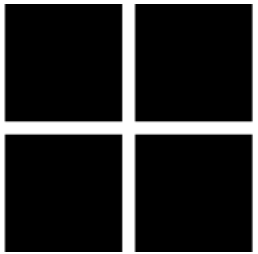
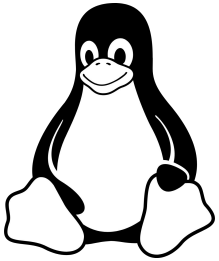
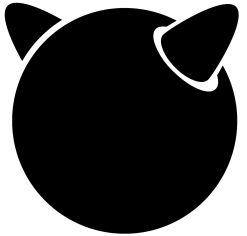
Operating systems





macOS



and (немного про) computer architecture

🤝 Давайте договоримся

- Мы уважаем друг друга и вместе создаем доброжелательную среду, чтобы нам было комфортно и безопасно взаимодействовать
- В сообщениях или устном обмене мыслями **не переходим на личности**, и не обсуждаем острые темы, мы – коллеги
- Все вопросы по курсу, которые возникли вне лекции, **пишите в общий чат**, а не в личку, чтобы все могли научиться и добавить что-то свое
- Я готов отвечать на вопросы каждый день с **20:00** до **23:00**
- **Не стесняйтесь делиться идеями** и обсуждать задания в чатике
- Глупых вопросов не бывает, понимание даст вам уверенность в знаниях
- Я готов к **обратной связи**, потому хочу сделать этот курс лучше

✅ Требования к студентам

- Базовое знание языка C
- *Использовать C++ можно, но с ограничениями, которые я буду оговаривать перед выдачей лаб*
- Уверенное пользование утилитами Unix в терминале (`cd`, `ls`, `cat`, `chmod`, `chown`, `rm`, `ln`, и тп.)
- Быть уверенным пользователем вашей любимой ОС, в которой вы будете делать лабы
- Знание курса Архитектуры ЭВМ на базовом уровне

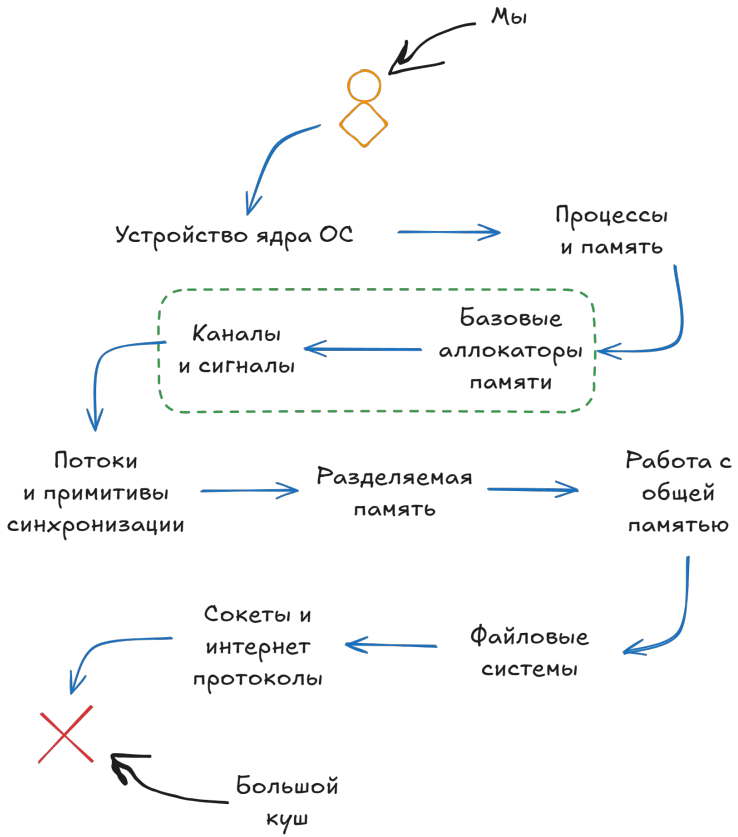
❓ О чём будет курс?

Вы умеете писать программы на C и Python. Скоро и на C++, и на других языках тоже! И знаете, что:

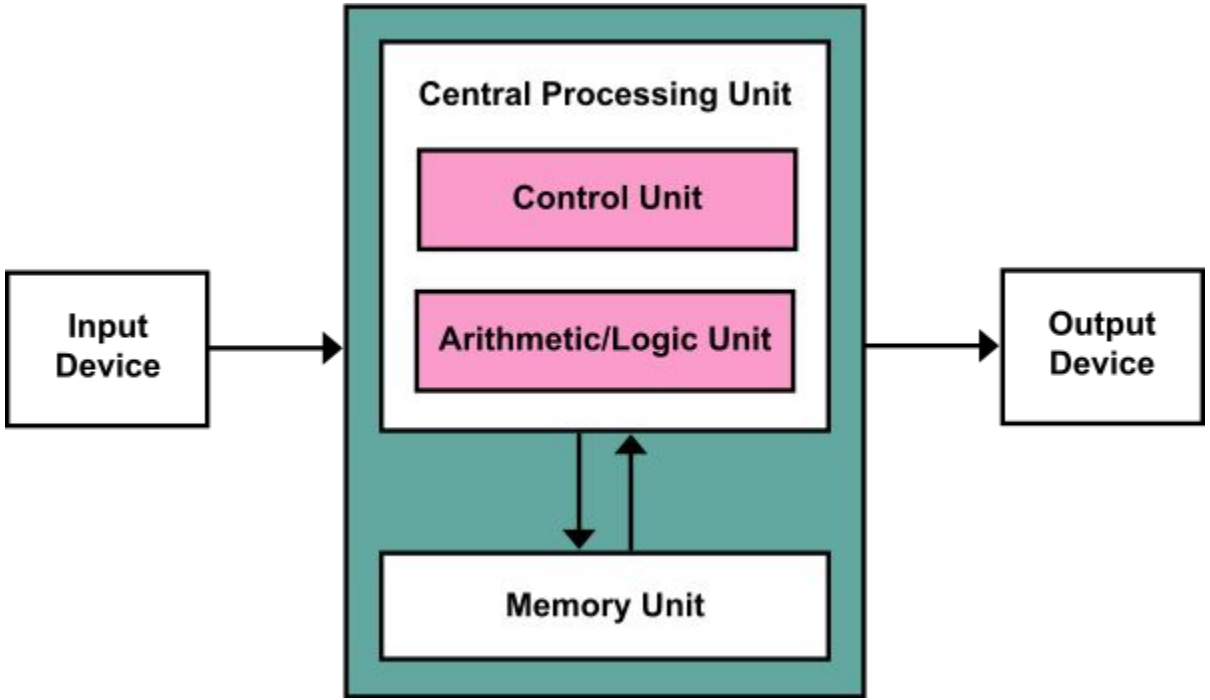
- Код программ можно компилировать или интерпретировать;
- Программы можно запустить в системе;
- На компьютере могут исполняться много программ;
- Можно каким-то образом задействовать больше одного ядра для ускорения вычислений;
- Программы как-то умеют обращаться к оборудованию и ресурсам операционной системы.

Благодаря этому курсу вы обретете понимание всех этих перечисленных аспектов и будете уметь разрабатывать эффективные и производительные программы

Дорожная карта



Машина фон Неймана



🎛️ Зачем нужна ОС?

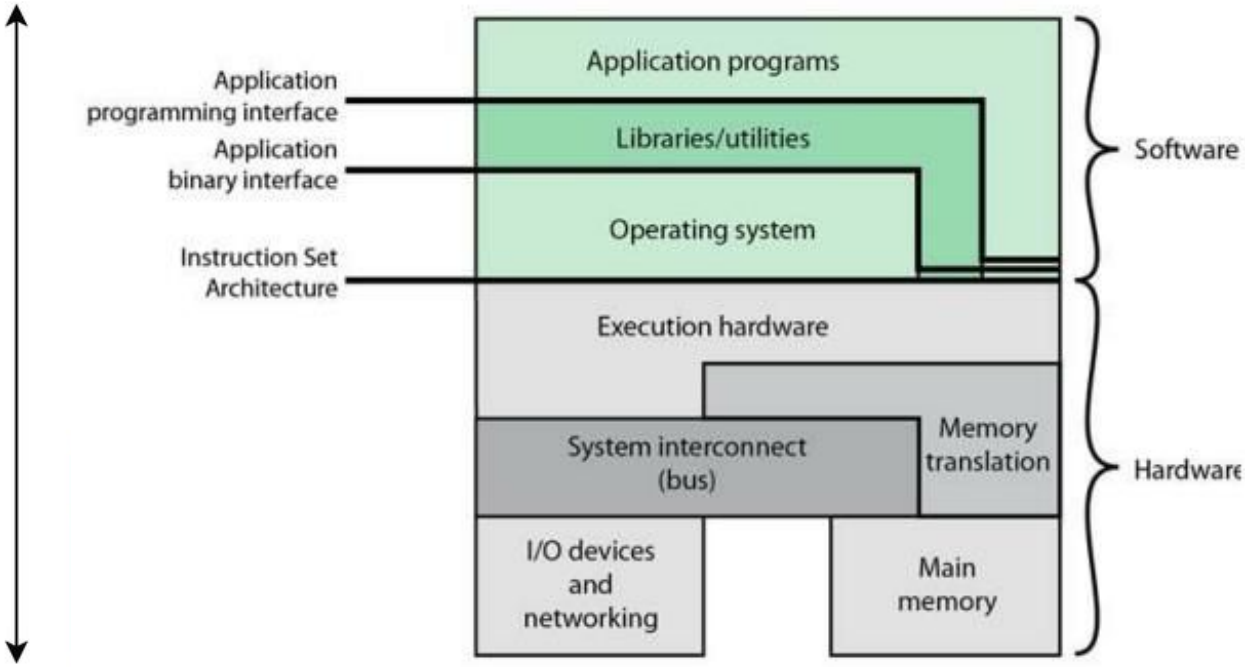
Операционная система — это совокупность пользовательских и системных программ

Ядро — её основная часть, отвечающая за управление ресурсами и взаимодействие между оборудованием и приложениями

По сути, ядро это тоже программа, которая параллельно исполняется вместе со всеми другими, но за кулисами, обеспечивает вам базовую работу пользовательских программ и драйверов и предоставляет абстрактный интерфейс к оборудованию

📦 Структура

Higher level of abstraction

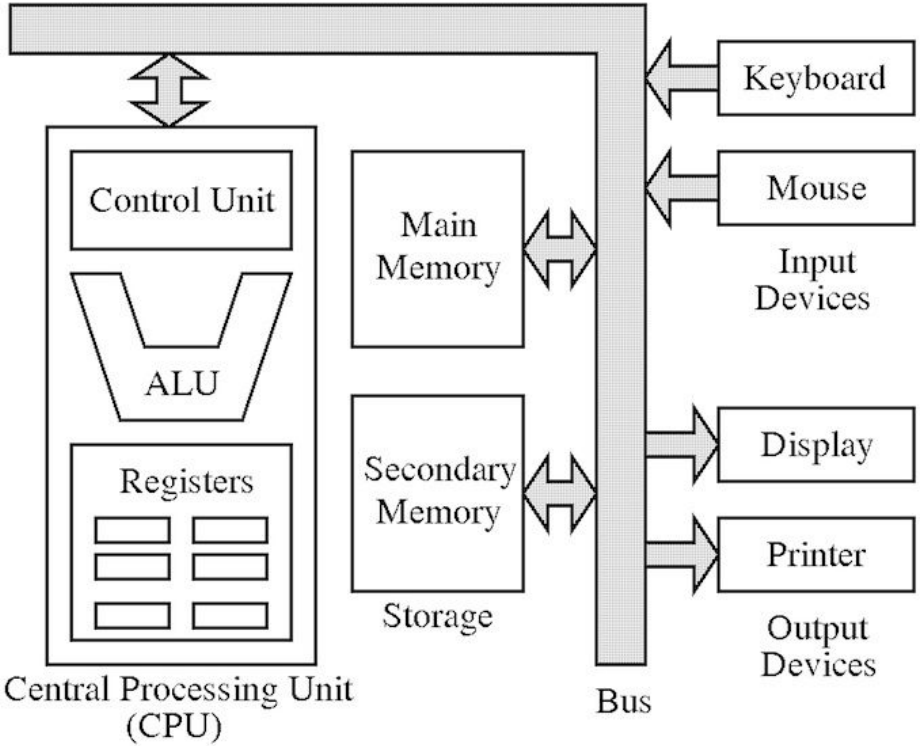


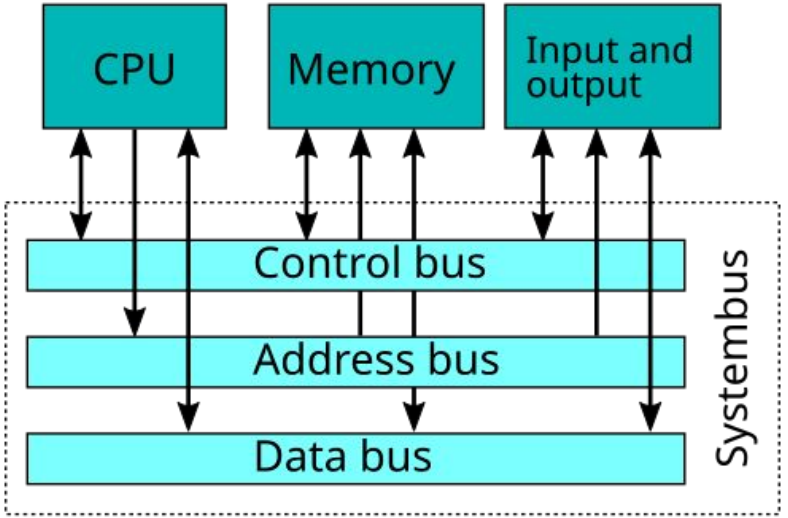
Lower level of abstraction

🔴 А что делает ядро?

1. Распоряжается физическими и абстрактными ресурсами и занимается мультиплексированием во времени и пространстве
2. Сохраняет целостность данных: защищает пользователей и программы
3. Увеличивает уровень абстракции, предоставляя программный интерфейс

⌨ Взаимодействие с устройствами





🔌 Memory-mapped I/O

С точки зрения процессора, ввод-вывод выглядит как чтение и запись обычной памяти:

```
#define VGA_VIDEO_WIDTH 80

volatile uint16_t *const vga_memory = (uint16_t *)0xb8000;

static void put_char(uint8_t x, uint8_t y,
                     char c, uint8_t color) {
    vga_memory[y * VGA_VIDEO_WIDTH + x] = (uint16_t)((color << 8) | (c & 0x7F));
}
```

🔌 Port-mapped I/O (x86)

Отдельный механизм для обмена данными с устройствами, инициируемого специальными инструкциями процессора: in и out

Каждое устройство подключено к процессору через уникальный "порт" – это как почтовый адрес, который процессор использует для общения с устройством

Например в порт 0x60 записываются сканкоды клавиатуры

```
loop:
    /* Store the scancode to al. */
    in $0x60, %al
    cmp %al, %cl
    jz loop
    mov %al, %cl
    PRINT_HEX <%al>
    PRINT_NEWLINE
    jmp loop
```

🛑 Прерывания

Опрашивать устройства вручную неудобно, потому что мы должны сами задавать в коде в какое время это делать

Было бы здорово, если устройства сами могли сигнализировать о готовности подать нам данные. Для этого существуют **прерывания**!

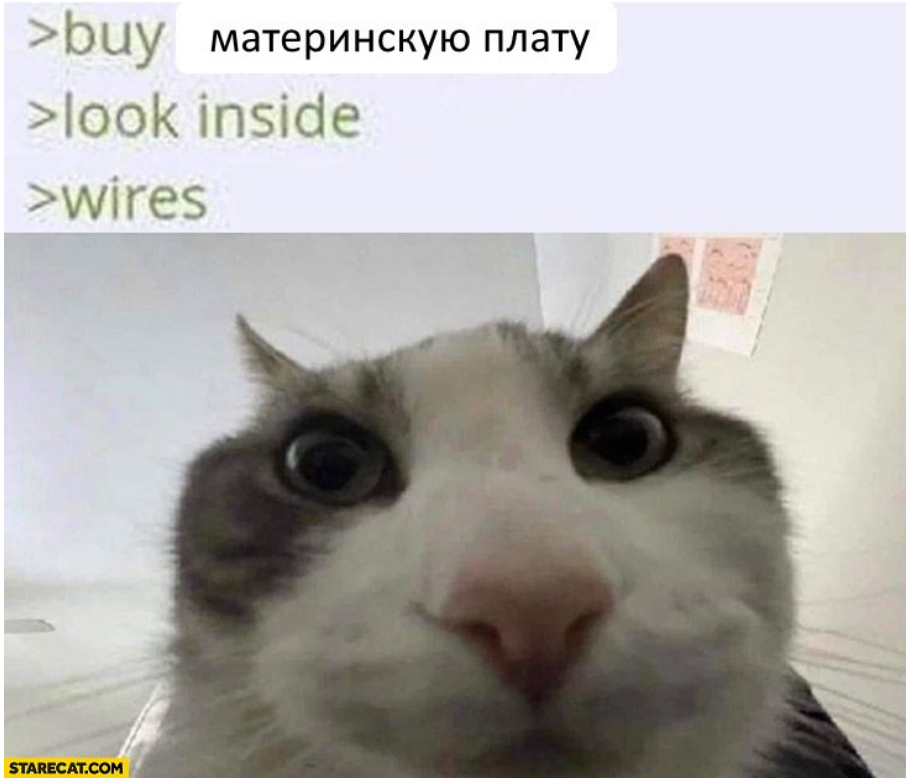
Существуют три видов таких прерываний:

1. Exceptions (исключительные ситуации — например, деление на 0);
2. Hardware interrupts;
3. Software interrupts;

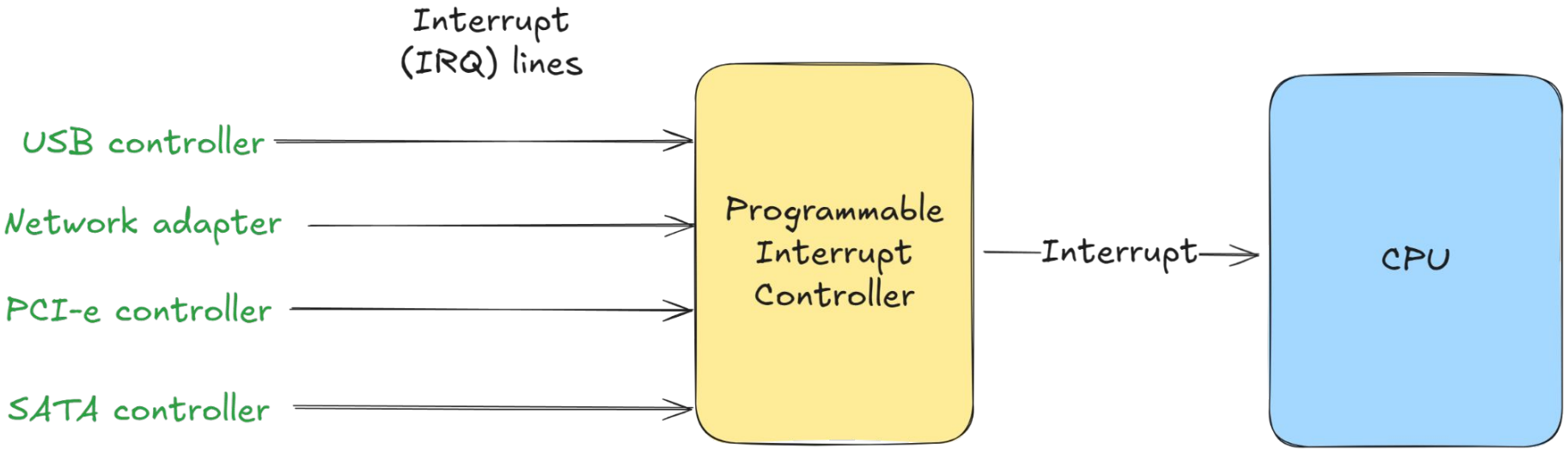
🛑 Прерывания

```
dot_product(int x1, int y1, int x2, int y2): ; edi, esi, edx, ecx
    mov     eax, edi ; result = x1
    imul    eax, edx ; result *= x2
    mov     edx, eax ; lhs = result
    mov     eax, esi ; result = y1
    imul    eax, ecx ; result *= y2    ← rip (x86_64 instruction pointer)
    add     eax, edx ; result += lhs
    ret ; result is in eax


; …и где-то очень далеко, в ядре

handle_keyboard:
    in $0x60, %al
    ; что-то делаем с этим сканкодом
    iret ; возвращаемся обратно, откуда нас унесли
```

А кто прерывание сигнализировал?



А кто прерывание сигнализировал?



А как их обрабатывать и где?

Ядро заполняет таблицу (массив) из 256 указателей на функции (обработчики) прерываний и записывает в спец. регистр `idtr` (для x86) адрес этого массива

Для обработки прерывания процессор сохраняет в стеке регистры `cs`, `rip` и `eflags`, а затем загружает в `cs` и `rip` адрес обработчика, соответствующего номеру прерывания

После обработки прерывания мы возвращаемся в наш код с помощью `iret` инструкции, которая извлекает из стека три верхних значения и помещает их в регистры `cs`, `rip` и `eflags`

А когда прерывания происходят?

После исполнения каждой инструкции, процессор проверяет в регистре eflags один битовый флаг IF (interrupt flag) и если он установлен и способность обрабатывать прерывание не маскируется, то процессор начинает обрабатывать прерывание

Процессору не хочется поддерживать приоритет и очередь прерываний, поэтому ответственность за доставку предоставляем отдельному чипу, программируемому контроллеру прерываний

Процессор и PIC коммуницируют через порты или адреса, как и любые другие устройства

⚡ А можно ли самому вызвать прерывание?

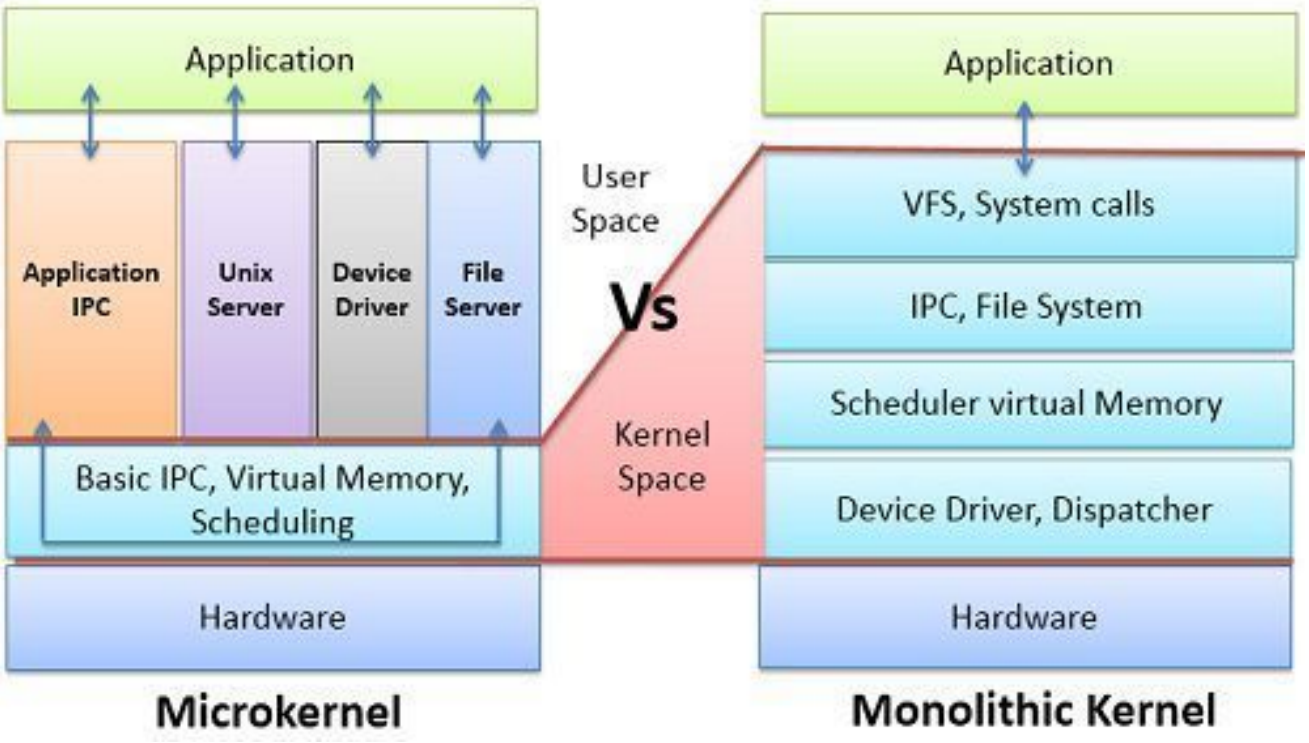
Да, можно! И ваши программы делают это постоянно!

Пользовательские программы работают с оборудованием не напрямую, а через абстрактный интерфейс ядра, который реализуется через механизм **системных вызовов** (инструкции `syscall` или `int` на x86)

Системные вызовы нужны, чтобы:

- Управлять процессами
- Управлять файлами и каталогами
- Управлять устройствами
- и имногим другим!

Типы ядер


Application
Application Server
Unix Server
Device Driver
File Server
Basic IPC, Virtual Memory, Scheduling
Hardware
Microkernel
User Space
Vs
Kernel Space
Application
VFS, System calls
IPC, File System
Scheduler virtual Memory
Device Driver, Dispatcher
Hardware
Monolithic Kernel