



普通高等教育“十三五”规划教材·公共基础课系列

计算机应用基础 ——计算与计算思维

微课版

主编 侯家利 吴燕玲 徐建敏

精品
教材

配电子课件



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社



普通高等教育“十三五”规划教材·公共基础课系列

计算机应用基础

——计算与计算思维

微课版

主 编 侯家利 吴燕玲 徐建敏
副主编 黄 力 唐 红 陈 勇
王 宁

精品
教材

配电子课件



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社

内容简介

本书是根据教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会提出的高等学校计算机基础课程教学基本要求和广东省地方院校的特点编写而成。

全书主要涉及计算机与信息社会、微型计算机系统、操作系统、办公软件、计算机网络与 Internet、多媒体技术基础、数据库基础、信息系统安全、计算思维基础、程序设计和 IT 新技术等部分内容。全书内容丰富、层次清晰、通俗易懂、图文并茂，注重广度与深度结合，理论性与实用性结合。

根据形势发展的需要和教学对象的特点，教材保留了 Windows 操作系统和 Office 办公软件部分的介绍，进一步强化了多媒体、网络、数据库三大核心模块的教学，增加了计算思维、程序设计和 IT 新技术等内容。

本书主要适用于各高等院校非计算机专业大学计算机基础课程教学，也可供其他读者学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机应用基础/侯家利, 吴燕玲, 徐建敏主编. —西安: 西安交通大学出版社, 2016.8 (2018.8 重印)

普通高等教育“十三五”规划教材·公共基础课系列

ISBN 978-7-5605-8811-7

I. ①计… II. ①侯… ②吴… ③徐… III. ①电子计算机
IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 174740 号

书 名 计算机与计算思维
主 编 侯家利 吴燕玲 徐建敏
责任编辑 毛 帆

出版发行 西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>

电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)
(029) 82668315 (总编办)

传 真 (029) 82668280

印 刷 天津蓟县宏图印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16 印 张 29 字 数 603 千字

版次印次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5605-8811-7

定 价 49.80 元

读者购书、书店添货，如发现印装质量问题，请与印刷厂联系、调换。电话：(010) 60482748

投稿热线：(010) 61370827

订购热线：(029) 82665249
(010) 61370827

读者信箱：lg_book@163.com

版权所有 侵权必究



前 言

本书是根据教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会提出的高等学校计算机基础课程教学基本要求和东莞理工学院的实际情况编写的。在编写过程中，编者既考虑了计算机技术的发展、社会的需求，又兼顾了广东省地方高校的特点，同时针对课程学时少、内容多、学生基础参差不齐的情况，对教材内容的深度和广度作了适当的调整，减少了一些和应用联系不紧的概念性知识，保留了 Windows 操作系统和 Office 办公软件等部分内容，增加了计算思维、程序设计和 IT 新技术等内容。本书采用案例驱动教学，重视学生自学能力、应用能力的培养。本书内容丰富、图文并茂、生动形象、通俗易懂，并提供配套立体化教学资源，便于学生学习。

本书由侯家利、吴燕玲、徐建敏担任主编。全书由侯家利、唐红、黄力、徐建敏、吴燕玲、陈勇、王宁编写；其中侯家利负责第 1、2、10、11 章的编写，唐红负责第 3 章的编写，黄力负责第 4 章的编写，徐建敏负责第 5、12 章的编写，吴燕玲负责第 6、7、13 章的编写，陈勇负责第 8 章的编写，王宁负责第 9 章的编写。熊金志、陈雪芳、彭富春、祝庚、李培培、陈传祥在本书编写过程中提出了许多宝贵的修改意见，在此深表感谢。

由于时间紧迫以及作者水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评和指正。

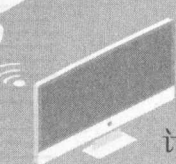
编 者

2018 年 7 月

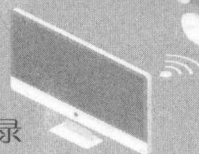


目 录

第 1 章 概述	1
1.1 计算机的诞生与发展	1
1.2 计算机的分类与应用	12
1.3 计算机的基本工作原理及结构	15
1.4 信息与信息技术	19
1.5 计算机中的数制	29
习 题	33
第 2 章 微型计算机系统	35
2.1 微型计算机系统构成	35
2.2 主机系统	36
2.3 外存储设备	42
2.4 输入、输出设备	54
2.5 计算机软件	62
习 题	68
第 3 章 操作系统	72
3.1 操作系统在计算机系统中的地位	72
3.2 操作系统的功能	74
3.3 Windows 操作系统	76
3.4 UNIX 和 Linux 操作系统简介	100
习 题	101
Windows 实验	104
第 4 章 Word 2010 文稿编辑软件	105
4.1 Word 2010 概述	105
4.2 文档的建立与编辑	108
4.3 文档格式化	121
4.4 在文档中插入元素	128
4.5 Word 2010 的其他功能	140



习 题	147
Word 实验	150
第 5 章 电子表格软件 Excel 2010	153
5.1 电子表格的基本知识	153
5.2 工作表的管理	157
5.3 表格数据的输入	158
5.4 表格数据的编辑	161
5.5 电子表格的格式化	168
5.6 公式和函数	175
5.7 图 表	194
5.8 迷 你 图	197
5.9 表格数据的管理与统计	198
习 题	206
Excel 实验	207
第 6 章 中文 PowerPoint 2010	211
6.1 概 述	211
6.2 演示文稿的建立与编辑	214
6.3 演示文稿的美化	219
6.4 幻灯片的切换及动画设置	222
6.5 演示文稿的放映	224
6.6 幻灯片的链接	226
6.7 幻灯片的保存并发送	227
6.8 打印演示文稿	228
6.9 PowerPoint 的高级应用	229
习 题	230
PowerPoint 实验	233
第 7 章 计算机网络与 Internet	234
7.1 网络基础知识	234
7.2 计算机网络的分类	237
7.3 计算机网络协议与网络体系结构	241
7.4 计算机网络的组成	244
7.5 局域网技术	248
7.6 Internet 基础知识	253
7.7 IP 地址及域名地址	256



7.8 Internet 的接入方式	260
7.9 互联网提供的服务	262
7.10 局域网构建实例	266
7.11 网页设计初步	269
习 题	273
Internet 实验	276
第 8 章 多媒体技术基础	277
8.1 多媒体技术的基本概念	277
8.2 多媒体计算机系统	282
8.3 多媒体的关键技术	284
8.4 多媒体信息的数字化	286
8.5 多媒体数据压缩技术	300
8.6 多媒体常用软件简介	303
8.7 多媒体应用技术	306
习 题	319
多媒体技术实验	321
第 9 章 数据库基础	322
9.1 数据库的概念	322
9.2 数据模型	323
9.3 Access 2010 数据库及应用	328
习 题	341
Access 实验	343
第 10 章 信息系统安全	345
10.1 信息安全概述	345
10.2 信息安全技术	349
10.3 计算机病毒及防治	358
习 题	362
第 11 章 计算思维基础	364
11.1 计算与计算思维	364
11.2 计算思维对各学科未来的影响	371
11.3 计算思维的典型案例	373
习 题	382

第 12 章 算法与程序设计	385
12.1 算法基础	385
12.2 常见问题的算法描述	408
12.3 程序设计基础	421
习 题	433
第 13 章 IT 新技术	438
13.1 高性能计算	438
13.2 云计算	441
13.3 物联网技术	443
13.4 大数据技术	445
13.5 互联网+	447
13.6 人机交互新技术	449
习 题	452
参考文献	453

第 1 章 概述



本章内容及要求

- 了解计算机及信息技术的发展、未来新型计算机
- 了解计算机的类型及在不同应用领域的特点
- 了解计算机技术的发展趋势
- 理解计算机的基本工作原理
- 掌握信息技术的基础知识
- 了解计算机在信息社会中的主要应用

1.1 计算机的诞生与发展

如同历史上的许多发明一样，计算机也是在前人的劳动成果基础上研制成功的，因此，历史学家很难确定计算机诞生的准确年代。尽管这样，追踪计算机的发展历史依然一件十分有用的事情。因为对计算机历史的了解有助于我们理解当今数字计算机的设计思想与性能。

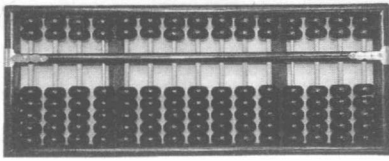
1.1.1 计算和计算工具的发展

1. 手动计算工具

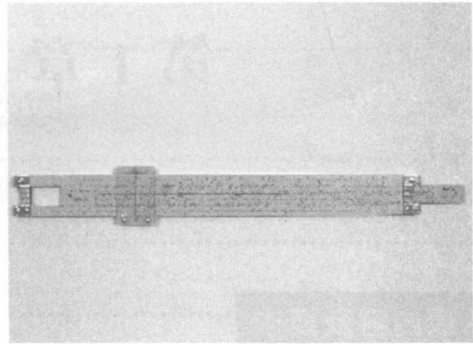
人类进行计算的历史应该追溯到使用石子和手指计数的远古时代。在有史料记载之前，人类便开始利用诸如鹅卵石、有刻痕的小棍等辅助工具来记录数量。例如羊群中羊的数目或者从商人那里买到的布匹的数量等。计算是基于算法的，所谓算法就是计算中所依据的方法。

随着社会的进步，人类使用的计算工具越来越复杂，计算的方法也越来越巧妙。很早以前，中国人发明了算盘（如图 1-1（a）所示）这种计算工具。算盘由装在矩形框内的小棍以及放入棍中的珠子组成，每个珠子表示一个数量。在计算过程中，算盘作为计算设备，珠算口诀便是计算过程中的算法。

1621 年，英国数学家 William Oughtred 研制了最初的计算尺（如图 1-1（b）所示）。自 20 世纪 60 年代起，计算尺就一直作为一项基本计算工具被学生、工程师和科学家使用。



(a) 算盘



(b) 计算尺

图 1-1 算盘和计算尺

2. 机械计算工具

像算盘、计算尺这样的手动计算工具需要使用者应用算法进行计算，而机械计算工具则是机器自动应用算法。使用机械计算工具时，使用者只需输入需要计算的数，然后拉动摇杆或者转轮就可实施计算，基本上不需要作太多的操作。

1623年，德国教授契克卡德（W. Schickard）用一系列互相咬合的齿轮制造了一台机械式计算工具（如图 1-2 所示）。齿轮上的十根辐条分别表示一个数字。每当一个齿轮转过一周的时候，就会将左边的齿轮活动一格，并刻个痕表示一位。类似的机制被用来改进汽车的里程表。

1642年法国物理学家布莱斯·帕斯卡（B. Pascal）发明了齿轮式加减法器（如图 1-3 所示）；1673年德国数学家莱布尼兹（G. Leibnitz）制成了机械式计算器，可以进行乘除法运算。以上这些事件对计算机的产生与发展都具有不可替代的历史作用。这些发明在灵巧性上有些进步，但都无一例外，没有突破手工操作的局限。它们或是人工的，或是机械的，均不是电子的（或机电的）。直到 19 世纪 20 年代，英国剑桥大学数学家查尔斯·巴贝奇（C. Babbage）才取得突破，从手动机械跃入机械自动时代。

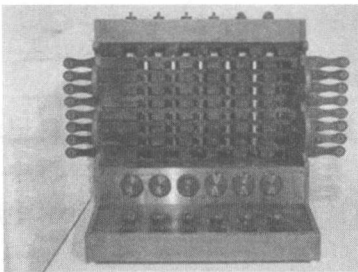


图 1-2 契克卡德机械式计算器

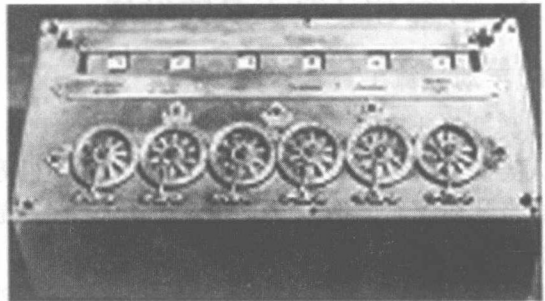


图 1-3 布莱斯·帕斯卡齿轮式加减法器

巴贝奇提出了自动计算机的基本概念：要使计算机能自动进行计算，必须把计算步骤和原始数据预先存放在机器内，并使计算机能取出这些数据，在必要时能进行一些简单的判断，决定自己下一步的计算顺序。巴贝奇提出的关于计算机的构想，具有输入、处理、存储、输出以及控制五个基本装置，而这些正是现代意义上的计算机所必备的。他还分别于 1823 年和 1834 年设计了一台差分机（如图 1-4 所示）和一台分析机，提出了一些创

造性的建议，从而奠定了现代数字计算机的基础。由于巴贝奇对计算机的诞生贡献巨大，因此被国际计算机界称为“计算机之父”。

1884年，美国人口普查局的统计学家赫尔曼·霍列瑞斯（H. Hollerith）博士，制造了第一台电动计算机（如图1-5所示），采用穿孔卡和弱电流技术进行数据处理，在美国人口普查中大显身手。

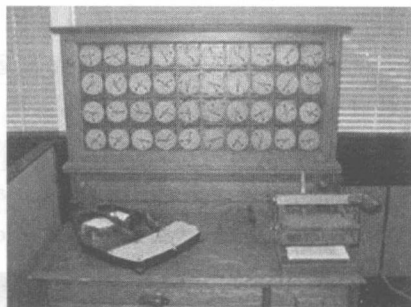
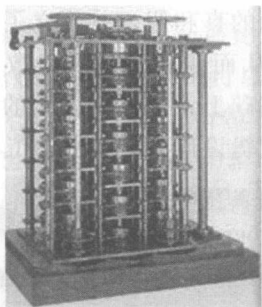


图 1-4 查尔斯·巴贝奇设计的差分机

图 1-5 赫尔曼·霍列瑞斯电动计算机

3. 计算机原型

“计算机是谁发明的？”这个问题并没有一个明确的答案，因为现代数字计算机是从不同团体开发出的多个原型演化而来的。1937年到1942年之间，艾奥瓦州立大学数学物理教授阿坦那索夫（John V. Atanasoff）和一个研究生贝瑞（Cifford E. Berry）致力于一个电子计算机的原型开发，即 Atanasoff-Berry Computer (ABC)。ABC 首先采用了真空管替代机械式开关，同时它结合了二进制系统的设计理念（如图1-6所示），ABC 通常被认为是最早的电子数字计算机。

在 Atanasoff 忙于 ABC 的时候，德国工程师 Konrad Zuse 研制了一台称为 Z3 的计算机，它与 ABC 类似，也采用了二进制系统。

美国哈佛大学应用数学教授霍华德·阿肯受巴贝奇思想启发，在1937年得到美国海军部的经费支持，开始设计“马克1号”（由IBM承建，如图1-7所示），于1944年交付使用。“马克1号”采用全继电器，长51英尺、高8英尺，看上去像一节列车，有750000个零部件，里面的各种导线加起来总长500英里。总耗资约四五十万美元。“马克1号”做乘法运算一次最多需要6秒，做除法需要10多秒。它的运算速度不算太快，但精确度很高（小数点后23位）。

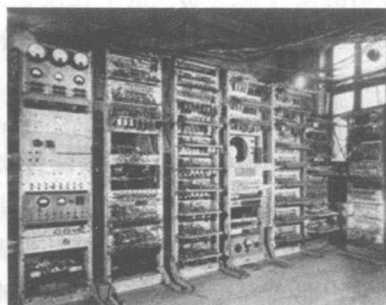
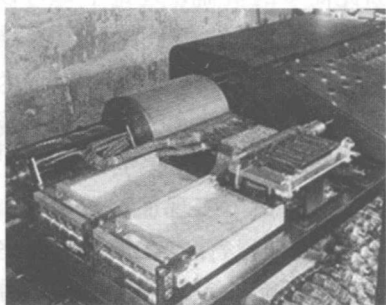


图 1-6 ABC

图 1-7 马克1号

1.1.2 计算机诞生的重要理论

与许多伟大的发明一样，计算机的发明同样有其坚实的理论基础。

1847年，英国数学家布尔（George Boole）发表了《The Mathematical Analysis of Logic》（《逻辑的数学分析》）一文，设计了一套用来表示逻辑理论中一些基本概念的符号，用“1”和“0”两个数字表示信号的有和无、命题的真和假，并建立了应用这些符号进行运算的法则，把形式逻辑归结为一种代数运算，从而建立了逻辑代数（布尔代数），为现代计算机提供了重要的理论基础。在布尔理论的基础上，经过许多人的发展，形成了一个新的数学分支——数理逻辑，它成为现代计算机逻辑设计的重要数学工具。

1936年，年仅24岁的英国数学家图灵（Alan M. Turing，如图1-8所示），发表了著名的《On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem》（《论可计算数及其在判定问题中的应用》）一文，提出了一种描述计算步骤的数学模型。根据这种模型，可制造一种十分简单、运算能力极强的计算装置。图灵把人在计算时所做的工作分解成若干个简单的动作。与人的计算类似，机器需要完成如下步骤：



图1-8 阿兰·图灵

- ①存储器，用于存储计算结果；
- ②一种语言，用来表示运算和数字；
- ③扫描，得到输入的内容；
- ④计算意向，即在计算过程中下一步打算做什么；
- ⑤执行下一步计算。

具体到每一步计算，则分成：

- ①改变数字和符号；
- ②扫描区改变，如往左进位和往右添位等；
- ③改变计算意向等。

图灵在他的计算模型中还采用了二进位制。这样，他就把人的工作机械化了。这种理想中的机器被称为“图灵机”。图灵机是一种抽象计算模型，用来精确定义可计算函数。图灵机由一个控制器、一条可以无限延伸用于记录运算动作和运算数据的带子以及一个在带子上左右移动的读写头组成。这个在概念上如此简单的机器，理论上却可以计算任何直观可计算函数。图灵在设计了上述模型后提出，凡可计算的函数都可用这样的机器来实现，这就是著名的图灵论题。

美国数学家香农（Claude Elwood Shannon，如图1-9所示）于1938年发表了著名的论文《继电器和开关电路的符号分析》，首次用布尔代数进行开关电路分析，并证明布尔代数的逻辑运算可以通过继电器电路来实现，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。香农在贝尔实验室工作中进一步证明，可以采用能实现布尔代数运算的继电器或电子元件来制造计算机，香农的理论还为计算机具有逻辑功能奠定了基础，从而使电子计算机既能用于数值计算，又具有各种非数值应用功能，使得以后的计算机几乎在任何领域都有广泛的应用。

尽管图灵机就其计算能力而言，可以模拟现代任何计算机。甚至图灵机还蕴含了现代存储程序式计算机的思想（图灵机的带子可以看做是具有可擦写功能的存储器），但是它毕竟不同于实际的计算机，在实际计算机的研制中还需要有具体的实现方法与实现技术。

在图灵机提出后不到十年，美国普林斯顿研究院的冯·诺依曼（Von Neumann）博士（如图1-10所示），在他的一篇论文中，提出计算机工作原理为：“存储程序，顺序控制。”其基本思想是：①计算机可以使用二进制；②计算机的指令和数据都可以存储在机内。存储器原来只保存数据，计算机执行指令时由存储器取数据，计算结果存回存储器。冯·诺依曼提出将程序存入存储器，由计算机自动提取指令并执行，循环地做。这样计算机就可以摆脱外界拖累（而不用再连接线路），以自己的速度（电子电路的速度）自动运行了。



图1-9 香农



图1-10 冯·诺依曼

冯·诺依曼提出的“存储程序原理”，导致现代意义的计算机诞生。经过不断努力，冯·诺依曼确定了现代存储程序式电子数字计算机的基本结构和工作原理；主要由5部分组成：存储器、运算器、控制器、输入设备、输出设备。明确地反映出现代电子数字计算机的存储程序控制原理和基本结构，创立了一个所有数字式计算机至今仍遵循的范式，对以后的计算机发展产生了深远的影响。今天，人们把具有这样一种工作原理和基本结构的计算机统称为“冯·诺依曼型计算机”。由于他在计算机领域的杰出贡献，许多人尊称他为“计算机之父”。

1.1.3 第一台电子计算机（ENIAC）的诞生

世界上第一台数字式电子计算机是由美国宾夕法尼亚大学的物理学家约翰·莫克利（John W. Mauchly）和工程师普雷斯伯·埃克特（J. Presper Eckert）领导研制的取名为电子数值积分计算机（Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC），如图1-11所示。

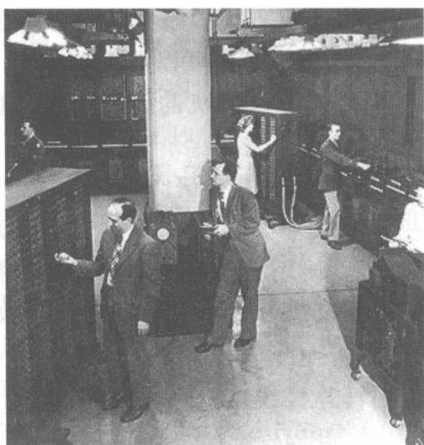


图 1-11 第一台电子数值积分计算机

1942年，在宾夕法尼亚大学任教的莫克利提出用电子管研制计算机的设想，这一方案得到了美国陆军弹道研究所高尔斯特丹（Goldstine）的关注。当时正值第二次世界大战之际，新武器研制中的弹道问题涉及许多复杂的计算，单靠手工计算已远远满足不了要求，急需自动计算的机器。于是在美国陆军部的资助下，莫克利于1943年开始了ENIAC的研制，并于1946年（这个里程碑的年份）完成。当时它的功能确实出类拔萃，例如它可以在一秒钟内进行5000次加法运算，3毫秒便可进行一次乘法运算，与手工计算相比速度大大加快，60秒钟射程的弹道计算时间由原来的20分钟缩短到30秒。但它也明显存在着缺点。它体积庞大，ENIAC装有16种型号的17468只电子管、1500个电子继电器、70000个电阻器、18000个电容器，8英尺高，3英尺宽，100英尺长，机器被安装在一排2.75米高的金属柜里，占地面积为170平方米左右，总重量有30吨，运行时耗电量很大。另外，它的存储容量很小，只能存20个字长为10位的十进位数，而且是用线路连接的方法来编排程序，因此每次解题都要靠人工改接连线，准备时间大大超过实际计算时间。

尽管如此，ENIAC的研制成功还是为以后计算机科学的发展提供了契机，而克服它的每一个缺点，都会对计算机的发展带来很大影响。其中影响最大的要算是“程序存储”方式的采用。

计算机的历史告诉我们，计算机从早期仅仅是进行计算的一台电子设备，发展成为具有多种功能的计算设备，以至于人们很难总结出计算机的普遍特点，准确地给计算机下一个定义。我们只好就计算机最核心的特点给出一个较为全面的定义，计算机是在存储的指令控制下，接受输入、处理数据、存储数据并产生输出的电子设备。

计算机的输入是指数据送入计算机系统。计算机能接受多种类型数据的输入，例如用于计算的数字，图形、文档里的单词和符号，来自麦克风的音频信号以及计算机程序，等等。输入设备（例如键盘或鼠标）收集输入信息，并把它们转化成一系列电信号以备计算机存储或操作。

计算机能存储数据以便对数据作进一步的处理。大部分计算机通常可用不同的介质存储数据。内存是计算机中等待处理的数据的临时存放处。外存储器用于长期存储那些不需要立即处理的数据。

输出是指计算机将处理的结果传送出来。输出的形式包括文档、音乐、图形和图片等。输出设备能够显示、打印或传送处理结果。图 1-12 可以帮助你了解计算机的输入、存储以及输出流程。

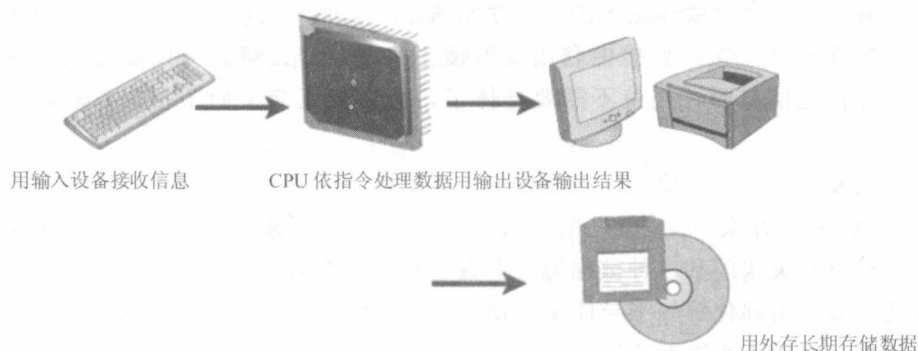


图 1-12 计算机的输入、存储以及输出流程

1.1.4 未来的计算机

计算机中最重要的核心部件是集成电路芯片，芯片制造技术的不断进步是几十年来推动计算机技术发展的最根本的动力。目前的芯片主要采用光蚀刻技术制造，即让光线透过刻有线路图的掩膜照射在硅片表面以进行线路蚀刻的技术。当前主要是用紫外光进行光刻操作，随着紫外光波长的缩短，芯片上的线宽将会继续大幅度缩小，同样大小的芯片上可以容纳更多的晶体管，从而推动半导体工业继续前进。但是，当紫外光波长缩短到小于 193 nm（蚀刻线宽 0.18 μm ）时，传统的石英透镜组会吸收光线而不是将其折射或弯曲。为此，研究人员正在研究下一代光刻技术 NGL（Next Generation Lithography），包括极紫外（EUV）光刻、离子束投影光刻技术（Ion Projection Lithography, IPL）、SCALPEL（角度限制投影电子束光刻技术）以及 X 射线光刻技术。

然而，以硅为基础的芯片制造技术的发展不是无限的，由于存在磁场效应、热效应、量子效应以及制作上的困难，当线宽低于 0.1 μm 以后，就必须开拓新的制造技术。那么，哪些技术有可能引发下一次的计算机技术革命呢？

现在看来有可能采用的技术至少有 4 种：纳米技术、光技术、生物技术和量子技术。应用这些技术的计算机从目前来看达到实用的可能性还很小，但是这些技术具有引发计算机技术革命的潜力，这就使它们逐渐成为了人们研究的焦点。

1. 光计算机

自由空间光学技术的原理非常简单。首先，将硅片内的电子脉冲转换为极细的闪烁光束，“接通”表示“1”，“断开”表示“0”。然后，将数据流通过反射镜和棱镜网络投射到需要数据的地方。在接收端，透镜将每根光束聚焦到微型光电池上，由光电池将闪光恢复成一系列电子脉冲。

当芯片的速度越来越快时，计算所花费的时间已经不取决于数据的处理过程，而是取决于移动数据的过程。传统铜线电信号移动的速度是有限的。随着数据传输的速度越来越快，内部连线越来越细，“1”与“0”之间的区别开始模糊。此外，传输电信号的导线还

向附近辐射干扰信号，如何屏蔽这些干扰信号尤为重要。光子的速度是 300000 km/s ，光开关的转换速度要比电子开关快数千倍，甚至几百万倍。更重要的是光子不像带电的电子那样相互作用，光信号之间可毫无干扰地沿着各自通道或并行的通道传送。光计算机能并行处理大量数据，用全息或图像的方式存储信息，从而大大增加了容量。尤其值得一提的是光无须物理连接，光计算机中利用反射镜、棱镜、分光镜等可以随意控制和改变方向，这样，在传递信息时，光束不需要导体了，可以相互交叉而不损失信息，也无发热问题。

光计算机发展的关键是要制作出能耗少、体积小、价廉、易于制造的光电转换器，研究者曾尝试了许多方案（包括发光二极管），其中最佳选择当属多量子阱（MQW）器件——一种电开关快门和一种被称为“垂直空腔表面发射激光器”（VCSEL）的微型激光器。这两种器件由砷化镓等半导体化合物制成。其优点是可像硅芯片那样把器件大量制作在大晶片上。MQW 器件由贝尔实验室首先推出，并且有效地解决了 MQW 的激光光源问题。

其次是要研制光计算机的自动定位系统。这个系统中的传感器应监测每个通道，及时发现光束偏离目标的情况，一旦偏离，由微型马达调整反射镜的斜度使之重新恢复到准确位置。

2. 生物计算机

生物计算机就是利用 DNA 计算技术替代传统电子技术的新颖计算机。生物计算机的运算过程就是蛋白质分子与周围物理化学介质的相互作用过程。计算机的转换开关由酶来充当，而程序则在酶合成系统本身和蛋白质的结构中极其明显地表示出来。

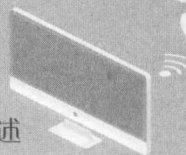
早在 20 世纪 70 年代，人们就发现脱氧核糖核酸（DNA）处于不同状态时可以代表“有信息”或“无信息”。于是，科学家设想：假若有机物的分子也具有这种“开”“关”的功能，那岂不可以把它们作为计算机的基本构件，从而造出“有机物计算机”。20 世纪 80 年代以来，美国、日本、前苏联等国家开始着手研制。

生物计算机的突出优点有：密集度高、速度快、可靠性高，且由于蛋白质分子能够自我组合、再生新的微型电路，使得生物计算机具有生物体的一些特点，比如能发挥生物本身的调节机能，自动修复芯片发生的故障，还能模仿人脑的思考机制。

目前，生物计算机仅处于起步阶段，在很多方面还相当不完善，并向众多领域提出了挑战。要想真正进入实用阶段还需要更多的时间和更多科学家的艰辛探索。

3. 分子计算机

1999 年 7 月，惠普公司和加州大学洛杉矶分校的研究人员宣布，他们已经制造了一种电子开关，由一层达几百万个之多的有机物（轮烷）分子构成。研究人员通过把若干个开关连接起来的方法，制造出初级的“与”门——这是一种执行基本逻辑操作的元件。由于每个分子开关中的分子远远超出了百万数，因此它们的体积比本来要求的大得多，并且这些开关只转换一次就不能操作了。但是，它们组装成逻辑门具有至关重要的意义。在这项成果发表后一个月左右，耶鲁和里斯两所大学又发表了另一项具有可逆性分子开关的成果。接着成功地研制出一种能够作为存储器用的分子，它可以通过对电子的存储来改变分



子的电导率。

虽然有了以上所说的种种进步，但前进的道路上仍然遍地荆棘。制造出单个器件固然是重要的一步，但是在制造出完整的可用的电路之前，还必需解决一系列的重大问题，例如，怎样上把百万甚至上亿个各种各样的分子器件牢固地连接在某种基体的表面上，同时按照电路图把它们准确无误地连接起来。遗憾的是，目前还没有这种技术。

4. 量子计算机

量子计算机的概念源于对可逆计算机的研究，其目的是为了解决计算机中的能耗问题。

20世纪60年代至70年代，人们发现能耗会导致计算机中的芯片发热，极大地影响了芯片的集成度，从而限制了计算机的运行速度。研究发现，能耗来源于计算过程中的不可逆操作。后来发现：所有经典计算机都可以找到一种对应的可逆计算机，而且不影响运算能力。既然计算机中的每一步操作都可以改造为可逆操作，那么在量子力学中，它就可以用一个么正变换来表示。

在经典计算机中，基本信息单位为比特，运算对象是各种比特序列。而在量子计算机中，基本信息单位是量子比特，运算对象是量子比特序列。量子计算机可以做任意的么正变换，对经典计算作了极大的扩充。在数学形式上，经典计算可看做是一类特殊的量子计算。量子计算机对每一个叠加分量进行变换，所有这些变换同时完成，并按一定的概率叠加起来，给出结果，这种计算称做量子并行计算。除了进行并行计算外，量子计算机的另一重要用途是模拟量子系统，这项工作经典计算机无法胜任的。

迄今为止，世界上还没有真正意义上的量子计算机。但是，世界各地的许多实验室正在以巨大的热情追寻着这个梦想。如何实现量子计算，方案并不少，问题是在实验上实现对微观量子态的操纵确实太困难了。目前已经提出的方案主要利用了原子和光腔相互作用、冷阱束缚离子、电子或核自旋共振、量子点操纵、超导量子干涉等。研究量子计算机的目的不是要用它来取代现有的计算机。量子计算机使计算的概念焕然一新，这是量子计算机与其他计算机如光计算机和生物计算机等的不同之处。

5. 高速超导计算机

超导计算机是使用超导体元器件的高速计算机。所谓超导，是指有些物质在接近绝对零度（相当于 -269°C ）时，电流流动是无阻力的。

1962年，英国物理学家约瑟夫逊提出了超导隧道效应原理，即由超导体—绝缘体—超导体组成器件，当两端加电压时，电子便会像通过隧道一样无阻挡地从绝缘介质中穿过去，形成微小电流，而这一器件的两端是无电压差的。约瑟夫逊因此获得诺贝尔奖。

用约瑟夫逊器件制成电子计算机，称为约瑟夫逊计算机，也就是超导计算机，又称为超导电脑。这种电脑的耗电仅为用半导体器件制造的电脑所耗电的几千分之一，它执行一个指令只需十亿分之一秒，比半导体元件快10倍。日本电气技术研究所研制成世界上第一台完善的超导电脑，它采用了4个约瑟夫逊大规模集成电路，每个集成电路芯片只有 $3\sim 5\text{ mm}^3$ 大小，每个芯片上有上千个约瑟夫逊元件。