

VXI

总线雷达自动测试系统

集成和模块设计范例

林茂六 王丽 付平 编著



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书根据作者从事航天“八五”重点电子预研项目“VXI 总线雷达自动测试系统”多年的科研实践,系统地总结了利用 VXI 总线集成自动测试系统的经验。全书共十六章。第一章集中归纳了 VXI 总线自动测试系统的主要优势及集成 VXI 总线系统的一般过程。第二章介绍 VXI 总线雷达自动测试系统的总体构成。第三章提出了 VXI 总线三种接口方案并给出了每种接口方案的实际详细方框图。第四章介绍了一种集成 VXI 总线系统的主机箱。第五章至第九章从系统集成角度出发,分别总结了 VXI 总线零槽控制器模块、数字多用表及通用计数器等通用模块的设计方法。第十章至十二章介绍了集成 VXI 总线雷达自动测试系统专用模块的设计方法。第十三章介绍了集成 VXI 总线雷达自动测试系统必须使用的一种带 IEEE488 接口的程控微波信号源的简要原理及程控方法。第十四章基于 DOS 和 Windows 操作系统分别介绍了 VXI 总线系统汉化软面板的设计方法。第十五章从系统集成角度出发,介绍了 VXI 总线自动测试系统测控软件的设计思想及实例。第十六章介绍了集成 VXI 总线自动测试系统时一些行之有效的经验。

“VXI 总线雷达自动测试系统”系我国用 VXI 总线集成的第一套自动化测试系统。该系统获航天总公司科技进步一等奖。本书介绍的关键技术还用于集成多种战略、战术导弹、激光制导炸弹、航空发动机、发电机等大型自动测试系统中。因此本书可作为从事军用、民用测试领域广大工程技术人员集成相关测试系统方面的实用参考书,也可作为高等学校有关学科(专业)本科生和研究生的教学参考用书。

VXI 总线雷达自动测试系统 集成和模块设计范例

VXI Zongxian Leida Zidong Ceshi Xitong

Jicheng he Mokuai Sheji Fanli

林茂六 王 丽 付 平 编著

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨市工大节能印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 字数 280 千字

2000 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 2 次印刷

印数 1 001—3 000

ISBN 7-5603-1490-2/TN·55 定价 20.00 元

前 言

当今,测试与测量技术正经历着巨大的变革。测试与测量正与计算机、控制、通信、信息处理技术等有机地相融合。这种融合成为高新技术新的经济增长点。VXI 总线标准的推出及其测试系统的推广是这种融合的具体体现。

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工业领域,尤其是军方对测试与测量的需求。如今,VXI 总线作为新一代跨世纪的测试与测量总线已经毋庸置疑。更为重要的是人们探讨多年的虚拟仪器的概念正在变成现实。

本书根据作者从事航天“八五”重点电子预研项目“VXI 总线雷达自动测试系统”多年的科研实践,系统地总结了利用 VXI 总线集成自动测试系统的经验。全书共十六章。第一章集中归纳了 VXI 总线自动测试系统的主要优势及集成 VXI 总线系统的一般过程;第二章介绍 VXI 总线雷达自动测试系统的总体构成;第三章提出了 VXI 总线三种接口方案并给出了每种接口方案的实际详细方框图;第四章介绍了一种集成 VXI 总线系统的主机箱;第五章至第九章从系统集成角度出发,分别总结了 VXI 总线零模控制器模块、数字多用表及通用计数器等通用模块的设计方法;第十章至十二章介绍了集成 VXI 总线雷达自动测试系统的专用模块设计方法;第十三章介绍了集成 VXI 总线雷达自动测试系统必须使用的一种带 IEEE 488 接口的程控微波信号源的简要原理及程控方法;第十四章基于 DOS 和 Windows 操作系统分别介绍了 VXI 总线系统汉化软面板的设计方法;第十五章从系统集成角度出发,介绍了 VXI 总线自动测试系统测控软件设计思想及实例;第十六章介绍了集成 VXI 总线自动测试系统时一些行之有效的经验。

目前“VXI 总线雷达自动测试系统”系我国用 VXI 总线集成的第一套自动化测试系统。该系统曾获航天总公司科技进步一等奖。本书介绍的关键技术还用于集成多种战略、战术导弹、激光制导炸弹、航空发动机、火力发电机等大型自动测试系统中。

本书的编写大纲及章节结构由林茂六提出,付平参加了全书结构章节的讨论。第一、二、四、七、八、九、十、十一、十二、十三、十六章由林茂六编写,第三、五、六、十四、十五章由王丽和付平编写,吴芝路参加了第十三章的编写。全书由林茂六统稿。

本书是哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所“VXI 总线雷达自动测试系统”课题组全体同事们的智慧,其中也包含了参加本项目许多研究生的智慧。

本书写作得到了中国电子学会电子测量及仪器分会领导和同事们的鼓励与支持。尤其是东南大学杨吉祥教授和已故的著名电子测量专家与教育家、原北方交通大学教务长蒋焕文教授对本书的编写要求、结构体系以至章节都提出了宝贵的建议。杨吉祥教授还

逐章逐节地审阅了全稿。作者对杨教授付出的辛劳致以衷心的感谢。原航天工业总公司三院三十五所与哈尔滨工业大学合作,为本项目提供了测试对象、测试环境和各种方便条件。原电子工业部国营 768 厂为本书提供了“带 IEEE 488 接口程控微波信号源”的详细资料。本书得到哈尔滨工业大学“九五”教材出版基金的资助。

VXI 总线技术的发展非常迅速,某些技术规范尚未最后确定,这给本书的编写增加了许多困难。由于作者水平有限,书中难免会有疏漏之处,恳请读者的批评指教。

作 者
2000 年 2 月

目 录

第一章 概 述

一、为什么要采用 VXI 总线集成自动测试系统	1
二、集成 VXI 总线系统设计时关键资源的选择	3
三、开发 VXI 总线系统的一般过程	7

第二章 VXI 总线雷达自动测试系统总体构成

一、测试对象特性及主要测试任务	8
二、系统构成	9
三、系统主要性能	12

第三章 三种 VXI 总线接口方案

一、引言	13
二、消息基器件的 VXI 总线接口方案	13
三、带智能芯片及无智能芯片的寄存器基器件的 VXI 总线接口方案	17

第四章 HP E1301A VXI bus B 尺寸主机箱

一、结构与功能	19
二、主机箱中仪器的定义	22
三、主机箱中仪器的逻辑地址	23
四、仪器的 HP-IB 副地址	23
五、主要技术指标	24
六、主机箱的安装与启动步骤	25

第五章 零槽控制器模块

一、引言	29
二、模块的基本结构	29

三、模块的功能与技术指标	29
四、模块的硬件电路设计	30
五、模块的软件设计	37

第六章 数字多用表模块

一、模块的基本结构	41
二、模块的功能与主要技术指标	41
三、模块的工作原理	41
四、模块的硬件电路设计	44
五、模块软件设计	53

第七章 通用计数器模块设计

一、模块的基本结构	55
二、模块的功能与主要技术指标	55
三、模块的工作原理	56
四、模块的硬件电路设计	60
五、模块软件设计	77
附录 通用计数器模块主程序和 1 ms 闸门程序清单	90

第八章 多路转接器模块

一、引言	94
二、模块的主要技术指标	94
三、寄存器定义	95
四、模块的电路结构	97
五、多路转接器模块编程方法	98
六、多路转接器模块的使用方法	101

第九章 32 路光耦合开关量输入/16 路 FORM C 继电器选择开关模块

一、引言	108
二、功能与技术指标	108
三、基本原理	109

第十章 程控目标模拟器控制与驱动模块

一、引言	120
二、模块的工作原理	120
三、控制模块的硬件电路设计	121

四、程控目标模拟器驱动模块设计	127
五、模块的软件设计	130

第十一章 程控目标模拟器

一、结构与工作原理	138
二、革新改造措施	138
三、程控目标模拟器的基本要求和技术指标	139

第十二章 雷达电源监测与报警模块

一、引言	142
二、功能与技术指标	142
三、工作原理	143

第十三章 带 IEEE488 接口的程控微波信号源

一、引言	148
二、程控微波信号源的主要功能	148
三、程控微波信号源的主要技术指标	148
四、工作原理	149

第十四章 汉化软面板设计

一、引言	168
二、用 TURBO C 语言在 DOS 环境下设计汉化软面板	169
三、用 Visual Basic 语言在 Windows 环境下设计软面板	172

第十五章 VXI 总线雷达自动测试系统测控软件

一、引言	179
二、系统测控软件设计	179
三、程序流程及界面设计实例	183

第十六章 集成 VXI 总线雷达自动测试系统的一些经验

一、引言	186
二、利用手动控制器检查自行研制的模块的静态特性	186
三、利用 HP E1301A VXI B 尺寸主机箱前面板检查各模块的接口功能	193
参考文献	198

第一章 概 述

一、为什么要采用 VXI 总线集成自动测试系统

我们已经知道,VXI 总线标是在 VME 总线和 GPIB 总线的基础上发展起来的一种新型仪器系统总线。它吸取上述两种总线的全部优点,并结合仪器测量系统的特点,又增加了许多新的性能,如零槽模块功能、资源管理器、配电、冷却和电磁兼容等。VXI 总线的典型系统结构如图 1-1 所示。

采用 VXI 总线结构组建测试系统与用 GPIB 或 RS-232 等总线构成的测试系统有以下明显优势和很强的适应性。

1) VXI 总线易于集成化

我们只需要将选择好的通用和专用模块插入 VXI 线主机箱内,就可代替用 GPIB 总线或 RS-232 网络把独立(台式)仪器连在一起的工作。与 VXI 总线规范推出的同时,仪器的测控软件标准化有了重大进展,推出了 IEEE488.2 和 SCPI 标准。因此现在集成的 VXI 总线自动测试系统的测控软件可用 IEEE488.2 和 SCPI 标准命令高级语言编程,解除了用户用汇编语言编程的繁重劳动。

2)用 VXI 总线组建测控系统时,硬件和软件更容易协调配合。因而系统复制起来不存在难题。

3)用 VXI 总线组建起来的测试系统,无论是台式或测试机柜式,都比用 GPIB 仪器组建的系统占用的空间要小得多。通常典型高度为 180cm 的机柜堆叠式 GPIB 系统,若改用 VXI 总线系统,其高度可降至约 30cm,体积也大致是 GPIB 系统的四分之一。

4)VXI 总线系统数据传输速度明显高于 GPIB 系统的传输速度。GPIB 系统的数据传输速度是 1Mbyte/s,而且一般很难达到这一指标。采用 VXI 总线系统,并行数据传输总线的数传速度上限是 40Mbyte/s,本地总线的数传速度上限是 1Gbyte/s。

5)VXI 总线系统是插入式模块结构,特别适合条件恶劣、需要高速更换仪器、部件的场合。例如特别适合战争环境、设备经常需要车、船载及野外条件操作。由于结构紧凑等原因,系统的平均无故障时间通常明显高于 GPIB。

6)VXI 总线系统适用于位数不同的多种微机和 16 位、24 位、32 位 3 种寻址方式,使用灵活方便。并且由于系统可由不具有独立仪器功能的模块“搭”成,因此系统集成具有很强的灵活性。VXI 总线系统灵活集成,使得人们梦寐以求的虚拟仪器(Virtual Instrument)得以能真正实现。

总之,组建 VXI 总线自动测试系统,可以明显提高测试效率,增加测试系统的功能,改善系统性能和测量准确度,获得明显的经济效益。

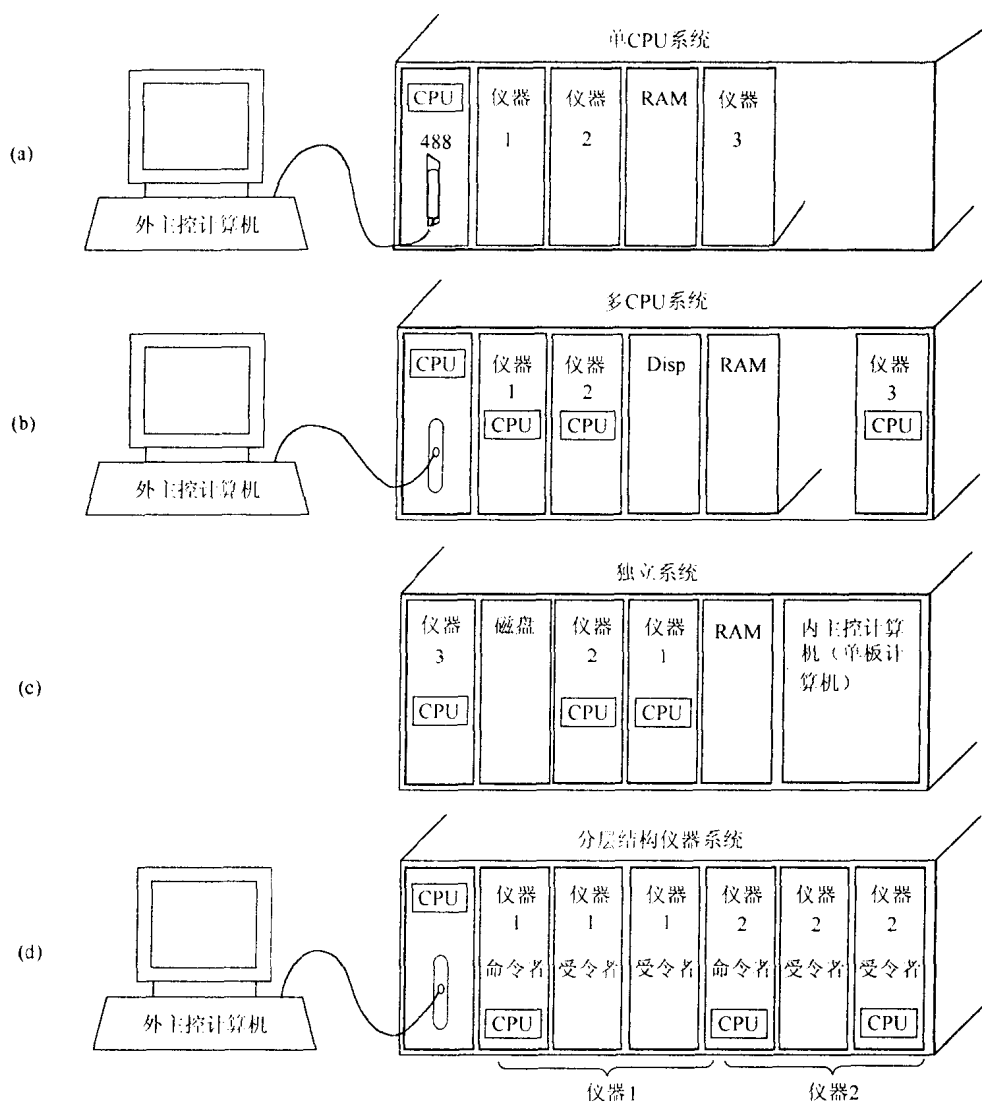


图 1-1 VXI 总线的典型系统结构

90 年代的电子测量仪器是测量与计算机紧密结合的时代。手动测量、人工计算的仪器已趋淘汰,自动测量、微机计算的仪器已经普及,测量与计算机结合的好坏标志着仪器或系统水平的高低。

GPIB 出现在微机的初始阶段,那时以 8 位微机为主,时钟频率只有 1MHz。VXI 总线出现在微机的成熟时期,现在 32 位微机和 100MHz 时钟已经普及。VXI 总线正是在这种背景下,吸收了 GPIB 运行了十多年的经验推出来的。因此 VXI 总线系统全面性能肯定优于 GPIB 系统。例如,VXI 总线将微机和测量仪器通过主机箱背板紧密合在一起,有严格的尺寸规范,有模拟信号传输总线,有更高的数据传输速度,有更好的电磁兼容性能。如专家们预测,VXI 总线在 90 年代兴旺起来,并已进入到 21 世纪。

二、集成 VXI 总线系统设计时关键资源的选择

集成 VXI 系统除了根据系统的任务、被测对象的要求进行全面研究外,在进行总体方案设计时,对关键的配置资源,例如主机箱、主控计算机、资源管理器和零槽功能等进行统筹考虑,精心挑选,以使组建起来的系统性能价格比较高,工作稳定可靠。

1. 主机箱尺寸的选择

通常主机箱在 B、C、D 三种尺寸中选择。这种选择需要考虑成本、性能、屏蔽要求和组建方便等因素。

实际上各种尺寸的产品都有自己的特点。B 尺寸在价格上有明显的优势,特别适于开关、输入/输出装置、多路器、接口、继电器等较简单的功能模块。对某些要求尺寸小、抗冲击、振动性能特别好的场合,B 尺寸有一定的特色。随着表面安装技术的广泛应用和集成度的日益提高,B 尺寸产品还会有相当的广泛应用。但是由于 B 尺寸模块偏窄(2cm),屏蔽不便,因而限制了它的应用。估计在模拟、射频和数字仪器中,B 尺寸的应用约占 10%~30%;在开关、多路器等简单应用中,B 尺寸约占 50%。

C 尺寸是目前应用最普遍的形式。调查表明这种尺寸能满足多种高性能仪器的需要,而且能兼顾成本、性能和屏蔽等多种需要。在各种类型的仪器中,C 尺寸的应用约占 50%~90%。一些抽样调查也表明多数人倾向于使用 C 尺寸产品。

D 尺寸适应于一些特殊应用的场合。例如要求定时关系非常严格,要求高速对称触发或要求使用的本地总线数目多而且速度非常快等情况。一般认为除了某些高级数字系统外,其他场合不一定必须使用 D 尺寸产品。因此 D 尺寸产品约占数字仪器的 30%以上,而在其他类型仪器应用中仅占 10%或者更少。当然 D 尺寸主机箱一般均可插入 B、C 尺寸的模块,而且它的冷却、屏蔽等问题也容易解决,但从价格上讲要明显高于 C 尺寸的主机箱。

2. 主控计算机的选择

目前比较流行的控制方式是采用具有 IEEE488 接口的外主控计算机,通过 488 总线对 VXIbus 系统进行控制。这种方式的优点是兼容性强,特别是在使用 IEEE488.2 和可编程仪器的标准命令(SCPI)后,更换设备可以基本不改变或很少改变程序。编程人员对这种程控方式熟悉,可以像控制 GPIB 系统一样控制 VXIbus 系统,又有大量现成软件可供借鉴。值得注意的是,这种采用 488 总线的控制方式必然造成这段路径上数据传输速度的下降,形成所谓“瓶颈”效应。因此应尽可能在 VXIbus 主机箱内部对数据进行加工、处理,只利用 488 总线传输尽量少的数据。

采用外主控计算机,通过计算机总线、多系统扩展总线(MXIbus)和 VMEbus 等对 VXIbus 系统控制,往往可以提高数据的传输速度,特别是 MXIbus 是一种适用于 VXIbus 系统的很有希望的总线。但是通过这些总线的控制方式往往要求对 VXIbus 系统的工作情况有细致的了解。在有些情况下,除外主控计算机外,还可用微机通过 RS-232 接口对系统进行调试、检测。

选择嵌入式主控计算机主要出于以下几种考虑:一是当系统比较简单、对兼容性要求不高的情况下使用。由于嵌入式主控计算机通常不再能采用 488 寻址方式,而要求直接控制地址线对 VXIbus 和逻辑地址进行寻址,并且往往由内主控计算机直接调度寄存器读、写和总线级操作,容易收到体积小、成本低的效果。虽然这种方式容易增加编程的难度,但对于较简单的不需广泛兼容性的系统,例如通用性不强的定制系统还是很合适的;二是要求速度较高的情况下采用。由于采用外主控计算机程控时,488 总线及 488 - VXI 接口的工作速度均与 488 系统相当,而嵌入式主控计算机往往不需要处理高级命令语句,常采用直接硬件操作因而能取得很高的工作速度;三是对便携性要求特别强的场合。由于内嵌式主控计算机做成插件,使系统的结构紧凑,便携性更强。

目前有些厂家提供了性能优良的嵌入式主控计算机,使嵌入式主控计算机的性能与外主控计算机类似,例如有些嵌入式主控计算机提供对器件驱动程序、配备高级语言接口,或者利用智能化的命令者模块将高级命令翻译成器件可以理解的寄存器读、写操作,这些都使嵌入式主控计算机的编程更加方便,使用前景更加广阔。

3. 资源管理器和零槽模块的选择

资源管理器是系统中最重要模块,它的质量、性能优劣对整个系统的应用关系重大。资源管理器必须具备的功能有如下 6 个方面:

1)识别器件;2)自检管理;3)地址映射分配;4)命令者/受命令者分层结构;5)分配中断线;6)启动正常操作。

在启动操作以后,资源管理器就进行运行时间(runtime)的资源管理。资源管理器通常和零槽器件做在一个模块中。零槽器件必须具备的两项功能是提供模块识别线 MO-DID 和提供系统时钟 CLK10,后者是一种 ECL 差分时钟。

资源管理器除了执行基本功能外,往往还有多种任选功能。例如可对器件进行动态配置。具有 488 - VXI 接口和连接器,甚至提供 488 总线分析仪功能,还可提供 RS - 232 接口和连接器,有些零槽模块还设有外时钟输入端子。在通信管理上,除了必须支持串行规程外,还可以支持共享存储器规程、VMEbus 读写、高速挂钩等通信方式。有些资源管理器还支持用 SCPI 命令指挥寄存器基器件,简化了对这种器件的编程。资源管理器除必须支持自检管理外,还可选择某些自检、特征分析功能,面板上也可安装系统故障、系统复位等多个指示灯。为了与执行 VXIbus1.2 文本的产品兼容,有些资源管理器还可同时对遵循 VXIbus1.2 及 VXIbus1.3 文本的器件进行管理。正因为资源管理器可有多种任选功能,并且它的基本功能对系统能否正常工作关系重大,所以在组建系统时要细心选择。

4. 主机箱与模块配合情况的校核

在根据测试任务选定了主机箱和所需模块后,要对它们的冷却、供电等配合情况进行校核。下面通过一个实例说明这种校核的主要方法。实例只需一个 VXIbus 主机箱和若干器件。这里初步选用 HP75000 系列 C 尺寸主机箱、HPE1405A 命令模块、HPE1410A $6\frac{1}{2}$ 位数字多用表、HPE1332A 4 通道计数/累加、HPE 1328A 4 通道 D/A 变换器和 Tek - CDS673A - 243 任意波形发生器。

由于主机箱选用 C 尺寸,模块选择 C 尺寸和 B 尺寸,由机械规范保证了它们在机械

上兼容。下面首先校核冷却能力。厂家给出主机箱最坏位置槽冷却气流压力与气流流速关系曲线如图 1-2 所示,列出初选模块的冷却工作点如表 1-1 所示。这些工作点都是模块生产厂家提供的。

将初选模块冷却工作点与图 1-2 主机箱最坏位置槽冷却空气压力与气流流速曲线比较,发现 HP 公司的 4 个模块工作点均在曲线下方,与主机箱配合没有问题,但 Tek - CDS 的 73A - 243 任意波形发生器冷却工作点基本与图 1-2 重合甚至偏高,因此首先考虑是否有合适代用模块。经查 Tek - CDS 的 73A - 270 任意脉冲/图形发生器功能、性能亦满足要求,从手册查出它的冷却工作点空气压力为 1.10 mmH₂O,气流流速 1.8L/s,在图 1-2 的曲线下方,主机箱能满足它的冷却要求。

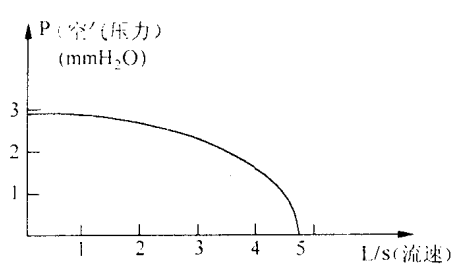


图 1-2 主机箱冷却气流压力与气流流速关系曲线

表 1-1 初选模块冷却工作点表

模块名称	型号	工作点 空气压力 mmH ₂ O	工作点 气流速度 L/s
命令者模块	HPE1405A	0.40	1.5
6 $\frac{1}{2}$ 位数字多用表	HPE1410A	0.15	0.92
4 通道计数器/累加器	HPE1332A	0.05	0.25
4 通道 D/A 变换器	HPE1328A	0.11	0.52
任意波形发生器	73A - 243	2.07	2.8

下面校核主机箱与模块在供电方面的配合情况。主机箱生产厂家提供的各种电源供给电流如表 1-2 所示。

表 1-2 HP75000 系列主机箱供给的电流(A)

电流	电源	+ 5V	+ 12V	- 12V	+ 24V	- 24V	- 5.2V	- 2V
输出电流峰值 I _{PM}		40.0	10.0	3.0	3.0	3.0	25.0	10.0
输出动态电流 I _{DM}		4.0	1.0	0.3	2.5	2.5	2.5	1.0

各初选模块所需要电流由模块制造厂家给出。将其数值集中于表 1-3 中。

首先校验峰值电流,各模块所需峰值电流的代数和明显小于各相应电源处主机箱所能提供的输出电流峰值,完全满足要求。

各模块动态电流的总和应是各模块实际动态电流叠加的结果,最好能有主机箱和各模块动态电流与频率关系曲线。如果缺乏这种资料,通常也把各模块要求的动态电流直接相加作为动态电流的总和,数值应小于主机箱能提供的动态电流。比较表 1-3 和表 1-2 可见动态电流也满足要求,所选各模块恰当。

如果主机箱与选用的各模块在冷却能力、供电等方面配合不好,在开机后经过一段时间系统可能锁闭或间歇性出现故障,所以主机箱与模块配合情况的校核是很必要的。有些厂家为方便用户,给出类似表 1-3 的空白表格以供填写。

表 1-3 初选模块需要的峰值电流 I_{PM} 及动态电流 I_{DM} (A)

模块 电源	HPE1405A	HPE1410A	HPE1322A	HPE1328A	73A - 270	总和
+ 5V I_{PM}	2.1	1.00	0.50	0.40	3.300	7.3
I_{DM}	0.1	0.10	0.01	0.02	0.150	0.38
+ 12V I_{PM}	0.01	0.50	0.03	0.50		1.04
I_{DM}	0.005	0.15	0.01	0.01		0.175
- 12V I_{PM}	0.01		0.02			0.03
I_{DM}	0.005		0.01			0.015
+ 24V I_{PM}					0.120	0.120
I_{DM}					0.185	0.185
- 24V I_{PM}					0.100	0.100
I_{DM}					0.245	0.245
- 5.2V I_{PM}	0.40				0.035	0.435
I_{DM}	0.04				0.435	0.475
- 2V I_{PM}	0.05				0.026	0.076
I_{DM}	0.005				0.435	0.440

关于系统组建有时还需要考虑其他一些问题。例如当需要使用部分 GPIB 仪器时,可组成 GPIB 与 VXIbus 混合系统。当被测件与测试系统线较复杂时,应考虑采用可编程测试接口、快速互连夹具、可编程矩阵开关等方式与被测系统或被测器件连接。

5. 加载 SCPI 命令驱动程序库的系统固件选择

为了使寄存器基器件能直接使用 SCPI 命令,需要为每种寄存器基器件配置相应的仪器驱动程序。寄存器基器件的仪器驱动程序通常是安装在零槽控制器的系统软件中。由于寄存器基器件的种类众多,他们的仪器驱动程序所需存储器的容量很大,零槽控制器的生产公司或厂家事先不可能将所有寄存器基器件的驱动程序都安装在零槽控制器中,况且也没有必要这样做。因为用户在组建 VXI 总线自动测试系统时,仅仅选用数量有限的通用 VXI 总线寄存器基器件。此外,用户还可能需要一些专用的 VXI 总线寄存器基器件。而这些专用的 VXI 总线寄存器基器件可能是由用户自行研制,也可能是委托一些 VXI 总线仪器公司承制。因此零槽控制器的生产厂家不可能拥有各种专用 VXI 总线寄存器基器件的驱动程序库。还有,当通用或专用寄存器基器件的性能需要升级时,其驱动程序也要随之升级,必须重新更换零槽控制器中固化驱动程序的 ROM 芯片,这对用户来说很不方便。鉴于上述原因,零槽控制器的生产厂家开发出了加载 SCPI 命令驱动程序库的系统固件。例如 HP 公司开发的这种系统固件,其版本号从 A.01 已升级至 A.08 甚至更高,且最高版本能兼容(supersets)较低版本。该系统固件是驻留在 C 尺寸的 HPE1405 命令模块和 B 尺寸的 HPE1300/01 主机箱中。该公司的寄存器基器件驱动程序存放在 DOS 或 LIF 格式化的 3.5 英寸的软盘中。各种寄存器基器件驱动程序加载所用系统固件版本号可从 HP 公司提供的“模块信息综合表”中查得。例如, HPE1340A B 尺寸任意函数发生器模块驱动程序加载系统固件的版本号是 A.06, HPE1463A C 尺寸 FORM - C 开关模块驱动程序加载系统固件的版本号是 A.08。关于加载器件驱动程序的详细情况请见参考文献[7]第五章。

三、开发 VXI 总线测试系统的一般过程

开发 VXI 总线测试系统的一般过程应按图 1-3 所示的步骤进行。图中许多步骤已在前面作了详细介绍。关于专用仪器模块的设计方法,本书的第九章、第十章将作详细介绍。另外,从组建系统角度出发,根据我们的实践,总结出了零槽控制器和一些通用模块的设计方法。它们将分别在第五章、第六章和第七章中介绍。下面仅就配置系统和进行应用编程这两个步骤作些简要说明。

1. 配置系统

当模块和主机箱选定(设计)、配齐后,就可以进行系统配置了。首先是对每个模块设定适当的逻辑地址,这些逻辑地址通常是由模块上的开关设定的,从 0 到 255 共 256 个逻辑地址。

逻辑地址 0 是留给资源管理器的,一般由厂家设定。其他模块逻辑地址由用户自行设定。用户在设定时,还要看模块是命令者还是受令者。若是受令者模块,其逻辑地址还要受命令者/受令者关系的约束。这种约束关系在本书的第四章“仪器逻辑地址”中有详细说明。

最后是确定系统的中断结构。应将各模块对中断请求线的使用进行统一分配,这也要符合命令者/受令者的约束关系。

2. 进行应用程序编程

在系统自检通过后,就可以进行应用编程了。这时的编程是完全根据用户所组建系统的测试要求进行的。VXI 总线系统应用程序的设计总的可分为人机交互界面和功能参数测控两大部分。将在第十四章介绍在 DOS 和 Windows 两种软件平台上开发设计虚拟仪器汉化软面板的设计思想及设计实例。第十五章介绍 VXI 总线系统应用软件即测控软件的设计思想和实例。

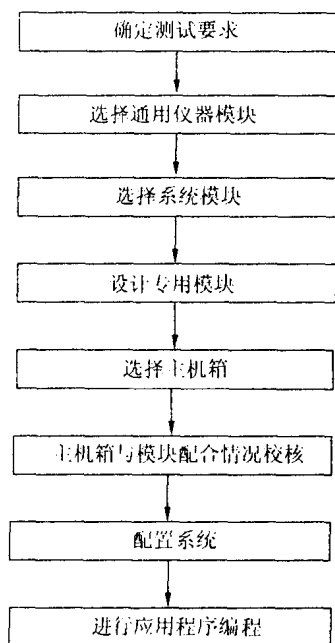


图 1-3 开发 VXI 总线测试系统的一般过程

第二章 VXI 总线雷达自动测试系统总体构成

VXI 总线自动测试系统是当今国际上最先进的标准化开放式模块仪器系统。这种系统在数据窗口宽度、系统吞吐量、系统容量、性价比、编程简便性、软件标准化、硬件模块化等方面都具有突出的性能,被称为新一代(next generation)自动测试系统。尤其是以体积小、重量轻、抗电磁干扰能力强、可靠性高、系统组建灵活等特点深受军方欢迎。美国军用自动化测试设备(MATE)用户组织已决定采用并积极推广应用 VXI 总线组建系统。

为了跟踪国际军用自动化测试技术的发展,我们申报的“VXI 总线雷达自动测试系统”课题被列入原航空航天部“八五”重点电子预研规划。该课题的目标是:从 VXI 总线等四个国际最新标准出发,突破 VXI 总线接口技术,突破基于 VXI 总线 B 尺寸零槽控制器模块通用和专用模块软硬件设计的技术,组建新一代航天实用自动测试系统,使我国航天自动测试,接近世界先进水平。

一、测试对象特性及主要测试任务

通过仔细调研和认真分析,我们选择了国产某新型飞航导弹上的导引头——末制导雷达作为待组建的 VXI 总线系统的测试对象。该雷达性能先进、功能强,是整个弹体测试中难度最大、测试过程最复杂、测试项目是多的功能单元。这种雷达需要测试的参数可分为四大类、23 个项目、107 个参数。四大类测试分别是低压测试、高压测试、抗干扰测试和向微波暗箱测试。这些项目中既有众多低频参数,又有大量高频参数,除了有电压(DC、AC)、电流共 20 路参数外,还有频率参数、功率参数、时间参数(或距离参数);既有模拟量测量(且动态范围宽),又有开关量(向雷达发送指令,检查雷达上的各种指令)测量。因此选用末制导雷达作为待组建的 VXI 总线系统的测试对象,很有代表性,可充分检验 VXI 总线系统的优越性。

对雷达的测试包括在雷达生产厂家总装车间的整机调试;雷达出厂交付军方时,军方校验测试;技术阵地、发射阵地雷达单元测试。为了适合上述场合对末制导雷达整机的功能和性能测试,在组建的测试系统中还必须配置模拟目标运动的目标模拟器,模拟目标回波距离和信号强弱变化的程控目标信号源;模拟干扰信号强弱变化和距离远近的程控干扰信号源。

此外组建的测试系统为了适合生产厂总装车间的整机调试及排除故障,系统除应具有自检、自动测试外,还要有单次测试、手动、退出、存盘、自动打印功能。为了保护雷达,系统中应设置安全保护功能。

二、系统构成

根据测试对象的特性及主要测试任务,我们用 VXI 总线组建的雷达自动测试系统的硬件原理方框图如图 2-1 所示,系统结构示意图如图 2-2 所示,系统主程序流程图如图 2-3 所示。

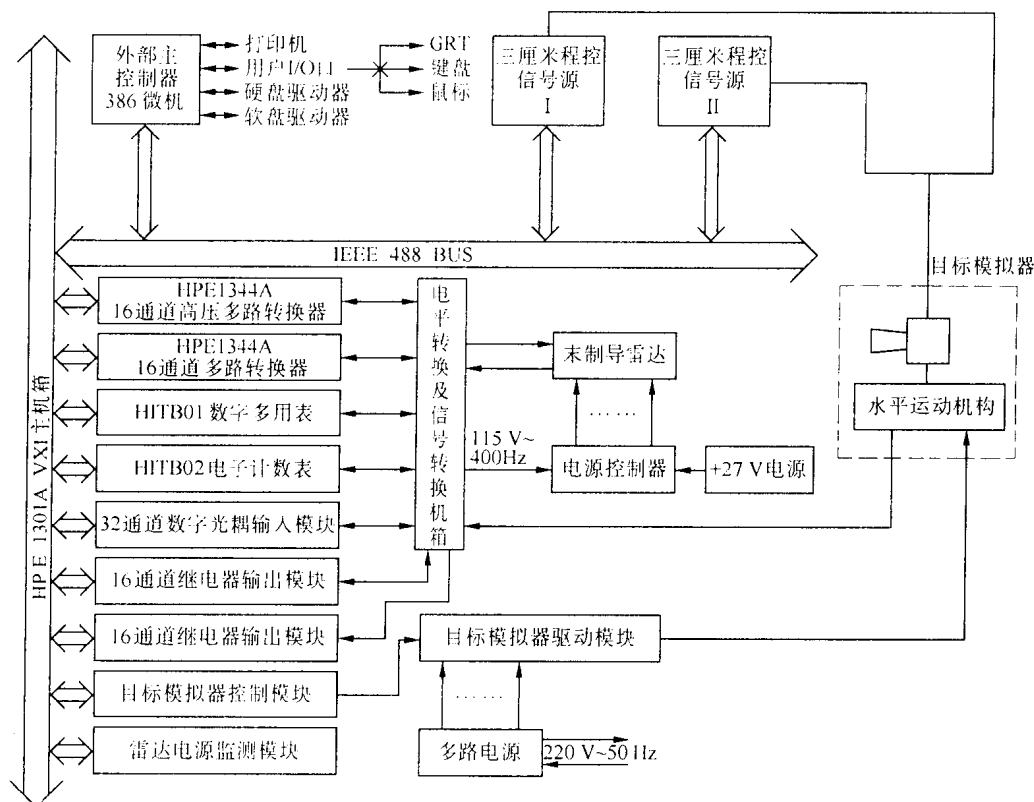


图 2-1 雷达自动测试系统的硬件原理方框图

该系统硬件主要由三大部分组成,现分述如下:

1. 外部主控制器,选用 PC386 微机。该微机配置有:120Mbyte 硬盘驱动一个,5 $\frac{1}{2}$, 3 $\frac{1}{2}$ 英寸软盘驱动器各一个,4Mbyte 内存。还有 VGA 显示器、键盘、鼠标、1600K 带汉字字库打印机、HP82335 IEEE488 接口卡。

2. 测试(控制)机柜。测试机柜中安装有五个机箱,从上到下依次是:程控干扰信号源,程控目标信号源,VXI B 尺寸主机箱,电平转换及信号互连机箱,低压多路电源。

3. 目标模拟器。它是由水平臂、垂直臂组成,喇叭天线通过卡盘波导固定在水平臂和垂直臂的运动丝杠上。丝杠一端安装有直流力矩马达,直流力矩马达带动丝杠旋转时,喇叭天线就可在水平或垂直方向上运动,从而模拟海上舰艇或陆地上的车辆运动。力矩马达转一圈,丝杠可带动喇叭天线在水平方向上移 15mm。与力矩马达同轴套装了一个光电编码盘,其作用是将力矩马达的圆周(模拟量)运动转换成数字脉冲信号(TTL 电平)。模

数转换系数为 24 个脉冲/mm。当雷达天线的电轴、机械轴线与目标模拟器喇叭天线中心线重合时,即 $\theta = 0^\circ$ 时,雷达捕捉到目标;当 $\theta \neq 0^\circ$ 时,则雷达天线处于搜索状态, θ 称为雷达的搜索(跟踪)角,如图 2-4 示。末制导雷达的跟踪角为 $\pm 7^\circ$,跟踪准确度为 $\pm 0.01^\circ$,因此对应目标模拟器的水平移动距离 $\pm 350\text{mm}$,定位(控制)准确度优于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。外部控制器通过 GPIB 电缆与 VXI 总线主机箱、程控目标信号源、程控干扰信号源相连。

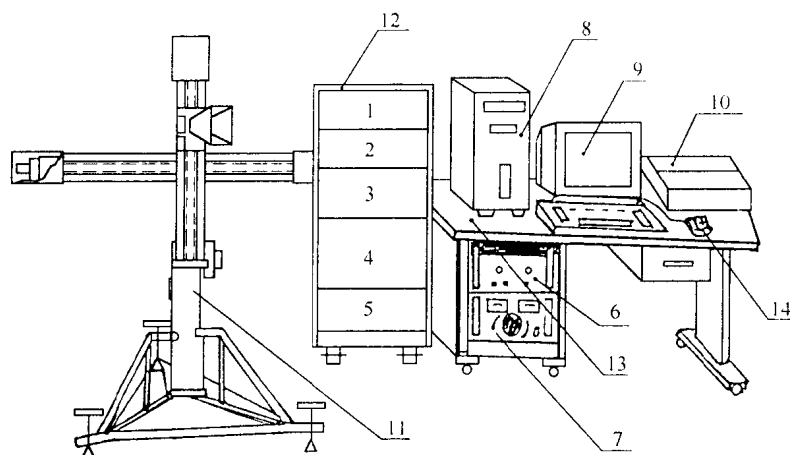


图 2-2 雷达自动测试系统的系统结构示意图

1—程控干扰信号源;2—程控标准信号源;3—VXI 总线主机箱;4—转接机筒;5—多路电源;6—+27V 主电源;7—电源控制箱;8—PC 主机(386);9—显示器;10—打印机;11—程控目标模拟器;12—测试机柜;13—多功能微机桌;14—鼠标

整个系统的测控功能在外部主控制器作用下,由 VXI 主机箱内部的仪器模块完成,因此 VXI 总线主机箱是测试机柜或者说是整个系统的核心。该系统是一个以 VXI 总线为主,辅以 GPIB 总线的混合系统。系统能否组建成功,取决于 VXI 主机箱中各仪器模块的选择和设计是否合理。

我们选用 HPE1301A(带零槽模块)B 尺寸 VXI 总线主机箱,这是由测试任务及目前 VXI 总线微波信号源模块尚不普及情况下所做出的一种性价比最佳选择。有关 HPE1301A B 尺寸主机箱的功能、性能及使用方法将在第四章详细介绍。

为完成电压、电流测量,系统中设计了一块 $4\frac{1}{2}$ 数字多用表通用模块,它是消息基模块。为实现多路高低压测试,系统中选用 HPE1344A 16 通道高压多路转接器,16 通道电压、电流多路转接器。这两个多路转接器构成一个开关盒,是数字多用表的受命者模块。

为了完成时间参数测量(例如同步脉冲重复周期和天线搜索周期、高战指令、俯冲指令发出时间),且要求时间测量的分辨力达 $0.1\mu\text{s}$ 。我们设计了一块通用电子计数器模块。它是一种消息基器件。以上均为通用模块,可用在多种多样的 VXI 总线系统中。此外我们研制成功了五种寄存器基专用模块,它们分别是:

32 通道数字光电耦合输入模块。为了测试雷达中高度战斗指令、航向战斗指令、俯冲指令等反映雷达工作状态的开关量,且这些开关量低电平均为 0V ,而高电平有 $+5\text{V}$ 、 $+27\text{V}$ 等,我们设计的专用模块既可使测试系统与雷达在电气上完全隔离,又能用一种模块