

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

---

Институт кибербезопасности и защиты информации

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5**

**«Системные вызовы»**

по дисциплине «Операционные системы»

Выполнил  
студент гр. 4851003/10002

Галкин К. К.

Руководитель  
К. н. т

Крундышев В. М.

Санкт-Петербург

2022

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

**Цель работы** – изучение механизма внутренних прерываний и системных вызовов, модификация обработчика системных вызовов и внедрение набора системных вызовов в учебную операционную систему PintOS.

## 2. ХОД РАБОТЫ

Перед непосредственной разработки алгоритма была построена блок-схема обработки системных вызовов, когда происходит работа с пользовательским стеком и программой в целом:

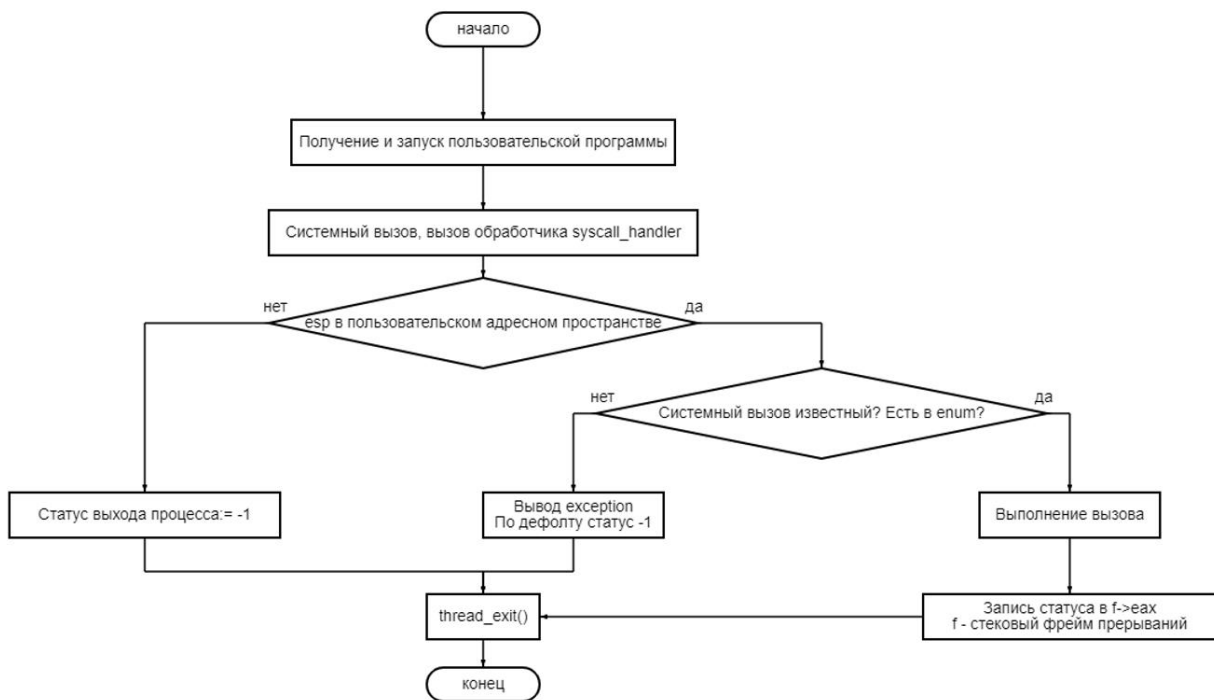


Рисунок 1 – схема обработки пользовательской программы через syscall

Для этого в некоторые функции были введены новые условия и проверки:

- Thread.h

- Обновление структуру потока, если идет пользовательский вызов. Добавлены примитивы синхронизации, список процессов-потомков, список файловых дескрипторов и др.
- Process.c
  - В process\_execute() были добавлены условия проверки имени файла и его присутствия в файловой системе. Так же если процесс успешно создан, то он помещается как дочерний в список. process\_wait(): происходит поиск дочернего процесса по списку дочерних процессов. Если такой процесс есть, то семафор родительского процесса понижается. Повышение происходит в процессе thread\_exit из thread.c
- Syscall.c
  - Добавлена структура файлов и дескриптора потока. В syscall\_handler проверяется регистр esp пользовательского процесса. По данным регистра esp выбирается вариант работы через конструкцию switch. Для каждого системного вызова сделаны отдельные функции(halt, exit, write, read, open, create, exec, filesize, close). Для каждой функции читается определенное количество аргументов в массив args[3]. Каждый аргумент проверяется на корректность.
    - Halt вызывает завершение Pintos
    - Exit присваивает потоку статус и делает thread\_exit()
    - Write проверяет дескриптор и записывает данные через file\_write. Возвращает количество записанных байтов
    - Exec работает через process\_execute, возвращает tid процесса
    - Wait вызывает process\_wait()

- Create создает файл размера initial\_size с именем file через функцию filesys\_create. 1, если файл создан, иначе – 0.
- Remove удаляет файл через filesys\_remove. 1 – файл удален, иначе – 0
- Open выделяет место под новую структуру thread\_file, добавляет к текущему потоку новый открытый файл, открывает файл. Возвращает дескриптор.
- Filesize возвращает длину файла через функцию file\_length() и -1 в противном случае
- Read читает из файла в buffer данные length байтов.
- Close закрывает файл, чистит память и удаляет файл из списка файлов потока
  - Так же были добавлены вспомогательные функции проверки аргументов и конвертирования адреса

Результаты тестов можно видеть ниже:

```
pintos -v -k -f 60 -qms --fileys-size=2 -p tests/userprog/halt -a halt -- -q -f run halt < /dev/null 2> tests/userprog/halt.errors > tests/userprog/halt.output
perl -I./... ./tests/userprog/halt.c tests/userprog/halt tests/userprog/halt.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/halt
gcc -m32 -c ./tests/userprog/exit.c -o tests/userprog/exit.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./... -I./.../lib -I./.../lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -FWD -F tests/userprog/exit.d
gcc -m32 -Ml -build-id=none -nostdlib -static -Ml,./.../lib/user/user.lib tests/userprog/exit.o tests/main.o tests/lib.o lib/user/entry.o libc.a -o tests/userprog/exit
pintos -v -k -f 60 -qms --fileys-size=2 -p tests/userprog/exit -a exit -- -q -f run exit < /dev/null 2> tests/userprog/exit.errors > tests/userprog/exit.output
perl -I./... ./tests/userprog/exit.c tests/userprog/exit tests/userprog/exit.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/exit
gcc -m32 -c ./tests/userprog/create-normal.c -o tests/userprog/create-normal.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./... -I./.../lib -I./.../lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -FWD -F tests/userprog/create-normal.d
gcc -m32 -Ml -build-id=none -nostdlib -static -Ml,./.../lib/user/user.lib tests/userprog/create-normal.o tests/main.o tests/lib.o lib/user/entry.o libc.a -o tests/userprog/create-normal
pintos -v -k -f 60 -qms --fileys-size=2 -p tests/userprog/create-normal -a create-normal -- -q -f run create-normal < /dev/null 2> tests/userprog/create-normal.errors > tests/userprog/create-normal.output
perl -I./... ./tests/userprog/create-normal.c tests/userprog/create-normal tests/userprog/create-normal.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/create-normal
gcc -m32 -c ./tests/userprog/create-empty.c -o tests/userprog/create-empty.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./... -I./.../lib -I./.../lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -FWD -F tests/userprog/create-empty.d
gcc -m32 -Ml -build-id=none -nostdlib -static -Ml,./.../lib/user/user.lib tests/userprog/create-empty.o tests/main.o tests/lib.o lib/user/entry.o libc.a -o tests/userprog/create-empty
pintos -v -k -f 60 -qms --fileys-size=2 -p tests/userprog/create-empty -a create-empty -- -q -f run create-empty < /dev/null 2> tests/userprog/create-empty.errors > tests/userprog/create-empty.output
perl -I./... ./tests/userprog/create-empty.c tests/userprog/create-empty tests/userprog/create-empty.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/create-empty
gcc -m32 -c ./tests/userprog/create-null.c -o tests/userprog/create-null.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./... -I./.../lib -I./.../lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -FWD -F tests/userprog/create-null.d
gcc -m32 -Ml -build-id=none -nostdlib -static -Ml,./.../lib/user/user.lib tests/userprog/create-null.o tests/main.o tests/lib.o lib/user/entry.o libc.a -o tests/userprog/create-null
pintos -v -k -f 60 -qms --fileys-size=2 -p tests/userprog/create-null -a create-null -- -q -f run create-null < /dev/null 2> tests/userprog/create-null.errors > tests/userprog/create-null.output
perl -I./... ./tests/userprog/create-null.c tests/userprog/create-null tests/userprog/create-null.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/create-null
```





```
gcc -m32 -Wl,-dynamic-linker=/usr/lib/ld-linux.so.2 -o tests/userprog/exec-multiple tests/userprog/exec-multiple.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/exec-multiple
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/exec-multiple -a exec-multiple -p tests/userprog/child-simple -a child-simple -- -q -f run exec-multiple < /dev/null 2> tests/userprog/exec-multiple.errors > tests/userprog/exec-multiple.output
perl -I./.././../tests/userprog/exec-multiple.ck tests/userprog/exec-multiple tests/userprog/child-simple
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/exec-multiple
gcc -m32 -c .././tests/userprog/exec-missing.c -o tests/userprog/exec-missing.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/exec-missing.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/exec-missing.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/exec-missing
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/exec-missing -a exec-missing -- -q -f run exec-missing < /dev/null 2> tests/userprog/exec-missing.errors > tests/userprog/exec-missing.output
perl -I./.././../tests/userprog/exec-missing.ck tests/userprog/exec-missing tests/userprog/exec-missing.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/exec-missing
gcc -m32 -c .././tests/userprog/exec-bad-ptr.c -o tests/userprog/exec-bad-ptr.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/exec-bad-ptr.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/exec-bad-ptr.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/exec-bad-ptr
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/exec-bad-ptr -a exec-bad-ptr -- -q -f run exec-bad-ptr < /dev/null 2> tests/userprog/exec-bad-ptr.errors > tests/userprog/exec-bad-ptr.output
perl -I./.././../tests/userprog/exec-bad-ptr.ck tests/userprog/exec-bad-ptr tests/userprog/exec-bad-ptr.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/exec-bad-ptr
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-simple.c -o tests/userprog/wait-simple.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-simple.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/wait-simple.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/wait-simple
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/wait-simple -a wait-simple -- -q -f run wait-simple < /dev/null 2> tests/userprog/wait-simple.errors > tests/userprog/wait-simple.output
perl -I./.././../tests/userprog/wait-simple.ck tests/userprog/wait-simple tests/userprog/wait-simple.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/wait-simple
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-twice.c -o tests/userprog/wait-twice.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-twice.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/wait-twice.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/wait-twice
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/wait-twice -a wait-twice -- -q -f run wait-twice < /dev/null 2> tests/userprog/wait-twice.errors > tests/userprog/wait-twice.output
perl -I./.././../tests/userprog/wait-twice.ck tests/userprog/wait-twice tests/userprog/wait-twice.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/wait-twice
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-killed.c -o tests/userprog/wait-killed.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-killed.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/wait-killed.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/wait-killed
gcc -m32 -c .././tests/userprog/child-bad.c -o tests/userprog/child-bad.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/child-bad.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/child-bad.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/child-bad
perl -I./.././../tests/userprog/child-bad.ck tests/userprog/child-bad tests/userprog/child-bad.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/child-bad
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-simple.c -o tests/userprog/wait-simple.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-simple.d
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/wait-simple -a wait-simple -- -q -f run wait-simple < /dev/null 2> tests/userprog/wait-simple.errors > tests/userprog/wait-simple.output
perl -I./.././../tests/userprog/wait-simple.ck tests/userprog/wait-simple tests/userprog/wait-simple.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/wait-simple
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-twice.c -o tests/userprog/wait-twice.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-twice.d
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/wait-twice -a wait-twice -p tests/userprog/child-simple -a child-simple -- -q -f run wait-twice < /dev/null 2> tests/userprog/wait-twice.errors > tests/userprog/wait-twice.output
perl -I./.././../tests/userprog/wait-twice.ck tests/userprog/wait-twice tests/userprog/child-simple
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/wait-twice
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-killed.c -o tests/userprog/wait-killed.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-killed.d
gcc -m32 -Wl,-build-id=none -nostdlib -static -Wl,.././../lib/user/user.ld tests/userprog/wait-killed.o tests/main.o tests/lib.o libuser.o libc.a -o tests/userprog/wait-killed
perl -I./.././../tests/userprog/wait-killed.ck tests/userprog/wait-killed tests/userprog/child-bad
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/wait-killed
gcc -m32 -c .././tests/userprog/wait-bad-pid.c -o tests/userprog/wait-bad-pid.o -g -msoft-float -O -fno-stack-protector -nostdinc -I./.././../lib -I./.././lib/user -I. -Wall -W -Mstrict-prototypes -Mmissing-prototypes -Msystem-headers -WPD -WPF tests/userprog/wait-bad-pid.d
pintos -v -k -T 60 -qemu --filesys-size=2 -p tests/userprog/wait-bad-pid -a wait-bad-pid -- -q -f run wait-bad-pid < /dev/null 2> tests/userprog/wait-bad-pid.errors > tests/userprog/wait-bad-pid.output
perl -I./.././../tests/userprog/wait-bad-pid.ck tests/userprog/wait-bad-pid tests/userprog/wait-bad-pid.result
perl: warning: Setting locale failed.
perl: warning: Please check that your locale settings:
    LANGUAGE = (unset),
    LC_ALL = (unset),
    LANG = "en_US.UTF-8"
are supported and installed on your system.
perl: warning: Falling back to the standard locale ("C").
pass tests/userprog/wait-bad-pid
```

Название теста:	Рассматриваемая проблема, описание теста:	Как была решена проблема:
halt	Выключение ОС Pintos	Вызов функции shutdown_power_off
exit	Завершение процесса	status присваивается полю status_code текущего потока, а затем выводится название потока и статус выхода, вызывается

		thread_exit(), завершающая процесс. Если в данную функцию передается -1, значит, происходит аварийное завершение процесса. 0 отражает корректное завершение.
exec-once	Создание одного дочернего процесса	В process_execute создается новый процесс, семафор родительского процесса понижается до завершения дочернего
exec-multiple	Создание нескольких дочерних процессов	У потока есть список дочерних процессов
exec-arg	Создание дочернего процесса с аргументами	Решение из предыдущей лабораторной работы. Парсинг строки на аргументы командной строки.
exec-bad-ptr	Создание дочернего процесса с некорректным указателем	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция is_converted_valid)
exec-missing	Попытка создания несуществующего дочернего процесса	В файле process.c в process_execute осуществляется проверка, что данный файл открывается, то есть присутствует в файловой системе и его можно считать (функция filesys_open). Если указатель нулевой, то выходим с ошибкой -1
wait-simple	Штатное ожидание завершения дочернего процесса	Синхронизация с семафором на протяжении работы всех функций(process_execute, process_wait, thread_exit)
wait-twice	Ожидание завершения одного и того же процесса дважды.	Своевременное удаление дочерних процессов из списка по завершении работы
wait-bad-pid	Ожидание дочернего процесса с некорректным указателем	Во время обработки каждого системного вызова проверяется,



		что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
wait-killed	Ожидание процесса, который был завершён аварийно (с кодом -1)	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>pagedir_get_page</code> проверяет, выделена ли страница под указанный виртуальный адрес пользовательской программы и возвращает ее.
create-empty	Создание файла без имени и с размером 0	Все проверки происходят в реализации функции <code>filesys_create()</code>
create-long	Создание файла с именем, содержащим 512 символов	Все проверки происходят в реализации функции <code>filesys_create()</code>
create-exists	Создание уже существующего файла	Все проверки происходят в реализации функции <code>filesys_create()</code>
create-normal	Штатное создание файла с корректными параметрами	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>filesys_create</code> возвращает значение <code>true</code> .
create-null	Создание файла, имя которого имеет значение <code>NULL</code> .	Использование <code>filesys_create()</code>
create-bad-ptr	Создание файла с некорректным указателем	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
create-bound	Попытка создания файла с именем, которое находится на разных страницах памяти	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>pagedir_get_page</code> проверяет, выделена ли страница под указанный виртуальный адрес пользовательской программы и возвращает ее.

open-missing	Попытка открыть файл, отсутствующий в файловой системе	Использование функции <code>filesys_open()</code>
open-normal	Штатное открытие файла с корректными параметрами	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>filesys_open</code> возвращает дескриптор файла.
open-twice	Попытка открыть файл дважды	Проверка в <code>filesys_open</code> на существование <code>inode</code> с таким именем, и что файл уже есть
open-bad-ptr	Открытие файла с некорректным указателем	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
open-empty	Попытка открыть файл, имя которого — пустая строка.	Проверка внутри функции <code>file_open</code> (изначальная реализация <code>pintos</code> )
open-boundary	Попытка открыть файл с именем, которое находится на разных страницах памяти	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>pagedir_get_page</code> проверяет, выделена ли страница под указанный виртуальный адрес пользовательской программы и возвращает ее.
close-normal	Штатное закрытие файла с корректными параметрами	Использование <code>file_close</code>
close-twice	Попытка закрыть файл дважды	Использование <code>file_close</code> , который работает с указателем на файл. Если он <code>NULL</code> , то просто функция завершится
close-stdout	Попытка закрыть стандартный поток вывода	Изначально дескриптор потока инициализируется как 2, чтобы не перекрывать <code>stdin</code> и <code>stdout</code> .
close-stdin	Попытка закрыть стандартный поток ввода	Изначально дескриптор потока инициализируется как 2, чтобы не перекрывать <code>stdin</code> и <code>stdout</code> .

close-bad-fd	Заккрытие файла с некорректным указателем	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
read-normal	Штатное чтение из файла с корректными параметрами	Использование <code>file_read</code> возвращает количество байтов
read-zero	Попытка прочитать 0 байт из файла	Использование <code>file_read</code> вызывает обработку данного случая
read-boundary	Чтение в буфер, который находится на разных страницах памяти	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>pagedir_get_page</code> проверяет, выделена ли страница под указанный виртуальный адрес пользовательской программы и возвращает ее.
read-bad-fd	Чтение из файла с некорректным указателем (некорректный дескриптор)	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
read-bad-ptr	Чтение из файла с некорректным указателем (некорректный буфер)	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
read-stdout	Чтение из стандартного потока вывода	Проверка дескриптора на значение 1
write-normal	Штатное чтение из файла с корректными параметрами	Использование <code>file_write()</code>
write-zero	Попытка записать 0 байт в файл	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>file_write</code> вызывает <code>inode_write_at</code> , в которой производится проверка, что размер буфера больше нуля.
write-stdin	Запись в стандартный поток ввода	Проверка дескриптора на значение 0

write-bad-fd	Запись в файл с некорректным указателем (некорректный дескриптор)	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )
write-boundary	Запись буфера, который находится на разных страницах памяти	В файле <code>syscall.c</code> в реализации самого вызова функция <code>pagedir_get_page</code> проверяет, выделена ли страница под указанный виртуальный адрес пользовательской программы и возвращает ее.
write-bad-ptr	Запись в файл с некорректным указателем (некорректный буфер)	Во время обработки каждого системного вызова проверяется, что указатель принадлежит пользовательскому пространству (функция <code>is_converted_valid</code> )

### 3. ВЫВОД

В результате данной лабораторной работы был изучен механизм внутренних прерываний и системных вызовов, была осуществлена модификация обработчика системных вызовов и внедрение набора системных вызовов в учебную операционную систему PintOS.

Первоначально была проблема с проверкой адресов. Было использовано неверное условие проверки указателя и его значения. Позже была добавлена проверка благодаря функции из ОС `pagedir_get_page`. Затем возникла проблема с синхронизацией дочерних процессов с родительским. Проблема была решена перемещением семафора в `thread_exit()`.

Самая тяжелая задача — возврат статуса процесса, так как возникали моменты, когда в `printf` наблюдалось большое отрицательное число, что означало, что либо логическая ошибка при работе с памятью, либо значение

кода не записывалось корректно в нужных функциях. Решение пришло через глобальную переменную с изначальным значением -1. Да, это не совсем корректно, однако на тот момент я видел это как единственное скорое решение.