

文章编号:1673-0062(2013)03-0037-06

一种 HF RFID 实验平台设计

欧阳宏志

(南华大学 电气工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘要:从培养工程师的能力目标出发,设计了一套 RFID 实验平台.阐述了系统的两大部分,即阅读器和电子标签的工作原理,详细介绍了阅读器中振荡器、功放、天线、检波、解码等电路,电子标签中供电、负载调制等电路,并且给出了实验电路的调试方法.运行结果表明,系统原理清晰,工作可靠,成本低,对于工程师熟悉 RFID 系统的工作原理有一定作用.

关键词:射频识别;阅读器;电子标签

中图分类号:TP391 **文献标识码:**B

The Design of HF RFID Experiment Platform

OUYANG Hong-zhi

(School of Electric Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract:To improve the ability of engineers, a set of RFID experiment platform is designed. The system principle is expounded, including reader and electronic tag. They are introduced in detail which are oscillator, power amplifier, antenna, detection and decoding circuit in reader, power supply, load modulation circuit in electronic tag. The research also gives the method of debugging about the experiment circuit. The experiment results show that the system principle is clear, reliable, with low cost and so on. It will contribute to the engineers for being familiar with the working principle of RFID system.

key words: RFID; reader; electronic tag

0 引言

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术,是一种无线通信技术,可通过无线电

信号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触.作为物联网的重要组成部分,目前 RFID 技术应用很广,如:智能交通,门禁系统,食品安全溯源等.为

收稿日期:2013-04-10

基金项目:湖南省教育厅科学研究基金资助项目(11C1047);2011年南华大学网络教育资源基金资助项目

作者简介:欧阳宏志(1982-),男,湖南衡阳人,南华大学电气工程学院讲师,硕士.主要研究方向:电子技术.

了使电信类学生,特别是卓越工程师班学生掌握 RFID 系统的基本原理,本实验采用分立元件和数字集成电路制作射频电路和基带电路,由这些单元电路组成一个完整的被动式应答 RFID 实验系统.通过制作各单元电路,调整电路工作状态和信号参数以及系统联调,既能加深对各单元电路工

作原理和特性的了解,掌握电路调试和故障诊断的方法,又能熟悉 RFID 系统的工作过程,对工程师掌握通信线路的基础理论和提高实际动手能力有重要意义.

RFID 实验系统主要由阅读器和电子标签两部分组成.其总体组成框图如图 1 所示.

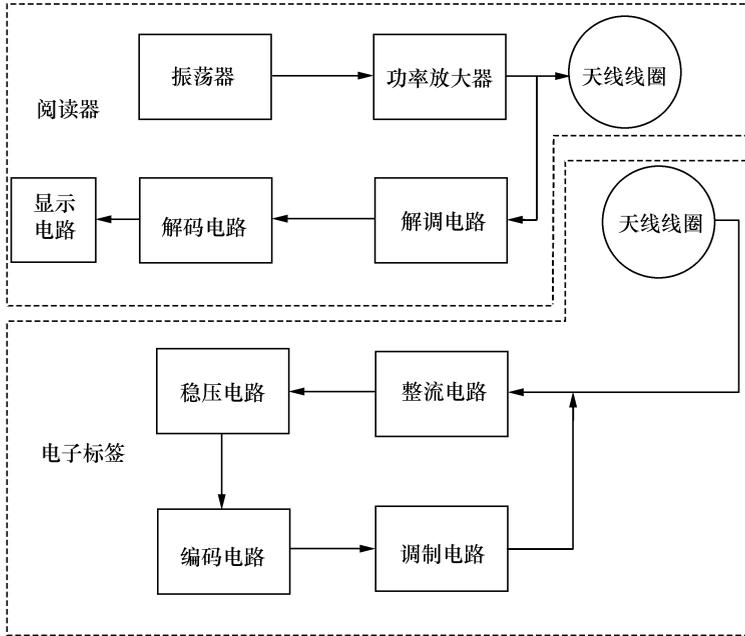


图 1 RFID 实验系统组成框图

Fig. 1 Structure of RFID experiment system

RFID 系统的工作原理是^[1-2]:接通阅读器电源后,高频振荡器产生方波信号,经功率放大器放大后输送到天线线圈,在阅读器的天线线圈周围会产生高频强电磁场.当电子标签线圈靠近阅读器线圈时,一部分磁力线穿过电子标签的天线线圈,通过电磁感应,在电子标签的天线线圈上产生一个高频交流电压,该电压经过电子标签的整流电路整流后再由稳压电路进行稳压输出直流电压作为电子标签电路的工作电源,实现能量传送.电子标签单片机在通电之后会不停地通过输出口向外发送数字编码信号.单片机发送的有高低电平变化的数字编码信号到达开关电路后,开关电路不断地通断动作,会影响电子标签电路的品质因数和复阻抗的大小.这些参数的改变,反作用于阅读器天线,实现振幅键控(ASK)调制.在阅读器的中,由检波电路将经过 ASK 调制的高频载波进行包络检波,并将其还原为电子标签所发送的数字编码信号,并送单片机解码,单片机解码后将信息通过数码管显示出来,以实现信息传送.

1 硬件设计

1.1 阅读器电路设计

1.1.1 振荡器

实验要求产生的载波信号频率为 13.56 MHz,普通的振荡器很难达到比 10^{-4} 更高的频率稳定度,所以采用石英晶体来做振荡器.波形虽然不是标准的正弦波,但经过末级功放的选频网络可将波形还原成正弦波.

图 2 所示为本实验系统采用的石英晶体与门电路构成的多谐振荡器.电路的基本工作原理是利用电容的充放电,当输入电压达到与非门的阈值电压时,门的输出状态即发生变化.因此,电路输出的脉冲波形参数直接取决于电路中阻容元件的数值.

1.1.2 高频功率放大器

高频功率放大器^[3]是为电子标签提供能量的电路,因此是整个 RFID 系统最重要的部分.非线性丙类功率放大器的电流导通角 $\theta < 90^\circ$,效率可达到 80%,通常作为发射机末级功放以获得较

大的输出功率和较高的效率. 丙类功率放大器通常用来放大窄带高频信号, 为了不失真地放大信号, 它的负载必须是 LC 谐振回路.

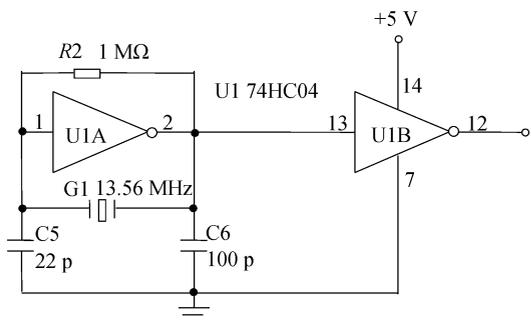


图 2 振荡器电路

Fig. 2 Circuit of oscillator

本实验系统采用由高频晶体管 2N2655 组成的丙类功率放大器, 电路结构如图 3 所示.

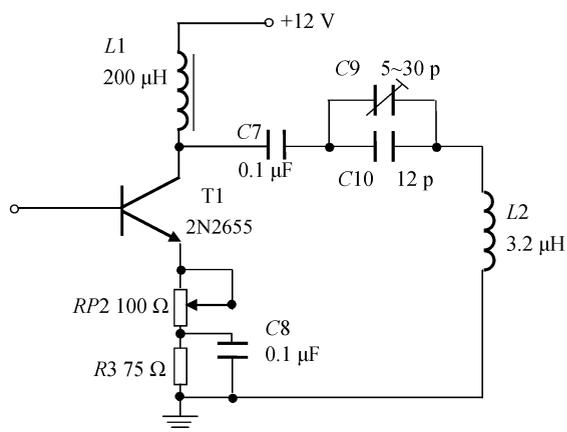


图 3 高频功率放大电路

Fig. 3 Circuit of HF power amplifier

1.1.3 天线

在 RFID 系统中, 天线是传输能量和信息的一个关键环节. RFID 系统天线包括阅读器天线和电子标签天线.

作用距离小于 1 m 的近距离 RFID 天线一般采用工艺简单、成本低的线圈天线. 本实验系统中阅读器天线 $L2$ 采用线径 0.4 mm 的漆包线绕成直径 6 cm 的环形空芯线圈, 线圈匝数为 4 圈, 电感量为 3.2 μH . 根据谐振公式, 由谐振频率和线圈电感值, 可计算出 $C9 + C10$ 约为 43 pF. 实验中可以通过调整 $C9$ 使输出回路达到谐振状态, 使 $L2$ 上的高频输出信号达到最大值. 电子标签的天线同阅读器天线^[4].

1.1.4 检波电路

1) 包络检波电路

大信号的检波过程, 主要是利用二极管的单向导电特性和负载 RC 的充放电过程. 利用电容两端电压不能突变的特性来达到平滑脉冲电压的目的. 实验电路如图 4 所示^[5-6].

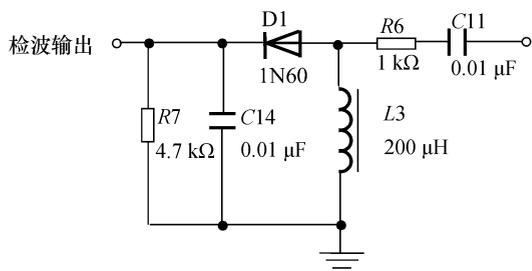


图 4 包络检波电路

Fig. 4 Circuit of envelope detection

因为包络检波电路会改变耦合线圈 $L2$ 的 Q 值, 使谐振回路谐振状态发生变化, 为了减小检波电路对谐振状态的影响, 采用松耦合方式, 即在耦合线圈和检波电路之间串联一个小电容 $C11$ 和一个电阻 $R6$, 使检波电路的阻抗远大于谐振线圈 $L2$ 的阻抗, 从而使检波电路对谐振状态的影响减小.

2) 比较电路

经过包络检波之后信号存在少量的杂波干扰, 而且电压太小, 如果直接将检波后的信号送给单片机进行解码, 单片机会因为无法识别而不能解码或解码错误. 比较器主要是用来对输入波形进行整形, 可以将不规则的输入波形整形为方波输出.

比较电路由运放 LM358 组成, 如图 5 所示.

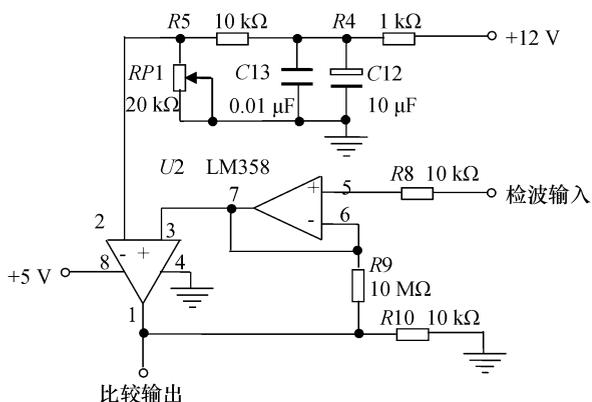


图 5 比较电路

Fig. 5 Circuit of comparator

信号送到 LM358 后先由电压跟随器进行阻

抗匹配, 然后进行电压比较, 通过调整阈值电平
的电压值来得到二进制信号, 比阈值电平值大的电
压判为高电平, 用“1”表示; 比阈值电平值小的电
压判为低电平, 用“0”表示, 经过比较后的信号由
1脚输出到解码单片机。

1.1.5 解码显示模块

在解码显示部分, 选择用单片机的 P1 口作为
译码的动态显示输出, CD4511 作为显示译码器。
因为动态显示的亮度比静态显示要差一些, 所以

在选择限流电阻时应略小于静态显示时的电阻。
解码显示部分电路如图 6 所示。

1.2 电子标签电路设计

1.2.1 供电电路

电感耦合方式 RFID 系统的电子标签基本都
是无源的, 能量从阅读器获得。本实验系统的电子
标签供电电路如图 7 中所示。整流电路为标准的
桥式整流电路, 整流得到的直流电压通过 LM7805
产生 5 V 稳定直流电源为电子标签芯片供电。

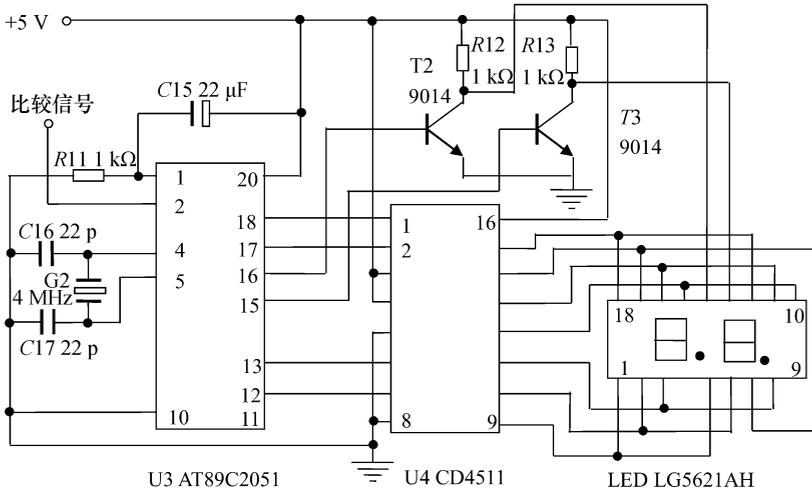


图 6 解码显示模块

Fig. 6 Circuit of decoder and display

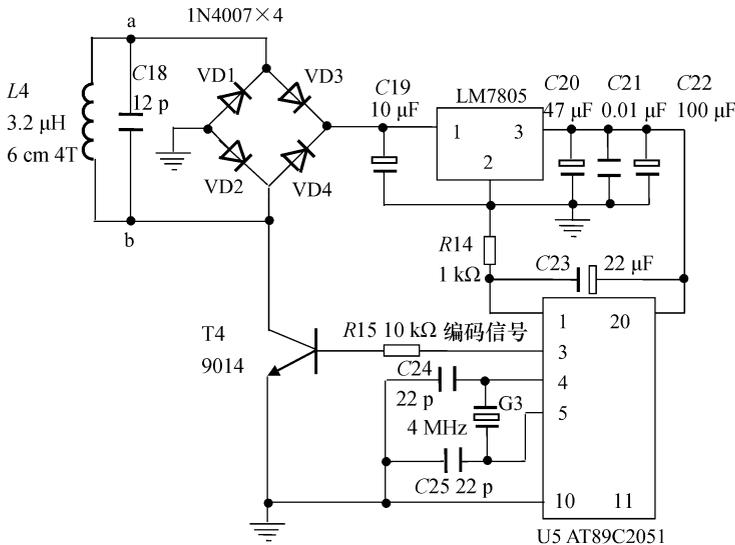


图 7 电子标签整体电路图

Fig. 7 Circuit of electronic tag

1.2.2 负载调制电路

在电子便签中以二进制编码信号控制开关,

即通过编码数据控制线圈并接负载电阻的接通和
断开, 使这些数据以调幅的方式从电子标签传输

到阅读器,称为负载调制,有着与 ASK 调制相似的效果^[7].本实验系统中由晶体管 T4 完成负载调制,如图 7 所示. T4 的基极通过电阻 R15 与单片机 U5 的编码信号输出端 P3.1 相连.在单片机输出的编码信号的控制下, T4 在高电平到来时导通,在低电平时截止,造成电子标签线圈并接的负载电路的阻抗发生变化,电子标签线圈负载阻抗的变化通过 L4 映射到阅读器线圈,从而引起阅读器线圈回路变换阻抗的变化,以此实现数据的变化与阅读器线圈回路变换阻抗变化的同步,从而使得阅读器天线的电压也同规律变化,二进制数据便由电子标签传到了阅读器.

2 软件设计

在 RFID 系统中,为使传输的信号尽可能最佳地与传输通道的性能相匹配,同时使阅读器在读取数据时能很好地解决同步的问题,往往不直接使用数据的原码对射频信号进行调制,而是将

其进行编码变换后再对射频信号进行调制.所采用的变换编码主要有曼彻斯特码、密勒码和差分码等. RFID 系统的编码与解码可以采用编码器、解码器或软件实现方法完成.本实验系统采用软件编程方法实现.

系统的编码由单片机 U5 通过软件编码方式完成,解码由单片机 U3 通过软件解码方式完成. U3 和 U5 均采用美国 ATMEL 公司生产的低电压,高性能的 CMOS 8 位单片机 AT89C2051 芯片,片内含 2 K bytes 的可反复擦写的只读程序存储器和 128 bytes 的随机存取数据存储器.

该系统软件设计的基本原理是^[8]:首先通过单片机控制电子标签,发送数字基带信号,经过 ASK 调制后,再由天线发射出去.阅读器经天线耦合收到调制信号后,进行 ASK 解调,解调后的信号通过串口送到单片机.单片机验证信号后,对信号进行解码处理,最后控制数码管显示出来.

阅读器的程序设计流程图如图 8 所示.

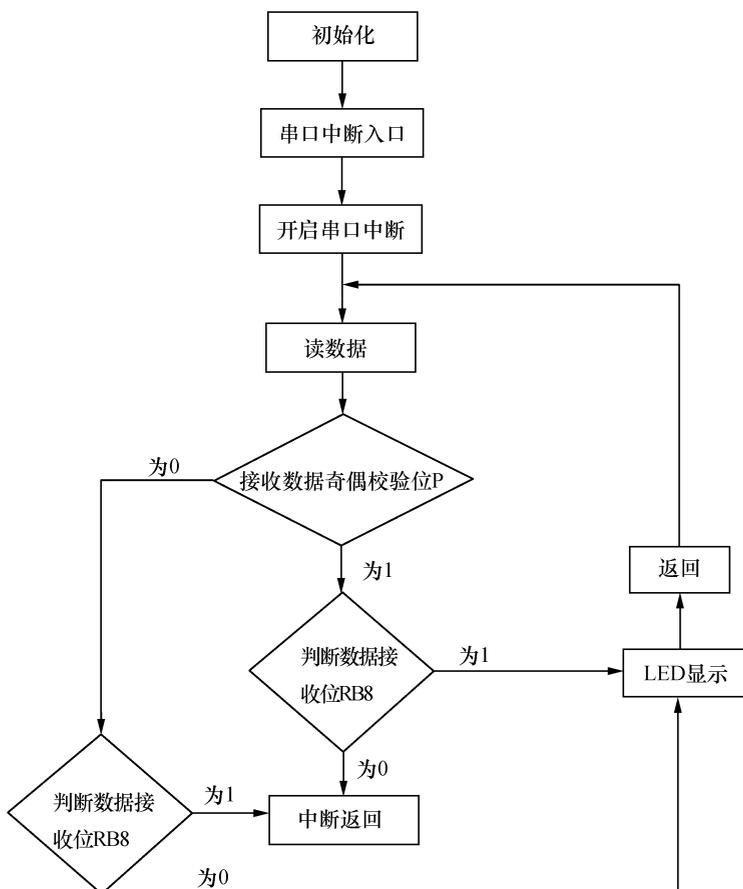


图 8 阅读器程序流程图

Fig. 8 Program flow of reader

3 RFID 实验系统的调试与结果

3.1 振荡器的调试

振荡器基本无需调试,只要电路元件质量可靠、电路连接正确,其输出信号的频率和波形幅度均能达到要求.输出信号的频率应为 13.56 MHz,输出信号的峰峰值应为 $3V_{p-p}$ 左右.如果信号的频率有误差,可在 $C5$ 上并联一只 $5 \sim 30$ pF 的可调电容进行调整.

3.2 功率放大器输出谐振回路的调试

功率放大器是本实验系统的关键电路,需要反复耐心地调整.将数字存储示波器探头接在输出谐振回路元件 $C9$ 、 $C10$ 与 $L2$ 连接点,检测该点的信号电压,调整可调电容 $C9$,使该点信号幅度达到最大,该点信号幅度应为 $55V_{p-p} \sim 80V_{p-p}$,且波形失真度小.但将电子标签天线 $L4$ 靠近阅读器天线线圈 $L2$ 时,该点信号幅度降低为 $20V_{p-p}$ 左右.

3.3 编码脉冲信号和 ASK 调制信号的检测

检测电子标签调制开关管 $T4$ 的 b 极,即单片机输出的编码脉冲信号,该点信号幅度应为 $1V_{p-p}$ 左右.然后将探头接在 $T4$ 的 c 极,调整电子标签天线 $L4$ 与阅读器天线线圈 $L2$ 的相对位置,应观察到的 ASK 调制信号,幅度应为 $10V_{p-p} \sim 15V_{p-p}$ [9].

3.4 整体实验结果

当电子标签靠近阅读器时,电子标签上的 AT89C2051 芯片得到正常的 5 V 工作电压后开始工作,会每隔 0.1 s 就通过串口 P3.1 向外发送一个码字“10100100”,当阅读器通过电路解调得到其反码“01011011”,通过单片机控制解码后变成原码.阅读器上的单片机初始化后 P1 口清零,所以数码管上显示数字“00”.当单片机接收到电子标签发送的码字后就通过 P1 口置“62H”,数码管便显示数字“62”,可以看作是校园一卡通中余额.

4 结 论

随着社会经济的发展,物联网的普及应用,电子工程师掌握射频识别技术是非常必要的[10].RFID 系统实验主要涉及高频电子电路和通信原理课程的基础理论和基本知识,这两门课程的知识又是相互关联的.本课题中,将实现能量传送的过程作为高频电子电路实验的内容,将实现调制与信息编码的过程作为通信原理实验内容,进行了有机结合,可以直观地了解射频电路的工作原理和流程,进而开发出 RFID 应用系统来.装置只用到了普通的分立元器件以及通用型单片机,电路简单,成本低,可靠性高,适合课堂演示、实验、电子设计竞赛辅导等应用.

参考文献:

- [1] Finkenzeller K. RFID handbook [M]. 3rd ed. Germany: Wiley press, 2010.
- [2] 单承赣,单玉峰,姚磊,等.射频识别(RFID)原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 邹波.基于单片机的 RFID 实验系统的研究和设计[J].煤炭技术,2011,30(11):168-170.
- [4] Feng P, Lei J, Dai K, et al. A protected 0.35 μm cmos transmitter circuit for 13.56 MHz RFID reader soc [J]. Future Wireless Networks and Information Systems, 2012, 48(5): 99-106.
- [5] 吴小龙,张红雨.基于 ISO18000-6C 协议标准的 RFID 阅读器设计[J].电子技术应用,2012,38(9):32-34.
- [6] 黄玉兰.射频电路理论与设计[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [7] 袁晓,汪红.基于单片机的 RFID 实验平台设计[J].软件,2011,32(5):97-99.
- [8] 郭天祥.新概念 51 单片机 C 语言教程:入门,提高,开发,拓展全攻略[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [9] Danev B, Capkun S, Masti R J, et al. Towards practical identification of HF RFID devices [J]. ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC), 2012, 15(2): 7.
- [10] 刘强,崔莉,陈海明.物联网关键技术与应用[J].计算机科学,2010,37(6):1-4.