

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

2015年下半年

目录

| | | |
|--------------------------------|--------------------|----|
| 数控电压源在实际生产中应用和研究设计 | 甘棣元; 黄麟舒; 谭浩 | 1 |
| 远程控制智能电源的研制 | 王楠; 楚士颖; 乔东浩 | 9 |
| 以太阳光为第二能源的快速智能充电器研究 | 臧子漪; 吴丽梅; 姜春峰 | 15 |
| 智能防盗车锁跟踪系统 | 庞铄; 付群健; 黎淼兰 | 21 |
| 基于 Raspberry Pi 的智能家居系统 | 刘纪伟; 刘孟臣; 高冉冉 | 27 |
| 分布式工厂机器温度无线监测系统 | 曹展鹏; 周博; 母廷廷 | 33 |
| 基于 DDS 技术的半导体激光器驱动电路设计 | 江延辉; 孙超凡; 陈文星 | 39 |
| 基于 CC1101 的生命搜救系统设计 | 高加飞; 邓文; 孙丽媛 | 45 |
| 基于红外报警器的智能导盲杖设计 | 谢砚同; 崔玉琪; 邓淇天 | 51 |
| 基于蓝牙无线通信技术的运动监测系统 | 蔡靖; 田入运; 周瑞; 刘磊 | 55 |
| 可自动调谐的瞬变电磁接收线圈前置放大器 | 吴燕琪; 孙喆; 邹学良 | 61 |
| 高效率便携式光伏太阳能手机充电器 | 宋树超; 张雪; 杨深振 | 69 |
| 基于 LD3320 的语音翻页笔话筒的设计与实现 | 万云霞; 梁毅刚; 黄继炜; 刘世斌 | 77 |
| 清洁能源发电锂电池储能的优化控制 | 岳千惠; 张欣; 张晨旭 | 81 |
| 用于电磁法野外布线的便携式定位仪 | 任伟; 王浩宇; 张彩红 | 87 |
| 基于 PVDF 的微小质量称重系统的设计与实现 | 彭聪; 刘博; 闫佳奇 | 93 |
| 基于单片机的车库蓝牙门禁系统设计 | | |

| | | |
|----------------------------|---------------|-----|
| | 王奇; 杨超; 包义广 | 97 |
| 基于超声波测距的盲人导航耳机设计 | | |
| | 崔晓彤; 王绪磊; 张兆丰 | 103 |
| 基于超声波测距的可追踪托运行李机器人设计 | | |
| | 宁红扬; 王体阔; 赵艺 | 107 |

数控电压源在实际生产中应用和研究设计*

甘棣元；黄麟舒；谭浩

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130012)

摘要: 随着科学技术的日新月异的发展, 电源技术已经日益成为了一门实践性、综合性很强的工程学技术, 广泛的应用在各行各业当中, 其中数控电源技术显得尤为重要。微秒级、脉冲型数控电压源就是通过数字来控制输出电压的大小, 且能使输出的脉冲电压的幅值、脉宽、频率均可调。本文研究了数控电压源的发展现状, 介绍了微秒级、脉冲型数控电压源的设计与实现, 将单片机的数字控制技术, 合理有效地融入到了电压源的设计当中, 使得对电源的控制更加简单, 实现了对电源的数控。

关键词: 数控 ATmega16 单片机 D/A 转换 A/D 转换

Application and research design of numerical control voltage source in practical production

Gan Diyuan; Huang Linshu; Tan Hao

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

Abstract: With the increasing development of Science and Technology, power technology has become a practical, comprehensive engineering technology, widely used in various industries, among which the NC power technology is more important. Microsecond, pulse type numerical control voltage source is controlled by the size of the digital output voltage. The output pulse voltage amplitude, pulse width, frequency can be adjusted. This paper studies the current situation of the development of the numerical control voltage source and introduces the design and implementation of microsecond level, pulse voltage source CNC. The digital control technology of single-chip reasonably and effectively integrated into the designs of the voltage source. It makes the control of the power supply is more simple and implementation of the power supply of CNC.

Keywords: Numerical control ATmega16 micro-controller D/A converter A/D converter

0 引言

伴随着科学与技术发展而来的现代信息技术改革, 给电力电子技术的发展提供了一个更为广阔的发展平台, 与此同时也给电源技术提出了更为严格的标准和要求。电源是电子设备当中的非常重要的一部分, 传统的普通电源在工作时产生的误差, 会对整个系统的精确度的造成相当大的影响, 这就对数控电压源提出了更为严格的要求。数控电压源是现如今电子技术当中经常用到的设备之一, 广泛的应用于各行各业当中。

传统的电压源一般是采用波段开关和电位器来

调节电压源, 由电压表指示电压值的大小, 这样就导致其读数精度不高, 且电位器易磨损。跟传统的电压源相比, 基于单片机控制的数控电压源具有易控制、可靠性高、精度高等特点, 很好地解决了传统电压源的不足。

从上世纪 80 年代起的第一代分布式供电系统开始一直到 21 世纪初更为先进的第四代分布式供电结构为止, 电源行业正面临着新一轮的挑战, 即如何将现在已经存在的系统中加入嵌入式电源数字控制和智能系统。数控电压源是从上世纪 80 年代才真正的开始发展起来的。在此期间, 整个系统的电力电子理论也开始逐渐地建立并不断地完善, 在之后的很长一段时间里, 数控电压源技术有了长远

* 指导教师: 陈晨

项目类型: 大学生创新项目

的发展；到了 90 年代中期，半导体生产商开发出了数控电压源管理技术，然而在当时，这种技术的性价比与当时使用广泛的模拟控制方案相比较，其处于劣势地位，所以这种技术任然无法被广泛使用；等到了九十年代末期，随着对系统效率和功耗的进一步的需求，电信数据通讯设备技术的更新推动电源行业中电源转换器向高灵活性、智能化等方向发展。

国内关于数控电压源这方面的研究起步较晚，上世纪九十年代末期，在国家自然科学基金等项目资助下，浙江大学、华北电力大学等高等院校才开展了这方面的跟踪性基础理论研究。

数控电源技术从 20 世纪 80 年代至今已经有相当长远发展，但其产品仍然存在这样或那样的缺点和不足，比如其分辨率不高、可靠性较差等等。从中可以看出，数控电源以后的发展方向，主要是针对上述缺点不断的加以完善，同时，在此基础上还要不断的创新改革。

1 数控电压源总体方案选择

1.1 微秒级、脉冲型数控电压源的总体设计方案

输入 100V—240V 的交流电压经一个开关稳压电源输出 5V 直流电压给 AVR 单片机供电，让单片机输出信号来驱动 D/A 转换部分，同时利用 AVR 单片机内部晶振为其提供一个时钟信号，此时输出的信号为模拟信号；之后再给放大电路供电，让输出的模拟信号经放大电路放大成为所需的电压；此时再将放大后的电压经过稳压电路，就可以得到稳定的输出电压，接上假负载之后就可以使其正常工作，但此时只是一个开环结构，这就需要单片机再输出一个 PWM 信号输出到一个 MOS 管，通过调制脉冲宽度来控制开关管的导通时间从而控制输出电压，MOS 管只需要再与假负载相连接就可以完成一个闭环系统。最后在通过软件编程，通过合理设置几个软开关，使得该电压源输出脉冲电压的幅值、频率跟脉冲宽度均可条，达到最终的要求。总体的结构框图如图 1.1 所示。

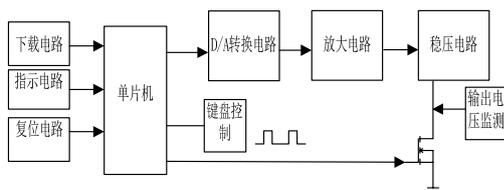


图 1 总体结构框图

Picture1: Overall structure block diagram

1.2 产生+2.5V 电压的方案选择

由于在电路工作过程中，为了保证电路的正常工作，需要为其部分电路提供+2.5V 点电压经过查找，现在有两种方案可供选择

方案一：选用 AD 公司生产的高精度参考电压源 AD780 来为其提供+2.5V 电压。只要给 AD7802 脚输入一个 5V 的电压，就可以通过编程使其 6 脚输出一个 2.5V 或者 3.0V 的电压，其精度为 $2.5V \pm 1mV$ 或者 $3.0 \pm 1mV$ 。其具体电路如下图所示。

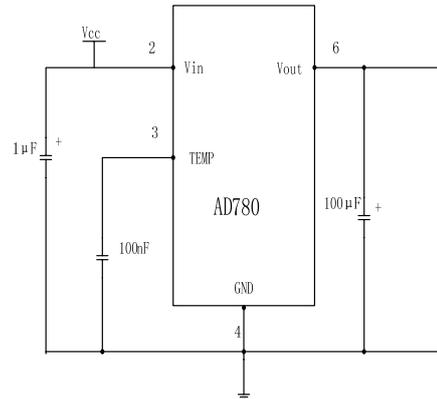


图 2 AD780 的接线方式

Picture2: Connection mode of AD780

方案二：选用 linear(凌力尔特)公司生产的 lt1460bin8-2.5 芯片来产生+2.5V 电压。

lt1460bin8-2.5 是一种结合了低功耗、高精度和小封装尺寸的微功耗带隙基准，非常的适合精密稳压应用。而且 lt1460bin8-2.5 不需要输出补偿电容，且其仍然是稳定的容性负载。其具体的接线图如图所示：

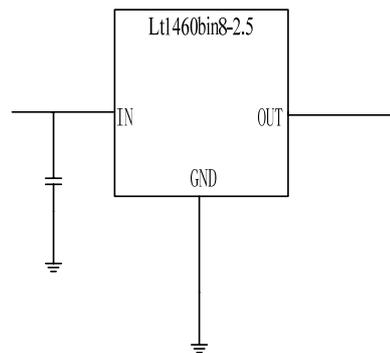


图 3: lt1460bin8-2.5 的接线方式

Picture3: Connection mode of lt1460bin8-2.5

方案比较：上述两种方案均可以输出 2.5V 电压。方案一当中是给 AD780 输入 5V 电压，而且其 8 脚悬空，就可以输出一个比较稳定的+2.5V 电压。方案二当中只要给 lt1460bin8-2.5 提供一个 3.4V~20V 的输入电压，并在其二脚跟四脚之间接一个 0.1uF 的电容，就可以输出一个稳定的+2.5V 的电压。跟方案一相比较，其电路要简单得多，只需要一个电容即可，而且其输出电压也比方案一中的稳定，误

差也较小。综上所述，通过比较方案二更加符合本题目设计要求，所以选择方案二。

1.3 稳压电路核心芯片的选择

方案一:采用 LM317 可调式三端稳压器电源

LM317 是可调式三端稳压器电源，它能够连续不间断地输出可调的 1.2V~37V 的直流电压，但是美中不足的一点就是它只能输出连续调可调的正电压，无法输出负电压。LM317 稳压器的内部含有过流保护电路和过热保护电路；其电压输出调节电路是由一个电阻和一个滑动变阻器来组成的。

方案二: 采用 CW78XX 系列三端稳压器电源

78XX 系列是固定式三端稳压电源，它是由输出脚 (V_o)，输入脚 (V_i) 和接地脚 (GND) 这三个管脚组成，输入端接一个电容可以更好地滤波，以便达到更好的波形；输出端接电容则可以改善负载的瞬间影响，也可以很好地保持波形。而且用 78XX 系列搭建的电路稳定性也比较好，使用起来可靠、方便，而且价格便宜。78XX 系列稳压模块的输入电压及限制为 36V，最低输入电压得比输出电压高 3V~4V。

方案比较：上述两种方案均可以作为搭建稳压电路的核心芯片。LM317 是三端可调的稳压芯片，其输出电压可调，调节范围为 1.2V~37V；可提供的最大电流为 1.5A。CW78XX 系列是三端固定的稳压芯片，用它搭建而成的稳压电路所需要的外围元器件非常少，而且电路内部还拥有过流保护电路、过热保护电路以及调整管的保护电路，使用起来可靠、方便，而且跟 LM317 相比，其可以输出负电压。但是 CW78XX 系列的输出电压是一个固定值，是不可调的。综上所述，跟本文中的设计要求相结合，需要一个三段可调的稳压芯片，所以方案一更加符合设计的要求，所以最终选择方案一。

2 各个单元电路的工作原理

2.1 控制部分

本设计的数控部分是以单片机 ATmega16 为核心来完成的。ATmega16 引脚图如下图 2.1 所示。ATmega16 是 ATMEL 公司生产设计的基于增强的 AVR RISC 结构的高速度、低功耗 8 位 CMOS 微控制器。由于其先进的指令集以及单时钟周期指令执行时间，从而可以缓减系统在功耗和处理速度之间的矛盾。

在本设计中，首先用 ATmega16 来为后边的各部分电路提供一个驱动信号，保证各个部分的电路能够正常的驱动；其次还要输出一路 PWM 信号，

来驱动 MOS 管。下面将要介绍 ATmega16 的一些资料。

ATmega16 是 AVR 系列单片机中的一款非常典型的芯片，其主要特点如下所示：

采用先进 RISC 结构和 Harvard 结构的 AVR 内核，使其具备了 1MIPS / MHz 的高速运算执行能力，具有独立的程序总线 and 数据总线，大多数指令的执行周期是单个指令周期；片内含有大量较大容量的非易失性的程序和数据存储器；片内含有两个复位电路，分别是上电复位电路和可编程的掉电检测复位电路；片内含有有 32 个通用的工作寄存器，且其全部为静态工作；作为输出时与 PIC 的 LOW 相同，可单一的输出 40mA 电流；作为输入时可设置为三态高阻抗输入或带上拉电阻输入，具备 10mA-20mA 灌电流的能力。

上述的是有关 ATmega16 的一些特点，从中可以看出来，它与其他 8—Bit MCU 相比较，器还是具有相当突出的优势的，ATmega16 的 8—Bit MC 具有超精简的指令集和高速的运算处理能力，且其外围电路更加简单。下面将简单的介绍 ATmega16 的几个主要的引脚以及其引脚的功能。

ATmega16 的引脚图如下图 2.1 所示，其主要的引脚功能分析如下：

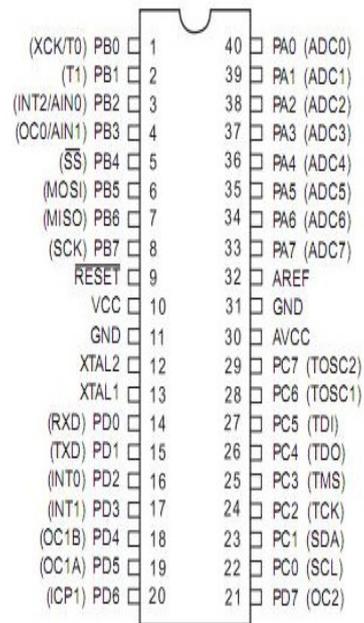


图 4 ATmega16 的引脚图

Picture4: Pin diagram of ATmega16

ATmega16 在电路中的主控作用：在本篇文章的设计当中，ATmega16 所起到的作用是非常关键的。首先要利用 ATmega16 来为 D/A 转换部分提供一个时钟信号跟一个输入信号，来保证 D/A 部分能够正常的工作；其次它要产生一路 PWM 波，用来

控制一个 MOSFET 的导通与关断；最后要用其端口 D 来完成一个键盘电路的部分，从而控制输出脉冲电压的幅值、频率及其脉冲宽度，保证他们的数值均可调。

2.2 复位电路

复位电路，即就是利用它将电路恢复到最开始的状态。在整个电路工作过程中，单片机在启动时需要复位，而且在很多其它时候都需要用到复位操作，这就需要一个复位电路来完成。复位操作有两种形式，一种是上电复位，即就是在电压从无到有的过程当中，在 RESET 处会先处于高电平一段时间，然后由于该点通过一个下拉电阻接地，那么该点的电平会逐渐的由高电平变为低电平，从而使得单片机复位口电平从 1 变到 0，完成了给单片机复位的操作。另一种方式就是按键复位。本篇文章当中所采用的是按键复位的方式来完成复位操作的，其具体的电路图如下图所示。

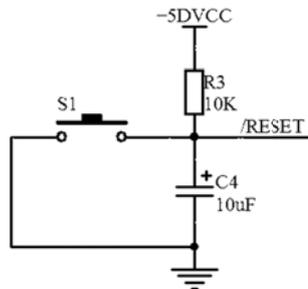


图5 复位电路

Picture5: Reset circuit

2.3 下载电路

在本次设计当中，为了驱动单片机使其能够正常工作，我们需要往单片机里边烧录程序。为了便于往单片机里边下载程序，本文当中还涉及到了下载电路。

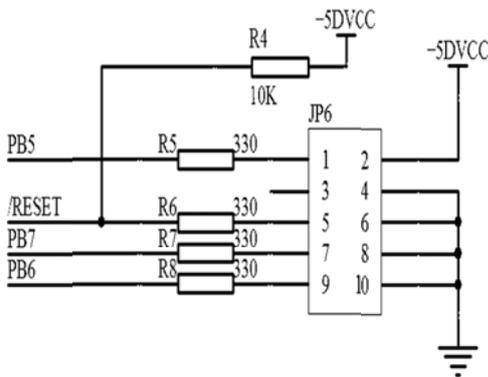


图6 下载电路

Picture6: Download circuit

2.4 D/A 转换部分

在本次的设计当中，除了要用到单片机的控制

之外，还需要涉及到数字/模拟(也就是 D/A)转换，需要将单片机输出来的数字信号转换为模拟信号。按照其输出形式的不同，一般可以将其分为电压输出型和电流输出型等等。根据本文当中的设计要求，需要将单片机输出的模拟信号转换为电压信号，然后输出到下一级电路。本文中是以 LTC1655 为 D/A 部分的核心芯片，再通过其外搭电路来实现 D/A 转换功能。LTC1655 的基本资料如下：

LTC1655 是一款轨到轨的电压输出器件（轨到轨，即指器件的输入输出电压范围可以达到电源电压），它拥有 16 位的数字-模拟转换器（DAC），包括了一个输出缓冲器跟一个参考，它的供电电压跟单片机的供电电压一样，均是 +5V 电压，是一个非常典型的功耗为 3MW 的单一 5V 电源。而且使用 LTC1655 搭建而成的电路所需要的元器件非常少，使用起来非常简单可靠。

下图是本文中 D/A 部分的具体电路。

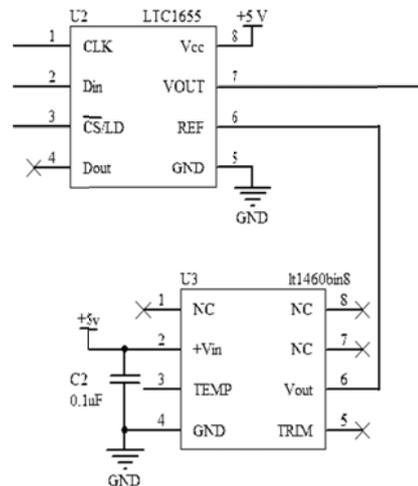


图7 D/A 转换电路

Picture7: D/A switching circuit

2.5 放大电路

在本次设计当中，为了实现最终的输出电压 0V—24V 可调，需要用到一个放大电路将经 D/A 转换出来的模拟电压信号放大，以达到最终的设计要求。本篇文章中设计的放大电路是以运算放大器集成电路 OP07 为核心搭建的。OP07 拥有非常低的失调电压，所以在应用过程当中，在绝大多数情况下不需要额外的调零措施。其芯片的引脚图如下图所示。

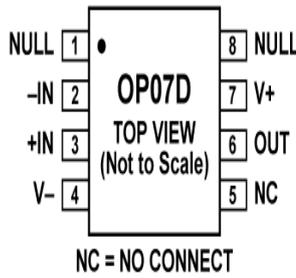


图8 OP07引脚图

Picture 8: Pin diagram of OP07

从图中可以看出，OP07的二脚为反向输入端，在它通过一个电阻接地，三脚是同向输入端，本次设计当中将它直接接经过D/A转换出来的模拟电压信号。OP07的四脚接地，七脚接+25V电压，以维持其正常的工作。剩余管脚均悬空。具体电路如下图2.6所示：

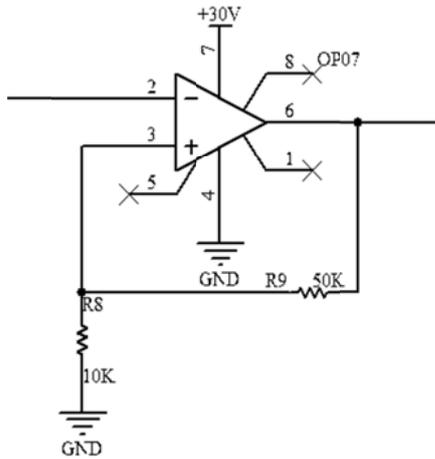


图9 放大电路

Picture 9: Amplifying circuit

该放大电路的放大倍数计算公式如式(2-1)所示：

$$P = \frac{R1}{R1 + R2} \quad \text{式 (2-1)}$$

式中：P 为该电路的放大倍数；

R1=R8=10K；

R3=R9=50K；

从上式中可以得出，该电路的放大倍数为 6 倍。

2.6 稳压电路

在本文的前边，已经或多或少的提到了有关稳压电路的相关内容。通过方案对比，确定了合适的稳压芯片为 LM317，其具体电路如下图所示。

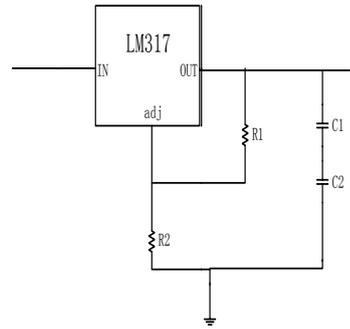


图10 稳压电路

Picture 10 : Regulator circuit

要想保证电路能正常稳定的工作，首先必须要使得 LM317 的输入端的电压必须高于其输出端的电压，结合题目的设计要求，由于其输出电压是 0V~24V 可调，所以其输入端的电压必须大于 24V，才能保证其能正常的工作。由于之前已经用到过 +25V 电压，为了方便起见，我们用 +25V 电压来作为 LM317 的输入电压。通过查资料可以知道，LM317 它的 adj 端（可调节端）跟其输出端之间电压相差 1.25V，由此可以得出 LM317 其输出电压的计算公式，如式(2-2)所示。

$$U_{out} = 1.25 * (1 + \frac{R2}{R1}) \quad \text{式 (2-2)}$$

式中：U_{out} 为 LM317 输出的电压；

R1 为 adj 端到输出端的电阻，即图中的 R1；

R2 为 adj 端到地的电阻，即图中的 R2。

2.7 键盘模块

由于本文中最终的设计要求是要让输出脉冲电压波形的幅值、频率和脉冲宽度均可调，所以为了便于控制又加了按键开关，通过软件编程，在软件中设置软开关来实现其数值可调，键盘的具体电路如下图所示。

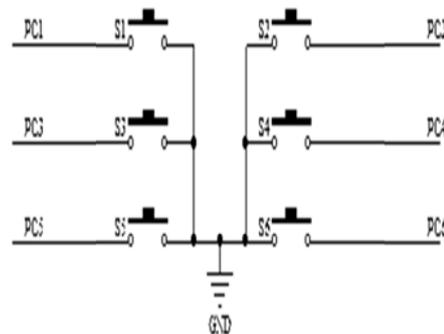


图11 键盘电路

Picture 11: Keyboard circuit

如上图所示，由于单片机 ATmega16 其 PC 口有内置的可编程上拉电阻，可以通过软件编程来控制

制上拉电阻有效或者是上拉电阻无效，所以在上图中没有接上拉电阻，而是直接把按键开关跟单片机 ATmega16 的 PC 口连接起来了，只要通过软件编程将 PC 口上拉电阻设置为上拉有效即可。六个按键开关分别控制输出脉冲电压的幅值、频率、脉冲宽度的增大或者是减小通过合理的编程，即可实现上述功能。

3 系统的软件设计

3.1 程序设计

由于是数控电压源，所以本次设计当中，除了需要硬件电路之外，还需要软件配合来完成本次设计任务，以便达到最终的指标要求。本次设计任务中，微秒级、脉冲型数控电压源的程序设计主要包括以下几个方面：首先要驱动单片机，在单片机能够正常工作的基础上，让它输出一路 PWM 驱动信号；其次要驱动数字-模拟 (D/A) 转换电路，将单片机输出的数字信号转变为模拟信号，再输出给下一级电路，最后就是要设置软开关，跟硬件电路结合以达到输出脉冲电压的幅值、频率以及脉冲宽度均可调的要求。

3.2 程序框图

程序的流程图如下图所示。

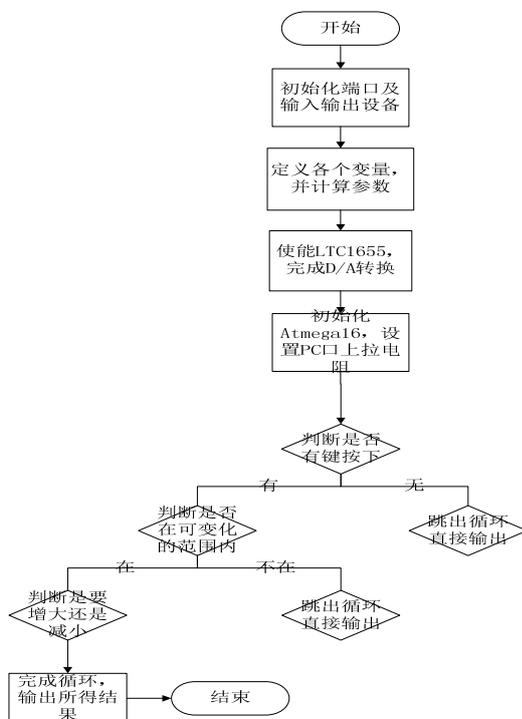


图12 程序流程图

Picture 12: Program flow chart

3.3 程序运行的原理

在本次的程序设计任务当中，需要考虑的主要

有以下两方面的问题。首先就是要考虑各个端口的初始化以及变量的定义，确保单片机出来的驱动信号能够正常的驱动每一级的器件，确保每个元器件都能正常良好的工作，这是程序设计的最主要的依据。其次就是要达到输出脉冲电压的幅值、频率以及脉冲宽度均可调的要求。要想实现这一点，首先要用一个 if 语句来判断其是否有键按下，要是没有键按下则跳出循环，要是键按下则进行下一步的判断；要是键按下，则要进行去抖动，之后再进行一次判断是否有键按下，要是键按下的话，则要计算键值，通过一个 switch 语句来判断按下的是哪一个键，之后再嵌套一个 if 语句，通过合理的设置该值得上限跟下限，就可以达到本文的设计要求。

4 结果分析

4.1 实验中所用到的仪器设备

1. 焊接设备: 电烙铁, 吸锡器, 剪刀, 剥线钳, 实验板, 导线若干;
2. 测量设备: 直流稳压电源 0~30V, 数字存储示波器, 数字万用表;
3. 所需软件: DXP, ICC AVR.

4.2 测试方法

本文的设计要求之中，最终输出的是一个幅值、频率和脉冲宽度均可调的脉冲电压，它是属于交流电压，为了确保测试结果的准确性，所以选择用示波器来测试其输出的波形。在测试的时候，只需要从负载两端引出两根排针，将示波器的探头的探针和接地夹分别接在两根排针上边，就可以测得其输出波形。

测试选用的直流稳压电源是台湾固纬 Gwinstek 公司生产的，型号为 GPD-3303C，选用的示波器是同样是台湾固纬 Gwinstek 公司生产的，型号为 GDS-2202A。测试时选用了示波器的峰峰值测量功能。

4.3 输出波形的检测与分析

通过反复的测试，证明了本文中所用的的设计方案是正确的，是切实可行的。下图 4.1 给出了单片机输出的一路 PWM 驱动信号(图 a) 跟最终输出的一个电压脉冲波形(图 b)。通过图像可以看出，输出波形的上升/下降沿陡峭，上升/下降沿时间达到了几个微秒的级别，而且频率较大，纹波较小，各项指标均达到了设计要求。

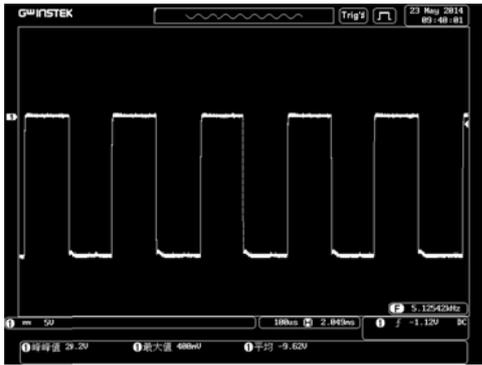


图 a 单片机输出的 PWM 波

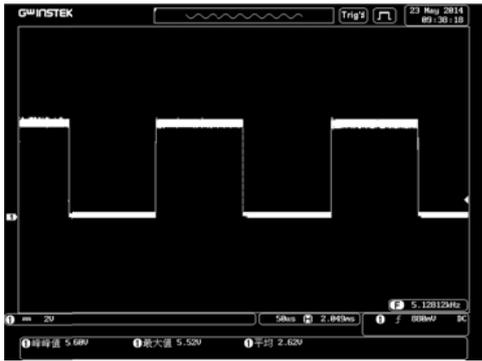


图 b 峰峰值为 20V 的脉冲电压

图 13 输出波形检测

Picture 13 Output waveform detection

术,2005,05:13-16.

4. 左现刚.基于 AVR 单片机的数控直流稳压电源的设计[J].微型机与应用,2012,
5. 李硕.远程无线监控系统的设计与研究[J].南开大学,2006.

5 总结

通过对该电源的多次数据测量调试的经历，我们可以得出：由按键控制电压输出，测量 LM317 输出端的电压变化趋势，大致符合线性变化规律，和按键的变化保持一致；再由按键按位设置电压值，测量其输出电压，误差保持在 1%以内，达到了立项书上的标准；按键按位设置电压值时，测量反馈回来的电压，可以把电压值稳定在标准值附近很小的一个范围内，不致于电压无限度地增大或减小。该电源基本上可以在精度要求很高的实验室中使用，为了美观和便于携带起见，我们对其外型增加了设计，把它放进一个小箱子里，必要的时候可以拿出来使用，哪一部分不好使了，也便于修理。

参考文献

1. 李逾晖.交直流开关电源数控系统设计及关键问题研究[J].浙江大学, 2004.
2. 周功明.基于 AT89S51 单片机的数控电源设计[J].绵阳师范学院学报.2012,5.
3. 赵军.开关电源技术的发展[J].船电技

远程控制智能电源的研制*

王楠；楚士颖；乔东浩

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院， 长春 130026)

摘要：本设计是基于 MSP430 单片机的远程控制智能电源，系统的硬件设计包括蓄电池充/放电过程的电压转换、保护、报警监控模拟电路，实现 0-20V 连续可调，步进值 0.1V。在软件的设计中，主要需要解决的问题是单片机对每个模块的控制以及数据传输。计算机上需要编写一个程序，用来接收单片机传输过来的信息。

关键词：远程 智能 蓄电池 人机对话

中图分类号：TG156 文献标识码：A

Research of remote control of intelligent power supply

Wang Nan;Chu Shiying;Qiao Donghao

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: This design is based on MSP430 single chip microcomputer intelligent power remote monitoring, the hardware design of the system includes battery charge/discharge process of analog circuit voltage conversion, protection, alarm monitoring, implementation 0 to 20 V adjustable, s-step into the value of 0.1 V. In the design of software, the main problem is single chip microcomputer control and data transmission of each module. Need to write a program on a computer, used to receive the SCM information transmission to come over.

Key words: long distance intellect storage battery man-machine interaction

0 前言

当今社会人们极大的享受着电子设备带来的便利，但是任何电子设备都有一个共同的电路--电源电路。随着科技的发展，电气、电子设备已经广泛的应用于日常、科研、学习等各个方面。电源已经成为电气和电子设备中必不可少的能源供应部件，对电源的研究和开发已经成为新技术、新设备开发的重要环节，在推动科技发展中起着重要作用。越来越多的人已经不仅拥有一种个人电子设备，各种设备需要的电源不同，这样就带来了居家旅行需要携带多种电源的问题，电源的寿命和安全性得不到保障。

1 研究意义

信息事业的迅猛发展，给电源市场带来了

巨大的市场机会和挑战，同时对电源提出了一些新的需求。由于电源设备成为人们日常用电必不可少的设备，或者也许是因为电源的使用太过普遍化，所以使得大多数人往往忽略每台电源使用率和安全性的问题。我们设计一个智能电源，可以为手机、电脑以及一些小型用电设备进行充电，并且可通过旋钮在 0-20v 范围内调节电压，解决了多个电子设备需要不通电源的问题，并带有监测功能，节约空间，使用方便、安全、稳定性高。

2 实施方案

2.1 研究思路和方法

蓄电池连接着充电和放电模块，用 220V 电压为蓄电池充电，并且电池具有防止过充功能。电池放电时，输出电压 24V，经过电压转换模块，将输出电压转换成 0-20V。同时电池上还要有液晶显示屏，用来显示电池的电量、输出电压。电

*指导教师：李春生

项目类型：大学生创新项目

池上还有报警装置，当电量低于 15%或电路出现故障时会自动启动报警装置。

该电路以 MSP430 单片机为控制核心来实现各部分功能，维持系统的正常工作。这个设计中还有远程监控，通过串口数据线或无线与电池连接，在计算机上用 VB 设计计算机界面，显示电池的输出电压、电流、充/放电时间以及电池自身的损耗情况，并且可以控制电池的输出电压、充/放电和系统的运行状态。系统框图如图一。

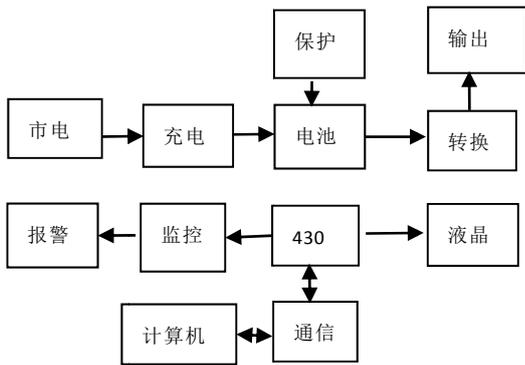


图 1 系统框图

Figure1 system block diagram

2.2 主要模块、实施计划和技术路线

蓄电池充/放电模块主要完成用 220V 电源为蓄电池充电，对蓄电池进行大电流充电时如果电压升高到规定的上限值，由于硅管的导通和偏置使蓄电池转向小电流充电，使电流限制在允许范

围内。数据通信模块拟通过串口数据线将单片机侧和计算机的数据进行传输。

计算机监控模块接收 USB 传输过来的信息，显示并存储在计算机中，并对数据进行处理和分析。计算机还可以控制电池的充/放和系统的运行状态。计算机还可以控制电池的输出电压。

电压转换模块将蓄电池输出的 24V 电压转换成 0-20V 之间连续可调电压，用以适应被充电设备对电压的不同需求。系统稳压电源模块使用 7824 芯片为 24V 稳压，如果电源前段有轻微波动对后面输出几乎无影响芯片可以自我调节。报警模块当蓄电池存储电量少于 15%或电池出现故障时会通过蜂鸣器报警，充电时此功能锁定。

MSP430 基本工作电路模块用单片机外围接一个晶振和一个复位电路，再接上电源和地。监控定时器（硬件设计）模块在系统受到干扰后需要进行复位，监控定时器用来检测微处理器是否正常工作，如果工作不正常，程序跑飞或者死机，监控定时器就会产生一个复位脉冲，能有效使系统复位从而使系统恢复正常运转。液晶显示模块接收显示单片机的 P0 端口发送的显示数据。保护电路模块当过压、过流、短路时停止蓄电池工作。

3 部分电路比较

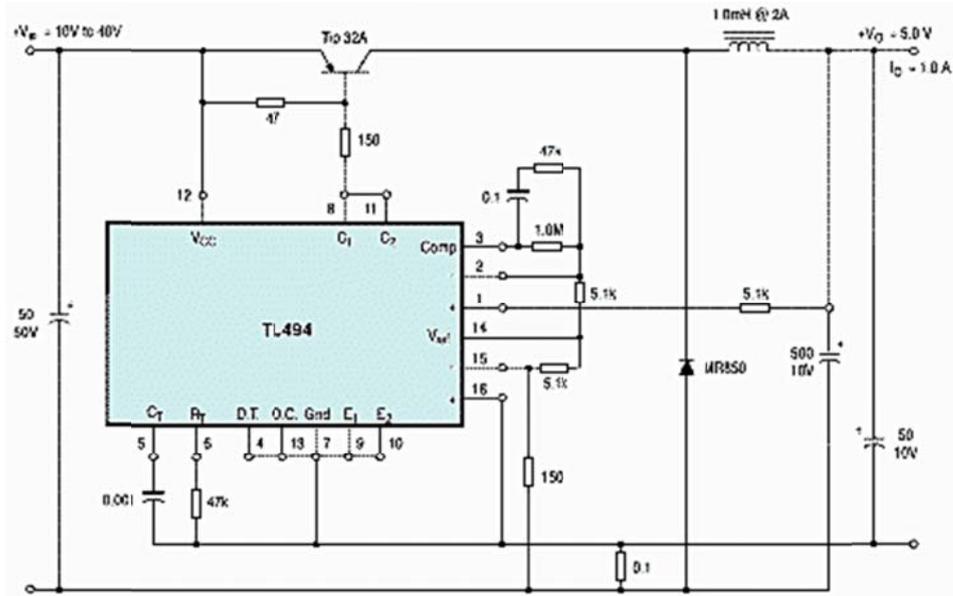


图 2 开关电源电路

Figure2 Switch power supply circuit diagram

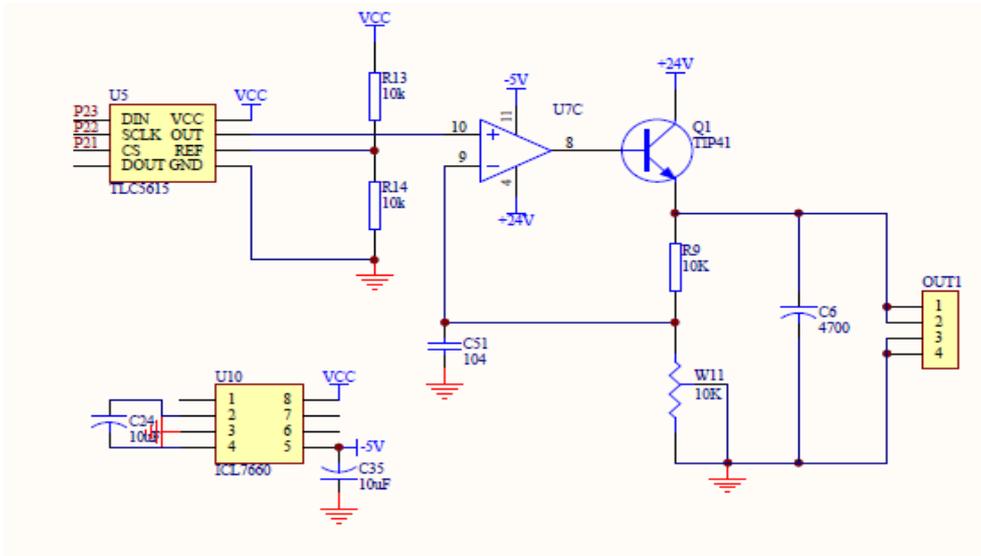


图3 线性电源电路

Figure3 Linear power supply circuit diagram

如图2为TL494，内置5V基准电压参考源，采用脉宽调制对输出电压控制。效率高，但是很难实现调节到0V。如图三，TLC5615将数字信号转换成模拟信号，输出的模拟信号经过比较器进行比较，然后输出电压。电路简单，易于实现。纹波小，可控范围大。由此选择DA数模转换加比较电路实现对输出电压的控制。

4 实现的功能

4.1 基本功能

电压0-20V连续可调，步进值为0.1V，该装置可以实现电源电压调节可以给手机、电脑以及一些小型用电设备充电，并有输出电压电流显示功能。可以通过串口数据线与计算机相连，计算机中有由VB设计的页面，显示电源显示屏上的所有数据。通过计算机鼠标点击可以远程控制电源，在电源指标不合格时可自动切断供应。该装置可实现过流报警功能。

4.2 项目创新点

- (1) 过压过流报警。
- (2) 上位机控制输出电压并显示输出电压、电流。
- (3) 通过串口与计算机连接，实现远程控制。

5 远程测量的软件功能

本产品较之市场上的其他同类产品有自己的特色，它能实现远距离上位机控制的功能。其他同类产品的维护和调整要求人员要到电源的附近，如果

在野外进行较大范围的测量，而且需要的电压值有需要调整，这样测量人员的来回往复就增加了测量的时间和测量过程的复杂性，本电源可以实现对电压在0-20V的实验设备进行远程控制供电，大大减少了实验人员的工作量，提高了工作效率。本产品还可以用作车载备用电源，对于要走出较远距离的车辆，本电源可提供12V的车辆用电，还可以为出行者的手机电脑等电子通信设备充电，为出行提供了方便。上位机界面显示当前输出电流、电压，并且可以手动设置输出电压，如图4所示。

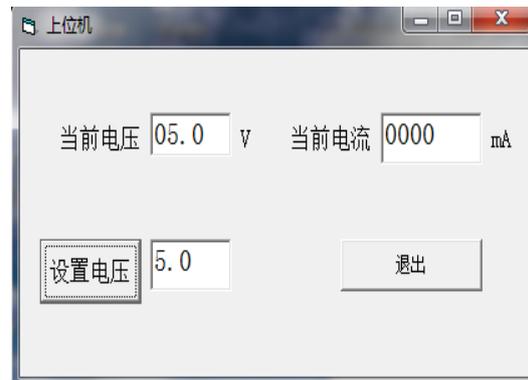


图4 上位机界面

Figure4 PC interface

通信协议：

```
void PutString(uchar *ptr)
```

```
{
```

```
    uchar i;
```

```
    for(i=0;i<9;i++)
```

```
    {
```

```
        while (!(IFG1 & UTXIF0));
```

```
// TX 缓存空闲?
```

```

TXBUF0 = *ptr++;
// 发送数据
    }
}
    
```

软件流程图如图 5:

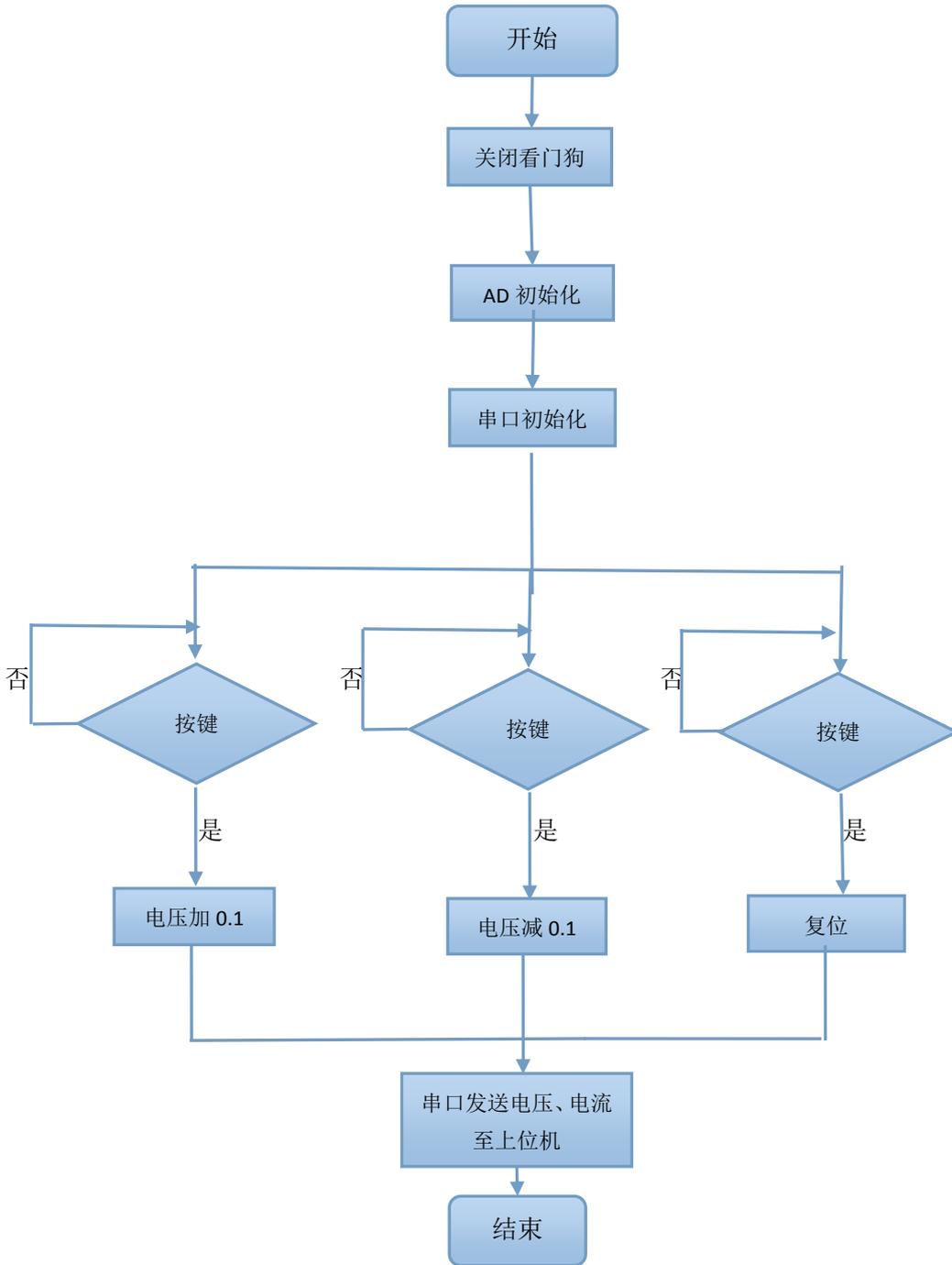


图 5 软件流程图

Figure5 flow chart

6 测试结果

图 6 为根据测试结果计算出的电压误差绘制的曲线图，由图 6 可以看出在 0-20V 电压范围内，无

负载时误差的大小稳定情况较好，有负载的误差符号比无负载时稳定；负载较小时误差情况优于负载大时的误差。如表 1 为远程控制智能电源经测试得到的技术指标。

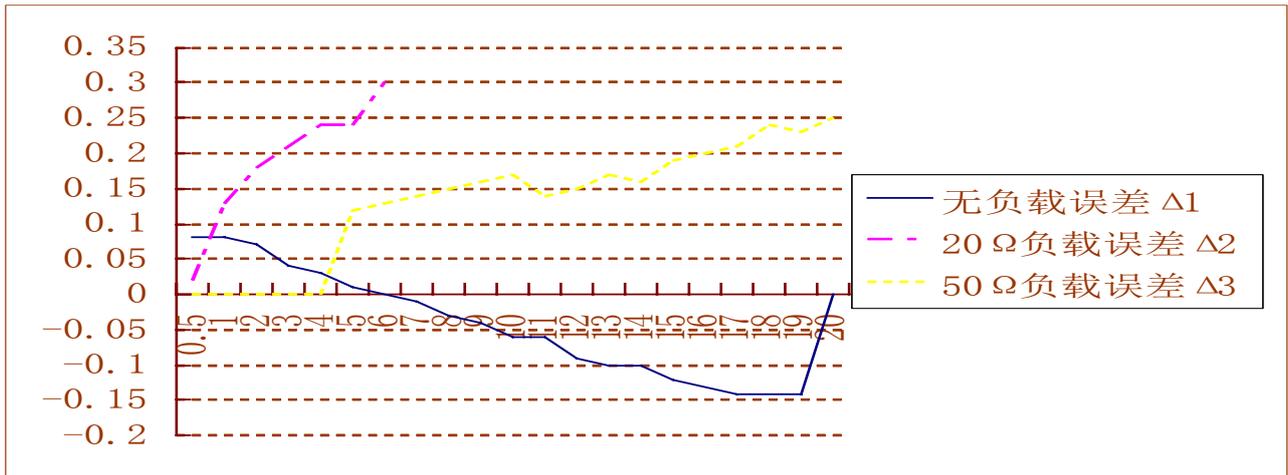


图6 输出电压误差

Figure6 output-voltage error

表1 技术指标

Table1 technical indicators

| | |
|-------------------------|----------|
| 最大电流 | 500mA |
| 纹波 (输出电压=5V, 负载=20Ω、5W) | 5mV |
| 最大功率 | 6859.8mW |
| 20Ω 负载最大效率 | 96% |
| 50Ω 负载最大效率 | 97.6% |
| 输出电压调节范围 | 0~21v |
| 电压调整率 (20Ω 负载) | Sv=89.7% |
| 电流调整率 (20Ω 负载) | SI=83.3% |

7 结论

本次研制基本完成了设计指标, 可以应用为居家旅行的便捷充电设备, 一台本电源就解决了手机、平板电脑、笔记本电脑、充电台灯等小型用电设备的供电问题。比市面上的相似产品增加了远程监控的功能, 大大的方便了用户。在电源程控方面迈出了新的一步。以后可把电源与计算机的有线通信改为蓝牙通信, 更加简洁便利, 还可以增加通信距离。

参考文献

- 何桥, 段清明, 邱春玲. 单片机原理及应用. 中国铁道出版社. 2008年1月第1版.
- 金海龙, 李聪. C语言程序设计. 北京科学出版社. 2012年8月第1版.
- 张林行, 张怀住. 实验指导书汇编. 吉林大学出版社. 2011年.
- 胡大可. MSP430系列超低功耗16位单片机原理与应用.

北京航空航天大学出版社. 2000年6月.

- 王惠中, 王强. 微机原理及接口技术. 机械工业出版社. 2010年8月.
- 林卓然. VB语言程序设计. 电子工业出版社. 2009年1月.
- 刘贤兴等. 新型智能开关电源技术. 机械工业出版社. 2012年9月.
- 方大千, 鲍俏伟. 实用电源及其保护电路. 人民邮电出版社. 2003年2月.
- 杨彦彬. 数据通信技术. 北京邮电大学出版社. 2009年.
- 基于MSP430单片机的数控直流电流源的设计. <http://wenku.baidu.com/view/cd0bb304e87101f69e319554.html>

以太阳能为第二能源的快速智能充电器研究*

臧子漪； 吴丽梅； 姜春峰

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院， 长春 130061)

摘要：为了缓解现在移动电源等设备大电量与充电器小电流不匹配的问题，利用低功耗单片机STC12C5A60S2，以电压型PWM 控制器TL494 为核心，设计一种BUCK 型快速智能锂电池充电器。该充电器通过检测充电电压、电流将充电分为涓流、恒流、恒压三个阶段，其中恒流阶段的最大充电电流可达4.7A。该充电器可对充电电压、电流、温度等参数进行实时检测显示。并具有高温断电、防过充、防倒流等保护功能。同时配备太阳能辅助充电模块，该模块在晴朗天气中充电电压5V稳定，充电电流随光照强度改变，约为0.4—0.8A，可以实现无市电时的应急充电。

关键词：TL494 太阳能 快速充电

中图分类号：TB22 **文献标识码：**A

The research on intelligent fast charger with solar energy as the second energy source

Zang Ziyi; Wu Limei; Jiang Chunfeng

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130061, China)

Abstract : In order to alleviate the contradictions between large battery power loss of electronic devices such as portable power sources and their small current chargers, based on the low- power single-chip—STC12C5A60S2 and using the voltage-type PWM controller—TL494 as the core, we design a BUCK type of intelligent fast charger. By detecting the voltage and the current of the charger, it charges by three stages, which include small current stage, constant current stage and constant voltage stage. It can reach the largest current to 4.7A when in the constant current stage. The charge can display its changing voltage, current and temperature when under the charging process. In addition, it can protect it from the destroy of high charging temperature by cutting the power. It can also prevent over-charging and backflow. Meanwhile, this charge is equipped with solar-assisted emergency charging module, which can keep a stable charging voltage of 5V and a small changing current about 0.4A to 0.8A with the changing light intensity in sunny weather. It has achieved emergency charging when no electronic supply.

Key words: TL494 Solar energy Fast Charging

0 前言

近年来数码产品的电池容量需求越来越大，为电子产品续航的移动电源更是将大电量作为主要卖点。他们的容量基本可达 10000mA 以上，而充电器的充电电流较小，绝大部分只有 1A，导致给移动电源充电所需的时间过长。这给使用者带来极大的不便。尤其当使用者长时间处于室外(例如出外旅游)

或只有较短时间给电源充电时，这一弊端就更为明显。因此，本设计以提高充电速度为主要目的。同时将太阳能这一绿色环保的新能源应用于充电器领域，将太阳能作为充电器的辅助能源，使充电器同时具备将太阳能转化为电能的能力，再将电能供给用电设备。

同时在市电充电方面分阶段进行。采用先恒流后恒压方式充电。由于锂电池完全放电后只可以以较小电流充电，所以充电器需先检测电池电压，若

*指导教师：刘名扬

项目类型：大学生创新项目

偏低则需以较细电流充电，当电流回升至一定水平后才以正常电流充电。当以恒流充电时，电池电压会随之上升，直到电压达至 5.0V 时，充电器需转以恒压方式充电，因为电压高过 5.0V 的话就会对电池造成损坏。这时，电流会自然地缓缓减少，当电流小于设定数值时便可以停止充电。

1 总体设计

系统的总体框图如图 1 所示，主要包括太阳能

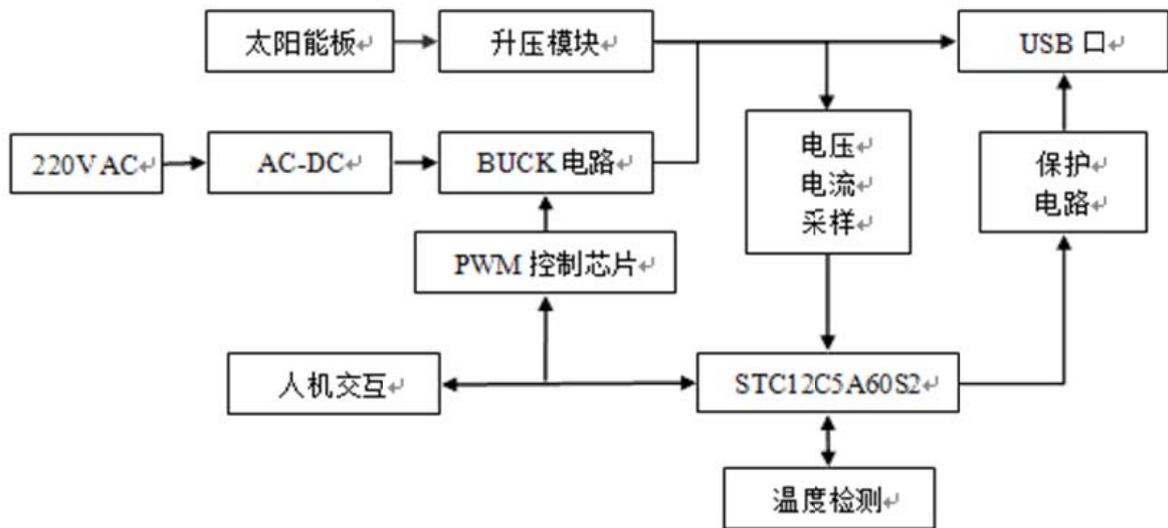


图1 系统总体结构

Fig.1 General architecture of the system

2 太阳能充电部分

该部分为辅助充电电路，作应急充电之用。以硬件电路为主，以太阳能板和集成芯片 34063 为核心，主要工作是搭建升压电路，并进行滤波处理，以得到较为稳定的充电电压。

2.1 太阳能电池板

常见的太阳能电池板有单晶硅、多晶硅、非晶硅、多元化合物四种，其中前种较为常用。单晶硅电池板的光电转化效率较高，为 15% 左右，最高可达到 24%，但价格较高。多晶硅电池板的光电转换效率较单晶硅降低不少，约 12% 左右，总的生产成本比单晶硅低。此外单晶硅太阳能电池板的使用寿命要比多晶硅太阳能电池板长，综合考虑以上因素，选用低造价，适宜大批量生产的多晶硅太阳能电池板作为光电转换元件。

2.2 升压电路

图 2 为升压模块电路图，该部分利用 34063 芯

模块、市电充电主电路、采样回路、保护电路、人机交互等部分组成。市电充电主回路中主要包括 AC/DC 转换电路部分，BUCK DC/DC 降压电路部分。采样回路主要包括电压电流温度采样、小信号放大、A/D 转换、电压电流控制等。保护回路主要包括电压电流限制、过冲保护、高温保护、防倒流等。

该系统可实现充电电压电流的智能控制，温度电压监测显示，以及太阳能、市电两种方式的充电方式。

片将太阳能电池板输出的不稳定的电压值升至稳定的 5V（开路电压），该器件本身包含了 DC/DC 变换器所需要的主要功能的单片控制电路且价格便宜。

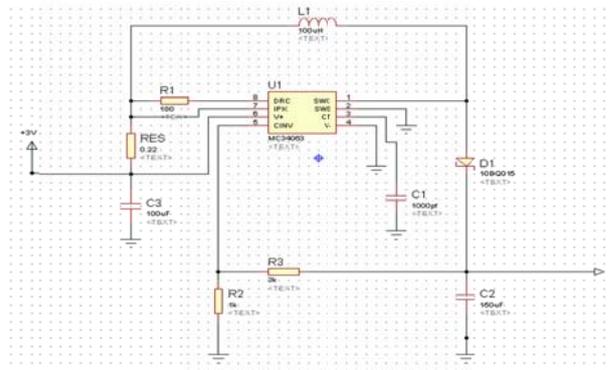


图 2 升压电路电路图

Fig.2 Boost Converter Circuit Diagram

2.3 性能测试

能够独立对手机电池和移动电源等充电。可测得带载电压为 4.7-4.9V，满足充电器标准要求；充电电流随阳光强度变化而变化。可以实现无市电时的应急充电功能。图 3 为单电池板晴天时测试结果。

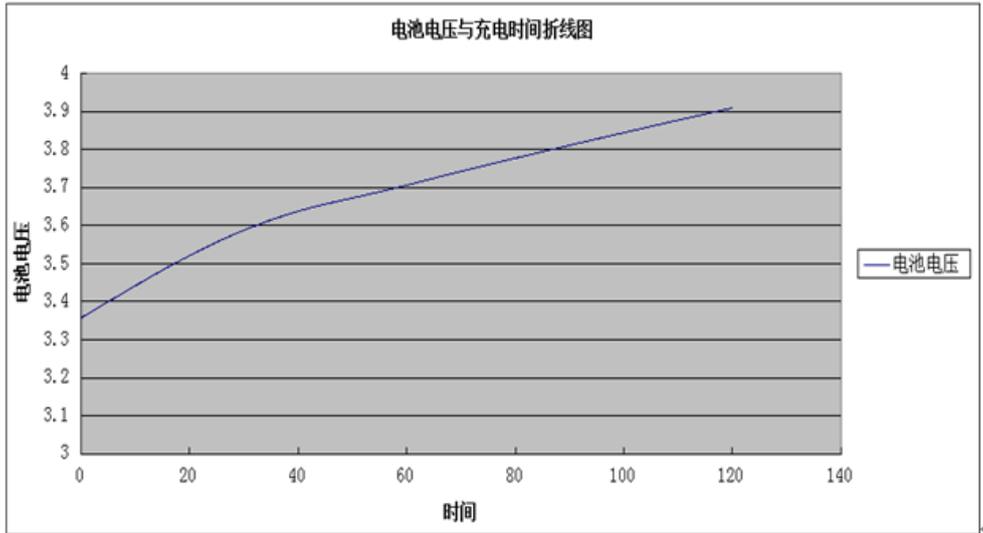


图 3 单太阳能电池板充电时电池电压与充电时间的关系

Fig.3 The relationship between the battery voltage and the charging time of the single solar panel charging

3 市电充电部分

该部分以硬件电路为主。通过 AC-DC 模块和 BUCK 降压电路将市电转为可为移动设备充电的直流电。在充电过程中依据电池的最佳充电曲线将充电过程分为为涓流、恒流、恒压三个阶段，并加入

负反馈控制以使充电稳定。

3.1 降压电路设计

BUCK 电路（如图 4）是一种降压式变换电路，它具有以下优点：效率高，可以输出大电流，静态电流小。它常常被用于设计开关电源。本设计采用 BUCK 电路。

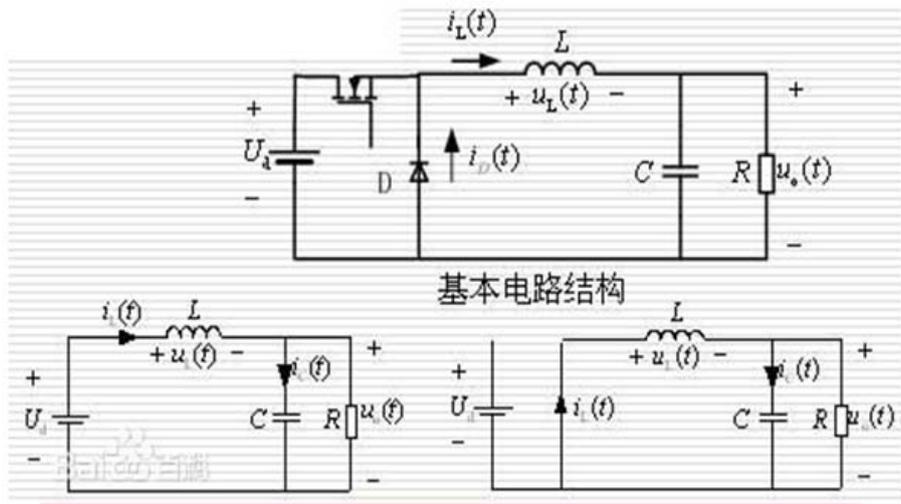


图 4 BUCK 电路

Fig.4 Buck converter circuit diagram

3.2 控制芯片选择

TL494 是一种频率固定的脉冲宽度控制器，内部结构图如图 5。该芯片主要为开关电源控制器而设计。它偏上的振荡器可以工作在主动模式和被动

模式，通过一个电阻和一个电容即可控制振荡器的频率。偏上集成两个误差放大器，一个 5.0V 基准电压。可调整的死区时间控制，输出晶体管输出和灌入电流可达 500mA。

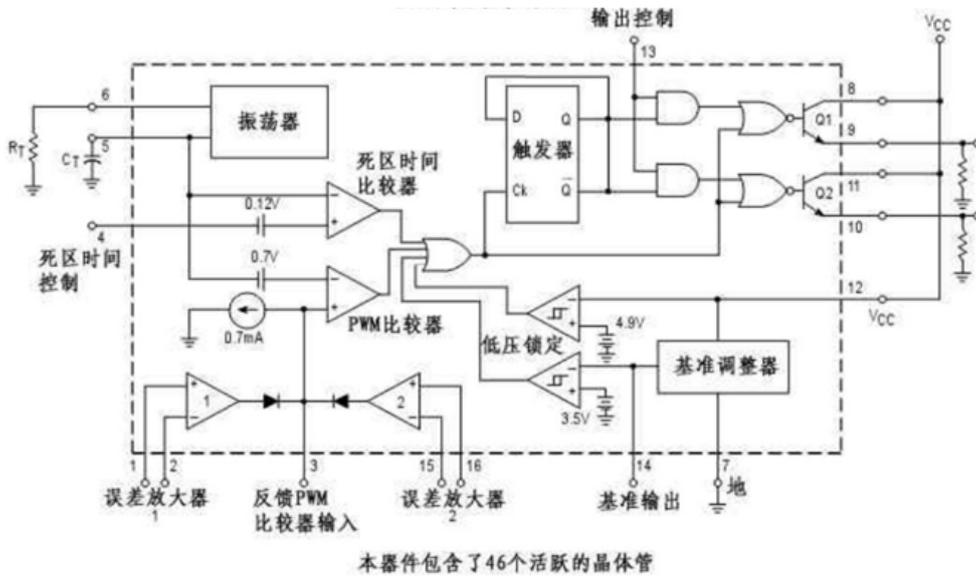


图 5 TL494 内部结构图

Fig.5 Internal structure diagram of TL494

3.3 恒压恒流部分

电压电流的波动会对被充电设备造成不同程度的损伤，故市电充电时需提供稳定的电压或电流。该部分利用稳 PWM 芯片和 BUCK 电路对输出进行稳定控制。

3.4 性能测试

该部分基本按预期实现了功能，能够依据电池（或移动电源等）的电压，控制不同的充电模式（如图 6）：

当电池电压小于 2.7V 时，控制输出 200mA 的涓流充电；

当电池电压在 2.7V 时，控制输出 2000mA 的快速恒流充电；

当电池电压大于 5.0V 时，控制输出稳定 5.0V 进行恒压充电。

市电充电结果如图 6 所示，30 分钟电池电压增长 1.5V。表 1 为普通充电器与该样机的充电对比表格，可看出本样机充电速度优于普通充电器。

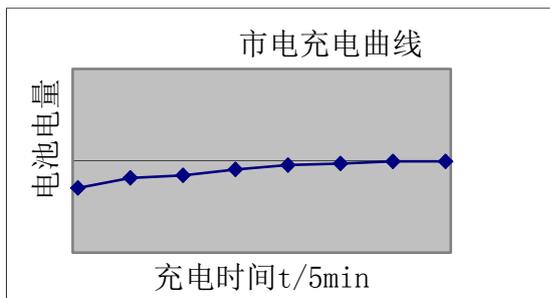


图 6 市电充电曲线图

Fig.6 The charge curve diagram of 220V

表 1 充电对比

Tab.1 Charging contrast diagram

| 充电时常 t/min | 电池电量/V | |
|------------|--------|-------|
| | 普通充电器 | 自制充电器 |
| 0 | 3.52 | 3.52 |
| 5 | 3.91 | 4.07 |
| 10 | 4.1 | 4.21 |
| 15 | 4.16 | 4.53 |
| 20 | 4.28 | 4.77 |
| 25 | 4.54 | 4.85 |
| 30 | 4.8 | 4.97 |
| 35 | 4.9 | 4.97 |
| 40 | 4.95 | 4.97 |

4 充电状态检测显示

该部分用以检测充电电压电流温度，通过检测结果控制充电器的工作状态，同时对监测结果进行显示。检测的电压电流对市电充电其辅助作用，用以确定充电状态，温度传感器检测芯片温度，高温断电防止芯片烧毁。

4.1 原理框图

温度检测选用数字传感器 DS18B20。它是一种数字式的温度传感器，是可编程分辨率的单总线数字温度计，通过编程可以实现 1/2~1/16 的四级精度转换，只需要一根口线与 CPU 相连接，无需外围电路，支持一线多点测温模式。

电压检测利用单片机 stc12c5a60s2 的内部 A/D

进行，该 A/D 为逐次比型 10 位高速 A/D 转换器，具有速度快、功耗低等优点。检测系统框图如图 7。

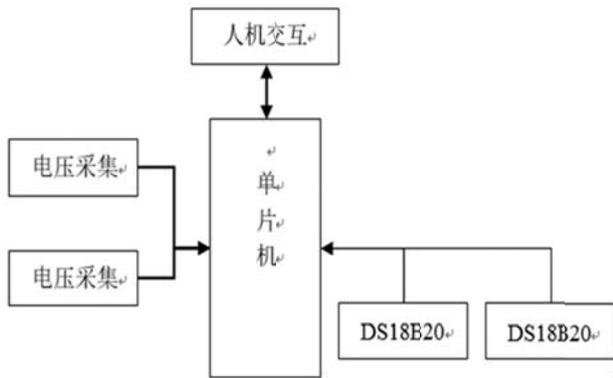


图 7 检测系统原理框图

Fig.7 Principle diagram of detection syst

18B20 选择单线多点测温模式。将多个 18B20 接到单片机的一个 I/O 口上，即用单总线控制多个从机，通过序列号匹配，分时读取各个从机的数据。向从机发出命令时，可根据需要编程为同时控制或分时控制。只用到单片机的一个 I/O 口，极大的节约了单片机的资源。

4.2 性能测试

温度测试结果绝对误差可保持在 0.7°C 以内，具有较高的测量精度，可满足芯片温度测试的要求。单独测试电压检测模块时，分别检测了升程和降程，测量结果绝对误差可保持在 0.1V 以内。

5 总体性能指标

根据上文所述各部分性能测试可知，该设计可实现市电充电，太阳能充电双充电模式。其中市电充电以快速充电为特色，可以智能分划分充电阶段，根据电池情况进行涓流、恒流、恒压充电，输出电压电流稳定，充电速度优于普通充电器。太阳能作为辅助充电模块，可以实现无市电时的应急充电，为该充电器提供更广泛的使用环境。可实现实时的充电状态显示。并且具有高温断电、防倒流等保护模块，安全性能较高。

总结该充电器性能指标如下。

5.1 太阳能充电部分

太阳能电池板转换效率：10%；
空载输出电压：5V；
带载电压：4.7-4.9；

5.2 市电充电部分

最大充电电流：4.7A；
恒压充电：空载 5V、带载 4.8-5.0V；
纹波：50mV 左右（不含噪声）

6 结论

采用 STC12C5A60S2 单片机结合 TK7500B 芯片设计构成的 BUCK 型快速智能充电器，采用大功率原件，合理的散热设计，可达到最大充电电流 4.7A。分阶段充电的模式进一步提升充电速度，充电速度比普通充电器快 1 小时左右。辅助的太阳能充电方式可满足无市电时临时充电的要求。

参考文献

1. 王鸿麟. 智能快速充电器设计与制作[M]. 北京: 科学出版社, 2002
2. 李冶, 陈赫, 汪东洋, 等. 智能锂电池充电器设计[J]. 吉林大学学报, 2012, 30(3): 256 - 259.
3. 杨帮文. 实用电池充电器与保护电路集锦[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000
4. 谈发明. 基于 KA7500B 的智能锂电池充电器设计[J]. 江苏理工学院学报, 2014 年 4 月第 20 卷 2 期

智能防盗车锁跟踪系统*

庞铄；付群健；黎淼兰

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院 长春 130022)

摘要：设计了一套可自动定位的智能防盗车锁跟踪系统，该系统以 STC12C5A60S2 单片机作为控制器，辅以 LCD 显示模块、声光报警模块、GSM 通信模块、GPS 定位模块、加速度模块等功能模块。系统可以实现无人状态下的声光防盗功能，同时在被盗后可以定位并通过 GSM 通信模块短信通知车主。测试结果表明：定位误差小于 5 米，信息更新速度不低于 0.2 次/分钟。

关键词：防盗车锁；GSM；GPS；加速度模块

中图分类号：TH89

文献标志码：B

Intelligent anti-theft lock racking system

Pang Shuo; Fu Qujian; Li Miaolan

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

Abstract: An intelligent anti-theft lock tracking system which can fix position automatically was designed. The single chip microcomputer STC12C5A60S2 is chosen as main controller. And the system is composed of LCD display module, sound -light alarm module, GSM communication module, GPS module, acceleration module and some other function modules. When the bike is moved by stranger , the sound light alarm module will take effect, and the position where the bike was moved will be fixed using GPS module, meanwhile, the location information will be transformed to the owner through short message by GSM module. The test results show that system position error is less than 5 meters and the information updating rate is less than 0.2timers/minute.

Key words: Anti-theft lock; GSM; GPS; Acceleration module

0 前言

随着社会物质财富的日益增长和人们生活水平的提高,安全成为现代居民最关心的问题之一。在各行各业中,防盗报警至关重要,尤其是车锁的防盗功能。传统的机械锁由于构造简单、功能单一,安全性很低;而电子锁克服了机械锁安全性能差的缺点,保密性高,使用灵活性好。

本设计在电子锁的基础上增加 GSM 模块、GPS 定位模块和加速度模块设计智能防盗车锁。其中密码锁模块具有按键输入显示、输入错误提示、控制报警、修改密码等多种功能;加速度模块和 GPS 定位模块在车子被盗时能感应车子移动并实现定位;GSM 通信模块可发短信通知车主,

实现被盗后的准确定位,保证了车子的安全。

1 整体设计

智能^[1-2]防盗车锁跟踪系统以控制器和各功能模块为核心。实现功能为当密码输入正确时车锁打开,所有防盗报警功能都关闭;若无密码输入或密码输入错误时车子被移动,加速度模块感应加速度变化,此时获取 GPS 模块的定位信息,通过 GSM 通信模块将定位信息发送到车主手中,达到防盗目的。系统总体结构框图及总体流程图如图 1、图 2 所示。

*指导教师: 万云霞

项目类型: 大学生创新项目

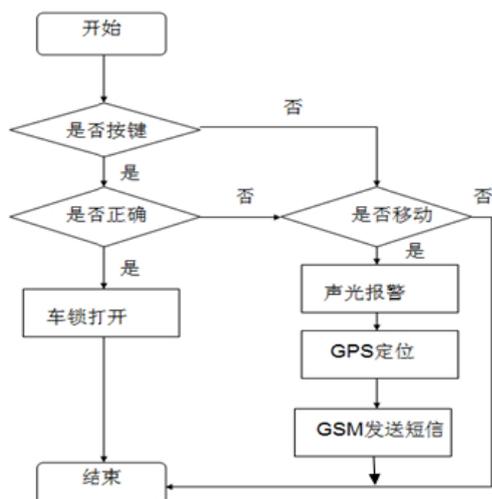


图 1 系统总体结构图

Fig.1 The overall structure of the system

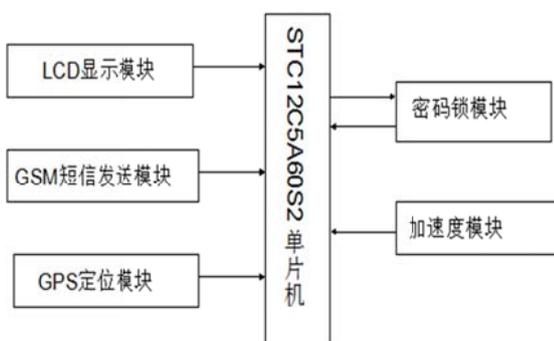


图 2 系统总体流程图

Fig.2 The overall flow chart structure of the system

2 模块设计

智能防盗车锁跟踪系统采用模块化设计，整个系统由控制模块、密码锁模块、加速度模块、GPS 定位模块和 GSM 模块组成，所有模块集中在一块电路板上，通过各模块相互配合，共同实现防盗报警功能。

2.1 控制模块

此系统采用 STC12C5A60S2 单片机作为控制器，该单片机内部自带 60K FLASH ROM,可用电的方式瞬间擦除、改写，支持串口程序烧写，有利于实现程序在线烧录。同时具有高速、低功耗、超强抗干扰等优点，有利于减轻系统重量，稳定性好。

最重要的是，STC12C5A60S2 单片机有两个串口（RXD、TXD 和 RXD1、TXD1），可以实现 GPS 模块与 GSM 模块同时连接到单片机上。串口 1 与 GPS 定位模块连接，串口 2 与 GSM 通信模块连接。GPS 成功定位后，将定位信息通过串

口 1 发给单片机，然后发送定位信息字符串到串口 2，串口 2 利用中断函数控制，保存接收到的数据，最后将数据发到车主手机中，可方便的实现双串口通信。

2.2 密码锁模块

密码锁模块^[3-5]由 STC12C5A60S2 单片机作为主控芯片，16 个按键作为输入键，结果通过 LCD 显示。为了防止掉电等意外情况的发生，采用 AT24C02 作为掉电保护。当通过按键输入密码时，若密码正确则车锁打开且指示灯亮，此时可修改密码，按修改键后连续输入两次即可确定新密码，提高了安全性；若密码错误时会在显示屏上提示输入错误，当连续错误三次后按键被锁定，蜂鸣器持续报警一分钟。密码锁整体仿真图及整体流程图如图 3、图 4 所示。

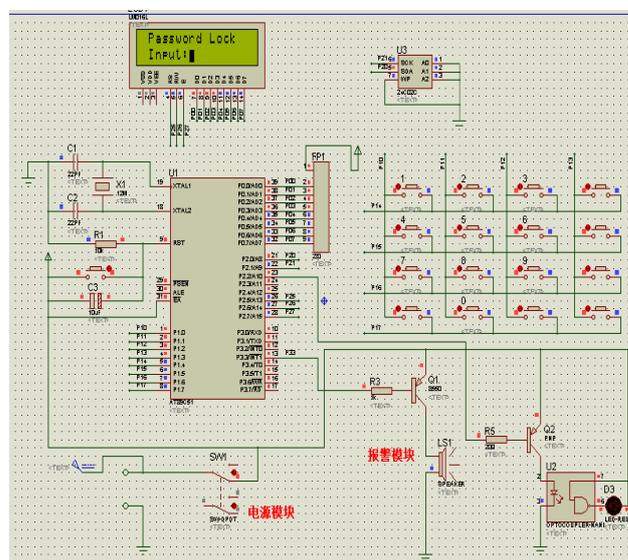


图 3 密码锁整体仿真图

Fig.3 The whole simulation diagram of the Combination lock

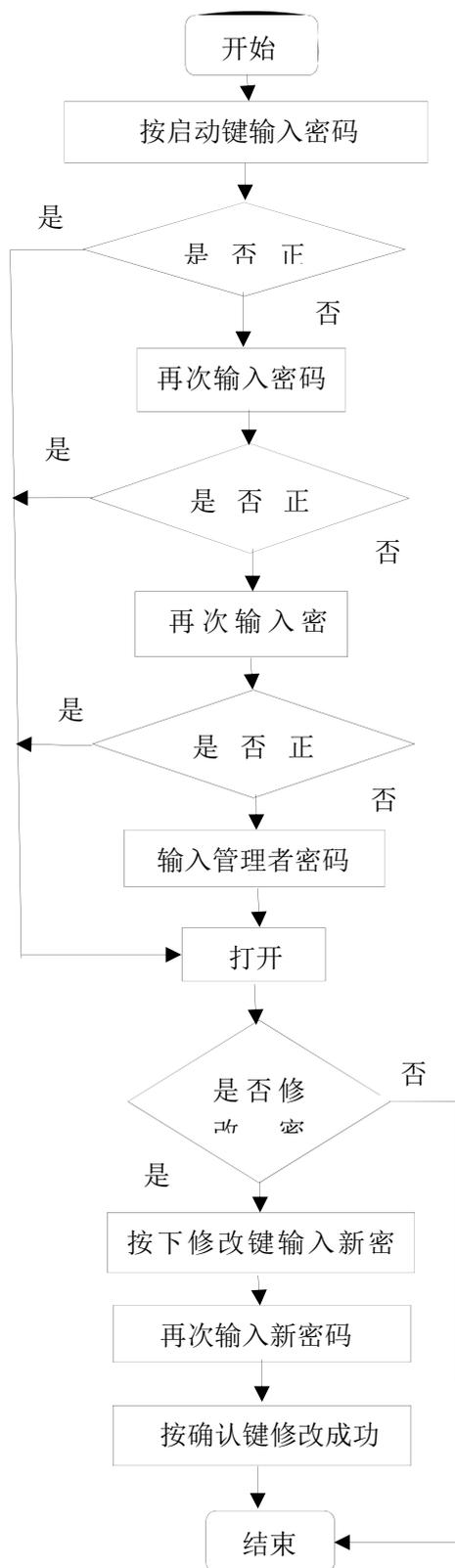


图 4 密码锁整体流程图

Fig.4 The whole flow chart of the Combination lock

2.3 加速度模块

当无密码输入或密码输入错误时，系统需要感知到车子被移动才启动 GPS 定位模块和 GSM 通信模块。本系统采用加速度传感器^[6]感知车子

移动状态。当车子移动时，加速度值发生变化，传感器感知加速度变化值并将其传至单片机，进而启动 GPS 模块进行实时定位。

加速度传感器选用 MMA7455，它是一款数字输出、低功耗、紧凑型加速度传感器，无需外加 AD 转换器，体积小、质量轻。另外具有信号调理、温度补偿等功能，受温度变化影响小，稳定性好。工作时只需把 VCC、GND、SCL、SDA 四个管脚与单片机连接，使用方便，加速度模块的工作原理图如图 5 所示：

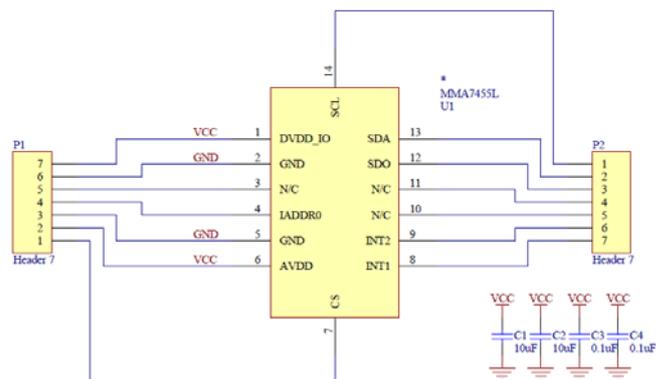


图 5 加速度模块工作原理图

Fig.5 The working principle diagram of the acceleration module

2.4 GPS 定位模块

车子被盗后，为了获取车子的准确位置，系统增加了 GPS 定位功能^[7]。利用 GPS 定位模块确定车子所在位置的经纬度，完成定位和坐标转换，将经纬度转化为坐标的形式，分离出度、分、秒，得到所需的 N(S)、E(W)坐标，再通过串口 TXD、RXD 分别与单片机的 RXD、TXD 相连，将定位结果传给单片机，起到定位防盗的作用。

系统采用 CNP301UA 型号的 GPS 模块，该模块具有体积小、结构紧凑、重量轻、精度高、收星快、灵敏度高以及用户可灵活自定义配置等的优点，可以实现快速、准确定位。

在测试过程中，在不同的地点分别定位，定位结果如图 6 所示：

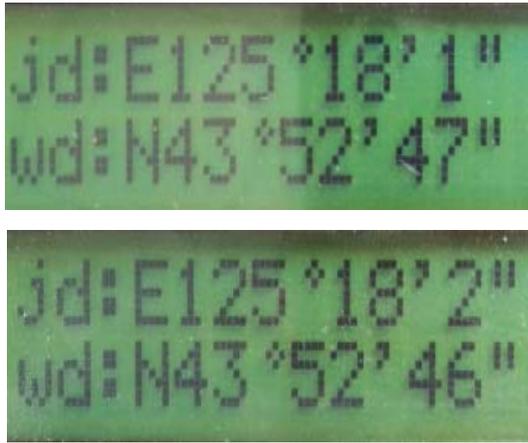


图 6 不同地点的定位结果

Fig.6 The positioning results in different locations

经查找资料可知，在经线上纬度每差一度，实际距离相差 111 千米，则相差一分的距离大概为 111 千米/3600=30.8 米；在纬线上经度每差一度，实际距离相差 $111 \cdot \cos \alpha$ 千米(α 为当前纬度值)，则相差一分的距离大概为 $111 \cdot \cos \alpha / 3600$ 米。

由图 6 可知，两个定位点经线上的测量距离为 $1 \text{分} \cdot 30.8 \text{米/分} = 30.8 \text{米}$ ，纬线上的测量距离为 $1 \text{分} \cdot 30.8 \text{米/分} \cdot \cos 43^\circ = 22.5 \text{米}$ ，则总体测量距离为 $\sqrt{30.8^2 + 22.5^2} = 38.1 \text{米}$ 。而两地实际距离为 36 米左右，因此误差在五米之内，与实际距离相差 2.1 米，误差为 5% 左右。该误差很大程度上取决于所选的 GPS 模块的型号，如需更高的定位精度，可选用更高精度的 GPS 定位模块。

2.5 GSM 通信模块

当车子被盗后，如果能准确获知车子的具体位置，对于追回被盗车辆具有关键作用。因此，可以采用 GSM 通信模块^[8-9]将 GPS 的定位信息实时发送到车主手机中，使车主能及时掌握车子所在方位。

本系统采用 SIM900A 通信模块实现与车主手机的通信，SIM900A 通信模块可以低功耗实现收发短信、接打电话等功能，GSM 模块与计算机之间通过 AT 指令完成数据通信，需要设置发送短消息模式为 Text 格式并确定接收信息的号码。SIM900A 通信模块的工作流程图如图 7 所示。

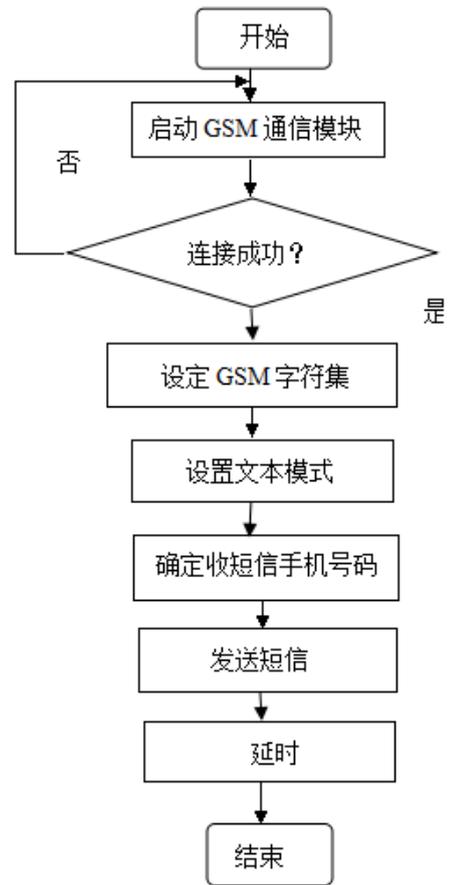


图 7 SIM900A 通信模块的工作流程图

Fig.7 The work flow chart of SIM900A communication module

3 测试结果

各模块调试完成后，进行了系统总体测试。

密码锁可实现基本功能，密码输入正确时车锁打开指示灯亮，有三次输入机会，若三次都错误蜂鸣器报警，且在密码锁打开的情况下可以修改密码。输入密码显示结果及修改密码显示结果如图 8、图 9 所示。

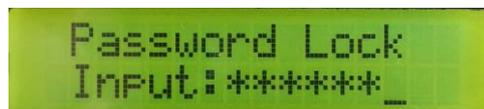


图 8 输入密码显示结果

Fig.8 The results when entering the password

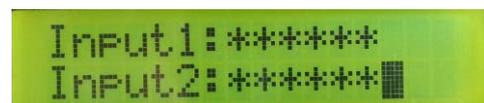


图 9 修改密码显示结果

Fig.9 The results when changing the password

GPS 模块可以定位出当前的经纬度，当车子被盗时开始定位，并且将定位信息通过 GSM 模

块发到车主的手机中^[10-13],图 10 为手机接收到的定位信息。

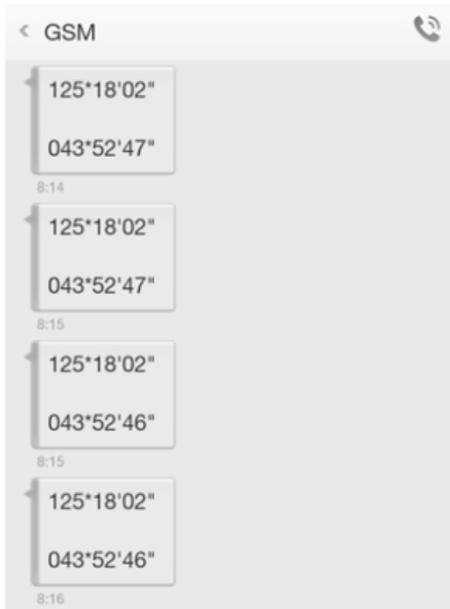


图 10 手机接收到的定位信息

Fig.10 Mobile phone received positioning information

4 结论

完成了智能防盗车锁跟踪系统的设计与测试。在传统电子锁的基础上,增加了密码保护和实时定位功能,更加智能化。通过输入密码解决了传统钥匙易被盗的缺点;利用加速度模块、GPS 模块和 GSM 模块相结合,实现了车子被盗时的实时定位跟踪功能。测试结果表明,本系统的定位精度小于 5 米,从车子被盗到接收到短信的响应时间小于 60 秒/次。本系统为电子防盗车锁的发展提供新的设计思路,具有很高的使用价值和开发潜力。

参考文献

1. 沈红卫.基于单片机结构的智能系统设计与实现[M].北京:电子工业出版社,2002.
2. 孟庆涛,郑凤翼.图解电子控制电路[M].北京:人民邮电出版社,2006.
3. 周功明.基于 AT89C2051 单片机的防盗自动报警电子密码锁系统的设计 [J].绵阳师范学院学报,2007,26(5):112-115.
4. 李明喜.新型电子密码锁的设计[J].机电产品开发与

创新,2004,17(3):40.

5. 董继成.一种新型安全的单片机密码锁[J].电子技术,2004(3):58-60.
6. 王雨,陈常嘉,董岩磊.基于加速度传感器的车辆防盗技术研究[J].计算机技术与发展,2013,23(5):135-141.
7. 邱宗德.星载 GPS 接收机的设计与应用[J].中国航天,2003,11:23-26.
8. 李鸿.用单片机控制手机收发短信息[J].电子技术应用,2003(1):24-26.
9. 张明珊.基于 GPRS 网络的移动数据接入终端的研究与设计[D].杭州:浙江工业大学,2004.
10. 高旭巍.车载 GPS/GPRS 卫星定位系统[D].大连:大连理工大学,2005.
11. 闫正龙.基于 GIS/GPS/GSM/GPRS 技术的车辆监控系统的设计与实现[J].西北大学学报:自然科学版,2008,38(1):127-130.
12. 毕军.GPS/GSM 手持式定位仪的设计与实现[J].电子测量与仪器学报,2005,19(3):38-41
13. 周长征.车载 GPS/GPRS 实时定位系统关键技术研究 [D].武汉:武汉理工大学,2007.

基于 Raspberry Pi 的智能家居系统*

刘纪伟；刘孟臣；高冉冉

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 本系统实现了基于 Raspberry Pi 为基站和中继的智能家居系统。基于 Raspberry Pi 开发板,采用嵌入式系统,在 Linux 系统上运用 Python 语言,我们实现了手机控制灯光的开关、窗帘的升降、GPIO 口的使用和电水壶的开关,收听网络音频,测量温度,监控以及报警系统等功能。

关键词: Raspberry Pi 智能家居 Linux

Smart Home based on Raspberry Pi

Liu Jiwei; Liu Mengchen; Gao Ranran

(College of instrumentation &Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130061)

Abstract: A prototype of smart home is established based on Raspberry pi as base-station and relay,By Raspberry pi board, embedded system is used. On Linux system ,we use python and control light ,curtain, GPIO,switch electric kettle and listen to the music on Internet by mobile phone. Temperature measurement, monitoring and alarm system as well.

Key words: Raspberry Pi Smart Home Linux

0 前言

家居自动化的目标是让我们的居家生活更加充满乐趣和效率,而智能家居技术正在通过引入“智能化”让这一切变为现实。在本文中,我们充分利用了 Raspberry Pi 的开源特性,选择 Linux 作为我们的底层系统,采用开源软件来完成我们想要实现的智能家居调控功能。使用 Python 语言,充分利用了其便捷的语言特性。在我们的作品中,Raspberry Pi 更是一个完美的中继点,运用无线网络技术,我们实现了手机远程控制电灯,遥控窗帘,遥控开关从而给电水壶供电烧水,播放豆瓣 FM 来实现智能家居系统的娱乐功能,并采用热释电传感器来实现报警功能,并应用手机监控录像体现智能家居系统的安全性。

本文基于 Raspberry Pi 的智能家居系统开发,就是摒弃复杂繁琐的 Windows 系统,充分利用底层系统的开源性来完成每一个细微的任务,将每一个细微的功能交互成一个整体的网络,达到智能化的

要求。

1 Raspberry Pi 简介

Raspberry Pi,中文名为“树莓派”,是由注册于英国的慈善组织“Raspberry Pi 基金会”开发,为学生计算机编程教育而设计,只有信用卡大小的卡片式电脑,其系统基于 Linux。别看其外表“娇小”,内“芯”却很强大,视频、音频等功能通通皆有,可谓是“麻雀虽小,五脏俱全”。

在我们的开发过程中,我们选用了 Raspberry Pi 的 B 型版,它是一款基于 ARM 的微型电脑主板,其上包括了一个 ARM1176JZF-s 700Mhz 的处理器(可以超频至 1Ghz),和一块 Video Core IV GPU,还有 512M RAM,板子上面没有内置的长期存储设备,以 SD 卡为内存硬盘,卡片主板周围有两个 USB 接口和一个网口,可连接电源、键盘、鼠标和网线,同时拥有视频模拟信号的电视输出接口和 HDMI 高清视频输出接口,以上部件全部整合在一张仅比信用卡稍大的主板上,具备所有 PC 的基本功能只需

*指导教师:李哲

项目类型:大学生创新项目

接通电视机和键盘，就能执行如电子表格、文字处理、玩游戏、播放高清视频等诸多功能。Raspberry Pi 只提供电脑板，无内存、电源、键盘、机箱或连线。总的来说，树莓派板子的外部接口丰富，处理器、存储设备不够强大，但其价格低廉，为我们提供了一个理想的嵌入式开发平台。

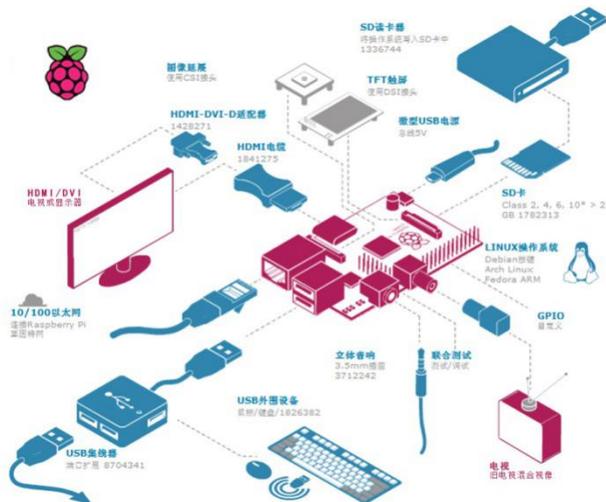


图 1 Raspberry Pi B 型板的宏观结构图

Fig. 1. The macro-structure of the Raspberry Pi B plate

2 智能家居系统

该系统包含灯光模块、窗帘模块、音乐模块、测温模块、电水壶模块、报警模块和监控模块等，我们已实现了电脑和手机对以上模块的远程控制，利用 putty 软件还可以查看相关的程序，方便编程爱好者作进一步开发。基本原理框图如图 2:

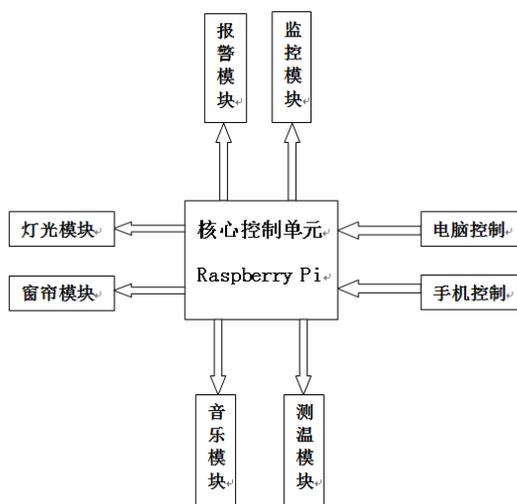


图 2 智能家居系统原理框图

Fig. 2. Block diagram of the smart home system

2.1 灯光模块

2.1.1 硬件连接图

将灯和开关按图 3 接入 Raspberry Pi。在这里，我们采用 5V 继电器将使用 220V 交流电供电的电灯泡接入电路中，通过控制继电器来控制灯泡。

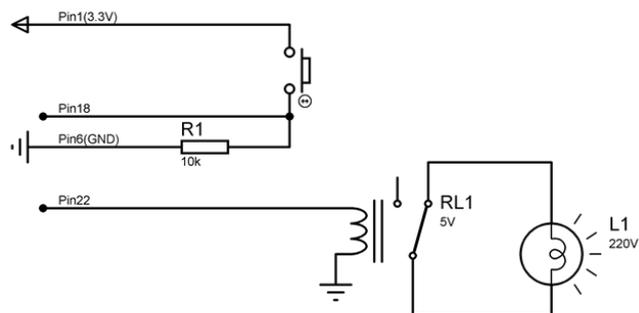


图 3 灯光模块控制电路

Fig. 3. Light module control circuit

2.1.2 控制方式

2.1.2.1 普通开关控制

开关是对 Raspberry Pi 输入信号，因此要使用 GPIO 的输入功能，在中断方式下编写 python 程序。使用时，运行灯光控制程序，即可利用开关控制灯的亮灭。按下开关时，灯亮，再按一下开关，灯灭。

2.1.2.2 电脑控制

运行 putty 软件，在命令行中输入 python 指令控制 GPIO 25(即 Pin22)电平的高低，进而灯光的亮灭。

在对灯进行操作之前，要将 GPIO25 设置为输出方式，即

```
>>>GPIO.setup(25,GPIO.OUT)
```

点亮灯光的指令为:

```
>>>GPIO.output(25,GPIO.HIGH)
```

关闭灯光的指令为:

```
>>>GPIO.output(25,GPIO.LOW)
```

2.1.2.3 WEB10 控制

用浏览器打开 IP 地址访问管理界面，若 Raspberry Pi 的 ip 地址为 192.168.137.200，则打开 <http://192.168.137.200:8000/webiopi/>，打开的页面如图 4 所示:

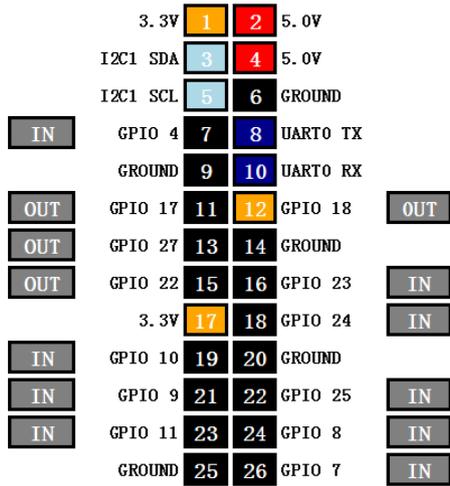


图 4 WEBIO 界面

Fig. 4. WEBIO interface

点击外侧的“IN/OUT”切换 GPIO 的工作模式为输入还是输出，因此应将 GPIO 25 切换为 OUT，点击内侧的数字 25，当 25 变亮时，GPIO25 被置为高电平，此时灯被点亮；当 25 熄灭时，GPIO25 被置为低电平，此时灯也跟着熄灭。

2.1.2.4 手机终端控制

通过手机终端软件来控制灯的亮灭。

2.2 窗帘模块

本模块采用步进电机驱动，在窗帘的驱动导轨内放置一个步进电机，通过控制步进电机的步进方向和转动步数来控制窗帘的升降。通过 python 程序控制步进电机的转动方向以及速度。

步进电机采用的驱动芯片是 ULN2803A，因此可用 ULN2803A 设计一个驱动板，驱动板上有 4 个输入口：IN1~IN4，这 4 个口用来接树莓派的 4 个 GPIO 口，利用 Pin2 给步进电机提供 5V 电源。依次把驱动板的 IN1~IN4 置为高电平，就可以驱动步进电机，也就是说，要把树莓派的 4 个 GPIO 输出口依次置为高电平。具体实现电路如图 5。

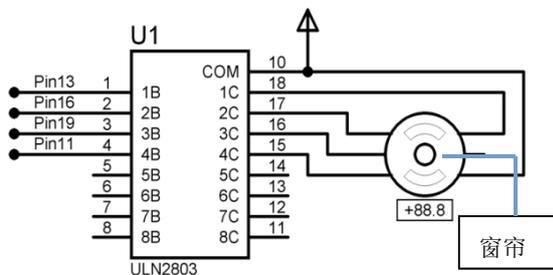


图 5 步进电机控制电路

Fig. 5. Stepping motor driving circuit

通过终端发送运行指令，来完成一次拉开或关闭窗帘的动作。并且还可以通过改变输入参量来调

节窗帘拉开的幅度，使本设计具有更强的自由度。使设计更智能化，人性化。

2.3 电水壶模块

利用 GPIO 接口控制电水壶开关的通断。当 GPIO 接口为高电平时，电水壶开关打开，电水壶的电阻加热，电水壶执行烧水功能，利用 DS18B20 检测温度，当温度达到 100℃时，GPIO 接口自动变为低电平，电水壶开关自动断开，停止烧水，执行保温功能，并启动报警功能，提醒主人水已烧开。当 GPIO 接口为低电平时，则不执行烧水功能。

2.4 音乐模块

本模块借助 GitHub 上的一个开源项目修改而来，可以实现利用豆瓣 FM 播放音乐，操作简单，把树莓派作为一个低功耗音乐电台使用，为家庭生活增添欢乐气息。播放器界面如图 6。

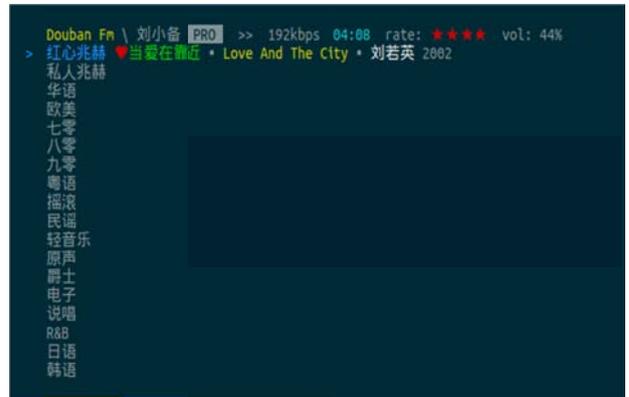


图 6 播放器界面

Fig. 6. Player interface

该播放器允许用户根据不同喜好来选择不同频道、标记和取消喜欢的音乐，播放下一首，还可以设置循环模式，使家居生活更加智能化。

2.5 测温模块

本模块采用温度传感器 DS18S20 感知室内温度，并将其转换为数字输出。该传感器采用美国 DALLAS 公司生产的 DS18S20 可组网数字温度传感器芯片封装而成，具有耐磨耐碰，体积小，使用方便，封装形式多样的特点，适用于各种狭小空间设备数字测温和控制领域。它使用单线总线数字接口，所以不需要 A/D 转换芯片。实际测量时，我们发现 DS18S20 具有 2℃的温漂，因此我们在程序结果中减掉 2℃作为温度补偿。具体实现电路如图 7。

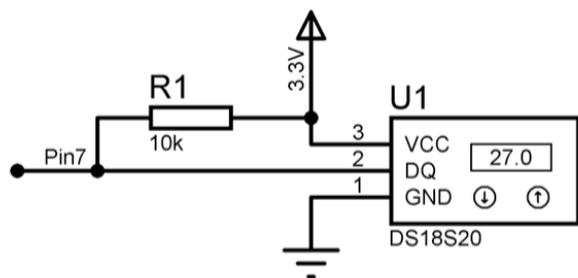


图 7 测温模块控制电路

Fig. 7. Temperature Module Circuit

2.5.1 电脑控制

在 putty 软件下运行温度控制程序, 显示屏上每隔 1s 显示当前的环境温度值。

2.5.2 手机控制

通过运行手机客户端软件来实现温度检测。

2.6 报警模块

本模块采用人体红外感应模块 HC-SR501, 本模块的核心器件是人体红外热释电传感器。红外热释电传感器由一种高热电系数的材料组成, 可以测出 10~20 米范围内人的行动。将红外热释电传感器与蜂鸣器连成图 8 所示电路:

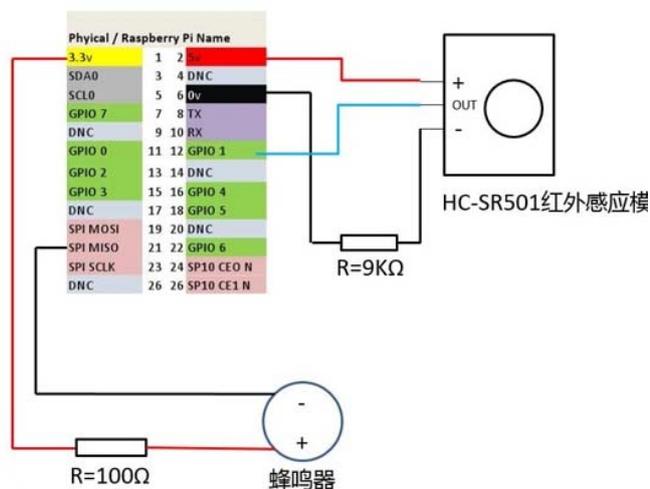


图 8 报警电路

Fig. 8. Alarm circuit

运行 python 程序后, 红外感应模块每隔一定时间检测, 如有人靠近, 蜂鸣器则发出报警声, 并在屏幕打印提示有人靠近, 人若离开, 则停止鸣叫, 屏幕上显示没有人靠近。

2.7 监控模块

本模块使用 USB 接口的网络摄像头, 网络摄像头在 Raspberry Pi 的控制下拍摄连续的照片, 并将照片信息以数据的形式返回给 Raspberry Pi, Raspberry Pi 将数据信息传输到网络, 并将数据信息还原为图像, 在显示屏上即可看到实时监控的图像。

浏览器控制: 将网络摄像头接入 Raspberry Pi, 打开浏览器, 在地址栏内输入 <http://192.168.137.200:8081>, 其中, 192.168.137.200 为 Raspberry Pi 的 IP 地址。打开上述网址, 在网页上即可看到一个 640*480 像素的窗口, 窗口内即为网络摄像头拍摄的动态画面。

2.8 远程控制

鉴于现在市面上 Android 手机比较普遍, 在手机端远程控制方面, 我们选择 Android 手机作为实验平台。通过 Raspberry Pi Command 和 RPi_Automation 手机端 APP, 可以轻松实现手机端对树莓派 GPIO 电平的控制, 并且实现一键发送预先设置好的指令, 以完成复杂任务。并且这些 APP 具有可编程性, 可以根据自身需求来修改指令, 从而满足不同人的不同需求。

通过手机端, 可以远程控制电灯的亮灭, 控制窗帘拉开或者关上, 播放豆瓣 FM, 或者是控制热水壶烧水, 从而大大方便了使用者的生活, 解放了双腿, 使生活更智能化。

3 软件源

Linux 系统是一个开源的系统, 它用很少的程序代码就可以实现一个完整的操作系统, 适合作为家电或电子用品的操作系统, 即“嵌入式”系统。Linux 主机上可以同时允许多人上线工作, 并且资源分配较为公平, 这正好迎合了 Raspberry Pi 多用户多任务的需求。Raspberry Pi 的灵魂是 Linux 系统, Debian 系统是 Linux 系统的一个重要的分支, Raspberry Pi 搭载 Debian 系统形成的 Raspbian 系统, 是官方推荐 Raspberry Pi 的首选操作系统。Python 语言具有完全免费、面向对象、简单易学、可移植性强等特点, 并且可实现对硬件底层的访问和控制, 是基于 Raspberry Pi 控制硬件的不二选择。

4 系统测试结果

我们实现的功能有:

灯光模块: 通过普通开关、电脑、手机控制灯光的亮灭;

窗帘模块: 通过手机、电脑远程控制步进电机的转动, 步进电机带动窗帘升起、降落;

电水壶模块: 通过手机、电脑远程控制电水壶进行加水与烧水动作, 以及水开后的报警功能;

音乐模块: 使用 Raspberry Pi 自主播放音乐;

测温模块: Raspberry Pi 控制 DS18S20 测量温

度，并通过手机、电脑查看当前温度值；

报警模块：Raspberry Pi 控制红外热释电传感器检测人体红外信号，有人靠近时蜂鸣器发出报警声；

监控模块：Raspberry Pi 控制网络摄像头对室内进行实时监控，并可通过手机、电脑查看监控画面。下图为作品实物图以及我们使用的手机软件截图：

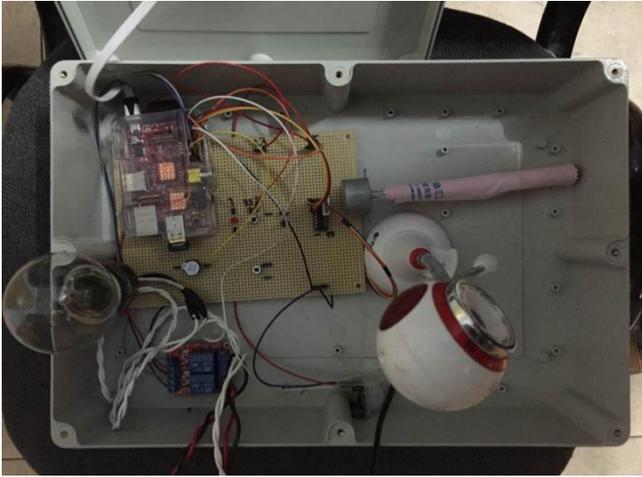


图 9 实物图

Fig. 9. Real Products

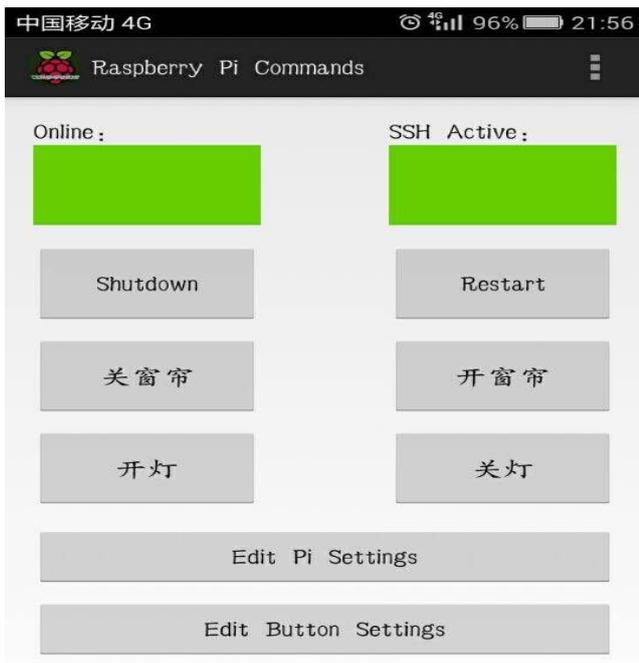


图 10 手机客户端软件

Fig. 10. Android APP

5 总结

本文充分展现了家居智能化的概念，总体来说，我们成功搭建了一个智能家居模型和软件平台。在硬件方面，我们做到了以 Raspberry Pi 为控制器，以电脑和手机等不同终端的控制方式，成功实现了对灯光、窗帘、电水壶的控制，并且实现了测温、

播放网络音频和监控报警功能，将智能家居的理念做到了实处。在软件方面，我们以 python 语言为工具，以 Linux 系统和 Raspberry Pi 为平台，通过编写 python 程序成功实现了对硬件的控制。实践证明，我们的理论是正确的，可行的。

心得体会

通过本次实验，给我们的感触颇多。在探索科学的道路上没有捷径，只有不断的求知、探索、寻觅、不抛弃、不放弃，踏踏实实的钻研每一个细节，这样我们才能成功攻关，克服困难，取得想要的成果。在我们制作最艰难的那段时间，我充分感受到了团队的力量是无穷的。每每遇到攻克不了的难关，我们就会一起研究商讨，这是这个过程，促进我们完成所有的预期任务，促成了我们产品的成功。

致谢

我们的作品是在李哲老师的亲切关怀和悉心指导下完成的。首先要感谢老师的宽容，给我提供了很多自由发挥的空间。其次，在整个制作过程中，每每遇到解决不了的难题，都是李哲老师给予正确的指导，循循善诱，帮助我们自主地解决问题，最终完成作品。

同时还要对徐凯、Grant Van Skiver、Lukasz Skalski、GuoYu (turingou)、Mike Haldas 提供的帮助表示感谢，正是在这些前辈的帮助下，我们的作品才能不断完善，才能一步步成形。感谢以上前辈提供的帮助。

参考文献

1. 陈建皓.Raspberry Pi 入门指南[M].北京：人民邮电出版社，2014.
2. Brendan Horan. Raspberry Pi 树莓派实作应用[M].北京：人民邮电出版社，2014.
3. 李龙棋，方美发，唐晓腾.树莓派平台下的实时监控系统设计[J].闽江学院学报，2014 (05).
4. 郑世珏,徐虹.基于 Raspberry Pi 的远程监测系统的设计与实现[J].微型机与应用, 2014(19).
5. Simon Monk.Raspberry Pi Python 编程入门[M].北京：科

学出版社，2014.

6. 佚名.A tiny and smart cli player of douban.fm in Node
[EB/OL].<https://github.com/turingou/douban.fm>
7. 佚名.又一个让树莓派开机运行 Python 脚本的方法
[EB/OL].<http://shumeipai.nxez.com/2015/02/09/run-python-script-when-the-raspberry-pi-start.html>

分布式工厂机器温度无线监测系统*

曹展鹏；周博；母廷廷

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130022)

摘要:本文介绍了基于低耗高性能微型控制器 STC89C52RC 和温湿度传感器 DHT11 传感器以及 nRF24L01 无线模块对温湿度进行短距离监控的设计。由于工厂环境过大, 温度和湿度的实时变化及分布不均, 如果采用传统直接布线测量, 电路很复杂, 容易受干扰, 准确性也不高。因此, 选择一个性能不错的温湿度传感器和无线传输模块, 简单的使用显得尤为重要。本次设计功耗低, 成本低, 硬件电路简单, 接收灵敏度高, 收发距离在 100 米左右, 是一种可行的方案。

关键词: NRF24L01; 温湿度传感器 DHT11 ; STC89C52RC

Distributed wireless monitoring system of temperature applying to factory

Cao zhanpeng Zhou bo Mu tingting

(college of Instrument science and electrical engineering, JilinUniversity, Changchun130022)

Abstract:The paper introduce a design that monitors temperature and humidity for short distance, which is based on low energy consumption and high performance micro controller STC89C52RC and temperature sensor DHT11, and uses wireless module nRF24L01. Because of the large factory environment, the real-time changes and uneven distribution of temperature and humidity is caused. If we adopt the traditional way of the measurement circuit, it will be very complex, vulnerable to be distracted, and accuracy is not high, does not meet certain harsh industrial environment and some outdoor environment. Therefore, choosing a good digital temperature, a wireless transmission module and simple to use is particularly important. This design has low power consumption, low cost, simple hardware circuit, high receiving sensitivity, receiving and transmitting distance is about 100 meters, it is a feasible method.

Keywords: NRF24L01; temperature and humidity sensor DHT11; STC89C52RC

1 前言

近年来, 随着社会的发展, 我们对于环境湿度的要求也越来越高, 特别是在医药, 食品, 航空, 微电子等领域对环境的要求更加苛刻。对于工厂的日常管理来说, 其中很重要的一项内容就是防潮、防爆, 这是衡量工厂管理质量的重要

指标。因此, 一个能够精确、稳定、实时监测环境湿度的系统就显得尤为重要。某些情况下, 需要监测的范围很大, 布线不方便且不利于后期维护, 这时我们就采用无线模块对温度进行采集。

考虑到许多工厂环境中有多点温度进行监控的需求, 所以本文设计分布式工厂无线温度监控系统。采用 nRF24L01 无线通信模块, 并以 STC89C52RC 为核心来控制实现短距离无线温湿

* 指导教师: 李冶

项目类型: 大学生创新项目

度传输。整个设计的主机和从机通 NRF24L01 无线模块连接通信。从机以单片机 STC89C52 为核心，通过无线模块 NRF24L01 把温度传感器采集的温度传送给主机，主机通过无线模块 NRF24L01 接收温度数据，然后再在液晶 LCD1602 上面显示，从而达到监控的目的。最后完成了 2 个从机把传感器上接受的温湿度数据通过无线模块在 5m 的范围内上能发送给主机，主机通过无线模块接收后在 LCD1602 液晶显示屏上显示，从而达到监测各点温湿度的目的。该系统设计具有成本低，传输快，软件设计简单，功耗低，可靠性高等优点。

2. 硬件系统的设计

系统的基本模块图如下图 1 所示。单片机主要用于对检测到的温湿度信号进行处理，得到精确的温湿度数值，通过 LCD 显示出来，并将数据发送给 10 米（空旷地区）以外的单片机，当温湿度小于预设的值时，发出报警。单片机为主系统，通过无线接收模块接收另一片单片机发送的数据，由 LCD 显示。

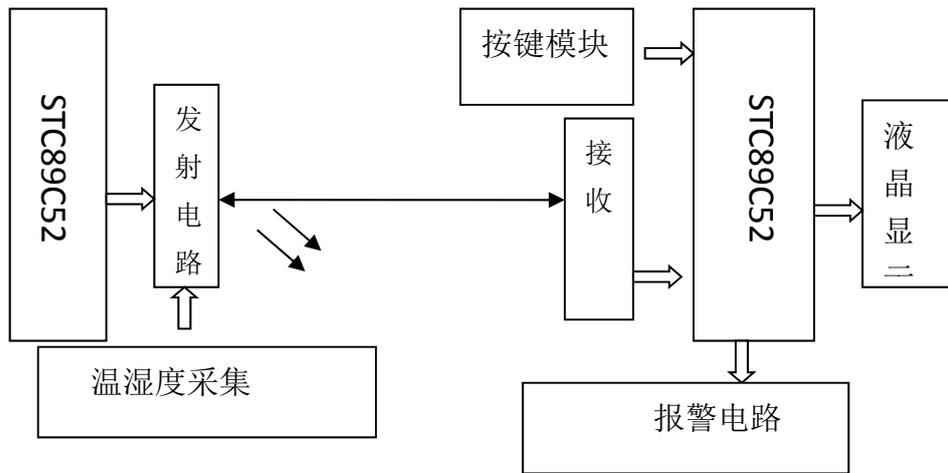


图 1 系统的基本模块

2.1 STC89C52RC 主控模块设计

该模块采用 STC89C52 作为系统的控制器的双 CPU 方案。STC89C52 算术运算功能强，软件编程灵活、自由度大，可用软件编程来实现各种算法和逻辑控制，并且存储空间相对符合本次设计的要求，性价比也相对较高。再加上本次设计由于要求对数据进行精确的传输，则需要用两片单片机分别进行检测和控制，这既是设计的要求，也减轻了单个 CPU 的负担，提高了系统的稳定和工作效率。

2.2 nRF24L01 无线模块设计

该模块采用无线射频收发芯片 nRF24L01。nRF24L01 是一款新型单片射频收发器件，工作于 2.4 GHz~2.5 GHz ISM 频段。内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器、调制器等功能模块，

并融合了增强型 ShockBurst 技术，其中输出功率和通信频道可通过程序进行配置。nRF24L01 功耗低，在以 -6 dBm 的功率发射时，工作电流也只有 9 mA；接收时，工作电流只有 12.3 mA，多种低功率工作模式（掉电模式和空闲模式）使节能设计更方便。由于 ANT 协议的缘故可以方便搭建无线网络，ANT 的无线个人局域网通讯技术使数据保持了完整性。nRF24L01 是一款采用 FSK 调制的无线通信芯片，它可以点对点以及 1 对 n 的高速通信。MCU 只需要给 nRF24L01 无线模块提供 5 个普通引脚和一个中断引脚就可以实现通信功能。所以 MCU 系统搭建无线通信功能利用 nRF24L01 就显得十分简单。nRF24L01 无线模块电路图如下图所示：

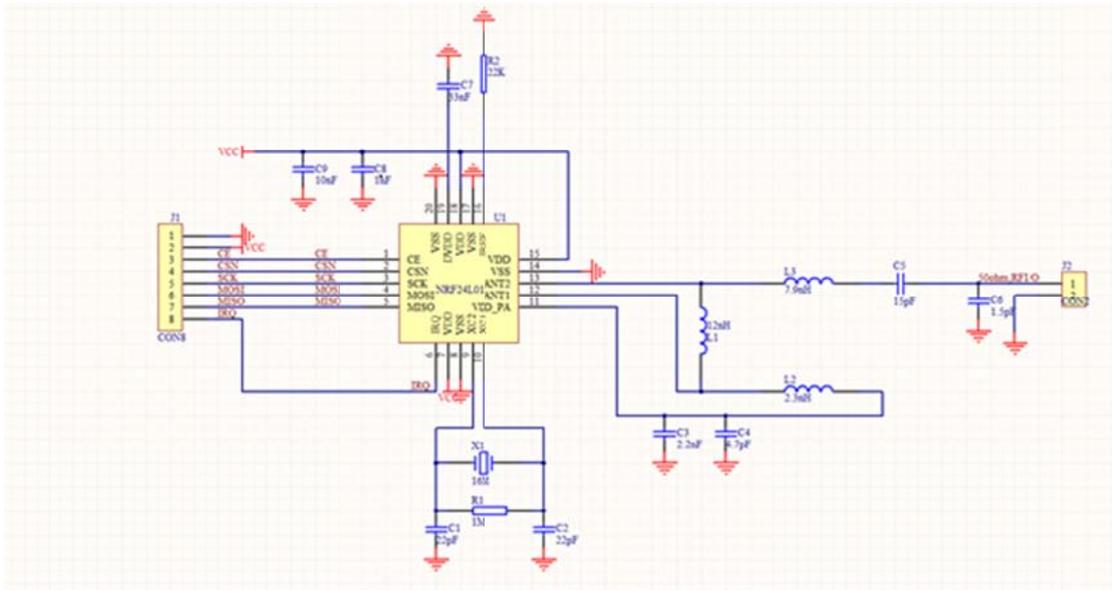


图2 nRF24L01 无线模块电路图

2.3 温湿度传感器模块设计

该模块采用温湿度一体化传感器 DHT11。DHT11 是一款有已校准数字信号输出的温湿度传感器。精度湿度 $\pm 5\%RH$ ，温度 $\pm 2^{\circ}C$ ，量程湿度 20-90%RH，温度 0~50 $^{\circ}C$ 。传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件，并与一个高性能 8 位单片机相连接。因此该产品具有品质卓越、超快响应、抗干扰能力强、性价比极高等优点。超小的体积、极低的功耗，使其成为该类应用中，在苛刻应用场合的最佳选择。产品为 4 针单排引脚封装，连接方便。本系统中传感器输出直接与单片机的 P10/T 相连，外接 10K 的上拉电阻到电源，采用+5v 外部电源供电。

2.4 显示电路模块设计

该模块采用液晶显示温度和湿度。LCD 具有更薄、更亮、更清晰的优点。而且还有低功耗、无辐射危险的特性，它在平面显示以及稳定性方面也具有优势。而且现在很多液晶都自带字符库，应用方便。1602 采用标准的 16 脚接口。

2.5. 按键模块

该模块设置三个独立按键，一个设置键，一个加，一个减。

2.6. 报警模块

该模块采用蜂鸣器报警电路。

3. 各模块软件设计

3.1 数据采集与发射部分程序设计

(1) 主程序

主程序的主要功能是负责温度的实时测量、读出并处理 DHT11 的测量温度值、已测数值的实时发射，温度测量每 1s 进行一次。其程序流程图如图 3 所示。

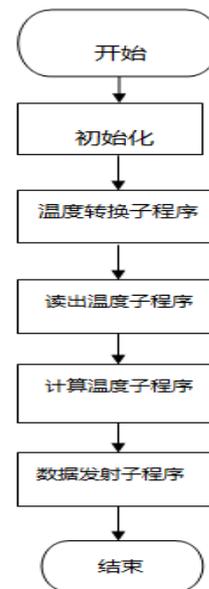


图3: 数据采集与发射部分主程序流程图

(2) 数据发送子程序

发送部分的总体思路：初始化温度传感器，DHT11 测得温度，接着把温度值写入待发数据，

然后初始化 nRF24L01 无线模块, 将温度发送给主机, 其流程图如下图 4 所示:

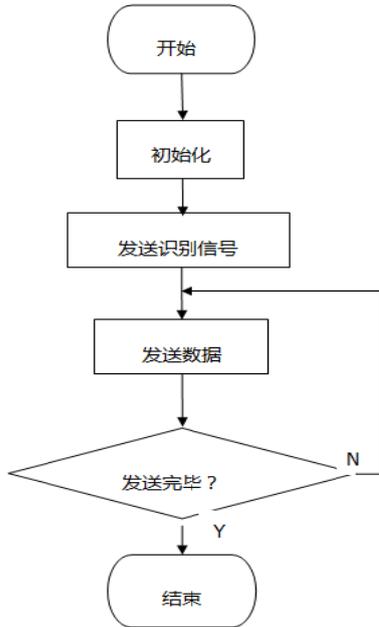


图 4: 数据发送子程序流程图

3.2 数据接收与显示部分程序设计

(1) 主程序

主要功能是负责温度数据的接收和显示。数据接收并解码正确后, 以中断方式通知单片机开始处理数据。其流程图如图 5 所示。

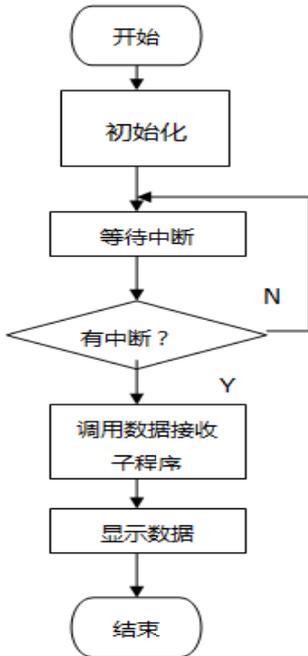


图 5: 数据接收与显示部分主程序流程图

(2) 数据接收子程序: 主要负责数据的接收和校验。接收时先判断收到的数据是否是 OFH,

只有收到了这个识别信号数据后才将后来的数据接收进来其流程图如图 6 所示。

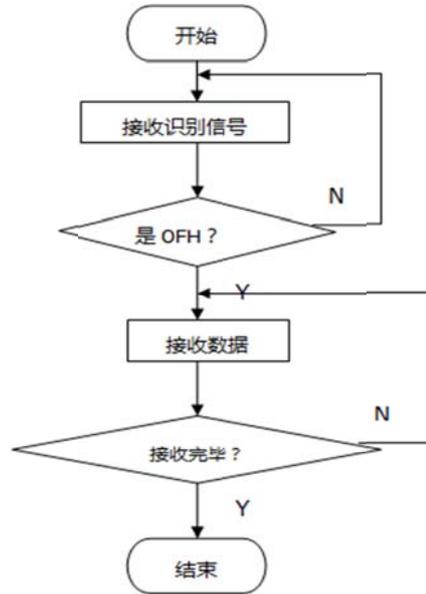


图 6: 数据接收子程序流程图

(3) 显示数据刷新子程序: 显示数据刷新子程序主要是对显示缓冲器中的显示数据进行刷新操作, 当最高显示位为 0 时将符号显示位移入下一位。程序流程图如图 7 所示

(4) 显示子程序: 显示子程序完成符号、数值的显示输出。

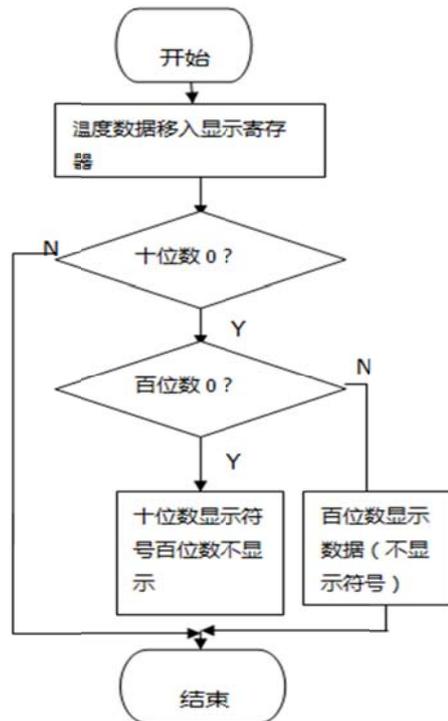


图 7 显示数据刷新子程序流程图

4 调试及实验结果

4.1 调试步骤

步骤一:完成硬件电路的焊接。

步骤二:首先烧写入简单测试程序, 检验 LCD1602 显示没有问题。

步骤三:将接受部分的单片机连接上一块数码管上, 写入测量温湿度的程序。测试 DHT11 相关硬件及软件。

步骤四:搭建简单的无线通信硬件, 写入简单的测试测序, 检测收发硬件模块。步骤五:将所用测序写在一起, 搭建完成一个主机 2 个从机的完整硬件, 检测系统是否能把 2 个从机测得的温度值通过无线模块通信从而在 LCD1602 上显示出来。



图 8: 无线测试温湿度系统的主机

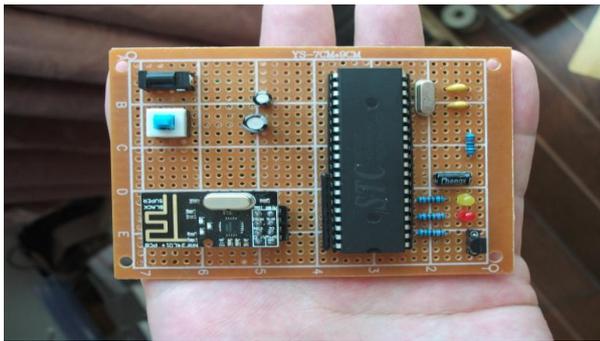


图 9: 无线测温系统的从机

4.2 实验结果

(1)如下图 8 就是无线测试温湿度系统的主机, 接通电源立即对 LCD1602 初始化, 并等待发射端传来数据进行接收并在 LCD1602 上实时显示出来。

(2)图 9 就是无线测温系统的从机。在接通电源的时会立即完成初始化, 把从 DHT11 中测得的温度湿度通过无线模块地发送给主机。

5. 结论

基于低耗高性能微型控制器 STC89C52RC 和温湿度传感器 DHT11 传感器以及 nRF24L01 无线模块的分布式工厂机器温度无线监测系统具有成本低, 传输快, 软件设计简单, 功耗低, 可靠性高等优点。本次设计完成了 2 个从机把传感器上接受的温湿度数据通过无线模块在 5m 的范围内上能发送给主机, 主机通过无线模块接收后在 LCD1602 液晶显示屏上显示, 从而达到监测各点温湿度的目的。

参考文献

1. nRF24L01 无线收发模块开发指南[S] (V3.2)
2. 周远举, 基于 AT89S52 和 NRF24L01 的无线温度监测系统[J]. 2012 年第 2 期
3. 郭刚, 李思敏. 基于 nRF24E1 开发的短距离无线数据传输系统. 桂林电子工业学院学报, 2004, 24 (3).
4. 李会聪. DS18B20 多点测温方法探讨[J]. 微计算机信息, 2010(26).
5. 英庆, 王代华, 张志杰. 基于 nRF24L01 的无线数据传输系统[J]. 现代电子技术, 2008, 31 (7): 68-82.
6. 丁永红, 孙运强. 基于 nRF2401 的无线数传系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2008, 27 (4): 45-47
7. 朱玉颖, 蔡占辉. 基于 NRF24L01 的远程温度检测系统设计[J]. 通信与信息处理, 2010, 29(5): 56-58.
8. 潘勇, 管学奎, 赵瑞. 基于 NRF24L01 的智能无线温度测量系统设计[J]. 电子测量技术, 2010 年 2 月.
9. 李文仲, 段朝玉. 短距离无线数据通信入门与实战[M]. 北京航空航天大学出版社, 2006, 80~259
10. 喻金钱, 喻斌. 短距离无线通信详解: 基于单片机控制 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009, 125~246

基于 DDS 技术的半导体激光器驱动电路设计*

江延辉；孙超凡；陈文星

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130022)

摘要：结合 DDS 技术和 DA 技术设计并制作一个正弦波信号发生器，产生频率范围 1 Hz~1MHz 幅度范围 0~5V 数控可调的正弦波驱动信号，经过功率放大实现对激光器的高频驱动，使 DFB 激光器在实际气体浓度检测应用中得到可靠的驱动保障。

关键词：DFB 激光器驱动 气体浓度检测 DDS 技术 正弦波信号发生器

The design of Semiconductor laser modulation circuit based on DDS technology

Jiang yanhui; Sun chaofan; Chen wenxing

(. Instrument science and electrical engineering , Jilin University, Changchun 130022)

Abstract The detection method of wavelength modulation based on DFB laser can make the detection sensitivity higher than the direct absorption method even 2 to 3 orders of magnitude .Therefore, there is very important practical value to design DFB Laser driver .

Key words DFB Laser driver ; gas concentration detection; direct digital frequency synthesis technology; sinusoidal wave signal generator

0 前言

国内屡次发生煤矿瓦斯爆炸事件，给人们的生命安全和财产保障带来了极大的损失，因此，对气体浓度的检测起着不可或缺的重要作用。气体浓度检测大多采用红外气体分析方法，半导体激光器是常用的光源。传统激光器的驱动是利用模拟电子元器件来搭建的，但是模拟电路调试困难，不容易快速得到需要的驱动信号。近年来，随着数字技术的发展，使用数字方法驱动激光器不但可以快速得到需要的驱动信号，使同一激光器根据需要在不同场合下工作，甚至可以使用同一个数字信号发生器驱动不同类型的激光器。大部分现有的 DDS 信号发生器不具备驱动 DFB 激光器的能力，因此研究具有驱动激光器能力的 DDS 信号发生器是十分必要的。

1 正文

1.1 DDS 技术原理

1.1.1 DDS 的原理和特点

DDS 以高精度时钟信号作为参考，经由相位累加器及寄存器，在正弦查找表中找到相应的幅值信息，通过 D/A 变换得到相应的数字信号，再选用低通滤波器，最后输出正弦信号。如图 1 所示，其相位和幅度的对应关系如下：

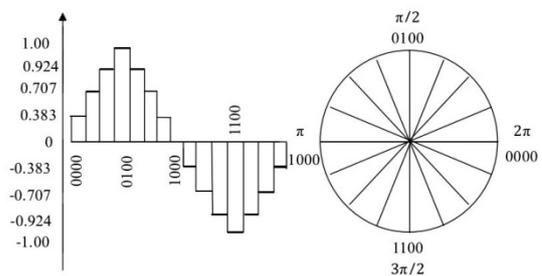


图 1 相位和幅度对应图

可以将正弦波波形看作一个矢量沿相位圆转动，相位圆对应正弦波一个周期的波形。波形中的每个采样点对应相位圆上的一个相位点。

1.1.2 DDS 的结构组成

DDS 的原理框图如图 2 所示，包含相位累加器、

*指导教师：陈晨

项目类型：大学生创新项目

波形存储器、模数转换器、低通滤波器和参考时钟五部分。在参考时钟的控制下，输入频率控制字，相位累加器对频率控制字 K 进行线性累加，得到的

相位码对波形存储器寻址，使之输出相应的幅度码，经过数模转换器得到相对应的阶梯波，最后经低通滤波器得到连续变化的所需频率的波形。

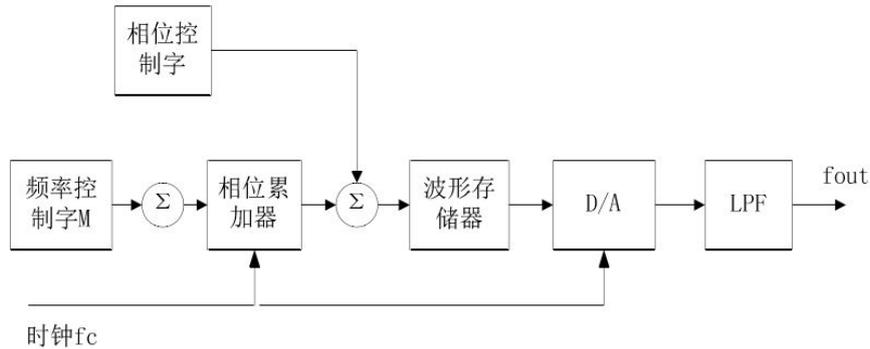


图 2 DDS 原理框图

1.1.3 DDS 的器件选型

生产 DDS 芯片的厂商主要有 AD 公司、摩托罗拉公司、美国国家半导体公司、飞利浦公司和日本的富士通公司。目前市场上的 DDS 芯片种类比较齐全，常用的 DDS 集成芯片有 AD9850、AD9851

等，它内部包含有频率控制字、相位累加器、正弦查找表、数模转换器。具有输出信号杂散比较小，输出频率范围宽，价格越来越低，性价比高等优点，单片 DDS 芯片在频率合成领域中的应用越来越广泛。

表 1 AD 公司常用 DDS 芯片选用列表

| 型号 | 最大工作 (MHz) | 工作电压 (V) | 最大功耗 | 备注 |
|--------|------------|----------|------|--|
| AD9832 | 25 | 3.3/5 | 120 | 小型封装，串行输入，内置 D/A 转换器 |
| AD9831 | 25 | 3.3/5 | 120 | 低电压，经济，内置 D/A 转换器 |
| AD9833 | 25 | 2.5~5.5 | 20 | 10 个管脚的 uSOIC 封装 |
| AD9834 | 50 | 2.5~5.5 | 25 | 20 个管脚的 TSSOP 封装，内置比较器 |
| AD9835 | 50 | 5 | 200 | 经济，串行输入，内置 D/A 转换器 |
| AD9830 | 50 | 5 | 300 | 经济，并行输入，内置 D/A 转换器 |
| AD9850 | 125 | 3.3/5 | 480 | 内置比较器和 D/A 转换器 |
| AD9853 | 165 | 3.3/5 | 1150 | 可编程数字调制器 |
| AD9851 | 180 | 3/3.3/5 | 650 | 内置比较器 D/A 转换器和 6 倍频 |
| AD9852 | 300 | 3.3 | 1200 | 内置 12 位 D/A 转换器，高速比较器，线性调频和可编程参考时钟倍频器 |
| AD9854 | 300 | 3.3 | 1200 | 内置 12 位两路正交 D/A 转换器，高速比较器和可编程参考时钟倍频器 |
| AD9858 | 1000 | 3.3 | 2000 | 内置 10 位 D/A 转换器，150MHz 相频检测器，充电泵和 2GHz 混频器 |

通过对各种系列的 DDS 芯片从性能、价格方面进行比较，并结合本系统的要求，最后使用 AD9851 作为本系统的核心芯片。AD9851 输出频率较高，可以实现各种调制，相位噪声性能好，价格适中，各方面的性能指标和功能都达到常见信号发生器的要求。

1.2 系统硬件设计

1.2.1 系统指标

频率范围: 0 Hz~1MHz

频率分辨率: 10 Hz

输出幅度: 0~5V

电压分辨率: 10mV

输出波形: 正弦波、方波

1.2.2 硬件总体设计

如图 3 所示,系统硬件由单片机控制模块、DDS 信号产生模块、DAC 模块、乘法器模块、电压放大模块、功率放大模块和人机交互等模块构成。其中,单片机控制模块用来实现对整个系统的控制,通过按键输入信号的频率值和幅度值,经单片机程序处理后转换为控制字传送至 DDS 信号产生模块,并在

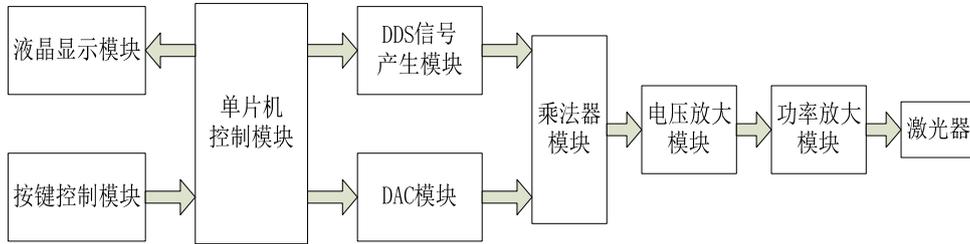


图 3 系统框图

1.2.2.1 单片机控制模块

中心控制器选用 ATMEL 公司生产的 ATmega16 单片机。ATmega16 单片机是一款高性能、低功耗的 8 位 AVR 微处理器,具有 16K 字节的系统内可编程 Flash,可以用于系统程序的存储;EEPROM 的存储量为 512 Byte。它是 Harvard 结构,具有一级流水线,实现了指令的单时钟周期运行。功能强大的 ATmega16 单片机适合于许多较为复杂的控制应用场合,属于工业控制机微控制器。

主要性能参数:

EEPROM: 512 Byte

Flash: 16K Byte

SRAM: 1K Byte;

16 位定时器/计数器:带有预分频器,具有捕捉功能、比较功能;

两个 8 位定时器/计数器:带有独立预分频器、比较器;

32 个可编程 I/O 口线,四通道 PWM;

21 个中断源,8 通道 10 Bit 模数转换器;自带 UART 通道、SPI 串行接口的硬件结构。

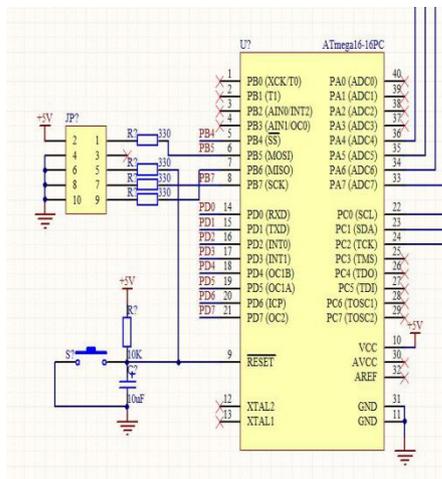


图 4 ATmega16 最小系统原理图

液晶显示屏显示出来。DDS 输出的正弦波信号（或者方波信号）和 DAC 输出的直流信号经过乘法器相乘实现键控调幅,产生输出频率、幅度可调的正弦波信号和占空比可调的方波信号,经过电压放大和功率放大,最终实现对激光器的驱动。

1.2.2.2 DDS 信号产生模块

AD9851 输出频率较高,可以实现各种调制,相位噪声性能好,价格适中,各方面的性能指标和功能都达到常见信号发生器的要求。AD9851 的主要特性如下:

1. 单电源工作,工作电压在+2.7~+5.25V 之间;
2. 工作温度范围-45~85℃;
3. 低功耗,在 180MHz 系统时钟下,功率为 555mW。电源设置有休眠状态,在该状态下,功率为 4mW;
4. 接口电路简单,可用 8 位并行口或串行口直接输入频率、相位控制字;
5. 内含 6 倍频参考时钟乘法器,可避免对外部高速参考时钟振荡器的需求,减小了外部频率源过高而可能产生的相位噪声;
6. 频带宽,正常输出工作频率范围应为 0~72MHz;
7. 频率分辨率高,其创新式高速 DDS 码可接收 32 位调频字,使得它在 180MHz 系统时钟下输出频率的精度可达 0.04Hz;
8. 相位可调,可接收来自单片机的 5 位频率控制字;
9. 内置高性能的数模转换器;
10. 内含高速比较器。

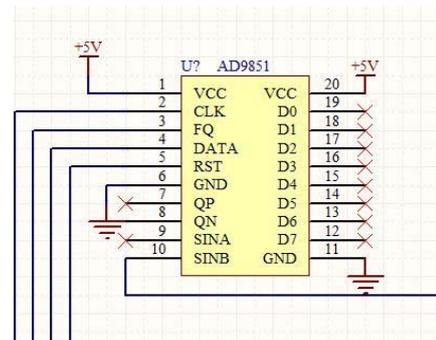


图 5 信号产生模块原理图

1.2.2.3 DAC 模块

设计中主要考虑的是 D/A 转换器的分辨率、接口方式、功耗等。主要比较了 16 位的数模转换器 LTC1655 和 8 位的 DAC0832，相比之下 LTC1655 有着明显的优势。首先，LTC1655 是 16 位的 DAC，而 DAC0832 的分辨率只有 8 位，精度较低；其次，LTC1655 采用三线的串行接口方式与单片机连接，大大节省了 I/O 口资源，而 DAC0832 采用八位的并行方式与单片机连接，占用 I/O 口太多，给后续设计带来麻烦；最后 LTC1655 的功耗很低，在 5V 供电时只有 3mW，而 DAC0832 在 5V 供电时的功耗为 20mW。综合分辨率、功耗、与单片机的接口方式等因素考虑，LTC1655 最为适合本次设计的要求。用 AD780 做 DAC 的基准，原理图如下：

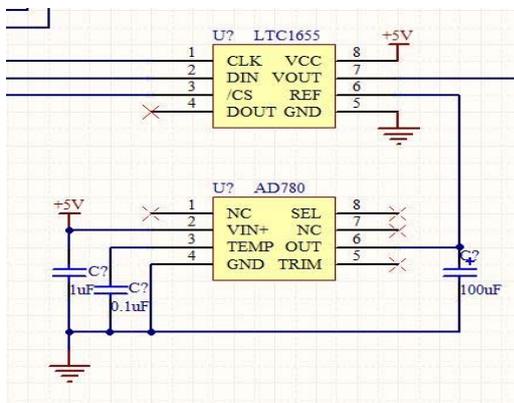


图 6 DAC 模块原理图

数据传输过程：CS 先置为低电平，时钟为下降沿，单片机控制传入数据，时钟置为高电平，连续循环十六次后时钟置为低电平，CS 置为高电平。LTC1655 时序图如图 7 所示

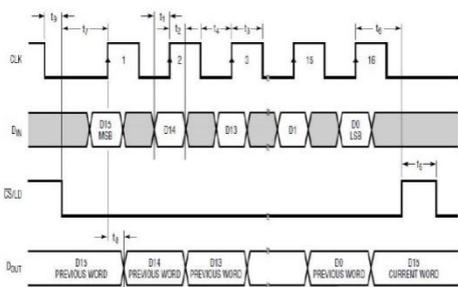


图 7 LTC1655 时序图

1. 2. 2. 4 乘法器模块

乘法器采用 AD 公司的 AD835 芯片实现输出信号幅度的数控可调。AD835 是个首款单芯片 250 MHz 四象限电压输出模拟乘法器，工作带宽符合系统要求,满量程 (-1 V 至+1 V) 上升至下降时间为 2.5 ns (采用 150 Ω 标准 RL)，0.1%建立时间通常为 20 ns。如图所示，AD835 能够产生 X 和 Y 电压输入的线性乘积，基本函数为 $W = XY + Z$ 式中，

W 为输出信号; X 为输入信号; Y 为 DA 输出的控制信号; Z 为固定电压输入信号。DDS 信号产生模块输出正弦波信号的幅值固定在 1V 左右，并且含有约为 0.5V 的直流分量，系统中对 Z 进行调节可以消除正弦波信号的直流分量,利用 16 位 DA 使 Y 的直流信号在 0 到 1V 变化，与 X 相乘实现正弦波幅度数控输出。

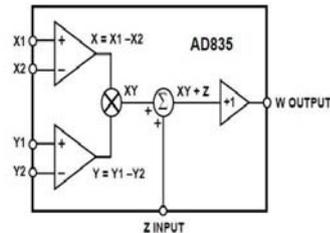


图 8 乘法器功能方框图

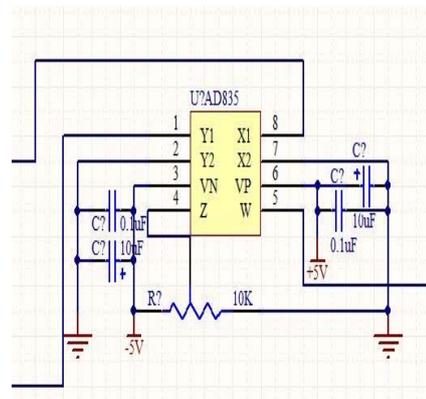


图 9 乘法器模块原理图

1. 2. 2. 5 电压放大模块

电压放大器选用 Linear Technology 公司的 LT1226 芯片。LT1226 是一款低噪声高速运算放大器，具有低输入失调电压和高的直流增益。它具有如下特点：

- 1GHz 工作带宽
- 400V / mS 转换率
- 1mV 最大输入失调电压
- ±2.5V 到 ±15V 宽电源电压范围

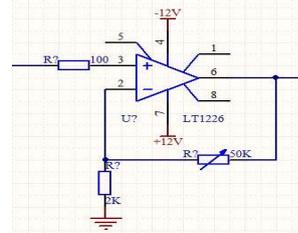


图 10 电压放大模块原理图

1. 2. 2. 6 功率放大模块

功率放大器选用美国 calogic 公司的 LH0002。

该芯片是一款可以提供高电流驱动的高速单位增益缓冲器，具有如下特点：

- 高输入阻抗 400k Ω
- 低输出阻抗 3 Ω
- 高功率效率,低谐波失真
- 工作带宽 50MHz
- 输出电压摆幅接近电源电压
- 输出电流 400mA
- 转换率 200V/us
- $\pm 5V$ 到 $\pm 20V$ 宽电源电压范围

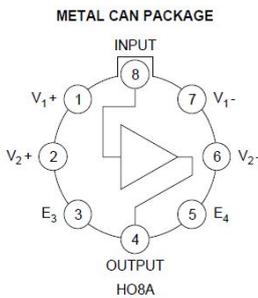


图 11 LH0002 管脚图

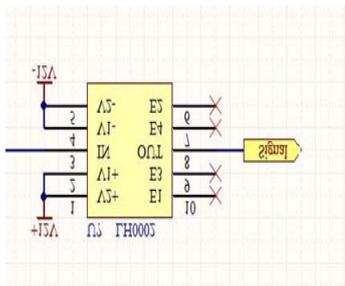


图 12 功率放大模块原理图

1.3 系统软件设计

系统中控制软件占有很重要的地位，它不仅驱动 DDS 信号产生模块和 DAC 模块，还要实现矩阵键盘的扫描识别和液晶显示器的显示控制，因此系统软件的好坏将直接决定着系统的稳定性。

系统采用 AVR 单片机 ATmega16 为控制核心，程序通过对键盘输入的信息进行处理，再发送命令至 AD9851 DDS 芯片和 LTC1655 DAC 芯片，并且能够将频率值和幅值等信息送至液晶显示器显示出来。实现频率和幅度按键控制，产生满足系统要求的信号。

如图所示，系统上电复位后，首先对系统初始化，其中包括初始化 ATmega16 外部中断引脚、DDS 信号产生模块初始化和 DAC 模块上电复位初始化、液晶显示屏的交互界面初始化等操作。然后进入矩阵键盘扫描程序扫描输入状态。当键盘有按键被按下以后，根据键位判断其为功能键还是数字键，并进入相应的键值处理程序，同步显示在 12864 液晶

显示屏上。将输入频率和幅值的信息转换为控制字写入 AD9851 芯片和 LTC1655 芯片，得到预期正弦波驱动信号，完成一次基本操作。

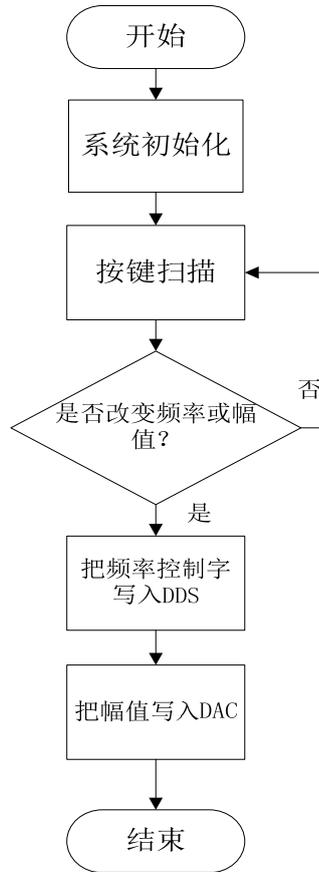


图 13 总体程序流程图

2 测试分析

以下是用数字示波器对频率值为 1Hz, 10Hz, 1KHz, 10KHz, 100KHz, 500 KHz, 1MHz 的正弦波信号进行测试的结果：

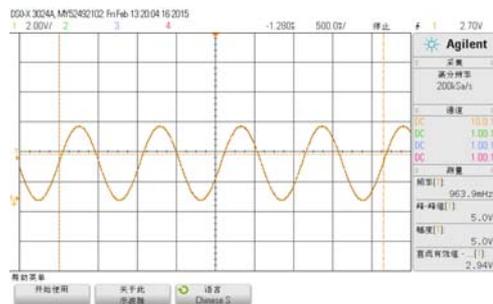


图 14 1Hz 正弦波

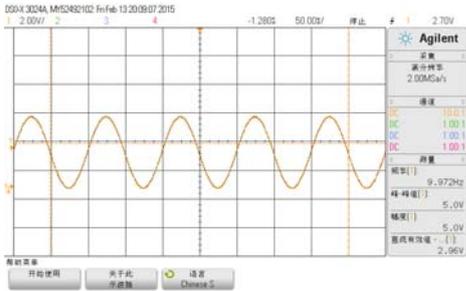


图 15 10Hz 正弦波

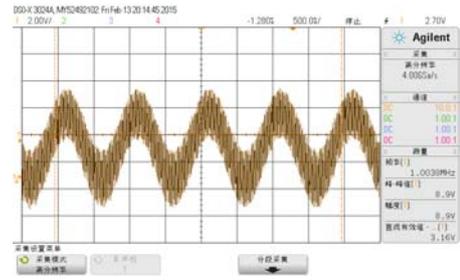


图 20 1MHz 正弦波

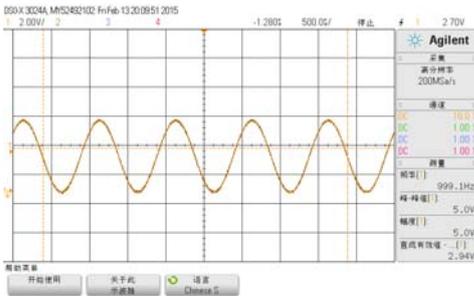


图 16 1KHz 正弦波

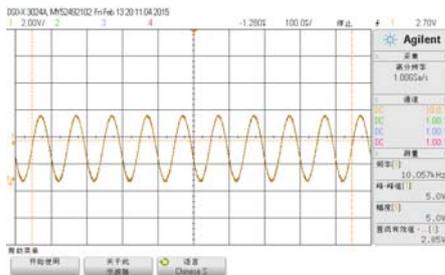


图 17 10KHz 正弦波

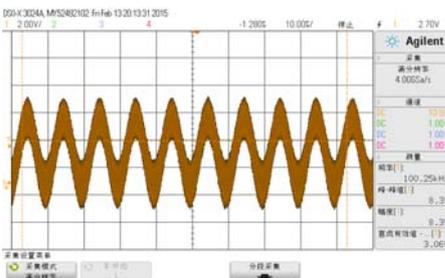


图 18 100KHz 正弦波

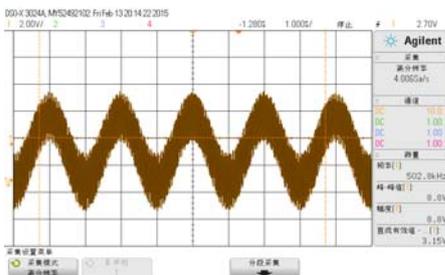


图 19 500KHz 正弦波

从示波器测试结果可以看出系统输出波形稳定，频率精确度高，能实现不同频率的波形的输出，虽然当频率很高时噪声较大，但是已经满足不同激光器对驱动信号的要求。

3 结束语

经过测试，设计并完成的基于 DDS 技术的半导体激光器驱动电路达到了预期设计指标并且能使同一激光器根据需要在不同场合下工作，同时也可以使用同一个数字信号发生器驱动不同类型的激光器。

参考文献

1. 电子测量技术(第3版)林占江等编著,电子工业出版社
2. 黄春平,万其明,贺贵腾.直接数字频率合成信号发生器的设计[J].压电与声光,2011,33(5):840-845 .
3. 蒋志勇.基于 FPGA 的 DDS 波形发生器设计[J].科技信息,2012(01).
4. 许德志,丁才成.一种基于 DDS 技术的信号发生器研究与实现[J].电子科技, 2010,23(3):59-61.
5. Fengjie, Jin. Use of DSP and DDS technique in radar signal generator. ICSP, 2004, (2):1950-1952
6. CurticapeanF, NiittylahtiJ. A Hardware Efficient Direct Digital Frequency Synthesizer[J]. Proceedings of IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems, 2001, 1:51~54 .
7. Lionel Cordesses. Direct Digital Synthesis A Tool for Periodic Wave Generation(part1)[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2004, July.

基于 CC1101 的生命搜救系统设计*

高加飞；邓文；孙丽媛

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130061)

摘要: 近年来,地震、泥石流等各种自然灾害频繁发生,随之而来的是房屋倒塌,人民被各种废墟掩埋,人民的生命安全受到严重的威胁,多次救灾的实际经历表明,了解被困人员位置以及被困人员信息能够最大程度的帮助救援人员快速、有效的展开救援工作。因此在灾害发生后,对被埋压人员的位置探测和信息获取,已经是我们面临的一个极为紧迫、极为严峻的课题,具有十分重要的意义。目前,我国在各种自然灾害救援救助系统高技术领域缺乏实用有效的救助设备。基于音频的生命探测仪要求环境绝对安静从而使得实用性受限,基于红外雷达的生命探测仪则不能区分人和动物且探测距离受限,可视生命探测仪则对完全封闭环境无能为力。当前已有的生命探测仪可以归类为“被动式”生命探测仪,即由救援人员发起,且以救援人员为中心,被困人员不主动采取措施。而无线救助信号收发控制与定位的生命搜救系统是一种半被动式生命救助系统,设备简单,体积小,成本低。该多功能生命搜救系统是一种具有很强实用性、成本低且可大规模应用的灾难救助系统设计了一种基于 CC1101 的生命搜救系统的设计方案。阐述了系统的工作原理和硬件电路的设计,通过对射频电路和控制电路两部分的设计来实现发信者的身份锁定和距离测量。便于搜救者实施进一步的救援工作。方案设计简易,普通公民只需要配备低成本的搜救卡,就能在受灾环境中获得搜寻与被搜寻的能力。

关键词: 生命搜救 CC1101 STC89C52

Design of life rescue system based on CC1101

Gao Jiafei; Deng Wen; Sun Liyuan

(College of instrumentation & Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130061, China)

Abstract: In recent years, earthquakes, landslides and other natural disasters occur frequently, followed by the collapse of houses, people are buried under the rubble, people's lives and safety are seriously threatened, many times the actual experience shows that understanding of the trapped people and the trapped personnel information to help rescue workers quickly and effectively rescue work. So it is very important for us to study the location of the buried pressure staff and access to the information. At present, our country is lack of practical and effective rescue equipment in the field of natural disaster relief system. Based on audio life detection environmental requirements absolutely quiet so that the utility are limited, life detector based on radar and infrared cannot distinguish between people and animals and the detection distance is limited, the video life detector is totally enclosed environment of powerless. The existing life detector can be classified as a "passive" life detector, namely by rescuers launched and to rescue personnel as the center, is stranded the personnel to do not take the initiative to take measures. The design scheme of the CC1101 based search and rescue system is designed. Elaborated the system principle of work and the hardware circuit design, through the design of RF circuit and control circuit of two parts to achieve the sender's identity of the lock and distance measurement. Facilitate the implementation of the rescue workers further rescue work. Plan design simple, ordinary citizens only need to be equipped with low cost of life search. Save the card, you can get the ability to search and search in the affected environment.

Key words: Life search and rescue CC1101 STC89C52

*指导老师: 刘杰

项目类型: 项目 (2014C65242)

0 前言

自 2008 年 5.12 四川汶川大地震到 2010 年 4.14 青海玉树大地震,以及 2010 年 6 月广西岑溪、贵州关岭等地发生的山体滑坡形成的泥石流等,近年来,我国地震、泥石流、山体滑坡等突发性地质灾害频发,但由于目前技术手段相对落后,无法准确实现此类突发性地质灾害的预警。上述灾害一旦发生,往往导致房屋垮塌、人员被埋等重大人员伤亡和财产损失。当灾害发生后,迅速组织和有目的地对被困人员实施搜救是尽可能减少人员死亡的关键。现有的生命搜救系统或生命探测仪主要有音频生命探测仪、红外生命探测仪和雷达生命探测仪等,分别依靠捕获被困人员的声音信号、人体热红外辐射信号及心脏跳动产生的超低频电场信号,探测被困人员的生命迹象,达到搜寻和营救被困人员的目的。但是它们都具有一定的弊端:音频生命探测仪在搜寻过程中需要寻找废墟、瓦砾等的空隙才能进行相关设备的操作,受周围环境影响大,且操作复杂,搜寻速度慢;红外生命探测仪操作繁琐,也需要寻找空隙进行探测搜寻,且价格较贵;雷达生命探测仪设备笨重,不能区分人和动物,实施救援时容易产生错误的信号捕获。由此可知,现有的生命搜救系统或生命探测仪均采用被动搜寻方式,受周围环境影响较大、操作复杂、价格昂贵。

本课题拟研发和产业化的多功能生命搜救系统的工作模式不同于已有的生命搜救系统或生命探测仪,采用携带者主动发射求救信号模式。被困人员随身携带的生命救助卡体积小、造价低、携带方便,通过对多功能生命搜救系统的技术研究,能广泛、高效地进行生命搜寻,增加救援人员单位时间的搜寻面积,提高搜寻到被困人员的概率,具有紧迫的现实意义和广阔的应用前景。

1 系统总体设计

旨在通过研究制造出一套基于 CC1101、STC89C52 的搜救卡、搜救仪的搜救系统。硬件系统是由搜救人员携带的搜救装置和被搜救人员携带的射频装置组成。处于被搜救模式的搜救卡向四周发送携带身份信息的 FSK 射频信号,处于搜救模式的搜救卡接收这种信号,并且锁定身份。按照采集时,信号的相对能量值的大小确定标识卡与本搜救仪的距离,通过不断的移动搜救仪,大致可以确定标识卡的方向,通过以上两点可以确定标识卡的位

置信息,从而达到搜救的目的。

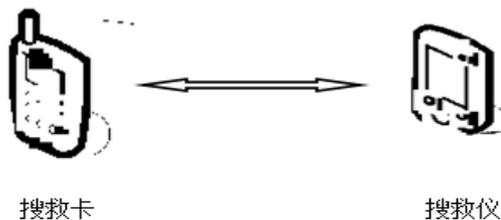


图 1.1 系统总体方案图

Fig.1.1 scheme of the system

1.1 搜救卡方案设计

搜集卡包括:电源模块,无线模块,MCU 模块。

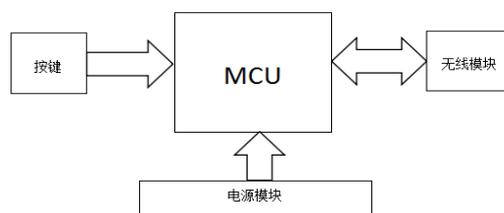


图 1.2 搜救卡系统框图

Fig.1.2 search and rescue card system block diagram

电源模块:单片机采用 5V 供电,而无线模块采用 3.3V 供电,因此采用 ASM1117 模块进行电压转换,为搜救卡提供稳定的电源。

无线模块:收发模块将待发送信息调制成为射频信号并通过天线发射给接收端,与接收端进行交互。

MCU 模块:本系统通过一个低功耗单片机根据存储的相应发送信息处理待发送信息,进行组帧,按照既定的接入规范进行入网、定位等相关操作。同时,单片机还需负责对收发模块进行相关的配置。

1.2 搜救仪方案设计

搜救仪包括:电源模块,无线模块,MCU 模块,液晶显示模块。

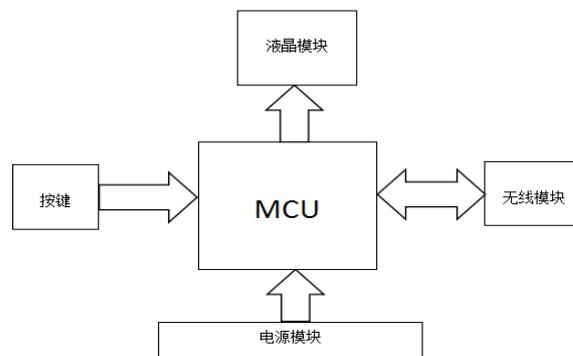


图 1.3 搜救仪系统框图

Fig.1.3 block diagram of the search and rescue apparatus

电源模块：单片机采用 5V 供电，而无线模块采用 3.3V 供电，因此采用 ASM1117 模块进行电压转换，为搜救卡提供稳定的电源。

无线模块：数据的发送与接收。其主要接收来自生命救助卡和其他搜救仪的信息。

MCU 模块：作为主控制单元从上位机接收控制命令，以及定位算法接收，从无线传输模块接收信息并完成解包，从自主定位模块接收精确定位信息。

液晶显示模块：显示接收到的信息以及定位信息。

2 系统硬件设计

本方案采用 TI 公司生产的 CC1101 模块作为通讯和测距核心，采用 STC89C51 作为主控核心，可以用较为简单的硬件电路实现对于 RSSI 测距的通讯要求。主要分为搜救卡和搜救仪两部分。

MCU 主控模块采用 STC89C52 即可，没有太高的要求。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。

射频芯片的性能直接影响到整个系统的通信性能，其选择对整个系统非常重要。选择无线收发芯片时应考虑需要以下几点因素：功耗、距离、发射功率、接收灵敏度、收发芯片所需的外围元件数量、芯片成本等。本方案通讯模块采用基于美国 TI 公司出品的工作在低于 1GHz 频段的无线数传芯片 CC1101 模块。CC1101 是一种低成本真正单片的 UHF 收发器，为低功耗无线应用而设计。电路主要设定为在 315、433、868 和 915MHz 的 ISM（工业，科学和医学）和 SRD（短距离设备）频率波段，也可以容易地设置为 300-348MHz、400-464 MHz 和 800-928 MHz 的其他频率。RF 收发器集成了一个高度可配置的调制解调器。这个调制解调器支持不同的调制格式，其数据传输率可达 500kbps。通过开启集成在调制解调器上的前向误差校正选项，能使性能得到提升。

2.1 搜救卡硬件电路设计

搜救卡由三个部分组成：主芯片、电源模块电路和无线传输模块。主芯片为 STC89C51，无线模块采用 CC1101 无线模块。

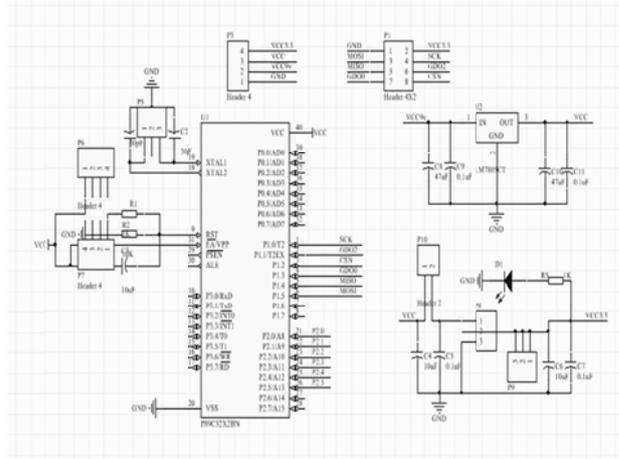


图 2.1 搜救卡硬件电路

Fig.2.1 search and rescue card schematic diagram

搜救卡固定发射一组数据以便进行身份识别和救助仪部分进行 RSSI 评估。主要由 CC1101 模块和 STC89C52 组成。

2.2 搜救仪硬件电路设计

搜救仪由四个部分组成：主芯片、电源模块电路、无线传输模块和显示模块。主芯片为 STC89C51，无线模块采用 CC1101 无线模块。显示模块为 LCD12864。

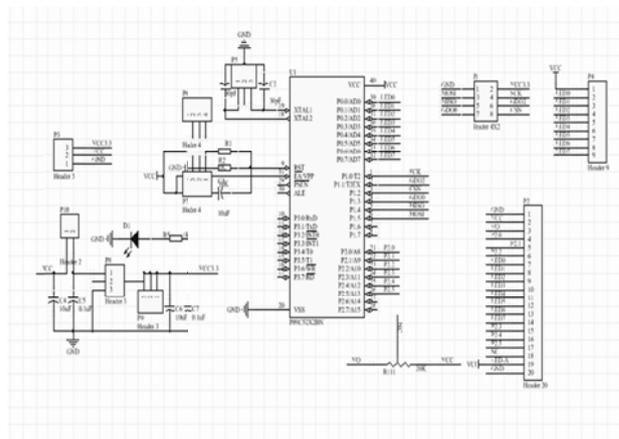


图 2.2 搜救仪硬件电路

Fig.2.2 search and rescue hardware circuit

搜救仪部分负责接收救助卡传送的数据，并对信道内的 RSSI 值进行读取，并进行相应的软件换算成距离，显示在 12864 上面。

3 定位系统设计

在无线传感器网络中，位置信息对传感器网络的监测活动至关重要，事件发生的位置或获取信息的节点位置是传感器网络节点监测消息中所包含的重要信息，了解传感器节点位置信息还可以提高路由等等。基于距离的定位必须测量节点间间距，现常

用的测距方式有 GPS、红外线、超声波和 RSSI 等。GPS、红外线和超声测距都需要额外的硬件,增加了节点的硬件成本和尺寸,GPS 和红外线测距误差较大,而利用超声方法测距很精确,测距误差只有 1cm,但是受气温湿度等的影响较大.基于 RSSI 的定位无须额外硬件,利用对接收无线信号的强度判断,推导收发节点间的距离,计算接收无线信号强度是商用无线收发芯片具备的功能.基于 RSSI 的测距提供了最廉价的定位方法,而且节点没有添加任何部件,基于超声的测距虽然定位精度较高,但是需要添加硬件、增加节点成本和尺寸,所以基于 RSSI 的测距是无线传感器网络定位较常采用的方法。

3.1 基于 RSSI 的距离测定

距离测定的原理即是通过测定接收信号的强度来反映搜救者与被搜救者的距离。这里通过 C1101 射频芯片的 RSSI 功能来实现。RSSI 值是对当前信道中信号等级的评估。此值是基于 RX 链中的当前增益设定和信道中的测得信号等级。RSSI 就是通过测定接收信号的强弱获得与发送点之间的距离，进而根据相应数据进行定位的技术。本方案利用这一方式来获取距离估计，不同强度的 RSSI 信号转换成不同的距离值。搜救者根据距离的远近调整位置并最终搜索到被搜救者。工作原理见图 2。

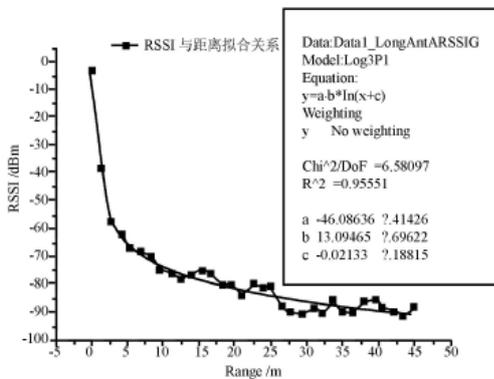


图 3.1 RSSI 与距离拟合曲线

Fig.3.1 RSSI and distance fitting curve

可以看出随着距离的变化 RSSI 的值也会发生相应的变化,距离和 RSSI 值之间存在一定的关系。

4 系统测试

4.1 环境对 RSSI 测距影响

分别在无干扰草地上、狭隘过道、有强烈电磁干扰的地质宫实验楼前空旷广场进行了选取定节点进行了实际测试。

草地上：

表 4.1 草地上 RSSI 随距离而变化

Table 4.1. The variation of RSSI with distance from the surface of the grass.

| 距离 (m) | 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|------------|-----|-----|-----|-----|
| | RSSI (dbm) | | | | |
| 1 | | -29 | -30 | -27 | -31 |
| 2 | | -34 | -33 | -30 | -35 |
| 3 | | -41 | -42 | -37 | -42 |
| 4 | | -48 | -44 | -38 | -43 |
| 5 | | -42 | -41 | -38 | -38 |
| 6 | | -43 | -44 | -38 | -40 |
| 7 | | -44 | -44 | -38 | -42 |
| 8 | | -50 | -44 | -40 | -44 |
| 9 | | -50 | -43 | -41 | -50 |
| 10 | | -50 | -43 | -43 | -49 |
| 11 | | -50 | -44 | -43 | -50 |

可以看出在草地上随着距离的变化 RSSI 的值也会发生相应的变化，距离和 RSSI 值之间存在一定的关系。

狭隘过道：

表 4.2 狭隘过道 RSSI 随距离而变化

Table 4.2 narrow aisle RSSI vary with distance

| 距离 (m) | 次数 | 1 | 2 | 3 |
|--------|------------|-----|-----|-----|
| | RSSI (dbm) | | | |
| 1 | | -32 | -32 | -32 |
| 2 | | -34 | -36 | -34 |
| 3 | | -44 | -48 | -48 |
| 4 | | -49 | -50 | -50 |
| 5 | | -42 | -48 | -49 |
| 6 | | -40 | -41 | -50 |
| 7 | | -41 | -42 | -50 |
| 8 | | -41 | -44 | -50 |
| 9 | | -42 | -43 | -56 |
| 10 | | -43 | -44 | -55 |
| 11 | | -50 | -49 | -58 |

在狭隘的过道里面由于障碍物的反射和其他因素，随着距离的变化 RSSI 值已经发生了混乱，变化规律不是很明显。

强烈电磁干扰的地质宫实验楼前空旷广场：

表 4.3 强烈电磁干扰的地质宫实验楼前空旷广场 RSSI 随距离而变化

Table 4.3 The RSSI varies with distance from the front of the house

| 距离 (m) | 次数 | 1 | 2 |
|-----------|---------------|-----|-----|
| | RSSI (dbm) | | |
| 1 | | -38 | -40 |
| 2 | | -36 | -50 |
| 3 | | -41 | -49 |
| 4 | | -54 | -57 |
| 5 | | -43 | -50 |
| 6 | | -43 | -62 |
| 7 | | -44 | -56 |
| 8 | | -44 | -54 |
| 9 | | -44 | -59 |
| 10 | | -42 | -59 |

在地质宫前由于强烈的电磁干扰 RSSI 值发生了非常严重的混乱，基本上难以看出规律。

经过实际试验可以看出在狭隘过道和地质宫前的干扰比较严重，尤其是地质宫前非常混乱，根据在草地上的实测值选取了 1m, 2m, 3m, 10m 四个节点进行了定点测量。

节点选取：

表 4.4 草地前定点 RSSI 随距离而变化

Table 4.4 the change of RSSI with distance in front of grassland

| 距离 (m) | 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | RSSI (dbm) | | | | | |
| 1 | | -32 | -30 | -28 | -28 | -26 |
| 2 | | -35 | -33 | -31 | -30 | -30 |
| 3 | | -39 | -40 | -37 | -38 | -36 |
| 10 | | -48 | -49 | -43 | -42 | -41 |

根据实验结果选取合适节点的 RSSI 值范围取值完成了定节点的测距工作。

5 结论

本文设计了一套基于 CC1101 芯片的生命搜救系统。系统主要包括搜救卡和搜救仪两部分。硬件系统主要是以 STC89C52 单片机为微控器、无线射频收发芯片 CC1101 为核心组成。经过多次试验，结果证明本套设计系统具有较好的工作性能，有利于搜救者明确被困人员的身份信息以及被困的具体位置。虽然受环境干扰比较大，但是可以通过不断

地移动大致确定被搜救者的位置，能够起救援的作用。在后续的工作中可以针对复杂条件下的环境因素影响做进一步研究。

参考文献

1. 郭辉,傅成华,吴浩.基于 nRF2401 的 PLC 无线通信控制器[J].电子设计工程, 2010(3):113 -115.
2. 吴栋苗.无线射频数据采集系统及其应用[J].煤炭技术, 2005(7):23 -25.
3. 岳洋,黄明.基于 nRF9E5 设计实现的无线数据采集监控系统[J].电子测量技术, 2009(10):129 -132.
4. Chipcon AS Co. CC1000 Single Chip Very Low Power RF Transceiver[EB/OL].2004-04-20[http://www.chipcon.com/files/CC1000-Data-Sheet-2-2.pdf2004.4. 20].

基于红外报警器的智能导盲杖设计*

谢砚同；崔玉琪；邓淇天

(吉林大学,测控技术与仪器系,长春,130022)

摘要：基于红外探测器的三角测距原理和光电传感技术，设计制作了一种新型的智能导盲系统。该导盲系统以 mega32 单片机为控制核心，三个方向的红外测距传感器收集四周障碍的距离信息，通过一定的算法编写程序，读取周围障碍物的距离，判断所需报警的方向，控制蜂鸣器和 MP3 模块的双语音报警系统，确定行走的方向。本设计提高了红外报警的及时性和精确度，从而引导盲人躲避障碍物，可以安全便捷地行走。

关键词：红外探测器；mega32 单片机；导盲杖；语音报警

Design of intelligent guide rod based on the infrared alarm

XIE Yantong; CUI Yuqi; DENG Qitian

(Department of Instrument, Jilin University, Changchun, 130022)

Abstract : Based on triangle ranging principle of infrared detector and photoelectric sensing technology, design a new kind of intelligent guide system. This guide system with the mega32 controller as the core, three directions of infrared distance sensors to collect all round the distance of the obstacle information, through a certain algorithm program, the system reads around the distance and the direction of the obstacles making a judgment to alarm the user or not. The double voice alarm system control buzzer and MP3 module, which helps the users determine the direction of walking. This design improves the infrared alarm timeliness and accuracy, so as to guide the blind avoid obstacles and guarantee the safety of walking.

Key words: Infrared detector Mega32 controller Guide rod Voice alarm

前 言

现如今我国大约有盲人 500 万名，占世界盲人总数的 18%。盲人在独自行走时具有极大的困难，现如今引导盲人的方法主要有以下三种：(1)传统的导盲手杖；(2)利用盲道引导；(3)利用导盲犬引导。这其中传统导盲手杖引导是盲人利用敲击地面来判断前方是否可以通行，但是无法让盲人对周围的障碍分布和与障碍的距离^{错误!未找到引用源。}作出判断；盲道引导则在导盲方面存在一定局限性；导盲犬的训练周期很长，而且成本比较高^{错误!未找到引用源。}。因此，本文提出了一种引导盲人行走的改进方案，利用三个红外线传感器同时测量前方、左方、右方的障碍物距离信息，单片机利用特定的算法对所得数据进行初步处理和安全性判断，之后通过 MP3 语音模块发出提示音和蜂鸣器蜂鸣报警来通知盲人周边的障碍

距离，通过这种方法扩大了盲人的感知范围，提高了盲人自行行走的安全性。

1 系统工作原理

1.1 红外线探测器测距原理

本导盲系统中，利用红外线传感器来测量自身和障碍的距离。该红外线传感器是利用三角测距原理来测量自身和障碍的距离，待测的障碍应是具有一定的漫反射性质的反射体，例如纸张、墙壁等^{[3][4][5]}。三角法测距的基本原理是利用平面三角关系。平面三角形的三个顶点分别是障碍物、红外线发射端和红外线接收端，红外线发射端以一定的角度 θ 发射处红外光线，当遇到障碍时，光线将会反射回来，反射光线会照射到红外线接收端的 CCD 检测器上，在 CCD 检测器上相对于中心位置将会有有一个偏移量 X，偏移量的大小将随着红外线探测器与障碍

*指导教师：张林行

项目类型：大学生创新项目

之间的距离 d 的改变而改变。之后运用三角函数关系，利用红外线发射角度 θ 、偏移量 X 、滤镜焦距 f 、中心矩 D ，通过几何关系就可以将传感器和障碍的距离 d 计算出来^[6]，图 1.1 为平面三角法测距原理示意图。

普通的红外线传感器的结构是固定不变的，红外线发射角度 θ 、滤镜焦距 f 、中心矩 D 都是常数，所以传感器和障碍的距离 d 只由反射光线在红外线接收端的 CCD 检测器上的偏移量 X 决定^[7]。红外线传感器的模拟输出电压信号与偏移量 X 之间存在一定的比例关系，即红外传感器的模拟输出电压信号与其和障碍的距离 d 之间存在一定的函数关系，通过对红外传感器的输出电压信号进行收集、处理就可获得红外线传感器与被测物体的距离。

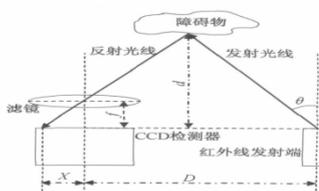


图 1.1 三角法测距原理图

Fig.1.1 The principle diagram of the triangulation ranging

1.2 传感器模拟输出转化为距离输出的函数拟合

在实际的测量中，红外线传感器输出的是模拟电压，但在实际编程中需要知道的是实际距离，所以要得出实际距离和模拟电压的对应关系。用红外线传感器测量以固定距离变化的障碍物距离，将输出的模拟电压与障碍物距离作比较，得到两者之间的比例关系，得到它们之间的函数关系式^[7]。图 1.2 描述了所用红外线传感器输出的模拟电压值 U 和所测距离 D 的对应关系，基本呈现反比例函数关系。假设实际障碍距离与输出模拟电压符合以下关系式：

$$D = \frac{m}{U + b} - k \quad (1)$$

式 (1) 中， m, b, k 都是常数，对上式变形，得到：

$$\frac{1}{D + k} = \frac{U + b}{m} \quad (2)$$

$\frac{1}{D + k}$ 与 U 是正比例关系，图 1.3 描绘了 $\frac{1}{D + k}$ 与 U 的函数关系（令 $m = \frac{1}{4}$ ）。

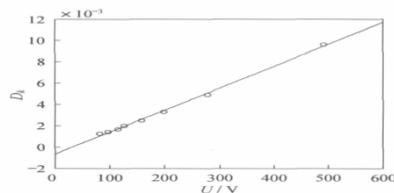


图 1.2 实际障碍物距离与探测器模拟电压输出值对应曲线

Fig.1.2 Actual obstacle distance and the detector output analog voltage value corresponding curve

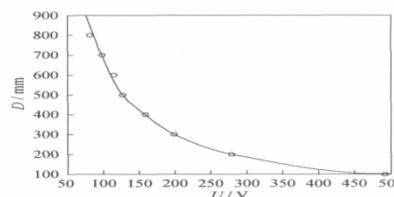


图 1.3 $\frac{1}{D+k}$ 与 U 之间的拟合曲线

Fig.1.3 The Fitting curve of $\frac{1}{D+k}$ and U

由 MATLAB 计算得到斜率 $m = 0.1472 \times 10^{-3}$ ，

截距 $b = -0.412 \times 10^{-3}$ ，可以计算出 $m = 6793$ ，

$b = -2.8$ 。最后算出的 D 和 U 的函数关系式为

$D = \frac{6793}{U - 2.8} - 4$ 。经过比较可知，这个结果与用现成的计算表格计算出的系数是基本一致的。

2 系统硬件设计

本导盲系统主要由三个模块组成，分别为红外测距模块、信号处理控制模块、语音报警模块，如图 2.1 所示。以 mega32 单片机作为该系统的控制核心，夏普 GP2Y0A02YK0F 传感器作为红外测距模块的红外距离传感器，MP3-VS1003B 语音芯片作为语音报警模块的主体芯片。

2.1 红外测距模块

红外测距模块选用夏普 GP2Y0A02YK0F 红外距离传感器，其测量范围为 20~150cm。夏普 GP2Y0A02YK0F 红外距离传感器主要由红外线发射端、红外线接收端和相应的处理计算电路组成。红外线发射端和红外线接收端与所测的障碍物构成平面三角形，如图 2.2 所示。利用上文介绍的三角

法测距原来计算障碍物和人之间的距离。

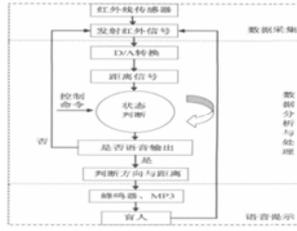


图 2.1 系统的整体设计图

Fig.2.1 The overall design of the system

2.2 信号处理控制模块

信号处理控制模块流程如图 2.3 所示，mega32 单片机作为控制系统的主控芯片，其具有数字端口和模拟端口，其中模拟端口用于接收红外探测器测量得到的模拟输出电压值，将其输入到 A/D 环节转换为数字量，即转换为实际障碍物距离，再根据实际障碍物距离判断其是否在安全范围内，随后语音报警芯片会产生对应的报警提示。

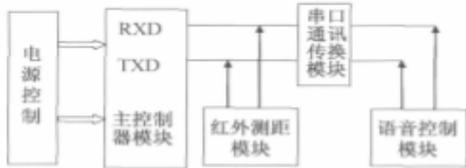


图 2.2 红外发射与接收示意图

Fig.2.2 The infrared transmitting and receiving

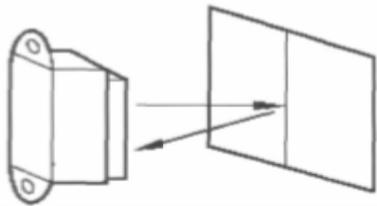


图 2.3 控制系统工作流程图

Fig.2.3 The control system work flow chart

2.3 语音报警模块

使用 VS1003B 芯片作为语音报警解码器，VS1003B 可以支持从外部 RAM 种读取所需的音频数据。

将录好的语音片段经转码软件转换为 16 进制代码，将代码存入外部存储器中，当前方的距离小于预设的安全距离后，软件控制语音解码，将语音通过耳机播放出来，达到报警作用。

2.4 震动报警模块

使用微型震动马达作为震动报警单元，用单片机引脚对其进行控制，使用 NPN 管 9013 对其进行驱动，震动马达处于手杖的左右两侧，分别代表不

同方向，当距离小于预设的安全距离后，进行震动报警。

3 系统软件设计

3.1 仪器软件设计方案

系统采用 mega32 单片机 C 语言编程，分别需要对夏普 GP2Y0A02YKOF 红外距离传感器、AD0809、1602 液晶等进行编程。总体程序由红外线测距模块、信号处理控制模块和语音报警模块组成，如图 3.1 所示。

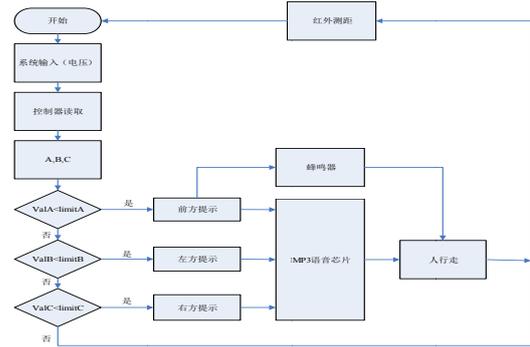


图 3.1 总体程序流程图

Fig.3.1 The overall program flow chart

3.2 优化运算方法

mega32 的控制器要同时完成对前、左、右三个方向的红外探测器进行控制，要对三个方向进行优先级设定，由于处于盲人前方的障碍物对于盲人的安全比较关键，所以应该首先判断前方是否有障碍物，之后再分别判断左右方向上是否存在障碍物，优先级判断流程如图 3.2 所示。

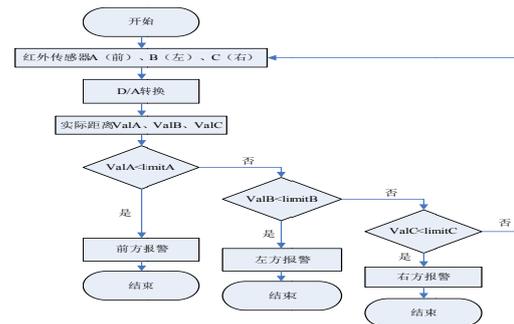


图 3.2 红外测距传感器在三个方向上的优先级判断流程图

Fig.3.2 Infrared distance sensors in three directions of priority judging flow chart

4 系统功能测试

室内测试时，在前方、左方和右方分别放置障碍物，移动障碍物，使其距离改变，当距离小于程序设置的安全距离后，前方、左方和右方分别对应

着语音报警和震动报警，且可以同时报警，不发生混乱工作。设置报警距离为 60cm，实际报警距离 58cm，误差 2cm。

室外测试时，由一名同学将眼睛蒙上，使用导盲手杖可以安全前进，测试距离为 50m，所用时间为 20s，且能安全避开障碍物。

5 结论

本导盲杖利用单片机收集并处理三个红外距离传感器收集到的信息，确定障碍物与盲人的距离，通过震动马达和语音解码芯片进行报警，且通过室外设定的模拟实验，验证了导盲杖的操控性和实用性，证明了本导盲杖可以有效地指引盲人躲避障碍物，快速安全地行走。

参考文献

1. 杨国建, 石秀娟, 潘鸿雁, 等. 基于 SPCE061 的智能盲人导航系统 [J]. 工业控制计算机, 2010, 23(3): 93-94.
2. 许 丽, 曹胜男, 唐立伟. 基于 AT89C51 的智能手杖设计与实现 [J]. 太原师范学院学报, 2009, 8(4): 66-69.
3. 林小倩, 林 斌, 潘泰才. 基于 CMOS 单点激光三角法测距系统设计 [J]. 光学仪器, 2006, 28(2): 27-30.
4. 李晓天, 张铁强, 张胜勇, 等. 基于激光三角法的小物体尺寸测量及三维重构系统 [J]. 光学仪器, 2008, 30(6): 21-26.
5. 刘立波. 基于 DSP 的激光三角测距传感器研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
6. 王晓嘉, 高 隼, 王 磊. 激光三角法综述 [J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(4): 601-604.
7. 刘颜. 基于 DSP 的移动机器人控制系统设计与避障算法的实现 [D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
8. 袁 卫, 党纪源. 基于单片机的 MP3 播放器设计 [J]. 现代电子技术, 2011, 34(4).

基于蓝牙无线通信技术的运动监测系统*

蔡靖；田入运；周瑞；刘磊

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 吉林省 长春 130000)

摘要: 为了避免运动过程中和比赛中运动姿态不正确以及运动过量对身体造成的伤害, 文章提出了基于蓝牙无线通信技术的运动监测系统的设计, 在运动过程中对人体运动参数和运动姿态实时监测, 通过 Android 平台实现卡路里消耗计算和运动姿态建模评估, 以避免出现运动损伤和体能透支现象。监测系统以 msp430 单片机为控制核心, 采用 mpu6050 三轴加速度传感器实时测量人体三轴 (X、Y、Z) 加速度, 利用 Android 平台计算加速度、速度、里程等运动参数、运动中消耗的卡路里能量, 以及人体运动轨迹跟踪、定位; 并通过人体运动模型识别算法评估人体运动姿态, 实现危险动作预判。实验证明系统能够实现实时运动监测、运动跟踪定位, 保护运动者的身体健康。

关键词: 运动监测; 运动参数; 运动姿态; Android 技术; 卡路里消耗;

中图分类号: TP212.9

文献标识码: A

Design and implementation of a movement monitoring system based on the human body sensor and android technology

Caijing, Tianruyun, Liulei, Zhou Rui

(Jilin university college of instrumentation & electrical engineering Jilin province Changchun 130000)

Abstract: In order to avoid the damages to the body that owing to the incorrect postures and excess exercises in the process of movement and race, the article proposes the design of a movement monitoring system based on the human body sensor and android technology to monitor the real-time parameters and postures of the human body in the process of movement. Using the android platform to calculate calories consume and evaluate modeling of the movement posture in order to avoid sports injury and physical overdraft. Adoption msp430 microprocessor as controller of the monitoring system, three axis (X, Y, Z) acceleration of the human body can be measured by using mpu6050 three-axis acceleration sensor. Moreover, motion parameters of acceleration, speed, mileage and consumption of calories in the movement can be detected. The trajectory of the human body can be tracked and positioned. Through the identification algorithm of human body posture, it can evaluate human body motion and prejudge dangerous action. Experimental results show, system can realize real-time motion monitoring and tracking, protect of health of exercisers.

Key words: motion monitoring; motion parameter; motion posture; the Android technology; burn of calories;

0 引言

运动竞技和健康锻炼中的运动过量和运动姿态不正确, 会导致人体体能下降, 平衡感降低, 严重时会导致肌肉萎缩、软骨损伤等永久性伤害。三轴加速度传感器可全面有效地反应人体运动情况, 结合 Android 平台, 构建运动模型, 可有效纠

正运动员不标准的运动姿态, 优化运动训练、提高效率, 防止运动损伤与运动过量。将该系统应用于运动锻炼中, 还可有效预防老年人摔倒受伤, 并为慢性病和肥胖症患者提供评估自身运动量的相关帮助。

1 运动信息数学建模分析

*指导教师: 蔡靖

项目类型: 大学生创新项目

1.1 运动过程能量消耗建模

每 t_1 秒的步数 n : 第 t_1 秒末人体的速度

$$v_1 = v_0 + a_1 \times t_1 (m / s), t_1 \text{ 秒内的里程为}$$

$$x_1 = v_0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times a_1 \times t_1^2 (m), \text{ 设一个成年人的步长为 } a(m), \text{ 则该人在 } t_1 \text{ 秒内所走步数可近似为 } n=x_1/a.$$

运动平均速度 \bar{V} : 由公式 $\bar{V} = \text{步频}n \times \text{步长}l$,

可得到 1 秒内平均速度, 同时由于步长往往随着步频的改变而变化, 因而不同步频运动过程中的平均速度也不尽相同。由此, 运动过程能量消耗也将随步频及运动速度的改变而产生变化。以大量身高相仿的运动对象为例, 对其运动过程中的各运动参数进行汇总分析, 得到步长 l (单位: 米) 与步频 n (单位: 步每秒) 的关系大致如下表 1。

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|
| 步频 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 步长 | 0.75 | 0.79 | 0.84 | 0.93 | 1.12 | 1.07 | 1.05 |

表 1 步长与步频的关系

Table 1 The relationship between the stride length and stride frequency

能量消耗 W : 依据上述对平均速度的求导办法, 对运动过程中的平均速度与能量消耗进行分析, 得到如下表 2 所示数据, 由表 2 可推导 n 秒

$$W = \sum_{i=1}^n 4.5 \times w_1 \times \bar{V}_i \div 1800 \quad (C),$$

内卡路里消耗总量

其中 w_1 (Kg) 为个体体重, 由此便完成了对运动过程中能量消耗的建模分析。

| | | | | |
|---------------|----|----|----|----|
| 平均速度 (Km/h) | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 能量消耗 (C/Kg/h) | 10 | 15 | 20 | 25 |

表 2 平均速度与能耗的关系

Table 2 The average velocity and energy consumption

1.2 人体运动模型的识别

1.2.1 基于三轴加速度校准的人体姿态角计算

人体周围区域的划分以人体坐标系为基准, 判断人体姿态主要利用俯仰角和翻滚角, 在人体姿态角的计算过程中, 设 g 为重力加速度, G_x 、

G_y 、 G_z 为加速度传感器三个正交测量轴上的测量值, 俯仰角为 θ , 翻滚角为 λ , 求导办法如下所示, θ 由公式 (1) 求得, γ 由公式 (2) 求得。

$$\theta = -\arcsin\left(\frac{G_y}{g}\right) \quad (1)$$

$$\gamma = \begin{cases} \arcsin\left(\frac{G_x}{g \cos \theta}\right), G_z < 0 \\ \pi - \arcsin\left(\frac{G_x}{g \cos \theta}\right), G_z > 0 \ \& \ G_x > 0 \\ -\arcsin\left(\frac{G_x}{g \cos \theta}\right) - \pi, G_z > 0 \ \& \ G_x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

1.2.2 基于三轴加速度传感器的运动模式的识别

人体运动模型可以看作是由转身、步行、原地跳跃、下蹲等几个基本的运动元素有机组合而成。人体运动模式识别是以人体姿态作为主要提取特征, 以人体坐标系为基准, 进而对人体周围空间分别进行水平和垂直划分的, 划分方法如图 1 所示。

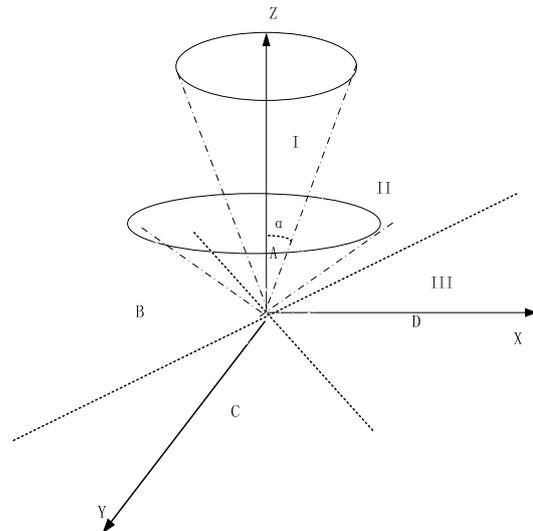


图 1 水平、垂直划分方法

Fig.1 Horizontal and vertical division method

人体周围空间在 XY 平面上被平均分成四个区域, A、B、C、D 区域分别为人体正面、左面、后面、右面空间。站立/蹲下/站立, 站立/坐下/站立, 以及前倾跑步等多种运动方式发生在 A 区域。仰卧、仰坐等动作发生在 C 区域。侧卧或跌倒等动作发生在 B、D 区域。垂直轴到水平面共 90 度的空间被划分为 3 个区域, α 为偏离垂直轴的角度。判定方法见表 3。垂直方向上的划分更加强调整人体在某一方向运动的强烈程度。

| θ 的大小 | 所属区域 | 状态 |
|--------------------------------------|------|-----|
| $0^\circ < \alpha < 20^\circ$ | I | 直立态 |
| $20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ | II | 过渡态 |
| $40^\circ < \alpha < 90^\circ$ | II | 水平态 |

表3 垂直空间判定表

Table 3 Vertical space decision table

综合水平、垂直两种划分方案，对人体周围空间重新进行分区。原 I 区的编号为 1，原 II 区按水平方向的分区顺序被分为 4 个分区，编号依次是 2、3、4、5。原 III 区各分区编号依次是 6、7、8、9。设某时刻人体仰俯角为 θ ，翻滚角为 γ ，航向角为 ψ ，此时人体躯干与垂直轴之间夹角可用公式 $\alpha = \arccos(\cos\theta \cos\gamma)$ 求得。人体躯干在水平方向上的位置判断为，当 $|\sin\gamma| < |-\sin\theta \cos\gamma|$ 且 $-\sin\theta \cos\gamma > 0$ 时位于 A 区；当 $|\sin\gamma| > |-\sin\theta \cos\gamma|$ 且 $\sin\gamma < 0$ 时，位于 B 区；当 $|\sin\gamma| < |-\sin\theta \cos\gamma|$ 且 $-\sin\theta \cos\gamma < 0$ 时，位于 C 区；当 $|\sin\gamma| > |-\sin\theta \cos\gamma|$ 且 $\sin\gamma > 0$ 时，位于 D 区。使用三维向量 $[X1, X2, X3]$ 代表初始状态、中间状态和最终状态，获取了人体的姿态序列，从而进一步确定运动中躯干部分姿态变化的过程。

2 系统总体结构及蓝牙通信方案设计

系统通过测量三轴加速度 (G_x 、 G_y 、 G_z)，完成卡路里消耗计算，利用运动模式识别算法实现对人体姿态判断以及跌倒警报预判，利用 GPS 定位技术实现人体运动轨迹跟踪。各数据经由蓝牙无线通信技术传输至上位机软件，进而实现直观显示和综合计算，以满足人体运动状态的监测。

基于蓝牙无线通信技术的运动监测系统总体结构流程图如图 2 所示。

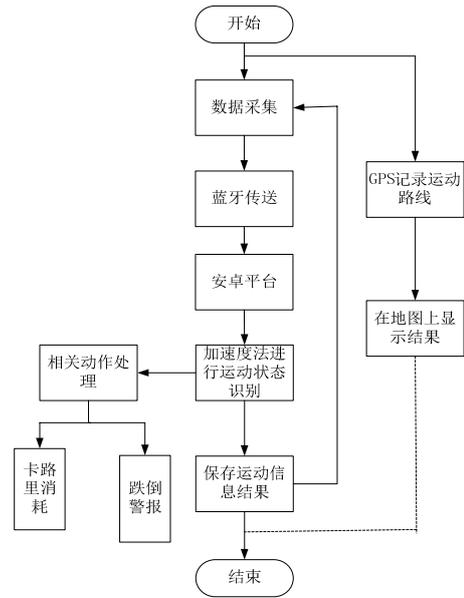


图2 系统总体流程图

Fig.2 The flow chart of system overall

2.1. 硬件系统及数据发送端设计

硬件系统由监测人体运动的三轴加速度传感器 mpu6050、micro sd 卡、温度传感器 DS18B20、有机发光二极管 OLED 显示屏、处理数据的微处理器 msp430、以及蓝牙模块 hc05 等组成，系统框架和信息流向如图 3 所示。

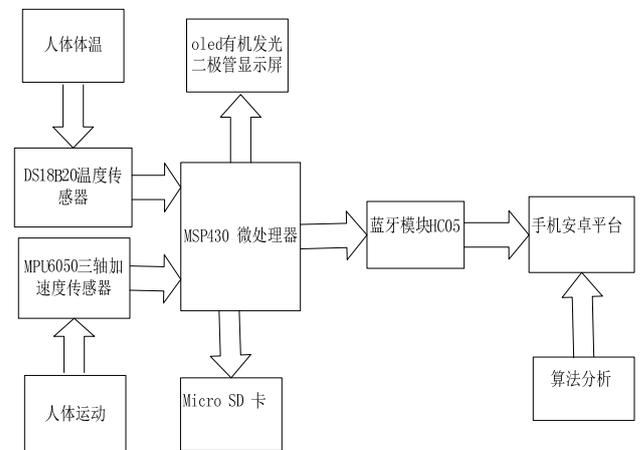


图3 系统框架和信息流向

Fig.3 System framework and information flow

由图 3 可知，微处理器通过温度传感器获取人体体温参数，通过三轴加速度传感器获取人体在不同运动状态时的三轴加速度以及人体所处的环境温度。微处理器一方面将这些数据通过显示屏显示出来，另一方面又将这些数据存储到 SD 卡中，以便对所获取的数据进行离线分析；此外，硬件系统所测数据还可通过 hc05 蓝牙模块发送至手机安卓平台，通过算法分析和安卓手机编程将三轴加速度进行整合计算出人体在不同运动状态下的速度，里程、卡路里消耗以及运动姿态情况，

并在手机上显示出来。

2.2 软件系统及数据接收端设计
系统软件流程图如图 4 所示。



图 4 系统软件流程图

Fig.4 system software diagram

2.2.1 Android 蓝牙通信平台的创建

Android 通信平台的服务端采用 Struts2+Hibernate 框架架构，数据存储采用 MySQL 数据库。服务器端架构图如图 5 所示。

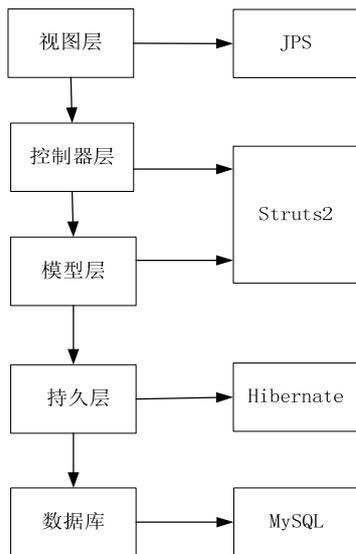


图 5 服务器端架构图

Fig.4 The server architecture diagram

整个服务端采用多层次的架构，从上到下依次是控制器层、模型层、持久化层和数据库层。

Struts2 充当控制层和模型层，Hibernate 充当持久层。Struts2 框架中的 FiltrDispatcher 作为控制器，它作为 Selvert 过滤器，接收用户请求，过滤并转发。Action 作为 Struts2 中的模型层，用来调用业务逻辑处理请求，还可以进行数据的传递。

2.2.2 GPS 定位技术

GPS 全球定位系统是通过分析 GPS 接收机终端和基站之间所传播信号的特征参数来实现位置获取功能的。当前 Android 手机大都配备了完备的 GPS 接收系统，该定位技术利用空间距离后方交会的方法，把 GPS 定位卫星的瞬间位置当作已知数据，进而确定 GPS 接收机的所处位置。在此基础上本系统通过对百度 Map API 技术的调用，构建相应的配套服务体系，通过百度 Map API 便可将设备所处的地理位置信息实时显示在 app 界面，同时还能够实现地图的加载、缩放及浏览功能，满足用户在使用该系统过程中的定位需求。

3 实验结果与分析

基于人体传感和 Android 技术的运动监测系统的设计实验样本为 10 名身体健康、身高在 160cm~180cm，体重在 50Kg~60Kg 的志愿者，实验距离为 50m，实验方法为直立行走、慢跑、跌倒三种运动状态，采集到的瞬时加速度实验数据（忽略方向）如表 4 所示。将此过程中的能量消耗作为实验变量，以此同标准跑步机所测得的能量消耗数据进行对比，进而便可分析系统测试结果的准确程度。

| 运 动 | t(s) | ax (m/ | ay (m/ | az (m/ | a (m/ | S(m) | T(° C) | 卡 路 |
|--------|------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|--------|
| 正 | 1 | 2.3 | 0.6 | 1.1 | 2.6 | 2.6 | 23.1 | 39 |
| | 2 | 3.1 | 0.4 | 1.6 | 3.5 | 6.1 | 23 | 53 |
| | 3 | 2.5 | 0.9 | 0.9 | 2.8 | 8.9 | 23.2 | 42 |
| | 4 | 2.7 | 0.3 | 1.3 | 3.0 | 11.9 | 23.1 | 45 |
| 快 | 5 | 4.6 | 1.7 | 3.2 | 5.8 | 17. | 23.3 | 88 |
| | 6 | 5.1 | 2.2 | 4.7 | 7.2 | 25. | 23 | 110 |
| | 7 | 5.3 | 1.6 | 3.7 | 6.6 | 31. | 23.1 | 10 |
| | 8 | 4.8 | 2.1 | 4.3 | 6.7 | 38. | 23.1 | 10 |
| 跌 | 9 | 3.1 | 2.6 | 5.6 | 6.9 | 45. | 23.3 | 10 |
| | 10 | 1.2 | 2.9 | 5.3 | 6.1 | 46. | 23.2 | 93 |
| | 11 | 2.4 | 1.3 | 6.5 | 7.0 | 46. | 23.1 | 10 |
| | 12 | 2.6 | 2.6 | 7.1 | 8 | 50 | 23 | 12 |

表 4 实验数据

Table 4 empirical data

3.1 实验准确性分析

实验中，志愿者佩戴运动监测系统与兄弟牌跑步机 WL-195 运动进行对比测试，测试结果数据如表 5、表 6、表 7 所示。

| | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 步频 | 1.2 步/秒 | 1.4 步/秒 | 1.6 步/秒 | 1.8 步/秒 |
| 正常行走准确率 | 89% | 93% | 85% | 73% |

表 5 同一个体在不同速度下正常行走时所测得数据准确度

Table 5 The same individual at different speeds when walk normally measured data accuracy

| | | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 步频 | 2.2 步/秒 | 2.4 步/秒 | 2.6 步/秒 | 2.8 步/秒 |
| 跑步准确率 | 89% | 93% | 85% | 73% |

表 6 同一个体在不同速度下跑步时所测得数据准确度

Table 6 The same individual at different speeds when running accuracy of the measured data

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 准确率 | 89% | 92% | 84% | 87% | 96% | 88% | 95% | 92% | 81% | 89% |

表 7 不同个体在相同速度下行走时所测得数据准确度

Table 7 Different individuals in speed walking under the same accuracy of measured data

3.2 实验数据分析

X、Y、Z 轴的加速度为 10 名测试者在相同运动状态下的平均值，而合成的加速度 \bar{a} 为三轴加速度 \bar{a}_x 、 \bar{a}_y 、 \bar{a}_z 的矢量合成,由矢量合成公式：

$\bar{a} = \sqrt{\bar{a}_x^2 + \bar{a}_y^2 + \bar{a}_z^2}$ 得到。同时由公式 (1) 和公式 (2) 可得，当人体正常行走时， α 的平均值为 13.32° ，处于直立态，并且

$|\sin \gamma| < |-\sin \theta \cos \gamma|$ 且 $-\sin \theta \cos \gamma > 0$ ，位于 A 区，符合人体正常走步时的运动姿态；当人体慢跑时， α 的平均值为 37.64° ，处于过渡态，并且

$|\sin \gamma| < |-\sin \theta \cos \gamma|$ 且 $-\sin \theta \cos \gamma > 0$ ，位于 A 区，符合人体慢跑时的运动姿态；当人体跌倒时， α 的平均值为 67.39° ，处于水平态，同时满足

$|\sin \gamma| > |-\sin \theta \cos \gamma|$ 且 $\sin \gamma > 0$ ，位于 D 区，符合人体跌倒时的运动姿态。实验测得三分钟内

人体运动时的实时三轴加速度，由此合成得到人体正常行走、慢跑、正常行走时突然跌倒等阶段的加速度曲线图如分别图 6、图 7、图 8 所示。

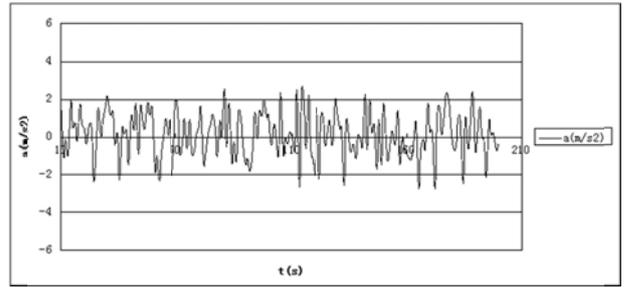


图 6 正常行走时加速度曲线图

Fig.6 Normal acceleration curve when walking

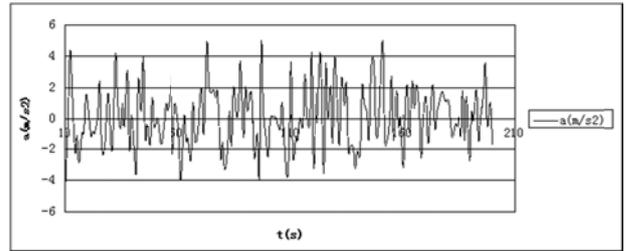


图 7 跑步时加速度曲线图

Fig.7 When running the acceleration curve

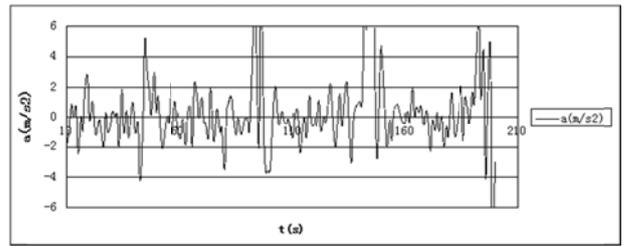


图 8 跌倒时加速度曲线图

Fig.8 The acceleration curve when you fall down

图 6、7、8 三个曲线图直观的显示了正常行走、跑步状态以及跌倒状态下的加速度变化情况。此外，由于人体运动过程中的合加速度是由 X、Y、Z 三轴加速度进行矢量合成求得的，当人体正常行走和跑步时，X 轴加速度明显大于 Y 轴和 Z 轴的加速度，且人体跑步过程中的三轴加速度分量都要明显高于人体正常行走过程中的三轴加速度分量。人体在跌倒时处于失重状态，由于受到重力加速度影响，此时 Z 轴加速度出现明显变化。人体跌倒时有不同姿态，因此人体跌倒时的三轴加速度不尽相同，由图 8 可知跌倒时的加速度与正常行走和跑步时的合速度出现明显区别。

4 结论

本文提出一种便携式运动监测系统的设计方案，通过 msp430 微控制器结合 Android 手机平台实现人体运动的三轴加速度、速度、里程等参数

测量，并通过运动模式识别算法判断人体运动姿态，并发出跌倒警报，并且利用 GPS 定位技术对运动路线进行实时跟踪。系统对运动参数分析处理可得到运动消耗的卡路里，评估人体运动量，以防止运动过度和运动损伤对健康造成威胁。

参考文献

1. 吴黎明, 张力锴, 李怡凡. 基于 ANN 和单个三轴加速度传感器的汽车运动姿态测量[J]. 传感技术学报, 2011, 24(6): 923-927
2. 陆乐, 戴剑松, 徐波, 季浏. 加速度传感器测量不同速度运动时能量消耗的研究[J]. 西安体育学院学报, 2013, 30(1): 104-107
3. 杜喆. 基于接近式传感器电子计步器的设计[J]. 机械与电子, 2014, (1): 80-81
4. 刘鹏, 卢潭城, 吕愿愿, 邓永莉, 陆起涌. 基于 MEMS 三轴加速度传感器的摔倒检测[J]. 传感技术学报, 2014, 27(4): 570-574
5. 黄棉波, 杨丰, 王磊, 陈银海. 基于无线传感器的患者运动信号检测系统设计及其应用[J]. 医疗卫生装备, 2011, 32(1): 4-7
6. 朱国忠, 韦彩虹, 潘敏. 基于三维加速度传感器的人体运动能耗检测算法的研究[J]. 传感技术学报, 2011, 24(8): 1217-1222
7. 蔡忠建. 人体活动量的测量[J]. 渝州大学学报, 1997, 14(2): 66-70
8. 邱淑敏, 王欢, 江崇民. 运动健身能量消耗简易测量方法的效度研究[J]. 体育科学, 2013, 32(6): 69-76
9. 朱弋, 郑尔信. 综述. 人体运动量及能耗的测量[J]. 国外医学生物医学工程分册, 1997, 17(4): 202-206
10. 薛洋. 基于单个加速度传感器的人体运动模式识别[D]. 广州: 华南理工大学, 2011 年
11. 李路. 基于多传感器的人体运动模式识别研究[D]. 山东: 山东大学, 2010 年
12. 吴忠泽. 基于智能移动终端的人体运动状态监测系统的设计与实现[D]. 广州: 华南理工大学, 2011 年

可自动调谐的瞬变电磁接收线圈前置放大器*

吴燕琪；孙喆；邹学良

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130012)

摘要： 随着经济的发展，矿产资源越来越被人们依赖。然而在矿产开采过程中，坑道涌水严重威胁着矿产财产和人身安全。瞬变电磁法是一种极具发展前景的方法，可查明含水地质如岩溶洞穴与通道、煤矿采空区、深部不规则水体等，可解决坑道涌水等问题。在瞬变电磁法测量中，系统存在 3 种状态，欠阻尼、过阻尼、临界阻尼状态，最理想的工作状态则是临界阻尼状态。

研究目的是实现瞬变电磁接收线圈前置放大器的自动调谐，可自动调谐阻尼电阻到最佳阻尼状态即临界阻尼状态。自然，改变了之前实验室机械调节匹配电阻的不便，大大提高了工作效率。为更好地进行地质勘探创造了条件，具有极高的应用价值和创新能力。

研究从四个阶段进行，一、系统参数的确定和匹配电阻的选取，通过一系列仿真与计算，确定参数，以及匹配电阻参数；二、通过单片机实现数字电位器的程序控制；三、实现对系统状态的自动识别，将外部信号采集进来，通过相关算法对系统状态进行判断，从而做出相应的操作；四、建立控制反馈机制，实现系统状态的自动调节。

关键字： 瞬变电磁法 临界阻尼 自动调谐

中图分类号： TH763 **文献标识码：** A

The automatic tuned pre-amplifier of TEM receive coil

Wu Yanqi, Sun Zhe, Zou Xueliang

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

Abstract: The purpose of the research is to realize automatic tuning of the pre-amplifier of TEM receiver coil, to make sure that damping resistor can be automatically tuned to the optimal damping i.e. the critical damping state. Naturally, it change the condition where mechanical adjustment in the laboratory is necessary, besides it bring lots of convenience. It also create the better conditions for geological exploration, In a nutshell, it is of high application value and innovation value. Anyway, this paper contains SCM technology and simulation technology.

Key words: TEM Critical damping state Automatic tuning SCM

0 前言

瞬变电磁法是一种极具发展前景的方法，可查明含水地质如岩溶洞穴与通道、煤矿采空区、深部不规则水体等。有效解决坑道涌水等问题。在国内外的应用均很广泛。

从国外的研究来看，性能稳定、实用可靠的商品化瞬变电磁仪器始于 70 年代初期，最先推出商品仪器的为加拿大 CRONE 地球物理公司。CRONE 公司研制的 PEM 型和 EM 系列是国外相对功能较

为完善、性能稳定可靠的；从国内的研究来看，近年来由于市场的需求，多家大专院校、研究所和仪器生产厂家正在进行研制瞬变电磁法仪器，目前在勘查中应用的或多或少有六、七种类型之多。虽然。我国的瞬变电磁仪器不断在完善，但总体来看仍存在缺陷：在复杂条件下适应能力很差；稳定性差，复杂条件下难以实现高精度。与国外先进产品相比仍有差距。

我们所研究的可自动调谐的瞬变电磁接收线圈前置放大器正是在接收这一过程中的极大的优化方法。它可以根据测量地点的大地电性，自动调节匹

*指导教师：王远

项目类型：大学生创新项目

配电阻,即阻尼电阻,使之达到最理想的工作状态,减少冲激响应和阶跃响应的振荡,使测量结果更为精确。为矿产,水资源的开发与利用,地质灾害等方面提供有效的参考价值。

1 研究内容

瞬变电磁法(TEM)属于时间域电磁法,它是利用不接地回线或接地线源向地下发送一次脉冲电磁场,在一次电磁场的激励下,地下导体内部受感应产生涡旋电流,在一次脉冲磁场的间隙期间,涡流产生的二次磁场不会随一次场消失而立即消失,利用线圈或接地电极观测二次磁场,研究其与时间的变化关系,从而确定地下导体的电性分布结构及空间形态。瞬变电磁法工作过程分为发射、电磁感应和接收三部分。课题所研究的正是接收线圈前置放大器这一部分^[1]。

课题的内容紧紧围绕实现 TEM 接收线圈的前置放大器的匹配电阻的自动调谐来展开,达到临界阻尼状态,从而增大接收到的信号分辨率,提高测量精度,使数据更有价值,并精简操作。主要分为:一、理论计算及系统仿真;二、匹配电阻的调控;三、采集波形,分析判断接收线圈得到信号的振荡情况;四、建立反馈控制回路,通过单片机调节数字电位器输出理想阻值。基本框架如下:

第一部分:理论计算及系统仿真

1.建立 TEM 接收圈的等效结构,等效结构图如图 1.1:

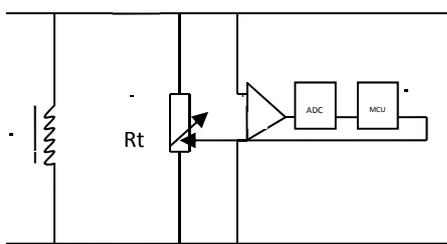


图 1.1 等效结构图

Fig 1.1 Equivalent structure

2.理论计算

利用基尔霍夫定律计算得到 TEM 等效电路的阶跃响应,从而得到系统的特征方程^[2]。根据特征方程中的阻尼系数 K 的值得到不同情况下的阶跃响应:当 $\xi < 1$ 时,为欠阻尼状态;当 $\xi > 1$ 时,为过阻尼状态;当 $\xi = 1$ 时,为临界阻尼状态,此时计算

出 R_t 的值。在实际制作过程中,我们所加的匹配电阻就是由 $\xi = 1$ 时 R_t 的值近似得到。

3.系统仿真

采用 MATLAB 软件编程,参考自动控制系统的內容,仿真一个典型的二阶系统,设定可变量 ξ 为阻尼系数, $\xi > 1$ 系统状态为过阻尼状态; $\xi < 1$ 为欠阻尼状态; $\xi = 1$ 为临界阻尼状态,将此信号作为原始信号;将此原始信号混入一个拥有均匀频谱的白噪声后,产生与实际情况更近似的新的信号;K 取不同值时的阶跃响应曲线:

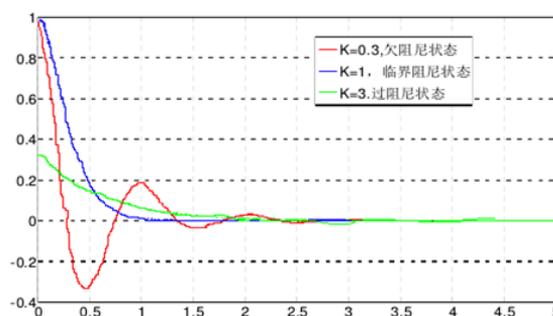


图 1.2 三种状态的阶跃响应曲线

Fig1.2 Step response curve of three states

分别画出原始信号与加噪后信号的频谱,进行频谱分析后,可以看到原始信号的基本上在低频区间,而加噪后的信号频谱则是布满整个频域内,故设计一个低通滤波器,滤除高频内的信号,调节低通滤波器的截止频率尽可能消除噪声,这里采取 10000 的采样频率,采样范围 0-10s 之间共处理 100000 个数据;滤波后发现信号除小的波动外已经尽可能接近原始信号;为平滑信号的波形,再次进行滤波,采用算术平均值进行滤波对波形进行平滑。平滑后,进行状态的判断。

信号的状态识别:

采用 $\min()$ 、 $\max()$ 函数求信号的最小值和最大值,和数据下标,存储相关数据,将其与最小值后的数据相减求绝对值,规定绝对值差值大于 0.05 时,振荡发生;若小于 0.05 视为正常波动,未产生振荡。未产生振荡的情况下,包括两种情况:临界阻尼状态和过阻尼状态,调整 ξ 值,如 $\xi = \xi - 0.1$,生成新的传递函数和数据后,再进行判断,判断如仍无振荡后 ξ 继续加 0.1,直到振荡产生,将最后的 ξ_{end} 值与初始 ξ 值作比较后,初始 $\xi - \xi_{end} > 0.2$ 的情况下判断为过阻尼状态。相反为临界阻尼状态。程序框图如图 1.3 所示:

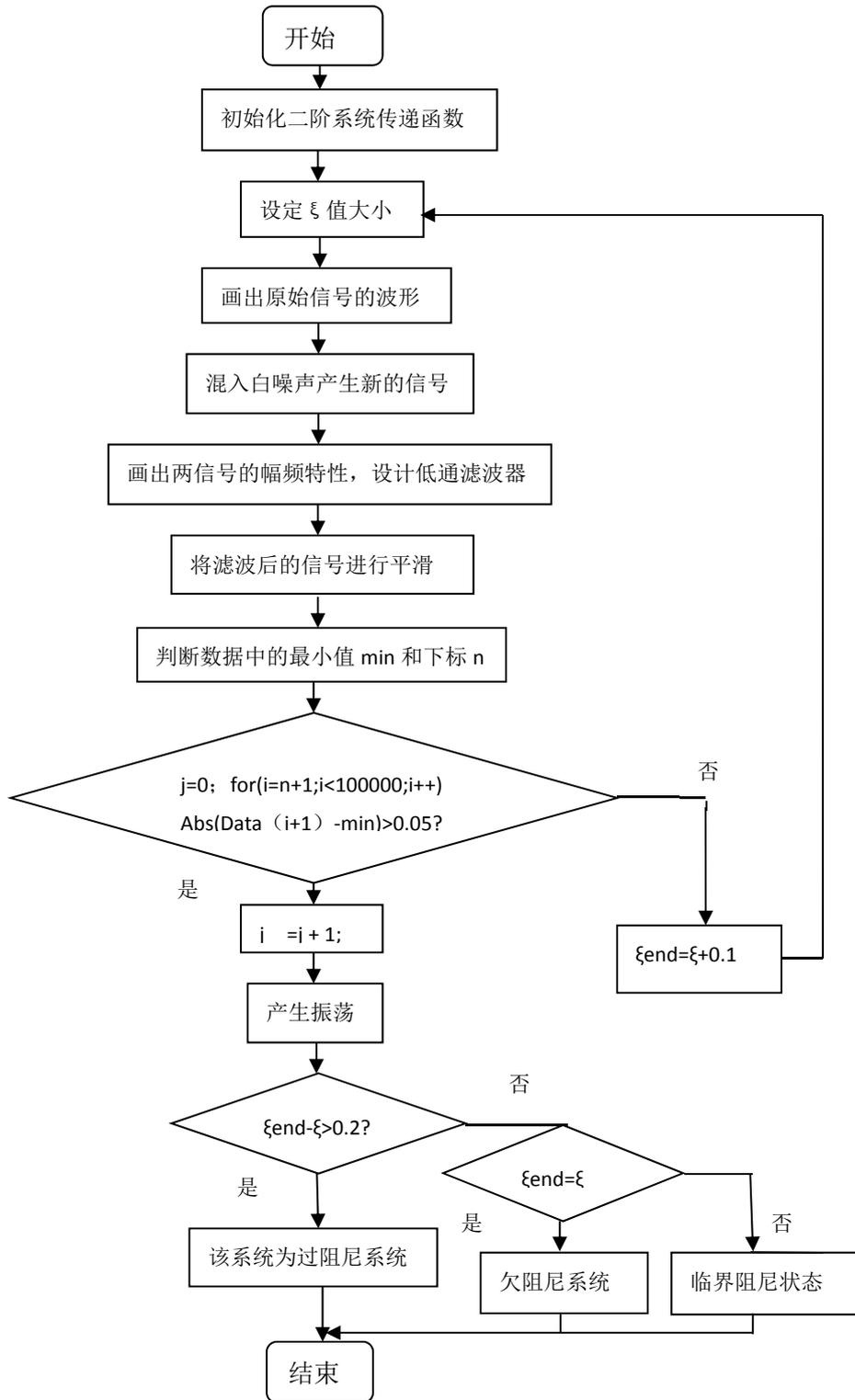


图 1.3 系统状态识别的程序框图

Fig1.3 The block diagram of system state recognition

$\xi = 0.2$ 欠阻尼状态下仿真结果:

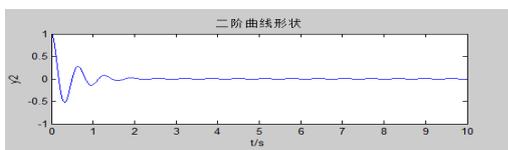


图 1.4 欠阻尼状态的二阶曲线

Fig1.4 Under damped second-order curve

加噪声后的信号:

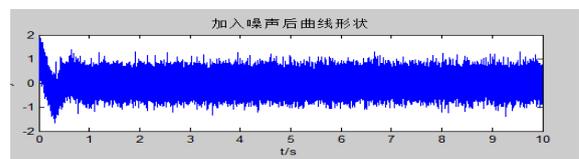


图 1.5 加噪声后信号曲线

Fig1.5 The curve after the signal plus noise

滤波后的信号:

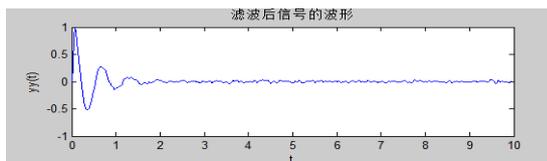


图 1.6 滤波后的信号曲线

Fig1.6 The filtered signal curve

状态识别的结果:

```
ans =
系统已经完成状态识别

ans =
此系统为欠阻尼系统
```

第二部分: 匹配电阻的调控。

在 TEM 中, 匹配电阻对信号是否失真起着至关重要的作用, 由于测量环境与条件的不同, 所需要的匹配电阻的阻值也不同, 要保证信号的准确性, 就需要实时监测并调节电阻大小, 因此我们采用单片机来控制 ADI 数字电位器来实现匹配电阻的程控调节。AD5231 是 1024 抽头 10K 数字电位器, 写入阻值 DATA 范围 0-1023; 以 B-W 之间阻值为例: 电阻计算公式:

$$V_w(D) = \frac{D}{1024} \times V_{AB} + V_B$$

设置 VAB 电压为 5V, 改变 D 值即改变阻值。基本电路如图 1.7:

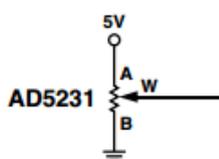


图 1.7 基本电路

Fig1.7 Basic circuit

采用 SPI 串行外设接口, 利用 CLK、MOSI、MISO、CS 四个引脚控制, CS 由 STM32 单片机的 PB14 复用推挽输出, 设置单片机为主机, PA5、PA6、PA7 三个引脚分别是 CLK, MOSI, MISO 串行写数据到 AD5231; 按照图中所示的时序图进行设置 SPI1 的工作模式; 每次写入 8 位, 256 分频。如图 1.8 为时序图、图 1.9 为 AD5231 的简单调节程序框图。

AD5231

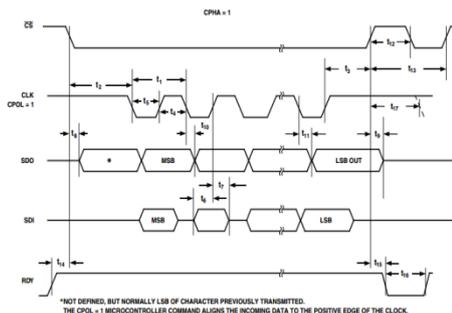


图 1.8 SPI 时序图

Fig1.8 Timing chart of SPI

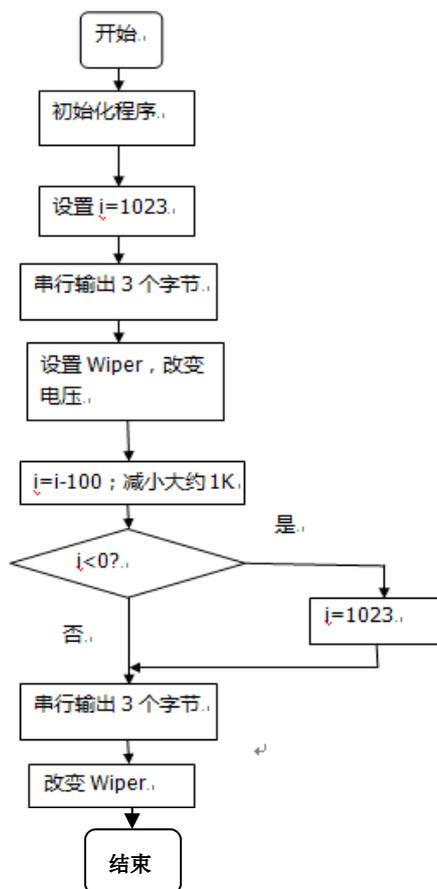


图 1.9 程控 AD5231 的程序框图

Fig1.9 Block Diagram of process control AD5231

第三部分: 采集波形, 分析判断信号的振荡情况。利用模数转换器(ADC)将输出信号数字化, 通过单片机对信号进行判断, 确定当前的匹配状态, 再进一步判断是否需要调整^[3]。

初始化数字电位器的阻值为 10KΩ, 调整系统状态为欠阻尼状态下, 将同步信号作为中断信号, 捕获上升沿, 响应中断程序, 进行 AD 采样并将十六进制转化为电压值存储于单片机的 FLASH 中, 对原始数据进行平滑滤波, 滤除毛刺后, 按照系统仿真中的状态识别算法, 判断是否出现振荡。并对不同的情况进行处理。

相关程序框图如图 1.10 所示：

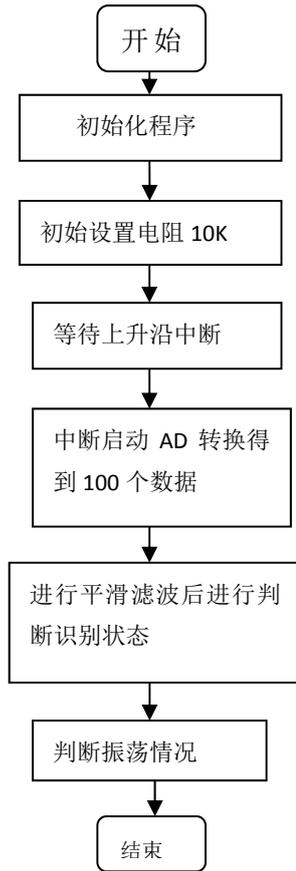


图 1.10 采集波形的程序框图

Fig1.10 Block diagram of the waveform acquisition

取当系统为欠阻尼状态时的数据，借助

MATLAB 画出图形。如图 1.11

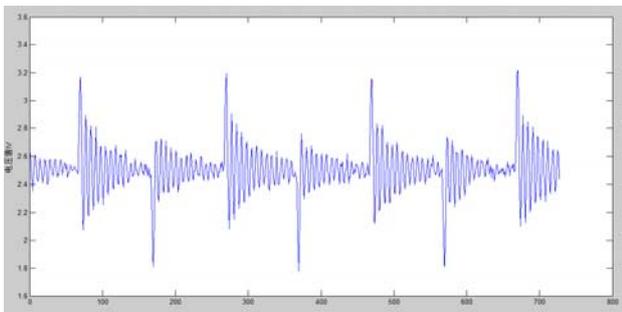


图 1.11 欠阻尼状态采样的信号波形

Fig1.11 Under damped sampled signal waveform

第四部分：建立反馈控制回路，通过单片机自动调控数字电位器阻值。

根据上述系统状态是否发生振荡，使单片机自动调节 ADI 数字电位器阻值。通过反馈控制，系统可自动进行多次采集判断并进行自动调节，直到达到理想状态。对采样后的数字量进行系统判断，如果发生振荡时，减小 AD5231 阻值（wiper 值减少 20） $200\ \Omega$ ，再次进行采样，判断系统是否发生振荡，若振荡继续减少阻值，直到振荡消失，调整到接近临界阻值后，再从这个基础上加 $100\ \Omega$ ，近似调整到

临界状态，完成自动匹配的过程。

自动调整的程序框图如 1.12 所示：

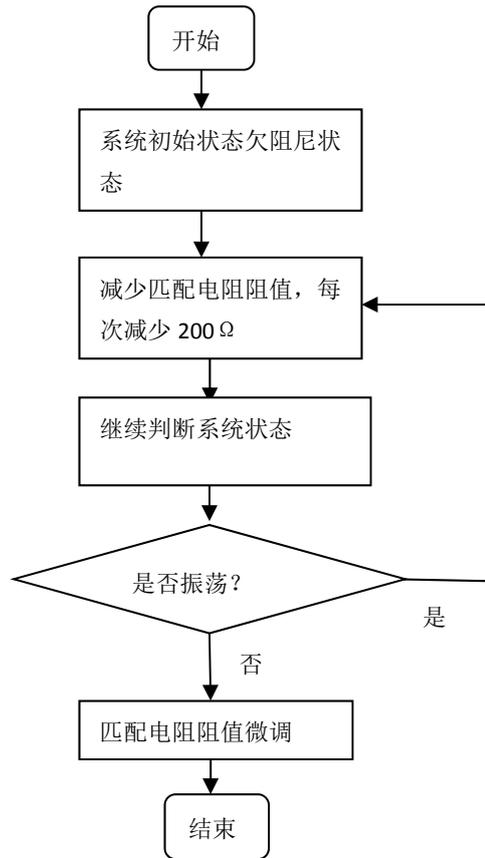


图 1.12 自动调整的程序框图

Fig1.12 Block Diagram of automatic adjustment

调整结束后，系统状态稳定在临界阻尼状态，完成整个配谐过程。

2 电路设计

2.1 系统参数的确定和匹配电阻的选取

TEM 接收圈的电参数主要有线圈电感 L 、线圈内阻 R ，而电参数主要由接收线圈的物理参数（线圈匝数 N 、线圈面积 S 、导线半径 r 、导线材料以及导线缠绕方式）来决定^[4]。

匹配电阻的参数选择：为了提高精确度，在这里我们选用 1024 抽头分辨率、端到端电阻为 $1K\ \Omega$ 的 ADI 数字电位器。

单片机参数选择：信号的采集过程中，需要在接受线圈的冲激响应开始衰减的 $100\ \mu s$ 以内尽可能多且精确的采集样本，采样频率 $1\ \mu s$ ；提高测量精度。而且，需要处理大量的数据^[5]。所以单片机的 AD 转化速度一定要快，CPU 频率也要快，并且需要大容量的存储器。参考以下两种单片机：

单片机芯片 1：基于 C8051F020 的设计

C8051F020 是完全集成的混合信号系统级

MCU 芯片，最高工作频率 25MHz，具有 64 个数字 I/O 引脚，片内资源包括真正 12 位、10us 转换时间的 8 通道 ADC、64KB 字节的可编程 FLASH 存储器、5 个通用 16 位定时器等。

单片机芯片 2：基于 STM32F103RET6 的设计

STM32F103RET6 是属于中低端的 32 位 ARM 微控制器，最高工作频率达 75MHz，具有 51 个数字 I/O 引脚，片内资源包括 3 个 12 位、1us 转换时间的多达 16 通道的 ADC、512KB 字节的可编程 FLASH 存储器、11 个定时器。本课题希望在接受线圈的冲激响应开始衰减的 100us 以内尽可能多且精确的采集样本，采样频率 1us；提高测量精度。对比来看，STM32F103RET6 的 CPU 运行速度要比 C8051F020 快，它的 ADC 转换速度也更快，而且 STM32 的 FLASH 存储器空间更加充分^[6]。

2.2 画出电路图并焊接器件，并分模块调试成功

原理图分为四个模块：电源模块、单片机控制模块、ADI 数字电位器模块、放大器模块

电源模块如图 2.1 所示：采用 LM7805, LM7905, AMS1117 稳压芯片，将 ±7.4V 电压转化为 ±5V 电源与 3.3V 电源为芯片供电。

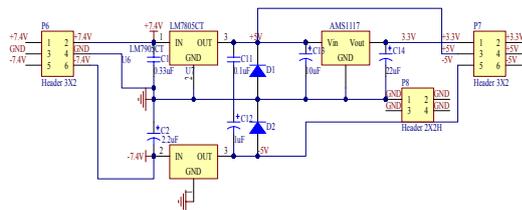




图 3.1 PCB 焊接电路

Fig3.1 PCB welding circuit



图 3.2 实物图

Fig3.2 Physical picture

连接电源、发射机、发射线圈一体，选取发射模式线模式、发射频率 6.25Hz、电流限定 2.19A，将接收线圈放置在发射线圈附近，将接收线圈与可自动调谐的瞬变电磁前置放大器装置连接一起。如图 3.3 所示：

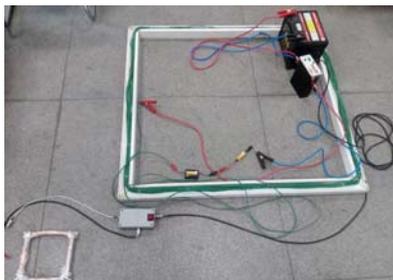


图 3.3 实物连接图

Fig 3.3 Physical connection diagram

按开电源开关用示波器观察波形的变化，观察整个调谐过程。当调谐结束后，阻值稳定不变，信号相继稳定在临界阻尼状态。

4 测试结果

以下为通过示波器观察匹配电阻匹配前后接收线圈接收到信号波形的对比：图 4.1 为匹配前信号的波形，图 4.2 为匹配后信号的波形。

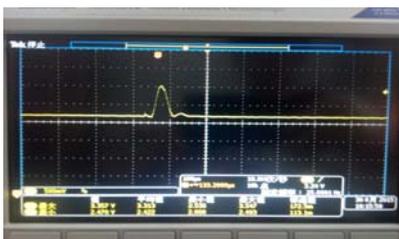


图 4.1 匹配前信号波形

Fig4.1 The signal wave before matching

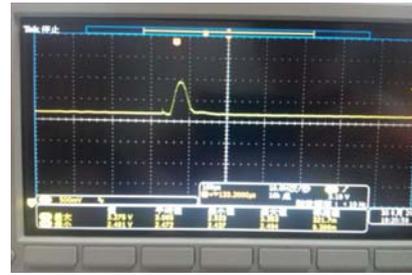


图 4.2 匹配后信号波形

Fig4.2 The signal wave after matching

5 结论

本文详细介绍了瞬变电磁法的原理，围绕实现 TEM 接收线圈前置放大器的匹配电阻的自动调谐展开研究，采用 SPI 协议进行数字电位器 AD5231 与单片机的通信，通过以上两图对比可以看出，匹配前接收线圈接收到的信号波形有明显的振荡情况，经自动调节匹配电阻后，振荡消失，达到预期的临界阻尼状态，成功实现了匹配电阻的程序控制。

我们对整个自动调节过程所花费的时间做了统计，从开始的欠阻尼状态到调节为临界阻尼状态总共只需大约 10 秒，从中可以看出自动调谐的快速性，这正是我们做此研究的最终目的，方便快速的实现自动匹配，解决了很久以来实验室机械调整匹配电阻的弊端，为 TEM 相关研究节约了宝贵的时间，具有很好的应用价值。

参考文献

1. 嵇艳鞠,林君,于生宝等.ATTEM 系统中电流关断期间瞬变电磁场响应求解的研究[J]地球物理学报,2006,49(6):1884 — 1890
2. 王华军.接收线圈对瞬变电磁信号的影响分析[J](2009-11-27)
3. 吕国印.瞬变电磁法的现状与发展趋势[J]物探化探计算技术(2007)增刊(1)-0111-05
4. 牛之琏.时间域电磁法原理[M] 长沙:中南工业大学出版社 2007
5. 王华军,梁庆九 瞬变电磁采集 解释软件系统研制 工程地球物理学报[J] 2005 2(6):425 — 430
6. 林君.电磁探测技术在工程与环境中的应用现状[J] 物探与化探 2000 24(3).

7. 刘桂芹. 简述瞬变电磁法 (TEM) 的研究现状、进展与问题 [J] 1001-1749 (2007)增刊(1)—0108—03

高效率便携式光伏太阳能手机充电器*

宋树超；张雪；杨深振

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院， 长春 130022)

摘要：本文研制了一种高效率太阳能光伏充电器，通过太阳能电池板，将太阳能转化为电能，运用BUCK电路将太阳能输入的电压幅值降至4.7V左右。将由太阳能转化成的电能经过电路变换为稳定直流电给用手机充电，并采样输入电压，电流以及输出电压的值，采样信号传递给MSP430单片机，通过MPPT算法和PI算法的控制，使输出电压稳定在手机最大充电电压处，并在稳定条件下，追踪太阳能电池板在允许范围内输出功率达到最大，让充电更加快速高效。仿真与实验结果验证了所研制电路与算法的可行性。

关键词：太阳能移动电源 数模转换器 PI 控制器 BUCK 电路 MPPT 算法

High efficiency of the portable pv solar mobile charger

Song Shuchao; Zhang Xue; Yang Shenzhen

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

Abstract: In this paper, a high efficient solar charger for mobile phone is implemented, which can transform light energy into electricity by photovoltaic cells, and use the BUCK circuit to drop voltage amplitude to around 4.7 V. The electrical energy transformed by solar energy is alternated into stable dc voltage to charge the mobile phone. The value of input voltage, input current and output voltage are sampled by MSP430 microcomputer. The output voltage is controlled at the largest mobile phone charging voltage through the MPPT algorithm and PI algorithm. In addition, the maximum output power of the photovoltaic cell is tracked and the charging is more fast and efficient. The simulation and experimental results verify the feasibility of the charger and algorithms.

Key words: Solar mobile power supply Digital analog converter PI controller BUCK converter MPPT algorithm

0 引言

随着中国经济快速发展、人口增多、生活水平不断提高，人们对能源的需求与日俱增。传统能源如石油、天然气和煤炭等，随着未来世界能源消耗量的持续增长，总有一天将达到极限。因此开发利用可再生能源和各种绿色能源以实现可持续发展是人类必须采取的措施。而太阳能无疑是符合可持续发展战略的理想绿色能源，应用太阳能发电已成为世界关注的焦点问题。

本文所设计的是一种利用MPPT算法优化的单晶硅太阳能作为能源输入，附加相关的充电和保护电路和单片机控制电路所构成的光伏发电充电器。电路具有结构简单，过流、过压保护，充电效率高特点，可以有效避免电池因日照时间不均而在充电

与放电过程由于过度充电或深度放电所照成的对电池的损耗^[1]。

1 系统设计和工作原理

系统分为软件设计和硬件设计两个部分。硬件上，分为MSP430最小系统模块，电源模块，buck电路模块，驱动电路模块和采样模块五部分共同组成了一个降压稳压电路；软件上采用最大功率点追踪算法和数字PID调节算法，将太阳能输出功率调到最大并能将输出电压稳定在手机可充电范围。

*指导教师：李刚

项目类型：大学生创新项目

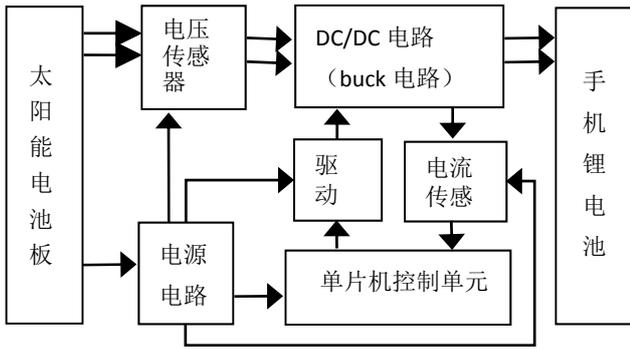


图 1 太阳能手机充电器系统框图

Fig.1 Block diagram of solar cell phone charger

2 硬件设计

2.1 MSP430 简介

MSP430 是 TI 公司推出的一系列超低功耗微处理器。它的显著特性是具有超低功耗, 有 5 个低功耗模式可供选择, 唤醒时间很短, 只需 6 us, 同时还拥有强大的处理能力, 集成度高, 嵌入模块丰富(12 位 A/D 转换、16 位定时器、FLASH 等)。本充电器采用 MSP430 系列的 MSP430F149 单片机为主控芯片, 通过采样电路实时采集太阳能电池板的输出电压和电流以及电池的充电状态, 通过计算决定如何对电池板最大输出功率进行寻找以及确定充电电池的充电状态。同时还可使单片机进入低功耗模式, 有效地减少系统功耗, 增强其高效性。

2.2 电源模块

本模块采用 16 引脚的 LLP 或 ETSSOP 封装的单片、双输出、固定频率的 500kHz 宽输入范围的降压稳压器作为电源芯片, 具有 3-20V 的输入电压范围, 双路 2A 输出, 输出电压最低可达 0.6V, 具有过流保护、热关断等特点, 多用于机顶盒、汽车、计算机外设以及工业控制等领域。本模块采用了 LM26400Y 及其外围电路, 设计了能同时输出 +5V 和 +3.3V 电压的电源电路模块, 为 430 和运放等供电, 电源电路部分的输入电压直接从太阳能电池板上获取, 做到单一电路单一电源的特点。如图 2 所示。

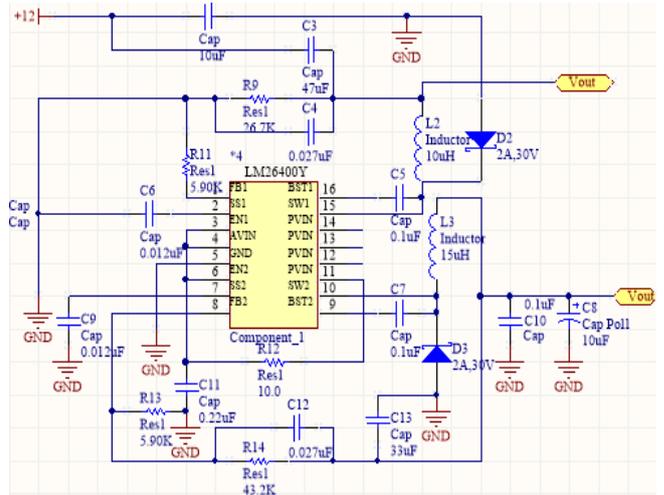


图 2 电源电路

Fig.2 power supply circuit

2.3 BUCK 电路模块

采用图 4 所示的 BUCK 电路作为主充电电路。其中, 采用了 ST 公司新推出的快速恢复 MOSFET 晶体管 STW55NM60ND 和艾赛思公司推出的快速恢复外延二极管 DSEI30-06A 作为开关管和快恢复二极管。分别取 15uH 和 150uF 的电感和电容组成 LC 滤波部分, 电感、电容的计算公式如下:

$$\text{滤波电感: } L = \frac{(1-D) * U_o}{2 * f_s * I_o}$$

$$\text{滤波电容: } C = \frac{U_o * (1-D)}{8 * U_o * L * f^2}$$

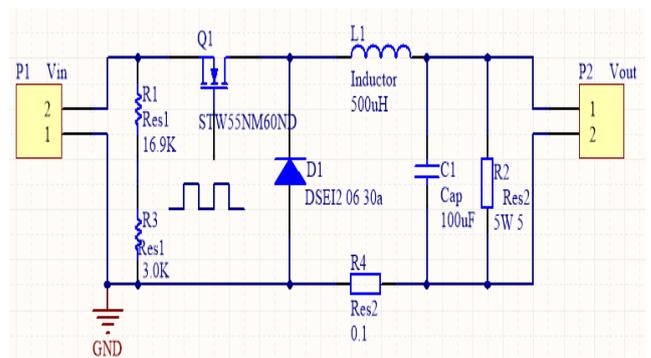


图 3 BUCK 主电路

Fig.3 BUCK main circuit

2.4 驱动电路模块

本模块采用了光耦隔离芯片 (TLP250) 及其外围电路构成。驱动电路及输出电压特性曲线如图 4、5 所示, TLP250 是日本最大的半导体制造商东芝公司推出的, 具有隔离电压: 2500Vrms、单向通道、输出电流: 1.5A、DC 输入等特点。BUCK 主电路采用脉宽调制 (PWM) 方式控制充电电流, 通过此驱动电路放大后的 PWM 信号的脉宽增大或减小来

改变充电电流的大小。

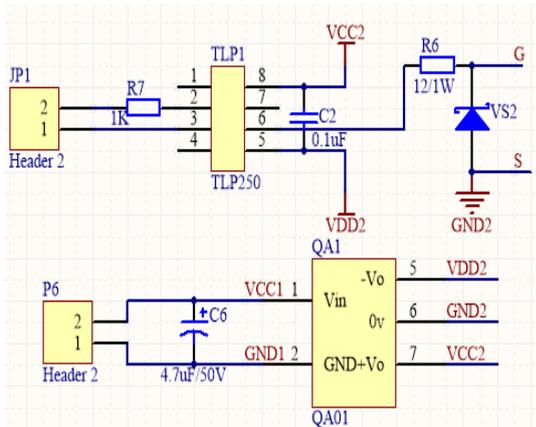


图 4 TLP250 驱动电路

Fig.4 The driving circuit of TLP250

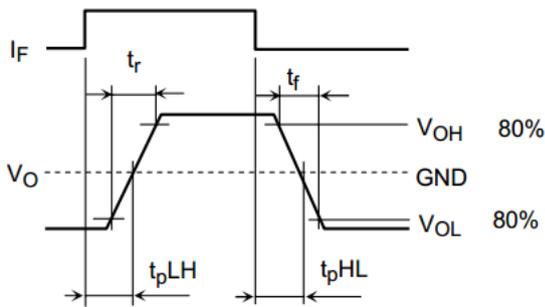


图 5 TLP250 输出电压特性曲线

Fig.5 Output voltage characteristic curve of TLP250

2.5 采样模块

此模块采用电流传感器 ACS712 模块及其外围电路，对系统中的电流进行检测。通过将电流信号转换为电压信号，接入 MSP430 中，实现 A/D 的转换。具体的换算公式为：

$$V_{out} = 2.5V + I_{in}(A) * 0.185$$

对电压信号的采样是通过在电压两侧串联采样电阻，并根据比例采集电压通过跟随电路送往单片机进行采集。

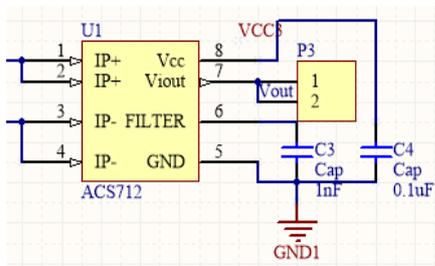


图 6 采样模块电路

Fig.6 Sampling module circuit

3.1 MPPT：最大功率点追踪

3.1.1 太阳能电池的输出特性

太阳能电池的输出特性为非线性，而且受光照强度和环境影响，如图 7 所示，太阳能电池在任何时刻都存在着一个最大功率输出的工作点，而且随着光照强度和温度的变化而变化。为能让太阳能电池在供电系统中充分发挥它的光电转换能力，就需控制太阳能电池的工作点以获得最大功率的输出^[2]。

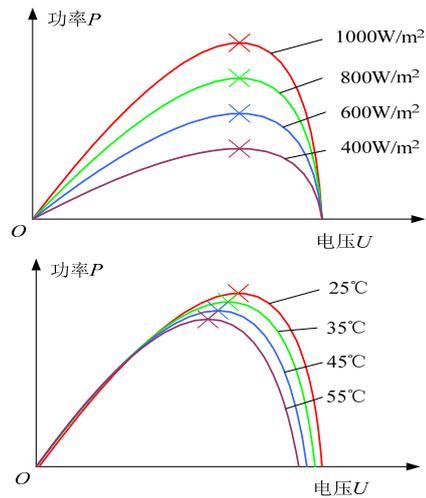


图 7 功率输出曲线

Fig.7 Power output curve

3.1.2 光伏发电系统扰动观察算法.

目前 MPPT 的控制方法主要有三种：固定电压法 (CV)，扰动观察法 (PO)，增量电导法 (IC) 和模糊逻辑控制法等。本文采用的是最为常用的 PO 法，其算法流程图如图 8。系统每隔一定的时间通过改变 PWM 波的占空比 (PWM+blank 或 PWM-blank) 扰动输出电压，并实时地采样太阳能板的输出电压和电流，计算出相应的输出功率 P_i 然后与扰动前的功率 (P_b) 相比，根据功率变化规律决定之后的扰动方向，当 $P_i > P_b$ 时继续按 PWM+blank 调整；当 $P_i < P_b$ 时则按 PWM-Pb 方向调整。步长则按照接近最大功率点的方向逐步缩小，这样就保证了太阳能板的输出功率向增加的方向变化，如此反复的扰动，测量与比较，就实现了最大功率点追踪^[3]。

3 软件设计

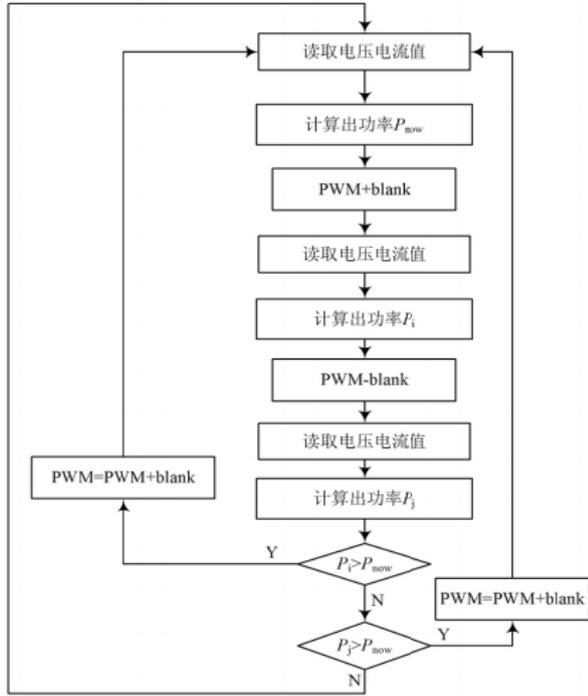


图 8 MPPT 控制流程图

Fig.8 the control flow diagram of MPPT

3.1.3 MPPT 算法中数据采集的优化策略

因为基于扰动观察法的 MPPT 算法实际运行中可能由于扰动频率过大导致较大的功率振荡，所以在 MPPT 系统中，电压电流采集精度十分重要。硬件上我们先用了 msp430 系列 149 单片机进行电压和电流的采样，软件上我们采用统计学的方法实现采样抗干扰目的。算法流程图如图 9。

在读取电压电流值前，进行如下处理：对采集的数据取平均值，剔除掉跟平均值相差比较大的数据，再求平均值。

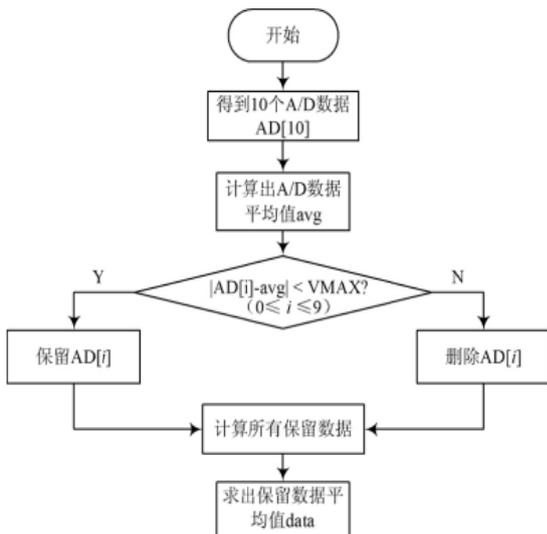


图 9 MPPT 数据采集流程图

Fig.9 the data acquisition flow chart of MPPT

3.2 数字 PI 控制

3.2.1 PI 算法基本原理

PI 调节器是一种线性控制器，它根据给定值 $r(t)$ 与实际输出值 $c(t)$ 构成控制偏差

$$e(t) = r(t) - c(t)$$

将偏差的比例 (P) 和积分 (I) 通过线性组合构成控制量，对被控对象进行控制，其控制规律为

$$u(t) = K_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt]$$

其中 $u(t)$ 为 PI 控制器的输出， $e(t)$ 为 PI 调节器的输入， K_p 为比例系数， T_i 为积分时间常数。

3.2.2 PI 算法的离散化

由于单片机的控制是一种采样控制，它只能根据采样时刻的偏差值计算控制量，因此必须对上式进行离散化处理，用一系列采样时刻点 k 代表连续的时间 t ，离散的 PI 控制算法表达式为：

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k)$$

算法流程图见图 10:

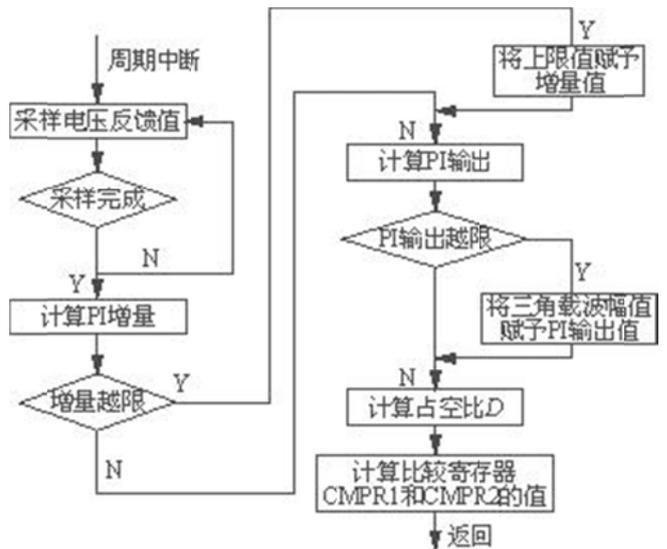


图 10 PI 控制流程图

Fig.10 the control flow diagram of PI

3.2.3 PI 算法实际应用

本文采用数字 PI 调节器，对整个 buck 电路输出电压进行调整。采用 PI 调节器实时跟测电路中的电流。具体方式为：从主电路中将电流采样，转化为电压并放大后输送至 430 单片机内，并采用 AD 程序将模拟量转化为数字量 $data$ ，并对其进行判断，若此时电流过大，则将 PI 调节器关闭；若处于正常的范围将其与电流的预设值进行比较后，对误差进行 PI 算法调节，输出电压跃出最大极限，则输出占空比等于 90%，即 $cmp2=u0=cmp1*90%$ ；若输出

电压跃出最小极限，则输出占空比等于 10%，即 $cmp2=u0=cmp1*10\%$ 。PI 输出电压值作为占空比的调节根据，430 单片机输出占空比给开关管，从而改变整个电路中的电压。原理图如下：

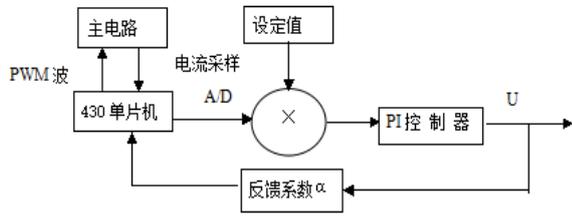


图 11 PI 算法实现原理图

Fig.11 PI algorithm implementation principle diagram

3.2.4 在线仿真

使用 MATLAB 的 SIMULINK 部件对该充电系统进行了建模和一系列的仿真，电路图如下图所示，图中以离散的采样时间，结合 POWERGUI 对模型进行仿真，优化了 PI 控制器的相关参数，在多次测试下得出以下理想波形：

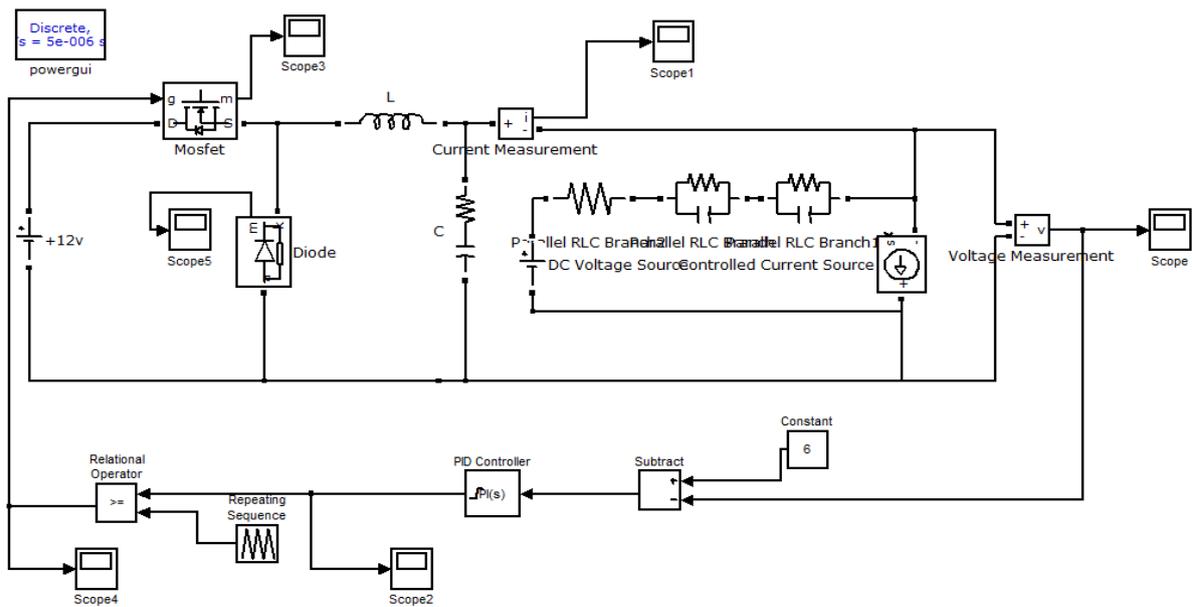


图 14 系统仿真模型图

Fig.14 System simulation model

4 实验结果对比与分析

4.1 实现数字 PI 控制

在每种特定光照条件下，测试系统板能够稳住的充电电压最大值，并将输出电压稳定在设定值附近，实现无静差调节。

人为给定输出电压的设定值，并按照一定步长增加或减少设定，经测量后发现，采用 10 盏 220V，60W 白炽灯照射太阳能电 池板时，能实现的最大

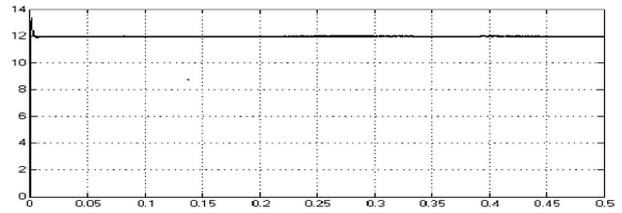


图 12 PI 控制下输出电压波形

Fig.12 the voltage output ware form before PI controlling

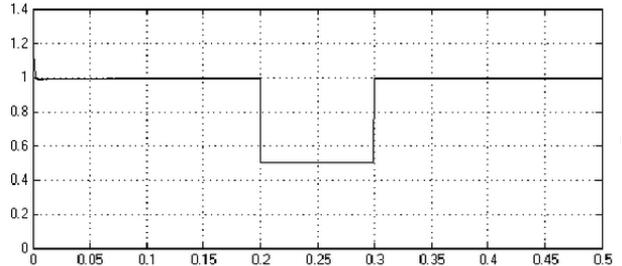


图 13 PI 控制下输出电流波形

Fig.13 the current output ware form before PI controlling

稳定电压为 5.2V，此时 PWM 占空比为 33%左右；若关掉两盏白炽灯，最大稳定电压会降至 4.4V。

4.2 实现 MPPT 算法

在上面所提到的测试方法中，每一种光照条件下，采用最大功率点追踪算法可以实现太阳能电池板在特定条件下输出最大功率。采用了扰动观察法，根据最大功率点决定的输出电压的变化方向，改变输出电压设定，随后采用 PI 调节器将输出电压跟随至设定值。在测量过程中，特定光照条件下，MPPT

算法能实现系统自动调节当前输出电压最大值，实现最大功率输出。

4.3 实现手机充电器的充电

系统输出电压维持在 4.5V~5.2V 范围内，充电电流保持在 0.4~0.7A 左右，可以实现规格为 4.2V,5Wh 手机锂电池的快速充电。

4.4. 关于充电效率的问题

充电效率是指系统输出功率与太阳能电池板输出功率的比值。采用液晶屏时刻显示太阳能电池板输入功率，并显示输出端的输出功率。

下面为两次测试数据以及结论：

测试时间：2015 年 9 月 5 号下午 2:00 测试人员：宋树超 张雪 测试仪器：示波器、msp430f149 (AD12 采样) (表 1)

测试时间：2015 年 9 月 6 号上午 11:00 测试人员：宋树超 张雪 杨深振 测试仪器：示波器、msp430f149 (AD12 采样) (表 2)

表 1 测试数据 1

Table 1 test data 1

| | Vin (V) | Iin (A) | Vout (V) | Iout (A) | Pin (W) | Pout (W) | η (%) |
|-------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|------------|
| 示波器 1 | 12.38 | 0.538 | 5.145 | 1.129 | 6.66 | 5.81 | 87.34% |
| 采样 1 | 12.4 | 0.53 | 5.2 | 1.1 | 6.57 | 5.72 | 87.3% |
| 示波器 2 | 12.87 | 0.542 | 5.205 | 1.158 | 6.98 | 6.03 | 86.44% |
| 采样 2 | 12.8 | 0.54 | 5.2 | 1.15 | 6.92 | 5.98 | 86.5% |
| 示波器 3 | 11.99 | 0.563 | 4.955 | 1.209 | 6.75 | 5.99 | 88.81% |
| 采样 3 | 12 | 0.55 | 4.9 | 1.2 | 6.6 | 5.88 | 88.8% |
| 示波器 4 | 12.05 | 0.587 | 5.01 | 1.257 | 7.07 | 6.3 | 89.04% |
| 采样 4 | 12 | 0.58 | 5 | 1.25 | 6.96 | 6.25 | 89% |
| 示波器 5 | 12.46 | 0.512 | 4.88 | 1.113 | 6.38 | 5.43 | 85.03% |
| 采样 5 | 12.5 | 0.51 | 4.9 | 1.1 | 6.37 | 5.39 | 85% |

表 2 测试数据 2

Table 2 test data 2

| | Vin (V) | Iin (A) | Vout (V) | Iout (A) | Pin (W) | Pout (W) | η (%) |
|-------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|------------|
| 示波器 1 | 11.28 | 0.512 | 4.83 | 0.985 | 5.78 | 4.76 | 82.28% |
| 采样 1 | 11.3 | 0.52 | 4.8 | 1.02 | 5.87 | 4.89 | 83% |
| 示波器 2 | 11.04 | 0.576 | 4.72 | 1.106 | 6.36 | 5.22 | 82.04% |
| 采样 2 | 11 | 0.57 | 4.7 | 1.1 | 6.3 | 5.17 | 82% |
| 示波器 3 | 10.96 | 0.567 | 4.58 | 1.109 | 6.22 | 5.08 | 81.67% |
| 采样 3 | 11 | 0.56 | 4.6 | 1.11 | 6.23 | 5.1 | 81.7% |
| 示波器 4 | 10.56 | 0.58 | 4.32 | 1.1 | 6.125 | 4.75 | 77.55% |
| 采样 4 | 10.6 | 0.57 | 4.3 | 1.1 | 6.06 | 4.73 | 77.6% |
| 示波器 5 | 11.58 | 0.553 | 4.95 | 1.078 | 6.4 | 5.34 | 83.42% |
| 采样 5 | 11.6 | 0.56 | 5 | 1.1 | 6.55 | 5.5 | 83.4% |

两次实验数据对比：

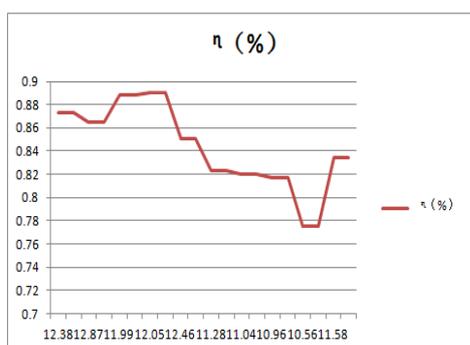


图 15 测试数据对比图

Fig.15 Test data comparison chart

由上述数据可以得出以下结论：

在输入电压在 12V 左右时，主电路转化效率最高，可达到 90%，平均效率为 84.4%，输入电压 10-13V，输出电压 4.5-5.2V，输出电流 0.8-1.2A，可给手机快速充电。

5 结语

利用 MSP430F149 单片机作为主控制单元，结合其它芯片及电路构成的太阳能手机充电器，采用 PWM 电压输出，具有控制灵活、带载能力强、稳定性、具有自我调节能力的特点，可以自动寻找太阳能电池板的最大输出功率点，提高充电器转化效率。

参考文献

1. 刘文革, 董瑞青, 梁梦卓. 全球太阳能光伏产业发展与中国对策[J]. 全球科技经济瞭望, 2011, 26(12)
2. 史文华. 高效率太阳能电池研究[J]. 重庆文理学院学报 (自然科学报), Vol.30, No.06, Dec., 2011
3. 黄礼明, 连永圣, 陈标龙. 基于扰动观察法的 MPPT 控制优化策略[J]. 现代电子技术, Vol.34, No.24, 2011, 12(15)
4. 朱宪忠, 许斌, 周一航, 杨奇, 张琼. 太阳能手机充电器的电路设计[J]. 电子世界, 2012, 11
5. 张兴, 张崇巍, 孙本新. 采用电流寻优的 MPPT 光伏阵列并网逆变器的研究[J]. 太阳能学报, Vol.122, No.13, July, 2001
6. 康华光. 电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005

基于 LD3320 的语音翻页笔话筒的设计与实现*

万云霞；梁毅刚；黄继炜；刘世斌

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 吉林 长春 130000)

摘要: 为了方便需要同时使用翻页笔和话筒的用户, 本设计把两者结合成一体。本文介绍了基于非特定人语音芯片 LD3320 的语音翻页笔结构和实现方法。该语音翻页笔话筒利用 STC12LE5A60S2 单片机作为主控器, 控制 LD3320 对语音识别与处理, 然后根据语音指令产生相应红外脉冲序列, 替代按键式红外翻页笔, 实现对 PPT 的语音遥控且实现话筒功能。

关键词: LD3320; 语音翻页笔; 单片机

中图分类号: TN912.3

文献标识码: A

Design and implementation of speech pointer based on LD3320

Wan Yun xia Liang Yi gang; Huang Ji wei; Liu Shi bin

(College of Instrument science and electrical engineering, Jilin University, Changchun 130000, China)

Abstract: In order to facilitate the needs of pointer and microphone simultaneous users, the design of combining the two into one. This paper introduces the structure of speaker independent speech pen flip LD3320 voice chip and realization method based on. The voice flip pen microphone using stc12le5a60s2 MCU as the main controller, control ld3320 on speech recognition and processing. Then according to voice commands to produce the corresponding infrared pulse sequence, the key type infrared pen page replacement, the realization of PPT speech remote control and receiver function.

Key words: LD3320; speech pointer; single chip

0 前言

红外遥控由于具有体积小、功耗和成本低、功能强等特点, 被广泛应用于各种家电产品间通信和遥控设备的设计^[1-3]。红外遥控需要人通过按键来实现控制功能, 而老师在上课的时候经常需要板书, 手持话筒和拿着教棒在屏幕上指点, 因此, 翻页笔的红外遥控极大地限制手活动的范围, 为老师教学造成不必要的影响。语音具有简便、快捷、灵活的特性, 语音识别技术有很好的发展前景。此时, 采取语音控制成为必要的选择。本文主要介绍 LD3320 语音识别芯片的特性, 设计的相关控制电路和程序设计, 实现一款语音翻页笔话筒。该语音翻页笔话筒通过语音控制翻页笔发送指令, 实现无按键语音控制 PPT 的翻页功能且能加入话筒功能, 在很大程度上便利了使用者。

1 语音识别技术

语音识别是一门交叉学科。语音识别技术所涉及的领域包括: 信号处理、模式识别、概率论和信息论、发声机理和听觉机理、人工智能等等。与机器进行语音交流, 让机器明白你说什么, 这是人们长期以来梦寐以求的事情。语音识别技术就是让机器通过识别和理解过程把语音信号转变为相应的文本或命令的高技术。语音识别技术主要包括特征提取技术、模式匹配准则及模型训练技术三个方面, 如图 1。

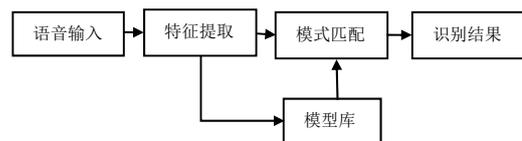


图 1 语音识别的实现

Fig.1 Realization of speech recognition

* 指导教师: 万云霞

项目类型: 大学生创新项目

语音识别过程主要包括两个阶段：训练阶段和识别阶段^[4-8]。在上述两个阶段，都需要对输入语音进行预处理和特征提取。训练阶段是通过用户把所需识别的内容依次说一遍，经过预处理和特征提取后得到特征参数，最后将其特征参数存入参考模型库。识别阶段是将输入语音的特征参数和参考模型库中的参考模型进行相似性度量比较，然后把相似度最高的输入特征矢量作为识别结果输出，从而达到了语音识别的目的。其工作原理图如图 2。

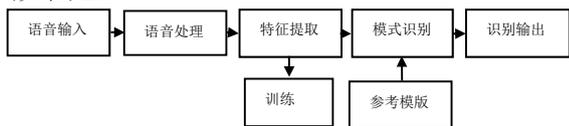


图 2 语音识别的步骤

Fig.2 Steps for speech recognition

2 LD3320 芯片简介

LD3320 芯片是一款“语音识别”专用芯片^[9-10]。该芯片集成了语音识别处理器和一些外部电路，包括 AD、DA 转换器、麦克风接口、声音输出接口等。该芯片在设计上注重节能与高效，不需要外接任何的辅助芯片如 Flash、RAM 等，可以实现语音识别 / 声控 / 人机对话功能，而且识别的关键词语列表还是可以任意动态编辑的。因此选取 LD3320 芯片来用于本设计。芯片原理框图如图 3。

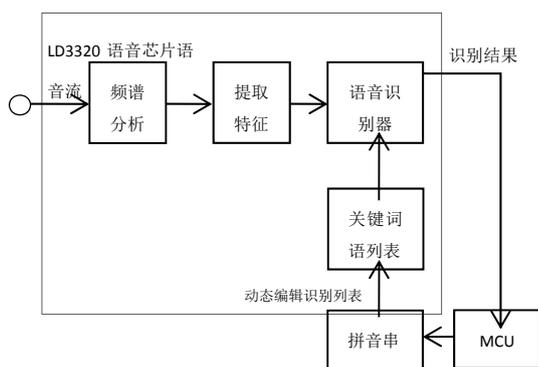


图 3 芯片原理框图

Fig.3 Chip principle block diagram

3 结构模块介绍

3.1 系统总体结构

整个系统包括语音输入模块、语音处理模块、主控模块和无线信号输出模块组成，系统结构框图如图 4 所示。

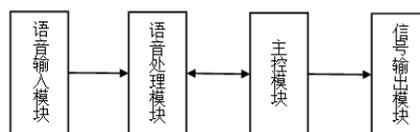


图 4 系统结构框图

Fig.4 System structure block diagram

用户首先通过语音输入，进行预处理后，经语音处理模块进行语音识别，把语音识别后的结果送到主控模块，最后进行信号的输出来控制系统工作。

3.2 语音输入模块

语音输入模块主要通过MIC获取用户语音，输入到语音处理模块的9、10脚MICP和MICN。若需提高系统抗噪能力，可以先对声音信号进行降噪处理。可以通过改变LD3320的35寄存器的值来调节ADC增益，得到想要达到的效果，值越大代表MIC音量越大，识别启动越敏感，但可能带来更多误识别；值越小代表MIC音量越小，需要近距离说话才能启动识别功能，好处是对远处的干扰语音没有反应。

3.3 语音处理模块

语音处理模块主要由 LD3320 芯片完成，其特性包括如下几点：

- 高准确度和实用的语音识别效果。
- 非特定人语音识别技术：不需要用户进行录音训练。
- 可动态编辑的识别关键词列表：只需要把识别的关键词以字符串的形式传送进芯片，即可以在下次识别中立即生效。比如，用户在51等MCU的编程中，简单地通过设置芯片的寄存器，把诸如"你好"这样的识别关键词的内容动态地传入芯片中，芯片就可以识别这样设定的关键词语了。
- 支持用户自由编辑50条关键词：在同一时刻，最多在50条关键词语中进行识别，终端用户可以根据场景需要，随时编辑和更新这50条关键词语的内容。

其电路图如图5所示。

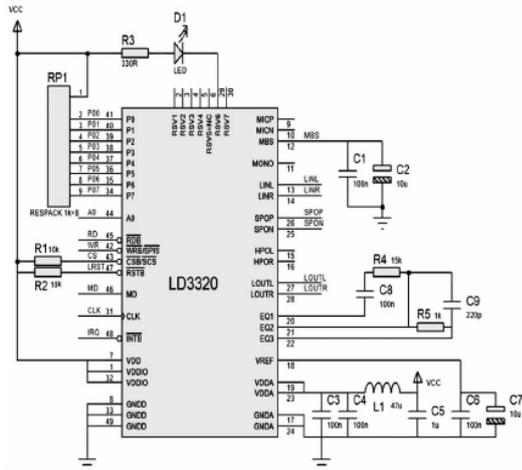


图5 LD3320应用电路图

Fig.5 LD3320 application circuit diagram

LD3320 芯片采用并行总线的方式。

C51_AD0~C51_AD7连接LD3320芯片的P0~P7。C51_A8 (P2.0) 连接LD3320芯片的A0, A0用于区别数据段和地址段。控制信号CSB、WRB、RDB分别与C51_A14(P2.6)、C51_WR(P3.6)、C51_RD(P3.7) 连接。

3.4 主控模块

语音遥控器的主控模块由 STC12LE5A60S2 单片机系统。主控制器 STC12LE5A60S2 单片机的工作电压为 3.3V, 拥有 8K 的 FLASH, 512 字节的 SRAM, 含有异步串行接口, 40 个 I/O 接口, 因此足以满足主控制系统对资源的需要^[11]。主控芯片电路原理图如图 6 所示。

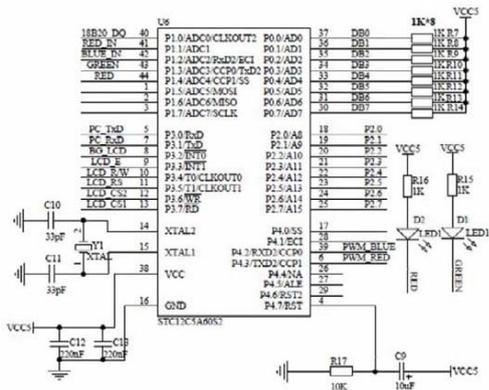


图 6 主控芯片电路原理图

Fig.6 LD3320 application circuit diagram

另外, 通过用一个无线遥控电路控制一组两个继电器的开关组合, 实现了扬声功能与语音识别功能间的切换, 使得两种工作方式各自独立运行, 互补干扰, 提高了工作效率。

4 软件程序设计

该系统的语音识别流程如图 7。

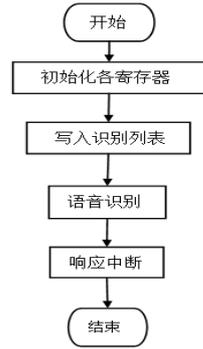


图 7 语音识别流程图

Fig.7 Speech recognition flow chart

首先初始化各寄存器。主要完成软复位、模式设定、时钟频率设定和 FIFO 设定。芯片复位是对芯片的第 47 脚 (RSTB) 发送低电平, 然后需要对片选 CS 做一次拉低至拉高的操作, 以激活内部 DSP。

其次写入识别列表。每个识别条目对应一个特定的编号 (1 个字节), 不同的识别条目的编号可以相同, 而且不用连续。本芯片最多支持 50 个识别条目, 每个识别条目是标准普通话的汉语拼音 (小写), 每 2 个字 (汉语拼音) 之间用一个空格间隔。

然后进行语音识别。设置与 MIC, FIFO 相关的寄存器的值, 进而进行语音识别。

最后响应中断。当麦克风采集到声音, 无论识别结果是否正常, 都会产生一个中断, 结果需要中断程序进行分析。读取 C5 寄存器的值, 得分最高的有可能是最准确的结果。如图 8。

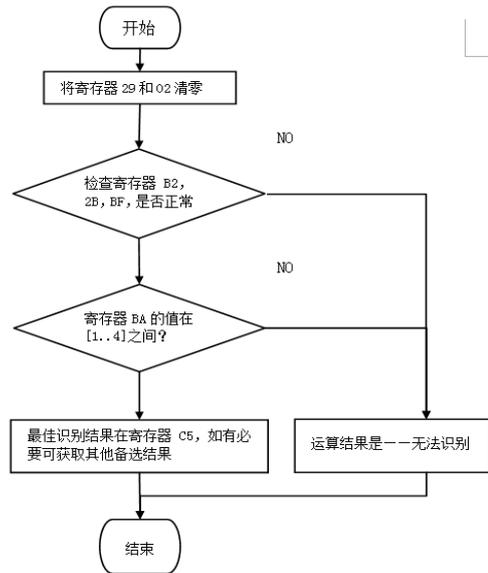


图 8 响应中断流程图

Fig.8 Response interrupt flow chart

清洁能源发电锂电池储能的优化控制*

岳千惠；张欣；张晨旭

(吉林大学仪器科学与电气工程学院，吉林长春 130026)

摘要：文中研制了一套基于 buck 电路充电与 boost 电路放电系统，设计了采样电路、MOSFET 驱动电路，研究了 buck 电路的数学模型与传递函数，基于系统幅频相频特性设定了 PI 控制器参数。仿真与试验结果验证了控制方法的有效性。

关键词：清洁能源发电 锂电池储能 MSP430F149 单片机 PI 控制器

Optimizing the control of clean energy generation to lithium battery for energy storage

YUE Qianhui; ZHANG Xin; ZHANG Chenxu

(College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: In this paper, a set of buck circuit and boost circuit is developed. The sampling circuit and MOSFET driver circuit are designed. The mathematical model and the transfer function of buck are studied. The parameters of PI controller are set up based on the amplitude frequency characteristics of the system. Simulation and experimental results verify the validity of the control method.

Keywords: clean energy generation Lithium battery energy storage MSP430F149 MCU PI controller

0 引言

近年来，随着世界经济的迅速发展，化石燃料日渐枯竭，环境情况不容乐观。因此世界各国对能源需求不断增长，对环境保护的重视的日益加强，清洁能源发电的推广应用已成必然趋势。而由于清洁能源发电具有产生能量存在波动，不稳定，储能时利用率不高的特点，因此对清洁能源发电的优化储能控制就显得非常重要^[1]。

锂电池储能系统可以作为多种电力能源与稳定的电力需求之间的缓冲器，可以优化风能、太阳能等不稳定电源的发电能力。当电能产生过盈时，利用储能系统将多余的电能用蓄电池储存起来；当发电不足以供给用电器时，可以通过储能系统快速响应、及时从蓄电池中放出电能。与此同时，储能系统可以调节电压并在离网发电系统中控制系统频率。因此，将锂电池应用于清洁能源储能将极大改变现

状，减少污染，节约能源，将更好地更有效地利用清洁能源，弥补铅酸蓄电池的一些不足。

1 系统设计总述

本控制系统紧紧围绕对于清洁能源发电情况的锂电池储能优化控制来展开，整体框图如下：

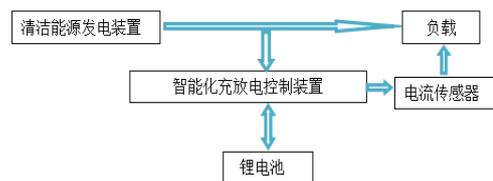


图 1 整体框图

Fig.1 General block diagram

首先当清洁能源发电装置发电量充足的条件下，直接为负载提供电能，同时将多余的能量通过智能化充放电装置中的充电电路储存在锂电池中；其次

* 指导教师：李刚

项目类型：创新项目(2014B65270)

当清洁能源发电装置发电量不足时，及时切断充电电路，锂电池停止充电，智能化充放电装置中的放电电路立即反应给负载供电，使负载可以维持工作一段时间。

系统在总体上可分为硬件和软件两部分。硬件设计由 BUCK 充电电路、BOOST 放电电路、驱动电路、电流采样电路、MSP430F149 最小系统和电源模块六部分组成。软件设计主要是以 PI 原理为核心的锂电池充电程序，实现了恒流充电，过流保护，过充保护以及在清洁能源和锂电池之间快速进行负载供电切换的功能。硬件和软件两部分紧密联系，相互配合，共同实现充放电优化控制的基本功能。

2 硬件设计

2.1 BUCK 充电电路

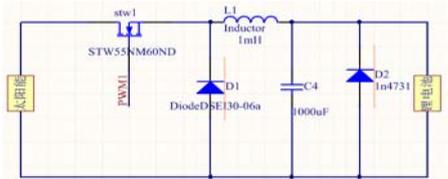


图 2 BUCK 充电电路

Fig.2 BUCK charging circuit

采用 BUCK 电路作为充电电路。其中总电源为 3 个并联的 12V, 3W 的太阳能电池板。开关元件采用了快速恢复 MOSFET 晶体管产品 STW55NM60ND，二极管选用快速恢复二极管 DSEI30-06A，以此来减少功耗，提高反应速率。选用电容、电压参数由公式 (1)、(2) 求得，电容为 1000uF，电感为 1mH。负载即充电锂电池为日本索尼公司生产的 18650 锂电池，充电满电时的电压为 4.2V，放电的平台电压为 3.7V，充电电流范围在 1A 至 2A 之间。

$$C = \frac{U_o(1-U_o/U_{in})}{8Lf^2\Delta U_o} \quad (1)$$

$$L = \frac{U_o(1-U_o/U_{in})}{2fI_o} \quad (2)$$

在 BUCK 电路和锂电池之间加上一个 4.2V 稳压管，这是锂电池充电特性和锂电池容量规格决定的，锂电池应先在 1.5A 恒流条件下恒流充电，在此期间，锂电池两端电压会逐渐升高，当电压升高到 4.2V 时用稳压管限制电压不再升高，锂电池进入 4.2V 恒压充电状态。而由于功率的限制，锂电池在 4.2V 恒压充电的过程中，电流会逐渐降低，当低于

充电程序中的下限值即 0.2A 时停止充电。

2.2 BOOST 放电电路

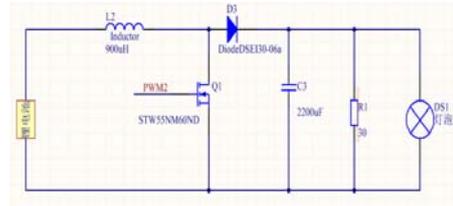


图 3 BOOST 放电电路

Fig.3 BOOST circuit

采用 BOOST 电路作为放电电路。其中开关元件采用了快速恢复 MOSFET 晶体管产品 STW55NM60ND，二极管选用快速恢复二极管 DSEI30-06A。电容、电压参数由公式 (3)、(4) 求得。电容为 2200uF，电感为 900uH。用 12V, 5W 的白炽灯作为负载。

$$C = \frac{D_{max}T_s}{\Delta U_o} I_o \quad (3)$$

$$L = \frac{U_oT_s}{2I_{ol}} D_{min}(1-D_{min})^2 \quad (4)$$

2.3 MOSFET 驱动电路

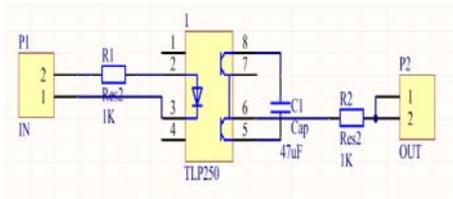


图 4 驱动电路

Fig.4 Driver circuits

驱动电路由光耦隔离驱动芯片 TLP250 及其外围电路构成，以此来放大单片机输出的 PWM 信号并驱动 MOSFET 晶体管。TLP250 有一个单向通道,DC 型输入,传输延迟隔离电压为 2500Vrms,正向电流为 20mA

2.4 采样电路

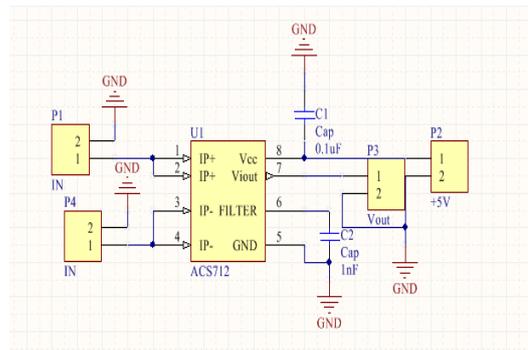


图 5 采样电路

Fig.5 Sampling circuit

采样点路采用 Allegro 公司生产的 ACS712 传感器对 BUCK 电路电流进行采样,它是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,可以精确测量电流。

2.5 MSP430F149 单片机模块

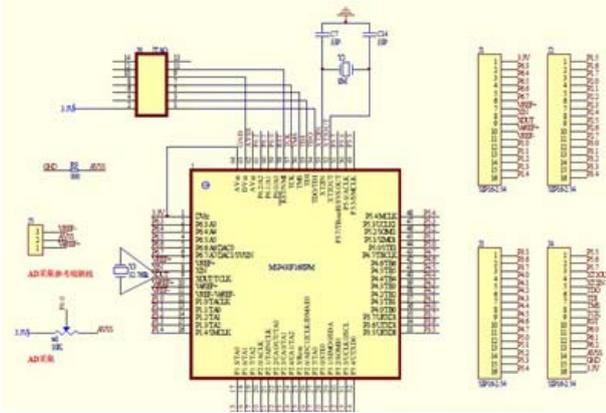


图 6 MSP430F149 最小系统

Fig.6 MSP430F149 minimum system

MSP430F149 是一种 16 位的单片机,它具有集成度高,外围设备丰富,超低功耗等优点,在工业中有着广泛的应用。内部集成 8 路 2 位 AD 转换器、片内看门狗定时器、一个硬件乘法器以及 48 个 IO 引脚。在使用中使单片机进入低功耗模式,可减少系统功耗。

2.6 辅助电源模块

1.QAW01 电源模块

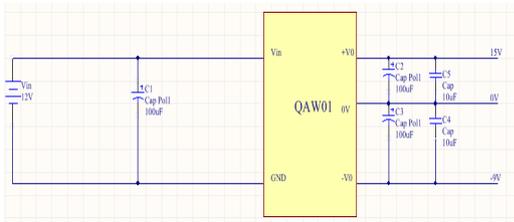


图 7 QAW01 电源模块

Fig.7 QAW01 power supply module

QAW01 为金升阳公司生产的隔离 dc-dc 电源模块,输入为 12V,输出为+15V 和-9V。用于给 TLP250 供电并且有隔离的功能。用于 tlp250 供电。

2.B0305xt-1wr2 电源模块

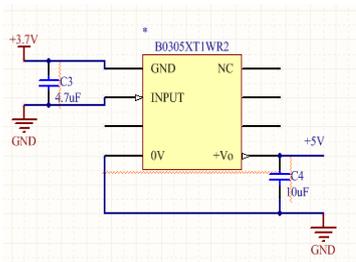


图 8 B0305xt-1wr2 电源模块

Fig.8 B0305xt-1wr2 power supply module

B0305xt-1wr2 为金升阳公司生产的 3v/5v 的 dc-dc 定电压输入,隔离非稳压单路输出电源模块,功率 1W,在放电电路中为单片机供电。具有可持续短路保护,隔离电压 1500VDC 等特点。

3.F1205xt-1wr2 电源模块

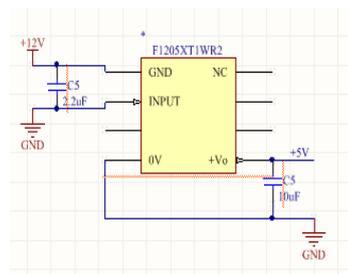


图 9 F1205xt-1wr2 电源模块

Fig.9 F1205xt-1wr2 power supply module

F1205xt-1wr2 为金升阳公司生产的 12v/5v 的 dc-dc 定电压输入,隔离非稳态单路输出电源模块,功率 1W,在充电电路中为单片机供电。具有可持续短路保护,低纹波噪声,隔离电压 3000VDC,效率高达 80%等特点。

4.XC9119 升压模块

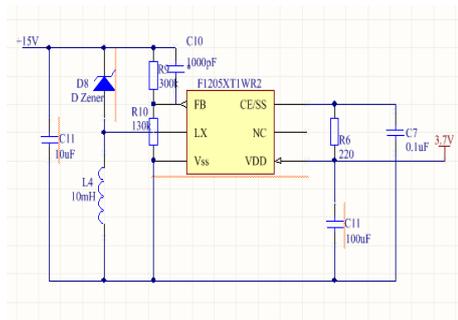


图 10 XC9119 升压模块

Fig.10 XC9119 boost module

XC9119 为输入输出可调的升压芯片,可用于通用型高电压电源,效率可达 86%。在此用于 3v/15v 升压,在放电电路中为 QAW01 电源模块提供输入。

3 软件设计

3.1 基本原理

恒流充电控制由数字 PI 调节器完成。

PI 调节器是一种线性控制器,它根据给定值

$r(t)$ 与实际输出值 $c(t)$ 构成控制偏差

$$e(t) = r(t) - c(t) \tag{5}$$

将偏差的比例 (P) 和积分 (I) 通过线性组合构成控制量,对被控对象进行控制,其控制规律为

$$u(t) = K_p[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t)dt] \quad (6)$$

其中 $u(t)$ 为 PI 控制器的输出， $e(t)$ 为 PI 调节器的输入， K_p 为比例系数， T_I 为积分时间常数。

比例环节：即时成比例的反映控制系统的偏差信号 $e(t)$ ，偏差一旦产生，控制器立即产生控制作用，以减少偏差。

积分环节：主要用于消除静差，提高系统的无差度^[2]。

此处 PI 控制采用增量式，反馈控制框图如下：

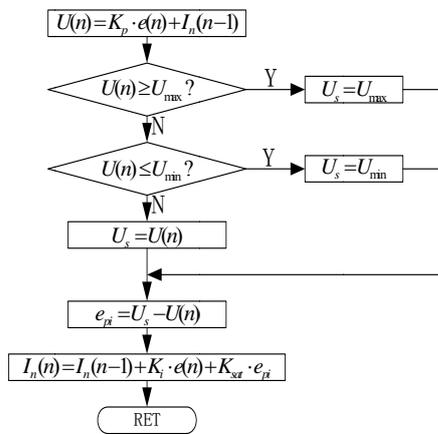


图 11 反馈控制框图

Fig.11 Feedback control block diagram

3.2 PI 参数选择

根据公式 (5) 和 BUCK 电路电容电感参数得到传递函数，并利用 PI 校正，使函数达到稳定状态。其中 $I=1.5A$, $L=1mH$, $C=1000\mu F$, $R=50\Omega$, $Kp=0.008$, $Ki=0.02$ 。

$$G_{vd}(s) = \frac{I_g}{1 + \frac{L}{R}s + LCs^2} \quad (5)$$

传递函数伯德图如下

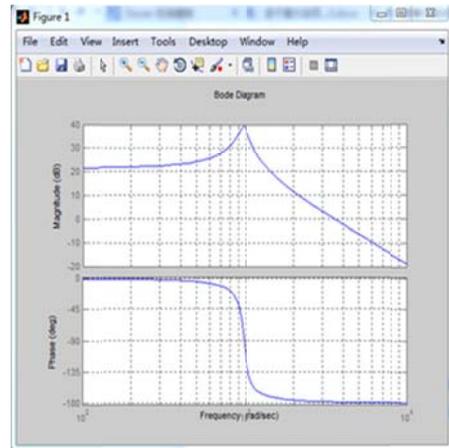


图 12 传递函数伯德图

Fig.12 Transfer function bode

校正后伯德图如下

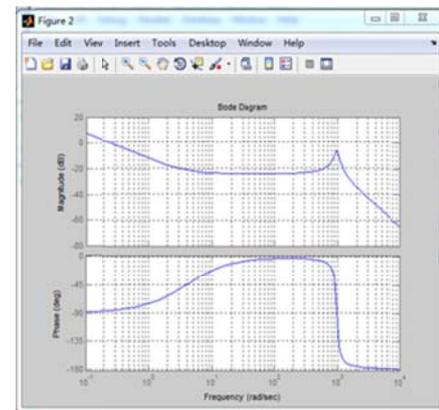


图 13 校正后伯德图

Fig.13 Corrected bode

3.3 实际应用

由于电流传感器输出为电压信号，因此应先通过关系式 $I = (U - 2.5) / 0.185$ 将数据转换成电流值，再利用数字 PI 调节器对每次采样值和设定值进行比较，得到三次误差，通过 Kp , Ki 计算出维持 1.5A 恒流输出所需的 PWM 波的占空比，以此来控制 MOSFET 导通和截止的时间，进而起到调节 buck 电路输出电流的作用，达到输出 1.5A 恒流给锂电池充电的效果。

4 工作过程

4.1 充电过程及过流、过充保护

当太阳光充足时,太阳能电池板工作,由于电池板电压高于放电电路输出电压,接在太阳能电池板和放电电路输出处的开关二极管反向截止,此时负载处于由太阳能直接供电状态。太阳能电池板一方面给负载供电,另一方面通过 BUCK 电路给锂电池进行充电.在锂电池充电过程中,通过电流传感器实时采样监测充电电流值,并将采样数据传给

MSP430F149 单片机,利用 PI 算法,计算出维持恒流所需的 PWM 波占空比,始终调节充电电流值,使其稳定在 1.5A,使锂电池保持在恒流充电状态。为防止因太阳能波动而使充电电路过大,再充电程序中设定了上限值,起到了过流保护作用。在这期间,电压逐渐升高,当达到 4.2V 时,由于稳压管的作用,电压维持在 4.2V 不再升高,锂电池进入恒压充电状态,在这期间,电流逐渐降低,当低于充电程序设定的下限值 0.2A 时,使 BUCK 电路占空比为 0,停止充电,防止因充电电流过低对锂电池造成伤害。

4.2 放电过程

当太阳能不足时,由于电池板电压低于放电电路输出电压,接在太阳能电池板和放电电路输出处的开关二极管快速正向导通,此时负载切换为由锂电池供电状态。锂电池通过 BOOST 升压电路给白炽灯供电,使白炽灯可以继续点亮一段时间。切换时间为纳秒级别,使白炽灯可以达到连续点亮效果。

5 实测情况

5.1 实验波形

1. BUCK 电路开环输出电流波形如下

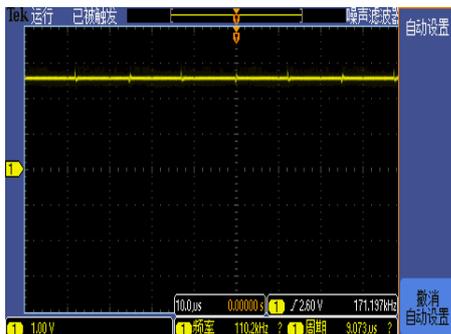


图 14 BUCK 开环电流波形

Fig.14 Open-loop current waveform of BUCK circuit

2. BOOST 电路开环输出电压波形如下

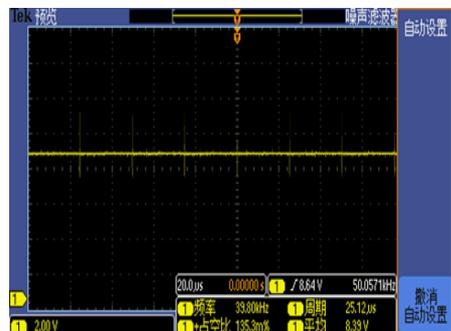


图 15 BOOST 开环电压波形

Fig.15 Open-loop voltage waveform of BOOST circuit

在图 15、图 16 中,负载是电阻,而且都是开环控制的测试波形,因为误差比较大。

3. BUCK 电路闭环输出电流波形如下



图 16 BUCK 闭环电流波形

Fig.16 Closed-loop current waveform of BUCK circuit

对比之下,闭环控制的输出波形效果更好。

5.2 作品展示



图 17 作品照片

Fig.17 Work photos

5.3 室外测量情况

清洁能源以太太阳能电池板为例,选择天气晴好的条件下进行实验,环境实测温度为 27°C 。

当展开太阳能电池板并配合充足光照时,太阳能电池板实测输出电压为 12.6V,可以从 5110 屏幕上看到逐渐上升并很快趋于稳定的占空比和电流值,稳定时的占空比和电流值分别为 40%和 1.5V,白炽灯正常发光。

当遮住一半太阳能电池板时,此时实测输出电压为 5V,但是白炽灯仍然能继续发光,并且太阳能和锂电池两种供电方式的切换时间小于人眼分辨时间,达到预期效果。

6 实际意义

由于化石燃料日益枯竭,清洁能源发电的应用领域也越来越多,但由于清洁能源供电的稳定性受到天气,温度等不稳定因素的干扰,存在能量波动的特点,这也成为了限制清洁能源发展的一个重要原因。例如一些保存着重要数据的设备,如果突然停电而数据来不及保存,则可能会造成巨大的损失。而本系统利用锂电池先将多余的能量储存起来,第一可以最大程度上的利用清洁能源的能量,同时

也可以在清洁能源临时不能供给设备的情况下, 又为设备提供了一段继续工作的时间, 在锂电池容量足够大的情况下, 可以保证有足够的时间完成设备剩余的工作或保存重要的数据, 这样可以使清洁能源的供电稳定性大大提高, 同时提高了清洁能源能量的利用率。另外, 锂电池是一种新型的储能设备, 具有清洁环保, 体积小, 重量轻等铅酸蓄电池所没有的优点, 因此有很好的发展前景。

7 结论

通过实验可以说明, 清洁能源发电锂电池储能的优化控制系统可以实现在清洁能源充足和不足的情况下, 由于锂电池充放电的干预, 负载均能工作。并且两种供电模式的切换小于人眼分辨时间, 达到预期效果。起到了提高清洁能源能量的利用率, 提高清洁能源的稳定性的作用, 有一定的实际意义。

参考文献

1. 冯昌,徐进明.超高亮度 LED 在太阳能城市灯光系统中的应用[N]. 武汉科技学院学报, 2003
2. 黄忠霖,周向明.控制系统 MATLAB 计算及仿真实训[M]. 国防工业出版社, 2006
3. 康华光.电子技术基础[M].高等教育出版社, 2005
4. 凡文.充电器电路[M].电子世界,2005,4
5. 刘金琨.先进 PD 控制及其 MATLAB 仿真[M].电子工业出版社, 2003
6. 陈丽兰.自动控制原理电子[M].工业出版社,2006

用于电磁法野外布线的便携式定位仪*

任伟；王浩宇；张彩虹

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院 长春 130061)

摘要：本项目旨在解决科研人员野外作业时 GPS 定位信息单一的问题，众所周知，科研人员进行野外作业（比如大范围、复杂地形条件下布线）时通常是以小组为单位进行研究，大多数情况下所处环境手机信号较弱或没有，且一般地势复杂难以辨认方向。如果一旦产生突发情况很难确认组内其他成员的位置，从而为科研工作造成许多不必要的麻烦。这种情况下 GPS 导航是必不可少的，但即便有 GPS 科研人员互相联系依然是问题，即科研人员难以确定相互间的几何关系。本项目通过单片机将 GPS 模块、无线数传模块和液晶屏显示模块有机的结合在一起，将一个 GPS 模块接收到的经纬度及通过无线数传模块接收到的另一经纬度均显示液晶屏上，计算出相对距离，并刻画出轨迹，从而确定对方的相对位置，大大方便了野外作业人员的工作。

关键词：GPS 无线数传 便携定位

中图分类号：TN967.1 **文献标识码：**A

Portable positioning device for field wiring of electromagnetic field

Ren Wei Wang Haoyu Zhang Caihong

(College of Instrumentation & Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130061)

Abstract: This project aims to solve the researchers working in the field of GPS positioning information single problem. As is known to all, researchers were field operations (such as large scale, complex terrain conditions wiring) is usually to study group as the unit, in most cases the environment machine hand signal is weak or not and the general terrain complex difficult to identify the direction. If it is difficult to confirm the location of the other members of the group once it is generated, it is not necessary to cause a lot of trouble. In this case, GPS navigation is essential, but even if there is a problem with the GPS scientific research staff, that is difficult to determine the geometric relationship between each other. The SCM through the GPS module, wireless transmission module and LCD screen display module organic combination together, will be a GPS module receives the latitude and longitude, and the wireless data transmission module receives the other longitude and latitude showed on the LCD screen, to calculate the relative distance, and depict the trajectory, so as to determine the relative position of each other, greatly facilitate the staff who work in the field of work.

Key words: GPS Wireless data transmission Portable positioning

0 前言

众所周知，科研人员进行野外作业（比如大范围、复杂地形条件下布线）时通常是以小组为单位进行研究，大多数情况下所处环境手机信号较弱或没有，且一般地势复杂难以辨认方向。如果一旦产生突发情况很难确认组内其他成员的位置，从而为科研工作造成许多不必要的麻烦。这种情况下 GPS 导航是必不可少的，但即便有 GPS 科研人员互相联

系依然是问题，即科研人员难以确定相互间的几何关系。

GPS 导航可以全球定位，被动定位，安全隐蔽，无限服务，可以同时为无限数量的接收机提供定位信息。但手持式 GPS 用于野外操作时过程烦琐、且只能确定单个人的位置，需要的卫星数量很多，成本太高，接收机之间不能通信，要通信须另外使用无线通信装置，如果远距离通信需要另外的通信卫星，因为是无线服务，所以无法限制不希望的用户使用（除非关掉）；北斗导航需要的卫星少，即使将

*指导教师：王远

项目类型：大学生创新项目

来扩展到全球定位需要的卫星也很少,因而成本低,如果系统开通服务,则接收机之间可以通过导航卫星直接通信,有选择性的服务,可以随时决定定位对象。但北斗导航的缺点在于目前卫星数量还没有覆盖全球,还不能实现全球定位,主动式定位,需要客户机向卫星发送信息,这样容易暴露信息,卫星要接收到客户机信息并响应后才能定位,如果用户太多可能造成阻塞。

本项目完成后可以很好地解决 GPS 及北斗导航所具有的不足之处,大大方便用户的使用。

1 项目分析

GPS 导航仪是能够帮助用户准确定位当前位置,引导用户行至目的地的仪器,在此基础上添加定位仪通过无线数传交换相互的 GPS 坐标信息,并以图形等其他方式显示在各自的仪器上,以便于小组成员们可以实时了解其他人的位置信息,实现多人野外作业的定位和通讯工作,相比于市面上的 GPS 导航仪,此项研究在一定程度上补充了其没有的功能,更有针对性。

本项目成果建立在 GPS 模块基础之上,在熟悉其原理的同时,深入探索如何将其反映出的信息通过无线传输传送到其他设备上已完成各个设备间的通信交流,并以图形形式鲜明地反映出来不同人的不同位置信息。因此,首先应研究如何将 GPS 的信息提取出来,而后将信息如何通过无线通信传输发射并接收,最终呈现出实时直观的位置坐标信息。

本项目采用以系统论方法、控制论方法和信息论方法为代表的系统科学方法、规范研究与实证研究相结合的方法、定性分析与定量分析相结合的方法,综合运用地球科学探测及电气工程方面的相关知识,通过文献查找和技术学习,以单片机技术为核心,综合 GPS 技术和无线通信模块,搭配完整的硬件系统,当地实测,总结规律经验,完成研究设计。

通过对单片机及各个模块的了解及使用,完成可定位及相互位置通信的野外便捷式定位仪。此项目为创作型研究,首先学习如何使用单片机及各模块来达到完成功能的目的,然后分别在实验室和野外进行研究与考察,在熟悉功能与机理的情况下进行制作与调试。

本项目研究着力于野外定位与信息交换,提取了现如今市场上 GPS 所拥有的定位功能,在此基础上发展了通信各方交换位置信息的新功能,避免了以往 GPS 位置信息的单向性,为此项研究的创新

所在。特色及创新在于:定位仪专门针对电磁法野外施工设计,降低了仪器使用的复杂程度,使仪器更易于操作,使工作更方便快捷;定位仪间可通过无线通信实时交换各自的 GPS 坐标信息并以图示显示,清楚直观,便于操作人员准确判断自己及他人方位,为之后的交流提供先决条件。

2 项目展开

2.1 无线数传模块

本项目采用 WSN-02 无线数传模块,WSN-02 无线数传模块是一款高稳定性、高性价比、低功耗的无线微功率透明数据收发模块。该模块相对一般模块具有尺寸小、灵敏度高、传输距离远、通讯速率高、内部自动完成通讯协议转换和数据收发控制等特点。模块利用了多频段、多信道来降低传输过程中的干扰以提高传输性能。模块采用了交织白化算法、前进纠错以及循环冗余校验方法,抗干扰和灵敏度都大大提高。用户可以通过 PC 串口、单片机串口以及远程无线配置方式,设置串行速率、工作信道、发射功率、无线通讯速率等参数。

2.1.1 管脚定义

表 1 模块管脚定义

Table1 Module pin definition

| 管脚 | 名称 | 方向 | 说明 |
|----|-------|--------|--------------|
| 1 | 3.3V | - | 模块 3.3V 供电电源 |
| 2 | GND | - | 模块地 |
| 3 | 5V | - | 模块 5V 供电电源 |
| 4 | RXD/A | INPUT | 模块接收 |
| 5 | TXD/B | OUTPUT | 模块发送 |
| 6 | NRST | INPUT | 复位控制 |
| 7 | SET | INPUT | 设置模块参数 |
| 8 | SLP | INPUT | 休眠控制 |

注:管脚 1 为模块 3.3V/3V 电源输入/输出口,用户可直接通过该管脚给模块供电(此时管脚 3 必须悬空);管脚 3 为模块 5V 电源输入,当客户通过该管脚给模块供电时,管脚 1 将输出 3.3V/3V 电源。

2.1.2 TTL 接口方式

表 2 模块 TTL 接口方式

Table2 Module TTL interface mode

| WSN-02 模块 | 用户设备 |
|-----------|----------------|
| 3.3V | 悬空 |
| GND | GND |
| 5V | 5V |
| RXD | TXD |
| TXD | RXD |
| NRST | I/O (可以不连, 悬空) |
| SET | I/O (可以不连, 悬空) |
| SLP | I/O (可以不连, 悬空) |

2.1.3 参数配置

配置模块参数的方法有 3 种：(1)连接电脑配置参数、(2)在线配置参数、(3)远程配置参数。第(1)种和第(2)种配置方法时，配置状态由 SET 管脚(管脚 7)控制，平时该管脚为高电平，当 SET 管脚出现低电平(>50ms)时，模块进入配置模式。这两种配置模式下，模块串口固定为 9600bps, 8 数据位，1 停止位，无奇偶校验。配置完毕之后，将 SET 管脚设置为高电平戒者悬空(>10ms)，即可退出配置模式(无需复位模块)，进入正常工作状态。第(3)种配置方法，是指电脑通过连接一个无线透传模块，远程配置远端另外一个无线模块的参数。这种配置方法下，无需控制 SET 管脚的状态，模块在正常工作状态下就可以通过远程修改模块的参数。但前提是：被配置模块必须启用了“远程配置参数功能”。模块出厂时，“远程配置功能”默认是关闭的，如果用户要启用模块的远程配置功能，必须使用第(1)种戒第(2)种配置方法开启模块的远程配置功能。

2.1.4 WSN-02 配置工具参数说明

通信端口：模块和电脑连接的串口号

远程配置：启用戒者关闭模块的远程配置功能；

无线信道：1-256 信道(默认 1 信道)(建议使用 1-64 信道)

无线速率：

1200/2400/4800/9600/19200/38400/57600/115200bps (默认 9600)

无线功率：1(最小) - 8(最大)，发射功率越大距离越远，发射功率越小功耗越小(默认最大)

串口波特率：

1200/2400/4800/9600/19200/38400/57600/115200bps (默认 9600)

串口数据位：8-9 位(默认 8)

串口校验位：无校验/偶校验/奇校验(默认无校验)

串口停止位：1/1.5/2 (默认 1)

2.1.5 模块在线参数配置

WSN-02 无线模块可以在线设置参数，将 SET 管脚设置为低电平，100ms 以后发送在线配置参数命令，格式如下：

表 3 模块在线参数命令格式

Table3 Module online parameter command format

| | | | | | | |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 2 | 1 | 6 | 1 | 1 | 7 | 2 |
| 0xx55 | 长度 | 目的地 | 命令标 | 命令选 | 命令内 | CRC16 |

CRC16 计算范围：0x55 到命令内容；

CRC16 的发送顺序为低字节在前；

长度字节的值：目的地址域到 CRC16 的字节数；

命令字命令选项列表如下：

表 4 模块命令选项

Table4 Module command options

| 命令标识 | 命令选项 | 说明 |
|------|------|------------|
| 0x00 | 0x00 | 确认帧 |
| 0x95 | 0x00 | 查询透传模块参数 |
| 0x96 | 0x00 | 查询透传模块参数应答 |
| 0x97 | 0x00 | 配置透传模块参数 |
| 其他 | 0x00 | 保留 |

2.1.6 模块休眠配置

WSN-02 无线模块具有三种省电模式：硬件唤醒模式、串口唤醒模式、空中唤醒模式，三种省电模式可根据客户需求定制，默认出货为硬件唤醒模式。

WSN-02 无线模块的休眠和唤醒由 SLP 管脚(管脚 8)控制，平时该管脚为高电平，当 SLP 管脚出现低电平(>50ms)时，模块进入休眠状态。休眠状态下电流小于 5 μ A (TTL 接口模块)。

当模块进入休眠状态后，在 SLP 管脚出现高电平(>10ms)、在 NRST 脚出现低电平(>1ms)使模块复位、模块重新上电，都可以使模块进入正常工作状态。

串口唤醒模式时，模块的休眠电流小于 10 μ A。使用串口唤醒工作方式时，用户只要往模块的串行数据接口发送指定协议(格式需向我公司索取)的数据就可唤醒模块，模块收到数据 10ms 后即进入正常工作状态，当模块的串口在 30s 内都没有数据通信时，模块则又进入休眠状态。

空中唤醒模式时，模块的休眠电流小于 20 μ A。在使用空中唤醒工作方式时，模块处于间断性工作方式，此时模块进入了空中检测状态，当空中收到

一定长度的唤醒数据时,10ms 后模块进入了正常接收状态。当模块在接收状态工作 30s 内,空中都没有数据时,则又进入休眠状态。

2.2 GPS 模块

本项目采用 ATK-NEO-6M-V2.3 型号的 GPS 模块。ATK-NEO-6M-V2.3 (V2.3 是版本号)是一款高性能 GPS 定位模块。该模块采用 U-BLOX NEO-6M 模组,模块自带 MAXIM 公司高增益 (20.5dB)LNA 芯片与高性能陶瓷天线结合,组成接收天线,相当于集成有源天线了(无需再购买昂贵的有源天线了),当然为了更好的接收效果,模块还提供 IPX 接口,以供大家自行连接有源天线(需自备),从而组成"双天线"。

模块自带 EEPROM,所有配置信息都可以保存在 EEPROM,满足您各种配置需求,模块还自带可充电后备电池(以支持温启动或热启动,后备电池在主电源断电后,可以维持半小时左右的 GPS 接收数据保存),NEO-6M-V2.3 GPS 模块特点如下:

- 1、采用 U-BLOX NEO-6M 模组,体积小,性能优异。
- 2、自带陶瓷天线及 MAXIM 20.5dB 高增益 LNA 芯片,搜星能力强。
- 3、可通过串口进行各种参数设置,并可保存在 EEPROM,使用方便。
- 4、自带 IPX 接口,可以连接各种有源天线,适应能力强。
- 5、兼容 3.3V/5V 电平,方便连接各种单片机系统。
- 6、自带可充电后备电池,可以掉电保持星历数据。

2.2.1 模块性能参数

| 项目 | 说明 |
|---------|---|
| 接口特性 | TTL, 兼容 3.3V/5V 单片机系统 |
| 接收特性 | 50 通道, GPS L1(1575.42MHz) C/A 码, SBAS-WAAS/EGNOS/MSAS |
| 定位精度 | 2.5 mCEP (SBAS; 2.0mCEP) |
| 更新速率 | 最大 5Hz |
| 捕获时间 | 冷启动 ¹ : 27S (最快) 温启动: 27S 热启动: 1S |
| 捕获跟踪灵敏度 | -161dBm |
| 通信协议 | NMEA (默认) /UBX Binary |
| 串口通信波特率 | 4800、9600、19200、 38400 (默认) 、57600、115200、230400 |
| 工作温度 | -40℃~85℃ |
| 模块尺寸 | 25.5mm*31mm |

表 1.1 ATK-NEO-6M 基本特性

注 1: 冷启动是指模块所有保存的 GPS 接收历史信息都丢失了(相当于主电源和后备电池都没电了),这种情况下重启,称之为冷启动。温启动是指模块保存了 GPS 接收历史信息,但是当前可视卫星的信息和保存的信息不一致了,这样的条件下重启,称之为温启动。热启动则是指在模块保存了 GPS 接收历史信息且与当前可视卫星信息一致,这样的条件下重启,称之为热启动。

图 1 模块性能参数图

Fig.1 Module performance parameters



图 2 模块外观图

Fig.2 Module appearance diagram

表 5 ATK-NEO-6M 模块各引脚功能描述

Table5 Function description of ATK-NEO-6M module

| 序号 | 名称 | 说明 |
|----|-----|----------------|
| 1 | PPS | 时钟脉冲输出脚 |
| 2 | RXD | 模块串口接收脚 |
| 3 | TXD | 模块串口发送脚 |
| 4 | GND | 地 |
| 5 | VCC | 电源 (3.3V-5.0V) |

其中, PPS 引脚同时连接到了模块自带的状态指示灯: PPS, 该引脚连接在 UBLOXNEO-6M 模组的 TIMEPULSE 端口, 该端口的输出特性可以通过程序设置。PPS 指示灯(即 PPS 引脚), 在默认条件下(没经过程序设置), 有 2 个状态:

- 1、常亮, 表示模块已开始工作, 但还未实现定位。
- 2、闪烁(100ms 灭, 900ms 亮), 表示模块已经定位成功。

这样, 通过 PPS 指示灯, 我们就可以很方便的判断模块的当前状态, 方便大家使用。

另外, 图 1.1 中, 左上角的 IPX 接口, 可以用来外接一个有源天线, 从而进一步提高模块的接收能力, 通过外接有源天线, 我们就可以把模块放到室内, 天线放到室外, 实现室内定位。

当然他也可以连接电脑, 利用电脑软件实现定位。ATK-NEO-6M-V12 GPS 模块的原理图如图所示:

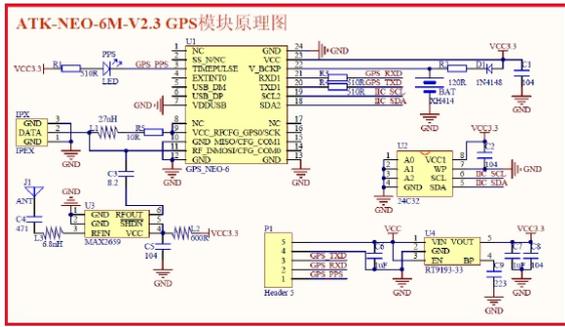


图3 模块原理图

Fig.3 Module principle diagram

2.3 显示屏幕模块

2.3.1 显示性能参数

本项目采用 MT48270A050_01NN 型号彩屏液晶模块

接口方式：10pin_1.00mm ffc

串口模式：3.3VCMOS/232

功耗：260mA@5V

工作温度：-10/+60°C

工作电压：3.3-6V

亮度：250nit

ESD 能力：8KV

机械尺寸图：

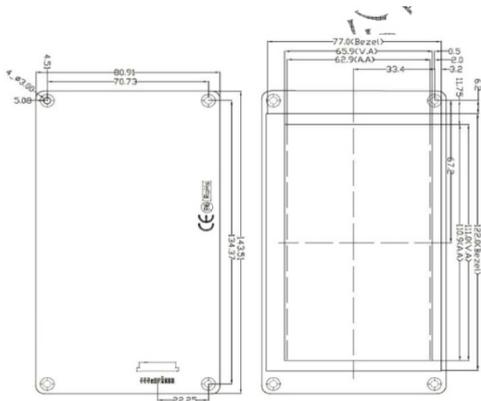


图4 模块机械尺寸图

Fig.4 Module machine size chart

注：1. 定位基准为显示中心 2. 未经标注公差为+/-0.3mm

表6 引脚定义说明

Table6 Pin definition

| 引脚名称 | 引脚编号 | 引脚类型 | 说明 |
|------|--------|------|-------|
| VCC | 1、2、3 | P | 电源输入 |
| I/O | 4 | IN | 接 VCC |
| RXD | 5 | IN | 串口输入 |
| TXD | 6 | OUT | 串口输出 |
| BUSY | 7 | OUT | 未定义 |
| GND | 8、9、10 | P | 公共地 |

3 项目成果

项目作品如图 5 所示：

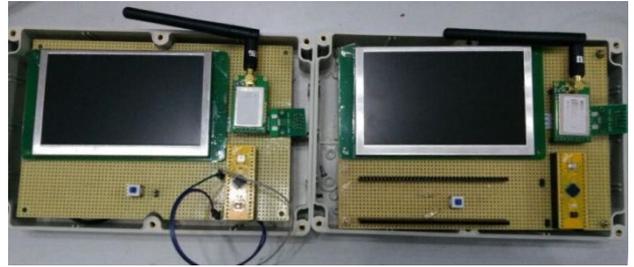


图5 项目作品

Fig.5 Project work

作品细节展示如图 6 所示，屏幕上以文字和数字的形式显示出我方和对方的经纬度信息及两人之间的距离，以小圈和大圈的形式更加形象地表示出我方和对方的相对位置关系，随着两人位置的移动，圆圈的位置随之移动，清楚地显示出位置关系，实时刷新各项信息。复位按钮可以用于校正自己的位置，使自己的位置复位到屏幕的正中央，并且不会改变两人的相对位置关系，以便不受地理位置的限制进行定位。

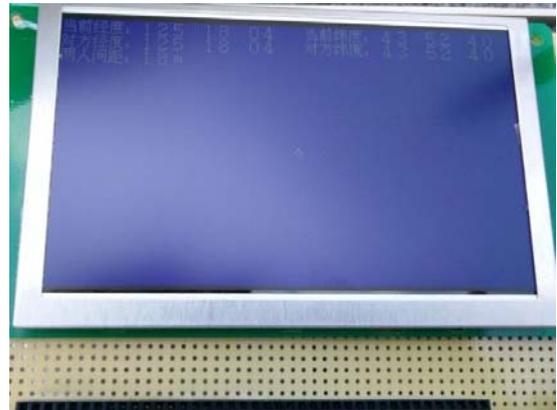


图6 作品细节展示图

Fig.6 Work detail display

本项目通过单片机将 GPS 模块、无线数传模块和液晶屏显示模块有机地结合在一起，将一个 GPS 模块接收到的经纬度及通过无线数传模块接收到的另一经纬度均显示液晶屏上，计算出相对距离，并以文字和图形形象实时地将相对位置关系显示出来，完成了项目的预期目标。

参考文献

1. 白雪，徐雷钧，刘围海，黄振跃. 基于单片机的 GPS 定位信息采集系统[J]. 微计算机信息, 2008, 24(8—1):

228—229.

2. 张默晗,张北,王天亮. 无线信号传输装置及传输方法[Z].
CN101694740A: ,2010.
3. Encyclopaedia Britannica 2007 Ultimate Reference Suite.V
ersion.2007.01.00.000000000 Encyclopaedia Britannica, In
c.2007.01 [8] GS1100 Sieris Operational manual. Verison1
.0.Serf Company.2004.11
4. 李大伟,邓杰,孙文博,何沁隆,叶雪荣. 基于磁场反馈的
无线信号传输装置的研制[J]. 电工电气,2009,(2).

基于 PVDF 的微小质量称重系统的设计与实现*

彭聪； 刘博； 闫佳奇

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130022)

摘要: 该设计主要利用压电传感原理, 借助特殊压电材料聚偏氟乙烯 (PVDF) 的良好的压电特性、优良的稳定性等优点, 将其放在悬臂梁上, 放上物体后会产生信号, 先将信号通过放大电路放大, 再通过单片机进行模数转换处理后, 实现对微小质量物体的测量。

关键词: PVDF 微小质量 悬臂梁 单片机

中图分类号: TB43 **文献标识码:** A

Design and implementation of micro-quality PVDF-based weighing system

Peng Cong; Liu Bo; Yan Jiaqi

(College of Instrument Science and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130021, China)

Abstract: The main design principle using a piezoelectric sensor, with special piezoelectric material polyvinylidene fluoride (PVDF) good piezoelectric properties, excellent stability, etc., place it on a cantilever, when placed on an object generates a signal, the first signal through the amplifier circuit, and through the microcontroller analog to digital conversion processing, to achieve the quality of measurement of small objects.

Key words: PVDF Small mass Cantilever SCM

0 前言

微小质量称重系统多以微质量传感器的形式体现。而微质量传感器是一种将微小质量转化为频率信号的传感器。它正在被越来越多地应用于化学和生物环境中, 用以进行气体和液体的成分分析、微质量的测量、薄膜厚度的测量以及压力检测等。而聚偏氟乙烯 (PVDF) 作为一种有机压电材料, 较为广泛的应用于水声超声测量、压力传感等领域。目前已经实现了利用 PVDF 压电传感器测量功率流和位移 [1], 具有很高的利用价值和广阔的发展空间。在质量测量上更是有着独特的作用。

1 微小质量称重系统的设计

1.1 方案选择

为了完成微小质量称重系统的设计和实现, 选择了两种方案: 利用石英晶体谐振器的谐振特性来

实现; 利用 PVDF 压电薄膜来实现。

目前已知的石英晶体微量天平 (Quartz Crystal Microbalance, 简称 QCM) 是一个典型的微质量传感器, 在不同的领域都有着其及广泛的应用。这种传感器就是利用了石英晶体谐振器的谐振特性, 将石英晶体谐振器电极表面质量的变化转化为石英晶体振荡电路输出电信号的频率变化。缺点是由于石英晶体不可能做得很薄, 因此其工作基频一般在几十兆赫兹以下, 它的压电性弱, 介电常数很低很受限。这样, 对微小的质量的测量就有很大的困难。

而 PVDF 压电薄膜压电电压常数高、稳定性好、密度小等特点, 作用在压电信号的传感方面, 极大地提高了频率信号在采集和传输上的精确度。进而对微小测量中关于灵敏度要求和执行难易程度的降低方面有重要影响, 此外它具有低阻抗、高压电系数、高介电强度、高稳定性等优点, 发展迅速, 可以显著提高测量精度, 并可同时测量多个参数, 在质量测量方面有着极大的发展空间和特殊影响, 有

*指导教师: 杨大鹏

项目类型: 大学生创新项目

着极大的应用空间 4。

通过上述两种方案优缺点的比较，最后决定选择 PVDF 压电薄膜来完成微小质量称重系统的设计和实现。

1.2 压电悬臂梁传感器设计

传感器采用压电悬臂梁结构。压电悬臂梁传感器的机理是当传感器表面吸附物质后，传感器的谐振频率发生改变,通过对频率变化量的测量得出被测物质的定性和定量分析结果。压电悬臂梁传感器与传统压电传感器相比具有尺寸小、结构简单、反应速度快、集成度高和易于实现阵列化测试等优点。因而，本设计传感器决定采用悬臂梁式结构以有效增强压电特性。同时，对于悬臂梁传感器的工作方式而言，采用动态工作方式。其又称为谐振工作方式，主要是利用悬臂梁在附加微小质量之后谐振频率发生偏移来实现传感的。根据相关力学知识和悬臂梁文献我们得知如下结论：对于所有的附加质量，均是在延伸长度为梁体总长度 1/3 时，压电悬臂梁传感器对于附加微小质量具有最优的灵敏度；具有延伸长度的梁体的灵敏度远远优于等长度梁；等强度梁具有更优的振动频率偏移 5。

图 1 所示，为单层结构具有延伸部分的压电悬臂梁传感器模型，上层结构为 PVDF 薄膜，下层为不锈钢材质等强度梁。

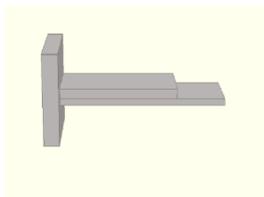


图 1 具有延伸部分的悬臂梁

Fig.1 a cantilever with extended portion

1.3 微小质量称重系统设计概述

本项目主要利用高性能压电材料聚偏氟乙烯 (PVDF)所具有的高压电常数、高介电强度的特点，通过压电悬臂梁传感器分析 PVDF 薄膜针对附着其上的微小质量所产生电信号的过程，观测该测量信号的频谱特点，并在自主设计的实验平台基础上对该信号进行计算和整理，得出质量与测量信号频率偏移的关系，用于微小质量的称重及显示。

2 软件设计

项目目前设计并实现了对小质量测试数据的采集系统。该系统利用压电悬臂梁传感器采集待测试的数据，并结合单片机进行模数转换后随即发送至上位机系统进行数据的分析和处理用以得出最终的

电信号频率偏移——质量关系 3。其中，示波器用于直观地显示测试信号的稳定性。系统主框图如图 2。

具体来讲，就是首先由压电悬臂梁传感器产生微弱的电荷信号，经集成运算放大器 AD620 等芯片进行放大和纹波处理 2，得到可用示波器明显观察的呈衰减形式的信号波形。此时的的信号直接作为单片机的输入信号进行模数转换，随即通过串行通信发送至上位机。上位机部分由 Matlab 软件中的图形用户界面 (Graphical User Interfaces,GUI) 进行实时地显示和控制。包括利用 GUI 设计串口通讯界面和频谱分析、统计以及计算的界面。通过对 GUI 界面进行编程，调用所采集数据的文本文档，然后实现对采集数据的频谱分析和整体统计，计算并整理各个数据样本的主频，随即对整理的数据进行绘制关系曲线图。

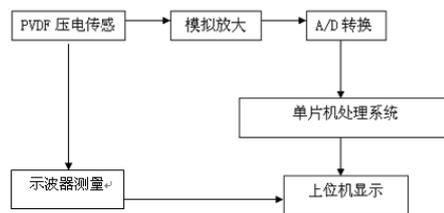


图 2 项目系统框图

Fig.2 system diagram items

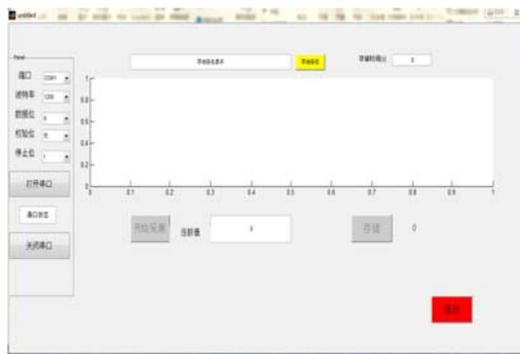


图 3 串口通讯界面

Fig.3 serial port communication interface

3 测试结果

目前，受传感器尺寸影响，项目测量质量范围在 100mg~1000mg 之内。由已知数据得出，系统在测试过程中对同一质量存在一定范围内的频率偏移振荡，经多次采样取平均值，得出在不同质量下的频率偏移结果并显示于最终 GUI 界面上。由于测试数据受到悬臂梁传感器的振动影响以及 PVDF 薄膜

性能影响很大，出现小部分频率偏移失常现象，系统具有一定的不稳定性。

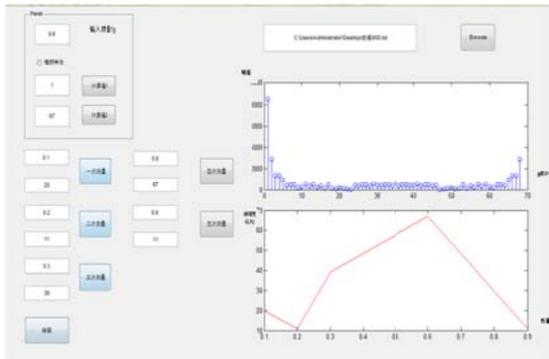


图 4 频谱分析、统计以及计算界面

Fig.4 spectral analysis, statistical and computational interface

4 结论

笔者设计了一种基于 PVDF 的微小质量称重系统，该系统具有灵敏度高、精确等优点。通过 PVDF 具有良好的机械韧性、灵敏的压电性和较高的可塑性，使其与悬臂梁结合实现了质量信号转换为电信号，再通过软件功能最后实现了微小质量的实验测试系统。

参考文献

1. 陈政, 钟汇才, 李庆, 梁艳菊, 林蓁蓁. 基于 PVDF 压电传感器的车辆动态称重信号的研究[J]. 传感器与微系统. 2012. 第 31 卷 (04 期): 36-39
2. 王术新, 李以哲. PVDF 传感器的设计及在振动测量中的应用[J]. 压电与声光. 2004. 第 26 卷(第 5 期): 374-376
3. 李雪. 压电悬臂梁式质量传感器结构设计[D]. 大连理工大学. 2007
4. 赵东升. PVDF 压电传感器的设计及其试验研究[D]. 江苏大学. 2005
5. 张春娟, 骆英, 李红. 压电微悬臂梁传感器性能的数值模拟研究[J]. 仪表技术与传感器. 2011. 第 1 卷 (第 1 期) : 1-4

基于单片机的车库蓝牙门禁系统设计*

王奇；杨超；包义广

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 吉林长春, 130061)

摘要: 本文利用单片机结合电机驱动技术和 HC-05 蓝牙通信技术设计了一套车库蓝牙门禁系统。本设计详细地讲述了基于 STC89C52 单片机、DS1302 时钟采集单元、LCD 液晶显示单元、电机驱动单元、整个系统模拟实现通过手机蓝牙遥控车库门禁的开启与关闭等功能。系统车库门禁采用电机驱动方案来模拟实现, 当系统接收到手机蓝牙发送的开门指令, 电机执行正转 10 秒钟模拟实现开仓库门, 当系统接收到手机蓝牙发送的关门指令 C, 电机执行反转 10 秒钟模拟实现关仓库门; 系统具备日期和时间显示功能, 以便记录每次仓库开门锁门时的时间记录, 日期和时间的采集采用 DS1302 时钟模块实现, 时间和日期显示界面采用 LCD1602 液晶显示屏; 系统蓝牙控制端采用安卓系统的手机 APP 软件操控, 通过蓝牙进行数据的通信和指令的传输。

关键词: 单片机 仓库门禁 蓝牙遥控 电机驱动

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A

The blue tooth door control system Based on MCU

Wang Qi; Yang Chao; Bao Yiguang

(College of Instrument Science and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun, 130061, China)

Abstract: This article designs a blue tooth door control system by the use of MCU and motor-driver. The whole design simulates to open and close the door of garage on the base of MCU STC89C52 and DS1302, LCD and motor-driver. Garage access control system uses motor-driven program to simulate the realization, when the system receives a Bluetooth phone to send command to open the door, the motor 10 seconds to perform forward simulation to achieve open warehouse doors closed when the system receives a Bluetooth phone to send the command C, an anti-motor 10 seconds to turn off analog implementation warehouse door; system with date and time display function to record each time the door lock when recording warehouse, collection date and time using the DS1302 clock module, the time and date using LCD1602 LCD display interface display; system uses Bluetooth control end Android phone APP software manipulation, transmission via Bluetooth data communication and instruction.

Key words: MCU Warehouse control Bluetooth remote control Motor-control

0 前言

微电子技术、自动控制技术与计算机技术的发展将人类社会带入了一个电子信息时代, 电子控制系统的广泛应用正在引发数字化信息时代的一场新的技术革命。人们对生活智能化, 高效性与便捷性的追求使得电子科技技术已经极大地融入生活之中。门禁系统又称出入管理控制系统 (ACCESS CONTROL SYSTEM)。是一种管理人员进出的智能化管理系统。概括就是: 管理什么人什么时间可以

进出那些门, 并提供事后的查询报表等等, 常见的门禁系统有: 密码门禁系统、非接触卡门禁系统、指纹虹膜掌型生物识别门禁系统等的总称, 门禁系统近几年发展很快, 被广泛应用于管理控制系统中。其中, 门禁系统中的人性化、智能化的改善已经愈发受到青睐, 基于蓝牙遥控技术的智能门禁系统以及在很多企业和高端住宅中得到推广和应用。

门禁系统顾名思义就是对出入口通道进行管制的系统, 它是在传统的门锁基础上发展而来的。传统的机械门锁仅仅是单纯的机械装置, 无论结构设计多么合理, 材料多么坚固, 人们总能用通过各种

*指导教师: 刘通

项目类型: 大学生创新项目

手段把它打开。在出入人很多的通道钥匙的管理很麻烦，钥匙丢失或人员更换都要把锁和钥匙一起更换。为了解决这些问题，就出现了电子磁卡锁，电子密码锁，这两种锁的出现从一定程度上提高了人们对出门禁通道的管理程度，使通道管理进入了电子时代，但随着这两种电子锁的不断应用，它们本身的缺陷就逐渐暴露，磁卡锁的问题是信息容易复制，卡片与读卡机具之间磨损大，故障率高，安全系数低。密码锁的问题是密码容易泄露，又无从查起，安全系数很低。同时这个时期的产品由于大多采用读卡部分（密码输入）与控制部分合在一起安装在门外，很容易被人在室外打开锁。这个时期的门禁系统还停留在早期不成熟阶段，因此当时的门禁系统通常被人称为电子锁，应用也不广泛。

随着智能手机、平板电脑等便携式设备的使用率提高以及近距离无线通信技术的兴起，门禁系统除了安全，还需要能够利用门禁系统完成多种应用。未来，门禁系统的安全性、集成能力、开放性、应用的多样化及手机智能终端控制将是未来发展趋势。如今智能手机等移动终端设备已走入生活，结合此类移动设备的蓝牙遥控技术将为上述问题提出解决方案。蓝牙遥控不仅避免了上述电子锁的安全性弊端，同时在可操作性以及智能化方面都有了很大的提高^[1]。

综合各个方面，本文利用单片机技术、电机驱动技术，手机蓝牙通信技术与液晶显示技术相结合，设计了一套仓库蓝牙门禁系统。系统包括数据采集模块，无线传输，电机驱动模块，显示模块等四大部分组成。本设计结构简单、工作可靠、价格低廉，控制灵活，应用性比较强。因此，不仅在市场推广上有显著的实际意义，在学术研究上也有一定的教学意义。

1 系统功能组成设计

蓝牙门禁系统设计主要由 STC89C52 单片机、DS1302 时钟采集单元、LCD 液晶显示单元、电机驱动单元和手机控制端等五部分组成。系统功能原理图如图 1 所示，进入蓝牙连接范围后，手机通过 app 连入系统，初次连接需要密码。App 发出指令，通过蓝牙模块将信号传递给电机，以模拟车库门开关，同时在 lcd 显示屏上显示运行状态。具体工作流程如下。

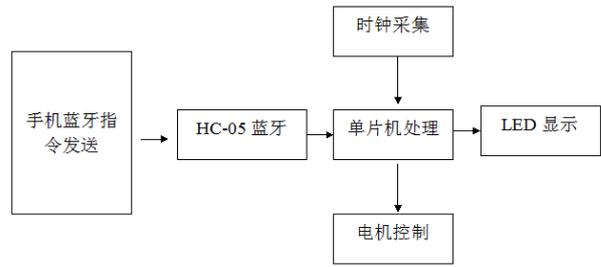


图 1 工作流程图

Fig.1 Working procedure diagram

2 硬件设计

2.1 系统总体设计方案

此方案在显示方面采用具有字符图文显示功能的 LCD 显示器，简单可行。手机端可以采用安卓系统的智能手机，通过手机蓝牙调试助手软件实现指令的发送，单片机控制板通过板子上的 HC-05 蓝牙模块实现手机蓝牙指令的接收，单片机通过对接收到的指令进行电机的转动控制，以达到实现仓库门禁的开启与关闭；由此设计出的仓库门禁系统，硬件部分简单，接口电路易于实现，并且在编程时大大减少程序量，在电路结构上只有简单的输出输入关系，并且可以满足系统智能化多样化的要求。

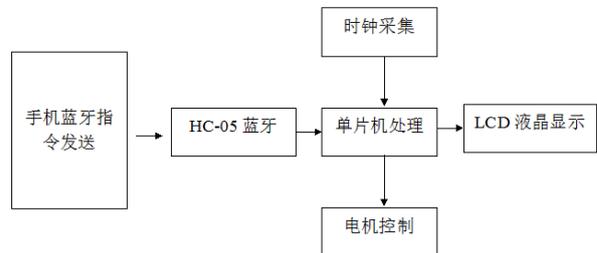


图 1 系统硬件设计框图

Fig.1 Diagram of the hardware design

2.2 单片机控制电路设计

单片机最小系统电路为整个系统的控制核心，用于控制这个系统的正常运行，单片机最小系统电路主要有 STC89C52 单片机、晶振电路、复位电路组成，此部分电路图如图所示^[2-4]。

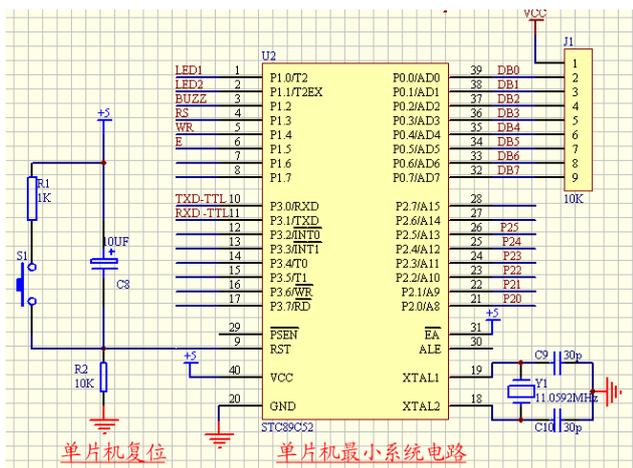


图2 单片机最小系统电路图

Fig.2 Diagram of minimum circuit system

系统主控电路由单片机、时钟振荡电路与复位电路组成。STC12C5A60S2 中有一个构成内部振荡器的高增益反相放大器，引脚 XTAL1 和 XTAL2 分别是该放大器的输入和输出端，用于外接晶体振荡器，Y1 为 11.0592M 的晶体振荡器，选择 11.0592M 是为了便于计算单片机运行的周期，Y1 两端的电容 C9、C10 接在放大器的反馈回路中构成并联振荡电路。电容 C9 和 C10 小会轻微影响振荡频率的高低、振荡器工作的稳定性、起振的难易程度及温度的稳定性。如果使用石英晶体，推荐电容使用 30pF 士 10pF。

2.3 系统显示电路设计

显示部分采用 LCD1602 液晶显示模块，液晶板上排列着若干 5×7 或 5×10 点阵的字符显示位，每个显示位可显示 1 个字符，从规格上分为每行 8、16、20、24、32、40 位，有一行、两行及四行三类。其与单片机的连接电路如图 3 所示。

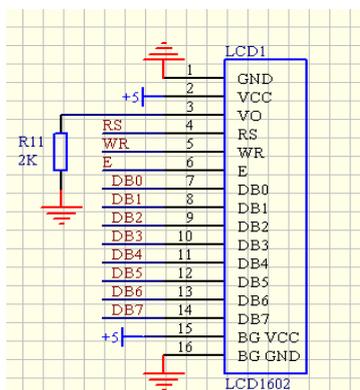


图3 LCD1602 电路连接图

Fig.3 Circuit connection diagram with LCD12864

1 脚和 2 脚为液晶 1602 地和电源引脚，3 脚为背光调节引脚，通过 10K 电位器接地，背光可通过电位器来调节亮度；4 脚、5 脚、6 脚为液晶片选控

制引脚，分别连接到单片机的 P1.3、P1.4、P1.5 端口，7~14 脚为数据接口，与单片机的 P0 口相连实现数据的传输，15、16、脚为液晶的背光控制脚，分别接到电源和地。

2.4 时钟采集电路

系统时钟采集电路采样 DS1302 时钟芯片作为核心器件，结合外围电路实现时钟信号的采集处理，改部分电路如图 4 所示。其中电池 BT1 为时钟芯片备用电池，在系统断电的情况下可以保证时钟信息不丢失，再次上电系统时钟时间信息无需重新调整。DS1302 的 2 脚和 3 脚为时钟晶振引脚，外接 32.768HZ 的晶振，芯片 5 脚、6 脚、7 脚是和单片机进行数据通信的引脚，引脚端口输出接 4.7K 到 10K 的上拉电阻。

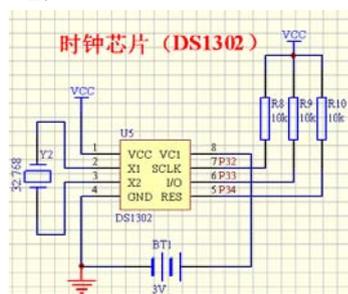


图4 时钟采集电路

Fig.4 Circuit of time collection

2.5 电机驱动电路设计

此系统电机驱动电路采用 ULN2003 集成驱动电路实现，ULN2003 价格低，外围电路简单，是小型步进电机驱动的理想芯片，此部分电路如图 5 所示。

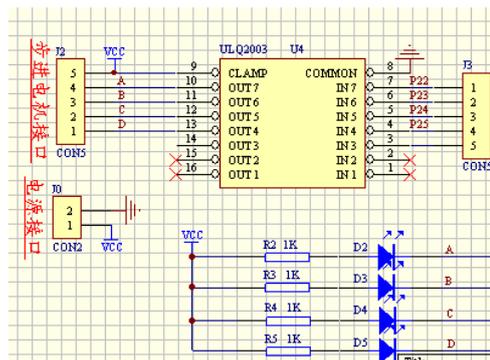


图5 步进电机驱动电路

Fig.5 Drive circuit of stepping motor

2.6 蓝牙接收模块电路设计

系统蓝牙通信电路采用 HC-05 模块作为核心，加以外围电路完成系统蓝牙通信电路的设计，蓝牙部分电路设计如图 6 所示。

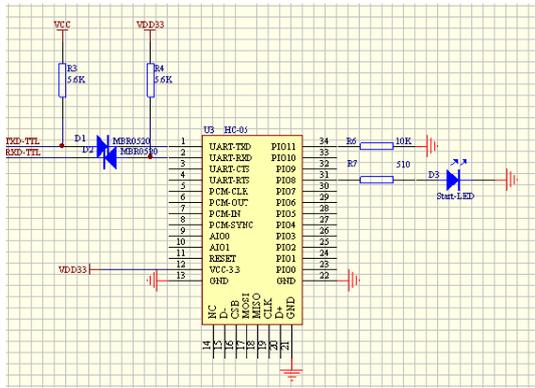


图 6 蓝牙摇控通信电路

Fig.6 Communication circuit of blue tooth

如图 6 所示，U3 为系统蓝牙通信模块 HC-05 模块，二极管 D1、D2 和电阻 R10、R11 组成电平转换电路以保证系统可以同时工作在 5V 和 3.3V 的电压下，D3 为蓝牙模块工作状态指示灯，其工作状态有以下三种：一，在模块上电的同时把 BS-KEY 引脚设置为高电平（或接到 VCC）此时 D3 以亮一秒灭一秒的频率慢闪，模块进入 AT 状态，此时波特率为固定的 38400。二，在模块上电的同时把 BS-KEY 引脚设置为低电平（或接地），此时 D3 以一秒闪烁 2 次的频率快闪，表示模块进入可配对状态，如果此时再将 BS-KEY 引脚电平置高，模块会进入 AT 状态，但是 D3 的闪烁频率不变。三，模块配对成功，此时 D3 双闪，一次闪 2 下，2 秒闪一次。系统有了 D3 指示灯就能够很直观的判断模块的当前状态，方便使用^[5]。

3 软件设计

本设计通过 C 语言进行底层设计，控制单片机协调各模块工作，主要包括时钟芯片编程，蓝牙串口和电机驱动设计流程图如图 7^[7]。

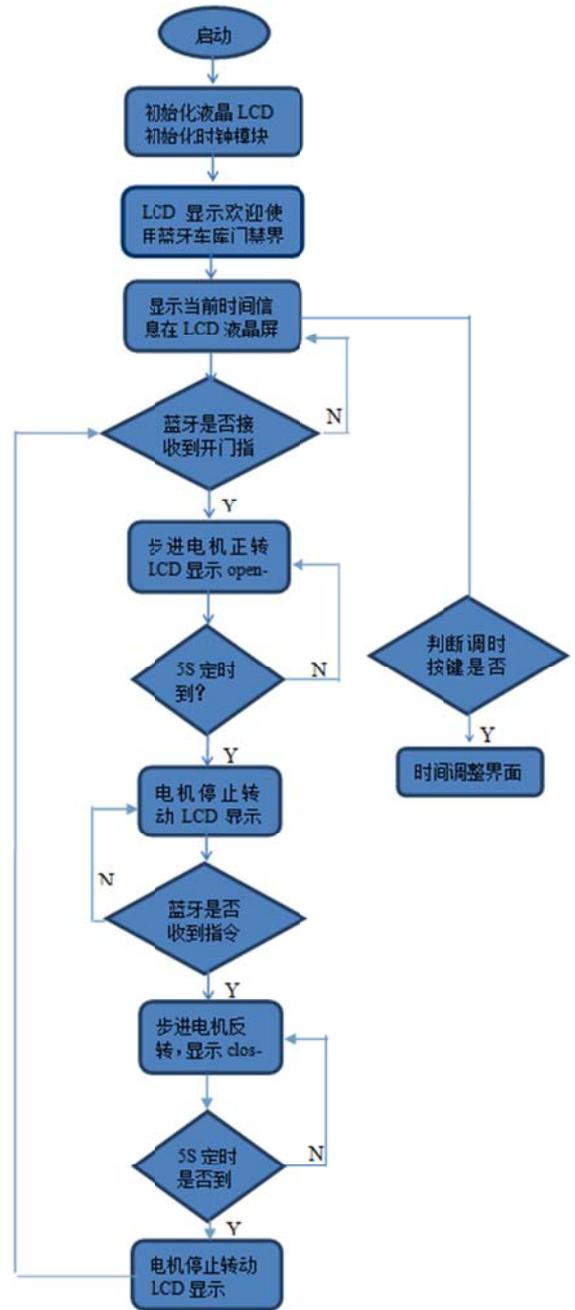


图 7 软件设计流程图

Fig.7 Flow chart of software design

4 测试结果

用设计成品完成后，我们对其进行了测试。在手机端发送开关门指令均能使电机按要求转动。手机控制终端界面和成品图如下。

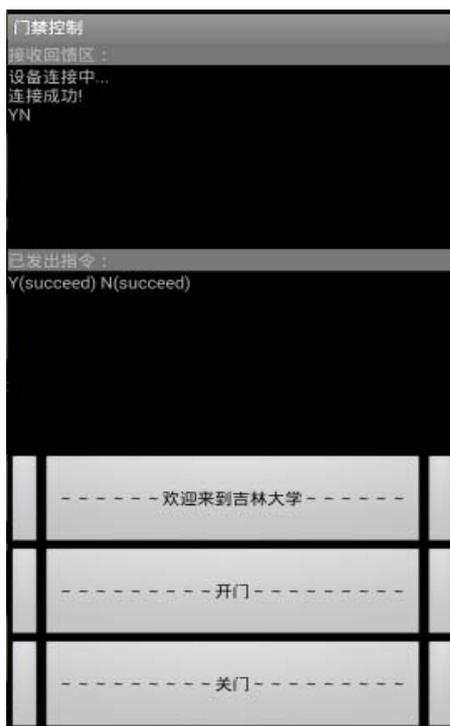


表 8 手机控制端界面

Fig.8 Interface of cellphone control end

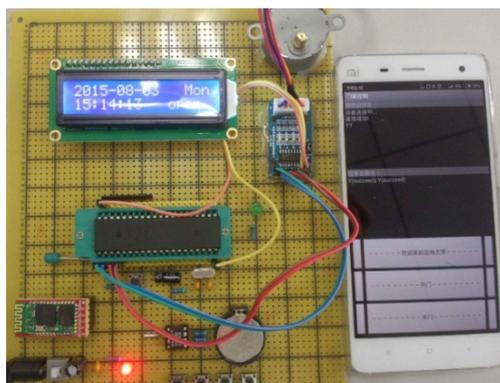


表 9 成品图

Fig.9 Complete design

5 结语

该设计采用 STC89C52 单片机为控制核心，与 DS1302 时钟采集单元、LCD 液晶显示单元、电机驱动单元和手机控制端等五部分组成智能门禁系统^[7]。完善后可方便的应用于生活，免去门禁卡的繁琐，不出车门的开关车库门。

参考文献

1. 刘凌云.智能家居控制系统[学位论文]硕士.2014.
Liu Lingyun. Smart home control system [Dissertation]

Master. 2014.

2. 金龙海, 李聪.C 语言程序设计[M].北京:科学出版社,2012.
Jin Longhai, Li Cong. Programming Design with C Language[M]. Beijing: Science Press,2012.

3. (美) 布雷 (Brey, B.B).Intel 微处理器[M].北京: 机械工业出版社, 2010.6.
(America) Brey, B.B. The Intel Microprocessors[M]. Beijing: China Machine Press, 2010.6.

4. 何桥, 段清明, 邱春玲.单片机原理及应用[M].中国铁道出版社.2008.1.
He Qiao, Duan Qingming, Qiu Chunling. The Principles and Application of Microcontrollers[M]. China Railway Publishing House. 2008.1.

5. 李鹏.基于单片机控制的手机遥控小车的设计 [J]. 魅力中国. 2014 (25):119.
Li Peng. The design of mobile phones-telecontrolled toy car based on MCU [J]. Charming China. 2014 (25):119.

6. 李郭天祥. 51 单片机 C 语言教程[M].北京:电子工业出版社, 2009.1.
Guo Tianxiang. C Language Courses about 51 Microcontrollers [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.1.

7. 薛均义, 张彦斌.MCS-516 系列单片微型计算机及应用 [M].西安交通大学出版社, 1999
Xue Junyi, Zhang Yanbing. The series single microcomputer with its application [M]. Xi An JIAOTONG University Press,1999.

基于超声波测距的盲人导航耳机设计*

崔晓彤；王绪磊；张兆丰

(吉林大学仪器科学与电气工程学院, 吉林, 长春 130012)

摘要: 研究了一种基于 STC89C51 单片机作为控制系统的盲人导航耳机三方向超声波测距系统, 对该控制系统的软硬件进行了设计, 具有可调节的报警功能, 具有实时语音播报距离功能, 方便携带, 最后又对测距误差进行研究, 提高精度, 在导盲领域中有一定的实用价值。

关键词: 超声波测距 导盲耳机 电路设计

中图分类号: TN962 **文献标识码:** B

Ultrasonic Ranging headset designs based on blind navigation

Cui Xiao-tong; Zhang Zhao-feng; Wang Xu-lei

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

Abstract: Studied a control system based on microcontroller as STC89C51 blind navigation headphone three directions Ultrasonic Ranging System, the hardware and software control system was designed with an adjustable alarm function, With real-time voice broadcast distance function, easy to carry, and finally to conduct research ranging error improve accuracy, there are some practical value in the field to guide the blind.

Key words: Ultrasonic Ranging Guiding the blind headphones Circuit Design

0 引言

中国有着全世界最多的盲人, 由于生理上的缺陷, 视力障碍者在生活和工作中有很多的不便之处, 如何让盲人在路上或室内安全行走成了一个难题。近年来超声测距技术研究不断发展, 超声波防尘、防雾、非接触式的特有优点被人们所发现和重视, 关于超声波测距的应用更加普遍化。本设计主要研究的重要问题是如何将超声波测距较为实际的应用于导盲系统中, 实现导盲系统的精确测量化, 并能够准确提示, 同时降低使用成本。

1 总体设计

本系统主要由四部分构成: 单片机控制部分、语音报警部分、超声波测距部分、LCD 显示部分。单片机控制部分是整个系统的核心部件, 用来控制协调各个部分的工作。工作时, 单片机控制的振荡

源产生信号以驱动超声波传感器, 使它们持续发射脉冲。超声波测距部分中, 对每一个超声波传感器来说, 当第一个超声波脉冲发射后, 计数器开始计数, 在检测到第一个回波脉冲的时候, 计数器将立即停止计数, 并同时计算出从脉冲发射到接收的时间差 Δt , 最后利用单片机计算出距障碍物的距离。语音播报部分根据加距和减距控制按键设定的报警值进行实时语音播报和报警指示。LCD 显示部分用以显示当前左面, 前面及右面三个方向的距离并且显示语音播报功能的开或关及当前通过按键所设置的报警距离。

系统结构图如下:

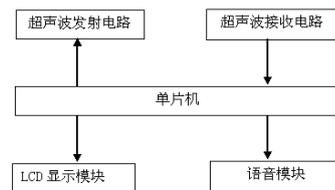


图 1 系统结构图

Fig 1 Diagram of the system's structure

*指导教师: 张林行

项目类型: 大学生创新项目

2 超声波测距原理

超声波为直线传播方式，利用压电效应的原理将电能和超声波相互转化，频率越高，反射能力越强，而绕射能力越弱。利用超声波的这种特性，经常用渡越时间检测法进行距离的测量。超声波测距原理是：超声波测距时，在控制电路的控制下，超声波发射探头向前发射多个超声波，当超声波在空气中遇到障碍物时，就会被反射回来，并通过超声波接收探头转换成电信号，由控制器判别回波信号。设超声波在空气中的传播速度为已知，且来回传播时间是相等的，只要测量出发射声波和接收声波的时间差，再乘以传播速度，就能计算出发射点到障碍物的实际距离。若已知介质中声速为 c ，回波（接收声波）到达时刻与发射波时刻的时间差为 t ，就可以计算出发射点与反射点（障碍物）的距离 s ，

$$s=c \times \frac{t}{2} \quad (1)$$

式中， c 为超声波的传播速度(m/s)。超声波在固体中传播速度最快，在气体中传播速度最慢，而且声速 c 与温度有关。如果环境温度变化显著，必须考虑温度补偿问题。空气中声速与温度的关系可以表示为

$$c=331.4 \times \sqrt{1+T / 273} \quad (2)$$

式中 T 为环境温度(°C)。超声波常温下在空气中的传播速度是 340 m/s，这里由于测量距离不长，测量精度要求不高，不考虑其它影响，只要测得超声波发射和接收回波的时间差 t ，按式(1)计算即可。

3 具体设计方案

3.1 硬件设计方案

硬件结构示意图如图 2 所示：

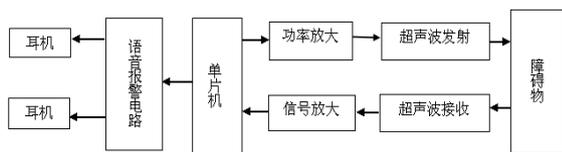


图 2 硬件结构示意图

Fig 2 Hardware structure diagram

3.1.1 超声波收发电路

HC-SR04 超声波测距模块可提供 2cm-400cm 的非接触式距离感测功能，测距精度可达高到 3mm；模块包括超声波发射器、接收器与控制电路。

基本工作原理：

- (1)采用 IO 口 TRIG 触发测距，给最少 10us 的高电平信号。
- (2)模块自动发送 8 个 40khz 的方波，自动检测是否有信号返回；
- (3)有信号返回，通过 IO 口 ECHO 输出一个高电平，高电平持续的时间就是超声波从发射到返回的时间。超声波时序图如下：

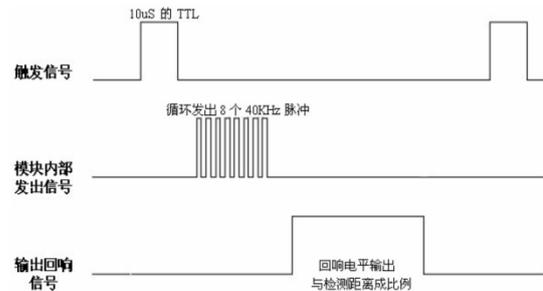


图 3 超声波时序图

Fig 3 Ultrasonic timing diagram

三个 HC-SR04 超声波传感器的四个引脚分别与单片机对应引脚连接，并接好电源及地，根据超声波遇到障碍物的时间，由单片机算出左面，前面和右面距障碍物的距离。

超声波收发电路图如下：

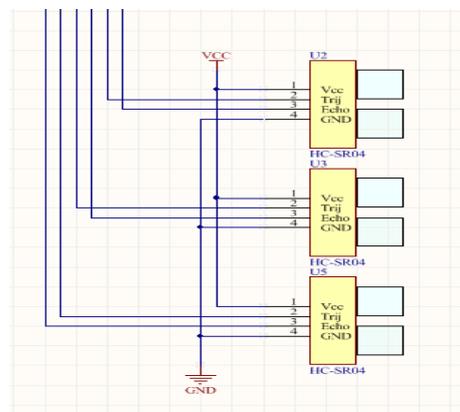


图 4 超声波收发电路

Fig 4 ultrasonic transceiver circuit

3.1.2 语音播报电路

NY3P035 是一款性能稳定的语音芯片，无需任何外围电路，在极其恶劣的噪声环境下都可正常工作，它具有宽泛的耐温和耐压范围，正常工作范围宽达 1.8V~5.5V，弥补了目前市面上语音芯片抗干扰能力较差的缺陷。

NY3P035 语音芯片有一组 PWM 输出口，直推耳机，音质清晰。内置精确的内阻频率振荡器（最大仅+1%的误差）。

串口时序图如下：

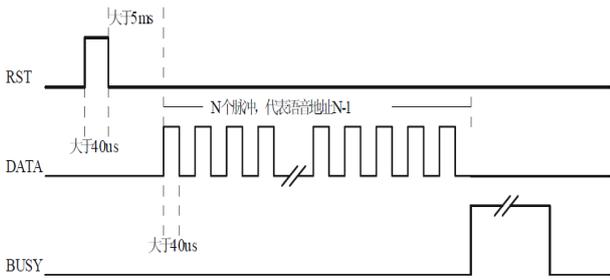


图5 串口时序图

Fig 5 Serial Timing Diagram

语音播报电路部分由语音芯片、一个调节电容及耳机装置组成，由单片机控制该部分，就可以播报已烧录好的相应的语音内容。使用者可通过头戴式耳机听到播报内容。

3.1.3 LCD 显示电路

采用 YM12864R 液晶显示模块显示左面、前面及右面三个方向及各方向距障碍物的距离。

LCD 显示电路图如下：

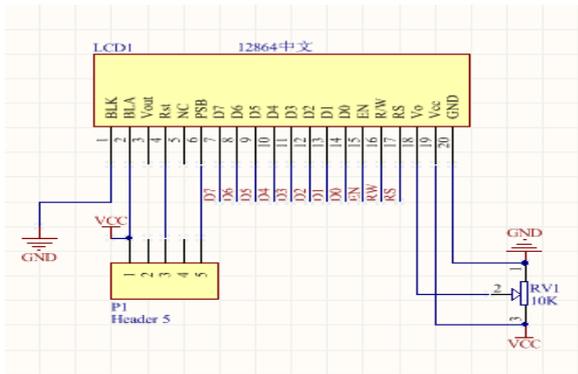


图6 液晶显示电路

Fig 6 LCD circuit

3.2 软件设计方案

本系统的软件采用模块化设计,超声波收发器控制、数据处理和存储、与主控制器的通讯都由 STC89C51 单片机来完成,主程序流程图如图 7 所示。

控制系统得电工作,先进行初始化后,为系统设置一系列初始值,包括超声波发射间隔数、定时器定时初值、距离计算参数等。后程序控制发送超声波,同时启动定时器计时;为避免接收传感器直接接收到发射的超声波,在发射超声波后插入一段延时,延时后启动接收回波程序,等待接收回波,超时(在设定距离内无障碍物)即返回前面,重新发射超声波,若有回波则停止计时,读取时间差,用式(1)计算距离,然后通过串行通讯将数据传送给主控制器,最后返回重新开始,进行不间断检测。

程序流程图如下：

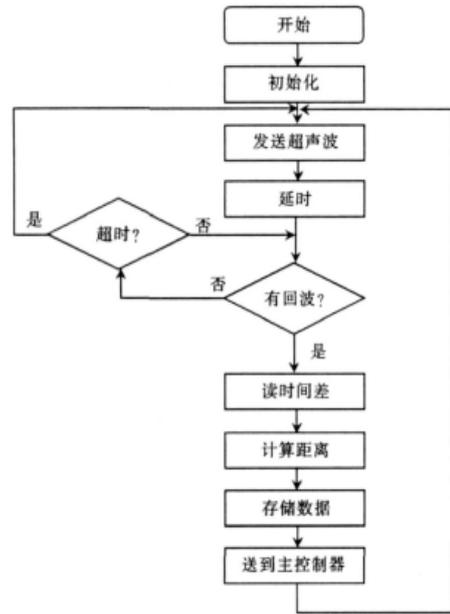


图7 程序流程图

Fig 7 Program flow chart

4 测试结果与误差分析

为了验证系统的测量精度,对系统进行了实地测量,采用表面平整的纸板作为障碍物进行实验,左前右三个方向的测距模块测量数据记录在表中。

| 前方向 | | 单位: m |
|------|-------|-------|
| 标准值 | 实际测量值 | 误差 |
| 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| 0.20 | 0.20 | 0.00 |
| 0.30 | 0.29 | -0.01 |
| 0.40 | 0.40 | 0.00 |
| 0.50 | 0.47 | -0.03 |
| 1.00 | 0.99 | -0.01 |
| 1.50 | 1.48 | -0.02 |
| 2.00 | 1.97 | -0.03 |
| 2.50 | 2.45 | -0.05 |
| 3.00 | 3.00 | 0.00 |

| 左方向 | | 单位: m |
|------|-------|-------|
| 标准值 | 实际测量值 | 误差 |
| 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| 0.20 | 0.20 | 0.00 |
| 0.30 | 0.30 | 0.00 |
| 0.40 | 0.40 | 0.00 |
| 0.50 | 0.51 | +0.01 |
| 1.00 | 0.97 | -0.03 |
| 1.50 | 1.47 | -0.03 |
| 2.00 | 1.98 | -0.02 |
| 2.50 | 2.47 | -0.03 |
| 3.00 | 3.00 | 0.00 |

| 右方向 | | 单位: m |
|------|-------|-------|
| 标准值 | 实际测量值 | 误差 |
| 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| 0.20 | 0.20 | 0.00 |
| 0.30 | 0.29 | -0.01 |
| 0.40 | 0.39 | -0.01 |
| 0.50 | 0.49 | -0.01 |
| 1.00 | 0.98 | -0.02 |
| 1.50 | 1.47 | -0.03 |
| 2.00 | 1.97 | -0.03 |
| 2.50 | 2.45 | -0.05 |
| 3.00 | 3.00 | 0.00 |

[M].北京: 化学工业出版社, 2011.

9. 樊昌信.通信原理[M].北京: 国防工业出版社,2013.

由以上测试结果可以看出, 基于超声波测距的盲人导航耳机设计的有效距离可达到 3 m, 经对数据的误差分析, 发现误差在 0%到 3.3%之间, 具有比较好的应用价值, 该设计可以在实际生活中应用。

5 结论

基于超声波测距的盲人导航耳机设计的测距误差小, 带有语音的准确提示, 可调节音量的头戴式耳机更方便在嘈杂的户外场所使用, 使用者可根据在室内或在室外调节报警距离。该系统能够满足盲人导航耳机的设计要求, 有效辅助盲人安全行走。具有精度高, 价格低廉, 可靠性高等特点, 同时本设计也可以在其他测距领域应用。

参考文献

1. 王妍,王延忠.关于建立我国盲人图书馆的设想[J].图书馆学刊, 1998,4(4): 11-13.
2. 金钥.形形色色的导盲系统[J]. 中国医疗器械信息,1998,4(4): 30-32.
3. 樊昌元,丁义元. 高精度测距雷达研究[J].电子测量与仪器学报, 2000, (2):52-55.
4. 马大猷.现代声学理论基础[M]. 北京: 科学出版社,2004:89-94.
5. 张谦琳.超声波检测原理和方法[M].北京:中国科技大学出版社, 1993: 78-86.
6. 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: 75-76.
7. 黄大志,申屠留芳,郭燕.导盲机器人中超声波测距系统的研究[J].淮海工学院学报, 2009: (18)19-22
8. 张辉, 李荣利, 王和平.Visual Basic 串口通信及编程实例

基于超声波测距的可追踪托运行李机器人设计*

宁红扬；王体阔；赵艺

(吉林大学 仪器科学与电气工程学院， 长春 130022)

摘要：基于红外线来实现对象的识别，通过对射式超声波测距来实现机器人与被跟踪物的距离测量，并以得到的距离来控制电机的加减速与转向，已达到能够确定被跟踪物的位置并实时进行动作的目的，并加入了压力传感器来测出托运行物的重量，能够显示被跟踪物的位置、温度和托运行物的重量信息，最后实现了基于单片机控制的可追踪托运行李机器人的设计。

关键词：超声波测距 红外线 自主跟随 PWM 调速

中图分类号：TP242

The design of a tracing luggage robot based on the ultrasonic ranging

Ning Hong-yang Wang Ti-kuo Zhao Yi

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

Abstract: The tracing luggage robot can realize the recognition of the traced object basing on the infrared ray, and the opposite-type ultrasonic ranging is to measure the distance between the robot and the target, which the distance obtained is to control the motor to speed up or down and change the direction, so that can it locate the accurate position and do timely to trace the target. What's more, it also adds the pressure sensor to measure the weight. The robot includes the modules that can display the position of the target, the temperature of the space and the weight of the luggage.

Key words: The ultrasonic ranging; Infrared Ray; Independent follow; Adjustable speed

0 前言

智能可追踪托运行李机器人可以实现自动跟踪，帮助负重，在智能化成为主流趋势的今天，具有较为广阔的应用领域，而如今中国具有跟随性的产品主要是有轨机械跟随，用于工厂的各类生产机车的一部分或是比赛场的有轨跟随拍摄车，并没有实际针对超市、旅馆、飞机场等大众场合或家庭个人的产品^[1]。所以我们基于单片机，超声波定位，红外时间同步等各个部分的综合运用，实现了可以跟随目标物的托运行李机器人，跟随的距离可自主设置，并配合显示重量，距离等信息，可实现对目标物的准确跟随^[2]，可以应用在实验室分拣实验器材等场合，释放人们的双手，减轻人们的负担，为人们带来更多的便利。

1 总体方案

系统整体采用轮式结构，分离式超声波测距，即超声波发射器和接收器完全分离；机器人携带红外线接收装置以及两个超声波接收器，目标携带红外线发射装置和一个超声波发射装置。

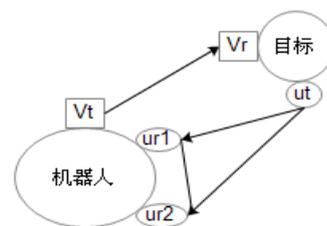


图1 超声波定位原理图

Fig.1 The principle diagram of ultrasonic positioning

图1所示为机器人的原理。其中V_r为红外线发

*指导教师：杨大鹏

项目类型：大学生创新项目

射, V_t 为红外线接收, ut 为超声波发射, ur_1, ur_2 为超声波接收。

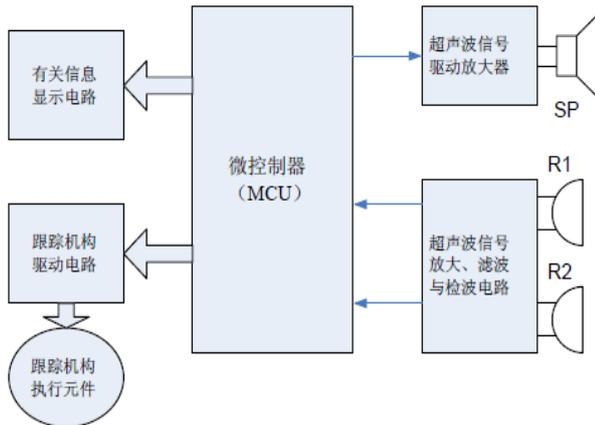


图 2 超声波目标定位系统组成与结构

Fig.2 Composition and structure of ultrasonic target positioning system

图 2 所示超声波定位系统的工作过程如下:首先,目标向接收点 1, 2 发送红外线,同时向两点发送超声波。接收点一旦接收到红外线就开始计时(与超声波相比,红外线的传输时间是可忽略不计),接收到超声波时停止计时,利用这个时间差计算出目标与两个接收点间的距离。

本设计采用 STC89C52 单片机,超声波信号处理采用索尼生产的 CX20106 芯片应用电路,调节处理频率为 40KHz。通过超声波测距得到两个距离值。电机驱动采用两个 L298N 电机驱动模块。L298N 电机驱动模块不仅能够通过输入 PWM 波来控制电机转速,还可以利用单片机改变 int1、int2、int3、int4 来控制电机转向。由于需要承重,所以使用四个电机来带动小车行驶。每个 L298N 控制用一侧的两个电机,同一侧的电机速度和转向一致。电机所用电源电压大于 5V,所以 L298N 可以输出 5V 电压为其它模块供电。

2 技术方法

2.1 分离式测距

超声波分离式测距工作原理是:超声波发射器发出超声波,超声波不经反射直接被接收器接收。这样只要测出从发射到接收的时间差 t ,就可以利用公式(1)计算出距离^[3],由于超声波传播速度与温度有关,所以加入了温度测量模块。

$$s = v \times t \quad (1)$$

$$v = 331.45 + 0.607T \quad (2)$$

其中 T 表示温度。

考虑到分离式测距容易受到反射波影响,产生稳定性差,接收范围小的问题。本设计采用分离式测距为得到时间差 Δt ,利用传播速度远大于声速的红外线。如下所示为超声波接收主电路:

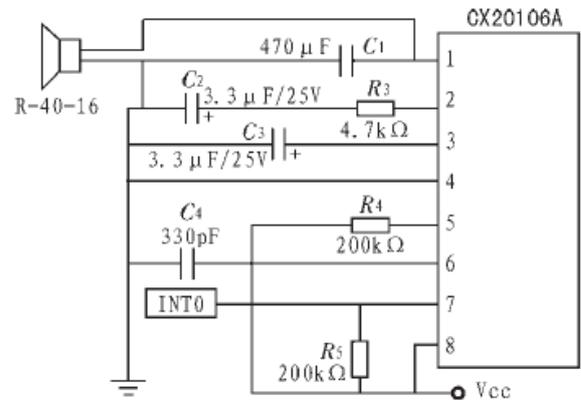


图 3 超声波接收主电路

Fig.3 The main circuit of ultrasonic receiving

发射电路在发射超声波的同时在同一方向上发射红外线,接收电路接到红外线后拉高输出电平,待接到超声波后输出变为低电平。这样高电平的持续时间就是超声波的传播时间。

距离和温度显示部分用工业字符型液晶 LCD1602,能够同时显示 16x02 即 32 个字符。

2.2 PWM 调速系统

软件上,通过定时器中断,利用一个定时器 T0,定时为 100us,产生 100 次中断。

$$m1 = (u \text{ int})(100 - (\text{distance}1 - 70)) \quad (3)$$

$$m2 = (u \text{ int})(100 - (\text{distance}2 - 70)) \quad (4)$$

在程序上利用上面的计算公式得到两个速度值 $m1$ 、 $m2$ ($\text{distance}1$ 和 $\text{distance}2$ 是超声波发射器到两个接收器的距离)。从而得到两个占空比随距离变化的 PWM 波。将两个 PWM 波输入给两个 L298N 电机驱动模块,实现 PWM 调速。

2.3 压力称重模块

当行李放置于行李车上时,称重模块会显示相应的行李重量,以提醒人们注意是否超重。称重模块的制作方式与数字电压表相同。系统由电阻应变片式压力传感器采集信号,此信号变化范围为 0mV~5mV,采集到的信号经过高精度仪表放大器 AD620 的处理和放大,输入给三位半 ICL7107 数字电压显示电路直接显示出来^[4]。压力传感器和 ICL7107 以及 AD620 均采用正负 5V 电源供电。所以这里还需要用到小功率极性反转电源转换器 ICL7660 来得到负电压。



图 4. 称重模块工作流程

Fig.4 Weighing module workflow

3 测试结果

通过测试，分离式测距模块能够在 5 米内正常测距，测距精度<1cm。温度测量结果比实际温度高 0℃~0.2℃。称重模块显示位数为 3 位，最小单位为 10g。

如下所示为机器人跟踪主体与目标物携带装置的实物图：

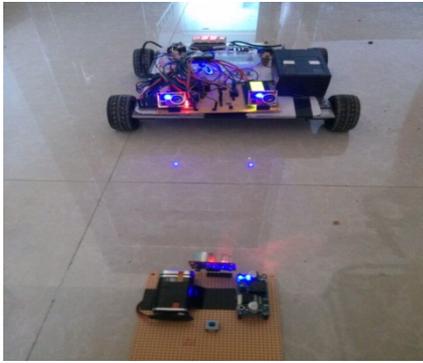


图 5 作品实物图

Fig.5 The photograph of real product

小车能够在与目标物角度很大的情况下正常转弯，由于小车整体较重，为更好的实现小车跟随目标转弯，采用了四个电机，两进两退的转弯方式。这种转弯方式可以实现小车跟随目标物原地转弯的功能，并且在很大程度上减少了转弯时间。但是由于小车在转弯的同时不能够以正常速度前进，所以会拉大与目标物的距离，当目标快速转弯并前进，时而导致跟随中断。虽然分离式测距的距离可以达到 5m，但当小车与目标距离大于 3m 时，小车行走出现卡顿，不能很好的跟随目标，所以小车的有效跟随距离为 0m~3m。

表 1 距离与跟随速度的关系

Table 1 Relationship between distance and tracing velocity

| | | | | | | |
|---------|-----|-----|------|-----|-----|------|
| 距离(m) | 0.5 | 0.7 | 1.2 | 1.7 | 2.5 | ≥3.0 |
| 速度(m/s) | 0 | 0.5 | 0.65 | 0.8 | 0.8 | 不稳 |

表 2 转弯角度与反应时间

Table 2 Turning Angle and response time

| | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| 角度(°) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 时间(s) | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 不稳 | 不稳 |

4 结果分析

在实现各个模块的自身功能及整合的过程中，我们对各个模块的电压要求非常严格，并通过稳压模块保证为所有元件提供了可靠的标准电压。所以针对各个误差的产生原因，不考虑输入电压因素。温度传感器周围没有安防其它元件，温度测量的误差很可能是传感器本身的原因。称重模块的误差主要是由 ICL7107 显示电路的局限性引起，调零的过程中，由于显示的局限性，无法保证准确调零。并且在称重过程中，100g~109.9g 的显示结果都是 100g。所以称重模块的误差 0g~10g。

分离式超声波测距模块在 5m 内能够正常测距，而在 3m~5m 范围内不能正常跟随，原因在于在距离在 3m~5m 范围内，超声波接收受角度影响较大，轻微的角度变化都可能导致超声波接收不到。但是 3m 的距离已经满足设计要求。最大的问题还是出现在最重要的跟随性能上。为更好的实现跟随性能，硬件和软件上都需要进行改善。对于解决目前所出现的情况，应采用额定电压更大的电机，车轮的直径也应随即加大。这样可以在一侧电机前进一侧电机刹车，甚至两侧电机都正转但速度不一的情况下实现转弯。这样在行驶过程中可以避免车与目标因距离过大而中断跟随的问题。但与此同时，电源的输出电压和容量也必须随之增大。程序上，为更好的实现跟随，在硬件升级的基础上，可以使用多种转弯方式以使目标在小车的各个位置小车都能够很好的跟随。加以后退及转弯后退的控制程序，能够使小车跟随更加完善。

通过实际使用，此设计在功能上还可以更加完善。例如加以遥控功能，使人可以通过身上所携带的定位装置来启停行李车，并且在启动状态，如果行李车没有接到超声波，将原地旋转，直到找到目标。另外，此设计还缺少避障功能，如果在多人使用的情况下，还需增加其它识别功能。

5 结论

介绍了基于超声波定位的自动跟随机器人系统，运用超声波传感器及红外线装置实现小车的实时跟随，通过实验验证，机器人反应速度灵敏，对探测范围内（能与主人保持 3m 以内距离的同步跟随）的单目标物体可以有效进行跟踪,而且通过设置两个接收传感器之间的距离可以减小机器人的跟踪死区。系统采用锂电池供电，直流电机调速，结构简

单，易于实现，成本不高。希望可以应用于公共场合或工业搬运用途，为人们带来更多便利。

参考文献

1. 蔡磊, 周亭亭, 郭云鹏, 陈素芳, 吴汉帮. 基于超声波定位的智能跟随小车[J]. 电子测量技术, 2013, 36 (11): 76-79
Cai lei, zhou Ting-ting, Guo yun-peng, Chen Su-fang, Wu Han-bang. Intelligent following carriage based on ultrasonic positioning[J]. Electronic measurement technique, 2013, 36(11):76-79
2. 厉小润, 谢冬. 基于双目视觉的智能跟踪行李车的设计 [D]. 浙江大学, 2013, 20 (1): 98-101
Li Xiao-run, Xie Dong. Design of Intelligent Object Tracking Baggage Vehicle Based on Binocular Vision[D]. Zhejiang University. 2013, 20(1):98-101
3. 陈婷, 张玉芳, 郑明成, 王富东. 基于超声波探测的目标跟踪机器人[J]. 中国科技信息, 2009, 1: 36-37
Chen Ting, Zhang Yu-fang, Zheng Ming-cheng, Wang Fu-dong. The target tracking robot based on the ultrasonic detection, 2009, 1:36-37
4. 居敏花. ICL7107 构成的数字电压表电路的应用[J]. 内江科技, 2009, 20 (6): 74
Ju Min-hua. The Application of Digital Voltmeter Circuit formed by ICL7107[J]. Neijiang technology, 2009, 20(6):74