

世界是数字的

[美] Brian W. Kernighan 著 李松峰 徐建刚 译



盖茨和扎克伯格导师刘易斯
谷歌常务董事长施密特

联袂
推荐

面对这个时代最伟大的技术，无论你是谁，都很难置身事外
请跟随他，请跟随普林斯顿大学，开启一次华美的计算机之旅



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

世界是数字的

[美] Brian W. Kernighan 著 李松峰 徐建刚 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

世界是数字的 / (美) 柯林汉 (Kernighan, B. W.) 著;
李松峰, 徐建刚译. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 7

书名原文: D is for digital

ISBN 978-7-115-31875-6

I. ①世… II. ①柯… ②李… ③徐… III. ①电子计
算机—普及读物 IV. ①TP3-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第115306号

内 容 提 要

家用电器、汽车、飞机、相机、手机、GPS 导航仪, 还有游戏机, 虽然你看不见, 但这些设备都有计算能力。手机通信网络、有线电视网络、空中交通管制系统、电力系统、银行和金融服务系统等基础设施背后无一不是计算机在支撑。如今的世界是数字的, 而计算机和计算无处不在。这本书就是要告诉大家数字世界有关计算机的一切。本书没有高深莫测的专业术语, 但它全面解释了当今计算和通信领域的工作方式, 包括硬件、软件、互联网、通信和数据安全, 并且讨论了新技术带来的社会、政治和法律问题。

无论你有没有计算机背景, 无论你从事什么职业, 只要你认同自己生活在数字时代, 这本书就是必读的!

-
- ◆ 著 [美] Brian W. Kernighan
译 李松峰 徐建刚
责任编辑 刘美英
责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 720×960 1/16
印张: 17 彩插: 2
字数: 302 2013年7月第1版
印数: 1-4 000册 2013年7月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2012-3281号
-

定价: 49.00元

读者服务热线: (010)51095186转604 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

献给梅格

Brian W. Kernighan的其他著作

The Elements of Programming Style (与 P. J. Plauger 合著)

Software Tools (与 P. J. Plauger 合著)

Software Tools in Pascal (与 P. J. Plauger 合著)

The C Programming Language (与 D. M. Ritchie 合著)

The AWK Programming Language (与 A. V. Aho 和 P. J. Weinberger 合著)

The Unix Programming Environment (与 R. Pike 合著)

AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming (与 R. Fourer 和 D. M. Gay 合著)

The Practice of Programming (与 R. Pike 合著)

译者序

普林斯顿在哪儿？在纽约和费城之间。如果这么说不足以让你确定这个小镇的方位，那我们换一种说法：普林斯顿在美国东部的位罝，大致相当于中国北京到上海之间的徐州。徐州古称“彭城”，是刘邦故里，项羽故都。普林斯顿呢，则是美国首屈一指的普林斯顿大学所在地。

很多人对普林斯顿大学的认知来自获得奥斯卡金像奖的电影《美丽心灵》。这部电影以 1994 年获得诺贝尔经济学奖的数学家小约翰·福布斯·纳什（Jr. John Forbes Nash）为原型。1950 年代，20 出头的纳什在普林斯顿攻读博士期间，发表了一篇关于非合作博弈的博士论文，确立了他博弈论大师的地位。而同时代的普林斯顿可谓大师云集，爱因斯坦、冯·诺依曼、列夫谢茨（数学系主任）、阿尔伯特·塔克、阿伦佐·切奇、哈罗德·库恩……都在这里。普林斯顿大学直到今天的在校学生也不过 7000 多人，但却人才辈出：两位美国总统、44 位州长、33 位诺贝尔奖得主。

1999 年秋天至今，普林斯顿大学计算机科学系开设了一门名为“我们世界中的计算机”（Computers in our World）的课程。这门课是向非计算机专业的学生介绍计算机、互联网和通信方面基本常识的。而开设并讲授这门课程的教授 Brian Kernighan，曾在贝尔实验室工作 30 多年，与 Unix 系统的创造者 Ken Thompson 和 Dennis Ritchie（C 语言发明人）是同事，对 Unix 系统也做出了突出贡献。他与 Dennis Ritchie 合著的 *The C Programming Language* 是世界上第一本被广泛认可的 C 语言教程，被称为“K&R C”。他还发明了 AWK 和 AMPL 编程语言。

今天，计算机和互联网已经无处不在，已经像水、电、气一样，成为我们日常生活须臾不可缺少的必需品。了解这些对我们工作、学习和生活正产生巨大影响的基础设施的工作原理和运行机制，知道信息技术在给我们带来巨大便利的同时，还带来了哪些烦恼、隐忧，甚至前所未有的对我们人身、财产的各种威胁，我们才能真正融入这个时代，在各个领域立于不败之地。

普林斯顿大学的学生何其有幸，能够亲耳聆听顶尖计算机科学家的启蒙和常识普及课。而现在，作者把自己多年教学的讲义整理成这么一本集知识性、趣味性和科普性于一体的读物，让我们“到普林斯顿大学听计算机讲座”的梦想变成了现实。

这本书由李松峰和徐建刚合作翻译，其中李松峰翻译了“致读者”、第 2 章到第 8 章和第 11 章、第 12 章，以及书后的注解和词汇表，徐建刚翻译了“开篇语”、第 1 章、第 9 章和第 10 章。感谢李琳骁在翻译期间审读本书，并提出了很多修改意见，让表达更加通顺流畅。感谢图灵社区热心读者，特别是 xslidian 在阅读本书电子版期间提出的勘误，帮助我们更正了不少翻译错误。

致读者

1999 年秋天至今，我一直在普林斯顿大学教一门课，叫“我们世界中的计算机”。这门课的名字实在是含糊得可以，说起来都让人尴尬。这是我当时用了不到五分钟想出来的，结果“一失足成千古恨”，再想改就难了。不过，教这门课倒是给了我极大的乐趣，让我的工作几乎变成了享受。

开这门课主要是因为我们身边的计算机和与计算相关的东西已经随处可见了。每个学生都有一台计算机，其中任何一台的计算能力都比 1964 年我本科毕业时，普林斯顿大学那台造价数百万美元、占据一个很大房间的计算机强大得多。今天的一部手机甚至都比那时候的一台计算机处理能力强。每个学生都可以高速上网，美国至少半数以上的人也一样。我们搜索、上网购物，使用电子邮件、短信和社交网站与亲朋好友保持联络。

但这只是计算机时代的一个小小的缩影，不为人知的部分就像隐藏在海平面之下的冰山一样巨大。因为看不到，所以我们并不觉得家用电器、汽车、飞机，以及无所不在、司空见惯的电子设备——照相机、摄像机、游戏机、DVD 播放机、GPS 导航仪中都隐藏着计算机。

不经意间，对这些设备品头论足的信息也会进入我们的视野。就像有一次某报道引用了惠普一位高层领导的话：“本质上，数码相机就是一台带镜头的计算机。”同一篇报道中也引用了一位用户的话，这位用户好像不怎么高兴：“这哪是相机啊，根本就是一台计算机！”这是在抱怨有时候使用计算机也不容易。

而且，电话网络、电视和有线网络、空中交通管制、电网，还有银行和金融服务等公共设施对计算机的依赖程度也超出了我们的想象。

无所不在的计算机处处以意想不到的方式影响着我们。尽管我们时不时听说监控系统的规模不断在扩大，人们的隐私受到了侵害，电子投票带来了风险，但恐怕谁也没有意识到这些问题的根源就在于计算和通信的发展。

我们中的绝大多数人都不会与这些系统直接扯上关系，但每个人都会受到它们极大的影响，有些人则必须因它们而做出重大抉择。要是每个人对计算机都能多一点了解会不会更好呢？一个受过教育的人至少应该知道计算机的基本常识：计算机能做什么，怎么做；它们不可能做什么，而什么只是眼下还做不了；它们之间如何通信，通信过程中会发生什么；还有计算机和通信给我们生活的这个世界带来了哪些影响。

听我课的学生一般没有工科背景，他们专业学的都不是工程、物理或者数学。大部分学生主修的都是英语和政治、历史、古典文学、经济、音乐和艺术，几乎涵盖了人文和社会科学的各个专业。上完我的课之后，这些才华横溢的年轻人可以毫无障碍地阅读并理解计算机相关的文章和新闻报道，而且能够从中汲取更多的知识，甚至还可以指摘几处不够专业的表述。总的来说，我希望自己的学生对技术抱有理智批判的态度，知道它好，但它也不是万灵丹；反之，尽管技术有时会带来负面的结果，但它也并非一无是处。

理查德·穆勒（Richard Muller）的那本《未来总统的物理课》解释了作为国家领导人应该知道的科学和技术造成的社会问题，比如核威胁、恐怖主义、能源、全球变暖，等等。不想当总统但生活在信息时代的公民也应该很好地了解这些问题。虽然科学原理与推理论证有很多不同，但穆勒却能够很好聚焦于每个主题，聚焦于每个人都应该了解的物理常识。他的写作手法启发我让这本书成为“未来总统的计算机与通信”。作为总统应该了解哪些计算机和通信知识？一位信息时代的公民应该知道哪些？虽然每个人心目中的想法不一样，但这本书是我给出的答案。

这本书涵盖了三个核心技术领域：硬件、软件和通信。整本书都围绕这三个主题展开。

硬件是看得见摸得着的。不管是在家里，还是在办公室，计算机都是我们可以看到，可以触摸的。当然，还有我们每天随身携带的手机。计算机的内部都有什么，它是怎

么运转的，是根据什么原理制造的？它怎么保存和处理信息？什么是比特，什么是字节？怎么用它们来表示音乐、电影，还有一切？

软件是告诉计算机做什么的指令，几乎看不见，摸不着。通过计算可以做什么，计算速度可以有多快？怎么告诉计算机做什么？为什么让软件不出错很难？为什么它们有时候很难用？

通信就是计算机、手机和其他设备之间为了我们的需要而进行的对话，同时也让我们人和人之间能够交流，涉及互联网、万维网、电子邮件、社交网络等多种途径。这些东西的工作原理是什么？它们的好处显而易见，但有什么风险吗？特别是隐私和安全方面，该怎么解决呢？

在这三个主题之外，人们通常都会想到数据。数据指的是通过硬件及软件收集、存储和处理的，以及通信系统传送到世界各地的全部信息。其中部分数据是自愿公开的，主要是用户上传的照片和视频，有率性而为、不顾及后果的，也有时时警惕、谨小慎微的。还有一些是我们个人的信息，通常是在我们并不知情的情况下被收集和共享，根本没得商量。

无论你是总统，还是平民百姓，都应该了解这个计算机世界，因为它对每个人都有切身影响。无论工作和生活与技术距离有多遥远，你总有机会接触技术和搞技术的人。了解一些计算机和通信的常识都将对你大有助益，最低限度也能让你知道推销人员或服务热线什么时候向你隐瞒了事实。没错，无知有害。假如你不知道病毒、网络钓鱼以及类似的风险是怎么回事，那你受害的机率一定会大大增加；假如你不知道社交网络怎么泄露甚至任意传播你认为是个人隐私的信息，那你无意间泄露的很可能比自己想象的还要多；假如你对商业利益集团不顾一切从你的个人信息中挖掘线索这件事毫不知情，那你就会为了蝇头小利而出卖自己的隐私；假如你不知道在咖啡店和飞机上使用个人银行服务是有风险的，那么你的钱和身份就会让网络窃贼有可乘之机。

是要把这本书写成一本带习题的教材，每章后面再附上涉及各个知识点和实例的思考题呢，还是写成一本出版社称之为“科普书”的大众读物，字里行间点缀一些奇闻轶事，让它看起来根本不像课本呢？结果是两种倾向都有体现。不管怎样，这肯定不是一本带脚注、参考文献，句子都很长的“学术著作”。这种书连我这样的作者都怕得

要死，更何况可怜的读者。本书没有脚注，参考资料也不敢说没有遗漏。其中任何一个主题都可以大大地扩展，可要是每个主题都讲得很细，恐怕这本书的篇幅还要多出10倍，而且用处也没那么大了。本书末尾推荐阅读部分给出了一些我特别喜欢的书，还有一些网站链接，可以作为本书的补充阅读资料。

我希望读者可以从头到尾地阅读这本书，但你也可以先挑一些自己感兴趣的内容开始读，然后再看其他章节。举个例子，你可以先从第8章开始，依次了解计算机网络、手机、互联网、万维网和隐私等话题。虽然其中个别地方需要先弄明白前面几章的内容，但大多数内容还是可以直接看懂的。那些涉及数学的内容，比如讲二进制的第2章可以都先不看。有几章讲编程语言细节部分的内容，不想看也可以跳过。本书末尾有一个术语表，给出了一些重要术语和缩写的定义或解释。

讲计算机的书都很容易过时，当你读到这本书时，肯定会发现其中有些资料已经不那么准确，或者至少是过时了。不过，对于那些长期都有价值的东西，我也尽力清晰地传达给读者了。至于其他内容，比如更新、勘误或补充资料之类的，请读者拨冗访问一下本书网站 kernighan.com。

至于我写这本书的目标，是希望读者能对计算机和通信技术有一个深入的了解，真正明白它们的工作原理，它们的起源，还有未来的发展趋势。然后，能够从对自己有益的角度重新看待这个世界。果能如此，吾愿足矣。

致谢

首先，对朋友和同事们给予我无私的帮助和建议深表谢意。这里面要特别感谢Jon Bentley，他给每一页草稿都做了细致的批注。感谢Clay Bavor、Dan Bentley、Hildo Biersma、Stu Feldman、Gerard Holzmann、Joshua Katz、Mark Kernighan、Meg Kernighan、Paul Kernighan、David Malan、Tali Moreshet、Jon Riecke、Mike Shih、Bjarne Stroustrup、Howard Trickey和John Wait极其认真地审读全书，提出很多好建议，让我避免了一些重大失误。还要感谢Jennifer Chen、Doug Clark、Steve Elgersma、Avi Flamholz、Henry Leitner、Michael Li、Hugh Lynch、Patrick McCormick、Jacqueline Mislow、Jonathan

Rochelle、Corey Thompson，以及Chris Van Wyk给出宝贵的评注。但愿他们一眼就看出我在哪里遵从了他们的建议，而不会留意那几处我没听劝的地方。

David Brailsford 根据自己来之不易的经验给了我很多有用的建议，有出版方面的，也有文字排版上的。Greg Doench 和 Greg Wilson 也毫无保留地给了我一些出版建议。感谢 Gerard Holzmman 和 John Wait 提供照片。

Harry Lewis 是 2010~2011 学年我在哈佛时负责接待我的人，本书的前几稿就是在那儿写的。Harry 的建议，还有他讲授类似课程的经验，对我帮助很大，他给我的几份草稿写的评注也一样。哈佛的工程和应用科学学院、伯克曼互联网与社会研究中心为我提供了办公的地方，各种设施，还有融洽友好催人奋进的环境，以及每天一顿免费的午餐（世上真有免费午餐！）。

最后，我特别感谢选修“COS 109: Computers in our World”这门课的几百位学生。他们的关注、热情和友谊一直都是我不竭的动力之源。希望他们在走上社会几年后，能够渐渐体会到上我这门课的好处。

目 录

开篇语 / 1

任何足够先进的技术都与魔术无异。

——阿瑟·C.克拉克，“技术及未来前景”，
《三号行星的报告》，1972年

第一部分 硬件

计算设备的历史悠久，不过早期的计算设备大多数是专用的，通常用于预测天文事件及其发生方位。例如，关于巨石阵，一个尚未证实的推测就认为它是一座天文观测站。公元前100年制造的安提基瑟拉机器就是一台天文计算机，其机械结构之精妙令人叹为观止。

第 1 章 计算机里有什么 / 11

PC这个名字是个人计算机（Personal Computer）的缩写，或者说源自于1981年IBM开始卖的那种PC。还有些人可能有苹果Mac机，上面运行某个版本的Mac OS X操作系统。更专用的设备，比如手机和平板电脑，也是强大的计算机。这些计算机看起来很不一样，用起来也感觉不一样，但这仅仅是表象，其实根本没区别。

- 1.1 逻辑构造 / 13
- 1.2 物理构造 / 18
- 1.3 摩尔定律 / 21

第2章 比特、字节与信息表示 / 23

温度计的红色液体（通常是染色酒精）或水银柱是模拟的：液体会随着温度变化按比例膨胀或收缩，因此温度产生较小的变化，液体柱高度也会相应产生较小变化。但大楼外面显示温度的广告牌则是数字的：显示屏显示的是数值，温度介于36.5和37.4之间时，它都显示为37。

- 2.1 模拟与数字 / 23
- 2.2 模数转换 / 25
- 2.3 比特、字节与二进制 / 30
- 2.4 小结 / 37

第3章 深入了解 CPU / 39

今天的笔记本电脑，甚至连手机都已经有多CPU了。英特尔酷睿双核处理器在一块集成电路芯片上集成了两个CPU（“核心”）。在一块芯片上集成越来越多的处理器已经成为明显的趋势。

- 3.1 玩具计算机 / 40
- 3.2 真正的CPU / 45
- 3.3 缓存 / 47
- 3.4 其他计算机 / 49

硬件部分小结 / 51

第二部分 软件

2010年4月的美国《消费者报告》（*Consumer Reports*）称丰田雷克萨斯GX460车型“不能买：存在安全隐患”，因为其电子稳定控制系统会导致这款SUV在急速转弯时车尾过分向外甩，从而可能导致翻车事故。一个月之内，丰田公司就升级软件，修复了这个问题。根本就没有任何机械问题，仅仅是软件最初有些问题。

第4章 算法 / 57

假设我们想找出谁是房间里个子最高的人。我们可以四下里看看，然后猜一猜会是谁。然而，算法则必须精确地列出每一个步骤，从而让不会说话的计算机都能遵照执行。最基本的做法就是依次询问每个人的身高，并记住到目前为止谁最高。于是，我们可能会问“约翰，你多高？玛丽，你呢？”

- 4.1 线性算法 / 58
- 4.2 二分搜索 / 60
- 4.3 排序 / 62
- 4.4 难题与复杂性 / 66
- 4.5 小结 / 68

第5章 编程与编程语言 / 71

程序必须考虑实际的问题，比如内存不足、处理器速度不快、无效或恶意的输入、网络连接中断，以及（看不见摸不着，但却经常会导致其他问题恶化的）人性弱点。因此，如果说算法是理想化的菜谱，那程序就是让烹饪机器人冒着敌人的炮火为军队准备一个月的给养所需的操作说明书。

- 5.1 汇编语言 / 72
- 5.2 高级语言 / 73
- 5.3 软件开发 / 79
- 5.4 软件资产 / 84

第6章 软件系统 / 93

你使用的电脑中会装有各种各样的程序，比如浏览器、文字处理器、音乐播放器……这些程序有一个专业的叫法，即应用程序（application）。典出何处？或许出自“这个程序是计算机在完成某个任务方面的应用”吧。

- 6.1 操作系统 / 94
- 6.2 操作系统怎么工作 / 98
- 6.3 其他操作系统 / 101
- 6.4 文件系统 / 102

- 6.5 应用程序 / 108
- 6.6 软件分层 / 111

第7章 学习编程 / 115

如果你自己折腾一天连10行代码都调试不好，那别人要是说能按时交付百万行级的程序，而且没有任何bug，你相信吗？换个角度说，有点编程常识也能让人明白，其实也不是写什么程序都那么难，大不了请人帮你写呗。

- 7.1 编程语言的基本概念 / 116
- 7.2 第一个 JavaScript 程序 / 117
- 7.3 第二个 JavaScript 程序 / 119
- 7.4 循环 / 121
- 7.5 条件 / 122
- 7.6 库和接口 / 124
- 7.7 JavaScript 怎么工作 / 125

软件部分小结 / 127

第三部分 通信

几千年前，人们就曾通过善于长跑的人传递消息。公元前490年，费迪皮迪兹从马拉松战场奔跑了42公里到达雅典，把打败波斯人的胜利消息传递给了雅典人。不幸的是，跑到雅典之后，他上气不接下气地说完“庆祝吧，我们胜利了”之后就死了（至少传说里是这么讲的）。

第8章 网络 / 135

电话网作为一个覆盖全球的大型网络，从一开始只传送语音，到后来同时传输语音和可观的数据，为人类做出了贡献。大约有近20年的时间，人们都是通过电话网把家用计算机接入互联网的。

- 8.1 电话与调制解调器 / 136
- 8.2 有线和 DSL / 136
- 8.3 局域网和以太网 / 138
- 8.4 无线网络 / 141

8.5 手机 / 144

8.6 小结 / 147

第9章 互联网 / 149

简单算一下就会发现，IPv4地址只有大约43亿个，甚至还不够地球上每人分一个。因此，按照人类使用的通信服务数量的增长势头，这些IPv4地址迟早会被耗光。实际情况比这种“危言耸听”更糟糕，因为IP地址是按块划分的，这样用起来就没有理论上那么有效率。

9.1 互联网概述 / 150

9.2 域名和地址 / 153

9.3 路由 / 157

9.4 协议 / 159

9.5 高层协议 / 162

9.6 带宽 / 172

9.7 压缩 / 173

9.8 错误检测和校正 / 176

9.9 小结 / 177

第10章 万维网 / 179

万维网的诞生可以追溯到1989年。当时，在日内瓦附近的欧洲核子研究中心工作的英国物理学家蒂姆·伯纳斯-李，为便于通过互联网共享科学文献和研究结果而设计了一套系统，以及一个只能用文本模式查看可用资源的客户端。这套系统在1990年投入使用。说来惭愧，我1992年10月还亲眼见过有人使用它，可当时并没觉得它有那么好，也根本没想到6个月后诞生的第一个图形界面浏览器会改变世界。瞧我这眼光！

10.1 万维网如何工作 / 180

10.2 HTML / 182

10.3 表单 / 183

10.4 cookie / 184

10.5 动态网页 / 186

10.6 网页之外的动态内容 / 189

10.7 病毒和蠕虫 / 190

10.8 万维网安全 / 192

10.9 密码术 / 201

10.10 小结 / 208

第 11 章 数据、信息和隐私 / 211

隐私常常就是安全的同义词。至少对每个个体而言，如果自己的生活信息被传播得随处可见，那怎么会让人感觉安全无忧呢？特别是互联网，它对个人安全已经产生了重大影响。这种影响更多体现在财务风险而非人身安全方面。因为互联网让人们从各种来源收集和整理信息变得异常容易，从而为电子入侵大开方便之门。

11.1 搜索 / 212

11.2 跟踪 / 216

11.3 数据库、信息与聚合 / 221

11.4 隐私失控 / 224

11.5 云计算 / 225

11.6 小结 / 230

第 12 章 结束语 / 231

最后，读者诸君务必牢记一点，无论今天的技术多么千变万化，人是不变的。无论从哪方面来看，现代的人类与几千年前的人类并没有太大区别。

注解 / 236**词汇表 / 242****索引 / 253****版权声明 / 256**