

基于 MF RC632 射频识别读写器芯片的专用读卡器设计及实现

于兴晗¹, 李君²

(1. 北方工业大学 机电工程学院, 北京 100041; 2. 天津大学 电子信息工程学院, 天津 300072)

摘要: 介绍了 MF RC632 射频识别读写器芯片在一种专用读卡器设备中的典型应用, 并详细阐明各种相关原理和关键技术。该方案充分利用了 MF RC632 射频识别读写器芯片的功能和 Mifare One 卡上的资源, 拓宽了 Mifare One 卡的使用范围。

关键词: Mifare One 飞利浦 LPC932 RC632 Mifare 卡射频识别

利用射频识别技术(Radio Frequency Identification)开发的非接触式 IC 识别器, 与传统的接触式 IC 卡、磁卡相比较, 在系统寿命、防监听、防解密等性能上具有很大的优势。本文介绍利用 MCU P89LPC932、MF RC632、Mifare 卡等构建的非接触式专用 IC 读写器, 充分利用了 MF RC632 的射频识别读写器芯片的功能。

所使用的器件大部分都是 PHILIPS 公司的器件, 具有典型性和一定的通用性, 因此稍加改动即可应用到其他系统中, 而且在该读写器基础上能很容易地开发出适用于各种自动识别系统的非接触式 IC 识别器。

1 系统硬件结构及工作原理

1.1 系统结构及特点

系统主要由核心控制单元 MCU P89LPC932、与 Mifare One 卡通讯的 MF RC632、与 PC 机通讯的 RS232、提供时间基准的实时时钟芯片 PCF8563 和存储系统设置数据的存储器 AT45DB021 组成。整个系统所用的器件都是比较常用的器件, 具有典型性和通用性。此外, 在系统方案设计中, 将整个系统分为主站和基站, 而主站和基站的硬件和软件均无区别只是设置不同。因此只要在设备安装后通过 PC 机就可设置其权限, 易于安装、调试、维修和扩展。

1.2 系统硬件及工作原理

系统硬件框图如图 1 所示。主板上电后, 读取存储器中的系统设置, 然后根据其中的设置初始化整个系统, 包括本设备的 ID 号、主站、从站、开机时间、关机时间、数据的存储方式等。本系统除可以作为一个通用的 Mifare 卡的读写器外, 还可作为一种训练器材, 作为一种专用的训练评估工具。例如, 将该设备安装在跑道的周围, 并将 Mifare One 卡安装在测试者的鞋上。因为每个训练者都有自己的 ID 号, 当他从起跑线起跑时, 安装在起跑线的专用读卡器就会将训练者的设备 ID 号和当

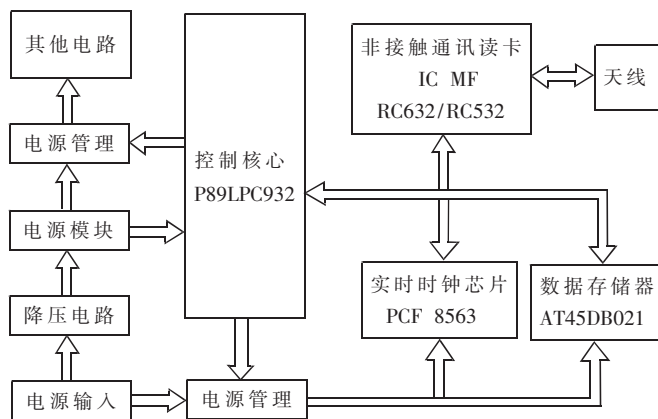


图 1 系统原理框图

时的时间写入测试者的 Mifare One 卡中, 当经过下一个基站时读卡器会将测试者的设备 ID 和当时的时间写入测试者的 Mifare One 卡中, 同时会将测试者的 ID 号、姓名等个人信息包括经过上个测试基站时间都读进设备中保存。由于 Mifare One 卡共有 16 个扇区, 每个扇区又分为四块、每块又有 16 个字节, 因此, 除了保证系统使用的扇区空间外, 用户可以使用的有 48×16 字节。而通过 Mifare One 卡存储的数据均不大, 只占用一块存储区, 换句话说, Mifare One 卡的数据存储区可以存储 48 次, 当超过 48 次时就从前面覆盖数据。所以, 在 Mifare One 卡中存储的永远是最后经过最近 48 个基站的信息。在训练结束后, 就可以通过主站将各个基站的数据收集起来以评估测试者的信息。而主站和基站之间的通讯方式也是多样的: 当主站和基站的距离比较近时, 可以采用 RS232、RS485; 为提高通信质量则可以采用工业总线的方式, 如 CAN 总线、PC 总线或 One Wire 总线等; 当距离比较远时, 可采用无线通讯的方式, 如 GSM 等。此外, 各个基站还可以通过打印机将数据输出^[1-2]。

2 关键器件和关键技术

2.1 读卡器核心 CPU P89LPC932

P89LPC932 是飞利浦公司生产的一款单片封装的微控制器,适合于要求高集成度、低成本、低成本的场合,可以满足多方面的性能要求。它采用了高性能的处理器结构,指令执行时间只需 2~4 个时钟周期,是标准 80C51 器件的六倍;集成了许多系统级的功能。其功能框图如图 2 所示^[3]。

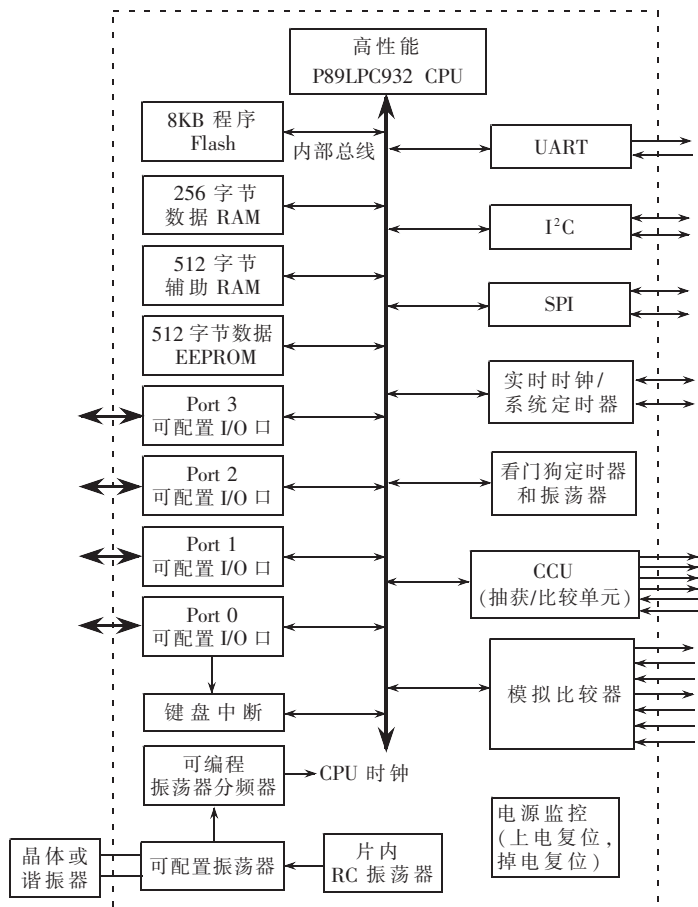


图 2 P89LPC932 功能框图

2.2 Mifare MF RC632 高集成度非接触通讯读卡 IC

Mifare MF RC632 是飞利浦公司推出的适用于工作频率为 13.56MHz 的非接触式智能卡和标签,并且支持这个频段范围内多种 ISO 非接触式标准,其中包括 ISO1443 和 ISO15693。MF RC632 通过改变包括公共交通、公路征税、存取控制计划和供应链管理等不同读取应用的射频信号振幅,使系统集成商能够方便灵活地开发出可互操作的 RFID 系统。

该新型读取 IC 应用了一种特别的调制解调概念,这种技术可以改变射频信号的振幅,能够识别基于 RFID 的各种智能卡、标识和标签,并支持 ISO1443 和 ISO15693 标准,其设计与飞利浦现有的读取 IC 管脚到管脚兼容,这些 IC 包括:Mifare 智能卡读取 IC

MF RC632、TYPE-B 卡片读取 IC MF RC531 和 I.CODE 智能标记读取 IC SL RC400^[4]。该 IC 卡并行接口可直接连接到任何 8 位微处理器,给读卡器/终端的设计提供了极大的灵活性。此外,它所提供的 SPI 总线对一些 I/O 资源有限的设计提供了有效的解决方式。

2.3 实时时钟芯片 PCF8563

PCF8563 是一款低功耗、可编程为时钟输出、中断输出和低电压检测功能的 CMOS 芯片,所有地址和数据都通过串行 I²C 总线传输,最高速率可达 400kbps,内置的字地址寄存器在每次读写结束后自动加 1。主要特点如下:

提供基于 32.768Hz 晶振的年、月、日、时、分、秒和世纪标记;提供从 1V~5V 的宽操作电压范围;低保持电流,在 25°C、3V 供电的情况下只有 0.25μA;400kHz 的 I²C 总线作为外部接口;可编程作为外部设备的时钟源,时钟有:32.768kHz、1024Hz、32Hz 和 1Hz 四种;有报警和定时器功能;低电压检测;内部提供晶振电容和上电复位电路;I²C 总线;集电极开路输出^[5]。

3 设计方案实现

3.1 硬件部分

(1) 系统供电电路

由于本系统的最终设计目标是做出一台手持设备,所以在供电上选用电池供电。为减少整个电路板上的电源消耗,除了在器件选择上选用低功耗器件外,在电源设计上使用了一些简单的电路来实现电源管理。如图 3 所示,整个供电电路分为三个部分,电池电压通过接插件 BATTER 输入,经过 D3 后将 6V 左右的电压降为 5.3V。5.3V 电压经过 VT4 后输出 5V 左右电压供给板上的 5V 电路,VT4 由系统的控制核心 CPU 控制。5.3V 电压经过电源模块后给供电电路。AS1117 构成 3.3V 供电电路为电路板上的控制核心 P89LPC932 供电。3.3V 电压经过 VT2 后输出 3V 左右的供电电压,为板上的其他 3V 左右的电路供电。除了系统的控制核心采用这种方式供电外,其他电路的供电完全由系统的控制核心 P89LPC932 通过软件来控制,大大减少了系统的功耗,提高了电源使用效率。

(2) 系统的控制核心

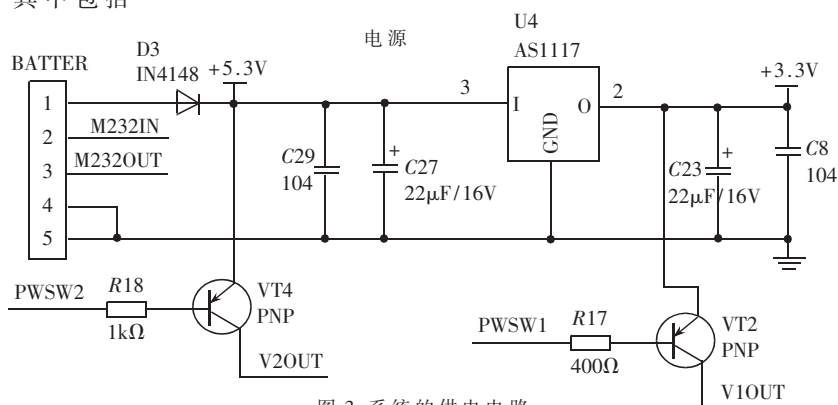


图 3 系统的供电电路

其电路如图 4 所示。

整个系统的控制核心使用 PHILIPS 公司生产的高速 51 系列产品,利用其丰富的内部资源,不仅降低了设计难度,在 PCB 制板上也提高了系统的可靠性。

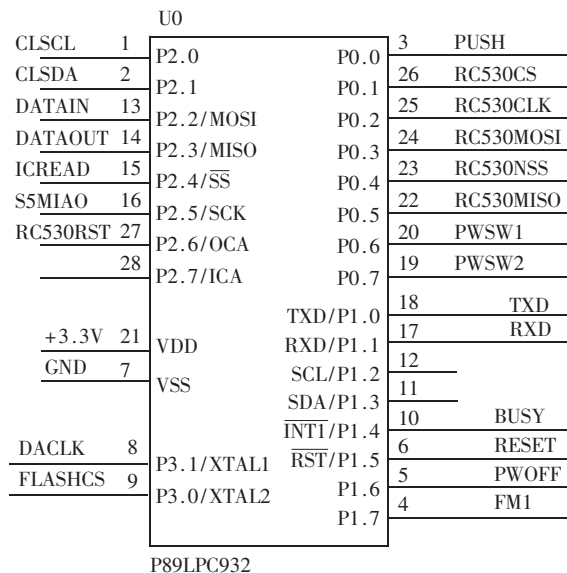


图 4 控制核心电路

(3) 射频电路

其电路如图 5 所示。在本设计中,为提高整个系统的使用范围,在芯片选择上使用功能更加强大的 MF RC632,这也是整个系统的核心部分。

(4) 系统时钟电路

系统时钟电路如图 6 所示。在本系统中,为节约系统的 I/O 资源,选用了 I²C 总线高性能的时钟芯片,同时利用其内部的电源检测电路对系统的供电电池进行监控。

(5) 天线设计

由于 MF RC632 的频率是 13.56MHz,属于短波段,

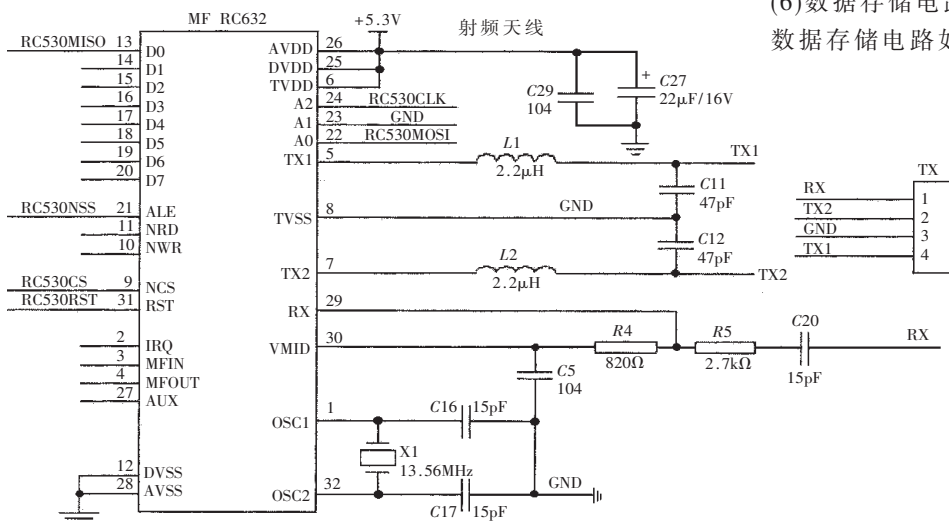


图 5 射频电路

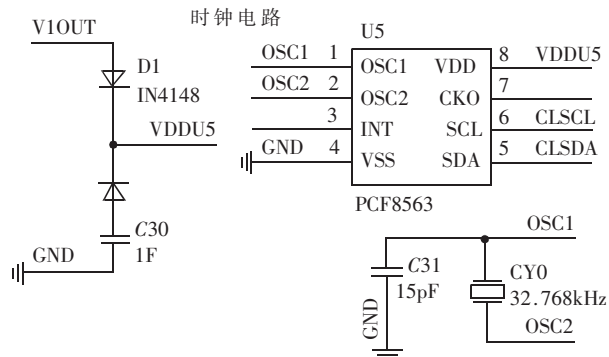


图 6 系统时钟电路

因此可以采用小环天线。小环天线有方型、圆形、椭圆形、三角型等,本系统采用方型天线。天线的最大几何尺寸与工作波长之间没有严格的界限,一般定义为:

$$L/\lambda \leq 1/2\pi \quad (1)$$

上式中, L 是天线的最大尺寸, λ 是工作波长。对于 13.6MHz 的系统来说,天线的最大尺寸在 50 厘米左右。在天线设计中,品质因数 Q 是一个非常重要的参数,对于电感耦合式射频识别系统的 PCD 天线来说,较高的品质因数值会使天线线圈中的电流强度大一些,但由此可改善对 PICC 的功率传送。品质因数的计算公式为:

$$Q = (2\pi f_0 \cdot L_{\text{coil}}) / R_{\text{coil}} \quad (2)$$

式中, f_0 是工作频率, L_{coil} 是天线的电感量, R_{coil} 是天线的电阻值。通过品质因数可以很容易计算出天线的传输带宽:

$$B = f_0 / Q \quad (3)$$

从式(3)中可以看出,天线的传输带宽与品质因数成反比关系。因此,过高的品质因数会导致传输带宽缩小,从而减弱 PCD 的调制边带,导致 PCD 无法与卡通通信。一般系统的最佳品质因数为 10~30,最大值不能超过 60。

考虑上述因素和实现的方便,采用在 PCB 板的最外侧用方形导线缠绕形成天线。其电路原理图如图 7 所示,天线 PCB 电路如图 8 所示。

(6) 数据存储电路

数据存储电路如图 9 所示。在本系统中,为节约系统的硬件资源并增加系统的数据存储能力,采用 ATMEL 公司生产的 SPI 总线接口的容量为 264KB 的 Flash AT45DB021,用来存储系统设置和备份数据。

3.2 软件部分

3.2.1 对 Mifare 卡的操作流程

整个系统的工作由对 Mifare 卡操作和系统后台处理两大部分组成。由于篇幅有限,本文只对 Mifare 卡的操作流程进行简单介绍,其操作流程如下:

(1) 复位请求

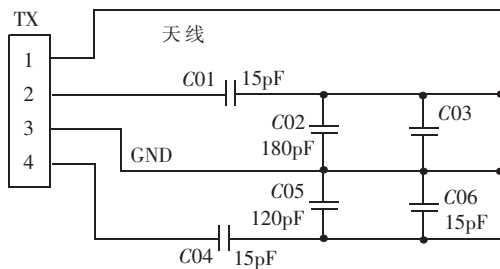


图7 天线电路原理图



图8 天线的PCB电路图

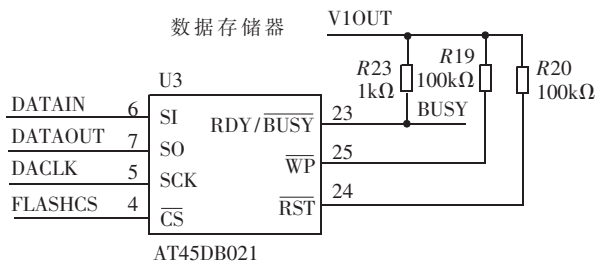


图9 数据存储电路

当一张 Mifare 卡片处在卡片读写器天线的工作范围之内时,程序员控制读写器向卡片发出 REQUEST all(或 REQUEST std)命令,卡片的 ATR 将启动,将卡片 Block 0 中的卡片类型(TagType)号共 2 个字节传送给读写器,建立卡片与读写器的第一步通信联络。如果不进行复位请求操作,读写器对卡片的其他操作将不会进行。

(2)反碰撞操作

如果有多张 Mifare 卡片处在卡片读写器天线的工作范围之内,PCD 天线将与每一张卡片进行通信,取得每一张卡片的系列号。由于每一张 Mifare 卡片都具有惟一的序列号(决不会相同),因此 PCD 天线将根据卡片的序列号来保证一次只对一张卡操作。该操作使 PCD 天线得到 PICC 的返回值作为卡的序列号。

(3)卡选择操作

完成上述二个步骤之后,PCD 天线必须对卡片进行选择操作。执行操作后,返回卡上的 SIZE 字节。

(4)认证操作

经过上述三个步骤,确认已经选择了一张卡片,PCD

天线在对卡片进行读写操作之前,还必须对卡片上已经设置的密码进行认证。如果匹配,才允许进行读写操作。

(5)读写操作

该写操作是对卡的最后操作,包括读、写、增值、减值、存储和传送等操作。

3.2.2 系统软件的部分代码

根据上面的流程,采用 Keil C 语言进行编程,由于篇幅有限,本文只对读卡程序的头文件的部分代码进行简单的介绍,主要介绍在程序中所要使用到的部分功能函数:

(1)引用外部变量

```
//sbit RcCs = P0^1;    //RC632 片选信号
//sbit RcRst = P0^2;   //RC632 复位信号
//sbit RcNss = P0^3;   //RC632 内部寄存器地址锁存信号
//sbit RcMiSo = P0^4;  //与 RC632 相连 SPI 总线接口
//sbit RcMoSi = P0^5;  //与 RC632 相连 SPI 总线接口
//sbit RcClk = P0^6;   //与 RC632 相连 SPI 总线接口
```

(2)一些辅助函数说明

```
extern void Delay100uS(uchar DelayNum); //延时函数
extern void SpiSendByte(uchar SpiSeBuf); //SPI 总线写单字节函数
```

```
extern uchar SpiReByte(); //SPI 总线读单字节函数
```

(3)与 RC632 有关的函数说明

```
extern char RcReset(); //复位并初始化 Rc632
extern char RcReadE2(uint StartAddr,uchar Length,uchar *ReadData); //读 RC632-EEPROM 中的数据
extern char RcWriteE2(uint StartAddr,uchar Length,uchar *WriteData); //写数据到 RC632-EEPROM
extern char RcConfigRestore(); //恢复 RC632 出厂设置
extern char RcLoadConfig(uint StartAddr); //调 RC632-EEPROM 中自设定的设置
extern char RcAntennaOn(); //开启 RC632 天线发射
extern char RcAntennaOff(); //关闭 RC632 天线发射
extern char MRcRfReset(unsigned int ms);
extern char RcComTransceive (struct TranSciveBuffer *pi); //与 RC632 通讯
extern void WriteRawRc(uchar Address,uchar value); //写 RC632 寄存器
extern uchar ReadRawRc(uchar Address); //读 RC632 寄存器
extern void SetBitMask(uchar Reg,uchar Mask); //置 RC632 寄存器位
extern void ClearBitMask(uchar Reg,uchar Mask); //清 RC632 寄存器位
extern void RcSetTmo(uchar TmoLength); //设置 RC632 定时器
extern char RcRequest(uchar Req_code,uchar*Atq);
```

```
                                //寻卡
extern char RcAnticoll(uchar *Snr);           //防冲撞
extern char RcSelect(uchar *Snr,uchar *_Size);

                                //选定一张卡
extern char RcHalt(void);                     //卡休眠
extern char ChangeCodeKey(uchar *Uncoded,uchar *Coded);

                                //转换密钥格式
extern char RcAuthKey(uchar *Coded);          //传送密钥
extern char RcLoadKeyE2(uint StartAddr);
extern char RcAuthState(uchar Auth_Mode,uchar Block,
    uchar *Snr);                             //验证密钥
extern char RcRead(uchar Addr,uchar *ReadData);

                                //读块
extern char RcWrite(uchar Addr,uchar *WriteData);

                                //写块
extern char RcValue(uchar Dd_mode,uchar Addr,uchar
    *Value);                                 //增(减)钱包值
extern char RcRestore(uchar Addr);           //调钱包值
extern char RcTransfer(uchar Addr);          //备份钱包值
uchar ReadEeprom(unsigned int iAddress);
```

大多数射频卡的操作流程与 Mifare 卡类似,所用到的操作函数也差不多,所以,只要修改本系统所用到的函数的少量代码就可应用到其他读卡器设计中。

4 可靠性对策

由于本系统是一台标准的射频读卡器设备,所以对其电磁兼容性要特别加以控制。本系统所采用的方法是,在 PCB 制板上除了要考虑一些能引起电池辐射干

扰的信号线的走线外,还要在电路板上铺铜以增加地线对信号的屏蔽能力。此外,在电路板的四周还要多打一些过孔,以增加上下两层底线的导通能力,降低两层之间的阻抗,增加系统的抗 EMC 能力,降低系统的 EMI。

该读写器最突出的特点是高性能、高稳定性和强兼容性,典型的读写距离为 11 厘米,在有效读写区域内无死区,读写操作可靠。而在桌面工作环境中,卡片在有效感应区域内连续读写出错率低于 0.01%,其兼容性表现在不仅能够读取标准的卡片,对于偏离标准很多的卡片也能够进行读取。同时,因本系统作为一种带有实时时钟的特殊专用读卡器,在对一些需要计时检测的领域有着广泛的用途。例如在赛鸽比赛中,只需在鸽笼的开口处装上此设备,在鸽子的身上装上 Mifare 卡,就可以在比赛当中迅速得到比赛成绩。该方案已在某公司的设备上获得成功,相信还可以在其他领域获得更广阔的发展。

参考文献

- [1] Philips Co.Ltd. Mifare standard card IC MF1 IC S50 functional specification Rev.4.0. 1998.
- [2] Philips Co.Ltd. MIFARE application directory.1998.
- [3] Philips Co.Ltd. P89LPC932 product data. Philips Semiconductors Rev 02.25, 2003.
- [4] Philips Co.Ltd. mifare&I+CODE CL RC632 multiple protocol contactless reader IC preliminary product specification. Philips Semiconductors Rev 2.0, 2002.
- [5] Philips Co.Ltd. PCF8563 product specification.1999.

(收稿日期:2006-08-28)