

Processing

语言权威指南

[美] Casey Reas, Ben Fry 著

张静 谭亮 等译

Processing:
A Programming
Handbook for
Visual Designers
and Artists



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

Processing

语言权威指南

Processing:

A Programming Handbook for Visual Designers and Artists

[美] Casey Reas , Ben Fry 著

张静 谭亮 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了可视化艺术中的计算机编程概念,对开源编程语言 Processing 做了非常详尽的阐述。学生、艺术家、设计师、建筑师、研究者,以及任何想编程实现绘画、动画和互动的人都可以使用它。书中的大部分章节是短小的单元,介绍 Processing 的语法和基本概念(变量、函数、面向对象编程),涵盖与软件相关的图像处理、绘制,并且给出了大量简短的原型程序,配以相应的过程图像与注释。书中还有一些访谈文章,与动画制作、表演、产品原型等领域的几位创作者们讨论了与他们作品相关的话题。本书的“扩展”部分对更多研究领域做了简短的介绍,包括计算机视觉、声音、电子制作等。Processing 软件以及书中的所有代码均可以在网站下载,并且在这些代码的基础上做进一步的开发。

Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists

Copyright©2007 Massachusetts Institute of Technology

This edition arranged with MIT Press through Bardon Chinese Media Agency.

Simplified Chinese edition copyright©2013 PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

All rights reserved.

本书简体中文专有翻译出版版权由博达著作权代理有限公司 Bardon Chinese Media Agency 代理 MIT Press 授权电子工业出版社,专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2011-2174

图书在版编目(CIP)数据

Processing 语言权威指南 / (美) 瑞斯 (Reas,C.), (美) 弗莱 (Fry,B.) 著; 张静等译. —北京: 电子工业出版社, 2013.10

书名原文: Processing: A programming handbook for visual designers and artists

ISBN 978-7-121-21352-6

I. ①P… II. ①瑞… ②弗… ③张… III. ①程序设计 IV. ①TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 206144 号

策划编辑: 林瑞和

责任编辑: 许 艳 李利健

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 46 字数: 873 千字

印 次: 2013 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 139.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

序

在麻省理工学院，我管理的全日制研究生工作室吸引了一些极有天分的学生，在把计算机作为表达媒介时，他们往往需要面对一个基本的平衡问题：一方面，他们不希望程序代码成为设计和艺术表现的一种阻碍，另一方面，他们又不得不编写一些复杂的代码来探索新的视觉表达效果。这是无法回避的矛盾。结论其实很简单，二者兼顾。

能够将技术与艺术完美结合的混合型人才是学术体系中的一些异类。传统意义上，大学往往培养专攻技术的学生或专攻艺术的学生，但从不对一个学生进行兼顾两者平衡的培养。在 20 世纪 90 年代，挑战这种所谓的规范的变革者即便不来寻求我，我也会自己去寻求他们。把这些独特的人才聚集在一块儿便是我的初衷，这也让我结识了 Casey Reas 和 Ben Fry。

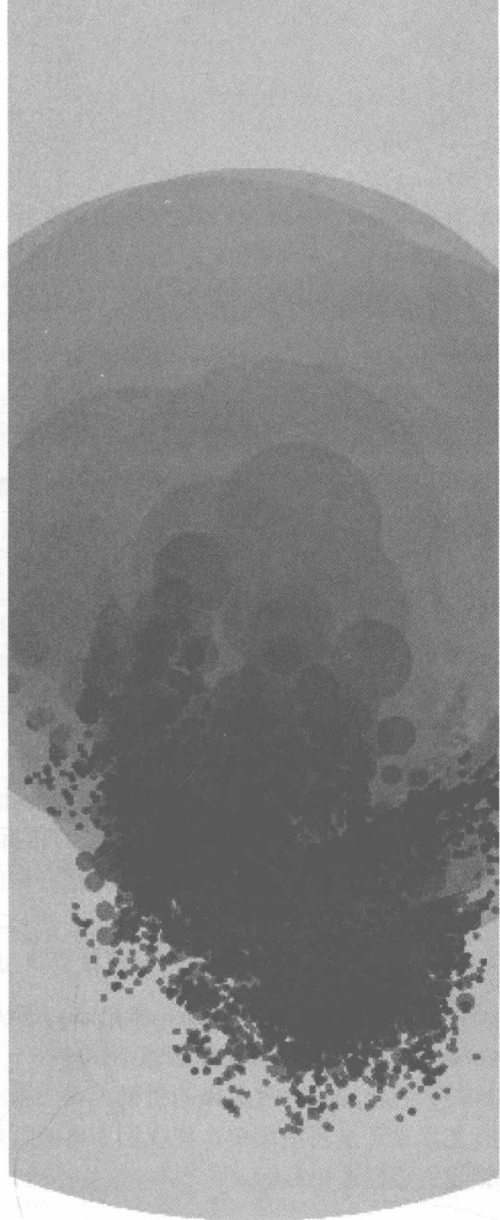
人们都说对于一个教师最高的夸奖便是青出于蓝而胜于蓝。当我和他们开始一起工作后，很快便迎来了这么一个青胜于蓝的转折点。在 Ben 和 Casey 创造出 Processing 后，他们也完全超越了我。他们凭借着互联网的优势显著提升了这种视觉实验的号召力，并吸引了数以千计的混合型人才的参与。无论我到世界何处，总会有年轻的新媒体艺术家们在谈论 Processing，并希望我向 Casey 和 Ben 传达他们的谢意。

所以我在这里感谢你们，Ben 和 Casey。我代表所有在计算机艺术与设计领域追随 Processing 的人们，祝愿你们能不懈地在一个个不眠之夜里，继续完善这座将艺术思维与计算机编程连接起来的桥梁。我们都盼望着你们成为引领者，使运用计算机进行艺术设计变得更简单，使我们不再被背后复杂的技术内容所困扰。盼望着你们引领我们迈向这个目标。

John Maeda

媒体艺术与科学系 教授

麻省理工学院媒体实验室



前言

本书写作的目的是介绍视觉艺术相关的计算机编程的概念。它面向的是理解计算机的读者——他们对于通过编程创建互动的视觉作品很感兴趣，但是经验甚少。我们十分惊讶于软件竟然也可以成为交流和表达的媒介，同时希望此书能使更多的人看到软件的力量。

这本 Processing 书籍来自于作者六年来的软件开发和授课经历。书中阐述的概念已经在课堂、计算机实验室、大学地下室、艺术与设计学校、艺术机构等地方得到验证。作者在加利福尼亚大学洛杉矶分校（UCLA）、艾丽维尔交互设计学院（the Interaction Design Institute Ivrea）、哈佛大学及卡耐基·梅隆大学教授过相关课程，并且在全球各地就此课题举办过无数的研讨课及讲座。本书的内容在学生和教育界同仁反馈的帮助下，不断改进。精简后的课程在此书中得到展现，期望将这份结果贡献给更大、更多的社区。

本书内容

本书中讲解了四个方面的内容。大部分章节是一个个小单元，讨论编程中的某几个元素以及它们与艺术设计的关系。这些单元介绍编程的语法及概念，包括变量、函数以及面向对象编程，并讨论了摄像、绘图与软件编程之间的联系。这些章节的例子都很简短，只用于阐述用法，同时附上运行时图像及解释。对于动画、演出及字体设计等高级专业设计项目，在本书中是以创作者访谈的形式展现的（见第 155 页、第 261 页、第 377 页、第 501 页）。“扩展”部分（见第 519 页）则简要介绍了更多可深入探索的领域，如计算机视觉、声音及电子器件。“附录”（见第 661 页）提供参考表格以及更多详细的技术领域介绍。“相关媒介”部分（见第 693 页）则提供了相关话题的补充材料。书中使用到的术语在术语表中定义（见第 699 页）。

本书提供了很多 Processing 范例程序，因为这门语言就是由作者开发的。Processing 是一个免费、开源的编程语言及环境，被学生、艺术家、设计师、建筑师、研究者、爱好者们用于学习、制作原型及产品开发。艺术家和设计师们不断完善 Processing，使其可以替代同类的付费软件工具。这个项目将编程语言、开发环境以及教学方法论，整合成为统一的结构，可用于学习和研究。

该软件学习起来并不难，用户很容易从初学者晋升为高级程序员，同时

Processing 语言也是未来学习的良好基础，因为它的技术部分以及书中介绍的高级编程概念可用于其他编程语言，尤其是那些在艺术领域被频繁使用的语言。

书中大部分范例有着简单的视觉风格。这并不表示 Processing 只能制作出此类风格的作品，而是因为作者希望代码可以尽量精简。我们希望简单的代码可以给读者更多的空间，在此基础上扩展他们自己的视觉风格。

如何阅读本书

你可以从头至尾通读本书，也可以根据自身情况选择任意章节阅读。在文前你可以看到两个目录（xiii 页及 xviii 页），它们将本书内容按不同要素排序列了出来。按照每个分类的顺序（例如，输入、形状、结构）从头开始通读本书，事实上更有逻辑。读者也可以根据自己已有的知识和兴趣点来选择阅读顺序。例如，可以阅读所有关于图像的章节，而略过关于数学的内容，反之亦可。你会发现后续章节的知识需要用到先前讨论过的概念。如果你对此感到陌生，不妨回到前面的章节进行阅读。

要想理解本书光靠阅读是不够的。必须运行、修改书中的代码，并与之交互。正如不进厨房学不会做菜，不亲手写点代码是不可能学会编程的。许多例子只有你在使用鼠标与键盘看到实际的运行结果后才能充分理解。Processing 软件以及书中所有的代码都可以下载。Processing 可以从 www.processing.org/download 下载，而范例可以从 www.processing.org/learning 下载。

代码、图表及图像可以辅助理解文本。由于本书面向的是关注视觉效果的人，因此我们认为你也会仔细阅读图表和图像，就如同阅读文字一样。字体以及视觉的转换是辅助阅读的。文本中的代码元素以等宽字体表示，以示差别。每段代码范例都以数字编号，方便检索。这些编号都在页面右侧，每个例子的第一行。编号“15-02”指向第 15 章的第 2 个例子（见第 128 页）。许多范例在修改变量的值后运行结果截然不同。如果在图片的左侧（见第 200 页）有数字，则表示图片是用这些数字生成的。如果代码中鼠标的位置十分重要，则会用粗线条暗示图片生成时的鼠标位置（见代码 23-02）。在一些例子中，只有鼠标的纵坐标是重要的，因此只用一根垂直的线来表示位置（代码 23-03）。

关于我们——Casey

从孩童时代起我便接触计算机。我在家中的 Apple IIe 上玩游戏，并用 BASIC 和 Logo 编写小程序。我花了很多年研究它，但我更喜欢画画，因此对计算机的兴趣

就消散了。20 世纪 90 年代早期我在辛辛那提大学 (University of Cincinnati) 学设计，一年级时我开始使用 Adobe 的 Photoshop 和 Illustrator，但是直到三年级我才被允许在设计课上使用它们。头两年的时间全部用于训练自己通过眼和手来构造视觉结构。我花了大量精力学习用铅笔绘制图标和字母，并用 Plaka 这种亚光的黑颜料进行上色。这其实是很繁重的体力劳动。为了得到一张满意的图画，我通常要用掉上百页的草稿纸。后来我开始将精力放在印制品上，如书本、杂志及信息图表。在这些作品中我使用软件作为构思与最终结果的过渡工具。

后来，我从制作印制品转到了软件上。当多媒体 CD-ROM 出现时，我使用这种媒介将声音、视频、图像与信息设计相结合。随着 20 世纪 90 年代中期互联网的崛起，我开始专注于构建大型的、基于数据库的网站。我的工作对象从纸张迁移到屏幕，从静态的网格和信息层级进化为动态的、分辨率和结构皆可变的模块化系统。而我关注的重点亦从材料细节与静态构成转变为运动与响应中的细节。我对实时产生图形、定义行为以及控制交互十分感兴趣。为了在更高的层面追求这种兴趣，我意识到必须学会编程。在孩童时期用计算机娱乐，以及多年的使用它们进行专业工作之后，我走向了一条新的道路。

在 1997 年，我遇到 John Maeda，他向我介绍了麻省理工学院美学与运算小组的实验性软件作品。他的学生们通过组合传统艺术理念与计算机科学，创建了一种新的作品形式。当我体验到这种作品时，我知道自己有新方向了。于是在 1998 年我开始认真学习计算机编程。第二年我成为麻省理工学院的研究生。我整个人生都被改变了，从软件的消费者成为了软件的生产者。我拓展了自己的技术事业，将它与文化和艺术史联系起来。

作为麻省理工学院媒体实验室的研究生，我接触到一群身怀各种绝技的人。他们共有的技能是计算机，但是各自都有其他的背景，包括建筑、艺术、数学、设计以及音乐。在那时，很少有软件能同时具备高级的编程语言与创建精美图像的能力，所以我在麻省理工学院的前辈和同仁们创建了他们自己的软件以满足自己的需求。在这个过程中，一种独特的文化出现了，它将视觉文化的知识和计算机科学的知识融合在一起。我们想把这种信息带给技术领域以及学院之外的人，于是我把这六年都贡献给了 Processing 的开发。我希望这本书能够作为催化剂，提升艺术圈的编程能力。

关于我们——Ben

和很多人一样，我总是喜欢拆卸物件搞清楚它们的工作原理。一开始我拆解家里的电器，比较它们内部的组件，找出相同的组件。后来我厌烦了拆装电话机和收音机，对软件产生了兴趣。计算机为我提供了无穷的空间，就好像那里面有无数等

待拆卸的电话机。凭着一本烧过的黄色装订本“IBM BASIC by Microsoft”，父亲教会了我 for 循环，而我也开始自学编程——大多是通过阅读他人的代码，不时加以修改以实现其他功能。一段时间以后，对从头开始编写软件我也驾轻就熟了。

另外，我对图形设计也感兴趣，对于字体、排版与样式设计也很好奇。我的一位亲戚开了一家设计公司，我觉得那简直是地球上最有趣的工作。后来我申请到了设计学校，学习用户界面设计与创建“互动的多媒体 CD-ROM”，这可以说是满足我人生两大兴趣的唯一途径。就读于设计学校对我十分重要，因为它教会了我思考和创意，而这些方法在别处也适用，比如我热爱的软件领域。

在 1997 年，也就是我本科阶段的最后一年，John Maeda 举办了一次讲座。他演示的内容让我们都惊呆了，当时坐在后排时我的一位朋友一边看一边喃喃自语：“哇，讲慢点，讲慢点……”。在演讲中我终于看到了设计与计算的交集，之前我从未如此想象过。这是截然不同的观点，既不是普通的制作工具，也不是构造界面。一年后我有幸在麻省理工学院与 Maeda 教授一起工作。

在媒体实验室与 John 共事的六年期间，教育学是一个永恒的主题。我、Casey 以及其他学生投入到了 Design By Numbers 项目中，从中学习如何教设计师进行运算，同时也获得了大量的真实需求的反馈。当时我们有一个位于“草图”阶段的项目，Casey 和我看到了二者的相似之处，于是我们开始讨论如何连接这两者，最终开发出 Processing。

我们希望 Processing 可以包含大量代码，用户可以阅读、修改及测试它们，这其实就是我学习编程的过程。但是更重要的是围绕着这个项目的社区，社区成员乐于分享代码，帮助解决他人的问题。同样的，Processing 本身的代码也是开放的，对我而言，这是为了回报上一代开发者，因为他们分享自己的代码，并解答了我的问题。

对于这个项目，我个人的一个目标是帮助设计师控制自己的工具。自桌面出版在 20 世纪 80 年代中期推动设计的发展以来，已经过去 20 多年了，我们需要更多的创新。虽然设计师有很多可用的工具，通过编程以及写脚本能够填补设计师的想法与软件能力之间的鸿沟。大多数的 Processing 用户只会将它应用在自己的工作上，但是我希望更多新颖的工具是由设计师设计出来的，而不是完全依赖软件公司与计算机科学家。

致谢

本书是我们对视觉设计与软件进行超过十五年研究的成果。John Maeda 对于 Processing 和这本书的问世是投入最多的那个人。作为麻省理工学院媒体实验室中美

学与运算小组 (ACG) 的顾问, 他的 Design By Numbers 项目是这里所展现的理念的源泉。1999 年到 2004 年期间, Processing 的发展也得到了我们在 ACG 的研究生同学的极大帮助。我们感谢合作者 Peter Cho, Elise Co, Megan Galbraith, Simon Greenwold, Omar Khan, Axel Kilian, Reed Kram, Golan Levin, Justin Manor, Nikita Pashenkov, Jared Schiffman, David Small 及 Tom White。我们同时感谢 ACG 以及视觉语言工作坊 (Visual Language Workshop) 的前辈所作出的贡献。

Processing 诞生于麻省理工学院, 它的成长离不开其他的院校的支持, 包括 UCLA, 艾丽维尔交互设计学院, 博德研究所 (the Broad Institute) 以及卡内基·梅隆。Casey 在 UCLA 及艾丽维尔的同事为本书的许多想法提供了环境。感谢 UCLA 的教员 Rebecca Allen, Mark Hansen, Erkki Huhtamo, Robert Israel, Willem Henri Lucas, Rebeca Mendez, Vasa Mihich, Christian Moeller, Jennifer Steinkamp 及 Victoria Vesna。感谢艾丽维尔的教员及创始人 Gillian Crampton-Smith 及 Andrew Davidson, Dag Svanaes, Walter Aprile, Michael Kieslinger, Stefano Mirti, Jan-Christoph Zoels, Massimo Banzi, Nathan Shedroff, Bill Moggridge, John Thackara 及 Bill Verplank。我们还要感谢博德研究所的教员 Eric Lander, 他资助了 Ben Fry 的可视化研究, 其中很大一部分也是基于 Processing 的。

本书的想法和结构在近六年的授课过程中得到不断改善, 授课的学校包括 UCLA、卡内基·梅隆、艾丽维尔交互设计学院、麻省理工学院及哈佛大学。我们尤其感谢 Casey 的 DESMA 28, 152A 及 152B 班上的学生, 你们的想法、努力和作品都太棒了。Casey 在 UCLA 的研究生提供了极有价值的回馈: Tatsuya Saito, Krister Olsson, Aaron Koblin, John Houck, Zai Chang, 以及 Andrew Hieronomi。

Processing 最初通过工作坊的形式介绍给学生。我们尤其感谢在 2001 及 2002 年第一批尝试我们这款软件的机构, 包括东京武藏野美术大学、法国巴黎国立高等工业设计学院、瑞士巴塞尔 HyperWerk 学院以及荷兰海牙皇家音乐学院。许多大学都将 Processing 整合进了课程, 我们感谢这些先锋教育者及学生。他们太多, 无法在此列举。特别感谢纽约大学的交互式通信程序 (Interactive Telecommunication Program, ITP), 尤其是 Dan O'Sullivan, Josh Nimoy, Amit Pitaru 及 Dan Shiffman 在早期的采纳和推广。

Processing 软件是社区共同努力的成果。在过去的五年中, 软件不断得到完善。而本书以及 Processing 的目标根据大家的宝贵建议和讨论有所调整。要想列出所有参与者以及贡献者的名单是不可能的, 再此仅列出该软件的核心贡献者, 他们是: Karsten Schmidt, Ariel Malka, Martin Gomez, Mikkel Crone Koser, Koen Mostert, Timothy Mohn, Dan Mosedale, Jacob Schwartz, Sami Arola, Dan Haskovec 以及 Jonathan Feinberg。官方网站 www.processing.org 得到 Lenny Burdette, Florian Jenett, Cem Uzunoglu, Dara Kilicoglu 以及 Kevin Cannon 的修缮。Processing 参考手册 (网

站中可查询)被翻译成其他语言,感谢 Willian Ngan, Tori Tan, Mei Yu, Widianto Nugroho, Tetsu Kondo, Tai-Kyung Kim, Julien Gachadoat, Pedro Alpera, Alessandro Capozzo 以及 Burak Arikan。感谢以下这些人士对代码库的慷慨贡献: Brendan Berg, Jeffrey Traer Bernstein, Michael Chang, Stephane Cousot, Jeff Crouse, Kristian Linn Damkjer, Daniel Dihardja, Julien Gachadoat, Simon Greenwold, Mark Hill, Florian Jenett, JohnG, Jesse Kriss, Ariel Malka, Markavian, Allan William Martin, Josh Nimoy, Krister Olsson, Amit Pitaru, Christian Riekoff, RSG, Carl-Johan Rosén, Tatsuya Saito, Andreas Schlegel, Karsten Schmidt, Daniel Shiffman, Taka 以及 Marius Watz。Tom Carden 创建了 www.processingblogs.org, 并与 Karsten Schmidt 一起创建了 www.processinghacks.com。

我们还要感谢开源软件 Jikes, JEdit, ORO Matcher 以及 ANTLR 的作者们。Processing 从这些软件中获益良多。

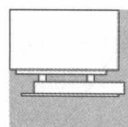
本书在过去的两年中经过了无数次的重写和重新设计。我们亏欠 Shannon Hunt 太多了,他阅读并编辑了本书初稿,同时校对了终稿。Karsten Schmidt 和 Larry Cuba 阅读了早期章节,并提供反馈。Tom Igoe 和 David Cuartielles 提供了关于电子器件扩展部分的重要反馈,Drew Trujillo 则帮助我们制作了附录 G。Rajorshi Ghosh 和 Mary Huang 在本书的制作过程中提供了极大的帮助。感谢 Chandler McWilliams 对终稿进行彻底的技术评审。

与 MIT 出版社员工们共事的日子十分快乐,感谢他们对本书的辛勤付出。Doug Sery 指导我们顺利走过出版的每个环节,使这本书成为可能。感谢 Katherine Almeida 以及编辑部的员工修正我们的拼写错误,感谢 Terry Lamoureux 和 Jennifer Flint 在制作中的智慧。匿名读者对初稿的评论提供了极大的价值,帮助精简了本书的结构。

我们感谢许多做出贡献的艺术家和作者。他们慷慨提供他们的时间,本书因他们参与而更有价值。

最重要的还有,Casey 要感谢 Cait, Molly, Bob 及 Deanna。Ben 要感谢 Shannon, Chief, Rose, Mimi, Jamie, Leif, Erika 及 Josh。

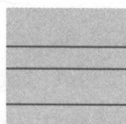
献给麻省理工学院美学与运算小组



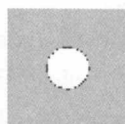
29



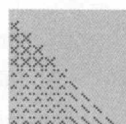
34



45



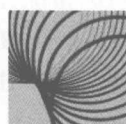
57



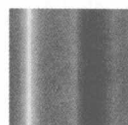
67



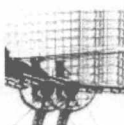
72



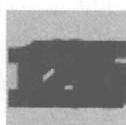
84



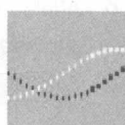
91



99



113



121



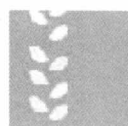
131



141



189



192



204



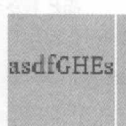
208



221



225



233



244



247



289



297



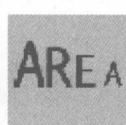
307



320



324



331



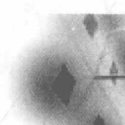
336



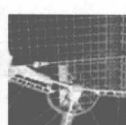
344



352



354



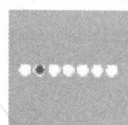
359



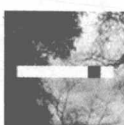
409



415



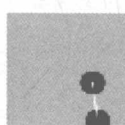
447



451



472



493



530



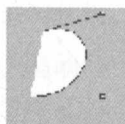
535



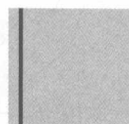
551



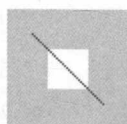
29



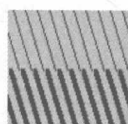
30



44



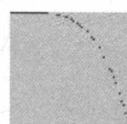
55



63



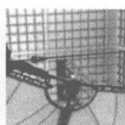
70



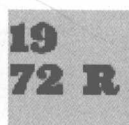
83



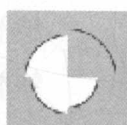
88



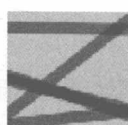
97



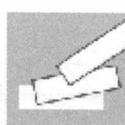
113



124



128



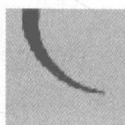
137



174



186



200



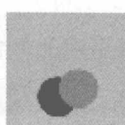
206



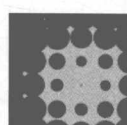
219



225



231



239



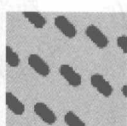
246



281



293



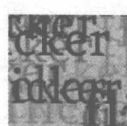
306



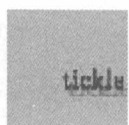
316



322



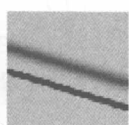
329



334



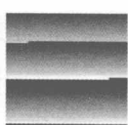
340



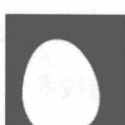
349



353



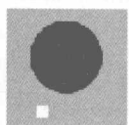
356



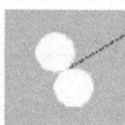
406



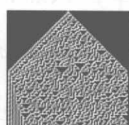
414



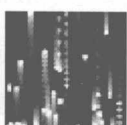
441



458



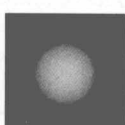
464



484



530



535



551

目录

序.....	xix	开发一：草图与技术	145
前言.....	xxi	综合一：形式与代码	149
Processing	1	访谈一：印刷	155
使用 Processing	9	结构二：连续运行	173
结构一：代码要素.....	17	结构三：函数	181
形状一：坐标与基本图形	23	形状三：参数与递归	197
数据一：变量.....	37	输入一：鼠标一	205
数学一：算术与函数	43	绘图一：静态形式	217
控制一：判断.....	51	输入二：键盘	223
控制二：重复.....	61	输入三：事件	229
形状二：顶点.....	69	输入四：鼠标二	237
数学二：曲线.....	79	输入五：时间与日期	245
色彩一：用数字定义颜色	85	开发二：迭代与调试	251
图像一：显示与染色	95	综合二：输入与响应	255
数据二：文本.....	101	访谈二：软件与网页	261
数据三：转换与对象	105	运动一：直线与曲线	279
字体设计一：显示.....	111	运动二：机械与有机体	291
数学三：三角学.....	117	数据四：数组	301
数学四：随机.....	127	图像二：动画	315
变换一：平移与矩阵	133	图像三：像素	321
变换二：旋转与缩放	137	字体设计二：运动	327
		字体设计三：响应	333
		色彩二：分量	337

图像四：滤波、融合、复制与蒙板.....	347	扩展三：视觉	547
图像五：图像处理.....	355	扩展四：网络	563
输出一：图像.....	367	扩展五：声音	579
综合三：运动与数组	371	扩展六：印刷品	603
访谈三：动画与录像	377	扩展七：移动平台	617
结构四：对象一.....	395	扩展八：电子器件	633
绘图二：动态形式.....	413	附录 A：运算顺序	661
输出二：文件导出.....	421	附录 B：保留字.....	663
输入六：文件导入.....	427	附录 C：ASCII 与 Unicode.....	664
输入七：界面.....	435	附录 D：比特、二进制与十六进制	669
结构五：对象二.....	453	附录 E：优化.....	673
模拟一：生物.....	461	附录 F：编程语言	679
模拟二：物理.....	477	附录 G：代码对比	686
综合四：结构与接口	495	相关媒介	693
访谈四：演出与装置	501	术语表	699
扩展一：继续.....	519	代码索引	703
扩展二：三维.....	525	索引	705

分类目录

序.....	xix	输入一：鼠标一	205
前言	xxi	输入二：键盘	223
Processing	1	输入三：事件	229
使用 Processing	9	输入四：鼠标二	237
色彩一：用数字定义颜色	85	输入五：时间与日期	245
色彩二：分量.....	337	输入六：文件导入	427
控制一：判断.....	51	输入七：界面	435
控制二：重复.....	61	数学一：算术与函数	43
数据一：变量.....	37	数学二：曲线	79
数据二：文本.....	101	数学三：三角学	117
数据三：转换与对象	105	数学四：随机	127
数据四：数组.....	301	运动一：直线与曲线	279
开发一：草图与技术	145	运动二：机械与有机体	291
开发二：迭代与调试	251	输出一：图像	367
绘图一：静态形式.....	217	输出二：文件导出	421
绘图二：动态形式.....	413	形状一：坐标与基本图形	23
图像一：显示与染色	95	形状二：顶点	69
图像二：动画.....	315	形状三：参数与递归	197
图像三：像素.....	321	模拟一：生物	461
图像四：滤波、融合、复制与蒙板 ...	347	模拟二：物理	477
图像五：图像处理.....	355	结构一：代码要素	17
		结构二：连续运行	173
		结构三：函数	181