



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»
КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

Лабораторная работа № 3
Тема: Загружаемые модули ядра
Дисциплина: Операционные системы

Студент Лучина Е.Д

Группа ИУ7-61Б

Преподаватель Рязанова Н.Ю.

Москва.

2020 г.

Цель работы: знакомство с базовыми принципами разработки и взаимодействия с загружаемыми модулями ядра ОС Linux.

Задание 1

Реализовать загружаемый модуль ядра, который при загрузке записывает в системный журнал сообщение “Hello world!”, а при выгрузке “Goodbye”. Модуль должен собираться при помощи Make-файла.

Загружаемый модуль должен содержать:

- Указание лицензии GPL
- Указание автора

md.c

```
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/kernel.h>
#include <linux/sched.h>
#include <linux/init_task.h>

MODULE_LICENSE("GPL");
MODULE_AUTHOR("Luchina");

static int __init init_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "Hello world!\n");
    printk(KERN_INFO "Current process: %s - %d.\n", current->comm, current->pid);
    struct task_struct *task = &init_task;
    do
    {
        printk(KERN_INFO "-- %s - %d; parent %s - %d\n", task->comm, \
            task->pid, task->parent->comm, task->parent->pid);
    } while ((task = next_task(task)) != &init_task);
    return 0;
}

static void __exit exit_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "Goodbye!\n");
}

module_init(init_func);
module_exit(exit_func);
```

```

ifneq ($(KERNELRELEASE),)
    obj-m := md.o
else
    CURRENT = $(shell uname -r)
    KDIR = /lib/modules/$(CURRENT)/build
    PWD = $(shell pwd)

default:
    $(MAKE) -C $(KDIR) M=$(PWD) modules

clean:
    @rm -f *.o *.cmd *.flags *.mod.c *.order
    @rm -f *.*.cmd *~ *.*~ TODO.*
    @rm -fR .tmp*
    @rm -rf .tmp_versions

disclean: clean
    @rm *.ko *.symvers

endif

```

shell

Make - собрать модуль

```

lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex1$ make
make -C /lib/modules/5.3.0-28-generic/build M=/home/lena/myOSlabs/lab03/ex1 modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.3.0-28-generic'
  CC [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex1/md.o
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
  CC      /home/lena/myOSlabs/lab03/ex1/md.mod.o
  LD [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex1/md.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.3.0-28-generic'
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex1$ ls
Makefile  md.ko    md.mod.c  md.o      Module.symvers
md.c      md.mod  md.mod.o  modules.order
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex1$

```

sudo insmod md.ko - загрузить

sudo lsmod - посмотреть все загруженные модули

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex1$ sudo lsmod
Module                  Size  Used by
md                      16384  0
ip6table_filter         16384  0
ip6_tables              32768  1 ip6table_filter
xt_recent               24576  0
xt_conntrack            16384  0
nf_conntrack            139264  1 xt_conntrack
nf_defrag_ipv6          24576  1 nf_conntrack
nf_defrag_ipv4          16384  1 nf_conntrack
```

modinfo md.ko - посмотреть информацию по модулю md.ko

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex1$ modinfo md.ko
filename:                /home/lena/myOSlabs/lab03/ex1/md.ko
author:                  Luchina
license:                 GPL
srcversion:              8D2303F237910AFB58F3E39
depends:
retpoline:              Y
name:                   md
vermagic:                5.3.0-28-generic SMP mod_unload
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex1$
```

sudo rmmod md.ko - выгрузить модуль

dmesg - посмотреть журнал, куда выведено сообщения о загрузке и выгрузке модуля, а также информация о запущенных в системе процессах (comm, pid, pcomm, ppid)

```
lena@lena-Aspire-One-522: ~/r X + v
[ 1889.113703] Hello world!
[ 1889.113711] Current process: insmod - 4693.
[ 1889.113715] -- swapper/0 - 0; parent swapper/0 - 0
[ 1889.113718] -- systemd - 1; parent swapper/0 - 0
[ 1889.113721] -- kthreadd - 2; parent swapper/0 - 0
[ 1889.113724] -- rcu_gp - 3; parent kthreadd - 2
[ 1889.113727] -- rcu_par_gp - 4; parent kthreadd - 2
[ 1889.113730] -- kworker/0:0H - 6; parent kthreadd - 2
[ 1889.113733] -- mm_percpu_wq - 8; parent kthreadd - 2
[ 1889.113736] -- ksoftirqd/0 - 9; parent kthreadd - 2
[ 1889.113739] -- rcu_sched - 10; parent kthreadd - 2
[ 1889.113743] -- migration/0 - 11; parent kthreadd - 2
[ 1889.113746] -- idle_inject/0 - 12; parent kthreadd - 2
[ 1889.113749] -- kworker/0:1 - 13; parent kthreadd - 2
[ 1889.113752] -- cpuhp/0 - 14; parent kthreadd - 2
[ 1889.113755] -- cpuhp/1 - 15; parent kthreadd - 2
[ 1889.113758] -- idle_inject/1 - 16; parent kthreadd - 2
[ 1889.113761] -- migration/1 - 17; parent kthreadd - 2
[ 1889.113764] -- ksoftirqd/1 - 18; parent kthreadd - 2
[ 1889.113767] -- kworker/1:0H - 20; parent kthreadd - 2
[ 1889.113770] -- kdevtmpfs - 21; parent kthreadd - 2
[ 1889.113773] -- netns - 22; parent kthreadd - 2
[ 1889.113777] -- rcu_tasks_kthre - 23; parent kthreadd - 2
[ 1889.113780] -- kauditd - 24; parent kthreadd - 2
[ 1889.113783] -- khungtaskd - 25; parent kthreadd - 2
[ 1889.113786] -- oom_reaper - 26; parent kthreadd - 2
[ 1889.113789] -- writeback - 27; parent kthreadd - 2
[ 1889.113792] -- kcompactd0 - 28; parent kthreadd - 2
[ 1889.113795] -- ksm - 29; parent kthreadd - 2
[ 1889.113798] -- khugepaged - 30; parent kthreadd - 2
[ 1889.113801] -- kintegrityd - 123; parent kthreadd - 2
[ 1889.113805] -- kblockd - 124; parent kthreadd - 2
[ 1889.113808] -- blkcg_punt_bio - 125; parent kthreadd - 2
[ 1889.113811] -- tpm_dev_wq - 126; parent kthreadd - 2
[ 1889.113814] -- ata_sff - 127; parent kthreadd - 2
[ 1889.113817] -- md - 128; parent kthreadd - 2
[ 1889.113820] -- edac-poller - 129; parent kthreadd - 2
[ 1889.113823] -- devfreq_wq - 130; parent kthreadd - 2
[ 1889.113826] -- watchdogd - 131; parent kthreadd - 2
```

```
lena@lena-Aspire-One-522: ~/r X + v
[ 1889.113829] -- kswapd0 - 132; parent kthreadd - 2
[ 1889.113832] -- kworker/u9:0 - 133; parent kthreadd - 2
[ 1889.113835] -- ecryptfs-kthrea - 134; parent kthreadd - 2
[ 1889.113838] -- kthrotld - 137; parent kthreadd - 2
[ 1889.113841] -- acpi_thermal_pm - 138; parent kthreadd - 2
[ 1889.113844] -- ipv6_addrconf - 140; parent kthreadd - 2
[ 1889.113847] -- kstrp - 152; parent kthreadd - 2
[ 1889.113850] -- charger_manager - 172; parent kthreadd - 2
[ 1889.113853] -- scsi_eh_0 - 219; parent kthreadd - 2
[ 1889.113856] -- scsi_tmf_0 - 220; parent kthreadd - 2
[ 1889.113859] -- kworker/0:1H - 225; parent kthreadd - 2
[ 1889.113862] -- kworker/1:1H - 246; parent kthreadd - 2
[ 1889.113865] -- jbd2/sda5-8 - 248; parent kthreadd - 2
[ 1889.113868] -- ext4-rsv-conver - 249; parent kthreadd - 2
[ 1889.113871] -- systemd-journal - 298; parent systemd - 1
[ 1889.113874] -- systemd-udev - 313; parent systemd - 1
[ 1889.113877] -- loop0 - 317; parent kthreadd - 2
[ 1889.113880] -- loop1 - 318; parent kthreadd - 2
[ 1889.113883] -- loop2 - 319; parent kthreadd - 2
[ 1889.113886] -- loop3 - 321; parent kthreadd - 2
[ 1889.113889] -- loop4 - 323; parent kthreadd - 2
[ 1889.113892] -- loop5 - 325; parent kthreadd - 2
[ 1889.113895] -- loop6 - 329; parent kthreadd - 2
[ 1889.113898] -- loop7 - 333; parent kthreadd - 2
[ 1889.113901] -- systemd-resolve - 388; parent systemd - 1
[ 1889.113904] -- systemd-timesyn - 389; parent systemd - 1
[ 1889.113907] -- ttm_swap - 491; parent kthreadd - 2
[ 1889.113910] -- cfg80211 - 501; parent kthreadd - 2
[ 1889.113913] -- rsyslogd - 628; parent systemd - 1
[ 1889.113917] -- cupsd - 630; parent systemd - 1
[ 1889.113920] -- accounts-daemon - 636; parent systemd - 1
[ 1889.113923] -- dbus-daemon - 637; parent systemd - 1
[ 1889.113926] -- systemd-logind - 663; parent systemd - 1
[ 1889.113929] -- ModemManager - 669; parent systemd - 1
[ 1889.113933] -- networkd-dispat - 672; parent systemd - 1
[ 1889.113936] -- wpa_supplicant - 673; parent systemd - 1
[ 1889.113939] -- avahi-daemon - 674; parent systemd - 1
[ 1889.113942] -- udiskd - 675; parent systemd - 1
[ 1889.113945] -- irqbalance - 684; parent systemd - 1
```

```
lena@lena-Aspire-One-522: ~/r X + v
[ 1889.113948] -- avahi-daemon - 690; parent avahi-daemon - 674
[ 1889.113951] -- cron - 691; parent systemd - 1
[ 1889.113954] -- NetworkManager - 692; parent systemd - 1
[ 1889.113957] -- acpid - 693; parent systemd - 1
[ 1889.113960] -- snapd - 694; parent systemd - 1
[ 1889.113963] -- cups-browsed - 700; parent systemd - 1
[ 1889.113966] -- polkitd - 708; parent systemd - 1
[ 1889.113970] -- unattended-upgr - 787; parent systemd - 1
[ 1889.113973] -- gdm3 - 802; parent systemd - 1
[ 1889.113976] -- sshd - 811; parent systemd - 1
[ 1889.113979] -- gdm-session-wor - 815; parent gdm3 - 802
[ 1889.113982] -- systemd - 879; parent systemd - 1
[ 1889.113985] -- (sd-pam) - 880; parent systemd - 879
[ 1889.113988] -- dchclient - 884; parent NetworkManager - 692
[ 1889.113991] -- whoopsie - 907; parent systemd - 1
[ 1889.113994] -- kerneloops - 912; parent systemd - 1
[ 1889.113997] -- kerneloops - 919; parent systemd - 1
[ 1889.114001] -- gnome-keyring-d - 935; parent systemd - 1
[ 1889.114004] -- gdm-x-session - 944; parent gdm-session-wor - 815
[ 1889.114007] -- Xorg - 947; parent gdm-x-session - 944
[ 1889.114010] -- dbus-daemon - 990; parent systemd - 879
[ 1889.114013] -- gnome-session-b - 993; parent gdm-x-session - 944
[ 1889.114016] -- ssh-agent - 1088; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114020] -- at-spi-bus-laun - 1121; parent systemd - 879
[ 1889.114023] -- dbus-daemon - 1126; parent at-spi-bus-laun - 1121
[ 1889.114026] -- at-spi2-registr - 1128; parent systemd - 879
[ 1889.114030] -- gnome-shell - 1147; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114033] -- upowerd - 1153; parent systemd - 1
[ 1889.114036] -- gvfsd - 1170; parent systemd - 879
[ 1889.114039] -- gvfsd-fuse - 1175; parent systemd - 879
[ 1889.114042] -- pulseaudio - 1186; parent systemd - 1
[ 1889.114045] -- rtkit-daemon - 1187; parent systemd - 1
[ 1889.114048] -- ibus-daemon - 1210; parent gnome-shell - 1147
[ 1889.114052] -- ibus-dconf - 1214; parent ibus-daemon - 1210
[ 1889.114055] -- ibus-x11 - 1216; parent systemd - 1
[ 1889.114058] -- ibus-portal - 1218; parent systemd - 879
[ 1889.114061] -- xdg-permission - 1228; parent systemd - 879
[ 1889.114064] -- gnome-shell-cal - 1233; parent systemd - 879
[ 1889.114067] -- evolution-sourc - 1239; parent systemd - 879
```

```
lena@lena-Aspire-One-522: ~/r X + v
[ 1889.114070] -- goa-daemon - 1248; parent systemd - 879
[ 1889.114074] -- kworker/0:4 - 1249; parent kthreadd - 2
[ 1889.114077] -- bolt - 1257; parent systemd - 1
[ 1889.114080] -- dconf-service - 1262; parent systemd - 879
[ 1889.114083] -- gvfs-udisks2-vo - 1265; parent systemd - 879
[ 1889.114086] -- gvfs-goa-volume - 1269; parent systemd - 879
[ 1889.114089] -- goa-identity-se - 1278; parent systemd - 879
[ 1889.114092] -- gvfs-mtp-volume - 1283; parent systemd - 879
[ 1889.114095] -- gvfs-afc-volume - 1287; parent systemd - 879
[ 1889.114098] -- gvfs-gphoto2-vo - 1292; parent systemd - 879
[ 1889.114101] -- packagekitd - 1296; parent systemd - 1
[ 1889.114105] -- gsd-power - 1297; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114108] -- gsd-print-notif - 1298; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114111] -- gsd-rfkill - 1301; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114114] -- gsd-screensaver - 1303; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114117] -- gsd-sharing - 1305; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114121] -- gsd-smartcard - 1307; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114124] -- gsd-xsettings - 1315; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114127] -- gsd-wacom - 1318; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114130] -- gsd-sound - 1321; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114133] -- gsd-a11y-settin - 1327; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114136] -- gsd-color - 1329; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114139] -- gsd-clipboard - 1331; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114142] -- gsd-datetime - 1332; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114145] -- gsd-housekeepin - 1338; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114149] -- gsd-keyboard - 1340; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114152] -- gsd-media-keys - 1342; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114155] -- gsd-mouse - 1343; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114158] -- gsd-printer - 1363; parent systemd - 1
[ 1889.114161] -- colord - 1404; parent systemd - 1
[ 1889.114165] -- gsd-disk-utilit - 1411; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114168] -- nautilus-deskto - 1413; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114171] -- gvfsd-trash - 1436; parent gvfsd - 1170
[ 1889.114175] -- evolution-calen - 1450; parent systemd - 879
[ 1889.114178] -- evolution-calen - 1466; parent evolution-calen - 1450
[ 1889.114181] -- ibus-engine-sim - 1470; parent ibus-daemon - 1210
[ 1889.114184] -- evolution-addre - 1493; parent systemd - 879
[ 1889.114188] -- evolution-addre - 1500; parent evolution-addre - 1493
[ 1889.114191] -- gnome-software - 1530; parent gnome-session-b - 993
```



```
lena@lena-Aspire-One-522: ~/r X + v
[ 1889.114136] -- gsd-color - 1329; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114139] -- gsd-clipboard - 1331; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114142] -- gsd-datetime - 1332; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114145] -- gsd-housekeepin - 1338; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114149] -- gsd-keyboard - 1340; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114152] -- gsd-media-keys - 1342; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114155] -- gsd-mouse - 1343; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114158] -- gsd-printer - 1363; parent systemd - 1
[ 1889.114161] -- colord - 1404; parent systemd - 1
[ 1889.114165] -- gsd-disk-utility - 1411; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114168] -- nautilus-desktop - 1413; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114171] -- gvfsd-trash - 1436; parent gvfsd - 1170
[ 1889.114175] -- evolution-calender - 1450; parent systemd - 879
[ 1889.114178] -- evolution-calender - 1466; parent evolution-calender - 1450
[ 1889.114181] -- ibus-engine-sim - 1470; parent ibus-daemon - 1210
[ 1889.114184] -- evolution-address-book - 1493; parent systemd - 879
[ 1889.114188] -- evolution-address-book - 1500; parent evolution-address-book - 1493
[ 1889.114191] -- gnome-software - 1530; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114194] -- update-notifier - 1532; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114197] -- fwupd - 1558; parent systemd - 1
[ 1889.114200] -- deja-dup-monitor - 1627; parent gnome-session-b - 993
[ 1889.114204] -- sshd - 1640; parent sshd - 811
[ 1889.114207] -- sshd - 1728; parent sshd - 1640
[ 1889.114210] -- bash - 1729; parent sshd - 1728
[ 1889.114213] -- kworker/1:1 - 2162; parent kthreadd - 2
[ 1889.114216] -- kworker/u8:3 - 2184; parent kthreadd - 2
[ 1889.114220] -- kworker/1:0 - 2227; parent kthreadd - 2
[ 1889.114223] -- kworker/u8:1 - 3058; parent kthreadd - 2
[ 1889.114226] -- kworker/u8:2 - 3454; parent kthreadd - 2
[ 1889.114229] -- kworker/0:0 - 3883; parent kthreadd - 2
[ 1889.114232] -- sudo - 4692; parent bash - 1729
[ 1889.114235] -- insmod - 4693; parent sudo - 4692
[ 1919.446965] Goodbye!
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03$ |
```

Задание 2

Реализовать три загружаемых модуля ядра:

- Вызываемый модуль md1
- Вызывающий модуль md2
- «Отладочный» модуль md3

Каждый загружаемый модуль должен содержать:

- Указание лицензии GPL
- Указание автора

Загружаемые модули должны собираться при помощи Make-файла (сборка командой make). Вызов каждой функции модуля должен сопровождаться записью в системный журнал информации, какая функция какого модуля была вызвана.

Модуль md1

Модуль md1 демонстрирует возможность создания экспортируемых данных и функций. Данный модуль ядра должен содержать:

- Экспортируемые строковые (char *) и численные (int) данные.
- Экспортируемые функции возвращающие строковые и числовые значения.
 - Функция, возвращающая в зависимости от переданного целочисленного параметра различные строки (на усмотрение студента);
 - Функция, производящая подсчет факториала переданного целочисленного параметра;
 - Функция возвращающая 0;

md1.c

```
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/kernel.h>

MODULE_LICENSE("GPL");
MODULE_AUTHOR("Luchina");

static int __init init_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "hello from md1\n");
    return 0;
}

static void __exit exit_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "bye from md1\n");
}

int md1_int = 5;
char *md1_str = "I am string from md1";

extern char *posneg(int n)
{
    return n > 0 ? "positive" : n == 0 ? "zero" : "negative";
}

extern int fact(int n)
{
    int result;
    if (n < 0)
        return 0;
    result = 1;
    while (n > 0)
    {
        result *= n;
        n--;
    }
}
```

```

    }
    return result;
}

extern int getzero(void)
{
    return 0;
}

EXPORT_SYMBOL(md1_int);
EXPORT_SYMBOL(md1_str);

EXPORT_SYMBOL(posneg);
EXPORT_SYMBOL(fact);
EXPORT_SYMBOL(getzero);

module_init(init_func);
module_exit(exit_func);

```

Модуль md2

Модуль md2 демонстрирует использование данных и функций экспортируемых первым модулем (md1).

Данный модуль должен при загрузке:

- Вызывать все экспортированные модулем md1 процедуры и вывести в системный журнал возвращаемые ими значения с указанием имени вызванной процедуры.
- Вывести в системный журнал все экспортированные модулем md1 данные.

md2.c

```

#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/kernel.h>

MODULE_LICENSE("GPL");
MODULE_AUTHOR("Luchina");

extern int md1_int;
extern char *md1_str;

extern char *posneg(int n);
extern int fact(int n);
extern int getzero(void);

static int __init init_func(void)
{

```



```

        printk(KERN_INFO "hello from md2\n");
        printk("externed %d %s\n", md1_int, md1_str);
        printk("%d is %s\n", md1_int, posneg(md1_int));
        printk("%d is a factorial of %d\n", fact(md1_int), md1_int);
        printk("getzero - %d\n", getzero());
        return 0;
}

static void __exit exit_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "bye from md2\n");
}

module_init(init_func);
module_exit(exit_func);

```

Модуль md3

Модуль md3 демонстрирует сценарий некорректного завершения установки модуля, и возможность использования загружаемого модуля в качестве функции выполняемой в пространстве ядре. Процедура инициализации этого загружаемого модуля должна возвращать ненулевое

значение и выводить в системный журнал данные и возвращаемые значения экспортированных модулем md1 процедур (аналогично md2). Данный модуль включен в работу для проработки вопросов, связанных с отладкой модулей ядра.

md3.c

```

#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/kernel.h>

MODULE_LICENSE("GPL");
MODULE_AUTHOR("Luchina");

extern int md1_int;
extern char *md1_str;

extern char *posneg(int n);
extern int fact(int n);
extern int getzero(void);

static int __init init_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "hello from md3\n");
}

```

```

        printk("externed %d %s\n", md1_int, md1_str);
        printk("%d is %s\n", md1_int, posneg(md1_int));
        printk("%d is a factorial of %d\n", fact(md1_int), md1_int);
        printk("getzero - %d\n", getzero());
        //return 0;
        return 1;
}

static void __exit exit_func(void)
{
    printk(KERN_INFO "bye from md3\n");
}

module_init(init_func);
//module_exit(exit_func);

```

Makefile

```

ifneq ($(KERNELRELEASE),)
    obj-m := md1.o
    obj-m += md2.o
    obj-m += md3.o
else
    CURRENT = $(shell uname -r)
    KDIR = /lib/modules/$(CURRENT)/build
    PWD = $(shell pwd)

default:
    $(MAKE) -C $(KDIR) M=$(PWD) modules

clean:
    @rm -f *.o *.cmd *.flags *.mod.c *.order
    @rm -f *.*.cmd *~ *.~ TODO.*
    @rm -fR .tmp*
    @rm -rf .tmp_versions

disclean: clean
    @rm *.ko *.symvers

endif

```

make

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ make
make -C /lib/modules/5.3.0-28-generic/build M=/home/lena/myOSlabs/lab03/ex2 modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.3.0-28-generic'
  CC [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md1.o
  CC [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md2.o
  CC [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md3.o
/home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md3.c:25:20: warning: 'exit_func' defined but not used [-Wunused-function]
static void __exit exit_func(void)
                   ^~~~~~
Building modules, stage 2.
MODPOST 3 modules
  CC      /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md1.mod.o
  LD [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md1.ko
  CC      /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md2.mod.o
  LD [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md2.ko
  CC      /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md3.mod.o
  LD [M]  /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md3.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.3.0-28-generic'
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

sudo insmod md2.ko

Должны быть подключены в зависимом порядке

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ sudo insmod md2.ko
[sudo] password for lena:
insmod: ERROR: could not insert module md2.ko: Unknown symbol in module
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

sudo insmod md1.ko

sudo insmod md2.ko

sudo dmesg

```
[ 272.589002] hello from md1
[ 274.855937] hello from md2
[ 274.855943] externed 5 I am string from md1
[ 274.855945] 5 is positive
[ 274.855947] 120 is a factorial of 5
[ 274.855949] getzero - 0
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

sudo lsmod

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ sudo lsmod
Module                Size  Used by
md2                    16384  0
md1                    16384  1 md2
ccm                    20480  6
ath9k                  151552  0
kvm_amd                 94208  0
ath9k_common           36864  1 ath9k
ccp                     86016  1 kvm_amd
ath9k_hw               475136  2 ath9k_common,ath9k
kvm                     651264  1 kvm_amd
ath                    36864  3 ath9k_common,ath9k,ath9k_hw
```

modinfo md1.ko

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ modinfo md1.ko
filename:      /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md1.ko
author:       Luchina
license:      GPL
srcversion:    07B3007B5F952280AAD3E92
depends:
retpoline:    Y
name:         md1
vermagic:     5.3.0-28-generic SMP mod_unload
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

modinfo md2.ko

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ modinfo md2.ko
filename:      /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md2.ko
author:       Luchina
license:      GPL
srcversion:    C76A6764AA25DD7D542EF29
depends:       md1
retpoline:    Y
name:         md2
vermagic:     5.3.0-28-generic SMP mod_unload
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

sudo rmmod md2.ko
Sudo rmmod md1.ko

Сценарий для md3

make
sudo insmod md1.ko
sudo insmod md3.ko

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ sudo insmod md3.ko
insmod: ERROR: could not insert module md3.ko: Operation not permitted
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

lsmod

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ lsmod
Module                Size  Used by
md1                   16384   0
ccm                   20480   6
ath9k                 151552   0
kvm_amd               94208   0
ath9k_common         36864   1 ath9k
ccp                   86016   1 kvm_amd
```

sudo dmesg

```
[ 736.382042] hello from md3
[ 736.382051] externed 5 I am string from md1
[ 736.382054] 5 is positive
[ 736.382058] 120 is a factorial of 5
[ 736.382060] getzero - 0
```

modinfo md3.ko

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ modinfo md3.ko
filename:       /home/lena/myOSlabs/lab03/ex2/md3.ko
author:        Luchina
license:       GPL
srcversion:    4899DB919C8DBE12514484D
depends:       md1
retpoline:    Y
name:         md3
vermagic:     5.3.0-28-generic SMP mod_unload
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

sudo rmmod md3.ko

```
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$ sudo rmmod md3.ko
rmmod: ERROR: Module md3 is not currently loaded
lena@lena-Aspire-One-522:~/myOSlabs/lab03/ex2$
```

Sudo rmmod md1.ko