

# 微型计算机卡式仪器 原理、设计与应用

林君 程德福 编著



国防工业出版社

# 微型计算机卡式仪器 原理、设计与应用

林 君 程德福 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

### 图书在版编目(CIP)数据

微型计算机卡式仪器原理、设计与应用/林君,程德福  
编著。—北京:国防工业出版社,1996. 6

ISBN 7-118-01612-8

I. 微… II. ①林… ②程… III. 微型计算机-接插元件  
IV. TP360.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 07561 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 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 17 400千字

1996年6月第1版 1996年6月北京第1次印刷

印数:1~5000册 定价:21.60元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

# 前 言

人类已进入信息社会,信息技术的要素包括信息获取、存储、处理、传输和利用,而信息的获取主要是靠仪器仪表来实现的。仪器仪表是现代科技的前沿技术,也是信息工业的关键技术。现代的高新科技,如:航天、遥感、生物工程、医疗、环保、新材料等领域的研究发展以及各类基础科学的实验工作,无一不直接依靠仪器仪表来完成;仪器仪表对工业生产具有先导作用,也是改造传统工业的必要手段,在国民经济发展中起着重要而特殊的作用。

传统的仪器仪表是模拟式的,50年代初出现了数字式仪器仪表,60年代中期开始把计算机技术应用于仪器仪表领域,70年代以来出现了突破传统概念的新一代仪器仪表——智能仪器。智能仪器以微电子器件代替常规的电子线路,以微处理器为核心,具有信息采集、显示、处理、传输以及优化控制等功能,对仪器仪表的发展产生了深远的影响,国内已先后出版了有关的专著和教材来论述和介绍智能化仪器仪表的设计原理和技术。

80年代以来,由于个人计算机的广泛应用,出现了以个人计算机为基础的卡式仪器(Personal Computer Card Instrument,简称PCCI),它将传统的独立仪器与个人计算机的软/硬件资源融为一体,以较高的性能价格比、较强的灵活性及菜单驱动操作等突出特色进入测量测试领域,发展十分迅速。世界上著名的公司如美国的National Instrument,KEITHLEY仪器公司等都有系列的卡式仪器产品,国内也有多家公司经营和生产PCCI产品,但是较全面地介绍PCCI原理与设计的书籍在我国还不多见。为了使从事仪器设计、制造、使用、维修的科技人员和大专院校学生了解和掌握PCCI的知识,我们编写了此书,供有关人员参考。

本书共九章。第一章对PCCI的组成、发展及其设计要点进行了扼要的概述。第二章介绍了在PCCI设计中涉及的各种总线标准及扩展总线时应注意的一些具体技术。第三章详细地论述了PCCI数据采集技术,包括多道并行和浮点数据采集技术。第四章介绍了数据处理与信号处理技术。第五章概述了可靠性设计技术。第六章较详细地介绍了PCCI的调试与维护。第七章介绍了VXI总线及仪器系统。第八章简要介绍了虚拟仪器的概念。第九章给出了PCCI的应用实例。

本书的特点是从工程设计出发来介绍PCCI设计中的有关理论与应用问题,书中附有大量的应用实例和设计经验,大部分取自于历年来的科研成果。本书是在作者给仪器仪表及计算机应用专业的本科生和研究生授课讲稿以及近年来发表论著的基础上经过细心编著而成的。

本书简明扼要,深入浅出,内容系统,概念清楚,实用性较强。有关模块化、标准化的卡式仪器研究与应用曾得到国家自然科学基金资助。

本书第一、二、三、五、六、八章由林君编写,第七、九章由程德福编写,第四章由二人共同编写。在编写过程中还参考了有关文献。在这里谨向关心和支持本书出版的同事们表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,错误及不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

1996年1月于长春

075/76/12

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
1.1 智能仪器的发展简史 .....	(1)
1.2 卡式仪器概述 .....	(2)
1.3 卡式仪器的现状与未来 .....	(5)
1.4 卡式仪器的设计要点 .....	(9)
思考题与习题 .....	(13)
<b>第二章 总线技术</b> .....	(14)
2.1 总线的一般概念.....	(14)
2.2 IBM PC 系列微机的总线标准 .....	(16)
2.3 GP-IB 总线.....	(25)
2.4 总线扩展的端口译码技术.....	(31)
2.5 总线的驱动与控制.....	(46)
2.6 工程上应注意的一些问题.....	(53)
思考题与习题 .....	(58)
<b>第三章 数据采集技术</b> .....	(59)
3.1 数据采集基础.....	(59)
3.2 PC/AT 数据采集卡的设计 .....	(69)
3.3 DMA 高速数据采集技术 .....	(78)
3.4 多通道并行数据采集技术.....	(94)
3.5 浮点数据采集技术 .....	(100)
思考题与习题.....	(106)
<b>第四章 数据处理与信号处理技术</b> .....	(108)
4.1 基于算法的数据处理技术 .....	(108)
4.2 克服误差的方法 .....	(117)
4.3 信号处理技术 .....	(125)
思考题与习题.....	(143)
<b>第五章 可靠性设计</b> .....	(144)
5.1 可靠性的基本概念 .....	(144)
5.2 硬件可靠性设计 .....	(148)

5.3	软件可靠性设计 .....	(159)
5.4	故障检测与诊断技术 .....	(168)
5.5	可靠性的总体考虑 .....	(179)
	思考题与习题 .....	(184)
<b>第六章</b>	<b>仪器系统的调试与维护 .....</b>	<b>(185)</b>
6.1	测试仪器简介 .....	(185)
6.2	微机卡式仪器的调试 .....	(192)
6.3	仪器故障的检测与维护 .....	(197)
	思考题与习题 .....	(209)
<b>第七章</b>	<b>VXIbus 系统 .....</b>	<b>(210)</b>
7.1	VXIbus 系统概述 .....	(210)
7.2	VXIbus 构成 .....	(210)
7.3	VXIbus 系统的模块、主机箱与配电 .....	(219)
7.4	VXIbus 系统的结构与控制 .....	(221)
7.5	VXIbus 系统的通信规程 .....	(223)
7.6	VXIbus 系统软件及辅助工具简介 .....	(225)
7.7	VXIbus 系统的组建与发展 .....	(230)
	思考题与习题 .....	(235)
<b>第八章</b>	<b>虚拟仪器 .....</b>	<b>(236)</b>
8.1	虚拟仪器的体系结构 .....	(236)
8.2	虚拟仪器的仪用软件 .....	(238)
8.3	虚拟仪器的性能特点 .....	(240)
8.4	虚拟仪器的进展 .....	(241)
	思考题与习题 .....	(242)
<b>第九章</b>	<b>卡式仪器应用举例 .....</b>	<b>(243)</b>
9.1	PC 机集成化仪器仪表系统 .....	(243)
9.2	HP-PC 仪器系统 .....	(246)
9.3	KD10A 10 位高速数据采集卡 .....	(252)
9.4	便携式多功能工程测振仪 .....	(256)
	思考题与习题 .....	(261)
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(263)</b>

# 第一章 绪 论

本章在回顾智能仪器发展简史的基础上,介绍了卡式仪器的优越性、分类方法与基本技术,分析了卡式仪器的发展现状及存在的问题,并概括地介绍了卡式仪器的设计要点。

## 1.1 智能仪器的发展简史

生产实践和科学研究中广泛地使用着各种仪器仪表(Instrumentation)。在当今的信息科技时代,仪器仪表是实现信息的获取、转换、处理与揭示物质运行的必备工具,是新技术革命的一项重要内容。如果仪器仪表获取的信息是错误的或不准确的,那么后续的存储、处理、传输都是毫无意义的,因此,仪器仪表工业是信息工业的源头,其发展如何反映出一个国家的生产力发展状况和现代化水平。

传统的仪器仪表是模拟式的,如指针式的电压表、电流表、功率计、压力计等。

50年代初,仪器仪表取得了重大突破,数字技术的出现使各种数字式仪器仪表相继问世,把模拟仪器的精度、分辨力与测量速度提高了几个数量级,为实现测试技术的自动化打下了良好的基础。

60年代中期,测量技术又一次取得了进展,计算技术的引入,使仪器的功能发生了质的变化,从个别电量的测量转变成测量系统的特征参数,从用单个仪器进行测量转变成用测量系统进行测量。

70年代以来,随着微处理器的广泛应用,出现了完全突破传统概念的新一代仪器仪表,即目前比较流行的术语——智能仪器(Intelligent Instrument)。这种仪器以微电子器件代替常规的电子线路,以微处理器(Microprocessor)为核心,具有信息采集、显示、处理、传输以及优化控制等功能,甚至具有辅助专家推断分析与决策的能力。智能仪器的出现与发展对仪器仪表的发展以及科学实验研究产生了深远的影响,是仪器设计的一个里程碑。

到了80年代,由于个人计算机的广泛应用,出现了以个人计算机为基础的卡式仪器(Personal Computer Card Instrument,简称PCCI),亦称为个人仪器(Personal Instrument)或PC仪器(PCI),它将传统的独立仪器与个人计算机的软/硬件资源融为一体,以较高的性能价格比、较强的灵活性及菜单式操作的方便性等突出特色进入测量测试领域,使仪器领域掀起了一次改进设计的高潮,发展十分迅速。

80年代后期,为了克服PCCI的缺点,又出现了VXI卡式仪器(VMEbus Extension for Instrumentation,PC仪器的一种标准产品)。这种仪器适应电子仪器从分立的台式与框架式结构过渡到更紧凑的模块式结构,提供了一种开放式的可靠接口总线。VXI在90年代已得到迅速的发展。

PCCI或VXI均不带前面板,它们皆由显示在计算机CRT上的软面板来代替,用户由CRT上看到的是一幅由高分辨率图形生成的仪器面板,是物理面板的逼真模拟,用户通过键盘、触屏或鼠标来操作软面板上的按键或开关,这种仪器又称为虚拟仪器(Virtual

Instrument)。虚拟仪器是在智能仪器的基础上发展起来的,但在性能特点上又有新的飞跃,特别是近年来由于计算机软件技术(包括面向对象技术)和多媒体技术的迅猛发展,虚拟仪器的应用范围日益扩大,成为卡式仪器的一个重要发展方向。

## 1.2 卡式仪器概述

### 1.2.1 卡式仪器的组成

卡式仪器是以微型计算机(简称微机)为平台,配以专用于测量和测试的插卡(仪器卡)及专用软件,为实现某些测量和测试功能而构成的通用或专用仪器系统。按仪器卡组成卡式仪器的方式可以有:

(1)内插式,即将仪器卡插入微机的内部总线上而构成卡式仪器,如图 1.1(a)所示;

(2)外加式,即将微机总线引到扩展箱,在扩展箱里插入仪器卡构成卡式仪器,这种方式尤其适用于使用便携机(笔记本式微机)组成仪器系统;

(3)内插外加式,即把一部分仪器卡插入计算机的内部总线上,而另一部分仪器卡插入扩展箱内,如图 1.1(b)所示。内插外加式实际上是前两种的混合,一般适用于组建比较大的仪器系统。由于内插式受到微机总线带载能力、机内空间位置等限制,一般只适用于实验室仪器或功能较单一的仪器。

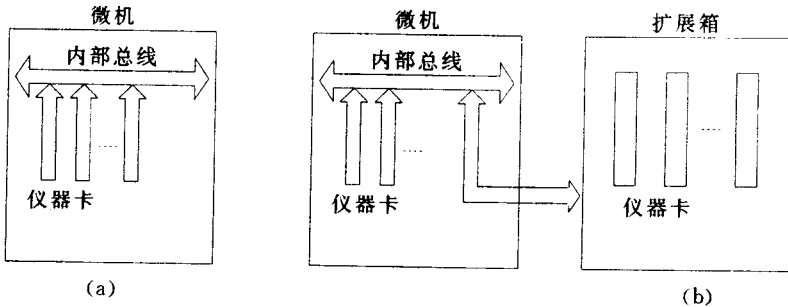


图1.1 卡式仪器的基本结构  
(a) 内插式; (b) 内插外加式。

### 1.2.2 卡式仪器的特点

卡式仪器包括 PCCI 和 VXI 等,亦称为“在插件板和 VXI 总线上的仪器”。从图 1.1 可以看到,无论是组建还是研制卡式仪器,其关键是研制专用的仪器卡及其相应的软件。组建的仪器系统实质上就是一种具有测量和测试功能的微机应用系统。与传统的智能仪器相比,卡式仪器在如下几方面显示出极大的优越性。

#### 1. 缩短研制周期,提高产品的竞争力

卡式仪器不需要像研制智能仪器那样需要研制专门的微处理机小系统,在硬件设计上只要把精力集中在专用的仪器插件板上;在软件设计上,又可以利用已有的软件资源,如操作系统、编辑编译软件、库管理软件以及信号处理软件包等,这样就可以把主要精力放在专用软件设计上。显然,卡式仪器设计的周期可以大大缩短。



由于卡式仪器设计要基于某一总线,在这一点上,它的设计要遵循某种标准,实际上所设计的仪器卡就容易形成标准化产品去占领市场,具有较强的竞争力。

## 2. 可视化与直读性

由于个人计算机(简称 PC 机)的图形分辨率及图形处理能力已达到相当高的水准,因此利用 PC 机来进行仪器测试的图形处理已不困难。卡式仪器不仅可以用其 CRT 来处理示波器图形和逻辑分析仪的图形,而且还可以用其显示晶体管特性曲线、场效应管夹断曲线、可控硅导通曲线以及各种测控系统的监控过程参数变化曲线等。由于卡式仪器具有实时处理数据的能力,这就使得频域特性曲线的显示变得简单(通常这要由高档动态特性分析仪才能完成)。此外,利用微机的图形功能,还可以显示测量数据多种数据处理结果的图表,以增强其可视化功能,方便用户。

直读性是指卡式仪器不仅可以方便地实现屏幕自动读数,而且可以在屏幕上进行局部放大与压缩、滚动显示、图形的冻结显示等等,这比传统的智能仪器要更胜一筹。

## 3. 测试过程控制与数据处理

在卡式仪器中,测试过程的控制可以最大限度地实现自动化,这在长时间连续测试和反复巡回监测的应用场合特别有用。卡式仪器可以方便地实现求峰峰值、均方根值、FFT、频谱分析、相关分析、传递函数分析及时间序列分析、模式识别等数据处理与分析功能。利用微机的已有资源,还可以方便地实现测量数据的永久存储、数据压缩、远距离传输、打印等等。

## 4. 模块化与多功能性

卡式仪器一般由一台 PC 机和一组可分解组合的硬件插卡(仪器卡)构成,同时还配备有若干应用软件来支持硬件工作。各种仪器卡实际上已按模块化的要求实现,同样,驱动各种仪器的软件也是按模块化的要求设计。如果在一台 PC 机上插有多种仪器卡,那么这台 PC 机就是一台多功能的仪器系统,用户希望从一种仪器状态切换到另一种仪器状态时,往往只要激活相应的软件模块即可。当测试系统要增加一个新的测量功能时,只需增加软件来执行新的功能或增加一个通用模块来扩展系统的测量范围。

## 5. 集成化与扩展性

对卡式仪器来说,一个较小的仪器系统一般只需要一块或几块插卡,这时利用 PC 机内的扩展槽即可实现,无论从节约经费、节约能源、节约材料的角度,还是从节约空间的角度上看,卡式仪器都具有很大的优越性。

如果要构成较大的仪器系统,PC 机预置的插槽可能不够用,就需要外接一个扩展箱,这只要遵守 PC 机的 I/O 扩展技术规范即可,实现起来也不困难。当然,如果是基于 VXI 总线的卡式仪器,其预置的插槽较多,可以满足较大仪器系统的要求。

卡式仪器的功能扩展可以通过加入一个模块或更换一个模块来实现,而不需购买或组装一个全新的系统。

## 6. 操作自动化与方便性

卡式仪器的测量过程如量程选择、开关选择、数据采集、传输、处理与显示输出等均可以由程序自动完成。测试过程可以采用人机交互式操作,只要操作者熟悉一般 PC 机的操作方法,卡式仪器的操作就非常简单。通常,卡式仪器的操作可以通过键盘、鼠标、光笔和触屏来完成。应用多媒体技术,还可以采用语音命令来实现操作。

### 1.2.3 卡式仪器的分类

如果按总线标准去分,可以把卡式仪器分成基于 ISA 总线的仪器、基于 VXI 总线的仪器以及基于其他总线的仪器等等。对于同一种总线的卡式仪器,我们可以按用途和内部构成两种标准来分类。按用途分类与一般的传统仪器分类相同,而按插卡的内部构造来分,则可以大致分为如下几类:

(1) 依赖型。卡上无时钟,无 CPU,无二次电源(即直接使用总线上的电源),无缓存。目前大多数的数据采集与分析卡多属于这种类型。

(2) 附属型。卡上有时钟,无 CPU,无二次电源,无缓存(也可以有缓存)。

(3) 自主型。卡上有时钟,有 CPU,无二次电源,有缓存。

(4) 独立型。卡上有时钟,有 CPU,有二次电源,有缓存。

实际上,大多数的卡式仪器都是由多块插卡实现的,因此,卡式仪器往往是由数据采集模块、信号产生模块和阵列开关网络模块等不同的插卡组合而成的。由于受空间以及 PCB 布线水平的限制,有时为了实现多通道数据采集,还需要同一种插卡多块并行工作。

### 1.2.4 卡式仪器设计的基本技术

卡式仪器设计包括软件设计和硬件设计两大部分。软件设计涉及到操作系统、编程语言、用户接口和编程技术等。由于卡式仪器可以最大限度地利用微机现有的软件资源,实际上软件设计就是在选好用户已有的软件资源基础上,重点设计专用的仪器软件,而这部分的软件又是千变万化,如用到图形软件设计(显示与软面板设计)、数字信号处理(DSP)技术、软件接口与混合编程技术等等。

硬件设计包括与总线的接口方式、A/D 与 D/A 转换电路、多路开关、高速缓存、高稳定时钟、高质量电源、高阻低噪低漂运算放大器、滤波电路、DSP 器件、控制电路与辅助电源等等。下面仅就硬件设计基本技术进行简要介绍。

#### 1. 总线扩展与接口技术

卡式仪器离不开总线,如 PC、AT、ISA、EISA、VESA、STD、VME、VXI 总线等等。基于某一种总线进行卡式仪器设计,都需要与总线接口,当扩展插槽不够用时,还需要进行总线的驱动扩展,以增强其带载能力。总线的驱动技术包括单向驱动、双向驱动以及三态隔离驱动等技术。与总线的接口技术主要包括端口地址译码与分配技术,通过总线进行数据传输技术等。通常的数据传送方式有同步传送、查询、中断、DMA 传送等,视数据传送速率要求以及接口实现的难易程度而定。

#### 2. A/D 和 D/A 转换技术

A/D 是为实现将模拟量转换为数字量所设置的专用电路,几乎所有的卡式仪器都要用到 A/D,因此它是一种非常重要的电路。A/D 转换电路可以用分立元件实现,但更常用专门的 A/D 芯片来完成。目前采用的 A/D 芯片有 8 位、10 位、12 位、14 位、16 位以及 24 位精度不等。

D/A 是将数字信号转换成模拟信号的专用电路,用以控制外部设备。通常由 A/D 和 D/A 一起构成测控仪器的核心,许多商用的 DAQ 卡往往就含有 A/D 和 D/A。

#### 3. 多路开关和滤波放大技术

高质量的多路开关主要用来实现自动调档和通道切换,因此要求寄生电容小,道间的隔离

效果好(道间串扰小)。

滤波放大电路是模拟信号调理的主要电路,如 50Hz 陷波、低通滤波、高通滤波和限带(带通、带阻)滤波等。无论是高阻低噪低漂放大还是滤波电路都是仪器设计中的关键电路,形式千变万化,直接影响仪器的精度,而这些电路又是各种仪器中都需要采用的电路。

#### 4. 高速缓存电路

高速缓存电路主要用于存储 A/D 转换器转换后的结果,以增强卡式仪器本身的实时采样能力。一般说来,多通道高速信息采集的场合均需采用高速缓存技术。

#### 5. 实时采样和等效采样技术

实时采样技术是指在某一时间内所采集的一组数据与该时间内的某一连续物理量在相应时刻点的量值是一一对应的。而等效采样技术则是指在某一连续的物理量的若干周期内采集若干点的量值,并以组合数据的方式还原波形,以反映某一周期信号的某些周期性特征。显然,等效采样技术获取的一组数据所还原的合成周期波,并非与实际波形在一个周期内各对应时刻的量值一一对应。等效采样技术主要是用较低的采样率来获取较高频率的周期波,只对周期函数有效,对于高频的单脉冲信号,用等效采样技术是捕捉不到的。

在众多的测控系统中均采用实时采样技术,只有在高档的存储示波器和数据采集仪(带宽为数百兆赫或更高)中才使用等效采样技术。

#### 6. 可编程逻辑器件与逻辑控制电路

逻辑控制电路完成卡式仪器的硬件与软件的协调工作,主要由译码器与逻辑控制电路构成。一个好的逻辑控制电路应具有体积小、组态灵活以及安全的功能,近年来迅速发展的可编程逻辑器件(Programmable Logic Devices)可以较好地实现这些功能,目前市场上比较流行的 PAL、GAL、FPGA 以及 ispLSI(in-system programmable Large Scale Integration)都是比较理想的器件,用这些功能可灵活组合的可编程逻辑器件(PLD)实现卡式仪器的逻辑控制电路是较佳的选择。

## 1.3 卡式仪器的现状与未来

### 1.3.1 卡式仪器的现状

自 1982 年出现第一台卡式仪器以来,卡式仪器在国内外发展十分迅速,这里就所了解的一些情况进行简要介绍。

#### 1. 通用电子仪器卡

主要指信号发生卡、逻辑分析卡、数字式存储示波卡、动态信号分析卡、虚拟电工仪表卡等。

数字式波形合成卡现已能产生  $10^{-3}$ Hz 到数十兆赫的方波、正弦波、三角波、调频波、调幅波以及阶跃信号和尖脉冲信号等各种波形。国内典型产品有武汉红峰电子工业公司的 XHK-X 系列产品,国外典型产品有美国 Novatech Instruments 公司的 2910A 等。国内典型的逻辑分析卡有清华大学计算机工厂的 LA-32 II,国外典型产品有美国 Computer Solutions 公司的 PC-AT CARD 等。国内数字式存储示波卡的典型产品有武汉红峰电子工业公司的 SBK-X 系列产品,国外典型产品有美国 Gage Applied Sciences 公司的 CompuScope 1012 系列产品等。动态信

号分析卡可对电子、电气、机械、声学等领域的信号进行采集与现场动态分析,国内典型的产品有珠海泰德企业有限公司的 TDY-I 系列产品;国外典型的产品有美国 National Instruments 公司的 Spectrum Ware 软件及卡。虚拟电工仪表包括虚拟数字万用表、虚拟功率表等,典型的产品有美国 Quatech 公司的 IMM-100。

## 2. 通用数据采集与控制卡

这类产品在测量和控制领域应用十分广泛,也是目前国内外推出产品最多的一类。要满足测控的要求,通用的数据采集与控制卡中,除了含有 A/D 和 D/A 外,往往还含有数字量 I/O,可编程控制放大器以及多路转换开关等。为了实现控制往往还需要光电隔离、信号调理等配套产品,从而构成一个系列。国内生产和销售数据采集与控制卡的有华远自动化系统有限公司的 HY 系列产品,研华科技有限公司的 IPC 系列产品、北京方圆新技术发展公司的 H 系列产品以及北京众人精密测控技术公司的 PS 系列产品等等。国外生产和销售数据采集与控制卡主要有美国 BB 公司、National Instruments 公司、MetraByte 公司、英国的 BIODATA 有限公司等等都有系列的数据采集与控制卡产品销售。

## 3. 开发测试与信号分析卡

这类产品包括存储器测试卡、集成电路测试卡、总线(接口)开发测试卡、通信网络分析卡、微处理器仿真卡、数字信号处理(DSP)卡等等。在这类卡中,总线开发测试卡可对各种总线及相应的接口(如 SCSI 总线、PCMCIA 和 ATA-IDE 总线与接口)进行测试与开发,典型型号为美国 Adaptec 公司的 SDS-SCSI 开发测试系统。数字信号处理卡也是种类繁多的,有支持美国 Texas Instruments 公司的 TMS320 系列 DSP 芯片的各类 DSP 卡,支持美国 Analog Devices 公司的 ADSP2100 系列 DSP 芯片的各类 DSP 卡等,国内典型的产品有中国科学院声学所和北京中软计算机研究所研制的各类 TMS320 系列数字信号处理卡,国外典型的产品有美国的 Atlanta Signal Processor 公司和英国的 Loughborough Sound Images 公司等的 DSP 插件板系列产品。利用 DSP 插件卡可以直接进行语音信号的采集与分析,可以进行频谱分析与数字滤波等等,应用领域十分广泛。

## 4. 通信类及工具类专用卡

用于计算机的传真卡、调制解调卡、电话程控卡、网卡等通信类专用卡,从广义上讲,都属于卡式仪器的范畴。此外,用于可编程逻辑器件编程的 PLD 多功能编程卡、电子盘卡、多媒体卡等等,也都是电子类产品,也属卡式仪器的范畴。实际上,专用于微机上的各种功能扩展卡种类繁多,在此不一一列举。

## 5. VXI 总线卡式仪器

基于 VXI 总线的卡式仪器产品包括 VXI 主机箱、内插式控制者和资源管理者、软件以及用于各种测量与控制的专用卡。目前已有的典型产品包括数字多用表(如 HP 的 E1410B),数字化仪和 A/D 转换器(如 HP 的 E1429A, E1430A),数字输入/输出(如 Tektronix 的 VX4802),计数器(如 Tektronix 的 VX4223),开关(如 Tektronix 的 VX4385 矩阵开关),信号发生器(如 Tektronix 的 VX579C)等。基于 VXI 总线的卡式仪器还包括数字存储示波器、频率响应分析仪等等。VXI 总线产品目前的工作频率已进入射频和微波频段,但数目还不够多,处于发展的初始阶段。

有关卡式仪器的分类,国内外并没有统一的方法,各公司均是按自己的产品进行分类的,如美国 National Instruments 在其卡式仪器产品目录上,将其产品分为:(1)应用软件产品类,

主要包括 Labview 和 Labwindows;(2)GP-IB 总线产品,这是比较传统但应用十分普遍的一类产品,有些 GP-IB 产品属卡式仪器范畴,但更多的 GP-IB 产品自成体系;(3)数据采集产品类,包括基于 PC/XT/AT/EISA 总线的卡式仪器,在 PS/2 系统上的卡式仪器,在 Macintosh II 和 Macintosh LC/SE 上的卡式仪器,用于数字信号处理的 DSP 软/硬件产品等;(4)VXI/MXI 总线产品类(这里的 MXI 是该公司 1989 年公布的一种开放式的总线结构,虽然目前应用尚不够普遍,但很有发展前景)。

同样,美国的 HP、Tektronix、Burr-Brown、Wavetek 等公司均有自己分类的产品。这里不再一一列举。本文所进行的产品分类,只是为了介绍方便。有关卡式仪器的现状,由于收集与掌握的资料所限,这里也只能是一个比较粗略的介绍。

### 1.3.2 卡式仪器发展中的技术问题

(1)卡式仪器的技术规范与标准问题,虽然推出了 VXI 卡式仪器,但基于 PC 机其他总线的各类卡式仪器仍占有绝大多数的市场,而这类产品设计没有一个统一的标准,各开发单位都是按自己的标准进行设计和生产,产品互不兼容的问题较大,用户难以从多个生产厂家组合自己需要的产品,影响卡式仪器的纵深发展。

(2)解决多 A/D 并行工作的协同技术、高速缓存技术以及卡式仪器的采集与分析结果的数据压缩技术等。

(3)解决百兆赫级以上的超高速实时采样以及千兆赫级以上的等效采样技术,即设计超高速采样的 ADC 技术以及相应的外围控制电路技术等。

(4)解决 24 位以上的高速高精度数据采集与处理技术,这在计量仪表、科学试验等领域具有应用前景,也是人们正在追求解决的难题之一。

(5)解决多媒体技术在卡式仪器设计中的应用技术问题,以提高卡式仪器的性能。

(6)解决电子设计自动化(EDA)在卡式仪器设计中的应用问题,以加快卡式仪器的设计、仿真与测试分析速度,缩短研制周期,提高产品的可靠性,增强产品的竞争力。

(7)虚拟现实技术在虚拟仪器中的应用,如何利用软件设计技术、图形处理技术、数据库技术等来综合实现卡式仪器的虚拟面板技术以及虚拟仪器的开发环境。

(8)VXI 卡式仪器的推广与应用问题。尽管 VXI 卡式仪器在国际上发展迅速,国内亦有不少文献介绍并有相应的研究成果,但 VXI 卡式仪器在国内还没有被用户所接受,国内并没有 VXI 卡式仪器的生产厂家,引进的 VXI 卡式仪器价格太高,用户难以接受,从而严重影响了这类产品在国内的推广,长久下去必将拉大我们与国外的差距。

### 1.3.3 卡式仪器的发展趋势

随着 VXI 总线卡式仪器的出现以及虚拟仪器软/硬件技术的发展,早期的 PC 总线式卡式仪器各仪器卡之间不能互相触发同步,不能直接通信,模拟信号也无法经过总线传递,插卡受微机干扰严重以及加重微机电源负荷等问题都逐一得到解决,尤其是利用软面板技术和虚拟现实的应用,虚拟仪器软件的发展,如美国 National Instruments 公司的 Labwindows 和 Labview 等功能强大的仪用软件,使卡式仪器正向着如下几个方向发展。

(1)硬件趋于简单化。随着高速 A/D 与 D/A 器件的发展,未来的卡式仪器将简化为只有三种类型卡的卡式仪器,即数据采集卡(DAS)、任意波形产生卡(AWG)和阵列开关网络组成,

借助于虚拟仪器的软件技术,对它们按一定的算法进行控制,便可以满足不同的测量要求。这种称为通用仪器(Generic Instrument)将是卡式仪器在硬件和软件上未来发展的追求目标之一。

(2)数字信号处理功能日益加强。60年代出现的FFT算法开始了现代信号处理的时代,但是语音、图象等领域要求计算量大、实时性强,只满足于算法研究和现存的微处理器处理速度已不能适应科学发展的需要。到70年代末,由于微电子学的进步,出现了单片数字信号处理器(DSP),它将通用计算机技术与高速信号处理功能结合起来,专门适用于计算密集领域的需要。DSP芯片的问世与发展以及各种信号处理算法在仪器设计中的应用,将显著增强仪器仪表的数字信号处理功能,加速仪器仪表向智能化方向发展的进程。

(3)新的测试领域不断出现。随着数字技术的发展,出现了数据域测试技术,相应发展了数据域卡式仪器,如逻辑分析卡、微机总线测试分析卡、微机功能仿真开发卡等等。到80年代后期,美国HP公司又推出了一种频率及时间间隔分析仪——HP5371A,从而开辟了一个新的测试域——调制域,这在雷达、通信等领域得到广泛应用。

(4)新器件的发展将显著增强卡式仪器的功能与测量范围。A/D芯片是从模拟信号向数字信号转换的关键器件,是现代科学仪器不可缺少的核心部件之一,它的速度的提高是实现高速数据采集的关键。目前,A/D器件不但在向高速发展,还在向低功耗、高分辨率、高性能的方向发展。此外,微处理器、存储器、模拟开关等微电子器件的发展都将增强仪器的功能和测量范围。随着微电子技术的发展,目前不仅可以把A/D等模拟电路与微处理器集成在一块(称为混合电路),而且还能将传感器与控制电路都集成在一块芯片上,这将缩小体积,增强可靠性,从而实现卡式仪器的多功能化(有限的体积内实现更强的功能)。卡式仪器的未来发展在很大程度上依赖于新器件发展的一个重要原因是:高频、高灵敏度、高稳定性和低功耗等仪器仪表的主要性能指标的进一步提高,已比较难以从仪器仪表设计本身去解决,而不得不依靠有关电路器件以及芯片的设计与制作水平的提高。电子设计自动化(EDA)技术在ASIC产品以及电子系统级设计中的广泛应用,都将极大地推动卡式仪器设计技术的发展。

(5)虚拟仪器软件框架的发展将促进卡式仪器向纵深发展。有人说:软件就是仪器。在计算机和必要的仪器硬件确定之后,软件就是卡式仪器发展的关键。仪器应用软件主要包括开发环境,与硬件接口的仪器驱动程序和用户接口程序。目前已推向市场的Labview和Labwindows必将进一步完善和发展,与之类似的其他虚拟仪器开发软件包也将继续问世,从而推动虚拟仪器技术的发展。

由于卡式仪器不是PC机功能的简单扩展,而是开辟了一个新的应用领域,又由于卡式仪器不是普通仪器的简单替代品,而是未来测试仪器领域的一个新技术生长点(卡式仪器功能将胜过传统仪器),因此,我们在研究和探讨我国的仪器仪表发展策略时,应把卡式仪器的研究与发展纳入规划,大力创造条件发展我国的卡式仪器生产,为实现“把实验室装进电脑”这一用户和厂商共同追求的目标而努力。

## 1.4 卡式仪器的设计要点

### 1.4.1 卡式仪器设计的基本要求

无论仪器的规模多大,其基本设计要求大体上是相同的,这就要求在设计前或设计过程中予以认真考虑。

#### 1. 操作性能要好

对于一台卡式仪器来说,所谓操作性能要好,就是仪器的人机界面要友好,操作使用要方便且便于维护。

一个好的人机界面包括考虑配什么样的软件和环境,选用什么样的操作提示和命令,怎样设计仪器的软面板等方面,通过这些技术来降低对仪器操作人员的专业知识要求。一般说来,“菜单”式的驱动操作并具有“帮助”功能(Help)往往是一种友好的界面设计。

对于仪器的硬件方面要求也是一样,如控制和选择开关不宜太多、太复杂,操作顺序要尽可能简单些。

仪器还要易于维护,因为仪器不可能不发生故障。一旦发生故障,怎样尽快地排除,这是设计时要考虑的问题。通过自检和自诊断技术,可以在仪器发生故障时迅速查找出故障发生的部位(故障定位),这样可以缩短排除故障的时间,提高仪器的可用率。

配备一定的卡式仪器备件,当仪器发生故障时可以通过更换备件的方法来方便仪器维护。

如何选择和定义操作执行键,如何配置显示器的颜色等涉及人机工程方面的问题也是应该考虑的。

#### 2. 要便于扩充

卡式仪器要适应各种不同的要求,希望能够根据需要灵活地进行扩充,这就要求仪器的各项设计指标要留有一定的余量,如微机的工作速度选择时不留有一定的余量,要想再进行功能扩充(尤其是多任务场合)就困难了。此外,在内存容量、输入输出通道等也应留有一定的余量以利于扩充。

在硬件设计上,为了便于扩充,要尽可能选用标准总线和通用的大规模集成电路芯片;在软件设计上,只要速度允许,要尽可能把接口硬件部分的操作功能用软件来替代,这样就可以在少变动硬件的前提下通过改动软件就可以实现功能扩充了。

#### 3. 可靠性要高

对仪器系统来说,尽管要求各种各样,但可靠性是最突出也是最重要的,因为一个仪器能否正常可靠地工作,将直接影响测量结果的正确与否,也将影响工作效率和仪器的信誉,对于测控仪器更是如此,往往会由于仪器的故障造成整个生产过程的混乱,引起严重后果。

随着微电子技术和计算机技术的发展,有很多技术措施可以提高仪器的可靠性,如冗余设计、可靠性筛选与试验、自检测与自诊断、抗干扰技术等,本书的第五章专门讨论可靠性设计问题。

#### 4. 设计周期短、价格便宜

在仪器设计中,一个重要的要求是:设计周期要短且价格便宜。随着科学技术的进步,新技术和新产品不断涌现,电子产品的生命周期愈来愈短,如果研制周期太长,仪器产品就会失去

竞争能力和实用价值。在实际设计中,仪器的功能和性能指标应视具体情况来定,不要搞大而全的产品,这样有利于缩短设计周期和降低成本。

在仪器研制前,首先做一下市场调查,如果已有商品能够满足要求,则选择合适的仪器卡来组装仪器也是一种快捷有效的方案,往往可以节省设计费用,而且商用的仪器卡可靠性等方面多优于自己设计的,至少在工艺上有一定的保障。

除了上述要求之外,仪器的精度、速度、重量、温度范围、频率范围等指标要求也应考虑。

#### 1.4.2 微机的选择

卡式仪器是由微机控制的,微机的性能如何将直接影响整个仪器系统的性能。仪器设计中微机的选择主要考虑以下几个因素。

##### 1. 微处理器的字长和工作速度

微处理器的字长会直接影响仪器系统的数据处理能力和速度。字长愈长,对数据处理能力愈强,处理速度愈高,但要根据实际情况及性能价格比综合来考虑。

微处理器的工作速度一般取决于主频,在选择时要考虑测控仪器的数据吞吐量,一般应留有一定的余量。但也不是愈高愈好,因为高速工作时会给仪器接口设计带来不必要的困难,这时的引线之间串扰及信号延时都是令人头痛的问题。

##### 2. 系统结构对环境的适应性

对不同的环境可以选取不同的系统结构,如以普通的 IBM PC/XT/AT 机构成的测控仪器通常只适用于实验室场合;选择工业用 PC 机或 STD 总线的工控机进行仪器系统设计就可以用于环境较恶劣的工业领域;选用便携式微机结构往往可以用于野外测量(但要注意温度范围与抗震性等问题)。

VXI 总线结构是测量仪器领域中一种优选的结构,只是系统的成本还没有降到普通用户可以接受的地步。

##### 3. 尽量选用有较多软件支持的机型

研制一种卡式仪器,软件设计的工作量很大,如果选择的微机系统有较多的软件支持,就会给应用软件开发带来很大的好处,可以节省人力和开发时间。如 IBM PC 系列微机的软件资源就十分丰富,对卡式仪器设计者来说是一种选择。

除了考虑上述的几个因素外,总线的扩展方便与否,外部设备配置情况等也都是应该考虑的因素。

#### 1.4.3 确定整个仪器系统的结构

根据仪器的具体要求可以确定其系统结构要考虑的因素,包括模拟通道的划分,如每块仪器卡上包含一个模拟通道还是在—块仪器卡上通过模拟转换开关实现多路模拟通道,还包括输入输出接口控制方式,如查询方式或中断方式等。本书第三章将较详细地给出 DMA 方式、并行传输方式的接口设计。

在确定系统结构时还要考虑存储数据的介质(磁盘、硬盘或使用静态 RAM 等),必要时还要进行内存扩展。

对于工业控制或野外使用的仪器,还要考虑系统的抗震动结构、显示器及键盘的种类以及必要的密封防尘结构等。



考虑上述因素之后即可给出整个系统的结构框图。

#### 1.4.4 硬件/软件的具体设计

卡式仪器设计总是在已选择的基本微机上进行扩展来完成的,这样硬件设计的难点主要集中在输入输出接口的设计上。不同的性能要求使接口设计差异较大。为了减小由于微机内部电源等噪声的影响,有时需要把微机的系统总线引出,即在微机箱体外重新设计仪器的箱体,这时还需要考虑总线的驱动与隔离等技术。有关硬件的具体设计在后续章节中将详细描述。

系统设计的总过程如图 1.2 所示,其中的硬件设计与软件设计有时要并行进行。

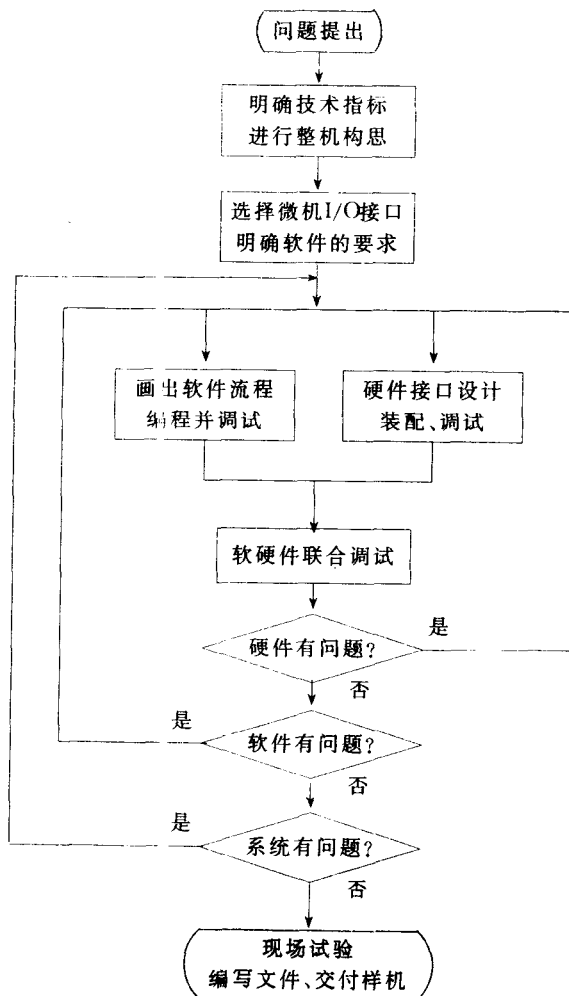


图 1.2 卡式仪器设计的总过程

##### 1. 软件设计

软件设计流程如图 1.3 所示。首先根据系统框图画出软件控制的流程图,再根据系统需要配备的软件情况,用高级语言或汇编语言编制仪器的测量、处理与显示等应用程序,然后经过编译程序或汇编程序对源程序进行编译或汇编形成目标文件,再经过系统连接程序形成可执