

Lecture 1: 知识 - 计算机系统层次结构

知识点

计算机系统的基本组成

概念

- 硬件：
 - 有形的物理设备，是计算机系统在实际物理装置的总称；
- 软件：
 - 在硬件上运行的程序以及相关的数据即文档；
- 注：
 - 1. 计算机性能的好坏，主要是通过软件的效率以及作用体现出来的；
 - 2. 若一功能既可以使用硬件实现、又可以使用软件实现，则称其是**软/硬件在逻辑功能上是等价的**；

计算机硬件的基本结构

冯诺依曼机的基本思想

概念：冯诺依曼机特点

- 1. 计算机由五大部件组成，分别为：运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备；
- 2. 采用**存储程序**的工作方式；
- 3. 数据和指令均采用二进制代码的形式；
- 4. 指令和数据以同等地位存于存储器，但计算机能区分它们（指令不同阶段）；
- 5. 指令由操作码和地址码构成，操作码指明**操作的类型**，地址码指出操作的地址；

概念：存储程序的思想

- 概念：
 - 将指令以二进制代码的形式事先输入计算机的主存储器，然后按其在存储器中的首地址执行程序的第一条指令，以后就按该程序的规定顺序执行其他指令，直至程序执行结束；
- 分析：

【2019 统考真题】下列关于冯·诺依曼计算机基本思想的叙述中，错误的是（ ）。

 - A. 程序的功能都通过中央处理器执行指令实现
 - B. 指令和数据都用二进制数表示，形式上无差别
 - C. 指令按地址访问，数据都在指令中直接给出
 - D. 程序执行前，指令和数据需预先存放在存储器中
- CPU 区分不同的指令、依靠的是指令周期的不同阶段，C 错误；

计算机的功能部件

概念：输入设备

- 输入设备的主要功能是将程序和数据以机器所能识别和接受的信息形式输入计算机；

概念：输出设备

- 输出设备的任务是将计算机处理的结果以人们所能接受的形式或其他系统所要求的信息形式输出；

概念：存储器

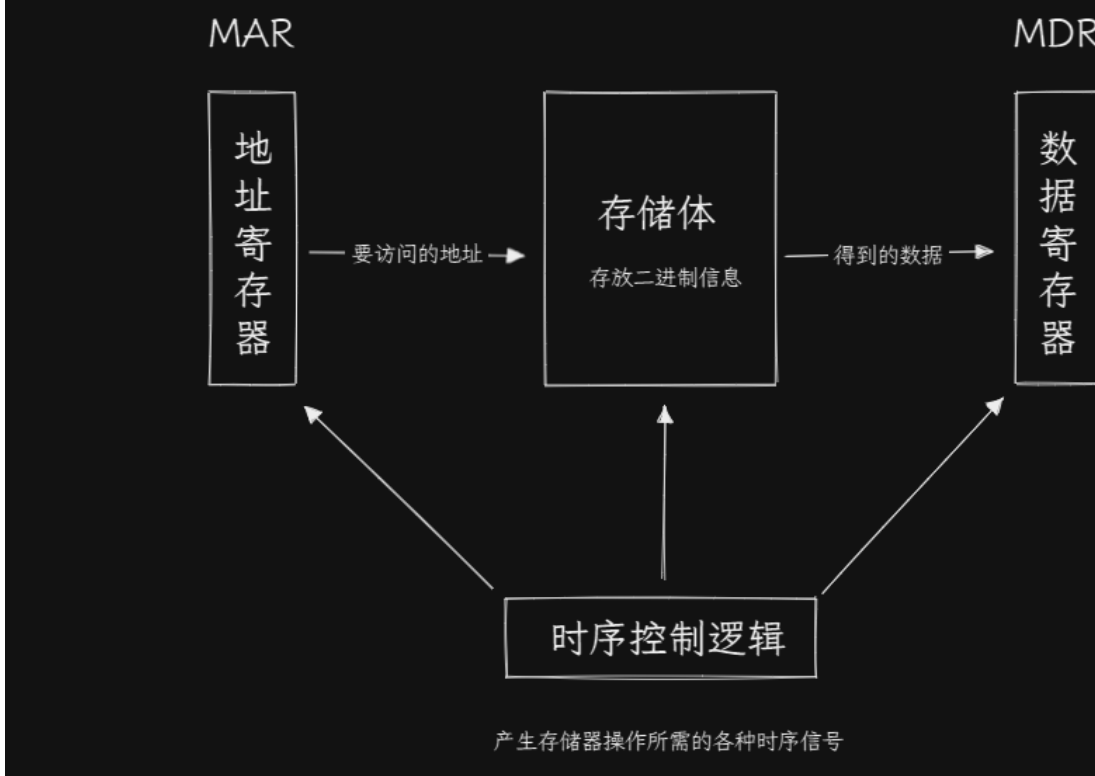
- 种类：
 - 主存储器；
 - 辅存储器；
- 基本概念：
 - 存储器分为主存储器（也称内存储器或主存）和辅助存储器（也称外存储器或外存）；
- 主存储器：
 - 1. CPU 能够直接访问的存储器是主存储器；
 - 2. 主存储器的工作方式是按存储单元的地址进行存取，这种存取方式称为**按地址存取方式**；
- 辅存储器：
 - 1. 辅助存储器用于帮助主存储器记忆更多的信息；
 - 2. 辅助存储器中的信息必须调入主存储器后才能为 CPU 所访问；

主存储器组成结构

- 存储体：
 - 概念：
 - 存储体由许多**存储单元**组成，每个存储单元包含若干**存储元件**，每个存储元件存储一位二进制代码“0”或“1”；
 - 存储单元可存储**一串二进制代码**，称这串代码为**存储字**；
 - 关系：
 - 物理关系：存储体 $\rightarrow$ 存储单元 $\rightarrow$ 存储元件；
 - 逻辑关系：存储字长 $\rightarrow$ 存储字 $\rightarrow$ 二进制数据；
- MAR：
 - 用于寻址，其位数反映最多可寻址的**存储单元**的个数；
 - 举例：如 MAR 为 10 位，则最多有 $2^{10} = 1024$ 个存储单元，记为 1K
 - MAR 的长度与 PC 的长度相等；
- MDR
 - 其位数通常等于**存储字长**，一般为字节的 2 次幂的整数倍；
- 图示：

存放访问地址，经过地址译码后找到所选的存储单元

暂存要从存储器中读或写的信息



概念：运算器

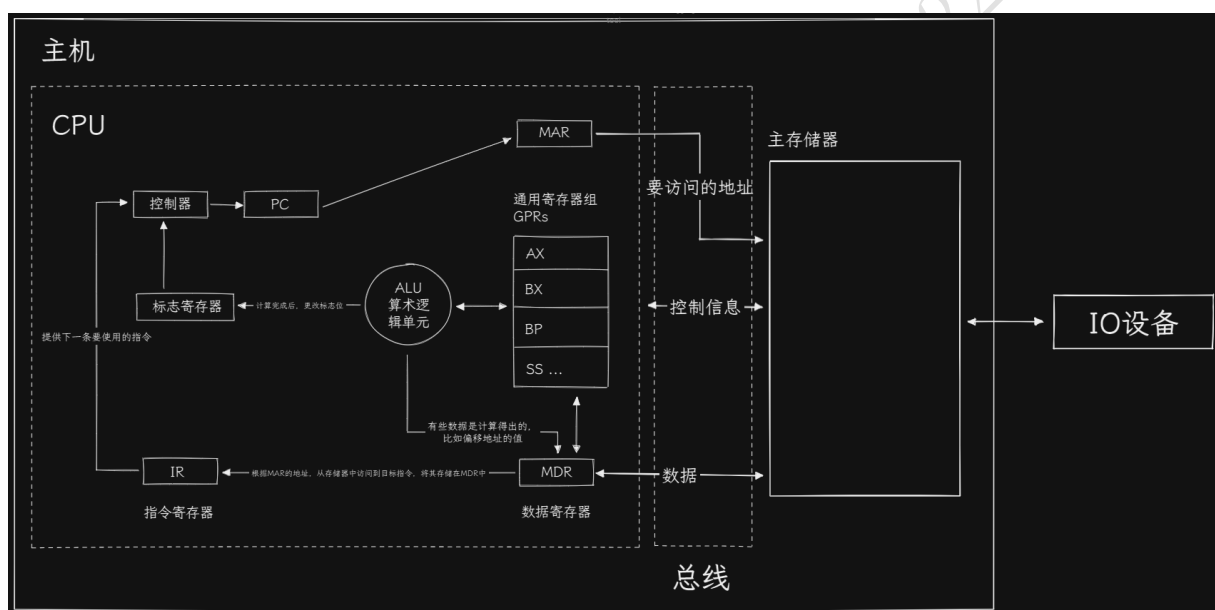
- 功能：
 - 运算器是计算机的执行部件，用于进行算术运算和逻辑运算；
 - 算术运算：按算术运算规则进行的运算，如加、减、乘、除；
 - 逻辑运算：包括与、或、非、异或、比较、移位等运算；
- 组成：
 - 算术逻辑单元 (Arithmetic and Logic Unit, ALU)；
 - 若干通用寄存器：
 - 用于暂存操作数和中间结果，如累加器 (ACC)、乘商寄存器 (MO)、操作数寄存器 (X)、变址寄存器 (IX)、基址寄存器
 - 程序状态寄存器 (PSW)
 - 也称标志寄存器，用于存放 ALU 运算得到的一些标志信息或处理机的状态信息，如结果是否溢出、有无产生进位或借位、结果是否为负等

概念：控制器

- 功能：
 - 控制器是计算机的指挥中心，由其“指挥”各部件自动协调地进行工作；
- 组成：
 - 程序计数器 (PC)
 - PC 用来存放当前欲执行**指令的地址**，具有自动加 1 的功能，可自动形成下一条指令的地址；
 - 注意：是指令的地址，不是指令本身。指令本身执行时存储在 IR 中；
 - 它与主存储器的 MAR 之间有一条直接通路

- 注意：这里的“1”指一条指令的长度
- 指令寄存器 (IR)
 - IR 用来存放当前的指令，其内容来自主存储器的 MDR；
 - 地址码 Ad(IR) 送往 MAR，用以取操作数；
- 控制单元 (CU)
 - 指令中的操作码 OP (IR) 送至 CU，用以分析指令并发出各种微操作命令序列
- 总线
 - CPU 和主存储器之间通过一组总线相连，总线中有地址、控制和数据 3 组信号线；
 - MAR 中的地址信息会直接送到地址线上，用于指向读/写操作的主存储器存储单元；
 - 控制线中有读/写信号线，指出数据是从 CPU 写入主存储器还是从主存储器读出到 CPU，根据是读操作还是写操作来控制将 MDR 中的数据是直接送到数据线上还是将数据线上的数据接收到 MDR 中；

• 图示



计算机上的软件

概念：三类程序

- 1) 汇编程序 (汇编器):
 - 将汇编语言程序翻译成机器语言程序；
- 2) 解释程序 (解释器):
 - 将源程序中的语句按执行顺序逐条翻译成机器指令并立即执行；
- 3) 编译程序 (编译器):
 - 将高级语言程序翻译成汇编语言或机器语言程序；

概念：软/硬件逻辑功能等价性

- 若一功能既可以使用硬件实现、又可以使用软件实现，则称其是软/硬件在逻辑功能上是等价的；

计算机系统的层次结构

概念：五层划分

- 第 1 级
 - **微程序机器层：**
 - 是一个实在的硬件层，它由机器硬件直接执行微指令；
- 第 2 级
 - **传统机器语言层；**
 - 它也是一个实际的机器层，由微程序来解释机器指令系统；
- 第 3 级
 - **操作系统层；**
 - 它由操作系统程序实现。操作系统程序是由机器指令和广义指令组成的，这些广义指令是为了扩展机器功能而设置的，是由操作系统定义和解释的软件指令，所以这一层也称混合层；
- 第 4 级
 - **汇编语言层；**
 - 这一层由汇编程序支持和执行，借此可编写汇编语言源程序；
- 第 5 级
 - **高级语言层；**
 - 它是面向用户的，是为方便用户编写应用程序而设置的；
 - 该层由各种高级语言编译程序支持和执行；

概念：ISA - 指令集体系结构

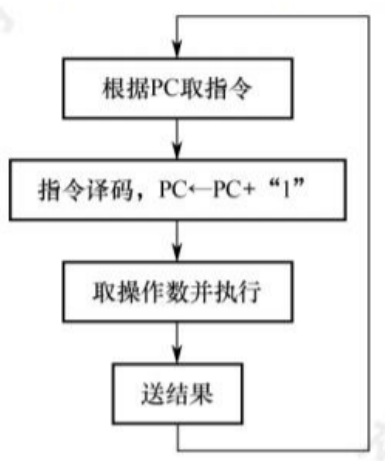
- ISA 定义了一台计算机可以执行的所有指令的集合，每条指令规定了计算机执行什么操作，以及所处理的操作数存放的地址空间和操作数类型；

计算机系统的工作原理

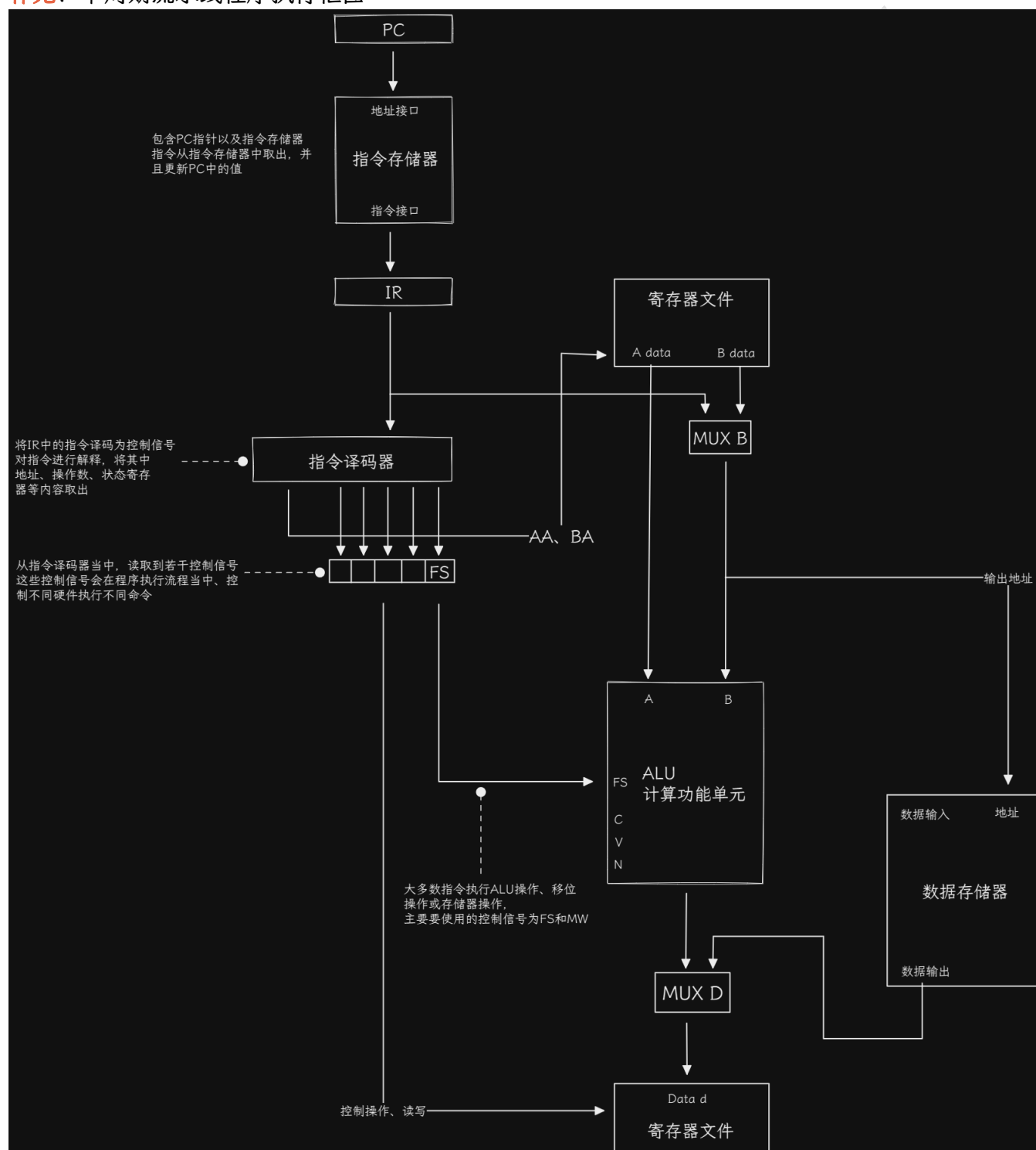
存储程序的工作方式

概念：存储程序的工作方式

- 概念：
 - “存储程序”工作方式规定，程序执行前，需要将程序所含的指令和数据送入**主存储器**，当程序被启动执行，就无须操作人员的干预，自动逐条完成指令的取出和执行任务；
- 过程：
 - 每条指令的执行过程包括：
 - 从主存储器中取指令、对指令进行译码、计算下条指令地址、取操作数并执行、将结果送回存储器；
- 图示：简化版本



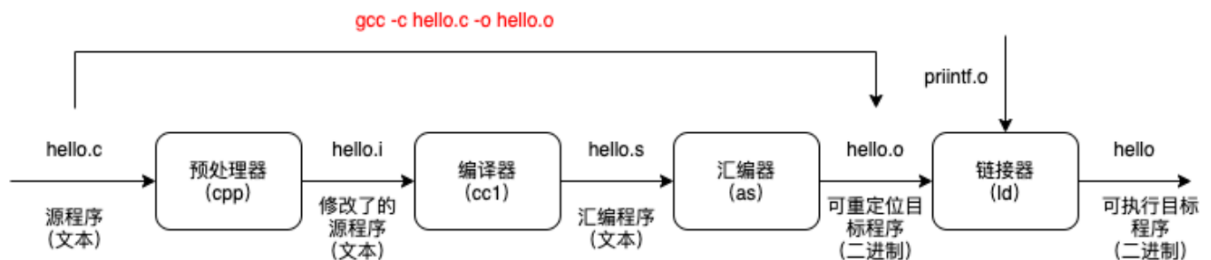
补充：单周期流水线程序执行框图



从源程序到可执行文件

概念：四个阶段

- 预处理阶段：
 - 预处理器 (cpp)对源程序中以字符 `#` 开头的命令进行处理，例如将 `#include` 命令后面的 `h` 文件内容插入程序文件；
- 编译阶段：
 - 编译器对预处理后的源程序进行编译，生成一个汇编语言源程序 `hello.s`
 - 汇编语言源程序中的每条语句都以一种文本格式描述了一条低级机器语言指令
- 汇编阶段：
 - 汇编器将 `hello.s` 翻译成机器语言指令，把这些指令打包成一个称为可重定位目标文件 `hello.o`，它是一种二进制文件，因此用文本编辑器打开会显示乱码；
- 链接阶段：
 - 链接器 (ld) 将多个可重定位目标文件和标准库函数合并为一个可执行目标文件，简称可执行文件；
- 图示：



- 术语：
 - 高级语言程序
 - 机器级目标代码文件 -> 汇编代码文件
 - 机器语言程序 -> 计算机硬件能够直接执行的程序
- 补充：解释执行
 - 是将源代码的一条语句翻译成机器代码，并立即执行。；
 - 解释执行是，翻译一条源代码就执行一条；

指令执行过程的描述

举例：取数指令过程

- 取指令： `PC→MAR→M→MDR→IR`
- 分析指令： `OP (IR)→CU`
- 执行指令： `Ad (R)→MAR→M→MDR→ACC`