ТЕХНОСФЕРА

Лекция №4

Многопоточное программирование

Дмитрий Калугин-Балашов

Создание процессов

pid_t **fork**();

Создание процессов

pid_t **fork**();

pid_t **vfork**();

Создание процессов

```
pid_t fork();
pid_t vfork();
pid_t forkpty(int *amaster,
    char *name,
    const struct termios *termp,
    const struct winsize *winp);
```

Copy-on-write

Copy-on-write

7

6

5

4

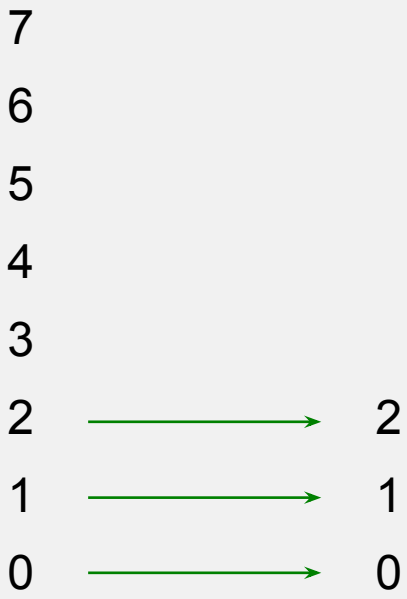
3

2

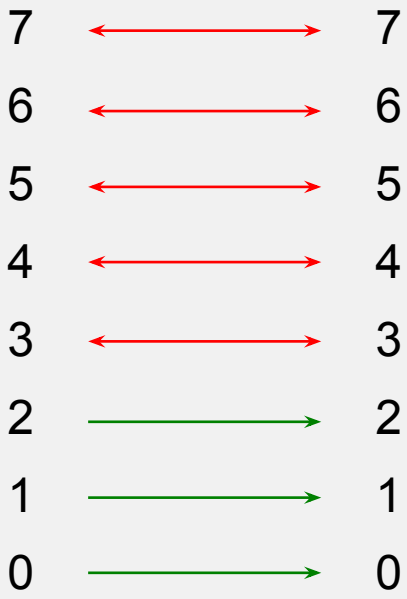
1

0

Copy-on-write



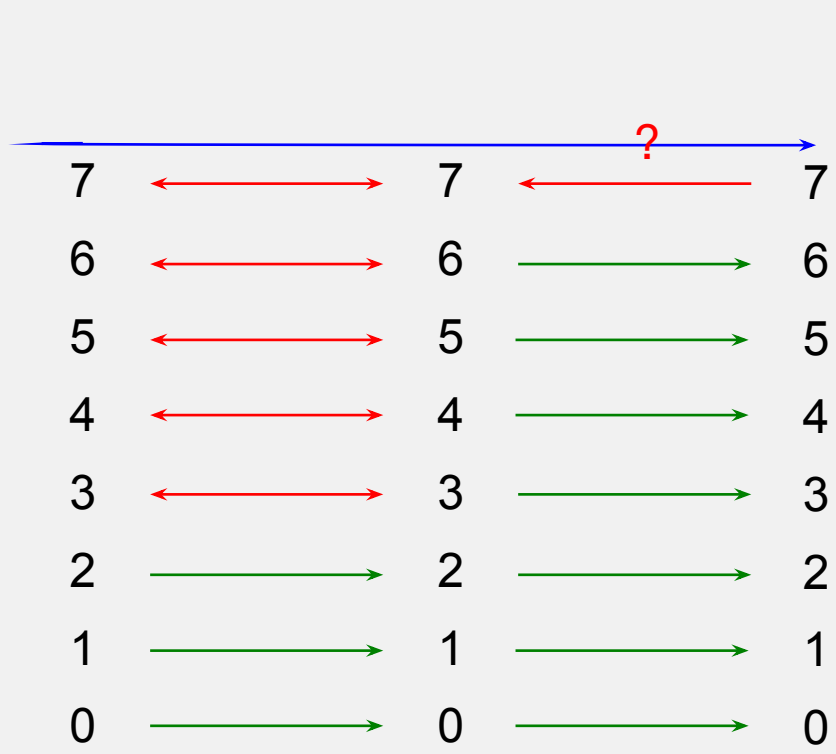
Copy-on-write



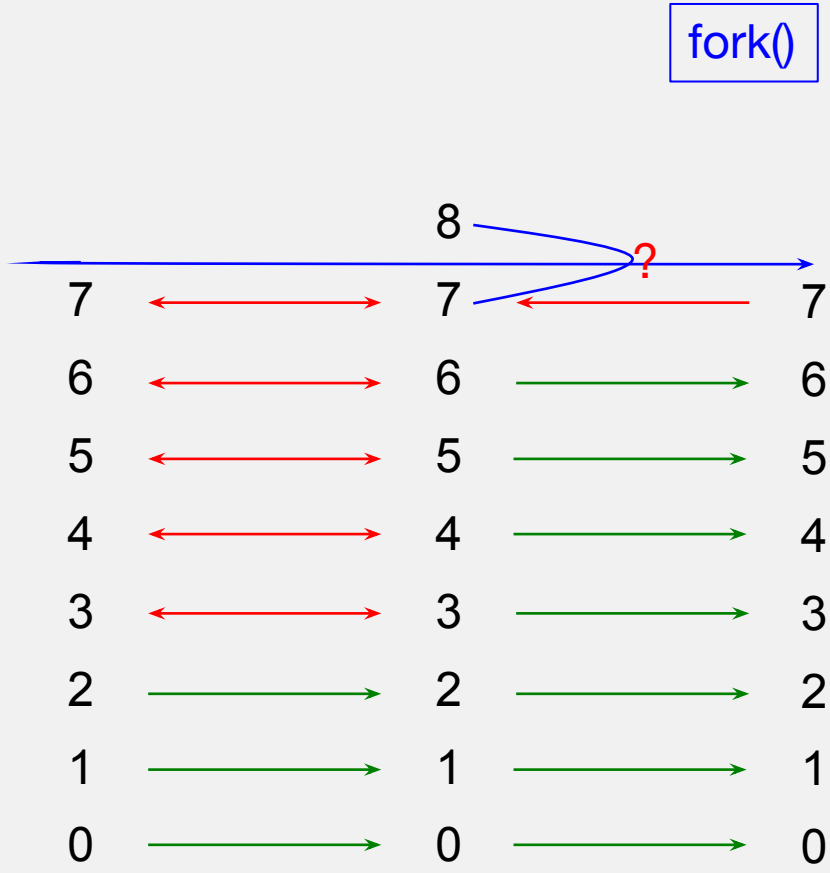
Copy-on-write

Copy-on-write

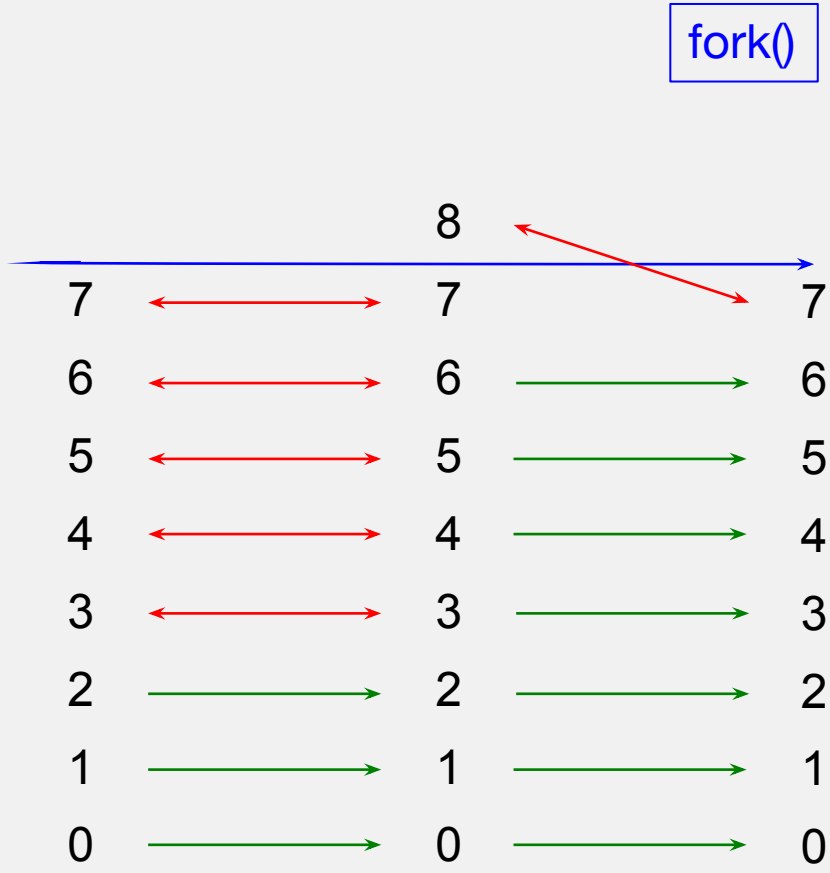
Copy-on-write



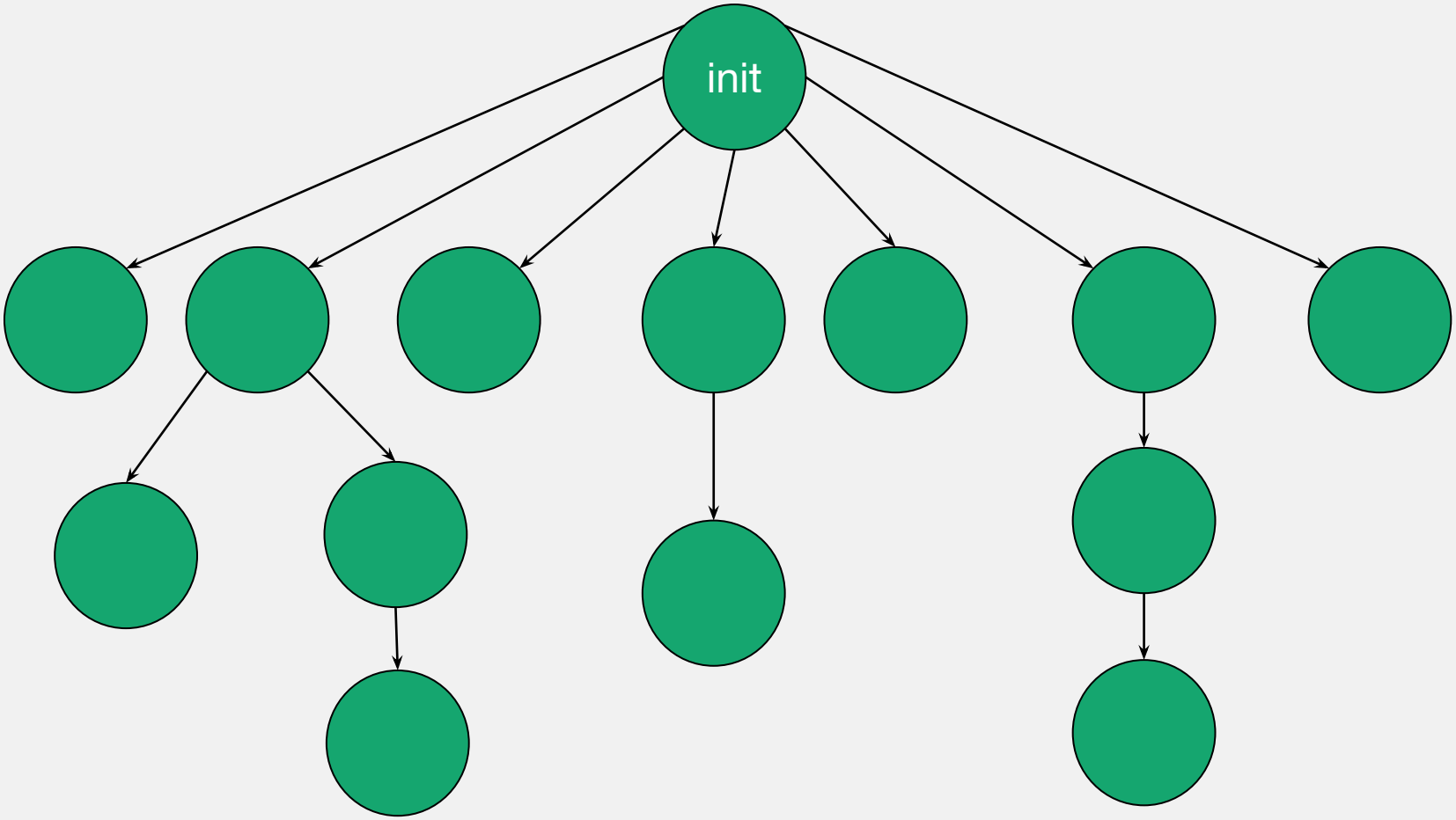
Copy-on-write



Copy-on-write



Дерево процессов

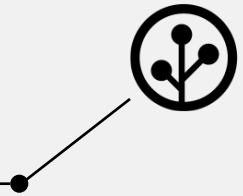


Атрибуты процесса

PID и PPID (Parent PID).

```
1.    pid_t getpid();
2.    pid_t getppid();
```

Атрибуты процесса



PID и PPID (Parent PID).

```
1.  pid_t getpid();
2.  pid_t getppid();

3.  // PID=1 для init.

4.  // Если родительский процесс завершается,
5.  // потомок получает PPID=1.
```

Атрибуты процесса

UID, GID, EUID, EGID.

```
1.  // “Кто создал?”
2.  // (Реальные идентификаторы пользователя и группы).

3.  uid_t getuid();
4.  int setuid(uid_t uid);
5.  gid_t getgid();
6.  int setgid(gid_t gid);

7.  // “От чьего лица выполняется?”
8.  // (Эффективные идентификаторы пользователя и группы).

9.  uid_t geteuid();
10. int seteuid(uid_t uid);
11. gid_t getegid();
12. int setegid(gid_t gid);
```

Атрибуты процесса

Корневой каталог.

```
1.  int chroot(const char *path);

2.  // --- /var/new_root/somefile.txt
3.  // --- chroot(“/var/new_root”);
4.  // --- /somefile.txt
```

Атрибуты процесса

Рабочий каталог.

```
1.  int chdir(const char *path);
2.  int fchdir(int fd);
```

Атрибуты процесса

Приоритет.

```
1.  int nice(int incr);

2.  // NZERO = 20
3.  // NICE = 0..39
4.  // NICE-20
```

Атрибуты процесса

Ограничения.

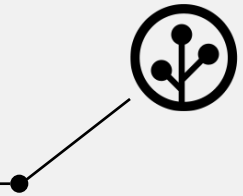
```
1.  int getrlimit(int resource, struct rlimit *rlp);
2.  int setrlimit(int resource, const struct rlimit *rlp);

3.  struct rlimit {
4.  rlim_t rlim_cur;
5.  rlim_t rlim_max;
6.  }

7.  // RLIMIT_CORE, RLIMIT_CPU, RLIMIT_DATA, RLIMIT_FSIZE,
    RLIMIT_NOFILE, RLIMIT_STACK, RLIMIT_AS

8.  // RLIM_SAVED_MAX, RLIM_SAVED_CUR, RLIM_INFINITY
```

Атрибуты процесса

Ограничения.

```
1.  long ulimit(int cmd, …); // Устаревший

2.  int getrusage(int who, struct rusage *r_usage);
3.  // RUSAGE_SELF, RUSAGE_CHILDREN

4.  int prlimit(pid_t pid,
5.     int resource,
6.     const struct rlimit *new_limit,
7.     struct rlimit *old_limit);
```

Атрибуты процесса



Переменные окружения.

```
1.  extern char **environ;
2.  // Имя=Значение
3.  // Имя=Значение
4.  // ...
5.  // Имя=Значение
6.  // \0

7.  char *getenv(const char *var);
8.  int putenv(char *string);
9.  int setenv(const char *var, const char *val, int overwrite);
10. int unsetenv(const char *var);
```

Порождение процессов

Порождение процесса через exec.

- `int execl(const char *path, const char *arg, ...);`
- `int execv(const char *path, char *const argv[]);`
- `int execle(const char *path, const char *arg, ..., char * const envp[]);`
- `int execve(const char *path, char *const argv[], char *const envp[]);`
- `int execlp(const char *file, const char *arg, ...);`
- `int execvp(const char *file, char *const argv[]);`

Порождение процессов

Порождение процесса через exec.

- `int execl(const char *path, const char *arg, ...);`
- `int execv(const char *path, char *const argv[]);`
- `int execle(const char *path, const char *arg, ..., char * const envp[]);`
- `int execve(const char *path, char *const argv[], char *const envp[]);`
- `int execlp(const char *file, const char *arg, ...);`
- `int execvp(const char *file, char *const argv[]);`

Порождение процессов

Порождение процесса через exec.

- `int execl(const char *path, const char *arg, ...);`
- `int execv(const char *path, char *const argv[]);`
- `int execle(const char *path, const char *arg, ..., char * const envp[]);`
- `int execve(const char *path, char *const argv[], char *const envp[]);`
- `int execlp(const char *file, const char *arg, ...);`
- `int execvp(const char *file, char *const argv[]);`

Порождение процессов

Порождение процесса через exec.

```
- int execl(const char *path, const char *arg, ...);
- int execv(const char *path, char *const argv[]);
- int execle(const char *path, const char *arg, ..., char * const
  envp[]);
- int execve(const char *path, char *const argv[], char *const
  envp[]);
- int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
- int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

Порождение процессов

Порождение процесса через exec.

- `int execl(const char *path, const char *arg, ...);`
- `int execv(const char *path, char *const argv[]);`
- `int execle(const char *path, const char *arg, ..., char * const envp[]);`
- `int execve(const char *path, char *const argv[], char *const envp[]);`
- `int execlp(const char *file, const char *arg, ...);`
- `int execvp(const char *file, char *const argv[]);`

Порождение процессов

Порождение процесса через system.

- `int system(const char *command);`

Ожидание потомка

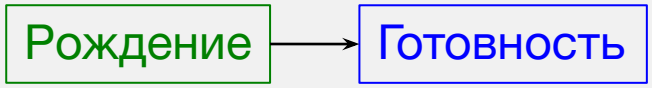
Как предотвратить зомби?

```
1.  pid_t waitpid(pid_t pid, int *statusp, int options);

2.  // pid <- PID или -1
3.  // options <- WNOHANG
4.  // wait(&status) = waitpid(-1, &status, 0);
```

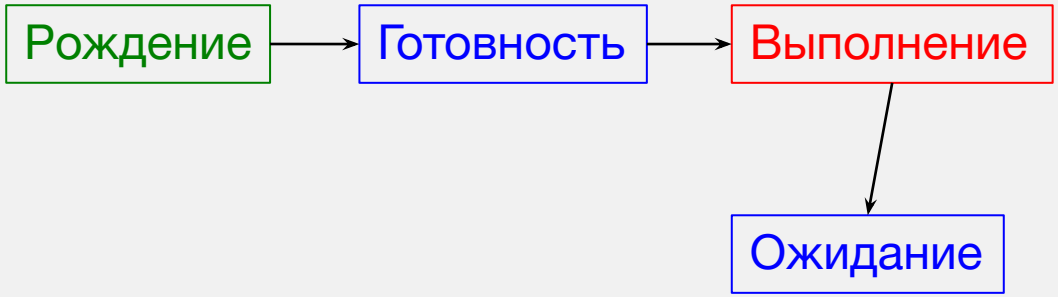
Исполнение процесса

Рождение

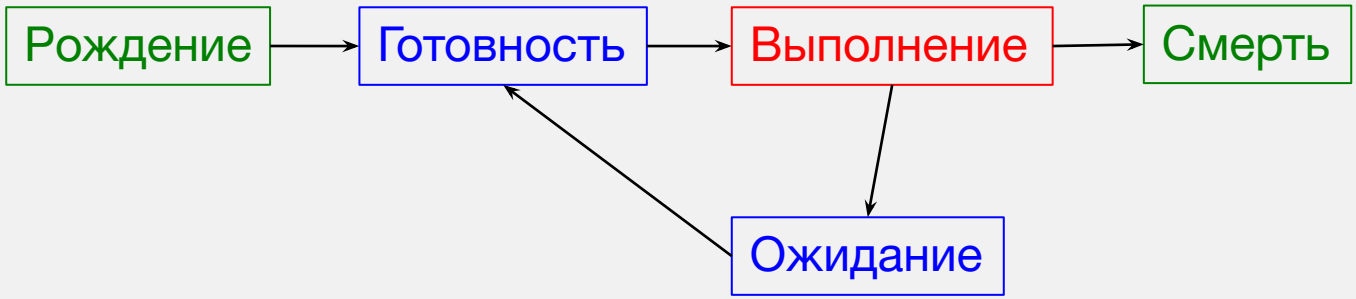
Исполнение процесса



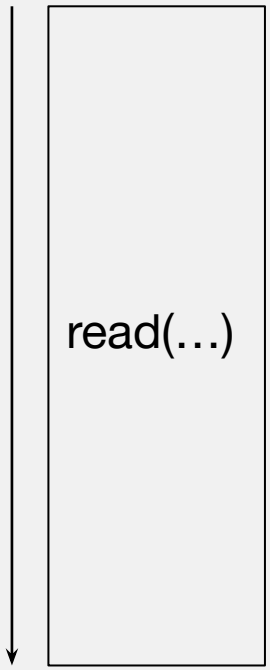
Исполнение процесса



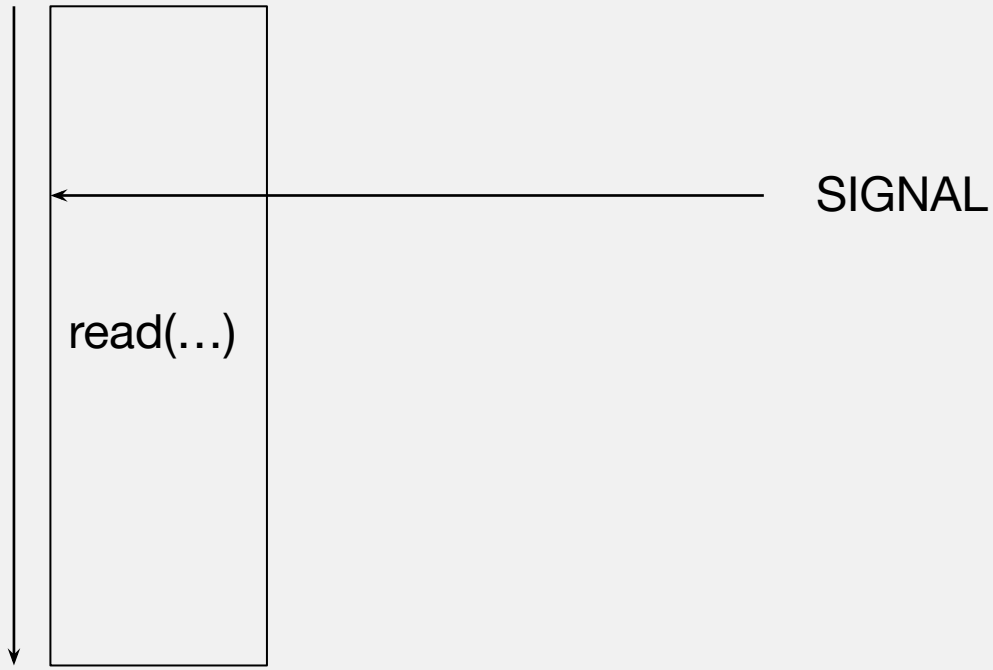
Исполнение процесса



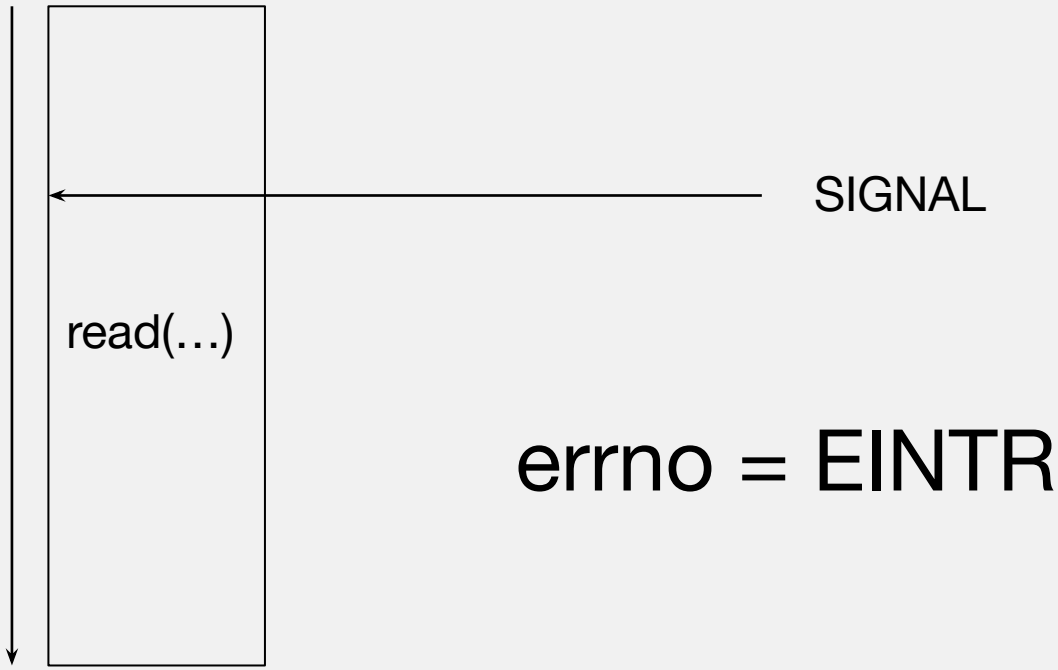
Сигналы



Сигналы

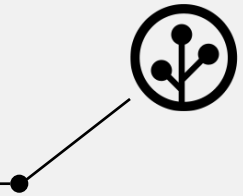


Сигналы



errno = EINTR

Сигналы



Основые типы сигналов.

```
 1.   kill -l

 2.   SIGABRT
 3.   SIGALRM
 4.   SIGCHLD
 5.   SIGINT
 6.   SIGTERM
 7.   SIGKILL
 8.   SIGUSR1
 9.   SIGUSR2
10.   SIGHUP

11.   SIGRTMIN
12.   SIGRTMAX
```

Сигналы

ANSI C.

```
1.  void handler(int signum)
2.  {
3.      // ...
4.  }

5.  // ANSI C
6.  signal(SIGUSR1, handler);
7.  signal(SIGUSR2, SIG_IGN);
8.  signal(SIGTERM, SIG_DFL);
```

Сигналы

POSIX.

```
1.  // POSIX
2.  struct sigaction {
3.      void (*sa_handler)(int);
4.      void (*sa_sigaction)(int, siginfo_t *, void *);
5.      sigset_t sa_mask;
6.      int sa_flags;
7.      void (*sa_restorer)(void);
8.  }
```

Сигналы

POSIX.

```
1.  // POSIX
2.  struct sigaction {
3.      void (*sa_handler)(int);
4.      void (*sa_sigaction)(int, siginfo_t *, void *);
5.      sigset_t sa_mask;
6.      int sa_flags;
7.      void (*sa_restorer)(void);
8.  }
```

Сигналы

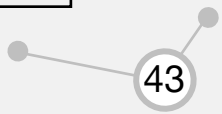
POSIX.

```
1.  // POSIX
2.  struct sigaction {
3.      void (*sa_handler)(int);
4.      void (*sa_sigaction)(int, siginfo_t *, void *);
5.      sigset_t sa_mask;
6.      int sa_flags;
7.      void (*sa_restorer)(void);
8.  }

9.  int sigemptyset(sigset_t *set);
10. int sigfillset(sigset_t *set);
11. int sigaddset(sigset_t *set, int signum);
12. int sigdelset(sigset_t *set, int signum);
13. int sigismember(const sigset_t *set, int signum);
```

Сигналы

POSIX.

```
1.  // POSIX
2.  struct sigaction {
3.      void (*sa_handler)(int);
4.      void (*sa_sigaction)(int, siginfo_t *, void *);
5.      sigset_t sa_mask;
6.      int sa_flags; // SA_NODEFER, SA_RESETHAND, SA_SIGINFO,
    SA_RESTART
7.      void (*sa_restorer)(void);
8.  }

9.  int sigemptyset(sigset_t *set);
10. int sigfillset(sigset_t *set);
11. int sigaddset(sigset_t *set, int signum);
12. int sigdelset(sigset_t *set, int signum);
13. int sigismember(const sigset_t *set, int signum);
```



Сигналы

POSIX.

```
1.  // POSIX
2.  struct sigaction {
3.      void (*sa_handler)(int);
4.      void (*sa_sigaction)(int, siginfo_t *, void *);
5.      sigset_t sa_mask;
6.      int sa_flags; // SA_NODEFER, SA_RESETHAND, SA_SIGINFO,
    SA_RESTART
7.      void (*sa_restorer)(void);
8.  }

9.  int sigemptyset(sigset_t *set);
10. int sigfillset(sigset_t *set);
11. int sigaddset(sigset_t *set, int signum);
12. int sigdelset(sigset_t *set, int signum);
13. int sigismember(const sigset_t *set, int signum);
14. int sigaction(int signum, const struct sigaction *act, struct
    sigaction *oldact);
```

Сигналы

siginfo_t.

```
1.  union sigval {
2.      int sival_int;
3.      void *sival_ptr;
4.  };
5.  typedef struct {
6.      int si_signo;
7.      int si_code; /* SI_USER, SI_KERNEL, SI_QUEUE, SI_TIMER */
8.      union sigval si_value;
9.      int si_errno;
10.     pid_t si_pid;
11.     uid_t si_uid;
12.     void *si_addr;
13.     int si_status;
14.     int si_band;
15. } siginfo_t;
```

Сигналы

Отправка и ожидание сигнала.

```
1.  int kill(pid_t pid, int signum);
2.  int sigqueue(pid_t pid, int sig, const union sigval value);

3.  int raise(int signum); // Синхронно.
4.  int abort(); // SIGABRT
5.  unsigned alarm(unsigned secs); // SIGALRM

6.  int pause();
7.  int sigwait(const sigset_t *set, int *signum);
```

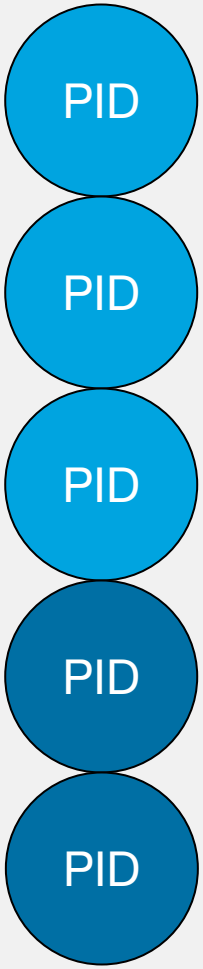
Сигналы

Безопасность.

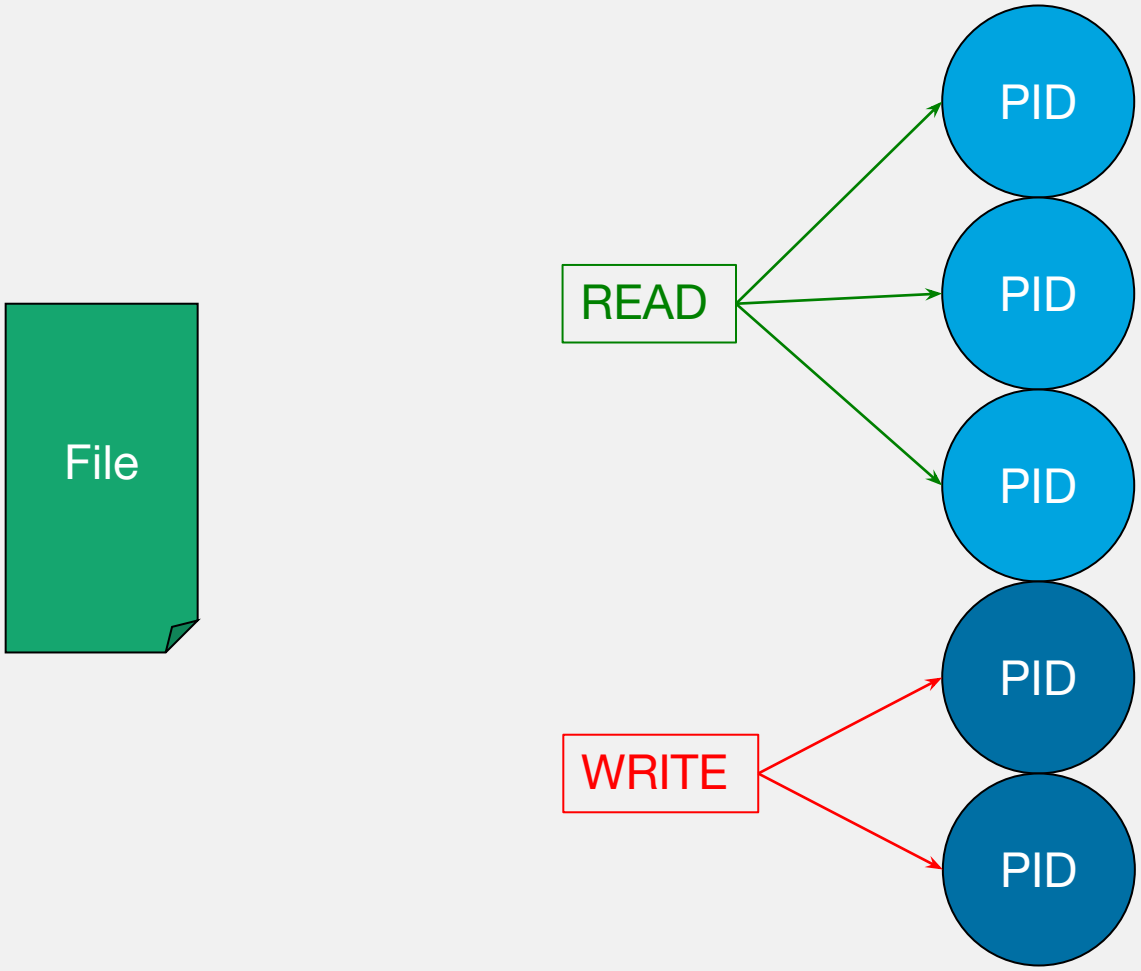
```
1.    volatile sig_atomic_t GlobalVariable;
```

Блокировка

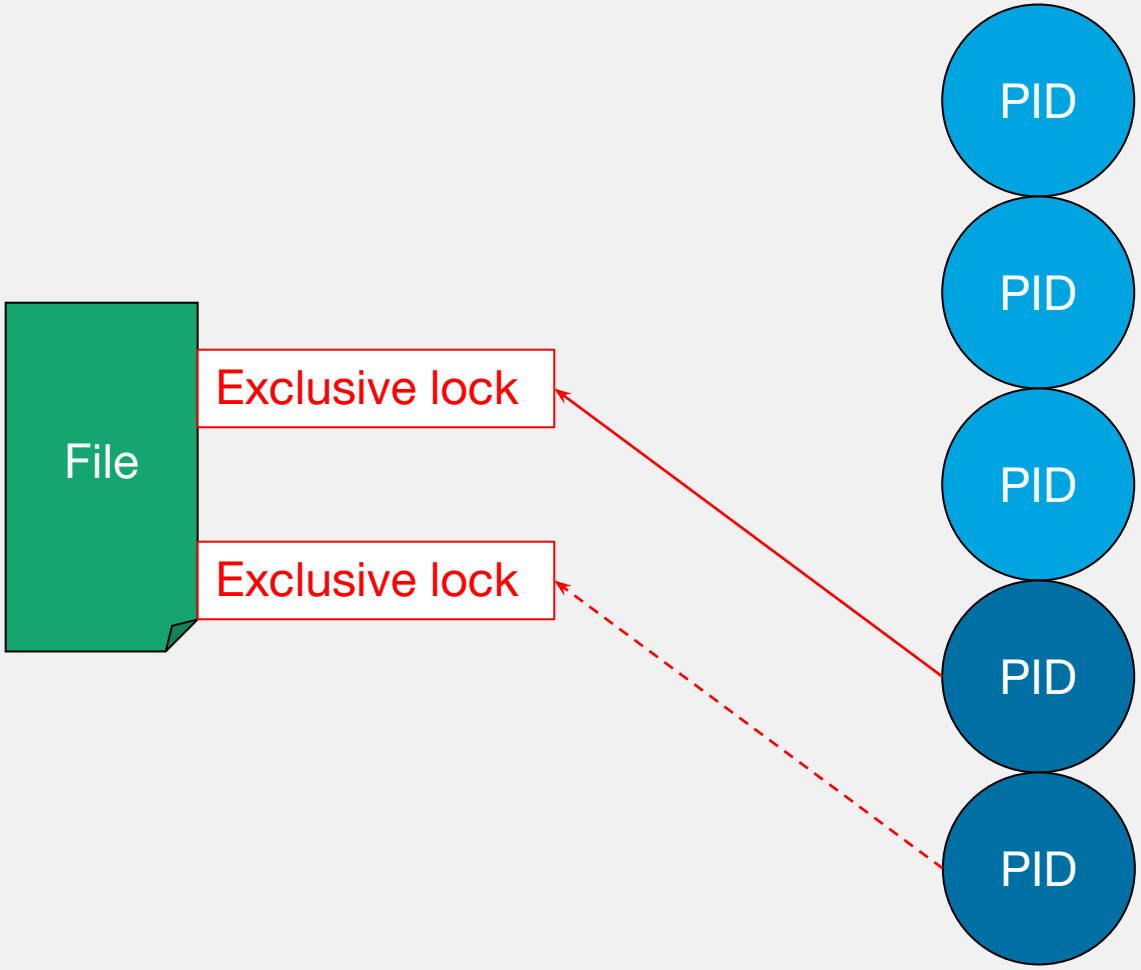
Блокировка



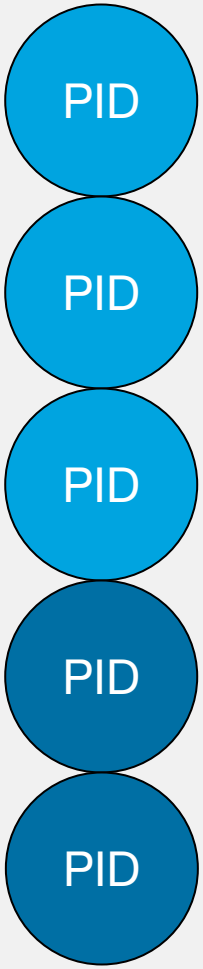
Блокировка



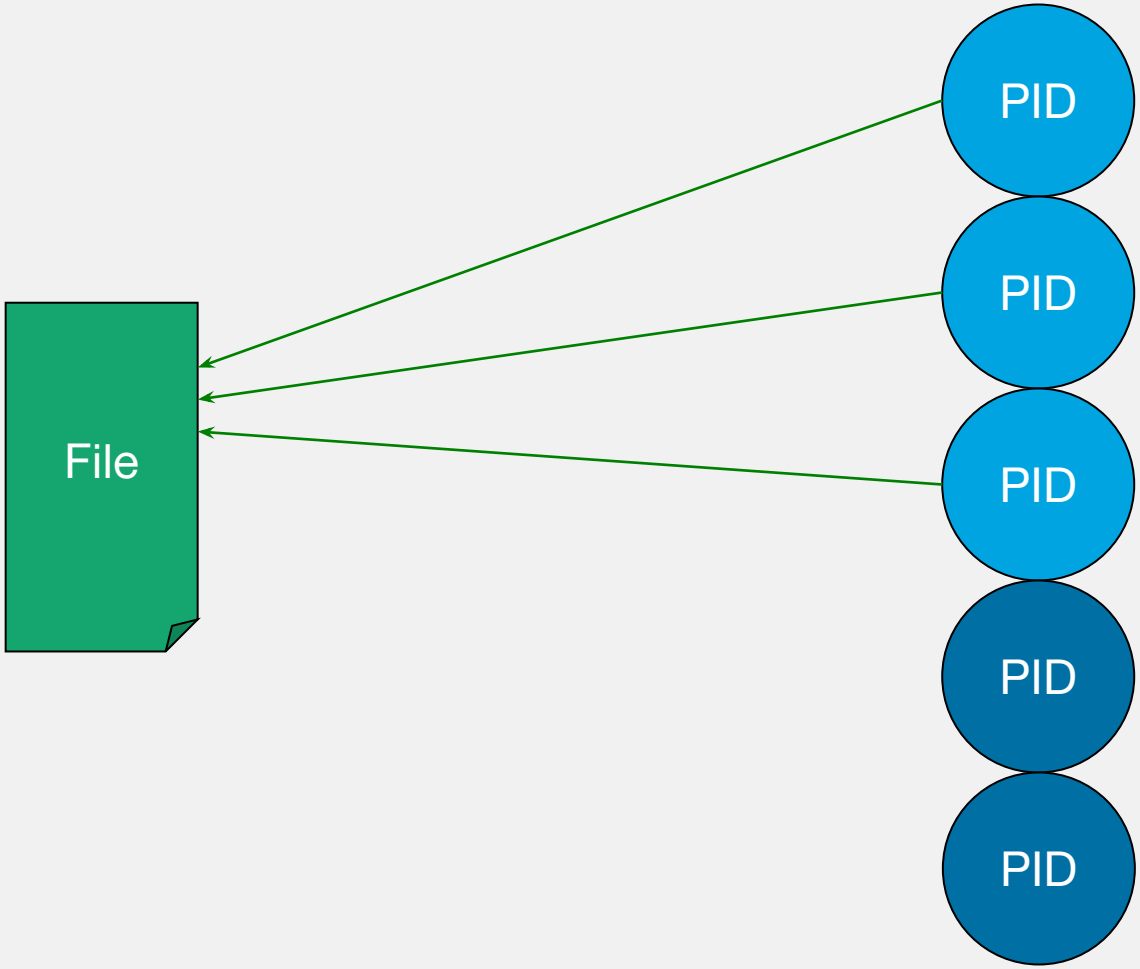
Блокировка



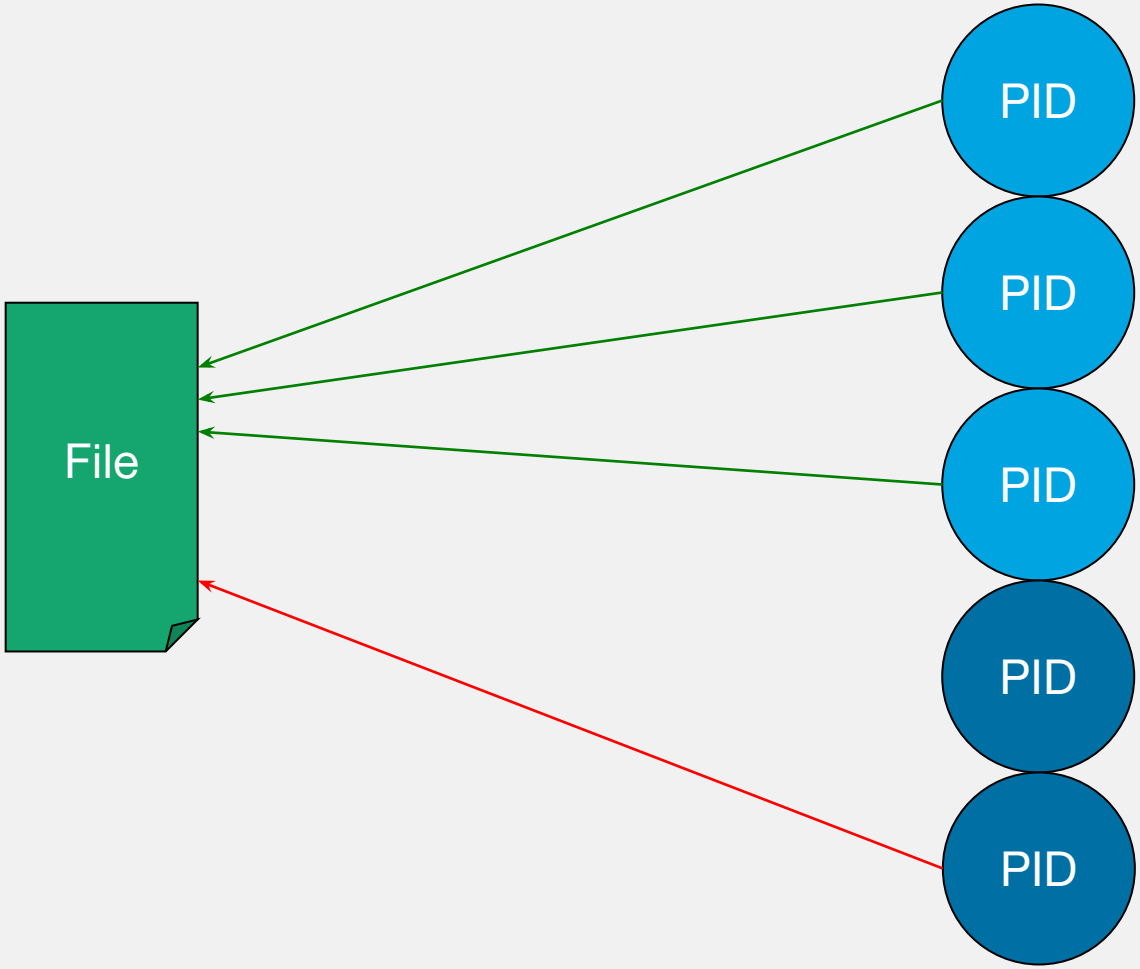
Блокировка



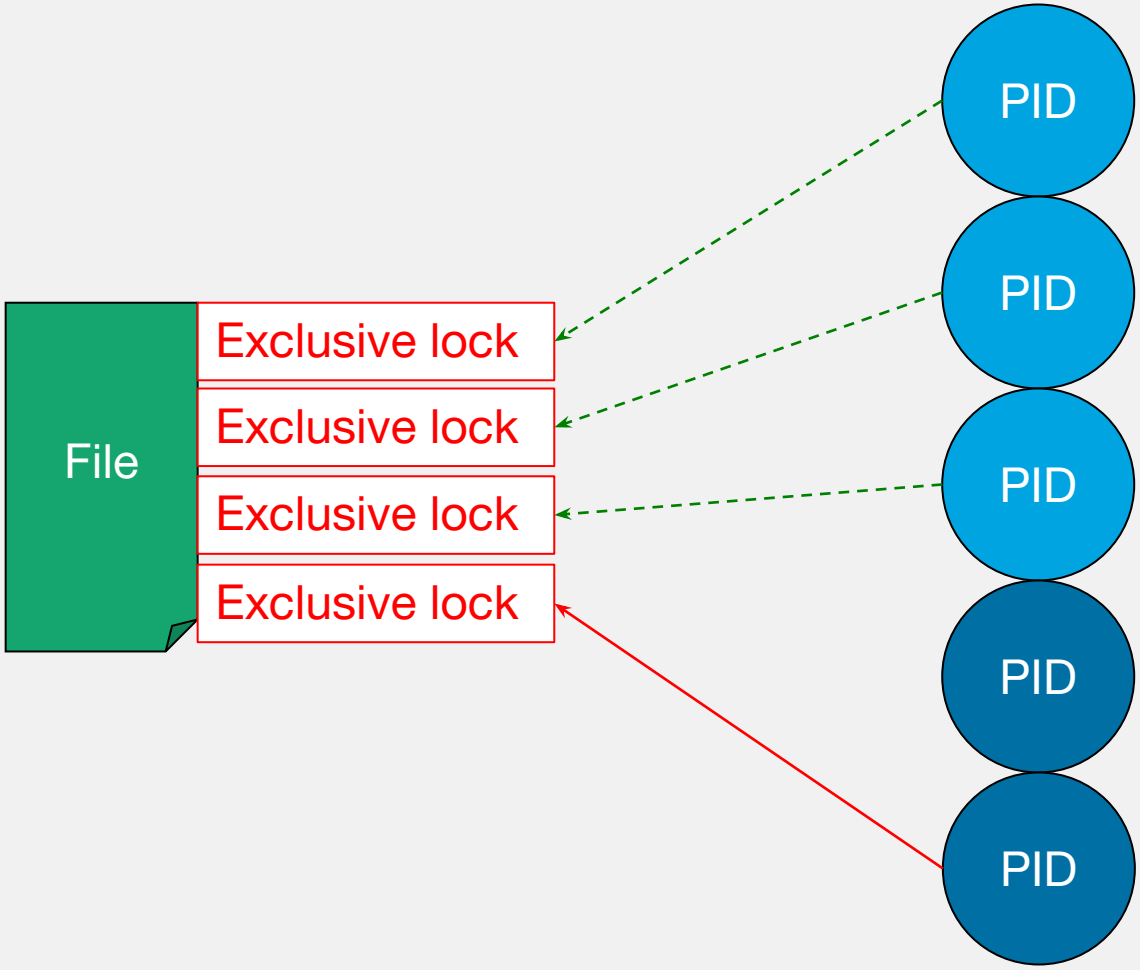
Блокировка



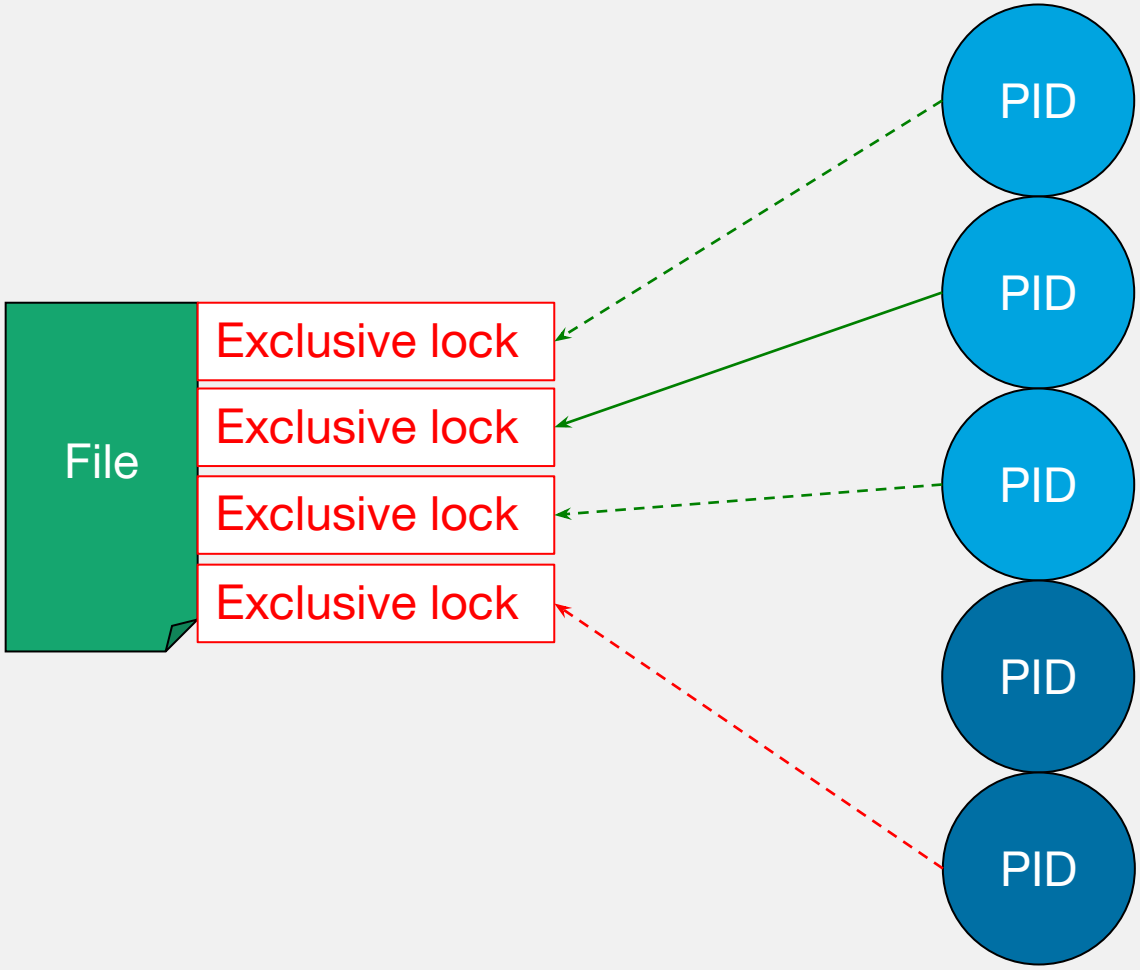
Блокировка



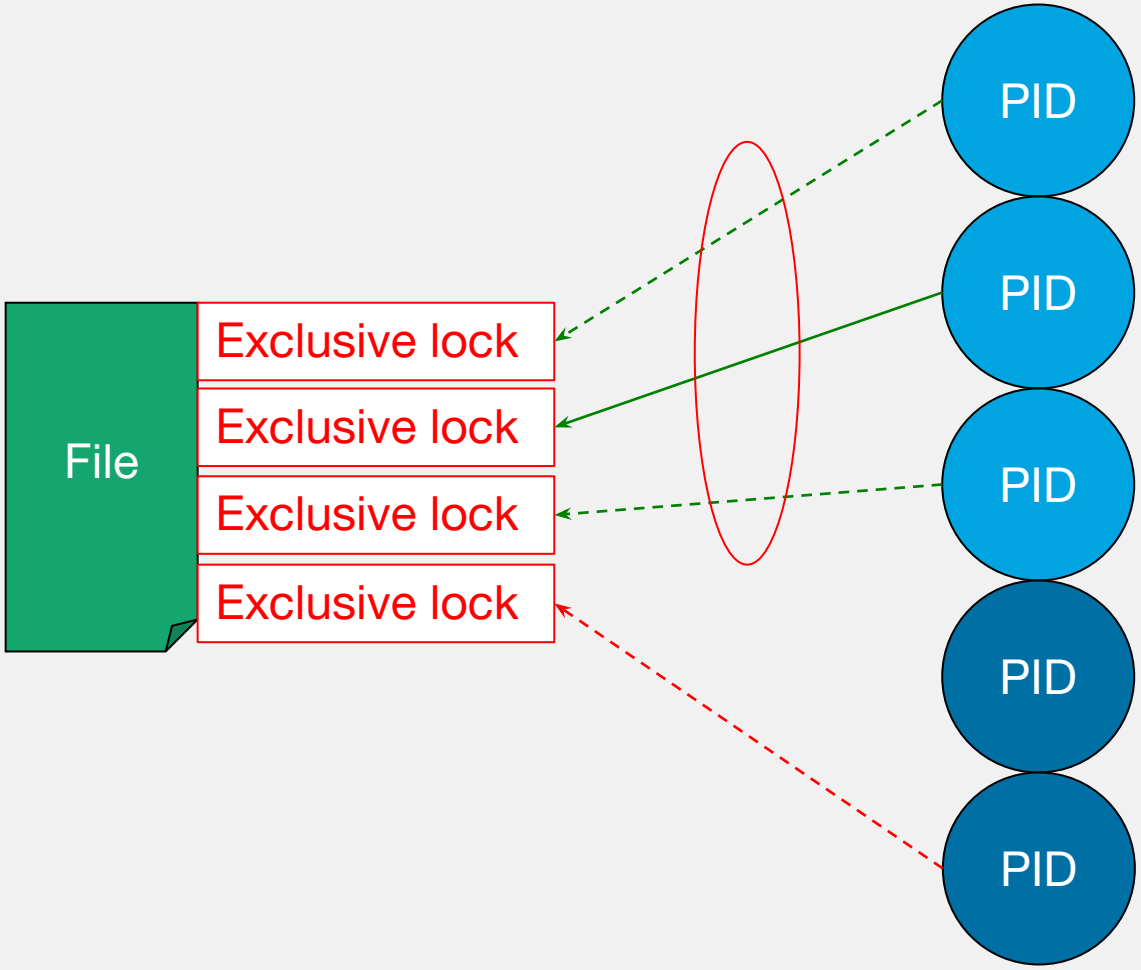
Блокировка


File
Exclusive lock
Exclusive lock
Exclusive lock
Exclusive lock
PID
PID
PID
PID
PID

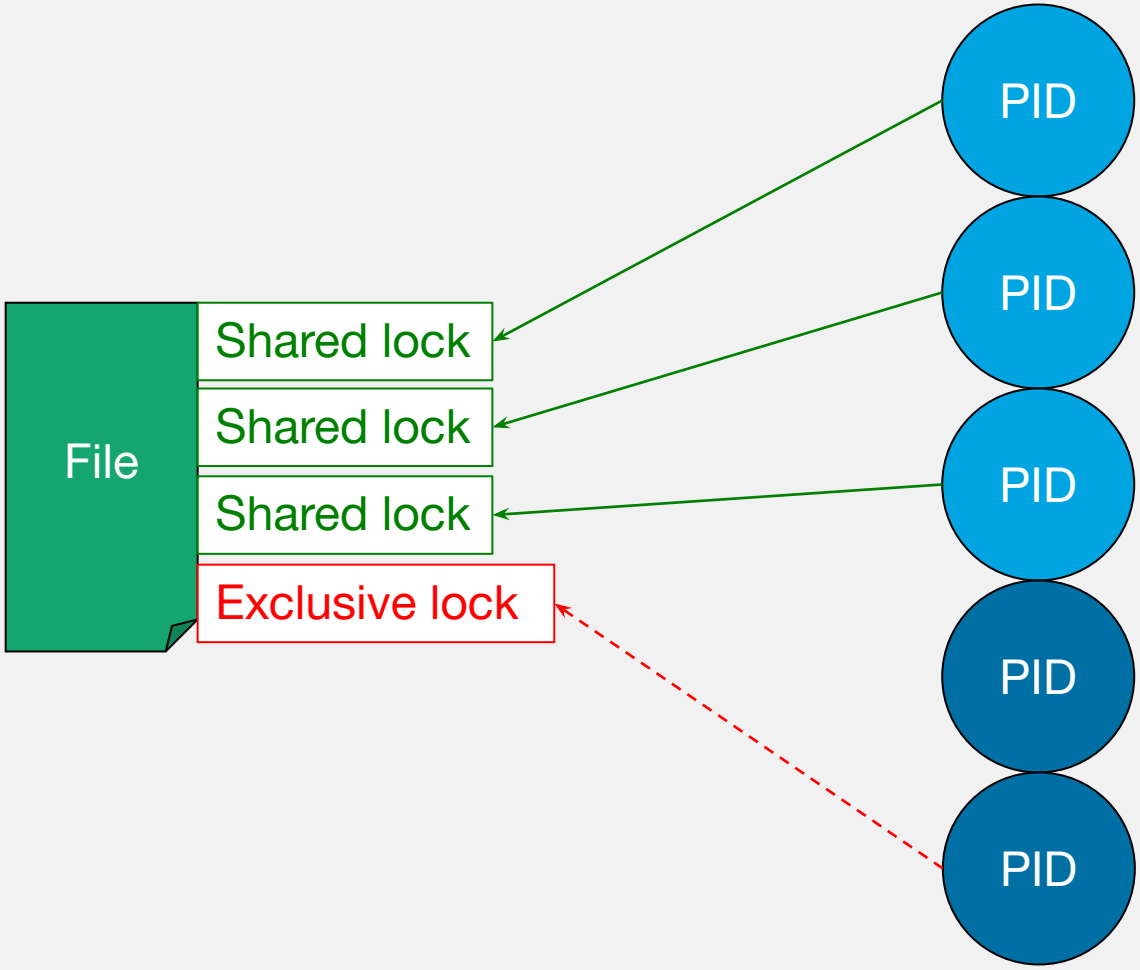
Блокировка


File
Exclusive lock
Exclusive lock
Exclusive lock
Exclusive lock
PID
PID
PID
PID
PID

Блокировка


File
Exclusive lock
Exclusive lock
Exclusive lock
Exclusive lock
PID
PID
PID
PID
PID

Блокировка


File
Shared lock
Shared lock
Shared lock
Exclusive lock
PID
PID
PID
PID
PID

Блокировка

Блокировки в коде.

```
1.  flock(fd, LOCK_EX);
2.  flock(fd, LOCK_SH);
3.  flock(fd, LOCK_UN);

4.  flock(fd, LOCK_EX | LOCK_NB);
5.  flock(fd, LOCK_SH | LOCK_NB);
```

Файлы блокировок

Что мы хотим?

```
1.  if(lock(“filename”))
2.  {
3.      // Какие-то действия
4.      unlock(“filename”);
5.  }
6.  else
7.  {
8.      // ...
9.  }
```

Файлы блокировок

Реализация lock().

```
1.  bool lock(char *filename)
2.  {
3.      int fd;
4.      if(fd = open(filename, O_WRONLY | O_CREATE | O_EXCL, 0))
    == -1)
5.      {
6.          return false;
7.      }
8.      close(fd);
9.      return true;
10. }
```

Файлы блокировок

Реализация lock().

```
1.  bool lock(char *filename)
2.  {
3.      int fd;
4.      if(fd = open(filename, O_WRONLY | O_CREATE | O_EXCL, 0))
    == -1)
5.      {
6.          return false;
7.      }
8.      close(fd);
9.      return true;
10. }
```

Файлы блокировок

Реализация lock().

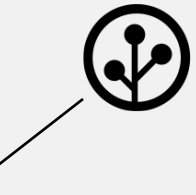
```
1.  bool lock(char *filename)
2.  {
3.      int fd;
4.      if(fd = open(filename, O_WRONLY | O_CREATE | O_EXCL, 0))
    == -1)
5.      {
6.          return false;
7.      }
8.      close(fd);
9.      return true;
10. }
```

Файлы блокировок

Реализация unlock().

```
1.  bool unlock(char *filename)
2.  {
3.      unlink(filename);
4.      return true;
5.  }
```

Общие смещения в файлах



Какой-то файл…

Общие смещения в файлах

Какой-то файл…

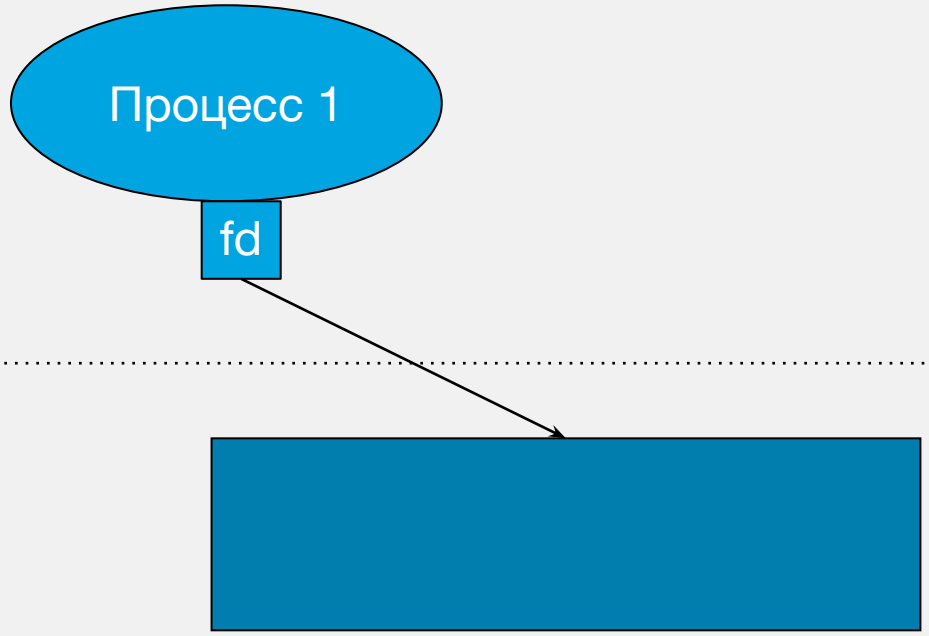
Общие смещения в файлах

Какой-то файл…

Общие смещения в файлах

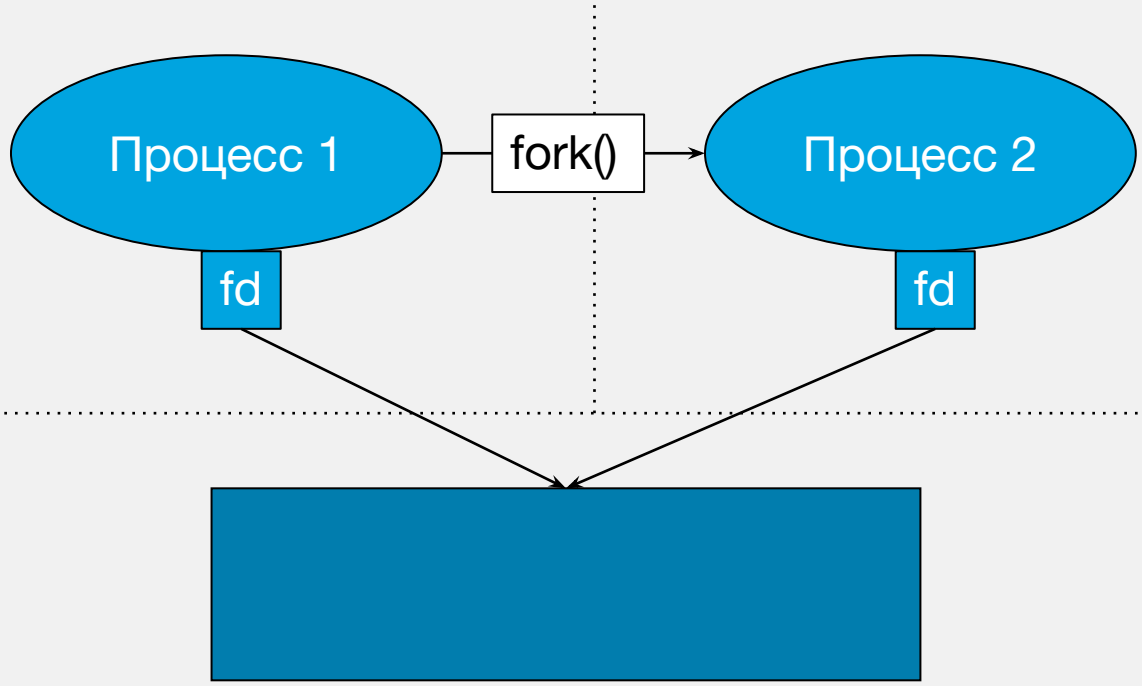
Какой-то файл…

Общие смещения в файлах



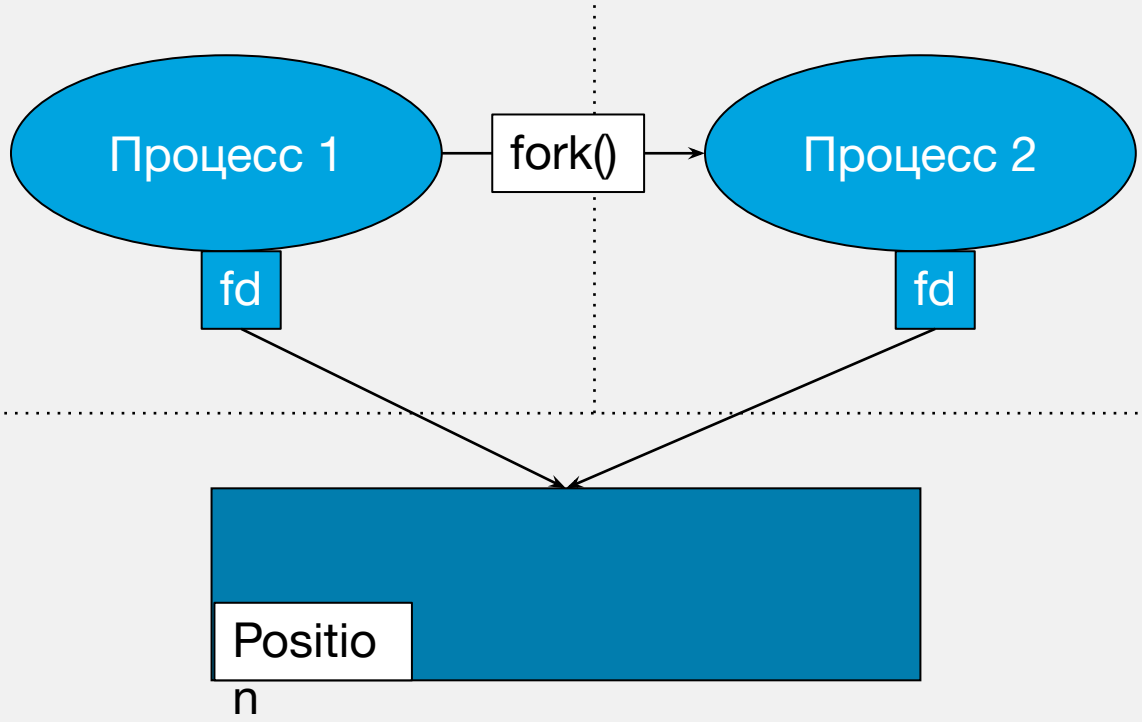
Какой-то файл…

Общие смещения в файлах



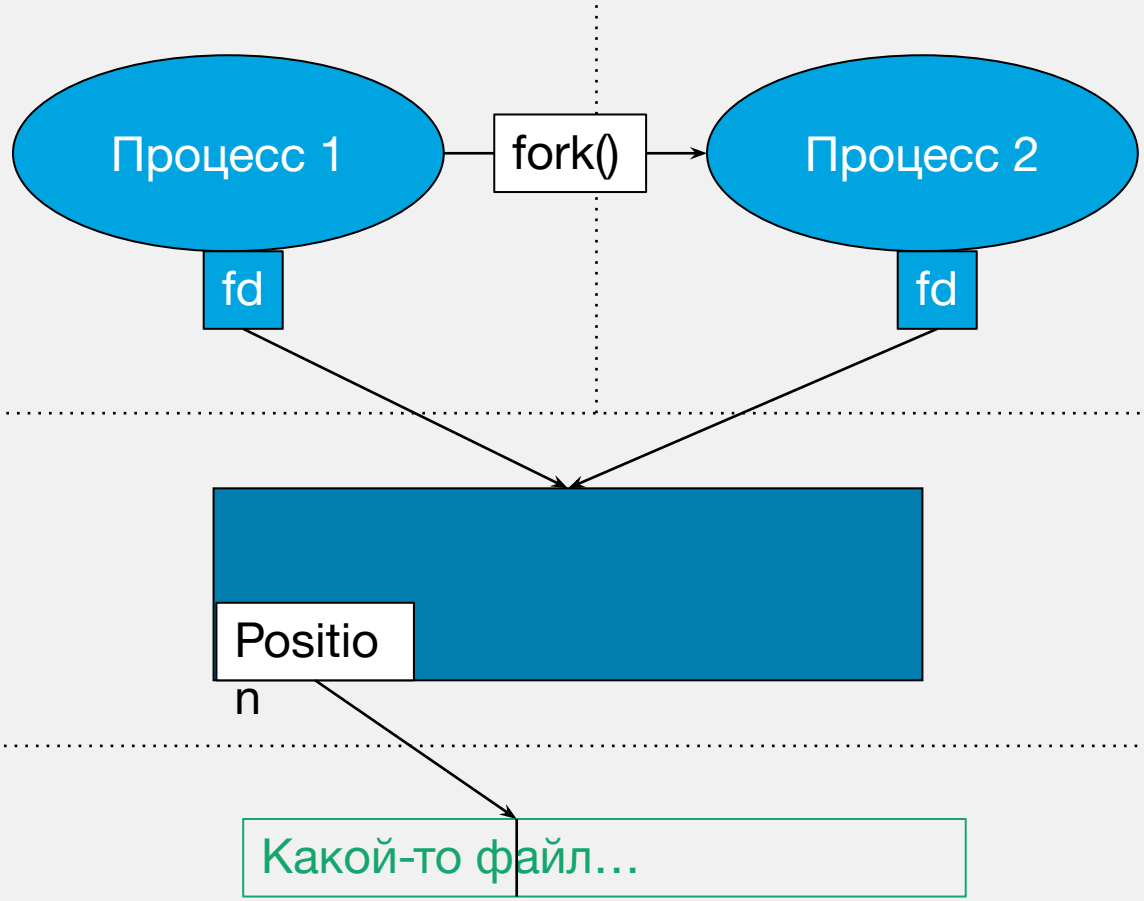
Какой-то файл…

Общие смещения в файлах

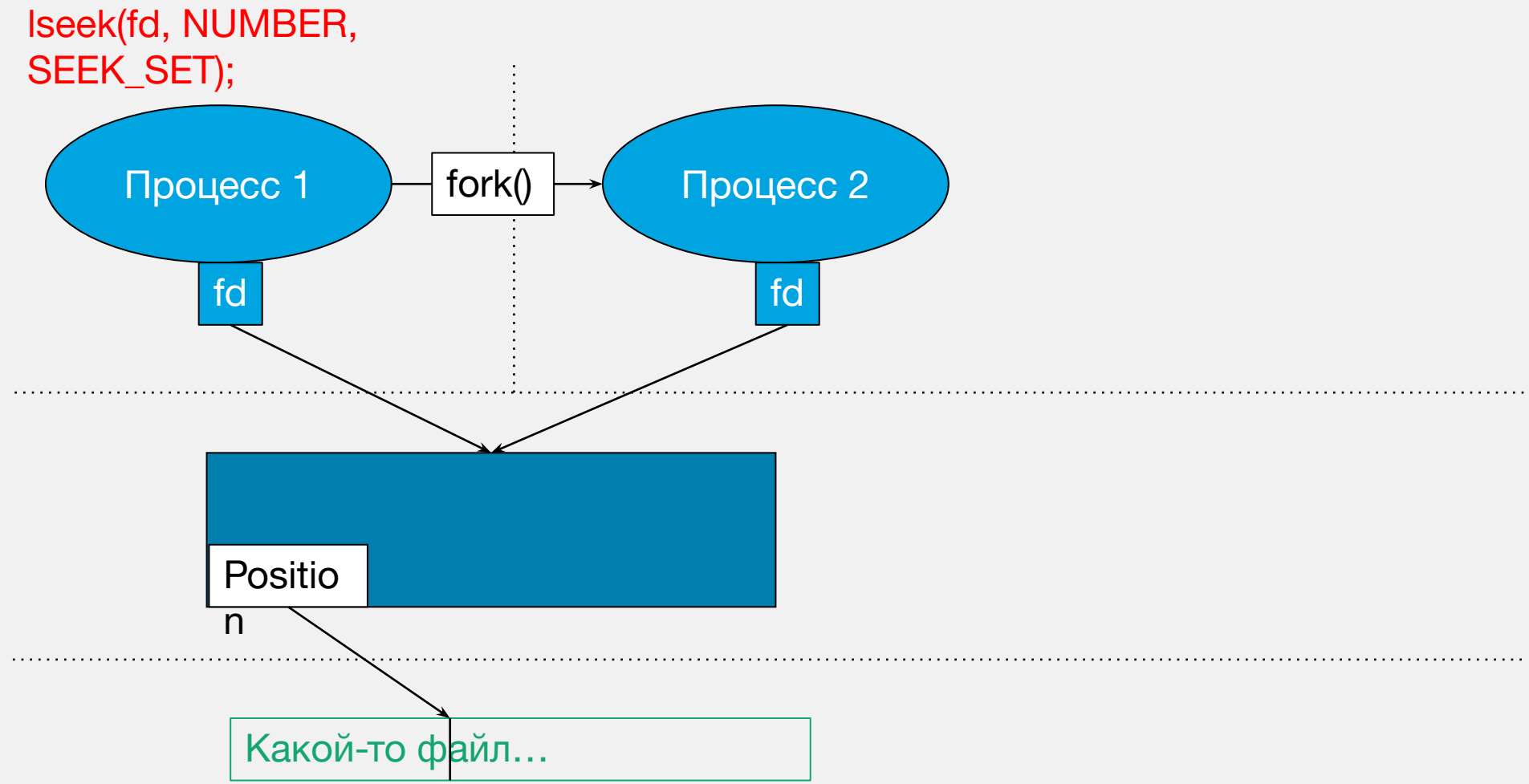


Какой-то файл…

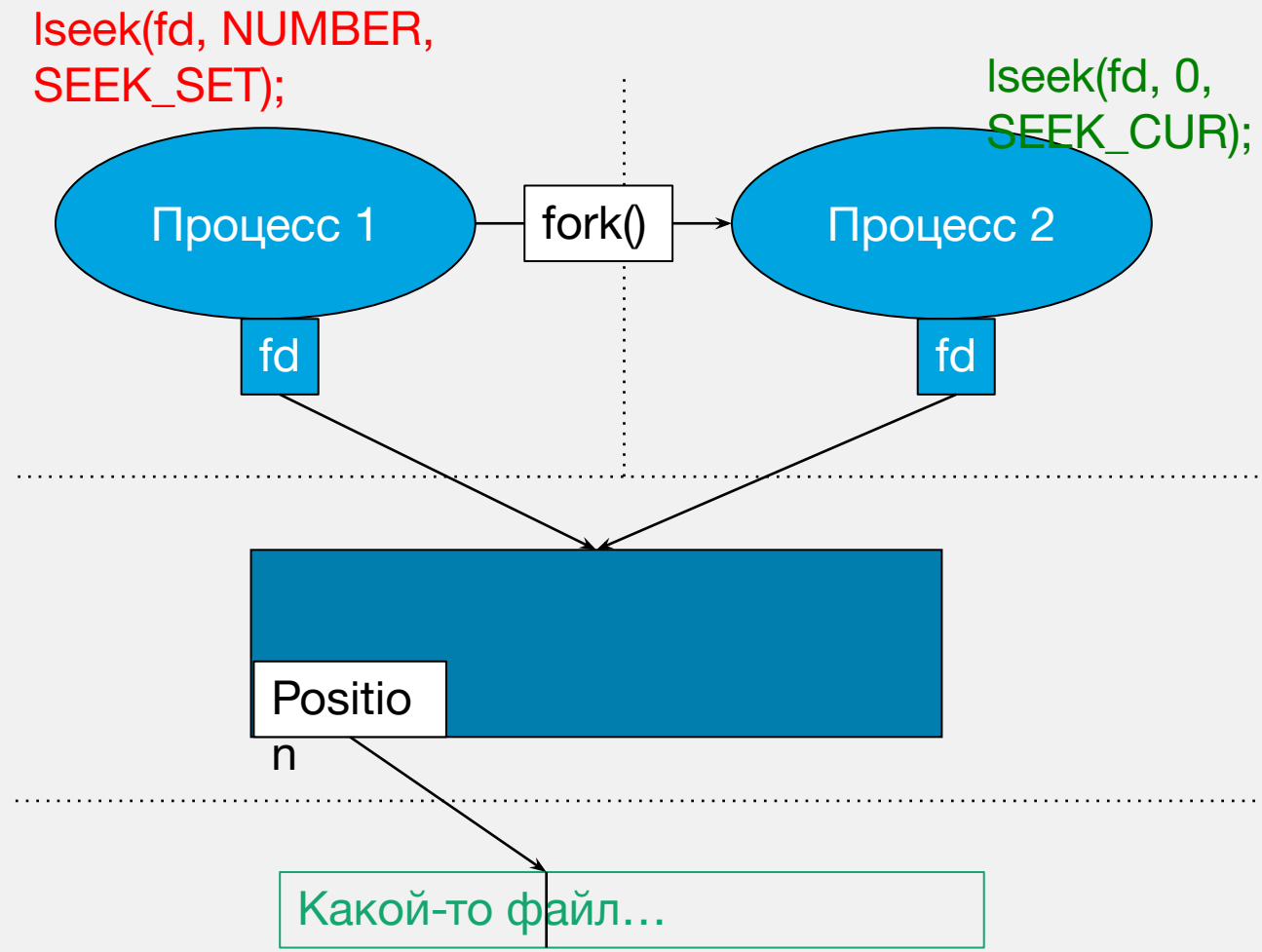
Общие смещения в файлах



Общие смещения в файлах



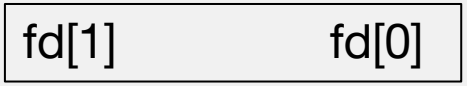
Общие смещения в файлах



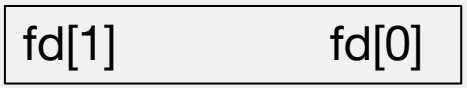
Неименованные каналы

int pipe(int *fd[2]***);**

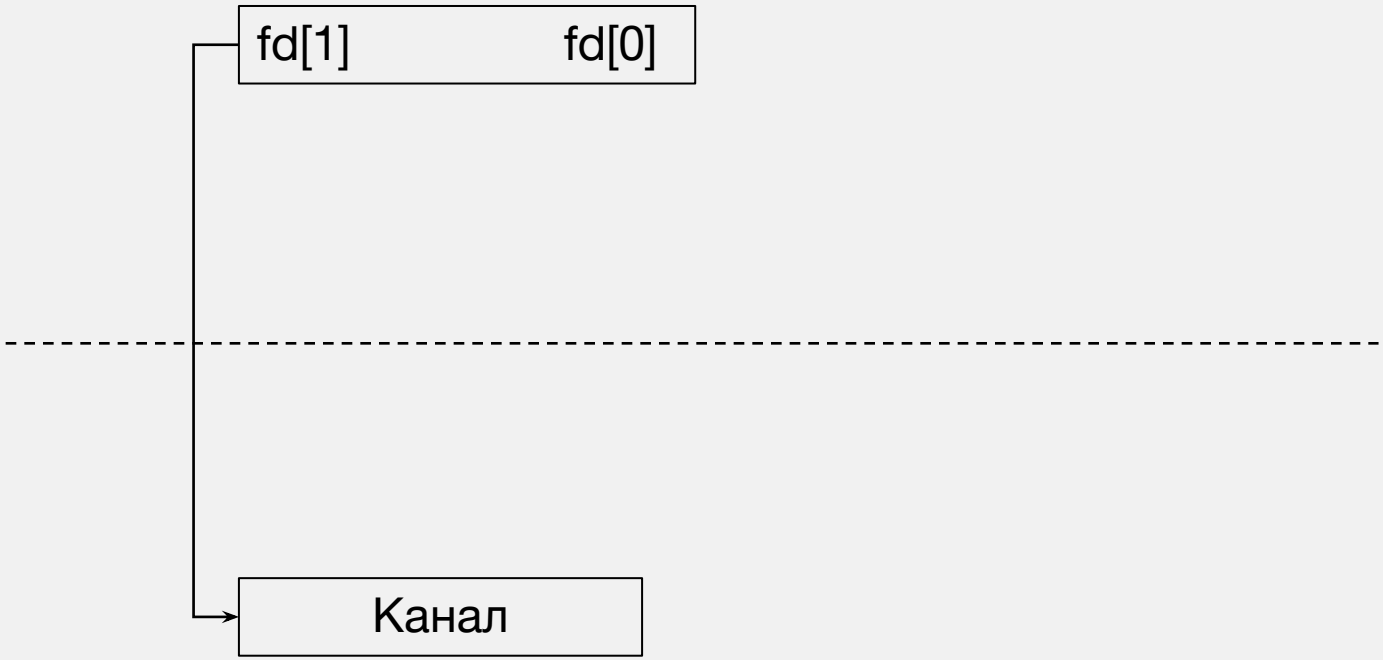
Неименованные каналы



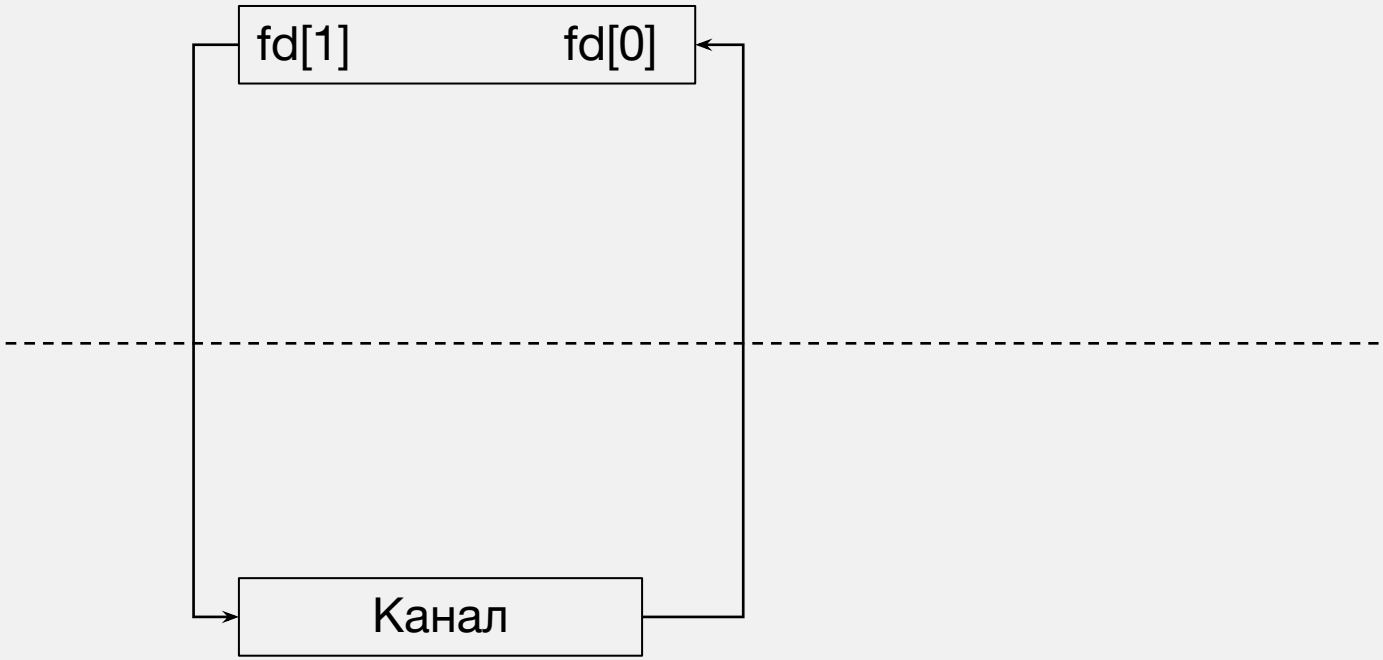
Неименованные каналы



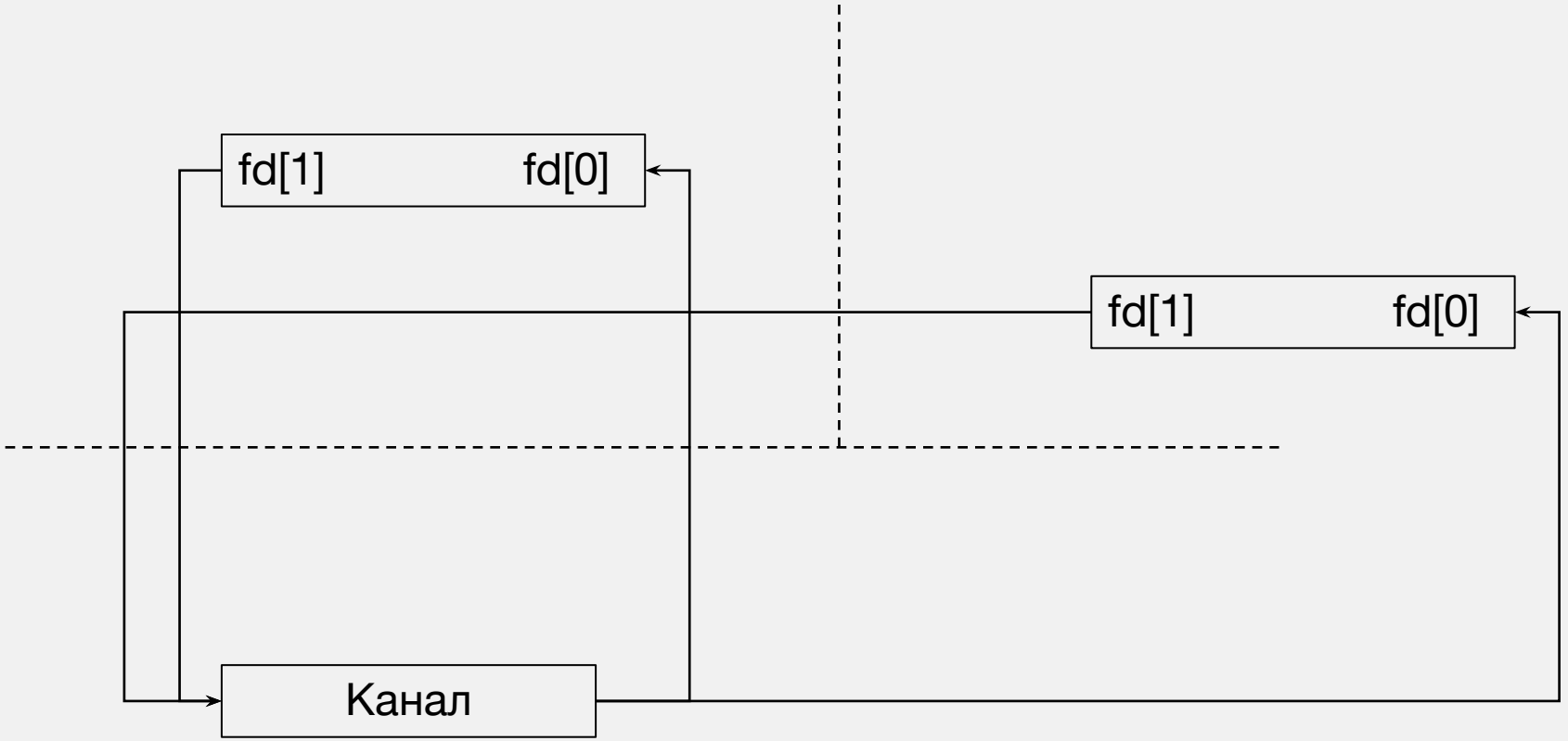
Неименованные каналы



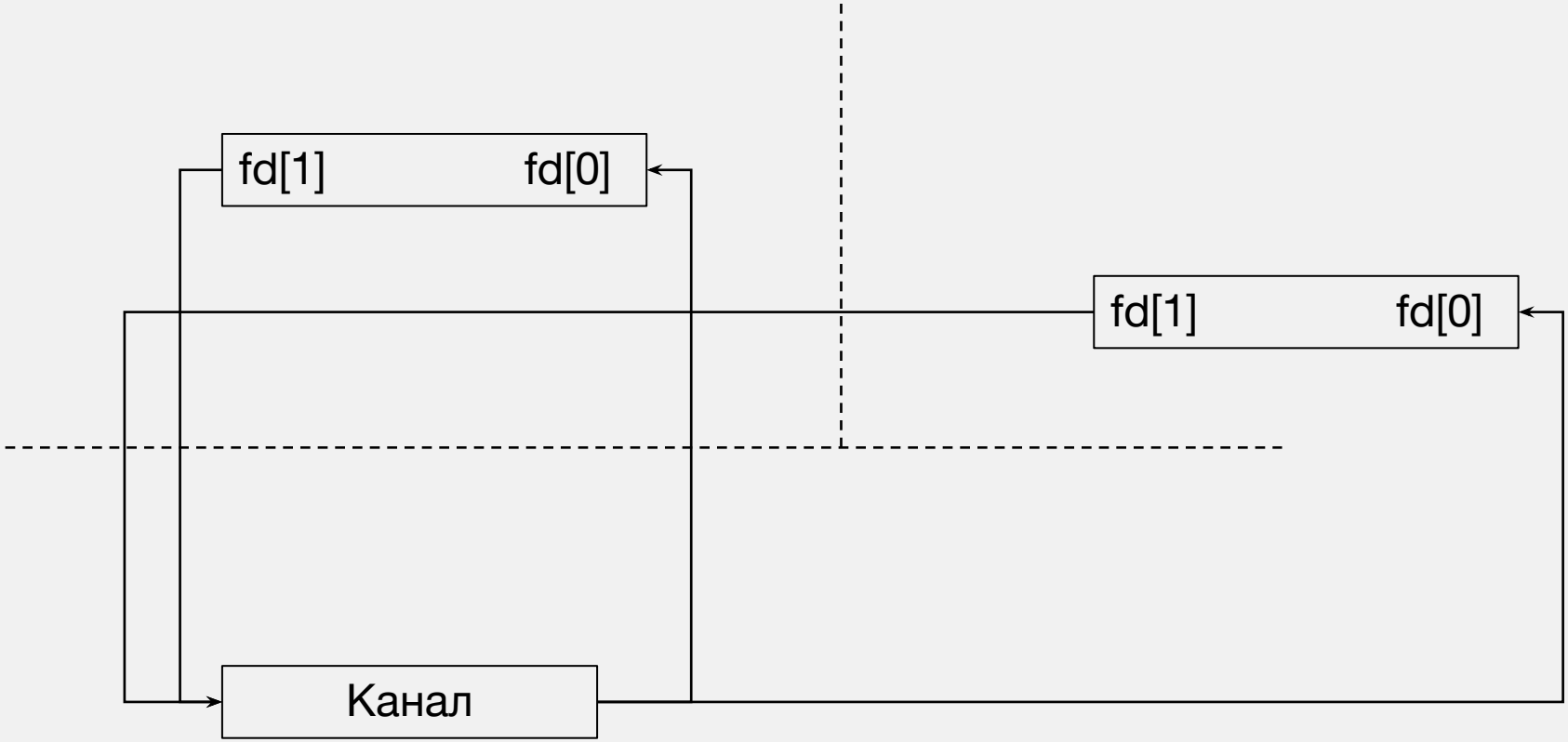
Неименованные каналы



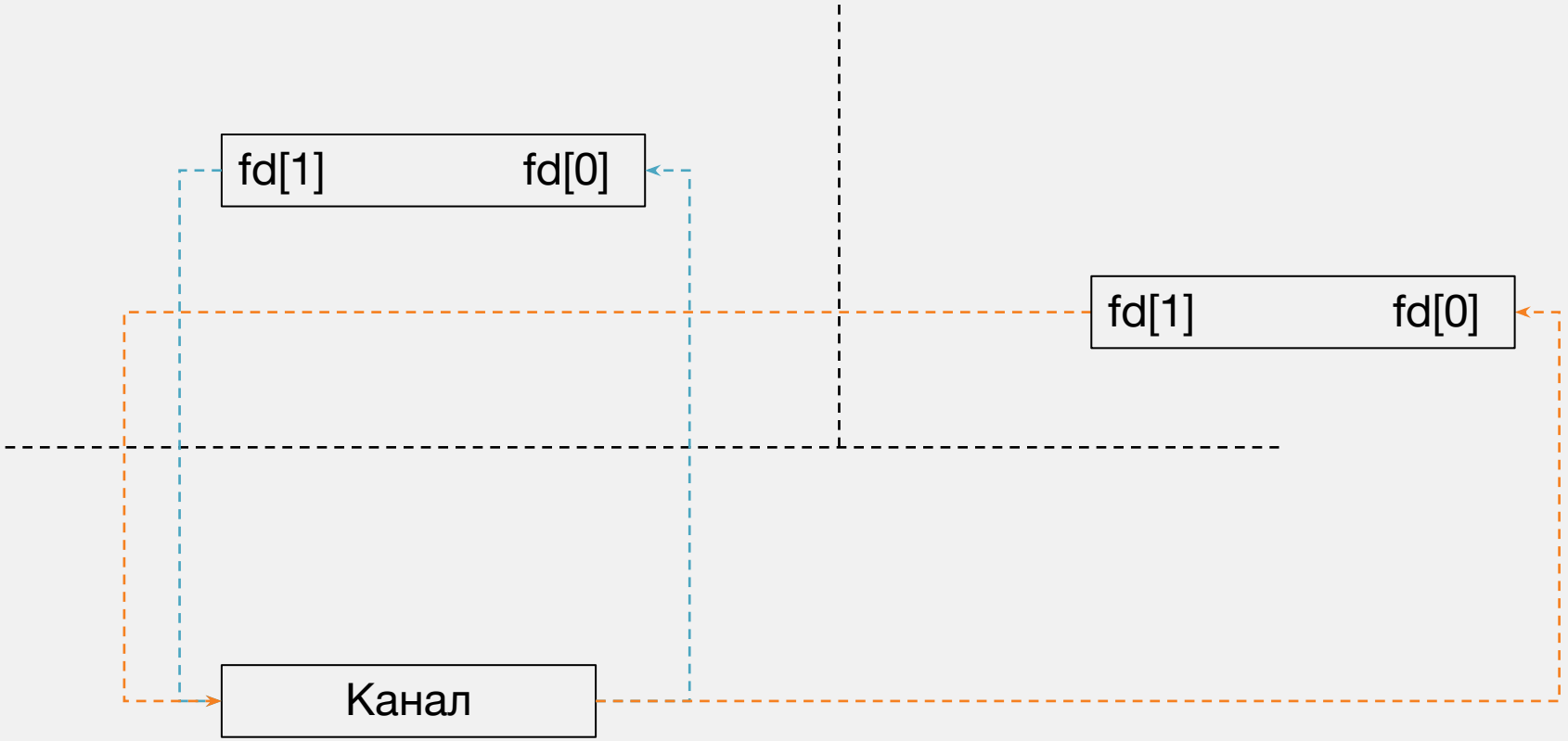
Неименованные каналы



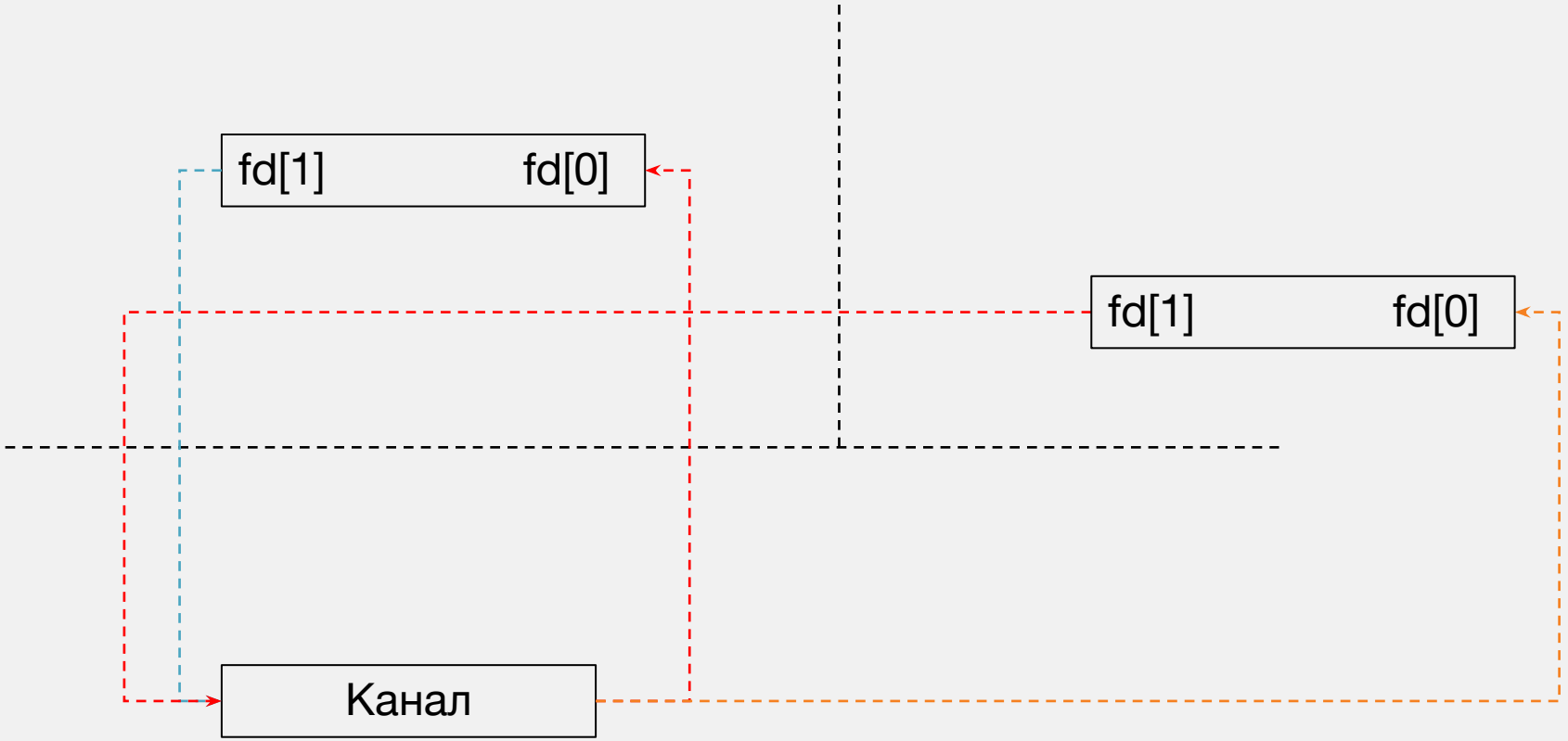
Неименованные каналы



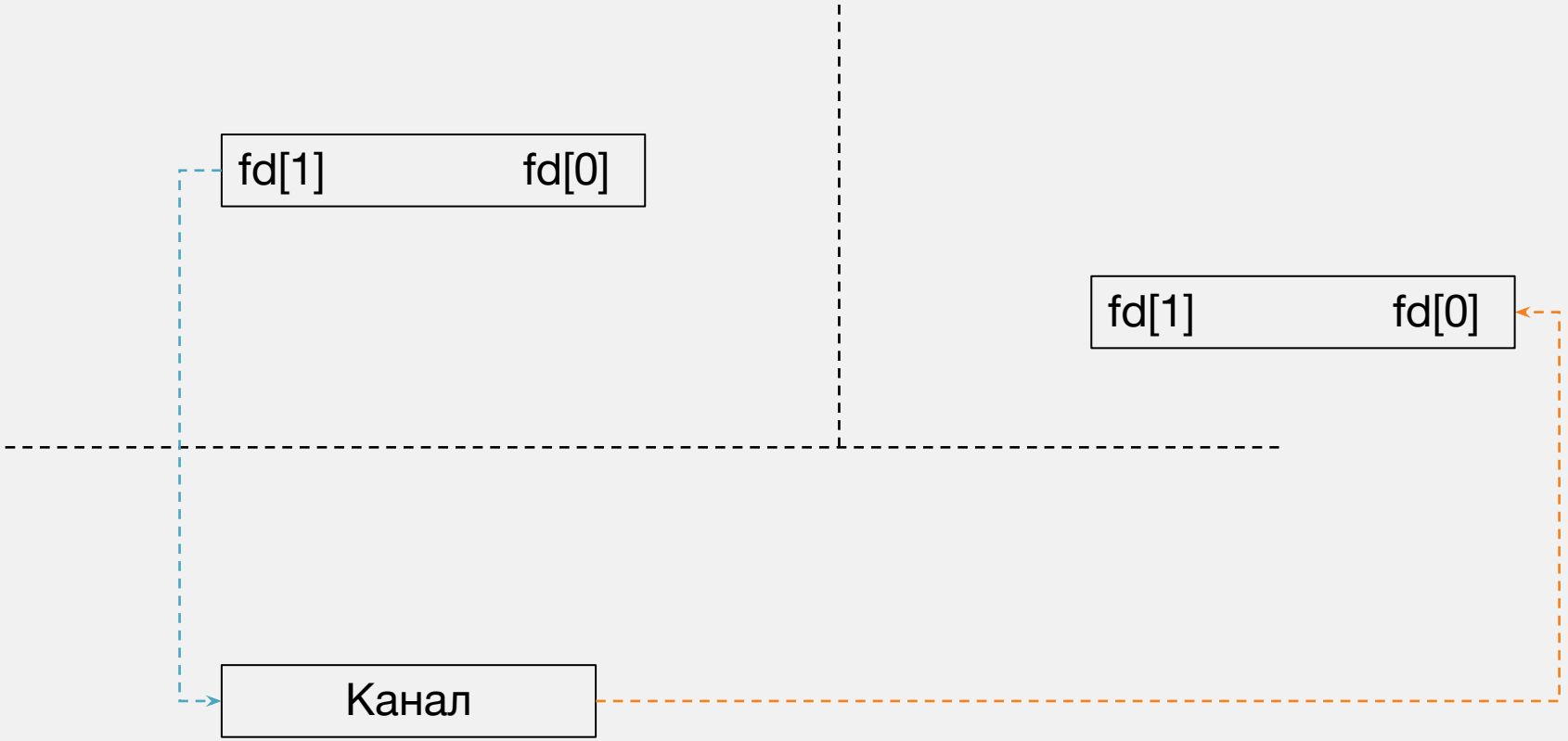
Неименованные каналы



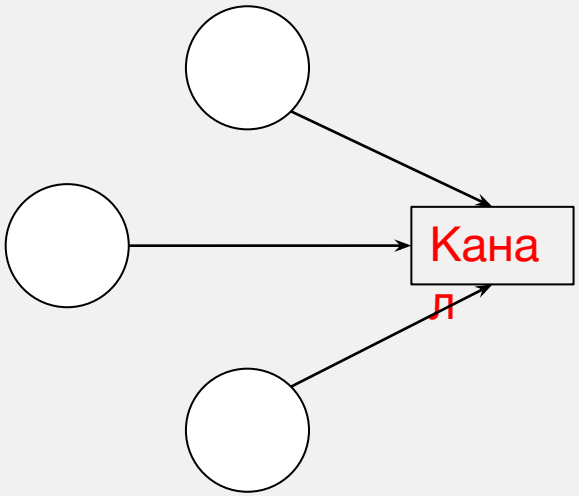
Неименованные каналы



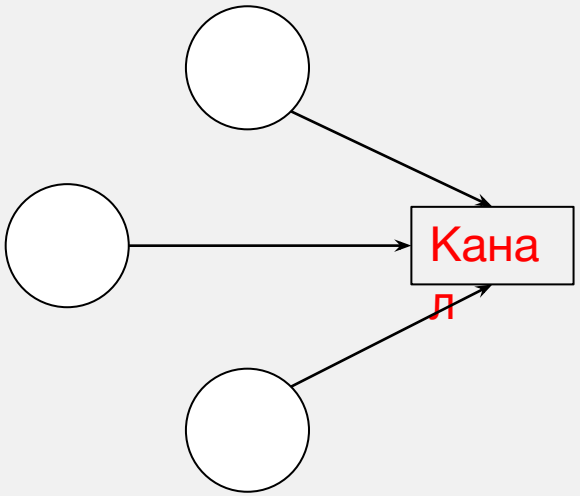
Неименованные каналы



Неименованные каналы

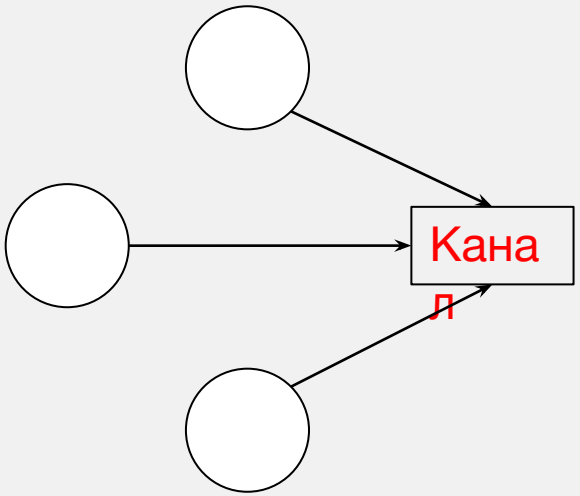


Неименованные каналы



PIPE_B
UF

Неименованные каналы



PIPE_B
UF

```
long v = fpathconf(pfd[0],
_PC_PIPE_BUF);
```

Неименованные каналы

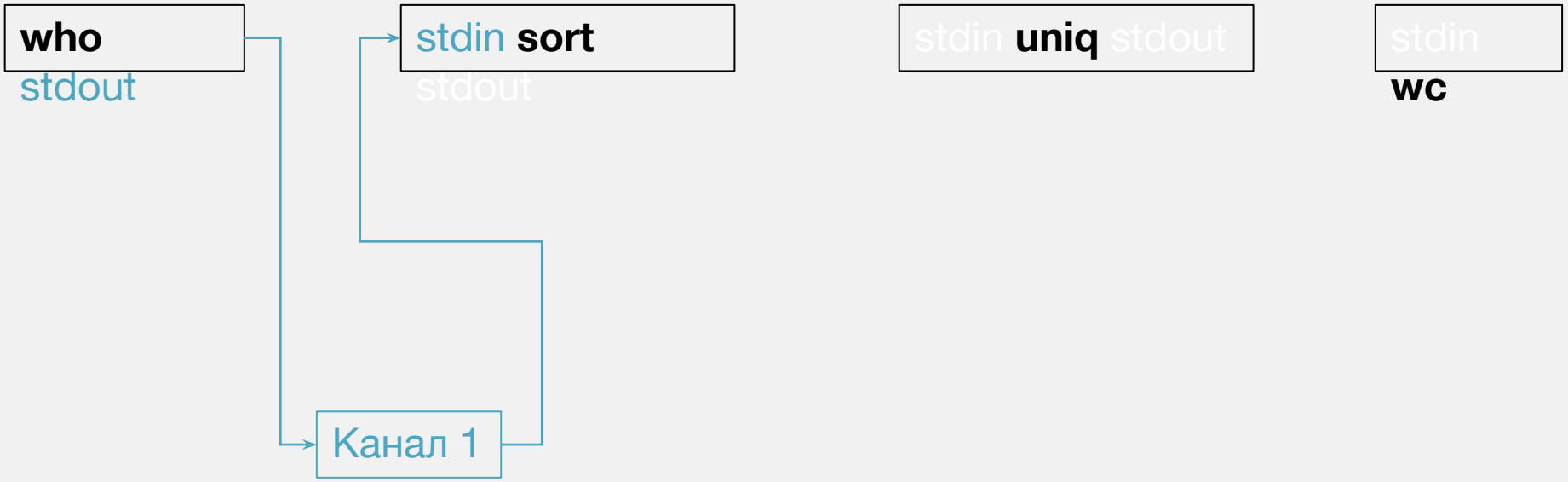
Пример конвейера.

```
1.    who | sort | uniq | wc
```

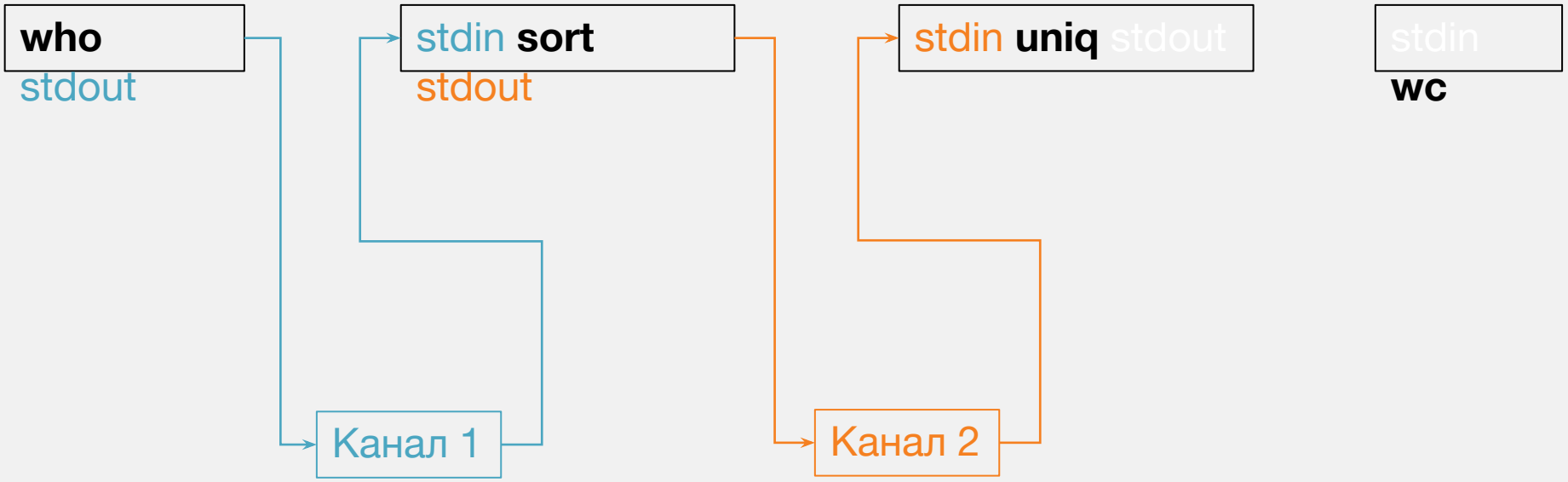
Неименованные каналы

Неименованные каналы

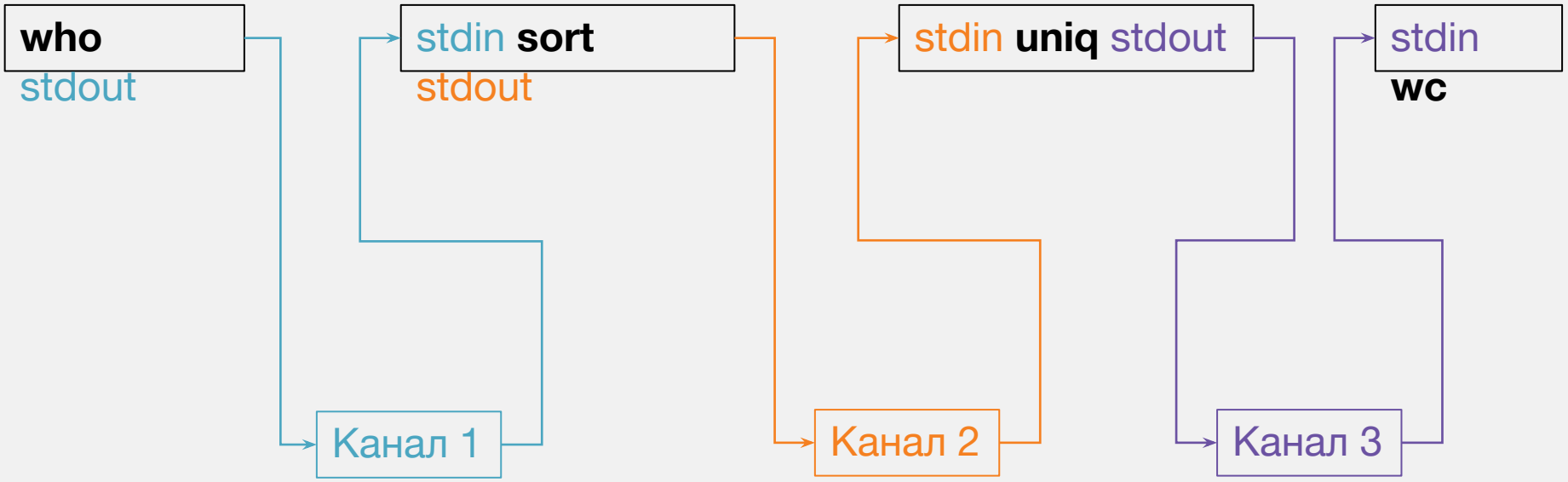
Неименованные каналы



Неименованные каналы



Неименованные каналы

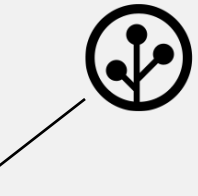


Неименованные каналы

Дублирование дескрипторов.

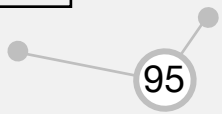
```
1.  int dup(int oldfd);
2.  int dup2(int oldfd, int newfd); // dup2(N, N) = N
3.  int dup3(int oldfd, int newfd, int flags /* O_CLOEXEC */);
```

Неименованные каналы



Пример конвеера.

```
1.  void who_wc() {
2.      int pfd[2];
3.      pipe(pfd);
4.      if(!fork()) {
5.          close(STDOUT_FILENO);
6.          dup2(pfd[1], STDOUT_FILENO);
7.          close(pfd[0]); close(pfd[1]);
8.          execlp("who", "who", NULL); }
9.       if(!fork()) {
10.           close(STDIN_FILENO);
11.           dup2(pfd[0], STDIN_FILENO);
12.           close(pfd[0]); close(pfd[1]);
13.           execlp("wc", "wc", "-l", NULL); }
14.      close(pfd[0]); close(pfd[1]);
15.      wait(NULL); wait(NULL);
16. }
```



Неименованные каналы

popen и pclose.

```
1.    FILE *popen(const char *command, const char *type);
2.    int pclose(FILE *stream);
```

Неименованные каналы

Двусторонние каналы.

```
1.   int socketpair(int d, /* AF_UNIX */
2.       int type,
3.       int protocol,
4.       int sv[2]);
```

Именованные каналы

FIFO.

```
1.    int mkfifo(const char *path,
2.        mode_t perms);
```

ТЕХНОСФЕРА

Спасибо за внимание!

Дмитрий Калугин-Балашов

rvncerr@rvncerr.org