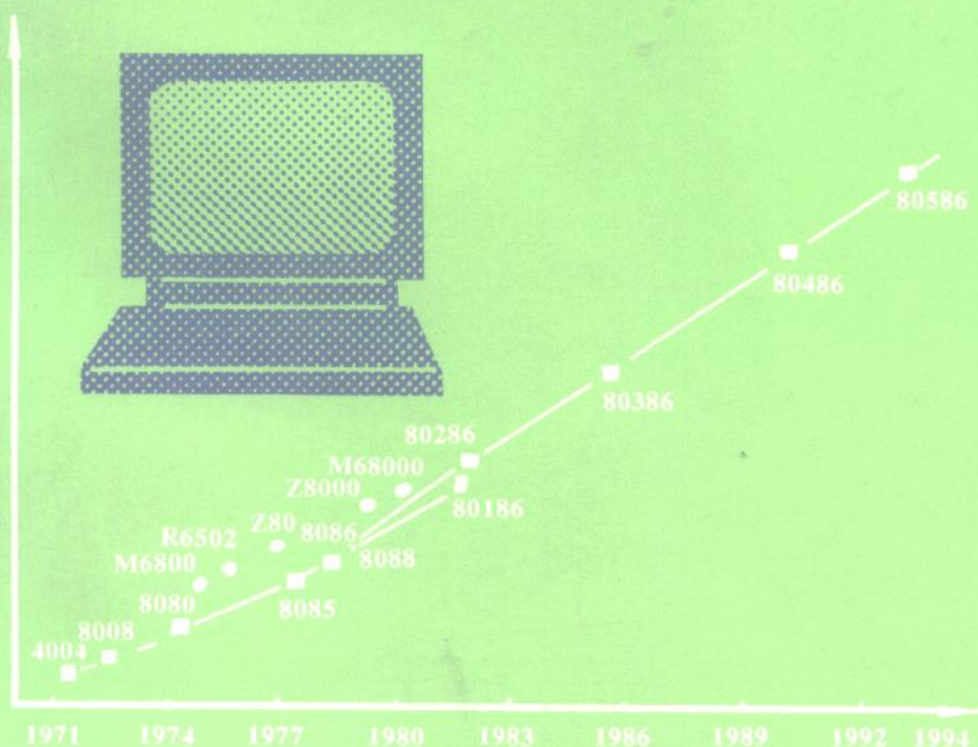


新编 8-16-32 位

微型计算机 原理及应用

李继灿 主编

傅光永 谢瑞和 编著
徐东平 李华贵
朱绍庐 薛宗祥 主审



清华大学出版社

新编 8-16-32 位 微型计算机原理及应用

李 继 灿 主 编
傅光永 谢瑞和 编 著
徐东平 李华贵
朱绍庐 薛宗祥 主 审

清 华 大 学 出 版 社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书以当前国内外广泛使用的 8/16/32 位微处理器为背景,采用新的结构体系,即以 Z80 8 位机为基础,Intel 8086/8088 16 位机为桥梁,追踪 Intel 主流系列高性能微机的技术发展方向,使读者能迅速获取微机的系统知识和最新信息。

全书共分 3 篇 16 章。基础篇 3 章是本学科的基础知识。原理篇 10 章着重讨论了 Z80 与 8086/8088 微处理器及其系统的硬件与软件。为适应微机技术的飞速发展,对 Intel 从 80186 到 Pentium 的发展及其特点也作了必要的探讨。最后应用篇 3 章介绍了微机的接口技术、应用实例及典型的微机控制系统。

本书内容先进,结构新颖,深入浅出,便于自学。它既可以作为大专院校非计算机专业的通用教材和成人高等教育的培训教材、自学读本,也可供广大科技工作者参考。

© 版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标志,无标志者不得销售。

新编 8-16-32 位
微型计算机原理及应用
李继灿 主编

☆

清华大学出版社出版

(社址:北京 清华园 邮政编码:100084)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本:787×1092 1/16 印张:37 字数:890 千字

1994 年 7 月第 1 版 1994 年 7 月第 1 次印刷

印数:0001—8000

ISBN 7-302-01520-1/TP·617

定价:25.00 元

前 言

电子计算机是 20 世纪最新科技成就之一。自从 1946 年世界上第一台电子计算机问世以来,随着计算机逻辑元件的不断更新,它已经历了电子管、晶体管、集成电路以及大规模、超大规模集成电路 VLSIC (Very Large Scale Integrated Circuit) 计算机四代发展时期。1981 年,日本宣布了第五代“非冯·诺依曼结构”计算机的开发计划。美国在 80 年代也制定了第六代神经计算机的远景规划,其目的是要仿效人脑,采用并行信息处理方法,实现对自然语言、图象与文字的综合处理。

微型计算机 MC (Microcomputer) 是第四代计算机向微型化方向发展的一个非常重要的分支,它的发展是以微处理器 MPU (Microprocessing Unit) 的发展为标志的。

从 70 年代初至今,微型计算机技术获得了飞速的发展,仅二十多年来,已推出了 5 代微处理器产品。

第一代微处理器是以 Intel 公司 1971—1972 年推出的 4004、4040 和 8008 作为典型代表,其集成度为 2000 与 3300 个晶体管/片。

第二代微处理器是 1974—1977 年由几家公司分别推出的产品,以 Intel 的 8080/8085, Motorola 的 M6800, Rockwell 的 R6502 和 Zilog 的 Z80 作为典型代表,其集成度达到 9000 个晶体管/片。

70 年代后期,超大规模集成电路投入使用,进一步推动微型计算机向更高层次发展。1978—1980 年出现了第三代微处理器,Intel 的 8086/8088, Motorola 的 M68000 和 Zilog 的 Z8000 作为典型代表相继问世,其集成度高达 29000 个晶体管/片,成为当时国内外市场上最流行的三种微处理器。它们采用 HMOS 高密度工艺,运算速度比 8 位机快 2—5 倍,赶上或超过了 70 年代小型机的水平。

80 年代以后,微处理器进入第四代产品,向系列化方向发展,Intel 公司相继推出了性能更高、功能更强的 80186 和 80286,它们与 8086 向上兼容。到 1985 年,Intel 公司又率先推出了 32 位微处理器 80386,它与 8086、80186、80286 向上兼容,它们构成了完整的 80 系列微处理器。与此同时, Motorola 公司推出了 32 位微处理器 M68020,集成度高达 68000 个晶体管/片。HP 公司推出的 μ p32 位微处理器芯片,集成度高达 45 万个晶体管/片,时钟频率达到 18MHz,速度之快,性能之高,足以同高档的小型机乃至中型机相匹敌。

进入 90 年代以来,Intel 公司在开发新一代微处理器技术方面继续领先,1993 年 3 月,Intel 发布了最新微处理器产品 Pentium,它可以称为第五代微处理器。Pentium 的最高工作频率达到 66MHz,运行速度达 112MIPS,利用亚微米级的 CMOS 技术,使集成度高达 310 万个晶体管/片。

我国在 80 年代后期以来生产的 16 位、32 位微型计算机已开始走向与 Intel 公司和 Motorola 公司的产品相兼容的道路,这有利于国产微型计算机的进一步发展。

微型计算机的发展之所以如此迅速,这主要取决于其独具的特点:体积小、价格廉,可靠性高,通用性强,功耗低以及研制周期短。今后微型计算机将向进一步超微型化、智能

化、网络化与通讯的方向发展。

基于对微型计算机各主要系列发展历史与应用现状的全面调研和对多种教材结构模式的对比分析,并结合编者从事本学科教学探索多种教学模式的实践体会,本书选择了一个复盖面宽、可选性好、相对稳定的结构模式,即以模型机为入门,Z80 8位机为基础,8086/8088 16位微处理器及其系统为桥梁,追踪 Intel 主流系列 32 位机的最新技术发展方向。采用这一结构模式的主要目的在于力图尽可能处理好“主流系列与非主流系列”、“低起点与高起点”、“微处理器芯片与微机系统”以及“基础、原理与应用”等几个方面的基本关系。其主要特点是:突出了自 1971 年到 1994 年期间 5 代最流行的微处理器及其系统发展的主线;奠定了较为坚实的 8 位与 16 位微型计算机的基础知识;抓住了主流系列先进技术的发展方向;并且,将基础、原理及应用有机地结合起来。因此,本书不仅能满足目前国内大多数院校组织 8 位与 16 位微型计算机原理及应用教学的需要,广大微型计算机读者也能从本书中获取所需要的系统知识和最新信息。本书内容新颖,近几年内,教材的基本内容不会过时。

全书共分 16 章。第一、二章介绍了微型计算机的公共基础知识与运算基础。第三章不仅提供了最流行的几种 8 位微处理器的结构、功能及其控制信号的等效性,还分析了它们的相互关系与发展趋势。第四章至第八章为 8 位微机原理,其中,第四、五两章着重介绍了 Z80 指令系统与汇编语言程序设计,对各种程序设计的基本方法作了较详细的讨论。第六章分析了 Z80 CPU 的几个基本的典型时序,并提供了时序的一般定义与分析方法。第七章为微机的存储器,除详细讨论半导体存储器外,对广泛应用的磁表面存储器和颇具前途的光盘存储器也作了简要介绍。第八章为输入/输出与中断,重点介绍了输入输出接口的基本概念、CPU 与外设数据传送的方式以及中断技术。第九章及第十一章至第十三章为 16 位与 32 位微机原理,着重介绍了 8086/8088 微处理器及其系统的组成、体系结构与软件开发,在第十三章中还简要介绍了从 80186 到最新微处理器 Pentium 的发展,重点讨论 80286 虚地址保护方式、80386 的段页式管理、80486 对 80386 的增强点以及 Pentium 的体系结构特点。第九章、第十一章至第十三章的内容可以作为学习 8 位机的后续篇章,也可以在基础篇之后作为直接学习 16 位微机原理的内容。第十章可编程接口芯片分别介绍了最常用的几种接口芯片,如 Z80-PIO 与 Z80-CTC, Intel 8255A、8250、8253-5 与 8259A 等,可供 8 位或 16 位微机配套使用。第十四章与第十五章介绍了 8 位与 16 位微机的通用接口技术与小系统应用实例。最后第十六章介绍了一个典型的工业微机控制系统实例,它可供机电及自动控制等专业选用,也可作为其他工程技术人员学习微机控制技术时参考。本书应用篇章中所提供的硬件与软件均取自编著者教学实践与科技开发的成果,具有很强的实用性。

使用本书作为教材时,可根据各专业的需要、教学时数和教学条件作适当的选择。建议凡讲授 Z80 8 位机为主的专业,可选用第一章至第十章;凡讲授 8086/8088 16 位机为主的专业,可选用第一、二、七、九至第十三章。第十四章至第十六章可酌情选讲或参考。

本书编审工作由江汉石油学院、大连海事大学、华中理工大学、武汉交通科技大学、北京工业大学与哈尔滨工业大学等六所院校合作完成,并由江汉石油学院负责组织。

各章编著者分工为:第一章至第九章(李继灿);第十一章(傅光永);第十二章(徐东平);第十章、十三章(傅光永 李继灿);第十四章(李华贵);第十五章(谢瑞和);第十六章(朱绍庐)。

• I •

全书由李继灿担任主编，负责组织编写并统稿。傅光永、谢瑞和担任副主编，并参加部分统稿工作。北京工业大学薛宗祥教授审阅第一章至第八章，哈尔滨工业大学李晓明教授审阅第十三章，大连海事大学朱绍庐教授审阅其余各章并审定全书。

编写过程中受到上述高校和清华大学出版社的大力支持。李光祖教授、胡文宝博士对本书的组织编写给予了宝贵的指点与帮助。陈国瑞同志对形成本书新的结构模式提供了有价值的信息。柯于杞同志精心设计版面并完成本书的排版工作。此外，郭麦成同志为研制与本书配套的最新版 CAI 软件做了大量富有创意的工作。在此，谨表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不少错误与疏漏之处，恳请读者批评指正。

李继灿

1994 年 5 月

目 录

前言	I
----------	---

第一篇 基础篇

第一章 微机系统导论	3
§ 1.1 微机系统组成	3
§ 1.2 微机硬件系统结构	6
§ 1.3 微处理器组成	7
§ 1.4 存储器	8
§ 1.5 微机工作过程	10
§ 1.6 Z80 程序设计模型	20
§ 1.7 微机系统主要技术指标	22
第二章 微机运算基础	26
§ 2.1 进位计数制	26
§ 2.2 进位数制之间的转换	28
§ 2.3 二进制编码(代码)	32
§ 2.4 二进制数的运算	34
§ 2.5 数的定点与浮点表示	39
§ 2.6 带符号数的表示法	43
第三章 标准微处理器	49
§ 3.1 基本概念	49
§ 3.2 8080A 微处理器	53
§ 3.3 8085A 微处理器	56
§ 3.4 Z80 微处理器	61
§ 3.5 M6800 微处理器	66
§ 3.6 R6502 微处理器	69
§ 3.7 标准微处理器控制信号的等效性	73
§ 3.8 8 位微处理器的地位与发展趋势	74

第二篇 原理篇

第四章 指令系统与编程基础	77
§ 4.1 指令及其表示法	77
§ 4.2 寻址方式	78

§ 4.3 Z80 的指令系统	84
第五章 Z80 汇编语言程序设计初步技术	118
§ 5.1 程序设计语言	118
§ 5.2 汇编语言的语句结构	119
§ 5.3 伪指令	120
§ 5.4 汇编语言程序设计的步骤、方法和特点	123
§ 5.5 简单程序设计	124
§ 5.6 分支程序设计	126
§ 5.7 循环程序设计	130
§ 5.8 子程序设计	138
§ 5.9 查表程序设计	144
第六章 Z80 CPU 的时序	148
§ 6.1 概述	148
§ 6.2 Z80 CPU 的典型时序分析	150
§ 6.3 指令执行过程及其时序	153
第七章 微机的存储器	154
§ 7.1 存储器的分类与组成	154
§ 7.2 随机存取存储器(RAM)	157
§ 7.3 只读存储器(ROM)	163
§ 7.4 存储器的连接	166
§ 7.5 磁表面存储器	173
§ 7.6 光盘存储器	180
第八章 输入输出与中断	189
§ 8.1 输入输出接口概述	189
§ 8.2 Z80 CPU 的 I/O 时序	191
§ 8.3 CPU 与外设数据传送的方式	192
§ 8.4 用于输入输出的接口芯片 8212	200
§ 8.5 中断技术	202
§ 8.6 Z80 的中断处理方法	212
第九章 8086/8088 微处理器及其系统	221
§ 9.1 8086/8088 微处理器	221
§ 9.2 最小/最大工作方式	228
§ 9.3 多处理器系统	232
§ 9.4 8086/8088 的存储器	234
§ 9.5 8086/8088 的输入/输出和 DMA 传递方式	239
§ 9.6 8086/8088 的中断系统	240
§ 9.7 8086/8088 指令系统	242
§ 9.8 iAPX86/88 系列微机的横向提升	273
第十章 可编程接口芯片	278

§ 10.1	接口的分类及功能	278
§ 10.2	Z80-PIO 接口芯片	279
§ 10.3	Z80-CTC 接口芯片	296
§ 10.4	可编程序计数器/定时器 8253-5	306
§ 10.5	可编程序中断控制器 8259A	312
§ 10.6	可编程序并行通信接口芯片 8255A	319
§ 10.7	可编程序串行异步通信接口芯片 8250	325
第十一章	IBM PC 机系统组成与电路分析	335
§ 11.1	概述	335
§ 11.2	IBM PC 的硬件结构	336
§ 11.3	IBM PC/XT 主机板结构	339
§ 11.4	CPU 电路	340
§ 11.5	存储器	345
§ 11.6	I/O 接口电路	348
§ 11.7	PC 机总线	350
第十二章	IBM PC 机系统软件与软件开发	357
§ 12.1	IBM PC 机系统软件概况	357
§ 12.2	PC DOS 简介	359
§ 12.3	软件开发过程	370
§ 12.4	软件调试技术	422
第十三章	从 80186 到 Pentium 的最新技术发展	426
§ 13.1	80186 微处理器	426
§ 13.2	80286 微处理器	427
§ 13.3	32 位微处理器——80386	435
§ 13.4	80486 微处理器	441
§ 13.5	新一代微处理器 Pentium	442

第三篇 应 用 篇

第十四章	微机的接口技术	449
§ 14.1	LED 与 LCD 显示接口	449
§ 14.2	键盘	453
§ 14.3	打印机与并行通信接口	462
§ 14.4	串行通信接口	471
§ 14.5	模/数(A/D)与数/模(D/A)转换接口	478
第十五章	微机应用系统设计实例	488
§ 15.1	低速高精度数据采集	488
§ 15.2	步进马达的控制	491
§ 15.3	PC 机接口实验保护卡	493

§ 15.4	用 8253/8254 测量频率与转速·····	495
§ 15.5	集成芯片测试装置·····	498
§ 15.6	远程数据采集系统·····	501
§ 15.7	限温熔断器参数测试装置·····	506
§ 15.8	发动机性能测试系统·····	510
§ 15.9	超声波裂纹检测仪·····	514
第十六章	一个典型的微机控制系统·····	518
§ 16.1	工业锅炉的工艺流程·····	518
§ 16.2	35t/h 锅炉的主要控制流程·····	519
§ 16.3	锅炉微机控制的硬件框图·····	526
§ 16.4	仪表与微机的连接·····	536
§ 16.5	锅炉微机控制系统的软件·····	546
§ 16.6	微机控制系统的安装与运行·····	549
附录 1	Z80 指令系统一览表·····	555
附录 2	Z80 标志位操作摘要表·····	563
附录 3	8086/8088 指令系统表·····	564
参考文献	·····	579

第一篇

基础篇

首篇共分 3 章，包括微机系统导论、微机运算基础与标准微处理器，它们是学习微机原理及应用教材的公共基础知识，也是一个必要的入门。

第一章 微机系统导论

本章首先从总体上说明微型计算机（简称微机）系统组成的基本概念，并对硬件系统和软件系统两大部分的具体组成作一简要介绍。

然后，重点讨论典型的单总线微机硬件系统结构，微处理器组织及各部分的作用，存储器组织及其读写操作过程。在此基础上，将微处理器和存储器结合起来组成一个最简单的微机模型，通过具体例子说明微机的运行机理与工作过程。

最后，给出一个实际微处理器 Z80 的程序设计模型和评价微机系统性能的主要技术指标。

§ 1.1 微机系统组成

一、几个基本定义

微处理器、微型计算机和微型计算机系统，这是三个含义不同但又有着密切依存关系的基本概念。

（一）微处理器

微处理器简称 μP 或 MP (Microprocessor)，是指由一片或几片大规模集成电路组成的具有运算器和控制器功能的中央处理器部件，又称为微处理机。它本身并不等于微型计算机，而只是中央处理器。有时为区别大、中、小型中央处理器 CPU (Central Processing Unit) 与微处理器，而称后者为 MPU (Microprocessing Unit)。通常，在微型计算机中直接用 CPU 表示微处理器。

（二）微型计算机

微型计算机 (Microcomputer)，简称 μC 或 MC，是指以微处理器为核心，配上存储器、输入/输出接口电路及系统总线所组成的计算机（又称主机或微电脑）。当把微处理器、存储器和输入/输出接口电路统一组装在一块或多块电路板上或集成在单片芯片上，则分别称之为单板、多板或单片微型计算机。

（三）微型计算机系统

微型计算机系统 (Microcomputer system)，简称 μCS 或 MCS，是指以微型计算机为中心，配以相应的外围设备、电源和辅助电路（统称硬件）以及指挥微型计算机工作的系统软件所构成的系统。

以上三者的含义及相互关系如图 1.1 所示。

二、微型计算机系统的组成

微型计算机系统与任何其它计算机系统一样，由硬件和软件两个主要部分组成。

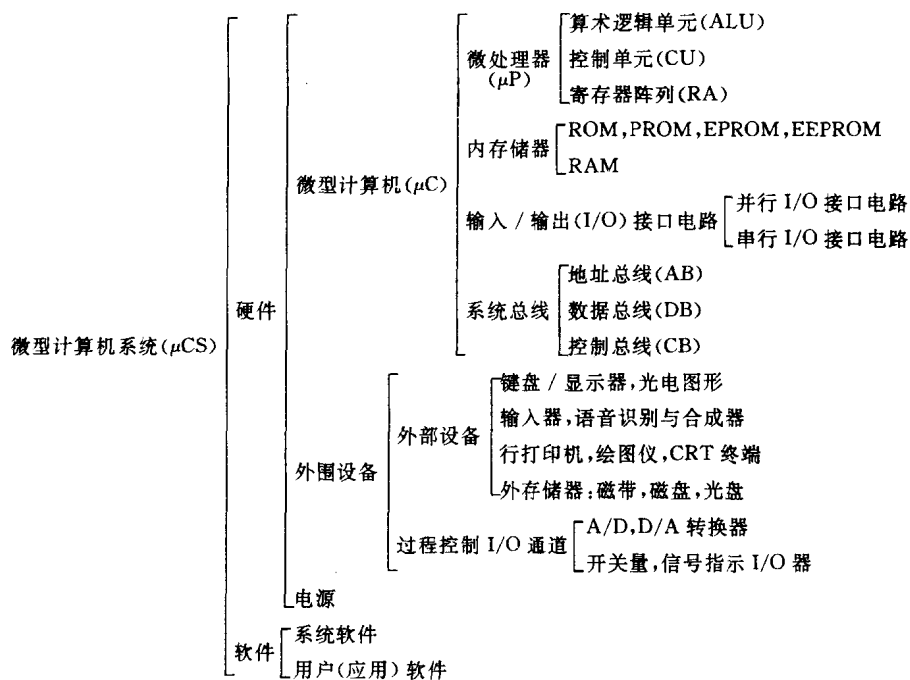


图 1.1 μCS , μC , μP 的相互关系

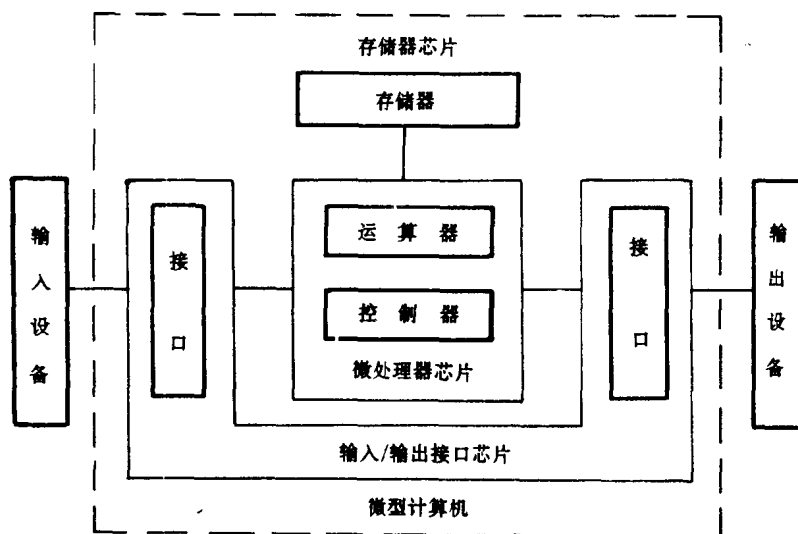


图 1.2 微机硬件系统组成

(一) 硬件

微机硬件系统的组成如图 1.2 所示。图中, 微处理器是微机的运算、控制中心, 用来实现算术、逻辑运算, 并对全机进行控制。存储器(简称主存或内存)用来存储程序或数据。

输入/输出 (I/O) 芯片是微机与输入输出设备之间的接口。

(二) 软件

计算机软件通常分为两大类：系统软件 and 用户软件。系统软件是指不需要用户干预的能生成、准备和执行其它程序所需的一组程序。用户软件是各用户为解题或实现检测与实时控制等不同任务所编制的应用程序。究竟应配置多少系统软件才能满足特定计算机系统的需要，这取决于具体的用途。程序的分级结构如图 1.3 所示。

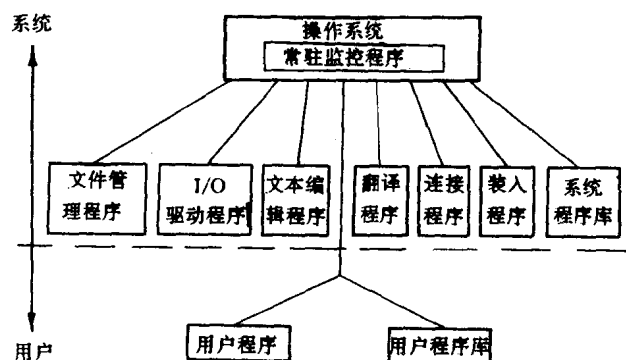


图 1.3 软件的分级结构

操作系统是一套复杂的系统程序，用于提供人机接口和管理、调度计算机的所有硬件与软件资源。它所包含的系统程序的具体分类尚不统一。其中，最为重要的核心部分是常驻监控程序。计算机开机后，常驻监控程序始终存放在内存中，它通过接收用户命令，并启动操作系统执行相应的操作。

操作系统还包括 I/O 驱动程序和文件管理程序。前者用于执行 I/O 操作；后者用于管理存放在外存(或海量存储器)中的大量数据集合。每当用户程序或其它系统程序需要使用 I/O 设备时，通常并不是由该程序执行操作，而是由操作系统利用 I/O 驱动程序来执行任务。文件管理程序与 I/O 驱动程序配合使用，用于文件的存取、复制和其它处理。

此外，系统软件还可包括各种高级语言翻译程序、汇编程序、文本编辑程序以及辅助编写其它程序的程序。程序设计分为三级：

1. 机器语言程序设计；
2. 汇编语言程序设计；
3. 高级语言程序设计。

机器语言程序是计算机能理解和直接执行的程序。汇编语言程序是用助记符语言表示的程序，计算机不能直接“识别”，需经过称之为汇编程序的翻译把它转换为机器语言方能执行。机器语言指令与汇编语言指令基本上一一对应，都面向机器。而高级语言是不依赖于具体机型只面向过程的程序设计语言，由它所编写的程序，需经过编译程序或解释程序的翻译方能执行。

文本编辑程序是供输入或修改文本(字母、数字和标点等组成的一组字符或代码序列)用的程序，存于海量存储器中；它有几种用途，主要可用来生成程序。

在编写程序时，还可能需要另外两种系统程序：系统程序库；连接程序与装入程序。一

般操作系统都有一个通用的系统程序库，用户还可以建立自己的程序库（一组子程序）。程序库中的子程序可附在任何系统程序或用户程序上以供调用。把待执行的程序与程序库及其它已翻译好的程序连接起来所用的准备程序称为连接程序或连接编辑程序；另一种准备程序是用来把待执行的程序送入内存，称为装入程序。有时，连接与装入功能可合成为一个程序。

应当指出，硬件系统和软件系统是相辅相成的，共同构成微型计算机系统，缺一不可。现代的计算机硬件系统和软件系统之间的分界线并不明显，总的趋势是两者统一融合，在发展上互相促进。

人是通过软件系统与硬件系统发生关系的。通常，由人使用程序设计语言编制应用程序，在系统软件的干预下使用硬件系统。

一个具体的微型计算机系统，它所包括的硬件和软件数量各不相同，究竟应包括多少，要根据应用场合对系统功能方面的要求来确定。

§ 1.2 微机硬件系统结构

所谓微机硬件系统结构系指按照总体布局的设计要求将各部件构成某个系统的连接方式。一种典型的微机硬件系统结构如图 1.4 所示。图中，用系统总线将各个部件连接起来。

系统总线是用来传送信息的公共导线，它们可以是电缆，也可以是印刷板上的连线。所有的信息都通过总线传送。通常，根据所传送信息的内容与作用不同，可将总线分为三类：数据总线 DB (Data Bus)，地址总线 AB (Address Bus)，控制总线 CB (Control Bus)。这是一种单总线系统结构，系统中各部件均挂在单总线上，所以又称为面向系统的单总线结构。

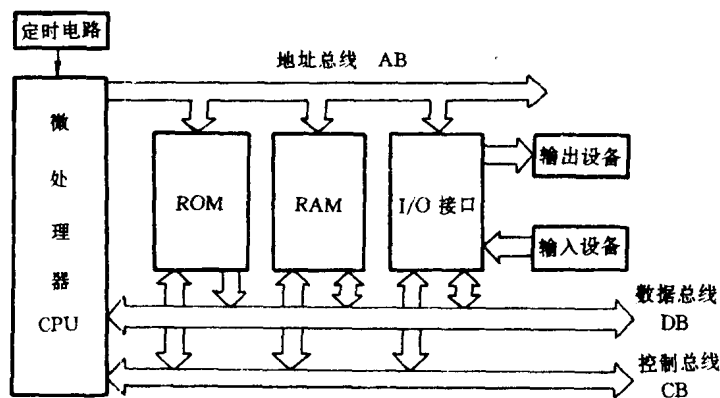


图 1.4 典型的微机硬件系统结构

在微型计算机中有两股信息流（数据信息流和控制信息流）在流动。在单总线系统中，通过单总线实现微处理器、存储器和所有 I/O 设备之间的信息交换。由于各部件均以同一形式挂在单总线上，结构简单、易于扩充，所以目前绝大多数微机硬件系统均采用这种结构。

§ 1.3 微处理器组成

图 1.5 给出了一个简化的微处理器结构。由图中可知，微处理器由运算器、控制器和内部寄存器阵列三部分组成。现将各部件的功能简述如下。

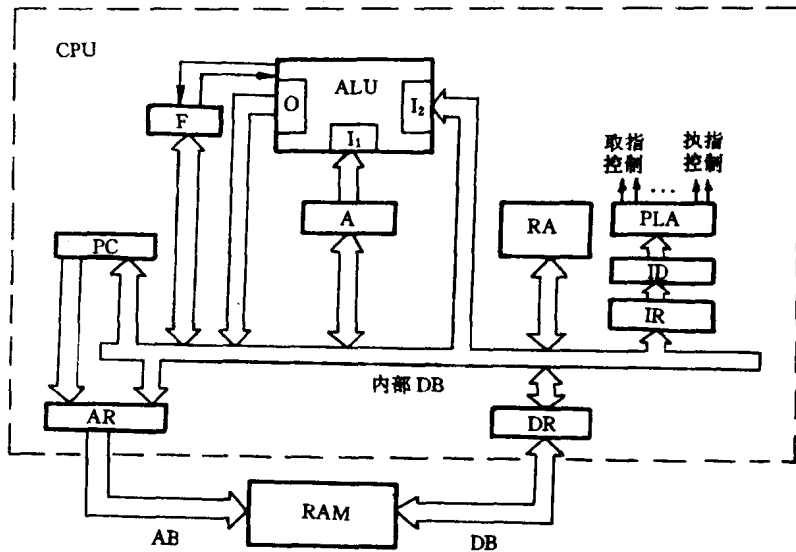


图 1.5 微处理器结构

一、运算器

运算器又称为算术逻辑单元 ALU (Arithmetic Logic Unit)，用来进行算术或逻辑运算以及位移循环等操作。参加运算的两个操作数，通常，一个来自累加器 A (Accumulator)，另一个来自内部数据总线，可以是数据寄存器 DR (Data Register) 中的内容，也可以是寄存器阵列 RA 中某个寄存器的内容。运算结果往往也送回累加器 A 保存。

二、控制器

(一) 指令寄存器 IR (Instruction Register)

指令寄存器 IR 用来存放从存储器取出的将要执行的指令（实为其操作码）。

(二) 指令译码器 ID (Instruction Decoder)

指令译码器 ID 用来对指令寄存器 IR 中的指令进行译码，以确定该指令应执行什么操作。

(三) 可编程逻辑阵列 PLA (Programmable Logic Array) (也称为定时与控制电路)

可编程逻辑阵列用来产生取指令和执行指令所需的各种微操作控制信号。由于每条指令所执行的具体操作不同，所以，每条指令将对应控制信号的某一种组合，以确定相应的操作序列。