

# Entrada/Salida - *Drivers*

Sistemas Operativos  
DC - FCEN - UBA

08 de mayo de 2025

# Categorías de dispositivos de E/S

- Dispositivos por bloque (*block devices*).
- Dispositivos por carácter (*character devices*).

*Drivers* Módulos de software que pueden ser añadidos al SO para manejar los dispositivos de E/S.

*Controllers* Componente mecánico y/o electrónico que trabaja como una interfaz entre un dispositivo y el driver.

# Drivers y Controllers

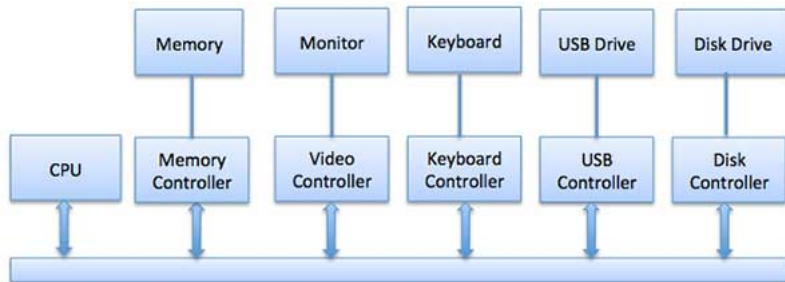


Figure: Controladores de hardware (*Controllers*)

# E/S Asíncrona vs síncrona

**Síncrona** La ejecución de la CPU que solicita la E/S, espera por su culminación.

**Asíncrona** Cada E/S procede concurrentemente con la ejecución del CPU que la solicita.

# Polling vs Interrupciones

- Vías para detectar la llegada de cualquier tipo de entrada.
- Las dos técnicas le permiten a la CPU atender los eventos que suceden en cualquier momento, y que no están relacionados a los procesos en ejecución.
- Polling:
  - Más simple.
  - Revisión periódica del estatus del dispositivo.
  - Utiliza un registro de estatus.
- Interrupciones:
  - El *controller* coloca una señal en el bus, cuando necesita atención de la CPU.
  - Utiliza los *handlers* o rutinas de software para manejar cada tipo de interrupción.

- **Bibliotecas a nivel de usuario:** Ejemplo, **stdio** del lenguaje C y C++.
- **Módulos de nivel del Kernel:** Son los drivers.
- **Hardware:** Por ejemplo, los *firmware*.

# Software para E/S

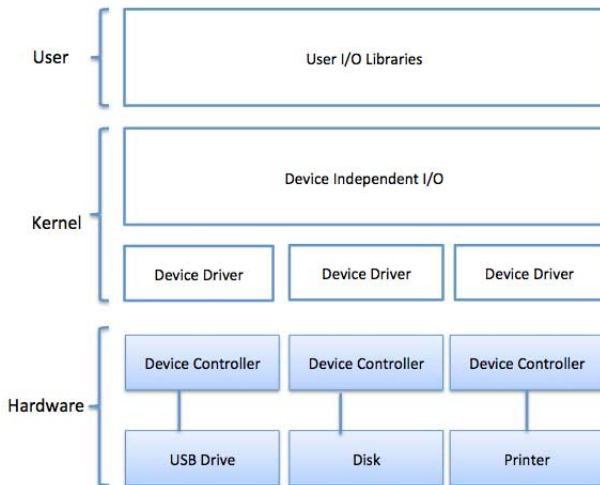


Figure: Software para E/S



- Acepta solicitudes del software independiente del dispositivo, que a su vez, las recibe del nivel de usuario.
- Interactúa con el *controller* para recibir o enviar una E/S.
- Maneja los errores respectivos.
- Se asegura que la solicitud se ejecute exitosamente.

# Handlers de interrupciones

- Conocidas como rutinas de servicios de interrupciones o **ISR** (por su siglas en inglés).
- Específicamente se les denomina *callback functions*.
- Se alojan en el *driver*.
- Se ordenan numéricamente, a lo que se le denomina direcciones.

# Software de E/S independiente del dispositivo

- Hace que la interacción con los distintos drivers sea uniforme.
- Utiliza un nombramiento de dispositivos: nombres mnemotécnicos mapeados números de dispositivos denominados Major y Minor.
- Protección de dispositivos.
- Permite configurar el tamaño de bloque.
- Servicio de *buffering*.
- Reserva el almacenamiento en lo *block devices*.
- Reserva y libera dispositivos dedicados.
- Reporte de errores.

- Interfaz simplificada.
- Consiste en procedimientos/funciones alojados en bibliotecas.
- Están en el espacio de usuario (**stdio**).

- Scheduling.
- Buffering.
- Caching.
- Spooling.
  - Un *pool* es un buffer que mantiene los datos enviados a un dispositivo.
  - No acepta envíos intercalados, solo solicitudes completas.
  - Típicamente usado para el servicio de impresión.
  - Mantiene una cola de archivos enviados. Se atienden uno a la vez.
- Manejo de errores.

# El bot y la caja

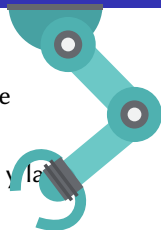
Una pequeña empresa de logística acaba de adquirir un **ROBOT** que permite localizar y obtener cajas en su depósito.



# El bot y la caja

Una pequeña empresa de logística acaba de adquirir un **ROBOT** que permite localizar y obtener cajas en su depósito.

Cuando se le ingresa un código en el registro de 32 bits LOC\_TARGET y la constante START en el registro LOC\_CTRL, el robot comienza la operación de búsqueda, escribiendo el valor BUSY en el registro LOC\_STATUS.

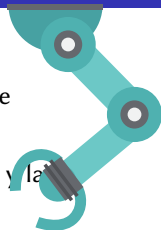


# El bot y la caja

Una pequeña empresa de logística acaba de adquirir un **ROBOT** que permite localizar y obtener cajas en su depósito.

Cuando se le ingresa un código en el registro de 32 bits LOC\_TARGET y la constante START en el registro LOC\_CTRL, el robot comienza la operación de búsqueda, escribiendo el valor BUSY en el registro LOC\_STATUS.

Al encontrar la caja, la deposita en la bandeja de salida, escribe el valor JOYA en el registro LOC\_CTRL y el valor READY en el registro LOC\_STATUS.





# El bot y la caja

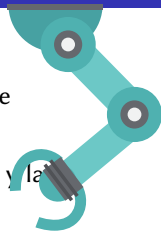
Una pequeña empresa de logística acaba de adquirir un **ROBOT** que permite localizar y obtener cajas en su depósito.

Cuando se le ingresa un código en el registro de 32 bits LOC\_TARGET y la constante START en el registro LOC\_CTRL, el robot comienza la operación de búsqueda, escribiendo el valor BUSY en el registro LOC\_STATUS.

Al encontrar la caja, la deposita en la bandeja de salida, escribe el valor JOYA en el registro LOC\_CTRL y el valor READY en el registro LOC\_STATUS.



Si no puede encontrar la caja, escribe el valor BAJON en el registro LOC\_CTRL y el valor READY en el registro LOC\_STATUS.



# El bot y la caja

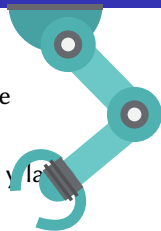
Una pequeña empresa de logística acaba de adquirir un **ROBOT** que permite localizar y obtener cajas en su depósito.

Cuando se le ingresa un código en el registro de 32 bits LOC\_TARGET y la constante START en el registro LOC\_CTRL, el robot comienza la operación de búsqueda, escribiendo el valor BUSY en el registro LOC\_STATUS.

Al encontrar la caja, la deposita en la bandeja de salida, escribe el valor JOYA en el registro LOC\_CTRL y el valor READY en el registro LOC\_STATUS.

Si no puede encontrar la caja, escribe el valor BAJON en el registro LOC\_CTRL y el valor READY en el registro LOC\_STATUS.

En todos los casos el contenido de LOC\_TARGET se mantiene hasta tanto se vuelva a escribir otro valor.



# El bot y la caja

El robot vino con el siguiente **SOFTWARE**:

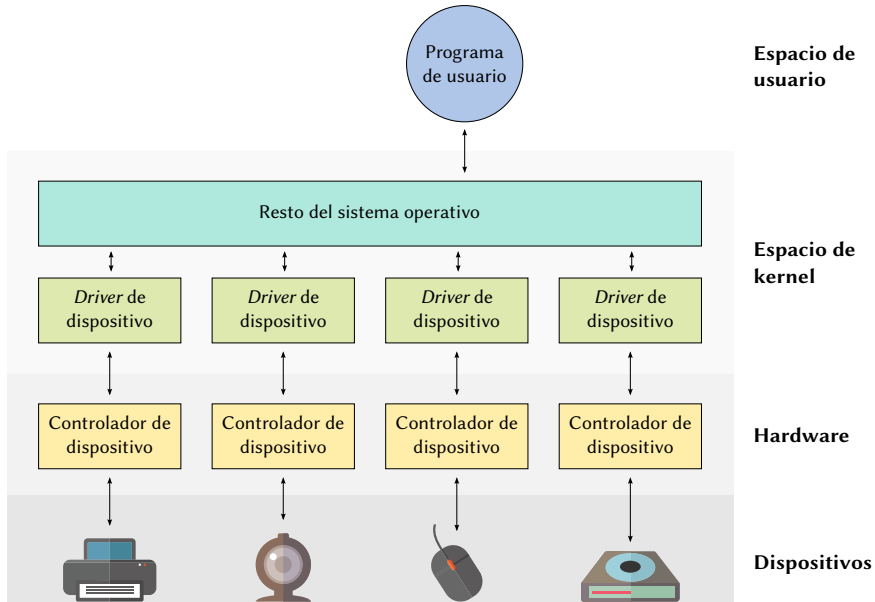
```
int main (int argc, char *argv[]) {
    int robot = open("/dev/chinbot", "w");
    int codigo;
    int resultado;
    while (1) {
        printf("Ingrese el código de la caja\n");
        scanf ("%d", &codigo);
        resultado = write(robot, codigo);
        if (resultado == 1) {
            printf("Su orden ha llegado\n");
        } else {
            printf("No podemos encontrar su caja %d\n", codigo);
        }
    }
}
```

Desafortunadamente, el **DRIVER** que vino con el robot parece no ser compatible con el **SISTEMA OPERATIVO** que utiliza la empresa. Al intentar comunicarse con los fabricantes para obtener soporte, la respuesta que obtuvieron fue “谢谢。很快回来.”. Por lo tanto, han decidido recurrir a nuestra ayuda.

Desafortunadamente, el **DRIVER** que vino con el robot parece no ser compatible con el **SISTEMA OPERATIVO** que utiliza la empresa. Al intentar comunicarse con los fabricantes para obtener soporte, la respuesta que obtuvieron fue “谢谢。很快回来.”. Por lo tanto, han decidido recurrir a nuestra ayuda.

- Identificar en el siguiente diagrama los elementos resaltados del enunciado.

# El SO y los dispositivos de E/S



# Pensando nuestro primer driver

- ¿Cuándo el código de usuario que vino con el robot necesita hacer uso del *driver* del dispositivo?

# Pensando nuestro primer driver

```
int main (int argc, char *argv[]) {
    int robot = open("/dev/chinbot", "w");
    int codigo;
    int resultado;
    while (1) {
        printf("Ingrese el código de la caja\n");
        scanf ("%d", &codigo);
        resultado = write(robot, codigo);
        if (resultado == 1) {
            printf("Su orden ha llegado\n");
        } else {
            printf("No podemos encontrar su caja %d\n", codigo);
        }
    }
}
```



# Pensando nuestro primer driver

```
int main (int argc, char *argv[]) {
    int robot = open("/dev/chinbot", "w"); // open device
    int codigo;
    int resultado;
    while (1) {
        printf("Ingrese el código de la caja\n");
        scanf ("%d", &codigo);
        resultado = write(robot, codigo); // write on device
        if (resultado == 1) {
            printf("Su orden ha llegado\n");
        } else {
            printf("No podemos encontrar su caja %d\n", codigo);
        }
    }
}
```

# Pensando nuestro primer driver

- ¿Cuándo el código de usuario que vino con el robot necesita hacer uso del *driver* del dispositivo?

# Pensando nuestro primer driver

- ¿Cuándo el código de usuario que vino con el robot necesita hacer uso del *driver* del dispositivo?
- ¿Qué funciones debería proveer el *driver* que programemos?

# La API de un Driver

Un *driver* debe implementar los siguientes procedimientos para ser cargado por el sistema operativo.

- `int driver_init()`  
Invocada durante la carga del SO.
- `int driver_open()`  
Invocada al solicitarse un *open*.
- `int driver_close()`  
Invocada al solicitarse un *close*.
- `int driver_read(int *data)`  
Invocada al solicitarse un *read*.
- `int driver_write(int *data)`  
Invocada al solicitarse un *write*.
- `int driver_remove()`  
Invocada durante la descarga del SO.

# Funciones del kernel para drivers

Además para la programación de un *driver*, se dispone de las siguientes *syscalls* (listado NO exhaustivo...):

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

# Pensando nuestro primer driver

- ¿Cuándo el código de usuario que vino con el robot necesita hacer uso del *driver* del dispositivo?
- ¿Qué funciones debería proveer el *driver* que programemos?
- Pensar, a grandes rasgos, cómo podríamos implementar la función `int driver_write(void* data)` del *driver*.

# Pensando nuestro primer driver

```
int driver_write(void* data) {  
  
    OUT(LOC_TARGET, *data);  
    OUT(LOC_CTRL, START);  
  
    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {}  
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {}  
  
    resultado = IN(LOC_CTRL);  
    if (resultado == JOYA)  
        return 1;  
    else if (resultado == BAJON)  
        return 0;  
    return -1;  
}
```

# Pensando nuestro primer driver

```
int driver_write(void* data) {  
  
    OUT(LOC_TARGET, *data);  
    OUT(LOC_CTRL, START);  
  
    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {}  
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {}  
  
    resultado = IN(LOC_CTRL);  
    if (resultado == JOYA)  
        return 1;  
    else if (resultado == BAJON)  
        return 0;  
    return -1;  
}
```

- ¿Este código funciona bien?



# Ojo con los punteros que nos pasa el usuario

```
int driver_write(void* data) {  
    // Copio los datos que me pasa usuario  
    int codigo;  
    copy_from_user(&codigo, data, sizeof(int));  
  
    OUT(LOC_TARGET, codigo);  
    OUT(LOC_CTRL, START);  
  
    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {}  
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {}  
  
    resultado = IN(LOC_CTRL);  
    if (resultado == JOYA)  
        return 1;  
    else if (resultado == BAJON)  
        return 0;  
    return -1;  
}
```

# Ojo con los punteros que nos pasa el usuario

```
int driver_write(void* data) {  
    // Copio los datos que me pasa usuario  
    int codigo;  
    copy_from_user(&codigo, data, sizeof(int));  
  
    OUT(LOC_TARGET, codigo);  
    OUT(LOC_CTRL, START);  
  
    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {}  
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {}  
  
    resultado = IN(LOC_CTRL);  
    if (resultado == JOYA)  
        return 1;  
    else if (resultado == BAJON)  
        return 0;  
    return -1;  
}
```

- ¿Ahora sí?

# Ay, la concurrencia...

```
int driver_write(void* data) {
    int codigo;
    copy_from_user(&codigo, data, sizeof(int));

    mutex.lock(); // Inicia sección crítica
    OUT(LOC_TARGET, codigo);
    OUT(LOC_CTRL, START);

    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {}
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {}

    resultado = IN(LOC_CTRL);
    mutex.unlock(); // Fin sección crítica

    if (resultado == JOYA)
        return 1;
    else if (resultado == BAJON)
        return 0;
    return -1;
}
```

# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.

# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.
- Esto significa que puede acceder a sus datos.

# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.
- Esto significa que puede acceder a sus datos.
- ¡Cuidado con los punteros que nos pasa el usuario!  
(`copy_from_user()`, `copy_to_user()`).

# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.
- Esto significa que puede acceder a sus datos.
- ¡Cuidado con los punteros que nos pasa el usuario!  
(`copy_from_user()`, `copy_to_user()`).
- Muchos procesos pueden querer ejecutar el *driver* a la vez. El resultado: horribles *race conditions*.

# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.
- Esto significa que puede acceder a sus datos.
- ¡Cuidado con los punteros que nos pasa el usuario!  
(`copy_from_user()`, `copy_to_user()`).
- Muchos procesos pueden querer ejecutar el *driver* a la vez. El resultado: horribles *race conditions*.
- ¿Cuándo inicializamos las primitivas de sincronización? ¿Y las estructuras de datos que pueda necesitar el *driver*?



# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.
- Esto significa que puede acceder a sus datos.
- ¡Cuidado con los punteros que nos pasa el usuario!  
(`copy_from_user()`, `copy_to_user()`).
- Muchos procesos pueden querer ejecutar el *driver* a la vez. El resultado: horribles *race conditions*.
- ¿Cuándo inicializamos las primitivas de sincronización? ¿Y las estructuras de datos que pueda necesitar el *driver*? Respuesta: al cargar el *driver* en el *kernel* (`driver_init()`).

# Cosas para tener en cuenta

- Un *driver* corre dentro del contexto de un proceso.
- Esto significa que puede acceder a sus datos.
- ¡Cuidado con los punteros que nos pasa el usuario!  
(`copy_from_user()`, `copy_to_user()`).
- Muchos procesos pueden querer ejecutar el *driver* a la vez. El resultado: horribles *race conditions*.
- ¿Cuándo inicializamos las primitivas de sincronización? ¿Y las estructuras de datos que pueda necesitar el *driver*? Respuesta: al cargar el *driver* en el *kernel* (`driver_init()`).
- Un *driver* no se *linkea* contra bibliotecas, así que solo se pueden usar funciones que sean parte del *kernel*.

- ¿Que **método de acceso** emplea nuestro *driver*?

# Métodos de acceso

```
int driver_write(void* data) {  
    int codigo;  
    copy_from_user(&codigo, data, sizeof(int));  
  
    mutex.lock();  
    OUT(LOC_TARGET, codigo);  
    OUT(LOC_CTRL, START);  
  
    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {}  
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {}  
  
    resultado = IN(LOC_CTRL);  
    mutex.unlock();  
  
    if (resultado == JOYA)  
        return 1;  
    else if (resultado == BAJON)  
        return 0;  
    return -1;  
}
```

# Métodos de acceso

```
int driver_write(void* data) {
    int codigo;
    copy_from_user(&codigo, data, sizeof(int));

    mutex.lock();
    OUT(LOC_TARGET, codigo);
    OUT(LOC_CTRL, START);

    while (IN(LOC_STATUS) != BUSY) {} // Polling
    while (IN(LOC_STATUS) != READY) {} // Polling

    resultado = IN(LOC_CTRL);
    mutex.unlock();

    if (resultado == JOYA)
        return 1;
    else if (resultado == BAJON)
        return 0;
    return -1;
}
```

- ¿Que **método de acceso** emplea nuestro *driver*?

# Métodos de acceso

- ¿Que **método de acceso** emplea nuestro *driver*?
- Así que ***polling***... ¿Y eso *es bueno o malo*?

- ¿Que **método de acceso** emplea nuestro *driver*?
- Así que ***polling***... ¿Y eso *es bueno o malo*?
- ¿Qué alternativa tenemos? ¿Qué ventajas y desventajas tiene?



- ¿Que **método de acceso** emplea nuestro *driver*?
- Así que ***polling***... ¿Y eso *es bueno o malo*?
- ¿Qué alternativa tenemos? ¿Qué ventajas y desventajas tiene?
- Para poder implementar el *driver* usando **interrupciones**, ¿debería cambiar algo en el *hardware* de nuestro robot?

- ¿Que **método de acceso** emplea nuestro *driver*?
- Así que ***polling***... ¿Y eso es bueno o malo?
- ¿Qué alternativa tenemos? ¿Qué ventajas y desventajas tiene?
- Para poder implementar el *driver* usando **interrupciones**, ¿debería cambiar algo en el *hardware* de nuestro robot?
- Parece que el manual del robot, escrito en un dudoso castellano, contiene la siguiente información:

*“Robot es compatible con el acceso de interrupción.  
Se selecciona este modo, una operación terminada  
CHINBOT\_INT interrupción lanzará.”*

Aprovechando esta información, modificar el código anterior para que utilice interrupciones.

# Interrupciones

```
mutex acceso;
semaforo listo;
bool esperando;

int driver_init() {
    acceso = mutex_create();
    listo = semaforo_create(0);
    esperando = false;
    irq_register(CHINBOT_INT, handler);
}

void handler() {
    if (esperando && IN(LOC_STATUS) == READY) {
        esperando = false;
        listo.signal();
    }
}
```

# Interrupciones

```
int driver_write(void* data) {
    int codigo;
    copy_from_user(&codigo, data, sizeof(int));

    acceso.lock();
    OUT(LOC_TARGET, codigo);
    OUT(LOC_CTRL, START);

    esperando = true;
    listo.wait();

    resultado = IN(LOC_CTRL);
    acceso.unlock();

    if (resultado == JOYA)
        return 1;
    else if (resultado == BAJON)
        return 0;
    return -1;
}
```

# **Momento para preguntas**

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*



## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*
  - *Interrupciones*

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*
  - *Interrupciones*
- API de un *Driver* (`driver_init`, `driver_read`, `driver_write`, ...)

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*
  - *Interrupciones*
- API de un *Driver* (`driver_init`, `driver_read`, `driver_write`, ...)
- Manejo de memoria entre el *Driver* y usuario (`copy_from_user`, `copy_to_user`)

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*
  - *Interrupciones*
- API de un *Driver* (`driver_init`, `driver_read`, `driver_write`, ...)
- Manejo de memoria entre el *Driver* y usuario (`copy_from_user`, `copy_to_user`)
- Cuidado con la concurrencia en el *Driver* (`mutex`, `semaforo`)

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*
  - *Interrupciones*
- API de un *Driver* (`driver_init`, `driver_read`, `driver_write`, ...)
- Manejo de memoria entre el *Driver* y usuario (`copy_from_user`, `copy_to_user`)
- Cuidado con la concurrencia en el *Driver* (`mutex`, `semaforo`)

## Hoy vimos...

- Repaso de E/S, *Drivers*
- Métodos de acceso:
  - *Polling*
  - *Interrupciones*
- API de un *Driver* (`driver_init`, `driver_read`, `driver_write`, ...)
- Manejo de memoria entre el *Driver* y usuario (`copy_from_user`, `copy_to_user`)
- Cuidado con la concurrencia en el *Driver* (`mutex`, `semaforo`)

## Cómo seguimos...

Con esto se puede resolver toda la guía práctica 5.