Разработка кроссплатформенных программных систем.
Лекция №2. Разработка переносимых приложений на языке C

П.Н. Советов

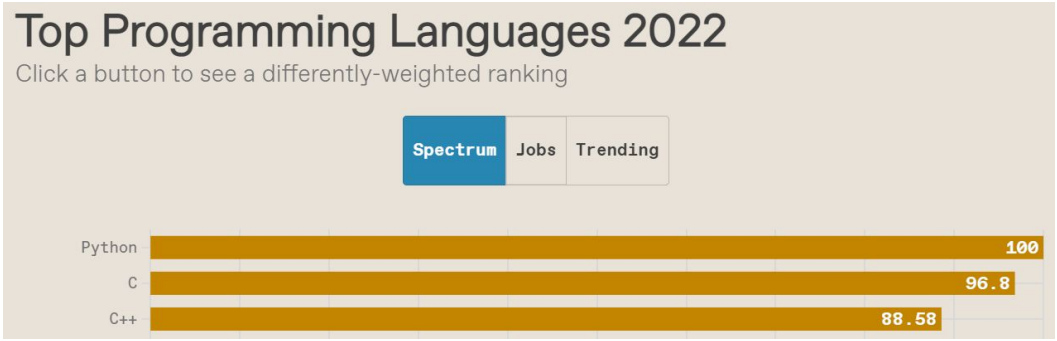
РТУ МИРЭА, 2022

Актуальность языка C

C (1972) до сих пор популярен в области системного программирования и встраиваемых систем.

На C написаны:

- UNIX-подобные ОС, в частности Linux,
- Git,
- интерпретаторы Python и Lua,
- Веб-сервер Nginx,
- СУБД SQLite и Redis.
- Классические игры Doom и Quake.



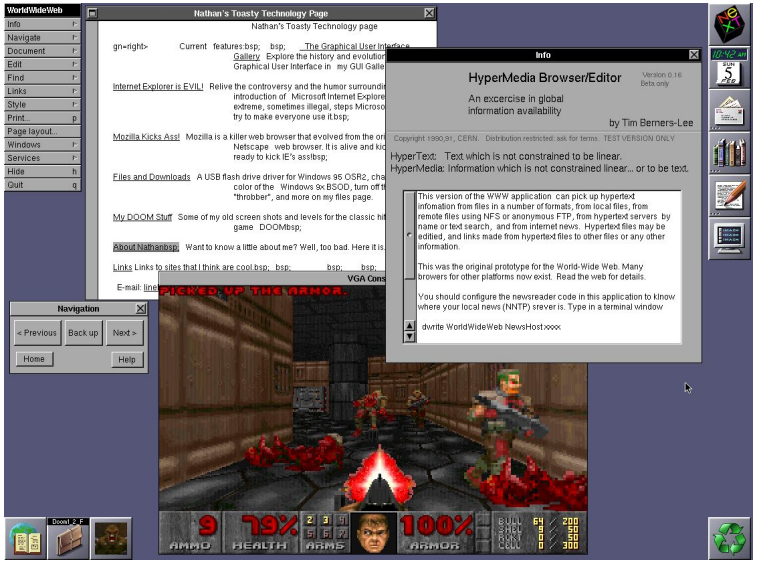
Переносимый код на примере игры Doom

Игра Doom (1993) написана на C. Разработка велась одновременно на двух различных платформах:

- Рабочая станция NeXT Computer под управлением варианта ОС UNIX NeXTSTEP с компилятором **gcc**.
- PC с ОС MS-DOS и компилятором **Watcom**.

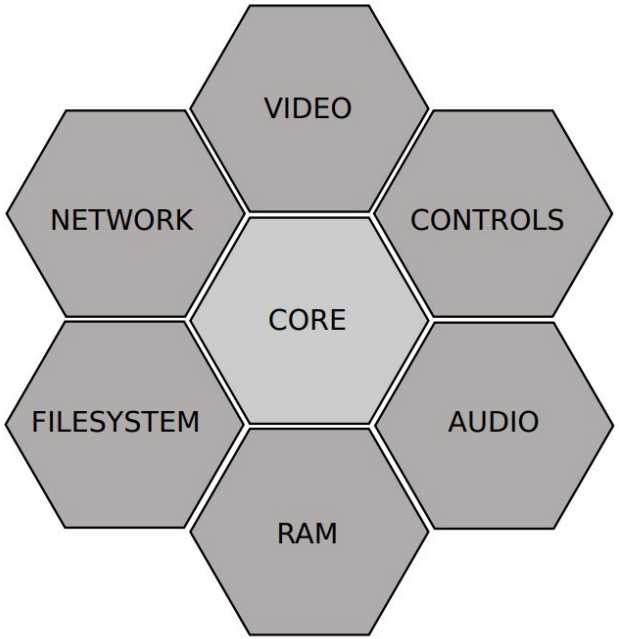
Платформы имели ряд существенных различий, включая разный порядок байт.

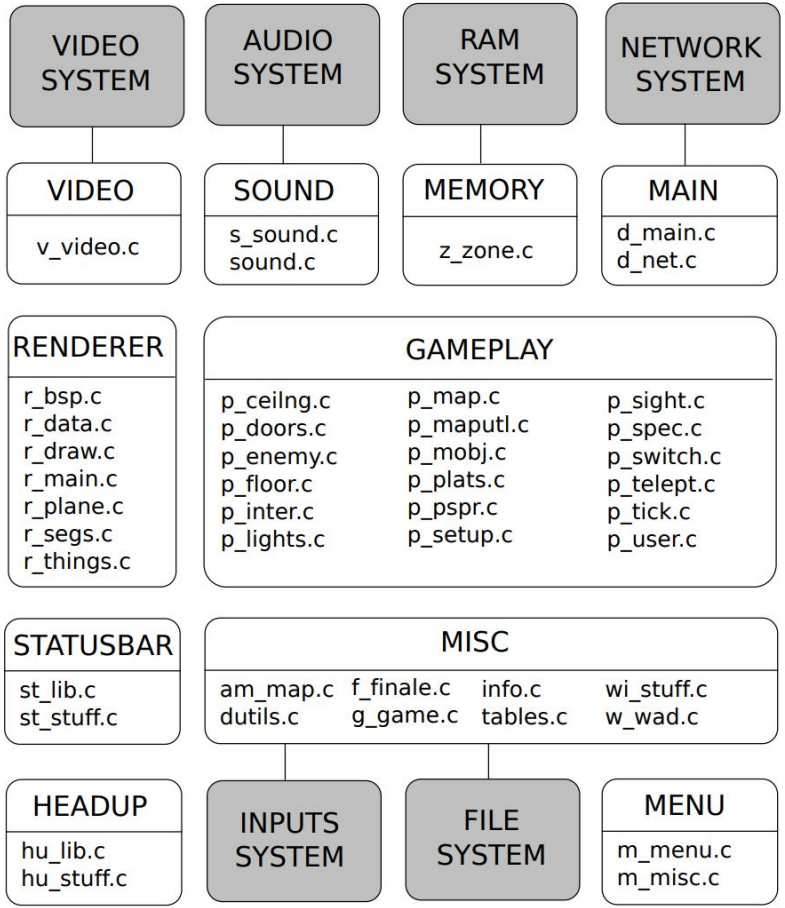
В дальнейшем Doom был портирован на множество самых различных платформ.



Переносимая архитектура Doom

В Doom выделено переносимое ядро. Платформо-зависимые компоненты (серый цвет) подключались к проекту в виде *.c файлов.





Sanglard F. Game Engine Black Book: DOOM v1. 1. – Software Wizards, 2019.

doomgeneric

Исходный код современной версии Doom: https://github.com/ozkl/doomgeneric

Для портирования doomgeneric на новую платформу в коде достаточно переопределить всего 5 функций:

DG_Init	Инициализация платформо-зависимых функций
DG_DrawFrame	Вывод видеобуфера на экран.
DG_SleepMs	Задержка в миллисекундах.
DG_GetTicksMs	Время в миллисекундах.
DG_GetKey	Опрос клавиатуры.

C и C++

- Хотя C и C++ схожи, C не является подмножеством C++.
- C представляет собой значительно более простой язык, чем C++.
- В C отсутствуют развитые средства абстрагирования из C++: классы и шаблоны.
- В этой связи использование C для написания больших прикладных программ, скорее всего, не является оправданным.
- Компиляторы C существуют для большего числа платформ, чем в случае C++.
- Низкоуровневые интерфейсы для ОС и библиотек часто представлены только в варианте для C.

Компиляторы C

Основные кроссплатформенные компиляторы C:

- gcc,
- clang.

Для Windows предлагается использовать сборку gcc под названием MinGW-W64. Архив с префиксом x86_64_..._release-win32-seh-...: https://github.com/niXman/mingw-builds-binaries/releases

Онлайн-компиляторы C: https://godbolt.org/

Стандарты C

Стандарт	**Описание**
K&R C	Оригинальный вариант 1978 года.
C89, ANSI C, C90	Первый стандарт. Считается устаревшим, но поддерживается большинством компиляторов.
C99	**Наиболее популярный сегодня стандарт, который будем использовать и мы.**
C11	
C17, C19	Исправления для C11.
C2x	Грядущий стандарт.

Ключи компиляции


```
gcc -std=c99 -Wall -Wpedantic program.c
```

- Ключ -std=c99 включает поддержку стандарта C99.
- Ключ -Wall включает оповещение обо всех “подозрительных” моментах в коде.
- Ключ -Wpedantic включает более тщательную проверку на соответствие стандарту.

Особенности C: порядок вычислений

В стандарте C порядок вычислений в выражениях и аргументах не определен, поэтому такой код является непереносимым:

```
buf1[i] = buf2[++i];
```

В выражениях от операторов автоинкремента/декремента лучше вообще отказаться.

Особенности C: размеры типов

- В C размер таких типов как int может иметь различные значения на различных платформах.
- Лучше задавать разрядность типов явно, например так: int32_t, uint32_t. Для этого надо подключить заголовочный файл stdint.h.
- Размеры и индексы можно хранить с помощью типа size_t (определен в stddef.h).
- Булев тип bool имеет значения true и false. Определен в stdbool.h.

Особенности C: инициализация данных

Избегайте неинициализированных данных.

Используйте следующую конструкцию для инициализации массивов и структур:

```
uint32_t data[128] = {0};
```

Вместо malloc используйте calloc, поскольку calloc обнуляет выделенную память.

Особенности C: модульность

Интерфейс модуля my описан в заголовочном файле my.h. Функции имеют дело со структурой my_state, представляющей собой объект — состояние модуля:

```
#ifndef MY_H
#define MY_H

int func1(struct my_state *my, ...);
int func2(struct my_state *my, ...);
...

#endif
```

Литература по С

Классические учебники по С89:

- Керниган Б. У., Ритчи Д. М. Язык программирования С/The C Programming Language. – Вильямс, 2015.
- Керниган Б. В. Пайк Роб. Практика программирования //СПб.: Невский диалект. – 2001.

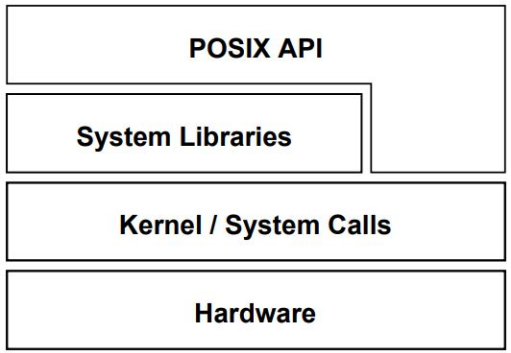
Учебники по современному С:

- Gustedt J. Modern C. – Simon and Schuster, 2019. URL: https://hal.inria.fr/hal-02383654/file/ModernC.pdf
  Beej's Guide to C Programming. URL: https://beej.us/guide/bgc/pdf/bgc_usl_c_1.pdf

POSIX

В 80-е годы количество несовместимых UNIX-систем стало слишком большим. Возник проект набора стандартов на API для программ, выполняющихся в UNIX-совместимых ОС.

POSIX (portable operating system interface) — переносимый интерфейс операционной системы. Включает в себя стандартную библиотеку C.



Текущая версия POSIX.1-2017 содержит описание C API и набор стандартных команд и утилит ОС. В POSIX не определена работа с графикой и базами данных.

Linux и macOS являются POSIX-совместимыми ОС.

В Windows POSIX поддерживается на уровне WSL (Windows subsystem for Linux). Подмножество POSIX поддерживается в MinGW-W64.

https://cse.buffalo.edu/~eblanton/course/cse410-2018-2f/materials/2018-2F/posix.pdf

Заголовочные файлы POSIX

Header	FreeBSD 8.0	Linux 3.2.0	Mac OS X 10.6.8	Solaris 10	Description
<aio.h>	•	•	•	•	asynchronous I/O
<cpio.h>	•	•	•	•	cpio archive values
<dirent.h>	•	•	•	•	directory entries (Section 4.22)
<dlfcn.h>	•	•	•	•	dynamic linking
<fcntl.h>	•	•	•	•	file control (Section 3.14)
<fnmatch.h>	•	•	•	•	filename-matching types
<glob.h>	•	•	•	•	pathname pattern-matching and generation
<grp.h>	•	•	•	•	group file (Section 6.4)
<iconv.h>	•	•	•	•	codeset conversion utility
<langinfo.h>	•	•	•	•	language information constants
<monetary.h>	•	•	•	•	monetary types and functions
<netdb.h>	•	•	•	•	network database operations
<nl_types.h>	•	•	•	•	message catalogs
<poll.h>	•	•	•	•	poll function (Section 14.4.2)
<pthread.h>	•	•	•	•	threads (Chapters 11 and 12)
<pwd.h>	•	•	•	•	password file (Section 6.2)
<regex.h>	•	•	•	•	regular expressions
<sched.h>	•	•	•	•	execution scheduling
<semaphore.h>	•	•	•	•	semaphores
<strings.h>	•	•	•	•	string operations
<tar.h>	•	•	•	•	tar archive values
<termios.h>	•	•	•	•	terminal I/O (Chapter 18)
<unistd.h>	•	•	•	•	symbolic constants
<wordexp.h>	•	•	•	•	word-expansion definitions
<arpa/inet.h>	•	•	•	•	Internet definitions (Chapter 16)
<net/if.h>	•	•	•	•	socket local interfaces (Chapter 16)
<netinet/in.h>	•	•	•	•	Internet address family (Section 16.3)
<netinet/tcp.h>	•	•	•	•	Transmission Control Protocol definitions
<sys/mman.h>	•	•	•	•	memory management declarations
<sys/select.h>	•	•	•	•	select function (Section 14.4.1)
<sys/socket.h>	•	•	•	•	sockets interface (Chapter 16)
<sys/stat.h>	•	•	•	•	file status (Chapter 4)
<sys/statvfs.h>	•	•	•	•	file system information
<sys/times.h>	•	•	•	•	process times (Section 8.17)
<sys/types.h>	•	•	•	•	primitive system data types (Section 2.8)
<sys/un.h>	•	•	•	•	UNIX domain socket definitions (Section 17.2)
<sys/utsname.h>	•	•	•	•	system name (Section 6.9)
<sys/wait.h>	•	•	•	•	process control (Section 8.6)

Stevens W. R., Rago S. A. Advanced Programming in the UNIX Environment: Advanc Progra UNIX Envir_p3. – Addison-Wesley, 2013.

Литература по POSIX

- Стивенс У. Р., Раго С. А. UNIX. Профессиональное программирование.-3-е изд //СПб.: Питер. – 2018.
- Курс В. Галатенко “Программирование в стандарте POSIX” на русском языке: https://intuit.ru/studies/courses/47/47/info
- Онлайн-версия стандартов POSIX: https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799.2018edition/
- MAN-страницы с указанием POSIX-совместимости API: https://man7.org/linux/man-pages/

Библиотека SDL2

SDL2 (simple DirectMedia layer) — кроссплатформенная библиотека на C для написания переносимых игр и других мультимедийных приложений.

Поддерживаются следующие периферийные устройства:

- звуковая карта,
- клавиатура,
- мышь,
- джойстик,
- видеокарта с поддержкой OpenGL и Direct3D.

Поддерживаемые платформы: Windows, macOS, Linux, iOS, Android.

Использование SDL2 в Windows

Скачать архив SDL2-devel-...-mingw.zip:
https://github.com/libsdl-org/SDL/releases/tag/release-2.24.0

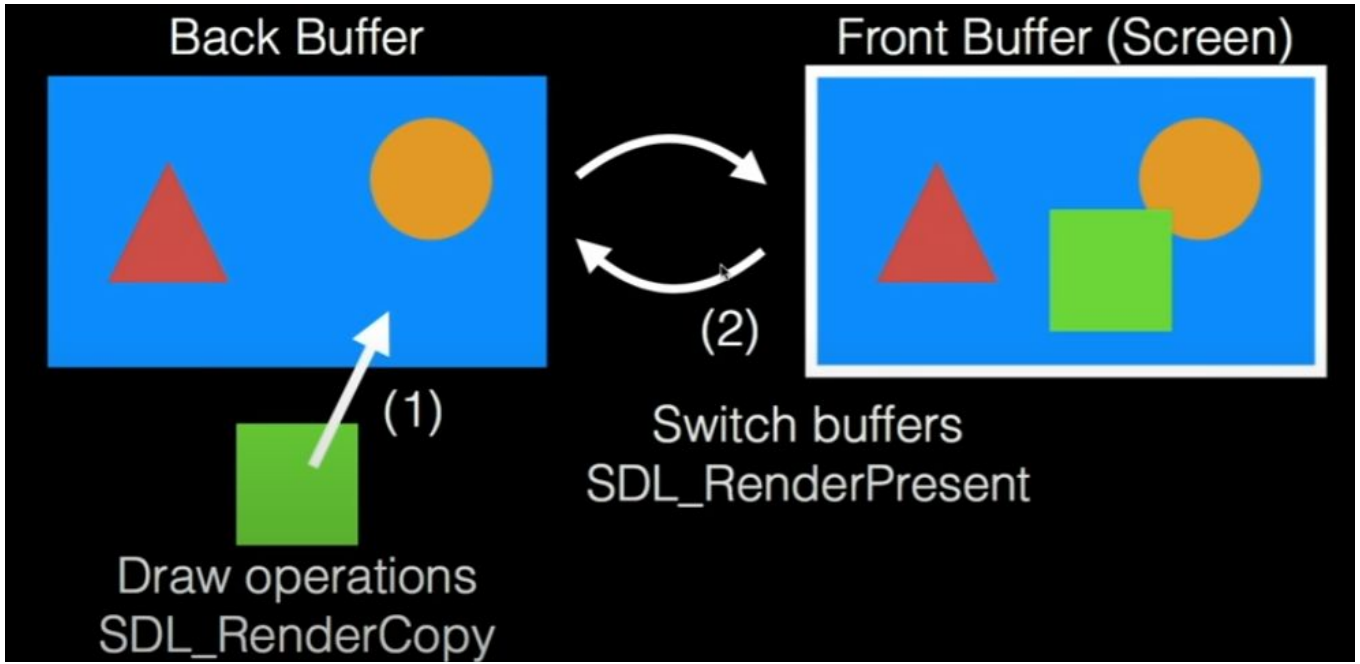
К опциям компилятора добавить:

```
-ISDL2/x86_64-w64-mingw32/include/SDL2
-LSDL2/x86_64-w64-mingw32/lib -w -lmingw32 -lSDL2main -lSDL2
```

Создание окна в SDL2


```c
#include "SDL.h"
#include <stdio.h>

int main(int argc, char* argv[]) {

    SDL_Window *window;                    // Declare a pointer

    SDL_Init(SDL_INIT_VIDEO);              // Initialize SDL2

    // Create an application window with the following settings:
    window = SDL_CreateWindow(
        "An SDL2 window",                  // window title
        SDL_WINDOWPOS_UNDEFINED,           // initial x position
        SDL_WINDOWPOS_UNDEFINED,           // initial y position
        640,                               // width, in pixels
        480,                               // height, in pixels
        SDL_WINDOW_OPENGL                  // flags - see below
    );

    // Check that the window was successfully created
    if (window == NULL) {
        // In the case that the window could not be made...
        printf("Could not create window: %s\n", SDL_GetError());
        return 1;
    }

    // The window is open: could enter program loop here (see SDL_PollEvent())

    SDL_Delay(3000);  // Pause execution for 3000 milliseconds, for example

    // Close and destroy the window
    SDL_DestroyWindow(window);

    // Clean up
    SDL_Quit();
    return 0;
}
```

Дублирующая буферизация в SDL2



https://www.youtube.com/watch?v=yFLa3In16w0

Литература по SDL2

- Официальная документация с примерами использования (англ.): https://wiki.libsdl.org/APIByCategory
- Набор уроков по SDL2 (англ.): https://lazyfoo.net/tutorials/SDL/index.php