

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗВІТ
ПРО ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ №4

Виконав:
Студент групи ІО-11
Гук Д. С.

Перевірів:
Гайдай А. Р.

Київ 2023

Історія виконаних команд:

```
cd
cd AK/Lab4/
vi hello1.c
vi hello2.c
mkdir inc
cd inc
vi hello1.h
cd ..
vi Makefile
// встановлення змінних середовища, які використовуються при збиранні ядра Linux для
архітектури ARM
export KDIR=$HOME/repos/linux-stable
export PATH=/opt/gcc-arm-8.3-2019.03-x86_64-arm-eabi/bin:$PATH
export CROSS_COMPILE='ccache arm-eabi-'
export ARCH=arm
make
cp hello1.ko ~/repos/busybox/_install/hello1.ko    // Додаємо hello1.ko до директорії BBB
cp hello2.ko ~/repos/busybox/_install/hello2.ko    // Додаємо hello2.ko до директорії BBB
cd
cd repos/busybox/_install
find . | cpio -o -H newc | gzip > ../rootfs.cpio.gz    // Перезбираємо BBB
cd ..
qemu-system-arm -kernel _install/boot/zImage -initrd rootfs.cpio.gz \
-machine virt -nographic -m 512 \
--append "root=/dev/ram0 rw console=ttyAMA0,115200 mem=512M"
ls
modinfo hello1.ko
modinfo hello2.ko
insmod hello1.ko
insmod hello2.ko myParam=8
cd sys/module/hello2/parameters/
cat myParam
rmmod hello2.ko
rmmod hello1.ko
insmod hello1.ko
insmod hello2.ko myParam=11
```

Вихідний код hello1.c:

```
#include <hello1.h>

MODULE_AUTHOR("Huk Dmytro");
MODULE_DESCRIPTION("Lab4 Module hello2.c");
MODULE_LICENSE("Dual BSD/GPL");

struct myStruct {
    struct list_head list;
    ktime_t startTime;
    ktime_t finishTime;
};

// статична зміна голови списку
static LIST_HEAD(myList);
int counter;

int print_hello(uint myParam)
{
    if (myParam > 10) {
        pr_err("Error: myParam cannot be greater than 10\n");
        return -EINVAL;
    }

    if (myParam == 0 || (myParam <= 10 && myParam >= 5)) {
        pr_emerg("Warning: %u\n", myParam);
    }

    counter = 0;
    while (counter != myParam) {
        // Оголошення вказівника на область пам'яті, виділену під структуру, виділення блоку
        // пам'яті заданого розміру
        struct myStruct *ptr = kmalloc(sizeof(*ptr), GFP_KERNEL);
        ptr->startTime = ktime_get();
        pr_emerg("Hello world!\n");
        ptr->finishTime = ktime_get();
        list_add_tail(&ptr->list, &myList);    // вставлення нового елемента в кінець списку
        counter += 1;
    }
    return 0;
}

EXPORT_SYMBOL(print_hello);

static int __init hello1_init(void)
{
    return 0;
}

static void __exit hello1_exit(void)
{
    struct myStruct *ptr, *next;

    list_for_each_entry_safe(ptr, next, &myList, list) {
        pr_emerg("Time in nanoseconds: %lld\n", ptr->finishTime - ptr->startTime);
        list_del(&ptr->list);
        kfree(ptr);
    }
}
```

```
}  
}
```

```
module_init(hello1_init);  
module_exit(hello1_exit);
```

Вихідний код hello2.c:

```
#include <hello1.h>
```

```
MODULE_AUTHOR("Huk Dmytro");  
MODULE_DESCRIPTION("Lab4 Module hello2.c");  
MODULE_LICENSE("Dual BSD/GPL");
```

```
static uint myParam = 1;  
// 0444 = S_IRUGO - флаг дозволу на читання параметра  
module_param(myParam, uint, 0444);  
MODULE_PARM_DESC(myParam, "My description");
```

```
static int __init hello2_init(void)  
{  
    pr_emerg("Calling print_hello() from hello2...\n");  
    print_hello(myParam);  
    return 0;  
}
```

```
static void __exit hello2_exit(void)  
{  
}
```

```
module_init(hello2_init);  
module_exit(hello2_exit);
```

Вихідний код hello1.h:

```
#include <linux/init.h>  
#include <linux/module.h>  
#include <linux/printk.h>  
#include <linux/list.h>  
#include <linux/ktime.h>  
#include <linux/slab.h>  
int print_hello(uint myParm);
```

Вихідний код Makefile:

```
ccflags-y := -I$(PWD)/inc # -I - флаг, що вказує компілятору GCC де шукати header hello1.h  
ifneq ($(KERNELRELEASE),)  
# kbuild part of makefile  
obj-m := hello1.o hello2.o  
else  
# normal makefile  
KDIR ?= /lib/modules/`uname -r`/build  
  
default:  
    $(MAKE) -C $(KDIR) M=$$PWD  
clean:  
    $(MAKE) -C $(KDIR) M=$$PWD clean  
endif
```

Скріншоти виконання та перевірки

```
/ # ls
bin      etc      hello2.ko  linuxrc   sbin      usr
boot     hello.ko  init       proc      sys
dev      hello1.ko lib        root      tmp
```

Опис параметра:

```
/ # modinfo hello1.ko
filename:      hello1.ko
author:        Huk Dmytro
description:    Lab4 Module hello2.c
license:       Dual BSD/GPL
depends:
vermagic:      4.19.296 SMP mod_unload ARMv7 p2v8
/ # modinfo hello2.ko
filename:      hello2.ko
author:        Huk Dmytro
description:    Lab4 Module hello2.c
license:       Dual BSD/GPL
parm:          myParam:My description
depends:        hello1
vermagic:      4.19.296 SMP mod_unload ARMv7 p2v8
```

Вхідний параметр 8 та значення встановленого параметра:

```
/ # insmod hello1.ko
[ 108.034318] hello1: loading out-of-tree module taints kernel.
/ # insmod hello2.ko myParam=8
[ 120.121231] Calling print_hello() from hello2...
[ 120.122257] Warning: 8
[ 120.122454] Hello world!
[ 120.122800] Hello world!
[ 120.123575] Hello world!
[ 120.124121] Hello world!
[ 120.124389] Hello world!
[ 120.124653] Hello world!
[ 120.124797] Hello world!
[ 120.125046] Hello world!
/ # rmmod hello2.ko
/ # rmmod hello1.ko
[ 184.535990] Time in nanoseconds: 290384
[ 184.538083] Time in nanoseconds: 772272
[ 184.544546] Time in nanoseconds: 514800
[ 184.544972] Time in nanoseconds: 264704
[ 184.545606] Time in nanoseconds: 261568
[ 184.545761] Time in nanoseconds: 145552
[ 184.545924] Time in nanoseconds: 243664
[ 184.546283] Time in nanoseconds: 596960
```

Вивід встановленого параметру:

```
/ # cd sys/module/hello
hello1/  hello2/
/ # cd sys/module/hello2/parameters/
/sys/module/hello2/parameters # cat myParam
8
```

Вхідний параметр 3:

```
/ # insmod hello1.ko
/ # insmod hello2.ko myParam=3
[ 224.144761] Calling print_hello() from hello2...
[ 224.145256] Hello world!
[ 224.145501] Hello world!
[ 224.145680] Hello world!
/ # rmmod hello2.ko
/ # rmmod hello1.ko
[ 234.043266] Time in nanoseconds: 219520
[ 234.049171] Time in nanoseconds: 177776
[ 234.049277] Time in nanoseconds: 2424848
```

Вхідний параметр 11:

```
/ # insmod hello1.ko
/ # insmod hello2.ko myParam=11
[ 256.834708] Calling print_hello() from hello2...
[ 256.835229] Error: myParam cannot be greater than 10
```

Спроба завантажити hello2.ko без hello1.ko:

```
/ # insmod hello2.ko myParam=8
[ 327.406547] hello2: Unknown symbol print_hello (err -2)
insmod: can't insert 'hello2.ko': unknown symbol in module or invalid parameter
```

Помилка вказує, що функція `print_hello` з модуля `hello1` не була знайдена під час спроби завантажити модуль `hello2`, через те що функція `print_hello` не була доступна для зовнішніх модулів ядра.

Спроба вивантажити `hello1.ko` перед вивантаженням `hello2.ko`:

```
/ # rmmod hello1.ko
rmmod: remove 'hello1': Resource temporarily unavailable
```

Помилка вказує, що цей модуль використовуються іншим процесом або модулем, а саме модулем `hello2.ko`.

Посилання на репозиторій github:

<https://github.com/Reiny24/AK-2-IO-11-Huk-Lab-works/tree/Lab-4>