

### 3. DISPOZITIVE DE ÎNMULȚIRE ȘI ÎMPĂRȚIRE ZECIMALĂ

În această lucrare se studiază diferite metode și dispozitive de înmulțire și împărțire zecimală. Dintre metodele de înmulțire zecimală, sunt prezentate următoarele: metoda adunării repetate, metoda celor nouă multipli ai deînmulțitului, și metoda componentilor din stânga și din dreapta. Metodele de împărțire zecimală prezentate sunt metoda refacerii restului parțial și metoda fără refacerea restului parțial. Se urmărește vizualizarea etapelor de execuție a operațiilor unora din aceste metode cu ajutorul unor programe de simulare a funcționării dispozitivelor.

#### 3.1. Înmulțirea zecimală

Operația de înmulțire zecimală este mai complexă decât cea de înmulțire binară, deoarece cifrele înmulțitorului pot lua valori între 0 și 9. Metodele de înmulțire zecimală depind de modul de reprezentare a numerelor cu semn.

Pentru numere zecimale reprezentate în MS, principalele metode de înmulțire sunt următoarele:

- Metoda adunării repetate;
- Metoda celor nouă multipli ai deînmulțitului;
- Metoda de înmulțire binară a numerelor zecimale;
- Metoda dublării și înjumătățirii.

Pentru numere reprezentate în complement față de 10, se pot utiliza metodele de înmulțire binară a numerelor reprezentate în complement față de 2. O altă posibilitate este conversia numerelor din complement față de 10 în MS și utilizarea unei metode pentru numere în această reprezentare.

##### 3.1.1. Metoda adunării repetate

Această metodă constă în examinarea cifrelor înmulțitorului, începând cu cifra c.m.p.s., și adunarea repetată a deînmulțitului la produsul parțial. Numărul necesar de adunări este egal cu valoarea cifrei înmulțitorului, valoare determinată printr-o comparație. În locul comparației, se poate testa dacă cifra înmulțitorului este 0; în caz contrar, se efectuează o adunare a deînmulțitului la produsul parțial, iar apoi o decrementare a cifrei înmulțitorului. Operația se repetă până când cifra înmulțitorului devine 0.

După efectuarea adunărilor specifice unei anumite cifre a înmulțitorului, grupul de registre care păstrează produsul parțial se deplasează la dreapta cu o poziție. Operația continuă până la examinarea tuturor cifrelor înmulțitorului.

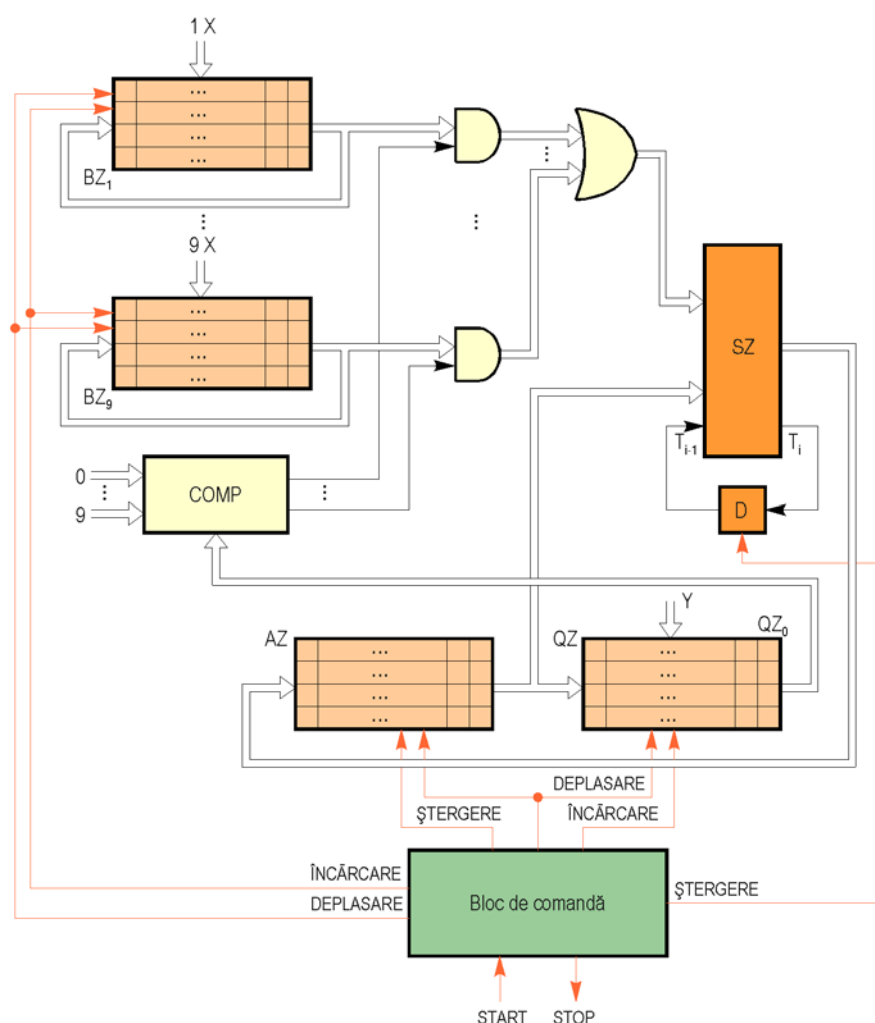
Această metodă este cea mai simplă, dar și cea mai lentă. Numărul de adunări repetate poate fi redus dacă sumatorul zecimal este înlocuit cu un sumator-scăzător zecimal. Dacă cifra înmulțitorului este mai mică sau egală cu 5, se efectuează un număr corespunzător de adunări; dacă cifra este mai mare decât 5, se efectuează un număr de scăderi, și se adună deînmulțitul la rangul zecimal următor (operație echivalentă cu adunarea deînmulțitului multiplicat cu 10). De exemplu, dacă cifra înmulțitorului este 7, se efectuează trei scăderi pentru poziția rangului zecimal respectiv și o adunare la rangul zecimal următor.

##### 3.1.2. Metoda celor nouă multipli ai deînmulțitului

Această metodă constă în generarea la începutul operației de înmulțire a celor nouă multipli ai deînmulțitului ( $X$ ) și memorarea acestora în grupuri de registre speciale. Prin examinarea fiecărei cifre a înmulțitorului ( $Y$ ), se determină conținutul cărui grup de 4 registre trebuie adunat la produsul parțial.

Considerăm un asemenea dispozitiv de înmulțire zecimală de tip serie-paralel (Figura 3.1). Elementele componente ale dispozitivului sunt următoarele:

AZ	Grup de registre cu rol de acumulator care păstrează produsul parțial.
QZ	Grup de registre care păstrează înmulțitorul.
BZ <sub>1</sub> ..BZ <sub>9</sub>	Grupuri de registre care păstrează multiplii de înmulțitului.
SZ	Sumator zecimal elementar pentru calculul produsului parțial.
D	Bistabil pentru memorarea cifrei de transport de la sumatorul zecimal.
COMP	Circuit comparator, care compară în fiecare etapă a operației cifra curentă a înmulțitorului, QZ <sub>i</sub> , cu indicele registrelor BZ <sub>i</sub> care păstrează multiplii de înmulțitului. Prin activarea unui semnal de ieșire al circuitului comparator, care validează un grup de porți ȘI, se aplică conținutul registrului BZ <sub>i</sub> corespunzător la o intrare a sumatorului zecimal.



**Figura 3.1.** Schema bloc a unui dispozitiv de înmulțire zecimală care implementează metoda celor nouă multipli ai de înmulțitului.

În etapa de inițializare se încarcă de înmulțitul și înmulțitorul în registrele BZ<sub>1</sub>, respectiv QZ, se inițializează acumulatorul AZ și bistabilul D cu 0, și se formează multiplii de înmulțitului. Pentru aceasta se utilizează circuite combinaționale sau sumatorul zecimal. În ultimul caz, după încărcarea de înmulțitului în registrul BZ<sub>1</sub>, se adună acest registru cu registrul acumulator AZ (care a fost inițializat cu 0), și rezultatul se

transferă în AZ. Se adună apoi conținutul registrelor  $BZ_1$  și AZ, iar rezultatul ( $2X$ ) se transferă în  $BZ_2$ . Se procedează similar pentru obținerea celorlalți multipli ai deînmulțitului.

Pentru înmulțire se efectuează următoarele operații:

1. Se testează cifra c.m.p.s. a înmulțitorului,  $QZ_0$ .
2. Se adună la produsul parțial multiplul corespunzător al deînmulțitului, în funcție de valoarea cifrei testate.
3. Se deplasează produsul parțial la dreapta cu o poziție.
4. Se repetă etapele 1 - 3 până când se testează toate cifrele înmulțitorului.
5. Se stabilește semnul rezultatului pe baza semnelui operanzilor.

### Exemplul 3.1

Considerăm  $X = 23$ ,  $Y = -45$ . Operația de înmulțire este prezentată în Tabelul 3.1.

**Tabelul 3.1.** Execuția operației de înmulțire  $23 \times (-45)$  prin metoda celor nouă multipli ai înmulțitorului.

Pas	AZ	QZ	$BZ_1$	$A_n$	N	Operații
0	0 00 +	<u>45</u>	23	0	2	Inițializare
1	1 15					Adunare $5 \times X = 115$
	1 15	45				
	0 11 +	<u>54</u>	23	0	1	Deplasare AZ_QZ la dreapta
2	0 92					Adunare $4 \times X = 92$
	1 03	54				
	0 10	35	23	0	0	Deplasare AZ_QZ la dreapta
3	9 10	35	23	9	0	Stabilire semn rezultat

Rezultatul este:  $9 \ 1035 = -1035$  (semnul negativ este reprezentat prin cifra 9).

Dezavantajul dispozitivului din Figura 3.1 constă în echipamentul costisitor. De asemenea, dacă pentru generarea multiplilor deînmulțitului se utilizează sumatorul zecimal, etapa de încărcare a registrelor  $BZ_i$  necesită un timp ridicat. Din aceste motive, s-au conceput dispozitive care utilizează un număr mai mic de multipli.

Una din soluții este cea în care se utilizează multiplii de 2 și 5 ai deînmulțitului, fiind necesare mai multe adunări ale unor multipli la produsul parțial. Pentru a se crește viteza, se pot utiliza circuite combinaționale care generează direct acești multipli ( $2 \times X$  și  $5 \times X$ ). Cu ajutorul acestor circuite, se poate realiza un circuit care generează orice multiplu al deînmulțitului. În acest caz, grupurile de registre care păstrează multiplii deînmulțitului se pot încărca simultan.

### 3.1.3. Metoda componentilor din dreapta și din stânga

La înmulțirea a două cifre zecimale, se obține un produs de două cifre zecimale. Cifra c.m.p.s. se numește component din dreapta, iar cifra c.m.s. se numește component din stânga al produsului. De exemplu, prin efectuarea înmulțirilor  $2 \times 4$  și  $2 \times 7$  se obțin produsele 08, respectiv 14. Cifrele 8 și 4 din aceste produse reprezintă componentii din dreapta, iar cifrele 0 și 1 reprezintă componentii din stânga. La înmulțirea a două numere zecimale cu mai multe cifre, componentii sunt, la rândul lor, numere zecimale cu mai multe cifre.

Prin înmulțirea a două cifre zecimale se pot obține 100 de perechi de componente din dreapta și din stânga. Aceștia se pot păstra într-o tabelă, asemănătoare tablei înmulțirii.

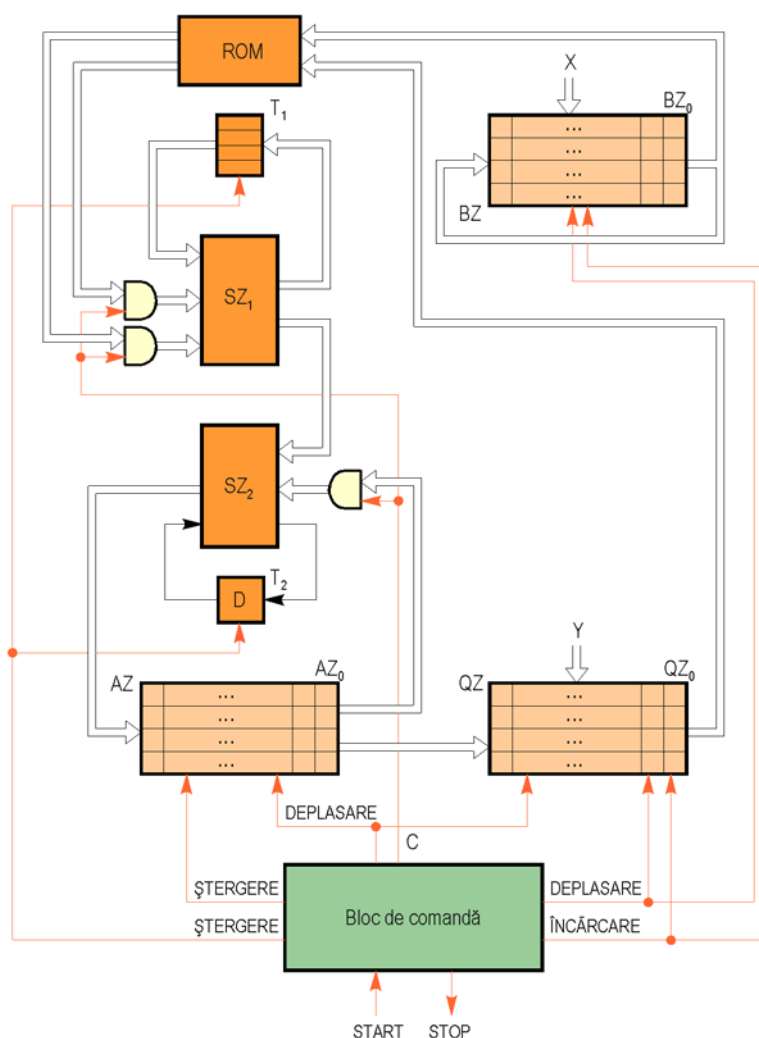
### Exemplul 3.2

Considerăm  $X = 45$ ,  $Y = 37$ .

$45 \times 37$	
0000	Produs parțial inițial
85	Component din dreapta
23	Component din stânga
0315	Produs parțial
25	Component din dreapta
11	Component din stânga
1665	Rezultat

În acest exemplu, pentru fiecare cifră a înmulțitorului, s-a adunat simultan produsul parțial cu componentul din dreapta și cu cel din stânga, fiind necesare deci două adunări (numerele având câte două cifre). Pentru adunarea simultană este necesar un dispozitiv paralel.

Dacă dispozitivul este de tip serie, componentii din dreapta și din stânga se obțin cifră cu cifră. În fiecare etapă, se înmulțește o cifră a înmulțitorului cu o cifră a deînmulțitului. Cifra corespunzătoare a componentului din dreapta se adună la poziția curentă a produsului parțial, iar cea corespunzătoare a componentului din stânga se reține pentru a se aduna în etapa următoare. Deci, în fiecare etapă se adună următoarele cifre: cifra componentului din dreapta, cifra componentului din stânga din etapa precedentă și cifra curentă a produsului parțial. Trebuie să se țină cont și de transporturile care pot apare.



**Figura 3.2.** Schema bloc a unui dispozitiv de înmulțire zecimală care implementează metoda componentilor din dreapta și din stânga.

Structura unui dispozitiv de înmulțire de tip serie care implementează această metodă este prezentată în Figura 3.2. Numerele sunt reprezentate în mărime și semn, cifrele de semn fiind tratate separat. Elementele componente ale dispozitivului sunt următoarele:

AZ	Grup de registre cu rol de acumulator care păstrează produsul parțial.
QZ	Grup de registre care păstrează înmulțitorul.
BZ	Grup de registre care păstrează deînmulțitul.
T <sub>1</sub>	Registru care păstrează cifra zecimală de transport de la sumatorul SZ <sub>1</sub> .
T <sub>2</sub>	Bistabil care păstrează bitul de transport de la sumatorul SZ <sub>2</sub> .
SZ <sub>1</sub> , SZ <sub>2</sub>	Sumatoare zecimale elementare.
ROM	Memorie de tip ROM care conține tabla înmulțirii a două cifre zecimale. Are 8 intrări, câte 4 pentru cele două cifre zecimale, și 8 ieșiri, cifra zecilor și a unităților produsului (componenții din stânga, respectiv din dreapta).

În etapa de inițializare, deînmulțitul se încarcă în grupul de registre BZ, iar înmulțitorul în grupul de registre QZ. Grupul de registre AZ, registrul T<sub>1</sub> și bistabilul T<sub>2</sub> se șterg, iar semnalul de comandă C se aduce la valoarea logică 1.

În fiecare etapă a operației, se înmulțește o cifră a înmulțitorului cu toate cifrele deînmulțitului. Pentru aceasta, cifrele zecimale din pozițiile QZ<sub>0</sub> și BZ<sub>0</sub> se aplică la intrările memoriei ROM, obținându-se la ieșire produsul format din două cifre. Acest produs este adunat cu componentul din stânga obținut în etapa precedentă, păstrat în registrul T<sub>1</sub>, cu ajutorul sumatorului zecimal SZ<sub>1</sub>. Acest sumator are o structură specială, adunând un număr format din două cifre zecimale cu o cifră zecimală. Rezultă o sumă formată din două cifre zecimale, dintre care cifra c.m.s. se reține în registrul T<sub>1</sub>. Cifra c.m.p.s. se adună, prin sumatorul zecimal SZ<sub>2</sub>, cu cifra curentă a produsului parțial (AZ<sub>0</sub>) și cu eventualul transport apărut în etapa precedentă, păstrat în bistabilul T<sub>2</sub> (în urma adunării a două cifre zecimale, transportul maxim este 1). Grupul de registre AZ se deplasează la dreapta cu o poziție, iar grupul de registre BZ se rotește la dreapta cu o poziție, pentru înmulțirea următoarei cifre a deînmulțitului cu aceeași cifră a înmulțitorului. Suma de la ieșirea sumatorului zecimal SZ<sub>2</sub> se depune în poziția c.m.s. a grupului de registre AZ, iar transportul se memorează în T<sub>2</sub>. Aceste operații se repetă până când cifra curentă a înmulțitorului se înmulțește cu toate cifrele deînmulțitului.

La sfârșitul unei etape, se deplasează la dreapta grupurile de registre AZ și QZ pentru înmulțirea cifrei următoare a înmulțitorului cu deînmulțitul. În același timp, semnalul de comandă C se readuce la valoarea logică 0 pentru a se aduna cifra de transport memorată în registrul T<sub>1</sub> și bitul de transport memorat în bistabilul T<sub>2</sub> (aplicând valoarea 0 la celelalte intrări ale sumatoarelor). Suma rezultată se depune în poziția rămasă liberă după deplasarea la dreapta a grupului de registre AZ. Semnalul de comandă C se readuce apoi la valoarea logică 1.

Operația continuă cu o nouă etapă, în care se înmulțește următoarea cifră a înmulțitorului cu toate cifrele deînmulțitului. După etapa în care s-a înmulțit cifra c.m.s. a înmulțitorului cu toate cifrele deînmulțitului, produsul se formează în grupurile de registre AZ\_QZ.

### Exemplul 3.3

Fie  $X = 45$ ,  $Y = 37$ . Operația de înmulțire este prezentată în Tabelul 3.2.

**Tabelul 3.2.** Execuția operației de înmulțire  $45 \times 37$  prin metoda componentelor din dreapta și din stânga.

Pas	AZ	QZ	BZ	SZ <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	SZ <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	Operații
0	00	37	45	-	0	-	0	Inițializare
1	00	37	45	$\begin{array}{r} 35 + \\ 0 \\ \hline 35 \end{array}$	3	$\begin{array}{r} 5 + \\ 0 + \\ \hline 0 \\ 5 \end{array}$	0	Înmulțire QZ <sub>0</sub> (7) cu BZ <sub>0</sub> (5)
	50	37	54	35	3	5	0	Deplasare dreapta AZ, rotire dreapta BZ

Pas	AZ	QZ	BZ	SZ <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	SZ <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	Operații
	50	37	54	$28 + \frac{3}{31}$	3	$1 + \frac{0}{0} + \frac{0}{1}$	0	Înmulțire QZ <sub>0</sub> (7) cu BZ <sub>0</sub> (4)
	15	37	45	31	3	1	0	Deplasare dreapta AZ, rotire dreapta BZ
	31	53	45	-	0	-	0	Deplasare dreapta AZ_QZ, adunare T <sub>1</sub> cu T <sub>2</sub>
2	31	53	45	$15 + \frac{0}{15}$	1	$5 + \frac{1}{0} + \frac{0}{6}$	0	Înmulțire QZ <sub>0</sub> (3) cu BZ <sub>0</sub> (5)
	63	53	54	15	1	6	0	Deplasare dreapta AZ, rotire dreapta BZ
	63	53	54	$12 + \frac{1}{13}$	1	$3 + \frac{3}{0} + \frac{0}{6}$	0	Înmulțire QZ <sub>0</sub> (3) cu BZ <sub>0</sub> (4)
	66	53	45	13	1	6	0	Deplasare dreapta AZ, rotire dreapta BZ
	16	65	45	-	0	-	0	Deplasare dreapta AZ_QZ, adunare T <sub>1</sub> cu T <sub>2</sub>

Produsul este:  $45 \times 37 = 1665$ .

### 3.2. Împărțirea zecimală

Împărțirea zecimală este mai complexă decât împărțirea binară, deoarece cifrele câtului pot lua valori între 0 și 9. Aceasta presupune efectuarea în fiecare etapă a unui număr variabil de adunări sau scăderi ale împărțitorului.

Metodele de împărțire binară pot fi aplicate și pentru împărțirea zecimală, deoarece nu există deosebiri de principiu între acestea. Considerând că numerele sunt reprezentate în MS, se pot utiliza următoarele metode de împărțire zecimală:

- Metoda refacerii restului parțial;
- Metoda fără refacerea restului parțial;
- Metoda celor nouă multipli ai împărțitorului;
- Metoda înjumătățirii împărțitorului;
- Metoda Gilman.

#### 3.2.1. Metoda refacerii restului parțial

Această metodă este similară cu cea utilizată pentru împărțirea binară, efectuându-se prin scăderi repetate ale împărțitorului din restul parțial. În fiecare etapă, se obține o cifră a câtului care este valoarea cea mai mare din cele zece posibile pentru care restul parțial este încă pozitiv. Atunci când restul parțial devine negativ, se adună împărțitorul pentru a se reface restul parțial.

Pentru determinarea cifrelor câtului, blocul de comandă conține un numărător, care este inițializat cu 0 la începutul fiecărei etape, fiind incrementat la fiecare scădere a împărțitorului din restul parțial. Scăderea împărțitorului continuă până când restul parțial devine negativ, moment în care se reface restul parțial. Conținutul decrementat al numărătorului reprezintă cifra câtului corespunzătoare etapei curente. Dacă numărătorul se incrementează numai atunci când restul parțial devine negativ, nu mai este necesară decrementarea acestuia.

Înainte de începerea operației, se testează dacă apare o depășire și dacă rezultatul operației este zero, în mod similar cu împărțirea binară.

Considerăm un dispozitiv de împărțire zecimală pentru numere reprezentate în MS, cu structura similară cu cea a unui dispozitiv de împărțire binară care utilizează metoda refacerii restului parțial. Dispozitivul conține grupurile de registre AZ, QZ, BZ, cu funcții similare registrelor A, Q, B ale dispozitivului de împărțire binară, un sumator-scăzător zecimal elementar și un bloc de comandă. Acest bloc conține un numărător N care este decrementat în fiecare etapă a operației și un numărător N<sub>1</sub> care se uti-

lizează pentru numărarea operațiilor de adunare sau de scădere efectuate pentru calculul unei cifre a câtului.

### Exemplul 3.4

Considerăm  $X = 684$ ,  $Y = 28$ . Execuția operației de împărțire este prezentată în Tabelul 3.3.

**Tabelul 3.3.** Execuția operației de împărțire 684:28 prin metoda refacerii restului parțial.

Pas	AZ	QZ	BZ	N	N <sub>1</sub>	Operații
0	0 06	84	28	2	0	Inițializare
1	0 68 -	40	28	1	0	Deplasare stânga AZ_QZ
	<u>28</u> 0 40 -	40	28	1	1	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 12 -	40	28	1	2	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 84 +	40	28	1	3	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 12	<u>42</u>	28	1	2	Adunare BZ Decrementare N <sub>1</sub> , QZ <sub>0</sub> = N <sub>1</sub>
2	1 24 -	<u>20</u>	28	0	0	Deplasare stânga AZ_QZ
	<u>28</u> 0 96 -	<u>20</u>	28	0	1	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 68 -	<u>20</u>	28	0	2	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 40 -	<u>20</u>	28	0	3	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 12 -	<u>20</u>	28	0	4	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 84 +	<u>20</u>	28	0	5	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 12	<u>24</u>	28	0	4	Adunare BZ Decrementare N <sub>1</sub> , QZ <sub>0</sub> = N <sub>1</sub>

Câtul este 24, iar restul este 12.

### 3.2.2. Metoda fără refacerea restului parțial

Această metodă elimină adunarea împărțitorului la restul parțial, atunci când acesta devine negativ.

Algoritmul metodei fără refacerea restului parțial este următorul:

1. Se deplasează la stânga registrul combinat care conține restul parțial și deîmpărțitul. Se efectuează scăderi repetate ale împărțitorului din restul parțial, până când diferența devine negativă. Dacă s-au efectuat  $m_1$  scăderi, cifra câtului este  $m_1 - 1$ .
2. Se deplasează la stânga registrul combinat care conține restul parțial și deîmpărțitul. Se efectuează adunări repetate ale împărțitorului la restul parțial, până când suma devine pozitivă. Dacă s-au efectuat  $m_2$  adunări, cifra câtului este  $10 - m_2$ .
3. Se continuă cu etapele 1 și 2, până când se obțin toate cifrele câtului.
4. Dacă după ultima etapă restul este negativ, se reface restul prin adunarea împărțitorului.

Structura dispozitivului care implementează această metodă este similară cu cea a unui dispozitiv de împărțire zecimală care implementează metoda refacerii restului parțial.

### Exemplul 3.5

Considerăm din nou  $X = 684$ ,  $Y = 28$ . Execuția operației de împărțire este prezentată în Tabelul 3.4.

**Tabelul 3.4.** Execuția operației de împărțire 684:28 prin metoda fără refacerea restului parțial.

Pas	AZ	QZ	BZ	N	N <sub>1</sub>	Operații
0	0 06	84	28	2	0	Inițializare
1	0 68 -	40	28	1	0	Deplasare stânga AZ_QZ
	<u>28</u> 0 40 -	40	28	1	1	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 12 -	40	28	1	2	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 84	<u>42</u>	28	1	3	Scădere BZ Incrementare N <sub>1</sub> , QZ <sub>0</sub> = N <sub>1</sub> -1
2	8 44 +	<u>20</u>	28	0	0	Deplasare stânga AZ_QZ
	<u>28</u> 8 72 +	<u>20</u>	28	0	1	Adunare BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 00 +	<u>20</u>	28	0	2	Adunare BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 28 +	<u>20</u>	28	0	3	Adunare BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 56 +	<u>20</u>	28	0	4	Adunare BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 9 84 +	<u>20</u>	28	0	5	Adunare BZ Incrementare N <sub>1</sub>
	<u>28</u> 0 12	<u>24</u>	28	0	6	Adunare BZ Incrementare N <sub>1</sub> , QZ <sub>0</sub> = 10-N <sub>1</sub>

Câtul este 24, iar restul este 12.

Cu toate că metoda fără refacerea restului parțial este mai eficientă decât cea cu refacerea restului parțial, în cazul numerelor zecimale creșterea eficienței este mai redusă comparativ cu cazul numerelor binare. În cazul metodei refacerii restului parțial, pentru obținerea cifrei 0 a câtului sunt necesare două operații de scădere sau de adunare, pentru obținerea cifrei 1 sunt necesare trei operații, și în general, pentru obținerea cifrei  $x$  sunt necesare  $x+2$  operații. Considerând că frecvența statistică de utilizare a diferitelor cifre este aceeași, numărul mediu de operații necesare pentru obținerea unei cifre a câtului este:

$$\frac{2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11}{10} = \frac{(2 + 11) \cdot 10}{2 \cdot 10} = 6,5$$

În cazul metodei fără refacerea restului parțial, se câștigă o operație la obținerea fiecărei cifre a câtului, numărul mediu de operații necesare fiind:

$$\frac{1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10}{10} = \frac{(1 + 10) \cdot 10}{2 \cdot 10} = 5,5$$

Numărul de operații necesare se reduce deci cu mai puțin de 20% pentru fiecare cifră obținută, față de o reducere de aproximativ 50% în cazul împărțirii binare.

### 3.2.3. Metoda celor nouă multipli ai împărțitorului

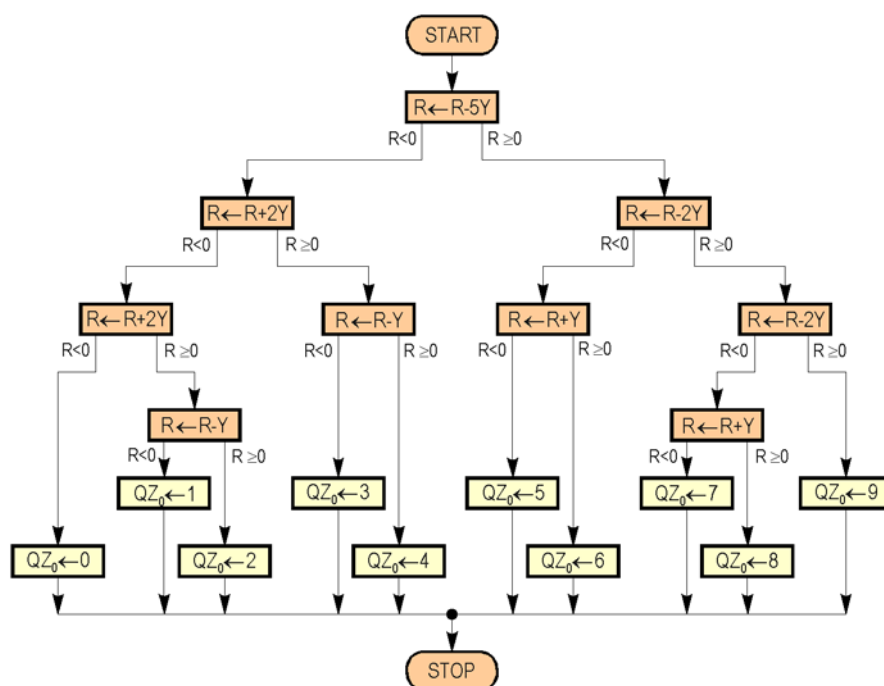
Metoda celor nouă multipli ai împărțitorului are ca avantaj reducerea timpului de execuție a operației de împărțire. Dispozitivul care implementează această metodă este asemănător cu cel de înmulțire care implementează metoda celor nouă multipli ai deînmulțitului, conținând 9 grupe de registre care se încarcă cu multiplii împărțitorului. Sumatorul zecimal elementar este înlocuit cu un sumator-



scăzător zecimal elementar, sumatorul fiind folosit în etapa de generare a multiplilor împărțitorului, iar scăzătorul în etapa de împărțire propriu-zisă. Blocul de comandă conține un comparator, acesta având rolul de a selecta multiplul cel mai mare al împărțitorului, care prin scădere din restul parțial, determină un rezultat pozitiv.

În fiecare etapă a operației, se deplasează la stânga registrul combinat care conține restul parțial și deîmpărțitul, iar restul parțial este comparat cu multiplii împărțitorului. Se efectuează apoi scăderea multiplului selectat al împărțitorului din restul parțial. După efectuarea scăderii, factorul de multiplicare corespunzător multiplului selectat este memorat drept cifră a câtului. Dacă nu se consideră timpul necesar generării multiplilor împărțitorului, pentru fiecare cifră obținută este necesară o operație de scădere.

Deoarece păstrarea tuturor celor 9 multipli necesită un echipament costisitor, se utilizează circuite care generează numai anumiți multipli ai împărțitorului. În particular, se pot utiliza aceleași circuite combinaționale pentru generarea multiplilor de 2 și de 5. În acest caz, blocul de comandă trebuie să determine în fiecare etapă cifra corespunzătoare a câtului, iar apoi multiplul care trebuie scăzut din restul parțial. Succesiunea operațiilor necesare pentru determinarea cifrelor câtului este prezentată în Figura 3.3, unde s-a notat cu  $R$  restul parțial, iar cu  $Y$  împărțitorul.



**Figura 3.3.** Obținerea cifrelor câtului prin metoda celor nouă multipli ai împărțitorului, atunci când sunt disponibili multiplii de 2 și de 5 ai împărțitorului

Inițial, se scade multiplul de 5 al împărțitorului din restul parțial. Dacă rezultatul este negativ, cifra câtului este cuprinsă între 0 și 4. În acest caz, se adună multiplul de 2 al împărțitorului la restul parțial. Dacă rezultatul este negativ, cifra câtului este cuprinsă între 0 și 2, și se adună din nou multiplul de 2 al împărțitorului la restul parțial. Dacă rezultatul este tot negativ, cifra câtului este 0, în caz contrar această cifră fiind 1 sau 2. În ultimul caz, se scade împărțitorul din restul parțial; dacă rezultatul este negativ, cifra câtului este 1, iar dacă rezultatul este pozitiv sau zero, cifra câtului este 2. În mod similar se poate determina cifra câtului în cazul în care după scăderea multiplului de 5 al împărțitorului din restul parțial rezultatul este pozitiv sau zero.

O cifră a câtului se poate determina prin maximum 4 operații. Numărul de operații necesare pentru determinarea cifrelor câtului este indicat în Tabelul 3.5.

**Tabelul 3.5.** Numărul de operații necesare pentru determinarea cifrelor câtului atunci când sunt disponibili multiplii de 2 și de 5 ai împărțitorului.

Cifra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Număr de operații	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3

Media statistică a numărului de operații necesare pentru determinarea unei cifre a câtului este:

$$\frac{3 + 4 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3 + 4 + 4 + 3}{10} = \frac{34}{10} = 3,4$$

Deci, în medie sunt necesare 3,4 operații, comparativ cu 6,5 operații necesare în cazul metodei refacerii restului parțial și 5,5 operații în cazul metodei fără refacerea restului parțial.

### 3.3. Aplicații

**3.3.1.** Lansați în execuție programul INMZ\_9M.EXE și studiați schema dispozitivului de înmulțire prin metoda celor 9 multipli ai deînmulțitului. Urmăriți etapele de execuție ale unei operații de înmulțire.

**3.3.2.** Lansați în execuție programul INMZ\_SD și studiați schema dispozitivului de înmulțire prin metoda componentilor din dreapta și din stânga. Trasați pe hârtie execuția operației pentru un exemplu, indicând conținutul registrelor în fiecare pas. Urmăriți apoi execuția unei operații de înmulțire cu ajutorul programului de simulare a funcționării dispozitivului.

**3.3.3.** Lansați în execuție programul IMPZ\_FR pentru simularea operației de împărțire fără refacerea restului parțial. Urmăriți execuția pas cu pas a unei operații de împărțire.

**3.3.4.** Proiectați un circuit combinațional pentru dublarea unei cifre zecimale și un circuit combinațional pentru multiplicarea cu 5 a unei cifre zecimale.

**3.3.5.** Utilizând circuitele pentru dublarea și multiplicarea cu 5 a unei cifre zecimale, proiectați un circuit care generează orice multiplu al unei cifre zecimale.