

基于 GSM 网络的智能电子锁芯无线报警系统

郭 晨,孙晓冬,房大伟,马青玉

(南京师范大学物理科学与技术学院,江苏 南京 210023)

[摘要] 基于智能电子锁芯的编码地址和 315 MHz 的无线数据传输,利用 STC12LE5A60S2 单片机和 GSM SIM900A 模块设计了一种无线报警系统.介绍了无线报警系统的基本工作原理,给出了硬件结构图和软件设计流程,并对锁芯的无线数据收发技术和 GSM 网络的 AT 控制技术 & 计算机数据管理技术进行了深入阐述.对系统的软硬件实验测试结果证明,该系统能够进行智能锁芯地址的对码和报警电话的预置,能在无障碍的情况下准确接收半径为 20 m 的范围内电子锁芯发出的无线信号中所包含的实时报警信息,实现和预置手机的电话与短信报警功能,并实现报警记录数据的计算机查询和数据库处理,是一种适用于公司和家庭的局域智能化报警技术.

[关键词] 315 MHz 无线收发,GSM AT 控制技术,单片机,智能锁芯,无线报警

[中图分类号]TP399 [文献标志码]A [文章编号]1672-1292(2014)01-0022-07

GSM Based Wireless Alarm System for Smart Lock Cylinder

Guo Chen, Sun Xiaodong, Fang Dawei, Ma Qingyu

(School of Physics and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on the coded address and 315 MHz wireless transceiver of the smart lock cylinder, a wireless alarm system is designed using the STC12LE5A60S2 microcontroller and GSM SIM900A module. With the sketch maps of hardware and the flowcharts of software, the principle of the system is introduced in detail and the key techniques are clearly elaborated for wireless transceiver, GSM AT control and data management. It is verified by the experimental results that the addresses of lock cylinders can be matched and the numbers of alarm calls can be preset. The real time alarm information of the wireless signals transmitted from the electrical lock cylinder can be collected in the range within a radius of 20 m under the conditions of no barrier. Real time GSM alarm can be sent accomplished as phone call or SMS to the preset mobile. The received alarm can be saved in EEPROM for further record data inquiry and database processing. The designed GSM based wireless alarm system for smart lock cylinder can be widely used in a company or family as a local security technology.

Key words: 315 MHz wireless transceiver, GSM AT control technology, microcontroller, smart lock cylinder, wireless alarm

随着科学技术和生活水平的提高,人们的安防意识也在不断提升,迫切需要寻找一种安全可靠的手段来保护单位和家庭的财产安全,因此大量安全防盗系统应运而生,通过键盘、IC 卡、RF 卡等方式实现安全认证的门禁系统在宾馆、停车场、楼宇住宅等场所得到了广泛应用^[1]. 目前市场上出现的门禁系统主要存在以下两个问题:(1)硬件成本高,需配备专用的数据读写设备和通讯线路,安装不便;(2)警情滞后性,大部分门禁系统仅实现开门比对和数据记录,用户无法在事发当时获得报警提示,采取措施. 针对上述问题,近年来一种结合了机械牙花和电子防盗技术、可直接替换传统机械锁芯的智能锁芯开始在安防领域中得到应用^[2-4]. 该锁芯在保留传统机械锁芯功能的基础上,使用单片机作为控制核心,通过读取电子钥匙中 DS2401 芯片^[5]内全球唯一的注册码进行权限认证,控制螺线管中电流的通断实现锁的开合,从而能够有效防范锡纸开锁技术. 同时锁芯内部还设有无线发射电路^[6],能够将锁芯编号、钥匙地址和开锁状态等数据以无线信号的形式发送至接收电路,实现实时报警.

收稿日期:2013-10-25.
基金项目:国家自然科学基金(11274176).
通讯联系人:马青玉,博士,教授,博士生导师,研究方向:电子技术、声学和生物医学物理. E-mail: maqingyu@njnu.edu.cn

本文针对现有的智能电子锁芯,利用 STC12LE5A60S2 单片机^[7]、315 MHz 无线接收模块和 SIM 900A 移动通信模块^[8,9],设计了一种基于 GSM 网络的智能电子锁芯无线报警系统. 该系统利用单片机对智能锁芯发送的 315 MHz 无线信号进行解码和分析,实现锁芯编号、钥匙编号以及开锁状态等数据的远程采集和存储. 当发生意外状况时,单片机通过 UART 端口向 SIM900A 模块发送 AT 命令^[10],控制其实现电话或短信报警. 同时,电脑还能通过 USB 端口与该系统进行通讯,利用 VB. NET 编写的上位机程序对报警参数(呼叫号码、短信内容等)进行设置,将存储于 EEPROM 的系统运行数据上传至 SQL Server 数据库中,便于数据的查询和管理. 该系统不仅利用无线数据传输技术实现了智能锁芯数据的远程采集,简化了系统安装布线过程,降低了安装和升级改造成本,且通过 GSM 通信方式实现了电话和短信远程报警,提高了报警的实时性,同时利用数据库对系统运行数据进行管理,方便用户进行查询,为集团企业和普通家庭提供了一种灵活实用的锁芯管理和安防报警解决方案.

1 系统硬件设计

无线报警系统硬件结构如图 1 所示,该系统由智能电子锁芯、报警盒和上位机软件 3 部分组成. 智能电子锁芯在电子钥匙插入后开始上电工作,锁芯内单片机通过读取钥匙中电子标签芯片 DS2401^[4]内全球唯一的 64 位注册码来判断是否为合法钥匙,从而控制锁芯的开合,并将钥匙编码、锁芯编码和锁芯状态码等信息通过 315 MHz 无线电路发射出来,由报警盒接收和处理.

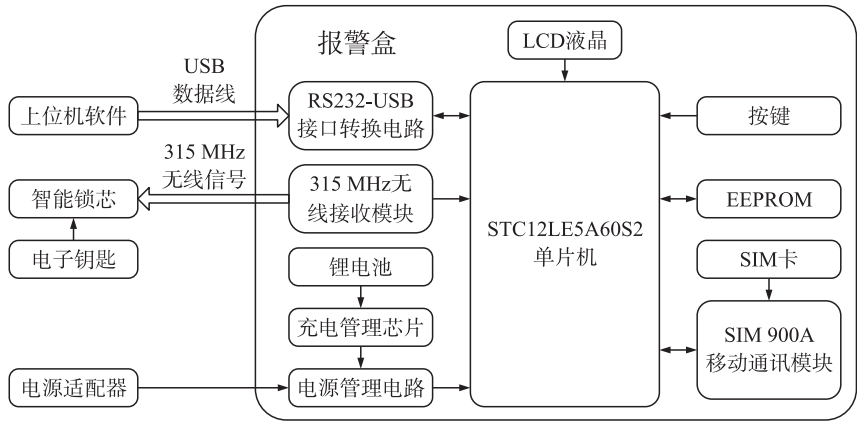


图 1 无线报警系统硬件结构框图

Fig.1 Block diagram of the wireless alarm system

报警盒以 STC12LE5A60S2 单片机^[11]作为控制核心,配合相应的外围电路实现 315 MHz 无线数据的接收和存储、人机交互以及数据通讯等功能. STC12LE5A60S2 是一款单时钟/机器周期的增强型 51 系列单片机,工作电压为 2.2 ~ 3.6 V,36/40/44 个通用 I/O 端口,支持 ISP 和 IAP,自带的两个全双工通用异步串行通讯端口能够实现单片机与计算机、SIM900A 模块的通讯,同时具有工作频率高、功耗低、抗干扰等优点,能够很好地满足系统设计需要. 报警盒中使用一片容量为 32 kB 的 EEPROM AT24C256 作为外部存储器,用以存放报警盒参数以及运行数据,通过上位机软件控制单片机能够对存储器数据进行处理. 此外,用户可根据需要通过 LCD 液晶和按键对报警盒参数进行手动设置.

报警盒有适配器供电和锂电池供电两种模式可供选择,由电源管理电路控制切换. 一般情况下,默认由适配器供电,在供电的同时通过充电管理芯片对锂电池进行充电;在停电、电源适配器无法供电的情况下,切换至锂电池供电模式. 报警盒内部安装 315 MHz 无线接收模块,能接收锁芯所发出的无线信号,并将解调之后的信号发送给单片机. 报警盒中使用 PL2303HX 作为 RS232-USB 接口转换芯片,实现报警盒与计算机的数据通信. 在计算机上安装相应的驱动程序后,只需将报警盒和计算机用 USB 数据线连接起来,便可通过上位机软件设定报警盒参数,对报警盒内的运行数据进行拷贝、删除等操作.

1.1 SIM900A 模块电路

本系统中的报警盒通过 SIM900A 模块实现基于 GSM 网络的实时报警信息发送,相关电路原理图如图 2 所示. SIM900A^[12]是 SIMCom 公司推出的一款工作电压为 3.2 ~ 4.8 V 的双频 GSM/GPRS 模块,采用

工业标准接口,工作频率为 GSM/GPRS 850/900/1800/1900 MHz,可以通过 AT 命令进行控制,实现低功耗语音、SMS、数据和传真信息的传输.

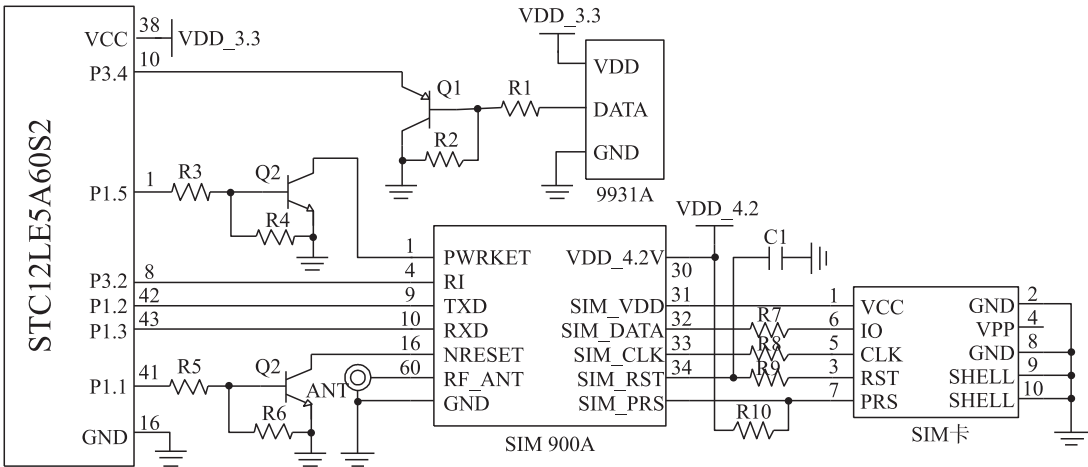


图 2 SIM900A 模块和无线接收解码电路原理图
Fig. 2 Schematic diagram of SIM900A module and wireless receiving and decoding circuit

由于 SIM900A PWRKEY 引脚已在模块内部上拉到 3 V,所以对模块进行开关机时,单片机 P1.5 口需输出一个正脉冲,经三极管反相之后将模块 PWRKEY 引脚电位拉低一段时间后释放. 同样,NRESET 引脚已在模块内部上拉,单片机 P1.1 口通过将该引脚电平拉低后释放实现模块复位. 单片机通过一个非对称的异步串行接口向模块发送 AT 指令,控制模块工作并根据模块传回的信息对指令执行情况进行监控. 模块 RI 端口与单片机外部中断 0 端口 P3.2 相连,当模块处于待机状态时,RI 端口为高电平,当有语音呼入、数字拨号呼入、短消息时,RI 端口会被拉低后释放,使单片机及时做出中断响应. 模块与 SIM 卡按图 2 连接后,单片机通过相应的 AT 命令就能读取 SIM 卡中的信息,实现语音、短信等功能应用^[8-10].

1.2 无线接收解码电路

针对智能锁芯发射的 315 MHz 无线信号,报警盒中使用 315 MHz 无线接收模块 9931A 接收无线信号,相关原理图如图 2 所示. 9931A 是一种超再生调幅信号接收解码电路,工作电压 3 ~ 5 V,工作电流 1 ~ 2 mA,不需要外部天线,在无障碍情况下的接收距离可达 80 m,可用于短距离的数据传输和信号控制. 该模块接收解调后的信号经三极管电路后输入至单片机,由单片机对信号进行软件解码. 智能锁芯发送的每一组无线信号由标志头、钥匙编码、锁芯编码和开锁状态码 4 个部分组成. 其中,头信号是单片机判断有用信号到来的起始标志,用以去除无发送信号时模块数据端接收到的干扰信号的影响;锁芯编码和钥匙编码是为每一套锁芯和每一把钥匙单独分配的专有编号,在系统运行时用来对处于工作状态的锁芯及插入钥匙进行标识区分;锁芯状态码用来对锁芯的工作状态进行标识,反映插入钥匙类型(主、副、非法)、锁开合状态等信息. 智能锁芯每次运行会将同一组无线信号重复发送 3 次,当单片机读取到两组相同数据时,才认为此次接收有效,并进行后续处理;否则认为无效,不予响应.

1.3 电源管理

为了保证报警系统的可靠运作,报警盒内专门配有备用锂电池,使系统在停电情况下仍能长时间正常运行. 图 3 给出了报警盒内主电源和备用电源管理电路. 当主电源 VCC 和锂电池电源 VBAT 同时接入时,由于主电源 VCC 大于 VBAT,通过合理选择 R1 和 R2 的阻值使 IRF7328-1 截止,同时 Q1 导通,Q2 截止,IRF7328-2 截止,VCC 经 D1 后直接由 VDD 输出,此时 VDD 由主电源供电;当主电源 VCC 断开时,IRF7328-1 导通,同时 Q1 导通,Q2 截止,IRF7328-2 导通,VBAT 经由 IRF7328-2 绕过 D2 直接由 VDD 输出,避免在 D2 上引

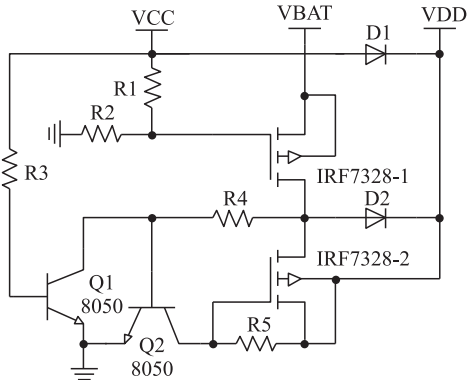


图 3 电源管理电路原理图
Fig. 3 Schematic diagram of the power management circuit

人不必要的压降,延长锂电池的使用时间,此时 VDD 由备用锂电池供电.

2 系统软件设计

无线报警系统的软件^[13]包括报警盒的单片机控制软件、AT 指令控制软件和计算机设置与数据管理软件. 其中报警盒的基本工作流程如图 4 所示,包括 315 MHz 无线接收、GSM 网络控制、EEPROM 读写等模块. 系统软件设计开发环境为:VB. NET,开发平台为 VS2010,数据库采用 SQL Server 2008 R2.

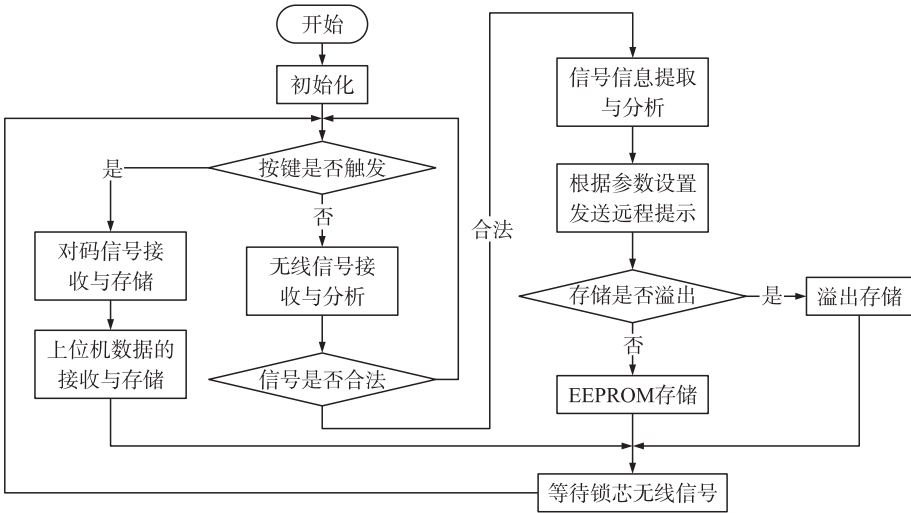


图 4 报警盒的软件流程图
Fig.4 Software flowchart of the alarm box

2.1 单片机控制软件

报警盒在上电启动后首先进行系统的初始化,读取存储器内的运行参数和报警号码. 如果检测到按键,则进行模块的对码和锁芯的对码,对锁芯编码进行管理和记录,并接收和存储从计算机 USB 传递过来的设置参数,包括报警电话、当前时间和锁芯编码等;如果没有检测到按键则进入正常的报警程序. 一旦单片机端口检测到报警信息的标志头信号,就对 9931A 的输出端的数据信息进行高低电平的时间检测和数据分析,如果数据格式不对或者锁芯编码不符合,则放弃所接收到的数据信息,重新回到信号接收等待状态. 只有接收数据的格式符合系统规定,且锁芯编码和对码地址一致,报警盒才进行下一步的钥匙检测.

单片机从接收的数据中分解锁芯编码和钥匙地址,并将当前时间和地址等参数写入到报警盒的存储器中. 内置的存储器可以存储 3 000 条开锁记录,如果存储器已满则通过循环覆盖方式进行长期的记录;同时根据电话和短信的设置参数,单片机控制 SIM900A 给相应的手机发送短信或者打电话,实现远程报警信息的传输. 在完成一次报警后,报警盒重新进入锁芯报警信号的接收状态.

2.2 AT 指令控制软件

单片机通过串行接口输出 AT 指令控制 SIM900A 完成 GSM 的各种功能,实现基于 GSM 网络的语音和数据业务,用户可通过 AT 指令进行语音呼叫、短信、电话本、数据业务等功能的控制. GSM 模块与计算机之间的通信协议形成 AT 指令集,AT 指令是以 AT 开头,中间的字符对应不同的功能,最后是指令结束字符串. AT 指令操作流程如图 5 所示,每个指令执行成功与否都有相应的返回信息,为控制提供参考信息. 其他的一些非预期的信息(如有人拨号进来、线路无信号等),模块将有对应的一些信息提示,接收端可做相应的处理.

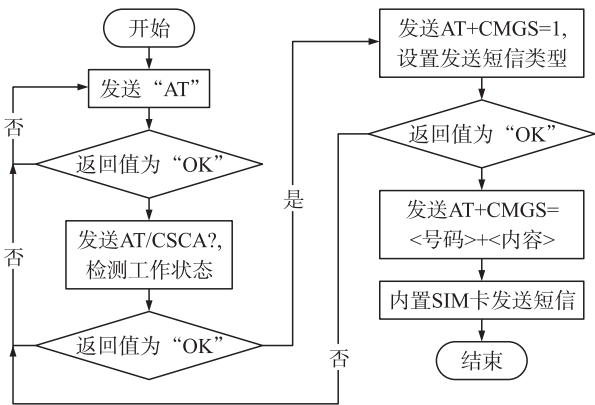


图 5 AT 指令的工作流程图
Fig.5 Workflow of AT instruction

2.3 计算机上位机软件

计算机上位机软件^[14]的参数设置和数据处理软件流程如图 6 所示,其功能通过计算机的上位机和报警盒共同完成. 在计算机和报警盒通过 USB 连接后,上位机软件打开串口,向报警盒发出连接指令,连通后显示显示连接成功. 上位机通过按键实现数据和运行参数的传输,并把报警盒存储器中的报警记录存储到计算机中,实现信息读取、记录查询、参数设置、时钟校对等功能. 另外报警盒可通过对码功能,确定需要接收管理的锁芯编码,把无关 315 MHz 信号和其他编码锁芯的数据屏蔽,防止邻居间的相互干扰.

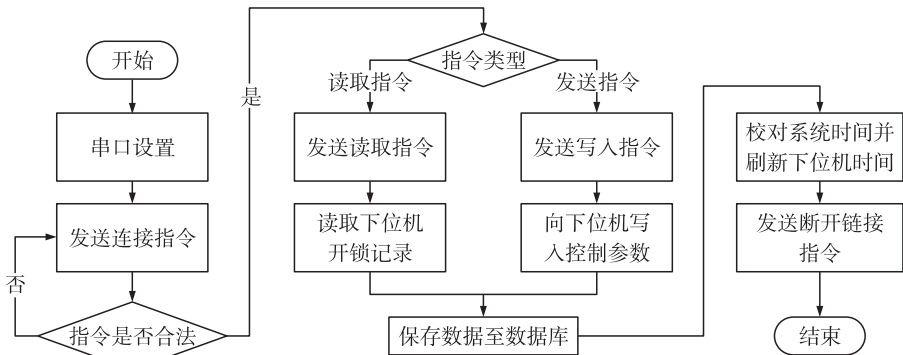


图 6 计算机软件参数设置和数据处理软件流程
Fig. 6 Software flowchart of parameter setting and data processing

3 测试和应用

图 7(a)给出了报警盒的内部电路照片,电路以单片机 STC12LE5A60S2 为中心,实现 SIM900A 和 GSM 网络连接,完成对电话 SIM 卡的电话和短信控制;单片机通过模块 9931A 接收 315 MHz 的无线信号,并实现数据的解码和分析;单片机通过 PL2302HX 实现串行接口和 USB 的转换,完成和计算机的 USB 连接和数据交换. 另外电路还配置了按键开关和锂离子电池充电电路.

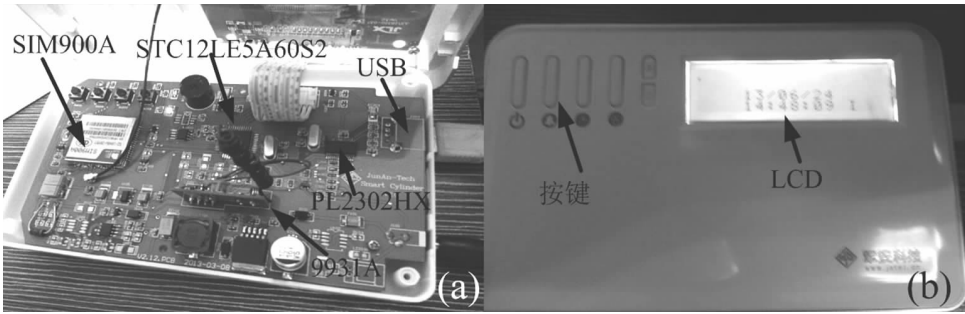


图 7 报警盒的内部电路和外形照片
Fig. 7 Pictures of the main board and the outer shell of the alarm box

采用 12 V 电源作为工作电源, SIM 卡运营商为中国移动,在 Windows7 的环境下进行软件测试,采用数字示波器(Agilent DSO9064A)进行波形采集和分析. 首先对锁芯进行编码设置,并进行合法和非法钥匙的设置;然后将锁芯和报警盒进行对码,让报警盒允许接收该锁芯所发送的 315 MHz 无线信号;最后在 SIM900A 的 SIM 卡槽中插入电话 SIM 卡,对报警盒进行报警电话的预置,并开启设防功能. 无线接收芯片 9931A 接收到高频调制 315 MHz 信号后,经过内部解调器解调为二进制的方波信号,并通过单片机的端口进行信号采集和数据分析. 图 8 显示了一组经 9931A 解调的报警信息波形,可以看出接收信号包含一个时

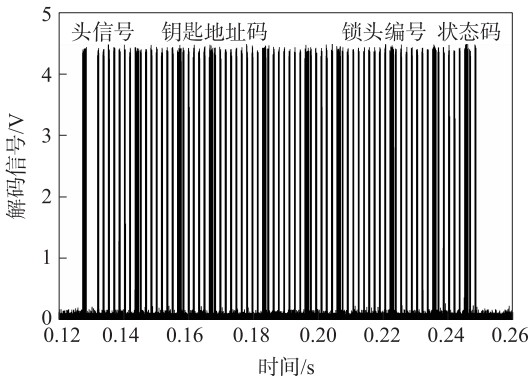


图 8 9931A 解调后的报警信号波形
Fig. 8 Collected alarm waveform decoded by 9931A

延 1 ms 以上高电平和 4 ms 低电平标志头信号,钥匙地址码(两字节)、锁头编号数据(三字节)、状态码(一字节);信号每一位传输数据的时间为 1 ms,通过高低电平的比例来区分,其中高电平大于 0.5 ms 代表 1,否则为 0;因此通过单片机端口高低电平的时间判断就可以得到报警的准确信息.图 7(b)的 LCD 显示了报警时间和锁芯编码以及钥匙的状态,为用户提供直观的数据显示.

图 9 显示了报警盒的计算机 USB 参数设置和数据管理界面,通过设置报警号码完成 GSM 通讯设置,确认所管理的锁芯编号和钥匙号,并把钥匙号和使用者的身份对应,完成对锁芯和钥匙数据库的建立.图 10 显示了报警记录查询与身份显示界面,软件调用数据库中的报警记录,可以通过输入锁芯编码和钥匙地址查询报警盒中所有的开锁和报警记录,为进一步的数据库应用提供报警信息数据.

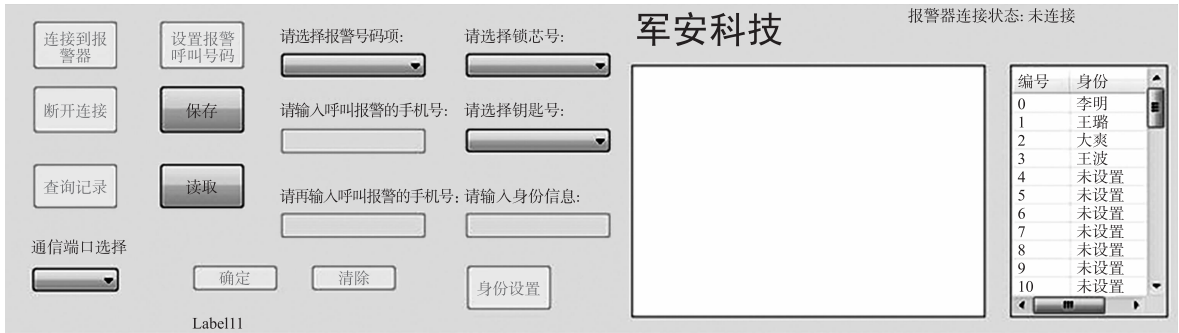


图 9 报警盒的 USB 参数设置和数据管理界面

Fig. 9 Interface of parameter setting and data management for alarm box



图 10 报警记录查询与身份显示界面

Fig. 10 Interface of record query and identity display

本系统报警盒在电源供电下反复进行报警测试,测量到在无障碍情况下的报警范围的半径为 20 m,在有障碍间隔墙情况下的报警半径大于 10 m,满足普通家庭对于安防报警系统的需求.同时,由于有对码系统的存在,在多个 315 MHz 无线设备同时工作的情况下,只接收固定编码锁芯所发出的无线信号,有效排除了其他锁芯的干扰,确保系统工作的稳定性.

4 结论

本文基于智能电子锁芯编码和 315 MHz 无线数据传输,利用单片机和 GSM 模块设计了一种无线报警系统.通过无线发射技术解决了普通安防报警系统对布线的限制问题,并通过商用 GSM 网络实现了报警信息实时发送的功能,提高了安防报警系统的时效性,同时增强了数据传输的可靠性.本文从功能需求和设计理念出发,详细介绍了无线报警系统的基本工作原理,给出了硬件结构图和软件设计流程,并对锁芯的无线数据收发技术和 GSM 网络的 AT 控制技术以及计算机数据管理技术进行了阐述.实验证明本系统能够进行锁芯编码和报警电话的预置,能在无障碍条件下准确接收半径 20 m 范围内电子锁芯所发出的实时报警信息,并实现数据存储、手机电话和短信报警,并完成报警记录的计算机查询和数据库处理.本无线报警系统是一种适用于公司和家庭的局域智能化报警系统,为传统安防报警系统的更新和改进提供了新技术.

[参考文献](References)

- [1] 杨世恩. 智能电子门禁系统研究与设计[J]. 通信技术, 2011(5): 24–26.
Yang Shien. Research and design of electronic entrance guard system[J]. Communications Technology, 2011(5): 24–26. (in Chinese)
- [2] 张延波, 张兴敢. 基于 RF 技术的机械数码一体化防盗锁设计[J]. 电子产品世界, 2008(9): 104–109.
Zhang Yanbo, Zhang Xinggan. The design of electronic and mechanical anti-theft lock based on RF technology[J]. Electronic Engineering and Product World, 2008(9): 104–109. (in Chinese)
- [3] 莫畅峰, 张兴敢. 新型数码防盗电子机械锁的设计与应用[J]. 电子测量技术, 2008(1): 63–65.
Mo Changfeng, Zhang Xinggan. Design and application of new kind of electronic and mechanical antitheft lock using digital code[J]. Electronic Measurement Technology, 2008(1): 63–65. (in Chinese)
- [4] 房大伟, 孙晓冬, 马青玉, 等. 基于 PIC 单片机的智能锁芯设计[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2013, 13(1): 25–29.
Fang Dawei, Sun Xiaodong, Ma Qingyu, et al. Design of smart lock cylinder with PIC microcontroller[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2013, 13(1): 25–29. (in Chinese)
- [5] Maxim Integrated Products Inc. DS2401 Silicom Serial Number[R]. San Jose; Maxim Integrated Products Inc, 2011.
- [6] 王彦, 黄智伟, 田丹丹. 基于 MC33591/MC33592 的 315 MHz/434 MHz OOK/FSK 接收电路设计[J]. 国外电子元件, 2004(6): 17–19.
Wang Yan, Huang Zhiwei, Tian Dandan. The design of receiving circuit based on MC33591/92[J]. International Electronic Elements, 2004(6): 17–19. (in Chinese)
- [7] 矫晓龙, 朱虔劼, 祝雪妹, 等. 基于 STC 单片机的焊接摆动器控制系统的设计[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2010, 10(1): 17–21.
Jiao Xiaolong, Zhu Qianjie, Zhu Xuemei, et al. A control system design for welding oscillator based on STC single chip[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2010, 10(1): 17–21. (in Chinese)
- [8] 于德会, 王华新, 孙敬. 基于单片机的 GSM 短信收发模块设计[J]. 电子测试, 2012(3): 39–41.
Yu Dehui, Wang Huaxin, Sun Jing. Single chip based GSM short message transceiver module design[J]. Electronic Test, 2012(3): 39–41. (in Chinese)
- [9] 陈亮, 李汪洋, 吴国樟, 等. 基于 SMS 远程监控系统[J]. 计算机科学, 2011(S1): 118–119.
Chen Liang, Li Wangyang, Wu Guozhang, et al. Remote control system based on SMS[J]. Computer Science, 2011(S1): 118–119. (in Chinese)
- [10] SIM Technology. SIM900 AT Command Manual V1.03[M]. Shanghai: SIMCom Wireless Solutions LTD, 2010.
- [11] Sickel Ted Van. Programming Microcontrollers in C[M]. USA: Elsevier Science, 2003.
- [12] SIM Technology. SIM900A Hardware Design CN V1.01[M]. Shanghai: SIMCom Wireless Solutions LTD, 2010.
- [13] 周航慈. 单片机程序设计基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
Zhou Hangci. Microcontroller Design Basis[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2003. (in Chinese)
- [14] 熊松明. Visual Basic. NET 标准教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
Xiong Songming. Visual Basic. NET Standard Tutorial[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]