

文章编号:2095-6134(2017)01-0124-04

## 简报

# UHF RFID 读写器系统的设计与实现

郭振军<sup>1,2†</sup>, 孙应飞<sup>1</sup>

(1 中国科学院大学, 北京 100049; 2 桂林电子科技大学信息科技学院, 广西 桂林 541004)

(2016年4月19日收稿; 2016年5月30日收修改稿)

Guo Z J, Sun Y F. Design and implementation of a UHF RFID reader[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2017, 34(1):124-127.

**摘要** 针对现有识别系统的结构复杂及成本高的弊端,设计一款由分立元件搭建构成的超高频读写器系统。该系统用软件替代硬件实现超高频系统的数据编码等功能,降低了系统的结构复杂性和设计成本。防碰撞算法的设计实现提高了系统对标签的识别率。实验仿真结果表明,该系统具有一定的远距离识别功能,满足了系统的需要。

**关键词** 射频识别; 超高频读写器; 分立元件; 防碰撞算法

中图分类号:TN914 文献标志码:A doi:10.7523/j.issn.2095-6134.2017.01.017

## Design and implementation of a UHF RFID reader

GUO Zhenjun<sup>1,2</sup>, SUN Yingfei<sup>1</sup>

(1 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

2 College of Information and Technology, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, Guangxi, China)

**Abstract** The existing recognition system structure is too complicated and the cost is too high. In this work we design a UHF reader/writer system composed of discrete components. It uses the software to replace the hardware to realize the function of data coding of the UHF system, which reduces the complexity of the system and the cost. The design of anti-collision algorithm improves the recognition rate of the system. The simulation results show that the system has a certain distant recognition function, which meets the needs of the system.

**Keywords** RFID; UHF reader; discrete component; anti-collision

RFID(Radio Frequency Identification)技术是一种无线通信技术,具有寿命长、读取效率高、工作过程节省人力等优势,有很大的发展潜力,已广泛应用于交通、供应链管理等领域<sup>[1-5]</sup>。目前的识别系统均采用集成元件构成,设计及使用成本都比较高,由于这些方面的瓶颈,致使该技术还未

在更多领域中推广开来。因此,能够开发出低成本、高性能的读写器系统势必会对超高频射频识别技术的广泛应用起到积极的推动作用。文中介绍了一种基于协议标准的低成本、高性能读写器系统的设计与实现。

射频识别技术中的无源标签识别系统即标签

† 通信作者, E-mail: zjguo666@126.com

本身没有电源,在读写器的阅读范围之外时,标签处于无源状态,只有在有效的识别范围内,标签方可从读写器发出的射频能量中提取其工作所需的电能。读写器在整个通信过程中除发送命令外,还需继续发射射频载波信号以提供标签工作所需的能量。读写器到标签的数据编码格式采用 PIE 编码可最大限度地提供标签工作的能量。标签则以反向散射调制方式反馈自身信息给读写器,可采用 FMO 编码方式来实现。

### 1 读写器系统硬件模块设计

系统硬件部分主要包括电源、基带处理模块、射频前端等几部分,射频前端则包括射频发射模块和接收模块两部分。读写器天线采用圆极化方式的天线<sup>[6]</sup>,标签采用极化方式天线,以便读写器具有尽可能大的识别范围且可以读取任何不定方向的标签,具体不再详述。控制核心根据协议要求进行基带信号的编码处理,之后将编码信息送入调制器进行调制,调制后的信号经天线辐射出去。

#### 1.1 发射模块

发射模块主要由载波电路、调制电路、功率放大电路等模块组成,其中的载波电路由频率合成器 ADF4113 与衰减器 HMC542B 相结合实现,将基带信号进行调制输出。

为保证信号发射的高稳定性,采用晶体振荡器或频率合成器的锁相环技术产生频率稳定的载波信号,以便为系统提供 902 ~ 928 MHz 频率范围内的稳定的载波信号。采用一款高增益的微波功率放大模块实现系统信号的功率放大,通过稳定的电源供电设计减少功率放大器负荷动态变化时对其他射频电路的影响。如图 1 所示。

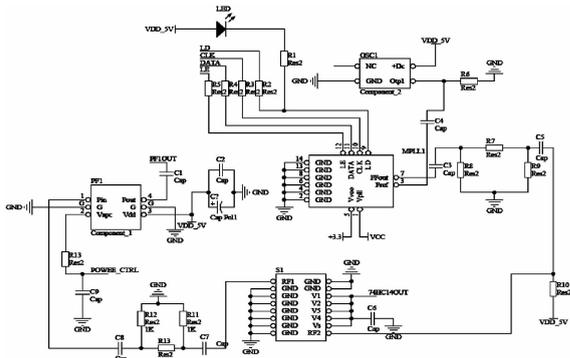


图 1 UHF RFID 系统结构框图

Fig. 1 Structure diagram of UHF RFID system

根据 Friis 公式,在读写器工作频率为 915 MHz,

天线与标签距离为 1 ~ 8 m 时系统无线信道的损耗为  $L = (\lambda/4\pi r)^2$ ,其中  $\lambda$  为电磁波波长, $r$  为天线与标签间的距离。无线信道损耗为  $L(\text{dB}) \in [-31.5, -49.1]$ 。标签天线所接收到的能量为

$$P_i(\text{dBm}) = P_{\text{EIRP}} + L(\text{dB}) + G_i, \quad (1)$$

其中: $P_{\text{EIRP}}$ 为读写器天线的等效全向辐射功率,国内规定最大 36 dBm; $G_i$ 为标签天线增益,设为 0 dB。标签天线接收到的能量  $P_i(\text{dBm}) \in [4.5, -13.1]$ ,标签反射回读写器前端能量为

$$P_r(\text{dBm}) = P_i G_i G_r L S = P_i G_i G_r (\lambda/4\pi r)^2 S, \quad (2)$$

其中: $S$ 为与传播无关的损耗, $G_r$ 为读写器天线增益。考虑到补偿读写器天线与标签天线支架的极化误差、多径衰落等影响,增加 6 dB 左右。

#### 1.2 接收模块

接收模块是系统设计的关键部分,读写器系统中的单天线既作为信号接收使用,也作为信号发射使用。因此系统较强的载波信号难免要泄露到接收模块中,会对接收模块造成一定的影响。在系统中采用环行器作为信号接收的隔离模块,实现单天线的收发隔离;采用良好的检波电路提高信号的接收功能;系统采用一款具有收发信号分离、精确正交和低噪声等特点于一身的芯片实现信号的解调功能;采用插损为 2.5 dB 的带通滤波器和外围整形驱动电路实现信号的提取修正。接收模块部分电路如图 2 所示。

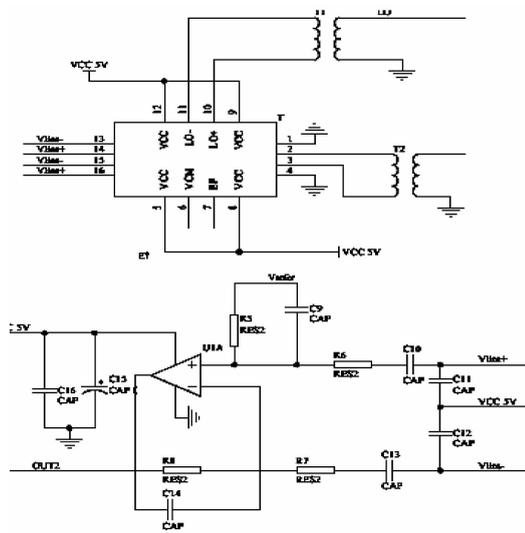


图 2 射频前端部分电路模块

Fig. 2 RF front-end circuit

## 2 读写器系统软件模块设计

由于本系统是采用分立元件搭建而成的电路模块,所以需要采用软件设计来实现协议处理及数据信息的编解码功能。此种方案的实施大大降低了系统结构的复杂度和设计成本。系统在基于 ARM 的基础上设计了匹配于系统的各个软件模块,以下针对部分核心模块进行简单介绍。

### 2.1 主控程序设计

标签进入到读写器有效区域内,读写器接收并读取标签信息,由解码模块对信号进行解码,并将解码后的信息送至系统处理模块进行数据处理。若为系统防撞操作指令,则系统进入防撞算法的执行处理过程。若标签的识别操作成功,读写器则发送读取指令,指使系统进行获取数据的回传;若识别操作失败,则返回标签操作程序以便等待下一个指令的重新发送操作。识别出的若为功率控制操作指令,则通过控制电压变化来控制大小功率的输出。同时通过对不同命令的识别实现不同功能的控制。另外为减小由于距离远近的变化而引起的接收电压大小波动的影响,需对参考电压进行采样控制。

### 2.2 防撞程序程序设计

读写器系统的软件模块设计中,多标签识别的高效性是读写器软件系统设计的难点和关键点。当识别系统处于多标签同时出现在有效识别区域内时,即出现标签碰撞。为提高多标签识别过程中的标签识别效率和准确率,需要防撞算法来避免标签碰撞的问题。现有的基于树形分组算法<sup>[7-12]</sup>为基础的算法模型中,可分为二进制树搜索算法(BS)和查询树算法(QT)两种。根据系统需要,设计了符合系统的防撞算法。该防撞算法工作步骤如下:1)初始化程序,将所有变量数值清零,发送随机数生成指令,所有响应的标签产生(0~ $t$ )之间随机数并存入存储器中。2)发送组选择指令,选中任一组标签,针对该组标签发送查询请求指令,被选择的标签发送自身的UID编码。3)若检测到的标签碰撞位数为0,则说明没有发生碰撞,直接读取标签信息。如果检测到碰撞位数大于1,则说明有碰撞发生,直接进入防撞算法流程。4)根据碰撞位数值进行分析判断,将第一个碰撞位改1或0,继续碰撞位数检测,重复3)。直至该组内所有标签被识别

完全。

假设读写器有效识别范围内的标签数量为 $M$ ,分为 $n$ 组,标签UID编码长度为 $p$ 位, $t$ 为第 $i$ 个分组内的标签数量。 $D_c(i)$ 为识别第 $i$ 分组所需要的查询次数, $S_d(i)$ 为识别第 $i$ 分组的数据传输量,则数据传输总数量为

$$D_c(M) = \sum_{i=0}^{n-1} D_c(i). \quad (3)$$

系统识别第 $i$ 组标签时所发送的数据量由读写器读取标签的数据量和标签信息返回该读写器的数据量共同构成,如下

$$D_c(M) = \sum_{i=0}^{n-1} [R_c(i) + T_a(i)]. \quad (4)$$

假设读写器读取的数据量为 $R_c(i)$ ,标签返回的数据量为 $T_a(i)$ ,总的标签查询次数为

$$S_d(M) = \sum_{i=0}^{n-1} S_d(i). \quad (5)$$

防撞流程图如图3所示。

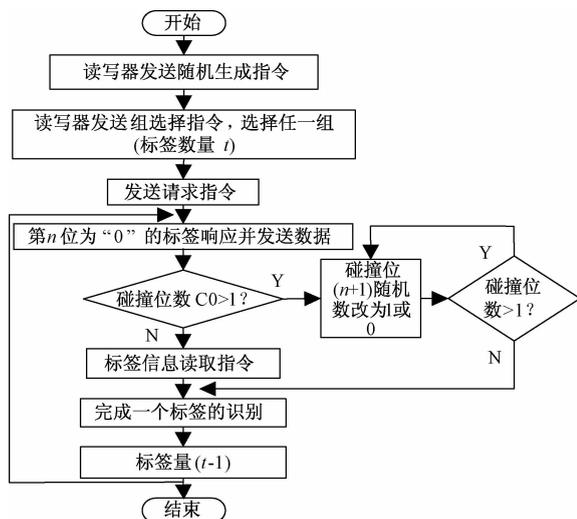


图3 防撞算法流程图

Fig. 3 Flow chart of anti-collision algorithm

## 3 测试结果

1)采用频谱仪对系统工作的中心频率进行测试,结果如图4所示,可看出:读写器模块的中心频率为915 MHz时,输出功率为31.484 dBm;902 MHz时输出功率为30.682 dBm;928 MHz时输出功率为30.724 dBm。

2)基于ISO/IEC 18000 6B标准,设计实现了超高频读写器系统功能,并进行了部分测试。单标签读取测试如表1所示,系统稳定识别标签的距离可达6 m,读取的最大距离可达8 m。

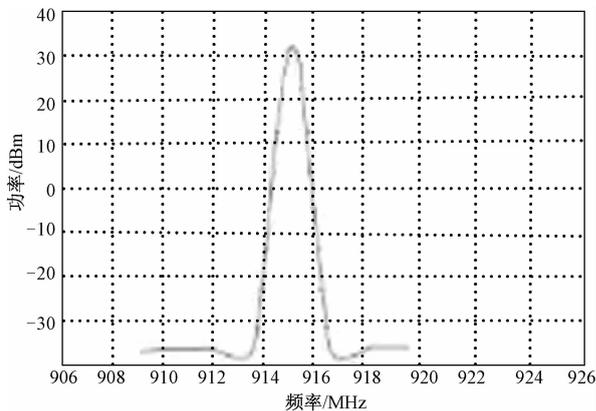


图 4 射频载波频率测试图

Fig. 4 Test of RF carrier frequency

表 1 标签读取距离测试结果

Table 1 Test results of tag reading distance

名称	距离/m	读取成功次数
测试 1	2	20
测试 2	3	20
测试 3	4	20
测试 4	5	20
测试 5	6	20
测试 6	7	12
测试 7	7.5	10
测试 8	8	6

3) 系统防碰撞算法测试,测试结果如图 5 所示。从结果可知该算法具有一定的优越性,在吞吐率和读取效率方面有一定的提高。

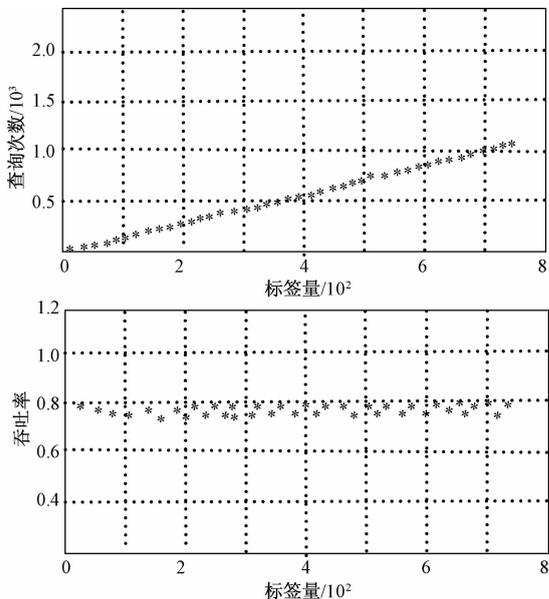


图 5 查询次数及吞吐量测试

Fig. 5 Number of queries and throughput test

## 4 结束语

采用分立元件搭建而成的超高频读写器系统,设计灵活,与集成芯片设计的读写器系统相比,大大缩减了系统的设计成本。由实验结果可知,该系统性能方面不逊色于市面上大多数读写器。且系统可在 840 ~ 960 MHz 频率范围内跳频工作,读写距离最大可达 8 m。多标签读取时也有较高的标签识别率。不足之处是标签量也受到一定限制,所以在后续的工作中,需进一步改进电路、改进算法,以实现标签数量识别的最大化,实现系统的便携式小型化及读写器系统具有自组网物联系统的功能。

## 参考文献

- [ 1 ] 宋建华,郭亚军,韩兰胜,等. 自调整混合树 RFID 多标签防碰撞算法[J]. 电子学报,2014,42(4):685-689.
- [ 2 ] 丁治国,郭立,朱学永,等. 基于二叉树分解的自适应防碰撞算法[J]. 电子信息学报,2009,31(6):1395-1398.
- [ 3 ] Eom D F, Lee T J. Accurate tag estimation for dynamic framed slotted ALOHA in FRID system[J]. IEEE Communications letters, 2010, 14(1):60-62.
- [ 4 ] Want R. An introduction to RFID technology [ J ]. IEEE Pervasive Computing, 2006, 5(1):25-33.
- [ 5 ] 苏健,韩雨,骆忠强,等. 超高频 RFID 系统中一种可行的时间最优防碰撞算法[J]. 电子学报,2015,43(8):1651-1655.
- [ 6 ] Lau P Y, Yung K O, Yung K N. A low-cost printed CP patch antenna for RFID smart bookshelf in library [ J ]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2010, 57(5):1583-1589.
- [ 7 ] 徐健,崔丽. RFID 系统中防碰撞算法的改进[J]. 西安工程大学学报,2011,25(6):838-841.
- [ 8 ] 杨颖,戴彬. 基于动态二进制的改进型树型搜索算法[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2012,46(6):669-672.
- [ 9 ] 林日明,赵平. 基于二进制的 RFID 改进防碰撞算法[J]. 计算机与数字工程,2013,41(2):173-174.
- [ 10 ] 夏宏,吴济文. 超高频 RFID 读写器系统的设计与实现[J]. 计算机应用,2012(8):291-295.
- [ 11 ] Landaluce H, Perallos A, Zuazola I J G. A fast RFID identification protocol with low tag complexity [ J ]. IEEE Communications Letters, 2013, 17(9):1704-1706.
- [ 12 ] 张学军,王娟,王锁萍. 基于标签识别码分组的连续识别防碰撞算法研究[J]. 电子信息学报,2011,33(5):1159-1165.