

计算机组成原理

PRINCIPLES OF COMPUTER ORGANIZATION

内部资料
请勿外传

**任
课
教
师**

主讲：黄晓阳

Tel: 18950080208

QQ: 9093859

助教（理论课）：顾旭升

Email: 965317715@qq.com

助教（实验课）：刘晨

Email: 2227299673@qq.com

教学安排

- 学时：56学时（4×14）
实验课24学时（4×6）
- 答疑：E-mail、QQ、电话
- 考核：期末考试为主，平时作业以及出勤为辅
实验课单独考核。

教学资源

QQ群: 257444237



请同学们入QQ群后实名为: 姓名_学号

如 张三_22920202201234

注意: 二者之间是以下划线(shift+减号)分隔

未按照要求实名, 将被删除

请同学及时关注群消息

作业及考核

- 纸质作业，写在纸张上，拍照上传至QQ群作业，老师会批改并登记。
- 严禁抄袭，一旦发现抄袭，从严处理
- 作业完成有困难，可以留空；
- 作业分次上传上交；
本周的作业截止至每周六晚**24:00**，
如有特殊情况，请及时与老师联系。
- 作业很重要，直接与同学们平时分数相关，
缺交**2**次以上扣分，无缺交，即可拿满分。

作业及考核

- 考试以考查综合能力为主，都是综合大题（**6-7题**），计算、设计、分析、简答等；
- 最后一题简答（**2分**×7问），简答题答案不超过**20**个字；
- 临时抱佛脚是没有效果的，
严禁作弊，发现作弊，决不姑息！

课程介绍



课程性质：本科生必修课，计算机考研**408**科目



预备知识：数字逻辑，汇编语言



后续课程：计算机接口技术，计算机系统结构



学习目的：

掌握单处理机系统的组成和结构

掌握计算机的运行原理

了解计算机技术的最新进展

培养扎实的硬件动手能力

教学进度

•计算机系统概论	2 学时
•运算方法和运算器	12 学时
•存储系统	10 学时
•指令系统	4 学时
•中央处理器	12 学时
•总线系统	4 学时
•实验综合讲解	6学时
•半期考、习题课及复习	6 学时

重点内容:

第二（运算器）、第三（存储器）、第五（中央处理器）章节

考核标准

- 成绩组成：

期末 50%

闭卷笔试

实验考试 30%

开卷笔试

实验报告 10%

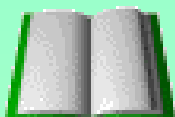
课后完成，纸质版

平时 10%

作业以及出勤

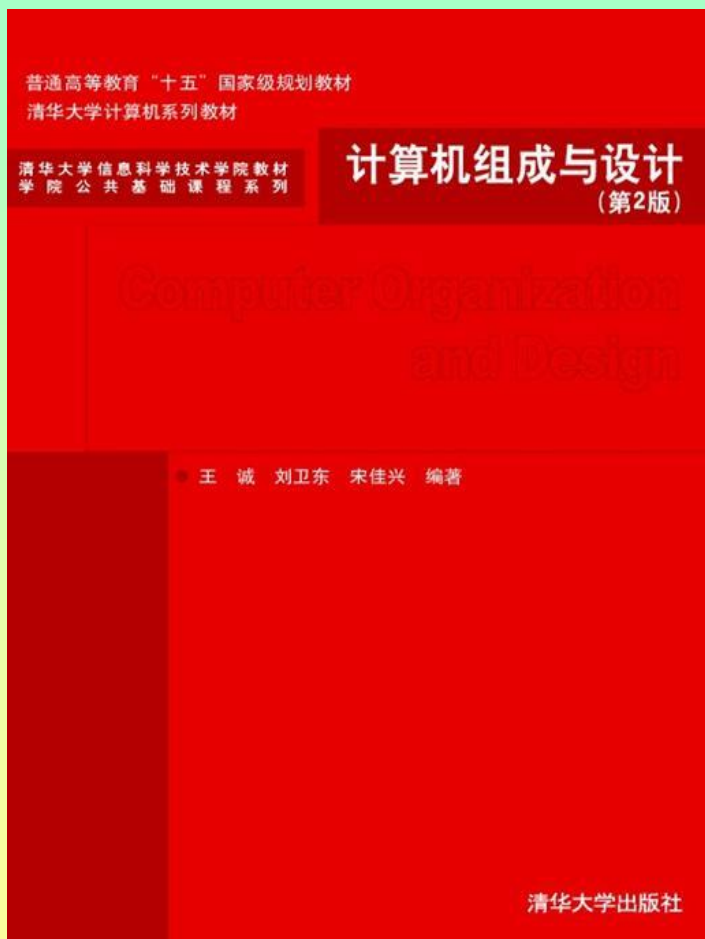
实验报告、作业很重要！

缺交会影响平时成绩！



参 考 资 料

清
华
大
学
出
版
社

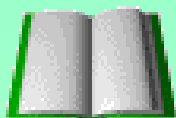


著者：王诚



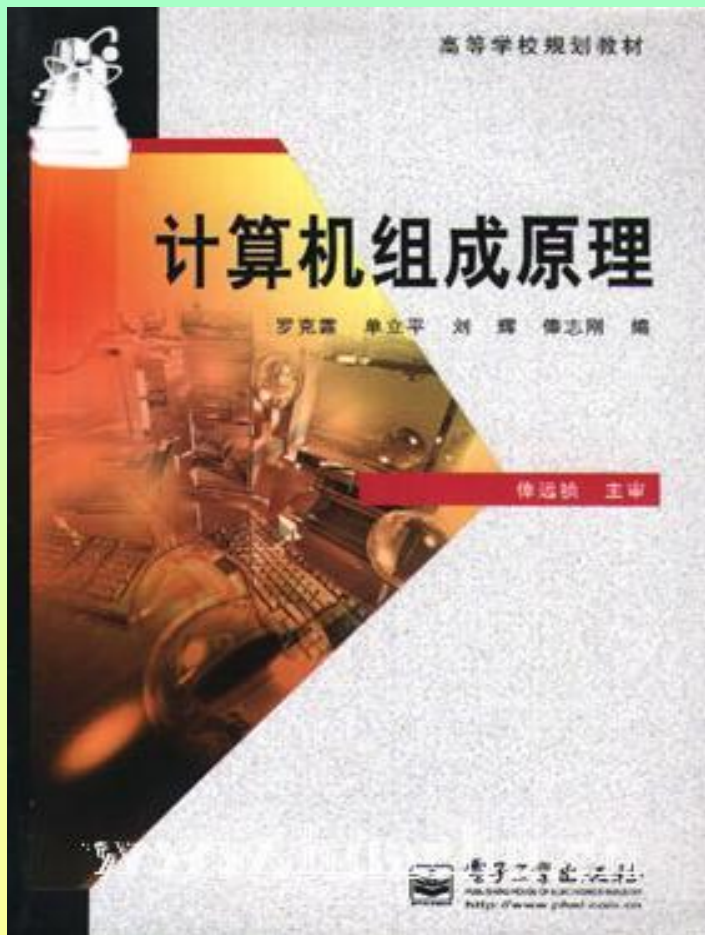
著者：唐朔飞

高
等
教
育
出
版
社



参 考 资 料

电子工业出版社

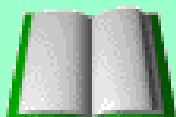


著者：罗克露



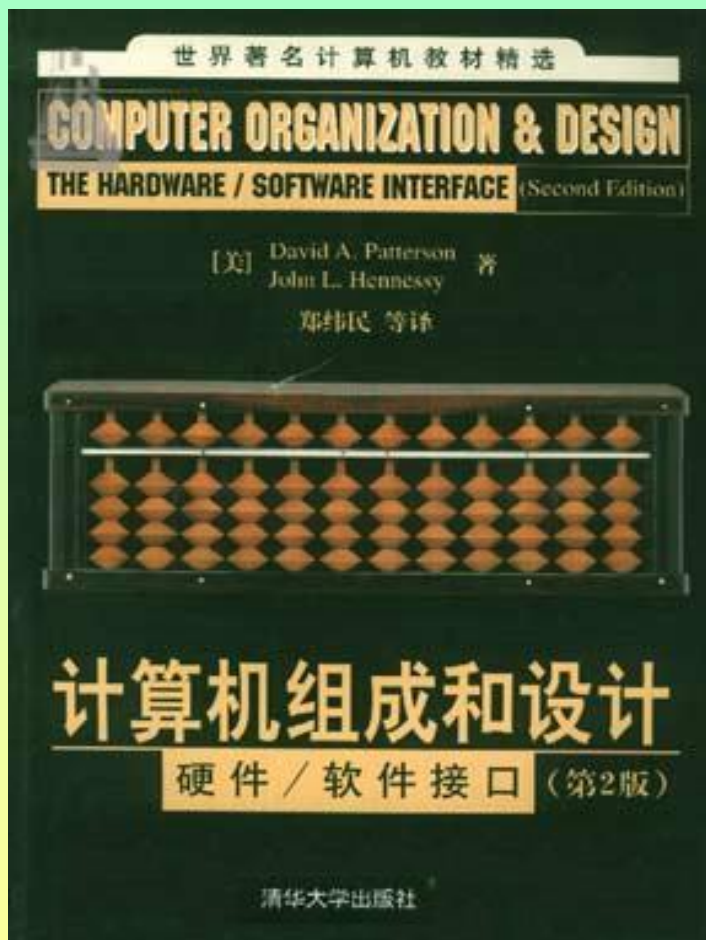
华东理工大学出版社

著者：张礼平



参 考 资 料

清华大学出版社



著者: D. A. Patterson



著者: Carl Hamacher

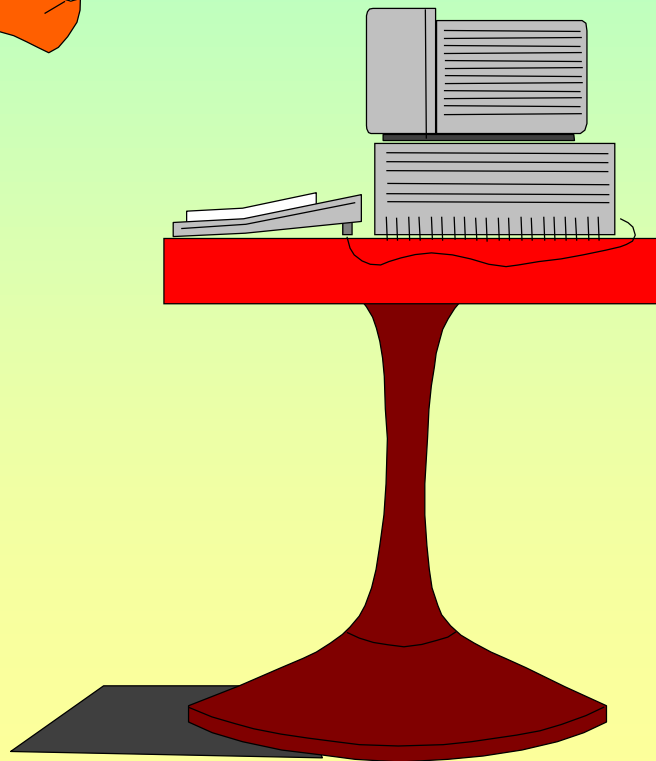
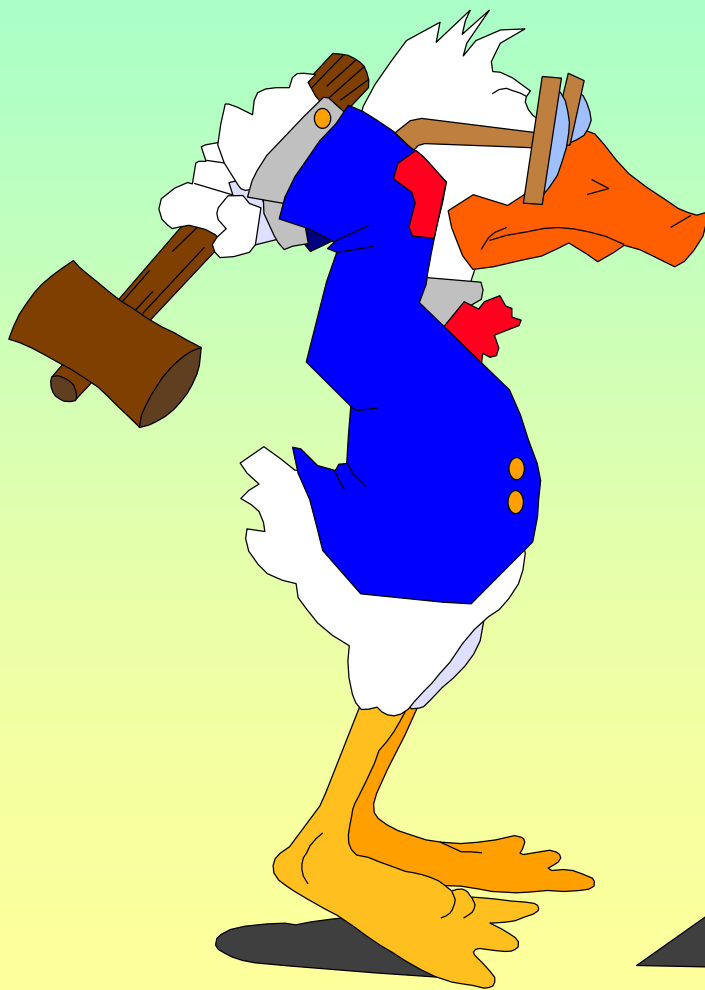
机械工业出版社

一个很简单却又很难回答的问题

计算机是什么？该如何给它下定义？

第一台电子计算机是何时出现的？

里面有什么？



绪 论

- 计算和计算机的历史
- 冯·诺依曼结构计算机的特点
- 计算机系统

古代计算技术

在数的概念出现之后，就开始出现了数的计算。人类最初的计算工具就是人类的双手。一个人天生有十个指头，因此十进制成为人们最熟悉的进制计数法。



纵式：	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
横式：	—	＝	≡	≡	≡	⊥	⊥	≡	≡
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

算筹记数摆法

我国春秋时期出现的算筹是世界上最古老的计算工具。计算的时候摆成纵式和横式两种数字，按照纵横相间的原则表示任何自然数。负数出现后，算筹分红黑两种，红筹表示正数，黑筹表示负数。



在大约六七百年前，中国人发明了更为方便的算盘，并一直沿用至今。珠算口诀是最早的体系化的算法。

古代计算技术



阿尔·花拉子模（Al Khowarizmi，约780～850），阿拉伯数学家。阿尔·花拉子模有两部数学著作传世。一部为《花拉子模算术》。书中介绍印度的十进位值制记数法和以此为基础的算术知识。现代数学中“算法”（**algorithm**）一词即来源于这部著作，也就是花拉子模的人名。另一部著作名为《还原与对消》，暗示方程的两端的移项和合并同类项。此书首次给出二次方程的一般解法，并给出相应的几何证明。此书的书名后来也衍变成**algebra**，译成中文“代数”。阿尔·花拉子模被誉为代数学的鼻祖。

17世纪计算技术

1617年，苏格兰人约翰·奈皮尔（**John Napier**，对数的发明人）发明了计算尺，可以进行四则运算。

1622年英格兰的威廉·奥特雷德（**William Oughtred**，乘号“ \times ”的发明人）发明了滑动计算尺。计算尺不仅能做加、减、乘、除、乘方、开方运算，甚至可以计算三角函数、指数函数和对数函数，它一直使用到袖珍电子计算器面世为止。计算尺是最早的模拟计算工具。



1624年，威廉·谢克哈特（**Wilhelm Schickard**）在海德堡大学开始研制一台有加减乘除四种运算功能，并能通过铃声输出答案的“计算钟”。在建造中样机模型毁于一场大火。

帕斯卡的加法机



1642年，19岁的帕斯卡设计制造了一架机械式计算装置——使用齿轮进行加减运算的计算机。这台加法机中有一组轮子，每个轮子上刻着从0到9的10个数字。某一位的小轮转动了10个数字后，使下一个小轮转动一个数字。计算所得的结果在加法机面板上的读数窗上显示，计算完毕要把轮子逐个恢复到零位。



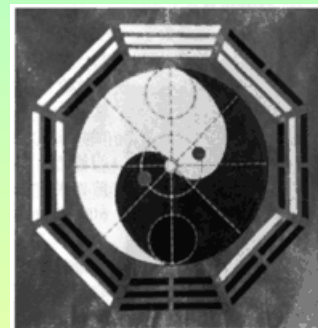
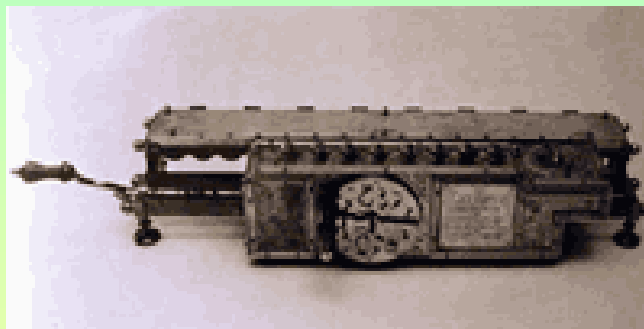
这台加法机在技术上有两个创新：

- 自动产生进位；
- 用补码表示负数。

1971年瑞士人沃斯把自己发明的高级语言命名为**Pascal**，以表达对帕斯卡的敬意，使帕斯卡的英名长留在电脑时代。

莱布尼兹的乘法机

1673年，德国数学家莱布尼兹发明乘法机，这是第一台可以运行完整的四则运算的计算机。在进行乘法运算时采用了移位-加（**shift-add**）的办法，并用二进制代替十进制。这些方法也被现代的电子计算机所采用。



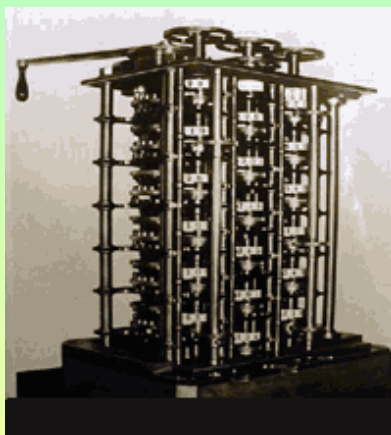
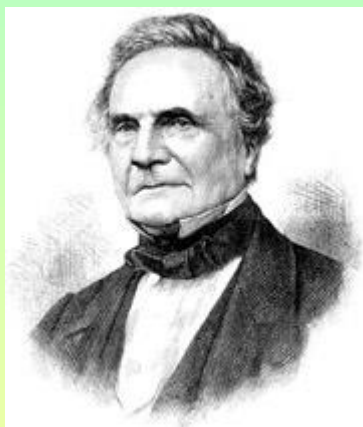
莱布尼兹认为，中国的八卦是最早的二进制计数法。在八卦图的启迪下，莱布尼兹系统地提出了二进制运算法则。

莱布尼兹因独立发明微积分而与牛顿齐名，并被《不列颠百科全书》列为“西方文明最伟大的人之一”。

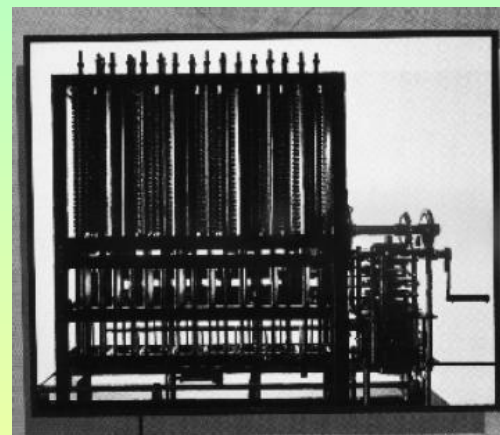
莱布尼兹非常向往和崇尚中国的古代文明，他把自己研制的乘法机的复制品赠送给中国皇帝康熙，以表达他对中国的敬意。

巴比奇的差分机

1822年，英国数学家巴比奇发明差分机，专门用于航海和天文计算，由蒸气机驱动。这是最早采用寄存器（齿轮）来存储数据的计算机，体现了早期程序设计思想的萌芽。



Difference Engine #1



Difference Engine #2

差分机只能计算加法和减法，可以自动进行多步运算，利用有限差分的方法逼近任意的连续函数。

差分机的原理

任意的连续函数都可以用多项式近似；
任意多项式都可以用差分表计算。

例： $f(n) = n^2 + n + 41$

$$d_1(n) = f(n) - f(n-1) = 2n$$

$$d_2(n) = d_1(n) - d_1(n-1) = 2$$

$$f(n) = f(n-1) + d_1(n) = f(n-1) + d_1(n-1) + d_2(n)$$

n:	0	1	2	3	4	...
$d_2(n)$:	2	2	2	2	2	...
$d_1(n)$:	0	2	4	6	8	...
f(n):	41	43	47	53	61	...

其中只用到加法运算。

巴比奇的分析机

巴比奇一生的后四十年都致力于发展一部“会分析的机器”，这部机器只要输入资料后就可不须人类直接指示，进行各种数学运算。和他一起设计这部机器的还有英国诗人拜伦的女儿**Ada Byron**，后来的**ADA**语言就是用她的名字命名的。

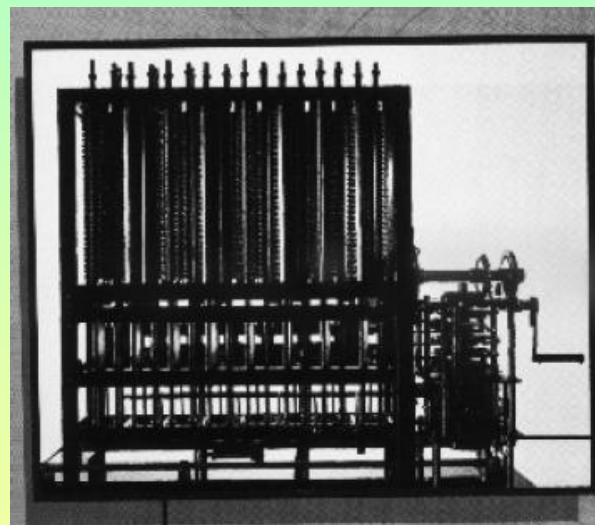
分析机包括以下几个部分：

The Store（仓库）：用来存储数据信息，通过齿轮实现。相当于存储器。

The Mill（工场）：对数据进行运算处理。相当于运算器。

Control Barrel（控制桶）：控制操作顺序、选择所需处理的数据。相当于控制器。

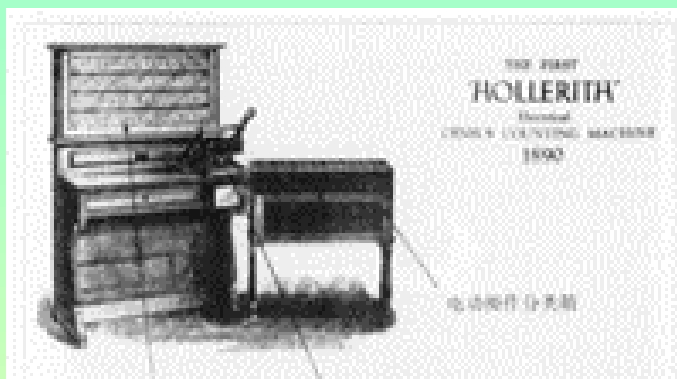
利用穿孔卡片输入指令，用铅字打印计算结果。



Analytical Engine

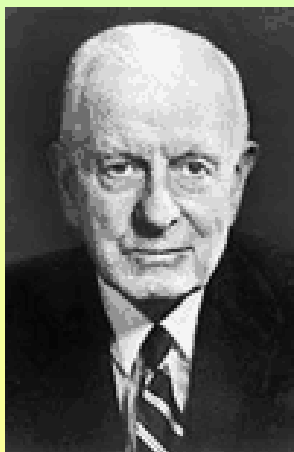
分析机已经具备了现代计算机的基本要素。由于当时技术水平的限制，分析机并没有建造出来。

从机械到电的飞跃



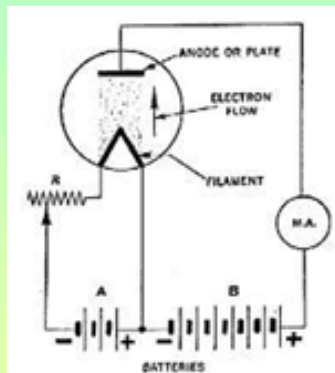
1888年，美国人赫尔曼·霍勒瑞斯发明了制表机，它采用穿孔卡片进行数据处理，并用电气控制技术取代了纯机械装置。1890年，美国人口普查全部采用了霍勒瑞斯制表机。

霍勒瑞斯于1896年创立了制表机公司，1911年该公司并入CTR（计算制表记录）公司，这就是著名的IBM公司的前身。1924年，托马斯·沃森一世把CTR更名为IBM。



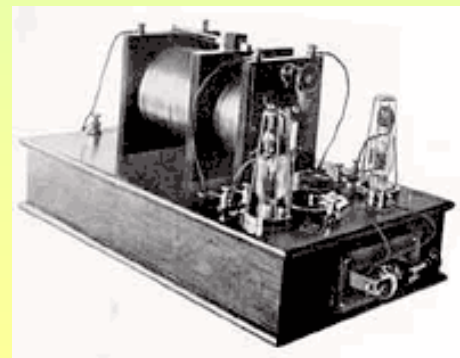
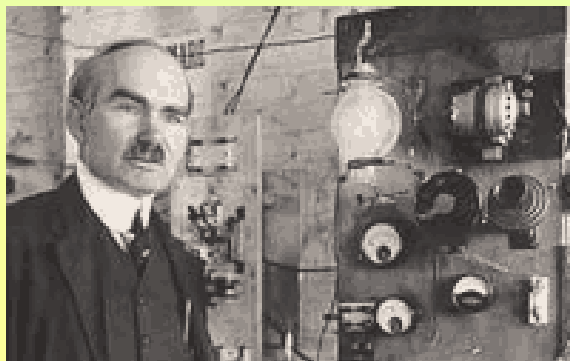
电子文明的曙光

电子二极管和三极管在**20**世纪头几年相继问世。真空电子二极管的发明使人类打开了电子文明的大门，而电子三极管的发明及其放大原理的发现，标志着人类科技史进入了一个新的时代：电子时代。



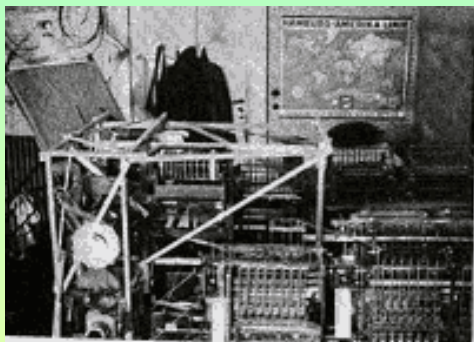
1904年，英国人弗莱明发明真空电子二极管。电子管的诞生，是人类电子文明的起点。

1906年，美国人德弗雷斯特发明电子三极管，并在研究中发现，三极管可以通过级联使放大倍数大增，这使得三极管的实用价值大大提高，



冲击最后的技术壁垒

20世纪三、四十年代，各国科学家对采用继电器的机电式计算机进行了大量的研制工作，为现代计算机的最终诞生积累了极为重要的经验。计算机也开始取得实质性应用价值，被用于军事、科学计算等领域。



德国科学家朱斯
制造的出Z系列计算机



英科学家制造的“巨人”
计算机，用于破译德军密码

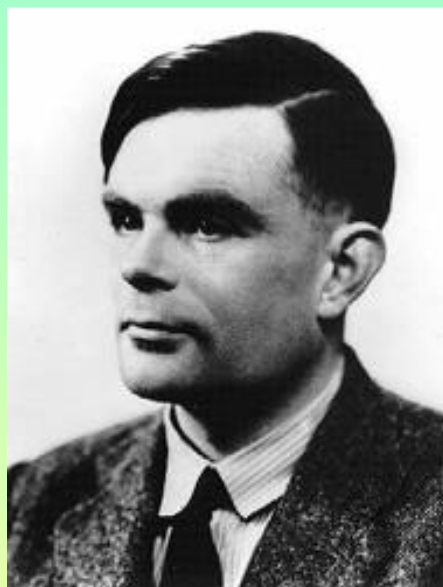


哈佛大学教授艾肯
研制的MARK-I

机电式计算机的局限性：

- 由于运动部件的惯性，限制了运算速度；
- 利用齿轮和杠杆传递数据，可靠性差；
- 体积庞大，功耗大。

图灵机



1936年，24岁的英国数学家图灵发表著名论文《论可计算数及其在密码问题的应用》，提出了“理想计算机”，后人称之为“图灵机”。图灵机由一个控制器和一根假设两端无界的工作带组成，工作带起着存储器的作用，它被划分为大小相同的方格，每一格上可书写一个给定字母表上的符号。控制器可以在带上左右移动，控制器有一个读写头，读写头可以读出控制器访问的格子上的符号，也能改写和抹去这一符号。图灵机是现代通用数字计算机的数学模型，它证明通用数字计算机是可以制造出来的。

图灵相信如果模拟人类大脑的思维就可以做出一台可以思考的机器。他在1950写文章提出了著名的“图灵测试”，测试是让人类考官通过键盘向一个人和一个机器发问，这个考官不知道他现在问的是人还是机器。如果在经过一定时间的提问以后，这位人类考官不能确定谁是人谁是机器，那这个机器就有智力了。

图灵奖

图灵奖是美国计算机协会（**ACM**）在**1966**年设立的，被喻为计算机界的诺贝尔奖。它以**Alan Turing**的名字命名，授予在计算机技术领域做出突出贡献的个人。

年份	获奖者	获奖理由
1967	M. V. Wilkes	第一台存储程序计算机
1968	R. W. Hamming	自动编码系统、检测及纠正错码
1971	John McCarthy	人工智能之父， LISP 语言发明人
1982	S. A. Cook	NP-Completeness 理论
1983	K. Thompson & D. Ritchie	通用操作系统理论， UNIX 的推广
1984	Niklaus Wirth	PASCAL 语言，结构化程序设计
1987	John Cocke	面向对象的编程语言和编程技巧
1988	Ivan Sutherland	计算机图形学之父
1989	W. V. Kahan	浮点运算的先驱
1997	Douglas Engelbart	鼠标的发明人，人机交互技术
1998	James Gray	数据库和事务处理
2000	姚期智(Andrew Chi-Chih Yao)	对计算理论做出了根本性的重大贡献
2002	Rivest, Shamir, Adelman	RSA 加密算法

阿塔纳索夫的ABC



1942年，爱荷华州立学院数学系教授文森特·阿塔纳索夫和他的学生贝利设计了有史以来第一台用电子管为元件的数字计算机。后来他们设计的模型就以他们俩的名字命名，叫“阿塔纳索夫-贝利计算机”（**Atanasoff-Berry Computer**），简称**ABC**。

阿塔纳索夫关于电子计算机的设计方案启发了**ENIAC**开发小组的莫奇利，并直接影响到**ENIAC**的诞生。1972年美国法院判决**ENIAC**的专利权无效，阿塔纳索夫拥有作为第一个电子计算机方案提出者的优先权。

ENIAC永载史册

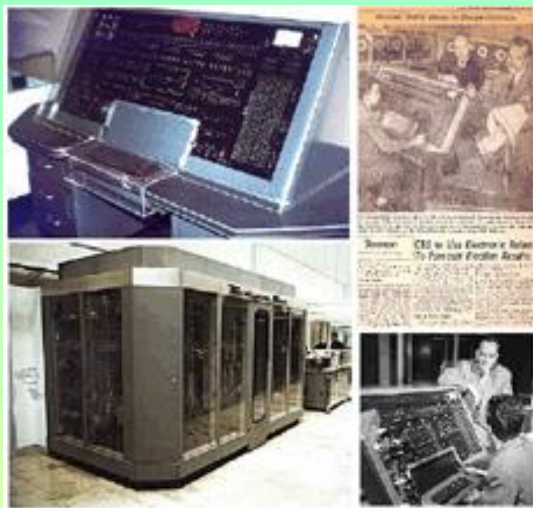
1946年2月14日，世界上第一台通用数字电子计算机**ENIAC**在费城摩尔学院开始运行，宣告人类从此进入了电子计算机时代。设计者为艾克特和莫奇利。**ENIAC**的功能包括：每秒**5000**次加法运算；每秒**50**次乘法运算；平方和立方计算；**sin**和**cos**函数数值运算。**ENIAC**的开发经费为**48**万美元，相当于现在的**1000**万美元。



1949年，经过**70**个小时的运算，**ENIAC**把圆周率 π 精密无误地推算到小数点后面**2037**位。

1955年10月2日，**ENIAC**功德圆满，正式退休。自1945年正式建成以来，人类的第一台“电子脑袋”实际运行了**80223**个小时。这十年间，它的算术运算量比有史以来人类大脑所有运算量的总和还要多。

计算机产业的形成



1946年，艾克特和莫奇利因为专利问题和ENIAC开发小组的其他成员闹翻，随后两人成立的自己的公司**Electronic Control Corporation**，很快又改名为埃克特—莫奇利计算机公司。1951年6月，埃克特—莫奇利计算机公司开始交付**UNIVAC (Universal Automatic Computer)**，这是第一种进行批量生产的商业化计算机，当时售价为**250000**美元，共生产了**48**套。计算机开始走出实验室，服务于社会和公众。

1952年，UNIVAC因成功预测美国总统大选的结果而名声大噪。

存储程序的概念



1945年6月，冯·诺依曼等人写了一篇题为《关于离散变量自动电子计算机的草案》的报告，这是计算机科学发展里程碑式的文献。报告明确规定出计算机的五大部件，并用二进制替代十进制运算。报告中第一次提出了在数字计算机内部的存储器中存放程序的概念，即把程序本身当作数据来对待，程序和该程序处理的数据用同样的方法储存。这是所有现代电子计算机的范式，被称为“冯·诺依曼结构”，按这一结构建造的电脑称为存储程序计算机（**Stored Program Computer**）。

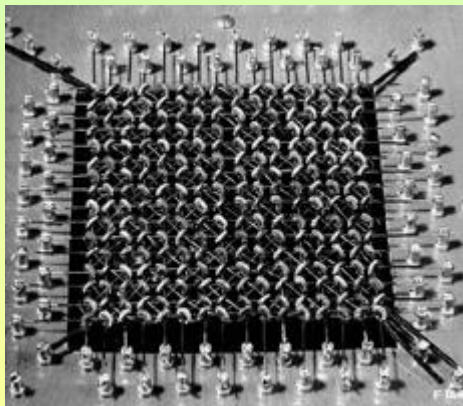
1949年5月，英国剑桥大学威尔克斯（**M. Wilkes**）教授抢在冯·诺依曼之前制成了世界上第一台存储程序式计算机，命名为“**EDSAC**”（电子储存程序计算机）。威尔克斯为此获得了1967年度的图灵奖。

直到1951年，冯·诺依曼主持的离散变量自动电子计算机（**EDVAC**）才宣告完成。

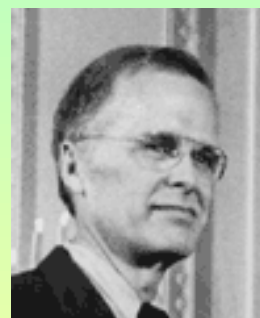
“蓝色巨人” IBM



IBM公司1952年推出的**IBM 701**在商战中击败**UNIVAC**，不仅使**IBM**实现了全面的转型，更奠定了**IBM**的产业霸主地位。



1951年，中国移民王安发明了磁芯存储器，**IBM**于1956年购买了这项技术专利。



1956年，**IBM**公司的巴克斯研制成功第一个高级程序语言**FORTRAN**，它被广泛用于科学计算。

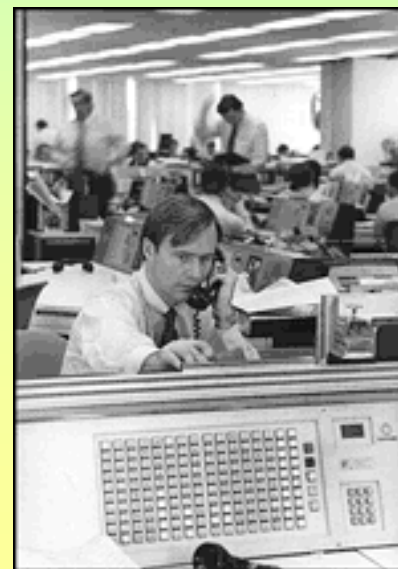
第二代计算机



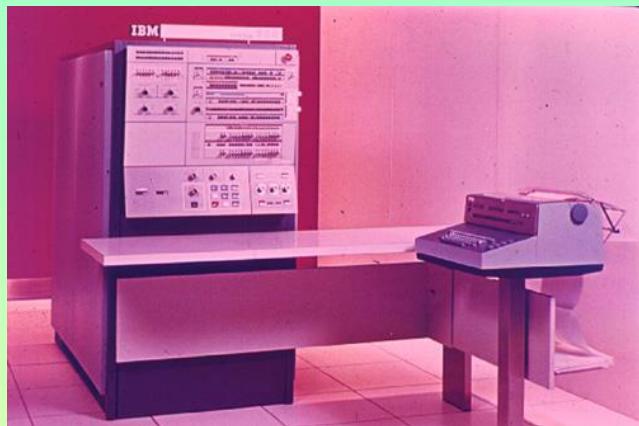
美国贝尔实验室于**1954**年研制成功第一台使用晶体管的第二代计算机。相比采用定点运算的第一代计算机，第二代计算机普遍增加了浮点运算，计算能力实现了一次飞跃。

IBM公司于**1958**年制成的**1401**及后续的**1410/1440**系列计算机，是第二代计算机中的代表，用户在当时可以以每月**2500**美元的价格租用**IBM 1401**。

第二代计算机除了大量用于科学计算，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。



第三代计算机



IBM于1964年研制出计算机历史上最成功的机型之一**IBM S/360**。IBM由于**S/360**的成功，进一步巩固了自己在业界的地位。**S/360**极强的通用性适用于各方面的用户，它具有“**360度**”全方位的特点，并因此得名。开发**S/360**被称为“世纪豪赌”，IBM为此投入了**50亿美元**的研发费用，远远超过制造原子弹的“曼哈顿计划”的**20亿美元**。

1970年，IBM推出**IBM S/370**系列机，采用大规模集成电路取代磁芯进行存储，以小规模集成电路作为逻辑元件，被称为三代半计算机。

S/370采用了虚拟存储器技术，首次实行软硬件价格分离策略，从而明确了软件的价值。



“小型机之王” DEC



PDP-8

1959年，数字设备公司（DEC）推出“程序数据处理机”（Programmed Data Processor），简称PDP-1。

1965年，DEC公司研制出集成电路计算机PDP-8，被新闻传媒戏称为“Mini机”。在以后15年内，DEC公司共销售5万多台PDP-8，它开创了一个新的时代——“小型机革命”。

此后，DEC又推出了PDP-11等机种。小型机的出现对计算机的普及有着重要的意义。

80年代，DEC推出VAX系列小型机，再次确立了自己在小型机领域的霸主地位，成为仅次于IBM的全球第二大电脑厂商。

DEC的成功与IBM在小型机市场上的失败是成正比的，而DEC的失败同样与PC的成功是成正比的。1998年，康柏以96亿美元的价格收购DEC。这桩以小吃大的巨额并购案埋葬了大名鼎鼎的DEC公司。

高性能计算机



CDC 6600



CDC 6600的控制台



Cray-1



Cray-2



Cray-XMP

1964年诞生的**CDC6600**被公认为世界上第一台巨型计算机，运算速度为**1 MFLOPS**。1976年，**CRAY**公司推出**CRAY-1**向量机，其峰值速度为**0.1 GFLOPS**。1985年的**CRAY-2**速度为**1 GFLOPS**。

1996年，**Cray**被**Silicon Graphics**兼并。

1990年以后，传统的向量机逐渐萎缩，迎来了大规模并行处理机（**MPP**）蓬勃发展的时代。**MPP**已成为目前高性能计算机的主流。

超级计算机TOP3 (2017.11)

全球超级计算机排行榜 (TOP100)

排名	国家/地点	计算机名/系统详情	运算速度	功率
1	National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	93014.6	15371
	China	NRCPC		
2	National Super Computer Center in Guangzhou	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P	33862.7	17808
	China	NUDT		
3	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)	Piz Daint - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect , NVIDIA Tesla P100	19590	2272
	Switzerland	Cray Inc.		

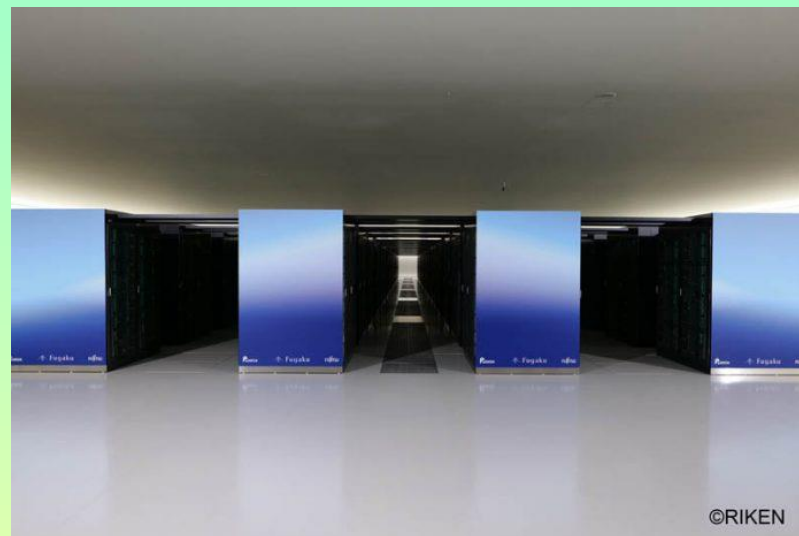
排名前两位的分别是“神威·太湖之光”和“天河二号”。浮点运算速度分别为每秒**9.3**亿亿次和每秒**3.39**亿亿次。排名第三的是瑞士“代恩特峰”超级计算机，第四名是日本的“晓光”，第五名是美国“泰坦”超级计算机。



超级计算机TOP3 (2020.6)

在2020年6月22日公布的最新全球超级计算机 TOP 500榜单上，夺得冠军的是日本的超算Fugaku，中文名字叫“富岳”，该系统日本理化学研究所(RIKEN) 与富士通公司共同开发。

处理器核芯：**7299072个**；峰值(Rmax):
415530 TFlop/s



No.2 Summit (美国)

美国 制造商：IBM

处理器核芯：**2414592个**；峰值(Rmax):
148600 TFlop/s

No.3 Sierra (美国)

美国 制造商：IBM

处理器核芯：**1572480个**；峰值(Rmax):
94640 TFlop/s

No.4 神威 太湖之光 (Sunway TaihuLight) 中国

中国 制造商：国家并行计算机工程技术研究中心

处理器核芯：**10649600个**；峰值(Rmax):
93015 TFlop/s

超级计算机TOP3 (2024)

- 美国橡树岭国家实验室和AMD合作的Frontier以1.206 EFlop/s（exaflops是衡量计算机每秒浮点运算次数的单位，达到10的18次方次，百亿亿次）峰值性能排名第一。
- 美国阿贡国家实验室和英特尔合作的Aurora则首次突破E级大关，以1.012 EFlop/s的峰值性能排名第二
- Eagle以561.2PFlop/s的HPL性能排名第三。该超算安装在微软Azure云平台上。



“来咬一只苹果”



1976年3月，Steve Wozniak和Steve Jobs开发出微型计算机Apple I，4月1日愚人节这天，两个Steve成立了Apple计算机公司。

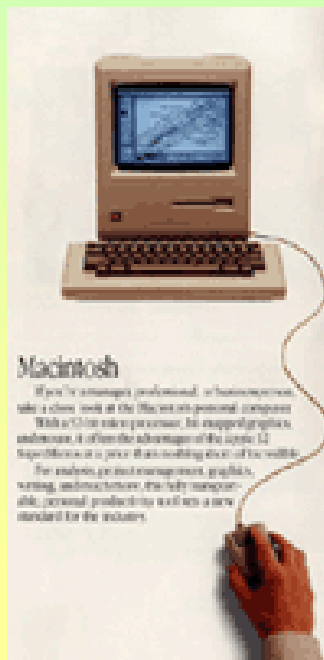


1983年1月19日，Apple推出Lisa电脑，这是第一种使用图形用户界面（GUI）的个人电脑，它还第一次采用了鼠标器。

由于定价过高，Lisa销量很小。Apple在和IBM PC的较量中开始走下坡路。



1977年，Apple推出经典机型Apple II，这是历史上最重要的微型计算机之一，微机由此开始步入其发展史上的第一个黄金时代，并形成了可观的产业规模。



1984年推出的Macintosh创造了多项第一：第一个大众性的图形用户平台，第一台具备多媒体功能的计算机。Apple终于获得喘息的机会。但由于坚持不与IBM兼容，Apple的市场份额越来越小。

IBM PC创造历史



1980年7月，一个负责“跳棋计划”的13人小组开始开发后来被称为**IBM PC**的产品。一年后的8月12日，**IBM**公司在纽约宣布第一台**IBM PC**诞生。1982年，**IBM PC**共生产了25万台。1983年1月3日出版的《时代》周刊破天荒地将**PC**列为“年度风云人物”。



IBM公开了**PC**除**BIOS**之外的全部技术资料，并通过分销商传递给最终用户。这一系列开放措施极大地促进了个人电脑的发展，也给兼容机制造商开辟了巨大的空间。开放的**PC**和自成一统的**Apple**形成鲜明的对比。



1983年3月，**IBM**发布了**PC**的改进型**IBM PC/XT**。它带有一个容量为**10MB**的硬盘，这是硬盘第一次成为**PC**的标准配置。凭借**XT**，**IBM**一举把**Apple**挤下微型电脑霸主的宝座。



1984年8月，**IBM**推出更先进的**IBM PC/AT**，支持多任务、多用户，增加了网络能力。**IBM**彻底确立了在微机领域的霸主地位。

现代计算机的里程碑

年代	机器名称	制造者	说明
1834	Analytical Engine	Babbage	建造数字计算机的第一次尝试
1936	Z1	Zuse	第一台使用继电器的计算机器
1943	COLOSSUS	英国政府	第一台电子计算机
1944	Mark I	Aiken	第一台美国通用计算机
1946	ENIAC I	Eckert/Mauchley	现代计算机历史从它开始
1949	EDSAC	Wilkes	第一台存储程序的计算机
1951	Whirlwind I	M.I.T.	第一台实时计算机
1952	IAS	Von Neumann	大多数现代计算机还用的设计
1960	PDP-1	DEC	第一台小型机
1961	1401	IBM	非常流行的小型商用机
1962	7094	IBM	60 年代早期的主流科学计算用机
1963	B5000	Burroughs	面向高级语言设计的第一台计算机
1964	360	IBM	系列机的第一个产品
1964	6600	CDC	第一台用于科学计算的超级计算机
1965	PDP-8	DEC	第一台占领市场的小型机（销售 50,000 台）
1970	PDP-11	DEC	70 年代的主导小型机
1974	8080	Intel	第一台在一个芯片上的 8 位计算机
1974	CRAY-1	Cray	第一台向量超级计算机
1978	VAX	DEC	第一台 32 位超级小型计算机
1981	IBM PC	IBM	开创现代个人计算机新纪元
1985	MIPS	MIPS	第一台商用 RISC 机
1987	SPARC	Sun	第一台基于 SPARC 的 RISC 工作站
1990	RS6000	IBM	第一台超标量体系结构计算机

绪 论

- 计算和计算机的历史
- 冯·诺依曼结构计算机的特点
- 计算机系统

冯·诺依曼结构

1. 由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成。
2. 程序和数据以二进制形式不加区别地存放在存储器中，存储器地址也是二进制形式。
3. 指令流驱动。控制器根据存放在存储器中的指令序列即程序工作。

计算机的硬件组成

外设

存储器

输入设备

辅助存储器

输出设备

主存储器

运算器

控制器

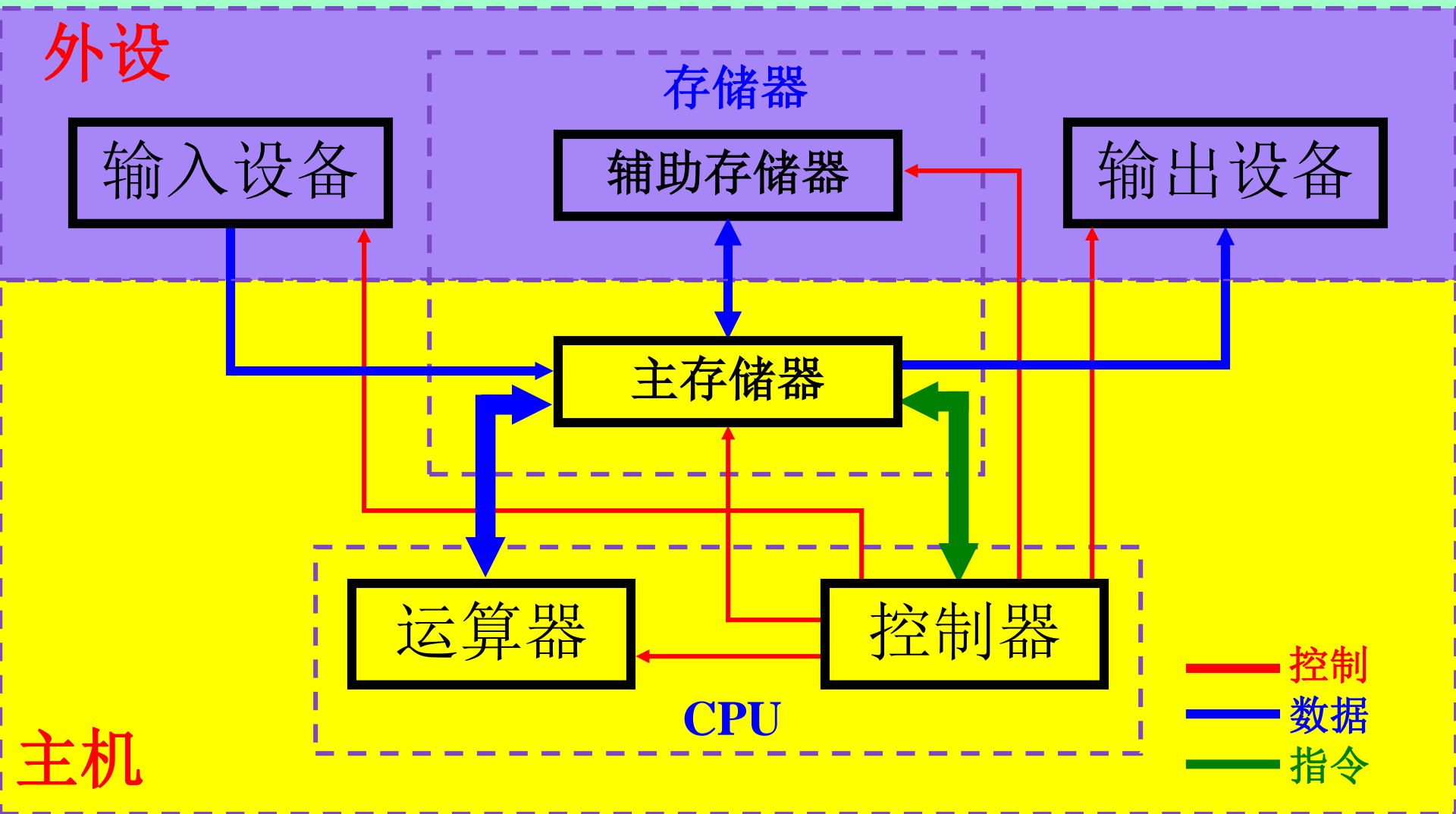
CPU

控制

数据

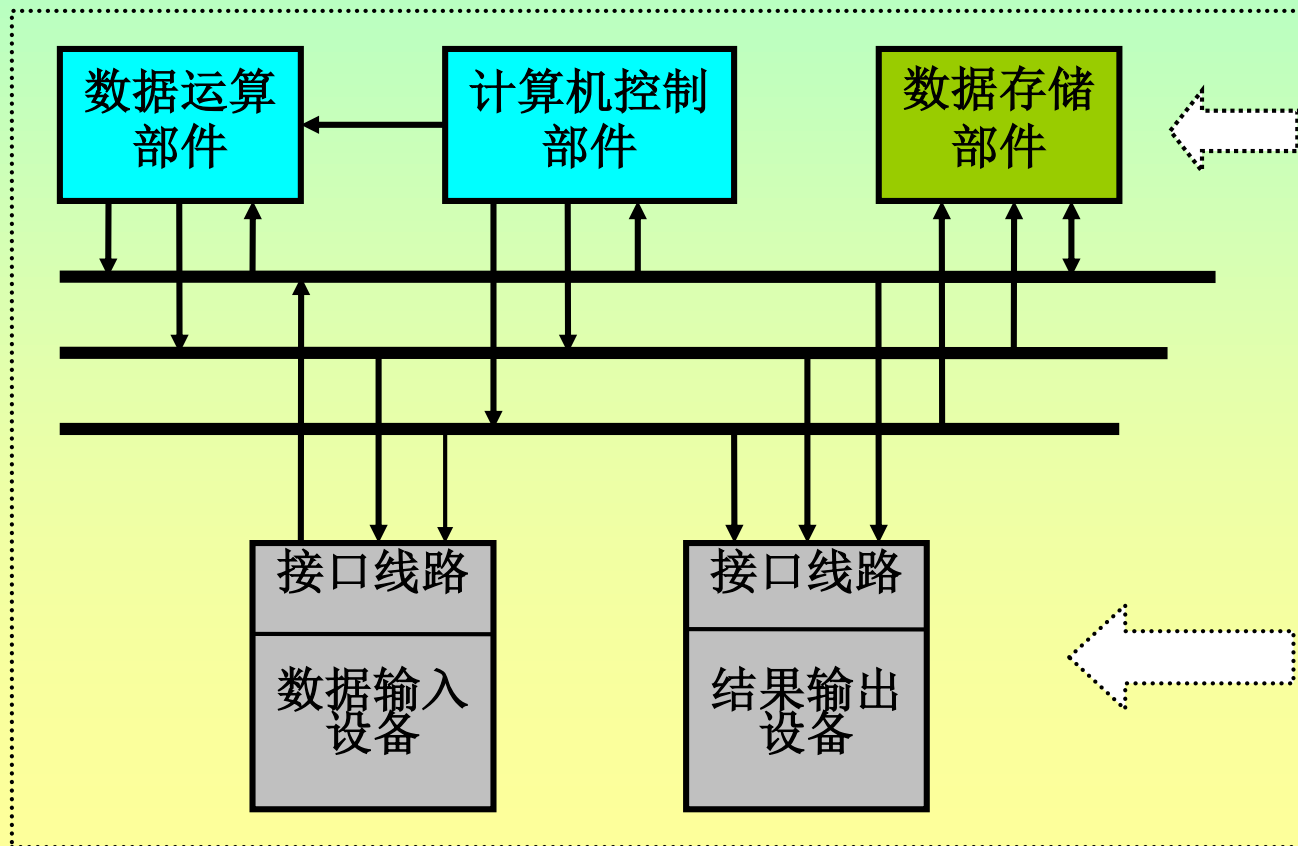
指令

主机



三总线结构

计算机的
CPU



计算机主机

数据总线
地址总线
控制总线

计算机
外围设备

计算机系统的硬件组成

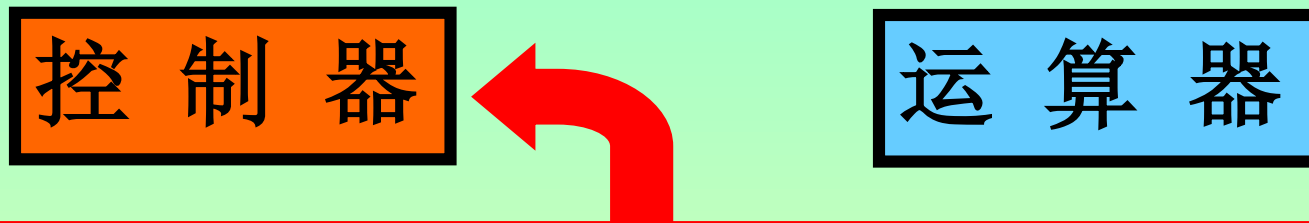


运算器

运算器部件是计算机中进行数据加工的部件，其主要功能包括：

1. 执行数值数据的加减乘除等算术运算，
执行逻辑数据的与或非等逻辑运算，
由一个被称为 ALU 的线路完成。
2. 暂时存放参加运算的数据和中间结果，
由多个通用寄存器承担。
3. 运算器通常也是数据传输的通路。

计算机系统的硬件组成



控制器是计算机中控制执行指令的部件，向计算机各功能部件提供每一时刻协同运行所需要的控制信号：

1. 正确分析与执行每条指令：

取指令—>分析指令—>执行指令。

2. 保证指令按规定序列自动连续地执行。

3. 对各种异常情况 and 请求及时响应和处理。

计算机系统的硬件组成

控制器

运算器

高速缓存

主存储器

辅助存储器

由高速缓冲存储器、主存储器、辅助存储器所组成的多级存储器系统，是计算机中用于存储程序和数据的部分。

这三级存储器各自的功能分工、所用的存储介质的工作原理和特性各不相同。将作为三个部分分别讲解。

计算机系统的硬件组成

控制器

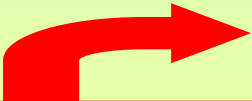
运算器

高速缓存

主存储器

辅助存储器

输入设备



输入设备是向计算机中送入程序和数据的一定独立功能的设备，通过 **接口** 和 **总线** 与计算机主机连通，用于人机交互联系，如计算机键盘和鼠标等。

计算机系统的硬件组成

控制器

运算器

高速缓存

主存储器

辅助存储器

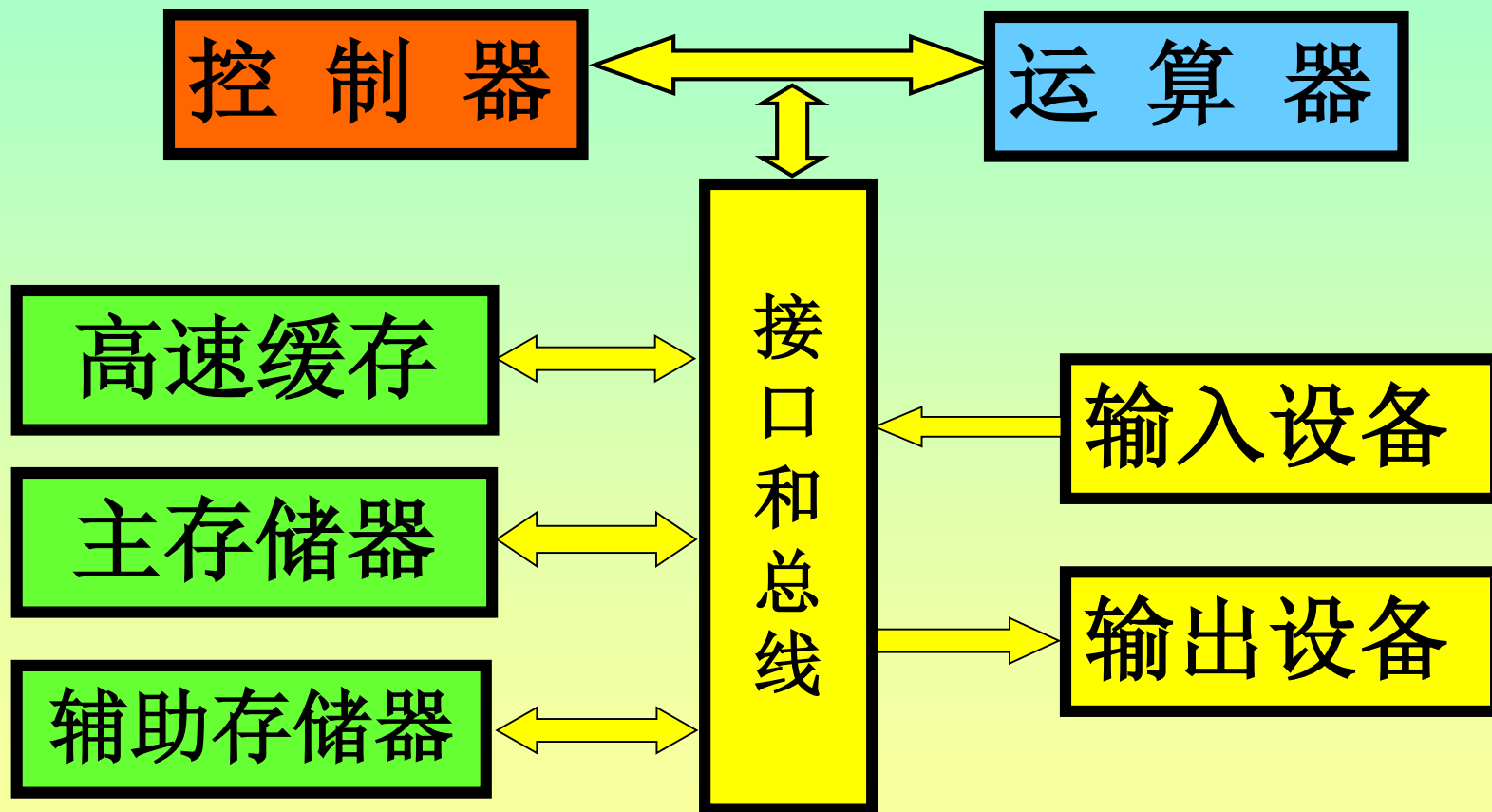
输入设备

输出设备



输出设备是计算机中用于送出计算机内部信息的设备，例如打印机、显示器等。

计算机系统的硬件组成

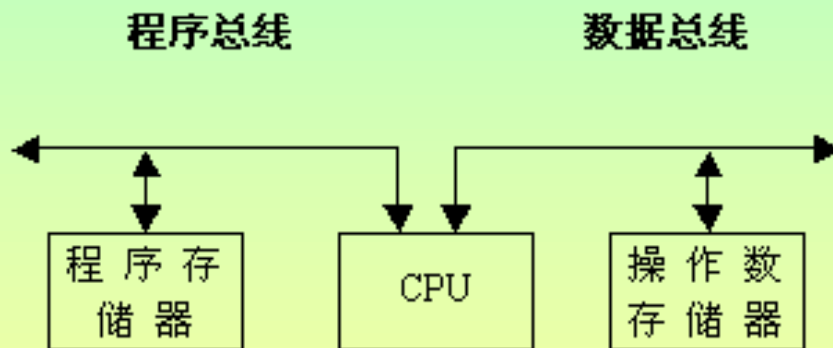


这些部件和设备通过**总线**和**接口**连接在一起，构成计算机整机系统，协同运行。

哈佛结构

传统的微处理器采用的冯·诺依曼结构将指令和数据存放在同一存储空间中，统一编址，指令和数据通过同一总线访问。

数字信号处理一般需要较大的运算量和较高的运算速度，为了提高数据吞吐量，在数字信号处理器中大多采用哈佛结构，如下图所示：



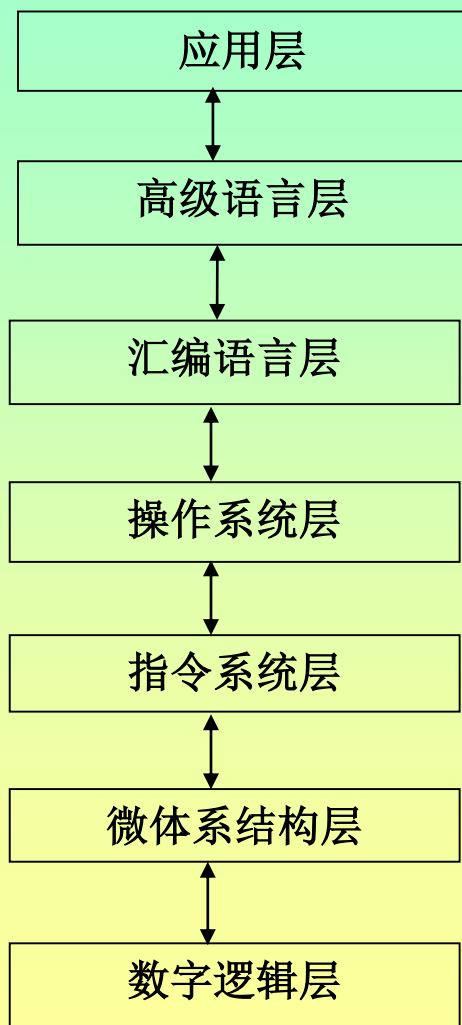
与冯·诺曼结构处理器比较，哈佛结构处理器有两个明显的特点：

- 使用两个独立的存储器模块，分别存储指令和数据，每个存储模块都不允许指令和数据共存；
- 使用独立的两条总线，分别作为CPU与每个存储器之间的专用通信路径，而这两条总线之间毫无关联。

绪 论

- 计算和计算机的历史
- 冯·诺依曼结构计算机的特点
- 计算机系统

计算机系统的层次结构



图中可以看到的计算机系统的 7 层结构。
不同层次之间的关系表现为：

上面的一层是建立在下一层的基础上实现出来的，实现的功能更强大，更接近人解决问题的思维方式和处理问题的具体过程，对使用人员更方便。使用这一层提供的功能时，不必关心下一层的实现细节。

下面一层是实现上一层的基础，更接近计算机硬件实现的细节，实现的功能相对简单。

软件和硬件的逻辑等价性

当前计算机的硬件和软件正朝着互相渗透，互相融合的方向发展，在计算机系统中**没有**一条明确的硬件与软件的分界线。对于计算机设计人员来说，硬件和软件在逻辑上是等价的。软、硬件的功能划分取决于器件价格、速度、可靠性、存储容量、变更周期等。

随着存储器技术的发展，出现了容量大、价格低、体积小、可改写的只读存储器，为软件固化提供了良好的物质手段，可以把许多复杂的、常用的程序制作成所谓的固件。固件是软、硬件结合的产物，从功能上讲是软件，从形态上讲是硬件。固件的性能指标介于软件和硬件之间，执行速度快于软件，灵活性优于硬件。

随着超大规模集成电路的发展，原来很多由软件实现的功能，已改由硬件实现，即所谓的软件硬化。例如，早期的计算机用乘法运算子程序实现乘法运算，后来在一些较大的计算机中采用常规乘法运算电路实现乘法运算，而现在普遍采用阵列乘法器。

计算机系统的性能评价指标

1. 字长

每次运算的操作数所包含的二进制数的位数。这个指标要求寄存器、运算部件、数据总线的位数与之对应。字长越大，表示数的精度越高。

目前微型机的字长已达64位。

2. 主存容量

通常以字节为单位表示主存容量。1KB=1024字节，1MB=1024KB，1GB=1024MB。主存是CPU可以直接访问的存储器，主存容量越大，存放的程序越多，执行程序的速度越快。

3. 运算速度

MIPS：每秒百万条指令。

$$\text{MIPS} = \frac{\text{指令条数}}{\text{执行时间} \times 10^6}$$

MFLOPS：每秒百万次浮点运算，适用于衡量向量机的性能。

$$\text{MFLOPS} = \frac{\text{浮点操作次数}}{\text{执行时间} \times 10^6}$$

作业

- 1、**2019**年以来图灵奖的获得者都是哪些人？
他们分别做了哪些突出的贡献？（上网查阅相关资料，给出书面作业）
- 2、**P16 4**
- 3、摩尔定律具体是什么含义？