

一种基于 FPGA 的双接口 NFC 芯片验证系统

彭 广,李小进,初建朋,曹玉升

(华东师范大学 信息科学技术学院,上海 200241)

摘 要: 介绍了一种双接口 NFC 芯片的架构和功能,提出并实现了用于该双接口 NFC 芯片的 FPGA 验证系统及其验证流程.该 FPGA 验证系统包括 FPGA、PIC 单片机以及带 NFC 功能的手机,可有效缩短芯片设计周期,提高设计效率,具有一定实践意义.为了更好地阐述双接口 NFC 芯片的应用场景,在验证系统的基础上,给出了一套芯片解决方案.

关键词: 双接口 NFC 芯片;FPGA 验证系统;PIC 单片机;手机

中图分类号: TN49

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2016)03-0125-04

FPGA Verification System for Double Interface NFC Chip

PENG Guang, LI Xiao-jin, CHU Jian-peng, CAO Yu-sheng

(College of Information Science and Technology, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: This paper introduces the architecture and function of a double interface NFC chip. Moreover, a FPGA verification platform for this double interface NFC chip is proposed. According to the requirement of verification, the FPGA verification system consists of FPGA development demo, PIC microcontroller and mobile phone with NFC. This platform can reduce the chip design time and increase the design efficiency. In order to better illustrate the application scenarios of the double interface NFC chip, an application solution is also described based on the verification system.

Key words: double interface NFC chip; FPGA verification system; PIC microcontroller; mobile phone

1 引言

随着物联网以及智能设备的研究发展,NFC 芯片^[1]有了更广阔的应用前景.为了解决嵌入式设备与标签数据交换以及 NFC 标签与移动终端的适配,双接口 NFC 芯片应运而生.传统的 NFC 标签只能通过无线 RF 接口^[2]与标签芯片进行数据交换,双接口 NFC 芯片在传统 NFC 标签的基础上集成串口,使得串口可直接与无线 RF 接口进行数据交换,扩展了传统 NFC 芯片的应用范围,使得嵌入式设备可以双接口 NFC 芯片为媒介与外部移动读卡器进行快速安全有效的数据交换.

典型双接口 NFC 标签的应用场景如图 1 所示,主要包括 MCU 处理器、NFC 芯片、NFC 读卡器三个部分. NFC 芯片作为数据传输媒介,使得 MCU 处理

器可与外部 NFC 读卡器之间建立起一条完整的双向数据传输链路,是一种低成本近场无线通讯方式.

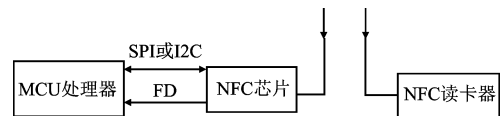


图 1 NFC 标签应用系统

2 双接口 NFC 芯片的架构与模式

2.1 双接口 NFC 芯片系统架构

双接口 NFC 芯片如图 2 所示,主要由串口、存储器、数字控制单元、RF 接口四个部分组成.其中串口包括以下几部分:①I2C (Inter-Integrated Circuit) 两线式(即 SDA 与 SCL)串行总线;②SPI (Serial Peripheral Interface),一种高速全双工,同步通信总线,

芯片管脚占用四根线(即MISO、MOSI、SCK、CS);③RF端是符合ISO/IEC14443 Type-A标准的接口,外接天线(ANT0、ANT1),通过电磁感应耦合的方式为NFC芯片和外界进行信息传输和能量供给;④存储器包含2048字节的EEPROM和64字节寄存器构成的SRAM.数字控制单元负责控制其他三个模块之间的数据处理与传递.当外部对芯片发起访问时,数字控制模块将根据存储器的相应配置位决定芯片工作在何种工作模式,并对内部功能和芯片接口进行配置,完成不同功能的数据传递.

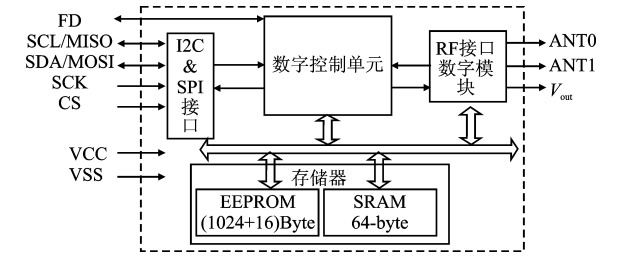


图2 NFC芯片系统架构图

2.2 双接口NFC芯片工作模式

在传统NFC芯片基础上增加了串口功能,扩展了NFC芯片的应用领域.双接口NFC芯片包括串口和RF接口两个通信模块,可分为I2C或SPI总线通信、RF接口通信,以及数据穿通模式(即串口与RF接口之间的快速数据交换).

双接口NFC芯片有三种工作模式,其功能转换流程图如图3所示.在芯片上电复位初始化后,芯片将处于一个空闲IDLE状态,在这种状态下,外部控制器可以通过串口以及RF接口主动发起对双接口NFC芯片的寄存器、SRAM以及EEPROM的读写操作.当双接口NFC芯片被配置成数据穿通模式时,串口和RF接口通过利用芯片的SRAM来实现快速数据交换,此时芯片相当于一个数据传输媒介.快速数据交换又分为RF接口→串口以及串口→RF接口两种模式^[3].

3 系统验证平台

双接口NFC芯片验证系统,包括MCU、FPGA^[4]、RF射频前端芯片、手机(或PC)四个部分,如图4所示.其中,Microchip公司的PIC16F877A单片机开发板^[5]作为串口控制模块,通过程序烧写器PIC Kit3与PC机端相连构成本验证系统的模块一.在验证过程中作为通信主机,其串口(SPI和I2C)与FPGA的通用接口相连.

DE2-115 FPGA开发板与RF射频前端芯片构

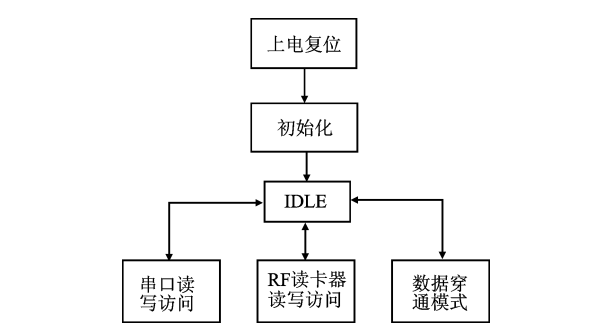


图3 芯片工作模式流程图

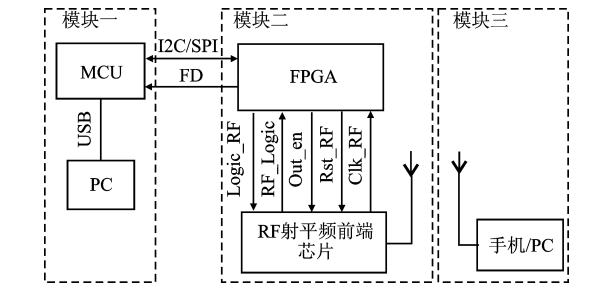


图4 验证系统结构图

成整个验证系统的模块二,用来实现双接口NFC芯片的设计原型^[6].RF射频前端芯片主要完成信号的调制、解调及时钟产生的功能,与FPGA通过控制信号线连接,其中信号线的作用如表1所示.

表1 RF射频前端与数字模块

信号名	位宽方向		说明
Rst_RF	1	0	上电复位信号产生
Clk_RF	1	0	射频模块输出时钟,频率=13.56 MHz/4=3.39 MHz
RF_Logic	1	0	RF模拟→RF数字接口,解包络信号
Logic_RF	1	1	RF数字接口→模拟,调制包络信号
Out_en	1	1	调制使能信号,高电平有效

手机(或PC机端USB-Blaster)形成的NFC移动读卡器为模块三,主要负责此芯片的RF接口无线近场通信验证.

三个模块间以FPGA为中心,结合MCU与手机构成一条双向的数据通信验证平台.

4 系统测试验证

双接口NFC芯片存在的三种工作模式,其FPGA功能验证应包括以下三个部分:①MCU主动发起访问NFC卡;②RF接口主动发起NFC访问过程;③NFC卡作为RF读卡器和MCU数据交换中介(数据穿通模式).

4.1 MCU 主动发起访问

本验证系统中 MCU 做为通信发起端, FPGA 所实现的双接口 NFC 芯片原型做为从机, 用杜邦线将 MCU 与 FPGA 所绑定作为串口的引脚连接起来, 如图 5 所示. 在系统初始化完成后, 当 FPGA 接收到来自 MCU 端串口写指令时, 将接收到的数据根据地址依次进行 EEPROM 或寄存器写入操作. 如果执行的是读操作时, 则根据判断依次从 EEPROM 或寄存器中读取数据, 并通过串口返回给 MCU. 串口对 EEPROM 每一次读和写操作数据长度为 16 byte, 对寄存器可进行单字节读取、单比特位写入.

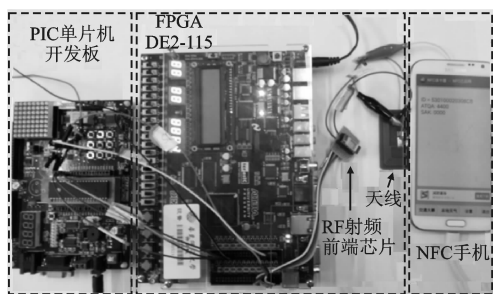


图 5 验证系统实物连接图

利用 PIC 单片机的专用程序开发环境 MAPLAB 开发单片机程序, 然后通过 PIC Kit3 烧写器下载到单片机开发板, 再由 PC 端通过 RS232 串口来控制单片机的具体操作. PC 机端的界面控制程序由 Visual C#^[7] 编写, 利用其自带的 SerialPort 类实现 PC 机与单片机的 RS232 串口通信, 从而将参数发送给控制单片机, 由单片机进行指令解析后再按照 MCU 端串口通讯命令格式进行发送和接收. 编写测试向量, 在 PC 控制界面进行读取加载, 可执行的操作包括 EEPROM 读写、寄存器读写和 SRAM 读写. 此外, 命令执行结果会从 MCU 端通过串口返回到 PC 测试控制界面.

4.1.1 串口 I2C 通信

I2C 通信中总共包括数据 (SDA) 和时钟 (SCL) 两根线, 在通信中 MCU 做主机, 所以时钟 SCL 由 MCU 发出. 图 6 所示为示波器捕捉到的通信波形, 波形的每一个 byte 后都有 ACK 信号的返回, 根据 I2C 的通信协议, 通信时有 ACK 信号返回时证明通信成功.

串口读写功能验证包括 EEPROM、寄存器和 SRAM 的访问. 验证依次对每一个访问空间进行写“1”、再写“0”, 然后再写随机产生的数据. 比对命令操作窗口返回数据与期望结果, 其数据完全一致, 可表明串口的读写操作功能正确.

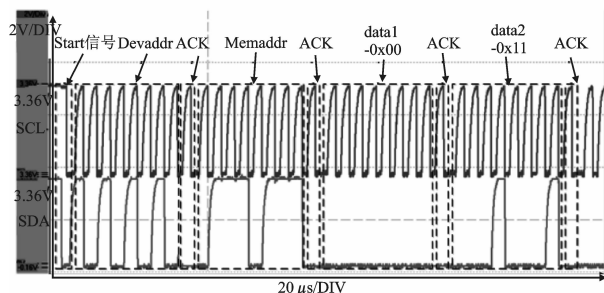


图 6 I2C 通信波形

4.1.2 SPI 通信

SPI 通信, 要求有四根线: 两根数据线 (MISO、MOSI), 以及一根片选信号 (CS) 和一个时钟信号 (SCK), 当 MCU 将 CS 拉低时启动通讯过程.

在验证 SPI 通信之前, 需要将 EEPROM 中相关配置位设置成 SPI 使能模式, 然后再根据 SPI 默认的通信模式进行数据通信验证. 由于 SPI 为全双工数据通信, 发送和接收可同步进行, 其验证过程和 I2C 通信类似.

4.2 手机端发起

本验证系统中当由手机做通信发起者时, 手机作为主设备, 在整个通信过程中提供射频场 (RF-field). 而 FPGA 与 RF 射频前端芯片所实现的 NFC 芯片称为 NFC 目标设备, 即从设备, 不必产生射频场. 使用负载调制 (load modulation) 技术, 即可以相同的速度将数据传回手机. 手机端通过 Eclipse 平台开发的安卓 APP 实现整个验证过程. 首先手机作为主设备产生射频场, APP 软件识别周围 NFC 芯片, 并读取 UID; 然后再利用 APP 对 FPGA 所实现的 NFC 芯片实现读写操作. 安卓 APP 是利用 Java 自带的 jar 包与第三方 API 包结合开发^[8], 其中第三方 API 包所定义的函数功能介绍如下:

① 选择标签函数 selectTag

```
Public static TagUtil selectTag(Intent intent, boolean isCheckSUM)
```

获取标签对象, 如果没有标签返回 Null, 如果是不支持的标签类型抛出异常.

参数:

intent -

isCheckSUM: 是否增加校验位, 不需要为 false.

② 写标签函数 writeTag

```
public boolean writeTag(Intent intent, byte addr, byte[] contents, boolean isCheckSum)
```

写一个页面 (1 个页面包含 4 个字节)

总共有四个参数:

intent-
addr- 要写的页面号
contents-四个字节长度的数组
isCheckSUM: 是否增加校验位
返回:写入成功返回 true, 写入失败返回 false.

③读标签函数 readFourPage

```
public byte[] readFourPage ( Intent intent, byte  
addr, boolean isCheckSum)
```

读取4个页面(1个页面包含4个字节)
包含三个参数:
intent-
addr: 要读取的4个页面的第一个页面的地址
isCheckSUM: 是否增加校验位
返回: 16个字节的数组,如果读取失败返回 null.

4.3 串口与RF接口的快速数据交换

通过NFC卡内集成的EEPROM进行数据交换,其速度慢,无法满足大数据交换需求.此时,串口和RF接口可利用NFC芯片集成的SRAM作为媒介进行快速数据交换.

首先利用串口或RF接口将NFC卡的寄存器配置成快速数据穿通模式,然后根据数据传输方向(I2C→RF, SPI→RF, RF→SPI和RF→I2C)来确定发送方和接收方,发送方分四次写操作写满64 byte的SRAM,接受方分四次读取SRAM的所有数据.本验证系统只需要对比PC机端控制界面与手机APP显示界面的数据是否一致即可,方便快捷.

5 基于验证系统提出的芯片应用解决方案

根据芯片的验证流程,本文提出一种可应用于心率血压实时监控的应用方案.如图7所示,MCU控制器和心率脉搏传感器均带有I2C接口. MCU作为I2C通信的主机,I2C总线共连接两个从机包括心率脉搏传感器和双接口NFC芯片. 心率脉搏传感器通过光电效应采集到心率血压的模拟信号,经过A/D转换处理后变成数字信号. MCU通过I2C总线读取心率信号,并对将收到的数据进行数字信号处理,使之成为一种直观的心率脉搏数据进行存储和显示. 当外部NFC手机或其他NFC读卡器通过靠近触碰标签向MCU发送数据读取命令时,MCU可把存储的心率脉搏数据通过双接口NFC芯片通过双接口NFC芯片的SRAM回传到RF端. 手机端可对接收到的数据经过处理,通过安卓APP软件使得数据可以直观地

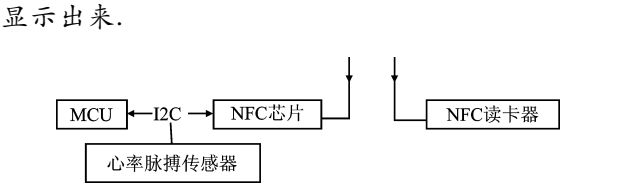


图7 双接口NFC芯片应用方案

本方案可将外形做成手环的形式实时监测脉搏和血压等生命体征数据. 可用于医院病人,老年人以及运动爱好者等群体,具有移动便携式,低功耗等特点,有很好的市场应用前景.

6 结束语

本文设计并实现了一种用于双接口NFC芯片的FPGA验证系统,该系统通过对串口和RF接口的逐步验证证明了所研发的双接口NFC芯片功能正确. 该验证系统可有效地缩短芯片的开发及验证周期.

参考文献:

[1] 石旭东. 基于Android平台的NFC技术的研究与实现[J]. 软件,2013,34(1):64-68.

[2] 李桂林,苗长新. 基于Verilog HDL的FPGA数字系统设计优化[J]. 计算机与数字工程,2010,38(8):208-210.

[3] 陈帅,韩芳,徐小军. 数字电路基本逻辑运算的硬件语言描述与应用[J]. 自动化与仪器仪表,2009,29(4):134-136.

[4] 王惟洁,陈金鹰,朱军. NFC技术及其应用前景[J]. 通信与信息技术,2013,25(6):67-69.

[5] RolandMand, Langer J. Digital signature records for the NFC data exchange format[C] // Proceedings of the Second International Workshop on Near Field Communication (NFC 2010). Monaco: IEEE,2010;71-76.

[6] Simon Robinson, Christian Nagel. C#高级编程[M]. 4版:李敏波,译. 北京:清华大学出版社,2005:701-757.

[7] 李学海. PIC单片机实用教程一基础篇[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.

[8] Wolf w. FPGA-based system design [M]. Beijing: Claim Machine Press, 2005:109-118.

(下转第133页)

涌出量的主控因素采集数据进行了精细的分析,以及有效信号的提取,并将其作为径向基神经网络的输入信号。同时,基于残差最小原理,运用动态节点生成法构造 RBF 神经网络的参数及隐层节点个数,并引入删除策略对隐层节点进行删除合并,这种全监督式学习算法,可使网络的输出和样本的输出之间的误差最小。最后,通过对比仿真验证,得到平均预测误差为 0.011 1,平均预测精度为 0.613 9,充分验证了 WP-RBF 预测方法具有较强的跟随性,逼近能力及准确性。

参考文献:

- [1] 郭伟,张栋,李巨韬,等.改进型 BP 神经网络对电容称重传感器的非线性校正[J].传感技术学报,2012,25(10):1354-1360.
- [2] 潘玉民,邓永红,张全柱,等.基于 QPSO-RBF 的瓦斯涌出量预测模型[J].中国安全科学学报,2012,22(12):29-34.
- [3] 赵鸿图,刘云.改进粒子群算法的小波神经网络语音去噪[J].计算机测量与控制,2013,21(10):2799-2807.
- [4] Yu-Min PAN,Yong-Hong DENG,Quan-Zhu Zhang. Dynamic prediction of gas emission based on wavelet neural network toolbox [J]. Journal of Coal Science and Engineering,2013,2(7):10-14.
- [5] 徐涛,王祁.基于小波包神经网络的传感器故障诊断

方法[J].传感技术学报,2006,19(4):1060-1064.

- [6] 冷军发,荆双喜,陈东海,等.基于小波包与同态滤波的低速重载齿轮箱故障诊断研究[J].煤炭学报,2006,31(5):670-673.
- [7] Chih-Hao Chen, Rong-Juin Shyu, Chih-Kao Ma. Rotating machinery diagnosis using wavelet packets-fractal technology and neural networks[J]. Journal of Mechanical Science and Technology,2007,21(7):268-273.
- [8] 付华,谢森,徐耀松,等.基于 MPSO_WLS_SVM 的矿井瓦斯涌出量预测模型研究[J].中国安全科学学报,2013,23(5):56-60.
- [9] 付华,姜伟,单欣欣.基于耦合算法的煤矿瓦斯涌出量预测模型研究[J].煤炭学报,2012,37(4):654-658.
- [10] 李绍泉.近距离煤层群煤与瓦斯突出机理及预警研究[D].北京:中国矿业大学,2013.
- [11] 汪家道,孔宪梅,陈大融.节点自删除神经网络及其在磨粒识别中的应用[J].清华大学学报,1998,38(4):42-46.
- [12] 胡广书.数字信号处理理论、算法与实现[M].北京:清华大学出版社,2003.

作者简介:

彭晓华 女,(1963-),博士,教授,硕士生导师.研究方向为煤层瓦斯渗流理论研究、智能控制理论与应用研究.

刘利强(通讯作者) 男,(1988-),硕士研究生.研究方向为智能检测与故障诊断、煤矿瓦斯涌出量预测.

E-mail:2965131477@qq.com

(上接第 128 页)

作者简介:

彭广 男,(1989-),硕士研究生.研究方向为数字电路系

统级设计. E-mail: 15026679168@163.com.

李小进 男,(1978-),副教授.研究方向为集成电路设计与器件建模.