

Sistemas Operativos

Práctica 5: Entrada/Salida

Notas preliminares

- Los ejercicios marcados con el símbolo ★ constituyen un subconjunto mínimo de ejercitación. Sin embargo, aconsejamos fuertemente hacer todos los ejercicios.

Parte 1 – Interfaz de E/S

Para todos los ejercicios de esta sección que requieran escribir código deberá utilizarse la API descripta en la parte final de esta práctica.

Ejercicio 1 ★

¿Cuáles de las siguientes opciones describen el concepto de *driver*? Seleccione las correctas y justifique.

- a) Es una pieza de *software*.
- b) Es una pieza de *hardware*.
- c) Es parte del SO.
- d) Dado que el usuario puede cambiarlo, es una aplicación de usuario.
- e) Es un gestor de interrupciones.
- f) Tiene conocimiento del dispositivo que controla pero no del SO en el que corre.
- g) Tiene conocimiento del SO en el que corre y del tipo de dispositivo que controla, pero no de las particularidades del modelo específico.

Ejercicio 2

Un cronómetro posee 2 registros de E/S:

- CHRONO_CURRENT_TIME que permite leer el tiempo medido,
- CHRONO_CTRL que permite ordenar al dispositivo que reinicie el contador.

El cronómetro reinicia su contador escribiendo la constante CHRONO_RESET en el registro de control.

Escribir un *driver* para manejar este cronómetro. Este *driver* debe devolver el tiempo actual cuando invoca la operación `read()`. Si el usuario invoca la operación `write()`, el cronómetro debe reiniciarse.

Ejercicio 3

Una tecla posee un único registro de E/S : BTN_STATUS. Solo el *bit* menos significativo y el segundo *bit* menos significativo son de interés:

- BTN_STATUS₀: vale 0 si la tecla no fue pulsada, 1 si fue pulsada.
- BTN_STATUS₁: escribir 0 en este *bit* para limpiar la memoria de la tecla.

Escribir un *driver* para manejar este dispositivo de E/S. El *driver* debe retornar la constante BTN_PRESSED cuando se presiona la tecla. Usar *busy waiting*.

Ejercicio 4 ★

Reescribir el *driver* del ejercicio anterior para que utilice interrupciones en lugar de *busy waiting*. Para ello, aprovechar que la tecla ha sido conectada a la línea de interrupción número 7.

Para indicar al dispositivo que debe efectuar una nueva interrupción al detectar una nueva pulsación de la tecla, debe guardar la constante `BTN_INT` en el registro de la tecla.

Ayuda: usar semáforos.

Ejercicio 5

Indicar las acciones que debe tomar el administrador de E/S:

- a) cuando se efectúa un *open*.
- b) cuando se efectúa un *write*.

Ejercicio 6

¿Cuál debería ser el nivel de acceso para las *syscalls* IN y OUT? ¿Por qué?

Ejercicio 7 ★

Se desea implementar el *driver* de una controladora de una vieja unidad de discos ópticos que requiere controlar manualmente el motor de la misma. Esta controladora posee 3 registros de lectura y 3 de escritura. Los registros de escritura son:

- `DOR_IO`: enciende (escribiendo 1) o apaga (escribiendo 0) el motor de la unidad.
- `ARM`: número de pista a seleccionar.
- `SEEK_SECTOR`: número de sector a seleccionar dentro de la pista.

Los registros de lectura son:

- `DOR_STATUS`: contiene el valor 0 si el motor está apagado (o en proceso de apagarse), 1 si está encendido. Un valor 1 en este registro no garantiza que la velocidad rotacional del motor sea la suficiente como para realizar exitosamente una operación en el disco.
- `ARM_STATUS`: contiene el valor 0 si el brazo se está moviendo, 1 si se ubica en la pista indicada en el registro `ARM`.
- `DATA_READY`: contiene el valor 1 cuando el dato ya fue enviado.

Además, se cuenta con las siguientes funciones auxiliares (ya implementadas):

- `int cantidad_sectores_por_pista()`: Devuelve la cantidad de sectores por cada pista del disco. El sector 0 es el primer sector de la pista.
- `void escribir_datos(void *src)`: Escribe los datos apuntados por `src` en el último sector seleccionado.
- `void sleep(int ms)`: Espera durante `ms` milisegundos.

Antes de escribir un sector, el *driver* debe asegurarse que el motor se encuentre encendido. Si no lo está, debe encenderlo, y para garantizar que la velocidad rotacional sea suficiente, debe esperar al menos 50 ms antes de realizar cualquier operación. A su vez, para conservar energía, una vez que finalice una operación en el disco, el motor debe ser apagado. El proceso de apagado demora como máximo 200 ms, tiempo antes del cual no es posible comenzar nuevas operaciones.

- a) Implementar la función `write(int sector, void *data)` del *driver*, que escriba los datos apuntados por `data` en el sector en formato LBA indicado por `sector`. Para esta primera implementación, no usar interrupciones.

- b) Modificar la función del inciso anterior utilizando interrupciones. La controladora del disco realiza una interrupción en el IRQ 6 cada vez que los registros ARM_STATUS o DATA_READY toman el valor 1. Además, el sistema ofrece un *timer* que realiza una interrupción en el IRQ 7 una vez cada 50 ms. Para este inciso, no se puede utilizar la función `sleep`.

Ejercicio 8 ★

Se desea escribir un *driver* para la famosa impresora *Headaches Persistent*. El manual del controlador nos dice que para comenzar una impresión, se debe:

- Ingresar en el registro de 32 bits LOC_TEXT_POINTER la dirección de memoria dónde empieza el buffer que contiene el *string* a imprimir.
- Ingresar en el registro de 32 bits LOC_TEXT_SIZE la cantidad de caracteres que se deben leer del buffer.
- Colocar la constante START en el registro LOC_CTRL.

En este momento, si la impresora detecta que no hay suficiente tinta para comenzar, escribirá *rápidamente* el valor LOW_INK en el registro LOC_CTRL y el valor READY en el registro LOC_STATUS. Caso contrario, la impresora comenzará la impresión, escribiendo el valor PRINTING en el registro LOC_CTRL y el valor BUSY en el registro LOC_STATUS. Al terminar, la impresora escribirá el valor FINISHED en el registro LOC_CTRL y el valor READY en el registro LOC_STATUS.

Un problema a tener en cuenta es que, por la mala calidad del *hardware*, éstas impresoras suelen detectar erróneamente bajo nivel de tinta. Sin embargo, el fabricante nos asegura en el manual que “alcanza con probar hasta 5 veces para saber con certeza si hay o no nivel bajo de tinta”.

El controlador soporta además el uso de las interrupciones: HP_LOW_INK_INT, que se lanza cuando la impresora detecta que hay nivel bajo de tinta, y HP_FINISHED_INT, que se lanza al terminar una impresión.

Se pide implementar las funciones `int driver_init()`, `int driver_remove()` y `int driver_write(void* data)` del *driver*. Piense cuidadosamente si conviene utilizar *polling*, *interrupciones* o una mezcla de ambos. Justifique la elección. Además, debe asegurarse de que el código no cause condiciones de carrera. Las impresiones deberán ser bloqueantes. No hace falta que implemente *spooling*.

Ejercicio 9 ★

Explique qué función hace un driver que usa el código que se muestra a continuación. Justifique su respuesta explicando el funcionamiento de las partes principales del código.

```
#define MODULE
#define __KERNEL__
struct file_operations memoria_fops = {
    read: memoria_read,
    write: memoria_write,
    open: memoria_open,
    release: memoria_release };
int memoria_major = 60;
char *memoria_buffer;
int init_module(void) {
    int result;
    result = register_chrdev(memoria_major, "memoria",&memoria_fops);
    if (result < 0) {
        printk("<1>memoria: no puedo obtener numero mayor %d\n",memoria_major);
        return result; }
    memoria_buffer = kmalloc(1, GFP_KERNEL);
    if (!memoria_buffer) {
        result = -ENOMEM;
```

```

        goto fallo; }
memset(memoria_buffer, 0, 1);
printk("<1>Insertando modulo\n");
return 0;
fallo:
    cleanup_module();
    return result;    }

void cleanup_module(void) {
    unregister_chrdev(memoria_major, "memoria");
    if (memoria_buffer) { kfree(memoria_buffer); }
    printk("<1>Quitando modulo\n"); }

int memoria_open(struct inode *inode, struct file *filp) {
    MOD_INC_USE_COUNT;
    return 0; }

int memoria_release(struct inode *inode, struct file *filp) {
    MOD_DEC_USE_COUNT;
    return 0; }

ssize_t memoria_read(struct file *filp, char *buf, size_t count, loff_t *offset) {
    copy_to_user(buf, memoria_buffer, 1);
    if (*offset == 0) {
        *offset += 1;
        return 1; }
    else { return 0; } }

ssize_t memoria_write( struct file *filp, char *buf, size_t count, loff_t *offset) {
    char *tmp;
    tmp = buf + count - 1;
    copy_from_user(memoria_buffer, tmp, 1);
    return 1; }

```

Ayudas:

- La función `memset` de C `*memset(void *str, int c, size_t n)` copia el carácter `c` (un `char` sin signo) a los primeros `n` caracteres de `str`.
- `MOD_INC_USE_COUNT` / `MOD_DEC_USE_COUNT`: Macros usadas para incrementar o decrementar el número de usuarios que están usando el driver en un determinado momento. El SO se encarga de gestionarlas.

Ejercicio 10 ★

Se requiere diseñar un sistema de seguridad compuesto por una cámara, un sensor de movimiento, y un software de control. El requisito principal es que cuando el sensor detecta movimiento, el sistema responda con el encendido de la cámara por una cantidad de tiempo T , si detecta movimiento antes de que termine el tiempo T , la política a seguir es la de esperar un tiempo T desde esta última detección.

1. Proponga un diseño para este sistema de seguridad, donde debe indicar cuántos y qué tipo de registros tendría cada dispositivo, e indicando también para qué se utilizarían. También debe indicar y justificar el tipo de interacción: interrupciones, *polling*, *DMA*, etc. con cada dispositivo. Puede usar uno o más tipos de interacción diferentes para cada dispositivo.
2. Una vez que tenga el diseño, debe escribir los dos *drivers* correspondientes (las operaciones que considere necesarias: `open()`, `write()`, `read()`, etc. para poder cumplir el objetivo planteado. Tenga en cuenta que el software de control correrá a nivel de usuario, y podrá tener interacción con los drivers. No es necesario que escriba las especificaciones del software, pero sí se debe indicar cómo interactuará con los *drivers*. Cada operación usada debe estar justificada.
3. Explique cómo se genera la interacción a nivel del código entre los *drivers* que propuso.

Ejercicio 11 ★

Se requiere diseñar un driver para instalar en un robot transportador de paquetes para un servicio de correos. El mismo está compuesto por: una batería, una pequeña computadora que corre un sistema operativo Linux, un lector de código de barras, un brazo mecánico y un sistema de movimiento.

El modo de funcionamiento es el siguiente: el robot corre un programa de usuario que ejecuta la función `siguiente_paquete()` para obtener un dato del tipo `struct paquete(int x, int y, int codigo)` que representa la localización (x,y) de alguna de las estanterías del depósito, y el código de barras del paquete a transportar. Luego, deberá indicarle al sistema de movimiento que se desplace hasta dicha ubicación. El desplazamiento puede demorar una cantidad de minutos imposible de saber previamente, por lo que el sistema de desplazamiento deberá informar de algún modo cuando haya llegado a la ubicación correcta.

Cada posible ubicación representa una estantería que contiene 10 paquetes. El robot deberá buscar el paquete correcto mediante el siguiente procedimiento. Deberá tomar cada paquete uno por uno, utilizando para ello su brazo mecánico, y leer su código de barras. Si el código no coincide, se deberá volver a dejar el paquete en la estantería, y leer el siguiente paquete. Si el código coincide, se deberá llevar el paquete hacia la posición (0,0) del depósito, en donde se encuentra una cinta de entrega de paquetes. Finalmente, se deberá depositar el paquete en dicha cinta.

Cuando se encuentre frente a una estantería, el brazo mecánico puede extenderse y moverse de forma horizontal y vertical a cada una las 10 posiciones correspondientes de una estantería. Cuando se encuentre frente a la cinta, puede extenderse sobre la cinta. También puede contraerse para acercarse al lector de códigos de barras. En su punta cuenta con una mano que puede tomar y soltar cosas. Asumir que los movimientos del brazo son tan veloces que se pueden considerar instantáneos. El brazo deberá estar contraído para poder ser leído por el lector de códigos de barras.

Tener en cuenta en el diseño que la duración de la batería en el robot se ve seriamente afectada cuando el procesador es usado intensivamente. Asumir que los paquetes se reponen de forma automática en las estanterías (siempre hay 10 paquetes disponibles). Asumir que no existe una estantería en la posición (0,0). Asumir que siempre se va a poder encontrar el paquete buscado.

1. Proponga un diseño, en donde debe indicar cuántos y qué tipo de registros tendría cada dispositivo, e indicando también para qué se utilizarían. También debe indicar y justificar el tipo de interacción con cada dispositivo (*interrupciones, polling, DMA, etc.*). Puede usar uno o más tipos de interacción diferentes para cada dispositivo. Se debe considerar el uso de la batería para justificar las decisiones.
2. Una vez que tenga el diseño, debe escribir los tres *drivers* correspondientes a lector, brazo y sistema de movimiento respectivamente. Escribir con código C todas las operaciones que considere necesarias para poder cumplir el objetivo planteado: `init()`, `load()`, `open()`, `write()`, `read()`, etc. Tenga en cuenta que el software de control correrá a nivel de usuario, y podrá tener interacción con los drivers. Indicar con código C cómo interactuará el software de control con los *drivers*. Cada operación usada debe estar justificada.
3. Explique cómo se genera la interacción a nivel del código entre los *drivers* que propuso.

Ejercicio 12 ★

Se pide diseñar y desarrollar un autito robot seguidor de línea. El vehículo está compuesto por una batería, tres sensores y dos controladores de ruedas, todo montado sobre una placa que contiene una mini computadora que ejecuta un sistema operativo Linux.

Todos los sensores se encuentran ubicados en el frente del auto, uno del lado izquierdo, otro en el medio, y otro del lado derecho. Los sensores se encuentran apuntando hacia el suelo. Por otro lado, los controladores regulan cada uno la velocidad de una de las ruedas (derecha o izquierda), las cuales pueden tener dos velocidades: normal y rápida. Esto significa que el auto nunca se detiene.

Para controlar la trayectoria del autito se utiliza una línea negra sobre una pista blanca. Esta línea es detectada por los sensores cuando se encuentra debajo de alguno de estos. El objetivo es que el vehículo siga siempre la dirección de la línea, es decir, que ésta se encuentre siempre entre los sensores izquierdo y derecho. En caso que la línea sea detectada por alguno de los sensores laterales, se considerará que el auto perdió su curso, por lo cual será necesario actuar rápidamente para evitar que cruce la línea y se salga del camino. Para ello, se utilizarán las ruedas, teniendo en cuenta lo siguiente: si la rueda izquierda gira más rápido que la derecha, entonces el auto girará hacia la derecha. Si la rueda derecha gira más rápido que la izquierda, el auto girará hacia la izquierda. Para evitar que el auto haga zig-zag constantemente de un lado al otro, el curso del auto se considerará equilibrado nuevamente en cuanto la línea se encuentre debajo del sensor del medio y los otros dos sensores se encuentren sobre la pista: en tal caso, ambas ruedas deberán girar a la misma velocidad. Considerar que, al ser un robot portátil, se desea maximizar la duración de la batería minimizando el consumo. Se pide:

1. Proponer un diseño, indicando los registros que tendría cada dispositivo, junto con su utilidad. Indicar y justificar el tipo de interacción que deberá soportar cada dispositivo (interrupciones, polling, etc.). Detallar cuántos drivers deberán ser implementados, qué dispositivo/s manejará cada driver, y qué funciones soportarán los mismos, describiendo su comportamiento en lenguaje natural. Notar que no se exige utilizar un driver distinto por cada dispositivo, sino que cada driver podrá controlar múltiples dispositivos. Explicar en lenguaje natural el funcionamiento de la aplicación de usuario que controlará el auto, y su interacción con los drivers.
2. A partir del diseño del punto anterior, escribir los drivers correspondientes. Para cada driver se deberá implementar en código C las funciones mínimas necesarias para poder satisfacer el objetivo planteado. El código deberá ser sintácticamente válido y respetar las buenas prácticas mencionadas durante las clases. Por simplicidad, siempre que esto no impacte en la solución, se permitirá omitir el chequeo de errores. Todas las decisiones implementativas deberán estar debidamente justificadas.
3. Implementar el software de control en lenguaje C.

Implementar cualquier función o estructura adicional que considere necesaria (tener en cuenta que en el kernel no existe la libe). Se podrán utilizar además las siguientes funciones vistas en la práctica:

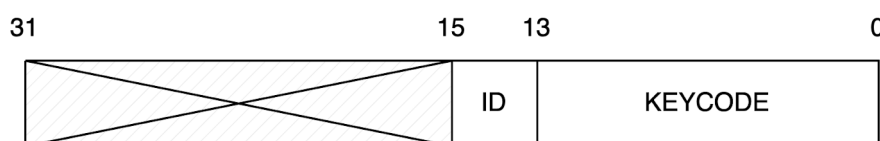
```
unsigned long copy_from_user(char *to, char *from, uint size)
unsigned long copy_to_user(char *to, char *from, uint size)
int IN (int regnum)
void OUT(int regnum, int value)
void *kmalloc(uint size)
void kfree(void *buf)
void request_irq(int irqnum, void *handler)
void free_irq(int irqnum)
void sema_init(semaphore *sem, int value)
void sema_wait(semaphore *sem)
void sema_signal(semaphore *sem)
void mem_map(void *source, void *dest, int size)
void mem_unmap(void *source)
```

Ejercicio 13

Se pide programar el driver para un teclado gamer. Este teclado es muy novedoso, ya que es mucho más grande y tiene muchas más teclas que los teclados normales, y puede ser utilizado al mismo tiempo en hasta tres juegos distintos. Esto permite que hasta tres personas a la vez puedan jugar con el mismo teclado, pero cada quién con su propia aplicación, y sin interferirse entre ellos. Además, el

teclado cuenta con tres visores inteligentes que permiten mostrar información sobre el juego que se esté jugando (por ejemplo, la vida del jugador, o mensajes importantes). También permite activar, desactivar y remapear teclas, y configurar macros, para cada usuario por separado. Además de todas estas impresionantes características, tiene luces de todos los colores posibles (también configurables).

El funcionamiento del controlador del dispositivo es el siguiente: cada vez que el usuario presiona una tecla el teclado levanta la interrupción `IRQ_KEYB` y coloca en el registro `KEYB_REG_DATA` un entero de 32 bits que contiene en sus 14 bits menos significativos el código `KEYCODE` correspondiente a la tecla presionada, y en los 2 bits siguientes un identificador `P`, que vale 0 cuando la tecla debe ser recibida por todas las aplicaciones conectadas, y en caso contrario un número entre 1 y 3 que indica a qué aplicación está destinada esa tecla. Considerar que, al ser una interrupción, esta debe ser atendida en un tiempo acotado, es decir, no debe bloquearse ni quedarse esperando. Se le deberá informar al dispositivo que la tecla pudo ser almacenada escribiendo correctamente escribiendo el valor `READ_OK` en el registro `KEYB_REG_CONTROL`. En caso contrario se le deberá escribir el valor `READ_FAILED`.



Por otro lado, el dispositivo cuenta con tres direcciones de memoria (una por cada aplicación posible) `INPUT_MEM_0`, `INPUT_MEM_1`, `INPUT_MEM_2`, siendo cada una un arreglo de 100 bytes desde los que el dispositivo leerá el input de las aplicaciones. Estas direcciones serán mapeadas a memoria por el driver durante su carga en el Kernel, y se mapearán en el arreglo `input_mem`.

Cuando una aplicación se conecte al teclado, se le deberá informar al mismo escribiéndole el valor `APP_UP` en el registro `KEYB_REG_STATUS`, y el id de la aplicación correspondiente en el registro `KEYB_REG_AUX`. Cuando una aplicación se desconecte se deberá hacer lo mismo pero escribiendo el valor `APP_DOWN`.

El driver deberá ir almacenando los caracteres ASCII correspondientes a las distintas pulsaciones del teclado en un buffer, a la espera de ser leídas por las aplicaciones que se encuentren conectadas. Para ello, se cuenta con una función `keycode2ascii(int keycode)` que traduce los códigos de pulsación en su correspondiente carácter ascii.

Los procesos de usuario que deseen leer el input del teclado deberán hacerlo mediante una operación de `read()` bloqueante. Esta operación sólo puede retornar cuando haya leído la cantidad de bytes solicitados. En caso de haber más de un proceso conectado al dispositivo, cada proceso deberá poder consumir cada carácter leído de forma independiente. Ejemplo: suponer que hay tres procesos conectados, y desde el dispositivo se presionaron las teclas correspondientes a "sistemas", en todos los casos con el identificador `P=0`. En tal caso si `p0` hace un `read` de 2 bytes, obtendrá "si", si `p1` luego hace un `read` de 5 bytes, obtendrá "siste", si luego `p0` hace un `read` de 1 byte obtendrá "s", y si luego `p2` hace un `read` de 8 bytes obtendrá "sistemas".

Además, los procesos conectados al teclado podrán utilizar la función `write()` para informarle al teclado el estado del jugador, comandar los colores del teclado, reconfigurar teclas, y varias otras funciones que provee el dispositivo.

Se cuenta con el siguiente código:

```
char input_mem[3][100];
char buffer_lectura[3][1000];
atomic_int buffer_start[3];
atomic_int buffer_end[3];
boolean procesos_activos[3];

void driver_load() {
```



```

    // Se corre al cargar el driver al kernel.
}

void driver_unload() {
    // Se corre al eliminar el driver del kernel.
}

int driver_open() {
    // Debe conectar un proceso, asignandole un ID y retornandolo,
    // o retornando -1 en caso de falla.
}

void driver_close(int id) {
    // Debe desconectar un proceso dado por parametro.
}

int driver_read(int id, char* buffer, int length) {
    // Debe leer los bytes solicitados por el proceso ''id''
}

int driver_write(char* input, int size, int proceso) {
    copy_from_user(input_mem[proceso], input, size);
    return size;
}

```

a) Implementar las funciones `driver_load`, `driver_unload`, `driver_open`, `driver_close` y `driver_read`. Implementar cualquier función o estructura adicional que considere necesaria (tener en cuenta que en el kernel no existe la *libc*). Se podrán utilizar las siguientes funciones vistas en la práctica:

```

unsigned long copy_from_user(char* to, char* from, uint size)
unsigned long copy_to_user(char* to, char* from, uint size)
void* kmalloc(uint size)
void kfree(void* buf)
void request_irq(int irqnum, void* handler)
void free_irq(int irqnum)
void sema_init(semaphore* sem, int value)
void sema_wait(semaphore* sem)
void sema_signal(semaphore* sem)
int IN(int regnum)
void OUT(int regnum, int value)
void mem_map(void* source, void* dest, int size)
void mem_unmap(void* source)

```

Para resolver la función `driver_read` es posible implementar una cola circular del modo descrito a continuación. Las variables `buffer_start[i]` y `buffer_end[i]` indican el inicio y el final del *buffer*. Al hacer una lectura, la variable `start` crece. Al hacer una escritura, la variable `end` crece. Si la variable `end` llega al final del *buffer*, debe comenzar por el principio, siempre teniendo cuidado de no pisarse con `start`. Si vale que `end+1` es igual a `start`, entonces se considera que el *buffer* está lleno. Para facilitar esta implementación, se cuenta con las funciones, que son todas atómicas:

- `int get_buffer_length(int i)`: dado un número de *buffer* devuelve la cantidad de caracteres ocupados en el mismo.

- `boolean write_to_buffer(int i, char src)`: intenta escribir un caracter en el *buffer* correspondiente, y retorna un booleano indicando si la escritura se pudo realizar.
- `boolean write_to_all_buffers(char src)`: intenta escribir un caracter en todos los *buffers*, y retorna un booleano indicando si la escritura se pudo realizar.
- `void copy_from_buffer(int i, char* dst, int size)`: lee la cantidad de caracteres indicada desde el *buffer* correspondiente, y los copia en un segundo *buffer* pasado como parámetro. Tener en cuenta que esta función no realiza ningún tipo de chequeo sobre los *buffers*, sino que simplemente copia.

Importante: El código entregado en este ejercicio debe ser correcto y no debe presentar fallas de seguridad ni de concurrencia.

b) Un jugador malicioso ha comprado este teclado recientemente y le ha contratado para realizar una auditoría del driver en busca de vulnerabilidades. Su objetivo es invitar a sus amigos para jugar un torneo de su juego *open source* favorito, utilizando para ello su nuevo teclado, de forma tal de poder lograr que al tocar la tecla que se encuentra a la izquierda del **1**, en el resto de los jugadores se generen pulsaciones aleatorias que descontrolen momentáneamente a sus personajes para así poder ganarles. Para ello, le solicita programar una versión modificada del juego que le permita tener esta ventaja. Considerar que el jugador malicioso no debe resultar afectado por estas pulsaciones aleatorias. Explicar si es posible realizar dicha modificación, y en caso afirmativo brindar una explicación precisa de la misma. Considerar que este jugador siempre jugará desde la posición **0**.

Parte 2 – API para escritura de drivers

Un SO provee la siguiente API para operar con un dispositivo de E/S. Todas las operaciones retornan la constante `IO_OK` si fueron exitosas o la constante `IO_ERROR` si ocurrió algún error.

<code>int open(int device_id)</code>	Abre el dispositivo.
<code>int close(int device_id)</code>	Cierra el dispositivo.
<code>int read(int device_id, int *data)</code>	Lee el dispositivo <code>device_id</code> .
<code>int write(int device_id, int *data)</code>	Escribe el valor en el dispositivo <code>device_id</code> .

Para ser cargado como un *driver* válido por el sistema operativo, el *driver* debe implementar los siguientes procedimientos:

Función	Invocación
<code>int driver_init()</code>	Durante la carga del SO.
<code>int driver_open()</code>	Al solicitarse un <i>open</i> .
<code>int driver_close()</code>	Al solicitarse un <i>close</i> .
<code>int driver_read(int *data)</code>	Al solicitarse un <i>read</i> .
<code>int driver_write(int *data)</code>	Al solicitarse un <i>write</i> .
<code>int driver_remove()</code>	Durante la descarga del SO.

Para la programación de un *driver*, se dispone de las siguientes *syscalls*:

<code>void OUT(int IO_address, int data)</code>	Escribe <code>data</code> en el registro de E/S.
<code>int IN(int IO_address)</code>	Devuelve el valor almacenado en el registro de E/S.
<code>int request_irq(int irq, void *handler)</code>	Permite asociar el procedimiento <code>handler</code> a la interrupción <code>IRQ</code> . Devuelve <code>IRQ_ERROR</code> si ya está asociada a otro <i>handler</i> .
<code>int free_irq(int irq)</code>	Libera la interrupción <code>IRQ</code> del procedimiento asociado.