

## 用LabVIEW测试电话系统用户环路集中测量系统的测试头

作者：徐明初

职务：生产部经理

公司：广州瑞达通信技术有限公司

**应用领域：**产品测试

**使用的产品：**LabVIEW7.0 ,DAQ7.0 ,DIO-96 DIO 卡 ,NI6014 DAQ 卡 ,TNT4882C ASIC PCI-GPIB 接口卡

**挑战：**在有限的预算和时间内，设计一套高度集成、多功能、稳定可靠的自动测试系统用于通信线路测试产品的参数校准和功能测试。

**应用方案：**采用 NI 公司基于 LabVIEW 的虚拟仪器平台和 Agilent 公司的 34401A 六位半数字万用表，通过定制的接口硬件和信号调理模块构建功能完善的自动测试系统，集成了数字 I/O、仪器控制、数据采集、信号发生及调理功能，结合使用 LabVIEW 开发的自动测试软件完成测试任务所需的数字仿真及测试控制、基本参数的测量及参数校准和各电路模块的功能测试，实现了用一台测试设备测试 4 种单板的设计要求，真正做到了一机多用，降低了测试成本。

### 介绍

测试头作为电话系统用户环路集中测量系统的前端设备，除对电话线路的电气特性参数进行测试外，还可对用户话机、交换机用户板的功能进行测试，测量系统的后台分析软件通过分析返回的测量结果，对用户线路故障进行判断、定位，为准确、快速排障提供可靠依据，该设备可通过 MODEM、RS-232 口或 TCP/IP 口与测量中心连接。广州瑞达公司的测试头是基于 VME 总线的线路测试设备，由电源/接口板、控制/通信板、多功能测量板、交互测量板四个子模块和带 VME 总线无源背板的机箱构成，其核心模块多功能测量板由采用三端测量法和带线驱动的 3 位半数字万用表、电容测试仪、纵向平衡测试仪以及 P 噪声计组成，为保证最终产品的测试精度和质量，该设备在设计中设置了十余个需校准的参数及上千个需测试验证的参数，同时其通信模块和外部接口的功能也要逐一验证，我们通过采用 DIO96 仿真 CPU 及 VME 总线的读写操作来控制被测板使之处于所需的测试状态；采用 NI6014 DAQ 卡产生测试所需的 0~1200Hz、0dBm~10dBm 的单音信号和标准 DTMF 信号以及采集被测信号并结合 LabVIEW 的信号分析功能实现对单音信号频率及幅度、测试信号源相位差的测量和 DTMF 信号的译码；此外采用 GPIB 控制的 Agilent 公司的 34401A 高精度万用表完成对各种基本参数的测量。通过使用 LabVIEW 开发的自动测试软件来有机整合上述虚拟仪器资源，成功构建了满足该产品 4 块板的功能测试及参数自动校准的自动测试设备。

### 测试头单板测试系统总体结构

系统采用典型的基于虚拟仪器平台的个人自动测试系统架构（如图 1 所示），其核心是采用 LabVIEW7.0 开发的自动测试软件，它控制测试系统完成所有的测试任务，包括参数装载、上电控制、UUT 设置、测试通路控制、信号发生及信号采集、参数测试、参数校准、信号分析及处理、测试结果分析及显示以及测试流程控制；基于通用工控机的虚拟仪器平台提供测试控制、参数测试、

参数校准以及外部端口功能

测试所需的硬件资源，其中 DIO96 用于 CPU 仿真、VME 总线仿真、继电器矩阵的控制和程控电阻盒的控制，NI6014DAQ 卡用于标准直流电压、单音信号以及 DTMF 信号的产生和被测音频信号及 DTMF 信号的采集，Agilent34401A 万用表用于被校准参数的测量以及一般参数的测量；专用组件主要包括被测板与虚拟仪器平台之间的硬件接口和用于电源程控、程控电阻盒控制以及 Agilent34401A 万用表和 NI6014DAQ 卡复用所需的继电器矩阵，测试夹具用测试头的机框改制，可满足 4 种单板的测试需求。

该测试系统的核心思想是充分发挥虚拟仪器的灵活性、通用性、扩展性和软件功能强大等优越性，尽量减少专用硬件的数量，除必须的专用接口硬件外，功能性专用硬件一律用 DAQ 卡加软件来实现，这得益于 DAQ 卡强大的功能、良好的软件支持和理想的输入输出特性，这样的设计可有效降低设备成本，提高其稳定性、可靠性、可维护性，同时可保护设备投资。

为方便维护及保证测试系统可靠工作，我们设计了一套自诊断程序，用于检查测试系统本身的功能和精度，同时可帮助维护人员查找故障。

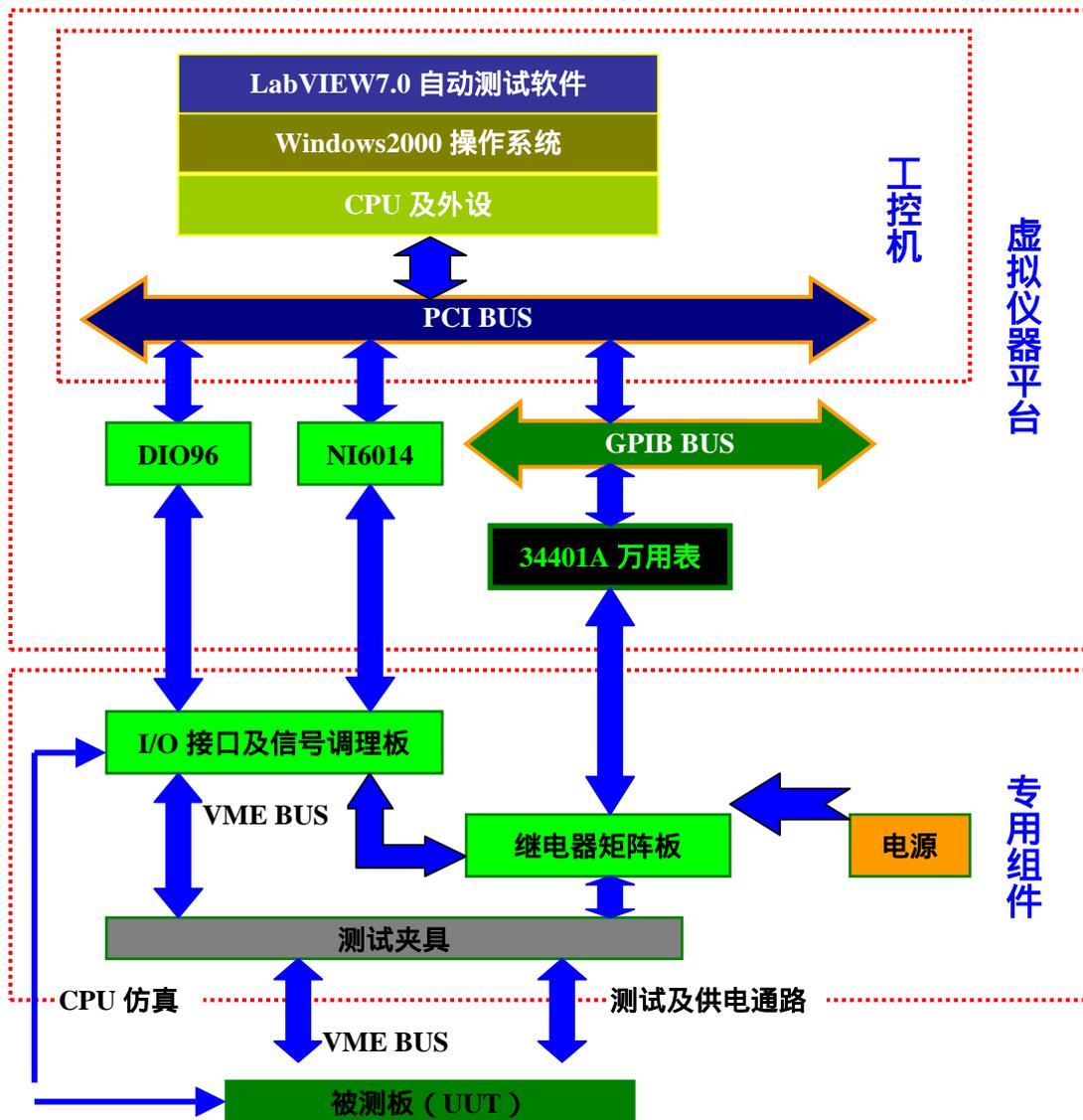


图 1 测试头单板测试系统总体结构示意图

### 软件系统结构

该测试系统自动测试软件总体结构采用 LabVIEW 提供的状态机结构，由于自动测试系统的测试序列是由对应的测试任务构成的顺序集，而对于解决有顺序任务的问题来说，状态机结构是最有效的方法，同时状态机结构支持入口的任意跳转，这样当测试设备工作于维修模式时，可直接跳到与维修有关的测试步骤，保证了设备使用灵活方便，有利于提高设备利用率。

利用 LabVIEW 的层次结构，为改善 LabVIEW 代码的可维护性，我们将测试软件在逻辑上分为测试执行界面、测试模块和仪器驱动器 3 层（见图 2），其中测试执行界面层负责测试序列的组织、人机交互和测试报告的生成；测试模块为每一测试步骤的具体实现，每个测试模块对应测试序列中的一个测试步骤且可独立运行，以便于调试；仪器驱动器为仪器供应商提供的标准的 LabVIEW 仪器驱动程序库。我们在测试执行界面和测试模块间定义了标准接口，而测试模块通过直接调用仪器驱动器的高层函数（VI）来与仪器驱动器交互，清晰的层次结构和标准化的接口有效改善了软件的健壮性和可维护性，同时也便于团队协作开发的组织。

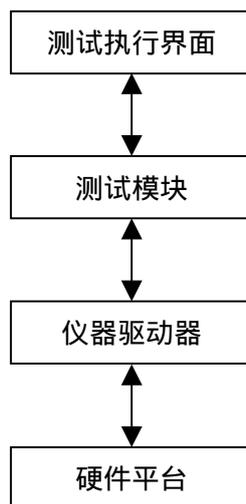


图 2 测试头单板测试系统自动测试软件的层次结构示意图

为了便于软件系统的维护，我们将测试规格等需要维护的数据做成一个测试清单 ACCESS 数据库，当测试程序第一次启动时，这些参数被自动加载，对于不同的被测板，只需加载相应的测试清单数据库即可，而不需对程序作任何改动；类似地，当产品参数发生改变而需更改测试规格时，也只需更改测试清单数据库里的对应记录，而不需更改程序代码。正是由于 LabVIEW 提供的功能强大的 SQL TOOL KIT 工具包帮助我们轻松实现了维护性数据独立于程序代码的思想。

为了满足该设备测试 4 种板的需求，测试软件的用户界面层必须是完全可重用的，利用 LabVIEW 动态加载子 VI 的功能，我们将测试模块的名称标准化，在用户界面层采用动态加载的方式调用各测试模块，在更换被测对象时，只需将对应的测试模块拷贝到指定路径的文件夹即可，而不用对用户界面层作任何改动，这样可大大减少重复性工作，提高开发效率。此外，由于动态加载子 VI 的生命周期与其执行周期相同，故测试软件对系统资源的占用较少，在测试系统比较庞大的情况下，有利于

提高执行效率。

此外在测试功能的实现上，更得益于 LabVIEW 的强大功能和易用性，通过合理分配 DIO96 的 I/O 线，利用 LabVIEW 提供的 DIO 函数，我们轻松完成了 MOTOROLA 系列 CPU 的仿真程序和 VME 总线的读写仿真程序的编写；通过调用基于 VISA 的驱动程序，轻松完成了对 Agilent34401A 数字万用表的控制；利用 LabVIEW 的波形发生器函数，轻松实现了虚拟信号发生器的功能；利用 LabVIEW 自带的信号处理工具包，通过 FFT 变换完成了对同频信号相位差的测量和利用谐波分析法完成对 DTMF 信号的译码。当然参数校准算法的成功实现也得益于 LabVIEW 强大的功能和丰富的资源。

### 测试界面

测试界面采用典型的生产自动测试系统界面（图 3 所示为待机状态下的界面），用户可选择被测产品的类型（在线产品和返修产品），测试设备的操作模式（生产测试模式和维修模式），在维修模式下，用户可选择起始执行步骤，单步循环次数及测试序列循环次数。测试过程中，测试界面除显示被测板信息、测试通过率信息和当前测试步骤信息外，还会实时报告各测试步骤的测试结果，当有测试步骤失败时，会提醒用户是继续还是终止测试。测试完成后，测试软件自动生产 LOG 文件或将测试结果写入数据库。

此外当测试通过率低于设定值时，系统会发出告警信息以提醒操作者注意。

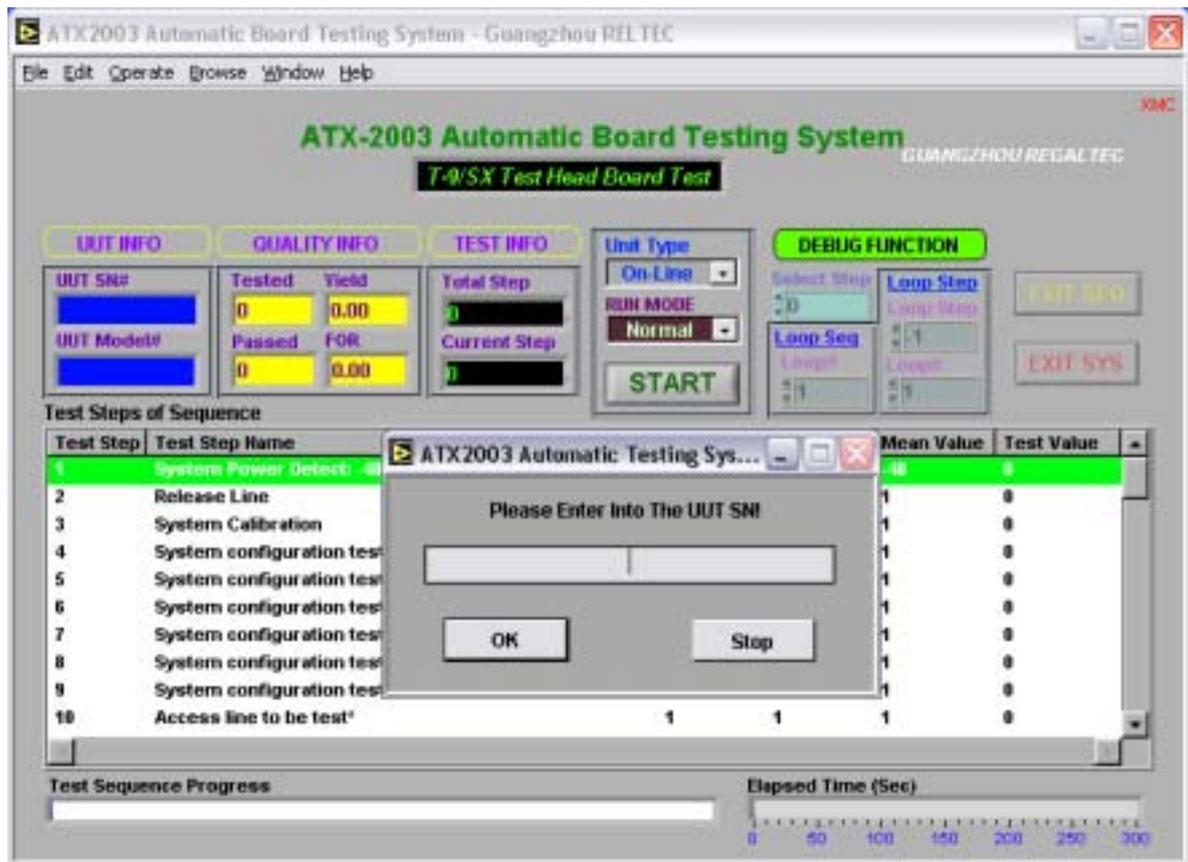


图 3 测试头单板测试系统的主界面

## 测试流程

测试流程包括总体测试流程（见图 4）和测试模块测试执行流程（见图 5）。

图 4 所示测试流程为生产模式下的自动测试流程，在维修模式下，由于可手动选择测试步骤，流程中会增加一些手工选择的环节。

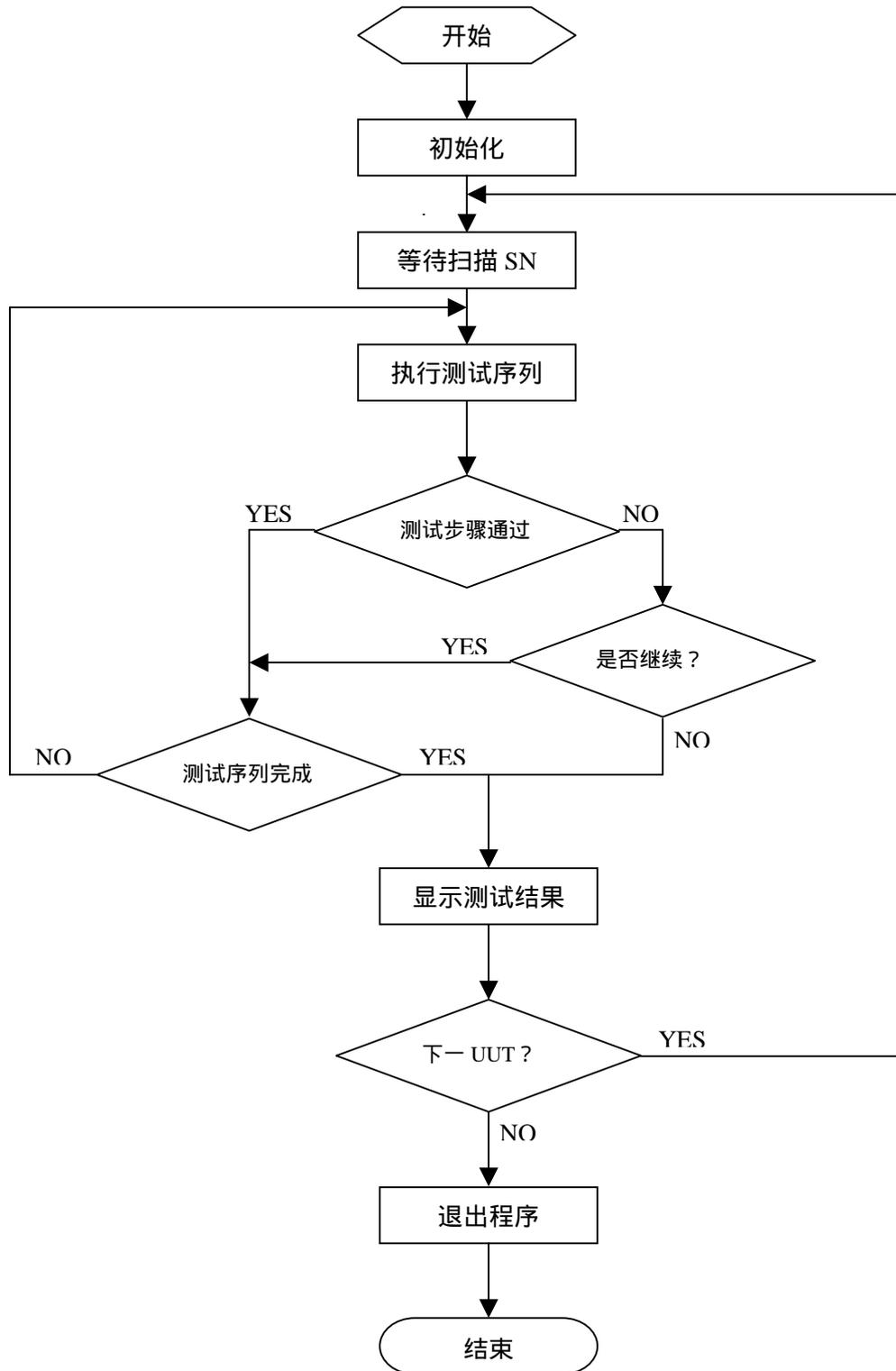


图4 测试头单板测试系统测试流程示意图

测试模块的功能虽然千差万别，但我们将其流程标准化，主要目的是保证各测试模块均可独立运行，这样十分便于开发调试，也便于开发的组织和管理。

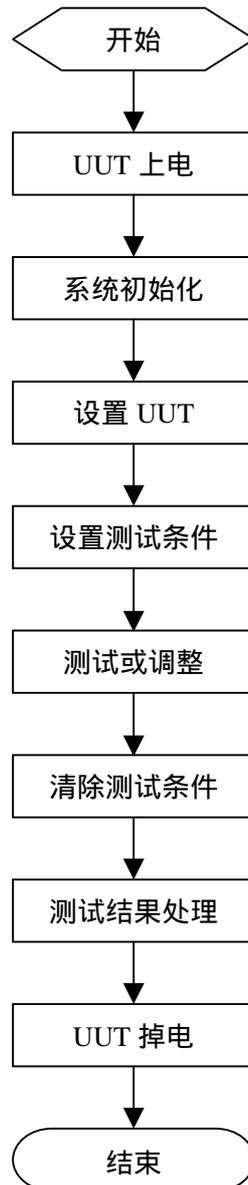


图5 测试头单板测试系统测试模块测试执行流程示意图

#### 参数校准流程

4 种被测板需校准的参数达十余个，被校参数类型包括基本的测试用交、直流基准信号源的幅度，测试用交流信号源之间的相位差，板上交、直流基准电压的幅度，单音信号及 DTMF 信号的幅度，各种类型滤波器的频率响应特性等。所有这些参数的校准均通过预先设置的微调电阻来调整，我们采用如图 6 所示的闭环调节算法，同时根据被校参数对电阻调节的不同收敛特性，用 LabVIEW 编

制了不同的校准算法，计算机通过程控电阻盒来模拟微调电阻对被校准参数进行调节，测试仪器将调节的结果反馈至计算机，计算机根据校准算法通过程控电阻盒对被校参数作进一步调整，直至被校参数达到目标值要求，此时，校准程序自动给出微调电阻的阻值。

由于我们的校准算法根据被校参数的收敛特性进行了优化，使的校准调节的准确度和速度都较为理想。

校准完毕焊上给定固定电阻后，系统将再次确认校准的结果，以确保被校参数满足规格要求。

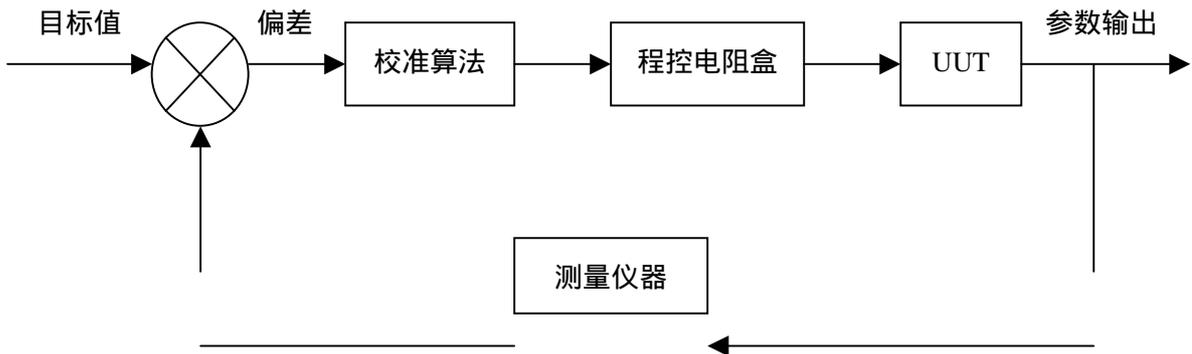


图6 测试头单板测试系统参数校准算法示意图

## 结论

我们用基于 LabVIEW 的虚拟仪器平台，在有限的预算和时间内，成功开发了电话系统用户环路集中测量系统测试头的单板自动测试设备，实现了一台设备测四种板的设计要求，完全替代了原进口设备，造价不到进口设备的十分之一，且比进口设备体积更小，功能更强，维护更方面，同时在稳定性和可靠性方面有质的提高。

LabVIEW 的强大功能保证了虚拟仪器优势的充分发挥，不仅大大减少了专用硬件的使用，也使测试设备开发周期大为缩短，为新产品抢先上市奠定了基础。

以基于开放工业标准的计算机技术为基础的虚拟仪器技术，其灵活性和可扩展性是传统仪器所无法比拟的，本文所述设备只需增加少量资源，即可演变为一台满足音频频段产通信产品功能测试的通用自动测试平台。