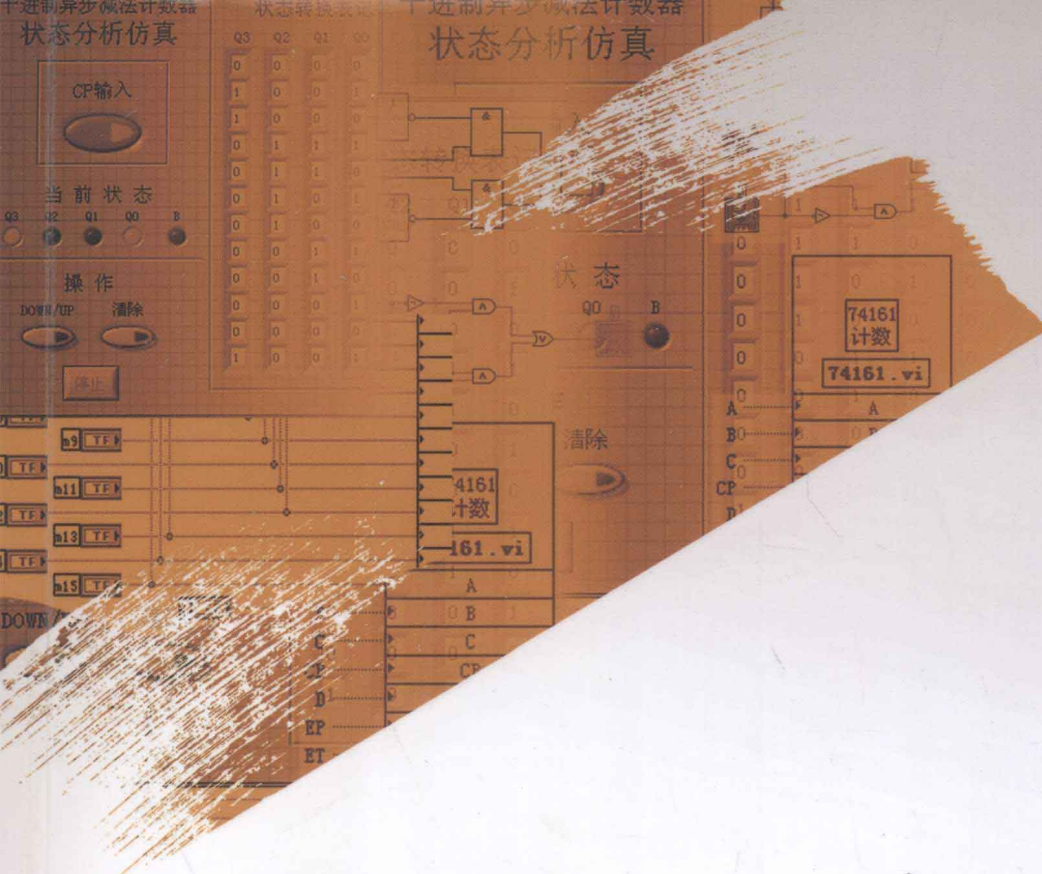




滇 | 西 | 学 | 术 | 文 | 丛

◎ 黄进文 著

虚拟仪器数字电路 仿真技术

云南大学出版社
Yunnan University Press

滇 | 西 | 学 | 术 | 文 | 丛

◎ 黄进文
著

虚拟仪器数字电路 仿真技术

云南大学出版社
Yunnan University Press

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟仪器数字电路仿真技术/黄进文著. —昆明: 云南大学出版社, 2009

(滇西学术文丛)

ISBN 978 - 7 - 81112 - 995 - 3

I. 虚… II. 黄… III. 智能仪器—数字电路—计算机仿真—研究 IV. TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 239202 号

虚拟仪器数字电路仿真技术

黄进文 著

策划编辑: 徐 曼

责任编辑: 徐 曼 朱光辉

封面设计: 刘 雨

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明市五华区教育委员会印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 22.5

字 数: 541 千

版 次: 2010 年 1 月第 1 版

印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 81112 - 995 - 3

定 价: 45.00 元

社 址: 云南省昆明市翠湖北路 2 号云南大学英华园内

邮 编: 650091

电 话: 0871 - 5033244 5031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

“滇西学术文丛”总序

蒋永文

保山学院的前身为保山师范高等专科学校，地处气候宜人、风景秀丽、历史悠久的滇西重镇——保山，是一所建校已有30年，主要为拥有1100万人口的滇西7个州、市培养中小学师资的地方师范院校。长期以来，在艰苦的条件下，学院为该区域培养了上万名中小学教师和各行业建设者，为祖国西南边疆少数民族地区的教育发展作出了应有的贡献。2009年4月，学校被教育部批准升为保山学院。这使我们站在了一个新的历史起点上，有了一个更为广阔的发展空间。

大学肩负着创造知识和传播知识的重任。学术是大学的精髓，学科是构筑大学的基石，学者是大学精神的化身。教学与科研相统一是大学的基本理念。科研和教学是彼此促进的，在教学中，可以激发灵感，开阔思路，发现研究课题。而研究成果又可以丰富教学内容，促进教学质量的提高，二者相得益彰。为了给滇西地区提供更好的高等教育资源，保山学院必须建立一支热爱教育事业、业务过硬、高水平、高质量的教师队伍，为此，学校以重点学科建设为龙头，提高效益为目标，以形成科研特色，增强科研实力。学校近几年采取了资助科研立项、奖励科研成果、出版学术论文等措施，不断提高广大教师的教学水平和科研水平，已取得了较好的效果。为了更好地为广大教师提供出版学术论著的园地，学校决定继续出版“滇西学术文丛”，出版学术水平较高的著作，相信“滇西学术文丛”的出版，一定会对保山学院科学研究的深入，学科建设和学科带头人、骨干教师的培养产生积极的影响。

辽阔的天空，允许大鹏展翅高飞，也允许小鸟上下蓬蒿。广袤的大地，允许参天大树生长，也允许无名小草成长。我们是小鸟，我们是小草，这套丛书，远非成熟完美之作，作者水平还需要不断提高。我们期待着批评和指教。我们会做得越来越好。

2009年5月

前 言

虚拟仪器是全新概念的仪器系统,虚拟仪器技术是 21 世纪仪器技术的发展方向和应用前沿。目前虚拟仪器主要运用于测试工程、信号检测与分析、过程控制等领域。同时,虚拟仪器系统本身还具备相当优越的虚拟化实验室功能,我国部分高校及科研机构已经引入应用并展开了研究。

但是,虚拟仪器系统应用于数字逻辑电路的设计、实验或教学目前仍不多见,系统研究更是缺乏。本书根据作者近年来在虚拟仪器应用研究领域的研究成果,结合多年的数字电路教学经验,试图将虚拟仪器的强大功能应用于数字逻辑电路的仿真,以达到将虚拟仪器系统应用于数字逻辑电路的设计、实验和教学之目的,同时还能拓展虚拟仪器新的应用领域。

基于虚拟仪器 LabVIEW 来实现数字逻辑电路的仿真设计,其可行性及优点如下:

(1) 可充分使用 LabVIEW 强大的输入 / 输出控件资源。

(2) 图形化的语言风格适合数字电路的逻辑图构建。

(3) 可开发专门的虚拟芯片模块。

(4) 可以实现与外部数据的交换。

(5) LabVIEW 相比其他仿真系统的优势:

①不仅对于项目的仿真,且对于仪器仿真,都可直接用于实际测量虚拟仪器的基本功能,即实现硬件软件化;

②芯片、仪器功能可由用户自己定义,具有强大的可扩展性能;

③具备生动而丰富的参数设置和结果表达能力;

④有强大的网络通信功能。

本书首先分析了虚拟仪器应用于数字逻辑电路仿真的可行性及优越性,进一步的论述主要包括以下内容:

(1) 虚拟仪器系统中布尔控件和布尔 VI 与数字电路中门电路基本逻辑运算的对应关系。

(2) 引入了“虚拟芯片”的概念,分析了实现虚拟芯片构建的可行性及方法。

(3) 运用基本逻辑运算单元和虚拟芯片,深入分析了各种组合逻辑电路的虚拟仪器仿真实现方法,构建了虚拟的编码器、译码器、数据选择器、数值比较器、加法器等虚拟芯片单元。如虚拟编码器 74148、74147,译码器 74138、7442,数据选择器 74151、74153 及虚拟显示译码器等。

(4) 虚拟触发器及其基于虚拟仪器的构建方法。

(5) 时序电路虚拟仪器仿真过程中的状态数据交换问题及对策。

(6) 集成时序逻辑电路的虚拟化仿真问题及方法。本部分是全书的重要内容,是虚拟仪器应用于数字逻辑电路仿真的关键部分,也是基于虚拟仪器进一步构建各类复杂数字

逻辑系统的基础。本部分重点解决了设计方法的问题，并以实例构建了若干常见的（虚拟）时序集成电路如集成计数器 74160、74161、74290 的虚拟化仿真实现等。

（7）综合应用：列举了若干常见数字逻辑电路系统的虚拟仪器仿真实例，进行了深入分析，分别构建了仿真应用系统。如计数器容量扩展、数码显示、任意逻辑函数基于虚拟芯片的实现方法等。

本书全面论述了基本数字逻辑电路基于虚拟仪器系统的仿真方法，最后在虚拟仪器系统中实现了以构建好的各虚拟芯片单元为虚拟“元件”，可用于搭建实际电路方法类似的电路设计方法和调试方法，高效快捷地设计数字电路的原理图、分析数字电路的逻辑功能和开展基于虚拟仪器的数字电路实验、教学。

本书所有仿真程序，均由作者编制并全部调试通过，同时进行了实验验证。书中所用的仿真实验电路逻辑图，主要来自于康华光所编的《电子技术基础 数字部分（第四版）》和余孟尝所编的《数字电子技术基础简明教程》，本书作者特表示感谢！

本书选用的虚拟仪器平台是 LabVIEW8.2 虚拟仪器系统，LabVIEW 是“Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench”的简写，即“实验室虚拟仪器工程平台”，它是美国 National Instrument 公司著名的虚拟仪器系统，也是目前最优秀和应用最广的虚拟仪器系统。

本书可供数字逻辑电路的辅助设计、辅助分析领域，数字逻辑电路的实验和教学领域，以及虚拟仪器系统仿真应用领域或相关领域的科技工作者、高校教师或有关学生作为参考，也可作为数字电路虚拟实验（室）构建或学生实验的相关参考教材。

作者敬请对本书提出宝贵建议，您的建议和意见将是作者改进的源泉！

目 录

第一章 虚拟仪器背景知识及系统简介	(1)
第一节 虚拟仪器技术的最新进展及目前的主要应用领域	(1)
第二节 虚拟仪器——LabVIEW 简介	(8)
第二章 基于虚拟仪器 LabVIEW 实现数字逻辑电路仿真的可行性及优点	(21)
第一节 数字逻辑电路的性质	(21)
第二节 数字电路的特点	(22)
第三节 数字电路的基本组成单元	(22)
第四节 数字电路的分类	(25)
第五节 LabVIEW 实现数字逻辑电路仿真的可行性及优点	(29)
第六节 “虚拟芯片”的概念及设计方法	(33)
第七节 基于虚拟仪器的二进制代码产生器	(45)
第三章 组合逻辑电路的虚拟仪器仿真	(69)
第一节 组合逻辑电路设计及虚拟仪器仿真实现	(69)
第二节 编码器及其虚拟仪器仿真实现	(76)
第三节 译码器及其虚拟仪器仿真实现	(116)
第四节 数据选择器仿真	(154)
第五节 加法器的虚拟仪器仿真	(160)
第六节 数值比较器仿真	(169)
第七节 基于虚拟芯片的组合逻辑函数实现方法	(179)
第四章 触发器虚拟仪器仿真设计	(192)
第一节 触发器的概念、分类和性质	(192)
第二节 触发器的逻辑功能分类及触发器虚拟仪器仿真	(203)
第三节 虚拟触发器的逻辑功能转换	(216)
第五章 时序逻辑电路虚拟仪器仿真	(221)
第一节 LabVIEW 实现时序逻辑电路的状态量传递问题	(222)
第二节 基于虚拟仪器实现的时序逻辑电路仿真分析	(227)
第三节 基于虚拟仪器的时序逻辑电路设计方法	(234)
第四节 虚拟计数器仿真设计	(237)
第五节 虚拟寄存器	(272)

第六章 虚拟仪器实现数字逻辑电路仿真实例	(287)
第一节 虚拟计数器容量扩展	(287)
第二节 虚拟时钟发生器设计	(294)
第三节 基于虚拟 74164 的环形计数器仿真	(297)
第四节 基于虚拟仪器的数字逻辑电路时序分析方法	(300)
第五节 字形译码显示的虚拟仪器仿真	(305)
第六节 多选 1 数据选择器虚拟仪器仿真	(309)
第七节 基于移位寄存器串行 - 并行变换的虚拟仪器仿真	(313)
第八节 基于虚拟芯片的数字钟设计及仿真	(320)
第九节 基于虚拟芯片的任意逻辑函数发生器	(329)
附录一 LabVIEW 中的常用模板(选板)介绍	(341)
附录二 LabVIEW 中常用术语的中英文对照	(346)
参考文献	(347)

第一章 虚拟仪器背景知识及系统简介

发展现代科技, 仪器技术是重要的基础。按物理基础来划分, 仪器仪表技术经历了模拟指针式仪器仪表到以微处理器为核心的智能化仪器仪表等若干发展进程。这些发展进程包括了对同一技术基础改进式的量变过程, 也包括跨越式发展的质变(如从分立元件到集成到智能化等)过程。目前, 随着现代测试理论、电子信息科学、计算机技术及网络技术的充分发展及学科间的充分融合, 全新概念的仪器仪表技术已经出现——即虚拟仪器技术。可以预见, 虚拟仪器技术将是科学在今后相当一段时期内发展的重要方向。位居科学研究和教育前沿的我国高等理工教育, 如何抓住这一历史机遇, 承担起发展、研究、传播和应用虚拟仪器技术这一历史重任, 已是一个十分紧迫的问题。

有必要说明, 本书所要讨论的虚拟仪器, 从本质上不同于仿真系统, 也不是各种模拟现实或虚拟现实, 虽然称之为“虚拟”仪器, 但它是能完成各种实际仪器功能的特殊的“实际”仪器, 是一种依赖于计算机技术为基础的、软件化的新概念仪器系统。

目前不同学者对“虚拟仪器”概念的认识还不完全统一, 有的文献也将仿真技术(如 Multisim)和虚拟现实技术称为“虚拟仪器”技术, 本书作者认为这是不妥的。其根本区别在于, “虚拟仪器”的实质是一种“实际”仪器, 是要完成实际仪器功能的。而各类仿真技术、虚拟现实技术或模拟现实技术, 只不过是对实际情况的一种模拟而已, 并不能达到完成现实功能之目的, 当然, 这并不影响本书将虚拟仪器系统应用于仿真技术的出发点, 即“虚拟仪器系统不是仿真系统, 但完全可应用于仿真”。

第一节 虚拟仪器技术的最新进展及目前的主要应用领域

一、传统测试仪器仪表技术的发展历程

测试仪器是科学技术发展的基础, 而科学技术的发展又推动着测试仪器的发展进程。测试仪器仪表技术发展至今, 主要经历了以下几个阶段:

- (1) 以电磁技术为基础的指针式仪表阶段。
- (2) 以模拟电子技术为基础的模拟式仪表阶段。
- (3) 以数字电子技术为基础, 引入了锁相技术、频率合成技术、数字取样技术等等的数字化仪表阶段。
- (4) 以大规模、超大规模集成电路为基础的智能化仪器仪表阶段。这一阶段是电子仪器领域取得重大发展的标志性阶段, 在一定时期内曾开创了现代电子测量、测试技术的先河。
- (5) 以电子测量技术、自动控制技术和计算机技术相融合为基础的自动测试系统阶段。这是电子测量技术的又一次飞跃, 它真正实现了高速度、高准确度、多参数和多功能

的测试，甚至在一定程度上实现了不同地域上的网络化测试功能。

自动测试系统阶段是基于传统仪器仪表技术的测量测试技术发展的高级阶段，它是当今科学技术高度发展的必然结果，同时也为科学技术的进一步发展提供了基础性的保障。

上述不同阶段的仪器仪表技术，还同属于具有一定的物理形态、主要靠自身硬件来实现其功能的仪器仪表，即传统观念上的具有物理实体的仪器仪表，其共同特征都是不脱离物质基础的实体仪器，也具有形状规格、功能特性不易更改和消耗物质资源等共同的物质特征。

上述传统仪器仪表技术的发展进程，可用图 1.1 表示。图中最后一个发展阶段就是指后面将要讨论的虚拟仪器发展阶段，它的出现为仪器技术的发展创造了一种新的理念，是仪器技术在 21 世纪发展的主要方向，将会使人类的测试技术进入一个新的发展纪元。

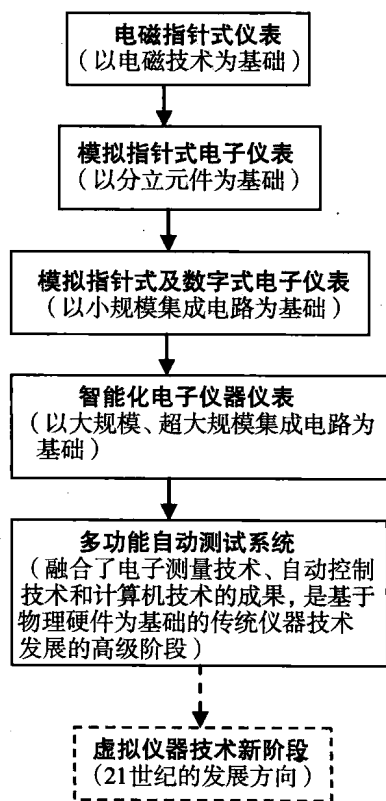


图 1.1 仪器仪表技术的主要发展阶段
(最后一个阶段表示最新出现的虚拟仪器技术阶段)

二、虚拟仪器的概念及特点

随着当今微电子技术、计算机技术、软件技术、网络技术的飞速发展，新的测试理论、测试方法及测试领域的新仪器结构不断出现，在测试技术与计算机深层次融合中出现了一种全新的仪器结构——虚拟仪器。这一概念最先由美国国家仪器公司（National Instrument，简称 NI 公司）在 1986 年提出，之后便一直成为发达国家自动测控领域的研究

热点和应用前沿。

虚拟仪器这一概念在很多文献中都有介绍,所谓虚拟仪器,就是在以计算机为核心的硬件平台上,配合以相应的输入/输出接口,具有计算机显示器的虚拟面板,测试功能由测试软件来实现的一种计算机化的仪器系统。

虚拟仪器技术是由测量仪器技术、计算机技术和总线技术共同孕育的一种全新仪器技术。其突出特点是:打破了传统仪器的封闭性,把仪器的绝大部分硬件变成计算机上的文件;用户可以自行定义、自行设计、自行组建自己需要的仪器,并可将组建的多种仪器存放在计算机的仪器库中,配以数据通讯卡和传感器,构成功能、性能、外观和操作方式都和传统仪器相同或超过传统仪器功能的新型概念仪器系统。其实质就是利用计算机强大的软件功能实现信号调理及数据的运算、分析和处理,利用相应接口设备来完成信号的采集、输入/输出,从而实现各种仪器功能。“虚拟”的含义有二:

(1) 虚拟仪器的面板是虚拟的。虚拟仪器的面板只不过是计算机模拟的界面而已,而传统仪器面板上的器件都是实物,而且是由手动和触摸进行操作的。

(2) 虚拟仪器的测量功能主要是通过软件来完成的。虚拟仪器是在以计算机为核心的硬件平台支撑下,通过软件编程来实现仪器的功能的。

三、虚拟仪器与传统仪器比较

(1) 虚拟仪器的特点。

虚拟仪器与传统仪器相比,有以下特点:

① 具有可变性、多层次、自助性的面板。

因为虚拟仪器的操作面板实质上就是计算机的显示器,如各类指针式的表头、旋钮、开关、滑动器件、各类数码显示器件、波形显示器、指示灯、报警声音等均可以由系统直接提供,并可根据需要进行设置。

② 具有强大的信号处理能力。

在接收到由接口提供的数据后,虚拟仪器可以充分利用计算机强大的软件资源,对经 A/D 接口采集到的信号灵活地进行计算、分析、判断、处理、显示或输出,再经 D/A 接口转换后控制执行外部器件的动作或直接将处理结果存储供必要时重新使用。

③ 仪器的功能、性能、指标由用户根据需要用软件来定义。

这样可以建立庞大的 VI 库,并且仪器功能灵活。还可以在一台计算机上实现各种不同的仪器功能,同一功能的虚拟仪器也可随时按需要进行更改、完善或重新设计。而传统仪器一经设计、制造完成后,其功能就很难改变。

④ 虚拟仪器开发效率高、通用性好且可重复使用。

虚拟仪器本身提供了强大的功能模块,包括算术运算、函数运算、信号采集、信号输出、数据存取、信号调理、信号分析、数据通信等功能模块,涵盖了测试的各个环节;虚拟仪器还继承并发展了结构化和模块化的程序设计理念,带有扩展功能的子程序库(子 VI),还可供用户通过程序设计系统来扩充库的功能。

⑤ 具有标准的、功能强大的接口总线、板卡及相应的应用软件,为虚拟仪器的数据采集和接口控制提供强大的支持。

虚拟仪器系统支持的总线及接口有:

(a) GPIB 通用接口总线 (General Purpose Interface Bus)。GPIB 又称 IEEE488 国际标准接口总线。

(b) VXI 总线 (VMEbus eXtensions for Instrumentation, 即 VME 总线仪器扩展)。VXI 总线有比 GPIB 更大的开放性和通用性, 能保证各个仪器之间精确的定时和同步, 具有高达 40 M Bytes/s 的数据传输率, 被认为是虚拟仪器最理想的硬件支持平台。

(c) PXI 总线 (PCI eXtensions for Instrumentation, 即 PCI 总线仪器扩展)。PXI 总线可将 GPIB、VXI 和串口仪器集成于同一系统, 其核心是 Compact PCI 结构和 Microsoft Windows 系统软件, 可将 Microsoft Windows 系统软件直接应用于测试、测量、数据采集和工业控制中。

(d) 其他总线接口有: VISA、PCI 等标准 I/O 卡及其相应的驱动程序库。

USB 接口的 I/O 卡。如目前 NI 公司的 NI USB-6008/6009 DAQ 卡, 具备 USB 外设的所有特性, 有无需外接电源, 方便拔插, 易于设置、使用等优点。

⑥ 虚拟仪器开放、灵活, 可与计算机同步发展, 容易实现与网络及其周边设备的互联。

⑦ 虚拟仪器在工程应用和社会经济效益方面具有突出的优势, 具有开发周期短、成本低、维护方便、易于集成应用的特点。

决定虚拟仪器具有传统仪器不可能具备的优点的根本原因, 就在于“虚拟仪器的关键是软件”。

虚拟仪器与传统仪器相比, 概括地说, 有四大优势: 性能高、扩展性强、开发时间短、完美的集成功能。

①性能高。

虚拟仪器技术是建立在现代计算机技术基础之上的, 它具备了现代计算机及网络技术的所有优势, 如数据/信号的高速传输、大容量存储、卓越的 I/O 功能, 使虚拟仪器系统在具备计算机载体及相应 I/O 接口的基础上, 很容易就可实现那些高物质成本、高信号/数据处理复杂度、高传输速率的传统硬件仪器功能, 而且数据的存储变得非常简单。另外, 充分运用网络互联技术, 还可轻松实现“仪器”集中统一和分散控制, 实现网络化的“仪器”, 这更是传统仪器所不及的。

②扩展性强。

由于虚拟仪器的软件特性而使其成为一种“软仪器”, 用户只需通过对软件的重新编写或部分更改, 就可以达到更新或改变仪器功能的目的。因而, 用户以最少的硬件投资和极少的软件成本就可升级、改进, 甚至构建一个全新的系统, 并可缩短产品的更新换代时间。

③开发时间短。

虚拟仪器技术高效的软件构架功能, 与最新的计算机技术、仪器仪表技术和通信技术结合在一起, 本身就是一种低成本的、快速的系统解决方案, 能极大地方便最终用户。

④完美的集成功能。

虚拟仪器从本质上来说就是一个软、硬件高度集成化的系统, 它的不同设备既保持了相对的独立性, 同时又紧密地集成在一起, 而且其系统核心——软件部分也采用类似的集成结构。这一构架的好处就是减少了任务的复杂性, 开发者可以快速地创建具体的应用系

统，使开发过程大大简化。

最后，虚拟仪器虽称之为“虚拟”，但完成的实际功能与传统意义的仪器是相同的，甚至是超越传统仪器的，虚拟仪器技术的发展与现代电子信息技术及计算机技术的发展是密不可分的。

虚拟仪器与传统仪器各方面的比较如表 1.1 所示。

表 1.1 虚拟仪器与传统仪器比较

虚拟仪器	传统仪器
功能由用户定义	功能由生产厂家定义
开放、灵活、可重配置，与计算机同步发展	固定、生产后即不可更改
无限、可变的显示项	有限、固定的显示项
技术更新周期短（0.5 ~ 1 年）	技术更新周期长（5 ~ 10 年）
开发、维护成本低	开发、维护成本高
二次开发功能强大	无二次开发功能
价格成本低	价格成本高
关键技术是软件	关键技术是硬件
易实现自动测试及网络功能	难以实现自动测试及网络功能

(2) 虚拟仪器技术的应用领域。

虚拟仪器不但可以完成绝大多数传统仪器的工作，而且其功能比传统仪器更为先进。如网络化仪器、一机多用、实时更换更新，在信号调理、数据分析、数据存储、数据显示等多个方面，都具有传统仪器无法相比的优越性。由于其主要的仪器功能是靠软件来完成，这也使设备制造的物质成本降到了最低，在当今世界范围内都非常符合绿色环保、节约能源的时代要求。所以虚拟仪器技术是电子信息时代仪器技术发展的新理念，它代表了仪器仪表技术在 21 世纪的发展方向。

虚拟仪器可广泛用于电子、石化、冶金、机械、航空航天、能源、电信、医学、通信、汽车、半导体、科研和教学等世界范围内的众多领域，具体如表 1.2 所示。

表 1.2 虚拟仪器的应用领域

测试测量		工业自动化	
声学测试	设备测试	工厂自动化	食品加工
ATE	自动光学检验（AOI）	HMI	实验室自动化
汽车测试	生物医学研究	机械控制	机器视觉
校准	电子测试	石油和天然气处理	制药生产

续 表

测试测量		工业自动化	
光纤	光学度量和测试	工业机器人	过程自动化
研发	半导体测试	SCADA	统计流程控制
电信通信测试	振动测试	晶片传送手臂	

正如计算机发明的初衷仅是为了科学计算，发明者没有预见到后来计算机会获得如此广泛的应用一样，随着虚拟仪器技术的进一步发展完善，其应用范围将会扩展到更加广阔的领域。

(3) 国内外虚拟仪器技术的发展现状。

① 国外发展情况。

国外虚拟仪器技术自 20 世纪 80 年代由美国 NI 公司提出以来，一直成为发达国家自动测控领域的研究热点和应用前沿。近年来，世界各国的许多大型自动测控和仪器公司均相继研制了为数不少的虚拟仪器开发平台，但最早和最具影响力的还是 NI 公司的图形化开发平台 LabVIEW（NI 公司也推出了基于 C 语言模式的 Labwindows/CVI 等交互式开发平台）。虚拟仪器在国外已发展成为一种新的产业。美国是虚拟仪器的诞生地，目前也是全球最大的虚拟仪器制造国。

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)，即“实验室虚拟仪器工程平台”，是美国国家仪器公司推出的著名虚拟仪器开发平台，它同时也是一种图形化的编程语言——G 语言，具备强大的虚拟仪器功能和图形化语言的软件特征。自 1981 年推出 LabVIEW1.0 以来，至 2008 年已推出了最新版本的 LabVIEW8.5，除仍具备图形化 G 语言的本质特征外，其功能已是今非昔比！据 NI 公司的资料介绍，包括航空航天、机械、电子等在内的世界 500 强的工业企业、公司中，百分之八十以上的都在使用 NI 公司的 LabVIEW 虚拟仪器系统，而目前应用最广泛的领域是各种测试领域。

② 国内发展情况。

国内最早研究虚拟仪器也是从引进消化美国 NI 公司的产品开始。国家自然科学基金委员会也曾将虚拟仪器研究作为现代机械工程科学前沿学科之一，列入“十五”期间优先资助领域。目前有些研究已取得可喜成绩，如由重庆大学承担的国家 863 项目“虚拟仪器关键技术的研究及其产业化”，所研发的“一体化虚拟仪器”就是一种不同于欧美虚拟仪器的新技术。这项成果表明我国在虚拟仪器方面走出一条与欧美技术线路完全不同的自主创新路子，并成为国际上嵌入式一体化虚拟仪器研发的先行者。

③ 国内的发展潜力。

我国国民经济持续快速发展，加快了企业的技术升级步伐，先进仪器设备的需求更加强劲，虚拟仪器赖以生存的个人计算机最近几年以极高的速度在中国发展，这些都为虚拟仪器在我国的普及奠定了良好的基础。据专家预测，我国虚拟仪器行业的产值在未来若干年内将超过仪器仪表行业总产值的 50%，虚拟仪器技术代表了今后仪器仪表技术发展的先进方向，我国的虚拟仪器技术存在巨大的发展潜力。国内许多高校，如清华大学、哈尔滨工业大学、重庆大学、华中科技大学、复旦大学、上海交通大学、国防科技大学、成都

电子科技大学、中国科技大学、暨南大学、四川大学等数十所高校已展开了虚拟仪器技术领域的研究、开发和教学，美国 NI 公司已于 2006 年把在中国高校广泛推广虚拟仪器技术列入了战略发展规划（NI 中国高校推广计划），这标志着自提出虚拟仪器的概念之后，虚拟仪器技术在我国也进入了一个全新的快速发展阶段。

④ 目前我国虚拟仪器技术发展现状尚不容乐观。

从全国整体的虚拟仪器技术发展现状分析来看，目前的情况还处于“有点无面”的零星状况，甚至对于部分长期基于传统仪器研究的科研工作者，还不能准确理解虚拟仪器的概念，或把虚拟仪器误解为就是一种新型仿真技术或虚拟现实技术。实际上，虚拟仪器技术与仿真技术或虚拟现实技术是有本质区别的。如有的文献将“基于虚拟仪器的实验室”称为“虚拟实验室”，本书作者认为这是不妥的。所谓“虚拟仪器”，是要完成真实仪器的功能的。虚拟仪器，从处理信号和数据的角度来说，它也是一种仪器，基于虚拟仪器构建的实验室，原则上讲，和基于传统仪器构建的实验室无异，但具备了更强大、更完善的功能。虚拟仪器实质上是一种新型的、特殊的、且是真实的仪器！而仿真或虚拟现实技术却不是这样，它仅是对真实情况的一种模拟。

虚拟仪器系统的完整结构如图 1.2 所示。

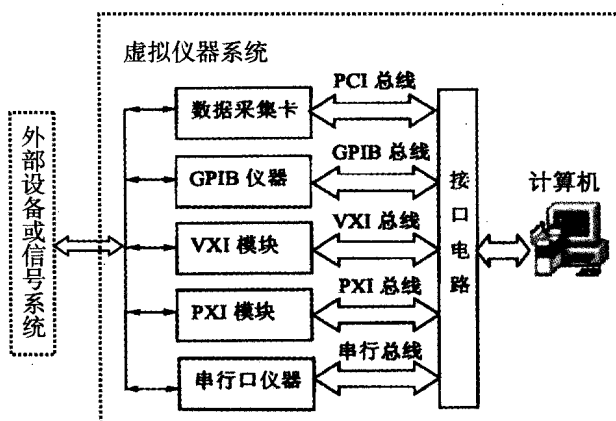


图 1.2 虚拟仪器系统的完整结构

从图 1.2 可以看出，完整的虚拟仪器系统包括计算机系统、虚拟仪器软件系统和相应的接口设备（接口设备部分也可称为虚拟仪器的“硬件系统”）构成，从应用层面上讲，虚拟仪器是具备仿真和虚拟现实功能的，但它更是一种性能卓越的真实仪器系统。

四、我国高校在发展与推广虚拟仪器技术进程中的重要地位

高校在虚拟仪器技术研究和应用推广中的重要作用主要反映在以下两方面：

（1）高等理工院校具备研发和推广虚拟仪器技术的得天独厚的实力。

高等学校，特别是高等理工院校的相关技术力量雄厚，有相当的研究实力，又有广大理工科学生作为教学和推广的对象。在我国创新研究、推广应用虚拟仪器技术，我国高等教育机构应起到桥头堡的作用，有责任、也有实力推动虚拟仪器新技术在我国的发展。

(2) 高校发展虚拟仪器技术有利于高校自身实力的加强。

引入虚拟仪器进行实验和教学的优点, 是容易实现以下目标:

- ①先进仪器的低成本化;
- ②缩短新型仪器的开发周期;
- ③降低仪器的维护、配置成本;
- ④容易实现基于网络的交互式实验和教学;
- ⑤强化学习、实验过程的自主性和自创性。

而达到上述目标的相应教学模式, 将为培养适应新世纪需要的创新人才创造十分有利的条件, 也为高校自身实力的提升和教学成本的降低提供了理想的发展空间。

五、我国目前发展虚拟仪器技术的主要措施

虚拟仪器技术在部分发达国家已具备相当的水平, 在我国发展自己的虚拟仪器技术, 根据目前的国情应注重以下方面:

- ①尽快引进并消化、吸收目前国外先进的虚拟仪器技术;
- ②采取高起点发展的战略, 严格把握虚拟仪器今后的发展方向, 即把握好虚拟仪器在今后标准化、集成化、智能化和网络化方面的发展趋势;
- ③尽快在我国建立保护虚拟仪器知识产权的体系;
- ④制定中长期发展目标, 增大或倾斜资金投入, 保证虚拟仪器技术发展的基础条件。

六、虚拟仪器技术展望

历史的发展进程已多次证明, 领导新技术革命或最先掌握并有效推广运用划时代新科技的国家, 其国民经济与综合国力将因此而获得跨越式发展。目前正值我国国民经济高速发展、综合国力迅速提升的关键时期, 科学技术正在以引进消化国外先进技术和大力鼓励自主创新相结合的方式超常发展。测量、测试仪器是科学研究、工程应用的重要基础性领域, 面对仪器技术的新发展趋势, 虚拟仪器技术在我国如何获得发展与推广, 既是摆在我们每一位科技工作者面前的一个重要课题, 更是作为人才培养基地和科学研究中心的高等院校理应主动承担的时代重任。

虚拟仪器应用于数字逻辑电路的教学、仿真及实验, 是虚拟仪器系统新的应用领域, 本书将讨论虚拟仪器 LabVIEW 系统应用于数字逻辑电路的仿真实现技术。

第二节 虚拟仪器——LabVIEW 简介

虚拟仪器——LabVIEW 采用图形化编程的 G 语言风格, 所编制的程序实际上是一些图标、框图等对象经连线而成的结构图, 它为用户提供简明、直观、易用的图形编程方式, 而不是其他语言类程序的代码堆积。学习 LabVIEW 会比学习其他代码语言更简便直观, 学习者在很短时间内就可以应用 LabVIEW。与传统代码语言相比, LabVIEW 的图形编程方式可以节省 85% 以上的程序开发时间, 并且其运行速度很少受影响, 体现了极高的使用效率。

一、几个 LabVIEW 的基本概念

1. VI 的概念——LabVIEW 的应用程序

运用 LabVIEW 开发的应用程序统称为“VI”，VI 是“Virtual Instrument”的英文缩写，即“虚拟仪器”。每个 LabVIEW 应用程序（VI）均由前面板（Front Panel）和后面板（Block Diagram）构成，而构成前面板和后面板的基本元素是各种控件、图标、框图及连线。

图 1.3 是一个简单的 LabVIEW 程序的前面板，在 LabVIEW 程序中，前面板就是应用程序的界面，即输出显示的窗口，也是实现人机交互的窗口。

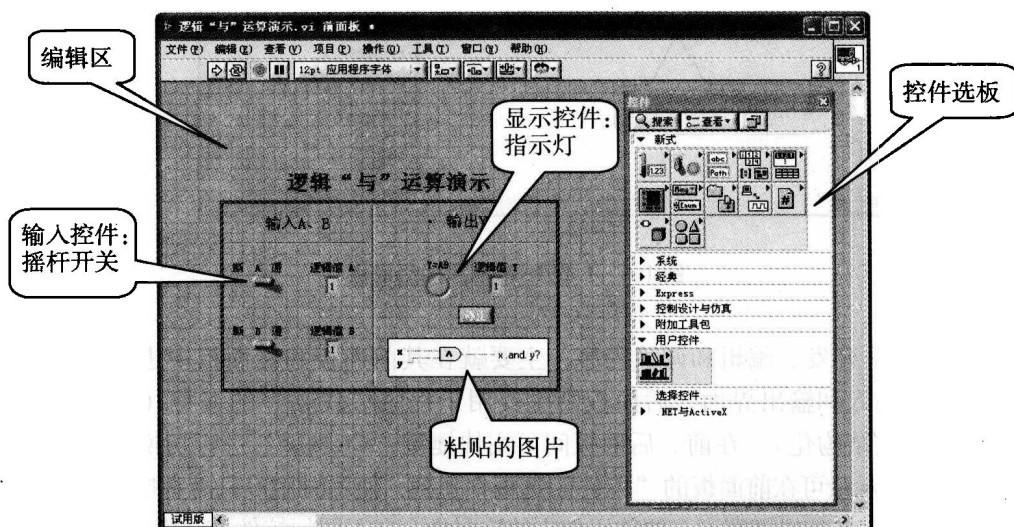


图 1.3 LabVIEW 程序的前面板

前面板窗口主要由控制量（Controls）和显示量（Indicators）构成。当程序运行时，用户可通过控制量来输入数据或控制程序的运行，如输入各种数据、停止程序运行等；而显示量则主要用来显示程序的运行结果，如显示结果数据、各种指示灯的亮灭、各类波形显示等。控制量和显示量构成了一个 LabVIEW 程序的基本输入和输出组件。

如果将虚拟仪器看做实际仪器，则控制量就是该仪器的数据输入、输出端口和各种控制开关、显示器等，控制量用于为仪器提供数据信号和控制信号，而显示量则是仪器的显示窗口，用于显示处理结果。图 1.3 前面板中水平摇杆开关 A、B 用于输入开关信号，是控制量，指示灯 Y 则用于显示对开关 A、B 逻辑状态信号进行“与”运算的结果（ $Y = AB$ ），是显示量。前面板的每一个控制量在后面板都有一个与之对应的图标，双击控制量或图标可实现在前、后面板间切换并定位相应的对象。

图 1.4 是上述程序的后面板，后面板相当于 LabVIEW 程序代码窗口，也是程序的核心。后面板主要由图标、连线和框图构成，它们实际就是一些常量、变量、函数等通过连线传递数据、通过框图实现结构化整合的图形程序。这也是图形化 G 语言的重要特征。如果前面板的任务是操作和显示，那么后面板就是处理数据和运行程序的“内部核心”，