

新编16-32位 微型计算机 原理及应用

李继灿 李华贵 编著



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 16/32 位微处理器为背景,以模型机为入门,Intel8086/8088 16 位机为基础,追踪 Intel 主流系列高性能微机的技术发展方向,比较全面、系统、深入地讨论了 80386/80486 微机系统、编程实例及微机的实用接口技术。

本书不仅适用于当前从事微型计算机硬件教学与科研工作者的需要,而且,面向 21 世纪高等院校微型计算机原理及应用教学改革趋势,重点介绍了有关 80386/80486 微机系统的原理及应用实例。特别是以 80486 微机系统作为主流机型给予了比较详细的讨论。

本书内容先进,结构新颖,资料翔实,深入浅出,文笔流畅,便于教学与自学。它既可以作为大专院校各专业微型计算机硬件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签,无标签者不得销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

新编 16-32 位微型计算机原理及应用/李继灿、李华贵 编著. —北京:清华大学出版社, 1997

ISBN 7-302-02558-4

I. 新… I. ①李… ②李… III. 微型计算机, 16/32 位-基本知识 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 10642 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者:北京市丰台区丰华印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 30 字数: 710 千字

版 次: 1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-02558-4/TP·1303

印 数: 0001~6000

定 价: 29.80 元

前 言

自从1994年7月《新编8-16-32位微型计算机原理及应用》一书由清华大学出版社出版以来,受到了全国许多高等院校与广大读者的欢迎与使用。

从作者深入全国各地使用该书的高等院校进行的调研以及收到的读者反馈信息中,我们听到了许多热忱的肯定与鼓励,也听到了一些中肯的意见和积极的建议。大多数教师与读者认为该书结构新颖、内容全面、信息量大,以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,颇具特色,特别是以8位机作为教学重点适当讲授8086/8088 16位机与32位机的教师则感到非常得心应手。但对以8086/8088 16位机作为教学重点的教师,则有两种基本不同的反映:一种意见认为只要对教材精选组织合理,可以很好地满足教学需要;另一种意见则认为以16位机作为教学起点,要重新组织教材结构与内容,在教与学两方面都感到不够方便。此外,由于教学时数有限,全书跨度较大,特别是后续应用篇章难以安排教学,只能作为教学与科研参考之用。

我们非常感谢广大教师同行与读者所提出的各种宝贵意见或建议,并结合我们的教学实践,认真吸取了各方面有益的建议,确定了本书的结构与内容大纲。其主要特点是:

1. 删除原书Z80 8位机的全部内容,仅保留程序设计模型以及与后续内容相关的向量中断等概念。
2. 充实与完善了8086/8088微处理器及其系统。
3. 增强了80386/80486多任务与多用户系统、80386/80486微机系统、286/386/486的指令系统及汇编语言以及微机的接口技术。并以80486系统作为重点,以适应当前与今后若干年内作为主流机型的需要。
4. 本书充分注重了内容的精选与提炼,在保证较大信息量与最新内容的基础上,精心组织结构,反复加工文字,使全书避免了跨度过长、难度过大以及文字冗长之弊。
5. 本书对非计算机专业与计算机专业均有很好的选用性。

全书共分12章。第1、2章介绍了微型计算机的公共基础知识与运算基础。第3章详细地介绍了8086/8088微处理器及其系统。第4章介绍了8086/8088汇编语言程序设计,其中对8086/8088汇编语言的基本语法结合实例进行了通俗的注释。第5章为微机的存储器,除详细讨论半导体存储器外,对目前广泛应用的磁表面存储器和光盘存储器也作了必要的介绍。此外,详细介绍了存储器与8086CPU的连接。第6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,8086/8088的中断处理方法。第7章为可编程接口芯片,主要介绍Intel系列的8255A、8250、8253-5、8259A等典型应用的接口芯片。第8章为从80286到Pentium的最新技术发展,其中,增加了80286在保护方式下访问LDT的寻址过程实例这一重要内容,详细介绍了Pentium的体系结构以及P5总线与80486总线的主要区别,全面系统地介绍了Intel 80386微处理器与Intel 80486微处理

器。第9章为80386/80486多任务与多用户系统,这是80386/80486支持多任务软件的一大特点,它们特别适合于实时或多用户的操作系统。本章重点讨论与80386多任务系统具有相似原理和功能的80486多任务与多用户系统。第10章为80386/80486微机系统,详细介绍了最流行的386与486微机主板、主要配件、典型系统实例以及组装微机系统等实用技术。第11章为286/386/486的指令系统及汇编语言编程,所有实用程序均经过调试验证通过,其中,还包括了对高级程序员有参考价值的高版本MASM应用实例。第12章为微机的接口技术,是本书重要的应用章节。其中所列举的各种接口应用实例融汇了作者多年科研的实践经验与成果。

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16位机为主的专业,可选用第1章至第8章。凡讲授16位机至32位机的专业可选用第3章至第12章。凡讲授32位机的专业(包括研究生班)可选用第1、2、3章以及第8章至第12章。

本书各章编著者分工为:李华贵编著第11章,第12章,第6章6.4、6.5,第7章7.7,第8章8.2、8.3以及附录B,并参加了本书的部分校核;其余各章均由李继灿编著。全书由李继灿担任主编,并负责大纲拟定、组织编著与统稿。

编写过程中受到清华大学出版社的热情支持与宝贵指导。李华贵、沈疆海、徐宁等同志还将为本书编著配套的习题集。在此,本人谨表示最诚挚的感谢。

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

李继灿

1996年11月26日

目 录

第 1 章 微机系统导论	1
1.1 微机系统组成	1
一、几个基本定义.....	1
二、微型计算机系统的组成.....	1
1.2 微机硬件系统结构	4
1.3 微处理器组成	5
一、运算器.....	5
二、控制器.....	5
三、内部寄存器阵列.....	6
1.4 存储器概述	6
一、基本概念.....	6
二、存储器组成.....	7
三、读/写操作过程	7
1.5 微机工作过程	8
1.6 程序设计模型.....	18
1.7 微机系统主要技术指标.....	20
一、字长	20
二、内存容量	26
三、指令系统	20
四、运算速度	21
五、允许配置的外设数量	21
六、系统软件的配置	21
第 2 章 微机运算基础	24
2.1 进位计数制.....	24
一、十进制数	24
二、二进制数	24
三、八进制数	25
四、十六进制数	25
2.2 进位数制之间的转换.....	26
一、二进制数转换为十进制数	26
二、十进制数转换为二进制数	27
三、八进制数与二进制数之间的转换	28

• III •

四、八进制数与十进制数之间的转换	29
五、十六进制数与二进制数之间的转换	29
六、十六进制数与十进制数之间的转换	30
2.3 二进制编码(代码)	31
一、二进制编码的十进制(二-十进制或BCD码)	31
二、字母与字符的编码	32
2.4 二进制数的运算	33
一、二进制数的算术运算	33
二、二进制数的逻辑运算	37
2.5 数的定点与浮点表示	38
一、定点表示	39
二、浮点表示	40
三、定点表示与浮点表示的比较	40
2.6 带符号数的表示法	42
一、机器数与真值	42
二、机器数的种类和表示方法	42
三、补码的加减法运算	46
四、溢出及其判断方法	47
第3章 8086/8088微处理器及其系统	49
3.1 8086/8088微处理器	49
一、8086/8088CPU的内部结构	49
二、8086/8088的寄存器结构	51
三、8086/8088的引脚信号和功能	54
3.2 最小/最大工作方式	56
一、最小方式	56
二、最大方式	58
3.3 多处理器系统	60
3.4 8086/8088的存储器	62
一、存储器组织	62
二、存储器的分段	64
三、实际地址和逻辑地址	64
四、堆栈	65
五、存储器的工作时序	65
3.5 8086/8088的输入/输出和DMA传递方式	67
一、8086/8088的I/O组织	67
二、8086/8088的I/O寻址方式	68
三、DMA传送方式	68

3.6	8086/8088 的中断系统简述	69
3.7	8086/8088 指令系统	71
一、	8086/8088 指令系统的特点	71
二、	8086/8088 的指令格式	71
三、	寻址方式	74
四、	8086/8088 指令的分类	78
3.8	iAPX86/88 系列微机的横向提升	107
一、	数值数据协处理器 8087	107
二、	输入/输出协处理器 8089	109
三、	操作系统固件 80130	111
第 4 章	8086/8088 汇编语言程序设计	112
4.1	程序设计语言概述	112
一、	机器语言	112
二、	汇编语言	112
三、	高级语言	113
4.2	8086/8088 汇编语言的基本语法	113
一、	8086/8088 汇编源程序实例	113
二、	8086/8088 汇编语言语句	115
4.3	8086/8088 汇编语言程序设计基本方法	134
一、	顺序结构程序	134
二、	分支结构程序	136
三、	循环结构程序	136
四、	子程序	137
五、	DOS 及 BIOS 中断调用	140
4.4	软件调试技术	151
一、	调试软件 DEBUG	151
二、	软件调试基本方法	154
第 5 章	微机的存储器	156
5.1	存储器的分类与组成	156
一、	半导体存储器的分类	156
二、	半导体存储器的组成	157
5.2	随机存取存储器 (RAM)	159
一、	静态随机存取存储器	159
二、	动态随机存储器	163
5.3	只读存储器 (ROM)	166
一、	只读存储器存储信息的原理和组成	166

二、只读存储器的分类	166
三、EPROM 芯片实例——Intel 2716	167
5.4 存储器的连接	169
一、存储器芯片的扩充	169
二、存储器与 CPU 的连接	171
三、存储器与 CPU 的连接举例	172
5.5 磁表面存储器	179
一、磁表面存储信息原理	180
二、磁盘存储器	181
三、盒式磁带存储器	184
5.6 光盘存储器	186
一、概述	186
二、光盘存储器的写读原理、特点及其主要技术问题	187
三、可擦式光盘存储器	192
第 6 章 输入输出与中断	195
6.1 输入输出接口概述	195
一、CPU 与外设间的连接	195
二、接口电路的基本结构	196
6.2 CPU 与外设数据传送的方式	197
一、程序传送	197
二、程序中断传送	203
三、直接存储器存取 (DMA) 传送	203
6.3 用于输入输出的接口芯片 8212	205
一、8212 芯片简介	205
二、8212 的工作模式	205
6.4 中断技术	207
一、中断概念	207
二、单个中断源的中断	209
三、向量中断	211
四、中断优先权	214
6.5 8086/8088 的中断系统和中断处理	217
一、8086/8088 的中断系统	217
二、8086/8088 的中断处理过程	220
三、中断向量表	222
四、可屏蔽中断的过程	223
五、中断响应时序	225

第7章 可编程接口芯片	227
7.1 接口的分类及功能	227
一、接口的分类.....	227
二、接口的功能.....	227
7.2 可编程序计数器/定时器 8253-5	228
一、8253-5 的引脚与功能结构	228
二、8253-5 的内部结构和寻址方式	229
三、8253-5 的 6 种工作方式及时序关系	229
四、8253 应用举例	233
7.3 可编程序中断控制器 8259A	234
一、8259A 的引脚与功能结构	234
二、8259A 内部结构框图和中断工作过程	235
三、8259A 的控制字格式	237
四、8259A 应用举例	243
7.6 可编程序并行通信接口芯片 8255A	244
一、8255A 芯片引脚定义与功能	244
二、8255A 寻址方式	246
三、8255A 的 3 种工作方式	246
四、时序关系.....	250
7.7 可编程序串行异步通信接口芯片 8250	251
一、串行异步通信规程 (PROTOCOL)	251
二、8250 芯片引脚定义与功能	252
三、8025 芯片的内部结构和寻址方式	254
四、8250 内部控制状态寄存器的功能	255
五、8250 通信编程	257
六、8250 应用举例	260
 第8章 从 80286 到 Pentium 的最新技术发展	262
8.1 80286 微处理器	262
一、8286 与 8086/8088 相比的特点	263
二、80286 在体系结构上与 8086/8088 的主要异同点	264
8.2 INTEL80386 微处理器	274
一、80386 的特点	274
二、80386 的内部结构	275
三、80386 的寄存器结构	276
四、80386 的存储器管理	281
五、80386/80486 三种工作模式的相互转变	288
六、80386DX CPU 的引出脚	289

8.3 INTEL 80486 微处理器	291
一、80486 的主要结构特点	291
二、80486 CPU 内部结构	292
三、高速缓存	295
四、80486CPU 的外部结构	299
8.4 新一代微处理器 Pentium	303
一、Intel X86CPU 系列	303
二、Pentium (P5) 的体系结构及其特点	304
三、P5 总线与 80486 总线的主要区别	306
四、相对 486 体系结构的增强点	310
第 9 章 80386/80486 多任务与多用户系统	312
9.1 多任务系统	312
一、多任务与多用户	312
二、局部空间和全局空间	313
9.2 任务及任务的描述	315
一、任务及其 LDT	315
二、任务及其任务状态段	316
9.3 任务转换	319
一、任务的设定	319
二、任务转换过程	320
三、任务转换方法	321
四、任务门	323
五、任务转换时的 B 位、NT 位和反向链的变化	324
六、IRET/IRETD 指令	325
七、任务转换时的特权级保护	325
八、描述符表的项目分类	326
第 10 章 80386/80486 微机系统	328
10.1 80386 微机系统	328
一、80386 的引脚图	328
二、80387 协处理器	329
10.2 80486 微机系统	336
一、概述	336
二、流行的 80486 微机主板	337
三、关于 BIOS 设置程序	341
10.3 微机系统的主要配件	342
一、概述	342

二、微机系统的主要配件·····	343
10.4 组装微机的条件和装配过程·····	353
一、组装微机的条件·····	354
二、安装微机的过程·····	355
第 11 章 286/386/486 的指令系统及汇编语言编程 ·····	357
11.1 286/386/486 实地址存储器管理 ·····	357
11.2 286 相对 8086 增加的指令 ·····	357
11.3 80386 相对 80286 增加的指令 ·····	360
一、80386 新增的寻址方式 ·····	360
二、80386 扩充原有指令工作范围的指令 ·····	361
11.4 80486 相对 80386 新增加的指令 ·····	369
11.5 286/386/486 的保护方式指令 ·····	370
11.6 高版本 MASM 的应用实例 ·····	376
一、相对 8086 增加的程序结构伪指令 ·····	376
二、一般源程序的基本结构·····	377
三、汇编语言源程序实例·····	378
第 12 章 微机的接口技术 ·····	385
12.1 键盘及接口电路·····	385
一、非编码键盘·····	386
二、编码键盘·····	387
三、微机键盘及其接口·····	394
12.2 打印机与并行通信接口·····	398
一、针式打印机结构和工作过程·····	398
二、打印机适配器电路·····	399
三、打印机编程·····	401
四、用打印机接口进行并行数据通信·····	404
12.3 串行通信接口·····	405
一、IBM PC 机异步串行通信接口 ·····	406
二、同步串行通信接口·····	408
12.4 软磁盘机接口技术·····	412
一、软磁盘机的种类·····	412
二、软磁盘机及其控制器·····	412
三、软磁盘机的接口信号 ·····	412
四、软磁盘机 BIOS 的调用实例 ·····	414
12.5 硬磁盘机接口技术·····	415
一、硬磁盘机·····	415

二、硬磁盘控制器及接口信号·····	416
三、IDE 接口·····	417
四、硬磁盘的读写软中断·····	418
12.6 模/数 (A/D) 与数/模 (D/A) 转换接口·····	419
一、A/D 转换接口·····	419
二、D/A 转换接口·····	423
附录 A 8086/8088 的指令系统表 ·····	427
附录 B 80386/80486 指令格式和时钟数 ·····	442
B.1 指令编码·····	442
一、指令的一般格式·····	442
二、指令系统的 32 位扩展·····	443
三、指令字段的编码·····	443
B.2 80386/80486 指令摘要与时钟周期数·····	449
一、指令时钟周期数的假设·····	449
二、时钟周期数表示法的约定·····	449
三、表格中的注释·····	449
四、80386/80486 指令系统的时钟概要·····	451
参考文献 ·····	467

第 1 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，而只是其中央处理器。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。

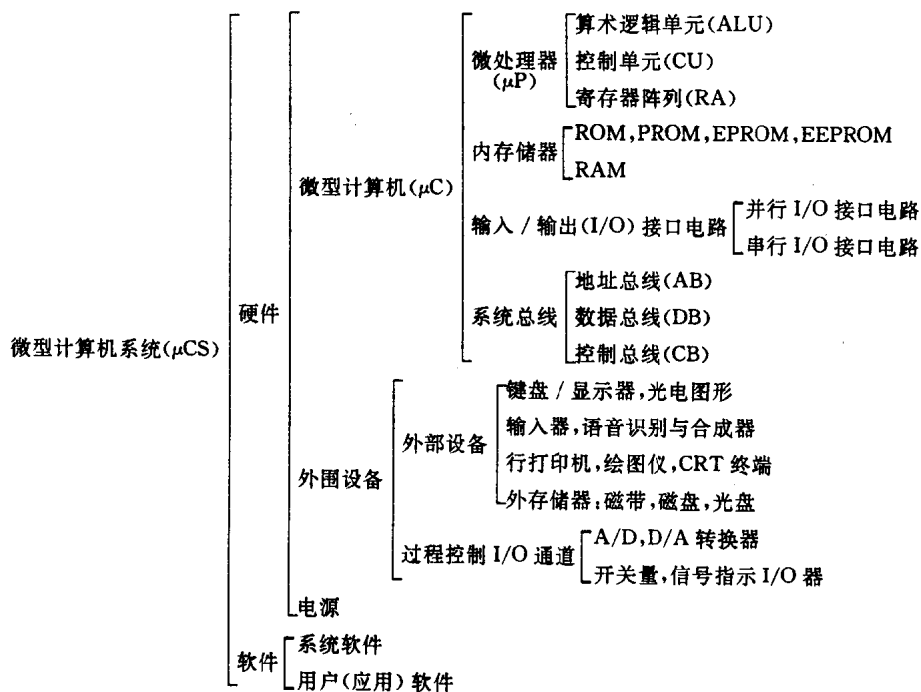


图 1.1 μCS , μC , μP 的相互关系

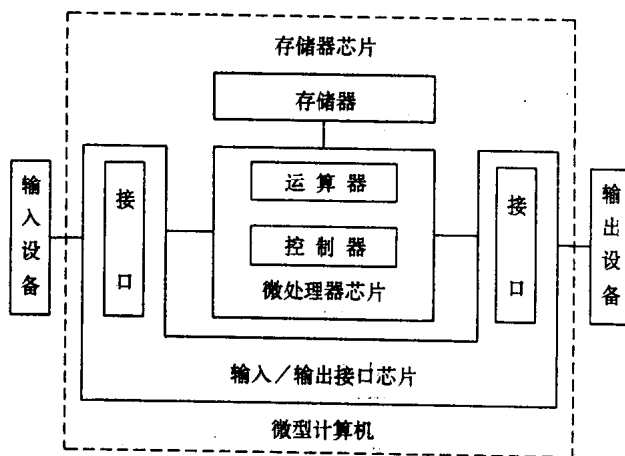


图 1.2 微机硬件系统组成

(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。

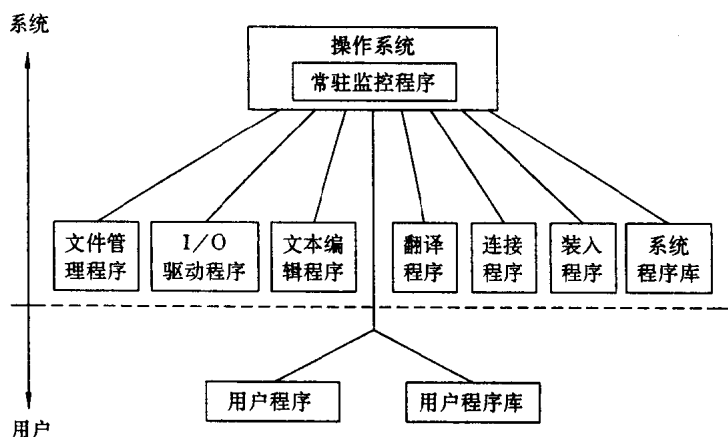


图 1.3 软件的分级结构

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 3 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；它有多种用途，主要可用来生成程序。

在编写程序时，还可能另外需要两种系统程序：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 3 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。

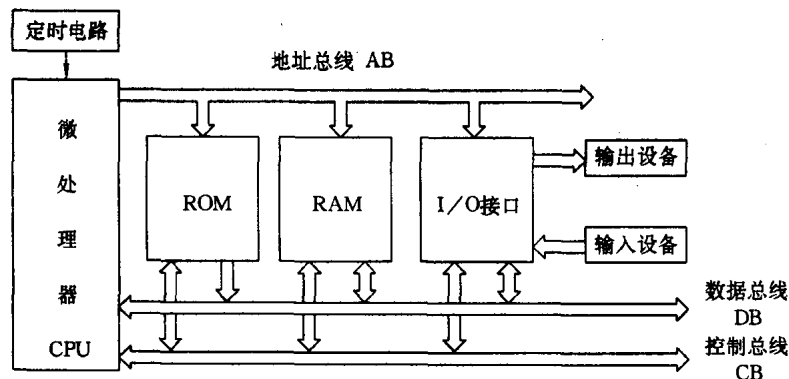


图 1.4 典型的微机硬件系统结构

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 3 部分组成。现将各部件的功能简述如下。

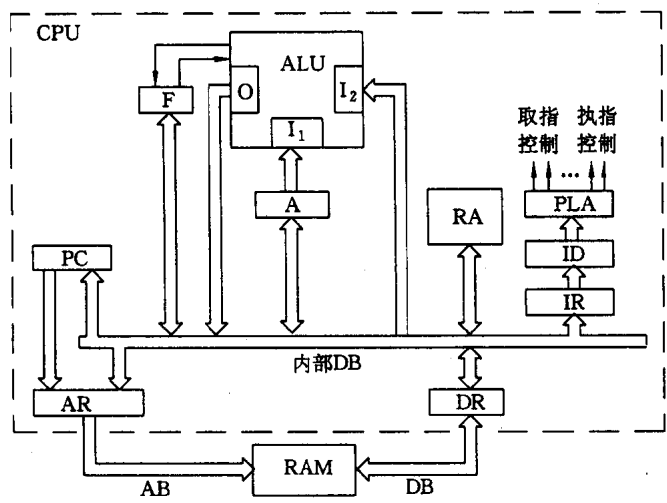


图 1.5 微处理器结构

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 暂存。

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。