

上篇 习题解答

第 1 章 微型计算机概述——思考题与习题解答

1.1 本章重点

1. 计算机的发展与应用

(1) 计算机的发展过程。

计算机的发展根据其采用逻辑器件的组成情况，到目前为止已经历了四代。

第一代电子管计算机；

第二代晶体管计算机；

第三代中小规模集成电路计算机；

第四代大规模和超大规模集成电路计算机。

(2) 计算机的发展趋势。

随着科学技术的发展，未来计算机将向高性能、网络化、人性化三大方向发展，发展趋势有如下几个方面：

1) 现今计算机正朝着微型计算机和巨型计算机两极方向发展；

2) 当前开发和研究的热点是多媒体计算机；

3) 未来计算机发展的总趋势是智能化计算机；

4) 今后计算机应用的主流是计算机与通信相结合的网络技术；

5) 非冯·诺依曼型体系结构的计算机是提高现代计算机性能的另一个研究焦点。未来的新型计算机将有神经网络计算机、生物计算机和光子计算机。

2. 计算机的特点与分类

电子数字计算机与过去的常规计算工具相比较，具有运算速度快、计算精度高，具有“记忆”和逻辑判断功能，能自动运行并且具备人机交互功能等特点，这些特点都是过去的计算工具所不具备的。

计算机的分类方法很多，随着计算机的不断发展和新型计算机的出现，计算机的分类方法也在不断变化。按照电气与电子工程师协会（IEEE）在 1989 年提出的分类方法，可以将计算机分为：个人计算机、工作站、小型计算机、主机、小巨型计算机、巨型计算机等 6 种。

3. 计算机的应用

自第一台电子计算机问世到 20 世纪 70 年代初，计算机一直被作为大学和研究机构的娇贵设备，环境条件要求比较高。20 世纪 70 年代中期后，随着微处理器技术的日益成熟和计算机软件技术的日趋完善，计算机走出了实验室而渗透到各个领域乃至普通百姓家中。尤其是近年来计算机技术和通信技术相互融合，出现了沟通全球的因特网，更使计算机的应用范围从科学计算、数据处理等传统领域扩展到办公自动化、人工智能、电子商务、虚拟现实、远程教育等，

遍及政治、经济、军事、科技以及个人文化生活和家庭生活的各个角落。相信在不久的将来，计算机像人们日常生活中的水和电一样将成为必需品。

4. 计算机的基本结构和工作原理

(1) 基本结构。

自从第一台电子计算机问世以来，它的更新换代实质上是硬件的更新换代。但无论如何变化，就其基本工作原理而言，多属存储程序控制的原理，基本结构属于冯·诺依曼型计算机。它由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 大部分组成。

输入设备：用于输入原始信息和处理信息的程序。输入信息包括数据、字符和控制符等，其中字符包括英文字母、汉字和其他一些字符。

输出设备：用来输出计算机的处理结果及程序清单。处理结果可以是数字、字符、表格、图形等。

存储器：用来存放程序和数据。在控制器的控制下，可与输入设备、输出设备、运算器、控制器等交换信息，是计算机中各种信息存储和交流的中心。

运算器：用来对信息及数据进行处理和计算。计算机中最常见的运算是算术运算和逻辑运算，所以也可以将运算器称为算术逻辑部件（Arithmetic and Logic Unit, ALU）。

控制器：控制器是整个计算机的指挥中心，它取出程序中的控制信息，经分析后按要求发出操作控制信号，用来指挥各部件的操作，使各部分协调一致地工作。

(2) 工作原理。

电子数字计算机最核心的工作原理是存储程序原理，即：

- 程序是由一条条计算机指令按一定的顺序组合而成的；
- 事先编好的程序要放在存储器中；
- 计算机能自动地逐条取出指令并执行。

5. 计算机系统的概念

一个完整的计算机系统应该包括硬件和软件两大部分，所谓硬件是指构成计算机的所有物理部件的集合，这些部件是由电子元器件、各类光、机电设备、电子线路等构成的有形物体，如主机、外设等；所谓软件是指为了运行、维护、管理及应用计算机所编制的所有程序的总和。

硬件是计算机系统的物质基础，软件必须在硬件的支持下才能运行；计算机的软件不仅可以充分发挥计算机的硬件功能，提高计算机的工作效率，而且已经发展到能局部模拟人类的思维活动。因此软件的地位和作用在整个计算机系统中越来越重要。整个计算机系统性能的好坏，则取决于软硬件功能的总和。计算机的软件系统又分为系统软件和应用软件两大类。

6. 微型计算机的基本概念

(1) 微型计算机的发展。

微处理器诞生于 20 世纪 70 年代初，是大规模集成电路发展的产物。大规模集成电路作为计算机的主要功能部件出现，为计算机的微型化打下了良好的物质基础。自从微处理器和微型计算机问世以来，按照计算机 CPU、字长和功能划分，它经历了 5 代的演变。

(2) 微型计算机的分类。

微型计算机的性能通常取决于微处理器，如果以微处理器能够处理的字长为分类标准，可以分为 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机等。

(3) 微型计算机的主要性能指标。

1) 位：这是计算机中所表示的最基本、最小的数据单元，它是一个二进制位 (bit)，由 0 和 1 两种状态构成。

2) 字节：字节 (Byte) 是计算机中通用的基本单元，它由 8 个二进制位组成，即 8 位二进制数组成一个字节。

3) 字：这是计算机内部进行数据处理的基本单位，是指计算机一次能够加工处理的二进制串。

4) 字长：机器字长是指 CPU 一次能处理的数据位数。它决定着寄存器、运算部件、数据总线等的位数。字长越长，表示数的范围越大，精度也越高，相应的硬件成本也越高。

5) 主频：计算机的主频也称为时钟频率，通常是指计算机中时钟脉冲发生器所产生的时钟信号的频率，单位为 MHz (兆赫)，它决定了微型计算机的处理速度。

6) 存储容量：存储容量应包括主存容量和辅存容量。

1.2 习题解答

【习题 1.1】 计算机的发展到目前为止经历了几个时代？每个时代的特点是什么？

解答：计算机的发展根据其采用逻辑器件的组成情况，到目前为止已经历了四代。当前微处理器的发展更为迅速，由其组成的微型计算机也在不断更新，读者应及时关注计算机新技术的发展。

计算机发展时代的划分及其特点如表 1-1 所示。

表 1-1 计算机的发展时代划分及特点

时代划分	起止时间	特点
第一代 电子管计算机	1946 年~1958 年	体积大、耗电多、运算速度慢，内存储器采用水银延迟线，外存储器采用磁鼓，存储容量小
第二代 晶体管计算机	1959 年~1964 年	体积减小，重量轻、省电、寿命长、可靠性提高，运算速度可达每秒百万次。内存储器采用磁芯，外存储器采用磁盘和磁带。使用了编译系统和高级程序设计语言
第三代 中小规模集成电路计算机	1965 年~1970 年	采用集成电路部件、半导体存储器等，大大提高了存储器容量，运算速度每秒钟达几百万至千万次，可靠性有较大提高，体积进一步缩小，成本进一步降低，在硬件设计上实现了系列化、通用化、标准化。出现了操作系统，计算机语言逐步标准化，并提出结构化程序设计方法
第四代 大规模和超大规模集成电路计算机	1971 年以后	集成度越来越高，存储容量、运算速度、可靠性、性能价格比等方面有较大突破。使用了并行处理技术、多处理机系统、分布式计算机系统和计算机网络；推出了各种系统软件、支撑软件、应用软件，发展了分布式操作系统和软件工程标准化，并逐渐形成了软件产业

【习题 1.2】 计算机的特点表现在哪些方面？简述计算机的应用领域。

解答：计算机的特点主要表现在以下几个方面：

- (1) 运算速度快;
- (2) 计算精度高;
- (3) 具有“记忆”和逻辑判断功能;
- (4) 能自动运行并且具备人机交互功能。

按照传统的应用分类,计算机有以下 5 个方面的应用,如表 1-2 所示。

表 1-2 计算机的应用领域及应用特点

应用领域	应用特点
科学计算	用计算机来解决科学研究和工程技术中所提出的复杂的数学及数值计算问题
数据处理	用计算机对所获取的信息进行采集、记录、整理、加工、存储和传输,并进行综合分析等。如应用于企事业单位的各种管理信息系统;用于文字处理的编辑、排版系统和办公自动化系统;用于图像处理的图像信息系统;用于图书资料查询的情报检索系统等
过程控制	在冶金、机械、电力、石油化工等产业中用计算机进行过程控制或实时控制。如石油化工生产、钢铁及有色金属冶炼、环境保护监测、数控机床和精密机械制造、交通运输中的行车调度、农业人工气候箱的温湿度控制、家用电器中的自动控制等。在军事上也常用计算机控制导弹等武器的发射与导航,自动修正导弹在飞行中的航向控制
计算机辅助系统	应用于计算机辅助设计 CAD、计算机辅助制造 CAM、计算机辅助测试 CAT、计算机辅助工程 CAE、计算机辅助教学 CAI 等
人工智能	用计算机执行某些与人的智能活动有关的复杂功能,模拟人类的某些智力活动,如图形和声音的识别,推理和学习的过程,从本质上扩充了计算机能力,可以越来越多地代替或超越人类脑力劳动的某些方面

【习题 1.3】冯·诺依曼型计算机的结构由哪些部分组成?各部分的功能是什么?分析其中数据信息和控制信息的流向。

解答:冯·诺依曼型计算机在硬件结构上主要由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 大部分组成。

各部分的主要功能如下:

- (1) 输入设备:用来输入原始信息和处理信息的程序。
- (2) 输出设备:用来输出计算机的处理结果及程序清单。
- (3) 存储器:用来存放程序和数据。在控制器的控制下,可与输入设备、输出设备、运算器、控制器交换信息,是计算机中各种信息存储和交流的中心。
- (4) 运算器:用来对信息及数据进行处理和计算。
- (5) 控制器:控制器是整个计算机的指挥中心,它取出程序中的控制信息,经分析后按要求发出操作控制信号,用来指挥各部件的操作,使各部分协调一致地工作。

冯·诺依曼型计算机的硬件结构 5 大部分连接和信息传递关系参见图 1-1。

从图 1-1 中可以看出,冯·诺依曼型计算机中有两类不同的信息在流动:

一类是采用双线表示的数据信息流,包括原始数据、中间结果、计算结果和程序中的指令。输入设备将程序和原始数据送到计算机中的存储器,在运算器中进行数据的处理,再将计算结果通过输出设备送出。

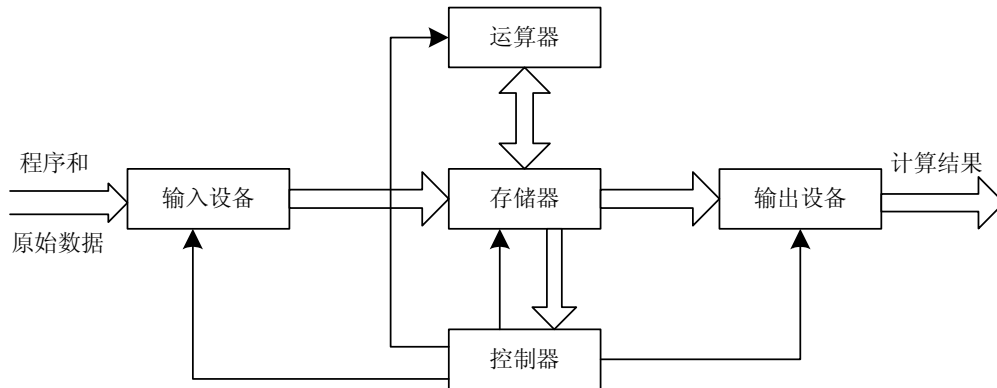


图 1-1 冯·诺依曼型计算机的基本结构框图

另一类是采用单线表示的控制信息流，它是控制器发出的各种操作命令，包括控制输入输出设备的工作，控制存储器的读写操作，控制运算器的计算等。

【习题 1.4】计算机中的 CPU 由哪些部件组成？简述各部分的功能。

解答：计算机的核心部件主要是运算器和控制器，统称为中央处理器（Central Processing Unit），简称为 CPU。

运算器：用来对信息及数据进行处理和计算。计算机中最常见的运算是算术运算和逻辑运算，所以也常将运算器称为算术逻辑部件 ALU（Arithmetic and Logic Unit）。算术运算有加、减、乘、除等，逻辑运算有比较、判断、与、或、非等。

控制器：控制器是整个计算机的指挥中心，它取出程序中的控制信息，经分析后按要求发出操作控制信号，用来指挥各部件的操作，使各部分协调一致地工作。

【习题 1.5】微型计算机系统主要由哪些部分组成？各部分的主要功能和特点是什么？

解答：完整的微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。

硬件系统是由电子部件和机电装置所组成的计算机实体，包括微处理器、主存储器、系统总线、输入/输出接口电路、外部存储器、输入输出设备等。硬件的基本功能是接受计算机程序，并在程序的控制下完成数据输入、数据处理和输出结果等任务。

软件系统是指为计算机运行工作服务的全部技术资料和各种程序，包括系统软件（如操作系统、语言处理系统、服务型程序等）和应用软件（如用户编写的特定程序、商品化的应用软件、套装软件等）。软件系统保证计算机硬件的功能得以充分发挥，并为用户提供一个宽松的工作环境。

【习题 1.6】微型计算机的分类方法有哪些？

解答：微型计算机的分类方法通常有以下 3 类。

(1) 按照 CPU 的字长来分类：可以分为 4 位、8 位、16 位、32 位、64 位微型计算机等。

(2) 按照微处理器器件的工艺来分类：可以分成 MOS 工艺的通用微处理器和双极型 TTL 工艺的微处理器。

(3) 按照微型计算机的利用形态来分类：可以分为单片微型计算机、单板微型计算机、位片式微型计算机、微型计算机系统。

【习题 1.7】什么是微型计算机的系统总线？定性说明微处理器三大总线的作用。

解答：微型计算机的系统总线是 CPU 与其他部件之间传送数据、地址和控制信息的公共

通道。

根据传送内容的不同，系统总线可分成以下 3 种：

(1) 数据总线 DB (Data Bus)：用于 CPU 与主存储器、CPU 与 I/O 接口之间传送数据。数据总线的宽度等于计算机的字长。数据总线一般为双向总线，可以向两个方向传输数据。

(2) 地址总线 AB (Address Bus)：用于 CPU 访问主存储器和外部设备时传送相关的地址。地址总线的宽度决定 CPU 的寻址能力。

(3) 控制总线 CB (Control Bus)：用于传送 CPU 对主存储器和外部设备的控制信号。

【习题 1.8】微型计算机的总线标准有哪些？怎样合理地加以选择？

解答：在微型计算机中主要的总线标准有 ISA、EISA、PCI 等，各类总线的特点及其使用场合如下：

(1) ISA 总线（也称为 AT 总线）：从 IBM PC/AT 微机开始采用，以便进行 16 位数据的传送，ISA 总线的数据传输率最高为 8Mb/s，地址总线宽度为 24 位，可支持达 16MB 的内存。

(2) EISA 总线：是一种 32 位总线，总线的时钟频率为 33MHz。它曾广泛应用于 386/486 等 32 位微机中，但由于其成本较高，所以现在它主要用于微机服务器中。

(3) PCI 总线标准：支持的数据线为 32 位，可扩充到 64 位。PCI 总线与 CPU 异步工作。总线的工作频率固定为 33MHz，与 CPU 的工作频率无关，可适合各种不同类型和频率的 CPU。支持多主控设备，支持突发读写和并发工作方式，具有即插即用功能。

另外，还有一种应用越来越广泛的 USB 总线标准：通用串行总线，可把不同的接口统一起来，支持热插入和即插即用。由于该总线为串行总线，其最高数据传输率可达 12Mb/s，既可用于低速的外围设备，也可用于中速装置，USB 连接外围设备时可使用集线器进行树形连接，连接的外围设备数目最多达 127 个。

USB 允许 2 种数据传送速度规格，1.5Mb/s 叫做低速传送，12Mb/s 叫做全速传送。全速传送时，结点间连接距离为 5m，连接用的 4 芯电缆必须有屏蔽，低速传送时，结点间连接距离为 3m，连接用的 4 芯电缆不一定有屏蔽。具有不同传送速度的各个结点设备允许互相通信。

USB 有同步、中断、批量三种数据传送模式。同步传送主要用于数码相机、扫描仪等中速外围设备。中断传送用于键盘、鼠标等低速设备；而批量传送则供打印机、调制解调器、数字音响等不定期传送大量数据的中速设备使用。

【习题 1.9】简述微型计算机的主要应用方向及其应用特点。

解答：微型计算机按其功能、特点的不同，可适用于各种行业，从仪器仪表和家电的智能化，到科学计算、自动控制、数据和事务处理、辅助设计、办公自动化、生产自动化、数据库应用、网络应用、人工智能、计算机模拟以及计算机远程教育等各个领域，微型计算机均得到了广泛的应用，如表 1-3 所示。

表 1-3 微型计算机的主要应用方向及其应用特点

应用方向	主要内容及特点
办公自动化	办公自动化简称为 OA (Office Automation)。它是计算机、通信与自动化技术相结合的产物，也是当前最为广泛的一类应用

续表

应用方向	主要内容及特点
生产自动化	包括计算机辅助设计、计算机辅助制造和计算机集成制造系统等，它们是计算机在现代生产领域，特别是制造业中的典型应用，不仅提高了自动化水平，而且使传统的生产技术发生了革命性的变化
数据库应用	数据库是在计算机存储设备中按照某种关联方式存放的一批数据。借助数据库管理系统（DBMS，Database Management System），可对其中的数据实施控制、管理和使用。如科技情报检索系统、银行储户管理系统、飞机票订票系统等
网络应用	计算机网络就是利用通信设备和线路等把不同的计算机系统互连起来，并在网络软件支持下实现资源共享和传递信息的系统。网络应用使人类进入了信息化社会，在因特网上可以做许多事情，例如：在网上进行浏览、检索信息、下载软件，收发电子邮件（E-Mail）、传送文件（FTP）、发布公告（BBS），阅读电子报纸，观看体育比赛，收听音乐、参与各类游戏，网上论坛等
人工智能	目前，人工智能研究方向中最具有代表性的两个领域是专家系统和机器人
计算机仿真	仿真也称为模拟（Simulation）。传统的工业生产中，常使用模型对产品或工程进行分析、试验、设计。计算机仿真则是使用编制的程序在计算机上进行必要的模型试验，从而大大减少投资、避免风险
远程教育	远程教育是建立在互联网上的一种教学环境。它以现代化的信息技术为手段，以适合远程传输和交互式学习的教学资源为教材而构成开放式教育网络。任何人在任一时间、地点，都可选择自己需要的内容进行学习，从而为人们提供了一个终身学习的系统

概括来讲，微型计算机的应用特点主要体现在功能强、可靠性高、价格低、适应性强、周期短、见效快、体积小、重量轻、耗电省、维护方便等方面。

【习题 1.10】奔腾系列微处理器有哪些特点？与其他微处理器相比有哪些改进？

解答：Pentium 系列微处理器的设计采用了新的体系结构。

（1）标量流水线。Pentium 采用双流水线结构，可以一次执行两条指令，每条流水线执行一条，这个过程称为“指令并行”。

（2）独立的指令高速缓存和数据高速缓存。Pentium 片内有两个 8KB 的高速缓存，一个作为指令的高速缓存，一个作为数据的高速缓存。

（3）重新设计的数值处理部件。Pentium 的数值处理部件在 80486 的基础上进行了彻底的改进，其执行过程分为 8 级流水，使每个时钟周期能完成一个浮点操作（某些情况下可完成两个）。

（4）分支预测。Pentium 提供了一个称为分支目标缓存器的部件来动态预测程序分支，当一条指令导致程序分支时，它记忆该指令和分支的目标地址，并采用这些信息预测这条指令两次产生分支时的路径，预先从此处丢弃，当判断正确时，分支程序立即得到了解码。

除了上述特点外，它对 80486 的结构还作了增强性改进：

- 工作效率提高。80486DX 采用的是倍频技术，其内部工作频率是外部的两倍，即 80486 的主频为 66MHz 的话，其内部以该频工作，而外部实际工作频率只有 33MHz；而 Pentium 的外部 and 内部工作频率相同，即主频为 66MHz，其内部与外部均工作在 66MHz 下。

- 指令固化。Pentium 将常用指令改用硬件实现，不再用微码实现，使指令的运行速度得到进一步的提高。
- 存储页增加。Pentium 体系结构中，存储器中的每一页的尺寸除有与 80486 兼容的 4KB 外，还增加了一种 4MB 的页尺寸。
- 增强的微码。Pentium 指令系统的微码算法作了重大改进，其指令执行所需时钟周期相对于 80486 大大减少。
- 增强的总线。Pentium 内部总线与 80486 相同均为 32 位宽，但是它通向存储器的外部总线为 64 位宽，在一个总线周期内将数据传输量增加了一倍。

【习题 1.11】解释并区别下列名词术语的含义。

- (1) 微处理器、微型计算机、微型计算机系统
- (2) 字节、字、字长、主频、基本指令执行时间、指令数
- (3) 硬件和软件
- (4) RAM、ROM、CMOS、BIOS、Cache 芯片
- (5) 机器语言、汇编语言、高级语言、操作系统、语言处理程序、应用软件

解答 (1):

- 微处理器：中央处理单元 CPU (Control Processing Unit) 是微型计算机的核心部件，它是包含运算器、控制器、寄存器组以及总线接口等部件的一块大规模集成电路芯片，俗称微处理器。
- 微型计算机：是以微处理器为核心，再配上存储器、接口电路等芯片构造而成的。微型计算机的性能通常取决于微处理器。
- 微型计算机系统是将包含有 CPU、RAM、ROM 和 I/O 接口电路的主板以及其他若干块印刷板电路组装在一个机箱内，构成一个完整的、功能更强的计算机装置。

解答 (2):

- 字节 (Byte)：是计算机中通用的基本单元，它由 8 个二进制位组成，即 8 位二进制数组成一个字节。
- 字：是计算机内部进行数据处理的基本单位。对于 16 位微型计算机，字由两个字节组成，每个字节长度为 8 位，分别称为高位字节和低位字节。对于 32 位的微型计算机，它由 4 个字节组成，组合后称为双字。
- 字长：是计算机在交换、加工和存放信息时，其信息位的最基本的长度，决定了系统一次传送的二进制数的位数。各种类型的微型计算机字长是不相同的，字长越长的计算机，处理数据的精度和速度就越高。因此，字长是微型计算机中最重要的指标之一。
- 主频：也称为时钟频率，通常是指计算机中时钟脉冲发生器所产生的时钟信号的频率，单位为 MHz (兆赫)，它决定了微型计算机的处理速度。
- 基本指令执行时间：由于各种微处理器的指令执行时间是不一样的，为了衡量微型计算机的速度，通常选用 CPU 中的加法指令作为基本指令，它的执行时间就作为基本指令执行时间。基本指令执行时间越短，表示微型计算机的工作速度越高。
- 指令数：计算机完成某种操作的命令称为指令。一台微型计算机可以有上百条指令，计算机完成的操作种类越多，即指令数越多，表示该类微机系统的功能越强。

解答 (3):

- 硬件是指组成计算机的物质基础，包括主机和外围设备，也称为机器系统。
- 软件是指能够方便用户使用和充分发挥计算机性能的各种程序的总称，也叫做程序系统。

解答（4）：

- 随机存储器 RAM (Random Access Memory)：又称为读写存储器，用于存放当前参与运行的程序和数据。其特点是：信息可读可写，存取方便，但不能长期保留，断电会丢失。关机前要将 RAM 中的程序和数据转存到外存储器上。
- 只读存储器 ROM (Read Only Memory)：用于存放各种固定的程序和数据，由生产厂家将开机检测、系统初始化、引导程序、监控程序等固化在其中。其特点是：信息固定不变，只能读出不能重写，关机后原存储的信息不会丢失。
- CMOS 电路：这是一个小型的 RAM，它的工作电压低，耗电量要比动态读写存储器 (DRAM) 少得多。在 CMOS 中保存有存储器和外部设备的种类、规格，当前日期、时间等大量参数，以便为系统的正常运行提供所需数据。如果这些数据记载错误，或者因故丢失，将造成机器无法正常工作，甚至不能启动运行。当 CMOS 中的数据出现问题或需要重新设置时，可以在系统启动阶段按照提示，按 DEL 键启动 SETUP 程序，进入修改状态。开机时 CMOS 电路由系统电源供电，关机以后则由电池供电。
- BIOS 芯片：BIOS 是指在 ROM 中固化的“基本输入输出系统”程序。BIOS 程序的性能对主板影响较大，好的 BIOS 程序能够充分发挥主板各种部件的功能，以提高效率，并能在不同的硬件环境下方便地兼容运行多种应用软件。所以 BIOS 为系统提供了一个便于操作的软硬件接口。
- 外部 Cache 芯片：高速缓冲存储器强调的是存取速度，所以它采用静态读写存储器 (SRAM) 来补充 CPU 内部 Cache 容量的不足。Cache 的结构由两部分组成：一部分存放数据，另一部分是此数据的标记。这两部分分别存放在两个芯片中，存放数据的芯片写作 Data RAM；存放标记的芯片写为 Tag RAM。

解答（5）：

- 机器语言：机器语言是计算机硬件系统能够直接识别的计算机语言，不需要翻译。机器语言中的每一条语句实际上是一条二进制数形式的指令代码，由操作码和操作数组成。操作码指出应该进行什么样的操作，操作数指出参与操作的数本身，或它在内存中的地址。使用机器语言编写程序，工作量大、难于记忆、容易出错、调试修改麻烦，但执行速度快。机器语言随机器型号不同而异，不能通用，所以称它是“面向机器”的语言。
- 汇编语言：汇编语言用助记符代替操作码，用符号地址代替操作数。由于采用“符号化”的做法，所以汇编语言也称为符号语言。用汇编语言编写的程序称为汇编语言源程序。汇编语言源程序不能直接运行，需要用“汇编程序”把它翻译成机器语言程序后方可执行，这一过程称为“汇编”。汇编语言源程序比机器语言程序易读、易检查、易修改，同时又保持了机器语言执行速度快、占用存储空间小的优点。汇编语言也是“面向机器”的语言，不具备通用性和可移植性。
- 高级语言：高级语言是由各种意义的“词”和“数学公式”按照一定的“语法规则”组成的。由于高级语言采用自然词汇，并且使用与自然语言语法相近的语法体系，所

以它的程序设计方法比较接近人们的习惯，编写出的程序更容易阅读和理解。高级语言最大的优点是它“面向问题”而不是“面向机器”。这不仅使问题的表述更加容易，简化了程序的编写和调试，能够大大提高编程效率；同时，还因为这种程序与具体机器无关，所以有很强的通用性和可移植性。

- **操作系统：**操作系统是计算机硬件的第一级扩充，它是计算机软件中最基础的部分，支持其他软件的开发和运行。操作系统由一系列具有控制和管理功能的模块组成，实现对计算机全部硬、软件资源的管理和控制，使计算机能够自动、协调、高效地工作。任何用户都是通过操作系统使用计算机的，也只是在有了操作系统之后，用户才可以非常方便地使用计算机。通常，操作系统有 5 大管理功能，即进程与处理机调度、作业管理、存储管理、设备管理、文件管理。
- **语言处理程序：**在层次上介于应用软件和操作系统之间。它的功能是把高级语言程序编写的应用程序翻译成等价的机器语言程序。而具有这种翻译功能的编译或解释程序则是在操作系统支持下运行的。
- **应用软件：**处于软件系统的最外层，直接面向用户，为用户服务。应用软件是为了解决各类应用问题而编写的程序，包括用户编写的特定程序，以及商品化的应用软件和套装软件。

【习题 1.12】微型计算机系统软件的主要特点是什么？它包括哪些内容？

解答：系统软件的两个主要特点是：

- (1) 通用性：其算法和功能不依赖于特定的用户，无论哪个应用领域都可以使用。
- (2) 基础性：其他软件都是在系统软件的支持下开发和运行的。

系统软件主要包括以下 3 个方面：

- **操作系统：**操作系统是硬件的第一级扩充，是软件中最基础的部分，支持其他软件的开发和运行。
- **语言处理系统：**在层次上介于应用软件和操作系统之间。它的功能是把高级语言编写的应用程序翻译成等价的机器语言程序。而具有这种翻译功能的编译或解释程序则是在操作系统支持下运行的。
- **服务型程序：**也称为支撑软件，能对计算机实施监控、调试、故障诊断等工作。它是软件开发和维护工作中使用的一些软件工具。例如：支持用户录入源程序的各种编辑程序；调整汇编语言程序的汇编程序；能把高级语言源程序经编译后产生的目标程序连接起来，成为可执行程序的连接程序等。这些程序在操作系统支持下运行，而它们又支持应用软件的开发和维护。

【习题 1.13】定性比较微型计算机的内存储器和外存储器的特点及组成情况。

解答：计算机的存储器分为两类。一类是内部存储器，用于存储当前与 CPU 频繁交换的信息，其工作速度快，但容量较小。另一类是外部存储器，用于存储 CPU 暂不处理的信息，其容量很大，故称为海量存储器。

外存中的信息既可被方便地修改，又可长期保存，但外存需要配置专门的接口和驱动设备才能实现访问，存取速度也较内存慢得多。当其信息需要处理时，要先调入内存，再由 CPU 处理。

早期的计算机主要用磁芯作内存储器，随着大规模集成电路的发展，半导体存储器基本上

取代了磁芯存储器。

半导体存储器的分类如图 1-2 所示。

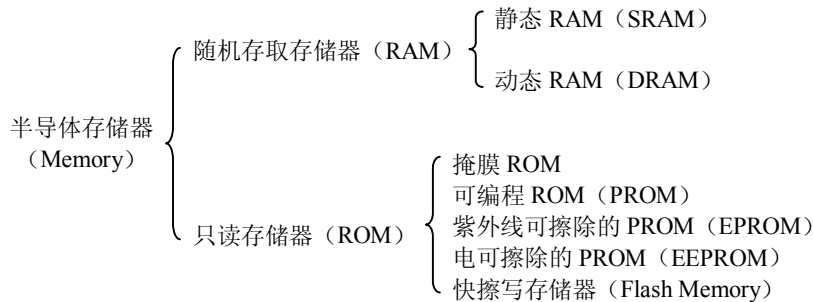


图 1-2 半导体存储器的分类

目前微型计算机使用的外部存储器大多是磁盘存储器，分为软磁盘和硬磁盘。磁盘存储器由磁盘、磁盘驱动器和驱动器接口电路组成，统称为磁盘机。

(1) 软磁盘。软磁盘由盘片、盘套组成，盘片与盘轴连接，上有读写定位机构，在盘套上开设有读写窗口和写保护块。目前比较常见的软磁盘是 3.5 英寸双面高密度磁盘，其容量为 1.44MB。

(2) 硬磁盘。硬磁盘采用金属为基底，表面涂覆有磁性材料，由于刚性较强，所以称为硬磁盘。

(3) 光盘存储器是由光盘、光盘驱动器和接口电路组成。它用激光进行读写，按读写功能可以分为只读型、一次写入型、可重写型三种。

第 2 章 计算机中的数据表示——思考题与习题解答

2.1 本章重点

1. 计算机中的数制及转换

(1) 基本概念。

1) 数：用来直接表示量的多少，它们有大小之分，能够进行加减等运算。

2) 码：通常指代码或编码，在计算机中用来代表某个事物或描述某种信息。

3) 数码：一种进位计数制允许使用的符号。

4) 基数：一种进位计数制允许使用的数码个数。

5) 位权：一个数码在不同的位置所代表的值是不同的，等于该数码本身乘以一个与该位置有关的常数，这个常数称为“位权”。

(2) 计算机中常用的进位计数制。

计算机内部的电子部件有两种工作状态，即电流的“通”与“断”（或电压的“高”与“低”），因此计算机能够直接识别的只有二进制数，这就使得它所处理的数字、字符、图像、声音等信息，都是以 1 和 0 组成的二进制数的某种编码。

由于二进制在表达一个数字时，位数太长，不易识别，且容易出错，因此在书写计算机程

序时，经常将它们写成对应的十六进制数或八进制数，也会采用人们熟悉的十进制数表示。

在计算机内部可以根据实际情况的需要分别采用二进制数、八进制数、十进制数和十六进制数。在书写时，十进制后缀为 D，二进制后缀为 B，八进制后缀为 O，十六进制后缀为 H。

计算机中常用计数制的基数和数码以及进位关系如表 2-1 所示。

表 2-1 计算机中常用计数制的基数和数码以及进位关系

计数制	基数	数码	进位关系
二进制	2	0、1	逢二进一
八进制	8	0、1、2、3、4、5、6、7	逢八进一
十进制	10	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9	逢十进一
十六进制	16	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F	逢十六进一

(3) 各种进位计数制间的转换。

1) 十进制数转换为二进制、八进制和十六进制数。

一个十进制数通常由整数部分和小数部分组成，这两部分的转换规则是不相同的，在实际应用中，整数部分与小数部分要分别进行转换。

十进制整数转换为二进制整数的方法是：采用基数 2 连续去除该十进制整数，直至商等于“0”为止，然后逆序排列余数，就可以得到与该十进制整数对应的二进制整数各位的系数值。

十进制小数转换为二进制小数的方法是：连续用基数 2 去乘该十进制小数，直至乘积的小数部分等于“0”，然后顺序排列每次乘积的整数部分，就可以得到与该十进制小数对应的二进制小数各位的系数。

同理，十进制数转换为八进制或十六进制数时，可以参照十进制数转换为二进制数的对应方法来处理。

2) 二进制数、八进制数、十六进制数转换为十进制数。

二进制数、八进制数、十六进制数转换为十进制数的时候，按照“位权展开求和”的方法就可以得到。

将二进制数 1011001.101B 转换为十进制数，过程如下：

$$\begin{aligned}
 1011001.101B &= 1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} \\
 &= 64 + 16 + 8 + 1 + 0.5 + 0.125 \\
 &= 89.625D
 \end{aligned}$$

3) 二进制数与八进制数和十六进制数之间的转换。

由八进制数转换成二进制数时，只要将每位八进制数用 3 位二进制数表示即可；而由二进制数转换成八进制数时，先从小数点开始分别向左或向右，将每 3 位二进制数分成 1 组，不足 3 位数的要补 0，然后将每 3 位二进制数用 1 位八进制数表示即可。

从十六进制数转换为二进制数时，只要将每位十六进制数用 4 位二进制数表示即可；而从二进制数转换为十六进制数时，先从小数点开始分别向左或向右，将每 4 位二进制数分成一组，不足 4 位的要补 0，然后将每 4 位二进制数用 1 位十六进制数表示即可。

2. 计算机中数值数据的表示及运算

(1) 基本概念。

在计算机内部表示二进制数的方法通常称为数值编码,把一个数及其符号在机器中的表示加以数值化,这样的数称为机器数。机器数所代表的数称为该机器数的真值。

要全面完整地表示一个机器数,应考虑以下三个因素:

1) 机器数的范围,受字长限制。通常机器数的范围由计算机的硬件决定。

当使用 8 位寄存器时,字长为 8 位,所以一个无符号整数的最大值是: $(11111111)_{\text{B}} = (255)_{\text{D}}$, 此时机器数的范围是 0~255。

2) 机器数的符号。在算术运算中,数据是有正有负的,这类数据称为带符号数。为了在计算机中正确地表示带符号数,通常规定每个字长的最高位为符号位,并用 0 表示正数,用 1 表示负数。

3) 机器数中小数点的位置隐含表示。在机器中,小数点的位置通常有两种约定:一种规定小数点的位置固定不变,这时的机器数称为“定点数”;另一种规定小数点的位置可以浮动,这时的机器数称为“浮点数”。

(2) 计算机中带符号数的定点表示方法。

1) 原码。正数的符号位为 0,负数的符号位为 1,其他位按照一般的方法来表示数的绝对值。用这样的表示方法得到的就是数的原码。

原码表示的整数范围是 $-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$, 其中 n 为机器字长。

8 位二进制原码表示的整数范围是 -127~+127。

在 8 位原码中, $[+0]_{\text{原}} = 00000000$, $[-0]_{\text{原}} = 10000000$, 所以原码中“0”的表示不惟一。

2) 反码。对于一个带符号的数来说,正数的反码与其原码相同,负数的反码为其原码除符号位以外的各位按位取反。

反码表示的整数范围与原码相同。

数据 0 在二进制数的反码表示中,表示形式不惟一:

$[+0]_{\text{反码}} = [+0]_{\text{原码}} = 00000000$ $[-0]_{\text{反码}} = 11111111$

3) 补码。正数的补码与其原码相同,负数的补码为其反码在最低位加 1。

在二进制数的补码表示中,0 的表示是惟一的。

即: $[+0]_{\text{补码}} = [-0]_{\text{补码}} = 00000000$

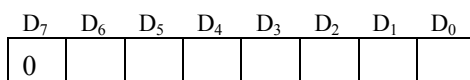
补码表示的整数范围是 $-2^{n-1} \sim +(2^{n-1}-1)$, 其中 n 为机器字长。

8 位二进制补码表示的整数范围是 -128~+127

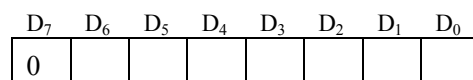
(3) 定点数和浮点数。

计算机在进行算术运算时,需要指出小数点的位置。针对小数点的处理,计算机有两种表示数的方法,定点表示法和浮点表示法。

定点小数规定小数点固定在最高有效数字之前,符号位之后,则该数为一纯小数;定点整数规定小数点固定在最低有效数字之后。定点小数和定点整数的格式如下:



定点整数



定点小数

浮点表示法就是一个数的小数点的位置不固定，可以浮动。

对于任一数 N 可表示成：

$$N = R^E \times M = \pm R^{\pm e} \times m$$

其中， E (Exponent) 是指数，称为浮点数的阶码，用定点整数表示。早期的计算机系统 E 用补码表示，此时需设置符号位；现在计算机 E 多用移码表示。 M (Mantissa) 称为浮点数的尾数，用定点小数表示，尾数的符号表示数的正负，用补码或原码表示。 R (Radix) 是阶码的底，又称为尾数的基值。基值 R 在计算机中一般为 2、8 或者 16，是一个常数，在系统中是事先隐含约定的，不需要用代码表示。所以浮点数只需用一对定点数 (阶码和尾数) 表示，存于如下一个二进制字的三个字段中。

阶符	阶码 P	尾数
----	------	----

其中，阶符表示数的正负，阶码表示小数点的位置，而尾数表示有效数字。

(4) 定点补码加法运算溢出判断。

运算时由于计算机字长的限制，会产生运算结果超出数所能表示的范围。可以用直接观察法来判别运算是否溢出：当正数加正数的结果为负数时，或负数加负数的结果为正数时，结果都产生溢出。也可以用双高位法来判别运算是否溢出： $OV = C_s \oplus C_p$ 。式中 C_s 为加减运算中最高位 (符号位) 的进位值， C_p 为加减运算中最高数值位的进位值，当有进位时，取值为 1，无进位时，取值为 0。若 C_s 、 C_p 的异或运算结果为 1，即 $OV=1$ ，则表明结果产生溢出，反之则表示不溢出。

3. 其他数据表示方法

(1) 美国信息交换标准代码 (ASCII 码)。

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 码是美国信息交换标准代码的简称，用于给西文字符编码，包括英文字母的大小写、数字、专用字符、控制字符等。

这种编码由 7 位二进制数组合而成，可以表示 128 种字符，目前在国际上广泛流行。

128 个符号包括 34 个“控制字符”，10 个阿拉伯数字、52 个英文大小写字母、32 个专用符号等可以显示或打印出来的“图形字符”，共 94 个。

(2) 二—十进制编码——BCD 码。

BCD (Binary-Coded Decimal) 码又称为“二—十进制编码”，专门解决用二进制数表示十进制数的问题。

“二—十进制编码”的方法很多，有 8421 码、2421 码、5211 码、余 3 码等，最常用的是 8421 编码，其方法是用 4 位二进制数表示 1 位十进制数，自左至右每一位对应的位权是 8、4、2、1。

(3) 汉字编码。

计算机处理汉字信息的前提条件是对每个汉字进行编码，这些编码统称为汉字代码。在汉字信息处理系统中，对于不同部位，存在着多种不同的编码方式。比如，从键盘输入汉字使用的汉字代码 (外码) 就与计算机内部对汉字信息进行存储、传送、加工所使用的代码 (内码) 不同，但它们都是为系统各相关部分标识汉字使用的。

目前计算机中几种常用的汉字代码有汉字输入码、汉字机内码、汉字字形码和汉字交换码。

2.2 习题解答

【习题 2.1】简述计算机中“数”和“码”的区别，计算机中常用的数制和码制有哪些？

解答：

(1) 计算机中的“数”：用来直接表示量的多少，它们有大小之分，能够进行加减等运算处理。

(2) 计算机中的“码”：通常指代码或编码，在计算机中主要用来代表某个事物或描述某种信息。

应该指出，“数”和“码”仅仅在使用场合上有区别，在使用形态上并没有区别。计算机中常用的数制有二进制、八进制、十进制、十六进制等。计算机中常用的码制有 ASCII 码、BCD 码、格雷码等。

【习题 2.2】将下列十进制数分别转化为二进制数、八进制数、十六进制数和压缩 BCD 数。

- (1) 125.74 (2) 513.85 (3) 742.24
(4) 69.357 (5) 158.625 (6) 781.697

解答：十进制整数转换为二进制整数的方法是：采用基数 2 连续去除该十进制整数，直至商等于“0”为止，然后逆序排列余数，就可以得到与该十进制整数对应的二进制整数各位的系数值。

十进制小数转换为二进制小数的方法是：连续用基数 2 去乘该十进制小数，直至乘积的小数部分等于“0”，然后顺序排列每次乘积的整数部分，就可以得到与该十进制小数对应的二进制小数各位的系数。

同理，十进制数转换为八进制或十六进制数时，可以参照十进制数转换为二进制数的对应方法来处理。不同之处在于基数换为 8 或 16。

十进制数转换为压缩 BCD 数时，将每一位十进制数用 4 位二进制数表示即可。

本题中给出的 6 个十进制数转化为二进制数、八进制数、十六进制数和压缩 BCD 数的结果如表 2-2 所示。

表 2-2 十进制数分别转化为二、八、十六进制数和压缩 BCD 数

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数	压缩 BCD 码
125.74	1111101.1011	175.5727	7D.BD70	100100101.01110100
513.85	100000001.1101	1001.6631	201.D999	10100010011.10000101
742.24	1011100110.0011	1346.1727	2E6.3D70	11101000010.00100100
69.357	1000101.0101	105.3	45.6	1101001.001101010111
158.625	10011110.101	236.5	9E.A	101011000.011000100101
781.697	1100001101.1011	1415.5335	30D.B26E	11110000001.011010010111

【习题 2.3】将下列二进制数分别转化为十进制数、八进制数和十六进制数。

- (1) 101011.101 (2) 110110.1101
(3) 1001.11001 (4) 100111.0101

解答：二进制数转换为十进制数时，用其系数为 1 的各位（系数为 0 时可以不计算）来乘以基数为 2 的相应位权，就可以得到与该二进制数对应的十进制数。

二进制数转化为八进制数的方法是“三合一”。

- 整数部分：自右向左 3 位一组，不够时高位补 0，每组对应一个八进制数码。
- 小数部分：自左向右 3 位一组，不够时低位补 0，每组对应一个八进制数码。

二进制数转化为十六进制数的方法是“四合一”。

- 整数部分：自右向左 4 位一组，不够时高位补 0，每组对应一个十六进制数码。
- 小数部分：自左向右 4 位一组，不够时低位补 0，每组对应一个十六进制数码。

本题中的 4 组二进制数转化为十进制数、八进制数和十六进制数的结果如表 2-3 所示。

表 2-3 二进制数分别转化为十、八、十六进制数

二进制数	十进制数	八进制数	十六进制数
101011.101	43.625	53.5	2B.A
110110.1101	54.8125	66.64	36.D
1001.11001	9.78125	11.62	9.C8
100111.0101	39.3125	47.24	27.5

【习题 2.4】将下列十六进制数分别转化为二进制数、八进制数、十进制数和压缩 BCD 数。

- (1) 5A.26 (2) 143.B5
(3) 6AB.24 (4) E2F3.2C

解答：从十六进制数转换为二进制数时，将每位十六进制数用 4 位二进制数表示即可。然后，由题 2.3 中所用规则很容易将二进制数转化为八进制数、十六进制数。

最后，由十进制数可得到压缩 BCD 码，原则：1 位十进制数码用 4 位二进制数表示，请读者自行解答。

本题中的答案如表 2-4 所示。

表 2-4 十六进制数分别转化为二、八、十进制数

十六进制数	二进制数	八进制数	十进制数
5A.26	1011010.00100110	132.114	90.148
143.B5	101000011.10110101	503.552	323.707
6AB.24	11010101011.00100100	3253.11	1707.141
E2F3.2C	1110001011110011.001011	161363.13	58099.172

【习题 2.5】根据 ASCII 码的表示，查表写出下列字符的 ASCII 码。

- (1) 0 (2) 9 (3) K (4) G (5) t
(6) DEL (7) ACK (8) CR (9) \$ (10) <

解答：按照字符与 ASCII 码的对应关系，本题中的 10 个字符对应的 ASCII 码值如表 2-5 所示。

表 2-5 字符与 ASCII 码的对应关系

字符	0	9	K	G	t	DEL	ACK	CR	\$	<
ASCII 码	30H	39H	4BH	47H	74H	7FH	6H	DH	24H	3CH

【习题 2.6】写出下列十进制数的原码、反码、补码表示(采用 8 位二进制,最高位为符号位)。

(1) 104 (2) 52 (3) -26 (4) -127

解答: 本题要在熟悉原码、反码、补码表示的基础上进行解答。

- 求原码规则: 正数的符号位为 0, 负数的符号位为 1, 其他位为数的绝对值。
- 求反码规则: 正数的反码与其原码相同, 负数的反码为其原码除符号位以外的各位按位取反。
- 求补码规则: 正数的补码与其原码相同, 负数的补码为其反码的最低位加 1。
- 本题中的 4 个十进制数的原码、反码、补码表示如表 2-6 所示。

表 2-6 十进制数的原码、反码、补码表示

十进制数	104	52	-26	-127
原码	01101000	00110100	10011010	11111111
反码	01101000	00110100	11100101	10000000
补码	01101000	00110100	11100110	10000001

【习题 2.7】已知补码求出其真值。

(1) 48H (2) 9DH (3) B2H (4) 4C10H

解答: 已知某数的补码求其真值, 可以采用以下方法计算: 正数补码的真值等于补码本身; 负数补码转换为其真值时, 将负数补码按位求反末位加 1 即可得到该负数补码对应的真值的绝对值。

本题中 4 个补码所对应的真值如表 2-7 所示。

表 2-7 4 个数的原码、反码、补码表示

补码	48H	9DH	B2H	4C10H
真值	48H	-63H	-4EH	4C10H

【习题 2.8】已知某个 8 位的机器数 65H, 在其作为无符号数、补码带符号数、BCD 码以及 ASCII 码时分别表示什么真值和含义?

解答: 按照机器数与无符号数、补码带符号数、BCD 码以及 ASCII 码的对应关系, 本题的答案如表 2-8 所示。

表 2-8 机器数与无符号数、补码、BCD 码、ASCII 码的对应关系

65H	作为无符号数	作为补码带符号数	作为 BCD 码	作为 ASCII 码
真值和含义	65H	65H	65D	e

【习题 2.9】ASCII 码是由几位二进制数组成的? 它可以表示哪些信息?

解答: ASCII (American Standard Code For Information Interchange) 码是美国信息交换标准代码的简称, 这种编码由 7 位二进制数组合而成, 可以表示 128 种字符, 包括 52 个英文大小写字母、10 个阿拉伯数字、32 个专用符号、34 个控制字符。

ASCII 码是 7 位二进制编码, 由于计算机的基本存储单位是字节 (byte), 一个字节包含 8 个二进制位 (bit)。因此, ASCII 码的机内码要在最高位补一个 0。在存储、处理和传送信息

时，最高位常用作奇偶校验位，用来检验代码在存储和传送过程中是否发生错误。奇校验时，每个代码的二进制形式中应有奇数个 1；偶校验时，每个代码的二进制形式中应有偶数个 1。

后来，IBM 公司将 ASCII 码的位数又增加了一位，用 8 位二进制数构成一个字符编码，共有 256 个符号。扩展后的 ASCII 码除了原先的 128 个字符外，还增加了一些常用的科学符号和表格线条。

【习题 2.10】中文信息如何在计算机内表示？

解答：中文的基本组成单位是汉字，汉字也是字符。目前汉字总数超过 6 万个；数量大，字形复杂，同音字多，异体字多，给汉字在计算机内部的表示与处理、汉字的传输与交换、汉字的输入、输出等带来了一系列的问题。为此，我国于 1981 年公布了“国家标准信息交换用汉字编码基本字符集 (GB2312-80)”。该标准规定一个汉字用两个字节 ($256 \times 256 = 65536$ 种状态) 编码，同时用每个字节的最高位来区分是汉字编码还是 ASCII 码，这样每个字节只用低 7 位，这就是所谓双 7 位汉字编码 ($128 \times 128 = 16384$ 种状态)，作为该汉字的交换码，称为国标码。

目前许多机器为了在内部能区分汉字与 ASCII 字符，把两个字节汉字的国标码的每个字节的最高位置“1”，这样就形成了另外一种汉字编码，称作汉字机内码 (内码)，若已知国标码，则机内码惟一确定，方法是机内码的每个字节为原国标码每个字节加 80H。内码用于统一不同系统所使用的不同汉字输入码，当花样繁多、各种不同的汉字输出法进入系统后，一律转换为内码，使得不同系统内汉字信息可以相互转换。

第 3 章 80X86 微处理器及其体系结构——思考题与习题解答

3.1 本章重点

1. 8086 微处理器的内部结构

8086 CPU 的内部是由独立的工作部件构成的，从功能上可将其划分为两个逻辑单元，即执行部件 EU (Execution Unit) 和总线接口部件 BIU (Bus Interface Unit)，其内部结构如图 3-1 所示。

(1) 执行部件。

执行部件中包含一个 16 位的算术逻辑单元 (ALU)，8 个 16 位的通用寄存器，一个 16 位的状态标志寄存器，一个数据暂存寄存器和执行部件的控制电路。

执行部件 EU 的功能是：从 BIU 的指令队列中取出指令代码，经指令译码器译码后执行指令所规定的全部功能。执行指令所得结果或执行指令所需的数据都由 EU 向 BIU 发出命令，对存储器或 I/O 接口进行读/写操作。

(2) 总线接口部件。

总线接口部件 BIU 内部设有 4 个 16 位段地址寄存器：代码段寄存器 CS、数据段寄存器 DS、堆栈段寄存器 SS 和附加段寄存器 ES，一个 16 位指令指针寄存器 IP，一个 6 字节指令队列缓冲器，20 位地址加法器和总线控制电路。

其具体任务是：负责从存储器的指定单元取出指令，送至指令流队列中排队或直接传送给 EU 单元去执行；负责从存储器的指定单元和外设端口中取出指令规定的操作数传送给执行部件 EU，或者把执行部件 EU 的操作结果传送到指定的存储单元和外设端口中。而所有这些都

外部总线的操作都必须有正确的地址和适当的控制信号，总线接口部件 BIU 中的各个部件主要是围绕这个目标设计的。

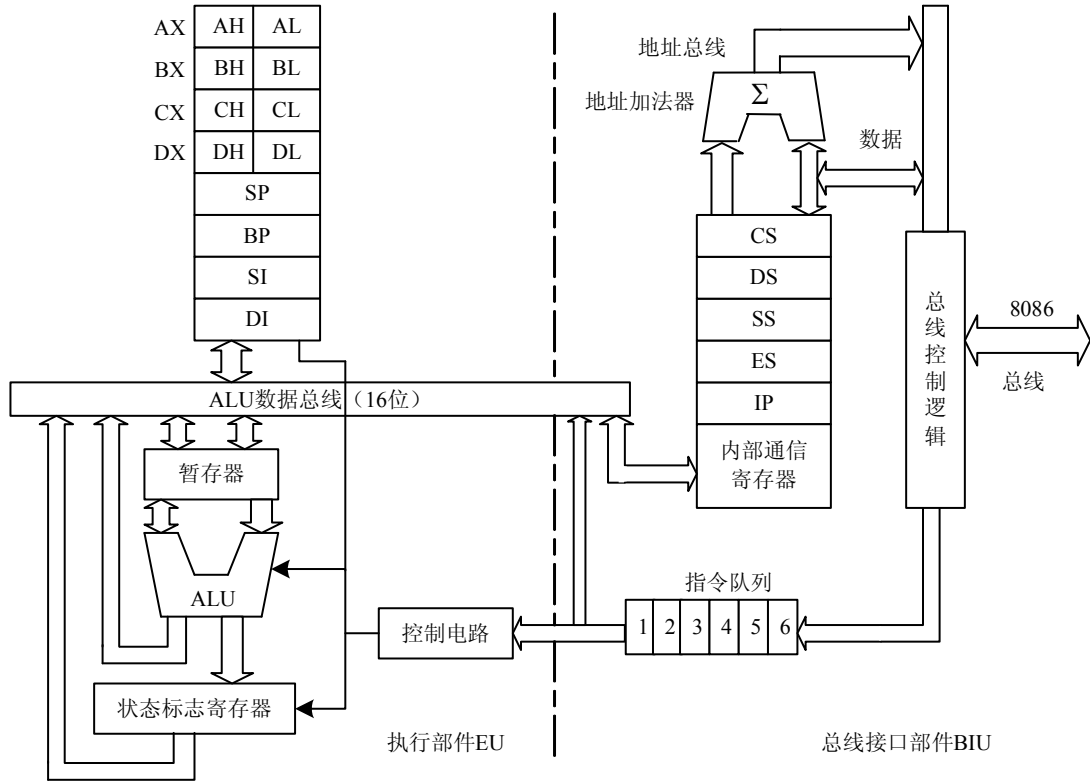


图 3-1 8086 CPU 内部结构框图

(3) 寄存器结构。

8086 CPU 内部的寄存器可分为通用寄存器、控制寄存器和段寄存器。具体情况如图 3-2 所示。

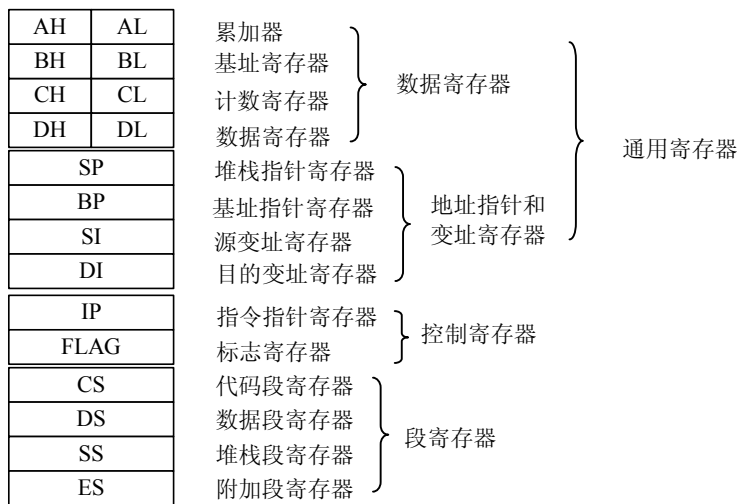


图 3-2 8086 CPU 内部寄存器结构

通用寄存器的特定用法如表 3-1 所示。

表 3-1 通用寄存器的特定用法

寄存器	操作	寄存器	操作
AX	字乘, 字除, 字 I/O	CL	变量移位, 循环移位
AL	字节乘, 字节除, 字节 I/O, 查表转换, 十进制运算	DX	字乘, 字除, 间接 I/O
AH	字节乘, 字节除	SP	堆栈操作
BX	查表转换	SI	数据串操作指令
CX	数据串操作指令, 循环指令	DI	数据串操作指令

8086 CPU 的控制寄存器主要有指令指针寄存器和状态标志寄存器。指令指针寄存器 IP 是一个 16 位的寄存器, 相当于程序计数器 PC, 存放 EU 要执行的下一条指令的偏移地址, 用以控制程序中指令的执行顺序, 实现对代码段指令的跟踪。8086 CPU 的状态标志寄存器是一个 16 位的寄存器, 共 9 个标志, 其中 6 个用作状态标志, 3 个用作控制标志, 如图 3-3 所示。

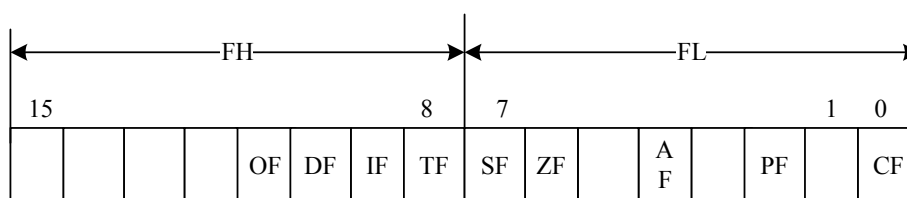


图 3-3 8086 CPU 的标志寄存器

状态标志用来反映 EU 执行算术和逻辑运算以后的结果特征, 这些标志常常作为条件转移类指令的测试条件, 控制程序的运行方向, 它们分别是 CF (进位标志)、PF (Parity Flag) 偶标志 (运算结果中 1 的个数的奇偶性)、AF (Auxiliary Carry Flag) 辅助进位标志、ZF (Zero Flag) 零标志、SF (Sign Flag) 符号标志和 OF (Overflow Flag) 溢出标志。

控制标志用来控制 CPU 的工作方式或工作状态, 它一般由程序设置或由程序清除。它们分别是 TF (Trap Flag) 陷阱标志或单步操作标志、IF (Interrupt-Enable Flag) 中断允许标志和 DF (Direction Flag) 方向标志。

8086 CPU 共有 4 个 16 位的段寄存器, 用来存放每一个逻辑段的段起始地址。因为只有 4 个段寄存器, 任何时候 CPU 只能识别当前可寻址的 4 个逻辑段。8086 的指令能直接访问这 4 个段寄存器, 分别是: 代码段寄存器 CS (Code Segment)、数据段寄存器 DS (Data Segment)、堆栈段寄存器 SS (Stack Segment)、附加段寄存器 ES (Extra Segment)。

2. 8086 微处理器的存储器组织

(1) 存储器的标准结构。

8086 CPU 有 20 根地址线, 所以可寻址的存储器空间为 1MB (2^{20} B), 地址范围为 0~ $2^{20}-1$ (00000H~FFFFFH)。存储器是按字节进行组织的, 两个相邻的字节被称为一个“字”。在一个字中每个字节用一个惟一的地址码进行表示。存放的信息若是以字节 (8 位) 为单位时, 将在存储器中按顺序排列存放; 若存放的数据为一个字 (16 位) 时, 则将每个字的低字节 (低 8 位) 存放在低地址中, 高字节 (高 8 位) 存放在高地址中, 并以低地址作为该字的地址; 如果

一个字是从偶地址开始存放,这种存放方式称为规则存放或对准存放,这样存放的字称为规则字或对准字。如果一个字是从奇地址开始存放,这种存放方式称为非规则存放或非对准存放,这样存放的字称为非规则字或非对准字。

8086 CPU 1M 字节的存储空间实际上被分成两个 512 字节的存储体,分别叫高位库和低位库。低位库固定与 8086 CPU 的低位字节数据线 $D_7\sim D_0$ 相连,该存储体中的每个地址均为偶地址;高位库与 8086 CPU 的高位字节数据线 $D_{15}\sim D_8$ 相连,该存储体中的每个地址均为奇地址。两个存储体之间采用字节交叉编址方式。

关于高、低字节寻址和片选的问题见教材中的讲解。

(2) 存储器的分段管理。

8086 系统中,把整个存储空间分成许多逻辑段,这些逻辑段容量最多为 64KB。8086 CPU 允许它们在整个存储空间中浮动,各个逻辑段之间可以紧密相连,也可以相互重叠(完全重叠或部分重叠),还可以分开一段距离。在 8086 的存储空间中,把 16 字节的存储空间称为一节(Paragraph)。为了简化操作,一般要求各个逻辑段从节的整数边界开始,也就是说尽量保证段起始地址的低 4 位地址码总是为“0”,于是将段起始地址的高 16 位地址码称作“段基址”,一般把它存放在相应的段寄存器中,程序可以从 4 个段寄存器指定的逻辑段中存取代码和数据。

(3) 逻辑地址和物理地址。

逻辑地址是在程序中使用的地址,它由段地址和偏移地址两部分组成。逻辑地址的表示形式为“段地址:偏移地址”。段地址和偏移地址都是无符号的 16 位二进制数,或用 4 位十六进制数表示。

在存储器中每一个存储单元都有惟一的物理地址,物理地址就是存储器的实际地址,它是指 CPU 和存储器进行数据交换时所使用的地址。

物理地址是段地址左移 4 位加偏移地址形成的,即

$$\text{物理地址} = \text{段地址} \times 10\text{H} + \text{偏移地址}$$

这个形成过程是在 CPU 的总线接口部件 BIU 的地址加法器中完成的。

3. 8086 CPU 的总线周期和操作时序

(1) 基本概念。

8086 CPU 与存储器或外部设备通信,是通过 20 位分时多路复用地址/数据总线实现的。为了取出指令或传输数据,CPU 要执行一个总线周期。

通常把 8086 CPU 经外部总线对存储器或 I/O 端口进行的一次信息输入或输出过程,称为总线操作。而把执行该操作所需要的时间,称为总线周期或总线操作周期。由于总线周期全部由 BIU 来完成,所以也把总线周期称为 BIU 总线周期。

8086 的总线周期至少由 4 个时钟周期组成。每个时钟周期称为 T 状态,用 T_1 , T_2 , T_3 和 T_4 表示。时钟周期是 CPU 的基本时间计量单位,由主频决定。

如果在两个总线周期之间存在着 BIU 不执行任何操作的时钟周期,这些不起作用的时钟周期称为空闲状态,用 T_1 表示。

8086 CPU 与慢速的存储器和 I/O 接口交换信息时,为了防止丢失数据,就会由存储器或外设通过 READY 信号线,在总线周期的 T_3 和 T_4 之间插入 1 个或多个必要的等待状态 T_w ,用来给予必要的时间补偿。在等待状态期间,总线上的信息保持 T_3 状态时的信息不变,其他一些控制信号也都保持不变。

为了构成不同规模的微型计算机,以适应各种各样的应用场合,Intel 公司在设计 8086 CPU 芯片时,就考虑了它们可以在两种方式下工作,即最小工作方式和最大工作方式。

(2) 最小方式和最大方式。

所谓最小工作方式,就是系统中只有 8086 一个微处理器,是一个单微处理器系统。在这种系统中,所有的总线控制信号都直接由 8086 CPU 产生,系统中的总线控制逻辑电路被减到最少,这些特征就是最小方式名称的由来,最小方式系统适合于较小规模的应用。

在最大方式系统中,总是包含有两个或多个微处理器,是多微处理器系统。其中必有一个主处理器 8086,其他的处理器称为协处理器,如专用于数值运算的处理器 8087 和专用于输入/输出处理的协处理器 8089。

关于总线周期的内容见教材中的讲解。

3.2 习题解答

【习题 3.1】 8086 CPU 由哪两部分组成? 它们的主要功能是什么?

解答: 8086 CPU 由总线接口部件 (BIU) 和执行部件 (EU) 组成。

- 总线接口部件的功能是根据执行部件 EU 的请求,负责完成 CPU 与存储器或 I/O 设备之间的数据传送。
- 执行部件的功能是负责从指令队列取出指令代码,然后执行指令所规定的操作。

【习题 3.2】 8086 CPU 内部的并行操作体现在哪里?

解答: 在 8086 CPU 中,取指令和执行指令分别由总线接口部件 BIU 和执行部件 EU 完成,并且存在指令队列缓冲器,使 BIU 和 EU 可以并行工作,执行部件负责执行指令,总线接口部件负责提取指令、读出操作数和写入结果。这两个部件能互相独立地工作。在大多数情况下,取指令和执行指令可以并行操作,即在执行指令的同时进行取指令的操作。

【习题 3.3】 8086 CPU 数据总线和地址总线各是多少? 其最大存储空间是多少?

解答: 8086 CPU 数据总线为 16 位,地址总线为 20 位。最大的存储空间是 1MB。

【习题 3.4】 8086 CPU 中指令队列起什么作用? 其长度是多少字节?

解答: 8086 CPU 中指令队列是一组寄存器,用来暂时存放从存储器中取出的指令,其长度为 6 字节。

【习题 3.5】 8086 的标志寄存器有哪些标志位? 它们的含义和作用是什么?

解答: 8086 CPU 的标志寄存器共有 9 个有效标志位,其中有 6 个状态标志位,另外 3 个为控制标志位。它们的含义和作用如下:

(1) 状态标志位。

CF——进位标志位。CF=1,表示运算结果的最高位发生进位或借位;否则,CF=0。这个标志用于字或字节的加、减运算,循环移位时也改变 CF 标志。

AF——辅助进位标志位。AF=1,表示 8 位数据运算的低 4 位向高 4 位有进位或借位,或 16 位数据运算的低字节向高字节有进位或借位;否则,AF=0。这个标志用于十进制算术运算。

SF——符号标志位。SF=1,表示运算结果为负数;SF=0,表示运算结果为正数。这个标志用于有符号数的运算。

ZF——零标志位。ZF=1,表示运算结果为零;否则,ZF=0。这个标志用于判断运算结果是否为零。

OF——溢出标志位。OF=1，表示运算结果有溢出，即运算结果的长度超过存放结果单元容限，因而发生丢失有效数字的现象；否则，OF=0。这个标志位用于判断运算结果是否溢出。

PF——奇偶标志位。PF=1，表示运算结果中有偶数个“1”；PF=0，表示运算结果中有奇数个“1”。这个标志用于数据传送的奇偶校验。

(2) 控制标志位。

DF——增量方向标志位。DF=1，表示字符串中地址指针自动减 1，即字符串处理顺序是由高地址向低地址进行；DF=0，表示在字符串操作中地址指针自动增 1，即字符串处理顺序是由低地址向高地址进行。这个标志用于字符串的处理。

IF——允许中断标志位。IF=1，允许中断；IF=0，禁止中断。它是控制可屏蔽中断的标志。

TF——单步标志位。TF=1，使 CPU 进入单步工作方式，即 CPU 每执行一条指令自动中止程序的执行。TF 标志是为了调试程序方便而设置的。

【习题 3.6】数据在存储器中存放有何规定？什么是对准字？什么是非对准字？

解答：数据在存储器中是按字节存放的。信息若是以字节为单位时，将在存储器中按顺序排列存放；若存放的数据为一个字时，则将每一个字的低字节存放在低地址中，高字节存放在高地址中，并以低地址作为该字的地址。

- 如果一个字是从偶地址开始存放，这种存放方式称为规则存放或对准存放，这样存放的字称为规则字或对准字。
- 如果一个字是从奇地址开始存放，这种存放方式称为非规则存放或非对准存放，这样存放的字称为非规则字或非对准字。

【习题 3.7】试说明 8086 CPU 从分体结构存储器中读取一个非对准字的过程，地址线 A_0 和控制线 \overline{BHE} 如何起作用？

解答：本题中地址线 A_0 和控制线 \overline{BHE} 的作用如表 3-2 所示。

表 3-2 地址线 A_0 和控制线 \overline{BHE} 的作用

读取步骤	\overline{BHE}	A_0	操作
第一步	0	1	访问奇地址存储体，读/写高字节信息
第二步	1	0	访问偶地址存储体，读/写低字节信息

【习题 3.8】什么是逻辑地址？它由哪两部分组成？8086 的物理地址是如何形成的？

解答：采用分体结构的存储器中，给每个逻辑段编址的地址称为逻辑地址，逻辑地址是在程序中使用的地址。逻辑地址由段地址和偏移地址两部分构成。

逻辑地址=段地址：偏移地址

物理地址就是存储器的实际地址，它是指 CPU 和存储器进行数据交换时所使用的地址。8086 的物理地址是由段地址左移 4 位（二进制）加偏移地址形成的，即

物理地址=段地址×10H+偏移地址

【习题 3.9】8086 微机系统中存储器为什么要分段？各逻辑段之间的关系如何？

解答：由于 8086 提供 20 位的地址总线可寻址 1MB 的存储空间，而 8086 内部存储器都是 16 位的，其寻址范围只能为 64KB 的范围，因此，为能达到对存储器寻址的 20 位物理地址，将 1MB 的存储空间划分成若干逻辑段，每个逻辑段最多包含 64KB。

各逻辑段之间可间隔一段距离,也可以连续排列,只要不发生数据冲突还可以有重叠部分。

【习题 3.10】8086 CPU 的当前段最多可有几个?如何访问不同的段?

解答:8086 CPU 的当前段最多可有 4 个。

在 8086 的存储空间中,要求各个逻辑段段起始地址的低 4 位地址码总是为“0”,将段首地址的高 16 位地址码称作“段基值”,把它存放在相应的段寄存器中。因此,访问存储器时,段地址是由段寄存器提供的。8086 CPU 通过 4 个段寄存器来访问 4 个不同的段。用程序对段寄存器的内容进行修改,可实现访问所有段。

【习题 3.11】I/O 端口有哪两种编址方式?8086 的最大 I/O 寻址空间是多少?

解答:I/O 端口有统一编址和独立编址两种编址方式。8086 的最大 I/O 寻址空间为 64KB。

【习题 3.12】8086 的最大模式和最小模式的主要区别是什么?

解答:

- 8086 工作在最小模式时,系统只有一个微处理器,且系统所有的控制信号全部由 8086 CPU 提供。
- 8086 工作在最大模式时,系统是由多个微处理器/协处理器构成的多机系统,控制信号通过总线控制器产生,且系统资源由各处理器共享。

【习题 3.13】什么是系统总线?与 CPU 总线有什么区别?

解答:系统总线是指组成微型计算机系统所采用的总线,用于连接系统中的各个部件。由 CPU 直接引出的总线称为 CPU 总线;系统总线一般是由 CPU 总线经过驱动器、总线控制器等芯片的变换而形成的。

【习题 3.14】8086 CPU 为什么要用地址锁存器?

解答:由于 8086 CPU 的地址/数据和地址/状态总线是分时复用的,而存储器或 I/O 接口电路通常要求与 CPU 进行数据传送时,在整个总线周期内必须保持稳定的地址信息,因而在总线周期的第一个时钟周期内,将地址锁存起来。另外,具有三态输出的锁存器可以提高地址总线的驱动能力。

【习题 3.15】请将左边的术语和右边的含义联系起来,在括号中填写相应的代号字母。

解答:

- | | |
|--------------|------------------------------------|
| (1) 字长 | (i) a 指由 8 个二进制位组成的通用基本单元 |
| (2) 字节 | (a) b 是 CPU 指令执行时间的刻度 |
| (3) 指令 | (h) c 是微处理器所能访问的存储单元数 |
| (4) 基本指令执行时间 | (g) d 惟一能代表存储空间每个字节单元的地址 |
| (5) 指令执行时间 | (j) e 是 CPU 执行访问存储器或 I/O 操作所花的时间 |
| (6) 时钟周期 | (b) f 由段基址和偏移地址组成,均用 4 位十六进制数表示 |
| (7) 总线周期 | (e) g 指寄存器执行加法指令所花的时间 |
| (8) 访问空间 | (c) h 完成操作的命令 |
| (9) 逻辑地址 | (f) i 指 CPU 在交换、加工、存储信息时的基本长度 |
| (10) 物理地址 | (d) j 各条指令执行所花的时间,不同的指令取值不同 |

【习题 3.16】有一个由 20 个字组成的数据区,其起始地址为 610AH:1CE7H。试写出数据区首末单元的实际地址 PA。

解题指导:本题重点考察的是逻辑地址与实际地址(物理地址)的转换。题中段基值为

610AH, 偏移地址为 1CE7H, 20 个字的数据区占用 40 (0~27H) 个存储单元。

解答: 数据区首地址=610AH×10H+1CE7H=62D87H

数据区末地址=62D87H+27H=62DAEH

【习题 3.17】若一个程序段开始执行之前, (CS)=97F0H, (IP)=1B40H, 试问该程序段启动执行指令的实际地址是什么?

解答: 实际地址=97F0H×10H+1B40H=99A40H

【习题 3.18】有两个 16 位的字 31DAH, 5E7FH, 它们在 8086 系统存储器中的地址分别为 00130H 和 00134H, 试画出它们的存储示意图。

解答: 存储示意图参见图 3-4。

【习题 3.19】将字符串“Hello!”的 ASCII 码依次存入从 00330H 开始的字节单元中, 试画出它们的存放示意图。

解答: 字符串“Hello!”的 ASCII 码存放示意图参见图 3-5。

DAH	00130H
31H	00131H
	00132H
	00133H
7FH	00134H
5EH	00135H

图 3-4 数据的存储示意图

48H	00330H
65H	00331H
6CH	00332H
6CH	00333H
6FH	00334H
21H	00335H

图 3-5 字符的存储示意图

【习题 3.20】8086 寻址 I/O 端口时, 使用多少条地址总线? 可寻址多少个字节端口或多少个字节端口?

解答: 8086 寻址 I/O 端口时, 使用 16 条地址总线。可寻址 32KB 个字节端口或 64KB 个字节端口。

【习题 3.21】8086 CPU 读/写总线周期各包含多少个时钟周期? 什么情况下需要插入 T_w 等待周期? 应插入多少个 T_w , 取决于什么因素? 什么情况下会出现空闲状态 T_1 ?

解答: 8086 CPU 读/写总线周期包含 4 个时钟周期。

- 当系统中所用的存储器或外设的工作速度较慢, 不能用最基本的总线周期进行读/写操作时, 就会在 T_3 和 T_4 之间插入一个或多个等待状态, 用来给予必要的时间补偿。
- 当存储器或外设完成数据的读/写准备时, 便在 READY 线上发出有效信号, CPU 接到此信号后, 会自动脱离 T_w 而进入 T_4 状态。
- 如果在两个总线周期之间, 存在着 BIU 不执行任何操作的时钟周期, 这些不起作用的时钟周期称为空闲状态, 用 T_1 表示。

【习题 3.22】80286 CPU 寄存器结构中比 8086 增加的部分有哪些? 其主要用途是什么?

解答: 80286 CPU 的可编程寄存器在 8086 寄存器结构的基础上, 增加了一个 16 位的机器状态字寄存器 MSW。而且为适应 80286 性能的提高, 在 8086 的状态标志寄存器 F 中, 又增加使用了 3 个位, 即 IOPL——I/O 特权层标志 (占用 12、13 位) 和 NT——嵌套任务标志 (占用 14 位)。NT 标志位表示当前执行的任务嵌套于另一任务中, IOPL 用来定义当前任务的 I/O

特权层。

【习题 3.23】 80386/80486 有几种工作模式？各有什么特点？

解答：80386/80486 有实地址模式、保护模式和虚拟 8086 模式三种工作方式。

- 实地址模式下的 80386/80486 的工作原理与 8086 相同，内存管理只采用分段管理方式，而不采用分页管理；内存最大空间为 1MB，采用段地址寻址的存储方式，每个段最大为 64KB；操作数的长度默认为 16 位。
- 保护模式下，CPU 实际可访问的物理空间最大为 4GB，可选择使用分页结构；存储器空间用逻辑地址、线性地址和物理地址空间描述；CPU 基本结构没有发生变化，指令和寻址方式依旧。在这种方式中，可以对存储器实施保护功能（禁止程序非法操作）和特权级的保护功能（主要保护操作系统的数据不被应用程序修改）。
- 虚拟 8086 模式下，既有保护模式功能，又可执行 8086 的指令代码。

【习题 3.24】 什么是虚拟空间？80386/80486 的虚拟空间有多大？

解答：虚拟空间是指在 CPU 内存不足的情况下，可以借助于磁盘空间来虚拟内存。

80386/80486 的虚拟空间有 64TB。

【习题 3.25】 简述实地址方式和虚拟 8086 方式的区别。

解答：实地址方式下，仅使用段管理机构而不用分页机构，即内存空间最大为 1MB，采用段地址寻址的存储方式，每个段最大为 64KB；虚拟 8086 模式是在保护模式下建立的 8086 工作模式。保护模式下存储器寻址空间为 1MB，仍然可以使用分页管理将 1MB 划分为 256 页，每页 4KB。