

电子与通信工程



系列教材

自动测试系统

张毅刚 彭喜元 姜守达 付平 编著

哈尔滨工业大学出版社

电子与通信工程系列教材

自动测试系统

哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨

内 容 简 介

本书详细地介绍了 VXI 总线规范、VPP 规范、VXI 仪器硬件模块的设计、符合 VPP 规范的设计(包括仪器驱动程序、软面板、VISA 库应用程序的设计)、VXI 系统的组建、IEEE488.1、IEEE488.2 和 SCPI 标准,此外还对 PXI 总线测试系统以及 IVI 规范作了介绍。

书中所举的应用实例大多来自哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所多年的 VXI、IEEE488 测试系统的科研及开发工作以及自动测试系统课的教学实践,内容丰富、详实。

本书可作为工院校仪器仪表、自动化测试及检测专业的本科生、研究生学习自动测试系统的有关规范、标准,掌握符合 VXI 规范、VPP 规范的硬件、软件设计以及 VXI 自动测试系统的组建等方面知识的教材,也可供从事仪器仪表、自动测试的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动测试系统/张毅刚编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.9

高等院校电子与通信系列教材

ISBN 7-5603-1661-1

I. 自... II. 张... III. 自动检测系统—高等学校—教材 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 062111 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451—6414749
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 387 千字
版 次 2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-1661-1/TP·164
印 数 1~3 000
定 价 28.00 元

前 言

VXI 总线以其开放的系统结构、模块化的设计、紧凑的机械结构、良好的电磁兼容性以及可靠性高、小型便携和灵活的通信能力等一系列优点满足了各领域对自动测试系统的需要。自 1987 年推出以来, VXI 总线已成为新一代跨世纪的测试与测量系统的总线,同时也标志着自动测试系统的发展进入一个崭新的阶段。为了使 VXI 总线更易于使用,并在系统级上使 VXI 总线系统成为一个真正开放的系统结构, VXI 总线即插即用(VXIplug&play)联盟(简称 VPP 联盟)于 1993 年发布了 VXI 总线即插即用规范(简称 VPP 规范)。VPP 规范是对 VXI 总线标准的补充和发展,主要解决了 VXI 总线系统的软件级标准问题,从而真正实现了 VXI 总线系统的开放性、兼容性和互换性,从而进一步缩短 VXI 系统的集成时间,降低系统的成本。

本书是哈尔滨工业大学重点教材,自动测试系统课讲授的内容,力求把有关自动测试领域的最新技术介绍给学生。鉴于上述考虑,本书从工程应用设计的角度出发,详细地介绍了 VXI 总线规范、VPP 规范、VXI 仪器硬件模块的设计、符合 VPP 规范的各种软件设计,包括仪器驱动程序、软面板、VISA 库用程序的设计和 VXI 系统的组建。IEEE488.1、IEEE488.2 和 SCPI 标准,此外还对 PXI 总线测试系统以及 IVI 规范作了介绍。

书中所举的应用实例大多来自哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所多年的 VXI、IEEE488 自动测试系统的科研及开发工作的经验和体会以及自动测试系统课的教学实践,内容丰富、详实,理论联系实际。

全书分为 7 章。第 1 章介绍有关自动测试系统的基本概念、组成、发展概况和发展趋势;第 2 章介绍 VXI 规范,介绍了 VXI 系统结构、总线的构成及功能、通信协议和 VXI 器件的操作;第 3 章介绍 VXI 硬件模块的设计,重点介绍了与 VXI 总线相连的消息基和寄存器基器件接口电路的设计;第 4 章系统地介绍了 VPP 规范,对系统框架、仪器驱动程序、VISA 库函数、知识库文件、软面板等作了介绍,尤其是对 VISA 库函数作了较为详细的介绍;第 5 章介绍了符合 VPP 规范的软件设计,包括仪器驱动程序、软面板、VISA 库应用程序的设计,同时对 IVI 规范也作了介绍;第 6 章介绍 VXI 系统的组建,包括对软件设计的要求,软件开发环境的选择, VXI 机箱、模块的选择等。此外还对 PXI 总线测试系统进行了介绍。考虑到 IEEE488 接口已为广大技术人员所熟悉,在实验室、中小规模的自动测试系统和 VXI 外置式控制方式中用得较多,且有大量成熟的软件可供借鉴,因此在第 7 章介绍了 IEEE488.1 以及 IEEE488.2 和 SCPI 标准以及 IEEE488 测试系统的设计与组建。

本书由哈尔滨工业大学自动化测试与控制系的张毅刚教授担任主编,第 6 章由彭喜

元编写,姜守达、付平编写了第3章,其余均由张毅刚完成。哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所所长孙圣和教授对本书的编写工作十分关心和支持,给予了热情的指导,并提出了许多宝贵的修改意见。此外,哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所乔立岩、彭宇也参加了本书的部分工作。哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所的许多同志为本书的出版,给予了热情的关心和帮助,并对本书提出了许多修改建议。在此,对他们一并表示衷心的感谢。

本书可作为工院校仪器仪表、自动化测试及检测专业的本科生、研究生学习自动测试系统的有关规范、标准,掌握符合 VXI 规范的系统硬件、符合 VPP 规范软件的设计,VXI 自动测试系统的组建、IEEE488 系统的组建等知识的教材。也可供从事仪器仪表、自动测试系统的设计、开发和组建的工程技术人员参考。

由于作者的水平有限,书中的疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正(联系地址:哈尔滨工业大学 339 信箱,邮编 150001)。

作 者

2001 年 9 月于哈尔滨工业大学

目 录

第一章 自动测试系统概论	(1)
1.1 什么是自动测试系统	(1)
1.2 自动测试系统的组成	(1)
1.3 自动测试系统的发展概况	(2)
1.3.1 第一代自动测试系统	(2)
1.3.2 第二代自动测试系统	(3)
1.3.3 VXI 总线自动测试系统	(5)
1.4 VXI 总线自动测试系统的特点	(6)
1.5 自动测试系统的发展方向	(6)
第二章 VXI 总线规范	(9)
2.1 引言	(9)
2.2 VXI 总线系统结构	(10)
2.2.1 VXI 总线系统的主计算机及其接口	(12)
2.2.2 VXI 总线主机箱及模块(Module)	(14)
2.2.3 器件(Device)	(15)
2.2.4 资源管理器和 0 槽服务	(17)
2.3 VXI 总线的总线构成及功能	(18)
2.3.1 VME 总线的特点及结构	(24)
2.3.2 VXI 增加的总线	(31)
2.4 VXI 总线系统的通信协议	(38)
2.4.1 器件寄存器的基地址及地址分配	(39)
2.4.2 配置寄存器	(40)
2.4.3 通信寄存器	(42)
2.4.4 数据的传送协议	(45)
2.4.5 其它协议	(49)
2.5 VXI 总线器件的操作	(49)
2.5.1 VXI 总线器件的初始化与自检过程	(49)
2.5.2 优先级中断	(53)
第三章 VXI 总线接口电路及模块设计	(58)
3.1 引言	(58)
3.2 VXI 总线接口设计方案	(58)
3.2.1 消息基器件的 VXI 总线接口方案	(58)

3.2.2	带有智能芯片的寄存器基器件的 VXI 总线接口方案	(62)
3.2.3	无智能芯片的寄存器基器件的 VXI 总线接口方案	(62)
3.3	VXI 总线任意波形发生器模块硬件设计	(64)
3.3.1	技术指标及合成波形的工作原理	(64)
3.3.2	接口设计方案	(65)
3.3.3	接口电路的实现	(66)
3.3.4	模块的功能电路设计	(70)
3.4	VXI 总线高性能数据发生器模块的硬件设计	(76)
3.4.1	技术指标及基本工作原理	(76)
3.4.2	VXI 总线接口方案	(77)
3.4.3	接口控制方式的选择	(77)
3.4.4	VXI 总线接口电路的实现	(78)
3.5	零槽控制器模块硬件设计	(84)
3.5.1	引言	(84)
3.5.2	模块的基本结构	(84)
3.5.3	模块的功能与技术指标	(84)
3.5.4	模块的硬件电路设计	(84)
第四章	VXI 总线即插即用规范	(92)
4.1	VXI 总线即插即用规范的提出	(92)
4.2	VXI 总线即插即用系统及其特点	(93)
4.3	系统框架	(94)
4.3.1	系统框架的概念	(94)
4.3.2	系统框架的定义与描述	(95)
4.4	仪器驱动程序	(98)
4.4.1	VPP 仪器驱动程序的由来	(98)
4.4.2	VPP 仪器驱动程序的特点	(99)
4.4.3	仪器驱动程序的结构模型	(100)
4.4.4	仪器驱动程序函数简介	(102)
4.4.5	仪器驱动程序功能面板	(104)
4.5	虚拟仪器软件结构 VISA	(106)
4.5.1	VISA 简介	(106)
4.5.2	VISA 的结构	(107)
4.5.3	VISA 的特点	(108)
4.5.4	VISA 的现状	(109)
4.5.5	VISA 的应用举例	(109)
4.5.6	VISA 资源描述	(112)
4.5.7	VISA 中事件的分析与处理	(116)
4.5.8	VISA 的资源定义	(118)

4.5.9	软面板规范	(139)
4.5.10	VPP 知识库文件及其它 VPP 规范	(141)
第五章	自动测试系统软件设计	(144)
5.1	软件设计的要求及关键技术	(144)
5.1.1	自动测试系统软件设计的要求	(144)
5.1.2	软件设计的关键技术	(144)
5.2	软件开发环境	(145)
5.2.1	Lab Windows/CVI 简介	(145)
5.2.2	Lab View 与 HP VEE 简介	(146)
5.3	软面板的设计	(147)
5.3.1	VXI 软面板的设计原则	(147)
5.3.2	软面板设计举例	(149)
5.4	VISA 在编程中的应用	(152)
5.4.1	VISA 应用例 1	(152)
5.4.2	VISA 应用举例	(154)
5.4.3	VISA 应用举例	(155)
5.4.4	VISA 应用举例	(155)
5.5	仪器驱动程序的设计	(158)
5.5.1	仪器驱动程序的设计步骤	(158)
5.5.2	仪器驱动程序设计举例	(161)
5.6	中断编程	(163)
5.6.1	VXI 系统中的事件及处理方法	(163)
5.6.2	回调函数法处理 VXI 事件用到的函数	(164)
5.6.3	用回调函数法处理 VXI 中断例程	(165)
5.7	ODBC 技术	(166)
5.8	自动测试软件框架	(166)
5.8.1	自动测试软件框架提出的原因和核心内容	(166)
5.8.2	自动测试软件框架结构	(167)
5.8.3	自动测试软件框架的使用方法	(168)
5.8.4	自动测试流程库的结构	(168)
5.8.5	自动测试软件框架的主调流程	(170)
5.8.6	自动测试软件框架的扩充升级	(170)
5.9	IVI 规范	(171)
5.9.1	引言	(171)
5.9.2	IVI 技术的发展背景及特点	(171)
5.9.3	应用 IVI 技术构建自动测试系统	(174)
第六章	VXI 总线自动测试系统的集成	(177)
6.1	引言	(177)

6.2	需求分析	(178)
6.3	确定系统体系结构	(178)
6.3.1	外置计算机体系结构	(178)
6.3.2	内嵌计算机体系结构	(181)
6.3.3	几种体系结构的对比	(181)
6.4	测试设备选择	(182)
6.4.1	VXI 总线仪器模块的选择	(182)
6.4.2	VXI 主机箱的选择	(184)
6.4.3	确定被测对象接口	(184)
6.4.4	配置系统	(184)
6.5	软件开发环境的选择	(185)
6.6	软件设计与开发	(185)
6.6.1	VXI 总线测试系统的软件构成	(185)
6.6.2	软件开发	(186)
6.7	文件编制	(187)
6.8	模块化软件结构设计方法	(187)
6.9	PXI 模块仪器系统简介	(187)
6.9.1	引言	(187)
6.9.2	PXI 总线的提出	(188)
6.9.3	PXI 系统与 VXI 系统的比较	(189)
6.9.4	PXI 的基本性能及特点	(189)
6.9.5	PXI 模块仪器系统的构成	(191)
6.9.6	PXI 模块仪器系统的应用	(192)
第七章	IEEE 488.1 标准接口系统	(194)
7.1	引言	(194)
7.2	标准接口系统的性能和母线结构	(195)
7.2.1	基本概念	(195)
7.2.2	标准接口系统的基本性能	(197)
7.2.3	母线结构及信号线	(199)
7.2.4	母线电缆和接插头	(201)
7.2.5	寻址	(202)
7.3	接口功能与器件接口功能设置	(205)
7.3.1	接口功能	(205)
7.3.2	器件内部接口功能设置	(208)
7.4	信息编码及传递	(209)
7.4.1	消息分类	(209)
7.4.2	消息编码	(210)
7.4.3	消息的传递	(216)

7.5 接口功能状态图	(217)
7.5.1 状态图的表示方法	(217)
7.5.2 DT 接口功能状态图	(219)
7.5.3 L(LE)接口功能状态图	(219)
7.5.4 AH 口功能状态图	(222)
7.5.5 T(TE)接口功能状态图	(224)
7.5.6 SH 接口功能状态图	(227)
7.5.7 C 接口功能状态图	(229)
7.6 接口系统的运行	(231)
7.6.1 三线连锁挂钩过程	(231)
7.6.2 数传内容与传递方式	(232)
7.6.3 常用操作序列	(232)
7.7 初级接口功能的实现	(239)
7.7.1 常用的 GPIB 接口芯片	(239)
7.7.2 μ pD7210 芯片介绍	(239)
7.7.3 计算机的 GPIB 接口	(242)
7.8 GPIB 软件设计举例	(243)
7.8.1 采用 BASIC 语言的编程举例	(243)
7.8.2 采用 ISA 库函数的编程举例	(244)
7.9 IEEE 488.2 标准与 SCPI 简介	(246)
7.9.1 IEEE 488.2 标准	(246)
7.9.2 可编程仪器标准命令——SCPI	(250)
附录 A SR、RL、PP、DC 接口功能状态图	(253)
附录 B IEEE 488.2 需要的 IEEE488.1 功能子集	(255)
附录 C ASCII 码表(7 比特)	(256)
参考文献	(257)

第一章 自动测试系统概论

1.1 什么是自动测试系统

随着科学技术的发展,对电子测量与仪器的要求越来越高。测试项目和测试范围与日俱增,测试对象也逐渐复杂,测试的参数繁多,测试速度和测量精度的要求不断提高,这就使得传统的单机单参数手工测试已经不适应,迫切要求测量技术不断改进与完善。由于电子计算机的发展,大规模及超大规模集成电路的问世,尤其是20世纪70年代初微处理器的出现,给电子测量带来巨大的冲击和影响,仅仅两年左右,就生产出了通用仪器与微处理器相结合的新型仪器,因为它能完成人的一部分智力劳动,故称智能仪器。但智能仪器并不就等于自动测试系统。如果在一个系统中,有多个智能仪器并有分工,但不包含作为中央控制和处理用的计算机,则只能称为具有分布智能的测试系统。在系统内包含一台计算机或可编程控制器,用来协调系统中各可编程的测量仪器,才能真正构成一个自动测试系统。

通常把以计算机为核心,在程控指令的指挥下,能自动完成某种测试任务而组合起来的测量仪器和其它设备的有机整体称为自动测试系统,简称ATS(Automatic Test System)。

现代的检测技术、传感技术、显示技术、控制技术、数字信号处理技术的成果,特别是计算机技术与超大规模集成电路的发展与成果,都为自动测试技术提供了条件。显然,高速度、高精度、多参数、多功能的自动测试系统是电子测量与仪器和计算机技术密切结合的产物。

1.2 自动测试系统的组成

一般来说,自动测试系统包括五部分:

1. 控制器,主要是计算机,如小型机、个人计算机、微处理机、单片机等,是系统的指挥、控制中心。
2. 程控仪器、设备,包括各种程控仪器、激励源、程控开关、程控伺服系统、执行元件,以及显示、打印、存储记录等器件,能完成一定的具体的测试、控制任务。
3. 总线与接口,是连接控制器与各程控仪器、设备的通路,完成消息、命令、数据的传输与交换,包括机械接插件、插槽、电缆等。
4. 测试软件,为了完成系统测试任务而编制的各种应用软件。例如,测试主程序、驱动程序、I/O软件等。
5. 被测对象,随测试任务不同,被测对象往往是千差万别的,由操作人员采用非标准

方式通过电缆、接插件、开关等与程控仪器、设备相连。

1.3 自动测试系统的发展概况

自动测试系统的研究工作约始于 1956 年美国的 SETE 计划,以解决美国军方在军用电子设备(如航空电子系统和导弹系统等)的维护工作问题。从 20 世纪 60 年代开始,就陆续有民用的成套测试系统投入电子商品市场,但这时的系统多属于非标准的,或者只适用于一个公司的产品,缺乏通用性和互换性。这时的自动测试系统是比较简单的。现在人们称其为第一代自动测试系统。

1.3.1 第一代自动测试系统

第一代自动测试系统常见的有数据采集系统、自动分析系统等。尽管它们比较简单,但已经采用了计算机或其它逻辑、定时电路进行控制,在测试性能和设备功能等方面都比以前的仪器有较大的改善。然而,当时尚未解决系统内各设备间连接用的接口标准化问题。

图 1.1 给出了一个比较简单的数据采集系统的基本方框图。这里控制器产生定时脉冲去触发扫描器,使模拟/数字(A/D)转换器的输入端依次与每一路信号相接。这些信号电平经 A/D 转换器转换为数字信号,最后由打印机进行记录。在这种数据采集系统中,控制器只是一种简单的程序器,故只能获取数据。

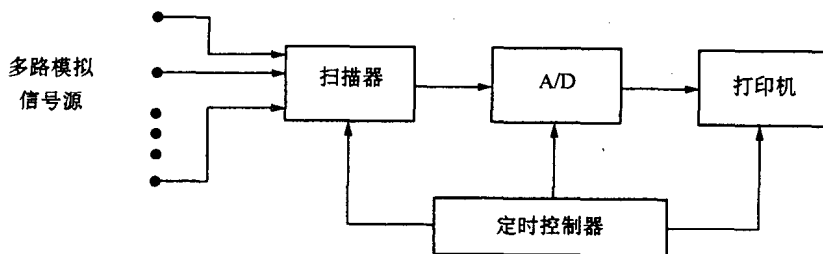


图 1.1 数据采集系统方框图

图 1.2 是另一套早期的自动测试系统。该系统包括计算机、可编程仪器等。这里,各组成部分统称为器件(Device)。为了能使各仪器与控制器之间进行信息交换,必须研制接口(Interface)电路。这种接口电路通常安装在一块印刷电路板上,很像一张卡片,插接在专门的接口卡片箱的插槽里。这类接口卡片和接口箱是为该系统专门研制的,不能用于不同功能的其它系统,但参与系统的各仪器却可采用通用仪器。

因此,设计和组建这种第一代自动测试系统时,组建者必须自行解决各器件之间的接口和有关问题。当系统比较复杂、需要程控的器件较多时,不但研制的工作量大,费用高,而且系统的适应性很差。

为解决第一代自动测试系统中存在的必须使用专用接口的缺点,研制和发展了具有标准接口总线(Interface Bus,缩写为 IB)系统的第二代自动测试系统。

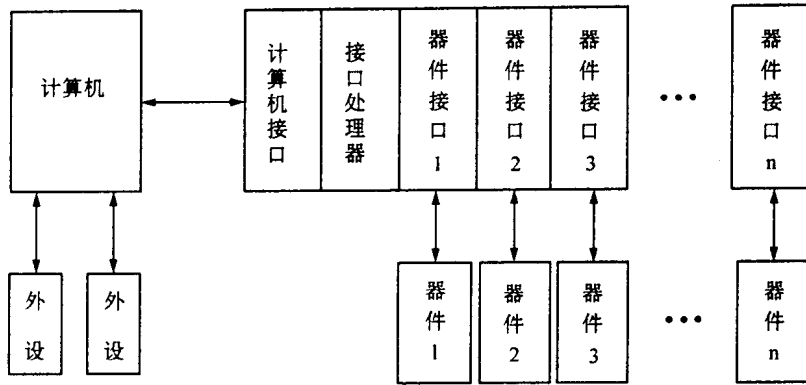


图 1.2 第一代自动测试系统框图

1.3.2 第二代自动测试系统

第二代自动测试系统的特点是采用了标准接口、总线系统,将测试系统中各器件间按规定的形式连接在一起。具有代表性的是 CAMAC 标准接口系统和 IEEE488 标准接口系统。

CAMAC 标准接口系统是一种典型的自动测试系统的总线标准。自 1969 年欧洲电子学标准化委员会正式发表以后,迅速得到欧洲和美国的强烈反响。到 1975 年,欧洲 CAMAC 协会,美国电气及气电子工程师协会(IEEE)及国际电工委员会(IEC)也相继宣布接受 CAMAC 标准,并发布了各自的文本(IEEE583 和 IEC516 标准)。

CAMAC 标准接口系统的特点主要是标准化程度高,数传速率较高和系统规模大。广泛用于宇航、核工业、国防、工业自动化等领域。我国在 20 世纪 70 年代末至 80 年代在国防、航天、航空、核工业等领域的较大规模的自动测试系统采用的多为 CAMAC 标准接口的自动测试系统。但由于 CAMAC 标准接口系统造价昂贵,总线没有用于仪器的专用的触发线、相加线,电磁屏蔽等考虑得并不充分,受到当时计算机发展水平的限制,指令传输接近微秒量级,进一步扩充有困难。

IEEE488 标准接口系统是美国 HP 公司于 1972 年提出的一种标准接口、总线系统(最初定名为 HP-IB),经改进后于 1975 年和 1977 年分别被美国电气与电子工程师学会(IEEE)和国际电工委员会(IEC)所接受,正式颁布了标准文件。IEEE 的标准文件为《可编程仪器的数字接口》,编号为 IEEE488;IEC 的标准化文件为《可编程装置的接口系统》,编号为 IEC625。我国电子工业部于 1985 年颁布了完全等效的接口总线标准,代号为 SJ-2479.1-84 和 SJ-2479.2-84。

凡是按照上述国际通用标准设计制造出来的可编程电子测量设备,不论出自何厂,均可用此标准总线连接起来,在控制器的作用下构成一个自动测试系统。图 1.3 给出了第二代的 IEEE488 自动测试系统的组成方框图。由图可知,除被测对象和电源部分外,自动测试系统主要由计算机系统、测量控制系统(包括传感器、测量仪器、控制执行系统、A/D 与 D/A 转换器等)、接口总线系统三大部分组成。也就是说,计算机、可编程测量仪器和

IEEE488 标准接口总线系统是构成第二代自动测试系统的三大支柱。这种第二代自动测试系统有如下特点：

1. 测量过程高度自动化；
2. 在很大程度上提高了测试速度和精度；
3. 可用多次测量和统计平均方法消除系统噪声的影响；
4. 自动修正系统误差；
5. 通过数据处理可直接获得所需的测试结果；
6. 可进行系统诊断；
7. 可以有多种形式的输出方式；
8. 可方便地改变、增删测试内容,并能改建、拆散和重建系统。

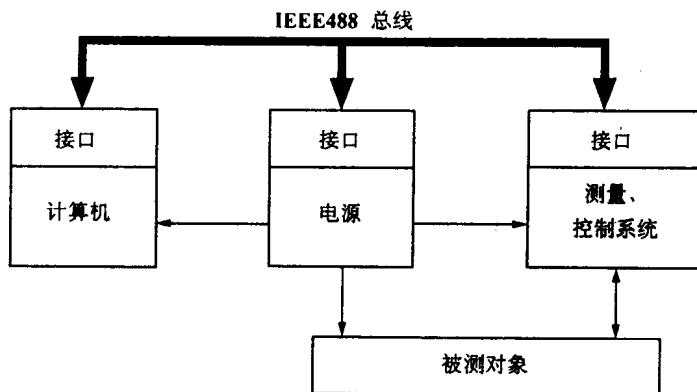


图 1.3 第二代自动测试系统方框图

但是,随着微型计算机和智能仪器的普及,在用 IEEE488 组成的自动测试系统中,包含的键盘、显示器、存储器和一些输出设备越来越多。例如计算机、频谱仪、示波器、网络分析仪中都含有显示器,造成过高的成本。而且冗余的部件往往又不能容错,如某台仪器的存储器容量不够或失效,其它仪器中多余的存储器却不能代替,这也是一种明显的浪费。因此,需要统筹地考虑仪器与计算机之间的系统结构。

在这种情形下,1982 年出现了一种新型的微机化仪器,这种仪器是作成插件式的,它需要与个人计算机配合才能工作,因此被称为个人仪器(Personal Instrument)。它以通用计算机为核心,配以一定的测试硬件电路和应用软件,共同完成测试仪器或仪器系统的任务,与此同时仍保留了个人计算机的全部功能。这种插卡式的新型仪器,能充分利用个人计算机的软、硬件资源,更好地发挥微型计算机的作用,大幅度地降低仪器成本,提高经济效益。它还具有研制周期短、改进更新方便的优点,在组成测试系统和网络方面也有很大潜力。因此,这种插卡式的仪器一出现就受到重视,并得到较快发展。

最初的插卡式仪器把插卡直接插入微机上的总线扩展槽内,结构虽然简单、方便,但难于满足重载仪器对散热和电源的要求,解决屏蔽和地电流引起的噪声也较难,还不能同时连接较多的个人仪器插件。1984 年左右出现的插卡式仪器系统,是从个人计算机向外引出扩展箱或扩展底板,在它上面插入多个仪器插件。扩展箱提供与地隔离的电源,还常

设有总线驱动器、接收器,以满足电源要求和使仪器部分避开个人计算机的噪声环境。这种方式的缺点是仪器插卡部分受计算机类型的束缚。另外,随着集成电路芯片价格的降低和对测试速度要求的提高,插卡式仪器向多 CPU 分布式系统发展,这增加了系统的处理速度,也简化了计算机的编程。1986 年前后,HP、Tek 等重要仪器公司相继推出它们的个人仪器系统。图 1.4 是 HP 公司的 PC 仪器系统,更换系统中与微机配合的仪器总线接口板,可适应多种计算机。这套系统中仪器模块和接口电路里也使用微计算机、单片计算机和一些专用集成电路(ASIC),构成多 CPU 分布式系统,仪器模块与计算机接口之间采用专门的个人计算机仪器总线(PCIB)连接。

这种插件式的与个人计算机相配合的仪器和仪器系统,以它突出的优点显示出强大的生命力,其品种和产量增长很快。但是,由于它没有统一的标准,各厂家的仪器、设备兼容性很差,用户在组建测试系统时很难选择多个厂家的产品,这严重影响了插卡式仪器的发展。

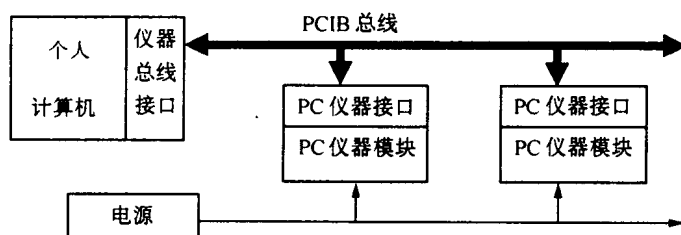


图 1.4 个人仪器系统框图

军方和工业用户对开放结构的模块式(插卡式)仪器提出了越来越迫切的要求,于是 1987 年,由 Colorado Data Systems、Hewlett - Packard、Racal - Dana Instruments、Tektronix 和 Wavetek 等五家公司组成的联合体推出了 VXI 总线规范。VXI 总线规范经过多次的补充和修改,于 1992 年 4 月公布了较完善的规范版本 VXIbus Rev1.4,目前已成为多供货商的开放的国际标准(IEEE - 1155 - 1992)。

1.3.3 VXI 总线自动测试系统

VXI 总线(VXIbus)是 VMEbus eXtensions for Instrumentation 的缩写。即 VME 总线在仪器领域的扩展。其中 VME 总线是在工业控制和生产管理中获得广泛应用的一种性能良好的微机总线。

VXI 总线是一种完全开放的,适于多供货厂商环境的模块式仪器行业规范,它是继 IEEE488 总线之后,为适应测量仪器从分立的台式和机架式结构发展为更紧凑的模块式结构的需要,而推出的一种新的总线标准。VXI 总线集中了智能仪器、个人仪器和自动测试系统的很多特长,它不仅性能全面优于 IEEE488 总线系统,而且使自动测试系统的尺寸大大缩小,测试速度大大提高,满足目前自动测试系统向标准化、自动化、智能化、模块化、便携式方向发展的要求。因而,VXI 总线被称为新一代仪器接口总线,标志着测量和仪器系统正进入一个崭新的阶段。

1.4 VXI 总线自动测试系统的特点

VXI 总线是 20 世纪 90 年代乃至 21 世纪的新型总线,在系统结构及硬、软件开发技术等各方面都采纳了新思想、新技术,有很多特点:

1. **测试仪器模块化。**在 VXI 总线上,具有触发总线、模拟总线等测试仪器特有的总线,而且电磁兼容性好,因而数字多用表、信号源、示波器等传统的独立仪器均有相应的 VXI 总线模块化产品,使得用 VXI 总线组建的系统结构紧凑、体积小、重量轻,简化了连接和控制关系,有利于提高系统的可靠性和可维修性。而这在其它总线中很难实现。

2. **32 位数据总线,数据传输速率高。**基本总线数传速度为 40 MB/s,本地总线可达 1GB/s,远远高于其它测试系统总线的数传速度,如 CAMAC 总线最高只有 1~3MB/s。

3. **系统可靠性高,可维修性好。**VXI 总线 C 尺寸主机箱平均无故障时间(MTBF)可高达 10^7 小时,VXI 总线模块仪器 MTBF 一般可做到几万至十几万小时,基本系统的 MTBF 可达 6 000 小时。模块化结构与系统强大的自检能力使得可维修性大大提高,一般系统的平均修复时间(MTTR)少于 15 分钟。

4. **电磁兼容性好。**VXI 总线是在美国军方广泛应用的 VME 总线的基础上发展起来的,在总线的设计和标准定制中,充分考虑了系统的供电、冷却系统和电磁兼容性能以及底板上的信号传输延迟、同步等,对每项指标都有严格的标准,这就保证了 VXI 总线系统的高精度及运行的稳定性和可靠性;而且频带宽,现已有从直流到微波各种仪器模块。

5. **通用性强,标准化程度高。**不仅硬件标准化,而且软件也标准化,有一系列软件标准,如 IEEE488.2 标准、SCPI 标准(可编程仪器的标准命令)、VPP 规范(VXI Plug & Play 即 VXI 插入即用规范)等。软件的可维护性与可扩充性好,这也是 VXI 总线优于其它总线,得到迅速发展的一个重要因素。

6. **灵活性强,兼容性好。**有三种规格机箱(B、C、D),四种规格模块(A、B、C、D)供用户选择;支持 8 位、16 位、24 位和 32 位的数据传输,方便灵活。

1.5 自动测试系统的发展方向

自动测试系统是一门新兴技术,涉及的领域很宽。它将计算机技术、软件技术、智能仪器、总线与接口技术等有机地结合在一起。

今后的自动测试系统将如何发展呢?国内外专家一致认为:今后的自动测试系统将以计算机为核心的更高层次、更高水平的虚拟仪器系统。

80 年代后期,国外提出了一种全新的仪器、仪表概念—虚拟仪器。虚拟仪器概念是对传统仪器概念的重大突破,是计算机与仪器仪表相结合的产物。它利用计算机的强大功能,结合相应的硬件,大大突破了传统仪器仪表在数据传送、处理、显示和存储等方面的限制,使用户可以很方便地对其维护、扩展和升级等。与传统仪器相比,虚拟仪器具有很高的灵活性,用户可以通过编制软件来定义它的功能。概括地说,它主要有以下特点:

1. 软件是虚拟仪器的核心

虚拟仪器的硬件确立后,它的功能如 FFT、小波分析等,主要是通过软件来实现的,软件在虚拟仪器中具有重要的地位。正如美国 NI 公司曾经提出的一个著名口号:软件就是仪器。

2. 虚拟仪器的性价比高

一方面,虚拟仪器能同时对多个参数进行实时高效的测量。同时,由于信号的传送和数据处理几乎是靠数字信号或软件来实现的,所以还大大降低了环境干扰和系统误差的影响。此外,用户也可以随时根据需要调整虚拟仪器的功能,大大缩短了仪器在改变测量对象时的更新周期。另一方面,采用虚拟仪器还可以降低测试系统的硬件环节,从而降低系统的开发成本和维护成本。因此,使用虚拟仪器比传统仪器经济。

3. 虚拟仪器具有良好的人机界面

在虚拟仪器中,测量结果是通过由软件在计算机的屏幕上生成的。与传统的仪器面板相似的图形界面即软面板来实现的。因此,用户可根据自己的爱好,通过编制软件来定义所喜爱的软面板形式。

4. 虚拟仪器具有与其它设备互联的能力

虚拟仪器具有与其它设备互联的能力,如和 VXI 总线或现场总线等的接口能力,还可以将虚拟仪器接入网络,以实现现场监控和管理。

虚拟仪器的特点还不止这些,它有许多传统仪器无法比拟的地方,使得虚拟仪器应用领域非常广泛。目前世界上许多国家包括我国在内,大多数的自动测试系统,采用的都为虚拟仪器系统。

虚拟仪器系统主要有两大部分组成:硬件和软件。

a. 虚拟仪器系统的硬件

硬件是虚拟仪器工作的基础,主要功能是完成对被测信号的采集、传输和显示测量的结果等。目前,使用的比较多的是数据采集卡、VXI 仪器模块和 PXI 仪器模块等。

硬件标准化、模块化使系统组建方便灵活。模块式结构使系统体积减少、速度提高。

虚拟仪器系统有一个优秀的硬件平台—VXI 总线系统。VXI 总线系统是公认的理想测试平台,它满足了硬件的标准化和模块化,它为虚拟仪器系统的应用提供了广阔的前景。

总线的能力直接影响系统的总体水平,总线是连接控制器与程控仪器的纽带。从自动测试系统的发展看,自动测试水平的提高,在很大程度上是由于总线技术的不断升级换代的结果。从研究与开发的自动测试系统看,掌握总线接口技术、熟悉总线各种标准规范,才能将各种器件组成成系统,实现相容。

b. 虚拟仪器系统的软件

软件在虚拟仪器中非常重要,在很大程度上,虚拟仪器能否成功地运行,就取决于虚拟仪器的软件。

测试软件标准化的问题,近年来在自动测试领域软件的重要性越来越受到各国的注意与研究。1987 年 IEEE488.2 的公布、1990 年可编程仪器的标准命令 SCPI 的问世以及 1993 年 VPP 规范的发表,对自动测试系统的软件的标准化有深远的影响。