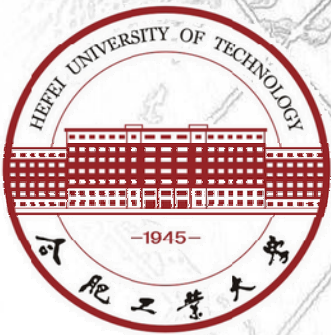
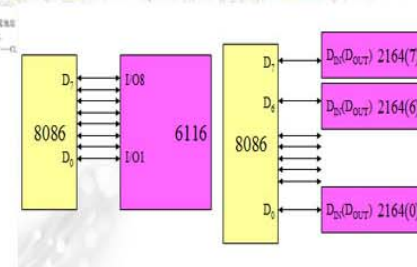
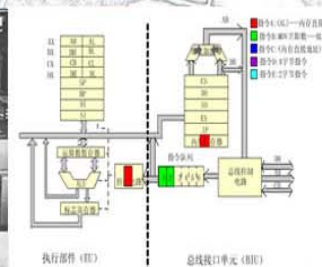
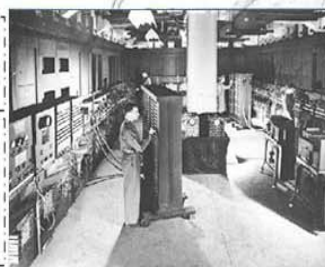
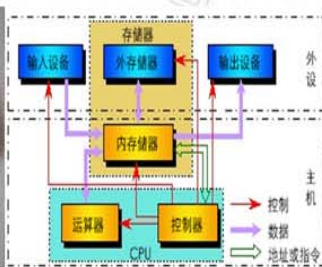




微型计算机原理及其应用

第一章 微型计算机概论



合肥工业大学计算机与信息学院 2012-02



第一章 微型计算机概论



1.0 课程简介

1.1 微型计算机概述

1.2 微型计算机系统

1.3 微型计算机的结构

1.4 微型计算机的主要性能指标

1.5 微型计算机运算基础



1.0 课程简介

微机 原理 及 接口 技术

典型机型：IBM PC系列机

基本系统：Intel 8086/8088

I/O接口电路及与外设的连接

硬件——接口电路原理

软件——接口编程方法



1.0 课程简介



课程目标

- 系统掌握汇编语言的程序设计基本方法
- 系统掌握微机硬件接口技术
- 建立微机系统的整体概念
- 具备微机软件及硬件初步设计和开发的能力

微机系统的组成 organization

工作原理 principle

硬件接口技术 interface

典型应用 use



1.0 课程简介



✦ 主要参考书

- 周国祥主编，微机原理与接口技术，中国科学技术大学出版社，2010.8
- 戴梅萼，微型计算机技术及应用，清华大学出版社

✦ 学习要求

- 课堂：听讲与理解、适当笔记。
- 课后：认真读书、完成作业。
- 实验：充分准备、勇于实践。

✦ 考核方式

- 平时考勤 15%
- 实验 15%
- 期末考试 70%



第一章 微型计算机概论



1.0 课程简介

1.1 微型计算机概述

1.2 微型计算机系统

1.3 微型计算机的结构

1.4 微型计算机的主要性能指标

1.5 微型计算机运算基础



1.1 微型计算机概述



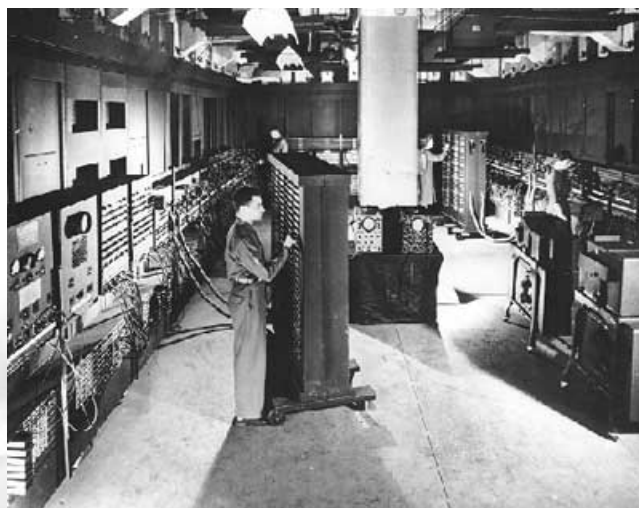
1. 微型计算机的发展概况
2. 微型计算机的特点
3. 微型计算机的应用



1.1.1 微型计算机的发展概况

✦ 计算机的发展

- 电子管计算机→晶体管计算机→集成电路计算机→大规模集成电路计算机→人工智能计算机（尚在研制）
- 1946年第一代电子计算机（ENIAC）在美国研制成功。使用了18800个电子管，重30吨，占地150平方米，耗电150千瓦，每秒完成5000次加法运算。



早期的电子管



1.1.1 微型计算机的发展概况

✦ 计算机的发展（续）

- 1958年第二代晶体管计算机推出，用晶体管代替了电子管，大大降低了计算机的成本和体积，运算速度成百倍提高。



发明晶体管的
三位科学家



第一只晶体管



1.1.1 微型计算机的发展概况

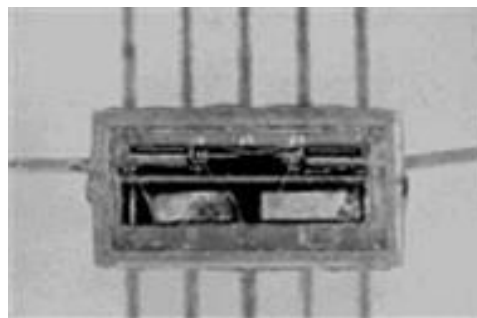


✦ 计算机的发展（续）

- 1965年中小规模集成电路为主体的计算机问世，使计算机的体积进一步缩小，配上各类操作系统，计算机性能极大提高。



基尔比



第一块集成电路



诺依斯

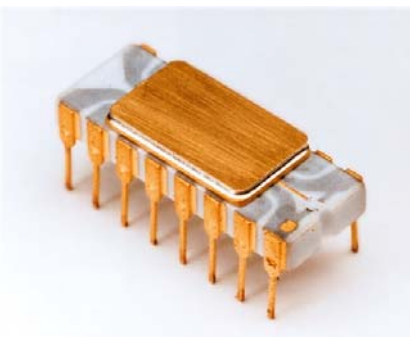


1.1.1 微型计算机的发展概况



✦ 计算机的发展（续）

- 1970年大规模集成电路（LSI）研制成功，计算机发展到第四代，微型计算机是第四代计算机的典型代表。
- 1971年在美国硅谷第一块通用微处理器Intel4004诞生，从而开创了微型计算机的新时代。

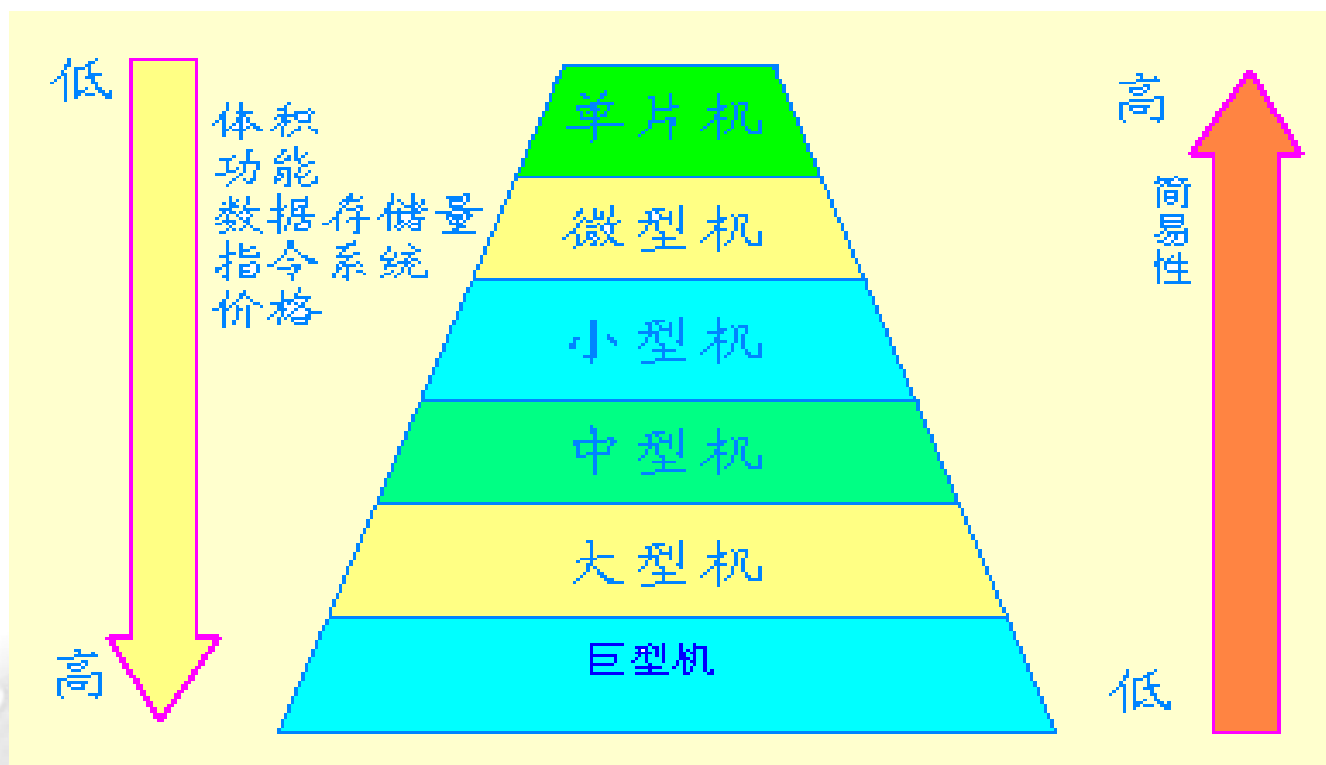




1.1.1 微型计算机的发展概况

✦ 计算机的发展（续）

➤ 计算机发展的四个方向：巨、微、网、智。



☆ 微型计算机核心部件：微处理器，是微机发展的风向标。



1.1.1 微型计算机的发展概况



✦ 微处理器的发展

➤ 第一代微处理器

- ✧ 1971年11月，Intel公司第一枚微处理器芯片4004。4位，它总共集成了2300个晶体管，运行速度只有108KHz。
- ✧ 1972年4月，Intel公司宣布另一种型号的微处理器8008研制成功。8位，集成了3500个晶体管，运行速度为200KHz。

➤ 第二代微处理器

- ✧ 1973年，Intel推出了8080微处理器。8位，集成晶体管数目6000，运行速度2MHz。
- ✧ 1974年，Motorola公司推出8位微处理器Mc6800。
- ✧ 1975年，Zilog公司推出8位微处理器Z80。



1.1.1 微型计算机的发展概况



✦ 微处理器的发展（续）

➤ 第三代微处理器

- ✧ 1978年，Intel公司推出8086/8088微处理器。16位，集成29000只晶体管，运行速度为5MHz/10MHz。
- ✧ 1983年，Intel公司推出Intel 80286微处理器，它是真正意义上也是最后一款16位。集成了14.3万只晶体管，具有6MHz~12.5MHz的运行速度。

➤ 第四代微处理器

- ✧ 1985年，Intel公司推出了80386微处理器。32位，集成了27万5千只晶体管。
- ✧ 1989年，Intel公司发布了80486微处理器。32位，集成了125万个晶体管。最高运行速度100MHz。



1.1.1 微型计算机的发展概况



✦ 微处理器的发展（续）

➤ 第五代微处理器

- ✧ 1993年3月，Intel公司推出了名为Pentium（经典奔腾或586）的微处理器。32位，核心由320万个晶体管组成。
- ✧ 1995年11月，Intel公司推出了Pentium Pro（高能奔腾）。32位，核心由550万个晶体管组成，最高运行速度200MHz。
- ✧ 1997年1月，Intel公司推出了Pentium MMX（Multi-Media eXtension，多能奔腾）。
- ✧ 1997年5月，Intel公司推出了Pentium II（奔腾二代）。核心提升到750万个晶体管。
- ✧ 1999年2月，Intel公司推出了Pentium III（奔腾三代）。
- ✧ 2000年11月，Intel公司推出了Pentium IV（奔腾四代）。
- ✧ 2001年5月，Intel公司推出了64位微处理器Itanium。



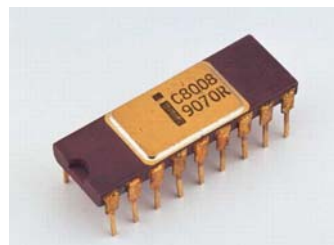
1.1.1 微型计算机的发展概况



✦ 微处理器的发展（续）



Intel 4004



Intel 8008



Motorola 6800



Intel 8086



Intel 80286



Intel 80386



Intel 80486



Intel Pentium



Intel Pentium II



Intel Pentium III



Intel Pentium IV



Intel 酷睿2





1.1.1 微型计算机的发展概况



✦ 摩尔定律

- 歌登. 摩尔 (Gordon Moore) 是Intel公司奠基者之一，他在1964年提出摩尔定律。
- 内容：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，即性能会提升一倍。
 - ✧ 从1964年提出到1971年，Intel公司的CPU一直是遵循摩尔定律在发展。
- 1995年摩尔对摩尔定理稍微修改了一下，原来每一年半（18个月）改为两年。也就是说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。



1.1 微型计算机概述



1. 微型计算机的发展概况
2. 微型计算机的特点
3. 微型计算机的应用



1.1.2 微型计算机的特点



⊕ 体积小、功耗低。

- 16位微处理器68000，芯片大小为 $6.25\text{mm} \times 7.14\text{mm}$ ，功耗约1.2W。
- 32位微处理器80486，芯片大小为 $16\text{mm} \times 11\text{mm}$ ，功耗约0.75W~3W。

⊕ 可靠性高，使用环境要求低。

⊕ 系统外部芯片配套，系统设计灵活。

⊕ 性能优良，价格低廉。



1.1 微型计算机概述



1. 微型计算机的发展概况
2. 微型计算机的特点
- 3. 微型计算机的应用**



1.1.3 微型计算机的应用



✚ 科学计算

➤ 科学研究和工程计算领域，是应用较广泛的领域。

✚ 信息处理

➤ 可用来处理生产和经济活动及科学研究中获得的文字、表格、图象、声音等各类信息。

✚ 计算机控制

✚ 智能仪器

✚ 计算机通信

✚ 家用电器

✚ CAD/CAM/CAI



第一章 微型计算机概论



1.0 课程简介

1.1 微型计算机概述

1.2 微型计算机系统

1.3 微型计算机的结构

1.4 微型计算机的主要性能指标

1.5 微型计算机运算基础



1.2 微型计算机系统



1. 微处理器、微型计算机、微型计算机系统

2. 微型计算机的分类



1.2.1 微处理器、微机、微机系统



✦ 微处理器

- 由一片或几片大规模集成电路组成的中央处理器。其内部通常包括算术逻辑部件、累加器、通用寄存器组、程序计数器、时序和控制逻辑部件、内部总线等等。

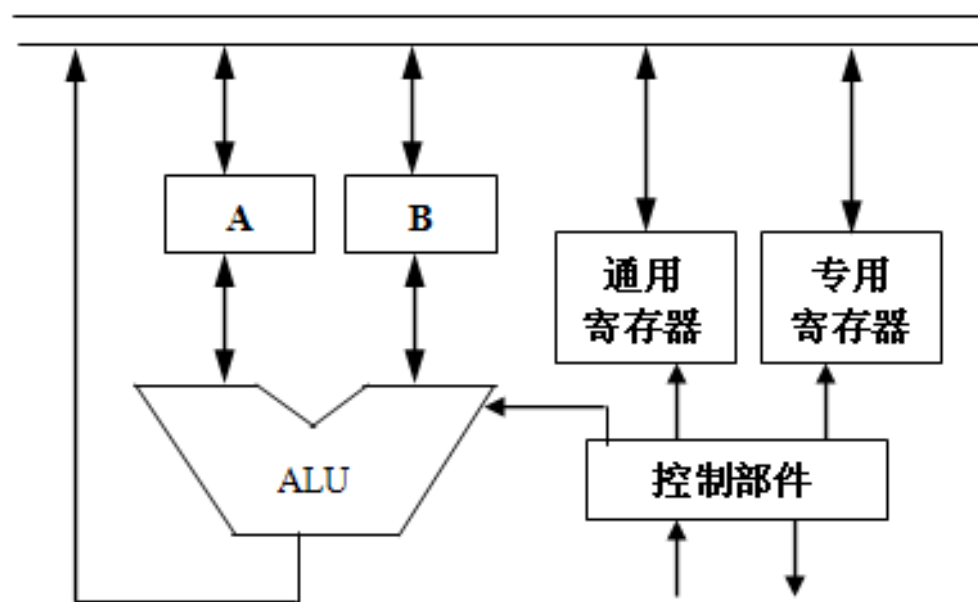


图 1.1 微处理器框图



1.2.1 微处理器、微机、微机系统

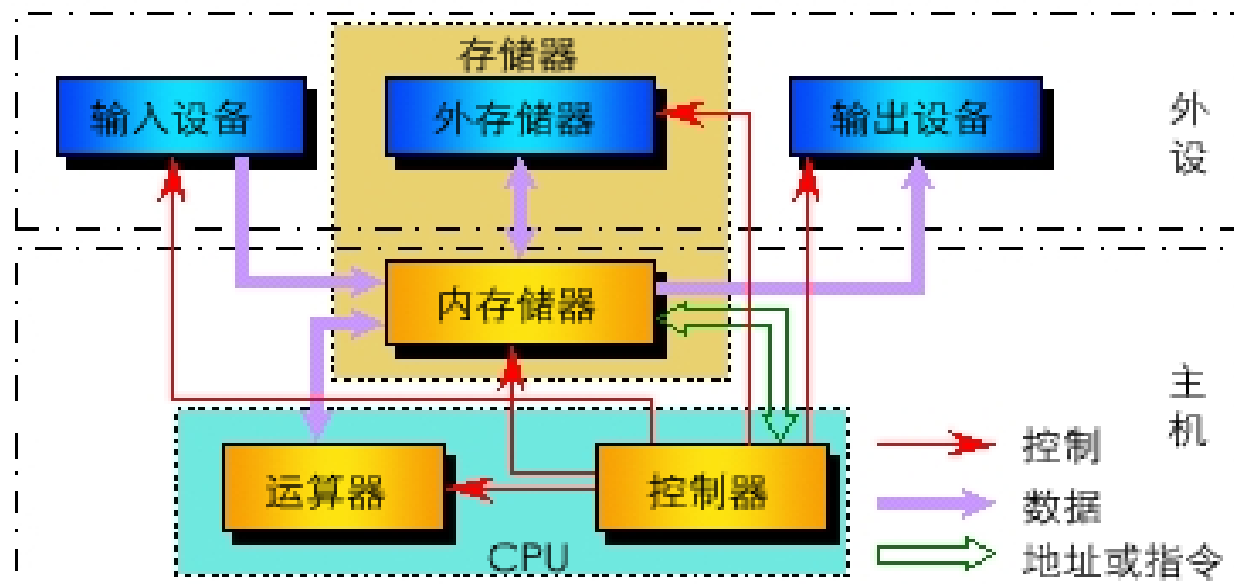


❖ 微型计算机

- 简称微型机或微机，是由微处理器、主存储器、输入输出接口电路和系统总线构成的裸机。

计算机的五大基本部件：

存储器 运算器 输出设备 输入设备 控制器





1.2.1 微处理器、微机、微机系统



✦ 微型计算机系统

- 指以微型计算机为主体，配以相应的外部设备、电源、辅助电路和所需要的软件而构成的计算机系统。
- 分为**硬件系统**和**软件系统**。
 - ✧ **硬件系统**：微型计算机、电源、辅助电路及外部设备（键盘、鼠标、显示器、硬盘、打印机等）组成。
 - ✧ **软件系统**：系统软件（如操作系统）、编译程序、数据库管理软件和各种应用程序。



1.2.1 微处理器、微机、微机系统



✦ 微型计算机系统





1.2.1 微处理器、微机、微机系统



三者之间的层次关系





1.2 微型计算机系统



1. 微处理器、微型计算机、微型计算机系统

2. 微型计算机的分类



1.2.2 微型计算机的分类



✦ 按字长分类

- 字长是指计算机能直接处理的二进制数的位数。微型计算机的性能很大程度上取决于CPU的字长。
- 微型计算机可分为：
 - ✦ 4位微型计算机
 - ✦ 8位微型计算机
 - ✦ 16位微型计算机
 - ✦ 32位微型计算机
 - ✦ 64位微型计算机



1.2.2 微型计算机的分类



✦ 按结构方式分类

➤ 单片机

✧ 将CPU、存储器、外设接口等集成到一片芯片上所形成的微型计算机。

➤ 单板机

✧ 将CPU、存储器、外设接口等做到一块印制电路板上所形成的微型计算机。

➤ 多板机

✧ 由多块插件板组成的一台微型计算机。

➤ 微型计算机套件

✧ 针对特定的用途，选用合适的微型计算机组件（如CPU、存储器、接口电路或芯片等）专门设计的微型计算机。

➤ 微型计算机系统



1.2.2 微型计算机的分类

✦ 按结构方式分类



单片机



单板机

☆ **注意：**单纯的微处理器不是计算机，单纯的微型计算机也不是完整的计算机系统，它们都不能独立地工作，只有微型计算机系统才是完整的计算机系统，才有实用意义。



1.2.2 微型计算机的分类



✦ 按计算机在系统中的地位与作用分类

➤ 单片机

➤ 个人计算机PC (Personal Computer)

➤ 工作站/服务器

✧ 工作站 (Work Station) 指HP, IBM等大公司推出的具有高速运算能力和很强的图形处理功能的计算机。特别适应于工程技术人员进行工程与产品设计, 具有较好的网络通信能力。

✧ 服务器 (Server) 则指存储容量大、网络通信能力强、可靠性好、运行网络操作系统、性能 / 价格比高的一类计算机产品。

➤ 网络计算机



第一章 微型计算机概论



1.0 课程简介

1.1 微型计算机概述

1.2 微型计算机系统

1.3 微型计算机的结构

1.4 微型计算机的主要性能指标

1.5 微型计算机运算基础



1.3 微型计算机的结构



1.总线结构

2.微型计算机的基本组成及其功能

3.微型计算机的工作过程



1.3.1 总线结构



✦ 冯·诺依曼体系结构

- 能把需要的程序和数据送至计算机中。
(输入)
- 必须具有长期记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果的能力。 (存储)
- 能够完成各种算术、逻辑运算和数据传送等数据加工处理的能力。 (运算)
- 能够根据需要控制程序走向，并能根据指令控制机器的各部件协调操作。
(控制)
- 能够按照要求将处理结果输出给用户。
(输出)

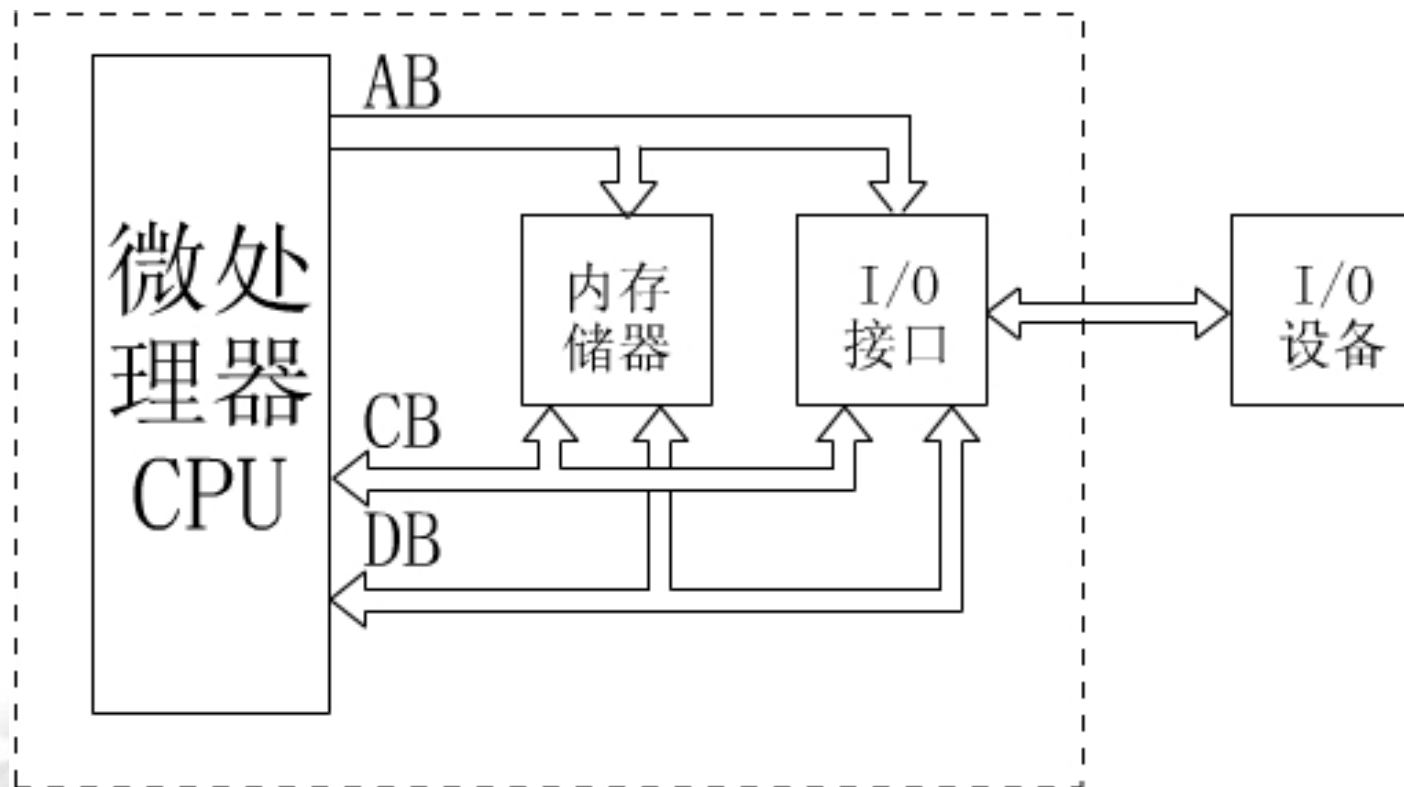


★简单地讲，微型计算机系统的工作过程是取指令(代码)→分析指令(译码)→执行指令的不断循环的过程。



1.3.1 总线结构

✦ 微型计算机的基本结构——三总线结构





1.3.1 总线结构



✚ 总线

- 是连接多个功能部件或多个装置的一组公共信号线。
- 按传送信息类型不同，可分为数据总线、地址总线和控制总线三种类型(微型计算机的三总线结构)。
 - ✧ 数据总线(Data Bus): 是CPU用来传送数据信息的信号线，双向三态总线。数据总线的位数和处理器的位数相对应。
 - ✧ 地址总线(Address Bus) : 是用来传送地址信息的信号线，单向的三态总线。地址总线的位数决定了CPU可以直接寻址的内存空间的大小。
 - ✧ 控制总线(Control Bus): 是用来传送控制信号的一组总线。控制总线有的为单向，有的为双向或三态，有的为非三态，取决于具体的信号线。



1.3 微型计算机的结构



1.总线结构

2.微型计算机的基本组成及其功能

3.微型计算机的工作过程



1.3.2 微型计算机的基本组成及其功能



✦ 微处理器





1.3.2 微型计算机的基本组成及其功能



✦ 存储器

- 内存储器（内存）和外存储器（外存、辅存）。
 - ✧ 内存用来存放即将使用或正在使用的数据和程序。
 - ✧ 外存用来存放暂时不用的程序和数。
- 存储单元的**地址**和**内容**是两个不同的概念



T

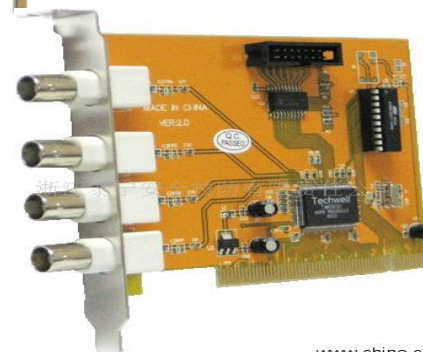
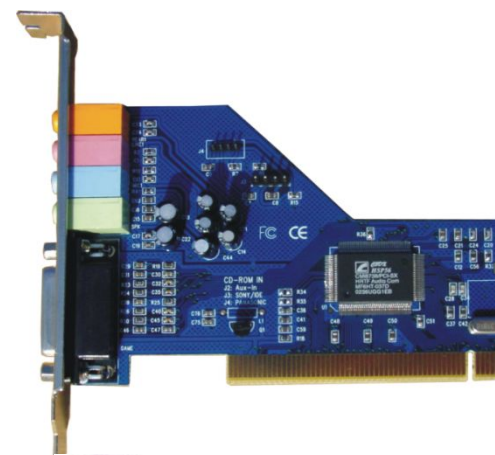


1.3.2 微型计算机的基本组成及其功能



✦ 输入输出设备的接口

- 是外围设备与微型计算机之间的连接电路，在两者之间进行信息交换的过程中，起暂存、缓冲、类型变换及时序匹配的作用。

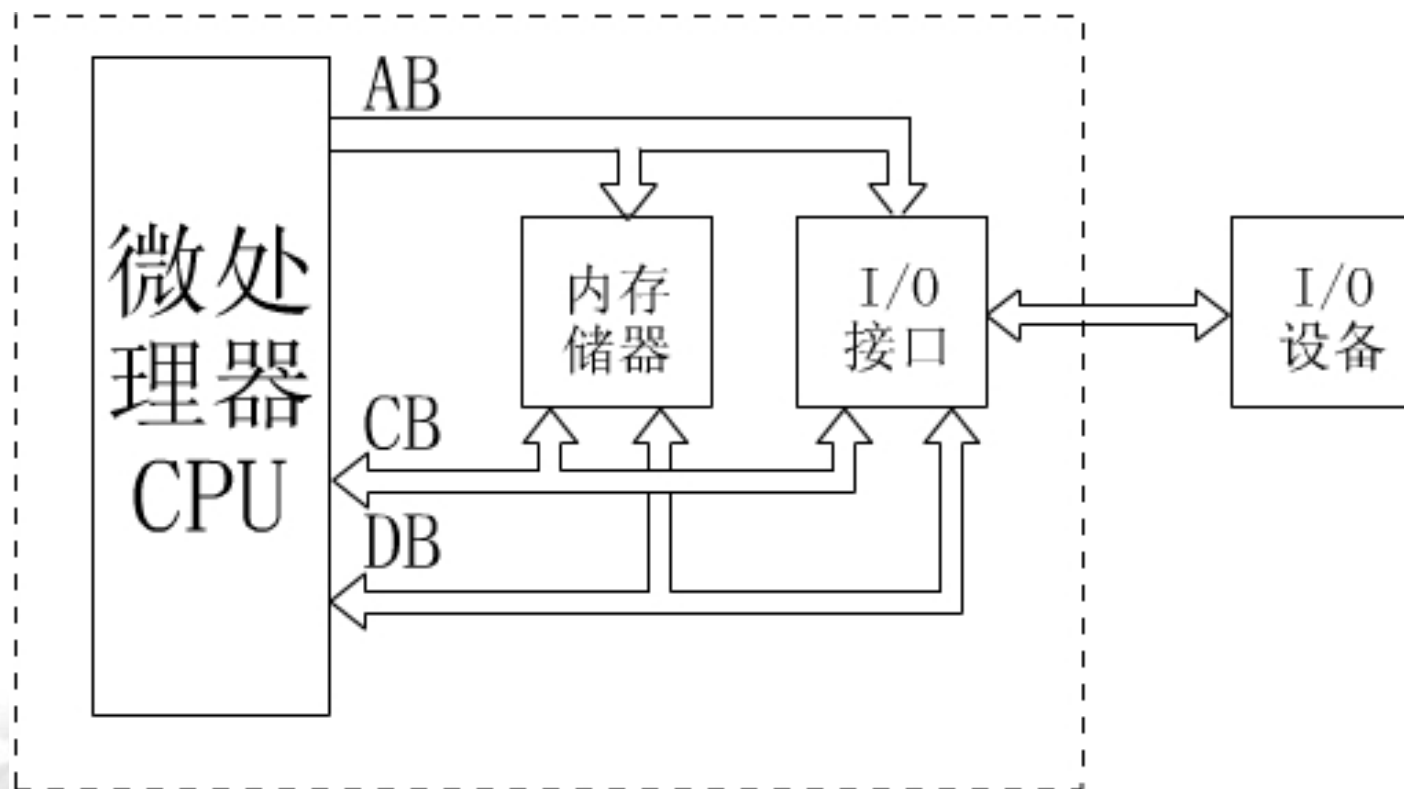




1.3.2 微型计算机的基本组成及其功能



总线



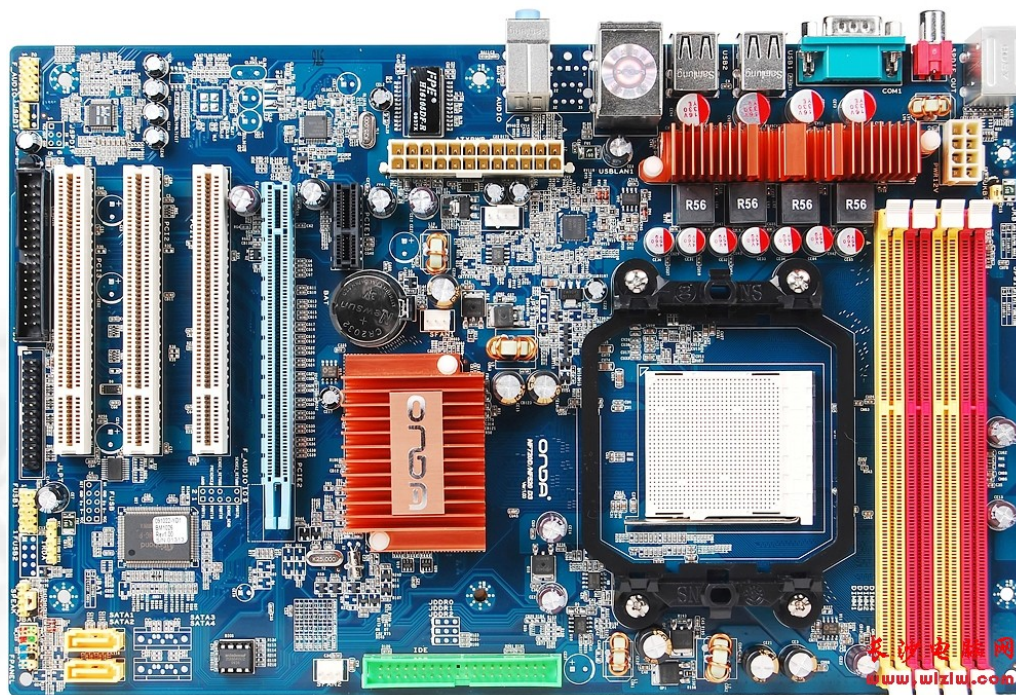


1.3.2 微型计算机的基本组成及其功能



✦ 主板

- 机箱中的一块集成电路板，集成有**CPU**槽、内存槽、扩展卡槽、输入输出系统、总线系统、电源接口等。
- 主板是一个**母体**，微型计算机的基本功能部件或直接插在主板上，或通过电缆电线连接在主板上。





1.3 微型计算机的结构



1.总线结构

2.微型计算机的基本组成及其功能

3.微型计算机的工作过程



1.3.3 微型计算机的工作过程



✦ 冯·诺依曼关于存储程序工作原理

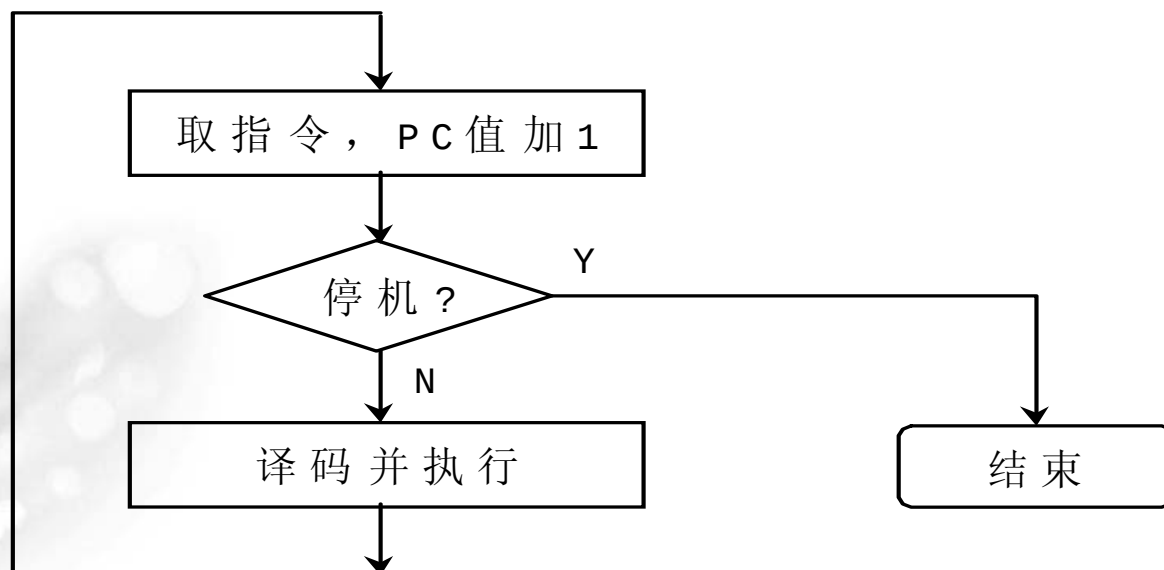
- 把程序存储在计算机内，使其能像快速存取数据一样，快速存取组成程序的指令。
- 为实现控制器自动连续地执行程序，必须先把程序和数据送到具有记忆功能的存储器中保存起来。



1.3.3 微型计算机的工作过程

程序的执行过程

- 实质是其执行程序的过程。执行程序的过程，就是执行指令序列的过程，即逐条地从存储器中取出指令并完成指令所指定的操作。
- 微型计算机的工作过程，就是不断**取指令**、**译码(分析指令)**和**执行**的过程，直到遇到**停机指令**时结束。





1.3.3 微型计算机的工作过程



✚ 实例

计算 $1+2=?$

汇编语言程序	对应的机器指令	对应的操作
MOV AL, 1	10110000 00000001	将立即数1传送到累加寄存器AL中
ADD AL, 2	00000100 00000010	计算两个数的和，结果存放到AL中
MOV [0008], AL	10100010 00001001 00000000	将AL中的数传送到地址单元0008
HLT	11110100	停机



第一章 微型计算机概论



1.0 课程简介

1.1 微型计算机概述

1.2 微型计算机系统

1.3 微型计算机的结构

1.4 微型计算机的主要性能指标

1.5 微型计算机运算基础

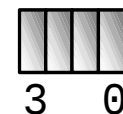


1.4 微型计算机的主要性能指标



✦ 几个基本概念和单位

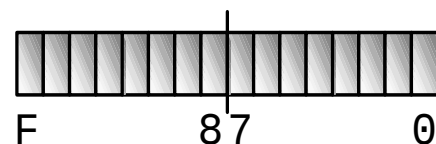
- 位 (**bit**)：计算机所能表示的最小的数据单位，它指的是取值只能为**0**或**1**的一个二进制数值位。位作为单位时记作**b**。
- 字节 (**byte**)：由**8**个位二进制位组成，通常用作计算存储容量的单位。字节作为单位时记作**B**。



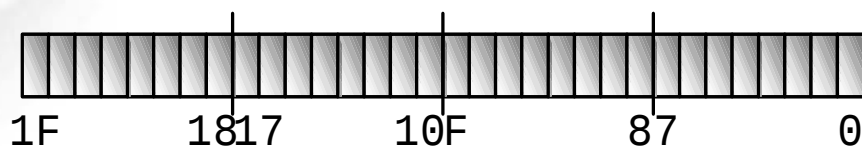
半字节



字节



字



双字



1.4 微型计算机的主要性能指标



✦ 字长

- 是微处理器一次可以直接处理的二进制数的位数，取决于微处理器内部通用寄存器的位数和数据总线的宽度。典型的字长有4、8、16、32和64位。
- 8088称为准16位微处理器，而80386SX称为准32位微处理器。



1.4 微型计算机的主要性能指标



✦ 主频

- 主频也叫做**时钟频率**，用来表示微处理器的运行速度。主频越高表明速度越快，其单位是MHz。
- 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×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**。



1.4 微型计算机的主要性能指标



✦ 存储器容量

- 存储容量是衡量存储器存放二进制信息多少的一个重要指标。
- 内存储器和CPU直连，外存储器通过内存储器和CPU间接连接。因此，通常用存储器所能存储的字数及其字长的乘积来表示存储器容量，即：

存储器容量=字数×字长

- K是Kilo的缩写， $1KB=1024=2^{10}$;
 - M是Mega的缩写， $1MB=1024K=2^{20}$;
 - G是Giga的缩写， $1GB=1024M=2^{30}$;
 - T是Tera的缩写， $1TB=1024G=2^{40}$ 。
- } 以字节B为单位



1.4 微型计算机的主要性能指标



✦ 运算速度

- 运算速度是微型计算机结构性能的综合表现，它是指微处理器执行指令的速率。
- **问题：**运算速度就是主频？
 - ✧ 运算速度除了和主频相关，还和CPU的其他性能指标（缓存、指令集、CPU位数等）相关。
- 目前有三种方法：
 - ✧ 根据不同类型指令在计算机使用过程中出现的频率，乘上不同的系数，求得统计平均值，这是平均速度；
 - ✧ 以执行时间最短的指令或某条特定指令为标准来计算速度；
 - ✧ 直接给出每条指令的实际执行时间和机器的主频。



1.4 微型计算机的主要性能指标



⊕ 外设扩展能力

- 外设扩展能力即容许配置的外设数量。
- 容许挂接的外设数量越多，微型计算机的功能就越强。
 - ✧ 举例：Intel 8086/8088 CPU能直接实现对64K个输入 / 输出端口的寻址。因此，若按每台设备平均占用4个端口计算，则以Intel 8086/8088为CPU的微型计算机系统可以挂接16K个外部设备。

⊕ 软件配置

- 主要指微型计算机系统配置了什么样的操作系统及其他系统软件和实用程序等，这决定了计算机能否发挥高效率。



第一章 微型计算机概论



1.0 课程简介

1.1 微型计算机概述

1.2 微型计算机系统

1.3 微型计算机的结构

1.4 微型计算机的主要性能指标

1.5 微型计算机运算基础



1.5 微型计算机运算基础



1. 微型计算机中常用的几种计数制
2. 微型计算机中数和字符的表示
3. 原码、反码、补码及其运算法则



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



常用计数制

➤ 十进制、二进制、八进制和十六进制

- ✧ 十进制 后缀**D**或省略 例: **1796.34D**
- ✧ 二进制 后缀**B** 例: **1101.1010B**
- ✧ 八进制 后缀**O** 例: **625.71O**
- ✧ 十六进制 后缀**H** 例: **37C8.A2H**

数的进制本质
是什么?



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 进位计数制

- 十进制、二进制、八进制和十六进制采用的都是进位计数制，进位计数制中用少量**数码**按次序排列成数位，并按由低到高的进位方式进行计数。
- **基数**和**权**是每种进位计数制的两个基本要素。
 - ✧ 基数是进位计数制中所用数码的个数。基数为 r 的进位计数制中需要 r 个数码，每个数位计满 r 就向高位进一，即**逢 r 进一**。
 - ✧ 在进位计数制表示的数中，同一数字处在不同位置表示不同的值，它所表示的值是该数字乘以一个由它所处位置所决定的常数，这一常数就是该数位所具有的权。 **r 进制数各位的权是以 r 为底的幂。**



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



⊕ 进位计数制的一般形式

➤ 任何一个r进制数N可以表示为：

$$\begin{aligned} N &= K_{n-1}r^{n-1} + \dots + K_1r^1 + K_0r^0 + K_{-1}r^{-1} + \dots + K_{-m}r^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} K_i r^i \end{aligned}$$

✧ **举例：**若**r=16**，则是十六进制数，其各位的权是以**16**为底的幂，十六进制中共有**16**个数码：**0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F**。



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 常用数制之间的转换

➤ r进制数转换为十进制数

✧ 按照基数和权值展开求和。

✧ 【例1.3】将101011B转换成十进制数。

分析：基数 1 0 1 0 1 1
权值 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0

【解】 $101011B = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 43$ 。

✧ 【例1.4】试将10001.1101B转换成十进制数。

分析：基数 1 0 0 0 1 . 1 1 0 1
权值 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0 2^{-1} 2^{-2} 2^{-3} 2^{-4}

【解】 $110001.1101B = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} = 17.8125$



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 常用数制之间的转换（续）

➤ r进制数转换为十进制数练习

✧ **练习1:** 将**325.7O**转换为十进制数。

分析：基数 3 2 5. 7

权值 8^2 8^1 8^0 8^{-1}

$$\begin{aligned}\text{【解】 } 325.7O &= 3 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 7 \times 8^{-1} \\ &= 192 + 16 + 5 + 0.875 \\ &= 213.875\end{aligned}$$

✧ **练习2:** 将**58.CAH**转换为十进制数。

分析：基数 5 8. C A

权值 16^1 16^0 16^{-1} 16^{-2}

$$\begin{aligned}\text{【解】 } 58.CAH &= 5 \times 16^1 + 8 \times 16^0 + C \times 16^{-1} + A \times 16^{-2} \\ &= 80 + 8 + 0.75 + 0.039 \\ &= 88.789\end{aligned}$$



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 十进制数转换为r进制数

➤ 整数部分的转换步骤（除r取余法）

- ✧ 把r写成十进制数；
- ✧ 将整数部分除以r，记录商和余数，并用r进制表示余数，这余数便是用r进制表示的数的最低位数字；
- ✧ 把上次的商进行前步中所述除以r取余的运算，用r进制表示余数；重复这种运算直到商为0，这时的余数即为十进制数N用r进制表示时的最高位数字。



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 十进制数转换为r进制数（续）

➤ 举例

✦ 【例1.5】把十进制数115D用二进制表示

商	余数	
2 115	1...k ₀	最低位
2 57	1...k ₁	
2 28	0...k ₂	
2 14	0...k ₃	
2 7	1...k ₄	
2 3	1...k ₅	
2 1	1...k ₆	最高位

即 115D=1110011B



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 十进制数转换为r进制数（续）

➤ 练习

✧ 把十进制数**506**用十六进制表示

商	余数	
$16 \overline{) 506}$	10-k₀	最低位
$16 \overline{) 31}$	15-k₁	
1	1-k₂	最高位

即 **506D=1FAH**



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 十进制数转换为r进制数（续）

➤ 小数部分的转换步骤（乘r取整法）

- ✧ 把r写成十进制数；
- ✧ 将小数部分乘以r，记录积的整数部分和小数部分，并用r进制表示整数部分，该整数即为转换后r进制小数的最高位；
- ✧ 把上次积的小数部分进行前步中所述乘以r取整的运算，用r进制表示积的整数部分；重复这种运算直到积的小数部分为0，或者达到所要求的位数，这时的整数部分即为十进制数N转换成r进制小数的最低位。



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 十进制数转换为r进制数（续）

➤ 举例

✧ 【例1.6】把十进制0.5803用二进制表示

$$\begin{array}{r} \times \quad 0.5803 \\ \quad 2 \\ \hline 1.1606 \end{array}$$

整数=1

$$\begin{array}{r} \times \quad 0.1606 \\ \quad 2 \\ \hline 0.3212 \end{array}$$

整数=0

$$\begin{array}{r} \times \quad 2 \\ \hline 0.6424 \end{array}$$

整数=0

$$\begin{array}{r} \times \quad 2 \\ \hline 1.2848 \end{array}$$

整数=1

$$\begin{array}{r} \times \quad 2 \\ \hline 0.2848 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times \quad 2 \\ \hline 0.5696 \end{array}$$

整数=0

$$\begin{array}{r} \times \quad 2 \\ \hline 1.1392 \end{array}$$

整数=1

即0.5803D
=0.100101B

(最高位)

(最低位)



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 十进制数转换为r进制数（续）

➤ 练习

✧ 把十进制**0.8125**用八进制表示

$$\begin{array}{r} 0.8125 \\ \times \quad 8 \\ \hline \end{array}$$

6.5000

整数：6

$$\begin{array}{r} 0.5 \\ \times \quad 8 \\ \hline \end{array}$$

4.0

整数：4

（最高位）



（最低位）

即**0.8125D=0.64O**



1.5.1 微型计算机中常用的几种计数制



✦ 二进制与八进制、十六进制的相互转换

- 从二进制转换成十六进制时，从小数点位置开始，整数部分向左，小数部分向右，每四位二进制数为一组用一位十六进制的数字来表示，不足四位的用**0**补足，就是相应十六进制的表示。
- 从二进制转换成八进制时，从小数点位置开始，整数部分向左，小数部分向右，每三位二进制数为一组用一位八进制的数字来表示，不足三位的用**0**补足，就是相应八进制的表示。
- **练习：**把二进制1011011010111.11101用十六进制和八进制表示。

【解】 1 0110 1101 0111.1110 1**000** B=16D7.E8 H
1 011 011 010 111.111 01**0** B=13327.72 0



1.5 微型计算机运算基础



1. 微型计算机中常用的几种计数制
2. 微型计算机中数和字符的表示
3. 原码、反码、补码及其运算法则



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 数的表示方法

- 在计算机中，数有两种表示方法，
 - ✧ 一种只表示数的绝对值，不考虑数的正负，称为**无符号数**。
 - ✧ 另一种不仅要表示数的大小还需要表示数的正负，称为**有符号数**。
- 把二进制数的**最高一位**定义为**符号位**，**符号位为0表示正数，符号位为1表示负数**。其余各位表示数值，也叫尾数。
- 这种在计算机中使用的、连同符号位一起数值化了的数，称为**机器数**。机器数所表示的真实的数值，称为**真值**。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 有符号数的表示方法

- 对于有符号数，其机器数常用表示方法有原码、反码和补码三种。数 X 的原码记作 $[X]_{\text{原}}$ ，反码记作 $[X]_{\text{反}}$ ，补码记作 $[X]_{\text{补}}$ 。
 - ✧ 最高位表示符号，数值位用二进制绝对值表示的方法，称为**原码表示法**。
 - ✧ 一个负数的原码符号位保持不变，其余位取反就是机器数的另一种表示方法——**反码表示法**。正数的反码与原码相同。
 - ✧ 将负数的反码加1，则得到机器数的**补码表示**。正数的补码与原码相同。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 定点数的表示方法

- 所谓定点表示法，是指计算机中小数点位置是固定不变的。
- 根据小数点位置的固定方法不同，又可分为定点整数及定点小数表示法。前者小数点固定在数的最低位之后，后者小数点固定在数的最高位之前。
- 例如：假设某计算机的字长是8位，则上述两种表示法的格式如下：

✦ 定点整数 □□□□□□□□.

✦ 定点小数 .□□□□□□□□



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 浮点数的表示方法

- 所谓浮点表示法是指计算机中的小数点位置不是固定的。
- 在浮点表示法中，数据代码分为尾数和阶码两部分。尾数表示有效数字；阶码表示小数点的位置。
- 加上符号位，浮点数通常表示为： $N = 2^{\pm E} \times (\pm S)$
其中：

↑ ↑ ↑ ↑
阶符 阶码 尾符 尾数

- ✦ 指数E称为阶码，是一个二进制正整数，E前的±称为阶符E_f；
- ✦ S称为尾数，是一个二进制小数，S前的±称为尾符S_f。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 浮点数的表示方法（续）

➤ 举例

✧ 【例1.8】试用记阶形式表示二进制数 + 101.1和-10.11

【解】二进制数+101.1和-10.11的记阶表示形式为：

(1) $+101.1 = 2^{+11} \times (+0.1011)$

故 $E=11$ ， E_f 为+， $S=0.1011$ ， S_f 为+；

(2) $-10.11 = 2^{+10} \times (-0.1011)$

故 $E=10$ ， E_f 为+， $S=0.1011$ ， S_f 为-。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 计算机中的编码

➤ 十进制数的编码——BCD码

- ✧ 采用四位二进制数对一位十进制数字进行编码的方法来表示一个十进制数，这种数叫做**BCD码**。
- ✧ **BCD码**有多种编码形式，最常见的是**8421BCD码**，它是用**4**位二进制数对十进制数的每一位进行编码。
- ✧ **【例1.9】**试用**BCD码**表示**7**和**27**。

【解】7的**BCD码**是**0111**

27的**BCD码**是**0010 0111**



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 计算机中的编码（续）

➤ 字符的编码

✧ 字符：

- 英文的大小写字母（A, B, C, ..., a, b, c, ...）
- 数字符号（0, 1, 2, ..., 9）
- 其他常用符号（如：? =%+等）。

✧ 在计算机中，通常用一个**字节**表示一个字符。

✧ 目前国际上普遍采用的字符编码是美国标准信息交换码，称为**ASCII码**（**American Standard Code for Information Interchange**）。

✧ **ASCII**码编码规定8位二进制**最高位**为0，其余7位可以给出**128**个编码，表示**128**个不同字符。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✚ 计算机中的编码（续）

➤ 字符的编码

ASCII 字符表

H L	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENG	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	←	o	DEL

注：H 表示高 3 位，L 表示低 4 位。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 计算机中的编码（续）

➤ 字符的编码（如上表）

- ✧ 数字0~9的编码是**0110000~0111001**，它们的高3位均是**011**，后4位正好与其对应的二进制代码相符。
- ✧ 英文字母A~Z的**ASCII**码从**1000001（41H）**开始顺序递增，字母a~z的**ASCII**码从**1100001（61H）**开始顺序递增，这样的排列对信息检索十分有利。



1.5.2 微型计算机中数和字符的表示



✦ 计算机中的编码（续）

➤ 汉字的编码

- ✧ 计算机要处理汉字信息，汉字的表示也只能采用二进制编码形式，目前使用比较普通的是我国制定的汉字编码标准**GB2312-80**，该标准共包含一、二级汉字**6763**个，其他符号**682**个，每个符号都是用**14**位——（两个**7**位）二进制数进行编码，通常叫国标码。新的国标汉字库已包括两万多个汉字和字符。
- ✧ 在计算机内存储时每个汉字占**两个字节**。一个字节指明该汉字所在的区，第二个字节指明该汉字在区中的位置。每个字节的最高位设置为**1**，以区别**ASCII**码。



1.5 微型计算机运算基础



1. 微型计算机中常用的几种计数制
2. 微型计算机中数和字符的表示
3. 原码、反码、补码及其运算法则



1.5.3 原码、反码、补码及其运算规则



⊕ 原码

➤ 对于一个二进制数，用“0”表示正数的符号位，用“1”表示负数的符号位，其余位表示其数值本身，则称为**原码表示法**。

✧ 若 $X = \pm X_1X_2 \cdots X_{n-1}$ ，则 $[X]_{\text{原}} = X_0X_1X_2 \cdots X_{n-1}$ ，其中 X_0 为数的符号位。

✧ 【例1.12】设 $X = +1001010B$ ，试求 $[X]_{\text{原}}$ 。

【解】 $[X]_{\text{原}} = 01001010$

✧ 【例1.13】设 $X = -0111010B$ ，试求 $[X]_{\text{原}}$ 。

【解】 $[X]_{\text{原}} = 10111010$

✧ 【例1.14】设某机器字长为8位，试求 $[+23]_{\text{原}}$ 和 $[-23]_{\text{原}}$ 。

【解】 $[+23]_{\text{原}} = 00010111$

$[-23]_{\text{原}} = 10010111$

☆ 8位原码数的表示范围是 $-127 \sim +127$ ，（此处教材有误）

☆ 16位原码数的表示范围是 $-32767 \sim +32767$





1.5.3 原码、反码、补码及其运算规则



⊕ 反码

➤ 反码表示法中，正数符号位用“0”表示，数值部分和原码的尾数相同；负数符号位用“1”表示，数值部分是原码的尾数各位求反码。

✧ 若 $[X]_{\text{原}} = 0X_1X_2X_3\cdots X_{n-1}$ ，则 $[X]_{\text{反}} = 0X_1X_2X_3\cdots X_{n-1}$

若 $[X]_{\text{原}} = 1X_1X_2X_3\cdots X_{n-1}$ ，则 $[X]_{\text{反}} = 1\bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3\cdots\bar{X}_{n-1}$

✧ 【例1.15】设 $X = +1110100\text{B}$ ，试求 $[X]_{\text{反}}$ 。

【解】 $[X]_{\text{原}} = 0\ 1110100$,

$[X]_{\text{反}} = 0\ 1110100$ 。

✧ 【例1.16】设 $X = -1001101\text{B}$ ，试求 $[X]_{\text{反}}$ 。

【解】 $[X]_{\text{原}} = 1\ 1001101$,

$[X]_{\text{反}} = 1\ 0110010$ 。



1.5.3 原码、反码、补码及其运算规则



⊕ 补码

- 设寄存器（或存储器单元）的位数为 n 位，则它能表示的无符号数最大值为 2^n-1 ，逢 2^n 进1（即 2^n 自动丢失）。
- 若机器中的数以补码表示，则数的编码以 2^n 为模，即 $X=2^n+X \pmod{2^n}$
 - ✧ 若 X 为正数，则 $[X]_{\text{补}}=X$
 - ✧ 若 X 为负数，则 $[X]_{\text{补}}=2^n+X=2^n-|X|$ ，即负数 X 的补码等于模 2^n 加上其真值或减去其真值的绝对值。
 - ✧ 例如： $X=-1010111$ ($n=8$)
则 $[X]_{\text{补}}=2^n+(-1010111)=100000000-1010111=10101001$ 。
- ☆ 8位补码数的表示范围是 $-128 \sim +127$;
- ☆ 16位补码数的表示范围是 $-32768 \sim +32767$



1.5.3 原码、反码、补码及其运算规则



⊕ 补码（续）

➤ 补码的加/减法运算

$$\begin{aligned} \diamond [X \pm Y]_{\text{补}} &= 2^n + (X \pm Y) \pmod{2^n} \\ &= [X]_{\text{补}} + [\pm Y]_{\text{补}} \pmod{2^n} \end{aligned}$$

➤ 举例

◇ 【例1.20】已知 $X=96$ ， $Y=19$ ，求 $Z=X-Y$ 。

【解】 $[X]_{\text{补}} = [X]_{\text{原}} = 01100000$

$$[Y]_{\text{补}} = [Y]_{\text{原}} = 00010011$$

$$[-Y]_{\text{补}} = [-Y]_{\text{反}} + 1 = 11101100 + 1 = 11101101$$

$$[X]_{\text{补}} = 01100000 \quad \star \text{注意：符号位参加运算}$$

$$\begin{array}{r} + \dots\dots\dots [-Y]_{\text{补}} = 11101101 \\ \hline \end{array}$$

$$[Z]_{\text{补}} = [X-Y]_{\text{补}} = \boxed{1}01\boxed{0}01101 \quad (\text{此处教材有误})$$

$$[Z]_{\text{原}} = [Z]_{\text{补}} = 01\boxed{0}01101, Z = +1\boxed{0}01101\text{B}.$$



1.5.3 原码、反码、补码及其运算规则



⊕ 补码（续）

➤ 举例

✧ 【例1.18】已知 $X=19$ ， $Y=-7$ ，求 $Z=X+Y$ 。

【解】 $[X]_{\text{补}}=[X]_{\text{原}}=00010011$

$[Y]_{\text{补}}=11111001$

| + $[X]_{\text{补}}=00010011$

+ $[-Y]_{\text{补}}=11111001$

$[Z]_{\text{补}} = [X+Y]_{\text{补}} = \boxed{1}00001100$

$[Z]_{\text{原}}=[Z]_{\text{补}}=00001100$ ， $Z=+1100\text{B}$ 。



本章要点



- ✦ 微处理器、微型计算机，要求达到“识记”层次。
 - 微处理器、微型计算机和微型计算机系统的定义。
 - 微处理器的发展特点。
 - 微型计算机的基本结构，要求达到“领会”层次。
- ✦ 微型计算机系统的总线结构。
 - 用三类总线构成的微机系统，要求达到“识记”层次
- ✦ 不同进制数的表示和转换方法。
- ✦ 数值的三种表示方法及运算。