微机系统与接口

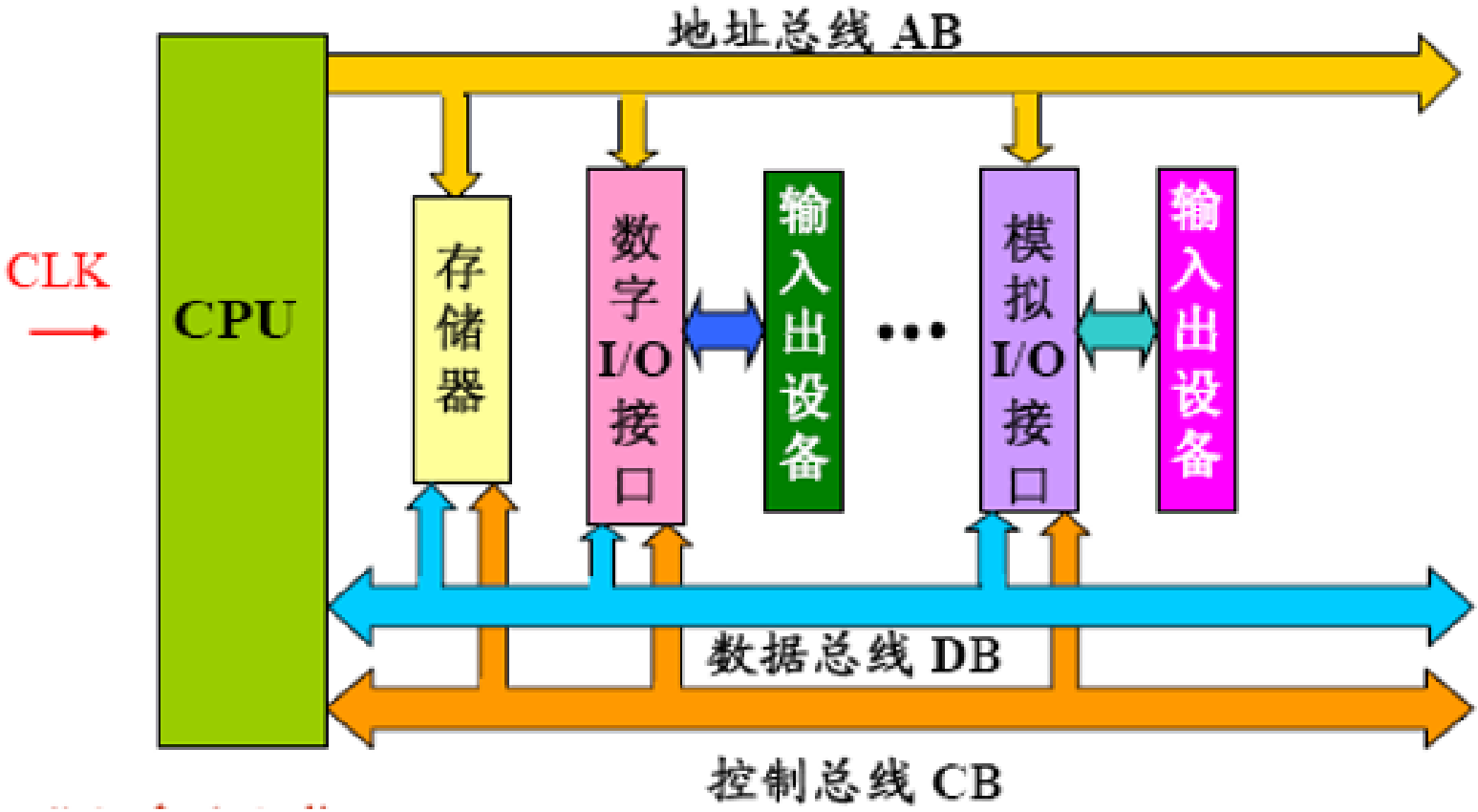
(2022-2023春季/48学时)

茼大鹏

mandapeng@hrbeu.edu.cn

计算机科学与技术学院

课程体系与主要内容

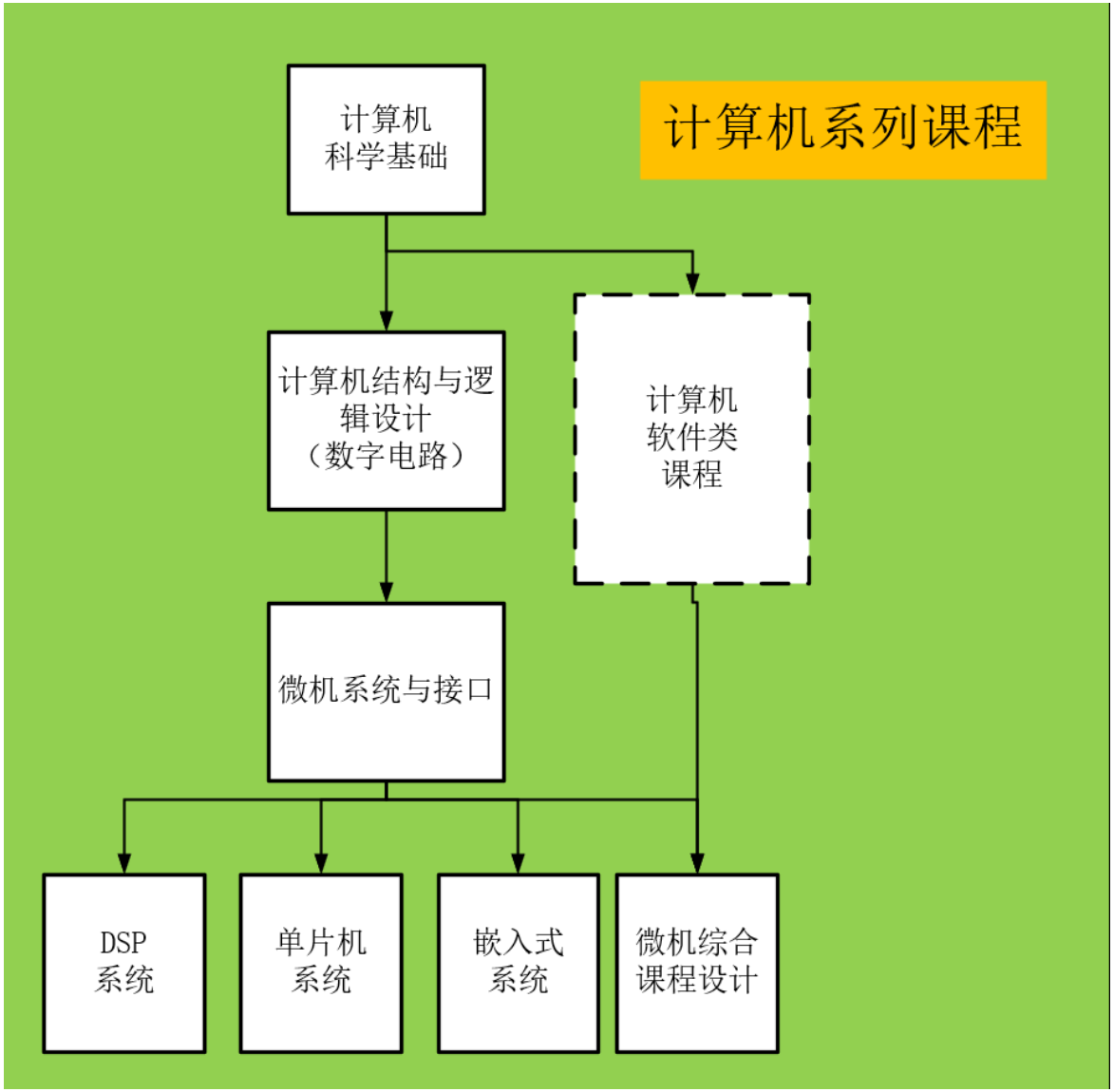


微机接口技术采用硬件与软件相结合的**方法**，**研究**微处理器如何与“外部世界”进行最佳连接，以**实现**CPU与“外部世界”进行高效可靠的信息交换的一门技术。

课程地位与重要性

- 计算机硬件在计算机应用（而非简单使用）中的重要位置
- 本课程是工科计算机专业**计算机硬件教学**（区分于计算机软件教学）中最重要的一环，是计算机专业学生学习运用**计算机硬件应用**的最主要课程，对提高学生的计算机硬件应用能力至关重要。已成为学生学习部分后续课程、毕业设计和今后工作的最重要的技术基础。

先修课程及其相互关系



先修课程: 数字电路（模拟电路）；编程语言。

计算机硬件构成—数字逻辑电路。

特殊的数字逻辑电路:

门--组合逻辑 - 时序逻辑 - 有限状态机

课程对硬件学习的要求

- 原理图（读图、规范）
- 时序图（设计用动态时序）-总线
- 常用接口方法/逻辑电路：工作原理/一般时序/常用方法
- 寄存（器）、缓冲(器)、锁存(器)、触发(器)、
- 编码(器)、译码(器)；
- RAM，ROM，T/C，PIO，DMA；

教学基本要求

(1) 微机系统的组成，微机接口技术、接口基本功能

(2) 典型微处理器的组成及主要功能，基本指令格式

(3) 地址译码电路的设计与分析技术

(4) 典型接口芯片的外特性、编程结构、编程命令

(5) 微机与外设的数据传送技术及工作原理

通过知识传授使学生深入了解和掌握先进的微机系统的组成和工作原理，建立微型计算机系统的整体概念,掌握微型计算机的输入输出方法,能够掌握分析和设计典型接口电路的方法；具备微机应用系统的分析能力和基本设计能力。

考核方式

闭卷（70%）+平时成绩（30%）

第1章　绪论

- 1-1 微型计算机的发展概况
  - 电子计算机的发展史
  - 微型计算机的发展史
- 1-2 微型计算机系统
- 1-3 计算机数据格式

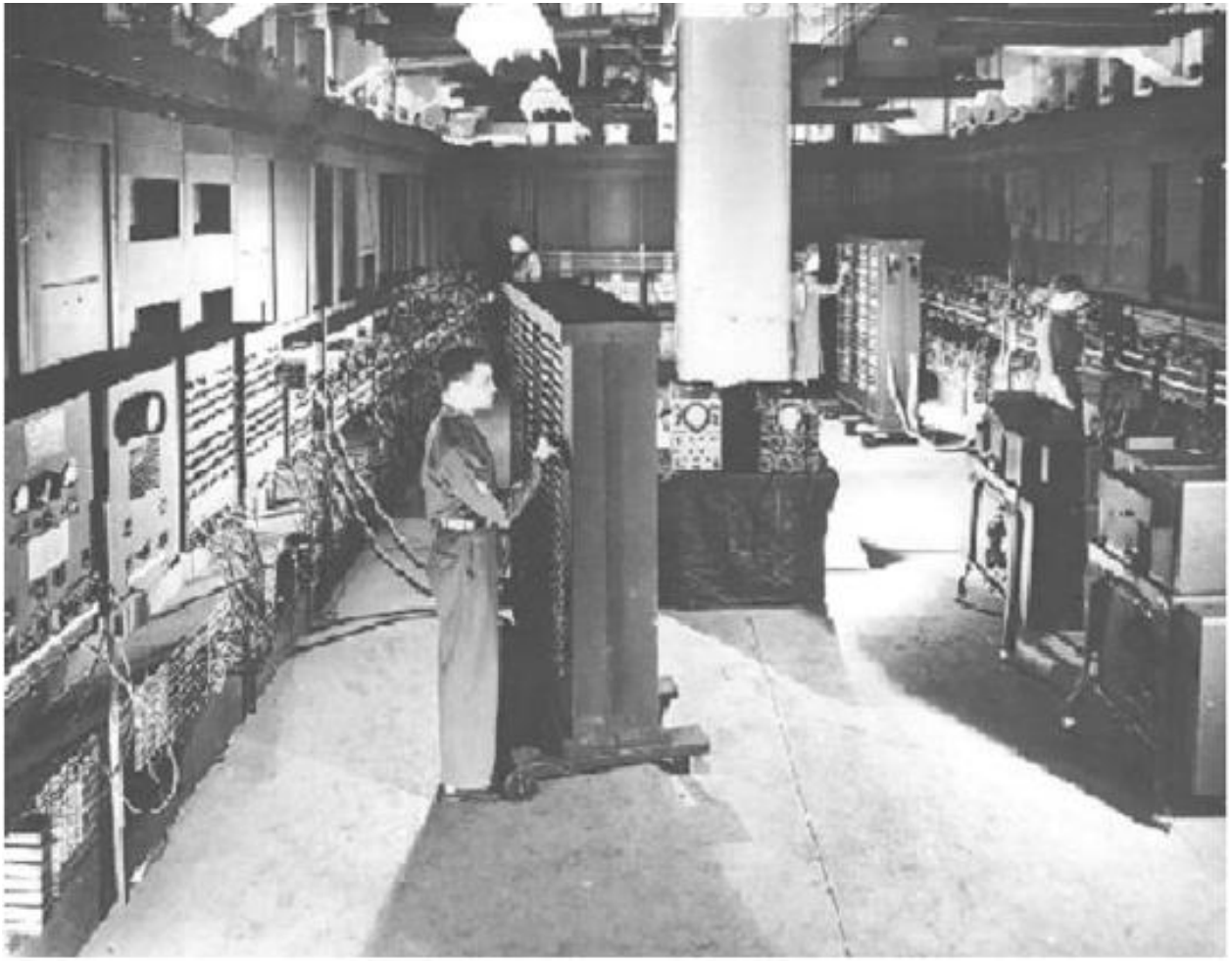
电子计算机的发展史

- 第一代：电子管计算机（1946）
  ENIAC
- 第二代：晶体管计算机（1955）
  TRADIC
- 第三代：集成电路计算机（1965）
- 第四代：大规模集成电路（1970）
  微型计算机
- 第五代：……

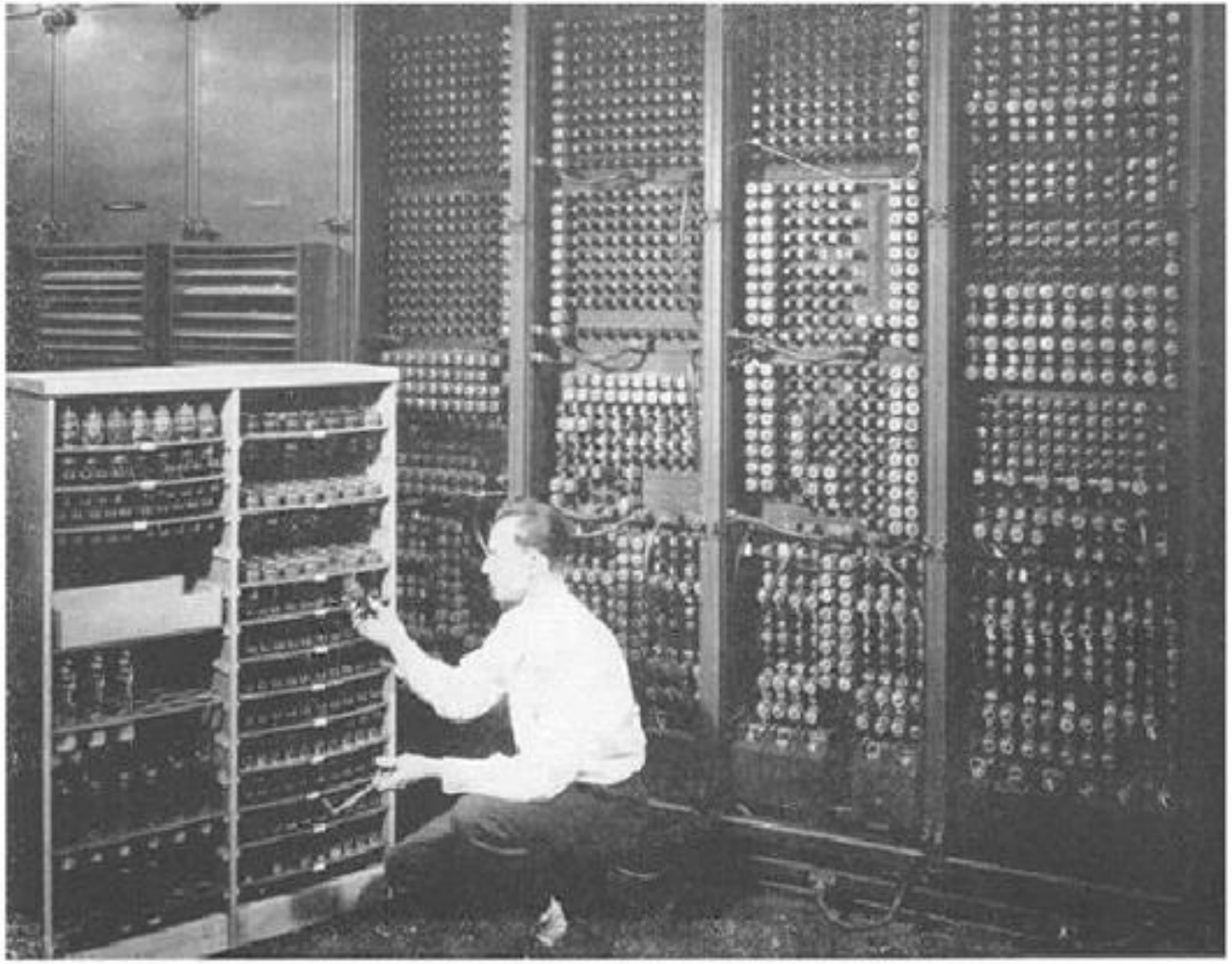
电子计算机发展史

- 第一台电子数字计算机——ENIAC
- (Electronic Numerical Integrator And Computer)
- 18800个电子管
- 重30吨
- 占地150平方米
- 耗电量150千瓦
- 5000次加法运算/秒，500次乘法运算/秒
- 造价48万美元

电子计算机发展史—ENIAC



电子计算机发展史—ENIAC主机



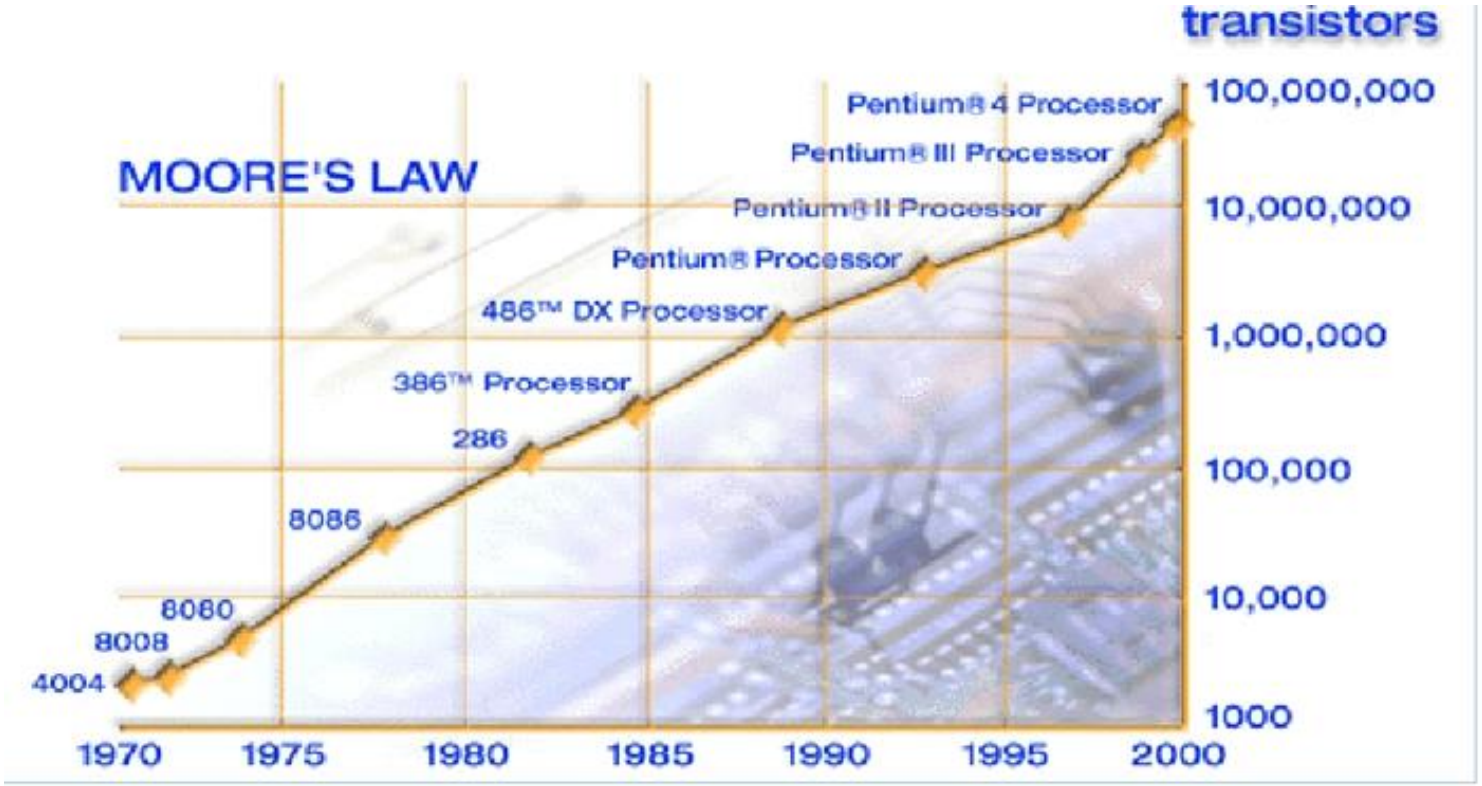
Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

电子计算机的发展史

- 1964年，中国制成了第一台全晶体管电子计算机441-B型。
- 1964年9月29日，国防科委[64]科四字第1126号文批复：同意西安军事电讯学院、北京工业学院、上海交通大学、成都电讯工程学院、西北工业大学和三机部六院一所（601所）、六机部七院六所（706所）等七单位复制441-B晶体管计算机。
- 1964年10月，哈军工决定成立计算机研究室，代号408。
- 1965年4月，国防科委指示哈军工复制三台441-B晶体管计算机，供三个试验基地的紧急需要。

微型计算机的发展—摩尔定律

- 芯片上集成的晶体管数每18个月增加一倍



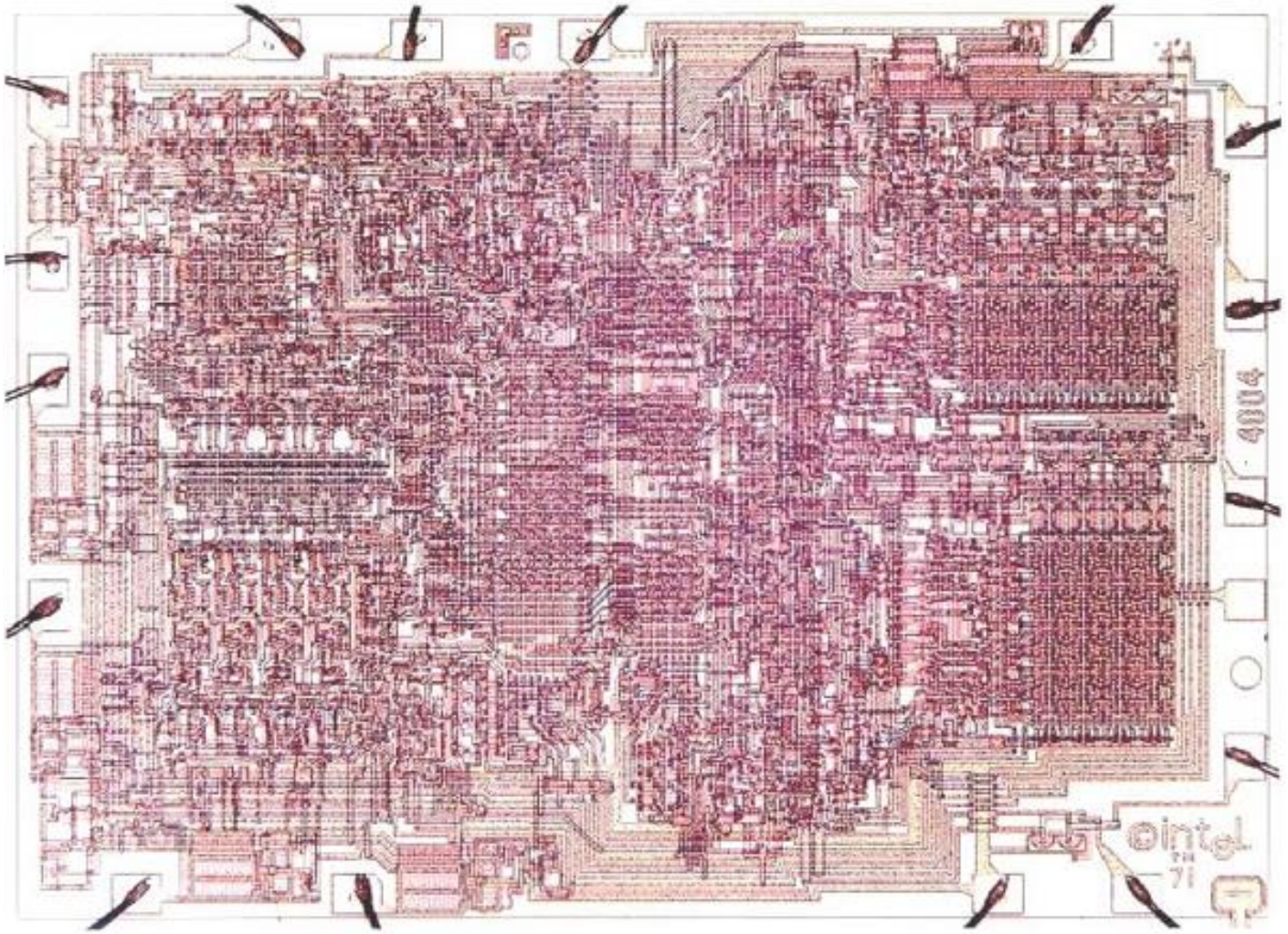
微处理器的发展（Intel CPU）

- **4004/8008（1971-1972）**
- **4位/低档8位，2300个晶体管/制作工艺50μm**
- **时钟频率<1MHz**
- **8080/8085（1974-1976）**
- **8位，4500个晶体管/2μm**
- **时钟频率2MHz**
- **8086/8088/80286（1978-1982）**
- **16位，2.9-13万个晶体管/1.5μm**
- **时钟频率5-16MHz**
- **80386/80486（1985-1989）**
- **低档32位，27.5-120万个晶体管/1μm**
- **时钟频率16-100MHz**

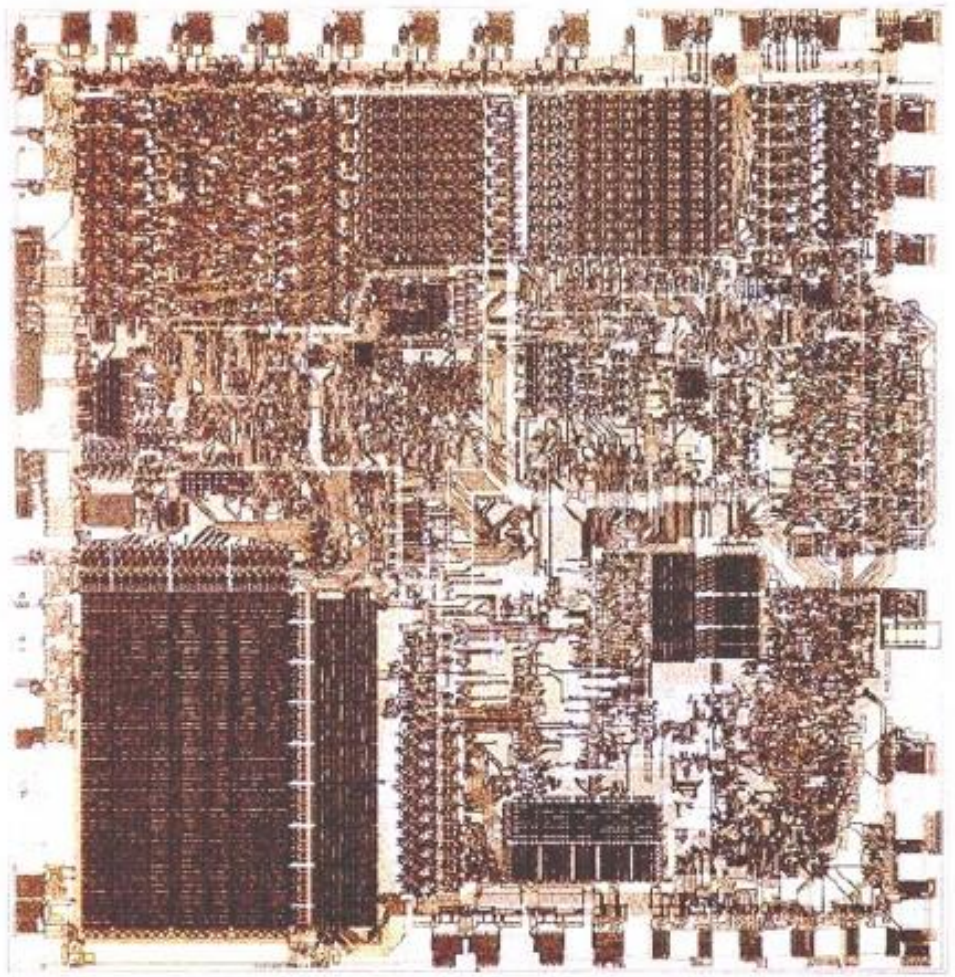
微处理器的发展

- Pentium（1993）——奔腾：Intel的第五代 x86架构
- 64位，310-450万个晶体管/0.8μm/主频66-200MHz
- Pentium Pro/Pentium MMX（1995-1996）
- 550万个晶体管/0.5μm /主频150-200MHz
- PentiumⅡ（1997）
- 750万个晶体管/0.35μm /主频233-450MHz
- Pentium Ⅲ（1999）
- 950-2800万个晶体管/0.25-0.18μm /主频450MHz-1.4GHz
- Pentium Ⅳ/Pentium M/Celeron M（2000-2003）
- 4200万个晶体管/0.13μm/主频1.5-2.8GHz
- Pentium D（2005）
- 双核，90nm/主频2.66-3.6GHz
- Core Duo （2006）——酷睿：Intel的第八代 x86架构
- 双核， 65nm；六核，32nm/主频3.33GHz

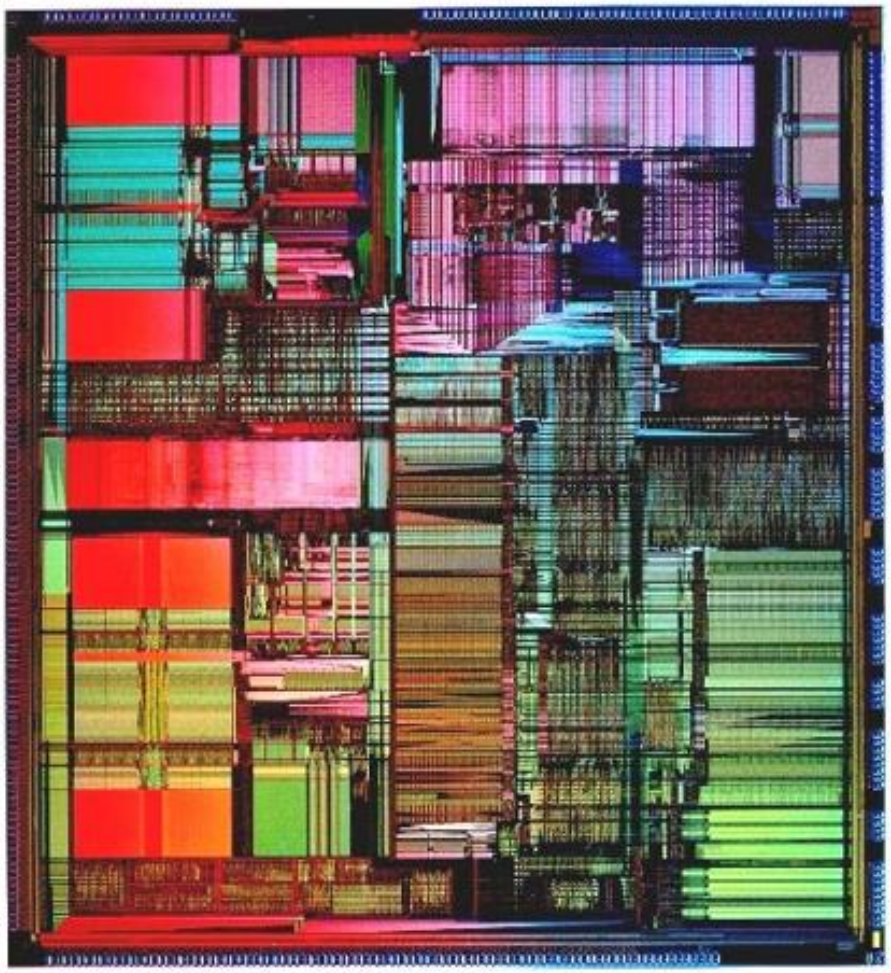
Intel 4004（2300/50μm）



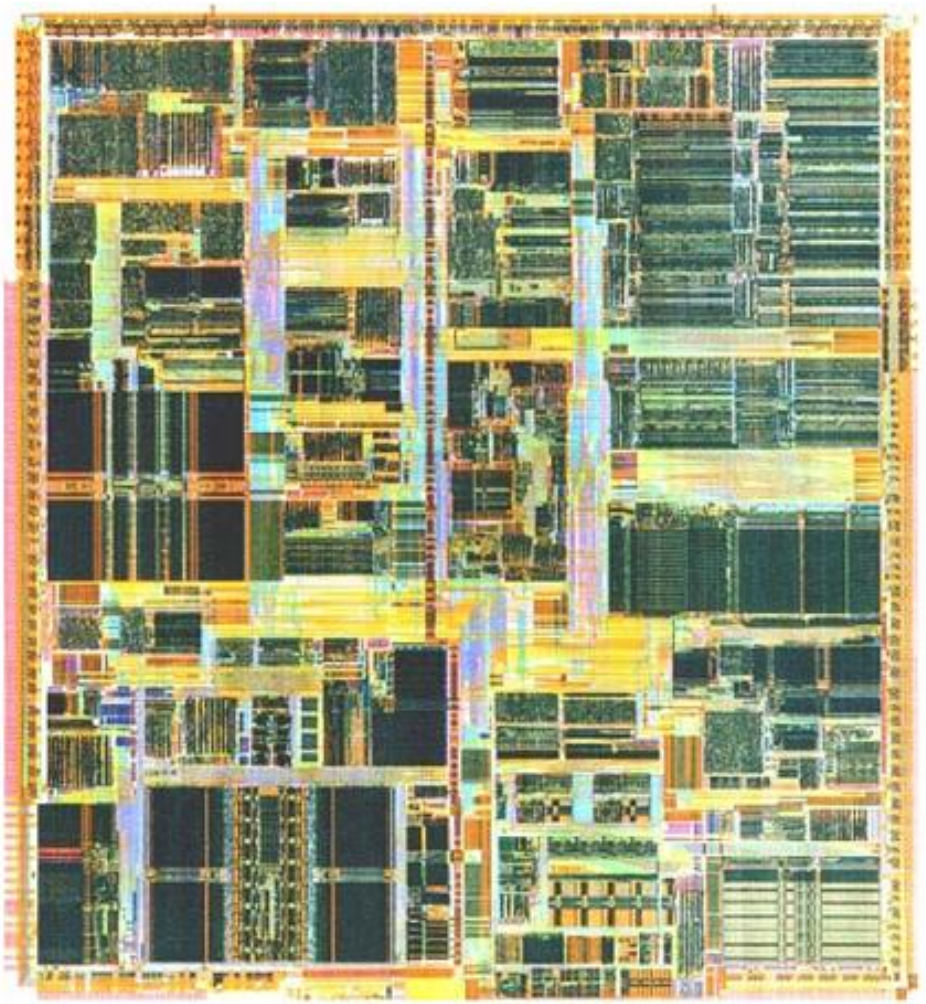
Intel 8088（2.9万/1.5μm）



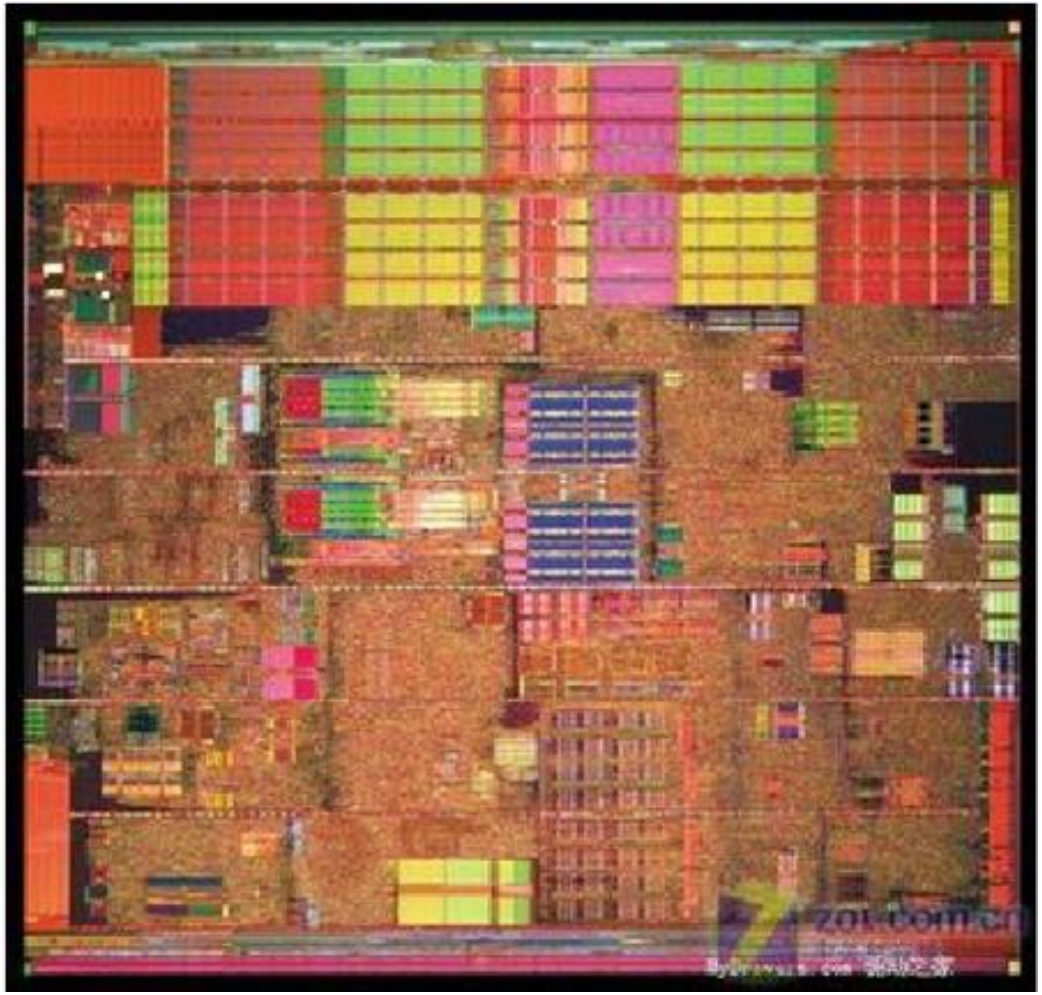
Intel Pentium（310万/0.8μm）



Intel PentiumⅡ（750万/0.35μ）



Intel Pentium Ⅳ（Prescott核心/ 90nm）



第1章　绪论

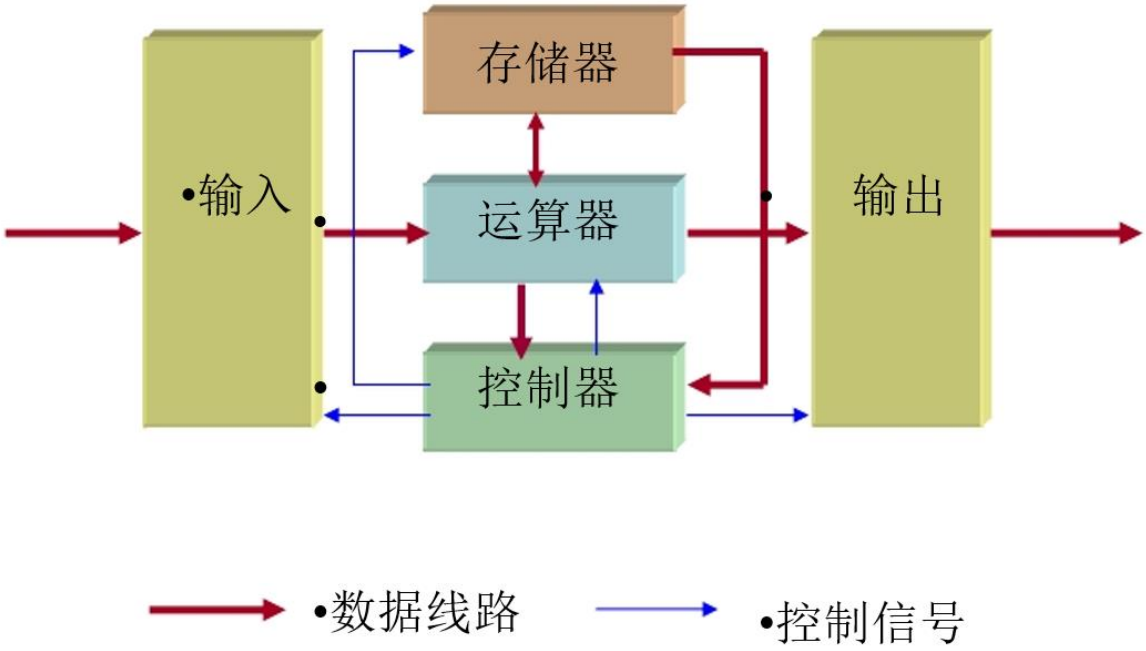
- 1-1 微型计算机的发展概况
- 1-2 微型计算机系统
- 微型计算机的构成
- 单片/单板计算机
- 1-3 计算机数据格式

计算机基本结构

- 冯.诺依曼结构
  - 存储程序原理
  - 二进制信息表示和处理
  - 单存储器
  - 五大组成部分
  - 在微机中通常称为普林斯顿结构
- 哈佛结构
  - 双存储器
    - 指令存储器
    - 数据存储器

计算机基本结构

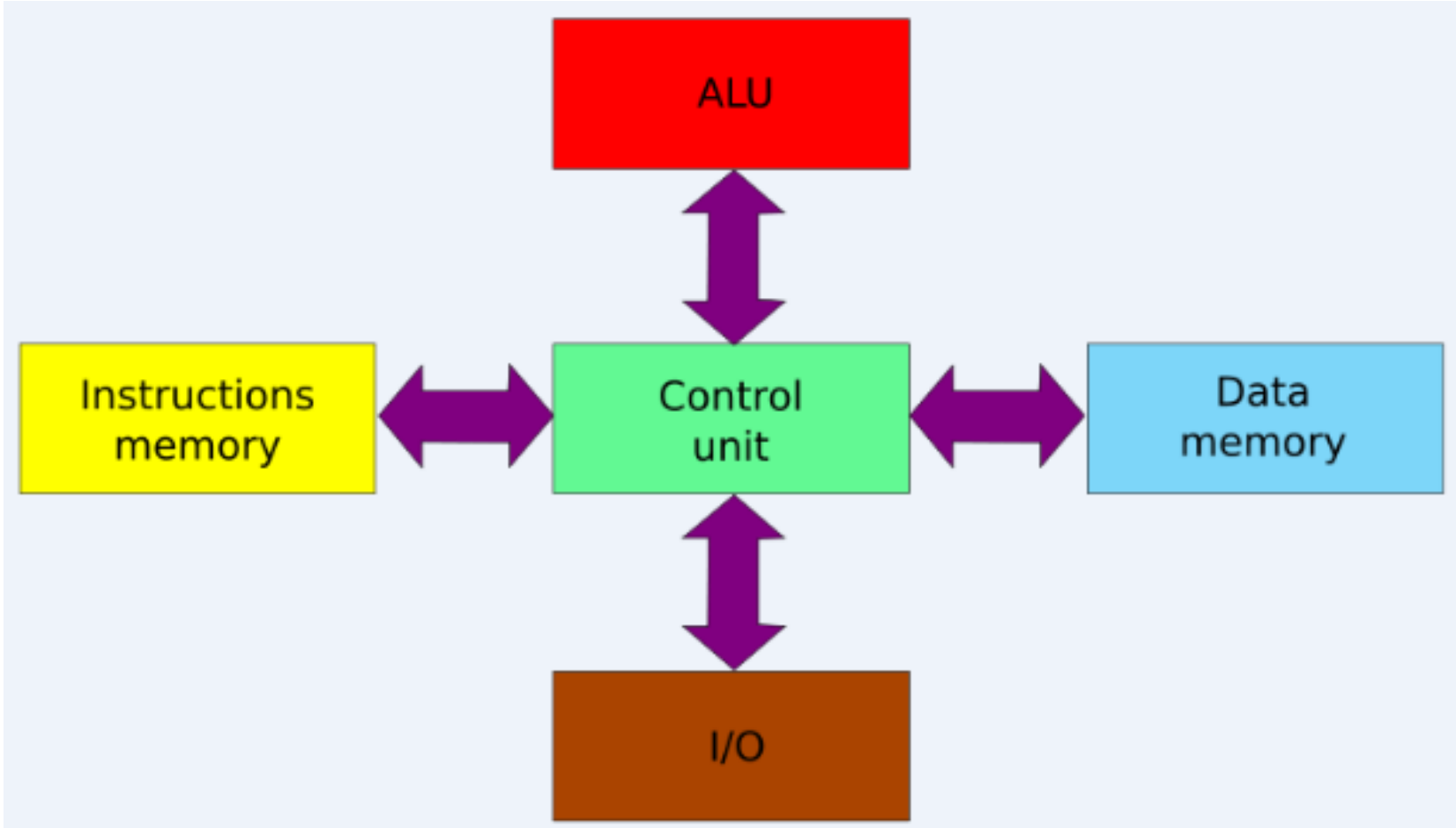
- **冯.诺依曼型计算机的基本模型**



数学家冯·诺依曼提出了计算机制造的三个基本原则，即采用**二进制逻辑、程序存储执行以及计算机由五个部分组成（运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备）**，这套理论被称为冯·诺依曼体系结构。

计算机基本结构

- **哈弗型计算机的基本模型**

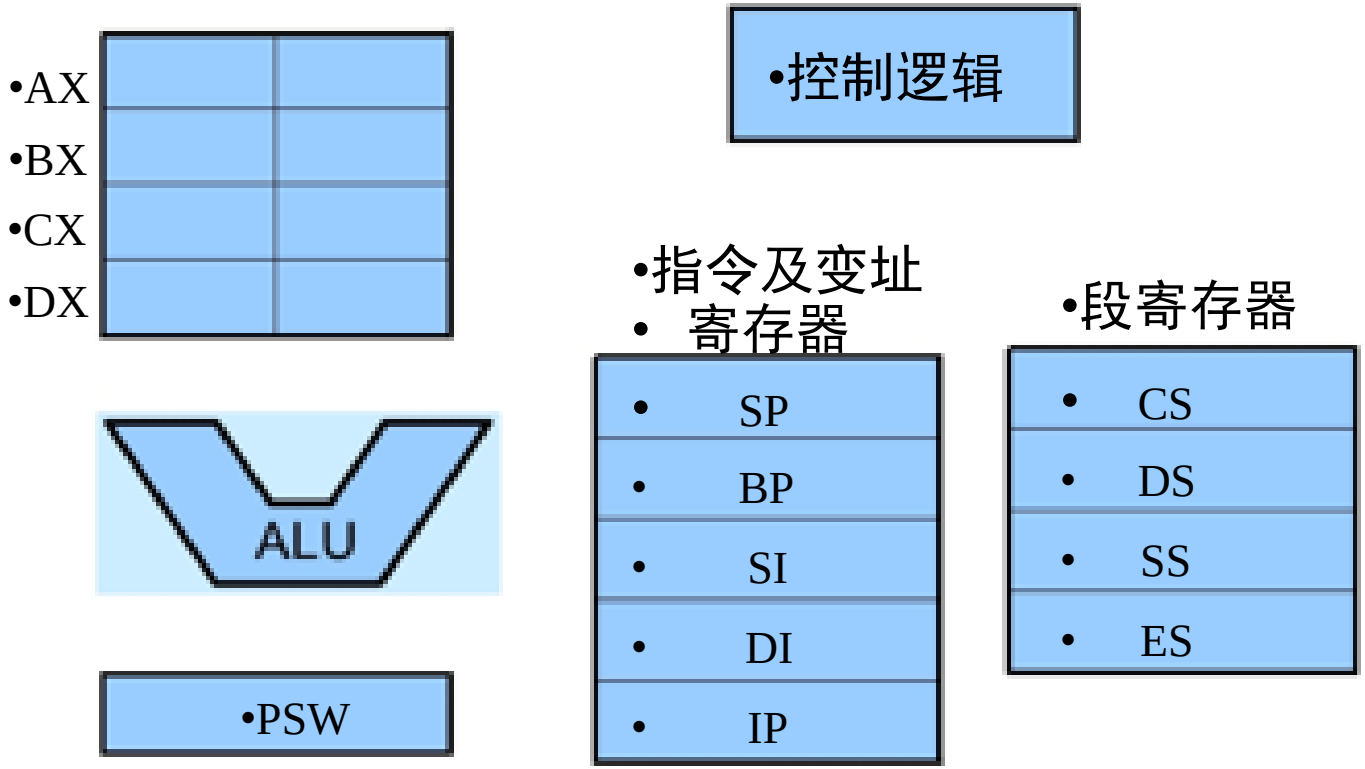


微型计算机

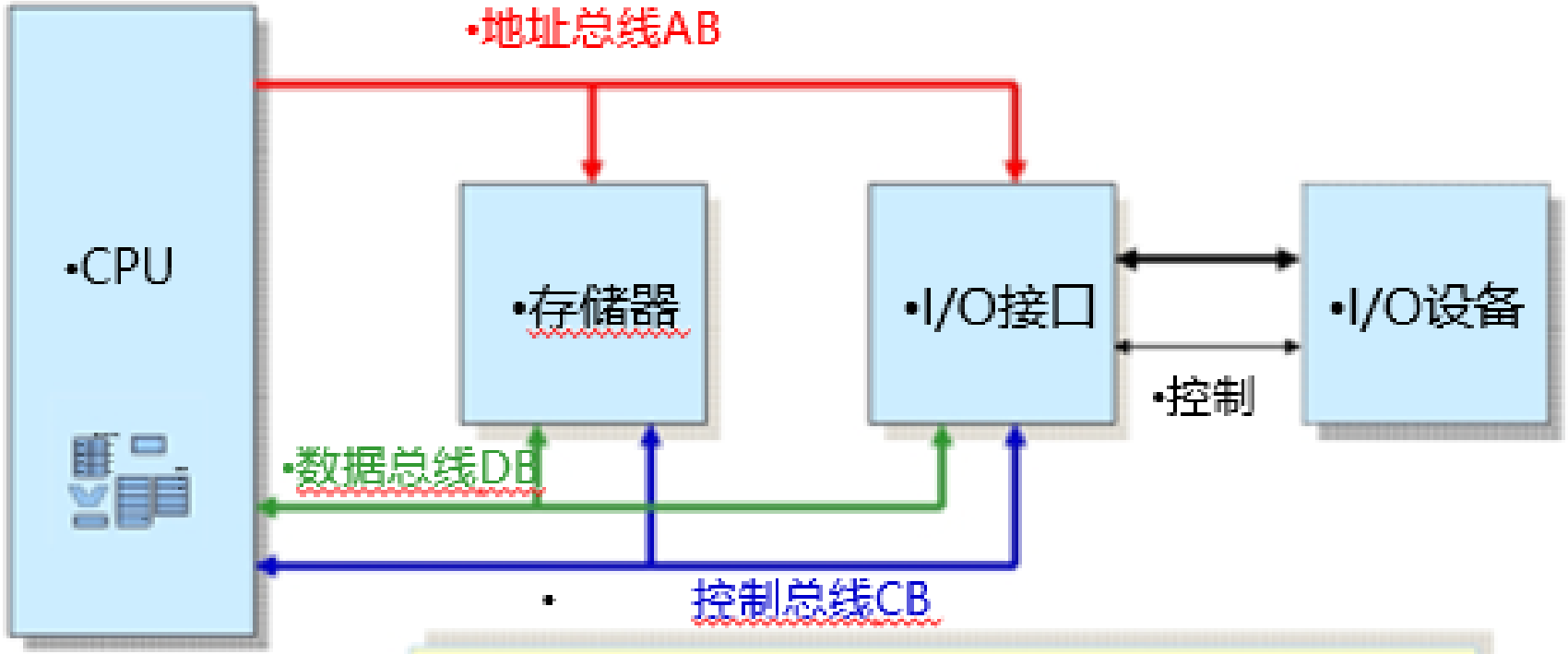
■ 微型计算机

以微处理器为核心（也称CPU或中央处理器），配上大规模集成电路的存储器（ROM/RAM）、输入／输出接口电路及系统总线等所组成的计算机。

微处理器（CPU）的构成



微型计算机的构成



- CPU的功能
  - 从存储器取指令、译码
  - 简单的算术逻辑运算
  - 在处理器和存储器或者I/O间传送数据
  - 程序流向控制

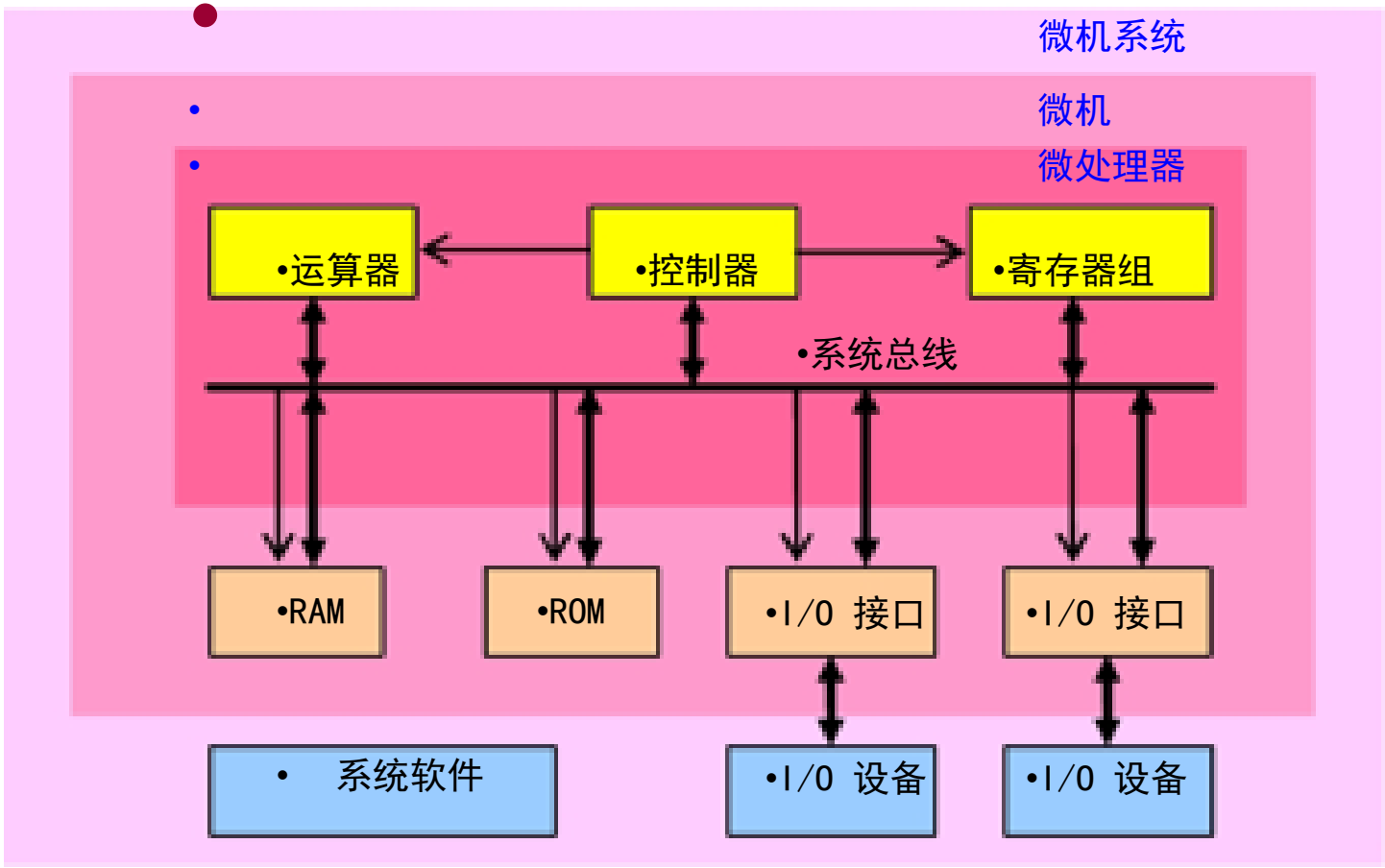
微型计算机系统的构成

- 以微型计算机为中心
- 配以相应的外围设备以及控制微型计算机工作的软件。

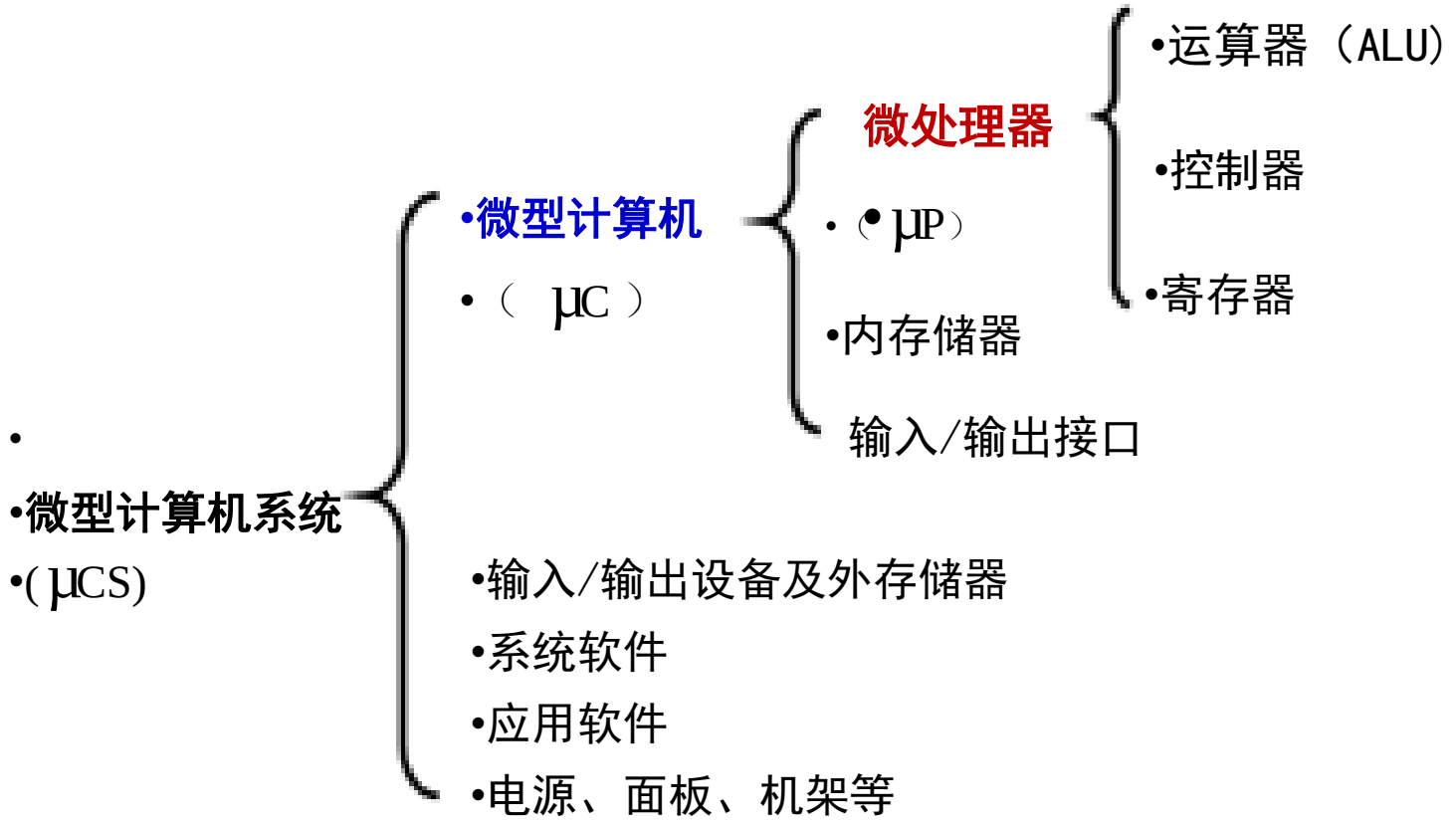
系统软件

应用软件

微型计算机的三个层次

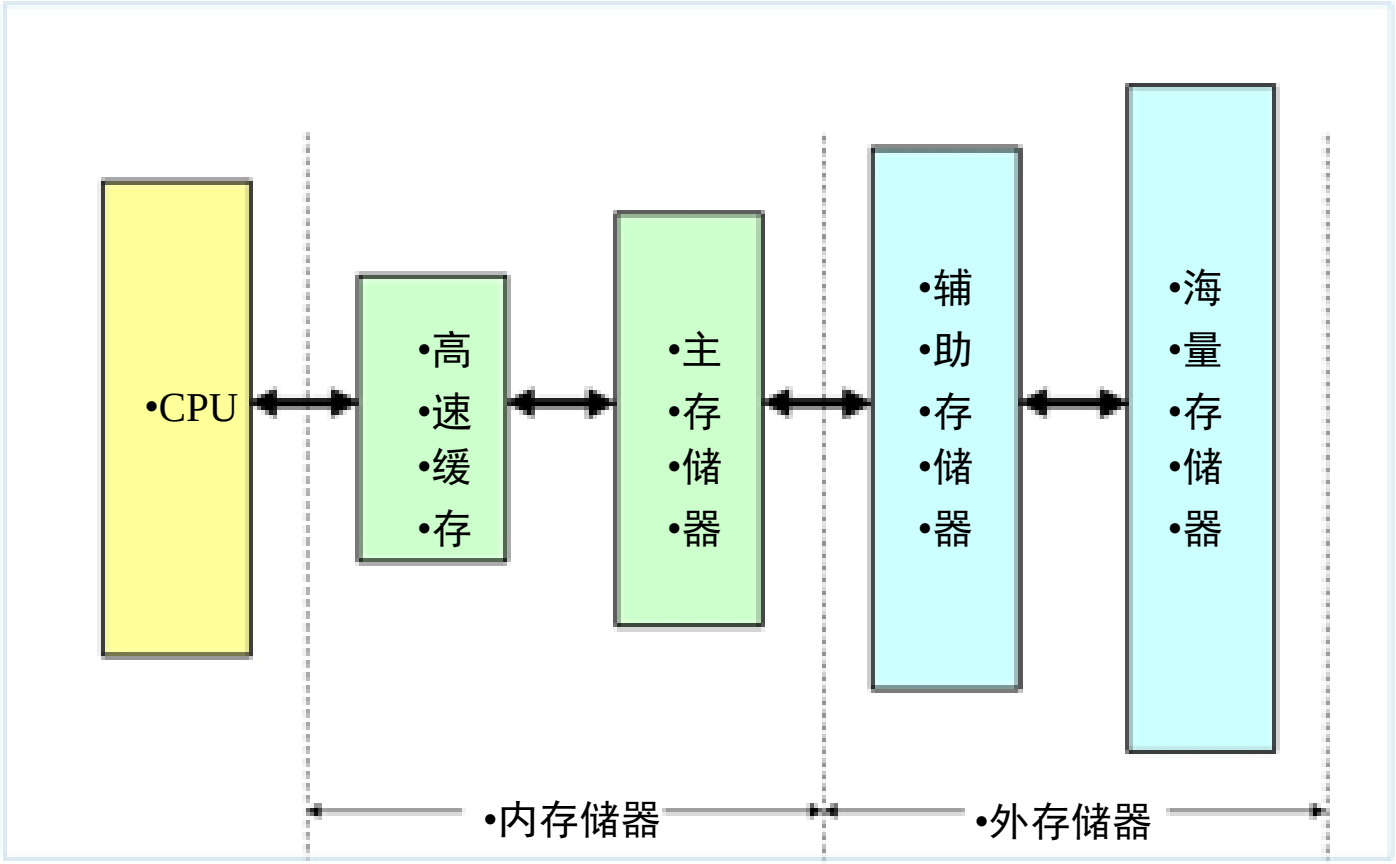

微机系统
微机
微处理器
•运算器
•控制器
•寄存器组
•系统总线
•RAM
•ROM
•I/O 接口
•I/O 接口
• 系统软件
•I/O 设备
•I/O 设备

微型计算机系统的构成


•
•微型计算机系统
•(μCS)
•微型计算机
•（ μC ）
微处理器
•（ μP）
•运算器（ALU）
•控制器
•寄存器
•内存储器
输入/输出接口
•输入/输出设备及外存储器
•系统软件
•应用软件
•电源、面板、机架等

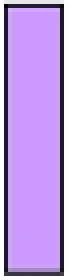
存储器

- 存储程序和数据

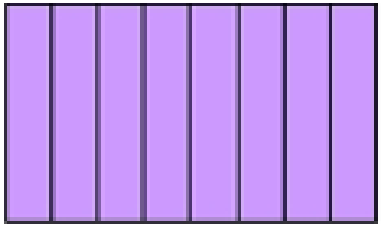


存储容量

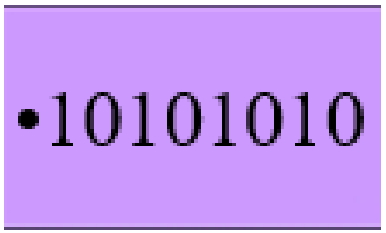
- 位bit
- 计算机所能表示的最小最基本的数据单位
- 取值只能为0或1的一个二进制数值位
- 记作b



- 字节byte
- 由8个二进制位组成
- 用作计算存储容量的单位
- 记作B

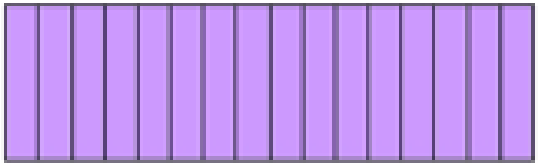


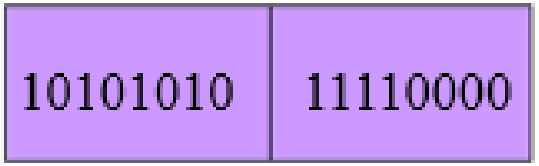
1KB = 1024B
1MB = 1024KB
1GB = 1024MB
1TB = 1024GB



存储容量

- 字word
- 一次可以直接处理的二进制数码的位数。通常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。
- 16位处理器：1个字16位，包含2个字节
- 双字
- 四倍字





I/O接口

- CPU与外设之间的信息交换，主要接口芯片：
- 锁存器74LS373
- 缓冲器74LS245
- 可编程中断控制器8259A
- 可编程计数/定时器8253
- 可编程并行接口8255
- 可编程串行接口8251A
- 可编程DMA控制器8237A
- AD/DA

总线

- 各部件之间传送信息的公共通路，总线标准的特性：
- 物理特性
- 线数、接插件、引脚排列
- 功能特性
- 地址总线、数据总线、控制总线
- 电器特性
- 信号电平
- 时间特性

总线

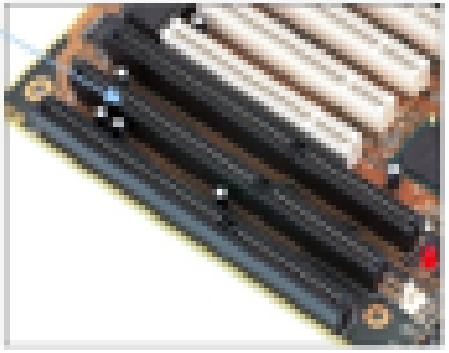
- 地址总线（Address Bus）
  - CPU用来向存储器或I/O端口传送地址
  - 单向，CPU发出，位数n决定了CPU可直接寻址的内存容量2^n
- 数据总线（Data Bus）
  - CPU与存储器及外设交换数据的通路
  - 三态双向，位数与微处理器的位数相同
- 控制总线（Control Bus）
  - 用来传输控制信号
  - 由两种方向的单向控制信号组成：命令信号线和状态信号线

总线分类

- 内部总线
  - 片内
- 系统总线
  - 底板插件
- 外部总线
  - 系统与系统之间或系统与外设之间
  - 如：USB通用串行总线，RS 232总线等

系统总线

- PC总线（也称为PC/XT总线）
- 62芯 8位 1M/s
- ISA总线（工业标准体系结构）
- 62+36芯 16位 8.33M/s
- VESA总线（视频电子标准协会）
- 116芯 32/64位 133M/s
- PCI总线（外设互连局部总线）
- 124芯 32/64位 132-264M/s
- PCI-X总线
- 64位 533-1066MB/s



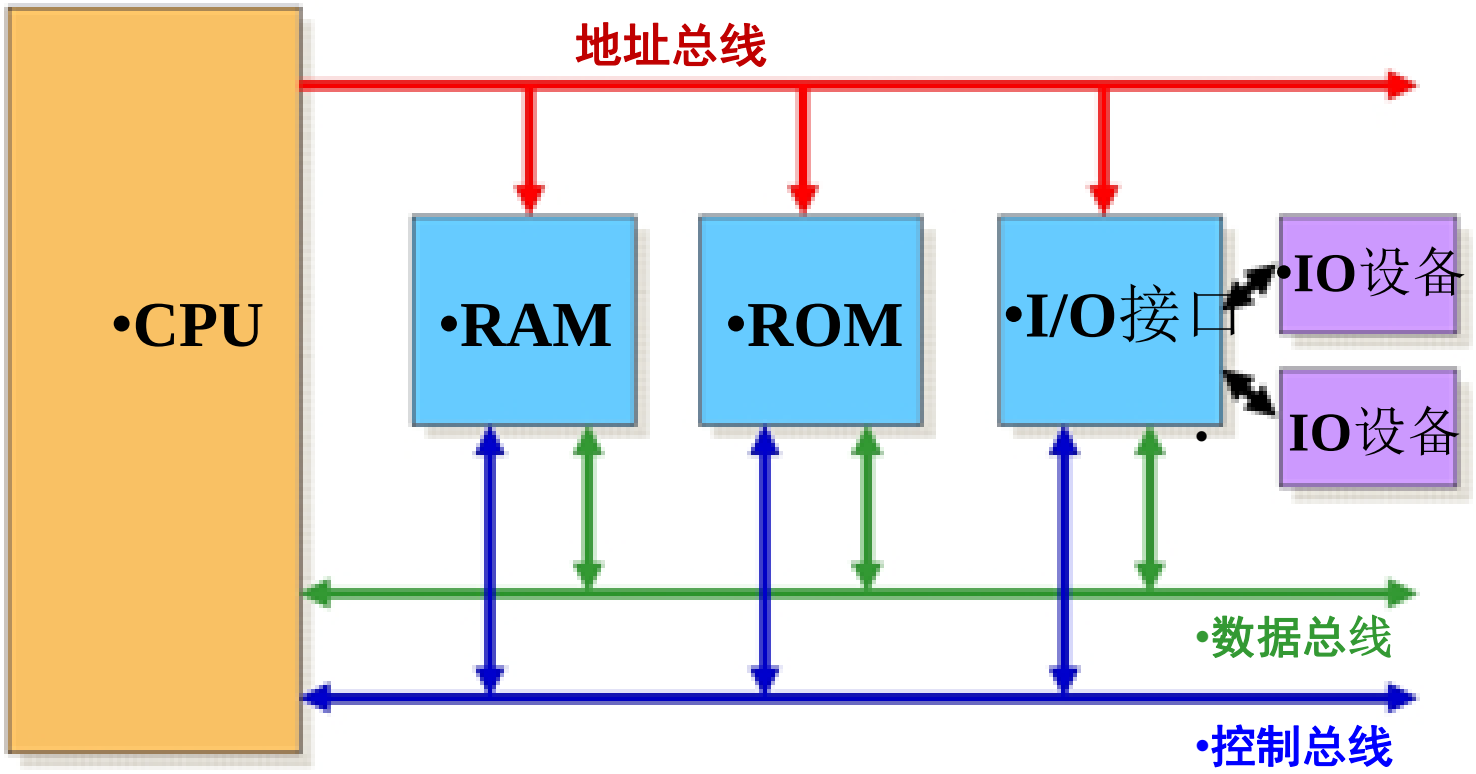
总线结构

- **单总线结构**
  - 存储器和I/O设备都连在一组总线上
- **双总线结构**
  - 存储器总线和I/O总线分开

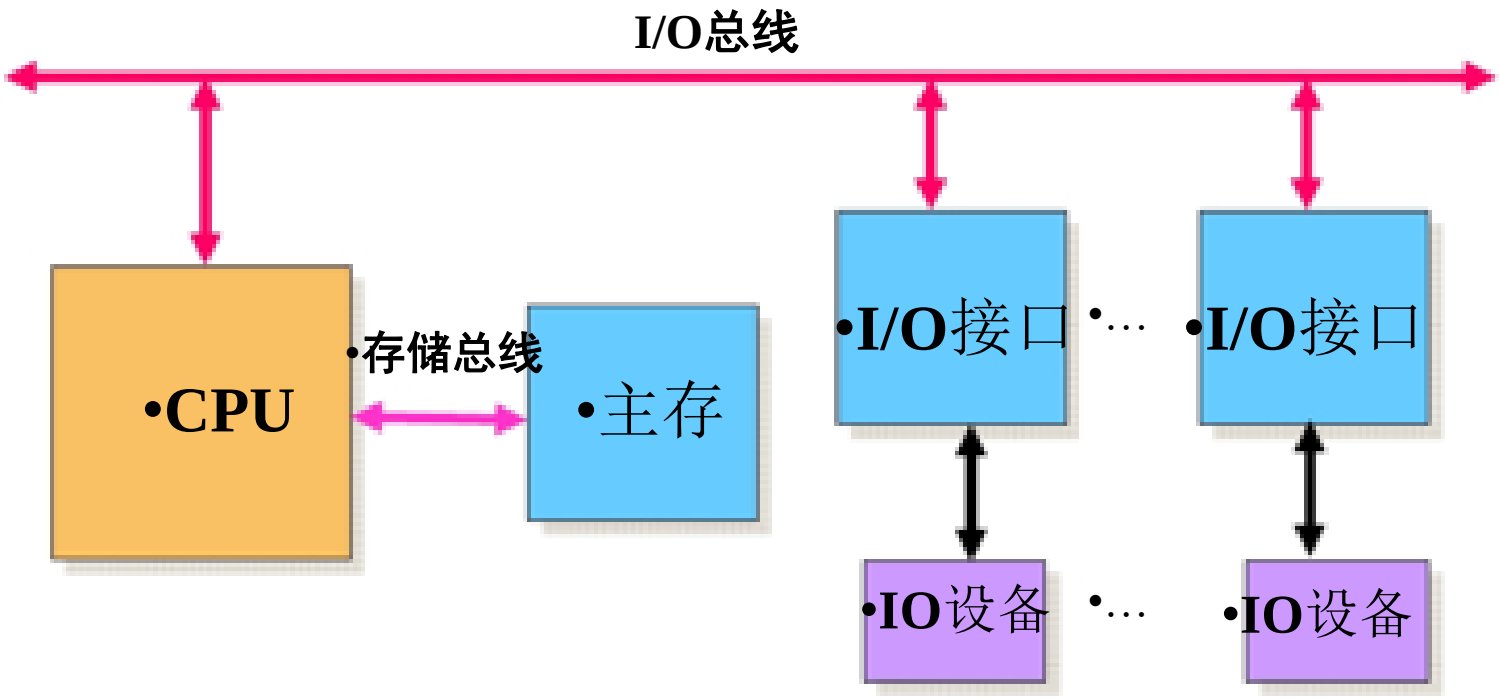
面向CPU

面向主存

单总线结构



面向CPU的双总线结构



微型计算机的性能指标

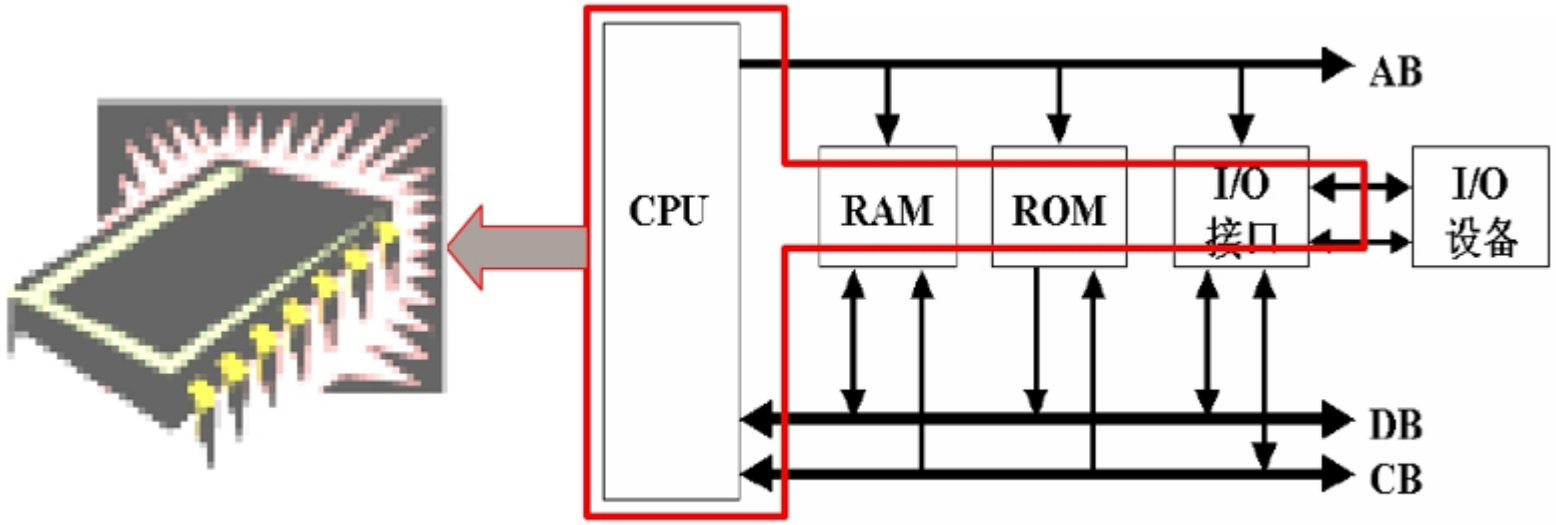
- 主频
- 字长
- 内存容量
- 存取周期
- 运算速度
  - MIPS（Million Instruction Per Second）
  - 百万条指令/秒

第1章　绪论

- 1-1 微型计算机的发展概况
- 1-2 微型计算机系统
- 微型计算机的构成
- 单片/单板计算机
- 1-3 计算机数据格式

单片机

- 将CPU、部分存储器、部分I/O接口集成在一个芯片上构成单片微型计算机。

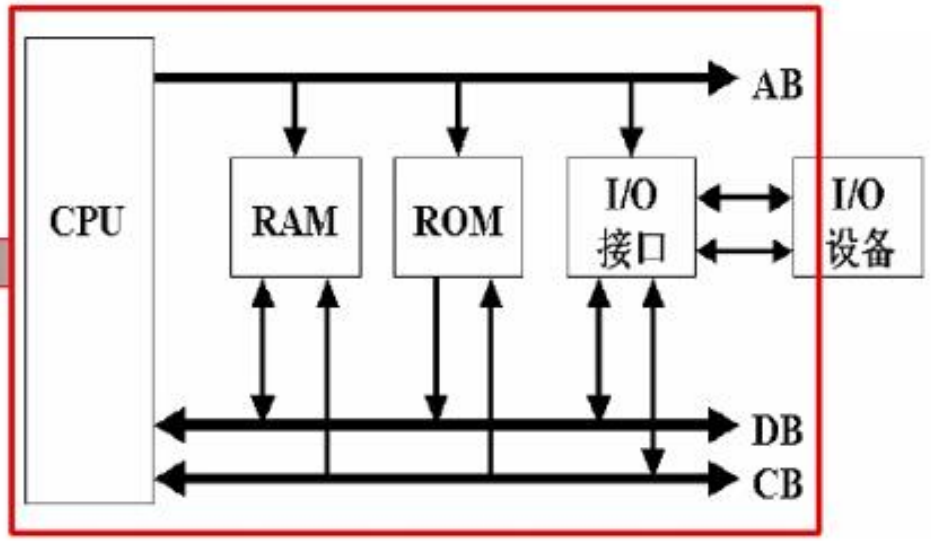


常用的单片机（Intel）

- MCS-48系列（1976）
- 8048
- MCS-51系列（1980）
- 8051 8031 8751
- MCS-96系列
- 8096

单板机

- 将CPU、存储器、I/O接口及部分I/O设备安装在一个印刷线路板上。



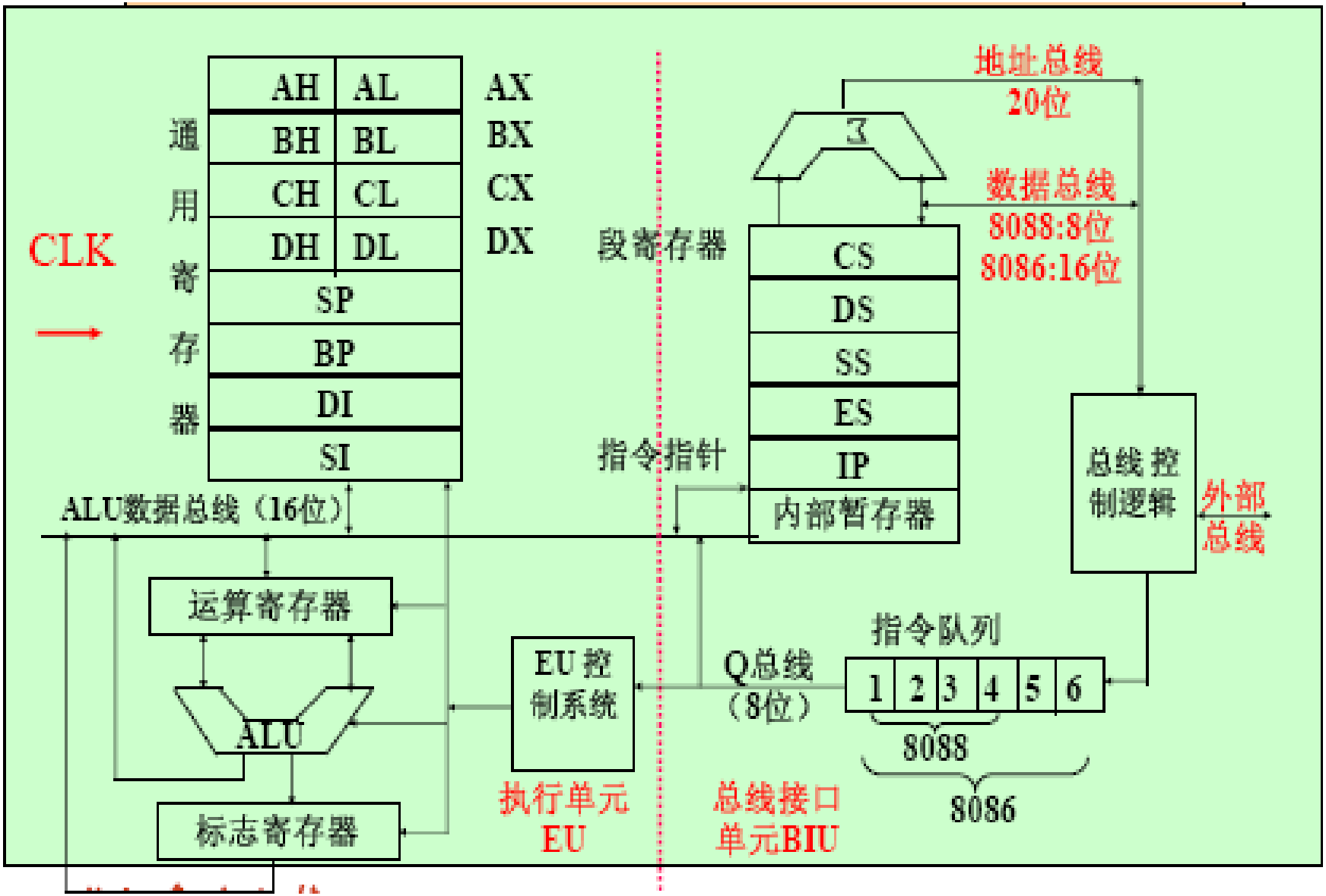
常用的单板机

- **以CPU命名**

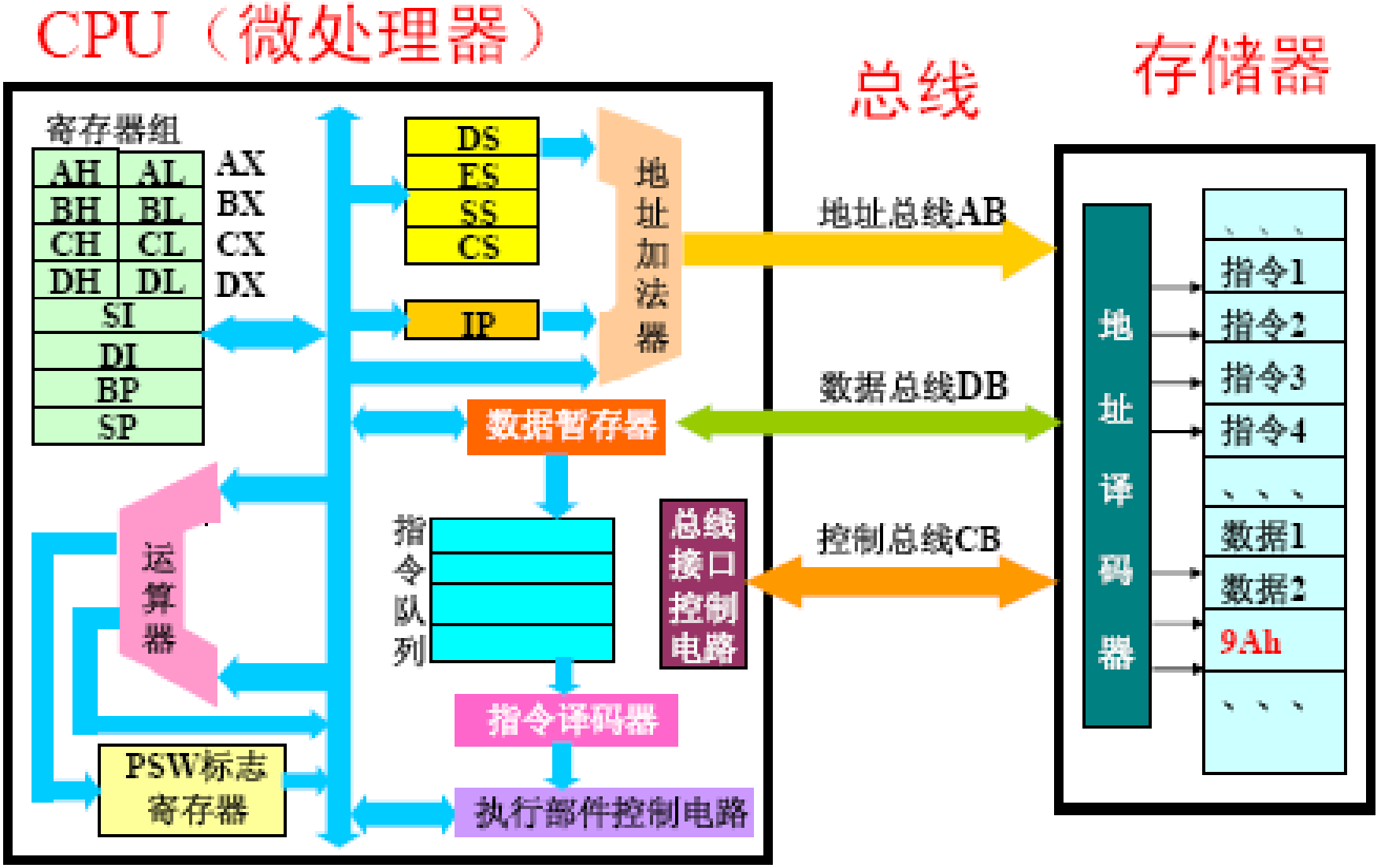
Z80
•M6800
•Intel 8085
} •8位

•Z8000
•M68000
•Intel 8088
•Intel 80186
} •16位

16位微处理器结构图


AH
AL
AX
BH
BL
BX
CH
CL
CX
DH
DL
DX
通用寄存器
SP
BP
DI
SI
CLK
地址总线
20位
3
数据总线
8088:8位
8086:16位
段寄存器
CS
DS
SS
ES
IP
内部暂存器
指令指针
总线控制逻辑
外部总线
ALU数据总线（16位）
运算寄存器
ALU
标志寄存器
EU控制系统
执行单元
EU
Q总线
（8位）
指令队列
1
2
3
4
5
6
8088
8086
总线接口
单元BIU

微机的最基本部分


CPU（微处理器）
总线
存储器
寄存器组
AH
AL
AX
BH
BL
BX
CH
CL
CX
DH
DL
DX
SI
DI
BP
SP
DS
ES
SS
CS
IP
地址加法器
数据暂存器
运算器
指令队列
总线接口控制电路
指令译码器
PSW标志寄存器
执行部件控制电路
地址总线AB
数据总线DB
控制总线CB
地址译码器
指令1
指令2
指令3
指令4
数据1
数据2
9Ah

计算机、微型计算机是如何实现科学计算的?

科学计算：5+8=?

C程序

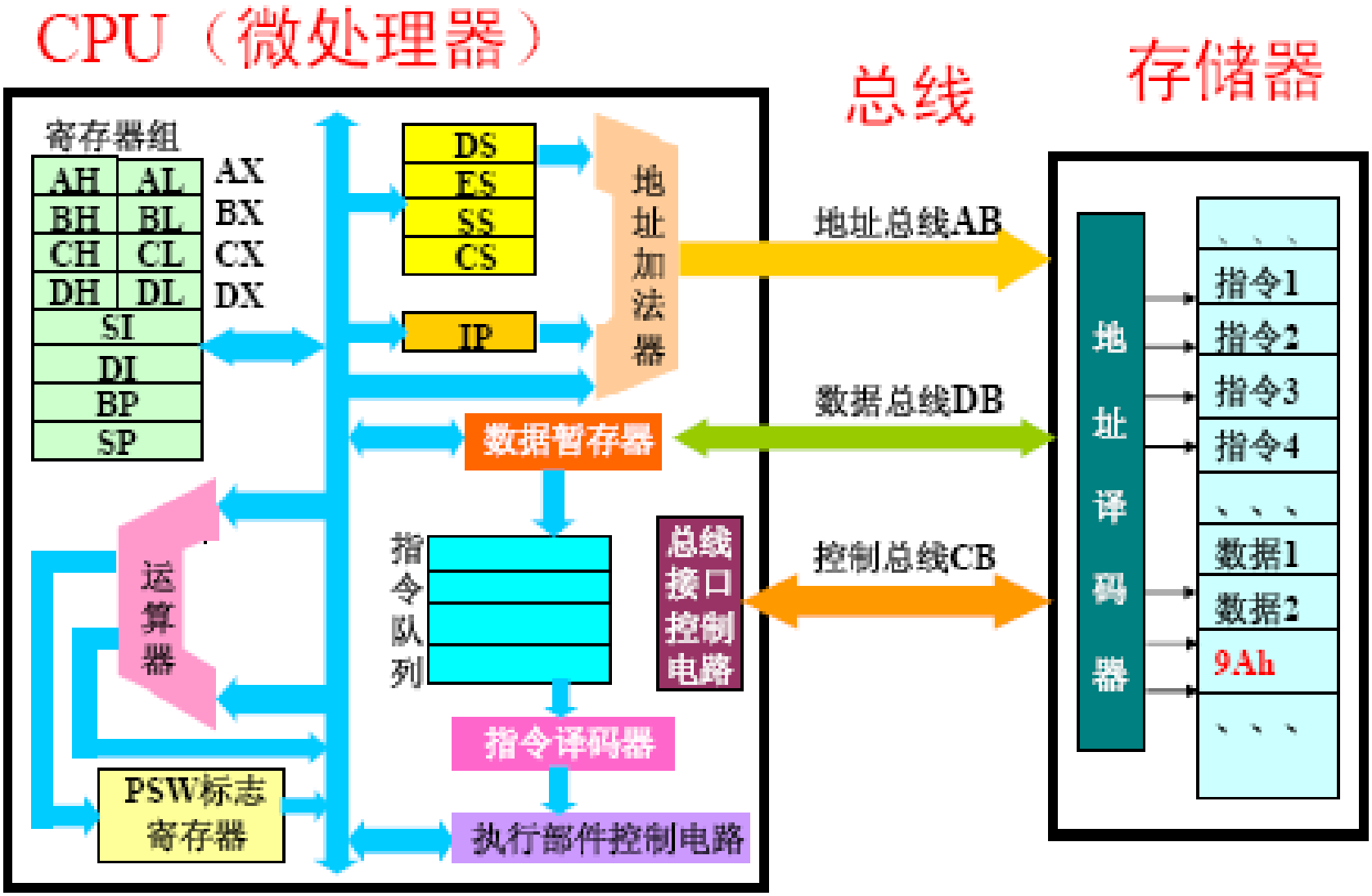
```
int A;
A=5;
A=A+8
```

计算机内部是如何完成以上程序执行的？

第一步：从程序到指令


编辑器（Editor）
程序设计（流程图）
编译器(Compiler)
高级语言程序(与机型无关)
汇编器(Assembler)
汇编语言(与机型有关)
链接器（Linker）
待装配的指令代码(二进制BIN)
可执行指令代码(二进制BIN)
(软件) SOFTWARE—FIRMWARE(固件)

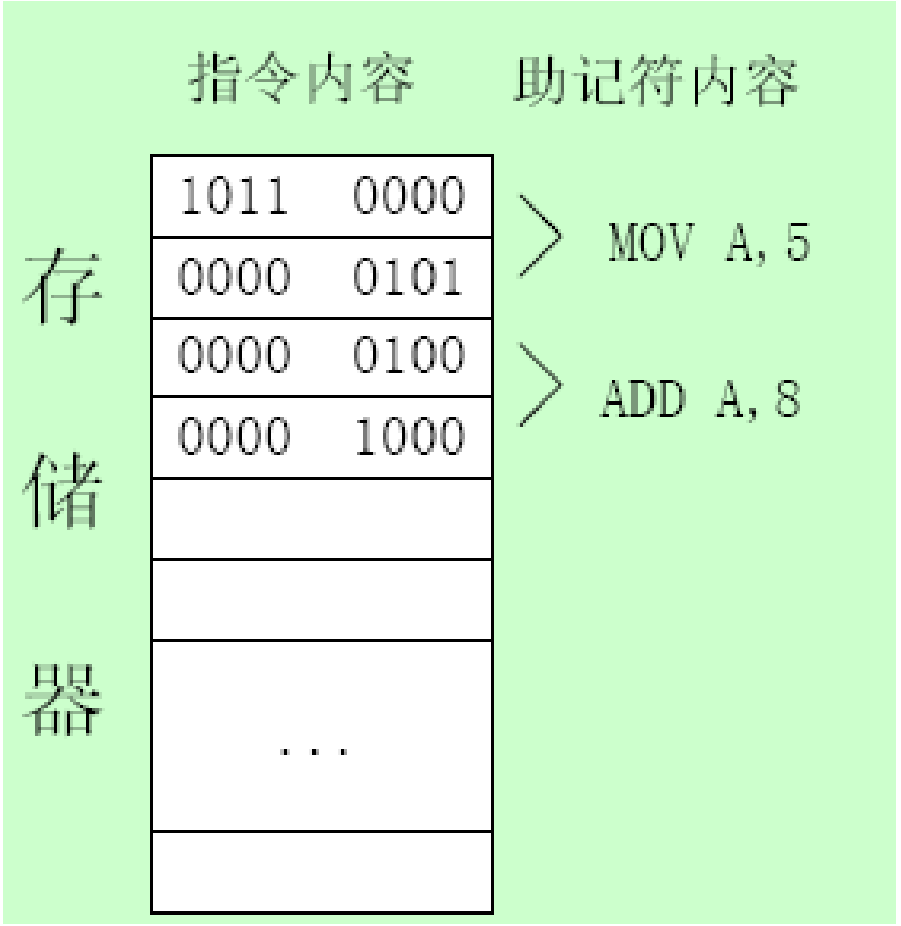
第二步：指令存入存储器


CPU（微处理器）
总线
存储器
寄存器组
AH
AL
AX
BH
BL
BX
CH
CL
CX
DH
DL
DX
SI
DI
BP
SP
DS
ES
SS
CS
IP
地址加法器
数据暂存器
运算器
指令队列
总线接口控制电路
指令译码器
PSW标志寄存器
执行部件控制电路
地址总线AB
数据总线DB
控制总线CB
地址译码器
指令1
指令2
指令3
指令4
数据1
数据2
9Ah

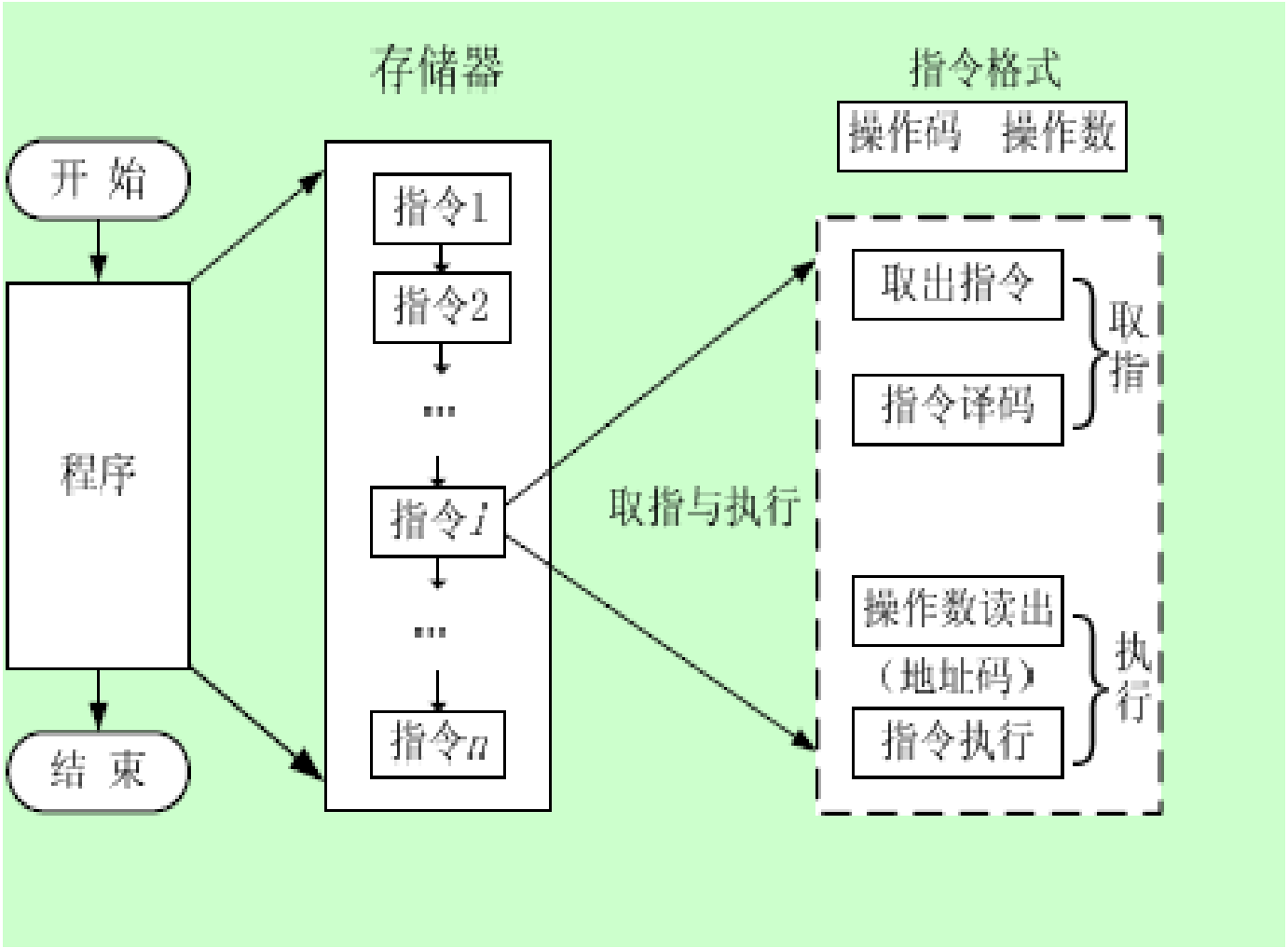
C语言与汇编语言对应关系

C程序(与机型无关）		汇编语言(与机型有关)
int A；	———————	A EQU AL
A=5；	———————	MOV A, 5
A=A+8；	———————	ADD A, 8
注： A是变量		注： A是寄存器 AL

汇编语言与二进制机器码对应关系



第三步：CPU从存储器读取指令并执行



第1章　绪论

- 1-1 微型计算机的发展概况
- 1-2 微型计算机系统
- 1-3 计算机数据格式
  - 数制的表示和数制转换
  - 计算机数据格式

二进制数的运算

- 无符号数
  - 算术运算
  - 逻辑运算
- 有符号数：算术运算

1、无符号数的运算

（1）算术运算：

加法运算

减法运算

乘法运算

除法运算

规则

- 加法：1＋1=0（有进位），…
- 减法：0－1=1（有借位），…
- 乘法：…，乘以2相当于左移1位；
  除法：…，除以2则相当于右移1位。

例：00101110 B×0000010 B = ?

00101110 B/00000010 B = ?

[例]:

- 00001011×0100 =00101100 B

- 00001011÷0100 =00000010 B

即： 商=00000010 B

余数=11B

（2）无符号数的表示范围

一个n位的无符号二进制数X（$X_{n-1}X_{n-2}\cdots\cdots X_1X_0$）
其表示范围为：

$$0 \le X \le 2^n-1$$

若运算结果超出这个范围，则产生溢出。

判别方法：

运算时，当最高位（X_{n-1}）向更高位有进位（或借位）时则产生溢出。

[例]:

$$
\begin{array}{rr}
 & 11111111 \\
+ & 00000001 \\
\hline
1 & 00000000
\end{array}
$$

结果超出８位（最高位D_7有进位），发生溢出

（结果为256，超出８位二进制数所能表示的范围0~255）

（3）逻辑运算

- 与(∧)、或(∨)、非(¯) 、异或(⊕)
- 特点：按位运算，无进借位
- 运算规则

……

逻辑运算的运用

已知：数据D ($D_7D_6……D_0$)

- 与(∧)　字节操作——数据清0：　D∧00H
  　　位操作——D_5位清0，其它位不变：D∧11011111 B
- 或(∨)　字节操作——数据置1：　D∨0FFH
  　　位操作——D_5位置1，其它位不变：D∨00100000 B
- 非(￣)　字节操作——数据取反：　$\overline{D}$
- 异或(⊕) 字节操作——数据取反：　D⊕0FFH
  　　位操作——D_5位取反，其它位不变：D⊕00100000B

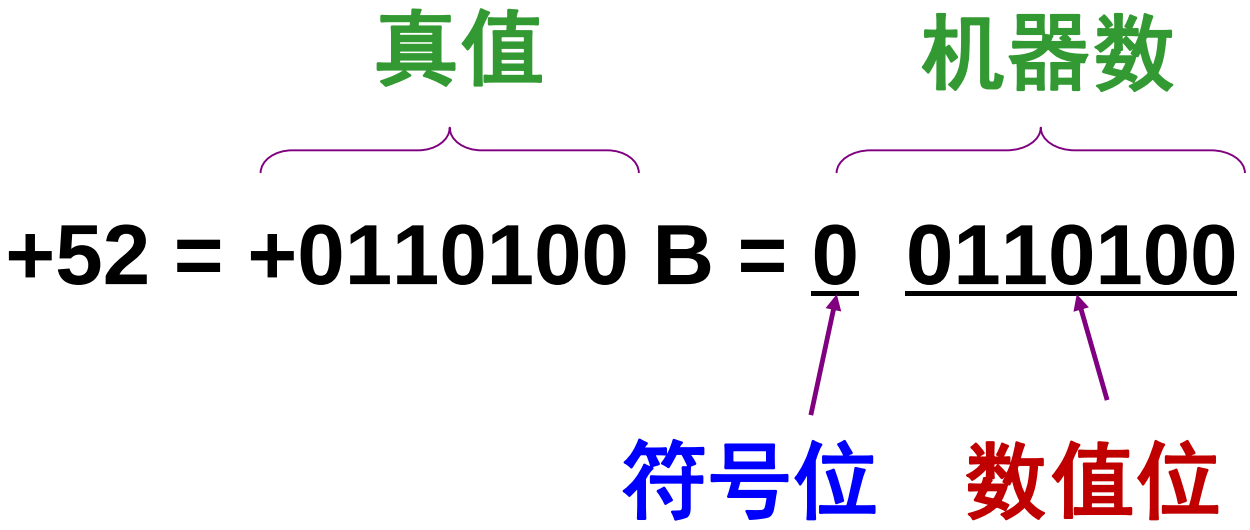
2、有符号数的运算

（1）计算机中有符号数的表示：

- 把二进制数的最高位定义为符号位，其余为数值位
  - 符号位为 *0* 表示正数，符号位为 *1* 表示负数
- 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

（在以下讲述中，均以８位二进制数为例）

[例]:



有符号数的机器表示

- 对于有符号数，机器数常用的表示方法有原码、反码和补码三种。

  数X（真值）的原码记作$[X]_{原}$

  反码记作$[X]_{反}$

  补码记作$[X]_{补}$

注意：对于正数，三种表示法均相同，它们的差别仅在于对负数的表示

原码$[X]_{原}$

- 定义

  符号位：0表示正，1表示负；

  数值位：真值的绝对值。

二进制数： $X = X_{n-1}X_{n-2}\cdots X_1X_0$

原码：

$$[X]_{原} = \begin{cases} X, & 2^{n-1} > X \geqslant 0 \\ 2^{n-1} + |X|, & 0 \geqslant X > -2^{n-1} \end{cases}$$

原码的例子

符号

真值 X=+18=+0010010
X=-18=-0010010

符号位

原码 $[X]_{原}=0\ 0010010$
$[X]_{原}=1\ 0010010$

n位原码表示数值的范围是：

$$-(2^{n-1}-1)\sim(2^{n-1}-1)$$

对应的原码是111…1～ 011…1。

数0的原码

- 8位数0的原码：+0 = 0 0000000

  - 0 = 1 0000000

即：数0的原码不唯一。

反码$[X]_{反}$

定义

- 若X>0，则 $[X]_{反}=[X]_{原}$
- 若X<0，则 $[X]_{反}$= 对应原码的符号位不变，数值部分按位取反

二进制数：$X=X_{n-1}X_{n-2}\cdots X_1X_0$

反码：

$$[X]_{反}=\begin{cases}X, & 2^{n-1}>X\geqslant 0\\ (2^n-1)+X, & 0\geqslant X>-2^{n-1}\end{cases}$$

[例]:

- X= - 52 = -0110100

$[X]_{原}$ = 10110100

$[X]_{反}$ = 11001011

反码的例子

符号

真值　X=+18=+0010010
　　X=-18=-0010010

符号位

反码　$[X]_{反}$ =0 0010010
　　$[X]_{反}$ =1 1101101

n位反码表示数值的范围是

对应的反码是100…0～ 011…1。

数0的反码：

$$[+0]_{反} = 00000000$$

$$[-0]_{反} = 11111111$$

即：数0的反码也不是唯一的。

补码

定义：

- 若X>0，　则$[X]_{补}=[X]_{反}=[X]_{原}$
- 若X<0，　则$[X]_{补}=[X]_{反}+1=2^n+X$

二进制数：　$X=X_{n-1}X_{n-2}\cdots X_1X_0$

补码：

$$[X]_{补}=\begin{cases}X, & 2^{n-1}>X\geqslant 0\\ 2^n-|X|, & 0>X\geqslant -2^{n-1}\end{cases}$$

[例]:

- X= –52= – 0110100

  $[X]_{原}$ = 10110100

  $[X]_{反}$ = 11001011

  $[X]_{补}$ = $[X]_{反}$+1=11001100

n位补码表示数值的范围是

$$-2^{n-1} \sim +(2^{n-1}-1)$$

对应的补码是100…0～ 011…1。

数0的补码：

- $[+0]_{补}=[+0]_{原}=00000000$
- $[-0]_{补}=[-0]_{反}+1=11111111+1$

$=\underline{1}\ \ 00000000$

对8位字长，进位被舍掉

- $\therefore [+0]_{补}=[-0]_{补}=00000000$

即：数0的补码是唯一的。

特殊数10000000

- 该数在原码中定义为： -0
- 在反码中定义为： -127
- 在补码中定义为： -128
- 对无符号数：$(10000000)_2 = 128$

8位有符号数的表示范围：

- 对8位二进制数：
  - 原码： -127 ~ +127
  - 反码： -127 ~ +127
  - 补码： -128 ~ +127

（2） 有符号二进制数与十进制的转换

对用补码表示的二进制数：

1）求出真值

2）进行转换

[例]：

- 将一个用补码表示的二进制数转换为十进制数

1) $[X]_{补}$ = 0 0101110B　　真值为：+0101110B

正数

所以：X=+46

2) $[X]_{补}$ = 1 1010010B

负数

$X = [[X]_{补}]_{补} = [11010010]_{补}$

$= - 0101110$

所以：X = - 46

（3）补码加减法的运算规则

- 通过引进补码，可将减法运算转换为加法运算。规则如下：

和：$[X+Y]_{补}=[X]_{补}+[Y]_{补}$

差：$[X-Y]_{补}=[X]_{补}-[Y]_{补}$

或 $[X-Y]_{补}=[X]_{补}+[-Y]_{补}$

其中X，Y为正负数均可，符号位参与运算

[例]：

- X=-0110100，Y=+1110100，求$[X+Y]_{补}$
- $[X]_{原}$=10110100
- $[X]_{补}$= $[X]_{反}$+1=11001100
- $[Y]_{补}$= $[Y]_{原}$=01110100
- 所以：$[X+Y]_{补}$= $[X]_{补}$+ $[Y]_{补}$

  =11001100+01110100

  =01000000

（4）有符号数运算中的溢出问题

- **进(借)位——**
  - 在加法过程中，符号位向更高位产生进位；
  - 在减法过程中，符号位向更高位产生借位。

- **溢出——**
  - 运算结果超出运算器所能表示的符号数范围