

Design of an Embedded Impedance Analyzer^{*}

ZHANG Nan¹, MA Yanjun^{2*}

(1. Shaanxi radio and TV station, Xi'an 710061, China;

2. College of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to measure the characteristics of high frequency components, an embedded impedance analyzer is designed based on PIC18F452 micro-processor, where AD9851 is utilized as a signal generator, AD8302 is adopted as a magnitude and phase detector, and PIC18F452 is used to do signal acquisition and processing. Furthermore, a directional coupler is designed to measure the input impedance. Crystal filter power amplifier and short-wave antenna are fabricated and measured. The results are intuitive, and this analyzer can be used widely in broadcasting systems.

Key words: impedance analyzer; impedance measurement; phase detector; AD9851; AD8302; PIC18F452

EEACC: 7210B; 7310J

doi: 10.3969/j.issn.1005-9490.2019.05.051

嵌入式阻抗分析仪设计^{*}

张楠¹, 马延军^{2*}

(1. 陕西广播电视台, 西安 710061; 2. 西安科技大学通信与信息工程学院, 西安 710054)

摘 要: 为了准确快捷地测试高频器件的特性, 基于 PIC18F452 单片机设计了一款嵌入式阻抗分析仪。该分析仪利用 AD9851 芯片作为信号发生器, 利用 AD8302 芯片作为幅度及相位检测器。PIC18F452 单片机完成信号采集、控制及显示等。进一步, 为了测试器件阻抗, 绕制了高频定向耦合器。利用该分析仪测试了晶体滤波器输入阻抗, 测试了高频功率放大器输入匹配单元, 测试了短波天线阻抗。测试结果直观可靠, 可广泛应用到广播电视系统中。

关键词: 阻抗分析仪; 阻抗测量; 相位检测器; AD9851; AD8302; PIC18F452

中图分类号: TM934.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2019)05-1340-04

阻抗分析仪是常用的高频测量仪器, 由于结构简单及成本低廉等因素, 广泛应用到生产调试及广播电视技术等方面^[1-6], 如在广播电视发射系统中, 耦合器、馈管等同轴部件对阻抗匹配要求很高, 一旦出现驻波比升高会造成打火甚至烧毁器件。阻抗分析仪主要由激励源、信号分离装置及接收机组成^[7-8]。其中, 激励源可采用压控振荡器、数字频率合成等方式产生。根据其应用频段, 信号分离装置可以采用耦合线圈、射频电桥、定向耦合器等种类。根据动态范围的指标要求, 接收机可以分为宽带接收机、窄带接收机等几种。Keysight、Anritsu 等公司推出了系列商用产品, 但大多体积重量大, 价格高昂且不便携带^[4], 而广播电视天线馈电系统的特殊性, 其天线较高(一般在 70 m 以上), 给测量维护工作带来很大困难。国内一些研究组开发了便携式阻抗分析仪, 但普遍存在指

标较低且扫频速度慢等问题, 应用范围较窄^[7-12]。

为了克服这些缺点, 设计了嵌入式阻抗分析仪。该分析仪利用 AD9851 模块作为信号发生器, 利用 AD8302 模块作为对数检测器^[13], 且利用 PIC18F452 单片机完成信号采集及显示^[14]。实验测试结果表明, 该分析仪可准确测量器件输入阻抗。该设备体积小重量轻、便于携带, 可广泛应用到广播电视发射机和室外天线馈电系统的测试中。

1 阻抗分析仪设计

图 1 是阻抗分析仪的原理框图。由图 1 可见, 阻抗分析仪主要包括激励源、定向耦合器和接收机。其中, 激励源由 AD9851 芯片产生。AD9851 是 ADI 公司推出的高集成度直接数字频率合成器(Direct Digital Synthesis, DDS), 能实现全数字编程控制的频

项目来源: 2018 年碑林区应用技术研发项目(GX1815)

收稿日期: 2018-12-07 修改日期: 2019-01-10

率合成和时钟发生。AD9851 接口功能控制简单, 可采用串行通信方式。其频率控制字为 32 位, 在 180 MHz 外部时钟驱动下, 输出频率分辨率小于 0.04 Hz。由于 AD9851 内部采用 10 位的 DA 转换器, 为了得到纯净的信号, 需要增加低通滤波器滤除杂散信号。另外, 该器件具有一定超频运行性能, 当需要高一些的频率范围时候, 可以适当提高时钟频率。图 2 是所设计的 DDS 模块实物图, 其简单紧凑且方便嵌入应用。

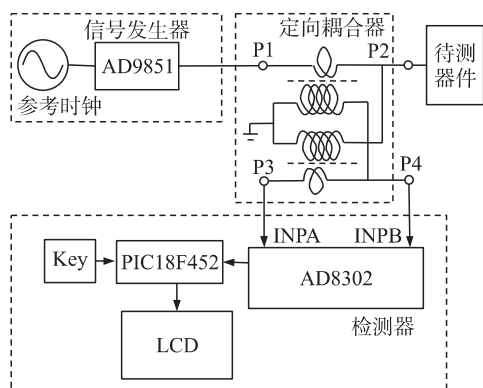


图 1 频谱分析仪的基本结构

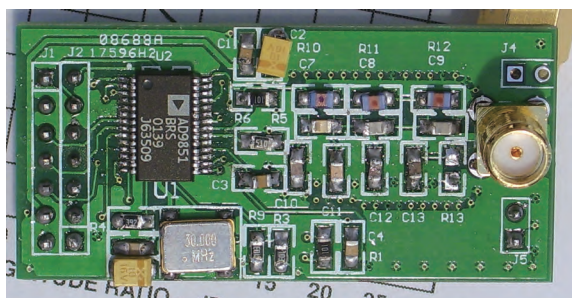


图 2 AD9851 模块实物图

定向耦合器是信号分离单元, 可以分离传输信号及反射信号。定向耦合器一般有 4 个端口(如图 1 所示), 信号由 P1 端口加载进来, 由 P2 端口对外输出, P3 是耦合端口, 从此端口输出的信号可以认为是输出信号的采样, P4 是隔离端口。通过检测 P3, P4 端口信号大小, 可以计算出阻抗值。AD8302 是 ADI 公司的用于 RF 幅度和相位测量的单片集成电路, 主要由精密匹配的两个宽带对数检波器及一个相位检波器等部分组成, 能同时测量两输入信号之间的幅度比和相位差。定向耦合器的 P3 和 P4 口分别接入到 AD8302 的 INPA 和 INPB 端口, 经过 AD8302 处理后, 幅度比值由 AD8302 的 13 脚输出。图 3 是定向耦合器及 AD8302 模块的实物图, 该模块适合嵌入应用。

经过 AD8302 检测后的电压信号进入到 PIC18F452 单片机。PIC18F452 单片机是 Microchip

公司的 8 位单片机, 其内部带有 A/D 转换器, 能够对 AD8302 模块的输出电压进行采样。由于系统对每个采样点进行采集并处理显示, 因此单片机的处理速度直接影响扫频速度。所选用的 PIC18F452 内部具有硬件乘法器, 大大加速了每个采样点处理速度。实际测试表明, 当扫频采样点数为 300 时, 其帧率达到 5 帧/s。PIC18F452 内部的接口资源丰富且外围电路简单, 该单片机直接驱动一块 5 寸显示屏并外接了 4 个旋钮用来调节显示频率范围及反射系数范围。图 4 是单片机及相关模块的实物图。其中, AD9851 模块及 AD8302 模块以插件方式接入到单片机电路板上, 方便以后更新升级。

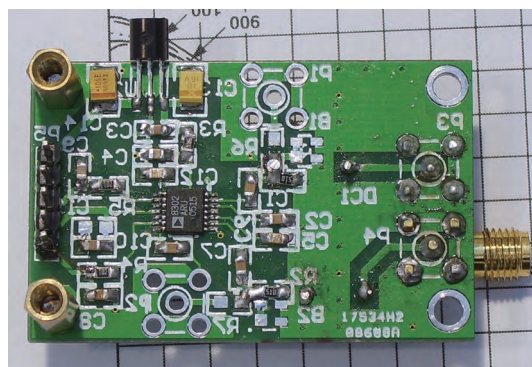


图 3 AD8302 检测器模块实物图

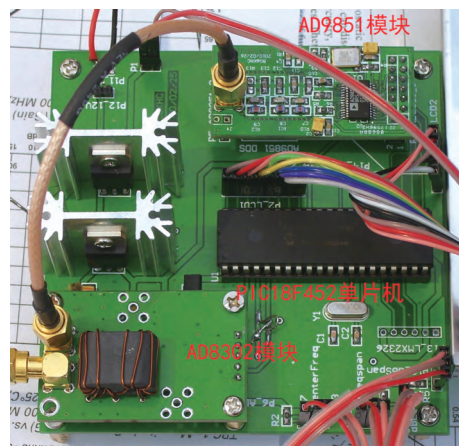


图 4 阻抗分析仪电路模块实物图

2 实验测试

2.1 滤波器输入阻抗测试

滤波器的用途非常广泛, 收音机、电视广播及导航通信等都大量采用。根据其结构可分为如下几种类型: 由 LC 集总器件构成、分布参数器件构成、晶体滤波器、陶瓷滤波器及介质滤波器等。对滤波器的测试主要包含插入损耗、带外衰减及输入输出阻抗等。这里设计了由 8 个晶体滤波器组成的中心频率为 10.238 MHz 且 3 dB 带宽为 2 kHz 的窄带滤波

器,该滤波器可应用到单边带(Single Side Band, SSB)接收机中。测试时将晶体滤波器模块接入到阻抗分析仪上面,通过调整阻抗分析仪的旋钮调整其中心频率及显示幅度范围。图5为测试结果,由LCD显示可见,其中心频率约为10.238 6 MHz,整个扫频范围为5 kHz,反射系数在中心频点接近-15 dB,带宽约为2 kHz。

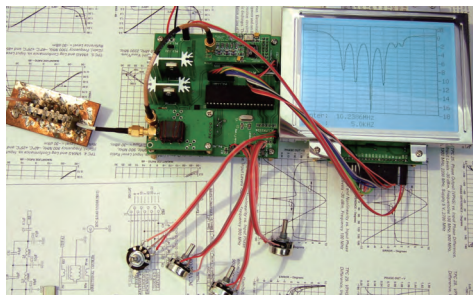


图5 晶体滤波器的反射系数测试

2.2 高频功率放大器测试

图6是采用2SC2078设计的C类高频功率放大器电路图,该功率放大器工作于27 MHz。由图6可见,该功率放大器的关键调试参数为输入中心频率及输入阻抗调整,输出中心频率及输出阻抗调整。因此,输入输出阻抗特性是该功率放大器能够调试正常工作的关键。

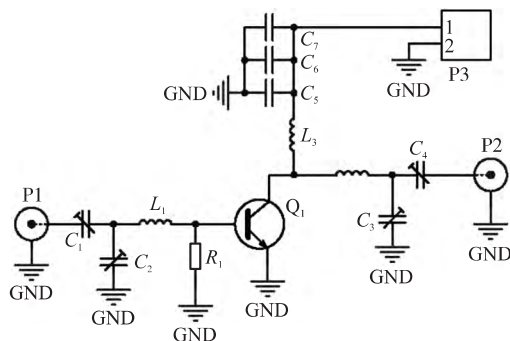


图6 27 MHz 功率放大器电路图

图7是功率放大器模块实际测试图。功率放大器本身消耗较大功率且容易烧毁,这里将2SC2078

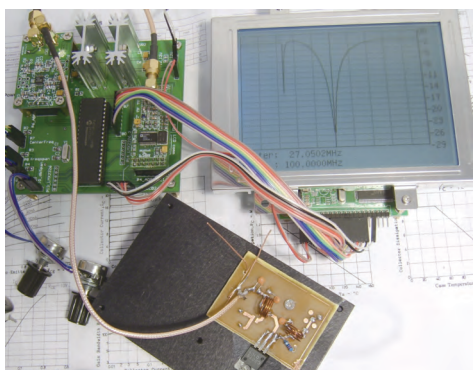


图7 27 MHz 功率放大器输入阻抗测试

固定到一大块散热器上面。通过不断的调整输入阻抗匹配的电容并调整线圈的匝数,最终得到的输入阻抗如图8所示。由图8可见,其输入阻抗的谐振点正好为27 MHz且反射系数大于20 dB。

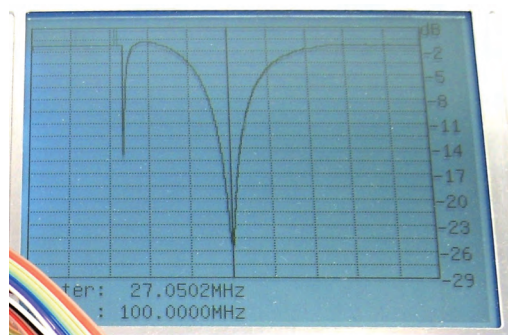


图8 输入阻抗测试结果

2.3 短波天线阻抗测试

短波通信不依赖于任何现有的地面基础设施,也不依赖于卫星,在遇到自然灾害时候有着天然的优势。这里利用简易的木棍及导线绕制了一根短波天线,采用了中间加载电感的方式以便大幅度减小天线长度。测试结果如图9所示,可见其中心频率约为8.1 MHz且反射系数大于15 dB,短波天线匹配良好。

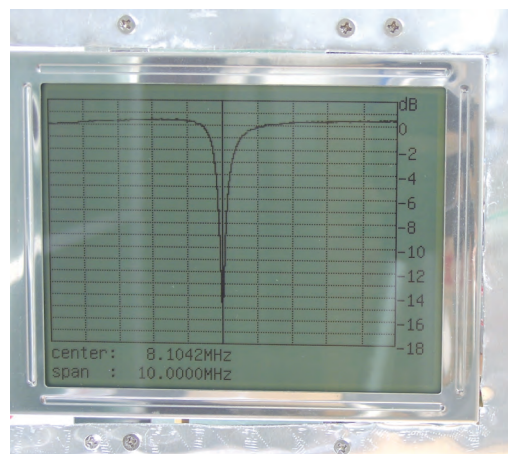


图9 天线反射系数测试图

3 结论

充分利用现有的集成电路设计了一款阻抗分析仪,该分析仪利用LCD显示其阻抗特性。进一步,设计并测试了滤波器、功率放大器及短波天线的输入阻抗。本阻抗分析仪可广泛应用广播电视发射机、天线馈电系统的指标测试中。

参考文献:

- [1] 胡宴如,耿苏燕. 高频电子线路[M]. 北京:高等教育出版社, 2017: 78-109.

- [2] 汤明,郑婧,黄文婷,等. 基于 ZigBee 的无线振动传感器设计与实现[J]. 传感技术学报, 2018, 31(2): 312-318.
- [3] 周明快,黄巍,陈滨,等. 基于无线信道状态相位信息优化的定位算法[J]. 传感技术学报, 2018, 31(6): 957-962.
- [4] 郑锋军,王文锋. HP4191A 射频阻抗分析仪的测量原理和误差修正原理[J]. 现代电子技术, 2006(13): 81-82.
- [5] 王文涛,王世山,龚敏. 在直流偏置电压下的材料介电常数测试系统设计[J]. 电工技术学报, 2016, 31(14): 112-121.
- [6] 张师平,吴平,闫丹,等. 利用阻抗分析仪测量薄膜材料的介电性质[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(8): 29-31.
- [7] 王晓俊,周杏鹏,王毅. 新型全数字化阻抗分析仪设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2005, 19(2): 29-33.
- [8] 祁雨,邢兰昌,刘昌岭,等. 基于虚拟仪器技术的阻抗分析仪设计与开发[J]. 电子测量技术, 2017, 40(6): 19-24.
- [9] 刘俊杰,杨卫东,李涛,等. 一种小型阻抗分析仪的设计[J]. 电子制作, 2015(13): 67-69.
- [10] 王天圣,吴志军,冯平法,等. 压电超声换能器电负载调频特性研究[J]. 机械工程学报, 2017, 53(19): 45-51.
- [11] 许文博. 岩石电特性自动化测量系统的设计与实现[D]. 西安: 长安大学, 2017.
- [12] 吴子贤. 基于 USB 的数字扫频仪测控接口设计[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.
- [13] 牟光红,李廷军. 基于 AD8302 的阻抗测量系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2015(4): 61-64.
- [14] 许光,李雪宝,郑艳芳,等. 基于 PIC18F452 的测频仪设计[J]. 现代电子技术, 2011, 34(19): 121-123.



张楠(1981-),男,汉族,陕西西安,硕士、高级工程师,主要研究方向为射频电路系统设计、广播与电视技术等, zhangnan0610@163.com;



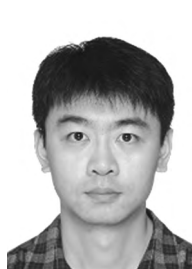
马延军(1978-),男,汉族,山东莱芜,博士、讲师,主要研究方向为高频及射频电路设计、软件无线电等, bj_ma@126.com。

(上接第 1329 页)

- [18] Lu Q, Lu Z, Lu Y, et al. Photocatalytic Synthesis and Photovoltaic Application of Ag-TiO₂ Nanorod Composites [J]. Nano Letters, 2013, 13(11): 5698-5702.
- [19] Lakowicz J R, Shen Y, D' Auria S, et al. Radiative Decay Engineering [J]. Analytical Biochemistry, 2002, 301(2): 261-277.
- [20] Mamaghani A H, Haghighat F, Lee C S. Photocatalytic Oxidation Technology for Indoor Environment Air Purification: The State-of-the-Art [J]. Applied Catalysis B Environmental, 2017, 203: 247-269.



赵临风(1997-),男,汉族,江苏无锡人,东南大学电子科学与工程学院在读本科生,主要研究方向为光电子器件;



张晓阳(1983-),男,副教授,东南大学电子科学与工程学院,主要研究方向为集成光学、纳米光子学和表面等离子激元等, zxycom@seu.edu.cn;



张彤(1967-),男,教授,博士生导师,东南大学电子科学与工程学院,主要研究方向为光电检测、纳米光学、集成光学和表面等离子激元学, tzhang@seu.edu.cn。