Automate programabile şi microprogramare

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
PETRESCU, CĂTĂLIN
Automate programabile şi microprogramare / Cătălin Petrescu. - Bucureşti : Editura Academiei Oamenilor de Ştiință din România, 2011
Bibliogr.
Index
ISBN 978-606-8371-24-5

004

Editura Academiei Oamenilor de Ştiință din România

Adresa: Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 Bucureşti, România

Redactor: ing. Mihail CĂRUȚAŞU

Documentarist: ing. Ioan BALINT

Coperta: ing. sist. Adrian Nicolae STAN

Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Ştiință din România, Bucureşti, 2011

Cătălin Petrescu

Automate programabile şi microprogramare

Editura Academiei Oamenilor de Ştiinţă din România

Bucureşti

2011

Cuprins

1. Arhitectura generală a unui automat programabil 9
Interconectarea elementelor componente ale unui automat programabil.11
Magistrala sistemului..... 12
Magistrala de date 12
Magistrala de adrese..... 12
Semnalele de control..... 13
Conectarea la magistrala sistemului 13
Conectarea circuitelor de memorie 14
Conectarea dispozitivelor periferice..... 14
Maparea circuitelor de memorie şi a dispozitivelor periferice 14
Transferul informațiilor pe magistrala sistemului 16
Desfăşurarea unei operații de citire pe magistrala sistemului 16
Desfăşurarea unei operații de scriere pe magistrala sistemului 16
Particularități de implementare a automatelor programabile..... 17
Dispozitive periferice 18
Dispozitive periferice de uz general 19
Porturile de intrare/ieşire 19
Dispozitive de gestiune a timpului 20
Interfețele de comunicație..... 20
Dispozitive periferice pentru interfața cu procesul condus 21
Interfețe pentru intrări analogice..... 22
Interfețe pentru ieşiri analogice..... 23
Interfețe pentru intrări digitale 23
Interfețe pentru ieşiri digitale 23

2. Unitatea centrală 25
Procesorul.....25
Arhitectura generală a unui procesor..... 26
Unitatea Aritmetică şi Logică (UAL):..... 27
Indicatorii de condiții: 28
Setul de regiştri:..... 28
Unitatea de control program: 29
Unitatea de control procesor:..... 29
Structura şi codificarea instrucțiunilor 30
Moduri de adresare a operanzilor 32
Adresarea directă a regiştrilor:..... 32
Adresarea directă a memoriei..... 33

Adresarea imediată ... *34*
Adresarea indirectă a memoriei ... *34*
Adresarea indirectă şi indexată ... *36*
Variante ale adresării indirecte ... *37*
Memoria ... 37
Memoria de program ... 39
Tehnologia FLASH ... *39*
Scrierea memoriei de program în mod paralel ... *40*
Scrierea memoriei de program prin tehnologia ISP ... *40*
Scrierea memoriei de program de către procesor ... *41*
Memoria de date ... 41
Tehnologia RAM statică ... *41*
Tehnologia RAM dinamică ... *44*
Memoria nevolatilă ... 48
Circuite auxiliare procesorului ... 48
Oscilatorul de ceas ... 48
Oscilatoarele RC ... *49*
Oscilatoarele stabilizate cu cristal de cuarţ de frecvenţă ridicată ... *49*
Oscilatoarele stabilizate cu cristal de cuarţ de frecvenţă redusă ... *49*
Circuite de iniţializare şi supraveghere ... 50
Circuitul de generare a semnalului de iniţializare ... *51*
Ceasul de gardă ... *52*
Controlorul de întreruperi ... 53
Principiul de funcţionare al întreruperilor ... *53*
Funcţionarea controlorului de întreruperi ... *54*
Mecanismul de priorităţi ... *55*

3. Dispozitive periferice ... 57
Dispozitive periferice de uz general ... 57
Porturi de intrare/ieşire ... 57
Unitatea de interfaţă cu procesorul ... *59*
Circuitele de control pentru conexiunile de intrare/ieşire ... *59*
Timere ... 60
Baza de timp ... *61*
Unităţile de captură ... *62*
Unităţile de sinteză ... *62*
Interfeţe de comunicaţie ... 64
Interfaţa serială asincronă ... *64*
Principiul comunicaţiei seriale asincrone ... *65*
Standarde pentru interfeţele seriale asincrone ... *67*
Dispozitive periferice pentru conectarea la proces ... 69
Interfeţe pentru intrări analogice ... 69
Structura unei interfeţe pentru intrări analogice ... *69*
Convertorul analog-numeric ... *70*

Multiplexorul analogic *72*
Condiționarea semnalelor *73*
Interfețe pentru ieşiri analogice 77
Structura unei interfețe pentru ieşiri analogice *77*
Convertorul numeric-analogic *78*
Condiționarea semnalelor *80*
Interfețe pentru intrări digitale 82
Interfață universală pentru intrări digitale cu izolare galvanică *83*
Comparatorul cu histerezis *84*
Interfețe pentru ieşiri digitale 84
Interfețe cu ieşire pe releu electromagnetic *85*
Interfețe cu ieşire pe releu static *86*

Capitolul 1

Arhitectura generală a unui automat programabil

Arhitectura unui echipament electronic reprezintă totalitatea componentelor din care este realizat precum şi modul în care aceste componente sînt interconectate.

Arhitectura generală a unui automat programabil este prezentată în figura următoare:

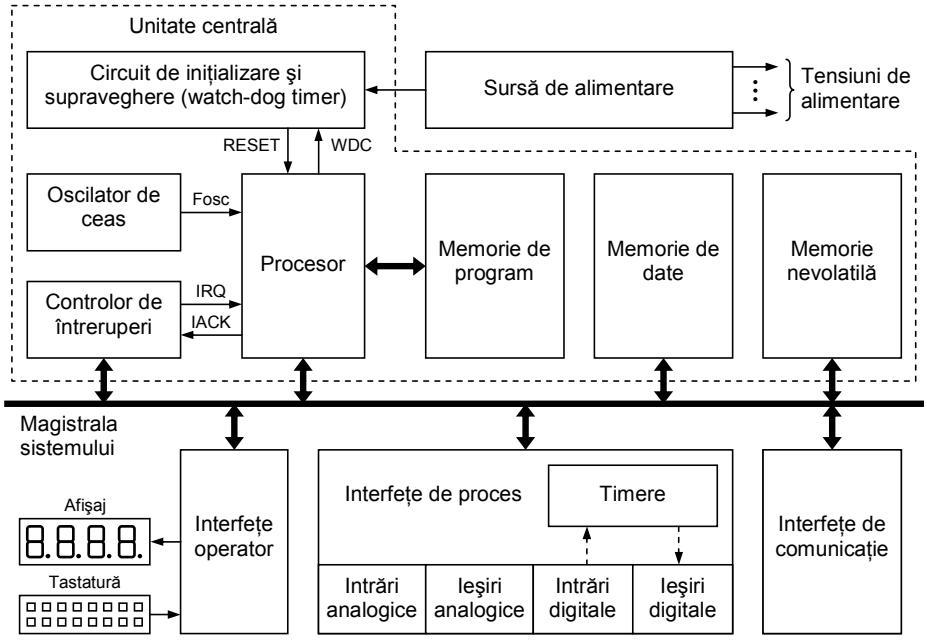

Figura 1.1: Arhitectura generală a unui automat programabil

Elementele componente ale unui automat programabil se pot grupa în trei subansambluri principale şi anume:

- Unitatea centrală;
- Dispozitive periferice;
- Sursa de alimentare.

Transferul de informaţii între elementele componente ale unui automat programabil este coordonat de către procesor. Unitatea de informaţie transferată este formată din grupuri de 8 biţi care se numesc octeţi (bytes).

Dispozitivele de memorie precum şi cele periferice pun la dispoziţia procesorului o serie de locaţii în care se pot scrie sau din care se pot citi informaţii sub formă de octeţi. În cazul circuitelor de memorie aceste locaţii sînt utilizate pentru stocarea informaţiei iar în cazul dispozitivelor periferice locaţiile sînt utilizate pentru transferul de informaţie dintre procesor şi periferic.

Toate aceste locaţii sînt numerotate pentru a face posibilă identificarea lor. Numărul asociat unei locaţii se numeşte *adresă* iar operaţia de identificare a unei locaţii pe baza numărului acesteia se numeşte *adresare*.

Orice procesor este capabil să gestioneze un anumit număr maxim de locaţii care reprezintă capacitatea de adresare a procesorului. Nu este obligatoriu ca toate aceste locaţii adresabile de către procesor să fie şi utilizate.

Unitatea de măsură a capacităţii de adresare a unui procesor precum şi a capacităţilor de stocare a memoriilor (numărul de locaţii oferite) este octetul sau byte-ul avînd următorii multiplii:

- Kilo-octetul sau Kilobyte-ul (KB) format din 2^{10}=1024 unităţi;
- Mega-octetul sau Megabyte-ul (MB) format din 2^{20}=1.048.576 unităţi;
- Giga-octetul sau Gigabyte-ul (GB) format din 2^{30}=1.073.741.824 unităţi.

La nivelul fiecărui circuit de memorie sau dispozitiv periferic există un anumit număr N de locaţii care sînt numerotate cu valori între 0 şi N-1. Aceste valori reprezintă adresele locale ale locaţiilor în cadrul circuitului de memorie sau dispozitivului periferic respectiv.

Pentru a permite procesorului să adreseze locaţiile tuturor circuitelor de memorie şi dispozitivelor periferice se realizează o *mapare* a adreselor locale în domeniul de adrese utilizat de către procesor. Un exemplu de mapare a adreselor locale la un procesor este prezentat în figura următoare:

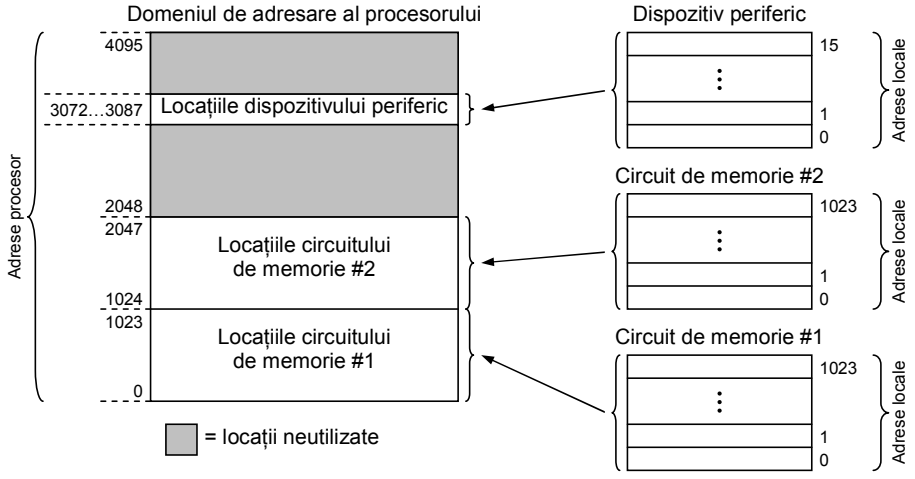

Figura 1.2: Exemplu de mapare a adreselor locale

Procesorul din acest exemplu are capacitatea de adresare de 4 KB adică 4096 locații. La acest procesor s-au conectat două circuite de memorie având fiecare capacitatea de 1 KB şi un dispozitiv periferic care utilizează pentru comunicația cu procesorul un număr de 16 locații.

Locațiile corespunzătoare primului circuit de memorie sînt adresate de către procesor prin adrese cu valori între 0 şi 1023. Locațiile celui de-al doilea circuit de memorie utilizează următoarele 1024 de adrese ale procesorului respectiv între 1024 şi 2047.

Cele 16 locații ale dispozitivului periferic sînt adresate de procesor în domeniul de adrese între 3072 şi 3087. Se observă prezența unui spațiu neutilizat între adresele memoriilor şi cele ale dispozitivului periferic precum şi ultimele 1024 locații adresabile de către procesor.

Operația de mapare este realizată cu ajutorul unor circuite numite decodificatoare de adrese care primesc adresa generată de procesor şi identifică cărui circuit de memorie sau dispozitiv periferic îi corespunde.

Interconectarea elementelor componente ale unui automat programabil

Elemente componente ale unității centrale şi dispozitivele periferice sînt interconectate prin intermediul magistralei sistemului. Magistrala sistemului este un ansamblu de conexiuni electrice prin care se realizează schimbul de informații între procesor şi restul dispozitivelor conectate cu acesta.

Toate circuitele de memorie şi dispozitivele periferice se conectează în paralel pe această magistrală. Transferul informației pe magistrala sistemului este controlat de către procesor şi se realizează prin două categorii de operații şi anume:

- operații de citire – în care se transmite către procesor valoarea existentă într-o anumită locație din memorie sau dispozitiv periferic;
- operații de scriere – în care procesorul modifică valoarea dintr-o anumită locație de memorie sau dispozitiv periferic.

De asemenea, dispozitivele periferice pot trimite către procesor semnale prin care anunță producerea unor evenimente. Aceste semnale se numesc cereri de întrerpere şi permit procesorului să reacționeze rapid la evenimentele semnalizate.

Fiecare dispozitiv periferic utilizează cîte un semnal de cerere întrerupere pentru fiecare tip de eveniment care se poate produce. Gestiunea cererilor de întrerupere generate de întreg ansamblul de dispozitive periferice este realizată de către un circuit special ataşat procesorului numit *controlor de întreruperi*.

Magistrala sistemului

Din punct de vedere funcțional, magistrala sistemului este formată din trei componente şi anume:

- magistrala de date;
- magistrala de adrese;
- semnale de control.

Magistrala de date

Este un set de conexiuni electrice prin care se transmite valoarea unei locații între procesor şi memorie sau dispozitive periferice.

Informația pe magistrala de date poate circula în ambele sensuri şi anume:

- de la procesor către memorie sau dispozitive periferice în cazul operațiilor de scriere;
- de la memorie sau dispozitive periferice către procesor în cazul operațiilor de citire.

Numărul de conexiuni utilizate pentru magistrala de date este dat de numărul de biți cu care procesorul poate lucra simultan. Dimensiunile uzuale ale magistralelor de date sînt de 8, 16 sau 32 de biți.

Notația consacrată pentru conexiunile magistralei de date este *Di*, unde *i* reprezintă numărul conexiunii.

Magistrala de adrese

Este un set de conexiuni electrice prin care procesorul transmite adresa locației care face obiectul transferului de informație.

Valoarea adresei este generată întotdeauna de către procesor şi este utilizată de către circuitele de memorie, dispozitivele periferice şi decodificatoarele de adrese asociate acestora.

Numărul de conexiuni utilizate pentru magistrala de adrese determină capacitatea de adresare a procesorului. Numărul maxim de locații adresabile poate fi calculat astfel:

$$N = 2^{na}, \qquad \textbf{(1-1)}$$

unde:

N – este numărul maxim de locații adresabile de procesor;
na – este numărul de conexiuni ale magistralei de adrese.

Dimensiunile uzuale ale magistralelor de adrese sînt:

- 16 conexiuni (biți) – se pot adresa 2^{16}= 65.536 de locații (64 KB);
- 20 conexiuni (biți) – se pot adresa 2^{20}= 1.048.576 de locații (1 MB);
- 24 conexiuni (biți) – se pot adresa 2^{24}= 16.777.216 de locații (16 MB);
- 32 conexiuni (biți) – se pot adresa 2^{32}= 42.949.67.296 de locații (4 GB)

Notația consacrată pentru conexiunile magistralei de date este *Di*, unde *i* reprezintă numărul conexiunii.

Semnalele de control

Acest set de conexiuni electrice este utilizat pentru controlul desfăşurării operaţiilor de transfer de informaţii. Aceste semnale sînt generate de către procesor şi utilizate de circuitele de memorie şi dispozitivele periferice.

Dintre semnalele de control generate de procesor cele mai importante sînt:

- $\overline{RD}$ (read) – generat pentru a indica o operaţie de citire;
- $\overline{WR}$ (write) – generat pentru a indica o operaţie de scriere;

Conectarea la magistrala sistemului

În figura următoare este prezentat modul de conectare a procesorului, unui circuit de memorie şi a unui dispozitiv periferic utilizînd magistala sistemului:

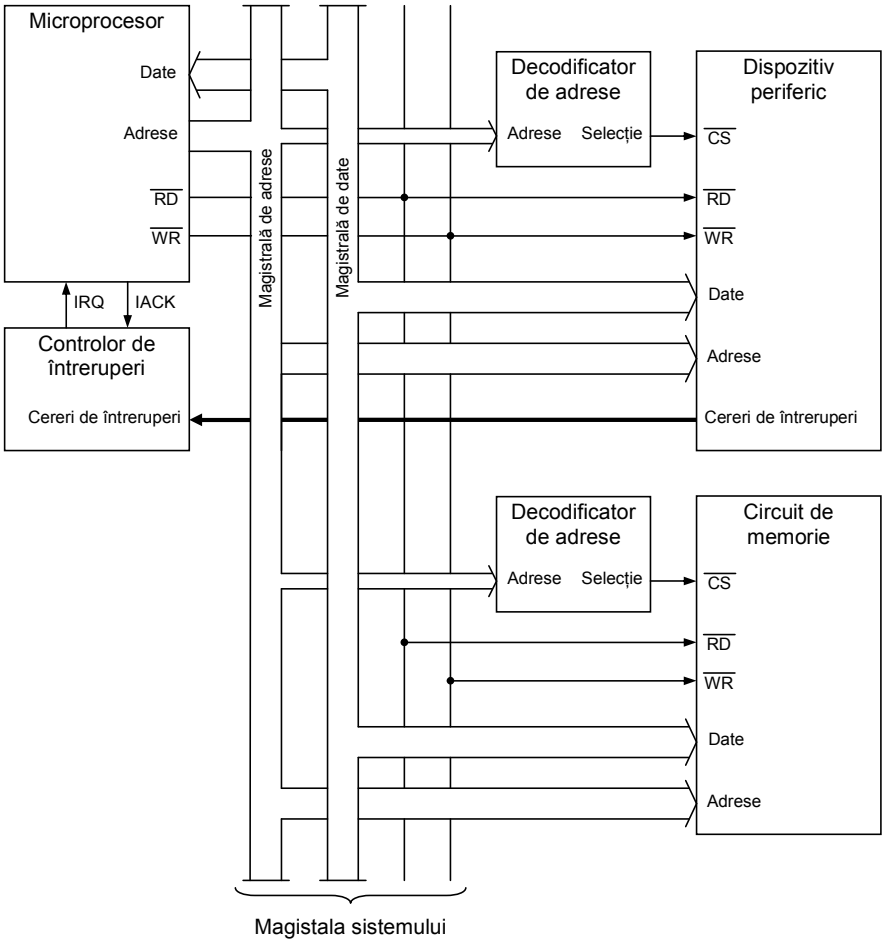

Figura 1.3: Conectarea memoriei şi perifericelor la microprocesor

Conectarea circuitelor de memorie

Un circuit de memorie se conectează utilizînd toate cele trei componente ale magistralei sistemului (date, adrese şi semnale de control). Suplimentar, se observă prezența unei conexiuni notate $\overline{CS}$ (*chip select*) care are rolul de a activa circuitul de memorie doar în cazul în care operația de transfer de date se referă la o locație prezentă la nivelul circuitului respectiv.

Semnalul de selecție $\overline{CS}$ este generat de către un circuit decodificator de adrese care determină apartenența locației la circuitul de memorie pe baza adresei generate de către procesor.

În cazul în care semnalul $\overline{CS}$ este activ (adică în stare logică '0'), circuitul de memorie participă la operația de transfer de date inițiată de procesor (este activ). Dacă semnalul $\overline{CS}$ este inactiv ('1' logic), circuitul de memorie ignoră comenzile date de procesor şi nu participă la operația de transfer de date (este inactiv).

Conectarea dispozitivelor periferice

Un dispozitiv periferic se conectează la magistrala sistemului similar unui circuit de memorie.

Deoarece la nivelul dispozitivelor periferice se pot produce diferite evenimente (modificări de stare, finalizarea anumitor operații realizate de periferic, recepția unor informații din exterior, etc.) este necesară semnalizarea acestora către procesor pentru a fi tratate de acesta conform algoritmilor specifici implementați în program.

Semnalizarea evenimentelor se realizează prin intermediul semnalelor de cerere de întrerupere care sînt generate de către dispozitivul periferic şi preluate de circuitul controlor de întreruperi ataşat procesorului.

Controlorul de întreruperi generează o comandă IRQ (Interrupt request) către procesor care determină oprirea temporară a programului executat de acesta şi apelarea unei secvente de program specifice fiecărei cereri de întrerupere. Secvența de program apelată se numeşte procedură de tratare a întreruperii şi realizează operațiile necesare rezolvării situației apărute prin producerea evenimentului corespunzător.

Maparea circuitelor de memorie şi a dispozitivelor periferice

Prin operația de mapare se asociază fiecărei locații din circuitele de memorie sau dispozitivele periferice o adresă prin intermediul căreia va fi identificată de către procesor.

Fizic, maparea se realizaează prin selecția (activarea) fiecărui circuit de memorie sau dispozitiv periferic de fiecare dată cînd procesorul realizează o operație de transfer de date cu o locație aflată într-un anumit interval de adrese.

De exemplu, pentru sistemul prezentat în *Figura 1.2*:

- circuitul de memorie #1 – se activează pentru operații de transfer în intervalul de adrese [0…1023];
- circuitul de memorie #2 – se activează pentru adrese între [1024…2047];

- dispozitivul periferic – se activează pentru adrese între [3072…3087].

Selecția este realizată de către decodificatoarele de adresă care analizează adresele generate de procesor pe durata fiecărei operații de transfer de date.

Principiul de funcționare al decodificatoarelor de adrese se bazează pe observația că o parte din biții de adresă generați de procesor au aceeaşi valoare pentru toate locațiile dintr-un circuit de memorie sau dispozitiv periferic.

De exemplu, pentru sistemul prezentat în *Figura 1.2*, adresele generate de procesor pentru toate cele 16 locații corespunzătoare dispozitivului periferic sînt prezentate în figura următoare:

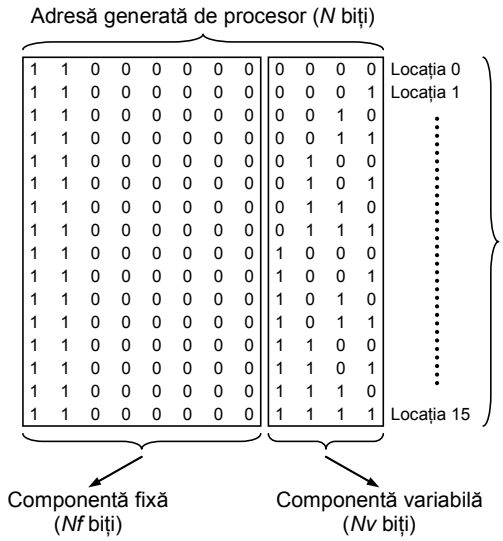

Figura 1.4: Componentele unei adrese

Se observă că primii *Nf*=8 biți sînt identici pentru toate cele 16 locații (componenta fixă). Restul de *Nv*=4 biți au valori diferite, mai exact reprezintă adresa locală a locației în cadrul perifericului (componenta variabilă).

La modul general, în cazul unui circuit de memorie sau dispozitiv periferic care utilizează *L* locații, numărul de biți *Nv* care codifică adresa locală este:

$$Nv = ceil\left(log_2 L\right), \tag{1-2}$$

Dacă dimensiunea adresei generate de procesor este de *N* biți, dimensiunea componentei fixe este:

$$Nf = N - Nv\,, \tag{1-3}$$

Decodificatorul de adrese analizează componenta fixă a adresei generate de procesor şi activează circuitul de memorie sau dispozitivul periferic dacă valorile biților corespund domeniului de adrese asociat (11000000 pentru exemplul anterior).

Transferul informațiilor pe magistrala sistemului

Transferul informațiilor între procesor şi circuitele de memorie sau dispozitivele periferice se realizează prin operații de citire sau scriere a unor locații. Aceste operații sînt controlate de procesor şi se desfăşoară conform unor succesiuni de operații elementare numite ciclii de citire respectiv scriere.

Desfăşurarea unei operații de citire pe magistrala sistemului

Citirea valorii unei locații se realizează pe durata unui ciclu de citire care este prezentat în figura următoare:

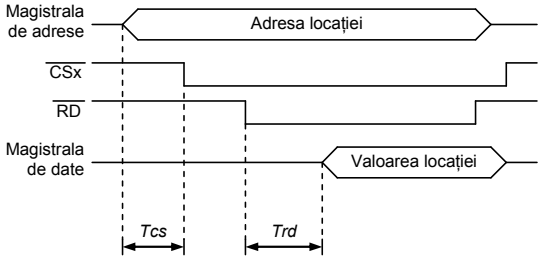

Figura 1.5: Desfăşurarea unui ciclu de citire

Ciclul de citire începe prin plasarea de către procesor a adresei locației pe magistrala de adrese. După un interval scurt de timp (*Tcs*), decodificatorul de adrese activează semnalul de selecție al circuitului de memorie sau dispozitivului periferic $\overline{CSx}$ care conține locația adresată. Intervalul de timp *Tcs* este necesat circuitelor decodificatorului pentru a decide care dintre semnalele de selecție trebuie activat.

În următoarea etapă, procesorul activează semnalul de comandă pentru operația de citire $\overline{RD}$ iar circuitul de memorie sau dispozitivul periferic selectat răspunde prin plasarea valorii locației adresate pe magistrala de date. Intervalul de timp dintre activarea semnalului $\overline{RD}$ şi plasarea valorii locației pe magistrala de date se numeşte timp de acces şi este notat cu *Trd*.

Finalizarea ciclului de citire este marcată prin dezactivarea de către procesor a semnalului $\overline{RD}$. Simultan cu aceasta sau la un interval de timp foarte scurt, procesorul modifică valoarea prezentă pe magistrala de adrese (apare adresa următoarei locații care va fi citită sau modificată) ceea ce conduce la dezactivarea semnalului $\overline{CSx}$. În urma dezactivării semnalului de citire $\overline{RD}$, circuitul de memorie sau dispozitivul periferic eliberează magistrala de date.

Desfăşurarea unei operații de scriere pe magistrala sistemului

Modificarea valorii unei locații se realizează pe durata unui ciclu de scriere care este prezentat în figura următoare:

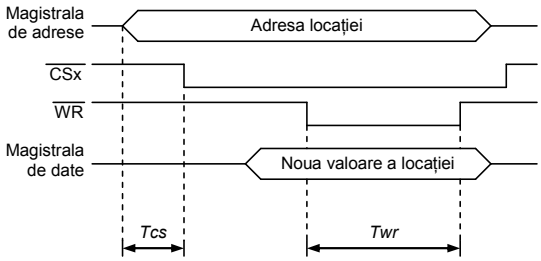

Figura 1.6: Desfăşurarea unui ciclu de scriere

Ciclul de citire începe prin plasarea de către procesor a adresei locației pe magistrala de adrese urmată de activarea semnalului de selecție $\overline{CSx}$ de către decodificatorul de adrese.

În următoarea etapă, procesorul plasează pe magistrala de date valoarea pe care doreşte să o scrie în locație. După un scurt interval de timp procesorul activează semnalul de comandă al operației de scriere $\overline{WR}$ care declanşează la nivelul circuitului de memorie sau dispozitivului periferic selectat operația de modificare a conținutului locației adresate.

Semnalul $\overline{WR}$ este menținut activ un interval de timp *Twr*. Acest interval este necesar circuitului de memorie sau dispozitivului periferic pentru a finaliza operația de modificare a conținutului locației şi se numeşte timp de scriere.

Finalizarea ciclului de citire este marcată prin dezactivarea de către procesor a semnalului $\overline{WR}$. Simultan cu acesta sau sau la un interval de timp foarte scurt, procesorul modifică valoarea prezentă pe magistrala de adrese şi eliberează magistrala de date.

Particularități de implementare a automatelor programabile

În funcție de gradul de complexitate, automatele programable se pot realiza în două variante constructive:

- Varianta compactă;
- Varianta modulară.

În cazul variantei compacte toate elementele componente sînt integrate într-o singură unitate constructivă (placă de circuit/carcasă). Această variantă este utilizată în cazul aplicațiilor de complexitate redusă deoarece prezintă o configurație rigidă cu un număr relativ scăzut de dispozitive periferice.

În cazul variantei modulare cele trei subansambluri principale (unitatea centrală, dispozitivele periferice şi sursa de alimentare) sînt realizate sub forma unor module diferite. Interconectarea modulelor se realizează utilizînd magistrala sistemului sau, mai recent, interfețe de comunicație serială de mare viteză.

Din punct de vedere mecanic, modulele componente sînt realizate sub forma unor "sertare" care se asamblează într-o carcasă specială (*rack*) prevăzută cu conectori pentru accesul la magistrala sistemului.

Această variantă este foarte flexibilă din punct de vedere al configurării subsistemului de dispozitive periferice fiind utilizată în cazul aplicațiilor de complexitate ridicată.

În ambele variante de implementare, unitatea centrală şi o parte dintre dispozitivele periferice sînt implementate utilizînd un circuit specializat numit microcontroler.

Microcontrolerul integrează într-o singură capsulă de circuit următoarele elemente:

- un procesor optimizat din punct de vedere al consumului de energie electrică (energie termică disipată);
- memorie de program cu capacitatea între 4 KB si 512 KB;
- memorie de date cu capacitatea între 0.5 KB si 128 KB;
- memorie nevolatilă cu capacitatea între 0.5 KB şi 4 KB;
- interfețe de comunicație diverse;
- dispozitive periferice de gestiune a timpului (timere, ceas de timp real);
- dispozitive periferice de interfață de uz general.

Utilizarea microcontrolerelor simplifică mult proiectarea şi construcția automatelor programabile (şi a multor altor categorii de dispozitive electronice) deoarece integrează majoritatea componentelor necesare.

În cazul automatelor realizate în variantă compactă este posibilă implementarea întregului automat cu ajutorul unui circuit de tip microcontroler şi un set redus de componente suplimentare necesare pentru interfațarea cu procesul condus.

În cazul automatelor realizate în variantă modulară, tendința actuală este de a implementa modulele de interfață cu procesul utilizînd cîte un microcontroler de complexitate redusă pentru fiecare modul în parte. Conectarea modulelor de interfață la modulul care conține unitatea centrală se realizează prin intermediul unei magistrale de comunicație serială de mare viteză. Utilizarea acestei magistrale de comunicație simplifică extrem de mult sistemul de interconectare dintre module deoarce se utilizează un număr de numai 2…3 conexiuni electrice în locul celor cîteva zeci în cazul utilizării magistralei sistemului.

În capitolele următoare se vor prezenta în detaliu elementele componente ale unui automat programabil realizat pe baza unui microcontroler. Prezentarea va conține exemplificări referitoare la utilizarea microcontrolerelor de 8 biți din familia AVR deoarece această familie de microcontrolere are o structură simplă şi reprezentativă.

Dispozitive periferice

Dispozitivele periferice sînt acele componente care permit automatului programabil să comunice cu mediul exterior. Din punct de vedere al funcțiilor

realizate în cadrul automatlui programabil, dispozitivele periferice se clasifică în două categorii principale şi anume:

- dispozitive periferice de uz general;
- dispozitive periferice pentru interfața cu procesul condus.

Dispozitive periferice de uz general

Dispozitivele periferice de uz general sînt comune tuturor automatelor programabile şi pot fi clasificate în următoarele categorii:

- porturi de intrare/ieşire;
- dispozitive de gestiune a timpului;
- interfețe de comunicație.

Porturile de intrare/ieşire

Porturile de intrare/ieşire sînt dispozitive periferice care permit comanda sau citirea stării logice a unor conexiuni electrice.

Starea logică a unei conexiuni electrice este reprezentată prin valoarea tensiunii electrice prezente pe acea conexiune. În figura următoare este prezentat modul de asociere al stărilor logice cu nivele de tensiune:

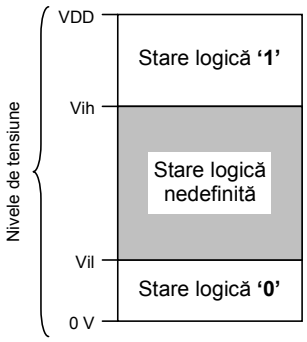

Figura 1.7: Nivele de tensiune asociate stărilor logice

Starea logică '0' are asociat un interval de tensiuni între 0 V şi o valoare de prag notată cu *Vil*. Starea logică '1' are asociat un interval de tensiuni între valoarea de prag *Vih* şi tensiunea de alimentare a circuitelor (*VDD*).

Tensiunile aflate între cele două valori de prag nu trebuie să fie prezente pe o astfel de conexiune deoarece pot fi interpretate fie ca '0' sau '1' logic în funcție de exemplarul de circuit care primeşte tensiunea şi de temperatura de funcționare a acestuia (practic nivelul logic asociat nu este definit).

În cazul în care starea logică a unei conexiui electrice asociate unui port este comandată de către procesor pentru a transmite informație binară către un dispozitiv extern corespunde unei conexiuni de tip ***'ieşire'***.

Dacă procesorul citeşte starea logică a unei conexiuni care este determinată de un dispozitiv extern atunci conexiunea respectivă este de tip ***"intrare"***.

Un port de intrare/ieşire este un dispozitiv periferic care permite gestiunea unui număr de 8, 16 sau 32 de conexiuni. Fiecare conexiune poate fi configurată să funcţioneze fie ca intrare sau ca ieşire în funcţie de specificul dispozitivului extern la care este conectată.

Procesorul poate citi în orice moment starea logică prezentă pe conexiunile de intrare şi poate modifica starea logică a conexiunilor de ieşire.

Dispozitive de gestiune a timpului

Timpul este un parametru deosebit de important în sistemele de control. Algoritmii de prelucrare a semnalelor presupun achiziţia datelor la intervale de timp precise (perioade de eşantionare). Deasemenea, o gamă largă de algoritmi necesită măsurarea unor intervale de timp sau frecvenţe.

Dispozitivele periferice destinate gestiunii timpului sînt:

- timere;
- ceasul de timp real.

Timerele sînt dispozitive care contorizează perioadele unui semnal de referinţă (generat de oscilatorul procesorului) care are o frecvenţă cunoscută şi foarte precisă.

Prin contorizarea acestor intervale de timp este posibilă generarea unor evenimente la intervale de timp egale care să fie transmise procesorului pentru a sincroniza diferite activităţi.

O altă utilizare a timerelor este cronometrarea duratei sau perioadei unor impulsuri primite din exterior precum şi generarea de impulsuri cu frecvenţe sau durate programabile.

Ceasul de timp real este dispozitivul care oferă data şi ora curentă. Este util în majoritatea aplicaţiilor care monitorizează şi înregistrează evenimentele semnificative apărute în timpul funcţionării unui sistem sau care trebuie să declanşeze anumite activităţi pe baza unui calendar prestabilit.

Ceasul de timp real este alimentat dintr-o sursă de energie proprie de tip baterie sau acumulator pentru a funcţiona fără întrerupere şi în cazul în care automatul nu este alimentat cu energie electrică.

Interfeţele de comunicaţie

Interfeţele de comunicaţie sînt utilizate pentru conectarea automatelor programabile cu alte echipamente de control sau realizarea unor reţele de automate atunci cînd complexitatea aplicaţiei solicită acest lucru.

Deasemenea, unele interfeţe de comunicaţie pot fi utilizate intern pentru conectarea unor dispozitive periferice sau a unor memorii nevolatile de capacitate mare utilizate ca unităţi de stocare de fişiere.

Interfeţele de comunicaţie specifice automatelor programabile sînt:

- interfeţe de comunicaţie serială asincronă (UART);
- interfeţe seriale sincrone (SPI, I^2C);
- interfeţe de tip CAN;

Interfețele de comunicație asincronă sînt utilizate atît pentru conectarea cu alte dispozitive de control dar şi pentru realizarea unor rețele de automate programabile. Conectarea prin aceste interfețe se realizează utilizînd doar două conexiuni electrice şi permite transferul; de informație la distanțe mari (sute de metri) cu viteze de pînă la 1 Mbit/sec în condiții de imunitate ridicată la perturbații.

Interfețele seriale sincrone sînt utilizate în special pentru conectarea unor dispozitive periferice sau a unor memorii nevolatile în interiorul automatelor programabile.

Interfața SPI utilizează trei conexiuni electrice pentru transferul de date şi cîte o conexiune pentru selectarea fiecărui dispozitiv cu care se comunică. Viteza de transfer poate atinge valoare de 10 Mbiți/sec dar distanța pe care se poate realiza comunicația aste limitată la interiorul automatului.

Interfața I^2C utilizează doar două conexiuni electrice indiferent de numărul dispozitivelor conectate. Viteza de transfer este de 100, 400 sau 1000 Kbiți/sec iar distanța pe care se poate realiza comunicația este deasemenea limitată la interiorul automatului.

Interfața CAN permite conectarea cu alte dispozitive de control sau realizarea de rețele de automate fiind optimizată pentru transferul rapid şi foarte sigur al unor cantități reduse de informație.

Conectarea prin interfața CAN se realizează utilizînd două conexiuni electrice, viteza maximă de transfer este de 1 Mbit/sec iar distanța pe care se poate realiza comunicație este de ordinul metrilor.

Suplimentar, automatele programabile pot integra şi interfețe standard utilizate în calculatoarele personale precum porturi USB sau interfețe de conectare în rețea de tip Ethernet.

Dispozitive periferice pentru interfața cu procesul condus

Automatele programabile sînt destinate controlului proceselor industriale sau pentru automatizarea funcționării diferitelor echipamente. Specific acestor aplicații este necesitatea conectării automatului programabil la o serie de senzori, traductoare şi elemente de acționare specifice care presupune integrarea unor dispozitive periferice speciale destinate interfațării cu procesele conduse.

Informația transferată între automatul programabil şi procesul condus poate fi clasificată în două categorii principale şi anume:

- informație analogică;
- informație de tip logic (digitală).

Informația analogică se referă la valorile unor parametrii sau comenzi fiind exprimată prin numere reale. Acest tip de informație este generat de traductoarele de măsură pentru diferiți parametrii electrici, fizici sau chimici existenți în procesul condus sau de automatul programabil pentru comanda elementelor de acționare variabilă.

Informația de tip logic se referă la semnalizări sau comenzi cu doar două stări posibile (pornit/oprit, închis/deschis, etc.). Acest tip de informație este generat

de senzorii care detectează anumite condiţii de funcţionare sau de automatul programabil pentru pornirea sau oprirea unor elemente de acţionare.

Pentru simplificarea interfeţelor şi standardizarea echipamentelor, semnalele utilizate pentru transmiterea informaţiilor între automatele programabile şi procesele conduse au fost standardizate sub forma unor semnale electrice unificate astfel:

- semnalele corespunzătoare transmiterii informaţiilor analogice pot codifica valoarea informaţiei prin intermediul următoarelor mărimi electrice:
  - tensiune cu un domeniu de variaţie standard de:
    0 … 10 V
    -10 … 10 V
    0 … 5 V
    -5 … 5V
  - curent în gama 4…20 mA;
- semnalele corespunzătoare informaţiilor de tip logic codifică valorile ‘0’ şi ‘1’ prin următoarele tensiuni asociate:
  0 / 24 V continuu
  0 / 24 V alternativ
  0 / 110 V continuu
  0 / 110 V alternativ
  0 / 220 V continuu
  0 / 220 V alternativ

Dispozitivele periferice de interfaţă cu procesele conduse se clasifică în funcţie de tipul informaţiei şi sensul în care aceasta se transmite între automat şi proces în următoarele categorii principale:

- intrări analogice;
- ieşiri analogice;
- intrări digitale (logice);
- ieşiri digitale (logice).

În cazul automatelor programabile realizate în variantă compactă se implementează un ansamblu de intefeţe specific unei anumite aplicaţii pentru care a fost proiectat automatul.

Automatele programabile modulare sînt prevăzute cu module de interfaţă specifice fiecărei categorii prezentate anterior care pot fi combinate în configuraţii diferite conform cu cerinţele aplicatiei.

Interfeţe pentru intrări analogice

Aceste interfeţe sînt destinate achiziţiei informaţiilor de la traductoarele de măsură codificate prin semnale electrice unificate.

O interfaţă pentru intrări analogice oferă posibilitatea conectării mai multor traductoare prin intermediul unor conexiuni electrice independente (canale

de achiziție). Numărul acestor canale precum şi tipul de semnal unificat utilizat este specific fiecărui tip de automat programabil.

Este posibil ca o interfață pentru intrări analogice să ofere canale de achiziție specializate pentru un anumit tip de semnal unificat sau canale universale care pot fi configurate să utilizeze mai multe tipuri de semnal.

Interfețe pentru ieşiri analogice

Aceste interfețe sînt destinate transmiterii de comenzi de la automatul programabil la elemente de acționare variabilă.

Şi aceste interfețe oferă posibilitatea conectării mai multor elemente de acționare prin conexiuni electrice independente (canale de comandă) care pot fi realizate pentru un anumit tip de semnal unificat sau care pot fi configurate să genereze semnale de mai multe tipuri.

Numărul canalelor de comandă este în general mai redus decît al celor de achiziție deoarece, în practică, numărul parametrilor care trebuie măsurați este mai mare decît cel al comenzilor.

Interfețe pentru intrări digitale

Aceste intefețe sînt destinate achiziției informațiilor de tip logic primite de la senzori.

Datorită cerințelor întîlnite in practică, numărul canalelor de achiziție digitală este mai mare decît al celor analogice. În cazul acestor interfețe, se oferă canale specializate pentru fiecare domeniu de tensiune al semnalului unificat. În general, un canal de achiziție digitală poate prelua atît varianta în curent continuu cît şi cea în curent alternativ al semnalelor avînd aceleaşi valori de tensiune.

Interfețe pentru ieşiri digitale

Aceste interfețe sînt destinate transmiterii de comenzi de pornire sau oprire către elementele de acționare.

În funcție de circuitele utilizate pentru generarea semnalelor de comandă, se pot realiza canale destinate unui anumit tip de semnal unificat sau care să funcționeze cu oricare dintre aceste tipuri.

Numărul de canale de comandă digitală este comparabil cu cel al canalelor de achiziție digitală.