

# 射频识别卡读写模块的设计

严光文 张其善

(北京航空航天大学 电子工程系)

**摘 要:** 射频识别卡读写模块是射频卡读写器的核心. 根据 ISO14443 协议, 运用现代通信与信号处理的方法, 采用最新的 RISC 指令单片机, 设计了射频识别卡的读写模块. 该模块没有使用专用的硬件 ASIC 和功率放大管, 纯粹采用软件实现了硬件 ASIC 的功能. 同时它性能稳定、价格低廉, 对卡的读写距离在 0 ~ 10 cm.

**关键词:** 数字调制; 计算机应用; 射频电路; 智能卡; 射频识别; 读写模块  
**中图分类号:** TN 929  
**文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5965(2003)02-0178-03

## 1 问题的提出

射频识别卡的应用日益广泛, 需要大量的射频卡读写器. 射频读写器中的核心部件是射频读写模块. 国外生产的射频读写模块中普遍使用了专用 ASIC, 负责 ASK 信号的产生和调制、BPSK 信号的解码等. 同时为了读写距离能达到 10 cm, 也普遍使用了大功率高频放大管. 我国从 2002 年起要采用智能卡身份证, 卡型已选定国内自主设计的 B 型射频卡, 射频读写模块当然也得自主设计. 因此设计了一种全新的射频卡读写模块, 它没有使用专用 ASIC, 基本上由软件来实现信号的编码和解码, 射频信号由普通的晶体管放大, 而且性能稳定、价格低廉, 读写距离 0 ~ 10 cm.

射频卡读写器和射频卡之间的通信属于射频识别的范畴. 射频识别通过无线射频方式实现双向通信, 射频卡和读写器之间无须物理接触就可交换数据, 方便快捷. 见图 1.

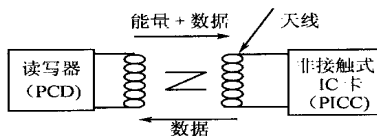


图 1 射频卡与读写器之间的能量数据交换

非接触式智能卡的工业标准 ISO14443. 它支持 A 型和 B 型 2 类非接触式 IC 卡. 无论是 A 型或 B 型, 载波频率都是 13.56 MHz, 副载波的频率都是 847 kHz, 射频卡和读写器之间的通信波特率都是 106 kB/s. A 型和 B 型最本质的区别是两者的

调制和编码方式不同<sup>[1]</sup>. 见表 1.

表 1 A, B 型非接触式 IC 卡的比较

各过程特征项	A 型	B 型
载频 $f_c$	13.56 MHz	13.56 MHz
调制方式	100 % ASK	10 % ASK
读写器到卡	编码方式 修正米勒编码	非归零编码(NRZ)
位速率	106 kB/s	106 kB/s
防冲撞功能	硬件	软件
副载波 $f_s$	847.5 kHz ( $f_c/16$ )	847.5 kHz ( $f_c/16$ )
调制方式	负载波调制 (Load Modulation)	负载波调制 (Load Modulation)
卡到读写器	编码方式 曼切斯特编码	二进制相移键控
位速率	106 kB/s	106 kB/s
防冲撞功能	硬件	软件

## 2 总体设计

如图 2 所示, 设计的射频识别卡读写模块主要由微处理器  $U_1$ 、微处理器  $U_2$ 、逻辑控制电路、调制与发送电路、接收电路、通信接口电路、电源电路等组成.

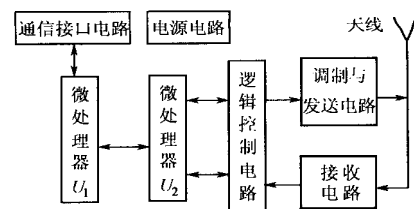


图 2 读写模块总体框图

1) 微处理器  $U_1$  和  $U_2$ .  $U_1, U_2$  为 2 片 CPU,  $U_1$  为通信 CPU, 专门负责和  $U_2$  及外界通信;  $U_2$  为工作 CPU, 负责传送命令到卡, 并和卡交换数据.  $U_1$  和  $U_2$  都选用 ATMEL 最新的 RISC 指令

收稿日期: 2001-12-20

作者简介: 严光文(1968 - ), 男, 湖南龙山人, 博士生, 100083, 北京.

单片机 AT90S2313<sup>[2]</sup>. 它具有 2kB 在线可编程 FLASH, 128bytes SRAM 和 128bytes EEPROM. 因为只有 2kB 字节的程序存储器, 空间可能不够, 再考虑到对 I/O 口的需求, 采用 2 片 CPU, 并对它们做了明显分工. AT90S2313 的 118 条指令中大多数是单振荡周期指令, 所以工作在 10 MHz 时具有 10 MIPS 的性能. 只要电源处理得好, 电路版结构布局合理, 它也能工作在 13.56 MHz. 32 个通用寄存器, 都可以做累加器使用, 克服了 MCS-51 系列单片机一般运算都要通过累加器 A 的瓶颈现象. 射频卡和读写器通信的波特率一般是 106 kB/s, 甚至 212 kB/s, 424 kB/s, 847 kB/s. 对于最低波特率 106 kB/s, 每位数据占用的时间也只有 9.44 μs. 如果选用 MCS51 系列或 68HC 系列单片机, 要用纯软件完成 ISO14443 所要求的时序, 因为速度的原因, 几乎是不可能的.

AT90S2313 只有一个通用串行接口 UART,  $U_1$  使用这个串口及并口和外界通信;  $U_1$  和  $U_2$  之间的通信也是串口方式, 只是  $U_2$  使用的是其 UART,  $U_1$  则是通过软件模拟串口.

2) 调制与发送电路. 它的任务是完成 10% 或 100% ASK 调制, 并将调制后的信号进行功率放大, 馈送到天线. 主要由稳压电路、恒流源电路、第一差动功放、第二级差动放大、调制度控制电路、调谐电路等组成. 如图 3 所示. 稳压电路提供一个基准电压. 放大管可采用普通三极管 2N2904, 2N3906. 调谐回路采用串联 LC 谐振回路, 调节可调电容, 保证天线上的电压幅度最大.

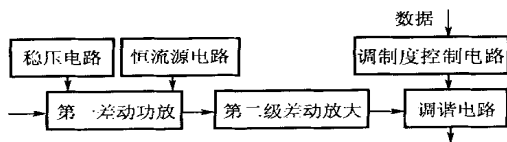


图 3 调制与发送电路框图

3) 接收电路. 完成将卡返回的射频信号放大, 然后解调、比较输出、解码等功能. 接收电路组成见图 4.

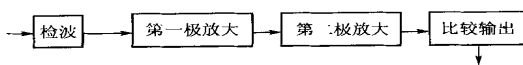


图 4 接收电路框图

检波电路实现包络检波, 将 13.56 MHz 的载波滤除, 得到 847 kHz 副载波调制信号. 检波二级管可选用高速肖特基二级管 BAS70 或 IN4148. 两级电压放大, 采用高速、低功耗、电压反馈的高精度、宽带集成运算放大器 LM6172. 它的单位增益

带宽  $B_G = 100\text{MHz}$ , 转换速率  $S_R = 3000\text{V}/\mu\text{s}$ . 卡返回的信号是十分微弱的, 经过两级放大后方达到比较器的门限电压, 电压放大倍数在 800 左右. 设计第一级放大 80 倍, 第二级放大 10 倍. 为了防止自激振荡, 在 LM6172 输出端和反相端接 2 pF 的电容. 电压比较电路使用比较器 LM311. 其作用是将经 2 级电压放大的副载波调制的 BPSK 信号整形, 以供后面的数字电路解码, 得到正确的数据.

4) 通信接口电路. 它和  $U_2$  相连使得该射频模块可和外界以 RS232 串口或打印机并口的方式交换信息.  $U_2$  的 UART 和 MAX232 连接实现标准 RS232 串口, 选  $U_1$  的 8 个 I/O 口实现并口通信.

5) 调制深度控制电路. 完成 10% ASK 和 100% ASK 的选择. 它直接由  $U_2$  的一个 I/O 口 PB1 控制. 当 PB1 为 0 或 1 时, 对应调制深度控制电路不工作、工作 2 种状态, 天线上的 13.56 MHz 载波幅度分别为  $a$  或  $b$ . 合适选择调制深度控制电路的参数就可使  $a, b$  之间满足关系式:  $8\% < (a - b)/(a + b) < 14\%$ , 即满足 10% ASK 的要求. 测试调制深度的方法是用一小天线代替卡, 将它置于读写模块天线附近. 此时用示波器去观测小天线上的感应信号波形, 测定  $a$  和  $b$ .

6) 电源电路. 给模块提供稳定的工作电压, 包括 5V 和 12V. 因为工作在 13.56 MHz, 且是模拟和数字混合电路, 一定要有良好的稳压和滤波措施, 还要注意良好接地. 模拟地和数字地要分开, 并通过一点接地. 就是硬件电路原理完成正确, 软件也丝毫不误, 仅仅因为接地没处理好, 就能导致模块工作不正常.

7) 逻辑控制电路. 实现互补输出、BPSK 解码器 (RS 触发器、4 位二进制计数器和解码器). 一是在  $U_2$  的控制下产生一对互补输出, 馈送到第一级差动放大电路. 再经过第二级差动射随放大器, 在天线上得到一定幅度的载波. 二是将接收电路送来的 BPSK 信号解码, 输出真正的数字信号供  $U_2$  接收. 逻辑控制电路采用通用阵列逻辑 GAL16V8<sup>[3]</sup> 来实现. GAL16V8 的引脚定义如表 2.

GAL16V8 输入与输出之间的关系可用下列方程表示:

$$D_0 := \text{Data} - \text{IN} \times /D_4 \times /D_3 \times /D_2 \times /D_1 \times /en +$$

$$D_0 \times /D_4 \times /D_3 \times /D_2 \times /D_1 \times /en +$$

$$D_0 \times /D_4 \times /D_3 \times /D_2 \times /en +$$

$$D_0 \times /D_4 \times /D_3 \times /en + D_0 \times /D_4 \times /en + en$$

$$D_1 := /D_1 \times /en$$

$$D_2 := /D_1 \times D_2 \times /en + D_1 \times /D_2 \times en$$

$$D_3 := D_1 \times D_2 \times /D_3 \times /en + /D_1 \times D_3 \times /en + /D_2 \times D_3 \times /en$$

$$D_4 := D_1 \times D_2 \times D_3 \times /D_4 \times /en + /D_1 \times D_4 \times /en + /D_2 \times D_4 \times /en + /D_3 \times D_4 \times /en$$

$$en = /datax \times /DATA\_IN \times en +$$

$$datax \times DATA\_IN \times en + en\_in$$

$$O_1 = /OUT\_ON \times SELECT\_CLOCK \times CLOCK\_HI + /OUT\_ON \times /SELECT\_CLOCK \times CLOCK\_LOW$$

$$/O_2 = OUT\_ON + SELECT\_CLOCK \times CLOCK\_HI + /SELECT\_CLOCK \times CLOCK\_LOW$$

由以上方程,可得到以下结论: 在  $en\_in = 0$  时,  $datax, DATA\_IN$  分别对应 RS 触发器的 2 个输入. 输出是  $en$ ; 在  $en = 0$  时,  $D_4, D_3, D_2, D_1$  构成 4 位二进制计数器; 在  $OUT\_ON = 0$  时,  $O_1$  与  $O_2$  是一对互补输出. 因为此时

$$O_1 = /O_2 = SELECT\_CLOCK \times CLOCK\_HI +$$

$$/OUT\_ON \times /SELECT\_CLOCK \times CLOCK\_LOW$$

这一对互补输出加到第一级差动放大,再通过第二级差动放大,在天线上得到功率足够的 13.56MHz 载波.

表 2 GAL16V8 引脚定义

引脚	1	2	3	4	5
定义	CLK	Datax	CLOCK_HI	DATA_IN	en_in
引脚	6	7	8	9	10
定义	NC	SELECT_CLOCK	CLOCK_LOW	OUT_ON	GND
引脚	11	12	13	14	15
定义	/OE	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
引脚	16	17	18	19	20
定义	D <sub>3</sub>	EN	D <sub>0</sub>	D <sub>4</sub>	VCC

8) 软件实现. 微处理器  $U_1$  的软件由串口通信软件、并口通信软件、模拟串口通信软件、ISO14443-4 块传输协议实现软件等组成. 微处理器  $U_2$  的软件主要由串口通信软件、编码软件、解码软件等组成.

### 3 结束语

本文研究了射频识别卡读写模块的设计,该模块具有以下特点: 没有使用专用 ASIC 实现信号的编码和解码,编码和解码工作基本上由软件完成; 没有使用大功率射频放大管,却能达到同样的读写距离. 该模块的硬软件调试已全部完成.

### 参考文献 (References)

- [1] ISO/IEC 14443 - 1, 2, 3, 4. 2000 (E). Identification cards-contactless integrated circuit (s) cards-proximity cards[S].
- [2] 耿德根, 宋建国, 马 潮, 等. AVR 高速嵌入式单片机原理与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001  
Geng Degen, Song Jianguo, Ma Chao, et al. Principle and application of AVR high speed embedded single chip micro-computer[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2001 (in Chinese)
- [3] 刘笃仁, 杨万海. 在线系统可编程技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000. 11 ~ 18  
Liu Duren, Yang Wanhai. On-line system programmable technology [M]. Xi'an: Xidian University Publishing House, 2000. 11 ~ 18 (in Chinese)
- [4] 曹志钢, 钱亚生. 现代通信原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997  
Cao Zhigang, Qian Yasheng. Modern communication principles [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1997 (in Chinese)
- [5] Rakers P. Secure contactless smartcard ASIC with PDA protection [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuit, 2001, 559 ~ 565

## Design of Radio Frequency Smart Card Module

Yan Guangwen Zhang Qishan

(Dept. of Electronic Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

Abstract: Based on the ISO14443 and the principles of modern communication, a new method to design RF module of contactless smart card reader presented by using latest RISC single chip microprocessor. Encode and decoder were realized mainly by software instead of hardware ASIC. It has high performance of reliability and its operation distance can reach 10 cm, without using high frequency RF power transistor or MOSFET. So it's much more less expensive than all of former RF module.

Key words: digital modulation; computer applications; radio circuits; smart card; radio frequency identification; reader module