

# 基于 PIC 单片机的无源锁系统设计

房爱军,周文敏,郑海祥,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 PIC 低功耗单片机,设计了一套由无源锁头、电子钥匙、中心管理系统平台组成的无源锁系统. 系统结合了智能锁芯与机械锁芯的优点,将系统供电模块集成在电子钥匙中,实现锁头的无源管理. 介绍了无源锁系统的工作原理及机械控制,给出了硬件设计和软件流程图. 系统中无源锁头和电子钥匙均可记录开锁事件,中心管理系统平台实现对无源锁头和电子钥匙的参数设置,对钥匙进行授权和数据库管理. 本设计解决了野外环境中电子锁具的供电问题,拓宽了电子钥匙应用范围,在住宅、办公和野外等应用中具有推广价值.

**[关键词]** PIC 单片机,无源锁头,电子钥匙,电磁锁销

**[中图分类号]** TH822 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2014)03-0022-06

## Powerless Lock System Design Using PIC Microcontroller

Fang Aijun, Zhou Wenmin, Zheng Haixiang, Ma Qingyu

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

**Abstract:** With the low-power PIC microcontroller, a powerless lock system is designed, composing of powerless lock cylinder, electronic key and center managerial system platform. Besides the basic functions of regular electronic locks, the power supply and data management of the system are integrated in electronic key to achieve electromechanical control for lock cylinders. The working principle and the mechanical control of the powerless lock system are introduced with hardware design and software flowchart. In the system, the data of unlocking events are recorded in the powerless lock cylinder and electronic key. The parameter setting of lock cylinder and the authorization of electronic key as well as the database processing are performed by the center management platform. This design solves the key problem power supply for electronic locks in wild environment, providing the broadened application potential in residence, office, field work, and so on.

**Key words:** PIC microcontroller, powerless lock cylinder, electronic key, electromagnetic lock pin

锁被广泛使用于企业管理和人们的日常生活中,企业和个人常用锁来保护一些贵重财务和重要资料. 现在市面上的常用锁主要是机械锁,通过锁芯和钥匙牙花的配合来完成开锁,但这种锁芯通过钢丝或者锡纸即可被轻易打开,结构的安全性不高. 随着科技的发展,在国内外相继出现了一些利用信号采集和处理的电子智能锁,将人体的指纹和虹膜等唯一特征和锁具相结合,研制出保密安全性能较高的智能锁系统,但是由于其成本较高、价格昂贵、可靠性不高等因素,在一定程度上限制了这类产品的普及和推广. 鉴于当前的技术水平与市场接受度,采用单片机设计的电子锁成为电子防盗产品的主流<sup>[1,2]</sup>,如 IC 卡门禁系统、密码门禁系统等. 这类电子锁具和管理系统在使用中存在以下两个问题:(1)电子锁芯依靠市电或电池供电,用户需要使用专门的电线路来满足电子锁芯正常工作的电源需求<sup>[3]</sup>,这限制了其在无市电或偏远恶劣环境的使用,例如在野外环境中的采油井、注水站、电信通讯基站<sup>[4]</sup>;(2)锁头电池虽然解决了系统断电的安全隐患,但是需要定期拆卸和更换电池,给用户带来了很大的使用成本和管理隐患.

本文利用低功耗 PIC 单片机,通过钥匙和锁头的数据设定和数据通讯设计了一种无源锁系统,主要包括 3 个部分:电子钥匙、无源锁头、中心管理系统平台. 电子钥匙和无源锁头都由 PIC 单片机管理,整个系统由钥匙中的可充电锂电池供电,使系统摆脱了锁头对供电的依赖性,电子钥匙通过 Micro USB 接口与电

收稿日期:2014-05-27.

基金项目:国家自然科学基金(11274176,11474166).

通讯联系人:马青玉,博士,教授,研究方向:电子技术、声学 and 生物医学物理. E-mail: maqingyu@njnu.edu.cn

脑通信,实现对电子钥匙的参数设定和电池充电.无源锁头将智能锁芯控制技术与机械锁芯结构相结合,在无电状态下处于锁闭状态,解决了电子锁芯掉电后处于开锁状态的安全隐患.计算机中心管理系统平台通过与电子钥匙和无源锁头的通信能够实现信息读取、记录查询、参数设置、时钟校对等功能.本无源锁系统适用于野外环境下的设备管理和保护,企业或家庭也可应用该无源锁系统建立符合自身需求的人员管理和监督体系.

## 1 无源锁系统的硬件设计

### 1.1 无源锁的系统结构

无源锁系统框图如图 1 所示,系统包括电子钥匙硬件框图和无源锁头硬件框图两部分,电子钥匙和无源锁头通过四个触点进行通信,包括两个数据传输触点、一个正电源触点、一个接地触点.无源锁头中有一个电磁锁销,由单片机输出的信号控制螺线管实现锁胆的锁定与释放.

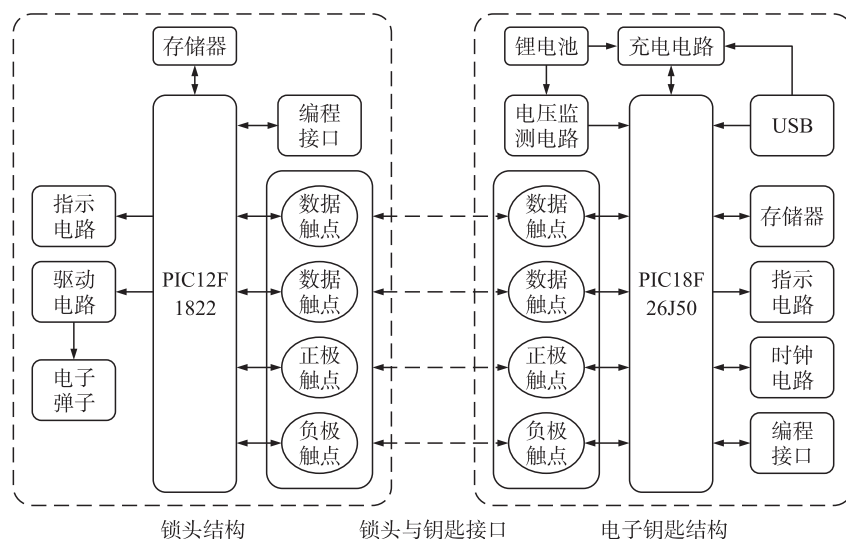


图 1 无源锁系统框图

Fig. 1 Block diagram of powerless lock system

电子钥匙微处理器采用 MICROCHIP 公司的高档 8 位单片机 PIC18F26J50,该芯片具有精确的内部震荡器,较宽的工作电压(2.0~3.6 V),且支持在线串行编程<sup>[5]</sup>.外部存储器采用 CAT24WC256 芯片,存储空间为 256 kb<sup>[6]</sup>,用以存储系统设置的参数和保存开锁记录.时钟芯片采用 DS1302 芯片,其工作电压为 2.0~5.5 V,可以对时间进行设置,具有闰年补偿功能<sup>[7]</sup>.作为系统电源的大容量可充电锂电池集成在电子钥匙中,并采用 CN3052B 芯片作为锂电池充电电路<sup>[8]</sup>.电池检测电路采用复位阈值为 3.08 V 的 MAX809TD 芯片<sup>[9]</sup>对电池电压进行监控,电子钥匙通过单片机检测电池检测电路的输出信号,实时获取电池的电压信息,当电池电压低于 3.08 V 时,启动红色 LED 显示低电压报警,通知用户对钥匙进行充电.无源锁头微处理器采用 MICROCHIP 公司的中档 8 位单片机 PIC12F1822,工作电压为 1.8~5.5 V,内有高耐久性的内存 EEPROM 单元,且支持在线串行编程<sup>[10]</sup>.

中心管理系统平台可对钥匙和锁头的参数进行双向设置.钥匙参数的设置包括:(1)时间管理权限,通过中心管理系统平台可对钥匙有效开锁时间段进行设置;(2)锁头管理权限,通过中心管理系统平台对钥匙可管理的锁头 ID 进行设置,当读取到被控锁头的 ID 为钥匙可管理的锁头 ID 时,为有效锁头管理权限.通过中心管理系统平台可对锁头的 ID 等参数进行设置.

当电子钥匙插到无源锁头中,电子钥匙中的锂电池给整个系统供电,启动无源锁头中的单片机.钥匙和锁头中的两个 PIC 单片机通过增强型异步串口通信方式传输数据,通信速率为 9 600 bps.系统的工作过程如下:(1)电子钥匙首先发送控制命令给锁头,申请读取被控锁头的地址;(2)锁头将存储在片内 EEPROM 中的锁头 ID 发送给电子钥匙;(3)钥匙将接收到的锁头 ID 与片外 EEPROM 中存储的可管理的锁头 ID 进行比对,分析管理权限;(4)钥匙向 DS1302 发送指令,读取当前的日期和时间,并和存储中的有效起始时间进行比较,分析时间管理权限;(5)只有当锁头管理权限和时间管理权限都有效时,判定该钥

匙是该锁头的合法钥匙,将开锁指令(开锁时间、钥匙ID、开锁状态)发送给锁头,否则不执行开锁过程;(6)锁头接收到开锁指令后,启动开锁程序,单片机控制螺线管解除对锁胆的锁定,就可以旋转开锁;(7)电子钥匙将开锁记录(开锁时间、锁头ID、开锁状态)存储到片外EEPROM中;(8)锁头的开锁记录(开锁时间、钥匙ID、开锁状态)存储到片外EEPROM中。

## 1.2 电磁锁销的设计

无源锁头中的PIC单片机通过锁销控制端口输出信号来控制电磁锁销的弹起与落下,从而实现锁胆的制动与释放。电磁锁销由螺线管、永磁体、弹簧和销钉四部分组成,其结构示意图如图2所示。三极管的发射极接电源正极,基极与PIC单片机的锁销控制端口相连。螺线圈一端接三极管集电极,另一端接地。未开锁情况下无源锁头没有电,螺线管中没有电流通过,不会产生感应磁场,电磁锁销中的弹簧处于不受外力伸缩状态,永磁体堵住销钉下洞口,销钉卡入锁胆的凹槽中,锁胆无法正常旋转,达到制动锁胆的目的。

使用电子钥匙开锁,电子钥匙中的锂电池给整个系统供电,无源锁头中的PIC12F1822单

片机上电后,当无源锁头接收到电子钥匙的非法开锁指令时,锁销控制端口默认输出高电平,此时三极管截止,螺线管中无电流,锁胆处于制动状态。当无源锁头接收到电子钥匙的合法开锁指令时,电磁锁销控制端口输出低电平,三极管导通,螺线管中有电流通过,螺线管由于电磁感应而产生磁场,永磁体压缩弹簧,露出销钉下落小洞,销钉在锁胆外壁压力作用下下落,解除对锁胆的锁定。

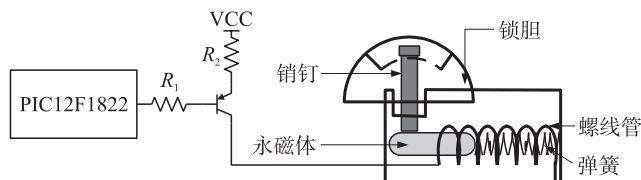


图2 电磁锁销的结构图

Fig.2 Structure diagram of electromagnetic lock pin

## 2 无源锁系统的软件设计

无源锁系统的软件由3个部分组成:电子钥匙的单片机控制软件、无源锁头的单片机控制软件、计算机中心管理系统平台软件。本系统单片机程序使用C语言编写<sup>[11]</sup>。

为降低功耗,延长电池供电时间,钥匙没有插入锁头时,钥匙处于待机状态,电流小,功耗低;钥匙插入到锁头中,通过锁头串口发来的信号唤醒钥匙,使钥匙处于工作状态,完成与锁头之间的通信。

电子钥匙处于工作状态的流程图如图3所示,电子钥匙的单片机控制软件主要由主程序模块、串口连接

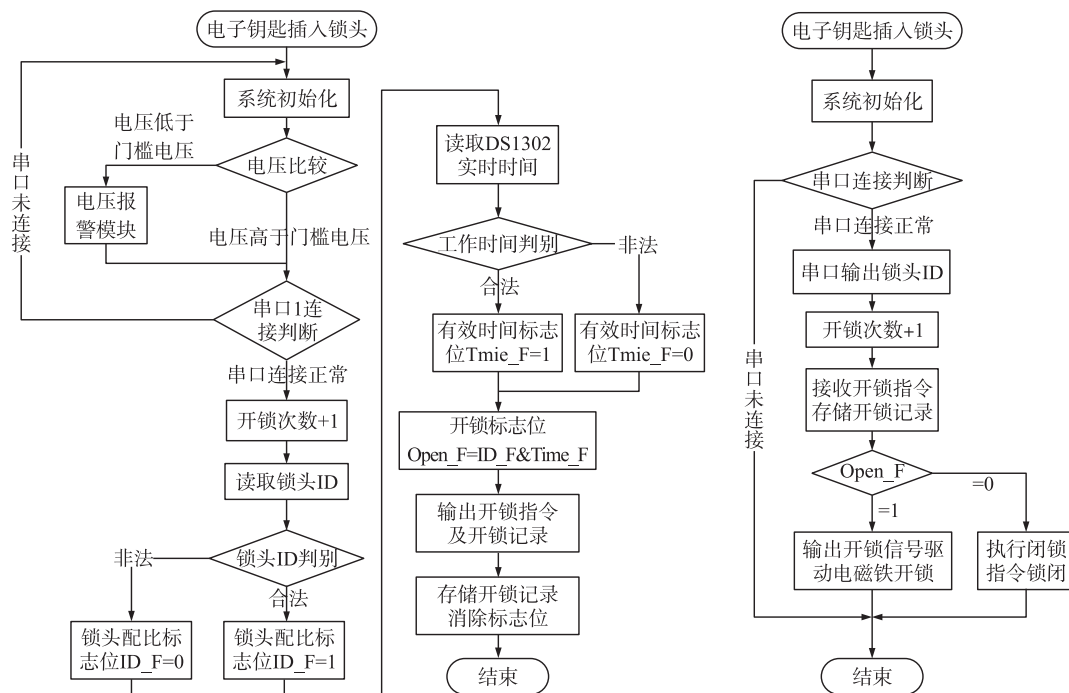


图3 电子钥匙和无源锁头软件流程图

Fig.3 Flow charts of the electronic key and the powerless lock cylinder

判别模块、锁头 ID 比较模块、有效时间比较模块、电压比较模块、开锁记录存储模块等组成。无源锁头单片机控制软件主要由主程序模块、锁头 ID 读取发送模块、存储开锁数据模块、执行开锁控制模块等组成。

两个部分的主程序模块都是完成系统初始化,并根据实际情况调用相应子程序模块,完成系统功能,电子钥匙和无源锁头通过异步串口通信方式传输数据。计算机中心管理系统平台对电子钥匙的参数设置如图 4 所示,其功能通过计算机中心管理系统平台和电子钥匙共同完成。计算机和电子钥匙通过 USB 端口连接,通过异步串口通信方式传输数据。中心管理系统平台对电子钥匙的设置可分为 5 部分:钥匙 ID 的读取与设置、钥匙有效使用时间段设置、时钟校对、钥匙可开锁头 ID 组读取与设置、电子钥匙存储器中开锁记录的读取和存档。

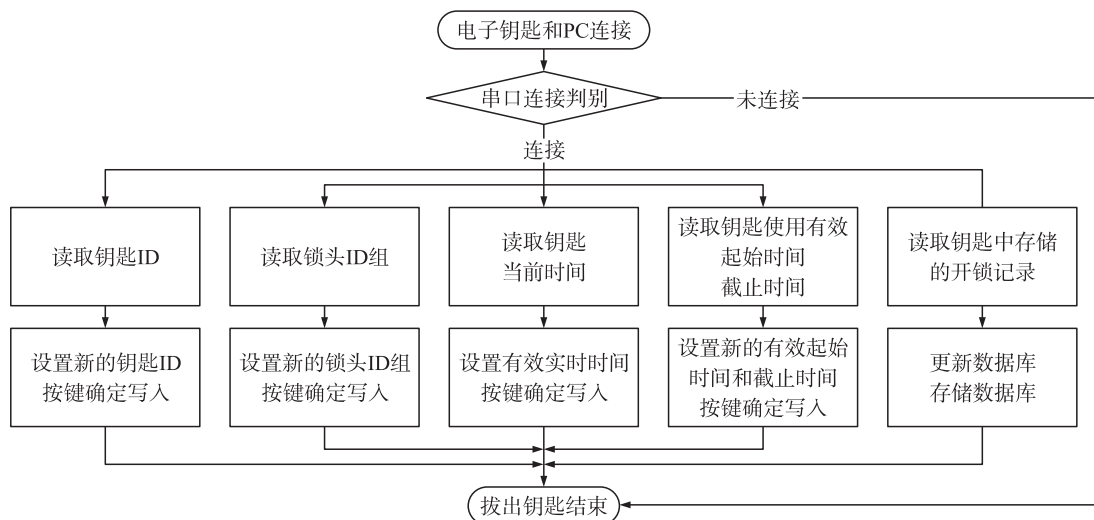


图 4 钥匙参数设置流程图

Fig. 4 Flow chart of parameters setting for the electrical key

中心管理系统平台软件对无源锁头的参数设置如图 5 所示,其功能通过中心管理系统平台软件和无源锁头共同完成。中心管理系统对无源锁头的设置主要包括两个部分:无源锁头 ID 读取与设置、无源锁头存储器中开锁记录的读取和存档。

计算机中心管理系统平台软件使用 Microsoft Visual Basic 6.0<sup>[12]</sup> 编写。中心管理系统平台界面如图 6 所示。钥匙或锁头通过串口转 USB 线与电脑连接时,运行中心管理系统平台,串口连接状态指示灯变黄,表明串口已连接上,钥匙设置窗口显示出当前时间。中心管理系统平台的功能为:(1)可修改钥匙、锁头的编号,进行读取、写入设置;(2)可设置钥匙的有效开锁起始、截止时间;(3)可读出钥匙 DS1302 中的实时

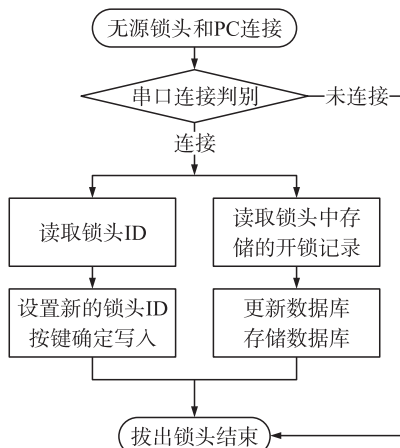


图 5 无源锁头参数设置流程图

Fig. 5 Flow chart of parameters setting for powerless lock cylinder



图 6 无源锁系统的中心管理平台界面图

Fig. 6 Center managerial platform of the powerless lock system

时间即为 Key 当前时间,以便校对和修改、写入设置;(4)可修改可控锁头编号;(5)可读出钥匙的开锁记录,并可清空开锁记录。

### 3 系统测试

为了使电子钥匙的实物尺寸尽量与市面上的普通机械钥匙尺寸接近,便于携带,电子钥匙与无源锁头的芯片和元件均采用贴片封装,电路板双面布线,实现小型化设计。电子钥匙和无源锁头实物照片如图7所示,经测量电子钥匙电路尺寸为 $3.5\text{ cm}\times 2.5\text{ cm}$ ,无源锁头电路尺寸为 $13.8\text{ mm}\times 10.3\text{ mm}$ 。电子钥匙和无源锁头接口实物图如图8所示。电子钥匙与无源锁头一共有4个触点,电子钥匙和无源锁头通过导电外壳共地,其他3个触点采用弹簧探针设计。

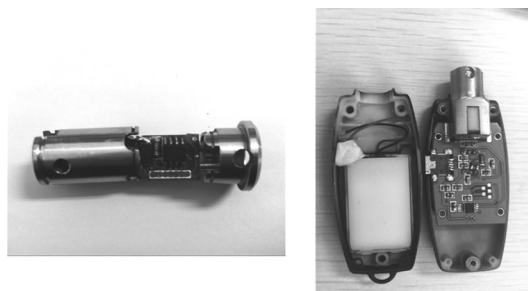


图7 电子钥匙和无源锁头实物照片

Fig. 7 Pictures of the electronic key and the powerless lock cylinder

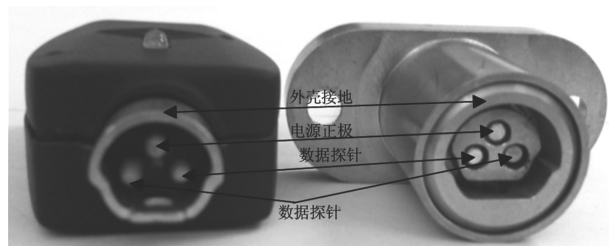


图8 电子钥匙和无源锁头接口照片

Fig. 8 Interface between the electronic key and the powerless lock cylinder

本设计对无源锁系统成品进行了电气特性的测试,整个系统的正常工作电压为 $3.6\text{ V}$ ,合法开门器件系统的总工作电流为 $20\sim 30\text{ mA}$ 。合法开门成功后电子钥匙上的红灯闪烁,非法开门时电子钥匙上的黄灯闪烁。经过实际测量,电子钥匙与无源锁头通电到电磁锁销弹起,开锁成功需要的时间为 $500\sim 800\text{ ms}$ ,这保证了无源锁系统的使用在用户正常开门习惯之内。电子钥匙待机电流约为 $20\text{ }\mu\text{A}$ ,假设每次正常开门时间为 $5\text{ s}$ ,一天开门5次,则一节 $3.6\text{ V}$ 、 $200\text{ mAh}$ 电池可正常工作一年左右。

在正常电压与低电压两种情况下,分别使用授权过的合法钥匙与未授权的非法钥匙对无源锁系统连续反复测试,测试结果表明,无源锁系统电子钥匙对锁头的识别和控制未见错误操作,系统的运行稳定可靠,其功能符合设计要求。

### 4 结论

本文基于PIC微功耗单片机,集成了普通机械锁与电子锁的功能,设计了一套无源锁系统。该无源锁系统中电子钥匙与无源锁头均具备记录开锁事件的能力,中心管理系统平台实现了对无源锁系统的参数设置,进行了授权管理。无源锁系统成功实现了开锁功能。实验证明,无源锁系统具有功耗小、工作稳定可靠、成本低、安全实用等优点,在住宅、办公及野外箱体等场所具有较好的推广价值。

#### [参考文献](References)

- [1] 叶启明. 单片机制作的新型安全密码锁[J]. 家庭电子, 2005(5): 30-31.  
Ye Qiming. The new password security chip lock[J]. Home Electronics, 2005(5): 30-31. (in Chinese)
- [2] 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): 40-40.  
Li Mingxi. Design of new type electronic cipher lock[J]. Development and Innovation of Machinery and Electrical Products, 2004, 17(3): 40-40. (in Chinese)
- [3] 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)
- [4] 马秀军, 孙士明, 吴娟, 等. 基于单片机的现场无电源电子密码锁设计[J]. 现代电子技术, 2010(9): 177-179.



- Ma Xiujun, Sun Shiming, Wu Juan, et al. Design of field powerless electronic secure code lock based on SCM[J]. Modern Electronic Technology, 2010(9):177-179. (in Chinese)
- [5] Microchip Technology Inc. PIC18F46J50 family data sheet[R]. Chandler: Microchip Technology Inc, 2011.
- [6] Catalyst Semiconductor Inc. CAT24WC256 data sheet[R]. Chandler: Catalyst Semiconductor Inc, 2004.
- [7] 姚德法, 张洪林. 串行时钟芯片 DS1302 的原理与使用[J]. 信息技术与信息化, 2006(1):92-94.  
Yao Defa, Zhang Honglin. How to use the trickle charge timekeeping chip DS1302 [J]. Information Technology and Informatization, 2006(1):92-94. (in Chinese)
- [8] 冯立营, 马永强, 霍振宇, 等. 锂电池线性充电芯片 CN3051A/CN3052A 及其应用[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(20):146-147.  
Feng Liying, Ma Yongqiang, Huo Zhenyu, et al. Linear-charging chip CN3051A/CN3052A of Lithium battery and its application[J]. Sci-Tech Information Development and Economy, 2006, 16(20):146-147. (in Chinese)
- [9] Maxim Integrated Products Inc. MAX803/MAX809/MAX810 microprocessor reset circuits[R]. San Jose: Maxim Integrated Products Inc, 2012.
- [10] Microchip Technology Inc. PIC12F1822/LF1822/PIC16F/LF1832 data sheet [R]. Chandler: Microchip Technology Inc, 2009.
- [11] 后闲哲也. PIC 单片机 C 程序设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.  
Houxian Zheyue. C Programming and Practice of PIC Microcontroller[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008. (in Chinese)
- [12] 张银霞. Visual Basic 程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2012.  
Zhang Yinxia. Visual Basic Programming[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2012. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]

---

(上接第 21 页)

- [3] 尚学彬. PLC 控制伺服精确定位的设计及应用[J]. 科技天地, 2012(12):60-61.  
Shang Xuebin. The design and application of servo pinpoint system controlled by PLC[J]. The Heaven and Earth of Science and Technology, 2012(12):60-61. (in Chinese)
- [4] Xiao Yanjun, Guan Yuming. Servo motor control system based on free communication port[J]. IEEE, 2011, 49:2-8.
- [5] 杨玉琴, 李亚宁. 触摸屏技术研究及市场进展[J]. 信息记录材料, 2012, 13(1):35-46.  
Yang Yuqin, Li Yaning. Study and market process on touch screen technology[J]. Information Record Material, 2012, 13(1):35-46. (in Chinese)
- [6] 孙靖新. 用导向压入法装配轴承[J]. 机械工程, 2011(7):52-57.  
Sun Jingxin. Use guidance indentation to assembly bearings[J]. Mechanical Engineering, 2011(7):52-57. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]