

第一章 计算机系统概论

1.1计算机系统简介

计算机系统组成：

计算机是按照给出的**指令**执行具体操作来解决问题的**机器**。

计算机系统由**硬件**和**软件**共同组成。

硬件是组成计算机的各种**实际装置**的总称，只能识别和执行机器指令，是软件运行的**载体**。

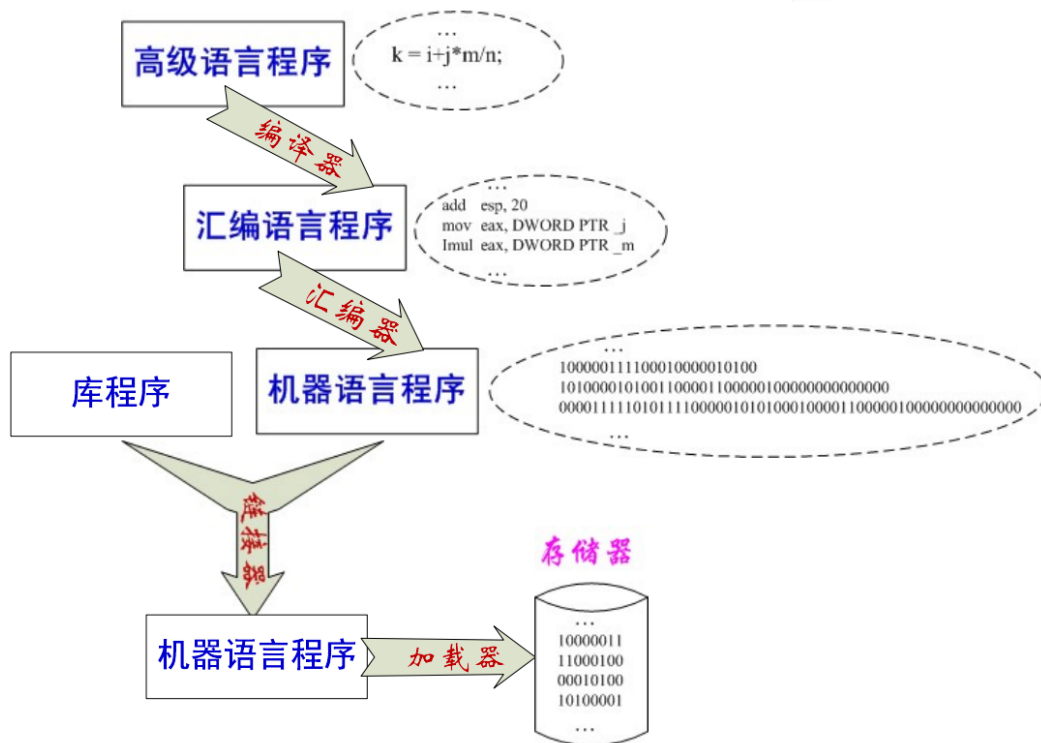
软件是由人们事先编制的具有各类特殊功能的**程序**和相关数据组成。

计算机软件可分为：**系统软件**和**应用软件**。

系统软件用来管理计算机系统，如：语言处理程序（编辑器、编译器、汇编器）、操作系统、标准程序库、服务性程序（诊断、调试、连接）、数据库管理系统、网络软件等。

应用软件是用户根据具体任务需要所编制的各种程序，如：科学计算程序、数据处理程序、过程控制程序、事务管理程序等。

程序透视计算机系统



计算机系统的层次结构（抽象方法）

计算机基本**层次结构**：硬件->系统软件->应用软件。

微程序机器/硬联机器M0：硬件直接执指令。操作命令的产生方法有两种：微程序和硬布线

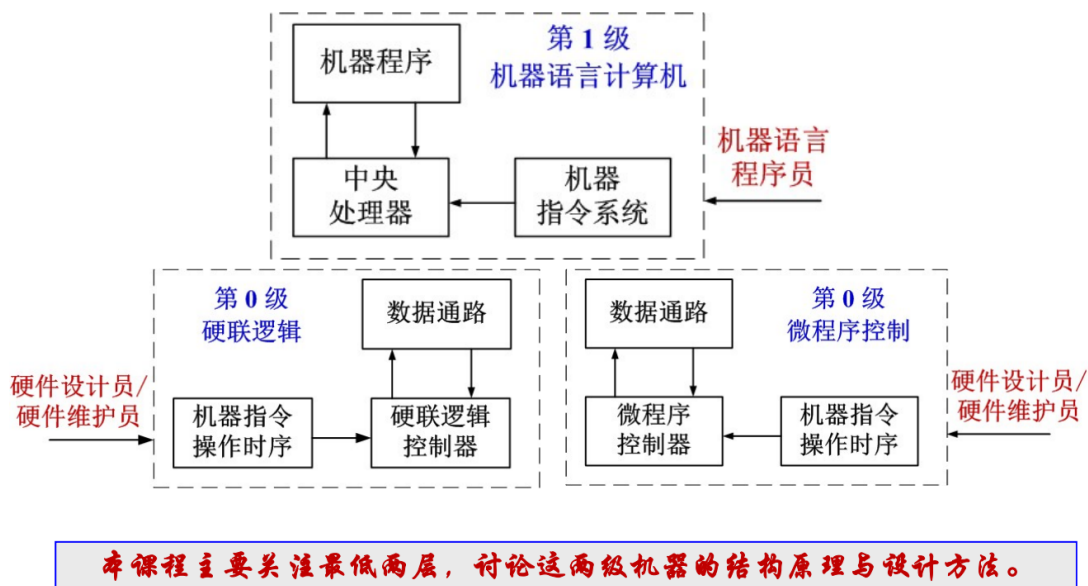
实际机器M1（机器语言计算机）：微指令解释机器指令（微指令）

虚拟机器M2（操作系统计算机）：机器语言解释操作系统（机器语言）

虚拟机器M3（汇编语言计算机）：用汇编程序翻译成机器语言程序（汇编语言）

虚拟机M4（高级语言计算机）：用编译程序翻译成汇编语言程序（高级语言）

虚拟机M5（应用语言计算机）：应用语言的编写（非程序员）



描述软硬件两种常见的模式：

1.探究软件或硬件的深层运行机制以揭示更多的信息

2.掩盖底层细节为高层提供较简单的模型

抽象层次之间的关键接口就是**指令系统结构**——**底层软件和硬件的接口**。

计算机组成与系统结构

计算机系统的**第一层**作为软硬件之间的过渡层，称为**指令系统结构**。**第零层**完成硬件逻辑结构的设计与实现。计算机层次结构中最低的两层衍生出三个主要的领域：**计算机系统结构**、**计算机组成**、**计算机实现**

计算机系统结构 (computer architecture)：主要研究软件和功能分配以及确定软件和硬件的界面。程序员所见到的计算机系统的属性、概念性的结构与功能特性（指令系统、数据类型、寻址技术、io机理）等。

计算机组成 (computer organization)：研究硬件系统各组成部分的内部构造和相互联系，实现机器指令级的各种功能和特性。

计算机实现 (computer implementation)：对计算机组成的物理实现。

1.2计算机系统发展与应用

计算机的发展：

1945年冯诺依曼在电子离散变量计算机EDVAC的设计中首次提出了存储程序思想。

世界上第一台电子管计算机：1946年宾夕法尼亚大学——电子数字积分计算机ENIAC

世界第一台存储程序计算机：1949年剑桥大学威尔克斯研究小组——电子延迟存储自动计算机EDSAC

晶体管计算机：1961年DEC公司——PDP-1

集成电路计算机：1964年IBM——system/360

向量巨型机：1976年**Cray-1**

推动作用：

- 1.**应用需求**促进计算机的产生和发展。
- 2.**器件性能和制造工艺**对早期计算机发展起重要作用。

电子管计算机->晶体管计算->集成电路计算机->超大规模集成电路计算机

- 3.**硬件和软件**技术相互促进共同发展。

硬件和软件相互依存

硬件和软件逻辑上等价

硬件和软件协同发展

- 4.现代计算机的发展主要是**体系结构**的变革。

应用分类：

信息**表示和处理**方式：数字计算机（二进制表示和处理数据）、模拟计算机（以连续模拟量表示和处理数据）、混合计算机（可以进行数字信息和模拟物理量处理）。

用途：通用计算机（功能多、配置全、用途广、通用性强）、专用计算机（为了适应某种特殊需要而设计的）。

性能、体积等：巨型机、大中型机、小型机、微型机、工作站、服务器等。

主要应用：桌面计算机、服务器、嵌入式计算机。

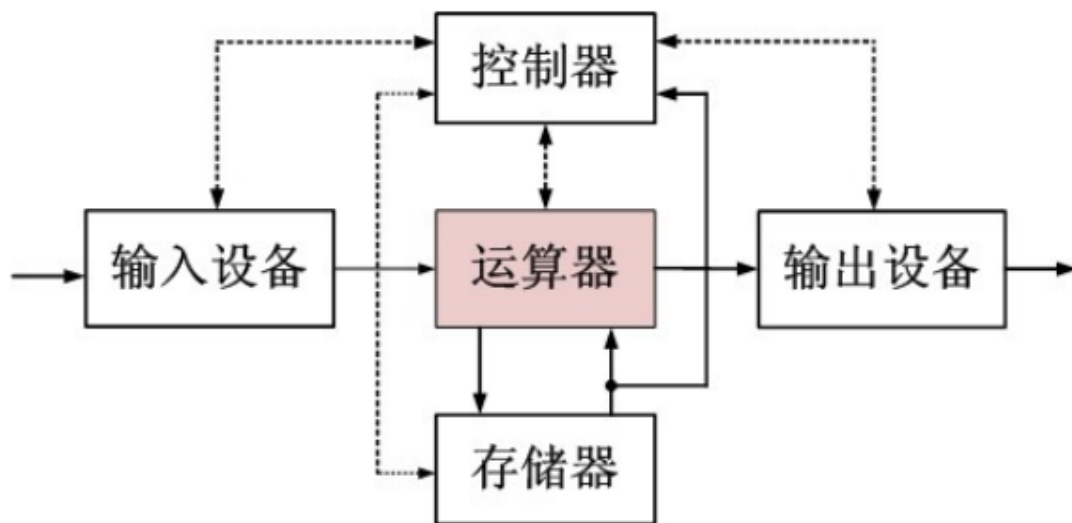
1.3计算机的硬件组成

冯诺依曼计算机的特点

1945年冯诺依曼在电子离散变量计算机**EDVAC**的设计中首次提出了存储程序思想，采用存储程序思想研制的计算机称为存储程序计算机。

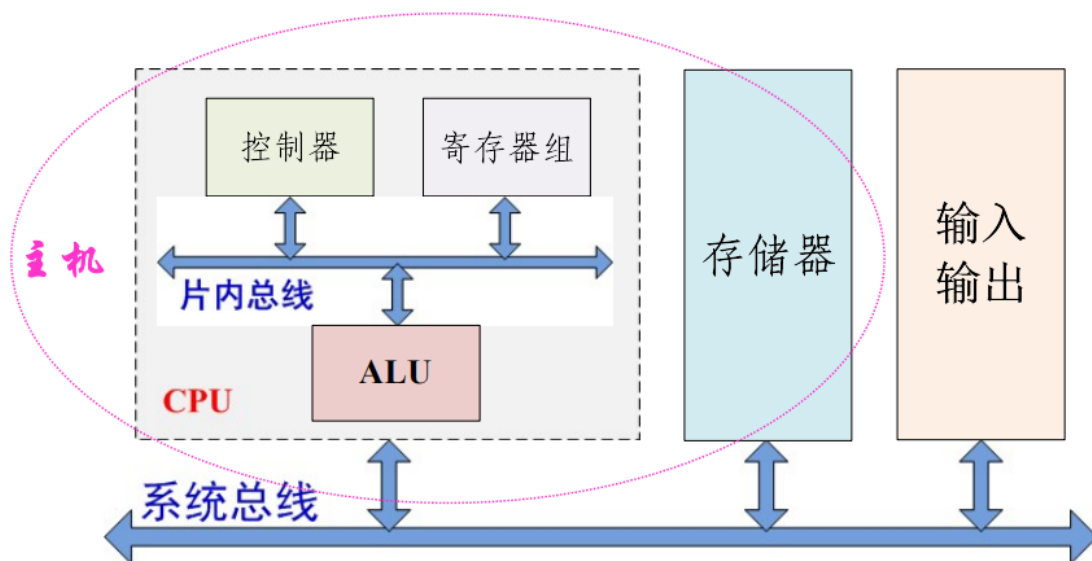
IAS计算机特点可归纳为以下几个特点：

- 1.计算机由**运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备**五大部件组成。
- 2.指令与数据均用**二进制形式**表示。
- 3.**指令与数据**以同等地位存放于**存储器**中，并可以**按地址访问**。
- 4.指令由**操作码和地址码**组成，操作码表示指令的操作性质，地址码指明操作数的来源。
- 5.指令在**存储器内按顺序存放**。
- 6.机器以**运算器**为核心，输入输出设备与存储器之间的数据传送通过**运算器**完成。



计算机硬件的基本组成

现代计算机大多采用总线结构，总线将计算机各部件连接在一起，形成一个完整的计算机硬件系统。**总线**成为各部件之间传输信息的公共通道。

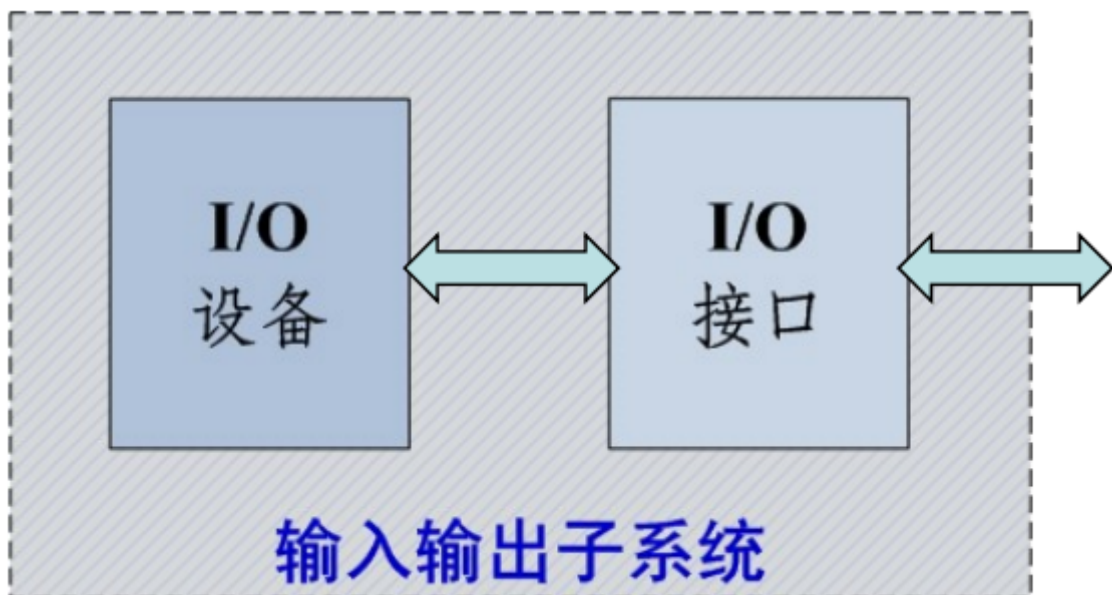


计算机的硬件从原理上由五个基本部分组成：

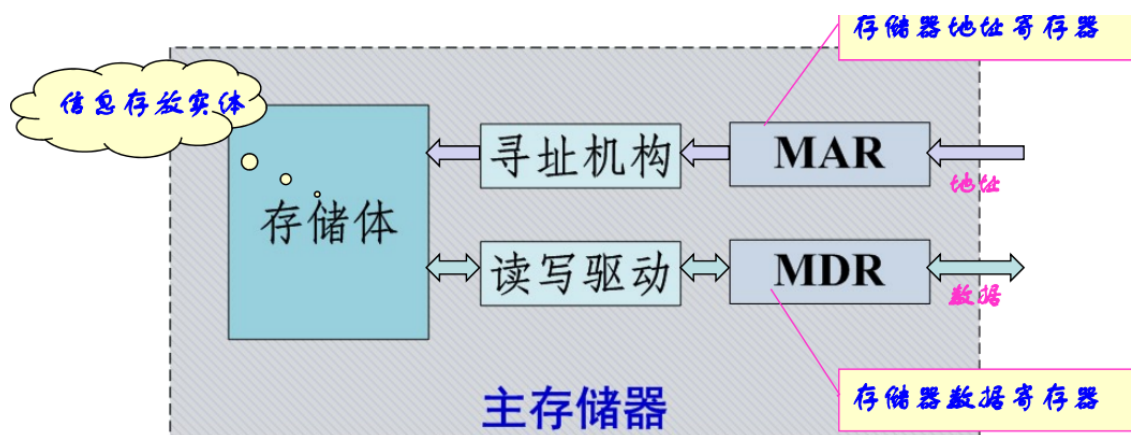
- (1) **存储器**。存放程序和数据。
- (2) **运算器**。完成算术运算和逻辑运算，并将运算结果暂存于运算器内。
- (3) **控制器**。通过发出各种控制命令，控制程序和数据的输入、运行以及处理运算结果。
- (4) **输入设备**。将人们熟悉的信息形式转换为机器能识别的信息形式。
- (5) **输出设备**。将机器的运算结果转换为人们熟悉的信息形式。

运算器和控制器合起来统称**中央处理器cpu**，和**存储器**一起称为**主机**，输入设备和输出设备简称为**i/o设备**，又称为外部设备。

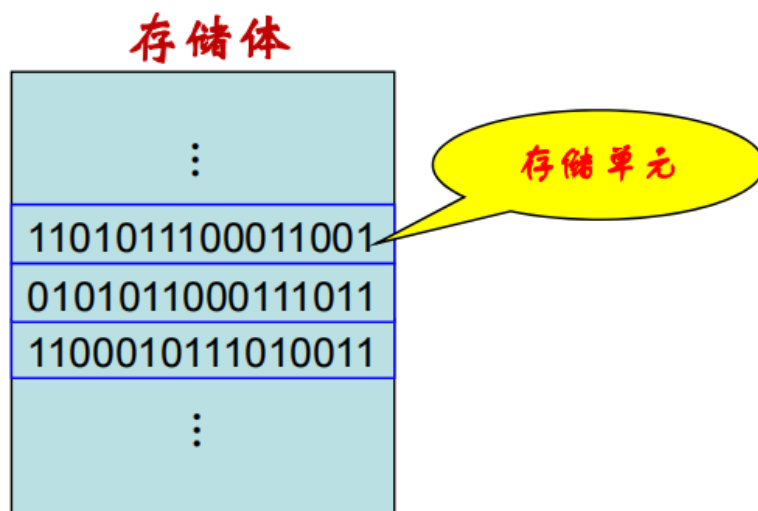
I/O子系统完成人机交互功能，包括各种**i/o设备及相应的接口**。每种i/o设备都通过i/o接口于主机联系，它接收控制器发来的各种控制命令，并完成相应操作。



主存储器是计算机的主要工作存储器，存放正在运行的程序和数据。主存包括存储体、各种逻辑部件及控制电路等。现代计算机还集成了MAR（存储器地址寄存器）MDR(存储器数据寄存器)。

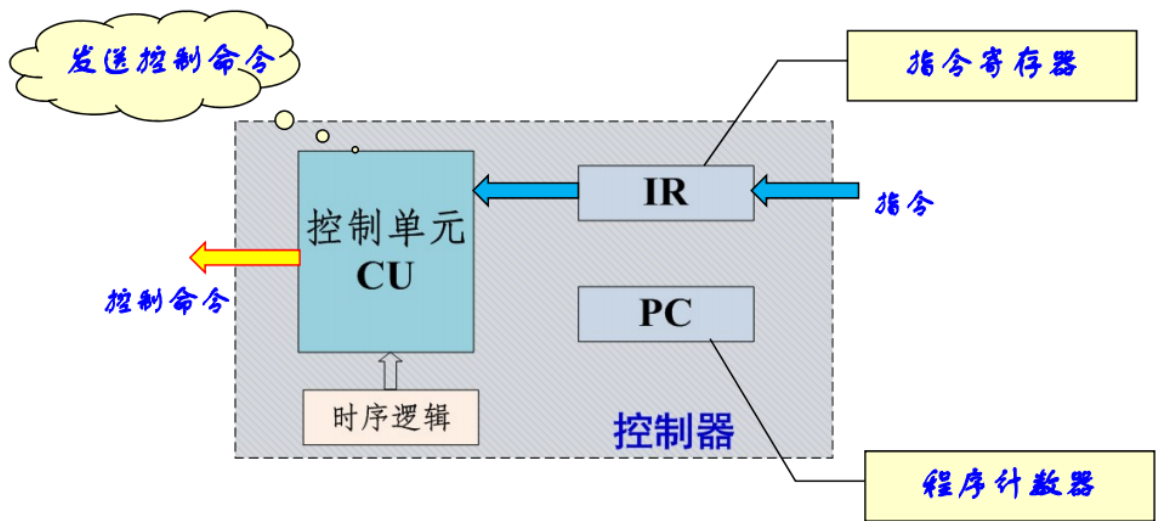


存储体由许多**存储单元**组成，，每个**存储单元**又包含若干个**存储元**，每个**存储元**能存放一位二进制代码0&1。

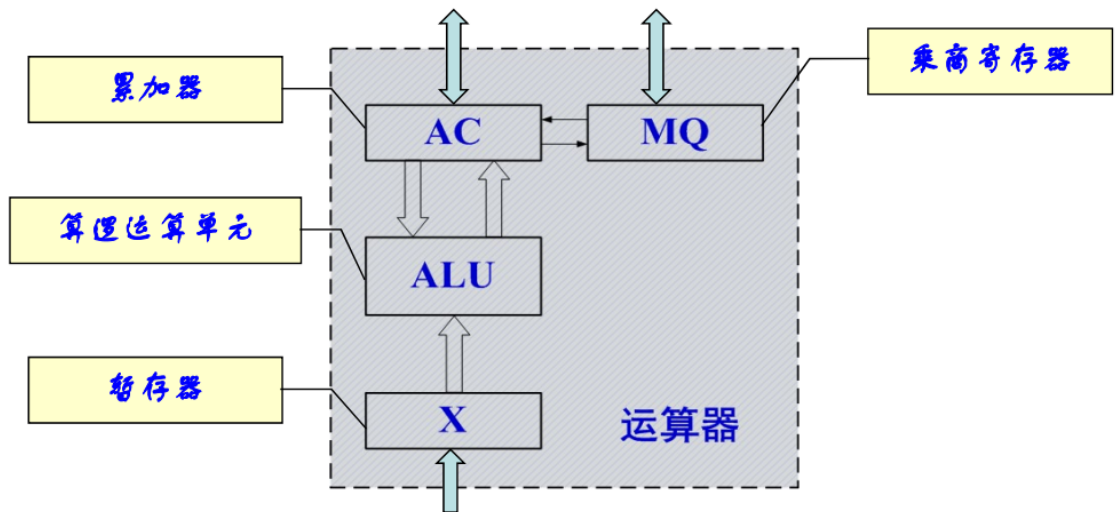


存储单元是具有特定存储地址的存储单位

控制器是计算机的指挥中心，由它发出各种控制命令指挥各部件自动、协调地工作。控制器由程序计数器pc、指令寄存器ir、时序逻辑以及控制单元cu组成。



运算器的作用是进行数据加工处理。运算器的核心是算术逻辑单元ALU，还包含一些寄存器，用来暂存参与运算的数据及运算结果。



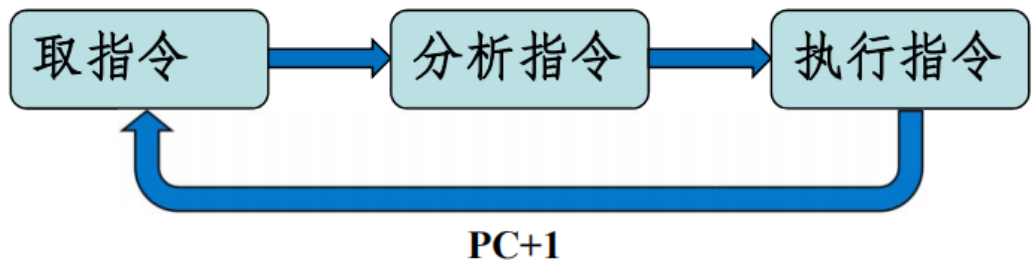
计算机运行程序

硬件运行程序的必要条件：

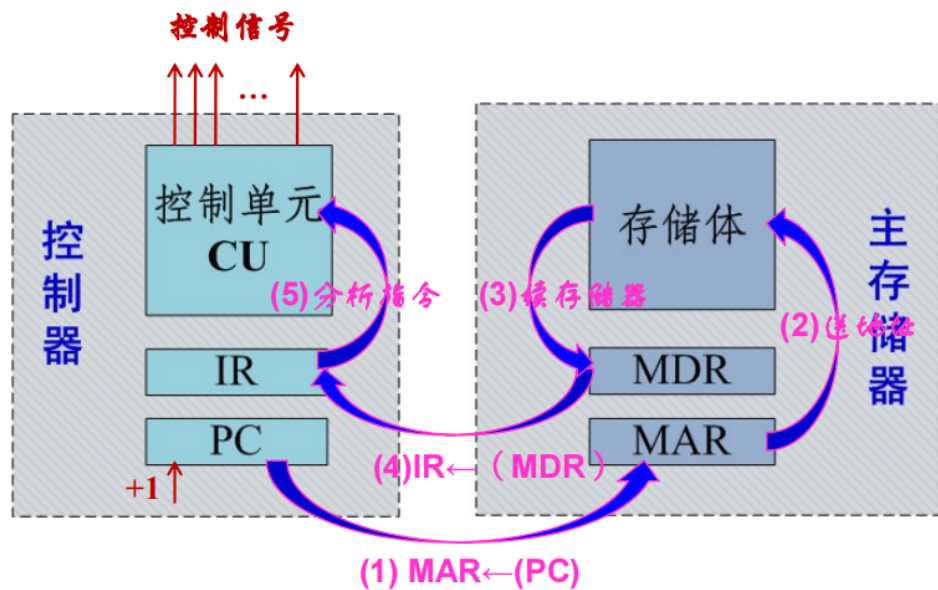
程序已被转换为机器指令系列，即可执行程序

可执行程序已经被加载到主存储器中，并将起始位置置于PC

程序运行过程

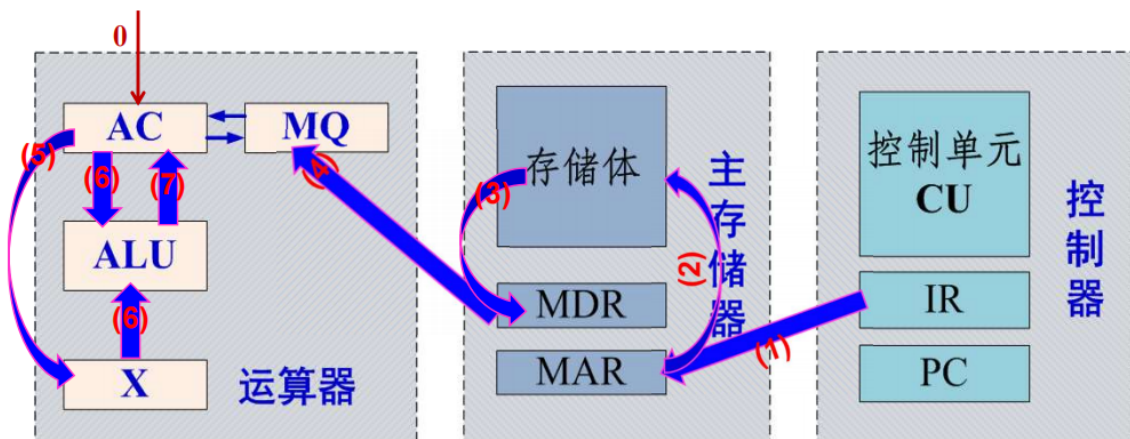


□ 取指令、分析指令



□ 执行指令

以乘法指令为例。 `imul eax, dword ptr [m (00404010)]`



1.4 计算机系统的性能

性能的定义

计算机系统的性能 = 功能 + 质量

在计算机系统满足一般**功能特性**前提下，性能高低通常以**时间特性**（或者速度特性）作为基本衡量标准。

一个完整的计算机系统是由**硬件子系统**和**软件子系统**所构成。硬件子系统性能和软件子系统性能**共同决定**一台计算机系统的性能。计算机系统的性能只能通过各类**软件在硬件上运行**而体现出来。

硬件技术指标

(1) 字长

字长概念：

机器字长： CPU能同时处理的数据位数，即数据字长。与CPU中寄存器的位数有关。

存储字长： 一个存储单元可存放的二进制代码位数。

指令字长： 一个指令所具有的二进制代码位数。

字节 (Byte)： 计算机中另一种数据表示单位。一个标准字节=八位二进制代码。

机器字长指标的意义：

对**结构**的影响：

机器字长=数据通路宽度=寄存器位数=ALU位数

对**性能**的影响：

字长越长，数据的表示范围越大，精度越高，运算速度越快。

对**造价**的影响：

字长越长，硬件需求量越多，造价越高。

三种字长的关系：

当前计算机通常规定:**机器字长=字节的 2^n 倍**。（常见机器字长为8位、16位、32位、64位等）

存储器**按字节编址**时，存储字长为**一个字节**；**按字编址**时，存储字长等于**机器字长**。

指令字长=字节的整数倍。（单字节指令、双字节指令、三字节指令等）

(2) 存储容量

主存容量指**主存**中可存放**二进制代码的总数**。容量的具体表示与主存的编址方式有关。

编制分类：

按字节编址

存储容量=存储字节数，单位：字节（B）如64KB。

按字编址

存储容量=存储字数X存储字长，单位：字（W）、位（b）如64KX32位。

(3) 运算速度

运算速度是衡量计算机系统**性能**的一项重要指标，其他很多指标可能仅仅只为这一指标服务。

- 常用单位时间内执行指令的平均条数来描述
- 也可测量程序运行时间，吉普森法：

$$T_M = \sum_{i=1}^n f_i t_i$$

T_M —— 程序综合运行时间
 f_i —— 第 i 种指令占程序全部指令的百分比数
 t_i —— 第 i 种指令的执行时间

常用单位：

MIPS (million instruction per second)：每秒执行百万条指令数。

CPI (cycle per instruction)：执行一条指令所需时钟周期数。

IPC：一个是时钟周期所运行指令数。

FLOPS (floating point operation per second)：每秒浮点运算次数

(4) 外存容量

外部存储器容量通常指硬盘容量，即硬盘能存储二进制信息总量一般以字节（B）为单位。

(5) 总线传输率

总线传输率通常指单位时间内系统总线上的数据传输量，也称为总线带宽，常用MB/S作为单位。一般可表示为：总线带宽=总线工作频率×总线宽度（字节数）。

思考题与习题

1.在计算机发展过程中，有哪些事件可认为是具有转折点和里程碑意义的？电子计算机的飞速发展，什么因素起着主要推动作用？

具有转折点和里程碑意义的事件：

- 1.1946年，第一台计算机ANIAC，标志信息时代开始；
- 2.1949年，第一台存储程序计算机EDSAC，现代计算机结构-冯诺依曼结构的第一个实现；
- 3.1961年，DEC推出PDP-1计算机，第一台晶体管计算机；
- 4.1964年，IBM推出system/360，第一台集成电路计算机；
- 5.1976年，Cray公司推出Gray-1，VLSI计算机开始普及。

计算机发展的推动因素：

- 1.应用需求促进计算机的产生和发展。
- 2.器件性能和制造工艺对早期计算机发展起重要作用。

3. **硬件和软件**技术相互促进共同发展。

4. 现代计算机的发展主要是**体系结构**的变革。

2. 说明高级语言、汇编语言、机器语言三者的差别和联系。

机器语言由0、1代码组成，是机器能识别和执行的一种语言；

汇编语言是面向机器的语言，它由一些特殊符号表示指令；

高级语言是面向用户的语言，它是一种接近数学的语言，直观、通用、与具体机器无关。

汇编语言必须通过汇编器翻译成机器语言才能被机器识别和执行；高级语言必须经过编译汇编或解释后才能被机器识别和执行。

3. 软硬件之间的界面是确定不变的吗？软硬件在功能设计上有何种关系存在？

软硬件之间的接口不是确定不变的；

软硬件在功能设计上是等价的关系，除了最基本的器件和电路外，任何硬件实现的操作都可以由软件实现，任何软件实现的操作也可以直接由硬件实现。

4. 你如何理解软硬件逻辑等价性？

计算机系统结构中，除了最基本的功能必须由硬件实现外，其他功能即可由硬件实现，也可以由软件实现。

对于某个特定功能来说，由软件还是硬件实现后所能达到的计算机系统的性能是有差异的。

通常，某个特定的功能由硬件实现比用软件实现的执行速度快，但由硬件实现比用软件实现的成本高。而由软件实现比硬件实现的灵活性好。

5. 冯诺依曼计算机的特点是什么？

计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大部件组成。

指令与数据均以二进制数形式表示。

指令与数据以同等地位存放于存储器内，并可以按地址访问。

指令由操作码和地址码组成，操作码表明操作的性质，地址码指出操作数的来源。

指令在存储器内按顺序存放。通常，指令是顺序执行的，也可以根据运算结果或某种设定条件改变指令执行顺序。

计算机以运算器为中心，输入输出设备与存储器之间的数据传送通过运算器完成。

6. 讨论将程序与数据存放在同一存储器中的优缺点？

优点：

主存只有一个地址空间，编程简单，管理容易，空间利用率高；

缺点：

指令与数据共享存储器访问总线，效率较低。

7.在存储程序计算机中，cpu正在执行的程序所包含的指令和数据均以二进制形式存储于主存储器，cpu需要区分指令与数据吗？为什么？cpu如何区分？

需要区分。

因为cpu将指令和数据从存储器取出后要进行不同的操作。取出指令后放到指令寄存器IR中，然后进行指令译码操作。而取出数据后放到数据寄存器中，然后进行算术逻辑等操作。

CPU通过不同的时间段来区分指令与数据，即：取指周期（或取指微程序）取出的即为指令，执行周期（或相应微程序）取出的即为数据。

另外也可通过地址来源区分，从pc指出的存储单元取出的是指令，由指令地址码部分提供操作数地址。

8.在存储程序计算机中，指令在主存储器中按顺序存放，其优点是什么？

可以比较方便地顺序存放和按顺序读取和执行；

顺序执行时指令寻址可以pc自增自动完成；

顺序执行时，指令中不需要给出下一条指令的地址，有利于缩短指令字长度。

9.有时候软件优化可以很大程度上提高计算机系统的性能。假设一个CPU执行一条乘法运算指令需要时10ns，减法指令需要1ns。请问： （1）执行 $d = axb - axc$ 需要花费CPU多少时间？（2）如何优化使执行时间减少？

（1）需要花费21ns。

（2）合并式为 $d = ax(b - c)$ 执行时间为11ns。
