等特点。但是受到材料和制作工艺等的限制，目前该装置还没有达到理想的体积，此外对线圈和永磁体相互运动所产生的微弱的感应电动势的干扰还没有想到解决方案。在仿真方面，通过 ansoft 软件对磁铁振子在通电线圈内受力的情况进行仿真，得出了磁铁振子在通电线圈中受力与其 Z 轴坐标的关系曲线，再通过最小二乘法对得出的曲线进行拟合，得出了阻尼力和 Z 轴坐标的关系式。之后类比所查资料中的粘性阻尼的数学模型，通过对磁铁的受力分析进行数学公式的推导，最终分析得出了电磁阻尼结构中阻尼比的计算公式，利用此公式对已有模型进行计算分析最终验证了此计算公式的可靠性，从而提供了一种优化了阻尼结构各部分的参数，

让阻尼部分达到合适大小的阻尼比的方法，为光纤检波器其他部分更好的工作打下了基础。

参考文献

1. 李学成. 基于光纤光栅地震传感器的研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.
2. 刘汉平, 王健刚, 崔洪亮, 陈冰泉. 光纤光栅地震波检波器[J]. 山东大学学报, 第 37 卷 第 2 期: 89-90.
3. 张洪润, 傅瑾新. 传感器应用电路 200 例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006: 299-303.
4. 康光华. 电子技术基础模拟部分[M]. 第五版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 144-147.
5. 郭天祥. 新概念 51 单片机 C 语言教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 95-110.
6. 李学海. 经典 80C51 单片机快速进阶与实作[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012: 11.
7. 肖景和. 555/556 时基集成电路精选[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 42-44.
8. 宋志英. NE555 芯片构成的温度报警电路[J]. 实验技术与管理, 第十卷 (1): 33-35.
9. 隋涛. 一种可控制延时电路的设计[J]. 煤矿现代化, 第 69 期: 41-42.
10. 陈红, 侯国栋. 长直螺线管的电磁场分析与仿真[J]. 郑州轻工业学院学报.
11. 刘国强, 赵凌志, 蒋继娅. Ansoft 工程电磁场有限元分析[M]. 北京: 电子工业出版社.
12. 姜德生, 陈大雄, 梁磊. ANSYS 在光纤 Bragg 光栅加速度计设计中的应用[J]. 传感器技术, 2004 年第 23 卷第 11 期.
13. 吕公河. 地震勘探检波器原理和特性及有关问题分析[J]. 石油物探, 2009 年 11 月第 48 卷第 6 期.
14. 刘汉平, 王健刚, 崔洪亮, 陈冰. 光纤光栅地震波检波器[J]. 山东大学学报(工学版)第 37 卷第 2 期.
15. 李翔晟. 电磁阻尼悬架的主动控制与仿真[J]. 农业机械学报, 2004 年.

基于 SG3525 Buck 型的 DC-DC 直流变换器设计*

张发聪, 文晓哲, 许琳琳, 王世隆

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春)

摘要: SG3525 是一种性能优良、功能齐全和通用性强的集成 PWM 控制芯片, 它简单可靠, 所需外围器件较少, 使用方便灵活, 采用推挽式输出形式, 增加了驱动能力。文中介绍了 SG3525 工作原理, 并详细推导了电路二型反馈回路的设计。在 Buck 电路应用中的实验结果证实了设计的可行性。

关键词: SG3525; 二型反馈; Buck 电路

Abstract: SG3525 is integrated PWM control chip with excellent capability, complete function and high versatility, which is simple and reliable, requiring fewer external components, easy to use and flexible, utilizing push-pull output form, increasing the drive capability. This paper introduces the working principle of SG3525, and deduces the design of type-2 feedback loop of the circuit in detail. The experimental results of Buck circuit applications confirm the feasibility of the design.

Key words: SG3525; type-2 feedback ; Buck circuit

0 引言

随着电力电子的发展, 功率 MOSFET 被广泛应用于开关电源中。为此, 美国硅通用半导体公司推出了 SG3525, 用以驱动 P 沟道的功率 MOSFET^[1]。SG3525 是电流控制型 PWM 控制器, 不仅具有可调整的死区时间控制功能, 而且还具有可编式软启动, 并且在结构上有电压环和电流环双环系统, 因此, 开关电源的各项性能指标都有一定的提高。Buck 型直流变换器是一种常用的电能变换技术。介绍了由 SG3525 芯片为控制核心的 Buck 型 DC-DC 电源模块, 该电源模块具有广泛的应用价值。

1 Buck 直流变换器的工作原理分析

Buck 变换器的结构如图 1 所示, 主电路主要包括开关管 VT, 续流二极管 VD, 滤波电感 L, 滤波电容 C 以及负载 R 组成。

控制电路输出信号使开关管 V_T 导通时, 电源

U_{in} 供电, 滤波电感 L 中的电流逐渐增加, 电感中贮存的能量也逐渐增大, 同时电路中的电容 C 开始进行充电。忽略 MOSFET 的导通压降, MOSFET 源极电压应为 U_{in} , 滤波电感两端电压应为

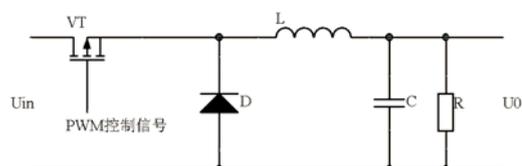


图 1 Buck 主电路

Fig.1 The main circuit of Buck

$$U_L = U_{in} - U_O = L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

由此可以得出流经电感的电流

$$I_L = \frac{1}{L} \int (U_{in} - U_O) dt \quad (2)$$

假设输入电压 U_{in} 和输出电压 U_O 保持不变, 可

以得到在开关管导通期间的电流为

*指导教师: 王世隆

项目类型: 竞赛项目

$$I_L = \frac{U_{in}-U_O}{L}t + I_{min} \quad (3)$$

式中 I_{min} 为 V_D 导通之前电感中的瞬时电流。

当控制信号使得开关管断开时，电感前端的电压迅速降到零，但是由于电感的续流的作用，电流将缓慢减小，电感 L 两端产生的感应电压与原来电压的方向相反，由于电感产生的感应电压使得续流二极管 V_D 导通，电感 L 在开关管导通期间储存的能量将通过续流二极管的作用传输到负载 R 上。如果忽略续流二极管的导通压降，则电感两端电压在开关管关断期间产生的电压应为

$$U_L = U_O = -L \frac{di}{dt} \quad (4)$$

由此可以得出

$$I_L = -\frac{1}{L} \int U_O dt \quad (5)$$

若假设输出电压 U_O 保持不变，则关断期间的电流为

$$I_L = -\frac{U_O}{L}t + I_{max} \quad (6)$$

式中 I_{max} 为开关管关断前电感中的瞬时电流。

$$I_{max} = \frac{U_{in}-U_O}{L}t_{on} + I_{min} \quad (7)$$

$$I_{min} = -\frac{U_O}{L}t_{off} + I_{max} \quad (8)$$

对式，进行联立求解

$$(U_{in} - U_{on})t_{on} = U_O t_{off} \quad (9)$$

$$U_{on} = U_{in} \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} = U_{in} D \quad (10)$$

式中， t_{on} 为开关管的导通时间， t_{off} 为开关管的关断时间，T 为开关管的开关周期，即 $t_{on}+t_{off}$ ；D 为开关管导通时间与开关周期之比，通常称为占空比或导通比，从式 (10) 中我们可以知道，开关管的信号的占空比小于 1，所以该电路的输出电压总是小于输入电压，随着占空比减小，输出电压随之减小，所以该电路被称为降压斩波电路^[2]。

2 SG3525 工作原理分析

SG3525 是美国硅通用公司生产的电流型脉宽调制器控制器，是一款通用型开关电源芯片，用作 PWM 发生器，并利用负反馈技术调节开关管的占空比，实现开关电源的稳压和调压作用。

SG3525 内部原理图如图 2 所示。SG3525 工作电压范围较宽(8V~37V)，内部集成了 5.1V 微调基准电压源、振荡器、误差放大器、软启动电路、关断功能、欠压锁定电路和图腾柱式输出电路。满足了实现开关电源的基本需求^[3]。

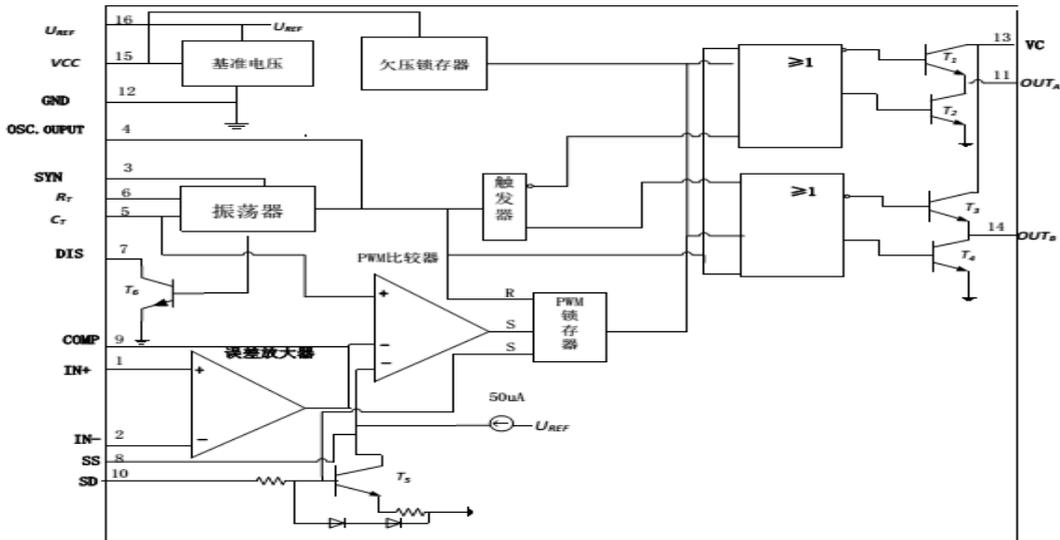


图 2 SG3525 内部原理图

Fig.2 SG3525 internal schematic diagram

2.1 振荡器电路

振荡器的工作频率范围宽（为 100Hz~400kHz），且死区时间可调。振荡器的上升时间由定时电容和定时电阻 R_T 决定，为

$$t_1 = 0.67C_T R_T \quad (11)$$

C_T 取值范围为 0.001~0.1 μ F， R_T 的取值范围为 2~150k Ω 。SG3525 新增同步引脚 3，当多片 SG3525 相连时，同过引脚 3 与外部同步脉冲信号的相连实现频率的同步。引脚 5 和引脚 7 之间外接放电电阻 R_D ，其取值范围为 0~500 Ω ，放电时间为

$$t_2 = 1.3R_D C_T \quad (12)$$

t_2 即为死区时间。SG3525 通过调节 R_D 阻值即可改变死区放电时间。振荡器周期由充放电时间决定，振荡频率为

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_1+t_2} = \frac{1}{(0.67R_T+1.3R_D)C_T} \quad (13)$$

2.2 PWM 比较器

如图 2 所示， C_T 周期性充放电形成的锯齿波、误差放大器、软启动电路和关断电路共同构成了 PWM 比较器电路。基准电压源引脚 16 通过分压电阻向引脚 2 引入比较电压，同时从输出电路引入反馈电压至引脚 1，误差放大器的输出接至 PWM 比较器的反相端。SG3525 内置软启动电路，在软启动输入端引脚 8 外接有软启动电容，减少功率开关管的开机冲击^[4]；锯齿波信号接至 PWM 比较器同相端。SG3525 供电电压低于 8V 或引脚 10 的电压超过 1.4V 时，PWM 锁存器将立即动作，禁止 SG3525 的输出。利用引脚 10 搭建电路可以实现输出过压锁死功能，电路如图 3 所示：

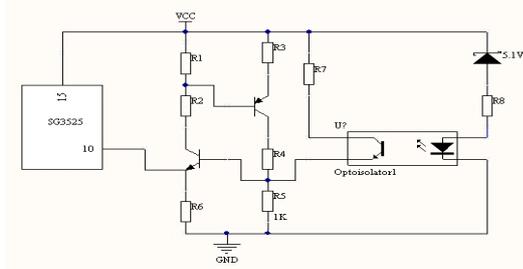


图 3 过压锁存电路

Fig.3 Overvoltage latch circuit

2.3 输出电路

作为专用 MOS 管驱动芯片，SG3525 输出级采用图腾柱式输出（如图 2 所示），双通道输出，关断速度更快。锁存器输出的 PWM 信号、振荡器的时钟信号和触发器的方波信号经过或非逻辑控制电路驱动输出。当所有信号为低电平时，输出晶体管导通。由于触发器的两个输出 Q 和 \bar{Q} 互补，所以输出 A 引脚 11 和输出 B 引脚 14 交替输出高电平^[5]，且能提供的拉电流和灌电流峰值可达 200mA。以输出 A 为例， T_1 开通，则 T_2 关断，驱动 MOS 管开通； T_1 关断 T_2 2 开通时， T_2 2 导通电阻较小，为 MOS 管提供放电回路，实现 MOS 管的较快关断。

3 反馈回路设计

在基于 SG3525 的 Buck 电路反馈回路设计的过程中，既要考虑低频段 50Hz 的工频干扰的影响，又要考虑高频段的噪声干扰在系统中被放大后，对输入端产生影响，采用二型误差放大器^[6]设计反馈回路。二型放大器电路图如图所示：

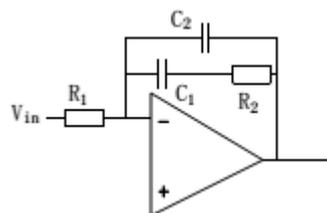


图 4 二型放大器电路图

Fig.4 The second amplifier circuit

二型误差放大器的传递函数为

$$G = \frac{(R_2 + 1/j\omega C_1)(1 + j\omega C_2)}{R_1(R_2 + 1/j\omega C_1 + 1/j\omega C_2)} \quad (14)$$

当 $s=j\omega$ ，则原式整理为：

$$G = \frac{1 + sR_2 C_1}{sR_1(C_1 + C_2)(1 + sR_2 C_2)} \quad (15)$$

零点 $F_Z = 1/2\pi R_2 C_1$

极点 $F_P = 1/2\pi R_2 C_2$

根据维纳波尔的方法，选定比值

$$F_{CO}/F_Z = F_P/F_{CO} = K \quad (16)$$

F_{CO} 为穿越频率，一般选为开关频率的 1/4-1/5

由零点 F_z 引起穿越频率 F_{CO} 的相位超前

$$\theta_1 = \tan^{-1} K \quad (17)$$

极点 F_p 引起的穿越频率 F_{CO} 的相位滞后

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{1}{K} \quad (18)$$

误差放大器是反相器有 180° 的相位滞后，初始极点引起相位滞后 90° ，所以总的相位滞后是

$$\theta_3 = 270^\circ - \theta_1 + \theta_2 \quad (19)$$

LCR 滤波器引起的相移

$$\theta_4 = 180^\circ - \tan^{-1} \frac{F_{CO}}{F_{ESRO}} \quad (20)$$

Buck 电路开关管的输出 V_1 与 Buck 的输出电压 V_0 之间的关系

$$V_0 = V_1 \times t_{on}/T \quad (21)$$

三角波的峰值为 2.24V，当误差放大器的输出为 1.12V 时，输出的占空比为 50%，所以输出电压 V_0 与误差放大器之间的调制器的增益

$$G_m = 0.5 \times 10/1.12 = 4.46 = 12.99\text{dB} \quad (22)$$

在设计中采用分压的形式对输出电压信号进行采集，PWM 芯片的误差放大器的输入参考电压为 1.7V，所以，当输出电压为 5V 时，采样电压与输出电压之间的增益为 $G_s = -9.54\text{dB}$ 。

因此

$$G_m + G_s = 12.99 - 9.54 = 3.45\text{dB} \quad (23)$$

输出 LC 滤波器的转折频率为

$$F_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC}) = 1/2\pi\sqrt{1 \times 10^{-3} \times 47 \times 47^{-6}} = 734\text{Hz} \quad (24)$$

ESR 零点频率为

$$F_{ESR} = 1/2\pi R_{ESR}C_0 = 1/2\pi (65 \times 10^{-6}) = 2500\text{Hz} \quad (25)$$

由伯德图所以除了误差放大器外所有的环节的总开环增益为

$$G_1 = 3.45 - 2 \times 40 \log \frac{2500}{734} - 20 \log \frac{7500}{2500} = -27.38\text{dB}$$

所以误差放大器的增益为 $G_2 = 27.38\text{dB} = 24$

因此取 $R_2/R_1 = 24$ ，取 $R_1 = 1\text{K}\Omega$ ， $R_2 = 24\text{K}\Omega$ ，

假设相位裕度为 45° ， $F_{CO} = 7.5\text{kHz}$ ，

$F_{ESR} = 2500\text{Hz}$ ，则 LC 滤波器的相位滞后 108° ，

所以误差放大器允许有 $315^\circ - 108^\circ = 207^\circ$ 相位滞后，为留有裕量，取 $K=5$ ，相位滞后 202° ，则穿越频率处的相位裕量为 $360^\circ - 202^\circ - 108^\circ = 50^\circ$ 。

当 $K=5$ 时，

$$F_z = 7.5/5 = 1.5\text{kHz} = 1/2\pi R_2 C_1,$$

$R_2 = 24\text{k}\Omega$ ，则 $C_1 = 4421\text{pF}$ ；

当 $K=5$ 时，

$$F_p = 7.5 \times 5 = 37.5\text{kHz} = 1/2\pi R_2 C_2,$$

$R_2 = 24\text{k}\Omega$ ，则 $C_2 = 176\text{pF}$ 。

4 实验结果及结论

按照电路原理搭建了实验电路，并记录了固定输入电压下不同负载（即负载调整率）及固定负载下不同输入电压（即电压调整率）下的输出电压值，如表 1 和表 2 所示。

表 1 输入电压不同条件下输出电压值

$U_{in}(V)$	10	20	25	30	37
$U_o(V)$	5.01	5.01	5.02	5.02	5.03

表 2 不同负载条件下输出电压值

$I(A)$	0	0.3	0.5	0.7	1.0
$U_o(V)$	5.01	5.01	5.02	5.02	5.03

实验结果表明，不同输入电压及不同负载条件下，输出电压可以稳定在既定输出电压，电压调整率为 0.6%，负载调整率为 0.6%，系统较好地实现了稳压。

参考文献

1. 王晓峰,王京梅,孙俊,李莉.基于 SG3525 的开关

- 电源设计[J].电子科技,2011,24:118-121.
2. 脱立芳.降压型 PWM DC-DC 开关电源技术研究[C].西安: 西安电子科技大学,2008.
 3. 陈纯铠.开关电源原理、设计及实例[M].电子工业出版社, 2012.5, 179
 4. 唐军, 尹斌, 马利军, 一种基于 SG3525 的半桥高频开关电源[J],
 5. 李桂丹, 高晗璿, 张春喜, 基于 SG3525 的 DC/DC 直流变换器的研究[J], 2008
 6. Abraham I. Pressman, Keith Billings, Taylor Morey. Switching Power Supply Design.王志强, 肖文勋等.电子工业出版社.2010.6:363
 7. Abraham I. Pressman, Keith Billings, Taylor Morey. Switching Power Supply Design.王志强, 肖文勋等.电子工业出版社.2010.6:367-371.

基于 nRF24L01 的无线多点温湿度检测系统设计*

武金地 宋奇翰 赵潇逸

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院 中国长春)

摘要:本项目提出了基于无线传感器 nRF24L01 的环境温湿度监测系统的设计方案。该方案基于 nRF24L01 来设计无线温度采集系统。该系统采用低功耗、高性能单片机 AT89C51 和温湿度传感器 DHT11 来构成多点、实时温湿度监测系统，最后在 PC 机上完成配置、显示和报警等功能。该系统使用方便，扩展十分容易，可广泛应用于各种工业生产和农业养殖等场合。

关键字:无线数据传输；nRF24L01；DHT11；多节点数据采集；上位机实时监测；

Wireless multi-point temperature and humidity detection system design based on nRF24L01

Wu Jindi Song Qihan Zhao Xiaoyi

(College of instrumentation and electrical Engineering, Jilin University, Changchun, China)

Abstract:This project proposes a design of environmental temperature and humidity monitoring system based on wireless sensor Nrf24l01.The scheme is based on nRF24L01 to design a wireless temperature acquisition system. The system adopts low power, high performance microcontroller AT89C51 and the temperature and humidity sensor DHT11 to constitute a multiple point, real-time monitoring system of temperature and humidity, finally completes the function configuration, display and alarm in the PC machine. The system is easy to use, very easy to expand, can be widely used in various industrial production and aquaculture.

Key words: Wireless data transmission;nRF24L01;DHT11; A multi data acquisition; PC real-time monitoring;

0 引言

在当今的工农业生产中，需要进行温湿度采集的场合越来越多，准确方便地测量温度变得至关重要。传统的有线测温方式存在着布线复杂，线路容易老化，线路故障难以排查，设备重新布局要重新布线等问题。特别是在有线网络不畅通或由于现场环境因素的限制而不便架设线路的情况下，给温湿度的数据采集带来了很大的麻烦。要想监测到实时的温湿度数据，就必须采用无线传输的方式对数据进行采集、发送、接收并对无线采集来的数据通过上位机进行处理，以控制并监测设备的运行情况，

减少不必要的线路设备开支。

1 系统组成

本文设计的多节点无线温湿度监测系统将单片机监测控制系统和射频通信系统相结合，系统由主机和从机两部分构成，从机负责检测温湿度，并将采集到的数据通过射频系统发送给主机，主机接收从机发送过来的信号，并通过串口和 PC 机进行通信，记录数据。同时可通过 PC 机设定报警数据上下限。系统组成框图如图 1 所示。

*指导老师：李哲

项目类型：大学生创新项目

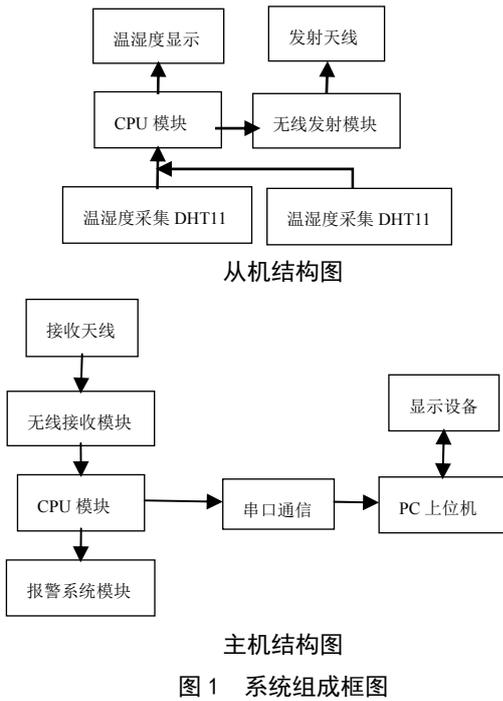


图 1 系统组成框图

2 核心硬件模块的设计

2.1 温湿度采集电路设计

在温湿度多节点采集模块中，我们主要利用了温湿度传感器 DHT11 作为核心部件进行设计。

传感器模块采用 DHT11 数字温湿度传感器。这是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器，应用专用的温湿度传感技术和数字模块采集技术，具有长期稳定性与极高的可靠性。DHT11 传感器采用单线制串行接口，应用简单快捷，信号传输距离可达 20 m 以上。当连接线长度短于 20m 时，应使用 5kΩ 上拉电阻，大于 20m 时，应根据情况使用合适的上拉电阻。该温湿度传感器具有体积小、功耗低、响应快、抗干扰能力强、性价比高等优点。具体电路图，如下图 2。

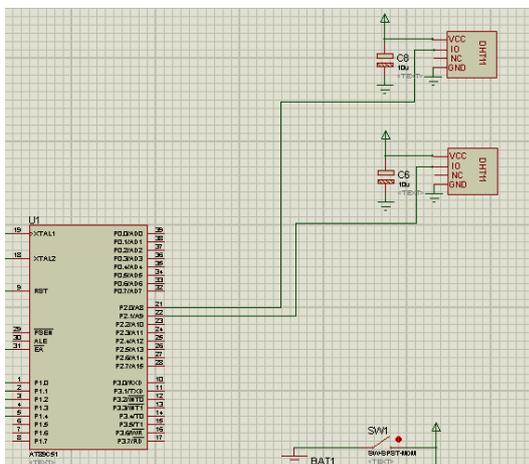


图 2 温湿度采集电路设计

2.2 无线发射、接收模块设计

在无线发射、接收模块中我们采用 nRF24L01 作为设计的核心部件。

nRF24L01 是 NORDIC 公司生产的一款无线通信芯片，采用 FSK 调制方式，内部集成有 NORDIC 自己的 Enhanced Short Burst 协议。可以实现点对点或是 1 对 6 的无线通信。无线通信速度可以达到 2 Mb / s。NORDIC 无线发射、接收芯片 nRF24L01 的电路原理图如图 3 所示。

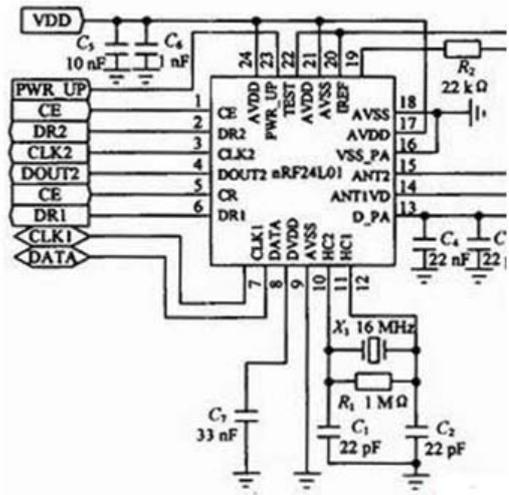


图 3 接收、发射模块 nRF24L01 电路原理图

nRF24L01 是单片射频收发芯片，工作于 2.4~2.5 GHz 的 ISM 频段，芯片内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器和调制器等功能模块，输出功率和通信频道可通过程序进行配置。nRF24L01 芯片的能耗非常低，以 -5 dBm 的功率发射时，工作电流只有 10.5 mA，接收时的工作电流只有 18 mA，它具有多种低功率工作模式，节能环保，设计方便。

nRF24L01 无线收发模块的各管脚功能如表 1 所示，图 4 所示是 nRF24L01 与单片机连接时的电路图。

管脚	功能
VDD	电源 1.9V 到 3.6V 输入
CE	工作模式选择，RX 或 TX 模式选择
CSN	SPI 片选使能，低电平使能
SCK	SPI 时钟
MOSI	SPI 输入
MISO	SPI 输出
IRQ	中断输出
GND	电源地

表 1 nRF24L01 模块引脚功能

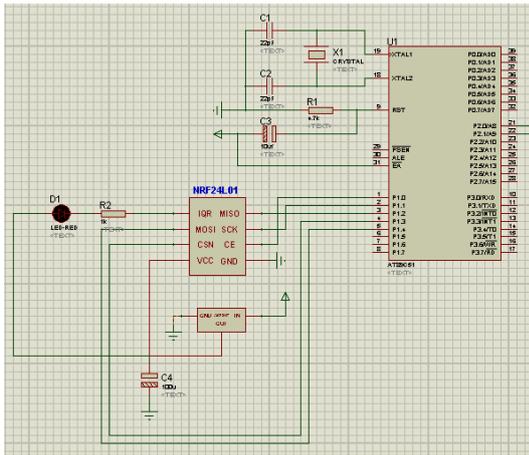


图4 nRF24L01与单片机连接图

本无线发射接收模块需要的电源为 1.9~3.6 V，本系统中采用 3.3V 直流电源来直接对无线发射接收模块供电，5 V 电源经过 ASM1117-3.3 芯片转换后可得到稳定的直流电源，其电源转换电路如图 5 所示。

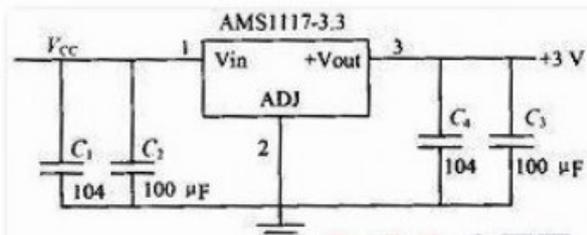


图5 ASM1117 芯片转换电路

2.3 串行通信模块

在串行通信模块，我们利用的是 PL2303 这一核心部件。

PL2303 是 Prolific 公司生产的一种高度集成的 RS232-USB 接口转换器，可提供一个 RS232 全双工异步串行通信装置与 USB 功能接口便利联接的解决方案。该器件内置 USB 功能控制器、USB 收发器、振荡器和带有全部调制解调器控制信号的 UART，只需外接几只电容就可实现 USB 信号与 RS232 信号的转换，能够方便嵌入到手持设备。该器件作为 USB/RS232 双向转换器，一方面从主机接收 USB 数据并将其转换为 RS232 信息流格式发送给外设；另一方面从 RS232 外设接收数据转换为 USB 数据格式传回主机。这些工作全部由器件自动完成，开发者无需考虑固件设计。

通过利用 USB 块传输模式，利用庞大的数据缓冲器和自动流量控制，PL2303HX 能够实现更高的吞吐量比传统的 UART（通用异步收发器）端口，高达 115200 bps 波特率可用于更高的性能使用。系统串行通信模块连接图如下图 6。

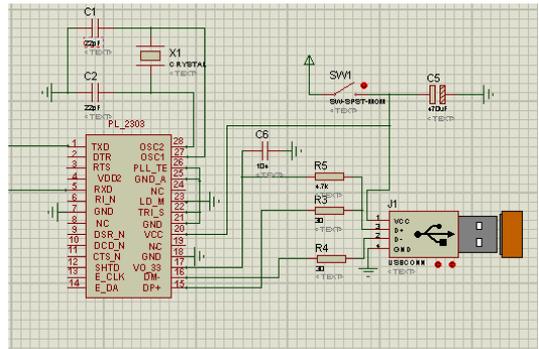


图6 串口模块设计

3 软件设计

3.1 下位机软件

本系统使用 C 语言编程，应根据设计任务的要求确定系统程序的完整结构，尽可能采用模块化程序设计方法，将任务划分为相对独立的功能模块，明确各模块的功能、时间顺序和相互关系，系统的软件设计可以分为几个部分，首先是各个模块的底层驱动程序编写，而后是系统联机调试，最后再编写上位机的系统程序。

主程序是控制和管理的核心，系统上电后，首先进行初始化，系统开始正常运转后，再进行温、湿度的监测与处理等操作。

3.2 上位机软件设计

系统上位机能完成的功能有显示串口号，提示串口是否已被成功打开；同时，上位机能够与下位机同步显示各个节点的温湿度，在温湿度超过预警范围之后，控制从机蜂鸣器进行报警。图 7 所示是上位机操作界面图。



图7 上位机操作界面

上位机软件可在 PC 机上通过 VC6.0 编写，主要是对 MSComm 控件及 CSerialPort 类进行操作。

首先是串口设置。本系统利用的是 CSERIALPORT 类中的初始化函数 InitPort (this,

nport, nbtl, 'N', 8, 1, m_dwCommEvents, 512). 其中 nport 为串口号, nbtl 为波特率, 可利用串口设置对话框中的串口号和波特率两个组合框分别得到初始化函数中的 nport 和 nbtl.

其次是对温湿度上下限的设置. 可利用 CSERIALPORT 类中的启动串口监测进程函数 StartMonitoring、发送字符串函数 WriteToPort 以及关闭串口进程 StopMonitoring 来进行温度上下限的设置, 其信息通过这些函数发送到串口, 单片机从 RS232 上收到数据后, 与自身的温度相比较, 再进行相应的处理.

图 8 所示软件流程图如下:

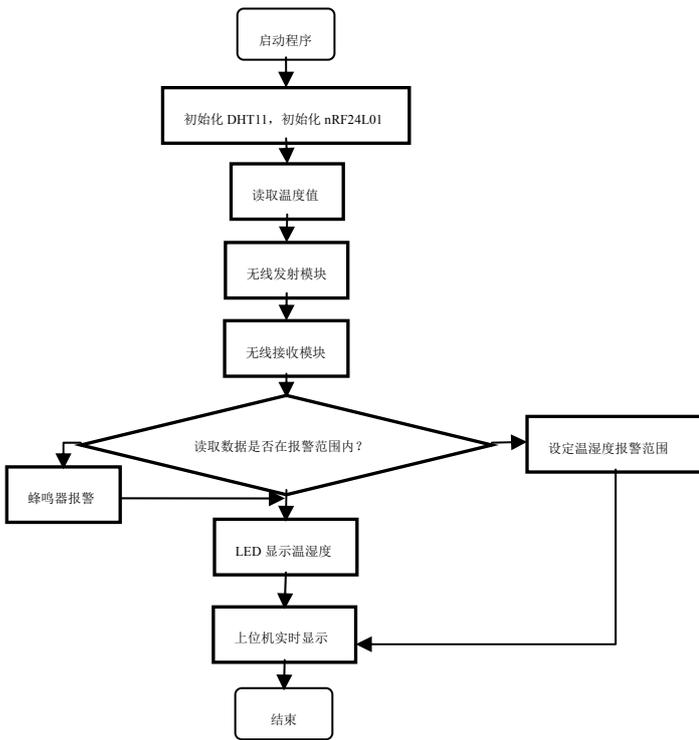


图 8 软件流程图

4 实验结果分析

DHT11 数字温湿度传感器采用单线双向的串行接口技术, 一次通讯时间约 4ms, 数据分小数部分和整数部分, 一次完整的数据传输为 40bit, 高位在先. 即 8bit 湿度整数数据+8bit 湿度小数数据+8bit 温度整数数据+ 8bit 温度小数数据+ 8bit 校验码, 其中校验数据等于上述 4 个 8bit 数据之和所得结果的末 8 位. 例如: 读取数据为: 湿度为: 36.50%; 温度为 22.80℃, 则对应的 40bit 数据为: 0010 0100,0011 0010, 0001 0110,0101 0000,1011 1100,经测试, 在发射接收模块没加天线的情况下,无线发射接收模块在大多数情况下的数据传输距离在 200 m 左右,误码率低于 3%, 发射头发射功率、接收头接收灵敏

度等因素可能会影响传输距离, 若外加天线, 则会大大增加传输距离. 另外, 在调试过程中, 振荡电阻必须匹配, 否则接收距离会变短甚至无法接收.

5 结语

经过不懈的努力, 终于完成了无线多点温湿度检测系统的前期工作, 即总体的硬件连接. 以及温湿度控制部分、上位机界面的调试均已完成. 按照我们设计的控制方式, 可实现温湿度的采集与传输以及在上位机界面上显示, 可实时显示当前温湿度变化; 将按键、传感器等的输入信号送入单片机, 然后根据获得的信息向上位机发出信号, 控制上位机界面实时显示温湿度, 达到了温湿度检测的目的. 同时当空气中湿度低于 20%或高于 80%的时候蜂鸣器会自动报警. 在这些的基础之上. 可以自行的通过按键控制系统的开关.

参考文献

1. 赵忠彪. nRF401 在温室大棚监控系统中的应用研究 [J]. 工业控制计算机, 2008 年 21(3)
2. 奚强. 温室大棚监测控制系统研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2005 年
3. 李善军, 张衍林, 艾平, 翟红; 温室环境自动控制技术研究应用现状及发展趋势 [J]; 农业工程技术(温室园艺) 2008 年 02 期
4. 桥. 单片机原理及应用. 中国铁道出版社, 2006.5
5. 杨素行. 模拟电子技术基础简明教程. 高等教育出版社, 2008.4
6. 谭浩强. C 程序设计. 清华大学出版社. 2007.5
7. 李伟, 段翠芳, 滑伟娟; 温室监控系统在国内外的发展现状与趋势 [J]; 中国果菜; 2010 年 06 期
8. 郑文刚, 赵春江, 王纪华; 温室智能控制的研究进展 [J]; 农业网络信息; 2004 年 02 期

XYZ 轴步进电机三维运动控制系统*

聂洋；李腾飞；刘惠

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院，长春 130061)

摘要：在样本测量的过程中，由于环境因素的限制，在很多情况下，科研人员都无法直接进行样本测量，这就需要应用测量控制设备，以实现操作人员的远程控制。随着现代科技的不断发展，可以很容易实现这一目标，我们可以设计一种基于单片机的步进电机三维控制系统，通过上位机对步进电机进行控制，从而实现样本的定位。上位机选择 PC 机，单片机作为控制器，应用 LABVIEW 软件设计上位机界面，向单片机发送指令，实现对 x、y、z 三个方向进行定位。

关键字：上位机 步进电机 三维系统 定位控制

XYZ three-axis stepper motor control system

Abstract: In the process of sample measurement, due to environmental factors, in many cases, researchers are unable to directly measure the sample. This requires the application of measurement and control equipment to accomplish remote control. With the development of modern science and technology, we can easily achieve this goal. We can design one kind of monolithic machine-based step-by-step electric motor runs navar. Through the epigynous machine, we can realize the sample location. We use MCU as the controller, And we design the interface of the epigynous machine based on the labview software. It can send commands to the microcontroller, finally, we can realize the location of X Y Z three directions.

Key words: epigynous machine stepper motor three-dimensional system location

前言

通过上位机对步进电机进行定位控制，可以实现在高温、高辐射等不适合操作人员实地操作的情况下，对样品进行相应的测量，通过对单片机步数的控制，可以实现对样品位置的定位。应用 Labview 软件制作上位机界面，对 x、y、z 三个方向进行选择，进一步控制步进电机的正反转，从而确定相应的位置。

1 系统工作原理

如图 1 所示：PC 机通过 RS-232 串口通信，向 52 单片机发送指令，再通过 L298 的驱动模块进行

驱动，从而控制三个方向步进电机的正反转和移动距离，即实现系统的三维定位功能。

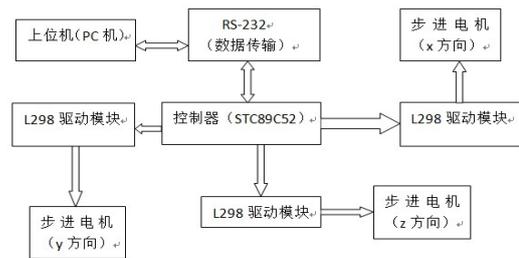


图 1 系统总体结构框图

2 系统硬件设计

2.1 通讯部分

由于本系统主要由上位机进行控制，所以下位

*指导老师：李哲

项目类型：大学生创新项目

机和上位机之间要进行通讯,选择使用 RS-232 协议进行通信,PC 机串行口输出的 RS-232 信号是一个基于 3~7V 的正电压、3~7V 负电压的脉冲链。此电压信号需要转化成 0~5V 的脉冲链,以便处理器读取,转换电路应用 MAX232 芯片。MAX232 芯片含有一个电源电压转换器,可以将+5V 电压变换为 RS-232 输出电平需要的-10~+10V 的电压。因此只需要一个的+5V 电源对系统供电就可以了。

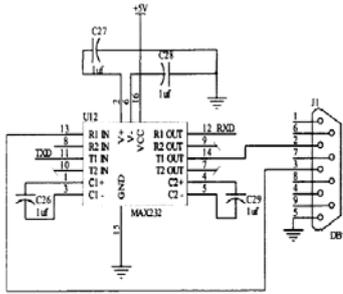


图 2 MAX232 外围电路

TIIN 口接单片机的发送端 TXD,RS-232 的接收端对应接 TIOUT 引脚。同时 RIOUT 接单片机的发送端 TXD,而 RS-232 的接收端连接 TIOUT 引脚。同时 RIOUT 对应单片机的 RXD 引脚,PC 机的 RS-232 的发送端 TXD 对应接 RIIN 引脚。

2.2 L298 驱动电路

L298N 是专用的驱动集成电路,属于 H 桥集成电路,与 L293D 的差别是其输出电流增大,功率增强。其输出电流为 2A,最高电流 4A,最高工作电压 50V,可以驱动感性负载,如大功率直流电机,步进电机,电磁阀等,特别是其输入端可以与单片机直接相联,从而很方便地受单片机控制。当驱动直流电机时,可以直接控制步进电机,并可以实现电机正转与反转,实现此功能只需改变输入端的逻辑电平。为了避免电机对单片机的干扰,本模块加入光耦,进行光电隔离,从而使系统能稳定可靠的工作。如下图所示。

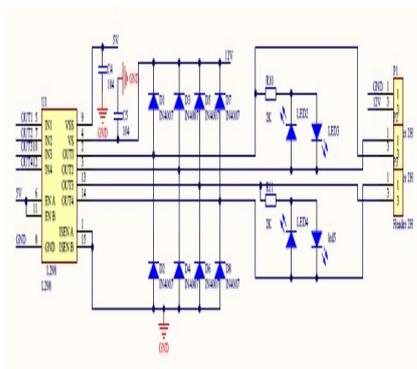


图 3 L298 驱动电路

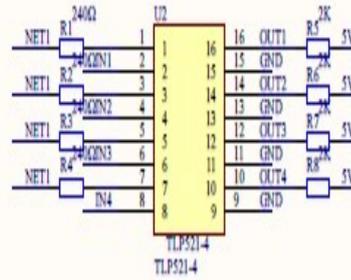


图 4 光耦隔离电路

3 上位机设计

在 PC 上安装完 labview 后,必须得安装 VISA 驱动和 VISA 程序包,驱动安装成功后,才能出现我们通信所需要的串口。程序包安装后,与串口通信相关的 VISA 函数位于函数面板→仪器 I/O→Serial 子模板上,其中,VISA 配置串口函数使 VISA 资源名称指定的串口按特定设置初始化,通过连线数据至 VISA 资源名称输入端可确定要使用的多态实例。VISA 写入函数使写入缓冲区的数据写入 VISA 资源名称指定的设备和接口;VISA 读取函数从 VISA 资源名称指定的串口中读取指定数量的字节,并将数据返回至“读取缓冲区”;VISA 关闭函数关闭指定串口的会话句柄或事件对象。本项目设计的步进电机控制程序采用上述的通信函数结合事件结构进行编写,通过程序调试,实现了步进电机的转向和转速控制。程序前面板与程序框图分别如下图所示:

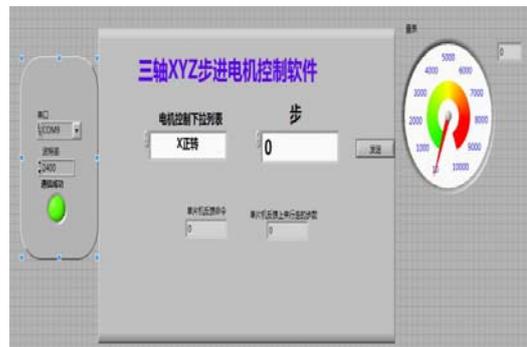


图 5 上位机控制界面

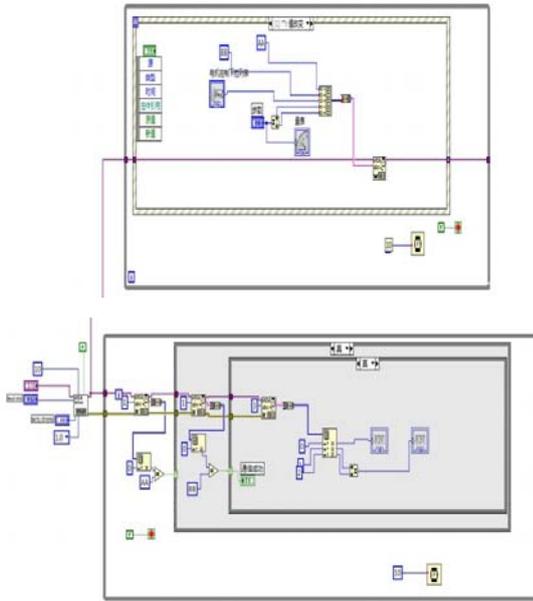


图 6 上位机后面板程序界面

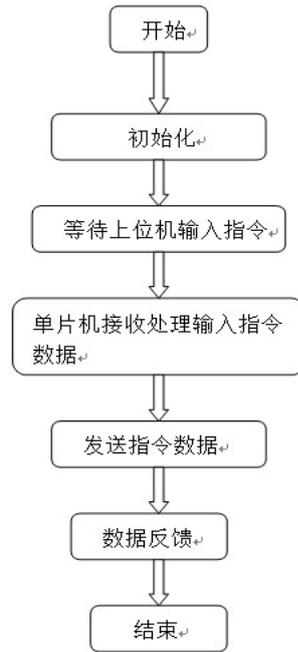


图 7 软件流程图

4 软件部分

4.1 步进电机加减速设计

用单片机对步进电动机进行加减速控制,实际上就是改变输出时钟脉冲的时间间隔,升速时,使脉冲串逐渐加密,减速时,使脉冲串逐渐稀疏。单片机用定时器中断方式来控制电动机变速时,实际上就是不断改变定时器装载值的大小,可以控制电机的加减速。

```

    例: void Delay(uchar i)
    {
    uchar x,j;
    for(j=0;j<i;j++)
    for(x=0;x<=148;x++);
    }
    
```

可以在控制加减速的时候有个外部中断,比如本来的初始值 i 说是 5,为了减速,当外部有中断命令时, $i=i+2$;就是延时的时间增长,脉冲时间间隔变得比之前宽了。若需要加速,则使脉冲时间间隔变窄。就可以了。

4.2 单片机程序流程图

通过上位机界面对 X,Y,Z 三轴的选择,单片机选择输出口,输入步数的指令,通过丝杠及步进电机的步距角的规定,可以计算出步进电机所行转动的距离,通过单片机相应的给步进电机一定的脉冲个数。每次执行完有数据的反馈。

5 结果分析与测试

检查外围电路的连接,并用 RS232 将硬件电路和 PC 机连接好。打开 labview, 选择端口, 输入正确指令, 点击运行, 步进电机根据发出的指令进行运动。此时上位机界面灯泡变亮, 代表通讯成功。同时上位机可以反馈出单片机的运行状态。通过测试, 可以分析出上位机能基本控制三轴的运动。

6 结束语

经过现场测试, 我们设计的步进电机三维运动控制系统, 具有人机交互界面友好、编程简单、效率高等特点。通过 labview 设计的上位机, 本系统能够十分精确的控制步进电机的运动状态。总的来说, 取得了良好的效果。初步完成了各项设计要求。

参考文献

1. 陈宏,陈新.基于 LabVIEW 的单片机脉冲发生器[J]. 现代电子技术. 2008(03)
2. 周建敏.混合式步进电机驱动控制系统的设计[J]. 微计算机信息. 2008(04)
3. 周慧,马怀祥.基于 LabVIEW 软件的压力锅测试系统的设计与应用[J]. 轻工机械. 2007(05)
4. 陈龙,张新政,邓婵.Lab VIEW 控制步进电机的并

- 口通讯研究[J]. 电子测试. 2007(10)
5. 项荣,单越康,张志,张显成.钢卷尺自动切零位系统研究[J]. 中国计量学院学报. 2006(04)
 6. 王俊峰,宋文爱,刘哲.基于 LabVIEW 的信号处理虚拟实验系统[J]. 国外电子测量技术. 2006(10)
 7. 赵冬梅,张宾.LabVIEW 控制步进电机自动升降速[J]. 微计算机信息. 2006(28)
 8. 孙冠群,李晓青,张黎锁,欧阳湘晋,薛小东.SR 电机调速系统控制器设计[J]. 中国计量学院学报. 2006(03)
 9. 陈方泉,李建周,马思文,方宇栋.基于 LabVIEW 的步进电机驱动设计及其应用[J]. 上海大学学报(自然科学版). 2006(01)
 10. 杨林,王晓光.LabView 控制步进电机[J]. 电气传动. 2004(05)

基于 NRF905 的无线温室环境检测系统设计*

杨树新；刘洋；冷舒喆

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院，长春 130061)

摘要：温度、湿度、光照强度作为三个重要的物理量，是温室、粮食仓库中最普遍、最重要的工艺参数之一。本文论述了一种基于无线数据传输的温湿度，光照强度监测仪。该系统以 MCS51 低功耗微处理器、DS18B20 温度传感器、HS1101 湿度传感器和 NRF905 为核心，其采用的数据传输方式与硬件电路设计有效地提高了温室综合测试系统的可靠性，保证了温室所需要的复杂的温湿度,光照环境。

关键词：单片机；NRF905；温湿度；光照强度

Design of nRF905-based Wireless Greenhouse for Enviromental Parameters Detection and Transmission System

Abstract: Temperature, humidity and light intensity are important physical quantities and also the most usual and critical parameters among environmental monitoring. Describes a greenhouse for equipment integrated test system based on wireless data transmission temperature, humidity and light intensity detector. The monitoring system is mainly composed of a low-power consumption STC89C52-MCU, DS18B20 temperature sensor, HS1101 humidity sensors and a multi-band radio frequency transceiver nRF905. The reliability of greenhouse test system is provided by a proper hardware design and a wireless data transmission mode which ensure that the equipment required to test the complex temperature, humidity and light intensity environment.

Key words: MCU; NRF905; Temperature and humidity; Light intensity

0 前言

随着现代工业、农业技术的发展，人们对精确的温湿度、光照强度测量技术的需求越来越高，传统的温湿度数据测量多采用有线传输系统，需要在测量现场布置大量的导线或电缆，安装、拆卸都非常复杂，灵活性差、成本高^[1]。同时，线路上传输的信号会受到电磁干扰和较大的衰减，从而引起测量误差。本文设计的基于 nRF905 的无线温室检测与传输系统，针对有线传输系统的不足提出了一种解决方案，采用无线射频芯片 nRF905 和低功耗单片机，可低成本、高效率地完成数据的采集和无线传输，实时准确的检测温室环境参数，以确保温室合适的温湿度、光照环境。

1 系统整体结构和功能简介

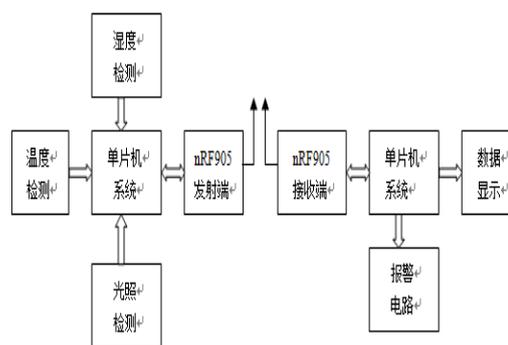


图 1 系统总体结构框图

该系统的总体结构框图如图 1 所示，为实现无线数据传输的功能要求，系统分为下位机子系统和

*指导老师：邱春玲

项目类型：大学生创新项目

上位机子系统两部分，其中下位机子系统放置在温湿度的采集现场，由数字式温度传感器 DS18B20 对现场的温度采集，湿度传感器 HS1101 进行湿度采集，TSL2561 进行光照强度实时采集，并在 STC89C52 单片机的控制下，将温、湿度数据通过无线数传模块 nRF905 的发射端传送给上位机子系统，通过液晶显示屏实时显示检测到的温湿度数值，从而实现数据的无线传输及显示。上位机子系统一般放置在控制机房，通过 nRF905 的接收端获取下位机采集的信息，并实时显示在上位机的显示控制接口上，当实际温室环境参数超出设定范围时自动报警。

2 系统硬件电路设计

2.1 温度采集硬件电路设计

温室单个测量节点的温度传感器选用数字温度传感器 DS18B20。DS18B20 的测量温度范围宽，测量精度高 DS18B20 的测量范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ ；在 $-10 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 范围内，精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ^[2]。温度传感器的 DQ 端与从机系统的单片机相连，用来实时检测温度的变化，电路如图 2 所示。

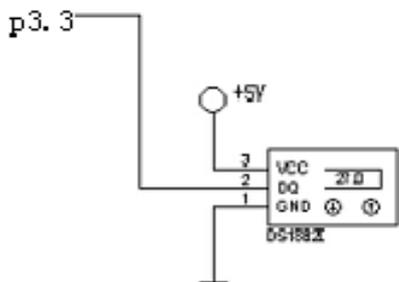


图 2 温度检测硬件电路图

2.2 湿度采集硬件电路设计

湿度传感器选用 HS1101。HS1101 湿度传感器是基于电容原理的湿度传感器，相对湿度的变化和电容值呈线性规律。在自动测试系统中，电容值随着空气湿度的变化而变化，因此将电容值的变化转换成电压或频率的变化，才能够进行有效地数据采集^[3]。用 555 集成电路组成振荡电路，HS1101 湿度传感器充当振荡电容，从而完成湿度到频率的转换。

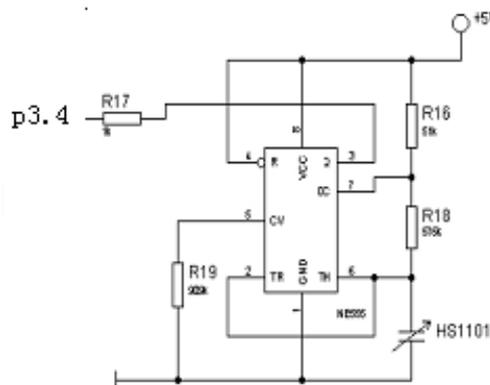


图 3 湿度采集硬件电路图

2.3 光照强度采集硬件电路设计

光照强度检测采用 TSL2561^[4]。TSL2561 可编程设置光强度上下阈值，具有直接 I2C 接口，用于将光照强度转换成数字信号输出能够通过 I2C 总线访问，所以硬件接口电路很简单^[5]。其内部集成两路光敏二极管，通道 0 对可见光和红外线都敏感，通道 1 仅对红外线敏感。两路积分式 ADC 分别对两个光敏二极管的电流积分，转化为数位量，并保存在各路的数字寄存器中。其硬件电路如图 4。

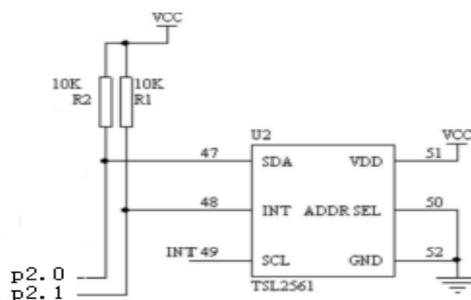


图 4 光照强度检测硬件电路

2.4 无线传输模块设计

无线传输采用 nRF905 芯片。芯片可以通过软件设置地址，并可直接与各种单片机连接使用，软件编程非常方便^[6]。

nRF905 具有两种工作模式（ShockBurst RX 接收模式和 ShockBurst TM 发送模式）和两种节能模式（掉电模式和待机模式）^[7]。这几种模式都是由外界 MCU 通过控制 nRF905 的 3 个引脚 PWR_UP、TRX_CE 和 TX_EN 的高低电平来决定。

表 1 nRF905 的工作模式及相应功能

PWR_UP	TRX_CE	TX_EN	工作模式
0	x	x	掉电和 SPI 编程
1	0	x	待机和 SPI 编程
1	1	0	ShockBurst RX
1	1	1	ShockBurst TX

2.5 报警硬件电路设计

本次设计的系统，设计了报警电路及报警解除电路。当温室内温度、湿度、光照强度超过编程设定的正常参数范围时，系统中蜂鸣器发出报警声音，同时红色指示灯亮起。当恢复正常时，报警自动解除。而在合适的参数范围内时，只有绿色指示亮。硬件电如图 5

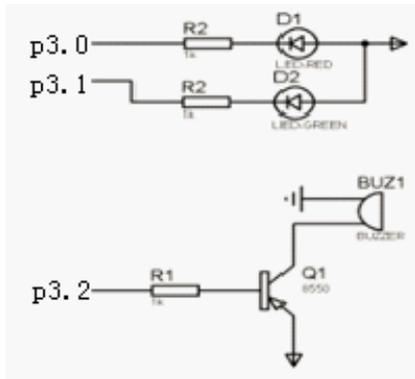


图 5 报警硬件电路

3 系统软件设计

系统的软件设计由主程序流程和子程序流程组成，子程序流程分为：温度子程序，湿度子程序，无线传输子程序，串行子程序和上位机子程序。软件设计过程中重点是温度、湿度及光照强度的检测与数据的无线传输。系统整体流程图如图 6、图 7 所示。

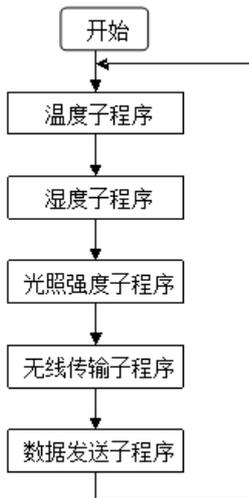


图 6 发射流程图

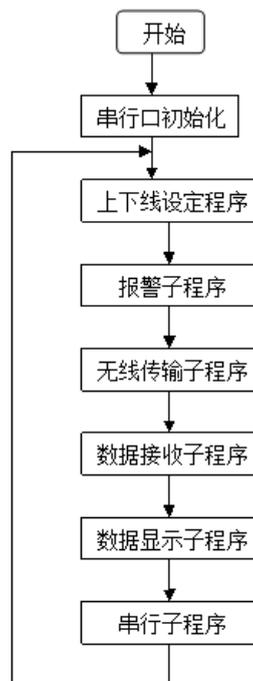


图 7 接收流程图

4 实验结果分析

当温度超过或低于设定值温度时(如 40℃和 20℃)，或湿度高于设定值时（如 80%），或光照强度高于设定值时（如 8000Lux），蜂鸣器会发出响声报警。总体实验效果很好，达到了预期设计目标。

5 结束语

以上提出的基于 nRF905 的无线温室环境检测系统可以实现远程无线温湿度、光照强度测量及数据传输，通过恰当的硬件电路设计及合理的软件编程使温湿度、光照强度数据得以安全可靠的传输和远程监控与报警，保证了温室和粮食仓库所需的复杂的温湿度，光照环境，取得了良好的效果。

参考文献

1. 赵建华, 韩玉杰. 基于 nRF905 的温室无线数据传输系统 [J]. 机电产品开发与创新, 2009, 22(6): 141 ~142.
2. 谢维成, 杨加国. 单片机原理与应用及 C51 程序设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007
3. 常君, 李延. 湿度传感器 HS1101 在智能家居控制系统中的应用 [J]. 机械与电子, 2008, 23(5): 2-3
4. Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc. TSL2560, TSL2561 Light To Digital Converter, 2005.
5. 杨明慧, 杨鹏, 史旺旺. 基于 TSL2561 的无线光强传感器节点设计. 单片机与嵌入式系统应用, 2010.6
6. 勒岩, 姚尚朗. Android 开发入门与实战 [M]. 北京: 人民邮电大学, 2009
7. 郭宏志. Android 应用开发详解 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2010
8. 蒋寅, 许燕. 基于 DS18B20 的多点温度巡回检测仪的设计 [J]. 大庆师范学院学报, 2009, 29(6): 20-22
9. 李国平, 武海艳. C51 实现 I2C 总线的应用研究 [J]. 福建计算机, 2006(9): 168, 182.

基于 GSM 无线通讯的宿舍智能安全报警系统*

焦雷； 赵越 ； 王正宇

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 设计了一种基于 GSM 的无线智能远程报警系统, 改善了传统防盗系统的非智能化, 局限化的隐患。它以 51 单片机为控制器, 借助 GSM 无线通讯模块, 将寝室防盗报警、防火报警、温度监测、贵重设备监测、燃气泄漏等现场监控的异常信息以短信方式, 实时传送到接警人员手机上。方便接警人员在极短的报警时间对紧急事件做出准确、快速的处理。

关键字: GSM; 单片机; 报警系统。

The dormitory intelligent security alarm system based on GSM wireless Communication

Abstract: A remote alarm system has been designed, which is based on GSM, and improved the traditional anti-theft system of intelligent, localized hidden trouble. It with 51 single chip microcomputer as controller, and through GSM wireless communication module, to our bedroom burglar alarm, fire alarm, temperature monitoring, expensive equipment monitoring, gas leakage, site monitoring exception information to messages sent to the real-time called on the phone. This convenient called personnel alarm in a very short time to make a precise and rapid emergency treatment.

Key words: GSM; Single chip microcomputer; Alarm system.

0 前言

高校作为社会的一个重要组成部分, 安全管理问题也日益提上日程。学生宿舍是大学生生活、学习、休息的住所。是学生生活时间最长之地, 其安全与否直接关系到学生的切身利益, 影响到学生正常的学习、生活秩序及学校的和谐稳定。我校区地处闹市, 人员流动性强, 加上同学们的安全意识不强, 盗窃、火灾等事件时有发生严重危害着学生的财产和生命安全。高校学生宿舍的安全是关系到高等学校平稳发展, 学生身心健康的大事。

目前传统寝室安防如防盗网、防盗窗等在实际使用中存在对其它没有安防盗窗的相近楼层形成被盗、发生紧急情况时不易逃生的隐患。而目前市场上常见的防盗报警系统的通信方式如固定电话拨号

容易被盗贼在入室前切断电话线或恶意占线, 使其在关键时刻失灵; 以太网同样有面临着线路被切断的隐患; 而集群系统功耗很大, 网络架和维护费用很高, 而且需要购买固定的频点。为解决这些现存的隐患, 设计了基于 GSM 短信模块的宿舍无线防盗报警系统。它不再依赖有线电话执行报警, 而是借助最可靠、最成熟的 GSM 移动网络, 以最直观的短信息或电话形式, 直接把报警地点的情况反映到到用户的手机上。

1 系统总体方案介绍

本智能报警系统是以 51 单片机为核心处理器, 其总体结构如下图 1 所示。主要采用 TS35i 为主要的通信模块来收集信号通信报警。TC35i 是 Siemens 公司推出的 GSM 无线通信工业模块, 在系统报警

*指导老师: 邱春玲

项目类型: 大学生创新项目

控制器的 AT 指令控制驱动下检测充值的 SIM 卡，并将启动信息输送至该通信模块实现激活网络状态，发送报警信息通过微波天线实现短信息发射，甚至拨打预先设定的接警电话号码^[1]。本系统首先采集各种传感器的信息，经单片机处理后，输出到 LCD 上，来监控宿舍的情况，再通过 TC35i 通讯模块，将异常的情况发送到预先设置好的手机号码上，以此来实现用户的远程监控与管理。

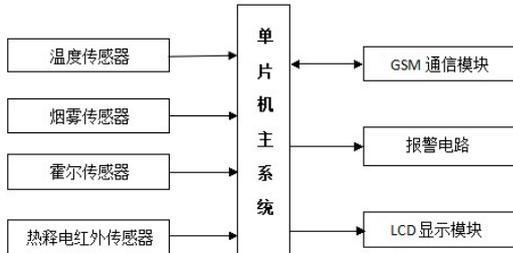


图1 总体结构图

本系统主要包括以下几个功能：

1) 实时温度监控。本系统通过温度传感器 18B20 采集到宿舍内的温度信息，通过单片机的控制，输出给 LCD 上。并且当温度过高时会启动蜂鸣器。

2) 时间显示提醒。通过 DS1302 实现时间在线显示，能有效提醒住户当前时间，给用户以温馨提示。

3) 远程监控报警。通过热释电传感器、烟雾传感器等对屋内进行实时监控将采集得到的信息通过单片机处理，并用 TC35i 通讯模块实现远程通信，告知用户屋内的相关情况。

2 硬件设计

2.1 主控单元模块

本次设计采用 51 系列的 89C51 单片机作为主控单元。AT89C51 是一个低电压、低功耗、高性能 CMOS8 位单片机，其将通用的微处理器和 Flash 存储器结合在一起，是可以反复擦写的，因此可有效地降低开发成本。它有 40 个引脚，32 个外部双向输入/输出 (I/O) 端口，同时内含 2 个外部中断口、2 个 16 位可编程定时计数器、2 个全双工串行通信口，它可以按照常规方法进行编程，也可以在线编程。系统工作时单片机不断刷新 RAM，处理完的数据适当地送到 LCD 显示屏上，如果有异常，则会通过短信发送特定报警信息给预先设定好的手机号码，通知户主做出相应的措施，实现宿舍远程安防。

2.2 热释电红外模块

人体有恒定的温度，一般在 37℃，所以会发出特定为 10 μm 左右的红外线。人体发出的红外线通过菲涅尔透光片增强后聚集到红外感应源上。红外感应采用热释电元件，这种元件在接受到人体红外辐射温度发生变化时就会失去电荷平衡向外释放电荷，后续电路经检测处理后就能产生报警信号。热释电红外传感器本身具有不发任何类型的辐射的优点，且器件功耗小，隐蔽性好，价格低廉。但它也会受到各种热源、光源的干扰。本次设计我们选用 HC-SR501 型号。它采用 LHI778 探头设计，灵敏度高，可靠性强，超低电压工作模式，广泛适用于各类自动感应电器设备^[2]。它直接与单片机的 P1.0 接口连接。

2.3 温度和烟雾传感器模块

本次设计选用 MQ-2 型烟雾传感器，这种型号的烟雾传感器具有灵敏度高、响应快、抗干扰能力强、寿命长等优点^[3]。它直接与单片机的 P1.1 口相接。用 DS18B20 温度传感器感测室内温度变化，并用 LCD1602 显示。宿舍发生火灾或将要发生时，亦或者煤气泄漏时烟雾传感器就会检测到污染气体的浓度，当达到一定浓度时，蜂鸣器就会启动且发出报警信号。

2.4 GSM 通信模块

GSM 通信模块选用 TC35i，它是新版西门子工业 GSM 模块一个支持中文短信息的工业级 GSM 模块^[4]。GSM 中文短信息是按照 PDU(Protocol Data Unit)格式进行收发的，最多 70 个汉字字符，中文字符按照 UNICODE 进行编码，与计算机的汉字编码不同^[5]。单片机向 GSM 模块发送短信命令，GSM 模块能够识别该命令并且发送信息给预先设定的用户手机号码。短信的内容就为发生安全事故的提醒，如发生了煤气泄漏，传感器就会通过单片机命令发送提示警告短信给住户，这些短信都是预先编好的，根据事故的类型直接调用。它通过串行口与单片机相连。

2.5 其它模块

其它的模块还有当各个传感器检测到异常信号发送给单片机，通过单片机控制的报警电路。还有采用 LCD1602 显示屏来进行温度时间和各模块工作状态的显示模块。还包括有利用霍尔传感器来监控贵重物品的贵重物品检测模块。它与单片机 P1.2 口相接。

3 软件设计

本系统采用单片机作为主控制器，当系统开机

上电后，对单片机、GSM 模块进行初始化，单片机的初始化包括选择工作方式、初始化变量参数、标志位等，然后在主函数中运行。C 语言程序主要包括有显示屏上显示温度传感器采集到的温度值，热释电红外、烟雾传感器感知外部异常采集数值输送给单片机，再由单片机控制通过 TC35i 传给远程监测终端即住户。具体的流程图如下图 3 所示。

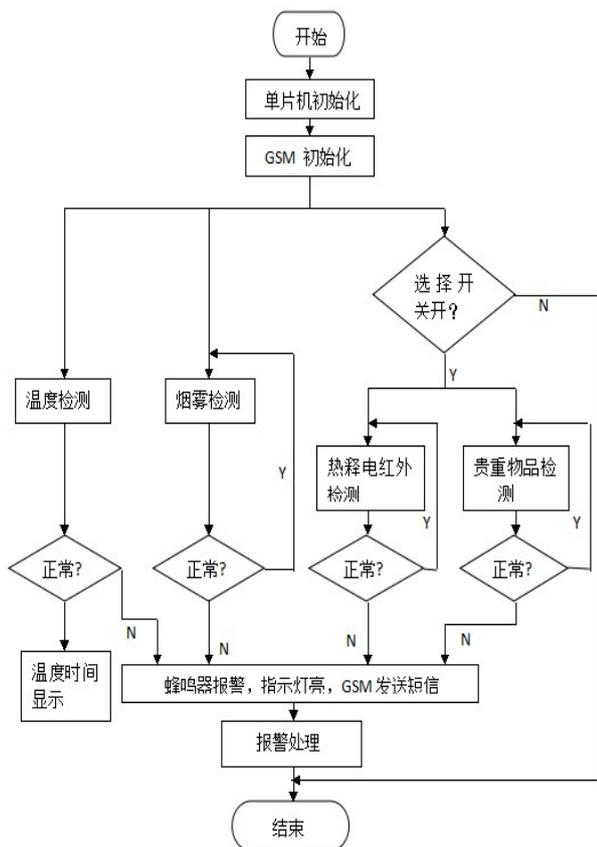


图 2 系统软件流程图

4 设计结果

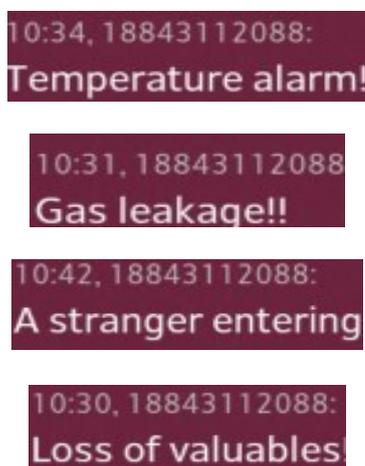


图 3 温度、烟雾、红外、贵重物品报警的短信内容

本次设计的无线远程报警在实测时反映良好，能够实现所期望的功能。当制造周围温度超过 50 度让温度传感器感应时，蜂鸣器会立即启动报警，并且会发送短信到预先设定好的手机号码的手机上。我们用废纸燃烧制造烟雾来感应烟雾传感器，同样蜂鸣器会立即响应且会发送短信到手机上。当贵重物品传感器感应到磁性的时候也会启动蜂鸣器报警，发送短信给手机用户。总之，实验的结果基本实现了预想中的功能，能基本完成智能报警的任务。发送给手机的短信内容见图 3。

5 总结

该设计具有成本低、可靠性好、精度高、易于安装等优点。对住户的安全问题起到良好的防范作用。能有效地避免用户的损失。又由于本系统的多功能化，解决了市场上类似器件的单一功能的缺陷，后续的市场化推广将会有着非常有利的优势。

参考文献

1. Sony Ericsson Mobile Communications. GR47/GR48 Design Guidelines.2003.
2. 百度文库. HC-SR501 说明书. [DB/OL]. 百度: <http://wenku.baidu.com/view/05a3d684e53a580216fcfec1.html>
3. 百度文库. MQ-2 说明书. [DB/OL]. 百度: <http://wenku.baidu.com/view/4bfa221cfad6195f312ba608.html>
4. 吴青,仵博.基于 TC35i 的 GSM 报警器的设计与实现.微计算机信息,2009,25;1-2.
5. 黄显澍.工程 GSM 短信息远程数据采集监控系统.微处理机.2010.6.

一种射频宽带放大器的设计*

徐丽霞 王刚 连士博

(吉林大学仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 本射频宽带放大器以高频稳幅放大器 ERA-SM 为核心, 主要由小信号放大电路、增益调节电路、功率放大电路构成。小信号放大电路由六级 EAR-SM 放大电路级联构成, 输出电压增益远大于 20dB。增益调节电路以乘法器 AD835 为核心, 单片机控制数模转换芯片 DAC904 产生的直流信号, 与第四级放大后的信号同时输入乘法器, 通过调整直流信号的大小控制通带增益幅值, 使其在 0~20dB 范围内可调。功率放大电路由 2SC3357 构成, 可增大放大器带负载能力。将放大器置于屏蔽盒中以隔离外部干扰信号。经实际测试, 本射频宽带放大器性能稳定, 下限频率 0.3MHz, 上限频率 50MHz, 增益在 0~20dB 范围内可调, 且 1MHz~15MHz 频带内增益起伏小于 1dB。

关键词: 高频稳幅放大器 增益调节 乘法器 功率放大

Abstract: The RF broadband amplifier with high frequency stability takes the amplifier ERA-SM as the core, and is mainly composed of small signal amplifier circuits, gain adjustment circuit, power amplifier circuit. Small signal amplification circuit is formed by six EAR-SM amplifier circuits, and the output voltage gain is far greater than 20dB. Gain adjustment circuit takes the multiplier AD835 as the core, and the microcontroller controlled the chip DAC904 to generate DC signal which is sent to multipliers with the signal after the fourth grade. We can adjust the DC signal to make amplitude gain adjustable in the range 0~20dB. Power amplifier circuit is formed by a 2SC3357 to can enlarge the load capacity of amplifier. We place the amplifier in a shielding box to isolate external interference signal. By actual test, the RF wideband amplifier is stable, whose lower-frequency is 0.3MHz, maximum frequency is 50MHz, and the gain of amplifier can be adjusted within the 0~20dB and the gain fluctuation is within a band less than 1dB.

Keywords: high frequency gain adjustment multiplier power amplifier

1 方案论证与比较

1.1 放大器的选择

方案一: 选用 9018 三极管构成放大电路。9018 三极管适用于高频放大, 放大截止频率为 600MHz, 但 9018 三极管噪声大, 且通频带带宽较窄, 达不到题目要求。

方案二: 选用运放 MCP6002 进行放大, 其优点是集成度高, 外围电路简单, 稳定性好, 但其通频带带宽仅为 1MHz, 且当频率升高时容易失真, 不满足题目要求。

方案三: 选用 ERA-3SM 放大器构成放大电路。ERA-3SM 截止频率为 8GHz, 通频带带宽大, 且在其通频带内幅值相对平稳^[1~2]。

为实现通频带宽度较大且通带内增益起伏小于 1dB, 选择方案三。

1.2 增益起伏控制方案选择

方案一: 对原始小信号和放大后信号分别采样测频, 数据送到单片机分析计算, 单

片机控制数模转换模块输出补偿电压, 补偿电压与放大信号通过乘法器, 完成对信号增益幅值的补偿, 使增益起伏不超过规定范围。该方案能以较高的精度控制放大后信号的幅度, 但当放大信号频

*指导老师: 李春生

项目类型: 竞赛项目

率较高时,对信号的采样及测频难度大,难以完成。

方案二:对放大后小信号分频段进行补偿。实测放大后的小信号,观察到在一定的频率范围内信号幅值基本保持稳定,故可把放大信号分成几个频率段,在每段内对信号增益幅值进行同幅度补偿,不同段之间补偿幅值不同,从而使信号在整个通频带内增益起伏在一定范围内波动^[3]。

由以上分析,根据实际需要及完成可能性,选择方案二完成对增益起伏的控制。

1.3 增益控制方案选择

方案一:选择程控增益调整放大器 AD603,该放大器噪声小,且以 dB 为单位增益线性变化,增益在-11~+30dB 时的带宽为 90MHz,增益在+9~+41dB 时具有 9MHz 带宽,故当放大器的增益为 60dB 时,其带宽不满足要求。

方案二:选择乘法器 AD835 调整增益,该乘法器输入阻抗高,带载能力强。利用单片机控制数模转换模块产生可调的直流信号作为乘法器的一端输入,与信号相乘从而控制信号的增益^[4]。

AD835 带宽为 250MHz,且控制较为方便,故选择方案二。

1.4 功率放大电路

方案一:采用 2N3866 做功率放大器,2N3866 为高频功率放大器,最大输出功率为 5W,其截止频率为 800MHz,满足题目要求,但其通频带相对较窄。

方案二:采用共射级跟随器,利用 2SC3357 三极管做共射级功率放大器,2SC3357 噪声小,且共射级放大器有较高的带宽。

考虑到需要带负载,故选择方案二,2SC3357 构成射极跟随器对输出功率进行放大。

2 系统理论分析与计算

2.1 放大器电路分析与计算

放大电路由 ERA-3SM 构成,由于要求增益大于 20dB,设计每级放大倍数为 4 倍,采用级联方式连接单级放大器,则放大器总增益为各级放大器增益的乘积^{[7][8]},即

$$A_u = A_{u1} A_{u2} \dots A_{un} \quad (\text{公式 1})$$

式中 A_u 为放大器总增益, $A_{u1} \sim A_{un}$ 为第 1 级至第 n 级放大器增益。

由公式 1 计算可知,要达到 60dB 增益则需要 5 级放大,但考虑到实际电路之间的相互影响,采用

6 级放大器级联。

单级放大器带宽为 $BW_{0.7}$,由于采用级联方式,级数为 n,则整体通频带为^{[5][6]}

$$BW_n = 2\Delta f_{0.7} = \sqrt{2^{1/n} - 1} \cdot BW_{0.7} \quad (\text{公式 2})$$

由公式 2 计算可知,要求放大器带宽大于 35MHz。放大器 ERA-3SM 的通频带理论为 DC~8GHz,满足题目要求。

2.2 带内增益起伏分析与计算

$$\Delta A_v = 20 \lg \frac{V_{\max}}{V_{\min}}, \text{ 为达到通带}$$

内增益起伏不大于 1dB,需要通带增益较为平坦的放大器,且使用大电容耦合,提高低频特性,此外采取频率补偿措施,分段对较高频段进行补偿。

2.3 射频放大器稳定性分析

由于射频放大器的频率范围为 0.3MHz~100MHz,频率高,需采取一定措施控制射频放大器的稳定性。为避免放大器自激,需保证电源供电稳定,可加滤波电容降低纹波,且选用带宽较宽的放大器;在 PCB 的布局上,输入和输出不能靠的太近以避免反馈,电路走线尽可能短,空余部分都保留铜箔,并和地线相连;此外将放大器放在屏蔽盒中以减少干扰,提高射频放大器的稳定性。

2.4 增益调整分析与计算

要求增益在 0~60dB 范围内可调,乘法器计算公式为

$$W = XY + Z \quad (\text{公式 3})$$

式中 X、Y 分别为乘法器的两路乘积输入,Z 为乘法器的求和输入,W 为乘法器的输出。由于控制增益在 0~60dB 内可变,所以需要固定 Z,通过控制乘法器的一路乘积因子来控制输出信号的增益变化。

3 系统整体设计

系统整体结构框图如图 1 所示,采用直流电源给系统供电,信号源产生的高频小信号输入级联放大器,经四级放大后通过乘法器完成对信号增益的控制,之后进入衰减器衰减,最后再经功率放大带 50Ω 负载后输出,用示波器观察最终的输出信号。乘法器部分的直流控制电压由单片机控制数模转换器输出,通过按键控制直流电压按一定幅度增减,从而使增益可调^{[9][10]}。

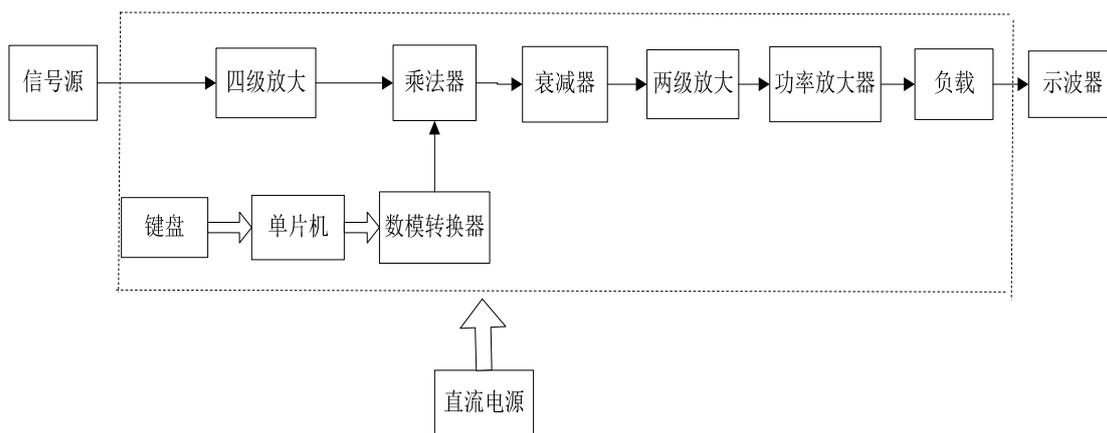


图1 系统整体结构框图

3.1 单级放大电路设计

单级 ERA-3SM 的放大电路如图 2 所示。其中电容 C1, C2 为耦合电容, 采用大电容并联小电容的连接方式, 使高频和低频信号均能通过; C0 为旁路电容, 减少电源对信号的干扰^[11]。

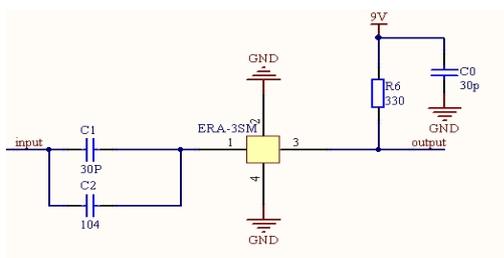


图2 单级放大电路

3.2 功率放大器设计

小信号放大器对信号的电压有放大作用, 但要求接入 50Ω 负载, 需要进行功率放大, 实现在 50Ω 负载情况下, 达到输入有效值为 20mV 时最大输出有效值大于 200mV, 输入为有效值为 1mV 时最大输出电压有效值大于 1V 的要求。功率放大电路如图 3 所示。

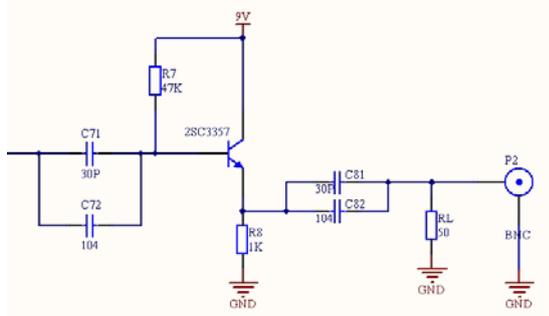


图3 功率放大电路

3.3 增益可调及其起伏控制模块

在放大器通频带内, 根据频率段的不同由按键

控制单片机使数模转换器 DAC904 输出不同幅值的补偿电压^[12], 通过乘法器对信号幅值进行调整。在单个频率点上, 通过另一组按键输入使单片机控制 DAC904 输出不同幅值的调整电压, 该电压与放大信号通过乘法器完成该频率点上增益的可调。数模转换器的连接图如图 4 所示, 乘法器 AD835 的电路连接图如图 5 所示。

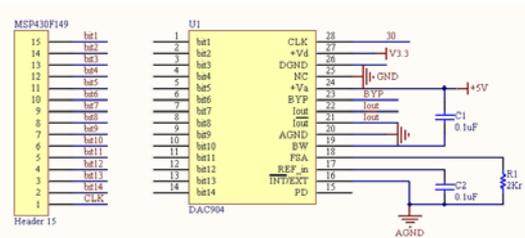


图4 数模转换器电路连接图

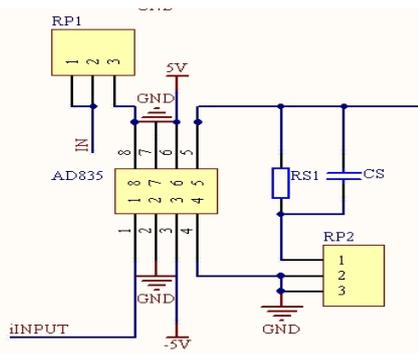


图5 乘法器电路连接图

程序流程图如图 6 所示。系统初始化后, 检测按键, 若调整模式的按键被按下, 则模式发生转换, 如果是增益调整模式, 则判断是增益增加还是减小, 相应的设定电压值, 如果是增益补偿模式, 则判断输入信号的频率段, 控制补偿电压值。

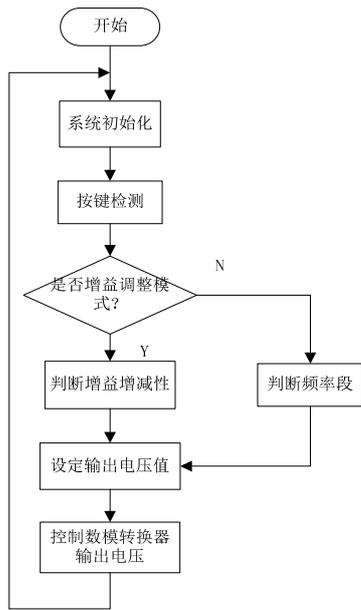


图 6 程序流程图

4 测试方案与测试结果

4.1 测试条件与仪器

将放大器置于屏蔽盒中,将输入输出分别引出,接测试仪器。测试仪器如下

序号	型号	名称
1	YM8177A	调频/调幅信号发生器
2	GDS-2202A	数字存储示波器
3	GPS-3303C	直流电源

4.2 测试方案

4.2.1 电压增益测量

测量方法:当输入不同频率的正弦波时(输入信号峰峰值为 7mV),用示波器观察输出信号的幅度。测量数据如表 1 所示,根据所测数据作图,如图 7 所示。

表 1 电压增益测试表

频率 (MHz)	0.3	1	3	7	9	13	15	19	20	30	40	50	60
峰峰值 (mV)	260	360	351	365	365	368	369	373	390	385	373	375	156

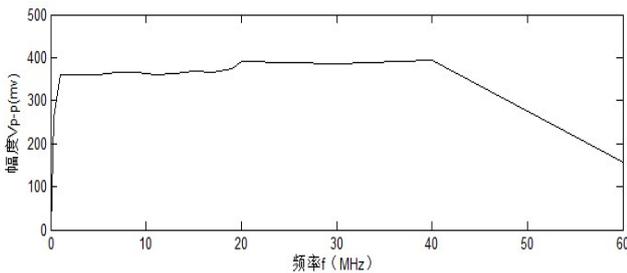


图 7 频率幅值特性曲线

测试结果分析:由以上测量数据及计算结果可

看出,在输入信号小于电压有效值 U_i 小于 20mV 的

表 2 增益测量表

频率(MHz)	0.3	1	3	7	9	13	15	19	20	30	40	50	60
增益(dB)	31	34	34	34	34	34	34	35	35	35	35	35	27

测试结果分析:据计算的增益结果可看出,输入信号频率在 1MHz~50MHz 范围内时,放大器的增益起伏不大于 1dB。

4.2.3 最大输出正弦波电压有效值测量

测量方法:接入 50Ω 负载电阻,选取 4 个频率点,在满足输入信号有效值小于 20mV 的条件下调整增益使其达到最大,使用示波器观察波形的幅值,

条件下,所测量的频率范围内电压增益大于 20dB,满足基本要求。

4.2.2 频带内增益起伏分析计算

测量方法:当输入不同频率的正弦波时(输入信号峰峰值为 7mV),用示波器观察输出信号的幅

度,电压增益计算公式为 $A_v = 20\lg \frac{U_{OUT}}{U_{IN}}$ 。测量结果如表 2 所示。

根据 $U_p = \sqrt{2}U$ 可计算

得输出信号最大值的有效值。测量结果如表 3 所示。

表 3 输出电压有效值测量表

频率(MHz)	1.7	9	12	14
最大有效值(mV)	130	210	152	176

实际测量的波形图如图 8 所示,信号频率为

14MHz。

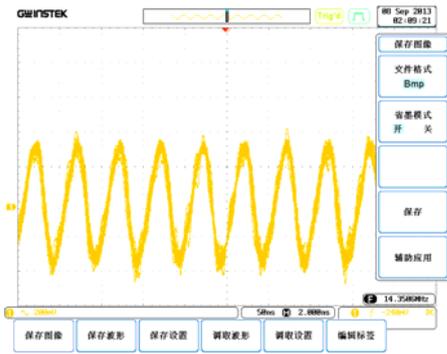


图8 实测波形图

测试结果分析：由以上4个频率点的最大有效值输出可以看出，在输入信号频率为9MHz时，有效值大于200mV，满足题目要求。

4.2.4 3dB 带宽测量

测量方法：找到电压增益最大点，测得此时峰峰值电压 V_{P-P} ，将此电压乘以0.707后得到衰减3dB的幅值，调节输入信号电压，当电压为0.707倍的 V_{P-P} 时即为放大器的上下限频率，测量结果如表4所示。

表4 截止频率测量表

上限频率(MHz)	50
下限频率(MHz)	0.3

测试结果分析：由测试结果可知，放大器的通频带为0.3MHz~50MHz，满足题目要求。

4.2.5 噪声电压峰峰值测量

测试方法：选取增益最大点，使用示波器观察波形，测量同一频率信号波峰值电压的最大值与最小值之差，选取不同频率测试点进行测试。在输入信号峰峰值为7mV时进行测量，测量结果如表5所示。

表5 噪声电压峰峰值测量

频率(MHz)	3	9	13	15
噪声电压峰峰值(mV)	25	32	30	30

测试结果分析：放大器增益没有达到60dB，但在增益最大点实测量，噪声电压峰峰值低于40mV。

5 结论

本射频放大器以高频稳幅放大器 ERA-SM 为核心，主要由小信号放大电路、增益调节电路、功率放大电路构成。带宽为0.3MHz~50MHz，增益大

于20dB，在0~20dB范围内可调，在可达到的增益范围内，输出端噪声电压峰峰值小于100mV，带内增益波动不大于1dB，在输入信号峰峰值7mV，负载为50Ω的情况下，输出电压有效值>200mV，完成题目的部分要求。

参考文献

1. 周射, 习友宝, 詹惠琴. 宽带高频放大器 SA5204A 的原理及应用[J]. 现代电子技术, 2006, (24): 22-24
2. 丁钟琦. 晶体管高频放大器阻塞现象的研究[J]. 电子学报, 1981, (1): 101-104
3. 候卫周, 顾玉宗. 高频小信号单调谐放大器的分析与仿真[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(8): 57-63
4. 蔡志明, 叶轻舟. 甲、丙类级联调谐放大器的系统设计与仿真分析[J]. 电讯技术, 2012, 52(7): 1068-1074
5. 沈伟慈. 通信电路[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2011.
6. 康华光, 陈大钦, 张林. 电子技术基础模拟部分[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
7. 高吉祥. 高频电子线路设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2007.
8. 鲍景富. 高频电路设计与制作[M]. 成都:电子科技大学出版社, 2012.
9. 熊帮新, 李太全. 宽带高频放大器的设计与仿真实现[J]. 长江大学学报(自然版), 2004, 1(2): 21-23
10. 唐赣, 吴翔, 等. Multisimlo&Ultiboard 原理图仿真与 PCB 设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2008
11. 任青莲. 高频小信号放大器的设计与仿真[J]. 计算机仿真, 2009, 26(12): 315-319
12. 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004

办公室计算机显示器的电磁辐射测量报警系统*

袁贵扬; 沈春洋; 刘古城

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院 长春 130012)

摘要: 本文介绍了一种基于 STC89C52 单片机的便携式办公室计算机显示器的电磁辐射测量仪,该仪器通过天线探头、传感器、放大电路、滤波电路和单片机将信号进行处理,并将结果在液晶屏上显示出来,对超出限定值有报警提示,具有体积小,便于携带,测量方便等特点。在 20Hz~3 MHz 宽频率范围内,该仪器可以简便灵活的测得电磁辐射的磁场强度,单片机程序载入国家标准用来对电磁环境评估。采用可单独移动的三轴线圈天线,可全面测量电磁辐射强度,从而迅速准确的显示电磁环境的评估结果。

关键词: 电磁辐射;测量;滤波;放大

Office computer displayer of electromagnetic radiation measure and alarm system

Yuan Guiyang; Shen Chunyang; Liu Gucheng

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: In this paper, a STC89C52 MCU based portable office computer display of electromagnetic radiation measuring instrument. The instrument by antenna probes, sensors, amplifying circuit, filter circuit and single chip microcomputer to signal processing, and the results will be displayed on the LCD panel. There will be alarm when beyond the limit. It has small volume, easy to carry, convenient measurement, etc. In 20 hz ~ 3 MHz wide frequency range, the instrument is easy and flexible to measure the strength of the electromagnetic radiation. Microcontroller program loaded national standard of electromagnetic environment evaluation. Using three axis loop antenna can do comprehensive measurement of the electromagnetic radiation intensity rapidly and accurate to the display of the electromagnetic environment of the evaluation results.

Key words: Electromagnetic Radiation; Measuring; Filtering; Magnify; Antenna

0 前言

随着社会的进步,科学的发展,计算机,作为一种现代高科技的产物和电器设备已经成为人们日常生活中必不可少的组成部分。人们在享受计算机带来的快捷、高效和便利的同时,也存在不同程度的担忧。因为各种家用电器、移动通讯设备等电器装置在处于操作或使用状态时,会产生不同程度的电磁辐射。电磁辐射污染成为水污染、大气污染和

噪声污染之后的第四大污染。由于电磁辐射无色、无味、看不见和摸不着,人们无法通过感觉器官察觉这种隐形污染。研究表明,如果人体长期暴露在超过安全强度的电磁辐射下,就会对健康产生一定的负面影响。而大多数白领、教师和公务员等长期的长时间的近距离接触计算机,计算机在工作时产生和发出的电磁辐射(各种电磁射线和电磁波等)、声(噪音)、光(紫外线、红外线辐射以及可见光等)等多种辐射污染到底有多大,对人体到底有怎样的影响?因此,研究计算机辐射的测量对于我们的生

*指导老师: 嵇艳鞠

项目类型: 大学生创新项目

活有着极其重要的意义。

1 系统仿真

Ansoft 公司的 Maxwell 2D/3D 是一个功能强大、结果精确、易于使用的二维/三维电磁场有限元分析软件。它包括电场、静磁场、涡流场、瞬态场和温度场分析模块，可以用来分析电机、传感器、变压器、永磁设备、激励器等电磁装置的静态、稳态、瞬态、正常工况和故障工况的特性。它所包含的自上而下执行的用户界面、领先的自适应网格剖分技术及用户定义材料库等特点，使得它在易用性上遥遥领先。它具有高性能矩阵求解器和多 CUP 处理能力，提供了最快的求解速度。

我们应用该软件仿真计算机屏幕周围的电磁辐射环境。将计算机屏幕近似看做长为 $40\text{cm} \times 30\text{cm} \times 2\text{cm}$ 的平板辐射源，在其后方设置一个与其等大的绝缘材料模拟计算机的显示器。仿真辐射结果如下：

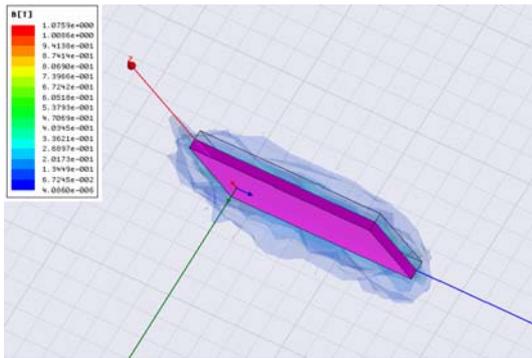


图 1 计算机显示器的电磁辐射仿真图

2 总体设计及工作原理

电磁辐射测量仪主要由传感器、滤波网络、放大部分、整流电路、模数转换、单片机数据处理单元、显示和报警部分组成,其硬件的基本组成框图如图 2 所示。

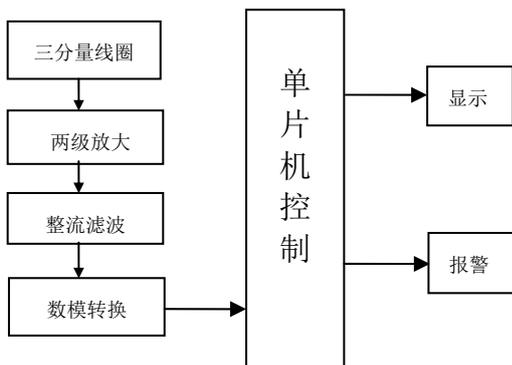


图 2 硬件组成框图

整个系统采用 10 V 电池供电,由传感器探头检测到的电磁信号通过滤波网络,送至放大电路。通过滤波、放大后的信号进入模数转换模块,转换后的数字信号送到单片机中进行处理。在程序设计中,对所得的数据进行计算,得出电磁辐射功率密度的大小,将其在液晶模块上显示出来,并具有峰值保持和峰值显示功能。同时对超过限定值的数据进行报警,表示测量到的功率密度值超出了限定值。

3 硬件电路设计

3.1 三分量线圈

测试仪中一般采用传感探头或天线进行辐射值得测量,但探头多数测磁具有方向性,测电场探头价格昂贵,而在仿真中我们可以发现磁场方向并不是单一方向,采用传统探头对测量值影响很大。因此,本测量仪采用三分量线圈测量,这种设计避免了方向性的问题,无论线圈方向如何,均能测量出准确值。

3.2 放大模块

由于先前所测得电磁信号微弱,需要用放大器对信号进行放大后才能进行处理。在波形放大前,首先使信号通过电容,起到过滤直流和初步滤波的作用。从示波器上采集到的波形可以看到,采集到的电磁信号频率很高,同时又考虑信号幅值较小,经多个元件比较后决定采用带宽较宽、失调电流较小的 OP37 作为主要放大器件,对信号进行放大。同时,由于 OP37 本身带宽原因,两级放大后同时起到了滤去过高频率的谐波,放大部分电路如下:

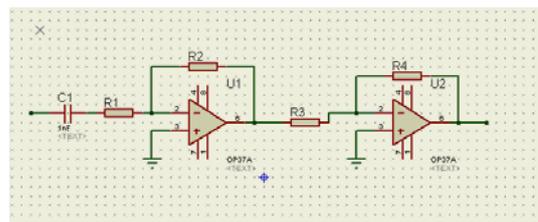


图 3 放大模块电路

3.3 模数转换单元

ADC0808 是采样分辨率为 8 位的、以逐次逼近原理进行模/数转换的器件。其内部有一个 8 通道多路开关,它可以根据地址码锁存译码后的信号,只选通 8 路模拟输入信号中的一个进行 A/D 转换。由于本测量仪共有三分量信号输入,因此除需要三路信号处理外,更需要三路 A/D 转换。ADC0808 精度足够,转换速率快,且可以通过地址位的选择完成多通道输入,成为本测量仪的不二之选,ADC0808 的连线电路如图所示:

2. 黄春峰,吴建平.环境电磁辐射的监测方法[J].环境研究与监测,2009,22(4):42-45.
3. 电磁辐射暴露限值与测量方法.国标草案
4. 杨宣兵,高潮,郭永彩,等.基于单片机的便携式无线家庭监护仪的设计[J].仪器仪表学报,2004(S2):346-449.
5. 孙全红,阮黎东.移动通信基站的电磁环境影响[J].移动通信,2005(8):92-93.
6. 徐桂芝,费飞,张慧芬等.一种12位双通道高速数据采集处理系统[J].电子技术应用.2002(5):78-80.
7. 曾凡捷,毕超,李彤.单片机与双端口RAM构成的数据采集系统[J].数据采集与处理.1992,7(1):62-67.
8. 朱浩.基于PC/104和双端口RAM的高速数据采集系统[J].水电厂自动化.2008,29(4):20-23.
9. 孙宝元,杨宝清.传感器及其应用手册[M].北京:机械工业出版社,2004:227-256.
10. 吕文.EMI测量仪器的选择和使用[J].测试与测量,2007,(2):42-44.
11. 沙占有.集成化智能传感器原理与应用[M]北京:电子工业出版社,2004(1):222-226.
12. HJ/T10.2-1996,电磁辐射监测仪器和方法[S].
13. 魏小龙.MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例[M].北京:北京航空航天大学出版社.2004
14. 郭家玉,倪化生,孔德义,等.三维方向磁传感器的电路设计[J].仪表技术,2008(9):65-68.
15. 高峰,张合.基于单片机的三维地磁探测系统设计[J].电子测量技术,2008(9):181-184.
16. 赵博,张洪亮,等.Ansoft在工程电磁场中的应用[J].北京:水利水电出版社.2010
17. 刘国强,赵凌志,蒋继娅,等.Ansoft工程电磁场有限元分析[J].北京:电子工业出版社.2005

基于对消法的高精度数控陷波器的设计*

千承辉, 李琦, 石照民, 徐倩

(吉林大学 仪器科学与工程学院, 长春 130022)

摘要: 工频及其谐波干扰一直困扰着人们的生产生活及多个领域, 基于对消法原理设计一种阻带范围为 1kHz-3kHz 的数控陷波器。以 FPGA 为平台构建数字信号的实时测量模块, 以 ARM 为核心构成陷波器控制模块。采用信号追踪的方法, 获得干扰信号的频率、相位以及幅值的参数值。实验结果表明, 对于频率范围 1kHz-3kHz、幅值范围 100mV-1V 的单频正弦干扰信号, 数控陷波器能够产生无频差, 幅度相对误差小于 1%, 相位误差小于 0.4° 的对消信号。该数控陷波器对于工频及谐波干扰有很好的抑制效果。

关键词: 工频干扰、对消法、FPGA、ARM、信号追踪

The Design of the High Precision Numerical Control Trap Based on the Elimination

Qian chenghui ,Liqi ,Shi Zhaomin ,Xu Qian

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: The power frequency and harmonic affects people's production and living and multiple areas. Based on the principle of elimination, we design a numerical control trap whose range of stop band is 1 kHz~ 3 kHz. The real-time measurement module of digital signal is built based on the FPGA platform, and the trap control module is structured taken ARM as the core. Adopting the method of signal tracking, we obtain the parameters of the jamming signal frequency phase and amplitude values. The experimental results show that to the single-frequency sinusoidal interference signal which has the frequency range of 1kHz~3kHz and amplitude range of 100 mV ~1V, numerical control trap can produce cancellation signal without frequency offset, and the amplitude of relative error is less than 1%, the phase error is less than 0.5 °. The numerical control trap has very good effect on power frequency and harmonic signal.

Keywords: power frequency interference, the principle of elimination, FPGA, ARM, signal tracking

一 引言

当前,各个领域的发展离不开电子仪器的使用,但是大量电子仪器的使用给信息设备的应用环境带来了各种干扰^[1]。比如有设备外部的干扰如:射频干扰、工频干扰、自然干扰;也有来自设备内部的干扰如:电源干扰和地线的干扰。干扰的存在使电子设备的稳定性与精确度受到影响。弱电信号的电子设备通常受到工频以及谐波干扰的影响较大。在基

于声学特性的无损检测领域,高分辨率声音数据资料的频谱范围 3-3000Hz^[2],工频及其谐波的干扰与信号重叠,严重影响了信号的真实度。尤其在工业环境下,工频及其谐波的干扰更为严重。工频噪声的压制成为声波无损检测技术发展的重点^[3,4]。本文针对工业生产石墨电极缺损检测技术中工频及其谐波对仪器影响问题,采用对消法^[5]设计一种工作频率可调的数控陷波器。

*指导老师: 千承辉

项目类型: 大学生创新项目

二 对消法原理

谐波干扰的滤除有硬件与软件去除两种方法。硬件滤波主要包括采取合理的屏蔽、接地、浮置等措施^[6]，从源头减少工频及谐波干扰，或者通过运算放大器搭建模拟滤波器比如模拟自适应陷波器^[7]抑制干扰，模拟滤波效果明显但是与软件滤波相比硬件实现较为复杂。软件滤除的方法则有设计带阻滤波器、自适应滤波和对消法等方法。带阻滤波器^[8,9]为最简单、常用的方法，其对于一定频带的信号滤除效果明显，如果信号与干扰重叠，则带阻滤波容易损失有效信号。自适应滤波^[10,11]能有效跟踪谐波干扰、最低限度减小有效信号的损失，但是频率跟踪范围较窄，难以实时实现。

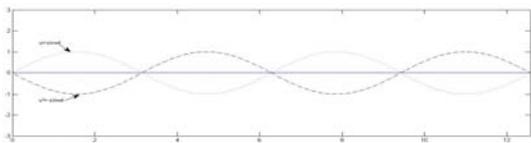


图1 对消法原理图

Figure 1 The diagram of elimination principle

对消法适用于工频及其谐波干扰的幅度、频率、相位在短时间内变化不大的场合^[12]。对于石墨缺损检测，工频及其谐波干扰处于声波范围内影响信号的检测，且不随外界因素改变。因此在某段稳定状态下，干扰的正弦表达

$$U(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \alpha_1) \quad (1)$$

式(1)中 α_1 为初始相位。通过测量正弦信号的幅度 U 、频率 f 、初始相位三个参数就可以通过控制信号发生装置产生出跟它一样的对消信号。将原始信号 $U(t)$ 和对消信号 $U'(t)$ 输入至减法器中，则减法器可输出对消信号。

三 数控陷波器的系统设计

系统的框架如图2所示：

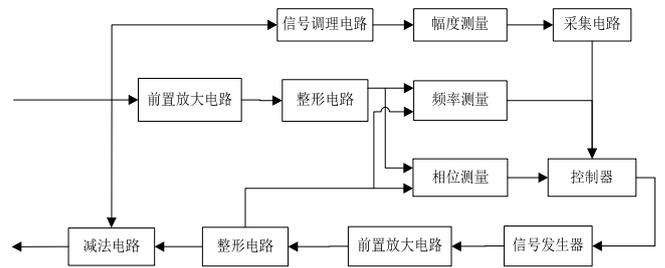


图2 数控陷波器原理框图

Figure 2 The block diagram of numerical control trap principle

被测信号通过信号调理电路放大整形后，由幅值测量电路、频率测量电路与相位测量检测信号的幅值、频率和相位三个参数值，控制器控制信号发生器产生对消信号。其中，频率测量电路由隔直电路、放大电路和整形电路组成；幅度测量通过有效值电路和采集电路转换获得；相位参数则需要通过相位追踪的方法检测追踪^[12]。测量原始信号与对消信号的频差与相位差，控制器根据测量结果对对消信号进行实时调整，直至对消信号与原始信号达到无频差，相位差小于 0.5° 后经减法电路输出。本文将从系统的模拟调理电路、频率相位检测以及信号追踪三部分进行介绍。

3.1 数控陷波器的模拟调理电路

为了保证相位、频率测量的准确性，在对信号进行数字处理之前需要对输入信号进行放大整形。信号经过隔直电路后进入由OP07构成前置放大电路，再由LM311组成的过零比较电路整形为方波。整形电路如图3所示。

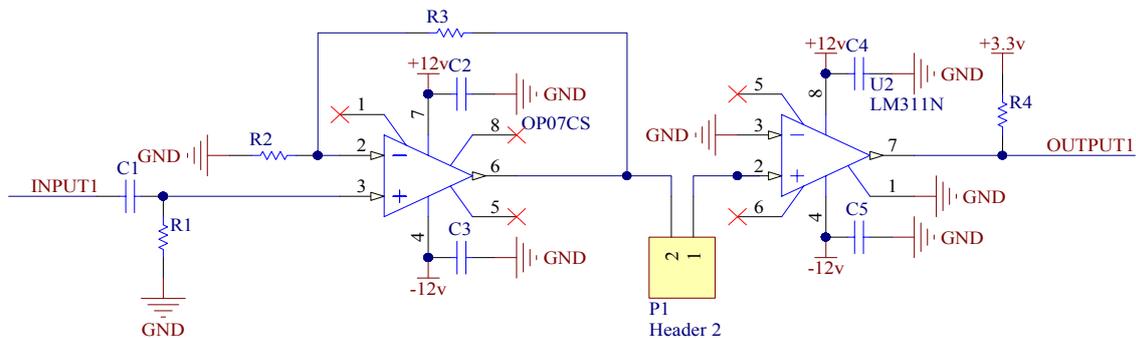


图3 对称电路

Figure 3 Symmetrical circuit

信号去除直流成分, 电容隔直电路简单、隔直效果好, 但会在不同频率产生不同的相移, 且放大、整形电路也会产生一定程度的相移。对消息信号经过与输入信号完全相同的调理电路, 减小相移带来的测量误差。即利用电容隔直, 在保证相位测量的准确性的同时, 提高了共模抑制比和输入信号的范围。

对于信号幅值测量采用有效值检测芯片 AD637 获取原始信号的有效值, 利用波形变换实现由有效值到幅值的转变, 实现真有效值的检测。

3.2 数控陷波器的频相测量

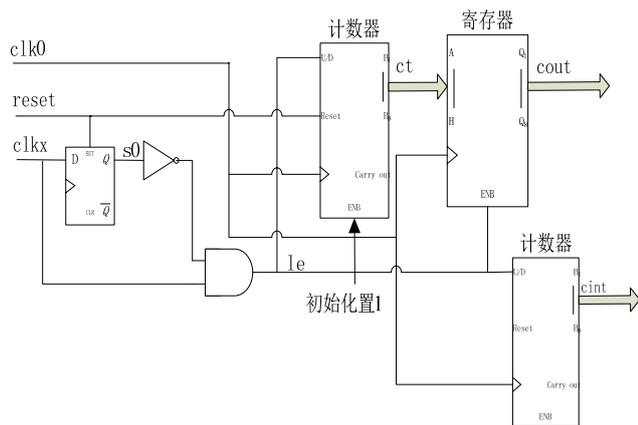


图 4 频率测量原理图

Figure 4 The diagram of frequency measuring principle

3.2.1 数控陷波器的高精度频率测量

本系统为低频段数控陷波器, 选择适合于低频的计时测频^[13]的方法。被测信号经放大整形后变成方波脉冲, 主门开放时间等于信号周期 T_x , 由晶体振荡器输出时标为 T_s 的脉冲, 在主门开放时间进入计数器。将被测周期 T_x 与时标 T_s 进行比较, 若在 T_x 期间脉冲计数值为 N , 则

$$T_x = N * T_s \quad (2)$$

由此可得 $f_x = f_s / N$

考虑到数控陷波器对于频率测量的速度与精度的要求, 采用 FPGA 搭建平台对原始信号高精度测频。设计的测周期计数器如图 4 所示, 图中计数器时钟为 clk_0 , 频率为 f_0 ; 被测信号时钟为 clk_x , 频率为 f_x 。当 le 信号为高电平时, 计数器重载信号与锁存器的使能信号有效。 le 变为低电平, 计

数器在其他时间里进行加 1 计数。检测时序图如图 5 所示:

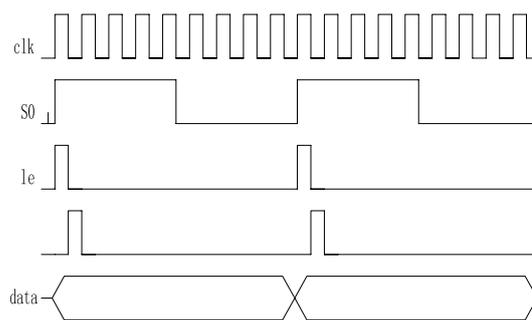


图 5 频率测量时序图

Figure 5 The diagram of frequency measuring sequence

计数器在 clk_x 的每个上升沿之后输出计数值, 实现了对被测信号进行测周计数, 并实时输出检测周期值。图 4 中 $cint$ 端输出一个 clk_0 周期宽度的高脉冲, 用于指示新的计数值锁存。

3.2.2 数控陷波器的相位追踪测量

系统采用基于 FPGA 的采用异或门鉴相计时, 经过整形后的两路方波信号分别为 IN_1 和 IN_2 , 鉴相器的输出信号为 $PDout$ 。通过异或门输出有窄脉冲信号, 该窄脉冲信号通过其中一路输入信号进行与运算输出相位差对应的窄脉冲。在 FPGA 设计中设计两个计数器, 计数器一计数周期宽度 N_1 , 计数器二计数相位差宽度 N_2 。则相位差 PD 为

$$PD = 360^\circ \times N_2 / N_1 \quad (3)$$

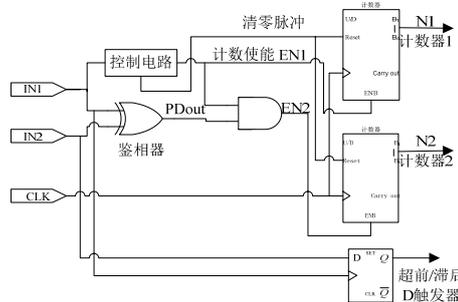


图 6 相位测量原理图

Figure 6 The diagram of phase measuring principle

通过 D 触发器判断 IN_1 超前还是滞后 IN_2 , 如图 6 所示, IN_1 接 D 触发器的时钟, IN_2 接 D 触

发器的数据段。当 IN_1 正跳变时，若 IN_2 为 1，表明 IN_1 落后于 IN_2 ，若 IN_2 为 0，表明 IN_1 超前于 IN_2 。于是该 D 触发器的 Q 端就表明了两路信号的超前/滞后关系。

3.3 数控陷波器信号追踪测量

要实现原始信号对消，需要产生相应参数下的对消信号。系统采用 STM32 作为控制平台，控制 AD9832 产生正弦波并对信号进行实时追踪作为合适的对消信号。

3.3.1 对消信号的产生

采用 STM32 控制 AD9832 产生对消信号，AD9832 其内部电路主要由数控振荡器(NCO)和相位调制器、正弦查询表，以及一个 10 位的数模转换器(DAC)组成。通过串行的方式写入控制字，易于实现频率和相位的高精度控制。对于 AD9832 当写频率/相位寄存器时，前四位用来判断目标寄存器，接着的 4 位用来装目标寄存器地址，而低 8 位所装的是写入寄存器的数据。X075 为 DDS 控制模块晶振时钟输入，TLC2272 控制 DDS 输出波形幅度，DDS 输出波形占空比由 AD5402 控制，FPGA 输出控制截止频率。

3.3.2 数控陷波器的信号追踪测量

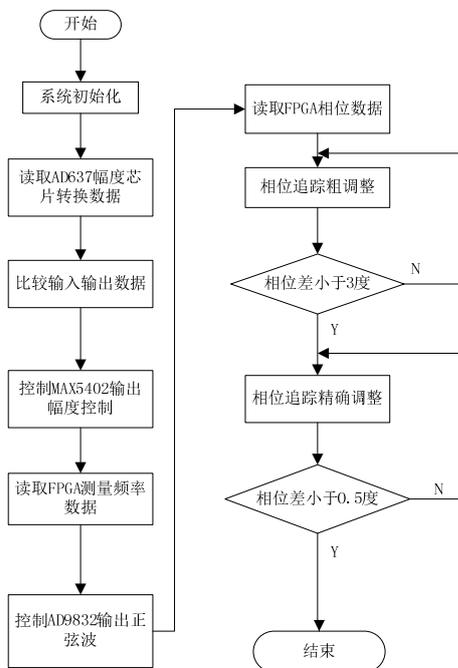


图7 主程序流程图

Figure 7 The main program flow chart

由控制器 STM32 作为主控单元，读取 FPGA 测量的频率和相位数据，并且通过 STM32 内部 AD

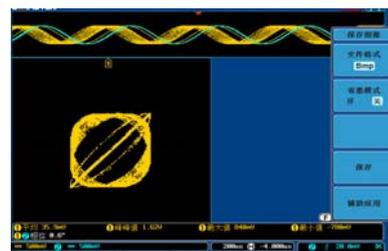
测量原始信号的幅度。以此为依据产生追踪信号，系统软件流程图如图 7 所示。由于 FPGA 可实现高精度测以及 AD9832 输出频率的控制精度高，同时频繁更换 AD9832 的输出频率会造成输出不稳定，因此频率在完成一次校正后，一定时间不改变。AD673 高精度测量幅度，DDS 输出的幅度与 MAX5402 内部 8 位幅度控制字成线性比例关系，因此幅度在完成一次校正后，一定时间内也不再改变。将工作的重点放在相位的跟踪上。

相位跟踪采用实时跟踪的方式，即每次相位测量之后就进行一次相位调整，相位调整采用粗调和精细调整方式相结合，当测量的相位差大于粗调相位阈值时，相位将以大增量调整，快速调整至相位差小于粗调阈值，此后进行精细调整，精细调整采用跟随调整方式，即相位在精细调整阈值范围内，相位调整的速度跟随相位差的大小和速度变化而进行调整，直至达到相位精度要求。

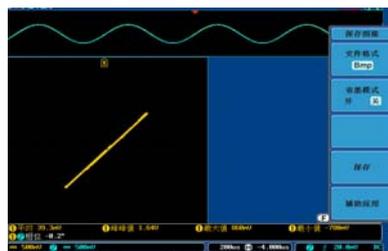
四 测试结果及分析

4.1 数控陷波器的测试方法

采用李沙育波形的方法检测对消信号与原始信号，如果两信号的频率、幅度、相位完全相同，用示波器观察两信号形成的李沙育图形应该为一条与时间轴夹角为 45° 的直线。直线由两条可变的圆弧线重合组成，两条弧线之间的间距越小，两路信号的频率、幅度、相位更接近，跟踪效果越好。改变原始信号的频率、幅度，在很短的时间内能形成一条直线，并且能够保持稳定。如图 8 所示：



a) 信号调整中



b) 信号调整后

图8 信号的李沙育波形图

Figure 8 Li Sha-yu wave signal

基于对消法原理，将原始信号与对消信号同时

输入减法器, 当两信号的频率、幅度、相位均相同, 则输出信号为 0, 否则输出为正弦波, 正弦波幅值越小, 则两路信号的幅度、频率、相位更接近。

4.2 测试结果及精度分析

AD9832 输出频率 f_{out} 与时钟频率 f_{clk} 及频率

控制码决定的相位增量 K 有关。可根据下式:

$$f_{out} = (K / 2^N) f_{clk} \quad (4)$$

式中, N 是相位累加器的比特数。根据采样定理,

DDS 最高输出频率小于 $f_{clk} / 2$ 。DDS 的最小频率分辨率可由下式给出:

$$\Delta f_{min} = f_{clk} / 2^N \quad (5)$$

对于 16MHz 的晶振和 32 位的频率控字, 可得最小频率分辨率为 0.00372528Hz。AD9832 的输出相位可由 $0 \sim 360^\circ$ 的控制, 控制字为 12 位, 因此可实现相位分辨率为 0.08789° 。

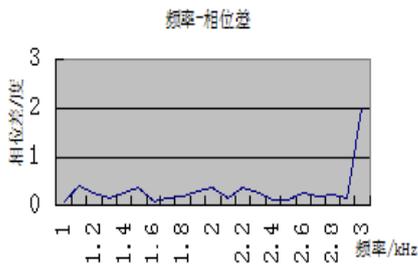


图 9 频率与追踪相位差

Figure 9 Track frequency and phase difference

经过测量, 系统的各个频率段对于相位测量追踪的误差如图 9 所示, 相位差除在 3k 时测量误差达到 1.99° 外, 在其余频率下相位差保持在 0.35° 以下。相位误差引入原因是因为该部分相位测量为开环测量没有引入闭环网络。因此, 基于相位的改进, 采用闭环网络进行反馈调节会减小两信号的相位误差。

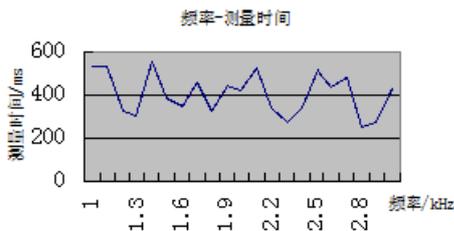


图 10 系统测量时间图

Figure 10 System measuring time

由于要达到对消信号与原信号相位相同, 精确追踪的前提要达到无频差。在达到对于信号的相位、幅值以及频率精确测量之外, 系统的检测速度也是一个重要的指标。经过测量, 系统对于信号的检测追踪时间如图 10 所示, 系统能够达到 550ms 以下的检测速度。

五 结论

系统采用对消法的原理, 测量干扰信号幅值、相位及频率信号, 产生对消信号经过减法电路消除干扰信号。该方法避免了带阻滤波器对有效信号的损失、自适应滤波难以实时实现的缺点, 实现了对工频谐波干扰的快速、精确滤波。经过实验测试, 对于频率范围 1kHz-3kHz、幅值范围 100mV-1V 的单频正弦干扰信号, 数控陷波器输出对消信号无频差, 幅度相对误差小于 1%, 相位误差小于 0.4° 。以 FPGA 为平台构建数字信号的实时测量模块并组合以 ARM 为核心构成陷波器控制模块, 系统信号处理时间小于 550ms, 对于工频及其谐波有很好的抑制效果。笔者认为该系统可以从拓宽频率检测范围进行改进, 完善陷波器的性能。

参考文献

1. 翟翌, 刘文彦. 测试系统中干扰及其形成机理[J]. 自动化仪表. 2003, 24(6): 20-23.
Zhai Zhao, Liu Wen-yan. Interference in the Test System and its Formation Mechanism [J]. Automation Instrument. 2003, 24 (6): 20-23.
2. 张索非, 陈斌, 褚静. 基于声学特性的苹果无损检测方法[J]. 现代仪器, 2007, 13(2): 11-13.
Zhang Suo-fei, Chen Bin, Chu Jing. Apple Nondestructive Testing Method Based on Acoustic Characteristics [J]. Modern Instruments, 2007, 13 (2) : 11-13.
3. 宋立辉, 姜兴渭, 张嘉钟. 叶片裂纹声音检测技术研究及应用[J]. 高技术通讯, 2002, 7: 014.
Song Li-hui, Jiang Xing-wei, Zhang Jia-zhong. Leaf Blade Crack Sound Detection Technology Research and Application [J]. High Technology Communication, 2002, 7: 014.

4. 刘志壮,陈蓉,张文昭,等.西瓜品质无损检测技术研究进展[J].湖南工业大学学报,2010,24(003):73-76.
Liu Zhi-zhuang, Chen Rong, Zhang Wen-zhao, etc. Watermelon Quality Nondestructive Testing Technology Research Progress [J]. Journal of Hunan University of Technology, 2010, 24 (003) : 73-76.
5. Anatoly Legchenko. Removal of power-line harmonics from proton magnetic resonance measurements[M]. 2003,36:281-314.
6. 程德福,林君等.智能仪器[M].机械工业出版社,2009.8.
Cheng De-fu,Lin Jun etc. Intelligent Instrument [j]. Mechanical Industry Press, 2009.8.
7. 邵京一.模拟自适应陷波器的原理与实现[J].电子学报,1992,20(1):92—95.
Shao Jing-yi. A Simulation Principle and Implementation of Adaptive Trap [J]. Journal of Electronics, 1992, 20 (1) : 92-95.
8. 周静.心电信号中的工频干扰的消除[J].生物工程研究.2003,22(4);61-64.
Zhou Jing. ECG Signal of the Power Frequency Interference Elimination [J]. Journal of Biomedical Engineering Research. 2003, 22 (4); 61-64.
9. 陈天华,陈茜.一种消除心电信号噪声的数字滤波方法[J].世界科学技术:中医药现代化.2005,7(1):123-126.
Chen Tian-hua, Chen Qian. A Digital Filter Method to Eliminate Noise of ECG Signal [J]. Journal of World Science and Technology, The Modernization of Traditional Chinese Medicine. 2005, 7 (1) : 123-126.
10. 陈尚勤,李晓峰.快速自适应信息处理[M].人民邮电出版社,1993.
Chen Shang-qin, Li Xiao-feng. Fast Adaptive Information Processing [M]. People's Posts and Telecommunications Publishing House, 1993.
11. Dostinsky.A,Dadkalov.I.K. Accuracy of 50Hz interference subtraction from an electrocardiogram [J]. Med&Biol.Eng&Comput. 1996, 34(3):489-494.
12. 任鹏飞.基于对消法的核磁共振找水仪工频谐波滤除模块的设计[D].吉林大学研究生论文.2009.
Ren Peng-fei.Design of Removal of Power-line Harmonics Basing on Substraction in MRS Measuring [D]. Jilin University Graduate Thesis. 2009
13. 林占江.电子测量技术[M].电子工业出版社,2007.4
Lin Zhan-jiang, Electronic Measurement Technology [M]. Electronic Industry Press, 2007. 4