



普通高等教育“十二五”重点规划教材·计算机系列
中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材

李燕萍 华继钊 凌海云 主编

微机原理与接口技术

MICROCOMPUTER PRINCIPLE
AND INTERFACE TECHNOLOGY



科学出版社

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了微型计算机的基本原理、基本分析方法和应用技术。全书共分为 11 章, 内容包括微型计算机基础知识、8086 微处理器、8086 的指令系统、汇编语言程序基础、半导体存储器、I/O 接口与中断、可编程中断控制器 8259A、可编程串行与并行接口芯片、可编程定时器/计时器 8253、A/D 和 D/A 转换以及高档微处理器的新特性。

本书各章以基本理论、实例讨论和习题训练为体系, 深入浅出, 循序渐进, 便于读者掌握重点及提高实际应用与分析能力。

本书既可作为普通高等院校理工科计算机、电子信息、自动化和电气工程等相关专业的教材, 也可作为相关工程技术人员和自学者的参考教程。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术/李燕萍, 华继钊, 凌海云主编. —北京: 科学出版社, 2012

(普通高等教育“十二五”重点规划教材·计算机系列·中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-033337-7

I. ①微… II. ①李… ②华… ③凌… 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(2012)第 005089 号

责任编辑: 赵丽欣 杨 阳 / 责任校对: 马英菊

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 子时文化

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 2 月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 470 000

定价: 34.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62134021

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育“十二五”重点规划教材
“计算机系列”学术编审委员会

主 任：杨静宇 吴晓蓓

副主任：许 勇 严云洋 徐政伍 韩忠愿 谢圣献

戴仕明 张先宜 杨国为 舒 坚 陈修焕

编委成员：（排名不分先后，按姓氏笔画为序）

卜红宝	丁为民	丁永红	尹 静	毛红梅
王维民	王靖国	韦相和	史国川	史春联
乔正洪	刘旭东	刘家琪	朱胜强	江家宝
严 峥	严丽丽	吴 敏	吴克力	宋正虹
张希伟	张居晓	李 焕	李 胜	李 寒
李千目	李元振	李俊青	杨 勃	邵 杰
陈 伟	陈 鹏	陈海燕	周 勇	周卫民
周鸣争	林 莉	姚昌顺	姜 华	胡虚怀
赵 明	赵传申	凌海云	徐卫军	钱 进
钱 峰	钱亦桂	陶保壮	梁 明	黄海生
程 勇	童爱红	葛武滇		

前 言

Intel 系列微处理器在电子、通信、控制系统，特别是台式计算机系统等许多方面已经得到了广泛的应用，随着各种嵌入式应用系统大量涌现，需要大批能够熟练完成计算机底层硬件和软件开发研制的技术人才。微型计算机原理与接口技术作为高等学校理工科学生的一门重要的计算机基础课程，对于学生熟悉和掌握现代计算机的基本概念和技术以及学习后续有关计算机课程（如计算机体系结构、操作系统、计算机网络、嵌入式系统等）均具有重要意义。

本书以 80X86 和 Pentium 系列微型计算机为背景机，全面、系统地介绍了微型计算机的基本结构、工作原理及典型接口技术。全书共 11 章，按内容可分为五个知识部分。

第一部分是第 1 章，概述了微型计算机的基础知识，包括微型计算机的组成及工作原理、微型计算机的发展历程与趋势、微型计算机系统的组成以及数据表示与编码。

第二部分是第 2、3、4 章，详细介绍了 8086 微处理器的基本结构、工作原理、指令系统及汇编语言程序基础。

第三部分是第 5、6 章，介绍了半导体存储器、I/O 接口与中断的概念与原理。

第四部分是第 7、8、9、10 章，详细介绍了可编程中断控制器 8259A、可编程串行（8251）与并行接口芯片（8255A）、可编程定时器/计数器 8253，然后简单介绍了 A/D 和 D/A 转换的工作原理和典型芯片。

第五部分是第 11 章，与前面讲解的 8086 微处理器进行对照与区别，集中介绍了 80286、80386、80486、Pentium、Pentium Pro、Pentium II、Pentium III、Pentium 4 和 Intel 64 位等高档微处理器的基本结构与指令系统，使学生对微处理器有更全面的掌握。

本书内容丰富，结构清晰，注重能力。在每章内容的讲解中包含了大量的典型实例，并且每章配套有丰富的课后习题，可供读者练习，帮助读者理解和应用所学知识。

本书章节编排仔细，内容由浅入深，循序渐进，逻辑性强，可作为高等学校计算机专业及理工科非计算机专业的计算机基础课程教材，也可作为高等教育自学考试及各类相关职业技术学校的教材或教学参考书。

本书主要由李燕萍（南京邮电大学）、华继钊（扬州大学）、凌海云（聊城大学），朱正礼（南京林业大学）、程勇（南京工程学院）、曹红根（南京理工大学泰州科技学院）编写，全书框架由何光明拟定。参与本书编写和资料整理的还有王珊珊、周海霞、毛幸甜、陈海燕、吴婷、赵传申、李海、姚昌顺等。

由于编者水平有限，书中难免有不妥甚至错误之处，恳切希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 微型计算机基础知识	1
1.1 微型计算机的组成及工作原理	1
1.1.1 微型计算机的基本组成	1
1.1.2 微型计算机的常用术语	4
1.2 微型计算机的发展历程与趋势	6
1.3 微型计算机系统	9
1.3.1 微型计算机系统的组成	9
1.3.2 微型计算机的工作过程	10
1.4 数据表示与编码	11
1.4.1 数制的表示	11
1.4.2 数制之间的相互转换	12
1.4.3 计算机值数据表示与运算	14
1.4.4 编码	17
1.4.5 奇偶校验码	19
小结	19
习题	19
第 2 章 8086 微处理器	22
2.1 8086 微处理器的基本结构	22
2.1.1 8086 的内部结构	22
2.1.2 8086 的外部结构	25
2.2 8086 的存储器管理	29
2.2.1 存储器地址空间和数据存储格式	29
2.2.2 存储器分段	30
2.3 8086 的编程结构	32
2.4 8086 的两种工作模式	35
2.4.1 最小工作模式	35
2.4.2 最大工作模式	38
2.5 8086 的总线与时序	40
2.5.1 总线	40
2.5.2 时序	43
2.5.3 最大模式时序与最小模式时序的区别	47
小结	49
习题	50
第 3 章 8086 的指令系统	52
3.1 8086 的寻址方式	52

3.1.1	操作数寻址方式	53
3.1.2	转移地址的寻址方式	56
3.1.3	隐含寻址方式	58
3.2	8086 的指令系统	59
3.2.1	数据传送指令	59
3.2.2	算术运算指令	63
3.2.3	位操作指令	68
3.2.4	串操作指令与重复前缀	72
3.2.5	控制转移指令	74
3.2.6	标志处理和 CPU 控制类指令	76
小结		77
习题		77
第 4 章	汇编语言程序基础	82
4.1	机器语言与汇编语言	82
4.2	汇编语言的基本语法	83
4.2.1	语句格式	84
4.2.2	语句类型与结构	84
4.2.3	汇编语言中的表达式	85
4.2.4	汇编语言的运算符	87
4.3	伪指令	90
4.3.1	符号定义伪指令	90
4.3.2	变量定义伪指令	91
4.3.3	段定义伪指令	93
4.3.4	过程定义伪指令	94
4.3.5	模块定义与通信伪指令	95
4.4	宏指令	96
4.5	DOS 功能调用和 BIOS 中断简介	97
4.6	汇编语言程序设计方法	100
4.6.1	设计步骤	101
4.6.2	顺序程序设计	101
4.6.3	分支程序设计	105
4.6.4	循环程序设计	107
4.6.5	子程序设计	110
4.7	宏汇编程序设计	113
4.7.1	宏汇编	113
4.7.2	重复汇编	116
4.7.3	条件汇编	117
4.8	汇编语言上机及调试过程	118
4.8.1	汇编过程	118
4.8.2	DEBUG 调试	119
小结		121

习题	121
第 5 章 半导体存储器	127
5.1 存储器概述	127
5.1.1 存储器的分类	127
5.1.2 存储器的层次结构	129
5.1.3 存储器的基本结构与数据组织	130
5.1.4 半导体存储器的主要技术指标	131
5.2 读写存储器 RAM	132
5.2.1 静态 RAM (SRAM)	132
5.2.2 动态 RAM (DRAM)	135
5.2.3 几种现代 RAM	137
5.3 只读存储器 ROM	139
5.3.1 掩膜式 ROM	140
5.3.2 可编程 ROM (Programmable ROM)	140
5.3.3 可擦写 PROM (Erasable PROM)	141
5.3.4 电擦写 EPROM (E ² PROM)	141
5.3.5 闪存 (Flash ROM)	142
5.3.6 典型 ROM 芯片 (2764)	142
5.4 内存接口技术	143
5.4.1 连接中考虑的问题	143
5.4.2 存储器的工作时序	144
5.4.3 存储器与 CPU 的连接方法	145
5.4.4 集成译码器及其应用	146
5.4.5 片选控制的译码方法	147
5.5 微机内存空间的形成	148
5.5.1 8 位微机内存空间的形成	148
5.5.2 16 位微机内存空间的形成	150
小结	154
习题	154
第 6 章 I/O 接口与中断	157
6.1 I/O 接口概念	157
6.1.1 I/O 接口的基本功能	157
6.1.2 I/O 接口的基本组成	158
6.2 I/O 端口编址方式	160
6.2.1 统一编址	160
6.2.2 独立编址	161
6.3 CPU 与 I/O 接口之间数据传送方式	162
6.3.1 程序控制方式	162
6.3.2 中断控制方式	164
6.3.3 DMA 方式	165
6.4 中断	167

6.4.1 中断的概念与特点	167
6.4.2 中断源的概念	168
6.4.3 中断处理过程	169
6.4.4 中断优先级及中断嵌套	172
6.5 8086 中断系统	173
6.5.1 中断源类型	173
6.5.2 中断优先级	175
6.5.3 中断向量法	175
6.5.4 中断响应过程	177
6.5.5 中断与中断返回指令	179
小结	179
习题	180
第 7 章 可编程中断控制器 8259A	184
7.1 8259A 的基本结构	184
7.1.1 内部结构	184
7.1.2 外部结构	186
7.2 8259A 芯片的工作过程	186
7.3 8259A 的工作方式	187
7.3.1 中断优先级管理方式	187
7.3.2 中断结束方式 EOI	188
7.3.3 中断触发方式	189
7.4 8259A 的编程	190
7.4.1 初始化编程	190
7.4.2 中断操作编程	193
7.5 8259A 的应用	196
7.5.1 中断系统的应用方法	196
7.5.2 8259A 寄存器的访问	196
7.5.3 8259A 与系统总线的连接与寻址	197
7.5.4 初始化及操作控制	198
7.5.5 8259A 的级联	198
7.5.6 8259A 的应用举例	199
小结	202
习题	202
第 8 章 可编程串行与并行接口芯片	204
8.1 接口芯片	204
8.1.1 接口电路组成	204
8.1.2 接口芯片的连接	204
8.2 可编程接口芯片	206
8.3 串行通信	206
8.3.1 串行通信分类	207
8.3.2 串行通信中数据的传送	208

8.3.3 信号调制与解调	209
8.3.4 串行接口功能	210
8.4 可编程串行接口芯片 8251	210
8.4.1 8251 的基本结构	210
8.4.2 8251 的初始化	212
8.4.3 8251 的初始化编程	214
8.5 并行通信	215
8.6 可编程并行接口芯片 8255A	216
8.6.1 8255A 的基本结构	216
8.6.2 8255A 的工作方式	218
8.6.3 8255A 的编程及应用	221
小结	225
习题	225
第 9 章 可编程定时器/计数器 8253	228
9.1 定时器/计数器概述	228
9.2 8253 的主要性能	228
9.3 8253 的基本结构	229
9.3.1 内部结构	229
9.3.2 外部结构	229
9.4 8253 的工作方式	230
9.4.1 工作方式 0 (计数结束中断方式)	230
9.4.2 工作方式 1 (硬件 GATE 可重触发的可编程单稳态方式)	230
9.4.3 工作方式 2 (频率发生器方式)	231
9.4.4 工作方式 3 (方波发生器方式)	232
9.4.5 工作方式 4 (软件触发选通)	232
9.4.6 工作方式 5 (硬件触发选通)	232
9.5 8253 的寻址及连接	234
9.6 8253 的编程与应用	234
9.6.1 初始化命令字	234
9.6.2 初始化编程	236
9.6.3 8253 编程应用	238
小结	240
习题	240
第 10 章 A/D 和 D/A 转换	244
10.1 模数 (A/D) 转换器	244
10.1.1 工作原理	244
10.1.2 主要性能指标	245
10.1.3 典型芯片 ADC0809	246
10.1.4 典型芯片 AD574	251
10.2 数模 (D/A) 转换器	254
10.2.1 工作原理	254

10.2.2 主要技术指标	255
10.2.3 典型芯片 DAC0832	256
小结	260
习题	260
第 11 章 高档微处理器的新特性	262
11.1 80X86 微处理器发展历程	262
11.1.1 Intel 8086 及 80286 微处理器	262
11.1.2 Intel 80386 微处理器	263
11.1.3 Intel 80486 微处理器	264
11.1.4 Intel Pentium (奔腾) 处理器	264
11.1.5 Intel P6 系列处理器	265
11.1.6 Intel Pentium II 处理器	265
11.1.7 Intel Pentium III 处理器	265
11.1.8 Intel Pentium 4 处理器	266
11.1.9 Intel 64 位处理器	266
11.2 典型微处理器的基本结构	267
11.2.1 80286 微处理器	267
11.2.2 80386 微处理器	269
11.2.3 80486 微处理器	271
11.2.4 Pentium 系列微处理器	275
11.3 80X86 微处理器的编程结构	278
11.3.1 基本结构寄存器组	278
11.3.2 系统级寄存器组	280
11.3.3 浮点寄存器组	283
11.4 典型微处理器的引脚结构	283
11.4.1 80386 微处理器	283
11.4.2 80486DX 微处理器	284
11.4.3 Pentium 微处理器	288
11.5 典型微处理器的基本时序	290
11.5.1 80386 时序	290
11.5.2 Pentium 时序	291
11.6 典型微处理器的指令系统	293
11.6.1 实地址方式下的 32 位微处理器指令系统	293
11.6.2 32 位微处理器的扩充指令	294
11.6.3 高级指令和保护控制指令	296
11.6.4 80386 新增加的指令	298
11.6.5 80486 新增加的指令	299
11.6.6 Pentium 处理器新增加的指令	300
小结	302
习题	302
参考文献	303

第 1 章 微型计算机基础知识

本章重点 微型计算机的组成和各部分的作用，以及计算机中数的表示方法

本章难点 计算机中数的表示方法：原码、反码、补码的关系

本章介绍微型计算机基础知识，内容包括：微型计算机的组成及工作原理，微处理器及其发展、特点、分类及应用；计算机中常用的数制以及不同数制间的相互转换；数据的编码；计算机数值数据表示与运算等。要求理解与掌握基础知识、专业名词、术语及其相关概念，为后续学习做好必要的知识准备。

1.1 微型计算机的组成及工作原理

1.1.1 微型计算机的基本组成

微型计算机（Microcomputer，简称微机）是通过总线将微处理器（Microprocessor，简称 MP）、内存（RAM、ROM）和输入/输出接口连接在一起的有机整体。其组成结构如图 1.1 所示，各个组成部分功能如下。

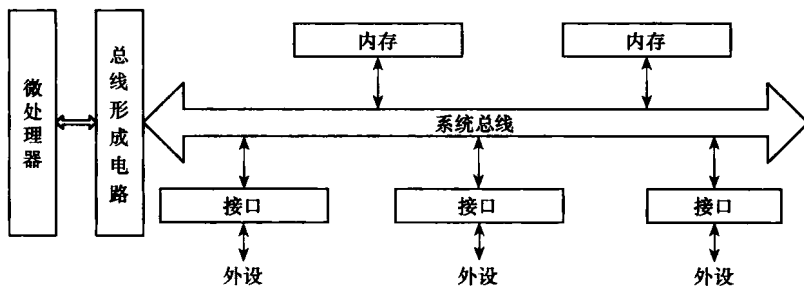


图 1.1 微型计算机组成结构图

1. 微处理器（Microprocessor）

中央处理器（Central Processing Unit，CPU）是计算机内部对数据进行处理并对处理过程进行控制的部件。随着大规模和超大规模集成电路技术的发展，芯片集成度越来越高，CPU 可以集成在一个半导体芯片上，这种具有中央处理器功能的集成电路器件，

称为微处理器。

CPU 作为整个计算机的核心,可进行算术和逻辑运算;具有接收或发送数据给存储器和外设的能力;可暂存少量的数据;可对指令进行译码并执行指令规定的操作;提供整个系统所需的定时和控制信号;可响应其他部件发出的中断请求。一个典型的 CPU 结构如图 1.2 所示,各组成部分功能如下所述。

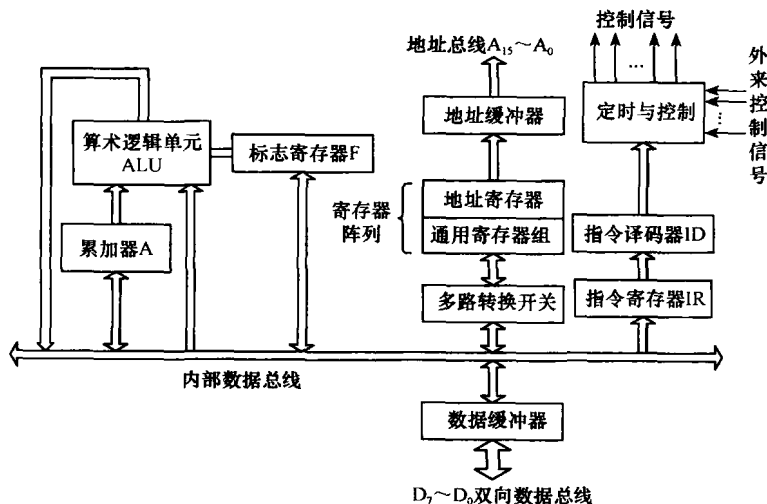


图 1.2 CPU 的典型结构

1) 运算器

运算器实现算术运算（+、-、×、÷、比较）和逻辑运算（与、或、非、异或、移位）功能。它以算术逻辑单元（ALU）为核心，再加上累加器 A、程序状态标志寄存器 F 及暂存器等。ALU 用来完成二进制数的算术运算和逻辑运算，累加器 A 是 CPU 中工作最频繁的寄存器。在进行算术、逻辑运算时，累加器 A 往往在运算前暂存一个操作数（如被加数），而运算后又保存其结果（如代数和）。标志寄存器 F 用来存放运算结果的一些特征，如有无进位、借位等。暂存器用来暂时存放操作数。

2) 控制器

控制器发出控制信号，实现控制指令执行的功能。控制器是 CPU 的神经中枢，主要包括定时控制逻辑电路、指令寄存器、指令译码器。指令寄存器存放当前正在执行的指令代码；指令译码器对指令代码进行分析、译码，根据指令译码的结果，输出相应的控制信号；定时控制逻辑电路产生出各种操作电位、不同节拍的信号、时序脉冲等执行此条命令所需的全部控制信号，以实现控制指令的执行。

3) 寄存器阵列

寄存器阵列用于存放参加运算的数据、中间结果、地址等。寄存器阵列实际上相当于微处理器内部的存储器，包括一组通用寄存器和专用寄存器。通用寄存器用来存放参加运算的数据、中间结果或地址。CPU 内部有了这些寄存器之后，就可避免频繁地访问存储器，可缩短指令长度和指令执行时间，提高机器的运行速度，也给编程带来方便。专用寄存器包括程序计数器、堆栈指示器等，它们的作用是固定的，用来存放地址或地址基值。

4) 内部总线

在 CPU 内部, 运算器、控制器和寄存器阵列三部分之间的信息交换是通过总线结构来实现的。内部总线用来连接微处理器的各功能部件并传送微处理器内部的数据和控制信号。

2. 内存存储器

内存存储器也称为主存, 用于存放计算机当前执行的程序和需要使用的数据。它的存取速度快, CPU 可以直接对它进行访问。内存存储器按读、写方式分为随机存储器(Random Access Memory, RAM) 和只读存储器(Read Only Memory, ROM)。RAM 也称为读/写存储器, 在工作过程中 CPU 可根据需要随时对其内容进行读或写操作。RAM 是易失性存储器, 即其内容在断电后会全部丢失, 因而只能存放暂时性的程序和数据。ROM 的内容只能读出不能写入, 断电后其所存信息仍保留不变, 是非易失性存储器。所以 ROM 常用来存放永久性的程序和数据, 如初始引导程序、监控程序, 以及操作系统中的基本输入/输出管理程序(BIOS)等。

3. I/O (输入/输出) 接口

I/O 接口电路是微型计算机的重要组成部件, 是 CPU 与外部设备间交换信息的桥梁。它是微型计算机连接外部输入、输出设备及各种控制对象并与外界进行信息交换的逻辑控制电路。由于外设的结构、工作速度、信号形式和数据格式等各不相同, 因此它们不能直接挂接到系统总线上, 必须用接口电路来做中间转换, 才能实现与 CPU 间的信息交换。I/O 接口也称 I/O 适配器, 不同的外设必须配备不同的 I/O 适配器。I/O 接口电路是微机应用系统必不可少的重要组成部分。

4. 总线

所谓总线, 是连接多个功能部件或多个装置的一组公共信号线。按照在系统中的不同位置, 总线可以分为内部总线和外部总线。内部总线是 CPU 内部各功能部件和寄存器之间的连线; 外部总线是连接系统的总线, 即连接 CPU、存储器和 I/O 接口的总线, 又称为系统总线。微型计算机采用了总线结构后, 系统中各功能部件之间的相互关系变为各个部件面向总线的单一关系。一个部件只要符合总线标准, 就可以连接到采用这种总线标准的系统中, 使系统的功能可以很方便地得以扩展。微型机中目前主要采用的外部总线标准有 PCI 总线、ISA 总线、VESA 总线等。

按照所传送信息的类型不同, 总线可以分为数据总线(Data Bus, DB)、地址总线(Address Bus, AB)和控制总线(Control Bus, CB)三种, 通常称微型计算机采用三总线结构。

1) 地址总线

地址总线是微型计算机用来传送地址信息的信号线。地址总线的位数(n)决定了 CPU 可以直接寻址的内存空间的大小(2^n)。因为地址总是从 CPU 发出的, 所以地址总线是单向的三态总线。单向是指信息只能沿一个方向传送, 三态指除了输出高、低电平状态外, 还可以处于高阻抗状态(浮空状态)。

2) 数据总线

数据总线是 CPU 用来传送数据信息的信号线。数据总线是双向三态总线，即数据既可以从 CPU 发送到其他部件，也可以从其他部件传送给 CPU，数据总线的位数和处理器的位数相同。

3) 控制总线

控制总线是用来传送控制信号的一组总线。这组信号线比较复杂，由它来实现 CPU 对外部功能部件（包括存储器和 I/O 接口）的控制及接收外部传送给 CPU 的状态信号，不同的微处理器采用不同的控制信号。控制总线的信号线，有的为单向，有的为双向或三态，有的为非三态，其形式取决于具体的信号线。

1.1.2 微型计算机的常用术语

1. 位和字节

位 (bit) 是计算机所能表示的最小最基本的数据单位，它指的是取值只能为 0 或 1 的一个二进制数值位，位作为单位时记作 b。字节 (byte) 由 8 个二进制位组成，通常用作计算存储容量的单位，字节作为单位时记作 B。常用缩写如下。

K 是 Kilo 的缩写， $1K=1024=2^{10}$ ；M 是 Mega 的缩写， $1M=1024K=2^{20}$ 。

G 是 Giga 的缩写， $1G=1024M=2^{30}$ ；T 是 Tera 的缩写， $1T=1024G=2^{40}$ 。

2. 字长

字长是指计算机内部参与运算的数的位数。它决定着计算机内部寄存器、ALU 和数据总线的位数，直接影响着机器的硬件规模和造价。字长直接反映了一台计算机的计算精度，为适应不同的要求及协调运算精度和硬件造价之间的关系，大多数计算机均支持变字长运算，即机内可实现半字节、全字节（或单字长）和双倍字长运算。微型机的字长通常为 4 位、8 位、16 位、32 位、64 位，如图 1.3 所示。

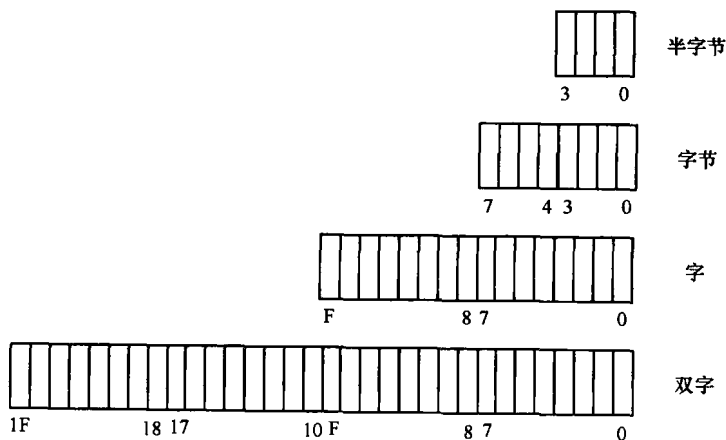


图 1.3 字长示意图

3. 主频

主频也称作 CPU 的时钟频率，简单地讲就是 CPU 的工作频率。主频的单位是 MHz。

一般而言,一个时钟周期完成的指令数是固定的,所以主频越高,CPU的速度也就越快。不过,由于各种CPU的内部结构不尽相同,所以并不能完全用主频来概括CPU的性能。早期微处理器的主频与外部总线的频率相同,从80486DX2开始,主频=外部总线频率 $\times$ 倍频系数。外部总线频率通常简称为外频,它的单位也是MHz,外频越高说明微处理器与系统内存数据交换的速度越快,因而微型计算机的运行速度也越快。倍频系数是微处理器的主频与外频之间的相对比例系数。通过提高外频或倍频系数,可以使微处理器工作在比标称主频更高的时钟频率上,这就是所谓的超频。我们通常说的赛扬433、P III 550都是指CPU的主频。

4. 内部缓存(cache)

内部缓存也叫一级缓存(L1 cache),这种存储器封装于CPU内部,存取速度与CPU主频相同,内部缓存容量越大,则整机工作速度也越快。

5. 工作电压

工作电压是指CPU正常工作所需的电压。早期的CPU(386、486)由于工艺落后,它们的工作电压一般为5V,发展到Pentium586时,工作电压变为3.5V/3.3V/2.8V。随着CPU的制造工艺与主频的提高,CPU的工作电压有逐步下降的趋势,Intel生产的Core i3的工作电压已低于0.65~1.4V。低电压能解决耗电过大和发热过高的问题,这对于笔记本电脑尤其重要。

6. 微处理器的生产工艺

生产工艺是指在硅材料上生产微处理器时内部各元器件间连接线的宽度,一般以 μm 为单位,数值越小,生产工艺越先进,微处理器的功耗和发热量越小。

Pentium CPU的制造工艺是 $0.35\mu\text{m}$, Pentium II和赛扬系列的CPU可以达到 $0.25\mu\text{m}$, Pentium4 CPU制造工艺可以达到 $0.18\mu\text{m}$,并且将采用铜配线技术,极大地提高了CPU的集成度和工作频率。Intel core2系列的制造工艺已经可以达到 $0.045\mu\text{m}$ 。Intel core i5已经可以达到 $0.032\mu\text{m}$ 。

7. 微处理器的集成度

集成度是指微处理器芯片上集成的晶体管的密度。最早Intel 4004的集成度为2250个晶体管,Pentium III的集成度已经达到750万个晶体管以上,集成度提高了3000多倍。目前Intel core i7的晶体管数目高达7.31亿个。

8. MIPS

MIPS是Millions of Instruction Per Second的缩写,用来表示微处理器的性能,意思是每秒钟能执行多少百万条指令。由于执行不同类型的指令所需时间长度不同,所以MIPS通常是根据不同指令出现的频度乘上不同的系数求得的统计平均值。主频为25MHz的80486其性能大约是20MIPS,主频为400MHz的Pentium II的性能为832 MIPS。

9. iCOMP 指数

iCOMP 指数是 Intel 公司为评价其 32 位微处理器的性能而编制的一种指标，它是根据微处理器的各种性能指标在微型计算机中的重要性来确定的。iCOMP 指数包含的指标有整数数学计算、浮点数学计算、图形处理以及视频处理等，这些指标的重要性与它们在应用软件中出现的频度有关，所以 iCOMP 指数说明了微处理器在微型计算机中应用的综合性能。

1.2 微型计算机的发展历程与趋势

作为第四代计算机的一个重要分支，微型计算机诞生于 20 世纪 70 年代初，其诞生的重要标志是其中央处理器（CPU）的出现。微型计算机的发展从 1971 年 Intel 公司首先研制成功的 4 位 Intel 4004 微处理器算起，已经走过了 40 多年的历程，微型计算机的发展是以微处理器的发展来表征的。表 1.1 为 CPU 的发展演变表。

表 1.1 CPU 的发展演变表

CPU 名称	首推年份	位 数
Intel 4004	1971.10	4 位
Intel 8008	1972.3	低档 8 位
Intel 8080	1973	中档 8 位
Motorola MC6800	1974.3	中档 8 位
Zilog Z80	1975—1976	高档 8 位
Intel 8085	1976	16 位
Intel 8086	1978	16 位
Zilog Z8000	1979	16 位
Motorola MC 68000	1979	16 位
Zilog Z80000	1983	32 位
Motorola MC68020	1984.7	32 位
Intel 80386	1985.10	32 位
Intel 80486	1989.4	32 位
Intel Pentium	1993.3	32 位
Intel Pentium Pro	1995.11	32 位
Intel Pentium with MMX	1997.1	32 位
Intel Pentium II	1997.5	32 位
Intel Pentium III	1999.3	32 位
Intel Pentium 4	2000.6	32 位
Intel Itanium	2000.11	64 位
Intel Core 2	2006.7	64 位
Intel Core i7	2008.11	64 位
Intel Core i5	2009.9	64 位
Intel Core i3	2010.1	64 位

歌登·摩尔（Gordon Moore）是 Intel 公司奠基者之一，他在 1964 年提出一个摩尔定理。摩尔定理谈到，每 18 个月半导体集成电路里面晶体管的个数会翻一倍，也就是

集成度提升一倍,每隔18个月其性能会提升一倍。从1964年摩尔定理被提出以来(尽管当时计算机集成电路芯片还没有出现),到1971年Intel公司首次做出第一块CPU 4004芯片,直至现在,纵观这40多年的发展,可以发现,CPU一直是遵循摩尔定理在发展的。1995年,歌登·摩尔对摩尔定理稍微修改了一下,将原来的每一年半(18个月)改成两年,即每两年芯片的集成度会提升一倍,特性提升一倍,但价格不变。

1. 早期阶段: 4004/8085 (1971—1976年)

在早期阶段,CPU的字长为4位或8位,集成度为3 000~10 000个晶体管/片,微处理器的主频为0.1~5MHz。

(1) 1971年: Intel推出了世界上第一片单片微处理器4004,它是4位微处理器,寻址空间为4096个半字节,指令系统包括45条指令。

(2) 1972年: Intel推出了世界上第一片8位微处理器8008。8008采用了10 μ m生产工艺,集成度为3500个晶体管,工作频率为200kHz。

(3) 1974年: Intel推出了8080。8080采用了6 μ m生产工艺,集成度为6000个晶体管,主频为2MHz。

(4) 1975年4月: MITS公司推出了以8080为CPU的世界上第一台个人计算机Altair 8800。值得一提的是,Altair 8800的BASIC语言解释器是Bill Gates编写的。

(5) 1976年: Intel推出了8085,这是Intel公司生产的最后一种8位通用微处理器。8085的工作频率提高到5MHz,指令系统的指令数上升到246条。

2. 第一代: 8086/8088 (1978—1981年)

(1) 1978年: Intel推出8086,它采用了3 μ m工艺,集成了29 000个晶体管,工作频率为4.77 MHz。它的寄存器和数据总线均为16位,地址总线为20位,从而使寻址空间达1MB。同时,CPU的内部结构也有很大的改进,采用了流水线结构,并设置了6字节的指令预取队列。

(2) 1979年: Intel推出8088,除了它的数据总线为8位以外,其余均与8086相同。8088采用8位数据总线是为了利用当时现有的8位设备控制芯片。由于8088内部支持16位运算,而与I/O之间传输为8位,故8088称为准16位微处理器。

(3) 1981年8月: IBM公司推出以8088为CPU的世界上第一台16位微型计算机IBM 5150 Personal Computer,即著名的IMB PC。

3. 第二代: 80286 (1982—1984年)

80286采用1.5 μ m工艺,集成了134 000个晶体管,工作频率为6MHz。80286的数据总线仍然为16位,但是地址总线增加到24位,使存储器寻址空间达到16MB。

1985年,IBM公司推出以80286为CPU的微型计算机IBM PC/AT,并制定了一个新的开放系统总线结构,这就是工业标准结构(ISA)。该结构提供了一个16位、高性能的I/O扩展总线。20世纪80年代中期到90年代初,80286一直是微型计算机的主流CPU。在这一时期,还诞生了世界上最早的芯片组(chipsets)。