

# 计算机导论

# 第1部分 绪论

1.1 计算系统

1.2 计算的历史

1.3 计算工具与计算科学

# 1.1 计算系统

Computing systems are dynamic!

计算系统是一种动态实体！

- 用于解决问题以及与它所处环境进行交互。

计算系统由硬件、软件和它们管理的数据构成。

*What is the difference between hardware and software?*

# 1.1 计算系统

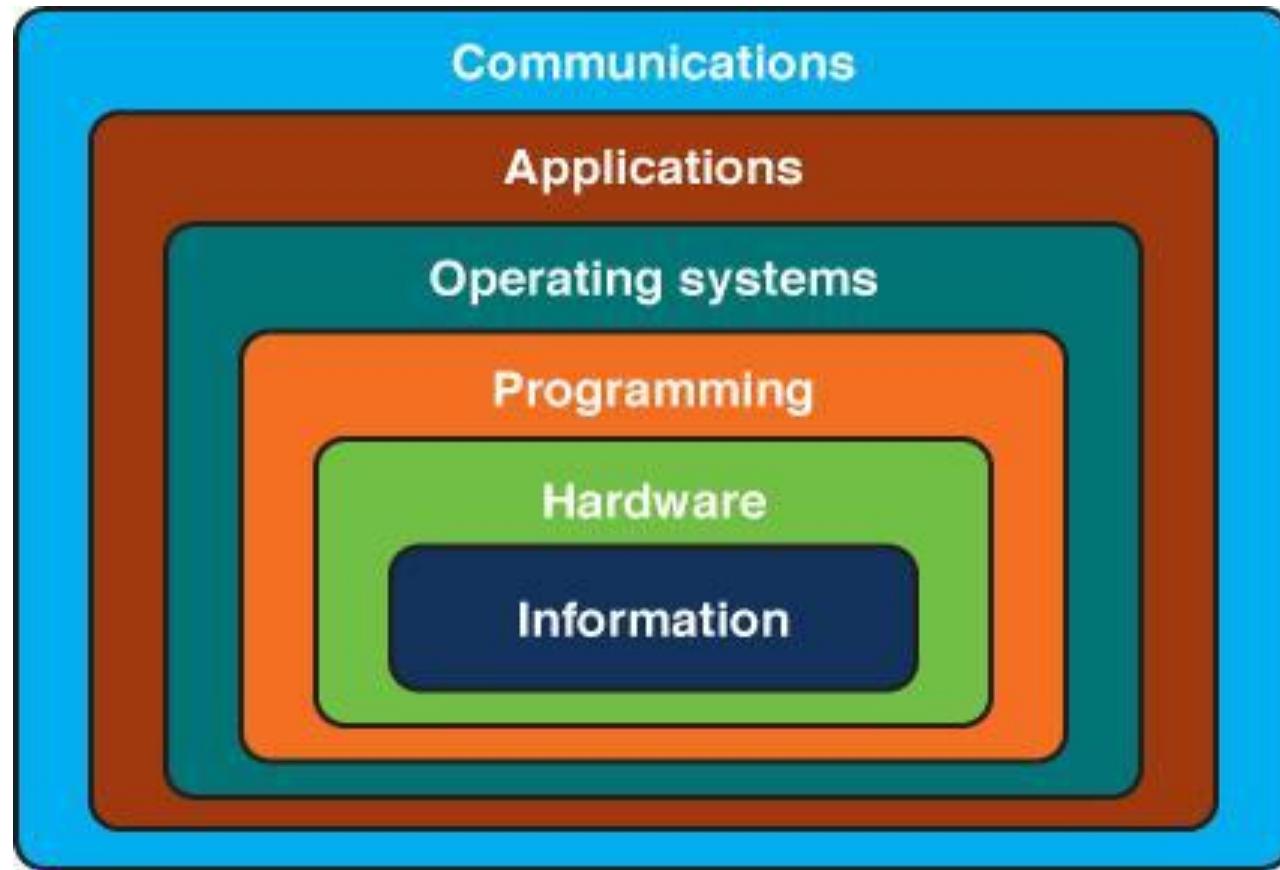
Hardware The physical elements of a computing system  
(printer, circuit boards, wires, keyboard...)

计算系统的物理元件（打印机、电路板、线路、键盘...）

Software The programs that provide the instructions for a computer to execute

提供计算机执行的指令的程序集合。

## 1.1.1 计算系统的分层



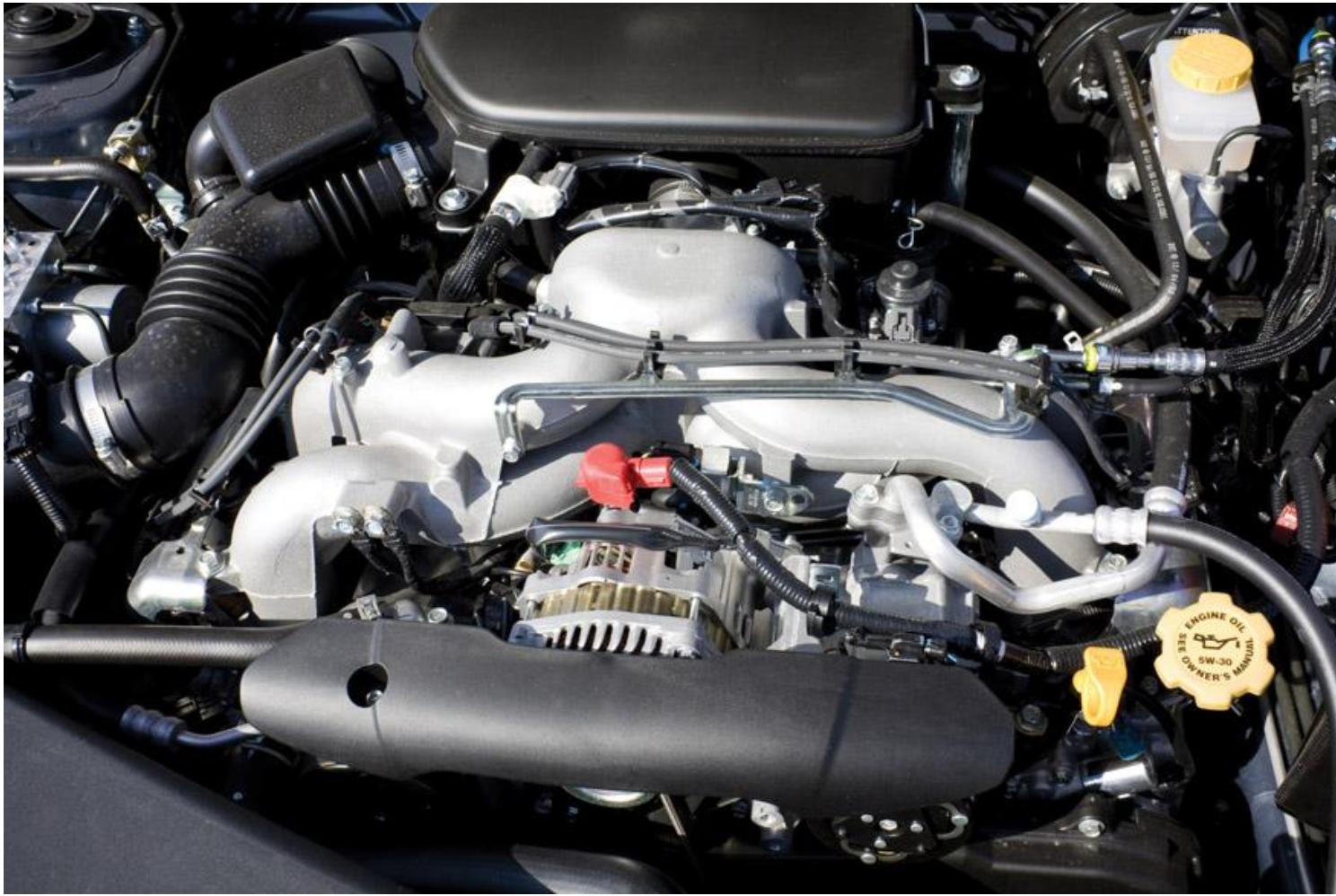
## 1.1.2 抽象

Abstraction A mental model that removes complex details

删除了复杂细节的心理模型

*This is a key concept. Abstraction will reappear throughout the text – be sure you understand it!*

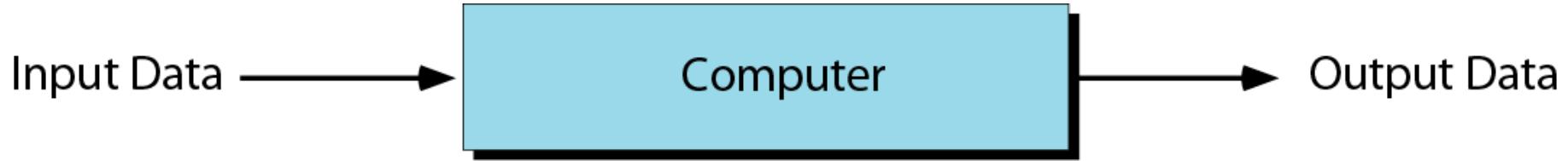
# Internal View



# Abstract View



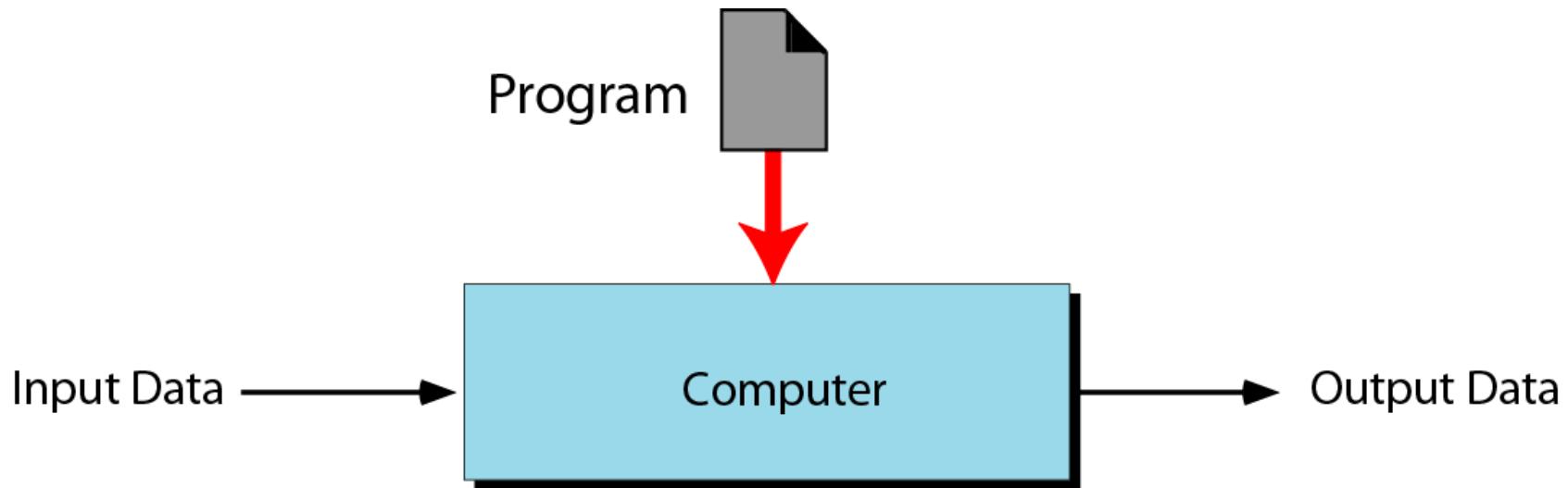
# Data processor model



This model is **too general**.

**Another problem** with this model is that it does not specify the type of processing or whether more than one type of processing is possible.

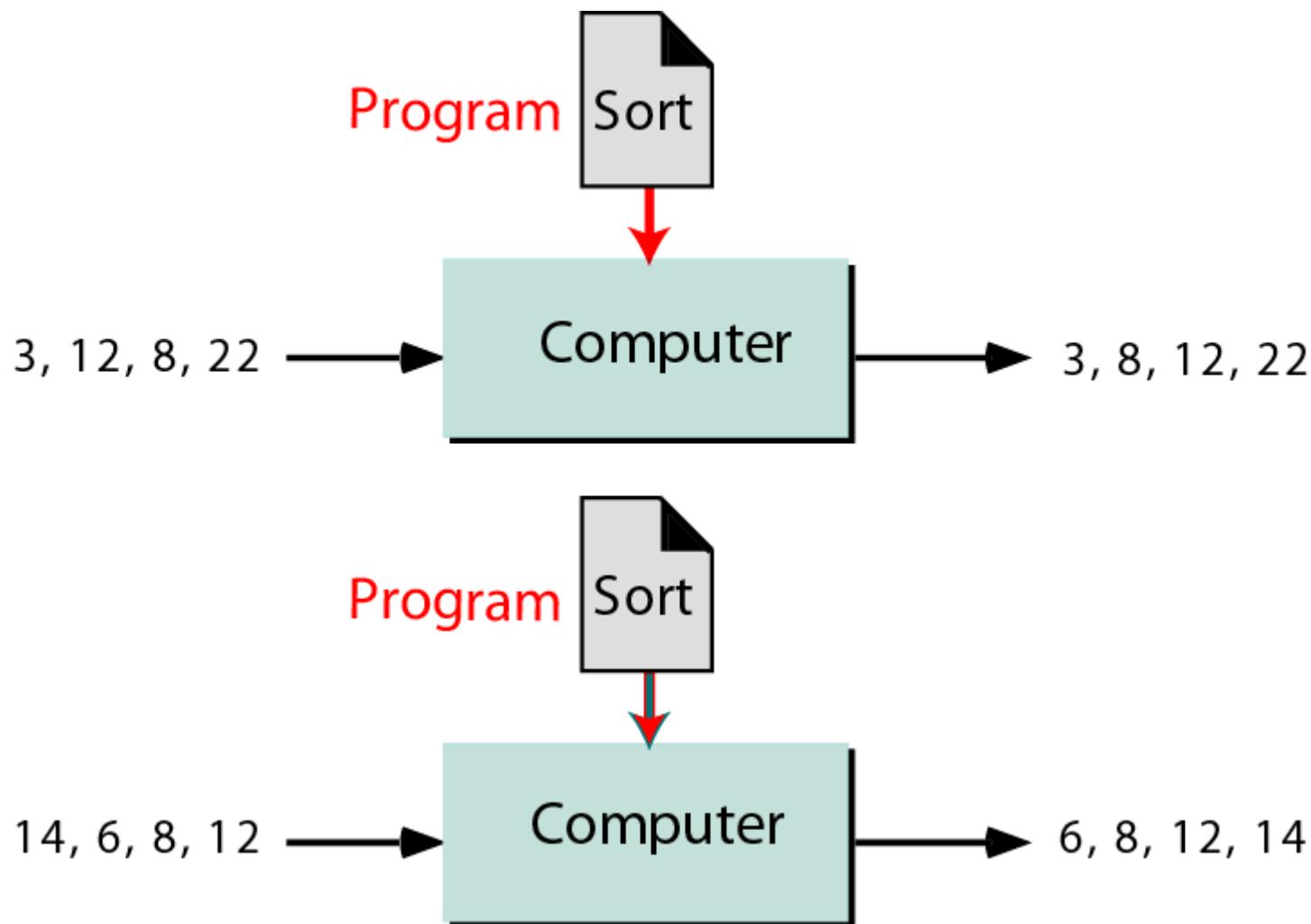
# Programmable data processor model



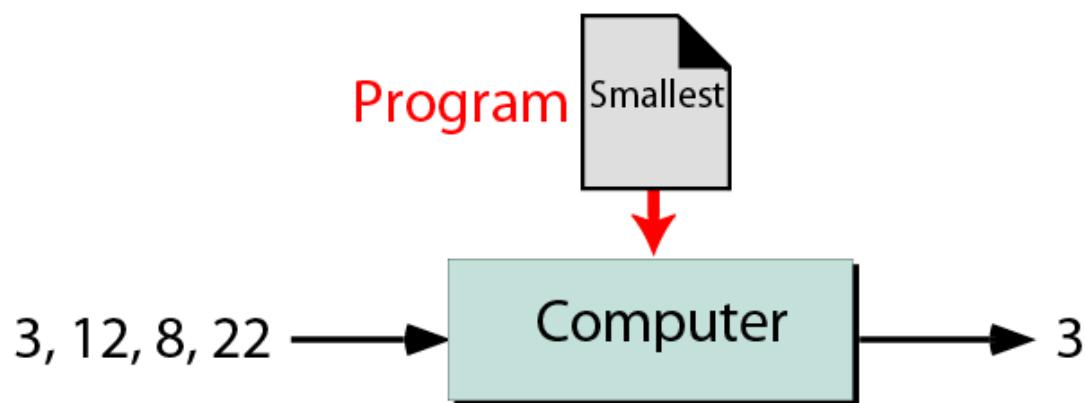
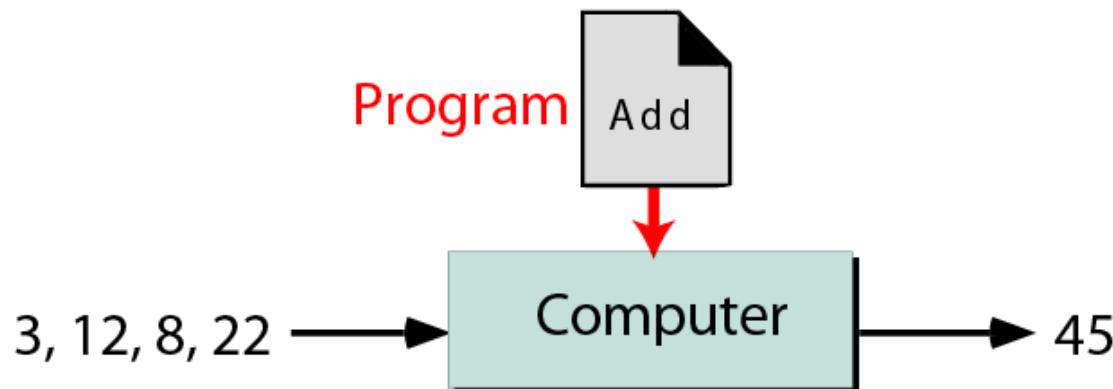
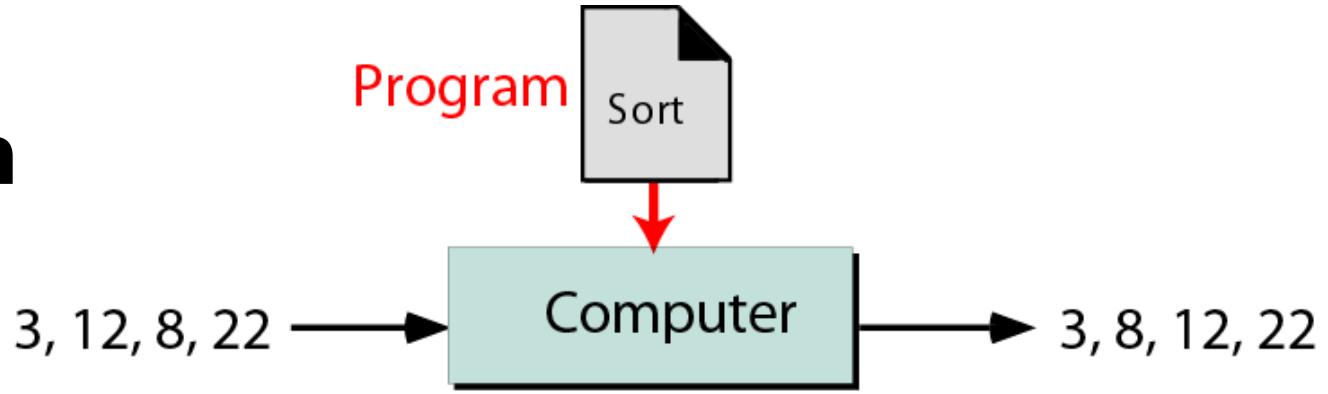
A **program** is a set of instructions that tells the computer what to do with data.

A program is a set of instructions written in a **computer language**.

# Same program, different data



# Same data different programs



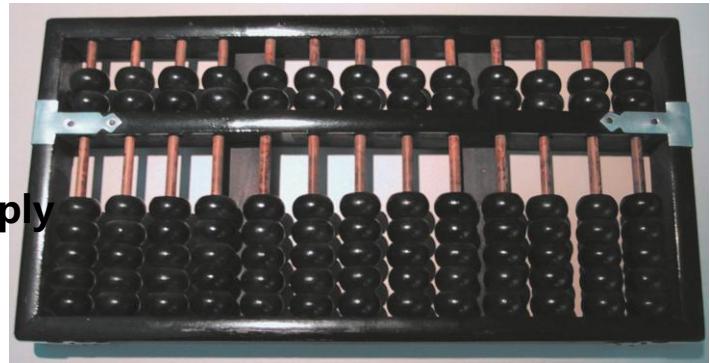
# 1.2 计算的历史



# 1.2.1 计算硬件简史 早期历史

**Abacus 算盘**

An early device to record numeric values



**Blaise Pascal**

Mechanical device to add, subtract, divide & multiply

**Joseph Jacquard**

Jacquard' s Loom织机, the punched card穿孔卡片

**Charles Babbage**

Analytical Engine分析机

**Ada Lovelace**

First Programmer, the loop

**Alan Turing**

Turing Machine, Artificial Intelligence Testing

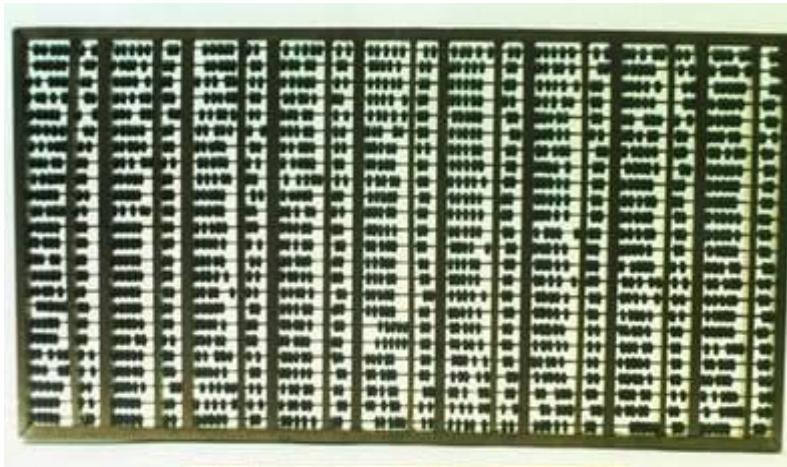
**Harvard Mark I, ENIAC, UNIVAC I**

Early computers launch new era in mathematics, physics, engineering and economics

# 算盘能被认为是计算机吗？



珠算珍品



九层算盘



## 一、加法口诀

直加 满五加 进十加

- 一: 一上一 一下五去四 一去九进一
- 二: 二上二 二下五去三 二去八进一
- 三: 三上三 三下五去二 三去七进一
- 四: 四上四 四下五去一 四去六进一
- 五: 五上五 五去五进一
- 六: 六上六 六去四进一 六上一去五进一
- 七: 七上七 七去三进一 七上二去五进一
- 八: 八上八 八去二进一 八上三去五进一
- 九: 九上九 九去一进一 九上四去五进一

## 二、减法口诀

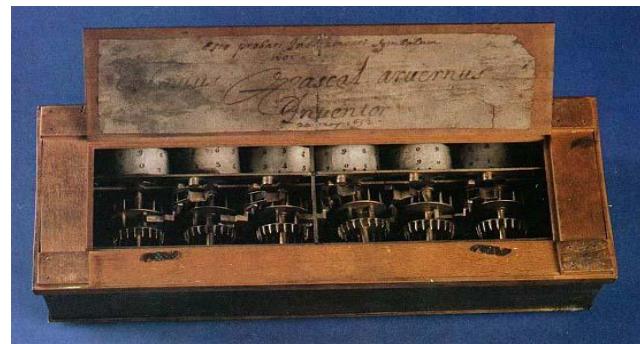
直减 破五减 退位减

- 一一一 一上四去五 一退一还九
- 一二二 二上三去五 二退一还八
- 三三三 三上二去五 三退一还七
- 四四四 四上一去五 四退一还六
- 五五五 五去五进一
- 六六六 六退一还四 六退一还五去一
- 七七七 七退一还三 七退一还五去二
- 八八八 八退一还二 八退一还五去三
- 九九九 九退一还一 九退一还五去四

# Mechanical machines(Before 1830)

- ◆ Blaise Pascal (1623 ~ 1662)
- ◆ 1642 invented **Pascaline**

帕斯卡机的意义：它告诉人们“用纯机械装置可代替人的思维和记忆”。开辟了自动计算的道路。



帕斯卡, B.

# Leibnitz(莱布尼茨)

- ◆ Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 ~ 1716), 德国数学家
- 
- ◆ 莱布尼茨机的意义：连续重复自动执行。
- ◆ 提出了二进制数及其计算规则；

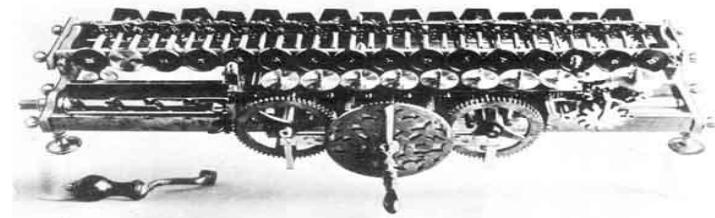
Gottfried Wilhelm Leibniz invented a more sophisticated mechanical calculator that could do multiplication and division as well as addition and subtraction.  
**Leibnitz' s Wheel.**

是基于十进制计机器，还是基于二进制设计机器？

如果基于二进制设计机器，那其处理规则又是怎样的呢？



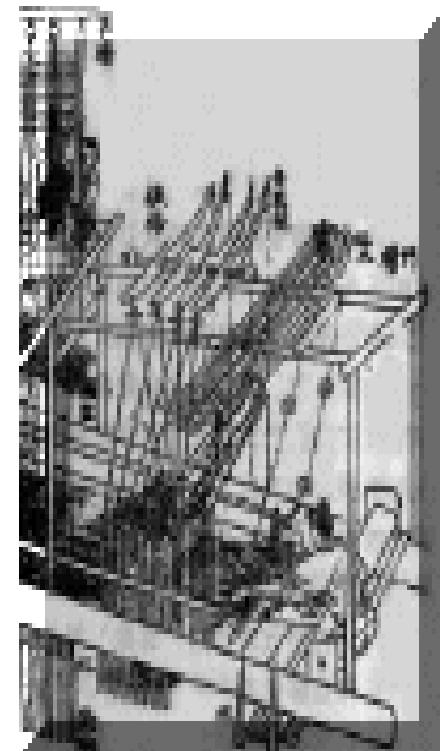
莱布尼兹, G. W.



# Jacquard loom (雅各织布机)

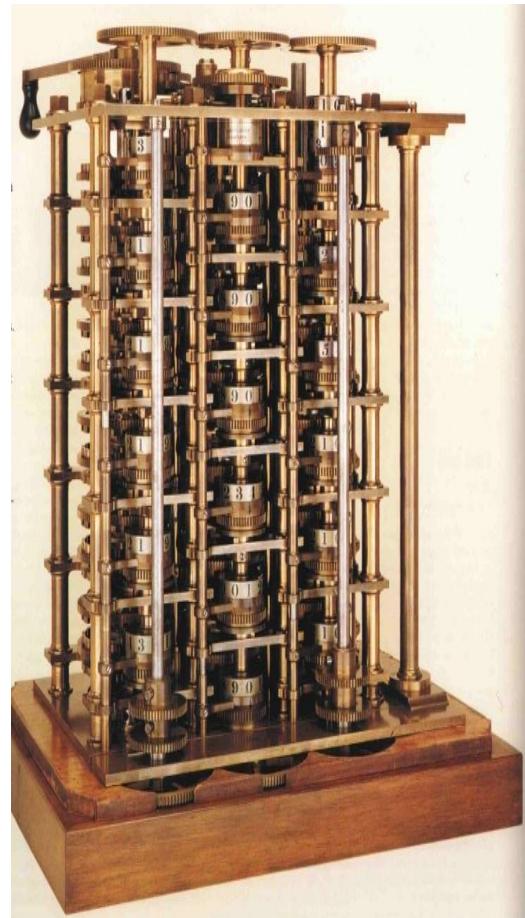
1804年，法国机械师约瑟夫·雅各发明了可编程织布机，通过读取穿孔卡片上的编码信息来自动控制织布机的编织图案，引起法国纺织工业革命。雅各织布机虽然不是计算工具，但是它第一次使用了穿孔卡片这种输入方式。如果找不到输入信息和控制操作的机械方法，那么真正意义上的机械式计算工具是不可能出现的。直到20世纪70年代，穿孔卡片这种输入方式还在普遍使用

The first machine that used the idea of storage and programming



# Mechanical machines

- 差分机:1822年，英国剑桥大学著名数学家查尔斯·巴贝奇研制成功第一台差分机（由多个直立铜柱组成，每个铜柱垂直装配有6个齿轮，齿轮对应的字轮上有0~9，不同的字轮代表十进制的不同位，通过齿轮的彼此咬合传动完成计算）。
  - ◆ 可用于计算数的平方、立方、对数和三角函数；差分是把函数表的复杂算式转化为差分运算，用**简单的加法代替平方运算**
  - ◆ 能进行8位数运算



- **巴贝奇分析机**
- **1833年，巴贝奇设计出了分析机模型，这个模型包括了现代计算机所具有的5个基本组成部分。**
- 输入装置——穿孔卡片输入数据；
- 齿轮式的存储装置（“仓库”）——能存储1000个50位十进制数的容量；
- 资料处理装置“工厂”——完成加减乘除，还能根据运算符号改变计算进程。
- 控制装置——使用指令进行控制，指令时通过穿孔卡片顺序输入处理装置。
- 输出装置——穿孔卡片或者打印机输出

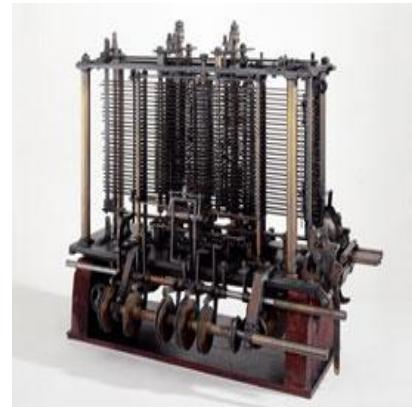
# 第一位女程序员



- 爱达·拉夫拉斯伯爵夫人（1815-1852）是唯一能理解巴贝奇的人，也是世界计算机先驱中的第一位女性，是一位数学家。
- 帮助巴贝奇研制分析机，建议用二进制取代十进制存储，她还指出分析机可能像雅各织布机一样编程，并发现了编程的要素。她还为某些计算开发了一些指令，并预言计算机总有一天会演奏音乐。第二年，她帮助巴贝奇处理论文的译稿时，加入了许多独特的见解，深得巴贝奇教授的赞许。

# 机械计算的简要发展历程是怎样的？

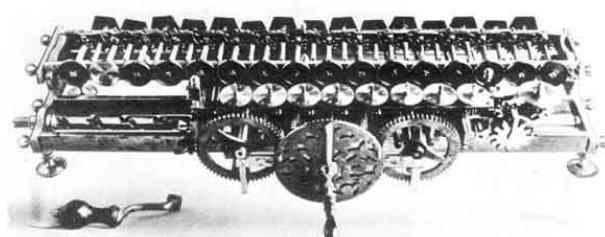
◆从表示-自动存储-自动执行的角度



现代计算机：一般程序  
--任意可变的计算规则



Babbage机械计算机：(特定)程序  
--可有限变化的计算规则



Pascal机械计算机：自动计算--固定的计算规则



计算辅助工具

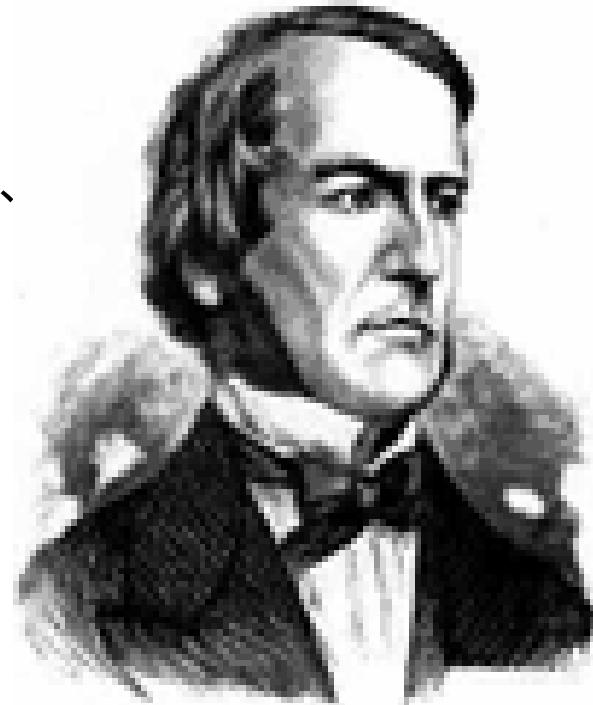
## 现代计算机发展的杰出人物

“西尔伯特纲领”的研究基础是逻辑和代数，主要源于19世纪英国数学家乔治·布尔（G. Boole）所创立的逻辑代数体系（即布尔代数）。

1854年，布尔在他的著作中成功地将“真”、“假”两种逻辑值和“与”、“或”、“非”3种逻辑运算归结为一种代数。这

样，形式逻辑系统中的任何命题都可用数学符号表示出来，并能按照一定的规则推导出结论。尽管布尔没有将

“布尔代数”与计算机联系起来，但他的工作却为现代计算机的诞生作了重要的理论准备。



G. Boole  
乔治·布尔

# 现代计算机发展的杰出人物

## 克劳德·艾尔伍德·香农 (Claude Elwood Shannon)

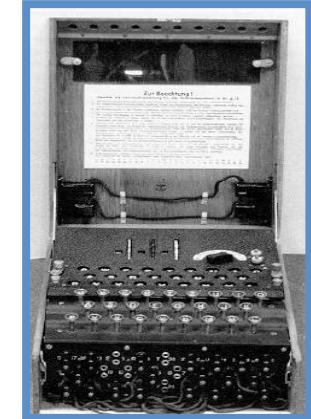
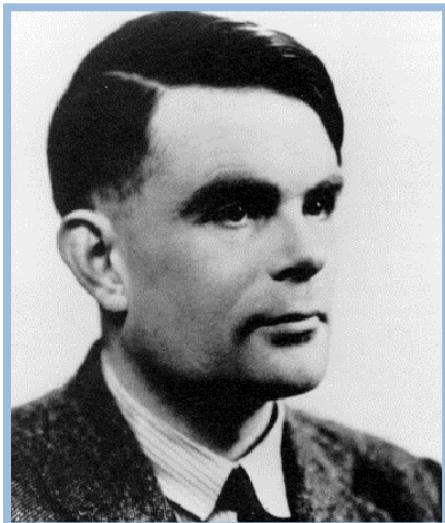
1938年发表了著名论文《继电器和开关电路的符号分析》，首次用布尔代数对开关电路进行了相关的分析，并证明了可以通过继电器电路来实现布尔代数的逻辑运算，同时明确地给出了实现加，减，乘，除等运算的电子电路的设计方法。这篇论文成为开关电路理论的开端。



# 现代计算机发展的杰出人物

## ● 计算理论的奠基人

- ◆ Alan Turing (1912~1954) 1936年上研究生时发表的一篇论文中提出了图灵机 (*Turing Machine*) , 奠定了计算机的理论基础。
- ◆ 第二次世界大战中, Turing 领导的小组制造出了破译德军 Enigma 密码的计算机, 并成功地完成了任务。



- Turing 与 Church 合作给出了数学证明, 断言未来计算机能够象人那样具有思维能力 (因而汉语中有了“电脑”)。
- 计算机学科的最高荣誉是 ACM (美国计算机学会) 图灵奖。

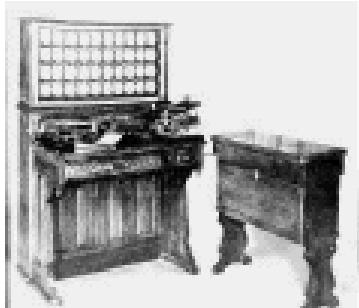
## 图灵机

- 证明了通用计算理论，肯定了计算机实现的可能性，同时它给出了计算机应有的主要架构；
- 图灵机模型引入了读写与算法与程序语言的概念，极大的突破了过去的计算机器的设计理念；
- 图灵机模型理论是计算学科最核心的理论，因为计算机的极限计算能力就是通用图灵机的计算能力，很多问题可以转化到图灵机这个简单的模型来考虑。 [

通用图灵机向人们展示这样一个过程：程序和其输入可以先保存到存储带上，图灵机就按程序一步一步运行直到给出结果，结果也保存在存储带上。更重要的是，隐约可以看到现代计算机主要构成，尤其是冯·诺依曼理论的主要构成

## 机电计算机

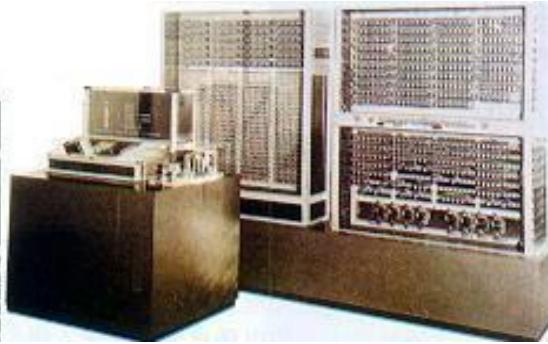
- 1888年美国霍勒瑞斯制造第一台机电式计算机(制表机)，用于人口普查卡片分类统计。
- 1938年德国朱斯制造了第一台采用二进制数的全自动可编程机电式计算机20世纪30年代末期，英国数学家艾伦·图灵描述了假想机器（图灵机）
- 20世纪30年代后期，艾肯和IBM公司的工程师小组完成了“Mark I”



霍勒瑞斯(制表机)



朱斯



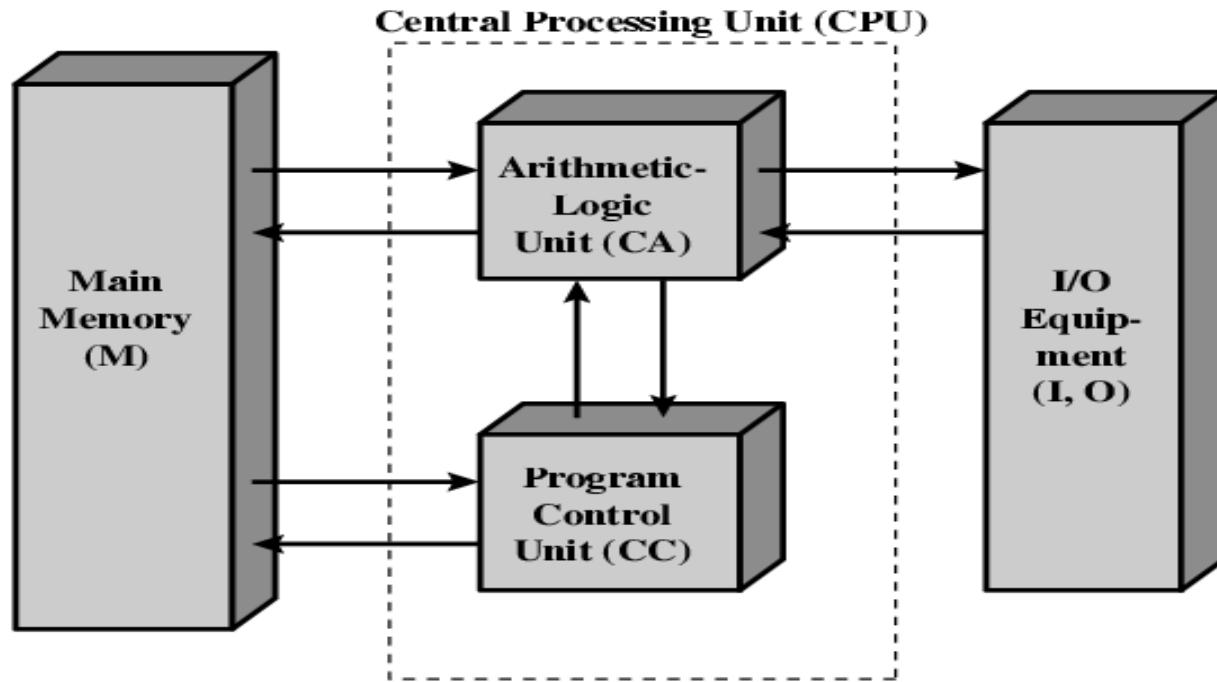
Mark I

# 现代电子计算机之父

- 1944~1945年间，美籍匈牙利科学家冯·诺伊曼在第一台现代计算机ENIAC尚未问世时注意到其弱点，并提出一个新机型EDVAC的设计方案，其中提到了两个设想：
- 采用二进制和“存储程序”。这两个设想对于现代计算机至关重要，也使冯·诺伊曼成为“现代电子计算机之父”，冯·诺伊曼机体系延续至今。



# Structure of von Neumann machine



- Main memory storing programs and data
- ALU operating on binary data
- Control unit interpreting instructions from memory and executing
- Input and output equipment operated by control unit

# 计算机硬件的第一个时代 (1951-1959)

Vacuum Tubes 真空管

Large, not very reliable 可靠, generated a lot of heat



Magnetic Drum 磁鼓

Memory device that rotated 旋转 under a read/write head

Card Readers → Magnetic Tape Drives

读卡机 → 磁带机

Sequential 连续的 auxiliary 辅助 storage devices

1946年2月14日诞生，是美国宾夕法尼亚大学研制的“电子数值积分计算机”（ENIAC）。



1. 5000次加法/秒
2. 保存80个字节
3. 体重28吨
4. 占地170m<sup>2</sup>
5. 18800只电子管
6. 1500个继电器
7. 功率150KW

# 第二代 (1959-1965)

## Transistor 晶体管

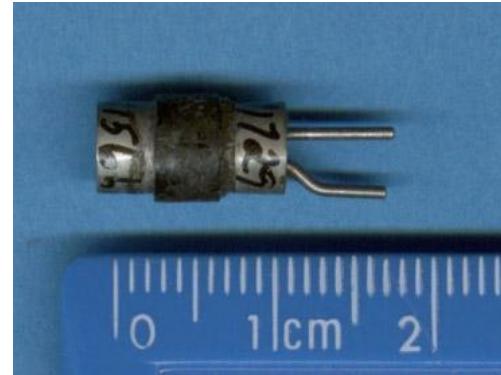
Replaced vacuum tube, fast, small, durable, cheap

## Magnetic Cores 磁芯

Replaced magnetic drums, information available instantly

## Magnetic Disks 磁盘

Replaced magnetic tape, data can be accessed directly



- 以晶体管计算机为标志
- 用晶体管取代了电子管
- 内存储器——磁芯存储器
- 辅助存储器——磁盘
- 出现了通道和中断装置



# 第三代 (1965-1971)

Integrated Circuits 集成电路

Replaced circuit boards, smaller, cheaper, faster, more reliable

Transistors 晶体管

Now used for memory construction

Terminal 终端

An input/output device with a keyboard and screen

- 以IBM公司研制成功的360系列计算机为标志
- 特征是集成电路
- 内存储器用半导体存储器淘汰了磁芯存储器
- 输入设备出现了键盘
- 输出设备出现了显示器
- 出现了主机分时系统

# 第四代 (1971-? )

**Large-scale Integration**

Great advances in chip technology

**PCs, the Commercial Market, Workstations**

Personal Computers and Workstations emerge

New companies emerge: Apple, Sun, Dell ...

**Laptops, Tablet Computers, and Smart  
Phones**

Everyone has his/her own portable computer

# 并行计算和连网

## Parallel Computing

Computers rely on interconnected central processing and/or memory units that increase processing speed

## Networking

Ethernet connects small computers to share resources  
File servers connect PCs in the late 1980s

ARPANET and LANs → Internet

# 计算思维与学科融合

1 计算化学

2 制造业

3 计算神经学

4 计算金融

5 计算社会科学

# 计算化学

## 1. 计算化学 (Computational Chemistry)

- ① 一种实验之外的化学，顾名思义就是通过计算来获得各种性质的化学。
- ② 本质上，计算化学的研究方法是一种建立模型进而处理的方法。

## 2. 应用

广泛用于材料、催化和生物化学等研究领域。

# 制造业

- 1.计算机辅助设计CAD
- 2.计算机辅助制造CAM
- 3.计算机集成制造系统CIMS

# 计算神经学

- 计算神经科学（Computational Neuroscience），近年来兴起的一门交叉学科，因其对脑认知行为独特的研究模式和新颖的研究方法逐渐凸显出来并成为一个重要的研究领域。
- 计算神经科学，以数学方法为基础，以计算机为工具，将大脑活动模拟为计算模型并对大脑活动和信息进行计算式的综合处理，它从计算角度理解脑活动，研究非程序的、适应性的以及多变性的脑处理信息的能力和本质。
- 最终目的：是要阐明脑是如何利用电信号和化学信号来表达和处理信息的”，并在结构上模拟大脑建立计算模型和仿真，对模型中的一些变量与数据进行研究。

## 1.4.4 计算金融

- 计算金融是一门随着计算机技术的发展而形成的新兴学科，是物理学、数学、计算机科学与金融学交叉的产物。计算金融是通过计算的手段来解决金融问题
- 三个环节
  - 数学建模；
  - 设计计算方案（简称算法），编写计算机程序，上机运行—展示数值结果；
  - 将数值结果与理论分析、实务相结合给出实际问题的答案，或提出对模型的修正方案。

# 计算社会科学

## 1.计算社会学

将计算思维与人文灵魂相融合，为人文社会科学研究开辟了新的道路，正在成为继工程科学计算和生物生命计算之后新的理论前沿和应用方向，其核心因素是计算思维的渗透。

## 2.核心技术：数据挖掘与机器学习

## 3.研究范围

可以概括为主体性、条件性和交互性因素三条主线。

# 计算社会科学

## 1.计算社会学

将计算思维与人文灵魂相融合，为人文社会科学研究开辟了新的道路，正在成为继工程科学计算和生物生命计算之后新的理论前沿和应用方向，其核心因素是计算思维的渗透。

## 2.核心技术：数据挖掘与机器学习

## 3.研究范围

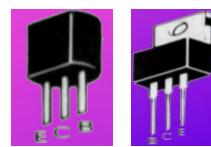
可以概括为主体性、条件性和交互性因素三条主线。

# 自动计算中的元器件的发展

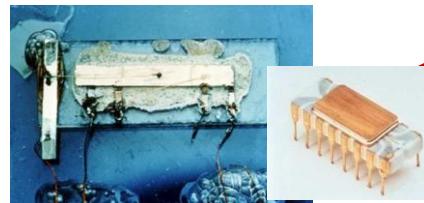
◆从表示-自动存储-自动执行的角度



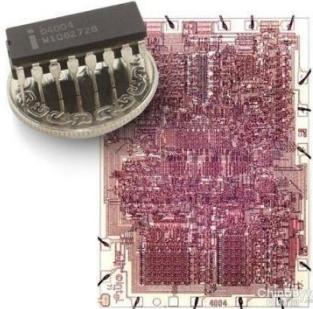
电子管: 可自动控制0和1变化的元件



晶体管



集成电路: 可自动实现一定变换的元件

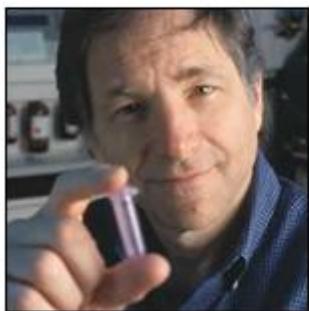


超大规模集成电路(VLSI)

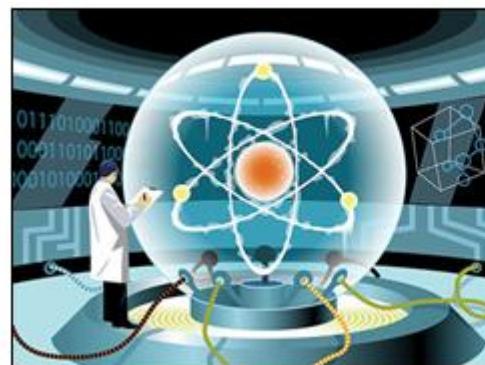
- 体积越来越小；
- 可靠性越来越高；
- 电路规模越来越大；
- 速度越来越快；
- 功能越来越强大；

# 新型计算机的发展

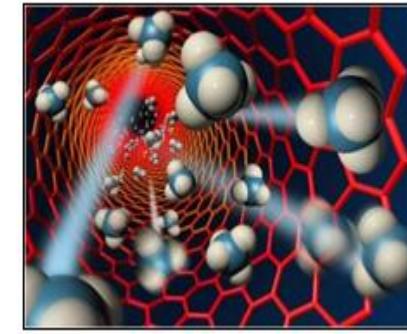
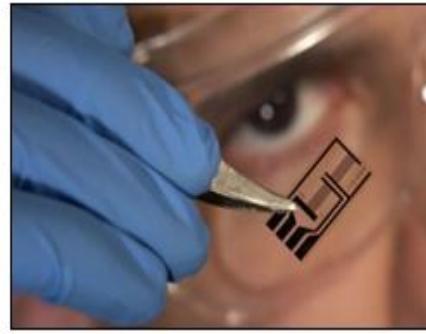
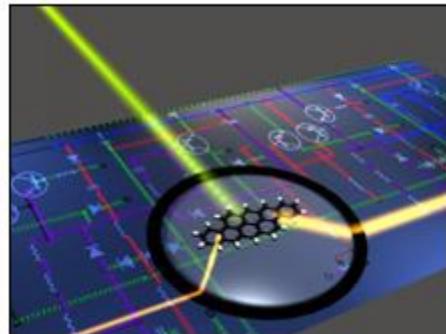
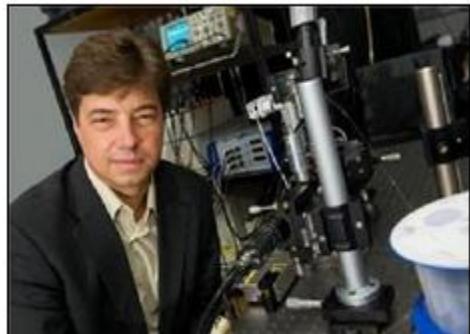
## ● DNA计算机



## ● 量子计算机



## ● 光计算机



## ● 纳米计算机