

编译器开发环境部署

杨侯哲 李煦阳

杨科迪 费迪

周辰霏

日期：2020 年 9 月至 2022 年 9 月

目录

1 工具简要介绍	3
1.1 Lex&Flex	3
1.2 Yacc&Bison	3
1.3 工程辅助工具	3
2 实验环境	4
2.1 架构的选择	4
2.2 系统环境的安装	4
2.2.1 Windows	4
2.2.2 Mac	5
3 工具安装	5
3.1 基本工具	5
3.2 词法分析和语法分析辅助工具	5
3.3 arm 工具链	6
4 环境测试	6
4.1 测试 GCC/make/Flex/Bison	6
4.2 熟悉 arm 工具链	6

1 工具简要介绍

在课程中我们要求每位同学独立实现一个简单的编译器，为此我们需要一些工具。根据预习内容，我们知道编译过程可粗略分为词法分析、语法分析、语法制导翻译三个过程，字符流被解析为 token 流、形成一棵语法树，最终生成某目标汇编文件。在实现我们的编译器过程中，我们将利用 Lex（词法分析器生成器）/Yacc（语法分析器生成器）辅助完成词法分析与语法分析，并最后用相应汇编器检验生成的汇编程序。本篇指导将这部分工具的安装与使用做简要说明。

此外，这次的编译课程作业或许是同学们第一个 C/C++ 工程作业，我们也希望同学能充分利用辅助工具，提高开发调试效率。¹

1.1 Lex&Flex

在 Wiki 中对于 Lex 的描述如下：

在计算机科学里面，Lex 是一个产生词法分析器（Lexical analyzer，“扫描器”（scanners）或者“Lexers”）的程序。Lex 常常与 Yacc 语法分析器产生程序（parser generator）一起使用。Lex（最早是埃里克·施密特和迈克·莱斯克制作）是许多 UNIX 系统的标准词法分析器（Lexical analyzer）产生程序，而且这个工具所作的行为被详列为 POSIX 标准的一部分。Lex 读进一个代表词法分析器规则的文件，然后输出以 C 语言为载体的词法分析器源代码。

²

简单来说，Lex 是用来辅助生成词法分析程序的，它可以将大量重复性的工作自动计算，通过相对简单的代码可以生成词法分析程序。

而 Flex 则是 Lex 的继承者，在 Linux 中被更广泛的使用，也更容易获得。

1.2 Yacc&Bison

同样在 Wiki 中：

Yacc（Yet Another Compiler Compiler），是 Unix/Linux 上一个用来生成编译器的编译器（编译器代码生成器）³。Yacc 生成的编译器主要是用 C 语言写成的语法解析器（Parser），（一般）需要与词法解析器 Lex 一起使用，再把两部分产生出来的 C 程序一并编译。Yacc 本来只在（类）Unix 系统上才有，但现时已普遍移植往 Windows 及其他平台。

而 Bison 是 Yacc 的 GNU 扩展/实现，同样作为自由软件而较容易获得与使用。

1.3 工程辅助工具

gcc 与 llvm/clang gcc 和 llvm 是我们使用的主要编译工具。不仅用于编译我们的编译器，也将用于编译我们的编译器生成的汇编代码。

clang 是 llvm 编译器工具集的前端，将源代码转换为抽象语法树（AST），由后端使用 llvm 编译成平台相关机器代码。

¹我们不希望看见大家在 shell 中手动敲入好长好长的指令:-)

²这个 C 程序可以将输入字符串流以其词法分析规则分析为 token 流，每个 token 有它的类型、值、和它的字符串内容本身。

³由此可知，语法分析是编译过程中的很核心部分。

git 项目往往需要进行版本控制，比如进行代码回溯、分支管理，**git** 便是最常使用的工具。你可以在[这里](#)对它了解更多。同时为了避免实验环境的损坏等原因导致的意外，希望同学们将代码托管至云上（如[github](#)）；此外，commit 记录也是独立完成作业的一种证明。

make 一个大型项目往往有着复杂的文件依赖关系，编译也是一个耗时的工作。**make** 便是用于辅助管理复杂的编译的依赖，并指定编译指令的程序。当然，为了程序员的方便，它引入了更多特性如伪文件，方便项目的管理与测试。你可以在[这个](#)或[这个](#)网站上了解更多。

qemu 为了能够提供一个标准的运行环境，在 Linux 系统下我们往往使用 qemu，这是一款开源的硬件模拟器，支持多种架构。qemu 支持多种模式，我们的课程和操作系统的课程中主要用到的是 User mode 和 System mode，在 User mode 即用户模式下 qemu 会运行针对不同指令编译的单个 Linux 程序，系统调用与 32/64 位接口适应。在这种模式下，qemu 能够运行不同架构下的可执行文件，功能类似于一个中间层，接受程序的指令并翻译为当前系统能够识别的系统调用等；而在 System mode 即系统模式下 qemu 会模拟一个完整的计算机系统，包括外围设备等，可以理解为抽象出了一整个计算机系统。

2 实验环境

1. 我们将在 Linux 系统环境中完成试验。如 Windows 平台的 WSL, docker, 双系统, 虚拟机等。对于机器不支持 WSL 的同学，也可使用 cygwin 完成实验。
2. 我们要求目标汇编代码为 32 位 arm 格式，并可用 GCC assembler 生成可执行文件。

在实验环境出现问题时，大家需要对几项信息保持敏感：操作系统、环境变量、程序版本、程序位数、目标平台，某些 Linux 常用指令可以帮助你快速获取相关信息。⁴

2.1 架构的选择

arm 架构与 x86 架构分别是很典型的 RISC 指令集和 CISC 指令集。x86 相信同学们都有了解，因为大家的机器大多是 x86 架构（笑）；对于 arm，你可以在[这里](#)学到你需要的全部内容；你可以部分地将其与同为 RISC 指令集的 MIPS 类比。

在本学期的实验中，我们会统一选择 arm 架构来进行相关实验。目前我们常用的笔记本、PC 等基本都是 x86 架构的硬件，想要运行 arm 架构的可执行文件往往需要通过额外的中间层，同学们需要在 Linux 系统上安装 Qemu 来运行程序。相信大家在上学期 OS 课程中已经对 Linux 系统有了全面的了解，在此不过多赘述，下文中也给出了 Linux 系统环境配置的参考信息，供同学们使用。

2.2 系统环境的安装

2.2.1 Windows

WSL 的安装 WSL 是 Windows Subsystem for Linux 的简写，也是在 Windows 上最推荐的实验环境。它允许开发者在 Windows 上方便地使用 Linux 程序，避免了安装运行虚拟机的复杂性。

WSL 对于系统有一定需求，你可以在[这里](#)找到相应说明。你可以通过升级操作系统以满足需求；但若你的机器是 32 位的，则无法使用 WSL。WSL 的安装说明可以在[这里](#)找到。

⁴本次实验所用工具均为常用工具，环境搭建不困难；配置、维护系统环境也是程序员的最基本技能。

你可能会依次遇到[这个错误](#)和[这个错误](#)。你可能需要升级 WSL kernel，并借助官方工具将 Windows 升级至最新版本。

我们使用 Ubuntu18.04 用于举例。实验工具的安装见后续工具安装部分。

cygwin 的安装 你可以在[这里](#)获取 cygwin，并在安装时点选好你需要的程序（GCC/Flex/Bison/make/git/vim 等）。你可能想要了解 cygwin 与 wsl 的[区别](#)，和与 mingw 的[区别](#)，以减少实验中踩坑几率。cygwin 中的 GCC 与 Linux 中 GCC 参数会有差异（比如是否拥有 `-m32` 参数），借此机会，你可以练习查阅手册与探索 [stackoverflow](#)。

为了在 64 位 cygwin 中编译与运行 32 位程序，我们需要安装一些额外的工具，具体的可以看这里的[讨论](#)，不用担心没有一次安装全部内容，cygwin 的安装程序可以非常便捷的增加或减少安装的程序包。

完成后你可以直接进入测试步骤。

2.2.2 Mac

Docker 实际上 Docker 是在 Windows 和 Mac 通用的，但是 Windows 上有更加方便的解决方式；而对于 Mac 的同学，Docker 要比虚拟机要方便一些的。

你可以看这一份[教程](#)启用 Ubuntu 容器。⁵了解 docker 与虚拟机的[差异](#)也会很有帮助。

Vscode 拥有 remote-container 插件，或许可以帮助你进行开发。

3 工具安装

3.1 基本工具

由于你不得不决定在 Linux 环境完成作业，工具的安装就变得非常方便。你只需要使用你的 Linux 发行版的相应包管理器⁶安装即可。比如在 Ubuntu 上，你可以通过以下指令获得它们：

```
1 sudo apt update
2 sudo apt install build-essential
3 sudo apt install gcc-multilib
4 sudo apt install llvm clang
5 sudo apt install -y qemu
6 sudo apt install -y qemu-system
7 sudo apt install -y qemu-user
8 # whatever you need
9 # 如果接触过Linux的同学们可能会发现，我们有时候用到apt-get有时候用apt，那么两者具体有什么差异吗
10 # 其实这是非常简单的问题，同学们感兴趣的话自行查询可以很容易得到答案
```

3.2 词法分析和语法分析辅助工具

当程序员考虑要写一个文本解析程序时，他可能会想到 Flex+Bison 或 antlr。由于工具不是我们关注的重点，本次实验将要求使用 Flex+Bison，但你仍可以利用搜索引擎进一步了解它们的差异。实际上，LL/LR 之外，还有其他 parsing techniques，同学们也可拓展[了解](#)。

```
1 sudo apt install -y flex
2 sudo apt install -y bison
```

⁵使用 latest ubuntu 即可

⁶如果下载速度太慢的话记得换下载源哦，具体方法请自行搜索

3.3 arm 工具链

之前我们说过，目前我们使用的电脑往往是 x86 架构的，那么我们要想要编译出 arm 架构的可执行文件该怎么办呢？这时候就会用到交叉编译了，在 Ubuntu 的 terminal 中，你可以使用以下指令安装 arm 交叉编译器：

```
1 # 实际上我们可以看到有 gcc-arm-linux-gnueabi 和 gcc-arm-linux-gnueabihf 两种格式 具体的差异同样推荐同学们自行查阅了解
2 sudo apt-get install gcc-arm-linux-gnueabihf
```

若你使用其他 Linux 发行版，相信聪明的你可以找到相应的安装方法：-)

此外，WSL 与 docker 或许需要远程连接。vscode 有相应插件可以帮助你。

4 环境测试

4.1 测试 GCC/make/Flex/Bison

在实验环境搭建成功后，你可以 clone 这个[仓库](#)进行测试。测试方法即根据 README.md。

若你不在 Linux 平台上测试（比如 cygwin），可能需要微调 Makefile 中的编译参数。

4.2 熟悉 arm 工具链

假设在某文件夹中，你写了一个测试用的 main.c 文件。你可以先将它编译为某要求的汇编文件，再将它编译为可执行程序，再运行它做测试。

```
1 # 在实验中你可能遇到“不知道汇编代码应该是什么样子”的情况。那么就让交叉编译器生成一个标准的给你看！
2 # 这里的编译工作只是为了让你熟悉整个工作流而进行的，之后真正写作业时汇编代码会是你手写的或者通过你编写的编译器生成的
3 # 你可能会认为可以以这个方式逃避汇编编程作业，但我们会问你你写的每一条代码的含义，包括伪指令，以确保你的了解。
4 # 编译参数是什么含义，就由你大展身手了。
5
6 arm-linux-gnueabi-gcc -o arm.s -S -O0 main.c -fno-asynchronous-unwind-tables
7 # -static 参数是在编译的哪个阶段起作用呢
8     arm-linux-gnueabi-gcc arm.s -o arm -static
9 # 你可能会神奇地发现不加 qemu-arm 也可以运行，是进行隐式调用的原因
10 qemu-arm ./arm
```