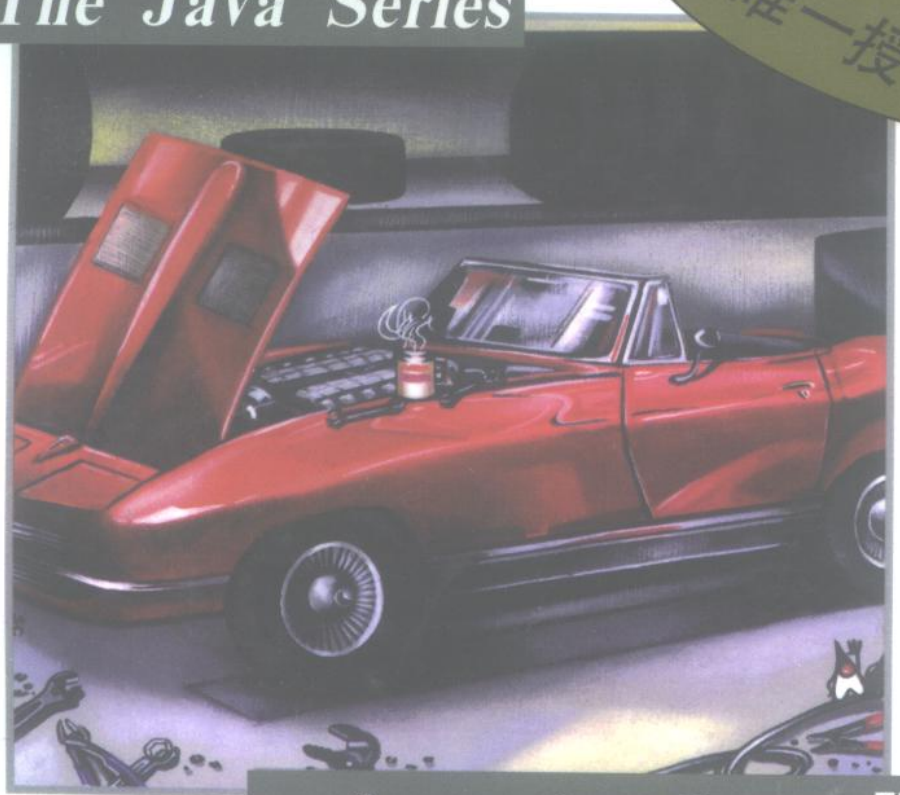
北京大学出版社 正宗Java丛书

Java虚拟机规范

〔美〕Tim Lindholm, Frank Yellin 著
玄伟剑 等译

The Java Series

Java Soft
唯一授权



…from the Source™

JAVA

北京大学出版社
艾迪生维斯理出版有限公司

Java 虚拟机规范

〔美〕 Tim Lindholm
Frank Yellin 著

玄伟剑
陈永智 译
蔡 伟

北京大学出版社
北 京

著作权合同登记号　图字:01-97-1097

图书在版编目(CIP)数据

Java 虚拟机规范/(美)林霍尔姆(Lindholm,T.),(美)耶林(Yellin,F.)著.-北京:北京大学出版社,1997.8

ISBN 7-301-03478-4

Ⅰ.J… Ⅱ.① 林… ② 耶… Ⅲ.Java 语言-虚拟处理机-规范 Ⅳ.TP338

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 14159 号

书　　名:**Java 虚拟机规范**

著作责任者:[美]Tim Lindholm, Frank Yellin,玄伟剑等译

责任编辑:徐　扬

标准书号:ISBN 7-301-03478-4/TP・351

出 版 者:北京大学出版社

地　　址:北京市海淀区中关村北京大学校内　100871

电　　话:出版部 62752015　发行部 62559712　编辑部 62752032

印 刷 者:北京大学印刷厂

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787×1092　16 开本　16.625 印张　412 千字

1997 年 10 月第一版　1997 年 10 月第一次印刷

定　　价:38.00 元

Duke™ designed by Joe Palrang.

The release described in this manual may be protected by one or more U.S. patents, foreign patents, or pending applications.

Sun Microsystems, Inc. (SUN) hereby grants to you a fully-paid, nonexclusive, nontransferable, perpetual, worldwide limited license (without the right to sublicense) under SUN's intellectual property rights that are essential to practice this specification. This license allows and is limited to the creation and distribution of clean room implementations of this specification that: (i) include a complete implementation of the current version of this specification without subsetting or supersetting; (ii) implement all the interfaces and functionality of the standard `java.*` packages as defined by SUN, without subsetting or supersetting; (iii) do not add any additional packages, classes or methods to the `java.*` packages; (iv) pass all test suites relating to the most recent published version of this specification that are available from SUN six (6) months prior to any beta release of the clean room implementation or upgrade thereto; (v) do not derive from SUN source code or binary materials; and (vi) do not include any SUN binary materials without an appropriate and separate license from SUN.

Sun, Sun Microsystems, Sun Microsystems Computer Corporation, the Sun logo, the Sun Microsystems Computer Corporation logo, Java, JavaSoft, JavaScript, and HotJava are trademarks or registered trademarks of Sun Microsystems, Inc. UNIX® is a registered trademark in the United States and other countries, exclusively licensed through X/Open Company, Ltd. All other product names mentioned herein are the trademarks of their respective owners.

THIS PUBLICATION IS PROVIDED "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT.

THIS PUBLICATION COULD INCLUDE TECHNICAL INACCURACIES OR TYPOGRAPHICAL ERRORS. CHANGES ARE PERIODICALLY ADDED TO THE INFORMATION HEREIN; THESE CHANGES WILL BE INCORPORATED IN NEW EDITIONS OF THE PUBLICATION. SUN MICROSYSTEMS, INC. MAY MAKE IMPROVEMENTS AND/OR CHANGES IN THE PRODUCT(S) AND/OR THE PROGRAM(S) DESCRIBED IN THIS PUBLICATION AT ANY TIME.

Text printed on recycled and acid-free paper

ISBN 0-201-63452-X
1 2 3 4 5 6 7 8 9-MA-00999897
First printing, September 1996

丛书(英文版)前言

Java 丛书为 Java 程序员和最终用户提供了权威的参考文档。这套丛书由 Java 组成员编写,在 Javasoft 部,即 Sun Microsystems 的一个业务部的赞助下出版。World Wide Web 使 Java 文档在 Internet 上可通过下载或作为超文本获得。然而,全世界对 Java 的关注促使我们编写了这套丛书。

为了了解 Java 最新情况或下载 Java 最新公开版本,请访问我们的 World Wide Web 站点 http:// java. sun. com。要了解有关 Java 丛书的最新消息,包括实例代码、勘误和新书预告,请访问 http://java. sun. som/books/Series。

感谢 Addison-Wesley 专业出版集团,为出版这套丛书与我们保持了非常好的合作关系。编辑 Mike Hendrickson 和他的小组在帮助我们出版这套丛书的过程中作了极出色的工作。Sun Microsystems 公司的 James Gosling, Ruth Hennigar 和 Bill Joy 的支持确保本丛书包含了使其畅销所必不可少的内容。一点个人的感谢给我的孩子们:Christopher 和 James,因为在丛书编写过程中,他们在许多次到我办公室的路上给予我动力。

Lisa Friendly

丛书编辑

前　言

本书是作为 Java 虚拟机的一个完整规范而写的。它对希望以 Java 虚拟机为目标的编译器编写员和想要实现一个兼容的 Java 虚拟机的程序员是必要的，它对任何想确切地知道 Java 语言是如何工作的人也是一个权威的资料来源。

Java 虚拟机是一种抽象的设计。本书作为一个(包括 Sun 的)Java 具体实现的文档，仅相当于一个房屋的蓝图。Java 的任何实现都必须表达这个 Java 虚拟机规范。但是，只在绝对必要的地方，才受它约束。

本书描述了 Java 虚拟机的 1.0.2 版，它和在《Java 语言规范》一书中规范的 Java 程序设计语言的 1.0.2 版兼容。Java 虚拟机的将来版本将对本规范向后兼容。

我们试图使本规范充分描述 Java 虚拟机以制造出可能的兼容的完整的实现。Sun 提供了检验 Java 虚拟机实现的恰当操作的测试。如果你正在考虑构造自己的实现，请按照下面的 e-mail 地址与我们联系以获得帮助，保证你的实现是 100%兼容的。

把对本规范的评论和关于实现 Java 虚拟机的问题发往我们的电子邮件地址：

jvm@java.sun.com

原始的 Java 虚拟机是 James Gosling 在 1992 年设计的。它通过许多人直接或间接的努力，发展到现在的形式。这些努力扩展了 Sun's Green Project, FirstPerson, Inc., the LiveOak project, Java Products Group, and JavaSoft。作者对众多作出贡献的人表示感谢！

本书始于内部工作文档。Kathy Walrath 编辑了早期著作，帮助世人首次看到 Java 的内部。然后它由 Mary Compion 转换成 HTML，在我们的 Web 结点上可以得到它，后来扩展成本书的形式。

现在的这个文档应该感谢总经理 Ruth Hennigar 领导的小组的支持和 Addison-wesley 的丛书编辑 Lisa Friendly 和 Mike Hendrikson 的努力。来自本书初稿和早期联机初稿校验者的许多批评和建议，极大地提高了本书的质量。我们要特别感谢 Richard Tuck 对手稿的认真检查，以及《The Java Language Specification》的作者允许我们大量引用该书。我们特别感谢 Bill Joy，他的评论、检查、和指导对本书的完整性和准确性作出了很大贡献。

Tim Lindholm
Frank Yellin
JavaSoft
June，1996

参考书目

IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic, ANSI/IEEE Std. 754-1985. Available from Global Engineering Documents, 15 Inverness Way East, Englewood, Colorado 80112-5704 USA, +1 800 854 7179.

Hoare, C. A. R. *Hints on Programming Language Design.* Stanford University Computer Science Department Technical Report No CS-73-403, December 1973. Reprinted in Sigact/Sigplan Symposium on Principles of Programming Languages. Association for Computing Machinery, New York, October 1973.

The Unicode Standard: Worldwide Character Encoding, Version 1.0, volume 1, ISBN 0-201-56788-1, and Volume 2, ISBN 0-201-60845-6. Additional information about Unicode 1.1 may be found at ftp://unicode.org.

目　录

第一章 引 言

1.1 一点历史

Java 是一种一般用途的、并发的、面向对象的程序设计语言。它的语法和 C 与 C++相似，但是它省略了许多使 C 和 C++复杂的、易混淆和不安全的特性。Java 最初是为处理编制联网消费者设备软件中的问题而开发的。它被设计成支持多主机体系结构，并允许软件组件的安全发送。为了达到这些要求，编译后的 Java 代码必须可以在网络间移植，在任何客户机上操作，并对客户保证其运行是安全的。

world Wide Web 的流行使 Java 的这些属性更加令人感兴趣。互联网展示了怎样通过简单的方法来获得具有丰富媒体的内容。Web 浏览器，例如 Mosaic，使成千上万的人能够在网上漫游，并使 Web 成为大众文化的浪峰部分。最终有一种媒体，在那里你所看到的和听到的基本上是一样的，不论你使用的是 Mac、PC 还是 UNIX 机器，不论你是联接在一个高速网络上还是使用一个缓慢的调制解调器。

Web 迷们很快就发现 Web 的 HTML 文档格式支持的内容太有限了。HTML 的扩展(例如 forms)，只是使这些限制更加明显，使人清楚地意识到，没有什么浏览器能够囊括用户想要的所有特点。可扩展性才是解决方案。

Sun 的 HotJava 浏览器通过允许把 Java 程序嵌入到 HTML 页中，展示了 Java 的令人感兴趣的属性。这些叫作 applet 的程序同 HTML 页一起透明地下载到 HotJava 浏览器中，并在其中显示。在被浏览器接受之前，applets 被仔细地检查以确保它们是安全的。和 HTML 页一样，编译后的 Java 程序是与网络和平台无关的。Applet 的行为相同，与它们来自何处或者与它们被装载运行在何种机器上无关。

由于 Java 是扩展语言，web 浏览器不再限于固定的能力。程序员可以对一个 applet 只写一次，它将可以在任何地方的任何机器上运行。Java 驱动的 web 页的访问者可以使用在 Web 页上找到的内容，确信这些内容不会损害他们的机器。

Java 展示了使用互职网发送软件的新方法。这个新的范例超越了浏览器，我们认为它是一个具有改变计算过程潜力的革新。

1.2 Java 虚拟机

Java 虚拟机是 Sun 的 Java 程序设计语言的基石。它是 Java 技术的组成部分。Java 技术负责 Java 的跨平台传输、编译后的短小的代码，保护用户不受恶意程序的侵害。

Java 虚拟机是一个抽象的计算机，与实际的计算机一样，它具有一个指令集并使用不同的存储器区域。使用一台虚拟机实现一种程序设计语言是很普通的；最著名的虚拟机可能是 UCSD Pascal 的 P-Code 机器。

Sun Microsystems 公司做成的 Java 虚拟机的第一个原型，实现在一个代表现代个人数字助理(PDA)的手持设备上，用软件仿真了 Java 虚拟机的指令集。Sun 现在的 Java 版本 ——

Java 开发者工具(JDK)1.0.2版——在 win32、MacOS 和 Solaris 平台上仿真了 Java 虚拟机。但是,Java 虚拟机并不假定任何实现技术或者主机平台。它并不非得是解释型的,它也可以像传统的程序设计语言一样,通过把它的指令集编译成一个实际的 CPU 的指令集来实现。它也可以用微代码或者直接用芯片实现。

Java 虚拟机不识别 Java 程序设计语言,它只识别一种特殊的文件格式,即 class 文件格式。一个 class 文件包含 Java 虚拟机指令(或者 bytecodes)和一个符号表以及其他的辅助信息。

为了安全,Java 虚拟机对 class 文件的代码强加了很强的格式和结构限制。但是,任何具有能够按照有效的 class 文件表达的功能的语言,都可以由 Java 虚拟机作主机。受到一个广泛可用的、与机器无关的平台的吸引,其他语言的实现者正在转向 Java 虚拟机作为他们的语言的发送工具。将来,我们将考虑对 Java 虚拟机作有限的扩展,以更好地支持其他语言。

1.3 各章概述

本书其余部分结构如下:

- 第二章给出本书其余部分所需的 Java 概念以及术语的概览。
- 第三章给出 Java 虚拟机的概览。
- 第四章定义 class 文件格式,它是编译后的 Java 代码的平台和与实现无关的文件格式。
- 第五章描述常数池的运行期管理。
- 第六章描述 Java 虚拟机的指令集。按照操作码助记符的字母顺序,展示指令。
- 第七章给出了将 Java 代码编译成 Java 虚拟机指令集的范例。
- 第八章描述 Java 虚拟机线程以及它们与存储器的交互作用。
- 第九章描述 Sun 的 Java 虚拟机实现使用的优化。虽然严格地说这不是规范的一部分,但是它本身是一个有用的技术,又是这类可用于 Java 虚拟机实现技术的一个范例。
- 第十章给出按照操作码值索引的 Java 虚拟机操作码助记符表。

第二章 Java 概 念

Java 虚拟机被设计，以支持 Java 程序设计语言，因此需要 Java 语言中的一些概念和词汇来理解虚拟机。本章给出足够的对 Java 的概览以支持后面对 Java 虚拟机的讨论，它的材料压缩自 James Gosling、Bill Joy 以及 Guy Steele 所写的《Java 语言规范》一书中对 Java 语言的完整讨论，有关材料的细节和范例请参考该书。熟悉该书的读者可以跳过这一章。熟悉 Java 但不熟悉《Java 语言规范》的读者，应当至少跳读本章所介绍的术语。

本章不打算提供 Java 语言的介绍或者完整的处理。对于 Java 的介绍参见 Ken Arnold 和 James Gosling 所写的《Java 编程语言》一书。

2.1 Unicode

Java 程序用 Uincode 字符编码1.1.5版编写。Unicode 字符编码1.1.5版在 The Unicode Standard：Worldwide Character Encoding，Version 1.0，Volume 1，ISBN0-201-56788-1，和 Volume 2，ISBN0-201-60845－6中规范。关于 Unicode 1.1.5的最新信息可在 ftp://unicode.org 处获得。最新信息中有几个小的错误，错误的更正参考《Java 语言规范》一书，那里出版的 Unicode 的更新信息将发到 URL http://java.sun.com/Series。

除了注释和标识符（§2.2）和字符与字符串文字（§2.3）的内容，Java 程序中的所有输入元素都只由 ASCII 字符形式。ASCII（ANSI X3.4）是美国信息交换标准代码。Unicode 字符的前128个字符编码是 ASCII 字符。

2.2 标识符

标识符（Identifier）是不限长度的 Unicode 字母（letters）和数字（digits）的序列，序列的第一个字符必须是字母。字母和数字可以从整个 Unicode 字符集中选择，Unicode 字符集支持当今世界上使用的绝大多数书写字母，这允许 Java 程序员在他们的程序中使用以他们的母语编写的标识符。

当被传递给一个被认为是 Java 标识符中的字母的 Unicode 字符时，Java 方法 Character.isJavaLetter 返回 true。当被传递给一个被认为是 Java 标识符中的字母或者数字的 Unicode 字符时。

两个标识符只有在它们的每个字母或者数字具有相同的 Unicode 字符时才是相同的，具有相同外形的标识符仍然可以是不同的。标识符不能与 Java 关键字或者布尔文字（true 或者 false）相同。

2.3 文字

文字(literal)是代表基本类型(§2.4.1)、String 类型(§2.4.7)或者 null 类型(§2.4)的值的源代码。字符串文字以及更一般的常数表达式的值的字符串,被用方法 String.intern"内部化"以共享唯一的实例。

null 类型有一个值,即 null 引用,用文字 null 代表。

boolean 类型有两个值,用文字 true 和 false 代表。

2.4 类型和值

Java 是一种强类型的(strong typed)语言,这表示每个变量和每个表达式具有一个编译期已知的类型。类型限制变量(§2.5)可持有的值,或者表达式可产生的值,限制这些值上支持的操作并决定这些操作的意义。强类型帮助在编译期检测错误。

Java 语言的类型分成两类:基本类型(primitive type)(§2.4.1)和引用类型(reference type)(§2.4.5)。还有一个特殊的 null 类型(null type),即表达或 null 的类型,它没有名称。null 引用是一个 null 表达式的唯一可能的值,并且总是可以转换为任何引用类型。实际上,Java 程序员可以忽略 null 类型,而把 null 假设为一个可以具有任意引用类型的特殊的文字。

与基本类型和引用类型相对应,有两类数据值。它们可以被存储在变量中,被作为参数传递,被方法返回,以及对其进行操作。它们是基本值(primitive value)(§2.4.1)和引用值(reference value)(§2.4.5)。

2.4.1 基本类型和值

基本类型是由 Java 语言预定义并由一个保留字命名的类型。基本值不与别的基本值共享状态。一个基本类型的变量总是持有它的类型的一个基本值。[1]

基本类型是 boolean 类型和数值类型(numeric type)。数值类型是整型(intergral types)和浮点型(floating-point types)。

整型是 byte、short、int 和 long,它们的值分别是8位、16位、32位和64位有符号二进制补码整数。整型还有 char,它的值是代表 Unicode 字符的16位无符号整数。

浮点型是 float,它的值是32位 IEEE 754浮点数,和 double,它的值是64位 IEEE 754浮点数。这些浮点数在 IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic, ANSI/IEEE Standard 754-1985(IEEE, New York)中规范。IEEE 754标准不仅包括正的和负的有符号数量数字,还包括正和负零,正和负无穷(infinity),以及一个特殊的 Not-a-Number 值(以后缩写为 NaN)。NaN 值用于代表某些操作,例如零被零除的结果。

boolean 类型具有真值 true 和 false。

[1]注意局部变量不是在创建时被初始化,并且只在被赋给一个值时才认为它持有一个值。