



21 世纪高等院校规划教材

微机原理与接口技术

MICROCOMPUTER PRINCIPLE AND INTERFACE TECHNOLOGY

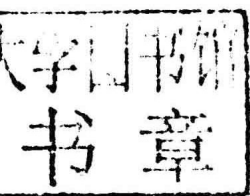
于天河 高 爽 主编
罗志勇 李大夜 参编
贾丽娟 主审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

21 世纪高等院校规划教材

微机原理与接口技术

主编 于天河 高 爽
参编 罗志勇 李大夜
主审 贾丽娟



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书以 Intel 8086 微处理器为主体,阐述了微型计算机的基本原理、汇编语言和接口技术等内容。全书共分为 9 章:概述、微处理器系统、寻址方式和指令系统、汇编语言程序设计、存储器系统、输入/输出和总线技术、中断、常用数字接口芯片、A/D 和 D/A 转换技术。

本书内容丰富,通俗易懂,并附有习题。

本书适合作为高等院校微机原理与接口技术等相关课程的教材,也可作为计算机应用开发人员和希望深入学习微机技术的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术 / 于天河, 高爽主编. —北京:
中国铁道出版社, 2011. 8
21 世纪高等院校规划教材
ISBN 978-7-113-13226-2

I. ①微… II. ①于… ②高… III. ①微型计算机—
理论—高等学校—教材②微型计算机—接口—高等学校—
教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 159239 号

书 名: 微机原理与接口技术
作 者: 于天河 高 爽 主编

策划编辑: 吴宏伟 孟 欣
责任编辑: 徐盼欣
编辑助理: 路 迪
责任印制: 李 佳

读者热线: 400-668-0820
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)
印 刷: 三河市华业印装厂
版 次: 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.5 字数: 495 千
印 数: 1~3 000 册
书 号: ISBN 978-7-113-13226-2
定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材研究开发中心批销部联系调换。

微机原理与接口技术是电气信息类专业的一门基础课程。针对信息化社会中计算机应用领域的不断扩大、高等学校学生计算机知识的起点不断提高等特点,结合目前普通高等院校计算机教学的 CDIO 教育理念的需要,我们参考现有教材编写了《微机原理与接口技术》一书,它适合于高等院校微机原理与接口技术等相关课程的教材,也可以作为计算机应用开发人员和希望深入学习微机技术的工程技术人员的参考用书。

由于以往的教材强调理论的系统性和全面性,所以实用性和实际效果并不是很好。基于 CDIO 工程教育理论的计算机教学模式注重学生综合能力的培养,在教学过程中以学生未来职业角色为核心,以社会需求为导向,兼顾理论内容与实践技术内容的个性化培养方案,将课内教学与课外实践活动融为一体,形成课内理论教学和课外实践活动良性互动。教学实践表明,该种教学模式对培养学生的创新思维和提高学生的实践能力有很好的作用。

本书内容主要包括微机原理和微机接口电路两大模块,共分为 9 章:第 1 章概述,包括微机系统的组成、计算机中的数制及二进制数的运算等;第 2 章微处理器,包括微处理器的结构和工作原理,以 Intel 80x86 系列微处理器为平台,重点介绍其 3 个不同时期的典型代表——8088、80486 及 Pentium 的基本结构和工作原理;第 3、4 章详细介绍了 8086/8088 微处理器寻址方式和指令系统、汇编语言程序设计及基本的程序设计方法;第 5 章介绍了微机存储器系统,选择部分典型的存储器芯片为例,讲述了存储器芯片与系统的连接方法和存储器扩展技术,并用一定篇幅介绍了高速缓冲存储器技术;第 6~8 章为接口电路部分,包括中断技术,总线技术和典型接口电路的编程和使用;第 9 章讲解总线技术和数/模及模/数转换技术,以案例的形式讲述了输入/输出系统的相关技术、典型的 I/O 数字接口芯片和模拟接口芯片的应用。通过本书的学习,读者应能够了解和掌握微机硬件系统的组成,并能够具有微机软、硬件控制系统的初步设计能力。

本书的主要特色:

(1) 主要章节的例题采用分类的形式讲解,在程序设计和存储器以及接口技术的章节中,把例题分为基础例题和应用例题:基础例题注重基础知识点的讲解与分析,应用例题注重知识点在实际中的应用。按照知识层次进行知识点的讲解,采用与实际相结合的实例,以利于激发学习兴趣,开拓学生的思路。

(2) 根据章节内容,面向应用和能力培养。书中在例题、接口电路等的选择上,尽量考虑与实际的工程应用相结合,插入了大量的电路连接图、结构图、时序图和详细的

分析说明,对所举全部实例都有详细的分析和注释。如在汇编语言程序设计部分,读者经常反映入门困难,本书通过为每段程序添加详细注释,使读者能够较为容易地理解和掌握汇编语言程序设计的思想。

(3) 针对汇编语言较难理解的特点,与 C 语言相结合,相互对比。针对汇编语言晦涩难懂的问题,在汇编语言程序设计的章节,采用与 C 语言相结合的方法,以便于学生能够更清晰地理解和使用汇编语言。

对于初学者,建议从第 1 章开始循序渐进地进行阅读,对于已学习过相关基础知识的读者也可挑选其中篇章进行学习;在本科教学中可作为 40~80 学时的教材使用,建议以两周一章的进度进行,每章 3~4 学时,每章结束后作适当的小结和复习。本书具有立体化的教学环境,和本书配套的有多媒体课件和配套教材《微机原理与接口技术习题解答及实验指导》。配套教材中包含了主教材全部习题的题目分析及详细解答,可对读者的学习起一定的辅导作用;包括了多项与课程学习紧密相关的汇编语言程序设计实验及接口电路设计实验,以供学员自学和巩固所学知识。另外,本书设计制作了教学幻灯片,以方便教学。

本书由于天河、高爽任主编,贾丽娟任主审。第 1、2、5、8 章由于天河编写,第 3、4 章由罗志勇编写,第 7、9 章由高爽编写,第 6 章由李大夜编写。在编写本书的过程中参考了相关文献,在此向这些文献的作者深表感谢。

书中难免存有不足之处,恳请专家和广大读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月

第 1 章 概述	1
1.1 微处理器的发展历史	1
1.2 计算机的常用术语	2
1.3 计算机系统的组成	3
1.4 计算机的工作过程	6
1.5 计算机的信息表示	9
1.5.1 数制转换	9
1.5.2 计算机的数字编码	13
1.5.3 二进制数的计算	15
1.6 计算机中常用的编码	18
小结	20
习题	20
第 2 章 微处理器系统	22
2.1 8086/8088 CPU 的指令流水原理	22
2.2 8086/8088 CPU 的功能结构	23
2.2.1 8086/8088 CPU 的执行单元	24
2.2.2 8086/8088 CPU 的总线接口单元	26
2.3 8086 微处理器的引脚信号功能	28
2.3.1 最小模式系统组成及引脚定义	28
2.3.2 最大模式下系统组成及引脚定义	32
2.4 8086/8088 CPU 的存储器组织	34
2.4.1 物理地址和逻辑地址	34
2.4.2 堆栈的使用	36
2.5 8086 微处理器的总线操作	37
2.5.1 系统的复位和启动操作	38
2.5.2 总线操作的概念	38
2.5.3 总线操作时序	40
2.6 80x86 微处理器	42
2.6.1 80486 微处理器	43
2.6.2 Pentium 微处理器	45
2.6.3 微处理器的多核技术	51
小结	53
习题	54

第3章 寻址方式和指令系统	56
3.1 寻址方式	56
3.1.1 立即数寻址	56
3.1.2 寄存器寻址	57
3.1.3 隐含寻址	57
3.1.4 直接寻址	57
3.1.5 寄存器间接寻址	58
3.1.6 寄存器相对寻址	59
3.1.7 基址变址寻址	60
3.1.8 相对基址变址寻址	61
3.2 程序转移类的相关寻址方式	63
3.3 8086/8088 的指令系统	65
3.3.1 数据传送类指令	66
3.3.2 算术运算类指令	75
3.3.3 逻辑运算和移位类指令	85
3.4 串处理指令	91
3.5 重复操作前缀指令	95
3.6 控制转移指令	98
3.7 处理器控制类指令	105
小结	107
习题	107
第4章 汇编语言程序设计	110
4.1 汇编语言语句	110
4.1.1 汇编语言源程序实例	110
4.1.2 汇编语句的格式	111
4.2 汇编伪指令	115
4.3 程序设计基础	120
4.3.1 顺序程序设计	121
4.3.2 分支程序设计	122
4.3.3 循环程序设计	130
4.3.4 子程序设计	137
4.3.5 宏汇编	149
4.3.6 程序设计案例	152
4.4 DOS 功能调用	155
4.4.1 基本 I/O 功能调用	156
4.4.2 DOS 功能调用程序案例	158
4.5 文件管理	161
4.5.1 DOS 文件管理功能调用	161
4.5.2 文件管理程序案例	164

小结	167
习题	167
第 5 章 存储器系统	170
5.1 存储器概述	170
5.2 随机存取存储器 RAM	172
5.2.1 静态随机存取存储器 SRAM	172
5.2.2 动态随机存取存储器 DRAM	178
5.3 只读存储器 ROM	179
5.3.1 MROM 和 PROM 存储器	180
5.3.2 EPROM 存储器	181
5.3.3 电可擦除 EEPROM	182
5.4 存储器扩展技术及引用	184
5.5 闪存技术	189
5.6 高速缓冲存储技术	190
小结	194
习题	195
第 6 章 输入/输出和总线技术	198
6.1 输入/输出接口概述	198
6.1.1 I/O 接口的功能	198
6.1.2 CPU 与外设交换的信息	200
6.1.3 I/O 接口的基本结构	201
6.1.4 I/O 端口的编址方式	202
6.2 输入/输出的控制方式	203
6.2.1 无条件传送方式	203
6.2.2 查询工作方式	204
6.2.3 中断方式	207
6.2.4 直接存储器存取 (DMA) 方式	208
6.3 总线和总线标准	210
6.3.1 总线	210
6.3.2 总线的分类	211
6.3.3 总线标准	212
6.4 总线插槽和 PC 总线的引脚信号	213
6.4.1 PC 总线信号说明	213
6.4.2 总线的负载能力	215
6.5 PCI 总线	216
6.5.1 PCI 总线的概述	216
6.5.2 PCI 总线信号	217
6.6 通用串行总线 USB	219

6.6.1	USB 概述	219
6.6.2	USB 的主要技术指标	221
6.6.3	USB 的功能	221
小结		222
习题		223
第 7 章	中断	224
7.1	中断技术	224
7.1.1	中断基本概念	224
7.1.2	中断类型	225
7.1.3	中断的处理过程	228
7.1.4	中断向量表	229
7.1.5	中断在操作系统中的应用	230
7.2	可编程中断控制器 8259A	232
7.2.1	8259A 的引线	233
7.2.2	8259A 的内部结构	234
7.2.3	8259A 的工作过程	235
7.2.4	中断控制器初始化	235
7.2.5	初始化命令字设置工作方式	236
7.2.6	初始化命令字流程	237
7.2.7	操作命令字编程	239
7.2.8	中断程序设计	242
小结		247
习题		247
第 8 章	常用数字接口芯片	249
8.1	可编程定时器/计数器 8253	249
8.1.1	8253 的结构和功能	249
8.1.2	8253 的工作方式	251
8.1.3	8253 的编程控制	253
8.2	并行接口 8255A	257
8.2.1	8255A 的引线及内部结构	258
8.2.2	8255 的工作方式	261
8.2.3	状态字	264
8.2.4	8255A 接口应用举例	266
8.3	串行通信及串行通信接口 8251A	269
8.3.1	串行通信的基本概念	269
8.3.2	可编程串行接口芯片 8251A	276
小结		283
习题		283

第 9 章	A/D 和 D/A 转换	286
9.1	概述	286
9.2	A/D 转换技术	287
9.2.1	A/D 转换工作原理	287
9.2.2	A/D 转换器的主要参数	291
9.2.3	ADC0809 内部结构及其与微处理器的接口	292
9.3	D/A 转换技术	295
9.3.1	D/A 转换工作原理	295
9.3.2	D/A 转换器的主要参数	297
9.3.3	D/A 转换器的输入/输出特性	298
9.3.4	DAC0832 的内部结构及其与微处理器的接口	299
9.3.5	DAC0832 的应用	301
	小结	302
	习题	302
附录 A	ASCII 码表	304
附录 B	8086/8088 指令系统简表	305
附录 C	8086/8088 指令与标志参考表	309
附录 D	DOS 中断	312
附录 E	8086 中断	315
	参考文献	317

第 1 章 | 概 述

现代人的生产和生活都离不开计算机。自从计算机诞生以来,其已被广泛应用于科学计算、数据(信息)处理和过程控制等领域。学好计算机的原理知识对于用好计算机非常重要。本章主要介绍微处理器的发展历史,基于冯·诺依曼计算机设计思想的组成计算机的五大部件,计算机的工作原理及过程,计算机系统组成和计算机信息的表示。重点掌握计算机中数字信息的表示方法和运算规则。通过本章的学习,学生可以了解到计算机程序的执行过程,信息表示和计算,为后续指令和程序的学习打下基础。

1.1 微处理器的发展历史

计算机是由各种电子器件组成的,能够自动、高速、精确地进行逻辑控制和信息处理的现代化设备,它是 20 世纪人类最伟大的发明之一。自 20 世纪 40 年代第一台电子计算机问世以来,计算机以构成其硬件的逻辑部件为标志,已经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模及超大规模集成电路计算机 4 个阶段。随着大规模集成电路的发展,计算机分别朝着巨型机、大型机和超小型机、微型机两个方向发展。

以微处理器为核心,配上大容量的半导体存储器及功能强大的可编程接口芯片,连上外围设备,包括键盘、显示器、打印机和软驱、光驱等外部存储器,还有电源所组成的计算机,称为微型计算机,称为微型机或微机,有时又称 PC (Personal Computer) 或 MC (Micro Computer)。

微机的诞生和发展是伴随着大规模集成电路的发展而发展起来的。微机在系统结构和基本工作原理上,与其他计算机没有本质区别,所不同的是,微机采用了集成度相当高的器件和部件,它的核心部分是微处理器。微处理器是指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(CPU)。

(1) 第一代 4 位或低档 8 位微处理器

1971—1973 年:代表产品为 Intel4004 及 4040。字长 4 位,集成度 2 300 管/片,时钟频率为 1 MHz。1972 年 Intel 公司推出的低档 8 位的 8008 就属于第一代微处理器。第一代处理器的指令简单,运算能力差,速度慢,软件使用机器语言来编辑程序。

(2) 第二代中高档 8 位微处理器

1973—1977 年:代表产品有 Intel8080/8085、Zilog 公司的 Z80、Motorola 的 MC6800。字长为 8 位,地址线为 16 根,集成度为 1 万管/片,时钟频率为 2~4 MHz。这个时期的处理器集成度比第一代提高了 1~4 倍,运算速度提高了 10 倍,软件方面除了使用汇编语言之外,还使用了 BASIC 等高级语言。

（3）第三代 16 位微处理器

1978—1980 年：代表产品有 Intel 8086/8088、Motorola 的 MC68000 和 Zilog 公司的 Z8000。字长为 16 位，地址线为 20 根，集成度为 2 万~6 万管/片，时钟频率为 4~8 MHz。

1981—1984 年：代表产品有 Intel 80286 和 Motorola 的 MC 68010。字长为 16 位，地址线为 24 根，集成度约为 13 万管/片，时钟频率为 6~25 MHz。16 位处理器比 8 位微处理器的集成度提高了一个数量级，它的内部结构和功能得以进一步的完善。

（4）第四代 32 位微处理器

1985—1989 年：代表产品有 Intel 80386 和 Motorola 的 MC68020。字长为 32 位，地址线为 32 根，集成度为 15 万~50 万管/片，时钟频率为 16~40 MHz。1989 年，Intel 80486 芯片由英特尔推出，集成了 120 万个晶体管，使用 1 μm 的制造工艺。80486 的时钟频率从 25 MHz 逐步提高到 50 MHz。32 位处理器无论从结构、功能、应用范围等方面，都可以说是 20 世纪 80 年代小型机的微型化水平。CPU 的标准化和小型化都使得这一类数字设备在现代生活中的出现频率远远超过有限应用专用的计算机。现代微处理器出现在包括从汽车到手机乃至儿童玩具在内的各种物品中。

（5）第五代高档 32 位微处理器

1993—1994 年：代表产品有 Intel 的 Pentium 及 AMD、Cyrix 的 M1 等。集成度为 350 万管/片，时钟频率为 50~166 MHz。Pentium 微处理器于 1993 年 3 月推出，它集成了 310 万个晶体管，使用多项技术来提高 CPU 的性能，主要包括采用超标量结构，内置应用超级流水线技术的浮点运算器，增大片上的二级缓存的容量，采用内部奇偶检验以便检验内部处理错误等。

（6）第六代微处理器

1996 年至今，CPU 有了更大的飞跃，1996 年 Intel Pentium Pro 微处理器被推出，Pentium Pro 是 32 位 CPU，这是第一代 Pentium 产品，二级 Cache 有 256 KB 或 512 KB，最大有 1 MB 的二级 Cache。所以 Pentium Pro 运行 16 位应用程序时性能一般。随后多能奔腾处理器 Intel Pentium MMX 推出，1997 年之后，Intel 又推出了 Pentium II、Pentium III 和 Pentium 4 其他公司的类似产品也同时出现。这些 CPU 的集成度已经达到 1 000 万个晶体管，时钟频率为 1 GHz 以上。

2005 年开始英特尔率先推出了采用双核设计的微处理器。其中最高端型号为 Pentium Extreme Edition 840，为了满足一般用户的需要，英特尔同时还推出了 Pentium D 820、830、840 等 3 款处理器。随后，AMD 发布了 Athlon64 X2 系列处理器。双核就是 2 个核心，又称双内核。双核处理器是在一个处理器上集成两个运算核心，从而提高计算能力。

1.2 计算机的常用术语

一台计算机的功能是由系统结构、硬件组成、指令系统、软件配置等多方面来决定，而不是根据一两个指标来判断的。不同的性能代表了计算机的不同功能，通常也用各种技术指标来评价微机的性能优劣。一般地讲，选用和设计计算机时应考虑以下 4 个主要的性能指标：

1. 字长

“字”（word）是计算机一次处理的指令和数据的基本单位，一般由若干字节组成。CPU 内部各部件传输数据，CPU 与输入/输出设备、存储器之间传输数据，都是通过总线进行的。总线一次可以同时传输多个二进制位，这些二进制位组合在一起，就构成一个字。一个字用来存

放一条指令或一个数据，通常作为一个整体参加运算或处理。

一个字中所包含的二进制位数的多少称为字长。不同的计算机系统，字长是不同的。常用的字长有 8 位、16 位、32 位和 64 位等，这时又称相应的计算机系统为 8 位机、16 位机、32 位机、和 64 位机等。字长是衡量计算机性能的一个重要标准。字长越长，一次处理的数字位数就越大，速度也就越快。现在主流微型计算机的字长是 64 位。

2. 主频

CPU 的主频 (Main Frequency) 即 CPU 内核工作的时钟频率 (CPU clock speed)，单位为 Hz。CPU 的主频是在 CPU 内数字脉冲信号振荡的速度，与 CPU 实际的运算速度有关。主频越高，一个时钟周期内完成的指令就越多，CPU 的速度就越快。

3. 运算速度

单字长定点指令平均执行速度 (Million Instructions Per Second, MIPS)，即每秒处理的百万级的机器语言指令数。这是衡量 CPU 速度的一个指标。如 Intel 80386 计算机可以每秒处理 300 万到 500 万机器语言指令，即 80386 是 3~5 MIPS 的 CPU。MIPS 是衡量 CPU 运算速度性能的指标。

4. 存储容量

主存容量 (Memory) 是指主存储器能够存储信息的总字节数。主存容量越大，可容纳的程序和数据就越多，处理问题的能力就越强。同时，也使其与外存之间交换信息的次数减少，从而加快运算速度。计算机的最大主存容量由 CPU 的地址总线位数来决定。地址总线为 32 位时，CPU 的最大寻址空间为 4 GB，地址总线为 20 位时，CPU 的最大寻址空间为 1 MB。

5. 位

“位” (bit) 是计算机能处理的最小数据单位，表示二进制中的 1 位。即只能存储一个 0 或一个 1。如果将计算机的基本存储元件想象为一个小灯泡，那么一个位对应的是这个小灯泡，或者表示亮，或者表示灭的状态。

6. 字节

计算机的存储器存储容量很大，里面有着数量庞大的存储单元。为了方便对数据的存储和管理，将这些存储单元划分成一些不同级别的单位。将 8 位二进制数表示 1 字节 (byte，单位为 B)。字节是计算机存取数据的最基本的存储单元。为了方便存取数据，计算机按线性顺序对每个字节进行编号，这个编号就是这个存储单元的地址。这犹如一座大厦里的每个房间都有一个房间号一样。CPU 是根据地址访问存储单元中的信息的。

下面是常用的存储容量单位之间的换算公式：

$$\begin{aligned} 1 \text{ B} &= 8 \text{ bit} & 1 \text{ KB} &= 2^{10} \text{ B} = 1\,024 \text{ B} & 1 \text{ MB} &= 2^{10} \text{ KB} = 1\,024 \text{ KB} \\ 1 \text{ GB} &= 2^{10} \text{ MB} = 1\,024 \text{ MB} & 1 \text{ TB} &= 2^{10} \text{ GB} = 1\,024 \text{ GB} \end{aligned}$$

1.3 计算机系统的组成

程序存储思想是由冯·诺依曼和其同事在 1946 年提出的，他们依据这个原理设计出了一个完整的现代计算机模型，并确定了程序存储计算机的五大组成部分和基本工作方法。几十年来，

计算机技术飞速发展，早已改变了早期计算机的效率低下的程序执行方式。并且电路技术和体系结构的进步，使计算机形态、功能日新月异。不过计算机的基本工作原理和基本组成部分仍未脱离冯·诺依曼的这一思想。

冯·诺依曼提出的计算机设计思想，可以简要地概括为以下 3 点：

- ① 计算机应包括运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件。
- ② 计算机内部应采用二进制来表示指令和数据。每条指令一般具有一个操作码和一个地址码。
- ③ 采用程序存储的方式，指令自动执行。计算机无须操作人员干预，能自动逐条取出指令和执行指令。

计算机的硬件系统指的是组成计算机的各种电子物理设备。如主机、显示器、键盘、鼠标、打印机、扫描仪、光盘驱动器扬声器和调制解调器等。软件系统则指的是计算机运行所需的各种程序和数据及其有关资料的集合。软件是存储在计算机的存储器中的，是客观存在的。硬件是物质基础，是软件的载体，两者相辅相成，缺一不可。一台没有安装软件的计算机是没有办法进行任何工作的。两者关系，硬件犹如躯体，软件则是灵魂。

无论是微型计算机还是大型计算机、巨型计算机，尽管它们的形态各异，但从功能角度看，各种计算机系统的硬件系统都是由 5 个基本部分构成的，分别是：运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备。其中存储器又分为内存储器和外存储器。五大部件中，运算器和控制器是计算机的核心，一般称为中央处理单元，简称 CPU。一般将 CPU 和内存储器合起来称为主机，主机有时还包括外设控制器，它们通常放在主机柜中。当然，这种划分主要是对大型机而言。对于微型计算机，控制器和运算器合起来集成为一块 CPU 芯片，此时称为微处理器，从外观上看，二者更像是一个部件。这些部件之间是通过总线进行传输信息的，而总线也是一种硬件设备，是计算机内部传输指令、数据和各种控制信息的高速通道。

计算机系统的组成如图 1-1 所示，其中软件系统由系统软件和应用软件组成。

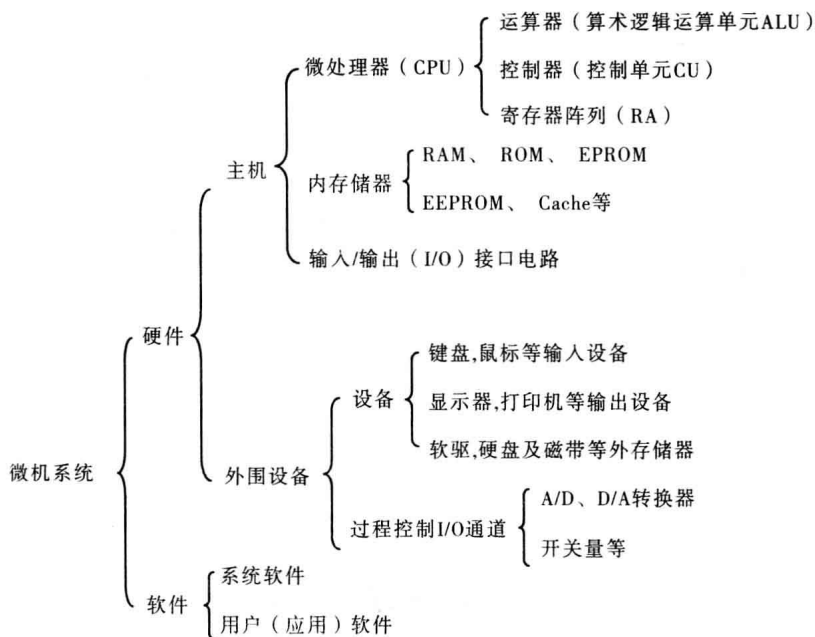


图 1-1 计算机系统组成

下面对计算机硬件系统各部件进行具体介绍。

（1）运算器

运算器主要由算术逻辑单元（Arithmetic Logic Unit, ALU）和一些寄存器组构成。它的功能就是进行算术运算和逻辑运算。算术运算就是指加、减、乘、除等操作；而逻辑运算一般泛指非算术性质的运算，如比较大小、移位、逻辑加、逻辑乘等。在执行程序指令的时候，各种复杂的运算往往先分解为一系列的算术运算和逻辑运算，然后再由运算器去执行。运算器的数据存取，是在控制器的控制下，在内存储器或内部寄存器中完成的，设置寄存器是因为可以减少 CPU 对内存储器的访问，以便节省时间。

（2）控制器

控制器是计算机的指挥中心。一般由指令寄存器、指令译码器、时序部件和控制电路等组成。它的主要功能是按时钟提供的统一节拍，从内存储器中取出指令，并分析执行，使计算机各个部件能够协调工作。在执行程序时，计算机的工作是周期性的，取指令、分析指令、执行指令，周而复始地进行。这一系列的操作顺序，都需要精确定时，时序部件就是产生定时信号的部件，类似计算机的脉搏。大致的过程是，控制器首先按照程序计数器中的地址从内存中取出指令，并对指令进行分析，然后根据指令的功能向有关部件发出控制信号，指挥它们执行相应的操作。然后再取出下一条指令，重复上述过程。这样逐一执行程序指令，就能完成程序所设定的任务。

控制器和运算器合在一起被称为中央处理器单元，通常称做 CPU，CPU 是计算机的核心部件。

（3）存储器

存储器是计算机用来存储程序和数据的设备，由一系列的存储单元组成。每个存储单元按顺序进行编号，这种编号称为存储单元的地址。如同一座楼房的房间编号一样，每个存储单元都对应着唯一的地址。存储器是计算机中的重要组成部分，有了存储器，计算机才有记忆功能，才能存储程序和数据，使计算机能够自动工作。

注意：存储器分为内存储器和外存储器两种，内存储器简称内存，外存储器简称外存。当计算机执行程序时，相应的指令和数据就会送到内存中，由 CPU 读取、执行，处理的结果也会首先放置到内存中，再输送到外存保存。一般将 CPU 和内存储器合起来称为主机。外存储器用来存储暂时用不到的程序和数据，并可长期保存。分类上，外存储器也可以作为输入/输出设备。

（4）输入设备

输入设备用来将外部数据（如文字、数值、声音、图像等）转变为计算机可识别的形式（二进制代码），输入到计算机中，以便加工、处理。最常用的输入设备是键盘。对于微型计算机，由于其一般使用的是图形用户界面，所以鼠标已经成为和键盘同等重要的输入设备。随着计算机的多媒体技术的发展，出现了多种多样的输入设备。常用的有扫描仪、光笔、手写输入板、游戏杆、数码照相机等。

（5）输出设备

输出设备的作用是将计算机处理的结果用为人们所能接受的形式（如字符、图像、语音、视频等）表示出来。显示器、打印机、绘图仪等都属于输出设备。输入/输出设备通常放置于主机外部，故又称外围设备。它们实现了外部世界与主机之间的信息交换，提供了人机交互的硬件环境。

图 1-2 所示为计算机的硬件结构框图。在计算机中,各部件之间传输的信息可分成 3 种类型:地址、数据(包括指令)和控制信号。大部分计算机(特别是微型计算机)的各部件之间传输各种信息是通过总线进行的。图中的实线表示地址或数据总线,而虚线表示控制总线,是和控制器相连接的总线。

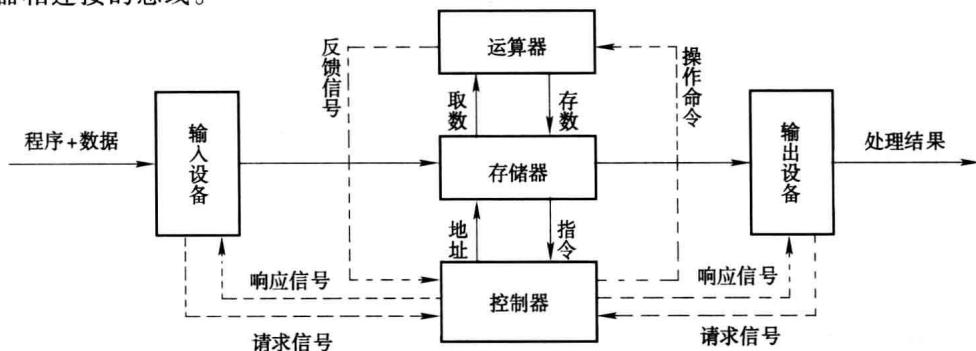


图 1-2 计算机硬件结构框图

1.4 计算机的工作过程

1. 微处理器的工作原理

CPU 是计算机的主要设备之一,由控制器和运算器组成。其功能主要是解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据。CPU 是计算机中的核心配件,只有火柴盒那么大,几十张纸那么厚,但它却是一台计算机的运算核心和控制核心。计算机中所有操作都由 CPU 负责读取指令,对指令译码并执行指令。

CPU 的主要工作原理是执行程序里的一系列指令,在此讨论的是普遍意义上的原理。程序以一系列的二进制数存储在存储器中。CPU 的工作原理可归纳为 4 个阶段:取指令、分析指令、执行指令和写回结果。

① 提取指令,从存储器中检索指令,即一系列二进制数。由程序计数器指定程序存储器的位置,程序计数器保存供识别目前程序位置的数值。程序计数器记录了 CPU 在目前程序里的踪迹。

② 分析指令,指令被拆解为有意义的片断。根据 CPU 的指令集定义将信息解译为指令。一部分的指令数值为运算码,其指示要进行哪些运算。其他的数值通常供给指令必要的信息,如一个加法运算的运算目标等。在提取和解码阶段之后,进入执行阶段。在该阶段中将连接到各种能够进行所需运算的 CPU 部件。

③ 执行指令,如做一个加法运算,算数逻辑单元将会连接到一组输入和一组输出。输入提供了要相加的数值,而且在输出将含有总和结果。算数逻辑单元内含许多逻辑电路,输出端完成简单的算术运算和逻辑运算。

④ 写回结果,以一定格式将执行阶段的结果简单的写回。运算结果经常被写进 CPU 内部的寄存器,以供随后的指令快速存取。在执行指令并写回结果后,程序计数器的值会递增,重复以上过程,下一个指令周期正常的提取下一个顺序指令。如果完成的是跳转指令,程序计数器将会修改成跳转到的指令地址,且程序继续正常执行,有的 CPU 可以一次提取多个指令、解码,并且同时执行。

CPU 的功能可以归纳为以下 4 个方面：

(1) 指令控制

程序是指令的顺序集合，其指令的先后次序不能任意颠倒，必须严格地按规定顺序执行。因此，保证计算机按顺序执行程序（指令）是 CPU 的首要任务。

(2) 操作控制

一条指令的功能通常是由若干个操作信号组合起来实现的。执行指令的微观过程就是完成一个相应的微操作序列。这些微操作的产生、组合、传送和管理，完全由 CPU 指挥和控制，从而协调各个功能部件按指令的要求完成任务。

(3) 时间控制

对各种操作实施时间上的控制，称为时间控制。一方面，各种指令的操作信号均受到时间的严格控制；另一方面，一条指令的执行过程也受到时间的严格控制。只有这样，计算机才能有条不紊地自动工作。

(4) 数据加工

数据加工是指计算机对数据进行算术运算和逻辑运算，并将原始数据处理成最终结果的过程，这是 CPU 的根本任务。

2. 指令执行过程

计算机硬件系统只能执行由机器指令组成的程序，程序在执行前必须首先装入内存。程序执行时，CPU 负责从内存中逐条取出指令，分析识别指令，最后执行指令，从而完成一条指令的执行周期。CPU 周而复始地工作，直至程序完成。启动一个程序的执行只需将程序的第一条指令的地址置入程序计数器（Program Counter, PC）中即可，之后的工作流程如图 1-3 所示。可以看出，程序执行的流程就是“取指令”→“分析指令”→“执行指令”的循环过程。假定程序已经由输入设备存放到内存当中，当计算机要从等待状态进入运行状态时：

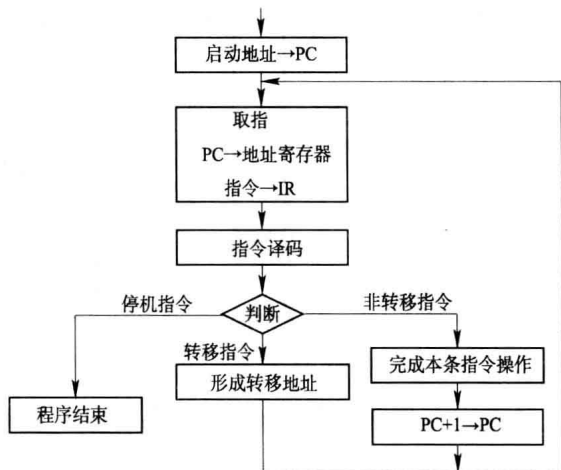


图 1-3 计算机取指令示意图

① 程序启动之后，程序计数器 PC 把指令地址发给地址寄存器，将指令从内存中取出并送到指令寄存器（Instruction Register, IR）中。

② 将取出的指令送到指令译码器，以确定要进行的操作。

③ 读取相应的操作数，即操作对象。

④ 执行指令。

⑤ 存放执行结果。

⑥ 一条指令执行完成后，程序计数器 PC 自身加 1，从转入下一条指令的读取阶段。这样的循环直到程序遇到了停止指令才结束。