

GESTIONE DELLE PERIFERICHE D'INGRESSO/USCITA

ARGOMENTI

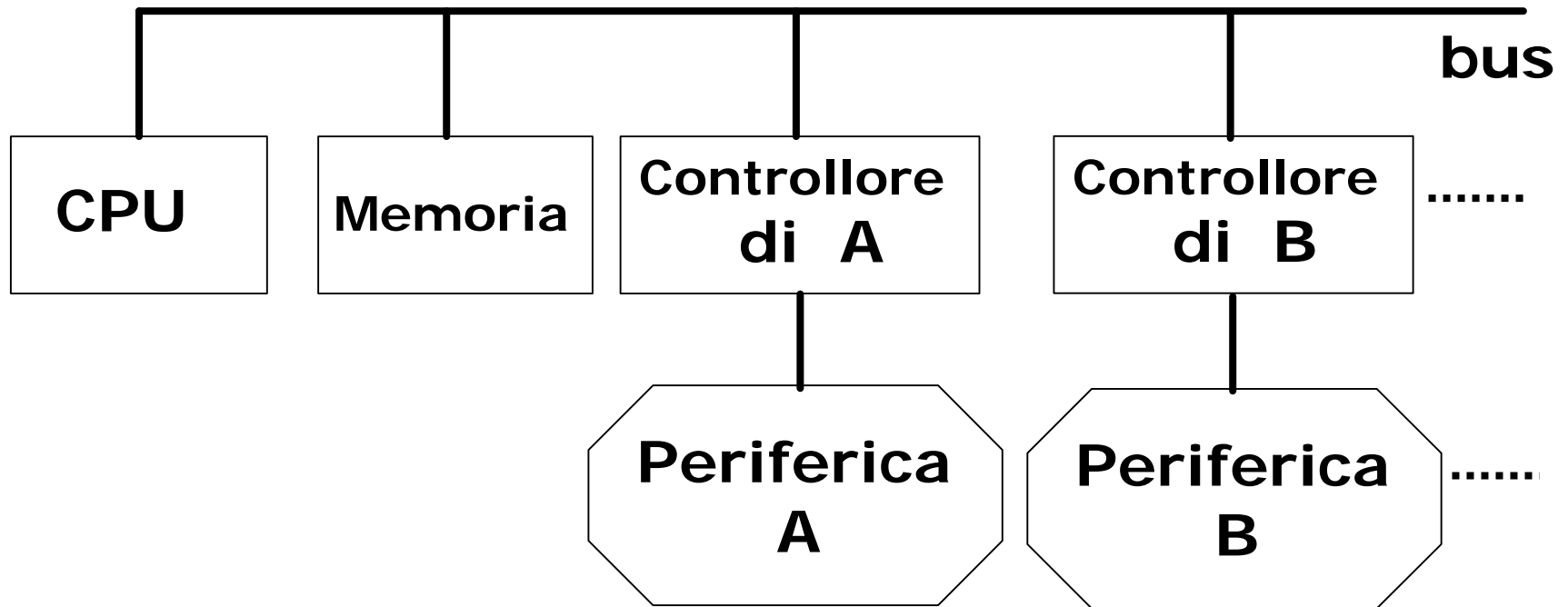
- **Compiti del sottosistema di I/O**
- **Architettura del sottosistema di I/O**
- **Gestore di un dispositivo di I/O**
- **Gestione e organizzazione dei dischi**

COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

1. Nascondere al programmatore i dettagli delle interfacce hardware dei dispositivi;
2. Omogeneizzare la gestione di dispositivi diversi;
3. Gestire i malfunzionamenti che si possono verificare durante un trasferimento di dati;
4. Definire lo spazio dei nomi (*naming*) con cui vengono identificati i dispositivi;
5. Garantire la corretta sincronizzazione tra un processo applicativo che ha attivato un trasferimento dati e l'attività del dispositivo.

COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

1. Nascondere al programmatore i dettagli delle interfacce hardware dei dispositivi



COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

2) Omogeneizzare la gestione di dispositivi diversi

| dispositivo | velocità di trasferimento |
|----------------------|---------------------------|
| tastiera | 10 bytes/sec |
| mouse | 100 bytes/sec |
| modem | 10 Kbytes/sec |
| linea ISDN | 16 Kbytes/sec |
| stampante laser | 100 Kbytes/sec |
| scanner | 400 Kbytes/sec |
| porta USB | 1.5 Mbytes/sec |
| disco IDE | 5 Mbytes/sec |
| CD-ROM | 6 Mbytes/sec |
| Fast Etherneet | 12.5 Mbytes/sec |
| FireWire (IEEE 1394) | 50 Mbytes/sec |
| monitor XGA | 60 Mbytes/sec |
| Ethernet gigabit | 125 Mbytes/sec |

COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

2) Omogeneizzare la gestione di dispositivi diversi

TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI

- **Dispositivi a carattere (es. tastiera, stampante, mouse,...)**
- **Dispositivi a blocchi (es. dischi, nastri, ..)**
- **Dispositivi speciali (es. timer)**

COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

- 3. Gestire i malfunzionamenti che si possono verificare durante un trasferimento di dati**

TIPOLOGIE DI GUASTI

- Eventi eccezionali (es. mancanza di carta sulla stampante, end-of-file);**
- Guasti transitori (es. disturbi elettromagnetici durante un trasferimento dati);**
- Guasti permanenti (es. rottura di una testina di lettura/scrittura di un disco).**

COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

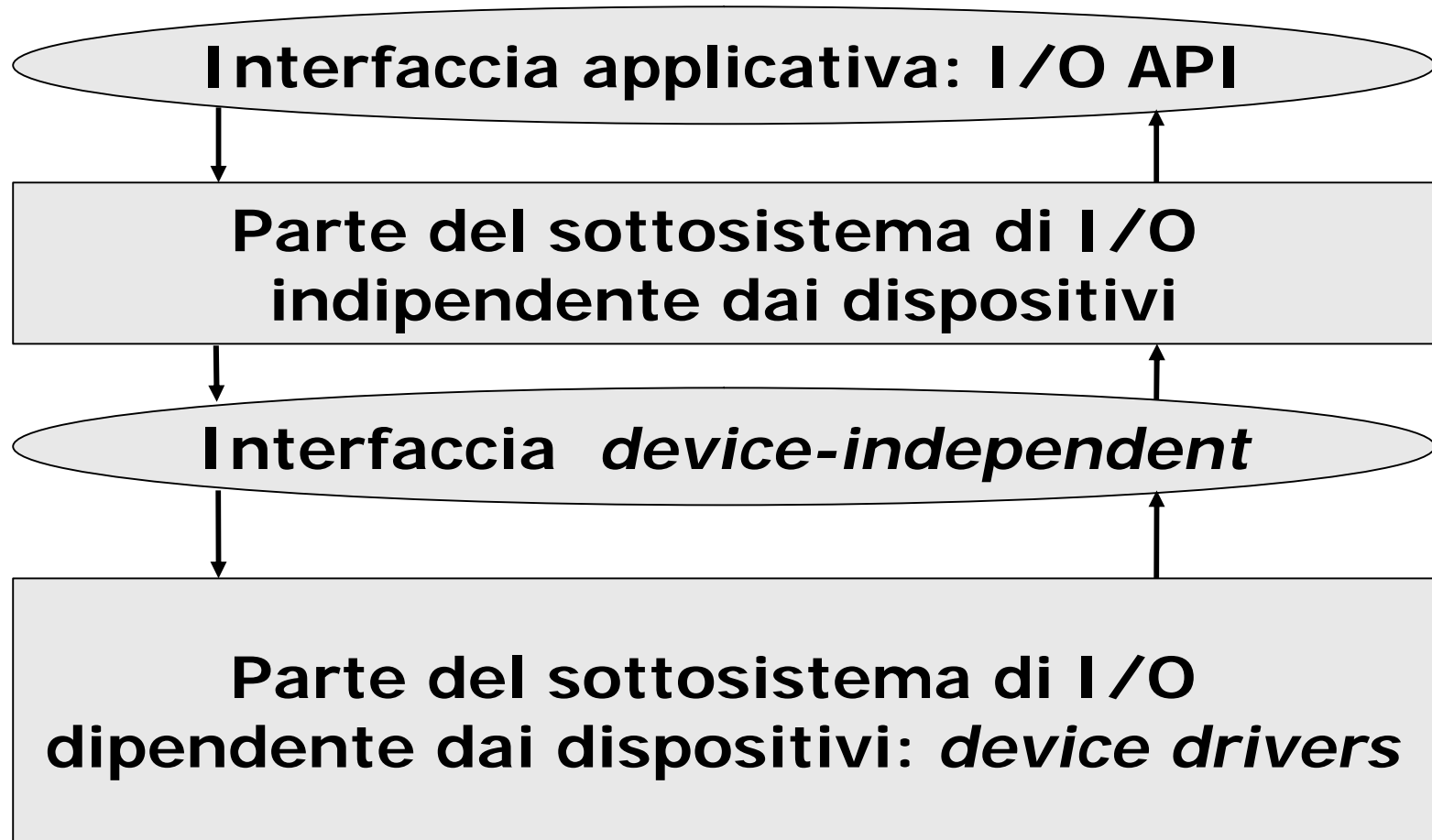
4. Definire lo spazio dei nomi (*naming*) con cui vengono identificati i dispositivi

- Uso di nomi unici (valori numerici) all'interno del sistema per identificare in modo univoco i dispositivi;
- Uso di nomi simbolici da parte dell'utente (*I/O API Input/Output Application Programming Interface*);
- Uniformità col meccanismo di *naming* del file-system.

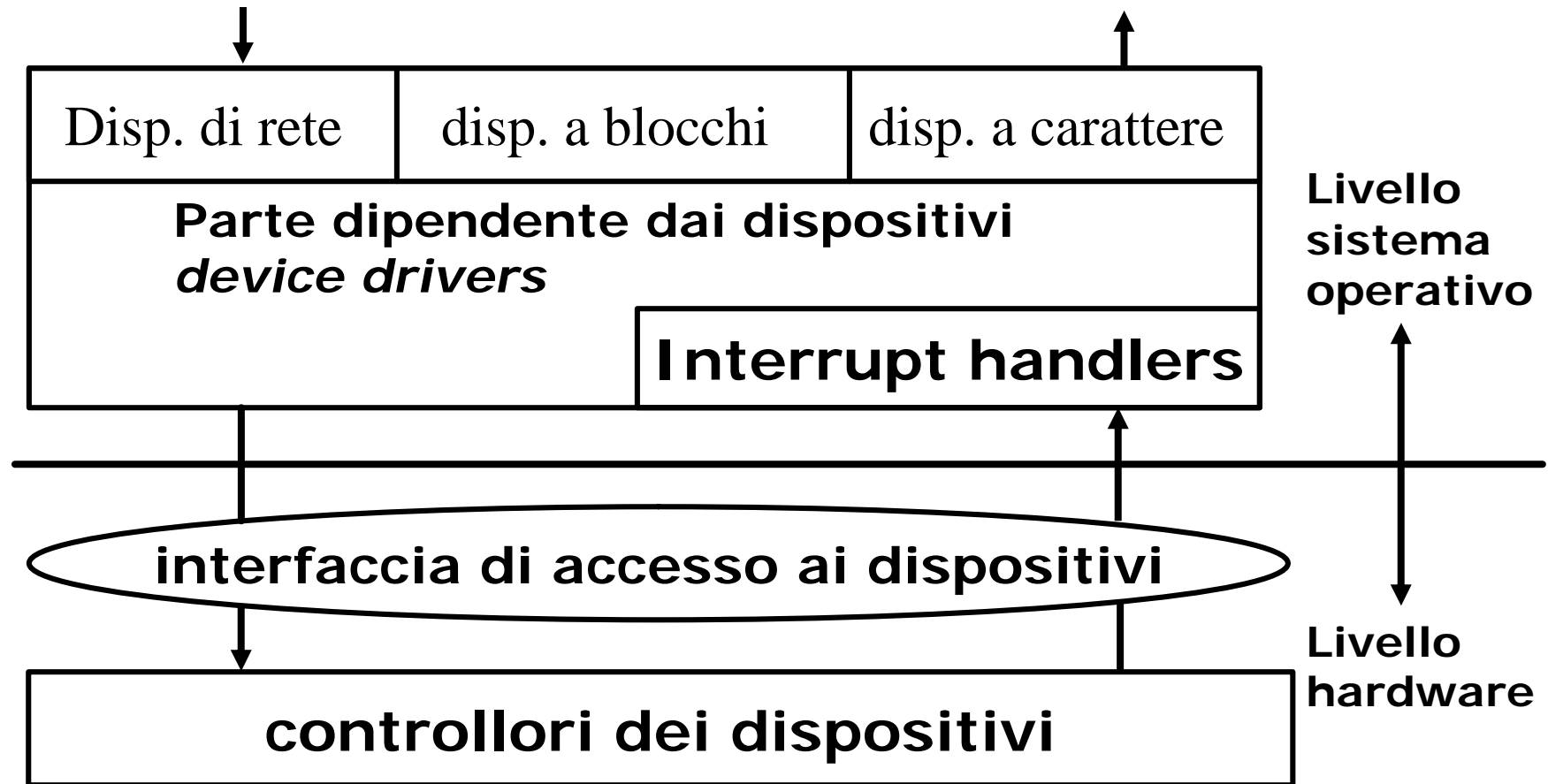
COMPITI DEL SOTTOSISTEMA DI I/O

5. **Garantire la corretta sincronizzazione tra un processo applicativo che ha attivato un trasferimento dati e l'attività del dispositivo.**
 - **Gestione sincrona dei trasferimenti: un processo applicativo attiva un dispositivo e si blocca fino al termine del trasferimento;**
 - **Gestione asincrona dei trasferimenti: un processo applicativo attiva un dispositivo e prosegue senza bloccarsi;**
 - **Necessita di gestire la "*bufferizzazione*" dei dati.**

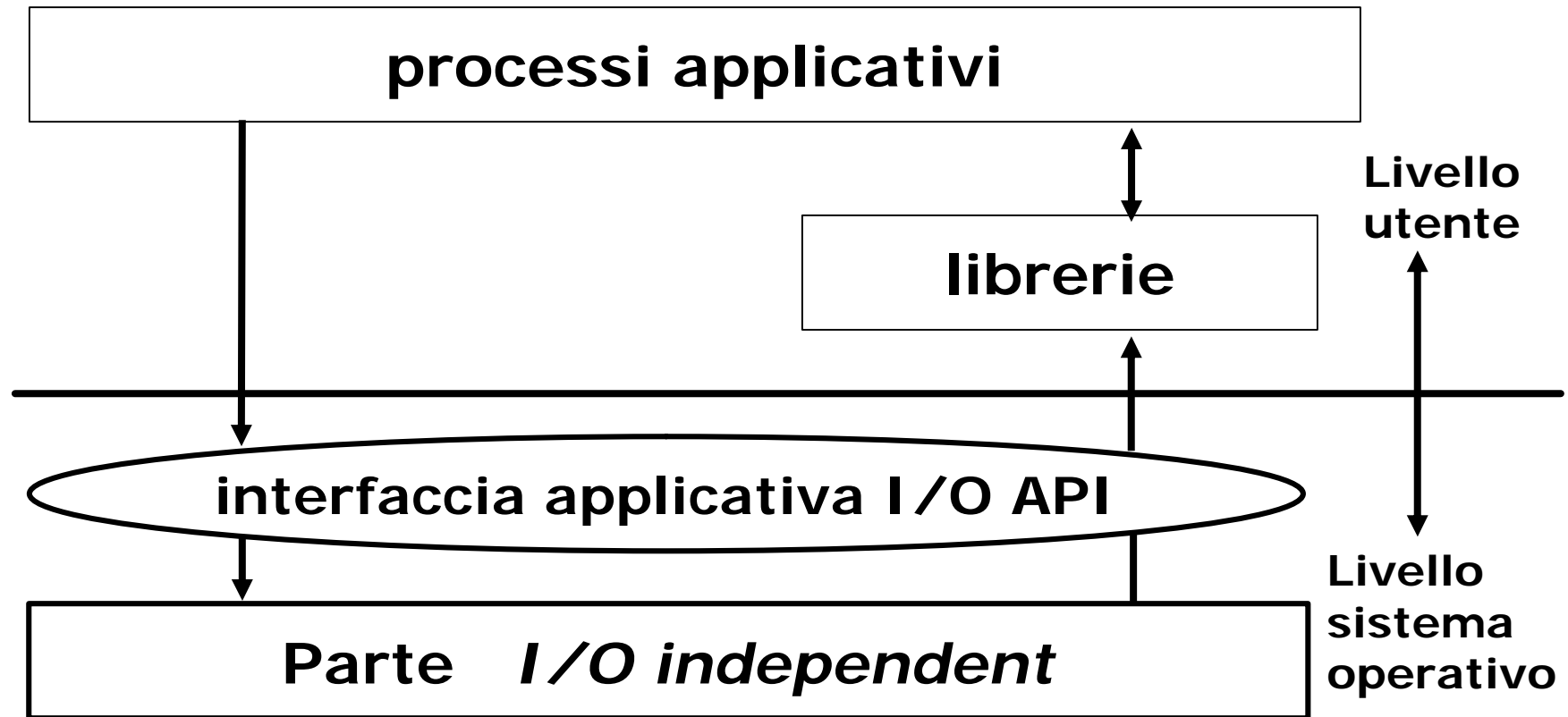
ARCHITETTURA DEL SOTTOSISTEMA DI I/O



ARCHITETTURA DEL SOTTOSISTEMA DI I/O



ARCHITETTURA DEL SOTTOSISTEMA DI I/O



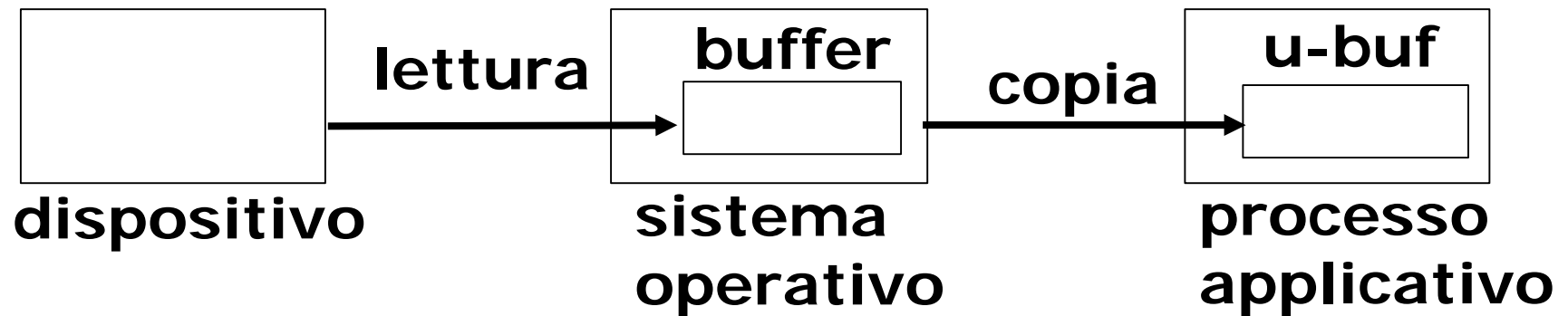
LIVELLO INDIPENDENTE DAI DISPOSITIVI

FUNZIONI

- **Naming**
- **Buffering**
- **Gestione malfunzionamenti**
- **Allocazione dei dispositivi ai processi applicativi**

BUFFERING

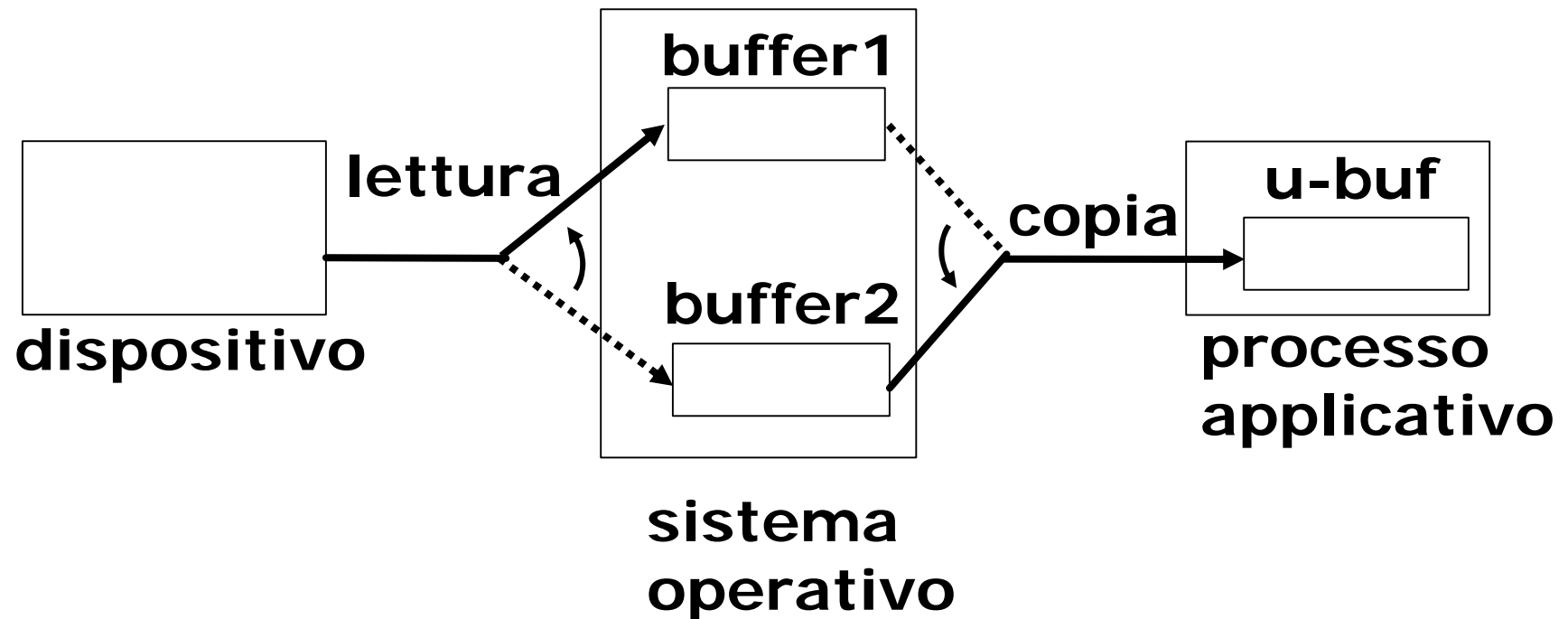
ES. operazione di lettura con singolo buffer



- **Buffer:** area tampone nella memoria del sistema operativo
- **u-buf:** area tampone nella memoria virtuale del processo applicativo

BUFFERING

ES. operazione di lettura con doppio buffer



GESTIONE MALFUNZIONAMENTI

- **Tipi di gestione degli eventi anomali:**
 - **Risoluzione del problema (mascheramento dell'evento anomalo);**
 - **Gestione parziale e propagazione a livello applicativo;**
- **Tipi di eventi anomali:**
 - **Eventi propagati dal livello inferiore (es. guasto HW permanente;**
 - **Eventi generati a questo livello (es. tentativo di accesso a un dispositivo inesistente).**

ALLOCAZIONE DEI DISPOSITIVI

- Dispositivi condivisi da utilizzare in mutua esclusione;
- Dispositivi dedicati ad un solo processo (*server*) a cui i processi *client* possono inviare messaggi di richiesta di servizio;
- Tecniche di *spooling* (dispositivi virtuali).

LIVELLO DIPENDENTE DAI DISPOSITIVI

Funzioni:

- fornire i gestori dei dispositivi (*device drivers*)
- offrire al livello superiore l'insieme delle funzioni di accesso ai dispositivi (interfaccia "*device-independent*"), es:

`N=_read (disp, buffer, nbytes)`

nome unico
del dispositivo

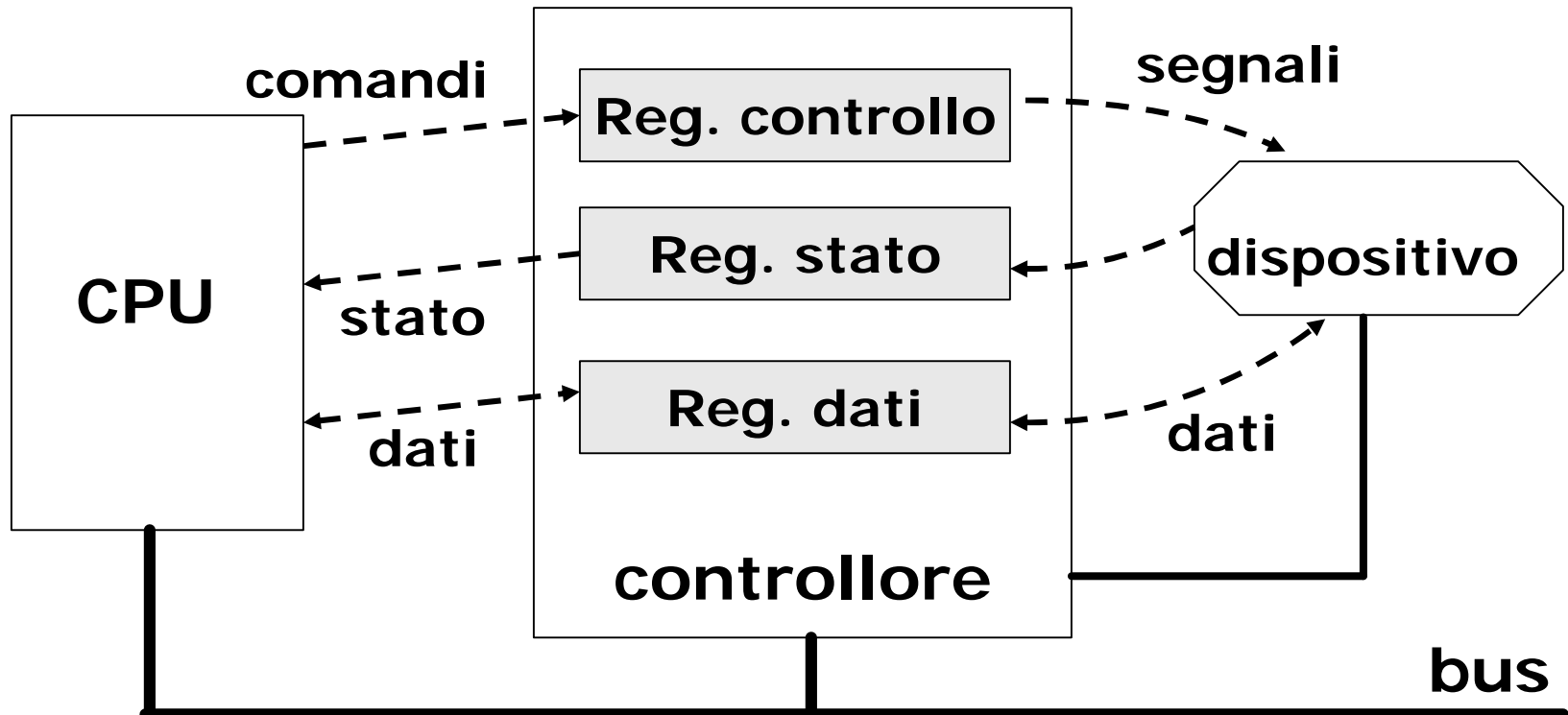


Buffer di sistema



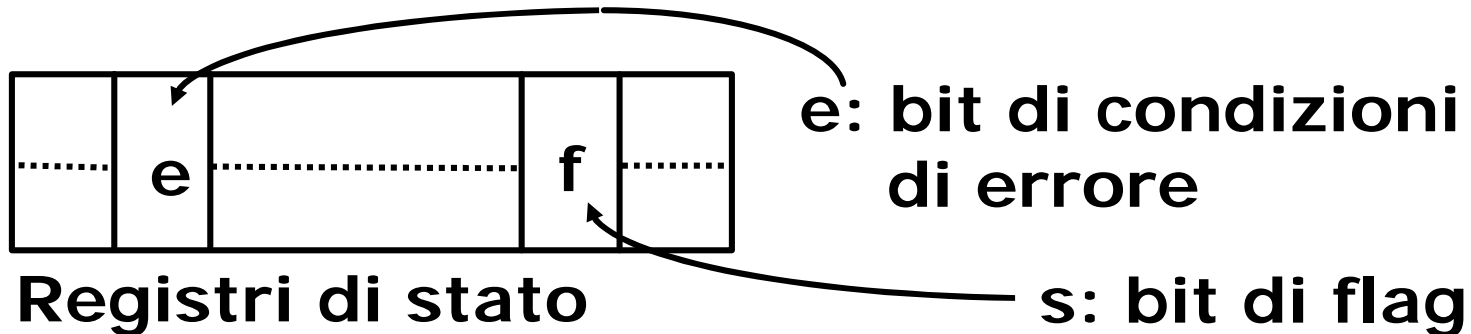
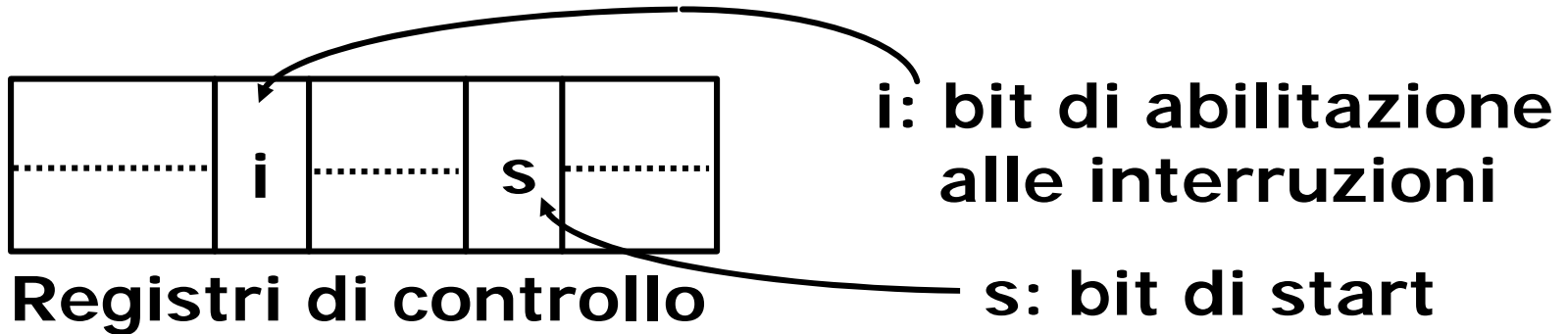
GESTORE DI UN DISPOSITIVO

Schema semplificato di un controllore

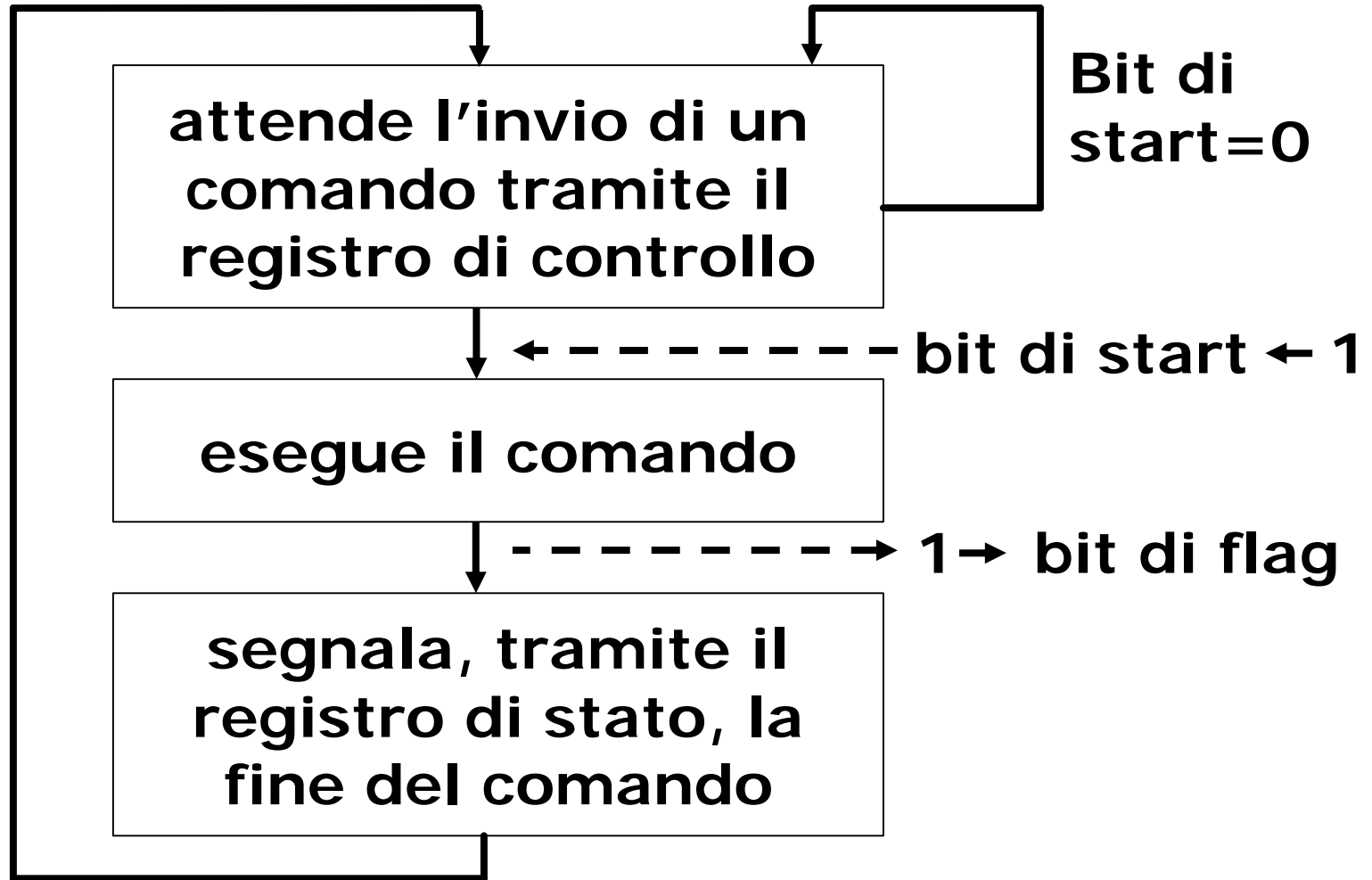


GESTORE DI UN DISPOSITIVO

Registri di stato e controllo



PROCESSO ESTERNO



PROCESSO ESTERNO

```
processo esterno
```

```
{
```

```
    while (true)
```

```
    {
```

```
        do{;} while (start == 0)//stand-by
```

```
        <esegue il comando>;
```

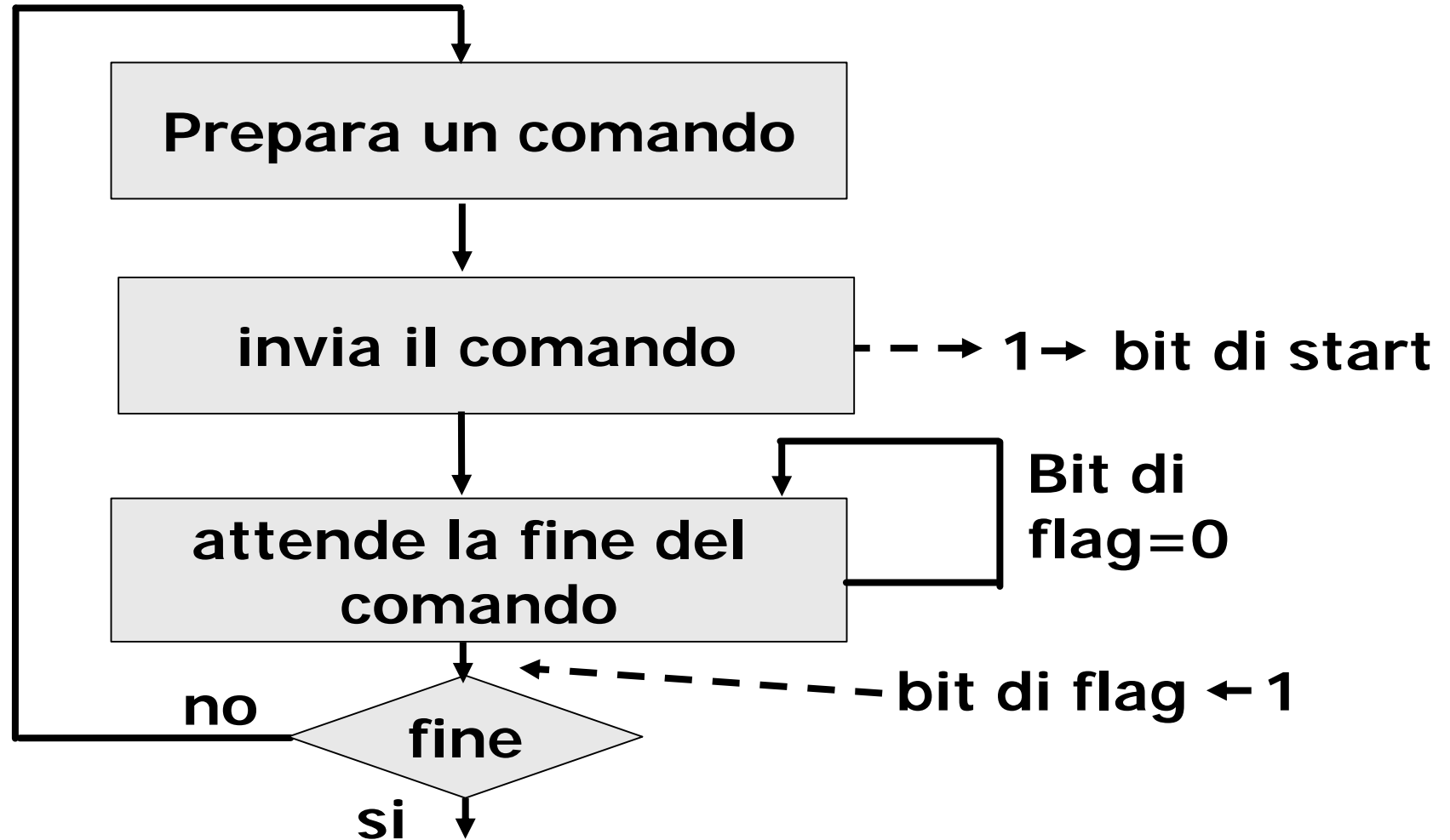
```
        <registra l'esito del comando
```

```
            ponendo flag = 1>;
```

```
    }
```

```
}
```

PROCESSO APPLICATIVO



PROCESSO APPLICATIVO

processo applicativo

{

.....

for (int i=0; i++; i<n)

{ <prepara il comando>;

<invia il comando>;

do{;} while (flag ==0)

//ciclo di attesa attiva

<verifica l'esito>;

}

.....

}

GESTIONE A INTERRUZIONE

- Lo schema precedente viene detto anche *"a controllo di programma"*.
- Non adatto per sistemi multiprogrammati a causa dei cicli di attesa attiva.
- Per evitare l'attesa attiva:
 - Riservare, per ogni dispositivo un semaforo: `dato_disponibile`
 - `dato_disponibile = 0;`
- Attivare un dispositivo abilitandolo a interrompere (ponendo nel registro di controllo il bit di abilitazione a 1).

GESTIONE A INTERRUZIONE

processo applicativo

{

.....

for (int i=0; i++; i<n)

{ <prepara il comando>;

 <invia il comando>;

wait (dato_disponibile) ;

 <verifica l'esito>;

}

.....

}



commutazione
di contesto

FUNZIONE DI RISPOSTA ALLE INTERRUZIONI

```
Interrupt_handler
```

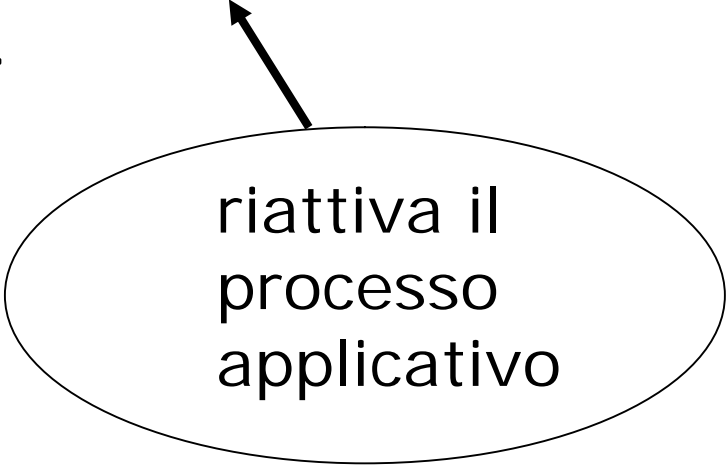
```
{
```

```
.....
```

```
signal (dato_disponibile) ;
```

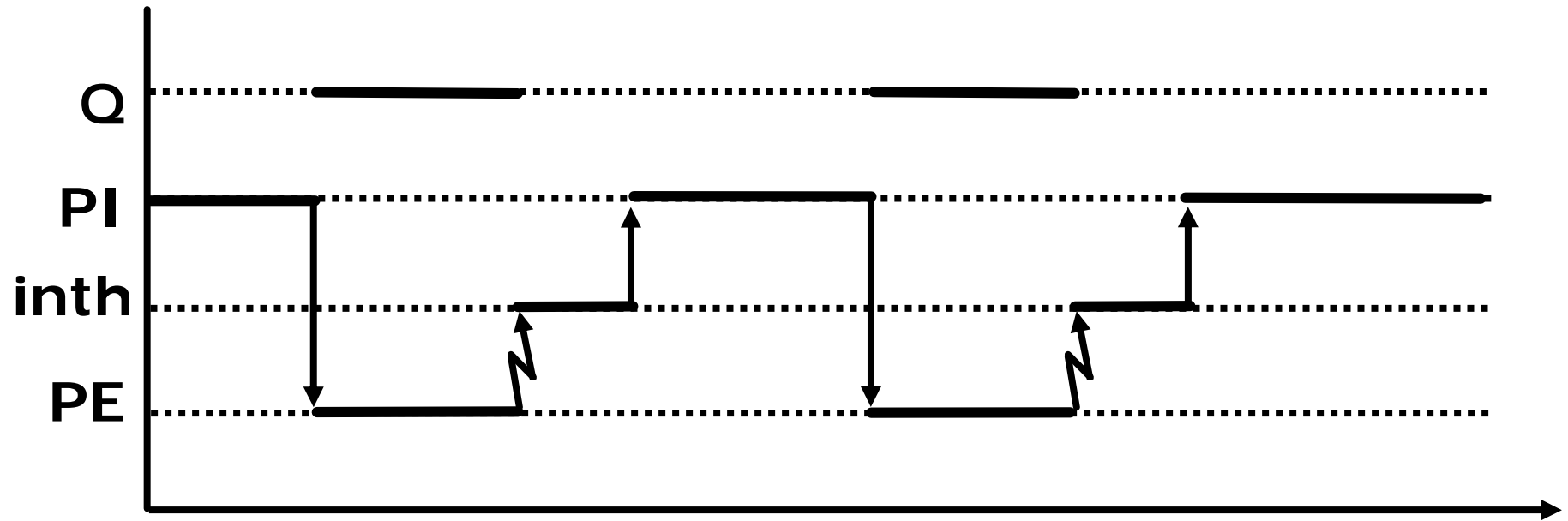
```
.....
```

```
}
```



riattiva il
processo
applicativo

DIAGRAMMA TEMPORALE



PI: processo applicativo che attiva il dispositivo

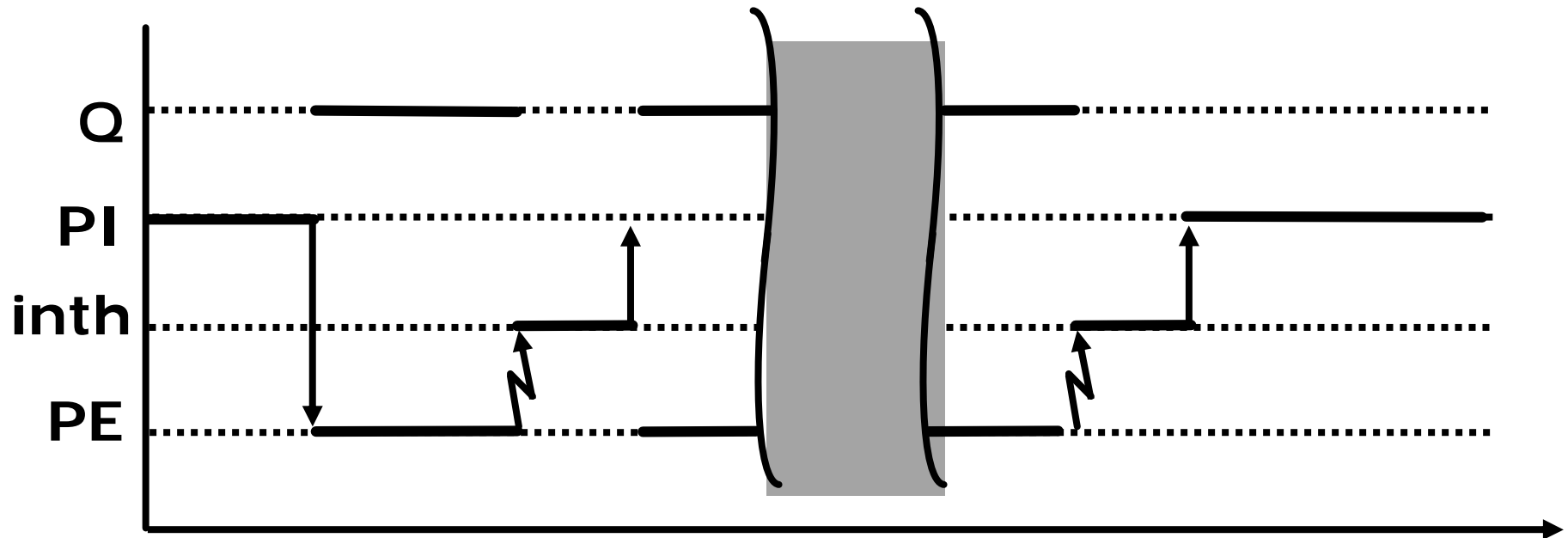
PE: processo esterno

Inth: routine di gestione interruzioni

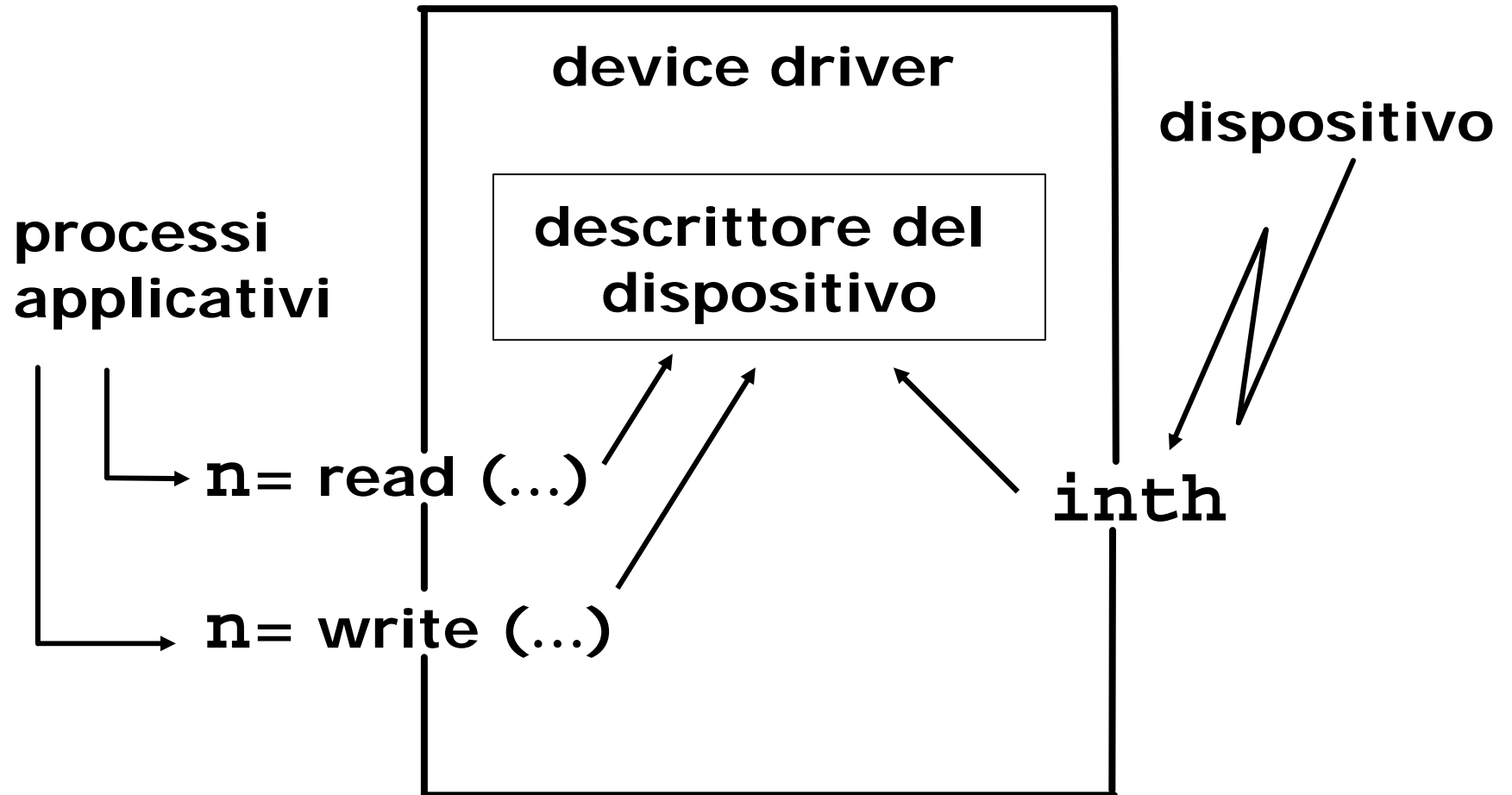
Q: altro processo applicativo

DIAGRAMMA TEMPORALE

E' preferibile uno schema in cui il processo applicativo che ha attivato un dispositivo per trasferire n dati venga risvegliato solo alla fine dell'intero trasferimento:



ASTRAZIONE DI UN DISPOSITIVO



DESCRITTORE DI UN DISPOSITIVO

| |
|--|
| indirizzo registro di controllo |
| indirizzo registro di stato |
| indirizzo registro dati |
| semaforo |
| Dato_disponibile |
| contatore |
| dati da trasferire |
| puntatore |
| al buffer in memoria |
| esito del trasferimento |

DRIVER DI UN DISPOSITIVO

ESEMPIO:

```
int read(int disp, char *buf, int cont)
```

CON:

- la funzione che restituisce -1 in caso di errore o il numero di caratteri letti se tutto va bene,
- **disp** è il nome unico del dispositivo,
- **buf** è l'indirizzo del buffer in memoria,
- **cont** il numero di dati da leggere

DRIVER DI UN DISPOSITIVO

```
int read(int disp,char *buf,int cont)
{ descrittore[disp].contatore=cont;
  descrittore[disp].puntatore=buf;
  <attivazione dispositivo> ;
  wait(descrittore[disp].dato_disponibile);
  if (descrittore[disp].esito== <cod.errore>)
    return (-1);
  return (cont-descrittore[disp].contatore);
}
```


DRIVER DI UN DISPOSITIVO

```
void inth() //interrupt handler
{ char b;
  <legge il valore del registro di stato>;
  if (<bit di errore> == 0)
    {<ramo normale della funzione> }
  else
    {<ramo eccezionale della funzione> }
  return //ritorno da interruzione
}
```

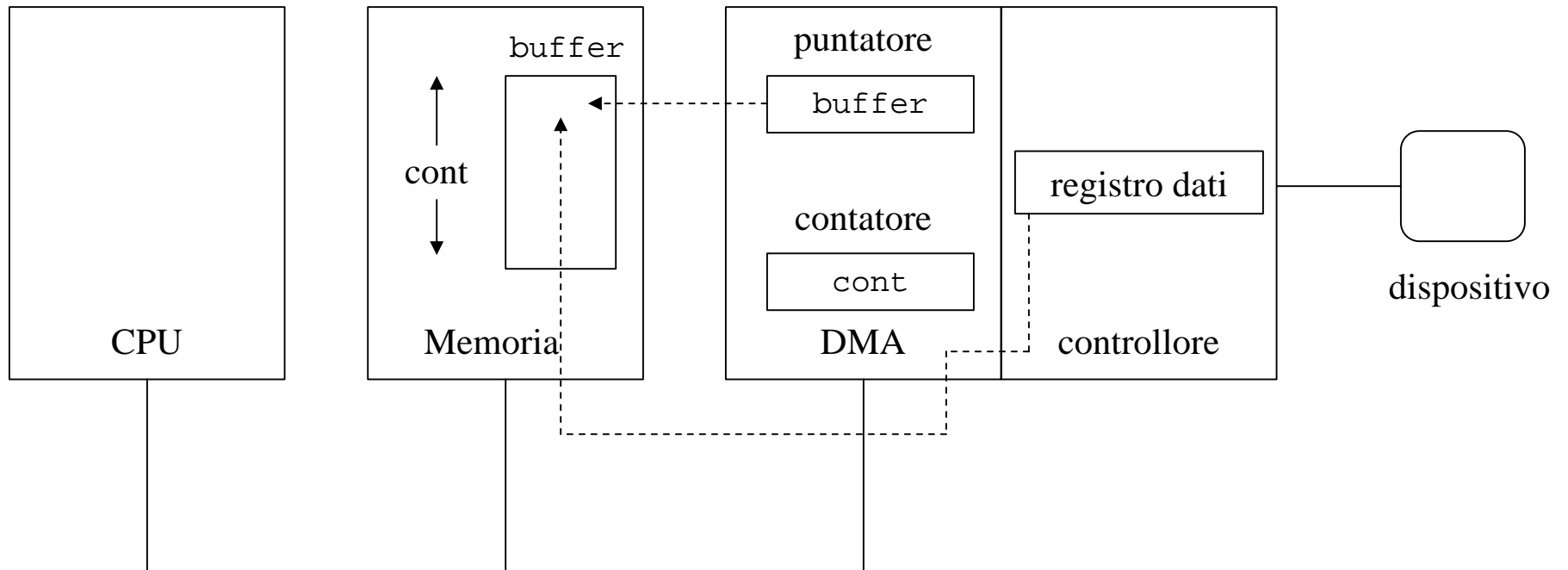
RAMO NORMALE DELLA FUNZIONE

```
{  < b = registro dati >;
    *(descrittore[disp].puntatore)= b;
    descrittore[disp].puntatore ++;
    descrittore[disp].contatore --;
    if (descrittore[disp].contatore!=0)
        <riattivazione dispositivo>;
    else
        {descrittore[disp].esito =
            <codice di terminazione corretta>;
            <disattivazione dispositivo>;
            signal (descrittore[disp].
                    dato_disponibile);
        }
}
```

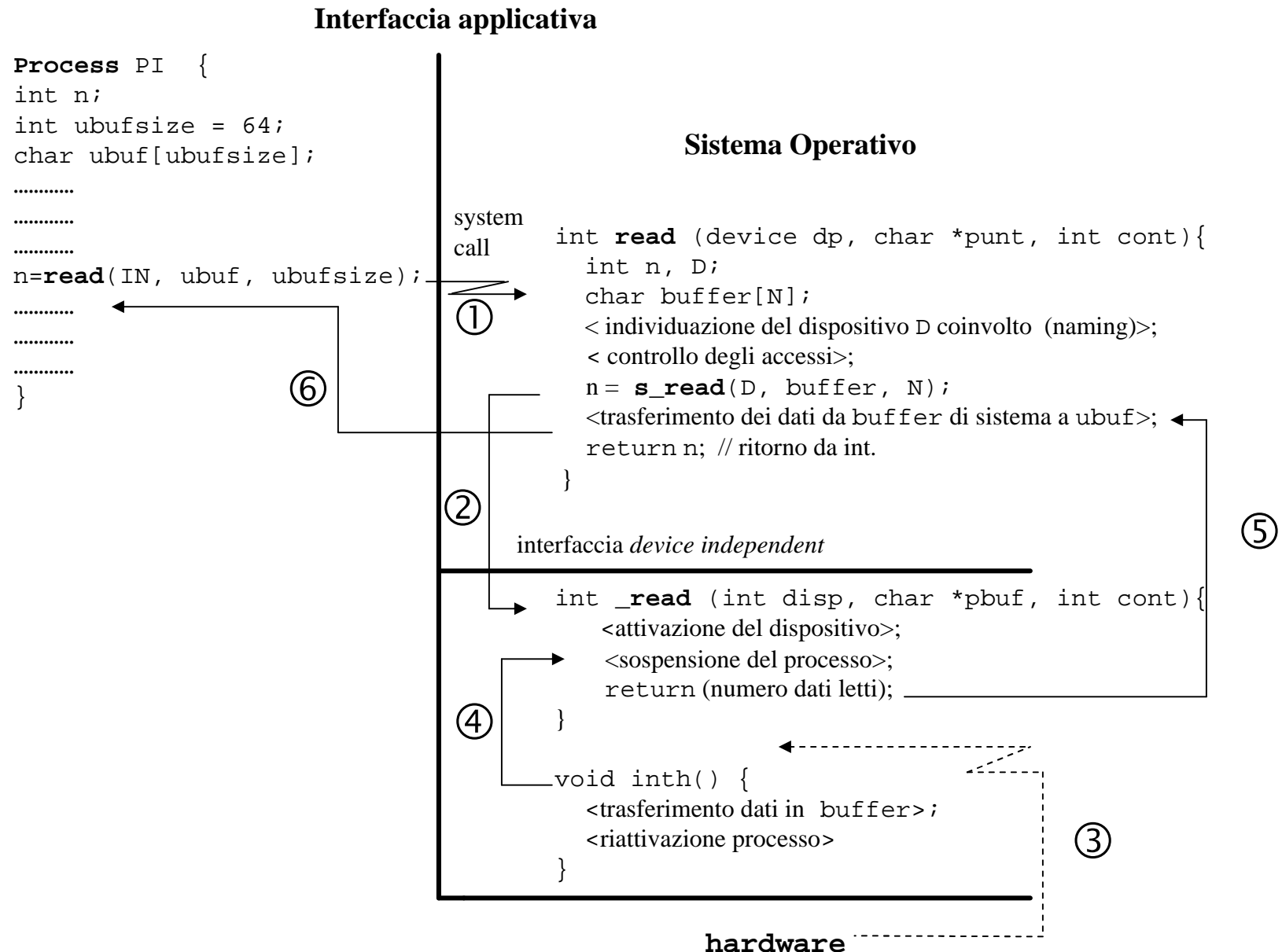
RAMO ECCEZIONALE DELLA FUNZIONE

```
{  < routine di gestione errore >;
    if (<errore non recuperabile>)
        {descrittore[disp].esito =
            <codice di terminazione anomala>;
        signal (descrittore[disp].
                dato_disponibile);
    }
}
```

Gestione di un dispositivo in DMA



Flusso di controllo durante un trasferimento



Gestione del temporizzatore

- Per consentire la modalità di servizio a *divisione di tempo* è necessario che il nucleo gestisca un *dispositivo temporizzatore* tramite un'apposita procedura che, *ad intervalli di tempo fissati*, provveda a sospendere il processo in esecuzione ed assegnare l'unità di elaborazione ad un altro processo
- **Gestione del clock:** i dispositivi **clock** generano interruzioni periodiche (*clock ticks*) a frequenze stabilite; la gestione software delle interruzioni consente di ottenere alcuni servizi quali:
 - aggiornamento della data
 - gestione del quanto di tempo (sistemi *time-sharing*)
 - valutazione dell'impegno della CPU di un processo
 - gestione della *system call* ALARM
 - gestione del *time-out* (*watchdog timers*)

Il *controllore* del timer contiene, oltre ai registri di controllo e di stato, un **registro contatore** nel quale la CPU trasferisce un valore intero che viene decrementato dal timer.

Quando il registro contatore raggiunge il valore zero il controllore lancia un segnale di interruzione.

Nel *descrittore della periferica timer* sono presenti:

- **un array di N semafori privati** (*fine_attesa[N]*).
Ciascun semaforo viene utilizzato per bloccare il corrispondente processo che chiama la **delay**.
- **un array di interi** utilizzato per mantenere aggiornato il numero di quanti di tempo che devono ancora passare prima che un processo possa essere riattivato

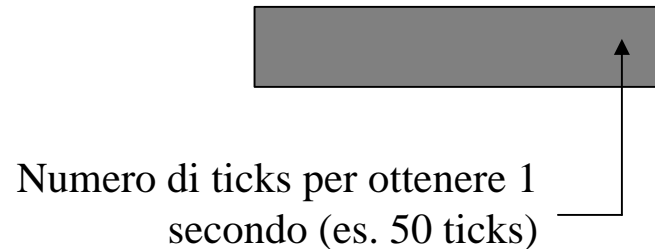
Descrittore del timer

| |
|---------------------------------|
| Indirizzo registro di controllo |
| Indirizzo registro di stato |
| Indirizzo registro contatore |
| Array di semafori privati |
| <code>fine_attesa[N]</code> |
| Array di interi: |
| <code>ritardo[N]</code> |
| |


```
void delay (int n) {
    int proc;
    proc=<indice del processo in esecuzione>;
    descrittore.ritardo[proc]= n;
    //sospensione del processo
    descrittore.fine_attesa[proc].wait();
}

void inth(){
    for(int=0; int<N, i++)
        if (descrittore.ritardo[i]!=0){
            descrittore.ritardo [i]--;
            if (descrittore.ritardo[i]==0)
                descrittore.fine_attesa[proc].signal();
        }
}
```

- **Aggiornamento della data** Il tempo del giorno viene mantenuto in secondi in un registro a 32 bit. Un contatore secondario conta i ticks (es.: frequenza 50 Hz) fino ad ottenere un secondo.

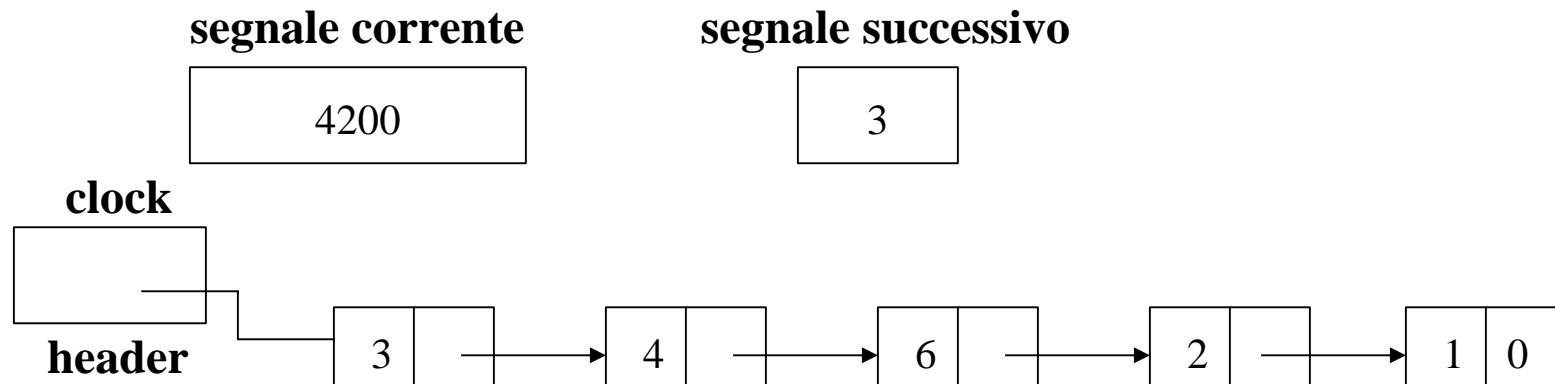


2^{32} secondi è circa 136 anni. Nei sistemi Unix il tempo si conta dal 1 gennaio 1970. Si avrà overflow del clock nel 2038 (l'intero a 32 bit è con segno).

- **Gestione del quanto di tempo.** Quando un processo inizia l'esecuzione, viene inizializzato un contatore con il valore del quanto di tempo espresso in clock ticks. Ad ogni interruzione il contatore è decrementato di 1. Quando raggiunge il valore zero, lo scheduler sottrae la CPU al processo.

- **Valutazione dell'impegno di CPU di un processo.** Ad ogni clock tick viene incrementato di 1 un campo contenuto nel descrittore del processo in esecuzione (problema delle interruzioni che possono avvenire durante l'esecuzione del processo).

- **System Call ALARM.** Un processo può richiedere al S.O. un segnale, un'interruzione, un messaggio, etc... dopo un certo tempo (es. pacchetto inviato sulla rete deve essere ritrasmesso, se non riconosciuto, entro un intervallo di tempo).

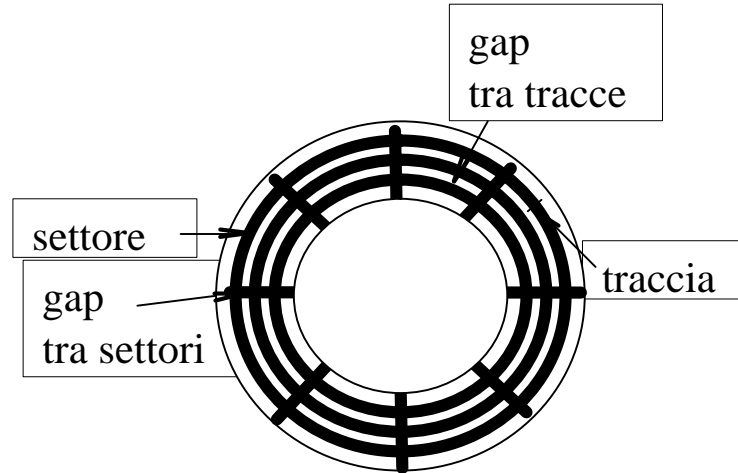


Nel caso siano attivi *più segnali* si simula la presenza di più clock tramite una lista ordinata. Ogni elemento della lista definisce quanti clock ticks occorre attendere per il prossimo segnale dopo il precedente. I segnali sono attesi a 4203, 4207, 4213, 4215, 4216.

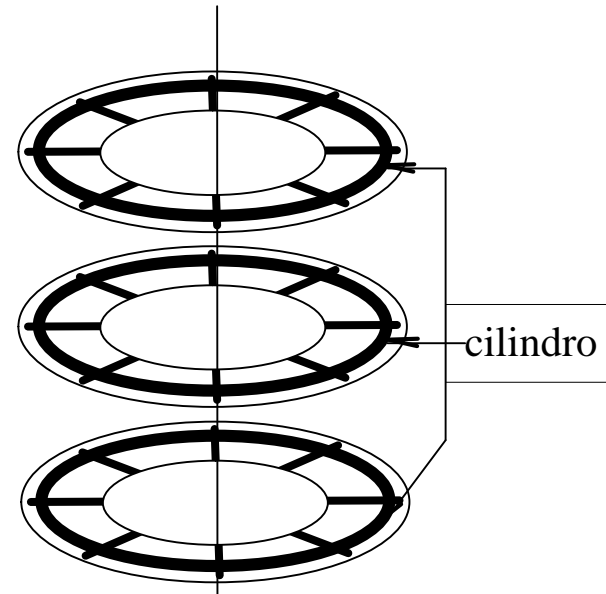
Ad ogni tick il valore di “segnale successivo” (nell’esempio, 3) viene decrementato di 1. Quando diventa zero, viene generato il segnale corrispondente al primo elemento della lista. Questo viene rimosso dalla lista e “segnale successivo” viene aggiornato (nell’esempio, 4).

Gestione e organizzazione dei dischi

Organizzazione fisica



a) disco singolo



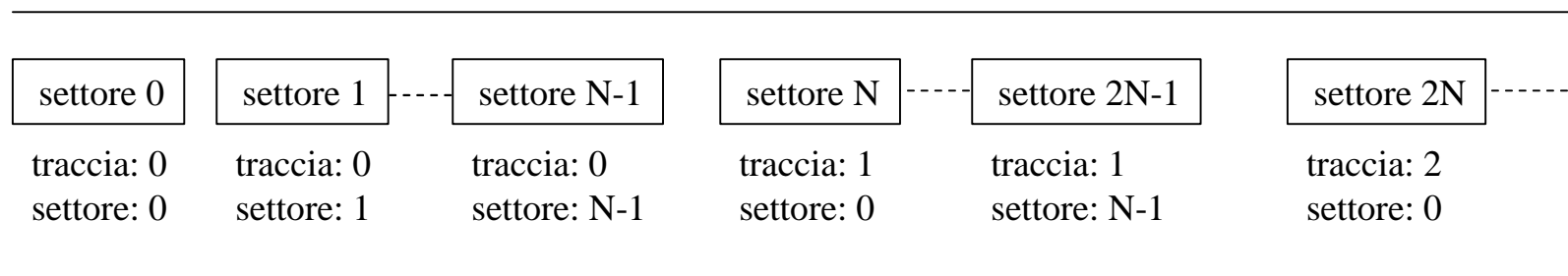
b) disk pack

Indirizzo di un settore (blocco fisico)

(f, t, s)

f numero della *faccia*, **t** numero della *traccia* nell'ambito della faccia, **s** numero del *settore* entro la faccia.

Tutti i settori che compongono un disco (o un pacco di dischi), vengono trattati come un *array*.



Indicando con

M il numero di tracce per faccia

N numero di settori per traccia

un settore di coordinate (f, t, s) viene rappresentato nell'ambito dell'array con l'indice i

$$i = f * M * N + t * N + s$$

Scheduling delle richieste di trasferimento

$$TF = TA + TT$$

- TF tempo medio di trasferimento di un settore (per leggere o scrivere un settore)
- TA tempo medio di accesso (per posizionare la testina di lettura/ scrittura all'inizio del settore considerato)
- TT tempo di trasferimento dei dati del settore

$$TA = ST + RL$$

- ST tempo di *seek* (per posizionare la testina sopra la traccia contenente il settore considerato)
- RL *rotational latency* (tempo necessario perché il settore ruoti sotto la testina)

| Parametri | AC2540 | WDE18300 |
|--|----------|-----------|
| Numero cilindri (N. di tracce per ogni faccia) | 1048 | 13614 |
| Tracce per cilindro | 4 | 8 |
| Settori per traccia | 252 | 320 |
| Byte per settore | 512 | 512 |
| Capacità | 540 MB | 18.3 GB |
| Tempo minimo di seek (tra cilindri adiacenti) | 4 msec. | 0.6 msec. |
| Tempo medio di seek | 11 msec. | 5.2 msec. |
| Tempo di rotazione | 13 msec. | 6 msec. |
| Tempo di trasferimento di un settore | 53 ms | 19 ms |

Tabella 5.2 parametri caratterizzanti i due dischi WD AC2540 e WDE18300.

TT tempo necessario per far transitare sotto la testina l'intero settore. Indicando con **t** il tempo necessario per compiere un giro, **s** il numero di settori per traccia, si ha
TT= t/s (valore approssimato).

Quindi

$$\mathbf{TF= ST+RL+TT}$$

Il tempo medio di trasferimento dipende sostanzialmente dal tempo medio di accesso (ST e RL).

Due modi di intervento:

- Criteri con cui i *dati sono memorizzati* su disco
(metodo di allocazione dei file)
- Criteri con cui *servire le richieste* di accesso
(politiche di scheduling delle richieste)

Politiche di Scheduling delle Richieste

Nella valutazione del tempo medio di attesa di un **processo**, e' **necessario** tenere in conto anche il tempo durante il quale il processo attende che la sua richiesta di accesso venga servita.

Le richieste in coda ad un dispositivo possono essere servite secondo diverse politiche:

- First-Come-First-Served (FCFS)
- Shortest-Seek-Time-First (SSTF)
- SCAN algorithm
- C-SCAN (Circular-SCAN)

FCFS. Le richieste sono servite rispettando il tempo di arrivo. Si elimina il problema della *starvation*, ma non risponde ad alcun criterio di ottimalità.

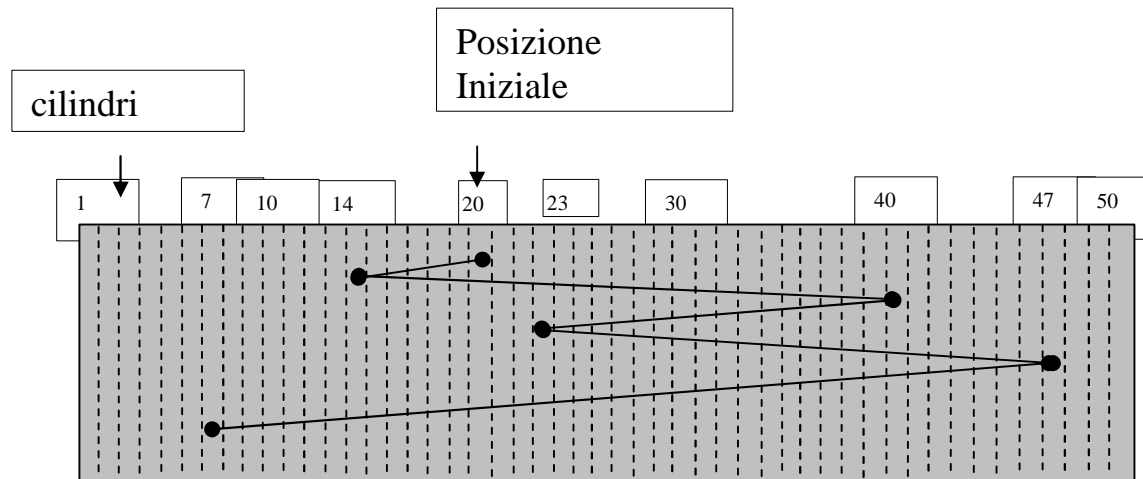
SSTF. Seleziona la richiesta con tempo di seek minimo a partire dalla posizione attuale della testina; può provocare situazioni di *starvation*

SCAN. La testina si porta ad una estremità del disco e si sposta verso l'altra estremità, servendo le richieste man mano che viene raggiunta una traccia, fino all'altra estremità del disco. Quindi viene invertita la direzione.

CSCAN. Fornisce un tempo di attesa più uniforme. Arrivata alla fine del disco la testina, essa torna immediatamente all'inizio del disco.

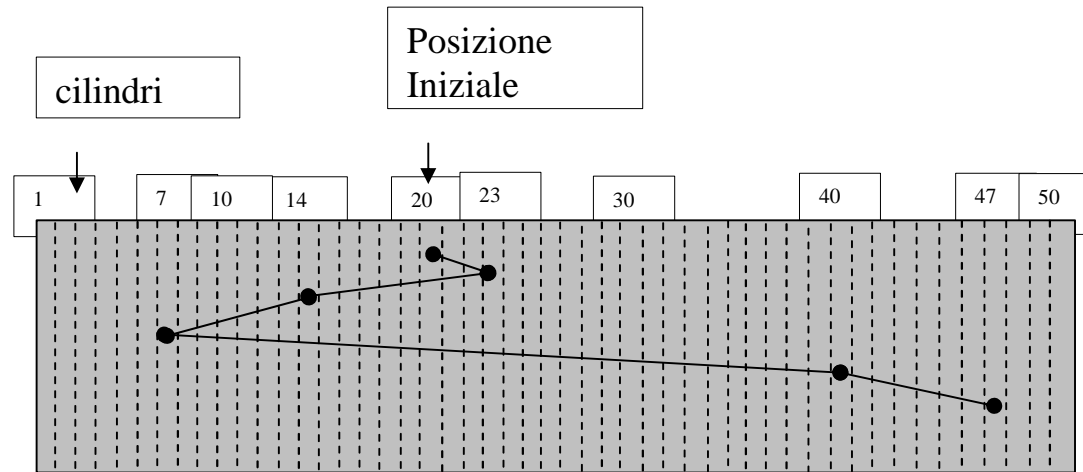
Testina posizionata sulla traccia sul cilindro 20. Richieste presenti in coda: 14, 40, 23, 47, 7

Algoritmo di scheduling FIFO



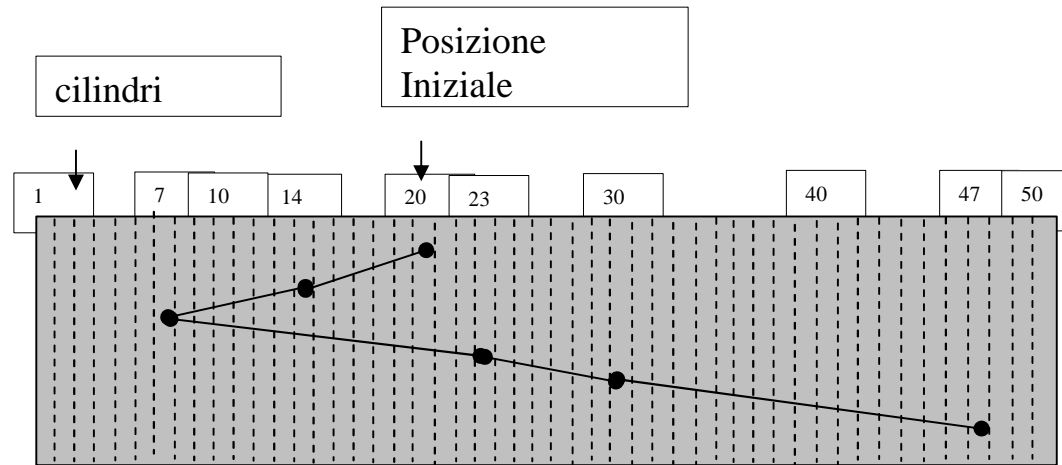
Spostamento totale = 113cilindri

Algoritmo di Scheduling SSTF



Spostamento totale = 59 cilindri

Algoritmo di Scheduling SCAN



Spostamento totale = 53 cilindri

C-SCAN (circular scan).

Ipotizzando una distribuzione uniforme per le richieste relative alle varie tracce, quando la testina inverte la direzione sono presenti poche richieste in *quanto servite di recente*.

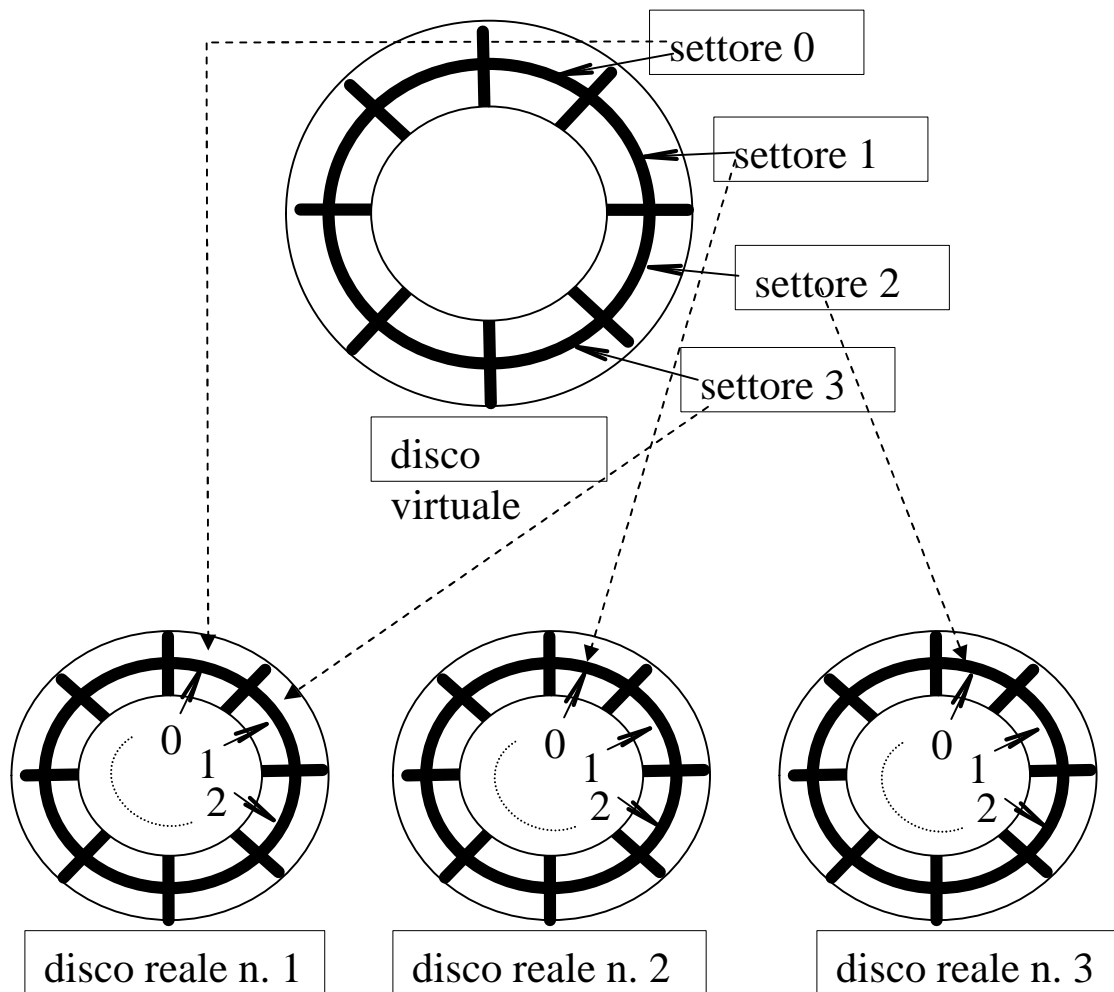
La maggior densità di richieste è presente *all'altra estremità del disco*. Queste richieste sono quelle con *maggior tempo di attesa*.

Dischi RAID

(Redundant Array of Independent Disks)

- Miglioramento delle prestazioni delle memorie di massa: problemi tecnologici.
 - **Soluzione:** utilizzo di più dischi contemporaneamente che consentano di operare in parallelo .
 - Organizzazione dei dati sui dischi in modo da ottenere **parallelismo** (=efficienza) e **ridondanza** (=affidabilità).
 - Definizione di **standard** per la organizzazione dei dati.
Obiettivo: unico disco virtuale caratterizzato da grande *capacità*, alta *velocità di ingresso* e alta *affidabilità*.
- ➔ **RAID:** standard più diffuso.
- 7 diverse varianti dello standard RAID: **livelli 0,1,2,3,4,5,6** che dipendono dal grado di affidabilità e rapidità di accesso.

Schema utilizzato nello standard RAID per la parallelizzazione degli accessi



Organizzazione dei dati

- Tutti i dati sono visti come appartenenti ad un *disco virtuale*.
- Le informazioni residenti su disco virtuale sono memorizzate suddividendole sui dischi reali, ad esempio a livello di *settore*.
- Una **traccia del disco virtuale** contiene un numero di settori pari ad **n volte quello di una traccia di un disco reale**.
- I settori sono distribuiti ***round-robin***.
- Possibilità di velocizzare tutte le operazioni di I/O che richiedono di operare su un insieme contiguo di settori del disco virtuale. Livello massimo di parallelismo pari a n.

Livello 0

Non prevede alcun livello di ridondanza dei dati

Livello 1

- Ridondanza ottenuta tramite la **duplicazione dei dati**.

Ogni settore virtuale viene mappato su una coppia di dischi fisici (**mirroring**).

➔ **Alta efficienza, alta affidabilità ma costi elevati.**

Operazioni di lettura: su uno qualunque dei due dischi, quello che richiede il minor tempo di ricerca.

Possibilità di lettura in parallelo di settori allocati sullo stesso disco.

Operazioni di scrittura: possono procedere in parallelo su entrambi i dischi(la durata dell'operazione è vincolata dal tempo di scrittura più lungo.

- Si usa come funzione di *backup* per dati critici.

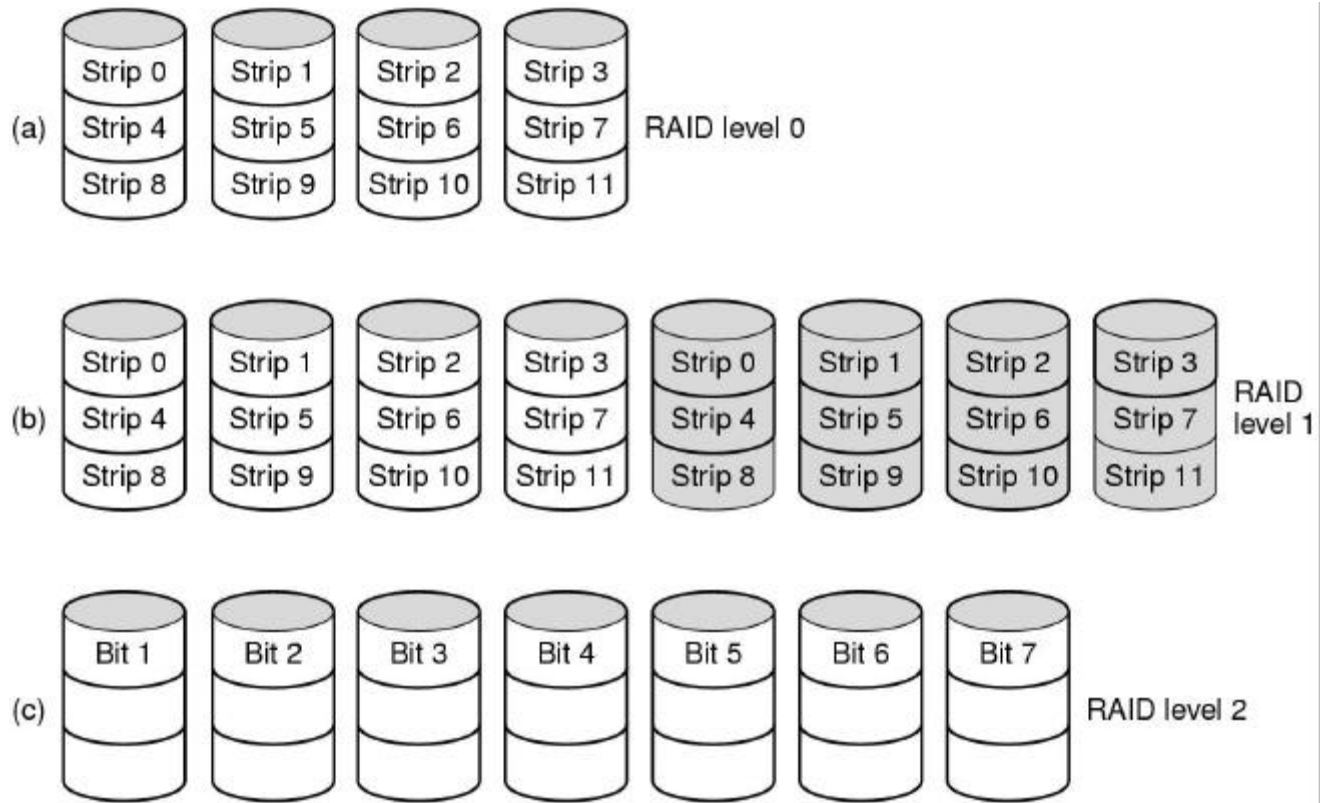
I livelli successivi si differenziano dal precedente schema per il livello di ridondanza richiesto e per i meccanismi di rilevazione e recupero da guasti (schemi di codifica Hamming o meccanismi di controllo di parità).

Livello 2

- *Il codice di correzione di errore viene calcolato sui bit corrispondenti di ogni disco e i bit del codice sono memorizzati nelle corrispondenti posizioni in dischi di parità multipli* (utilizzo del codice di Hamming, corregge errori di bit singoli e rileva errori di bit doppi).

➔ Bit diversi della stessa parola sono allocati su dischi diversi

- Costi elevati: necessita` di sincronizzare tutti i dischi(posizione della testina e rotazione).



Livelli 3,4,5

- Utilizzo di un insieme di bit di parità per l'insieme (**parola** nel livello 3, **settore** nei livelli 4-5) di tutti i bit che si trovano in posizioni corrispondenti su tutti i dischi.
- In caso di un guasto di un disco si accede al disco di parità e i dati vengono ricostruiti utilizzando i dischi rimanenti.

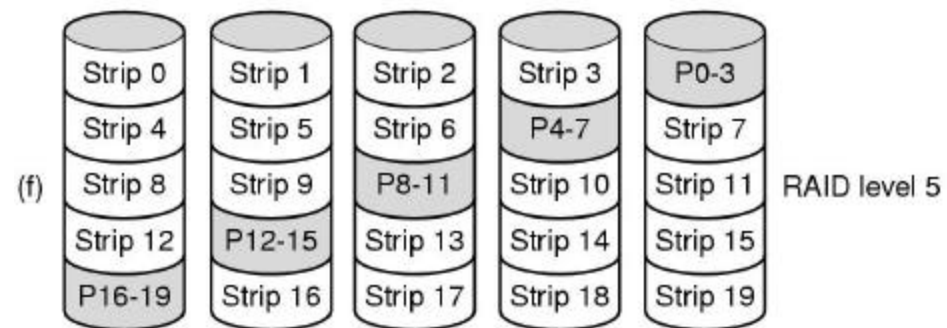
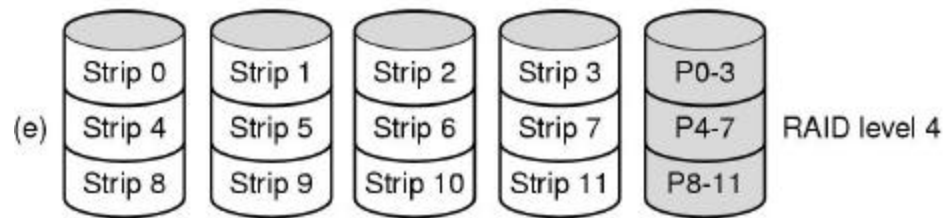
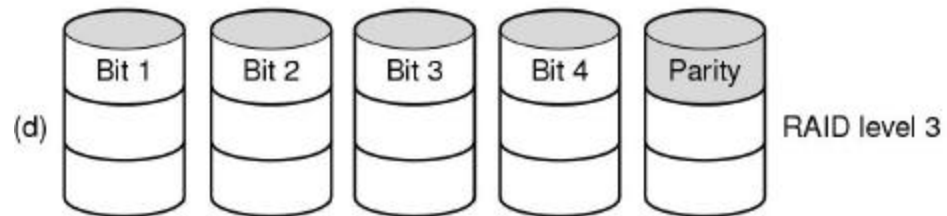
Esempio: Array di 5 dischi: x_0, x_1, x_2, x_3 contengono dati, x_4 è il disco di parità.

- Parità per il bit i -esimo:

$$x_4(i) = x_3(i) \oplus x_2(i) \oplus x_1(i) \oplus x_0(i)$$

da cui

$$x_1(i) = x_4(i) \oplus x_3(i) \oplus x_2(i) \oplus x_0(i)$$



- Nel caso di n dischi, per ogni gruppo di n settori consecutivi, memorizzati sugli n dischi dell'array, viene calcolato un $n+1$ esimo settore contenente *bit di parità*.
- Il primo bit del settore di parità corrisponde al bit di parità calcolato sui primi bit degli n settori regolari. Analogamente per gli altri bit di ogni settore.

Vantaggi per l'affidabilità: se uno qualunque dei settori di un disco si corrompe per un guasto il suo contenuto può essere recuperato utilizzando il corrispondente *settore di parità*.

➔ Ogni operazione di scrittura coinvolge il settore di parità.

Livelli 3,4

I bit di parità vengono memorizzati su un nuovo disco (**disco di parità**). Criticità

Livello 5 (Block interleaved parity)

I settori di parità vengono allocati su tutti i dischi esistenti in modo circolare (*round-robin*).