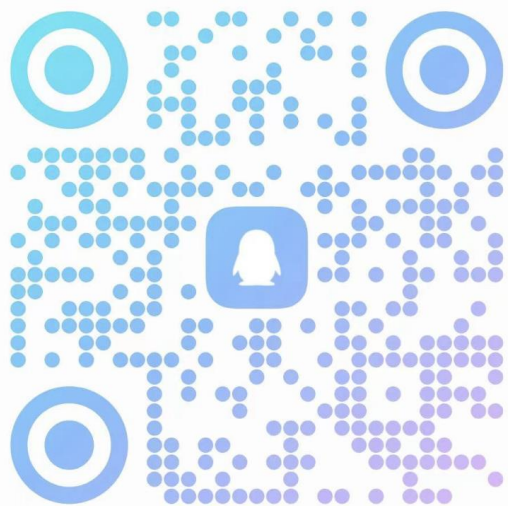


# 计算机组成原理

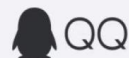


2025春计算机...

群号: 892932264



扫一扫二维码，入群聊



花忠云

<https://huazhongyun.github.io/>

<http://faculty.hitsz.edu.cn/huazhongyun>

计算机科学与技术学院

# 授课教师介绍

## • 研究领域

- 应用密码学
- AI安全
- 多媒体安全、多媒体取证
- 非线性系统及应用

## • 对学生要求

- 学习态度端正，喜欢钻研
- 有志于从事科研工作
- 足够时间的指导
- 以发表高水平科研论文为目标



Zhongyun  
Hua

Harbin Institute of  
Technology,  
Shenzhen

📍 Shenzhen Guangdong

✉ Email

🐙 Github

🔖 Google Scholar

I am currently a professor with the School of Computer Science and Technology at Harbin Institute of Technology, Shenzhen. My research interests include Applied Cryptography, Multimedia Security, Multimedia Forensics, Trustworthy AI, and Nonlinear Systems and Applications. If you have any interest in exploring potential academic collaborations or if you have inquiries related to my research, please feel free to contact me via email at [huazhongyun@hit.edu.cn](mailto:huazhongyun@hit.edu.cn) or [huazyum@gmail.com](mailto:huazyum@gmail.com).

I received the B.S. degree in software engineering from Chongqing University, Chongqing, China, in 2011, and the M.S. and Ph.D. degrees in software engineering from the University of Macau, Macau, China, in 2013 and 2016, respectively. My works have appeared in prestigious venues such as [ACM CCS](#), [Usenix Security](#), ICML, CVPR, AAAI, ACM MM, IEEE TIFS, IEEE TDSC, IEEE TC, IEEE TPDS, IEEE TIP, and IEEE TSP. I have been recognized as a 'Highly Cited Researcher' in 2022, 2023, and 2024. I have published more than 120 papers. I am an associate editor of IEEE Signal Processing Letters and International Journal of Bifurcation and Chaos.  citations 8404  h-index 39.

My research interests include:

- Applied Cryptography: Information security, data privacy, privacy-preserving machine learning, secure cloud computing, etc
- Multimedia Security, Multimedia Forensics
- Trustworthy AI
- Nonlinear Systems and Applications

### 🔥 News

- 2025.02: 🎉 A paper is accepted by IEEE TIFS; A paper is accepted by IEEE TDSC; A paper is accepted by IEEE TMM
- 2025.01: 🎉 A paper is accepted by IEEE TIP; Two papers are accepted by USENIX Security 2025
- 2024.12: 🎉 Two papers are accepted by AAAI 2025; A paper is accepted by IEEE TIFS
- 2024.11: 🎉 I am recognized as a 'Highly Cited Researcher 2024'; A paper is accepted by IEEE TSC
- 2024.10: 🎉 A paper is nominated for the Best Paper Award at ACM MM 2024

欢迎同学们加入课题组

主页: <https://huazhongyun.github.io/>  
<http://faculty.hitsz.edu.cn/huazhongyun>

# 计算机

---

## 什么是计算机？

能对数字化信息进行自动、高速算术和逻辑运算的通用处理装置



# 计算机

- 传感设备
- 智能家电
- 手机
- 平板
- 笔记本
- 个人PC（台式机）
- 服务器
- 超级计算机（高端服务器）
- 嵌入式计算机（如车载计算机）

.....



PConline.com.cn  
太平洋电脑网



# 计算机系统组成

计算机系统

硬件

计算机的实体，  
主机， 外设

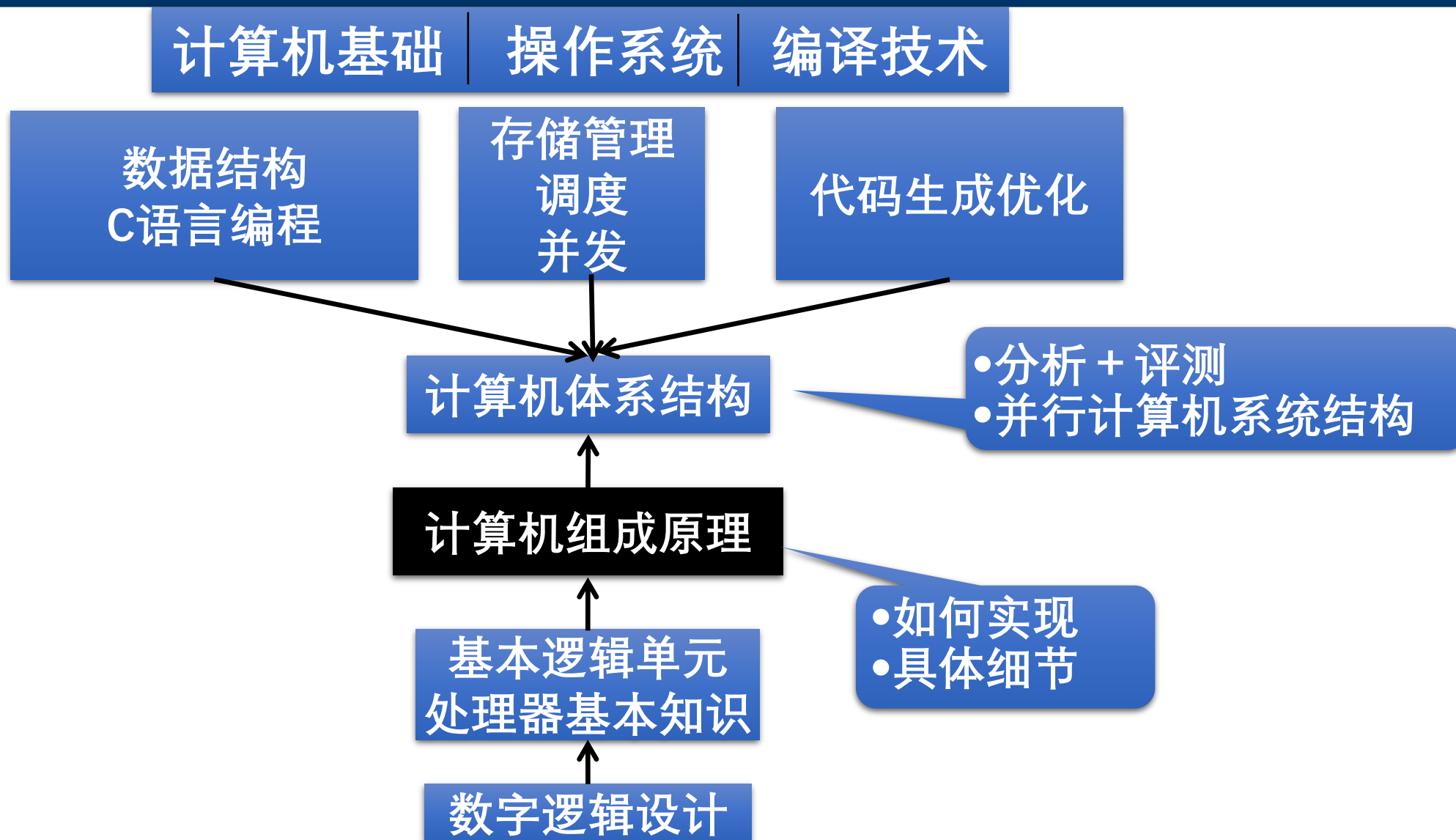


软件

系统软件

应用软件

# 本课程与CS其他课程间的关系



# 计算机组成原理 VS 计算机体系结构

- 计算机组成（偏重实现）

- 实现计算机体系结构所体现的属性
- 比如具体指令的实现

- 机器是否具备乘法指令的功能，指令操作的数据类型？——“体系结构”问题
- 如何实现乘法指令？——“计算机组成”问题

- 计算机体系结构

- 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
- 比如指令系统、数据类型、寻址技术、I/O机理等

# 课程概貌（40学时授课+16学时实验）

- 前序课程

- C语言程序设计
- 数字逻辑设计（+Verilog HDL）

- 主要内容

- 基本部件的结构和组织方式
- 基本运算的操作原理
- 基于RISC-V的CPU设计

- 一. 概论
- 二. 计算机的运算方法
- 三. **RISC-V**汇编及其指令系统
- 四. 处理器（**CPU**）设计
- 五. 流水线处理器
- 六. 存储器
- 七. 总线、输入输出系统

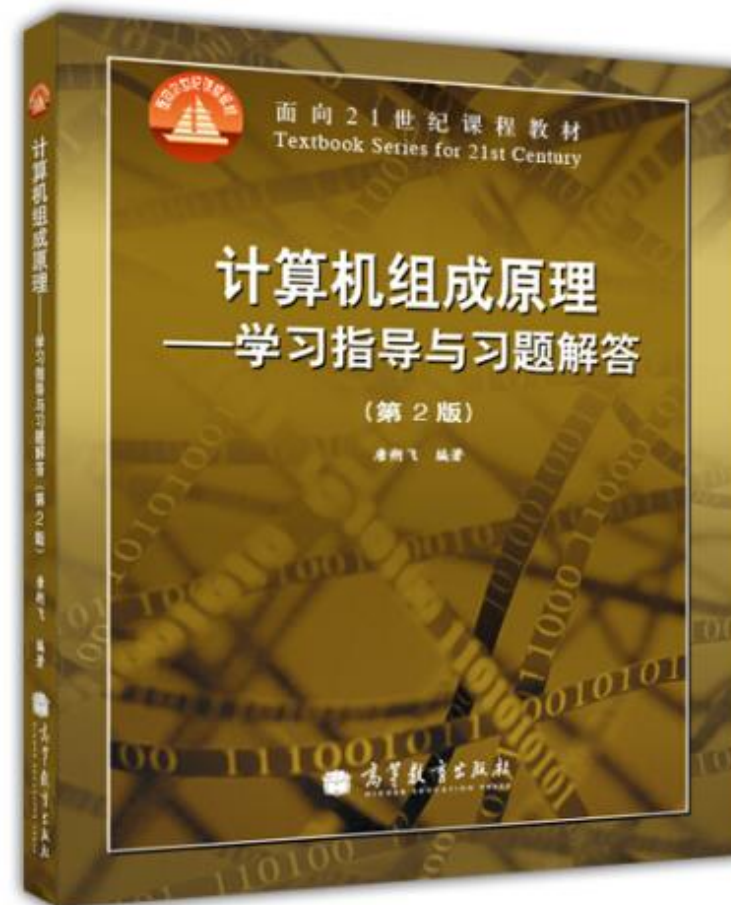
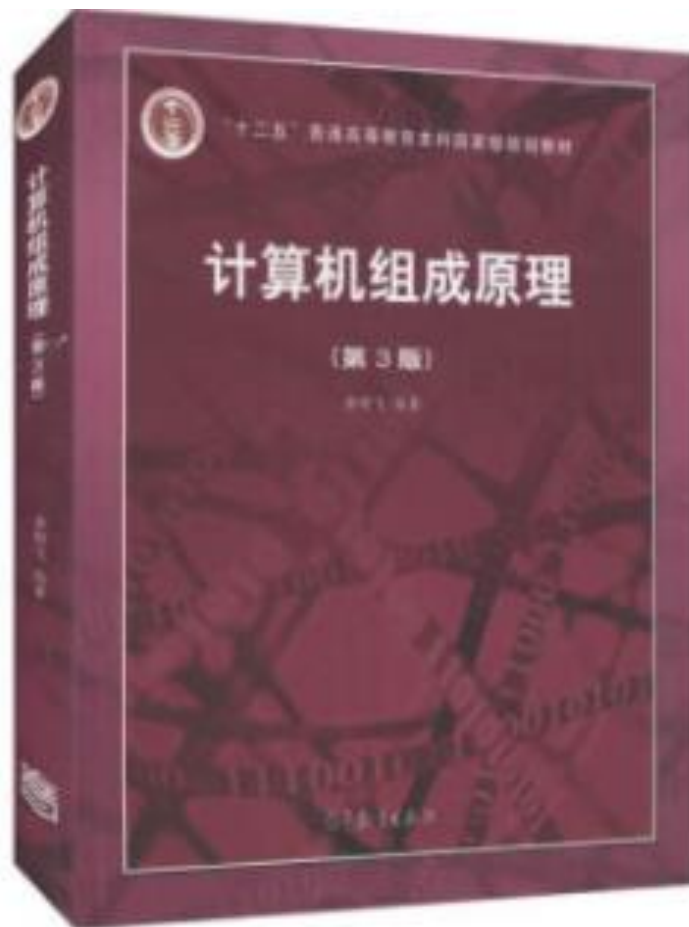
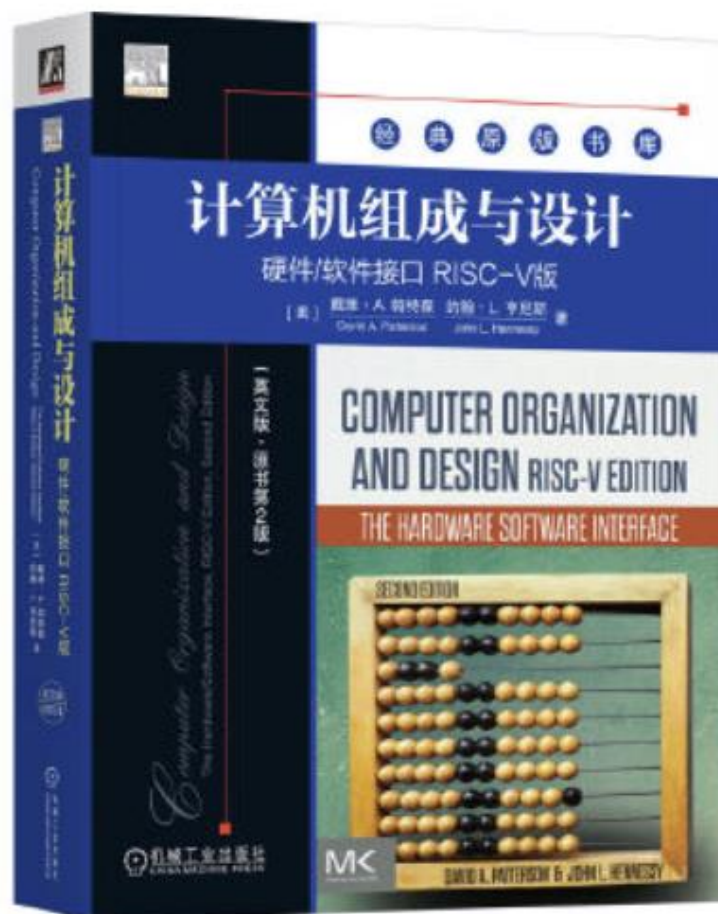


# 参考教材

---

- 唐朔飞.计算机组成原理(第2版/第3版).高等教育出版社
  - 唐朔飞.计算机组成原理学习指导与习题解答（第2版）
- 戴维·A.帕特森,约翰·L.亨尼斯.计算机组成与设计：硬件/软件接口（**RISC-V**版）（原书第二版）.机械工业出版社
- David A.Patterson. John L.Hennessy. Computer Organization & Design: A Hardware/Software Interface (RISC-V) (Second Edition)

# 参考教材



# 相关网课

学校	课程	网址
哈工大	计算机组成原理	课堂版视频: <a href="https://www.bilibili.com/video/BV1ZE411o76p">https://www.bilibili.com/video/BV1ZE411o76p</a> MOOC版视频 <a href="https://www.icourse163.org/course/HIT-309001">https://www.icourse163.org/course/HIT-309001</a> <a href="https://www.icourse163.org/course/HIT-1001527001">https://www.icourse163.org/course/HIT-1001527001</a>
浙江大学	计算机组成与设计: RISC-V	MOOC: <a href="https://www.icourse163.org/learn/ZJU-1452997167">https://www.icourse163.org/learn/ZJU-1452997167</a>
清华大学	计算机组成原理	B站: <a href="https://www.bilibili.com/video/BV1jE41177sS?p=1">https://www.bilibili.com/video/BV1jE41177sS?p=1</a>
北京大学	计算机组成	MOOC网址: <a href="https://www.icourse163.org/course/PKU-1205809805">https://www.icourse163.org/course/PKU-1205809805</a>
上海交大	计算机组成与系统结构	MOOC: <a href="https://www.icourse163.org/course/SJTU-1206676848">https://www.icourse163.org/course/SJTU-1206676848</a> 课件: <a href="http://cc.sjtu.edu.cn/G2S/site/preview#/home/v?currentoc=7452">http://cc.sjtu.edu.cn/G2S/site/preview#/home/v?currentoc=7452</a>
南京大学	计算机组成与系统结构	B站: <a href="https://www.bilibili.com/video/BV1rJ411U7EC">https://www.bilibili.com/video/BV1rJ411U7EC</a>
华中科技	计算机组成原理	MOOC: <a href="https://www.icourse163.org/course/HUST-1003159001">https://www.icourse163.org/course/HUST-1003159001</a>
台湾科技	深入浅出计算机组成原理	<a href="https://www.bilibili.com/video/BV1554y1s7LS?from=search&amp;seid=12140037767673758757">https://www.bilibili.com/video/BV1554y1s7LS?from=search&amp;seid=12140037767673758757</a>

# 考核方式及答疑

---

- 平时成绩 20%
  - 实验成绩 30%
  - 期末考试 50%
  - 答疑: QQ群或线下
- QQ群: 892932264

# 学习本课程的收获

---

- 高级语言程序如何被翻译成机器语言？
- **CPU**原理:硬件如何执行最终的程序？ 软件和硬件之间的接口是什么？
- 什么因素决定了程序的性能？ 程序员如何改进程序性能？
- 硬件设计人员可以使用哪些技术来提高性能？
  - 现代计算机设计的基本概念和原理——流水线、层次结构等
- 哪些伟大思想奠定了现代计算技术的基础？

# 如何学习

---

- 理解为主，记忆知识点
- 课前预习、课后复习
- 记好笔记
- 做好作业和实验
- 有问题及时解决（上网搜索、MOOC或B站学习、同学讨论、助教及老师解答）

# 第一章 概论

---

1.1 计算机发展历史

1.2 计算机体系结构中的7个伟大思想

1.3 计算机层次结构

1.4 计算机性能指标

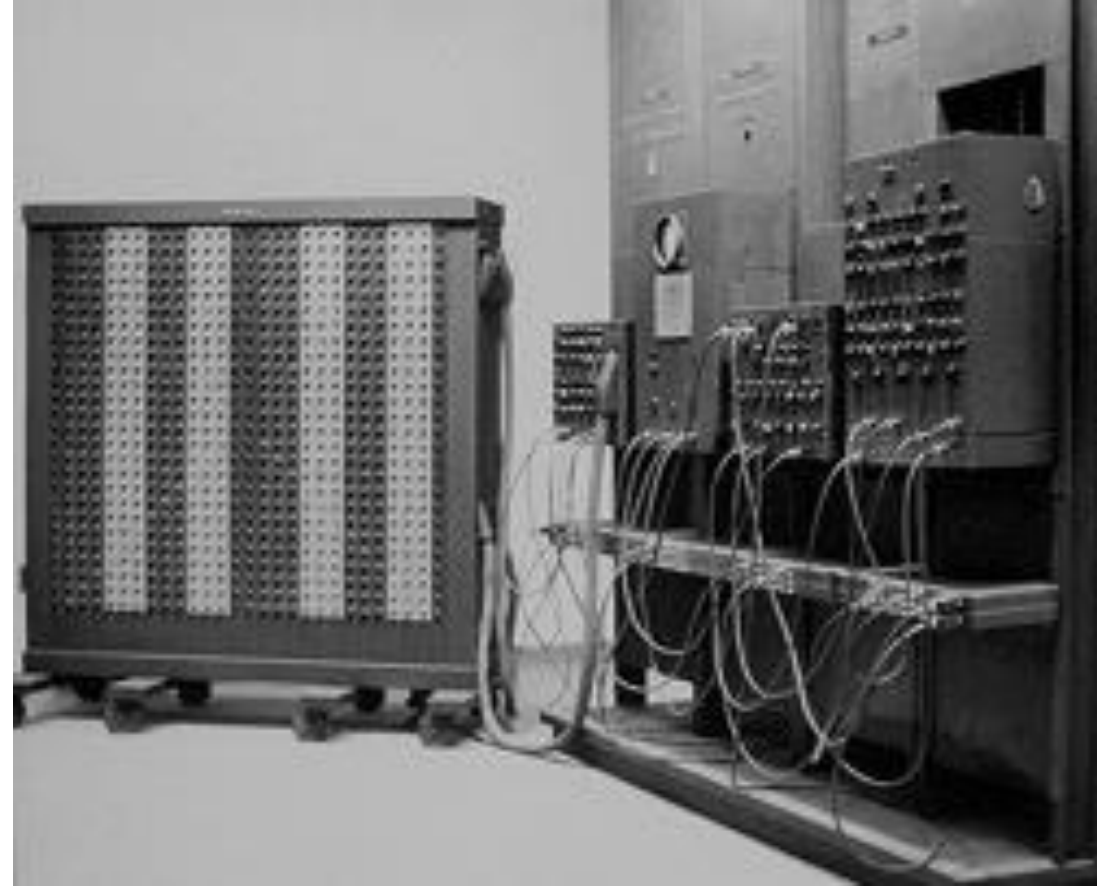
# 1.1 计算机发展历史

17世纪之前	中国人的智慧之光—算筹和算盘
16世纪-17世纪初期	西方人的灵感—冈特计算器
17世纪中期-19世纪中期	机械式计算机
19世纪后期	机电式计算机
20世纪	电子计算机

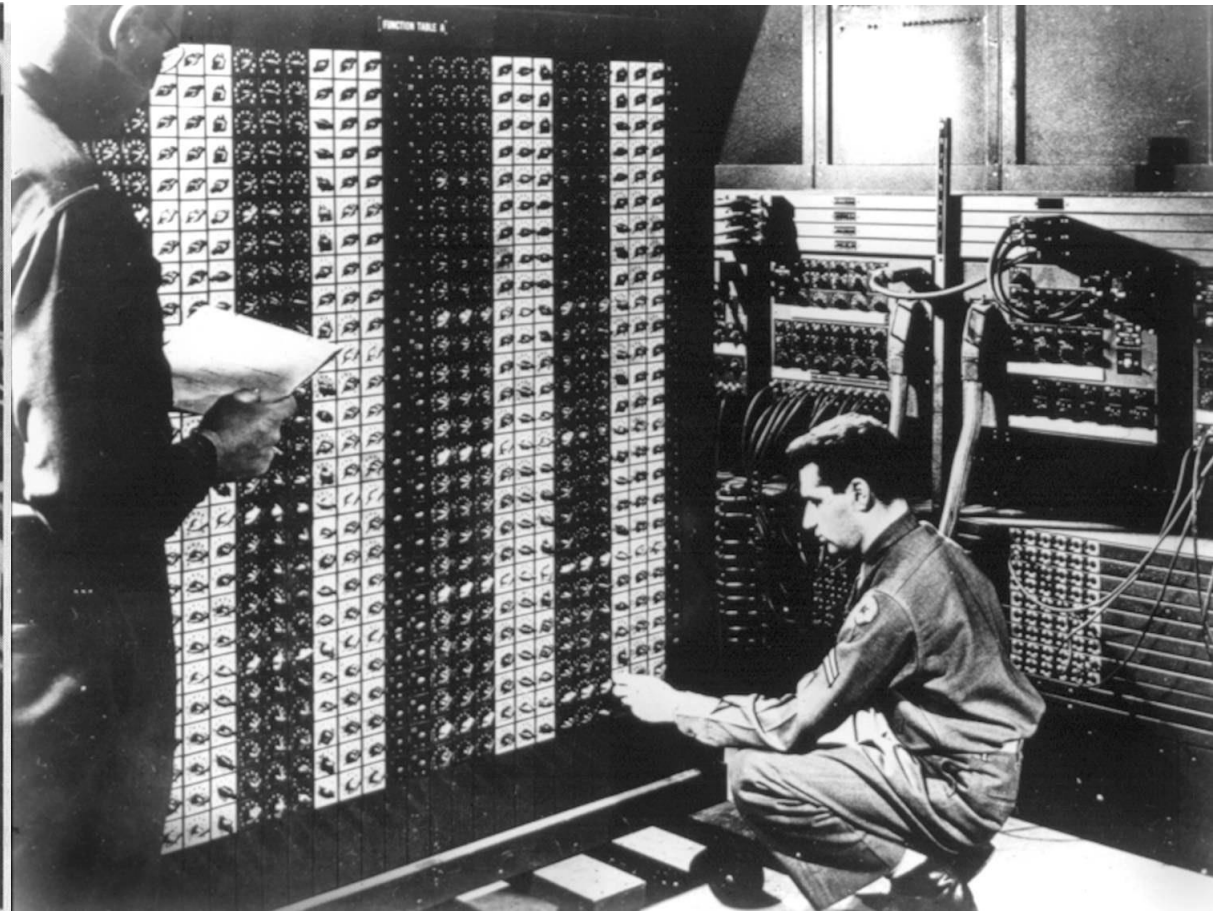
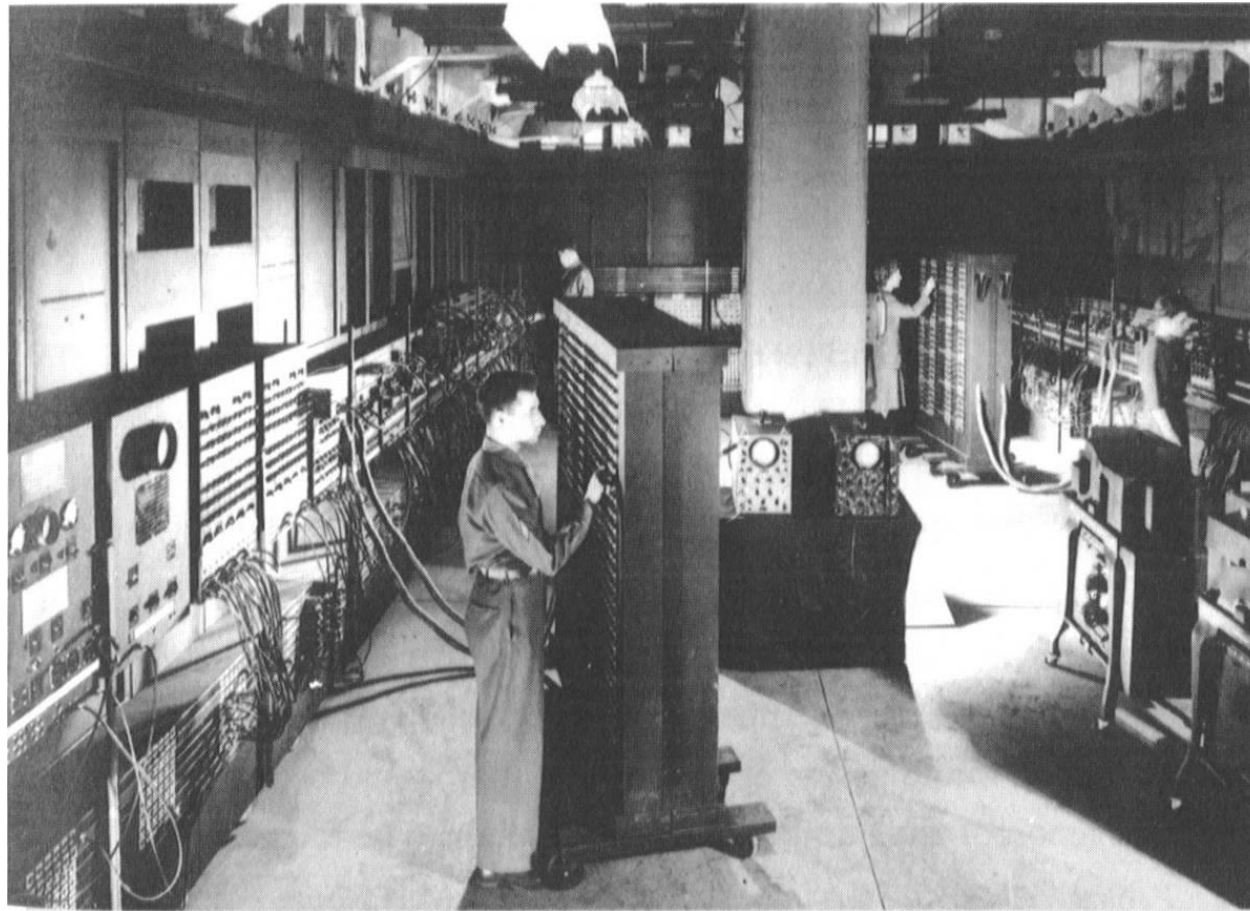


# 世界上第一台电子数字计算机

- ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)，美国宾夕法尼亚大学1946年研制成功。
- 18000多个电子管，1500多个继电器，耗电150千瓦，重30吨，占地150平方米，运算速度5000次/秒左右。
- 性能低，耗费巨大，但却是科学史上的一次划时代的创新，奠定了电子计算机的基础，宣告人类进入电子计算机时代。
- 开发团队“莫尔小组”由四位科学家和工程师埃克特、莫克利、戈尔斯坦、博克斯组成，总工埃克特当时年仅24岁。
- 史上**第一台图灵完备**的计算机:可完全编程，完全电子化，可通用于所有逻辑任务。

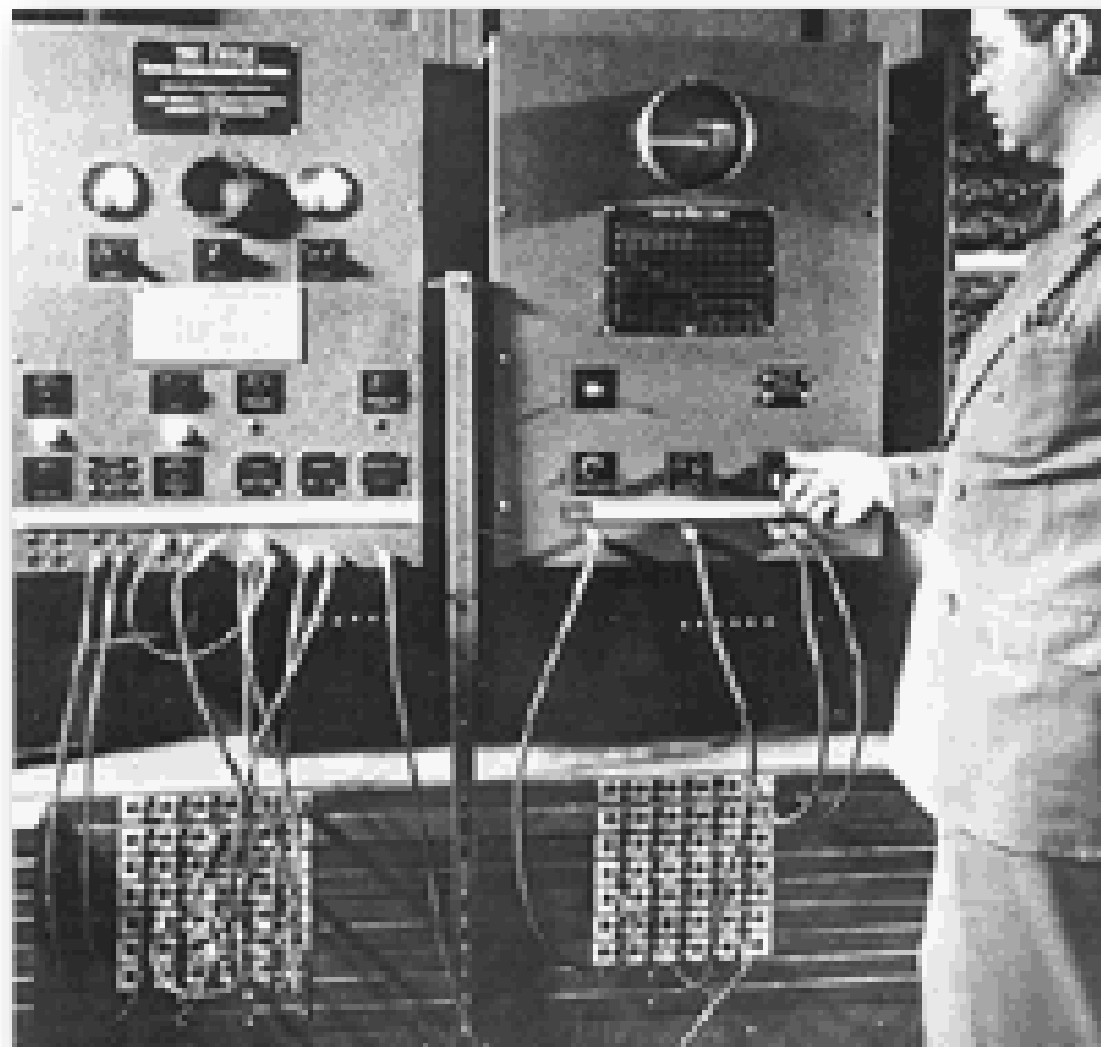


# ENIAC



# ENIAC的问题

- 十进制计算机
  - 每一位数由一圈共10个真空管表示
- 通过开关和插拔电缆进行手动编程
  - 输入程序和数据可能需要半天时间
- 能否将程序和数据存在存储器中？
- EVDVAC





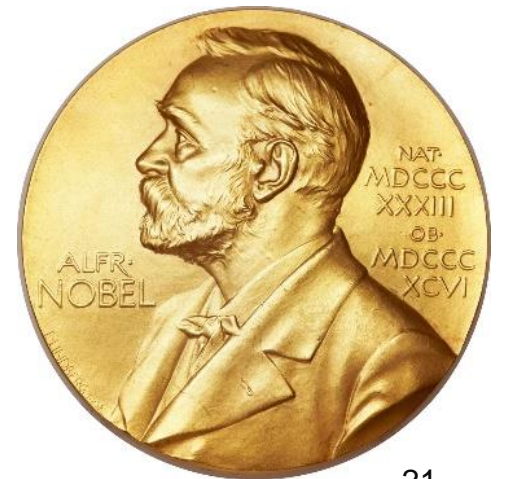
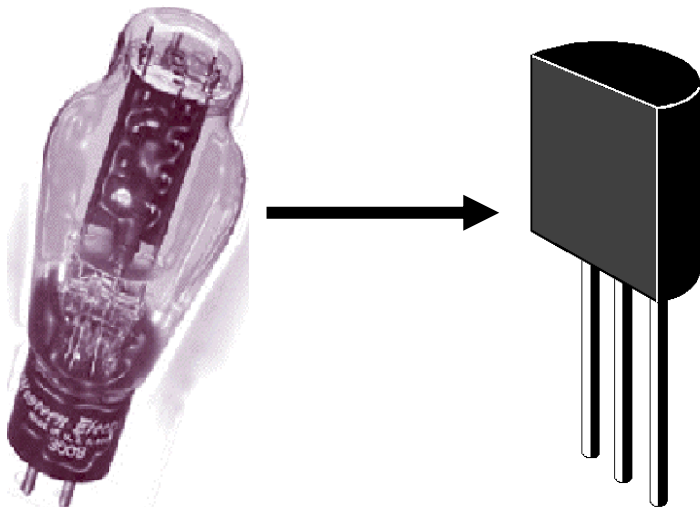
# 现代电子计算机之父（冯·诺伊曼）

- 20世纪最重要的数学家之一，因其在现代计算机、博弈论等领域的重大贡献成为美国科学院院士。
- 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** (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) 设计方案，提到了两个设想：采用二进制和“存储程序”。



# 1959-1964 晶体管造就第二代计算机

- 1947年，贝尔实验室肖克莱、巴丁、布拉顿发明点触型晶体管；1950年又发明了面结型晶体管。
- 晶体管体积小、重量轻、寿命长、发热少、功耗低，电子线路结构大大改观，运算速度大幅提高。
- 肖克莱（左）、巴丁（中）、布拉顿（右）于1956年共同获得诺贝尔物理学奖。



# 1959-1964 晶体管造就第二代计算机

- **1954年美国贝尔实验室于研制成功第一台使用晶体管的第二代计算机TRADIC**。相比采用定点运算的第一代计算机，**第二代计算机普遍增加了浮点运算，计算能力实现了一次飞跃。**
- IBM 1958年1401及后续的1410/1440系列计算机，是第二代计算机中的代表。
- 二代计算机除了用于科学计算，还逐渐被工商企业用来进行商务处理。
- 高级语言FORTRAN和COBOL因此也得到了广泛应用。



TRADIC



IBM 1401



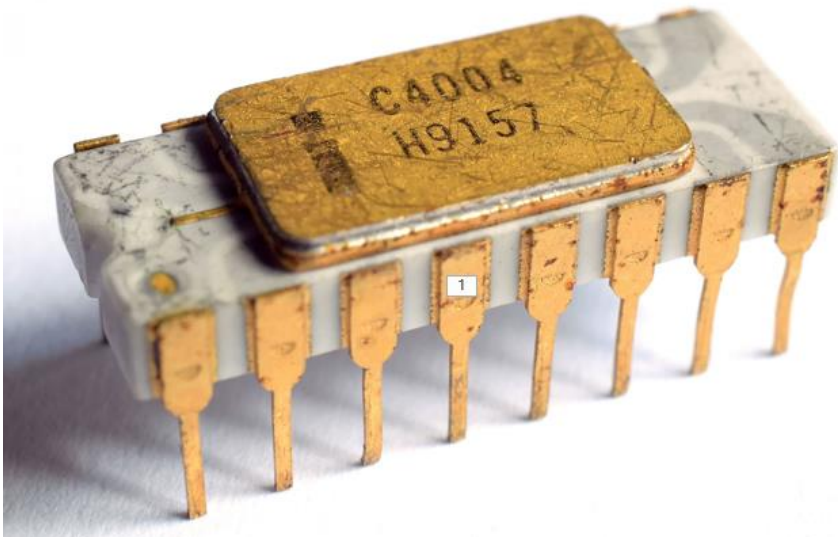
# 1964-1970 第三代计算机

- 1958年，美国物理学家基尔比和诺伊斯同时发明集成电路。
- 集成电路的出现使得计算机脱胎换骨
- 2000 Nobel Prize



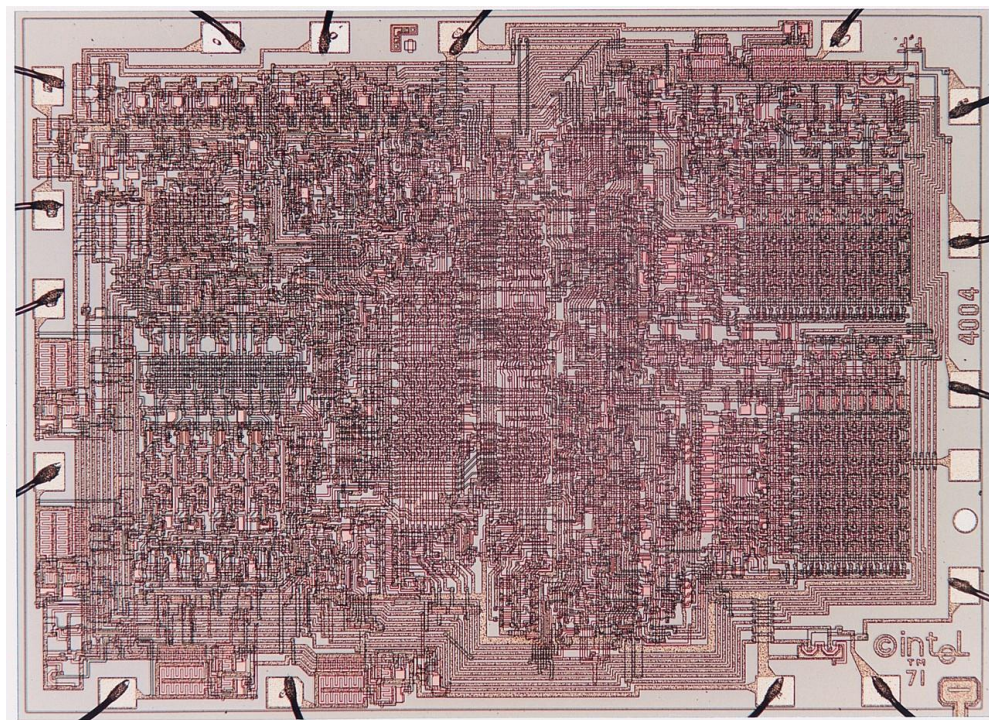
# 1970- 第四代计算机

- 1971年1月，Intel公司的霍夫研制成功世界上第一块4位微处理器芯片**Intel 4004**，标志着第一代微处理器问世，微处理器和微机时代从此开始。
- 1971年11月，Intel推出MCS-4微型计算机系统其包括4001 ROM芯片、4002 RAM芯片、4003移位寄存器芯片和4004微处理器。

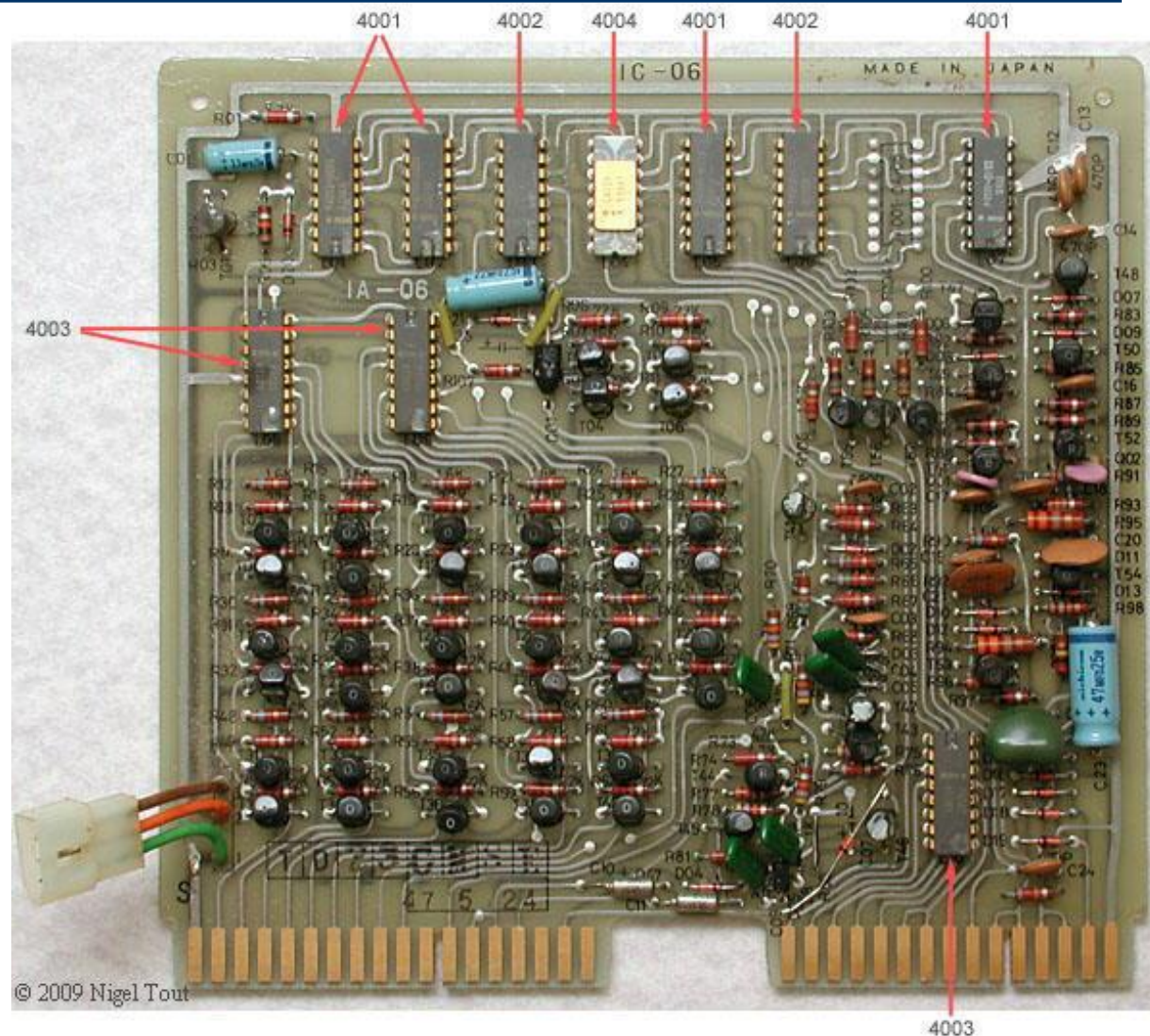




# 4004 第一代微处理器



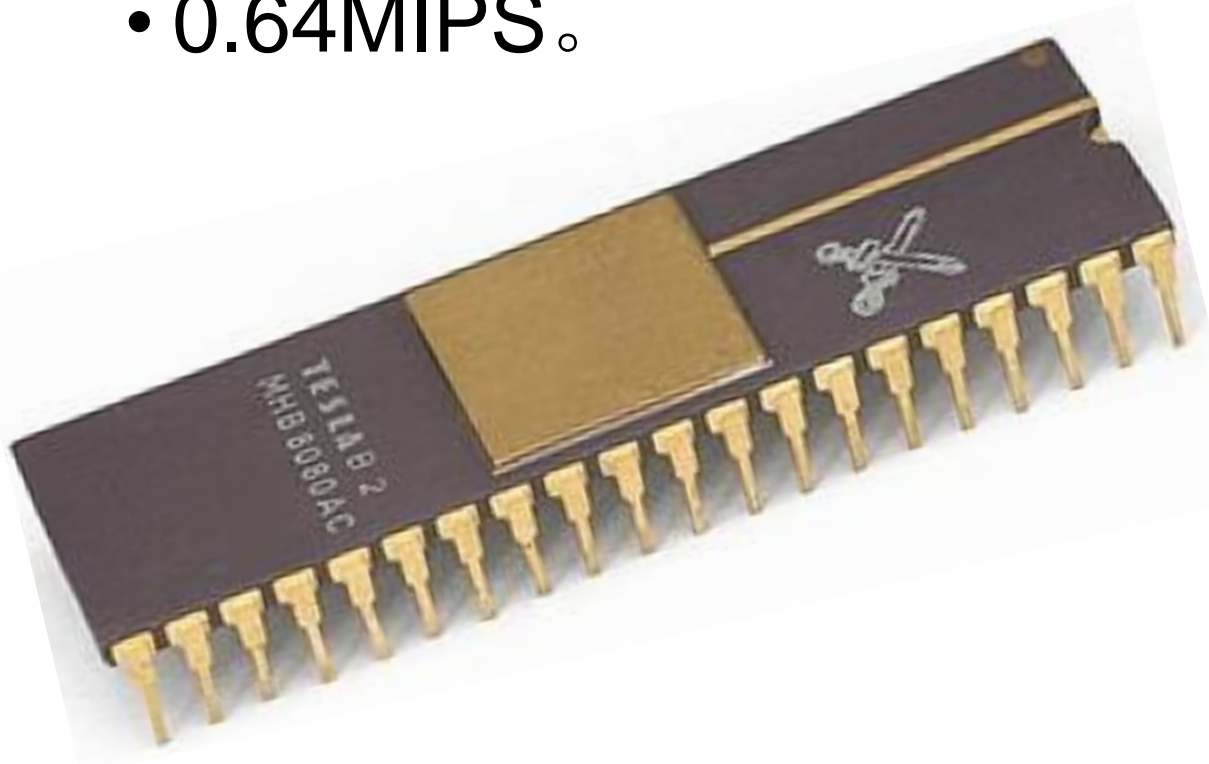
**2300个晶体管，性能远超当年的ENIAC，售价200美元。**





# 8080 第二代微处理器

- 1973年，霍夫等人研制出8位微处理器Intel 8080，此时NMOS电路取代了P沟道，主频2MHz，比8008快10倍，可存取64KB存储器，6微米技术，6000个晶体管。
- 0.64MIPS。



# 第一台微型计算机: Altair 8800

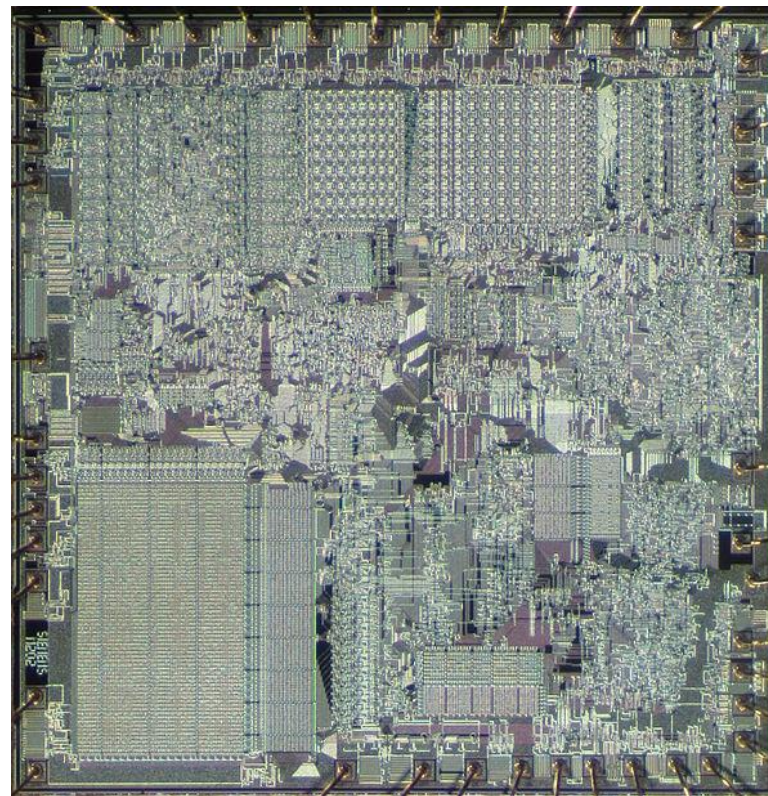
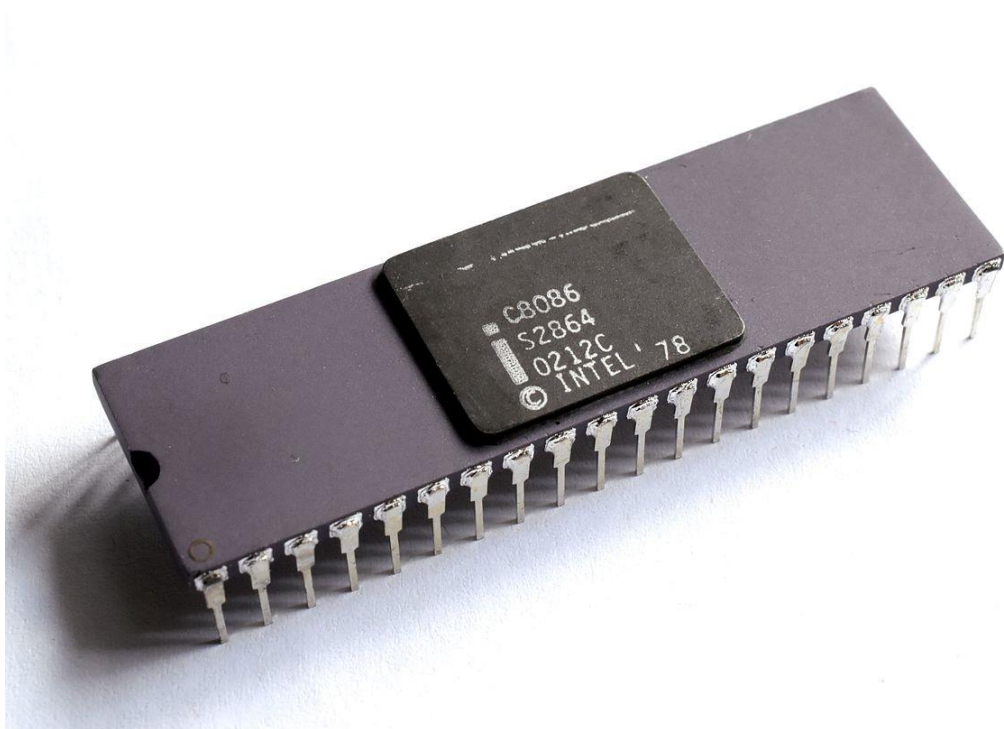
- 1975年4月，MITS发布第一个通用型Altair 8800，售价375美元，带有1KB存储器。这是世界上第一台微型计算机。
- Altair定位在青年电脑迷市场
- Paul Allen和Bill Gates在三周内为Altair开发出BASIC语言，MITS成为两个未来富翁的第一个客户。





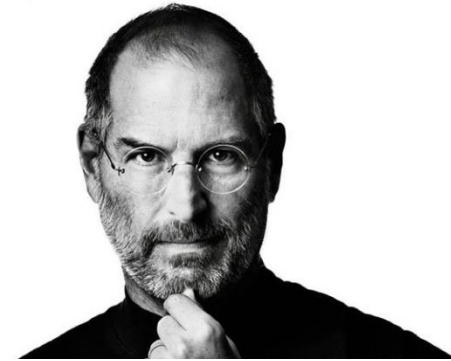
# Intel 8086 第三代微处理器

- 1978年，Intel推出4.77MHz的8086微处理器，标志着第三代微处理器问世。
- 它采用16位寄存器、16位数据总线和29000个3微米技术的晶体管，售价360美元。



# Apple

- 1976年3月，Steve Wozniak 和 Steve Jobs 开发出微型计算机 Apple I，愚人节这天，两个 Steve 成立了 Apple 计算机公司。
- Apple II 是第一个带有彩色图形的个人计算机，售价为1300美元。Apple II 及其系列改进机型风靡一时，使 Apple 成为微型机时代最成功的计算机公司。



# 计算机的发展日新月异

---

- 从计算机的规模、运算速度上看
  - 巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机、单片机
- 从CPU的发展来看
  - 4004—>8008->8086->8088->80186->80286->80386->80486-586->pentium->PII->PIII->P4->Core2->i3/i5/i7



# 电子计算机发展历程

	第一代	第二代	第三代	第四代
年代	1946~	1958~	1965~	1971~
基础器件	电子管	晶体管	集成电路	超大规模集成电路
运算速度	几千~几万次/s	几万~几万次/s	几十万~几百万次/s	MIPS->GIPS->TIPS
存储器	水银延迟线、磁鼓、纸带、卡片	磁芯 磁盘、磁带	半导体 磁盘	半导体 磁盘
特征	机器语言 汇编语言	算法语言 FORTRAN、 ALGOL-60、 COBOL 操作系统	软件技术、 外设发展迅速 小型计算机	微型计算机 多机处理/网络化

速度越来越快、 体积越来越小、 成本越来越低、 功耗越来越低

# Intel<sup>®</sup> CPU 发展历史

年份	CPU 型号	频率
1978	8086/8088	5-10 MHz
1982	80286	6-12 MHz
1985	Intel386™	16-33 MHz
1989	Intel486™DX	25-50 MHz
1993	Pentium®	60-233 MHz
1997	Pentium® II	233-450 MHz
1999	Pentium® III	450M-1G Hz
2000	Pentium® 4	1.4-3.2 GHz
2011	i3、i5、i7	2.66-3.3GHz



# 我国计算机技术的发展

- 1995年，国家智能机中心推出了国内**第一台**具有大规模并行处理机（MPP）结构的并行机“曙光1000”，浮点运算峰值速度达到**25亿次每秒**。
- 2009年，国防科技大学使用国产龙芯芯片，成功研制“天河一号”超级计算机，峰值速度达到**1206万亿次每秒**。
- 2010-2015年：天河系列计算机获全球超级计算机500强**六连冠**。
- 2016年6月，我国自主研发的**第一台全部采用国产处理器构建的超级计算机**“神威·太湖之光”夺得世界超算冠军。截至**2017年年底**，我国连续**10次蝉联全球最快超级计算机**。  
(但计算机的核心部件**CPU技术**还远远落后。)
- 2017年5月，中国科学技术大学教授潘建伟宣布，研究团队构建了世界首台超越早期经典计算机的单光子**量子计算机**。

# 飞鱼牌手摇计算机



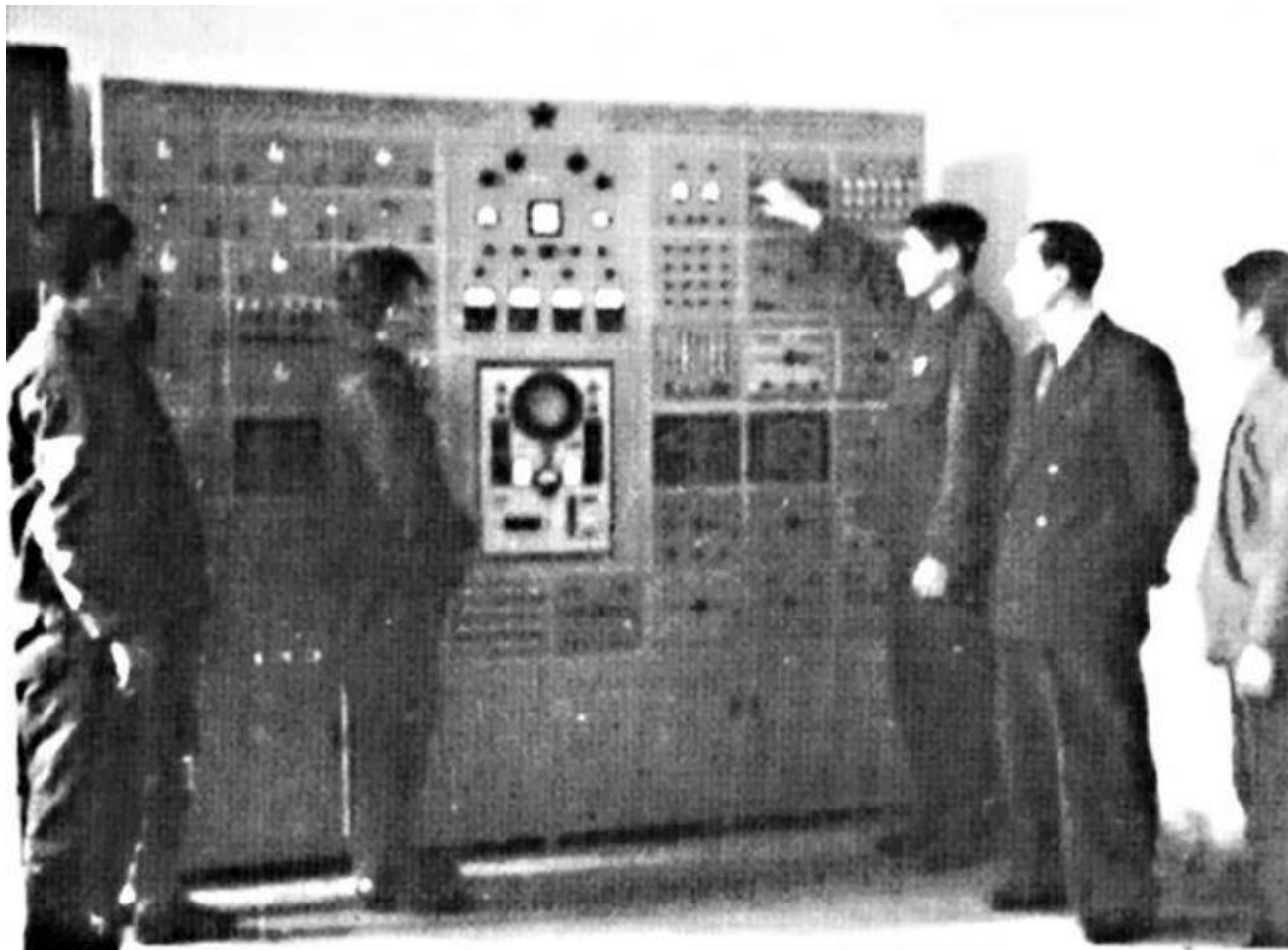
为“两弹一星”做出突出贡献

原理是通过齿轮运动来完成计算，一般只能做四则运算。

以弹道计算为例，从导弹起飞到关机点，人工手摇计算一次弹道需费时2个月左右。



# 1950年代哈工大研制的计算机

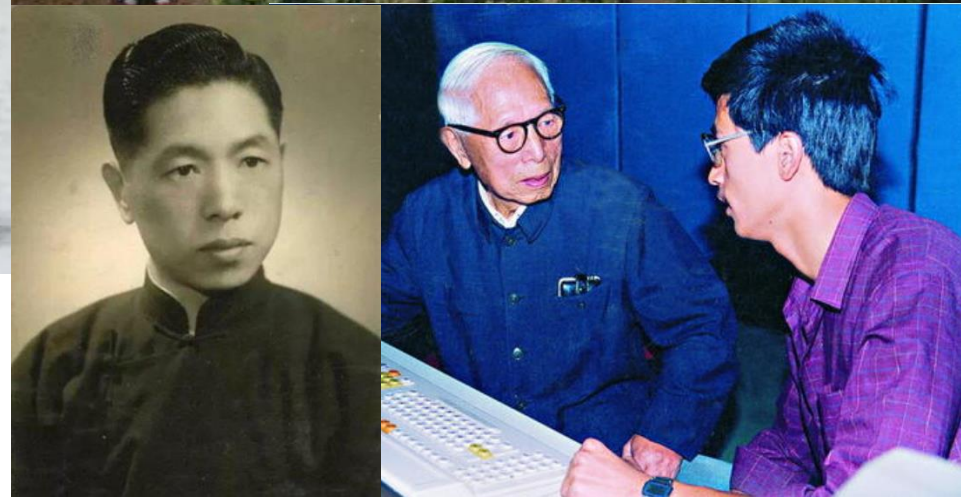
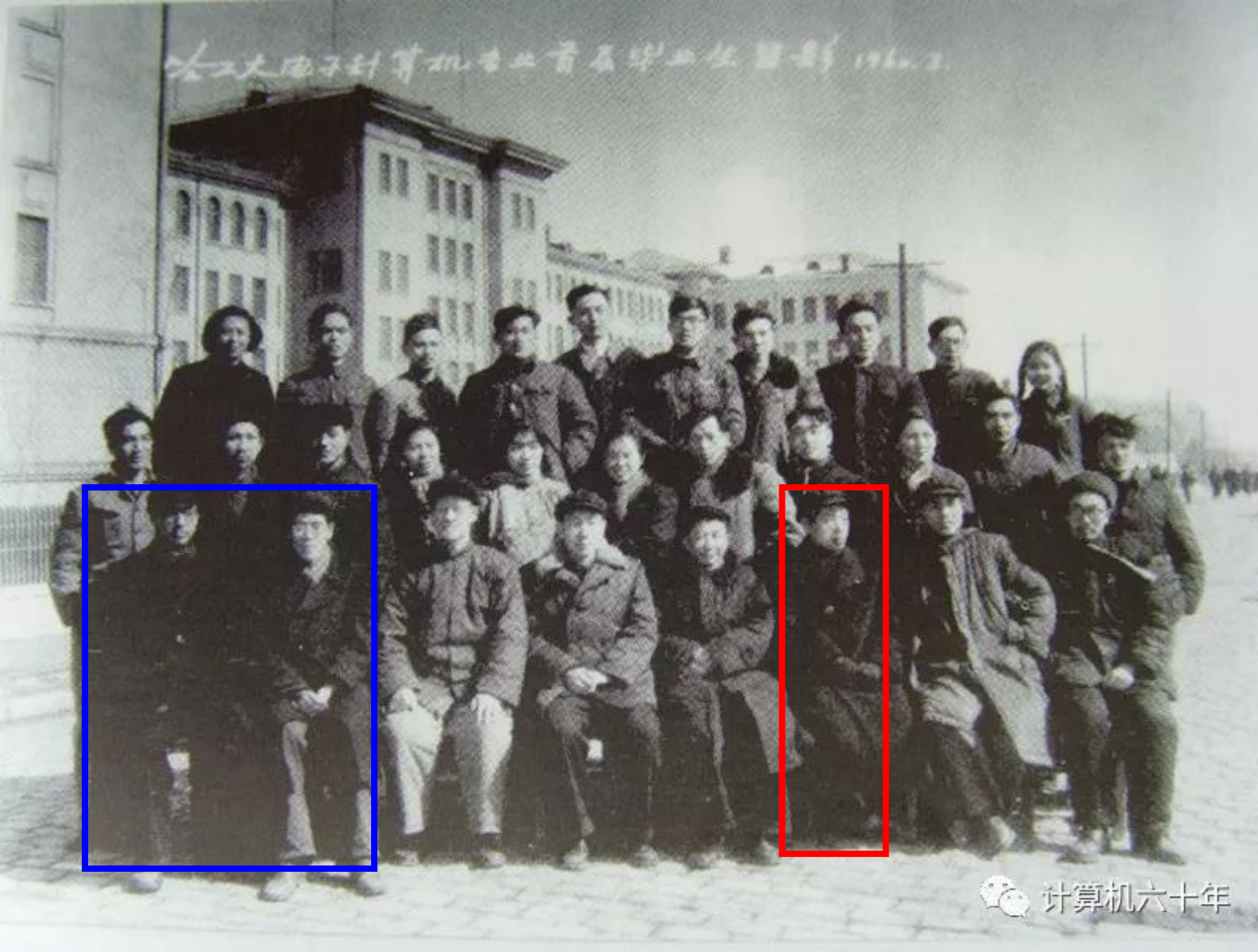


1957年，哈工大青年教师**李仲荣**和**吴忠明**研制了新中国第一台结构式模拟计算机



1958年，哈工大**陈光熙**主持研制了新中国第一台能下棋会说话的数字计算机

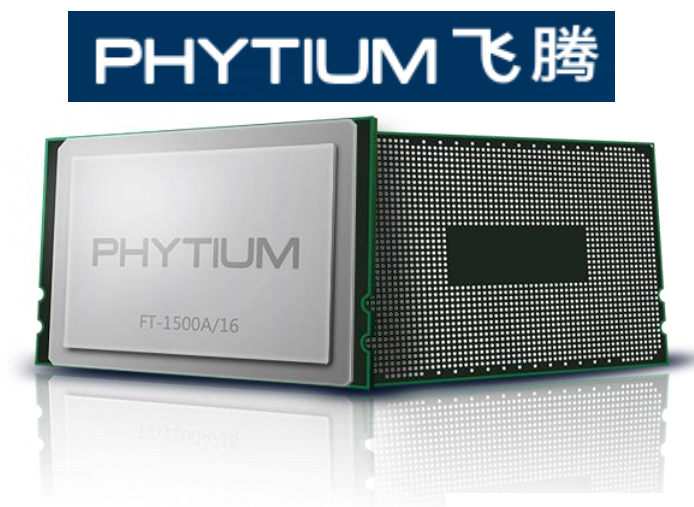




1960年，哈工大计算机专业55级首届毕业班  
前排左起：吴忠明、李仲荣、黄铁梅、刘栋锡、贺子铭、**陈光熙**

# 国产CPU现状

- 龙芯、飞腾、鲲鹏、兆芯、海光
- 海思、中科曙光等



# 指令集

---

- MIPS阵营
  - 龙芯(Loongarch)
- X86阵营
  - 兆芯, 海光
- 自主指令
  - 申威
- ARM阵营
  - 飞腾, 海思
- RISC-V阵营
  - 阿里-平头哥, 华米科技



# 第一章计算机系统概论

---

1.1 计算机发展历史

**1.2 计算机体系结构中的7个伟大思想**

1.3 计算机层次结构

1.4 计算机性能指标

# 1.2 计算机体系结构中的7个伟大思想

---

- 1) 使用抽象简化设计
- 2) 加速经常性事件
- 3) 通过并行提高性能
- 4) 通过流水线提高性能
- 5) 通过预测提高性能
- 6) 存储层次
- 7) 通过冗余提高可靠性



# 使用抽象简化设计

---

- 1) 计算机架构师和程序员都必须发明新技术来提高自己的工作效率，否则根据摩尔定律，设计时间也会随着资源的增长而显著延长。
- 2) 提高硬件和软件生产率的主要技术之一是使用抽象（**abstraction**）来表示不同的设计层次——隐藏低层细节以提供给高层一个更简单的模型。

# 加速经常性和通过冗余提高可靠性

---

- 加速经常性事件（**make the common case fast**）
  - 远比优化罕见情形能够更好地提升性能。具有讽刺意味的是，经常性事件往往比罕见情形更简单，因此通常更容易提升。
- 通过冗余提高可靠性
  - 计算机不仅要速度快，更需要工作可靠。由于任何物理设备都可能发生故障，因此我们通过引入冗余组件来使系统可靠，该组件在系统发生故障时可以替代失效组件并帮助检测故障。

# 提高性能

---

- 通过并行提高性能
- 通过流水线(**pipelining**)提高性能
  - 在计算机体系结构中非常普遍
- 通过预测提高性能
  - 某些情况下，假设从预测错误中恢复的代价并不高，且预测相对准确，则平均来说进行预测并开始工作可能会比等到明确结果后再执行更快。
- 存储层次
  - 速度最快、容量最小且价格最昂贵的存储器处于顶层，而速度最慢、容量最大且价格最便宜的存储器处于底层。

# 第8个思想—面向摩尔定律的设计

- 摩尔定律（Moore's law）是 Intel 公司的创始人之一戈登·摩尔在 1965 年对集成电路容量做出的预测：单芯片上所集成的晶体管资源每 18 至 24 个月翻一番。
- 由于计算机设计需要花费数年时间，因此在项目结束时，每个芯片的可用晶体管资源相对设计开始时可以轻易实现双倍或四倍增长。计算机架构师必须预测其设计完成时的工艺水平，而不是设计开始时的工艺水平。
- 新摩尔定律：每 18 个月新增的存储量等于有史以来存储量之和！

由于工艺、功耗墙等原因，摩尔定律失效了

# 第一章计算机系统概论

---

1.1 计算机发展历史

1.2 计算机体系结构中的7个伟大思想

**1.3 计算机层次结构**

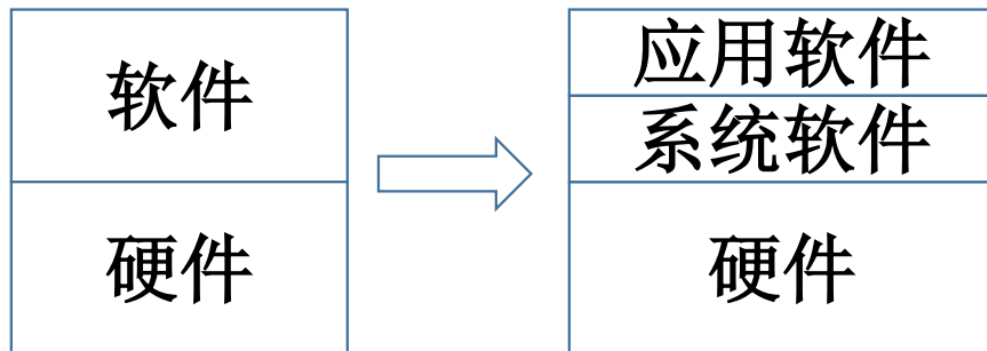
1.4 计算机性能指标



# 1.3 计算机系统的层次结构

---

## 简单的一个层次结构



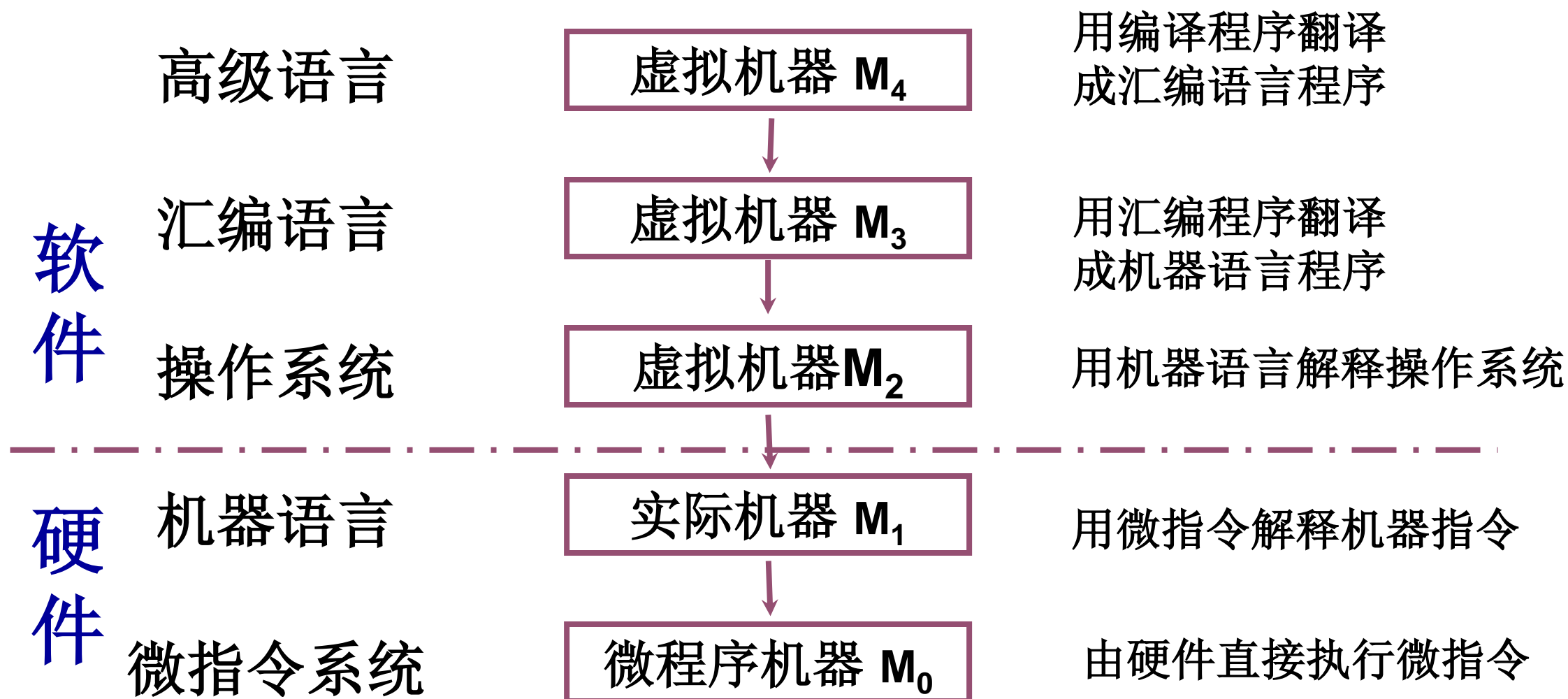
# 1.3 计算机系统的层次结构

- 系统复杂性管理的方法之一：抽象
- 对于一个过程或者一件制品的某些细节有目的的隐藏，以便把其他方面、细节或者结构表达得更加清楚---百度百科
- 抽象-指高级的模型，和低级的实体相对---维基百科
- 抽象-隐藏系统中不重要的细节。--David Harris

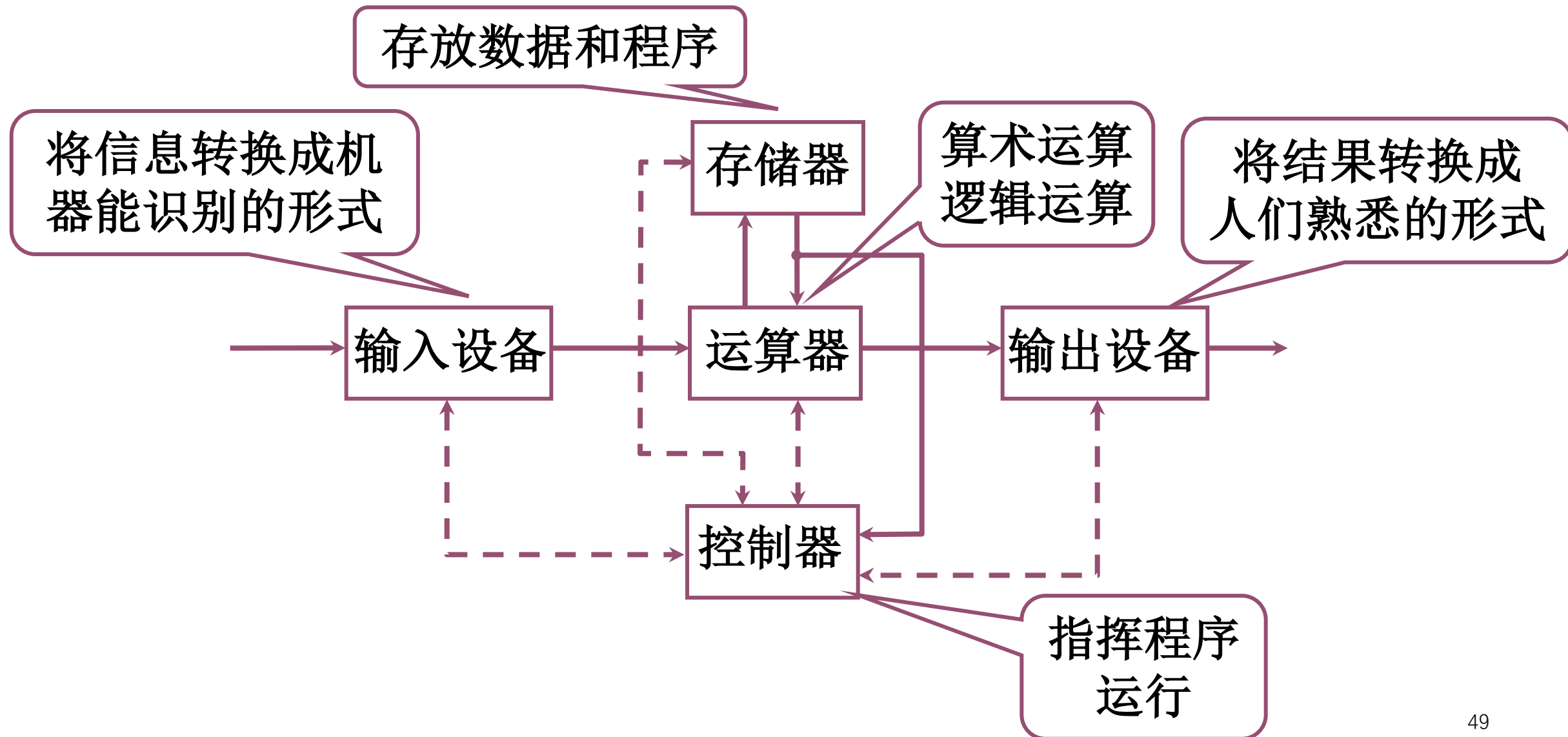
Application Software	programs
Operating Systems	device drivers
Architecture	instructions registers
Micro-architecture	datapaths controllers
Logic	adders memories
Digital Circuits	and gate not gate
Analog Circuits	amplifiers filters
Devices	transistors diodes
Physics	electros

从物理构成的角度看

# 1.3 计算机系统的层次结构



# 冯·诺依曼架构计算机硬件示意图



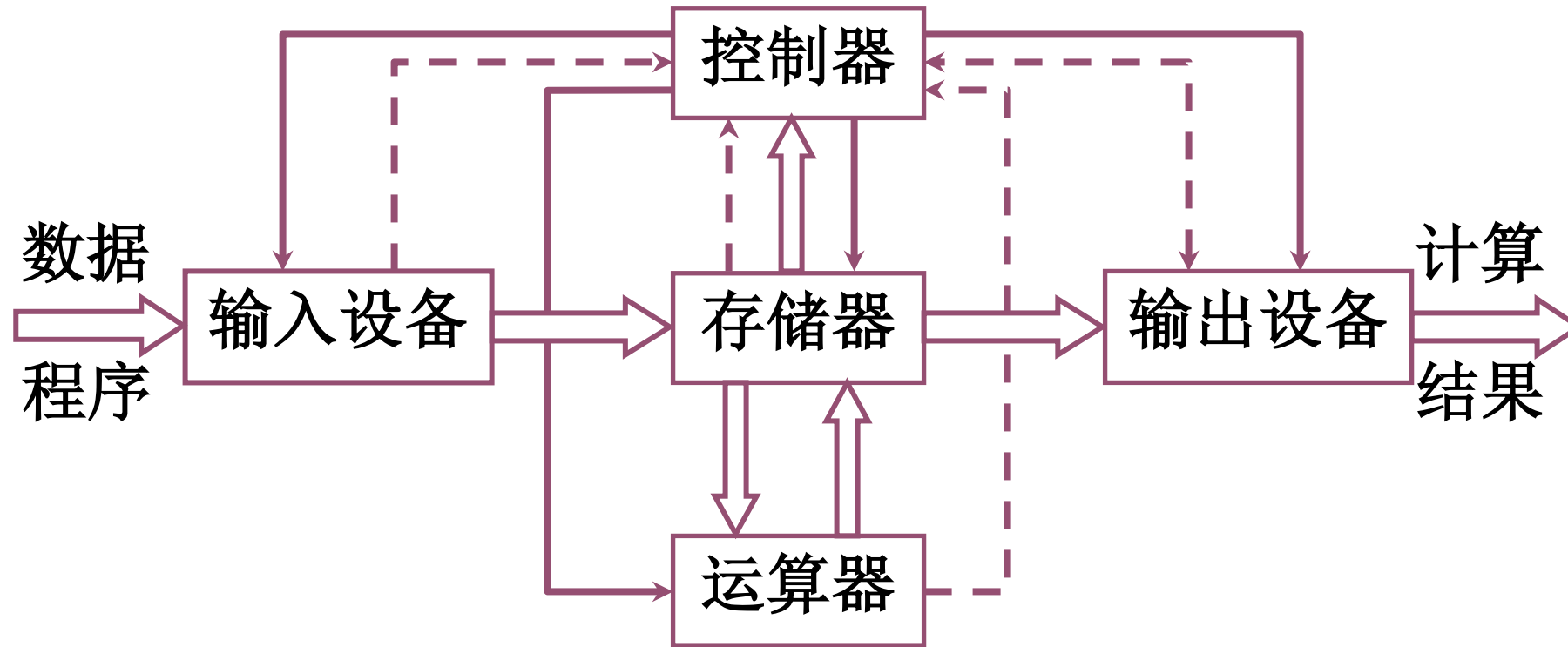


# 冯·诺依曼架构计算机的特点

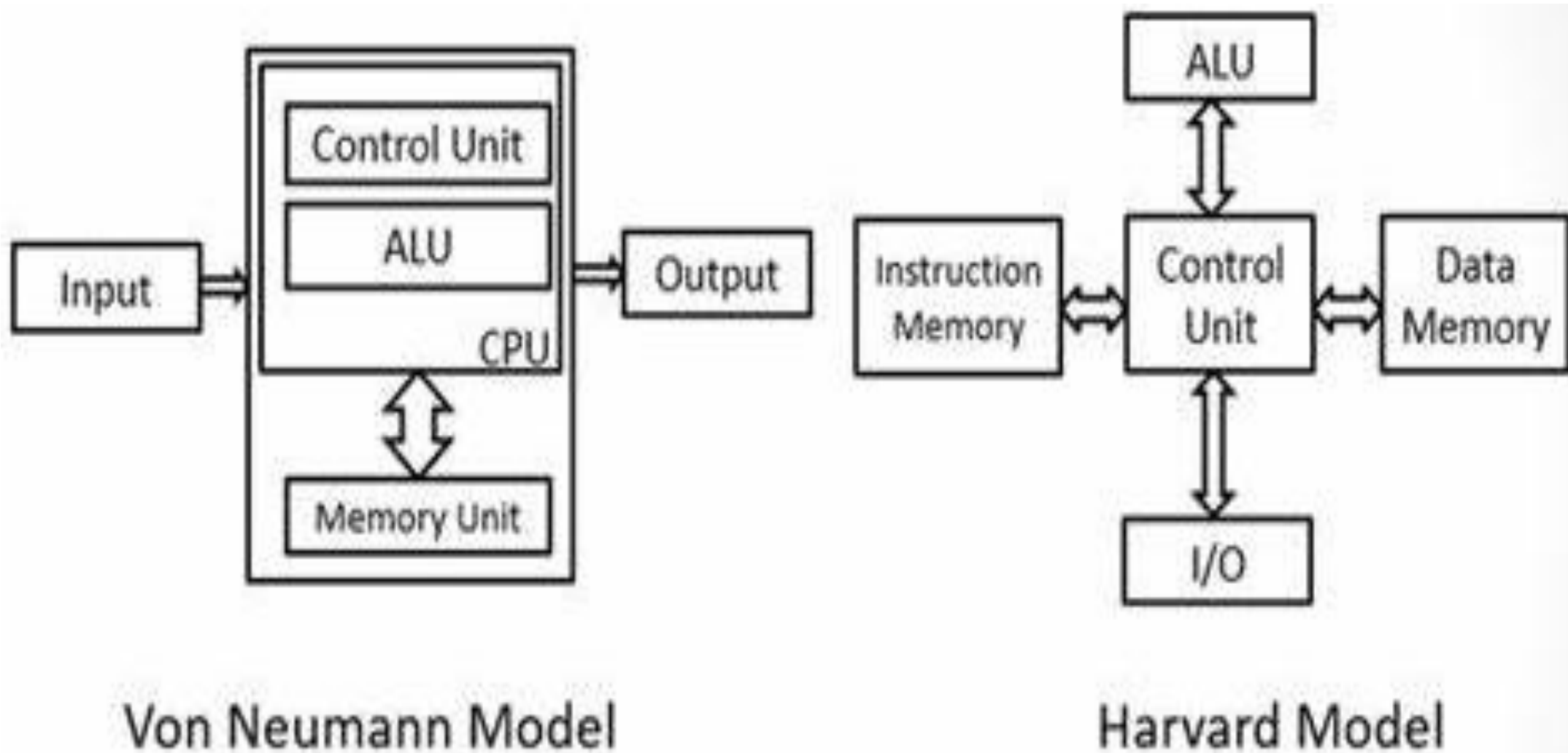
---

- 计算机由五大部件组成
- 指令和数据以同等地位存于存储器，可按地址寻访
- 指令和数据用二进制表示
- 指令由操作码和地址码组成
- 存储程序
  - 指令在存储器中按照顺序存放，通常是按顺序执行，特定条件下可以根据条件改变执行顺序。
- 以运算器为中心

# 以存储器为中心的计算机硬件示意图



# 哈佛架构 vs. 冯诺依曼架构



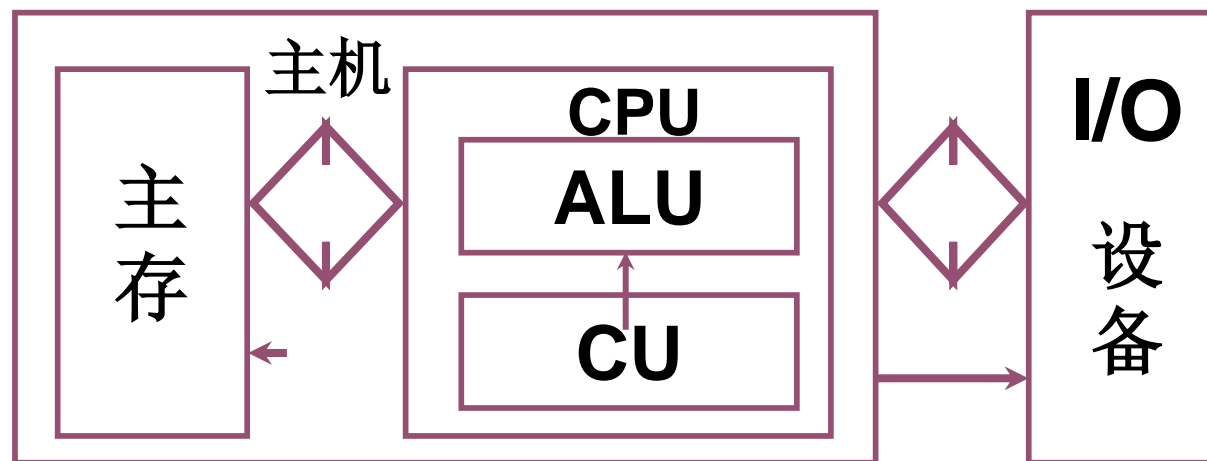
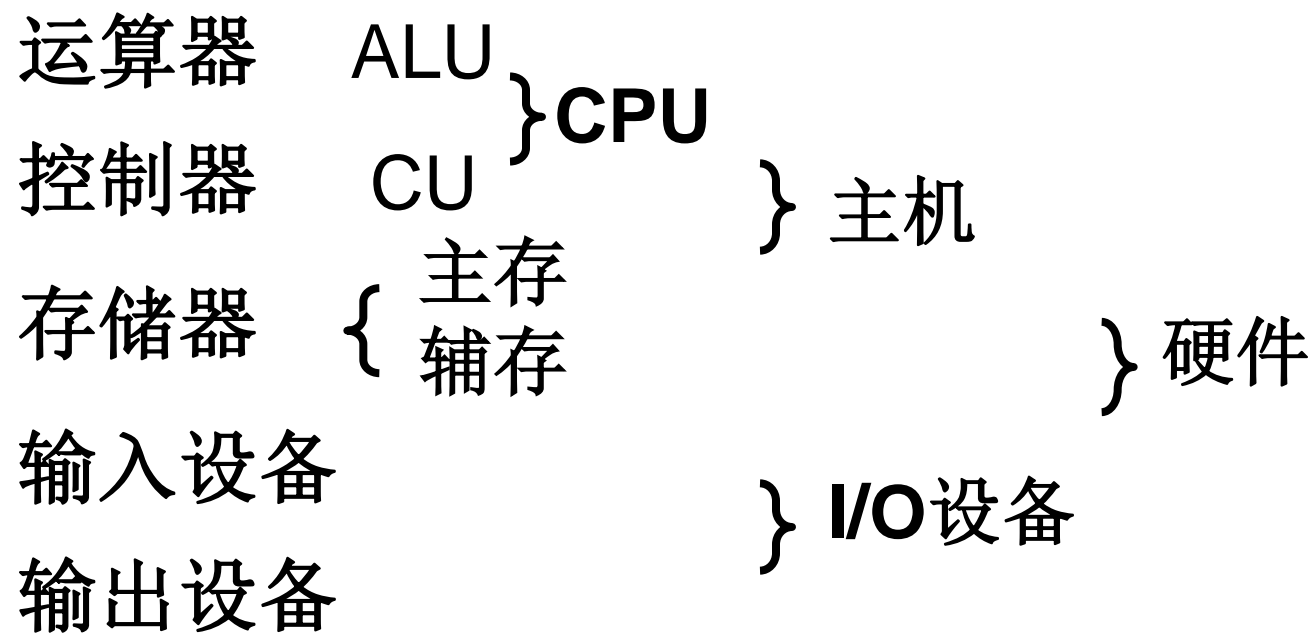
# 哈佛架构和冯诺依曼架构的区别

---

- 程序空间和数据空间是否是一体的？
  - 冯·诺依曼结构数据空间和程序空间不分开
  - 哈佛结构数据空间和程序空间是分开的，允许同时取指和取操作数，从而大大提高了运算能力。
- 早期大多采用冯·诺依曼结构，典型代表是**X86**。
- 改进型哈佛架构（数据、指令分开，且总线复用），典型代表是**DSP**和**ARM**。
- 现在的处理器虽然外部总线上看是诺依曼结构的，但是由于内部**CACHE**的存在，实际上内部来看已经类似改进型哈佛结构。



# 现代计算机主要硬件示意图



# 第一章计算机系统概论

---

1.1 计算机发展历史

1.2 计算机体系结构中的7个伟大思想

1.3 计算机层次结构

1.4 计算机性能指标

# 1.4 计算机硬件的主要指标

---

- 时间指标

- 主频、时钟周期
- CPI、IPC
- MIPS、MFLOPS
- CPU执行时间、响应时间、吞吐率

- 非时间指标

- 机器字长
- 总线宽度
- 主存容量、存储带宽
- CPU内核数

# 非时间指标

- 机器字长
  - **CPU（Central Processing Unit）**一次能处理数据的位数。
  - 与CPU中的寄存器位数有关。一般与内部寄存器的位数相等。
  - 目前常见的有32位和64位字长。
- 总线宽度
  - 数据总线一次能并行传送的最大信息位数。
- 主存容量
  - 是指一台计算机主存所包含的**存储单元总数 \* 存储字长**。
  - 存储字长指一个存储单元能存储的二进制代码的位数。
- 存储带宽
  - 指单位时间内与主存交换的二进制信息量，单位**Byte/s**。



# 时间指标

---

- 主频：CPU工作的时钟频率。
- 时钟周期
  - 一个时钟周期的时间（通常指处理器在固定频率下运行的时钟）
- 主频 \* 时钟周期 = 1
- 时钟周期数：时钟周期的数量
  - 也叫滴答数(TickCount)、时钟滴答数、时钟数、周期数(Cycle)

# 时间指标——续

- **指令平均时钟周期数（CPI: Cycle Per Instruction）**

- 执行某个程序或程序片段时，每条指令所需的时钟周期平均数。
- 一段程序中所有指令的时钟周期数之和 / 指令条数。
- 指令数: 执行某程序所需的总指令数量。
- 程序的CPU时钟周期数 = 程序的指令数 \* CPI

- **MIPS (Million Instructions Per Second)**

多义: MIPS (Microprocessor without Interlocked Piped Stages架构)

- **MFLOPS (Million Floating-point Operations Per Second)**

- 浮点操作次数 / (执行时间 \*  $10^6$ )

# 时间指标——续

- **CPU（执行）时间: 执行任务在CPU上所花费的时间**
  - 不包括等待I/O或运行其他程序的时间。
  - **程序的CPU执行时间 = 程序的指令数 \* CPI \* 时钟周期**
  - 可进一步区分为用户CPU时间和系统CPU时间（很难精确区分）
    - 用户CPU时间：程序本身所花的CPU时间。
    - 系统CPU时间：为执行程序而花费在操作系统上的时间。
- **响应时间： 叫执行时间， 计算机完成某个任务所需的总时间。**
  - 硬盘访问、内存访问、I/O活动、操作系统开销和CPU执行时间等。
- **吞吐率： 也叫带宽， 单位时间内完成的任务数量。**

假设一台计算机主频f为1GHZ，在其上运行由 $2 \times 10^5$ 条指令组成的目标代码，程序主要由4类指令组成，他们所占比例和CPI如下表所示，求程序的CPI和MIPS。（四舍五入取整）

- ☒ A 2, 446
- ☐ B 3, 446
- ☐ C 2, 336
- ☐ D 3, 336
- ☐ E 以上都不对

指令类型	CPI	指令比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访问	8	10%

提交



# 例子1：计算CPI和MIPS

- 假设一台计算机主频 $f$ 为**1GHZ**，在其上运行由 **$2 \times 10^5$** 条指令组成的目标代码，程序主要由**4**类指令组成，他们所占的比例和各自的**CPI**如下表所示，求程序的**CPI**和**MIPS**。

指令类型	CPI	指令比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

解：  $CPI = 1 \times 60\% + 2 \times 18\% + 4 \times 12\% + 8 \times 10\% = 2.24$

$$MIPS = (f/CPI)/10^6 = 1 \times 10^9 / 2.24/10^6 = 446.4$$

假设一台计算机主频 $f$ 为1GHZ，在其上运行由 $2 \times 10^5$ 条指令组成的目标代码，程序主要由4类指令组成，他们所占的比例和各自的CPI如下表所示，求程序执行时间。

- ☐ A 0.25ms
- ☒ B 0.45ms
- ☐ C 0.2ms
- ☐ D 0.35ms
- ☐ E 以上都不对

指令类型	CPI	指令比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

$CPI = 2.24$        $MIPS = 446.4$

提交

# 例子1：计算CPU时间

- 假设一台计算机主频为**1GHZ**，在其上运行由 **$2 \times 10^5$** 条指令组成的目标代码，程序主要由**4**类指令组成，他们所占的比例和各自的**CPI**如下表所示。求**1)程序的CPI和MIPS;**  
**2) 程序执行时间?**

指令类型	CPI	指令混合比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

$$\text{CPI} = 2.24$$

$$\text{MIPS} = 446.4$$

解：CPU时间 = 指令条数  $\times$  CPI/f =  $(2 \times 10^5) \times 2.24 / 10^9 = 4.48 \times 10^{-4}$  (秒)

$$\text{CPU时间} = \text{指令条数} / (\text{MIPS} \times 10^6) = (2 \times 10^5) / (446.44 \times 10^6) \text{ 秒}$$

# 小 结

---

- 计算机发展历史
- 计算机体系结构中的7个伟大思想
- 计算机层次结构
- 计算机常用性能指标