

به نام خدا

استاد درس: استاد حسینی

گزارش آزمایش 2 درس آزمایشگاه سیستم های عامل

دانشجو: فرشید نوشی

شماره ی دانشجویی: 9831068

نکته: محتویات دو پوشه ی section2, section در پوشه ی lab2 مهم هستند و باقی پوشه ها در lab2 بخاطر دستورات لینوکس یا ادیتور ساخته شده اند اما بخاطر اینکه استاد در صورت تمایل بخواهند تمام فایل ها را مشاهده کنند، پاک نشدند.

تمرین اول:

در این قسمت در پوشه ی section فایل train.c را نوشتیم به صورت زیر:

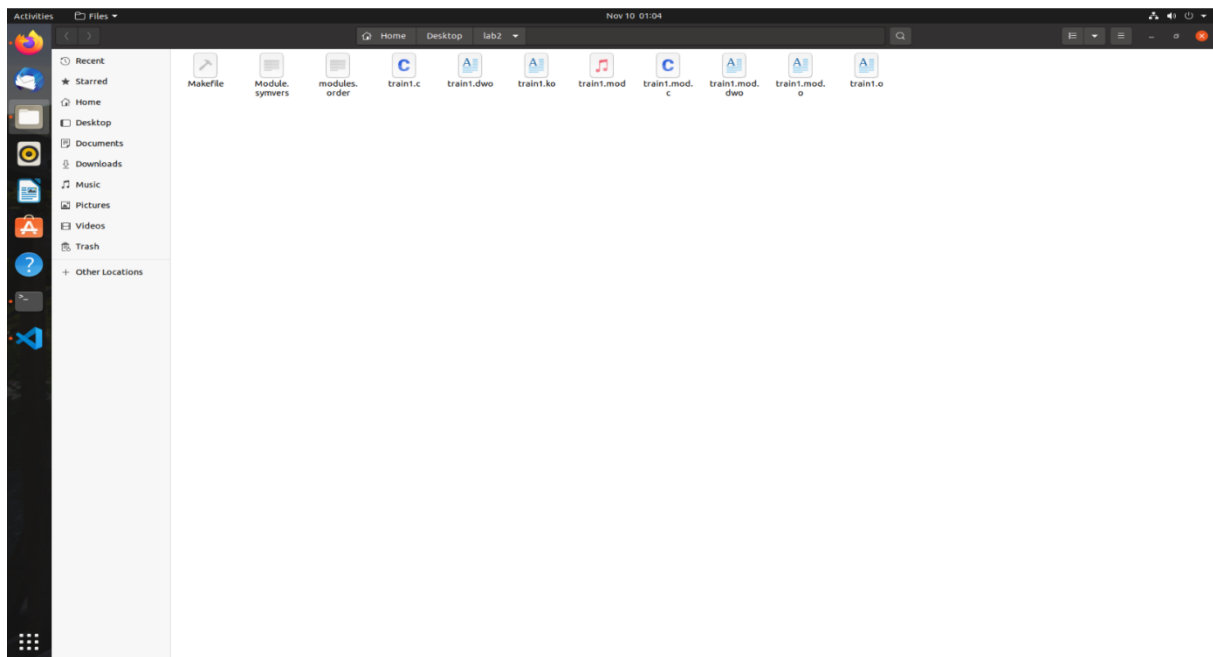
```
#include<linux/init.h>
#include<linux/kernel.h>
#include<linux/module.h>

int simple_init(void) {
    printk(KERN_INFO "Loading Module training one\n");
    return 0;
}

void simple_exit(void) {
    printk(KERN_INFO "Removing Module training one\n");
}

module_init(simple_init);
module_exit(simple_exit);
MODULE_LICENSE("GPL");
MODULE_DESCRIPTION("train one module");
MODULE_AUTHOR("Farshid Nooshi");
```

و هم چنین برای make کردن فایل Makefile ساده ای نیز برای تولید ko. و فایل های مربوط دیگر نوشتیم که در همین پوشه موجود هست (در Makefile در خط اول نام فایلی که میخواستیم ماژول شود را داده ایم) در این کد بالا در تابع simple_init(void) که در شروع ماژولمان اجرا میشود گفته ایم که در کرنل پیغام Loading Module training one را چاپ کند و سپس یک خط به پایین برود. و در ماکرو module_init این تابع را معرفی کرده ایم. مانند همینکار برای خروج را نیز برای exit با ماکروی module_exit انجام داده ایم و هم چنین در ادامه سه ماکرو برای اطلاعات بیشتر مانند لایسنس توضیحات و نام نویسنده را مشخص کرده ایم. در زیر اسکرین شات های مربوط به این بخش موجودند:



فایل .ko

```
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2$ sudo insmod train1.ko
[sudo] password for farshid:
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2$ dmesg
```

Insmod و اجرا کردن dmesg

```

[ 228.278006] audit: type=1326 audit(1636532778.151:90): auid=1000 uid=1000 gid=1000 ses=3 subj=snap.snap-store.u
buntu-software pid=2605 comm="pool-org.gnome." exe="/snap/snap-store/547/usr/bin/snap-store" sig=0 arch=c000003e s
yscall=93 compat=0 ip=0x7f68826ec4e7 code=0x50000
[ 249.258399] perf: interrupt took too long (2592 > 2500), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 77000
[ 283.225862] perf: interrupt took too long (3263 > 3240), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 61250
[ 312.377772] perf: interrupt took too long (4118 > 4078), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 48500
[ 505.015413] perf: interrupt took too long (5188 > 5147), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 38500
[ 1511.770358] SGI XFS with ACLs, security attributes, realtime, quota, no debug enabled
[ 1512.116672] JFS: nTxBlock = 8192, nTxLock = 65536
[ 1512.241480] ntfs: driver 2.1.32 [Flags: R/O MODULE].
[ 1512.351724] QNX4 filesystem 0.2.3 registered.
[ 1512.702051] raid6: avx2x4 gen() 22707 MB/s
[ 1512.769861] raid6: avx2x4 xor() 10883 MB/s
[ 1512.837656] raid6: avx2x2 gen() 22788 MB/s
[ 1512.906440] raid6: avx2x2 xor() 10995 MB/s
[ 1512.974261] raid6: avx2x1 gen() 16809 MB/s
[ 1513.041959] raid6: avx2x1 xor() 8673 MB/s
[ 1513.109922] raid6: sse2x4 gen() 7341 MB/s
[ 1513.177779] raid6: sse2x4 xor() 4929 MB/s
[ 1513.245586] raid6: sse2x2 gen() 8206 MB/s
[ 1513.314516] raid6: sse2x2 xor() 4879 MB/s
[ 1513.382219] raid6: sse2x1 gen() 6638 MB/s
[ 1513.450012] raid6: sse2x1 xor() 2376 MB/s
[ 1513.450020] raid6: using algorithm avx2x2 gen() 22788 MB/s
[ 1513.450022] raid6: .... xor() 10995 MB/s, rmw enabled
[ 1513.450024] raid6: using avx2x2 recovery algorithm
[ 1513.800218] xor: automatically using best checksumming function avx
[ 1514.167840] Btrfs loaded, crc32c=crc32c-intel, zoned=yes
[ 1579.747705] perf: interrupt took too long (6510 > 6485), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 30500
[ 1985.403833] perf: interrupt took too long (8211 > 8137), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 24250
[ 2193.909742] perf: interrupt took too long (10265 > 10263), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 19250
[ 2596.638054] train1: loading out-of-tree module taints kernel.
[ 2596.638194] train1: module verification failed: signature and/or required key missing - tainting kernel
[ 2596.639420] Loading Module training one
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2$
```

نتیجه ی دستور dmesg که در پایان آن پیغام مربوط چاپ شده است.

```

farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2$ sudo rmmod train1
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2$ sudo demesg
sudo: demesg: command not found
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2$ sudo dmesg
```

اجرای دستور rmmod و سپس گرفتن dmesg

```
Nov 10 01:07
farshid@ubuntu: ~/Desktop/lab2
buntu-software pid=2605 comm="pool-org.gnome." exe="/snap/snap-store/547/usr/bin/snap-store" sig=0 arch=c000003e s
yscall=93 compat=0 ip=0x7f68826ec4e7 code=0x50000
[ 249.258399] perf: interrupt took too long (2592 > 2500), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 77000
[ 283.225862] perf: interrupt took too long (3263 > 3240), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 61250
[ 312.377772] perf: interrupt took too long (4118 > 4078), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 48500
[ 505.015413] perf: interrupt took too long (5188 > 5147), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 38500
[ 1511.770358] SGI XFS with ACLs, security attributes, realtime, quota, no debug enabled
[ 1512.116672] JFS: nTxBlock = 8192, nTxLock = 65536
[ 1512.241480] ntfs: driver 2.1.32 [Flags: R/O MODULE].
[ 1512.351724] QNX4 filesystem 0.2.3 registered.
[ 1512.702051] raid6: avx2x4 gen() 22707 MB/s
[ 1512.769861] raid6: avx2x4 xor() 10883 MB/s
[ 1512.837656] raid6: avx2x2 gen() 22788 MB/s
[ 1512.906440] raid6: avx2x2 xor() 10995 MB/s
[ 1512.974261] raid6: avx2x1 gen() 16809 MB/s
[ 1513.041959] raid6: avx2x1 xor() 8673 MB/s
[ 1513.109922] raid6: sse2x4 gen() 7341 MB/s
[ 1513.177779] raid6: sse2x4 xor() 4929 MB/s
[ 1513.245586] raid6: sse2x2 gen() 8206 MB/s
[ 1513.314516] raid6: sse2x2 xor() 4879 MB/s
[ 1513.382219] raid6: sse2x1 gen() 6638 MB/s
[ 1513.450012] raid6: sse2x1 xor() 2376 MB/s
[ 1513.450020] raid6: using algorithm avx2x2 gen() 22788 MB/s
[ 1513.450022] raid6: .... xor() 10995 MB/s, rmw enabled
[ 1513.450024] raid6: using avx2x2 recovery algorithm
[ 1513.800218] xor: automatically using best checksumming function avx
[ 1514.167840] Btrfs loaded, crc32c=crc32c-intel, zoned=yes
[ 1579.747705] perf: interrupt took too long (6510 > 6485), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 30500
[ 1985.403833] perf: interrupt took too long (8211 > 8137), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 24250
[ 2193.909742] perf: interrupt took too long (10265 > 10263), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 19250
[ 2596.638054] train1: loading out-of-tree module taints kernel.
[ 2596.638194] train1: module verification failed: signature and/or required key missing - tainting kernel
[ 2596.639420] Loading Module training one
[ 2686.622022] Removing Module training one
farshid@ubuntu: ~/Desktop/lab2$
```

نتیجه ی اجرای دستور بالا و چاپ پیام قابل انتظار

تمرین دوم:

در این قسمت در پوشه ی section2 فایل train2.c را نوشتیم.

```
1  #include<linux/init.h>
2  #include<linux/kernel.h>
3  #include<linux/module.h>
4  #include<linux/types.h>
5  #include<linux/slab.h>
6
7  struct birthday {
8      int day;
9      int month;
10     int year;
11     struct list_head list;
12 };
13
14 LIST_HEAD(Head_Node);
15
16
17
18 int simple_init(void) {
19     {
20         int i =0;
21         while(i < 5) {
22             struct birthday *person;
23             person = kmalloc(sizeof(person), GFP_KERNEL);
24             person->day = i;
25             person->month = 8;
26             person->year = 1995;
27             INIT_LIST_HEAD(&person->list);
28             list_add_tail(&person->list, &Head_Node);
29             i++;
30         }
31     }
32
33     struct birthday *temp;
34     int count = 0;
35     printk(KERN_INFO "Reading list\n");
36
37     list_for_each_entry(temp, &Head_Node, list) {
38         printk(KERN_INFO "Node %d, data = {%d, %d, %d}\n", count++, temp->day, temp->month, temp->year);
39     }
40
41     printk(KERN_INFO "Total Nodes = %d\n", count);
42     return 0;
43 }
44
45 void simple_exit(void) {
46     {
47         struct birthday *cursor, *temp;
48         int count = 0;
49         list_for_each_entry_safe(cursor, temp, &Head_Node, list) {
50             printk(KERN_INFO "Node %d, data = {%d, %d, %d} is removing.\n", count++, temp->day, temp->month, temp->year);
51             list_del(&cursor->list);
52             kfree(cursor);
53         }
54     }
55     {
56
57         struct birthday *temp;
58         int count = 0;
59         printk(KERN_INFO "List Now Contains:\n");
60
61         list_for_each_entry(temp, &Head_Node, list) {
62             printk(KERN_INFO "Node %d, data = {%d, %d, %d}\n", count++, temp->day, temp->month, temp->year);
63         }
64
65         printk(KERN_INFO "Total Nodes = %d\n", count);
66     }
67 }
68
69 module_init(simple_init);
70 module_exit(simple_exit);
71 MODULE_LICENSE("GPL");
72 MODULE_DESCRIPTION("section one module");
73 MODULE_AUTHOR("Farshid Nooshi");
```

در این بخش مانند بخش قبل دو تابع `simple_init`, `simple_exit` و ماکرو هایشان را مشخص کردیم اما در آغاز کتابخانه های بیشتری را برای کار با `linked list` و این بخش اضافه کردیم مانند `slab.h`. در تابع `init` با یک `while` به تکرار 5، 5 شیئی برای اضافه کردن به لیستمان ساختیم که روز تولدشان متغیر باشد برای تست کردن و با ماکروی `INIT_LIST_HEAD` برای آماده سازی متغیر `list` خود شیئی ساخته شده مان ابتدا آن را `init` کردیم و سپس با `list_add_tail` شیئی جدیدمان را به لیست پیوندی اضافه کردیم. در ادامه برای چاپ کردن مشخصات هر یک از شیئی های اضافه شده با استفاده از `list_for_each_entry` متغیرهایمان را چاپ کردیم. متغیر `Head_Node` که داریم با ماکروی `LIST_HEAD` هست که برای دسترسی داشتن به شروع لیست پیوندی مان هست. در تابع `exit` نیز `list_for_each_entry_safe` بر روی لیستمان پیمایش کردیم (برای این `safe` هست چون ما در حال پاک کردن شیئی ها همزمان با پیمایش نیز هستیم) و در داخل حلقه مشخصات شیئی که داریم حذف میکنیم را چاپ کرده ایم و سپس با تابع `list_del` ابتدا از روی لیست شیئی را پاک میکنیم و با `kfree` حافظه ی آن را نیز آزاد میکنیم در کرنل. در پایان حلقه برای اطمینان از صحت کارمان یک بار دیگر تعداد اشیاء لیستمان را چاپ کردیم تا مطمئن شویم همگی پاک شده اند. (در آخر تعداد را چاپ کردیم). اسکرین شات ها در زیر آمده اند. در تمرین 2 نیز مانند تمرین یک برای ساخته شده فایل ها `Makefile` با تنظیمات مربوط به ران کردن این فایل تمرین نوشته شده است. (تنها تفاوتش با فایل تمرین یک این هست که در اینجا ما نام فایلمان `train2.o` میباشد)

```

farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$ make
make -C /lib/modules/5.11.0-38-generic/build M=/home/farshid/Desktop/lab2/section2 modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.11.0-38-generic'
  CC [M] /home/farshid/Desktop/lab2/section2/train2.o
/home/farshid/Desktop/lab2/section2/train2.c: In function 'simple_init':
/home/farshid/Desktop/lab2/section2/train2.c:33:9: warning: ISO C90 forbids mixed declarations and code [-Wdeclaration-after-statement]
   33 |         struct birthday *temp;
      |         ~~~~~
MODPOST /home/farshid/Desktop/lab2/section2/Module.symvers
  CC [M] /home/farshid/Desktop/lab2/section2/train2.mod.o
  LD [M] /home/farshid/Desktop/lab2/section2/train2.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.11.0-38-generic'
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$ sudo insmod train2.ko
[sudo] password for farshid:
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$

```

دستور `insmod` و `make` کامل اجرا میشوند.


```
Nov 10 01:45
farshid@ubuntu: ~/Desktop/lab2/section2
[ 1512.351724] QNX4 filesystem 0.2.3 registered.
[ 1512.702051] raid6: avx2x4 gen() 22707 MB/s
[ 1512.769861] raid6: avx2x4 xor() 10883 MB/s
[ 1512.837656] raid6: avx2x2 gen() 22788 MB/s
[ 1512.906440] raid6: avx2x2 xor() 10995 MB/s
[ 1512.974261] raid6: avx2x1 gen() 16809 MB/s
[ 1513.041959] raid6: avx2x1 xor() 8673 MB/s
[ 1513.109922] raid6: sse2x4 gen() 7341 MB/s
[ 1513.177779] raid6: sse2x4 xor() 4929 MB/s
[ 1513.245586] raid6: sse2x2 gen() 8206 MB/s
[ 1513.314516] raid6: sse2x2 xor() 4879 MB/s
[ 1513.382219] raid6: sse2x1 gen() 6638 MB/s
[ 1513.450012] raid6: sse2x1 xor() 2376 MB/s
[ 1513.450020] raid6: using algorithm avx2x2 gen() 22788 MB/s
[ 1513.450022] raid6: .... xor() 10995 MB/s, rmw enabled
[ 1513.450024] raid6: using avx2x2 recovery algorithm
[ 1513.800218] xor: automatically using best checksumming function avx
[ 1514.167840] Btrfs loaded, crc32c=crc32c-intel, zoned=yes
[ 1579.747705] perf: interrupt took too long (6510 > 6485), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 30500
[ 1985.403833] perf: interrupt took too long (8211 > 8137), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 24250
[ 2193.909742] perf: interrupt took too long (10265 > 10263), lowering kernel.perf_event_max_sample_rate to 19250
[ 2596.638054] train1: loading out-of-tree module taints kernel.
[ 2596.638194] train1: module verification failed: signature and/or required key missing - tainting kernel
[ 2596.639420] Loading Module training one
[ 2686.622022] Removing Module training one
[ 2793.836798] Loading Module training one
[ 2814.496991] Removing Module training one
[ 4916.267619] Reading list
[ 4916.267622] Node 0, data = {0, 8, 1995}
[ 4916.267623] Node 1, data = {1, 8, 1995}
[ 4916.267624] Node 2, data = {2, 8, 1995}
[ 4916.267625] Node 3, data = {3, 8, 1995}
[ 4916.267625] Node 4, data = {4, 8, 1995}
[ 4916.267626] Total Nodes = 5
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$
```

دستور dmesg نیز سالم است و در پایان پیام ها پیغام های مربوط به 5 شیء به صورت درست نوشته شده اند.

```
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$ sudo rmmod train2
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$ dmesg
```

اجرای دستور rmmod و حذف شدن سالم این ماژول از کرنل و در ادامه اجرای دستور dmesg برای دیدن خروجی های قابل انتظار

```
Nov 10 01:51
farshid@ubuntu: ~/Desktop/lab2/section2
id=2124 comm="snap-store" requested_mask="r" denied_mask="r" fsuid=1000 ouid=0
[ 100.073158] audit: type=1326 audit(1636537797.115:59): auid=1000 uid=1000 ses=3 subj=snap.snap-store.u
buntu-software pid=2124 comm="snap-store" exe="/snap/snap-store/547/usr/bin/snap-store" sig=0 arch=c00003e syscal
l=93 compat=0 ip=0x7f2ed7adf4e7 code=0x50000
[ 100.093418] audit: type=1107 audit(1636537797.135:60): pid=841 uid=103 auid=4294967295 ses=4294967295 subj=unco
nfined msg='apparmor="DENIED" operation="dbus_method_call" bus="system" path="/org/freedesktop/PolicyKit1/Authori
ty" interface="org.freedesktop.DBus.Properties" member="GetAll" mask="send" name=":1.10" pid=2124 label="snap.snap
-store ubuntu-software" peer_pid=850 peer_label="unconfined"
exe="/usr/bin/dbus-daemon" sauid=103 hostname=? addr=? terminal=?'
[ 100.094114] audit: type=1107 audit(1636537797.135:61): pid=841 uid=103 auid=4294967295 ses=4294967295 subj=unco
nfined msg='apparmor="DENIED" operation="dbus_method_call" bus="system" path="/org/freedesktop/PolicyKit1/Authori
ty" interface="org.freedesktop.PolicyKit1.Authority" member="CheckAuthorization" mask="send" name=":1.10" pid=2124
label="snap.snap-store.ubuntu-software" peer_pid=850 peer_label="unconfined"
exe="/usr/bin/dbus-daemon" sauid=103 hostname=? addr=? terminal=?'
[ 100.890461] audit: type=1400 audit(1636537797.931:62): apparmor="DENIED" operation="open" profile="snap.snap-st
ore.ubuntu-software" name="/etc/PackageKit/Vendor.conf" pid=2124 comm="snap-store" requested_mask="r" denied_mask=
"r" fsuid=1000 ouid=0
[ 123.432721] train2: disagrees about version of symbol module_layout
[ 185.889117] train2: loading out-of-tree module taints kernel.
[ 185.889239] train2: module verification failed: signature and/or required key missing - tainting kernel
[ 185.890874] Reading list
[ 185.890876] Node 0, data = {0, 8, 1995}
[ 185.890877] Node 1, data = {1, 8, 1995}
[ 185.890878] Node 2, data = {2, 8, 1995}
[ 185.890879] Node 3, data = {3, 8, 1995}
[ 185.890879] Node 4, data = {4, 8, 1995}
[ 185.890880] Total Nodes = 5
[ 201.208545] Node 0, data = {1, 8, 1995} is removing.
[ 201.208549] Node 1, data = {2, 8, 1995} is removing.
[ 201.208550] Node 2, data = {3, 8, 1995} is removing.
[ 201.208551] Node 3, data = {4, 8, 1995} is removing.
[ 201.208551] Node 4, data = {0, 8, 0} is removing.
[ 201.208552] List Now Contains:
[ 201.208553] Total Nodes = 0
farshid@ubuntu:~/Desktop/lab2/section2$
```

نتیجه ی دستور dmesg در بالا و دیدن اینکه چه شیء ای در حال حذف شدن بوده و در آخر هم اینکه لیستمان خالی شده است.