



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00300**

(22) Data de depozit: **05.04.2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2014** BOPI nr. **4/2014**

(41) Data publicării cererii:
30.10.2012 BOPI nr. **10/2012**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
GEOLOGIE ȘI GEOECOLOGIE MARINĂ
GeoEcoMar, STR.DIMITRIE ONCIUL
NR.23-25, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **JURCA IOAN, ALEEA ISTRU NR.2 B,
BL.A 14 C, SC.6, ET.3, AP.86, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 3376500; US 4546317; GB 901052;
WO 2010/074357 A2**

(54) **MAGNETOMETRU**



RO 127918 B1

1 Inventția se referă la un magnetometru protonic cu citire directă, care măsoară intensi-
tatea câmpului magnetic terestru.

3 Sunt cunoscute astfel de aparate care folosesc fenomenul de precesie nucleară
pentru a măsura intensitatea câmpului magnetic terestru.

5 Un magnetometru protonic are în componență un senzor reprezentat de o bobină
care în prima parte a ciclului de măsură polarizează atomii de hidrogen din volumul de lichid
7 care constituie miezul bobinei. După circa trei secunde, se întrerupe brusc câmpul magnetic
polarizant și se culege semnalul de precesie nucleară care este generat de momentele
9 magnetice nucleare ale atomilor de hidrogen. Semnalul cules are o formă sinusoidală, aten-
nuat aperiodic, având o durată de 1...4 s, în funcție de natura lichidului. După ce este amplifi-
11 cat de către un amplificator selectiv, apoi transformat în semnal digital sub formă de impul-
suri este trimis la intrarea unui frecvențmetru numeric pentru a se măsura frecvența semna-
13 lului. Între intensitatea câmpului magnetic terestru și frecvența semnalului de precesie
nucleară este o relație biunivocă $\omega = \gamma B$ (unde γ este constanta giromagnetică a protonului).
15 Deci pentru a determina intensitatea câmpului magnetic este necesar să se măsoare cu
precizie frecvența semnalului de precesie protonică.

17 Pentru a evalua intensitatea câmpului geomagnetic, unele magnetometre protonice
măsoară frecvența semnalului de precesie folosind o metodă de măsurare indirectă, prin
19 intermediul unui periodmetru. Pe durata impulsului de poartă T_p , egală cu suma a 1000 de
perioade ale semnalului de precesie, se numără impulsurile unui oscilator cu cristal de cuarț.
21 Numărul obținut este convertit ulterior cu ajutorul unei formule sau a unui tabel în unități de
câmp magnetic. Această abordare are dezavantajul evident de a nu avea prompt și direct
23 pe afișajul magnetometrului rezultatul în unități de câmp magnetic și de asemnenea necesi-
tatea efectuării ulterioare a unor prelucrări suplimentare a datelor.

25 Pentru a obține un magnetometru protonic cu citire directă realizată o durată a circui-
tului de poartă din componența frecvențmetrului, așa încât pe display-ul magnetometrului,
27 numărul afișat să reprezinte tocmai valoarea inducției magnetice exprimată în unități de câmp
magnetic, și anume nanoTesla (nT).

29 Pentru aceasta, unele magnetometre folosesc un rezonator din cuarț cu o frecvență
bine definită, cunoscută, cu precizie de un ordin de mărime mai mare decât precizia impusă
31 de durata de timp a impulsului de poartă. Acest oscilator pilot cu o astfel de frecvență trebuie
urmat de un circuit de divizare binară sau decadică a frecvenței, pentru a se obține în final
33 un impuls de poartă cu o durată egală cu cea calculată. De pildă, în brevetul american
US 3376500 A, este descris un magnetometru protonic cu citire directă, la care se folosește
35 un oscilator cu cristal de cuarț a cărui frecvență de lucru este fixă, de o valoare cunoscută
cu precizie.

37 Dezavantajul acestor aparate constă în faptul că, pentru a realiza o măsurare cu citire
directă, deci ca rezultatul măsurării să fie afișat în unități de câmp magnetic (nT), folosesc
39 rezonatoare din cuarț, având o frecvență de lucru prestabilită la o valoare controlată cu o
precizie cu cel puțin un ordin de mărime mai mare decât cea a magnetometrului care este
41 de 10^{-5} .

Aceste rezonatoare cu cuarț au preț ridicat, sunt obținute de la un producător specia-
43 lizat, doar la comandă și au o frecvență de o valoare care nu se regăsește printre valorile
standard, uzuale (1 MHz, 10 MHz, 22 MHz etc). În schimb, rezonatoarele cu valori de lucru
45 standard se găsesc ușor pe piață, și sunt relativ ieftine.

De asemenea, un alt dezavantaj constă în modificarea frecvenței de lucru a
47 rezonatorului, datorată fenomenului de îmbătrânire a cristalului de cuarț, ceea ce conduce,
în final, la compromiterea acurateței de măsurare a magnetometrului.

RO 127918 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția revendicată constă în realizarea posibilităților de corecție în timp real a unor eventuale erori datorate uzurii în timp a rezonatorului.	1
Magnetometrul conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte, prin aceea că are în componență un circuit specializat care, utilizând un oscilator cu cristal de cuarț cu o frecvență de lucru uzuală în gama 1...10 MHz și niște numărătoare binare asincrone de 12 biți în asociere cu un sistem de porți logice, realizează sintetizarea duratei impulsului de poartă al frecvențmetrului digital, în vederea obținerii unei măsurări cu citire directă a intensității câmpului magnetic terestru în unități de câmp magnetic (nT).	3 5 7
Magnetometrul are posibilitatea refacerii acurateței compromise ca urmare a modificării în timp a frecvenței oscilatorului cu cristal de cuarț. Circuitul specializat stabilește durata corectă a impulsului de poartă prin selectarea altor pini din registrul de numărare prin intermediul unui comutator miniatură montat pe placa cu circuite a magnetometrului, realizând astfel posibilitatea unei corecții în timp real a unor erori datorate uzurii rezonatorului cu cristal de cuarț.	9 11 13
Magnetometrul conform invenției prezintă următoarele avantaje:	15
- durata impulsului de poartă, necesară pentru a beneficia de citirea directă a rezultatelor măsurătorii, este obținută prin sintetizare de către un circuit specializat, folosind un cristal de cuarț cu o frecvență uzuală, ieftin și ușor de procurat;	17
- nu se impune schimbarea rezonatorului atunci când ca urmare a fenomenului de uzură și îmbătrânire a cristalului de cuarț este compromisă acuratețea magnetometrului;	19
- se poate interveni pentru corecție în timp real în circuitul de sinteză al duratei de timp a circuitului de poartă a frecvențmetrului, așa încât să se obțină valoarea corectă a duratei impulsului de poartă a frecvențmetrului, și anume egală cu cea rezultată din calcul analitic, recuperând în acest mod acuratețea magnetometrului;	21 23
- precizia măsurării este de +/- 1 nT;	25
- rezoluția măsurării este de 1 nT.	
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figura care reprezintă schema electrică de principiu a magnetometrului.	27
Magnetometrul conform invenției cuprinde:	29
- un bloc funcțional numit programator PR , alcătuit din trei circuite monostabile de tip NE 555, conectate în cascadă Acest programator generează secvența de măsurare. Se produc trei impulsuri de durate diferite, care realizează programul de funcționare. Primul impuls produs de circuitul integrat CI15 este cel de injecție, care are o durată T_i de circa trei secunde. Pe timpul acestui impuls, se comandă un curent prin bobina senzorului magnetic S , realizând polarizarea momentelor magnetice ale protonilor din atomii de hidrogen conținuți în lichidul ce constituie miezul bobinei. La terminarea primului impuls, se generează un al doilea interval de timp de către circuitul integrat CI16 , care este un semnal de întârziere cu o durată T_i de circa 50 milisecunde. Acest semnal de întârziere este necesar pentru a realiza culegerea semnalului de precesie protonică după consumarea proceselor tranzitorii din bobina senzorului magnetic S . Ultimul impuls care este produs de circuitul integrat CI17 , care are o durată de circa două secunde, este numit timp de citire T_c , iar pe acest interval de timp se realizează culegerea semnalului de precesie protonică;	31 33 35 37 39
- un senzor magnetic S , reprezentat de o bobină care are o formă toroidală.	41
- Carcasa bobinei este realizată dintr-un container toroidal PVC și are dimensiunile D=140 mm, d=55 mm, h=70 mm, care este umplut cu un lichid care conține atomi de hidrogen. Se poate utiliza petrol, hexan, kerosen, apă distilată etc. Volumul este de aproximativ 500 cmc. Acest container susține o bobină toroidală care are un număr de circa 1200 spire,	43 45 47

RO 127918 B1

1 realizată din conductor de cupru emailat cu un diametru de 1 mm. Senzorul magnetic reali-
zează două funcțiuni, atât pe aceea de polarizare a nucleelor atomilor de hidrogen aflați în
3 lichid, cât și de culegere a semnalului de precesie nucleară. Curentul de polarizare are o
intensitate de 0,35 amperi.

5 - Comutatorul electronic **CE** realizează injectarea curentului de polarizare în bobina
senzorului. Este alcătuit din tranzistoarele **T1** și **T3**. Semnalul de injecție de durată **Ti** primit
7 de la programator comandă deschiderea tranzistorului **T3** care la rândul său comută tranzis-
torul de putere **T1** în regim de saturație și în felul acesta se injectează un curent din bateria
9 **B** în bobina senzorului magnetic **S**. Tranzistorul **T2** realizează protecția la situații de scurt
circuit în cablu sau în bobină.

11 - Amplificatorul selectiv **A**, format din circuitul integrat **CI1** și niște rezistoare și conden-
satoare asociate, urmat de un amplificator reprezentat de circuitul integrat **CI2**. Aceste
13 amplificatoare ridică nivelul semnalului de precesie protonică de la câțiva microvolți la un volt.

- Circuitul cu buclă de reacție **CB** cu calare de fază reprezentat de circuitul integrat
15 **CI3** împreună cu divizoarele decadice **CI4** și **CI5**. Acest bloc funcțional realizează transfor-
marea semnalului analogic de precesie protonică în semnal digital și de asemenea multiplică
17 frecvența semnalului prin factorul 100.

- Frecvențmetrul **F** care cuprinde un oscilator cu cristal de cuarț **OC**, realizat pe
19 circuitul **CI9**, un circuit de sinteză **CS** a duratei impulsului de poartă realizat cu circuitele
integrate **CI11... CI17**. Circuitul integrat **CI18** care este un circuit de tip **ȘI** reprezintă poarta
21 **P** a frecvențmetrului. În acest bloc funcțional, sunt cuprinse și cinci numărătoare decadice
realizate cu circuitele **CI19... C23**, precum și circuitele decodare și de comandă **CI24... CI28**.

23 - Afișajul **AF** cu 5 cifre realizat cu elemente, având 7 segmente de tip diode
electroluminiscente LED, este reprezentat de circuitele **A1...A5**.

25 - Blocul de alimentare **BA** este un convertor DC-DC, realizat cu circuitul **CI30**, unde
pornindu-se de la tensiunea de 12 V a bateriei de alimentare **B**, se produc tensiunile de
27 curent continuu necesare funcționării circuitelor din componența magnetometrului.

- Magnetometrul are drept sursă de alimentare cu energie electrică o baterie **B** repre-
29 zentată de un acumulator de 12 V cu o capacitate de 10 Ah.

Principiul de funcționare a magnetometrului propus se bazează pe fenomenul de pre-
31 cesie a unor nuclee care posedă simultan moment cinetic și moment magnetic. Aceste
nuclee au o mișcare de precesie a cărei frecvență este proporțională cu intensitatea câmp-
33 ului magnetic din mediul înconjurător. Astfel, protonii din nucleele atomilor de hidrogen au
o frecvență de precesie de aproximativ 2.200 de Hz la o intensitate a câmpului magnetic de
35 circa 50.000 nT.

Relația matematică între B inducția magnetică și frecvența semnalului de precesie
37 este $B = k f_p$, unde k are valoarea de 23,4875 nT/Hz.

Datorită orientării haotice a nucleelor într-un eșantion de hidrocarbură, nu poate fi
39 detectat niciun semnal de precesie în prezența câmpului magnetic terestru. Este necesară
o polarizare a protonilor din eșantionul de lichid, așa încât să existe o coerență de fază a
41 mișcării acestora, pentru a fi detectabil un semnal de precesie în bobina senzorului magnetic.
De aceea, mai întâi se provoacă o polarizare a protonilor prin aplicarea unui câmp magnetic
43 constant cu o intensitate de circa două ordine de mărime mai mare decât valoarea câmpului
magnetic terestru. Acest câmp magnetic puternic determină alinierea momentelor magnetice
45 ale unui procentaj din protonii conținuți în eșantionul de lichid. Câmpul magnetic de pola-
rizare este aplicat pe o durată de circa trei secunde și apoi este întrerupt brusc. Semnalul
47 de precesie protonică care apare este de formă sinusoidală cu o atenuare aperiodică, putând
fi detectat o perioadă de timp de câteva secunde.

RO 127918 B1

Coerența de fază a mișcării se menține un timp apoi se pierde, această situație conducând la o atenuare exponențială a amplitudinii semnalului de precesie. În final, se revine la orientarea haotică a momentelor magnetice, când semnalul de precesie nu mai poate fi observat. În practică, timpul cât este observabil semnalul de precesie este de ordinul 1...4 s. Durata de timp cât poate fi observabil semnalul de precesie depinde de natura lichidului, de volumul de lichid, de puritatea lui și de temperatură. Protonii care precesionează produc o tensiune observabilă în aceeași bobină care a produs polarizarea lor. Tensiunea produsă de fenomenul de precesie protonică este amplificată de un amplificator selectiv. Pentru a mări tensiunea semnalului care are amplitudinea de ordinul microvolților, este montat un condensator de acord cu bobina senzorului.

Pentru a obține o citire directă cu cinci cifre pe afișajul aparatului a intensității câmpului geomagnetic în unități de câmp magnetic nT, este necesar ca semnalul de precesie să fie amplificat, apoi transformat în impulsuri, multiplicat ca frecvență pentru mărirea rezoluției, apoi se folosește un frecvențmetru care are impulsul de poartă de o durată bine determinată.

Astfel, dacă notăm cu N numărul format din cinci cifre, afișat pe display-ul magnetometrului, acesta poate fi exprimat ca fiind un raport: $N = T_p / T_i$, unde T_p este durata timpului de poartă, iar T_i este perioada impulsurilor de la intrarea frecvențmetrului.

Putem exprima în continuare pe T_i funcție de frecvența semnalului de precesie protonică:

$$T_i = 1/f_i = 1/k_p f_p,$$

Unde f_p este frecvența semnalului de precesie protonică, iar k_p este factorul de multiplicare al frecvenței de precesie realizat de un circuit cu buclă de reacție cu calare de fază.

Exprimând pe f_p din relația $B = k f_p$ ca fiind:

$$f_p = B/k.$$

Apoi înlocuim pe f_p în relația care exprimă frecvența T_i , obținem:

$$T_i = k / k_p B.$$

În final, pentru $N = T_p / T_i$ numărul afișat, avem:

$$N = T_p k_p B / k.$$

Acum punem condiția ca N, adică numărul afișat pe display, să reprezinte tocmai intensitatea inducției magnetice B, cu alte cuvinte magnetometrul să fie cu citire directă.

Deci: $N = B$.

Înlocuind avem: $B = T_p k_p B/k$.

Simplificând, obținem în final pentru durata timpului de poartă T_p formula:

$$T_p = k/k_p.$$

În cazul concret $k = 23,4875$ și $k_p = 100$, obținem:

$$T_p = 0,234875 \text{ s.}$$

Așadar, pentru a realiza un magnetometru protonic cu citire directă, circuitul de poartă din configurația frecvențmetrului trebuie să fie acționat de un impuls cu o durată de 0,234875 s.

Pentru a realiza acest lucru, unii producători de magnetometre folosesc un rezonator din cuarț cu o frecvență bine definită, cunoscută cu o precizie de un ordin de mărime mai mare decât cea impusă de durata de timp T_p . Acest oscilator pilot cu o astfel de frecvență trebuie urmat de un circuit de divizare binară sau decadică a frecvenței cu un raport de divizare fix, nemodificabil, pentru a se obține în final un impuls de durata calculată mai sus.

Pentru a porni funcționarea magnetometrului, se comută întrerupătorul C pe poziția pornit, fapt confirmat prin aprinderea diodei D1 de tip LED, aflată pe panoul aparatului. Programatorul PR, reprezentat de circuitele integrate CI15, CI16 și CI 17 legate în cascadă, este blocul funcțional care produce ciclul de măsurare.

RO 127918 B1

1 În vederea declanșării unui ciclu de măsurare, este necesară apăsarea momentată
a butonului de pornire **BP**. Ca urmare, primul circuit **CI15** va declanșa un impuls cu o durată
3 de circa trei secunde, numit timp de injecție **T_i**, necesar pentru polarizarea protonilor din
eșantionul de lichid. Comutatorul electronic **CE**, reprezentat de tranzistorii **T1** și **T3**, este
5 comandat de acest impuls și astfel se realizează injectarea curentului de polarizare **I_p** în
bobina sensorului **S**. Sensorul magnetic al aparatului **S**, reprezentat de bobină, are două
7 funcțiuni. Prima este aceea de a polariza nucleele atomilor de hidrogen din eșantionul de
lichid. Acest lucru se realizează prin trecerea unui curent prin bobina sensorului, care pro-
9 duce un câmp relativ puternic cu o intensitate de circa 5 mT. Pe durata timpului de polari-
zare, impulsul de la circuitul **CI15** face ca tranzistorul **T3** să se deschidă și să determine
11 tranzistorul de putere **T1** să intre în saturație și prin acesta bateria **B** de 12 V este conectată
la bobina sensorului magnetic **S**. În circuitul de polarizare mai există un releu **RE** care prin
13 contactul normal închis **NI** cuplează, pe durata polarizării, bobina sensorului **S** la comutatorul
electronic **CE**, realizat de tranzistorii **T1** și **T3**.

15 Tranzistorul **T2**, în situații de scurt circuit în bobină sau în cablul de legătură dintre
consolă și senzor, asigură limitarea curentului prin blocarea tranzistorului **T1**. Pentru evitarea
17 distrugerii tranzistorului de putere **T1**, datorită tensiunii de autoinducție din bobina sensorului,
a fost conectată dioda Zener **D2**.

19 După scurgerea timpului de injecție **T_i**, curentul prin bobină este întrerupt brusc.
Înainte de perioada de citire a semnalului de precesie protonică, este generat de către al
21 doilea circuit **CI16** un impuls scurt de circa 50 ms. Acest impuls scurt, numit timp de
întârziere **T_i**, realizează înainte de citirea semnalului de precesie o întârziere necesară pentru
23 a se consuma procesele tranzitorii din bobina sensorului după întreruperea curentului de
polarizare și de asemenea resetează toate circuitele din frecvențmetrul aparatului. După ter-
25 minarea impulsului de întârziere **T_i**, programatorul generează impulsul de citire **T_e** a
semnalului de precesie protonică. Acest impuls este produs de către circuitul integrat **CI17**
27 și are o durată de circa două secunde. Acest impuls determină intrarea în conducție a
tranzistorului **T4**, care alimentează bobina releului **RE**. Releul comută și se închide contactul
29 **ND**, care pune în legătură bobina sensorului cu amplificatorul selectiv realizat cu circuitul
integrat **CI1**. Semnalul de precesie protonică este de formă sinusoidală cu o atenuare
31 aperiodică, putând fi observat un timp de 1...4 s. Frecvență semnalului este de circa 2.200
de Hz și are o amplitudine inițială de 5...10 microvolți. Acest semnal este preluat de un ampli-
33 ficator operațional tip LM 725, care are conectate în bucla de reacție negativă rezistoarele
R9 și **R10**, împreună cu condensatoarele **C4** și **C5**, într-o configurație de tip T podit. Acest
35 amplificator are un câștig de 5.000 și este acordat pe frecvența semnalului de precesie.
Pentru a crește suplimentar nivelul semnalului de la intrare, este montat condensatorul **C2**,
37 care, împreună cu bobina sensorului **S**, formează un circuit rezonant pe frecvența
semnalului. Semnalul de precesie este preluat de circuitul integrat **CI2**, reprezentat de un
39 amplificator operațional tip LM 741, care mărește amplitudinea semnalului la circa 1 V, nivel
acceptat de blocul funcțional următor. Acest bloc funcțional este un circuit cu buclă de reacție
41 cu calare de fază (Phase Locked Loop PLL) și este realizat cu circuitul integrat **CI3**, care
este de tip LM565. Acest circuit integrat este montat în configurația multiplicator de frecvență,
43 având în bucla de reacție un divizor prin 100, realizat cu două numărătoare decadice **CI4** și
CI5. Circuitul cu buclă de reacție cu calare de fază **CI3** are funcții multiple: realizează o
45 filtrare a semnalului de la intrare, transformă semnalul analogic într-unul digital sub formă de
impulsuri și multiplică frecvența semnalului prin factorul 100. Multiplicarea frecvenței se face
47 pentru a crește rezoluția măsurărilor. Circuitul cu buclă de reacție cu calare de fază **CI3** are

RO 127918 B1

un oscilator intern comandat în tensiune, a cărei frecvență este fixată prin rezistorul **R24** și condensatorul **C14**. Valoarea frecvenței este de circa 200 KHz. Semnalul acestui oscilator intern este divizat de numărătoarele decadice **CI4**, **CI5** și este introdus, împreună cu semnalul incident de frecvența precesiei, într-un comparator sensibil la fază, aflat tot în componența circuitului **CI3**. La ieșirea acestui comparator de fază, rezultă un semnal cu frecvență dublă și cu un factor de umplere proporțional cu diferența de fază dintre cele două semnale. Acest semnal este preluat de un circuit format din elementele **R24**, **C15** și **C16**, care formează un filtru trece jos. Tensiunea de joasă frecvență care rezultă, comandă frecvența semnalului oscilatorului intern până când aceasta devine egală cu frecvența semnalului de precesie, iar defazarea dintre cele două semnale este constantă. Semnalul rezultat la ieșirea circuitului **CI3**, mai exact pe pinul 4, este un semnal digital sincronizat pe semnalul de precesie, cu o frecvență multiplicată de 100 de ori. Acest semnal care conține în frecvența sa informația utilă, adică intensitatea câmpului geomagnetic, este preluat de un frecvențmetru numeric.

Acest frecvențmetru cu cinci cifre are în componența sa un oscilator **OC** cu cristal de cuarț de 1 MHz, un circuit de sintetizare **CS** a duratei impulsului de poartă, numărătoare decadice, un decodor cu circuit de comandă și un display cu diode electroluminiscente LED.

Oscilatorul pilot **OC** este realizat cu circuitul integrat **CI9**, conține un cristal de cuarț **Q** cu frecvența de 1 MHz, rezistoarele **R36**, **R37** și un condensator **C26**.

Numărătorul frecvențmetrului, care cuprinde cinci numărătoarele decadice **CI19...CI23**, este urmat de cinci decodificatoare cu circuite de comandă asociate **CI24...CI28**.

Afișajul **AE** are cinci cifre realizate cu circuite tip LED **A1...A5**.

Circuitul de sintetizare a duratei impulsului de poartă, care asigură citirea directă, este reprezentat de circuitele integrate **CI12** și **CI13**, care sunt numărătoare binare asincrone de 12 biți tip CD4040, circuitele **CI14** și **CI15**, care sunt porți ȘI NEGAT cu 8 intrări tip CD 4068 și de asemenea de porțile de tip ȘI cu două intrări **CI11**, **CI16**, **CI17**.

După ce semnalul de RESET aduce toate circuitele la zero, este declanșat impulsul pentru citirea semnalului de precesie cu durata de timp **Tc**. Acest impuls este întârziat cu 10 ms de către circuitul format de rezistorul **R35** și condensatorul **C25**. Întârzierea impulsului **Tc** este necesară pentru a ține seama de timpul finit de comutație al releului **RE** de la intrarea amplificatorului **A** și de asemenea de a acorda timp circuitului cu buclă de reacție cu calare de fază **CB** pentru a se sincroniza cu semnalul de precesie.

Deoarece prin resetare toate ieșirile din circuitele **CI12** și **CI13** sunt în 0 logic, rezultă că ieșirile din circuitele ȘI NEGAT **CI14** și **CI15** sunt în 1 logic. Acest lucru conduce la 1 logic la ieșirea circuitului **CI 16**, și anume pe pinul 3, acest nivel se transmite pe pinul 9 de la intrarea circuitului **CI17**. În momentul când apare și 1 logic al impulsului **Tc** întârziat pe pinul 8 al aceluiași circuit **CI17**, la ieșirea acestuia pe pinul 10 este 1 logic. Acest 1 logic ajunge atât pe pinul 8 al circuitului **CI11**, cât și pe pinul 13 al circuitului **CI18**, care reprezintă poarta **P** a frecvențmetrului, determinând deschiderea acesteia. Prin deschiderea porții **P**, se permite trecerea spre numărătoarele decadice **CI19...CI23** a semnalului digital de la ieșirea circuitului cu buclă de calare a fazei **CB**, care conține, în frecvența sa, informația utilă legată de intensitatea câmpului geomagnetic.

Simultan cu deschiderea porții **P** a frecvențmetrului, un nivel 1 logic la intrarea pe pinul 8 al circuitului **CI11** de tip ȘI permite impulsurile din oscilatorul cu cuarț **OC** să treacă mai departe spre circuitul de sinteză **CS** și să ajungă la pinul 10 de intrare al circuitului integrat **CI13** și să înceapă sintetizarea duratei timpului de poartă. Cele două numărătoare **CI13** și **CI12** continuă divizarea de tip binar până la numărul 111001010101111011, care reprezintă exprimarea în sistem binar a numărului zecimal 234.875. Acest număr a fost determinat

RO 127918 B1

1 pornind de la durata de timp a impulsului de poartă de 0,234875 s, necesară pentru a obține
citirea directă, pe care am raportat-o la perioada impulsurilor de la oscilatorul cu cuarț **OC**
3 care este de 10^{-6} s.

$$N = 0,234875 \text{ s} : 10^{-6} \text{ s} = 234.875$$

5 În acel moment, când s-a terminat divizarea prin numărul 234875, toți pinii cu nivel
1 logic corespunzători ponderilor lui $2^0 \dots 2^{17}$ de la ieșirile celor două numărătoare, și anume
7 pinii 9,7,5,3,2,4,12 și 15 de la **CI13** și, respectiv, pinii 9,5,3 și 2 de la **CI12**, fiind în legătură
cu intrările porților de tip ȘI NEGAT **CI15** și **CI14**, vor determina la ieșirile acestora, pe pinii
9 13, un nivel 0 logic. Acest nivel logic 0 de pe pinii 13 ale circuitelor **CI 15** și **CI14** vor
determina pe pinul 3 de ieșire al circuitului **CI16** un nivel 0 logic. Acest nivel 0 logic este
11 transmis pe pinul 9 al circuitului **CI17**, care determină prin ieșirea sa, pinul 10, un 0 logic pe
pinul 13 de la intrarea circuitului **CI18**, care este poarta **P** a frecvențmetrului. În consecință,
13 poarta **P** se închide, deci se oprește numărarea impusurilor de la ieșirea circuitului cu buclă
de calare a fazei **CI3**. Cu alte cuvinte, poarta **P** a fost deschisă pe o durata de timp egală cu
15 0,234875 s, cât timp a fost măsurată frecvența semnalului de la ieșirea circuitului circuitului
cu buclă de calare a fazei **CI3**. Rezultatul numărării efectuate de circuitele frecvențmetrului
17 **CI19...CI23** va fi decodificat de circuitele **CI24...CI28** și prin intermediul circuitelor de
comandă vor fi transmise afișajului **AF** cu diode electroluminiscente LED care are 5 cifre.
19 Numărul care este afișat reprezintă intensitatea câmpului geomagnetic exprimat în nT.

În același timp, nivelul 0 logic de la pinul 10 al circuitului **CI17**, fiind transmis pe pinul
21 8 de la intrarea circuitului **CI11**, determină încheierea procesului de sintetizare a duratei
timpului de poartă, prin blocarea impulsurilor de la oscilatorul cu cuarț **OC** spre circuitul de
23 sinteză **CS**.

Pentru începerea unui alt ciclu de măsurare, este necesar să apăsam din nou pe
25 butonul de pornire **BP**.

La o modificare a frecvenței oscilatorului pilot **OC**, datorită uzurii cristalului de cuarț,
27 se va măsura această nouă frecvență și va rezulta prin calcul un alt număr de divizare pe
care trebuie să îl realizeze circuitul de sintetizare. Se vor selecta acei pini care au nivelul 1
29 logic de la ieșirea circuitelor **CI12** și **CI13** corespunzători noului număr de divizare.

Astfel, dacă se măsoară noua frecvență a cristalului de cuarț pe care o presupunem
31 egală cu 1.000.026 Hz. Noul număr prin care trebuie să dividă circuitul de sinteză este
calculat ca mai sus:

$$33 N = 0,234875 : 1/1.000.026 = 234.881.$$

Transformând în sistem binar numărul zecimal 234.881, obținem:
35 111001010110000001.

În consecință, pinii care sunt cu nivel 1 logic sunt 9,13 și 15 pentru circuitul **CI13** și,
37 respectiv, pinii 9,5,3 și 2 pentru circuitul **CI12**.

Acești pini vor putea fi selectați printr-un comutator miniatură montat pe placa cu
39 circuite a magnetometrului.

Procedând în acest mod, se evită cumpărarea, prin comandă de la un producător
41 specializat, la un preț ridicat, a unui cristal cu o frecvență extrem de precisă care a fost deter-
minată prin calcul analitic. Această situație apare atunci când pentru realizarea duratei impul-
43 sului de poartă se folosește un divizor obișnuit, cu un raport de divizare fix, nemodificabil.
Utilizarea unui cristal de cuarț ieftin, cu o frecvență uzuală, ușor de procurat, conduce la
45 reducerea costurilor de producție și de mentenanță a magnetometrului. Cristalul de cuarț
poate avea orice valoare în domeniul specificat mai sus, iar pentru realizarea duratei impul-
47 sului de poartă, rezultată prin calcul analitic, este necesară doar selectarea pinilor potriviți
din cascada de numărătoare cu decodificator din circuitul de sinteză (**CS**).

RO 127918 B1

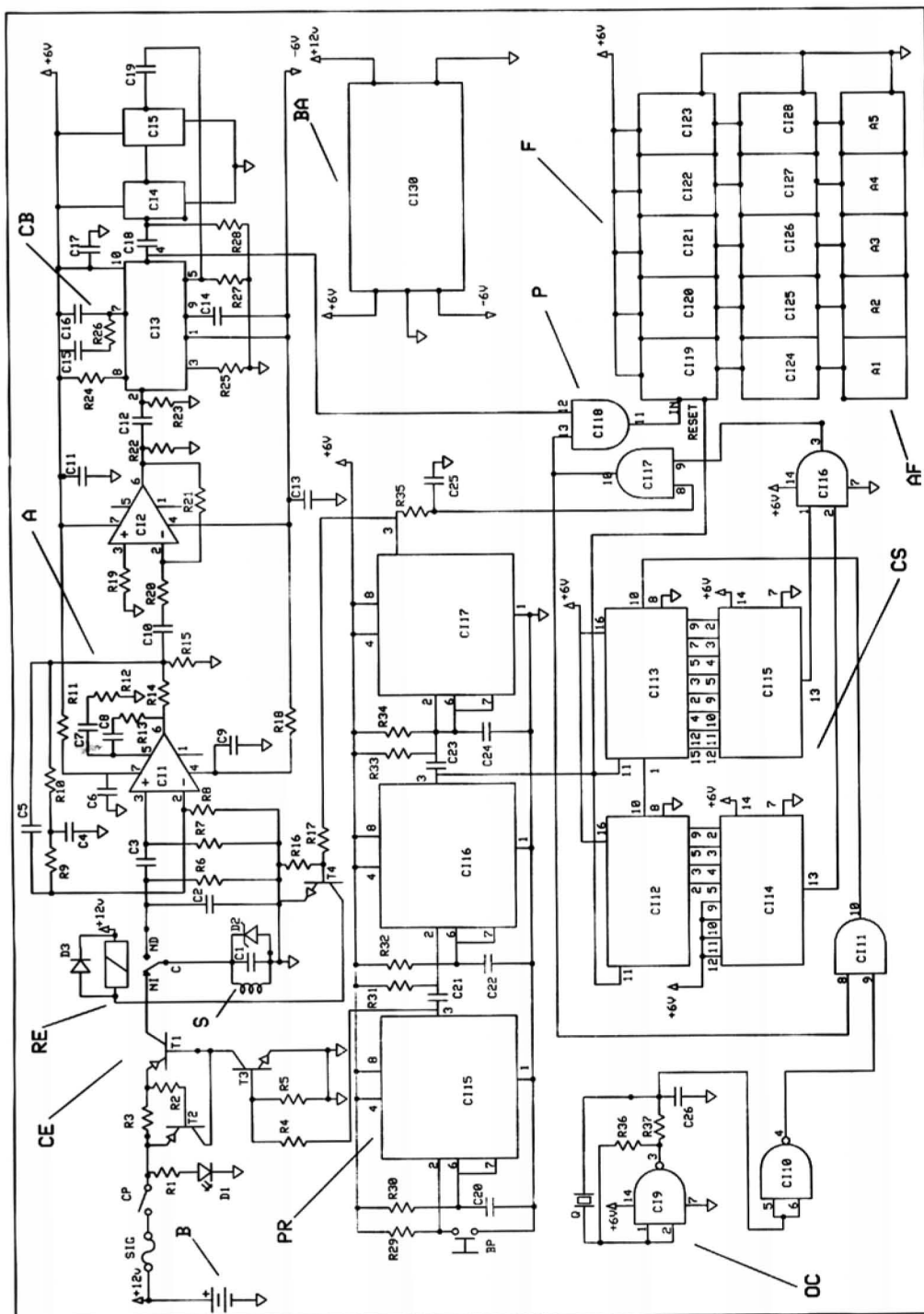
Revendicări

1. Magnetometru conform invenției, alcătuit dintr-un senzor (**S**) magnetic sub forma unui toroid, în legătură cu un comutator (**CE**) electronic, un amplificator (**A**) acordat pe frecvența semnalului de precesie nucleară, un circuit cu buclă de reacție cu calare de fază (**CB**), un frecvențmetru (**F**) digital, un programator (**PR**), **caracterizat prin aceea că are în componență un circuit (**CS**) de sinteză a duratei impulsului de poartă, care utilizând un oscilator (**OC**) cu cristal de cuarț cu o frecvență de lucru uzuală în gama 1...10 MHz și niște numărătoare (**CI12** și **CI13**) binare asincrone de 12 biți în asociere cu un sistem de porți logice (**CI11**, **CI14**, **CI15**, **CI16**, **CI17**), stabilește durata impulsului de poartă al frecvențmetrului (**F**) digital, în vederea obținerii unei măsurări cu citire directă a intensității câmpului magnetic terestru în unități de câmp magnetic (**nT**).**
2. Magnetometru conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că circuitul (**CS**) stabilește durata corectă a impulsului de poartă prin selectarea altor pini din registrul de numărare (**CI12** și **CI13**), prin intermediul unui comutator miniatură montat pe placa cu circuite a magnetometrului, realizând corecții în timp real a unor erori datorate uzurii rezonatorului cu cristal de cuarț.**

RO 127918 B1

(51) Int.Cl.

G01R 33/24 (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 254/2014