

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»
(Университет ИТМО)
Факультет Программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа №1
“Операционные системы”

Выполнили студенты
Группы Р33211
Миронов И.И.
Писков А.Е.
Преподаватель
Покид Александр Владимирович

Санкт-Петербург 2020

Задание

Лабораторная работа №1

Вариант:

A=232;B=0xED930667;C=mmap;D=20;E=116;F=block;G=95;H=seq;I=141;J=max;K=flock

Разработать программу на языке C, которая осуществляет следующие действия

- Создает область памяти размером A мегабайт, начинающихся с адреса B (если возможно) при помощи C=(malloc, mmap) заполненную случайными числами /dev/urandom в D потоков. Используя системные средства мониторинга определите адрес начала в адресном пространстве процесса и характеристики выделенных участков памяти. Замеры виртуальной/физической памяти необходимо снять:
 1. До аллокации
 2. После аллокации
 3. После заполнения участка данными
 4. После деаллокации
- Записывает область памяти в файлы одинакового размера E мегабайт с использованием F=(блочного, некешируемого) обращения к диску. Размер блока ввода-вывода G байт. Преподаватель выдает в качестве задания последовательность записи/чтения блоков H=(последовательный, заданный или случайный)
- Генерацию данных и запись осуществлять в бесконечном цикле.
- В отдельных I потоках осуществлять чтение данных из файлов и подсчитывать агрегированные характеристики данных - J=(сумму, среднее значение, максимальное, минимальное значение).
- Чтение и запись данных в/из файла должна быть защищена примитивами синхронизации K=(futex, cv, sem, flock).
- По заданию преподавателя изменить приоритеты потоков и описать изменения в характеристиках программы.

Для запуска программы возможно использовать операционную систему Windows 10 или Debian/Ubuntu в виртуальном окружении.

Измерить значения затраченного процессорного времени на выполнение программы и на операции ввода-вывода используя системные утилиты.

Отследить трассу системных вызовов.

Используя star построить графики системных характеристик.

Сбор статистики

Before allocation

```
dev@ubuntu:~$ pmap 6705
6705:  ./a.out
0000559fd2453000      4K r---- a.out
0000559fd2454000      8K r-x-- a.out
0000559fd2456000      4K r---- a.out
0000559fd2457000      4K r---- a.out
0000559fd2458000      4K rw--- a.out
0000559fd3687000    132K rw--- [ anon ]
00007ff409251000     12K rw--- [ anon ]
00007ff409254000    148K r---- libc-2.31.so
00007ff409279000   1504K r-x-- libc-2.31.so
00007ff4093f1000    296K r---- libc-2.31.so
00007ff40943b000      4K ----- libc-2.31.so
00007ff40943c000     12K r---- libc-2.31.so
00007ff40943f000     12K rw--- libc-2.31.so
00007ff409442000     16K rw--- [ anon ]
00007ff409446000     28K r---- libpthread-2.31.so
00007ff40944d000     68K r-x-- libpthread-2.31.so
00007ff40945e000     20K r---- libpthread-2.31.so
00007ff409463000      4K r---- libpthread-2.31.so
00007ff409464000      4K rw--- libpthread-2.31.so
00007ff409465000     24K rw--- [ anon ]
00007ff40947c000      4K r---- ld-2.31.so
00007ff40947d000    140K r-x-- ld-2.31.so
00007ff4094a0000     32K r---- ld-2.31.so
00007ff4094a9000      4K r---- ld-2.31.so
00007ff4094aa000      4K rw--- ld-2.31.so
00007ff4094ab000      4K rw--- [ anon ]
00007ffeddf01000    132K rw--- [ stack ]
00007ffeddf8b000     12K r---- [ anon ]
00007ffeddf8e000      4K r-x-- [ anon ]
fffffffffff6000000      4K --x-- [ anon ]
total                2648K
```

```
top - 02:48:38 up 1:30, 1 user, load average: 0.00, 0.12, 0.37
Tasks:  1 total,  0 running,  1 sleeping,  0 stopped,  0 zombie
%Cpu(s):  6.7 us,  3.3 sy,  0.0 ni, 90.0 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
MiB Mem :  1959.9 total,  298.4 free,  1095.4 used,  566.2 buff/cache
MiB Swap:  448.5 total,  422.4 free,   26.1 used.  697.4 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
6705	dev	20	0	2644	564	484	S	0.0	0.0	0:00.00	a.out

After allocation

```

dev@ubuntu:~$ pmap 6705
6705:  ./a.out
00000000ed930000 237568K rw--- [ anon ]
0000559fd2453000      4K r---- a.out
0000559fd2454000      8K r-x-- a.out
0000559fd2456000      4K r---- a.out
0000559fd2457000      4K r---- a.out
0000559fd2458000      4K rw--- a.out
0000559fd3687000    132K rw--- [ anon ]
00007ff409251000     12K rw--- [ anon ]
00007ff409254000    148K r---- libc-2.31.so
00007ff409279000   1504K r-x-- libc-2.31.so
00007ff4093f1000    296K r---- libc-2.31.so
00007ff40943b000      4K ---- libc-2.31.so
00007ff40943c000     12K r---- libc-2.31.so
00007ff40943f000     12K rw--- libc-2.31.so
00007ff409442000     16K rw--- [ anon ]
00007ff409446000     28K r---- libpthread-2.31.so
00007ff40944d000     68K r-x-- libpthread-2.31.so
00007ff40945e000     20K r---- libpthread-2.31.so
00007ff409463000      4K r---- libpthread-2.31.so
00007ff409464000      4K rw--- libpthread-2.31.so
00007ff409465000     24K rw--- [ anon ]
00007ff40947c000      4K r---- ld-2.31.so
00007ff40947d000    140K r-x-- ld-2.31.so
00007ff4094a0000     32K r---- ld-2.31.so
00007ff4094a9000      4K r---- ld-2.31.so
00007ff4094aa000      4K rw--- ld-2.31.so
00007ff4094ab000      4K rw--- [ anon ]
00007ffeddf01000   132K rw--- [ stack ]
00007ffeddf8b000     12K r---- [ anon ]
00007ffeddf8e000      4K r-x-- [ anon ]
fffffffffff60000      4K --x-- [ anon ]
total                240216K

```

```

top - 02:49:46 up 1:32, 1 user, load average: 0.08, 0.11, 0.34
Tasks:  1 total,  0 running,  1 sleeping,  0 stopped,  0 zombie
%Cpu(s):  3.3 us,  3.3 sy,  0.0 ni, 93.3 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
MiB Mem : 1959.9 total,  297.9 free, 1095.8 used,  566.3 buff/cache
MiB Swap:  448.5 total,  422.4 free,   26.1 used.  696.9 avail Mem

```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
6705	dev	20	0	240212	564	484	S	0.0	0.0	0:00.00	a.out

After filling

```

dev@ubuntu:~$ pmap 6705
6705:  ./a.out
00000000ed930000 237568K rw--- [ anon ]
0000559fd2453000      4K r---- a.out
0000559fd2454000      8K r-x-- a.out
0000559fd2456000      4K r---- a.out
0000559fd2457000      4K r---- a.out
0000559fd2458000      4K rw--- a.out
0000559fd3687000     132K rw--- [ anon ]
00007ff37a7bd000      4K ----- [ anon ]
00007ff37a7be000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37a7be000      4K ----- [ anon ]
00007ff37a7bf000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37b7bf000      4K ----- [ anon ]
00007ff37b7c0000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37b7c0000      4K ----- [ anon ]
00007ff37b7fc1000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37c7c1000      4K ----- [ anon ]
00007ff37c7c2000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37c7c2000      4K ----- [ anon ]
00007ff37c7c3000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37d7c3000      4K ----- [ anon ]
00007ff37d7c4000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37d7c4000      4K ----- [ anon ]
00007ff37d7fc5000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37e7c5000      4K ----- [ anon ]
00007ff37e7c6000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37e7c6000      4K ----- [ anon ]
00007ff37e7c7000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37f7c7000      4K ----- [ anon ]
00007ff37f7c8000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37f7c8000      4K ----- [ anon ]
00007ff37ffc9000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff3807c9000      4K ----- [ anon ]
00007ff3807ca000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff380fca000      4K ----- [ anon ]
00007ff380fcb000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff3817cb000      4K ----- [ anon ]
00007ff3817cc000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff381fcc000      4K ----- [ anon ]

```

```

top - 02:51:57 up 1:34, 1 user, load average: 1.10, 1.07, 0.71
Tasks: 1 total, 0 running, 1 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.7 us, 0.8 sy, 0.0 ni, 98.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.2 si, 0.0 st
MiB Mem : 1959.9 total, 242.9 free, 1319.1 used, 397.9 buff/cache
MiB Swap: 448.5 total, 404.8 free, 43.7 used. 477.9 avail Mem

```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
6705	dev	20	0	2559308	241120	1908	S	0.0	12.0	0:28.98	a.out

After deallocation

```
dev@ubuntu:~$ pmap 6705
6705:      ./a.out
0000559fd2453000      4K r---- a.out
0000559fd2454000      8K r-x-- a.out
0000559fd2456000      4K r---- a.out
0000559fd2457000      4K r---- a.out
0000559fd2458000      4K rw--- a.out
0000559fd3687000     132K rw--- [ anon ]
00007ff37a7bd000      4K ----- [ anon ]
00007ff37a7be000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37afbe000      4K ----- [ anon ]
00007ff37afb0000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37b7bf000      4K ----- [ anon ]
00007ff37b7c0000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37bfc0000      4K ----- [ anon ]
00007ff37bfc1000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37c7c1000      4K ----- [ anon ]
00007ff37c7c2000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37cfc2000      4K ----- [ anon ]
00007ff37cfc3000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37d7c3000      4K ----- [ anon ]
00007ff37d7c4000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37dfc4000      4K ----- [ anon ]
00007ff37dfc5000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37e7c5000      4K ----- [ anon ]
00007ff37e7c6000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37efc6000      4K ----- [ anon ]
00007ff37efc7000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37f7c7000      4K ----- [ anon ]
00007ff37f7c8000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff37ffc8000      4K ----- [ anon ]
00007ff37ffc9000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff3807c9000      4K ----- [ anon ]
00007ff3807ca000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff380fca000      4K ----- [ anon ]
00007ff380fcb000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff3817cb000      4K ----- [ anon ]
00007ff3817cc000     8192K rw--- [ anon ]
00007ff381fcc000      4K ----- [ anon ]
```

```
top - 02:53:12 up 1:35, 1 user, load average: 0.31, 0.83, 0.65
Tasks: 1 total, 0 running, 1 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.5 us, 1.3 sy, 0.0 ni, 98.1 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 1959.9 total, 474.0 free, 1087.8 used, 398.2 buff/cache
MiB Swap: 448.5 total, 404.8 free, 43.7 used. 709.2 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
6705	dev	20	0	2321740	3552	1908	S	0.0	0.2	0:29.00	a.out

Strace:

```
execve("/home/dev/forgit/a.out", ["/home/dev/forgit/a.out"], 0x7ffc6be1c170 /* 16 vars */) = 0
brk(NULL) = 0x55d3935c9000
arch_prctl(0x3001 /* ARCH_??? */, 0x7ffe567acbc0) = -1 EINVAL (Invalid argument)
access("/etc/ld.so.preload", R_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)
openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY/O_CLOEXEC) = 3
fstat(3, {st_mode=S_IFREG/0644, st_size=66821, ...}) = 0
mmap(NULL, 66821, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f81935c4000
close(3) = 0
openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libpthread.so.0", O_RDONLY/O_CLOEXEC) = 3
read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\220\201\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
pread64(3, "\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\00\305\3743\364B\2216\244\224\306@\261\23\327o"...,
68, 824) = 68
fstat(3, {st_mode=S_IFREG/0755, st_size=157224, ...}) = 0
mmap(NULL, 8192, PROT_READ/PROT_WRITE, MAP_PRIVATE/MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f81935c2000
pread64(3, "\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\00\305\3743\364B\2216\244\224\306@\261\23\327o"...,
68, 824) = 68
mmap(NULL, 140408, PROT_READ, MAP_PRIVATE/MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f819359f000
mmap(0x7f81935a6000, 69632, PROT_READ/PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE/MAP_FIXED/MAP_DENYWRITE, 3, 0x7000) = 0x7f81935a6000
mmap(0x7f81935b7000, 20480, PROT_READ, MAP_PRIVATE/MAP_FIXED/MAP_DENYWRITE, 3,
0x18000) = 0x7f81935b7000
.....
write(1, "Enter desired running time in se"..., 39Enter desired running time in seconds: ) = 39
read(0, 0x55d3935c96b0, 1024) = ? ERESTARTSYS (To be restarted if SA_RESTART is set)
--- SIGWINCH {si_signo=SIGWINCH, si_code=SI_KERNEL} ---
read(0, 15
"15\n", 1024) = 3
mmap(0xed930667, 243269632, PROT_READ/PROT_WRITE, MAP_PRIVATE/MAP_ANONYMOUS,
-1, 0) = 0xed930000
write(1, "Starting address of mapped area " ..., 46Starting address of mapped area is 0xed930000
) = 46
read(0, 15
"15\n", 1024) = 3
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE/MAP_ANONYMOUS/MAP_STACK, -1, 0) =
0x7f8192ba9000
mprotect(0x7f8192baa000, 8388608, PROT_READ/PROT_WRITE) = 0
clone(child_stack=0x7f81933a8fb0,
flags=CLONE_VM/CLONE_FS/CLONE_FILES/CLONE_SIGHAND/CLONE_THREAD/CLONE_SY
SVSEM/CLONE_SETTID/CLONE_PARENT_SETTID/CLONE_CHILD_CLEARTID,
parent_tid=[8195], tls=0x7f81933a9700, child_tidptr=0x7f81933a99d0) = 8195
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE/MAP_ANONYMOUS/MAP_STACK, -1, 0) =
0x7f81923a8000
mprotect(0x7f81923a9000, 8388608, PROT_READ/PROT_WRITE) = 0
```

```
clone(child_stack=0x7f8192ba7fb0,
flags=CLONE_VM/CLONE_FS/CLONE_FILES/CLONE_SIGHAND/CLONE_THREAD/CLONE_SY
SVSEM/CLONE_SETTTL/CLONE_PARENT_SETTID/CLONE_CHILD_CLEARTID,
parent_tid=[8196], tls=0x7f8192ba8700, child_tidptr=0x7f8192ba89d0) = 8196
```

```
.....
clock_nanosleep(CLOCK_REALTIME, 0, {tv_sec=15, tv_nsec=0}, Data for file_1 file generated
Data for file_0 file generated
Data for file_1 file generated
Maximum in file_0 file = 1952581000
Maximum in file_0 file = 1952581000
Maximum in file_0 file = 1952581000
0x7ffe567aba00) = 0
openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY/O_CLOEXEC) = 5
fstat(5, {st_mode=S_IFREG/0644, st_size=66821, ...}) = 0
mmap(NULL, 66821, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 5, 0) = 0x7f81935c4000
close(5) = 0
openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libgcc_s.so.1", O_RDONLY/O_CLOEXEC) = 5
read(5, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\3405\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
fstat(5, {st_mode=S_IFREG/0644, st_size=104984, ...}) = 0
mmap(NULL, 107592, PROT_READ, MAP_PRIVATE/MAP_DENYWRITE, 5, 0) = 0x7f8190389000
mmap(0x7f819038c000, 73728, PROT_READ/PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE/MAP_FIXED/MAP_DENYWRITE, 5, 0x3000) = 0x7f819038c000
mmap(0x7f819039e000, 16384, PROT_READ, MAP_PRIVATE/MAP_FIXED/MAP_DENYWRITE, 5,
0x15000) = 0x7f819039e000
mmap(0x7f81903a2000, 8192, PROT_READ/PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE/MAP_FIXED/MAP_DENYWRITE, 5, 0x18000) = 0x7f81903a2000
close(5) = 0
mprotect(0x7f81903a2000, 4096, PROT_READ) = 0
munmap(0x7f81935c4000, 66821) = 0
write(1, "Memory is ready to be deallocate"..., 33Memory is ready to be deallocated) = 33
read(0, 15
"15\n", 1024) = 3
munmap(0xed930000, 243269632) = 0
write(1, "Memory was deallocated", 22Memory was deallocated) = 22
exit_group(0) = ?
+++ exited with 0 +++
```

Загрузка процессора во время выполнения:


```
top - 03:43:19 up 2:25, 1 user, load average: 3.32, 1.15, 0.55
Tasks: 285 total, 4 running, 281 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 76.1 us, 23.6 sy, 0.0 ni, 0.0 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.3 si, 0.0 st
MiB Mem : 1959.9 total, 77.1 free, 1342.0 used, 540.8 buff/cache
MiB Swap: 448.5 total, 381.0 free, 67.5 used. 451.7 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
1729	dev	20	0	4273912	183664	36712	R	157.1	9.2	1:51.96	gnome-shell
8513	dev	20	0	2559200	240836	1688	S	109.5	12.0	1:19.18	a.out
1483	dev	20	0	290948	33224	10016	S	1.5	1.7	1:17.69	Xorg
2108	dev	20	0	997080	49340	21280	S	0.6	2.5	0:38.74	nautilus
2495	dev	20	0	968084	38028	22412	S	0.6	1.9	0:42.51	gnome-terminal-
715	root	20	0	240420	4868	3828	S	0.3	0.2	1:22.35	vmtoolsd
1662	dev	20	0	162812	6176	5764	S	0.3	0.3	0:00.96	at-spi2-registr
8506	dev	20	0	11980	4056	3244	R	0.3	0.2	0:00.57	top

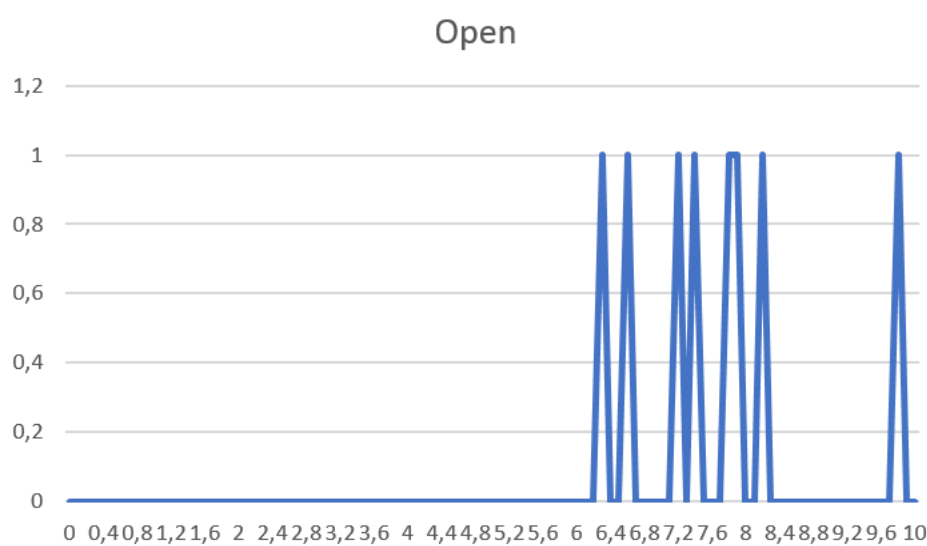
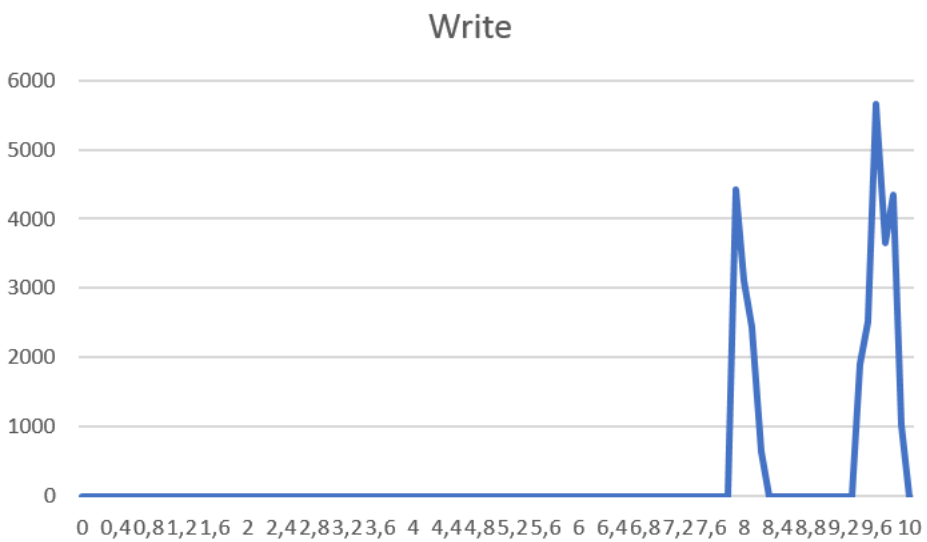
Статистика по вводу-выводу:

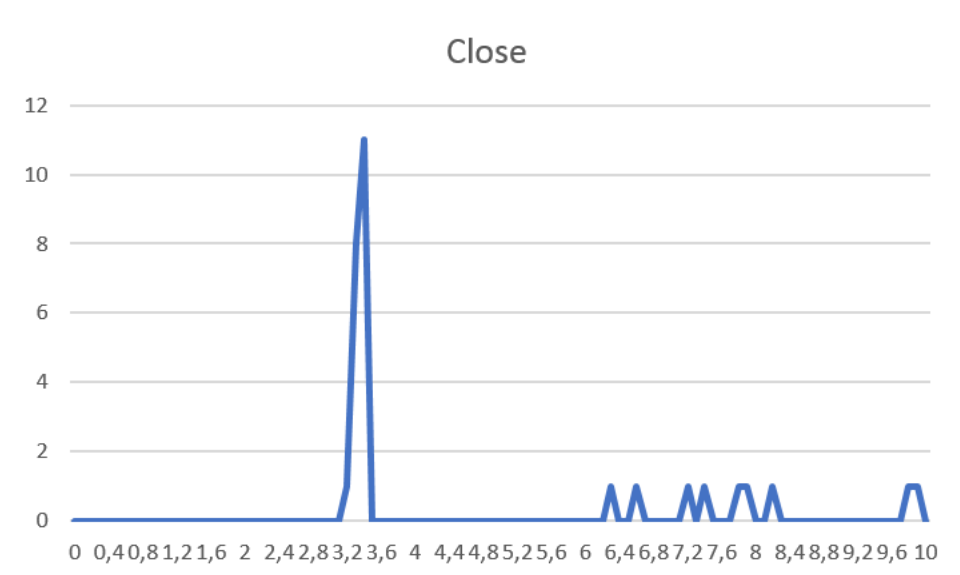
```
dev@ubuntu:~$ iostat
Linux 5.4.0-58-generic (ubuntu) 12/17/2020 _x86_64_ (2 CPU)
```

avg-cpu:	%user	%nice	%system	%iowait	%steal	%idle
	2.82	0.53	2.50	0.10	0.00	94.05

Device	tps	kB_read/s	kB_wrtn/s	kB_dscd/s	kB_read	kB_wrtn	kB_dscd
loop0	0.01	0.12	0.00	0.00	1074	0	0
loop1	0.01	0.12	0.00	0.00	1071	0	0
loop10	1.44	1.47	0.00	0.00	13399	0	0
loop11	0.00	0.04	0.00	0.00	337	0	0
loop12	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0
loop2	0.00	0.04	0.00	0.00	338	0	0
loop3	0.47	0.50	0.00	0.00	4535	0	0
loop4	0.01	0.12	0.00	0.00	1063	0	0
loop5	0.64	0.75	0.00	0.00	6827	0	0
loop6	0.00	0.04	0.00	0.00	341	0	0
loop7	0.13	0.24	0.00	0.00	2219	0	0
loop8	0.99	1.02	0.00	0.00	9314	0	0
loop9	0.00	0.04	0.00	0.00	341	0	0
sda	6.43	198.91	507.49	0.00	1812675	4624689	0

Графики системных вызовов, полученные с помощью star.





Вывод

В процессе работы мы разработали многопоточную программу на языке C, поработали с примитивами синхронизации. Поставили виртуальную машину на Windows и узнали основные команды для мониторинга системы в Linux. Написали скрипт для `systemtap`, с помощью которого построили графики системных характеристик.