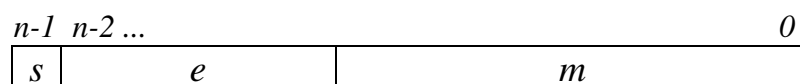


## 2.6 Reprezentarea numerelor in virgula mobila

Reprezentarea in virgula mobila (virgula flotanta) este utilizata pentru numere reale, permitand o precizie ridicata si o plaja larga de valori. Un numar este reprezentat in virgula mobila printr-un cuvint de  $n$  biti, continand urmatoarele campuri:



unde  $s$  este bitul de semn al numarului, cu aceeasi conventie ca pentru numere in virgula fixa ( $s=0$  numar pozitiv si  $s=1$  numar negativ),  $m$  este mantisa numarului, reprezentand cifrele semnificative, iar  $e$  este exponentul (puterea la care trebuie ridicata o valoare numita baza si care inmulteste cifrele semnificative ale numarului). Valoarea numarului real reprezentat in virgula mobila este data de expresia:

$$\text{valoare} = (-1)^s \cdot m \cdot \text{baza}^e$$

Ca baza se utilizeaza valorile 2, 10 sau 16 (baza 2 este cea mai utilizata).

Mantisa trebuie sa indeplineasca conditia:  $1 > m \geq 1/\text{baza}$ , fiind un numar subunitar in virgula fixa, reprezentat in cod complementar. Pentru baza 2, mantisa indeplineste conditia  $1 > m \geq 1/2$ , ceea ce inseamna ca primul bit, c.m.s. este 1.

Exponentul este un numar intreg cu semn, ceea ce complica algoritmi de calcul in virgula mobila. In practica se reprezinta in locul exponentului o valoare modificata, numita caracteristica, care este o valoare fara semn si permite conservarea plajei de valori, conform relatiei:

$$\text{caracteristica} = \text{exponent} + 2^{\text{numar de biti exponent} - 1}$$

*Exemplu.* Se considera pentru o reprezentare in virgula mobila 7 biti pentru exponent, ceea ce inseamna ca se pot reprezenta pentru acesta 128 valori distincte cu semn:

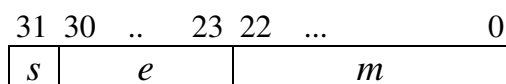
$$-64 \leq \text{exponent} \leq +63$$

Reprezentand in locul exponentului caracteristica, valoare intreaga fara semn, plaja de valori contine tot 128 de valori, astfel:

$$\text{caracteristica} = \text{exponent} + 2^{7-1}$$

$$\text{caracteristica} = \text{exponent} + 64 \Rightarrow 0 \leq \text{caracteristica} \leq 127$$

*Exemplu.* Standardul IEEE 754 (IEEE – „Institute of Electrical and Electronics Engineers”) pentru reprezentarea numerelor reale in virgula mobila pe lungime (precizie) simpla (32 de biti):



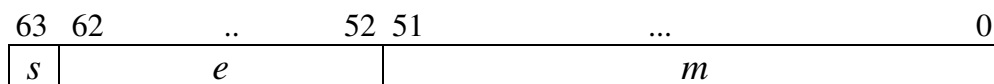
Valoarea numarului fiind data de relatiile:

$$\text{daca } 0 < e < 255 \Rightarrow \text{valoarea} = (-1)^s \cdot 1.m \cdot 2^{e-127}$$

$$\text{daca } e = \text{si } m = 0 \Rightarrow \text{valoarea} = 0$$

$$\text{daca } e = 0, m \neq 0 \text{ sau } e = 255 \Rightarrow \text{eroare}$$

Reprezentarea pe lungime (precizie) dubla (64 de biti):



Valoarea numarului fiind data de relatiile:

$$\text{daca } 0 < e < 2047 \Rightarrow \text{valoarea} = (-1)^s \cdot 1.m \cdot 2^{e-1023}$$

$$\text{daca } e = 0 \text{ si } m = 0 \Rightarrow \text{valoarea} = 0$$

$$\text{daca } e = 0, m \neq 0 \text{ sau } e = 2047 \Rightarrow \text{eroare}$$

## 2.7 Adunarea in virgula mobila

Operatia de scadere este inlocuita printr-o operatie de adunare: se aduna la descazut, scazatorul cu semn schimbat. In continuare se va studia numai operatia de adunare in virgula mobila. Se considera operatia:

$$A + B = C$$

unde A, B si C sunt numere reprezentate in virgula mobila. Se parcurg urmatoarele etape:

1) *Aducerea celor doi operanzi la acelasi exponent.* Se compara exponentii celor doi operanzi si eventual, se deplaseaza succesiv dreapta

mantisa numarului mai mic in modul cu un numar de pozitii egal cu diferenta exponentilor. Daca diferenta exponentilor este mai mare decat numarul de biti utilizati pentru reprezentarea mantisei, atunci rezultatul adunarii este egal cu numarul mai mare in modul (caci prin deplasari se obtin numai biti zero pentru mantisa numarului mai mic in modul).

2) *Adunarea mantiselor.* Se aduna mantisele celor doi operanzi, conform regulilor de adunare in virgula fixa.

3) *Ajustarea rezultatului.* Daca la pasul precedent s-a realizat adunarea efectiva a mantiselor este posibil sa apara un transport de la rangul c.m.s. Acest transport va fi recuperat printr-o deplasare dreapta a mantisei rezultatului cu o pozitie si incrementarea exponentului, daca acesta nu este maxim. Daca exponentul este maxim se pozitioneaza un indicator de depasire superioara la exponent (eof = exponent overflow), rezultand eroare. Daca la pasul precedent s-a realizat scaderea mantiselor, se testeaza fie daca mantisa obtinuta este nula, caz in care se face „zero curat” (zero pentru toti bitii rezultatului), fie, daca mantisa nu este normalizata (primul bit c.m.s. al mantisei egal cu 0), caz in care se fac deplasari succesive ale mantisei spre stanga si se decrementeaza exponentul (daca acesta nu este minim; daca este minim, se pozitioneaza un alt indicator, de depasire inferioara euf – „exponent underflow”, care insa nu este situatie de eroare, rezultatul fiind aproximat prin zero).

Operatiile elementare executate pentru adunarea a doua numere in virgula mobila sunt reprezentate in organigrama urmatoare (fig.2.7.1):

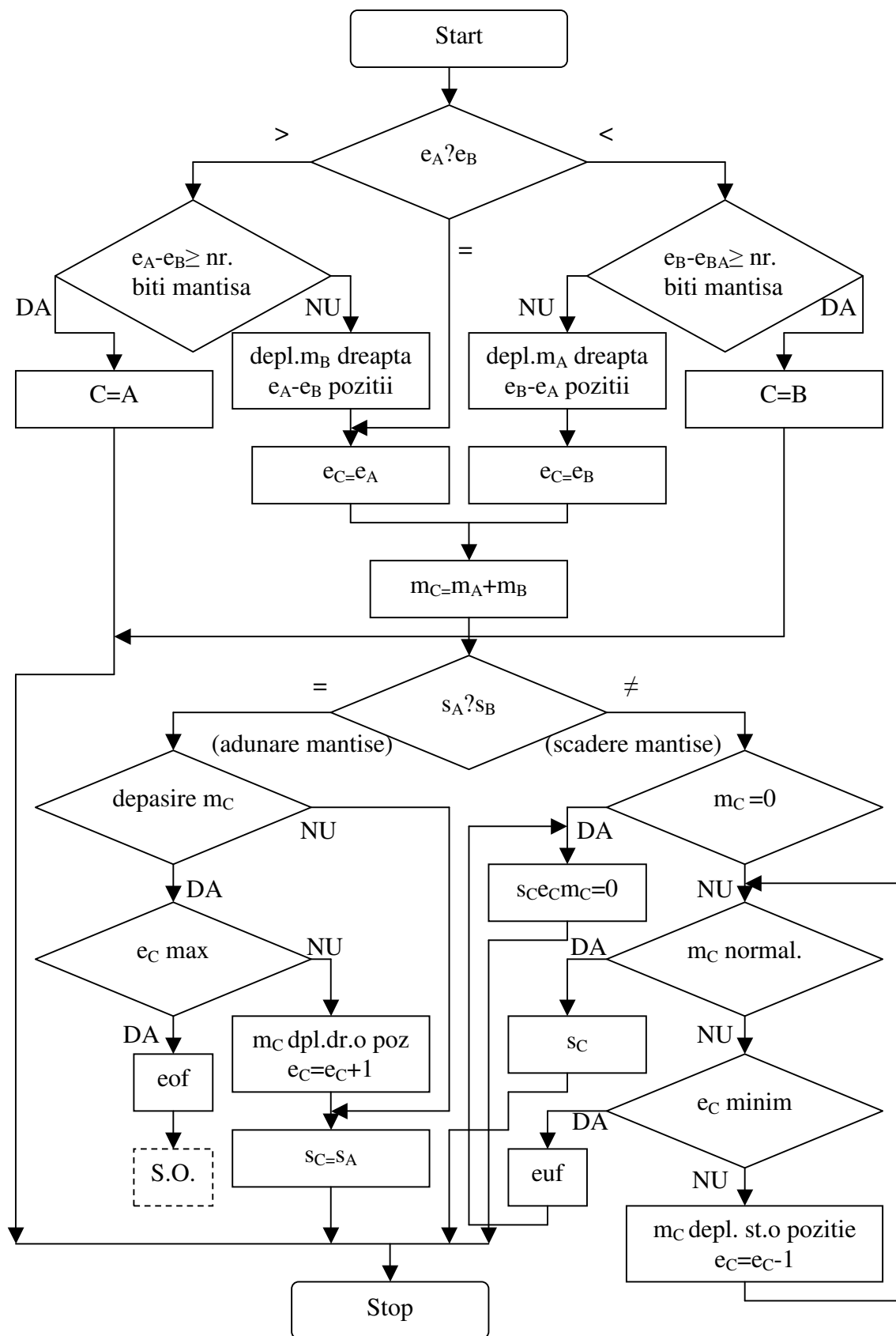


Fig.2.7.1 Organigrama operatiei de adunare in virgula mobila.

## 2.8 Inmultirea in virgula mobila

Pentru inmultirea a doua numere ( $A \cdot B = C$ ) reprezentate in virgula mobila se parcurg urmatoarele etape:

1) Se verifica daca vreunul din cei doi operanzi este nul, caz in care si rezultatul este nul, fara nici o operatie.

2) Se determina semnul rezultatului pe baza regulii semnelor de la inmultirea din matematica (se calculeaza prin sau-exclusiv dintre bitii de semn ai celor doi operanzi).

3) Se aduna exponentii. Se executa o corectie prin scaderea unui deplasament ( $2^{\text{numar biti exponent}-1}$ ) din exponentul rezultatului, deoarece:

$$e_A = \text{exp}(A) + \text{deplasament}$$

$$e_B = \text{exp}(B) + \text{deplasament}$$

$$e_A + e_B = \text{exp}(A) + \text{exp}(B) + 2 \cdot \text{deplasament}$$

$$e_C = \text{exp}(A) + \text{exp}(B) + \text{deplasament}$$

4) Se inmultesc mantisele operanzilor in virgula fixa. Este posibil ca mantisa rezultatului sa nu fie normalizata (daca cele doua mantise care s-au inmultit au avut valori apropiate de 1/2), caz in care se deplaseaza mantisa rezultatului o pozitie spre dreapta si exponentul se decrementeaza.

In organigrama urmatoare sunt reprezentate operatiile elementare executate pentru inmultirea a doua numere in virgula mobila (fig.2.8.1):

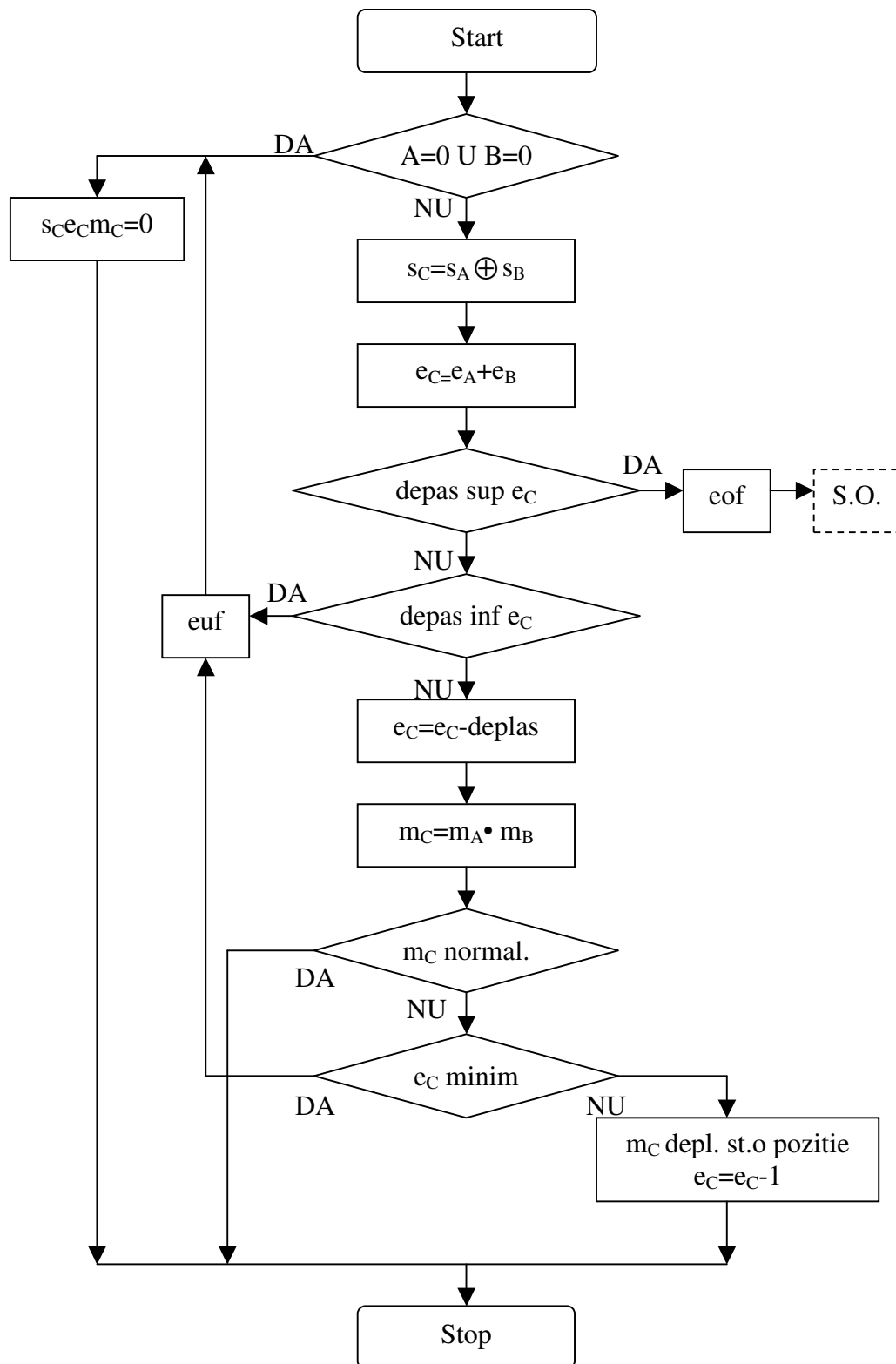


Fig.2.8.1 Organigrama operatiei de inmultire in virgula mobila.