



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2009 00807

(22) Data de depozit: 08.10.2009

(41) Data publicării cererii:
30.08.2011 BOPI nr. 8/2011

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI, STR. ATOMIȘTILOR NR.409,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• SIMION SÂNDEL, SAT TRAIAN NR.247,
COMUNA TRAIAN, BR, RO;
• BLĂNARU CONSTANTIN,
STR. FIZICIENILOR NR. 12, BL. M5, AP. 3,
COD 077125, MĂGURELE, IF, RO

(54)

METODĂ ȘI DISPOZITIV PENTRU CREȘTEREA REZOLUȚIEI ÎNTR-UN INTERFEROMETRU CU NUMĂRARE DE CODURI ASOCIATE FRANJELOR DE INTERFERENȚĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv pentru creșterea rezoluției măsurării deplasării într-un interferometru bazat pe codarea franjelor de interferență în cuadratură de fază, obținute la ieșirea optică a interferometrului, în vederea realizării numărării de franje. Metoda conform invenției constă din folosirea unui număr de cinci semnale (\sin , \cos , $-\sin$, $-\cos$ și σ) analogice generate, pornind de la două semnale (\sin și \cos) electrice corespunzătoare unor franje de interferență în cuadratură de fază, iar printr-o prelucrare electronică corespunzătoare, cele cinci semnale generează opt funcții logice (F_i) binare, ale căror rezultate definesc structura unor coduri de numărare asociate. În timpul unei perioade $T = \lambda/2$ se înregistrează 16 astfel de coduri, cu o structură distinctă pentru fiecare $T/16 = \lambda/32$ și o succesiune diferită pentru sensul de deplasare "înainte", respectiv, "înapoi", citirea consecutivă bidirecțională a acestor 16 coduri permite discriminarea sensului de deplasare și generarea corespunzătoare a comenzii de incrementare/decrementare pentru un numărător reversibil, al cărui conținut reprezintă lungimea de deplasare (în multipli de $\lambda/32$). Dispozitivul conform invenției este alcătuit din doi fotodetectori (FD1 și FD2) pentru detectarea franjelor optice, două convertoare curent-tensiune (A1 și A2), la ieșirile cărora se obțin cele două semnale (\sin și \cos) electrice, două amplificatoare inversoare (A3 și A4), care produc la ieșire alte două semnale ($-\sin$ și $-\cos$), un sumator inversor ponderat (Σ) care dă la ieșire cel de-al cincilea semnal (σ), și un lanț de opt comparatoare analogice (C1...C8), care generează la ieșire stările logice corespunzătoare funcțiilor logice (F_i).

Revendicări: 2
Figuri: 3

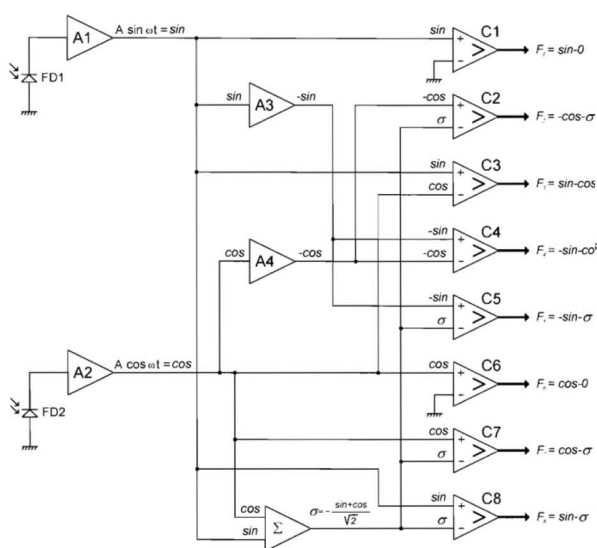


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Metodă și dispozitiv pentru creșterea rezoluției într-un interferometru cu numărare de coduri asociate franjelor de interferență

Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv pentru creșterea rezoluției măsurării deplasării într-un interferometru bazat pe codarea franjelor de interferență în cuadratură de fază, obținute la ieșirea optică a interferometrului, în vederea realizării numărării de franje.

În scopul numărării franjelor optice în cuadratură de fază obținute într-un interferometru pentru măsurarea lungimii deplasării, sunt cunoscute o metodă și un circuit de realizare [1] bazate pe generarea și numărarea codurilor asociate franjelor de interferență și care permit atingerea unei rezoluții de fază de $\lambda/16$ (λ = lungimea de undă a sursei de lumină din interferometru), spre deosebire de $\lambda/8$ - valoarea atinsă prin metodele anterioare de numărare a franjelor de interferență.

Dezavantajul metodei cunoscute rezidă în faptul că rezoluția măsurării lungimii deplasării e limitată la $\lambda/16$ și nu mai poate fi coborâtă prin tehnica prezentată.

Invenția înlătură dezavantajul de mai sus prin aceea că, în scopul obținerii unei rezoluții superioare de $\lambda/32$ în măsurarea lungimii, păstrând caracteristicile măsurării de înaltă precizie în timp real ale metodei cunoscute, folosește un număr de 5 semnale generate pornind de la cele 2 semnale electrice corespunzătoare franjelor de interferență în cuadratură de fază.

Semnalele electrice analogice obținute prin foto-detectia franjelor de interferență sunt $A \sin(\omega t)$ și $A \cos(\omega t)$ și, pentru simplitate, în continuare le notăm ca *sin*, respectiv *cos*. Prin prelucrare electronică analogică corespunzătoare, din ele se generează alte trei semnale: $-\sin$, $-\cos$ și un semnal σ , a cărui expresie este dată de una din relațiile:

$$\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(\sin - \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(-\sin + \cos)}{\sqrt{2}}.$$

Pentru descrierea și înțelegerea metodei conform invenției facem referire la figura 1, care ilustrează principiul metodei pentru deplasarea „înainte” și

$$\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}};$$

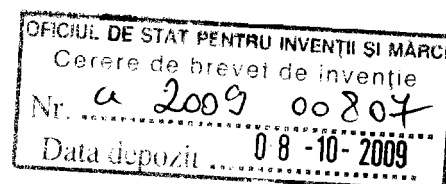


figura 1a: evoluția temporală a celor 5 semnale analogice pe o perioadă ($T = 2\pi = \lambda/2$) pentru sensul de deplasare "înainte";
 figura 1b: codurile de câte 8 biți rezultante pentru fiecare $T/16 = \lambda/32$;
 Pentru generarea codurilor definim funcția logică de tipul $F_i = a - b$, care ia valorile binare:

$$F_i = 0 \text{ dacă } a < b \text{ și } F_i = 1 \text{ dacă } a > b.$$

Pentru cele 5 semnale analogice definim funcțiile F_i după cum urmează:

$$\begin{array}{ll} F_1 = \sin - 0; & F_5 = -\sin - \sigma; \\ F_2 = -\cos - \sigma; & F_6 = \cos - 0; \\ F_3 = \sin - \cos; & F_7 = \cos - \sigma; \\ F_4 = -\sin - \cos; & F_8 = \sin - \sigma. \end{array}$$

Astfel, din cele 5 semnale analogice $[\sin, \cos, -\sin, -\cos, \sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}]$,

pe durata unei perioade $T = \lambda/2$ se generează 16 coduri a câte 8 biți fiecare.

Urmărind structura codurilor din figura 1b, se observă că la fiecare variație de $\lambda/32$ se schimbă câte 1 bit în structură, că fiecărei sub-perioade de $\lambda/32$ îi corespunde un cod unic de 8 biți și că, după o perioadă T , codurile se repetă ciclic.

Similar metodei descrise în legătură cu figura 1 pentru sensul de deplasare „înainte”, se pot reprezenta semnalele corespunzătoare pentru sensul de deplasare „înapoi” dacă se ține cont că, la schimbarea sensului de deplasare, defazajul relativ dintre semnalele \cos și \sin devine $-\pi/2$ (în loc de $\pi/2$ cum s-a considerat în figura 1 pentru deplasarea „înainte”). Pentru acest caz, codurile se succed în sens invers față de deplasarea „înainte”, lucru lesne evidențiat de figura 2, care prezintă succesiunea codurilor asociate:

figura 2a: succesiunea celor 16 coduri a câte 8 biți fiecare la deplasarea „înainte” pe o perioadă;

figura 2b: succesiunea celor 16 coduri a câte 8 biți fiecare la deplasarea „înapoi” pe o perioadă;

Citirea consecutivă bidirecțională a acestor 16 coduri de câte 8 biți fiecare (cu ajutorul unui circuit numeric corespunzător) permite discriminarea fără ambiguități a sensului de deplasare și generarea corespunzătoare a comenzii de

incrementare/decrementare pentru un numărător reversibil (parte a circuitului numeric), al cărui conținut reprezintă lungimea deplasării (în multipli de $\lambda/32$). Astfel, spre exemplu, dacă în figura 1 considerăm poziția corespunzătoare lui $7\lambda/32$ și având codul 11110000, poziția următoare ($8\lambda/32 = \lambda/4$) la deplasarea „înainte” cu un increment $\lambda/32$ va avea codul 01110000 (vezi și figura 2a). Dacă ne referim la poziția cu același cod 11110000 din figura 2b, poziția următoare la deplasarea „înapoi” cu un decrement $\lambda/32$ va avea codul 11110001, corespunzător poziției $6\lambda/32$ din figura 1.

Metoda de codare descrisă mai sus pentru valoarea $\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}$ este similară pentru oricare din celelalte expresii ale semnalului σ . Pentru fiecare din aceste expresii obținem alt set de 16 coduri a câte 8 biți pe durata perioadei $T = \lambda/2$.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figura 3, care reprezintă schema bloc a circuitului pentru generarea codurilor asociate franjelor de interferență în cuadratură de fază.

Franjele optice în cuadratură de fază sunt detectate de doi foto-detectori, **FD1** respectiv **FD2**. Foto-curenții generați sunt convertiți în tensiune de două convertitoare curenț-tensiune, **A1** și **A2**, la ieșirile cărora obținem semnalele \sin , respectiv \cos . Două amplificatoare inversoare cu câștig unitar, **A3** și **A4**, produc la ieșirile lor semnalele $-\sin$, respectiv $-\cos$. Un sumator inversor ponderat Σ scoate la ieșire semnalul $\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}$, unde s-a ales pentru σ această expresie numai din considerente de ușurință în implementarea practică.

Un lanț de 8 comparatoare analogice, **C1-C8**, generează la ieșirile lor stările corespunzătoare funcțiilor logice F_i definite mai sus. Stările logice de la ieșirile comparatoarelor **C1-C8** reprezintă chiar codurile de numărare prezentate în figura 2.

Prelucrarea electronică ulterioară se face prin intermediul unor circuite electronice de prelucrare numerică indeobște cunoscute.

Metoda și dispozitivul conform invenției prezintă avantajul îmbunătățirii de 2 ori a rezoluției intrinseci în timp real, la măsurarea lungimii într-un interferometru care folosește principiul numărării de coduri asociate franjelor de interferență în cuadratură de fază. Față de metoda cunoscută, caracterizată printr-o rezoluție de $\lambda/16$, metoda conform invenției atinge o rezoluție de $\lambda/32$, în condițiile păstrării în totalitate a celorlalte avantaje proprii metodei cunoscute (măsurare bidirecțională

sigură prin numărarea franjelor optice, numărare fără eroare a franjelor optice oscilante, toleranță la variația de fază a cuadraturii semnalelor de interferență, măsurare efectivă în timp real). Ca ordin de mărime în unitați metrice, dacă interferometrul folosește ca sursă de lumină un laser He-Ne cu emisie în roșu ($\lambda = 632.9914$ nm), atunci $\lambda/16 \approx 40$ nm și $\lambda/32 \approx 20$ nm.

Referințe

[1]. Benyong Chen, Jianbo Luo, Dacheng Li: „Code counting of optical fringes: methodology and realization”, APPLIED OPTICS, **44**, 2, 217-223 (2005).

Revendicări

1. Metodă și dispozitiv pentru numărarea franjelor de interferență în cuadratură de fază prin generare de coduri asociate **caracterizate prin aceea că**, în scopul obținerii unei rezoluții superioare de $\lambda/32$ în măsurarea lungimii, folosesc un număr de 5 semnale analogice (\sin , \cos , $-\sin$, $-\cos$ și $\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}$) generate pornind de la cele 2 semnale electrice corespunzătoare franjelor de interferență în cuadratură de fază.

Franjele optice în cuadratură de fază sunt detectate de doi foto-detectori (FD1, FD2). Foto-curenții generați sunt convertiți în tensiune de două convertoare curent-tensiune (A1, A2), la ieșirile cărora obținem semnalele \sin , respectiv \cos . Două amplificatoare inversoare cu câștig unitar (A3, A4) produc la ieșirile lor semnalele $-\sin$, respectiv $-\cos$. Un sumator inversor ponderat (Σ) scoate la ieșire semnalul $\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}$. Un lanț de 8 comparatoare analogice (C1-C8) generează la ieșirile lor 8 stări logice care reprezintă structura codurilor de numărare asociate. În cuprinsul unei perioade $T = \lambda/2$ se înregistrează 16 astfel de coduri, cu o structură distinctă pentru fiecare $T/16 = \lambda/32$ și o succesiune diferită pentru sensul de deplasare „înainte”, respectiv „înapoi”. Citirea consecutivă bidirecțională a acestor 16 coduri de câte 8 biți fiecare permite discriminarea fără ambiguități a sensului de deplasare și generarea corespunzătoare a comenzii de incrementare / decrementare pentru un numărător reversibil al cărui conținut reprezintă lungimea deplasării (în multipli de $\lambda/32$).

2. Metodă și dispozitiv pentru numărarea franjelor de interferență conform revendicării 1, caracterizate prin aceea că semnalul analogic σ , definit conform revendicării 1, poate avea și oricare alta din expresiile:

$$\sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(\sin - \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(-\sin + \cos)}{\sqrt{2}},$$

metoda de codare rămânând similară.

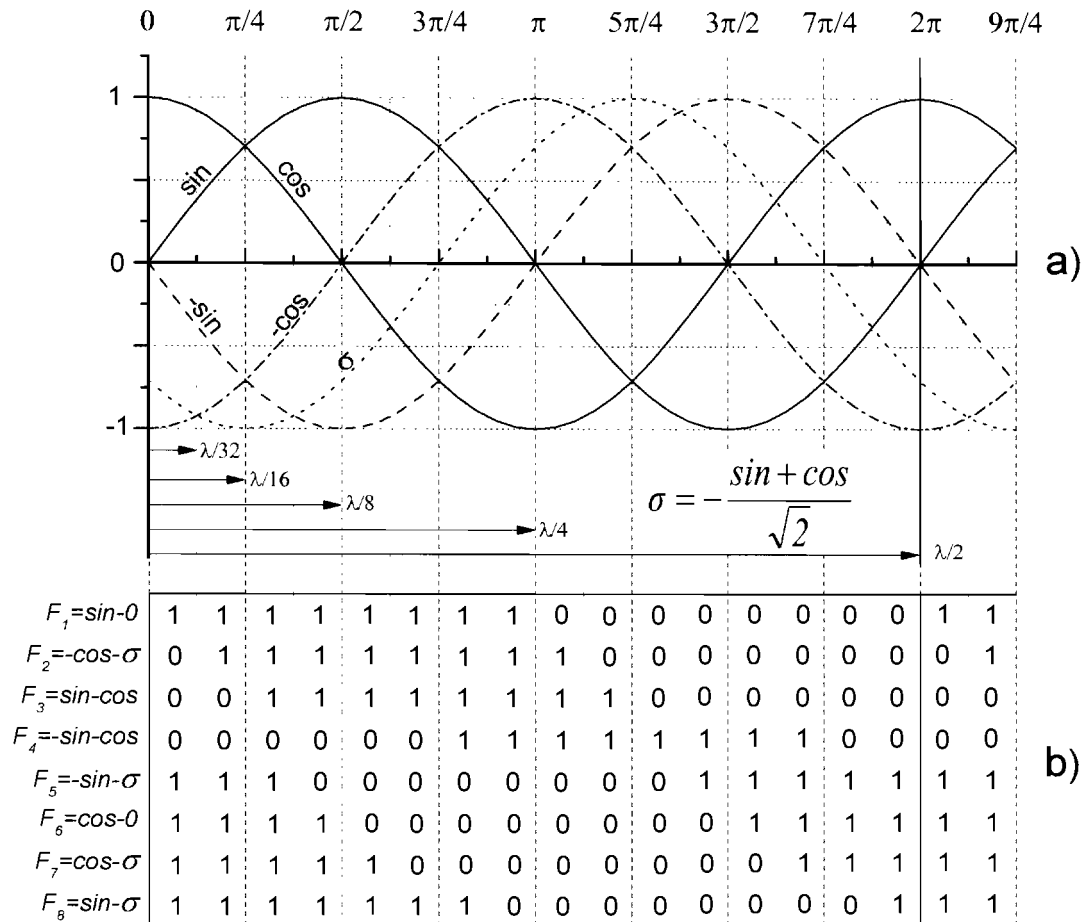
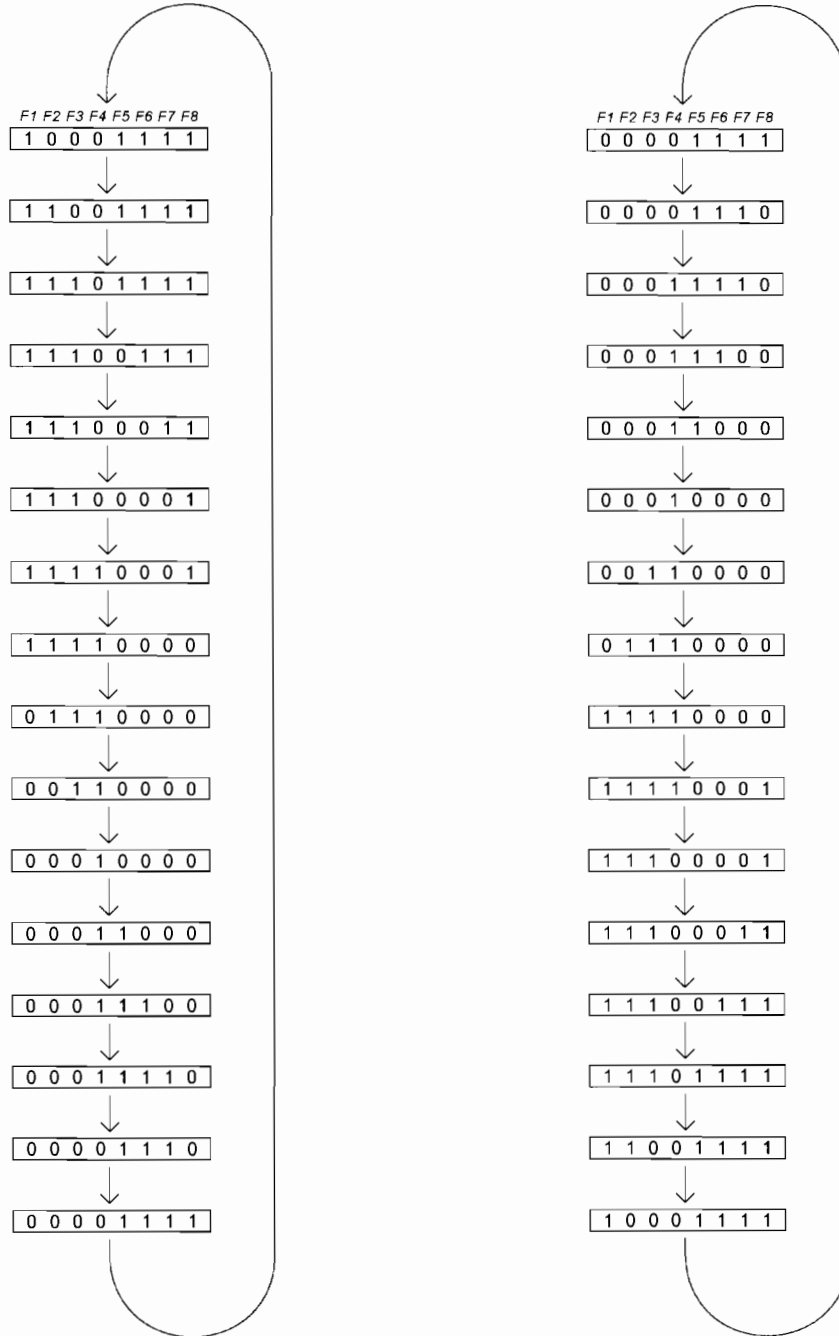


Figura 1: Principiul metodei pentru sensul de deplasare "înainte":

Figura 1a: Evoluția temporală a celor 5 semnale analogice pe o perioadă T ($T = 2\pi = \lambda/2$) pentru sensul de deplasare "înainte";

Figura 1b: Codurile de câte 8 biți rezultante pentru fiecare $T/16 = \lambda/32$;



a): Deplasare "înainte"

b): Deplasare "înapoi"

Figura 2: Succesiunea codurilor asociate:

Figura 2a: Succesiunea celor 16 coduri a câte 8 biți fiecare la deplasarea "înainte" pe o perioadă;

Figura 2b: Succesiunea celor 16 coduri a câte 8 biți fiecare la deplasarea "înapoi" pe o perioadă;

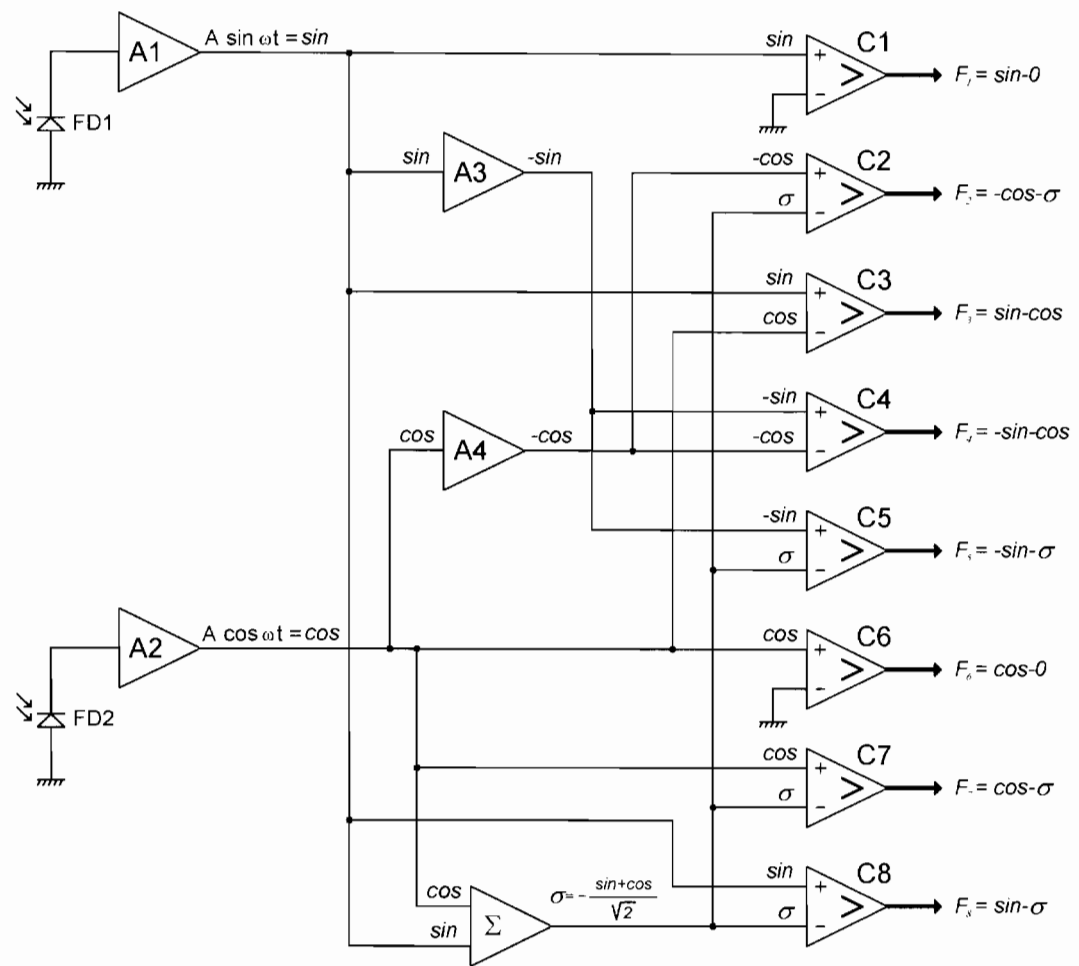


Figura 3: Schema bloc a circuitului pentru generarea codurilor asociate franjelor de interferență în cuadratură de fază;