Esercizio

Si vuole scrivere un sottoprogramma che effettui la moltiplicazione di un numero contenuto nel registro E per 8 e depositi il risultato nel registro DE.

Analisi

Notiamo anzitutto che, dato un numero binario

0	0	1	1	0	1	1	0

se effettuiamo una traslazione verso sinistra di una posizione di ogni bit del dato

0	1	1	0	1	1	0	0

aggiungendo uno zero al bit meno significativo, abbiamo effettuato una moltiplicazione per due. Infatti il dato di partenza era l'equivalente binario del numero 54 mentre il dato risultante dalla traslazione è l'equivalente binario del numero 108 = 54*2.

È intuitivo che la moltiplicazione per otto si possa ottenere traslando il dato originario a sinistra per tre volte.

Questa operazione prende il nome di shift a sinistra. Possiamo dire, con un brutto neologismo, che potremo effettuare la moltiplicazione per otto del contenuto del registro E, shiftando tale registro verso sinistra per tre volte.

L'analisi non è completa. Cosa avviene infatti ai bit più significativi durante le traslazioni? Appare ovvio che questi bit "vengono espulsi" dal dato ma non possiamo lasciare che vengano persi.

Se abbiamo, ad esempio, il seguente dato (+40)

0	0	1	0	1	0	0	0

e lo shiftiamo verso sinistra otteniamo

0	1	0	1	0	0	0	0

Se shiftiamo ancora una volta otteniamo

1	0	1	0	0	0	0	0

Qui si dovrebbe fare notare che il bit più significativo è diventato 1, quindi il numero andrebbe considerato un numero negativo, ma di questo ci occuperemo dopo. Quello che ci preme far notare, è che l'ulteriore shift porterebbe al seguente risultato

0	1	0	0	0	0	0	0

Con l'espulsione del bit più significativo dal dato si avrebbe che 40*8=64!

In realtà il problema consiste nel fatto che non ci siamo preoccupati del fatto che, con probabilità, moltiplicando un dato ad otto bit per 8 otteniamo un valore che necessita di un numero maggiore di bit per essere rappresentato.

Il problema si risolve utilizzando due registri ad otto bit di cui uno conterrà il dato originario e l'altro sarà destinato ad ospitare i bit via via espulsi dal primo registro. Nel nostro esempio avremo

0	0	0	0	0	0	0	1

0	1	0	0	0	0	0	0

cioè 256+64=320 = 40*8

Resta un ultimo particolare relativo al segno. È evidente che un numero negativo deve rimanere negativo dopo la moltiplicazione mentre un numero positivo deve rimanere positivo. Allora, se, ad esempio, abbiamo il seguente numero

1	1	1	0	1	0	0	0

corrispondete al numero –24 (se facciamo il complemento a due otteniamo 00011000 = +24), moltiplicando per otto dovremmo ottenere

1	1	1	1	1	1	1	1

0	1	0	0	0	0	0	0

cioè –24*8 = - 192 (infatti, in complemento a due abbiamo 0000000011000000 = 128+64 = 192).

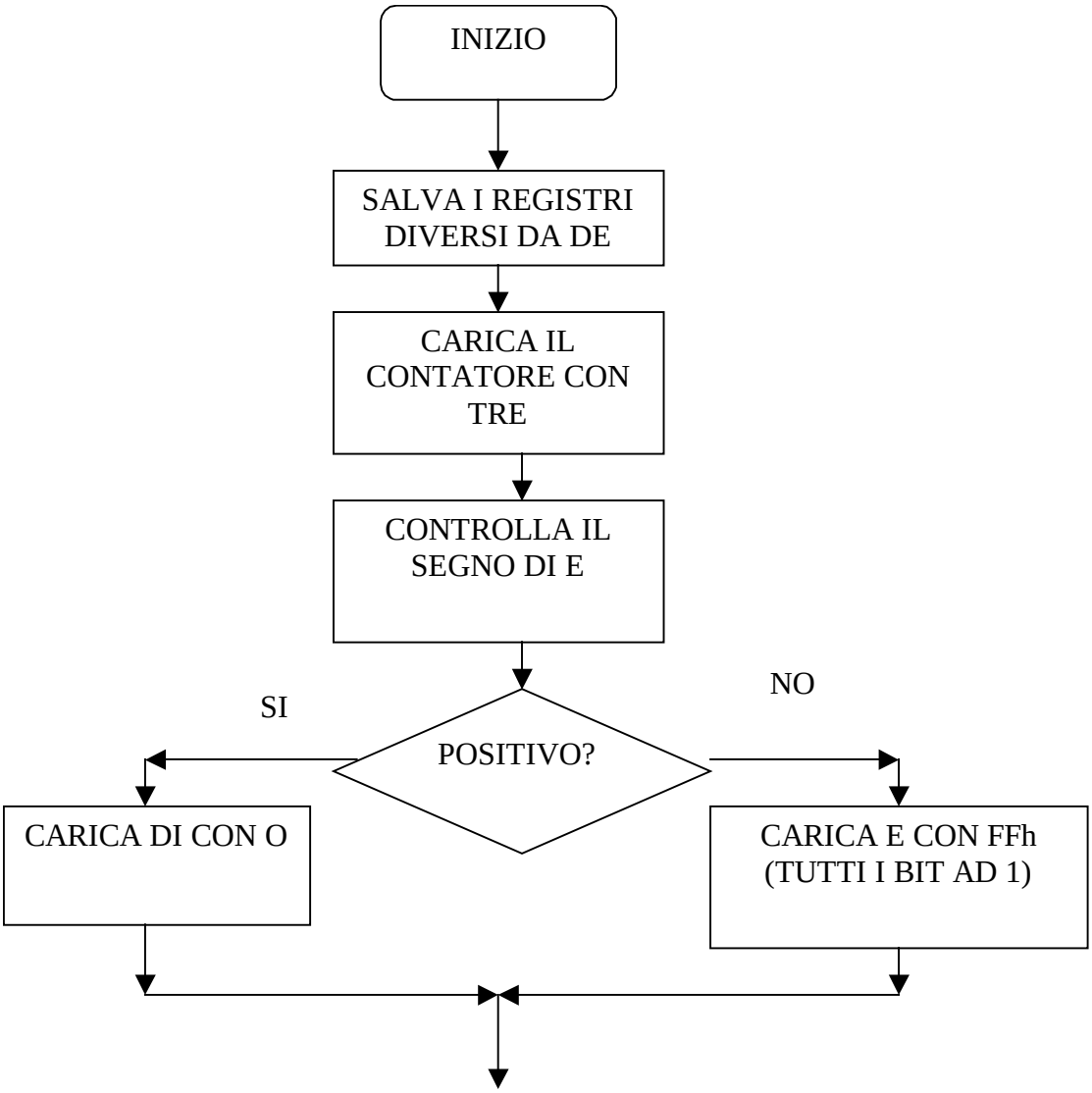
Per fare ciò basta imporre che, all’inizio, prima di effettuare gli shift, se il numero di partenza è positivo, il registro di appoggio dovrà essere posto a zero mentre se il numero di partenza è negativo, il registro di appoggio dovrà avere tutti i bit ad 1. In tal caso, il segno del risultato dovrà essere automaticamente rispettato.

Diagramma di flusso

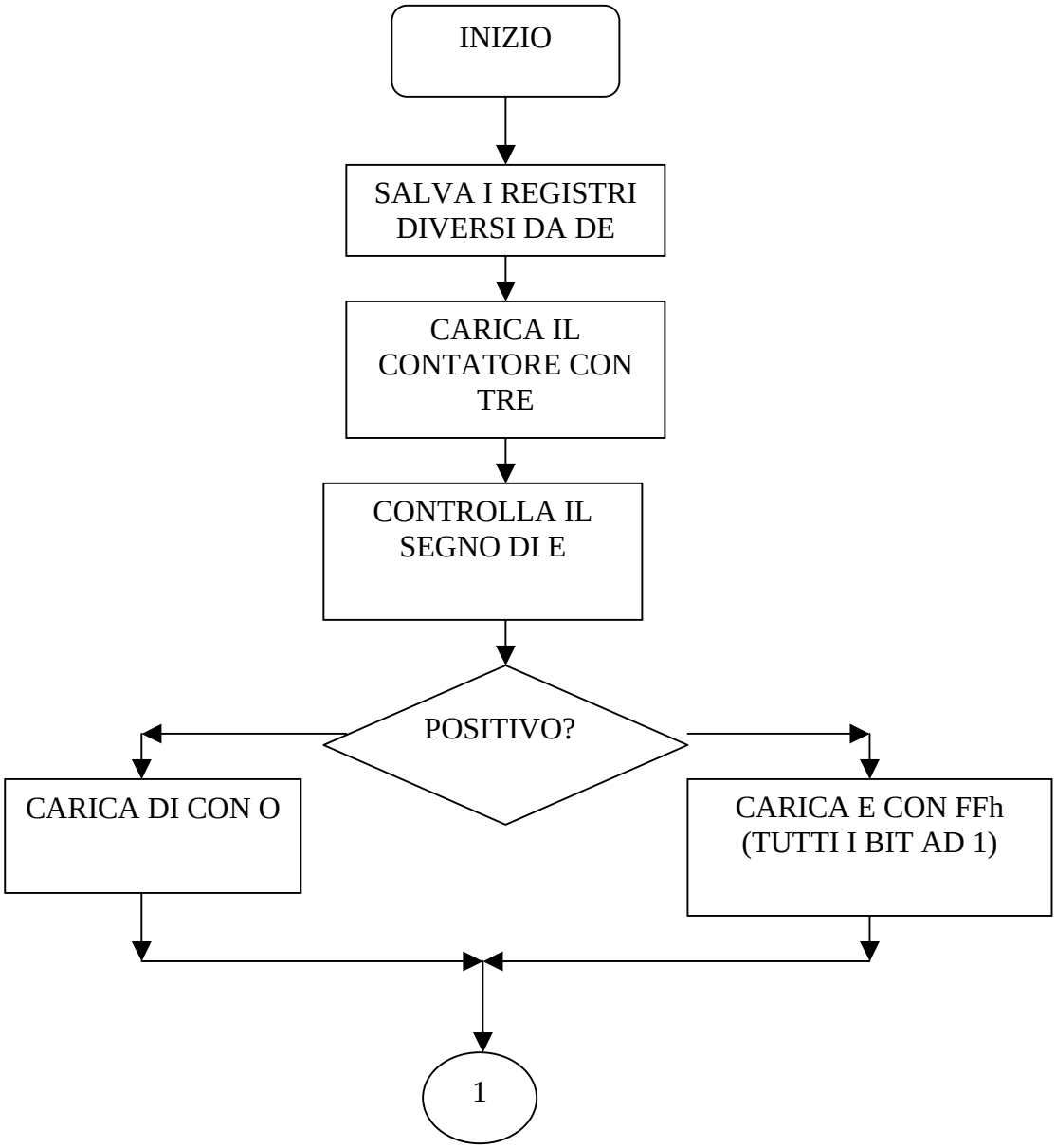
Prima di passare al diagramma di flusso approfittiamo per dire un’altra cosa relativa al passaggio di parametri fra programma principale e sottoprogrammi. Il programma principale deve passare al sottoprogramma il dato da moltiplicare. Per com’è definita la traccia appare ovvio che lo scambio di questo dato avverrà attraverso il registro E. il risultato viene passato dal sottoprogramma al programma principale attraverso il registro DE. È evidente dunque che è levito aspettarsi che il sottoprogramma

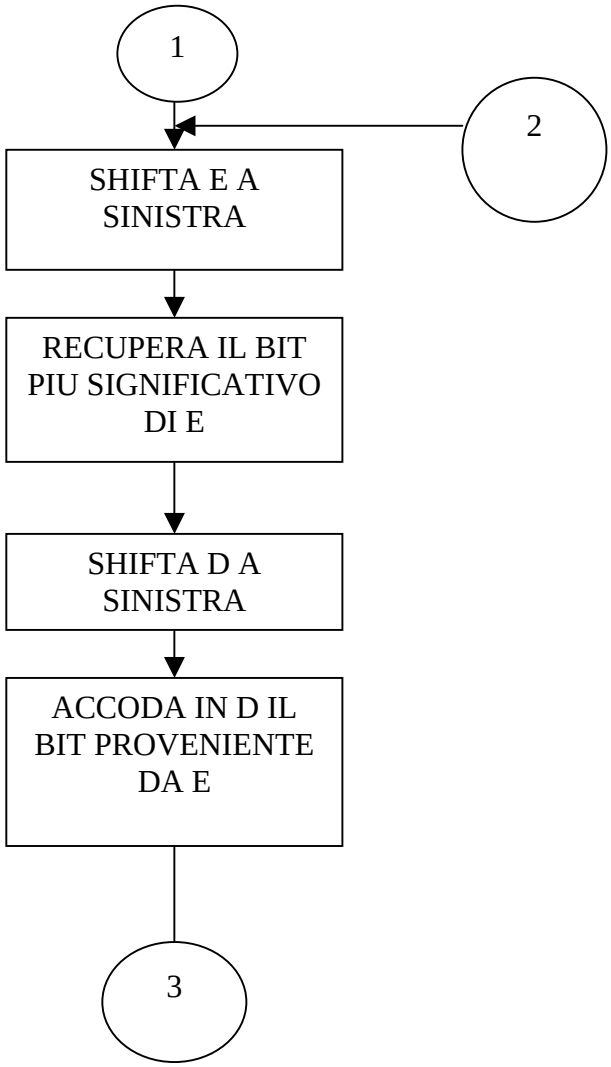
modifichi il contenuto di questi due registri e questo è anzi un effetto voluto altrimenti i due moduli non riuscirebbero a scambiarsi informazioni. Ma ciò vale per qualsiasi registro? La risposta è no. Immaginate che il programma principale memorizzi nel registro A un dato importante e che questo registro venga utilizzato dal sottoprogramma per i suoi calcoli interni, il risultato sarebbe disastroso, poiché, al rientro dal sottoprogramma, il programma principale non troverebbe più in A il dato che vi aveva memorizzato. È necessario, allora, quando parte un sottoprogramma, salvare per prima cosa i registri che questi andrà a modificare, fatta eccezione per i registri utilizzati per scambiare i dati con il programma principale.

La flow chart sarà allora la seguente

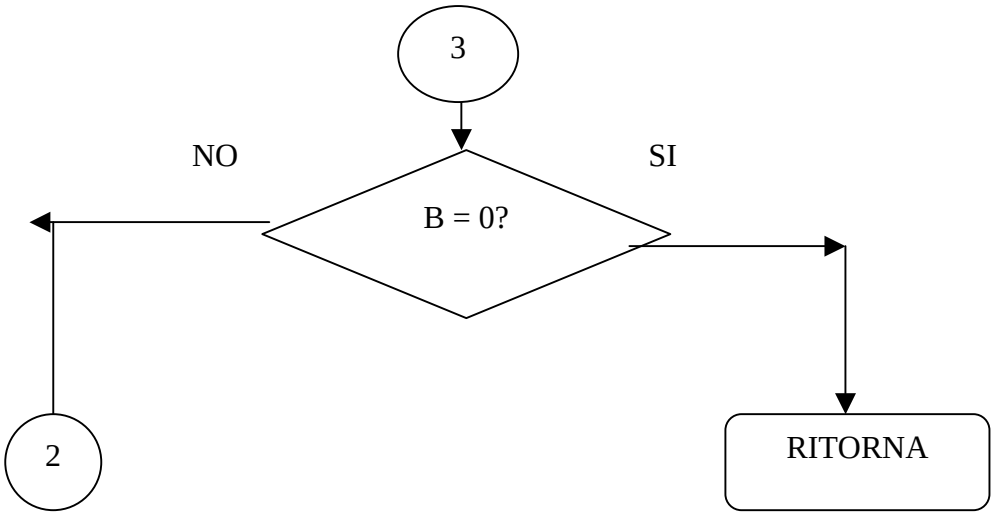

INIZIO
SALVA I REGISTRI DIVERSI DA DE
CARICA IL CONTATORE CON TRE
CONTROLLA IL SEGNO DI E
POSITIVO?
SI
NO
CARICA DI CON O
CARICA E CON FFh (TUTTI I BIT AD 1)

Dobbiamo fare tre shift per cui occorre un contatore di programma. Occorre poi effettuare lo shift a sinistra del dato contenuto in E, prelevare il bit più significativo che viene espulso da E, shiftare a sinistra il dato contenuto in D e accodare ad esso il bit espulso da E





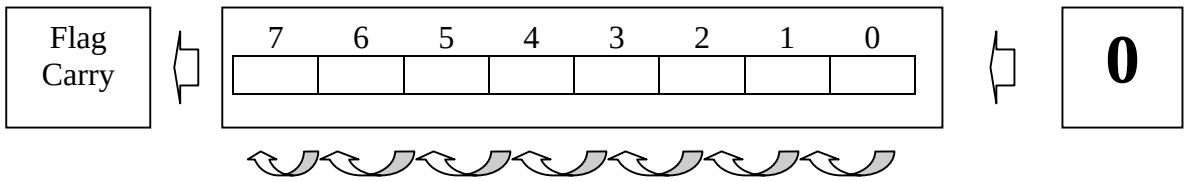
Non resta che decrementare il contatore e controllare se si deve ripetere il ciclo



Dobbiamo raffinare il nostro algoritmo. Come facciamo a shiftare a sinistra il registro E? Nel set di istruzioni dello Z80 esiste l'istruzione di shift.

SLA m

Quest'operazione effettua lo shift a sinistra del dato m: ogni bit viene spostato al posto del bit che si trova alla sua sinistra. Al posto del bit zero viene inserito uno zero. Il vecchio contenuto del bit sette viene posto nel flag di carry.



Modifica del registro dei flag

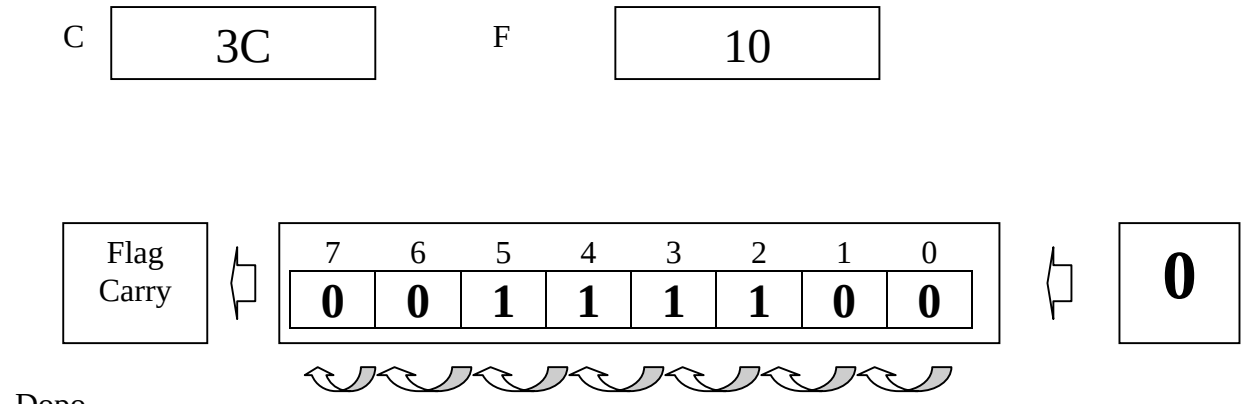
7	6	5	4	3	2	1	0
●	●		0		●	0	●

- Il flag S funziona come flag di segno, e rappresenta il segno del dato dopo lo shift
- Il flag Z funziona come flag di zero
- H viene posto sempre a zero
- Il flag PV funziona come flag di parità
- Il flag N è posto sempre a zero
- Il flag di carry conterrà il bit sette del dato

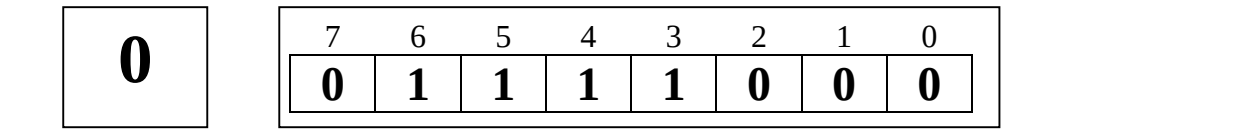
✓ L’operando m può essere un registro ad otto bit dello Z80

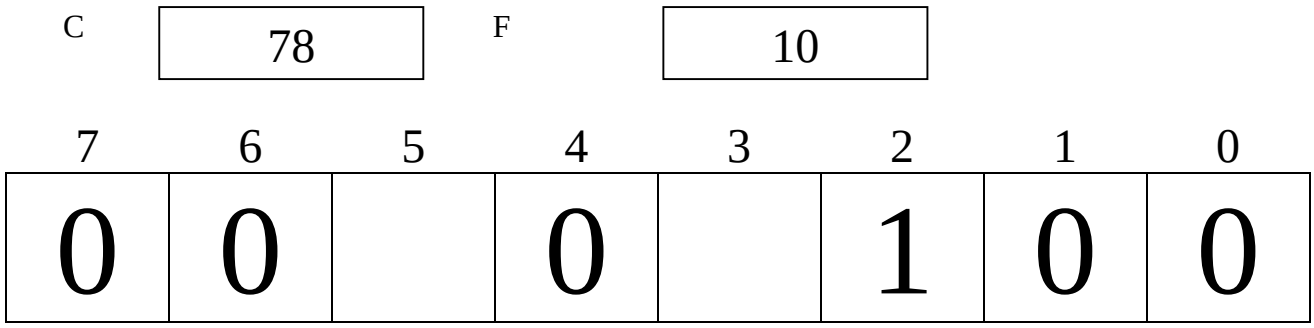
Es. SLA C

Prima



Dopo





- Il risultato dello shift è stato un numero positivo (S=0)
- Il risultato dello shift è stato un numero diverso da zero (Z=0)
- Il risultato dello shift presenta un numero di bit ad uno pari a quattro (numero pari) per cui PV=1
- Il bit sette del dato prima dello shift era zero per cui C = 0

- ✓ L’operando m può essere un operando di memoria il cui indirizzo si trova nel registro HL (indirizzato in modo indiretto)
- ✓ L’operando m può essere il contenuto di una locazione di memoria il cui indirizzo si ottiene sommando il contenuto di un registro indice (IX o IY) ad uno spiazzamento (indirizzamento indicizzato)

Quindi il blocco SHIFTA E A SINISTRA si può realizzare con un’unica istruzione. Dall’analisi dell’istruzione sappiamo anche che il bit più significativo espulso dal registro E viene immagazzinato nel flag di carry del registro dei flag.

Il problema diventa allora quello di prelevare il flag di carry e accodarlo a D. per fare questo possiamo utilizzare l’istruzione ADC

ADC A, s

Quest’istruzione esegue la somma fra il contenuto dell’accumulatore, il secondo operando s ed il flag di carry

ADC A, r	Indirizzamento a registro	Si somma all’accumulatore il contenuto del registro ad otto bit r (A, B, C, D, E, H, L)
ADC A, n	Indirizzamento immediato	Si somma all’accumulatore il contenuto del dato ad otto bit immediatamente espresso nell’istruzione
ADC A, (HL)	Indirizzamento indiretto	Si somma all’accumulatore il contenuto della locazione di memoria il cui indirizzo è dato

		dal contenuto del registro HL
ADC A, (IX+d)	Indirizzamento indicizzato	Si somma all'accumulatore il contenuto della locazione di memoria il cui indirizzo è dato dal contenuto del registro IX sommato allo spiazzamento d espresso nell'istruzione
ADC A,(IY+d)	Indirizzamento indicizzato	Si somma all'accumulatore il contenuto della locazione di memoria il cui indirizzo è dato dal contenuto del registro IY sommato allo spiazzamento d espresso nell'istruzione

Modifiche al registro dei flag

S	Z		H		P/V	N	C
●	●		●		●	0	●

- Il flag S verrà settato a seconda del segno del risultato
- Il flag Z verrà settato se il risultato è nullo
- Il flag H verrà settato se vi sarà un riporto fra il quarto e il quinto bit
- Il flag PV verrà settato se vi sarà un errore di overflow
- Il flag N è a zero trattandosi di una somma
- Il flag c verrà settato se vi è un riporto sull'ottavo bit

Esempio: **ADC A, 1A**

Prima

A	**06**	**F**	**13**

Il contenuto del registro dei flag è dispari. Ciò vuol dire che il bit meno significativo (il flag di carry) è pari ad uno.

0	0	0	0	0	1	1	0

+

0	0	0	1	1	0	1	0

+

							1

=

0	0	1	0	0	0	0	1

Abbiamo il riporto fra il primo ed il secondo nibble, per cui H=1, il risultato è positivo per cui S=0, il risultato è non nullo per cui Z=0, non vi è un riporto sull'ottavo bit per cui C=0, il risultato rientra nel range –128/+127 per cui PV=0.

Dopo

A	**21**	**F**	**11**

Appare allora la possibilità di risolvere il nostro problema. Basta infatti fare la somma fra un accumulatore in cui preventivamente abbiamo posto il contenuto a zero, il registro D e il flag di carry.

0	0	0	0	0	0	0	0

+

1	1	1	1	1	1	1	0

+

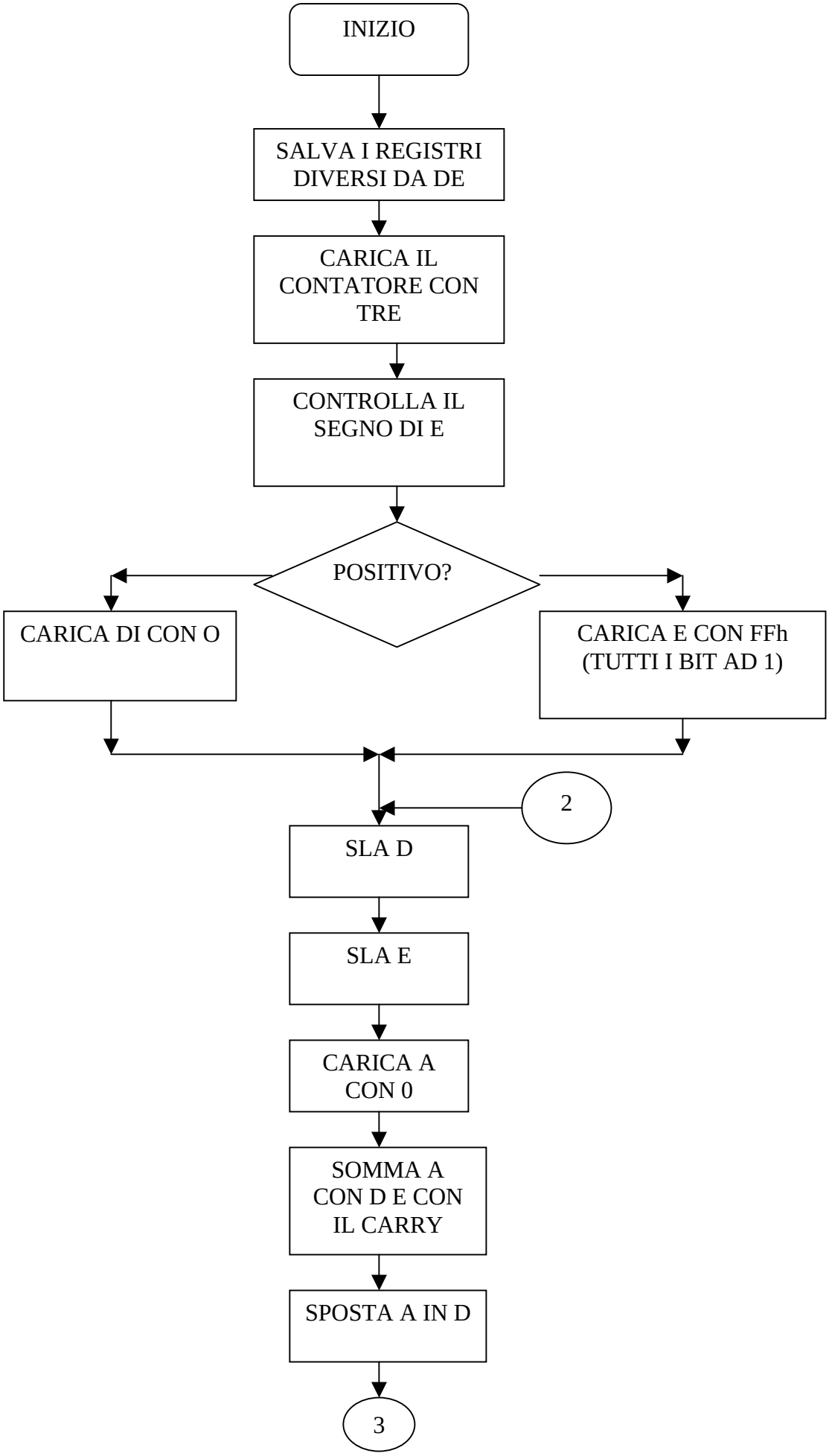
1

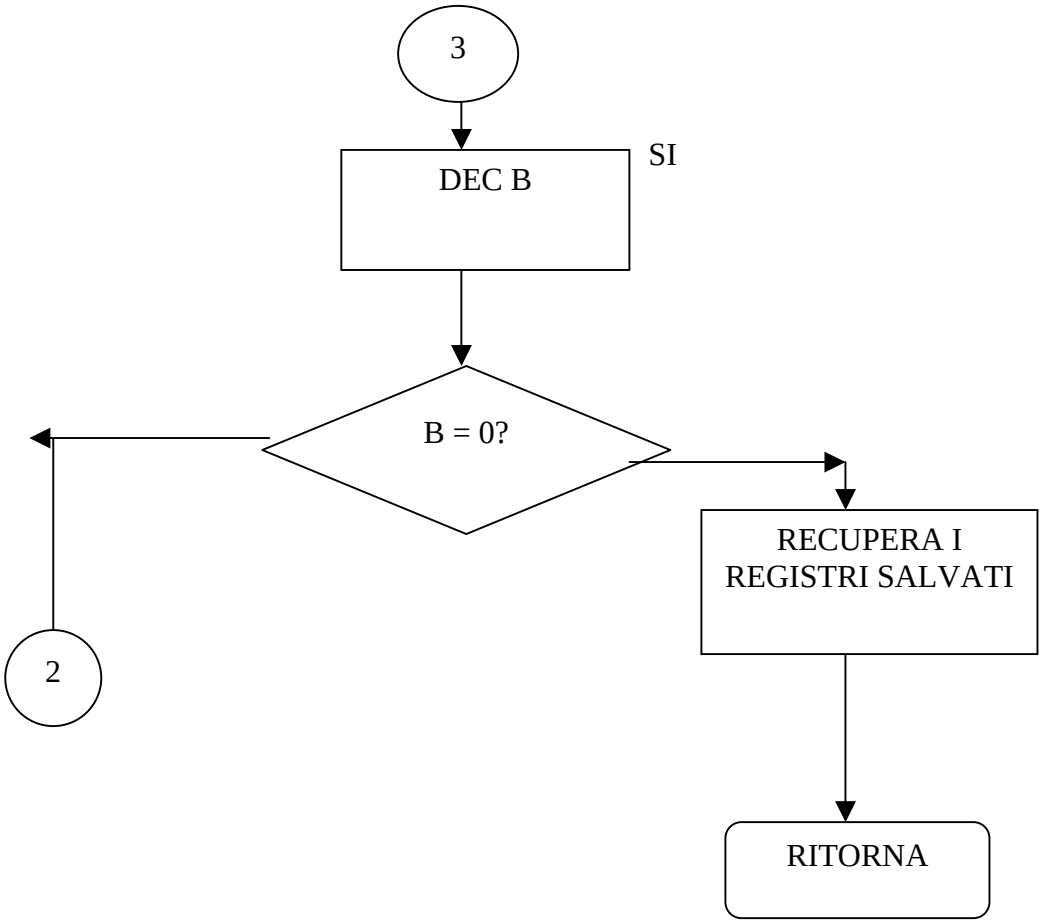
=

1	1	1	1	1	1	1	1

Alla fine l'accumulatore contiene il contenuto di D a cui è stato accodato il flag di carry. Basta dunque spostare il contenuto di A in D per completare l'opera. Per non fare errori occorre fare attenzione al fatto che il registro D va shiftato a sinistra prima del registro E altrimenti nel flag di carry va a finire il bit più significativo di D e non di E.

La flow chart diventa allora


INIZIO
SALVA I REGISTRI DIVERSI DA DE
CARICA IL CONTATORE CON TRE
CONTROLLA IL SEGNO DI E
POSITIVO?
CARICA DI CON O
CARICA E CON FFh (TUTTI I BIT AD 1)
2
SLA D
SLA E
CARICA A CON 0
SOMMA A CON D E CON IL CARRY
SPOSTA A IN D
3

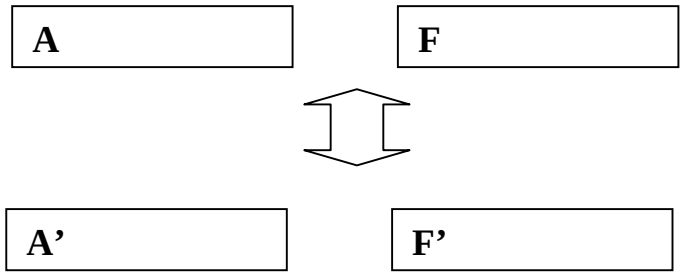


Listato assembly

Per creare un sottoprogramma basta associare alla sua prima istruzione un'etichetta che costituirà il nome del sottoprogramma. Inoltre per salvare i registri che verranno modificati (e che ora sappiamo essere A e B) potremmo pensare di utilizzare i registri gemelli. Ricordiamo, però, che per salvare B nel banco dei registri gemelli dovremmo utilizzare l'istruzione EXX

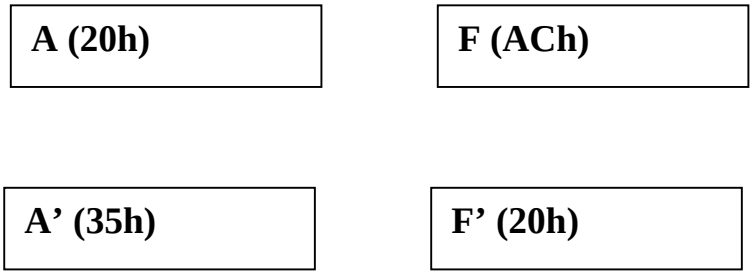
EX AF, AF'

L'istruzione scambia il contenuto di A ed F con A' ed F'

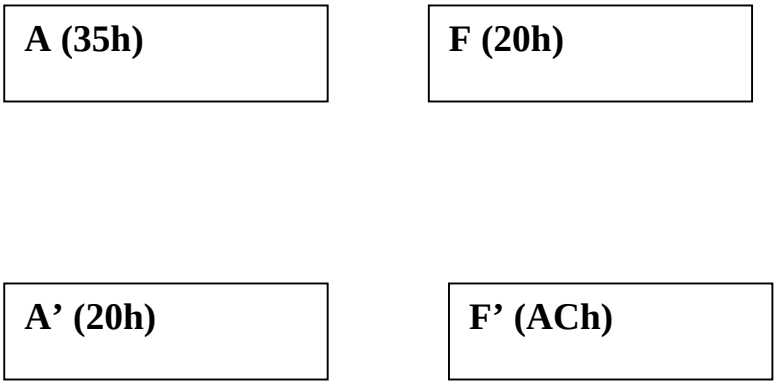


Esempio

Contenuto dei registri prima dell’esecuzione dell’istruzione



Contenuto dei registri dopo



L’istruzione EXX consente invece di scambiare tutti registri BC, DE, HL con BC’, DE’, HL’

Esempio.

Prima

B (20h)	**C (10h)**
D (A0h)	**E (B3h)**
H (45h)	**L (30h)**
B’ (2Ah)	**C’ (F0h)**
D’ (AFh)	**E’ (B0h)**
H’ (25h)	**L’ (3Bh)**

Dopo

B (2Ah)	**C (F0h)**
D (AFh)	**E (B0h)**
H (25h)	**L (3Bh)**
B’ (20h)	**C’ (10h)**
D’ (A0h)	**E’ (B3h)**
H’ (45h)	**L’ (30h)**

In sostanza, utilizzando l’istruzione EXX, perderemmo il contenuto del registro E, per cui il sottoprogramma girebbe non più sul dato passatogli dal programma principale nel registro E ma sul dato presente nel banco dei registri gemelli.

In alternativa possiamo salvare i registri nello stack con le istruzioni

PUSH qq

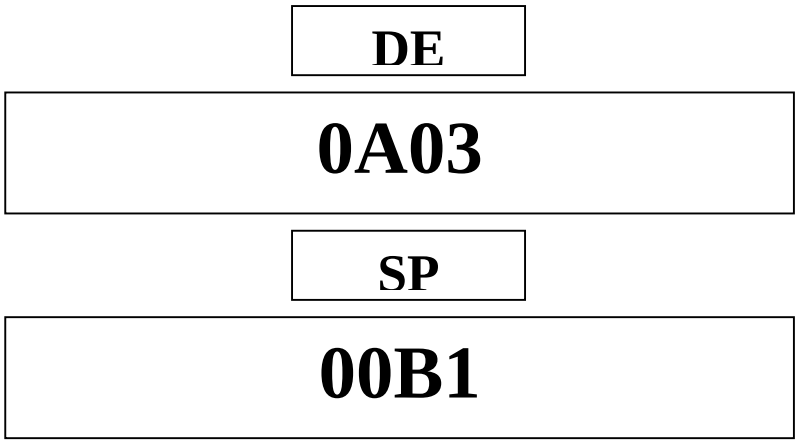
Con quest'istruzione la coppia di registri o registro a 16 bit qq viene spinta in cima allo stack. Ricordiamo che lo Stack Pointer punta all'ultima locazione riempita dello stack e che questo cresce occupando le locazioni di memoria che hanno indirizzo via via decrescente.

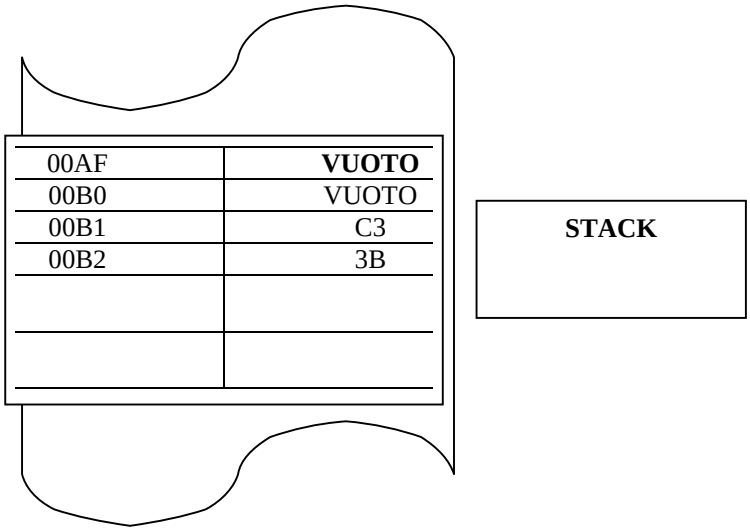
Allora la parte alta del registro qq va nella prima locazione libera, quindi nella locazione il cui indirizzo si ottiene dall'indirizzo contenuto in SP meno uno, mentre la parte bassa di qq va nella locazione successiva, quindi nella locazione il cui indirizzo si ottiene dall'indirizzo contenuto in SP meno due. Poiché lo stack cresce di due locazioni, lo Stack Pointer va decrementato di due unità

Non si ha alcun effetto sul registro dei flag.

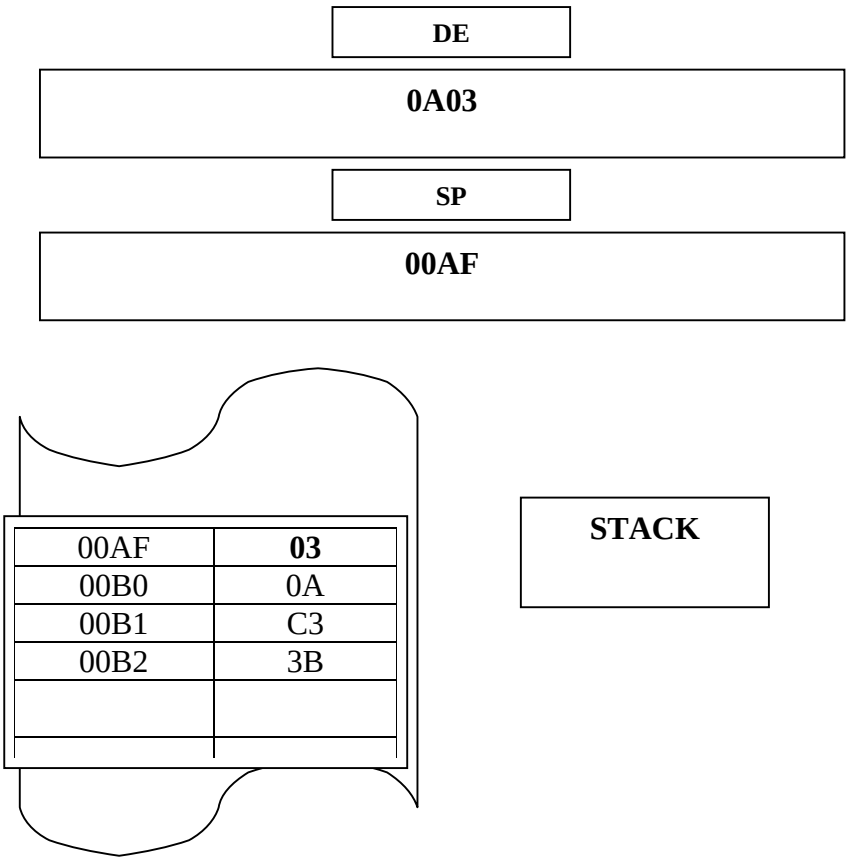
Esempio: PUSH DE

Prima




00AF
VUOTO
00B0
VUOTO
00B1
C3
00B2
3B
STACK

Dopo


DE
0A03
SP
00AF
00AF
03
00B0
0A
00B1
C3
00B2
3B
STACK

qq può essere uno dei seguenti registri: BC; DE; HL; AF; IX; IY

Per recuperare un registro dallo stack occorrerà eseguire l'istruzione

POP qq

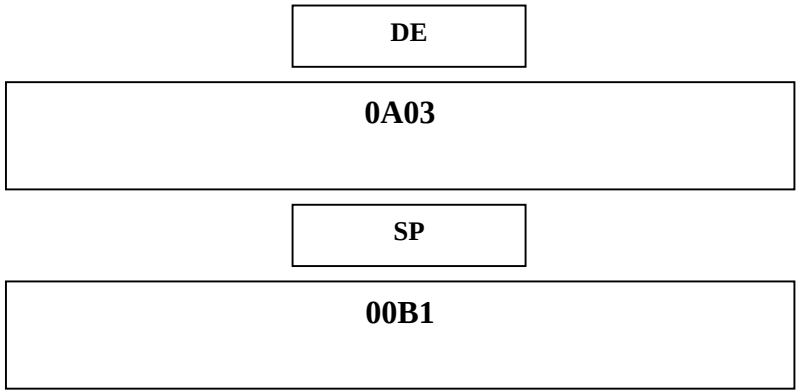
Con quest'istruzione la coppia di registri o registro a 16 bit qq viene riempita con il contenuto delle due locazioni di memoria in cima allo. Ricordiamo che lo Stack Pointer punta all'ultima locazione riempita dello stack e che questo cresce occupando le locazioni di memoria che hanno indirizzo via via decrescente.

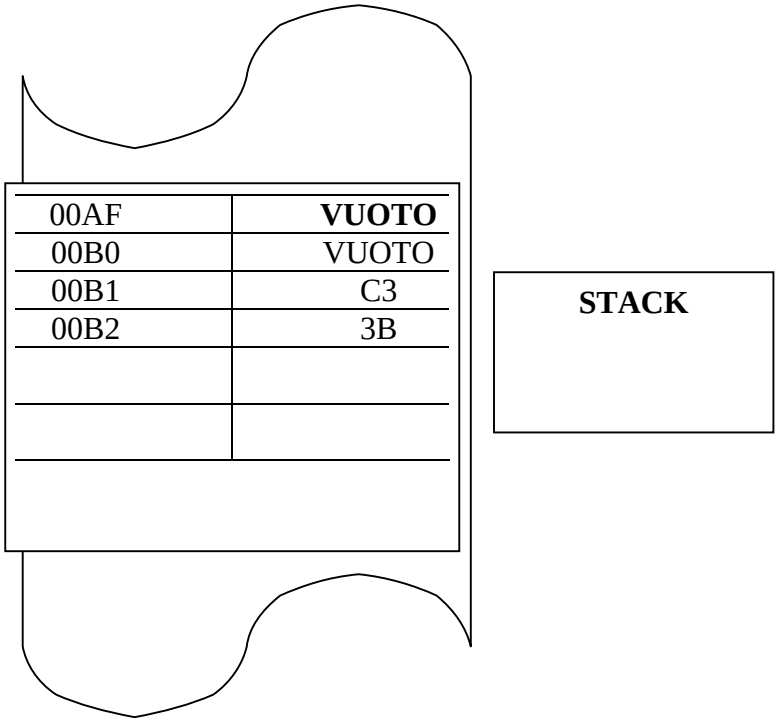
Allora la parte alta del registro qq viene riempita con il contenuto della penultima locazione occupata, quindi nella locazione il cui indirizzo si ottiene dall'indirizzo contenuto in SP più uno, mentre la parte bassa di qq viene riempita con il contenuto della locazione successiva, quindi nella locazione il cui indirizzo si ottiene dall'indirizzo contenuto in SP. Poiché lo stack decresce di due locazioni, lo Stack Pointer va incrementato di due unità

Non si ha alcun effetto sul registro dei flag.

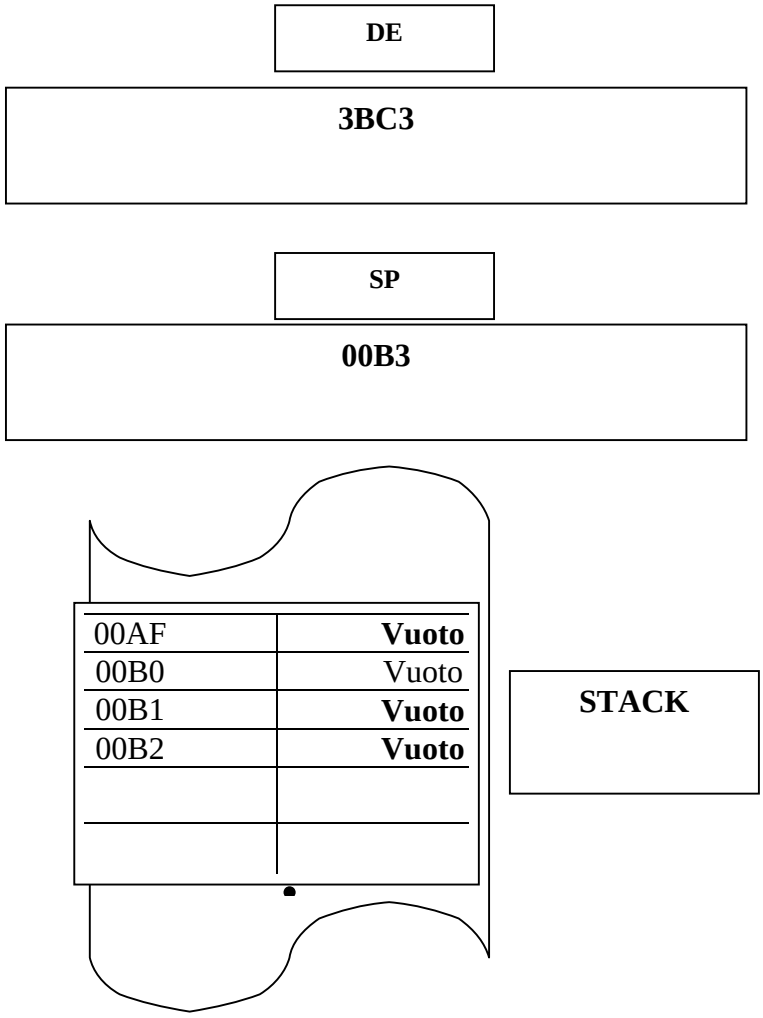
Esempio: POP DE

Prima




00AF
VUOTO
00B0
VUOTO
00B1
C3
00B2
3B
STACK

Dopo


DE
3BC3
SP
00B3
00AF
Vuoto
00B0
Vuoto
00B1
Vuoto
00B2
Vuoto
STACK

qq può essere uno dei seguenti registri: BC; DE; HL; AF; IX; IY

In sostanza possiamo risolvere il nostro problema con una sequenza del genere

Sottoprogramma: PUSH AF

PUSH BC

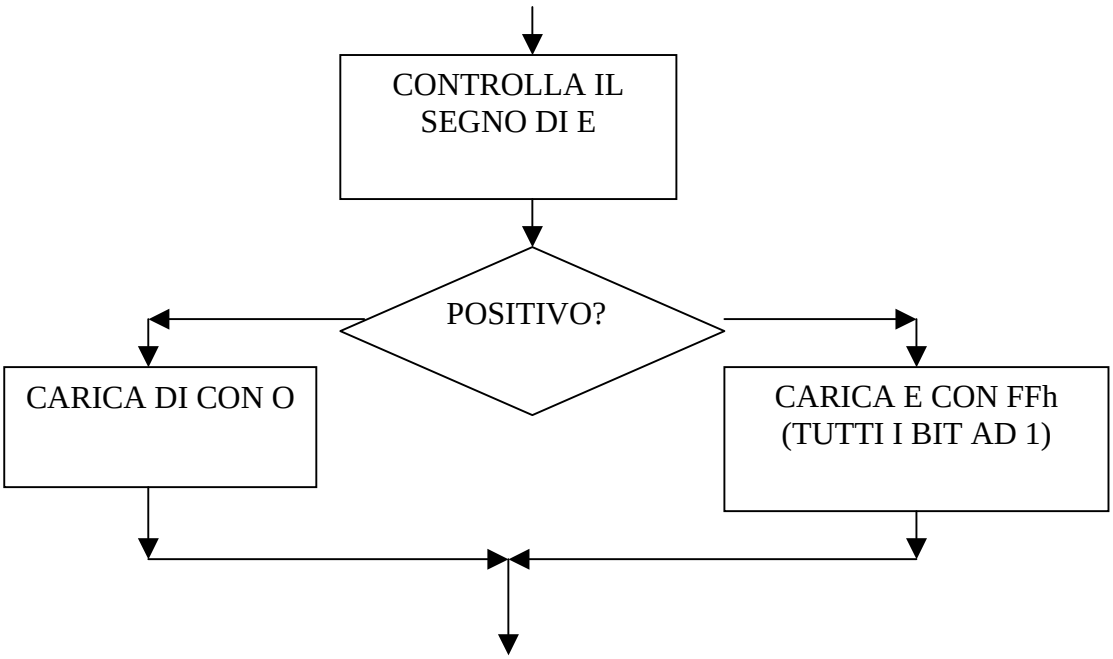
Altre istruzioni

POP BC

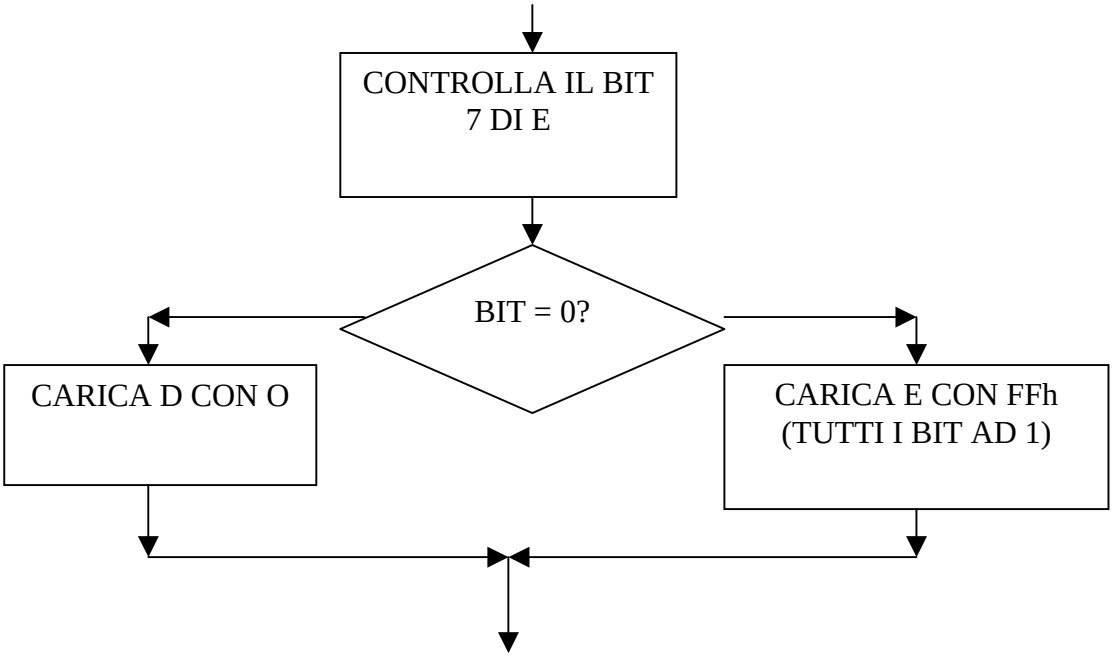
POP AF

E' importante notare che, a causa della struttura LIFO dello Stack , occorre recuperare i dati con l'istruzione di POP in ordine inverso rispetto a quello con cui sono stati salvati mediante l'istruzione di PUSH.

Non ci resta che analizzare il modo di eseguire questa parte della flow chart



Sappiamo che per analizzare il segno di un dato basta controllare il suo bit più significativo per cui la flow chart potrebbe diventare



Ma come possiamo controllare tale bit? Possiamo utilizzare l'istruzione

BIT b, m

Quest'istruzione ha lo scopo di controllare il bit numero b dell'operando m. il risultato del test sarà posto nel flag Z secondo la seguente legge

- ✓ Se il bit testato risulta pari ad 1, il flag di zero viene posto pari a 0
- ✓ Se il bit testato risulta pari a 0, il flag di zero viene posto pari a 1

Modifica del registro dei flag

7	6	5	4	3	2	1	0
?	•		1		?	0	

- Il flag S assume un valore casuale
- Il flag Z funziona nella modalità descritta sopra
- H viene posto sempre ad uno
- Il flag PV assume un valore casuale
- Il flag N è posto sempre a zero
- Il flag di carry non viene influenzato dall'operazione e conserva il suo vecchio valore

✓ L'operando m può essere un registro ad otto bit del microprocessore

Es. Bit 3, D

Prima

D **34** F **11**

7	6	5	4	3	2	1	0
0	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**

Il bit 3 dell'operando è pari a zero per cui il flag di zero verrà posto ad 1

7	6	5	4	3	2	1	0
?	1		1		?	0	1

Il flag di carry è ad 1 poiché tale era il suo valore prima.

- ✓ L'operando s può essere una locazione di memoria indirizzata in modo indiretto

Es. Bit 5, (HL)

HL | 1C00 | F | 10

1C00	2C
1C01	3B
1C02	41
1C03	56

7	6	5	4	3	2	1	0
0	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**

Il bit 5 dell'operando è pari ad uno per cui il flag di zero verrà posto ad 0

7	6	5	4	3	2	1	0
?	0		1		?	0	0

- ✓ L'operando m può essere una locazione di memoria indirizzata in modo indicizzato

Es, Bit 7, (IX+2)

IX | 1C00 | F | 10

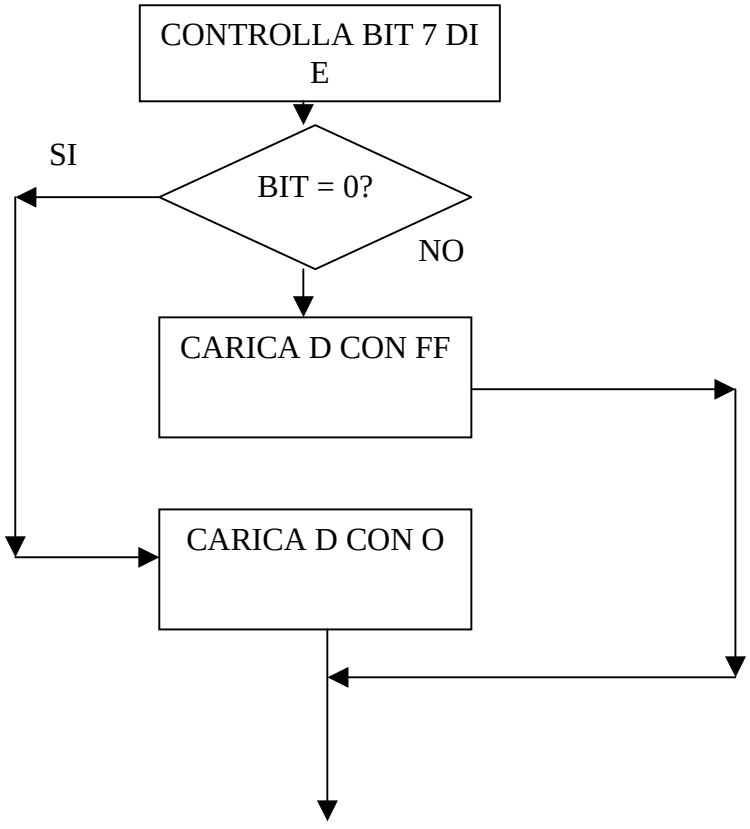
1C00	2C
1C01	3B
1C02	41
1C03	56

7	6	5	4	3	2	1	0
0	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**

Il bit 7 dell'operando è pari a zero per cui il flag di zero verrà posto ad 1

7	6	5	4	3	2	1	0
?	0		1		?	0	1

In sostanza dobbiamo testare il bit 7 del registro E. Se questo bit è a zero dobbiamo eseguire il caricamento di o in D, altrimenti dobbiamo eseguire il caricamento di FF. per realizzare una struttura di questo tipo in assembly dobbiamo giocare nel modo seguente con i salti.



In sostanza scelgo di testare una condizione , ad esempio controllo se il bit è uguale a zero (cioè il dato in E è positivo), con un'istruzione di salto condizionato

Salta se il bit è uguale a zero

Subito dopo scrivo l'istruzione da saltare, cioè l'istruzione da eseguire soltanto se il salto non viene effettuato, cioè se il bit invece di essere a zero si trova ad 1

Salta se il bit è uguale a zero alla istruzione che pone D a 0

Metti in D FFh

Se questa istruzione viene eseguita, non dobbiamo eseguire l'istruzione che pone D a zero. Per fare questo dobbiamo effettuare un salto assoluto

Salta se il bit è uguale a zero alla istruzione che pone D a 0

Metti in D FFh

Salta la prossima istruzione

Metti D a O

Altre istruzioni

In assembly dovremmo scrivere una cosa del genere

```
JP Z, AVANTI
            LD D,0FFH
            JP CICLO
AVANTI:     LD D,00H
CICLO:      SLA D
```

Ricordiamo, infatti, che a causa dell'istruzione BIT, se E ha un contenuto negativo, il bit 7 di E sarà a zero e quindi l'esecuzione dell'istruzione di BIOT porterà il flag di zero a 0, quindi bisogna saltarla se il flag sta ad 1. quindi la condizione da impostare è JP Z, AVANTI

Il listato completo del sottoprogramma è

```
moltiplica: PUSH AF
            PUSH BC
            LD B, 03H
            BIT 7,E
            JP Z, AVANTI
            LD D,0FFH
            JP CICLO
AVANTI:     LD D,00H
CICLO:      SLA D
            SLA E
            LD A,00H
            ADC  A,D
            LD D,A
            DEC B
            JP NZ,CICLO
            POP BC
            POP AF
            RET
```

Testiamolo con un programma completo

```
ORG 0000H
ld e,80h
call moltiplica
halt
moltiplica: PUSH AF
            PUSH BC
            LD B, 03H
            BIT 7,E
            JP Z, AVANTI
            LD D,0FFH
            JP CICLO
AVANTI:     LD D,00H
CICLO:      SLA D
            SLA E
            LD A,00H
            ADC  A,D
            LD D,A
            DEC B
            JP NZ,CICLO
            POP BC
            POP AF
            RET
```

Video simulazione
File autoesegubile