

Circuiti I/O per computer ZX81

di Angelo Cattaneo

In questo articolo vengono descritti i circuiti di ingresso ed uscita dati che permettono al computer di dialogare con il mondo esterno costituito dalle apparecchiature periferiche di ogni tipo o da qualsiasi genere di apparecchi per la rilevazione di dati o di grandezze fisiche. Le porte I/O servono infatti per introdurre nel computer i dati provenienti dall'esterno o per il prelievo di dati elaborati dal computer e destinati al pilotaggio di apparecchiature.

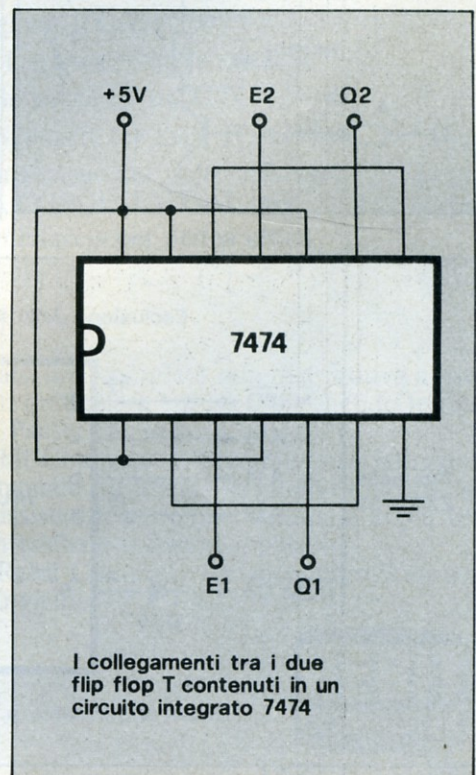


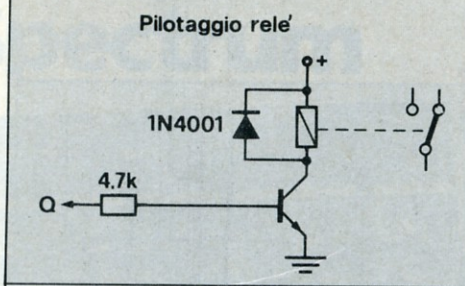
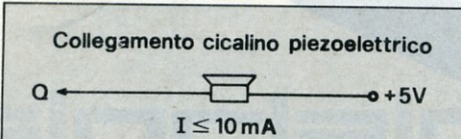
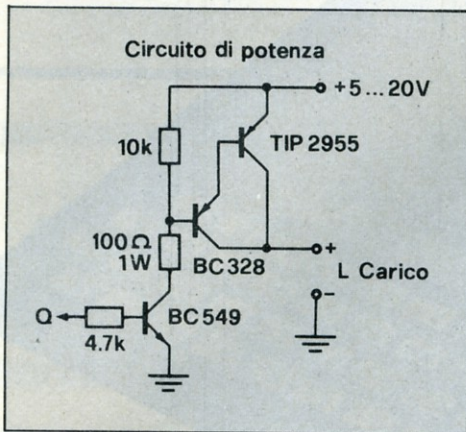
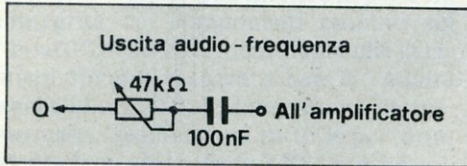
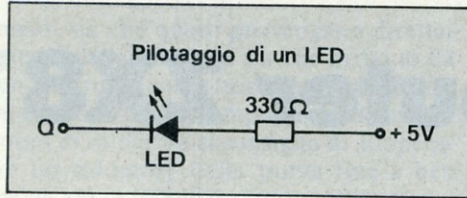
Nel presente articolo sono citati soltanto alcuni esempi, perchè la parte di decodifica ha un numero di impieghi molto maggiore di quanti è possibile descrivere in un limitato numero di pagine. Gli ingressi dei circuiti illustrati nelle figure devono essere collegati, in esercizio, con le rispettive uscite del decodificatore degli indirizzi.

SEMPLICE POSSIBILITA' DI USCITA DATI

Per molte applicazioni, sono sufficienti le semplici uscite digitali: per esempio, per il comando di modelli ferroviari ed impianti di riscaldamento, per la produzione di suoni, la visualizzazione mediante LED ed il pilotaggio di contatori. In questi casi non si prende in considerazione il bus dei dati e perciò i collegamenti risultano di molto semplificati. Il decodificatore degli indirizzi risulta sufficiente per gli impieghi di commutazione solo in teoria, poiché i suoi impulsi di uscita sono molto brevi e quindi insufficienti a garantire una commutazione sicura. Di conse-

guenza dovrà essere impiegato, per ciascuna uscita, un circuito di memoria, cioè un flip flop. Il flip flop scelto, del tipo T (Toggle - flip flop), cambia lo stato logico delle sue uscite in corrispondenza ad ogni impulso che pervenga all'ingresso di clock. Sarà possibile predisporre l'uscita Q del flip flop al livello logico "1" con il primo impulso, con il secondo impulso Q commuterà al livello "0", con il terzo impulso tornerà al livello "1" e così via. Nell'intervallo tra due impulsi successivi, rimane valido l'ultimo livello assunto. Il flip flop è perciò un componente di memoria, con il quale è possibile pilotare il livello logico (e quindi la tensione di uscita) e l'istante del cambiamento di questo livello. Dato che per il pilotaggio viene usato il decodificatore degli indirizzi del computer, è possibile comandare con precisione le uscite del flip flop mediante un adatto programma: questo procedimento viene definito "pilotaggio tramite software". Un comando Assembler (LD) o BASIC (PEEK o POKE) inviato al giusto indirizzo, produce un breve impulso ad una determinata uscita del decodificatore degli indirizzi: il flip flop T, collegato





a questo terminale, varia di conseguenza lo stato delle sue uscite.

Costruendo un sistema di indirizzamento ampliato per blocchi, collegando un flip flop a ciascuna uscita, è possibile ottenere otto uscite digitali totalmente indipendenti tra loro. Quali potranno essere le funzioni di queste uscite? Vediamole. Tramite esse potranno essere accesi e spenti, da istruzioni software, diodi LED ad esse collegati: naturalmente, questi LED potranno anche essere i componenti d'ingresso di accoppiatori ottici, adatti a interfacciare circuiti esterni. Potranno anche essere generate, sempre da software, sequenze di note musicali. Collegando ad una di queste uscite un amplificatore audio, sarà possibile produrre, mediante opportuni programmi, suoni di diversa frequenza. Ecco un esempio di programmazione (8200 è l'indirizzo della corrispondente uscita digitale):

```
10 POKE 8200,1
20 GOTO 10
RUN
```

Un'altra possibilità consiste nell'impiego di un'interfaccia di uscita di potenza, adatta a commutare basse tensioni (5...20 V) con correnti di 5 A. Ad una delle uscite potrà anche essere collegato un cicalino piezoelettrico, che però, ad una tensione di 5 V, non dovrà avere un assorbimento superiore a 10 mA.

Sarà infine possibile collegare alle uscite digitali opportuni relè, da pilotarsi tramite transistori. Il tipo di questi transistori non è critico, l'unico parametro da tener d'occhio è la corrente di collettore che dovrà essere adattata a quella assorbita dal relè. A seconda del transistoro impiegato, dovrà eventualmente essere variato il valore del resistore di base.

Per particolari applicazioni, possono essere collegati alle uscite (invece dei flip flop) anche multivibratori monostabili,

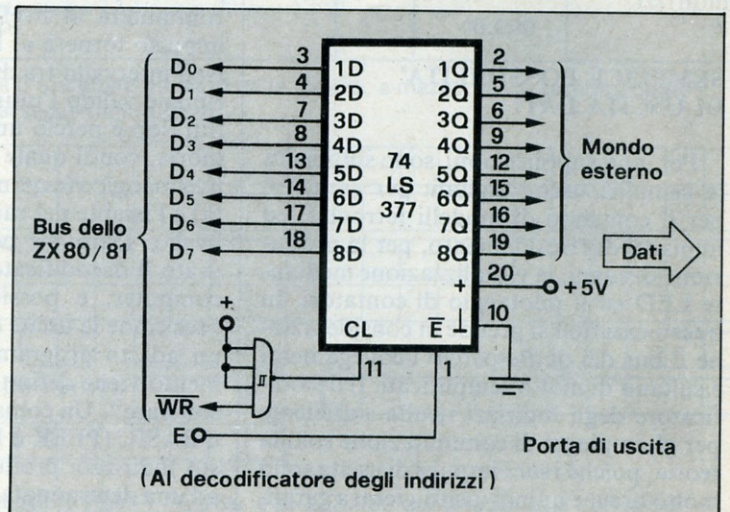
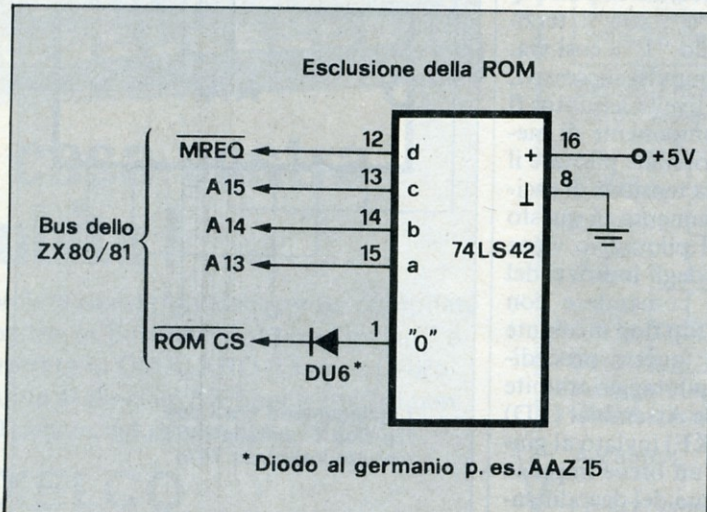
contatori, eccetera. In questo modo si rendono disponibili per l'utilizzatore vaste possibilità di sperimentazione.

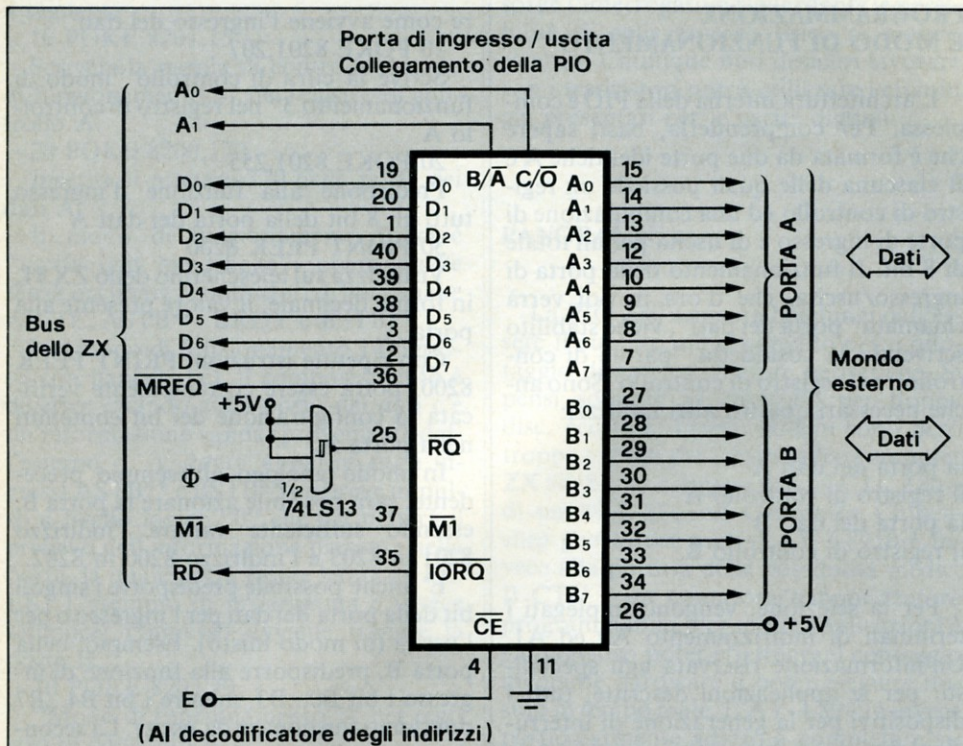
USCITA TRAMITE IL BUS DEI DATI

In presenza a uscite di dati tramite il bus ed il decodificatore degli indirizzi, è necessario essere certi che sul bus stesso operino soltanto la CPU e l'unità indirizzata. La CPU mette a disposizione sul bus i dati che l'unità interessata leggerà tramite la propria porta. Se ora viene attivata un'altra unità, per esempio la ROM, in grado di caricare il bus dei dati, non sarà più possibile una trasmissione priva di errori: questo è proprio ciò che avviene negli ZX 80/81, qualora non vengano presi opportuni provvedimenti. Purtroppo, la SINCLAIR ha voluto risparmiare nel sistema di indirizzamento della ROM per cui il suo contenuto non potrà essere letto a partire dall'indirizzo iniziale vero e proprio e dagli indirizzi 8192, 32768 e 40960. Prima di intraprendere una trasmissione di dati verso la porta, è perciò necessario disattivare la lettura della ROM nei campi di indirizzamento impropri sopracitati. Fortunatamente, lo ZX 81 dispone di un terminale adatto allo scopo, contrassegnato dalla sigla ROM** CS**, che porta il numero 23B sulla faccia inferiore del circuito stampato. Il circuito con il 74LS42 attiverà la ROM soltanto quando venga selezionato un indirizzo compreso tra 0 ed 8191.

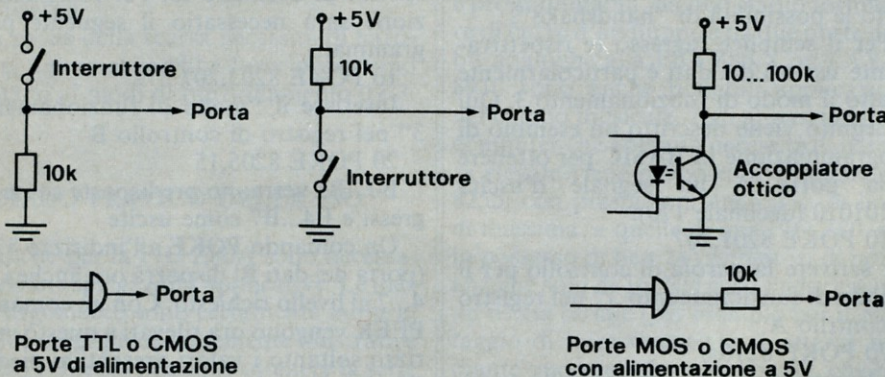
I possessori dello ZX 80 potranno anche effettuare il collegamento ROM** CS** anche se nella scheda ZX 80 non è previsto il punto di connessione 23B; allo scopo dovranno essere apportate le seguenti modifiche:

- Interrompere la pista di rame che arriva al piedino 20 della ROM.
- Pontare l'interruzione di cui al punto precedente, mediante un resistore da 4,7 kΩ/0,25 W.





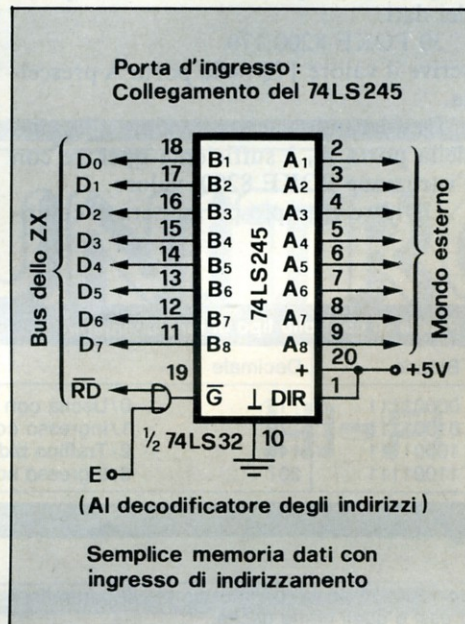
Tipici circuiti d'ingresso per PIO Z80A



— Collegare il piedino 20 della ROM al punto previsto per il posizionamento del contatto 23B. Attenzione: saldando il filo del contatto 23B, non esagerare con lo stagno, perchè altrimenti la spina a 46 poli non potrebbe più essere infilata agevolmente nella presa)
Eseguita con successo la modifica, sarà possibile dare inizio alle operazioni di uscita e di ingresso dei dati.

PORTA DI USCITA DA 8 BIT

Nel caso di uscita dei byte tramite il bus, gli impulsi del decodificatore degli indirizzi vengono utilizzati esclusivamente per scopi di pilotaggio e non trasportano informazioni. L'informazione viene invece rilevata dal bus dei dati e tenuta a disposizione tramite la porta sui conduttori d'uscita. L'istante della rilevazione



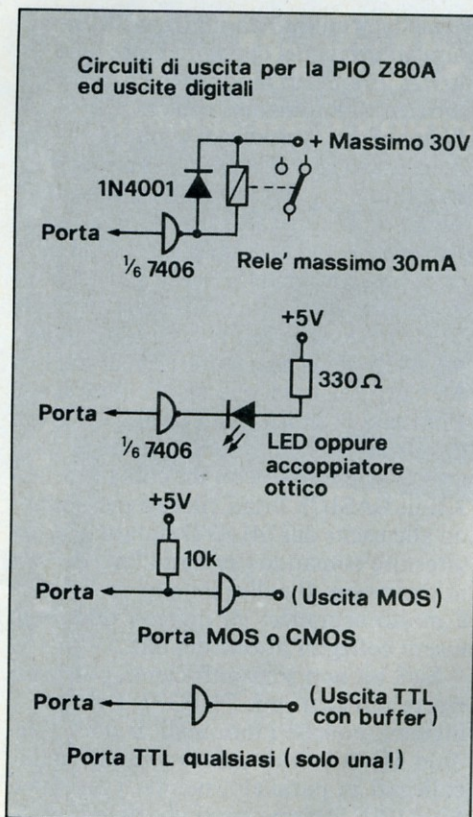
viene determinato da un impulso che appare all'uscita del decodificatore degli indirizzi. In questo modo viene garantito il perfetto sincronismo con la CPU. Un componente in grado di svolgere la funzione di porta, è il 74LS377. Tale circuito integrato è un "latch" ad 8 bit munito di ingresso ENABLE. Oltre all'impulso proveniente dal decodificatore degli indirizzi, viene utilizzato, per la sincronizzazione, il segnale del terminale WR** della CPU. I due impulsi uniti fanno sì che il 74LS377 possa prelevare i livelli dal bus dei dati nel caso che su di esso venga effettuata la scrittura all'indirizzo definito mediante il decodificatore degli indirizzi (per esempio con un comando POKE in BASIC). I dati rilevati permangono alle uscite del 74LS377 fintanto che un ulteriore comando permetta loro di essere trasmesse. Il collegamento da eseguire è molto semplice: gli ingressi dovranno essere collegati al bus dei dati.

Se 8 bit non sono sufficienti, potranno essere utilizzati più 74LS377. I rispettivi ingressi, nonché i terminali di clock (piedino 11) dovranno essere semplicemente collegati in parallelo, mentre i terminali ENABLE faranno capo alle diverse uscite del decodificatore degli indirizzi.

PORTA D'INGRESSO DA 8 BIT

Nella direzione inversa, le cose vanno in maniera più semplice. Per l'ingresso dei dati non sarà necessaria una memoria intermedia. La porta d'ingresso è formata semplicemente da un buffer che invia al bus dei dati, nel giusto istante, i dati provenienti dall'esterno, rendendo in tal modo accessibile la CPU. Un circuito OR supplementare fa in modo che la porta venga resa transitabile soltanto quando arriva un impulso dal decodificatore degli indirizzi, seguito dall'attivazione di un segnale RD** emesso dalla CPU. Anche in questo caso è possibile pilotare più porte. La porta è ancora molto semplice, però utilizza diversi circuiti OR e diverse uscite di decodifica degli indirizzi. Un comando PEEK in BASIC per ciascuno degli indirizzi delle porte trasferisce il dato proveniente dall'esterno alla rispettiva porta.

L'esperienza pratica ha dimostrato che è sufficiente predisporre nel decodificatore alcune uscite digitali. Un successivo ampliamento, che possa mettere a disposizione sia ingressi che uscite da 8 bit, garantirebbe maggiori possibilità, come il pilotaggio di una stampante tipo Centronics. Mediante l'indirizzamento delle porte come locazioni di memoria, vengono annullati gli effetti dei disturbi provenienti dal sistema pilotato, dalla stampante e dalla RAM a 16K, per mezzo di indirizzi appropriati.



Allo scopo è disponibile un componente speciale, la cosiddetta PIO Z80. La sigla PIO significa "Parallel I/O Interface" (interfaccia di ingresso/uscita parallelo). Il vantaggio consiste nel hardware relativamente poco costoso e nella flessibilità di programmazione. Sono invece svantaggi la bassa capacità di carico dell'uscita della porta (un solo circuito TTL) ed il fatto che il componente debba essere programmato, prima di venir utilizzato per una funzione qualsiasi.

Il collegamento ai sistemi Z80 è relativamente facile, perchè la maggioranza dei piedini della PIO Z80 porta già il nome dei conduttori del bus da collegare. Attenzione: per lo ZX 80/81 è necessaria una PIO Z80 A (versione più veloce della PIO Z 80). E' inoltre necessario osservare che i segnali Φ risultano invertiti (clock del sistema invertito). A parte ciò, il cablaggio non presenta difficoltà.

PROGRAMMAZIONE E MODO DI FUNZIONAMENTO

L'architettura interna della PIO è complessa. Per comprenderla, basti sapere che è formata da due porte identiche A e B ciascuna delle quali possiede un registro di controllo ed una combinazione di porte di ingresso e di uscita per un totale di 8 bit. Il funzionamento della porta di ingresso/uscita, che d'ora in poi verrà chiamata "porta dei dati", viene stabilito scrivendo la cosiddetta "parola di controllo" nel registro di controllo. Sono anche necessari quattro altri indirizzi:

- la porta dei dati A
- il registro di controllo A
- la porta dei dati B
- il registro di controllo B.

Per la selezione, vengono impiegati i terminali di indirizzamento A0 ed A1. Un'informazione riservata agli specialisti: per le applicazioni descritte, tutti i dispositivi per la generazione di interruzioni non sono importanti, e perciò non vengono presi in esame. Allo stesso modo vengono descritte solo nel modo più succinto le possibilità di "handshake".

Per il semplice ingresso (e rispettivamente uscita) dei dati è particolarmente adatto il modo di funzionamento 3. Qui di seguito viene descritto un esempio di programmazione in BASIC per ottenere sulla porta A un segnale d'uscita 10101010 (decimale 170):

```
10 POKE 8201,207
per scrivere la parola di controllo per il
"modo di funzionamento 3" nel registro di controllo A
```

```
20 POKE 8210,0
predispone tutti gli otto bit della porta
dati A in posizione di uscita (0 = uscita, 1
= ingresso); l'operazione viene eseguita
singolarmente per ciascun bit della porta
dei dati.
```

```
30 POKE 8200,170
scrive il valore 170 nella porta A prescelta.
```

Desiderando variare il valore all'uscita della porta A, è sufficiente operare con l'istruzione POKE 8200, valore.

Un altro esempio permetterà di chiarire

come avviene l'ingresso dei dati:

```
10 POKE 8201,207
Scrive la cifra di controllo "modo di
funzionamento 3" nel registro di controllo A
```

```
20 POKE 8201,255
Predispone alla funzione d'ingresso
tutti gli 8 bit della porta dei dati A
30 PRINT PEEK 8200
```

Visualizza sul teleschermo dello ZX 81, in forma decimale, il valore presente alla porta A.

Con ripetute istruzioni PRINT PEEK 8200, potrà essere costantemente verificata la configurazione dei bit contenuti nella porta A.

In modo analogo all'esempio precedente, sarà possibile azionare la porta B, essendo sufficiente variare l'indirizzo 8201 in 8203 e l'indirizzo 8200 in 8202.

E' anche possibile predisporre i singoli bit della porta dei dati per l'ingresso o per l'uscita (in modo misto). Esempio: nella porta B, predisporre alla funzione di ingresso i bit B0...B3, mentre i bit B4...B7 dovranno funzionare da uscite. La seconda parola di controllo consisterà perciò nella sequenza di bit 00001111, che corrisponde al decimale 15. Per l'inizializzazione sarà necessario il seguente programma:

```
10 POKE 8203,207
Inserisce il "modo di funzionamento
3" nel registro di controllo B
20 POKE 8205,15
```

B0...B3 verranno predisposte come ingressi e B4...B7 come uscite

Un comando POKE all'indirizzo 8202 (porta dei dati B) disporrà ora anche i bit 4...7 al livello richiesto. Con un comando PEEK vengono ora rilevati a questo indirizzo soltanto i valori presenti ai piedini B0...B3. Il modo di funzionamento 2 deve essere riservato agli esperti, che possono ricavare sufficienti particolari dalla letteratura tecnica specializzata.

Volendo semplicemente emettere un byte (8 bit), sarà anche possibile scegliere il modo di funzionamento 0 (uscita con "handshake"). Poichè è chiaro che tutti i bit devono essere predisposti a funzionare da uscite, è necessario precisare una parola di controllo: uscita del valore 10101010 dalla porta; il programma sarà

Esempi di indirizzi delle porte e più importanti parole di controllo	
Indirizzo	Risponde
8200	Porta dati A
8201	Registro di controllo A
8202	Porta dati B
8203	Registro di controllo B

Parola di controllo tipo di funzionamento		
Binario	Decimale	
00001111	15	0/Uscita con handshake
01001111	79	1/Ingresso con handshake
10001111	143	2/Traffico bidirezionale con handshake
11001111	207	3/Ingresso ad uscita a singoli bit

Nel modo di funzionamento 3, alla parola di controllo 1100111 segue un'altra parola di controllo, il cosiddetto byte di mascheratura, che prestabilisce quali siano i bit programmati come ingressi e quali come uscite.

il seguente

10 POKE 8201,15

Scrivere la parola di controllo "modo di funzionamento 3" nel registro di controllo A.

20 POKE 8200,170

Inserire il numero 170 nella porta dei dati A.

Il modo di funzionamento 0, cioè "uscita con handshake", opera anche senza occupare i conduttori di handshake ARDY, ASTB**, BRDY e BSTB**.

Nel modo di funzionamento 1 (ingresso con handshake), il comportamento è diverso: quando sulla porta dei dati c'è un'informazione valida (proveniente dall'esterno), dovrà apparire sugli ingressi ASTB** e BSTB** un breve impulso a livello logico "0" che permetterà il prelievo dell'informazione presente nella porta, la quale potrà essere letta con PE-EK. L'esempio di programma è invece semplice; l'ingresso avviene tramite la porta B:

10 POKE 8203,79

"Modo di funzionamento 1" nel registro di controllo B

20 PRINT PEEK 8202

Visualizza in cifre decimali la serie di bit inserita.

A causa della scarsa necessità di hardware, agli inizi sarebbe forse opportuno limitarsi ai modi di funzionamento 0 e 3.

IMPIEGO PRATICO DELLA PIO

Anche per la PIO Z80A sono necessarie alcune spiegazioni applicative. Le idee sull'argomento sono certamente molte e, dagli esempi precedentemente illustrati, è chiaro come sia possibile ottenere la serie di bit presente alle uscite delle porte. Ma, come già avvenuto per le uscite digitali,

sorge l'interrogativo riguardante le possibilità di collegamento fisico al mondo esterno. Chiunque non desideri lavorare con i transistori potrà utilizzare i circuiti già presentati per le uscite digitali.

PANORAMICA

La PIO Z80 è ancora ben lungi dall'essere il circuito più progredito per il pilotaggio di apparecchiature periferiche. Si pensi soltanto al controllo per floppy disc, eccetera. Questi sistemi sono però troppo evoluti per l'economico computer ZX 80/81. Il collegamento del CTC Z80 o di un SGC (Sound Generator Chip = chip generatore audio) AY-3-8910 è invece alla portata delle possibilità medie. Il CTC è un contatore/temporizzatore programmabile. Per molte applicazioni è vantaggioso poter effettuare il conteggio mediante hardware o poter eseguire misure in tempo reale. L'AY-3-8910 è invece particolarmente adatto a completare sistemi di giochi. Esso è formato, tra l'altro, da tre generatori di nota indipendenti e programmabili, da uno stadio formatore di curve d'involuppo e da due porte da 8 bit analoghe alla PIO Z80. Con l'AY-3-8910 sono anche possibili applicazioni nel campo musicale. Agli appassionati di computer che abbiano necessità di potenze elevate viene proposto il componente 8255; con prestazioni analoghe, in linea di massima, a quelle di una PIO Z80, ma in possesso di ben 24 connettori di porta anziché solo di 16. Nel caso sia necessaria un'uscita seriale (per esempio per il pilotaggio di telescriventi), la si otterrà mediante uno speciale componente, che potrebbe essere, per esempio, una SIO Z80 oppure un 8251.

PASSIAMO ORA A DEI CONSIGLI COSTRUTTIVI

Come avviene per quasi tutti i circuiti digitali, il montaggio è relativamente poco critico. E' comunque sconsigliabile saldare componenti come la PIO direttamente sul circuito stampato, ma è opportuno ricorrere ad un adatto zoccolo. Il saldatore dovrà avere una potenza di 15 W e comunque non superiore a 30 W. Usare filo di stagno di piccolo diametro privo di disossidanti acidi. Altro fattore importante è l'alimentazione a 5 V.

A seconda del grado di complessità, l'interfaccia potrebbe caricare eccessivamente l'alimentatore del computer, provocando un anormale riscaldamento del medesimo. Un unico LED collegato all'uscita del circuito aumenta infatti la corrente assorbita di circa 10 mA, quando acceso. Il decodificatore degli indirizzi contribuisce all'assorbimento totale con circa 40 mA; per ciascuna uscita occorrerà inoltre calcolare circa 10 mA. Altri valori indicativi sono: circa 15 mA per ciascun 74LS245 e circa 20 mA per ciascun 74LS377. Per un funzionamento di lunga durata, è perciò consigliabile tenere in attenta considerazione la dissipazione di calore nell'alimentatore, ed eventualmente sostituire quest'ultimo con un tipo più potente. Spesso è sufficiente aggiungere in parallelo a quello già esistente, un secondo regolatore di tensione tipo 7805. L'impiego di condensatori di disaccoppiamento dipende dalla lunghezza dei conduttori. Vale la regola fondamentale che impone un condensatore di disaccoppiamento (capacità da 47 nF ad 1 µF), collegato tra l'alimentazione positiva e la massa, per ogni circuito integrato che abbia un carico variabile. In caso di collegamenti molto corti, sarà possibile fare a meno del disaccoppiamento individuale.



UNITRONIC®
**HI-FI EQUIPMENT
 AND SOUND**