

VXI 总线

测试平台技术

陈光禴 编著



电子科技大学出版社

WEST
PUBLISHING HOUSE OF UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA

401913

VXI 总线测试平台技术

陈光禧 编著



电子科技大学出版社

内 容 简 介

VXI总线测试平台是公认的21世纪仪器总线系统和自动测试系统的优秀平台。目前,这一测试平台技术在国内外电子测试领域都引起了极大的重视。本书全面介绍了VXI总线模块仪器和测试平台技术。

全书共10章,第1章至第3章介绍了VXI总线系统的总线结构、机械结构、系统配电和电磁兼容(EMC);第4章至第8章介绍了VXI总线测试平台的体系结构、多机箱系统、高速数据通道(FDC)、器件的实现和系统控制器;第9、10章介绍了VXI总线系统的虚拟仪器设计和VXI总线测试平台的开发。全书结构合理,内容新颖,图文并茂。

本书可供测试技术领域的工程技术人员参考,也可作高等院校有关专业本科生或研究生教材。

5/18/06

VXI总线测试平台技术

陈光福 编著

*

电子科技大学出版社出版

(中国成都建设北路二段四号) 邮编 610054

成都理工学院印刷厂印刷

新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 23.25 字数 520千字
版次 1996年10月第一版 印次 1996年10月第一次印刷
印数 1—5000册

ISBN 7-81043-628-7/TN·68

定价: 33.00元



图1 VXI总线测试平台例1——多种结构的VXI总线测试系统
(本照片由 Tektronix 公司提供)

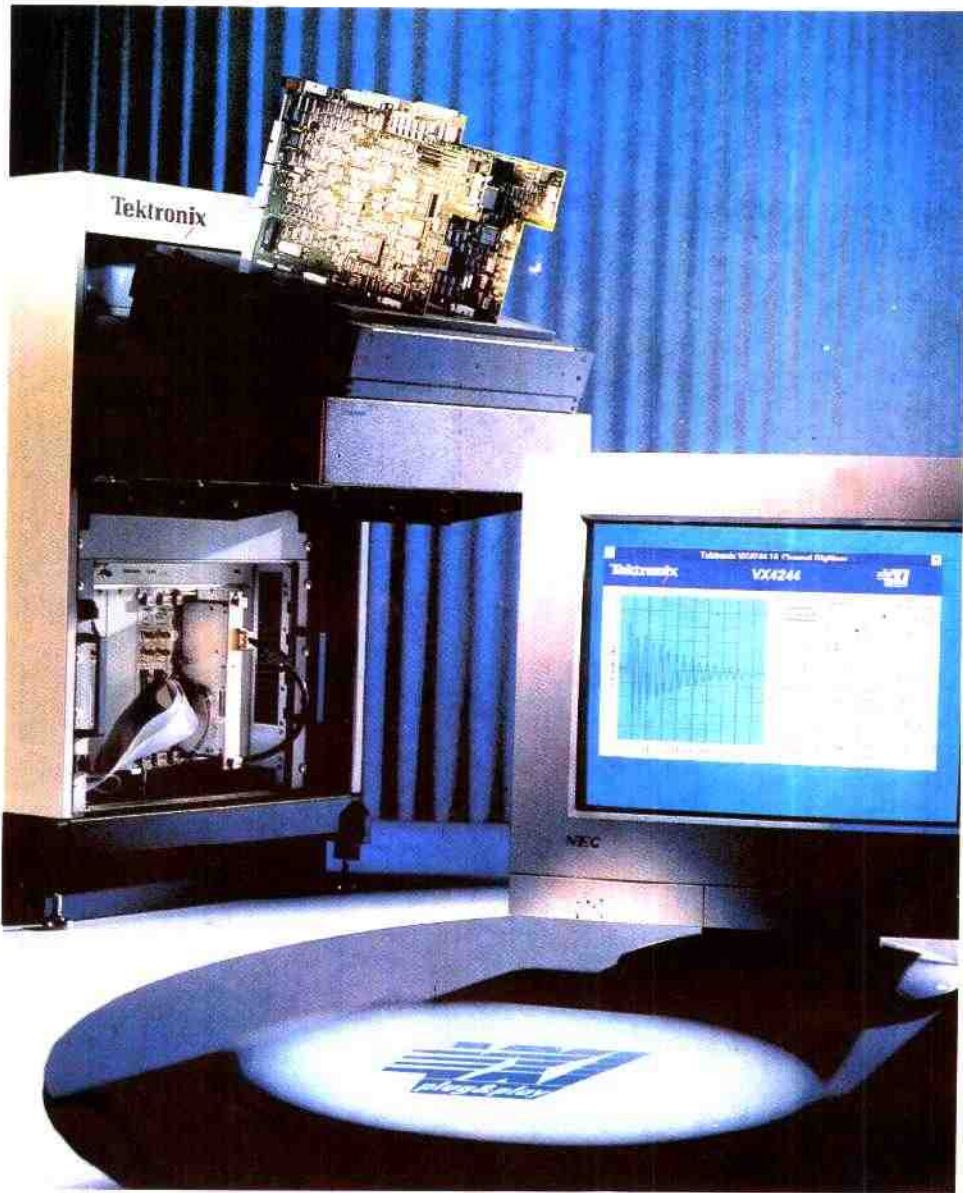


图4 VXI总线测试平台例4——VXI总线PCB测试系统
(本照片由Tektronix公司提供)

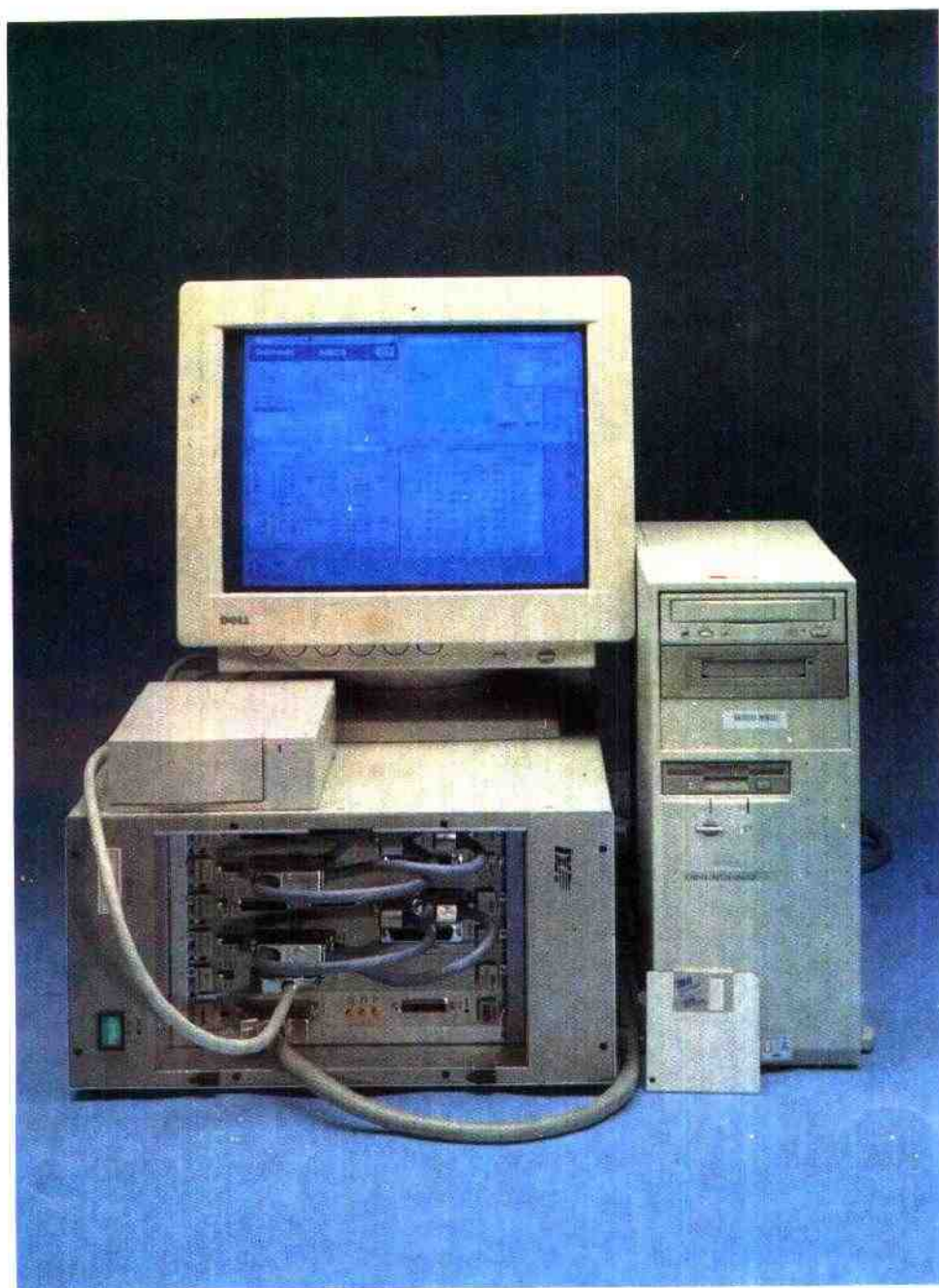


图3 VXI总线测试平台例3——外接计算机单机箱系统
(本照片由 Tektronix 公司提供)



图 2 VXI 总线测试平台例 2——嵌入式计算机机箱系统
(本照片由 Tektronix 公司提供)

前 言

VXI 总线测试平台是公认的 21 世纪仪器总线系统和自动测试系统的优秀平台。目前, VXI 总线模块仪器的范围已覆盖了传统的电子仪器领域。VXI 总线模块仪器的优点是易于集成为不同用途的自动测试系统, 具有优良的交互操作性, 数据传输速率高, 可靠性高, 易维修, 体积小, 重量轻, 功耗低, 可移动性好, 价格与传统自动测试系统相比具有巨大的竞争潜力。目前, 全世界生产 VXI 总线仪器的厂家有 90 多家, 产品超过 1000 种, 组建的自动测试系统超过 10000 套。

VXI 总线测试平台的核心是解决 VXI 总线系统硬件和软件的标准化, 从而提高系统的互用性, 使之更易于集成和应用。在硬件方面, 必须使 VXI 总线测试系统真正成为开放的结构系统。包含: VXI 主机箱, 仪器模块, 连接器, UUT 接口(接头)等。在软件方面: 应支持标准化的系统软件, 包含: 操作系统, 程序设计语言, I/O 驱动器, 仪器驱动器, 高级应用软件工具等。

本书的宗旨在于讨论 VXI 总线测试平台的有关技术问题。本书主要取材于 IEEE 1155-1992 标准“IEEE Standard For VMEbus Extensions For Instrumentation: VXIbus”。这是 VXI 总线系统规范中最基本、最重要的文本。该标准文本内容包括: VXI 总线实现的 VME 特性, VXI 系统特性, VXI 总线器件的实现, 命令和事件, 动态配置等。VXI 总线标准文本是本书的基本内容, 主要包括在本书第 1, 2, 3, 4 章和第 7 章中。由于 VXI 总线是一个正在发展的标准, 先后相继补充了 VXI-2 至 VXI-10 共 9 个规范。其中 VXI-6 规定了一种多机箱扩展互连总线 MXI, 安排在第 5 章及第 8.3 节中。VXI-10 高速数据通道(FDC)安排在第 6 章中, 而其余的规范则按照其内容分别安排在相关章节中(详见附录 1)。

目前, 国际上有两个 VXI 总线组织。一个是 VXI 总线联合体, 负责 VXI 总线标准规范的制定; 另一个是 VXI 总线即插即用(VXI Plug & Play, 简称 VPP)系统联盟。其宗旨是提供一个开放的系统结构, 使其更容易使用, 进一步缩短系统集成时间, 降低系统成本。VPP 系统联盟制定的标准是 VXI 总线标准的补充, 并与 VXI 总线产品和系统兼容。目前, VPP 系统联盟已制定了 10 个 VPP 技术规范文件(VPP 1 至 VPP 10)(详见附录 2)。VPP 即插即用技术规范的主要内容安排在第 9 章和第 10 章的有关章节中。

在国内外的文献中有大量 VXI 总线技术方面的文章, 本书也进行了搜集和整理, 并将其安排在相关章节中。

本书的出版, 首先要感谢 VXI 总线联合体主席 David Haworth 先生和 VPP 联盟主席 Ron Wolfe 先生的支持。1992 年在作者访美期间, David Haworth 先生就为作者提供了 VXI-1 1.4 版本及 VXI 总线的其他技术规范文件, 之后, 又赠送了“IEEE-1155 标准文本”; Ron Wolfe 先生发表了大量有关 VXI 总线的文章, 无疑为本书提供了不少素材。在此, 还要感谢 Tektronix, HP, NI 和 RACAL 公司, 他们直接或间接地也为本书提供了大

量的技术资料。中国电子学会电子测量仪器学会 VXI 信息网，中国计量测试学会 VXI 技术委员会和中国计算机学会 VXI 技术委员会都为推动我国 VXI 总线技术的发展作了大量的卓有成效的组织和宣传工作，并出版了不少 VXI 总线技术专集和资料，创办了我国第一份 VXI 刊物——《VXI 世界》。这些都使作者受益匪浅。在此，还要特别感谢颜惠梓先生和石秀明先生，他们为本书提供了 VPP 的全套软盘及资料。总之，没有各方面的支持，本书是不可能完成的！

最后，还要感谢作者的博士和硕士研究生，他们在繁重的学习和科研任务下，结合他们的科研工作撰写了本书的部分章节。章小兵编写了第 4.4 节及第 4.5 节；漆文惠编写了第 5 章；张建国和喻胜编写了第 6 章；李国庆编写了第 8.1, 8.4 和 8.5 三节。此外，李为民博士和李向东、袁俭硕士在 1991 年就研制成功了 VXI 总线试验系统，并于 1992 年 1 月在北京通过了电子工业部主持的技术鉴定；同时，许小方、林峰、赵晖和代俊光等研究生在测试平台及 VXI 总线系统集成方面都作出了出色的成绩。将他们的智慧和科研成果融于本书中，无疑提高了本书的学术价值。

电子科技大学 CAT 研究室的顾亚平教授、王厚军副教授、徐建南高级工程师、匡实博士、陈朝阳博士和谭钧、田书林讲师以及所有在读的博士、硕士生们都给本书以极大的关心和帮助；电子科技大学出版社积极的支持更是本书能在短时间内与读者见面的主要原因。

在此，向所有关心和支持本书的各方面人士再次表示由衷的感谢！

VXI 总线技术发展的确太快，某些技术规范尚未最后确定，这无疑给本书的编写增加了一定的困难；加之作者水平有限，时间又十分仓促。因此，书中错误在所难免，恳请读者批评指正！

陈光福

1996 年 6 月于电子科技大学 CAT 研究室

目 录

第 1 章 VXI 总线系统的总线结构

第 1.1 节 VME 计算机总线	8
1.1.1 VME 总线的特点及结构	8
1.1.2 数据传输总线 (DTB)	8
1.1.3 DTB 仲裁总线	9
1.1.4 优先中断总线	11
1.1.5 公用总线	12
第 1.2 节 VXI 增加的总线	12
1.2.1 VXI P ₂ 总线连接器	12
1.2.2 VXI P ₃ 总线连接器	30
1.2.3 VXI 电源总线	33
1.2.4 VXI 背板总线	33

第 2 章 VXI 总线系统的机械结构

第 2.1 节 VXI 总线仪器模块结构	38
2.1.1 VXI 总线板和模块	38
2.1.2 前面板	42
2.1.3 模块的屏蔽	44
2.1.4 模块的冷却	44
2.1.5 模块电源和工作环境	46
第 2.2 节 VXI 主机箱的结构	47
2.2.1 背板	48
2.2.2 接地与屏蔽	49
2.2.3 主机箱的冷却	49
2.2.4 主机箱电源和工作环境	50
2.2.5 微波主机箱的结构	51
2.2.6 智能主机箱的特性	51
2.2.7 VXI 系统冷却特性的新测试方法	54

第3章 VXI总线系统电源和电磁兼容性(EMC)

第3.1节 系统电源	58
3.1.1 系统电源种类及要求	58
3.1.2 系统电源管理	59
第3.2节 模块的电磁兼容(EMC)	61
3.2.1 模块的传导及传导敏感度	61
3.2.2 模块的辐射及辐射敏感度	62
第3.3节 测试方法	64
3.3.1 主机箱直流负载纹波/噪声测试	64
3.3.2 主机箱感生纹波/噪声测试	65
3.3.3 模块传导测试	66
3.3.4 模块传导敏感度测试	67
3.3.5 近场磁辐射测试	67
3.3.6 近场磁辐射敏感度测试	68

第4章 VXI总线系统的体系结构

第4.1节 VXI总线系统结构概观	69
4.1.1 VXI总线系统的配置	69
4.1.2 VXI总线系统的通讯层次	69
第4.2节 VXI总线系统器件的操作	71
4.2.1 器件的分类	71
4.2.2 器件从属能力	72
4.2.3 器件的初始化与诊断	77
4.2.4 优先中断	82
4.2.5 VME总线主模块的能力	84
4.2.6 终止操作	84
4.2.7 寄存器基器件	85
4.2.8 存储器器件	87
4.2.9 消息基器件	89
4.2.10 扩展器件	104
第4.3节 VXI总线系统的器件通讯协议	111
4.3.1 通讯单元	111
4.3.2 寄存器基从者控制	111
4.3.3 消息基从者控制	111

第 4.4 节	公用 ASCII 字串行通讯命令	117
4.4.1	选择命令	120
4.4.2	配置命令	120
4.4.3	寄存器存取命令	123
4.4.4	字串协议支持命令	124
第 4.5 节	共享存储器通讯	130
4.5.1	数据存取规定	131
4.5.2	数据元素格式	133
4.5.3	数据结构	133
第 4.6 节	VXI 总线系统的系统资源	134
4.6.1	资源管理者	134
4.6.2	实时运行资源管理	138
4.6.3	0 号槽 VXI 总线子系统	138

第 5 章 多机箱 VXI 总线系统

第 5.1 节	多机箱系统的互连	141
5.1.1	基本结构布局	141
5.1.2	主机箱与互连总线的接口	142
5.1.3	主机箱之间的寻址和数据传输	142
5.1.4	总线定时与仲裁操作	143
5.1.5	主机箱间的中断及中断处理	144
5.1.6	主机箱间的触发	145
5.1.7	主机箱间的公用总线操作	146
第 5.2 节	主机箱扩展器	146
5.2.1	主机箱扩展器的寄存器	147
5.2.2	初始化和控制	153
第 5.3 节	系统配置	154
5.3.1	逻辑地址窗口配置	154
5.3.2	窗口配置	157
5.3.3	中断配置	159
5.3.4	触发和公用配置	159
第 5.4 节	多机箱资源管理者操作	159
5.4.1	逻辑地址窗口配置和器件识别	159
5.4.2	A16、A24、A32 地址空间配置	163
5.4.3	系统自测试管理	163
5.4.4	系统分层初始化	163

5.4.5	中断源配置	163
5.4.6	触发及公用资源配置	163
5.4.7	启动正常操作	163

第6章 VXI总线系统高速数据通道 (FDC)

第6.1节	FDC的要求	165
6.1.1	FDC的作用	165
6.1.2	FDC存储器的分配	168
6.1.3	FDC缓冲器的传送	170
6.1.4	数据传输的正常终止	171
6.1.5	数据传输的异常终止	171
6.1.6	对VXI总线从者的要求	174
6.1.7	对VXI总线命令者的要求	175
6.1.8	对VXI总线的线性缓冲器和FIFO缓冲器的要求	176
第6.2节	标准字符串行命令	176
6.2.1	通道初始化命令	176
6.2.2	通道地址命令	177
6.2.3	通道数据宽度命令	178
6.2.4	进入空闲态命令	179
6.2.5	通道关闭命令	180
6.2.6	传输给从者命令	180
6.2.7	传输给命令者命令	181
6.2.8	FDC事件命令	182
6.2.9	FDC支持命令	183
6.2.10	允许传送缓冲器命令	184
6.2.11	缓冲器已传送命令	184
第6.3节	FDC的存储器管理命令	185
6.3.1	选择存储器区命令	186
6.3.2	分配存储器区命令	186
6.3.3	使用地址命令	187
6.3.4	使用尺寸命令	188
6.3.5	使用访问命令	188
第6.4节	扩展的FDC命令	189
6.4.1	扩展通道初始化命令	189
6.4.2	扩展通道地址命令	189
6.4.3	扩展通道尺寸命令	190

6.4.4	扩展空闲命令	191
6.4.5	扩展通道关闭命令	191
6.4.6	扩展的 FDC 事件命令	192
6.4.7	扩展的 FDC 事件查询命令	193
6.4.8	扩展缓冲器传送命令	193
第 6.5 节	FDC 应用举例	194
6.5.1	通道初始化过程	194
6.5.2	命令者向从者传输数据	194
6.5.3	从者向命令者传输数据	195
6.5.4	通道对的数据传输	196
6.5.5	命令者向从者的数据流传输	197
6.5.6	异常终止标志的使用	198
第 6.6 节	消息传输规约 (MTP)	199
6.6.1	MTP 的建立和终止	199
6.6.2	MTP 通信	199
6.6.3	MTP 出错情况	200
6.6.4	MTP 的自动激活	200
6.6.5	MTP 的一般要求	200
6.6.6	MTP 命令者	201
6.6.7	MTP 从者	201
第 6.7 节	MTP 命令	202
6.7.1	MTP 支持命令	202
6.7.2	MTP 激活命令	203
6.7.3	MTP 终止命令	204

第 7 章 VXI 总线仪器的实现

第 7.1 节	VXI 总线仪器	205
7.1.1	VXI 总线仪器	205
7.1.2	VXI 总线的 IEEE-488.2 仪器协议	207
第 7.2 节	IEEE 488-VXI 总线接口	208
7.2.1	IEEE-488 地址映象	208
7.2.2	IEEE 488-VXI 总线接口向 IEEE-488 总线功能的转换	208
7.2.3	VXI 总线仪器协议	209
第 7.3 节	命令与事件格式	212
7.3.1	字串行命令	212
7.3.2	长字串行命令	228

7.3.3	扩展长字符串命令	229
7.3.4	协议事件	229
7.3.5	器件识别的字符串命令	230
第 7.4 节	VXI 总线系统的动态配置	232
7.4.1	动态配置的作用	232
7.4.2	DC 器件的要求	232
7.4.3	DC 系统的要求	234

第 8 章 VXI 总线系统控制器

第 8.1 节	GPIB-VXI 翻译器	236
8.1.1	GPIB-VXI 翻译器的功能	236
8.1.2	GPIB-VXI 翻译器的硬件结构	238
8.1.3	GPIB-VXI 翻译器的软件	241
第 8.2 节	VXI 总线内嵌式控制计算机	245
8.2.1	硬件结构	245
8.2.2	软件结构	248
第 8.3 节	MXI 多系统扩展接口	249
8.3.1	概述	249
8.3.2	MXI 总线操作	250
8.3.3	MXI 总线信号及总线电缆	251
8.3.4	MXI 总线的性能	253
8.3.5	MXI 的数据传输速率	254
第 8.4 节	VME 总线扩展器 (VME-MXI)	255
8.4.1	VME 总线扩展器的功能	255
8.4.2	VME-MXI 的结构	256
第 8.5 节	VXI 总线扩展器 (VXI-MXI)	259
8.5.1	VXI 总线扩展器的功能	259
8.5.2	VXI-MXI 的结构	260

第 9 章 VXI 总线系统的虚拟仪器设计

第 9.1 节	虚拟仪器	266
9.1.1	虚拟仪器的基本概念	266
9.1.2	虚拟仪器的结构	267
9.1.3	虚拟仪器的特点	269
第 9.2 节	仪器驱动器	270

9.2.1	仪器驱动器的基本概念	270
9.2.2	仪器驱动器的组成	270
9.2.3	仪器驱动器的开发环境	273
9.2.4	仪器驱动器的设计举例	275
第 9.3 节	VXI 总线即插即用 (VXI Plug & Play)	277
9.3.1	VXI 总线即插即用的系统结构	277
9.3.2	VXI 总线即插即用仪器驱动器规范	280
9.3.3	仪器模块的安装	283
第 9.4 节	VXI 系统中虚拟仪器的设计举例	284
9.4.1	VXI 总线仪器公用硬件接口	284
9.4.2	SCPI 可编程仪器标准命令	289
9.4.3	VXI 总线虚拟仪器的编程	291

第 10 章 VXI 总线测试平台的开发

第 10.1 节	VXI 总线系统设计要点	296
10.1.1	VXI 总线的机械结构及电气特性	296
10.1.2	寄存器及其通讯	297
10.1.3	命令者/从者及中断	298
10.1.4	零号槽和资源管理器	298
10.1.5	VXI 总线软件	299
第 10.2 节	VXI 总线系统中的信号开关模块	299
10.2.1	概述	299
10.2.2	固态开关的驱动设计	301
10.2.3	散热设计	303
10.2.4	固态开关的不同连接方式	304
10.2.5	VXI 总线开关模块	305
第 10.3 节	VXI 总线系统中的数据采集及信号处理	311
10.3.1	概述	311
10.3.2	应变测量	311
10.3.3	温度测量	312
10.3.4	反假频贝塞尔滤波器	313
10.3.5	采样和保持电路	315
10.3.6	信号处理——工程单位的转换	316
10.3.7	实时控制器	317
10.3.8	系统吞吐量	317
第 10.4 节	VXI 总线测试平台的系统集成	318

10.4.1	系统集成框架	318
10.4.2	系统集成	323
10.4.3	资源管理程序	325
10.4.4	高速多通道数据采集系统	329
10.4.5	数字功能测试系统	334
附录 1	VXI 总线系统规范文本	345
附录 2	VXI 总线 Plug & Play 规范文本	347
附录 3	VXI 总线系统公用命令助记符	349
附录 4	VXI 总线系统的逻辑地址表	355
参考文献		358