



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00157**

(22) Data de depozit: **21.02.2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29.11.2013** BOPI nr. **11/2013**

(41) Data publicării cererii:  
**30.08.2012** BOPI nr. **8/2012**

(73) Titular:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI,  
BD.PROF.D.MANGERON NR.67, IAȘI, IS,  
RO

(72) Inventatori:  
• TEODORESCU HORIA-NICOLAI,  
STR.NICOLAE BĂLCESCU NR.30, IAȘI, IS,  
RO;  
• HULEA MIRCEA, STR.I.C.BRĂȚIANU  
NR.36, BL.B 1, SC.B, AP.8, IAȘI, IS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
EP 0289385 A1; US 2008/0169826 A1;  
RO 72443

(54) **METODĂ ȘI SISTEM DE MĂSURARE A INTERVALELOR DE  
TIMP**



# RO 127778 B1

1 Invenția se referă la o metodă și la un sistem de măsurare a intervalelor de timp într-o  
gamă largă de valori, care este adaptată implementării pe microsisteme uzuale.

3 Sunt cunoscute mai multe metode de măsurare a intervalelor de timp și sisteme  
electronice care implementează asemenea metode. Aceste metode sunt uzual împărțite în  
5 următoarele categorii:

7 Metoda bazată pe numărarea impulsurilor provenite de la un oscilator (ceas) de  
precizie în intervalul de timp de măsurat; această metodă este numită și metoda numărării.  
Avantajul metodei numărării directe este acela că oferă posibilitatea măsurării intervalelor  
9 lungi de timp, dar precizia măsurării este direct proporțională cu frecvența ceasului. Câteva  
metode de îmbunătățire a acurateții de măsurare a intervalelor de timp folosind metoda  
11 numărării sunt prezentate în lucrările: "Measurement Techniques", Volumul 23, nr. 7, publicat  
în octombrie 2007, Ya. Mints, V. N. Chinkov, articolul "Accuracy of Time Interval  
13 Measurement by Pulse Counting", pp. 603-606, "Measurement Techniques", Volumul 36,  
nr. 12, publicat în 1993, O. N. Muzyhenko, articolul "Time and Frequency Measurements  
15 Improving the Accuracy of Time Interval Measurements by Pulse Counting", pp. 1358-1362.

17 Metoda conversiei timp-tensiune (CTT) se bazează pe încărcarea unui condensator  
pe durata evenimentului (intervalului de timp de măsurat), măsurarea tensiunii la care se  
încarcă acel condensator și convertirea tensiunii în timp, conform funcției inverse a funcției  
19 de încărcare. Încărcarea se poate produce printr-o rezistență de valoare uzual mare, conform  
legii exponențiale de încărcare binecunoscute, sau cu ajutorul unui generator de curent  
21 constant, caz în care încărcarea se produce liniar în timp. Implementări ale acestei metode  
sunt descrise în brevetele de invenție **US 7460441 (B2)**, publicat la 2.12.2008 și **US 7330803**  
23 **(B2)**, publicat la 12.02.2008 și cererile de brevet de invenție **WO 9713198 (A1)**, publicată la  
10.04.1997, **US 20080169826 (A1)**, publicată la 17.07.2008 și **US 3983481**, publicată la  
25 28.09.1976. Metoda conversiei timp-tensiune constă în conversia timpului în amplitudine  
(tensiune), urmată de conversia analog-digitală. Principiul de măsurare al acestei metode  
27 constă în încărcarea unui condensator de precizie la un curent cunoscut pe toată durata  
evenimentului extern care poate fi delimitat de un semnal digital generat, spre exemplu, de  
29 un circuit monostabil. La finalul intervalului, potențialul corespunzător sarcinii acumulate în  
condensator este măsurat folosind un convertor analog-digital (CAD). Deoarece tensiunea  
31 de pe condensator este proporțională cu timpul de încărcare a acestuia, valoarea citită de  
convertorul analog-digital permite determinarea duratei evenimentului. O altă abordare a  
33 acestui mod de implementare a metodei CTT utilizează o sursă de tensiune fixă ce  
realizează încărcarea condensatorului printr-o rezistență pe durata evenimentului de  
35 măsurat. În acest caz, timpul poate fi extras din rezultatul conversiei analog-digitale  
inversând legea exponențială de încărcare a condensatorului.

37 O variantă combinată a metodelor de mai sus este numită metoda extensiei  
(expandării) intervalelor de timp și constă în încărcarea unui condensator pe durata  
39 evenimentului, urmată de descărcarea condensatorului pe o rezistență de valoare mult mai  
mare, sau cu ajutorul unui generator de curent de valoare mult mai mică decât la încărcare,  
41 durata descărcării până la o valoare prefixată fiind măsurată cu metoda numărării. Metoda  
expandării intervalelor de timp a fost introdusă în lucrarea Application Note AN1016,  
43 Microchip Technology Inc, K. Blake, S. Bible, "Detecting Small Capacitive Sensors Using the  
MCP6291 and PIC16F690 Devices", publicată în 2005.

45 Metoda Vernier în diverse variante este cunoscută din cererile de brevet de invenție  
**WO 03081266 (A1)**, publicată la 02.10.2003, **US 2003006750**, publicată la 09.01.2003, **CA**  
47 **2379071 (A1)**, publicată la 26.09.2002, **US 4908784**, publicată la 13.03.1990. Metoda  
folosește doi oscilatori cu frecvența diferită și determină, pe de o parte, prin numărare

# RO 127778 B1

directă, numărul de perioade întregi ale unuia dintre oscilatori în intervalul dat și numărul de perioade ale celui de-al doilea, diferența dintre aceste numere determinând fracțiunea de interval de perioadă de tact rămasă nemăsurată pe baza primului oscilator. Dezavantajul metodei este costul și precizia relativ limitată a măsurării fracțiunii de interval. 1  
3

Metoda liniilor de întârziere care se regăsește în cererile de brevet **US 2010231437 (A1)**, publicată la 16.09.2010, **US 2003197498 (A1)**, publicată la 23.10.2003, **US 2002131035 (A1)**, publicată la 19.09.2002, folosește linii de întârziere cu întârzieri cunoscute, dar diferite, prin care impulsul ce reprezintă evenimentul se propagă în paralel. Prin această metodă, se determină coincidențele impulsului la ieșire, pe diversele linii de întârziere paralele, astfel rezultând indirect durata evenimentului. 5  
7  
9

Metoda interpolativă, numită și metoda Nutt, combină o metodă de măsurare a intervalelor scurte de timp cu o metodă de măsurare a intervalelor lungi de timp. Metoda este descrisă în cererea de brevet de invenție **GB 1487780 (A)**, publicată la 05.10.1977. 11  
13

Aceste metode au mai multe dezavantaje, cele mai importante dintre dezavantaje fiind enumerate în continuare. 15

Un dezavantaj al metodei numărării directe constă în aceea că sunt necesare generatoare de tact (ceasuri) de frecvență mare pentru a obține precizie bună, condiția fiind nerealizabilă sau greu realizabilă și costisitoare pentru intervale de timp foarte scurte, sub 10 ns, iar atunci când metoda se implementează cu ajutorul unor micro sisteme uzuale, de tip microcontrolere, precizii sub 1 microsecundă sunt greu de obținut. 17  
19

Alte dezavantaje ale metodei numărării directe apar atunci când aceasta se implementează folosind microcontrolere sau alte micro sisteme care utilizează procedee de întreruperi sau utilizează monitorizarea în buclă pentru a răspunde la detecția începutului și a sfârșitului evenimentului. Un microcontroler necesită un anumit timp pentru a începe tratarea unei rutine de întrerupere la apariția cererii externe, timp care este numit latența întreruperilor. Datorită acestei latențe care afectează pornirea numărătorului, numărarea întotdeauna este întârziată în mod semnificativ în cazul sistemelor de măsurare bazate pe microcontrolere, în cazul metodei numărării directe. În mod similar, există o întârziere a momentului opririi numărării, ce are loc după sfârșitul evenimentului. De exemplu, folosind un microcontroler condus de un cuarț de 40 MHz. pentru care durata de execuție a unei instrucțiuni cu durata de un ciclu mașină necesită 4 tacte, eroarea maximă corespunzătoare este de 500 ns. Aceste întârzieri nu pot fi total eliminate prin calcul deoarece latența întreruperilor are o variabilitate aleatoare datorită asincronismului dintre evenimentul intern și ciclurile mașină ale procesorului. Prin urmare, datorită incertitudinii duratei latenței întreruperilor, la orice procesor apar întârzieri variabile, cu o variație de un ciclu mașină sau mai mult și care constituie o cauză de eroare. Eroarea însumează variația de un ciclu mașină a timpului de răspuns al microcontrolerului la întreruperea externă pentru începutul evenimentului și variația de un ciclu mașină la sesizarea terminării evenimentului. Prin urmare, cea mai bună precizie care se poate obține folosind această metodă pe un microcontroler cu incertitudine a latenței întreruperii de un ciclu mașină este de doi cicli mașină. Aceasta corespunde, de exemplu pentru un microcontroler cu generator de tact de 40 MHz și cu ciclu mașină de 4 tacte, la o eroare de 200 ns. 21  
23  
25  
27  
29  
31  
33  
35  
37  
39  
41

Erorile de determinare a momentelor de început și sfârșit ale evenimentului sunt și mai mari decât cele descrise mai sus în cazul în care microcontrolerul acceptă mai multe tipuri de întrerupere, ierarhizate, iar întreruperile folosite pentru sesizarea evenimentului nu au prioritate maximă. 43  
45

# RO 127778 B1

1 În cazul metodei numărării implementată pe un microcontroler, prin creșterea  
frecvenței de tact, durata ciclului mașină descrește, ceea ce conduce la reducerea erorilor  
3 datorate întreruperilor. Acest mod de creștere a preciziei are dezavantajul că necesită  
microcontrolere mai rapide, ceea ce determină creșterea puterii consumate a sistemelor de  
5 măsurare.

7 Metoda conversiei timp-tensiune (CTT) are dezavantaje legate de plaja duratelor  
măsurate. Metoda nu este aplicabilă atunci când plaja de durate de măsurat este mare (de  
mai multe ordine de mărime) și precizia impusă este de asemenea mare, deoarece duratele  
9 mici impun condensatoare de valori mici cu încărcare rapidă, iar duratele mari necesită  
condensatoare de valori mari, cu încărcare lentă. Metoda conversiei timp-tensiune necesită  
11 și generatoare de curent de mare precizie cu comutare rapidă în circuit, sau rezistori de  
precizie pentru încărcarea condensatorului.

13 Dezavantajul metodei CTT este faptul că nu există posibilitatea măsurării duratelor  
foarte lungi și foarte scurte cu aceeași precizie folosind o singură valoare a capacității. Astfel,  
15 o capacitate de valoare redusă va permite creșterea preciziei de măsurare în detrimentul  
reducerii, ca urmare a atingerii valorii de încărcare maximă a condensatorului, a intervalului  
17 maxim ce poate fi măsurat. Pe de altă parte, creșterea valorii capacității determină creșterea  
limitei maxime a intervalului măsurabil, dar acest fapt determină reducerea preciziei de  
19 măsurare.

21 Metoda liniilor de întârziere are dezavantaje similare metodei CTT, anume nu este  
aplicabilă atunci când plaja de durate de măsurat este mare. În plus, metoda are un cost  
relativ ridicat.

23 Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție este măsurarea de precizie a  
intervalelor de timp care pot ocupa plaje largi de valori, de mai multe ordine de mărime, cu  
25 eroare independentă de lungimea intervalului de timp și compensarea erorilor specifice  
induse de funcționarea microsistemelor.

27 Soluția problemei constă în aceea că se utilizează o metoda de tip iterativ, adaptată  
conform invenției la utilizarea pe microsisteme, astfel încât erorile produse de variabilitatea  
29 timpilor de latență ai microsistemului și de asincronismul dintre eveniment și tactul unui  
numărător de măsurare a timpului să fie simultan minimize. În acest scop, conform  
31 invenției, metoda se implementează pe un microsistem, de exemplu pe un microcontroler,  
dotat cu converor analog-digital (CAD) sau cu o linie de întârziere, precum și cu un  
33 numărator intern. Duratele de timp în care numărătorul nu este activat, datorită funcționării  
asincrone a acestuia față de impulsul de măsurat, sau datorită timpului de demarare și oprire  
35 a proceselor necesare activării și dezactivării numărătorului printr-un proces de întrerupere  
sau de monitorizare în buclă sunt determinate printr-o metodă de măsurare de precizie a  
37 timpilor scurți, de exemplu prin metoda conversiei timp-tensiune, astfel încât să se elimine  
erorile introduse de procesele de întreruperi sau de monitorizare în buclă, iar duratele de  
39 timp ale evenimentului în care numărătorul este activat sunt măsurate prin metoda numărării,  
durata evenimentului fiind calculată pe baza timpilor individuali astfel măsurați.

41 Maniera hibridă iterativă de măsurare poate fi implementată folosind microcontrolere  
reduse ca preț, care includ un circuit de eșantionare-memorare și un convertor analog-digital  
43 intern sau extern, precum și folosind sisteme ASIC sau FPGA care includ linii de întârziere.

45 Metoda și exemplele nelimitative de realizare din prezenta invenție pot fi aplicate,  
respectiv, implementate, folosind circuite digitale existente, inclusiv microsisteme pe bază  
de microcontroler comercializate curent, precum și alte circuite existente, precum  
47 convertoare analog-digital, generatoare de curent comandate și linii de întârziere. Soluția  
constructivă particulară se poate determina folosind metode de proiectare asistată de  
49 calculator curente.

# RO 127778 B1

Metoda de măsurare și sistemele de măsurare a intervalelor de timp, conform invenției, au următoarele avantaje:	1
i) Permit realizări pe micro sisteme uzuale, inclusiv în sisteme înglobate (numite și "embedded"), cu cost redus.	3
ii) Asigură o precizie ridicată.	5
iii) Asigură măsurarea într-o gamă largă de durate.	7
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile explicative, care reprezintă:	7
- fig. 1, o diagramă exemplificativă de subintervale de timp în cazul măsurării unui interval de timp prin metoda numărării directe, pentru cazul în care numărătorul este activat și, respectiv, dezactivat direct de impulsul de măsurat sau prin intermediul unui circuit de control care poate fi realizat cu un micro sistem precum un microcontroler;	9
- fig. 2, un exemplu de diagramă de timp de funcționare a unui sistem de măsurare cu microcontroler folosit la implementarea metodei de măsurare, într-un exemplu nelimitativ de realizare, conform invenției, pentru cazul în care o instrucțiune simplă durează un ciclu mașină de 4 perioade de tact, iar timpul de latență al unei întreruperi este de 3 sau de 4 cicli mașină și pentru cazul utilizării combinate a conversiei timp-tensiune și a metodei numărării directe, precum și atunci când durata evenimentului este măsurată folosind întreruperi de prioritate maximă;	11
- fig. 3, schema de măsurare prin metoda hibridă, conform invenției, pentru cazul utilizării combinate a conversiei timp-tensiune și a celei de numărare directă, când pentru încărcarea capacității (4) se utilizează un generator de curent constant (8);	13
- fig. 4, schema de măsurare prin metoda hibridă, conform invenției, pentru cazul utilizării combinate a conversiei timp-tensiune și a celei de numărare directă, când încărcarea capacității (4) se realizează printr-o rezistență (7) de la un generator de tensiune (1);	15
- fig. 5, schema bloc a sistemului de măsurare a timpului, în cazul în care la intrare se folosește un formator de impulsuri;	17
- fig. 6, exemplu nelimitativ de circuit de formare a impulsurilor dintr-un semnal analogic de intrare, precum și circuitul de conectare la un micro sistem dotat cu circuit de eşantionare-memorare format din rezistența (7), comutatorul (2) și capacitatea (4) precum și cu convertor analog-digital (6).	19
Metoda de măsurare conform invenției este descrisă în legătură cu fig. 1 și 2, în care notațiile sunt următoarele: Eveniment - un impuls binar care apare la intrarea sistemului de măsurare la un moment de timp nedefinit, oarecare și care are o durată necunoscută, sau un proces analogic care poate fi caracterizat printr-un asemenea impuls binar; $t_E$ - durata evenimentului; $F_{osc}$ - frecvența de tact a micro sistemului folosit în măsurarea duratei evenimentului; linie execuție instrucțiuni $\mu C$ - reprezentare convențională a unei succesiuni de instrucțiuni executate de microcontroler; $t_N$ - timp măsurat prin metoda numărării cu ajutorul numărătorului intern; numărător de timp - semnalul ce incrementează numărătorul pe frontul pozitiv; $t_{LH}$ - durata intervalului de timp măsurat prin metoda alternativă de măsurare pentru timpi scurți, precum metoda conversiei timp-tensiune, de la începutul evenimentului; $t_{HL}$ - durata intervalului de timp măsurat prin metoda alternativă de măsurare, de la sfârșitul evenimentului; $t_{IR1}$ - timpul scurs de la începerea tratării rutinei de întrerupere și momentul pornirii numărătorului; $t_{IR2}$ - timpul scurs de la începerea tratării rutinei de întrerupere și momentul opririi numărătorului.	21
Metoda de măsurare conform invenției combină într-o manieră care ia în considerare erorile care sunt introduse de funcționarea micro sistemelor curente, precum cele bazate pe microcontrolere uzuale, inclusiv erorile datorate latențelor și variabilității lor, o metodă de	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

# RO 127778 B1

1 măsurare a intervalelor de timp mari, anume metoda numărării directe, cu o metodă  
alternativă de măsurare pentru intervale de timp mici, de mai mare precizie. Anume, metoda  
3 de măsurare, conform invenției, combină aplicarea unei metode de măsurare a timpilor  
scurți, de exemplu a metodei CTT, pe durata intervalelor  $t_{LH}$  și  $t_{HL}$  din fig. 1, cu aplicarea  
5 metodei numărării pe intervale lungi ce au loc între intervalele  $t_{LH}$  și  $t_{HL}$ , intervale lungi care  
nu ar putea fi determinate cu o metodă specifică de măsurare pentru timpi scurți. Prin  
7 utilizarea metodei de măsurare a timpilor scurți se elimină erorile date de asincronismul  
evenimentului cu numărătorul și de variabilitatea latenței întreruperilor. Aplicarea metodei de  
9 măsurare a timpilor scurți este facilitată de faptul că pentru duratele  $t_{LH}$  și  $t_{HL}$  se cunoaște  
valoarea lor maximă.

11 În cazul exemplificat în fig. 2, metoda alternativă este considerată a fi metoda  
conversiei timp-tensiune, notațiile fiind conforme cu folosirea acestei metode. Cele două  
13 metode de măsurare sunt apelate succesiv, astfel încât în intervalele de timp  $t_{LH}$  și  $t_{HL}$ , în care  
metoda numărării directe este eronat inactivă sau eronat activă, metoda alternativă, de  
15 precizie este apelată și efectuează măsurătoarea de timp. În acest mod, sunt determinate  
trei valori de timp, anume valoarea  $T_1$  obținută prin numărarea directă, valoarea  $T_2$  obținută  
17 prin metoda alternativă,  $T_2$  corespunzând valorii măsurate pentru  $t_{LH}$  conform fig. 2, precum  
și valoarea  $T_3$  obținută prin metoda alternativă,  $T_3$  corespunzând valorii măsurate pentru  $t_{HL}$   
19 conform fig. 2. Valorile  $T_1$ ,  $T_2$  și  $T_3$  sunt folosite pentru determinarea timpului măsurat pentru  
evenimentul respectiv conform relației  $T_m = T_1 + T_2 - T_3$ . Operațiile de memorare a valorilor  
21  $T_1$ ,  $T_2$  și  $T_3$  și calculul pentru  $T_m$  sunt efectuate de microsistem. Memorarea valorii  $T_1$  se face  
pe durata evenimentului după pornirea numărătorului, restul operațiilor fiind executate după  
23 încetarea evenimentului, în pauzele dintre evenimentele ale căror durate se măsoară.  
Detaliile de programare corespunzătoare funcționării descrise mai sus sunt cunoscute  
25 inginerilor în domeniu.

Diagrama de timp corespunzătoare funcționării sistemului de măsurare conform  
27 acestei variante nelimitative de realizare este prezentată în fig. 2. Un ciclu mașină specific  
microcontrolerului considerat în acest exemplu nelimitativ durează 4 tacte de ceas. Inițierea  
29 conversiei precede momentul de pornire și, respectiv, oprire a numărătorului, iar întârzierile  
 $t_{IR1}$  și  $t_{IR2}$  se compensează reciproc prin scădere. Eroarea dată de variația latenței  
31 întreruperilor pentru exemplul din fig. 2, latență care este cuprinsă între 3 și 4 cicluri mașină  
pentru cazul exemplificat în fig. 2, este eliminată prin metoda alternativă de măsurare, cu  
33 condiția ca instrucțiunile și ordinea lor de executare să fie ca în fig. 2, pentru a se asigura  
compensarea duratelor respective. Instrucțiunile executate și ordinea lor trebuie să fie astfel:  
35 inițializarea metodei rapide (alternative) și simultan cerere de întrerupere activate de  
evenimentul extern; începere efectivă a întreruperii, în care prima instrucțiune executată este  
37 startarea numărătorului, iar a doua instrucțiune oprește metoda alternativă; citirea primei  
valori rezultate din metoda alternativă,  $T_1$ , precum și memorarea ei; setarea opțiunii de  
39 accept a întreruperii pe frontul descrescător al evenimentului; continuarea numărării pe o  
durată nedefinită, până dincolo de momentul apariției sfârșitului evenimentului, anume până  
41 când întreruperea de sesizare a sfârșitului evenimentului devine activă și se execută  
instrucțiunea de oprire a numărătorului.

43 Metoda alternativă reduce la un nivel neglijabil și eroarea de asincronism între tactul  
de numărare al numărătorului și evenimentul extern, deoarece defazajele respective sunt  
45 incluse în intervalele de timp măsurate de metoda alternativă.

Într-o variantă nelimitativă de realizare a sistemului de măsurare, conform invenției,  
47 se utilizează ca metodă de măsurare a timpilor scurți metoda conversiei timp-tensiune, ca  
în fig. 3, 4 și 5.

# RO 127778 B1

Într-un caz particular, nelimitativ de realizare, conform invenției, se folosește metoda CTT bazată pe un condensator **4** încărcat printr-o rezistență **7** de către impulsul ce reprezintă evenimentul, conform fig. 3. O altă variantă nelimitativă de realizare, ilustrată în fig. 4, folosește un generator de curent **8** pentru încărcarea condensatorului **4**.

Condensatorul **4**, considerat aici a fi integrat în circuitul de eșantionare-memorare **9** este încărcat de un semnal digital de intrare care se află în starea 1 logic pe toată durata evenimentului și în starea 0 logic în rest. Acest semnal este conectat atât la pinul de întrerupere al microcontrolerului, cât și la intrarea analogică a circuitului de eșantionare-memorare intern. În momentul în care începe efectiv rutina de tratare a întreruperii, generată de debutul evenimentului, considerat aici a fi produs de formatorul de impulsuri **5**, în convertorul **6** începe atât conversia analog-digitală oprind încărcarea condensatorului **4** prin deschiderea comutatorului **2**, cât și numărarea impulsurilor generatorului de tact. Încărcarea condensatorului, conform variantei de realizare din fig. 3, se face de la un generator de tensiune **1**. La finalul evenimentului, va avea loc activarea unei alte întreruperi generată de frontul descrescător al semnalului ce descrie evenimentul pentru a realiza o nouă conversie analog-digital și a opri numărarea. Comutatorul **2** este deschis numai pe perioada conversiei analog-digital, iar în rest este închis.

Prezentăm pentru o variantă nelimitativă de realizare elementele principale ale implementării metodei hibride pe un microcontroler din seria PIC18FXXX. Sistemul de măsurare corespunde schemei din fig. 6, în care rezistența de încărcare a condensatorului de măsurare **4** este formată din grupul de rezistențe în serie  $R_1$  și  $R_2$  - în varianta ilustrată în fig. 6, sistemul acceptă la intrare semnale analogice, iar evenimentul constă în încadrarea semnalului de intrare între două valori prestabilite ale amplitudinii.

Pentru acest exemplu nelimitativ de realizare, pseudocodul instrucțiunilor critice pentru precizia măsurătorii care sunt executate în rutina de tratare a întreruperii este:

- I1: pornire conversie AD;
- I2: selectează pornire sau oprire numărător funcție de front eveniment: front pozitiv - început eveniment front negativ - sfârșit eveniment;
- I3: pornire numărător pentru front pozitiv, respectiv, oprire numărător pentru front negativ;
- I4: setare acceptare întrerupere pe frontul negativ / pozitiv;
- I5: buclă așteptare finalizare conversie AD;
- I6: citire și salvare valoarea dată de convertorul AD.

La ambele fronturi ale semnalului ce descrie evenimentul se execută aceleași instrucțiuni I1, I2 și I3 care, pentru un exemplul nelimitativ de realizare, necesită un singur ciclu mașină. Alternanța pornirii și, respectiv, opririi numărătorului se poate asigura și printr-o variabilă auxiliară ce memorează valoarea următoare a registrului de control al numărătorului. Modificarea conținutului variabilei auxiliare în funcție de starea curentă a numărătorului (pornit sau oprit) se realizează în acest caz în secvența de program necritică pentru precizia măsurătorii.

Metoda descrisă poate fi folosită numai atunci când durata impulsului măsurat acoperă durata execuției tuturor operațiilor menționate, anume timpul de conversie, durata deservirii întreruperii și durata a cel puțin unui impuls de numărare folosit la incrementarea numărătorului.

Într-un alt exemplu nelimitativ de realizare, conform invenției, descris în legătură cu fig. 4, se folosește în cadrul metodei CTT un generator de curent **8** pentru încărcarea condensatorului **4** pe durata măsurătorii.

# RO 127778 B1

1 Un exemplu de schemă bloc corespunzătoare acestui mod de realizare este ilustrată  
în fig. 5, în care circuitul de eşantionare memorare include condensatorul **4** și comutatorul  
3 **2** din fig. 3 și 4, iar microsistemul include microcontrolerul **11** care, la rândul lui, include  
numărătorul și convertorul AD **6**.

5 Într-un alt exemplu nelimitativ de realizare, conform invenției, evenimentul extern este  
reprezentat de trecerea unui semnal de tip analogic printr-un interval de valori. În acest caz,  
7 se folosește circuitul de intrare din fig. 6, circuit care constă într-un set de două  
comparatoare **12** care determină pragurile intervalului de valori analogice prestabilit și  
9 dintr-un circuit logic de coincidență **13**.

11 Într-un exemplu particular, nelimitativ de realizare, ilustrat în fig. 6, circuitul de intrare  
utilizează comparatoare rapide **12** și o poartă logică TTL de tip AND **13** cu răspuns rapid, ce  
realizează conversia într-un impuls digital a evenimentului analogic determinat de două valori  
13 ale amplitudinii. Fig. 6 prezintă acest circuit extern de intrare, de tip formator de impuls **5** și  
circuitul intern microcontrolerului de la intrarea convertorului analog-digital **6**, așa cum acest  
15 circuit apare de exemplu pentru cazul microcontrolerului PIC18F4480.

17 În toate aceste exemple de realizare, durata maximă pe care metoda de măsurare  
a timpilor scurți trebuie să o măsoare este bine determinată și este egală cu suma dintre  
durata variabilă a latenței întreruperilor, de exemplu 4 cicli mașină, durata unei semiperioade  
19 a tactului de incrementare a numărătorului, ultima durată fiind datorată asincronismului dintre  
acest tact și eveniment și durata instrucțiunilor executate până la pornirea numărătorului.  
21 Dacă tactul de incrementare al numărătorului este același cu tactul microsistemului, o durată  
de circa 10 cicli mașină este uzual acoperitoare pentru multe dintre microsistemele actuale  
23 în aplicarea metodei descrise. Aceste considerente permit proiectarea completă a circuitelor  
care implementează metoda de măsurare a timpilor scurți.



# RO 127778 B1

## Revendicări

1. Metodă de măsurare a intervalelor de timp, conform invenției, **caracterizată prin aceea că**, în scopul determinării duratelor evenimentelor, constă în contorizarea perioadelor de tact pe durata cuprinsă între sesizarea efectivă a începutului evenimentului și detectarea efectivă a sfârșitului evenimentului, utilizând un microsistem dotat cu numărător, în conjuncție cu o metodă alternativă, care asigură măsurarea cu precizie a timpilor mici pe duratele fracțiunilor de interval de măsurat în care numărătorul este inactiv, precum și pe durata de timp în care numărătorul este activ, deși evenimentul de timp s-a încheiat, microsistemul comutând rapid între cele două metode, timpul total măsurat fiind obținut ca suma timpului determinat de numărător și a timpilor determinați pentru situația de numărător inactiv pe durata impulsului extern, din care se scade timpul determinat pentru situația în care numărătorul este activ dincolo de momentul terminării evenimentului extern. 13
2. Metodă de măsurare a intervalelor de timp, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** metoda alternativă de măsurare determină intervalul de timp dintre începutul evenimentului și începerea efectivă a numărării, interval de timp care include fracțiunile de timp datorate asincronismului evenimentului cu tactul numărătorului și cu ciclul mașină ai microsistemului, precum și latențele variabile datorate fie unor procese de întrerupere fie unui proces de detecție în buclă de monitorizare a evenimentului extern, latențe care includ și latențele proceselor de întrerupere implicate. 19
3. Metodă de măsurare a intervalelor de timp, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** metoda alternativă de măsurare determină intervalul de timp dintre sfârșitul evenimentului și oprirea efectivă a numărării, interval de timp incluzând fracțiunile de timp datorate asincronismului evenimentului cu tactul numărătorului și cu ciclul mașină ai microsistemului. precum și latențele datorate fie unor procese de întrerupere. fie unui proces de detecție în buclă de monitorizare a evenimentului extern, latențe care includ și latențele proceselor de întrerupere implicate. 27
4. Metodă de măsurare a intervalelor de timp, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** utilizează ca metodă de măsurare a intervalelor de timp scurte în care numărătorul este inactiv pe durata evenimentului, precum și pe durata intervalelor în care numărătorul este activ după terminarea evenimentului, metoda conversiei timp-tensiune prin încărcarea pe durata evenimentului a unui condensator (4) printr-o rezistență de precizie (7). 31
5. Metodă de măsurare a intervalelor de timp, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizată prin aceea că** utilizează ca metodă de măsurare a intervalelor de timp scurte metoda conversiei timp-tensiune prin încărcarea pe durata evenimentului a unui condensator (4) folosind un generator de curent constant (8). 35
6. Metodă de măsurare a intervalelor de timp, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizată prin aceea că** utilizează ca metodă de măsurare a intervalelor de timp scurte metoda liniilor de întârziere. 39
7. Sistem de măsurare a intervalelor de timp, **caracterizat prin aceea că** include un formator de impulsuri (5) care produce semnalul de intrare binarizat de comandă a unui circuit ce implementează metoda de măsurare a timpilor mici, format dintr-un generator de curent (8), un circuit de eșantionare-memorare (9) și un circuit ce implementează conversia timp-tensiune (6), precum și niște circuite (11) care asigură măsurarea prin metoda numărării de către un sistem programabil dotat cu un numărător controlabil. 45

(51) Int.Cl.

G04G 3/00 (2006.01),

G04F 7/00 (2006.01),

H03L 7/26 (2006.01)

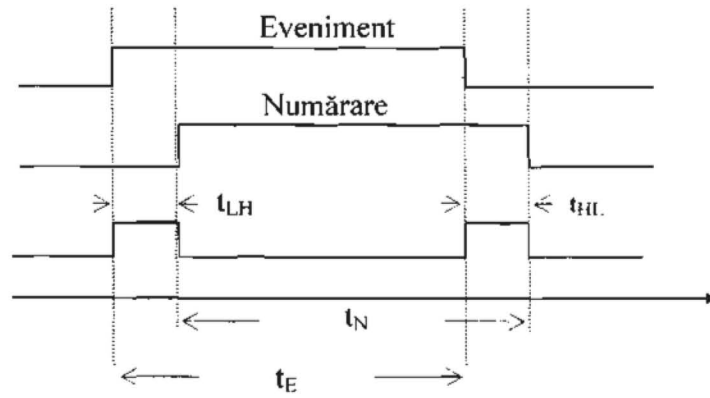


Fig. 1

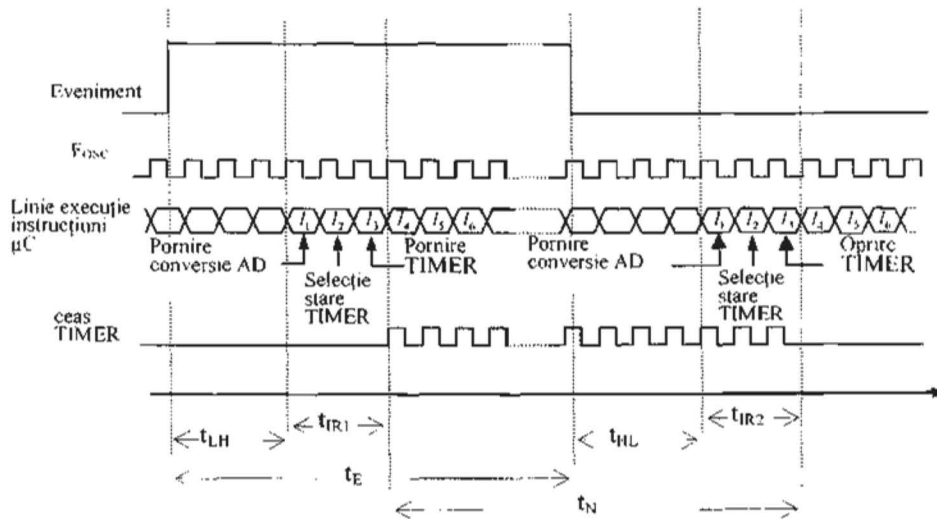


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G04G 3/00 (2006.01),

G04F 7/00 (2006.01),

H03L 7/26 (2006.01)

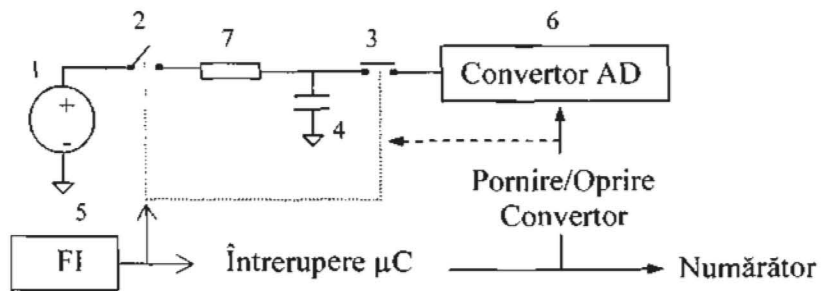


Fig. 3

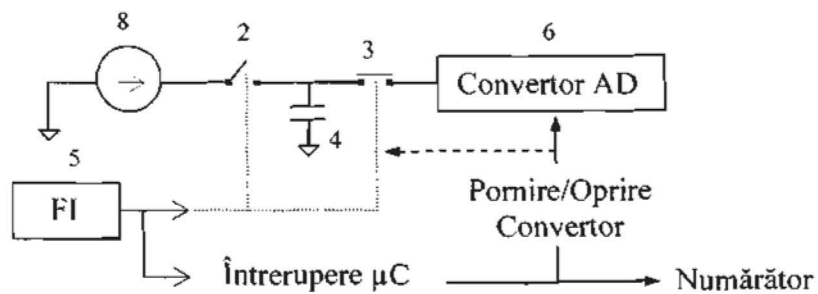


Fig. 4

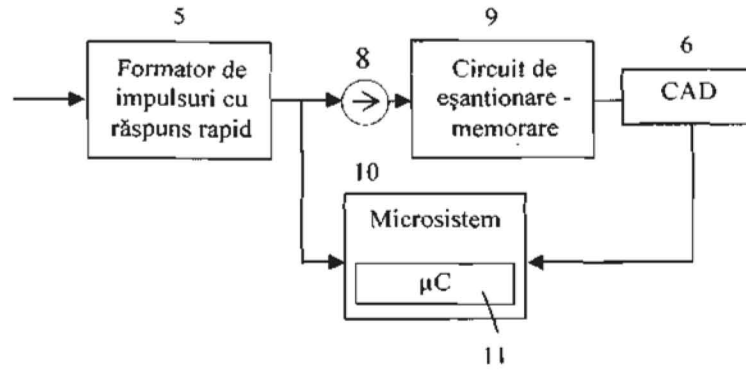


Fig. 5

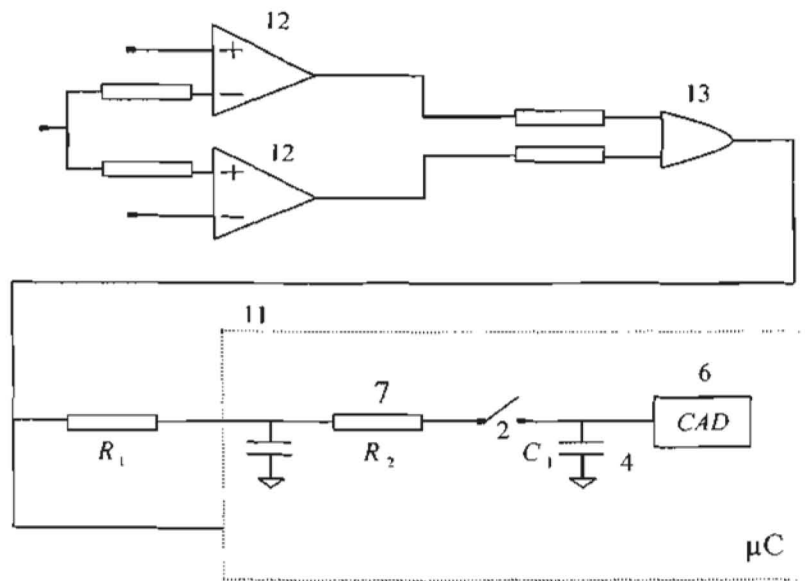


Fig. 6

