

高效率多信道测量软件的设计

张峰 王保锐 向长波 王峰

(中国电子科技集团公司第41研究所电子测试技术重点实验室 青岛 266555)

摘要:通过对当前多信号同时测试需求的分析,提出了高效率多信道测量软件的应用领域。首先介绍了多信道测量软件的架构,确定了多信道测量软件需要完成的任务,分析了多信道测量软件的关键技术和难点。然后详细说明了基于多线程的数据处理模块、高效率通路控制模块和多窗口显示模块的设计理念和实现方案,从理论上证明了关键模块设计的可行性。最后介绍了多信道测量软件的实现结果,实现了最多8个子信道的测量和多窗口的显示。试验测试表明,多信道测量软件能够很好的满足多信号同时测试的需求。

关键词:高效率;多信道测量;数据处理;通路控制;多窗口显示

中图分类号: TN2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.604

Software design of efficient multi-channel measurement

Zhang Feng Wang Baorui Xiang Changbo Wang Feng

(The 41st Institute of CETC, Science and Technology on Electronic Test & Measurement Laboratory, Qingdao 266555, China)

Abstract: By analyzing the request of measuring a kind of signals simultaneity, application domain of multi-channel measurement is presented. The principle of multi-channel measurement is introduced, the task that multi-channel measurement software needed to do is confirmed, and the difficulty and key of multi-threading software is analyzed. The designs and realizations of efficient data process based multi-proceeds, efficient path control, and multi-window display are especially described. The result of multi-channel measurement is introduced, 8 sub channels measurement and multi-window display are realized. Experimentation demonstrated that the software will suffice the request of channel receiver.

Keywords: efficient; multi-channel measurement; data process; path control; multi-window display

1 引言

传统的数字化微波信号测试接收机或信号分析仪使用的是单通道的处理,随着技术的发展,智能手机或基站,几乎可同时发射和接收 WLAN 信号、2G/3G/4G 移动通信信号、蓝牙信号等,要检测这些信号相互之间是否相互干扰,是否影响通信质量,就需要同时对信号强度或调制质量进行测试;大型武器系统可在空间同时存在多种雷达或通信信号,要检测其电磁兼容性,也需要同时对多种信号进行测量。这些工作都是目前单信道接收机很难完成的^[1-2]。

为了满足多信号同时测量的需求,需要一种全新的多信道测量软件,同时对多个不同频率、不同带宽的信号进行频谱监测、电平测量、模拟解调、脉冲描述字分析,以满足多信号同时测试的需求。

2 多信道测量软件的整体框架

如图1所示,射频信号经过混频、滤波得到中频信号,然后经过 A/D 采集、信道化处理得到各个信道的数据,最后,软件对各个信道的数据进行处理,得到测量结果,以图谱的形式显示出来。其中,多信道测量软件的作用尤为重要。参数接收、通路控制、数据处理、测量结果显示等工作,都需要多信道测量软件的参与。因此多信道测量软件的任务包括:完成对信号调理电路的实时控制;在多个信道中,完成连续可变分辨率带宽的频谱和多种解调数据的监测;设计友好的人机交互界面,完成多种测量结果的显示^[3]。

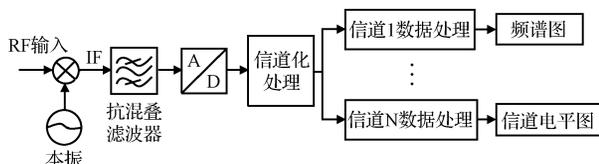


图1 信道化接收机原理

收稿日期:2016-03

多信道测量软件由3部分组成,分别是:用户接口部分、流程控制部分和数据获取部分。软件结构如图2所示。

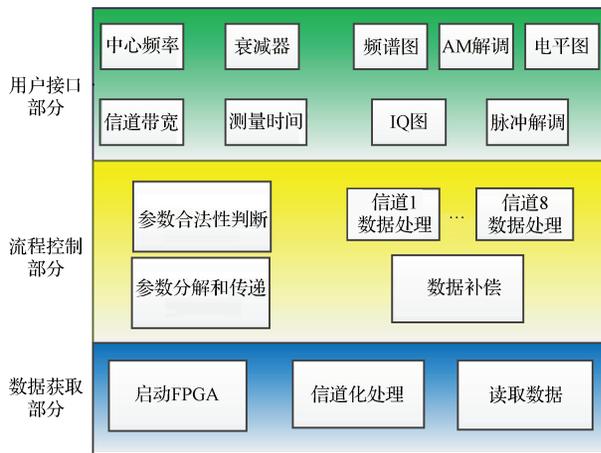


图2 多信道测量软件层次

用户接口部分是用户操作信道化接收机的平台,可以接收不同的控制参数用来完成不同的测试需求,可以将测量结果以窗口的形式展示给用户,由于信道化接收机的信道数量多,测量结果种类多,需要采用多窗口的方式完成测量结果的显示。

流程控制部分将接收到的控制参数,例如中心频率、衰减器、测量带宽等,进行分解然后设置到信号接收通路和数字化处理通路中,因此如何进行高效的通路控制是多信道测量软件的关键。

数据获取部分完成数据查询和读取、数据补偿和转换、图谱显示等操作,如图3所示。信道化接收机的数据种类多,数据量大,因此高效的数据处理模块是多信道测量软件的难点。



图3 软件数据处理流程示意

3 多信道测量软件关键模块的设计

3.1 基于多线程的数据处理模块的设计

在数据处理模块中,数据修正和转换后到图谱显示的操作处理最复杂,它包括各信道数据的分发、每个信道中都要进行FFT运算的处理、各种解调轨迹的处理、各种轨迹的最大保持、最小保持、平均等操作,最后进行窗口图像的生成和显示操作,如图4所示,如果采取单线程处理,会使FPGA长时间处于等待的状态,无法发挥出FPGA运算速度快的优势;而且如何高效的进行缓冲区管理也是多信道测量软件面临的关键问题^[4]。传统的做法是,根据数据量的大小,直接申请相应大小的缓冲区空间,然后顺序

的将数据存入缓冲区,读取时同样是顺序读取。这种做法会遇到以下问题:1)当打开的信道数量或信道测量类型发生变换时,需要调整缓冲区大小,首先将原始缓冲区释放,然后根据数据长度申请新缓冲区,这样会造成其他信道的数据处理和显示的中断,而且频繁申请和释放会造成碎片,不利于内存以后的使用;2)访问各个信道的缓冲区时,需要根据每个信道的数据长度,确定数据在缓冲区中的起始位置和长度,信道数量多时,计算量较大,会比较耗时^[5]。

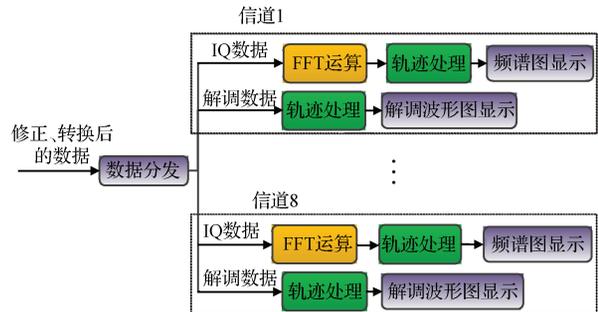


图4 数据分发后软件处理示意

基于多线程的数据处理模块包含3部分,测量线程、中央数据区和数据处理线程,保证多信道测量软件的高效执行。测量线程完成扫描通路设置、FPGA信道化处理的控制,通过PCI总线获取数据和数据补偿等操作。中央数据区是整机的核心数据区,存放着整机中最重要的数据,中央数据区提供了数据存储接口和数据读取接口,可以很方便地访问各个信道的数据,而且每个信道的缓冲区都是相互独立的,当信道打开、关闭或数据长度发生变化时,只会对相应的信道缓冲区进行操作,不会影响其他信道的数据。数据处理线程通过对中央数据区的访问,读取信道化数据,完成主信道及各个子信道中的FFT运算、格式转换、轨迹处理等操作。基于多线程的数据处理模块结构如图5所示。

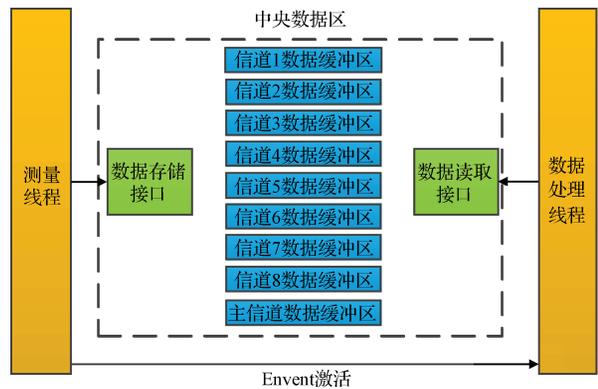


图5 基于多线程的数据处理模块结构

线程之间有着严格的时序关系,同时线程之间还需要进行通信。测量线程将信道化数据读取到中央数据区后,

采用事件的方式激活数据处理线程,然后继续进行后续的处理;数据处理线程收到激活事件后,从阻塞状态变为激活状态,访问中央数据区,进行数据处理,完成后,进入阻塞状态。由于测量线程和数据处理线程都需要对中央数据区的数据进行访问,为了避免两个线程同时对中央数据区进行访问,使用关键代码段对中央数据区进行保护。

打开一个信道或信道的数据类型发生变化时,删除该信道之前存在的缓冲区,然后根据信道的数据类型和数据长度,重新申请缓冲区,其他信道的缓冲区不受影响,将缓冲区地址保存在缓冲区管理类中,便于访问;关闭一个信道时,直接释放缓冲区。

3.2 高效率通路控制模块的设计

控制参数的数量很多,作用的位置不同,而且参数作用的位置对测量过程的影响也不同。本振控制参数修改后,需要重置信号调理电路中所有器件的状态,中断FPGA的当前处理,重置参数,重新启动处理,测量结果显示需要重新刷新;测量带宽参数修改后,则不需要改变信道调理电路的工作状态,但是需要重置FPGA参数,重新启动FPGA处理;信道带宽参数修改后,不需要改变信道调理电路和FPGA的工作状态,只需要重新启动该信道的数据处理。因此,如果任意参数的修改都要中断信号调理电路和FPGA的当前工作,重新设置参数并启动,将会大幅度降低多信道测量软件的运行效率^[6-7]。

在设计中将整机参数进行了更进一步的细化,按照优先级从高到低,将参数分为4类:1)作用于信号调理电路的参数,参数修改后需要中断扫描、数字信号处理、信道化处理,然后重新启动;2)作用于数字信号处理的参数,参数修改后,不需要中断当前扫描,需要中断当前的数字信号处理、信道化处理,然后重新启动;3)作用于信道化处理的参数,参数修改后,不需要中断当前扫描和数字信号处理,需要中断当前的信道化处理,然后重新启动;4)作用于测量结果显示的参数,参数修改后,不需要进行参数传递,只是在显示刷新的时候,读取新的参数^[8-9]。

通路控制流程如图6所示,首先根据参数的作用位置,确定参数的优先级,不同的优先级对应不同的控制方式,参数的优先级越高,控制方式越复杂。

3.3 多窗口显示模块的设计

多信道测量软件的窗口类型多、数量多,而且用户会经常对这些窗口进行创建、删除或类型改变等操作,如果不选择一个合理高效的窗口管理方式,频繁地删除、创建窗口的操作不仅导致程序效率低下,并且很容易造成死机^[10]。

为了能够很好地管理各类窗口的创建、删除以及类型改变的操作,抽象出了一个窗口容器类。窗口容器类主要完成两大功能:窗口的刷新和窗口类型的更改。窗口的创建和删除其本质上是对窗口容器的创建和删除。窗口内

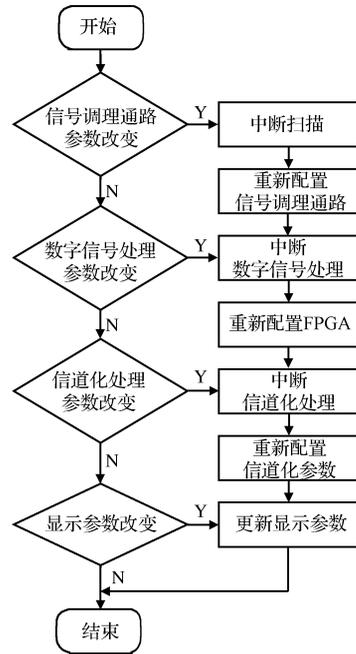


图6 通路控制流程图

显示的信息由另外的数据类提供,这个数据对象全部派生于基类,完成具体的显示。在容器内的刷新函数中,直接调用当前数据对象的更新函数。在容器类内定义了一个指向显示基类的指针,因此在函数中只需调用指向显示基类指针的更新函数就能调用具体显示的数据对象的刷新核电子率当前窗口类型时,比如需要将当前的频谱图换成IQ波形图时,不需将当前的视图删除,只需将容器中的指针重新指向IQ波形图的数据显示对象,这样即完成了窗口类型的切换。

4 软件运行效果

多信道测量软件的运行效果如图7所示,多信道测量软件实现了主信道的频谱监测功能,带宽能达到500 MHz,可以任意设置分辨率带宽,各个信道用不同的颜色标识出来;实现了最多同时对8个不同频率、不同带宽的子信道进行监测,每个子信道都可以独立的进行参数的设置和显示频谱、IQ数据、AM/FM/PM解调、脉冲解调数据和电平参数等测量结果;实现了多个窗口的显示、关闭、类型修改等功能,可以全面的观察各个信道的信号特征;软件的运行效率较高,可以进行最多1 M点的FFT运算,频谱显示更细致;由于采用了多线程机制,轨迹刷新效率很高,显示很流畅。

在下一步的工作中,应进一步优化参数设置的流程,提高信道控制的效率;提高窗口建立、删除、修改的效率,减少系统资源占用;考虑如何在大带宽中自动对信号进行搜索、定位、监测,提高多信道测量的效率。

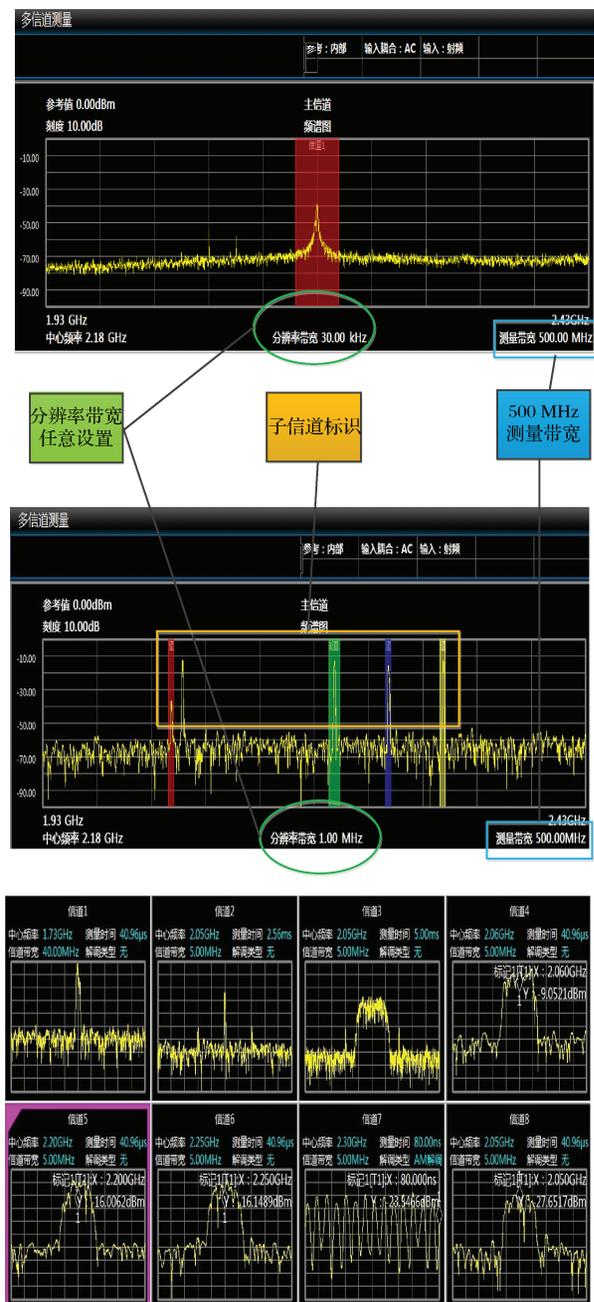


图7 多信道测量软件实现效果

5 结论

在信号接收通路、数字化处理通和系统控制器搭建的平台上,设计了多信道测量软件,完成了对信号接收通路和FPGA高速处理系统的控制,实现了多种测量数据的同时读取和处理,设计了友好的人机交互界面显示多个信道的测量结果。多次试验结果表明,多信道测量软件与信号接收通路和数字化处理通路配合良好,能够很好的满足多种信号同时测试的需求,达到了设计要求。

参考文献

- [1] 宋晓鸥. 基于软件无线电的地下通信接收机设计与实现[J]. 电子器件, 2014, 39(4): 669-673.
- [2] 粟建平. 基于FPGA的信道化接收机的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
- [3] 李磊, 朱长根. 全数字接收机中的AGC设计与数字化实现[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2008, 10(6): 97-99.
- [4] 宋飞. 基于FPGA的数字中频处理技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.
- [5] 齐华, 李铮, 刘军. 基于ZigBee的污水监测系统节点软件设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(12): 27-30.
- [6] 杨名字, 张叶. 基于猫眼效应的窃视目标检测研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(12): 1325-1331.
- [7] 孟卓, 温和, 李华, 等. 电压不平衡度的准同步采样快速测量方法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(3): 574-583.
- [8] 仵杰, 李星根, 李凡. 基于LabVIEW的阵列感应多频信号发射与接收特性研究[J]. 电子测量技术, 2014, 37(11): 68-74.
- [9] 苏涛, 强生斌, 吴顺君. 数字正交采样与脉压的高效算法实现[J]. 现代雷达, 2001, 23(1): 39-48.
- [10] 丁鹭飞, 耿富录. 雷达原理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.

作者简介

张峰, 1988年出生, 工学硕士, 主要研究方向为仪器与测试技术、信号接收与分析、测试应用开发等。

E-mail: zf8819@163.com