

# 概论

2025年9月

北京理工大学计算机学院

在本章中我们将从存储程序的概念入手，讨论计算机的基本组成与工作原理，使大家对于计算机系统先有一个简单的整体概念，为今后深入讨论各个部件打下基础。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

- 1.1 电子计算机与存储程序控制
- 1.2 计算机的硬件组成
- 1.3 计算机系统
- 1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

2025年9月

北京理工大学计算机学院

电子计算机是一种不需要人工直接干预，能够自动、高速、准确的对各种信息进行处理和存储的电子设备。

可以有非电子计算机（如：光计算机、量子计算机、超导计算机等）。

可以有非数字计算机（如：模拟计算机）。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

## 1.1.1 电子计算机的发展

世界上第一台电子数字计算机是1946年2月问世的**ENIAC**。

**ENIAC**的设计开始于1943年，该机一直使用到1955年。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

### ENIAC的特点：

- 采用十进制
- 20个10位的累加器
- 用开关手动编程
- 18,000个电子管
- 重30吨
- 占地170平方米
- 耗电170 KW
- 5,000次/秒加法运算




2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.1 电子计算机与存储程序控制 计算机组成原理

### 1.1.2 存储程序概念

美籍匈牙利数学家冯·诺依曼等人在1945年6月提出存储程序概念。



2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.1 电子计算机与存储程序控制 计算机组成原理

### 存储程序概念：

- (1) 计算机（指硬件）应由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件组成；
- (2) 计算机内部采用二进制来表示指令和数据；
- (3) 将编好的程序和原始数据事先存入存储器中，然后再启动计算机工作，这就是存储程序的基本含义。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.1 电子计算机与存储程序控制 计算机组成原理

**EDVAC** 冯·诺依曼设计的存储程序计算机 1951年诞生。

**EDSAC** 事实上的第一台存储程序计算机 1949年诞生。

目前绝大多数计算机仍建立在存储程序概念的基础上，称冯·诺依曼型计算机。

也出现了一些突破冯·诺依曼结构的计算机，统称非冯结构计算机，如：数据驱动的数据流计算机、需求驱动的归约计算机和模式匹配驱动的智能计算机等。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

第1章 计算机组成原理

## 1.1 电子计算机与存储程序控制

## 1.2 计算机的硬件组成

## 1.3 计算机系统

## 1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

### 中央处理器（CPU）

**CPU = 运算器 + 控制器**

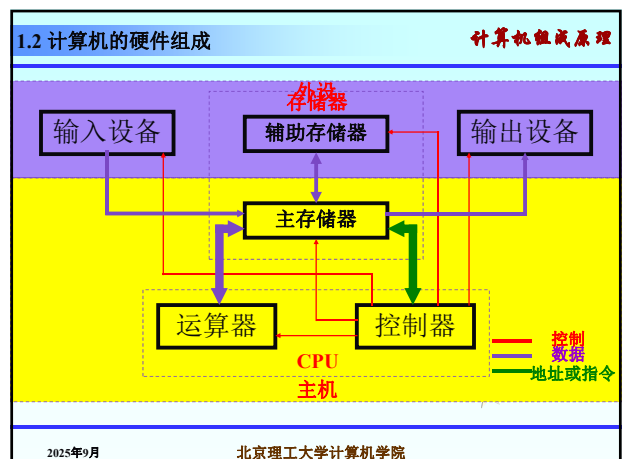
主机

**主机 = 中央处理器 + 主存储器** 注意

外部设备

除去主机以外的硬件装置（如输入设备、输出设备、辅助存储器等）

2025年9月 北京理工大学计算机学院



1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

1.2.1 计算机的主要部件

1.输入设备

输入设备的任务是把人们编好的程序和原始数据送到计算机中去，并且将它们转换成计算机内部所能识别和接受的信息方式。常用的有键盘、鼠标、扫描仪等。

2.输出设备

输出设备的任务是将计算机的处理结果以人或其他设备所能接受的形式送出计算机。常用的有显示器、打印机、绘图仪等。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

3.存储器

存储器是用来存放程序和数据部件，它是一个记忆装置，也是计算机能够实现“存储程序控制”的基础。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

三级存储系统

Cache

主存储器

辅助存储器

速度

快

慢

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

三级存储系统

Cache

主存储器

辅助存储器

容量

小

大

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

三级存储系统

Cache

主存储器

辅助存储器

价格/位

贵

贱

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

主存储器

可由CPU直接访问，用来存放当前正在执行的程序和数据。

Cache

主存储器

辅助存储器

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

**辅助存储器**

设置在主机外部，CPU不能直接访问，用来存放暂时不参与运行的程序和数据，需要时再传送到主存。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

**高速缓冲存储器（Cache）**

CPU可以直接访问，用来存放当前正在执行的程序中的活跃部分（副本），以便快速地向CPU提供指令和数据。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

**4.运算器**

运算器是对信息进行处理和运算的部件，经常进行的运算是算术运算和逻辑运算，因此运算器的核心是**算术逻辑运算部件ALU**。

运算器中有若干个寄存器（如累加寄存器、暂存器等）。

**5.控制器**

控制器是整个计算机的指挥中心。

控制器中主要包括时序控制信号形成部件和一些专用的寄存器。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

**1.2.2 各大部件之间的连接**

将各大基本部件，按某种方式连接起来就构成了计算机的硬件系统。

**1.总线结构（小、微型机的典型结构）**

目前许多计算机的各大基本部件之间是用总线（Bus）连接起来的。

**总线是一组能为多个部件服务的公共信息传送线路，它能分时地发送与接收各部件的信息。**

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

**总线特点：**

**共享**

**分时**

小型、微型机的设计目标是以较小的硬件代价组成具有较强功能的系统，而总线结构正好能满足这一要求。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成 计算机组成原理

**单总线结构**

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

单总线并不是指只有一根信号线。系统总线按传送信息的不同又可以细分为：**地址总线、数据总线和控制总线**。地址总线（Address Bus）由单方向的多根信号线组成，用于CPU向主存、外设传输地址信息；数据总线（Data Bus）由双方向的多根信号线组成，CPU可以沿这些线从主存或外设读入数据，也可以沿这些线向主存或外设送出数据；控制总线（Control Bus）上传输的是控制信息，包括CPU送出的控制命令和主存/外设反馈给CPU的状态信号。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

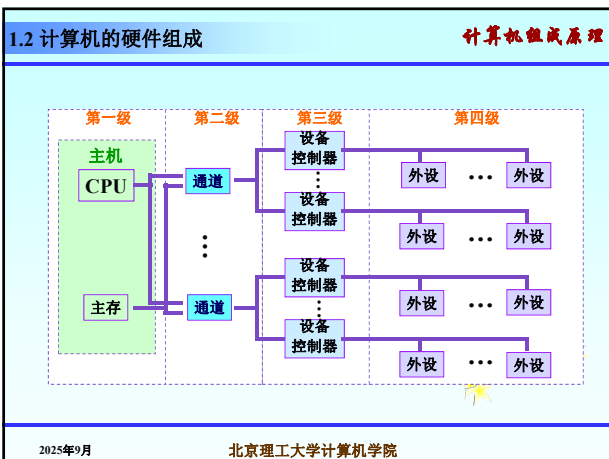
2.大、中型计算机的典型结构

大、中型计算机系统的设计目标更着重于系统功能的扩大与效率的提高。

通道是承担I/O操作管理的主要部件，主机可以连接多个通道，每个通道可以接一台或几台设备控制器，每个设备控制器又可接一台或几台外部设备，这样整个系统就可以连接很多的外部设备。

2025年9月

北京理工大学计算机学院



1.2 计算机的硬件组成

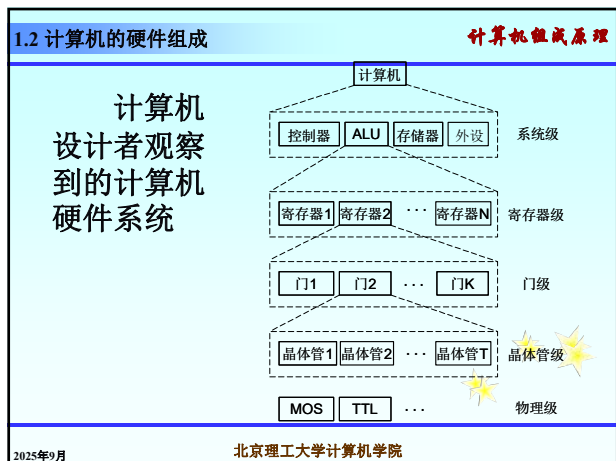
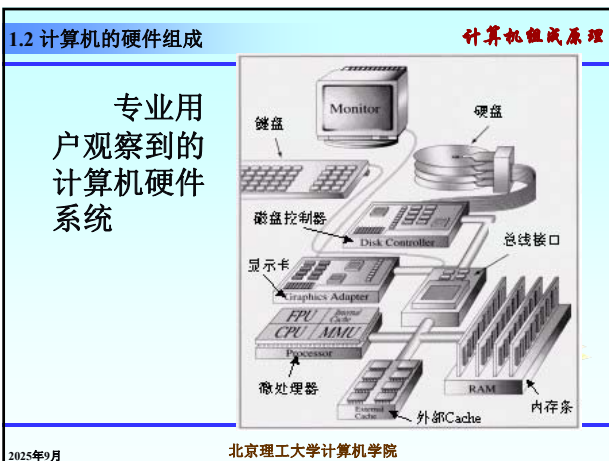
计算机组成原理

1.2.3 不同对象观察到的计算机硬件系统

一般用户观察到的计算机硬件系统

2025年9月

北京理工大学计算机学院



1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

1.2.4 冯·诺依曼结构和哈佛结构的存储器设计思想

1.冯·诺伊曼结构

冯·诺依曼结构也称普林斯顿结构，是一种将程序指令存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构。指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不同物理位置。

使用冯·诺伊曼结构的中央处理器有很多。如Intel公司的**80X86**、ARM公司的**ARM7**、MIPS公司的**MIPS**等都采用了冯·诺伊曼结构。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

冯·诺依曼结构的存储器设计

```

graph LR
    CPU[CPU] <-->|地址总线| Bus
    CPU <-->|数据总线| Bus
    Bus <--> Memory[存储器]
    
```

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

2.哈佛结构

哈佛结构是一种将程序指令存储和数据存储分开的存储器结构。CPU首先到指令存储器中读取指令内容，译码后得到数据地址，再到相应的数据存储器中读取数据，并进行下一步的操作（通常是执行）。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

哈佛结构的处理器通常具有较高的执行效率。其指令和数据分开组织和存储的，执行时可以预先读取下一条指令。

目前使用哈佛结构的中央处理器也有很多，如MOTOROLA公司的MC68系列、Zilog公司的Z8系列和ARM公司的ARM9、ARM10和ARM11等。

微机中的L1 Cache采用的是哈佛结构，即分为指令Cache和数据Cache。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.2 计算机的硬件组成

计算机组成原理

哈佛结构的存储器设计

```

graph LR
    CPU[CPU] <-->|PM地址总线| PM[程序存储器]
    CPU <-->|PM数据总线| PM
    CPU <-->|DM地址总线| DM[数据存储器]
    CPU <-->|DM数据总线| DM
    
```

2025年9月

北京理工大学计算机学院

第1章

计算机组成原理

1.1 电子计算机与存储程序控制

1.2 计算机的硬件组成

1.3 计算机系统

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

2025年9月

北京理工大学计算机学院



1.3 计算机系统

计算机组成原理

注意

计算机系统=硬件系统+软件系统

硬件通常是指一切看得见，摸得到的设备实体；软件通常是泛指各类程序和文件，它们实际上是由一些算法以及其在计算机中的表示所构成的。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.3 计算机系统

计算机组成原理

1.3.1 硬件与软件的关系

硬件是计算机系统的物质基础，软件是计算机系统的灵魂。硬件和软件是相辅相成的，不可分割的整体。

当前计算机的硬件和软件正朝着互相渗透，互相融合的方向发展，在计算机系统中没有一条明确的硬件与软件的分界线。硬件和软件之间的界面是浮动的，对于程序设计人员来说，硬件和软件在逻辑上是等价的。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.3 计算机系统

计算机组成原理

硬件软化：原来由硬件实现的操作改由软件来实现。它可以增强系统的功能和适应性。

软件硬化：原来由软件实现的操作改由硬件来实现。它可以显著降低软件在时间上的开销。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.3 计算机系统

计算机组成原理

固件是指那些存储在能永久保存信息的器件（如ROM）中的程序，是具有软件功能的硬件。固件的性能指标介于硬件与软件之间，吸收了软、硬件各自的优点，其执行速度快于软件，灵活性优于硬件，是软、硬件结合的产物，计算机功能的固件化将成为计算机发展中的一个趋势。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.3 计算机系统

计算机组成原理

1.3.2 系列机和软件兼容

系列机是指一个厂家生产的，具有相同的系统结构，但具有不同组成和实现的一系列不同型号的机器。

系列机应在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式、输入/输出操作方式等方面保持统一，从而保证软件的兼容性。

软件兼容：向上兼容

向下兼容

向前兼容

向后兼容

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.3 计算机系统

计算机组成原理

机器档次

向上兼容

向下兼容

当前机器

向前兼容

向后兼容

时间

2025年9月

北京理工大学计算机学院



1.3 计算机系统 计算机组成原理

### 1.3.4 实际机器和虚拟机器

对每一个机器级的用户来说，都可以将此机器级看成是一台独立的使用自己特有的“机器语言”的机器。

在计算机系统的多层次结构中，除第0、1、2级外，上面四级均为虚拟机。

虚拟计算机是指这个计算机只对该级的观察者存在。对某一层次的观察者来说，他只能是通过该层次的语言来了解和使用的计算机，至于下层是如何工作和实现的不必关心了。简而言之，**虚拟计算机是指以软件或以软件为主实现的机器。**

2025年9月 北京理工大学计算机学院

第1章 计算机组成原理

- 1.1 电子计算机与存储程序控制
- 1.2 计算机的硬件组成
- 1.3 计算机系统
- 1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

2025年9月 北京理工大学计算机学院

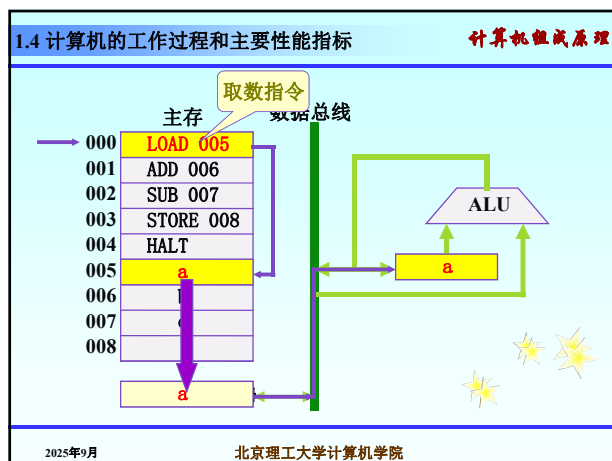
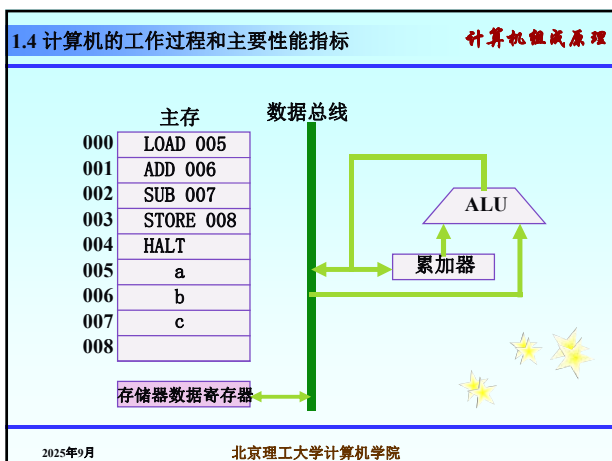
1.4 计算机的工作过程和主要性能指标 计算机组成原理

### 1.4.1 计算机的工作过程

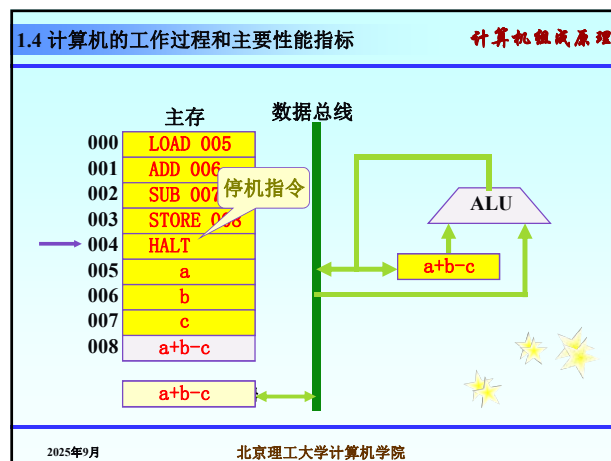
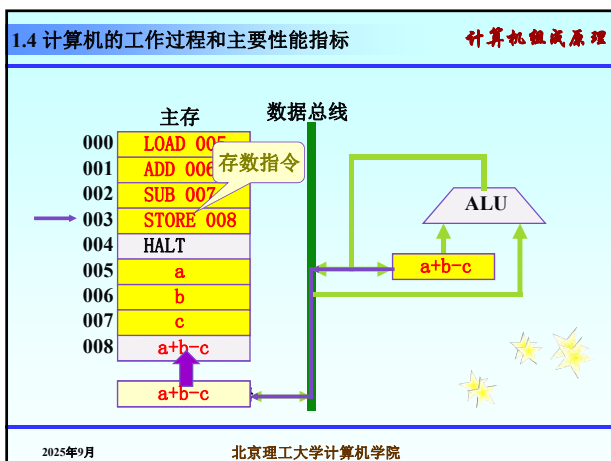
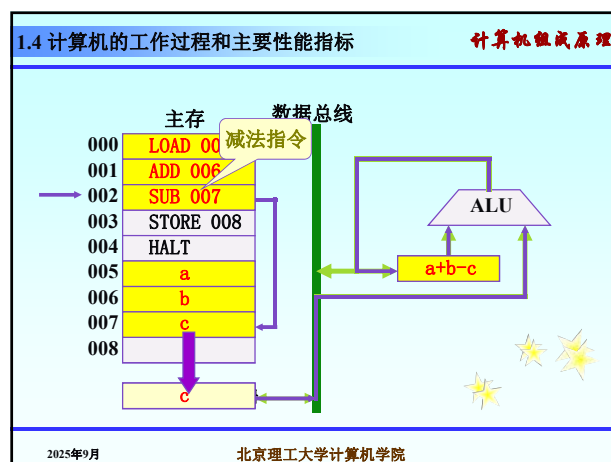
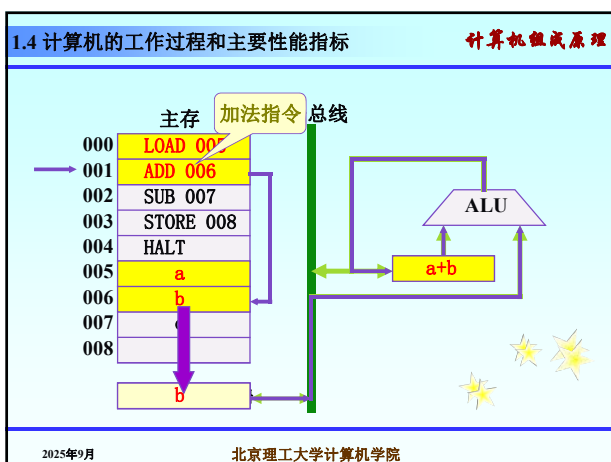
将编制好的程序放在主存中，由控制器控制逐条取出指令执行，以计算 $a+b-c=?$ 为例加以说明。

设 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 为已知的3个数，分别存放在主存的5~7号单元中，结果将存放在主存的8号单元。

2025年9月 北京理工大学计算机学院







1.4 计算机的工作过程和主要性能指标 计算机组成原理

### 1.4.2 计算机的主要性能指标

#### 1. 机器字长

机器字长是指参与运算的数的基本位数，它是由加法器、寄存器、数据总线的位数决定的。

在计算机中为了更灵活地表达和处理信息，许多计算机又以**字节 (Byte)**为基本单位，一个字节等于8位二进制**位 (bit)**。

不同的计算机，字 (Word) 可以不相同，但对于系列机来说，在同一系列中，字却是固定的，如80X86系列中，一个字等于16位；IBM303X系列中，一个字等于32位。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标 计算机组成原理

### 1.4.2 计算机的主要性能指标

#### 2. 数据通路宽度

数据总线一次所能并行传送信息的位数，称为**数据通路宽度**。它影响到信息的传送能力，从而影响计算机的有效处理速度。这里所说的数据通路宽度是指外部数据总线的宽度，它与CPU内部的数据总线宽度（内部寄存器的大小）有可能不同。

内、外数据通路宽度相等的CPU有：Intel 8086、80286、80486等；

外部 < 内部的CPU有：8088、80386SX等；

外部 > 内部的CPU有：Pentium等。

2025年9月 北京理工大学计算机学院

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

计算机组成原理

3.主存容量

一个主存储器所能存储的全部信息量称为主存容量。衡量主存容量单位有两种：

- ① 字节数。这类计算机称为字节编址的计算机。每1024个字节称为1K字节 ( $2^{10}=1K$ )，每1024K字节称为1M字节 ( $2^{20}=1M$ )，每1024M字节称为1G字节 ( $2^{30}=1G$ )，每1024G字节称为1T字节 ( $2^{40}=1T$ )。
- ② 字数×字长。这类计算机称为字编址的计算机。如：4096×16表示存储器有4096个存储单元，每个存储单元字长为16位。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

计算机组成原理

4.运算速度

(1)吞吐量 and 响应时间

吞吐量是指系统在单位时间内处理请求的数量。响应时间是指系统对请求作出响应的的时间，响应时间包括CPU时间（运行一个程序所花费的时间）与等待时间（用于磁盘访问、存储器访问、I/O操作、操作系统开销等时间）的总和。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

计算机组成原理

(2)主频和CPU时钟周期

CPU的主频又称为时钟频率，表示在CPU内数字脉冲信号振荡的速度。主频的倒数就是CPU时钟周期，这是CPU中最小的时间元素。

(3) CPI

CPI (Cycles per Instruction) 就是每条指令执行所用的时钟周期数。

2025年9月

北京理工大学计算机学院

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

计算机组成原理

(4)MIPS和MFLOPS

MIPS表示每秒百万条指令。

MFLOPS每秒表示百万次浮点运算。

$$MIPS = \frac{\text{指令条数}}{\text{执行时间} \times 10^6} = \frac{\text{主频}}{CPI}$$

$$MFLOPS = \frac{\text{浮点操作次数}}{\text{执行时间} \times 10^6}$$

2025年9月

北京理工大学计算机学院

第1章 小结

计算机组成原理

1.1 电子计算机与存储程序控制

- 存储程序概念
- 主机

1.2 计算机系统的硬件组成

- 计算机的五大基本部件
- 总线结构
- 大、中型机的典型结构
- 冯·诺依曼结构和哈佛结构

2025年9月

北京理工大学计算机学院

第1章 小结

计算机组成原理

1.3 计算机系统

- 计算机系统
- 硬件和软件的关系
- 系列机概念
- 软件兼容
- 固件的概念
- 虚拟机概念

1.4 计算机的工作过程和主要性能指标

- 主要性能指标
- 机器字长、数据通路宽度、主存容量

2025年9月

北京理工大学计算机学院