

高等学校教材

智能仪器原理及应用

(第2版)

赵茂泰 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地论述了以微型计算机为核心的智能电子仪器的结构体系,及其硬件与软件的设计原理和实现方法。

全书共分9章。第1章介绍智能仪器的结构、设计要点以及现状与发展;第2章介绍智能仪器模拟量输入/输出通道;第3章介绍智能仪器人-机接口;第4章介绍智能仪器通信接口;第5章介绍智能仪器典型处理功能;第6章介绍电压测量为主的智能仪器;第7章介绍智能电子计数器;第8章介绍智能化数字存储示波器;第9章介绍个人仪器及系统。为使理论联系实际,书中含有许多设计实例,每章皆有思考题与习题。

本书可作为高等院校电子类专业教材或专业培训教材,也可作为广大从事电子仪器及测量技术应用和开发的科技人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器原理及应用/赵茂泰主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2004.7

高等学校教材

ISBN 7-121-00017-2

I. 智… II. 赵… III. 智能仪器—高等学校—教材 IV. TP23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 058442 号

责任编辑:张孟玮

印 刷:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:19.75 字数:506千字

印 次:2004年7月第1次印刷

印 数:5000册 定价:25.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着大规模集成电路、计算机技术的迅速发展,以及人工智能在测试技术方面的广泛应用,传统电子测量仪器在原理、功能、精度及自动化水平等方面都发生了巨大的变化,逐步形成了一种完全突破传统概念的新一代测试仪器——智能仪器。目前,不仅大多数传统电子仪器已有相应换代的智能化产品,而且还出现了一些全新的仪器类型和测试系统体系,仪器智能化已经成为现代电子仪器发展的主流方向。

本书第1版自1999年出版以来已经印刷7次,在此期间,作者得到读者从不同角度提出的鼓励、希望和建议。同时,在这五年中,智能仪器技术及其设计方法又有新的发展,作者在教学实践和科研工作中也有一些新的体会,这些正是修订本书的主要动力。与第1版相比,第2版具有更强的工程设计性质,在理论性、实用性、内容更新等方面也有明显的提高。

本书主要阐述如何运用微型计算机系统实现电子仪器智能化的相关问题,包括实现原理及其硬件和软件的设计思想、方法和技巧。全书共分9章。第1章扼要介绍智能仪器的结构体系、设计要点以及现状与发展。第2,3,4,5章较详细地论述智能仪器原理及实现技术中带有共性的部分,其内容包括智能仪器模拟量输入/输出通道、人-机接口、通信接口以及典型处理功能。为使读者建立起智能仪器的整机概念,第6,7,8章对电压、频率和示波器三类智能仪器的原理及设计分别做了较详细的论述,编者认为,只要透彻掌握这三类最具代表性的智能仪器,其他类型的电子仪器以及电子设备的智能化设计便不会存在大的障碍。第9章简要阐述了个人仪器及系统的原理与设计技术,同时也简要介绍了以VXI总线为代表的新一代模块化测试仪器和系统以及基于软件的虚拟仪器技术。本书每章皆有思考题与习题,以便复习。书中还含有许多具体的设计实例,以利于读者对智能仪器设计中最关键的部分深入理解、牢固掌握和灵活运用。

本书编写注重理论联系实际,在讲清基本原理的基础上,侧重讨论在智能仪器实际设计过程中所涉及的具体方法与技巧。旨在使读者学会运用所学的微型计算机和电子技术等方面的基础知识,解决现代电子仪器开发过程中的实际问题,逐步具备能够设计以微型计算机为核心的电子系统的能力。使用本书教学时应配合一定数量的课程设计与综合实验,为此本书在第6,7,8,9章中,提供了几种智能仪器和个人仪器课程设计与综合实验的素材,供教学时选用,其中部分内容在作者教学中使用过。编者认为,若能独立完成这些较典型智能仪器的设计或实验,今后遇到实际的智能化仪器或设备设计课题时,只要再分析课题的特殊要求和某些专用电路,就能很快地进入设计状态。

本书在编排上避免重复一般微型计算机原理及软件基础等课程已讲述的内容,集中讨论了各类电子仪器智能化的基础以及实际的设计技术;在内容上,其基础部分强调系统性和先进性,其仪器原理与设计部分注重反映有实用价值的核心技术和反映智能仪器最新发展的实际内容;同时还考虑到兼容性,使电子仪器智能化的原理同样也可以适用于其他电子设备的智能化设计。在本书的编写过程中,编者综合了近年来智能仪器技术的发展成果,总结了多年来教学实践和开发、研制智能仪器中的体会。为符合微型计算机发展的趋势和目前我国高等院校

计算机系列课程教学内容的现状,本书侧重论述以 MCS-51 单片机和 PC 机为背景的智能仪器与测试系统。

本书初稿承蒙甘良才教授进行认真的审阅,提出了宝贵的修改意见。电子工业出版社为保证本书出版质量做了大量细致的工作,付出了辛勤的劳动。在本书第 1 版发行期间,还得到了广大师生和科技人员的关心和支持,提出许多宝贵的意见和建议。在此一并表示诚挚的谢意。

本书由赵茂泰主编;安杨参加了第 2,3 章部分内容的编写,验证了其中部分程序;赵波参加了第 6,7 章部分内容的编写,验证了其中部分应用实例;黄蕾提供了第 8 章部分应用实例的素材;蔡玮提供了第 9 章部分应用实例的素材;胡桂英承担了大部分书稿的录入和整理工作。鉴于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免存在错误与不足之处,殷切希望广大读者批评指正。

编著者

2004 年 6 月

目 录

第 1 章 导论	(1)
1.1 智能仪器的组成及特点	(1)
1.2 智能仪器及测试系统的发展	(3)
1.3 智能仪器的设计要点	(6)
思考题与习题	(10)
第 2 章 智能仪器模拟量输入/输出通道	(11)
2.1 模拟量输入通道	(11)
2.1.1 A/D 转换器概述	(11)
2.1.2 逐次比较式 A/D 转换器与微型计算机接口	(13)
2.1.3 积分式 A/D 转换器与微型计算机接口	(20)
2.2 高速模拟量输入通道	(29)
2.2.1 并行比较式 A/D 转换器原理概述	(29)
2.2.2 高速 A/D 转换器及其接口技术	(30)
2.2.3 高速数据采集与数据传输	(33)
2.3 模拟量输出通道	(38)
2.3.1 D/A 转换器概述	(38)
2.3.2 D/A 转换器与微型计算机接口	(41)
2.3.3 D/A 转换器应用举例	(44)
2.4 数据采集系统	(46)
2.4.1 数据采集系统的组成	(46)
2.4.2 模拟多路开关及接口	(47)
2.4.3 模拟信号的采样与保存	(50)
2.4.4 数据采集系统设计举例	(51)
思考题与习题	(56)
第 3 章 智能仪器人-机接口	(58)
3.1 键盘与接口	(58)
3.1.1 键盘输入基础知识	(58)
3.1.2 键盘接口电路及控制程序	(61)
3.1.3 键盘分析程序	(68)
3.2 LED 显示及接口	(74)
3.2.1 LED 显示原理	(74)
3.2.2 七段 LED 显示及接口	(78)
3.2.3 点阵 LED 显示及接口	(81)
3.3 键盘/LED 显示器接口设计	(82)
3.3.1 HD 7279A 的功能及结构特点	(82)
3.3.2 键盘/LED 显示器接口设计举例	(84)

3.4	CRT 显示及接口	(87)
3.4.1	光栅扫描 CRT 字符显示系统	(87)
3.4.2	光栅扫描 CRT 图形显示系统	(91)
3.4.3	随机扫描 CRT 图形显示系统	(93)
3.5	微型打印机及接口	(94)
3.5.1	TP μ P-40B/C 微型打印机及其接口	(94)
3.5.2	汉字打印技术	(96)
3.5.3	微型打印机接口管理程序	(97)
	思考题与习题	(100)
第 4 章	智能仪器通信接口	(103)
4.1	GP-IB 通用接口总线	(103)
4.1.1	GP-IB 标准接口系统概述	(103)
4.1.2	接口功能与接口消息	(106)
4.1.3	GP-IB 标准接口系统的运行	(108)
4.2	GP-IB 接口电路的设计	(109)
4.2.1	GP-IB 接口芯片简介	(109)
4.2.2	智能仪器的 GP-IB 接口设计	(112)
4.2.3	控制器的 GP-IB 接口设计	(114)
4.3	串行通信总线	(115)
4.3.1	串行通信基本方式	(115)
4.3.2	串行通信协议	(117)
4.3.3	RS-232C 标准	(117)
4.4	串行通信接口电路的设计	(119)
4.4.1	智能仪器串行通信接口的结构	(119)
4.4.2	MCS-51 系统串行通信设计举例	(122)
4.4.3	PC 机系统与 MCS-51 系统的通信	(130)
	思考题与习题	(132)
第 5 章	智能仪器典型处理功能	(134)
5.1	硬件故障的自检	(134)
5.1.1	自检方式	(134)
5.1.2	自检算法	(134)
5.1.3	自检软件	(136)
5.2	自动测量功能	(138)
5.2.1	自动量程转换	(138)
5.2.2	自动触发电平调节	(139)
5.2.3	自动零点调整	(139)
5.2.4	自动校准	(140)
5.3	仪器测量精度的提高	(140)
5.3.1	随机误差的处理方法	(141)
5.3.2	系统误差的处理方法	(142)

5.3.3	粗大误差的处理方法	(146)
5.4	干扰与数字滤波	(147)
5.4.1	中值滤波	(148)
5.4.2	平均滤波程序	(149)
5.4.3	低通数字滤波	(151)
	思考题与习题	(153)
第6章	电压测量为主的智能仪器	(154)
6.1	智能化 DVM 原理	(154)
6.1.1	概述	(154)
6.1.2	输入电路	(156)
6.1.3	智能 DVM 中的 A/D 转换技术	(159)
6.1.4	典型智能 DVM 介绍	(164)
6.2	智能化 DMM 原理	(169)
6.2.1	概述	(169)
6.2.2	交直流转换器	(170)
6.2.3	其他模拟转换技术	(173)
6.2.4	典型智能 DMM 介绍	(175)
6.3	智能化 RLC 测量仪原理	(178)
6.3.1	概述	(178)
6.3.2	自由轴法测量原理	(180)
6.3.3	RLC 测量仪电路分析	(181)
6.3.4	典型智能 RLC 测量仪介绍	(186)
	思考题与习题	(194)
第7章	智能电子计数器	(196)
7.1	电子计数器测量原理	(196)
7.1.1	概述	(196)
7.1.2	多周期同步测量技术	(202)
7.1.3	内插模拟扩展技术	(203)
7.2	典型部件的分析	(205)
7.2.1	输入通道	(205)
7.2.2	计数器电路	(208)
7.2.3	单片通用计数器集成芯片	(210)
7.3	智能电子计数器的设计	(214)
7.3.1	以 ICM 7226 为基础的智能频率计	(214)
7.3.2	等精度频率计的设计实例	(215)
7.4	典型智能计数器产品介绍	(220)
7.4.1	仪器的原理与组成	(220)
7.4.2	仪器键盘操作与分析	(223)
7.4.3	仪器的软件系统	(224)
	思考题与习题	(228)

第 8 章 数字存储示波器	(230)
8.1 概述	(230)
8.1.1 数字存储示波器的组成原理	(230)
8.1.2 数字存储示波器的主要技术指标	(231)
8.1.3 数字存储示波器的特点	(232)
8.2 数字存储示波器的原理分析	(232)
8.2.1 实时取样方式的采集原理	(233)
8.2.2 等效时间取样方式的采集原理	(237)
8.2.3 波形的显示	(240)
8.2.4 波形参数的测量与处理	(244)
8.3 数字存储示波器的设计	(248)
8.3.1 简易数字存储示波器的设计	(249)
8.3.2 等效时间取样方式数字示波器的设计	(254)
8.3.3 智能超声波测厚仪介绍	(261)
思考题与习题	(265)
第 9 章 个人仪器及系统	(266)
9.1 概述	(266)
9.1.1 个人仪器及发展	(266)
9.1.2 个人仪器的总线	(267)
9.1.3 PC-DAQ 形式个人仪器的组成原理	(271)
9.2 个人仪器系统的设计	(274)
9.2.1 DVM 个人仪器的设计	(274)
9.2.2 HP-PC 仪器系统介绍	(281)
9.3 VXI 总线仪器系统	(285)
9.3.1 VXI 总线仪器系统概述	(285)
9.3.2 VXI 总线仪器系统软件	(287)
9.3.3 VXI 总线仪器系统的组建	(288)
9.4 虚拟仪器及其实现技术	(290)
9.4.1 虚拟仪器概述	(290)
9.4.2 LabVIEW 虚拟仪器开发系统介绍	(292)
9.4.3 虚拟仪器设计举例	(295)
9.4.4 虚拟仪器的发展	(302)
思考题与习题	(304)
参考文献	(306)

前 言

随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,特别是单片微机的出现和发展,使传统的电子测量仪器在原理、功能、精度及自动化水平等方面都发生了巨大变化,形成一种完全突破传统概念的新一代测试仪器——智能仪器。目前,不仅大多数传统的电子仪器已有相应换代的智能产品,而且还出现不少全新的仪器类型和测试系统体系。

本书是为已经初步掌握微型计算机原理和电子测量原理知识,想要和正在从事智能仪器开发及研究工作的工程技术人员、高等院校有关专业的师生而编写的。主要阐述如何利用微处理器系统使电子仪器实现智能化,包括有关原理及具体硬件和软件设计方法。全书共分九章。第1章扼要介绍智能仪器的结构体系、设计要点以及现状与发展。第2,3,4,5章较详细地论述智能仪器原理及实现技术中带有共同性的部分,其内容包括智能仪器模拟量输入输出通道、人机接口、通信接口以及典型处理功能。为使读者建立起智能仪器的整机概念,第6,7,8章对电压、频率和示波器三类智能仪器的原理及设计分别作了较详细的论述,编者认为,只要透彻掌握这三类最具代表性的智能仪器,其他类型的电子仪器以及电子设备的智能化设计便不会存在大的障碍。第9章简要阐述了个人仪器及系统的原理及设计技术,同时也简要介绍以VXI总线为代表的新一代模块化测试仪器和系统以及基于图形编程的测试软件技术。

在本书的编写过程中,编者综合了近年来智能仪器技术的发展成果,总结了多年来教学实践和开发、研制智能仪器中的体会。本书的特点是:在编排上避免重复一般微机原理及软件基础等课程已讲述的内容,集中讨论各类电子仪器智能化的基础以及实际的设计技术;在内容上,其基础部分强调系统性和先进性,其实际的仪器原理与设计部分注意反映有实用价值的核心技术和反映智能仪器最新发展的实际内容;同时还考虑到兼容性,使电子仪器智能化的原理同样也可以适用于其他电子设备的智能化设计。为符合微机发展的趋势和高等院校计算机系列课程教学的需要,本书侧重研究以单片机和PC机为主要背景的智能仪器。

本书初稿完成后,陈一尧教授对本书稿进行了详尽的审阅,提出了宝贵的修改意见。许其贞教授、甘良才教授也全面阅读过本书稿,提出了一些诚恳的建议。故趁本书出版之际,作者对在本书编写过程中给予帮助的所有同志表示感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,难免存在错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

1997年6月

第 1 章 导 论

1.1 智能仪器的组成及特点

微电子学和计算机等现代电子技术的成就给传统的电子测量与仪器带来了巨大的冲击和革命性的影响。微处理器在 20 世纪 70 年代初期问世不久,就被引进电子测量和仪器领域,所占比重在各项计算机应用领域中名列前茅。在这之后,随着微处理器在体积小、功能强、价格低等方面的进一步的发展,电子测量与仪器和计算机技术的结合就愈加紧密,形成了一种全新的微型计算机化仪器。目前,人们习惯将这种内含微型计算机并带有 GP-IB 等通信接口的电子仪器称为智能仪器,以区别于传统的电子仪器。

一、智能仪器的典型结构

智能仪器实际上是一个专用的微型计算机系统,它由硬件和软件两大部分组成。

硬件部分主要包括主机电路、模拟量输入/输出通道、人-机接口电路、通信接口电路,其通用结构框图如图 1-1 所示。其中主机电路用来存储程序、数据并进行一系列的运算和处理,它通常由微处理器、程序存储器、数据存储器及输入/输出(I/O)接口电路等组成,或者它本身就是一个单片微型计算机;模拟量输入/输出通道用来输入/输出模拟信号,主要由 A/D 转换器、D/A 转换器和有关的模拟信号处理电路等组成;人-机接口电路的作用是沟通操作者和仪器之间的联系,主要由仪器面板中的键盘和显示器组成;通信接口电路用于实现仪器与计算机的联系,以便使仪器可以接受计算机的程控命令,目前生产的智能仪器一般都配有 GP-IB 等通信接口。

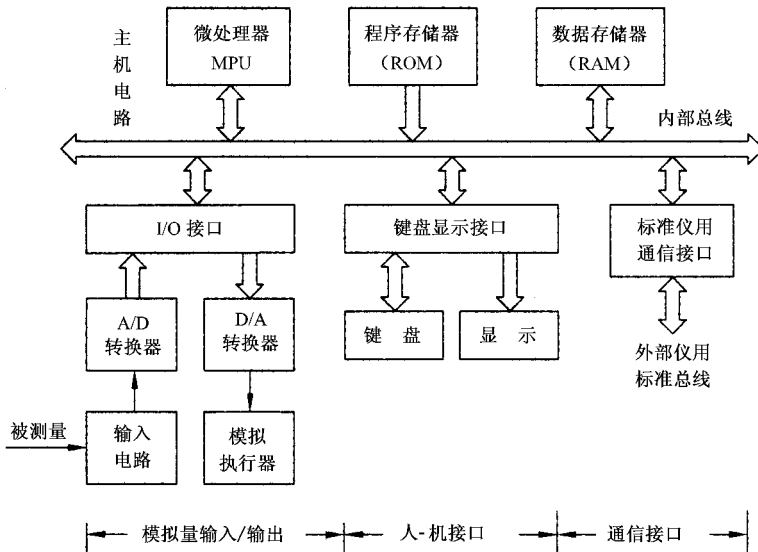


图 1-1 智能仪器通用结构框图

智能仪器的软件分为监控程序和接口管理程序两部分。监控程序是面向仪器面板键盘和显示器的管理程序,其内容包括:通过键盘输入命令和数据,以对仪器的功能、操作方式与工作参数进行设置;根据仪器设置的功能和工作方式,控制 I/O 接口电路进行数据采集、存储;按照仪器设置的参数,对采集的数据进行相关的处理;以数字、字符、图形等形式显示测量结果、数据处理的结果及仪器的状态信息。接口管理程序是面向通信接口的管理程序,其内容是接收并分析来自通信接口总线的远控命令,包括描述有关功能、操作方式与工作参数的代码;进行有关的数据采集与数据处理;通过通信接口送出仪器的测量结果、数据处理的结果及仪器的现行工作状态信息。

二、智能仪器的主要特点

与传统的电子仪器相比较,智能仪器具有以下几个主要特点:

(1) 智能仪器使用键盘代替传统仪器中的旋转式或琴键式切换开关来实施对仪器的控制,从而使仪器面板的布置和仪器内部有关部件的安排不再相互限制和牵连。例如,传统仪器中与衰减器相连的旋转式开关必须安装在衰减器正前方的面板上,这样,可能由于面板的布置受仪器内部结构的限制,不能充分考虑用户使用的方便性;也可能由于衰减器的安装位置必须服从面板布局的需要,而给内部电气连接带来许多的不便。智能仪器广泛使用键盘,使面板的布置与仪器功能部件的安排可以完全独立地进行,明显改善了仪器前面板及有关功能部件结构的设计,这样既有利于提高仪器技术指标又方便了仪器的操作。

(2) 微处理器的运用极大地提高了仪器的性能。例如智能仪器利用微处理器的运算和逻辑判断功能,按照一定的算法可以方便地消除由于漂移、增益的变化和干扰等因素所引起的误差,从而提高了仪器的测量精度。智能仪器除具有测量功能外,还具有很强的数据处理能力。例如传统的数字多用表(DMM)只能测量电阻、交直流电压、电流等,而智能型的数字多用表不仅能进行上述测量,而且还能对测量结果进行诸如零点平移、平均值、极值、统计分析以及更加复杂的数据处理功能,使用户从繁重的数据处理中解放出来。目前有些智能仪器还运用了专家系统技术,使仪器具有更深层次的分析能力,解决专家才能解决的问题。

(3) 智能仪器运用微处理器的控制功能,可以方便地实现量程自动转换、自动调零、触发电平自动调整、自动校准、自诊断等功能,有力地改善了仪器的自动化测量水平。例如智能型的数字示波器有一个自动分度键(Autoscale),测量时只要一按这个键,仪器就能根据被测信号的频率及幅度,自动设置好最合理的垂直灵敏度、时基以及最佳的触发电平,使信号的波形稳定地显示在屏幕上。又例如智能仪器一般都具有自诊断功能,当仪器发生故障时,可以自动检测出故障的部位并能协助诊断故障的原因,甚至有些智能仪器还具有自动切换备件进行自维修功能,极大地方便了仪器的维护。

(4) 智能仪器具有友好的人-机对话的能力,使用人员只需通过键盘打入命令,仪器就能实现某种测量和处理功能,与此同时,智能仪器还通过显示屏将仪器运行情况、工作状态以及对测量数据的处理结果及时告诉使用人员,使人-机之间的联系非常密切。

(5) 智能仪器一般都配有 GP-IB 或 RS-232 等通信接口,使智能仪器具有可程控操作的能力。从而可以很方便地与计算机和其他仪器一起组成用户所需要的多种功能的自动测量系统,来完成更复杂的测试任务。

1.2 智能仪器及测试系统的发展

20 世纪 70 年代以来,在新技术革命的推动下,尤其是微电子技术和微型计算机技术的快速发展,使电子仪器的整体水平发生很大变化,先后出现独立式智能仪器、GP-IB 自动测试系统、插卡式智能仪器(个人仪器)。在此基础上,1987 年又问世了一种被称为 21 世纪仪器的 VXI 总线仪器系统。智能仪器、GP-IB 自动测试系统、个人仪器系统和 VXI 总线仪器系统被誉为近 20 多年来在电子测量与仪器系统中发生的最重大的事情,这些技术的出现,改变了并且将继续改变电子测量与仪器领域的发展进程,使之朝着智能化、自动化、小型化、模块化和开放式系统的方向发展。

一、独立式智能仪器及自动测试系统

独立式智能仪器(简称智能仪器)即前述的自身带有微处理器和 GP-IB 接口的能独立进行测试工作的电子仪器,智能仪器是现阶段智能化电子仪器的主体。也是本书讨论的重点。

独立式智能仪器在结构上自成一体,因而使用灵活方便,并且仪器的技术性能可以做得很高。这类仪器在技术上已经比较成熟,同时借助于新技术、新器件和新工艺的不断进步,这类仪器还在不断发展,不断地推陈出新。当然,这些智能仪器所具有的智能水平各不相同,有的高些,有的低些,但总的说来,随着科学技术的发展,智能仪器所具有的智能水平将会不断提高。

目前,大多数传统的电子仪器已有相应换代的智能仪器产品,而且还出现了不少全新的仪器类型和测试系统体系,使现代电子测量与仪器发生了根本性的变化。我国科研院所使用的电子仪器正在进行着用智能仪器逐步取代相应传统仪器的工作,智能仪器正在或已经成为当前电子实验室的主流仪器模式。因此,认真研究学习智能仪器的原理与设计技术具有很实际的意义。

智能仪器几乎都配有 GP-IB(或 RS-232C)通信接口。GP-IB 是国际电工协会(IEC)1978 年正式推荐的一种标准仪用接口总线,已被世界各国普遍采用。凡是配有 GP-IB 这种标准接口的仪器和计算机,不分生产国家、厂家,都可以借助于一条无源电缆总线按积木式互连,灵活地组成各种不同用途的自动测试系统,以完成较复杂的测试任务。典型自动测试系统如图 1-2 所示。

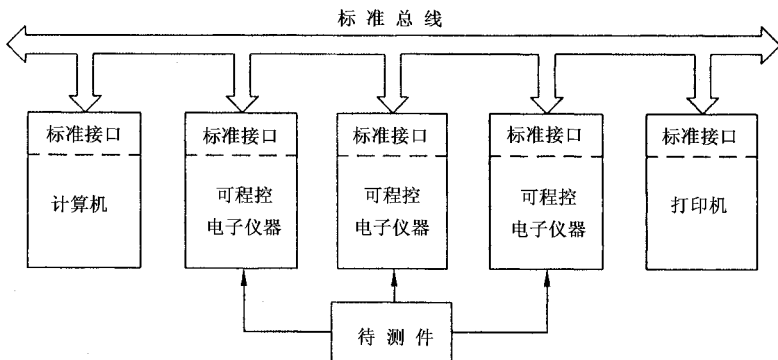


图 1-2 典型自动测试系统

从计算机系统结构的角度来看,由智能仪器组成的自动测试系统是一个分布式多微型计算机系统,系统内的各智能仪器在任务一级并行工作,它们各自具备完备的硬件和软件,因而能相对独立地工作,相互间也可通信,它们之间通过外部总线松散耦合。

一个自动测试系统由计算机、多台程控仪器以及 GP-IB 三者组成。计算机作为系统的控制者,通过执行测试软件,实现对测量全过程的控制及处理;各程控仪器设备是测试系统的执行单元,具体完成采集、测量、处理等任务;GP-IB 由计算机及各程控仪器中的标准接口和标准总线两部分组成,它如同一个多功能的神经网络,把各种仪器设备有机地连接起来,完成系统内的各种信息的变换和传输任务。

自动测试系统具有极强的通用性和多功能性,对于不同的测试任务,只需增减或更换“挂”在它上面的仪器设备,编制相应的测试软件,而系统本身不变。这种自动测试系统特别适用于要求测量时间极短而数据处理量极大的测试任务中,以及测试现场对操作人员有害或操作人员参与操作会产生人为误差的测试场合。

二、个人仪器系统及 VXI 总线仪器系统

个人仪器是在智能仪器的基础上,伴随着个人计算机(PC)登上电子测量的舞台而创造出的一种崭新的仪器品种,它是将原智能仪器中的测量部分配以相应的接口电路制成各种仪器卡,插入到 PC 的总线插槽或扩展箱内,而原智能仪器所需的键盘、显示器以及存储器等均借助于 PC 机的资源,就构成了早期的个人仪器(又称 PC 仪器或仪器卡)。个人仪器系统则是由不同功能的个人仪器和 PC 机有机结合而构成的自动测试系统。

由于个人仪器和个人仪器系统充分地利用 PC 机的软件硬件资源,因而相对传统智能仪器和由智能仪器构成的 GP-IB 总线仪器系统来说,极大地降低了成本,大幅度地缩短了研制周期,显示出广阔的发展前景。

早期的个人仪器及系统存在两方面的缺陷。一是个人仪器及系统是利用 PC 机的内部总线,因而仪器卡在 PC 机内受到了严重的干扰,各仪器卡间也不能同步触发,无法传递模拟信号,为了克服这些方面的缺点,许多仪器生产厂家各自生产专门的扩展仪器卡箱并定义仪器总线。除此之外,早期的个人仪器强调硬件最少,通常不含微处理器,而将各仪器的控制和处理工作统一由 PC 机来处理,使得个人仪器系统的工作速度不高。随着功能强、价格低、集成度高的单片计算机的出现,各厂家普遍将微处理器装入仪器插卡而构成多微型计算机分布式结构,这样不仅可以提高仪器系统的工作速度,还简化系统的组建和测试软件的开发。这种高级的个人仪器系统吸取 GP-IB 仪器系统灵活的模块化结构的优点,同时由于共享 PC 机的外设和软件资源,仍能保持个人仪器系统性能价格比的优势,这就使个人仪器系统发展进入一个新的阶段。

然而上述性能的个人仪器系统的总线是由各生产厂家自行定义而无统一标准,使用户在组建个人仪器系统时难以在不同厂家生产的仪器插卡中进行选配,妨碍了个人仪器的推广和发展。为此,1987 年 HP 和泰克等五家仪器公司在经过一段扎实的工作之后,联合提出适合于个人仪器系统标准化的接口总线标准 VXI 规范,并为世界各厂家所接受。VXI 总线及 VXI 总线仪器系统的问世被认为是测量和仪器领域发生的一个重要事件,围绕着 VXI 总线仪器系统出现了一系列的国际性标准和支持技术,从而使测试和仪器系统进入一个划时代的新阶段。

VXI 总线是一个开放式结构,它对所有仪器生产厂家和用户都是公开的,即允许不同生产厂家生产的卡式仪器都可在同一机箱中工作,从而使 VXI 总线很快就成为测试系统的主导结构。VXI 总线系统(即采用 VXI 总线标准的个人仪器系统)一般由计算机、VXI 仪器模块和 VXI

总线机箱构成,图 1-3 给出了典型 VXI 总线仪器系统的构成形式。VXI 总线是面向模块式结构的仪器总线,与 GP-IB 总线相比其性能有了较大幅度提高。其中 VXI 总线中的地址线 and 数据线均可高至 32 位,数据传输速率的上限可高至 40MB/s,此外还定义多种控制线、中断线、时钟线、触发线、识别线和模拟信号线等。由此可见,VXI 总线仪器集中了智能仪器、个人仪器和 GP-IB 系统的很多特长,并具有使用灵活方便,标准化程度高,可扩展性好,能充分发挥计算机的效能以及便于构成虚拟仪器等诸多优点,因而得到迅速发展和推广,被称为未来仪器和未来系统。

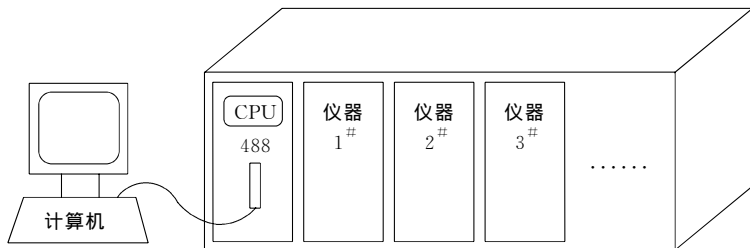


图 1-3 典型 VXI 总线仪器系统

三、软件技术的高速发展及虚拟仪器

在新一代的仪器系统中,计算机软件和测试仪器将更加紧密地结合在一起,随着仪器系统的不断完善及仪器设计思想的发展,软件的重要性及进一步发展的迫切性越来越突出,可以预测,测试界今后的巨大变化将主要发生在软件方面。

为了使仪器系统的硬件设备尽量少,传统仪器的许多硬件乃至整个仪器都可以被计算机软件所代替,例如只使用一块 A/D 卡,借助于计算机的计算功能,在软件的配合下就可能实现多种仪器的功能,如数字多用表,数字存储示波器,数字频谱分析,数字采集系统,数字频率计等。在新一代仪器系统中,计算机处于核心地位。以计算机为核心的仪器系统结构如图 1-4 所示。目前,与计算机一起工作的仪器可分为 GP-IB 仪器、RS-232 仪器、VXI 仪器和数据采集板等 4 类。

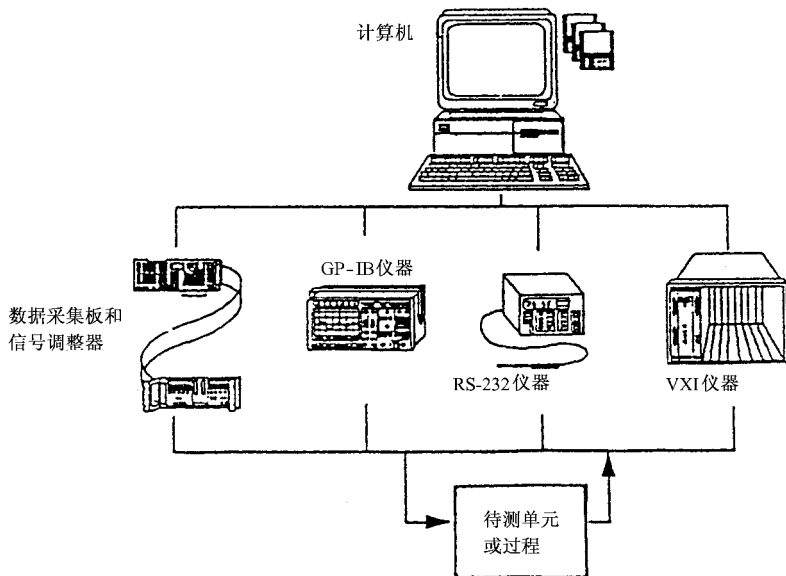


图 1-4 以计算机为核心的仪器系统

除此之外,使用者还希望对仪器本身的技术问题关注尽量少,而将更多的精力转向测试对象,这样即使是用 VC、VB、Delphi 等高级语言编制、调试测试程序,也不能适应现代仪器系统对缩短仪器系统开发时间的要求,因而需要寻求新的编程方法。出于这些考虑,近年来许多公司开发出很多出色的仪器开发系统软件包,其中基于图形设计的用户接口和软件开发环境是最流行的发展趋势。在这方面最有代表性的软件产品是 NI 公司的 LabVIEW、HP 公司的 VEE 等。这些仪器开发系统软件包不仅可以管理 VXI 仪器,还可以管理 GP-IB 仪器、RS-232 仪器等。这些软件系统本身就带有各厂家生产的各类仪器的驱动软件、软面板等,同时还提供上百种数学运算及包括 FFT 分析、数字滤波、回归分析、统计分析等数字信号处理功能。当测试人员建立一个仪器系统时,只要调出代表仪器的图标,输入相关的条件和参数,并用鼠标按测试流程将有关仪器连接起来,就完成了全部的设计工作。利用这些软件,用户可以根据自己的不同要求和测试方案开发出各种仪器。这就彻底突破过去仪器功能只能由厂家定义而用户无法按自己意愿改变的传统模式,获得传统仪器无法比拟的效果。

所谓虚拟仪器是指通用计算机上添加几种带共性的基本仪器硬件模块,通过软件来组合成各种功能的仪器或系统的仪器设计思想。其中激励信号可由微型计算机产生数字信号,再经 D/A 转换器产生所需的模拟信号。大量的测试功能可以通过对被测信号的采样,再经 A/D 转换得到测量结果。许多功能还可以完全由软件来实现,这样就摆脱由硬件构成一件件仪器再连成系统的传统概念。因而从某种意义说,计算机就是仪器,软件就是仪器。

虚拟仪器这种新的仪器设计思想早在 20 世纪 70 年代中期就已提出,但真正发展是在 PC 机被广泛使用之后,VXI 总线仪器系统和图形化仪器开发系统软件的问世为它的进一步发展提供了更加坚实的基础。

1.3 智能仪器的设计要点

智能仪器是以微型计算机为核心的电子仪器,它不仅要求设计者熟悉电子仪器的工作原理,而且还要求掌握微型计算机硬件和软件的原理。因而其设计不能完全沿用传统电子仪器的设计方法和手段。

一、设计、研制智能仪器的一般过程

为了保证仪器的质量,提高研制效率,设计人员应该在正确的设计思想指导下,按照一个合理的步骤进行开发。设计研制一台智能仪器的一般开发过程如图 1-5 所示。各主要阶段的设计原则和工作内容做一简要概述如下。

1. 确定设计任务

首先根据仪器最终要实现的设计目标,编写设计任务说明书,明确仪器应具备的功能和应达到的技术指标。设计任务说明书是设计人员设计的基础,应力求准确简洁。

2. 拟制总体设计方案

在这个阶段,设计者应首先依据设计的要求和一些约束条件,提出几种可能的方案。每个方案应包括仪器的工作原理,采用的技术,重要元器件的性能等;接着要对各方案进行可行性论证,包括对某些重要部分的理论分析与计算以及一些必要的模拟实验,来验证方案是否能达到设计的要求;最后再兼顾各方面因素选择其中之一作为仪器的设计方案。在确定仪器总体设计方案时,微处理器的选择非常关键。微处理器是整个仪器的核心部件,应从功能和性能价

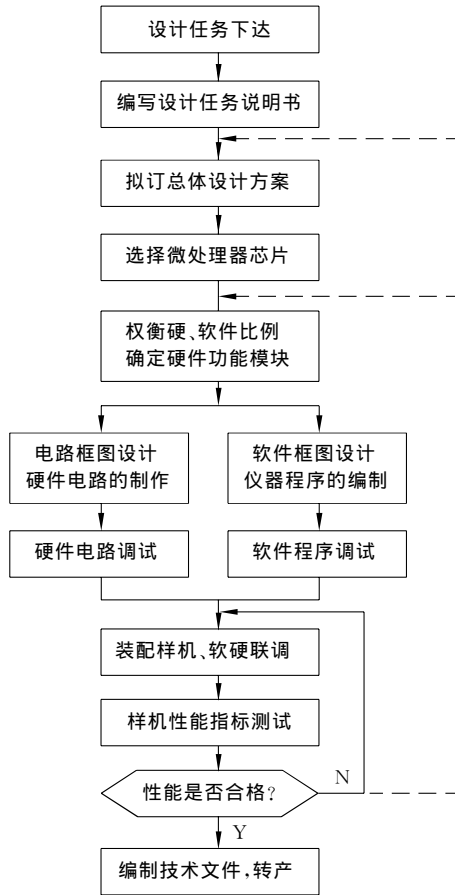


图 1-5 设计、研制智能仪器的一般过程

格比等多方面进行认真考虑。

3. 确定仪器工作总框图

当仪器总体方案和选用的微处理器的种类确定之后,就应该采用自上而下的方法,把仪器划分成若干个便于实现的功能模块,并分别绘制出相应的硬件和软件工作框图。需要指出的是,仪器中有些功能模块既可以用硬件来实现,也可以用软件来实现;设计者应该根据仪器性能价格比、研制周期等因素对硬件、软件的选择做出合理安排。一般来说,多用硬件可以简化软件设计的工作,有利增强仪器的实时性,但成本也相应提高;若用软件代替一部分硬件功能,可减少元器件数量,但相应地增加了编程的复杂性,并使速度降低。因而设计者应在设计过程中进行认真权衡。软件和硬件的划分往往需要经过多次折中才能取得满意的结果。

4. 硬件电路和软件的设计与调试

一旦仪器工作总框图确定之后,硬件电路和软件的设计工作就可以齐头并进。

硬件电路设计的一般过程是:先根据仪器硬件框图按模块分别对各单元电路进行电路设计;然后再进行硬件合成,即将各单元电路按硬件框图将各部分电路组合在一起,构成一个完整的整机硬件电路图。在完成电路设计之后,即可绘制印刷电路板,然后进行装配与调试。

智能仪器一部分硬件电路的调试可以先采用某种信号作为激励,然后通过检查电路能否

得到预期的响应来验证电路是否正常。但智能仪器大部分硬件电路功能的调试没有微处理器的参与很难实现,通常采用的方法是编制一些小的调试程序分别对相应各硬件单元电路的功能进行检查,而整机硬件功能必须在硬件和软件设计完成之后才能进行。为了加快调试过程,可以利用开发系统来进行调试,其方法是:把编制的调试程序或相应子程序装入微型计算机开发系统,将开发系统的仿真器探头插入电路板中的微处理器插座中,以代替电路板中的微处理器芯片,然后对电路板进行调试。

软件设计一般按下列步骤进行:即先分析仪器系统对软件的要求;然后在此基础上进行软件总体设计,包括程序总体结构设计和对程序进行模块化设计,模块化设计即将程序划分为若干个相对独立的模块;接着画出每一个专用程序模块的详细流程图,并选择合适的语言编写程序;最后按照软件总体设计时给出的结构框图,将各模块连接成一个完整的程序。在主程序的设计中要合理地调用各模块程序,特别注意各程序模块入口、出口及对硬件资源占用情况。

软件调试也是先按模块分别调试,然后再连接起来进行总调。这里的软件不同于一般的计算和管理软件,智能仪器的软件和硬件是一个密切相关的整体,因此只有在相应的硬件系统中调试,才能最后证明其正确性。

5. 整机联调

硬件、软件分别装配调试合格后,就要对硬件、软件进行联合调试。调试中可能会遇到各种问题,若属于硬件故障,应修改硬件电路的设计;若属于软件问题,应修改相应程序;若属系统问题,则应对软件、硬件同时给以修改,如此往返,直至合格。

智能仪器的一个突出特点就是硬件软件联系很紧密,整体化很强,因此联调一般都要采用微型计算机开发装置。在联调中还必须对设计所要求的全部功能进行测试和评价,以确定仪器是否符合预定的性能指标,若发现某一功能或指标达不到要求,则应变动硬件或修改软件,重新调试直至满意为止。

经验表明:智能仪器的性能及研制周期同总体设计是否合理,硬件芯片选择是否得当,程序结构的好坏以及开发工具是否完善等因素密切相关;软件的编制以及调试往往占系统开发周期的50%以上,因此,程序应该采用结构化和模块化方法编程,这对查错、调试极为有利。设计、研制一台智能仪器大致需要经过上述几个阶段,实际设计时,阶段不一定要划分得非常清楚,视设计内容的特点,有些阶段的工作可以结合在一起进行。

二、智能仪器主机电路的选择

在智能仪器系统中,通常把微处理器及与其相连的存储器 and I/O 接口电路称为主机电路,主机电路实际上就是一个微型计算机,它是智能仪器的核心部件。由于主机电路的性能直接影响整机硬件电路和软件系统的设计,并对智能仪器的功能、性能价格比以及研制周期起决定性的作用,因此在设计任务确定之后,首先应对智能仪器的主机电路进行认真的选择与设计。

从应用的角度来看,计算机可以分成通用计算机系统和嵌入式计算机系统(简称嵌入式系统)。通用计算机系统是指日常使用的PC机系统、工作站、大型计算机和服务器等。而嵌入式系统则是指把微处理器、单片机(微控制器)、DSP芯片等作为“控制与处理部件”,嵌入到应用系统中,虽然嵌入式系统的核心是计算机,但它是以某种设备的形式出现的,其外观不再具备计算机的形态。很显然,智能仪器属于嵌入式系统,它虽然以微型计算机为核心,但它不以计算机的形态出现,而是作为宿主设备的控制器智能地体现仪器设备的功能。同样,个人仪器系统、VXI总线仪器系统等则可视以为通用计算机系统为基础的应用系统。