

# Теория и практика многопоточного программирования

## Семинар 2

Неганов Алексей

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)  
Кафедра теоретической и прикладной информатики

Москва 2020



Рисунок 1 – Упрощённая диаграмма состояний процесса

Что содержит процесс (пример UNIX):

- Сегмент кода (возможно, разделяемый)
- Сегмент данных (включая стек)
- Состояние регистров, включая программный счётчик
- Таблица дескрипторов ввода-вывода
- Диспозиция обработки сигналов
- Счётчики потреблённых ресурсов
- Командная строка и окружение
- Текущий и корневой каталог
- Идентификаторы процесса, его родителя, группы и сеанса
- Информация о владельце
- Настройки прав
- ...

Что содержит поток:

- Стек
- Состояние регистров, включая программный счётчик

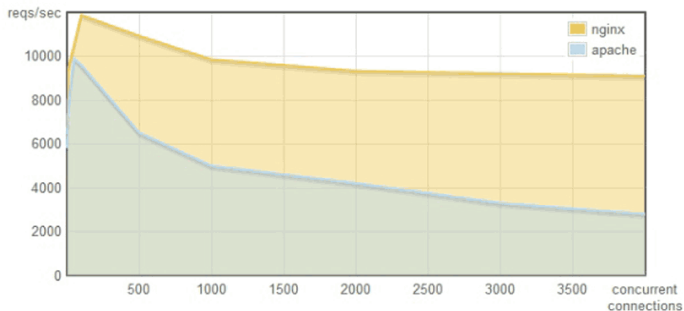


Рисунок 2 – Сравнение поведения веб-серверов Nginx и Apache при увеличении количества одновременных подключений

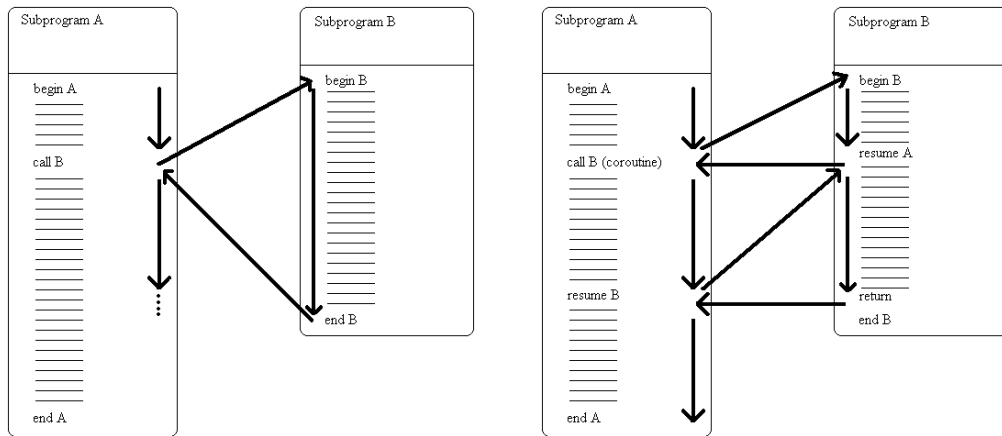


Рисунок 3 – Поток команд для программ и сопрограмм

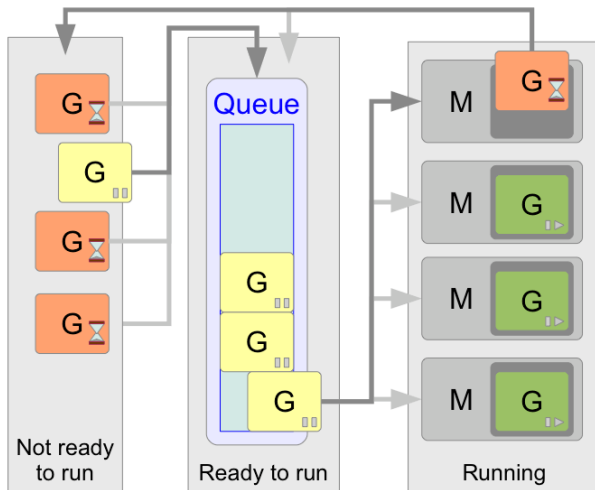


Рисунок 4 – Схема работы планировщика Go

## Ситуация гонок

Ситуацией гонок (*race condition*) называется недетерминированность совокупного исполнения потоков.

## Критерий Бернстайна

Пусть  $R(P_i)$  множество переменных, значение которых поток  $P_i$  использует в операциях чтения,  $W(P_i)$  — множество переменных, использующихся в операциях записи. Тогда совокупное исполнение потоков  $P_1$  и  $P_2$  детерминировано, если

$$\begin{cases} W(P_1) \cap W(P_2) = \emptyset \\ R(P_1) \cap W(P_2) = \emptyset \\ W(P_1) \cap R(P_2) = \emptyset \end{cases} \quad (1)$$

- ❶ Два и более потока не должны ни при каких условиях находиться одновременно в критических секциях, связанных с одними и теми же данными (*mutual exclusion*)
- ❷ Хотя бы один из конкурирующих потоков должен рано или поздно попасть в нужную ему критическую секцию (*freedom from deadlock*)
- ❸ Каждый поток должен рано или поздно попасть в критическую секцию (*freedom from starvation*)
- ❹ Полезная работа над данными критической секции должна доводиться до конца (*freedom from livelock*)
- ❺ Основное время поток должен провести в исполнении полезной работы, а не в ожидании заблокированного ресурса (*freedom from lock contention*)
- ❻ Заблокированный поток не должен расходовать процессорное время (отсутствие активного ожидания)



Верно ли, что методы `lock12()` и `lock21()`, будучи вызванными из разных потоков, рано или поздно завершат работу? Какое название имеет такое состояние программы?

```
mutex_t m1, m2;
```

```
void lock12(void) {  
    m1.lock();  
    while (m2.locked()) {  
        m1.unlock();  
        wait();  
        m1.lock();  
    }  
    m2.lock();  
}
```

```
void lock21(void) {  
    m2.lock();  
    while (m1.locked()) {  
        m2.unlock();  
        wait();  
        m2.lock();  
    }  
    m1.lock();  
}
```

- 1 Условие взаимного исключения (*mutual exclusion*): существует ресурс такой, что одновременно использовать его только один поток
- 2 Условие ожидания ресурсов (*hold and wait*): потоки, уже захватившие ресурсы, могут захватывать другие ресурсы
- 3 Условие нераспределенности (*no preemption*): ресурс не может быть принудительно забран у потока, только сам поток может освободить его
- 4 Условие кругового ожидания (*circular wait*): существует кольцевая цепь потоков, в которой каждый поток ждет доступа к ресурсу, удерживаемому другим потоком цепи

# Необходимые и достаточные условия возникновения тупиков (deadlock)

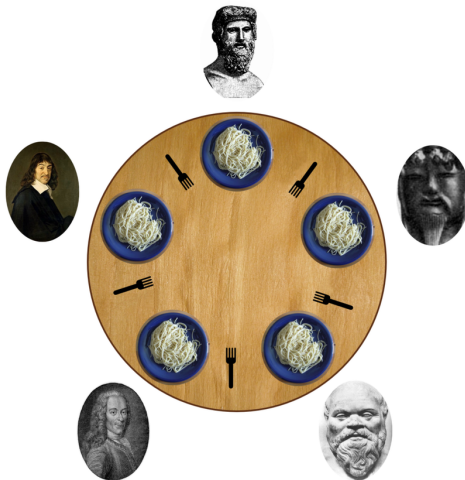


Рисунок 5 – Задача об обедающих философях

# Необходимые и достаточные условия возникновения тупиков (deadlock)

Рассмотрим псевдокод следующей программы, использующей семафоры:

```
int x = 0, y = 0, z = 0;
sem lock1 = 1, lock2 = 1;

process foo {
    z = z + 2;
    P(lock1);
    x = x + 2;
    P(lock2);
    V(lock1);
    y = y + 2;
    V(lock2);
}

process bar {
    P(lock2);
    y = y + 1;
    P(lock1);
    x = x + 1;
    V(lock1);
    V(lock2);
    z = z + 1;
}
```

Может ли эта программа войти в состояние взаимной блокировки (*deadlock*)? Если да, то каким образом и каковы возможные значения переменных  $x$ ,  $y$  и  $z$  в этом состоянии?

# Необходимые и достаточные условия возникновения тупиков (deadlock)

Рассмотрим следующий код на языке C:

```
char buf[100];
int rc;
int fd[2];
pipe(fd);
if (fork() == 0) {
    dup2(fd[1], 1);
    close(fd[1]);
    close(fd[0]);
    execlp("ls", "ls", NULL);
    perror("ls");
    exit(1);
}
close(fd[1]);
wait(NULL);
while((rc = read(fd[0], buf, sizeof(buf)))>0) {
    /* ... */
}
```

Может ли эта программа войти в состояние взаимной блокировки (*deadlock*)? Если да, то каким образом?

- 1 Напишите программу, принимающую число  $N$  как аргумент командной строки и запускающую  $N$  потоков с помощью библиотеки POSIX threads (`pthread`) или C++11 threads. Каждый поток должен напечатать число — номер в порядке запуска и свой ID.
- 2 Напишите программу с использованием `pthread` или C++11 threads, где 4 потока заполняют промежуточный буфер (единый для всех потоков) символами '1', '2', '3' или '4' соответственно, причём после 100 символов поток заканчивает свою работу, и ещё 4 потока читают данные из буфера и пишут в 4 файла, причём каждый поток должен считать из буфера 100 символов.
- 3 Напишите исправленную версию программы, вызывающей `ls` в дочернем процессе.