

移动式 13.56MHz RFID 读卡器的设计^①

李新春, 于永鑫

(辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院, 葫芦岛 125105)

摘要: 设计了一种基于 ZigBee 无线技术的移动式 RFID 读卡器, 给出了移动式读卡器的原理框图, 详细阐述了射频芯片 CC2420、读卡集成芯片 MF RC522 和主控芯片 MSP430F1611 的外围电路, 以及整个读卡器的软件构架。读卡器采集标签数据, 通过 ZigBee 网络自动的发送这些数据到服务器。移动式读卡器减少了 RFID 系统网络布线, 节约了成本, 使用更加方便灵活。

关键词: ZigBee; RFID 读卡器; CC2420; MFRC522; MSP430F1611

Design of Mobile 13.56MHz RFID Reader

LI Xin-Chun, YU Yong-Xin

(School of Electronic and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: A mobile RFID reader based on ZigBee wireless technology is designed in this paper. This paper shows the block diagram of the mobile reader, and detail the external circuit of the RF chip CC2420, and card reader integrated chip MF RC522, and main control chip MSP430F1611, as well as the reader's software architecture. The reader collects tag data, and sends the data to the server automatically through the ZigBee network. Mobile RFID reader reduces the RFID system network cabling, saves the cost, and is used more conveniently and flexibly.

Key words: zigBee; RFID reader; CC2430; MFRC522; MSP430F1611

射频识别(Radio Frequency Identification, 简称 RFID)是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境^[1]。近年来,RFID 技术应用发展迅速。由于 RFID 技术可以给人们带来极大的方便,随着价格的下降,技术本身的完善,RFID 的应用领域更加的广泛,如公共安全、生产管理、物流管理、交通管理等多个领域。虽然 RFID 技术已经得到一定程度的发展,但其在大规模的应用中还有着诸多不足。其中之一就是读卡器与服务器之间采用有线连接,读卡器的位置固定,在急需的情况下不能临时快速的组网、自动的把数据传输到服务器以满足短期快速的应用需求。

ZigBee 技术^[2]是一种低功耗、低成本、低复杂度、低速率的近距离无线网络通信技术, ZigBee 凭借其结构简单、价格低廉、低消耗功率延长使用寿命等优点,

即使传输速率不高,但针对感测与控制之应用, ZigBee 有其很大的发展潜力。可见 ZigBee 技术适合作为 RFID 阅读器组网的无线通信手段。据此,本文讨论了一种基于 ZigBee 无线传输技术的移动式 13.56Mhz RFID 读卡器的设计。

1 移动式 RFID 读卡器的系统组成

整个读卡系统主要包括读卡器、接收器、上位机三部分组成。读卡器主要负责读取射频卡中的信息通过 ZigBee 无线网络发送给接收机;接收机收到读卡器发来的信息后通过串口发送给上位机,上位机完成相应卡片信息的处理。本文主要完成读卡器的设计。

移动式 RFID 读卡器属于便携式设备,由电池供电,所以低功耗是设计严格遵循的原则。本设计选择了德州仪器公司的 MSP430F1611 超低功耗微控制器作为主控芯片,其结构与五种低功耗模式相结合,最

① 基金项目:国家自然科学基金(60971048)

收稿时间:2010-12-20;收到修改稿时间:2011-01-04

适用于在便携式设备中延长电池寿命；读卡芯片选用 Philips 公司的 MFRC522, 支持 ISO / IEC 14443 TypeA 接口和 MIFARE 通信协议, 2.5 V~3.6 V 的低压、低功耗；ZigBee 的无线发射芯片选用 Chipcon 公司推出的首款符合 2.4GHz IEEE802.15.4 标准的射频收发器 CC2420, 它基于 Chipcon 公司的 SmartRF03 技术, 以 0.18 μ m CMOS 工艺制成只需很少外围器件, 且功耗极低。移动式 RFID 读卡器的原理组成框图如图 1 所示。

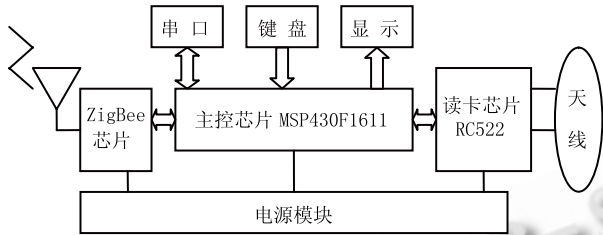


图 1 移动式 RFID 读卡器的原理组成框图

MSP430F1611 与 RC522、CC2420 之间都用 SPI 方式通信, 具体接口电路将在下一节中详细介绍。键盘模块和显示模块增强人机互动, 使得读卡器更加智能化。串口可以直接将读卡器与上位机相连, 可以作为普通读卡器使用。

2 移动式RFID读卡器的硬件设计与实现

移动式 RFID 读卡器的硬件设计主要包括主控芯片 MSP430F1611 的电路设计、读卡芯片 RC522 及 ZigBee 芯片 CC2420 的外围电路三部分组成。

2.1 主控芯片 MSP430F1611 的硬件电路设计

芯片 MSP430F1611^[3]具有一个强大的 16 位 RISC CPU, 16 位的寄存器以及常数发生器, 能够最大限度地提高代码的效率。数字控制的振荡器(DCO)允许在 6 微秒内从低功耗模式唤醒, 还配置了内置 16 位定时器、两个通用同步/异步串行通讯接口(USART)、I2C、DMA 和 48 个 I/O 引脚, 48KB+256B flash 存储器, 10KB RAM。强大的存储空间保证了 ZigBee 协议栈的移植。MSP430F1611 外围电路及外围控制电路简单电路图如图 2 所示。

2.1.1 电源、晶振及串口电路说明

电源模块采用+9v 电池供电, 经 LM7805 电压转换芯片得到+5V 电压, 可为 USB 或 232 串口提供电源。+5V 电压再经 SPX1117M3_3.3 转换为+3.3V 电压, 为整个电路供电。晶振 1 频率为 32K, 提供测试时钟; 晶振 2 频率为 8M 为系统提供时钟。引脚 32 与引脚 33 分别为 UART0 的接受数据输入和发送数据输出, 与

MAX232 相连实现与 PC 机的串口通信。TCK、TDI、TDO、TMS 共同构成了 JTAG 接口, 完成程序下载, 在线调试等功能。TCK(57 脚)为芯片编程启动的时钟输入口, TDI(55 脚)、TDO(54 脚)为编程数据输出引脚, TMS(56 脚)芯片编程的输入端口。

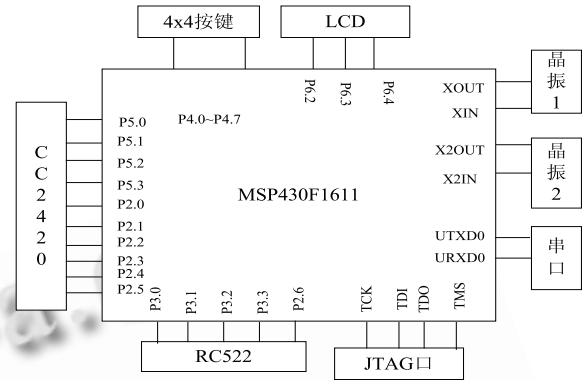


图 2 主控芯片外围简单电路图

2.1.2 外围控制电路说明

主芯片 I/O 口 P4.0-P4.7 接 4x4 矩阵按键, 每个按键都通过编程有不同的符号名称和功能。引脚 P6.2、P6.3、P6.4 分别作为 LCD12864 的片选信号端, 数据输入输出端, 时钟输入端, 用 I2C 总线的方式控制 LCD12864 工作。P3.0(CSn)、P3.1(SIMO)、P3.2(SOMI)、P 3.3(SCLK)以 SPI 方式控制 RC522 寄存器的读/写。P2.6 接 RC522 的复位引脚, 必要时复位 RC522。I/O 口 P5.0(CSn)、P5.1(SIMO)、P5.2(SOMI)、P5.3(SCLK)为 MSP430F1611 的第二个 SPI 接口, 控制 CC2420 芯片读/写寄存器。有关 CC2420 其他控制引脚的说明将在后面说明。

2.2 读卡芯片 RC522 的外围硬件电路

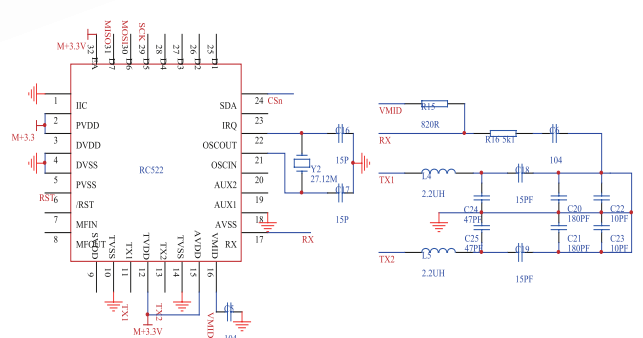


图 3 RC522 的外围电路原理图

MFRC522^[4]主要特性包括: 高度集成的调制解调电路, 采用少量外部器件, 即可将输出驱动级接至天线; 支持 ISO / IEC 14443 TypeA 接口和 MIFARE 通信

协议；选用 SPI、I2C 或串行 UART 工作模式，有利于减少连线，缩小 PCB 板面积；特有的发送器掉电机制可关闭内部天线驱动器，即关闭 RF 场，达到低功耗。RC522 具体硬件电路图如图 3 所示。

2.2.1 RC522 与主控芯片的通信接口的设计

RC522 与主控芯片 MSP430F1611 之间采用 SPI 模式进行通信，所以除了通用的 4 条 SPI 信号线(时钟线 SCK、输入数据线 MISI、输出数据线 MISO 和选通线 SDA)，RC522 要求额外的 2 个引脚 I2C (脚 1) 和 EA (脚 32) 分别固定接低电平和高电平，如图 4 所示。这两个引脚不参与 SPI 总线传输，只起设定 RC522 数字界面采用 SPI 接口的作用。SPI 总线接口有其自身的时序要求，它只能工作于从模式，最高传输速率为 10 Mbps，数据与时钟相位关系满足“空闲态时钟为低电平，在时钟上升沿同步接收和发送数据，在下降沿数据转换”的约束关系。由于 MF RC522 支持的数字接口形式多种多样，芯片在每次复位时都会检测外部引脚连接关系。另外，片选信号保证在写入数据流期间为低电平，而在无数据流写入时则为高电平。

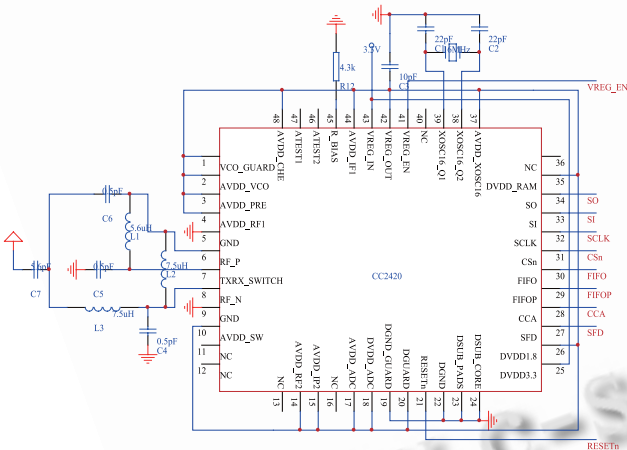


图 4 CC2420 外围电路

2.2.2 天线电路的设计

RC522 的天线接口包括：VMID (脚 16)、TX1 (脚 11)、TX2 (脚 13)、RX (脚 17)。从 TX1 和 TX2 引脚发射的信号是已调制的 13.56 MHz 载波信号，辅以多个无源器件实现匹配和滤波功能，以直接驱动天线。内部接收电路利用卡的响应信号在副载波的双边带上都具有调制这一功能进行工作。使用 MFRC522 内部产生的 VMID 信号作为 RX 引脚输入信号的偏置。为了稳定 VMID 输出，需在 VMI 和 GND 之间连接一只电容 C5。接收电路需在 RX 和 VMID 之间连接一分压电路 (R15, R16)。L4、L5、C24、C25 构成 EMC 低

通滤波器，C20、C21、C22、C23 构成天线匹配电路。关于 13.5MHz 读卡器天线的具体设计及参数规定见相关资料^[5]。

2.3 ZigBee 芯片 CC2420 的外围硬件电路

CC2420 芯片^[6] 采用 IEEE802.15.4^[7]规范要求的直接序列扩频方式；数据速率达 250kb/s；采用偏移四相相移键控信号(O-QPSK)调制方式；超低电流消耗 (RX:19.7mA,TX:17.4mA)；抗邻频道干扰能力强 (39dB)；内部集成有 VCO、LNA、PA 以及电源整流器；采用低电压供电(2.1~3.6V)；它的内部集成了一个直流稳压器，能把 3.3V 电压转化成 1.8V 电压，不需要额外的电压转化电路就能工作。其具体外围电路如图 4 所示。

2.3.1 天线电路说明

CC2420 射频信号的收发采用差分方式进行传输，其最佳差分负载是 115W+j180W，阻抗匹配电路应该根据这个数值进行调整。如果使用单端天线则需要使用平衡/非平衡阻抗转换电路 (巴伦电路)，以达到最佳接受效果。电路中的非平衡变压器由电容 C7 和电感 L1、L2、L3 以及一个 PCB 微波传输线组成，整个结构满足 RF 输入/输出匹配电阻(50Ω)的要求，同时为芯片内部的 PA 及 LAN 提供直流偏置。

2.3.2 CC2420 与主控芯片的通信接口

CC2420 通过 4 线 SPI 总线(SI、SO、SCK、CSn) 设置芯片的工作模式，并实现读/写缓存数据、读/写状态寄存器等。CC2420 片内 33 个 16 位状态寄存器，在每个读/写寄存器的周期中，SI 总线上共有 24 位数据，分别为：1 位 RAM/寄存器选择位(0: 寄存器, 1: RAM)，1 位读/写控制位(0: 写, 1: 读)，6 位地址选择位、16 位数据位。CSn 为 SPI 片选线(低电平有效)，在数据传输过程中 CSn 必须始终保持低电平。通过 CCA 引脚状态的设置可以控制清楚通道估计，若信道有信号，则 CCA 引脚变高电平，指示信道信号存在，只在接收状态有效。通过 SFD 引脚状态的设置可以控制时钟/定时信息的输入。使用 RESETn 引脚复位芯片，使用 VREG_EN 引脚使能 CC2420 的电压调整器，使其产生 CC2420 所需要 1.8V 电压。通过控制 FIFO 和 FIFOP 引脚接口可设置发射/接受缓存器。

3 移动式RFID读卡器系统软件设计

3.1 系统通信协议的设计

RFID 与 ZigBee 网络结合时，ZigBee 模块相当于发挥了一个网关的作用，把 RFID 采集的数据通过 ZigBee 协议传输到其它无线或有线的网络之中，其协

议基本构架如图 5 所示。

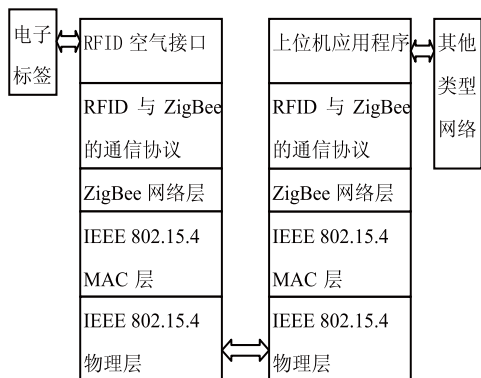


图 5 系统通信协议基本构架

在移动式读卡器中，RFID 与 ZigBee 的通信完全有主控芯片 MSP430F1611 控制完成的。主芯片首先通过 SPI 接口控制 RC522 与进入天线范围内类型相符合的卡进行通信，读取卡中信息，将信息进行相应处理，变成符合 ZigBee 协议的数据包^[8]，然后又通过 SPI 接口将数据通过 CC2420 发送给接收器，即 ZigBee 网络中的协调器。而接收器与上位机机通过 UART 接口相连，最终把数据传给 PC 机进行处理。

3.2 移动式读卡器主程序流程图

移动式读卡器主程序流程图如图 6 所示。每次重启都要进行初始化，然后进入程序主循环。系统初始化函数 InitAll(void)主要包括 CC2420 初始化、RC522 初始化及主控芯片 MSP430F1611 的定时器、I/O 口及串口初始化等。

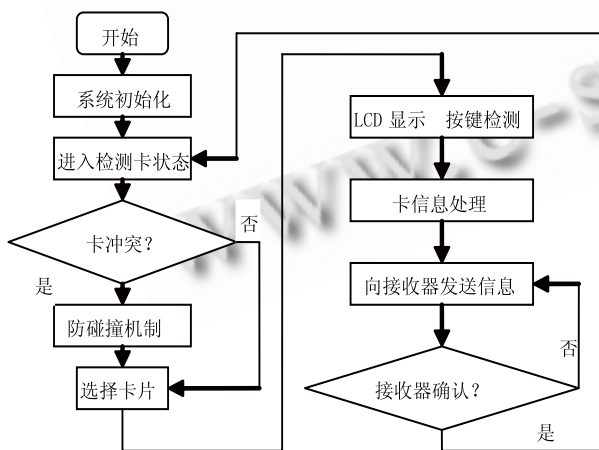


图 6 读卡器主程序流程图

函数 PcdRequest(unsigned char req_code,unsigned char *pTagType)寻找天线内符合条件的卡。其中，参

数 req_code(输入变量)为寻卡方式，当值为 0x52 时该函数寻感应区内所有符合 14443A 标准的卡，值为 0x26 时 寻未进入休眠状态的卡；参数 pTagType(输出变量)为卡片类型代码，当其值为 0x0400 时，卡片类型为 Mifare_One(S50)卡，其值为 0x0200 时，卡片类型为 Mifare_One(S70)。如果寻找到符合要求的卡片返回 stauts 为 OK 的成功状态，有利于程序的顺序执行。卡信息处理函数 Pcdctrlprocess()主要是通过检测按键对 应值完成读卡、注册卡、写卡等相应的功能。

4 结语

本文对移动式 13.56MHzRFID 读卡器的硬件设计做了详细的论述，同时对软件构架和主程序流程做了介绍。实验测试中，室内数据传输距离为 50m-70m, 穿透墙壁可传输 30m 左右。由于 ZigBee 技术组网简单、便捷，读卡器随时可以加入网络，能用于临时应急场所，省去了布线的麻烦。此读卡器适用于食堂、超市、图书馆、仓库、考勤等管理系统，也可以用于门禁的监控系统。移动式 RFID 读卡器的设计，使得 ZigBee 网络在射频识别系统中得以应用，也提高了 RFID 系统的性能。同时，对 RFID 读卡器组网从事人员具有指导意义。

参考文献

- 1 胡一凡.RFID 射频识别技术综述.计算机时代,2006,(12): 3-4.
- 2 ZigBee Specification.ZigBee Alliance.http://www.zigbee.com.
- 3 Teaxs Instrument, Inc.MSP430x15x, MSP430x16x, SP430x 161x mixed signal microcontroller.2007.http://www.ti.com/lit/gpn/msp430f1611.pdf.
- 4 广州周立功单片机发展有限公司.MF RC522 非接触式读卡芯片. http://www.zlgmcu.com.
- 5 广州周立功单片机发展有限公司.MF RC500 的匹配电路和天线的应用指南. http://www.zlgmcu.com.
- 6 CC2420 2.4GHz IEEE802.15.4/ZigBee-ready RF Transceiver. http://www.chipcon.com.
- 7 IEEE Std 802.15.4.IEEE Standard for Low-Rate Wireless Medium Access Control(MAC)and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).New York: IEEE,2003.
- 8 蒋挺,赵成林.紫蜂技术及其应用.北京:北京邮电大学出版社,2006.15-19.