

微机电电子仪器的实用设计

陈 成 主编

内 容 提 要

本书以我国先进的微机电仪器为例，较系统地阐述了微机电仪器的原理和设计思想、设计方法。内容包括微处理机的选用、仪用接口、校准源、数字多用表、元件参数测量仪、时间频率测量仪、数字存储示波器、逻辑分析仪、任意波形信号发生器、控制机与自动测试系统、等等。

本书可供从事微机应用的技术人员、大专院校师生参考。

微机电仪器的实用设计

陈 成 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路 8 号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 16.25印张 370千字
1987年5月第一版 1987年5月北京第一次印刷

印数0001—8210册 定价3.35元

书号 15143·6274

序 言

我们很高兴地向您推荐《微机电子仪器的实用设计》一书。这是一本由十几位多年从事电子仪器设计并亲身设计过智能仪器的工程技术人员合作撰写，讲述怎样把微机用到电子仪器上的专业参考书。书中所依据的都是比较先进的国产智能仪器。这本书的实用性很强，既讲了理论，也总结了我国先期智能仪器开发的经验，可以帮助读者在设计、开发智能仪器乃至应用微机时找到捷径，很适合从事微机应用的科技人员、大专院校的师生阅读。

“七·五”期间，我国电子工业要重点发展以计算机辅助设计、制造和测试为中心的大生产技术，电子仪器与计算机结合已成为电子仪器的发展方向。《微机电子仪器的实用设计》一书顺应了这种形势。

《微机电子仪器的实用设计》一书的出版将促进我国智能仪器的研制和应用，为开拓更多的微机应用领域服务。

我们对辛勤培育这一丰硕果实的各位作者以及水利电力出版社的同志们表示感谢。

电子工业部李乐农

一九八七年

前 言

微机电子仪器具有高精度、多功能、智能化等特点。为了促进智能仪器的发展,适应科研生产和有关专业教学的需要,我们组织了国内多年从事微机与智能仪器研制方面的工程技术人员,编写了这本《微机电子仪器的实用设计》。

全书共分十一章,前三章论述了微机电子仪器的特征及发展、微处理机的选用原则和仪用接口;中间七章详细介绍了各类仪器的设计思想、设计方法、工作原理、电路分析等,并把重点放在软硬件结合方面;最后一章介绍了自动测试系统。

本书的作者第一章陈成、米双东,第二章吴才莉,第三章王璋、蒙珍年、刘家伦,第四章刘山泉,第五章李毓俊,第六章黄贤武、何丽珍,第七章汪铁华,第八章黄绍文,第九章张光明,第十章王非亚、黄宁,第十一章许源喜、陈保和、杨华盛、蒙珍年。此外,肇新谟、潘壮、万晓、殷宝盛、金炳华、袁采维等同志也参加了本书的有关工作。

本书的编写是在电子工业部销售局的组织下完成的。北京无线电技术研究所的慕振兴工程师在选稿中作了大量的工作,谨此表示衷心的感谢。

《微机电子仪器的实用设计》编委会

一九八七年于北京

目 录

序 言

前 言

第一章 导论	1
1.1 微电子仪器概论	1
1.2 电子仪器的水平现状	3
1.3 微电子仪器的设计考虑	5
第二章 微处理机的选用	8
2.1 概述	8
2.2 选用微处理机时要考虑的一些因素	8
2.3 对几种微处理机的评价	13
2.4 单片微处理机	17
第三章 仪用接口	22
3.1 BCD编码的接口	22
3.2 IEEE-488接口	30
3.3 RS-232C接口	48
第四章 元件参数测量仪	54
4.1 概述	54
4.2 ED2814LCR自动测量仪的工作原理	54
4.3 微处理机的选用与软硬件的设计方法	70
第五章 数字多用表	85
5.1 概述	85
5.2 微处理机数字多用表的工作原理	85
5.3 A/D变换器的分析	86
5.4 数字多用表中全机地址的分配方法	87
5.5 积分器和计数器的设计	90
5.6 显示器的设计	93
5.7 开关的控制编码和驱动	99
5.8 自动量程	100
5.9 数字多用表零点的软件校正	101
5.10 数字多用表误差的软件修正	103
5.11 数字多用表的自诊断	105
5.12 数字多用表中的数据运算处理功能	106
5.13 整机软件设计	109
第六章 时间频率测量仪	112

6.1	概述	112
6.2	EE3301型计算计数器	112
6.3	AW3372型等精度频率计	142
第七章	校准源	153
7.1	概述	153
7.2	BY2052精密直流校准源的工作原理	157
7.3	BY2052精密直流校准源微处理机部分的原理与设计	165
7.4	利用BY2052精密直流校准源校验数字电压表	179
第八章	任意波形信号发生器	181
8.1	概述	181
8.2	仪器设计的总体考虑	181
8.3	仪器的主要技术性能	182
8.4	仪器的工作原理及系统组成	182
8.5	仪器的工作	188
第九章	数字存储示波器	194
9.1	概述	194
9.2	示波器中应用微处理机的基本原理	194
9.3	硬件设计	202
9.4	软件编制方法	207
第十章	逻辑分析仪	215
10.1	概述	215
10.2	EE4511逻辑/特征分析仪的工作原理	217
10.3	EE4511逻辑/特征分析仪的功能分析	228
10.4	微机的软硬件设计	230
第十一章	控制机与测试系统	239
11.1	概述	239
11.2	控制机	239
11.3	用IEEE-488组成系统	242
11.4	自动测试系统的软件设计	246
11.5	仪器控制器系统	248
结束语		254

第一章 导 论

1.1 微机电子仪器概论

在微处理机问世以前,电子仪器是一种功能单一的仪器。七十年代初,微处理机问世并很快地被用于电子仪器中;七十年代中期,产生了以微处理机为基础的仪器,即通常所说的单机智能仪器(是本书介绍的重点);七十年代末期,用IEEE-488接口总线将一台计算机和一组仪器联合在一起构成的自动测试系统问世;八十年代初,又出现了一种以个人计算机为基础,用仪器电路板的扩展箱与个人计算机内部总线相连的个人仪器。下面将分别予以论述:

1.1.1 单机智能仪器

单机智能仪器是指自身采用微处理机的仪器,它的组成如图1-1所示。

单机智能仪器在结构上的主要特点是:

A.以微处理机部分为核心,配以其它外部电路。

B.总线包括数据总线,地址总线和控制总线。

C.硬件减少,面板改观。由于采用微处理机而淘汰了许多传统硬件,特别是面板上的开关、控制与调节器。

单机智能仪器在功能及设计方面的主要特点是:

A.功能增多,性能提高。如智能数字多用表,除可测交直流电压、电流、电阻及温度外,还可自选量程、自动校准、自动调零等。

B.具有键盘选择功能和数据处理能力。许多智能仪器通过键盘选择功能和数据处理程序,使使用者从繁重的数据处理中解放出来,并能以适当的单位显示运算结果。

C.设计制造容易,便于维修,可靠性高。由于智能仪器设计的重点是软件,一旦研制出来,制造就较为容易,并且易于改变仪器功能(只要更换程序即可);由于硬件减少,大规模集成电路的功耗较低,因此,维修较简单,可靠性提高。

D.具有对外接口功能,可以遥控和接入系统中使用。

E.集中控制是智能仪器的另一特点。传统电子仪器采用分散控制,而智能仪器则由微处理机集中控制。近年来,又出现一台仪器采用多个微处理机的产品,因而又形成了以一

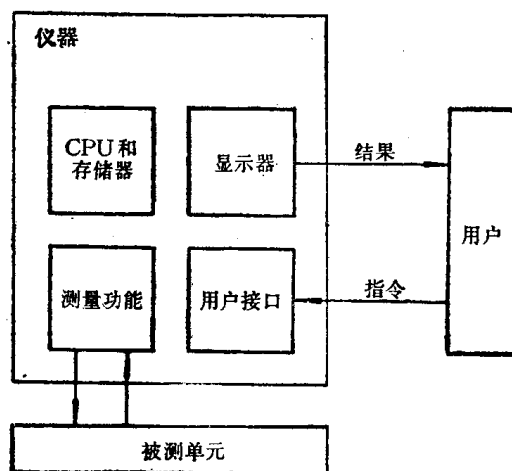


图 1-1 单机智能仪器框图

个微处理机为主，其它为从属控制器的集中控制。

1.1.2 自动测试系统

所谓自动测试系统是指利用IEEE-488标准接口总线将一台计算机（或控制器）和一组仪器（包括测量仪器、记录仪器、等等）联合在一起构成的系统，如图1-2所示。这种计算机仪器系统允许用户利用计算机对系统进行控制并完成测试和数据分析等工作。这种系统的主要特点是实现了仪器之间的信息传递，而实现信息传递的桥梁则是当前国际上普遍采用的IEEE-488接口总线。凡按照这种接口生产的仪器，不分国别和厂家都能组合在一起成为系统，使组建灵活，改建容易，维修方便。

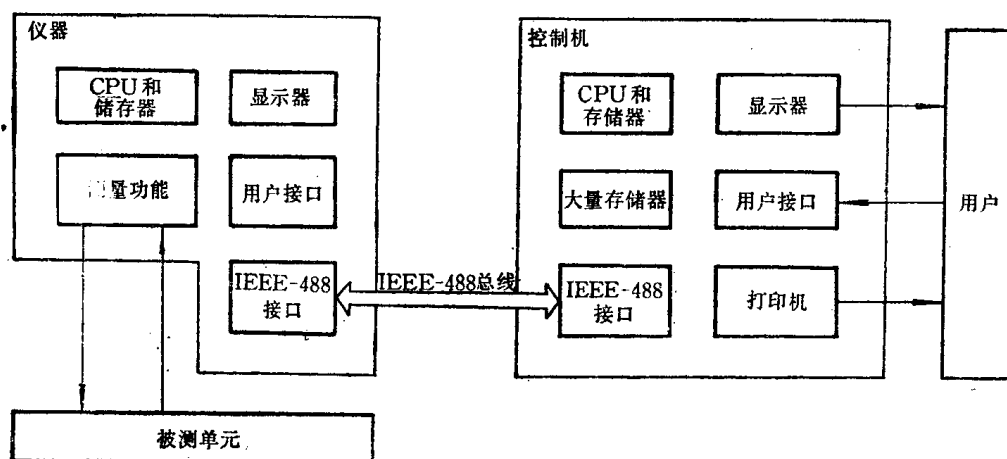


图 1-2 采用IEEE-488标准接口的自动测试系统框图

IEEE-488接口标准总线亦称仪器接口总线或通用接口总线（ **GPIB** ）。IEEE-488是美国电气与电子工程师协会的版本。因它首先由美国HP公司所发明，因而亦称HPIB。后来又被美国国家标准协会（ANSI）、国际电工委员会（IEC）等的出版物所承认，因而又出现ANSIMC.1.1、IEC625-1等版本。目前在国际上虽然流行的版本很多，实际上性能是一致的。除IEC625-1的连接器的25脚外，其余版本皆为24脚。它们的管脚分配如下：8根地线（IEC625-1为9根）、16根信号线（8根数据线、3根数据传输线、5根管理线）。

采用该接口可将多达15台的仪器连接在一起，它的传输速率为1兆拜特/秒，传输距离为20m。若通过接口扩展器可将通讯距离延长至1000m；若借助于调制/解调器和电话网络可使通讯距离延长到由电话网确定的长度。

另一种常见的接口是美国电子工业协会（EIA）的RS-232C（详见第三章），它是连接数据终端设备（DTE）和数据通讯设备（DCE）的一种标准接口，是串行异步数据接口，适于连接终端显示设备、电传打字机、计算机、等等。它通过电缆线与调制/解调器一起使用，完成100m以上的远距离信息传输，传输速率为100~9600波特。

当设计和组建一个测试系统时，一般步骤如下：

A. 确定问题——分析测试任务并提出解决办法。

B. 选择仪器。

- C. 选择控制器。
- D. 解决各种装置的接口问题。一般和标准接口兼容的仪器设备基本上不存在接口问题。
- E. 组成测试系统。
- F. 编写公用程序和应用程序，即编写有关软件。
- G. 编制测试系统的文件。

1.1.3 个人仪器

个人仪器是一种将激励和测量两方面功能和计算机紧密结合在一起的台式测试系统。它包括仪器扩展箱和个人计算机两个主要部分。仪器扩展箱包括测试电路和与个人计算机相连的接口电路，它实际上成为计算机的外部设备。它不仅充分利用计算机的计算、编程能力以及计算机的众多软件，而且还可以利用计算机的键盘、显示器和打印机输出输入数据。

与个人计算机结合产生的第一种个人仪器是数字存储示波器。现在，这方面已经有了很大发展，如频谱分析仪、快速傅立叶变换频谱分析仪、函数发生器、任意波形发生器、模拟信号发生器、串行数据发生器、瞬态波形记录仪、等等，并且已有仿真仪和微处理机开发系统的广告商品。从技术上讲，个人仪器不仅包含基本的激励和测试功能，而且包括先进的信号分析、逻辑分析和仿真功能、等等。

个人仪器为电子仪器的设计提供了新的思路，它的方框图如图1-3所示。

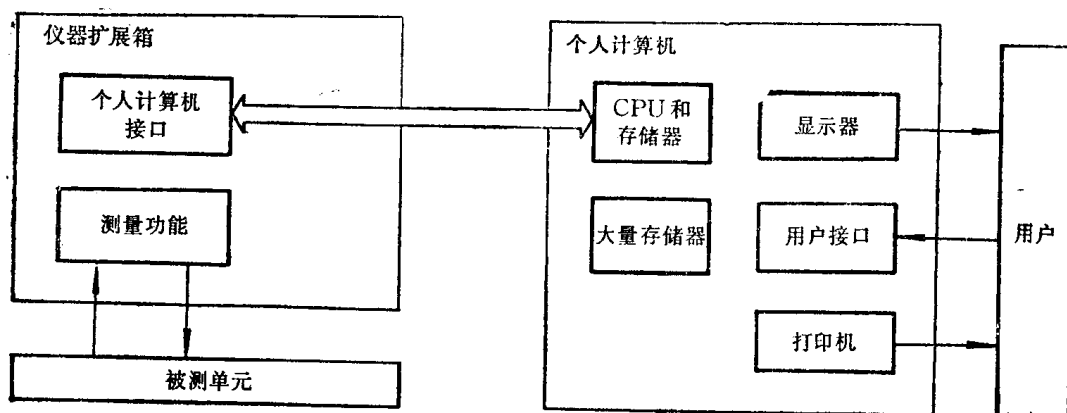


图 1-3 个人仪器框图

1.2 电子仪器的水平现状

从三十年代开始，电子仪器已逐渐从其它行业中分离出来，五十年代已形成了一个较完整而独立的工业。以美国为例，在所有电子整机产品中，电子仪器的发展仅次于计算机工业的发展。电子仪器之所以能形成一个独立的门类是与其特殊性分不开的，即：

- A. 电子仪器工业属于技术密集工业。
- B. 门类庞杂，品种繁多。
- C. 对新技术敏感，产品更新快。

D.生产特点是多品种、小批量。

E.对特殊元件、器件的指标要求高。

F.投资大、效益大。

在电子仪器中,模拟仪器的水平在七十年代基本上已满足了一般的工业要求,数域仪器到八十年代初期已成为电子仪器发展的核心。这是计算机技术特别是微处理机技术以及集成电路技术的发展所引起的必然结果。数域仪器的基本定义就是用数字的办法来解决数

表 1-1 国外各类电子仪器的综合技术水平

产 品 名 称	主 要 技 术 性 能
数字电压表 (万用表)	直流电压精度: 1×10^{-6} ; 分辨力: 1nV
功率计	读数速度: 34000次/s; 显示数位: 8 ¹ / ₂ ; 测量范围: 最小10pW, 最大250kW; 测量频率: 最高33GHz; 精度: 最高0.05%; 读数速度: 500次/s
电阻测试仪	测量范围: 最低0.01 $\mu\Omega$, 最高E Ω ; 精度: $\pm 0.003 + 1$ 字
电感测试仪	测量范围: 最低0.1nH, 最高20MH; 精度 1×10^{-6} , 最高 $\pm 0.05\%$
电容测试仪	测量范围: 最低 10^{-13} F, 最高20F; 精度: 10×10^{-6}
集成电路测试仪	管脚数: 384根; 图形深度: 256K; 时钟频率: 100MHz; 时钟脉冲相数: 18
电子计数器	频率: 最低0.000001Hz, 最高110GHz; 分辨力: 0.000001Hz(1秒测量时间); 时基稳定度: 5×10^{-8} /d; 时间间隔分辨力: ± 20 ps(单次), 0.1ps(重复)
信号发生器	频率: 最高75GHz(速调管), 18GHz(固体); 连续功率: 100W; 单边带相位噪声: 低于载频137dB/Hz, 输出0.013 μ V
函数发生器	频率: 最低 2.85×10^{-9} Hz, 最高50MHz; 最大输出: 40V
脉冲发生器	重复频率: 1GHz; 上升时间: 最快20ps; 输出功率: 最大31kW; 最大输出幅度: 50000V
扫频信号源	频率: 最高110GHz(固体), 120GHz(返波管); 最大稳幅输出功率: 500W(返波管), 50mW(固体); 最大扫描宽度: 10MHz~18.5GHz
频率合成器	频率: 最高40GHz; 频率稳定度: 5×10^{-11} /d; 非谐波寄生信号: 80dB; 分辨力: 0.000001Hz; 转换时间1.5 μ s
合成信号发生器	频率: 最高26GHz; 频率稳定度: 5×10^{-11} /d; 转换时间: 5 μ s
网络分析仪	频率: 最低1Hz, 最高40GHz; 动态范围: 115dB; 分辨力: 0.005dB
通用示波器	频率: 最高1000MHz; 灵敏度: 10 μ V/cm; 扫速: 200ps/cm; 时间间隔测量精度: 0.002%
记忆示波器	频率: 最高400MHz; 存储记录速度: 2500cm/ μ s
数字存储示波器	频率: 50MHz; 灵敏度: 5 μ V; 幅度测量精度: $\pm 0.05\%$; 分辨力: 0.025%
取样示波器	频率: 0~18GHz; 灵敏度: 1mV/cm; 扫速: 10ps/cm
频谱分析仪	频率: 110GHz; 灵敏度: -159mWdB; 分析谱宽: 20GHz; 动态显示范围: 120dB; 分辨力: 2×10^{-3} Hz
失真分析仪	测量范围: 0.001%
调制度测试仪	频率范围: 最高2GHz; 调频频偏范围: $\pm 1 \sim \pm 400$ kHz; 精度 $\pm 1\%$; 调制度0~100%; 精度 $\pm 1\%$
逻辑分析仪	输入通道: 104; 时钟频率: 660MHz; 存储容量: 4096位/通道
误码率测试设备	测量范围: $9.9999 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-11}$; 钟频: 50~2000MHz; 输出抖动 ≤ 150 ps; 上升/下降时间 ≤ 200 ps

注 表中的数字是从同类仪器的很多产品中优选出来的,并不是单一仪器所能达到的最高水平。

字的问题,即采用数字的办法检测数字信号。数域测量仪器有逻辑分析仪、仿真仪、特征分析仪、总线分析仪、微机开发系统和大型数据测试网络、等等。

我国在六十年代初,将数字技术应用于电子仪器,中期,做为商品提供给用户(如数字电压表、数字频率计、三用自动电桥、等等),为我国电子仪器的智能化打下了基础。1980年前后将微处理机应用于电子仪器上,1982年研制出带微机的电压表和频率计,随后,智能阻抗电桥、智能逻辑分析仪,智能网络分析仪等先后出现。目前,我国的智能仪器已有一些产品。

我国电子仪器的技术水平近年来有很大的提高,高档仪器的个别电性能指标已接近国外水平,差距只有1~2年;低档仪器的产品水平(指模拟仪表)也基本相近;中档仪器的较高级产品水平相距较大,大致有10~15年。在各类技术指标中,可靠性指标差距最大。国外电子仪器的平均无故障间隔时间为5000~10000小时,甚至个别公司将产品保修期定为10年。近年来,我国有些厂家的某些产品,平均无故障时间达1000~2000小时。

关于国外各类电子仪器的综合技术水平于表1-1提供给读者,供参考。

1.3 微机电子仪器的设计考虑

对于一个好的仪器设计来说,需要考虑的问题很多,一般分性能、使用、物理和经济四个方面。性能方面包括测量精度、灵敏度、功耗、速度、处理信息容量、自动化程度(自调零、自校准、自补偿、自学习、自诊断、等等)、稳定性、可靠性、等等;使用方面包括操作方便程度、可维修性、可移动性、与系统的兼容性、生存力和扩充性、等等;物理方面包括尺寸、重量、结构复杂程度、等等;经济方面包括一次投资、附件及备件费用、安装调试费、日常费用、等等。

对于一个微机电子仪器的设计,除考虑上述之外,尚须主要考虑以下四个问题:

A.微机的选择:如字长、存储器及堆栈的大小、算术与逻辑运算、接口要求、中断能力、直接存储器访问(DMA)能力、电源要求、价格以及对候选微处理机的熟悉程度和所具有的开发手段情况等。

B.硬件设计的考虑:包括组成微机系统的基本硬件、仪器其它部分的硬件和接口等。

C.软件设计:依据微机为完成仪器各种功能需要执行的流程图编写程序,即软件。制造时,将该程序的机器码写入只读存储器成为固件。

D.硬件/软件的综合开发,力求系统功能最优。

为了具体说明微机电子仪器的设计步骤,由图1-4可以大致看出总的设计过程。任务下达之后,首先要明确整机技术指标,然后明确软硬件的分目标;待整体构思完毕之后,开始分别设计软件和硬件,并进行调试。当分别调试合格时,还要对软件/硬件进行联合调试(调试中要发现可能存在的问题:属于硬件问题、软件问题、还是系统问题),应视问题所在,分别予以修改,如此往返,直至合格。

图1-5给出了软件的设计过程。设计者根据整机对软件提出的要求,先编写源程序。编写时,可根据需要选用高级语言或汇编语言,运用所具有的开发工具(如微机开发系统)

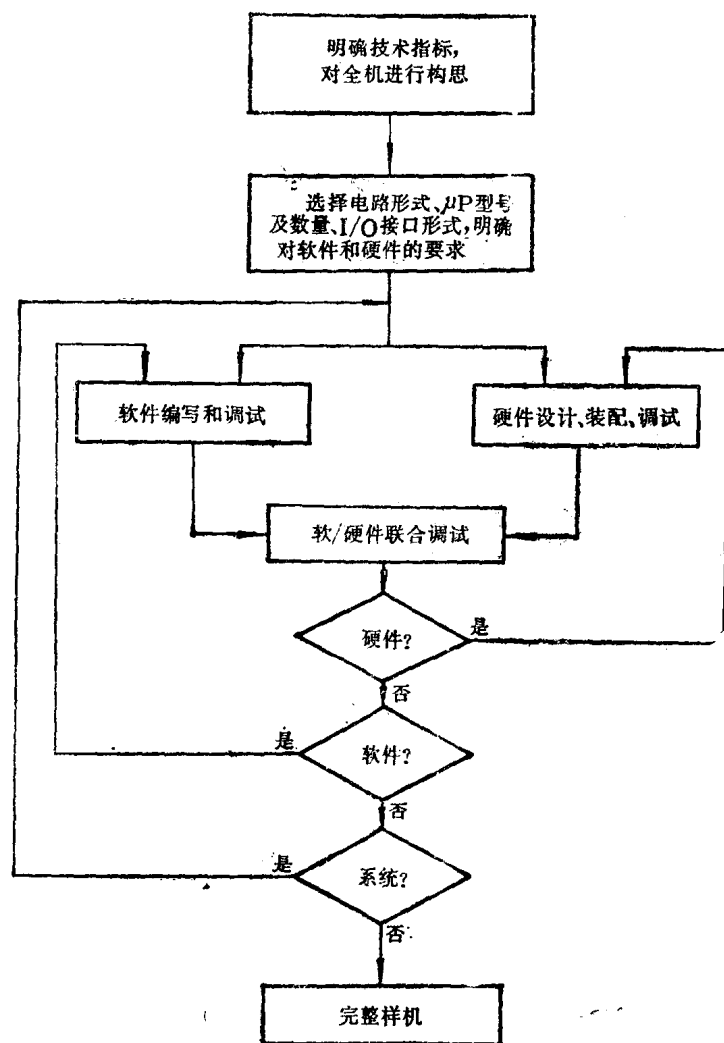


图 1-4 微机电仪器设计的总过程

或人工进行编译及汇编；得到相应的目的程序模块后，再和需要的通用程序库连接在一起，形成智能仪器所需的软件程序，并进行软件调试。有问题时，重新修改；无问题，则进入整机做软件/硬件的联合调试。由此过程可以看出，软件设计在微机电仪器中占据着重要地位，工作量也较大。

综上所述，微机电仪器的发展标志着电子仪器已跨入了一个崭新的时代。测量技术与计算机技术的巧妙结合，打破了仪器与计算机之间的界限。从微处理机放入电子仪器成为智能仪器到各种仪器的功能插件与个人计算机的结合，使仪器自身不但具有测量和采集

信息的传统功能，还具有计算机原有的处理信息，并将其输出进行控制的能力。这一飞速发展的过程，是仪器与计算机的发展融合在一起的过程。今后，道路仍是宽阔的，还有待去开拓。

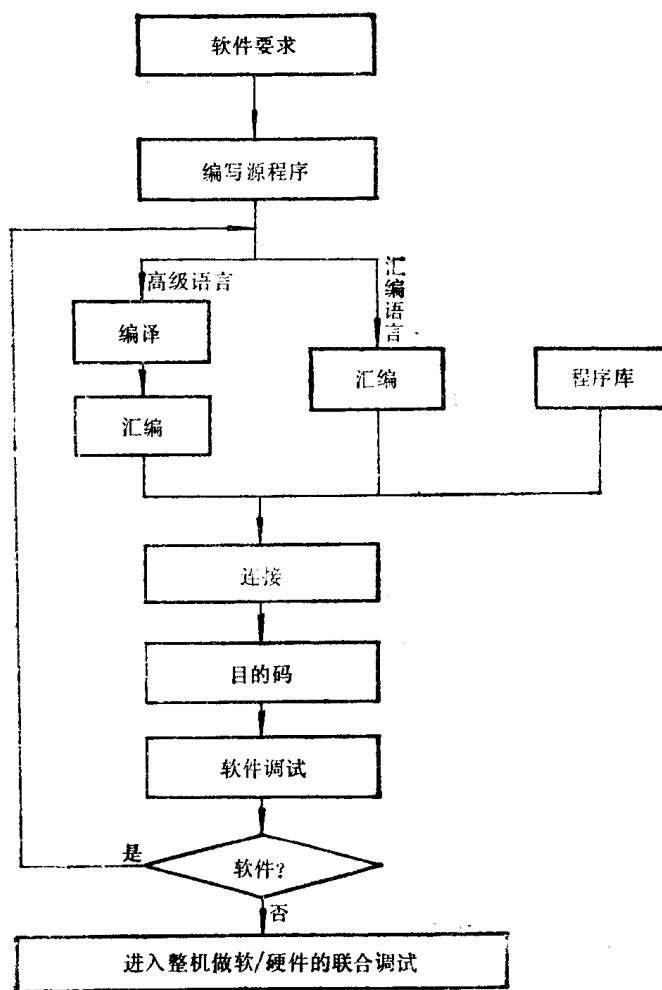


图 1-5 软件设计过程

第二章 微处理机的选用

2.1 概 述

研制一种新仪器时,在仪器基本功能确定后,首先要考虑是否要采用微处理机。设计人员应从仪器性能、可靠性、效率以及经济效益等方面进行综合考虑。一般说来,在一些功能和性能要求不高的简单仪器中,采用随机逻辑电路对降低成本可能是有利的;在一些较复杂以及大批量生产的仪器中,采用微处理机可以使硬件电路大大简化,降低对元器件的要求并提高性能,虽然研制软件花费较大,但总的成本还是下降的。更重要的是,采用微处理机使设计灵活、修改方便,并使电子仪器获得一些用随机逻辑设计很难实现的功能。

在微机电子仪器中微处理机的选择直接影响整机的硬件和软件设计,必须慎重对待。本章主要介绍选用微处理机(μP)时主要考虑的一些因素,以及几种通用的微处理机芯片,并对单片微处理机作一重点介绍。

2.2 选用微处理机时要考虑的一些因素

目前,微处理机的种类繁多。从字长分,有1位、4位、8位、16位、32位以及位片式等。从工艺分,有PMOS、NMOS、HMOS、CMOS、双极型等。从内部结构分,有标准结构、单片机、双片机、位片结构等。有些微处理机设计得类似于计算机,有些设计成控制器,有些则兼有控制和数学运算的特点。用户应根据不同的应用场合选用不同类型的微处理机。如果在控制应用中选用面向计算的微处理机,就会增加控制接口的复杂性,而其计算能力又不能充分发挥。在要求大量接口而数据处理不多的场合,就可以使用面向I/O的微处理机。

在电子仪器中使用的微处理机一般既要求具有控制能力,又要求有一定的数学运算能力、较快的处理速度和较强的中断处理能力和位处理能力。

当然,要比较、评价各种微处理机是非常困难的事情,尤其是全面评价。一般在电子仪器中选用微处理机时要考虑的因素将在下面介绍。

2.2.1 字长

微处理机的字长定义为并行数据总线的数目。在大多数微处理机中,内部运算器、寄存器的位数与I/O总线位数是一致的。微处理机的字长直接影响着数据的精度、指令的数目、寻址能力和执行操作的时间。一般说来,字长较长的微处理机能处理范围较宽的算术值,可以有较多的指令,但是,将导致有较“宽”的存储器、较“宽”的数据总线和连接器,连到总线上的接口也要有较“宽”的位数。例如,16位微机系统的4k存储器需要二

倍于8位微机系统的4k存储器,使辅助电路大为复杂。

由此可见,从数据处理的角度考虑,希望字长长一些好,但从减少辅助电路复杂性和降低整机成本考虑,则字长短一些为宜。因此应尽量合理地安排字长,在满足实际应用的要求下,使用字长较短的微处理机芯片。

1.1 位微处理机

这种微处理机是一次输入、输出信息的,它有两种状态:0和1。其结构比多字长微处理机简单。在工业控制中可以用来对大量装置状态和开关状态进行控制,以取代固体逻辑器件和继电器。

2.4 位微处理机

4位微处理机是一种控制型微处理机。早期生产的4位微处理机都是多片机,由CPU、ROM、RAM、I/O接口等组成。这类产品有Intel4040、ROCKWELLPPS4、 μ COM4、等等。后来发展为由两片组成,如PPS4/2、 μ COM41、等等。近年出现的4位机多为单片,如PPS4/1、 μ COM43、TMS1000系列、等等。其指令系统面向控制应用,因此执行数据处理是很麻烦的。

4位字长微处理机适用于消费类产品,可以用于各种家用电器,也可以用于工业控制、办公设备。

3.8 位微处理机

8位微处理机是应用很广的微处理机,既适用于数据处理,又可以用作控制器。目前常用的有8080、6800、Z80、6500、等等。一些厂家在保留这几种微处理机特点的基础上更新工艺、改造功能、提高速度、降低功耗,发展了8085、8088、6803、6809、Z80B等微处理机。这些微处理机成本适宜,软件日趋成熟而且有兼容性,并具有种类齐全的支持芯片,如各种容量的存储器、通用的并、串行接口芯片、优先权中断控制芯片、DMA芯片、IEEE-488接口芯片、等等。它们可以方便地组成各种不同规模的系统。8位微处理机在仪器中作为信息处理很方便,可以方便地进行ASCII字符或位操作处理。例如,当使用多字节运算(如2字节、3字节运算)时能满足一般电子测量仪器的精度要求。因此,对于一般测量精度要求不高和用于控制过程的微机电仪器,如数字电压表、信号合成器、等等,均可以采用8位微处理机。

4.16位微处理机

这种微处理机的运算精度适合于大多数的数据处理工作。有68000、Z8000、TM9900等。16位微处理机的基本指令功能强,数据类型、寻址方式多,改进了算术和逻辑运算的执行速度。它有许多类似小型机的16位操作码,而不是8位操作码;可以有较复杂的指令,从而简化程序的编制,提高程序的可测性和可以支持高级语言,能提供新的软件能力和支持先进的程序设计。但是用16位微处理机构成系统时辅助电路复杂,硬件成本高。一般用于控制过程相当复杂或对速度和计算要求很高及进行实时数据处理时,例如实时信号分析系统、仪器控制器、等等。

2.2.2 处理速度

微处理机的处理速度不够常常限制仪器的某些指标,在选用微处理机时应充分考虑这

一点。

处理速度主要与以下几个因素有关：微处理机的时钟速率、执行给定指令所要求的周期数以及指令系统。

微处理机时钟速率定义为输入到微处理机的时钟频率——每秒产生的时钟脉冲数。对于同一系列的微处理机，处理速度正比于时钟频率。例如，采用4MHz时钟的Z80A要比采用2MHz时钟的Z80速度快一倍；采用2MHz时钟的MC6800B要比采用1MHz时钟的MC6800的速度快一倍。不同系列的微处理机采用不同的方法执行程序。有些微处理机采用高速时钟和许多微操作，如8080、Z80、TMS9900，有些则采用低速时钟和少量强有力的操作，如MC6800。因此，在不同型号的微处理机相比较时不但要看时钟频率的高低，还应该看执行一条指令需要多少个时钟周期。例如，标准的8080A采用2MHz ($0.5\mu\text{s}$) 时钟频率，执行RLC指令（累加器循环左移）需要4个时钟周期，即执行该指令所需时间为 $4 \times 0.5\mu\text{s} = 2\mu\text{s}$ 。而标准的6800采用1MHz ($1\mu\text{s}$) 时钟频率，执行ROL（累加器循环左移）只需2个时钟周期，因此执行该指令所需时间为 $2 \times 1\mu\text{s} = 2\mu\text{s}$ 。由此，8080A与6800执行累加器循环左移的速度是相当的。

为了比较微处理机的处理速度，可以建立一个检测程序。所谓检测程序就是用户写的、用来检查被考虑的微处理机操作速度的“典型”程序。比如，信息转移程序或乘法程序都可以作为典型的检测程序（但是，在大多数情况下，程序是各种功能的混合，不容易确定单一的比较基准）。

另外，微处理机的芯片工艺直接影响着微处理机的执行速度。这些工艺主要有NMOS、PMOS、CMOS、双极型等。PMOS工艺成熟，成品率高，但是速度较慢。NMOS的速度比PMOS快。CMOS结合了PMOS和NMOS工艺的特点，技术特点介于这两者之间。双极型的速度最快，它的主要缺点是功耗大，集成度低，至今还不能在一个芯片上制造出完整的单片微处理机，而不得不应用位片结构。电子仪器在选用微处理机的速度指标时应兼顾其它指标，不能一味求高。通常，仪器采用MOS工艺微处理机及其存储器在速度上已可以胜任，只有在要求特别高时，如一些高频仪器才选用双极型芯片。

2.2.3 编程的灵活性

微处理机的指令系统是编程灵活性的标志。多种寻址方式和内部寄存器的适宜设置可一定程度地简化编程，节省存储空间，提高程序的运行速度。下面就从有关的方面介绍其与编程灵活性的关系。

1. 指令集

微处理机的各类指令决定了它所能执行的任务。一般说来，微处理机的指令数越多，特定操作指令就越多，这样就可以提高编程的灵活性，缩短程序，减少所占的存储空间。然而不能只看指令数量的多少，更应该注意指令的操作内容。既要注意I/O指令、按位操作指令，也应该注意数据操作指令，如加法指令、减法指令、双倍精度加法指令、乘法指令、十进制算术调整指令、算术移位指令、2的补码指令、算术条件分支指令等。可见，指令数以及指令的操作内容一定程度地影响着编程的灵活性。

微处理机能执行的指令数是一个非常迷惑人的数字。指令的精确数字由于每个制造厂

计算指令的方法不同而不同。比如, 8080大约有100多条指令, MC6800的基本指令为72条, 但如果考虑不同的寻址方式, 则MC6800的实际指令数要比8080多。

2. 寻址范围和寻址方式

微处理机的地址长度反映了该微处理机的可寻址范围, 它表示系统中可存放的程序和数据量。

指令的一个重要组成部分是操作数, 由它指定参与运算的数或者数所在单元的地址。如何得到这个地址就是寻址方式。寻址方式越多, 则微处理机的编程灵活性越大。

3. 中断能力

在电子仪器的使用过程中, 操作者随时可能从面板键入命令, 控制仪器工作状态或进行编程; 有些仪器在电源掉电时必须马上接通备用电源, 以保护随机存储器中存储的数据——不同的仪器可能提出一些不同的中断原因。因此, 在电子仪器中, 选用具有较强中断能力的微处理机可以提高编程的灵活性和CPU的利用率, 而且多种中断工作方式便于处理不同的中断情况。

2.2.4 结构

目前, 微处理机主要有3种结构, 即标准结构、单片结构、位片结构。

1. 标准结构

传统的计算机由控制器、运算器、存储器、I/O设备组成。

标准结构的微处理机将传统计算机结构中的控制器和运算器做在一个芯片上, 称为CPU。CPU与适量的ROM、RAM、I/O接口电路和必要的I/O设备一起组成微型计算机系统。在标准结构的微型计算机中, CPU通过地址总线、数据总线、控制总线这3组总线传送信息。早期设计的产品要求有一个外部时钟和晶体。现在一般已将时钟组合进CPU中。采用标准结构的微处理机有6800、8080、Z80、6500、等等。

2. 单片结构

单片微处理机在一块芯片上就集成了CPU、一定容量的RAM、ROM(或EPROM)、定时/计数器、并具有一定的I/O能力和中断处理能力。这种芯片内有振荡器和时钟电路, 只要接上石英晶体和少量外部元件就可以成为一个完整的微型计算机。单片微处理机通过I/O线直接控制I/O设备。当需要更大容量的存储器或更强的I/O能力时, 可以采用通用的标准存储器芯片、外部设备芯片扩充功能以满足用户的要求。

3. 位片结构

有些微处理机特别是高速双极型微处理机采用了位片结构——如字长较长时, 可以用几个4位或8位的“位片”拼成。由于温度的原因, 目前基本上都使用4位的位片。

位片处理机不是完全的CPU, 它是由一个完全的运算器加上它的多路传输和数据通道组成的一个片子。位片处理机的控制部分必须由外加电路来完成。位片微处理机与通常的微处理机不同, 它不具有固定的指令系统, 可以由用户设计结构, 执行用户所选择的任何指令系统, 因此它更具有灵活性。位片式结构的微处理机如图2-1所示。

2.2.5 功耗

对于便携式仪器及其某些特殊装置, 微处理机及其有关芯片的功耗是至关重要的。微