

15、Oracle GraalVM介绍：会当凌绝顶、一览众山小

15.1 GraalVM简介与特性

什么是GraalVM

Graalvm有什么特点

解决了哪些痛点

跨语言的工作原理

将Java程序编译为可执行文件。

GraalVM组件

15.2 下载与安装

15.3 使用示例

Java用法

JS 的用法

LLVM 的用法

安装其他工具和语言开发环境

安装ruby

安装R

安装python

编译Java程序为可执行文件

组合各种语言

参考资料

15、Oracle GraalVM介绍：会当凌绝顶、一览众山小



15.1 GraalVM简介与特性

前面了解了那么多的JVM相关技术，我们可以发现一个脉络就是Java相关的体系越来越复杂，越来越强大。放眼望去，最近十年来，各种各类的技术和平台层出不穷，每类技术都有自己的适用场景和使用人群。并且

伴随着微服务和云原生等理念的出现和发展，越来越多的技术被整合到一起。那么作为目前最流行的平台技术，Java/JVM也自然不会在这个大潮中置身事外。本节我们介绍一个语言平台的集大成者GraalVM：

- 从功能的广度上，它的目标是打通各类不同的语言平台，这样开发者可以博取众长，不同的团队、不同的模块能够使用不同的平台去做。（这也是目前微服务架构的一个流行趋势。试想一下：一个非常大的产品线，大家共同维护几十个不同功能、各自独立部署运行的服务模块，那么每个团队就可以按照自己的想法选择合适的语言和平台工具去做。但是随着业务的不断发展，模块一直在重构，分分合合，怎么办？Python的算法服务、NodeJS的REST脚手架，怎么跟Java的模块产生联系？！）
- 从性能的深度上，它则可以把各类程序转换成本地的原生应用，脱离中间语言和虚拟机来执行，从而获得最佳的性能，包括运行速度和内存占用。

什么是GraalVM

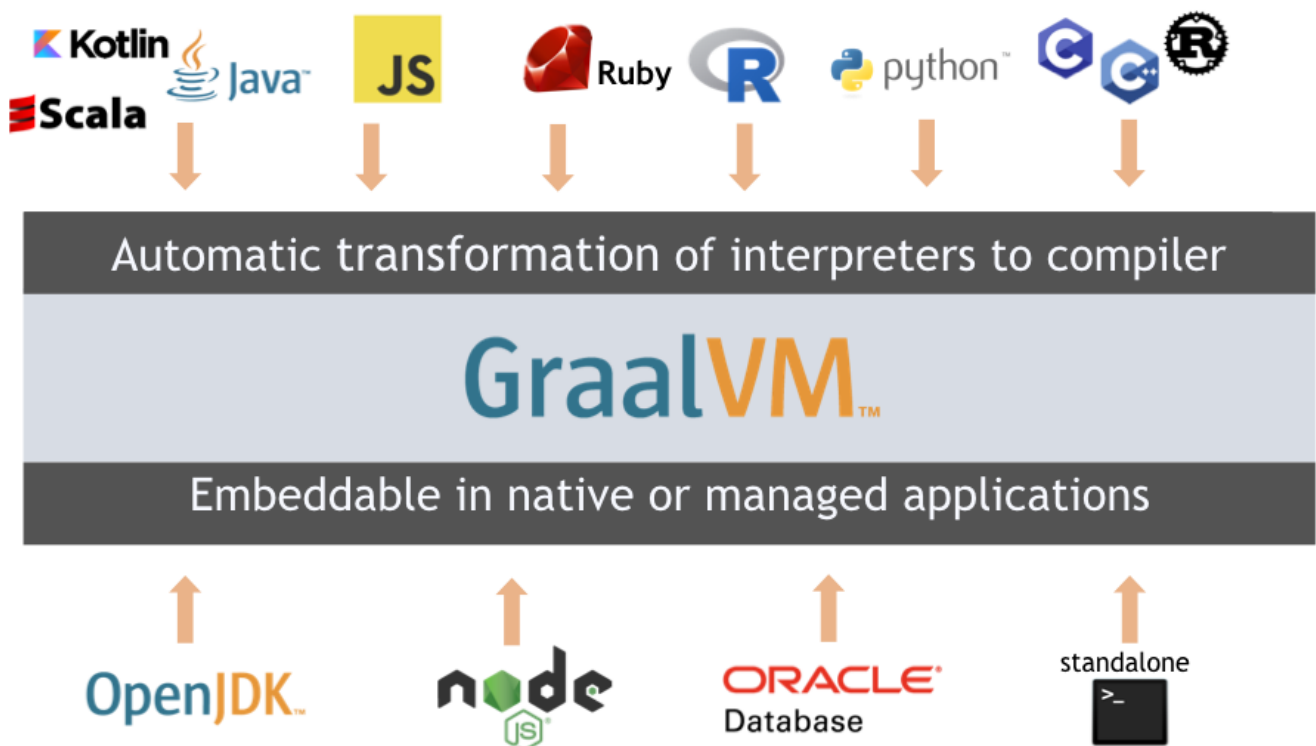
GraalVM 是Oracle开源的一款通用虚拟机产品，官方称之为Universal GraalVM，是新一代的通用多语言高性能虚拟机。能执行各类高性能与互操作性任务，在无需额外开销的前提下允许用户构建多语言应用程序。

官方网站为：

<https://www.graalvm.org>

Graalvm有什么特点

GraalVM既可以独立运行，也可以在不同的部署场景中使用，比如在 OpenJDK虚拟机环境、Node.js环境、或者Oracle，MySQL数据库等环境中运行。下图来自GraalVM官网，展示了目前支持的平台技术。



GraalVM支持大量的语言，包括：

- 基于JVM的语言（例如 Java、Scala、Groovy、Kotlin、Clojure 等）；
- 基于LLVM的语言（例如 C、C++等语言）；
- 动态语言，例如: JavaScript、Ruby、Python、R语言等等。

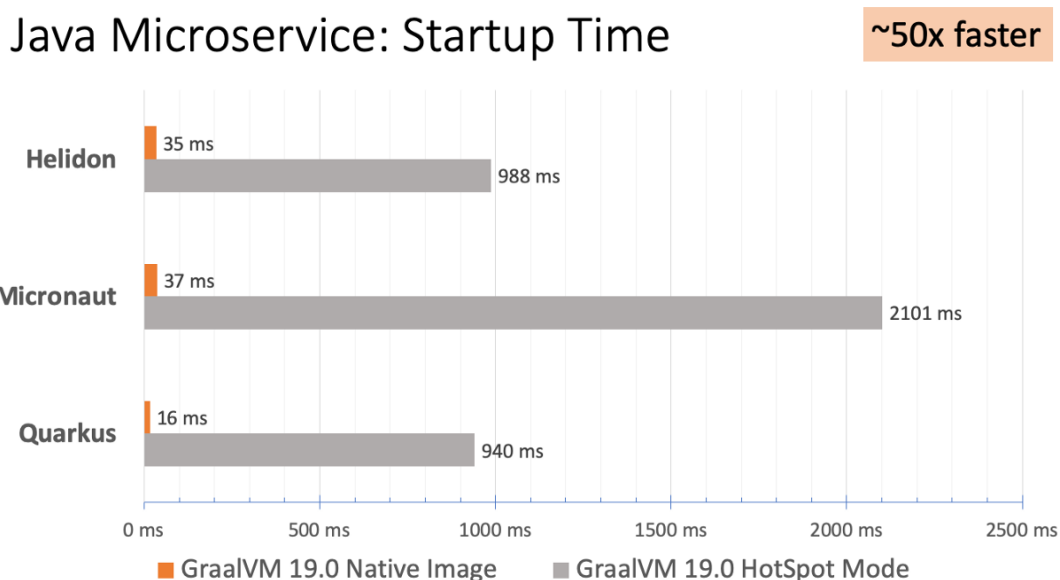
包括以下动态语言引擎：

- JavaScript引擎: Graal.js 是一款JavaScript解释器/编译器，能够在 JVM 上运行 Node.js 应用；
- FastR引擎: 这是R 语言解释器/编译器；
- RubyTruffle引擎: 支持 Ruby 且性能优于 Ruby。

GraalVM 支持哪些特性呢？

- 编译质量和执行性能更高，不管是 Java， Ruby， 还是R语言， GraalVM的编译器编译出来的代码，性能都更强悍
- 开发中可以组合 JavaScript、Java、Ruby 和 R 语言
- 在 GraalVM 上运行本地语言
- 开发适用于所有编程语言的通用工具
- 扩展基于 JVM 的应用程序
- 扩展本地应用程序
- 将 Java 程序编译之后作为本地库，供其他程序链接和调用
- 在数据库环境中支持多种语言，主要是Oracle和MySQL数据库环境
- 在GraalVM的基础上，我们甚至可以创建自己的语言
- 对于NodeJS开发者来说，GraalVM环境支持更大的堆内存，而且性能损失很小
- 程序的启动时间更短
- 占用内存更低

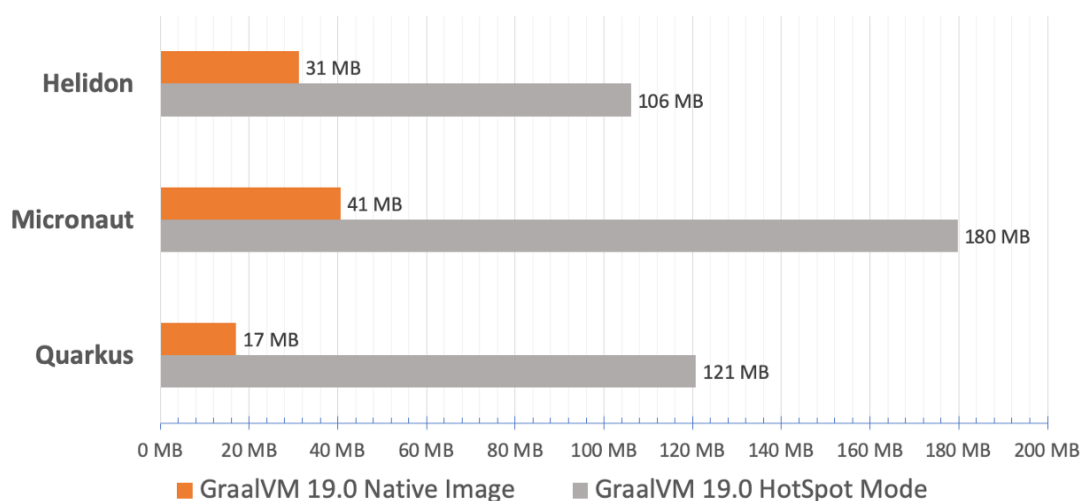
启动时间对比：



占用内存对比：

Java Microservice: Memory Footprint

~5x lower



解决了哪些痛点

GraalVM提供了一个全面的生态系统，消除编程语言之间的隔离，打通了不同语言之间的鸿沟，在共享的运行时中实现了互操作性，让我们可以进行混合式多语言编程。

用 Graal 执行的语言可以互相调用，允许使用来自其他语言的库，提供了语言的互操作性。同时结合了对编译器技术的最新研究，在高负载场景下GraalVM的性能比传统 JVM 要好得多。

GraalVM的混合式多语言编程可以解决开发中常见的这些问题：

- 那个库我这个语言没有，我就不得不自己撸一个；
- 那个语言最适合解决我这个问题，但是我这个环境下跑不起来；
- 这个问题已经被我的语言解决了，但是我的语言跑起来太慢了；
- 通过使用Polyglot API，GraalVM要给开发者带来真正的语言级自由。

开发人员使用自己最擅长的语言来编程，提高生产力的同时，更有希望赢得市场。

跨语言的工作原理

GraalVM提供了一种在不同语言之间无缝传值的方法，而不需要像其它虚拟机一样进行序列化和反序列化。这样就保证了跨语言的零开销互操作性，也就是说性能无损失，所以才号称高性能虚拟机。

GraalVM开发了「跨语言互操作协议」，它是一种特殊的接口协议，每种运行在GraalVM之上的语言都要实现这种协议，这样就能保证跨语言的互操作性。语言和语言之间无须了解对方就可以高效传值。该协议还在不断改进中，未来会支持更多特性。

弱化主语言

GraalVM开发了一个实验性的启动器「polyglot」。在polyglot里面不存在主语言的概念，每种语言都是平等的，可以使用polyglot运行任意语言编写的程序，而不需要前面的每种语言单独一个启动器。polyglot会通过文件的扩展名来自动分类语言。

GraalVM还开发了一个动态语言的Shell，该Shell默认使用js语言，可以使用命令切换到任意其它语言进行解释操作。

将Java程序编译为可执行文件。

我们知道，Hotspot推出之后，号称达到了C++ 80%的性能，其关键诀窍就在于JIT即时编译。

稍微推测一下，我们就会发现高性能的诀窍在于编译，而不是解释执行。

同样的道理，如果能够把Java代码编译为本地机器码，那么性能肯定也会有一个很大的提高。

恰好，GraalVM就有静态编译的功能，可以把Java程序编译为本地二进制可执行文件。

GraalVM可以为基于JVM的程序创建本地镜像。

镜像生成过程中，通过使用静态分析技术，从Java main 方法开始，查找所有可以执行到的代码，然后执行全量的提前编译(AOT, ahead-of-time)。

生成的二进制可执行文件，包含整个程序的所有机器码指令，可以快速启动和执行，还可以被其他程序链接。

编译时还可以选择包含GraalVM编译器，以提供额外的即时(JIT)编译支持，从而高性能地运行任何基于GraalVM的语言。

为了获得额外的性能，还可以使用在应用程序的前一次运行中收集的配置文件引导优化来构建本机映像。下文可以看到如何构建本地映像的示例。

在JVM中运行应用程序需要启动过程，会消耗一定的时间，并且会额外占用一些内存。但通过静态编译之后的程序，相对来说占用内存更小、启动速度也更快。

GraalVM组件

GraalVM由核心组件和附加组件组成，打包在一起提供下载，

GraalVM 当前最新版本是 19.3.1，是一款独立部署的JDK。也包含一个共享的运行时，用于执行Java或基于jvm的语言(如Scala、Kotlin)、动态语言(如JavaScript、R、Ruby、Python)和基于LLVM的语言(如C、c++)。

- 运行时: 主要是Java运行时系统和NodeJS运行时系统
- 库文件: 比如编译器，JavaScript解释器，LLVM字节码 (bitcode) 执行器，Polyglot API等。
- 工具: JavaScript REPL 环境、LLVM相关的命令行工具、支持其他语言的安装程序。

15.2 下载与安装

GraalVM支持Docker容器，本文不进行介绍，相关信息请参考：

<https://hub.docker.com/r/oracle/graalvm-ce/>

下面我们来看看怎么在开发环境下载和安装。

1.打开官方网站:

<https://www.graalvm.org/>

2.找到下载页面:

<https://www.graalvm.org/downloads/>

从下载页面中可以看到, GraalVM分为社区版和企业版两种版本。

- 社区版(Community Edition);

很明显, 社区版是免费版本, 提供基于OpenJDK8和OpenJDK11的版本, 支持 x86架构的64位系统: 包括 macOS、Linux 和 Windows平台。

需要从GitHub下载。

下载页面为:

<https://github.com/graalvm/graalvm-ce-builds/releases>

- 企业版(Enterprise Edition)

企业版提供基于Oracle Java 8和 Oracle Java11的版本, 主要支持 macOS和Linux系统, Windows系统的GraalVM企业版还是实验性质的开发者版本。

每个授权大约1000~1500人民币, 当然, 基于Oracle的习惯, 大家是可以免费下载和试用的。

需要从OTN(Oracle TechNetwork)下载:

<https://www.oracle.com/technetwork/graalvm/downloads/index.html>

根据需要确定对应的版本, 比如我们选择社区版。




















社区版的组件包括:

- JVM
- JavaScript Engine & Node.js Runtime
- LLVM Engine
- Developer Tools

从 [GitHub下载页面](#) 中找到下载链接。

如下图所示:

▼ Assets 19

 graalvm-ce-java11-darwin-amd64-19.3.1.tar.gz	429 MB
 graalvm-ce-java11-linux-aarch64-19.3.1.tar.gz	418 MB
 graalvm-ce-java11-linux-amd64-19.3.1.tar.gz	443 MB
 graalvm-ce-java11-windows-amd64-19.3.1.zip	229 MB
 graalvm-ce-java8-darwin-amd64-19.3.1.tar.gz	341 MB
 graalvm-ce-java8-linux-amd64-19.3.1.tar.gz	350 MB
 graalvm-ce-java8-windows-amd64-19.3.1.zip	154 MB
 llvm-toolchain-installable-java11-darwin-amd64-19.3.1.jar	86.8 MB
 llvm-toolchain-installable-java11-linux-aarch64-19.3.1.jar	90.3 MB
 llvm-toolchain-installable-java11-linux-amd64-19.3.1.jar	92.2 MB
 llvm-toolchain-installable-java8-darwin-amd64-19.3.1.jar	86.8 MB
 llvm-toolchain-installable-java8-linux-amd64-19.3.1.jar	92.2 MB
 native-image-installable-svm-java11-darwin-amd64-19.3.1.jar	8.38 MB
 native-image-installable-svm-java11-linux-aarch64-19.3.1.jar	8.29 MB
 native-image-installable-svm-java11-linux-amd64-19.3.1.jar	8.49 MB
 native-image-installable-svm-java8-darwin-amd64-19.3.1.jar	6.36 MB
 native-image-installable-svm-java8-linux-amd64-19.3.1.jar	6.88 MB
 Source code (zip)	
 Source code (tar.gz)	

这里区分操作系统【macOS/darwin; Linux; Windows】、CPU架构【aarch64; amd64(Intel/AMD)】、以及JDK版本。

我们根据自己的系统选择对应的下载链接。

比如MacOS系统的JDK11版本，对应的下载文件为：

```
1 # GraalVM主程序绿色安装包
2 graalvm-ce-java11-darwin-amd64-19.3.1.tar.gz
3 # llvm-toolchain的本地安装包；使用 gu -L 命令
4 llvm-toolchain-installable-java11-darwin-amd64-19.3.1.jar
5 # native-image工具的本地安装包；使用 gu -L 命令
6 native-image-installable-svm-java11-darwin-amd64-19.3.1.jar
```

Windows系统则只提供单个zip包下载：

```
1 # JDK11版本
2 graalvm-ce-java11-windows-amd64-19.3.1.zip
3 # JDK8版本
```



```
4 graalvm-ce-java8-windows-amd64-19.3.1.zip
```

然后右键另存为即可。

因为GitHub的某些资源可能被屏蔽，这里可能需要一点技巧。

如果下载不了，可以求助小伙伴，或者加入我们的交流群。或者试试下载Oracle的企业版，或者试试迅雷。

下载完成后进行解压。

解压之后会发现这就是一个JDK的结构。

好吧，会使用Java的我，表示使用起来没什么压力。

进到解压后的bin目录，查看版本号：

```
1 # 注意这里是笔者的目录
2 cd graalvm-ce-java11-19.3.1/Contents/Home/bin/
3 # 看Java版本号
4 ./java -version
5
6 openjdk version "11.0.6" 2020-01-14
7 OpenJDK Runtime Environment GraalVM CE 19.3.1 (build 11.0.6+9-jvmci-19.3-b07)
8 OpenJDK 64-Bit Server VM GraalVM CE 19.3.1 (build 11.0.6+9-jvmci-19.3-b07, mixed mode,
```

和JDK使用起来没多少差别，是吧？

如果是独立的环境，还可以执行设置 `PATH` 环境变量等操作。

解压后的 `bin` 目录下，除了JDK相关的可执行文件之外，还有：

- `js` 这个文件可以启动JavaScript 控制台，类似于chrome调试控制台一样的REPL环境。CTRL+C退出。
- `node` 这是嵌入的 Node.js, 使用的是GraalVM的 JavaScript 引擎。
- `lli` 官方说这是GraalVM集成的高性能 LLVM bitcode interpreter.
- `gu` 全称是 GraalVM Updater，程序安装工具，比如可以安装 Python, R, 和 Ruby 的语言包。

15.3 使用示例

官方为各种语言提供了GraalVM相关的介绍和开发者文档：

- Java语言开发者文档: <https://www.graalvm.org/docs/reference-manual/languages/jvm/>
- Node.js 开发文档: <https://www.graalvm.org/docs/reference-manual/languages/js/>
- Ruby, R, 和 Python开发者文档: <https://www.graalvm.org/docs/reference-manual/>
- 工具开发和语言创造者文档: <https://www.graalvm.org/docs/graalvm-as-a-platform/>

Java用法

下载并解压之后，只需要设置好PATH，即可用于Java开发。

看官方的示例代码:

```
1 public class HelloWorld {
2     public static void main(String[] args) {
3         System.out.println("Hello, World!");
4     }
5 }
```

这里为了省事, 我们干点 Stupid 的事情, 读者理解意思即可, 试验时也可以像我这样折腾。

```
1 # 查看当前目录
2 $ pwd
3 /Users/renfufei/SOFT_ALL/graalvm-ce-java11-19.3.1/Contents/Home/bin
4
5 # 查看源文件
6 $ cat HelloWorld.java
7 public class HelloWorld {
8     public static void main(String[] args) {
9         System.out.println("Hello, World!");
10    }
11 }
```

然后进行编译和执行:

```
1 # 查看当前目录
2 $ pwd
3 /Users/renfufei/SOFT_ALL/graalvm-ce-java11-19.3.1/Contents/Home/bin
4
5 # 编译
6 $ ./javac HelloWorld.java
7
8 # 执行程序
9 $ ./java HelloWorld
10 Hello, World!
```

好吧, 程序正常输出。

更多示例请参考:

<https://www.graalvm.org/docs/examples/>

官方的示例还是很有意思的, 对于提升我们的开发水平有一些帮助。

JS 的用法

执行js的REPL调试环境

```
1 $ ./js
2 > 1 + 1
3 2
```

想要退出，按 **CTRL+C** 即可。

查看node和npm的版本号:

```
1 $ ./node -v
2 v12.14.0
3
4 $ ./npm -v
5 6.13.4
```

接下来就可以和正常的 nodejs 环境一样安装各种依赖包进行开发和使用了。

更多程序，请参考：

<https://www.graalvm.org/docs/getting-started/#running-javascript>

LLVM 的用法

根据官方的示例,

<https://www.graalvm.org/docs/getting-started/#running-llvm-bitcode>

我们执行以下命令来安装llvm相关工具:

```
1 $ ./gu install llvm-toolchain
2 Downloading: Component catalog from www.graalvm.org
3 Processing Component: LLVM.org toolchain
4 Downloading: Component llvm-toolchain: LLVM.org toolchain from github.com
5 [ ]
```

如果下载速度比较慢的话，这里得等好长时间，这里没有进度条显示，不要着急。

如果因为网络问题安装失败，也可以下载后使用本地的jar文件安装:

```
1 ./gu -L install ../lib/llvm-toolchain-installable-java11-darwin-amd64-19.3.1.jar
```

其中 `-L` 选项, 等价于 `--local-file` 或者 `--file`; 表示从本地文件安装组件。只要路径别填写错就行。

安装 `llvm-toolchain` 完成之后, 查看安装路径, 并配置到环境变量中

```
1 $ ./lli --print-toolchain-path
2 /Users/renfufei/SOFT_ALL/graalvm-ce-java11-19.3.1/Contents/Home/languages/llvm/native,
3
4 $ export LLVM_TOOLCHAIN=$(./lli --print-toolchain-path)
5
6 $ echo $LLVM_TOOLCHAIN
7 /Users/renfufei/SOFT_ALL/graalvm-ce-java11-19.3.1/Contents/Home/languages/llvm/native,
```

注意这里我偷懒, 没配置PATH, 所以使用了 `./lli`。

创建一个C程序文件, 内容示例如下:

```
cat hello.c
```

```
1 #include <stdio.h>
2 int main() {
3     printf("Hello from GraalVM!\n");
4     return 0;
5 }
```

然后就可以编译和执行bitcode了:

```
1 # 编译
2 $ $LLVM_TOOLCHAIN/clang hello.c -o hello
3
4 # 执行
5 $ ./lli hello
6 Hello from GraalVM!
```

安装其他工具和语言开发环境

安装ruby

安装文档请参考:

<https://www.graalvm.org/docs/getting-started/#running-ruby>

```
1 ./gu install ruby
```

安装R

安装文档请参考:

<https://www.graalvm.org/docs/getting-started/#running-r>

```
1 ./gu install R
```

安装python

安装文档请参考:

<https://www.graalvm.org/docs/getting-started/#running-python>

```
1 ./gu install python
```

启动python:

```
1 graalpython
```

编译Java程序为可执行文件

首先需要安装 native-image 工具, 参考:

<https://www.graalvm.org/docs/reference-manual/native-image/#install-native-image>

安装好之后就可以根据文档来使用了, 就比如前面的HelloWorld程序。

```
1 // HelloWorld.java
2 public class HelloWorld {
3     public static void main(String[] args) {
4         System.out.println("Hello, World!");
5     }
6 }
```

编译并执行:

```
1 # Javac 编译
2 $ javac HelloWorld.java
3
4 # 编译为本地可执行程序
5 $ native-image HelloWorld
6
7 # 直接执行
8 $ ./helloworld
9 Hello, World!
```

看到这里，同学们可以不妨自己动手试试，把自己的spring-boot之类的项目，用GraalVM打包成可执行文件（目前还不支持Windows版本）。再看一下启动时间，有惊喜哦。

参考文档:

<https://www.graalvm.org/docs/getting-started/#native-images>

组合各种语言

请参考文档:

<https://www.graalvm.org/docs/reference-manual/polyglot/>

参考资料

- 使用 GraalVM 开发多语言应用: <https://www.ibm.com/developerworks/cn/java/j-use-graalvm-to-run-polyglot-apps/index.html>
- 全栈虚拟机GraalVM初体验: <https://juejin.im/post/5ad7372f6fb9a045e511b0a4>
- JVM 即时编译器 GraalVM: <https://www.oschina.net/p/graalvm>