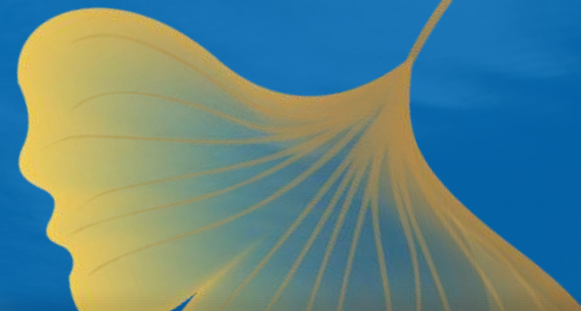




南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

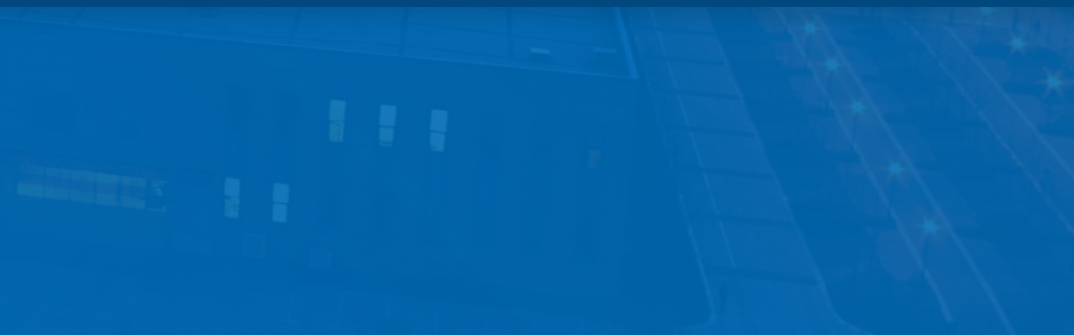
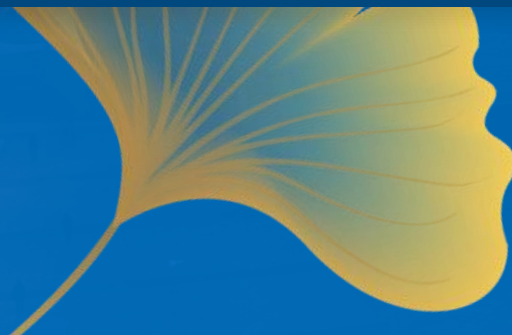
1902 2022



计算系统概述

Course Overview

李杉杉





南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

CONTENT

目录

01 课程简介

02 计算机

03 计算机系统

04 计算系统





南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

01 课程简介



南京大學120周年校慶
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



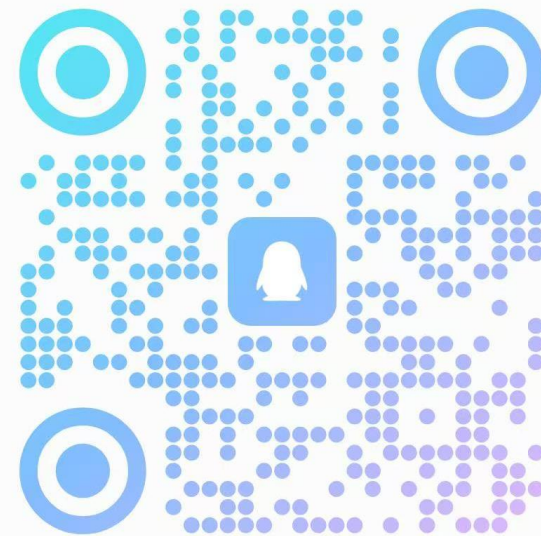
授课教师与助教

- **李杉杉、房春荣**
 - **办公室：费彝民楼908、935（鼓楼校区）**
 - **E-mail Address:**
 - lss@nju.edu.cn
 - fangchunrong@nju.edu.cn
- **助教学生**
 - **王岩泽：** DZ20320002@smail.nju.edu.cn
 - **王苑茜：** 221250067@smail.nju.edu.cn



2025计算系统基础...

群号: 965131274



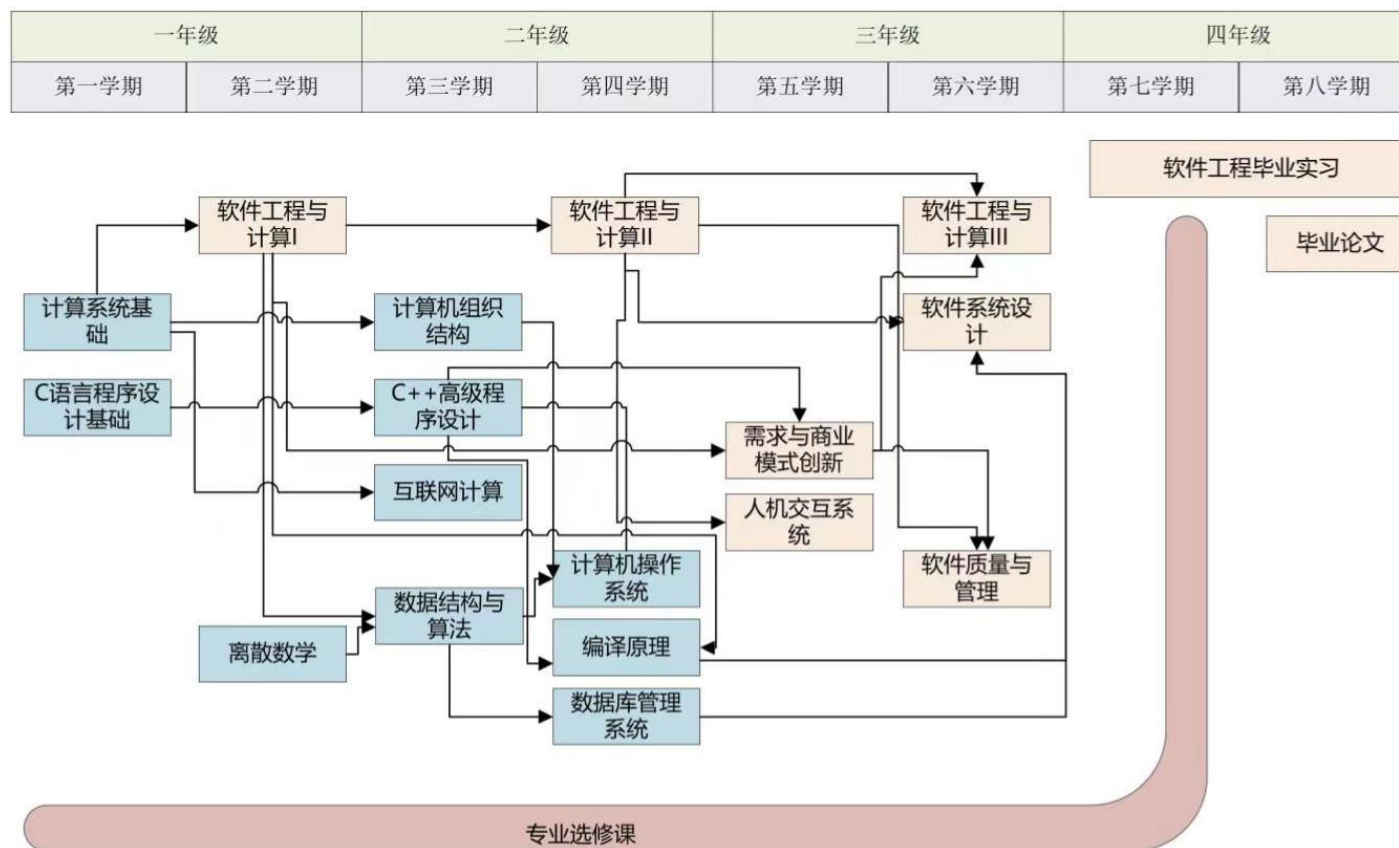


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



教学目标

- **软件工程专业**的第一门专业课程
- 围绕经典计算机指令集MIPS简化版本DLX（虚拟）
- 结构化程序设计与系统级软硬件认识双优先
- 导引软件工程教育基础知识——**计算基础**
- 帮助掌握结构化程序设计的基本思想和方法



注：非最新课程安排和规划

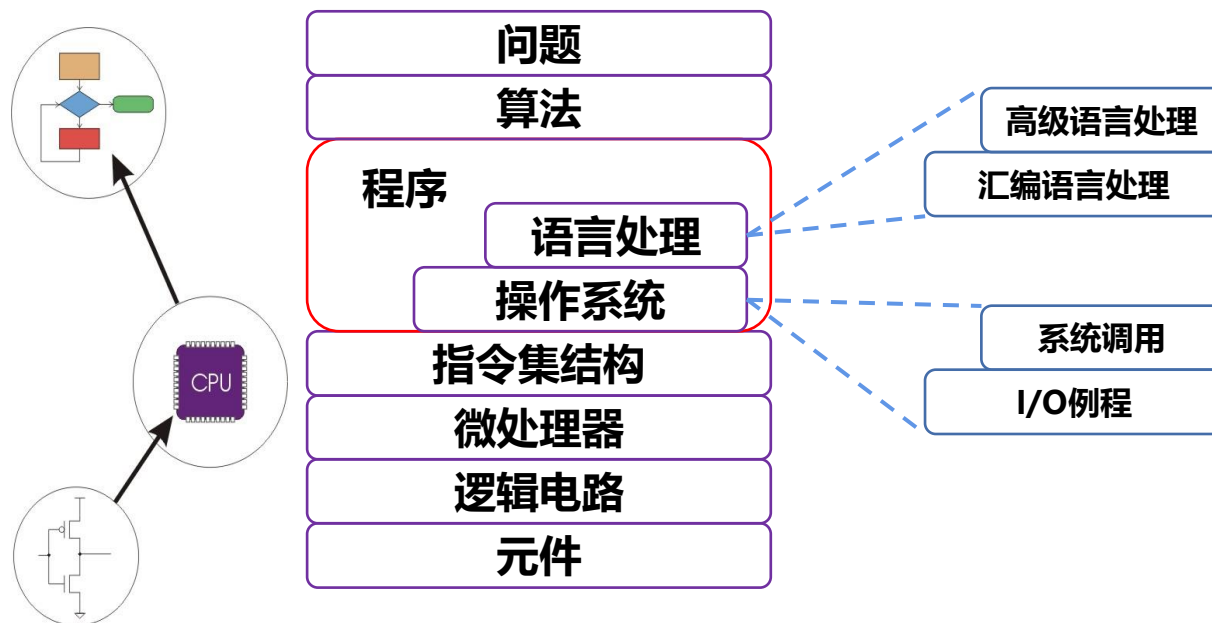


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



教学目标

- **计算机硬件和系统软件基础**
- 完整的计算概念、经典计算系统的工作原理、构造过程
- 计算机系统的底层机制
 - 数据的机器级表示
 - 数字逻辑
 - 冯·诺伊曼模型
 - 机器语言
 - 汇编语言
 - 输入和输出
 - TRAP机制等





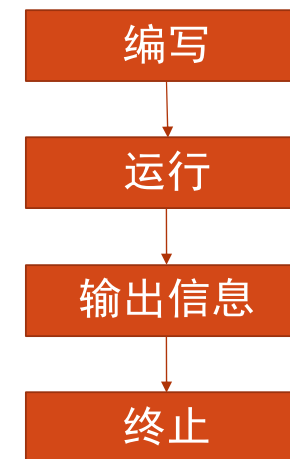
南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



教学目标

- **结构化程序设计的基本思想和方法**
- **结构化程序设计基础**
 - 函数
 - 指针
 -
- **基本数据结构及算法**
 - 数组
 - 栈
 - 链表
 - 递归
 -

```
#include <stdio.h>
int main()
{
    printf("hello, world\n");
    return 0;
}
```



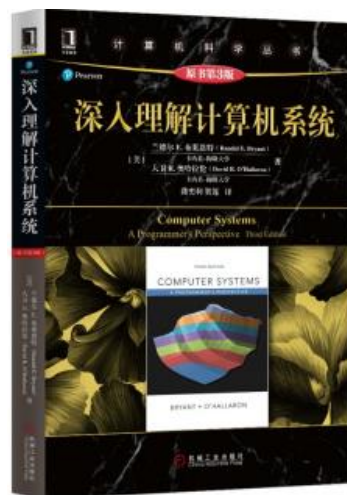
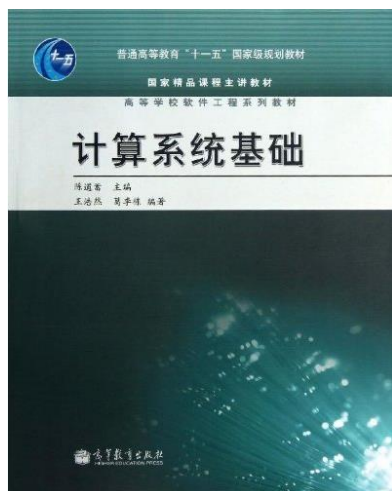


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



参考教材

- 《计算系统基础》陈道蓄 主编，王浩然、葛季栋 编著
- 《深入理解计算机系统》兰德尔 E.布莱恩特，大卫 R.奥哈拉伦 著
- 《计算机组成与设计——软硬件接口》戴维·A. 帕特森、约翰·L 著
- 《计算机系统结构——一种定量的方法》David A. Patterson, John L. Hennessy 著



第二学期

日期星期				一	二	三	四	五	六	日
年	月	周次	星期							
二 零 二 五 年	二 月	1	单	17	18	19	20	21	22	23
		2	双	24	25	26	27	28		
	三 月	3	单	3	4	5	6	7	8	9
		4	双	10	11	12	13	14	15	16
		5	单	17	18	19	20	21	22	23
		6	双	24	25	26	27	28	29	30
		7	单	31						
	四 月	8	双		1	2	3	清明	5	6
		9	单	7	8	9	10	11	12	13
		10	双	14	15	16	17	18	19	20
	五 月	12	双	5	6	7	8	9	10	11
		13	单	12	13	14	15	16	17	18
		14	双	19	20	21	22	23	24	25
	六 月	15	单	26	27	28	29	30	端午	
		16	双	2	3	4	5	6	7	8
		考试		9	10	11	12	13	14	15
	七 月	暑期学校		23	24	25	26	27	28	29
				30						
				1	2	3	4	5	6	
	八 月	暑		7	8	9	10	11	12	13
				14	15	16	17	18	19	20
				21	22	23	24	25	26	27
	假			28	29	30	31			
				4	5	6	7	8	9	10
				11	12	13	14	15	16	17
				18	19	20	21	22	23	24



教学计划

学生人数：180 课堂：32课时 上机：14课时

周次	教师	时长	主题
1	李杉杉	2课时	计算系统概述
2-3	李杉杉	4课时	数字逻辑电路（1课堂+1上机）
3-5	李杉杉	6课时	数据的机器级表示（2课堂+1上机）
5	李杉杉	2课时	整数运算（1课堂）
6	李杉杉	2课时	习题讲解（1课堂）
7-8	李杉杉	6课时	指令集结构（1上机+2课堂）
9	李杉杉	2课时	机器语言程序设计（1上机）
9	房春荣	2课时	汇编语言（1课堂）
10	房春荣	2课时	输入和输出（1课堂）
11	房春荣	2课时	上机+习题讲解（1上机）
11-12	房春荣	4课时	自陷例程和中断（2课堂）
13	房春荣	4课时	子例程（1课堂+1上机）
14	房春荣	2课时	函数（1课堂）
15	房春荣	4课时	指针和数组（1课堂+1上机）
16	房春荣	2课时	习题+总结（1课堂）



南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



评分标准

- 书面作业**30%**
- 上机作业**20%**
- 期末考试**50%**
- 奖励分数**10%** (积极回答问题, 不超出满分)



南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



教学平台

- **教学立方** (<https://teaching.applysquare.com/>)
 - 邀请码: TH2HZ2Y9
 - 请同学们在微信中搜索“教学立方”公众号并关注
 - 点击公众号底部“学生”菜单
 - 如未登录, 请先注册/登录
 - 点击课程列表页面中的“加入课程”输入邀请码即可加入
- 发布通知、下载课件、提交作业、讨论问题



教学立方



南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



作业要求

• 书面作业

- 提交电子版到**教学立方**
- 作业命名格式：**班级-学号-姓名-2025MMDD**
- 周一作业每**周五**前提交
- 周三作业下**周一**前提交
- 助教会**在教学立方**上公布作业情况
 - 不要抄袭
 - 不要纠结平时成绩
- 视情况录制习题讲解视频上传至**教学立方**

• 上机作业

- 单周上机时间完成
- 助教辅导及作业当面检查



南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



上课要求

- 课程**不点名**（班级组织除外）
- 上课手机**关闭或调至静音**
- **按时**完成并提交作业
- 积极回答问题有惊喜



南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

02 计算机



南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

• 什么是计算机？

- 一种能做计算的复杂机器

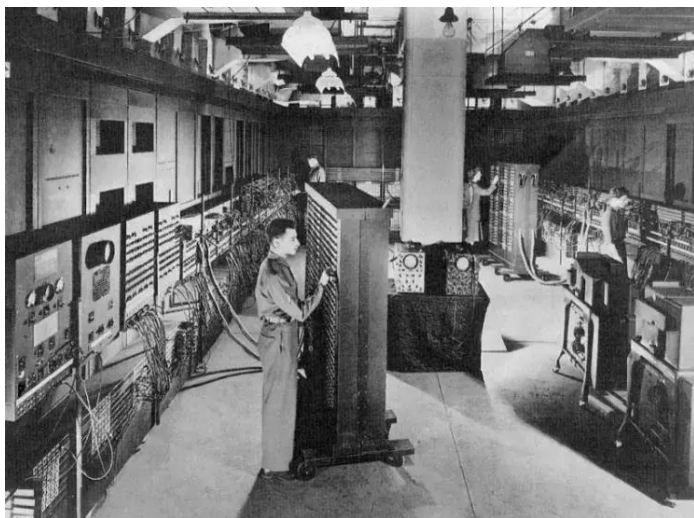
- 通用电子数字计算机

- ENIAC：世界上第一台计算机，1946年，美国宾夕法尼亚大学

- 电子数字积分器和计算器 (Electronic Numerical Integrator and Calculator)

使用数学、逻辑、算法或规则来进行数值和符号处理的过程。

解决问题
执行任务
产生结果
执行决策



- 美国国防部用于弹道计算

- 18800个电子管
- 1500个继电器
- 占地170平方米
- 重达30吨
- 耗电功率150千瓦
- 运算速度5000次/秒

标志着人类
进入了一个
崭新的信息
革命时代—
电子计算机
时代



南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

- 计算机是一种通用设备
 - 区别于专用设备：加法器、乘法器等
 - 加、减、乘、除、排序等样样精通
 - 阿兰·图灵1936年“论可计算数及其在判定问题中的应用”
 - 所有计算机都可以做相同计算，只是在计算速度上有差别
 - 新的计算形式，只需安装合适的软件，无需新计算机



=



=





南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

- **计算机是一种电子设备**
 - 区别于机械设备：手摇机械计算机
 - “电子”，计算机硬件实现的物理基础
 - 计算最终是通过电子电路中的电流、电位等实现的



1642年法国数学家帕斯卡发明的
手摇机械计算机



计算机芯片CPU电路板
电子流动

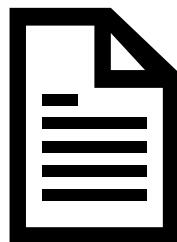


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

- **计算机是一种数字设备**
 - 区别于模拟设备：通过测量物理量（距离或电压）计算
 - “数字”是其基本特征，也是计算机通用性的重要基础
 - 所有信息都是采用数字化的形式表示
 - 整数、小数、文字、图像、声音等





南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机



- 理论模型：图灵机
 - <http://www.turing.org.uk/turing/>
 - 图灵 (Alan Turing, 1912–1954) , 英国数学家
 - 图灵奖, ACM于1966年设立, 计算机界最高荣誉奖, “计算机界诺贝尔奖”
 - 图灵机
 - 1937年, 《论可计算数及其在判定问题中的应用》,
 - 有限状态自动机/图灵机, 冯·诺依曼根据其设计出历史上第一台电子计算机
 - 描述和分析计算与计算问题的本质
 - 模拟任何计算设备
 - 对计算机科学和理论计算机科学产生深远影响
 - 计算机编程语言和算法设计的理论基础

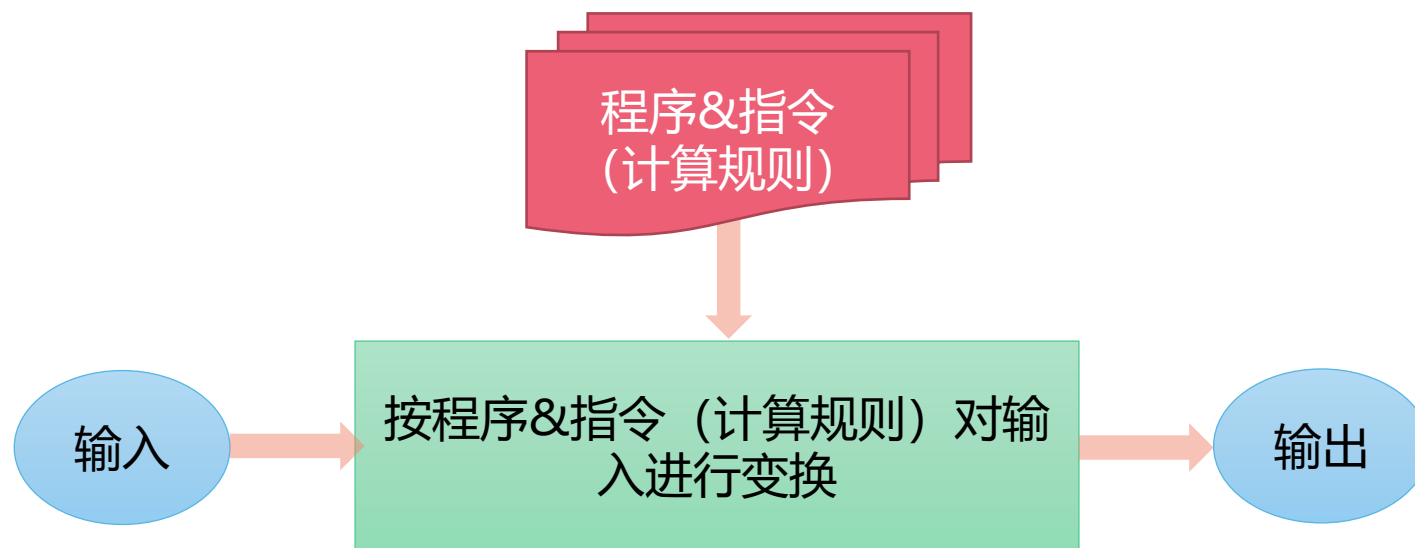


南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

- **计算：**运用事先规定的规则，将一组数值变换为另一组数值的过程
- **可计算问题：**如果能找到一组确定的规则，按照这组规则，可以在有限步骤内求出结果



图灵机可以解决一切可计算问题



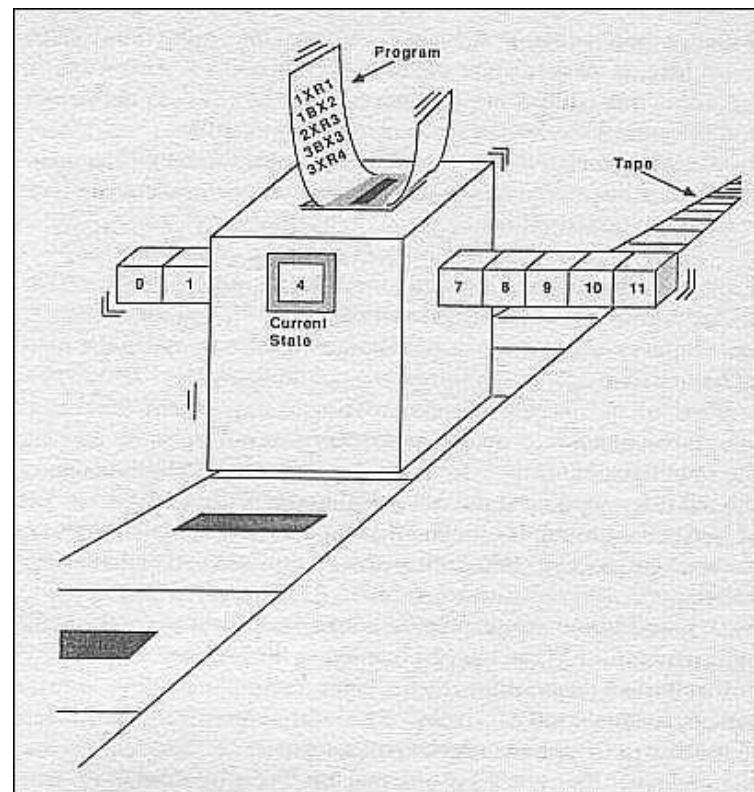
南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

• 图灵机模型

- 思想模型，对应一个抽象的机器
- 无限长的**纸带 (Tape)**，由一个个**小方格 (Cell)**组成，包含**有限符号集 (0/1/其他字符)**
- 一个可在纸带上左右移动的**机器/读写头 (Head)**
- 一组**状态 (State)**：机器内部状态，确定下一动作
- **转移函数 (Transition Function)**：定义在给定状态和读取头上的符号情况下，图灵机应采取什么行动（操作）：写入新符号、移动读写头（左或右），并切换到新状态





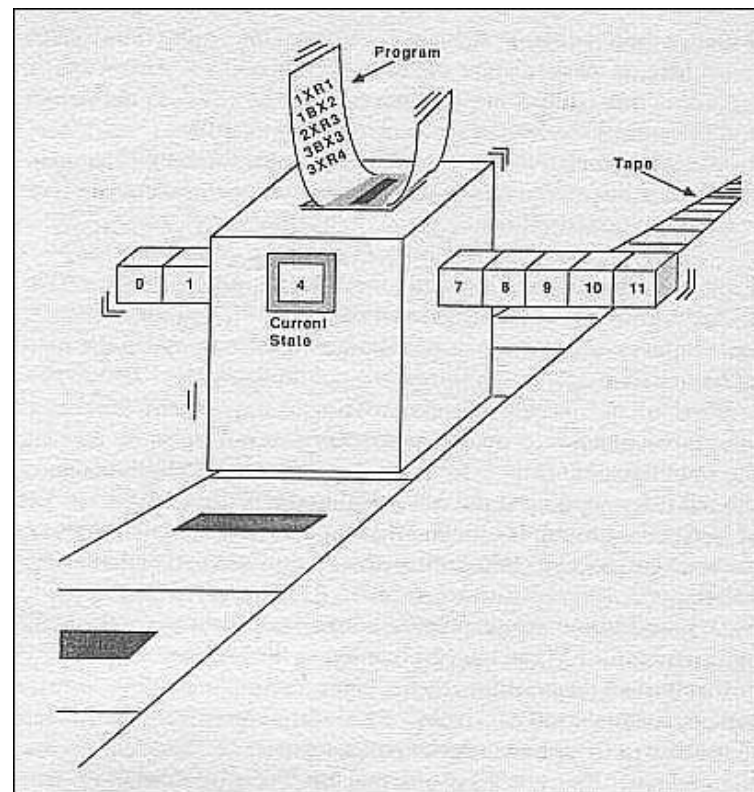
南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

• 图灵机模型

- 从初始状态开始，读写头位于纸带上的某个位置。
- 根据当前状态和读写头所在的单元格上的符号，图灵机通过转移函数来确定下一步的动作：读取当前符号、写入新符号、移动头的位置，并切换到新状态。
- 图灵机根据转移函数执行相应的操作，然后进入新的状态。
- 步骤2和步骤3重复进行，直到图灵机进入一个特定的停机状态（Halt State）或者永远不停机。





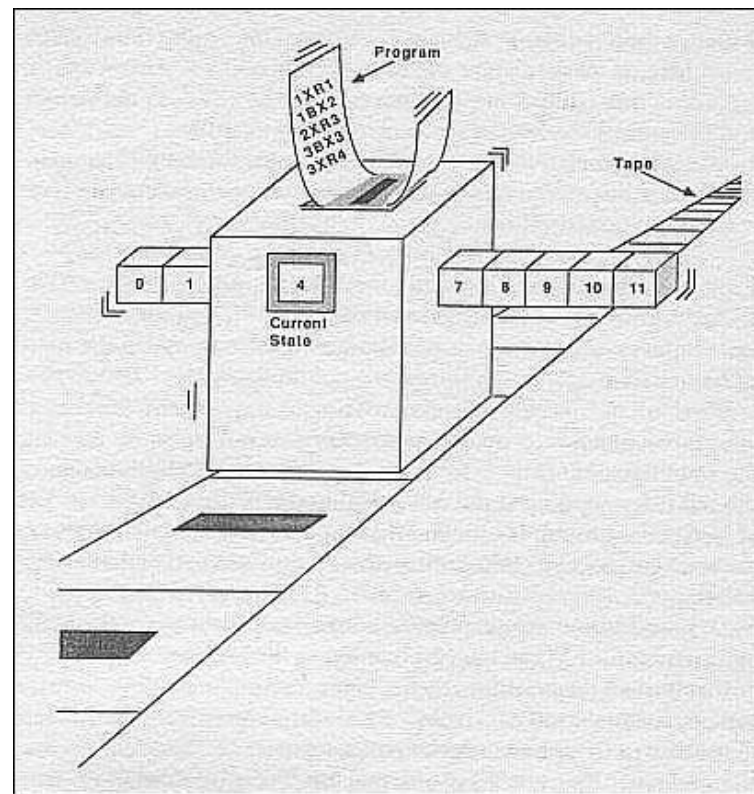
南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

- 图灵机模型

- 数据、指令、程序的自动执行
- 输入：一换0和1组成的纸带，000011100...
- 基本动作：0变为1、1变为0、前进1位、停止
- 指令：控制选择执行哪一个动作
 - 01（0变为1）、10（1变为0）、11（前进1位）、00（停止）
 - 用指令编写特定规则的程序，控制输出
 - 程序01 11 10 11 01 11 01 11 00
- 机器读取指令，执行...实现自动计算



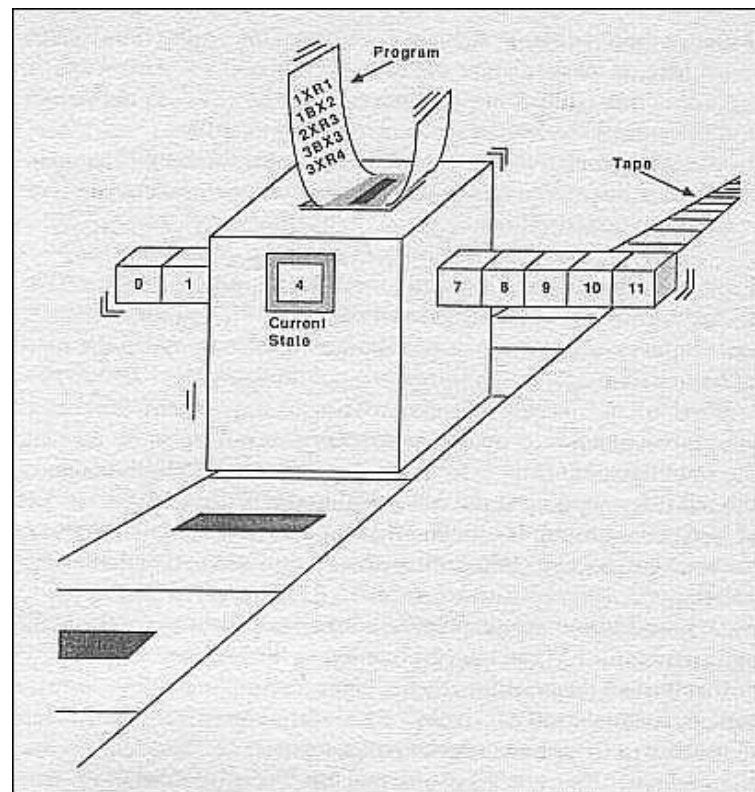


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

- 图灵机模型：状态转移函数
 - 程序表，五元组
 - $\langle q, b, a, m, q' \rangle$
 - q ——当前状态
 - b ——当前方格原符号
 - a ——修改后符号
 - m ——机器头移动方向 (R/L/N)
 - q' ——下一状态





南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机

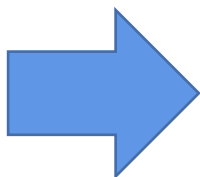
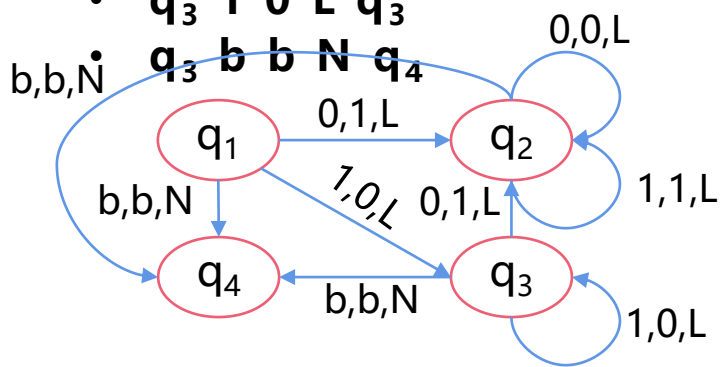
图灵机模型：程序表示例

纸带原符号，即输入

• 10100011

程序表(b表示空白)

- q_1 0 1 L q_2
- q_1 1 0 L q_3
- q_1 b b N q_4
- q_2 0 0 L q_2
- q_2 1 1 L q_2
- q_2 b b N q_4
- q_3 0 1 L q_2
- q_3 1 0 L q_3
- q_3 b b N q_4



从最右向左，状态 q_1 开始
计算过程（下划线机器头位置）

- ♦ 10100011 (q_1 1 0 L q_3)
- ♦ 10100010 (q_3 1 0 L q_3)
- ♦ 10100000 (q_3 0 1 L q_2)
- ♦ 10100100 (q_2 0 0 L q_2)
- ♦ 1010100 (q_2 0 0 L q_2)
- ♦ 10100100 (q_2 1 1 L q_2)
- ♦ 10100100 (q_2 0 0 L q_2)
- ♦ 10100100 (q_2 1 1 L q_2)
- ♦ 10100100 (q_2 b b N q_4)

小练习





南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

03 计算机系统



南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



冯·诺依曼模型

- **冯·诺依曼**
 - **美籍匈牙利数学家**
 - **理论计算机科学与博弈论的奠基者**
 - **在泛函分析、遍历理论、几何学、拓扑学和数值分析等众多数学领域及计算机科学、量子力学和经济学等领域都作过重大贡献**



冯·诺依曼(1903~1957)



南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



冯·诺依曼模型

- 1943: ENIAC (第一台电子计算机)
 - 电子管, 体积庞大、耗电量大.....
 - 十进制、没有存储器、硬连线程序、运算慢.....
- 1944: EDVAC (第二台电子计算机) 开始研制
 - 电子离散变量自动计算机 (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)
 - 二进制、程序存储于内存中
- 1945: 约翰·冯·诺依曼 (John von Neumann)
 - 关于EDVAC的报告草案 (First Draft of a Report on EDVAC)
 - 提出**冯·诺依曼体系结构/模型**, 也叫**普林斯顿结构**
 - 存储器与中央处理器分离, 程序和数据存储不分离
 - 存储程序计算机模型, 现代计算机的构建思想



南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

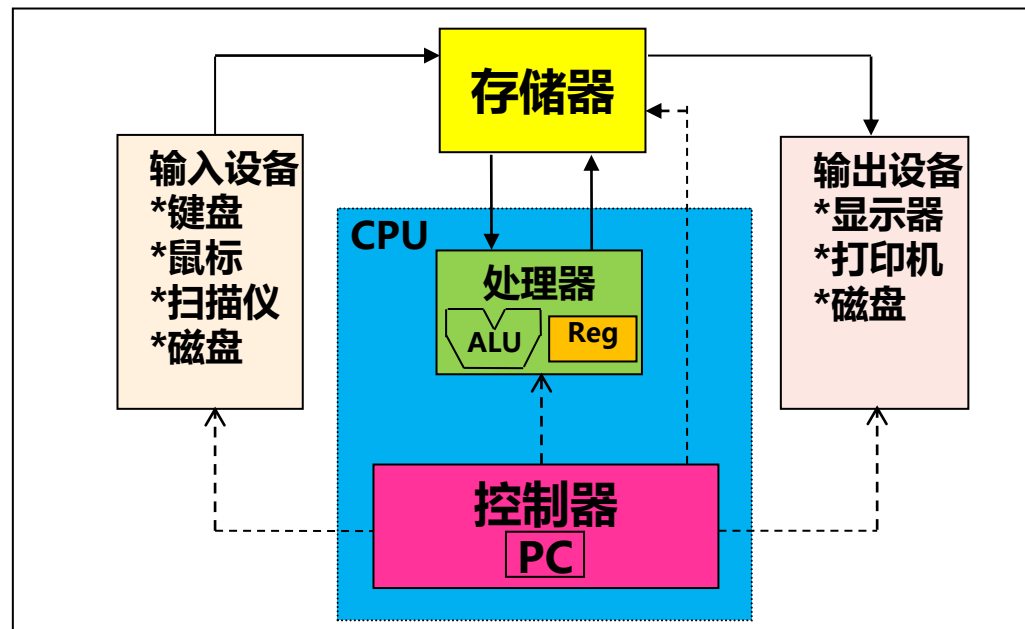


冯·诺依曼模型

- 组成部分

- 存储器：存储由指令组成的程序和程序所需的数据
- 运算器：处理器，完成指令的执行
- 控制器：控制指令执行的顺序
- 输入设备：将程序和所需的数据送入计算机
- 输出设备：将执行结果送出计算机之外

处理器和控制器是CPU（Central Processing Unit, 中央处理器）的主要组成部分

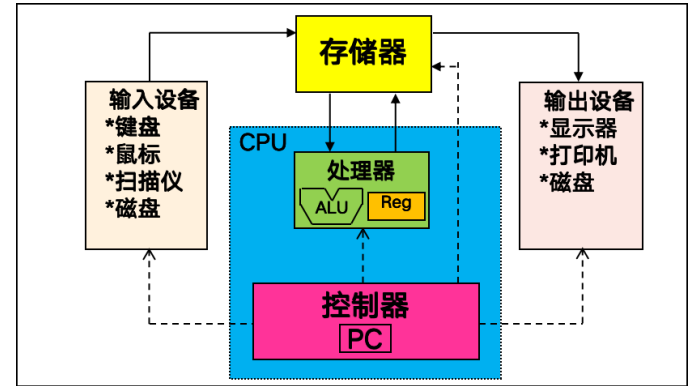




南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



冯·诺依曼模型



- 现代计算机构建思想：“**存储程序控制原理**”
- CPU（Central Processing Unit，中央处理器）
 - “**指挥信息的处理**”，从存储器/内存（memory）里读取下一条指令
 - “**执行信息的实际处理**”，执行该指令，即进行加法、乘法等计算工作
 - 这两项工作循环进行，即读取指令，执行指令……
- 程序/指令
 - **指令（instruction）**，计算机执行的一件明确定义的工作
 - **计算机程序（program）**，由一组指令组成，指令是计算机程序中规定的可执行的最小的工作单位



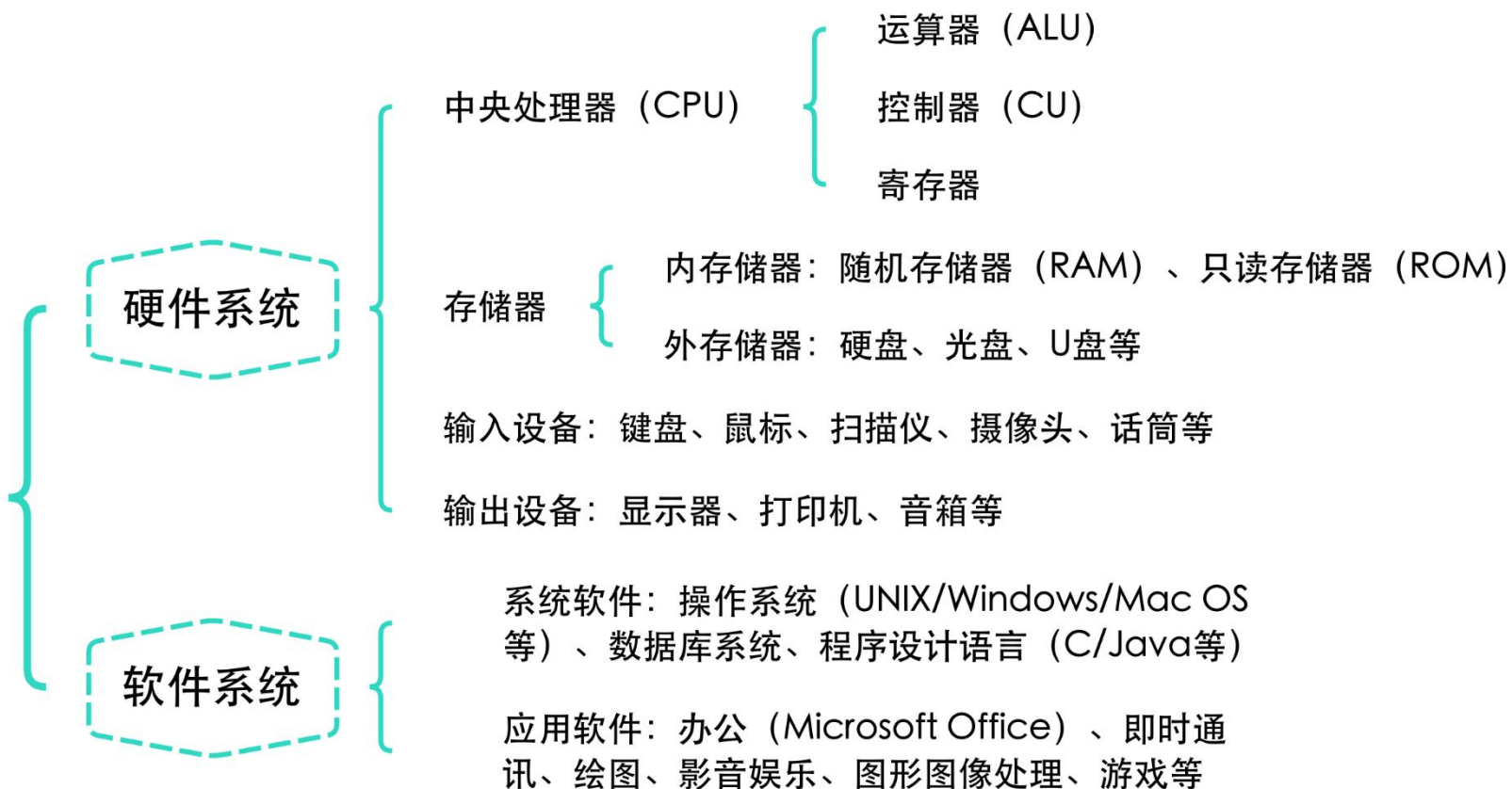
南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算机系统



计算机系统





南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022

04 计算系统

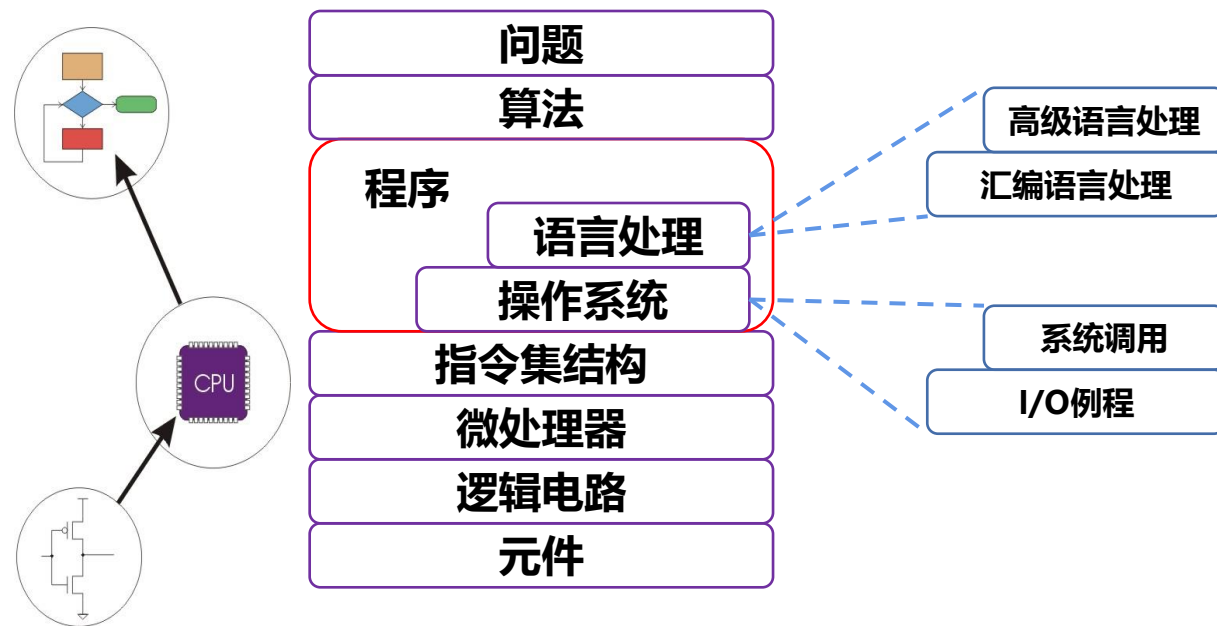


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统

- 人类使用自然语言（汉语、英语、西班牙语）描述问题，计算机只能使用电子解决问题（**电子设备的特征**）
- 计算系统可以将人类的自然语言转换成能够影响电子流动的电压，使得计算机完成复杂的任务（**这种转换是一种有序的、系统的转换**）
- 计算机系统使用电子解决问题的过程，从上到下包括**7个层次**，依次是**问题、算法、程序、指令集结构、微处理器、逻辑电路、元件**



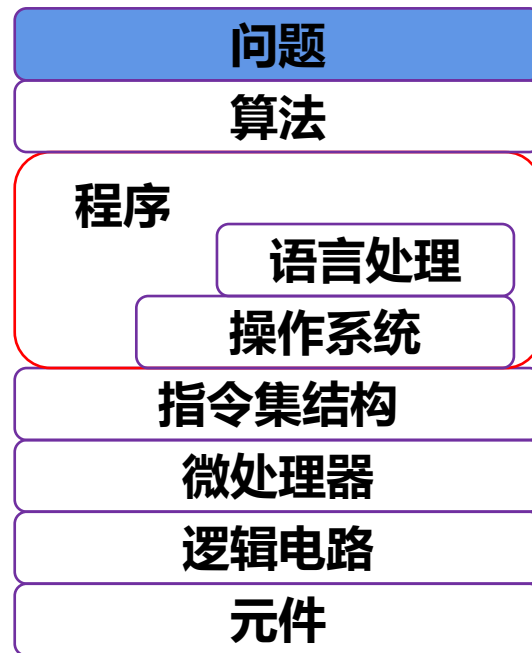


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 问题

- 自然语言描述
- 不能直接作为计算机的指令
 - “歧义性”，如羽毛球拍卖完了
- 计算机是电子设备，只能机械执行明确的指令
 - 如 “Add A, B”，将两个数A和B相加



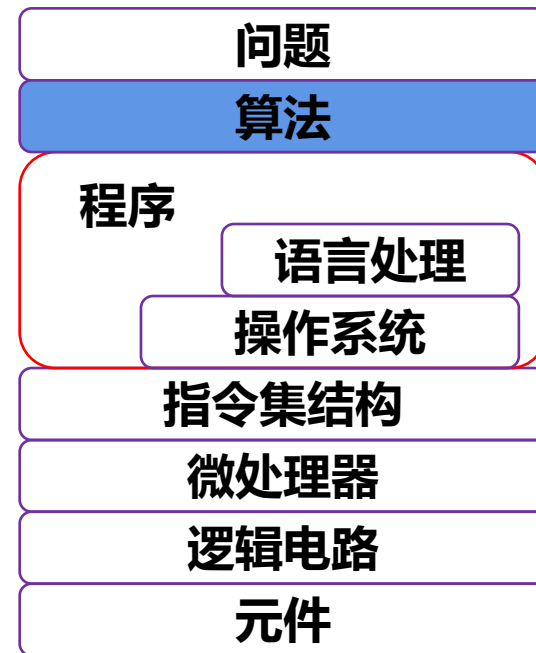


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 算法

- 将自然语言描述的问题转换成一个无歧义的操作步骤，即算法 (Algorithm)
- 特征：
 - “有限性” (Finiteness)：程序最终能够结束。
 - “确定性” (Definiteness)：每个步骤都必须是明确的，不应存在歧义性。例如，“A与一个数相加”就是“不确定”的，因为不知道A与哪一个数相加。
 - “有效可计算性” (Effective Computability)：每个步骤都能被计算机执行，“A除以0”就缺乏可计算性。



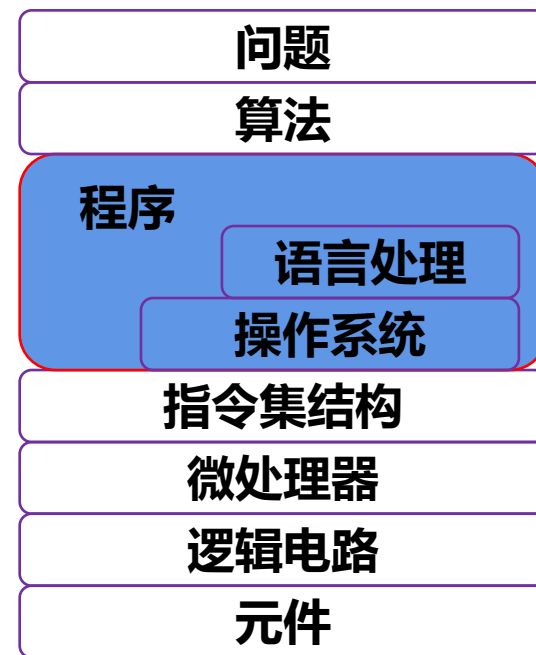


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 程序设计语言处理

- 使用程序设计语言把算法转换为程序
 - C/C++、Java、Python、Golang、Rust等
- 程序设计语言与自然语言不同，它是用于表达计算机指令的语言，不存在歧义性
- 高级语言程序，必须将其翻译成执行程序作业的机器（目标机器）的指令，即机器语言，才能在目标机器上执行
- 把高级语言翻译成机器语言的工作通常可以由一个翻译程序来完成
- 对于使用某种机器的汇编语言编写的程序，如果要在该机器上执行，由一个叫做汇编器的程序来完成从汇编语言程序到该机器指令集的翻译工作



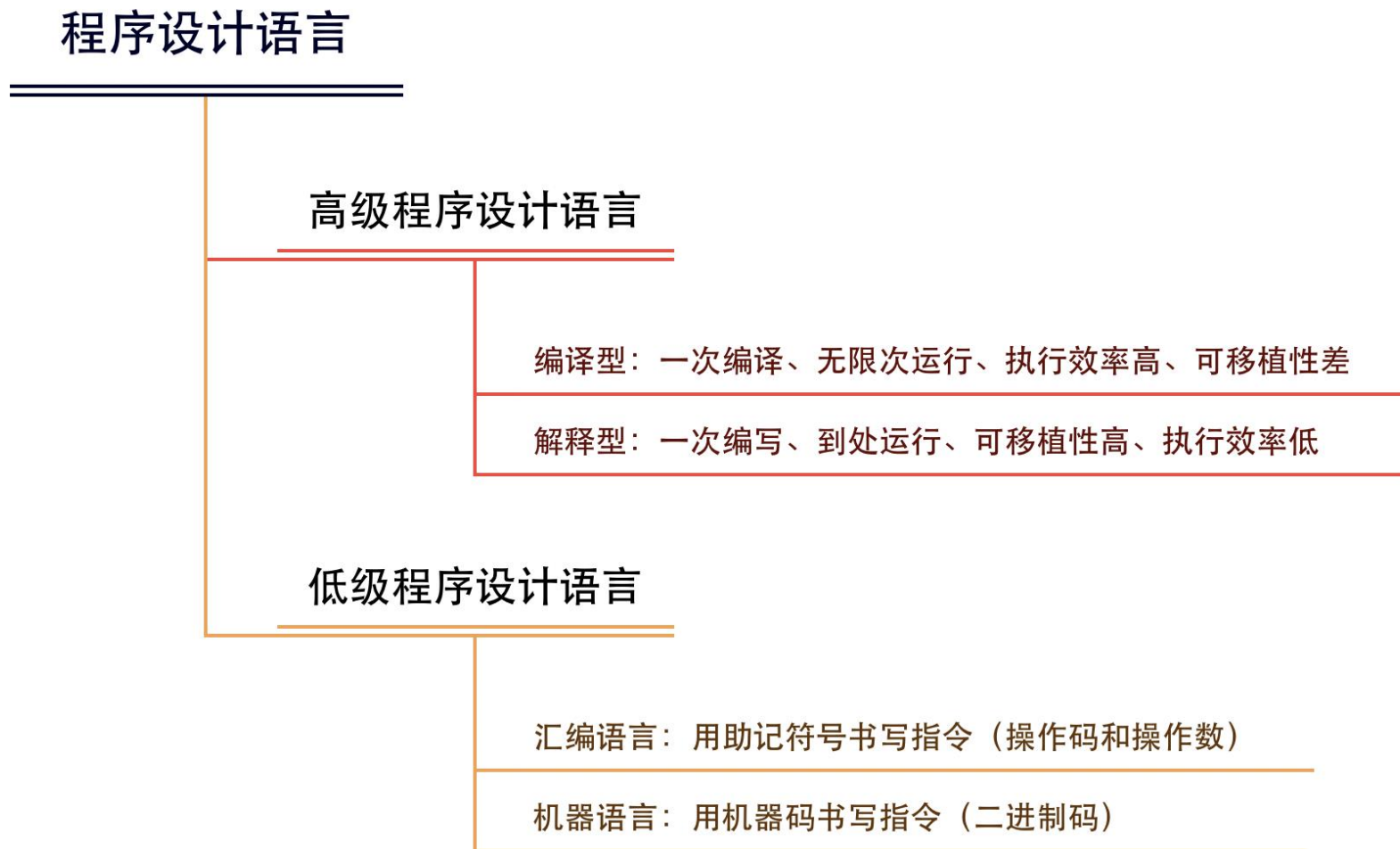


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 程序设计语言处理

- 程序设计语言



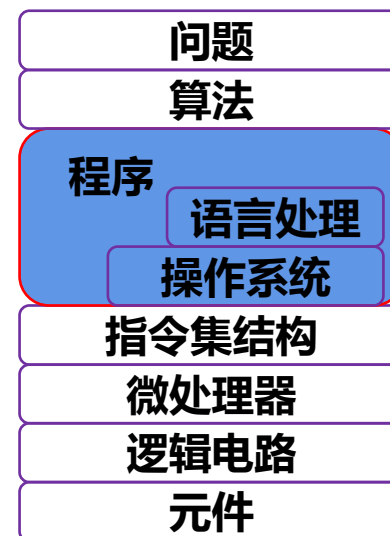
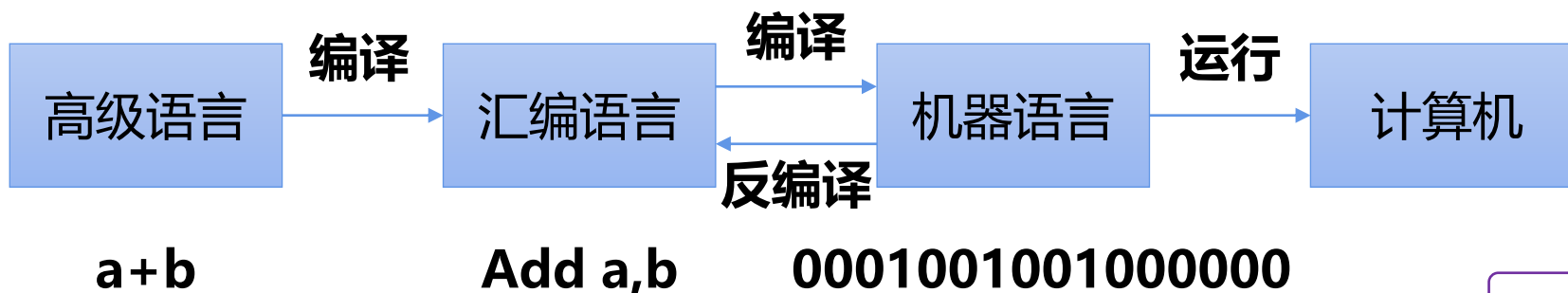


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 程序设计语言处理

- 语言处理
- 以“将两个数a和b相加”为例





南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



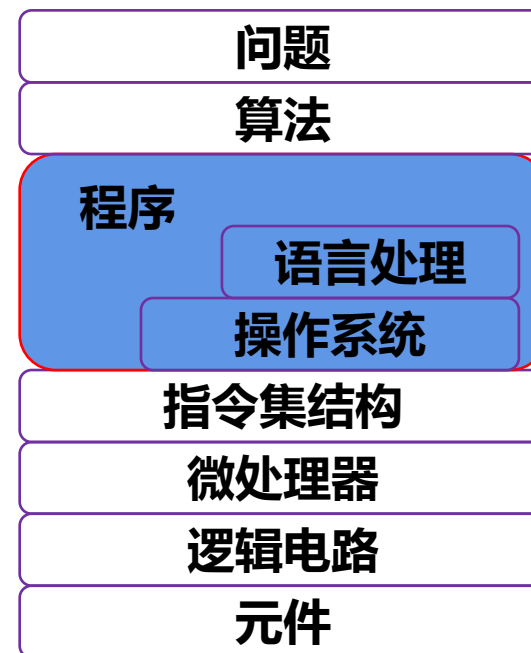
计算系统 || 操作系统

- 如何把编写的程序输入计算机?
- 如何把计算机执行的结果输出给用户?
- 最初的操作系统包含的就是支持输入/输出操作的设备管理例程
- 随着技术的发展，操作系统包含了**文件管理、内存管理、进程管理**等主要功能
- 在更高年级的后续课程中大家将有机会深入学习现代操作系统

Harmony OS



UNIX
Unix



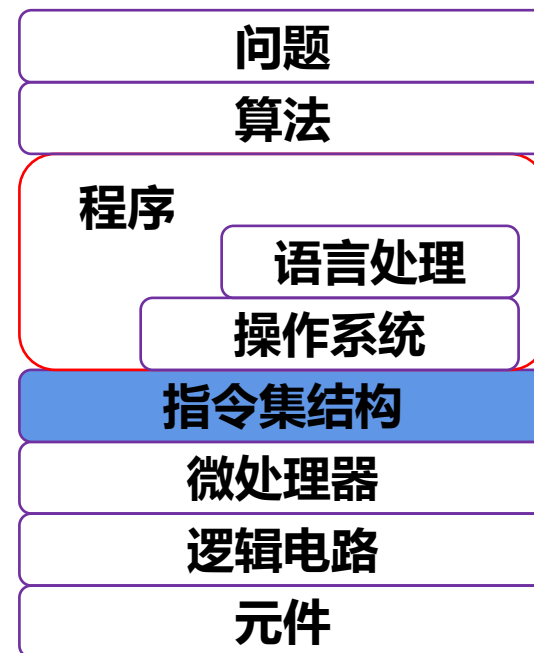


南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 指令集结构

- 将高级语言程序翻译成机器语言，依据就是目标机器的指令集结构（Instruction Set Architecture, ISA）
- 如果需要将某种高级语言（如C语言）翻译到某种目标机器（如IA-32）上执行，必须使用相应的翻译程序
- 指令集结构是编写的程序和执行程序的底层计算机硬件之间的接口（Interface）的完整定义



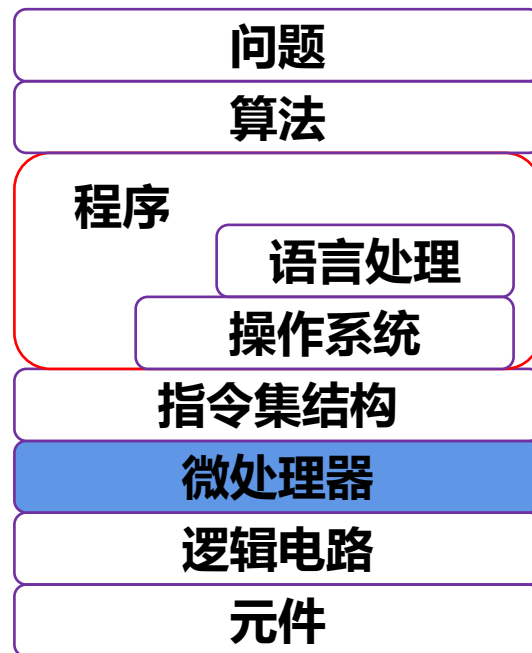


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 微处理器

- 每一种指令集结构都可以采用多种微结构来实现
- 对于计算机设计者来说，每一种实现都是一次对微处理器的成本和性能之间的平衡
- 例如，1979年，Intel公司设计了IA-32指令集结构，从1985年Intel实现的80386微处理器，之后的80486、80586微处理器，到1998年推出的Pentium（奔腾）微处理器，都是采用不同微结构对IA-32指令集结构的实现



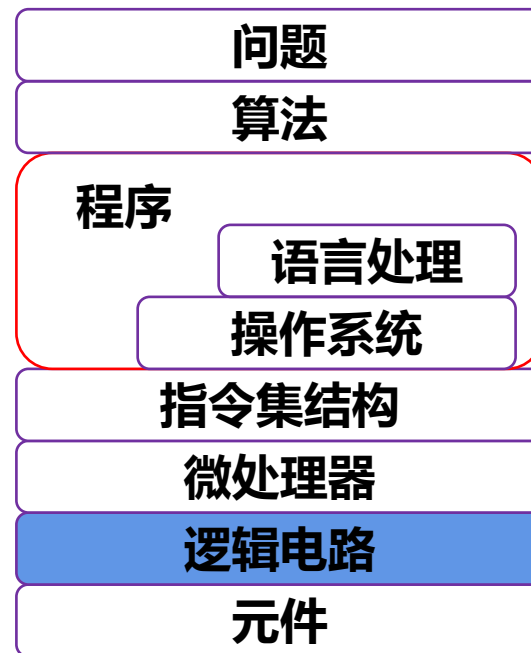


南京大学120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 逻辑电路

- 组成微处理器的每一个组件的逻辑电路也有很多选择，因为设计者也需要考虑如何尽量平衡成本和性能
- 例如，对于组成微处理器的加法器的实现，选择超前进位逻辑电路，比选择行波进位电路，计算速度更高
- 在大规模和超大规模集成电路的设计过程中，设计者还需考虑布线和电路时延等实际问题



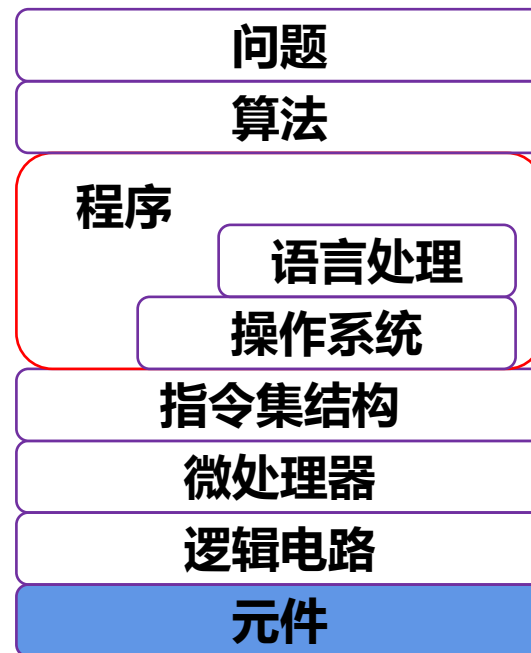


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



计算系统 || 电子元件

- 每一种基本的逻辑电路都是由特定的物理元件实现的
- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 逻辑电路采用金属氧化物半导体晶体管制造
- 双极型逻辑电路则采用双极型晶体管构成



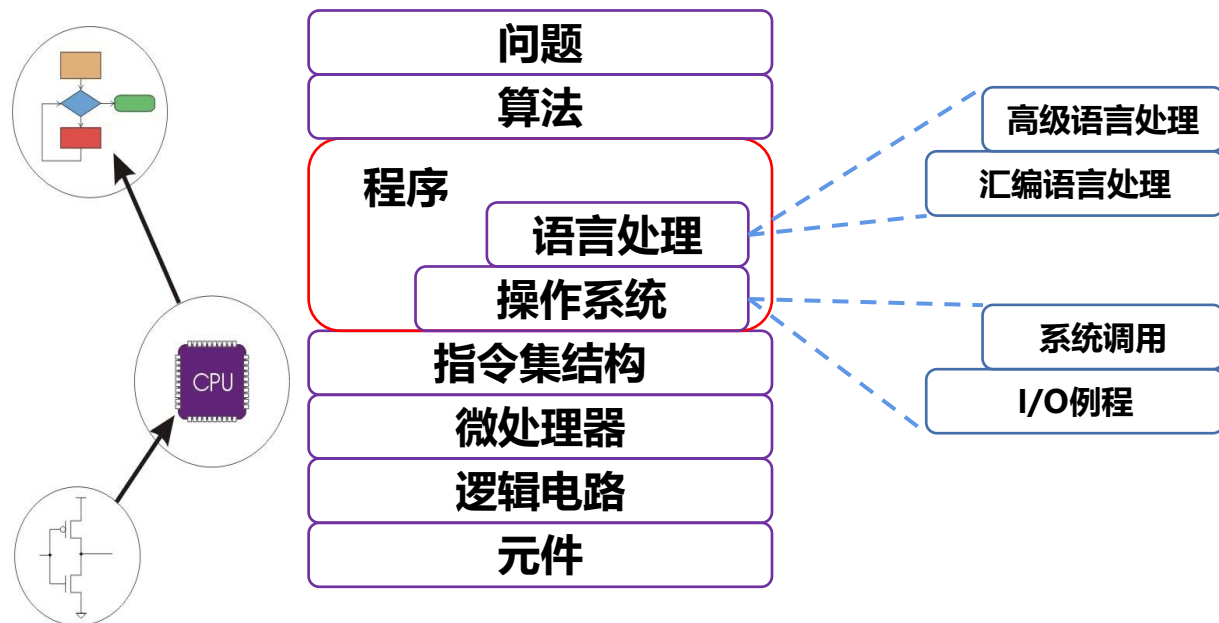


南京大學120周年校庆
120th ANNIVERSARY
NANJING UNIVERSITY
1902 - 2022



总结

- 什么是计算机？
 - 通用电子数字
 - 图灵机
- 什么是计算机系统？
 - 冯诺依曼模型
- 什么是计算系统？
 - 七个层级





谢 谢

诚耀百廿 雄创一流

