



计算概论 第一讲

计算机的基本原理

李戈

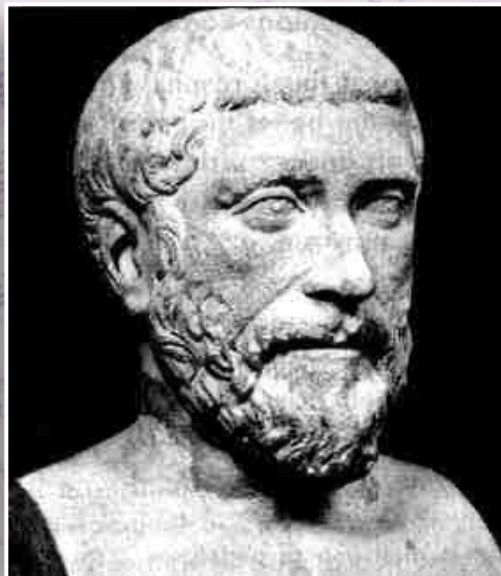
北京大学 计算机学院 软件研究所

lige@pku.edu.cn

第一次数学危机



拉斐尔《雅典学派》局部
1509年



毕达哥拉斯

- 毕达哥拉斯学派（公元前500年）
 - ◆ 数是万物的本原，事物的性质是由某种数量关系决定的，万物按照一定的数量比例而构成和谐的秩序；
 - ◆ “一切数均可表成整数或整数之比”
- 但，后来...
 - ◆ 毕达哥拉斯证明了勾股定理
 - ◆ 但同时发现“某些直角三角形的三边比不能用整数来表达”；
- 希帕索斯悖论
 - ◆ 希帕索斯考虑了一个问题：边长为1的正方形其对角线长度是多少呢？

第二次数学危机



牛顿



莱布尼兹



英国（爱尔兰）哲学家 贝克莱

■ 微积分

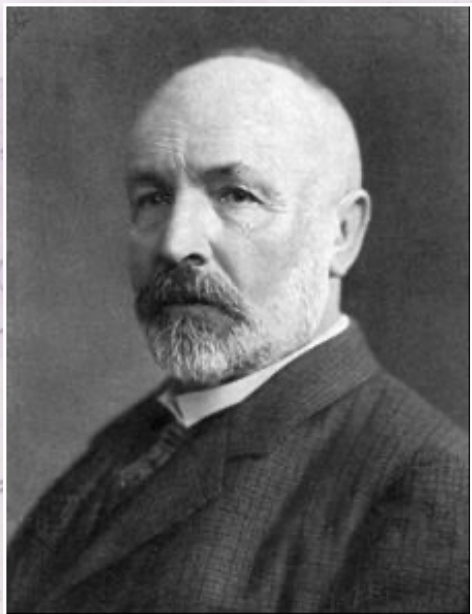
◆ 十七世纪，牛顿与莱布尼兹各自独立发现了微积分，但两人的理论都建立在**无穷小**分析之上。

■ 贝克莱悖论

◆ 无穷小量在牛顿的理论中“一会儿是零，一会儿又不是零”。贝克莱嘲笑无穷小量是“已死量的幽灵”。

——1734年，《分析学家；或一篇致一位不信神数学家的论文，其中审查一下近代分析学的对象、原则及论断是不是比宗教的神秘、信仰的要点有更清晰的表达，或更明显的推理》

第三次数学危机



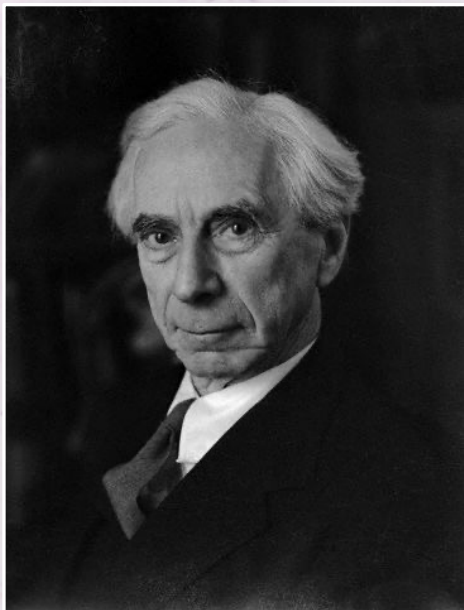
格奥尔格·康托尔
Cantor, Georg Ferdinand Ludwig Philipp
1845.3.3-1918.1.6
德国数学家，集合论的创始人

■ 集合论

- 十九世纪下半叶，康托尔创立了著名的集合论。刚产生时，曾遭到许多人的猛烈攻击。
- 后来数学家们发现，**从自然数与康托尔集合论出发可建立起整个数学大厦**。“一切数学成果可建立在集合论基础上”。
- 1900年，国际数学家大会上，法国著名数学家庞加莱：

“...借助集合论概念，我们可以建造整个数学大厦...今天，我们可以说绝对的严格性已经达到了...”

第三次数学危机



伯特兰·罗素 (Bertrand Russell , 1872—1970)
英国哲学家、数学家、逻辑学家、历史学家，无神论
或者不可知论者，和平主义社会活动家

■ 一个故事

- ◆ 塞尔维亚有一位理发师：他只给所有不给自己理发的人理发，不给那些给自己理发的人理发。
问：他要不要给自己理发呢？

■ 罗素悖论

- ◆ S由一切不是自身元素的集合所组成。
罗素问：S是否属于S呢？

■ 德国数学家、逻辑学家弗雷格：

“一位科学家不会碰到比这更难堪的事情了，在他的工作即将结束时，其基础崩溃了。罗素先生的一封信正好把我置于这个境地...”

第三次数学危机



库尔特·哥德尔 (Kurt Gödel)
1906年4月28日—1978年1月14日
美国 数学家、逻辑学家和哲学家

■ 1931年成功证明：

任何一个数学系统，只要它是从有限的公理和基本概念中推导出来的，并且从中能推证出自然数系统，就可以在其中找到一个命题，对于它我们**既没有办法证明，又没有办法推翻。**

■ 哥德尔不完备性定理

◆ 哥德尔不完全定理的证明结束了关于数学基础的争论，宣告了**把数学彻底形式化的愿望是不可能实现的。**

那么，接下来的问题是？

The image shows a piece of paper with handwritten mathematical work. A paperclip is visible in the top left corner. A large blue circle highlights a specific derivation of the derivative of a function. The work includes the following steps:

$$u(x) = 4x^2 - 3 \Rightarrow u'(x) = 8x$$
$$(2x^2 - 3x + 1)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow u' = \frac{4x^2 - 3}{\sqrt{2x^2 - 3x + 1}}$$
$$\frac{u'}{v^2} = \frac{8(2x^2 - 3x + 1)^{\frac{1}{2}} - (4x^2 - 3) \cdot \frac{1}{2}(2x^2 - 3x + 1)^{-\frac{1}{2}}}{(2x^2 - 3x + 1)^2}$$
$$= \frac{8(2x^2 - 3x + 1)^{\frac{1}{2}} - \frac{4x^2 - 3}{2(2x^2 - 3x + 1)^{\frac{1}{2}}}}{(2x^2 - 3x + 1)^2}$$
$$= \frac{16x^2 - 24x + 8 - \frac{4x^2 - 3}{2}}{(2x^2 - 3x + 1)^2}$$
$$= \frac{4(2x^2 - 3x + 1)^2 - (4x^2 - 3)}{(2x^2 - 3x + 1)^2}$$

■ 可计算问题：

◆ 设函数 f 的定义域是 D ，值域是 R ，如果存在一种算法，对 D 中任意给定的 x ，都能计算出 $f(x)$ 的值，则称函数 f 是可计算的。

■ 研究思路：

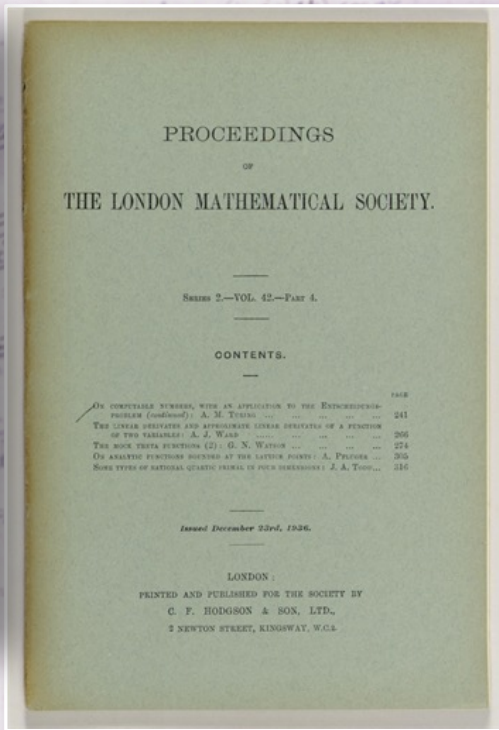
◆ 为计算建立一个数学模型，称为计算模型，然后证明，凡是这个计算模型能够完成的任务，就是可计算的任务。

■ 图灵提出了一个模型...

图灵与图灵机



阿兰·麦席森·图灵
Alan Mathison Turing
1912-1954
英国数学家、逻辑学家



- 英国数学家艾伦·图灵 (Alan Turing)
- 1936年，图灵在其著名的论文《论可计算数在判定问题中的应用》一文中提出了一种理想的计算机器的数学模型——图灵机 (Turing Machine) 。
- 美国计算机协会 (ACM) 于1966年设立图灵奖。

图灵与图灵机



阿兰·麦席森·图灵
Alan Mathison Turing
1912-1954
英国数学家、逻辑学家



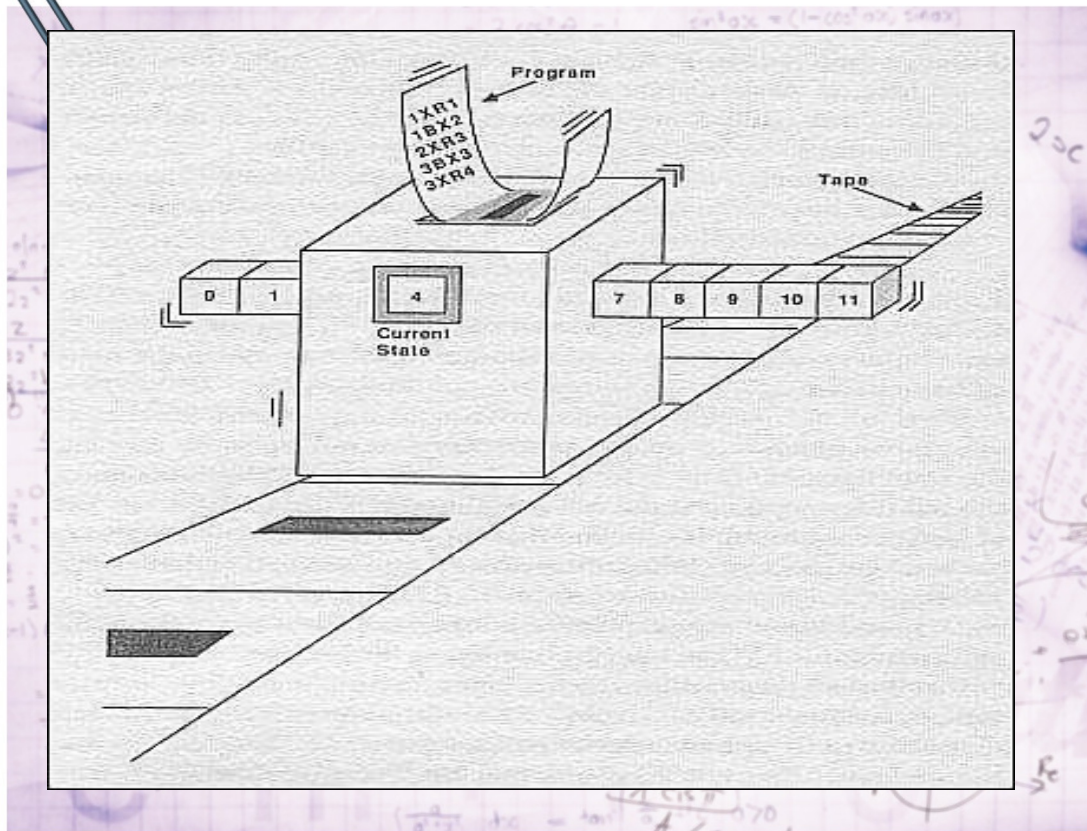
图灵

- 1912年6月，生于伦敦
- 中学期间，获 国王爱德华六世数学金盾奖章
- 1935年，被选为 剑桥大学国王学院院士
- 1936年5月，图灵提出 图灵机，
(发表于《伦敦数学会文集》)
- 1938年，美国普林斯顿大学获博士学位
- 1938-1945年二战期间，密码破译工作
(曾任英美密码破译部门总顾问)
- 1946年，获 不列颠帝国勋章
- 1950年，提出 著名的“图灵测试”
- 1950年10月，发表论文“机器能思考吗”
(开启了人工智能的研究)
- 1951年，被选为 英国皇家学会会员
(家族中第四位皇家学会会员)
- 1952年，图灵写出一个国际象棋程序
- 1954年，逝世

下节预告

图灵机到底 什么样？它的功能是什么？

图灵机的构成



■ 图灵机的组成

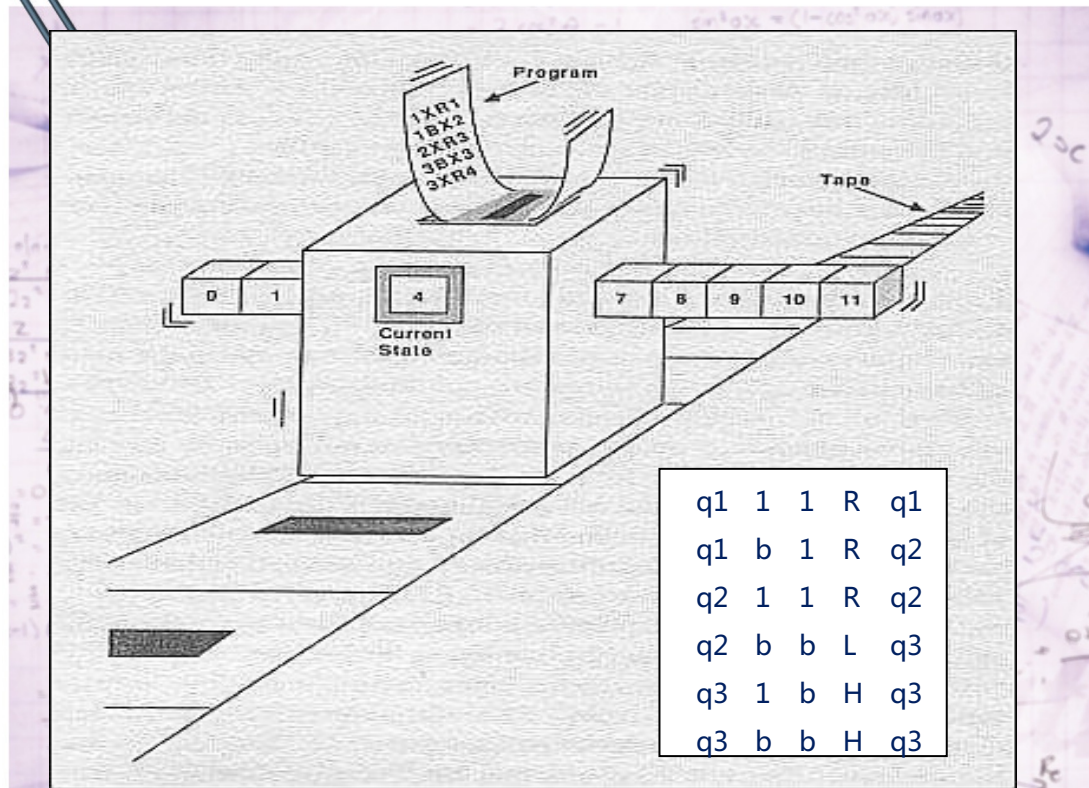
◆ 一条存储带

- 双向无限延长
- 上有一个个小方格
- 每个小方格可存储一个数字/字母

◆ 一个控制器

- 可以存储当前自身的状态；
- 包含一个读写头，可以读、写、更改存储带上每一格的数字/字母
- 可以根据读到的字母/数字变换自身的状态
- 可以沿着存储带一格一格地左移/右移

图灵机如何工作



图灵机的工作步骤：

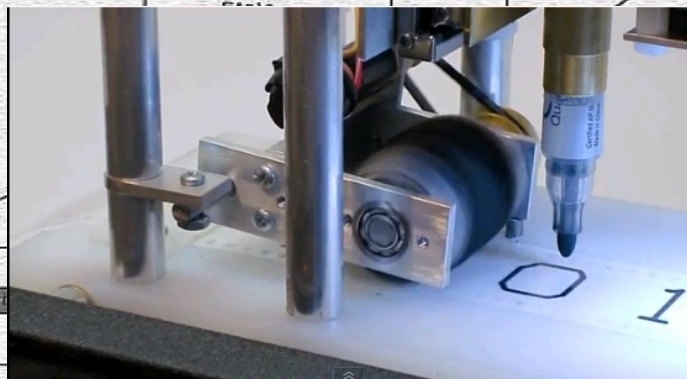
1. 准备：

- (1) 存储带上符号初始化；
- (2) 控制器设置好自身当前状态；
- (3) 读写头置于起始位置；
- (4) 准备好工作程序；

2. 反复执行以下工作直到停机：

- (1) 读写头读出存储带上当前方格中的字母/数字；
- (2) 根据自身当前状态和所读到的字符，找到相应的程序语句；
- (3) 根据相应程序语句，做三个动作：
 - ① 在当前存储带方格上写入一个相应的字母/数字；
 - ② 变更自身状态至新状态；
 - ③ 读写头向左或向右移一步；

图灵机如何工作



<http://aturingmachine.com>

图灵机为什么受到重视？

简单！

强大！

可实现！

1 1 1 1 1 1 1

当前状态：q1

q1 1 1 R q1

q1 b 1 R q2

q2 1 1 R q2

q2 b b L q3

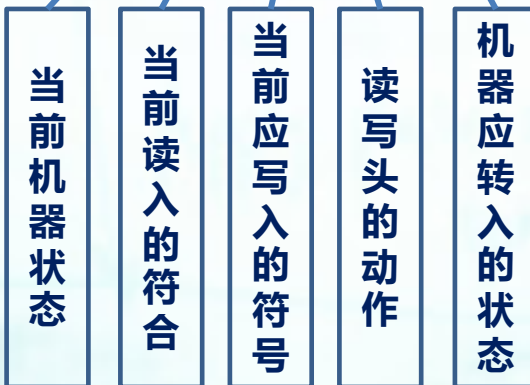
q3 1 b H q3

q3 b b H q3

图灵机程序五元组:

$\langle q, b, a, m, q' \rangle$

q1 1 1 R q1



图灵机运行前的准备工作：

(1) 存储带上符号初始化；

当前字母表： $\{1, b\}$

(2) 设置好控制器当前状态；

控制器状态集合：

$\{q1, q2, q3\}$

控制器当前状态：q1

(3) 读写头置于起始位置；

(4) 准备好工作程序；

1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q1

q1 1 1 R q1

q1 b 1 R q2

q2 1 1 R q2

q2 b b L q3

q3 1 b H q3

q3 b b H q3

与当前状况匹配
的程序语句

1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q1

q1 1 1 R q1

q1 b 1 R q2

q2 1 1 R q2

q2 b b L q3

q3 1 b H q3

q3 b b H q3

与当前状况匹配
的程序语句

1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q1

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配
的程序语句

1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q1

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配
的程序语句

1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q1

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配
的程序语句



当前状态 : q2

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配
的程序语句

1 1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q2

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配的
程序语句

1 1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q2

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配的
程序语句



与当前状况匹配的
程序语句

1 1 1 1 1 1 1 1

当前状态 : q3

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配
的程序语句

1 1 1 1 1 1 1

成功
停机

图灵机停机意味着什么？

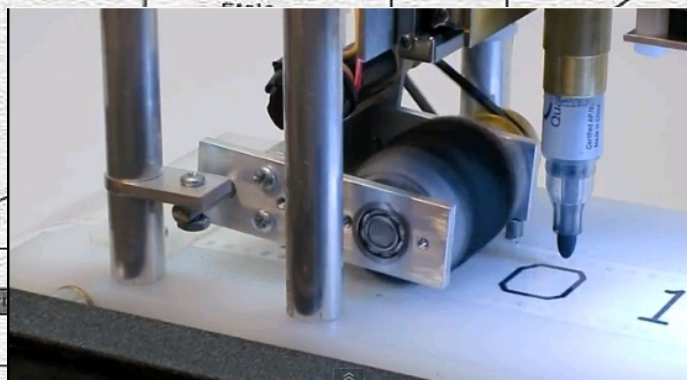
- 给定符号序列 A，如果能找到一个图灵机，得出对应的符号序列 B，那么从 A 到 B 就是可计算的。
- 也就是说：
 - ◆ 对于一个问题的输入 A，问：
 - ◆ A 能否推证出 B？
 - ◆ 如果能找到一个图灵机，得出对应的符号序列 B，那么从 A 到 B 就是可计算的。
 - ◆ 否则，该问题不可计算。

当前状态：q3

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

与当前状况匹配的
程序语句

图灵机的理论意义



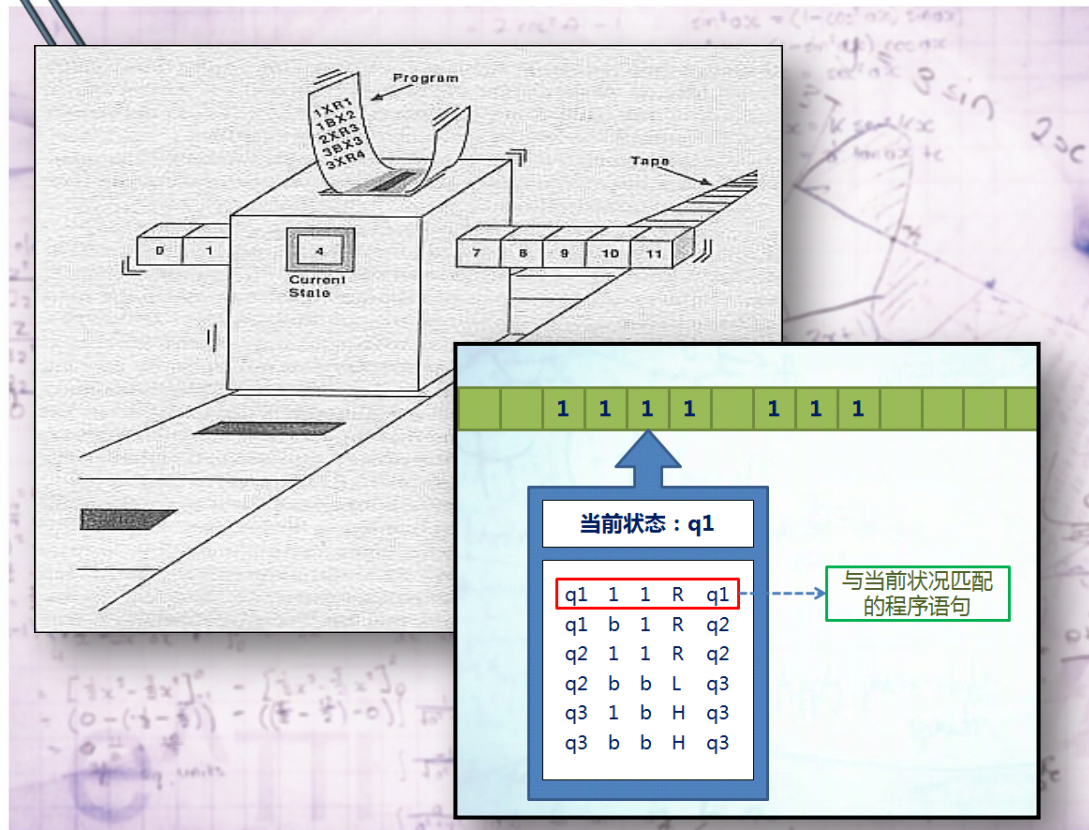
<http://aturingmachine.com>

- 可计算性的判定；
- 意义：
 - ◆ 给出了一个可实现的通用计算模型；
 - ◆ 引入了通过“读写符号”和“状态改变”进行运算的思想；
 - ◆ 证实了基于简单字母表完成复杂运算的能力；
 - ◆ 引入了存储区、程序、控制器等概念的原型；

计算机为什么能进行计算？

- “数”在计算机中如何表示？
- 计算机中“数”的逻辑运算方式？
- 逻辑运算方式的物理实现？

关于计算机中数的表示



■ 若采用字母表 $\{1, b\}$

◆ 符号 “b”

● 表示计算对象和计算结果的**边界**

◆ 符号 “1”

● 表示计算对象和计算结果的**数值**

■ 遇到的问题：

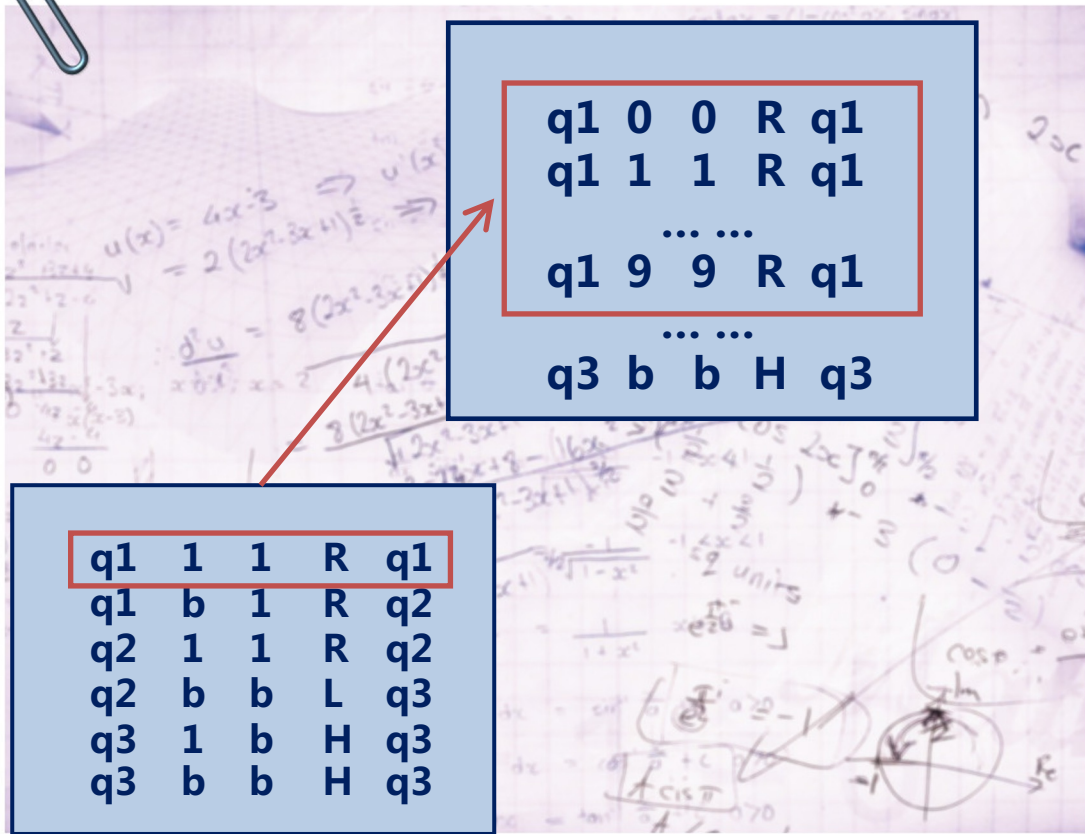
◆ 使用符号 “1” 表示数字 1

● 数值 1,000,000 应由一百万个 1 来表示

● 读入这一个数，读写头就要**移动一百万次**

◆ 显然不合理、不实际

关于计算机中数的表示



The background image shows a notebook page with various mathematical equations and diagrams. A paperclip is visible in the top left corner. A red arrow points from the top-left box to the bottom-left box.

q1	0	0	R	q1
q1	1	1	R	q1
... ..				
q1	9	9	R	q1
... ..				
q3	b	b	H	q3

q1	1	1	R	q1
q1	b	1	R	q2
q2	1	1	R	q2
q2	b	b	L	q3
q3	1	b	H	q3
q3	b	b	H	q3

■ 如果使用“十进制”

◆ 字母表中包含**11个符号**：
{ 0, 1, ..., 9, b }

◆ 用于图灵机控制的**程序要大量增加**

◆ 确定当前指令也需要**更多的时间**

关于计算机中数的表示

■ 由此可知：

- ◆ 字母表中的符号越多，读入移动次数减少，但程序数量就越多
- ◆ 字母表中的符号越少，程序量会减少，但读入移动次数就越多

■ 字母表与状态：

- ◆ 字母表中符号的最优数量，可能接近自然常数（欧拉数） e （2.7182818284590...）。
- ◆ 与具有两个状态的电子元件相比，具有三个状态的电子元件在制造上更困难，可靠性更低。

十进制、二进制、十六进制

■ 十进制：

◆ 计数符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9

◆ 基数：10

$$256 = 2 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

■ 二进制：

◆ 计数符号：0、1

◆ 基数：2

$$10110 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

■ 十六进制：

◆ 计数符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F

◆ 基数：16

$$(ABCD)_{16} = A \times 16^3 + B \times 16^2 + C \times 16^1 + D \times 16^0$$

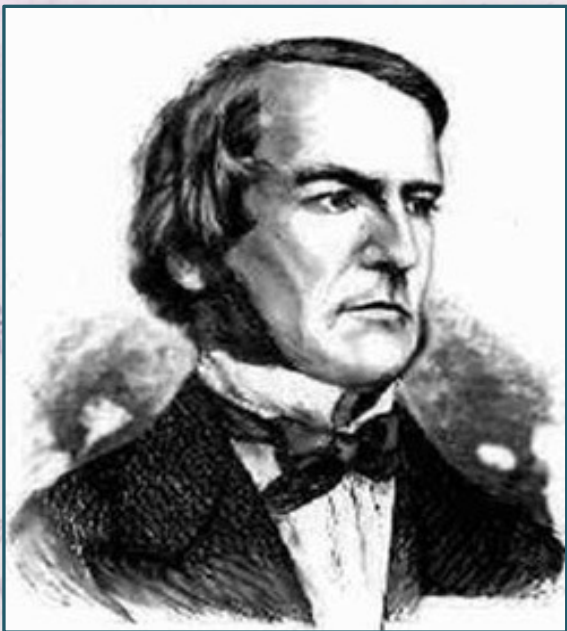


已解问题：数的表示 二进制.

待解问题：如何进行计算？



计算机中数的逻辑运算方法

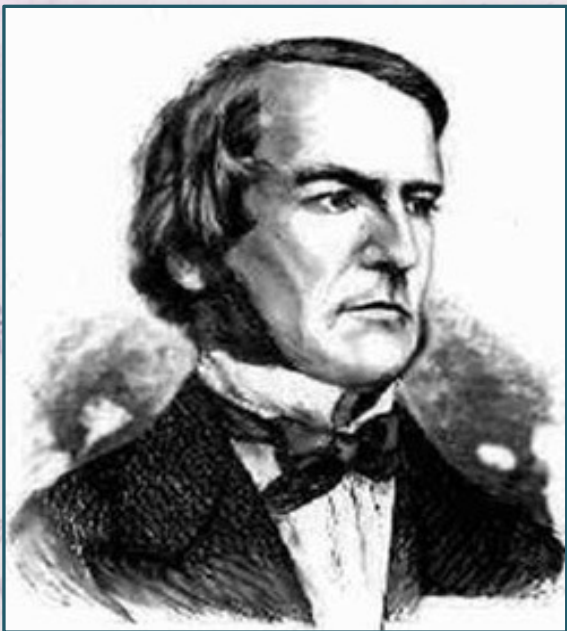


英国数学家布尔 (G.Boole)

■ 布尔代数

- ◆ 1854年：布尔发表《思维规律的研究——逻辑与概率的数学理论基础》，并综合其另一篇文章《逻辑的数学分析》，创立了一门全新的学科 - 布尔代数；
- ◆ 为计算机的开关电路设计提供了重要的数学方法和理论基础。

计算机中数的逻辑运算方法



英国数学家布尔 (G.Boole)

■ 基本逻辑运算

◆ 与

◆ 或

◆ 非

■ 复合逻辑运算

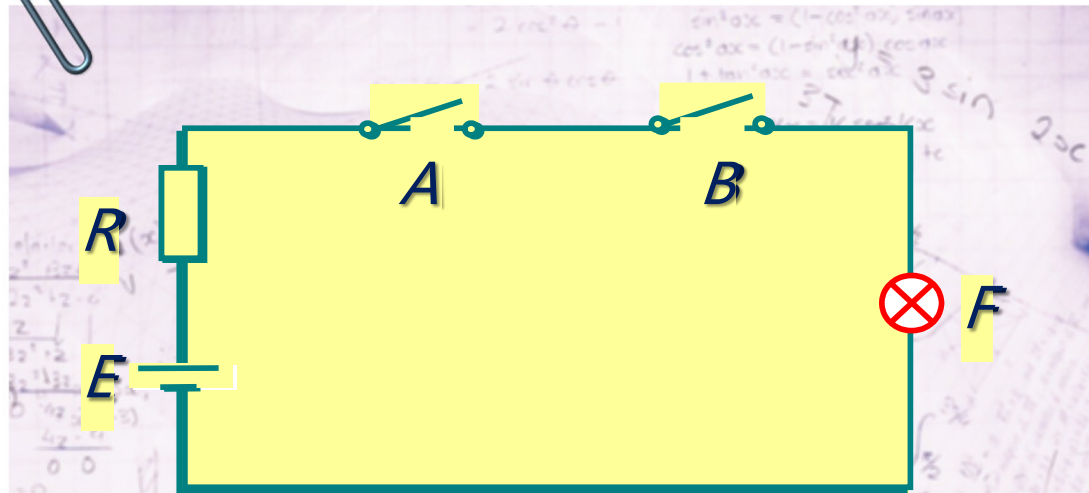
◆ 同或 异或

◆ 与非

◆ 或非

◆ 与或非

计算机中数的逻辑运算方法

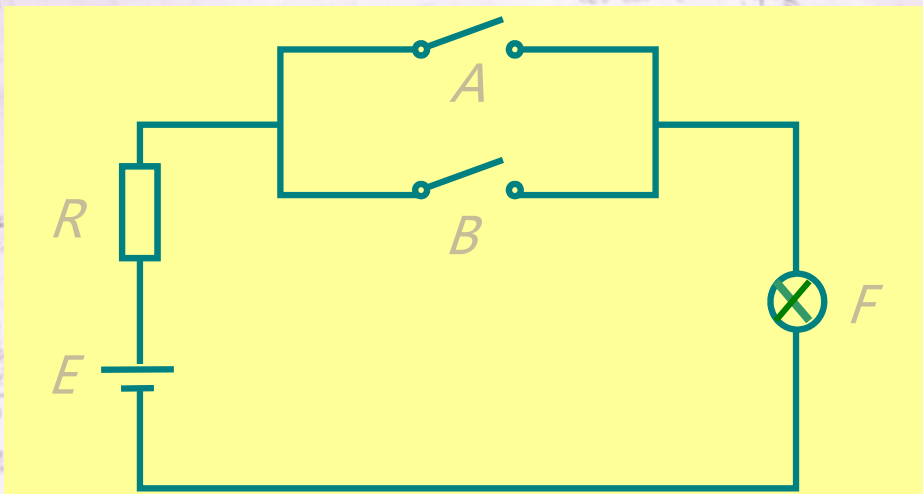


逻辑函数表达式： $F = A \cdot B$

真值表

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>
<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

计算机中数的逻辑运算方法

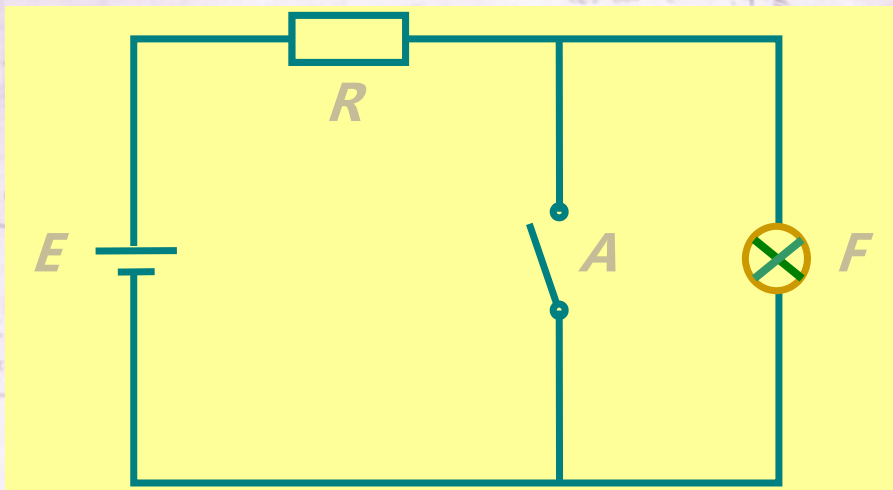


逻辑函数表达式： $F = A + B$

真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

计算机中数的逻辑运算方法



逻辑函数表达式： $F = A + B$

真值表

A	F
0	1
1	0

计算机中数的逻辑运算方法

■ 异或 $F = A \oplus B$

◆ 两数相同为“0”

◆ 两数相异为“1”

■ 同或 $F = A \odot B$

◆ 两数相同为“1”

◆ 两数相异为“0”

真值表

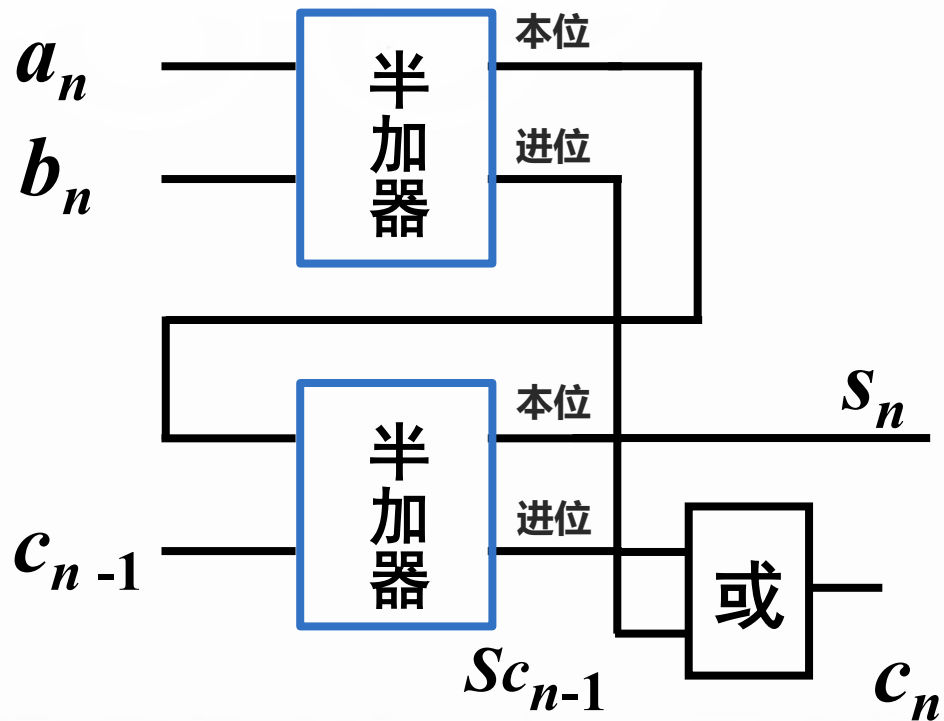
A	B	F_1	F_2
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

加法的计算

举例：A=1101, B=1001, 求 A+B

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 1001 \\ \hline 10110 \end{array}$$

加法的计算



$$\begin{array}{r} 1 1 1 \\ + 1 0 1 \\ \hline 1 1 1 \end{array}$$

a_n ---加数 ; b_n ---被加数 ; c_{n-1} ---低位的进位
 s_n ---本位和 ; c_n ---进位

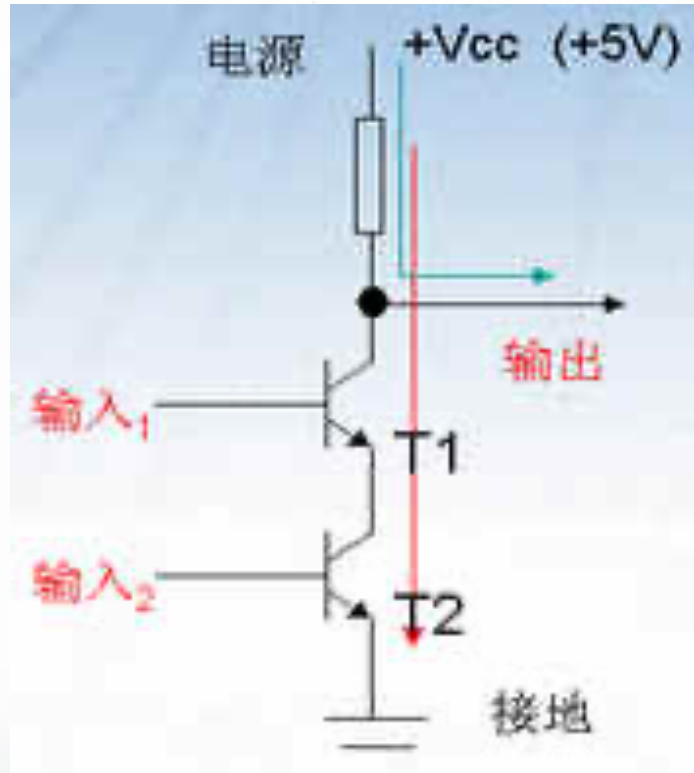


已解问题：数的表示 —— 二进制.

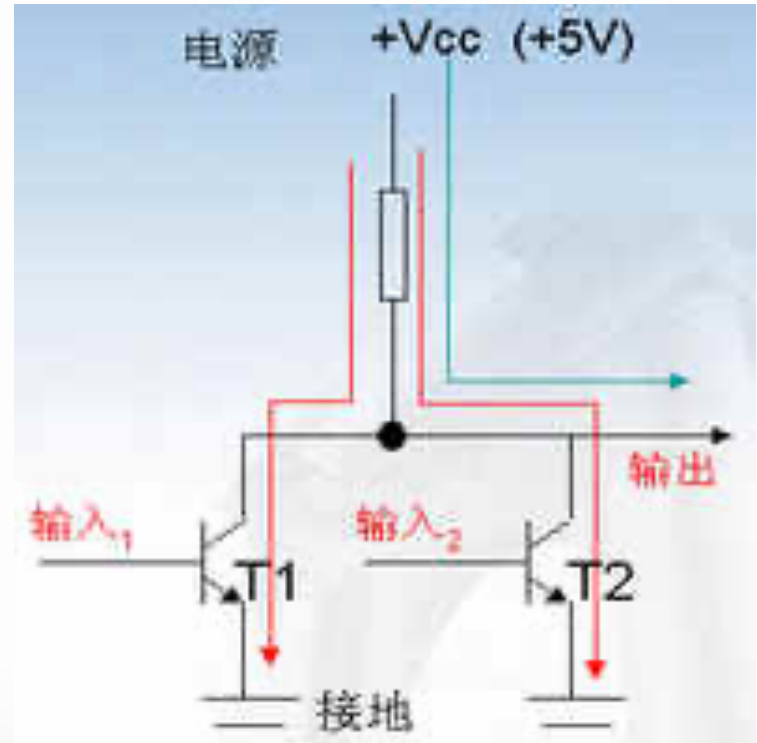
已解问题：计算方法 —— 布尔代数

待解问题：布尔运算如何实现？

加法的计算



- 与非门电路



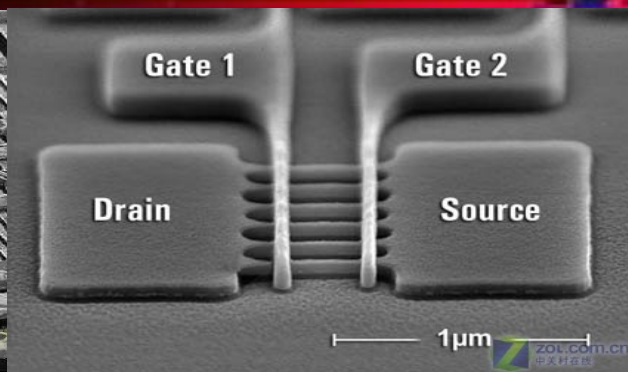
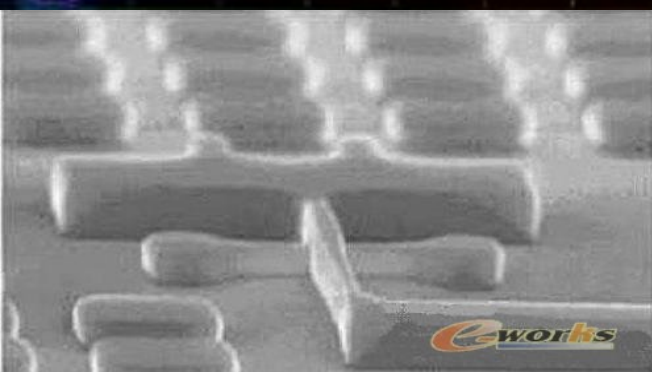
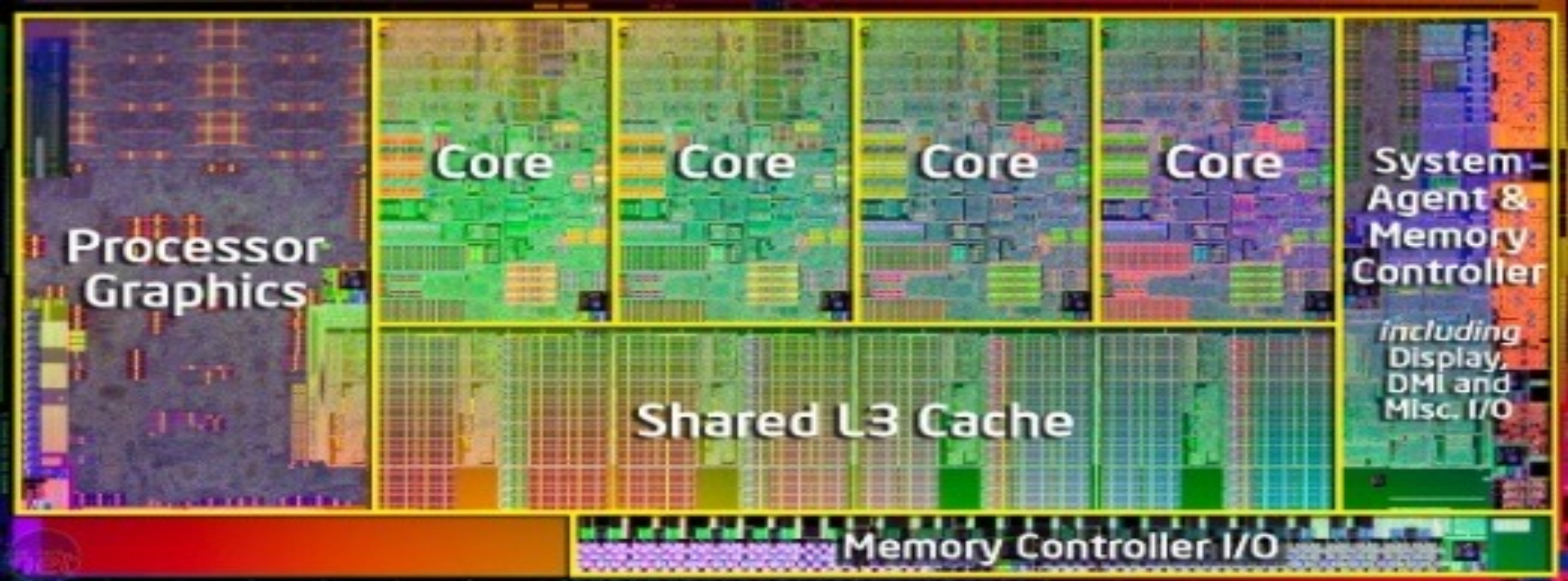
- 或非门电路

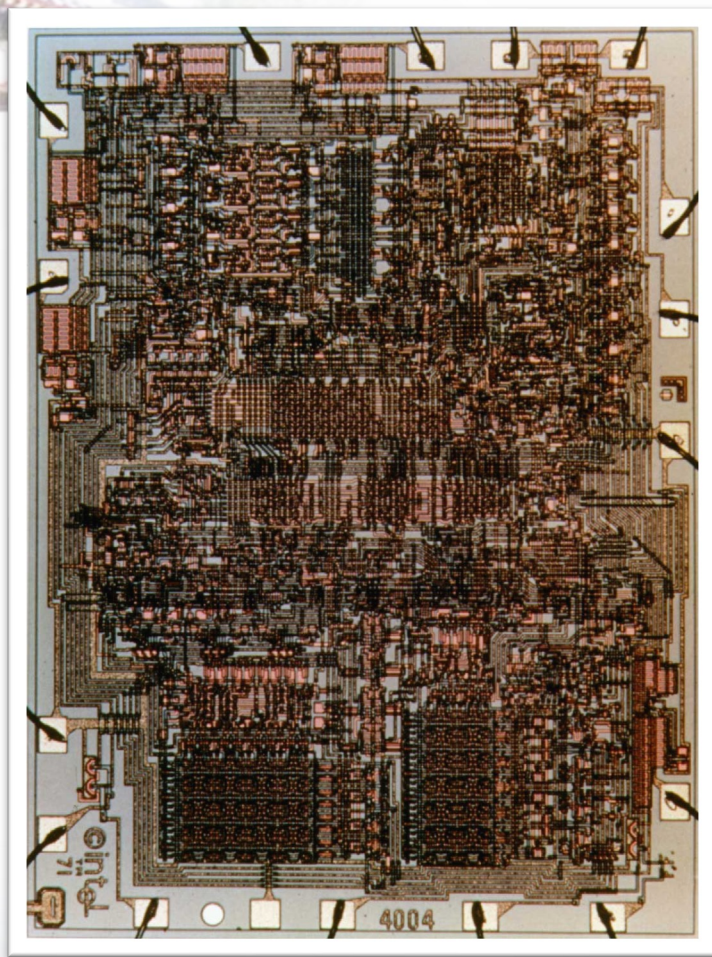
小结

■ 电路为什么能计算？

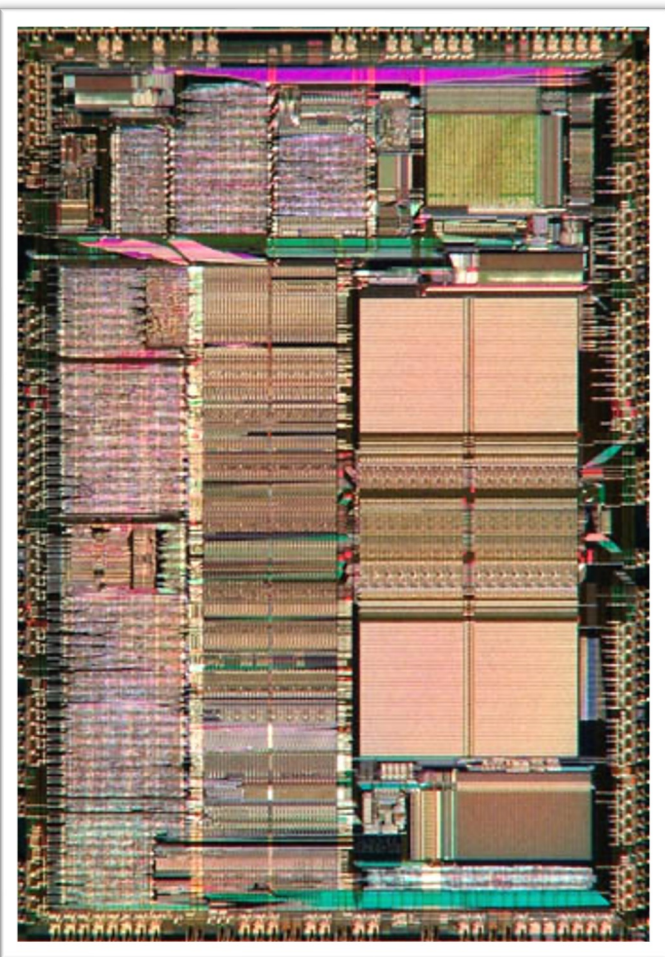
- ◆ 数字运算 可以转换 二进制数的运算；
- ◆ 二进制运算 可以转换为 基本的“布尔运算”；
- ◆ 基本的“布尔运算” 都可以 由电路完成；

■ 所以电路能“算数”！





Intel4004



Intel80486

第一代计算机

■时间：20世纪40、50年代

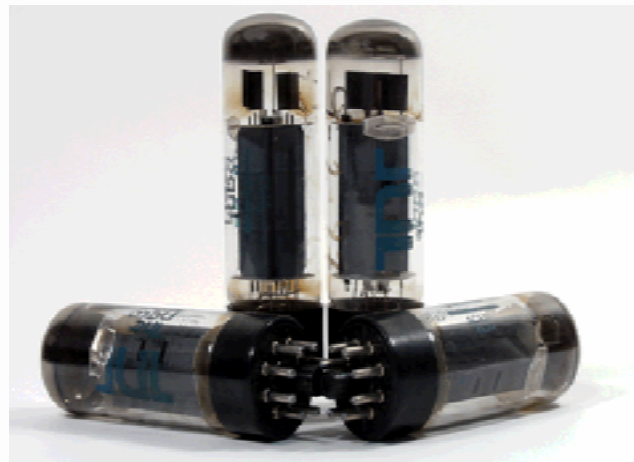
■主要特点

◆使用真空管存储数据

- 真空管是一种控制真空中电子流动的电子装置
- 被设置为两个状态以表示0或1
- 响应比机械快，但**体积大、耗能高、易烧坏**
- ENIAC有18000个真空管，第一年运行就替换了19000个□

■只能使用0/1进行编程

◆111000000100101100110 ...



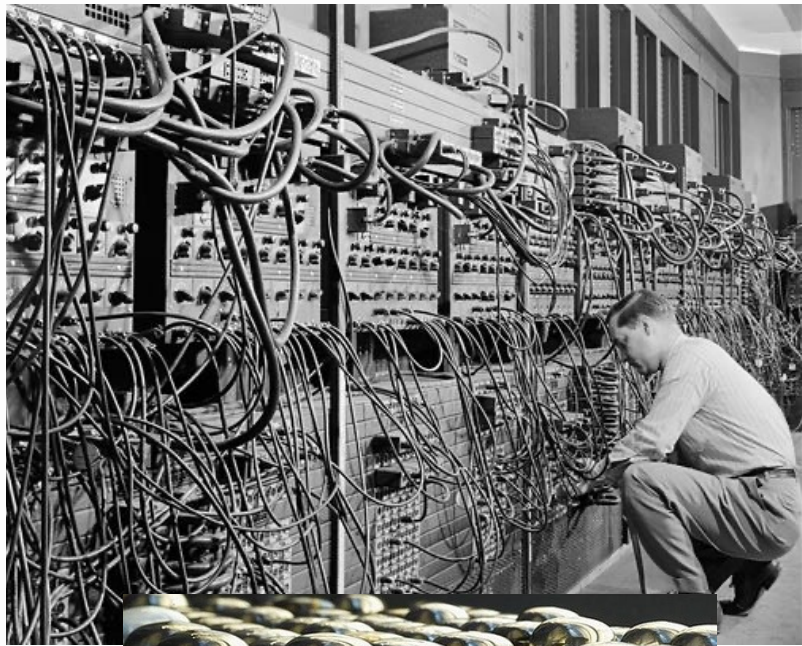
普遍认为的“第一台计算机”



■ ENIAC (Electronic Numeric Integrator and Computer)

■ 电子数字积分计算机

- ◆ 宾夕法尼亚大学摩尔学院 **莫契利 (J. Mauchly)** 和 **埃克特 (J. Eckert)**
- ◆ 1943年开始，1945年完成，**1946年2月14日**正式启动
- ◆ **17468**只电子管、**7200**个二极管、**70000**多电阻器，**10000**多只电容器和**6000**只继电器，电路的焊接点多达**50万个**；**174000**瓦功耗
- ◆ **30米**长、**3米**高、**30吨**重、占地面积为**170平方米**
- ◆ 每秒**5000**次加法可以在**3/1000**秒时间内做完两个**10位数**乘法



从ENIAC到EDVAC



■ ENIAC 的缺点

- ◆ ENIAC 还不是存储程序式的计算机
- ◆ 编程是通过手工插接线的方式进行的

■ EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)

■ 电子离散变量自动计算机

- ◆ 1945年3月，计算技术的先驱冯·诺伊曼 (John von Neumann) 来到莫尔学院 Mauchly 和 Eckert 进行了两天讨论，拟定了存储程序式的电子计算机的方案。方案经冯·诺伊曼整理后于1945年6月发表——存储程序控制原理
- ◆ EDVAC 于1952年制造完成
- ◆ EDVAC 是世界上第一台存储程序计算机
- ◆ 是所有现代计算机的原型和范本



John von Neumann

第二代计算机

■始于20世纪50年代后期

■晶体管计算机

◆使用晶体管存储数据

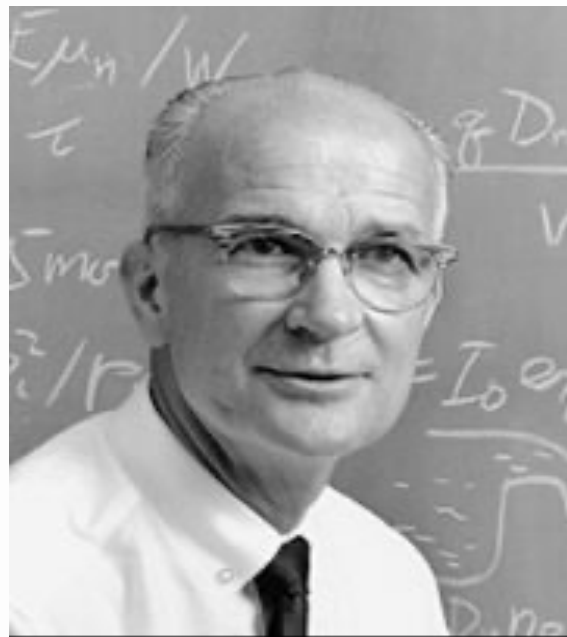
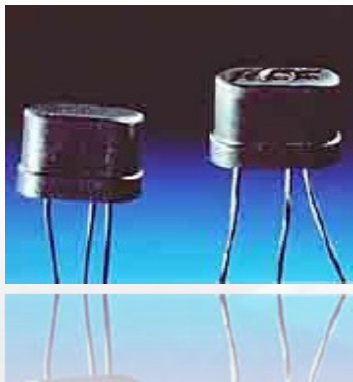
◆晶体管比电子管**更快、更小、更便宜、更可靠**

●不需要预热时间，不会产生热量，不会烧坏，它也不会漏气和爆烈。

●电子管需要1瓦特的功率，晶体管只要百万分之一瓦特。

■1948年1月23日 贝尔实验室

■1956年 诺贝尔物理学奖



William Shockley
威廉·肖克利
(1910 - 1989)

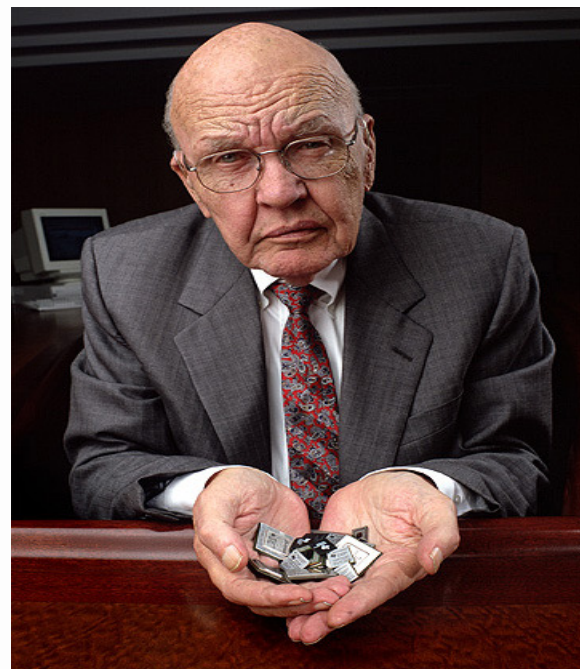
第三代计算机

■始于1965年

- ◆ 集成电路可将成千上万的真空管或晶体管压在一个单独的微型芯片上

■1958年9月12日 德州仪器公司

- ◆ “我坐在桌子前，待的时间好像比平常晚一点”
- ◆ “我的工作可能引入了看待电路部件的一种新角度，并开创了一个新领域，自此以后的多数成果和我的工作并无直接联系”
- ◆ 2000年，诺贝尔物理学奖



Courtesy Texas Instruments

Jack St. Clair Kilby
杰克·基尔比
(1923年 - 2005)

第四代计算机

■始于20世纪70年代

■主要特点

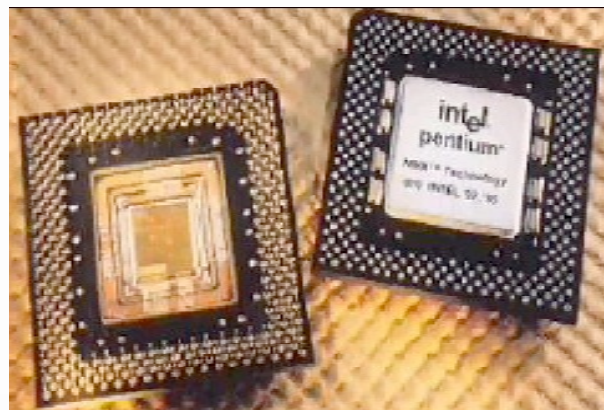
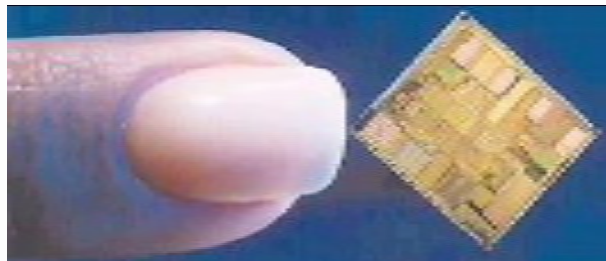
- ◆使用**超大规模**集成电路
- ◆**更快、更小、更便宜**

■**第一块微处理器是1971年制造的 Intel 4004**

- **2400个晶体管**，计算能力与 **ENIAC** 相当
- 但尺寸只有**3毫米x 2毫米**
- 而 ENIAC 尺寸为30米长，3米高

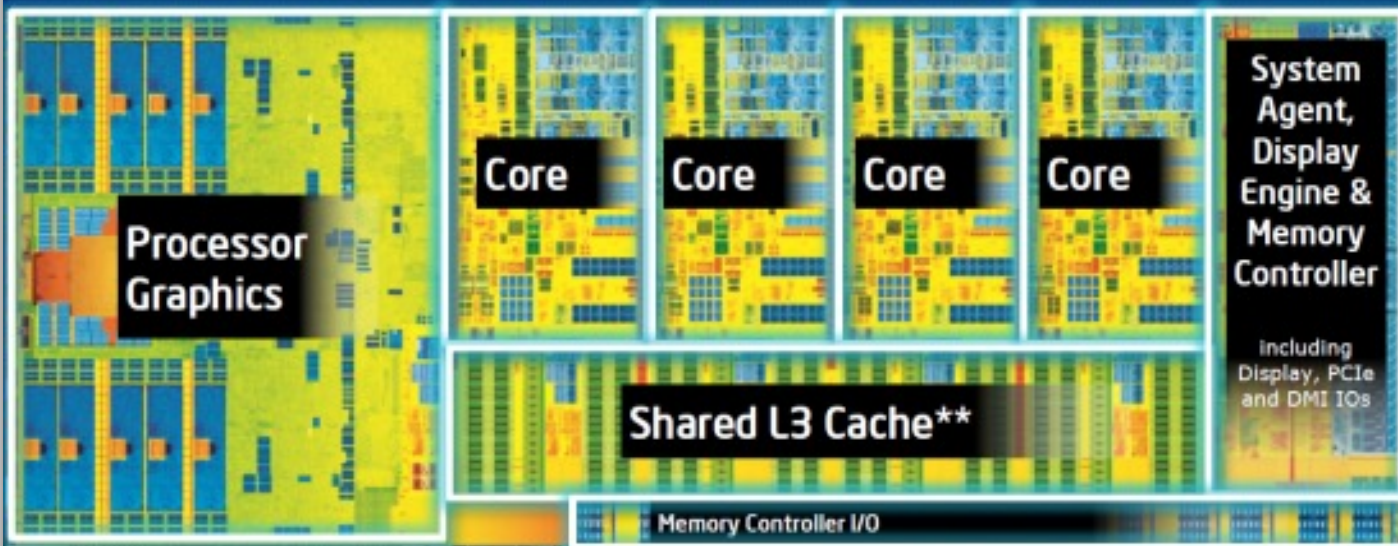
■计算机发展出现瓶颈

- ◆硬件、软件全方位地出现瓶颈
- ◆第5代计算机正在酝酿中.....



第四代Intel Core Processor

4th Generation Intel® Core™ Processor Die Map *22nm Tri-Gate 3-D Transistors*



Quad core die shown above

Transistor count: 1.4 Billion

Die size: 177mm²



Kirin 9000

5 nanometer **5G SoC**

15.3 Billion
Transistors

New
8-Core
CPU



Frequency up to
3.13GHz

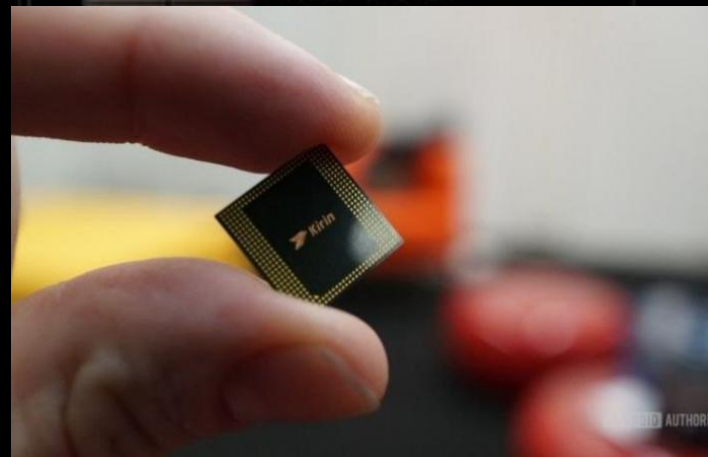
**The Most
Powerful**



Chip, Ever



**World's 1st
24-Core**



Uplink



CA



摩尔定律

■ 1965年 Intel 公司创始人之一 G.Moore 提出

◆ 芯片密度每18个月增加1倍；

- 1972年第1代 Intel4004 芯片总共不到3000晶体管

- Intel Pentium 芯片元件数达到千万数量级

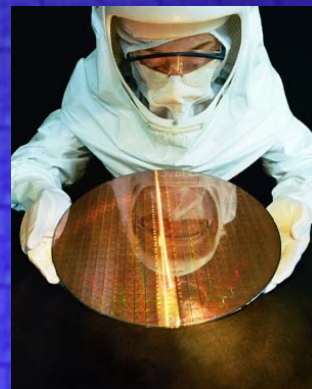
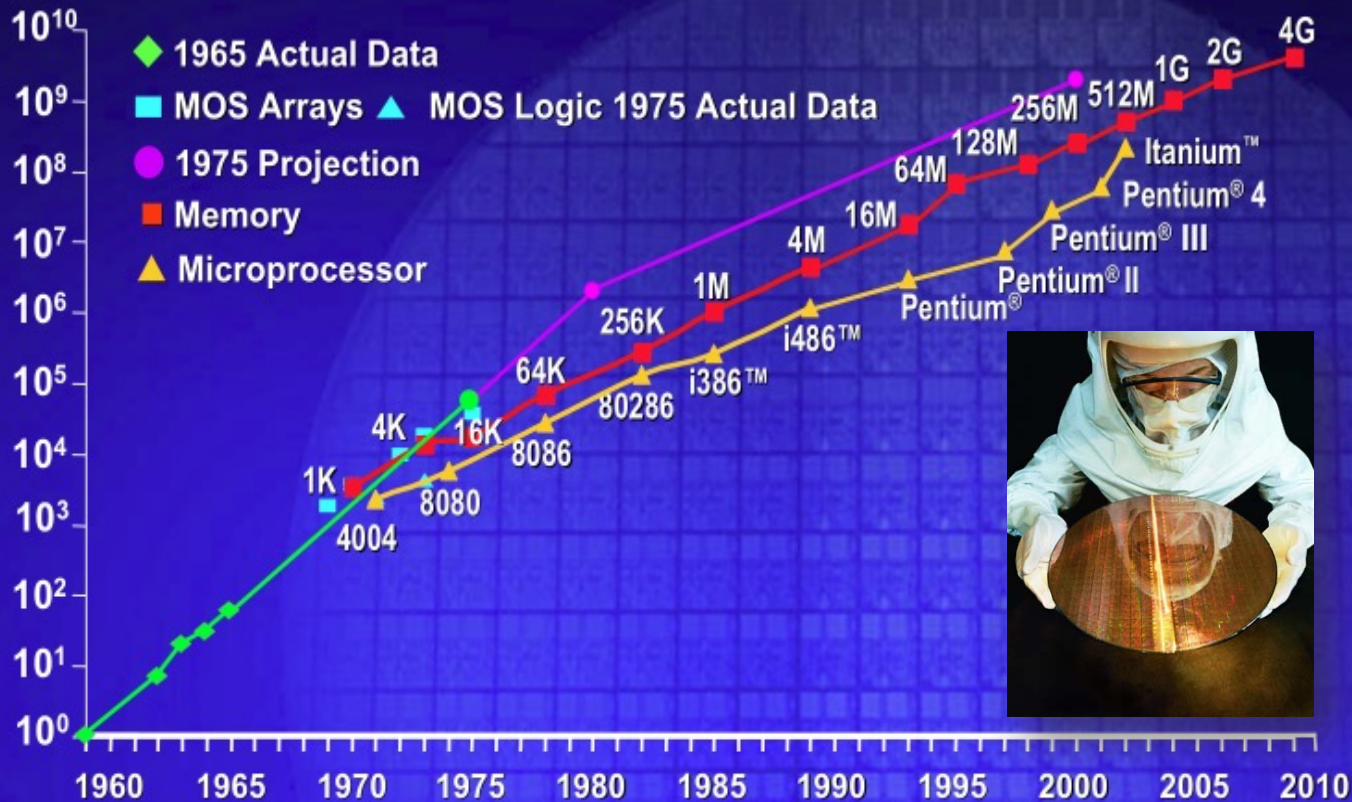
◆ CPU 性能价格比大约18个月翻一番

- 芯片工作速度已经达到10000 MIPS 的工作频率 (MIPS , Million Instruction Per Second)

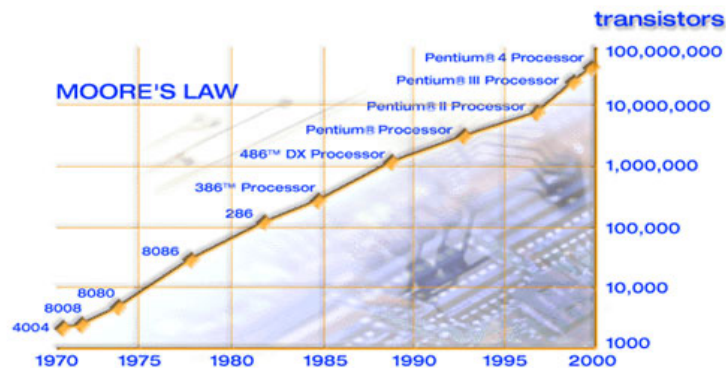
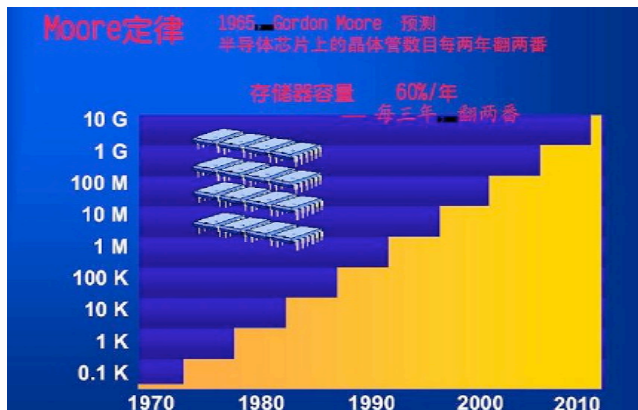
- 速度越来越快，价格越来越便宜

摩尔定律

Transistors
Per Die

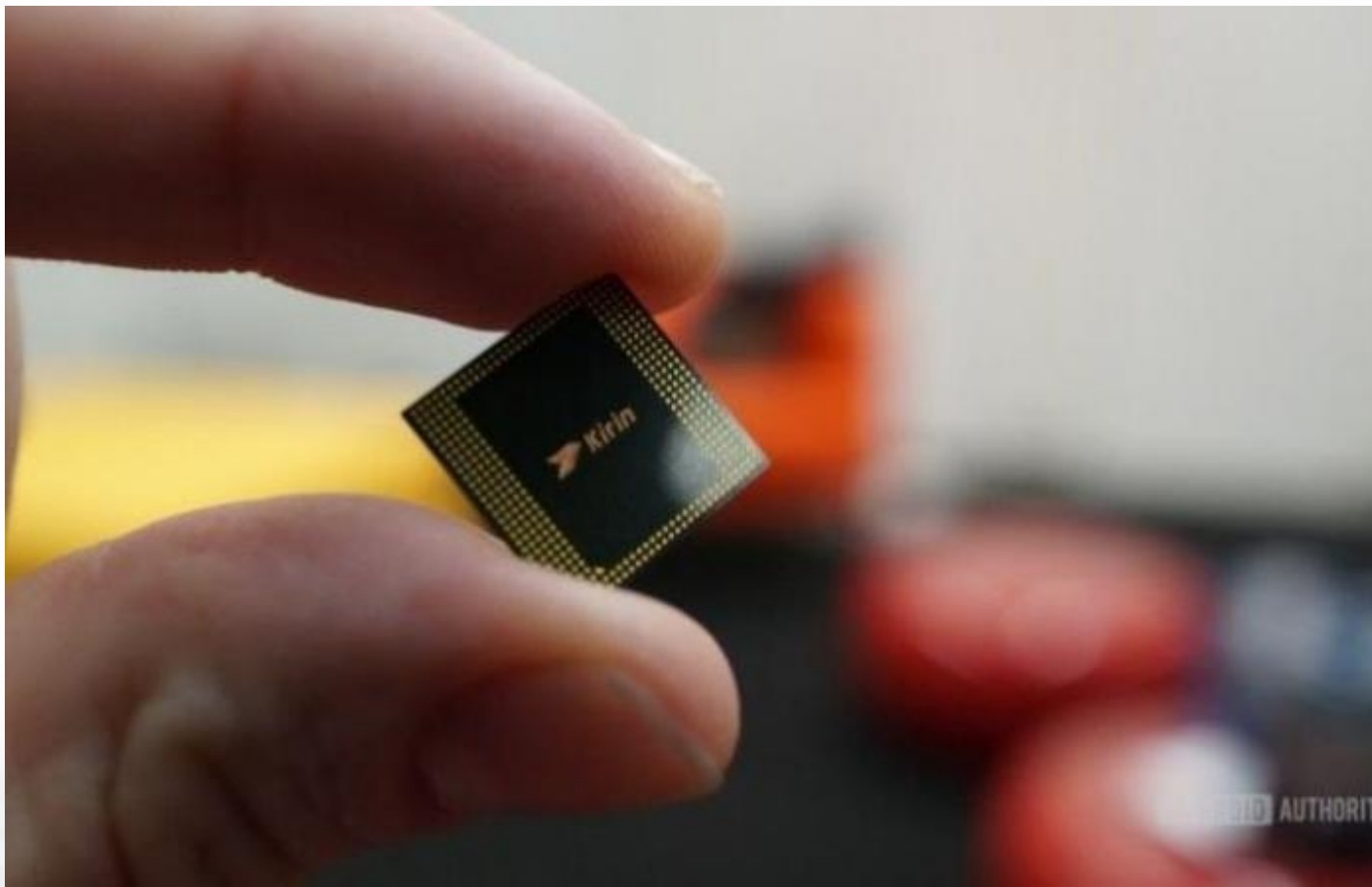


摩尔定律



	年份	晶体管数量
4004	1971	2,250
8008	1972	2,500
8080	1974	5,000
8086	1978	29,000
286	1982	120,000
386?processor	1985	275,000
486?DX processor	1989	1,180,000
Pentium?processor	1993	3,100,000
Pentium II processor	1997	7,500,000
Pentium III processor	1999	24,000,000
Pentium 4 processor	2000	42,000,000

难道不能把芯片造得大一点吗？



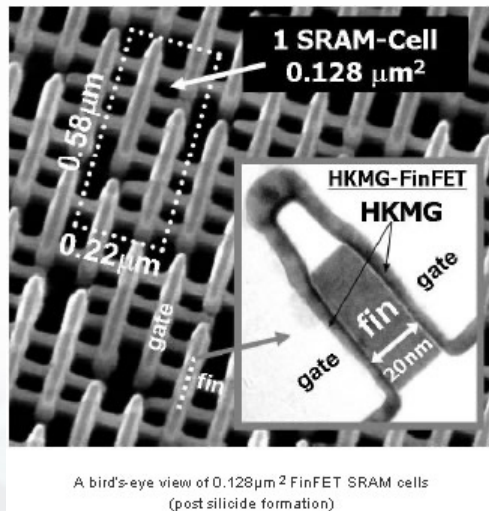
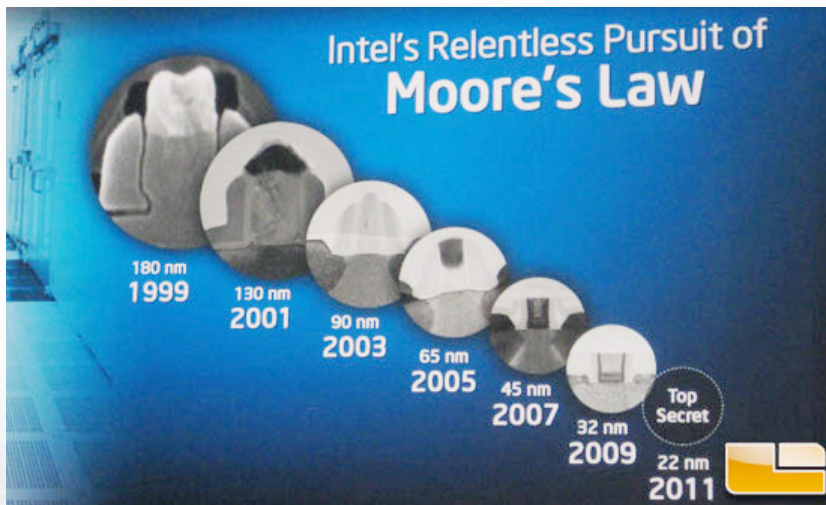
难道不能把芯片造得大一点吗？

■ 问题之二：晶体管大小限制

- ◆ “如果晶体管仍然持续不断地变小，他们很快就会变到一个原子那么大。任何纳米管和传统工艺都对这种情况没有办法。”

■ 问题之三：电泄漏

- ◆ 随着晶体管体积的不断缩小，其电泄漏的情形也不断增加，越来越影响芯片的计算能力。



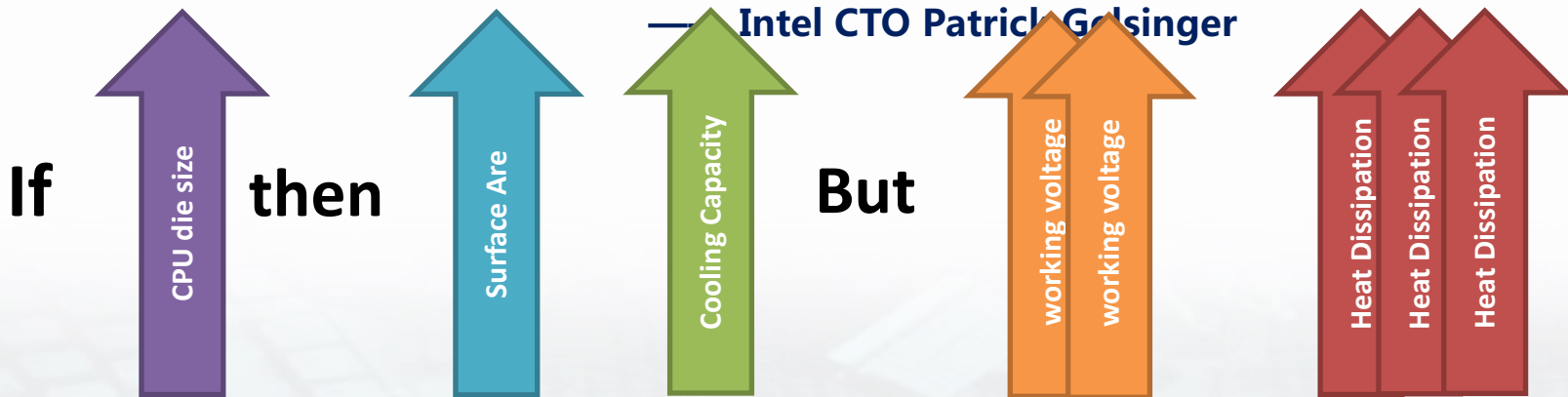
难道不能把芯片造得大一点吗？

■ 问题之一：散热

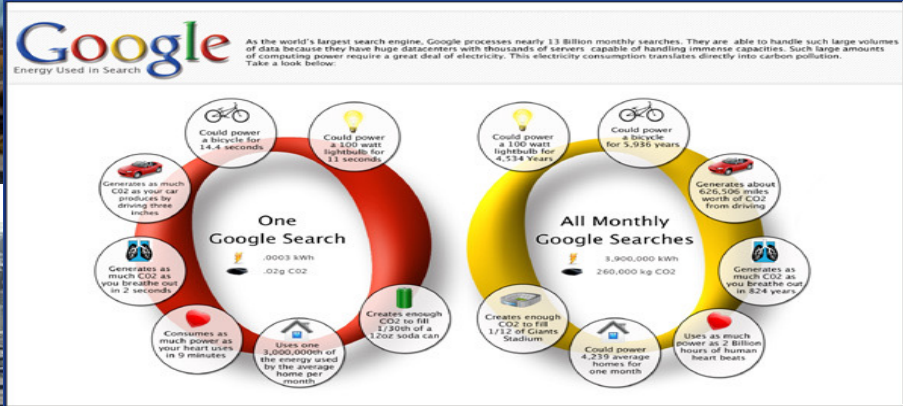
◆ 随着晶体管密度与速度的增加，芯片会消耗更多电力，产生更多的热能。

“如果芯片中的晶体管数量以现在的速率一直增长下去，到2005年一个高端的处理器每平方厘米散发的热量将和一个核反应堆外壳持平，到2010年可以和火箭助推器相提并论，到2015年就要和太阳表面一样热了。这是一个工程师必须面对的一个大难题。”

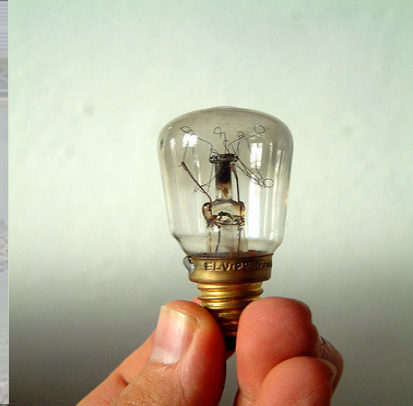
— Intel CTO Patrick Gelsinger



Energy !



VS.



We Need Green Computing!



■ How much energy does a google search consume?

- ◆ A single Google query consumes as much energy as an 11-watt light bulb does in one hour.
- ◆ It consumes as much as preparing a cup of coffee.
- ◆ *"performing two Google searches from a desktop computer can generate about the same amount of carbon dioxide as boiling a kettle" or about 7g of CO₂ per search.*

(Google and you'll damage the planet, Jan 11)





TOP 10 - 06/2012

- 1 Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom
- 2 K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect
- 3 Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom
- 4 SuperMUC - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR
- 5 Tianhe-1A - NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, NVIDIA 2050
- 6 Jaguar - Cray XK6, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA 2090
- 7 Fermi - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom
- 8 JUQUEEN - BlueGene/Q

Lawrence Livermore's Sequoia Supercomputer Towers above the Rest in Latest TOP500 List

Thu, 2012-06-14 13:28



MANNHEIM, Germany; BERKELEY, Calif.; and KNOXVILLE, Tenn.—For the first time since November 2009, a United States supercomputer sits atop the TOP500 list of the world's top supercomputers. Named Sequoia, the IBM

BlueGene/Q system installed at the Department of Energy's Lawrence Livermore National Laboratory achieved an impressive 16.32 petaflop/s on the Linpack benchmark using 1,572,864 cores.

Sequoia is also one of the most energy efficient systems on the list, which will be released Monday, June 18, at the 2012 International Supercomputing Conference in Hamburg, Germany. This will mark the 39th edition of the list, which is compiled twice each year.

» Read more

About Prices and Placeholders



此程序无法显示网页

Recent Releases

June 2012

November 2011

June 2011

November 2010

June 2010

HPCWire

AMD Develops SeaMicro Server with Xeon, Opteron Configurations

Super Micro Shows Latest FatTwin Servers at IDF

Oak Ridge Receives First Batch of Kepler CPUs for Titan Supercomputer



ISC Cloud '12

September 24 - 25, 2012
Mannheim, Germany



<https://top500.org/lists/top500/2022/06/>

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,730,112	1,102.00	1,685.65	21,100
2	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
3	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	1,110,144	151.90	214.35	2,942
4	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148.60	200.79	10,096
5	Sierra - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,480	94.64	125.71	7,438

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
6	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway, NRCCPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93.01	125.44	15,371
7	Perlmutter - HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10, HPE DOE/SC/LBNL/NERSC United States	761,856	70.87	93.75	2,589
8	Selene - NVIDIA DGX A100, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA A100, Mellanox HDR Infiniband, Nvidia NVIDIA Corporation United States	555,520	63.46	79.22	2,646
9	Tianhe-2A - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000, NUDT National Super Computer Center in Guangzhou China	4,981,760	61.44	100.68	18,482
10	Adastra - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE Grand Equipement National de Calcul Intensif - Centre Informatique National de l'Enseignement Suprieur (GENCI-CINES) France	319,072	46.10	61.61	921

Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway

Site:	National Supercomputing Center in Wuxi
Manufacturer:	NRCPC
Cores:	10,649,600
Linpack Performance (Rmax)	93,014.6 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	125,436 TFlop/s
Nmax	12,288,000
Power:	15,371.00 kW (Submitted)
Memory:	1,310,720 GB
Processor:	Sunway SW26010 260C 1.45GHz
Interconnect:	Sunway
Operating System:	Sunway RaiseOS 2.0.5



2013



Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	National University of Defense Technology China	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3120000	33862.7	54902.4	17808
2	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Titan - Cray XK7 - Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560640	17599.0	27112.5	8200
3	DOE/NNSA/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1572864	17173.2	20132.7	7890
4	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer , SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705024	10510.0	11280.4	12660
5	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM	786432	8586.6	10066.3	3945
6	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States	Stampede - PowerEdge C8220, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband FDR, Intel Xeon Phi SE10P Dell	462462	5168.1	8520.1	4510
7	Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany	JUQUEEN - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM	458752	5008.9	5872.0	2301
8	DOE/NNSA/LLNL United States	Vulcan - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM	393216	4293.3	5033.2	1972
9	Leibniz Rechenzentrum Germany	SuperMUC - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR IBM	147456	2897.0	3185.1	3423
10	National Supercomputing Center in Tianjin China	Tianhe-1A - NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, NVIDIA 2050 NUDT	186368	2566.0	4701.0	4040



Site:	National University of Defense Technology
Manufacturer:	NUDT
Cores:	3,120,000
Linpack Performance (Rmax)	33,862.7 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	54,902.4 TFlop/s
Power:	17,808.00 kW
Memory:	1,024,000 GB
Interconnect:	TH Express-2
Operating System:	Kylin Linux
Compiler:	icc
Math Library:	Intel MKL-11.0.0
MPI:	MPICH2 with a customized GLEX channel

TOP500 List - June 2011



Rank	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R _{max}	R _{peak}	Power
1	DOE/NNSA/LANL United States	Roadrunner - BladeCenter QS22/LS21 Cluster, PowerXCell 8i 3.2 Ghz / Opteron DC 1.8 GHz, Voltaire Infiniband / 2008 IBM	129600	1105.00	1456.70	2483.47
2	Oak Ridge National Laboratory United States	Jaguar - Cray XT5 QC 2.3 GHz / 2008 Cray Inc.	150152	1059.00	1381.40	6950.60
3	Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany	JUGENE - Blue Gene/P Solution / 2009 IBM	294912	825.50	1002.70	2268.00
4	NASA/Ames Research Center/NAS United States	Pleiades - SGI Altix ICE 8200EX, Xeon QC 3.0/2.66 GHz / 2008 SGI	51200	487.01	608.83	2090.00
5	DOE/NNSA/LLNL United States	BlueGene/L - eServer Blue Gene Solution / 2007 IBM	212992	478.20	596.38	2329.60
6	National Institute for Computational Sciences/University of Tennessee United States	Kraken XT5 - Cray XT5 QC 2.3 GHz / 2008 Cray Inc.	66000	463.30	607.20	
7	Argonne National Laboratory United States	Blue Gene/P Solution / 2007 IBM	163840	458.61	557.06	1260.00
8	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States	Ranger - SunBlade x6420, Opteron QC 2.3 Ghz, Infiniband / 2008 Sun Microsystems	62976	433.20	579.38	2000.00
9	DOE/NNSA/LLNL United States	Dawn - Blue Gene/P Solution / 2009 IBM	147456	415.70	501.35	1134.00
10	Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany	JUROPA - Sun Constellation, NovaScale R422-E2, Intel Xeon X5570, 2.93 GHz, Sun M9/Mellanox QDR Infiniband/Partec Parastation / 2009 Bull SA	26304	274.80	308.28	1549.00
11	NERSC/LBNL United States	Franklin - Cray XT4 QuadCore 2.3 GHz / 2008 Cray Inc.	38642	266.30	355.51	1150.00
12	Oak Ridge National Laboratory United States	Jaguar - Cray XT4 QuadCore 2.1 GHz / 2008 Cray Inc.	30976	205.00	260.20	1580.71
13	NNSA/Sandia National Laboratories United States	Red Storm - Sandia/ Cray Red Storm, XT3/4, 2.4/2.2 GHz dual/quad core / 2008 Cray Inc.	38208	204.20	284.00	2506.00
14	King Abdullah University of Science and Technology Saudia Arabia	Shaheen - Blue Gene/P Solution / 2009 IBM	65536	185.17	222.82	504.00
15	Shanghai Supercomputer Center China	Magic Cube - Dawning 5000A, QC Opteron 1.9 Ghz, Infiniband, Windows HPC 2008 / 2008 Dawning	30720	180.60	233.47	
16	SciNet/University of Toronto Canada	GPC - iDataPlex, Xeon E55xx QC 2.53 GHz, GigE / 2009 IBM	30240	168.60	306.03	869.40



Statistics Search

CHOOSE LIST GROUPING VIEW AS

DISPLAY



HOME

GREEN LISTS

RESOURCES

NEWS

FAQ

ABOUT

CONTACT

Green500 List submissions for June 2013 are now closed.

The Green500 List June 2013 will be released on Friday, June 28, 2013.

The Green500 List News And Submitted Items



Share

News

The Green500 List - November 2012

Wednesday, November 14, 2012 - 12:32

Heterogeneous Systems Re-Claim Green500 List Dominance

SALT LAKE CITY, UT - November 14, 2012 - The latest Green500 List was released today (<http://www.green500.org/lists/green201211>) and the top spots on the list have been taken over by machines that combine commodity processors with coprocessors or graphics processing units (GPUs) to form heterogeneous high-performance computing systems.

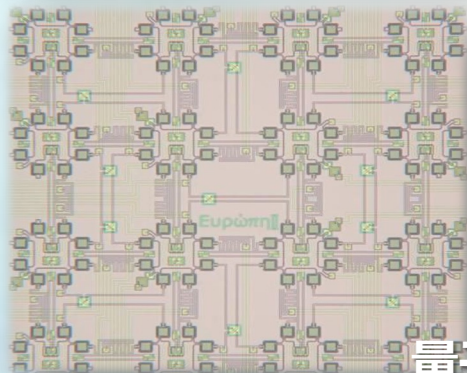
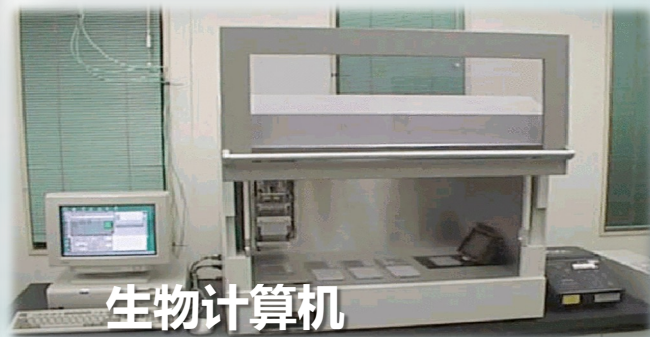
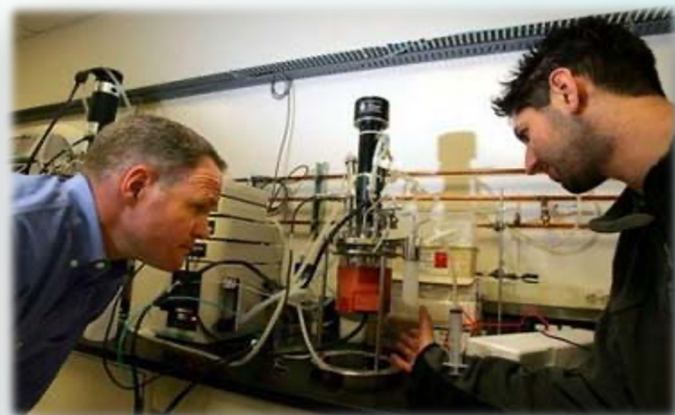
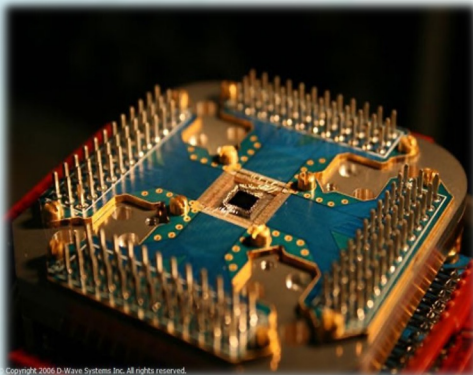
With all eyes on the new TOP500 number one system, Oak Ridge National Labs' Titan, it was a system belonging to a neighbor at the University of Tennessee that debuted at the top of the November Green500 List

Search The Green500 Site

SUPERMICRO
MicroCloud
12/8 Modular UP Server Nodes In 3U
High-Density, High-Performance,
High-Efficiency, **42** Cost-Effective

摩尔定律失效以后.....

- 全新的计算机理论和计算模式



量子计算机

生物计算机

计算机领域的十五年周期律



Computers Appear

1950



PC becomes prevalent

1980



AI & Big Data

2010



Mainframe Age



Internet Revolution

- 1965年前后，以大型机为标志的变革
- 1980年前后，以计算机的普及为标志的变革
- 1995年前后，以互联网为标志的变革
- 2010年前后，以人工智能与大数据为标志的变革
- 2025年... 量子计算？智能编程？

随堂在线考试



The image shows a silver-colored metal trophy cup with a pedestal base. The cup is centered in the frame against a light blue background with faint, illegible mathematical scribbles. The text "ACM" and "A.M. TURING AWARD" is engraved on the front of the cup. The cup has a wide rim and a smooth, reflective surface. The pedestal base consists of several concentric rings.

ACM
A.M. TURING AWARD