

首先了解计算机体系结构、计算机组成原理、逻辑与数字系统这三门课程之间的关系。

(1) **计算机体系结构(Computer Architecture)**主要研究硬件和软件功能的划分, 确定硬件和软件的界面, 哪部分功能由硬件系统来完成, 哪部分功能由软件系统来完成。

(2) **计算机组成原理(Computer Organization)**是依据计算机体系结构, 在确定且分配了硬件子系统的概念结构和功能特性的基础上, 设计计算机各部件的具体组成, 以及它们之间的连接关系, 实现机器指令级的各种功能和特性, 这点上说计算机组成原理是计算机体系结构的逻辑实现。

(3) **计算机实现(Computer Implementation)**是计算机组成的物理实现, 包括中央处理器、主存储器、输入输出接口和设备的物理结构, 所选用的半导体器件的集成度和速度, 器件、模块、插件、底板的划分, 电源、冷却、装配等技术, 生产工艺和系统调试等各种问题。总之, 就是将完成逻辑设计的计算机组成方案转换成真实的计算机, 也就是将满足设计、运行、价格等各项要求的计算机系统真正地制作并调试出来。

# 计算机组成原理

## 【考查目标】

1. 理解单处理器计算机系统中各部件的内部工作原理, 组成结构以及相互连接方式, 具有完整的计算机系统的整机概念。
2. 理解计算机系统层次化结构概念, 熟悉硬件与软件间的界面, 掌握指令集体系结构的基本知识和基本实现方法
3. 能够运用计算机组成的基本原理和基本方法, 对有关计算机硬件系统中的理论 and 实际问题进行计算、分析, 并能对一些基本部件进行简单设计.

# 第 1 章 计算机系统概述

## (一) 计算机发展历程

第一台电子计算机 **ENIAC** 诞生于 1946 年美国宾夕法尼亚大学。ENIAC 用了 18000 电子管，1500 继电器，重 30 吨，占地 170m<sup>2</sup>，耗电 140kw，每秒计算 5000 次加法。冯·诺依曼(VanNeumann)首次提出存储程序概念，将数据和程序一起放在存储器，使编程更加方便，诞生 **EDVAC** 机。50 年来，虽然对冯·诺依曼机进行很多改革，但结构变化不大，仍称冯·诺依曼机。

注：ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)电子数字积分机和计算机。

EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)电子离散变量计算机。

一般把计算机的发展分为五个阶段：

表 1-1 计算机发展的五个阶段

发展阶段	时间	硬件技术	速度/(次/秒)
第一代	1946-1957	电子管计算机时代	40 000
第二代	1958-1964	晶体管计算机时代	200 000
第三代	1965-1971	中小规模集成电路计算机时代	1 000 000
第四代	1972-1977	大规模集成电路计算机时代	10 000 000
第五代	1978-现在	超大规模集成电路计算机时代	100 000 000

**摩尔定律：**微芯片上的集成管数目每 3 年翻两番。处理器的处理速度每 18 个月增长一倍。每代芯片的成本大约为前一代芯片成本的两倍

**新摩尔定律：**全球入网量每 6 个月翻一番。

数学家冯 诺依曼(von Neumann)在研究 EDVAC 机时提出了“储存程序”的概念。以此为的各类计算机通称为冯 诺依曼机。它有如下特点：

- ①计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出五部分组成；
- ②指令和数据以同等的地位存放于存储器内，并可按地址寻访；
- ③指令和数据均用二进制数表示；
- ④指令由操作码和地址码组成，操作码用来表示操作的性质，地址码用来表示操作数在存储器中的位置；

- ⑤指令在存储器内按顺序存放；
  - ⑥机器以运算器为中心，输入输出设备与存储器间的数据传送通过运算器完成。
- 图 1-1 为典型的冯 诺依曼计算机硬件框图。

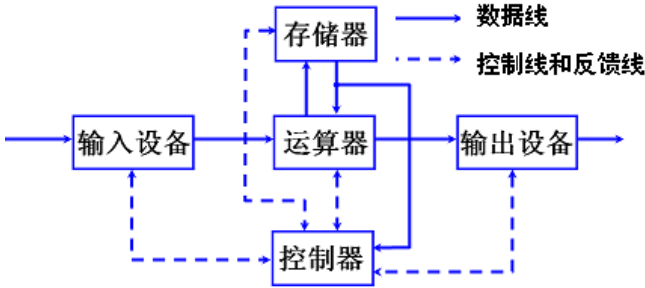


图 1-1 典型的冯·诺依曼计算机硬件框图

- 注：图中各部件的功能：
- 运算器用来完成算术运算和逻辑运算并将的中间结果暂存在运算器内
  - 存储器用来存放数据和程序
  - 控制器用来控制、指挥程序和数据的输入、运行以及处理运行结果
  - 输入设备用来将人们熟悉的信息转换为机器识别的信息
  - 输出设备将机器运算结果转为人熟悉的信息形式

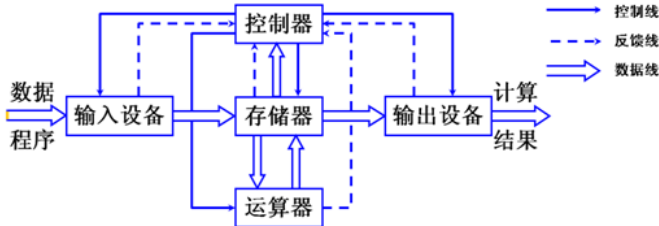


图 1-2 以存储器为中心的计算机硬件框图

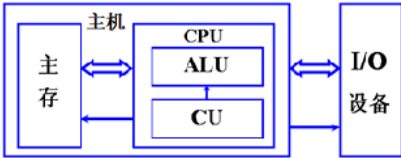


图 1-3 现代计算机硬件框图

图 1-4 为细化的现代计算机组成框图。

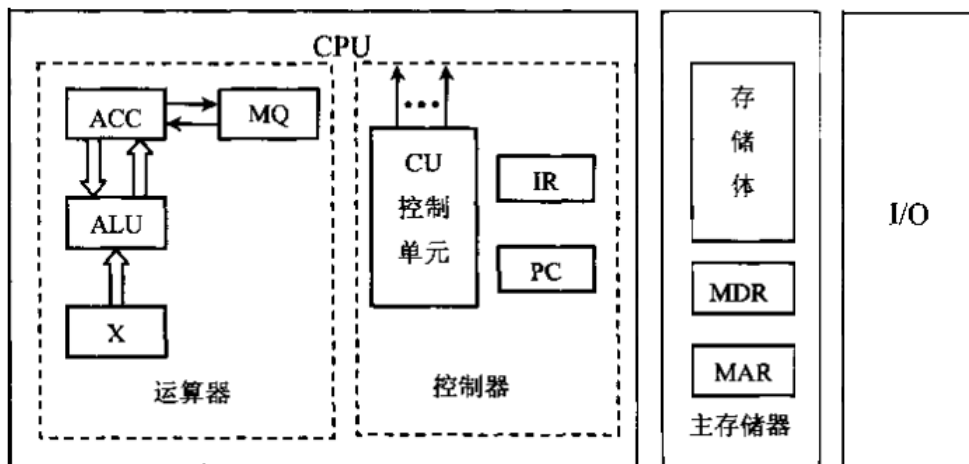


图 1-4 细化的计算机组成框图

(1) 存储器的基本组成，如图 1-5。

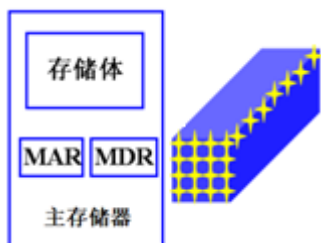


图 1-5 存储器的基本组成

①存储体部分：

存储体 --- 存储单元 --- 存储元件(0/1)

大楼 --- 房间 --- 床位(无人/有人)

存储单元：存放一串二进制代码

存储字：存储单元中的二进制代码的组合

存储字长：存储单元中二进制代码的位数，每个存储单元赋予一个地址号，按地址寻访。

② MAR：存储器地址寄存器，反映存储单元的个数。

③ MDR：存储器数据寄存器，反映存储字长。

设 MAR = 4 位，MDR = 8 位，则存储单元的个数为 16，存储字长为 8

(2) 运算器的基本组成及操作过程

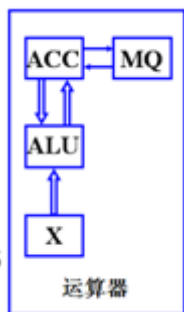
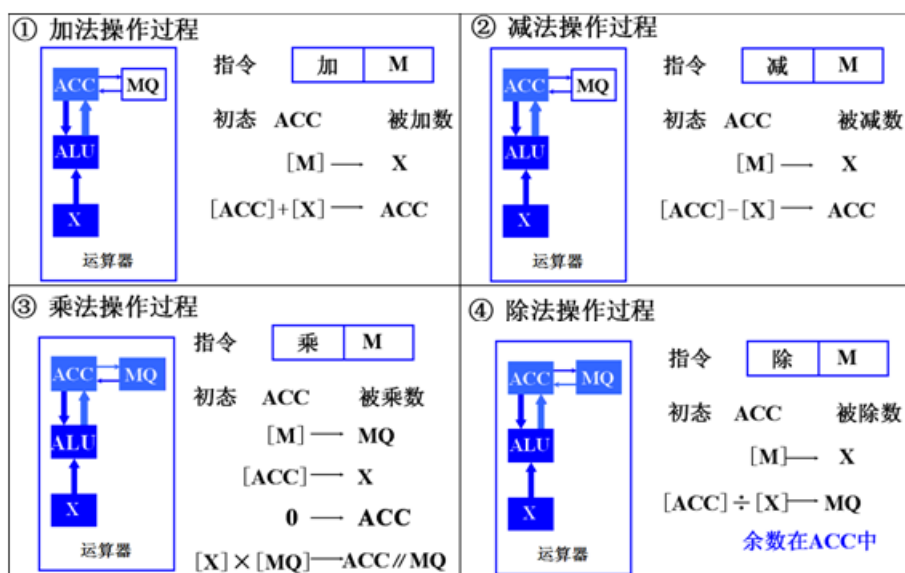


图 1-6 运算器的基本组成

运算器最少包括 3 个寄存器（现代计算机内部往往设有通用寄存器）和一个算术逻辑单元(ALU Arithmetic Logic Unit)。其中 ACC(Accumulator)为累加器，MQ(Multiplier-Quotient Register)为乘商寄存器，X 为操作数寄存器，这 3 个寄存器在完成不同运算时，所存放的操作数类别也各不相同。如表 1-2 所示。

表 1-2 运算器 3 种基本寄存器的用途

	ACC	MQ	X
加法	被加数、和		加数
减法	被减数、差		减数
乘法	乘积高位	乘数、乘积低位	被乘数
除法	被除数、余数	商	除数



### (3) 控制器的基本组成

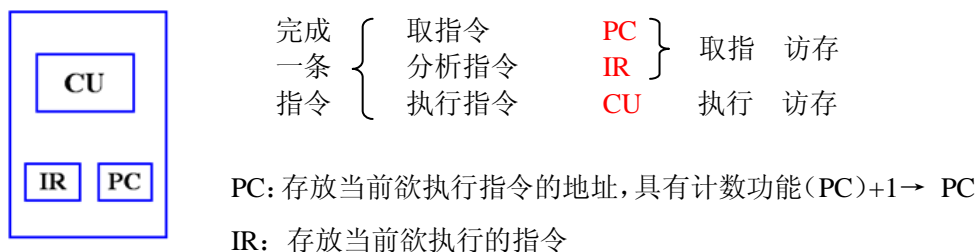


图 1-7 控制器的基本组成

### 计算机的主要硬件指标

- 机器字长: CPU 一次能处理数据的位数与 CPU 中得寄存器位数有关
- 运算速度: 主频
  - MIPS
  - CPI
  - FLOPS

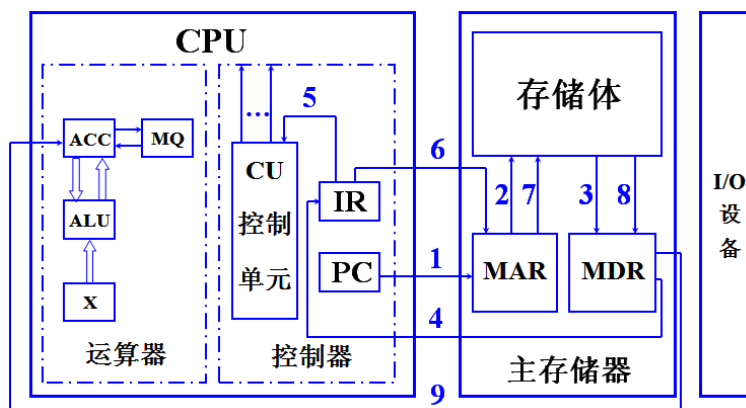
- 存储容量：存放二进制信息的总位数

- 主存容量：存储单元个数 X 存储字长

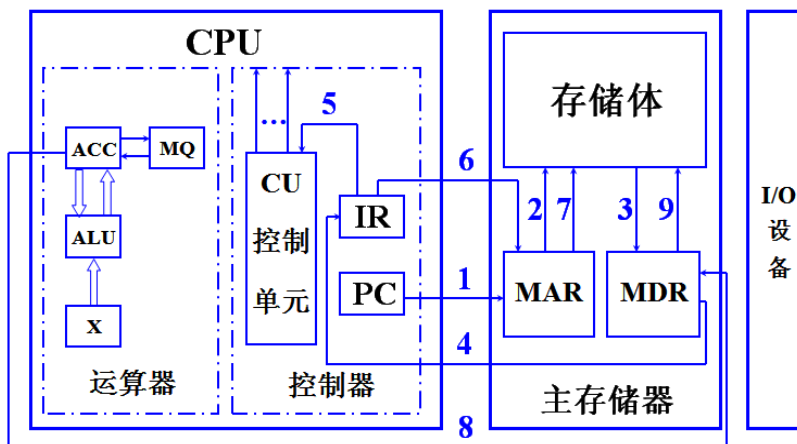
如：	MAR	MDR	容量	字节数
	10	8	1K x 8 位	1KB
	16	32	64K x 32 位	256KB

- 辅存容量：字节数 80GB

控制器控制主机完成一条指令的过程——以取数指令为例



控制器控制主机完成一条指令的过程——以存数指令为例

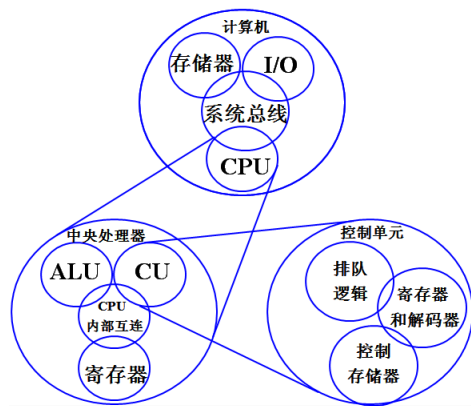


## (二) 计算机系统层次结构

### 1. 计算机硬件的基本组成

计算机硬件主要指计算机的实体部分，通常有运算器、控制器、存储器、输入和输出五部分。

CPU 是指将运算器和控制器集成到一个电路芯片中。



## 2. 计算机软件的分类

计算机软件按照面向对象的不同可分两类：

系统软件：用于管理整个计算机系统，合理分配系统资源，确保计算机正常高效地运行，这类软件面向系统。(包括：标准程序库，语言处理程序，OS，服务程序，数据库管理系统，网络软件)

应用软件：是面向用户根据用户的特殊要求编制的应用程序，这类软件通常实现用户的某类要求。

## 3. 计算机的工作过程

(1)计算机的工作过程就是执行指令的过程

指令由操作码和操作数组成：

操作码	地址码
-----	-----

操作码指明本指令完成的操作；

地址码指明本指令的操作对象。

(2)指令的存储：指令按照存储器的地址顺序连续的存放在存储器中。

(3)指令的读取：为了纪录程序的执行过程，需要一个记录读取指令地址的寄存器，称为指令地址寄存器，或者程序计数器。指令的读取就可以根据程序计数器所指出的指令地址来决定读取的指令，由于指令通常按照地址增加的顺序存放，故此，每次读取一条指令之后，程序计数器加一就为读取下一条指令做好准备。

(4)执行指令的过程：在控制器的控制下，完成以下三个阶段任务：

- 1)取指令阶段：按照程序计数器取出指令，程序计数器加一；
- 2)指令译码阶段：分析操作码，决定操作内容，并准备操作数；
- 3)指令执行阶段：执行操作码所指定内容。

### (三) 计算机性能指标

#### 1. 吞吐量，响应时间

(1) 吞吐量：单位时间内的数据输出数量。

(2) 响应时间：从事件开始到事件结束的时间，也称执行时间。

#### 2. CPU 时钟周期，主频，CPI，CPU 执行时间

(1) CPU 时钟周期：机器主频的倒数， $T_C$

(2) 主频：CPU 工作主时钟的频率，机器主频  $R_c$

(3) CPI：执行一条指令所需要的平均时钟周期

(4) CPU 执行时间：

$$T_{CPU} = I_n \times CPI \times T_C$$

$I_n$  执行程序中指令的总数

CPI 执行每条指令所需的平均时钟周期数

$T_C$  时钟周期时间的长度

#### 3. MIPS，MFLOPS

(1) MIPS: (Million Instructions Per Second)

$$MIPS = \frac{\text{指令条数}}{\text{执行时间} \times 10^6} = \frac{I_n}{T_e \times 10^6} = \frac{\text{时钟频率}}{CPI \times 10^6} = \frac{I_n}{I_n \times CPI \times T_c \times 10^6} = \frac{R_c}{CPI \times 10^6}$$

$T_e$ : 执行该程序的总时间=指令条数/(MIPS $\times 10^6$ )

$I_n$ : 执行该程序的总指令数

$R_c$ : 时钟周期  $T_c$  的倒数

MIPS 只适合评价标量机，不适合评价向量机。标量机执行一条指令，得到一个运行结果。而向量机执行一条指令，可以得到多个运算结果。

(2) MFLOPS: (Million Floating Point Operations Per Second)

$$MFLOPS = I_{fn} / (T_e \times 10^6)$$

$I_{fn}$ : 程序中浮点数的运算次数

MFLOPS 测量单位比较适合于衡量向量机的性能。一般而言，同一程序运行在不同的计算机上时往往会执行不同数量的指令数，但所执行的浮点数个数常常是相同的。

特点：



- ① MFLOPS 取决于机器和程序两方面，不能反映整体情况，只能反映浮点运算情况
- ② 同一机器的浮点运算具有一定的同类可比性，而非同类浮点操作仍无可比性。

## （四）计算机的展望

### 1.当前微处理器的发展重点

- ① 进一步提高复杂度来提高处理器性能
- ② 通过线程进程级的并发性提高处理器性能
- ③ 将存储器集成到处理器芯片来提高处理器性能
- ④ 发展嵌入式处理器

### 2.软件开发有以下几个特点

- ① 开发周期长
- ② 制作成本昂贵
- ③ 检测软件产品质量的特殊性

### 3.未来计算机展望

- ① 计算机具有类似人脑的一些超级智能功能
- ② 芯片集成度的提高受以下三方面的限制
  - 芯片集成度受物理极限的制约
  - 按几何级数递增的制作成本
  - 芯片的功耗、散热、线延迟