# Sistemas Operativos I

*"A computer terminal is not an old lump of a television*
*with a typewriter keyboard sitting in front of it.*
*It is an interface connecting body and spirit with the universe*
*and enabling bits of it to be moved around."*

**Douglas Adams**

Rafael Ignacio Zurita <rafa@fi.uncoma.edu.ar>
Depto. Ingeniería de Computadoras
Facultad de Informática - UNCo

**Advertencia:** Estos slides traen ejemplos.

No copiar (ctrl+c) y pegar en un shell o terminal los comandos aquí presentes.

Algunos no funcionarán, porque al copiar y pegar tambien van caracteres "ocultos" (no visibles pero que están en el pdf) que luego interfieren en el shell.

Sucedió en vivo :)

Conviene "escribirlos" manualmente al trabajar.

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Contenido

- Repaso de E/S arquitectura
- Diferentes dispositivos
- Controladores de dispositivos (drivers)
  - Posibilidad 1: una interfaz para cada tipo
  - Posibilidad 2: una abstracción suficiente
- Ejemplo Xinu y Linux

## Dispositivos de E/S diferentes

- Terminales e interfaces serie (ej. UART)
- Teclados
- Mouse
- Camara de video
- Disco rígido
- Placa de sonido
- Pen drive
- Gamepad
- Wifi
- Impresora
- Placa gráfica
- USB
- Dispositivo gigabit ethernet
- Cintas de backup
- GPU
- Timer
- Disco de estado sólido
- Tabletas
- Botones
- Touchscreen

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Dispositivos de E/S diferentes

- Terminales e interfaces serie (ej. UART)
- Teclados
- Mouse
- Camara de video
- Disco rígido
- Placa de sonido
- Pen drive
- Placa gráfica
- USB
- Dispositivo gigabit ethernet
- Cintas de backup
- GPU
- Timer
- Disco de estado sólido

Consultas: ¿Orientado a bloques o a bytes? ¿De entrada o salida? ¿Soporta acceso aleatorio? ¿Puede haber mas de un dispositivo físico del mismo tipo?

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Tasa de transferencia de datos según dispositivo de E/S

| PCI Express Version | Bandwidth * | Bandwidth ǂ | Encoding | Year Released |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 250MB/s | (2 GB/s) | 8b/10b | 2002 |
| 2.0 | 500MB/s | (4 GB/s) | 8b/10b | 2007 |
| 3.0 | 1000MB/s | (~ 8 GB/s) | 128b/130b | 2010 |

*** Per lane, in each direction ǂ Per 8 lanes, in each direction**

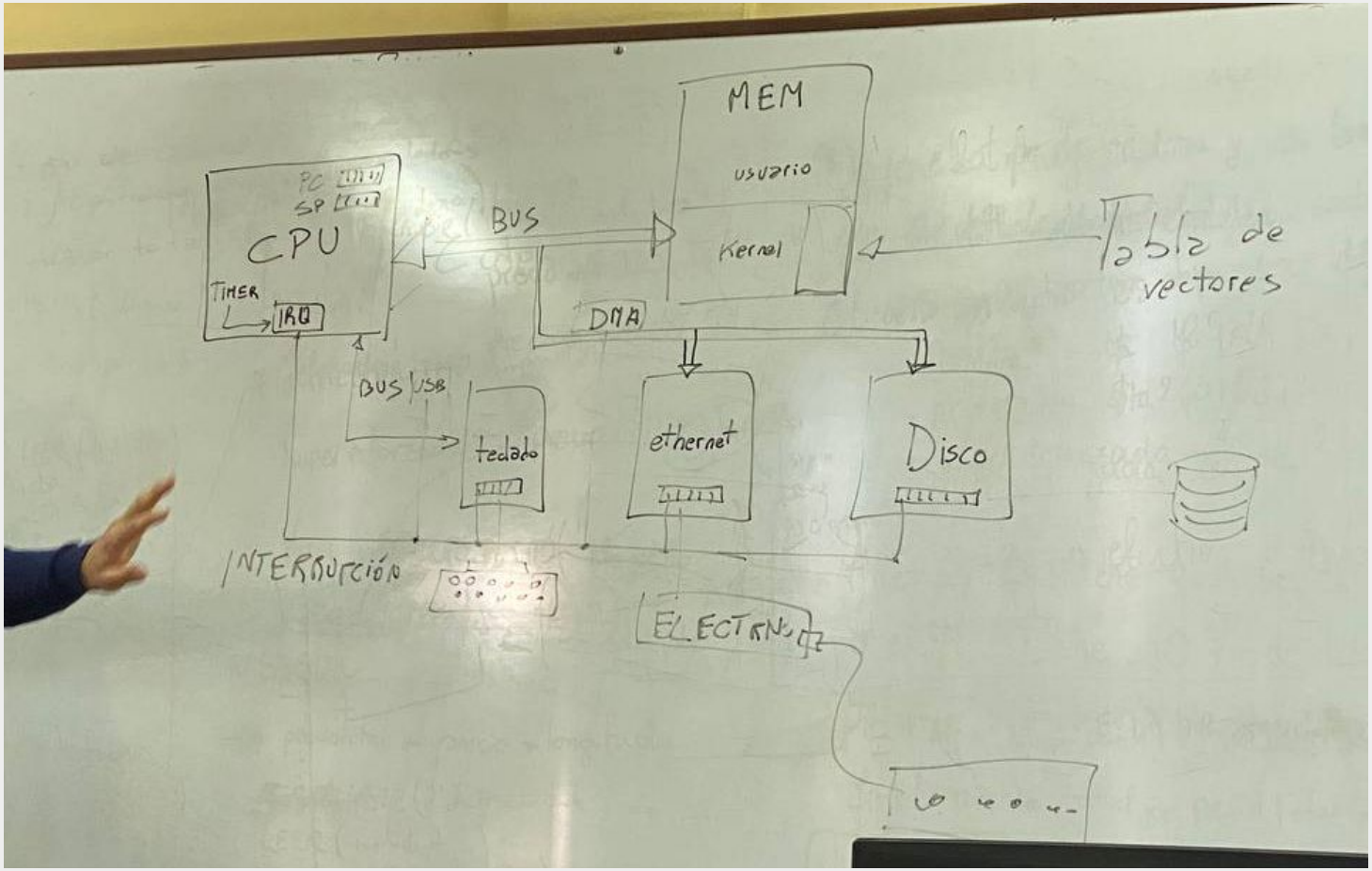
| SATA revision | Bandwidth (Coded) | Bandwidth (Actual) | Year |
|---|---|---|---|
| 1.0 | 1.5 Gbit/s | 1.2 Gbit/s (150MB/s) * | 2003 |
| 2.0 | 3 Gbit/s | 2.4 Gbit/s (300MB/s) * | 2005 |
| 3.0 | 6 Gbit/s | 4.8 Gbit/s (600MB/s) * | 2009 |

* 8b/10b encoding

| Device | Data rate |
|---|---|
| Keyboard | 10 bytes/sec |
| Mouse | 100 bytes/sec |
| 56K modem | 7 KB/sec |
| Scanner at 300 dpi | 1 MB/sec |
| Digital camcorder | 3.5 MB/sec |
| 4x Blu-ray disc | 18 MB/sec |
| 802.11n Wireless | 37.5 MB/sec |
| USB 2.0 | 60 MB/sec |
| FireWire 800 | 100 MB/sec |
| Gigabit Ethernet | 125 MB/sec |
| SATA 3 disk drive | 600 MB/sec |
| USB 3.0 | 625 MB/sec |
| SCSI Ultra 5 bus | 640 MB/sec |
| Single-lane PCIe 3.0 bus | 985 MB/sec |
| Thunderbolt 2 bus | 2.5 GB/sec |
| SONET OC-768 network | 5 GB/sec |

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Visión general en bloques de una computadora



# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Mecanismos de programación de E/S

- programada (polling/consulta)
- interrupciones
- dma

## Modo de acceso a registros de E/S

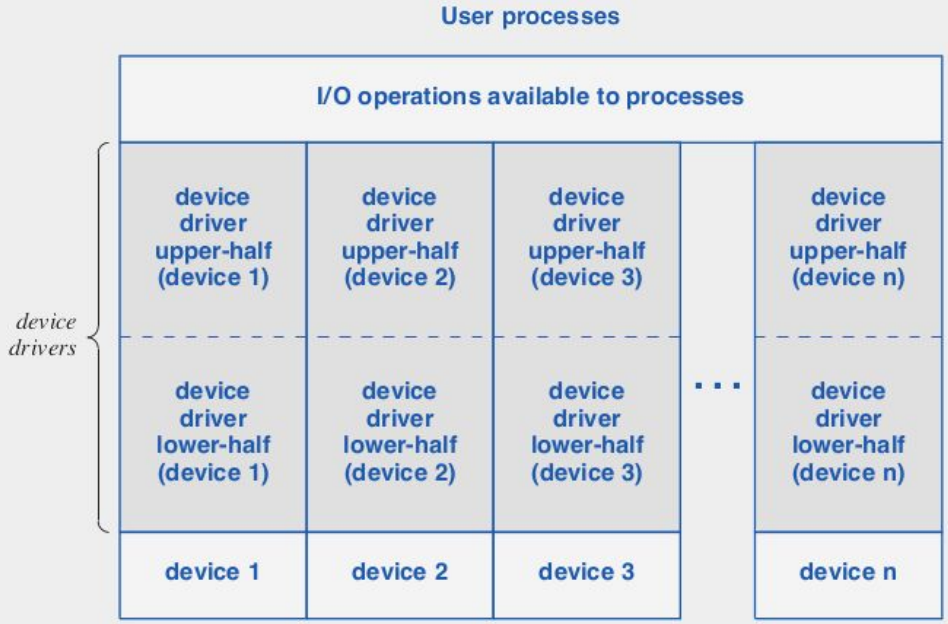
- mapeado en memoria
- aislado (por instrucciones específicas)

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Subsistema de Entrada/Salida (i/o subsystem)

**COMPONENTES**

- **Una interfaz abstracta de operaciones**
- **Un conjunto de dispositivos físicos (hardware)**
- **Un conjunto de controladores de dispositivos (device drivers)**

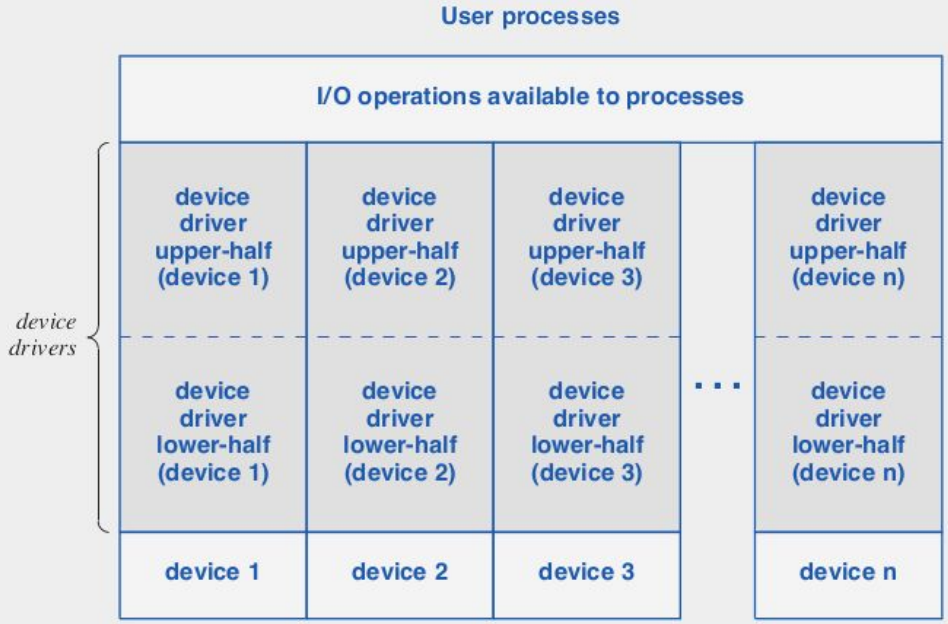


# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Subsistema de Entrada/Salida (i/o subsystem)

**COMPONENTES**

- **Una interfaz abstracta de operaciones**
- **Un conjunto de dispositivos físicos (hardware)**
- **Un conjunto de controladores de dispositivos (device drivers)**

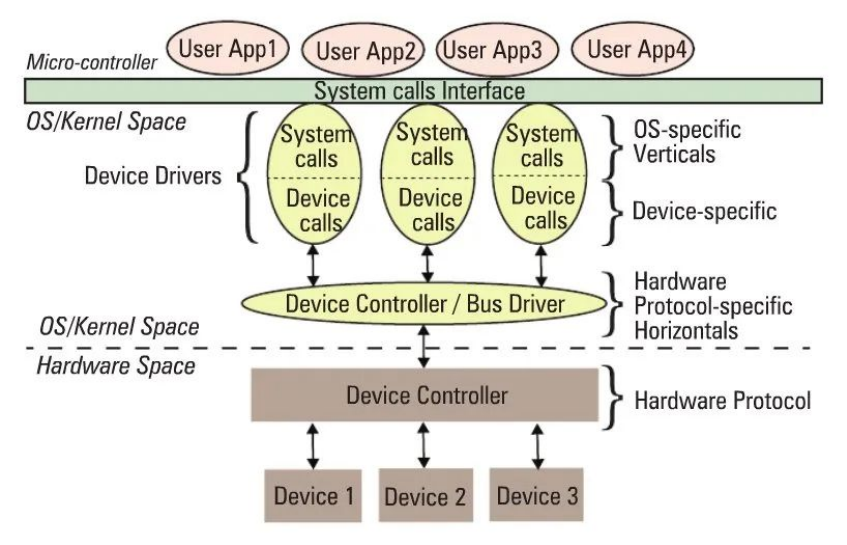



**¿Por qué un Sistema Operativo debe gestionar y controlar los dispositivos de entrada y salida?**

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Controladores de Dispositivos de E/S (DRIVERS)

- Conjunto de funciones que realizan Entrada o Salida (I/O) en un dispositivo.
- Suele contener código específico para manejar el dispositivo.
- Incluye funciones para leer o recibir datos, controlar el dispositivo, y manejar las interrupciones.
- El código se divide conceptualmente en dos partes:

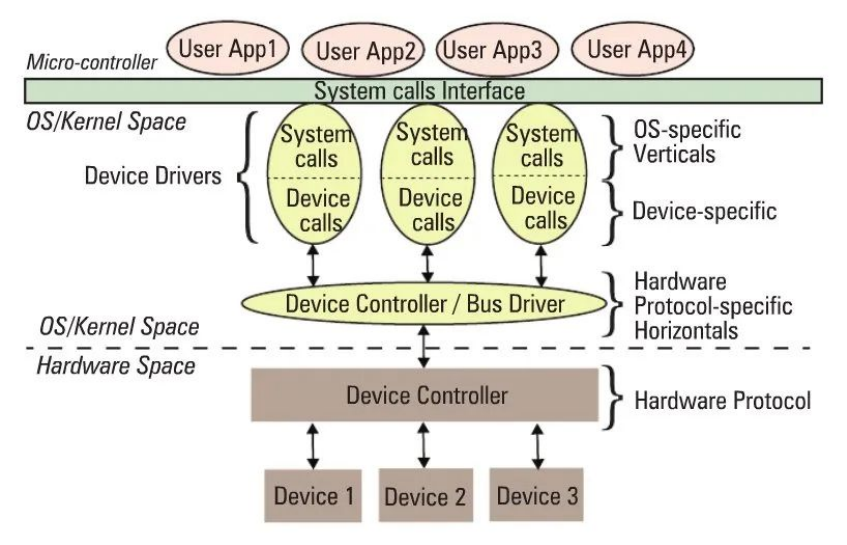



**Upper half : limitada interacción con el hw (buffer)**
**Lower half: limitada interacción con la aplicación (buffer)**

# Controladores de Dispositivos de E/S (DRIVERS)

- Los procesos podrían llegar a ser bloqueados
  (depende de la implementación)
  - para enviar (esperar a dispositivo LISTO)
  - para recibir

- ¿Cómo coordinar procesos y drivers?




**Upper half : limitada interacción con el hw (buffer)**
**Lower half: limitada interacción con la aplicación (buffer)**

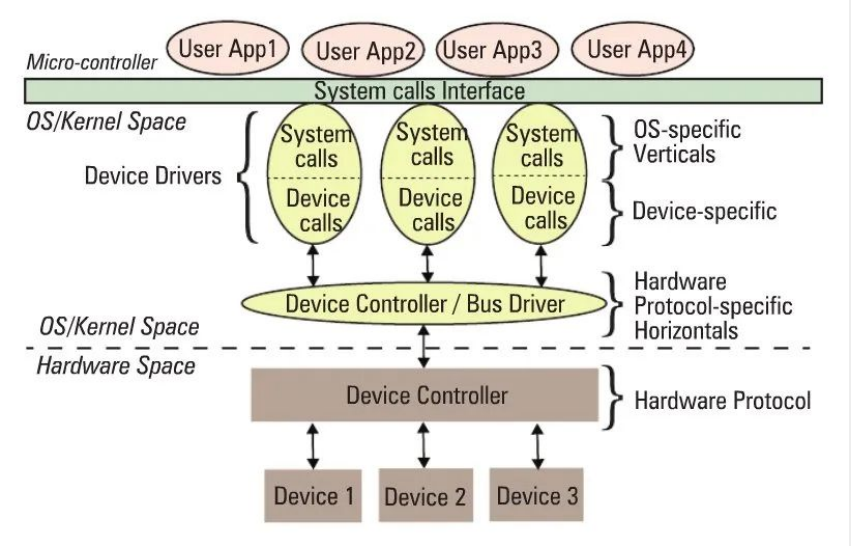
# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Controladores de Dispositivos de E/S (DRIVERS)

- Los procesos podrían llegar a ser bloqueados
  (depende de la implementación)
  - para enviar (esperar a dispositivo LISTO)
  - para recibir

- ¿Cómo coordinar procesos y drivers?
  (lower-half con upper-half)

  Utilizando mecanismos estándar del OS
  - semáforos
  - pasaje de mensajes
  - resume/suspend




Upper half : limitada interacción con el hw (buffer)
Lower half: limitada interacción con la aplicación (buffer) Cuidado: esta sección no puede bloquearse

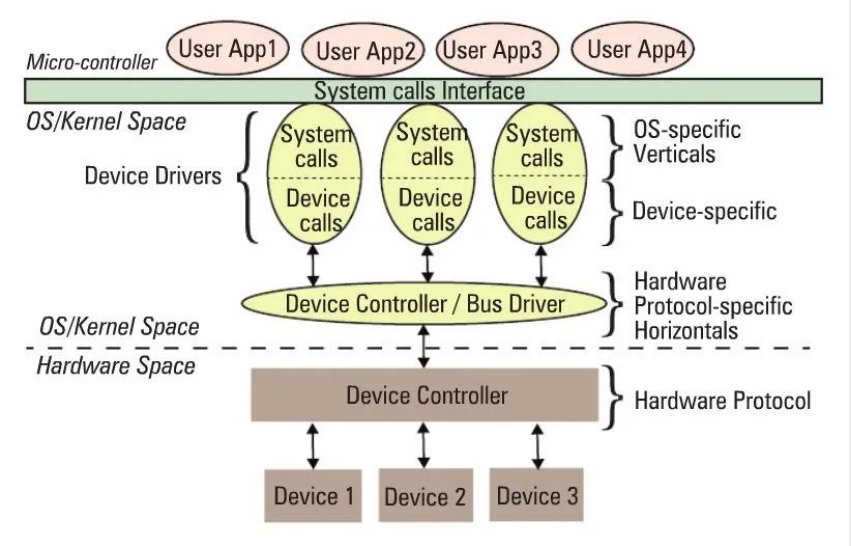
# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Controladores de Dispositivos de E/S (DRIVERS)

- Los procesos podrían llegar a ser bloqueados
  (depende de la implementación)
  - para enviar (esperar a dispositivo LISTO)
  - para recibir (esperar por una entrada)

- ¿Cómo coordinar procesos y drivers?
  (lower-half con upper-half)

  Utilizando mecanismos estándar del OS
  - semáforos (Xinu)
  - pasaje de mensajes
  - resume/suspend



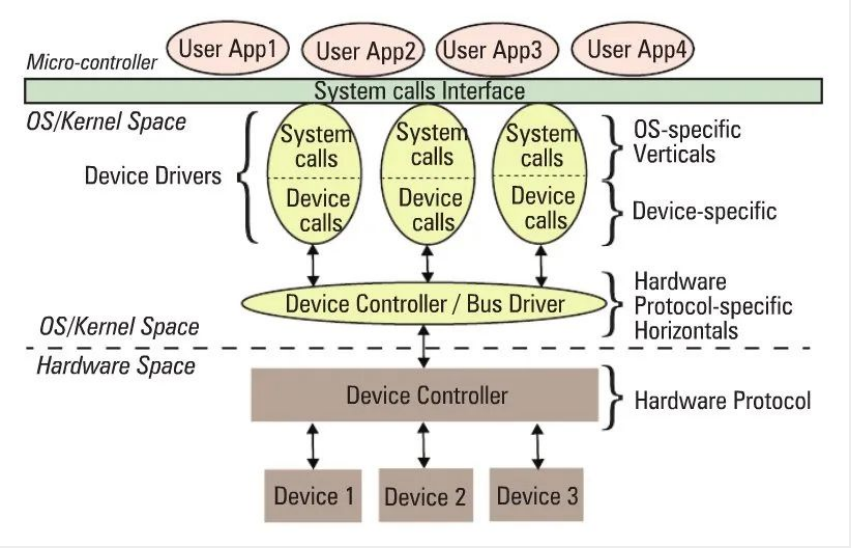

Upper half : limitada interacción con el hw (buffer)
Lower half: limitada interacción con la aplicación (buffer) Cuidado: esta sección no puede bloquearse

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Controladores de Dispositivos de E/S (DRIVERS):

- Los procesos podrían llegar a ser bloqueados
  (depende de la implementación)
  - para enviar (esperar a dispositivo LISTO)
  - para recibir

  Utilizando mecanismos estándar del OS
  - semáforos (Xinu)
  - pasaje de mensajes
  - resume/suspend




read() : aplicación realiza un wait()
write(): aplicación realiza un wait() (Trick: el semáforo se interpreta como “espacio disponible”)

Lower half: limitada interacción con la aplicación (buffer) Cuidado: esta sección no puede bloquearse

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

**Diseño e implementación de un driver para un dispositivo de E/S**

1. Conocer las direcciones de los registros de hardware
2. Programar E/S básica para conocer su funcionamiento
3. Desarrollar una rutina de inicialización
4. Desarrollar una rutina de atención de interrupciones
5. Desarrollar conjunto de rutinas útiles:

    - cada driver con funciones específicas (ej. OS embebidos)
    - utilizar un paradigma general

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Diseño e implementación de un driver para un dispositivo de E/S

Desarrollar conjunto de rutinas (interface / system calls)

- cada driver con funciones específicas (ej. OS embebidos)
- utilizar un paradigma general

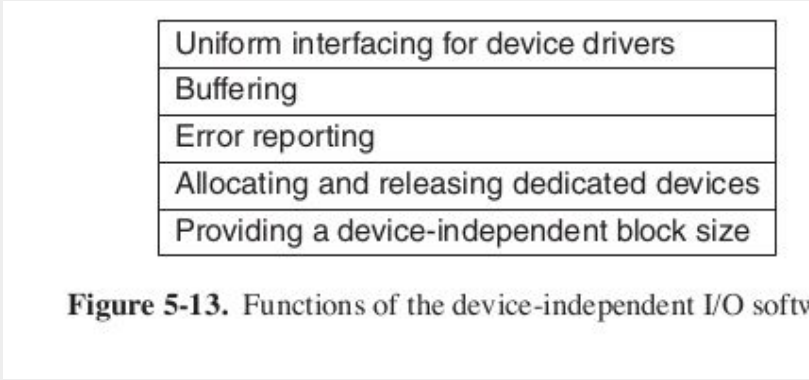
| Device | I/O paradigm |
|---|---|
| hard drive | move to a position and transfer a block of data |
| keyboard | accept individual characters as entered |
| printer | transfer an entire document to be printed |
| audio output | transfer a continuous stream of encoded audio |
| wireless network | send or receive a single network packet |

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Diseño e implementación de un driver para un dispositivo de E/S

- Ej: En UNIX Los dispositivos se acceden mediante el sistema de archivos (ej. /dev/video0)
- Un conjunto general de funciones/syscalls (paradigma open, read, write, close)
- Oculta los detalles del hardware y presenta una interfaz de alto nivel

**open()**
**read()**
**write()**
**close()**
**seek()**
**ioctl()** **(en Xinu control())**
**init()**



| Uniform interfacing for device drivers |
|---|
| Buffering |
| Error reporting |
| Allocating and releasing dedicated devices |
| Providing a device-independent block size |

**Figure 5-13.** Functions of the device-independent I/O softw

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Diseño e implementación de un driver para un dispositivo de E/S

### Driver con Dos secciones : upper-half y lower-half

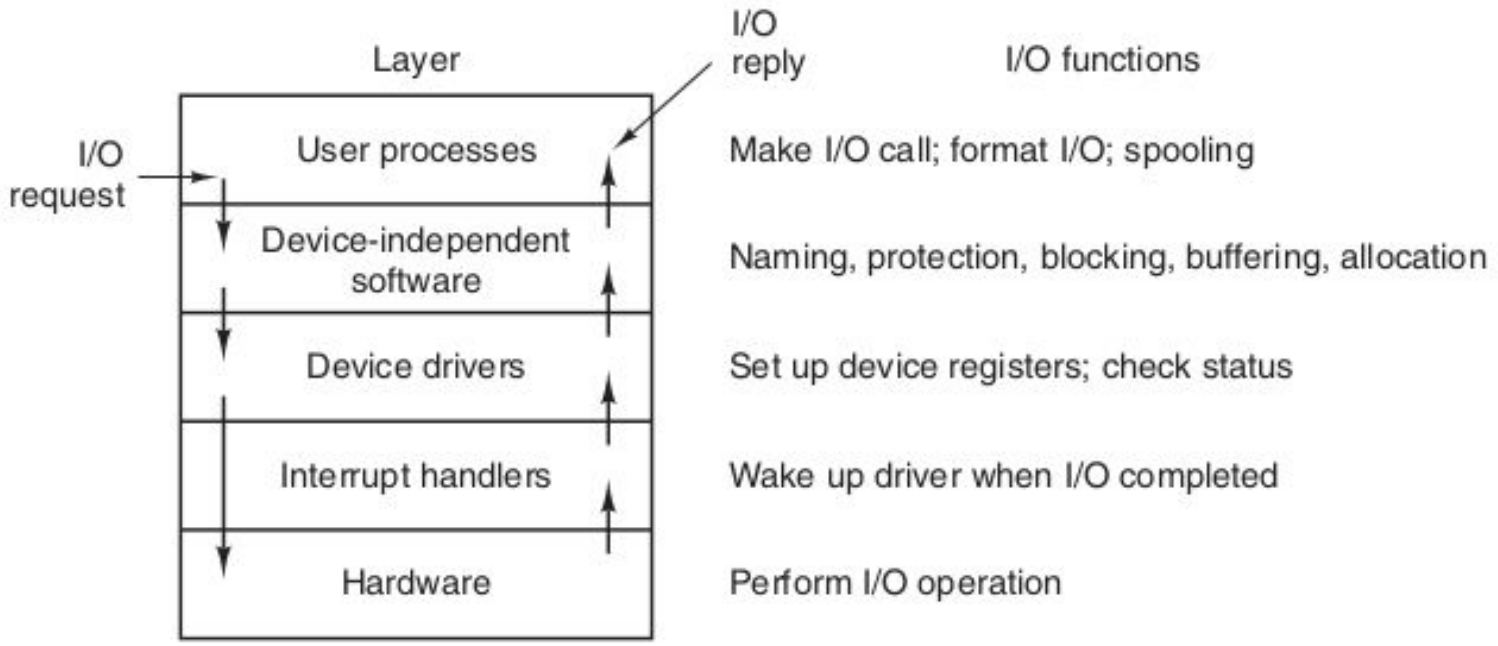



**Figure 5-17.** Layers of the I/O system and the main functions of each layer.

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

## Diseño e implementación de un driver para un dispositivo de E/S

- Se requiere una Estructura de Datos de Buffering circular
  (para comunicación entre el upper-half y el lower-half)
- Ejemplo de tty en Xinu
  - read(), getc(), ISR de entrada
  - write(), putc(), ISR de salida

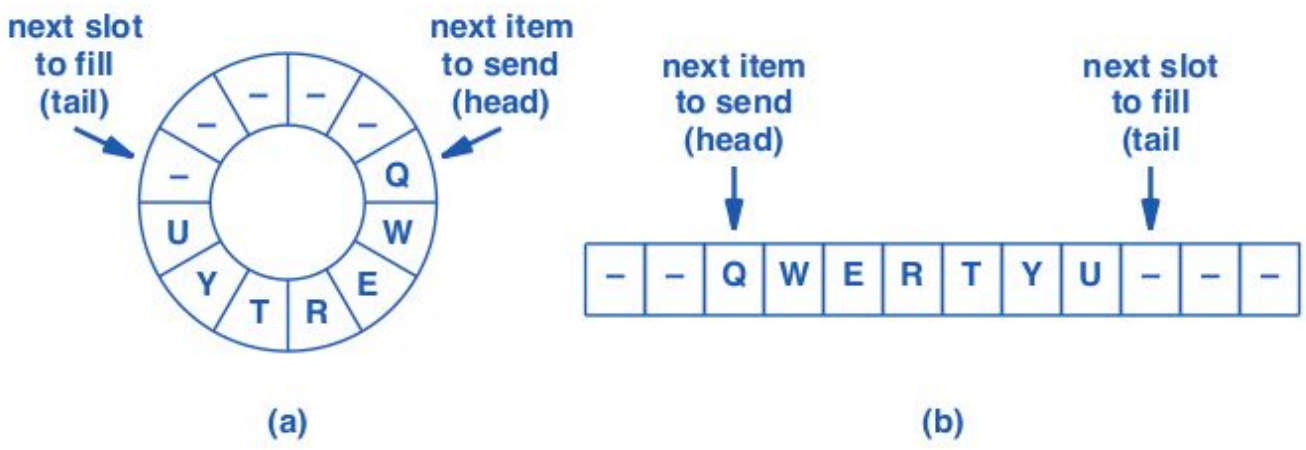



**Figure 15.2** (a) A circular output buffer acting as a queue, and (b) the implementation with an array of bytes.

# Sistemas Operativos I - Entrada / Salida

Ejemplo : driver tty de Xinu (/device/tty/). CONSOLE

Una aplicación que lo utiliza es el shell, para
acceder a los datos de Entrada (teclado de la CONSOLA)
y mostrar la Salida (pantalla de la CONSOLA).

ttygetc() - syscall del driver tty ( upper-half) :

Devuelve un byte desde el buffer de entrada del driver.
Bloquea si el buffer del driver está vacío.

ttyhandle_in() - ISR del driver tty (lower-half) :

Cuando arriba un byte (ej. se presiona una tecla)
se ejecuta esta rutina de atención de interrupciones.

Obtiene del hw el byte y lo agrega al buffer de entrada
del driver. Si el buffer está lleno lo descarta.

También señaliza el semáforo de sincronización
entre el upper-half y el lower-half.

ttyread() - syscall del driver tty ( upper-half) :

Devuelve N cantidad de bytes desde el buffer de
entrada del driver.

Llama a ttygetc() N veces para obtener los N bytes.

```
/*------------------------------------------------------------------------
 *  ttygetc  -  Read one character from a tty device (interrupts disabled)
 *------------------------------------------------------------------------
 */
devcall ttygetc(
          struct dentry *devptr         /* Entry in device switch table */
        )
{
        char    ch;                     /* Character to return          */
        struct  ttycblk *typtr;         /* Pointer to ttytab entry      */

        typtr = &ttytab[devptr->dvminor];

        /* Wait for a character in the buffer and extract one character */

        wait(typtr->tyisem);
        ch = *typtr->tyihead++;

        /* Wrap around to beginning of buffer, if needed */

        if (typtr->tyihead >= &typtr->tyibuff[TY_IBUFLEN]) {
                typtr->tyihead = typtr->tyibuff;
        }

        /* In cooked mode, check for the EOF character */

        if ( (typtr->tyimode == TY_IMCOOKED) && (typtr->tyeof) &&
             (ch == typtr->tyeofch) ) {
                return (devcall)EOF;
        }

        return (devcall)ch;
}
```