

Системы сборки

Николай Пономарев

27 октября 2025 г.



Санкт-Петербургский
государственный университет

Системы сборки

- Среда разработки не всегда доступна
 - Сборочные сервера автоматически выполняют сборку после каждого коммита, там некому открыть IDE и нажать на кнопку «запустить»
- Воспроизводимость сборки
 - Если чтобы собрать программу надо открыть проект, скопировать пару десятков файлов, поправить кое-какие пути и делать это в полнолуние, то возможны ошибки
- Автоматизация сборки
 - `git clone`
 - одна консольная команда, которая всё делает за нас
 - ...
 - готовое к работе приложение

Сборка вручную без IDE

```
$ gcc main.c
```

или, например,

```
$ gcc -Wall -Wextra -pedantic -O2 -g -c lib1
```

```
$ gcc -Wall -Wextra -pedantic -O2 -g -c lib2
```

```
$ gcc -Wall -Wextra -pedantic -O2 -g -c lib3
```

```
$ gcc -Wall -Wextra -pedantic -O2 -g -lm lib1.o lib2.o lib3.o main.c ...
```

- Если проект большой, это быстро становится грустно
- Десятки тысяч файлов — не редкость

- Стандарт де-факто по «низкоуровневым» правилам сборки
- Сама ничего не знает про языки программирования, компиляторы и прочие подобные штуки
- Знает про цели и зависимости целей
 - Сортирует граф целей
 - Цели применяются в порядке от листьев к корню
- Правила сборки описываются в Makefile

Жаждающие подробностей могут посмотреть на слайды в конце презентации

Пример

Синтаксис:

```
target [target ...]: [component ...]  
    [command 1]  
    .  
    .  
    .  
    [command n]
```

Пример:

hello:

```
gcc -Wall -Wextra -pedantic -O2 hello.c -o hello
```

Запуск:

```
$ make hello
```

Высокоуровневые системы сборки

- Либо сами вызывают необходимые инструменты, либо генерируют Makefile
- CMake
 - Кроссплатформенная система сборки, очень популярна в C и C++ open source-сообществе
- Великое множество других (Bazel, MSBuild, qmake, SCons, Meson, ...)

Написание скриптов сборки для большого проекта — отдельная и довольно трудоёмкая задача

CMake

- Декларативное описание сборки проекта
 - Указываем *что* собирать, а не *как* собирать
- С открытым исходным кодом
 - <https://gitlab.kitware.com/cmake/cmake>
- Прежде всего для сборки C++-проектов, но умеет много чего
- Разрабатывается с 1999 года
- Сама сборкой не занимается, генерирует конфиг для системы сборки
 - Но может сама их запускать
- Пожалуй, основной способ сборки в VS Code (плагином CMake Tools)
 - Ctrl+Shift+P → CMake: Quick Start

Конфигурация CMake

- CMakeLists.txt в корне проекта
- Также могут быть в подкаталогах (для иерархической конфигурации)
- Бывают также модули (.cmake) и скрипты
- Коммитить, соответственно, CMakeLists.txt (все) и .cmake, если есть

Основные понятия

- Команды
 - *command_name*(список аргументов через пробел)
 - В CMake всё команды
 - Всё строки
- Переменные
 - *set*(name value)
 - *message*(STATUS "Name = \${name}")
 - Переменные окружения: \$ENV{Имя}
- Функции

- Исполняемые файлы
 - `add_executable(targetname source1 ...)`
- Библиотеки
 - `add_library(targetname [STATIC | SHARED | ...] source1 ...)`
- Линковка целей
 - `target_link_libraries(myLib [PUBLIC | PRIVATE | ...] dependencyLib)`

Фазы сборки

- Конфигурация
 - `$ cmake <путь до папки с CMakeLists.txt>`
 - Читает `CMakeLists.txt`, строит модель, сохраняет в `CMakeCache.txt`
 - Пытается угадать наличествующие инструменты и их возможности (например, поддерживаемую компилятором версию стандарта)
 - Можно вручную подредктировать параметры конфигурации (руками или в `cmake-gui`)
- Генерация — генерация конфигов для сборки (например, `Makefile`)
- Сборка
 - `$ cmake --build`

Пример

```
# Устанавливаем минимальную версию CMake
cmake_minimum_required(VERSION 3.25)
# Указываем названием проекта и используемый язык(и)
project(example C)

# Перечисляем библиотеки
add_library(Input Input.c)
add_library(Logic Logic.c)
add_library(Output Output.c)
# Связывает Logic с Output
target_link_libraries(Logic PUBLIC Output)

# Указываем исполняемый файл
add_executable(main main.c)
# Связываемся с библиотеками, Output доступен из-за Logic
target_link_libraries(main PRIVATE Input)
target_link_libraries(main PRIVATE Logic)
```

```
.
├── CMakeLists.txt
├── Input.c
├── Input.h
├── Logic.c
├── Logic.h
├── main.c
├── Output.c
└── Output.h
```

```
$ cmake . -B build
$ cmake --build build
$ ./build/main
```

Out-of-source-сборка

```
source/  
├── build  
│   └── сгенерированные файлы  
├── CMakeLists.txt  
└── исходники
```

```
build/  
└── сгенерированные файлы  
source/  
├── CMakeLists.txt  
└── исходники
```

Что ещё умеет

- Ветвления
 - Обычно на основе predetermined переменных:
<https://cmake.org/cmake/help/latest/manual/cmake-variables.7.html>
- Конфигурации: Debug, Release, RelWithDebInfo, MinSizeRel
 - `$ cmake ../MyProject -DCMAKE_BUILD_TYPE=Debug`
- Подпапки/подпроекты
 - `add_subdirectory(sourceDir ...)`
- Toolchain-файлы
- Скачивать исходники прямо в процессе сборки!
 - FetchContent
 - См., например, <https://google.github.io/googletest/quickstart-cmake.html>

Домашнее задание

Обязательное задание (4 балла):

Перенести на CMake домашнее задание к 5 занятию (Продвинутый баланс скобок и Сортировочная станция)

Дополнительные задания (не входят в общий зачёт):

Перенести остальные домашние работы на CMake (1 балл за каждую домашку)

Ещё слайды про make

Далее несколько слайдов про make, которые не влезли в пару

Как работает make

make знает про цели, зависимости, временные штампы и правила

- Смотрит на зависимости цели, если у хоть одной временной штамп свежее цели, запускается правило для цели
- В процессе цель может обновить свой временной штамп, что приведёт к исполнению правил для зависящих от неё целей
- Цели и зависимости образуют направленный ациклический граф (DAG)
- make выполняет топологическую сортировку графа зависимостей
- Правила применяются в порядке от листьев к корню

Продвинутые штуки

- Переменные
 - `MACRO = definition`
 - `NEW_MACRO = $(MACRO) - $(MACRO2)`
 - Переопределение из командной строки
 - `$ make MACRO=ololo`
- Параллельная сборка
 - `$ make -j8`

Неявные правила (Implicit rules)

- Способ описания общих правил

- Пример:

```
%.txt : %.docx  
    pandoc $< -o $@
```

Использование: `$ make test.txt`, при существовании `test.docx`

- Реализованы для множества языков (C, C++, Pascal, Fortran, ...)
- Можно собрать однофайловую программу на Си: `$ make main`
- Или даже собрать небольшой проект из нескольких файлов:

```
CFLAGS += -Wall -Wextra -pedantic -O2 -g  
main : lib1.o lib2.o lib3.o
```

Подробнее: <https://www.gnu.org/software/make/manual/make.html#Implicit-Rules>