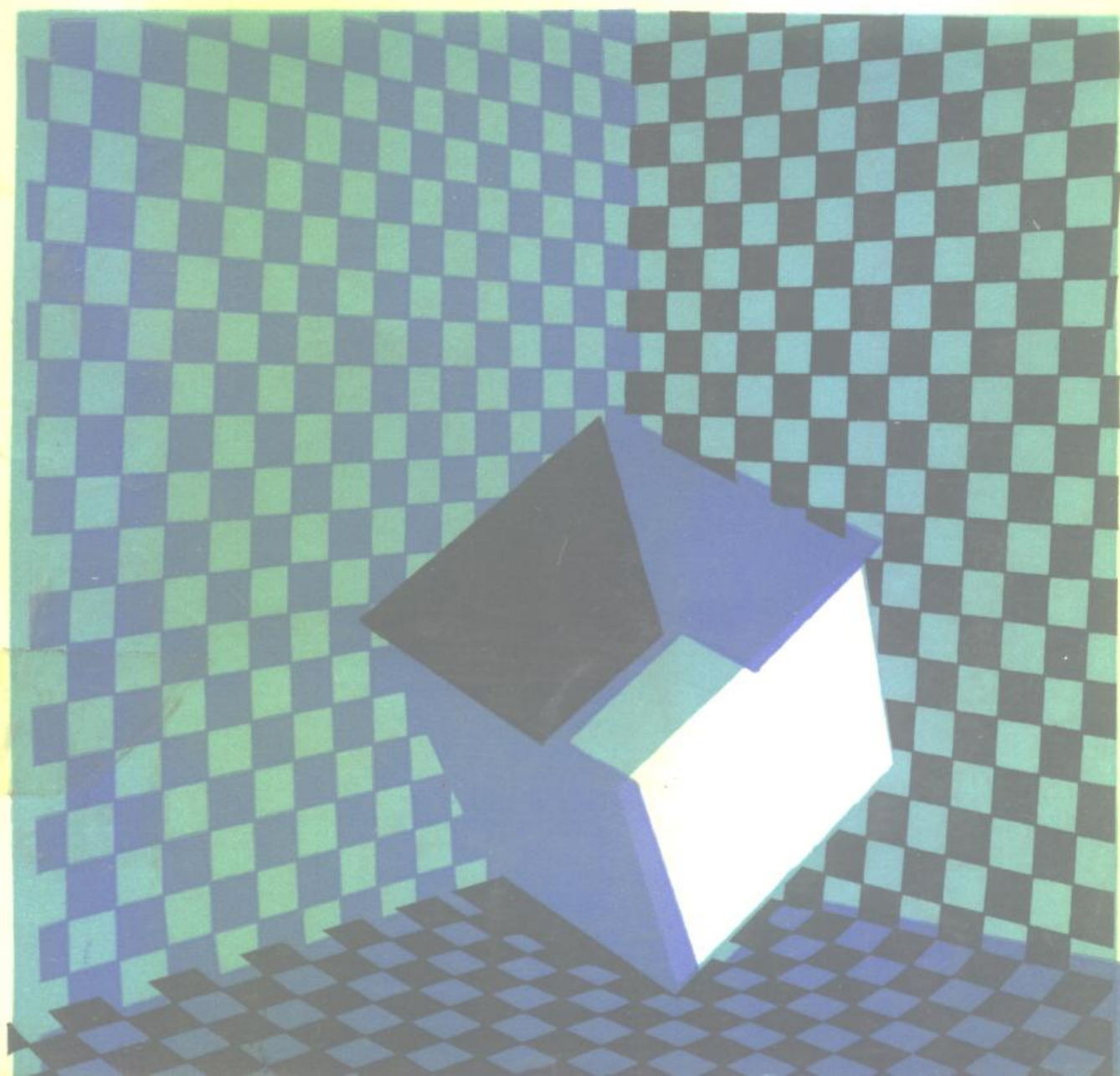


微机在实验物理学中的应用

何乃文 姚钢 李灿国 编著



高等教育出版社

04-33

H30

358363

微机在实验物理学中的应用

何乃文 姚 钢 李灿国 编著



高等教育出版社

内 容 简 介

本书系作者根据多年来在国内、外科研工作中的经验并结合教学需要写成的学术性著作。全书分三篇共十章。第一章概述了微计算机的基本知识，第二章介绍指令系统，第三章至第六章分别对模拟运放、TTL、CMOS、ECL数字电路的特性及应用、硬件电路、总线及接口器件等作了分析和介绍，第七章介绍模拟量与数字量的转换，第八章至第十章重点介绍在实验物理研究中微机的具体应用实例。本书紧扣应用的要求，以非计算机和非电专业的学生为出发点，深入浅出，以极其丰富的材料比较透彻和详尽地介绍了微机的基本内容，突出了微机和物理学实验系统的结合。

本书可作为高等学校应用物理及其它专业高年级本科生及研究生学习微机应用课程的主要参考书，也可供广大从事实验研究的科技人员进行微机应用设计时参考。

(京) 112号

微机在实验物理学中的应用

何乃文 姚 钢 李灿国 编著

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张39.25 插页4 字数 900 000

1992年6月第1版 1992年6月第1次印刷

印数0001—2 395

ISBN 7-04-002906-5/T P·66

定价20.65元

前 言

实验物理学研究所涉及的范围十分广泛, 其中不仅包括物理学的各个传统学科领域, 还包括许多新兴学科和边缘学科的范畴。实验物理工作者掌握计算机应用技术, 使各领域中传统的实验方法和手段与计算机技术相结合, 将会大大提高实验工作的水平, 并给实验研究带来新的突破。因此, 将微计算机引入物理学实验研究之中, 是实验物理学发展的一个必然趋势。这也对实验物理工作者和物理专业的学生提出了新的要求。本书正是为了这一目标而编写的, 书中没有采用一般微计算机教材的编写体系, 在编排体例和内容取舍上都力求从物理工作者的角度出发来论述微计算机应用的原理和方法, 并重点介绍和分析了实验研究中微机的应用, 特别是在线应用的实例。

本书可以作为高等院校应用物理及物理专业以及其他有关专业高年级本科生和研究生学习微机应用课程的主要参考书, 也可供从事实验研究的广大科技人员进行微机应用设计时参考。作者假定读者已掌握物理学、模拟及数字电路、FORTRAN语言、BASIC语言、实验方法等先修课程的基础知识, 书中论及上述内容时仅应用有关的结论, 不作过多的阐述和推导。

全书共分三篇共十章。根据当前国内应用最广泛的机种和微机的选型方向, 书中各部分的论述均围绕着采用8088、6502、Z80 CPU的IBM PC/XT、APPLE-II⁺及TP801三种微计算机展开。第一篇为微机系统概述, 其中第一章概述了微机的基本知识, 第二章介绍了指令系统和编程。

在实验物理研究中, 除应用计算机进行科学计算之外, 更多的是微机的在线应用。对于微机的在线应用而言, 经常需要采用汇编语言、机器语言编程, 并自行安排中断; 设计制作实验装置与微机的接口是微机在线应用的关键步骤, 同时还必须对微机系统的硬件电路有一定的了解。为此, 在第二篇微机应用基础的第三章至第七章中分别讨论了微机应用系统中常用的模拟及数字集成电路的系列、特性和使用, 上述三种微机的硬件电路, 总线与接口器件以及模拟量与数字量的转换。

第三篇微机应用实例分析的第八至十章重点介绍了在实验研究中微机的具体应用实例。第八章由实验物理学各领域中的实验方法与微机相结合的较多实例入手, 试图描绘出微机在实验物理学中应用的较完整的总体图象。第九章是在物理学教学实验中应用微机的实例, 第十章对三个应用实例作了较细致的分析。

本书综合了作者近年来讲授“微机系统及其应用”、“在线微机”等课程以及在国内从事计算机应用研究的内容, 同时参考国内外微机应用的最新文献资料编写的, 书中既介绍普遍使用的、成熟的方法, 也介绍那些正在发展之中的新的设计思想, 力求使读者能开阔眼界和思路, 从中获得启发; 同时也希望能使学生对解决具体问题的思维方法和设计步骤总结出一些规律, 以收到举一反三的效果。在重点介绍和细致分析的实例中, 尽可能提供具体的硬

件电路、器件、数据及软件程序；因篇幅所限不能详述的，也注明参考文献，以期能对实验物理学工作者的深入研究有所帮助。

在实际的课程教学中，可根据具体的要求以及与课堂教学配合的微机类型选择一种微机系统为主进行讲授。书中的内容可分为本科生教学、研究生教学和应用参考三个层次。对于没有学习过其他微机课程的高年级本科生，可主要讲授第一篇第一、二章，第二篇第三、六、七章和第三篇第九章中偏重于基础部分的内容。在研究生教学中，可在本科教学的基础上针对学生具体的专业方向深入学习第二篇第四、五、七章以及第三篇中有关微机在实验研究中应用的有关内容。为了便于读者查阅书中提到的参考资料，本书中引用的一些图保留了原貌。另外，本书中也穿插使用了一些外文。

本书经应用物理教材委员会评选通过。清华大学屈建石教授和上海交通大学徐高铨副教授对初稿进行了审查，作者根据审查意见进行了修改，修改后又承北京大学王楚教授审阅。作者谨对此表示衷心的感谢。

限于作者水平，书中错误和欠妥之处在所难免，敬请使用本书的师生和其他读者批评指正。

作 者

1988年12月

目 录

第一篇 微机系统概述

第一章 微机基本原理	1
§ 1.1 微机发展概况	1
§ 1.2 微机的基本原理和结构	3
§ 1.3 微机系统的硬件概述	
1.3.1 微处理器	6
1.3.2 存储器	9
1.3.3 微处理器和微机的总线与 时序	16
1.3.4 输入输出接口及信息传输 控制方式	19
§ 1.4 几种常用微处理器的结 构和功能	25
1.4.1 Z 80微处理器	25
1.4.2 6502微处理器	37
1.4.3 8088微处理器	44
第二章 指令系统、编程与中断	57
§ 2.1 程序设计语言概述	57
§ 2.2 6502指令系统和汇编语言	60
2.2.1 6502的寻址方式	61
2.2.2 6502的指令系统	65
2.2.3 APPLE-II ⁺ 机中机器语言 编程与调用	77
2.2.4 APPLE-II ⁺ 汇编语言概 述	80
2.2.5 APPLE-II ⁺ 的中断系统	87
§ 2.3 Z 80指令系统	90
2.3.1 Z 80的寻址方式	90
2.3.2 Z 80的指令系统	91
2.3.3 Z 80的中断系统	102
§ 2.4 8088指令系统	105
2.4.1 8088的寻址方式	105
2.4.2 8088的指令系统	112
2.4.3 IBM-PC的中断系统	137

第二篇 微机应用基础

第三章 信号调理电路中的模拟与数 字器件	143
§ 3.1 集成运算放大器的使用和性 能指标	143
§ 3.2 集成运放的基本连接方式	145
§ 3.3 集成运放的选择与应用	151
§ 3.4 数字集成电路的类型和性能 比较	154
§ 3.5 TTL电路	156
3.5.1 TTL电路的几个系列	156
3.5.2 TTL电路的特性及应用 注意事项	159
§ 3.6 CMOS电路	162
3.6.1 CMOS电路的主要优点	162
3.6.2 CMOS器件的不同系列	163
3.6.3 使用CMOS器件时的注 意事项	165
§ 3.7 ECL电路	167
3.7.1 ECL电路的品种和特点	167
3.7.2 ECL电路的使用方法和 注意事项	168
§ 3.8 数字集成电路器件的比 较与相互连接	170
3.8.1 TTL和CMOS的连接	171
3.8.2 TTL与ECL的连接	172
第四章 微机电路分析	175
§ 4.1 引言	175
4.1.1 了解微机电路的必要性	175
4.1.2 分析微机硬件的步骤	176
§ 4.2 TP 801B单板机电路分析	177
4.2.1 TP 801B的层次分解	177
4.2.2 Z 80-CPU及其支持电路	178
4.2.3 TP 801B的随机存储器电路	180
4.2.4 TP 801B只读存储器电路	182

4.2.5	在TP 801B 上对E PROM 重新编程	184
§ 4.3	APPLE-II微机电路 分析	187
4.3.1	APPLE-II电路的分析 层次	187
4.3.2	APPLE-II 的CPU及 其支持单元	190
4.3.3	APPLE-II 的只读存贮 器单元	193
4.3.4	APPLE-II 的系统时钟单元...	196
4.3.5	APPLE-II 的随机存贮 器单元	201
4.3.6	APPLE-II RAM的地 址输入多路转换	204
4.3.7	APPLE-II 读出数据的 转换与控制	213
4.3.8	APPLE-II 的外设扩充 接口插座 (I/O槽).....	218
4.3.9	系统板上的I/O电路	229
§ 4.4	IBM-PC/XT微机电 路分析.....	234
4.4.1	IBM-PC/XT的层次分解 ...	234
4.4.2	系统板上各单元电路介绍	246
4.4.3	IBM-PC机I/O槽的电 路分析	247
第五章	总线与标准接口	255
§ 5.1	总线的一般概念	255
§ 5.2	内总线	256
5.2.1	IBM-PC总线	256
5.2.2	APPLE-II总线	258
5.2.3	TB 801B 总线.....	260
5.2.4	S-100、Multi-bus 及 STD标准总线简介	261
§ 5.3	外总线	266
5.3.1	IEEE-488标准接口	266
5.3.2	RS-232C标准接口	274
5.3.3	CAMAC标准接口	276
第六章	微机系统的接口器件.....	280
§ 6.1	Z 80微机系统的接口器件...	280
6.1.1	并行I/O接口原理	280

6.1.2	Z 80 PIO	281
6.1.3	Z 80 CTC	289
6.1.4	串行I/O接口与串行通信	296
6.1.5	Z 80 SIO	298
6.1.6	应用Z 80 SIO 构成RS- 232C标准接口.....	310
6.1.7	Z 80 DMA	315
§ 6.2	APPLE-II 微机系统 的I/O接口器件	326
6.2.1	6522的内部结构及其与 APPLE-II 的连接	326
6.2.2	6522内部寄存器的寻址	329
6.2.3	6522的并行数据传送	329
6.2.4	6522的定时器功能	335
6.2.5	6522的串行接口功能	338
§ 6.3	IBM-PC/XT的I/O 接口器件.....	339
6.3.1	IBM-PC/XT的并行接口 ...	340
6.3.2	IBM-PC/XT的接口 定时器	351
6.3.3	IBM-PC/XT的DMA 通道	357
6.3.4	IBM-PC/XT的串行 通信接口	364

第七章 模拟量与数字量的转换..... 377

§ 7.1	概述	377
§ 7.2	数据转换装置的基本原理 和有关参数	378
7.2.1	转换器的基本原理	378
7.2.2	数据转换器的有关参数和术 语	380
§ 7.3	D/A及A/D转换电路原理...	385
7.3.1	D/A转换原理.....	385
7.3.2	A/D转换原理.....	390
§ 7.4	集成A/D、D/A转换芯 片及其与微机的接口.....	402
7.4.1	A/D转换器件.....	402
7.4.2	D/A转换器件.....	409
§ 7.5	模拟信号的采样与保持.....	414
7.5.1	采样及采样定理	414
7.5.2	采样保持装置	415

§ 7.6	高精度长度-数字转换	418			
§ 7.7	力、重量及质量的数字 转换	428			
§ 7.8	温度-数字转换与多路转 换系统的设计和特性	431			
§ 7.9	时间-数字的转换	435			
第三篇 微机应用实例分析					
第八章 微机在科学实验中的应用(一)					
	——应用实例综述	438			
§ 8.1	微机实验应用概述	438			
§ 8.2	微机数据采集系统	441			
8.2.1	瞬态波形的快速采集与存 贮	441			
8.2.2	激光多普勒测速装置中的 IBMPC机数据采集系统	452			
8.2.3	微机多道分析器及核数据 采集	458			
8.2.4	微机自动测试系统的数据 采集	464			
§ 8.3	微机在微弱信号处理中 的应用	474			
8.3.1	同步取样数字平均器	474			
8.3.2	数字锁相放大器	482			
§ 8.4	以微机为核心的温度测 量控制系统	483			
8.4.1	脉冲核磁共振装置中的高 精度控温系统	483			
8.4.2	低温的测量与控制	487			
8.4.3	微机控制任意函数形式变 温过程	491			
§ 8.5	谱仪的微机控制	493			
8.5.1	微机在光谱分析仪器中的 应用	493			
8.5.2	拉曼光谱仪的微机控制	498			
8.5.3	微机控制的穆斯堡尔谱仪	500			
8.5.4	色心激光谱仪的微机控制	503			
第九章 微机在科学实验中的应用(二)					
	——实验教学应用	507			
§ 9.1	微机在力学实验中的应用	508			
9.1.1	微机辅助的简谐摆、阻尼 摆实验	508			
9.1.2	转动实验的研究	514			
9.1.3	气轨与能量实验	518			
§ 9.2	微机在光学实验中的应用	522			
9.2.1	光吸收的测量与反射光强 度的研究	523			
9.2.2	偏振光的细丝衍射	526			
9.2.3	光的单缝衍射	530			
9.2.4	迈散射	532			
§ 9.3	微机在信号处理实验中 的应用	536			
9.3.1	傅氏级数与傅氏变换实验	536			
9.3.2	波形发生、波形合成实验	543			
9.3.3	音频信号的采集与FFT 频谱分析实验	549			
§ 9.4	微机在近代物理实验中 的应用	554			
9.4.1	光电效应实验的微机控制 与在线测量	554			
9.4.2	康普顿散射实验的研究	558			
第十章 微机在科学实验中的应用(三)					
	——应用系统分析	563			
§ 10.1	周期性任意波形的电功 率的快速测量	563			
10.1.1	问题的提出	563			
10.1.2	硬件设计方案	564			
10.1.3	硬件系统和时序	567			
10.1.4	数据采集软件	574			
10.1.5	误差分析	576			
§ 10.2	微机在图象处理中的应 用	580			
10.2.1	概述	580			
10.2.2	静态图象信息的采集	582			
10.2.3	二阶灰度图象的处理系统	583			
10.2.4	图象动态采集与实时处理 系统	584			
10.2.5	实施图象动态采集及实时 处理的设计思想	585			
10.2.6	动态图象的采集	586			
10.2.7	图象的及时传送	593			
10.2.8	图象的实时处理	595			

§ 10.3 核自旋极化离子源的微机最佳控制	596	10.3.4 控制方案的确定	610
10.3.1 极化离子源概述	596	10.3.5 判据函数及测量数据的处理	612
10.3.2 极化离子源的微机控制应解决的问题	597	10.3.6 程序及流程图	613
10.3.3 输入、输出通道的设计思想与实施方案	598	10.3.7 束流强度及稳定性的控制效果	614

第一篇 微机系统概述

第一章 微机基本原理

§ 1.1 微机发展概况

在人类历史上,人们曾发明了算盘、计算尺等各种计算工具协助大脑进行运算。然而,人工计算的速度有限,且容易出错。随着计算的规模和复杂程度的不断增长,人们又发明出各种机械装置进行计算。以对科学技术发展影响较大的几项成果为例,1642年,法国科学家帕斯卡(B. Pascal, 1623—1662)制造出能自动完成加减运算的机械计算机;1671年德国数学家莱布尼兹(G. Leibniz, 1646—1716)制成了第一台能自动实现包括乘除在内的全部四则运算的机械计算机。至于以电作为动力,用继电器代替机械元件的机电式计算机,则直到本世纪四十年代初才发展起来。

世界上第一台通用电子数字计算机于1946年在美国建成,名为“电子数字积分计算机”(Electronic Numerical Integrator And Calculator, 简称ENIAC),它首次采用电子元件(18000多个电子管)、电子线路实现逻辑运算,使运算速度和可靠性得以大大提高。这是计算机发展史上一次最重大的突破,有着划时代的意义。

从ENIAC的建成迄今不过四十余年,但电子计算机的发展却非常迅速,并取得了巨大的成就。电子计算机的发展已经历了四代:1946—1957年间以电子管为主要逻辑元件的第一代计算机;1958—1964年间应用晶体管分立元件的第二代计算机;1965—1970年间由小规模、中规模集成电路(SSI、MSI)组成的第三代计算机和自70年以来以大规模、超大规模集成电路(LSI、VLSI)为主体的第四代计算机。更新型的第五代电子计算机也正在积极研制之中。

七十年代初,一代新型的电子计算机——微型计算机(以下简称微机)的诞生,标志着计算机的发展进入了一个新的阶段。微机的发展、推广和应用的速度更是惊人。自从1971年11月美国 Intel 公司首先研制出4位微处理器Intel 4004并以它为核心组成MCS4微机以来,在短短的十几年内,微机及其核心——微处理器的发展已经历了五代。各阶段的代表性产品和推出年代见表1-1-1。

表 1-1-1 各阶段微处理器的主要特点

特 征	发表年代	1971—1972	1973—1975	1976—1977	1978—1980	1981—
典 型 代 表		Intel 4004 8008	Intel 8080 MC 6800	Intel 8085 Z 80	Intel 8086 Z 8000 MC 68000	Intel iAPX 432 MC 68020 68030 Z 80000
字长 (位)		4—8	8	8 (16)	16 (32)	32
半导体工艺		PMOS	NMOS	NMOS	N/H MOS	H/C MOS
集成度 (个晶体管/片)		2000—2500	5000	10000	20000—70000	>100000
时钟频率 (MHz)		1	2—3	2.5—5	4—10	≥10
指令周期 (μs)		10—20	2	1	0.5—1	0.1
芯片引线		16—24	40	40	40—64	>64
数据总线 (位)		4	8	8 (16)	16	32
地址总线 (位)		4—8	8	8 (16)	20—24	32

由表1-1-1可见,在十几年的发展过程中,每块微处理器芯片所含的元件数增加了上百倍,时钟频率提高了几十倍。在一定时间内计算机所能完成的总工作量(吞吐量through-put)增加了2—3个数量级。以1971年的Intel 4004和1972年的Intel 8008为代表,是第一代微处理器,这是微机发展的萌芽阶段;第二代以1973—1975年问世的Intel 8080和Motorola公司的MC 6800为代表,是8位机定型设计和生产的阶段;第三代以1976年推出的Intel 8085和Zilog公司的Z 80为代表,是8位机的改进阶段;第四代以1978年研制出的Intel 8086和1979年的Z 8000以及MC 68000等高速高性能的16位机为代表,采用了超大规模集成电路VLSI工艺制造,是16位机发展阶段;1981年以后Intel公司的iAPX 432、Motorola公司的MC 68020、68030、Zilog公司的Z 80000等32位机的问世是第五代,是由16位发展到32位机的阶段。也有的人按微处理器的字长来分代,则可分为4位、8位、16位、32位四代。

在8位与16位微处理器之间,还发展出一种具有16位处理能力的8位微处理器。如1979年研制出的Intel 8088和MC 6809,它们具有16位的内部结构,因而可以进行16位的操作和运算,但其外部的数据总线为8位,与一般8位微型机普遍使用的外设的数据宽度相匹配,起到了在8位机和16位机之间承上启下的作用。IBM公司选用8088作为IBM-PC/XT微机的中央处理器(CPU),由于8088的指令系统与16位的8086兼容,因而取得了很大的成功。对于8088微处理器和IBM-PC/XT微型机,以后的章节还要作详细的叙述。

当然,微机发展的这几个阶段与前述电子计算机的更新换代的性质是不同的。因为计算机的更新换代是由电子器件的革命性变化引起的,新一代计算机完全取代了旧的一代;而微机的换代主要是功能的扩展和性能的提高,几代微机在市场上同时存在,分别应用于不同的场合。

随着各种高性能的微处理器及其支持芯片的大量涌现,各种类型的微机 and 微机系统产品

的数量也急剧增加。自从Comodore、Radio Shack和APPlE公司于1977年将第一批个人计算机(Personal Computer)装配成整机投入使用以来,至1980年初各种微机的装机台数达50万台,到1986年底累计总台数已跃增到2500万台以上,其价格则逐年以较大幅度下降。

微机的基本工作原理和基本功能方面与中型机、大型机没有本质的差别,区别主要是在处理数据的能力、规模和速度上。起初,微机受字长、存贮容量等因素的影响,在上述方面均不如小型机。但随着微电子技术的不断发展,采用超大规模集成电路、高密度大容量的半导体存贮器以及速度较快的HMOS工艺,各项指标都得到了很大改进。从字长上看,小型机的字长一般为16—32位,大型机为32—64位,目前16位微机已开始普及,32位微机也已研制成功。从速度上看,以加法运算指令执行时间为例,MC68000微型机仅 $0.4\mu\text{s}$,而中档小型机PDP11/45则需 $0.9\mu\text{s}$;从内存容量上看,IBM-PC的内存可达640kB,而PDP11/45则为256kB。由此可见,从性能上,16位微机已赶上或超过低档的小型机,某些指标甚至超过中档小型机,而微机的价格却比小型机低一两个数量级。新一代32位微机的性能则不仅可以与小型机媲美,而且向中型机甚至大型机发起了挑战。例如,Intel 432的时钟频率为8MHz,32位整数乘法时间为 $6.375\mu\text{s}$,80位浮点乘法时间为 $27.875\mu\text{s}$,而IBM370/148相应的时间分别为 $16.0\mu\text{s}$ 和 $38.5\mu\text{s}$ 。就基本计算能力而言,iAPX432已超过IBM 370/148,更新型的32位芯片则可望超过IBM370/158。但是IBM370系列有丰富的编译程序及应用程序软件的支持,32位微处理器要达到这种程度还需一定的时间。微机的迅速发展同时使计算机系统本身的结构也发生了变化。由多台微处理器或微型机组成阵列或矩阵,以多指令多数据流(Multiple Instruction Multiple Data, MIMD)的形式构成分布式多处理机系统,在运行中各处理机以独立、并行的方式工作,可以使数据处理的能力、速度以及可靠性和经济性得到进一步的提高。由多台微机组成并行的分布式计算机,不仅是高性能的自动化系统和高速实时信息处理系统的发展方向,也是新一代大型的乃至巨型的向量计算机、场计算机的发展方向。

正是由于微机具有很高的性能价格比,而且体积小、价格低、功耗省、可靠性高,通用性、灵活性强,因而在工农业生产、国防、科技、文教卫生乃至日常生活等各个领域得到了日益广泛的应用。计算机的发展和应用成为现代技术革命的主要标志之一。

§ 1.2 微机的基本原理和结构

一般我们所说的电子数字计算机,不论是每秒可进行几亿次运算、功能强大的巨型机,还是体积小、价格低廉的微型机,其基本结构和工作方式都是根据电子计算机的奠基人,著名的美国数学家冯·诺依曼(John von Neumann, 1903—1957)于1946年提出的存贮程序原理确定的。在冯·诺依曼等人为程序内存计算机EDVAC(离散变量电子自动计算机)所提出的设计方案中,明确了计算机应由五个基本部分组成:输入设备、输出设备、控制器、运算器和存贮器,各部分间的关系见图1-2-1。他们还确定了指令和数据均以二进制形式存贮在同

一个存贮部件中，通过指令序列的顺序执行来完成程序规定的任务。从而简化了计算机的结构，使计算机的通用性大为加强。冯·诺依曼的这一思想为四十年来电子计算机的迅速发展打下了坚实的基础，被人们誉为计算机发展史上的里程碑。迄今为止，各种计算机的基本结构仍属于冯·诺依曼型计算机。

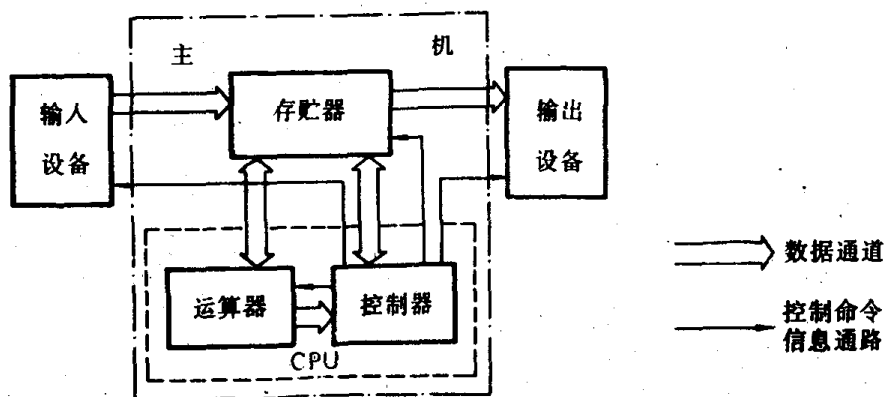


图 1-2-1 冯·诺依曼型机的基本结构

冯·诺依曼型机的主要工作过程为：运算前，程序和数据由输入设备存入存贮器中的指定区域。开始运算时，控制器自动地从存贮器中按顺序将指令逐一取出并译码，按指令的要求向计算机的其他部分发出顺序操作控制信号和同步信号，以完成指令所规定的操作。在控制器的控制下，运算器完成对数据的运算，并将结果送回存贮器保存或送至输出端口输出。实际上，根据程序的安排，在工作过程中控制器也接受来自其他部分的反馈信息，以决定下一步工作如何进行。

为了进一步了解计算机的原理和结构，我们可以将利用纸和笔进行手工计算的过程与计算机的运算过程作一比较和分析。纸的基本用途是存贮信息。写在纸上的信息，可以是进行计算时应遵循的一系列指令——算法或公式，以及所用的数据。计算过程的中间结果和最终结果也都记录在纸上。必要的计算过程在大脑中进行，大脑可以被称为处理器，完成运算功能。同时大脑还具有控制功能，它解释指令并保证以正确的顺序执行。前述计算机的各主要部分与人的计算是类似的。存贮器相当于纸，用于存放指令和数据。控制器解释指令，算术逻辑部件即运算器执行运算指令，它既可进行算术运算，又可进行逻辑运算。控制器和运算器合在一起组成中央处理单元，它大致与手工计算时人的大脑的功能相对应。人与计算机之间最显著的差别是信息的表达方式不同。人类使用的是以各种符号表示的语言，其中数字通常以十进制形式表示，而在计算机中，信息的存贮和处理均以二进制形式的数来进行，因而为了在计算机和用户之间实现信息传递，就需要在机器的语言与人的语言之间提供信息转换的手段。这就是输入、输出设备的主要功能。因此，无论是人还是计算机，都必须具有下列部分：一个具有解释和执行程序能力的处理器；一个存贮程序 and 数据的存贮器；在存贮器和处理器之间以及计算机和外界之间转换信息的工具。

随着大规模集成电路技术的发展，目前可以将控制器、运算器制做在同一块 LSI 芯片上，

称为微处理器 (Microprocessor, 简称 μP 或MP), 也称中央处理单元 (Central Processing Unit, 简称为CPU或MPU)。CPU与可由运算器直接访问的内存贮器合起来称为主机。主机之外的所有其他设备通称为外围设备 (Peripheral Device)。有时也将外围设备中的输入、输出设备和外存贮器称为外部设备。

微机 (Microcomputer, 简称为 μC 或MC) 是以微处理器为核心, 配以半导体LSI存贮器——其中包括随机存取存贮器 (Random Access Memory, RAM)、只读存贮器 (Read Only Memory, ROM)——作为内存, 以及输入输出接口电路 (Input/Output Interface, I/O) 组成, 三者通过总线连接在一起。典型的微机的基本结构可用图1-2-2来表示。

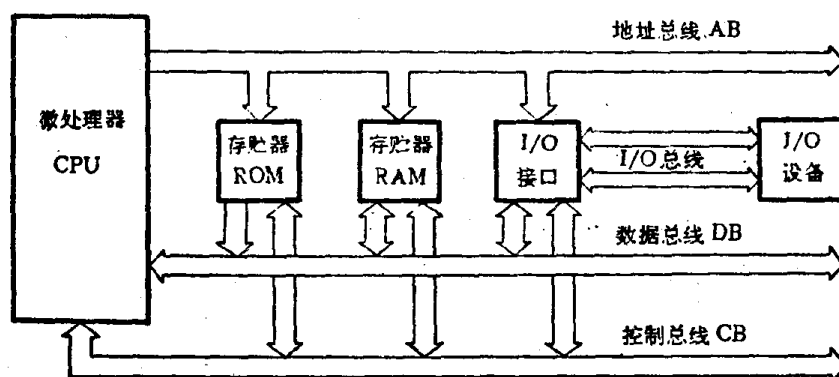


图 1-2-2 典型微机的基本结构

除了上述通用的微机之外, 现在还可以将微机的所有功能部件集成于同一个 LSI 芯片内, 形成单片计算机 (Single Chip Computer)。其中包括 CPU 及时钟; 一定容量的、用作程序存贮器的 ROM 和随机读写存贮器 RAM; I/O 接口电路和可编程定时器等附加电路。如果将微处理器和几块存贮器、I/O 接口等 LSI 外围芯片组装在同一块印刷电路板上, 便构成单板计算机 (Single Board Computer)。单片机和单板机的结构比微机系统更简单, 价格也更便宜, 因而同样获得了非常广泛的应用。

在对微机作系统的描述之前, 有几个常用的名词和概念需要进行介绍。

1. 位 (Bit)、字节 (Byte) 和字 (Word)

位 (Bit) 是二进制位 (Binary Digit) 的缩写。二进制的一位是计算机所能表示的最基本、最小的信息单位。每一位只能由 “1” 或 “0” 这两种状态来表示。

通常, 将 8 位二进制数 (8Bit) 作为一个单位, 称为一个字节 (Byte)。

一组二进制数字, 即多个 Bit 连在一起便形成一个字 (Word), 在计算机中作为一个信息单元来存贮、传输和处理。一个字的位数, 即包含二进制位的数量就是该字的字长 (Word Length)。一般, 数据总线的宽度 (根数) 总是取得与字长相等。按字长来区分, 常见的微型机有: 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等。

2. 指令 (Instruction) 和程序 (Program)

指令是规定计算机进行某种操作的命令。由于计算机只能识别二进制数码, 所以计算机

的指令都必须以二进制编码的形式来表示。为了完成某项任务而将一系列指令按顺序排列在一起即为程序。在计算机运行时,机器自动地将程序中的指令逐条取出,加以译码并执行。

3. 存贮单元 (Storage Location) 和地址 (Address)

如前所述,存贮器是用来存贮程序 and 数据的。存贮器中可以存贮一个字(Word)的场所称为一个存贮单元。存贮器由大量的存贮单元组成。为了能区分不同的单元,对每个单元赋予一个编号,此编号即为该单元的地址。每一个存贮单元都有唯一的一个地址号码与之对应。在计算机技术中,通常用K(Kilo)表示 2^{10} ,即 $1K = 2^{10} = 1024$,以 $1KB = 1024\text{Byte}$ 作为表示存贮器容量的单位。例如,对 $64KB (64 \times 1024 = 65536\text{Byte})$ 的存贮器而言,共有65536个存贮单元,其地址分别为0—65535。

4. 软件 (Software) 与硬件 (Hardware)

硬件一般指计算机系统在实际装置。它包括组成计算机各部件的电子的、电磁的、机械的、光学的各种元件和装置。软件是相对于硬件而言的,软件包括计算机运行所需的各种程序和有关的资料。除程序外,各种维护使用手册、框图、说明等也都属于软件的范畴。对软件进行开发可以扩大计算机硬件的功能,提高其效率。软件和硬件都是计算机系统不可缺少的组成部分。

§ 1.3 微机系统的硬件概述

一般泛指微机系统(Micro-computer System)时,应包括硬件和软件两大部分。其中硬件部分包含微机、外围设备和电源,软件部分包括供用户使用的系统软件 and 为解决特定问题编写的应用程序。微机系统各部分之间的相互关系见图1-3-1。

1.3.1 微处理器

微处理器是一种在程序控制下能以并行方式进行算术/逻辑运算,并能提供各种指令控制信号的大规模集成电路器件,一般由一片或几片大规模集成电路组成。在介绍微型机系统时,微处理器和CPU这两个术语常常交换使用,但两者的含义并非完全相同。CPU是微处理器的一种,而微处理器并不一定就是CPU。微处理器可以具有各种不同的功能并应用于各种场合,而只有在计算机系统中起控制作用的微处理器才可称为CPU。

CPU一般包含四个主要部分:算术逻辑单元ALU (Arithmetic Logic Unit,即运算器)、控制单元CU (Control Unit)、寄存器组(Register Bank)以及CPU内部总线和总线接口,如图1-3-2所示。

CPU中的ALU是执行算术和逻辑运算的装置,用以对信息进行处理。它的典型功能有:加、减等算术运算和“与”、“或”、移位等逻辑运算。寄存器组作为CPU内部的存贮单元,用于信息的暂存。其中各个寄存器可分别存放指令、操作数、中间结果、标志工作状态的信息等。CPU所包含的内部寄存器的数目和位数,影响着运算的速度和精度。若CPU

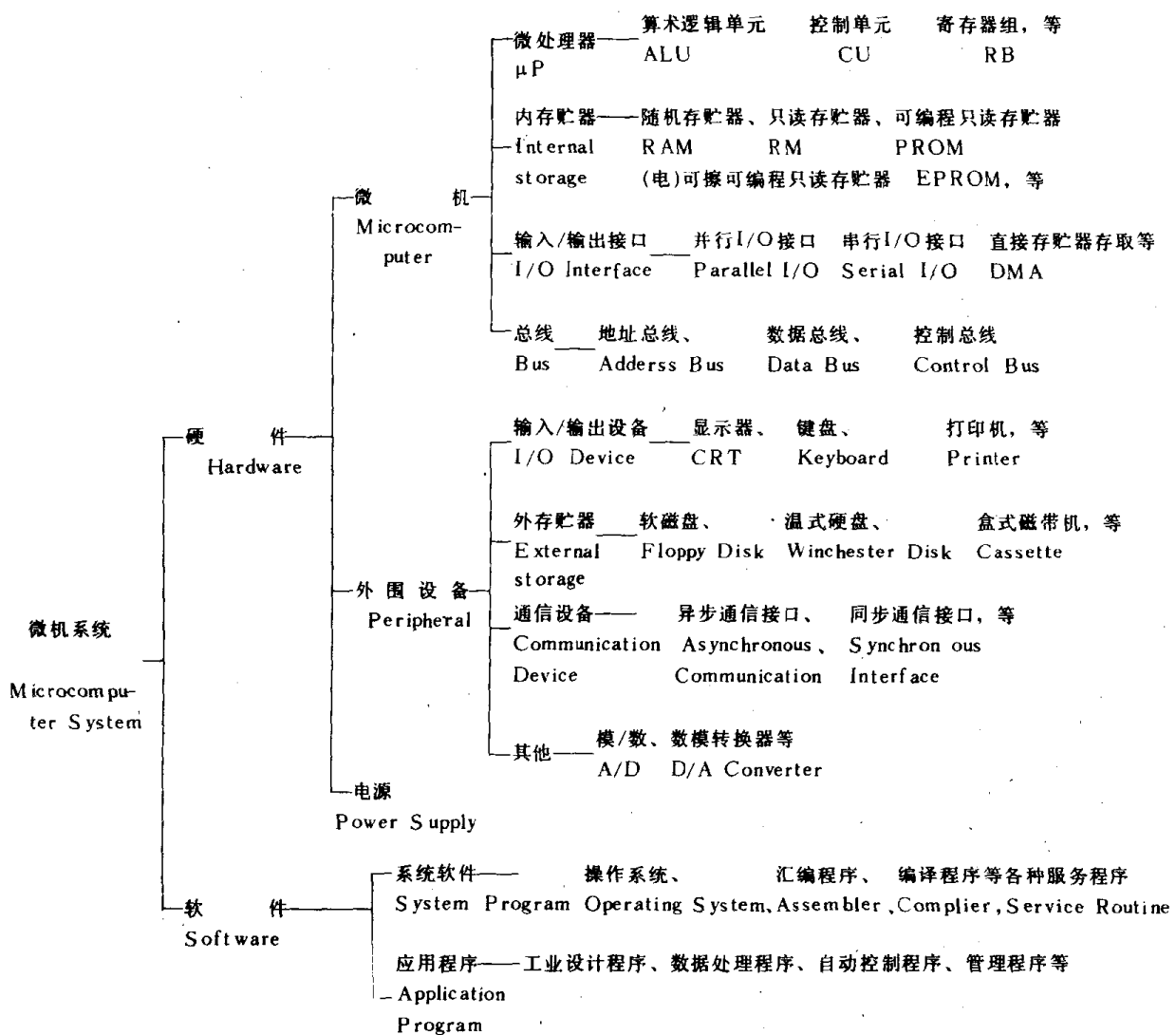


图 1-3-1 微机系统的组成部分

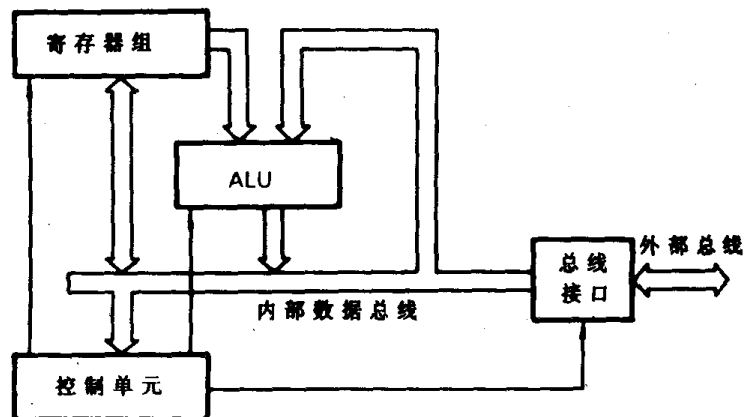


图 1-3-2 微处理器原理框图

拥有较多的寄存器，就不必过于频繁地向存储器存入或取出数据，从而减少存取次数和指令长度，使运算速度得到提高。内部总线用以将微处理器内部的各单元连接起来，并在 ALU 与寄存器之间传送操作数和运算结果；总线接口负责沟通微处理器内外的信息传输。整个微处理器的工作在控制单元的统一安排下进行。控制单元中包括时钟脉冲发生器、指令译码器和其他控制电路。CU 的作用是将指令译码，并按时钟所规定的时序节拍控制 CPU 内的其他各单元协调一致地完成指令所规定的操作。

如图 1-2-2 所示，微处理器和存储器通过系统总线相连，而存储器中则存有指令。在 CPU 运行时，控制单元命令总线接口经系统总线从存储器中取出一条指令并送给控制单元译码。这一过程称为一次“取指（令）”操作。

下一步操作如何进行取决于所取的指令的要求。有些指令要求将信息从寄存器组的某个寄存器中取出，经 ALU 处理后再放回寄存器组中去；也有些指令规定将信息从存储器的存储单元中传送至寄存器，或从寄存器传送给存储器；将信息从一个寄存器移至另一个，或从一个存储单元移至另一个单元，等等。无论对哪一种指令，控制单元都发出与之相对应的控制信号以实现正确的操作。这一过程称为指令的执行。执行完一条指令后，再进行下一次取指操作……，如此循环，直至程序全部执行完毕。

大多数早期的微处理器，其取指周期和执行周期是分开的。先取出第一条指令，然后执行这条指令；再取出下一条指令，随即执行该指令，依此类推。但是我们注意到，某些指令只是让信息在 ALU 和寄存器组之间传递，并不要求总线接口的服务。在执行这些指令的期间总线接口和外部总线是空闲的。

微处理器的设计人员认识到，如果能让总线接口有空闲时间，总让它有工作可做，就可以加速上述取指/执行的周期。于是提出了所谓“流水线”(Pipe Line)工作方式的概念。

采用“流水线”方式的微处理器的主要结构见图 1-3-3。与图 1-3-2 所不同的只是增加了“指令队列”，它由一个单独的寄存器阵列组成，可以暂存一些连续的指令。当总线接口有空闲时，它就“提前”从存储器中取出后续的指令并依次放入指令队列寄存器中。当控制单元

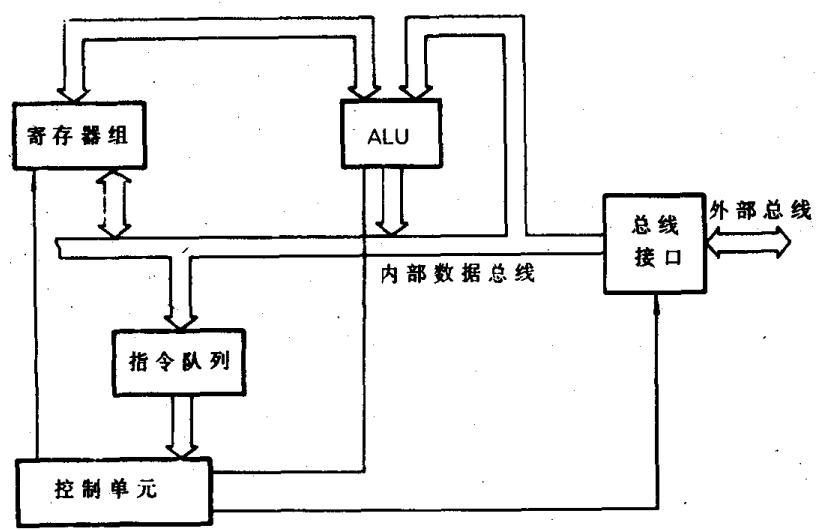


图 1-3-3 “流水线”方式的微处理器