



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00664

(22) Data de depozit: 10/09/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/03/2020 BOPI nr. 3/2020

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• KIREI BOTOND SANDOR,  
STR.MAGNOLIEI, NR.1, SC.A, BL.1, AP.7,  
BACIU, CJ, RO;

• TOPA MARINA DANA,  
STR.AVRAM IANCU, NR.2, CLUJ, CJ, RO;  
• GROZA ROBERT GHEORGHE,  
STR.FĂGĂRAȘULUI, NR.32, AP.4, SC.A,  
BL.F32, SATU-MARE, SM, RO;  
• FARCAȘ CĂLIN ADRIAN,  
STR.ALMAȘULUI, NR.5, BL.S, SC.5, AP.47,  
CLUJ, CJ, RO

(54) APARAT ȘI METODĂ PENTRU LINIARIZAREA  
CARACTERISTICII COD DE COMANDĂ-FRECVENȚĂ  
DE OSCILAȚIE AL OSCILATOARELOR CONTROLATE  
NUMERIC MULTIBANDĂ, ȘI PARTICULARIZAREA  
APARATULUI PENTRU O BUCLĂ CALATĂ PE FRECVENȚĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat și la o metodă pentru liniarizarea caracteristicii cod de comandă-frecvență de oscilație a oscilatoarelor controlate numeric. Aparatul conform invenției cuprinde: un convertor (23) de frecvență, numeric, un algoritm (27) de control și un bloc (29) pentru liniarizarea caracteristicii cod de comandă-frecvență a unui oscilator (20) controlat numeric, în care blocul (29) menționat poate avea mai multe moduri de funcționare, și anume: un mod de calibrare sau inițializare și un mod de operare normală, modul de funcționare putând fi selectat de un bloc (44) de calibrare sau de inițializare prin comandarea unui multiplexor (42). În modul de funcționare de calibrare, multiplexorul (42) activează o cale (43) a semnalului, pe acest semnal fiind aplicate toate valorile codurilor de comandă în ordine succesivă, în funcție de distanța minimă a bazei de numărare, lucru care poate fi realizat cu un acumulator (31) format dintr-un registru (36) și un circuit de adunare (35), și o constantă (34) ce reține distanța minimă a bazei de numărare, pentru fiecare cod de comandă aplicat fiind memorate, într-un tabel (38), valoarea semnalului furnizat de convertorul (23) de frecvență, și valoarea codului de comandă (41), tabelul (38) astfel obținut reflectând caracteristica cod de comandă-frecvență a oscilatorului (20), iar după trasarea caracteristicii, un nucleu de sortare (39) va aranja conținutul tabelului (38) în ordinea crescătoare a frecvențelor memorate, și va stoca rezultatul într-un al

doilea tabel (40). În modul de operare normală, blocul (44) de calibrare/inițializare comandă multiplexorul (42) să selecteze un semnal (45) provenit de la cel de-al doilea tabel (40).

Revendicări: 4  
Figuri: 5

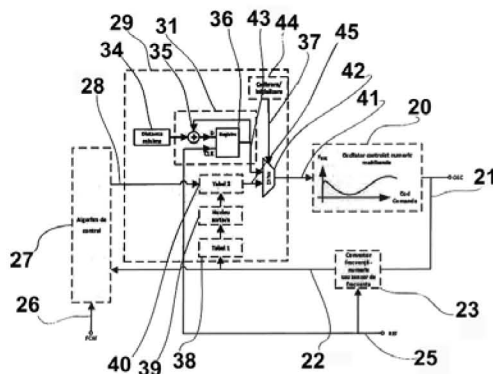
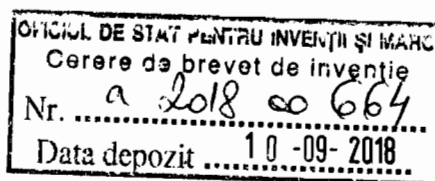


Fig. 2





## **Aparat și metodă pentru liniarizarea caracteristicii cod de comandă–frecvență de oscilație al oscilatoarelor controlate numeric multibandă și particularizarea aparatului pentru o buclă calată pe frecvență**

O provocare în proiectarea oscilatorului controlat numeric este liniaritatea caracteristicii de frecvență în raport cu valoarea numerică a cuvântului (codului) de comandă. În cazul ideal, această caracteristică este liniară (de exemplu un oscilator controlat numeric obținut prin conectarea unui convertor numeric-analogic la intrarea unui oscilator controlat în tensiune prezintă o caracteristică liniară. Un exemplu de proiectare se găsește în lucrarea „Digitally controlled oscillator for all-digital frequency locked loops” (Romanian Journal for Information Science and Technology (ROMJIST), No. 1, Vol. 21, pp. 3–17, 2018). Alte realizări de oscilatoare controlate numeric însă, au o caracteristică de frecvență atât nemonotonă cât și neliniară, ca de exemplu în brevetul US8493155.

Un oscilator controlat numeric poate fi folosit pentru generarea semnalelor de tact utilizate de sisteme digitale (de exemplu microcontrolere, microprocesoare, circuite integrate pentru aplicații specifice, arii programabile, arii logice programabile, dar nu restrânse la cele menționate) sau în sisteme de telecomunicații unde este necesară generarea unei oscilații locale (numit în continuare semnal oscilator local) pentru modularea/demodularea semnalelor sau datelor recepționate ori transmise. Adeseori, oscilatoarele controlate numeric (sau în tensiune) sunt folosite în bucle calate pe fază sau frecvența unui semnal de referință (semnalul de referință poate fi generat de un oscilator de cuarț, sau poate fi un alt semnal cu o frecvență precisă). Acestea sunt cunoscute ca și bucle calate pe fază (phase locked loops - PLL). Această tehnică de calare este necesară pentru transmisii coerente sau pentru a obține semnale de tact cu jitter scăzut.

Soluțiile prezentate în trecut sunt preponderent implementări cu componente analogice. Aceste bucle cuprind un oscilator controlat în tensiune (pentru generarea oscilațiilor locale), o buclă de reacție (care poate să cuprindă un divizor de frecvență, cu factor de divizare mai mare sau egal cu 1), un comparator de fază pentru compararea fazei semnalului oscilator local și a fazei semnalului de referință și un etaj de prelucrare a erorii de fază, în mod uzual cuprinzând un amplificator și un filtru. Aceste soluții sunt preponderent folosite pentru controlul frecvenței unui

semnal generat de oscilatoare controlate în tensiune care prezintă o caracteristică tensiune-frecvență de oscilație liniară și monotonă. Utilizarea oscilatoarelor controlate numeric ridică probleme noi în utilizarea buclelor calate pe fază. Oscilatoarele controlate numeric pot avea o caracteristică frecvență-cod de comandă monoton crescătoare (sau descrescătoare) sau nemonotonă (cunoscute ca și oscilatoare controlate numeric multibandă). În cazul oscilatoarelor cu caracteristică nemonotonă, metodele bazate pe calare de fază nu se pot aplica. Buclele calate pe fază funcționează cu condiția ca oscilatorul controlat numeric să fie proiectat astfel încât să prezinte o caracteristică frecvență-cod de comandă monoton crescătoare sau descrescătoare. Astfel de bucle sunt prezentate în brevetele US2016204786 (A1), JPWO2013076797 (A1), JPWO2012020501 (A1). Aceste bucle însă, folosesc oscilatoare controlate numeric cu caracteristică liniară.

Brevetul US2017012631 prezintă o soluție pentru controlul unui oscilator multibandă: o buclă calată pe fază care include un oscilator multibandă și o memorie care stochează controlul oscilatorului. Într-un pas de calibrare este programat conținutul memoriei în funcție de cuvântul de control al frecvenței. Soluția prezentată în brevetul mai sus menționat prezintă două dezavantaje. Primul constă în lipsa generalității deoarece se aplică doar în cazul buclei prezentate și revendicate iar al doilea constă în faptul că aparatul/metoda are ca intrare valoarea numerică a codului comandă.

Invenția prezintă o metodă de control și un aparat corespunzător pentru liniarizarea caracteristicii de cod de comandă-frecvență de oscilație al oricărui oscilator controlat numeric, astfel rezolvând problema nemonotoniei sau neliniarității caracteristicii de frecvență-cod de comandă. Metoda este destul de generală, astfel încât să controleze și oscilatoare comandate în tensiune sau comandate numeric cu caracteristica de frecvență-cod de comandă monoton crescătoare sau descrescătoare. Aparatul poate fi folosit independent de natura buclei de control, și independent de cuvântul de control al frecvenței dorite.

O buclă de control pentru oscilatoare controlate numeric este prezentată în Figura 1 și funcționarea acesteia este descrisă în lucrările științifice „An All-Digital Frequency Locked Loop and Its Linearized s-domain Model” (59th International Symposium ELMAR-2017, 18-20 September 2017, Zadar, Croatia) și ”Discrete Domain Modeling of an All-Digital Frequency Locked Loop” (40th International Semiconductor Conference CAS-2017, 11-14 October 2017, ISBN: 978-1-5090-3985-2, pg. 247-250, Sinaia, Romania). Aceasta cuprinde un oscilator

controlat numeric (1), un senzor de frecvență care poate fi un convertor frecvență-numeric (2) și un algoritm de control (3). Convertorul frecvență-numeric poate conține un contor (8) care contorizează numărul perioadelor semnalului local oscilant (5) în timpul unei perioade a semnalului de referință (6). La sfârșitul unei perioade a semnalului de referință (6) valoarea curentă a contorului este salvat într-un registru (8). Ieșirea convertorului frecvență-numeric este un semnal (10) având o valoare proporțională cu frecvența semnalului local oscilator (5) și invers proporțională cu valoarea frecvenței de referință (6). Algoritmul de control de obicei are ca intrare: un semnal cu valoarea proporțională cu frecvența de oscilație locală (10) și un semnal proporțional cu valoarea frecvenței dorite (7). Ieșirea algoritmului de control este un semnal cu valoarea codului de comandă (4) al oscilatorului controlat numeric (1). Un algoritm uzual calculează semnalul de control prin integrarea erorii dintre frecvența oscilației locale și frecvența dorită. Acest algoritm se poate realiza cu un operator de diferențiere (11), care calculează diferența dintre valoarea semnalului (10) furnizată de convertorul frecvență-numeric și semnalul cu valoarea frecvenței dorite (7). Valoarea semnalului de eroare (12) obținut de operatorul de diferențiere (11) este stocat într-un acumulator format dintr-un registru (14) și un operator de adunare (15). Valoarea acumulată este egală cu valoarea codului de comandă (4). Problema buclei este că poate opera doar cu un oscilator controlat numeric care are caracteristica de cod de comandă-frecvență de oscilație monoton crescătoare sau descrescătoare.

O aplicație generală a aparatului și a metodei este prezentată în Figura 2. Bucla poate fi alcătuită dintr-un oscilator controlat numeric (20) cu caracteristică cod de comandă-frecvență monoton crescătoare, sau monoton descrescătoare sau nemonotonă sau neliniară sau multibandă, un convertor frecvență-numeric sau senzor de frecvență (23) un algoritm de control (27) și blocul pentru liniarizarea caracteristicii de cod de comandă-frecvență al oscilatoarelor controlate numeric (29). Blocul (29) poate avea câteva moduri de funcționare, și anume un mod de calibrare sau inițializare și un mod de operare normală. Modul de funcționare poate fi selectat de un bloc de calibrare sau de inițializare (44) prin comandarea unui multiplexor (42). Multiplexorul poate fi implementat cu orice dispozitiv de comutare. În modul de funcționare de calibrare, multiplexorul activează calea semnalului (43). Pe acest semnal sunt aplicate toate valorile codurilor de comandă în ordine succesivă cu distanța minimă a bazei de numărare. Acest lucru poate fi realizat cu un acumulator (31) format dintr-un registru (36) un circuit de adunare (35) și o constantă (34) care reține distanța minimă a bazei de numărare. În faza de calibrare/inițializare,

pentru fiecare cod de comandă aplicat pe oscilatorul local activat este memorată valoarea semnalului furnizat de convertorul frecvență-numeric sau senzor de frecvență (23) și valoarea codului de comandă (41) într-un tabel (38). Acest tabel (38) reflectă caracteristica de cod de comandă-frecvență a oscilatorului controlat numeric. După trasarea caracteristicii, un nucleu de sortare (29) va aranja conținutul tabelului în ordinea crescătoare a frecvențelor memorate. Rezultatul sortării este salvat într-un tabel (40). Tabelul 1 (38) și Tabelul 2 (40) pot fi realizate utilizând memorii volatile sau nevolatile sau cu alte circuite și operatori. Nucleul de sortare (39) poate fi realizat atât prin mijloace software cât și prin mijloace hardware și funcționarea lui poate fi supravegheată de blocul de calibrare (44). În modul de operare, blocul de calibrare/inițializare (44) comandă multiplexorul (42) pentru selectarea semnalului (45) provenit de la Tabelul 2 (40). Algoritmul de control (27) furnizează valoarea de control a frecvenței prin semnalul (28) care este calculată pe baza valorii frecvenței dorite, FCW, (26) și a valorii frecvenței semnalului local oscilant (22). Valoarea frecvenței semnalului local oscilant (22), la rândul său este obținută prin măsurarea frecvenței semnalului local oscilant, OSC, (21) în raport cu frecvența de referință, REF, (25) prin intermediul convertorului frecvență-numeric sau senzorul de frecvență (23). Valoarea de control a frecvenței este prezentată pe intrarea Tabelului 2 (40) de unde se extrage valoarea codului corespunzător frecvenței de control și se prezintă pe semnalul (45) legat la intrarea multiplexorului (42).

Aparatul pentru liniarizarea caracteristicii cod de comandă-frecvență prezentat în Figura 2 nu ține cont de natura algoritmului de control sau de natura convertorului de frecvență. Aparatul prezentat în Figura 3 reutilizează câteva componente din algoritmul de control, dacă acesta este cunoscut. Bucla poate fi alcătuită dintr-un oscilator controlat numeric (75) cu caracteristică cod de comandă-frecvență monoton crescătoare, sau monoton descrescătoare sau nemonotonă sau neliniară sau multibandă, un convertor frecvență-numeric sau senzor de frecvență (55) un algoritm de control (65), un element de comparare al frecvenței oscilației locale (59) și a frecvenței dorite, FCW, (61), precum operatorul de diferențiere (62), un prim multiplexor (64) pentru selectarea erorii de frecvență (63) sau a distanței minime a bazei de numărare (70), componentele aparatului de liniarizare, precum blocul de calibrare/inițializare (69), tabelul pentru reținerea caracteristicii cod de comandă-frecvență (60), nucleu de sortare (51), tabelul de căutare frecvență-cod de comandă (72) și al doilea multiplexor (73). Multiplexoarele pot fi implementate cu orice aparat de comutare. Aparatul de liniarizare poate avea câteva moduri de

funcționare, precum un mod de calibrare sau inițializare și un mod de operare normală. Modul de funcționare poate fi selectat de un bloc de calibrare sau de inițializare (69) prin comanda unui multiplexor (73) pentru a selecta semnalul de la ieșirea algoritmului de control (68) precum și al unui alt multiplexor (64) pentru selectarea semnalului (70) de la ieșirea blocului (71) care conține distanța minimă a bazei de numărare. Modul de operare poate fi selectat prin comanda a două multiplexoare: a multiplexorului (73) pentru selectarea semnalului de la ieșirea tabelului (72) care conține corespondența între frecvența de oscilație și codul comandă și a multiplexorului (64) pentru selectarea semnalului (63) de la ieșirea blocului (62) care reprezintă eroarea între frecvența oscilației locale (59) și frecvența dorită, FCW, (61). Acumulatorul format dintr-un registru (67) și circuitul de adunare (66) din interiorul algoritmului de control este reutilizat atât în faza de calibrare cât și în faza de operare normală. În faza de calibrare/inițializare, acumulatorul este folosit pentru a genera codurile de comandă aplicate pe oscilatorul local activat în mod succesiv în ordine crescătoare. Un convertor frecvență-numeric (55), care poate fi format dintr-un contor (52) și un registru (56). Convertorul numără perioadele semnalului provenit de la oscilatorul local, OSC, (50) în timpul unei perioade a semnalului de referință, REF, (53). Valorile furnizate de convertorul frecvență numeric (59) și valorile codului de comandă corespunzător (74) sunt memorate într-un tabel (60). Acest tabel reflectă caracteristica de cod de comandă-frecvență a oscilatorului controlat numeric. După trasarea caracteristicii, un nucleu de sortare (51) va aranja conținutul tabelului în ordinea crescătoare a frecvențelor măsurate. Rezultatul sortării este salvat într-un tabel (72). Tabelul 1 (60) și Tabelul 2 (72) pot fi realizate utilizând memorii volatile sau nevolatile sau alte circuite și operatori. Nucleul de sortare (51) poate fi realizat atât prin mijloace software cât și prin mijloace hardware și operarea lui poate fi supravegheată de blocul de calibrare (69). În modul de operare normală, blocul de calibrare/inițializare (69) comandă atât multiplexorul (73) pentru selectarea semnalului (58) provenit de la Tabelul 2 (72) cât și multiplexorul (64) pentru a selecta semnalul (63) provenit de la circuitul de diferențiere (62). Algoritmul de control furnizează valoarea de control al frecvenței, prin semnalul (68) calculat pe baza valorii frecvenței dorite, FCW, (61) și a frecvenței semnalului local oscilant (59) obținut la ieșirea convertorului frecvență-numeric sau senzor de frecvență (55), prin măsurarea frecvenței semnalului local oscilant, OSC; (50) în raport cu frecvența de referință, REF, (53). Valoarea de control al frecvenței (68) este prezentată pe intrarea Tabelului 2 (72) de unde se extrage valoarea

codului corespunzător frecvenței de control și se prezintă pe semnalul (58) legat la o intrare a multiplexorului (73).

Diagrama fazelor de operare ale aparatului în modul de utilizare generală este prezentată în Figura 4. Imediat după punctul de pornire al algoritmului (81) se verifică dacă metoda de control a fost sau nu calibrată (82) pe oscilatorul controlat numeric, ce urmează a fi controlat. Calibrarea presupune o cunoaștere a caracteristicii de frecvență-cod de comandă a oscilatorului. În cazul în care acesta nu este calibrat se va executa un algoritm pentru trasarea caracteristicii de frecvență-cod de comandă. Acest pas poate fi executat doar o singură dată, înainte de a pune în funcțiune oscilatorul. Caracteristica poate fi salvată într-o memorie nevolatilă, poate fi reexecutată într-o fază de recalibrare, unde frecvența semnalului de referință, REF, (25) este schimbată, sau la pornirea circuitului și stocată într-o memorie volatilă. Trasarea caracteristicii este recomandată în cazul în care oscilatorul controlat numeric nu are o caracteristică de frecvență-cod de comandă liniară (sau este liniară pe porțiuni). Trasarea caracteristicii se face în felul următor:

1. Se comanda un multiplexor (42) pentru selectarea semnalului (43) de la acumulatorul (31) (83)
2. Acumulatorul (31) se inițiază la valoarea minimă de comandă a oscilatorului controlat numeric (20) (84)
3. Se prezintă valoarea de control curentă (41) pe intrarea oscilatorului controlat numeric (20) (85)
4. Se pornește oscilatorul (20) și convertorul frecvență-numeric sau senzorul de frecvență (23) (86)
5. Valoarea frecvenței (22) returnată de convertorul de frecvență-numeric sau senzorul de frecvență (23) este memorată într-un tabel (38) împreună cu valoarea semnalului cod de comandă (41) (87)
6. Se incrementează valoarea de control curentă, cu cuantumul cel mai mic din baza numerică (88)
7. Sunt repetați pașii (85), (86), (87), (88) cât timp valoarea de control curentă (41) este mai mică sau egală cu valoarea de control maxim admisă de oscilatorul controlat numeric (89).

- Sortarea tabelului 1 (38) în ordinea crescătoare sau descrescătoare a valorilor de frecvență memorate cu ajutorul nucleului de sortare (39), și salvarea rezultatului în (40) tabelul 2 (90).

După pasul de calibrare, în urma căruia se trasează caracteristica frecvență-cod de comandă (sau o caracteristică echivalentă) aparatul poate fi comutat în modul de operare normală:

- Se comanda un comutator (42) pentru selectarea semnalului (45) de la ieșirea (40) tabelului 2 (91).
- Valoarea de comandă (28) furnizată de algoritmul de control (27) este căutată în tabelul 2 (40) și se extrage valoarea codului de comandă corespunzătoare, reprezentată pe ieșirea tabelului de semnalul (45) (92)
- Se citește valoarea frecvenței curente (22) (93)
- Frecvența curentă este prezentată algoritmului de control (27) pentru a calcula o valoare nouă de comandă (28) (94)
- Sunt repetați pașii (91), (92), (93), (94) într-o buclă infinită cât timp aparatul este în modul de operare normală.

Diagrama fazelor de operare a aparatului particularizat pentru reutilizarea unor componente din buclă, este prezentată în Figura 5. Se disting două moduri de funcționare: un mod de calibrare/inițializare și un mod de operare normală.

Modul de calibrare cuprinde următorii pași:

- Imediat după punctul de pornire al algoritmului (101) se verifică dacă metoda de control a fost sau nu calibrată (102) pe oscilatorul controlat numeric (75)
- Pentru calibrare, se comandă un comutator "mux1" (73) pentru selectarea semnalului (68) de la algoritmul de control (65); se comandă un comutator "mux2" (64) pentru selectarea semnalul (70) având valoarea distanței minime (71) (103)
- Registrul (31) se inițiază la valoarea minimă de comandă a oscilatorul controlat numeric (75) (104)
- Se prezintă semnalul cod de comandă (74) pe intrarea oscilatorului controlat numeric (75) (105)
- Se pornesc oscilatorul (75) și convertorul frecvență-numeric (55) (106)



6. Numărul perioadelor (59) oscilației locale, OSC, (50) în timpul unui ciclu complet al semnalului de referință , REF, (53) returnat de convertorul de frecvență-numeric (55) este memorat în Tabel 1 (60) împreună cu valoarea semnalului cod de comandă (74). (107)
7. Incrementarea registrului (67) cu distanța minimă a bazei de numărare (71) (108).
8. Sunt repetați pașii (105), (106), (107), (108) cât timp valoarea de control curentă (74) este mai mică sau egală cu valoarea de control maxim admisă de oscilatorul controlat numeric (109)
9. Sortarea Tabelului I (60) în ordine crescătoare sau descrescătoare a numărului perioadelor (58) memorate cu ajutorul nucleului de sortare (51), și salvarea rezultatului în Tabel 2 (72) (110)

După pasul de calibrare, în urma căruia se trasează caracteristica frecvență-cod de comandă (sau o caracteristică echivalentă) aparatul poate fi pus în modul de operare normală:

10. Se comandă un comutator "mux1" (73) pentru selectarea semnalului (58) de la ieșirea Tabelului 2 (72); se comandă un comutator "mux2" (64) pentru a selecta semnalul (63) care este diferența dintre semnalele , FCW, (61) și (59) (111)
11. Valoarea de comandă (68) furnizată de algoritmul de control (65) este căutată în Tabelul 2 (72) și se extrage valoarea codului comandă corespunzătoare ce este prezentată pe ieșirea tabelului conectat la semnalul (58) (112)
12. Sunt numărate perioadele semnalului local oscilant, OSC, (50) în timpul unei perioade a semnalului de referință , REF, (53) (113)
13. Algoritmul de control (65) prelucrează semnalul de eroare (63) (114)
14. Se repetă punctele (113) și (114) în modul de operare normală.

Exemplul descris mai sus reprezintă doar o formă particulară de aplicare a invenției, care nu se limitează la această particularizare, aplicarea mai largă a soluțiilor tehnice dezvăluite fiind evidentă pentru o persoană cu pregătire în domeniu.

### Revendicări

1. Se revendică un aparat pentru liniarizarea caracteristicii de control a oscilatoarelor controlate numeric multibandă, care:
  - a. poate avea următoarele moduri de funcționare: mod de calibrare sau inițializare și mod de operare normală.
  - b. selectează modul de operare prin comandarea unui multiplexor (42) prin intermediul unui bloc de calibrare sau de inițializare (44)
  - c. În modul de funcționare de calibrare, sunt aplicate toate valorile codurilor de comandă în ordine succesivă cu distanța minimă a bazei de numărare pe intrarea oscilatorului și pentru fiecare cod de comandă aplicat pe oscilatorul activat sunt memorate valoarea semnalului furnizat de convertorul frecvență numeric sau senzorul de frecvență (23) și valoarea codului de comandă (41) într-un tabel (38).
  - d. Tabelul (23) reflectă caracteristica de cod de comandă-frecvență a oscilatorului controlat numeric.
  - e. Are un nucleu de sortare (29) care aranjează conținutul tabelului în ordinea crescătoare a frecvențelor memorate și care salvează rezultatul sortării într-un tabel (40).
2. Se revendică o buclă calată pe frecvență cu liniarizarea caracteristicii de control a oricărui oscilator controlat numeric, care:
  - a. conține un oscilator controlat numeric (75) cu caracteristică cod de comandă-frecvență monoton crescătoare, sau monoton descrescătoare sau nemonotonă sau neliniară sau multibandă, un convertor frecvență-numeric sau senzor de frecvență (55) un algoritm de control (65), un element de comparare a frecvenței oscilației locale (59) și a frecvenței dorite, FCW, (61), un operator de diferențiere (62), un multiplexor (64) pentru selectarea erorii de frecvență (63) sau a distanței minime a bazei de numărare (70), blocul de calibrare/inițializare (69), tabelul pentru reținerea caracteristicii cod de comandă-frecvență (60), nucleul de sortare (51), tabelul de căutare frecvență-cod de comandă (72) și un al doilea multiplexor (73).
  - b. poate avea câteva moduri de funcționare, precum un mod de calibrare sau inițializare și un mod de operare normală.

- c. Modul de calibrare poate fi selectat de un bloc de calibrare sau de inițializare (69) prin comandarea unui multiplexor (73) pentru a selecta semnalul de la ieșirea algoritmului de control (68) și un alt multiplexor (64) pentru selectarea semnalului (70) de la ieșirea blocului (71) care conține distanța minimă a bazei de numărare.
- d. Modul de operare normală poate fi selectat prin comanda unui multiplexor (73) pentru a selecta semnalul de la ieșirea tabelului (72) care conține corespondența între frecvența de oscilație și cod de comandă și un alt multiplexor (64) pentru selectarea semnalului (63) de la ieșirea blocului (62) care reprezintă eroarea între frecvența oscilației locale (59) și frecvența dorită , FCW, (61).
- e. Conține un acumulator format dintr-un registru (67) și circuitul de adunare (66) care este utilizat atât în modul de calibrare cât și în modul de operare normală. În faza de calibrare/inițializare, acumulatorul este folosit pentru a genera codurile de comandă aplicate pe oscilatorul local activat în mod succesiv în ordine crescătoare.
- f. Conține un convertor frecvență-numeric (55), care poate fi format dintr-un contor (52) și un registru (56), care numără perioadele semnalului provenit de la oscilatorul local, OSC, (50) în timpul unei perioade a semnalului de referință . REF, (53).
- g. Valorile furnizate de convertorul frecvență numeric (59) și valorile corespunzătoare ale codului de comandă (74) sunt memorate într-un tabel (60). Acest tabel reflectă caracteristica de cod de comandă-frecvență a oscilatorului controlat numeric.
- h. Conține un nucleu de sortare (51) care aranjează conținutul tabelului (60) în ordinea crescătoare a frecvențelor măsurate. Rezultatul sortării este salvat într-un tabel (72).
- i. În modul de operare normală, blocul de calibrare/inițializare (69) comandă multiplexorul (73) pentru selectarea semnalului (58) provenit de la Tabelul 2 (72) și multiplexorul (64) pentru selectarea semnalului (63) provenit de la circuitul de diferențiere (62).

- j. Conține un algoritm de control care furnizează valoarea de control al frecvenței, prin semnalul (68) calculat pe baza valorii frecvenței dorite , FCW, (61) și valoarea frecvenței semnalului local oscilant (59). Valoarea frecvenței semnalului local oscilant este obținută prin măsurarea frecvenței semnalului local oscilant, OSC, (50) în raport cu frecvența de referință , REF, (53) de către convertorul frecvență-numeric sau senzorul de frecvență (55).
  - k. Valoarea de control a frecvenței (68) este prezentată pe intrarea Tabelului 2 (72) de unde se extrage valoarea codului de control corespunzătoare frecvenței de control și se prezintă pe semnalul (58) legat la o intrare a multiplexorului (73).
3. Se revendică o metodă de utilizare a aparatului pentru liniarizarea caracteristicii de control a oscilatoarelor controlate numeric multibandă, care are următoarele faze:
- a. Se comandă un multiplexor (42) pentru selectarea semnalului (43) de la acumulatorul (31) (83)
  - b. Acumulatorul (31) se inițiază la valoarea minimă de comandă a oscilatorului controlat numeric (84)
  - c. Se prezintă valoarea de control curentă (41) pe intrarea oscilatorului controlat numeric (85)
  - d. Se pornește oscilatorul și convertorul frecvență-numeric sau senzorul de frecvență (86)
  - e. Valoarea frecvenței (22) returnată de senzor sau convertorul de frecvență-numeric (23) este memorată într-un tabel (38) împreună cu valoarea semnalului cod de comandă (41) (87)
  - f. Se incrementează valoarea de control curentă cu cuantumul cel mai mic din baza numerică (88)
  - g. Sunt repetați pașii (85), (86), (87), (88) cât timp valoarea de control curentă (41) este mai mică sau egală cu valoarea de control maxim admisă de oscilatorul controlat numeric (89).
  - h. Sortarea Tabelului 1 (38) în ordine crescătoare sau descrescătoare a valorilor de frecvență memorate, cu ajutorul nucleului de sortare (39) și salvarea rezultatului în (40) Tabelul 2 (90).

- i. Se comandă un comutator (42) pentru selectarea semnalului (45) de la ieșirea (40) a Tabelului 2 (91)
  - j. Valoarea de comandă (28) furnizată de algoritmul de control (27) este căutată în Tabelul 2 (40) din care se extrage valoarea codului de comandă corespunzătoare ce este prezentată pe ieșirea tabelului conectat la semnalul (45) (92)
  - k. Se citește valoarea frecvenței curente (22) (93)
  - l. Frecvența curentă este prezentată algoritmului de control (27) pentru calcularea noii valori de comandă (28) (94)
  - m. Sunt repetați pașii (91), (92), (93), (94) într-o buclă infinită cât timp aparatul este în modul de operare normală
4. Se revendică o metodă de utilizare a buclei calate pe frecvență cu liniarizarea caracteristicii de control al unui oscilator controlat numeric multibandă, care are următoarele faze de operare:
- a. Imediat după punctul de pornire a algoritmului (101) se verifică dacă metoda de control a fost sau nu calibrată (102) pe oscilatorul controlat numeric (75)
  - b. Se comandă un comutator "mux1" (73) pentru selectarea semnalului (68) de la algoritmul de control (65); se comandă un comutator "mux2" (64) pentru a selecta semnalul (70) având valoarea distanței minime (71) (103)
  - c. Registrul (31) se inițiază la valoarea minimă de comandă a oscilatorului controlat numeric (75) (104)
  - d. Se prezintă cod de comandă (74) pe intrarea oscilatorului controlat numeric (75) (105)
  - e. Se pornesc oscilatorul (75) și convertorul frecvență-numeric (55) (106)
  - f. Numărul perioadelor (59) oscilației locale, OSC, (50) în timpul unui ciclu complet a semnalului de referință, REF, (53) returnat de convertorul de frecvență-numeric (55) este memorat în Tabel 1 (60) împreună cu valoarea semnalului cod de comandă (74). (107)
  - g. Incrementarea registrului (67) cu distanța minimă a bazei de numărare (71) (108).

- h. Sunt repetați pașii (105), (106), (107), (108) cât timp valoarea de control curentă (74) este mai mică sau egală cu valoarea de control maxim admisă de oscilatorul controlat numeric (109)
- i. Sortarea Tabelului 1 (60) în ordine crescătoare sau descrescătoare a numărului perioadelor (58) memorate cu ajutorul nucleului de sortare (51), și salvarea rezultatului în Tabelul 2 (72) (110)
- j. Se comandă un comutator (73) pentru selectarea semnalului (58) de la ieșirea Tabelului 2 (72); se comandă un comutator (64) pentru a selecta semnalul (63) care este diferența dintre semnalele , FCW, (61) și (59) (111)
- k. Valoarea de comandă (68) furnizată de algoritmul de control (65) este căutată în Tabelul 2 (72) și se extrage valoarea codului de comandă corespunzătoare ce este prezentată pe ieșirea tabelului conectat la semnalul (58) (112)
- l. Sunt numărate perioadele semnalului local oscilant (50) în timpul unei perioade a semnalului de referință , REF, (53) (113)
- m. Algoritmul de control (65) prelucrează semnalul de eroare (63) (114)
- n. Se repetă punctele (113) și (114) în modul de operare normală.

## Desene explicative

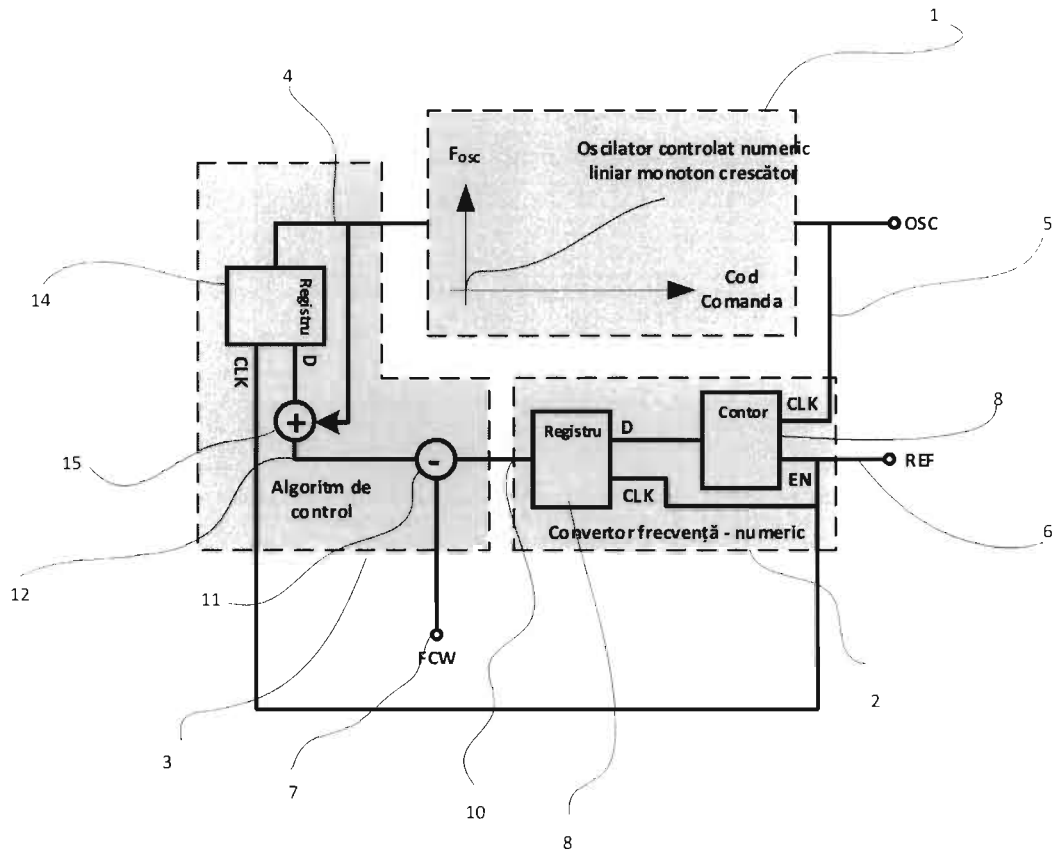


Figura 1. Buclă de control al unui oscilator controlat numeric, soluție prezentată în trecut

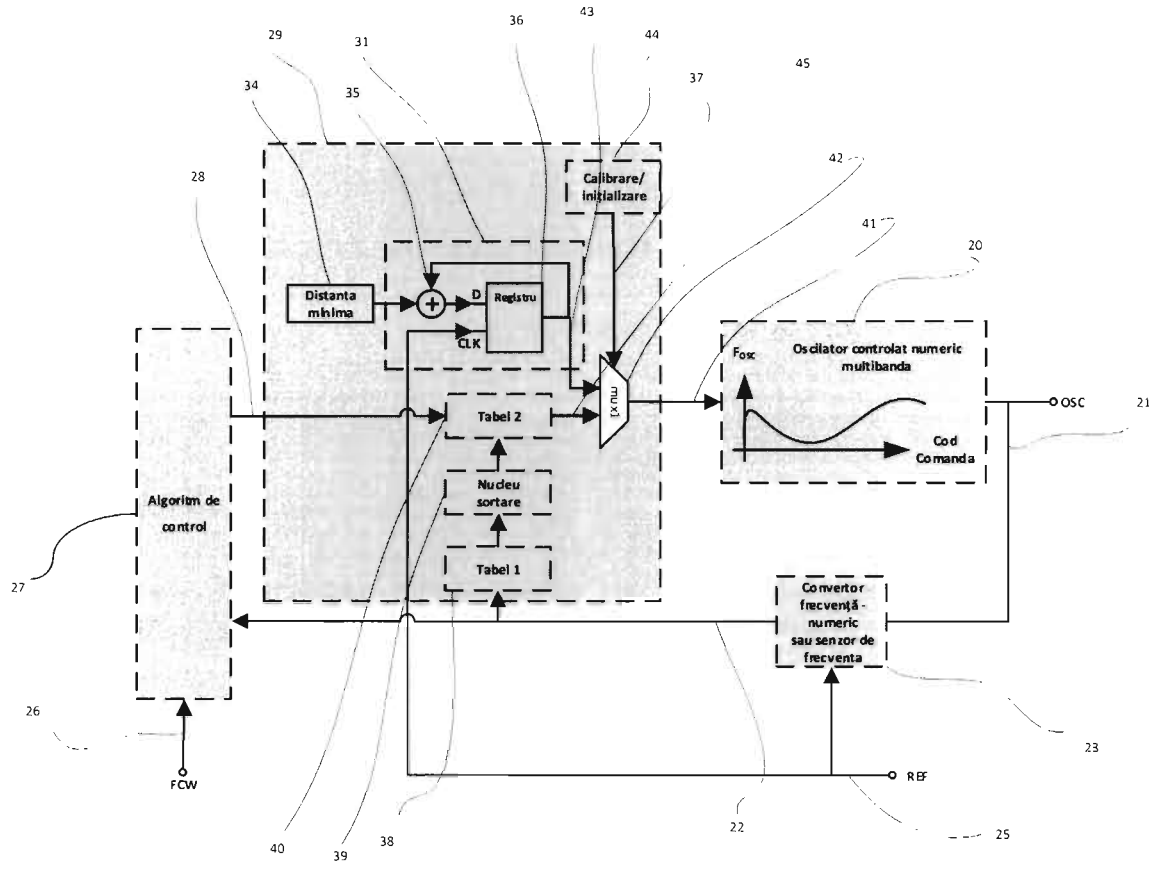
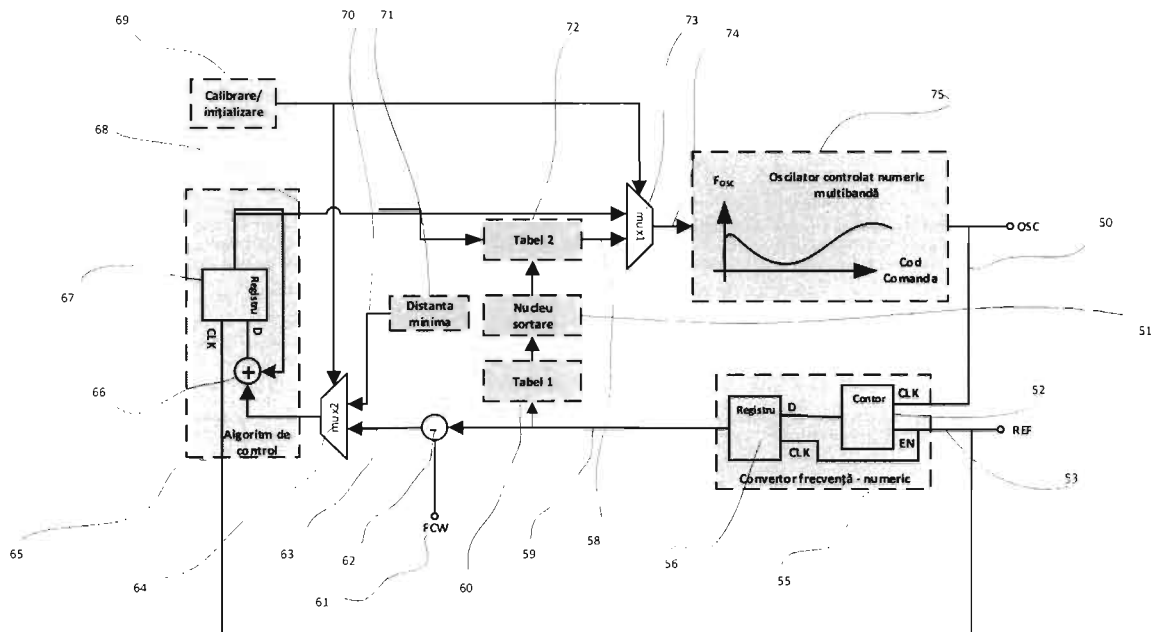


Figura 2. Utilizarea aparatului de liniarizare a caracteristicii cod de comandă- frecvență a unui oscilator controlat numeric într-o buclă de control





**Figura 3. Utilizarea aparatului de liniarizare a caracteristicii cod de comandă-frecvență a unui oscilator controlat numeric într-o buclă de control și reutilizarea unor componente din algoritmul de control**

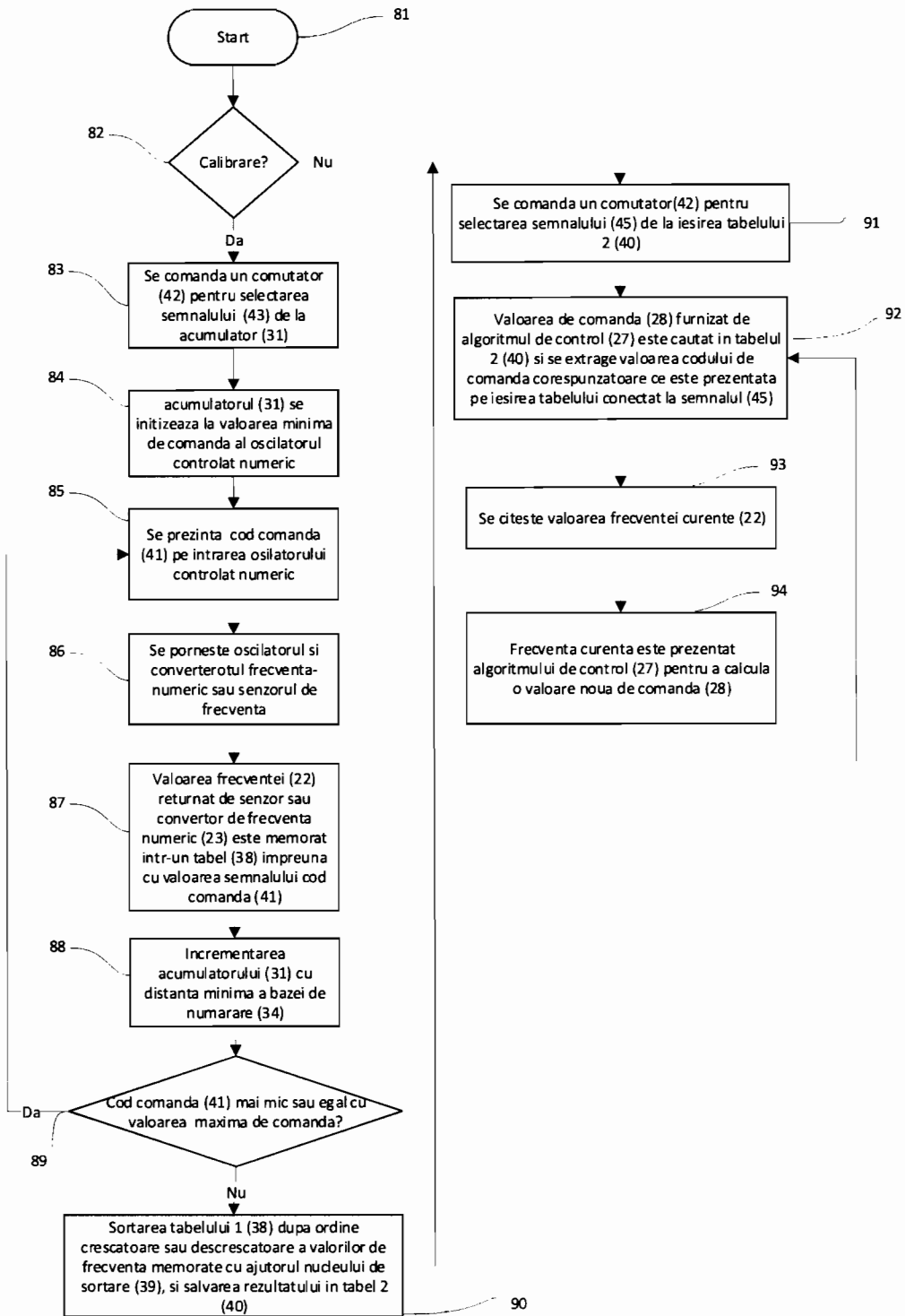
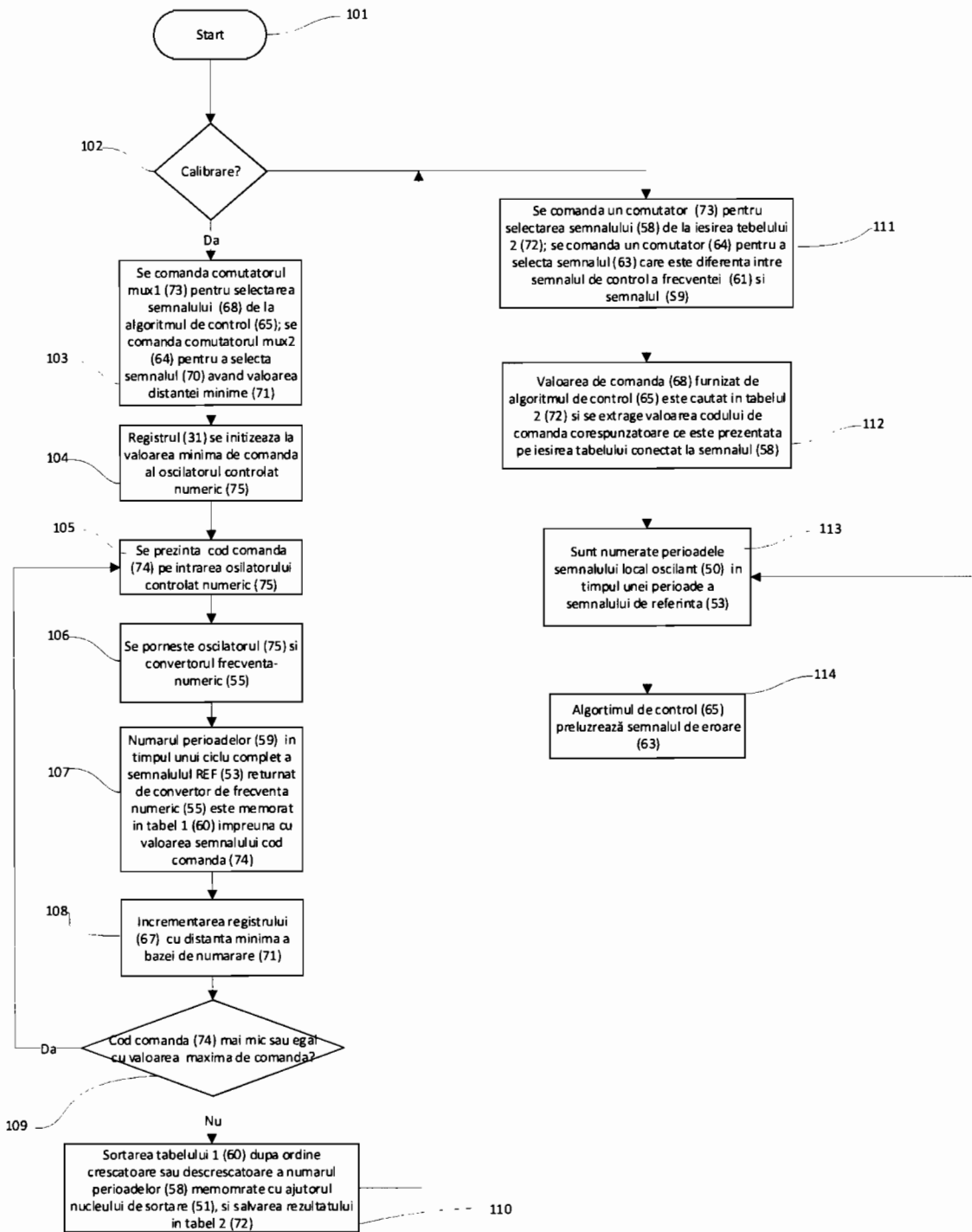


Figura 4. Diagrama fazelor de operare a aparatului de liniarizare prezentat în Figura 2



**Figura 5. Diagrama fazelor de operare a aparatului particularizat pentru a reutiliza componente din algoritmul de control prezentat în Figura 3**