

基于 AD8302 的高精度幅相检测系统的设计

刘 静¹, 马彦恒²

(1. 中国 72465 部队, 山东 济南 250022; 2. 军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003)

摘要: 为了提高幅相测量精度、简化电路, 扩展频率范围, 介绍了一种用于 RF/IF 幅度和相位测量的 AD8302 芯片; 并利用此芯片和单片机组成高精度幅相检测系统, 主要是以实现两路模拟输入信号的相位差和幅度比测量为目的; 并利用分频器、施密特触发器和 D 触发器组成相位极性判断电路, 扩展相位测量范围为 $0 \sim 360^\circ$; 该系统能精确测量两输入信号的幅度比和相位差, 测试结果表明基于 AD8302 的幅相检测系统具有精度高、抗干扰能力强等优点。

关键词: 幅相检测; AD8302; 触发器; 极性判断

Design of Magnitude and Phase Measuring System with High Precision Based on AD8302

Liu Jing, Ma Yanheng

(1. No 72465 Unit of PLA, Jinan 250022, China;

2. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to raise the accuracy of the magnitude and phase measuring, predigest the circuit, enlarge the range of the frequency, the paper introduces the chip of AD8302, which is used to measure the RF/IF gain/loss and phase. Then compose the magnitude and phase measuring system with high precision based on AD8302 and MCU, to realize the measurement of the magnitude and phase of the two simulated input signals, and compose the judgement circuit of phase polarity with Schmitt trigger and D trigger, enlarge the range of the frequency test to $0 \sim 360^\circ$. The system can measure the magnitude and phase accurately of the input signal. The results shows that magnitude and phase measuring system based on AD8302 has the advantages of precision and strong anti-jamming.

Key words magnitude and phase measuring; AD8302; trigger; judge the polarity of the phase

0 引言

在实际的雷达装备性能测试中, 经常会遇到需要检测两个信号之间的幅度比(增益)和相位差等问题, 这也是研究网络相频特性中不可缺少的重要方面。因此在某些领域, 精确地测量两个信号之间的幅度比和相位差具有重要的意义。然而, 传统的幅度比、相位差的测量需要采用多个中小规模集成电路, 不仅电路复杂, 测量精度低, 而且只能测量中频或低频信号。因此迫切需要提出一种电路简单、测量精度高、测量频带宽的新型测量幅度比和相位差的方法。

本文设计一种基于 AD8302 芯片的新型幅度比(增益)和相位差测量系统, 该系统可精确测量两个独立的 RF/IF 信号的增益和相位差, 测量精度高, 被测信号的频率可以高达 2.7GHz, 并利用施密特触发器和 D 触发器构成相位极性判断电路, 从而扩大系统的相位差测量范围从 $0 \sim 180^\circ$ 到 $0 \sim 360^\circ$ 。该测量系统加上微波混频电路能够实现对雷达性能及 T/R 组件移相器移相精度的测试。

1 AD8302 的特点及工作原理^[6]

AD8302 是美国 ADI 公司于 2001 年推出的用于 RF/IF 幅度和相位测量的首款单片集成芯片, 它能同时测量从低频到

2.7GHz 频率范围内两输入信号之间的幅度比和相位差。该器件内含两个精密匹配宽带对数检波器、一个相位检波器、输出放大组、一个偏置单元和一个输出参考电压缓冲器等, 可将误差源及相关温度漂移减小到最低限度。

AD8302 具有以下主要特点:

- (1) 可在低频到 2.7GHz 频率范围内测量两输入信号的幅度比(增益)和相位差;
- (2) 测量增益时两个输入信号的动态范围为 $\pm 30\text{dB}$, 输出电平的灵敏度为 30mV/dB , 误差小于 0.5dB 。对应于 -30dB 的输出电压为 30mV , 对应于 $+30\text{dB}$ 的输出电压为 1.8V 。输出电流为 8mA , 转换速率为 $25\text{V}/\mu\text{s}$;
- (3) 精确幅度测量比例系数为 30mV/dB ;
- (4) 精确典型值小于 0.5dB ;
- (5) 精确典型值小于 1° ;
- (6) 该器件在操作时, 具有测量、控制和电平比较三种工作方式;
- (7) 带有 1.8V 基准电压偏置输出;
- (8) 视频带宽响应为 30MHz ;
- (9) 采用 $2.7\text{V} \sim 5.5\text{V}$ 单电源工作;
- (10) 采用小型 14 引脚 TSSOP 封装。

AD8302 的功能结构框图如图 1 所示。

AD8302 能精确测量两个信号之间的幅度和相位差主要基于对数放大器的对数压缩功能, 通过精密匹配的两个宽带对数检波器来实现对两输入通道的幅度和相位差测量, 其幅度和相

收稿日期: 2010-06-24; 修回日期: 2010-07-30。

作者简介: 刘 静(1986), 男, 山东宁津人, 硕士, 主要从事武器装备性能测试与故障诊断方面的研究。

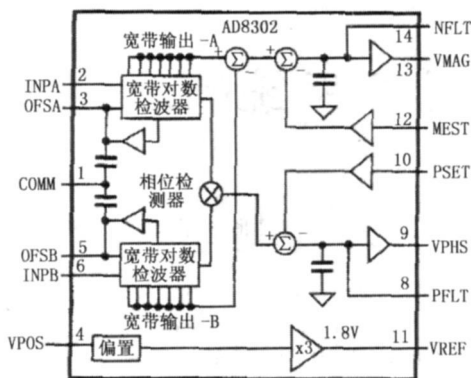


图 1 AD8302 的功能结构框图

位差测量方程式如下:

$$V_{MAG} = V_{SLP} \log(V_{INA}/V_{INB})$$

$$V_{PHS} = V_{\phi} [\Phi(V_{INA}) - \Phi(V_{INB})]$$

其中, V_{INA} 和 V_{INB} 分别为 A、B 两通道的输入信号幅度, V_{SLP} 为斜率, V_{MAG} 为幅度比较输出; $\Phi(V_{INA})$ 和 $\Phi(V_{INB})$ 分别为 A、B 两通道的输入信号相位, V_{ϕ} 为斜率, V_{PHS} 为相位比较输出。

2 幅相检测系统的系统结构及工作原理

本系统主要由相位差测量芯片 AD8302, 精密放大器 AD508, 模拟开关选择器 CD4051, 高速 A/D 芯片 AD7865, 高速异步 FIFO 芯片 SN74ACT7808, 单片机, 显示控制模块以及由施密特触发器和 D 触发器组成的相位极性判断模块等几大部分组成。在此幅相检测系统中, 由 AD8302 芯片输出的幅相电压经精密放大器 MAX408 和模拟开关选择器构成电压放大和信道选择系统。由 MCU 及高速 A/D 芯片 AD7865 与 FIFO 芯片 SN74ACT7808 组成高速不连续采样的数据采集处理系统, 使数据的采集与存储自动地保持同步, 这样就解决了处理速度的限制。由于 AD8302 检测的相位是 $0 \sim +180^\circ$ 之间, 不能给出相位是超前还是滞后, 所以需要相位极性判断电路对相位进行判断。本文采用分频器及施密特触发器和 D 触发器组成相位极性判断模块。整个系统的硬件电路的设计原理如图 2 所示^[3-5]。

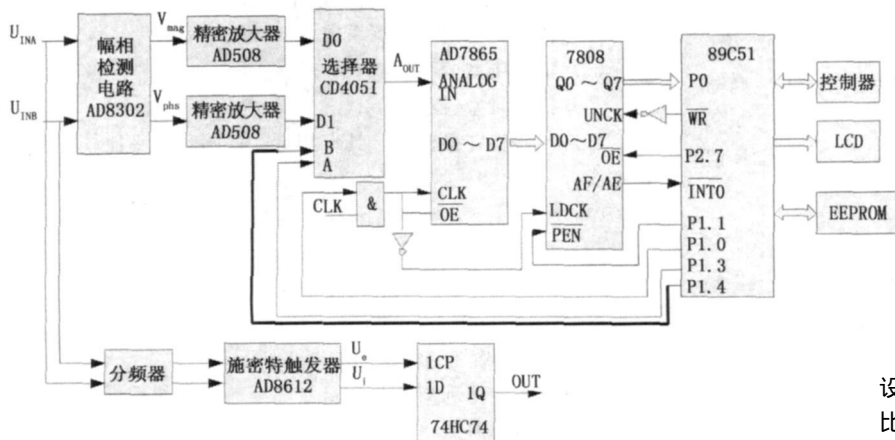


图 2 幅相检测系统的电路框图

该幅相检测系统工作及控制过程: 将测量的信号及参考信号分别送至 AD8302 的两输入通道, AD8302 将输出的幅相电压和经精密放大器放大到两倍, 形成 $0 \sim 3 \text{ V}$ 电压信号, 该电压信号经模拟选择开关选择后送至高速数据采集系统进行数据的采集与处理。由于单片机采集与处理速度相对 A/D 而言速度远远不够, 因为需要设计一个数据存储器, 实现数据的自动采集与存储。在采样期间单片机可以完成数据处理及控制等功能。数据采集完成后, 再由单片机对采集来的数据进行处理, 并由幅相测量算法实现最终的幅相比和相位差测量。预进行比较的两中频信号经分频后输入到高速比较器 AD8612, 该比较器内部具有两路独立的比较器, 因此采用一片即能完成两路信号的比较与整形。D 触发器采用 74HC74, D 触发器的输出经可编程器件 EPM7256 后接到单片机以判断相位极性, 从而可以扩大该幅相检测系统的相位测量范围从 $0 \sim +180^\circ$ 到 $0 \sim 360^\circ$ 。

单片机的 P1.0 引脚通过与门与外部时钟信号相与后送至 A/D 芯片的时钟输入端, 从而实现对 A/D 芯片的控制。将 A/D 的 CLK 和 OE 连接在一起, 再通过反相器和数据存储器的 LDCK 连在一起, 从而实现数据采集与存储的同步, 不需要单片机来控制。当 FIFO 保存的数据将满后给单片机发送中断信号, 单片机接到中断信号后将 P1.0 置为低电平停止采样, 然后从 FIFO 中读取数据。幅相的选择通过 P1.3 和 P1.4 来控制实现, 并调用相应的处理子程序。将要进行测量的两路中频信号经分频和比较器比较后控制 D 触发器的输出, 单片机通过采集该输出的信号从而判断相位差为超前或滞后, 实现 $0 \sim 360^\circ$ 范围的测量。

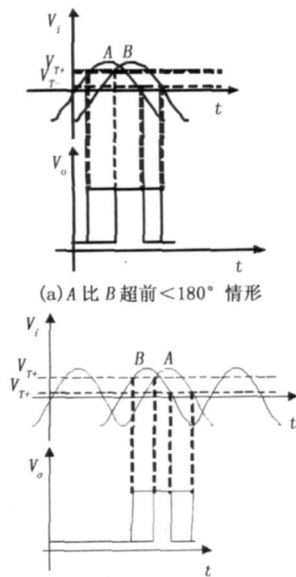


图 3 A 比 B 分别超前 $< 180^\circ$ 和 $> 180^\circ$

具体的相位极性判断原理如下。假设两信号为 A、B, 以信号 A 为基准, A 比 B 分别超前 $< 180^\circ$ 和 $> 180^\circ$, 如图 2 (a), (b) 所示。由于 D 触发器的工作原

理知, D 触发器是在 CP 正跳变前接受输入信号, 正跳变时触发翻转, 正跳变沿后即被封锁。由图 3 所示施密特触发器的输出以及 D 触发器的工作原理知, 当 A 比 B 分别超前 < 180° 和 > 180° 时 D 触发器的输出不同, 利用 D 触发器的输出不同从而判断相位极性, 从而扩展相位差的测量范围。

3 幅相检测系统的软件设计

由本幅相检测系统的结构及工作、控制过程可知, 本系统的软件主要包括幅相数据采集模块、幅度和相位测量转换模块、数据处理模块、LCD 显示模块以及相位极性判断模块五部分组成。其程序流程图如图 4 所示^[3]。

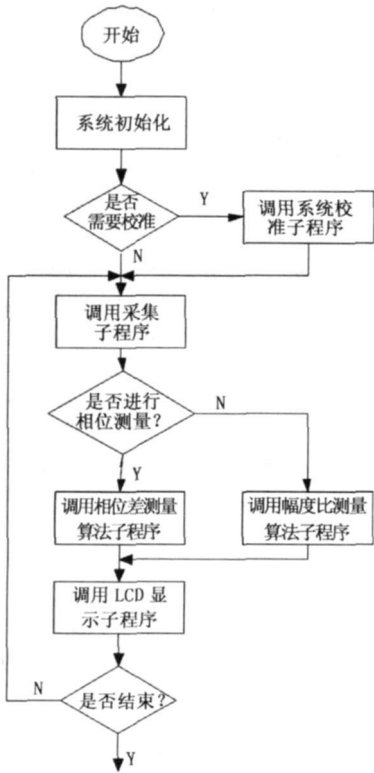


图 4 系统软件流程框图

4 实验测试

本测试实验装置主要有: E8257D 型函数信号发生器一台; 同轴电缆三条; 移相器一台; WD990A 型微机电源一台; 装有 PXI 总线接口的计算机一台; 三用表一台; 示波器一台。实验装置连接如图 5 所示。

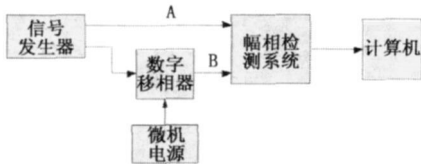


图 5 幅相测试实验装置示意图

数字移相器为提供精确的相位延迟, 信号发生器输出的信号一路直接送给该幅相检测系统, 另一路经延迟后送给幅相检测系统。两路信号经幅相检测系统后送计算机进行数据处理以及结构显示。

对于两模拟输入信号, 设定其幅度比为 15dB, 移相器移相 45°, 利用该幅相检测系统对其测试, 测试结果如图 6 所示。

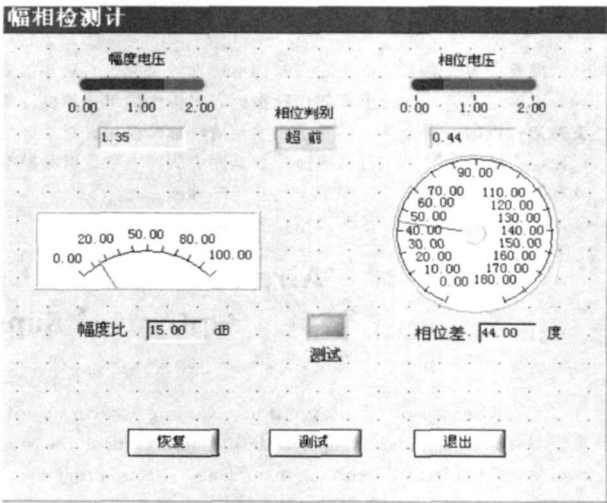


图 6 测试结果显示图

5 结束语

由于 AD8302 能将测量幅度和相位的能力集中在一块集成电路内, 使原本十分复杂的幅相检测系统的设计大大简化, 而且系统性能得到极大提高。利用本文介绍的 AD8302 设计的高精度幅相检测系统再外加微波混频电路和扫频信号源将实现便携式相控阵雷达 T/R 组件移相精度的测试。并利用触发器组成相位极性判断电路, 提高相位差测量范围。本设计简单实用, 通用性强, 性价比高。

参考文献:

[1] 康华光. 电子技术基础 (数字部分) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
[2] 周 坚. 单片机 C 语言轻松入门 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
[3] 郑 珍, 王 海, 等. AD8302 型相位差测量系统的设计 [J]. 电子技术, 2005, (11): 48-52.
[4] 陆文斌. 基于 AD9954 的数字化频率特性测试仪的研制 [D]. 南京航空航天大学, 2005.
[5] 高荣山, 丁 超. AD8302 在幅相检测系统中的应用 [J]. 今日电子, 2005, (3): 73-74.
[6] 宋长宝, 竺小松, 等. AD8302 幅相测量芯片的原理与应用 [J]. 国外电子元器件, 2003, (1): 25-27.
[7] 乔晓艳, 贾莲凤. 基于虚拟仪器的相位差软件测量算法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2003, 11 (6).