

SISTEME DE MONITORIZARE PENTRU ECHIPAMENTE ELECTROTEHNICE

Prof.dr.ing. Constantin GHITĂ – *Universitatea POLITEHNICA București,*
Splaiul Independenței 313, sect. 6, București; e-mail: ghitac@iem.pub.ro

Ing. Dorian SAMFIROIU – *Institutul de Proiectări pentru Automatizări București –*
I.P.A. e-mail: sadtc@ipa.ro

În lucrare este prezentată o structură de tip nou de sistem de monitorizare pentru aplicații industriale generale de capacitate medie. Elementele care creează un avantaj net față de sistemele clasice de monitorizare sunt: modularizare până la nivel de funcție (module hardware și software autonome), dotate fiecare cu microcontroler, interfețe – CAN- de mare viteză, structură redundantă pentru interfața de comunicație, utilizarea aceluiași tip de interfață atât pentru comunicația între modulele funcționale. Datorită avantajelor pe care le are interfața CAN poate înlocui cu succes clasică interfață RS485.

1. INTRODUCERE

Sistemele de monitorizare moderne au apărut o dată cu dezvoltarea sistemelor de achiziții de date bazate pe microcontrolere. Sistemele de achiziții de date bazate pe microcontrolere, datorită prețului lor mic, în comparație cu cel al sistemelor clasice, au permis o diseminare a acestora cât mai aproape de traductoarele de la care preiau informația, sub formă analogică sau digitală.

Datorită faptului că microcontrolerele includ în ele: unitatea aritmetică logică, regiștri de uz general, memoria de variabile (RAM), memoria program (FLASH), memoria de date (EEPROM), drivere de porturi, interfețe de comunicație (UART, USART, IIC, SPI), a făcut posibilă construirea de module funcționale, module care practic formează sistemul de monitorizare.

Ținând cont de puterea de calcul a microcontrolerelor precum și de versatilitatea acestora se pot crea module universale (hardware) la care se conectează interfețe specializate rezultând în acest fel module specializate capabile să realizeze o parte din funcțiile sistemului de monitorizare. Fiecare modul specializat se va compune dintr-un submodul hardware (identic cu al altor module cu aceeași funcție sau cu funcție diferită (funcția principală fiind aceea de unitate de calcul)), un submodul specializat (submodul de comunicație/ intrări numerice/ intrări analogice/ ieșiri analogice/ ieșiri numerice) și un program software specific modulului respectiv.

Sistemele de monitorizare sunt sisteme care realizează, în special, următoarele activități: achiziționează date analogice și/sau digitale; înregistrează și stochează datele achiziționate; dă comenzi (analogice și/sau numerice) către proces, în baza unor condiționări; realizează rapoarte, în mod automat sau la comandă.

2. ACHIZIȚIA DE DATE ANALOGICE ȘI/SAU DIGITALE

Achiziția de date analogice și/sau digitale este principala funcție a unui sistem de monitorizare și de îndeplinirea acestei sarcini cu precizie și corectitudine depinde practic calitatea și fiabilitatea sa în ansamblu.

Modulul de achiziție de date analogice se compune dintr-un submodul hardware (UC secundar) și un submodul specific (convertorul analog-numeric). Submodulul UC secundar asigură comunicația pe magistrala internă cu UC-ul principal și controlul convertorului analog-numeric (transferul de date între UC-ul secundar și convertor, viteza de conversie,

numărul de biți cu care se face conversia) determinând precizia de conversie, timpul de conversie pentru întregul sistem.

Modulul de achiziții de date numerice se compune dintr-un submodul hardware (UC secundar) și un submodul specific care achiziționează semnale de natură numerică din proces. Submodulul UC secundar asigură comunicația pe magistrala internă cu UC-ul principal și controlul convertorului de nivel (nivelul semnalului din proces (24Vcc) și nivelul semnalului intern (5Vcc)).

Comunicația între UC-ul secundar și UC-ul principal are rolul de a determina, prin interogare/răspuns structura întregului sistem, precum și pentru a transfera datele conversiei analogice și/sau digitale către microcontrolerul UC-ului principal care va lua decizia (în urma analizei datelor recepționate) privind reacția sistemului.

3. ÎNREGISTRAREA ȘI STOCAREA DATELOR ACHIZIȚIONATE

Înregistrarea și stocarea de date în cadrul sistemului au roluri diferite în funcție de tipul de date și destinația lor.

Programul controlează întreaga aplicație a sistemului (calculul diferiților parametri, stocarea datelor, comunicația pe magistrala internă, comunicația cu mediul extern, transmisia de comenzi către exterior). Programul de aplicație este stocat într-o memorie nevolatilă, memorie care suportă modificarea conținutului său numai în anumite condiții și cu activarea unor pini specifici. În cazul în care există o producție de masă pentru o anumită aplicație se pot folosi microcontrolere de tip OTP (**O**ne **T**ime **P**rograming) la care programul de aplicație se poate înscrie o singură dată în memoria nevolatilă.

Unele microcontrolere dispun de un program (BOOTLOADER) rezident în memoria FLASH care ușurează modificarea programului de aplicație, practic noul program se poate transferat utilizând un PC fără intermedierea unui inceptor specializat. Datorită existenței programului BOOTLOADER schimbarea programului de aplicație se poate efectua și de la distanță măbind flexibilitatea întregului sistem.

Datele din memoria volatilă (RAM) sunt de două tipuri: *datele curente*, sunt datele necesare pentru calcule parțiale sau cele care reprezintă starea unor mărimi externe/interne și *datele care reprezintă parametri inițiali*. Datele memorate în RAM sunt date care se distruge la dispariția tensiunii de alimentare, ele sunt necesare doar în momentul funcționării sistemului la parametri normali.

Datele de configurare sistem sau parametrizare/liniarizare sunt stocate într-o memorie nevolatilă EEPROM. Acest tip de date sunt folosite de către programul principal pentru a inițializa sistemul, a recunoaște diferite module proprii, pentru a liniariza funcționarea unor traductoare sau pentru a păstra pe termen nedefinit valori ce caracterizează evoluția în timp a sistemului în ansamblu.

O tehnologie nouă a dus la crearea unui tip dual de memorie RAM/EEPROM. Atât timp cât memoria este alimentată aceasta se comportă ca una de tip RAM (aceeași viteză de transfer de date și același tip de interfețe, serie/paralel), în momentul în care dispare alimentarea, atunci întreaga informație "îngheață" pe termen nedefinit (comportare asemănătoare cu a memoriilor EEPROM). La revenirea tensiunii de alimentare memoria revine la funcționarea de tip RAM..

4. COMENZI ANALOGICE/NUMERICE

Comenzile analogice/numerice, pe care sistemul le poate da către câmpul de aplicație, sunt acțiuni realizate de către acesta în urma prelucrării de către programul rezident în UC-ul aferent modulului de comenzi analogice/digitale a datelor achiziționate din proces și comparate cu limitele prestabilite în momentul executării programului. Limitele prestabilite sau condițiile care conduc la executarea de comenzi către proces sunt memorate în memoria

nevolatilă, de tip EEPROM, în acest fel datele de interes rămân valide și în cazul dispariției/reaparității tensiunii de alimentare.

Comenzile digitale (din punctul de vedere al microcontrolerului) sunt de tipul "1" = 5Vcc sau "0" = 0Vcc, interfața cu procesul are rolul de adaptor de nivel precum și de amplificator de semnal.

Tipurile de semnale de ieșire către proces sunt:

- a) "0" = 0÷5Vcc, "1" = 15÷30Vcc; b) "0" = 0 Vcc, "1" = 10 Vcc; c) "0" = -5 Vcc, "1" = 5 Vcc; d) "0" = -10 Vcc, "1" = 10 Vcc; e) open drain.

Comenzile analogice sunt de tipul cvasiliniar, interfața cu procesul are rolul de adaptor de nivel precum și de amplificator de semnal. Tipurile de semnale de ieșire către proces sunt:

- a) 0/4÷20 mA; b) 0/2÷10 mA; c) 0÷1 Vcc; d) 0÷5 Vcc; e) 0÷10 Vcc.

5. REALIZARE DE RAPOARTE

Sistemele de monitorizare asigură, în afară de controlul câmpului de aplicație și realizarea de rapoarte. Realizarea de rapoarte este, ca importanță, a doua funcție îndeplinită de acest tip de sisteme. Rapoartele pot fi: *periodice* (se emit în mod automat în baza unui program prestabilit), sau *la cerere*, forma și conținutul lor pot fi aceleași cu cele periodice sau pot diferi. Rapoartele pot fi editate la imprimanta cuplată direct la sistemul de monitorizare sau pot fi editate la comanda unui PC, transferul de date între sistemul de automatizare și PC se face printr-un canal de date sub formă de fir: comunicație serială sau comunicație paralel.

6. INTERFEȚE DE COMUNICAȚIE

Interfețele pentru transmisiile de date sunt, de cele mai multe ori, standardizate. Cele mai des utilizate interfețe de comunicație sunt interfețele seriale, cele de tip paralel sunt utilizate numai în cazuri speciale (legături cu imprimante, inscripționare sau cu unele convertoare foarte rapide de tip DAC sau ADC).

Dintre interfețele seriale cele mai des utilizate în echipamentele ce fac parte din sistemele de monitorizare enumerăm: RS232C, RS485, RS422, IIC, SPI, HART, CAN.

În cele ce urmează enumerăm câteva caracteristici ale interfețelor enumerate mai sus:

- RS232C- distanță maximă 30 m, viteză maximă 115.200 bps, conexiune punct la punct, comunicație tip semiduplex, legătură fizică realizată pe 3 fire (Tx, Rx, GND), este utilizată în special pentru conexiunile unui PC cu diferite periferice sau PC cu echipamente constitutive ale sistemului de monitorizare ;
- RS485 - distanță maximă 1.600 m, viteza este dependentă de distanța dintre echipamente, conexiuni posibile punct la punct, multipunct sau mixte, comunicație tip semiduplex, legătură fizică realizată pe 2 sau 3 fire (masa GND). Este utilizată în special pentru comunicație între echipamente industriale amplasate la distanțe mari sau în medii puternic perturbate electromagnetic;
- RS422 - distanță maximă 1.600 m, viteza este dependentă de distanța dintre echipamente, conexiuni posibile punct la punct, multipunct sau mixte, comunicație tip fullduplex, legătură fizică realizată pe 4 fire, câte 2 pentru fiecare sens. Este utilizată în special pentru comunicație între echipamente industriale amplasate la distanțe mari sau în medii puternic perturbate electromagnetic;
- IIC - distanța este de ordinul metrilor, viteza maximă 400.000 bps, conexiuni posibile punct la punct, multipunct sau mixte, comunicație tip semiduplex, legătură fizică realizată pe 2 fire, este utilizată pentru conexiuni de tip multiprocesor;
- SPI - distanța este de ordinul metrilor, viteza maximă 3.500.000 bps, conexiuni posibile punct la punct, comunicație tip semiduplex, legătură fizică realizată pe 2 fire, este utilizată pentru conexiuni de tip multiprocesor;

- HART - distanța de comunicație este în funcție de capacitatea/m a cablului, secțiunea sa și de numărul de echipamente conectate la rețea, conexiuni posibile punct la punct, multipunct sau mixte, comunicație tip semiduplex, legătură fizică realizată pe 2 fire, este utilizată pentru conexiuni de tip multiprocesor;

O prezentare mai detaliată se va face pentru interfața/ magistrala de tip CAN, această detaliere este necesară deoarece practic magistrala este imună la perturbații electromagnetice, este aplicabilă atât pentru comunicația de tip multiprocesor (în interiorul unui echipament), cât și pentru cea dintre echipamente, iar datorită avantajelor enumerate se pare că se va impune ca standard pentru aplicații industriale.

7. MAGISTRALA CAN

Magistrala CAN este o magistrală de tip serial pe 2 fire cu posibilități de comunicație multimaster, acest lucru înseamnă că mai multe echipamente conduse de microcontrolere dotate cu interfață CAN pot comunica între ele. Magistrala CAN include CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Fiecare echipament poate transmite un mesaj, iar dacă a pierdut arbitrajul de la dispozitivul de destinație va repeta operația de transmisie. Fiecare echipament stă în recepție pe magistrală și acel dispozitiv care încearcă să transmită poate ușor să determine dacă mesajul aflat pe magistrală este același cu acela pe care încearcă el să-l transmită. Dacă mesajul de pe magistrală este diferit atunci dispozitivul va elibera imediat magistrala. Acest mecanism de arbitraj asigură faptul că dispozitivul master va avea magistrala liberă, iar în caz de conflict nu se va pierde nici un mesaj.

Mecanismul prezentat mai sus diferă de mecanismul de transmitere de mesaje propriu sistemelor Ethernet. În cazul sistemelor Ethernet dispozitivul care dorește să transmită un mesaj va monitoriza magistrala și doar atunci când o găsește liberă va emite. Dacă două sau mai multe dispozitive emit în același timp atunci va apărea o coliziune, în acel moment dispozitivele opresc procesul de emisie, după o durată de timp aleatoare fiecare dintre dispozitivele care doresc să emită reia acest proces. În concluzie, se pierde timp în procesul de emisie deoarece de fiecare dată când apare un conflict pe magistrala de date procesul de emisie se reia de la început. Acest mod de arbitraj a conflictelor de pe magistrala de date explică motivul pentru care în aplicațiile noi de rețele Ethernet nodurile sunt legate punct la punct prin Bridge sau Router.

Spre deosebire de cazul precedent implementarea unei magistrale CAN va conduce la montarea unei singure perechi de fire (în cazul unei rețele Ethernet rețeaua de cable va fi sub formă de stea în care fiecare echipament se conectează la Bridge). În cazul magistralei de tip CAN erorile sunt detectate prin calculul CRC-ului (Cyclic Redundancy Check). Mesajul este acceptat dacă întreaga structură a mesajului recepționat verifică CRC-ul, la sfârșitul mesajului este atașat un bit corespunzător acceptării/neacceptării acestuia. Ținând cont de cele prezentate mai sus rezultă că magistrala CAN oferă o siguranță de 100% în transmiterea datelor. Robustețea magistralei CAN are însă și un preț, prețul este acela că toate dispozitivele sunt sincronizate și au aceeași perioadă de timp pentru bit-ul de informație. O întârziere nu poate depăși un anumit procent din durata de timp a unui bit, întârziere care dictează lungimea liniei de comunicație. Lungimea maximă a magistralei CAN, pentru o viteză de 1Mb/s este de 40m, iar pentru o viteză de 50Kb/s se poate ajunge până la 1Km.

Protocolul CAN are 2 scheme de adresare: CAN2.0A cu 11 biți de adresă și CAN2.0B cu 29 biți de adresă.

Protocolul CAN2.0A (11 biți de adresă) este utilizat pentru rețele mici (maxim 2048 adrese diferite), un nod poate utiliza până la 10 adrese (IDE = IDentifier Extension).

Protocolul CAN2.0B (29 biți de adresă) este utilizat pentru rețele mult mai mari. În cadrul acestui protocol maxim 8 octeți pot fi transmiși o dată, în cazul în care se dorește transmisia unor mesaje mai lungi atunci se procedează la o transmisie fragmentată a acestora.

În timp ce emițătorul controlează transmisia (SOF-începutul structurii mesajului, CRC- Cyclic Redundancy Check, bitul de întârziere), receptorul emite doar bitul de recunoaștere ACK. Aceasta este calea prin care emițătorul este informat de faptul că receptorul a recepționat întregul mesaj.

7.1 CONFIGURAȚIA FIZICĂ

Mediul fizic al magistralei CAN este, așa cum am mai precizat, format dintr-o linie formată din 2 fire, terminate la ambele capete cu rezistențe terminale. Pentru o mai bună imunitate la perturbații electromagnetice se folosește un semnal de tip diferențial.

În Fig. 1 sunt prezentate semnalele transmise, semnalul diferențial emis pe linie, precum și semnalul recepționat de către controler în momentul monitorizării magistralei.

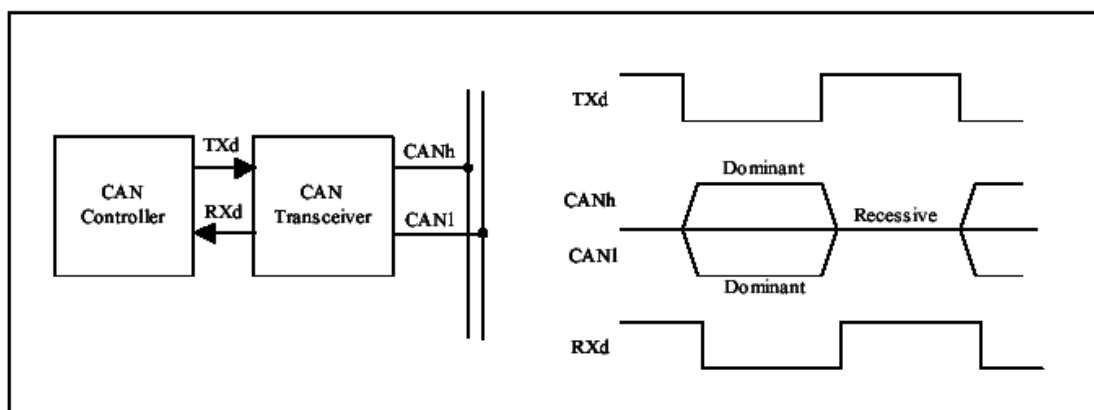


Fig.1 Forma semnalelor transmise și recepționate pe linie

În Fig. 2 este prezentată o aplicație tipică a unei magistrale CAN în care la aceasta sunt conectate diferite echipamente, de exemplu automate programabile, senzori, drivere etc.

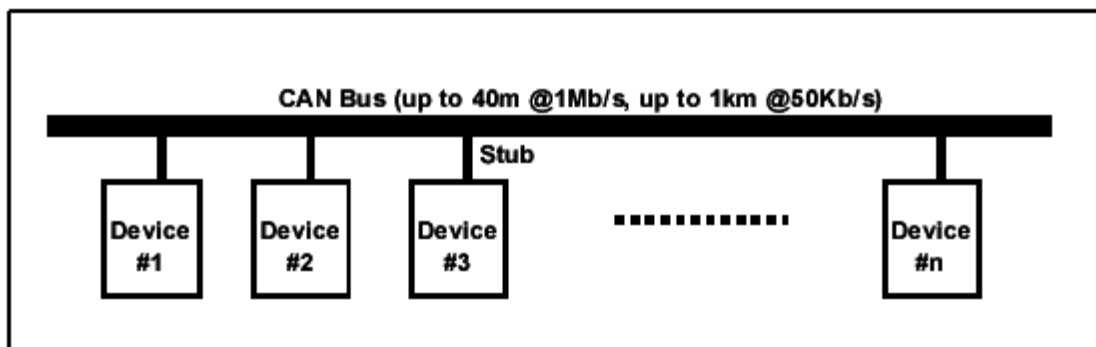


Fig.2 Aplicație a unei magistrale CAN.

7.2 APLICAȚII CAN

Magistrala de tip CAN a fost adoptată ca standard de către multe ramuri industriale. Printre aplicațiile magistralei CAN se pot enumera: controlul funcționării motoarelor automobilelor; controlul aparatelor de la bordul automobilelor; comanda și controlul funcționării scărilor rulante, a benzilor transportoare; comanda vanelor; controlul sistemelor de refrigerare; autovehicule electrice; sisteme de siguranță de pe vasele maritime etc.

7.3 SIGURANȚA MAGISTRALEI

Pentru aplicații în care siguranța datelor este un criteriu pentru adoptarea unei anumite soluții de rețea, atunci magistrala CAN este ideală deoarece în cazul acesteia se poate recurge la redundanță. Un exemplu de sistem redundat este cel prezentat în Fig. 3, în care controlerul principal transmite și recepționează date prin linia CAN, în timp ce controlerul secundar este adăugat pentru a monitoriza linia CAN.

În cazul unui sistem de monitorizare dacă se utilizează o magistrală de tip CAN putem conecta la aceasta atât modulele interne (UC-ul, modulele specializate) cât și alte echipamente, rezultând de aici o simplificare a protocolului de comunicație.

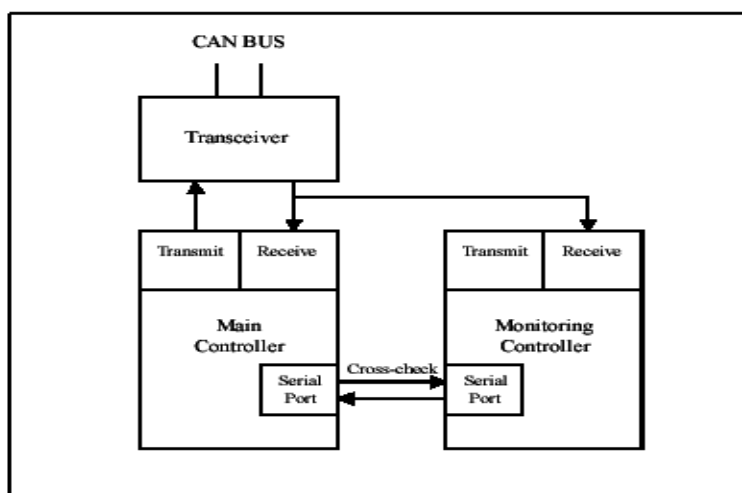


Fig.3 Sistem redundat.

8. CONCLUZII

Utilizarea tipului de interfață (CAN) conduce, spre deosebire de alte tipuri de interfețe de comunicație, la creșterea vitezei de transfer de date între microcontrolere și între acestea și alte echipamente de același tip, datorită, în special, modului în care sunt tratate conflictele care apar pe magistrală. Acest tip de interfață este foarte util în cazul aplicațiilor de mărime medii în care siguranța datelor este critică, practic aceasta este imună la perturbații electromagnetice putând fi folosită în orice aplicații industriale. CAN este utilă atât în aplicații de tip distanță mică/viteză de transfer date mare, cât și în aplicații distanță mare/viteză de transfer date mică.

Interfața este foarte flexibilă și permite cuplarea mai multor microcontrolere pe aceeași magistrală cu scopul de a realiza module funcționale multiprocesor. Datorită avantajelor pe care le asigură (imunitate la perturbații, viteză mare de transfer al datelor, distanță mare între echipamente, structură hardware identică atât pentru aplicații multiprocesor cât și pentru conexiuni între echipamente complexe, mediu de transfer ieftin interfața CAN se poate considera o înlocuitoare de succes a clasicei interfețe RS 485.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Atmel AVR enhanced RISC microcontroller data book;
- [2]. CAN networking microcontrollers CANary.
- [3]. Microelectronica – Data Book;
- [4]. Circuite integrate CMOS – Manual de utilizare;
- [5]. TEXAS INSTRUMENTS;

ATEE - 2004

- [6]. M. Ciugudean, V. Tiponut, M. E. Tanase, I. Bogdanov, H. Carstea, A. Filip, Circuite integrate liniare – Aplicatii,
- [7]. Paul R. Gray, Robert G. Meyer, Circuite integrate analogice. Analiza si proiectare;
- [8]. Costin Miron, Introducere in microprocesoare;
- [9]. Theodor Danila, Nicolae Cupcea, Amplificatoare analogice;
- [10]. Anca Manolescu, Anton Manolescu, Circuite integrate liniare – Culegere de probleme;
- [11]. M. Ciugudean, T. Muresan, H. Carstea, Circuite integrate analogice – Dimensionare;
- [12]. MAXIM – New releases data book;