

## 一种满足 RFID-OTA 测试系统测试的射频开关箱设计

李超<sup>1</sup>, 吴焱<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 92728 部队, 上海 200040; 2. 海军装备部驻上海地区第十军事代表室, 上海 200233)

**摘要:** 介绍一种可进行程控切换的射频开关箱设计。该方法根据射频识别(RFID)和 Over-the-Air(OTA)测试系统对多频段产品测试需求以及路径校准需求, 通过合理的结构设计和系统布局设计, 实现 RFID-OTA 测试系统射频开关箱路径的程控切换, 使测试系统可自动完成不同频段下的测试路径校准以及产品的性能测试。

**关键词:** RFID-OTA; 射频开关箱; 自动化测试

**中图分类号:** TN06; TP27

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16157/j.issn.0258-7998.200443

**中文引用格式:** 李超, 吴焱. 一种满足 RFID-OTA 测试系统测试的射频开关箱设计[J]. 电子技术应用, 2020, 46(12): 14-18.

**英文引用格式:** Li Chao, Wu Yao. Design of RF switchbox for RFID-OTA test system[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(12): 14-18.

## Design of RF switchbox for RFID-OTA test system

Li Chao<sup>1</sup>, Wu Yao<sup>2</sup>

(1. The Chinese Peoples Liberation Army 92728 army, Shanghai 200040, China;

2. The 10th Military Representative Office of Naval Equipment Department in Shanghai, Shanghai 200233, China)

**Abstract:** This paper introduces a design of RF Switchbox for RFID-OTA test system which can be programmed switching. According to the requirements of RFID and OTA test system for multi-band testing and path calibration, through reasonable structure design and system layout design, the programmable RF-Path switched of RF switchbox in the RFID-OTA test system is realized, which enables the test system to automatically complete the performance test and test path calibration of products in different frequency bands.

**Key words:** RFID-OTA; RF switchbox; automation of testing

## 0 引言

在复杂的军用 RFID 应用系统环境下, 军用 RFID 超高频(Ultra High Frequency, UHF)和 2.4 GHz 电子标签的性能和识读效果直接影响着军用物资、车辆、器械、医疗用品、食物等的实时监控、后勤保障、物品追溯和总体的把控管理<sup>[1-2]</sup>, 因此军用 RFID UHF 和 2.4 GHz 电子标签的性能至关重要。

目前国军标电子标签性能测试标准规范中, 只规定了无源电子标签和有源电子标签的性能测试要求, 但没有提出测试方法、测试设备、测试环境等要求和规范<sup>[3]</sup>。现有国际通用电子标签性能测试标准 ISO/IEC 18046-3, 该标准规定了单一方向性能测试的环境要求、测试方法, 但其最新标准的发布时间是 2012 年, 至今没有更新。而在军用 RFID 应用场景中, 不仅需要测试 RFID 电子标签的单一方向性能, 还需要测试电子标签全方向的应用性能, 而 2012 年的国际测试方法无法满足军用 RFID 电子标签性能测试需求。因此, 为了更好地测试和模拟出 RFID UHF 和 2.4 GHz 电子标签的全向识读性能, 本文

根据 OTA 中的全向性能测试方法<sup>[4]</sup>, 搭建 RFID-OTA 系统测试环境, 从而完成 RFID UHF 和 2.4 GHz 电子标签的三维性能测试。

然而在进行系统搭建时由于测试仪表多, 为保证测试结果准确性, 若手动进行路径切换, 会增加测试人员的工作量, 对测试人员的专业知识要求也较高; 而且手动切换不仅会增加整体测试时间, 还会增加测试的不确定度, 降低测试结果的精准度, 使测试结果不具备参考性、权威性。因此, 需要设计一台 RFID-OTA 测试系统专用射频开关箱, 把测试链路切换动作转化为程序化语言, 利用管理系统控制自动化实现自动完成所有测试路径的切换, 从而提高测试效率, 保证测试结果的准确性<sup>[5]</sup>。

## 1 路径需求

在 RFID-OTA 测试中使用的测试仪器中包含: 800/900 MHz 基准测试仪、2.4 GHz 基准测试仪、功率放大器、网络分析仪、矢量信号分析仪等测试仪表。不同工作模式下需要使用不同的测试仪表, 因此测试时会进行多种线路连接, 如: 测量仪表工作测试线路连接、测试系

统整体校准线路连接、不同测试流程之间的线路连接等。其中各线路连接方式如图 1 所示。

图 1 中 RFID 基准测试仪根据测试需求可切换连接为 800/900 MHz 基准测试仪和 2.4 GHz 基准测试仪。

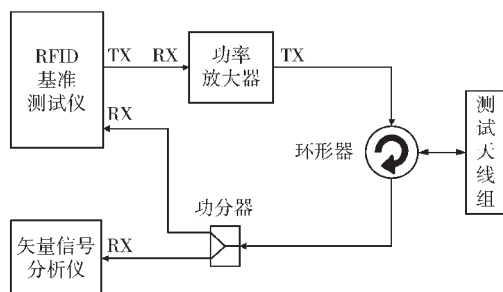


图 1 测量仪表工作时的测试线路连接

图 2、图 3 为整体校准线路时的路连接,其中图 2 为前向链路校准,从功率放大器端开始到测试天线组端结束,需依次校准完所有天线;图 3 为反向链路校准,从测试天线组端到功分器后端结束,需依次校准完所有天线,以及依次校准功分器后端的双线路。

图 4 为读写器全向辐射功率测试线路连接,读写器发射最大功率,由 OTA 测试天线组依次进行接收并传输到矢量信号分析仪进行测量。

综合图 1~图 4 测试线路连接,系统主要需要连接如图 5 所示。

根据综合所有测试连接可以看出,整套系统包含 RFID UHF 和 2.4 GHz 基准测试仪信号的输入和输出、矢量信号分析仪的输入、网络分析仪的输入和输出、测试信号的输入、通信天线的输入等连接。因此不同的测试使用的测试仪表、



图 4 读写器测试链路

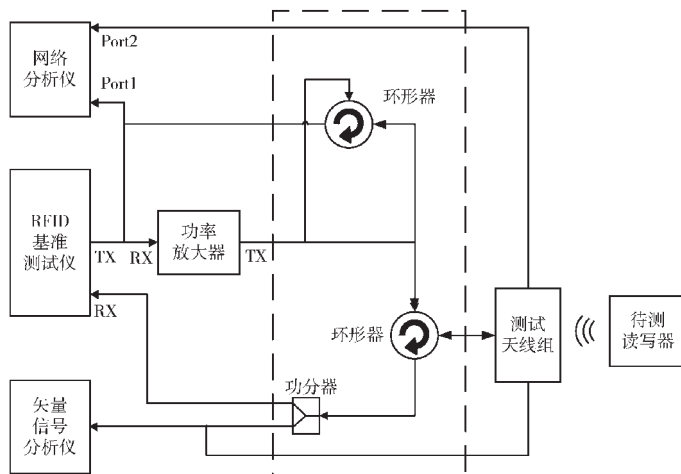


图 5 综合链路连接图

线路连接方式等都不相同,无法同时连接所有线路,满足不同测试的需求,并存在一个端口在多种模式下工作的情况。

因此根据测试需求,整体端口的设计需求如表 1 所示。

表 1 射频端口设计需求

序号	测试仪器	天线端接口
1	RFID UHF 基准测试仪信号输入(Tx)	测试天线端口(RF ANT)
2	RFID 2.4 GHz 基准测试仪信号输入(Tx)	通信天线/校准天线端口(COM ANT)
3	RFID UHF 基准测试仪信号输出(Rx)	
4	RFID 2.4 GHz 基准测试仪信号输出(Rx)	
5	网络分析仪校准输入(Cal In)	
6	矢量信号分析仪输入(SA)	

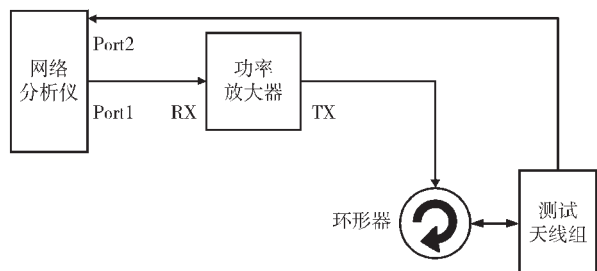


图 2 前向链路校准时的线路连接

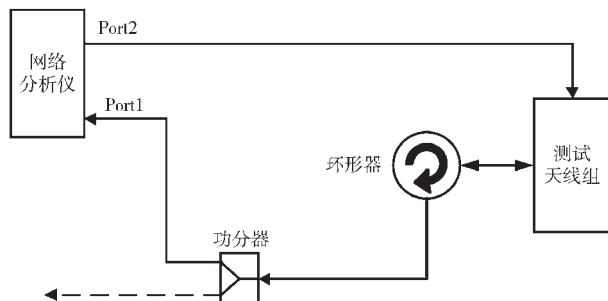


图 3 反向链路校准时的线路连接

根据路径需求和射频端口需求,射频箱外接端口图如图 6 所示。

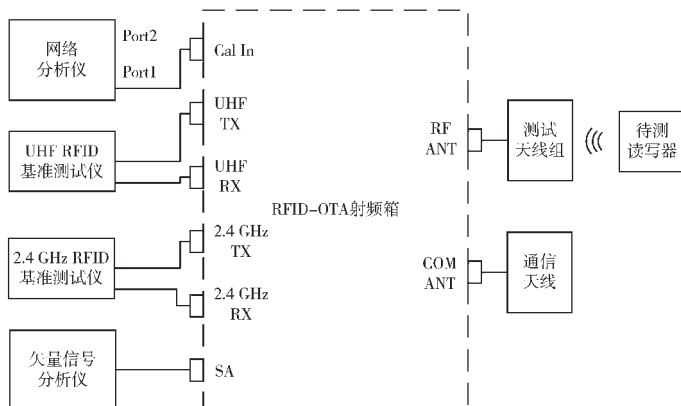


图 6 射频端口图

## 2 链路设计

根据路径需求和外接射频端口设计,RFID-OTA 射

频箱内部测试连接图如图 7 所示。

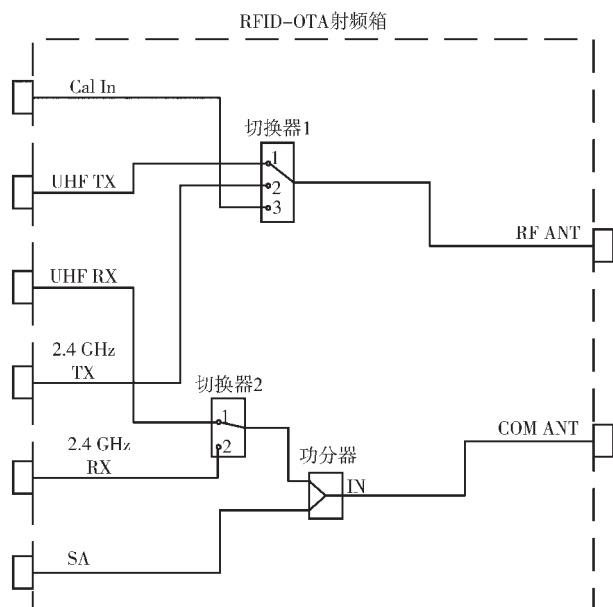


图 7 射频箱内部测试连接图

在射频箱的设计过程中,为保证校准的便利性,在进行 UHF 和 2.4 GHz 测试的切换时,无需再进行路径校准,需要保证链路的简洁性。过多的切换元器件会带入更高的路径损耗以及电压驻波比,因此在前向链路和反向链路采用单刀双掷、单刀多掷等切换器,保证 UHF 和 2.4 GHz 路径切换时线路损耗基本保持一致<sup>[6]</sup>。

而在校准时,需要校准前向和反向链路,如图 2、图 3 所示。目前设计的校准链路可以通过校准天线快速、便捷的校准所有天线的前向链路,但若需要校准所有天线路径的反向链路,则需要功分器的 IN 端连接到 RF ANT 端口,切换器 1 的单端口连接到 COM ANT 端口,若直接增加两个单刀双掷开关,会造成链路复杂化和链路损耗的不确定性,因此在该部分设计时采用双刀双掷开关(如图 8 所示),从而保证前向路径和反向路径校准的切换。

测试距离为 80 cm,根据电磁波的自由空间损耗(式(1),单位为 dB),UHF 和 2.4 GHz 频率的测试空间损耗如表 2 所示。

$$FSPL = 20\log_{10}R + 20\log_{10}f - 27.55 \quad (1)$$

式中, $R$  为传播距离,单位为 m; $f$  为工作频率,单位为 MHz。

而测试路径中还包含线缆损耗(>10 dB),因此整体

表 2 测试空间损耗

序号	测试频段	频率范围/MHz	空间损耗/dB
1	UHF	840	29.00
2	UHF	925	29.83
3	2.4 GHz	2 400	38.11
4	2.4 GHz	2 483.5	38.41

测试路径损耗>50 dB。同时由于 2.4 GHz 标签为有源标签,其工作功率往往会小于-40 dBm,再经过路径损耗,设备接收到的反向信号会小于-90 dBm 的情况。因此,为保证测试设备能够更好地接收并分析到标签返回的信号,从而保证测试系统的正常运行,在进行射频开关箱设计时,在反向链路中通过单刀双掷开关增加另一条反向链路,通过增加预置放大器来增大标签的反向信号。最终设计图如图 9 所示。

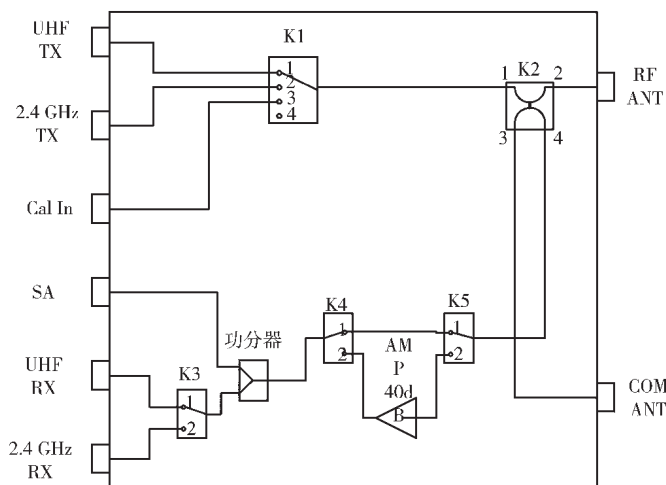


图 9 RFID-OTA 射频箱设计图

图 9 中,K1、K3、K4、K5 为单刀双掷开关,K2 为双刀双掷开关,而为保证校准结果的准确性和开关箱的使用寿命,内部线缆链接采用刚性射频线缆,且保证 K1 到 UHF TX、2.4 GHz TX、Cal In 的路径损耗差距<0.1 dB,以及 K4 到 SA、UHF Rx、2.4 GHz Rx 的路径损耗差距<0.1 dB。

同时,为了方便控制射频信号处理单元的路径切换,设计时加入多功能专用控制板,通过管理系统控制连接,完成射频路径的切换。

以下为部分路径 10 MHz~6 GHz 输入驻波比图,保证射频箱的可用性。由图 10 可见,UHF TX 端口到 RF\_ANT 端口路径输入驻波比均值为 1.06:1,最大值为 1.19:1;由图 11 可见,Cal in 端口到 RF\_ANT 端口路径输入驻波比均值为 1.06:1,最大值为 1.12:1;由图 12 可见,COM\_ANT 端口到 SA(有放大)端口路径输入驻波比均值为 1.42:1,最大值为 2.14:1;由图 13 可见,COM\_ANT 端口到 SA(无放大)端口路径输入驻波比均值为 1.16:1,最大值为 1.35:1。

### 3 结论

通过设计 RFID-OTA 系统射频开关箱,使该系统测试具备自动化测试能力,不仅提高了测试效率,还保证了测试结果的准确性。同时,通过选择高性能开关和合理的链路设计,使所有测试路径的电压驻波比在工作的频率范围内小于 1.5:1,且路径损耗小于 3.5 dB。实

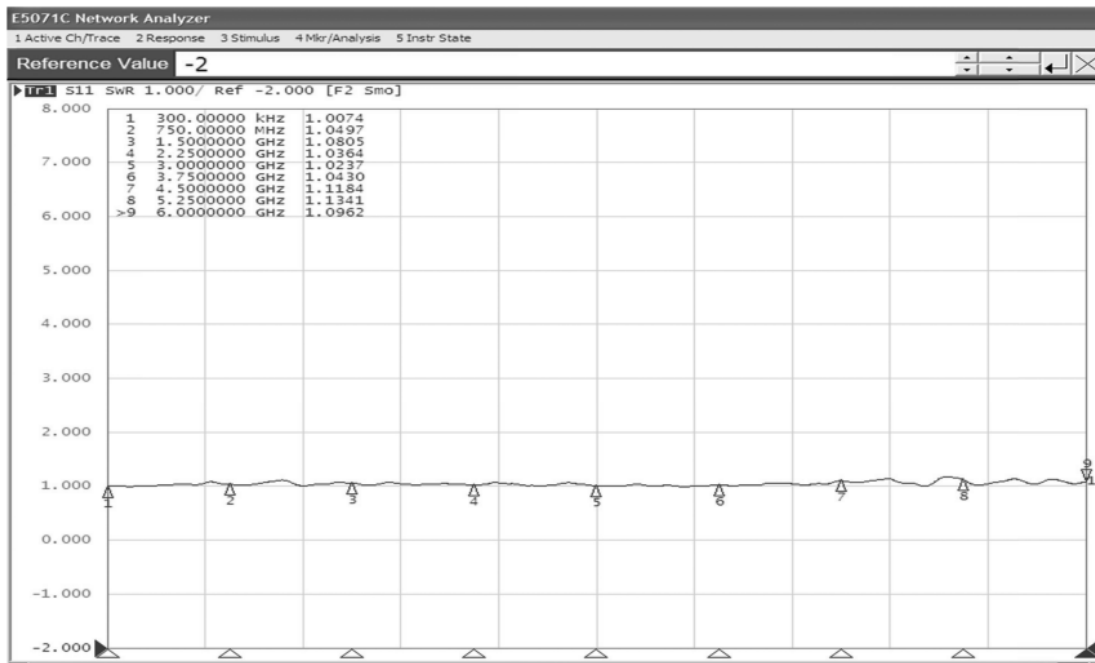


图 10 UHF TX 到 RF\_ANT 输入驻波比

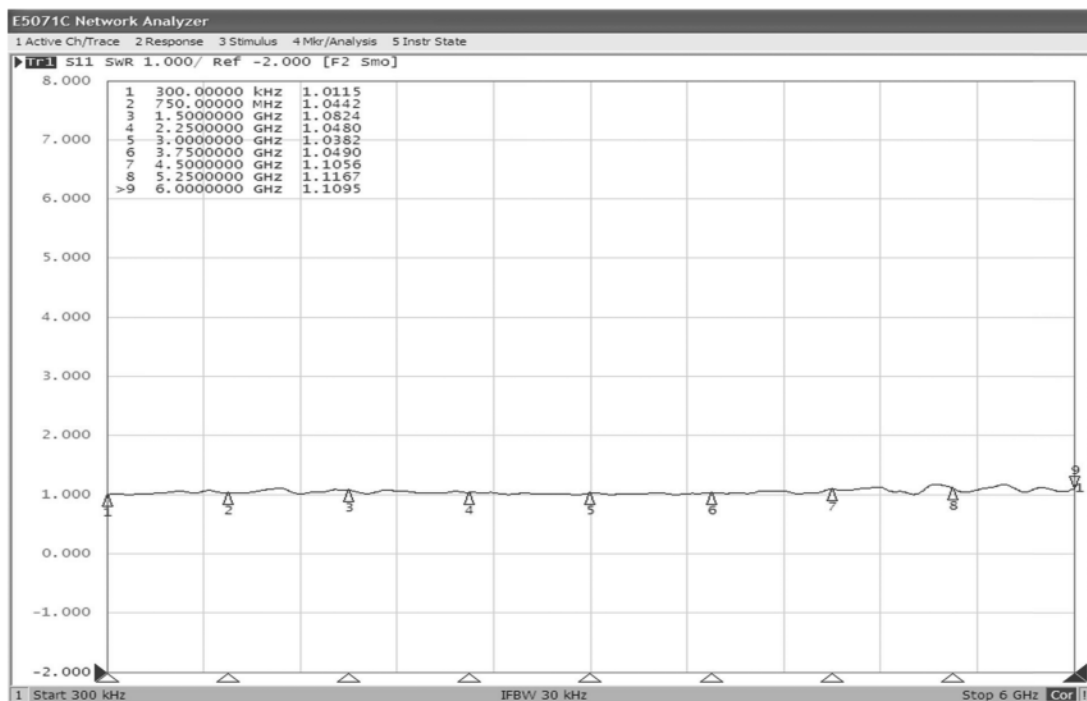


图 11 Cal in 到 RF\_ANT 输入驻波比

际应用及测试结果表明,该射频开关箱设计方法正确、有效。

#### 参考文献

- [1] 梁虎,王厚辉,杨若鹏.无线射频识别技术的发展趋势及军事应用前景[J].中国科技信息,2008(4):272-273.
- [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,2005,31(5):1-4.
- [3] Wang Honggang, Pei Changxing, Zheng Feng. Performance

analysis and test for passive RFID system at UHF band[J]. 中国邮电高校学报(英文版),2009,16(6):49-56.

- [4] 戴华烜,骆建.CTIA OTA 测试规范的新要求分析[J].电子质量,2014(6):20-24.
- [5] 严丰庆,钱澄.射频开关及其在通信系统中的应用[J].电子器件,2005,28(1):97-100.
- [6] 王磊.基于多层板的多功能组件微波互联技术研究[J].电子技术应用,2019,45(6):7-10.

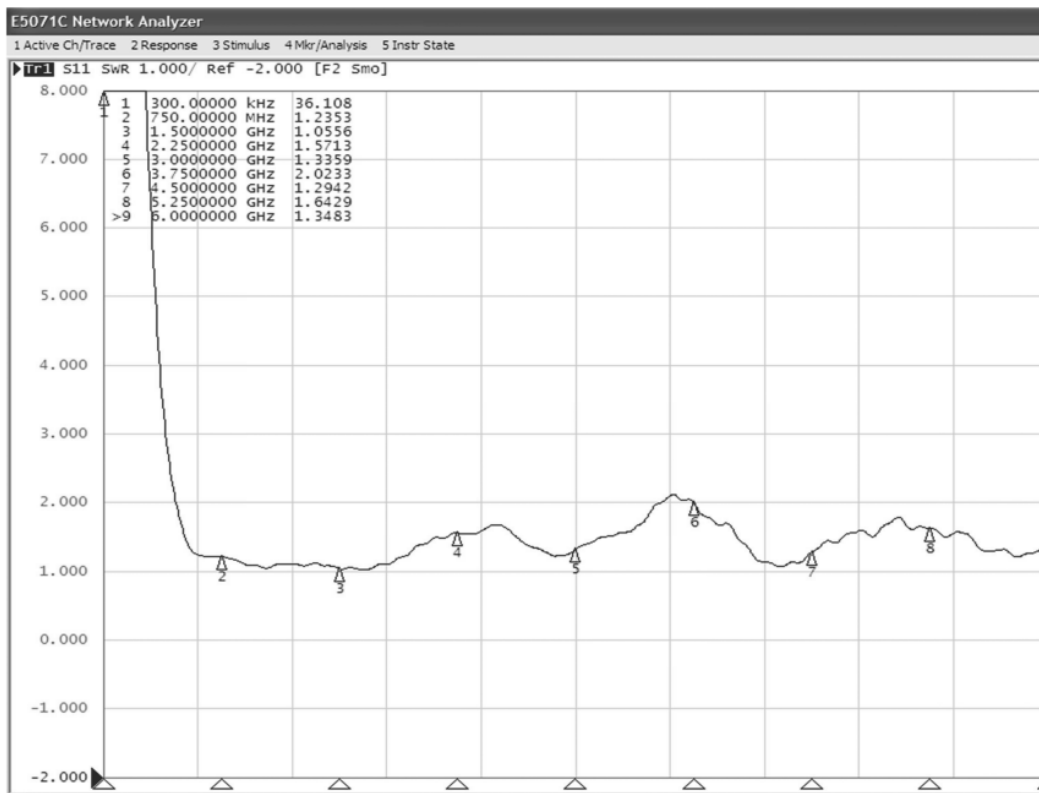


图 12 COM\_ANT 到 SA (有放大)

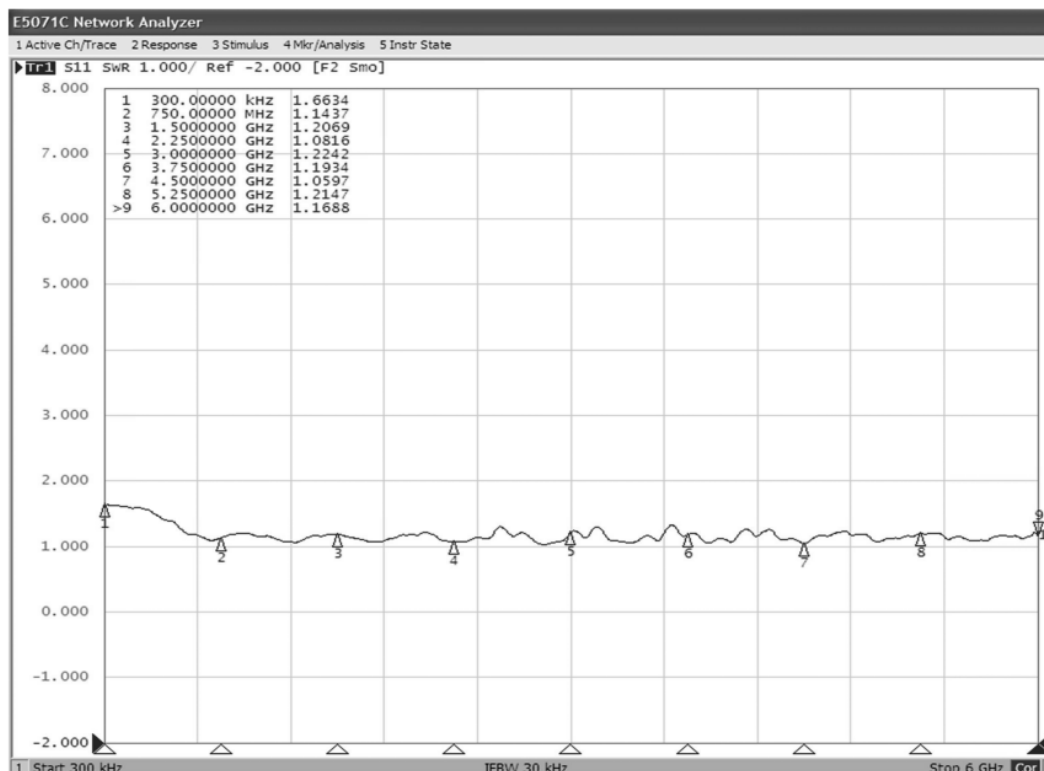


图 13 COM\_ANT 到 SA (无放大)

(收稿日期: 2020-06-01)

信息系统、射频识别、标准化。

作者简介:

吴垚(1983-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 阵列信号处理、射频识别。

李超(1984-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 电子

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所