



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00405**

(22) Data de depozit: **17/06/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2023** BOPI nr. **11/2023**

(41) Data publicării cererii:

**26/02/2016** BOPI nr. **2/2016**

(73) Titular:

• **NOVA INDUSTRIAL S.A., SPLAIUL UNIRII  
NR.313, CLĂDIREA ELECTROCOND, ET.1,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:

• **MOLDOVEANU CONSTANTIN,  
STR.COLENTINA NR.2, SC.3, ET.5, AP.105,  
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **BREZOIANU VIRGIL,  
STR.LEONTE FILIPESCU NR.31A,  
VOLUNTARI, IF, RO;**  
• **VASILE AURELIAN, STR.STELIAN  
MIHALE NR.13, BL.PM 93, AP.25,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **AVRĂMESCU MARIUS, STR. URANUS  
NR. 98, BL. U8, AP. 88, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**WO 2013/132292 A1; WO 02/065610 A2;  
US 2003/0187550**

(54)

**METODĂ ȘI SISTEM INTELIGENT PENTRU MĂSURAREA  
ȘI MONITORIZAREA ON-LINE, ÎN TIMP REAL, A ENERGIEI  
ELECTRICE PRODUSE/TRANSPORTATE/ DISTRIBUITE/  
FURNIZATE/CONSUMATE ȘI A CALITĂȚII ENERGIEI  
ELECTRICE**



# RO 130938 B1

1            Prezenta invenție se referă la o metodă și un sistem electronic inteligent, integrabil  
în rețelele inteligente de tip SMART GRID, utilizat la măsurarea parametrilor energiei electrice,  
3            respectiv parametrii de calitate a energiei electrice în orice punct de măsurare în rețelele  
electrice care asigură fluxul energiei electrice de la producători la consumatorii finali,  
5            permițând managementul datelor achiziționate și prelucrate, stocarea formelor de undă, date  
măsurate și/sau prelucrate, emite rapoarte de măsurare, transmite date la distanță, comu-  
7            nică bidirecțional cu clienții.

          Se cunoaște din cererea de brevet **US 20150019148 A1** (15.01.2015) „*Intelligent*  
9            *electronic device with enhanced power quality monitoring and communication capabilities*”  
un aparat care poate efectua analiza calității energiei electrice prin captarea formei undei de  
11            tensiune, măsurarea semnalelor de tensiune și curent alternativ, detecția variațiilor tranzitorii  
de tensiune, poate detecta, monitoriza, raporta, cuantifica și comunica informații privind  
13            cererea de energie și respectiv energia în sistemul energetic pe care-l măsoară. Incon-  
venientul principal al acestei soluții este acela că performanțele aparatului, în ceea ce  
15            privește achiziția, prelucrarea cu precizie și stocarea datelor achiziționate, este afectată de  
viteza unică de eșantionare a aparatului presetată la 256 eșantioane pe o perioadă a  
17            semnalului sinusoidal.

          Se cunoaște din cererea de brevet **US 20120029715 A1** (02.02.2012) „*Method and*  
19            *apparatus for a demand management monitoring system*” o metodă și un aparat destinat în  
special măsurării valorii RMS a tensiunii (pe o fază sau pe trei faze) și opțional a curenților,  
21            folosind un dispozitiv de măsurare de la distanță (RTU) care conține un microprocesor pentru  
calculul valorilor RMS. Datele măsurate sunt transmise wireless la un server destinat stocării  
23            datelor privind valorile RMS ale tensiunii. Achiziția se face cu viteză relativ mare de  
eșantionare, reducerea numărului punctelor pentru ridicarea unui grafic făcându-se în server.

          Inconvenientul principal al soluțiilor prezentate anterior constă în faptul că se referă  
doar la un singur parametru al energiei electrice și anume valoarea RMS a tensiunii. Aparatul  
27            nu măsoară toate mărimile care definesc calitatea energiei electrice (de exemplu flickerul  
etc). Un alt inconvenient este acela că transmisia datelor de la aparatul de măsură la  
29            serverul de stocare, se face numai wireless, care este nesigură și ușor de bruiat. De aseme-  
nea invenția nu acoperă cerințele privind consumul și calitatea energiei electrice, respectiv  
31            cele privind achiziția formelor de undă termen lung (funcția de logger).

          Se cunoaște din brevetul **US 8121801 B2** (21.02.2012) „*System and method for multi-*  
33            *rate concurrent waveform capture and storage for power quality metering*” o metodă și un  
sistem destinat măsurării calității energiei electrice, în special, pentru detectarea și măsu-  
35            rarea caracteristicilor golurilor, creșterilor și întreruperile în sistemele electrice de curent  
alternativ. Inconvenientele principale ale invenției constau în aceia că nu se asigură măsu-  
37            rarea tuturor parametrilor care definesc calitatea energiei electrice (de exemplu flickerul), rata  
de eșantionare a undei semnalului sinusoidal de tensiune este unică și de numai 128  
39            eșantioane/o perioadă a undei sinusoidale, insuficientă pentru caracterizarea cu precizie a  
perturbațiilor bruște, sistemul nu este apt pentru achiziția formelor de undă pe termen lung  
41            (funcția de logger).

          Se cunoaște din brevetul **US 20110112779 A1** (12.05.2011) „*Power quality meter and*  
43            *method of waveform analysis and compression*” o metodă și un aparat destinat înregistrării  
formei undelor de tensiune și curent ale unui semnal, efectuării compresiei datelor privind  
45            forma de undă, transmiterii datelor comprimate prin protocolul ZigBee la un sistem de  
management central care le procesează centralizat pentru calculul puterii și energiei  
47            electrice și respectiv pentru analiza calității energiei electrice (armonicele, perturbațiile  
tranzitorii, golurile și creșterile de tensiune).

# RO 130938 B1

Inconvenientele principale ale soluției de mai sus constau în aceea că nu se asigură măsurarea flickerului (care este și el un parametru al calității energiei electrice), rata de eșantionare a undei semnalului sinusoidal de tensiune este de numai 128 eșantioane insuficientă pentru caracterizarea cu precizie a perturbațiilor bruște, sistemul nu este apt pentru achiziția formelor de undă termen lung (funcția de logger), prelucrarea și stocarea datelor este făcută la distanța (PC server), și nu la punctul de măsură, reprezentând soluție puțin fiabilă fiind dependentă de condițiile de transmisie a datelor.

Se mai cunoaște din cererea de brevet **US 20110080197 A1** (07.04.2011) „*Apparatus and methods for power quality measurement*” un aparat și metodă de măsurare a calității energiei electrice, în special pentru detectarea și măsurarea caracteristicilor golurilor, creșterilor și a întreruperilor de tensiune în sistemele de alimentare de curent alternativ. Semnalul electric sinusoidal este eșantionat sincronizat, pe durata a mai multe perioade/cicluri. Eșantioanele de date sunt procesate pentru a determina momentele trecerilor prin zero ale semnalului electric și valorile rms ale tensiunii semnalului electric de pe linie pe o perioadă a semnalului sinusoidal. Inconvenientele principale ale invenției constau în aceea că nu se asigură măsurarea flickerului, rata de eșantionare a undei semnalului sinusoidal de tensiune este de numai 128 eșantioane/perioada semnalului sinusoidal, insuficientă pentru caracterizarea cu precizie a perturbațiilor bruște, sistemul nu este apt pentru achiziția formelor de undă termen lung (funcția de logger) și de aceea nu poate fi integrabil în rețelele inteligente SMART GRID pentru monitorizarea on-line a eficienței energetice.

Se cunosc de asemenea soluțiile din **US 20130158906 A1** (20.06.2013) „*Resampling a Signal to Perform Power Quality Measurement*”, **US 20100324845 A1** (23.12.2010) „*Intelligent electronic device with enhanced power quality monitoring and communication capabilities*”, **US 5627759 A** (06.05.1997) „*Electrical energy meters having real-time power quality measurement and reporting capability*”, **US 4978911 A** (18.12.1990) „*Electrical energy analyzer*”, **EP 2762900 A1** (06.08.2014) „*Electricity meter with an electronic display*”, **US 7474087 B2** (06.01.2009) „*Energy meter system and method for calibration*”, **US 20120062211 A1**, 15.03.2012) „*Compact electrical power meter*”, **DE 102013001831 A1** (28.02.2013) „*An electricity meter with an electronic display*”, **US 6636030 B1** (21.10.2003) „*Revenue grade meter with high-speed transient detection*”, **US 20120161750 A1** (28.06.2012) „*Electronic watt-hour meter and method of calculating watt-hours*”.

Nici unul dintre aparatele și dispozitivele menționate, nu acoperă complet operațiile de măsurare a parametrilor de consum a energiei electrice și de monitorizare on-line a calității energiei electrice, de achiziție a formelor de undă pe termen lung (funcția de logger) și funcțiile specifice integrării în rețelele inteligente SMART GRID.

Într-un sistem de producere, transport sau distribuție a energiei electrice de curent alternativ, frecvența tensiunii sau curentului este în general de 50 Hertz ("Hz") sau 60 Hz, frecvența care este în mod convențional denumită frecvență "fundamentală". Multipli întregi ai acestei frecvențe fundamentale sunt denumite frecvențe armonice.

Diferenți factorii de sistem și de mediu de producere/transport/distribuție, pot distorsiona frecvența fundamentală, de exemplu distorsiunea armonică, pot provoca vârfuri, oscilații, sau căderi de tensiune, și pot cauza întreruperea transportului și distribuției energiei electrice pe arii întinse, sau probleme în funcționarea corectă a sistemului de transport sau distribuție a energiei electrice care ar putea afecta mult calitatea energiei primite de consumatorul industrial și/sau casnic.

# RO 130938 B1

1 Golurile de tensiune, creșterile de tensiune și întreruperile de tensiune sunt perturbații  
de scurtă durată în sistemele de curent alternativ. Golurilor de tensiune sunt reduceri scurte  
3 în mărime a tensiunii cu o durată de la milisecunde la câteva secunde. Creșterile de tensiune  
sunt creșteri scurte în mărime a tensiunii cu o durată de la milisecunde la câteva secunde,  
5 întreruperile de tensiune sunt scăderi mai severe în mărime a tensiune. Pragul de întreruperi  
de tensiune este de obicei mai mic de 10% din tensiunea nominală.

7 În ultimii ani, se acordă o atenție din ce în ce mai crescută rețelelor inteligente tip  
SMART GRID. O rețea inteligentă SMART GRID de transport și distribuție a energiei  
9 electrice asigură îmbunătățirea eficienței prin interacțiuni între furnizori și consumatori, prin  
combinarea tehnologiei de telecomunicații cu procesele de producție, transport, distribuție  
11 și consumul de energie electrică.

13 Într-o rețea inteligentă de tip SMART GRID, furnizorul de energie determină consumul  
de energie estimat a fi livrat consumatorilor, în timp real, pentru a se asigura că poate furniza  
15 întreaga energie necesară acestora, iar consumatorii pot determina consumul de energie  
propriu și taxele aferente către furnizorul de energie, tot în timp real, pentru a determina  
17 profilul optim de consum al energiei electrice astfel încât prețul plătit pentru aceasta să fie  
cât mai mic. Aceasta necesită un schimb ușor și rapid de informații, prin intermediul unei  
rețele de comunicații, între furnizorul de energie și utilizator.

19 Prin implementarea unor sisteme de tip SMART-GRID care cuprind sisteme elec-  
tronice inteligente de monitorizare pentru monitorizarea on-line, în timp real, a consumului  
21 și a calității energiei electrice, poate crește mult eficiența energetică, pot fi reduse mult  
costurile pe lanțul de producere - transport - distribuție - consum al energiei electrice.

23 Problema tehnică pe care o rezolvă sistemul, conform invenției, constă în integrarea  
informațiilor culese direct de pe liniile electrice și parametrii de calitate a energiei electrice,  
25 într-un proces automat de furnizarea a informațiilor relevante către utilizator.

27 Sistemul inteligent de măsurare și monitorizare on-line a parametrilor energiei  
electrice și a parametrilor de calitate a energiei electrice, conform invenției este alcătuit din:

29 Amplificatoare de intrare pentru fiecare din mărimile ce se conectează direct la  
sistem, trei pentru tensiunea de pe trei faze, trei pentru curentul de pe cele trei faze de  
curent, câte unul pentru curentul și tensiunea de nul, modulul de sincronizare achiziție de  
31 date, format dintr-o buclă PLL, având ca referință tensiunea de pe faza  $U_R$ , un modul de  
achiziție de date, format dintr-un etaj ADC și un controler de achiziție ce comandă etajul ADC  
33 sincron cu semnalele primite de la bucla PLL, un modul de comunicație internă, ce primește  
datele de achiziție pe o rețea SPI și o transmite print-un LAN intern la un modul de prelu-  
35 crare, memorare, afișare și transmisie externă, un modul de calcul, stocare rezultate, afișare  
și transmitere externă, un modul GPS, pentru sincronizarea măsurătorilor de la mai multe  
37 sisteme de măsură și monitorizare, dispuse în puncte de măsură diferite.

39 Conform invenției amplificatorul de intrare de tensiune, este un etaj care are rolul de  
a adapta nivelul de tensiune al mărimii de măsurat la nivelul corespunzător necesar intrării  
41 în circuitele electronice folosite. De asemenea un alt rol important este acela de a izola  
galvanic intrarea de măsură de restul etajelor.

43 Metoda de măsurare și monitorizare on-line, în timp real, a parametrilor energiei  
electrice produsă/transportată/distribuită/furnizată/consumată și respectiv de calitate a  
45 energiei electrice, în orice punct de măsurare în rețele de producere, transport sau distribuție  
a energiei electrice sau la consumatori, conform invenției, înlătură dezavantajele metodelor  
prezentate și include următoarele etape:

47 - se achiziționează formele undelor de curent și de tensiune, de pe o fază sau de pe  
cele trei faze ale rețelei electrice, în orice punct de măsură, prin eșantionarea semnalelor  
49 sinusoidale de curent sau tensiune, sincronizat și cu o viteză mare de eșantionare, și anume  
512 eșantioane/o perioadă a semnalului electric sinusoidal;

# RO 130938 B1

- se stochează în memoria proprie a sistemului, formele undelor semnalelor sinusoidale de curent sau tensiune;	1
- se asigură reglarea vitezei de eșantionare pentru stocarea formelor undelor de curent și de tensiune, în trei trepte: 512/256/128 eșantioane/perioada semnalului sinusoidal, și prin aceasta se mărește de 4 ori timpul pentru stocarea undelor de curent și de tensiune;	3 5
- se achiziționează, prelucrează și stochează în regim automat datele privind formele undelor de curent și de tensiune;	7
- se măsoară și se determină toți parametrii care caracterizează consumul de energie electrică (curentul, puterea activă, puterea reactivă, puterea deformantă, energia activă, energia reactivă, factorul de putere) și respectiv calitatea energiei electrice (tensiunea, frecvența, factorul de putere, întreruperile tranzitorii, întreruperile scurte și lungi, golurile de tensiune, supratensiunile temporare de frecvență industrială (50 Hz sau 60 Hz) între faze și pământ sau între faze, fenomenul de flicker, variațiile rapide și lente de tensiune, armonicile, interarmonicile, factorul de distorsiune armonică, nesimetria sistemului trifazat de tensiuni, formele undelor de curent și de tensiune) într-un anumit punct de măsură;	9 11 13
- se asigură identificarea automată a defecțiunilor caracterizate prin goluri de tensiune, creșteri de tensiune de frecvență industrială (50 Hz, 60 Hz), întreruperile de tensiune, ora producerii, durata evenimentului;	15 17
- se asigură transmiterea în timp real a datelor măsurate la centrul de management al datelor/informațiilor aferent sistemului de producere, transport sau distribuție a energiei electrice sau la consumatorii finali;	19 21
- se asigură comunicația bidirecțională, securizată, cu centrul de management al datelor/informațiilor și respectiv accesul securizat al acestuia, la datele stocate de sistemul de măsură și monitorizare, pentru consultare și extragere de date, respectiv pentru verificarea periodică și actualizarea software-ului intern (partea nemetrologică);	23 25
- se asigură comunicația bidirecțională, securizată, cu consumatorii finali și accesul securizat a acestora la datele stocate de sistemul de măsură și monitorizare, pentru consultare și extragere de date;	27
- se asigură posibilitatea sincronizării datelor măsurate cu referință de timp a centrului de management al datelor/informațiilor aferent sistemului de producere, transport sau distribuție a energiei electrice;	29 31
- se asigură implementarea modulului software " <i>Intelligent energy meter</i> " cu rol de tarifare a energiei, adaptabil pentru orice structură de tarifare;	33
- se asigură înregistrarea puterii, în orele de vârf și în restul orelor, conform cu structura de tarifare impusă;	35
- se asigură informațiile necesare pentru controlul de la distanță al conectării și deconectării de la rețea, sau pentru limitarea puterii absorbite;	37
- se asigură detecția, înregistrarea și alarmarea privind tentativele de acces neautorizat.	39
Sistemul inteligent și metoda de măsurare și monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produsă/transportată/distribuită/furnizată/consumată și a parametrilor de calitate a energiei electrice, conform invenției, asigură comunicația bidirecțională, la distanță, cu centrul de management al datelor și/sau cu clientul final, permițând prin aceasta:	41 43
- eliminarea deplasării personalului pentru activități operaționale curente;	
- verificarea și actualizarea securizată, de la distanță, a softului intern al sistemului (în partea nemetrologată);	45
- monitorizarea de la distanță a funcționării sistemului și semnalizărilor generate de acesta;	47

# RO 130938 B1

- 1 - sincronizarea referinței de timp la mai multe sisteme de măsură monitorizate de  
centrul de management date;
- 3 - actualizarea modulului software referitor la tarifele energiei electrice produsă/  
transportată/distribuită/furnizată/consumată.
- 5 - sistemul asigură o capacitate ridicată de stocare a datelor măsurate și prelucrate,  
inclusiv a undelor de tensiune și curent achiziționate, pe o perioadă de minimum 30 zile,  
7 permițând analiza și extragerea datelor din memoria de stocare;
- 9 - sistemul asigură citirea de la distanță a datelor măsurate on-line atât pentru energia  
electrică consumată din rețea cât și pentru energia injectată de rețea, de către client;
- 11 - sistemul permite controlul de la distanță al conectării/deconectării la/de la rețea și  
al depășirii puterii absorbite aprobate;
- 13 - sistemul asigură comunicarea securizată a datelor, detectează și alarmează în cazul  
unor tentative de fraudă informatică sau de utilizare neautorizată a rețelei.
- Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...11,  
15 care reprezintă:
- 17 - fig. 1, schema bloc a sistemului inteligent de măsurare și monitorizare on-line a  
parametrilor energiei electrice produse/transportate/distribuite/furnizate/sau consumate și  
respectiv aparametrilor de calitate a energiei electrice;
- 19 - fig. 2, schema electrică a amplificatorului de intrare pentru tensiune;
- 21 - fig. 3, nivelele de tensiune maxime ale amplificatorului de intrare de tensiune;
- 23 - fig. 4, schema electrică a amplificatorului de intrare pentru curent;
- 25 - fig. 5, schema electrică a amplificatoarelor de intrare;
- 27 - fig. 6, schema bloc a modulului de sincronizare;
- 29 - fig. 7, schema electrică a modulului de sincronizare;
- 31 - fig. 8, schema bloc a generatorului cu sinteza digitală tip LTC;
- 33 - fig. 9, schema electrică a modului de achiziție date;
- 35 - fig. 10, schema electrică a modulului de transmitere a datelor achiziționate;
- 37 - fig. 11, unitatea de calcul, stocare și transmitere a datelor/informațiilor.
- Sistemul inteligent de măsurare și monitorizare on-line a parametrilor energiei  
electrice produsă/transportată/distribuită/furnizată/consumată și a parametrilor de calitate a  
energiei electrice, prezentat în fig. 1, este alcătuit din:
1. Amplificatoarele de intrare **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** pentru fiecare din mărimile ce se  
conectează direct la sistem, trei pentru tensiunea de pe trei faze, trei pentru curentul de pe  
cele trei faze de curent, câte unul pentru curentul și tensiunea de nul.
  2. Modulul de sincronizare achiziție de date **9**, format dintr-o bucla PLL, având ca  
referință tensiunea de pe faza  $U_R$ .
  3. Modul de achiziție de date, format dintr-un etaj ADC **10** și un controler de achiziție  
**13** ce comandă etajul ADC sincron cu semnalele primite de la bucla PLL.
  4. Modulul de comunicație internă, ce primește datele de achiziție pe o rețea SPI și  
o transmite print-un LAN intern modulului de prelucrare, memorare, afișare și transmisie  
externă **15**.
  5. Modulul de calcul, stocare rezultate, afișare **16** și transmitere externă.
  6. Modulul GPS (Global Positioning System) **17**, pentru sincronizarea măsurătorilor  
de la mai multe sisteme de măsură și monitorizare, dispuse în puncte de măsură diferite.
- Amplificatorul de intrare de tensiune, este un etaj care are rolul de a adapta nivelul  
de tensiune al mărimii de măsurat la nivelul corespunzător necesar intrării în circuitele  
electronice folosite. De asemenea un alt rol important este acela de a izola galvanic intrarea  
de măsură de restul etajelor.

# RO 130938 B1

Pentru realizarea acestui tip de amplificator s-a ales circuitul din seria AMC produs de Texas Instruments cu funcția specială de izolator galvanic, dar și de convertor intrare - single ended- cu ieșire diferențială (ieșire necesară ca structură pentru circuitul de intrare al controlerului ADC (Analog to Digital Converter).	1
Acest tip de circuit este de tip special conceput să fie folosit în echipamentele de măsurare a energiei.	3
Modulul de intrare de tensiune din fig. 2 este compus din trei componente de bază:	5
- divizorul de intrare, format de rezistoarele R1 și R2, care are rolul de adaptare a nivelului de tensiune de intrare ( $100/220/400V_{rms}$ ) la nivelul $\pm 250 mV_{rms}$ , maxim admis pentru păstrarea liniarității etajului de intrare. Pentru calculul celor două valori de rezistor, se ține cont de impedanța de intrare a circuitului AMC în regim dinamic;	7
- circuitul de amplificare și izolare galvanică AMC, care are la intrare și ieșire filtre de tip gama, cu rol de anti-aliasing (antidistorsiune) pentru ieșire și pentru stabilitatea buclei de măsură pentru intrare. Valoarea semnalului la ieșire este multiplicată cu 8 față de cel din intrare și are o tensiune de mod comun de $1,29 V_{CC}$ , fig. 3;	9
- circuitul integrat U2, este o sursă izolată de tensiune, necesară alimentării părții izolate a amplificatorului de intrare.	11
La intrare, pe conectorul J1 este montat un descărcător ZnO, iar pe sursa de tensiune U2, paralel cu pinii de ieșire V0+ și V0-, este conectată o diodă Transil.	13
Amplificatorul de intrare pentru curent, are aceeași structură de bază cu amplificatorul de tensiune, mai puțin circuitul de intrare, fig. 4.	15
Singura diferență este la partea de intrare unde R1 este un shunt de precizie. Pentru protecția circuitelor s-a montat o diodă Transil, în paralel cu shuntul R1 și o diodă paralel de aceeași valoare pe ieșirea sursei de tensiune izolată.	17
Valoarea semnalului de ieșire are aceeași, caracteristică cu cea a etajului de amplificare de tensiune.	19
Schemele electrice complete ale amplificatoarelor de intrare sunt prezentate în fig. 5. Circuitul U3, în conexiune diferențială, este folosit pentru adaptarea nivelelor de tensiune pentru formatorul de semnal de referință pentru bucla PLL. Având în vedere că circuitul de intrare a formatorului necesită calarea pe tensiunea de mod comun a semnalului activ, aceasta se poate regla din raportul rezistoarelor R19 și R20.	21
Modulul de sincronizare are la bază bucla PLL digitală, fig. 6, compusă dintr-un formator de semnal pentru semnalul de referință, un generator cu sinteza digitală a frecvenței și un circuit de comandă și control format dintr-un microcontroller.	23
Modulul are rolul de a folosi semnalul de referință de la intrarea de tensiune $U_r$ și a genera un semnal multiplicat de N ori, sincron cu semnalul de referință. Valoarea lui N este egală cu rata de eșantionare a circuitului de conversie analog numerică și este variabilă, pentru o rată de eșantionare corespunzătoare cu 512/256/128 puncte pe perioadă. Selecția valorii lui N este făcută automat de către echipament sau manual de către utilizator. Evenimentele de înaltă rezoluție (cum sunt oscilațiile bruște de tensiune) sunt realizate cu o rată ridicată de eșantionare (512 eșantioane pe o perioadă a unei sinusoidale), în timp ce evenimentele de joasă rezoluție (cum sunt cele caracterizate prin schimbări lente în timp, de tip goluri de tensiune - SAG și creșteri de tensiune - SWELL) sunt realizate cu o rată de eșantionare mai scăzută (128 eșantioane pe o perioadă a unei sinusoidale), evenimentele de joasă rezoluție putând fi astfel captate și stocate pe o perioadă mai lungă de timp. Valorile lui N sunt presetate 25600/12800/6400. Ajustările ulterioare se fac de către bucla PLL, astfel încât într-un interval de $V_2$ din semnalul de referință să fie generate 512/256/128 de perioade ale semnalului multiplicat.	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

# RO 130938 B1

1 Modulul este necesar pentru calculul corect și cu precizie ridicată a valorilor RMS ale  
semnalelor de tensiune și curent și mai ales pentru calcule corecte și precise folosind  
3 algoritmul FFT - Fast Fourier Transform, pentru determinarea caracteristicilor armonicilor  
de tensiune și curent.

5 Pentru o eșantionare de 512 puncte/perioada frecvență de bază  $f_0$  a generatorului  
buclei PLL este de 25,6 kHz.

7 După formatorul de semnal, se va obține un semnal digital, divizat cu 2, astfel încât  
durata pozitivă a semnalului obținut să fie egală cu perioada semnalului de referință. Poarta  
9 va fi deschisă o perioadă întreagă, lăsând să treacă semnalul de la generatorul digital.

11 La inițializare, microcontrolerul va comanda generatorul să genereze un semnal de  
25,6 kHz, care are o perioadă de 39  $\mu$ s. La sosirea unui front crescător pe intrarea de  
intrerupere INTA a microcontrolerului, acesta va inițializa numărătorul intern TC0, sa numere  
13 ce semnalele la intrarea CK0. Când semnalul la intrarea INTA, trece în zero, numărătoarea  
se oprește. În acest moment se calculează frecvența reală a semnalului de referință. Dacă  
15 N1 este numărul de impulsuri numerate, atunci frecvența reală este  $1/N1 \times 39 \mu$ s. Astfel,  
frecvența obținută se va seta de către microcontroller în generatorul digital, se va calcula  
17 valoarea perioadei, se va memora și se va folosi la calculul perioadei T2, la a doua măsu-  
rătoare. Și așa mai departe. Sincronizarea cu frecvența de referință are cel mult o întârziere  
19 de 20 ms, perioada de timp mult mai scurtă decât la o buclă PLL clasică.

21 În cazul în care semnalul de referință lipsește, se va menține ultima valoare obținută  
corect. Condiția de calare a buclei va rămâne de 47,5-52,5 Hz. Aparatul va funcționa și în  
afara acestui domeniu, dar precizia va rămâne doar în domeniul amplitudinilor, ceea ce  
23 corespunde condițiilor de clasă de precizie A.

25 Schema electrică a modului de sincronizare este prezentată în fig. 7. Se aplică  
semnalul de referință la conectorul de intrare, prin intermediul filtrului gama R31/C34, cu  
forma sinusoidală și tensiunea de mod comun 1,29  $V_{CC}$ .

27 După ce semnalul trece de filtrul R31/C34, el se aplică intrării PA0 a micro-  
controlerului ATXMega. Această intrare este setată ca și comparator analogic, cu prag de  
29 comparare reglabil, ce se va determina până la egalarea cu tensiunea de mod comun a  
semnalului de referință. Ieșirea comparatorului de semnal (cu funcție de formator de semnal  
31 digital) PA7, se conectează la intrarea PD2 și la intrarea CLK a unui circuit de tip D, în  
configurație de divizor cu 2. Ieșirea acestui circuit de tip D se conectează la intrarea PD3 a  
33 microcontrolerului. Circuitul U7 este o poartă inversoare. Circuitul U5 este un generator cu  
sinteză digitală, tip LTC. Acesta comunică prin interfața SPI cu microcontrolerul ATXM,  
35 interfața rapidă, prin care frecvența reală se setează după fiecare numărare și recalculare.  
Circuitul LTC este un circuit specializat, folosit în sinteza directă a unui semnal digital, în  
37 gama 1kHz-68 MHz.

39 Schema bloc a circuitului generatorului LTC este prezentată în fig. 8. Calcularea  
frecvenței de ieșire se va face cu relația:

41 unde:

$$f = 2^{OCT} \times \frac{2078}{2 - \frac{DAC}{1024}}$$

43

45 - DAC poate lua o valoare cuprinsă între 0 și 1024 și se va regăsi în registrul portului  
serial DAC [9:0];

47 - OCT poate lua valori între 0-15, și se regăsește în registrul OCT [3:0].



# RO 130938 B1

La conectorul J12, se aplică cele două semnale de sincronizare, și anume semnalul de frecvență joasă sincron cu semnalul de referință și semnalul de frecvența multiplă, pentru comanda eșantionării semnalelor achiziționate.	1
Aceste două semnale se vor conecta la două intrări de întrerupere a microcontrolerului de comandă și control achiziție.	3
Schema bloc a modului de achiziție de date este prezentată în fig. 9. Modulul este format din două componente principale și anume un circuit de conversie analog numeric de tip front-end, special conceput de firma producătoare pentru utilizarea în sisteme de analiza a semnalelor de tipul MCP și un controler de comanda achiziție și sincronizare. Circuitul convertor analog numeric (ADC), are la intrările analogice de tip diferențial conectate ieșirile amplificatoarelor de intrare pentru caile de curent și tensiune. Acest circuit are achiziție simultană, datorită construcției interne, cu posibilitatea de corecție a defazajului pe câte două canale. De aceea cuplarea la intrări se va face în ordinea AN1 = Ur, AN2 = Ir, AN3 = Us, AN4 = Is, AN5 = Ut, AN6 = It. Rezoluția de conversie este de 16/24 biți, la o viteză reglabilă între 16 și 64 kbps/canal.	5
Comanda de achiziție este dată de către controlerul de sincronizare, cu transmisie simultană către modulul controler Ethernet, transmisie făcută pe o interfață serială rapidă tip SPI.	7
Acest controler de sincronizare primește de la bucla PLL, semnale sincrone cu semnalele de măsură tensiune. Semnalele sunt de două tipuri:	9
- un semnal sincron, de aceeași frecvență cu semnalul de intrare, dar în format digital;	11
- un semnal tot sincron, dar cu o frecvență multiplicată cu 512, pentru comanda achiziției de date.	13
Cele două semnale sunt folosite pentru a comanda fiecare conversie pentru cele 10 perioade de achiziție ale unui eșantion de analiză.	15
Modulul controller Ethernet este un modul ce se interpune între modulul de achiziție și cel de prelucrare cu rolul de a transfera de pe o interfață SPI (ieșirea de date a modulului de achiziție) la o interfață Ethernet LAN (intrare modul de prelucrare). Aceasta permite rămânerea la o viteză superioară de transmitere de date (30 MHz-SPI la 100 MHz Ethernet LAN).	17
Modulul este construit cu ajutorul a două circuite ce au funcție dedicată pentru transmiterea de date și anume un controler pe 32 biți și un controller specializat pentru transmiterea informației pe line tip Ethernet.	19
În fig. 10 este prezentată schema electrică a modulului de transmitere a datelor achiziționate.	21
Informația de la modulul de achiziție este transmisă la conectorul de intrare J6 al modulului de transmisie a datelor. Acest conector este legat la portul PX27/28/29/30 al controlerului AT32, port setat ca interfață SPI. Conectarea cu controlerul de Ethernet este în mod RMII, controlerul Ethernet având funcția de master.	23
Circuitul U12 este o sursă step-down, cu randament ridicat, necesară reducerii tensiunii generale de alimentare la nivelul la care funcționează cele două circuite specializate menționate.	25
Conectarea cu una din intrările de interfață Ethernet a plăcii de prelucrare și memorare se face la conectorul J1.	27
Conectorul J7 este folosit pentru programarea și depanarea programului intern al controlerului AT32.	29

# RO 130938 B1

1           Semnalele de interconectare cu modulul de sincronizare și comanda achiziție sunt  
standard SPI, plus un semnal de START/STOP, necesar pentru sincronizarea transmisiei.

3           Unitatea de calcul, stocare și transmitere a informației, fig. 11, primește datele de la  
modulul de achiziție (prin intermediul modulului de transmisie) și le prelucrează conform  
5           standardelor specifice.

7           Acest modul este un modul de calculator embedded, cu un procesor de tip quad-core,  
ce lucrează cu un maxim de memorie minimum 8 GB, de tip DDR3, cu frecvența de lucru de  
minimum 1666 MHz.

9           Are suport SATA pentru conectarea de HDD, SSD sau SHDD.

11          Are de asemenea două linii de comunicație Ethernet de tip Gigabyte, cu porturi USB  
și RS232, ieșire DVI-D și D-Sub pentru conectarea monitorului video propriu al sistemului.

13          Pentru sincronizarea externă a ceasului se folosește un receptor GPS.

15          Sistemul este dotat cu un afișor local LCD 7", cu touchscreen, precum și un roller  
mouse, aflat pe panoul frontal. Tastatura folosită este de tip virtual, de tip OSK (On-screen  
keyboard).

17          Sistemul funcționează având la bază platforma Windows XP, completată de  
programe software de aplicație și client dezvoltate pentru achiziție, prelucrare, stocare,  
transmitere, afișare date, emiter rapoarte etc.

19          Pentru alimentarea întregului sistem s-a ales soluția unui convertor 12 Vcc la sistemul  
ATX, încât această tensiune, 12 Vcc este mult mai ușor de obținut din aproape orice tip de  
21          alimentare ce ar putea fi impusă și orice gamă de tensiune de intrare, inclusiv panouri solare.

23          Întreg sistemul este cu răcire pasivă, fără elemente în mișcare, atribut ce-i conferă  
fiabilitate crescută și mentenanță redusă în exploatare.

## 25           Bibliografie

- 27           1. US 20150019148 A1 Oct. 1, 2014 Jan. 15, 2015.  
2. US 20120029715A1 Jul29 2011 Feb 2 2012.  
29           3. US 8121801 B2 Sep 16, 2008, Feb 21, 2012.  
4. US 20110112779A1, Nov 5 2010, May 12 2011,.  
31           5. US 20110080197A1, Oct 4 2010, Apr 7 2011.  
6. US 20130158906A1, Dec 15, 2011, Jun 20, 2013.  
33           7. US 20100324845A1, Apr 3, 2008, Dec 23, 2010.  
8. US 5627759 A, Mai 31 1995, Mai 6 1997.  
35           9. US 4978911 A, Feb 23, 1989, Dec 18, 1990.  
10. EP 2762900 A1, Jan 30, 2013, Aug 6, 2014,.  
37           11. US 7474087 B2, Mar 3, 2005, Jan 6, 2009,.  
12. US 20120062211A1, Sep 9, 2010, Mar 15, 2012.  
39           13. DE 102013001831 A1, Jul 11, 2012, Feb 28, 2013.  
14. US 6636030 B1, Mar 15, 2002, Oct 21, 2003.  
41           15. US 20120161750A1, Mar 2, 2011, Jun 28, 2012.  
16. WO 2013/132292 A1, Mar. 09, 2012, Sept. 12, 2013.  
43           17. WO 02065610(A2), Feb. 15, 2001, Aug. 22, 2002.  
18. US 20030187550, April 1, 2002, October 2, 2003.

# RO 130938 B1

## Revendicări

1. Sistem inteligent de măsurare și monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice și a parametrilor de calitate a energiei electrice, integrat în SMART GRID, **caracterizat prin aceea că**, alcătuit din un modul de calcul (**15**), cu un procesor quad core, cu frecvența de lucru de 1,7 GHz, o memorie DDR3 de 8 GB și o capacitate de stocare pentru sistemul de operare și aplicație de 240 GB SSD conectat prin USB la un modul GPS utilizat pentru sincronizarea ceasului intern al echipamentului și în același timp pentru generarea de etichete de timp precise pentru pachetele de date înregistrate, pachete de date generate de către controlerul de achiziție (**13**) ce comandă ADC sincron cu semnalele primite de la bucla PLL, acest modul având rolul de a transforma informația analogică în informație digitală, sincronă cu semnalul achiziționat, pentru un interval fix de 10 perioade, ce primește datele de la un modul de sincronizare achiziție de date (**9**), format dintr-o bucla PLL, ca referință tensiunea de pe faza UR, ale cărui date de intrare reprezintă amplificatoare de intrare (**1-8**) pentru fiecare din mărimile ce se conectează direct la sistem, trei pentru cele tensiunea de pe trei faze, trei pentru (**16**) curentul de pe cele trei faze de curent, câte unul pentru curentul și tensiunea de nul, amplificatoarele având rolul de adaptare a nivelului mărimilor de intrare la nivelul optim de măsură a circuitelor interne ale aparatelor, precum și izolarea galvanică a fiecărui canal de măsură, semnalele obținute la ieșirea amplificatoarelor de intrare conectându-se la intrarea unui circuit de conversie analog/numerică ADC (**10**).
2. Metoda de măsurare și monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice și a parametrilor de calitate a energiei electrice, care folosește sistemul de la revendicarea independentă 1, **caracterizată prin aceea că**, constă în următoarea serie de pași:
- achiziționarea formelor undelor de curent și de tensiune, de pe o fază sau de pe cele trei faze ale rețelei electrice, în punctul de măsură în care este conectat, prin eșantionarea semnalelor sinusoidale de curent sau tensiune, sincronizat cu frecvența semnalului de tensiune măsurat și cu o viteză mare de eșantionare, și anume 512 eșantioane/o perioadă a semnalului sinusoidal;
  - stocarea în memoria proprie a echipamentului, memorie localizată în unitatea de calcul, stocare și afișare (**15**), a formelor undelor semnalelor sinusoidale de curent și tensiune;
  - sincronizarea datelor măsurate cu referința de timp a centrului de management al datelor/informațiilor; ceasul intern al echipamentului este sincronizat cu timpul UTC prin intermediul receptorului GPS inclus, astfel încât evenimentele vor fi sincronizate în timp;
  - reglarea vitezei de eșantionare pentru stocarea formelor undelor de curent și de tensiune, în trei trepte: 512/256/128 eșantioane/perioada semnalului sinusoidal; evenimentele de înaltă rezoluție sunt realizate cu o rată ridicată de eșantionare ,512 eșantioane pe o perioadă a undei sinusoidale, în timp ce evenimentele de joasă rezoluție, cum sunt cele caracterizate prin schimbări lente în timp, de tip goluri de tensiune - SAG și creșteri de tensiune - SWELL, sunt realizate cu o rată de eșantionare mai scăzută 128 eșantioane pe o perioadă a undei sinusoidale, evenimentele de joasă rezoluție putând fi astfel captate și stocate pe o perioadă mai lungă de timp;
  - detecția, înregistrarea și alarmare privind tentativele de acces neautorizat, prind metode de securizare software;
  - achiziționarea, prelucrarea și stocarea în regim automat a datele privind formele undelor de curent și de tensiune, achiziționarea realizându-se automat prin detecție de eveniment prin schimbarea multiplicatorului N din bucla PLL, sau manual de către utilizator;

# RO 130938 B1

- 1 g) identificarea automată a defecțiunilor caracterizate prin golurile de tensiune,  
creșterile de tensiune, întreruperile de tensiune, ora producerii, durata evenimentului, fiecărui  
3 eveniment fiind atribuite eticheta de timp GPS pentru a se putea folosi cu precizie în cazul  
analizelor de defect;
- 5 h) comunicația bidirecțională, securizată, cu centrul de management datelor/infor-  
mațiilor și respectiv accesul securizat a acestuia, la datele stocate de sistemul de măsură  
7 și monitorizare, pentru consultare și extragere de date, respectiv pentru verificarea periodică  
și actualizarea software-ului inter, în baza unui acces securizat, utilizatorii putându-se conecta  
9 și pot extrage, de la distanță, informații înregistrate în baza de date pentru a putea urmări  
evoluția în timp a parametrilor monitorizați și pentru a putea face la nevoie analiza de defect;
- 11 i) măsurarea și monitorizarea on-line a parametrilor care caracterizează energia  
electrică și respectiv calitatea energiei electrice în punctul de măsură în care este conectat.

# RO 130938 B1

(51) Int.Cl.

**G01R 13/00** (2006.01);  
**G01R 21/133** (2006.01);  
**G01R 31/08** (2006.01);  
**G06F 17/40** (2006.01)

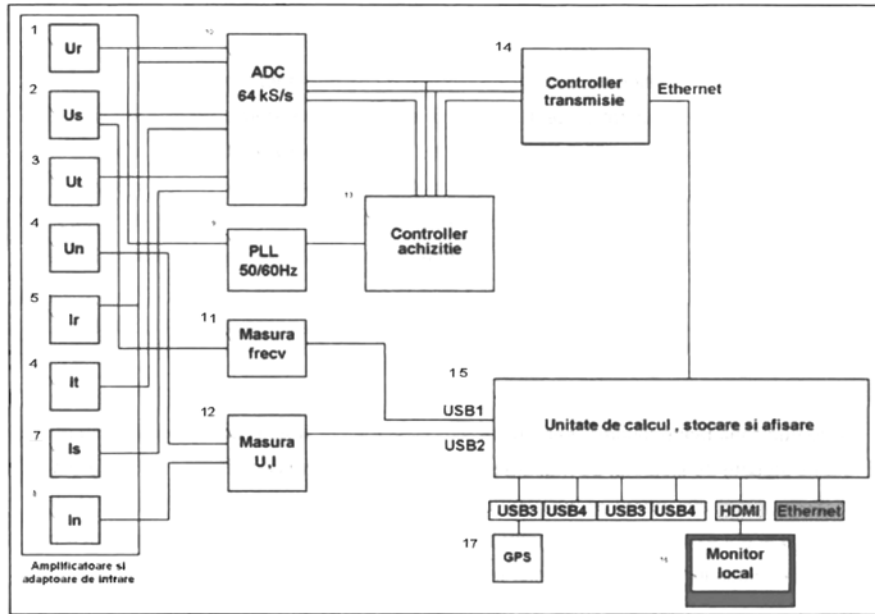


Fig. 1

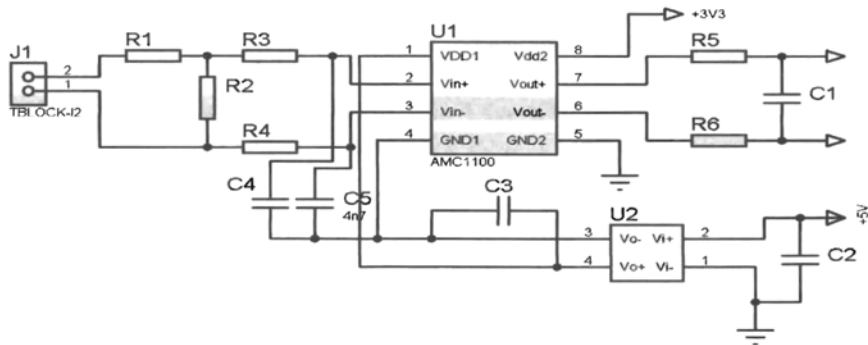


Fig. 2

# RO 130938 B1

(51) Int.Cl.

**G01R 13/00** (2006.01);

**G01R 21/133** (2006.01);

**G01R 31/08** (2006.01);

**G06F 17/40** (2006.01)

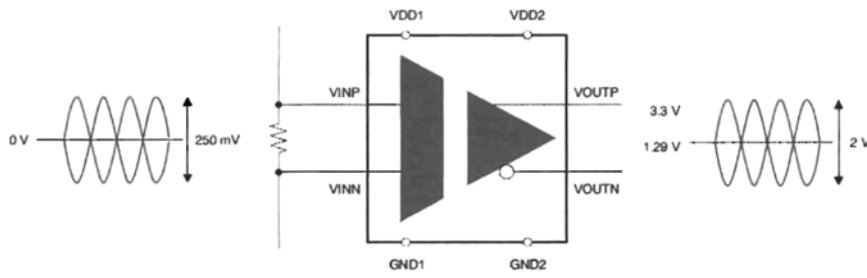


Fig. 3

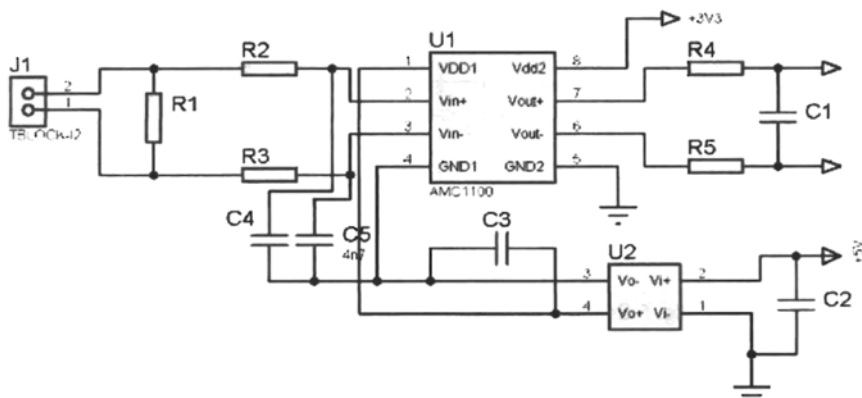


Fig. 4



# RO 130938 B1

(51) Int.Cl.

**G01R 13/00** (2006.01);

**G01R 21/133** (2006.01);

**G01R 31/08** (2006.01);

**G06F 17/40** (2006.01)

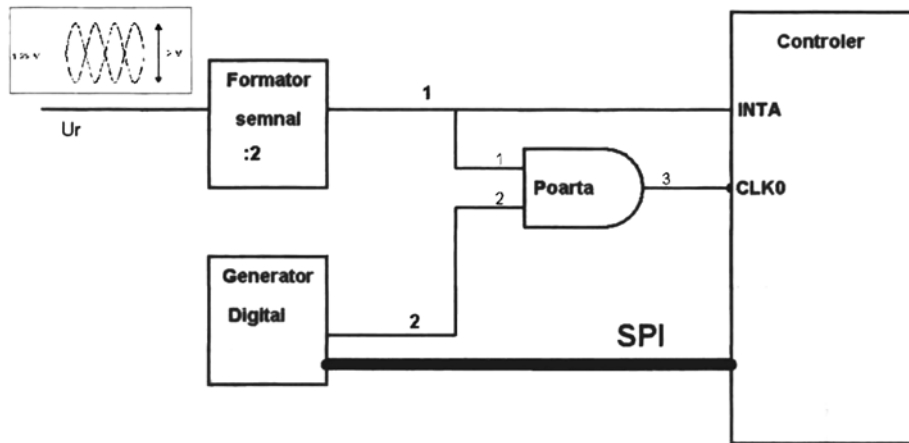


Fig. 6

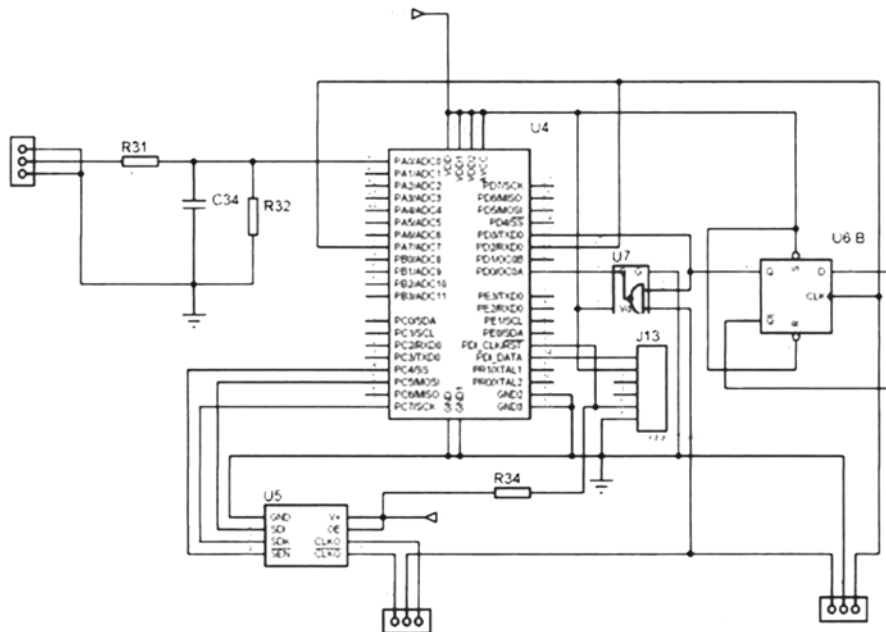


Fig. 7



# RO 130938 B1

(51) Int.Cl.

**G01R 13/00** (2006.01);  
**G01R 21/133** (2006.01);  
**G01R 31/08** (2006.01);  
**G06F 17/40** (2006.01)

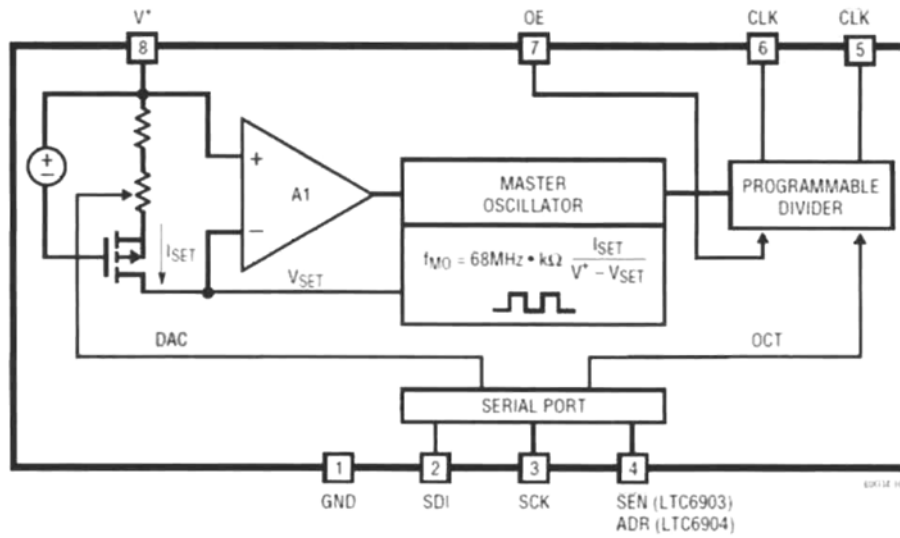


Fig. 8

# RO 130938 B1

(51) Int.CI.

**G01R 13/00** (2006.01);

**G01R 21/133** (2006.01);

**G01R 31/08** (2006.01);

**G06F 17/40** (2006.01)

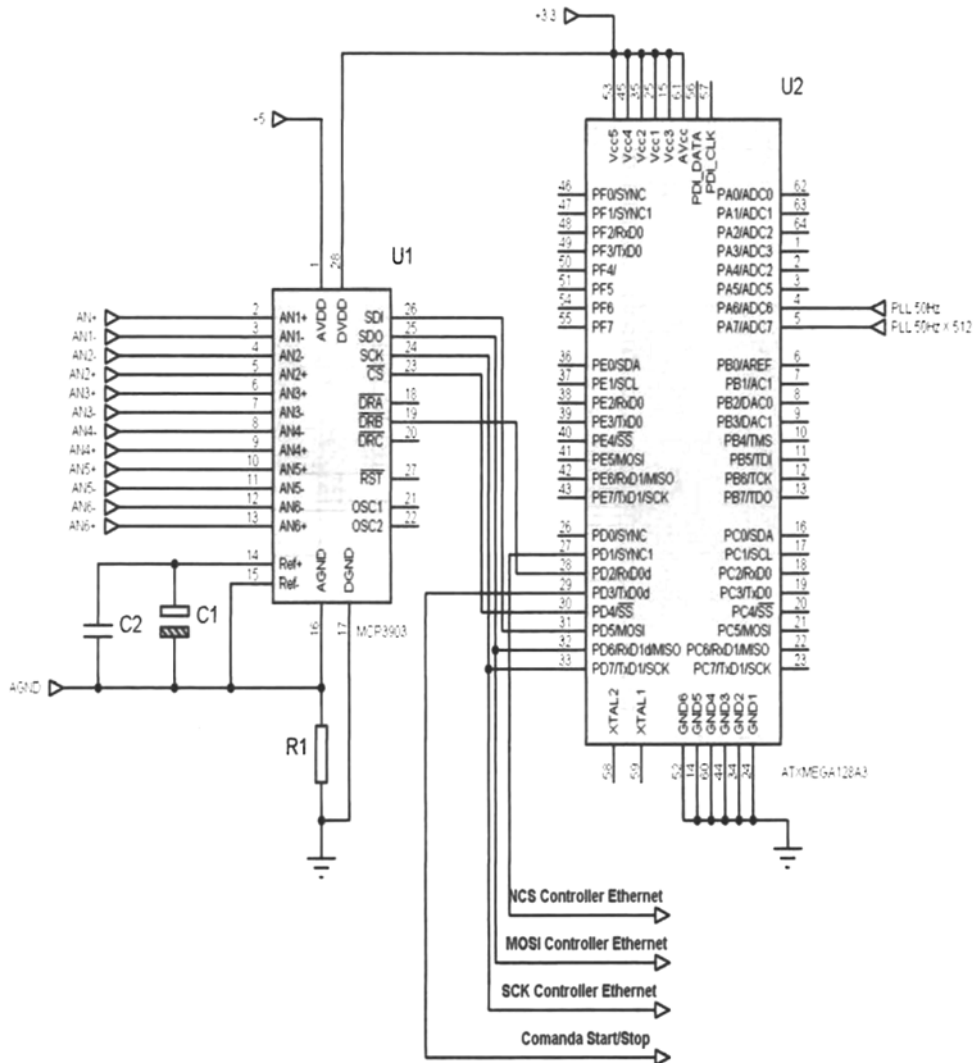


Fig. 9

# RO 130938 B1

(51) Int.Cl.

**G01R 13/00** (2006.01);  
**G01R 21/133** (2006.01);  
**G01R 31/08** (2006.01);  
**G06F 17/40** (2006.01)

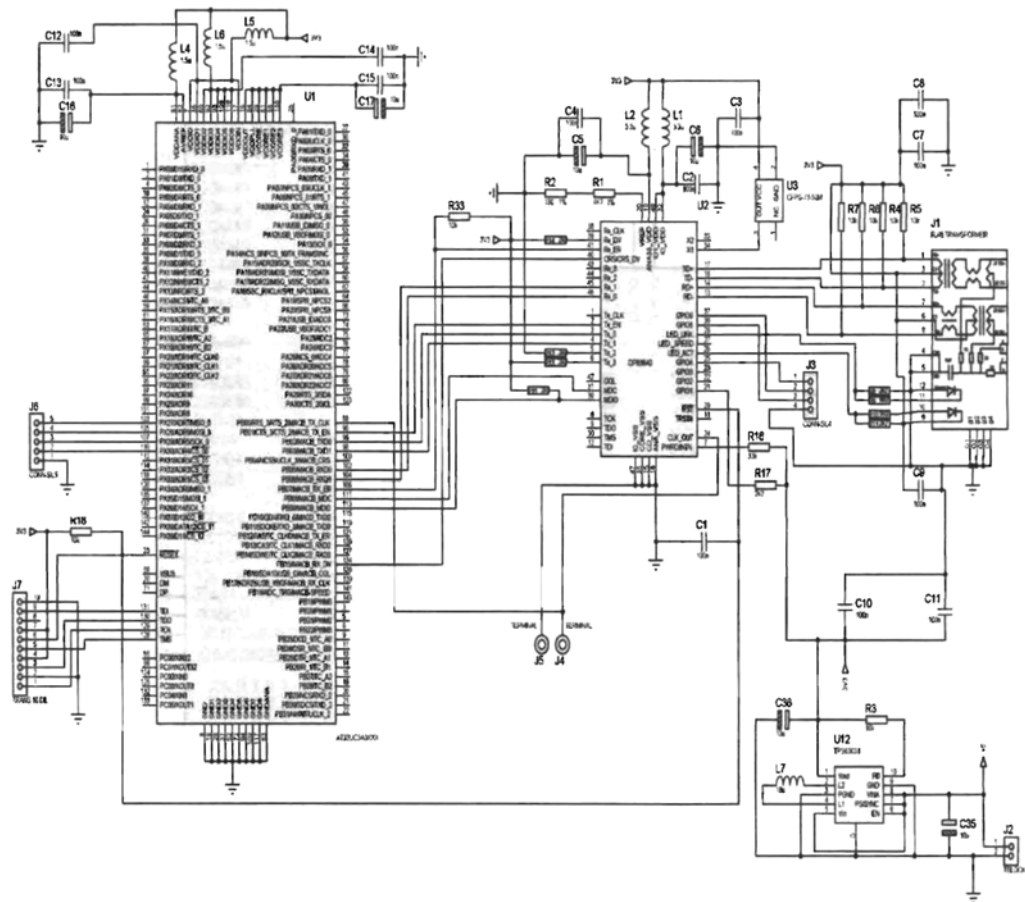


Fig. 10

# RO 130938 B1

(51) Int.Cl.

**G01R 13/00** (2006.01);

**G01R 21/133** (2006.01);

**G01R 31/08** (2006.01);

**G06F 17/40** (2006.01)

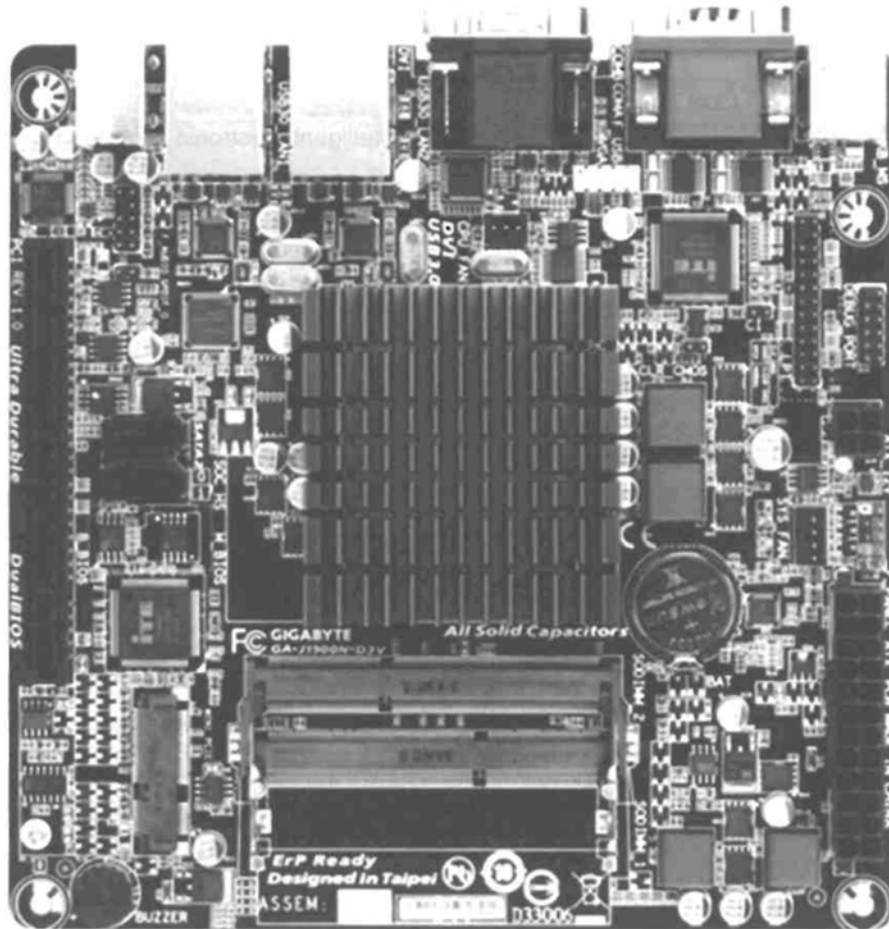


Fig. 11



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 438/2023