

基于 MF RC522 的 Mifare 射频卡读写模块开发

Design of Mifare card Radio Frequency Identification module based on MF RC522

(1.石家庄铁道学院大型结构健康诊断与监测研究所;2.石家庄铁路职业技术学院教务处)陈保平¹ 王月波¹ 马伯元²

CHEN BAOPING WANG YUEBO MA BOYUAN

摘要:主要介绍一种基于 Philips 公司的 MF RC522 的射频识别读写模块的设计:首先介绍系统的组成以及 MF RC522 的特性,接着给出天线的设计规范,最后给出 MCU LPC2132 与 MF RC522 的接口原理图和对 Mifare 卡操作流程。该系统选用 Mifare 卡作为系统的应答器(PICC),电路稳定,系统运行正常。

关键词:射频识别技术;Mifare 卡;MF RC522;LPC2132

中图分类号:TP368.1

文献标识码:B

Abstract:This paper mainly introduces the design of Radio Frequency Identification system based on MF RC522 of Philips company: Firstly, show the constitute of the system and characteristic of MF RC522. Then is antenna designation. Finally is hardware chart of LPC2132 and MF RC522, so is the Mifare card operation flow. This system uses the Mifare card as the PICC to make sure the stabilization of the circuit and the well running performance of the system.

Key words:Radio Frequency Identification, Mifare card, MF RC522, LPC2132

IC 卡按卡与外界数据传送的形式不同,分为接触式 IC 卡和非接触式 IC 卡。接触式 IC 卡通过触点从读写模块获取能量和交换数据;非接触式 IC 卡通过射频感应从读写模块获取能量和交换数据,所以非接触式 IC 卡又叫射频卡。与传统的接触式 IC 卡、磁卡相比较,利用射频识别技术(radio frequency identification)开发的非接触式 IC 识别器,在系统寿命、防监听、防解密等性能上具有很大的优势。目前我国引进的射频 IC 卡主要有 Philips 公司的 Mifare 卡和 ATMEL 公司的 Temic 卡。而 PHILIPS 公司的 Mifare 卡现在是市场的主流产品,应用越来越广。本文介绍的是利用基于 ARM7 CPU 的 LPC2132、MF RC522、Mifare 卡等构建射频识别模块的设计,并在该读写模块基础上能很容易地开发出适用于各方面的自动识别系统。

1 MF RC522 介绍

MF RC522 是 Philips 公司针对三表最新推出的一款非接触式低功耗读写基站芯片,它是应用于 13.56MHz 非接触式通信中高集成读卡芯片系列中的一员。该读卡芯片系列利用了先进的调制和解调概念,完全集成了 13.56MHz 下所有类型的被动非接触式通读方式和协议。MF RC522 支持 ISO14443A 所有的层,传输速度最高达 424kbps,内部的发送器部分不需要增加有源电路就能够直接驱动近距离天线,接收部分提供了一个坚固而有效的解调和解码电路,用于接收 ISO14443A 兼容的应答信号。数字处理部分提供奇偶和 CRC 检测功能。RC522 具有三种接口方式可方便地与任何 MCU 通讯:SPI 模式、UART 模式、I2C 模式。甚至可通过 RS232 或 RS485 通讯方式直接与 PC 机相联,给终端设计提供了前所未有的灵活性。

2 系统组成

如图 1 所示,系统主要由 MCU LPC2132、MF RC522、人机

接口以及通信模块组成。系统的工作方式主要是,先由 MCU 控制 MF RC522 驱动天线对 Mifare 卡也就是应答器 (PICC) 进行读写操作。然后,根据所得的数据对其它接口器件,如人机接口部件、LPC2132 内部的存储器、时钟芯片等进行响应操作。最后,与 PC 机之间进行通信把数据传给上位机。

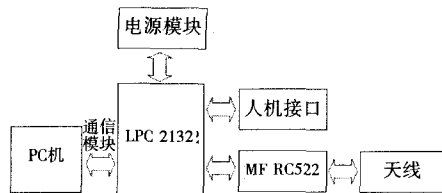


图 1 系统组成框图

这里 MCU 选用基于 ARM7 的 LPC2132 大大简化了系统硬件电路的设计。除了具有高性能、开发简单等优点外,LPC2132 集成的看门狗功能可以保证系统在一定的时间内如果工作不正常时将 MCU 复位使其重新工作。另一方面 LPC2132 内部的 SPI、I2C 和 UART 通讯接口可以方便地和 MF RC522 实现多种通讯方式,满足了各种情况的需要。再者,2132 还拥有满足系统存储所需足够大小的内部 Flash,而无需外接存储设备。

通讯模块负责上位机(PC 端)与下位机(读写模块)的通讯,本系统采用了两种方式:一种是 RS232 通讯,它应用于 PC 机对一台阅读器的操作;一种是 RS485 通讯,它应用于 PC 机对多台阅读器的操作。两种通讯方式都可将 PC 机的命令传达给读写模块。

人机接口使系统具有良好的人机交互界面。本系统具有液晶显示、键盘、语音输出等部件。应用者可通过液晶显示或通过语音输出判别卡片的号码、基本个人信息、以及卡片中的余额是否正确。

3 系统工作原理

首先,MF RC522 射频卡读写模块(下面简称读写模块)通过天线向射频卡(非接触卡)发送无线载波信号,这些信号经过射

陈保平:副教授

项目基金:铁道部科技开发计划《芜湖长江大桥长期监测、安全评估及报警系统的研究——连续梁部分》(2002G19-2)

频卡的天线耦合接收后,先进行波形转换,然后对其整流滤波,由电压调节模块对电压进行进一步的处理,包括稳压等,最终输出到射频卡上的各级电路上。此时,非接触卡接收到载波信号后就通过本卡片上的调制/解调电路对载波信号进行调制/解调,处理后的信号就送到卡片上的控制器以供控制及处理。非接触卡处理好数据后,也通过它本身的天线向 MF RC522 返回载波信号, MF RC522 也通过自身的调制/解调电路来对这些信号进行处理。这些返回的载波信号的频率与 MF RC522 发出的载波信号的频率是一致的。通过这样一个通讯回路, MF RC522 就可以对非接触卡的内容进行读写操作。这里需要说明的是:非接触型 IC 卡本身是无源体,当读写器对卡进行读写操作时,读写模块发出的信号由两部分叠加组成:一部分是电源信号,该信号由卡接收后,与其本身的 L/C 产生谐振,产生一个瞬间能量来供给芯片工作。另一部分则是结合数据信号,指挥芯片完成数据、修改、存储等,并返回给读写模块。

如上所述可以看出,读写模块的性能与天线的参数有着直接的关系。天线的性能高低决定着读卡的距离远近。因此,下面将就影响天线性能的参数做一些探讨。

4 读写模块的天线设计

电感耦合射频识别系统的读写模块中的天线用于产生交变磁通量,而交变磁通量用于向 PICC 提供电源并在读写模块与 PICC 之间传送信息。因此,天线的构造有以下几个基本要求:

- 1)使天线线圈的电流最大,用于产生最大的磁通量峰值;
- 2)功率匹配,最大程度地利用产生交变磁通量的可用能量;
- 3)足够的带宽,无失真地传送用数据调制的载波信号。

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天线,其特征值就是它的谐振频率和品质因数的值。较高的品质因数的值会使天线线圈中的电流强度大些,由此改善对 PICC 的功率传送。与之相反,天线的传输带宽刚好与品质因数值成反比例变化,选择的品质因数过高会导致带宽缩小从而明显地减弱 PICC 接收到的调制边带。计算品质因数的公式如下:

$$Q = (2\pi f \cdot L_{\text{coil}}) / R_{\text{coil}} \quad (1)$$

式(1)中的 f 是工作频率, L_{coil} 是天线的尺寸, R_{coil} 是天线的半径。通过品质因数可以很容易计算出天线的带宽 B :

$$B = f / Q \quad (2)$$

从式(2)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带宽缩小。从而减弱阅读器的调制边带,会导致读写模块无法与卡通信。一般系统的最佳品质因数为 10~30,最大值不能超过 60。如果太高,卡将无法准确地识别复位响应。

5 MF RC522 与 LPC2132 的部分接口电路

MF RC522 与 LPC2132 的硬件电路连接如图 2 所示,在本系统中这两者之间的通讯采用的是 SPI 方式,当然也可选择 I2C、或 UART 方式,可以根据不同情况进行选择。在图 2 中省略了一些 LPC2132 没有用到的引脚和那些相对简单的电源、外部晶振等电路。图 2 MR RC522 与 LPC2132 接口电路

6 对 Mifarel 卡操作的软件设计

LPC2132 首先对 MF RC522 进行初始化配置,寄存器设置

好后 MF RC522 就可以接收 MCU 的命令执行操作,实现与 Mifare 卡片通信了。Mifare 卡可以根据接收到的指令进行相应操作。但是 LPC2132 并不是通过简单的指令就可以读写 IC 卡片,需要一系列的操作才能完成通信。主要包括:(1)请求唤醒;(2)防重叠(防止多张卡片重叠造成的数据错误);(3)选择卡片;(4)密码认证;(5)读写操作。LPC2132 对 Mifare 卡片的这一系列操作流程必须按固定的顺序进行。当有 Mifare 卡进入到射频天线的有效范围,读卡程序将开始进行上述一系列的操作,程序流程如图 3 所示。

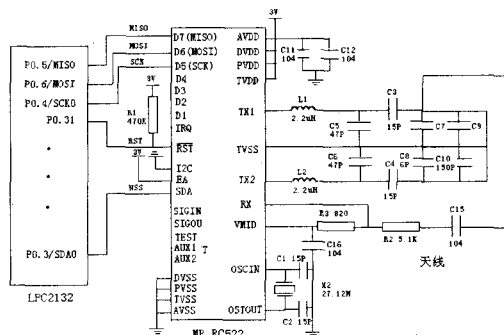


图 2 MR RC522 与 LPC2132 接口电路

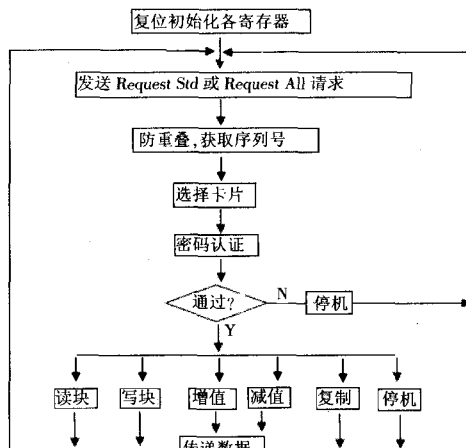


图 3 LPC2132 读写 MF RC522 流程图

7 结束语

本文作者创新点是:将高性能的读卡芯片 MF RC522 和具有高软、硬件集成度的 LPC2132 MCU 结合在了一起使用。系统省去了外部存储设备和看门狗等复杂外接电路。使得整个系统简洁、明了。MF RC522 可以通过 SPI、I2C、UART 三种方式与 MCU 进行通讯,而 LPC2132 本身正好完全集成了这三种接口。且 LPC2132 对这些内部功能在软件编程上也提供了开发包。总之, MF RC522 和 LPC2132 在硬件和软件上都实现了完美的结合。

以上介绍了基于 MF RC522 模组的 Mifare 射频卡识别系统的组成、工作原理及其设计方法。实验表明,由此方法设计的电路运行稳定,读写数据准确且具有非常短的交换时间。

经济效益:240 万元

参考文献

[1]周立功,张华.深入浅出 ARM7-LPC2132. 北京:北京航空航天大学出版社,2005 (下转第 215 页)

4. ROM 因子表

Rom 因子表是存放旋转因子 W_N^{nk} 分实部和虚部事先写入存储器中。旋转因子 $W_N^{nk} = e^{-j\frac{2k}{N}nk} = \cos \frac{2k}{N}nk - j\sin \frac{2k}{N}nk = c - jd$, 分别计算出每一级运算所需的旋转因子, 转化为 16 位定点数。

对于 16 点 FFT, 一共需要调用 32 次旋转因子表中的数据并进行运算。进行第一级蝶形运算时, 旋转因子为 $W_{16}^0=1$, 此时 rom_c 中的数据全为 1, rom_d 中的数据全为 0。进行第二级蝶形运算时, 旋转因子 W_{16}^0 和 W_{16}^4 依次交替出现, rom_c 中的数据以 1, 0 交替出现, 而 rom_d 中的数据以 0, 1 交替出现。进行第三级蝶形运算时, 旋转因子为 $W_{16}^0, W_{16}^2, W_{16}^4, W_{16}^6$, 循环两次。进行第四级蝶形运算时, 旋转因子为 $W_{16}^0, W_{16}^1, W_{16}^2, W_{16}^3, W_{16}^4, W_{16}^5, W_{16}^6, W_{16}^7$ 。

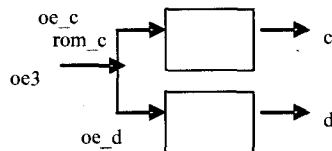


图6 旋转因子表

Rom 因子表在读使能信号下, 读出相应地址的旋转因子的实部和虚部到蝶形运算单元, 其实现结构如图六。旋转因子表的实部和虚部的读操作是同时进行的, 都由控制器的输出信号 oe3 控制。在每个读使能信号的上升沿将相应地址的数据读出,

5. 控制器的设计

控制器在时钟信号的作用下按状态的先后顺序翻转, 实现对读取、计算、存储等操作。控制器通过一个有限状态机(FSM)来实现。

完成一个蝶形运算, 首先从存储器中读取数据, 然后蝶形单元进行计算, 最后将结果存入存储器中, 即每个完整的蝶形运算包含 3 个状态, 对于 16 点 FFT, 一共包含 4 级, 第一级有 8 个蝶形运算, 完成一级 16 点 FFT 需要进行读取数据和写入数据各 32 次, 加上一个 FFT 输出标志状态(完成状态), 那么共要 97 个计算时钟周期。

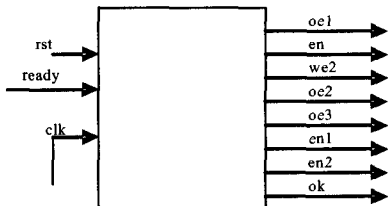


图7 控制器

但仔细分析后发现, 由于存储器 2 读写可同时进行, 这样前三级每一级就可以节约 8 个时钟周期的时间, 最后一级即第四级节约 7 个时钟周期, 所以完成一组 16 点 FFT 运算, 实际上只要 66 个状态时间, 所以此 FFT 控制器提高了 FFT 运算的速度。在本设计中, 定义了进行 16 点 FFT 运算的 10 个状态。控制器实现框图如图七所示。图中 rst 为复位控制信号; ready 为启动信号; clk 为时钟, 控制器在每个时钟的上升沿从次态转变为现态; oe1 信号控制存储器 1 读取数据使能。en 信号控制蝶形运算单元使能。we2, oe2 信号, 控制存储器 2 读写使能; en1, en2 为两组三态门控制信号; ok 信号, 高电平有效, 输出 FFT 运算结果。

6. 三态缓冲器

三态门有三个逻辑值: '0', '1', 'Z'。当控制信号 en 为高电平(en='1')时, 输出 $y < x$; 当 en 为低电平(en='0')时, 输出 $y < Z$, 此时呈高阻态, 开关门端口。

5 结论

深入分析了 FFT 算法实现过程中数据传输的特点, 在实现结构上做了一定的改进, 理论分析和仿真结果表明: 此方法可以准确实现基 2FFT 算法。蝶形运算、读取数据、存储数据等操作协调一致, 在计算和数据通信间取得了平衡。设计采用了先进的结构化设计思想, 充分利用了顺序处理机的优点, 即所消耗资源少, 结构简单, 又结合了级联处理机的特点, 在数据的读取和存取上“级联”。总设计在时钟频率为 50MHZ 时, 只占用一个蝶形运算单元的情况下, 完成 16 点 FFT 的操作总共要 1.32μs 的时间。

本论文的创新点: 1、采用 FPGA 和有限状态机设计方法设计 FFT 处理器; 2、利用了顺序处理器的优点进行设计, 节约了大量的硬件资源; 3、采用此 FFT 处理器设计方法能使得在第四代通信中的调制解调变得简单。

参考文献

- [1]曹吴振纲, 陈虎. PLC 的人机接口与编程[J]. 微机计算机信息. 2005, 8-1: 21-23
 - [2]吴大正, 信号与线性系统分析 第三版 北京: 高等教育出版社 2003
 - [3]潘松, 黄继业 IDA 技术与 VHDL 北京: 清华大学出版社 2005
 - [4]EDA 先锋工作室 吴继华 王诚 ALTERA FPGA/CPLD 设计(高级篇) 北京: 人民邮电出版社 2005
- 作者简介: 王明芳(1972-), 女(汉族), 江西吉安人, 空军工程大学导弹学院军事运筹学硕士研究生, 主要从事信息处理方向的研究; 赵全习(1965-), 男(汉族), 陕西人, 空军工程大学副教授, 主要从事信息处理, 编码与密码学等方面的研究。
- Biography: Wang Ming-fang (1972-), female (the Han nationality), from Ji' An, JiangXi province, major in military affairs operational research at Air Force Engineering University, master, engaged in information of process.
- (710051 陕西西安 空军工程大学) 王明芳 赵全习 贺刚
通讯地址: (710051 陕西省 西安市空军工程大学理学院研究生管理大队一队) 贺刚

(收稿日期: 2007.8.23)(修稿日期: 2007.10.15)

(上接第 231 页)

- [2]张建新, 李学敏. 电子电路百科全书. 北京: 科学出版社, 1989
 - [3]燕延, 陈保平, 马增强 等. 网络化远程桥梁健康状态检测系统的设计[J]. 微机计算机信息, 2005, 8
 - [4]王爱英编著. 智能卡技术(第二版). 北京: 清华大学出版社, 2000
- 作者简介: 陈保平, 男, 副教授, 1957 年 2 月生, 汉族, 石家庄铁道学院大型结构研究所, 主要研究方向: 嵌入式系统开发, 计算机网络技术研究, 以太网远程数据采集等。王月波, 男, 硕士, 1980 年 11 月生, 汉族, 石家庄铁道学院计算机系, 主要研究方向: 计算机测控, 嵌入式系统; 马伯元, 男, 硕士, 1978 年 8 月生, 汉族, 石家庄铁路职业技术学院教务处, 方向: 计算机网络及应用。

Biography: Chen Baoping, Male, born in 1957.2, Han, professor of Structural Health Monitoring and Control Institute, Shijiazhuang Railway Institute. Research area: Computer Measurement and Control.

(050043 河北石家庄 石家庄铁道学院大型结构健康诊断与监测研究所) 陈保平 王月波

(050043 河北石家庄 石家庄铁路职业技术学院教务处) 马伯元
通讯地址: (050043 河北 石家庄铁道学院研究生分院 30 号信箱) 王月波

(收稿日期: 2007.8.23)(修稿日期: 2007.10.15)