



# Práctica 2: Syscalls y Drivers USB

---

LIN - Curso 2015-2016



# Contenido

---



## **1** Introducción

## **2** Ejercicios

## **3** Práctica



# Contenido

---



## 1 Introducción

## 2 Ejercicios

## 3 Práctica



# Práctica 2: Llamadas al sistema y Drivers USB



## Objetivos

- Familiarizarse con:
  - Implementación de llamadas al sistema en Linux y su procedimiento de invocación
  - Compilación del kernel Linux
  - Estructura de un driver de dispositivo USB



# Contenido

---



1 Introducción

2 Ejercicios

3 Práctica





## Ejercicio 1

- Estudiar la implementación del programa `cpuinfo.c`
  - Este programa imprime por pantalla el contenido de `/proc/cpuinfo` haciendo uso de las llamadas al sistema `open()` y `close()`, y las funciones `printf()` y `syscall()`.
  - ¿Qué llamada al sistema invoca el programa mediante `syscall()`?
  - Reescribir el programa anterior reemplazando las llamadas a `open()`, `close()` y `printf()` por invocaciones a `syscall()` que tengan el mismo comportamiento.

# Ejercicios



- La entrada `/proc/cpuinfo` permite obtener información acerca de las CPUs del sistema

## Terminal

```
kernel@debian:~$ cat /proc/cpuinfo
processor      : 0
vendor_id     : GenuineIntel
cpu family    : 6
model         : 23
model name    : Intel(R) Xeon(R) CPU           E5450  @ 3.00GHz
stepping      : 10
cpu MHz       : 2003.000
cache size    : 6144 KB
physical id   : 0
siblings      : 4
core id       : 0
cpu cores     : 4
apicid        : 0
initial apicid : 0
fpu           : yes
fpu_exception : yes
cpuid level   : 13
wp            : yes
flags         : fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dtes...
```





## Ejercicio 2

- Analizar la implementación del módulo del kernel `mod1eds.c` que interactúa con el driver de teclado de un PC para encender/apagar los LEDs
  - Al cargar el módulo se encienden los tres leds del teclado y al descargarlo se apagan
- **Advertencia:** No usar una shell SSH para cargar el módulo. Usar una ventana de terminal en la propia máquina virtual.





## Ejercicio 2 (cont.)

- Se ha de prestar especial atención a las siguientes funciones:
  - `get_kbd_driver_handler()`: Se invoca durante la carga del módulo para obtener un puntero al manejador del driver de teclado/terminal
  - `set_leds(handler,mask)`: Permite establecer el valor de los leds. Acepta como parámetro un puntero al manejador del driver y una máscara de bits que especifica el estado de cada LED.

## Ejercicio 2 (cont.)

- Significado de la máscara de bits de `set_leds()` (parámetro `mask`)
  - bit 0: scroll lock ON/OFF
  - bit 1: num lock ON/OFF
  - bit 2: caps lock ON/OFF
  - bit 3-31: se ignoran
- En cada bit..
  - Si 1 → LED ON
  - Si 0 → LED OFF

# Contenido

---



**1** Introducción

**2** Ejercicios

**3** Práctica





# Partes de la práctica

## (Parte A.) Crear llamada al sistema “Hola Mundo” (`lin_hello`)

- Seguir instrucciones del tema “Llamadas al Sistema”
- Enseñar funcionamiento al profesor en el laboratorio

## (Parte B.) Implementar llamada al sistema `ledctl()`

- 1 La llamada permitirá que los programas de usuario puedan encender/apagar los LEDs del teclado
  - Exige modificar el kernel para incluir llamada al sistema `ledctl()`
- 2 Además se ha de implementar el programa de usuario `ledctl_invoke` que permita invocar la llamada al sistema desde terminal

## (Parte C.) Extender la funcionalidad del driver básico del dispositivo **Blinkstick Strip**

- El nuevo driver permitirá establecer un color diferente para cada led



# Especificación de `ledctl()` (I)

## Llamada al sistema `ledctl()`

```
int ledctl(unsigned int leds);
```

- **Parámetro:** Máscara de bits que especifica qué LEDs se encenderán/apagarán
- **Valor de retorno:** 0 en caso de éxito; -1 en caso de fallo
  - **Advertencia:** La implementación en sí de la llamada (kernel) devolverá un número negativo que codifica el error
    - En caso de error la función `syscall()` devolverá -1 al programa de usuario, y el código de error quedará almacenado en la variable global `errno`

# Especificación de `ledctl()` (II)

## Formato parámetro `ledctl`

- `ledctl()` acepta como parámetro una máscara de bits que especifica qué LEDs se encenderán/apagarán:
  - bit 2 → encender/apagar *Num Lock*
  - bit 1 → encender/apagar *Caps Lock*
  - bit 0 → encender/apagar *Scroll Lock*

Parámetro de <code>ledctl()</code>	Num Lock	Caps Lock	Scroll Lock
0x4	ON	OFF	OFF
0x7	ON	ON	ON
0x3	OFF	ON	ON
0x0	OFF	OFF	OFF
0x2	OFF	ON	OFF





# Programa ledctl\_invoke

- Para llevar a cabo la depuración de la llamada al sistema se desarrollará un programa de usuario para invocarla desde terminal
  - En caso de que `ledctl()` devuelva un error, el programa mostrará el error correspondiente con `perror()`
- Modo de uso

```
$ ledctl_invoke <comando_ledctl>
```

- Ejemplo: `$ ./ledctl_invoke 0x4`
  - invocará `ledctl(0x4);`
- `ledctl_invoke.c` se puede compilar fácilmente como sigue:  

```
$ gcc -Wall -g ledctl_invoke.c -o ledctl_invoke
```





# Implementación Parte B (I)

- La implementación de la llamada al sistema requiere modificar el kernel
  - Por cada fallo detectado:
    - 1 Modificar código del kernel
    - 2 Compilar y reinstalar kernel
    - 3 Reiniciar la máquina
- Se aconseja usar un módulo del kernel auxiliar para depurar el código de la llamada al sistema antes de introducirla en el kernel
  - Por ejemplo, el módulo de depuración podría exportar una entrada /proc de sólo escritura que permita modificar el estado de los leds al escribir en ella
  - `sudo echo 0x6 > /proc/ledctl`







## Implementación Parte B (II)

### Pasos a seguir

- 1 Realizar modificaciones pertinentes en el código del kernel
- 2 Compilar el kernel modificado
- 3 Instalar paquetes (*image* y *headers*) en la máquina virtual y reiniciar
- 4 Probar código usando programa `ledctl_invoke` (a desarrollar)
- 5 Si fallo, ir a 1. En otro caso, hemos acabado :-)





# Implementación Parte B (III)

- Al definir la llamada al sistema dentro del kernel, se debe utilizar la macro SYSCALL\_DEFINE1()

```
#include <linux/syscalls.h> /* For SYSCALL_DEFINEi() */
#include <linux/kernel.h>

SYSCALL_DEFINE1(ledctl,unsigned int,leds)
{
    /* Cuerpo de la función */

    return 0;
}
```





## Parte B: Ejemplo de ejecución

- Arrancar la MV con el kernel modificado con `ledctl()` y abrir una ventana de terminal...

```
terminal
kernel@debian:p2$ gcc -g -Wall ledctl_invoke.c -o ledctl_invoke
kernel@debian:p2$ ./ledctl_invoke
Usage: ./ledctl_invoke <ledmask>
kernel@debian:p2$ sudo ./ledctl_invoke 0x6
<< Se deberían encender los dos LEDs de más a la izquierda>>
kernel@debian:p2$ sudo ./ledctl_invoke 0x1
<< Se debería encender solamente el LED de la derecha >>
kernel@debian:p2$
```





## Parte C: especificación

### Modificaciones del driver proporcionado

- El driver básico para el dispositivo USB Blinkstick Strip expone el dispositivo al usuario mediante el fichero `/dev/usb/blickstick0`
  - Este fichero especial se crea automáticamente al conectar el dispositivo con el driver cargado
- Se ha de modificar la operación de escritura sobre el fichero especial de caracteres (función `blink_write()`) para permitir la asignación de un color distinto a cada led
  - La nueva implementación de `blink_write()` reconocerá un formato específico de cadena que permite codificar el color de cada led



## Parte C: especificación

### Formato de la cadena de colores a reconocer

```
<numled-a>:<color>,<numled-b>:<color>,<numled-c>:<color>,...
```

#### ■ Consideraciones adicionales:

- Los leds están numerados del 0 al 7
- El color se especificará usando un número hexadecimal con dos dígitos para cada componente RGB (en ese orden)
- No es necesario asignar un color a cada led en la cadena
  - Si el color de un led no está especificado en la cadena, se asumirá el color negro 0x000000 (led apagado)

#### ■ Ejemplo: encender los leds 1, 3 y 5

```
$ echo 1:0x001100,3:0x000007,5:0x090000 > /dev/usb/blinkstick0
```

#### ■ Ejemplo: apagar todos los leds

```
$ echo > /dev/usb/blinkstick0
```





# Pseudocódigo blink\_write()

```
static ssize_t blink_write(struct file *file, const char *user_buffer,
                           size_t len, loff_t *off){

/* Array de mensajes con la información de cada led */
char messages[NR_LEDS][NR_BYTES_BLINK_MSG];

Copiar cadena alojada en user_buffer a buffer auxiliar (kbuf). No
olvidar incluir el terminador ('\0')...

Hacer el parsing de la cadena en kbuf:
- Partir en tokens separados con ',' con strsep()
- Analizar el contenido de cada par (ledn,color) con sscanf()
- Rellenar el mensaje correspondiente para el led en cuestión en
  messages

Enviar los mensajes en messages (uno a uno) al dispositivo con
usb_control_msg()

Actualizar puntero de posición de fichero y retornar valor adecuado
}
```





# Partes opcionales (I)

---

- **(Opcional 1)** Escribir un programa de usuario (`leds_user.c`) que modifique el estado de los LEDs del teclado usando la llamada al sistema `ledctl()`
  - El programa invocará `ledctl()` en reiteradas ocasiones para que los LEDs se apaguen y se enciendan en una secuencia predefinida
  - Queda a elección del alumno el tipo de secuencia de encendido/apagado de los LEDs
    - Ejemplo: Implementar un contador binario con los LEDs
  - Se valorará el grado de originalidad/complejidad del programa





## Partes opcionales (II)

---

- **(Opcional 2)** Escribir un programa de usuario (`blink_user.c`) que modifique el estado de los LEDs del dispositivo Blinkstick Strip usando el driver creado en la parte C de la práctica
  - El programa escribirá distintas configuraciones de colores en el fichero `/dev/usb/blinkstick0` para que los LEDs se apaguen y se enciendan en una secuencia predefinida
  - Al igual que en la parte opcional 1, queda a elección del alumno el tipo de secuencia de encendido/apagado de los LEDs y los colores que se empleen
  - Se valorará el grado de originalidad/complejidad del programa

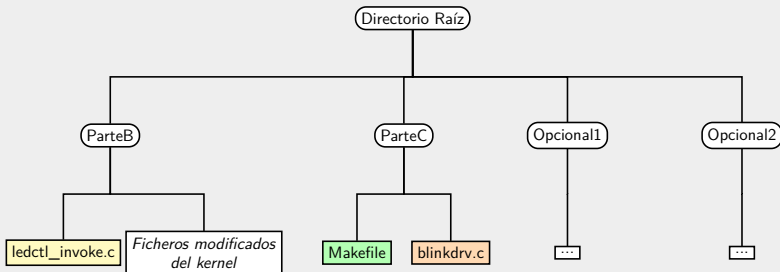




# Entrega de la práctica

- A través del Campus Virtual
  - Hasta el 20 de noviembre
- Obligatorio mostrar el funcionamiento de la práctica en clase

## Estructura entrega (en un fichero comprimido .tar.gz o .zip)





## LIN - Práctica 2: Syscalls y Drivers USB

### Versión 0.2

©J.C. Sáez

*This work is licensed under the Creative Commons **Attribution-Share Alike 3.0 Spain License**. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.*

*Esta obra está bajo una licencia **Reconocimiento-Compartir Bajo La Misma Licencia 3.0 España de Creative Commons**. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/> o envíe una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.*

Este documento (o uno muy similar) está disponible en <https://cv4.ucm.es/moodle/course/view.php?id=62472>

