



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01049**

(22) Data de depozit: **20/10/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/12/2018** BOPI nr. **12/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2012 BOPI nr. **3/2012**

(73) Titular:
• **POP EMIL**, STR. 1 DECEMBRIE 1918,
BL. 76, SC. 2, ET. 3, AP. 14, PETROȘANI,
HD, RO;
• **SOCHIRCĂ BOGDAN NICOLAE**,
STR. ȘT. O. IOSIF, BL. 2B, SC. 1, ET. 3,
AP. 11, PETROȘANI, HD, RO

(72) Inventatori:
• **POP EMIL**, STR. 1 DECEMBRIE 1918,
BL. 76, SC. 2, ET. 3, AP. 14, PETROȘANI,
HD, RO;
• **SOCHIRCĂ BOGDAN NICOLAE**,
STR. ȘT. O. IOSIF, BL. 2B, SC. 1, ET. 3,
AP. 11, PETROȘANI, HD, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 6397322 B1; US 5432711;
WO 2004/010083

(54) **AUTOMAT PROGRAMABIL CU SIGURANȚĂ INTRINSECĂ**



1 Invenția se referă la un automat programabil, cu siguranță intrinsecă, destinat lucrului
în mediile potențial explozive, automat programabil ce poate fi utilizat în medii industriale
3 periculoase, cum ar fi cele din minerit.

Un automat programabil este un echipament electronic cu funcționare digitală, care
5 utilizează un dispozitiv programabil pentru stocarea internă a programului, pentru a
implementa algoritmi specifici, cum ar fi funcții logice, secvențiale, de temporizare, de
7 numărare și aritmetice, în scopul conducerii diferitelor tipuri de mașini sau procese prin
intrări/ieșiri digitale sau analogice. Circuitul cu protecție intrinsecă este un circuit în care orice
9 scânteie sau efect termic produs atât în condiții de funcționare normală, cât și în condiții
nefavorabile sau defectuoase, nu este capabil să producă aprinderea unei atmosfere
11 gazoase explozive, conform standardului IEC 60079-11.

Echipamentele cunoscute ZM51 sau BMAC nu sunt destinate mediilor potențial
13 explozive, ci adaptate prin interpunerea unor circuite de siguranță între mediul exploziv și
automatul programabil, sunt realizate cu multă electronică, având volum și consum de
15 energie mare, iar software-ul integrat este puțin flexibil.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția de față constă în realizarea unui automat
17 programabil ce poate fi folosit în medii potențial explosive.

Automatul programabil, conform invenției, rezolvă dezavantajele de mai sus prin
19 faptul că are în construcția sa barierele de siguranță integrate pentru lucrul în mediul
potențial exploziv, fiind proiectat pentru această destinație. Este structurat cu flexibilitatea
21 utilizării datorită limbajului folosit pentru programarea automatului, și anume, de tip ladder,
în conformitate cu standardul IEC 61131, apropiat de activitatea inginerescă, ușor de
23 programat și depanat, eliminându-se astfel necesitatea unui personal specializat pentru
utilizare. Odată cu automatul este disponibil și codul sursă, permițându-se personalizarea
25 automatului conform nevoilor utilizatorilor de dezvoltării ulterioare, cum ar fi extensii sau
adăugare de noi interfețe.

Astfel, automatul programabil cu protecție intrinsecă, folosit pentru conducerea
27 proceselor din medii industriale sau medii potențial explozive, are o structură de organizare
a elementelor constructive dispusă pe 4 niveluri, o unitate centrală de comandă și control (un
29 microcontroler de tip PIC) dispune de un ecran folosit pentru afișarea diagramelor ladder,
diagrame care constituie modalitate de programare, și are inclus în construcția sa internă o
31 barieră de siguranță intrinsecă, formată dintr-o diodă zener, un rezistor de putere și un fuzibil,
disponibilă pentru fiecare dintre intrările automatului, bariera de siguranță având următorii
33 parametri de funcționare: $U_{max} = 24 \text{ V}$ și $I_{max} = 90 \text{ mA}$.

Structura modulară a automatului programabil cu protecție intrinsecă dispune de 4
35 niveluri de organizare a elementelor constitutive, și anume, primul nivel asigură preluarea
datelor din mediul extern cu ajutorul celor 8 intrări protejate prin intermediul unui fuzibil, și
37 trimite semnalele de ieșire din unitatea centrală de comandă și control, semnale amplificate
prin intermediul unor tranzistori în conexiune Darlington, către exterior, folosind relee, al
39 doilea nivel este nivelul de protecție, unde s-au implementat barierele de siguranță formate
dintr-o diodă zener, un rezistor de putere și un fuzibil, asigurându-se totodată în cadrul
41 aceluiași nivel și formatarea semnalului prin intermediul optocuploarelor, nivelul 3 este nivelul
de procesare a diagramelor ladder, nivel unde se află și unitatea centrală de comandă și
43 control, și un buzzer, ultimul nivel fiind nivelul de afișare și comandă, format dintr-un ecran,
două joystick-uri folosite la implementarea diagramelor ladder, un buton de restartare și un
45 jumper folosit pentru activarea/dezactivarea buzzerului, interconectarea nivelurilor
realizându-se prin intermediul unor conectori, oferind astfel posibilitatea înlocuirii acestor
47 niveluri cu alte niveluri având alți parametri de funcționare. Semnalul de intrare digital nu are
49 o valoare fixă definită, ci poate lua valori între 5 și 24 V.

În cele ce urmează se va face o descriere detaliată a obiectului invenției în legătură cu fig. 1...8, ce reprezintă:	1
- fig. 1, diagramă bloc în care este prezentat modul de conectare a diverselor componente de comandă, control și afișare la unitatea de calcul (PIC 18F4520) care gestionează în mod direct automatul cu protecție intrinsecă;	3
- fig. 2, diagramă bloc în care sunt evidențiate intrările și ieșirile automatului;	5
- fig. 3, diagramă bloc în cadrul căreia se prezintă implementarea protecției intrinseci a automatului conform invenției;	7
- fig. 4, unitatea de afișare propriu-zisă a automatului, care permite programarea întregului proces de comandă și control, utilizând ca și modalitate de programare diagramele ladder;	9
- fig. 5, un exemplu de programare a automatului prin evidențierea unui model de program creat cu ajutorul diagramelor ladder;	11
- fig. 6, o imagine în care este prezentat modul de amplasare a operatorilor și a simbolurilor utilizate în programarea cu ajutorul diagramelor ladder pe ecranul automatului;	13
- fig. 7, dispunerea nivelurilor și a pompelor, în cazul folosirii automatului pentru comanda evacuării apelor subterane;	15
- fig. 8, schema logică a algoritmului evacuării apelor subterane;	17
- fig. 9, implementarea algoritmului evacuării apelor subterane, cu simbolurile automatului;	19
- fig. 10, instalația de laborator folosită la testare.	21
Automatul programabil cu protecție intrinsecă este realizat din punct de vedere structural pe 4 niveluri funcționale. Primul nivel este nivelul destinat intrărilor/ieșirilor (fig. 2), al doilea nivel este nivelul de protecție, unde s-au implementat barierele de siguranță (fig. 3), nivelul 3 este nivelul de procesare a diagramelor ladder (fig. 1), nivel unde se află microcontrolerul, ultimul nivel fiind nivelul de afișare și comandă (fig. 4).	23
Ca și unitate centrală de comandă și control s-a utilizat un microcontroler de tip PIC, mai exact modelul PIC18F4520 15 cu o frecvență de lucru de 40 MHz.	25
În paralel cu ieșirea Q8 este disponibil un buzzer ce poate fi activat sau dezactivat din jumper-ul 22 situat pe panoul frontal.	27
Cele 8 ieșiri se conectează la un port, de exemplu, portul B al microcontrolerului 15 .	29
Cele 8 intrări se conectează la un alt port, de exemplu, portul D al microcontrolerului 15 .	31
Intrările 2 sunt protejate cu fuzibili 4 de 50 mA, care pot fi schimbați cu ușurință în cazul arderii acestora. Ieșirile 7 sunt de tip releu 6 cu o tensiune maximă pe contact de 250 V și un curent de 10 A. Transmiterea semnalului de la intrările 2 la nivelul 2 al automatului se realizează prin intermediul unui conector 3 . Transmiterea semnalului de ieșire de la microcontrolerul 15 la releele 7 se realizează prin intermediul unui conector 5 care este legat la un circuit cu tranzistoare Darlington 8 , cu rol de a amplifica în putere semnalul pentru comanda releelor 6 .	33
Semnalul de la intrări este legat de nivelul 2 al automatului prin intermediul unor optocuploare (CNY 74-4) 12 și rezistențe 13 , cu rol de formatare a semnalului de intrare, semnal ce se poate afla în plaja 0...24 V. Este proiectată o barieră de siguranță cu 8 canale, câte unul pentru fiecare intrare, barieră formată din rezistențe de putere 9 , fuzibil 11 și diodă 10 . Semnalul de la ieșirea barierei de siguranță este trimis nivelului de comandă și execuție prin intermediul unui conector 16 .	35
Nivelul 3 al automatului conține partea de procesare și executare a instrucțiunilor.	37

RO 127237 B1

Softul de comandă este implementat în memoria ROM a microcontrolerului. Comanda releelor se realizează din acest nivel prin intermediul unui conector **5**. Comanda display-ului grafic **20** se realizează tot din acest nivel prin intermediul altui conector **17**.

Display-ul **20** folosit este unul grafic monocrom, cu o rezoluție de 128 x 64 pixeli.

Pentru comanda ecranului **20** se folosesc 4 biți ai unui al treilea port, comanda făcându-se cu ajutorul protocolului SPI.

Pentru deplasarea pe ecran a cursorului se folosesc ceilalți 4 biți ai portului **C**, iar pentru selectarea semnelor grafice și a operanzilor se folosesc alți 2 biți, de exemplu, din portul **A**. Butonul start/stop este un alt bit din portul **A**.

Introducerea diagramelor ladder se realizează din nivelul 4 al automatului prin intermediul a 2 joystick-uri **19**. Se dispune de un buton de reset **21** pentru forțarea trecerii automatului în starea de repaus.

Semnalele preluate de la intrări sunt procesate după un anumit algoritm și apoi trimise la ieșire. Intrările și ieșirile automatului sunt:

- opt intrări digitale **2** în tensiune, ce pot avea orice valoare cuprinsă între 5 și 24 V, notate I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, în logică directă;

- opt ieșiri digitale **7**, notate O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8, de tip releu **6**.

Semnalul de intrare este preluat de primul nivel al automatului prin portul de intrare, trecând prin fuzibili de siguranță **4** (fuzibili ce pot fi schimbați în cazul în care aceștia se ard din cauza existenței unui curent mai mare decât valoarea acestora, în automatul prezentat acestea au o valoare de 50 mA), ajung la nivelul de protecție unde sunt implementate barierele de siguranță (în acest caz $U_{max} = 24\text{ V}$ și $I_{max} = 90\text{ mA}$). Dacă semnalul respectă valorile siguranței intrinseci pentru care a fost construită (siguranță compusă din diodă zener **10**, rezistor de putere **9** și fuzibil **11**), semnalul va trece mai departe, ajungând la optocuploarele **12**. Rolul acestora este de a asigura o transformare a semnalului de intrare dintr-o valoare de 5...24 V acceptată la intrarea automatului, la o valoare de fix 5 V pentru comunicarea cu unitatea centrală de prelucrare **15**, aflată la nivelul al treilea al automatului. La acest nivel și în unitatea centrală de prelucrare **15** (software-ul de comandă este implementat în memoria ROM a microcontrolerului) semnalele de la intrare sunt interpretate pe baza diagramelor ladder implementate de către operator (introduse de la cele 2 joystick-uri **19**, și vizualizate pe ecranul automatului **20**), rezultând un semnal de ieșire. Acest semnal este trimis înapoi la nivelul 1 al automatului, responsabil cu intrările și ieșirile, este amplificat cu ajutorul unor tranzistori în conexiune Darlington **8** de tip integrat, rezultând o comandă a celor 8 releu **6** care formează ieșirea automatului (relee ce suportă o tensiune maximă pe contact de 250 V și un curent de 10 A, cu ieșiri normal închise și normal deschise).

Se dispune de un buton de reset **21** pentru trecerea automatului în starea inițială.

Întregul automat se poate introduce în carcasă antideflagrantă.

Prin utilizarea programului se pot realiza releu de timp cu temporizare la închidere.

Se pot construi funcții logice simple, cum ar fi: AND, OR, NOT, NAND, NOR, dar și funcții logice complicate, respectând cerințele din fig. 6. Dacă folosim notația binară standard 0 pentru nivelul low, și 1 pentru nivelul high, putem utiliza un tabel de adevăr pentru reprezentarea logicii circuitului.

RO 127237 B1

a) Implementare funcție logică ȘI și SAU

Tabela de adevăr este următoarea:

I1	I2	I1 ȘI I2	I1 SAU I2
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Algoritmul implementat în partea din stânga va activa ieșirea O1 atunci când va primi semnal logic 1 (5...24 V) pe intrări I1 și/sau I2.

b) ȘI NEGAT și SAU NEGAT

Tabela de adevăr este următoarea:

I1	I2	I1 și Negat I2	I1 sau Negat I2
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0

Exemplu testat pentru evacuarea apelor subterane

Se dorește evacuarea apelor din subteran cu ajutorul a două pompe. Avem 3 niveluri: inferior, superior 1, superior 2 și două pompe **P1** și **P2**, cu care se realizează evacuarea.

Dacă apa ajunge la nivelul superior 1, se va porni o pompă de evacuare. Pompa se va opri doar când apa va ajunge la nivelul inferior. Dacă apa continuă să crească, pompa pornită anterior nefăcând față debitului, atunci la atingerea nivelului superior 2 se va porni și cealaltă pompă.

Ambele pompe se vor opri atunci când apa atinge nivelul inferior. Pentru protejarea pompelor, de fiecare dată când apa crește și ajunge la nivelul superior 1, va porni altă pompă, evitându-se pornirea aceleiași pompe de fiecare dată.

Intrările și ieșirile sistemului vor fi:

I1 - nivel inferior

I2 - nivel superior 1

I3 - nivel superior 2

O1 - pompa 1

O2 - pompa 2.

Algoritmul evacuării apelor subterane este conform fig. 8, iar implementarea algoritmului, cu simbolurile automatului, se regăsește în fig. 9, algoritmul fiind testat și implementat cu succes pe un stand de laborator (fig. 10).

Automatul programabil poate implementa prin software relee de timp (cu temporizare la închidere și temporizare la deschidere) în număr de 10, relee intermediare (normal închise și normal deschise) folosite pentru a implementa anumite funcții, în număr de 8. Prin software se poate inversa valoarea semnalului de la intrare pentru toate cele 8 intrări. Avantajul implementării acestora prin program folosind simbolurile descrise duc la un cost foarte mic (aproape zero, fiind implementate prin program), la o flexibilitate foarte mare (nu este necesar a se reface anumite conexiuni fizice, totul se realizează doar prin modificarea diagramelor). Automatul programabil poate ține cu succes locul mai multor relee, putând executa operații destul de complicate pentru a fi implementate fizic.

Revendicări

1

3

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

25

27

1. Automat programabil, cu protecție intrinsecă, folosit pentru conducerea proceselor din medii industriale sau medii potențial explozive, a cărui unitate centrală de comandă și control este un microcontroler (15) de tip PIC, dispunând de un ecran (20) folosit pentru afișarea diagramelor ladder, **caracterizat prin aceea că** prezintă o structură modulară dispusă pe 4 niveluri, având inclusă o barieră de siguranță intrinsecă, formată dintr-o diodă zener (10), un rezistor de putere (9) și un fuzibil (11), disponibilă pentru fiecare dintre cele 8 intrări (2) ale automatului, barieră de siguranță cu următorii parametri de funcționare: $U_{max} = 24\text{ V}$ și $I_{max} = 90\text{ mA}$.

2. Automat programabil, cu protecție intrinsecă, în conformitate cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** structura modulară este dispusă pe 4 niveluri astfel încât primul nivel asigură preluarea datelor din mediul extern cu ajutorul celor 8 intrări (2) protejate prin intermediul unui fuzibil (4), și trimite semnalele de ieșire din unitatea centrală de comandă și control (15), semnale amplificate prin intermediul unor tranzistori în conexiune Darlington (8), către exterior, folosind relee (6), al doilea nivel este nivelul de protecție unde s-au implementat barierele de siguranță formate dintr-o diodă zener (10), un rezistor de putere (9) și un fuzibil (11), asigurându-se totodată în cadrul aceluiași nivel și formatarea semnalului prin intermediul optocuploarelor (12), nivelul 3 este nivelul de procesare a diagramelor ladder, nivel unde se află și unitatea centrală de comandă și control (15), și un buzzer (24), ultimul nivel fiind nivelul de afișare și comandă, format dintr-un ecran (20), două joystick-uri (19) folosite la implementarea diagramelor ladder, un buton de restartare (21) și un jumper (22) folosit pentru activarea/dezactivarea buzzerului (24), interconectarea nivelurilor realizându-se prin intermediul unor conectori, oferind astfel posibilitatea înlocuirii acestor niveluri cu alte niveluri având alți parametri de funcționare.

3. Automat programabil, cu protecție intrinsecă, în conformitate cu revendicările 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** semnalul de intrare digital nu are o valoare fixă definită, ci poate lua valori între 5 și 24 V.

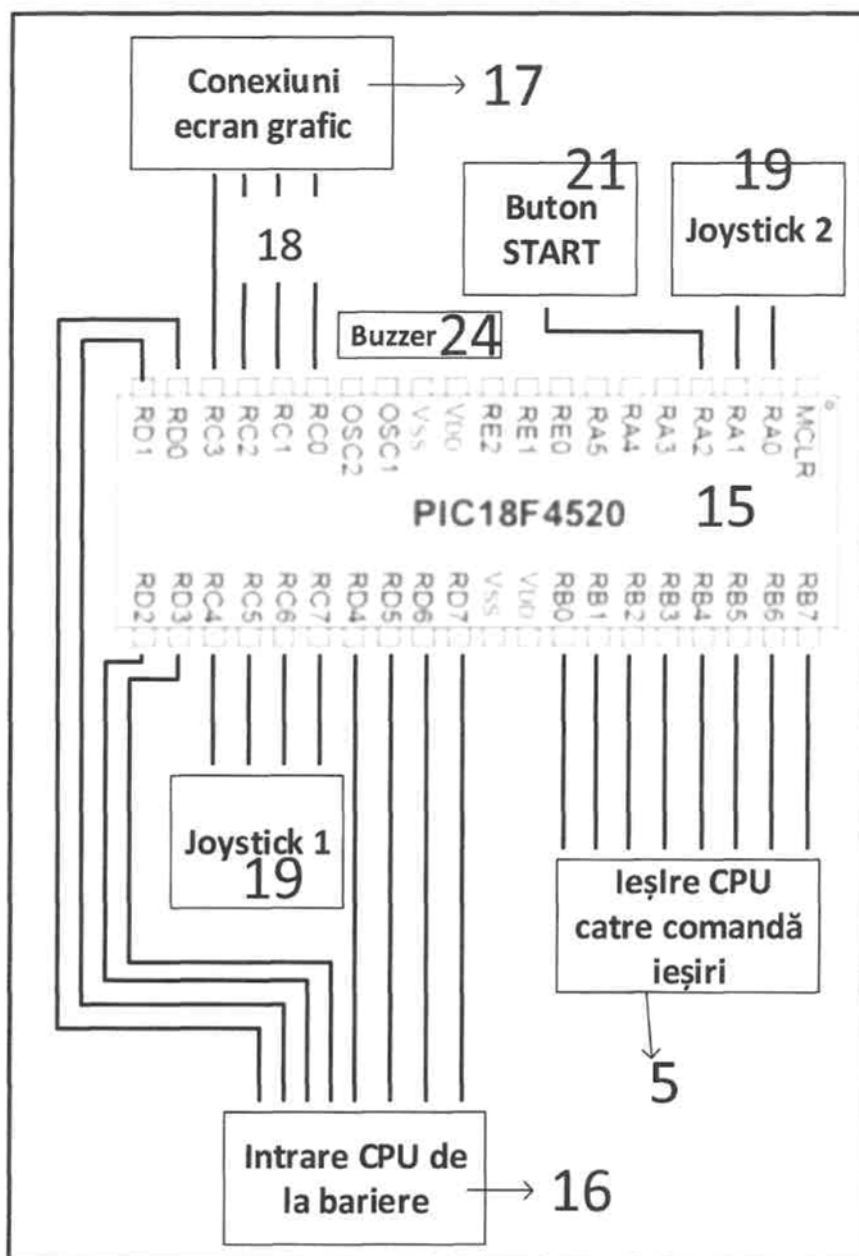


Fig. 1

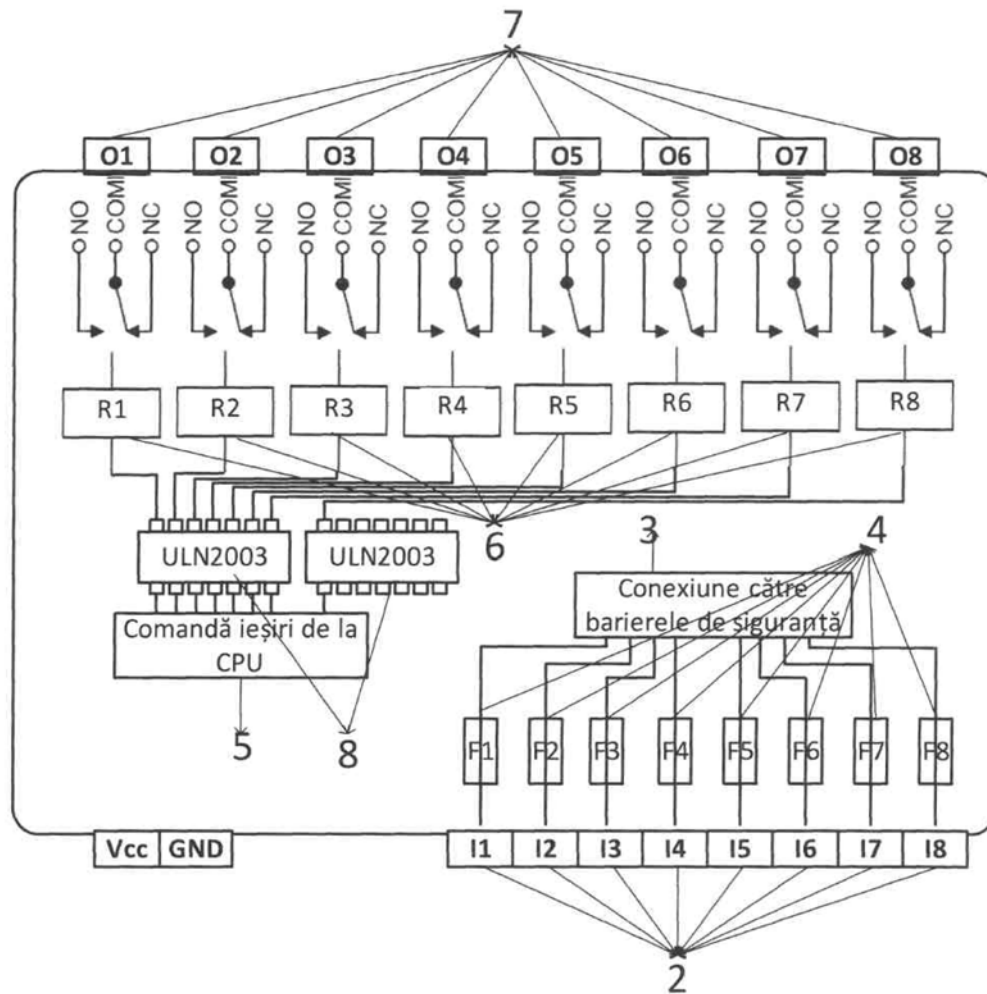


Fig. 2

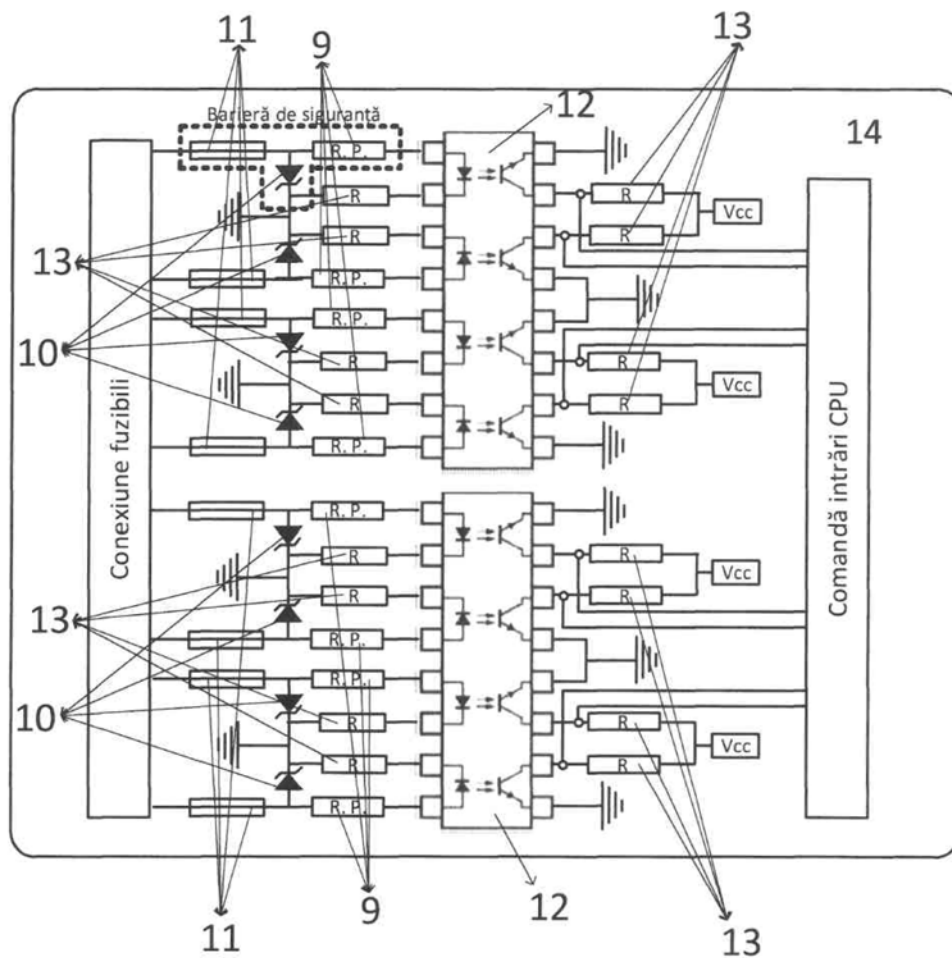


Fig. 3

(51) Int.Cl.
G05B 19/05 (2006.01),
G06F 9/22 (2006.01)

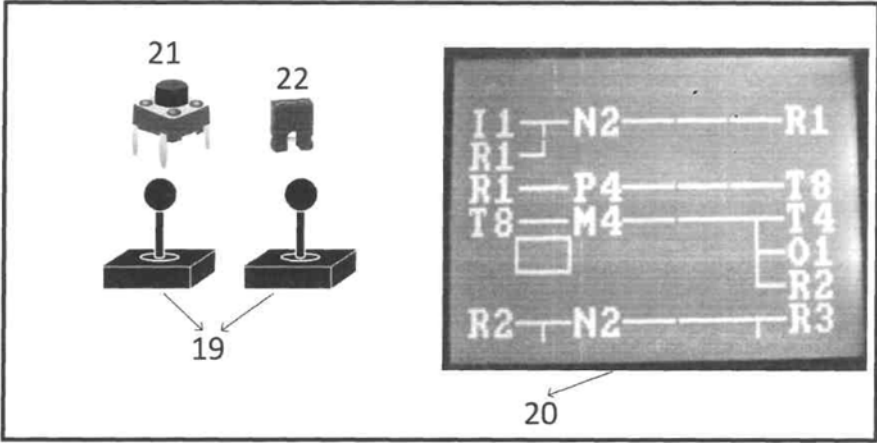


Fig. 4

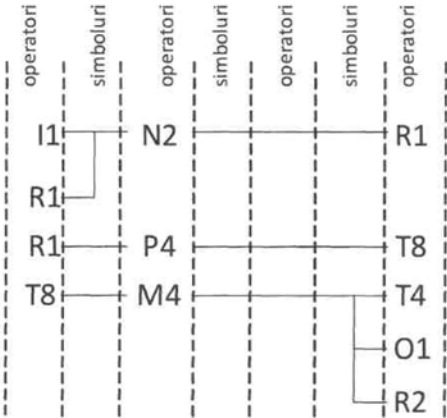


Fig. 5



Fig. 6

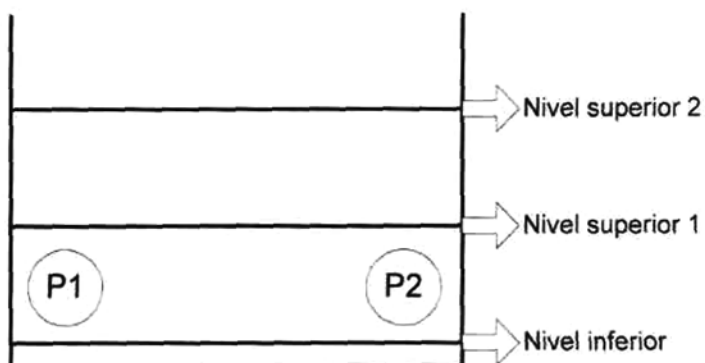


Fig. 7

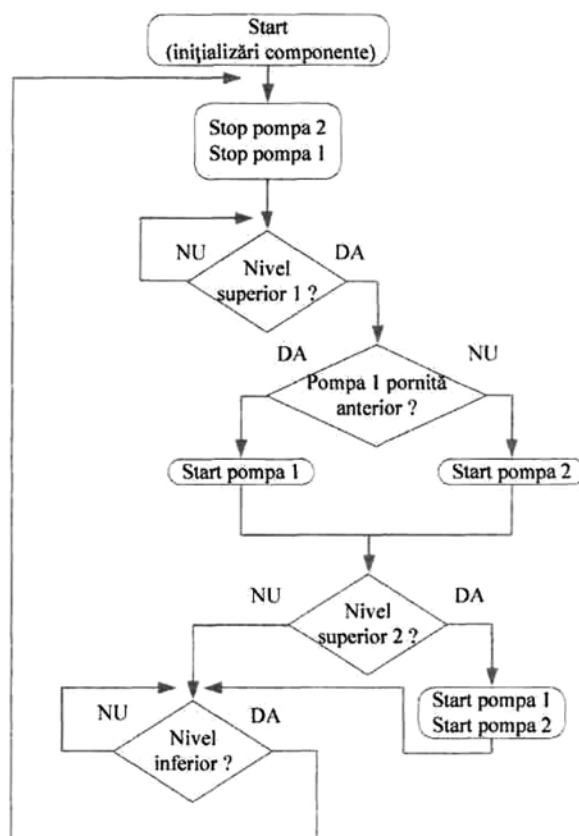


Fig. 8

(51) Int.Cl.
G05B 19/05 (2006.01),
G06F 9/22 (2006.01)

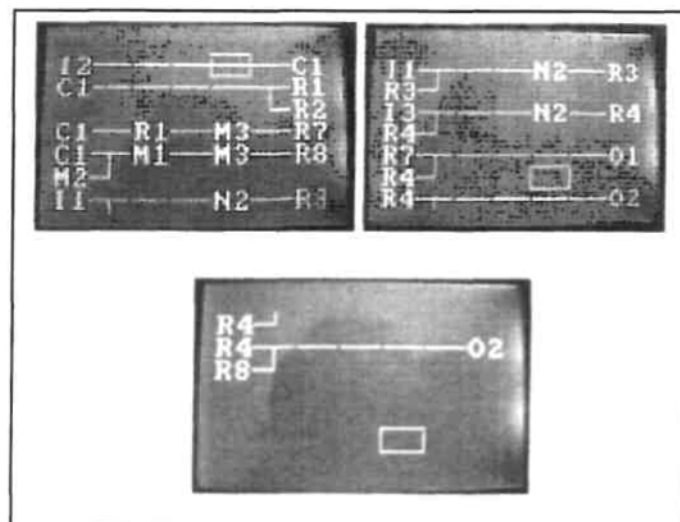


Fig. 9

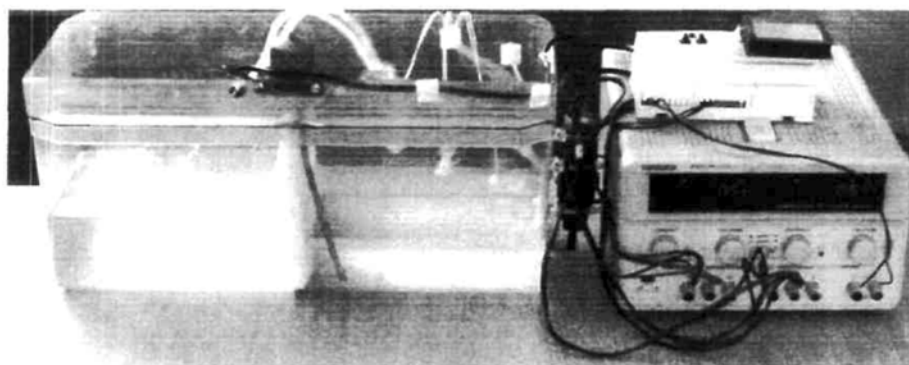


Fig. 10



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 569/2018