

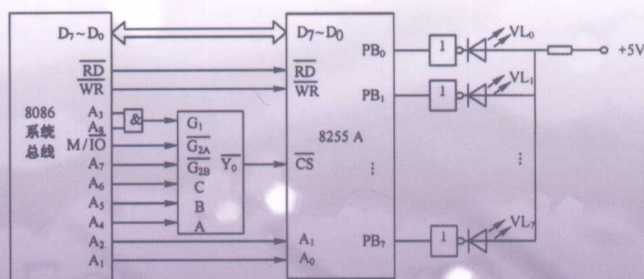


普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

DIANQI
XINXILEI

微机原理及 接口技术

■ 主 编 王惠中
■ 副主编 王 强 李 策



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费
电子课件

本书从工程应用的角度出发,系统地介绍了以 Intel 8086/8088 微处理器为核心的微型计算机的基本组成、工作原理及接口技术。全书在编写上坚持内容由浅入深,循序渐进,理论联系实际的原则。在程序例题中给出了较为详细的注释,便于学生更好地理解程序。

全书共分 10 章,讲述了微型计算机的基本工作原理、8086/8088 微处理器、半导体存储器、8086/8088 指令系统、汇编语言程序设计方法、输入/输出接口及常用的接口芯片、中断系统、串行通信、模/数与数/模转换等内容。本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的老师索取,索取邮箱: wbj@mail.machineinfo.gov.cn。

本书可用作高等院校非电专业本、专科教材,也可作为高等院校其他专业本、专科教材和相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理及接口技术/王惠中,王强,李策编. —北京:机械工业出版社,2008.3

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-23495-1

I. 微… II. ①王…②王…③李… 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. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 019519 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王保家 苏颖杰 责任校对:李秋荣

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 22.5 印张 · 558 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-23495-1

定价: 34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

前 言

计算机已成为解决工程问题不可缺少的工具，随着工业自动化水平的不断提高，工程应用型本科高等院校非电专业的学生毕业以后，所面临的大量设计任务中许多地方都涉及计算机的知识。所以，工科院校的学生学习和掌握计算机的基本原理和应用技术，已成为几乎所有的工科专业培养计划的一个重要环节。因此，“微机原理及接口技术”是工科学生重要的技术基础课，在微型计算机技术飞速发展的情况下，如何使学生在有限的时间内做到既能掌握基本概念又能提高基本能力，是我们在教学中始终探索的问题。

经过多年的教学实践与探索，在总结多次试用讲稿的基础上，我们为工程应用型本科高等院校非电专业编写了《微机原理及接口技术》一书。

《微机原理及接口技术》是工程应用型本科高等院校非电专业的学生学习计算机原理与应用的入门课程。虽然计算机技术飞速发展，经历了8位、16位、32位、64位，但其基本的工作原理相同，而且8086/8088微处理器具有很好的兼容性。本书以8086/8088微处理器和微型计算机为主线，从工程应用的角度出发，讲述了微型计算机的基本工作原理、半导体存储器、8086/8088指令系统、汇编语言程序设计方法、输入/输出接口、中断、串行通信、模/数与数/模转换等内容。

在编写过程中，根据学生掌握知识的基本特点，在内容安排上采用循序渐进、深入浅出、突出重点、通俗易懂、理论联系实际的原则，以便使学生能够在较短的时间里理解基本概念，掌握基本设计方法。本教材在吸取众多教材精华的同时，力求内容精练、例题丰富、形式多样、取材新颖，使学生能够较好地理解概念与原理，对学生提高分析问题和解决问题的能力有一定的帮助。在编写中加入了作者多年从事教学、科研的经验和体会。本书可用作高等院校非电专业本、专科教材，也可作为高等院校其他专业本、专科教材和相关工程技术人员的参考书。

本书由王惠中编写第1、2、3、4、5章并统稿，王强编写第6、8、10章，李策编写第7、9章。李战明教授担任本书主审，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。肖利梅老师为本书做了不少的工作。宿忠娥、许正海、邓科绘制了书中部分插图，在此表示感谢。

本书参考教学课时为64~80学时。书中的部分内容可以根据不同专业适当选讲。本书配有电子课件，欢迎选用本书作教材的老师索取，索取邮箱：wbj@mail.machineinfo.gov.cn。

本书是由编者在多年从事“微机原理及接口技术”课程教学和科研工作的基础上，参考了国内同类教材内容编写而成的，在此特向有关作者致谢。由于编者能力有限，书中难免存在错误和不当之处，恳请读者和专家提出批评和宝贵意见。

编者

目 录

前言

第 1 章 微型计算机概论 1

1.1 微型计算机概述 1

1.1.1 计算机的发展 1

1.1.2 微型计算机的分类及主要性能指标 1

1.1.3 微型计算机的发展 2

1.2 微型计算机的基本结构 3

1.2.1 微型计算机系统、微型计算机 3

1.2.2 微处理器 5

1.2.3 单片机、单板机、多板机 6

1.3 微型计算机的基础知识 7

1.3.1 计算机数制及其相互转换 7

1.3.2 计算机数值表示及其运算 11

1.3.3 数值运算 14

1.3.4 符号数的二进制算术运算 15

1.3.5 数的定点和浮点表示 16

1.3.6 溢出的概念 17

1.4 常用编码及其表示 17

1.4.1 BCD 码 (十进制数的二进制编码) 17

1.4.2 ASCII 码 19

习题 19

第 2 章 8086/8088 微处理器 21

2.1 8086/8088 的基本结构 21

2.1.1 8086/8088 概述 21

2.1.2 8086/8088 的内部结构 22

2.2 8086/8088 的引脚功能及其工作模式 28

2.2.1 8086/8088 在最小模式中引脚定义 28

2.2.2 8086/8088 在最大模式中引脚定义 32

2.3 8086/8088 的存储器组织结构 33

2.3.1 存储器的分段管理 33

2.3.2 内存的物理地址形成 34

2.3.3 存储器的分体结构 35

2.4 8086/8088 系统配置 38

2.4.1 8086/8088 最小模式 38

2.4.2 8086/8088 最大模式 41

2.5 8086/8088 的总线操作及时序 44

2.5.1 8086/8088 的工作周期 44

2.5.2 系统的复位及启动 44

2.5.3 8086 最小模式下的总线操作 45

习题 49

第 3 章 存储器 51

3.1 存储器的基本知识 51

3.1.1 存储器的概述 51

3.1.2 半导体存储器的分类 52

3.1.3 半导体存储器的主要技术指标 53

3.1.4 半导体存储器的结构 54

3.2 随机存取存储器 (RAM) 55

3.2.1 静态随机存取存储器 (SRAM) 55

3.2.2 动态随机存取存储器 (DRAM) 58

3.2.3 集成随机存取存储器 (IRAM) 61

3.3 只读存储器 (ROM) 62

3.3.1 只读存储器 (ROM) 的结构及工作原理 62

3.3.2 ROM 的典型芯片 65

3.4 存储器与 CPU 的连接 71

3.4.1 存储器与 CPU 连接时应注意的问题 71

3.4.2 存储器芯片的扩展 72

3.4.3 CPU 与存储器的连接 74

3.4.4 CPU 与存储器的连接应用举例 78

习题 80

第 4 章 8086/8088 指令系统 81

4.1 概述 81

4.1.1 机器语言 81

4.1.2 汇编语言 81

4.1.3 高级语言 82

4.2 指令的编码格式与指令构成 83

4.2.1 指令的构成 83

4.2.2 8086/8088 的指令编码格式 83

4.3 8086 的寻址方式	87	6.4.4 通道控制方式	223
4.3.1 操作数寻址方式	87	习题	224
4.3.2 程序转移地址的寻址方式	94	第 7 章 中断系统	225
4.4 8086/8088 指令系统	98	7.1 中断的基本概念	225
4.4.1 数据传送指令	98	7.1.1 中断的用途	226
4.4.2 算术运算类指令	107	7.1.2 中断源	226
4.4.3 逻辑运算和移位指令	120	7.1.3 中断系统的功能	227
4.4.4 串操作指令	127	7.2 中断系统及其处理过程	228
4.4.5 控制转移指令	131	7.2.1 单一中断的处理过程	229
4.4.6 处理器控制指令	139	7.2.2 多个中断的处理过程	231
习题	141	7.3 8086/8088 的中断系统	233
第 5 章 汇编语言程序设计	146	7.3.1 外部中断	234
5.1 汇编语言语句的类型和组成	146	7.3.2 内部中断	234
5.1.1 汇编语言语句的类型	146	7.3.3 中断优先级	235
5.1.2 汇编语言语句的组成	147	7.3.4 中断向量和中断向量表	235
5.2 伪操作命令	153	7.3.5 中断向量的装入	236
5.2.1 数据定义语句	153	7.4 8259A 可编程中断控制器	237
5.2.2 表达式赋值语句	154	7.4.1 8259A 的内部结构和工作原理	238
5.2.3 段定义语句	154	7.4.2 8259A 的引脚功能	239
5.2.4 段分配语句	155	7.4.3 8259A 的主从级联方式	240
5.2.5 过程定义语句	155	7.4.4 8259A 的工作方式	241
5.2.6 程序模块定义语句	156	7.5 8259A 的基本应用	243
5.3 DOS 功能调用和 BIOS 中断调用	157	7.5.1 8259A 的编程	243
5.3.1 DOS 功能调用	158	7.5.2 8259A 内部寄存器的读写	248
5.3.2 BIOS 中断调用	161	7.5.3 8259A 的应用实例	248
5.4 汇编语言程序设计	163	习题	255
5.4.1 程序设计概述	163	第 8 章 常用可编程接口芯片及其	
5.4.2 程序设计方法	164	应用	257
习题	181	8.1 可编程接口芯片概述	257
第 6 章 基本输入/输出接口	183	8.1.1 并行接口技术	257
6.1 输入/输出 (I/O) 接口概述	183	8.1.2 可编程通用接口芯片简介	258
6.1.1 接口与端口的基本概念	183	8.2 8255A 可编程并行接口芯片	259
6.1.2 I/O 端口的编址方式	185	8.2.1 8255A 的结构和引脚功能	259
6.2 I/O 接口数据传送的控制方式	188	8.2.2 8255A 的工作方式	263
6.2.1 程序控制方式	188	8.2.3 8255A 的基本应用	269
6.2.2 中断控制方式	192	8.3 8253 可编程定时器/计数器	280
6.3 简单的 I/O 接口芯片应用	195	8.3.1 定时/计数概述	280
6.3.1 常用芯片功能介绍	195	8.3.2 8253 的结构和引脚功能	282
6.3.2 简单的 I/O 接口设计应用	198	8.3.3 8253 的工作方式	285
6.4 直接存储器存取 (DMA) 方式	206	8.3.4 8253 的基本应用	292
6.4.1 DMA 概述	206	习题	299
6.4.2 8237 内部结构及引脚功能	208	第 9 章 数/模、模/数转换及应用	304
6.4.3 8237 的编程及应用	217		

9.1 概述	304	10.1.3 串行通信的标准与传输速率	326
9.2 数/模(D/A)转换器及其接口技术	305	10.2 8251A 可编程串行接口芯片	328
9.2.1 DAC 的工作原理及指标	306	10.2.1 8251A 的结构和引脚功能	328
9.2.2 常用的 DAC0832D/C 芯片	308	10.2.2 8251A 的应用	332
9.2.3 DAC 应用举例	312	10.3 RS-232、RS-485 串行接口标准	339
9.3 模/数(A/D)转换器及其接口技术	314	10.3.1 RS-232C 接口标准	339
9.3.1 ADC 的工作原理及指标	314	10.3.2 RS-485 接口标准	344
9.3.2 常用的 ADC0809A/C 芯片	316	习题	346
9.3.3 ADC 应用举例	319	附录	347
习题	321	附录 A ASCII 码表	347
第 10 章 串行通信	322	附录 B BIOS 功能调用	347
10.1 概述	322	附录 C 常用 DOS 功能调用 (INT 21H) 一览表	348
10.1.1 串行通信基本概念	322	参考文献	354
10.1.2 异步通信和同步通信方式	324		

第 1 章 微型计算机概论

1.1 微型计算机概述

1.1.1 计算机的发展

电子计算机是模仿人的大脑进行工作的一种电子设备，它能够对数据进行高速计算、处理和存储。它是 20 世纪最伟大的发明之一，自 1946 年世界上第一台通用电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) 在美国问世以来，计算机科学和技术取得了飞速的发展。计算机的发展经历了电子管计算机（20 世纪 40 年代末期至 20 世纪 50 年代末期）、晶体管计算机（20 世纪 50 年代末期至 20 世纪 60 年代末期）到集成电路计算机（20 世纪 60 年代中期至今）的过程。今天，集成电路计算机已经由中小规模集成电路、大规模集成电路发展为超大规模集成电路计算机。

第一台电子管计算机，总共使用了 18000 个电子管，重为 30t，占地为 170m²，耗电为 150kW，每秒也只能完成加法运算 5000 次、乘法运算 56 次。随着科学技术的发展，晶体管代替电子管，大大降低了计算机的成本，减小了计算机的体积，运算速度也由每秒可完成加法运算几千次提高到每秒可完成加法运算几十万次。1965 年，中小规模集成电路成功应用于计算机，使得计算机的体积进一步减小，运算速度也提高到每秒几千万次。由于大规模集成电路和超大规模集成电路的出现，到目前为止，计算机的运算速度已提高到每秒几亿次到几千亿次。计算机几乎每 2~4 年就更新换代一次，而且，计算机的更新换代时间已经越来越短。

1.1.2 微型计算机的分类及主要性能指标

计算机按规模和功能可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。它们在系统结构和工作原理上没有本质区别，只是由于微型计算机采用了集成电路，使得它具有体积小、重量轻、可靠性高、使用环境要求低、结构灵活、集成度高、部件标准化、系列化的接口芯片及总线、易于组装及维修、价格低廉等优点，从而获得了极快的发展，使用得非常普及。本书主要讲述微型计算机。

1. 微型计算机的分类

微型计算机的分类方法很多，一般有以下几种分类方法：

(1) 按字长分类 字长是计算机一次处理的二进制数的位数，字长越长，计算机处理数据量越大，处理速度越快。字长与微处理器数据总线宽度不是同一个概念。如 8088 的字长为 16 位，但数据总线宽度仅为 8 位，而 Pentium 系列的字长为 32 位，但数据总线宽度为 64 位。微型计算机按字长可分为 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机、64 位机。

(2) 按结构类型分类 按结构类型可分为单片机、单板机、微型计算机。

(3) 按用途分 按用途可分为个人计算机、工作站/服务器、网络计算机。

(4) 按体积大小分类 按体积大小可分为台式机、便携机（如笔记本电脑、商务通等）。

2. 微型计算机的主要性能指标

一台微型计算机性能优劣不是由某项指标来决定的，而是由计算机系统的结构、指令系统、硬件组成、软件配置等多方面的因素综合决定的。但对一般计算机来说，可以从以下几个指标来大体评价计算机的性能：

(1) 主频 主频是指微型计算机中 CPU 的时钟频率，主频决定计算机的运行速度。目前，CPU 的时钟频率最高已达到 3.4GHz 以上。

(2) 字长 字长指微型计算机能够直接处理的二进制数的位数，字长越长，运算精度越高，功能越强。目前，常用的微型计算机都是 32 位，有些高档的微型计算机已达到 64 位。

(3) 存储器的容量 存储器分为内存储器 and 外存储器两类。内存储器也简称为内存或主存，是 CPU 可以直接访问的存储器，需要执行的程序与需要处理的数据就是存放在主存中的。内存容量指微型计算机存储器能存储信息的字节数，内存容量越大，能存储信息越多，信息处理能力越强。目前，微型计算机内存容量一般配置为 512MB ~ 1GB。外存储器通常是指硬盘（包括内置硬盘和移动硬盘）。外存储器容量越大，可存储的信息就越多，可安装的应用软件就越丰富。目前，硬盘容量可以达到 200 GB。

(4) 存取周期 存取周期是指主存储器完成一次读写所需的时间，存取时间越短，存取速度越快，整机的运算速度越高。存取周期与主存储器指标有关。

(5) 运算速度 运算速度是衡量计算机性能的一项重要指标。运算速度是指微型计算机每秒所能执行的指令条数，单位用 MIPS (Million Instruction Per Second)，即百万条指令每秒。执行不同类型的指令所需时间不同，因此使用各种指令的平均执行时间及相应运行指令的比例计算，是作为衡量运算速度的标准。8086 的运算速度是 0.8MIPS，目前高性能 64 位机安腾的运算速度已超过了 1000MIPS。

1.1.3 微型计算机的发展

微型计算机简称为 μC 或 MC (Micro Computer)，它是由微处理器、存储器、输入/输出接口电路，通过总线 (BUS) 结构联系起来的。从 1971 年世界上第一台微型计算机诞生以来，在三十几年的时间里，微型计算机的发展随着微处理器的发展而发展。到目前为止，微型计算机的发展已经历了 5 代。

第一代微型计算机 (1971 ~ 1973 年) 是以字长为 4 位和字长为 8 位的低档微处理器为核心的计算机。1971 年 Intel 公司首先研制成功 4 位 4004 微处理器，1972 年 Intel 公司推出低档的 8 位 8008 微处理器。微处理器芯片采用 PMOS 工艺，时钟频率小于 1 MHz，集成度为 2000 个晶体管/片。使用机器语言编制程序，平均指令执行时间为 10 ~ 15 μs 。其典型芯片有 Intel 公司的 Intel 8008 和 Intel 4004。

第二代微型计算机 (1974 ~ 1977 年) 是以字长为 8 位的微处理器为核心的计算机。微处理器芯片工艺为 NMOS，时钟频率为 1 ~ 4 MHz，集成度为 9000 个晶体管/片，运算速度大大提高，平均指令执行时间为 1 ~ 2 μs 。指令系统较为完善，软件除汇编语言外，也可以使用高级语言，如 BASIC、FORTRAN 语言和操作系统。其典型芯片有 Intel 公司的 Intel 8080 和 Intel 8085，Motorola 公司的 MC6800，Zilog 公司的 Z80 微处理器。

第三代微型计算机（1978~1984年）是以字长为16位的微处理器为核心的计算机。微处理器芯片工艺为HMOS，时钟频率为4~25MHz，集成度达到29000个晶体管/片，基本指令执行时间约为0.5 μ s。Intel 8086/8088的地址线达到20根，可以寻址1MB的存储空间。Intel 80286达到24根地址线，寻址能力达到16MB。而且Intel 8086和Intel 80286可以向上兼容。其典型芯片有Intel公司的Intel 8086/8088和Intel 80286，Motorola公司的MC68000，Zilog公司的Z8000微处理器。

第四代微型计算机（1985~1993年）是以字长为32位的微处理器为核心的计算机。微处理器芯片工艺为CHMOS，时钟频率为16~40MHz，集成度达到15万~50万个晶体管/片，基本指令执行时间小于0.1 μ s。Intel 80386CPU的数据线和地址线均为32根，寻址能力达到4GB。1990年，Intel公司又研制出高性能32位微处理器芯片80486，片内增加了协处理器和高速缓冲存储器（Cache），时钟频率为16~40MHz，其集成度达到120万晶体管/片。由于80486采用了RISC（Reduced Instruction Set Computer——简化指令集合计算机）技术，降低了每条指令执行所需要的时间，使80486处理速度大幅度提高，在相同的时钟频率下运算速度比80386快30%。其典型芯片有Intel公司的Intel 80386和Intel 80486，Motorola公司的MC68020和MC68040，Zilog公司的Z80000微处理器。

第五代微型计算机（1993~2006年）是以字长为64位的微处理器为核心的计算机。微处理器芯片利用亚微米的CMOS技术进行设计，时钟频率为66MHz~3.2GHz，集成度达到300万~4200万个晶体管/片，基本指令执行时间90~3200MIPS（单位为百万条）。Intel 80586及以上微处理器的数据线和地址线均为64根，寻址能力达到64GB。其典型芯片有Intel公司研制的奔腾（PentiumPro）微处理器、Pentium II微处理器、Pentium III微处理器、Pentium IV微处理器、Itanium（安腾）微处理器。

在推出PIV的同时，Intel已经为市场准备了64位的新一代微处理器。与以往的64位RISC架构的CPU不同，Intel代号为“Mercer”的Itanium（安腾）引入了许多新概念和新技术，其目标是带领CPU市场跨入新型64位时代。

尽管微型计算机发展很快，但是在其发展过程中具有技术上的连续性和兼容性。就Intel 86系列处理器来说，新一代产品都是在老一代产品基础上的发展，并且新一代产品对老一代产品向下兼容。另外，在微型计算机的发展过程中，与通用机不同的是，微型计算机是4代产品共存，而不是一代淘汰一代。微型计算机的各代产品，以及单片机各自都有适用的领域。对工业控制来说，目前的16位机已能基本满足使用要求。在微型计算机的体系结构上，都采用了系统总线结构。基于以上因素，并考虑到便于教学和组织实验，本书仍选择16位机作为主要机型。

1.2 微型计算机的基本结构

微型计算机系统、微型计算机、微处理器、单片机、单板机和多板机是不同的概念，为了更好地学习和应用微型计算机，有必要首先对这些基本概念加以说明。

1.2.1 微型计算机系统、微型计算机

1. 微型计算机系统

微型计算机系统的组成包括硬件系统和软件系统两大部分，如图 1-1 所示。

(1) 硬件系统 硬件系统包括：微型计算机、外部设备、电源及其他辅助设备。外部设备（简称 I/O 设备）主要用来实现数据和信息的输入/输出，没有外部设备，数据及程序不能输入，运算结果也

无法显示或输出，计算机不能正常工作。外部设备通过输入/输出接口和微处理器相连。外部设备包括：输入设备、输出设备、外部存储设备。常用输入设备有键盘、鼠标器、扫描仪、模/数转换器等；常用的输出设备有打印机、绘图仪、CRT 显示器、磁盘控制器、数/模转换器等。外部存储设备有软盘、硬盘、光盘、U 盘等。

(2) 软件系统 没有配置软件的计算机称为裸机，一台裸机就像一个大脑十分发达却不接收外界的任何信息，任何工作也不能完成的人。软件系统包括：系统软件和应用软件。系统软件主要包括：操作系统软件、各种语言的汇编、编译软件、工具软件、数据库管理软件、故障检测、诊断软件等。应用软件包括：为用户解决各种实际问题而编制的工程设计程序、数据处理程序等。目前，应用软件已逐步标准化、模块化和商品化。

2. 微型计算机

微型计算机也称为主机，包括：微处理器、存储器、输入/输出（I/O）接口。微处理器通过系统总线和存储器、输入/输出接口进行连接。微型计算机组成如图 1-2 所示。

图 1-2 中，存储器分为随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）和只读存储器（ROM，Read Only Memory）。存储器是微型机的存储和记忆装置，用来存储数据、程序、中间结果和最终结果等数字信息。

系统总线分为地址总线（AB，Address Bus）、数据总线（DB，Data Bus）、控制总线（CB，Control Bus）。

存储器的每一个存储单元和输入/输出接口的每一个端口都有唯一的地址，这些地址是通过地址总线来确定的。地址总线是三态单向总线。地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存容量。8 位微型机的地址总线为 16 位，最大寻址范围为 $2^{16} = 64\text{KB}$ 。16 位微型计算机的地址总线是 20 位，最大寻址范围为 $2^{20} = 1\text{MB}$ 。

数据总线是用来传输数据和信息的。一般数据总线的条数和所用微处理器的字长相等，特殊时也有不相等的。数据总线是三态双向总线。

控制总线用于传送各类控制信号。控制总线条数因计算机不同而异，每条控制线最多传送两个控制信号。控制信号有两类：一类是 CPU 发出的控制命令，如读命令、写命令、中断响应信号等；另一类是存储器或外部设备的状态信息，如外部设备的中断请求、复位、地

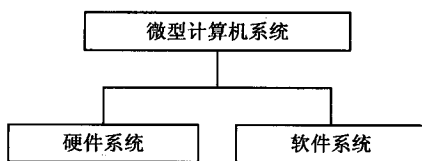


图 1-1 微型计算机系统的组成

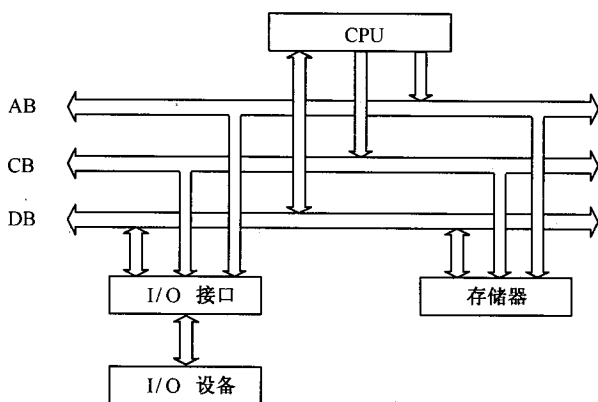


图 1-2 微型计算机组成

址有效信号、总线请求和中断请求等。控制总线宽度根据系统需要确定，传送方向就具体控制信号而定。

1.2.2 微处理器

1. 微处理器

微处理器 (Micro Processor Unit) 简称为 MPU (或者称为 MP)，它是一个中央处理器 (Central Processing Unit)，简称 CPU。它是微型计算机的核心部件，它将运算器、控制器、寄存器通过内部总线连接在一起，并集成在一个独立芯片上。它具有解释指令、执行指令和与外界交换数据的能力。

微处理器是构成微型计算机的核心部件，不同型号的微型计算机，其性能指标的差异首先在于其 CPU 性能的不同，而 CPU 性能又与它的内部结构有关。每种 CPU 有其特有的指令系统。在目前情况下，无论哪种 CPU，其内部基本组成总是大同小异的。其简化的内部结构框图如图 1-3 所示。

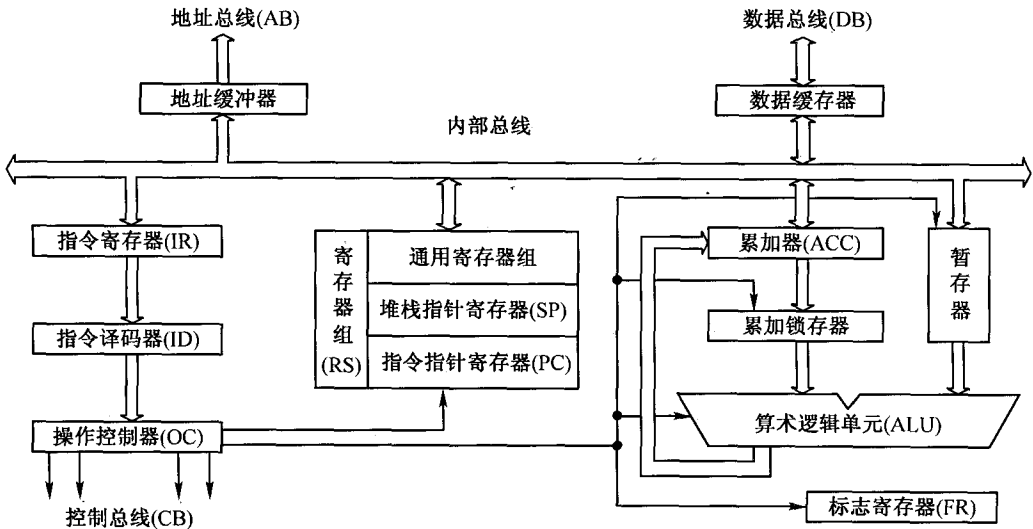


图 1-3 简化的微处理器内部结构框图

(1) 运算器 运算器是由算术逻辑单元 (ALU, Arithmetic and Logic Unit)、累加器 (ACC)、标志寄存器及相应控制逻辑组合而成的电路，在控制信号的作用下可完成对数据和信息的加、减、乘、除四则运算和各种逻辑运算，包括与运算、或运算、非运算、异或运算以及求补运算等。

(2) 控制器 (Control Unit) 控制器包括指令寄存器、指令译码器和操作控制器。控制器是微型计算机的指挥控制中心，是整个计算机的控制中枢。它对指令进行分析、处理以及产生控制信号。同时它还产生控制部件所需的定时脉冲信号，使微机各部件协调地工作，从而完成对整个计算机系统的控制及数据运算处理等工作。

各种操作都是在控制器的控制下进行的。控制器的指挥是通过程序进行的，程序放在存储器中，它依次从存储器中取出指令。控制器根据指令的要求，对 CPU 内部和外部发出相

应的控制信息。

(3) 寄存器 寄存器是由专用寄存器和通用寄存器组成的,用以存放参加处理和运算的操作数,以及存放数据处理的中间结果和最终结果等。专用寄存器的作用是固定的,例如 8086 的堆栈指针寄存器、标志寄存器、指令指针寄存器等。而通用寄存器则可由编程者依据需要规定其用途。

2. 微处理器主要的性能指标

微处理器主要的性能指标如下:

(1) 主频 微处理器的时钟频率。如 Pentium II—300,主频为 300MHz。一般说来,主频越高,微处理器的速度越快。由于内部结构不同,并非有时钟频率相同的微处理器性能都一样。

(2) 外频 微处理器外部总线工作频率。例如, Pentium—133,主频为 133MHz,而外频(或称总线速度)为 66MHz; Pentium III—500,主频为 500MHz,外频为 100MHz/133MHz。

(3) 工作电压 微处理器正常工作所需的电压。早期微处理器的工作电压一般为 5V,随着微处理器主频的提高,微处理器工作电压有逐步下降的趋势,如 3.3V、2.8V 等,以解决温度过高的问题。

(4) 制造工艺 制造工艺主要由管子之间最小线距来衡量微处理器的集成密度,通常采用微米(μm)为单位。例如,350MHz 以前的 Pentium II 采用 $0.35\mu\text{m}$ 工艺;500MHz 的 Pentium III 采用 $0.25\mu\text{m}$ 工艺, Mercer 采用 $0.18\mu\text{m}$ 工艺。

(5) 地址线宽度 决定了微处理器可以访问的物理地址空间。例如,386/486/Pentium 地址线的宽度为 32 位,最多可访问 4GB 的物理空间; PentiumPro/Pentium II/Pentium III 的地址线宽度为 36 位,可以直接访问 64GB 的物理空间。

(6) 数据线宽度 决定了微处理器与外围部件内存以及输入/输出设备之间一次数据传输的信息量。例如,386/486 为 32 位,一次可以传输 2 个字的数据; Pentium/PentiumPro/Pentium II/Pentium III 为 64 位,一次可以传输 4 个字的数据。

(7) 内置协处理器 含有内置协处理器的微处理器,可以加快特定类型的数值计算。

(8) 超标量结构 在一个时钟周期内微处理器可以执行一条以上的指令,即至少包括两条指令流水线。Pentium 以上微处理器均具有超标量结构;而 486 以下的微处理器属于低标量结构,即在这类微处理器内执行一条指令至少需要一个或一个以上的时钟周期。

(9) L1/L2 高速缓存 一级/二级高速缓存。内置高速缓存可以提高微处理器的运行效率。采用回写(Write-back)结构的高速缓存,它对读和写操作均有效,速度较快;而采用通写(Write-through)结构的高速缓存,仅对读操作有效。

1.2.3 单片机、单板机、多板机

1. 单片机

单片机(Single-chip Microcomputer 或 Microcontroller Unit) 将 CPU、ROM、RAM、I/O 接口电路以及内部系统总线等全部集中在一块大规模集成电路芯片上,就构成了单片机。一个单片机就是一台具备基本功能的计算机。由于单片机体积小,指令系统简单,可靠性高,性能价格比高,发展十分迅速。现在一些高档单片机还将 A/D、D/A 转换器、DMA 控制器

及通信控制器集成进芯片。使单片机功能更强大,使用更加方便。单片机正朝着超低功耗、专业化、功能齐全方向发展,当前,用单片机就可以较方便地构成一个控制系统,在智能仪器仪表、工业实时控制、智能终端及家用电器等众多领域应用非常广泛。目前国内较流行的单片机有 Intel 8051、Intel 8096、Microchip 的 PIC、TI 的 MSP430、Motorola 的 68HC05 等产品。

2. 单板机

单板机 (Single-board MicroComputer) 单板机是将微处理器芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片及少量的输入/输出设备(键盘,数码显示器)安装在一块印制板上构成的微型计算机。单板机的功能一般比较简单,但它有结构紧凑、使用简单、成本低等特点,通常应用于工业控制及教学实验等领域。

3. 多板机

为了满足较高层次的需求,往往需要扩展单板机的功能。为此,许多公司设计了功能各异的扩展板供用户选用,以扩展应用系统的能力。这种由多块印制板构成的微型计算机称为多板机。

1.3 微型计算机的基础知识

1.3.1 计算机数制及其相互转换

1. 数制

数制是计算机重要的基础知识之一,电子计算机最基本的功能是进行数据的加工和处理,无论其表现形式是文本、字符、图形,还是声音、图像,都必须以数的形式加以储存。要以数的形式储存就涉及到数制的问题,对于机器来说,记数越简单,相应的电路就越简单,实现起来越容易,所以,计算机都采用二进制来进行记数。但是,由于二进制数在书写过程中过于烦琐且易出错,而且在汇编语言和一些高级语言中,需使用十六进制、八进制和十进制数,所以,在这里对数制及它们之间的转换进行介绍。

首先,为了更好地学习计算机知识,介绍以下基本概念:

(1) 数 数是衡量事物的多少的一种表示方法。

(2) 数制 数制是按一定规律计数的规则,是以人们表示数值所用的数字符号的个数来命名的。

(3) 基数 数制中各个数字符号的个数称为该数制的基数。

(4) 系数 系数是表示一个数的一组数字或符号中各个位数上的数字。

(5) 权 权是用数字或符号表示一个数时它所具有的值位。

数制是人们利用符号计数的一种科学方法。十进制是逢十进一,有 10 个数字 0~9,一般用字母 D (Decimal) 和下标 ()₁₀ 来标记十进制数。二进制是逢二进一,有 2 个数字 0 和 1,一般用字母 B (Binary) 和下标 ()₂ 来标记二进制数。八进制是逢八进一,有 8 个数字 0~7,一般用字母 O (Octal) 或 Q、和下标 ()₈ 来标记八进制数。十六进制是逢十六进一,有 16 个数字 0~9 和 A~F,一般用字母 H (Hexadecimal) 和下标 ()₁₆ 来标记十六进制数。例如,一个数 378 的表示有以下几种:

十进制可表示为

$$378 = 378D = (378)_{10} = 3 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

二进制可表示为

$$\begin{aligned} 378 &= 101111010B = (101111010)_2 \\ &= 1 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \end{aligned}$$

八进制可表示为

$$378 = 572Q = (572)_8 = 5 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0$$

十六进制可表示为

$$378 = 17AH = (17A)_{16} = 1 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + A \times 16^0$$

数制的表示对小数同样适用, 例如:

$$75.1875 = (75.25)_{10} = 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2} + 7 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} 75.1875 &= (1001011.0011)_2 \\ &= 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} \\ &\quad + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \end{aligned}$$

$$75.1875 = (113.14)_8 = 1 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 3 \times 8^{-2}$$

$$75.1875 = (4B.3)_{16} = 4 \times 16^1 + B \times 16^0 + 3 \times 16^{-1}$$

即一个数的值可用每位上的系数乘以该位的权而后相加得到, 用公式可以表示为

$$\begin{aligned} N &= \overbrace{K_n S^n + K_{n-1} S^{n-1} + \cdots + K_1 S^1 + K_0 S^0}^{\text{整数部分}} + \\ &\quad \underbrace{K_{-1} S^{-1} + K_{-2} S^{-2} + \cdots + K_{-m} S^{-m}}_{\text{小数部分}} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i S^i \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中, S^i 称为各位的权; S 称为基数; K_i 称为系数。

2. 数制与数制之间的相互转换

(1) 二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数 二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数, 用加权法, 如公式 (1-1)。

$$\begin{aligned} \text{例 1-1} \quad (1011101101.1011)_2 &= 1 \times 2^9 + 0 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 \\ &\quad + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} \\ &\quad + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \\ &= 512 + 0 + 128 + 64 + 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 \\ &\quad + 0 + 0.125 + 0.0625 \\ &= (749.6875)_{10} = 749.6875D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{例 1-2} \quad (306.42)_8 &= 3 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} \\ &= 192 + 0 + 6 + 0.5 + 0.0625 \\ &= (198.5625)_{10} = 198.5625D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{例 1-3} \quad (A01.48)_{16} &= 10 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + 1 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} \\ &= 2560 + 0 + 1 + 0.25 + 0.03125 \\ &= (2561.253125)_{10} = 2561.253125D \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成二进制数、八进制数、十六进制数 十进制数转换成二进制数、

八进制数、十六进制数是要分两种情况：对于整数用所转换的十进制数除以基数取余数的方法；对于小数用所转换的十进制数乘基数取整数的方法。

例 1-4 将 $(27.5625)_{10}$ 转换为二进制数。

对于整数部分用所转换的十进制数除以基数取余数的方法，即

$$\begin{array}{r} 2 \overline{)27} \cdots \cdots \cdots \text{余 } 1 \quad (b_0) \\ 2 \overline{)13} \cdots \cdots \cdots \text{余 } 1 \quad (b_1) \\ 2 \overline{)6} \cdots \cdots \cdots \text{余 } 0 \quad (b_2) \\ 2 \overline{)3} \cdots \cdots \cdots \text{余 } 1 \quad (b_3) \\ 1 \cdots \cdots \cdots \text{余 } 1 \quad (b_4) \end{array}$$

于是得到 $(27)_{10} = (11011)_2 = (b_4 b_3 b_2 b_1 b_0)$ 。

对于小数部分用所转换的十进制数乘基数取整数的方法，即

$$\begin{array}{r} 0.5625 \\ \times \quad 2 \\ \hline 1.1250 \quad \cdots \cdots \cdots \text{整数部分为 } 1 \quad (a_0) \\ \times \quad 2 \\ \hline 0.2500 \quad \cdots \cdots \cdots \text{整数部分为 } 0 \quad (a_1) \\ \times \quad 2 \\ \hline 0.5000 \quad \cdots \cdots \cdots \text{整数部分为 } 0 \quad (a_2) \\ \times \quad 2 \\ \hline 1.0 \quad \cdots \cdots \cdots \text{整数部分为 } 1 \quad (a_3) \end{array}$$

可得到 $(0.5625)_{10} = (1001)_2 = (a_0 a_1 a_2 a_3)$ 。

所以， $(27.5625)_{10} = (11011.1001)_2$ 。

例 1-5 将 $(6766.49)_{10}$ 转换为八进制数（精度取小数点后 4 位）。

对于整数部分用所转换的十进制数除以基数取余数的方法，即

$$\begin{array}{r} 8 \overline{)676} \cdots \cdots \cdots \text{得余数 } 4 \quad (b_0) \\ 8 \overline{)84} \cdots \cdots \cdots \text{得余数 } 4 \quad (b_1) \\ 8 \overline{)10} \cdots \cdots \cdots \text{得余数 } 2 \quad (b_2) \\ 1 \cdots \cdots \cdots \text{得余数 } 1 \quad (b_3) \end{array}$$

于是得到 $(6766)_{10} = (1244)_8 = (b_3 b_2 b_1 b_0)$ 。

对于小数部分用所转换的十进制数乘基数取整数的方法，即

$$\begin{array}{r} 0.49 \\ \times \quad 8 \\ \hline 3.92 \quad \cdots \cdots \cdots \text{整数部分为 } 3 \quad (a_0) \\ 0.92 \\ \times \quad 8 \\ \hline 7.36 \quad \cdots \cdots \cdots \text{整数部分为 } 7 \quad (a_1) \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0.36 \\
 \times 8 \\
 \hline
 2.88 \quad \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 2 \quad (a_2) \\
 0.88 \\
 \times 8 \\
 \hline
 7.04 \quad \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 7 \quad (a_3)
 \end{array}$$

可得到 $(0.49)_{10} = (0.3727)_8 = (a_0 a_1 a_2 a_3)$ 。

所以, $(6766.49)_{10} = (1244.3727)_8$ 。

例 1-6 将 $(6766.49)_{10}$ 转换为十六进制数 (取小数点后 3 位)。

对于整数部分用所转换的十进制数除以基数取余数的方法, 即

$$\begin{array}{r}
 16 \overline{)676} \quad \dots\dots\dots \text{得余数 } 4 \quad \text{写作 } 4 \quad (b_0) \\
 16 \overline{)42} \quad \dots\dots\dots \text{得余数 } 10 \quad \text{写作 } A \quad (b_1) \\
 2 \quad \dots\dots\dots \text{得余数 } 2 \quad \text{写作 } 2 \quad (b_2)
 \end{array}$$

于是得到 $(6766)_{10} = (2A4)_{16} = (b_2 b_1 b_0)$ 。

对于小数用所转换的十进制数乘基数取整数的方法, 即

$$\begin{array}{r}
 0.49 \\
 \times 16 \\
 \hline
 7.84 \quad \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 7 \quad (a_0) \\
 0.84 \\
 \times 16 \\
 \hline
 13.44 \quad \dots\dots\dots \text{整数部分为 } D \quad (a_1) \\
 0.44 \\
 \times 16 \\
 \hline
 7.04 \quad \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 7 \quad (a_2)
 \end{array}$$

可得到 $(0.49)_{10} = (0.7D7)_{16} = (a_0 a_1 a_2)$ 。

所以, $(6766.49)_{10} = (2A4.7D7)_{16}$ 。

(3) 二进制数转换成八进制数、十六进制数 由于二进制数的权值是 2^i 、八进制数的权值是 $8^i = 2^{3i}$ 、十六进制数得权值是 $16^i = 2^{4i}$, 所以它们之间具有整数倍数关系, 即 1 位八进制数相当于 3 位二进制数, 1 位十六进制数相当于 4 位二进制数, 故它们之间转换十分简单。

例 1-7 将二进制数 $(111001010.10011)_2$ 转换为八进制数、十六进制数。

二进制数转换为八进制数

$$\begin{array}{cccccc}
 \underline{111} & \underline{001} & \underline{010} & \underline{100} & \underline{110} & \\
 \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \\
 7 & 1 & 2 & 4 & 6 & \\
 \end{array}$$

即 $(111001010.10011)_2 = (712.46)_8$ 。

二进制数转换为十六进制数

$$\begin{array}{cccccc}
 \underline{0001} & \underline{1100} & \underline{1010} & \underline{1001} & \underline{1000} & \\
 \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \underline{\quad} & \\
 1 & E & A & 9 & 8 & \\
 \end{array}$$

即 $(111001010.10011)_2 = (1EA.98)_{16}$ 。

(4) 八进制数、十六进制数转换成二进制数 八进制数、十六进制数转换成二进制数是二进制数转换成八进制数、十六进制数的逆运算。

例 1-8 将十六进制数 $(165.516)_8$ 转换为二进制数。

$$\begin{array}{cccccc} \overset{1}{001} & \overset{6}{110} & \overset{5}{101} & \overset{5}{101} & \overset{1}{001} & \overset{6}{110} \end{array}$$

$$\text{即 } (165.516)_8 = (1110101.10100111)_2。$$

例 1-9 将十六进制数 $(75.A7)_{16}$ 转换为二进制数。

$$\begin{array}{cccc} \overset{7}{0111} & \overset{5}{0101} & \overset{A}{1010} & \overset{7}{0111} \end{array}$$

$$\text{即 } (75.A7)_{16} = (1110101.10100111)_2。$$

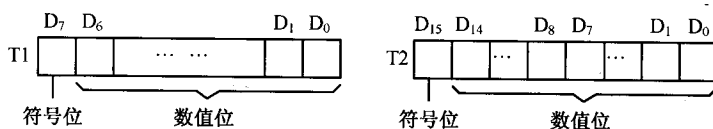
对于将八进制数转换成十六进制数或将十六进制数转换成八进制数，一般是先转换为二进制数再转换为十六进制数或八进制数。

1.3.2 计算机数值表示及其运算

在微型计算机所用到的数值中，不仅要有大小有时还要有正负，即有符号数和无符号数之分。前面所讲的数都是无符号数。一个不带正负符号的数称为绝对值，在绝对值前加上表示正负的符号称为符号数。直接用符号“+”和符号“-”来表示其正负的二进制数叫做符号数的真值。

一般把计算机中使用的二进制数称为机器数，机器数有一定的字长和运算精度限制。字长越长，计算精度越高。字长 (Word Length) 是指二进制的位数，1 位二进制称为 1 比特 (bit)，它是计算机所能表示的最小单位。8 位二进制数称为一个字节 (Byte)，它是数据处理的基本单位。16 位二进制数 (2 个字节) 称为一个字 (Word)，4 个字节称为双字 (Double Word)；4 个连续的字称为四字 (Quad Word) 而连续的 10 个字节称为五字 (Tent Word)，它是一个 80 位二进制数的值。

通常在计算机中，一个数的最高位为符号位，若字长为 8 位， D_7 为符号位， $D_6 \sim D_0$ 为数字位。若字长为 16 位， D_{15} 为符号位， $D_{14} \sim D_0$ 为数字位。符号位用“0”表示正，用“1”表示负。计算机符号数的表示方法如图 1-4 所示。



符号位：1为负数、0为正数

图 1-4 计算机符号数的表示方法

例 1-10 将 $X_1 = +86$ ， $X_2 = -86$ 表示为机器数和真值。

当机器字长 $n = 8$ 时

$$[X_1]_{\text{真}} = +1010110\text{B} = +86$$

$$[X_2]_{\text{真}} = -1010110\text{B} = -86$$

机器数： $X_1 = 01010110\text{B}$

$$X_2 = 11010110\text{B}$$