

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра компьютерной инженерии и моделирования

Виртуализация. Эмуляция. Гипервизоры

Отчет по лабораторной работе 1

по дисциплине «**Операционные системы**»

студента 3 курса группы ИВТ-б-о-202

Шор Константина Александровича

Направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Симферополь, 2022

Ход работы

Цель работы:

Изучить основы работы гипервизоров, получить навыки работы с гипервизором ядра Linux KVM, а также подготовить базу для выполнения следующих лабораторных и практических.

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ sudo apt-get install qemu
[sudo] пароль для aquamerlie:
Чтение списков пакетов... Готово
Построение дерева зависимостей... Готово
Чтение информации о состоянии... Готово
Следующий пакет устанавливался автоматически и больше не требуется:
  systemd-hwe-hwdb
Для его удаления используйте «sudo apt autoremove».
Следующие НОВЫЕ пакеты будут установлены:
  qemu
Обновлено 0 пакетов, установлено 1 новых пакетов, для удаления отмечено 0 пакетов, и 390 пакетов не обновлено.
Необходимо скачать 15,3 kB архивов.
После данной операции объем занятого дискового пространства возрастёт на 139 kB.
Пол:1 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy-updates/universe amd64 qemu amd64 1:6.2+dfsg-2ubuntu6.6 [15,3 kB]
Получено 15,3 kB за 1с (15,2 kB/s)
Выбор ранее не выбранного пакета qemu.
(Чтение базы данных ... на данный момент установлено 283695 файлов и каталогов.)
Подготовка к распаковке .../qemu_1%3a6.2+dfsg-2ubuntu6.6_amd64.deb ...
Распаковывается qemu (1:6.2+dfsg-2ubuntu6.6) ...
Настраивается пакет qemu (1:6.2+dfsg-2ubuntu6.6) ...
```

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ sudo apt-get install qemu-kvm
Чтение списков пакетов... Готово
Построение дерева зависимостей... Готово
Чтение информации о состоянии... Готово
Заметьте, вместо «qemu-kvm» выбирается «qemu-system-x86»
Следующий пакет устанавливался автоматически и больше не требуется:
  systemd-hwe-hwdb
Для его удаления используйте «sudo apt autoremove».
Будут установлены следующие дополнительные пакеты:
  cpu-checker ibverbs-providers ipxe-qemu ipxe-qemu-256k-compatible-efi-roms
  libcacard0 libdaxctl1 libfdt1 libgfpapi0 libgfrpc0 libgfxdr0 libglusterfs0
  libibverbs1 libiscsi7 libndctl6 libpmem1 libpmemobj1 librados2 librbd1
  librdmacm1 libslirp0 libspice-server1 libusbredirparser1 libvirglrenderer1
  msr-tools ovmf qemu-block-extra qemu-system-common qemu-system-data
  qemu-system-gui qemu-utils seabios
Предлагаемые пакеты:
  gstreamer1.0-libav gstreamer1.0-plugins-ugly samba vde2 debootstrap
Следующие НОВЫЕ пакеты будут установлены:
  cpu-checker ibverbs-providers ipxe-qemu ipxe-qemu-256k-compatible-efi-roms
  libcacard0 libdaxctl1 libfdt1 libgfpapi0 libgfrpc0 libgfxdr0 libglusterfs0
  libibverbs1 libiscsi7 libndctl6 libpmem1 libpmemobj1 librados2 librbd1
  librdmacm1 libslirp0 libspice-server1 libusbredirparser1 libvirglrenderer1
  msr-tools ovmf qemu-block-extra qemu-system-common qemu-system-data
  qemu-system-gui qemu-system-x86 qemu-utils seabios
```

1. Знакомство с qemu-img:

a) create

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img info disk_base_aquamerlie.vmdk
Format: image: disk_base_aquamerlie.vmdk
file format: vmdk
virtual size: 1.5 GiB (1610612736 bytes)
disk size: 12 KiB
cluster_size: 65536
Format specific information:
  cid: 1880006535
  parent cid: 4294967295
  create type: monolithicSparse
  extents:
    [0]:
      virtual size: 1610612736
      filename: disk_base_aquamerlie.vmdk
      cluster size: 65536
      format:
```

b) convert

```
qemu-img convert -c -f fmt -O out_fmt -o options fname out_fname
```

где:

-c — компрессия (сжатие) целевого диска. Компрессию поддерживают только **qcow** и **qcow2** форматы.

-f fmt — формат исходного диска, в большинстве случаев хорошо определяется автоматически.

-O out_fmt — формат целевого диска

-o options — куча опций. Чтобы узнать, какие опции допустимы для данной конвертации можно ввести:

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img convert -f vmdk -O qcow2 disk_base_aquamerlie.vmdk disk_base_aquamerlie.qcow2
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ ls
config-err-McbIdg
disk_base_aquamerlie.qcow2
disk_base_aquamerlie.vmdk
```

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img info disk_base_aquamerlie.qcow2
image: disk_base_aquamerlie.qcow2
file format: qcow2
virtual size: 1.5 GiB (1610612736 bytes)
disk size: 196 KiB
cluster_size: 65536
Format specific information:
  compat: 1.1
  compression type: zlib
  lazy refcounts: false
  refcount bits: 16
  corrupt: false
  extended l2: false
```

c) resize

```
resize [--object OBJECTDEF] [--image-opts] [-f FMT] [--preallocation=PREALLOC] [-q] [--shrink] FILENAME [+ | -]SIZE
Change the disk image as if it had been created with SIZE.
```

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img resize disk_base_aquamerlie.qcow2 +5.5G
Image resized.
```

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img info disk_base_aquamerlie.qcow2
image: disk_base_aquamerlie.qcow2
file format: qcow2
virtual size: 7 GiB (7516192768 bytes)
disk size: 200 KiB
cluster_size: 65536
Format specific information:
  compat: 1.1
  compression type: zlib
  lazy refcounts: false
  refcount bits: 16
  corrupt: false
  extended l2: false
```

d) rebase

```
rebase [--object OBJECTDEF] [--image-opts] [-U] [-q] [-f FMT] [-t CACHE] [-T SRC_CACHE] [-p] [-u] [-b BACKING_FILE [-F BACKING_FMT] FILENAME
Changes the backing file of an image. Only the formats qcow2 and qed support changing the backing file.
```

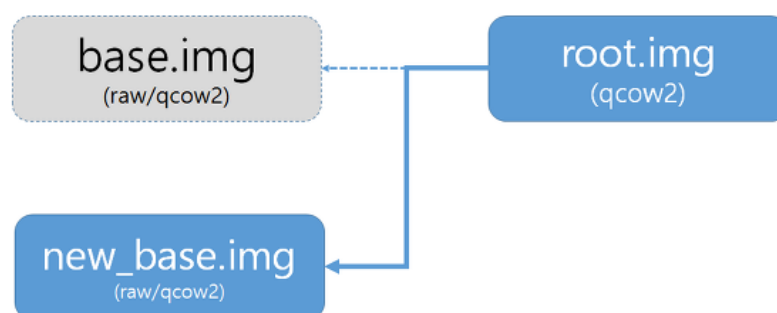
```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img create -f qcow2 disk_aquamerlie.qcow2 7G
Formatting 'disk_aquamerlie.qcow2', fmt=qcow2 cluster_size=65536 extended_l2=off compression_type=zlib size=7516192768 lazy_refcount
s=off refcount_bits=16
```

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img rebase -f qcow2 -b disk_base_aquamerlie.qcow2 -F qcow2 disk_aquamerlie.qcow2
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img info disk_aquamerlie.qcow2
image: disk_aquamerlie.qcow2
file format: qcow2
virtual size: 7 GiB (7516192768 bytes)
disk size: 196 KiB
cluster_size: 65536
backing file: disk_base_aquamerlie.qcow2
backing file format: qcow2
Format specific information:
  compat: 1.1
  compression type: zlib
  lazy refcounts: false
  refcount bits: 16
  corrupt: false
  extended l2: false
```

Original Disk



New rebased Disk



2. Поддержка KVM

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ egrep -c '(vmx|svm)' /proc/cpuinfo
12
```

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ lsmod | grep kvm
kvm_aml          151552  0
kvm              1003520  1 kvm_aml
ccp              102400  1 kvm_aml
```

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ kvm
kvm: Gtk: gtk_clipboard_set_with_data: assertion 'targets != NULL' failed

QEMU

Machine  View

Booting from DVD/CD...
Boot failed: Could not read from CDROM (code 0003)
Booting from ROM...
iPXE (PCI 00:03.0) starting execution...ok
iPXE initialising devices...ok

iPXE 1.21.1+git-20220113.fbbdc3926-0ubuntu1 -- Open Source Network Boot Firmware
-- https://ipxe.org
Features: DNS HTTP HTTPS iSCSI NFS TFTP VLAN AoE ELF MBOOT PXE bzImage Menu PXEXT

net0: 52:54:00:12:34:56 using 82540em on 0000:00:03.0 (Ethernet) [open]
[Link:up, TX:0 TXE:0 RX:0 RXE:0]
Configuring (net0 52:54:00:12:34:56)..... ok
net0: 10.0.2.15/255.255.255.0 gw 10.0.2.2
net0: fec0::5054:ff:fe12:3456/64 gw fe80::2
net0: fe80::5054:ff:fe12:3456/64
Nothing to boot: No such file or directory (https://ipxe.org/2d03e13b)
No more network devices

No bootable device.
```

```
(qemu) info kvm
kvm support: enabled
```

3. ЗАПУСК

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ kvm -smp 1 -m 512 -vga std -hdd /tmp/disk_aquamerlie.qcow2 -cdrom /home/aquamerlie/OC/Laba_1/mint.iso -netdev user,id=net1 -nic user,hostfwd=tcp::8080-:80 -boot menu=on,splash-time=10000 -serial none -monitor telnet:127.0.0.1:10023,server,nowait
kvm: warning: netdev net1 has no peer
```

```
kvm -smp 2 -m 2000 -vga std -hdd /tmp/disk_aquamerlie.qcow2 -cdrom /home/aquamerlie/OC/Laba_1/mint.iso -netdev user,id=net1 -nic user,hostfwd=tcp::8080-:80 -boot menu=on,splash-time=10000 -serial none -monitor telnet:127.0.0.1:10023,server,nowait -enable-kvm
```

```
kvm -smp 4 -m 3000 -vga std -hdd /tmp/disk_aquamerlie.qcow2 -cdrom /home/aquamerlie/OC/Laba_1/mint.iso -netdev user,id=net1 -nic user,hostfwd=tcp::8080-:80 -boot menu=on,splash-time=10000 -serial none -monitor telnet:127.0.0.1:10023,server,nowait -enable-kvm
```

4. Сравнение

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ time qemu-system-x86_64 -smp 2 -m 2000 -vga std -hdd /tmp/disk_aquamerlie.qcow2 -cdrom /home/aquamerlie/OC/Laba_1/mint.iso -netdev user,id=net1 -nic user,hostfwd=tcp::8080-:80 -boot menu=on,splash-time=10000 -serial none -monitor telnet:127.0.0.1:10023,server,nowait -enable-kvm
qemu-system-x86_64: warning: netdev net1 has no peer

real    1m11,419s
user    0m56,678s
sys     0m29,530s
aquamerlie@aquamerlie:~$ time qemu-system-x86_64 -smp 2 -m 2000 -vga std -hdd /tmp/disk_aquamerlie.qcow2 -cdrom /home/aquamerlie/OC/Laba_1/mint.iso -netdev user,id=net1 -nic user,hostfwd=tcp::8080-:80 -boot menu=on,splash-time=10000 -serial none -monitor telnet:127.0.0.1:10023,server,nowait
qemu-system-x86_64: warning: netdev net1 has no peer

real    3m45,453s
user    5m50,015s
sys     0m15,604s
aquamerlie@aquamerlie:~$
```

```
vm_aquamerlie@VM:~$ time ssh-keygen -b 512 -G /tmp/1.txt
unknown option -- G
```

kvm

real	0m0,009s	real	0m0,242s
user	0m0,003s	user	0m0,114s
sys	0m0,006s	sys	0m0,059s

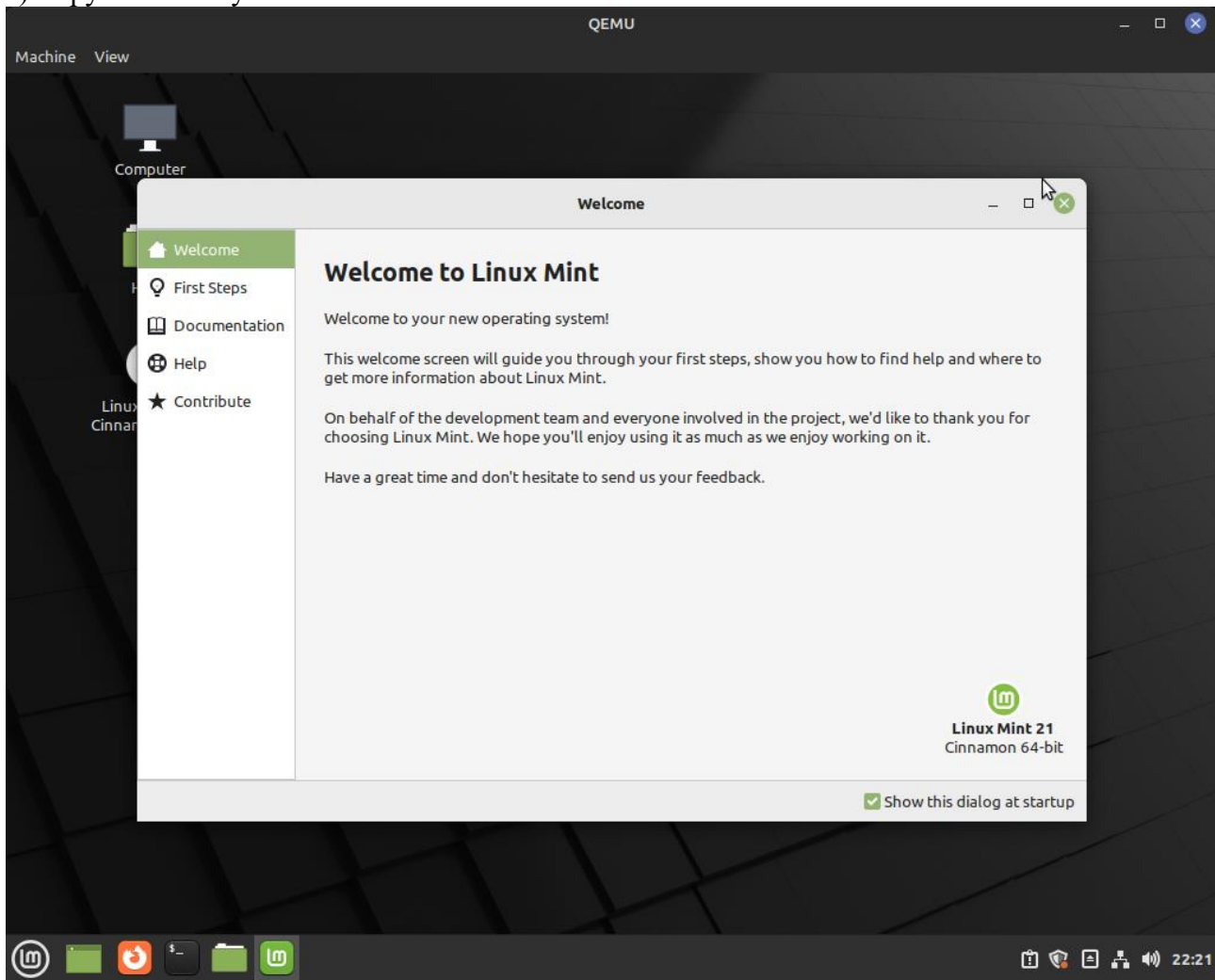
```
vm_aquamerlie@VM:~$ time find /etc/ -name 'a*'
/etc/X11/app-defaults
```

kvm

real	0m0,019s	real	0m1,139s
user	0m0,005s	user	0m0,179s
sys	0m0,014s	sys	0m0,445s

5. Взаимодействие с работающей ВМ через монитор

а) Загрузил гостевую ОС



б) Подключиться к монитору по telnet

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ telnet 127.0.0.1 10023
Trying 127.0.0.1...
Connected to 127.0.0.1.
Escape character is '^]'.
QEMU 6.2.0 monitor - type 'help' for more information
(qemu) █
```

в) Отключение от telnet

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ telnet 127.0.0.1 10023
Trying 127.0.0.1...
Connected to 127.0.0.1.
Escape character is '^]'.

^]
telnet> Connection closed.
```


d) Получение информации процессов:

```
(qemu) info cpus
* CPU #0: thread_id=3053
  CPU #1: thread_id=3054
  CPU #2: thread_id=3055
  CPU #3: thread_id=3056
```

регистры процессов:

```
(qemu) info registers
RAX=000000000001ad40 RBX=ffffffffb9c1b440 RCX=0000000000000001 RDX=000000000001e7cf
RSI=0000000000000083 RDI=000000000001e7d0 RBP=ffffffffb9c03e10 RSP=ffffffffb9c03e08
R8 =ffff9233f8222d20 R9 =0000000000000000 R10=0000000000000001 R11=fffffffffffffffe
R12=0000000000000000 R13=0000000000000000 R14=0000000000000000 R15=0000000000000000
RIP=ffffffffb8b5cacb RFL=00000246 [---Z-P-] CPL=0 II=0 A20=1 SMM=0 HLT=1
ES =0000 0000000000000000 00000000 00000000
CS =0010 0000000000000000 ffffffff 00a09b00 DPL=0 CS64 [-RA]
SS =0018 0000000000000000 ffffffff 00c09300 DPL=0 DS [-WA]
DS =0000 0000000000000000 00000000 00000000
FS =0000 0000000000000000 00000000 00000000
GS =0000 fffff9233f820000 00000000 00000000
LDT=0000 ffffffe000000000 00000000 00000000
TR =0040 ffffffe000000300 00004087 00008b00 DPL=0 TSS64-busy
GDT= ffffffe000000100 0000007f
IDT= ffffffe000000000 00000fff
CR0=80050033 CR2=00007fda73a22a50 CR3=0000000003220000 CR4=000006f0
DR0=0000000000000000 DR1=0000000000000000 DR2=0000000000000000 DR3=0000000000000000
DR6=00000000ffff0fff DR7=0000000000000400
EFER=0000000000000d01
FCW=037f FSW=0000 [ST=0] FTW=00 MXCSR=00001fa0
FPR0=0000000000000000 0000 FPR1=0000000000000000 0000
FPR2=0000000000000000 0000 FPR3=0000000000000000 0000
FPR4=0000000000000000 0000 FPR5=0000000000000000 0000
FPR6=0000000000000000 0000 FPR7=0000000000000000 0000
XMM0=0000000000000000 0000000000000000 XMM01=00007fbce4000090 00007fbce4000090
XMM02=0000000000000000 0000000000000000 XMM03=0000000000000000 0000000000000000
XMM04=ffffffffffffffff ffffffff0000000000 XMM05=0000003000000003 0000000000000000
XMM06=0000000000000000 0000000000000000 XMM07=000000770000007c 0000000000000000
XMM08=4547444952422c4e 414c562c444e4f42 XMM09=ffff00ffffffffffff ffffffffffffffffff
XMM10=2020200020200000 0000000000000000 XMM11=ffffffffffff0000 00ff000000000000
XMM12=0000000000000000 0000000000000000 XMM13=0000000000000000 0000000000000000
XMM14=0000000000000000 0000000000000000 XMM15=0000000000000000 0000000000000000
(qemu) █
```


блочные устройства:

```
ide1-hd1 (#block122): /tmp/disk_aquamerlie.qcow2 (qcow2)
  Attached to:      /machine/unattached/device[27]
  Cache mode:      writeback
  Backing file:     /tmp/disk_base_aquamerlie.qcow2 (chain depth: 1)

ide1-cd0 (#block595): /home/aquamerlie/OC/Laba_1/mint.iso (raw, read-only)
  Attached to:      /machine/unattached/device[26]
  Removable device: locked, tray closed
  Cache mode:      writeback

floppy0: [not inserted]
  Attached to:      /machine/unattached/device[19]
  Removable device: not locked, tray closed

sd0: [not inserted]
  Removable device: not locked, tray closed
```

сеть:

```
(qemu) info usernet
Hub -1 (net1):
  Protocol[State]  FD  Source Address  Port  Dest. Address  Port  RecvQ  SendQ
Hub -1 (#net012):
  Protocol[State]  FD  Source Address  Port  Dest. Address  Port  RecvQ  SendQ
TCP[ESTABLISHED]  58   10.0.2.15 50906   2.19.204.227   80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  57   10.0.2.15 50904   2.19.204.227   80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  56   10.0.2.15 50900   2.19.204.227   80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  46   10.0.2.15 51352   34.111.73.144  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  39   10.0.2.15 45746   62.115.252.113  80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  36   10.0.2.15 47606   34.160.144.191  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  34   10.0.2.15 49286   35.244.181.201  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  49   10.0.2.15 44200   93.184.220.29  80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  65   10.0.2.15 44198   93.184.220.29  80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  64   10.0.2.15 44196   93.184.220.29  80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  62   10.0.2.15 47602   34.160.144.191  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  61   10.0.2.15 33692   35.161.26.194  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  52   10.0.2.15 45420   34.120.208.123  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  50   10.0.2.15 50474   143.204.215.122  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  41   10.0.2.15 43194   35.241.9.150   443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  40   10.0.2.15 50898   2.19.204.227   80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  33   10.0.2.15 60534   34.107.221.82  80    0      0
TCP[ESTABLISHED]  30   10.0.2.15 58100   34.117.237.239  443    0      0
TCP[ESTABLISHED]  26   10.0.2.15 60532   34.107.221.82  80    0      0
TCP[HOST_FORWARD] 19           * 8080   10.0.2.15      80    0      0
UDP[0 sec]        55   10.0.2.15 50174   10.0.2.3       53    0      0
UDP[0 sec]        54   10.0.2.15 38464   10.0.2.3       53    0      0
UDP[0 sec]        44   10.0.2.15 41830   10.0.2.3       53    0      0
UDP[0 sec]        43   10.0.2.15 42338   10.0.2.3       53    0      0
UDP[220 sec]      27   10.0.2.15 5353    224.0.0.251    5353  0      0
UDP[220 sec]      25           * 5353    0.0.0.0        5353  0      0
UDP[218 sec]      24   10.0.2.15 60928   185.125.190.58  123   0      0
(qemu) █
```

е) Удаление существующего проброса портов

что-то пошло не так

```
(qemu) info usernet
Hub -1 (net1):
  Protocol[State]    FD  Source Address  Port  Dest. Address  Port RecvQ SendQ
Hub -1 (#net013):
  Protocol[State]    FD  Source Address  Port  Dest. Address  Port RecvQ SendQ
  TCP[HOST_FORWARD]  19          *    8080      10.0.2.15      80    0    0
(qemu) help hostfwd remove
hostfwd_remove [netdev_id] [tcp|udp]:[hostaddr]:hostport -- remove host-to-guest TCP or UDP redirection
(qemu) hostfwd_remove ::8080
host forwarding rule for ::8080 not found
(qemu) hostfwd_remove tcp::8080
host forwarding rule for tcp::8080 not found
(qemu)
```

ф) Добавление нового проброса портов

```
hostfwd_add [netdev_id] [tcp|udp]:[hostaddr]:hostport-[guestaddr]:guestport -- requires -net user)
(qemu) hostfwd_add tcp::2222-:22
(qemu) info usernet
Hub -1 (net1):
  Protocol[State]    FD  Source Address  Port  Dest. Address  Port RecvQ SendQ
  TCP[HOST_FORWARD]  31          *    2222      10.0.2.15      22    0    0
Hub -1 (#net013):
  Protocol[State]    FD  Source Address  Port  Dest. Address  Port RecvQ SendQ
  TCP[SYN_RCVD]      29      10.0.2.15    36790  34.122.121.32   80    0    0
  TCP[HOST_FORWARD]  19          *    8080      10.0.2.15      80    0    0
  UDP[109 sec]       27      10.0.2.15    52835  185.125.190.56  123    0    0
  UDP[110 sec]       26      10.0.2.15    5353   224.0.0.251    5353    0    0
  UDP[109 sec]       25          *    5353       0.0.0.0    5353    0    0
(qemu)
```

г) Выполнение сохранения текущего состояния ВМ

```
(qemu) savevm running_state
```

h) Перезагрузка виртуальной системы

```
(qemu) system_reset
```

и) Принудительно завершение работы

```
(qemu) quit
Connection closed by foreign host.
aquamerlie@aquamerlie:~$
```

j) Получить информации об образах виртуальной машины

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img info disk_aquamerlie.qcow2
image: disk_aquamerlie.qcow2
file format: qcow2
virtual size: 30 GiB (32212254720 bytes)
disk size: 3.53 GiB
cluster_size: 65536
backing_file: disk_base_aquamerlie.qcow2
backing file format: qcow2
Snapshot list:
ID          TAG          VM SIZE      DATE        VM CLOCK    ICOUNT
1           /tmp/          1.74 GiB 2022-12-19 11:20:16 00:39:51.192
2           running_state  1.74 GiB 2022-12-19 11:22:14 00:41:40.425
Format specific information:
  compat: 1.1
  compression type: zlib
  lazy refcounts: false
  refcount bits: 16
  corrupt: false
  extended l2: false
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$
```

```
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$ qemu-img info disk_base_aquamerlie.qcow2
image: disk_base_aquamerlie.qcow2
file format: qcow2
virtual size: 30 GiB (32212254720 bytes)
disk size: 10.4 GiB
cluster_size: 65536
Format specific information:
  compat: 1.1
  compression type: zlib
  lazy refcounts: false
  refcount bits: 16
  corrupt: false
  extended l2: false
aquamerlie@aquamerlie:/tmp$
```

k) Восстановить систему

```
(qemu) loadvm running_state
```

Вывод: В данной лабораторной работе было произведено знакомство с qemu в linux. Я освоил команду qemu-img, а именно создание образа, изменения его расширения, размера, создание бэк файла. Понял разницу между qemu и kvm. Смог запустить свою первую виртуальную машину на linux с явно указанными параметрами. Научился взаимодействовать с ВМ через монитор, а именно по telnet пробрасывать порты. Ну и конечно же прочитал кучу мануалов. Стоит отметить, что в ходе выполнения работы возникли трудности в удалении существующего проброса порта, это выше моего текущего понимания, поэтому я оставил всё как есть.

Контрольные вопросы:

1. KVM — программное решение, обеспечивающие визуализацию в Linux
2. QEMU — программное решение, обеспечивающие эмуляцию в Linux
3. Выполнив одну из команд, которая показывается поддерживает ли ядро kvm. Например

`lsmod | grep kvm`

```
aquamerlie@aquamerlie:~$ lsmod | grep kvm
kvm_amd          151552  0
kvm              1003520  1 kvm_amd
ccp              102400   1 kvm_amd
```

4. Монитор qemu применяется для взаимодействия с системой через командную строку
5. info, block, history, mem, network и другие.
6. Эмуляция — трансляция инструкций кода напрямую процессору хоста
7. Виртуализация — исполнение кода напрямую на процессоре хоста