Corso di Calcolatori Elettronici I

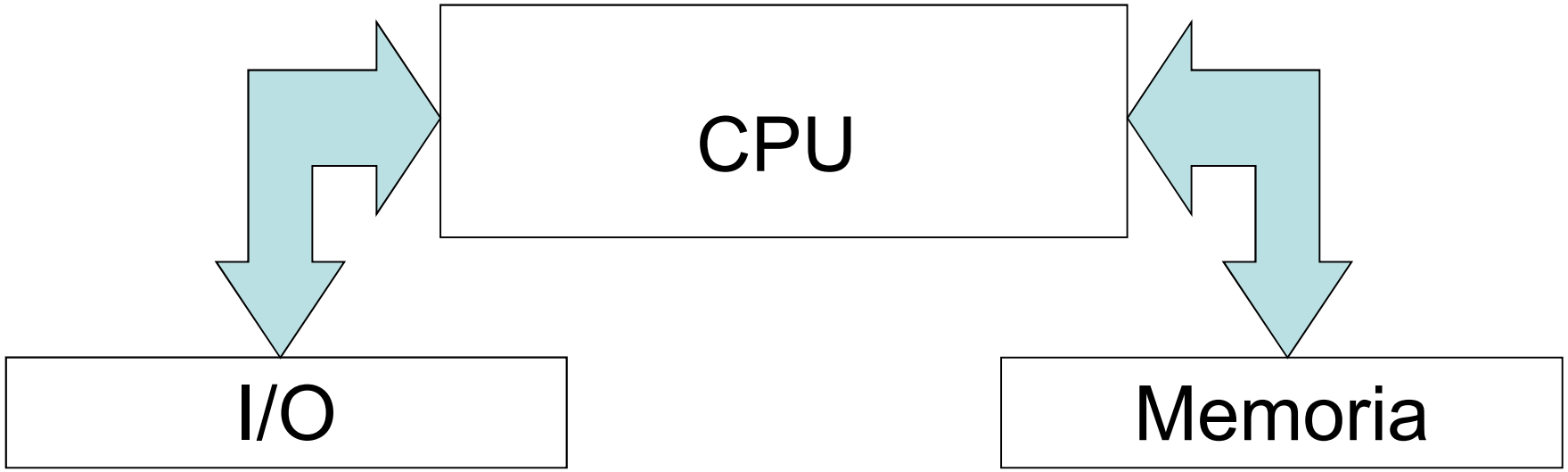
Sottosistema di Ingresso/Uscita (I/O)

ing. Alessandro Cilardo

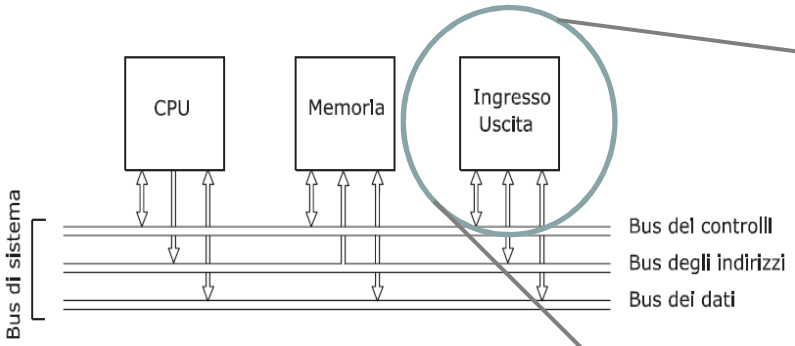
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

Calcolatore: sottosistemi

- Processore o CPU (*Central Processing Unit*)
- Memoria centrale
- Sottosistema di input/output (I/O)



Sottosistema di I/O



Esempi di componenti di I/O

- tastiera
- monitor
- dispositivi di puntamento
- periferiche USB
- disco rigido (memoria di massa)
- timer
- gestore delle interruzioni
- etc etc

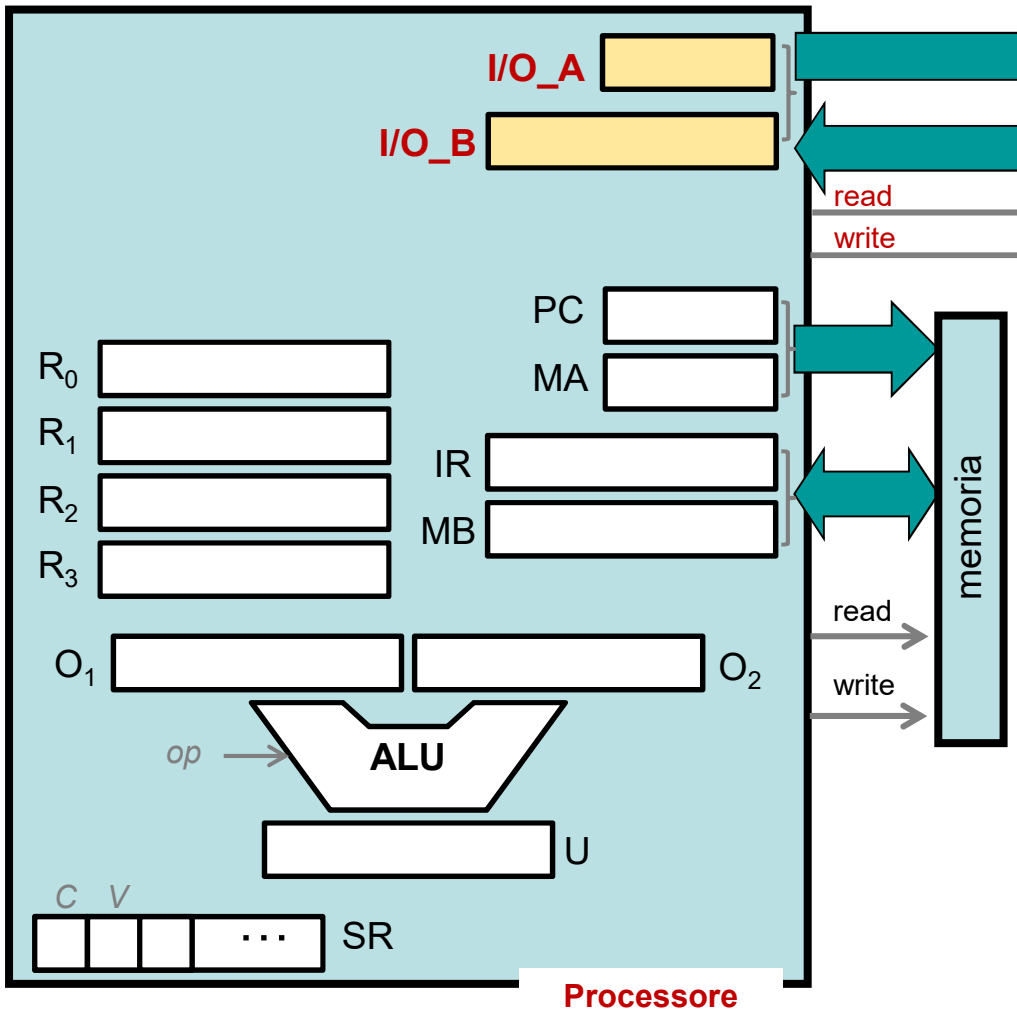
Sottosistema di I/O

- **Periferiche** (*peripherals*) di Ingresso/Uscita, o Input/Output (**I/O**)
  - praticamente tutti i componenti esterni all'interazione diretta processore-memoria
  - Esempi: tastiera, monitor, dispositivi di puntamento, periferiche USB, disco rigido (memoria di massa), timer, gestore delle interruzioni, Controllore del Direct Memory Address (DMA), etc etc

Interfacciamento con l'I/O

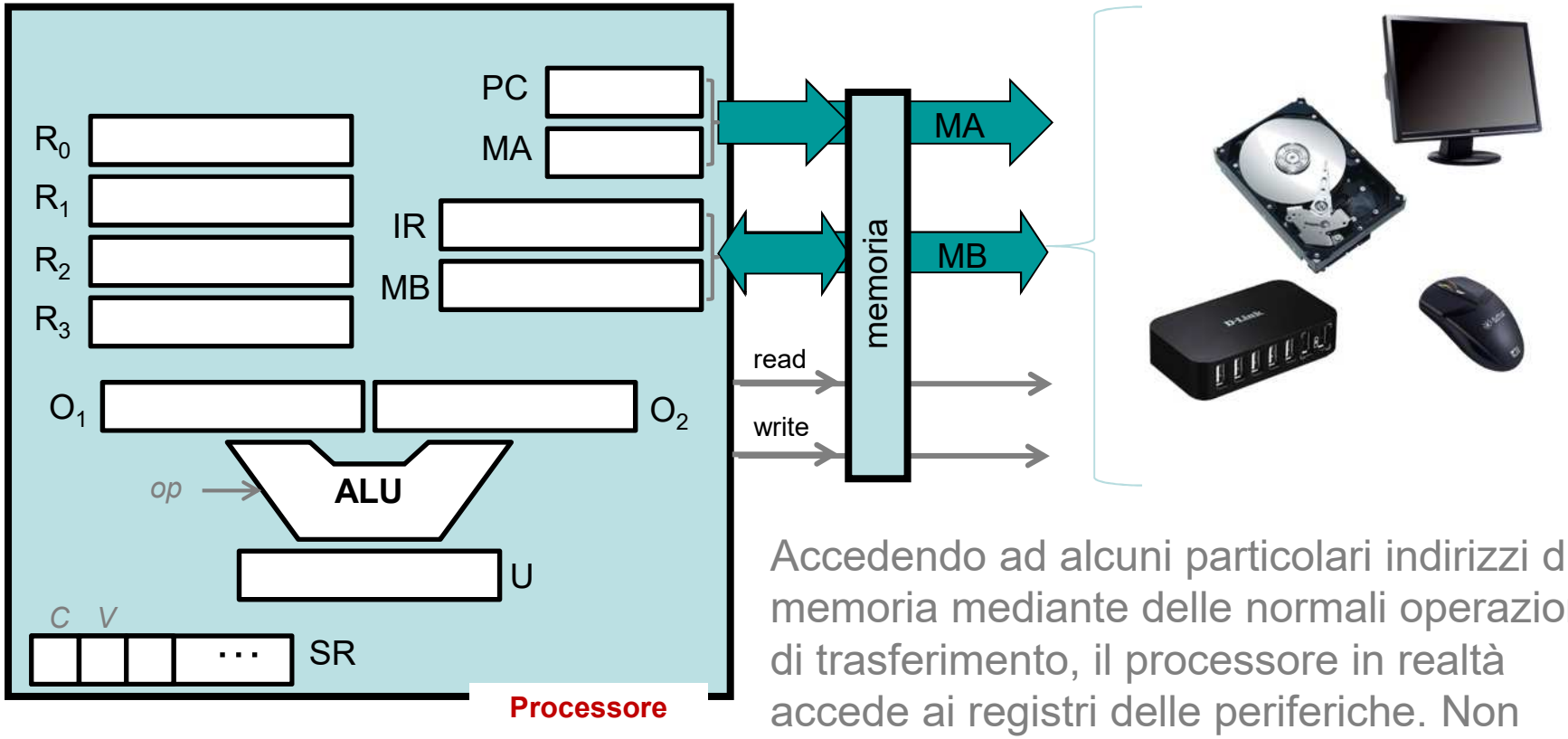
- Due approcci per l'interfacciamento tra processore e dispositivi di I/O
- "I/O mapped" I/O
  - il processore dispone di un'interfaccia indirizzo/dato separato per l'I/O (es. Intel x86)
  - i dispositivi sono in uno spazio di indirizzamento separato e sono presenti istruzioni apposite
- "memory-mapped" I/O
  - i dispositivi sono attivati da alcuni specifici indirizzi,
  - per il processore, gli accessi ai dispositivi di I/O sono visti come operazioni in memoria (es. M68000)

I/O-mapped I/O



il processore dispone di un'interfaccia indirizzo/dato separato per l'I/O (es. Intel x86)
Ad ogni dispositivo è associato un indirizzo,in uno spazio di indirizzamento diverso da quello della memoria
Sono presenti istruzioni apposite che il processore può eseguire per accedere alle periferiche

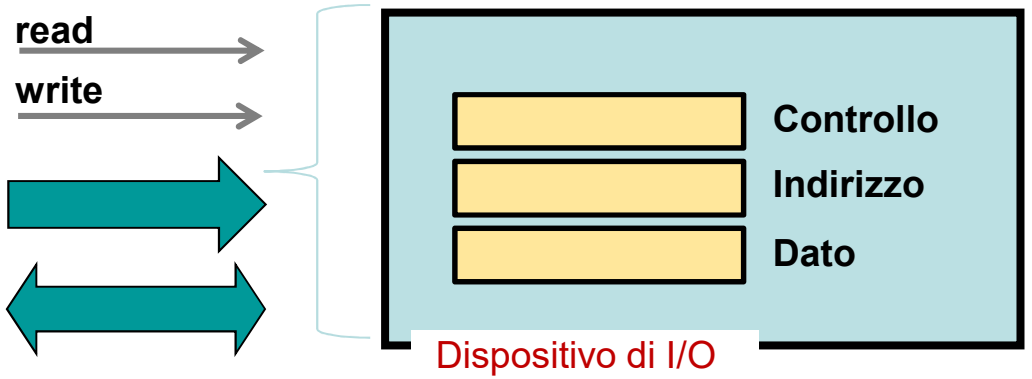
memory-mapped I/O



Accedendo ad alcuni particolari indirizzi di memoria mediante delle normali operazioni di trasferimento, il processore in realtà accede ai registri delle periferiche. Non servono istruzioni specifiche per l'I/O

Interfaccia della periferica

- Tipicamente, l'interfaccia di qualsiasi dispositivo è composta da *registri*
  - locazioni, simili a quelle in memoria, da cui è possibile leggere o su cui è possibile scrivere
- Tre tipi di registri
  - registri di **controllo e stato**
  - registri **indirizzo**
  - registri **dato**



Interfaccia della periferica

- Registri Controllo/Stato
  - **Controllo**: scritti dal processore, determinano mediante opportune codifiche (diverse da periferica a periferica) cosa il dispositivo deve fare
  - **Stato**: scritti dalla periferica e letti dal processore, danno la possibilità al dispositivo di informare il processore circa l'esito delle operazioni effettuate

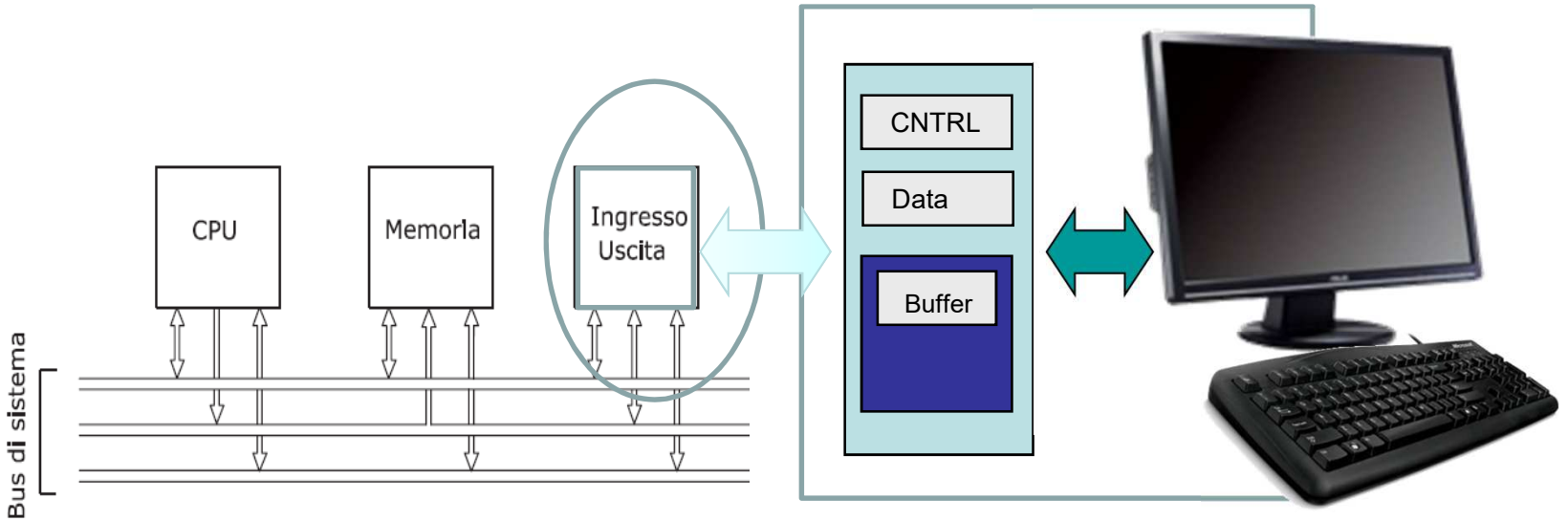
Interfaccia della periferica

- Registri **Indirizzo** e **Dato**
  - hanno lo stesso significato di quelli usati per la memoria, ma fanno riferimento ad un insieme (tipicamente ridotto) di locazioni fisicamente presenti nella periferica

Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

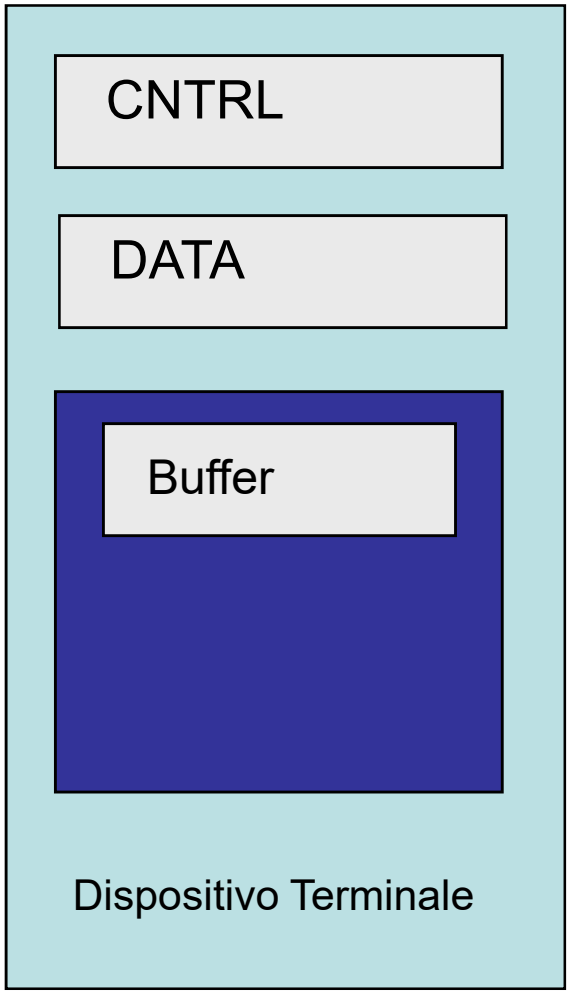
- Terminale
  - rappresenta un dispositivo combinato Monitor/Tastiera (cosiddetta *console*)



Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

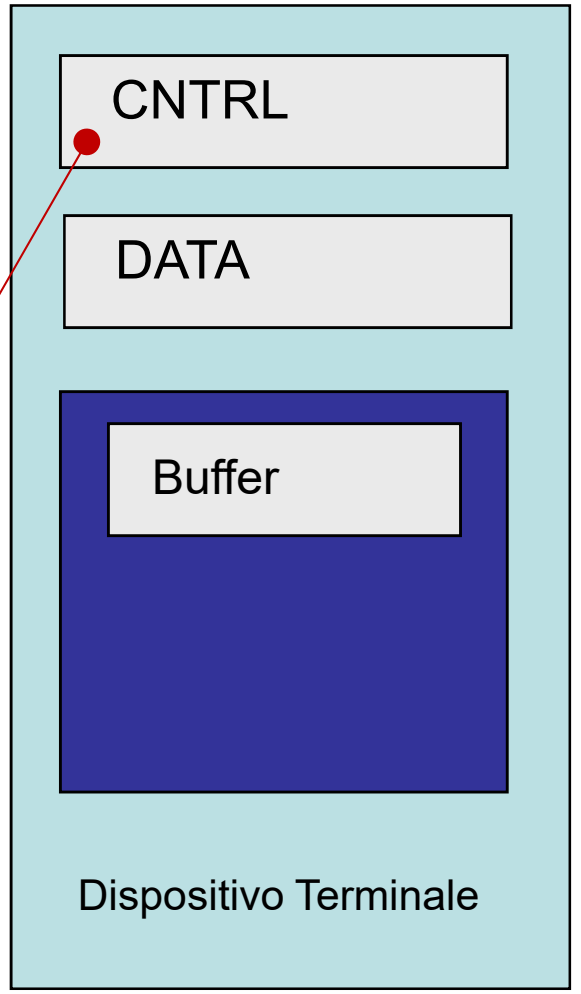
- Terminale: **Interfaccia**
  - un indirizzo combinato di Controllo/Stato (**CNTRL**)
  - un registro dati (**DATA**) su cui scrivere i dati che andranno su schermo o leggere quelli scritti da tastiera
  - contiene un *buffer* interno per contenere i dati immessi da tastiera prima che vengano trasferiti



Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

- **CNTRL** (registro di controllo e stato):
  - **Bit 0**: Abilita interruzione su BUFFER FULL
  - **Bit 1**: Abilita interruzione su ENTER
  - **Bit 2**: Cancella video
  - **Bit 3**: Pulisce buffer tastiera
  - **Bit 4**: Abilita tastiera
  - **Bit 5**: Abilita eco
  - **Bit 6**: Stato di BUFFER FULL
  - **Bit 7**: Stato di ENTER inviato



Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

- **CNTRL** (registro di controllo e stato):
  - **Bit 0**: Abilita interruzione su BUFFER FULL
  - **Bit 1**: Abilita interruzione su ENTER
  - **Bit 2**: Cancella video
  - **Bit 3**: Pulisce buffer tastiera
  - **Bit 4**: Abilita tastiera
  - **Bit 5**: Abilita eco
  - **Bit 6**: Stato di BUFFER FULL
  - **Bit 7**: Stato di ENTER inviato

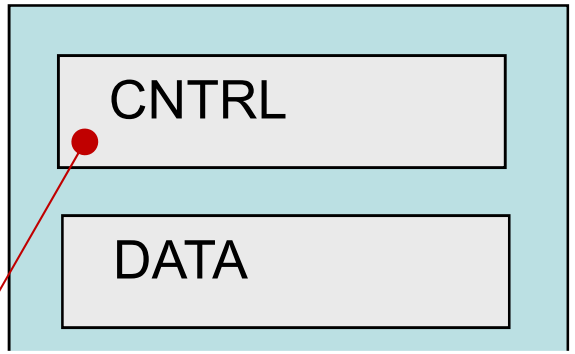
I Bit da **0** a **5** sono bit di controllo (determinano un'azione o una configurazione della periferica)

I Bit **6** e **7** sono bit di stato (indicano al processore cosa sta succedendo nella periferica)

Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

- **CNTRL** (registro di controllo e stato):
  - **Bit 0**: Abilita interruzione su BUFFER FULL
  - **Bit 1**: Abilita interruzione su ENTER
  - **Bit 2**: Cancella video
  - **Bit 3**: Pulisce buffer tastiera
  - **Bit 4**: Abilita tastiera
  - **Bit 5**: Abilita eco
  - **Bit 6**: Stato di BUFFER FULL
  - **Bit 7**: Stato di ENTER inviato

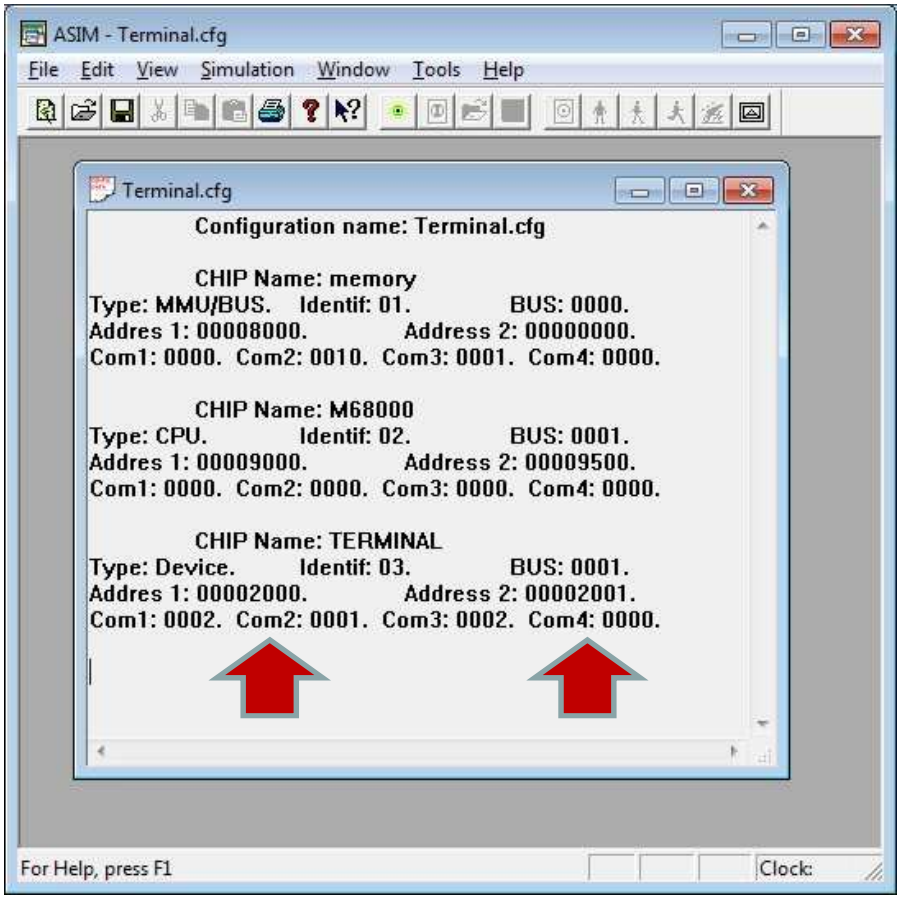


Ad esempio, per chiedere al terminale di **cancellare il contenuto del video**, dobbiamo scrivere il valore **1** nel **bit 2** del registro **CNTRL**
Se ad esempio **CNTRL** è mappato all'indirizzo **$2001** dobbiamo eseguire l'istruzione
`OR.B #4,$2001`

Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

- Richiede un file di configurazione in ASIM che comprenda anche la periferica Terminale
  - File **`Terminal.cfg`**
  - La configurazione descrive un sistema che comprende, oltre alla parte base processore+memoria, anche una periferica *memory-mapped*
  - Sono indicati gli indirizzi cui sono "mappati" i due registri della periferica



Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

```
MEM       ORG $8000
          ORG $8200
TER       EQU $2000
EOS       EQU 0
ENTER     EQU 13
ENTERHIT  EQU $80    10000000
TTYCFG    EQU $30    00110000
QUEST     DC.B     'Come ti chiami ? ',0
ANSW      DC.B     'Ciao, ',0

BEGIN     MOVEA.L  #TER,A2
          MOVEA.L  A2,A0
          ADD.L    #1,A2
          MOVE.B   #TTYCFG,(A2)
          LEA.L    QUEST,A1
OUTPUT    MOVE.B   (A1)+,D0
          CMP.B   #EOS,D0
          BEQ      CONT
          MOVE.B   D0,(A0)
          BRA      OUTPUT
CONT      MOVE.B   (A2),D1
          AND.B    #ENTERHIT,D1
          BEQ      CONT
          MOVEA.L    #MEM,A1
IN1       MOVE.B   (A0),D0
          MOVE.B   D0,(A1)+
          CMP.B    #ENTER,D0
          BNE      IN1
          LEA.L    ANSW,A1
OUT1      MOVE.B   (A1)+,D0
          CMP.B    #EOS,D0
          BEQ      CONT1
          MOVE.B   D0,(A0)
          BCC      OUT1
CONT1     MOVEA.L    #MEM,A1
OUT2      MOVE.B   (A1)+,D0
          MOVE.B   D0,(A0)
          CMP.B    #ENTER,D0
          BNE      OUT2
FINE      BRA      FINE
          END      BEGIN
```

Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

```
MEM       ORG $8000
          ORG $8200
TER       EQU $2000
EOS       EQU 0
ENTER     EQU 13
ENTERHIT  EQU $80    10000000
TTYCFG    EQU $30    00110000
QUEST     DC.B     'Come ti chiami ? ',0
ANSW      DC.B     'Ciao, ',0

BEGIN     MOVEA.L #TER,A2
          MOVEA.L A2,A0
          ADD.L   #1,A2
          MOVE.B  #TTYCFG,(A2)
          LEA.L   QUEST,A1
OUTPUT    MOVE.B  (A1)+,D0
          CMP.B   #EOS,D0
          BEQ     CONT
          MOVE.B  D0,(A0)
          BRA     OUTPUT
CONT      MOVE.B  (A2),D1
          AND.B   #ENTERHIT,D1
          BEQ     CONT
```

Riserva **512** locazioni (**200** esadecimale) vuote

Indirizzo del registro **DATA** del terminale (**$2000**)

Maschera che individua il bit di **CNTRL** usato per rilevare quando è stato premuto il tasto **ENTER**

Costante che sarà scritta in **CNTRL** per configurare inizialmente il terminale

Inizializza **A0** con l'indirizzo del registro **DATA** (**$2000**)

Inizializza **A2** con l'indirizzo del registro **CNTRL**

Scrive **00110000** nel registro di controllo: **Abilita tastiera ed eco**

Carica in **A1** l'indirizzo di partenza della frase da visualizzare

Visualizza i caratteri scrivendo nel registro **DATA** (indirizzo **$2000**) fino a quando non incontra il carattere terminatore **0** (End of String, **EOS**)

Verifica ripetutamente il registro di controllo **CNTRL** (indirizzo **$2001**) fino a quando viene premuto **ENTER**

Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

Inizializza **A1** con l'indirizzo di partenza dell'area di memoria precedentemente riservata

Copia i caratteri dal registro **DATA** del terminale all'area di memoria

Interrompe quando viene trovato il carattere **ENTER** nei dati

Inizializza **A1** con l'indirizzo della stringa di risposta da visualizzare

Visualizza i caratteri fino a quando incontra il carattere terminatore **0** (End of String, **EOS**)

Inizializza **A1** con l'indirizzo di partenza dell'area di memoria che contiene i caratteri precedentemente letti dal terminale

Visualizza i caratteri fino a quando viene trovato il carattere **ENTER** (carattere ASCII di codice **13**)

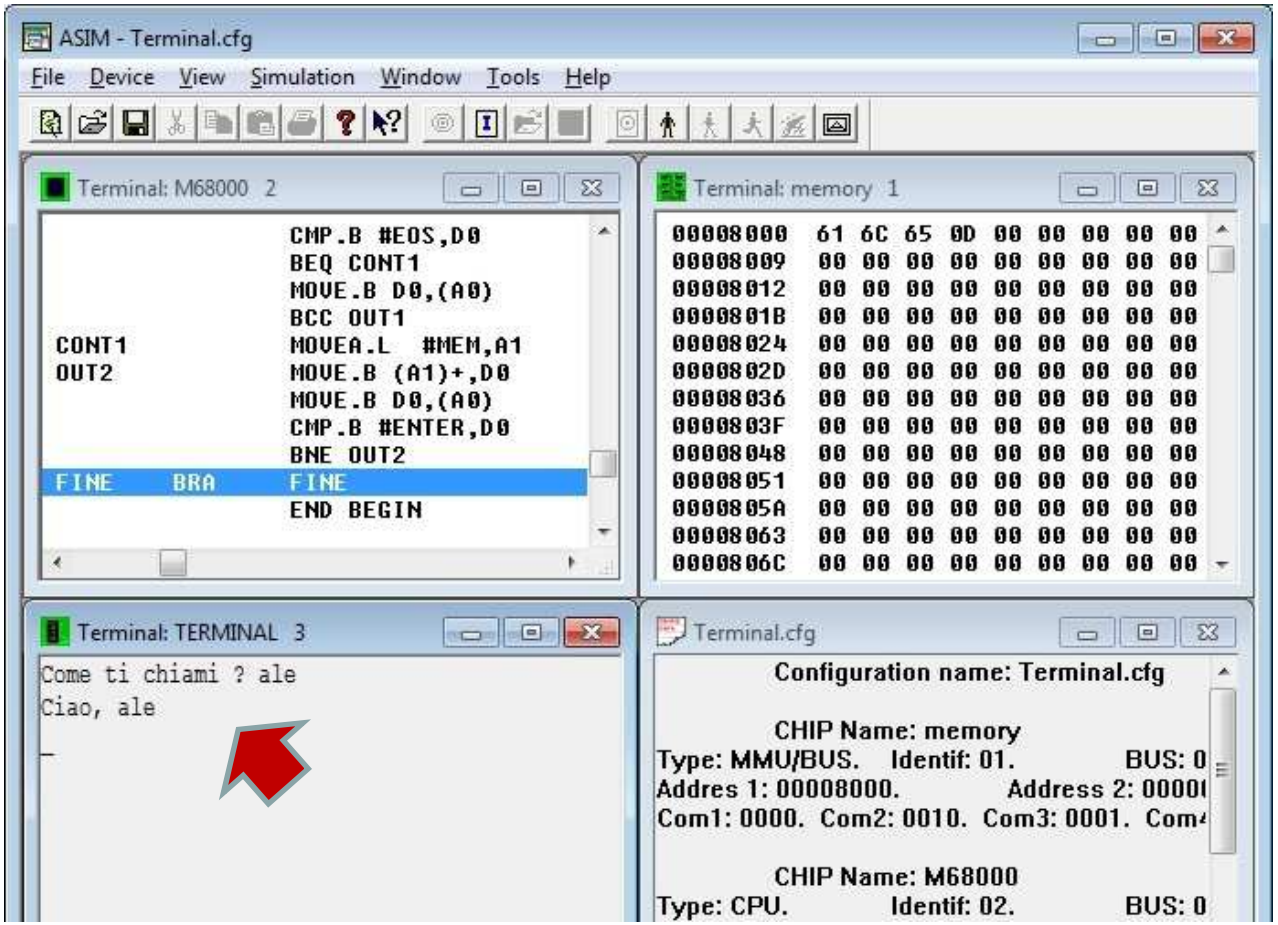
```
        MOVEA.L   #MEM,A1
IN1     MOVE.B    (A0),D0
        MOVE.B    D0,(A1)+
        CMP.B     #ENTER,D0
        BNE       IN1
        LEA.L     ANSW,A1
OUT1    MOVE.B    (A1)+,D0
        CMP.B     #EOS,D0
        BEQ       CONT1
        MOVE.B    D0,(A0)
        BRA       OUT1
CONT1   MOVEA.L   #MEM,A1
OUT2    MOVE.B    (A1)+,D0
        MOVE.B    D0,(A0)
        CMP.B     #ENTER,D0
        BNE       OUT2
FINE    BRA       FINE
        END       BEGIN
```

Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

Programma in esecuzione

(*usare il file* **`Terminal.cfg`** *invece del file* **`base.cfg`** *per la simulazione*!)



Esempio: terminale

File: `programma024.a68`

- Osservazione:
  - i dati sono scritti uno dopo l'altro sullo stesso indirizzo
  - Il funzionamento del dispositivo garantisce che valori scritti successivamente sullo stesso indirizzo vengano trasferiti come dati distinti
  - qui l'indirizzo **non** corrisponde fisicamente ad una locazione di memoria!!

Visualizza i caratteri fino a quando incontra il carattere terminatore **0** (End of String, **EOS**), scrivendoli tutti all'indirizzo contenuto in **A0** (che rimane costante nel ciclo e pari all'indirizzo **#TER**, ovvero **$2000**. L'indirizzo in realtà corrisponde al registro **DATA** del dispositivo terminale

```
BEGIN   MOVEA.L #TER,A2
        MOVEA.L A2,A0
        . . . . . .
OUT1    MOVE.B  (A1)+,D0
        CMP.B   #EOS,D0
        BEQ     CONT1
        MOVE.B  D0,(A0)
        BRA     OUT1
        . . . . . .
```

Interazione CPU-periferica

- Osservazione
  - il registro di *controllo/stato* **CNTRL** segnala il fatto che sia stato premuto il tasto ENTER, alzando il bit più significativo (che rappresenta un'informazione di ***stato***)
  - per aspettare fino alla pressione del tasto, il programma principale contiene un ciclo che legge il registro **CNTRL** e itera (bloccandosi nel ciclo) quando il bit di stato è **0**

```
   . . . . .
ENTERHIT EQU $80   10000000
   . . . . .
BEGIN    MOVEA.L #TER,A2
         MOVEA.L A2,A0
         ADD.L   #1,A2
   . . . . .
CONT     MOVE.B  (A2),D1
         AND.B   #ENTERHIT,D1
         BEQ     CONT
```

Verifica ripetutamente il registro di controllo **CNTRL** fino a quando non viene premuto **ENTER**. Ciò viene segnalato dal fatto che il registro **CNTRL**, posto all'indirizzo **#TER+1**, ha il bit più a sinistra pari ad **1**

Interazione CPU-periferica

- " **Polling**" (o "*I/O controllato da programma*")
  - tecnica per l'interazione CPU-periferica in cui la CPU accede ripetutamente ai registri di stato fino a quando la periferica è pronta (come nell'esempio precedente)
  - impedisce alla CPU di fare altro durante l'attesa!
  - La CPU si blocca in quello che si chiama *busy-waiting*
- Alternativa: "***Interruzioni***" (***interrupts***)
  - dette anche "***eccezioni***" *(****exceptions****)*
  - il processore può eseguire altre istruzioni mentre la periferica lavora. Appena questa è pronta, il processore viene interrotto (tramite un'opportuna infrastruttura circuitale fornita dal sistema), e passa ad eseguire la parte di programma che gestisce l'interazione con la periferica