

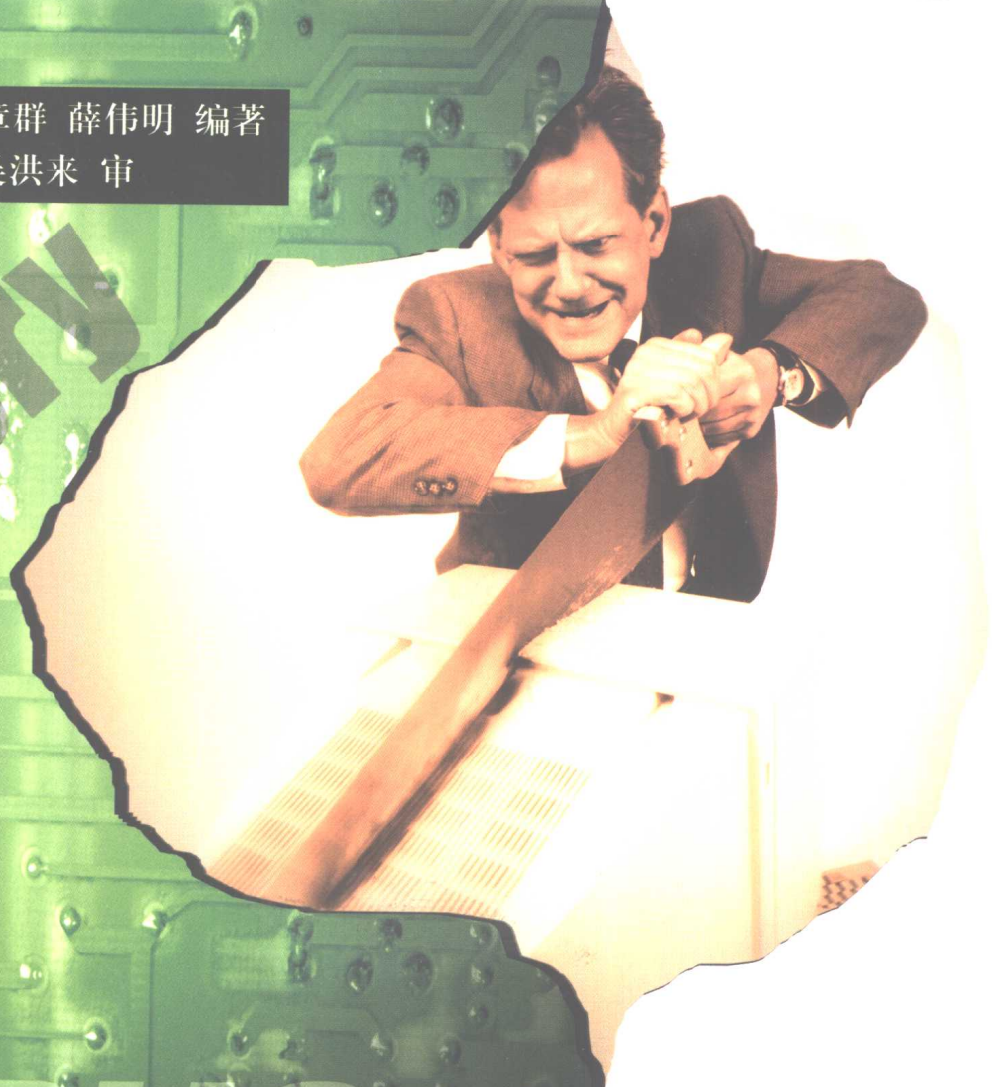
“计算机科学技术创新”科普教育丛书

CPU

撩开计算机的面纱

张世正 章群 薛伟明 编著
吕传兴 吴洪来 审

Memory



BUS



清华大学出版社
<http://www.tsinghua.edu.cn>

速写头像的画法

速写头像的画法



“计算机科技创新”科普教育丛书

撩开计算机的面纱

张世正 章 群 薛伟明 编 著
吕传兴 吴洪来 审



清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是“计算机科学技术创新”科普教育丛书中的一本,书中共分三篇:计算机的诞生、发展和未来。第1篇介绍了电子计算机如何从人类的梦想到实现,并以尽量通俗的语言介绍电子计算机的基本结构。第2篇介绍了推动计算机技术发展的流水线、并行处理、存储管理、高速缓存、高速总线等基本问题。第3篇论述了对计算机技术未来发展的展望。阅读本书可以帮助人们打破对电子计算机的神秘感,激发他们学习和应用计算机科学技术的兴趣和热情。

本书适合中学生和广大对计算机有浓厚兴趣的爱好者阅读。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 撩开计算机的面纱

作 者: 张世正 章 群 薛伟明 编著

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印 刷 者: 北京广益印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 **印张:** 7 **字数:** 121 千字

版 次: 2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04683-2/TP·2782

印 数: 0001~5000

定 价: 9.80 元

“计算机科学技术创新”科普教育丛书

编委会名单

主 编：李三立

副 主 编：吕传兴 吴洪来

编 委：（按姓氏笔画为序）

毛国平	石 磊	叶金霞	孙元清	苏芳来	张 权
张世正	张令毅	林奇清	陈海洋	陈春法	周卓伦
郑增仪	郭 鸿	郭善渡	唐 玲	徐桂珍	高黎新
董百年	蒋敦杰	蔡建民			

执行编委：吕传兴 吴洪来 俞嘉惠 缪淮扣 薛维明

序

邓小平同志早在 1984 年就提出“计算机普及要从娃娃抓起”，这是一个非常有战略远见的思想。现在看来，将计算机信息技术课作为中学阶段、首先是高中阶段的必修课势在必行，中小学计算机（信息技术）教育的优劣将直接影响到我国 21 世纪的经济发展和科技竞争实力，会影响到一代人甚至几代人的终身学习和发展。从国内实际情况看，虽然我们做了不少卓有成效的工作，但仍然赶不上时代前进的步伐，与发达国家的差距甚至还在拉大。我们必须奋起直追，争取在一段较短的时间内使我国的中小学计算机教育上一个大的台阶，直至成为世界最好的中小学计算机教育的国家之一。

我国是一个人口众多的发展中国家，这一客观条件决定了我国在青少年信息技术普及过程中应该有我们自己的特色，在“教什么”和“怎么教”的问题上应与西方发达国家有所不同，不能一成不变地照搬外国。必须自己组织力量，下苦功夫，编写出一套甚至一批适合我国青少年需要的信息技术科普读物和教材！这是一项难度很大的工作，但又是一项意义重大、影响深远的工作。如果做得好，将给我国亿万中小学生的学习和发展建造起一个扎实的平台，将会使他们在基础教育阶段就能对计算机与信息科学的基本原理和发展动态有一个正确的理解，建立起良好的信息意识和信息素养。信息科学与技术的发展史就是一部激动人心的创新史，把信息科学家们的创新故事告诉我们的孩子们，把强烈的创新意识和创新精神根植于他们的心中，也是我们的一个非常重要的任务。这些就



是组织编写这套书的来由和初衷。

我赞成编委会提出的“丛书以激发和培养读者(特别是青少年)的创新精神为主旨”,要通过知识的重新整合,深入浅出地讲清道理,力求通俗易懂;要写薄书,写浅书。关于丛书内容,我认为应以中学生主要关心的基本问题为主,如什么是计算机,为什么计算机有如此强大的功能,计算机为什么能联网,网络为什么有如此巨大的潜力等等。这些问题大体上也是成年人学习计算机和信息科学时提出的,这些问题能解决也都是科学创新的结果。

万事开头难。将这些重大的发明和创新过程进行重新研究和整合,以准确的事实、清晰的概念、浅显的文字、生动的插图展现出来,实非易事。对于参与组织编写这套书的专家学者们所做的工作,以及他们承担这样一个艰巨的任务所表现出来的强烈的历史责任感和钻研精神,我感到十分敬佩;同时还要感谢上海市计算机学会和清华大学出版社,对于他们能够花大力气来做这样一件有意义的事,我感到十分高兴。尽管首批8本书中还存在一些不足之处,但毕竟是走出了第一步。我希望这套书能一直做下去,并不断吸引全国热心于科普事业的专家、学者参与进来,不断修订、更新、扩充,精益求精,使我们的青少年读者能从中真正受益。

教育部副部长

A stylized handwritten signature in black ink, which appears to be the name '陈元' (Chen Yuan).

2000年11月

前言

尽管从第一台电子计算机诞生至今只有 50 多年,但计算机却已经走入了我们生活的每一个角落。计算机知识已成为人类重要的文化基础,计算机科学技术一跃成为推动人类社会向前发展的最活跃、最积极的动力。科学技术发展的灵魂在于创新。计算机科学技术的发展之所以气势磅礴、一日千里,其根本的原因就在于这一领域中人类创新意识的空前宏扬和创新精神的淋漓尽致的发挥。因此,计算机科学技术的发展史本身也是一本最精彩的创新精神的教科书。

国家把希望寄托在年轻一代身上。教育部领导十分重视向青少年一代普及计算机科学技术的基础知识,培养青少年的创新精神,认为这是一项十分重要而且迫切的任务。吕福源同志提出要编写一套适合中学生阅读的“计算机科学技术创新”科普教育丛书,并在百忙中亲自主持召开作者座谈会,反复强调丛书要以宏扬创新精神为主线;在内容编排上要将计算机科学的有关知识进行重新整合,要围绕计算机科学的几个最基本、最重要的问题展开。关于丛书的具体编写,他也提出了许多具体意见,如丛书一定要做到图文并茂、通俗易懂、重点突出;在叙述前人的创新事迹时,同时也要指出其局限性等。

这些意见给丛书编写工作指明了方向。五位执行编委经多次研讨,以软件技术的进步、计算机体系结构的演变、人机界面的改进、代码技术



的发展、网络与信息高速公路等方面的有关知识、技术和创新事迹为重点,拟定了八个题目。我们认为,通过这八个题目的讲述,应能使读者对计算机科学技术的基础知识有一个较为全面的了解。在写作过程中,我们力求言必有据,概念准确,把计算机科学技术的基础知识和计算机发展史上的创新火花穿插在一起,用通俗易懂的语言,生动有趣的情节和插图展现给读者,使读者的思绪同计算机科学技术大师们的灵感与智慧一起涌动,从而能够潜移默化地学到知识,自然而然地把创新精神融化于自己的思想和行动之中。

来自全国各地的计算机专家、教授和教育工作者参加了本套丛书的编写。经过两年的艰苦努力,终于使这套丛书得以同广大读者见面了。如果丛书能在普及计算机科学知识,启迪青少年的创新精神,激发青少年深入学习计算机科学技术知识的兴趣等方面有所收获,我们将会感到无比欣慰。

在丛书的编写过程中,上海市计算机学会和清华大学出版社在各方面都给予我们很大的帮助;上海科诺科技服务公司协助我们组织了插图创作队伍,在此一并致谢。

此次付印的书稿虽经反复修改,但错误与疏漏仍在所难免,诚恳希望广大读者及学界前辈不吝指正。

丛书编委会

2000年12月

编者的话

撩开计算机的面纱



今天,人们已不再怀疑计算机的贡献,对它的广泛的、无处不在的应用也习以为常了。但在传媒铺天盖地的渲染下,又使计算机在人们面前变得有些深不可测、高不可攀,似乎它无所不晓、无所不能,添上了几分神秘的色彩。那么,到底什么是计算机?它的本质是什么?本书力图通过计算机的诞生和发展这两个方面,从它的结构特点、功能原理出发,以通俗的语言、形象的比喻,并辅以大量的图片来撩开计算机的面纱。

本书第1篇写的是计算机的诞生,从巴贝奇(Babage)的梦想,到二进制和布尔(Boolean)代数,到自动机和图灵(Turing)机,到埃尼阿克(ENIAC)的诞生,真正是梦想成真。本篇还深入浅出地讲解了电子计算机的基本结构。电子计算机的诞生为人类历史科学技术的进步,建立了一个新的里程碑。本书第2篇写的是50年来计算机技术突飞猛进的发展,很多计算机体系结构的高深的原理实际上是可以为非专业的人员所理解的,本书试图以通俗的语言描述流水线、并行处理、存储管理、高速缓存、高速总线等问题。最后,在第3篇中描述了对计算机技术未来发展的展望。

计算机技术的发展方兴未艾,光子、超导、量子与生物计算是实现高性能计算机的一些新途径。在21世纪,这些新技术必将导致一场新的技术革命。我们国家正在为这一轮新的挑战抢占自己的制高点。新的信息时代是年轻人的时代,写本书的目的也就是希望我国的年轻人能在计算机技术这个领域激发学习的热情,要善于思考、勤于思考、敢于创新、敢为人先。

本书在编写的过程中得到了吕传兴教授和吴洪来教授的大力支持,他们仔细阅读了全部手稿,并提出了许多宝贵的修改意见,还直接改写了不少内容,对此我们表示衷心的感谢。我们还要感谢清华大学出版社的大力帮助,使本书得以顺利出版。

张世正 章 群

2000年11月

目 录

揭开计算机的面纱



第 1 篇 计算机的诞生

第 1 章 从算筹到计算机	3
1.1 源远流长	3
1.2 三大基石	5
1.3 水到渠成	8
第 2 章 经典计算机的结构原则	12
2.1 冯·诺依曼机器	12
2.2 经典计算机的基本结构原则	13
2.3 计算机结构的发展和变化	17

第 2 篇 计算机的发展

第 3 章 流水和并行	23
3.1 一般指令执行过程的剖析	23
3.2 用流水作业加快速度	25
3.3 流水线中的技术问题	27
3.4 一个简单的道理:众人拾柴火焰高	29
第 4 章 存储器的精心组织和管理	33

4.1	用什么来存储信息?	34
4.2	规模和速度之间的平衡	36
4.3	瓶颈和它的突破	39
4.4	向存储管理索取高效益	40
第 5 章	向速度和容量的极限进军	44
5.1	一个曾经被蓝色巨人看不起的小弟弟	44
5.2	芯片是如何制造出来的?	46
5.3	CISC 和 RISC	50
5.4	创新与自我淘汰	52
第 6 章	计算机内的高速公路——总线技术	60
6.1	多种多样的总线	60
6.2	从 8 位扩展总线到 PCI 总线	62
6.3	硬盘接口类型及其选择	67
6.4	从 RS232C 到 USB	69

第 3 篇 计算机的未来

第 7 章	面向对象的计算机	73
7.1	把处理的方法和被处理的数据封成一体	73
7.2	面向对象系统的硬件支持	74
7.3	面向对象的实验性机型	76
第 8 章	人工神经网络	77
8.1	人脑神经与计算机	77
8.2	人工神经元通用模型	80
8.3	人工神经网络计算机与传统数字计算机的比较	82
8.4	用活体神经做计算	84

第 9 章 量子计算与生物计算	86
9.1 生物计算.....	87
9.2 量子计算.....	92
9.3 模糊计算.....	93
9.4 超导计算.....	95
9.5 光计算机.....	96
结束语	98

第 1 篇

计算机的诞生

物质世界从微观粒子到宇宙,可以分成不同层次。从不同的层次去认识世界和研究客观规律,会使复杂的事物变得简单清晰。因此,层次模型是人们解决复杂性问题的基本方法之一。

今日的计算机系统是人类智力劳动成果的结晶,是一种复杂的信息处理系统。对它的认识,也可采用一个按处理功能不同而建立的层次模型。位于层次中心的内核是由机电部件和电子元、器件等组成的**计算机硬件**,有时也称为“**裸机**”。在它的外面是**软件**,首先是**操作系统**,然后是各种语言的**编译程序**、应用软件包等,使用户使用时感觉十分方便和友好。经软件包裹后的计算机系统又称为“**虚拟机**”。本书讨论的是计算机系统的内核,即位于层次核心的计算机硬件中的**主机**的诞生、原理、结构及其发展。





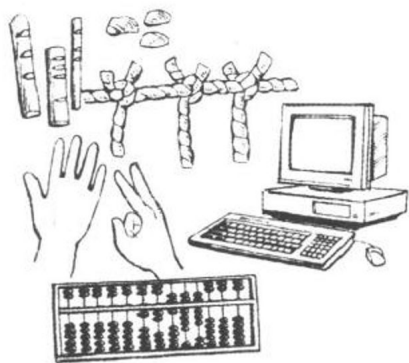
从算筹到计算机

第1章

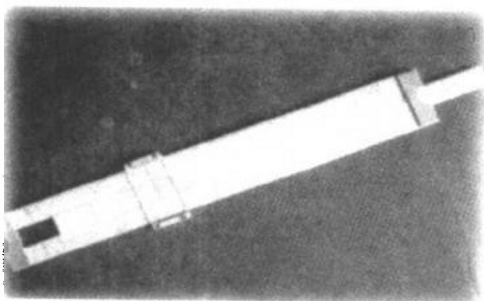
1.1 源远流长

自古以来,计算在人们生活 and 工作中占有重要地位。随着社会的发展,计算的任务变得日益繁重,因而人们想尽办法来减轻数学运算所要付出的体力和智力,努力研制运算工具。数学运算工具的出现可以追溯到很久很久以前,对它们的讨论也就成了计算机的寻根线索。

最早出现帮助人们进行计算的工具是算筹,公元前三、四千年,中国的黄河流域盛产竹子,一条条的小竹签用来计数十分方便,它们被称为**算筹**。所以算筹两字都以“竹”字作部首。地中海一带多小石块,人们用它们来计数,“计算”(calculus)一词就是从拉丁文的小石块引申而来的。第一个真正可称为运算工具的发明,是出现于公元前 2 600 年左右的**中国算盘**。算盘虽然结构简单,但在丰富的口诀支持下,有着强有力的计算功能,熟练的珠算人员的计算速度不亚于电子计算器,至今不少地方和部门还继续使用着算盘。算盘从一定程度上也反映出中国以往在计算技术的发展上的特点,即偏重于软件正确、优良(算法歌谣,口诀),相比之下我国在计算工具的硬件发展上显得长期裹足不前。



计算工具的发展



计算尺是工程师们长期使用的计算工具



巴斯卡和他的计算器

到了公元 1600 年,苏格兰数学家耐普尔(J. Napier)制成了第一张对数表,同时也出现了称为耐普尔棒的计算工具,它可以通过装配完成乘除运算。之后就出现了**计算尺**,它利用尺上的对数刻度,通过移动滑尺,以确定尺与滑尺之间长度的加减直接得到乘除结果。计算尺上的内容不断丰富,它几乎包括了数学用表上的所有功能,例如三角函数、乘方、开方、指数等初等数学运算全都可在计算尺上进行。因此它被工程界普遍采用,直至 20 世纪六、七十年代,拉计算尺还是工程师的一项基本技能。

无论是算盘还是计算尺,毕竟都是一些简单的数学运算辅助工具,在计算的机械化方面并没有实质性突破。计算机的出现开始于 17 世纪,其中以**巴斯卡**(B. Pascal)的**加法机器**和**莱布尼兹**(G. W. Von Leibnitz)的**机械计算器**最具代表性。前者被誉为“这种算术机器所进行的工作,比动物的行为更接近人类的思维”。而莱布尼兹发明了梯形轴部件,使他的机器可以做乘除运算。在莱布尼兹以后的 100 年里,计算工具的制做大都停留在他的水平上。他们开创了计算机机械化的道路,最终导致了完善的机械型、机电型和电动型计算器的产生。

计算机设计中的程序控制思想来自穿孔卡片控制织布机的直接影响。卡控织机是法国人杰卡(J. Jacquard)1801 年的发明。对此,诗人拜伦的女儿艾塔(Ada A. Byron)写下了如下记录:“分析机织出了代数图案(这是对代数计算富有诗意的描述),就像杰卡的织机织出花和叶子一样”。再往前寻根究源,可追溯到中国西汉末年丝织业中出现的提花机。1637 年宋应星的《天工开物》中记录了这一最早孕育