

# 基于流程设计的可视化自动测试环境的研究<sup>\* \*</sup>

喻 胜<sup>\* \*</sup> 陈光<sup>禡</sup>

(电子科技大学 CAT 室 成都 610054)

**【摘要】** 讨论了一种基于流程设计技术的可视化自动测试环境及取得的研究成果。系统采用 OOD 方法设计了测试程序的可视化对象,并利用虚拟仪器技术实现了系统中仪器驱动器的开发。以此为基础,系统利用控制流机制实现了流程设计,并结合一个测试实例说明了系统的结构与总体设计。

**关键词** 自动测试系统; 面向对象设计; 虚拟仪器; 流程设计; 可视化自动测试

中图分类号 TM930.128; TP311.51

近年来,随着自动测试技术和计算机技术的不断发展<sup>[1]</sup>,自动测试技术的一种发展趋势是将这两种技术更为紧密结合起来的可视化自动测试技术<sup>[2-3]</sup>。其代表产品有 HP VEE<sup>[4]</sup>、NI 公司的 LabWindows/CVI 及 LabView 等<sup>[5]</sup>。可视化自动测试技术充分发挥了计算机的图形功能,将仪器控制、数据分析等自动测试软件设计都采用“可视化”实现,以提高开发效率。

目前,可视化测试技术有两种实现方法:代码生成和流程设计方法<sup>[4-6]</sup>。代码生成方法以某种高级编程语言为基础,可自动生成可视化的仪器控制、图形显示、数据分析、处理等模块的代码并嵌入自动测试软件中,经编译后运行。流程设计方法则采用可执行的可视化对象构成软件模块,开发者只需将其测试方案流程图映射至编程设计软件中并连接各可视化对象即可构成自动测试软件。这种方法的开发效率优于代码生成方法,而代码生成方法一般用于特别复杂的测试任务中。

相对而言,以数据流<sup>[7]</sup>为基础的流程设计方法是更先进的可视化自动测试方法,流程设计方法技术由于实现方法的不同,其实现的效果也有差异,主要体现在以下几方面:

- 1) 序列执行控制的实现:采用数据流控制或采用按顺序执行方式;
- 2) 用户测试程序组织及运行机制;
- 3) 仪器控制的实现;
- 4) 所支持的数据类型和相应的数据类型检查机制;
- 5) 分布式运算及并行处理<sup>[8]</sup>。

本文实现的可视化自动测试环境(Visual Automatic Test Environment,简称 CAT-VATE)采用流程设计技术实现了一个通用的自动测试环境。以下结合一个测试实例讨论其系统构成及实现的关键技术。

## 1 流程设计的实现

实现流程设计的设计思想是将传统的自动测试语言(如 HP BASIC)的各种编程元素以可视化对象的形式实现,在此基础上设计各可视化对象之间的数据传输机制及运行机制。

\* 1998 年 9 月 16 日收稿

\* 电子部预研基金资助项目

\* \* 男 24 岁 博士生

## 1.1 可视化对象设计

我们采用面向对象设计方法设计了各种可视化对象<sup>[9]</sup>。与结构化程序设计的模块化方法不同, OOD 方法将问题空间按其客观属性进行分类, 把具有公共属性和处理方法的对象归纳为一种模板化的类, 不同类的属性作为类的数据成员, 对此类的操作则作为其成员函数被封装在类模板中。类的数据成员的当前设置反映了此类的当前状态; 类的成员函数处理来自外部的数据(又称为消息)并可以根据处理的结果改变其状态。这种设计方法是实现流程设计中数据流控制的基础。采用 OOD 方法, 我们对传统高级测试语言的各编程元素进行了分类, 设计了 CAT-VATE 中可视化对象的类, 如数据类、条件类、仪器驱动器类等。这些基本类除了具有各种可视化属性, 如尺寸、颜色等之外, 还具有各自的状态属性以及各自的消息处理成员函数。

OOD 方法中, 类的实例即是对象。CAT-VATE 中用户通过菜单系统或工具箱创建各种可视化对象的编程过程即动态地创建了相应类的实例对象。用户编程时通过 Windows 的图形用户界面(GUI)设置各种可视化对象的属性。这些属性设置将作为类的数据成员在运行时由相应的 Init() 成员函数完成初始化。CAT-VATE 中这种编程方式完全取代了传统高级语言的文本编程, 实现了可视化自动测试。

## 1.2 继承机制与仪器控制

OOD 方法的一个重要的技术是继承。从基类派生出的子类继承了基类的数据成员和成员函数, 子类通过引入新的数据成员和成员函数以及重新定义所继承的数据成员和成员函数可以扩展基类的功能, 形成更进一步的分类。这种继承技术特别适用于仪器驱动器的开发。CAT-VATE 中设计了两种可视化基类实现仪器控制: GPIB I/O 和仪器驱动器, 如图 1 所示。它们都利用自行开发的接口驱动软件 GPIB.DLL 控制仪器<sup>[11-13]</sup>, 但后者更进一步地设计了包括仪器程控信息的虚拟面板<sup>[11]</sup>, 利用虚拟仪器技术实现了自动仪器控制。由于属于同一类型的仪器往往具有相同的基本功能, 但实现时具体的细节又有所不同, 所以 CAT-VATE 的仪器驱动器基类采用继承技术又划分成分析仪、计数器、数字表、信号源、示波器、电源等 6 个子类, 各子类还可以进一步地派生, 形成一个树状继承结构。继承机制增加了软件模块的可重用性, 属于某一子类的新仪器驱动器的开发可以以当前仪器驱动器库中的相应类为基础来派生。

## 1.3 通过控制流机制实现流程设计

在可视化对象的基础上, CAT-VATE 通过控制流机制实现了流程设计。以条件类的子类 ForNext 类为例, 其数据成员中, 各可视化属性和循环条件由编程者在编程时指定; 而 R-Active、R-Done、R-Error 等则是反映运行时状态的状态变量。图 2 是 ForNext 类对象运行时的生命周期示意图。图中的状态变迁过程为: 外部消息激活 ForNext 的 Init() 成员函数的运行, 从而启动 ForNext 的生命周期; 各状态变量的变化可以看作是激励 ForNext 运行的内部消息。ForNext 运行时可以改变这些状态变量的值。ForNext 生命周期结束后, 产生相应的消息去激活其他类对象的运行。

类的生命周期的开始、变迁、结束的机制正是 CAT-VATE 实现序列运行控制的基础。与传统的指定运行顺序运行或 HP VEE 的数据流控制<sup>[7]</sup>都不同的是, CAT-VATE 中各可视化对象的运行是通过对象间的消息传递实现的。某一对象的生命周期的开始, 是由外部的一个或多个控制数据来决定的; 而对象在运行中, 又可以传递消息去激活其他的可视化对象。在各对象间流动的消息可以看作是控制数据, 利用控制数据流控制各可视化对象按流程的顺序运行, 从而实现“流程设计”。

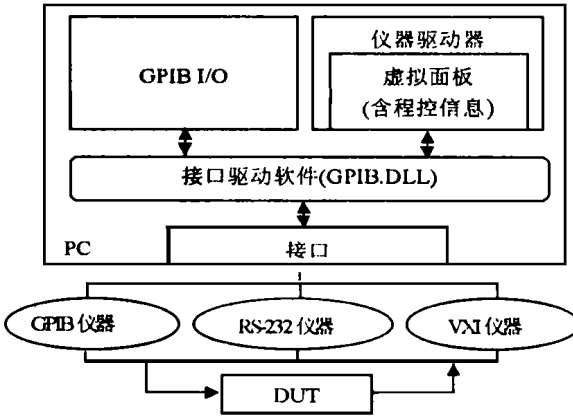


图 1 CAT-VATE 中的仪器控制

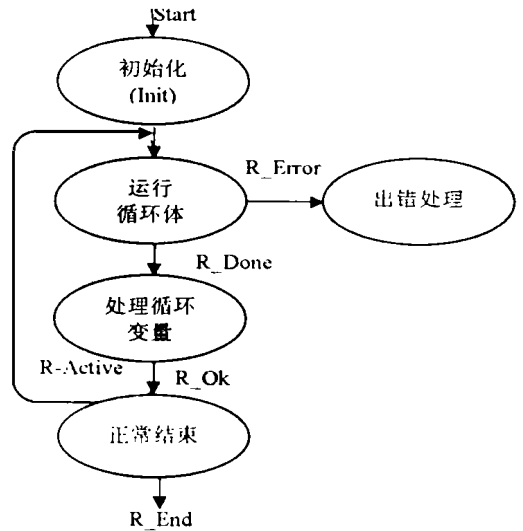


图 2 ForNext 对象的生命周期

### 1.4 实时测试的实现

采用流程设计方法可以彻底摆脱文本程序的约束,使得程序中可以有多个通路同步运行。以此为基础,我们实际上在 CAT-VATE 中已经实现了一种实时控制机制。在某些严格要求实时测量的场合下,要求测试程序能几乎是同时地对多个仪器实行精确控制。在传统的 OOD 方法基础上扩展而成的实时对象 (RTO)<sup>[12]</sup> 技术是解决实时测量的一种方法。RTO 方法规定:某一时刻可以有不止一个活动对象;各对象间通过异步消息进行通信。某一活动对象在某一时刻只能运行单个线程。对象以状态的变迁而构成一种状态机模型,即活动对象某一时刻执行哪一个成员函数不仅由接收的消息决定,而且同时还由当前所处的状态决定。对象的状态决定了接收到的消息是否立刻处理或延迟之后再处理。CAT-VATE 中采用 RTO 技术规定了严格的消息处理机制实现多个对象的同步运行,从而进一步实现实时测试。

## 2 应用实例

下面结合一个测试实例说明 CAT-VATE 的总体结构及实现效果。测试要求为:用 10 位精度的 HP53131A 频率计对 8 位输出的 HP33120A 任意波形发生器的输出进行频率校准。在程序控制下 HP33120A 以 1 MHz 为步长,每隔 30 s 从 1~15 MHz 输出幅度为 1V 的标准正弦波。用频率计对每一点的实际输出频率值进行测量,计算相对误差  $\mu$  后显示结果。测试方案流程图如图 3 所示。



图 3 测试方案流程图

在 CAT-VATE 中,我们设计了用户对象实现自顶向下编程。一个用户对象对应于流程图的一个方框图;其中可以包含其他的可视化对象。利用 Windows 的多文档界面 (MDI) 技术,双击每一个用户对象可以打开相应的子窗口编辑所包含的可视化对象。这种层层嵌套的测试程序组织方式可以实现用有限的计算机屏幕组织较大的可视化测试程序,从而使程序直观、易读。这种方式可以将

用户的测试方案直接映射至计算机中,实现了“自我文档”,做到流程图就是程序。CAT-VATE 中此程序的运行结果如图 4 所示。

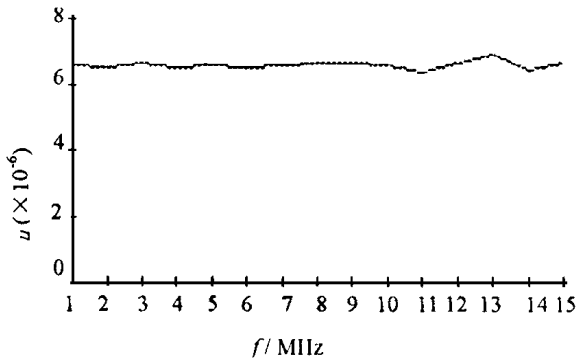


图 4 CAT-VATE 中用户测试程序的运行结果

运行时,各可视化对象按照流程规定的顺序在控制数据流的控制下运行。运行时相应的静态与动态信息采用关系数据库实现集成的程序/数据存储。由于各可视化对象的严格划分,可以方便地实现单步运行、断点设置、变量观察等灵活的调试功能。此外,CAT-VATE 的硬件平台中,我们设计的 ES9914 GPIB 接口卡具有内置式总线分析仪,可以监测 GPIB 母线上的数据流的情况。运行后,可视化对象 Graph 自动产生并显示校准结果曲线。而利用 Windows 的 DDE 技术<sup>[10]</sup>及 OLE 技术,可以自动生成结果报表。

基于流程设计技术的 CAT-VATE 的原理框图如图 5 所示。

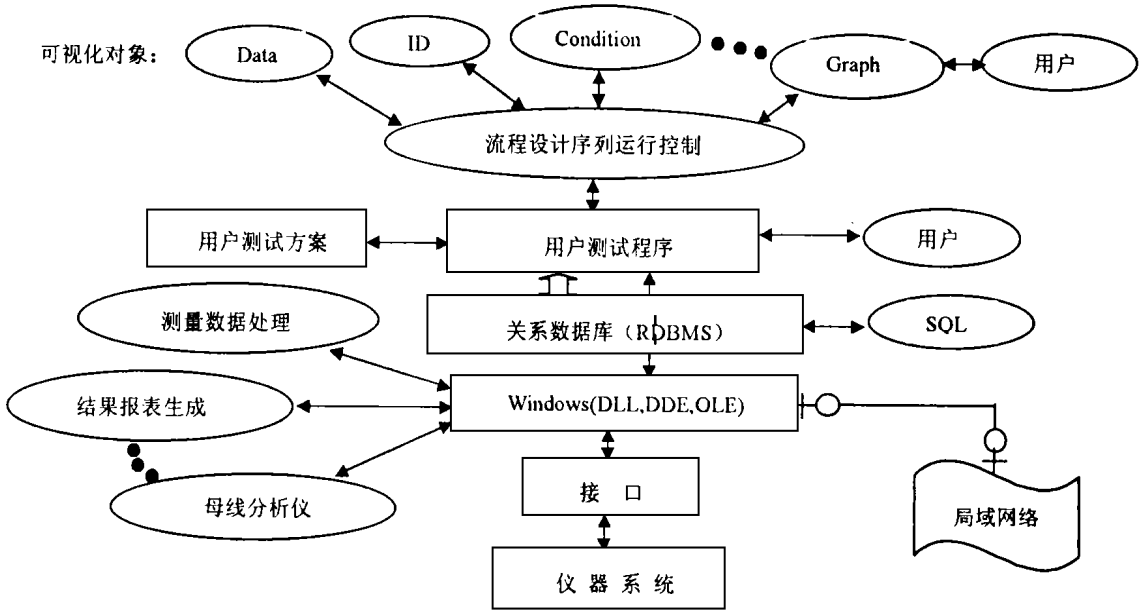


图 5 VATE 的系统原理

### 3 结束语

本文实现的 CAT-VATE 以流程设计为核心技术构成了一个通用的可视化自动测试环境。采用 OOD 方法以可视化对象取代传统的文本程序语言,以控制数据流控制程序的运行。CAT-VATE 利用关系数据库记录编程信息及程序运行信息;采用仪器驱动器控制仪器系统,并大量利用 Windows 的数据交换技术扩展功能。实践表明:采用 CAT-VATE 开发自动测试系统可以缩短开发时间 3~4 倍,CAT-VATE 的研究对自动测试技术的发展具有积极的意义。

## 参 考 文 献

- 1 Nowakowski W. Personal computers in measurement. Does this mean a decline of the instrument era? Measurement, 1989, 7(2):85~92
- 2 Baldassani-Mather L. Use of a visually oriented software development tool for creating automated test programs. Proceeding of the IMtc, 1992:249~254
- 3 Rijnders F M, Spoeler H J W, Corten E P M *et al.* Versatile visual programming environment for scientific applications. Proceedings of the ACM symposium on Personal and Small Computers, 1991:181~186
- 4 Beethe D C, Hunt W L. A visual engineering environment for test software development. HP Journal, 1992, 43(4):72~76
- 5 马 嘉. LabVIEW—一种全新的仪器开发系统. 电子测量技术, 1992, 4:35~40
- 6 National Instrument. LabWindows/CVI User Manual. 1994
- 7 Beethe D C. HP VEE: a data flow architecture. HP Journal, 1992, 43(5):84~88
- 8 Rijnders F M, Spoeler H J W, Groen F C A. Distributed visual programming environment: applications with in data-acquisition. Proceedings of the IMtc, 1993:690~693
- 9 Daponte P, Nigro L, Tisato F. Object-oriented design of measurement systems. Proc of IMtc, 1992, 41(6):243~248
- 10 刘 阳. MS-WINDOWS 中的 OLE 技术. 电子科技大学学报, 1996, 25(6):189~194
- 11 喻 胜, 张建国, 陈光福等. 虚拟仪器软面板和驱动程序的设计技术. 现代科学仪器, 1996, 4:38~40
- 12 Nigro L. Real time object in C++. Proc of C++ At Work-90, 1990:123~135
- 13 陈光福, 李为民, 顾亚平等. 计算机辅助测试(CAT)工作站的实现. 电子学报, 1993, 21(11):57~60

## Research on Visual Automatic Test Environment Based on Flow Design

Yu Sheng      Chen Guangju

(CAT Research Lab., UEST of China Chengdu 610054)

**Abstract** A visual automatic test environment (CAT-VATE) based on the technique of flow design is discussed as well as the research work. The object-oriented design (OOD) method is adopted to design the visual objects of test software and the technique of virtual instrument is used to implement the instrument driver software in the CAT-VATE. Based on these techniques, the flow design of CAT-VATE can be achieved with the mechanism of control data flow. Some features and the architecture of CAT-VATE are illustrated with an experiment.

**Key words** automatic test system; object-oriented design; virtual instrument; flow design; visual automatic test

编辑 徐培红