

~~13~~

N.I - I - N. 38

CENTRO STUDI CALCOLATRICI ELETTRONICHE

Università di Pisa

PRESCRIZIONI FONDAMENTALI PER L'USO DELLA

MACCHINA RIDOTTA.

1- maggio 1958

a cura del Dott. Elisabetta Abato

Presentiamo qui la lista delle istruzioni della macchina ridotta (M.R.) con l'aggiunta di un minimo di informazioni che renda possibile la stesura di programmi che non siano relativi all'entrata di dati (numeri e istruzioni) nella macchina o all'uscita dei risultati.

Non ci occuperemo infatti degli organi di entrata e uscita della macchina ridotta, né della sua struttura logica: ci limiteremo ad alcuni cenni sulla rappresentazione dei numeri e delle istruzioni nella memoria di questa macchina, per passare poi alla lista delle istruzioni e ad alcune indicazioni per l'uso dei sottoprogrammi di moltiplicazione, divisione, radice quadrata, che sono i più frequentemente usati.

La memoria della M.R. è di 1024 celle di 18 bit ciascuna, che possono contenere sia la rappresentazione binaria di numeri, che istruzioni.

Ovviamente i numeri distinti che si possono rappresentare sono 2^{18} e poichè uno dei 18 bit viene impiegato per il segno, dei numeri rappresentabili 2^{17} sono negativi e 2^{17} positivi (tra i positivi si considera anche lo zero). Si conviene molto spesso di rappresentare numeri dell'intervallo, $(-1, 1)$, precisamente tutti i multipli di 2^{-17} compresi in questo intervallo (-1 incluso, 1 escluso): in questo intervallo la rappresentazione adottata è quella detta anche "complemento a due". In tale rappresentazione il primo bit è:

0 se il numero rappresentato è positivo
1 se il numero rappresentato è negativo, mentre gli altri 17 bit sono

le prime 17 cifre binarie della rappresentazione

di $|x|$ se il numero, x , è positivo
 le prime 17 cifre binarie della rappresentazione di
 $1 - |x|$ se x è negativo.

Evidentemente i 2^{18} numeri rappresentabili possono
 anche essere scelti in un intervallo diverso da $(-1, 1)$:
 si conviene spesso di rappresentare tutti i numeri in-
 teri ~~se~~ con

$$-2^{17} \leq x < 2^{17}$$

ma si può anche decidere di rappresentare tutti i ~~se~~ mul-
 tipli x (secondo numeri interi) di 2^{-P}

$$-2^{17-P} \leq x < 2^{17-P} \quad (0 \leq P \text{ intero} \leq 17)$$

Quanto alle parole usate per rappresentare istruzioni

| | | |
|---|---|----|
| 3 | 5 | 10 |
|---|---|----|

- a) i primi 3 bit non hanno importanza per quello che ci interessa qui.
- b) i 5 bit seguenti sono la rappresentazione binaria di uno degli interi (da 0 a 31) associati alle varie istruzioni.
- c) gli ultimi 10 bit sono la rappresentazione binaria di uno degli interi (da 0 a 1023) associati alle diverse celle della memoria, danno, nella maggior parte delle istruzioni, l'indirizzo della cella interessata nell'esecuzione dell'istruzione.

ISTRUZIONI E SOTTOPROGRAMMI

Premettiamo alla lista delle istruzioni alcune delucidazioni sulle notazioni usate, sulla funzione del registro N (del controllo) che non è stato fin qui nominato e sull'uso di sottoprogrammi.

I) Per descrivere il funzionamento delle istruzioni e dei sottoprogrammi sono usate le notazioni

Δx per : la cella d'indirizzo x

γQ per : il contenuto della cella (o del registro aritmetico) Q

(I registri aritmetici A e B equivalgono per quello che ci interessa a celle di memoria)/

Quindi

γA significa : il contenuto del registro A

$\gamma \Delta x$ significa : il contenuto della cella d'indirizzo x .

II) Ricordiamo che il contenuto delle celle o dei registri aritmetici in cui non viene scritto niente (che siano o no interessati nell'esecuzione dell'istruzione) resta inalterato. Così la scrittura

$$\gamma \Delta x + \gamma A \rightarrow A$$

indica che viene alterato il contenuto di A, (gli viene sostituita la somma di $\gamma \Delta x$ e γA , mentre il contenuto di tutte le altre celle e del registro B resta inalterato.

III) Per quanto riguarda la funzione del registro N di cui si parla a proposito delle istruzioni di salto, ricordiamo che, durante l'esecuzione di un'istruzione (che non sia un salto) il suo contenuto aumenta di 1. In questo modo, subito dopo l'istruzione contenuta in una determinata cella, Δy , viene eseguita l'istruzione contenuta nella cella $\Delta (y+1)$

IV) Riguardo ai sottoprogrammi, dobbiamo avvertire che essi funzionano per numeri dell'intervallo (aperto)

$(-1, 1)$ e che ~~non~~ solo per il sottoprogramma di multipli-

cazione è possibile una facile estensione ai numeri interi. Ciò non significa che non si possa usarli anche con altre rappresentazioni, ma in generale occorrono alcune precauzioni e qualche modifica.

ISTRUZIONI

a) istruzioni che implicano modifiche del contenuto dei registri aritmetici.

n+A x scrivere nel registro A il contenuto della cella d'indirizzo x
$$y \Delta x \rightarrow A$$

n-A x scrivere nel registro A il contenuto della cella d'indirizzo x cambiato di segno
$$-y \Delta x \rightarrow A$$

n+B x
$$y \Delta x \rightarrow B$$

n-B x
$$-y \Delta x \rightarrow B$$

IpB x fare il prodotto logico del contenuto del registro B per il contenuto della cella d'indirizzo x e scrivere il risultato in B.

$$y \Delta x (\cdot) y B \rightarrow B$$

Il prodotto logico di due numeri x, y si fa cifra a cifra :

In una cifra del prodotto è 1 se sono 1 le cifre sim. di x e y di x e y, 0 negli altri casi

A+A x sommare il contenuto della cella di indirizzo x al contenuto del registro A e scrivere il risultato in A

$$y \Delta x + y A \rightarrow A$$

A-A x sottrarre il contenuto della cella

la d'indirizzo x al contenuto del registro A e scrivere il risultato in A.

$$\begin{array}{l} \gamma A - \gamma \Delta x \rightarrow A \\ B+B \quad x \quad \gamma B + \gamma \Delta x \rightarrow B \\ B-B \quad x \quad \gamma B - \gamma \Delta x \rightarrow B \end{array}$$

b) istruzioni che implicano modifiche del contenuto della memoria

| | | |
|-----|---|---|
| n M | x | scrivere 0 nella cella d'indirizzo x $0 \rightarrow \Delta x$ |
| A M | x | scrivere nella cella d'indirizzo x il contenuto del registro A $\gamma A \rightarrow \Delta x$ |
| B M | x | $\gamma B \rightarrow \Delta x$ |
| A+M | x | sommare il contenuto del registro A al contenuto della cella d'indirizzo x e scrivere il risultato in questa cella $\gamma A + \gamma \Delta x \rightarrow \Delta x$ |
| B+M | x | $\gamma B + \gamma \Delta x \rightarrow \Delta x$ |
| AsM | x | trasferire gli ultimi 10 bit del contenuto del registro A negli ultimi 10 bit della cella d'indirizzo x ; i primi 8 bit di Δx restano invariati |
| BaM | x | analogamente per il registro B |

Seguono alcune istruzioni, i salti, in cui gli ultimi 10 bit non danno l'indirizzo di una cella interessata nella esecuzione dell'istruzione (come nelle istruzioni viste prima). Queste istruzioni servono a modificare il contenuto del registro N (numeratore) del controllo.

Salto incondizionato

Z x $x \rightarrow N$

l'istruzione che verrà eseguita subito dopo il salto è quella contenuta nella cella Δx (cella d'indirizzo x).

Salto condizionati

Z+A x

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma A \geq 0 \\ \gamma A < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} x \rightarrow N \\ \gamma N+1 \rightarrow N \end{array}$

l'istruzione è un salto (all'istruzione contenuta in Δx) se il contenuto del registro A è ≥ 0

altrimenti il numeratore aumenta di 1, e cioè l'istruzione non è un salto

Z-A x

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma A < 0 \\ \gamma A \geq 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} x \rightarrow N \\ \gamma N+1 \rightarrow N \end{array}$

l'istruzione è un salto se il contenuto del registro A è < 0

Z+B x

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma B \geq 0 \\ \gamma B < 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} x \rightarrow N \\ \gamma N+1 \rightarrow N \end{array}$

Z-B x

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma B < 0 \\ \gamma B \geq 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} x \rightarrow N \\ \gamma N+1 \rightarrow N \end{array}$

Istruzione di arresto

P x

La macchina si ferma e il contenuto del registro N viene modificato in modo che la macchina sia pronta a ripartire dall'istruzione contenuta in Δx .

Oltre alle istruzioni viste abbiamo ancora le istruzioni di traslazione, senza indirizzo: sono usate per la moltiplicazione e divisione.

Vs traslazione corta sinistra

Il contenuto di A viene traslato di un bit a sinistra, l'ultima cifra (a destra) di A diventa 0, la prima cifra (a sinistra) viene persa.

Il risultato è una moltiplicazione per due purché i primi due bit di A siano uguali.

Vd traslazione corta destra

Il contenuto di A viene traslato di un bit a destra, l'ultimo bit (a destra) viene perduto, il primo (quello del segno) viene traslato e ripetuto.

Il risultato è una divisione per due con perdita del bit meno significativo.

Ws Traslazione lunga sinistra



è una traslazione corta sinistra sulla parola $\gamma(B,A)$ di 36 bit.

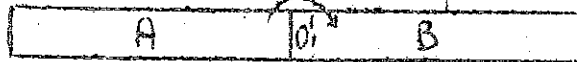
L'ultimo bit di A (a destra) diventa 0, il primo di A passa l'ultimo di B, il primo di B viene perso.

γA viene moltiplicato per 2 (le traslazioni lunghe hanno sul contenuto di A lo stesso effetto delle corte) Quanto al re-

gistro B il suo contenuto viene moltiplicato per due e gli viene eventualmente aggiunto 1 nell'ultimo bit

Wd

Traslazione lunga destra



la prima cifra (sinistra) di A viene ripetuta e traslata (come nella Vd) l'ultima cifra di B viene persa, la prima cifra di B viene messa a 0 e l'ultima di A entra in B dopo tale cifra.

Oltre alle istruzioni viste, la macchina ridotta possiede tre istruzioni per l'entrata e l'uscita.

SOTTOPROGRAMMI

Moltiplicazione

Il sottoprogramma M sta nelle celle di memoria

da $\Delta 834$ a $\Delta 868$

Esso: presuppone che i due fattori siano inviati nei registratori A e B.

Quando i fattori sono numeri dell'intervallo $(-1, 1)$ il prodotto si trova per la prima metà (cifra del segno e le 17 cifre più significative) nel registro A e per la seconda metà nel registro B (cifra del segno uguale a zero e le 17 cifre ^{meno} significative del prodotto).

Quando i fattori sono numeri interi l'ultima cifra di B è la cifra delle unità. L'istruzione contenuta in $\Delta 868$ è un salto di cui bisogna precisare volta per volta l'indirizzo, perché si possa rientrare nel programma.

Esempio di chiamata del sottoprogramma M

I due fattori x e y siano nelle celle

$\Delta 200$ e $\Delta 300$

| | | | |
|-------|-------|-----|---|
| m + 0 | r + 8 | u |) preparazione dell'indirizzo (del salto di uscita di M |
| m + 1 | B ← M | 868 | |
| m + 2 | r + 4 | 200 | |
| m + 3 | r + B | 300 | |
| m + 4 | Z | 834 | |
| m + 5 | - | - | |

a è l'indirizzo di una cella i cui ultimi 10 bit contengono l'indirizzo m+5.

Divisione

D sta

Il sottoprogramma nelle celle di memoria da $\Delta 873$ a $\Delta 905$.

Esso presuppone che il dividendo sia inviato nel registro A e il divisore in B. Il quoziente si trova nel registro B.

Si richiede che il divisore sia, in modulo, $>$ del dividendo. L'istruzione contenuta in $\Delta 905$ è un salto di cui bisogna precisare volta per volta l'indirizzo.

Esempio di chiamata del sottoprogramma D

| | | |
|-------|-------|-------|
| $d+0$ | $r+A$ | b |
| $d+1$ | $A5M$ | 905 |
| $d+2$ | rA | 500 |
| $d+3$ | rB | 600 |
| $d+4$ | Z | 873 |
| $d+5$ | $-$ | $-$ |

$r\Delta 500 = \text{dividendo}$
 $r\Delta 600 = \text{divisore}$

b è l'indirizzo di una cella i cui ultimi 10 bit contengono l'indirizzo $d+5$.

Radice quadrata

Il sottoprogramma R.Q. sta nelle celle di memoria da
 $\Delta 668$ a $\Delta 692$

Esso presuppone che il radicando sia inviato nel registro A e che nel registro B sia inviato l'indirizzo da dare al salto di uscita (che sta in $\Delta 692$).

Esempio di chiamata del sottoprogramma R.Q.

| | | |
|-------|-------|-----|
| $Z+0$ | $n+A$ | 150 |
| $Z+1$ | $n+B$ | c |
| $Z+2$ | Z | 668 |
| $Z+3$ | - | - |

in $\Delta 150$ è contenuto il radicando
c è l'indirizzo di una cella che negli ultimi 10 bit contiene l'indirizzo $Z+3$.