

0.1 8253 e 8254

L'8253 è un counter - timer molto usato, presente all'interno del primo PC IBM. Per questa ragione il suo funzionamento è stato ripreso da molti altri dispositivi successivi, che ne hanno imitato il funzionamento in modo da funzionare con il software scritto per l'8253. Uno di questi circuiti, compatibile a livello di piedini con l'8253 è l'8254. L'8254 può sostituire nello zoccolo un 8253 e funziona in modo molto simile, ma internamente è del tutto diverso. Può contare a velocità maggiore dell'8253 (fino a 10 MHz, contro 2,6 MHz) e corregge un malfunzionamento che era presente nell'8253 quando usato in modo 3. Inoltre offre in più una funzione piuttosto utile, detta "read back".

Oggi l'8253 non è più commercializzato, è stato sostituito dall'8254 e da altri circuiti multifunzione che incorporano dispositivi con esso compatibili, insieme ad altri circuiti come 8255, controllori di interruzione e di hard disk, DMA controller ed altri.

Gli ingressi principali di un counter - timer sono due: un ingresso di "clock", che determina il momento in cui il conteggio deve proseguire ed un ingresso di "gate", che abilita o meno il conteggio.

Il dispositivo è considerato un timer se all'ingresso "clock" viene fornito un vero segnale di clock ad onda quadra. In questo caso, dato che un segnale di clock ha frequenza fissa, il conteggio è proporzionale al tempo trascorso.

Quando invece il segnale fornito all'ingresso "clock" del counter - timer è irregolare, il dispositivo viene detto "counter" e la sua funzione è quella di contare eventi.

Come accennato, oltre al registro che serve per la "programmazione" del dispositivo, che chiameremo CWR (**C**ontrol **W**ord **R**egister), un counter timer deve possedere almeno un altro registro: quello in cui viene memorizzato il valore corrente del conteggio. Chiameremo CE (**C**ounting **E**lement) il registro che contiene in ogni istante il valore del conteggio, usando il nome che viene utilizzato dal produttore nella documentazione che riguarda il counter - timer 8253, che vedremo in dettaglio in seguito.

Se si vuole che la CPU possa leggere liberamente il valore del conteggio, senza influire sul suo avanzamento, è necessario che il contatore includa un altro registro, che chiameremo OL (**O**utput **L**atch) nel quale venga congelato il valore corrente del contatore, per poi trasferirlo con comodo alla CPU attraverso il data bus. Dunque quando la CPU fa una richiesta di lettura del contenuto del CE il suo valore corrente viene istantaneamente ricopiato in OL ("latching"), poi il risultato verrà trasferito sul data bus usando OL, mentre CE può continuare a contare senza problemi.

Nei timer programmabili è presente un altro registro, che chiameremo CR (**C**ount **R**egister) e che serve a contenere il numero di conteggi che il contatore deve effettuare. Considerando un contatore che conta all'indietro il funzionamento potrebbe essere il seguente: inizialmente viene caricato in CE il valore di CR, poi ad ogni fronte di salita sul piedino di "clock", CE viene decrementato, mentre CR rimane sempre uguale. Quando CE è giunto a 0 viene alzato il segnale di uscita per indicare che il conteggio è finito, poi si carica ancora CR in CE e si ricomincia.

Le modalità di funzionamento di un timer - counter possono essere molto diverse, per esempio l'8253 ne ha sei, a seconda del modo usato è diverso il ruolo dei due segnali di ingresso clock e gate. Non tratteremo qui i diversi modi di funzionamento, che verranno sviluppati nella parte relativa all'8253.

L'8254 contiene 3 counter timer identici. Tutti e tre i contatori possono essere programmati per funzionare in uno di sei modi diversi e sono del tutto indipendenti uno dall'altro. Ciascuno dei tre timer ha il suo ingresso di clock ed il suo segnale di uscita. I contatori di un 8254 hanno la dimensione di 16 bit e contano solo all'indietro. Vengono inizializzati con un numero qualsiasi e funzionano decrementando il valore del conteggio.

Il dispositivo è visibile dalla CPU a 4 indirizzi consecutivi ed ha al suo interno una quindicina di registri, che vengono tutti modificati attraverso gli unici 4 indirizzi che il dispositivo utilizza.

I quattro indirizzi che il dispositivo occupa hanno le seguenti funzioni:

Indirizzo Base	: Contatore 0
Indirizzo Base + 1	: Contatore 1
Indirizzo Base + 2	: Contatore 2
Indirizzo Base + 3	: Control Word Register (CWR)

Il dispositivo contiene 3 registri da 16 bit per ogni contatore: uno (CE: **C**ounting **E**lement), per il conteggio vero e proprio, un altro (OL: **O**utput **L**atch) che viene usato solo in lettura ed un terzo (CR **C**ount **R**egister), che viene usato solo in scrittura. Il registro di conteggio non è accessibile direttamente né in lettura né in scrittura; il circuito fa uso degli altri registri per avere accesso a CE. Di conseguenza ogni contatore si può leggere e scrivere intervenendo su un unico indirizzo. Normalmente il registro OL segue CE, ma può essere bloccato con un comando all'8254.

All'indirizzo Base + 3 risiede il Control Word Register, che è un registro "camaleonte" che serve per programmare il dispositivo. Ogni bit del CWR ha significati diversi a seconda del valore corrente di altri bit dello stesso registro.

Si noti come il circuito pur avendo molti registri interni, abbia solo quattro indirizzi. Ciò rende minimo lo spazio di indirizzi occupato dal circuito ma rende poi più complicato il software che lo controlla. Questa è una caratteristica comune dei circuiti integrati di I/O per i quali i produttori fanno sempre tutto il possibile per limitare il numero degli indirizzi occupati.

Ecco un esempio di istruzioni "equate" che permettono di utilizzare i quattro registri del dispositivo:

```
Base8254 EQU 32      ; indirizzo fittizio <256
```

```
ControlWord8254 EQU Base8254 + 3
Contatore0 EQU Base8254
Contatore1 EQU Base8254 + 1
Contatore2 EQU Base8254 + 2
```

(Nei brani di programma presentati nel seguito considereremo di aver fatto queste definizioni)

0.1.1 Ingressi e uscite di un 8254

Ogni contatore ha due ingressi: un clock, che fornisce l'onda quadra, o più in generale, il segnale del quale si vogliono contare i cicli ed un ingresso GATE che fornisce l'abilitazione al conteggio. Le funzioni dell'ingresso di GATE sono diverse a seconda del modo di funzionamento del contatore. Ogni contatore ha anche un'uscita hardware: un piedino detto OUT che viene alzato dal circuito quando accadono certi eventi, come vedremo più avanti.

Oltre a queste linee il circuito utilizza le linee dell'address bus e del data bus per comunicare con la CPU, fingendo, come al solito, di essere una memoria.

0.1.2 Modi di funzionamento di un 8254

Come già detto ogni contatore può funzionare in uno di 6 modi diversi. I modi permessi sono i seguenti:

Modo 0: Interruzione al raggiungimento dello zero (interrupt on terminal count)

Una volta programmato il contatore in questo modo OUT rimane basso fino a che il contatore non giunge a zero.

Quando il conteggio è zero OUT va alta e rimane alta fino a che non viene scritto nel registro CR, e di conseguenza in CE, un nuovo valore del conteggio iniziale.

OUT viene usato tipicamente come segnale di interrupt, che segnala alla CPU l'esaurimento di un certo intervallo di tempo.

Se OUT viene usato come interrupt esso continua a rimanere alto fino a che la ISR non scrive in CR il valore del "prossimo" conteggio. Se la scrittura avviene mentre un conteggio è in corso il conteggio viene bloccato.

Se l'ingresso GATE è alto il conteggio procede, altrimenti rimane fermo.

Modo 1: Segnale basso per tutto il conteggio, prolungabile (hardware retriggerable one-shot)

Se il contatore è programmato in questo modo l'8254 fa un impulso fisso in logica negata, della durata voluta, prolungabile sotto controllo del software.

Il dispositivo verrà programmato in modo 1 scrivendo in CR il numero di conteggi che determinerà il periodo di tempo che il segnale OUT resta basso.

Dopo che il dispositivo viene programmato in modo 1, al primo fronte di salita sul segnale GATE inizia il conteggio ed abbassa la tensione del segnale OUT. OUT rimane basso fino alla fine del conteggio, ma diviene alto se il conteggio finisce. Alla ricezione di un impulso su GATE in segnale OUT torna basso, dopo che il chip ha ricaricato il valore di CR in CE.

Se durante il conteggio si cambia il valore del segnale GATE, mentre OUT è basso, si ricarica in CE il valore iniziale (CR) ed il segnale negativo su GATE viene dunque prolungato. Se il segnale GATE viene pulsato regolarmente entro il termine del conteggio OUT non va mai alto.

Se GATE è sotto controllo del software ed OUT è collegato, per esempio, all'interrupt non mascherabile della CPU, il contatore fa la funzione di un watchdog.

Modo 2: Generazione di impulsi regolari (rate generator)

In questo modo l'8254 funziona come un contatore modulo N, dove N è il numero dei conteggi che viene scritto in CR. OUT è normalmente a uno e viene abbassato per il tempo di un conteggio quando CE vale zero, nel contempo del conteggio viene ricaricato automaticamente con il valore di CR.

Questo modo realizza un segnale periodico impulsivo il cui periodo è stabilito dalla frequenza di clock e dal valore di CR. (???? nel PC l'interrupt del realtime clock è realizzato in questo modo ????)

Se GATE = 1 il conteggio procede, altrimenti si blocca. Se si carica un nuovo valore in CR durante il conteggio, ciò non avrà nessun effetto fino alla prima fine di conteggio.

Modo 3: Generatore di onda quadra (square wave mode)

Se un contatore dell'8253 è programmato in questo modo ad ogni arrivo del conteggio a zero il valore di OUT viene commutato. Il conteggio viene diminuito di 2 ad ogni ciclo di clock, in questo modo si genera un'onda quadra il cui periodo è uguale al tempo di esaurimento di un conteggio "normale".

La variazione di CR non ha effetto fino alla fine del periodo.

Modo 4: Strobe innescato dal software (software triggered strobe)

Il conteggio inizia solo quando il software scrive in CR il valore iniziale.

Normalmente OUT è alto e va basso, per un ciclo di clock (strobe), quando il conteggio finisce. Poi per far ricominciare il conteggio è necessaria una nuova scrittura da parte del software, che carica un nuovo valore di conteggio.

Se GATE = 1 il conteggio procede, altrimenti si blocca.

Modo 5: Strobe innescato dall'hardware (hardware triggered strobe)

Come nel modo 4, normalmente OUT è alto e va basso per un ciclo di clock quando il conteggio finisce. Il conteggio è iniziato via hardware, da un fronte di salita su GATE.

0.1.3 Programmazione di un 8254

I contatori possono essere programmati seguendo una precisa sequenza di istruzioni di output, che comprende due fasi:

1. Scrittura di un particolare byte all'indirizzo del CWR. Tramite questa scrittura si indica al circuito il numero del contatore che si vuole programmare e come lo si vuole programmare
2. Scrittura, all'indirizzo che corrisponde al contatore, del conteggio iniziale dal quale si vuole che il contatore parta. Il formato con cui viene scritto il conteggio iniziale dipende da quello che è stato scritto nella fase precedente. Se il conteggio iniziale da caricare è da 16 bit bisogna scrivere per due volte allo STESSO indirizzo, prima la parte bassa, poi la parte alta.

Il formato "normale" della Control Word è il seguente:

7	6	5	4	3	2	1	0
Numero contatore High	Numero contatore Low	R/W bit 1	R/W bit 0	Bit 2 Modo	Bit 1 Modo	Bit 0 Modo	BCD
Numero del contatore che si vuole programmare	Comando operazioni di lettura / scrittura (read/write latch)		Selezione del modo di funzionamento			Contatore BCD o binario	
0 0 = contatore 0 0 1 = contatore 1 1 0 = contatore 2 1 1 = richiesta di lettura (read back command, solo dall'8254)	0 0 = congelamento del conteggio attuale 0 1 = leggi o scrivi solo il byte MENO significativo 1 0 = leggi o scrivi solo il byte PIU' significativo 1 1 = leggi o scrivi ENTRAMBI i byte		0 0 0 = Modo 0 0 0 1 = Modo 1 0 1 0 = Modo 2 0 1 1 = Modo 3 1 0 0 = Modo 4 1 0 1 = Modo 5			1 = conteggio a 4 cifre BCD 2 = conteggio binario	

Ogni operazione di scrittura in un contatore viene preceduta dalla scrittura del CWR. Come si vede nel CWR è compresa l'indicazione del contatore al quale è diretta l'operazione.

Nei bit 4 e 5 si specifica se si vuole scrivere tutto il numero di 16 bit o una sola parte. Qualora si scelga di trasferire l'intero conteggio a due byte bisogna trasferire prima il byte basso, poi il byte alto. Il caso 0 0 (congelamento del conteggio attuale) è relativo alla lettura del conteggio e verrà spiegato più avanti.

Con i bit 1, 2 e 3 si indica il modo di funzionamento che si vuole imporre a quel contatore. Infine con il bit 0 si indica se si vuole che il conteggio sia binario o BCD. Nel caso di conteggio binario il massimo numero di conteggi è 65536 (16 bit!), mentre se il conteggio è BCD il massimo conteggio è 1000, dato che il registro di 16 bit contiene 4 cifre BCD, ciascuna da 4 bit.

Si può scrivere in ogni momento un nuovo numero di conteggio iniziale. Non appena l'8254 avrà il valore del nuovo CR lo trasferirà in CE.

0.1.4 Lettura dei contatori

Quando si fa una lettura all'indirizzo di uno dei contatori ciò che viene letto è sempre OL. Una conseguenza importante per il software è che il valore corrente di CR non può mai essere letto. Ciò significa che se "ci si dimentica" qual è il valore del conteggio da cui parte correntemente il contatore non c'è più modo di saperlo. Se quest'informazione server i nostri programmi si dovranno incaricare di tenerne traccia (per esempio in una variabile).

La documentazione del produttore indica tre modi per leggere il valore corrente dei contatori.

Il primo modo è leggere semplicemente all'indirizzo del contatore. Il problema è che OL cambia continuamente, ogni volta che cambia CE. Perciò se leggiamo senza fare nient'altro è probabile che la lettura sia sbagliata. Inoltre la lettura potrebbe influenzare il valore degli altri contatori contenuti nel chip, con i risultati che ci si può attendere ..

Per ottenere un risultato affidabile bisogna prima interrompere il conteggio in hardware, con l'ingresso GATE e con altra logica esterna.

Come esempio leggiamo il contatore 1:

```

..
; il seguente programma funziona solo se il contatore adesso è fermo:
IN AL, Contatore1
MOV BL, AL
IN AL, Contatore1
MOV BH, AL
; ora in BX c'è il valore letto nel contatore
..

```

C'è un modo molto migliore, analogo al funzionamento di un cronografo che ha il bottone per il blocco del tempo sul giro. Quando si blocca il tempo sul giro la lancetta dei secondi si ferma ed il cronografo si può leggere facilmente. Nel frattempo però continua a misurare il tempo totale. Finito di leggere si fa ripartire la lancetta che si riporta sul tempo totale che il cronografo ha continuato a misurare.

Lo stesso si può fare con l'8254. Si può far fermare OL, poi leggerlo. Per fermare OL si usa il codice 0 0 nei bit 5 e 4 del CWR. CE nel frattempo continua a contare. La sequenza di operazioni è la seguente:

Scrivere nel CWR il comando di congelamento del CE. Questo comando deve avere la forma:

7	6	5	4	3	2	1	0
Numero contatore High	Numero contatore Low	0	0	non importa	non importa	non importa	non importa

"Counter latching command": da scrivere in CWR

Questa scrittura fa fermare il contatore indicato, che poi verrà letto successivamente.

Leggere il contenuto di OL all'indirizzo del contatore voluto (ora OL è fermo!)

La lettura di OL lo "libera": dopo la lettura OL ricomincia automaticamente a seguire CE.

Esempio: lettura del contatore 2 e sua scrittura in memoria:

```

..
Conteggio0 DW ?
Conteggio1 DW ?
Conteggio2 DW ?
..
OUT ControlWord8254, 10000000b ; latch del contatore 2
IN AL, Contatore2 ; parte bassa
MOV BL, AL
IN AL, Contatore2 ; parte alta
MOV BL, AL
MOV [Conteggio2], BX
..

```

Il terzo modo per leggere il contatore non è possibile con l'8253 ed è detto "read back". Con questa funzione è possibile leggere oltre che il valore del contatore anche il modo di conteggio programmato e lo stato corrente del piedino d'uscita. Inoltre si può bloccare il valore di più di un contatore contemporaneamente.

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	Richiesta conteggio NEGATA	Richiesta stato NEGATA	Selezione contatore 2	Selezione contatore 1	Selezione contatore 0	0
Read back command		Se = 0 si vuole leggere il conteggio e/o lo stato		Se = 1 quel contatore viene bloccato Se = 0 continua a contare			

Per il formato con cui viene comunicato lo stato si rimanda al data sheet del produttore.

Se la richiesta di stato e di conteggio sono contemporanee la prima lettura darà lo stato, le successive il valore del conteggio.

Esempio: lettura contemporanea con read back del conteggio di due contatori

```

..
; latch dei contatori 0 e 1 contemporaneamente (8254>)
; Contatore2 non viene bloccato:
OUT ControlWord8254, 11010110b
; ora i valori sono bloccati nei registri OL dei rispettivi contatori
; lettura dei valori dei due contatori
; !! occhio al trucco: leggo due contatori in una volta con la IN AX !!
IN AX, Contatore0 ; parte bassa di Contatore0 e Contatore1
MOV BL, AL
MOV CL, AH
IN AL, Contatore0 ; parte alta di entrambi
MOV BH, AL
MOV CH, AH
MOV [Conteggio0], BX
MOV [Conteggio1], CX
..

```

Il valore massimo dei conteggi si ottiene ponendo CR a zero. In questo caso prima di tornare di nuovo a zero il contatore attende 65536 cicli di clock.