

基于 PIC 单片机的智能锁芯设计

房大伟¹,孙晓冬¹,马青玉¹,缪 华²

(1. 南京师范大学物理科学与技术学院,江苏 南京 210023)
(2. 解放军国际关系学院教育技术中心,江苏 南京 210039)

[摘要] 将传统机械锁芯和一线制电子地址芯片相结合,基于 PIC 微功耗单片机和 433 MHz 无线发射技术,设计了一种一体化智能锁芯,集成了普通机械锁与电子锁的功能,实现了现场报警与远程报警的结合. 介绍了智能锁芯的机械控制、单片机控制及一线制钥匙的密钥管理原理,并给出了系统硬件结构框图和软件流程. 实验证明,锁芯系统电池工作电压宽,功耗小,稳定可靠,可以集成到门把手中的智能锁芯和普通机械锁芯外形结构完全一致,方便实现对普通机械锁芯的升级.

[关键词] PIC16F689,智能锁芯,机械控制,一线制地址

[中图分类号]TH822 [文献标志码]A [文章编号]1672-1292(2013)01-0025-05

Design of Smart Lock Cylinder with PIC Microcontroller

Fang Dawei¹,Sun Xiaodong¹,Ma Qingyu¹,Miao Hua²

(1. School of Physics and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)
(2. Center of Educational Technology, PLA Institute of International Relations, Nanjing 210039, China)

Abstract: Combining the traditional mechanical lock cylinder with 1-wire electronic address chip, and based on the technologies of PIC microcontroller and 433 MHz wireless transmission, the paper introduces a composite design of smart lock cylinder, which integrates the benefits of the mechanical lock with digital system, and realize on-site and remote alarms. The principles of the mechanical structure, digital control method and 1-wire bus based cryptographical management of the smart lock cylinder are introduced, and the hardware frame and software flowchart of the system are also provided. The experiments prove that the lock cylinder can work in a wide operating voltage range with improved reliability, and that due to the same appearance and dimension of the traditional mechanical lock cylinder, the smart lock cylinder can be installed into lock handle easily to complete cylinder upgrade.

Key words: PIC16F689, smart lock cylinder, mechanical control, 1-wire address

锁具是用来封闭一定的空间,限定人们对于被封闭空间的随意使用,保障特定人员用特定工具合法开启的封缄器^[1],为房间中人身和财产安全提供保护. 目前广泛使用的传统机械锁芯由锁胆、圆头弹子、平头弹子、锁舌动件、弹子弹簧和钥匙等部件组成. 钥匙未插入时,平头弹子不同程度地进入锁胆,限制锁胆旋转实现闭锁功能;钥匙插入后,钥匙与圆头弹子相互配合,解除平头弹子的制动,使锁胆旋转实现开启功能. 虽然传统机械锁芯的结构简单,生产成本低廉,但其机械结构具有相对固定性,不法分子可以使用多种特殊工具(钩状工具、多齿状工具、梳状特殊工具、片状工具、锁芯填充物等)进行技术性开锁,而不必物理性破坏锁体,同时传统机械锁芯还存在一把钥匙可以打开多套机械锁的互开性较高的问题^[1]. 因此,传统机械锁芯的安全性不高,仅能为用户的人身和财产安全提供有限保护.

电子锁芯是近几年随着电子技术的发展而出现的,它可以通过键盘、IC 卡、RF 卡或其他感应方式开启,使用方便,不仅能有效地防范技术性开锁,而且通过软件设置可以实现智能管理,同时电子锁芯的互开率远低于机械锁芯,因此被广泛应用于宾馆、酒店、停车场、公共储物柜等公共场合. 目前市场上常见的电

收稿日期:2012-11-15.
基金项目:国家自然科学基金(10974098、11274176)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20093207120003).
通讯联系人:马青玉,博士,教授,研究方向:声学、电子技术和生物医学物理. E-mail:maqingyu@njnu.edu.cn

子锁芯存在以下两个问题:(1)电子锁芯采用市电供电,用户需要针对它进行专门的电路布线以确保电子锁芯的正常工作,因此普通家庭用户难以实现简捷安装;(2)为防止锁芯故障或系统掉电后导致房门锁死,大部分电子锁芯在系统断电后处于常开状态,这一设定存在着极高的安全隐患.

本文将机械锁芯与一线制电子地址芯片相结合,利用 PIC 单片机设计了一体式智能锁芯. 该锁芯利用一线制电子芯片与机械数据触点的连接,将电子锁芯有效防范技术性开锁的优点引入到传统机械锁芯中,实现了机械锁芯与电子技术的结合. 在保留机械锁芯功能与外观尺寸的基础上,不仅实现了钥匙的识别和管理功能、引入了现场与远程报警功能,并且通过电子技术解决了机械锁芯高互开率的问题,利用机械锁芯功能消除了普通电子锁芯掉电后处于常开状态的安全隐患. 智能锁芯利用 PIC 单片机的低功耗和宽工作电压的特性,将系统工作电压降至 2V,实现了锂电池的供电,无需专门的电路布线. 用户可简便快捷地对普通机械锁芯进行升级替换. 该智能锁芯兼顾集团用户与小范围用户的使用需求,不仅能方便有效地对普通家庭的机械锁芯进行升级,提高家居的安防性能,同时可用于宾馆、停车场等公共场所的门锁管理.

1 智能锁芯的软硬件设计

1.1 系统结构框图

图 1 所示为系统总体框图,其中锁芯的机械部分在保留传统机械结构与功能的基础上增加一位控制

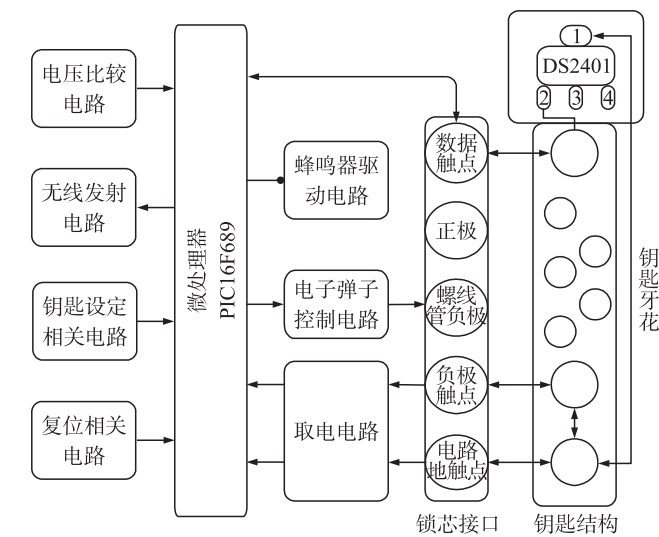


图 1 智能锁芯系统框图

Fig. 1 Block diagram of the smart lock cylinder system

锁胆旋转的电子弹子,根据单片机控制信号不同,实现锁胆锁定与释放. 与智能锁芯相匹配的钥匙不仅钥匙牙花要与智能锁芯中的机械弹子相匹配,还需钥匙内部的电子地址和单片机内保存的地址相匹配. 钥匙的电子地址由 MAXIM 公司的 DS2401 芯片提供,该芯片将控制、地址、数据和供电集于一个引脚,拥有 2.8 ~ 6 V 的工作电压,有工厂刻入、经过检验的 64 位注册码(全球唯一),可直接与微处理器的一个接口相连,根据一线制通信协议进行通信,通信速率达 16.3 kbps^[2]. 微处理器采用 MICROCHIP 公司的 PIC16F689 芯片,该芯片为采用纳瓦技术的 8 位 CMOS 高速单片机,具有精确的内部震荡器,较宽的工作电压(2.0 ~ 5.0 V),高耐久性的内存 EEPROM 单元,且支持在线串行编程^[3-5].

智能锁芯工作原理如下:钥匙插入锁芯后,取电电路与锁芯接口的取电弹子相结合,电路上电开始工作,单片机通过锁芯接口的机械数据触点读取钥匙内 DS2401 的电子地址,并将读取到的电子地址与单片机内部 EEPROM 存储的钥匙电子地址进行比对,区分合法与非法钥匙. 对于合法钥匙,单片机输出正常开启电子弹子的控制信号,实现锁胆释放;对于非法钥匙,单片机输出锁定电子弹子的控制信号,实现锁胆锁定,驱动蜂鸣器报警,并通过无线发射电路将报警信息发送至报警信息接收端^[6,7].

1.2 电子弹子的机械结构设计

智能锁芯通过控制电子弹子的弹起与落下来实现锁胆的锁定与释放. 电子弹子由螺线管与永磁体组成,其结构示意图如图 2 所示. 螺线管一端接电源正极,另一端经限流电阻接三极管集电极,三极管的发射极直接与地相连,基极与 PIC 单片机的弹子控制端口相连. PIC 单片机上电后,弹子控制端口默认输出高电平,三极管导通,螺线管中由电流产生的磁场驱动永磁体卡入锁胆的凹

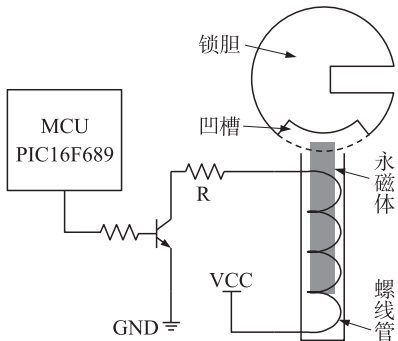


图 2 电子弹子结构图

Fig. 2 Structure of the electromagnet for lock cylinder

槽中,锁胆无法正常旋转,实现锁胆锁定.当 PIC 单片机检测到合法钥匙时,弹子控制端口输出低电平,三极管截止,螺线管中无电流,永磁体在自身重力的作用下落,释放锁胆,钥匙可以旋转开锁.当 PIC 单片机检测到非法钥匙时,弹子控制端口输出高电平,实现非法钥匙的闭锁防范.

1.3 软件设计

智能锁芯的控制软件由主程序模块、钥匙设定模块、数据对比模块、报警模块、合法开门模块、钥匙重置模块等组成,其流程如图 3 所示.主程序用以完成系统初始化,通过判断各个功能模块输出的标志位来完成相应的系统功能^[8-11].

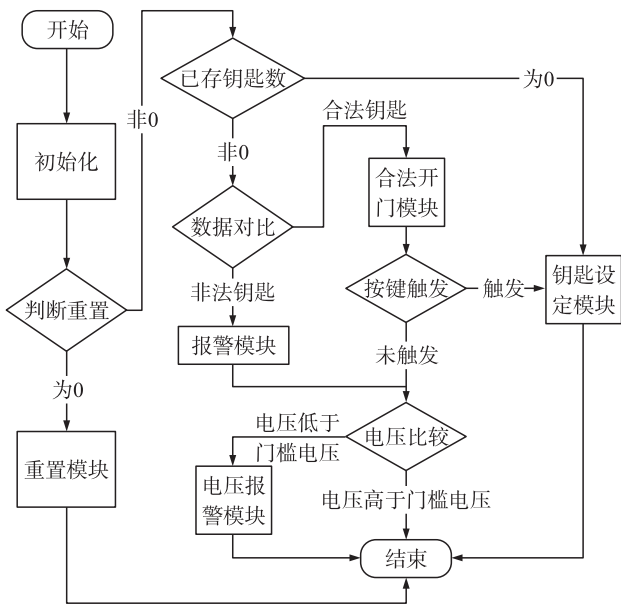


图 3 软件流程图

Fig. 3 Flow chart of the smart lock cylinder system

地址(8 字节)逐个比对,根据对比的结果修改钥匙合法标志位.主程序根据钥匙合法标志位的数据选择相对应的子程序实现锁胆释放和锁定操作.报警模块通过无线发射电路将非法开门报警信息(钥匙地址 8 字节、锁芯编号 4 字节、锁芯状态 1 字节)发送至报警信息接收终端,完成智能锁芯的报警信息传输及数据记录,同时驱动蜂鸣器发出警报声.电压比较模块控制 PIC 单片机读取电压比较电路的比较结果,判断是否执行低电压报警,提示换电池,以保证智能锁芯的稳定工作.

1.4 锁芯报警电路设计

智能锁芯的报警功能分为电池欠压报警与非法钥匙开门报警两种.与其相关电路为电压比较电路、无线发射电路,如图 4 所示.

智能锁芯系统由电池供电,对于电池电量的监控是保证智能锁芯稳定运行的必要条件.电压比较电路采用 MAXIM 公司的 MAX809/T 芯片,其为一种三脚复位芯片,无需外置电路,直接与电池相连;当电池电压低于阈值电压时,MAX809/T 产生一个复位信号直接送至单片机端口,单片机根据该引脚电平的高低执行电压报警^[12].本系统中 MAX809/T 芯片的阈值电压为 3.08 V,当电池电压高于阈值电压时,芯片输出高电平信号;当电池电压低于阈值电压时,芯片输出低电平. PIC 单片机通过 RC6 端口读取的 MAX809/T 复位电平的高低来判断电池电压

钥匙设定模块完成主副钥匙的注册设置功能.程序设计中引入了主钥匙与副钥匙的概念,主钥匙拥有最大权限,副钥匙的设定全部要有主钥匙的参与.程序不仅提供了主钥匙管理副钥匙的功能,而且针对主钥匙丢失情况,设定了副钥匙升级为主钥匙的功能,增强了智能锁芯系统的安全性.当首次使用锁芯时,单片机读取 EEPROM 中已存储的钥匙数为 0,程序自动进入钥匙设定模块,将当前的钥匙设定为主钥匙,并将地址数据写入单片机的 EEPROM 中.正常运行时,单片机通过判断钥匙是否为主钥匙,再与操作按键相配合,进入相应的副钥匙设定程序.钥匙重置模块提供主钥匙丢失后单片机内所存电子地址的清除功能,防止丢失钥匙被用于非法开锁.

数据对比模块用以控制单片机读取钥匙中的电子地址,并与 EEPROM 中已存储的电子

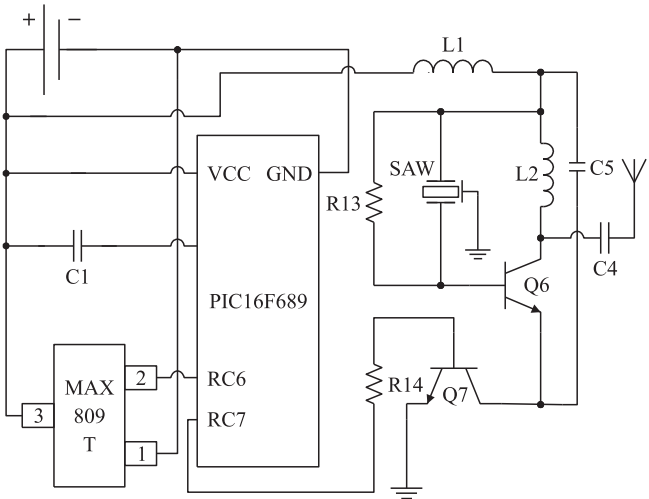


图 4 电源电压监控和 433 MHz 无线发送电路原理图

Fig. 4 Schematic diagram of power voltage monitoring and 433 MHz wireless transmitter

高低,从而完成低电压报警程序. 该电池电压检测电路封装小,结构简单,使用方便可靠,通过 MAX809 芯片门槛电压的选择可以实现不同电池电压的报警. 在电池电压低于门槛电压时,如果合法钥匙插入,PIC 单片机执行低电压模式下开门操作,绿色 LED 指示灯闪烁、同时蜂鸣器间歇鸣叫,提示电池电量不足;如果非法钥匙插入,则 PIC 单片机执行低电压模式下的非法钥匙报警,红色 LED 指示灯闪烁、蜂鸣器持续鸣叫.

当非法钥匙插入锁芯时,单片机进入报警模块操作,红色 LED 指示灯点亮,蜂鸣器持续鸣叫发出报警声音,同时单片机通过无线发射电路发送报警信息至报警信息接收终端. 系统无线发射电路的工作频率为 433 MHz,采用声表谐振器 SAW 稳频,其频漂仅为 1.3 kHz/℃^[13]. 发射电路未设编码集成电路,可以方便地和其他固定编码电路、滚动码电路及单片机连接,而不必考虑编码电路的工作电压和输出幅度信号值的大小. 正常工作情况下,单片机 RC7 输出低电平,发射电流为零. 在报警情况下,单片机 RC7 输出 ASK 编码信号,控制输出电平的高低及持续时间,将报警信息通过无线发射电路发送至报警信息接收终端,当数据信号停止时发射电流为零^[14].

2 实验测试

本设计对智能锁芯成品进行了相应的电气特性测量. 在钥匙未插入锁芯时,电路地与电源地不导通,锁芯电路系统未上电,不产生功耗;钥匙插入锁芯后,锁芯电路系统正常上电,系统的正常工作电压为 3.6 V. 为保证在电压严重不足情况下门锁的正常开启,系统设计中将电子弹子的最低工作电压设计为 2.4 V,在 PIC 单片机的工作电压(2 V)下锁芯不能够被锁定,确保严重缺电情况下的正常开门.

在程序设计中,为提高数据读取的稳定性而增加了钥匙是否到位的判断程序,确保钥匙接触稳定后才开始读入数据. 实际测量的钥匙插入锁芯至电子弹子弹起所需时间约为 5 ms,保证了系统防范的及时性和有效性;自钥匙插入至系统得出判定结果,并执行对应操作所需时间为 200 ms,这不会改变用户使用钥匙的固有习惯,对于用户的实际使用不会产生影响. 经测量,在合法开门和非法报警时系统总电流约为 15 和 35 mA. 假设每次正常开门时间为 5 s,一天开门 10 次,一节 3.6 V、200 mAh 电池可工作 1 年以上.

智能锁芯和普通机械锁芯的实物对比如图 5 所示,二者外形和尺寸一致. 智能锁芯电路系统的芯片与元件均采用微型贴片封装,电路尺寸 3 mm×2.7 mm. 配套门锁把手采用圆柱形结构设计,电路和电池被安装把手内. 用户在安装使用时无需对本系统进行专门的供电改造,在卸载原机械锁芯后将智能锁芯安装到位,即可方便快捷地实现锁芯的升级替换.

本设计使用注册过的合法钥匙与未注册的钥匙,在正常电压(>3.08 V)下进行了连续反复的开锁测试,对于合法钥匙的拒开率小于 0.01%,对非法钥匙的误开率为 0%,锁芯对于钥匙识别的正确率达 99.99%. 这不仅保证了注册用户的正常使用,同时保证了未注册钥匙始终无法打开的锁芯,测试结果完全符合智能锁芯的设计要求. 在电池电压低于门槛电压的情况下,智能锁芯仍能够正常工作 100 次以上,保证了锁芯工作的稳定性和可靠性.

3 结论

本文基于 PIC 单片机和 433 MHz 无线发射技术,将传统机械锁芯与一线制电子地址芯片相结合,集成传统机械锁与电子锁的功能,设计了一种一体化智能锁芯. 该锁芯和普通机械锁芯机械结构基本相同,电路系统与电池可安装在配套锁芯的握把中,从机械和电子两个方面提高了锁具的安全防范性能,同时增强了锁芯的应用灵活度和扩展性. 本文从应用需求和设计理念出发,介绍了智能锁芯的机械控制、单片机控制以及一线制钥匙的密钥地址管理的基本原理,并给出了锁芯重要部分的硬件结构框图和软件流程,同时介绍了关键性电路的设计方法. 成品尺寸测量与实验测试证明,智能锁芯拥有低功耗的电路系统,工作稳定可靠,为传统机械锁芯的升级提供了一种新设计.



图 5 智能锁芯和普通机械锁芯的实物对比如照片
Fig.5 Photograph of the smart lock cylinder and the traditional mechanical lock cylinder

[参考文献](References)

- [1] 马竞. 开启弹子锁的痕迹对比及技术防范分析[J]. 辽宁警专学报,2012(3):54-56.
Ma Jing. The analysis of traces comparisons of unlocking spring locks and the prevention techniques[J]. Journal of Liaoning Police Academy,2012(3):54-56. (in Chinese)
- [2] Maxim Integrated Products Inc. DS2401 Silicom Serial Number[R]. San Jose;Maxim Interated Products Inc,2011.
- [3] Microchip Technology Inc. PIC 16F631/677/685/687/689/690 Data Sheet[R]. Chandler;Microchip Technology Inc,2008.
- [4] 沈世斌. 多通道数显温度计的设计[J]. 南京师范大学学报:工程技术版,2002,2(1):29-31.
Shen Shibin. Multicenter thermometer with numeral display[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition,2002,2(1):29-31 (in Chinese).
- [5] 李学海. PIC 单片机原理[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
Li Xuehai. Fundamentals of PIC Microcontroller[M]. Beijing;Beihang University Press,2004. (in Chinese)
- [6] Aswir Premadi,Mohammad Syuhaimi Ab-Rahman,Ng Boon Chuan,et al. Application of PIC microcontroller for online monitoring and fiber fault identification[J]. International Conference on Electrical Engineering and Informatics,2009(2):463-467.
- [7] Yavuz Erol,Hason Balik,Serkan Inalet al. Safe and secure PIC based remote control application for intelligent home[J]. International Journal of Computer Science and Network Security,2007,5(7):179-182.
- [8] Ted Van Sickle. Programming Microcontrollers in C[M]. USA;Elsevier Science,2003.
- [9] Myke Predko. Programming and Customizing the PIC Microcontroller (Tab Electronics) [M]. USA; McGraw-Hill/TAB Electronics,2007.
- [10] 王思聪,周百新. 传输装置驱动系统设计[J]. 南京师范大学学报:工程技术版,2002,2(3):54-56.
Wang Sicong,Zhou Baixin. Design for spindle motor driving system of transmitting device[J]. Journal of Nanjing Normal University:Engineering and Technology Edition,2002,2(3):54-56. (in Chinese)
- [11] 矫晓龙,朱虔劫,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)
- [12] Maxim Integrated Products Inc. MAX803/MAX809/MAX810 3-Pin Microprocessor Reset Circuits[R]. Sam Jose; Maxim Integrated Products Inc,2012.
- [13] 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 & Product World,2008(9):104-109. (in Chinese)
- [14] 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,2008,31(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,2008,31(1):63-65. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]