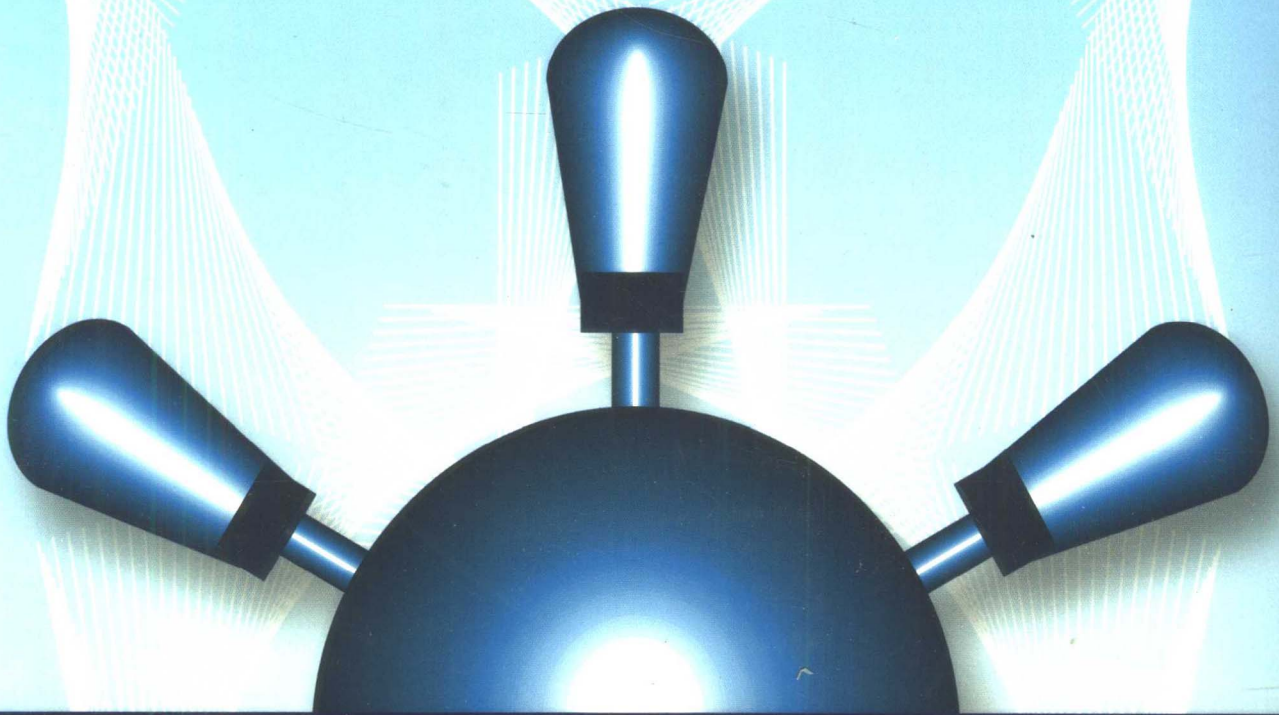


柳爱利 周绍磊 编著



自动测试技术

AUTOMATIC TEST TECHNIQUES



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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

自动测试技术

柳爱利 周绍磊 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书首先介绍目前自动测试系统的典型体系结构,在随后的章节里全面介绍自动测试系统设计过程中所涉及的理论和方法,具体包括信号采集与分析、仪器设备的总线接口、自动测试系统软件设计、自动测试系统通用平台的设计、基于小波包分析与神经网络结合的故障诊断、动态测试、网络测试等,这些都是自动测试领域所关注的新技术,本书结合工程实践对这些新技术进行深入讨论。

本书各部分内容的论述都依据自动测试领域已经制定的相关国际标准、规范,以提高自动测试系统的标准化程度。

本书的论述有利于读者从总体上把握自动测试的理论体系,适于为自动测试领域的工程技术人员提供技术参考,也可以作为高等院校相关专业的研究生、高年级本科生学习测试与诊断技术的参考书。

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

自动测试技术 / 柳爱利, 周绍磊编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.8

ISBN 978-7-121-04790-9

I. 自… II. ①柳… ②周… III. 自动检测系统 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 115673 号

责任编辑: 王春宁 特约编辑: 王占禄

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 379 千字

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

自动测试技术已广泛地应用于航空、航天、武器装备、能源等重要领域，成为复杂系统与设备可靠运行的必要保证，测试技术的发展也受到人们越来越多的关注。测试技术发展到今天已完全突破了原有的意义，它综合测量、控制、仿真、信号处理、网络、人工智能、神经网络等技术于一体，成为一门独立发展的学科。

本书在自动测试系统的体系结构、虚拟仪器技术、自动测试系统的硬件、软件平台等方面做了详细的论述，在各部分内容的论述中都介绍了自动测试领域相关的国际标准、规范，以及国际标准、规范的具体应用，以利于读者从总体上把握自动测试的理论体系。

基于小波包分析和神经网络结合的故障诊断、动态测试、网络测试技术是自动测试领域被关注的新问题，本书对这些问题结合自己的工程实践进行了深入讨论。

本书共 9 章，包括 4 部分内容：（1）自动测试系统涉及的基础知识；（2）自动测试系统的软件设计；（3）自动测试系统开发平台的设计；（4）测试技术的发展。第 1 部分包括第 1 章至第 3 章，介绍了信号的采集与分析、仪器设备的接口总线等基础知识。信号的采集与分析包括时域和频域信号的测量方法、采样定理、信号的傅里叶及小波变换等内容。接口总线讲述了组建自动测试系统选用的 IEEE 488、VXI、LXI 等总线规范。第 2 部分包括第 4 章和第 5 章，介绍了自动测试系统软件设计的相关内容，包括测试系统的软件开发工具及仪器驱动器的设计。第 3 部分即第 6 章，介绍了自动测试系统开发平台的设计，包括测试系统的硬件平台和软件平台，并结合工程实践给出一个开发平台设计实例。第 4 部分包括第 7 章至第 9 章，论述了动态测试技术、局域网型自动测试系统及故障诊断等测试领域的新问题。

本书第 2、3、4、8、9 章由柳爱利编写，第 1、5、6、7 章由周绍磊编写。全书由柳爱利统稿。寇昆湖、许光明等研究生也为本书做了大量的工作。

本书在编写过程中，参考和引用了许多专家、学者的论著，均在参考文献中列出，在此表示衷心感谢。

感谢电子工业出版社的王春宁博士，本书的出版离不开他的大力支持。

由于本书作者学识、水平有限，书中难免有不足和疏漏，请读者批评指正。

编著者

2007 年 5 月

目 录

第 1 章 自动测试系统概论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 自动测试系统的组成	(1)
1.2.1 物理接口层	(2)
1.2.2 VISA 管理层	(2)
1.2.3 测试资源层	(2)
1.2.4 用户管理层	(2)
1.3 自动测试系统的体系结构	(2)
1.4 自动测试系统的特征	(4)
1.4.1 多采用 VXI 总线作为 ATS 的总线标准	(4)
1.4.2 大量采用 COTS 产品	(4)
1.4.3 注重 ATS 的通用性设计	(4)
1.4.4 专家系统和人工智能技术应用到故障诊断系统中	(4)
1.5 自动测试系统的发展	(4)
1.5.1 实现自动测试系统的标准化设计	(4)
1.5.2 自动测试系统的标准化将提高测试程序的可移植性和互操作性	(5)
1.5.3 自动测试系统的标准化将提高仪器的互换性	(5)
1.5.4 建立新的局域网型自动测试系统体系结构	(5)
1.5.5 提高自动测试系统的故障诊断、定位能力	(5)
1.5.6 改进测试方法, 将动态测试技术应用到复杂系统的测试	(6)
第 2 章 信号采集与分析	(7)
2.1 引言	(7)
2.2 时域采样与时域采样定理	(7)
2.2.1 时域采样	(7)
2.2.2 时域采样定理	(10)
2.2.3 信号复原	(11)
2.3 信号处理中基本的数学变换	(12)
2.3.1 傅里叶级数	(12)
2.3.2 傅里叶变换	(13)
2.3.3 拉普拉斯变换	(13)
2.3.4 离散时间信号的傅里叶变换	(14)
2.3.5 离散傅里叶级数	(14)
2.3.6 Z 变换	(15)
2.4 信号的频域分析	(15)
2.4.1 周期信号的频谱分析	(15)

2.4.2	能量有限信号的频谱分析	(17)
2.4.3	功率有限信号的频谱分析	(18)
2.4.4	功率谱分析方法的有效性判别	(20)
2.4.5	经典频谱分析与现代频谱分析	(21)
2.4.6	ARMA 模型分析方法	(22)
2.5	基于小波的信号处理	(27)
2.5.1	小波变换的基本概念	(27)
2.5.2	常用小波函数	(29)
2.5.3	小波包分析	(30)
2.6	信号滤波技术	(32)
2.6.1	连续时间信号的滤波	(32)
2.6.2	离散时间信号的滤波	(33)
2.6.3	连续时间信号的数字处理	(34)
2.6.4	均衡与补偿技术	(35)
2.6.5	插值与选抽滤波	(36)
2.6.6	频偏问题与希尔伯特变换	(38)
2.6.7	自适应滤波 (Adaptive Filtering)	(40)
2.6.8	通道串扰问题与解耦滤波	(42)
2.7	相关函数和相关检测	(43)
第 3 章	自动测试系统的接口总线	(48)
3.1	引言	(48)
3.2	RS-232C 总线系统	(49)
3.2.1	接口信号	(49)
3.2.2	电气特性	(50)
3.2.3	RS-232C 总线连接系统	(51)
3.3	IEEE 488 总线系统	(52)
3.3.1	总线的主要特征	(53)
3.3.2	总线结构	(54)
3.3.3	接口功能	(57)
3.4	VXI 总线系统	(59)
3.4.1	VXI 标准体系结构	(59)
3.4.2	VXI 总线的机械构造	(60)
3.4.3	VXI 总线模块结构	(61)
3.4.4	VXI 总线的系统机箱	(62)
3.4.5	VXI 总线的电气结构	(63)
3.4.6	VXI 总线控制方案	(68)
3.5	LXI 总线	(72)
第 4 章	自动测试系统的软件编程工具	(74)

4.1	引言	(74)
4.2	LabWindows/CVI 编程使用	(74)
4.2.1	LabWindows/CVI 简介	(74)
4.2.2	Labwindows/CVI 编程中的概念	(75)
4.2.3	LabWindows/CVI 下软件开发	(76)
4.3	LabWindows/CVI 编程实例	(77)
4.4	基于 Labwindows/CVI 的数据采集程序设计	(86)
4.4.1	LabWindows/CVI 开发环境	(86)
4.4.2	CVI 中数据采集的应用	(88)
4.5	LabVIEW 编程使用	(93)
4.5.1	LabVIEW 简介	(93)
4.5.2	G 语言编程	(93)
4.5.3	LabVIEW 应用程序组成	(94)
4.5.4	LabVIEW 编程的循环结构	(96)
4.6	基于 LabVIEW 的数据采集	(100)
4.6.1	模入模块	(100)
4.6.2	模出模块	(105)
第 5 章	仪器驱动器设计	(109)
5.1	引言	(109)
5.2	虚拟仪器软件结构 (VISA)	(109)
5.2.1	VISA 简介	(109)
5.2.2	VISA 的结构	(111)
5.2.3	VISA 的特点	(111)
5.2.4	VISA 的现状	(112)
5.2.5	VISA 的应用举例	(112)
5.2.6	VISA 资源描述	(115)
5.2.7	VISA 事件的处理机制	(116)
5.3	可编程仪器标准命令—SCPI	(119)
5.3.1	SCPI 仪器模型	(119)
5.3.2	SCPI 命令句法	(119)
5.3.3	常用 SCPI 命令简介	(124)
5.4	VPP 仪器驱动程序开发	(126)
5.4.1	VPP 概述	(126)
5.4.2	VPP 仪器驱动程序的特点	(127)
5.4.3	仪器驱动程序的结构模型	(128)
5.4.4	仪器驱动程序功能面板	(133)
5.4.5	仪器驱动器的设计实例	(134)
5.5	IVI 仪器驱动程序	(141)

5.5.1	IVI 规范及体系结构	(142)
5.5.2	开发 IVI 的特定驱动程序	(144)
第 6 章	自动测试系统的开发平台	(148)
6.1	引言	(148)
6.2	测控计算机	(149)
6.3	仪器系统	(149)
6.3.1	测试功能	(149)
6.3.2	仪器系统的体系结构	(150)
6.3.3	供电	(150)
6.3.4	通用测试设备	(150)
6.3.5	专用测试设备	(151)
6.3.6	检测接口	(151)
6.3.7	接口适配器 (TUA)	(153)
6.4	软件平台	(153)
6.4.1	软件平台的外部接口	(154)
6.4.2	软件平台功能描述	(155)
6.4.3	软件平台系统结构	(155)
第 7 章	动态测试技术	(162)
7.1	引言	(162)
7.2	动态测试的特点	(162)
7.3	系统动态特性的数学描述	(163)
7.3.1	连续系统的动态特性	(163)
7.3.2	离散系统的动态特性	(164)
7.4	系统的动态特性指标	(165)
7.4.1	系统的时域动态特性指标	(165)
7.4.2	系统的频域动态特性指标	(166)
7.5	动态测试信号的分析方法	(166)
7.6	系统故障特征向量的提取	(167)
7.6.1	故障特征提取	(167)
7.6.2	基于坐标变换的特征提取	(169)
7.6.3	基于信号变换的特征提取	(170)
7.7	动态测试实例	(171)
7.7.1	测试任务	(172)
7.7.2	测试方案	(172)
7.7.3	信号分析处理	(174)
第 8 章	网络型自动测试系统	(178)
8.1	引言	(178)

8.2	网络体系结构	(179)
8.2.1	OSI 体系结构及协议	(179)
8.2.2	TCP/IP 体系结构及协议	(180)
8.3	网络协议	(181)
8.3.1	TCP/IP 协议	(181)
8.3.2	HTTP (Hypertext Transport Protocol) 协议	(181)
8.4	网络型测试系统的组网模式	(183)
8.4.1	C/S 模式	(183)
8.4.2	B/S 模式	(184)
8.5	网络型测试系统的实现技术	(184)
8.5.1	采用 TCP/IP 底层传输协议编程	(184)
8.5.2	DataSocket 技术	(186)
8.5.3	CORBA	(189)
8.5.4	Web Service	(190)
8.6	LXI 总线系统	(191)
8.6.1	LXI 总线系统的连接方式	(191)
8.6.2	LXI 的网络相关协议	(194)
8.6.3	LXI 的物理标准	(194)
8.6.4	LXI 仪器的分类定义	(196)
8.6.5	LXI 器件的触发	(196)
8.6.6	LXI 仪器的界面	(200)
8.6.7	LXI 的软件编程规范	(200)
第 9 章	自动测试系统的故障诊断	(204)
9.1	引言	(204)
9.1.1	故障诊断的基本定义	(204)
9.1.2	故障诊断方法的分类	(205)
9.2	故障诊断的基本原理	(206)
9.3	故障诊断的故障树分析法	(207)
9.3.1	故障树分析法特点	(207)
9.3.2	故障树的建造	(208)
9.3.3	故障树定性分析	(210)
9.4	故障诊断专家系统	(213)
9.4.1	故障诊断专家系统概述	(213)
9.4.2	故障诊断专家系统的结构	(214)
9.4.3	故障诊断专家系统建立方法	(215)
9.4.4	故障诊断专家系统的设计实现	(219)
9.4.5	传统故障诊断专家系统的局限性	(220)
9.5	基于神经网络的故障诊断	(221)

9.5.1 神经网络的基本原理 (221)

9.5.2 神经网络的故障诊断能力 (224)

9.5.3 小波包分析与神经网络的结合 (225)

参考文献 (229)

第 1 章 自动测试系统概论

1.1 引言

随着高新技术产品复杂程度的日益提高，自动测试系统已广泛地应用于航空、航天、武器装备、能源等重要领域，成为复杂系统与设备可靠运行的必要保证。从一个系统或设备的全寿命周期角度来看，测试贯穿于系统整个寿命周期的各个阶段。以导弹为例，导弹的研制、生产及使用过程都离不开测试，测试是将导弹隐患排除在地面，提高发射成功率的重要环节。

本章主要对目前自动测试系统的典型体系结构、特征，以及自动测试系统未来的发展趋势进行阐述，以利于读者对自动测试系统有一个总体认识。

1.2 自动测试系统的组成

所谓测试就是用实验的方法，借助一定的仪器或设备，得到被测量数据大小的过程。测试技术发展到今天已完全突破了原有的意义，它综合了测量、控制、仿真、信号处理、网络、人工智能、神经网络等技术，成为一门独立发展的学科。

测试系统的发展经历了从人工检测维护到自动测试的演变。所谓自动测试，就是对被测对象的整个测试过程，包括数据采集、数据分析处理及测试结果的显示输出，都在计算机的统一控制下自动完成。

自动测试系统（Automatic Test System，ATS）是由自动测试设备（Automatic Test Equipment，ATE）和测试程序集（Test Program Set，TPS）组成。TPS 运行于 ATE 之上，实现系统检测功能。TPS 需要多种软件的支持以实现对 ATE 的控制，其结构如图 1-1 所示。

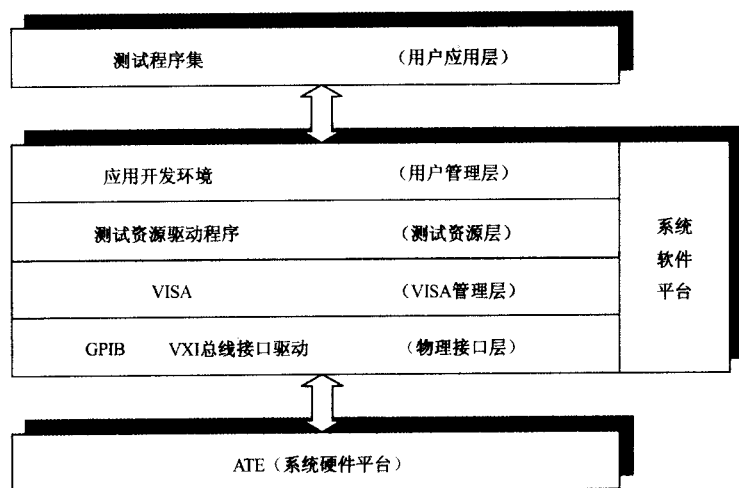


图 1-1 ATS 层次结构

ATE 包括系统测试资源、适配器等所有自动测试系统的硬件资源, 又称为系统的硬件平台。应用开发环境、测试资源驱动程序、VISA、总线接口驱动构成系统的软件开发平台, 为 TPS 实现对 ATE 的控制提供支持。

1.2.1 物理接口层

物理接口层提供测控计算机与仪器间的物理连接, 计算机与仪器设备的连接通过插在计算机内的 PCI-GPIB 接口控制卡, 接口控制卡提供 GPIB 总线控制接口, 接口控制卡的驱动程序提供对接口控制卡的 I/O 操作。

1.2.2 VISA 管理层

虚拟仪器软件结构 (Virtual Instrument Software Architecture, VISA) 是一个独立于硬件设备、接口、操作系统、编程语言的 I/O 控制库, 处理测控计算机与仪器间物理连接的通信信息。通过 VISA, 由不同硬件接口 (如 GPIB、VXI 或 RS-232 等) 连接的仪器设备可以集成到一个系统中, 由同一命令函数完成对多个总线类型仪器设备的控制。

1.2.3 测试资源层

测试资源层主要由测试仪器驱动软件组成, 系统所选用的测试仪器无论是 VXI 总线仪器还是 GPIB 总线仪器, 每台仪器均对应一个测试驱动软件, 该软件按 VISA 要求编写, 驱动软件功能函数则完成对仪器测试功能的控制和测试数据的读取。自研专用测试仪器在满足 VXI 和 GPIB 总线要求的同时, 也可配套设计驱动软件, 并符合 VISA 要求。

1.2.4 用户管理层

用户管理层是用户软件开发的主要工作所在, 也是软件对资源高度集中管理的体现。这一层软件被称做应用设计环境 (Application Design Environment) 或应用开发环境 (Application Development Environment)。用户管理层根据功能实现及软件设计需要, 开发出相互独立的可以被任意调用的功能模块, 即可以复用的测试函数, 使得软件具有一定的通用性。

1.3 自动测试系统的体系结构

由于没有标准的接口总线, 早期的计算机与测试设备采取专用接口连接组成测试系统, 这是通常所说的第一代测试设备。

后来出现了 IEEE 488 (或称 GPIB)、CAMAC、VXI、PXI 等标准接口总线, 采用这些标准接口总线组成的自动测试系统就是通常所说的第二代测试设备。

在自动测试系统中, 单一的总线有时不能满足设计要求, 需要几种总线配合使用才能完成测试任务, 即复合总线系统。基于 IEEE 488、VXI、PXI 等总线仪器组成的测试系统是目前自动测试系统的主流组建方案, 如图 1-2 所示。

测试系统由测控计算机 (含测试程序集 TPS)、测试资源、阵列接口 (ICA)、测试单元适配器 (TUA) 等构成, 系统为总线制架构, 采用 VXI 和 GPIB 混合总线方式。

测控计算机是测试系统的控制中心, 提供测控总线 (VXI 和 GPIB) 的接口通信、测试资源的管理、测试程序 (TPS) 的调度管理和测量数据管理, 并提供检测人-机操作界面, 实

现自动测试。测试资源一般由通用测试设备和专用测试设备两大类构成。

通用测试设备通常选用技术成熟的货架产品,目前主要选择VXI和GPIB两种总线形式的产品。以导弹的功能测试为例,一般包括:VXI主机箱(带零槽控制器)、微波信号源、频率计模块、数字示波器模块、数字电压表模块、计数器模块、矩阵开关模块、数字信号输出模块、数字信号输入模块、任意函数信号发生器模块、直流稳压电源和交流电源的三相交流净化电源等。

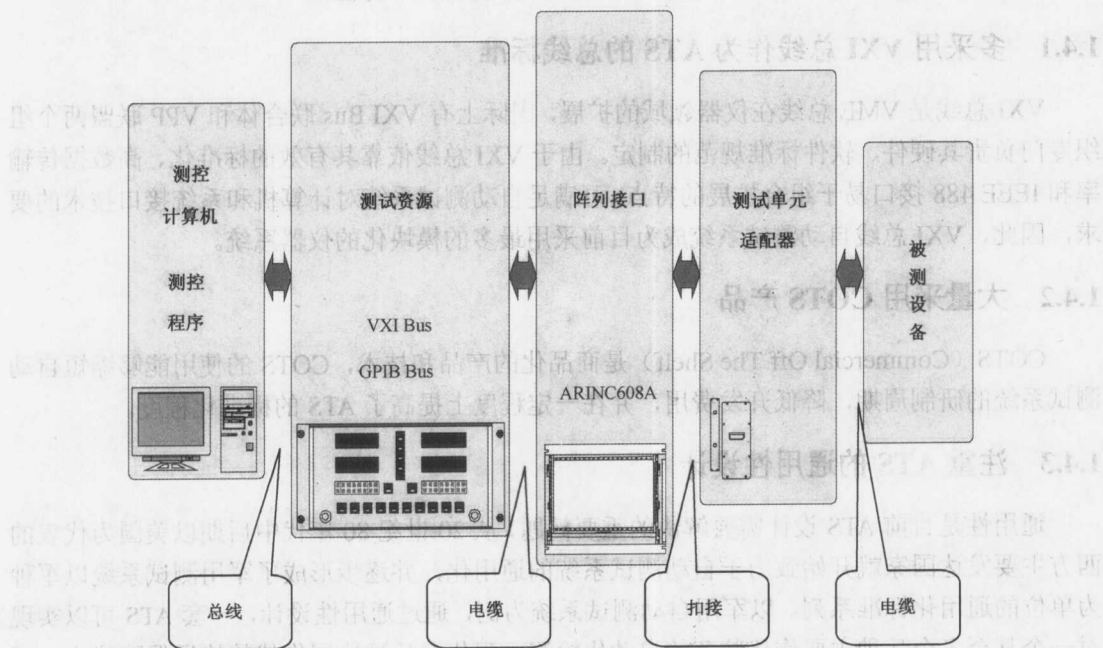


图 1-2 自动测试系统 (ATS) 结构

专用测试设备是指专门用于被测设备某些特定参数测量、模拟、控制的设备。如激光陀螺的测试一般应包括三轴电动转台;雷达的测试一般包括微波暗箱、目标模拟器等专用测试设备。

阵列接口是接口连接器组件(ICA),其中汇集了测试系统测试资源的全部电子、电气信号,既为测试设备到测试对象的激励信号提供连接界面,又为测试对象的响应传送到测试设备提供连接界面。ICA可根据系统设计要求选择标准化阵列式检测接口,如符合国际标准的21槽位ARINC608A标准ICA部件。ARINC608A标准是美国航空无线电公司制定的适用于机载设备检测的标准,目前,已被美国、法国等多家公司采用,20世纪90年代的航空自动测试系统多数采用该标准,成为航空检测设备的国际标准。其信号通道主要由高频通道、数字通道、模拟通道、电源通道、矩阵通道、开关通道、离散逻辑通道等组成,占用8个槽位,其余槽位保留用于系统扩展。

测试单元适配器(TUA)是测试设备与被测设备(UUT)之间的信号连接装置,可提供电子和电气的转接以及机械连接,可以包括测试资源中并不具备的专用激励源和负载。如果ICA部件符合ARINC608A标准,则TUA与测试设备之间的接口界面应符合ARINC608A标准,即测试单元适配器的阵列接口各信号通道必须与测试系统的阵列接口各信号通道严格对应,并在实际使用时根据被测设备的测试信号需求确定。

测试单元适配器与被测设备之间的接口采用电缆连接方式, 电缆连接按被测设备的外部测试接口要求进行设计。

1.4 自动测试系统的特征

经过几十年的发展, 自动测试系统目前大多体现出以下特征。

1.4.1 多采用 VXI 总线作为 ATS 的总线标准

VXI 总线是 VME 总线在仪器领域的扩展, 国际上有 VXI Bus 联合体和 VPP 联盟两个组织专门负责其硬件、软件标准规范的制定。由于 VXI 总线依靠其有效的标准化、高数据传输率和 IEEE 488 接口易于组合扩展的特点, 可满足自动测试系统对计算机和系统接口技术的要求, 因此, VXI 总线自动测试系统成为目前采用最多的模块化的仪器系统。

1.4.2 大量采用 COTS 产品

COTS (Commercial Off The Shelf) 是商品化的产品和技术, COTS 的使用能够缩短自动测试系统的研制周期, 降低开发费用, 并在一定程度上提高了 ATS 的标准化程度。

1.4.3 注重 ATS 的通用性设计

通用性是目前 ATS 设计需要解决的重要问题, 从 20 世纪 80 年代中后期以美国为代表的西方主要发达国家就开始致力于自动测试系统的通用化, 并逐步形成了军用测试系统以军种为单位的通用化标准系列。以军用自动测试系统为例, 通过通用性设计, 一套 ATS 可以实现对一个甚至多个兵种主要作战装备的自动化检测, 强化多兵种协同作战的战场保障能力, 减少武器系统测试平台的种类。

但目前通用自动测试系统仍然存在应用范围有限、开发和维护成本高、系统间缺乏互操作性、测试诊断新技术难以融入已有系统等诸多不足。

1.4.4 专家系统和人工智能技术应用到故障诊断系统中

自动测试系统必需具备故障诊断、故障定位的能力。故障诊断的目的是准确地预告被测对象可能出现的故障。经典的故障诊断方法有故障字典、故障树等, 这些方法已被广泛应用到故障诊断系统中。专家系统和人工智能技术的应用, 能够提高系统的故障定位和故障隔离能力及反应速度, 降低系统的虚警率和误报率。

1.5 自动测试系统的发展

可靠、灵活、价廉一直是自动测试系统最基本的设计要求, 为了进一步提高 ATE 的技术性能, 可以预见未来 ATE 将朝如下几个方向发展。

1.5.1 实现自动测试系统的标准化设计

由于高技术复杂设备与系统往往可靠性要求高, 使用寿命长, 有可能需要不断改型与升

级,相应测试系统设计、开发与维护的难度大,费用高昂。现在通用测试系统广泛采用货架产品(COTS),商业产品更新换代快(典型周期为5年),而武器系统的使用寿命往往超过20年,随着测试系统硬件的过时,系统的维护费用将不断攀升。

从20世纪80年代中后期以美国为代表的西方主要发达国家就开始致力于自动测试系统的通用化,并逐步形成了军用测试系统以军种为单位的通用化标准系列。但目前通用自动测试系统仍然存在应用范围有限、开发和维护成本高、系统间缺乏互操作性、测试诊断新技术难以融入已有系统等诸多不足。

1.5.2 自动测试系统的标准化将提高测试程序的可移植性和互操作性

测试程序TPS的可移植性和互操作性是实现测试软件重用、扩大测试系统的应用范围、提高开发效率、降低开发成本的关键。实现TPS的可移植性、互操作性的两个基本条件是:一为测试系统信号接口的标准化;二为测试程序与具体测试资源的硬件无关。

1.5.3 自动测试系统的标准化将提高仪器的互换性

为了降低成本、缩短开发周期,自动测试系统中大量采用商业货架产品,而商用产品更新换代快,为了延长测试系统的使用寿命,仪器更换不可避免。另外,随着通用测试系统应用范围的扩大,为适应被测对象测试需求的变化,也要求测试仪器能够方便地升级换代。由于仪器型号、生产厂商的不同,将给仪器互换带来一系列兼容性问题。仪器的可互换性就是最大限度地减少仪器间的使用差异,提高通用性,为用户提供灵活的仪器互换机制。

1.5.4 建立新的局域网型自动测试系统体系结构

目前自动测试系统体系结构多为自成一体的封闭结构体系,无法与外界环境实现测试诊断信息的交互,阻碍了诊断信息的共享和重用,使得诊断效率和准确性低下。

下一代自动测试系统首先是信息共享和交互的结构,能够满足测试系统内部各组件间、不同测试系统间、测试系统与外部环境间信息的共享和无缝交互能力,这种自动测试系统的体系结构称为局域网型。该结构以VXI Plug&Play(VXI即插即用)确定的“系统接口”和IEEE P1226(A Broad-Based Environment for Test, ABBET)确定的“信息框架”为主体。软件体系结构将以IEEE制定的ABBET标准为基础实现测试诊断信息的共享和重用。ABBET标准是一整套测试领域信息接口标准,覆盖与测试信息相关的产品设计、生产到维护的各个阶段。ABBET标准定义了基于框架的模块化测试软件结构,支持软件资源的重用。

2005年由众多领先的测试和测量仪器供应商和用户组成的联盟发布了测试系统的一项新标准:LXI(LAN eXtension for Instrumentation)。LXI同时具备GPIB的易用性、VXI的性能及Ethernet的灵活性等功能,LXI为局域网型ATE的组建提供了强有力的技术。

1.5.5 提高自动测试系统的故障诊断、定位能力

在现有的自动测试程序中,诊断软件大多是以预定义的故障字典或故障树为依据,被测对象的内置测试数据、维修人员的经验、维修履历资料、被测对象的设计知识等无法得到充分利用。测控计算机强大的计算、存储能力也远未得到充分发挥,不仅不能适应复杂诊断的需求,而且测试诊断的效率较低,故障诊断的效率和准确性均有待于提高。

1.5.6 改进测试方法，将动态测试技术应用到复杂系统的测试

目前自动测试系统普遍选用静态测试方法，这种测试方法，测试时间相对较长，而且系统的工作模式没有得到充分激励，如电容、电感等存在动态过渡过程特性的元件的性能没有得到体现，这就可能存在一些没有暴露的隐性问题。相对于静态测试而言，动态测试包含着更多的测试信息，更利于评价分析系统的性能和进行故障诊断。

第2章 信号采集与分析

2.1 引言

模拟信号和数字信号是自动测试系统中需要测量的两种主要信号形式。

(1) 模拟信号 $s(t)$ 是指连续时间、连续幅值的信号。

(2) 数字信号 $s(n)$ 是指离散时间、离散幅值的信号。

数字信号处理技术近年来得到飞速发展，它远优于模拟信号处理，并广泛地应用到各个科技领域。但模拟信号具有直观和实时等优点，在某些科研方面还需要用模拟信号来描述和分析问题。

测试信号分析的基本问题是为获得测试结果而对信号进行参数分析、特征识别等。由于测试的多样性，信号分析处理的问题和方法也变得丰富多彩，包括信号的参数分析、频谱分析、滤波以及统计特性分析等，大致包括以下内容：

(1) 对原始测量信号进行频谱分析。频谱是人们认识信号最重要的手段之一。依据频谱组成，人们很容易抓住信号与系统的特征。据此，可以有效地对信号进行分析、处理、合成以及设计特定的系统。

频谱分析的主要目的是将信号分解成一系列单一的成分，以便弄清信号的组成，从中辨别有用的信号并进一步分析有用信号的特征，区分有用信号与无用信号之间、有用信号不同分量之间的相互关系。频谱特征通常指信号的带宽、有用信号的频率范围、干扰的范围与统计特性等。

(2) 滤波是信号处理中最重要的概念与方法之一，在测试信号分析技术中有十分重要的地位。借助滤波器或滤波程序可以去除信号中的噪声或无用分量，也可用于分离不同的信号分量，或用于信号参数的提取以及信号特性的修正或补偿。

(3) 为了将信号进行有效地放大与传输，调制/解调技术也十分常用。因此调制/解调的方法，以及由调制/解调引起的频偏检测、延时检测也可以归入测试信号处理的范围。

(4) 此外，在对信号进行测试时，必然会出现信号传输的失真。为获得精确的测试结果，有时需要研究信道的均衡等问题。

以上问题都是测试过程中所需要考虑的信号分析与处理问题，本节只介绍测试过程中所涉及的信号采样、信号频域变换、信号频域分析和滤波技术等问题。

2.2 时域采样与时域采样定理

2.2.1 时域采样

以电压信号的测量为例，在自动测试系统中信号的测量过程也就是通过数压表或数据采集卡采集到电压数据并通过数据总线传送到计算机进行处理，这一过程如图 2-1 所示，具体包含两项工作：