

文章编号: 2095-4980(2017)01-0110-05

可互换仪器程控命令封装库设计与实现

陈鑫友, 郭海帆, 陈建华, 王 强, 蒋 波

(中国电子科技集团公司 第29研究所, 四川 成都 610036)

摘 要: 为实现自动测试系统中仪器的可互换, 运用通用模块构建(CBB)思路, 通过动态链接库(DLL)技术, 设计与实现了可互换仪器程控命令封装库。该封装库具有品质高, 通用性、实用性和可扩展性强等特点, 不用修改自动测试程序而实现不同仪器之间的互换, 实现了自动测试程序和仪器驱动完全分离, 有利于自动测试系统的升级和移植, 极大提高了自动测试系统的开发效率。

关键词: 仪器封装库; 自动测试; 动态链接库; 互换性

中图分类号: TN307; TP216

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201701.0110

Design and implementation of interchangeable instrument driver

CHEN Xinyou, GUO Haifan, CHEN Jianhua, WANG Qiang, JIANG Bo

(Southwest China Research Institute of Electronic Equipment, Chengdu Sichuan 610036, China)

Abstract: For the realization of the automatic test system of interchangeable instrument, using the Common Building Block(CBB) models, through Dynamic Link Library(DLL) technology, the interchangeable instrument command package library is designed and implemented. The package library bears the characteristics of high-quality, versatility, practicality and scalability and so on. It can achieve the interchanging between different instruments without modifying the automatic test program, and can separate the automated testing procedures from the instrument drivers completely. It is beneficial to the upgrade and migration of automatic testing system, and improves its development efficiency greatly.

Keywords: instrument driver; automated test; Dynamic Link Library; interchangeable

目前, 自动测试系统已广泛应用于国内各个行业科研生产的多个领域, 如模块单元的调试与测试, 整机设备信号的产生、测量和分析等, 都掺杂着自动测试系统, 而自动测试系统硬件的搭建大都借助各类通用仪器。因此, 在自动测试系统中, 通用仪器的程控技术是其中一个重要分支, 如何提高仪器程控编程效率, 减少重复性劳动, 节约测试时间, 保证编程质量, 是一个迫切需要解决的问题。针对这一问题, 运用 CBB 共用构建模块思路, 设计与实现了一种可互换仪器程控命令封装库。相对于以前单纯利用特定测试仪器, 极大地拓展了自动测试系统的应用仪器的可选范围, 增加了自动测试系统软件编程的灵活性, 降低了整个测试系统的组建、开发和维护成本, 工作效率也得到很大提高^[1]。

1 现状及措施

在设计、组建基于仪器总线: GPIB(General Purpose Interface Bus), LAN(Local Area Network)和 USB 等的自动测试系统时, 仪器的编程是系统开发过程中最费时费力的部分^[2]。这是因为: a) 通用仪器可能由多个仪器制造商提供, 各制造商之间的仪器程控命令不尽相同, 同一个制造商仪器不同型号的仪器程控命令也不尽相同。而且, 现在各大仪器制造商还在不断推陈出新, 每年都有多款新产品上市。这就要求当涉及到仪器程控时, 开发自动测试系统的设计人员, 需要学习集成到系统中不同仪器的编程手册, 并根据系统的需要逐条加以验证调试, 占据了大量的时间和精力; b) 在程序中如果直接采用程控命令码对仪器进行控制, 由于设计人员的编程风格不一样, 会造成程序的可读性和二次开发性大打折扣; c) 现有自动测试系统基本是针对特定型号的仪器编写, 系统中任意一台仪器都无法被同类型其他型号替换, 这种自动测试程序与仪器型号一一绑定的方式, 在很大程度上影响了仪器的使用效率和调配能力, 给科研生产带来了极大的不便。

收稿日期: 2016-05-10; 修回日期: 2016-06-09

由于自动测试系统中涉及多种类、多型号的仪器,同时还要考虑到仪器资源的调配和保障情况,这大大加深了自动测试系统程序开发的难度。如果能设法将某一类型仪器编程结构化、模块化,形成一个通用的封装库,将帮助自动测试系统程序设计师实现仪器控制程序的通用性和重用性,极大地提高了程序开发效率,缩短开发周期,提高开发质量。CBB 为大家提供了一个实现程序共享的很好思路^[3]。CBB 指那些可以在不同产品、系统之间共用的零部件、模块、技术及其他相关设计成果,可分为技术货架和产品货架,当一个自动测试系统软件基于许多成熟的、共享的 CBB 搭建而成,则自动测试系统软件的质量、进度和成本会得到更好的控制和保证。因此,基于对仪器的熟悉了解和经验,希望通过建立仪器程控命令封装库将 CBB 概念引入仪器程控技术中。仪器程控命令封装库可视为一个软件类的货架产品,供自动测试系统程序设计师选用。

2 封装库优点

建立仪器程控命令封装库旨在仪器编程中实现仪器的可互换性和程序的共享化,努力提升与仪器相关的测试软件编程的通用性和灵活性^[4]。测试软件程序设计人员仅需调用相应仪器的程控命令封装库,就可在最短的时间实现相应仪器程控功能。该封装库具有以下特点:

- 1) 通用性。使仪器编程结构化、模块化,适用于各种测试软件平台。只需在程序中导入封装库函数,即可在不同的软件产品中重用和共享;
- 2) 可互换性^[5]。系统程控仪器可在同类仪器中任意替换,而不需要改变源代码,在仪器硬件不同的情况下,代码亦可共享;
- 3) 规范性。封装库对仪器的功能函数实行统一化和标准化,避免了软件产品受编程人员影响而风格迥异,使软件产品的可读性和二次开发性得到保证;
- 4) 升级和维护的便利性。如果程序需要升级和维护时,可改动封装库内部控制程序,而调用封装库的测试软件则不需做任何改动,大大降低工程的复杂度,促进分工合作,提高开发效率。

由此,带来的好处主要有:

- 1) 使程序设计人员从繁琐的命令查找和验证工作中解放出来,使现场操作人员从每一型号仪器操作的学习过程中解放出来;
- 2) 能快速实现新技术更新升级,减少低水平重复,提高编程效率,释放大量人力资源;
- 3) 通过共享,实现个人知识向企业知识的转化和积累;
- 4) 充分调动仪器资源,使之发挥更高的使用效能。以往的自动测试模式是某一具体型号仪器与软件一一对应,当这一台仪器出现故障或是调配不到时,则会出现人等仪器的状态。而使用封装库后,则是一类仪器与软件对应,将一对一升级为 N 对一,提高了仪器的综合利用率。

3 设计与实现方式

3.1 总体设计

为实现仪器程控命令封装库的可互换性和共享化,在设计仪器程控命令封装库时,需考虑到将同一类仪器的共性提取出来,方便自动测试系统设计人员将仪器程控命令封装库集成到不同的硬件和软件平台中。硬件接口方面,根据现在仪器和计算机硬件通信接口的形式及发展趋势,仪器程控命令封装库支持多种硬件通信接口,包括 GPIB, VXI(VMEbus eXtensions for Instrumentation), PXI(PCI eXtensions for Instrumentation), Serial, USB 和 LAN 等;软件接口方面,仪器程控命令封装库支持多种编程语言的调用,包括 VC++, Labview/CVI 和 VEE(Virtual Execution Engine)等。

使用仪器程控命令封装库时,自动测试系统软件调用仪器程控命令封装库里的驱动程序,驱动程序根据输入的参数,通过不同的硬件接口控制仪器完成相应的操作。若系统中的仪器或通信方式被更换,只需要适当修改仪器程控命令封装库配置文件,而系统软件无需改动,整个自动测试系统的维护和升级变得非常简单。控制流程框图见图 1。

仪器程控命令封装库通过虚拟仪器软件结构(Virtual Instrument Software Architecture, VISA)调用可编程仪器标准命令(Standard Commands for Programmable Instruments, SCPI)的方式来控制仪器,获取测量结果^[6]。VISA

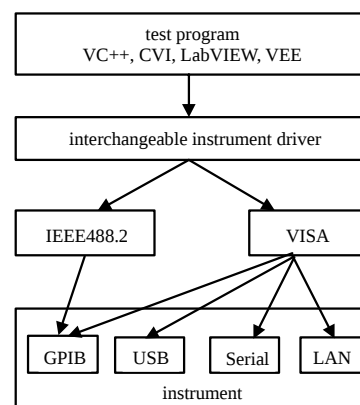


Fig.1 Flow of control
图 1 控制流程

是 VXI plug&play 联盟制定的 I/O 接口软件标准,而 SCPI 是为解决程控仪器编程标准化而制定的标准程控语言,使仪器程控命令封装库实现与仪器的硬件接口类型、操作系统和编程语言无关,而且对不同厂商的仪器都能很好地兼容。

3.2 实现方式

为满足仪器程控命令封装库的设计与使用要求,本仪器程控命令封装库采用动态链接库(DLL)的方式来实现,DLL 是封装好的供多个应用程序调用的功能模块,是重要的代码共享技术^[7]。封装好的仪器程控命令 DLL 文件,并不复制代码到自动测试系统软件的可执行模块中,而是在自动测试系统软件运行期间才加载 DLL,仪器程控命令封装库采用 DLL 技术,具有以下优点:

- 1) 封装实现。DLL 可用不同的编程语言进行开发,并由不同的编程语言进行调用,只要 DLL 的接口函数确定,内部实现可以独立设计完成。
- 2) 动态加载。对于 DLL,自动测试系统软件可以在运行时确定需要执行什么操作,然后装入相应的函数即可,而不需要将全部函数加入。
- 3) 节省内存。如果 2 个或多个应用程序需要使用同 1 个 DLL,那么该 DLL 只要被放入内存 1 次,所有的应用程序都可以共享它,DLL 可以同时被多个进程调用,极大地释放了系统资源。
- 4) 便于维护。DLL 功能独立,即使数据众多也能方便地进行管理。

3.2.1 函数定义

仪器程控命令封装库采用 DLL 技术来实现,而 DLL 中的函数分为内部的和外部的,内部函数只能在所在 DLL 中使用;而外部函数可以被其他模块和自动测试系统软件使用^[8]。在使用仪器程控命令封装库时,自动测试系统程序设计师只需调用仪器程控命令封装库提供的外部函数,就能完成对具体型号仪器的控制和数据采集,仪器程控命令封装库对 DLL 外部函数的种类、函数名及调用参数进行统一定义。

为方便系统程序设计师理解和使用,外部函数由函数名、函数参数和函数返回值组成。其中,函数名由“前缀”及“函数功能描述字符串”2 部分组成,采用简明、直观的英文描述对函数进行命名。如设计的 SPA_SetFreqCenter()函数中,采用频谱分析仪的英文缩写 SPA(Spectrum Analyzer)表示专门针对频谱分析仪的程控命令封装库函数;SetFreqCenter 表示该函数功能为设置中心频率;而函数参数是指需要程序设计师根据实际测试要求的程控仪器型号、设置的参数或读取的测试数据;函数的返回值反映了当前函数是否执行成功。

3.2.2 函数功能

仪器程控命令封装库中的函数功能可根据需要自由定制,除了包含仪器本身具备的基本功能外,还可以针对一些特殊测试需求而定制专门的函数。如将传统测试模式下需要多步的操作封装到一个函数里,不仅发挥了仪器程控命令封装库开发人员对仪器测试技术比较专业的优势,也优化了封装库能力,简化了自动测试系统设计师的工作强度。

下面以频谱仪仪器程控命令封装库为例,将频谱仪的测试能力^[9]分为 3 类功能函数。

1) 固有能力函数

对频谱分析仪的基本配置信息进行描述,主要包括以下函数:

SPA_initGPIB(): GPIB 接口初始化; SPA_initLAN(): LAN 接口初始化;

SPA_close(): 关闭; SPA_reset(): 复位; SPA_SetAlign(): 频谱仪自校准。

2) 基本能力函数

对频谱分析仪使用时的主要功能进行描述,主要功能有:“设置中心频率、频率范围”,“设置分辨率带宽、视频带宽、扫描时间”,“设置功率电平及单位、参考电平、衰减”,“查找峰值”,“设置 Marker”,“查询 Marker 频率和功率电平值”等。主要包括以下函数:

SPA_SetFreqCenter(): 设置中心频率; SPA_SetFreqSpan(): 设置扫频范围;

SPA_SetRefLevel(): 设置参考电平; SPA_SetAttention(): 设置衰减值;

SPA_SetAmplitudeScale(): 设置刻度值; SPA_SetAmplitudeUnit(): 设置幅度单位;

SPA_SetRBW(): 设置分辨带宽; SPA_SetVBW(): 设置视频带宽;

SPA_SetSweepTime(): 设置扫描时间; SPA_SetMarker1Mode(): 设置 Marker 模式;

SPA_SetMarker1Peak(): 查找峰值; SPA_GetMarker1XValue(): 查询 Marker 频率;

SPA_GetMarker1YValue(): 查询 Marker 幅度。

3) 扩展能力函数

对频谱分析仪的扩展测试能力进行描述,主要包括以下函数:

SPA_SecondCarrier(): 二次谐波测试; SPA_SetMarker1Noise(): 相位噪声测试;

SPA_3dBSpan(): 3 dB 带宽测试。

以是德公司的 N9030A 频谱分析仪为例,利用 CVI 编写测试软件读取一个频率为 1 GHz 的正弦波信号幅度,硬件接口为 GPIB 接口,配置好仪器程控命令封装库后,就可以在测试程序中直接使用封装库函数,实现所需要的测试要求。测试软件的源程序为:

```
Main()
{
double power;                定义双精确度浮点型变量 power
SPA_initGPIB(SPA_N9030A,18);  初始化 N9030A 频谱分析仪 GPIB 接口,地址为 18
SPA_SetFreqCenter(SPA_N9030A,1e+9);  设置 N9030A 频谱分析仪中心频率为 1 GHz
SPA_SetFreqSpan(SPA_N9030A,20e+3);  设置 N9030A 频谱分析仪扫频范围为 20 kHz
SPA_SetRBW(SPA_N9030A, 1e+3);      设置 N9030A 频谱分析仪分辨带宽为 1 kHz
SPA_SetVBW(SPA_N9030A, 1e+3);      设置 N9030A 频谱分析仪视频带宽为 1 kHz
SPA_SetMarker1Peak(SPA_N9030A);    移动 N9030A 频谱分析仪 Marker1 到信号峰值
SPA_SetMarker1RefLevel(SPA_N9030A);  设置 N9030A 频谱分析仪参考电平到 Marker1 位置
SPA_GetMarker1YValue(SPA_N9030A,&power);  读取 N9030A 频谱分析仪 Marker1 幅度值并赋值给变量 power
}
```

这段程序运行后,变量 power 的值就是需要读取的这个正弦信号的幅度值。而当频谱分析仪硬件型号发生改变时,只需设置函数的参数 N9030A 到相应的型号就实现了互换性。

4 结论

基于 CBB 的理念,开发了仪器程控命令封装库,使应用程序完全独立于硬件设备,使仪器编程结构化、模块化以使仪器控制程序能重复使用,实现仪器程控命令封装库的可互换性和共享化。利用仪器程控命令封装库,在开发基于通用仪器搭建的自动测试系统时,获得了更大的硬件独立性,减少了软件维护和支持费用,缩短了仪器编程时间,提高了软件开发的灵活性,从而保证自动测试系统软件的开发品质和效率。

参考文献:

- [1] 黄娟,李文臻. 基于VISA及IVI技术的仪器仪表自动测试系统软件设计[J]. 电子质量, 2012(5):12-15. (HUANG Juan, LI Wenzhen. System software design of the instrument automatic test system based on VISA and IVI[J]. Electronics Quality, 2012(5):12-15.)
- [2] 吴传贵,王纬国,李勇,等. 一种通用自动测试系统自检子系统设计及实现[J]. 测控技术, 2015,34(7):105-108. (WU Chuangui,WANG Weiguo,LI Yong,et al. Design and implementation of self-test subsystem for universal automatic test system[J]. Measurement & Control Technology, 2015,34(7):105-108.)
- [3] 于晓彬. CBB平台的设计与实现[J]. 现代电子技术, 2015,38(15):104-106. (YU Xiaobin. Design and implementation of CBB platform[J]. Modern Electronics Technology, 2015,38(15):104-106.)
- [4] 许爱强,文天柱,李文海. 基于IVI技术的仪器驱动程序开发[J]. 现代电子技术, 2011,34(2):173-175. (XU Aiqiang,WEN Tianzhu,LI Wenhai. Development of instrument drive program based on technology of IVI[J]. Modern Electronics Technology, 2011,34(2):173-175.)
- [5] 赵鹏鹏,崔少辉,张文泉. 测试软件平台的仪器可互换性机制研究[J]. 中国测试, 2012,38(2):118-120. (ZHAO Pengpeng, CUI Shaohui,ZHANG Wenquan. Research of instrument interchangeability in test software platform[J]. China Measurement and Test, 2012,38(2):118-120.)
- [6] 徐利,张良国. 基于VISA_COM的测量仪器通用系统的开发[J]. 计算机测量与控制, 2015,23(10):3297-3300. (XU Li, ZHANG Lianguo. Development of universal test system for measuring instruments based on VISA_COM[J]. Computer Measurement & Control, 2015,23(10):3297-3300.)
- [7] 王敏,邵定宏,陆金桂. 动态链接库技术及其应用实例[J]. 微计算机信息, 2006,22(27):272-274. (WANG Min,SHAO Dinghong,LU Jingui. Dynamic Link Library technology and application[J]. Control & Management, 2006,22(27):272-274.)

- [8] 苗立交,杨新华,王巍. 基于LabVIEW的动态链接库的设计与调用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2010(4):71-73. (MIAO Lijiao,YANG Xinhua,WANG Wei. Design and call the dynamic link library based on LabVIEW[J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2010(4):71-73.)
- [9] 孙英侠,李亚利,宁宇鹏. 频谱分析原理及频谱分析仪使用技巧[J]. 国外电子测量技术, 2014,33(7):76-80. (SUN Yingxia, LI Yali,NING Yupeng. Spectrum analysis theory and spectrum analyzer using techniques[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2014,33(7):76-80.)

作者简介:



陈鑫友(1983-),男,四川省绵阳市人,学士,工程师,主要研究方向为无线电仪器测试技术.email: 25168152@qq.com.

郭海帆(1976-),女,成都市人,硕士,高级工程师,主要研究方向为无线电仪器测试技术.

陈建华(1982-),男,四川省西昌市人,学士,工程师,主要研究方向为无线电仪器测试技术.

蒋波(1986-),男,四川省遂宁市人,学士,助理工程师,研究方向为无线电仪器测试.

王强(1986-),男,四川省乐山市人,学士,工程师,研究方向为无线电仪器测试.

《第十三届卫星通信学术年会》征文通知

第十三届卫星通信学术年会将于 2017 年 3 月 2 日在北京召开。本届年会将由中国通信学会卫星通信委员会和中国宇航学会卫星应用专业委员会共同主办,年会面向各界公开征集论文,现将有关事项通知如下:

一、征文范围(包括但不限于)

- 1、卫星通信和通信卫星新理论、新技术及发展前沿;
- 2、卫星通信、卫星广播融合卫星导航及卫星遥感技术在各领域中的应用;
- 3、卫星移动通信新技术发展及与陆地移动 4G、5G 系统的融合互联;
- 4、卫星通信在大数据、云计算、互联网+和移动互联网时代的技术应用及技术特点;
- 5、S 频段和 Ka 频段卫星通信技术与发展;
- 6、量子通信和激光通信卫星等新技术和新业务;
- 7、卫星通信在航空、航海、极地科考、深空探测和其它领域的应用;
- 8、小卫星及星座技术的新发展和应用;
- 9、软件定义的卫星通信系统及终端;
- 10、卫星通信系统中的天线、功放、变频、调制解调器新技术及应用;
- 11、卫星轨道频谱资源的研究和有效利用;
- 12、卫星通信的标准化及互联互通;
- 13、先进的卫星通信系统、地球站设备及技术(包括全 IP 等各类协议及灵活的网络拓扑结构和管理形式);
- 14、卫星通信信号分析/处理新技术;
- 15、卫星通信的军民融合应用与发展;
- 16、卫星通信产业化发展及创新。

二、来稿要求、论文出版

见《太赫兹科学与电子信息学报》网站(www.iaeej.com)

三、重要日期

论文截稿日期: 2017 年 2 月 3 日

出版日期: 2017 年 3 月 1 日

会议日期: 2017 年 3 月 2 日

四、联系方式

翟峰 手机: 13901128671

电子信箱: csatcc@126.com