

高集成度UHF频段RFID读写器射频模块设计

姚雄生¹² 朱晓维² 逢型栋¹² 梁中平¹

(南京东大宽带通信技术有限公司, 南京 210008)¹ (东南大学, 南京 210096)²

yaosh@orinda.com.cn

摘要: 本文按照 ISO18000-6C 标准的要求建立仿真模型来分析 UHF 频段 RFID 读写器在收发单天线条件下射频模块的设计, 解决收发单天线比收发双天线隔离度差对射频模块设计的挑战, 然后根据仿真分析结果设计一种零中频方案, 高集成度 2 根收发单天线的 UHF 频段 RFID 读写器射频模块, 输出功率达到 1W。给出设计框图及其测试结果, 其性能指标满足 ISO18000-6C 标准的要求。收发单天线射频模块的设计和传统收发双天线 UHF 频段 RFID 读写器相比极大的缩小其尺寸及降低成本。

关键词: UHF 频段, RFID 读写器, 收发单天线, ISO18000-6C, 射频模块, 零中频

Design of Highly Integrated UHF RFID Reader RF Module

YAO xiongsheng¹² ZHU xiaowei² PANG xingdong¹² LIANG chongping¹

(Greast communication technology co.ltd of China, Nanjing 210008)¹

(State Key Laboratory of Millimeter Waves, Southeast University of China, Nanjing 210096)²

Abstract: In this paper, according to ISO18600-6C (FCC) specification, a simulation model is constructed to analyze the requirements of UHF band mono-antenna RF Module by Agilent ADS-2008 software. Then, the design architecture of zero-IF two mono-antennas RFID RF Module is provided. In finial, the RF module is realized; output power is 30dBm, testing results meet ISO18600-6C (FCC) specification. Comparing with bi-static antenna reader, the mono-antenna is lower cost and smaller size.

Keywords: UHF band; RFID reader; Mono-antenna; ISO18000-6C; RF module; Zero-IF

1 引言

无线射频识别(RFID, Radio Frequency Identification)是结合了无线电、芯片设计以及计算机等多学科的新技术,尤其近年来超高频(UHF)的标准ISO18000-6C的制订及其系统的开发,使得RFID应用前景更为广阔。通常一套UHF RFID系统包括标签,读写器,天线和后台控制器等^{[1][3][5][6]},见图1,其中读写器是设计难度大,很重要的部件之一。标签和读写器间的通信是采用反向散射原理将标签的数据传输到读写器,这样就需要读写器发射载波信号携带回标签的数据^[1],这样的工作方式就存在接收标签信号的同时,发射链路一直在发射载波信号。如果收发链路隔离差,就会存在发射链路的载波信号泄漏到接收链路过强导致接收链路饱和,线性恶化和发射载波信号的相位噪声影响接收信号解调而无法识别标签数据^[4]。传统的读写器设计采用收发天线分离,增加收发信号的隔离度,避免发射载波信号泄漏过强,但该种读写器的体积比较大,成本高,需要多天线,安装麻烦。本文采用零中频方案,通过仿真分析收发单天线读写器的射频模块指标设计,克服收发单天线读写器比收发双天线隔离度差的问题,制

定出合理的发射载波信号的相位噪声指标和接收链路噪声系数及 P_{1dB} 压缩点指标,从而设计出UHF频段(902MHz-928MHz)高集成度的2组收发单天线读写器射频模块,其输出功率能达到1W,读标签的距离可以达到5米以上。

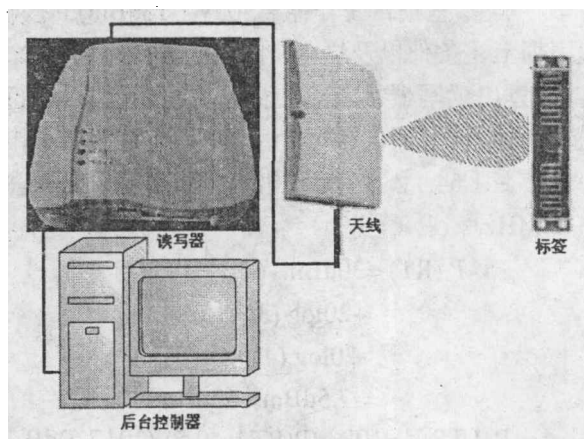


图1 RFID系统组成框图

2 仿真及分析

本文采用零中频方案,如图2所示的两组收发单天线射频模块设计框图。为比较分析,给出图3所示的两组收发双天线射频模块框图。

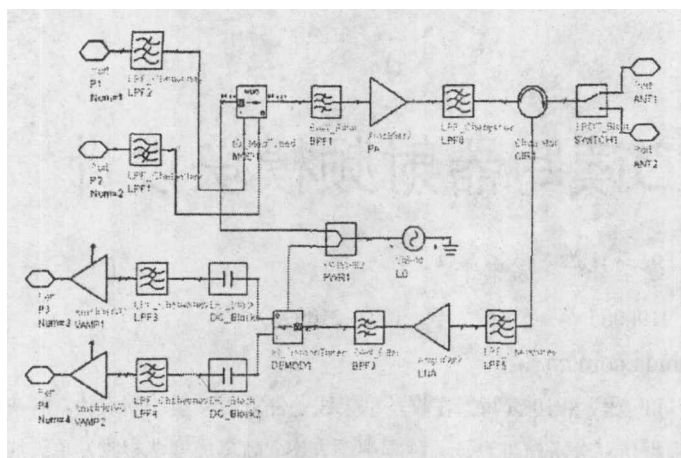


图2 两组收发单天线射频模块框图

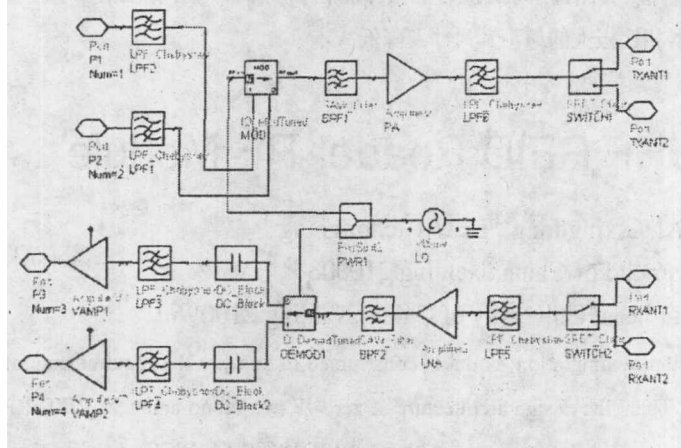


图3 两组收发双天线射频模块框图

本文仿真分析收发单天线的难点即发射天线回波信号(载波)的强度及其相位噪声对接收机接收标签应答信号的影响,根据分析结果来确定发射载波相位噪声,接收机输入噪声系数以及输入 P_{1dB} 压缩点这三个重要的射频模块指标。设定读写器需要读到5m以外的标签,发射输出信号功率1W,标签反射50%的输入信号^[5],一般标签正常工作需要50uW(-13dBm)的接收功率,根据上述条件以及自由空间电磁波传输模型公式^[5]可以计算出读写器接收到的标签应答信号功率 $P(TR)$,标签接收到读写器的信号功率 $P(RT)$,假设标签偶极子天线增益1.64,发射天线增益6dBi,工作频率为915.25MHz。

$$\begin{aligned} P(RT) &= 30\text{dBm} + 6\text{dB} + 10\log(1.64) \\ &\quad + 20\log(3/9.1525) \\ &\quad - 20\log(4 \times 3.14 \times 5) \\ &= -7.5\text{dBm} > -13\text{dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(TR) &= 10\log(P(RT) \times 0.5) - (30 + 7.5)\text{dB} \\ &= -48.0\text{dBm} \end{aligned}$$

假设天线回波损耗-15dB,则天线反射回接收链路的发射载波信号功率 $P(CW)$,

$$P(CW) = 30\text{dBm} - 15\text{dB} = 15.0\text{dBm}$$

设定低噪放前的器件(开关,定向耦合器,滤波器)损耗为5.5dB,另外一般PR-ASK信号(250KHz, 1190

$T_{ari}=25\mu\text{s}$, $X=0.5$)的解调需要10dB信噪比。

根据上述分析及假设,在Agilent ADS2008中建立如图2接收链路分析模型,天线口输入-51.5dBm(考虑边带有用信号仅为 $P(TR)$ 的50%,灵敏度小于有用信号),中心频率915.50MHz的PR-ASK信号(250KHz, $T_{ari}=25\mu\text{s}$, $X=0.5$ 标签应答信号)叠加功率为15.0dBm,中心频率为915.25MHz的单音信号(包含相位噪声),该信号的建立符合ISO18000-6C(FCC)规范^[1]。通过仿真分析确定接收机的输入 P_{1dB} 压缩点需要17.1dBm左右;输入噪声系数可以很大,小于40dB即无影响;发射载波信号的相位噪声要小于-128.5dBc/Hz(偏移250KHz),该指标的设计有较大难度,但对收发单天线性能非常重要,可以通过改善天线驻波和增益来减轻该指标的设计,另外因为噪声系数要求低,输入 P_{1dB} 压缩点要求高,本文通过在低噪放前加入衰减器来减轻对低噪放压缩点的要求。

根据上述分析可见收发单天线方案因为其隔离度只有15dB导致其发射信号相位噪声和接收链路 P_{1dB} 压缩点指标要求很高。而收发双天线方案的隔离一般能达到40dB,因此其发射信号相位噪声和接收链路 P_{1dB} 压缩点指标的设计较容易,但其成本高,复杂。

3 测试结果

按照上述仿真分析结果,本文采用零中频方案,设计出高集成度收发单天线的UHF频段的RFID读写器射频模块,其实物如图4所示,尺寸:长×宽×高=53.5mm×51.5mm×6mm。

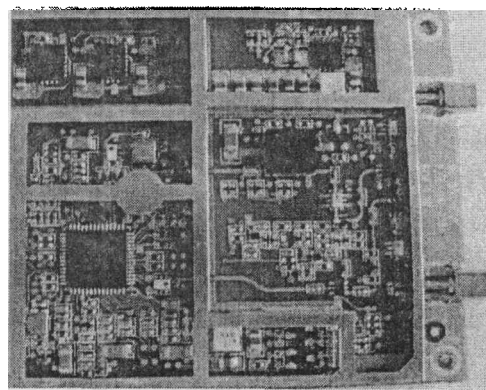


图4 两根收发单天线射频模块实物图

本文实际在天线口加耦合器测量调制模式为DSB-ASK(400KHz, $T_{ari}=6.25\mu\text{s}$, $X=0.5$)和PR-ASK(250KHz, $T_{ari}=25\mu\text{s}$, $X=0.5$)两种情况下输出信号功率和信号频谱及其模板^{[1][7]}。两种情况下的输出功率都达到1W,其中调制模式为DSB-ASK的发射信号输出频谱见图5(包含载波信号),其叠加标签应答信号频谱如图6;另外调制模式为PR-ASK的发射信号输出频谱见图7(包含

载波信号), 其叠加标签应答信号频谱如图8。从测试结果来看DSB-ASK信号完全满足ISO18000-6C的密集读写器情况下的频谱模板(第一邻道和主信道功率比小于-30dBc; 第二邻道和主信道功率比小于-60dBc; 第三邻道和主信道功率比小于-65dBc)。但PR-ASK信号在第二邻道差5dB,经查证和输入基带信号差相关。

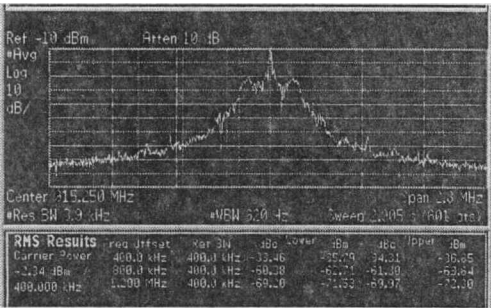


图5 DSB-ASK 发射输出信号频谱

(频率: 915.25MHz;400KHz, Tari=6.25us,X=0.5)

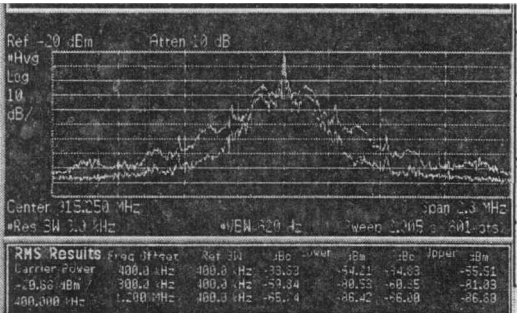


图6 DSB-ASK 发射输出信号叠加标签应答信号频谱(黄色);
发射输出信号频谱(蓝色)

(频率: 915.25MHz;400KHz, Tari=6.25us,X=0.5)

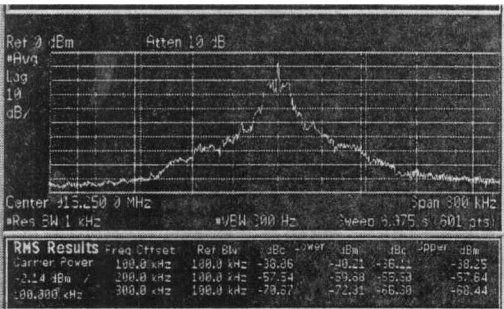


图7 PR-ASK 发射输出信号频谱

(频率: 915.25MHz;250KHz, Tari=25us,X=0.5)

另外, 本文还进行了读写器读标签试验, 采用6dBi的天线, 测量调制模式为PR-ASK (250KHz, Tari=25us, X=0.5)的读写器的读标签的能力, 其可以读到距离天线以外5.5m处的标签。单个标签距离读写器3.8m处的

作者简介: 姚雄生, 男, 在读博士, 主要研究领域无线宽带通信、射频子系统及模块等; 朱晓维, 男, 教授、博士生导师, 主要研究领域为无线通信, 射频微波子系统及模块等。

读标签速度可达32个/秒。

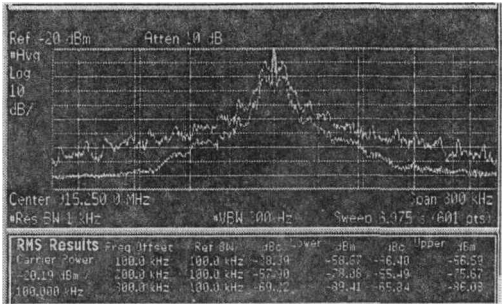


图8 PR-ASK 发射输出信号叠加标签应答信号频谱(黄色);
发射输出信号频谱(蓝色)

(频率: 915.25MHz;250KHz, Tari=25us,X=0.5)

4 结论

本文按照ISO18000-6C标准的要求采用零中频方案建立仿真模型来分析UHF频段(902MHz-928MHz) RFID读写器在收发单天线条件下射频模块的设计, 给出了发射载波相位噪声, 接收机输入噪声系数以及输入P_{1dB}压缩点这三个重要的射频模块指标的分析结果, 最后根据分析结果实现该高集成度的射频模块的实物, 长*宽*高尺寸仅53.5mm*51.5mm*6mm大小。测试结果显示信号频谱模板性能指标达到ISO18000-6C (FCC) 的密集型读写器的相关要求, 实际其读标签的距离和速度均达到较高水平。该收发单天线方案射频模块的设计极大的缩小了传统收发双天线的读写器的尺寸及降低了成本。

参考文献

- [1] Class1 Generation2 UHF Air Interface Protocol Standard Version1.0.9, EPCglobal, 2005
- [2] UHF system overview, TEXAS INSTRUMENTS, 2005
- [3] V. Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia, A Guide to Radio Frequency Identification, Wiley, 2007
- [4] Daniel M. Dobkin, The RF in RFID: physical layer operation of passive UHF tags and readers, 2007
- [5] 吴晓峰 陈天才 译, 射频识别技术(第3版), 电子工业出版社 2006
- [6] 单承赣, 单玉峰, 姚磊, 射频识别(RFID)原理与应用, 电子工业出版社 2008
- [7] Intel, UHF RFID Transceiver R1000 Datasheet, 2007