

1.7 Modello degli I/O

Modello degli I/O

In questa unità viene analizzata la struttura del sistema di I/O da un punto di vista funzionale. Quindi, senza entrare nel merito delle specifiche tecnologie, viene descritto un modello sistemico a partire dal concetto di elemento di I/O fino ad arrivare al concetto di decodifica dell'indirizzo di I/O.

Dispositivo di ingresso/uscita

I dispositivi di ingresso uscita (I/O devices) sono componenti che consentono la comunicazione del sistema di elaborazione con il mondo esterno.

Per comprendere meglio il modo in cui i dispositivi funzionano impostiamo prima alcune definizioni:

Grandezza fisica: è un fenomeno fisico misurabile (ad essa è associata una unità di misura). Ad esempio sono grandezze fisiche lo spostamento [m], la tensione [V] ...

Le grandezze fisiche possono essere di varia natura, suddivise in categorie secondo le tradizionali suddivisioni della fisica: meccanica, elettrica, ottica, magnetica ...

Segnale: un segnale è una grandezza fisica che può assumere nel tempo diversi valori. A questi distinti valori sono associate distinte informazioni. Ad esempio, in un computer, alla cifra "0" è associata una tensione di 0 Volt mentre alla cifra "1" è associata una tensione di +5 Volt. nella logica binaria. Quindi si può dire che ad ogni valore di un segnale è associata una distinta informazione.

Informazione: è l'interpretazione di un segnale che viene fatta dall'utente. Quindi mentre i segnali sono elaborati dal computer le informazioni sono trattate dagli esseri umani.

Il computer è un apparato elettronico e quindi tratta solo segnali di natura elettrica (tensioni e correnti).

Il computer per effettuare una elaborazione ha necessità di informazioni in ingresso e deve fornire informazioni in uscita e queste informazioni in genere non hanno natura elettrica ma sono basate su altre grandezze fisiche che sono percepibili dagli utenti.

Esempio: per inserire delle informazioni l'utente usa la tastiera che è formata da interruttori che chiudendosi alla pressione del dito forniscono un segnale elettrico. La natura iniziale del segnale associato all'informazione è quindi meccanica (movimento dell'interruttore).

Altro esempio: le informazioni elaborate dal computer vengono in genere presentate sul monitor (CRT oppure LCD) sotto forma di radiazioni luminose. La natura finale del segnale associato all'informazione è quindi ottica.

In conclusione i dispositivi di ingresso/uscita sono componenti che trasformano l'informazione rappresentata da una grandezza fisica qualsiasi (in genere riconoscibile dall'utente) in una grandezza fisica elettrica (l'unica riconoscibile dal computer) o trasformano l'informazione rappresentata da una grandezza fisica elettrica in una grandezza fisica di altro genere.

Per realizzare questa funzione i dispositivi di ingresso/uscita sono composti di due parti:

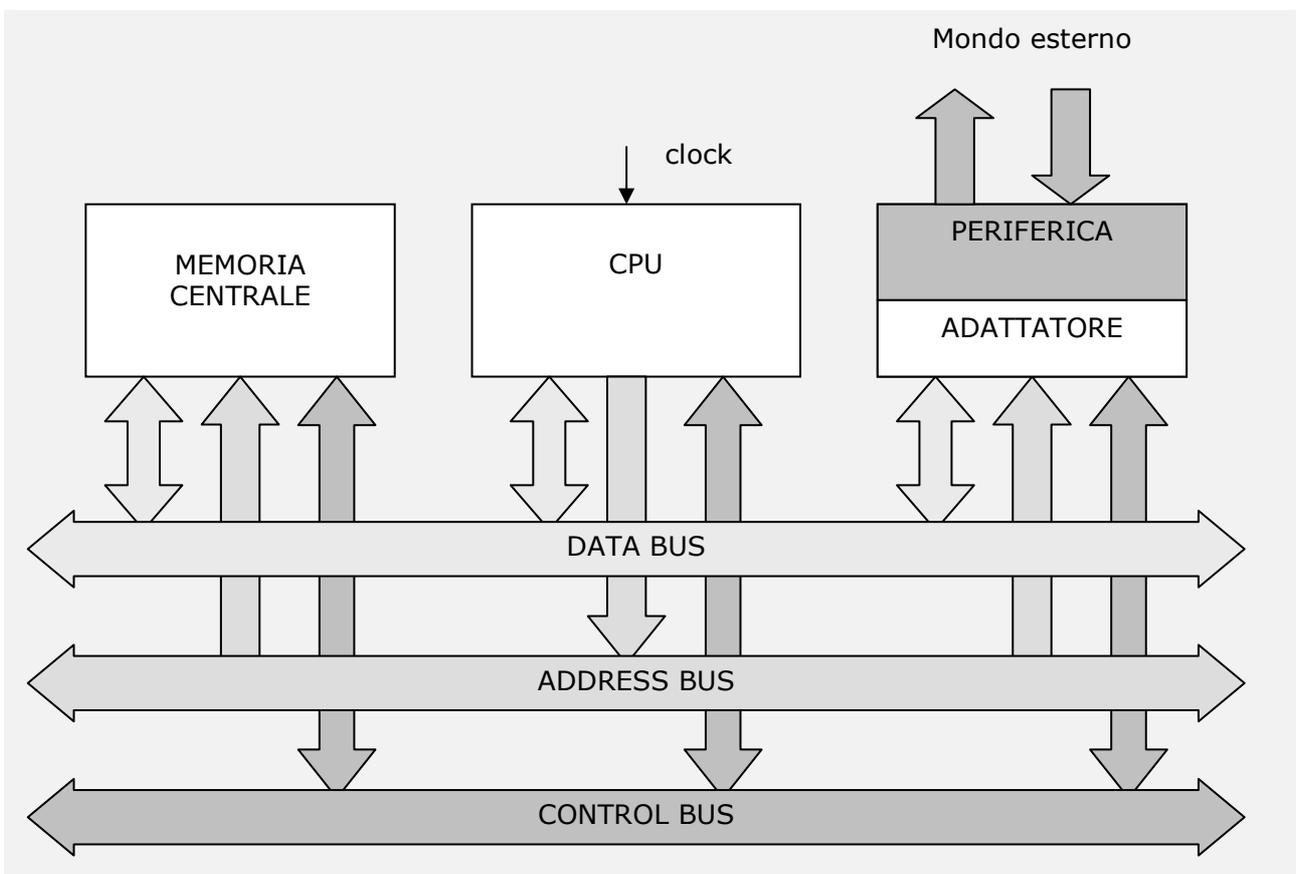
- **Periferica:** è un componente che ha sia natura elettrica che l'altra natura fisica (meccanica, ottica, magnetica ...) necessaria per la trasformazione dell'informazione. Si chiama periferica proprio perché si trova in genere al di fuori della struttura del computer.
- **Adattatore:** componente elettronico che comunica sia con la CPU che con la parte elettronica delle periferiche adattando i segnali elettrici della CPU alle esigenze della periferica. Viene anche chiamato Controller ed è in genere contenuto all'interno del computer.

Esempio: quello che in genere viene chiamato "**Video**" in realtà è un dispositivo di uscita formato da due parti: il "**monitor**", dispositivo elettro-ottico che trasforma i segnali elettrici in immagini luminose e il "**video adapter**", dispositivo elettronico integrato nella scheda madre del computer o in una scheda aggiuntiva che trasforma i segnali della CPU in segnali per il monitor.

Altro esempio: la tastiera è un dispositivo di ingresso da due parti: la **tastiera** vera e propria (dispositivo elettro-meccanico) che è collegata al "**keyboard controller**", dispositivo elettronico in genere integrato nella scheda madre del computer.

Una curiosità: la tastiera è a sua volta un embedded computer, cioè la parte elettronica contenuta in essa è realizzata, per motivi di flessibilità in logica programmata (Intel 8048 o successivi).

Si può quindi meglio dettagliare il modello di Von Neumann riguardo ai dispositivi di I/O con il seguente schema:



L'adattatore quindi è un componente elettronico, spesso ad alta scala di integrazione, che trasforma i dati da/per la CPU in segnali per/da la periferica. Molto spesso l'adattatore è un vero e proprio computer embedded dotato di una sua CPU specializzata (come ad esempio i processori grafici delle schede video) di un suo programma interno in una sua ROM e di uno spazio interno RAM per i dati temporanei (Periferiche intelligenti).

Tuttavia indipendentemente dalla complessità interna l'adattatore è visto dalla CPU (e quindi anche dal programmatore) come un insieme di porte di ingresso/uscita.

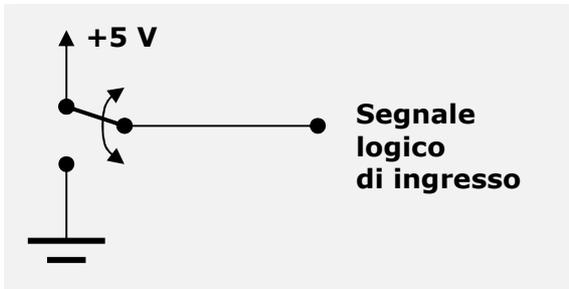
Per un primo approccio ai dispositivi di Ingresso/Uscita è quindi possibile considerare, come abbiamo già fatto per la memoria il dispositivo elementare e studiarne il funzionamento.

L'elemento di ingresso e di uscita vanno studiati separatamente perché sono funzionalmente diversi.

Elemento di ingresso

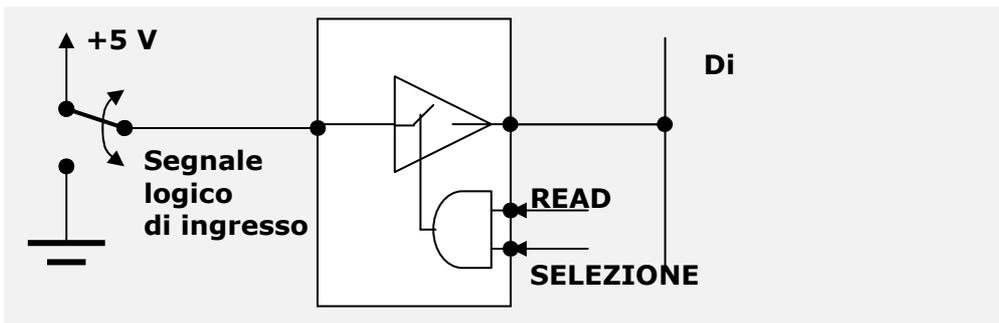
Come nel caso della memoria il più piccolo elemento di informazione che si può acquisire dall'ingresso è il 'bit'.

Come esempio concreto di una informazione binaria acquisita dall'ingresso si può immaginare un commutatore meccanico che può fornire due diversi livelli di tensione (potrebbe essere il bottone di un mouse)



Il filo che porta il segnale logico non può essere collegato direttamente con il data bus perché in questo caso imporrebbe il proprio livello sul filo di data bus impedendo il succedersi delle azioni del programma.

Tra il segnale elettrico del mondo esterno ed il data bus deve essere interposto un "elemento di porta di ingresso" che nella sua versione più semplice è un buffer tristate



Questo modello descrive il funzionamento di un singolo elemento di ingresso. In realtà le operazioni di accesso avvengono sempre a livello di Byte quindi si deve immaginare la presenza di altri sette elementi collegati agli altri fili di data bus ma comandati dallo stesso circuito di selezione.

L'elemento di ingresso è descritto da un buffer tristate. Il buffer tristate mantiene la sua uscita ad alta impedenza (è come se fosse internamente scollegato), quando non riceve il segnale di selezione, indipendentemente dal valore del segnale logico di ingresso

In questo modo, quando il data bus non è impegnato dal segnale di ingresso e la CPU lo può utilizzare per le sue attività.

Il circuito di selezione è formato da un AND che riceve i segnali READ dal control bus ed il segnale di selezione SELEZIONE proveniente dall'ADDRESS DECODER che viene mostrato nel paragrafo successivo.

Quando la CPU vuole leggere un ingresso (si dice anche "acquisire" o "campionare") deve selezionare la porta ed attivare il segnale di controllo READ.

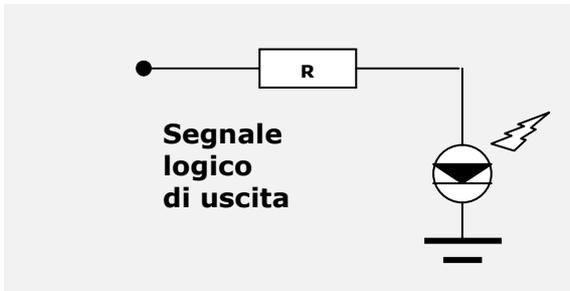
Il buffer tristate esce dal terzo stato e la sua uscita copia il valore del segnale logico di ingresso imponendo questo valore sul data bus. La CPU può a questo punto campionare il valore, successivamente togliendo i segnali di controllo il buffer torna in terzo stato liberando il bus che torna fluttuante.

Il segnale di SELEZIONE proviene dal circuito di decodifica degli indirizzi. Questo circuito riceve in ingresso l'address bus ed il segnale di controllo I/O e decodifica il numero binario che costituisce l'indirizzo generando il segnale di selezione per la porta che ha l'indirizzo corrispondente.

Elemento di uscita

Anche in questo caso il più piccolo elemento di informazione che si può emettere in uscita è il 'bit'.

Come esempio concreto di una informazione binaria emessa in uscita si può immaginare un led che può essere acceso o spento applicando al suo anodo una tensione positiva (+5V) o una tensione nulla (0 V).

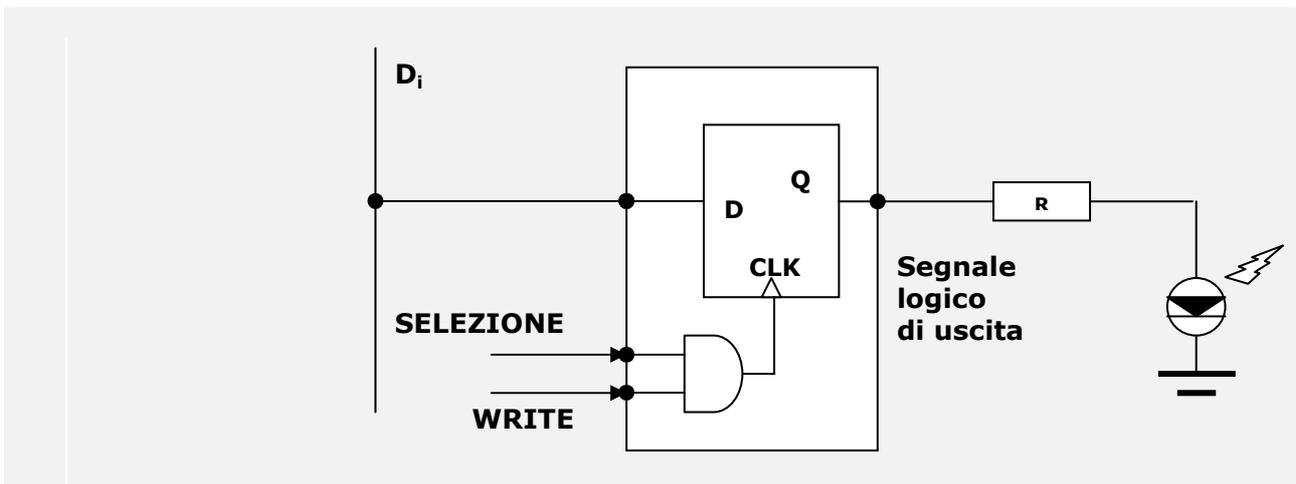


Il filo che riceve il segnale logico non può essere collegato direttamente con il data bus perché in questo caso l'uscita commuterebbe in continuazione ad ogni variazione del contenuto del data bus.

D'altra parte sul data bus i dati cambiano in continuazione perché viene utilizzato per il trasferimento di tutte le informazioni (codici di istruzioni, valori di variabili, dati di altri ingressi e uscite).

E' quindi necessario che quando una uscita viene generata da un programma (ad esempio l'accensione del led), questa venga mantenuta inalterata fino a quando il programma non richiede una variazione dello stato dell'uscita.

E' quindi necessaria la presenza di un flip-flop di tipo D che conservi l'informazione scritta fino alla scrittura successiva sulla stessa porta. La struttura di una porta di uscita è quindi simile a quella di un elemento di memoria con la differenza che in questo caso sul flip-flop viene fatta solo la scrittura e non la lettura.



Questo modello descrive il funzionamento di un singolo elemento di uscita. In realtà le operazioni di accesso avvengono sempre a livello di Byte quindi si deve immaginare la presenza di altri sette elementi collegati agli altri fili di data bus ma comandati dallo stesso circuito di selezione.

L'elemento di uscita è descritto da un flipflop D. Il flipflop D mantiene la sua uscita Q al valore memorizzato indipendentemente dal valore del suo ingresso D, quindi lo stato dell'uscita non cambia al cambiare dei dati sul filo di data bus.

Il circuito di selezione è formato da un AND che riceve il segnale WRITE dal control bus ed il segnale di selezione SELECT proveniente dall'ADDRESS DECODER che viene mostrato nel paragrafo successivo.

Quando la CPU vuole scrivere in una uscita (si dice anche "emettere") deve impostare il dato sul data bus, selezionare la porta ed attivare il segnale di controllo WRITE.

La commutazione che avviene sul segnale CLK provoca il caricamento del segnale contenuto nel filo di data bus nella memoria del flip-flop e di conseguenza l'emissione dell'uscita che resterà inalterata fino alla prossima selezione e scrittura.

Il segnale di SELEZIONE proviene dal circuito di decodifica degli indirizzi. Questo circuito riceve in ingresso l'address bus ed il segnale di controllo I/O e decodifica il numero binario che costituisce l'indirizzo generando il segnale di selezione per la porta che ha l'indirizzo corrispondente.

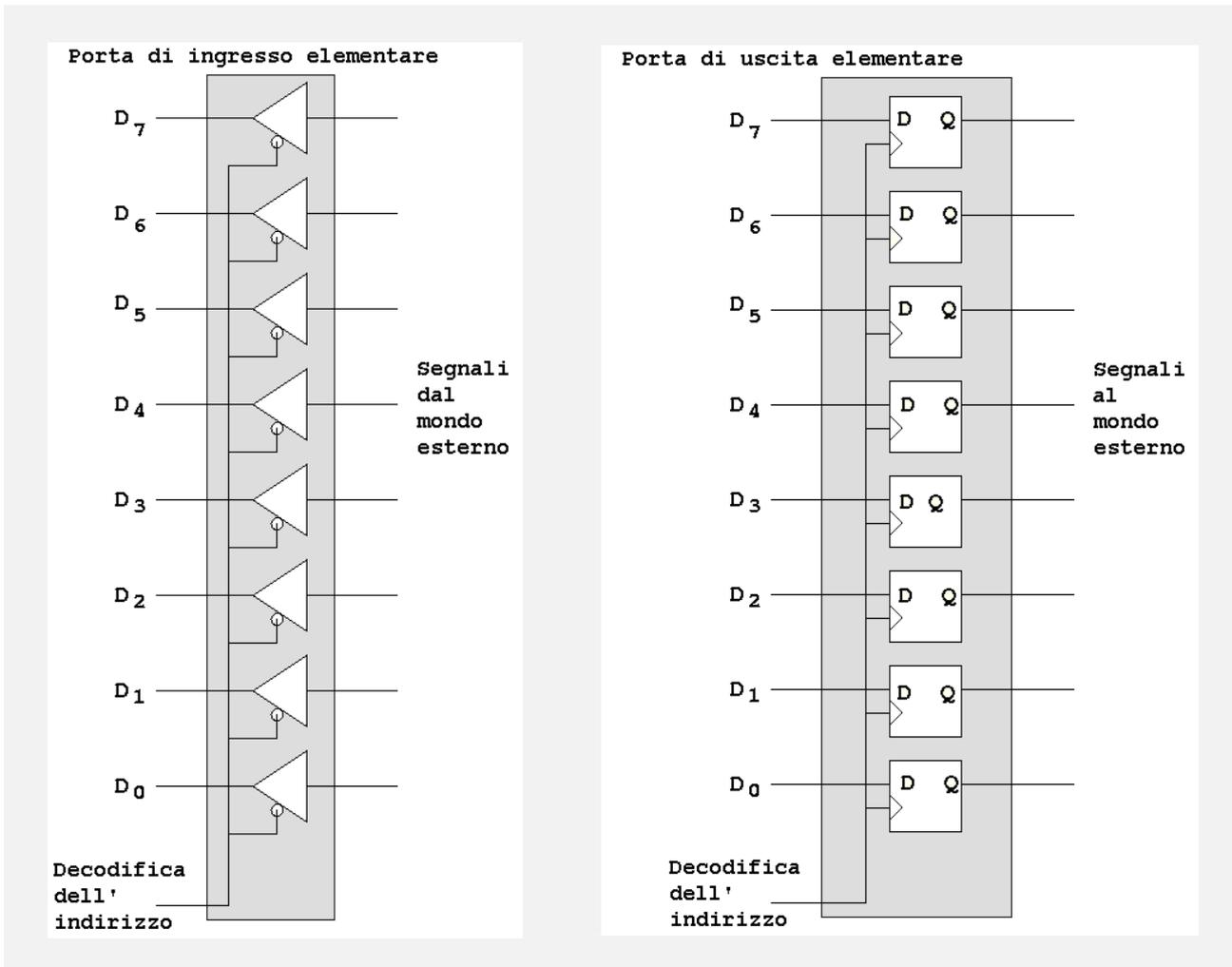
In molte periferiche intelligenti in realtà le porte di uscita sono rileggibili per consentire al programma di conoscere lo stato dell'uscita e quindi si comportano come vere e proprie memorie collocate però nello spazio di I/O.

Porta di ingresso o di uscita

L'elemento di ingresso o di uscita non è accessibile singolarmente ma solo come parte di un blocco di elementi che vengono processati sempre insieme.

Il più piccolo blocco di memoria accessibile singolarmente è formato da otto bit (BYTE) ed è rappresentato simbolicamente come la cella di memoria.

Ogni bit di una porta è collegato ad un diverso filo di data bus in modo che tutti i bit siano trasferiti contemporaneamente sul data bus. Quando la porta viene letta ogni elemento impone il suo contenuto sul rispettivo filo di data bus. Quando la porta viene scritta ogni elemento carica al suo interno il valore del rispettivo filo di data bus.



Porte di questo tipo possono essere realizzate con componenti elettronici logici della categoria MSI (Medium Scale Integration) come ad esempio un "Tristate octal buffer" per la porta di ingresso e un "Octal D latch" per la porta di uscita.

In realtà molto spesso le porte di I/O si trovano integrate nei "dispositivi periferici intelligenti" sono dei componenti elettronici integrati che in genere sono utilizzati per la realizzazione degli "adattatori".

Si tratta spesso di veri e propri microprocessori con una loro CPU interna, una ROM per il programma che ne definisce le funzioni e porte di I/O per colloquiare con il mondo esterno (per un "dispositivo periferico intelligente" sono mondo esterno sia il "vero" mondo esterno che il bus del sistema principale).

Spesso vengono chiamati anche "coprocessori" per porre in evidenza che sono dispositivi in logica programmata al servizio di una CPU principale.

Indirizzo delle porte di ingresso e di uscita

Le porte seguono lo stesso modello descrittivo delle celle di memoria per quanto riguarda l'indirizzamento. Quindi come nel caso della memoria si può parlare di una schiera di porte poste logicamente una dopo l'altra. La posizione di ciascuna porta è definita univocamente dal suo indirizzo.

Il numero massimo di porte che possono essere presenti teoricamente in un sistema viene chiamato **"spazio di I/O"**

Sebbene per l'indirizzamento delle porte venga usato lo stesso Address bus delle memorie, in genere lo spazio di I/O è considerevolmente più piccolo, perché non tutti i bit dell'Address bus sono significativi.

Ad esempio nel caso del Pentium 4 solo i primi sedici bit di Address bus vengono usati per l'indirizzamento degli I/O ottenendo così un spazio di I/O di 65536 porte di ingresso e di 65536 porte di uscita. Questo numero è ampiamente superiore alle necessità pratiche.

Modello del circuito di decodifica

Anche in questo caso valgono i principi già discussi nella decodifica delle celle di memoria sia per i principi generali che per la decodifica a più livelli.

L'esempio che segue, molto simile a quello delle memorie, descrive una ipotetica struttura di I/O formata da tre "dispositivi periferici intelligenti" (A, B e C).

I "dispositivi periferici intelligenti" sono dei componenti elettronici integrati che in genere sono utilizzati per la realizzazione degli "adattatori".

Si tratta spesso di veri e propri microprocessori con una loro CPU interna, una ROM per il programma che ne definisce le funzioni e porte di I/O per colloquiare con il mondo esterno (per un "dispositivo periferico intelligente" sono mondo esterno sia il "vero" mondo esterno che il bus del sistema principale).

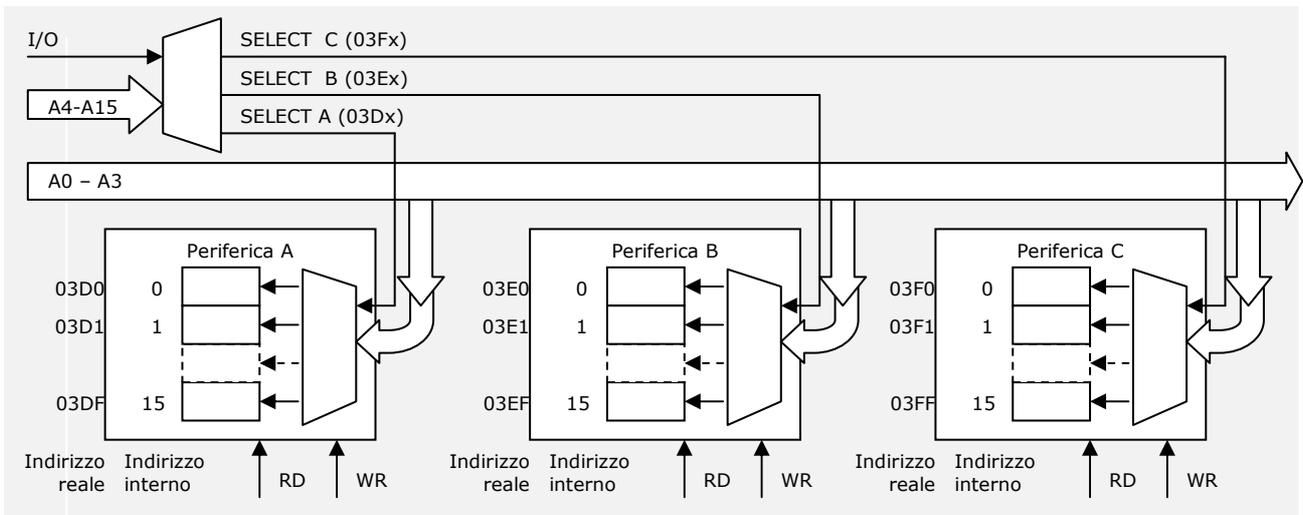
Spesso vengono chiamati anche "coprocessori" per porre in evidenza che sono dispositivi in logica programmata al servizio di una CPU principale.

L'esempio fa quindi riferimento ad una reale situazione seppure molto semplificata.

Un "dispositivo periferico intelligente" è visto dal sistema principale come un insieme di porte di I/O consecutive.

In questo esempio ogni dispositivo periferico intelligente possiede 16 porte di ingresso e 16 porte di uscita che sono collocati ad indirizzi consecutivi (questi valori sono utilizzati a titolo di esempio e pur essendo possibili non devono essere presi come una norma).

Ogni dispositivo periferico intelligente riceve quindi i quattro fili di address bus meno significativi per selezionare le porte interne ed è dotata di un ingresso di CHIP SELECT che abilita le porte interne e proviene da una selezione di livello superiore costruita con i rimanenti bit di indirizzo e il segnale di controllo I/O



Gli indirizzi sono rappresentati in esadecimale per migliorare la leggibilità e richiamano, seppure non siano coincidenti, una situazione reale relativa alla decodifica degli adattatori COM1, COM2 ed LPT1 di un sistema a microprocessore PC-compatibile.

Per semplificare il disegno non è mostrato il data bus che raggiunge tutti i dispositivi periferici collegandosi con il "lato interno" di ciascuna porta ne i segnali del mondo esterno che raggiungono le porte collegandosi con il loro "lato esterno".

Non è neppure rappresentata la logica interna del dispositivo, che è diversa in ogni tipo di dispositivo ed ha la funzione di trasformare i dati emessi dalla CPU in segnali "adatti" alla periferica.

Ad esempio nel caso di COM1 (adattatore seriale) la periferica è un qualunque apparato in grado di ricevere/trasmettere segnali logici binari in sequenza su un singolo filo. Il compito dell'adattatore è trasformare le informazioni che arrivano dalla CPU in parallelo (ad esempio un carattere delle dimensioni di un BYTE scritto in una porta di uscita) in una sequenza temporale di bit da mandare all'apparato e viceversa trasformare le sequenze di bit che arrivano dall'apparato in un carattere che possa essere agevolmente letto dalla CPU in una porta di ingresso scaricando la CPU principale dell'onere di complicate operazioni di

serializzazione e deserializzazione. A grandi linee quindi questo dispositivo periferico intelligente si comporta come un "shift register con caricamento parallelo ed uscita seriale" in uscita e come uno "shift register con caricamento seriale e lettura parallela" in entrata, ma in realtà è un automa molto complesso a causa delle regole di protocollo che governano la comunicazione seriale.

Un ulteriore esempio è quello del "video adapter". Per ulteriori approfondimenti vi rimando al forum del corso di terza "Sistemi: Corso introduttivo" dove l'argomento è già stato trattato.

Per rintracciarlo entrate nel corso come "Ospiti" (non richiede la password) e nel motore di ricerca "Cerca nei forum" introduce la parola "adapter".