

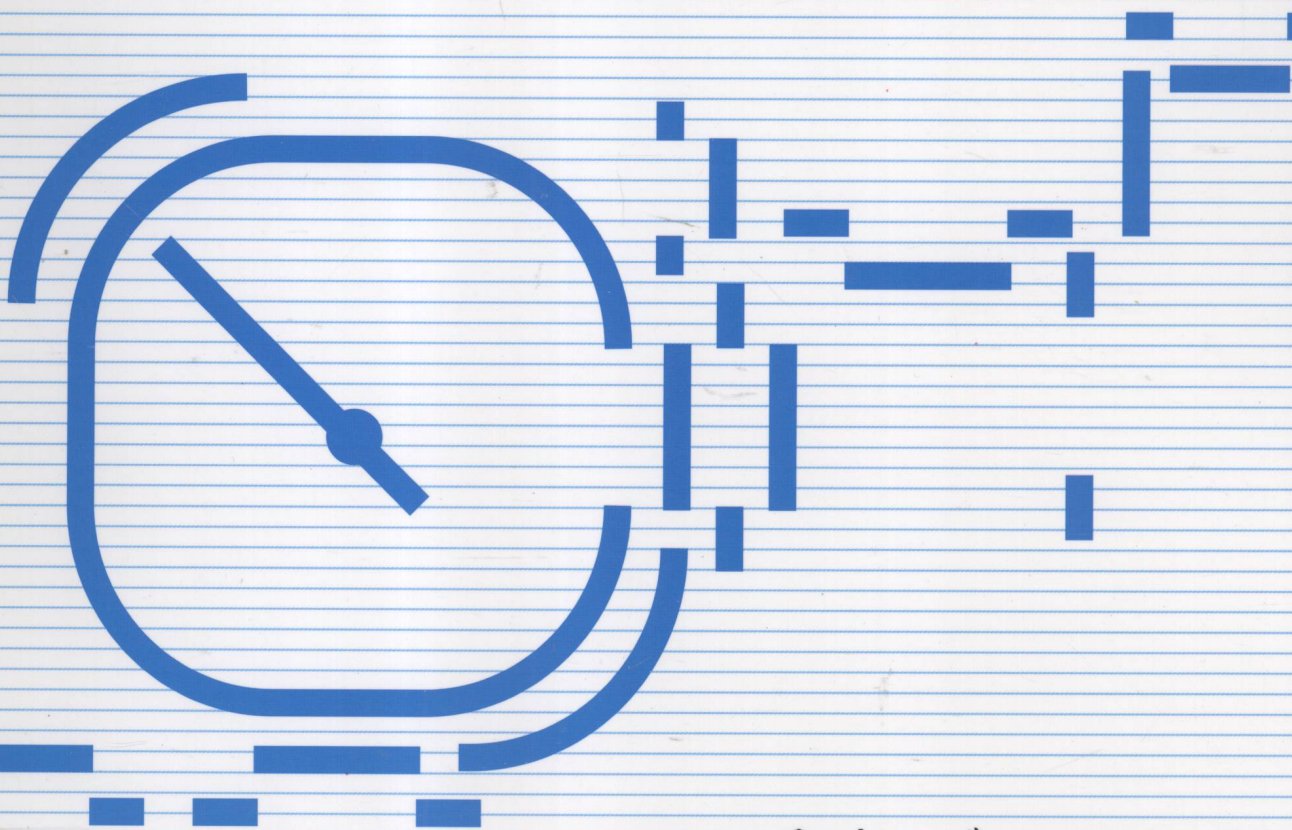


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

仪表总线技术及应用

(第2版)

孔德仁 王芳 狄长安 江剑 何云峰 编著
陈光禔 主审



国防工业出版社
National Defense Industry Press

内 容 简 介

全书以仪表总线及其应用为主线,系统地介绍了仪表总线的发展及智能仪器、虚拟仪器的相关概念;详细介绍了常用计算机总线的相关概念、总线规范;从仪表总线构成、特点、相关的机械规范及电子电气规范角度分别讨论了常用的仪表总线,如 GP-IB、VXI、PCI、PXI、LXI 等;详细介绍了虚拟仪器的构成、分类、软件规范及常用的虚拟仪器软件开发环境等,并通过工程应用实例分别介绍了 PCI、PXI、VXI、LXI 及 USB 总线在虚拟仪器及相关模块中的应用。

本书可作为工科院校仪器仪表专业、自动测试及检测专业的本科生、研究生的教材,也可作为从事仪器仪表、自动测试工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

仪表总线技术及应用 / 孔德仁等编著. —2 版. —

北京:国防工业出版社,2010.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-118-06672-2

I. ①仪... II. ①孔... III. ①总线-仪表-技术-高等学校-教材 ②总线-仪表-应用-高等学校-教材
IV. ①TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 036389 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 29 1/4 字数 670 千字
2010 年 5 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

任何测量与控制系统中都包含相应的仪表单元,仪表单元是测量与控制系统的重要基础,是实现各种测量与控制的手段和条件。随着科学技术的发展,对测量与控制系统中仪表单元的要求越来越高,仪表技术也发生了重大的变化,虚拟仪器技术已成为当今仪器技术发展的主要方向。

虚拟仪器技术从总体而言包括两个基本要素,即硬件和软件。虚拟仪器技术涉及计算机软/硬件技术、仪器仪表总线技术、网络通信等多个学科。本书的内容体系是以仪器仪表常用的总线技术为主线索,从仪表总线的构成、特点、相关的机械规范及电子电气规范角度分别讨论常用计算机总线及仪表总线。

本书共 12 章。第 1 章介绍仪表与自动测试技术的发展;仪表总线技术概述及仪器与自动测试系统的发展趋势。第 2 章详细介绍有关总线的基本概念及常用计算机总线技术,如 STD 总线、XT/ISA/EISA 总线、RS - 232C/RS - 422/RS - 485 总线、USB 总线及 IEEE1394 总线。第 3 章详细介绍 PCI 总线的特点及系统结构;PCI 总线信号定义;PCI 总线操作;PCI 总线协议;PCI 总线数据传输过程;PCI 及设备选择;PCI 总线配置及实现技术;PCI 中断响应周期、中断共享及仲裁;PCI BIOS 与 PCI - PCI 桥及 Compact PCI 总线技术;PCI - Express 总线方面的基本概念及知识。第 4 章介绍 GPIB 总线的基本特性与总线结构;基本接口功能;GPIB 总线系统中消息及传递;总线联络基本过程及 IEEE488.2 标准。第 5 章详细介绍 VXI 总线技术,主要包括:VME 总线技术规范;VXI 总线系统的机械与电气规范、VXI 总线系统结构;VXI 总线自动测试系统的集成及 VXI 总线即插即用规范。第 6 章针对 PXI 总线技术介绍 PXI 总线规范结构及其特点;PXI 总线机械规范;PXI 总线电气规范;PXI 总线软件规范;PXI 机箱与控制器;PXI 仪器及测试系统组建;PXI Express 总线。第 7 章主要介绍 LXI 总线的基本特点、技术概要、物理规范、同步触发机制、软件编程规范及 LXI 的 LAN 标准。第 8 章围绕虚拟仪器的组成方法及其特点,详细介绍虚拟仪器的概念、组成、特点及其设计要领;介绍常用虚拟仪器的软件标准及虚拟仪器的软件开发环境,并以大量的应用实例介绍虚拟仪器的设计方法。第 9 章、第 11 章、第 12 章以工程应用实例为背景,分别举例说明基于 PCI 总线、PXI 总线、LXI 总线及 USB 总线等的虚拟仪器的组建方法及软、硬件的配置方法,以便读者在较短的时间内熟悉各类仪表总线在实际测量与控制、仪表领域内的应用。第 10 章介绍几种基于 VXI 总线的模块设计方法及其应用。

本书第 6、11 章由狄长安编写,第 3、9 章由江剑编写,第 8 章由何云峰编写,其余章节

由孔德仁和王芳编写。全书由孔德仁主编并统稿。

在本书编写过程中,得到了成都电子科技大学陈光祜教授的悉心指导,陈教授对本书的架构及编写内容提出了宝贵的建设性意见,并在百忙之中审阅了全文,提出了许多修改意见,在此,向陈教授表示诚挚的感谢。

在本书编写过程中,参考或引用了国内外许多专家学者的论著及教材,南京理工大学的同行专家也提出了许多宝贵的意见及建议,在此表示衷心的感谢。研究生张郎、阮晓峰、杨宗伟、蒋萍和王元龙等参与绘制了书稿中的图稿并完成了书稿的录入工作,在此表示感谢。

由于时间仓促,以及编著者学识水平有限,书中不妥之处难免,恳请读者批评指正。

编著者

2009年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 仪表与自动测试技术的发展概况	1
1.1.1 仪表技术的发展概况	1
1.1.2 自动测试技术的发展概况	4
1.2 仪表总线技术概述	6
1.2.1 总线标准及其组成	6
1.2.2 具有总线系统的仪表的特点	7
1.2.3 仪表专用总线	7
1.3 仪器与自动测试系统的展望	10
第2章 常用计算机总线技术	12
2.1 概述	12
2.1.1 总线和接口标准	12
2.1.2 总线和接口标准分类	13
2.1.3 总线的组成	14
2.1.4 总线的性能指标	14
2.1.5 总线的层次化结构	16
2.2 STD 总线	17
2.2.1 STD 总线概述	17
2.2.2 STD 总线信号定义	18
2.2.3 STD 总线信号功能	19
2.2.4 STD 总线信号的时序	21
2.3 XT/ISA/EISA 总线	22
2.3.1 XT/ISA/EISA 总线概述	22
2.3.2 XT/ISA/EISA 电气规范	23
2.3.3 XT/ISA 总线的机械规范	32
2.3.4 PC-104 总线	32

2.4	RS-232C/RS-422/RS-485 接口标准	33
2.4.1	RS 232C 接口标准	34
2.4.2	RS-422 接口标准	40
2.4.3	RS-485 接口标准	42
2.4.4	几种串行通信接口标准的比较	43
2.5	USB 总线	43
2.5.1	USB 总线概述	43
2.5.2	USB 设备及其描述	45
2.5.3	USB 系统的组成和拓扑结构	47
2.5.4	USB 的数据传输	48
2.5.5	USB 设备接入和开发	51
2.6	IEEE1394 总线	52
2.6.1	IEEE1394 总线概述	52
2.6.2	IEEE1394 拓扑结构	54
2.6.3	地址分配	55
2.6.4	协议结构	55
2.6.5	通信模型	57
2.6.6	线缆和连接器	58
第3章	PCI 总线技术	60
3.1	PCI 总线的特点及系统结构	60
3.1.1	PCI 总线的主要性能	60
3.1.2	PCI 总线的特点	60
3.1.3	PCI 总线的系统结构	61
3.1.4	PCI 总线规范简介	62
3.2	PCI 总线信号定义	63
3.2.1	系统信号定义	63
3.2.2	地址和数据信号	64
3.2.3	接口控制信号	65
3.2.4	仲裁信号	66
3.2.5	错误报告信号	66
3.2.6	中断接口信号	66
3.2.7	其他可选信号	67
3.3	PCI 总线操作	71
3.3.1	PCI 总线操作命令编码	71

3.3.2	PCI 总线命令简介	71
3.3.3	PCI 总线命令使用规则	74
3.4	PCI 总线协议	75
3.4.1	协议概述	75
3.4.2	PCI 总线的传输控制	76
3.4.3	PCI 总线的编址	76
3.4.4	字节对齐	77
3.4.5	总线的驱动与过渡	78
3.5	PCI 总线数据传输过程	78
3.5.1	PCI 总线上的读操作	79
3.5.2	PCI 总线上的写操作	79
3.5.3	PCI 总线传输的终止过程	80
3.6	PCI 设备选择	81
3.7	PCI 总线配置及实现技术	82
3.7.1	配置空间组织	83
3.7.2	配置空间的功能	84
3.7.3	配置空间的访问	90
3.8	PCI 中断响应周期、中断共享及仲裁	93
3.8.1	PCI 中断的响应周期	93
3.8.2	PCI 中断响应共享	93
3.8.3	PCI 总线仲裁	95
3.9	PCI BIOS 与 PCI - PCI 桥	96
3.9.1	PCI BIOS	96
3.9.2	PCI - PCI 桥简介	99
3.10	Compact PCI 总线技术	101
3.10.1	Compact PCI 总线的特点	101
3.10.2	Compact PCI 的机械结构	102
3.10.3	Compact PCI 的电气特性	104
3.10.4	Compact PCI 系统扩展	105
3.11	PCI Express 总线	106
3.11.1	总线结构	106
3.11.2	总线特点	110
第 4 章	GPIB 总线技术	113
4.1	概述	113

4.2	GPIB 总线的基本特性与总线结构	114
4.2.1	基于 GPIB 总线的测试系统	114
4.2.2	GPIB 总线的基本特性	115
4.2.3	GPIB 总线的信号定义	116
4.2.4	GPIB 总线的连接器	120
4.3	基本接口功能	121
4.3.1	十大接口功能	121
4.3.2	器件功能	123
4.3.3	接口功能的子集	123
4.4	GPIB 总线系统中消息及其传递	125
4.4.1	消息分类	125
4.4.2	接口消息及其编码	127
4.4.3	多地址使用情况	133
4.4.4	接口系统的消息传递	134
4.5	三线联络基本过程	135
4.5.1	三线联络的基本原则	136
4.5.2	三线联络的基本过程	136
4.6	IEEE 488.2 标准	139
4.6.1	IEEE 488.2 标准的主要内容	139
4.6.2	IEEE 488.2 器件功能命令集	140
4.6.3	IEEE 488.2 控制器	141
4.6.4	IEEE 488.2 的状态报告模型	143
4.6.5	IEEE 488 的性能扩展	144
4.7	GPIB 接口芯片及接口设计	145
4.7.1	GPIB 接口芯片	145
4.7.2	TMS-9914A 可编程 GPIB 接口芯片应用	146
第5章	VXI 总线技术	154
5.1	概述	154
5.2	VME 总线技术规范	155
5.2.1	VME 总线概述	155
5.2.2	VME 总线的机械规范	159
5.2.3	VME 总线的电气规范	162
5.2.4	VME 总线控制器	171
5.3	VXI 总线系统的机械规范与电气规范	171

5.3.1	VXI 总线的机械规范	171
5.3.2	VXI 总线连接器	174
5.3.3	VXI 总线的电气规范	177
5.4	VXI 总线系统结构	184
5.4.1	VXI 总线系统配置	184
5.4.2	VXI 总线系统器件及操作	186
5.4.3	VXI 总线系统器件通信协议	218
5.4.4	VXI 总线系统资源与资源管理器	222
5.5	VXI 总线自动测试系统集成	225
5.5.1	确定测试要求	225
5.5.2	确定系统体系结构	225
5.5.3	测试设备选择	228
5.5.4	软件设计与开发	231
5.6	VXI 总线即插即用规范简介	233
5.6.1	VPP 概述	233
5.6.2	VPP 系统框架	235
5.6.3	VPP 仪器驱动程序规范	237
5.6.4	虚拟仪器软件体系	239
5.6.5	虚拟仪器软面板	242
第 6 章	PXI 总线技术	244
6.1	概述	244
6.1.1	PXI 总线的提出	244
6.1.2	PXI 系统与 VXI 系统的比较	245
6.2	PXI 总线体系结构及其特点	246
6.2.1	PXI 总线体系结构	246
6.2.2	PXI 总线的特点	246
6.3	PXI 总线机械规范	247
6.3.1	PXI 总线机械体系结构	247
6.3.2	主要机械特性	250
6.4	PXI 总线电气规范	251
6.4.1	PXI 连接器引脚定义	251
6.4.2	PXI 总线信号	256
6.4.3	机箱电源规范	262
6.5	PXI 总线软件规范	262

6.5.1	系统软件框架标准	262
6.5.2	PXI 软件体系	263
6.6	PXI 机箱与控制器	264
6.6.1	PXI 机箱	264
6.6.2	PXI 系统控制器	264
6.7	PXI 仪器及测试系统组建	266
6.7.1	PXI 外围模块	266
6.7.2	基于 PXI 总线仪器系统的组建	267
6.7.3	基于 PXI 总线的通用测试分析系统	268
6.8	PXI Express 简介	270
第 7 章	LXI 总线技术	275
7.1	概述	275
7.1.1	LXI 总线的提出	275
7.1.2	LXI 总线的特点	276
7.1.3	LXI 系统与 PXI/VXI 系统的比较	276
7.2	LXI 总线技术概要	277
7.2.1	LXI 标准	277
7.2.2	LXI 仪器分类	278
7.2.3	LXI 总线技术特性	278
7.3	LXI 物理规范	280
7.3.1	机械标准	280
7.3.2	电气标准	281
7.3.3	状态指示器	282
7.3.4	环境标准	283
7.4	LXI 同步触发机制	283
7.4.1	基于 LAN 消息的触发	284
7.4.2	基于同步时钟协议(IEEE 1588)的触发	285
7.4.3	LXI 硬件触发总线	288
7.4.4	仪器厂商定义的触发	292
7.4.5	LXI 同步触发接口模型	292
7.4.6	各种触发方式的使用	294
7.4.7	LXI 模块间的数据通信	295
7.5	LXI 软件编程规范	297
7.5.1	LXI 的仪器驱动程序规范	297

7.5.2	LXI 同步接口编程规范	298
7.6	LXI 的 LAN 标准	298
7.6.1	LAN 规范	298
7.6.2	LAN 配置	299
7.6.3	Web 接口	300
7.6.4	LAN 发现	302
第 8 章	虚拟仪器技术	303
8.1	概述	303
8.1.1	虚拟仪器的概念	303
8.1.2	虚拟仪器的组成	305
8.1.3	虚拟仪器的特点	305
8.1.4	虚拟仪器的设计与实现步骤	306
8.2	虚拟仪器的软件标准	309
8.2.1	虚拟仪器的软件标准化	310
8.2.2	可编程仪器标准命令	315
8.2.3	IVI 仪器驱动器	321
8.3	虚拟仪器软件开发环境	325
8.3.1	LabWindows/CVI 简介	326
8.3.2	LabVIEW 简介	341
8.3.3	Agilent VEE 简介	348
8.4	虚拟仪器设计	352
8.4.1	虚拟仪器的构成形式	352
8.4.2	基于网络的虚拟测试系统	354
第 9 章	基于 PCI 总线的虚拟仪器系统	361
9.1	基于 PCI 总线的航空发动机燃气涡轮动态信号检测	361
9.1.1	系统硬件组成	362
9.1.2	系统软件简介	366
9.1.3	系统集成注意事项	366
9.1.4	应用及讨论	366
9.2	基于 PCI 总线的便携式测试系统	367
9.2.1	系统硬件组成	367
9.2.2	系统软件简介	370
9.2.3	应用例——基于 DEWE-3010 的虚拟弹道测试系统	371

9.3 CPCI 总线在电磁阀测试系统中的应用	375
9.3.1 系统设计要求	375
9.3.2 系统测量原理和组成	376
9.3.3 系统硬件设计	377
9.3.4 系统软件设计	378
9.3.5 讨论	379
第 10 章 基于 VXI 总线的仪器模块及其应用	380
10.1 JV53112 并行数据采集模块	380
10.1.1 模块功能	380
10.1.2 模块工作原理及寄存器信息	381
10.1.3 软件设计	387
10.1.4 JV53112 模块技术特点	388
10.1.5 模块应用实例	388
10.2 JV53413 扫描数据采集模块	390
10.2.1 模块功能	390
10.2.2 模块工作原理	391
10.2.3 软件设计	393
10.2.4 JV53413 模块的技术特点	394
10.2.5 模块应用实例	395
10.3 JV53202 任意波形函数发生器	397
10.3.1 模块功能	397
10.3.2 工作原理和寄存器的定义及描述	399
10.3.3 软件设计	406
10.3.4 技术特点	408
10.3.5 模块应用实例	409
第 11 章 基于 PXI 总线的虚拟仪器系统	410
11.1 基于 PXI-50612 的破片初速测试系统	410
11.1.1 测试系统配置	410
11.1.2 PXI-50612 高速数据采集模块	411
11.1.3 测试方法	414
11.2 基于 PXI 总线的海底管线检测系统	415
11.2.1 硬件集成	415
11.2.2 软件系统	417

11.3	基于 PXI 总线的鱼雷测试设备计量系统	417
11.3.1	系统硬件构成	418
11.3.2	基于数据库的测试软件设计	418
11.4	基于 PXI 总线的导弹自动测试系统	419
11.4.1	系统组成	419
11.4.2	系统软件结构	420
11.5	基于 PXI 总线的火炮动态参数综合测试系统	422
11.5.1	火炮动态参数测试内容及其测试要求	422
11.5.2	系统组成	422
11.5.3	基于 PXI 的便携式数据采集系统	424
11.5.4	火炮动态参数综合测试系统软件设计	425
11.6	基于 PXI 总线的分布式网络化测控系统	429
11.6.1	概述	429
11.6.2	系统组成	429
11.6.3	PXI 数据采集系统	430
11.6.4	速压控制系统及位置控制系统	431
第 12 章	基于 LXI 总线的测试系统及应用	433
12.1	概述	433
12.1.1	LXI 混合系统的结构	433
12.1.2	基于 LXI 总线的自动测试系统的特点	434
12.2	基于 LXI 总线的分布式测试系统	435
12.2.1	分布式测试系统概述	435
12.2.2	系统的总体结构	435
12.2.3	同步测试的实现	436
12.2.4	减小网络延时的方法	438
12.3	LXI 总线在运载火箭测试中的应用	438
12.3.1	测试模式的选择	438
12.3.2	系统硬件组成	439
12.3.3	信号转接的实现	440
12.3.4	系统软件设计	440
12.4	LXI 总线在武器大型试验中的应用	441
12.4.1	系统组成	442
12.4.2	硬件设计	442
12.4.3	软件设计	444

12.5	基于 LXI 总线的接口转换器的设计	445
12.5.1	LXI 接口转换器的原理	445
12.5.2	LXI 接口转换器硬件设计	446
12.5.3	接口驱动和模块通信	447
12.6	军用 LXI 模块的实现	449
12.6.1	军用分布式 LXI 控制系统	449
12.6.2	军用 LXI 模块的硬件和软件实现	449
12.6.3	LXI 总线军用 LXI 测试系统构建中需要注意的问题	451
参考文献.....		452

第1章 绪 论

1.1 仪表与自动测试技术的发展概况

1.1.1 仪表技术的发展概况

任何测量与控制系统都包含有一定的检测技术及相应的仪表单元,仪表单元是测量与控制系统的重要基础,是实现各种测量与控制的手段和条件。随着现代科学技术的发展,仪表技术发生了很大的变化。

从仪表所采用的电子器件看,仪器仪表经历了真空管、晶体管和集成电路三个时代。

从组成结构、工作原理及功能特点等方面看,仪器仪表发展至今,经历了模拟仪器、数字式仪器、智能仪器、个人仪器及虚拟仪器等发展阶段。

1. 模拟仪器

18 世纪末至 20 世纪初,科学家在发现描述物理现象的定律之后,发明了基于物理定律的模拟式仪表。早期的基于物理定律的模拟式仪表,最典型的有电压表、电流表、功率表、压力表和测温仪以及随后发明的电桥、电位差计等磁电式模拟仪表。这些仪表虽很简单但都解决了当时许多物理量的测量问题。

自 20 世纪初至 50 年代,测量仪器仪表的材料及零部件的性能有了较大的发展,出现了电子管、离子管这类全新的电子器件。同时,测试测量的理论和方法与新兴的电子技术、控制技术相结合,又出现了电子仪器仪表,产生了以记录仪、电子示波器、信号发生器等为代表的模拟式电子仪器。

2. 数字式仪器

随着晶体管与集成电路的出现,数字技术在测试测量仪器中获得成功的应用。20 世纪 50 年代至 60 年代出现晶体管时,便产生了以电子管或晶体管电子电路为基础的第二代测试仪器——分立元件式仪器。如数字电压表、数字电流表、数字频率计、数显表、记忆示波器等是第二代数字式测量仪器的典型代表,这类仪器目前相当普及。

数字式仪器仪表的基本特点是: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。数字式仪器具有精度高、响应速度快、读数清晰、直观,测量结果可打印输出,便于与计算机技术相结合的特点。此外,数字信号便于远距离传输。

3. 智能仪器

在数字式仪器中置入微处理器,将计算机技术与仪器仪表技术紧密结合,使仪器具有数据存储、数据处理(即运算)、逻辑判断、自动选程、自动补偿、仪器自检等功能,从而部分取代人脑的工作,这类仪器称为智能仪器或灵巧仪器。

智能仪器是在数字化的基础上发展起来的,是计算机技术与仪器仪表技术相结合的

产物。20 世纪 70 年代以来,随着微处理器和计算机技术的发展,微处理器或微机被越来越多地嵌入到测量仪器中。智能仪器实际上是一个专用的微处理器系统,一般包含有微处理器电路(CPU、RAM、ROM 等)、模拟量输入/输出通道(A/D、D/A、传感器等)、键盘显示接口、标准通信接口(GPIB 或 RS-232)等。智能仪器使用键盘代替传统仪器面板上的旋钮或开关,对仪器实施操作与控制,使得仪器面板布置与仪器内部功能部件的分布不再互相限制和牵连;利用内置微处理器强大的数字运算和数据处理能力,智能仪器能够实现量程自动转换、自动调零、自动调整触发电平、自动校准和自诊断等“智能化”功能;智能仪器一般都带有 GPIB 或 RS-232 接口,具备可编程功能,可方便地与其他仪器实现互连,组成复杂的自动测试系统。随着计算机技术的发展,在仪表技术领域引起了一场革命,出现了“计算机就是仪器”的提法。近年来,智能仪表已开始从较为成熟的数据处理向知识处理发展,如某些智能仪表已具有模糊判断、故障诊断、容错、多传感的数据融合等功能。

4. 个人仪器

个人仪器也称为 PC 仪器或卡式仪器,是在智能仪器的基础上出现的又一种新型微机化仪器,它是个人计算机与电子仪器相结合的产品。这类仪器的基本构想是将原智能仪器仪表中测量部分的硬件电路以附加插件或模板的形式插入到 PC 的总线插槽或扩展机箱中;而将原智能化仪器中的控制、存储、显示和操作运算等软件任务都移交给 PC 来完成。个人仪器充分利用了 PC 的软件和硬件资源,因而相对于传统的智能仪器来说,极大地降低了成本,方便了使用,提高了可靠性,因此,个人仪器的发展十分迅速。在此基础上,若将多种测控仪器插件或模板组合在一个 PC 系统中,还可以构成个人仪器的系统,以代替当时价格昂贵的 GPIB 接口测试系统的工作。个人仪器及系统的结构大体上可以分为以下几种形式:

(1)基于 PC 机内总线的内插式个人仪器及系统 内插式个人仪器是将仪器卡直接插入 PC 的总线扩展槽内。这种构成方式结构简单、成本很低;但缺点是 PC 扩展槽数目有限,机箱内干扰比较严重,电源功率和散热指标也难以满足重载仪器的要求。此外,PC 总线也不是专门为仪器系统设计的,不能实现仪器间的直接通信以及触发、同步、模拟信号传输等功能。因此,这种卡式个人仪器性能不是很高。

(2)基于独立仪器总线的模块式个人仪器及系统 美国 HP 公司为克服 PC 仪器的上述缺点,于 1986 年推出了 HP 6000 系列模块式 PC 仪器系统,采用独立的机箱和独立的电源系统,使仪器避开了微型计算机的噪声环境;设计了专门的仪器总线 PC-IB,组成仪器系统很方便;更换系统中与微型计算机配合的接口卡,可适应多种个人计算机;系统中的仪器模块和接口电路中也使用了微处理器。HP 公司研制了具有 PC-IB 总线接口的个人仪器组件,如数字万用表、通用计数器、函数发生器、数字 I/O、数字示波器等,通过 PC-IB 总线实现 PC 与外部仪器组件的连接。

(3)基于统一标准总线的仪器系统 个人仪器系统以其突出的优点显示了强大的生命力,然而,由于各厂家在生产个人仪器时没有采用统一的总线标准,不同厂商的机箱、模块等产品之间兼容性很差,在很大程度上影响了个人仪器的进一步发展。1987 年 7 月,Colorado Data system、HP、Racal Dana、Tektronix 和 Wavetek 五家公司成立的一个专门委员会颁布了用于通用模块化仪器结构的标准总线——VXI(VMEbus Extensions for Instrumen-

tain) 总线的技术规范。VXI 总线是在 VME 计算机总线的基础上,扩展了适合仪器应用的一些规范而形成的。VXI 总线是一个公开的标准,其宗旨是为模块化电子仪器提供一个开放的平台,使所有厂商的产品均可在同一个主机箱内运行。VXI 总线是计算机技术、数字接口技术与电子仪器测量技术相结合的产物,集中了工业标准 VME 总线高速通信和 GPIB 接口易于组合、程控简单的特点,实现了模块仪器结构。与传统军用测试系统采用机架式结构相比,由各种 VXI 仪器模块组成的军用测试系统体积更小、功能更强、开放性更好、使用更灵活,并且 VXI 系统设计充分考虑了抗振、冷却、抗干扰等可靠性指标,适用于机动与现场条件下的高可靠性工作。1992 年 IEEE 正式制定了关于 VXI 总线的国际标准 IEEE1155。1995 年 VXI 即插即用(VXI Plug & Play)标准的推出,为 VXI 仪器驱动器标准化提供了依据,也使得 VXI 仪器朝实现虚拟仪器方向迈出了重要的一步。

5. 虚拟仪器

20 世纪 80 年代中期,随着计算机技术与电子技术的飞速发展,在以计算机为平台的测控仪器中软件和总线的作用日益突出,测试仪器的物理功能越来越多,对计算功能的要求越来越高,传统的硬件化仪器的固有缺点(如封闭性、缺乏灵活性、响应速度慢等)已使它越来越不能满足测试仪器功能日益强大的要求,因此用软件取代硬件便成为仪器仪表领域的一个迫切需要解决的问题;同时因为被测对象的频率范围越来越宽,因此要求总线具有相应的高速数据传输能力和灵活的扩展性能;另外,面对各种各样复杂的测试要求,希望软件系统不仅能完成测试所需的功能,而且还要易于使用。

计算机总线技术、软件技术及相关技术的发展,使得微机在计算机仪器上的作用远远超出了计算机仪器发展初期主要是用来完成控制的范围。特别是近 10 年来出现的数字信号处理器(DSP),它与微机软件相结合将产生强大的计算与控制能力,这使其在一定的实时性要求下取代了许多原来由硬件完成的功能并能完成许多硬件不能胜任的功能,这标志着“软件即仪器”时代的到来。正是由于微电子技术和计算机技术飞速发展,测试技术与计算机深层次的结合正引起测试仪器领域里一场新的革命,一种全新的仪器结构概念导致了新一代仪器——虚拟仪器(Virtual Instrument, VI)的出现。它是现代计算机技术、通信技术和测量技术相结合的产物,是传统仪器观念的一次巨大变革,是仪器产业发展的一个重要方向。它的出现使得人类的测试技术进入一个新的发展纪元。

虚拟仪器就是用户在通用计算机平台上,根据需求定义和设计仪器的测试功能,使得使用者在操作这台计算机时,就像是在操作一台他自己设计的测试仪器一样。虚拟仪器概念的出现,打破了传统仪器由厂家定义,用户无法改变的工作模式,用户可以根据自己的需求,设计自己的仪器系统,在测试系统和仪器设计中尽量用软件代替硬件,充分利用计算机技术来实现和扩展传统测试系统与仪器的功能。“软件就是仪器”是虚拟仪器概念最简单,也是最本质的表述。

虚拟仪器概念最早是由美国国家仪器(National Instruments, NI)公司在 1986 年提出的,但其雏形可以追溯到 1981 年由美国西北仪器系统公司推出的 Apple II 为基础的数字存储示波器。这种仪器与个人计算机的概念相结合,当时被称为个人仪器。个人仪器的设计思想代表了仪器技术与计算机技术相结合的发展趋势,但是由于当时计算机软件发展水平的限制,编写个人仪器的驱动程序和人机交互界面是一项专门的技术工作,须由专业厂商才能完成,这种状况使得个人仪器的推广与应用没有形成工业标准。从 20 世纪