

# Раздел 1

## Среда исполнения

### 1. Вывод различных атрибутов процесса в соответствии с указанными опциями

Напишите программу, которая будет обрабатывать опции, приведенные ниже. Опции должны быть обработаны в соответствии с порядком своего появления справа налево. Одной и той же опции разрешено появляться несколько раз. Используйте `getopt(3C)` для определения имеющихся опций. *Сначала пусть ваша программа обрабатывает только некоторые опции.* Затем добавьте еще, до тех пор, пока все требуемые опции не будут обрабатываться. Вы можете скопировать воспользоваться программой `getopt_ex.c` и изменить ее.

- **-i** Печатает реальные и эффективные идентификаторы пользователя и группы.
- **-s** Процесс становится лидером группы. *Подсказка:* смотри `setpgid(2)`.
- **-p** Печатает идентификаторы процесса, процесса-родителя и группы процессов.
- **-u** Печатает значение `ulimit`
- **-Unew\_ulimit** Изменяет значение `ulimit`. *Подсказка:* смотри `atol(3C)` на странице руководства `strtol(3C)`
- **-c** Печатает размер в байтах core-файла, который может быть создан.
- **-Csize** Изменяет размер core-файла
- **-d** Печатает текущую рабочую директорию
- **-v** Распечатывает переменные среды и их значения
- **-Vname=value** Вносит новую переменную в среду или изменяет значение существующей переменной.

Проверьте вашу программу на различных списках аргументов, в том числе:

- Нет аргументов
- Недопустимую опцию.
- Опции, разделенные знаком минус.
- Неудачное значение для **U**.

### 2. Время в Калифорнии

Измените программу [ex time.c](#), чтобы она выводила дату и время в Калифорнии (Pacific Standard Time, PST). *Подсказка:* Если время UTC 20 часов, то в Калифорнии 12 часов.

### 3. Установка идентификатора пользователя для доступа к файлу

Создайте файл данных, который может писать и читать только владелец (это можно сделать командой shell `chmod 600 file`) и напишите программу, которая

1. Печатает реальный и эффективный идентификаторы пользователя.
2. Открывает файл с помощью **fopen(3)**. Если **fopen()** завершился успешно, файл должен быть закрыт с помощью **fclose(3)**. Напечатайте сообщение об ошибке, используя  **perror(3C)**, если файл не удалось открыть.
3. Сделайте, чтобы реальный и эффективный идентификаторы пользователя совпадали. *Подсказка: **setuid(2)***
4. Повторите первые два шага.

Проверьте работу вашей программы.

1. Исполните программу и посмотрите вывод
2. Сделайте программу доступной для запуска членам вашей группы и пусть ваши одноклассники исполняют программу.
3. Командой **chmod u+s prog** установите бит *установки идентификатора пользователя* и пусть ваши одноклассники опять исполняют эту программу.

## Управление памятью

### 4. Список строк

Напишите программу, которая вставляет строки, введенные с клавиатуры, в список. Память под узлы списка выделяйте динамически с использованием **malloc(3)**. Ввод завершается, когда в начале строки вводится точка (.). Затем все строки из списка выводятся на экран.

Подсказка: Объявите массив символов размера, достаточного чтобы вместить самую длинную введенную строку. Используйте **fgets(3)**, чтобы прочитать строку, и **strlen(3)**, чтобы определить ее длину. Помните, что **strlen(3)** не считает нулевой символ, завершающий строку. После определения длины строки, выделите блок памяти нужного размера и внесите новый указатель в список.

## Системные вызовы ввода/вывода

### 5. Таблица поиска строк в текстовом файле.

Написать программу, которая анализирует текстовый файл, созданный текстовым редактором, таким как **ed(1)** или **vi(1)**. После запроса, который предлагает ввести номер строки, с использованием **printf(3)** программа печатает соответствующую строку текста. Ввод нулевого номера завершает работу программы. Используйте **open(2)**, **read(2)**, **lseek(2)** и **close(2)** для ввода/вывода. Постройте таблицу отступов в файле и длин строк для каждой строки файла. Как только эта таблица построена, позиционируйтесь на начало заданной строки и прочтите точную длину строки.

Подсказка: Выберите или создайте текстовый файл с короткими строками. Помните, что первая строка начинается с нулевого отступа в файле. Найдите каждый символ перевода строки, запишите его позицию; в программе следует использовать вызов **lseek(fd, 0L, 1)**. Для отладки распечатайте эту таблицу и сравните с таблицей, полученной вручную. Как только таблицы начнут совпадать, можно приступить к запросу номера строки.

### 6. Таблица поиска строк в текстовом файле.

Измените программу так, чтобы пользователю отводилось 5 секунд на ввод номера строки. Если пользователь не успевает, программа должна распечатать все содержимое файла и завершиться. Если же пользователь успел в течение пяти секунд ввести номер строки, то программа должна работать как в предыдущей задаче.

## 7. Таблица поиска строк в текстовом файле 2.

Измените предыдущую программу так, чтобы использовалось отображение файла в память взамен использования `read(2)`, `lseek(2)` и `write(2)`.

## Захват файлов и записей

### 8. Защищенный текстовый редактор

Напишите программу, которая захватывает весь файл перед вызовом редактора. Это защитит файл с правами доступа группы на изменение. После того как программа захватит файл, вызовите свой любимый редактор с помощью библиотечной функции `system(3)`. Попробуйте в вашей программе использовать допустимое захватывание. Когда ваша программа захватит файл, попросите однопользователя исполнить вашу программу. Объясните результат. Потом попробуйте использовать обязательное захватывание. Объясните результат.

## Создание процессов и исполнение программ. Управление процессами

### 9. Создание двух процессов

Напишите программу, которая создает подпроцесс. Этот подпроцесс должен исполнить `cat(1)` длинного файла. Родитель должен вызвать `printf(3)` и распечатать какой-либо текст. После выполнения первой части задания модифицируйте программу так, чтобы последняя строка, распечатанная родителем, выводилась после завершения порожденного процесса. Используйте `wait(2)`, `waitid(2)` или `waitpid(3)`.

### 10. Код завершения команды

Напишите программу, которая запускает команду, заданную в качестве первого аргумента, в виде порожденного процесса. Все остальные аргументы программы передаются этой команде. Затем программа должна дождаться завершения порожденного процесса и распечатать его код завершения.

### 11. Функция `execvpe()`

Напишите функцию `execvpe()`, которая работает как `execvp(2)`, но позволяет изменять среду исполнения, как `execve(2)`.

Совет: используйте внешнюю переменную `environ`.

### 12. Командный интерпретатор shell (задание №1 по shell)

В этом упражнении вы должны разработать упрощенную версию командного интерпретатора системы UNIX - shell. В дальнейшем этот shell будет улучшен добавлением программных каналов и обработки сигналов. Для вас заранее написаны некоторые функции этой программы. В файле [shell.c](#) содержится скелет функции `main()` с комментариями, говорящими, где следует вставить ваш код. Функция `main()` вызывает функцию `prompline()` из файла [promptline.c](#), которая читает строку из стандартного ввода. Затем `main()` вызывает `parseline()` из файла [parseline.c](#), которая проверяет ввод на отсутствие синтаксических ошибок. Для каждой команды в строке, `parseline()` формирует дескриптор команды типа `struct command`, определенного в `shell.h`. Существует глобальный массив таких структур, называемый `cmds[]` и объявленный в `shell.c`. Дескриптор команды состоит из двух полей. Первое поле - массив указателей, называемый `cmdargs[]`. Функция `parseline()` инициализирует этот массив указателями на строки - аргументы. Каждый аргумент завершается нулевым байтом. Во входной строке аргументы разделяются

проблемами. Кроме того, `parseline()` помещает после последнего аргумента в списке `cmdargs[]` нулевой указатель. Команды могут разделяться переводом строки, точкой с запятой, амперсандом (&) или символами <, >, >> или |. Другие глобальные переменные, объявленные в `shell.c` определяют, должна ли команда быть запущена в основном (foreground) или фоновом (background) режиме, а также для перенаправления ввода/вывода из/в файл. Эти переменные (`bkgnd`, `infile`, `outfile` и `appfile`) устанавливаются в функции `parseline()`. Если `bkgnd` ненулевой, команда должна быть запущена в фоновом режиме, то есть ваш `shell` не должен ожидать завершения соответствующего процесса. Если `infile` ненулевой, он указывает на имя файла, из которого должен быть получен стандартный ввод первой команды в строке, т.е. символ <. Аналогично, если `outfile` ненулевой, он указывает на имя файла, куда следует перенаправить вывод последней команды в строке, т.е. символ >. Наконец, если `appfile` ненулевой, это имя файла, к содержимому которого следует добавить вывод последней команды в строке, т.е. символ >>. В следующих упражнениях вы будете модифицировать `shell.c`. Каждое последующее упражнение является улучшением предыдущего. Вы должны использовать следующую версию вызова `exec(2)`:

```
execvp(cmds[i].cmdargs[0], cmds[i].cmdargs);
```

### 13. Исполнение команд (задание №2 по shell)

Модифицируйте `shell.c` для исполнения каждой команды в массиве `cmds[]` как подпроцесса. Во время исполнения этого подпроцесса, ваша программа должна ждать его завершения. Если программа, заданная во входной строке, не может быть найдена, `shell` должен распечатать сообщение об ошибке и продолжить исполнение. Предполагается, что пользователь набирает только простые команды, т.е. только одна команда на строке, без метасимволов, перенаправления ввода/вывода, конвейеров и символа &.

### 14. Исполнение в фоновом режиме (задание №3 по shell)

Измените вашу программу так, чтобы позволить исполнение команд в фоновом режиме, обозначаемое символом & в конце командной строки. Программа должна выводить идентификатор фонового процесса на стандартный вывод.

### 15. Перенаправление ввода/вывода (задание №4 по shell)

Измените вашу программу так, чтобы позволить перенаправление ввода/вывода. Заметьте, что перенаправление ввода ("`< filename`") используется только с первой командой в строке, а вывода ("`> filename`" или "`>> filename`") - только с последней. Совет: используйте `dup(2)`.

## Управление терминальным вводом/выводом

### 16. Ответ без ввода новой строки

Напишите программу, которая печатает вопрос и требует односимвольного ответа. Измените атрибуты вашего терминала так, чтобы пользователю не нужно было вводить новую строку после ответа.

### 17. Строчный редактор

Многие программы, принимающие ввод с терминала, позволяют редактировать строку перед использованием. Напишите программу, которая выключает эхо и каноническую обработку, таким образом выключив и обработку символа забора. Ваша программа должна получать ввод с клавиатуры и показывать его на терминале в соответствии со следующими правилами:

1. Каждый введенный символ должен немедленно появляться на дисплее.
2. Когда вводится символ ERASE, стирается последний символ в текущей строке.

3. Когда вводится символ KILL, стираются все символы в текущей строке.
4. Когда вводится CTRL-W, стирается последнее слово в текущей строке, вместе со всеми следующими за ним пробелами.
5. Программа завершается, когда введен CTRL-D и курсор находится в начале строки.
6. Все непечатаемые символы, кроме перечисленных выше, должны издавать звуковой сигнал, выводя на терминал символ CTRL-G.
7. Длина строки ограничена 40 символами. Если какое-то слово пересекает 40-й столбец, это слово должно быть помещено в начало следующей строки.

## Управление файлами

### 18. Листинг каталога

Напишите программу - аналог команды `ls -ld`. Для каждого своего аргумента эта команда должна распечатывать:

- Биты состояния файла в воспринимаемой человеком форме:
  - `d` если файл является каталогом
  - `-` если файл является обычным файлом
  - `?` во всех остальных случаях
- Три группы символов, соответствующие правам доступа для хозяина, группы и всех остальных:
  - `r` если файл доступен для чтения, иначе `√`
  - `w` если файл доступен для записи, иначе `√`
  - `x` если файл доступен для исполнения, иначе `-`
- Количество связей файла
  - Имена собственника и группы файла (совет - используйте `getpwuid` и `getgrgid`).
  - Если файл является обычным файлом, его размер. Иначе оставьте это поле пустым.
  - Дату модификации файла (используйте `ctime`).
  - Имя файла (если было задано имя с путем, нужно распечатать только имя).

Желательно, чтобы поля имели постоянную ширину, т.е. чтобы листинг имел вид таблицы.

Совет - используйте `printf`.

## Управление каталогами

### 19. Шаблоны имен файлов

Напишите программу, которая приглашает пользователя ввести шаблон имени файла, аналогичный тому, который используется в shell. Синтаксис шаблона таков:

- `*` соответствует последовательности любых символов кроме `/`, имеющей любую длину; возможно - пустой последовательности.
- `?` соответствует любому одному символу.
- `/` не может встречаться.
- любой другой символ соответствует самому себе.

Символы \* и ? в шаблоне могут встречаться в любом количестве и в любом порядке. Затем программа должна найти и распечатать имена всех файлов в текущем каталоге, соответствующих шаблону. Если таких файлов нет, программа должна распечатать сам шаблон.  
Совет: используйте `readdir`, чтобы считать все имена файлов в текущем каталоге, и выберите из них соответствующие шаблону.

## 20. Шаблоны имен файлов (2)

Измените предыдущую программу так, чтобы в шаблоне могли встречаться символы /. При этом программа должна распечатывать все файлы, путевые имена которых соответствуют шаблону. Так, шаблону `*/*` соответствуют все файлы во всех подкаталогах текущего каталога.

# Раздел 2

## Сигналы

### 21. Пищалка

Напишите программу, которая входит в бесконечный цикл и издает звуковой сигнал на вашем терминале каждый раз, когда вы вводите символ, на который у вас настроена посылка сигнала SIGINT (по умолчанию `CTRL-C`). При получении SIGQUIT, она должна вывести сообщение, говорящее, сколько раз прозвучал сигнал, и завершиться.

### 22. Мультиплексирование ввода

Напишите программу, которая читает из нескольких файлов по очереди, т.е. после чтения строки из одного файла, читается строка из следующего и т.д. Если в течение `TIME_OUT` секунд ничего не было прочитано, берется следующий файл. Программа получает в качестве аргументов имена одного или нескольких файлов, из которых она будет читать. Обычно это терминальные файлы (т.е. `/dev/tty`), но могут быть файлы и других типов. (`read(2)` с нетерминального устройства может прочитать несколько строк, в зависимости от количества требуемых байтов и длины этих строк.) Если в одном из файлов достигнут конец файла, из него больше не читают. Когда конец файла достигнут во всех файлах, программа завершается. Проверьте вашу программу так:  
`$ multiplex /dev/tty 'tty'`

### 23. Защита от сигналов, посылаемых с терминала (задание №5 по shell)

Измените исходный текст программы `shell` так, чтобы она не завершалась, когда вы генерируете сигнал SIGINT. Вместо этого должен завершаться процесс первого плана, а ваш `shell` должен немедленно выдавать приглашение. Кроме того, предохраните команды, исполняемые в фоновом режиме, от прерывания сигналами SIGINT и SIGQUIT. (Если вы не имеете собственной версии этой программы, вы можете посмотреть исходные тексты заготовки в файлах [shell.c](#), [parseline.c](#), [promptline.c](#) и [shell.h](#). Откомпилировав их, вы получите простой командный интерпретатор, способный выполнять программы в виде порожденных процессов, запускать фоновые процессы и перенаправлять ввод/вывод.)

### 24. Простое управление заданиями (задание №6 по shell)

Если вы реализовали защиту от сигналов, модифицируйте ваш интерпретатор `shell`, так чтобы обеспечить следующие возможности для управления заданиями: SIGTSTP, посланный с клавиатуры (`CTRL-Z` по умолчанию), должен заставить

основную программу перейти в фоновый режим и возобновить исполнение. PID переведенного на фон процесса будет выведен на stderr, и командный интерпретатор выдаст приглашение для следующей команды. Вам необходимо реализовать встроенные команды `fg` и `bg`, аналогичные одноименным командам `bash(1)` или `ksh(1)`. Совет: сделайте каждый порожденный процесс лидером группы процессов и явным образом переводите его на первый план. Когда порожденный процесс первого плана завершается или останавливается, переводите на первый план интерпретатор.

## Программные каналы

### 25. Связь через программный канал

Напишите программу, которая создает два подпроцесса, взаимодействующих через программный канал. Первый процесс выдает в канал текст, состоящий из символов верхнего и нижнего регистров. Второй процесс переводит все символы в верхний регистр, и выводит полученный текст на терминал. Подсказка: см. `toupper(3)`.

### 26. Связь с использованием функций стандартной библиотеки

Используйте стандартные библиотечные функции `popen(3)` и `pclose(3)` для выполнения тех же операций, что и в предыдущем упражнении.

### 27. Подсчет пустых строк в файле

Напишите программу, которая подсчитывает пустые строки в файле, используя команду `wc(1)`.

### 28. Генератор случайных чисел

Напишите программу, которая генерирует сортированный список из ста случайных чисел в диапазоне от 0 до 99. Распечатайте числа по десять в строке. Используйте `r2open(3)`, чтобы запустить `sort(1)` и `rand(3)` и `srand(3)` для генерации случайных чисел.

### 29. Конвейеры (задание №7 по shell)

Измените ваш командный интерпретатор так, чтобы он позволял создавать конвейеры. Если вы добавили управление заданиями в упражнениях Раздела 1, вы можете модифицировать программу так, чтобы все процессы в конвейере принадлежали к одной группе. Тогда, например, `SIGINT` мог бы прервать все процессы в конвейере первого плана.

## Сокеты

### 30. Связь через Unix domain socket

Напишите две программы, взаимодействующих через Unix domain socket. Первый процесс (сервер) создает сокет и слушает на нем. При присоединении клиента, сервер получает через соединение текст, состоящий из символов верхнего и нижнего регистров, переводит его в верхний регистр и выводит в свой стандартный поток вывода, аналогично задаче 25. Второй процесс (клиент) устанавливает соединение с сервером и передает ему текст. После разрыва соединения клиентом, оба процесса завершаются.

### 31. Связь нескольких процессов через Unix domain socket

Напишите две программы, взаимодействующих через Unix domain socket. Первый процесс (сервер) создает сокет и слушает на нем. При присоединении клиента, сервер получает через соединение текст, состоящий из символов верхнего и

нижнего регистров, переводит его в верхний регистр и выводит в свой стандартный поток вывода, аналогично задаче 25. Второй процесс (клиент) устанавливает соединение с сервером и передает ему текст. Необходимо обеспечить возможность подключения нескольких клиентов и параллельное (без задержек) получение текста от них. При этом, преобразованный текст разных клиентов в выдаче сервера может смешиваться.

Для мультиплексирования соединений клиентов используйте **select(3C)** или **poll(2)**.

### 32. Асинхронный ввод-вывод

Реализуйте задачу 31, используя асинхронный ввод-вывод вместо **select(3C)/poll(2)**.

### 33. Прокси-сервер

Реализуйте сервер, который принимает TCP соединения и транслирует их. Сервер должен получать из командной строки следующие параметры:

1. Номер порта P, на котором следует слушать.
2. Имя или IP-адрес узла N, на который следует транслировать соединения.
3. Номер порта P', на который следует транслировать соединения.

Сервер принимает все входящие запросы на установление соединения на порт P. Для каждого такого соединения он открывает соединение с портом P' на сервере N. Затем он транслирует все данные, получаемые от клиента, серверу N, а все данные, получаемые от сервера N – клиенту. Если сервер N или клиент разрывают соединение, наш сервер также должен разорвать соединение. Если сервер N отказывает в установлении соединения, следует разорвать клиентское соединение.

Сервер должен обеспечивать трансляцию 510 соединений при лимите количества открытых файлов на процесс 1024. Сервер не должен быть многопоточным и никогда не должен блокироваться при операциях чтения и записи. Не следует использовать неблокирующиеся сокеты. Следует использовать **select(3C)** или **poll(2)**.

### 34-35. Проброс порта

Эта задача засчитывается за две. Реализуйте две программы, приемник и передатчик. Передатчик слушает на некотором порту TCP. Все соединения с этим портом транслируются на приемник. Приемник, в свою очередь, транслирует данные всех соединений на сервер: некоторый другой сервис, слушающий на другом порту и, возможно, на другой машине. Таким образом, клиенту (процессу, присоединяющемуся к приемнику) создается иллюзия, что он присоединился непосредственно к серверу.

Например, если приемнику указать в качестве сервиса localhost:22, это можно использовать для туннелирования соединений ssh. В свою очередь, сама пара приемник-передатчик аналогична возможности “проброса портов” в протоколе ssh.

Изучите проброс портов протокола ssh, если вы не понимаете задачу.

Между приемником и передатчиком разрешается установить только одно соединение через сокет TCP. Все данные транслируемых соединений передаются через единственный последовательный канал.

Для определения того, к какому соединению относятся какие данные, следует использовать специальный протокол. Данные в соединении приемник-передатчик (туннеле) разбиты на кадры. Каждый кадр содержит данные одного соединения.

Кадр начинается с байта 0111110b (0x7E). Следующий байт содержит номер соединения (таким образом, ваш туннель не может поддерживать более 255 соединений одновременно). Затем идут данные соединения. Кадр также заканчивается байтом 0111110b. Такая схема кодирования теоретически допускает кадры неограниченной длины, но ваша реализация может накладывать какое-то ограничение на размер кадра, возможно, связанное с размером буфера.

Если в потоке данных клиентского соединения встречается байт 0111110b, его следует заменить на пару байтов 01111101b 0111110b, чтобы получатель не проинтерпретировал этот байт как конец кадра. В свою очередь, байт 01111101b следует заменить на пару байтов 01111101b 01111101b. Перед передачей данных клиенту или серверу следует произвести обратную замену.

Если вы не понимаете, почему это обеспечивает однозначное декодирование передаваемых данных, вспомните задачу RLE из курса “Цифровые платформы” либо то, каким образом кодируются двойная кавычка и обратный слэш в строковых литералах языка C, либо прочитайте описание формата кадров протокола HDLC. Номер соединения 0 следует использовать для канала управления: запросов на установление нового соединения или разрыв существующего. Протокол канала управления разработайте самостоятельно. Обратите внимание, что запрос на



установление соединения может посылать только приемник, но разрыв соединения может происходить как по инициативе клиента, так и по инициативе сервера. Рекомендации: для мультиплексирования соединений, используйте **select(3C)** или **poll(2)**. Не допускается использование неблокирующихся сокетов и холостых циклов. Избегайте чтения и записи данных (вызовов `read/write` или `send/receive`) по одному байту. При перекодировании данных, учтите, что их объем может измениться. Для демонстрации приложения можно использовать туннелирование протокола `ssh` или `http proxy`.

### 36. Псевдомногопоточный HTTP-клиент

Реализуйте простой HTTP-клиент. Он принимает один параметр командной строки – URL. Клиент делает запрос по указанному URL и выдает тело ответа на терминал как текст (т.е. если в ответе HTML, то распечатывает его исходный текст без форматирования). Вывод производится по мере того, как данные поступают из HTTP-соединения. Когда будет выведено более экрана (более 25 строк) данных, клиент должен продолжить прием данных, но должен остановить вывод и выдать приглашение `Press space to scroll down`.

При нажатии пользователем клиент должен вывести следующий экран данных. Для одновременного считывания данных с терминала и из сетевого соединения используйте системный вызов `select` или `poll`.

### 37. Псевдомногопоточный HTTP-клиент 2

Реализуйте задачу упр. 36, используя системные вызовы `aio_read/aio_write`.