

高等学校电子信息类教材

计算机测试系统 原理与应用

周明光 马海潮 编著

Test

System

Computer

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

| 高等学校电子信息类教材 |

计算机测试系统原理与应用

周明光 马海潮 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书从工程实际应用出发,全面系统地介绍计算机测试系统设计的各个重要环节。首先,介绍构成计算机测试系统所需的计算机和测控总线技术,计算机和测试系统接口技术,并在分析研究的基础上归纳、整理出了各自的特点和最佳应用场合;其次,介绍模/数转换技术及应用中的注意事项,归纳出了测试系统抗干扰的若干方法;再次,介绍虚拟仪器、现场总线与测控网络技术;最后,给出测试系统设计方法和几个典型的设计实例。

本书具有较强的系统性、先进性、可移植性、实用性,且通俗易懂。

本书既可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、计算机应用、信息工程等专业的高年级学生和研究生在教学用书,又是从事计算机测试系统与仪器的设计、研发、使用和维护的广大工程技术人员必备的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机测试系统原理与应用/周明光,马海潮编著. —北京:电子工业出版社, 2005.4

高等学校电子信息类教材

ISBN 7-121-01044-5

I. 计… II. ①周…②马… III. 计算机辅助测试—高等学校—教材 IV. TP316.76

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第022938号

责任编辑:高买花

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:511千字

印 次:2005年4月第1次印刷

印 数:5000册 定价:29.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

测试技术和设备涉及国民经济和国防建设的各行各业,先进的电子测试设备在众多行业的科研、生产和设备维护使用过程中起着举足轻重的作用。特别是在电子产品、航空航天、武器装备、工业自动化、通信、能源等诸多领域,只要稍为复杂一点的涉及到弱电的系统(或装置)都要考虑测试问题。现在,各种控制系统(或装置)测试功能的完备与否,已成为衡量其设计是否合理和能否正常运行的关键因素之一。

测试技术与科学研究、工程实践密切相关,科学技术的发展促进了测试技术的发展,测试技术的发展反过来又促进了科学技术的进步。测量仪器(测试系统)发展至今,已经历了模拟仪器、分立元件式仪器、数字化仪器、智能仪器和虚拟仪器 5 个阶段。国外从 20 世纪 80 年代开始研发各种计算机测试系统,并陆续投入使用,有力地促进了相关行业的发展和科技进步。在国内,由于国民经济和国防建设众多需求的推动,计算机测试技术近年来也有了很大的发展。经过我国科研工作者对国外先进测试技术及设备的引进、消化、提高,我国测试仪器和系统的技术含量有了显著提高,有些部门研制的测试设备已接近国际先进水平。但从总体上看,与先进国家相比还有较大差距,许多先进的测试设备还依赖于引进,自行研制的测试设备在性能、可靠性等方面尚需提高。

为了借鉴国内外测试系统与仪器研制的成功经验,提高其性能和可靠性,适应国民经济和国防建设的需求,作者总结近年来的最新科研成果,参阅在国内外公开发表的论文,结合近年测试理论和技术的发展,对作者编写并由国内某科研单位内部出版、使用多年的测试专业科技干部继续工程教育教材——《武器装备数据采集技术》一书进行了充实和更新,并结合多年的工程实践经验完成了本书的编写。

全书共分 11 章。

第 1 章绪论,综述了国内外测试技术和设备的现状与发展趋势,给出了计算机测试系统设计原则;第 2 章介绍了计算机总线基础知识,重点介绍了 PCI 总线特点和信号内容;第 3 章介绍了测控总线的基础知识,重点介绍了 MIL-STD-1553B、Bitbus、GPB、VXI 和 PXI 总线技术的主要内容和特点,这是组建计算机测试系统硬件环境的基础;第 4 章介绍了计算机接口技术,重点介绍了串行通信接口技术,这是实现各种串行总线信息采集的基础;第 5 章介绍了测试系统接口技术,重点介绍了输入通道结构与信号调节、信号拾取与放大、数字量接口、信号耦合与电平转换等知识,这是测试系统硬件接口设计的基础;第 6 章介绍了常用模/数转换器原理与应用中需考虑的问题,同时介绍了自整角机/旋转变压器—数字转换器原理及应用方法;第 7 章介绍了测试系统抗干扰的软硬件知识;第 8 章介绍了虚拟仪器技术及应用方法;第 9 章介绍了现场总线与测控网络知识;第 10 章介绍了计算机测试系统设计方法,重点介绍了基于不同总线的计算机测试系统构成方法、采用授时 GPS 自主实现与其他测试设备或测控网络的同步方法、串行总线及以太网信息的采集方法、测试任务阶段划分和采用数据库技术的软件设计方法、可靠性设计方法等;第 11 章综合前 10 章的知识,针对工程实际应用需求,给出了计算机

测试系统的几个典型设计实例。

编写本书的目的是使读者掌握先进的计算机测试系统的原理和设计方法；加强和拓宽读者的硬件基础，拓展应用软件设计思路；培养综合运用所学知识进行测试系统设计开发的能力；能够根据不同测试对象需求，有针对性地完成测试系统设计、集成和研发不同类型的高性能测试设备；使读者所设计的系统具有开放性、重构性强和标准化、模块化、虚拟化等特点；提高设计系统的可靠性及智能化和自动化水平，缩短开发周期并提高投资效益。

本书可使初学者熟悉和掌握计算机测试系统的原理及实际应用方法，为读者针对实际测试任务完成测试系统设计起到抛砖引玉的作用；对于具有一定设计经验的中、高级设计人员具有一定的指导作用，有利于提高其设计能力和所设计系统的水平；对于众多从事计算机测试系统与仪器使用和维护的工程技术人员，可全面熟悉计算机测试系统的构成和工作原理，有利于专业技能的提高。

在编写过程中，部分图表绘制和文字录入工作由魏琳同志完成，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳请各位专家和读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 测试设备的作用与发展过程	(1)
1.2 测试技术和设备的现状及发展趋势	(2)
1.3 计算机测试系统的特点	(4)
1.4 计算机测试系统类型	(5)
1.5 计算机测试系统设计原则	(6)
思考题	(7)
第 2 章 计算机总线技术	(8)
2.1 计算机总线基础	(8)
2.1.1 总线概念	(8)
2.1.2 总线类型	(8)
2.1.3 总线规范	(10)
2.1.4 总线功能	(11)
2.1.5 总线传输性能	(12)
2.1.6 总线仲裁	(15)
2.2 总线标准介绍	(17)
2.3 PCI 总线	(21)
2.3.1 PCI 总线概述	(21)
2.3.2 PCI 总线特点	(22)
2.3.3 PCI 总线信号	(23)
2.3.4 接插件引脚分配	(28)
2.3.5 Compact PCI 总线	(31)
2.3.6 PCI-X 局部总线	(32)
2.3.7 计算机总线性能比较	(32)
思考题	(34)
第 3 章 测控总线技术	(35)
3.1 MIL-STD-1553B 总线标准	(35)
3.1.1 概述	(35)
3.1.2 总线特性	(36)
3.1.3 终端操作	(46)
3.1.4 硬件特性	(48)
3.1.5 余度数据总线	(51)
3.2 Bitbus 技术	(51)
3.2.1 8044 单片机	(52)
3.2.2 分布式控制模块	(58)

3.2.3	Bitbus 通信规范	(60)
3.2.4	iDCX51 分布式控制执行软件	(66)
3.2.5	位总线应用系统设计	(73)
3.3	GPIB 接口总线技术	(76)
3.3.1	概述	(76)
3.3.2	性能特点	(77)
3.3.3	GPIB 接口功能	(78)
3.3.4	GPIB 接口总线组成	(80)
3.3.5	三线通信联络过程	(82)
3.4	VXI 总线测试平台技术	(83)
3.4.1	概述	(83)
3.4.2	VME 总线	(84)
3.4.3	VXI 总线发展历程	(85)
3.4.4	VXI 总线的内容要点	(87)
3.4.5	VXI 总线系统控制方案	(91)
3.4.6	VXI 总线接口软件	(93)
3.4.7	VXI 总线的应用	(94)
3.5	PXI 总线测试平台技术	(94)
3.5.1	PXI 总线的发展过程	(94)
3.5.2	PXI 总线机械规范及其特性	(96)
3.5.3	PXI 总线规范的电气性能	(98)
3.5.4	软件性能	(100)
3.5.5	PXI 模块化仪器及外部设备	(100)
3.6	测控总线性能分析对比	(101)
3.6.1	常用并行总线性能对比	(101)
3.6.2	测试仪器总线性能分析	(102)
	思考题	(106)
第 4 章	计算机接口技术	(107)
4.1	计算机接口功能	(107)
4.2	计算机常用接口	(108)
4.2.1	并行接口	(108)
4.2.2	串行接口	(109)
4.2.3	硬盘接口	(110)
4.2.4	接口控制方式	(112)
4.3	串行通信接口技术	(113)
4.3.1	串行通信基础	(113)
4.3.2	RS-232 串行接口	(123)
4.3.3	RS-422/485 接口	(128)

4.3.4	USB 接口	(130)
4.3.5	IEEE1394 接口	(133)
	思考题	(137)
第 5 章	测试系统接口技术	(138)
5.1	输入通道结构与信号调节	(138)
5.1.1	输入通道含义	(138)
5.1.2	输入通道的结构类型	(138)
5.1.3	信号调节	(140)
5.1.4	输入通道特点	(141)
5.2	信号拾取与放大	(142)
5.2.1	信号拾取方法	(142)
5.2.2	模拟信号放大	(143)
5.3	数字量接口技术	(147)
5.3.1	光耦合器	(147)
5.3.2	开关量输入通道	(149)
5.3.3	脉冲量输入通道	(150)
5.4	信号耦合与电平转换技术	(151)
5.4.1	信号耦合	(151)
5.4.2	电气特性匹配	(152)
5.4.3	电平转换接口	(153)
	思考题	(160)
第 6 章	模/数转换技术及应用	(161)
6.1	模拟信号的数字化处理	(161)
6.1.1	模拟与数字信号特点及信号类型	(161)
6.1.2	采样原理	(162)
6.1.3	量化与编码方式	(163)
6.2	A/D 转换器原理	(165)
6.2.1	逐次逼近式 A/D 转换器原理	(165)
6.2.2	双积分式 A/D 转换器原理	(166)
6.2.3	并行 A/D 转换器原理	(167)
6.2.4	V/F 式 A/D 转换器原理	(168)
6.2.5	$\Sigma\Delta$ 模/数转换器原理	(169)
6.3	A/D 转换器的应用问题	(170)
6.3.1	A/D 转换器的技术指标	(170)
6.3.2	设计中需考虑的问题	(171)
6.3.3	使用中需考虑的问题	(171)
6.4	自整角机/旋转变压器—数字转换器原理及应用	(173)
6.4.1	小型自整角机/旋转变压器—数字转换器原理及应用	(173)

6.4.2	自整角机/旋转变压器—数字转换器原理及应用	(180)
6.4.3	数字-自整角机/旋转变压器转换器原理及应用	(183)
6.4.4	粗精组合纠错方法	(185)
6.5	超高速数据采集技术概况	(188)
	思考题	(191)
第7章	测试系统抗干扰技术	(192)
7.1	干扰产生原因及后果	(192)
7.1.1	干扰产生原因	(192)
7.1.2	干扰对测试系统造成的后果	(193)
7.2	干扰分类及主要渠道	(193)
7.2.1	干扰分类	(193)
7.2.2	主要干扰渠道	(195)
7.3	硬件抗干扰技术	(197)
7.3.1	地线种类与接地方法	(197)
7.3.2	抗串模干扰措施	(200)
7.3.3	抗共模干扰措施	(203)
7.3.4	长距离传输信号线的选择	(203)
7.3.5	反射波干扰及抑制	(204)
7.3.6	供电电源抗干扰措施	(207)
7.4	软件抗干扰技术	(208)
7.4.1	软件抗干扰的前提条件	(208)
7.4.2	软件抗干扰方法	(209)
	思考题	(213)
第8章	虚拟仪器技术	(214)
8.1	虚拟仪器基本概念	(214)
8.2	虚拟仪器演变过程与特点	(216)
8.2.1	测试系统与仪器演变过程	(216)
8.2.2	虚拟仪器特点	(216)
8.3	虚拟仪器结构	(218)
8.3.1	虚拟仪器硬件结构	(218)
8.3.2	虚拟仪器软件结构	(220)
8.4	可互换虚拟仪器	(221)
8.4.1	IVI 技术现状	(221)
8.4.2	IVI 结构和特点	(223)
8.5	虚拟仪器应用	(224)
8.5.1	虚拟仪器实验室	(224)
8.5.2	用虚拟仪器构造成非电量测量系统	(225)
8.5.3	用虚拟仪器构成瞬态信号采集系统	(226)

8.5.4	用虚拟仪器构成网络化测试系统	(227)
8.6	LabVIEW 简介	(227)
8.6.1	概述	(227)
8.6.2	LabVIEW 的特点	(228)
8.6.3	LabVIEW 应用	(228)
	思考题	(230)
第 9 章	现场总线与测控网络技术	(231)
9.1	现场总线技术	(231)
9.1.1	技术现状及发展过程与趋势	(231)
9.1.2	现场总线特点及优点	(233)
9.1.3	几种常用现场总线	(235)
9.1.4	FCS 对计算机控制系统的影响	(241)
9.2	测控网络技术	(242)
9.2.1	测控网络技术简介	(242)
9.2.2	现场总线的网络拓扑结构	(245)
9.2.3	网络扩展与网络互连	(248)
9.2.4	现场总线的通信模式	(249)
9.2.5	测控网络与信息网络的互连	(251)
	思考题	(253)
第 10 章	计算机测试系统设计方法	(254)
10.1	计算机测试系统构成方法	(254)
10.1.1	标准总线测试系统构成方法	(254)
10.1.2	专用计算机测试系统	(261)
10.1.3	混合型计算机测试系统	(262)
10.1.4	网络化测试系统	(263)
10.2	测试系统自主同步方法	(266)
10.2.1	问题提出及解决方法	(266)
10.2.2	B 码信号发生器原理与特点	(266)
10.2.3	IRIG-B 码接收原理	(268)
10.3	串行总线及网络信息采集方法	(274)
10.3.1	串行总线数据采集方法	(274)
10.3.2	网络信息采集	(275)
10.4	软件设计方法	(281)
10.4.1	软件的开发过程	(281)
10.4.2	编程方法	(284)
10.4.3	基于数据库技术的测试系统软件设计	(285)
10.5	测试系统可靠性设计	(288)
10.5.1	可靠性设计的基本概念	(288)

10.5.2 影响可靠性的原因	(288)
10.5.3 元器件级可靠性设计方法	(289)
10.5.4 部件和系统级可靠性设计方法	(291)
10.5.5 软件可靠性	(292)
10.5.6 故障自动诊断	(293)
思考题	(294)
第 11 章 计算机测试系统设计实例	(295)
11.1 基于 PXI 总线的网络化测试系统设计	(295)
11.1.1 网络化设计的必要性	(295)
11.1.2 硬件设计	(295)
11.1.3 软件设计	(301)
11.1.4 系统特点	(309)
11.2 MXI 控制方式的 PXI 总线测试系统设计	(309)
11.2.1 硬件组成与功能	(310)
11.2.2 软件设计	(311)
11.3 基于 PXI 总线的虚拟仪器非电量测试系统	(312)
11.3.1 系统硬件组成	(312)
11.3.2 系统功能	(313)
11.3.3 软件组成与功能	(314)
11.4 GPIB 控制方式的 VXI 总线测试系统设计	(314)
11.4.1 系统硬件组成	(314)
11.4.2 软件设计	(315)
11.5 基于 Bitbus 的分布式测试系统设计	(317)
11.5.1 基于位总线的机载测试系统硬件设计	(317)
11.5.2 基于位总线的舰载测试系统硬件设计	(318)
11.5.3 主结点与子结点之间的通信	(319)
11.5.4 软件结构	(320)
11.5.5 系统特点	(320)
11.6 系统集成	(322)
11.6.1 采用 COTS 技术的系统集成	(322)
11.6.2 测试系统集成	(322)
思考题	(324)
参考文献	(325)

第1章 绪 论

1.1 测试设备的作用与发展过程

人类在认识和改造世界的进程中,要采用各种方法获得客观事物的量值,这个任务称之为测量或测试。测试仪器与系统是人类认识和改造世界的工具和手段,与测试仪器和系统相关的技术称之为测试技术。测试技术是一项基础技术,改革开放以来,我国测试技术有了很大的发展,一些科研院所研制的测试设备已接近国际先进水平。这些测试设备的研制成功和投入使用,为国民经济和国防建设做出了巨大贡献。

测试技术与科学研究、工程实践密切相关,科学技术的发展促进了测试技术的发展,测试技术的发展反过来又促进了科学技术的进步。测试仪器和系统在国民经济和国防建设中起着把关和指导的作用,它们广泛应用于炼油、化工、冶金、电力、电子、轻工和国防科研等行业。测试仪器和系统从生产现场各个环节获得各种数据,运用科学规律,综合利用各种先进技术,通过各种手段或具体的装置、设备使生产环节得到优化,进而保证生产规范化,提高产品质量,降低成本。

测试仪器和系统还可从国防科研试验现场获得试验中各个阶段和最终的试验数据,用于及时发现试验中出现的问题和给出试验结论,并为后续相关试验提供依据。因此,测试仪器与系统对于提高科研和试验效率,加快试验进程和保证试验安全至关重要,这已得到军方和地方专家的广泛认同。以雷达、综合电子战为代表的军事电子技术,以预警机、卫星通信、载人航天和探月工程为代表的航空、航天技术以及以导弹精密制导为代表的兵器技术等都离不开测试技术和设备。测试技术是军事技术的检验标准和开发工具,军事技术为测试技术的研究和测试仪器与系统的研制提供了难得的发展机遇。

测试仪器发展至今,大体经历了4代:模拟仪器、分立元件式仪器、数字化仪器、智能仪器和虚拟仪器,现正进入虚拟仪器时代。

第一代模拟仪器。第一代模拟仪器是以电磁感应定律为基础的模拟指针式仪表,是在20世纪40年代发展起来的,是为针对某种测试目的而专门设计制造的专用仪器。

第二代分立元件式仪器。当20世纪50年代出现电子管、60年代出现晶体管时,便产生了以电子管或晶体管为基础的第二代测试仪器,即分立元件式仪器。这类仪器在某些实验室仍能看到,如指针式万用表、晶体管电压表等。

第三代数字化仪器。20世纪70年代集成电路出现,随之诞生了以集成电路芯片为基础的第三代测试仪器—数字化仪器。这类仪器目前相当普及,如数字电压表、数字频率计等。这类仪器将模拟信号的测量转化为数字信号的测量,并以数字方式输出最终结果,适用于快速响应和较高准确度的测量。它将测试的精度、分辨率和测量速度提高了

几个数量级。

第四代智能仪器。随着微电子技术和微处理器的普及,20世纪80年代出现了以微处理器为核心的第四代测试仪器与系统。这类仪器都内置有微处理器,既能进行自动测试又具有一定的数据处理能力,可取代部分脑力劳动,习惯上称为智能仪器与自动化系统。它使测试仪器的功能发生了质的变化和飞跃,由个别电量的测试发展到使用测试系统进行测量,测试的领域也由时域和频域发展到了对数据域进行测量,仪器的面板操控和显示由键盘与显示器取代。这类仪器和系统的功能模块都是以硬件(或固化的软件)的形式存在,相对虚拟仪器而言,无论是开发还是应用,都缺乏灵活性。这类以计算机为测试系统平台构造的仪器和系统目前最为常见。

目前微电子技术和计算机技术飞速发展,测试技术与计算机技术的融合正引起测试领域一场新的革命,出现一种全新的仪器结构概念——虚拟仪器。虚拟仪器是卡式仪器的进一步发展,是计算机技术应用于仪器技术而产生的一种新的仪器类型,它以各种标准总线作为测试仪器和系统的硬件平台,在不同的应用场合调用不同的测试软件来实现不同的测试功能,达到仪器的多功能快速切换。虚拟仪器是计算机技术、通信技术和测试技术相结合的产物,是传统测试仪器与测试系统观念的一次巨大变革,是测试仪器与测试系统的重要发展方向,它的出现使得测试技术进入了一个新的发展纪元。

1.2 测试技术和设备的现状及发展趋势

国外从20世纪80年代开始研发各种计算机测试系统,并陆续投入使用,有利地促进了相关行业的发展和科技进步。在国内,经过我国科研工作者多年的不懈努力,以及对国外先进测试技术及设备的引进、消化和提高,使计算机测试技术近年来快速发展,研发的测试仪器与测试系统水平显著提高。但从总体上看,与先进国家相比还有较大差距,许多先进的测试仪器和系统还依赖于引进,自行研制的测试仪器和系统在性能、可靠性等方面尚需提高。目前测试技术和设备的现状及发展趋势如下。

(1) 采用高性能硬件平台

现代测试系统的发展趋势是标准总线平台、功能强大的软件,以及应用各种总线技术的模块化仪器设备的有机结合,这种结合极大地增强了测试系统的功能与性能。测试系统选用好的硬件平台,不仅有助于系统以较低成本满足更高的性能要求,而且可使系统更容易升级换代。

(2) 采用分布式、网络化结构

在工业生产和科研试验现场被测系统(或装置)一般均采用分散布置或安装,因此,理想的测试系统一般应采用分布式或网络化结构,以减少被测信号因长距离传输所造成的测试精度下降和对被测试系统(或装置)可能造成的影响。同时,对于采用分布式或网络结构的测试系统其内部电缆将明显减少,解决了过去复杂、昂贵的连接问题,并可在有限硬件的前提下,有效地提升测试系统在通用性、可靠性等方面的性能。如果应用在武器装备方面,那么还可有效减小单台设备的体积和重量,便于在飞机、舰船、战车等载体上安装。

(3) 自主同步

在航天器测控、武器装备试验测控等系统中,为了保证测试系统与其他测试设备或测控网络的时间同步,必须要有统一的时间基准,为了简化各测控设备时间基准接口的设计,最好能采用公认的时间基准。GPS 卫星时间是目前公认的一种时间基准,由于 GPS 接收机不受时间、地点和气候的限制,只要能同时接受 4 颗以上卫星的信号,即可提供高精度、连续的实时授时信息。在测试系统中采用授时 GPS 不仅可自主实现与测控网同步,同时避免了在试验飞机和舰船等载体上设置时统战位带来的诸多不便。

(4) 采用模块化和智能接口设计

测试接口针对被测试信号形式采用模块化设计,在应用时可针对被测系统需求进行配置和组合以适应不同种类、不同规模的测试需求。当设备不能满足需求时,只需针对无法采集信号加以研究解决,而设备主体可以不变或仅少量修改便可适应其他被测系统的需要。针对被测试系统电气设备接口信号多样性这一实际情况,有的测试接口要采用智能设计。智能接口是实现通用自动测试的关键,即在识别了被测设备类型后,自动完成对被测试对象接口的适应。

(5) 测试仪器将由物理仪器向虚拟仪器发展

虚拟仪器技术的出现,使测试设备的开发研制和功能扩展变得更加有序和更加标准化。虚拟仪器技术不仅规范了测试设备硬件,使仪器模块配置更加灵活,开发更加方便,而且也规范了测试设备软件,若软件采用模块化结构,则更加容易开发调试和升级换代。

虚拟仪器的跨平台移植技术克服了传统仪器不可能持续开发的致命弱点,使用户的虚拟仪器系统可以根据需求的变化而升级,并持续地开发生成新的仪器系统。甚至在系统硬件平台改变时(如从PXI机箱改为VXI机箱),仍然可以将已经开发的虚拟仪器(软件)移植到新的硬件平台上,从而最大限度地保护用户的先期投资,可从根本上解决测试系统的可持续开发问题。

采用虚拟仪器技术进行设计将进一步缩小测试设备的体积、减少其重量、增强其实用性和灵活性,并可产生许多物理设备难以产生的激励信号以检测并处理许多以前难以捕捉的信号,且可降低采购价格、备件保障库存等。虽然每一个虚拟仪器都极为复杂,但虚拟仪器代表了测试设备新境界,是测试设备发展的必然趋势。

(6) VXI 总线测试设备将进一步得到推广

由于 VXI 总线标准可充分利用计算机底板(机箱)总线 VME 的多重处理、高速传输和模块化仪器接口易于组合扩展的特点,可实现小型化且开发周期短、成本低,其性能更为优越,可满足新一代测试设备对计算机及其系统接口技术的要求。因此, VXI 总线已成为公认的 21 世纪仪器系统和自动测试系统的优秀平台,将进一步得到推广。

(7) PXI 总线测试设备的应用范围将进一步扩大

PXI 总线采用最先进的商业化硬件和软件技术,以及自动测试系统的概念和技术,为高性能测量提供了精确的定时和触发。通过采用商业化的 PC 和数字化技术, PXI 能够以较低的成本为用户提供专用自动测试系统的高性能。

PXI 测试平台具有完整的硬件和软件规范,可以满足绝大多数测试系统的要求。开放的 PXI 规范可组成模块化的测试系统,它可以容易地整合多个厂家的测试产品。PXI 规范也能把不同平台的仪器轻易地集成到 PXI 测试系统中。因此, PXI 总线测试设备的应用范围将进一步扩大。

(8) 向小型化、便携化和通用化方向发展

采用一台小型、可方便携带、通用化的高性能测试仪器或系统来完成对作战飞机、导弹、雷达、火控系统、声呐、通信等各种电子装备的检测与维修任务,可节省大量人力、物力和财力,它将是测试设备所追求的目标和发展方向。

(9) 注重综合诊断支持系统设计思想,向诊断测试系统的开放式结构发展

综合诊断支持系统设计思想是充分综合被测试系统的所有相关要素(如可测性、可靠性、诊断测试硬软件等),并在测试系统设计的整个过程中进行贯彻执行。开放式系统结构,可以将不同单位开发研制的功能模块或模块化仪器组合成一个测试系统,允许不同的测试诊断软件和测试数据兼容操作,并对多个测试系统和设备的多种诊断信息源进行融合处理。

1.3 计算机测试系统的特点

测试系统是以测量或测试为目的的系统。现代测试系统主要是计算机系统,它是计算机与测控技术、电子技术、测试仪器技术深层次结合的产物。

传统的测试系统主要由“测试电路”组成,所具备的功能较少也较弱。随着计算机技术的迅速发展,使得传统测试系统发生了根本性变革。计算机测试系统采用计算机作为测试系统的主体和核心,代替传统测试系统的常规电子线路,从而成为新一代的计算机测试系统。将计算机引入测试系统中,不仅可以解决传统测试系统不能解决的问题,而且还能简化电路、增加或增强功能、降低成本、易于升级换代。因此,在现代测试系统中,特别是高精度、高性能、多功能的测试系统中已很少再用传统的电子线路进行测试系统设计,主要采用计算机或微处理器为核心进行测试系统的设计。

计算机测试系统应用很广,不同应用领域使用的测试系统或仪器在名称、型号、性能和功能等方面各不相同。然而,如果解析任何一种测试系统或仪器,可以看出其内部组成电路或仪器模块基本相同,而将这些电路或仪器模块集成为系统或仪器的原则和方法也基本相似。因此,作为计算机测试系统与仪器,与传统的电子测试仪器和系统相比有以下特点:

- 自动校零。可在每次采样前对传感器的输出值自动校零,从而降低因测试系统漂移变化造成的误差,提高测试精度。
- 自动修正误差。许多传感器的特性是非线性的,且受环境参数变化的影响比较严重,从而给仪器带来误差。采用计算机技术,可以依靠软件进行在线或离线修正,也可把系统误差存储起来,便于以后从测试结果中扣除,提高测试精度。
- 量程自动切换。可根据被测量值的大小自动改变测量范围,从而提高分辨率。
- 多点快速测量。可同时对多种不同参数进行快速测量,对某些重要参数还可多次

重复测量, 多次重复测量对于减小随机误差非常有益。

- 数据处理功能。能把测量的数据进行分类处理, 并进行数学运算、误差修正、量纲换算等工作, 从而实现传统仪器无法实现的各种复杂处理和运算。利用计算机软件对测量值进行数字滤波处理, 可有效抑制各种干扰。
- 联网功能。利用计算机的数据通信功能, 可以增强测试系统的外部接口功能和数据传输功能。采用网络功能的测试系统将拓展一些全新的功能, 如易于远距离测控和资源共享, 便于分布式测量、集中控制等。
- 结果判断和自我诊断功能。采用计算机技术的测试系统可根据预先给定的指标, 判断测试结果的正确性, 并能自动记录和显示。可对测试系统自身进行实时监测, 一旦发现故障则立即进行报警, 显示故障部位或可能的故障原因, 可利用专家系统对故障排除方法进行提示。对于采用硬件热备份的系统, 还可进行热切换, 保证测试工作不中断。
- 虚拟仪器功能。由物理仪器向虚拟仪器的发展进一步缩小了测试设备的体积、减轻其重量、增强其实用性和灵活性。
- 模拟仿真。利用计算机技术, 可对被测信号进行模拟, 用于系统自身调试, 也可将采集的信息进行回放, 用于模拟或仿真被测设备的输出, 扩展系统功能。
- 降低测试系统成本。由于在计算机测试系统中软件可代替部分硬件功能, 各种运算器、滤波器、定时器等都可以由计算机承担, 省去了部分硬件, 有利于减少系统的硬件成本。

1.4 计算机测试系统类型

随着计算机技术的发展, 构成测试系统的可选择性不断加大, 按照测试功能要求, 可构成多种类型的计算机测试系统。因此, 在计算机测试系统分类问题上并没有严格的统一规范, 但在实际应用中为了便于说明问题和强调某方面的特点, 人们从不同的角度提出了几种分类方法。本书按测试系统硬件组合形式, 将其分为标准总线测试系统、专用计算机测试系统、混合型计算机测试系统和网络化测试系统等 4 种类型。

(1) 标准总线测试系统

目前得到广泛采用的标准总线测试系统种类非常多, 例如有 PC 标准总线、STD 标准总线、GPIB 标准总线、CPCI 标准总线、VXI 标准总线和 PXI 标准总线等。这类系统采用各种标准总线, 在 PC 计算机主板的扩展槽或者扩展机箱插槽上、工控机底板插槽上、VXI 和 PXI 机箱背板总线上, 插入各种 A/D、I/O 等功能和仪器模块板, 即可构成一个用于完成预定功能的计算机测试系统。

目前各类标准总线功能模块和模块化仪器品种齐全且商品化程度高, 因此系统集成容易。此类系统具有标准化、模块化、开放性和可靠性高、重构容易等特点。

(2) 专用计算机测试系统

专用计算机测试系统是将具有一定功能的模块相互连接而成。专用计算机测试系统又可分为两大类, 一类是专业生产厂商设计生产的大型、高精度的专用测试系统。另一

类是专业生产厂商生产的小型智能测试仪器和系统。

专用计算机测试系统最重要的特征是系统的全部硬软件规模完全根据系统的要求配置, 系统的硬软件应用配置比高。因此, 系统具有最好的性能价格比, 在大批量定型产品中采用这种类型比较合适。根据所采用微处理器的不同, 专用计算机测试系统又可分为标准总线计算机系统和单片机系统。

(3) 混合型计算机测试系统

这是一种随着 8 位、16 位、32 位单片机出现而在计算机测试领域中迅速发展的结构形式。它由标准总线系统与由 CPU 或单片机构成的专用计算机测试系统组成, 并通过各种总线(串行或并行)将两部分连接起来。标准总线系统的计算机一般称为主机, 主机承担测试系统的人机对话、计算、存储和处理、图形显示等任务。专用机部分是为完成系统的特定功能要求而配置的, 如各种数据的现场采集, 通常称为子系统。

(4) 网络化测试系统

利用计算机网络技术、总线技术将分散在不同地理位置、不同功能的测试设备集成在一起, 加上服务器、客户端以及数据库, 组成测试局域网系统, 通过网络化的虚拟仪器软件, 共同实现复杂、相互组合的多种测试功能。网络型计算机测试系统的灵活性较大, 可用多种方式及时地获取反映外界情况的数据。网络型计算机测试系统不论对硬设备的配置, 还是对网络软件的设计都有较高的要求。

1.5 计算机测试系统设计原则

计算机测试系统是以计算机为核心的测试系统, 不仅要求设计者熟悉所设计系统的工作原理、技术性能、应用目的, 同时要求设计者掌握计算机的硬软件工作原理, 并了解国内外计算机测试技术现状及发展趋势。在接到设计任务后, 要根据具体测试任务需求、应用环境、系统需具备的功能, 确定系统的采集速度、精度、存储器容量、所需外部设备种类数量、规定的工作时序关系等。对于选用标准总线进行设计的设计者来讲, 要对用于测试系统的相关功能模块和模块化仪器等市场上可提供的产品和技术有尽可能全面的了解。对于采用单片机进行设计的设计者来讲, 则应了解市场上能否提供以所选型号单片机为核心的模块板, 若有成品则应直接利用, 从而可避免从元器件级进行设计。否则, 应从元器件选型做起。

计算机测试系统的研制一般应从分析测试任务需求开始, 然后进行系统总体方案设计、硬件设计、软件设计、系统调试和现场调试, 直到测试系统正式投入运行并达到所要求的功能和性能指标为止。

在计算机测试系统设计中, 即使采用相同型号的计算机, 但由于所选功能模块不同或软件设计者的设计思路不同, 也可以构成各种不同功能和用途的测试系统。为了提高测试系统的设计水平, 提高投资效益, 在进行计算机测试系统设计时一般应遵循和参照以下原则:

- 高性能原则。测试系统可容纳的接口种类要多、通道容量要大、采样频率要快、采集精度要高、数据存储器容量要大、实时采集与处理能力要强。