



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00157

(22) Data de depozit: 21.02.2011

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

(71) Solicitant:
• 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. B1, SC.B, AP.8, IAȘI, IS, RO

(54) METODĂ ȘI SISTEM DE MĂSURĂ A INTERVALELOR DE
TIMP

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la sisteme de măsură de precizie a intervalelor de timp într-o gamă largă de valori, atunci când sunt folosite micro sisteme bazate în particular pe microcontrolere. Metoda conform invenției utilizează un micro sistem dotat cu numărător, care contorizează perioadele de tact pe o durată cuprinsă între sesizarea efectivă a începutului evenimentului și detectarea efectivă a sfârșitului evenimentului, 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, micro-sistemul 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. Sistemul conform invenției include un formator (5) de impulsuri, care produce un semnal de intrare, binarizat, de comandă a unui circuit ce implementează metoda de măsură a timpilor mici cu precizie mare, format dintr-un generator (8) de curent,

un circuit (9) de eșantionare- memorare, și un circuit (6) ce implementează conversia timp-tensiune, precum și niște circuite (11) care asigură măsurarea prin metoda numărării, de către un sistem programabil, dotat cu un numărător controlabil.

Revendicări: 7
Figuri: 6

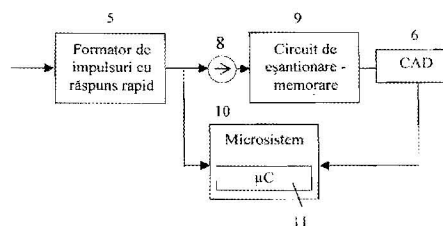
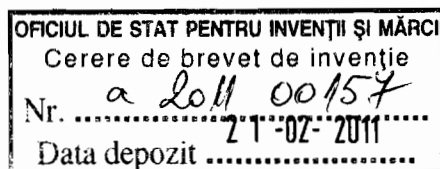


Fig. 5





METODĂ ȘI SISTEM DE MĂSURĂ A INTERVALELOR DE TIMP

(b) Domeniul tehnic în care poate fi folosită invenția

Invenția se referă la o metodă și la sisteme de măsură de precizie a intervalelor de timp într-o gamă largă de valori, care este adaptată implementării pe microsisteme uzuale.

(c) Stadiul actual

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

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 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 numărării sunt prezentate în lucrările [20], [21] și [22].

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 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 constant, caz în care încărcarea se produce liniar în timp. Implementări ale acestei metode sunt descrise în invențiile [1], [2], [3], [4] și [5]. Metoda conversiei timp-tensiune constă în conversia timpului în amplitudine (tensiune), urmată de conversia analog-digitală. Principiul de măsură al acestei metode 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 un circuit

monostabil. La finalul intervalului, potențialul corespunzător sarcinii acumulate în condensator este măsurat folosind un convertor analog-digital (CAD). Deoarece tensiunea 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 acestui mod de implementare a metodei CTT utilizează o sursă de tensiune fixă ce realizează încărcarea condensatorului printr-o rezistență pe durata evenimentului de măsurat. În acest caz, timpul poate fi extras din rezultatul conversiei analog-digitale inversând legea exponențială de încărcare a condensatorului.

O variantă combinată a metodelor de mai sus este numită metoda extensiei (expandării) intervalelor de timp și constă în încărcarea unui condensator pe durata 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, durata descărcării până la o valoare prefixată fiind măsurată cu metoda numărării. Metoda expandării intervalelor de timp a fost introdusă în lucrarea [19].

Metoda Vernier în diverse variante, a fost introdusă prin patentele [6], [7], [8], [9] și [10]. Metoda folosește doi oscilatori cu frecvența diferită și determină, pe de o parte, prin numărare directă, numărul de perioade întregi ale unuia dintre oscilatori în intervalul dat și numărul de perioade ale celui de al doilea, diferența dintre numere determinând fracțiunea de interval de perioadă de tact rămasă nemăsurată pe baza primului oscilator [11]. Dezavantajul metodei este costul și precizia relativ limitată a măsurării fracțiunii de interval.

Metoda liniilor de întârziere [12], [13], [14] și [15] 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. Unele modalități de utilizare a metodei liniilor de întârziere în măsurarea cu acuratețe ridicată a duratelor de timp sunt descrise în lucrările [23] și [24].

Metoda interpolativă, numită și metoda Nutt, combină o metodă de măsură a intervalelor scurte de timp cu o metodă de măsură a intervalelor lungi de timp. Metoda este descrisă în invenția [16] precum și în lucrările [17], [18] și [29].

Aceste metode pentru care fundamentele teoretice sunt detaliate în lucrarea [25] au mai multe dezavantaje așa cum, cele mai importante dintre dezavantaje fiind enumerate în continuare.

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 [26], [27] și [28] 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.

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 quarț 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 mașina 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 a 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 ciclul mașină de 4 tacte, la o eroare de 200ns.

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.

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

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 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 și generatoare de curent de mare precizie cu comutare rapidă în circuit, sau rezistori de precizie pentru încărcarea condensatorului.

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, 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 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 măsurare.

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.

(d) Prezentarea problemei tehnice pe care o rezolvă invenția

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție este stabilirea unei metode de măsură de precizie a intervalelor de timp care pot ocupa plaje largi de valori, de mai multe ordine de mărime, cu eroare independentă de lungimea intervalului de timp, metodă care să fie adaptată implementării pe micro sisteme uzuale și care să compenseze erorile specifice induse de funcționarea acestor micro sisteme, în special variabilitatea timpilor de latență în răspunsurile la apariția și terminarea intervalului de timp măsurat.

Metoda prezentată în continuare și exemplele nelimitative de sisteme care implementează această metodă, conform invenției, rezolvă problema tehnică enunțată și înlătură dezavantajele menționate pentru alte metode.

(e) Expunerea invenției

Metoda de măsurare a timpului propusă este o variantă de metodă iterativă adaptată la utilizarea de micro sisteme uzuale.

Soluția problemei constă în aceea că se utilizează o metoda de tip iterativ, adaptată conform invenției la utilizarea pe micro sisteme, astfel încât erorile produse de variabilitatea timpilor de latență ai micro sistemului și de asincronismul dintre eveniment și tactul unui numărător de măsură a timpului să fie simultan minimize. În acest scop, conform invenției, metoda se implementează pe un micro sistem, de exemplu pe un micro controler, dotat cu converor analog-digital (CAD) sau cu o linie de întârziere, precum și cu un numărător 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 a proceselor necesare activării și dezactivării numărătorului printr-un proces de întrerupere sau de monitorizare în buclă sunt determinate printr-o metodă de măsură de precizie a timpilor scurți, de exemplu prin metoda conversiei timp-tensiune, astfel încât să se elimine erorile introduse de procesele de întrerupere sau de monitorizare în buclă, iar duratele de timp ale evenimentului în care numărătorul este activat sunt măsurate prin metoda numărării, durata evenimentului fiind calculată pe baza timpilor individuali astfel măsurați.

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 intern sau extern, precum și folosind sisteme ASIC sau FPGA care includ linii de întârziere.

(f) Indicarea posibilității de exploatare industrială

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 convertoare analog-digital, generatoare de curent comandate și linii de întârziere. Soluția constructivă particulară se poate determina folosind metode de proiectare asistată de calculator curente.

(g) Prezentarea avantajelor în raport cu stadiul tehnicii

Metoda de măsură și sistemele de măsură a intervalelor de timp, conform invenției, au următoarele avantaje:

- i) Permit realizări pe microsisteme uzuale, inclusiv în sisteme înglobate (numite și “embedded”), cu cost redus.
- ii) Asigură o precizie ridicată.
- iii) Asigură măsurarea într-o gamă largă de durate.

(h) Prezentarea figurilor

Invenția este prezentată în legătură cu următoarele figuri:

- fig. 1, care reprezintă 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 microsistem, precum un microcontroler;

- fig. 2, care reprezintă principal un exemplu de diagrama de timp de funcționare a unui sistem de măsură cu microcontroler folosit la implementarea metodei de măsură,

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.

- fig. 3, care reprezintă principial schema de măsură 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).

- fig. 4, care reprezintă principial schema de măsură 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).

- fig. 5, care prezintă schema bloc a sistemului de măsurare a timpului în cazul în care la intrare se folosește un formator de impulsuri.

- fig. 6, care reprezintă un exemplu nelimitativ de circuit de formare a impulsurilor dintr-un semnal analogic de intrare, precum și circuitul de conectare la un microsistem dotat cu circuit de eșantionare-memorare format din rezistența (7), comutatorul (2) și capacitatea (4), precum și cu convertor analog-digital (6).

(i) Prezentarea detaliată

Metoda de măsură conform invenției este descrisă în legătură cu figura 1 și figura 2, în care notațiile sunt următoarele: *Eveniment* – un impuls binar care apare la intrarea sistemului de măsură 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 microsistemului folosit în măsurarea duratei evenimentului; *Linie execuție instrucțiuni μC* – reprezentare convențională a unei succesiuni de instrucțiuni executate de microcontroler; t_N – timp măsurat prin metoda numărării, cu ajutorul numărătorului intern; *ceas numărător* – semnalul ce incrementează numărătorul pe frontul pozitiv; t_{LH} – durata intervalului de

timp măsurat prin metoda alternativă de măsură pentru timpi scurți, precum metoda conversiei timp-tensiune, de la începutul evenimentului; t_{HL} - durata intervalului de timp măsurat prin metoda alternativă de măsură, 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.

Metoda de măsură conform invenției combină, într-o manieră care ia în considerare erorile care sunt introduse de funcționarea microsistemelor curente, precum cele bazate pe microcontrolere uzuale, inclusiv erorile datorate latențelor și variabilității lor, o metodă de măsură a intervalelor de timp mari, anume metoda numărării directe, cu o metodă alternativă de măsură pentru intervale de timp mici, de mai mare precizie. Anume, metoda de măsură, conform invenției, combină aplicarea unei metode de măsură a timpilor scurți, de exemplu a metodei CTT, pe durata intervalelor t_{LH} și t_{HL} din figura 1, cu aplicarea 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 măsură pentru timpi scurți. Prin utilizarea metodei de măsură a timpilor scurți se elimină erorile date de asincronismul evenimentului cu numărătorul și de variabilitatea latenței întreruperilor. Aplicarea metodei de măsură a timpilor scurți este facilitată de faptul că pentru duratele t_{LH} și t_{HL} se cunoaște valoarea lor maximă.

În cazul exemplificat în figura 2, metoda alternativă este considerată a fi metoda conversiei timp-tensiune, notațiile fiind conforme cu folosirea acestei metode. Cele două metode de măsură 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 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 prin metoda alternativă, T_2 corespunzând valorii măsurate pentru t_{LH} conform figurii 2, precum și valoarea T_3 obținută prin metoda alternativă, T_3 corespunzând valorii măsurate pentru t_{HL} conform figurii 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 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 încetarea evenimentului în pauzele dintre evenimentele ale căror durate se măsoară. Detaliile de programare corespunzătoare funcționării descrise mai sus sunt cunoscute inginerilor în domeniu.

Diagrama de timp corespunzătoare funcționării sistemului de măsură conform acestei variante nelimitative de realizare este prezentată în figura 2. Un ciclu mașină specific microcontrolerului considerat în acest exemplu nelimitativ durează 4 tacte de ceas. Inițierea 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 întreruperilor pentru exemplul din figura 2, latență care este cuprinsă între 3 și 4 cicluri mașină pentru cazul exemplificat în figura 2, este eliminată prin metoda alternativă de măsurare, cu condiția ca instrucțiunile și ordinea lor de executare să fie ca în figura 2, pentru a se asigura compensarea duratelor respective. Instrucțiunile executate și ordinea lor trebuie să fie astfel: inițializarea metodei rapide (alternative) și simultan cerere de întrerupere activate de evenimentul extern; începere efectivă a întreruperii, în care prima instrucțiune executată este 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 accept a întreruperii pe frontul descrescător al evenimentului; continuarea numărării pe o durată nedefinită, până dincolo de momentul apariției sfârșitului evenimentului, anume până când întreruperea de sesizare a sfârșitului evenimentului devine activă și se execută instrucțiunea de oprire a numărătorului.

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

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

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 figurii 3. O altă variantă nelimitativă de realizare, ilustrată în figura 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 figura 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 măsură corespunde schemei din figura 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 figura 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;

- 13: pornire numărător pentru front pozitiv respectiv oprire numărător pentru front negativ;
- 14: setare acceptare întrerupere pe frontul negativ / pozitiv;
- 15: buclă așteptare finalizare conversie AD;
- 16: citire și salvare valoarea dată de convertorul AD.

La ambele fronturi ale semnalului ce descriu evenimentul se execută aceleași instrucțiuni 11, 12 și 13 care, pentru un exemplu 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 figura 4 se folosește în cadrul metodei CTT un generator de curent (8) pentru încărcarea condensatorului (4) pe durata măsurătorii.

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

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, se folosește circuitul de intrare din figura 6, circuit care constă într-un set de două comparatoare (12) care determină pragurile intervalului de valori analogice prestabilit și dintr-un circuit logic de coincidență (13).

Într-un exemplu particular, nelimitativ de realizare, ilustrat în figura 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 ale amplitudinii. Figura 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 circuit apare de exemplu pentru cazul microcontrolerului PIC18F4480.

În toate aceste exemple de realizare, durata maximă pe care metoda de măsură 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 a tactului de incrementare a numărătorului, ultima durată fiind datorată asincronismului dintre acest tact și eveniment și durata instrucțiunilor executate până la pornirea numărătorului. Dacă tactul de incrementare al numărătorului este același cu tactul microsistemului, o durată de cca. 10 cicli mașină este uzual acoperitoare pentru multe dintre micro sistemele actuale în aplicarea metodei descrise. Aceste considerente permit proiectarea completă a circuitelor care implementează metoda de măsură a timpilor scurți.

REVENDICĂRI

1. Metoda de măsură a intervalelor de timp, conform invenției, **caracterizată prin aceea că**, în scopul determinării duratelor evenimentelor, utilizează un microsistem dotat cu numărător care contorizează perioadele de tact pe durata cuprinsă între sesizarea efectivă a începutului evenimentului și detectarea efectivă a sfârșitului evenimentului, 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.
2. Metoda de măsură a intervalelor de timp conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, metoda alternativă de măsură 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.
3. Metoda de măsură a intervalelor de timp conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, metoda alternativă de măsură 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.

4. Metoda de măsură a intervalelor de timp conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, utilizează ca metodă de măsură 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 printr-o rezistență de precizie.
5. Metoda de măsură a intervalelor de timp conform revendicării 1 și 2, **caracterizată prin aceea că**, utilizează ca metodă de măsură a intervalelor de timp scurte metoda conversiei timp-tensiune prin încărcarea pe durata evenimentului a unui condensator folosind un generator de curent constant.
6. Metoda de măsură a intervalelor de timp conform revendicării 1 și 2, **caracterizată prin aceea că**, utilizează ca metodă de măsură a intervalelor de timp scurte metoda liniilor de întârziere.
7. Sistemul de măsură, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, include într-o variantă de realizare un formator de impulsuri (5) care produce semnalul de intrare binarizat de comandă a circuitului ce implementează metoda de măsură a timpilor mici cu precizie mare care, în particular, într-un exemplu nelimitativ de realizare, este format dintr-un generator de curent (8), un circuit de eșantionare-memorare (9) și un circuit ce implementează conversia timp-tensiune (6), precum și circuitele (11) care asigură măsurarea prin metoda numărării de către un sistem programabil dotat cu un numărător controlabil.

DESENE

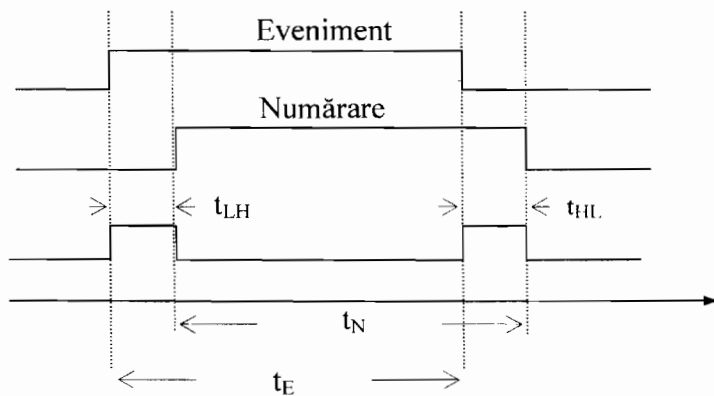


Figura 1

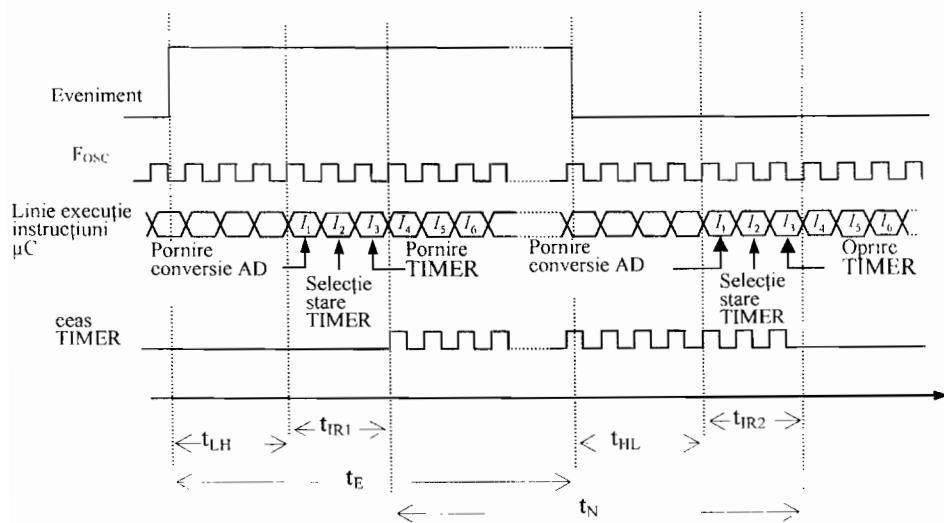


Figura 2

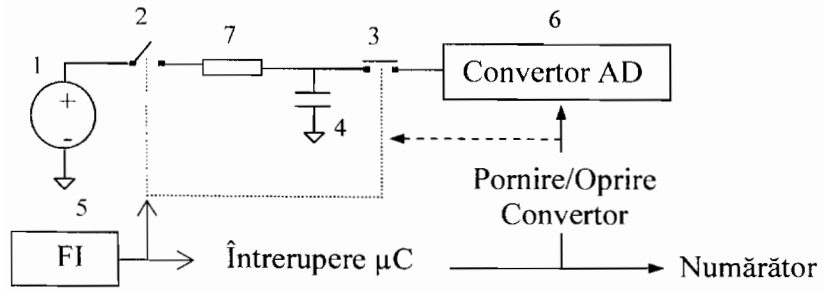


Figura 3

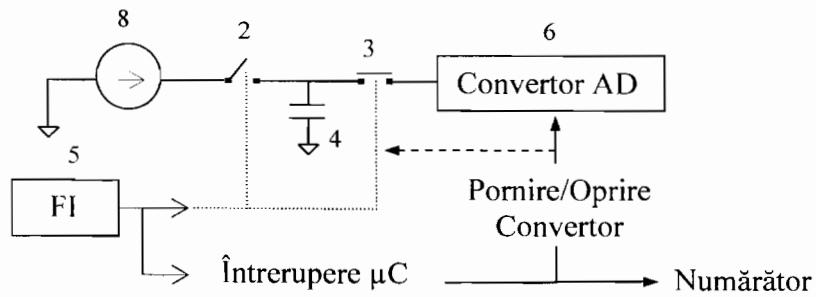


Figura 4

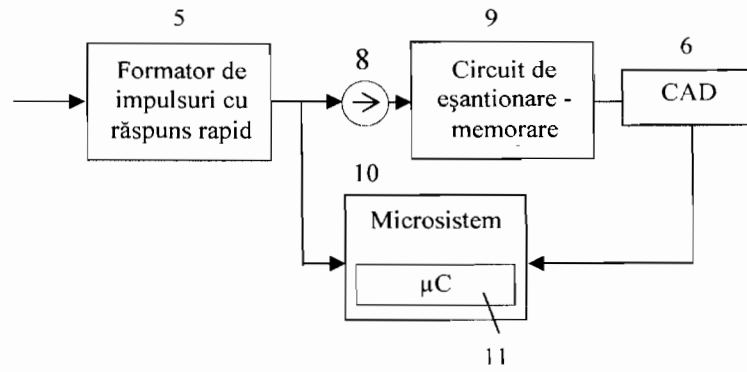


Figura 5

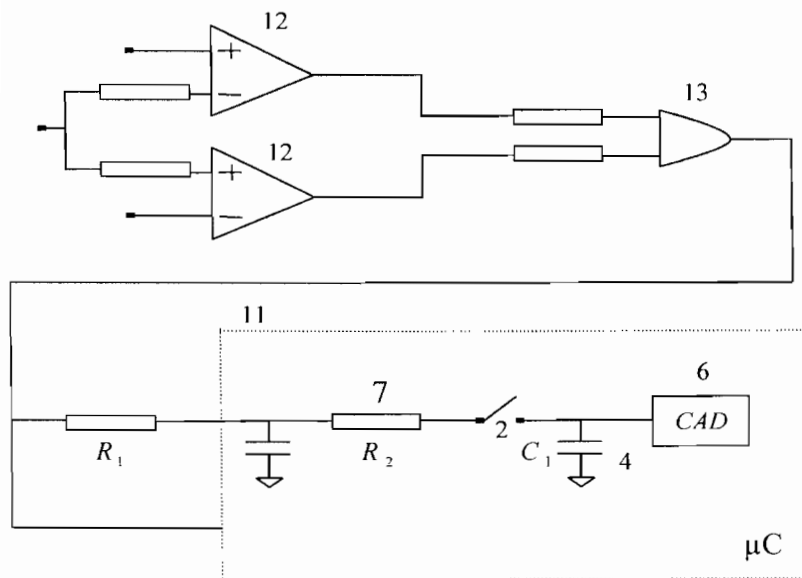


Figura 6