

计算机组成原理

刘松波

(第二讲)

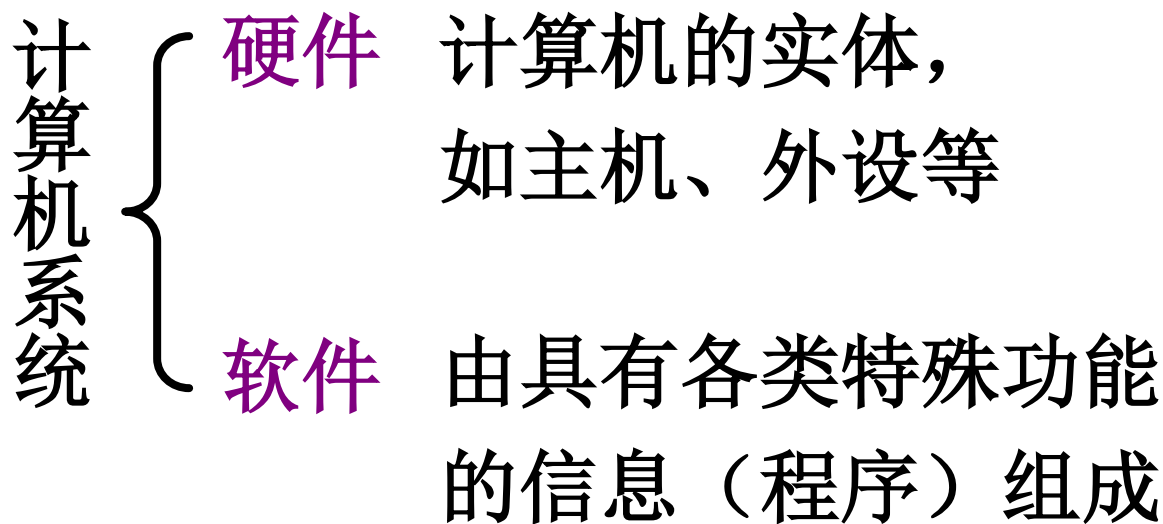
哈工大计算学部

模式识别与智能系统

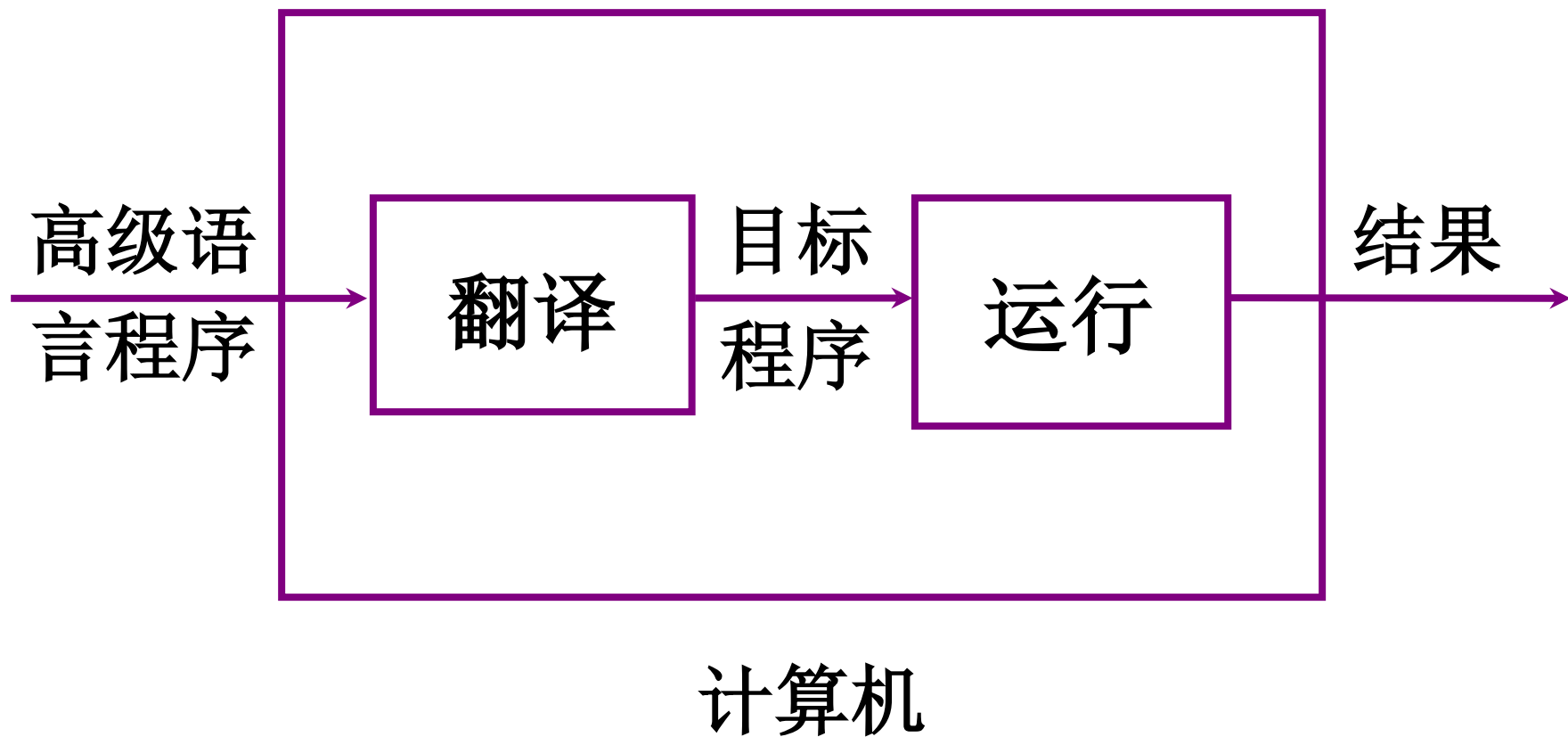
1.1 计算机系统简介

一、计算机的软硬件概念

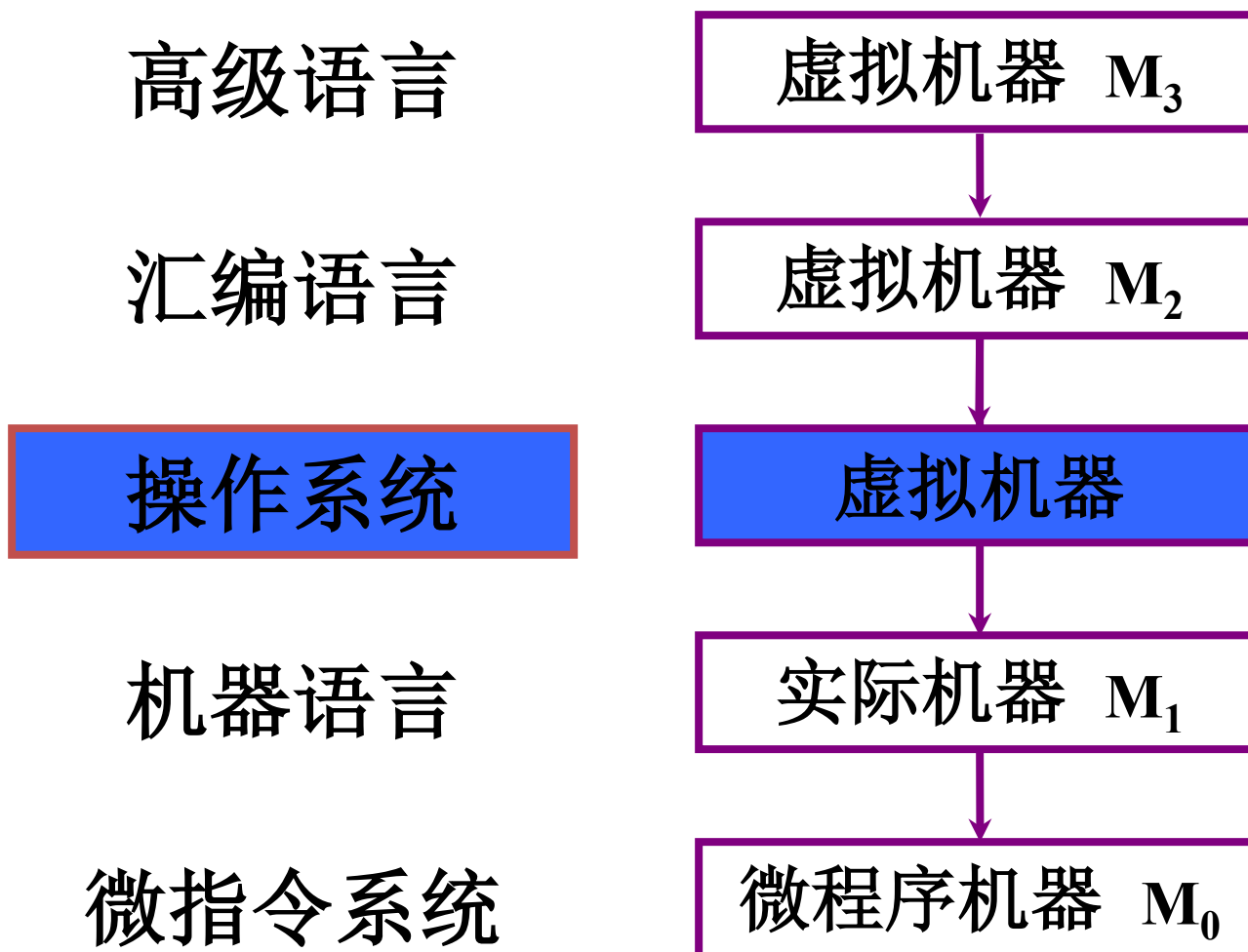
1. 计算机系统

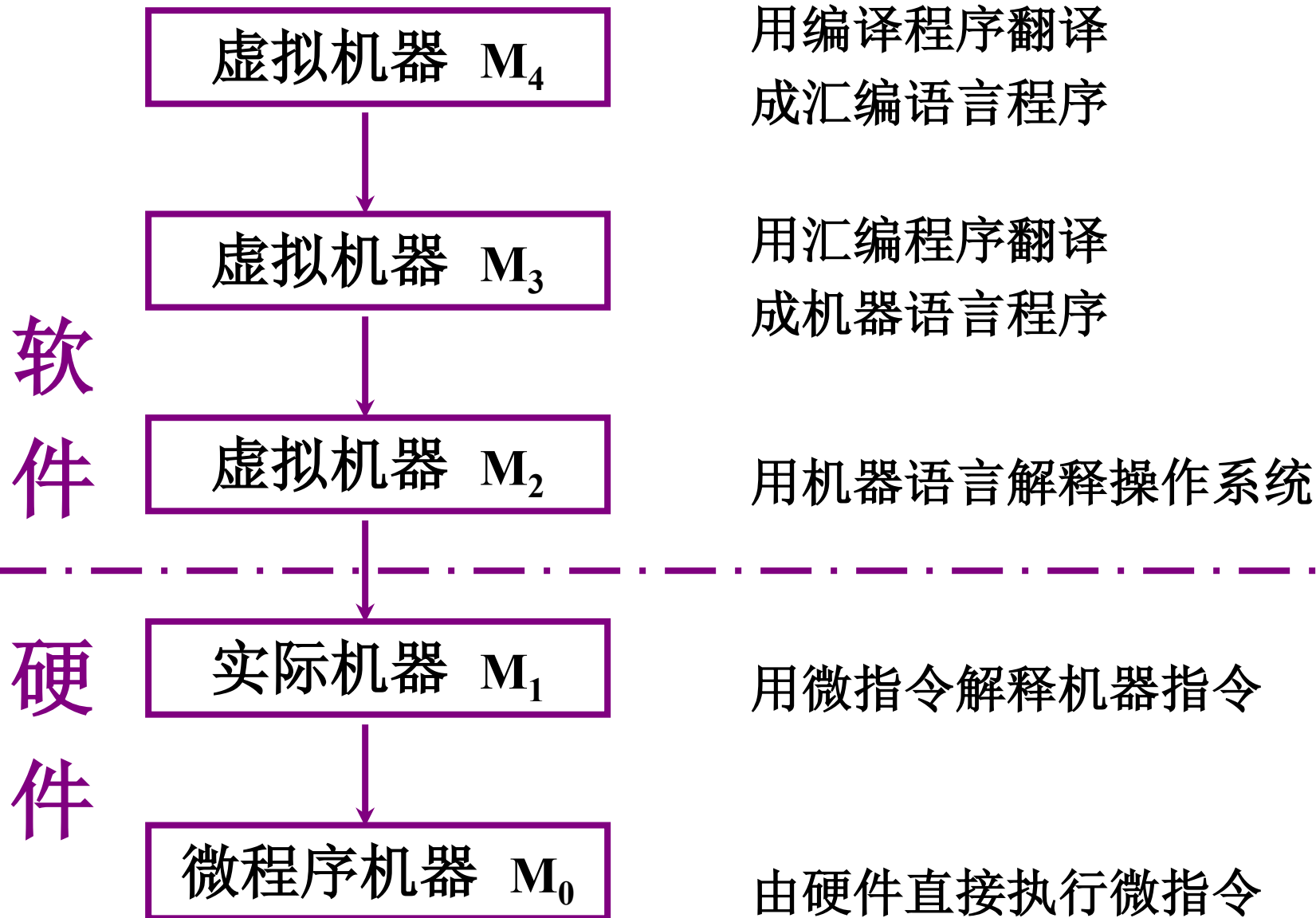


2. 计算机的解题过程



二、计算机系统的层次结构





三、计算机体系结构和计算机组成

1.1

计算机 体系结构

有无乘法指令

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、I/O机理）

计算机 组成

实现计算机体系结构所体现的属性
（具体指令的实现）

如何实现乘法指令



1.2 计算机的基本组成

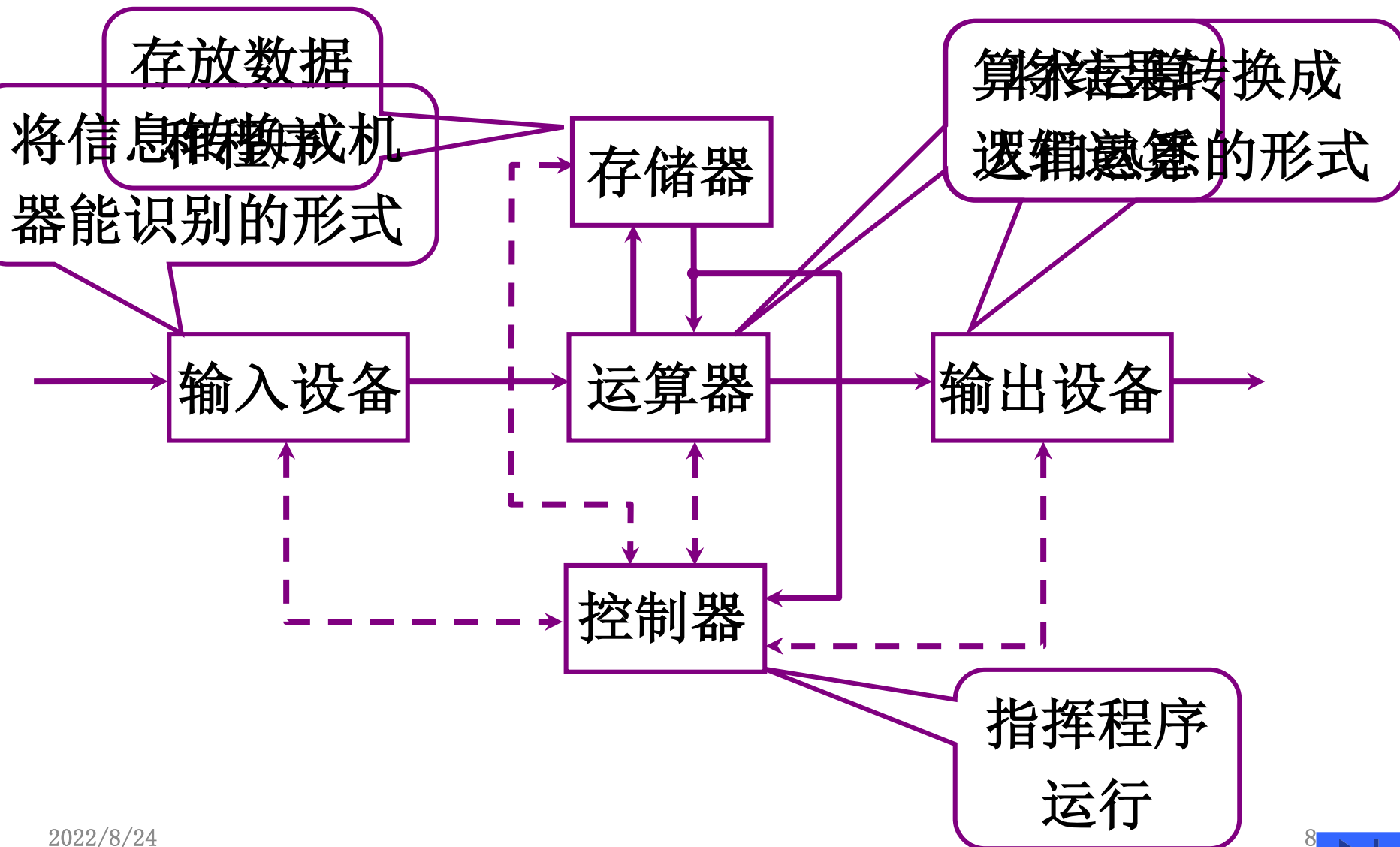
一、冯·诺依曼计算机的特点

1. 计算机由五大部件组成
2. 指令和数据以同等地位存于存储器，可按地址寻访
3. 指令和数据用二进制表示
4. 指令由操作码和地址码组成
5. 存储程序
6. 以运算器为中心



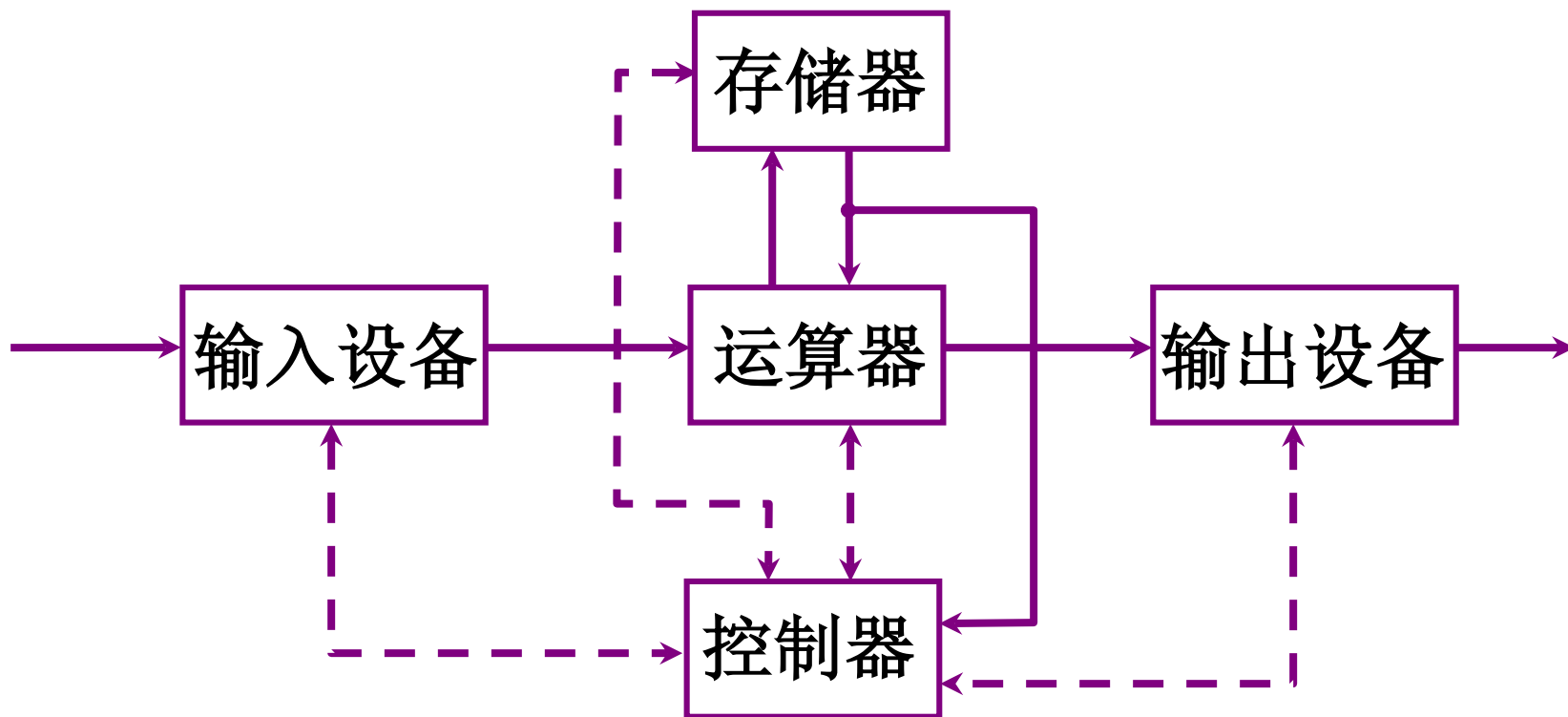
冯·诺依曼计算机硬件框图

1.2



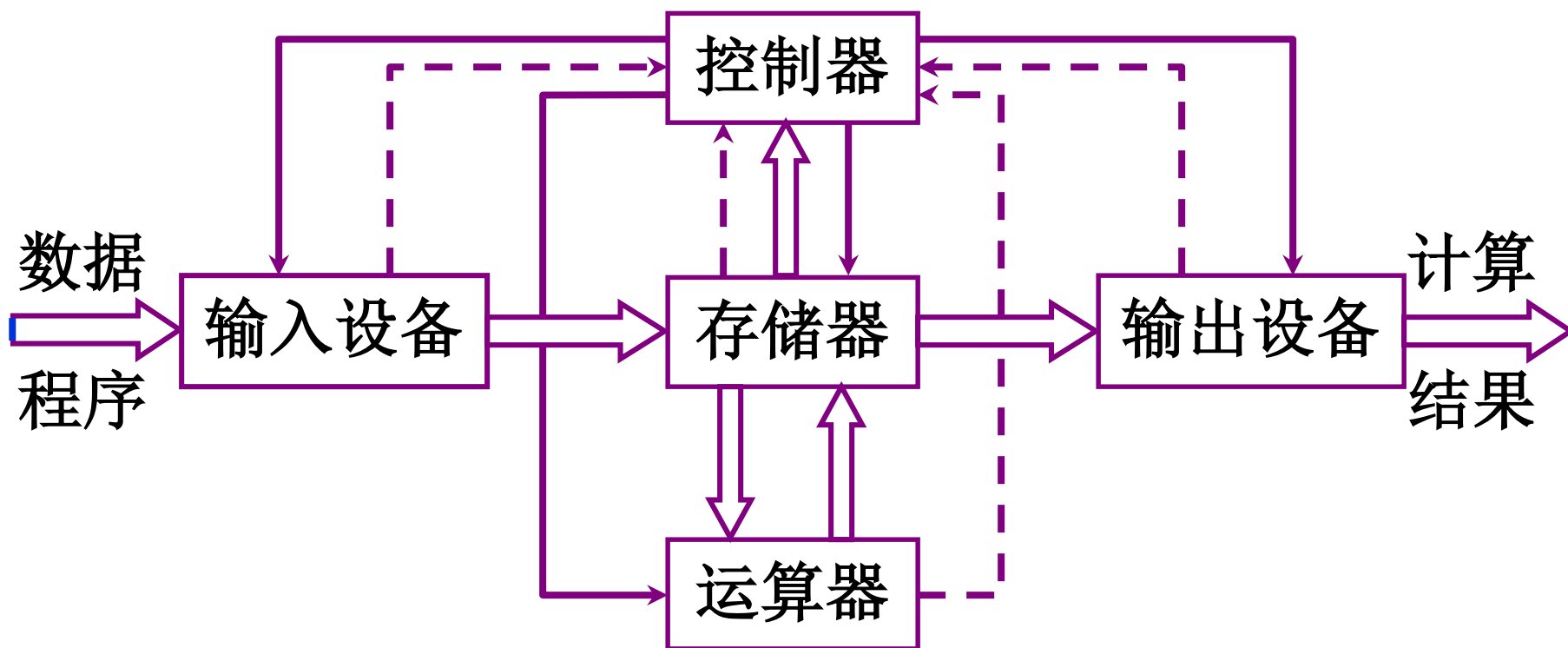
冯·诺依曼计算机硬件框图

1.2

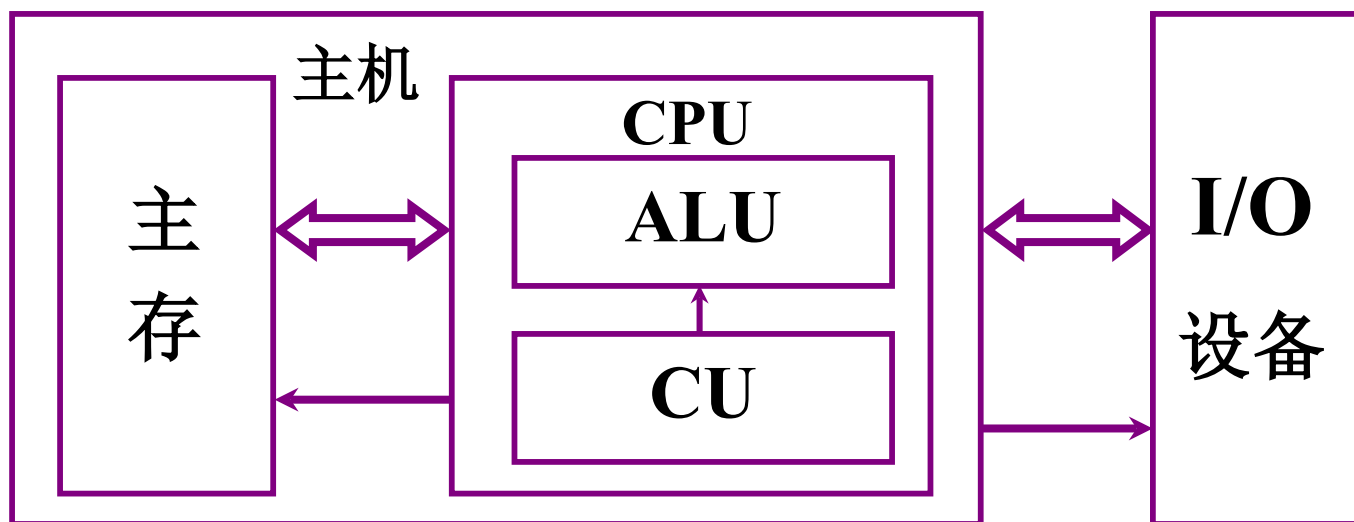
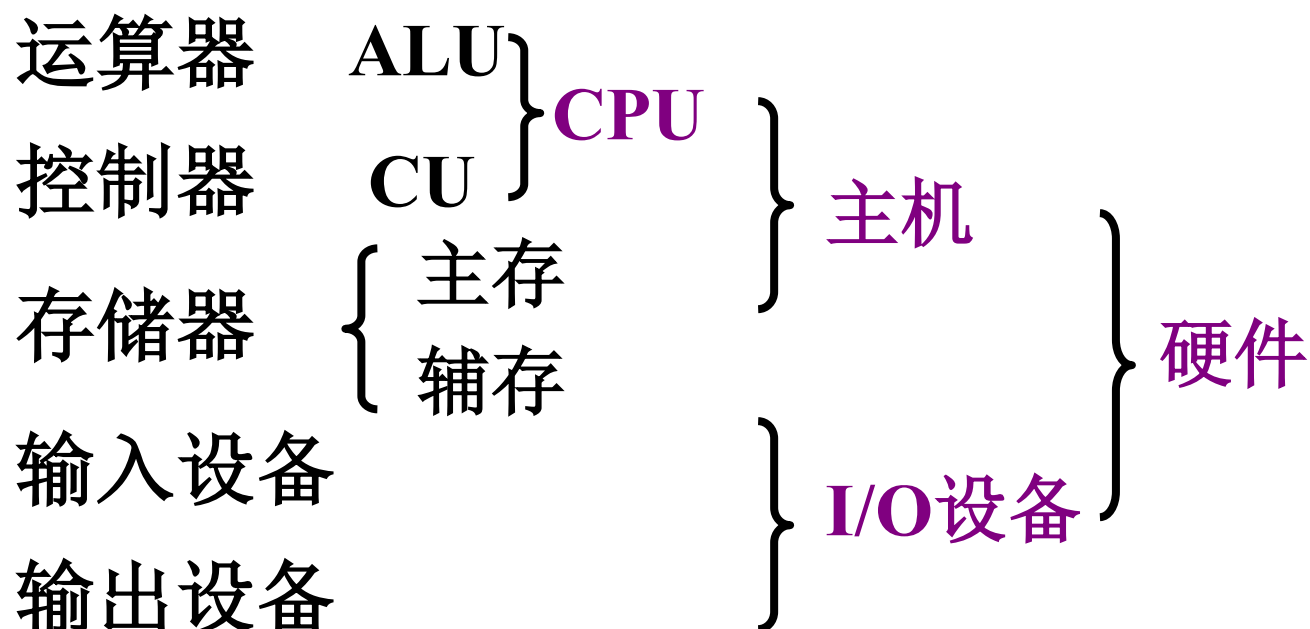


二、计算机硬件框图

1. 以存储器为中心的计算机硬件框图



2. 现代计算机硬件框图



三、计算机的工作步骤

1.2

1. 上机前的准备

- 建立数学模型
- 确定计算方法

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} - \dots$$

$$y_{n+1} = \frac{1}{2} \left(y_n + \frac{x}{y_n} \right) \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

- 编制解题程序

程序 —— 运算的 全部步骤

指令 —— 每 一个步骤



计算 $ax^2 + bx + c = (ax + b)x + c$

取 x 至运算器中

乘以 x 在运算器中

乘以 a 在运算器中

存 ax^2 在存储器中

取 b 至运算器中

乘以 x 在运算器中

加 ax^2 在运算器中

加 c 在运算器中

取 x 至运算器中

乘以 a 在运算器中

加 b 在运算器中

乘以 x 在运算器中

加 c 在运算器中



指令格式举例

操作码	地址码
-----	-----

取数

 α $[\alpha] \rightarrow \text{ACC}$

000001

0000001000

存数

 β $[\text{ACC}] \rightarrow \beta$

加

 γ $[\text{ACC}] + [\gamma] \rightarrow \text{ACC}$

乘

 δ $[\text{ACC}] \times [\delta] \rightarrow \text{ACC}$

打印

 σ $[\sigma] \rightarrow \text{打印机}$

停机



计算 $ax^2 + bx + c$ 程序清单

1.2

指令和数据存于主存单元的地址	指令		注释
	操作码	地址码	
0	000001	0000001000	取数 x 至ACC
1	000100	0000001001	乘 a 得 ax ,存于ACC中
2	000011	0000001010	加 b 得 $ax+b$,存于ACC中
3	000100	0000001000	乘 x 得 $(ax+b)x$,存于ACC中
4	000011	0000001011	加 c 得 $ax^2 + bx + c$,存于ACC
5	000010	0000001100	将 $ax^2 + bx + c$,存于主存单元
6	000101	0000001100	打印
7	000110		停机
8	x		原始数据 x
9	a		原始数据 a
10	b		原始数据 b
11	c		原始数据 c
2022/8/24 12			存放结果



2. 计算机的解题过程

1.2

(1) 存储器的基本组成



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

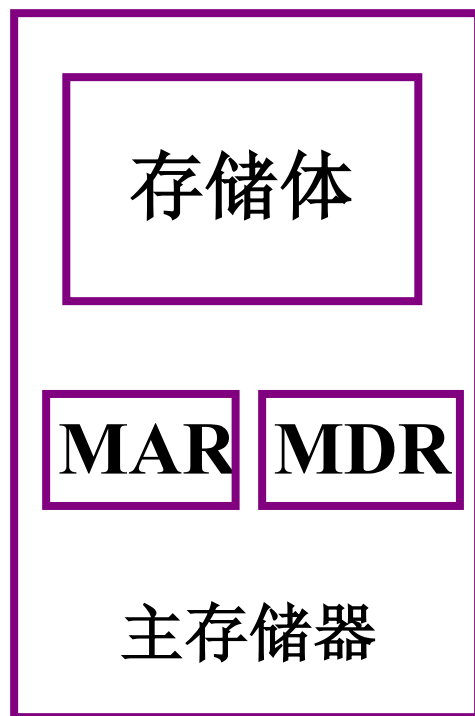
存储字长 存储单元中二进制代码的位数

每个存储单元赋予一个地址号

按地址寻访

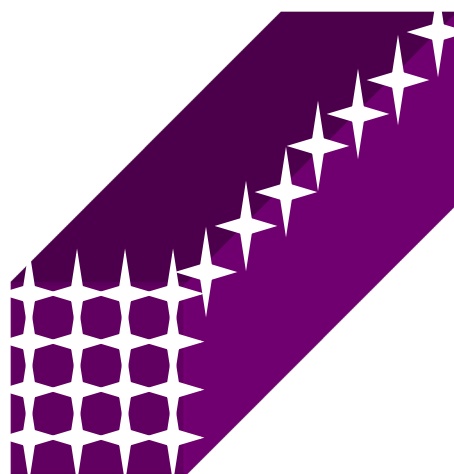


(1) 存储器的基本组成



MAR 存储器地址寄存器
反映存储单元的个数

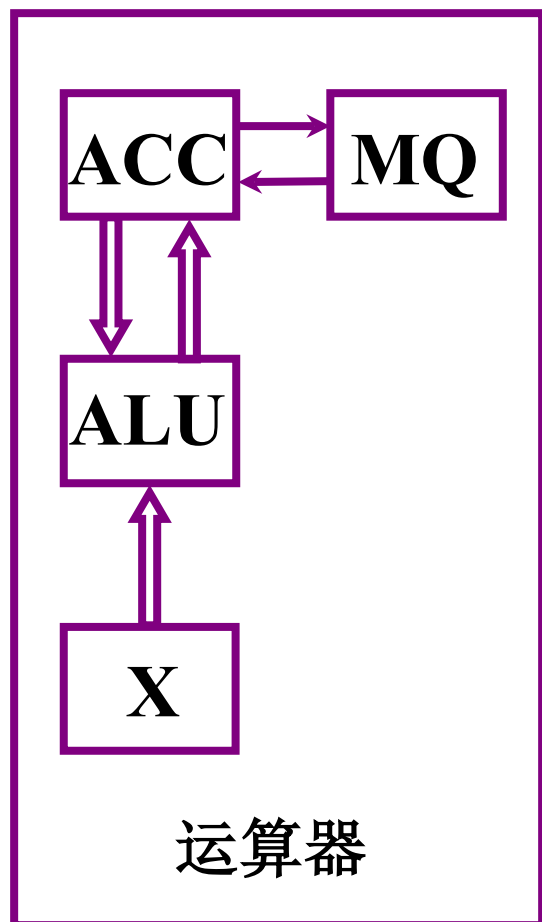
MDR 存储器数据寄存器
反映存储字长



设 $MAR = 4$ 位
 $MDR = 8$ 位
存储单元个数 16
存储字长 8



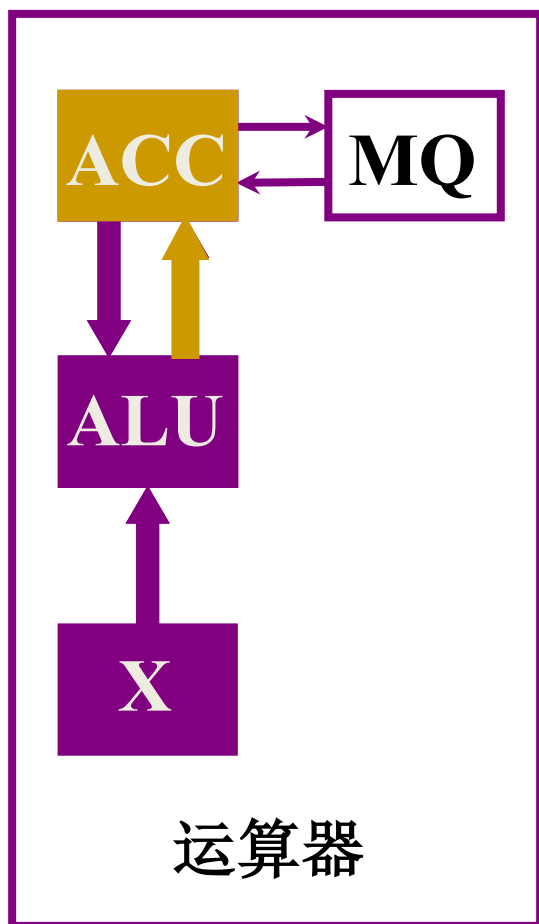
(2)运算器的基本组成及操作过程



	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



① 加法操作过程



指令

加

M

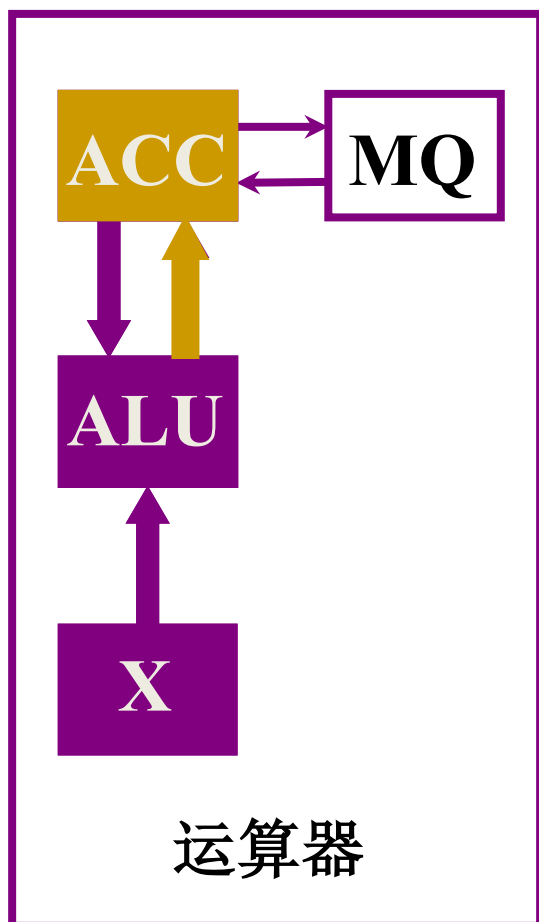
初态

ACC

被加数

 $[M] \longrightarrow X$
 $[ACC] + [X] \longrightarrow ACC$


② 减法操作过程



指令

减

M

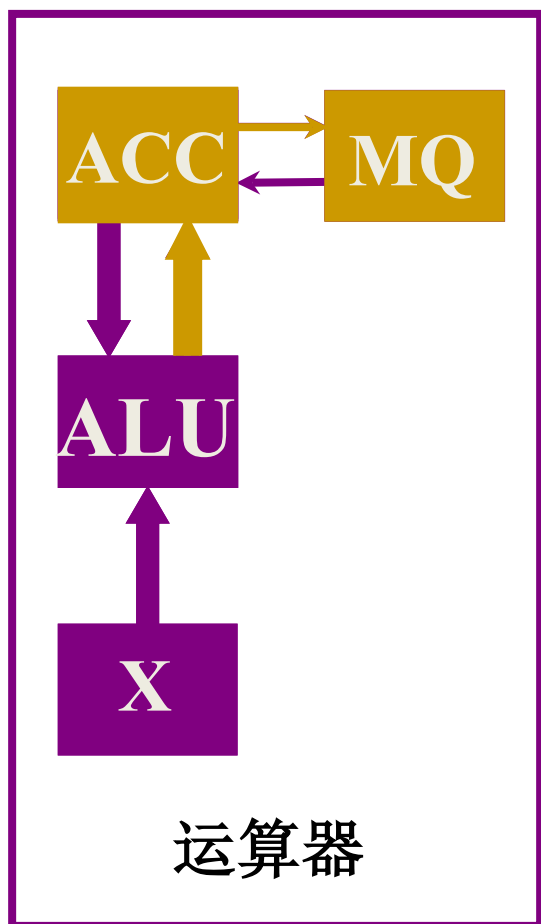
初态

ACC

被减数

 $[M] \longrightarrow X$
 $[ACC] - [X] \longrightarrow ACC$

③ 乘法操作过程



指令

乘

M

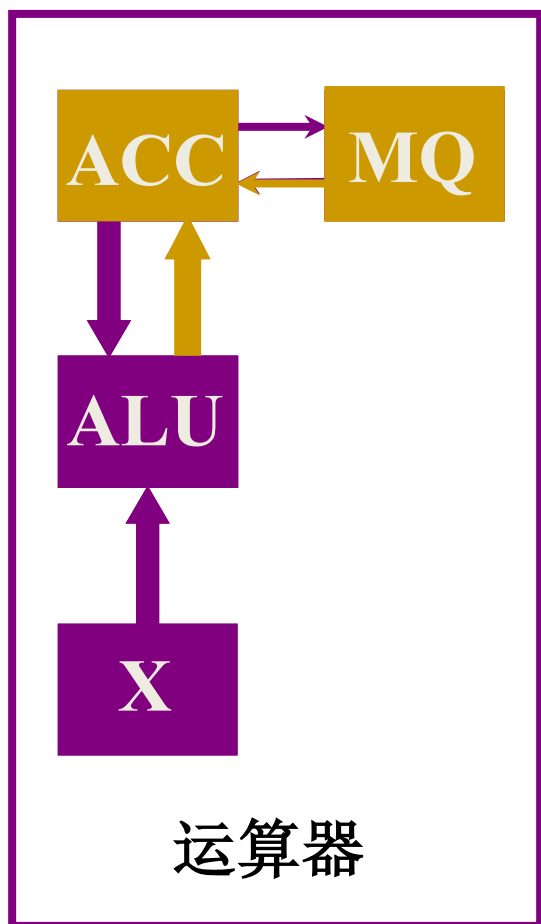
初态

ACC

被乘数

 $[M] \longrightarrow MQ$
 $[ACC] \longrightarrow X$
 $0 \longrightarrow ACC$
 $[X] \times [MQ] \longrightarrow ACC // MQ$


④ 除法操作过程



指令

除

M

初态

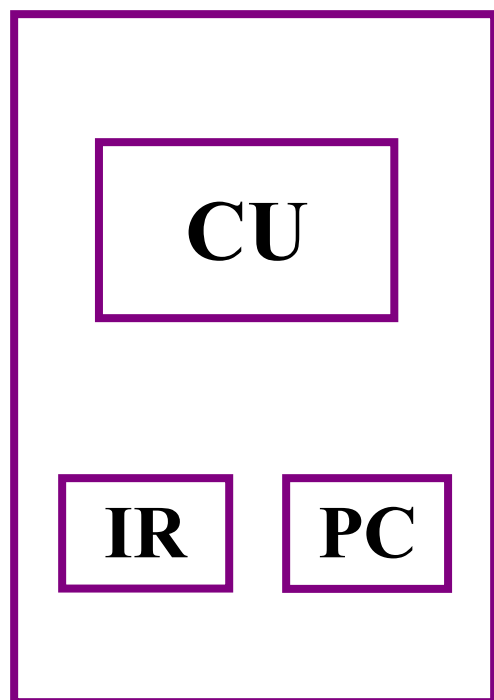
ACC

被除数

 $[M] \longrightarrow X$
 $[ACC] \div [X] \longrightarrow MQ$

余数在ACC中

(3) 控制器的基本组成



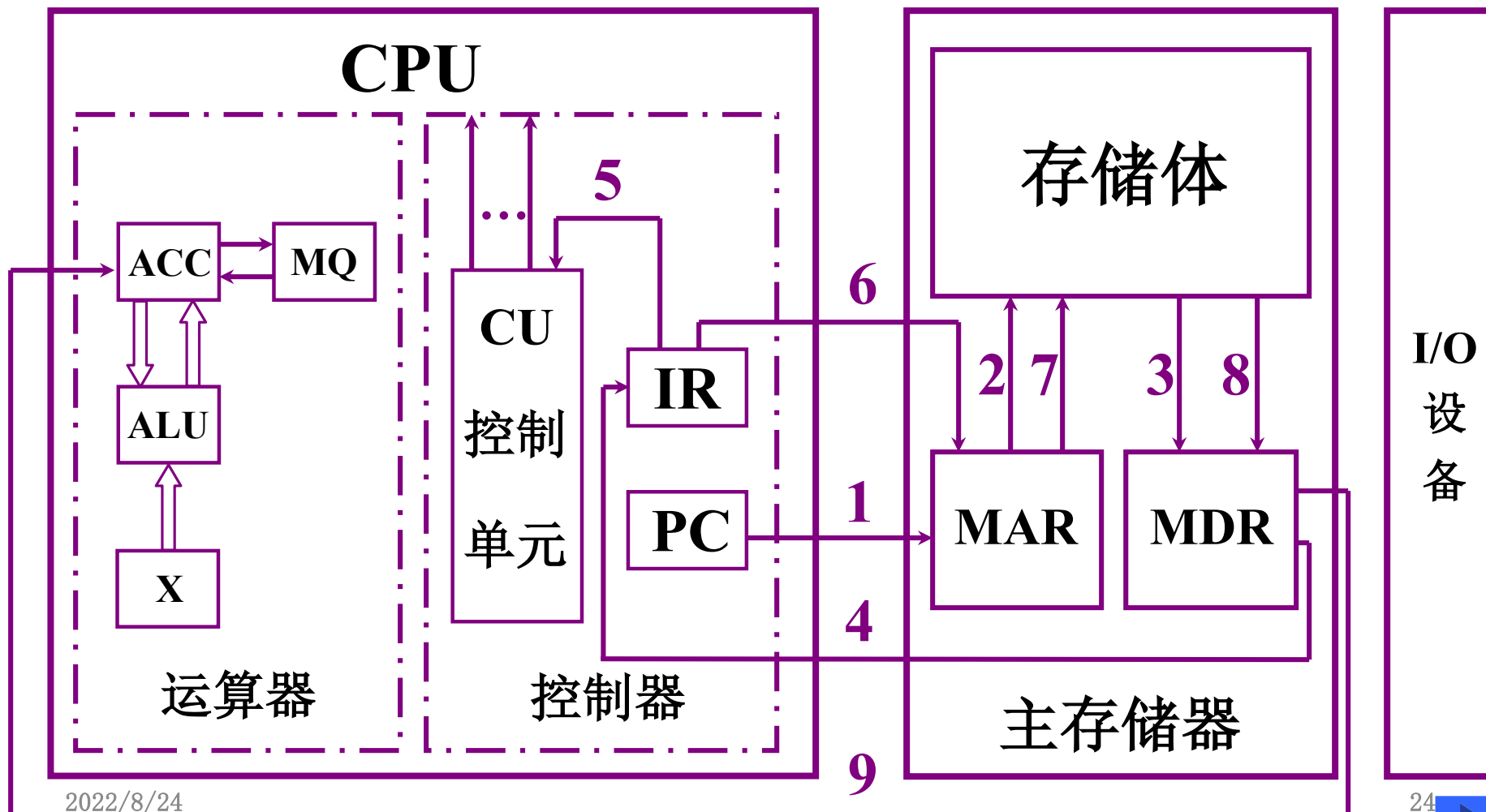
完成 一条 指令	{	取指令	PC
		分析指令	IR
		执行指令	CU

PC 存放当前欲执行指令的地址，
具有计数功能 $(PC) + 1 \rightarrow PC$

IR 存放当前欲执行的指令

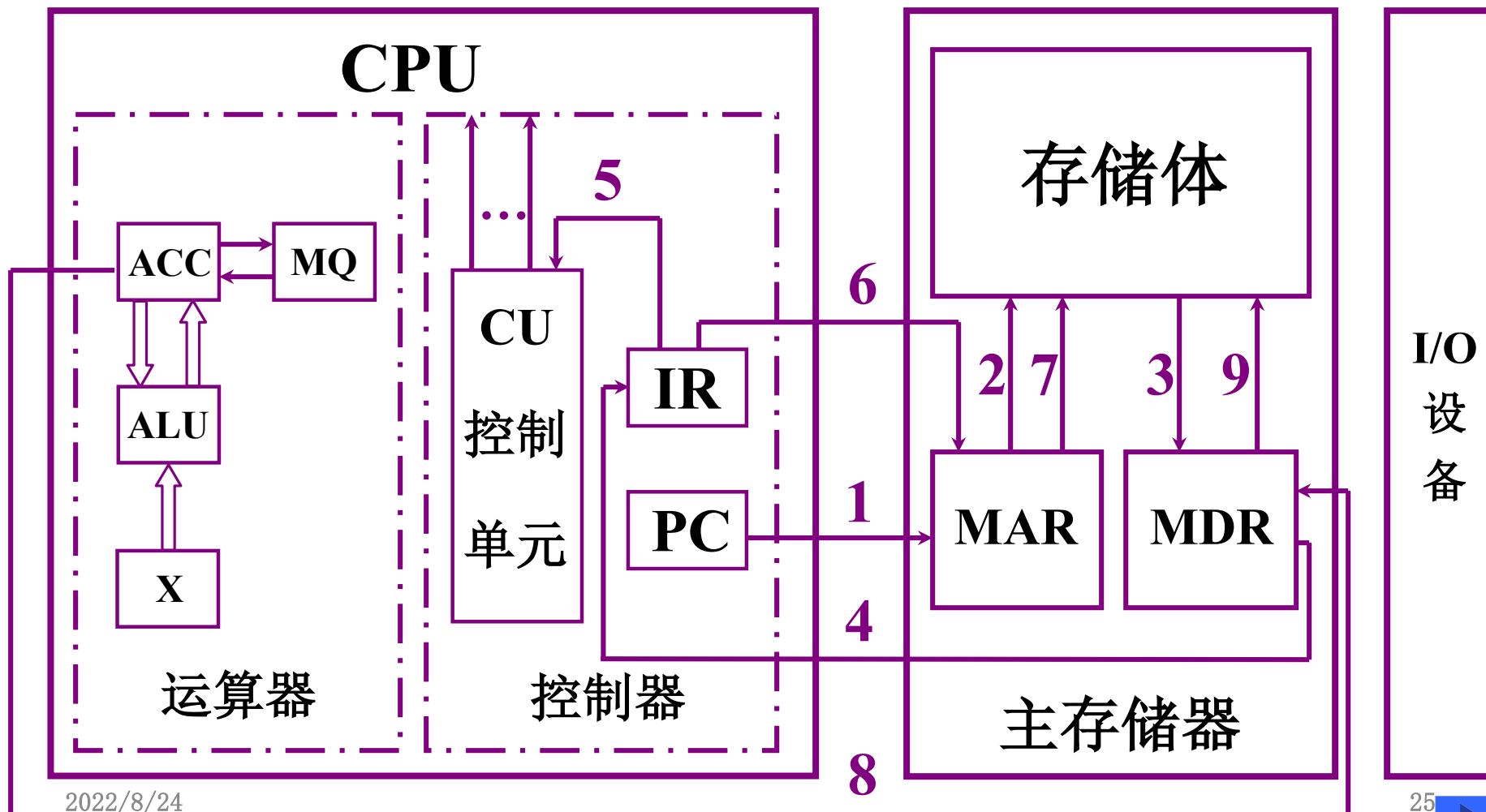
(4) 主机完成一条指令的过程

以取数指令为例



(4) 主机完成一条指令的过程

以存数指令为例



(5) $ax^2 + bx + c$ 程序的运行过程

- 将程序通过输入设备送至计算机
- 程序首地址 \longrightarrow PC
- 启动程序运行
- 取指令 $PC \rightarrow MAR \rightarrow M \rightarrow MDR \rightarrow IR$, $(PC) + 1 \rightarrow PC$
- 分析指令 $OP(IR) \rightarrow CU$
- 执行指令 $Ad(IR) \rightarrow MAR \rightarrow M \rightarrow MDR \rightarrow ACC$
- \vdots
- 打印结果
- 停机



1.3 计算机硬件的主要技术指标

1. 机器字长 CPU 一次能处理数据的位数
与 CPU 中的 寄存器位数 有关

2. 运算速度 { 主频
吉普森法 $T_M = \sum_{i=1}^n f_i t_i$
MIPS 每秒执行百万条指令
FLOPS 每秒浮点运算次数
CPI 执行一条指令所需时钟周期数



3. 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 \times 存储字长

如 MAR MDR 容量

10 8 1 K \times 8位

16 32 64 K \times 32位

$$1\text{K} = 2^{10}$$

字节数

如

$$2^{13} \text{ b} = 1 \text{ KB}$$

$$1\text{B} = 2^3 \text{ b}$$

$$2^{21} \text{ b} = 256 \text{ KB}$$

辅存容量

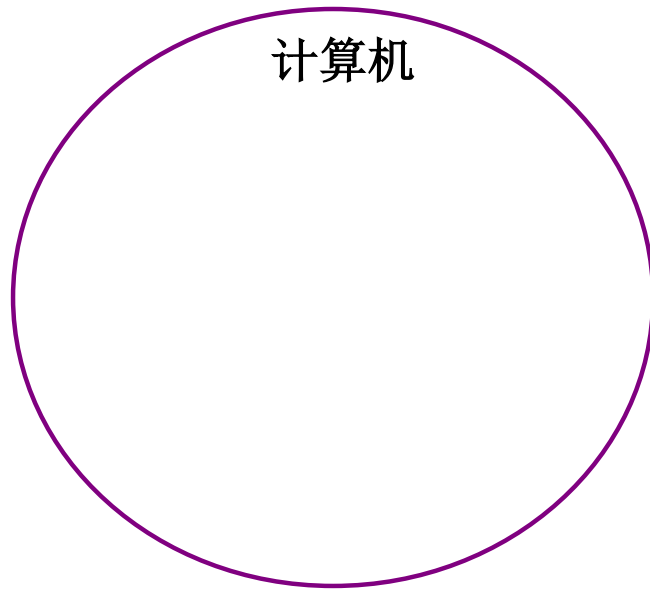
字节数

80 GB

$$1\text{GB} = 2^{30} \text{ B}$$



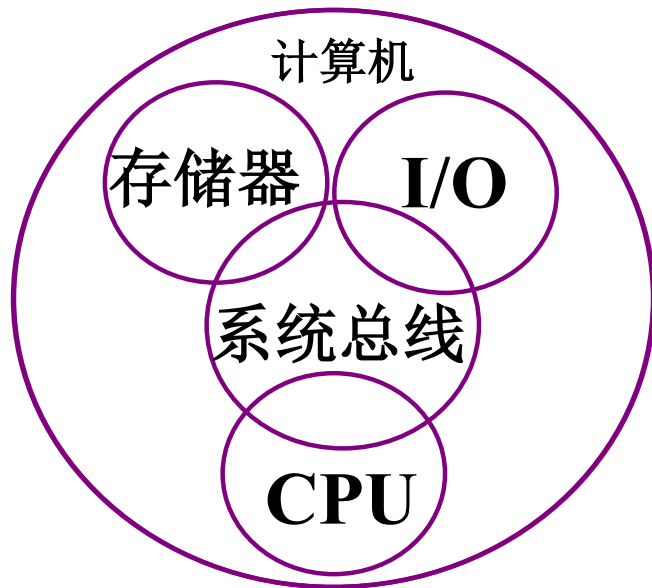
1.4 本书结构



第 1 篇 概论



1.4 本书结构



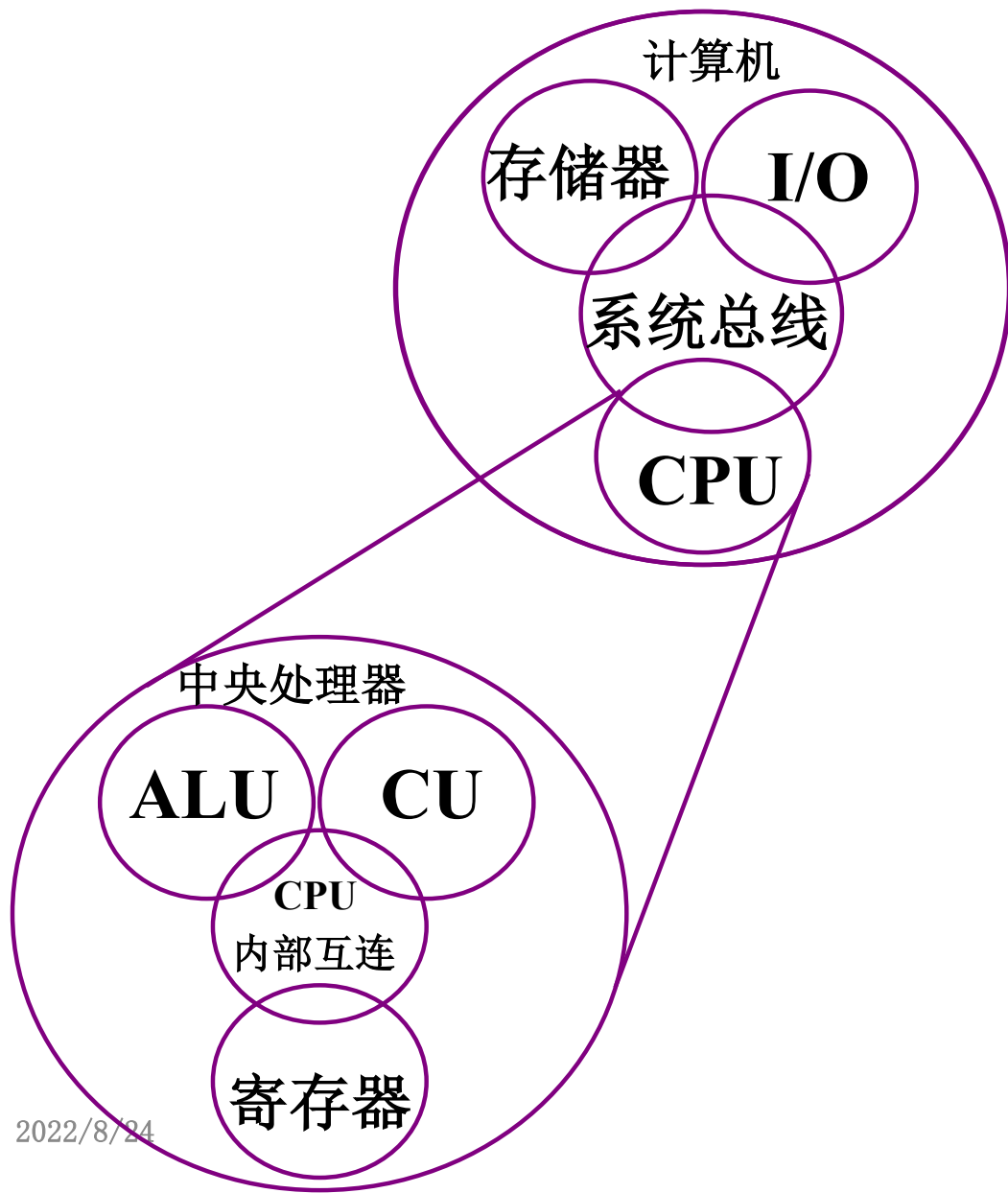
第 2 篇

计算机系统的硬件结构



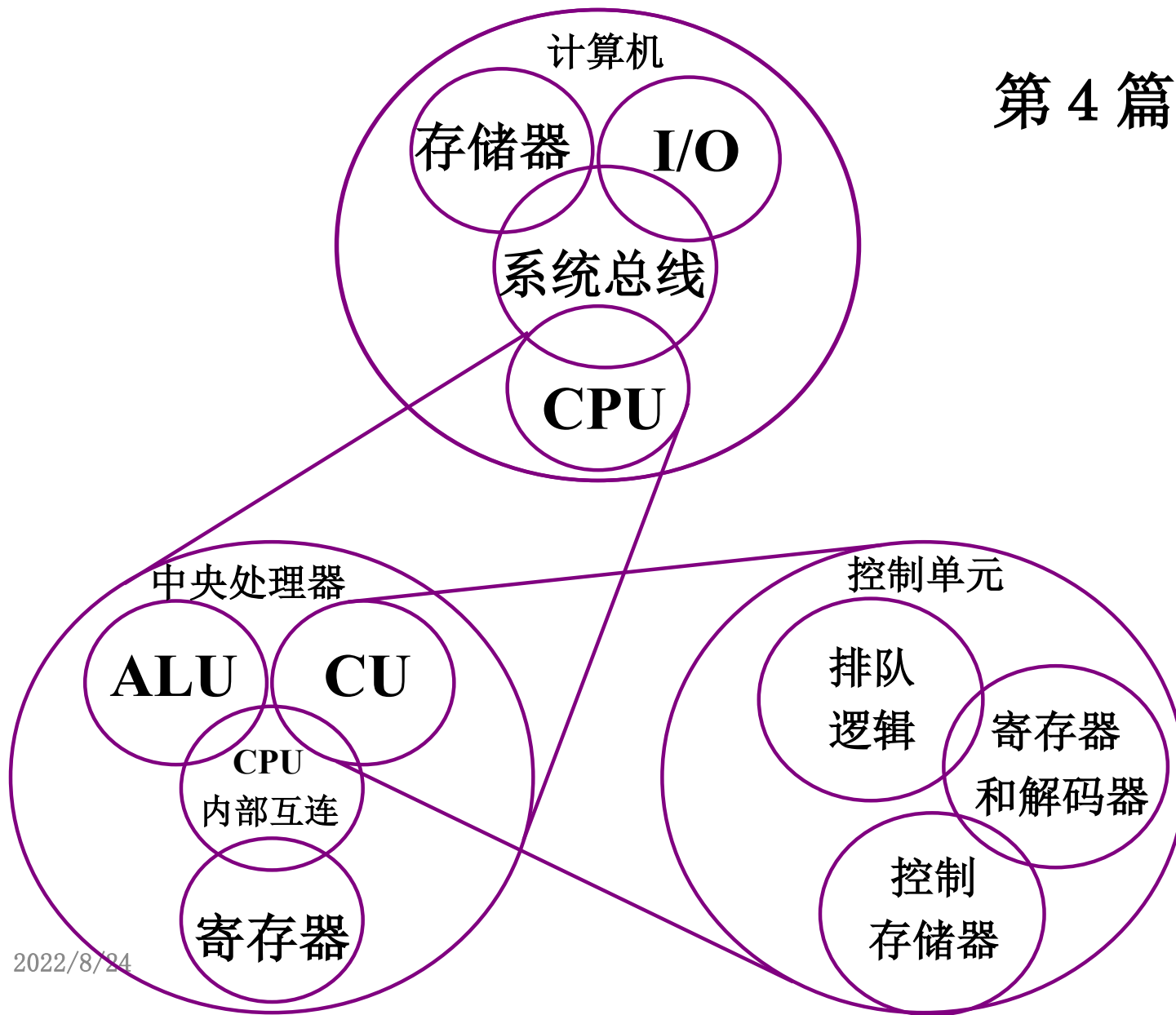
1.4 本书结构

第 3 篇 CPU



1.4 本书结构

第 4 篇 CU



第 2 章 计算机的发展及应用

2.1 计算机的发展史

2.2 计算机的应用

2.3 计算机的展望



2.1 计算机的发展史

一、计算机的产生和发展

1946年 美国 ENIAC 1955年退役
十进制运算

18 000 多个电子管

1 500 多个继电器

150 千瓦

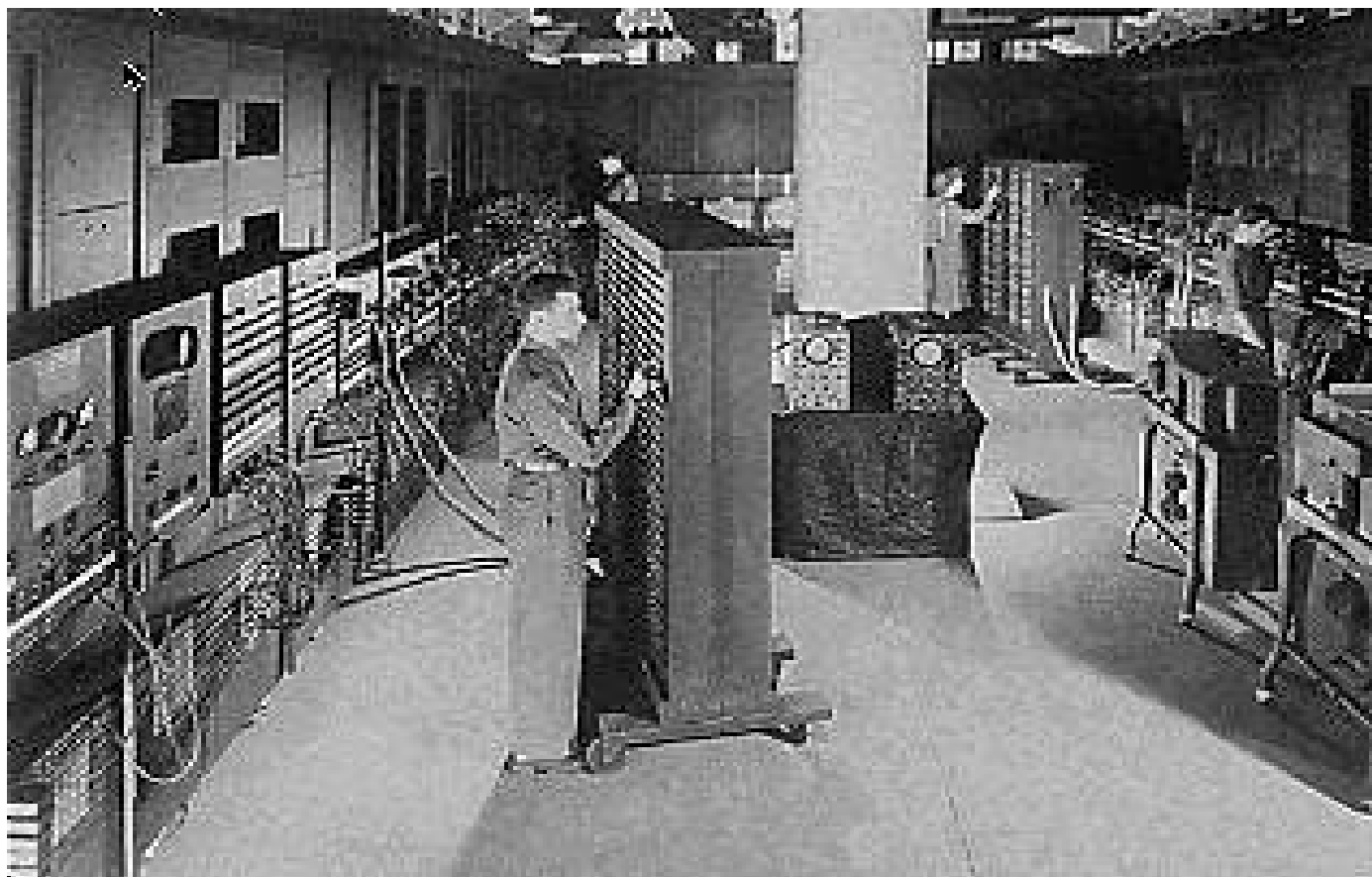
30 吨

1 500 平方英尺

5 000 次加法 / 秒

用手工搬动开关和拔插电缆来编程





世界上第一台电子计算机 ENIAC(1946)



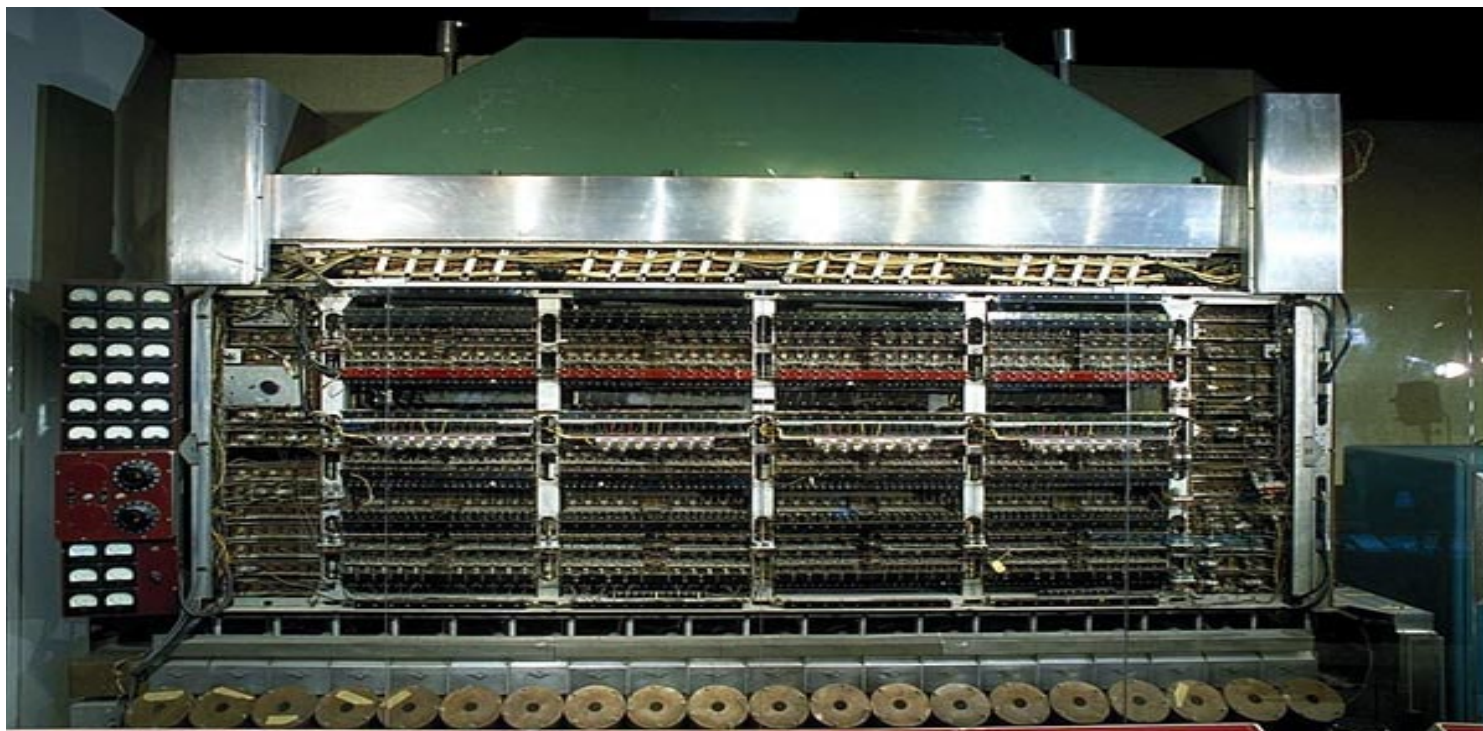
硬件技术对计算机更新换代的影响

2.1

代	时间	硬件技术	速度 / (次/秒)
一	1946—1957	电子管	40 000
二	1958—1964	晶体管	200 000
三	1965—1971	中小规模 集成电路	1 000 000
四	1972—1977	大规模 集成电路	10 000 000
五	1978—现在	超大规模 集成电路	100 000 000



第一台von Neumann 系统结构的计算机 2.1



IBM System / 360

2.1



二、微型计算机的出现和发展

微处理器芯片 1971年

4位 (4004)
8位
16位
32位
64位

存储器芯片 1970年

256位
1K位
4K位
16K位
64K位
256K位
1M位
4M位
16M位
64M位



Intel 公司的典型微处理器产品

2.1

8080	8位	1974年	
8086	16位	1979年	2.9 万个晶体管
80286	16位	1982年	13.4 万个晶体管
80386	32位	1985年	27.5 万个晶体管
80486	32位	1989年	120.0 万个晶体管
Pentium	64位（准）	1993年	310.0 万个晶体管
Pentium Pro	64位（准）	1995年	550.0 万个晶体管
Pentium II	64位（准）	1997年	750.0 万个晶体管
Pentium III	64位（准）	1999年	950.0 万个晶体管
Pentium IV	64位	2000年	4 200.0 万个晶体管

目前 芯片上可集成 超过 **30 亿** 个晶体管



Moore 定律



Intel 公司的缔造者之一
Gordon Moore 提出

微芯片上集成的
晶体管数目每三年翻两番



三、软件技术的兴起和发展

1. 各种语言

机器语言 面向机器

汇编语言 面向机器

高级语言 面向问题

FORTRAN 科学计算和工程计算

PASCAL 结构化程序设计

C++ 面向对象

Java 适应网络环境



2. 系统软件

语言处理程序 汇编程序 编译程序 解释程序

操作系统 **DOS UNIX Windows**

服务性程序 装配 调试 诊断 排错

数据库管理系统 数据库和数据库管理软件

网络软件



3. 软件发展的特点

- (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

软件是程序以及开发、使用和维护程序所需要的所有文档



2.2 计算机的应用

一、科学计算和数据处理

二、工业控制和实时控制

三、网络技术

1. 电子商务

2. 网络教育

3. 敏捷制造



四、虚拟现实

五、办公自动化和管理信息系统

六、**CAD/CAM/CIMS**

七、多媒体技术

八、人工智能



2.3 计算机的展望

一、计算机具有类似人脑的一些超级智能功能

要求计算机的速度达 10^{15} /秒

二、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



三、？ 替代传统的硅芯片

1. 光计算机

利用光子取代电子进行运算和存储

2. DNA生物计算机

通过控制DNA分子间的生化反应

3. 量子计算机

利用原子所具有的量子特性

