The Pragmatic Programmers

Language Implementation Patterns

编程语言实现模式

Create Your Own Domain-Specific and General Programming Languages

[美] Terence Parr 著
李袁奎 译
尧飘海 审校

華中科技大學出版社
http://www.hustp.com

编程语言实现模式

[美] Terence Parr 著

李袁奎 译

尧飘海 审校

华中科技大学出版社

中国·武汉

内容简介

本书旨在传授开发语言应用(工具)的经验和理念,帮助读者构建自己的语言应用。这里的语言应用并非特指用编译器或解释器实现编程语言,而是泛指任何处理、分析、翻译输入文件的程序,比如,配置文件读取器、数据读取器、模型驱动的代码生成器、源码到源码的翻译器、源码分析工具、解释器,以及诸如此类的工具。为此,作者举例讲解已有语言应用的工作机制,拆解、归纳出31种易于理解且常用的设计模式(每种模式都包括通用数据结构、算法、策略)。虽然示例是用Java编写的,但相信读者可以触类旁通,利用这些设计模式构建针对其他编程语言(既包括特定领域语言,也包括通用编程语言)的应用。

978-7-5609-7700-3:Language Implementation Patterns.

图书在版编目(CIP)数据

编程语言实现模式/(美)Terence Parr 著;李袁奎 译;尧飘海 审校.—武汉:华中科技大学出版社,2012.4
ISBN 978-7-5609-7700-3
Ⅰ.编… Ⅱ.①T… ②李… ③尧… Ⅲ.程序语言 Ⅳ.TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第011104号

编程语言实现模式 [美]Terence Parr 著 李袁奎 译 尧飘海 审校

策划编辑:徐定翔 责任校对:周 娟
责任编辑:熊 慧 江 津 责任监印:周治超
出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437
录 排:华中科技大学惠友文印中心
印 刷:湖北新华印务有限公司
开 本:787mm×960mm 1/16
印 张:24.5
字 数:428千字
版 次:2012年4月第1版第1次印刷
定 价:72.00元

读者对本书的赞誉

别看那些编译原理的书了！这本书教你编写真正实用的解析器、翻译器、解释器等语言应用，Terence Parr 在书中细致地讲解了先进的语言工具和语言应用中设计模式的用法。无论是编写自己的领域专用语言（DSL），还是挖掘已有代码、查错或是寻宝，你都能从这本简单易懂的书中找到示例和模式，因为它基本上覆盖了解析技术的方方面面。

▶ Guido Van Rossum
Python 语言之父

我的“龙书”被打入冷宫了！

▶ Dan Bornstein
Android 平台 Dalvik 虚拟机的设计者

本书对每个语言设计者来说都是一笔无价的财富。

▶ Tom Nurkkala 博士
泰勒大学计算机科学系副教授

Terence 清晰地阐释了语言设计中的概念。如果你想独创一门语言却又无从下手，或者觉得它高不可攀，那么，从这本书开始吧！

▶ Adam Keys
http://therealadam.com

这本书行文风格浅显却又不失韵味，以这个经久不衰的热门话题为中心，娓娓道来，颇有大师风范。《编程语言实现模式》不光讲述创造语言的方法，还指引我们在这个过程中该思考些什么。要想创造一个强壮的、可维护的专用语言，这本书是无价之宝。

▶ Kyle Ferrio 博士
Breaulty 研究机构科学软件开发部门主管

致谢

Acknowledgments

首先，要感谢我的编辑，Susannah Pfalzer。8 个月来，我们多次讨论，不断尝试，才最终确定了这本书现在的样子。这本书得以出版，她功不可没。

然后，要感谢这本书的审校者（排名不分先后）：Kyle Ferrio、Dragos Manolescu、Gerald Rosenberg、Johannes Luber、Karl Pfalzer、Stuart Halloway、Tom Nurkkala、Adam Keys、Martijn Reuvers、William Gallagher、Graham Wideman 和 Dan Bornstein。Wayne Stewart 虽不是正式的审校者，但也通过本书的勘误网站提供了大量的反馈信息。Martijn Reuvers 为本书的源代码编写了 ANT 配置文件。

这里要再次感谢 Gerald Rosenberg 和 Graham Wideman，他们给书稿提供了细致的审查意见，还通过电话跟我沟通，对书中的不足提出了诚挚的批评并进行了探讨。

序言
Preface

随着你不断编写语言应用，这个过程中所蕴涵的模式就会逐渐变得清晰而明朗。其实，大多数的语言应用在架构上都是相似的。每次编写语言应用的时候，我都不断告诉自己："先建立解析器，用它在内存中把数据结构建立起来。然后从中抽取信息，必要时还要改变其结构。最后再写一个能根据这些信息自动输出代码或者报告的工具。"看吧，这不就是模式？在这些任务中总能发现一些相似的算法和数据结构。

一旦掌握了这些语言实现的设计模式或者架构，编写起语言应用来就得心应手了。如果你想快速获得编写语言应用的能力，这本书正适合你。本书奉行实用主义，从本质上挖掘并提炼语言应用中的设计模式。你会了解模式的重要性，学习如何实现这些模式，如何组合这些模式。很快你就能成为开发语言应用的行家里手！

创造新的语言其实不需要深厚的理论知识做铺垫。你可能不信，毕竟所有语言应用方面的书都会占用大量的篇幅讲解编译器知识。我承认，为通用编程语言编写编译器确实需要扎实的计算机科学知识，然而，大多数程序员并不需要编写这种编译器。因此，本书的重心是解决程序员平时最可能遇到的问题：配置文件读取、数据读取、模型驱动的代码生成、源代码之间的翻译、源代码分析和解释器的实现。同理，我们没有使用 Scheme 等学术界推崇的语言，而是跟随业界的发展采用 Java 编写所有的示例，以便你能快速地在实际项目中大显身手。

本书讲什么
What to Expect from This Book

本书讲解的工具和技术能满足日常语言应用开发的需要。对于那些相当棘手、艰深的问题，我们不予讨论。比如，因为篇幅有限，本书无法涉及机器码的生成、寄存器分配、垃圾回收、线程模型及苛求性能的解释器。读完本书后，你将会成为编写语言应用的专家，而对于复杂些的语言处理和转换，相信你也能应付。

本书将剖析现存语言应用的工作原理，当然这是为了抛砖引玉，最终还是希望你能编写自己的语言应用。为此，将它们分解成一些易懂的具有普适性的模式。不过，有一点必须说明，本书不是语言实现方面的代码库，而是一本旨在辅助你自己学习的工具书。虽然书中有不少示例代码，但这些代码只是为了让我们的讨论言之有物，以便你在编写自己的语言应用时有个拿得出手的起点。

还有一点提请注意，本书着重分析现有的成熟的语言（也可以是你自己设计的但与之相仿的语言）。因为语言设计是另一个话题，它强调的是规划语法（合法的语句）和制定语义（任意输入的含义）两个内容。虽然本书不会专门探讨语言的设计，但读完后，在耳濡目染中你也会了解相关的知识。学习语言设计的诀窍就是要审视各种不同的语言，研究程序设计语言的发展历史，熟谙语言随时代变迁的历程。这些都对学习语言设计大有好处。

语言应用不仅仅包括实现语言的编译器或解释器。广义来说，能够处理分析和翻译输入文件的程序都是语言应用。实现一门语言是指，编写一个应用程序，它能够根据以这种语言书写的语句来执行任务。对于一门语言来说，除了这个，我们其实还能做很多事情。比如，根据C语言的定义，能编写C的编译器、从C到Java的翻译器、自动插桩C代码以定位内存泄露的工具。类似地，回想 Eclipse 集成开发环境中的各种工具，除了 Java 的编译器，还有能对 Java 代码进行重构、格式调整、搜索和语法高亮的工具。

书中的模式可以用来为任何计算机语言编写语言应用，其中自然也包括领域专用语言（domain-specific language，DSL）。领域专用语言是指为特定领域专门设计的语言，它可以帮助用户在此领域中高效完成任务。比如，Mathematica 语言、shell 脚本语言、wiki 标记语言、UML、XSLT、makefiles、PostScript、形式语法，甚至连 CSV 和 XML 这样的数据格式也算。与 DSL 相对应的是通用编程语言（general-purpose programming language，GPPL），比如，C、Java 和 Python。DSL 通常会更小巧轻捷些，因为它们面向较为单一的应用环境。当然也有例外，比如 SQL 就比一般的 GPPL 大不少。

本书的组织
How This Book Is Organized

本书分为四个部分。

- 解析起步：首先熟悉语言应用的整体框架，然后深入学习更重要的语法解析模式。
- 分析语言：为了分析某种语言（不管是 DSL 还是 GPPL），得用解析器构造树形结构来表示这种语言。之后通过对树的遍历，能跟踪和识别输入内容中的各种符号（包括变量名和函数名），还能计算表达式的返回类型（比如 `int` 和 `float`）。这部分的模式主要介绍怎样确保输入是合法的。
- 构建解释器：这部分包含 4 种不同的解释器模式。它们在效率和实现难度上各有差异。
- 翻译和生成语言：本书的最后一部分会讲解语言的翻译，主要是如何借助模板引擎 StringTemplate 生成文本。第 13 章还会介绍几个语言应用的架构，以供你在编写语言应用时作为参考。

各个部分中的篇章有序编排过，能让读者从前往后循序渐进，一步步实现自己的语言应用。1.2 节“模式概览”里讲解了如何把所有模式组合到一起。

书中的模式
What You'll Find in the Patterns

书中共有 31 种模式。每一种模式都描述了与语言应用相关的数据结构、算法、处理策略。每种模式由四部分构成。

- 目的：这部分简要叙述模式的存在意义，指出它能解决的问题。比如，模式二十一“自动类型提升”能够“自动地、安全地提升算术操作数的类型”。在阅读模式的具体内容之前最好先看看这部分，以便心里对它的功能有个底。
- 讨论：这部分会进一步讨论所要面临的问题，解释如何应用模式，以及模式如何解决问题。
- 实现：每种模式都附带用 Java 编写的示例（可能会借助 ANTLR 之类的语言工具）。示例不是解决实际问题的代码库，只是用代码来证明前面谈论的内容。
- 相关模式：这部分列出一些模式，它们要么能解决本模式所解决的问题，要么是本模式所依赖的模式。

每一章的导言材料都值得一读，它们勾勒出不同模式的特性并加以比较，能加深读者对各种模式的认识。

本书面向的读者
Who Should Read This Book

如果你是软件从业人员或者计算机系的学生，想编写处理计算机语言的程序，就应该看看这本书。这里的计算机语言是泛指的，从数据格式、网络协议、配置文件、特殊的数学语言及硬件描述语言到通用编程语言都在其中。

阅读本书并不需要形式语言理论方面的知识，但是最好拥有丰富的编程经验，不然就难以理解书中的代码和讨论的内容。

还有，递归这个概念很重要，要想读懂本书，必须熟悉这种思维方式。书中的许多算法和流程从本质上来说都是递归的，不管是输入的识别、遍历语法树，还是产生输出的解释器，都离不开递归。

如何阅读本书
How to Read This Book

如果你在这方面还是个新手，请从第 1 章“语言应用初探”开始，这一章概括语言应用的架构。接下来是第 2 章“基本解析模式”和第 3 章“高阶解析模式”，从中你能了解（形式语言描述的）语法和语言识别的背景知识。

如果通过某些计算机课程，你已经掌握了这些，那就可以直接跳到第 4 章“从语法树构建中间表示”或者第 5 章“遍历并改写树形结构”。如果你对构造语法树也很熟悉，对这种遍历过程已得心应手，那么这些也可以跳过，但是其中的模式十四“树文法”和模式十五“模式匹配器”这 2 种模式还是值得一看的。

如果你会编写简单的语言应用，知道怎样把输入内容组织成树的形式并对其遍历，那么你可以直接跳到第 6 章“记录并识别程序中的符号”和第 7 章“管理数据聚集的符号表”，这里面介绍了如何构造符号表。符号表主要用于描述某种映射关系，对于输入符号 x，它能告诉你 x 到底是什么东西。符号表是第 8 章“静态类型检查”中某些模式所依赖的数据结构。

更熟练的读者可以直接跳到第 9 章“构建高级解释器”和第 12 章“使用模板生成 DSL”。如果连这些都懂了，那么你可以任意翻阅此书，从书中寻找自己想深究的模式。如果一时不想细看，也可以直接从书中某种模式中找出示例作为参考，自己编写新语言（需要时再从书中查找具体的解释）。

读者可以通过本书的网站[1]或者 ANTLR 用户邮件列表[2]，与我或其他读者

1 http://www.pragprog.com/titles/tpdsl。
2 http://www.antlr.org/support.html。

进行交流。

通过本书的网站还能提交勘误信息、下载源代码。

书中采用的语言和工具
Languages and Tools Used in This Book

书中的代码和示例都是用Java编写的，但是其中的逻辑放到其他通用语言上也适用。只选用一种语言是为了前后保持一致，选择 Java 自有道理，因为它是业界最常用的语言。[3,4]无论如何，这本书还是以设计模式为重心，而不是语言宝典。模式的示例也无法直接用到实际项目中。

本书尽量采用最先进、最高效的语言和工具。比如，在解析语言时，会采用自动生成解析器的工具（当然，得先学会手工编写解析器）。使用自动工具之前，得了解解析器的工作原理。这就好像不可能让不懂算术的人使用计算器一样。同样，我们还要先学会手动编写语法树的遍历器，接下来再使用相应的自动生成工具。

本书常会用到 ANTLR 工具。它能自动生成解析器和语法树的遍历器。该工具是我编写的，凝结了过去 20 年里编写语言应用的心得。当然用其他的工具也行，但既然在写自己的书，就没有道理不用自己的工具。不过这本书的主角却不是 ANTLR，本书要讲的是语言应用中具有普适性的种种模式，具体的代码只是为了辅助理解。

本书的第 12 章还大量使用模板引擎 StringTemplate 来生成输出。StringTemplate 就好比“逆解析器”的生成工具，模板相当于输出内容的语法规则。如果不用模板引擎，也可以用一堆不规整的嵌有输出语句的代码来完成，但其中的逻辑就没有那么清晰了[5]。

即使对ANTLR和StringTemplate不甚了解，也不会影响对这些模式的学习效果，因为它们只在示例代码中出现。当然，要想完全掌握这些模式，确实应该看懂这些代码。

---

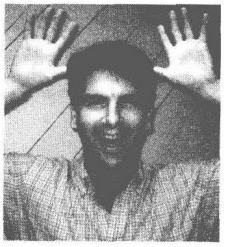
3 http://langpop.com。
4 http://www.tiobe.com/index.php.content/paperinfo/tpci/index.html。
5 译注：类似于用 JSP 代码生成 HTML 文档。

想看懂代码，最好多学学ANTLR项目中的工具。看了4.3节，你会对其有个大概的了解。想进一步深入学习这些工具，还可以访问网站上的文档和示例，或者购买《ANTLR权威指南》（Par07）。

无论怎样，要实现语言就需要一些工具。这本书中的知识总能延伸到其他工具上，就好像学习飞行技术一样，不管怎样，都得随便找一架飞机先开着，学到的技术自然对其他飞机也适用。学习的关键在于掌握飞行技巧，而不是去纠结飞机上某个坐垫上的纹理图案。

希望这本书能够激起你对语言应用的兴趣，帮助你设计顺手的DSL，写出提高程序员效率的语言工具。

Terence Parr
2009年9月
parrt@cs.usfca.edu



目录

Contents