

基于 AVR 单片机的 125 kHz 简易 RFID 阅读器设计

敖 华¹, 陈渊睿^{1,2}, 骆祖国¹, 李 婷¹

(1. 华南理工大学 电力学院, 广东 广州 510640; 2. 华南理工大学 亚热带建筑科学国家重点实验室, 广东 广州 510640)

摘 要:射频识别技术已广泛应用于生产、生活的众多领域,该技术给人们的生活带来了众多的方便。介绍一种以 AVR 单片机为核心,并利用分立元件构成的 125 kHz RFID 阅读器设计,电路结构简单、无需读卡基站芯片、成本极低,用于读取 EM4100ID 卡,读卡距离可达 8~15 cm。同时介绍了 EM4100 射频 ID 卡的结构及工作原理,提出一种应用 AVR 单片机对 EM4100 卡进行解码的软件设计方法。实验验证了方案的可行性和系统的稳定性,可将其应用于门禁、公交等系统中。

关键词:AVR 单片机; RFID; 阅读器; EM4100

中图分类号:TP368

文献标识码:A

文章编号:1004-373X(2010)07-0111-04

Design of Simple 125kHz RFID Reader with AVR Single Chip Computer

AO Hua¹, CHEN Yuan-rui^{1,2}, LUO Zu-guo¹, LI Ting¹

(1. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. State Key Laboratory of Subtropical Building Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The technology of radio frequency identification has been widely used in many fields of production and daily life, and it has brought convenience for people. A 125 kHz RFID reader was designed based on AVR microcontroller, which also employed discrete components. The structure of the circuit is very simple, does not need a read base station IC, and has low cost. It is well suitable to the read operation with EM4100 ID card, and its reading distance is about 8~15 cm. The structure and operation principle of EM4100 ID card are introduced. A software design method of adopting AVR microcontroller to decode EM4100 is proposed. The experiment proves the feasibility of the design and the stability of the system. It can be used in many systems such as access control and public transportation.

Keywords: AVR microcontroller; RFID; reader; EM4100

0 引言

无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)是利用感应、电磁场或电磁波为传输手段,完成非接触式双向通信、获取相关数据的一种自动识别技术^[1]。该技术完成识别工作时无须人工干预,易于实现自动化且不易损坏,可识别高速运动物体并可同时识别多个射频卡,操作快捷方便,已经得到了广泛的应用。目前存在的一些读卡器,都需要读卡芯片作为基站,成本较高。本文介绍了一种采用分立元件构成的 125 kHz RFID 阅读器,电路结构简单,成本极低,用于读取 EM4100 型 ID 卡。

1 RFID 系统的分类

RFID 系统的分类方法有很多,在通常应用中都是

根据频率来分,根据不同的工作频率,可将其分为以下四种^[2]:

(1) 低频(120~135 kHz)。该频段具有很强的场穿透性,使用不受限制,性能不受环境影响,价格低廉,最大识别距离一般小于 60 cm,主要应用于门禁、“一卡通”消费管理、车辆管理等系统;

(2) 高频(10~15 MHz)。该频段与低频相比,具有防冲撞、能同时识别多个标签的优点,但其性能受环境影响,识别距离一般小于 100 cm,主要应用于图书管理、物流等系统;

(3) 超高频(850~960 MHz)。该频段较高频相比,具有可实现长距离识别的优点,最大识别距离可达 10 m,但其性能受环境影响较大,价格也较贵,主要应用于铁路车辆识别、集装箱识别等系统;

(4) 微波(2.45~5.8 GHz)。该频段可实现远距离识别,识别距离可达 100 m,但其价格也最贵,主要应用于智能交通系统中。

收稿日期:2009-10-24

基金项目:华南理工大学亚热带建筑科学国家重点实验室开放课题基金资助项目(2009 KB25)

2 RFID 系统的组成

射频识别系统一般由阅读器、电子标签、天线三部分组成^[3]。

(1) 阅读器:读取或读/写电子标签信息的设备,主要任务是控制射频模块向标签发射读取信号,并接收标签的应答,对标签的标识信息进行解码,将标识信息连带标签上其他相关信息传输到主机以供处理。一台典型的阅读器包含有高频模块(发送器和接收器)、控制单元以及与应答器连接的耦合元件。此外,许多阅读器还有附加的接口(RS 232,RS 485 等),以便将所获得的数据传输给另外的系统(如个人计算机),其系统结构框图如图 1 所示。

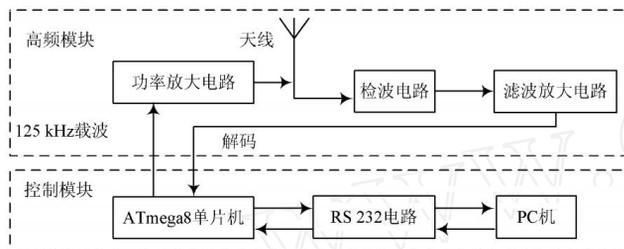


图 1 RFID 阅读器系统结构框图

(2) 电子标签(应答器):由芯片及内置天线组成,芯片内保存有一定格式的电子数据,放在被识别物体上,作为待识别物品的标识性信息,它是射频识别系统真正的数据载体,内置天线用于和射频天线间进行通信。通常,应答器没有自己的供电电源,只有在阅读器的响应范围以内,应答器才是有源的。应答器工作所需的能量,是通过耦合单元(非接触的)传输给应答器的。

(3) 天线:标签与阅读器之间数据传输的载体。

3 硬件电路设计

本设计以 AVR 系列单片机 ATmega8 作为微控制器。Atmel 公司的 AVR 是 8 位单片机中第一个真正采用 RSIC 结构的单片机,它采用了大型快速存取寄存器组、快速单周期指令系统以及单级流水线等先进技术,使得 AVR 单片机具有高达 1 MIPS/MHz 的高速运行处理能力^[4]。

硬件电路如图 2 所示,在图 2 中 为载波产生及功率放大电路,由单片机的 T/C2 工作于 CTC 模式,产生标准 125 kHz 载波信号,经过限流电阻 R_1 后送入推挽式连接的三极管功率放大电路,放大后的载波信号通过天线发射出去。天线 L_1 与电容 C_1 构成串联谐振电路,谐振频率为 125 kHz,谐振电路的作用是使天线上获得最大的电流,从而产生最大的磁通量,获得更大的读卡距离^[5]。为检波电路,检波电路用来去除

125 kHz 载波信号,还原出有用数据信号。 R_2, D_1, R_3, C_2 构成基本包络检波电路^[6], C_3 为耦合电容, R_4, C_4 为低通滤波电路, D_2, D_3 为保护二极管,输出接到滤波放大电路。为滤波放大电路,滤波放大电路采用集成运放 LM358 对检波后的信号进行滤波整形放大,放大后的信号送入单片机的定时/计数器 T_1 的输入捕捉引脚 ICP1,由单片机对接收到的信号进行解码,从而得到 ID 卡的卡号^[7]。

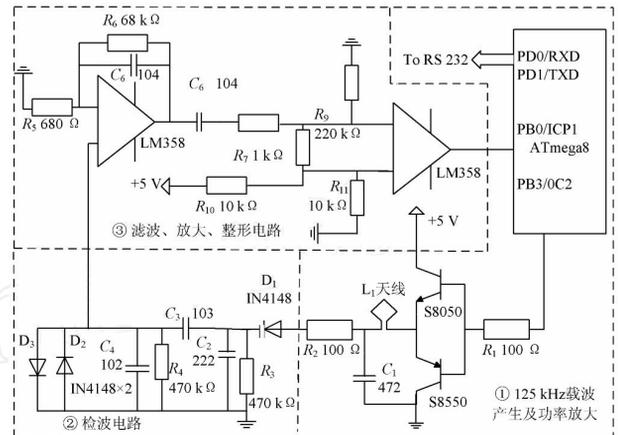


图 2 读卡器硬件电路

4 软件设计

本系统的软件设计包括两部分:125 kHz 载波的产生和 ID 卡解码。载波信号产生相对简单,可利用单片机的 T/C2,使其工作于 CTC 模式,比较匹配时使输出 OC2 取反便可得到 125 kHz 的方波^[8]。解码软件设计相对较复杂,要对 ID 卡进行解码,首先应掌握 ID 卡的存储格式和数据编码方式。

4.1 EM4100 数据存储格式

图 3 是 EM4100 的 64 位数据信息^[9],它由 5 个区组成:9 个引导位、10 个行偶校验位“P0~P9”、4 个列偶校验位“PC0~PC3”、40 个数据位“D00~D93”和 1 个停止位 S0。9 个引导位是出厂时就已掩膜在芯片内的,其值为“11111111”,当它输出数据时,首先输出 9 个引导位,然后是 10 组由 4 个数据位和 1 个行偶校验位组成的数据串,其次是 4 个列偶校验位,最后是停止位“0”。“D00~D13”是一个 8 位的晶体版本号或 ID 识别码。“D20~D93”是 8 组 32 位的芯片信息,即卡号。每当 EM4100 将 64 个信息位传输完毕后,只要 ID 卡仍处于读卡器的工作区域内,它将再次按照图 3 顺序发送 64 位信息,如此重复,直至 ID 卡退出读卡器的有效工作区域。

4.2 EM4100 数据编码方式

EM4100 采用曼彻斯特编码^[10],如图 4 所示:位数据“1”对应着电平下跳,位数据“0”对应着电平上跳。

在一串数据传送的数据序列中,两个相邻的位数据传送跳变时间间隔应为 $1P$ 。若相邻的位数据极性相同(相邻两位均为“0”或“1”),则在两次位数据传送的电平跳变之间,有一次非数据传送的、预备性的(电平)“空跳”。电平的上跳、下跳和空跳是确定位数据传送特征的判据。在曼彻斯特码调制方式下,EM4100 每传送一位数据的时间是 64 个振荡周期,其值由 RF/n 决定。若载波频率为 125 kHz,则每传送一位的时间为振荡周期的 64 分频,即位传送时间为: $1P = 64/125 \text{ kHz} = 512 \mu\text{s}$,则半个周期的时间为 $256 \mu\text{s}$ 。

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 header bits									
8 version bits or customer ID									
D00		D01		D02		D03		P0	
D10		D11		D12		D13		P1	
D20		D21		D22		D23		P2	
D30		D31		D32		D33		P3	
D40		D41		D42		D43		P4	
D50		D51		D52		D53		P5	
D60		D61		D62		D63		P6	
D70		D71		D72		D73		P7	
D80		D81		D82		D83		P8	
D90		D91		D92		D93		P9	
PC0		PC1		PC2		PC3		S0	

图3 EM4100 数据存储格式

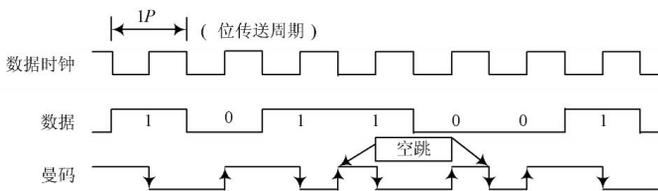


图4 曼彻斯特编码

4.3 解码软件设计

ATmega8 单片机 T/C1 的输入捕捉功能是 AVR 定时/计数器的一个非常有特点的功能, T/C1 的输入捕捉单元可用于精确捕捉一个外部事件的发生,记录事件发生的时间印记。当一个输入捕捉事件发生时, T/C1 的计数器 TCNT1 中的计数值被写入输入捕捉寄存器 ICR1 中,并置位输入捕获标志位 ICF1,产生中断申请。可通过设置寄存器 TCCR1B 的第 6 位 ICES1 来设定输入捕捉信号触发方式^[8]。本系统利用单片机的输入捕捉功能进行解码。

由曼彻斯特编码特点可知,每位数据都由半个周期的高电平和半个周期的低电平组成,因此可将一个位数据拆分为两位,即位数据“1”可视为“10”,位数据“0”可视为“01”,则 64 位数据可视为由 128 位组成。为了获得完整且连续存放的 64 位 ID 信息,在此接收两轮完整的 64 位数据,即接收 256 位。则上一轮接收到的停止位后紧接着的必然是本轮接收到的起始位,据此找出起

始同步头。再根据曼码特点获得 ID 卡的有效数据(“10”解码为“1”;“01”解码为“0”)并进行 LCR 校验,若校验无误,则将 ID 卡号输出至 PC 机,并准备下一次的解码;否则,直接准备下一次解码。另外,在程序中首先定义一个数组 bit[256] 用来存放接收到的数据;定义一个变量 flag 用来标记 256 位数据接收完成;定义一个变量 error 用来标记校验有错误产生。由于无 ID 卡靠近读卡器的有效工作区时,单片机输入捕捉引脚输入的是高电平,因此在主程序中先设定为下降沿触发,清零计数器 TCNT1,打开 T/C1 的输入捕捉功能。主程序流程图如图 5 所示。

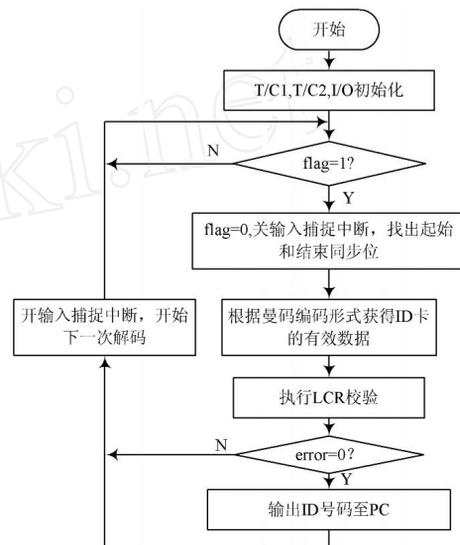


图5 主程序流程图

在输入捕捉中断程序中定义一个触发沿标志 $tr = 1$ (用于表示由下降沿引起的触发),同时定义一个无符号字符型变量 i 用来对接收到的数据个数进行计数,由于无符号字符型数据的取值范围为 $0 \sim 255$,所以当接收完 256 位时, i 的值再次变为 0。接着判断是否为合法跳变,由以上分析可知,电平跳变的时间为 $256 \mu\text{s}$ 或 $512 \mu\text{s}$ 为合法跳变。本系统使用 8 MHz 时钟, T/C1 设置为无预分频,则系统周期为 $0.125 \mu\text{s}$,则 $256 \mu\text{s}$ 对应计数值应为 2048, $512 \mu\text{s}$ 对应计数值应为 4096。取计数值 TCNT1 小于 5000 为合法跳变依据,若 TCNT1 大于 5000,则认为是由干扰信号产生的非法跳变,并将其忽略,取 TCNT1 介于 $3000 \sim 5000$ 之间为 $512 \mu\text{s}$ 跳变依据。若为合法跳变,由于是下降沿触发的中断,则认为接收到一位数据“1”;若为合法跳变且 $3000 < TCNT1 < 5000$,则认为接收到两位数据“1”。再将输入捕捉触发方式改为上升沿触发,设定触发沿标志 $tr = 0$ (用于表示由上升沿引起的触发)。当中断是由上升沿触发时,执行类似操作。图 6 为中断处理程序流程图。

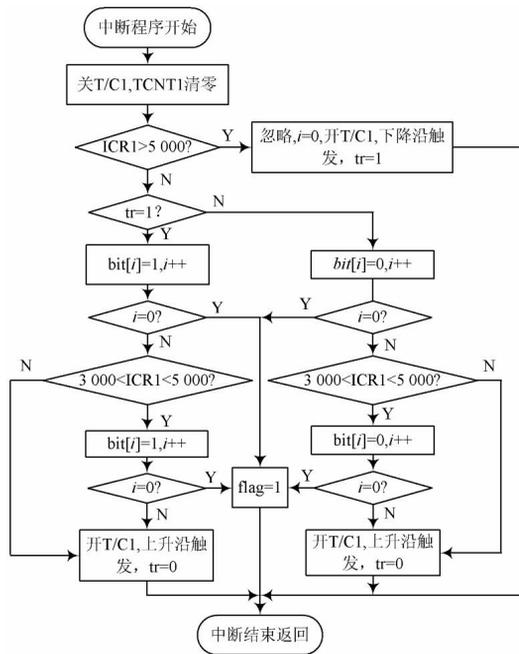


图 6 T/C1 输入捕捉中断程序流程图

5 结 语

本设计硬件电路中功放和检波部分采用分立元件构成,无需读卡基站芯片,电路结构简单,成本极低;软件部分采用 C 语言进行编写,提出了一种曼彻斯特编码的解码方法。由于 RS 232 的传输距离最大只有 15 m,因此对于需要远距离数据传送的场合,可以通过加入 RS 485 电路以提高传输距离,从而实现远距离数

据采集以及实行有关控制。在一些需要较远读卡距离的应用中,可通过改进功率放大电路(例如采用 D 类功率放大电路)来提高功放的效率,从而增大发射功率,增大读卡距离。通测试,系统可成功实现对 EM4100 ID 卡的读取,经过微调天线,最大读取距离可达 15 cm,且读卡稳定、成功率高,可将其应用于门禁、公交等系统。

参 考 文 献

[1] 黄智伟. 射频电路设计[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
 [2] 蒋皓石,张成,林嘉宇. 无线射频识别技术及其应用和发展趋势[J]. 电子技术应用,2005(5):1-4.
 [3] 周晓光,王晓华. 射频识别(RFID)技术原理与应用实例[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
 [4] 马潮. AVR 单片机嵌入式系统原理与应用实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
 [5] 张明涛. 用于 RFID 系统的天线设计[D]. 西安:西安电子科技大学,2007.
 [6] 王鑫,赖晓铮,朱海龙,等. 一种长距离 125 kHz 阅读器硬件电路的设计与实现[J]. 电子技术应用,2008(2):79-82.
 [7] [日]冈村迪夫. OP 放大电路设计[M]. 王玲,徐雅珍,李武平,译. 北京:科学出版社,2004.
 [8] 金春林,邱慧芳,张皆喜. AVR 系列单片机 C 语言编程与应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
 [9] 周颖琦. 125 kHz 射频识别系统的研究与设计[D]. 合肥:合肥工业大学,2006.
 [10] 丁明军,徐健城. 射频卡应用中的曼彻斯特码解码技术[J]. 通信技术,2007(12):65-67.

作者简介:敖 华 男,1986 年出生,江西樟树人,硕士。主要研究方向为射频识别技术、电力电子与电力传动系统的控制技术。
 陈渊睿 男,1969 年出生,江西南康人,博士,副教授。研究方向为电力电子与电气传动系统的先进控制技术。
 骆祖国 男,1983 年出生,江西九江人,硕士。研究方向为新能源发电和电力电子与电力传动系统的控制技术。

(上接第 106 页)

[3] 王晶,郝明. 基于分布式光纤传感器的光缆监测系统改进方案[J]. 光通信技术,2008(1):43-45.
 [4] 赵仲刚. 光纤通信与光纤传感器[M]. 上海:上海科技文献出版社,1993.
 [5] 胡先志,刘泽恒. 光纤光缆工程测试[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
 [6] 纪越峰. 光波分复用系统[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2007.
 [7] 钱宗珏,区惟煦. 光接入网技术及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
 [8] 赵梓林. 单模光纤通信系统原理[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
 [9] 董孝义,王廷尧. 新一代光纤通信与同步网原理与发展[M]. 天津:天津科学技术出版社,2008.
 [10] 谢意,黄乐天,周健鸿,等. 光纤相位转换通信技术[J]. 现代电子技术,2006,29(3):7-9.

作者简介:张 颖 女,1983 年出生,河北肃宁人,学士学位,助理工程师,现在河北大学攻读工程硕士。自 2002 年 7 月开始在沧州移动分公司工作,传输数据中心从事线路维护工作,主要负责传输线路资源管理系统的维护与管理。
 龙海南 男,1954 年出生,四川宜宾人,副教授,硕士导师。主要从事数据通信及程控交换网络方向研究。