

Electronica Digitala - Curs

INTRODUCERE ÎN MICROCONTROLERE



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Structura curs - Electronica Digitală

○ Microcontrolere

- Noțiuni introductive. Definirea noțiunii de impuls
- Regimul de comutatie al dispozitivelor semiconductoare
- Circuite logice integrate. Clasificarea familiilor de circuite logice
- Parametrii statici ai circuitelor logice. Parametrii dinamici
- Circuite logice integrate TTL. Poarta fundamentala TTL
- Serii de circuite TTL
- Circuite logice integrate MOS. Inversorul integrat CMOS
- Memorii semiconductoare. Memorii ROM
- Memorii SRAM. Memorii DRAM



Cuprins

1. Descriere generală

- Definiții
- Comparație
- Arhitectura
microcontrolerului
- Aplicații

2. Componentele microcontrolerului

- Unitatea centrală de procesare
- Memorii
- I/O digitale
- I/O analogice
- Timere
- Întreruperi



Definiții

- **Microprocesorul** = circuit integrat ce încorporează toate funcțiile unei unități centrale de procesare (UCP).
- **Microcontrolerul** = computer de mici dimensiuni incorporat pe un singur circuit integrat ce conține un procesor, memorie și periferice de intrare/ieșire și alte componente.



Definiții

Microprocesor = UCP de uz general

Utilizat pentru aplicații de prelucrare de înaltă performanță - calculatoare de uz general, PC-uri (Desktop/laptop PC Personal Computers), stații de lucru, servere, mainframe

Aspecte importante: compatibilitatea software + portabilitate, performanță, generalitate și flexibilitate

Microncontroler = UCP de uz specializat

Utilizat pentru aplicații de control, performanță și precizie medie - aplicații de "control" ((semi)automat)

Aspecte importante : dimensiune redusă a chipului, costuri minime, consum mic.

La momentul apariției aceste circuite au fost numite microcalculatoare pe un chip includeau în aceeași capsulă de circuit integrat (CI) toate componentele unui sistem de calcul UCP, memorie și interfețe I/O.



Definiții

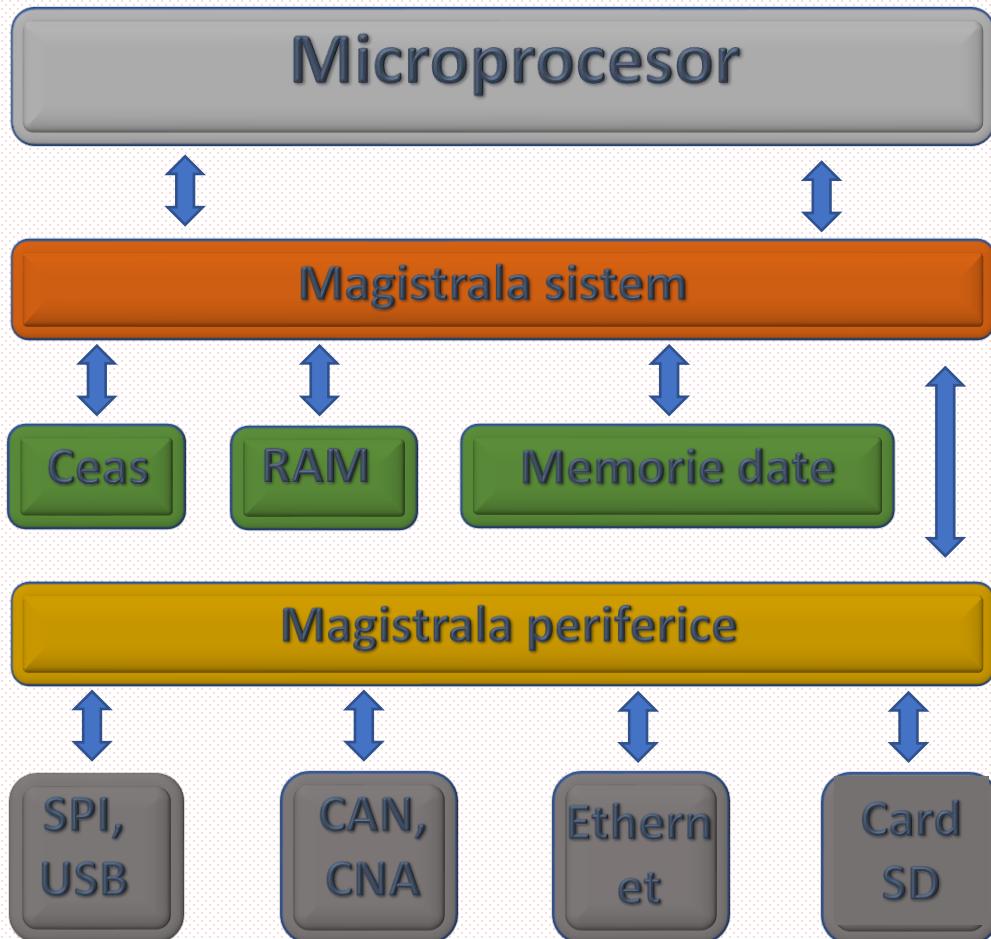
Microcontroler - un mic computer pe un singur circuit integrat care conține un nucleu procesor, memorie și periferice programabile de intrare/ieșire. Microcontrolerul include adesea memorie de program, precum și o cantitate mică de memorie RAM.

DSP - procesoare specializate numite procesoare de semnal digital

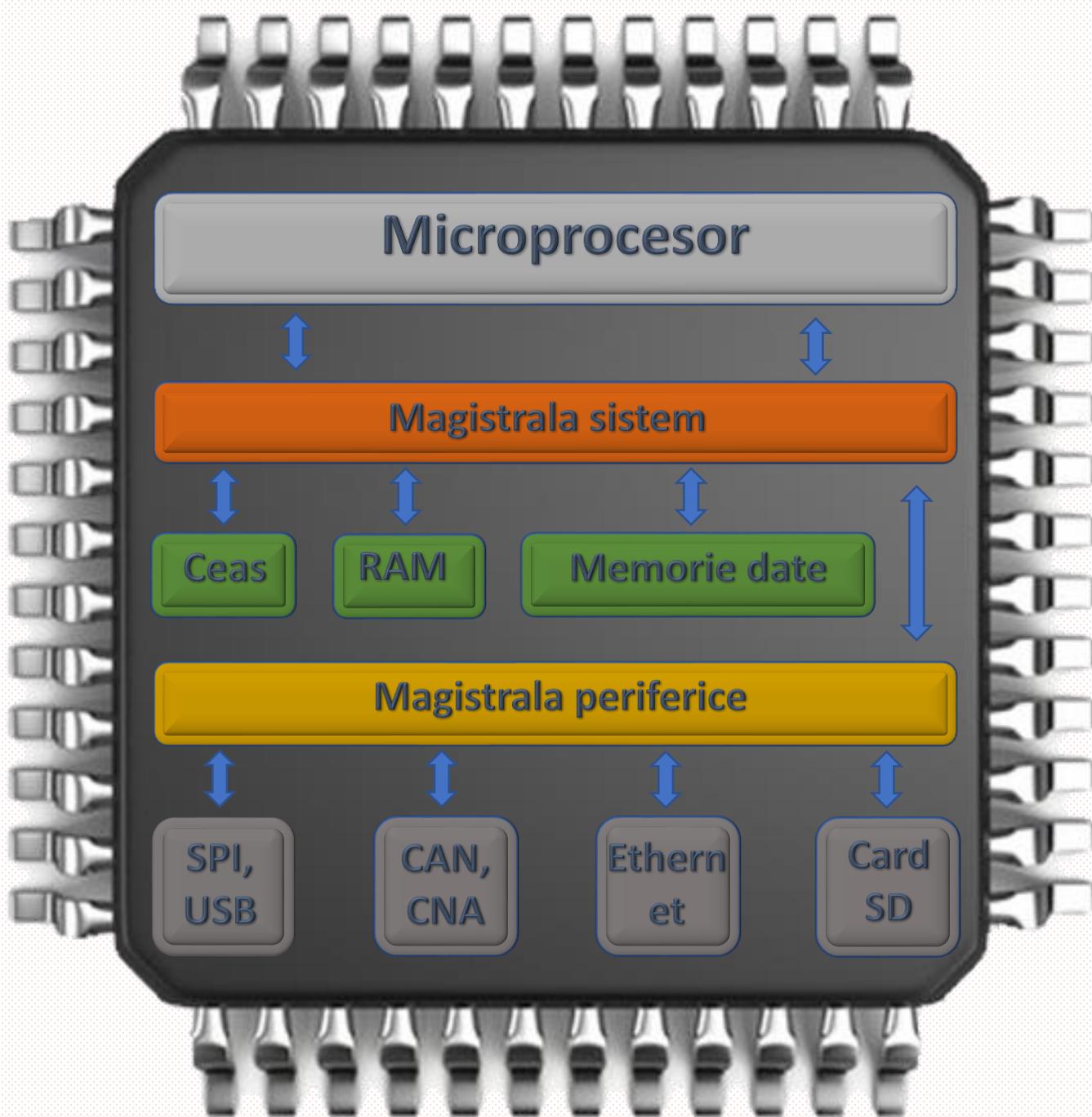
Un procesor DSP este un microprocesor specializat care are o arhitectură optimizată pentru nevoile operaționale ale procesării semnalelor digitale. Scopul principal al unui procesor DSP este măsurarea, filtrarea și/sau comprimarea semnalelor digitale sau analogice



Microprocesor



Microcontroler



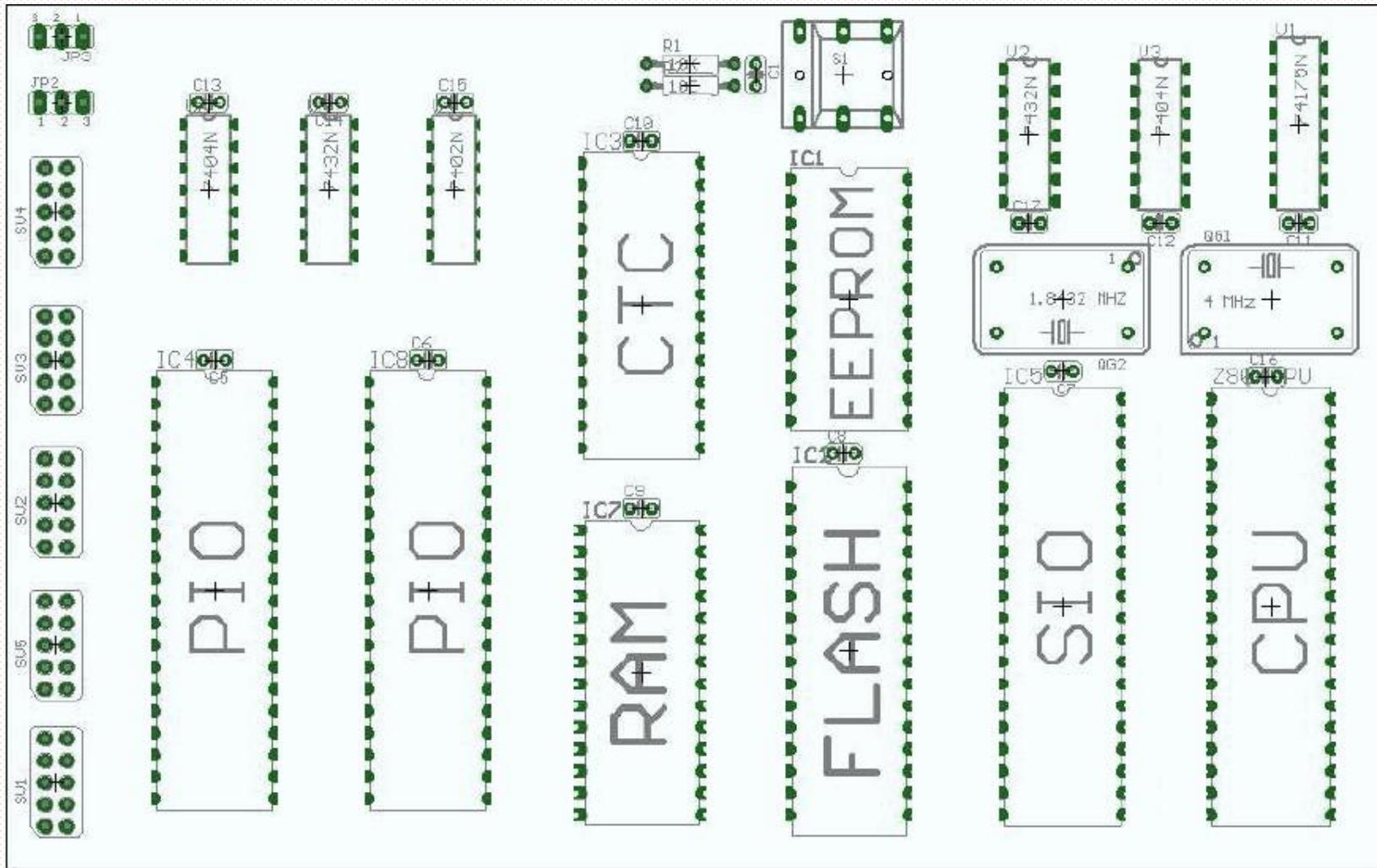
Exemplu de proiect: controlul temperaturii

Se cere:

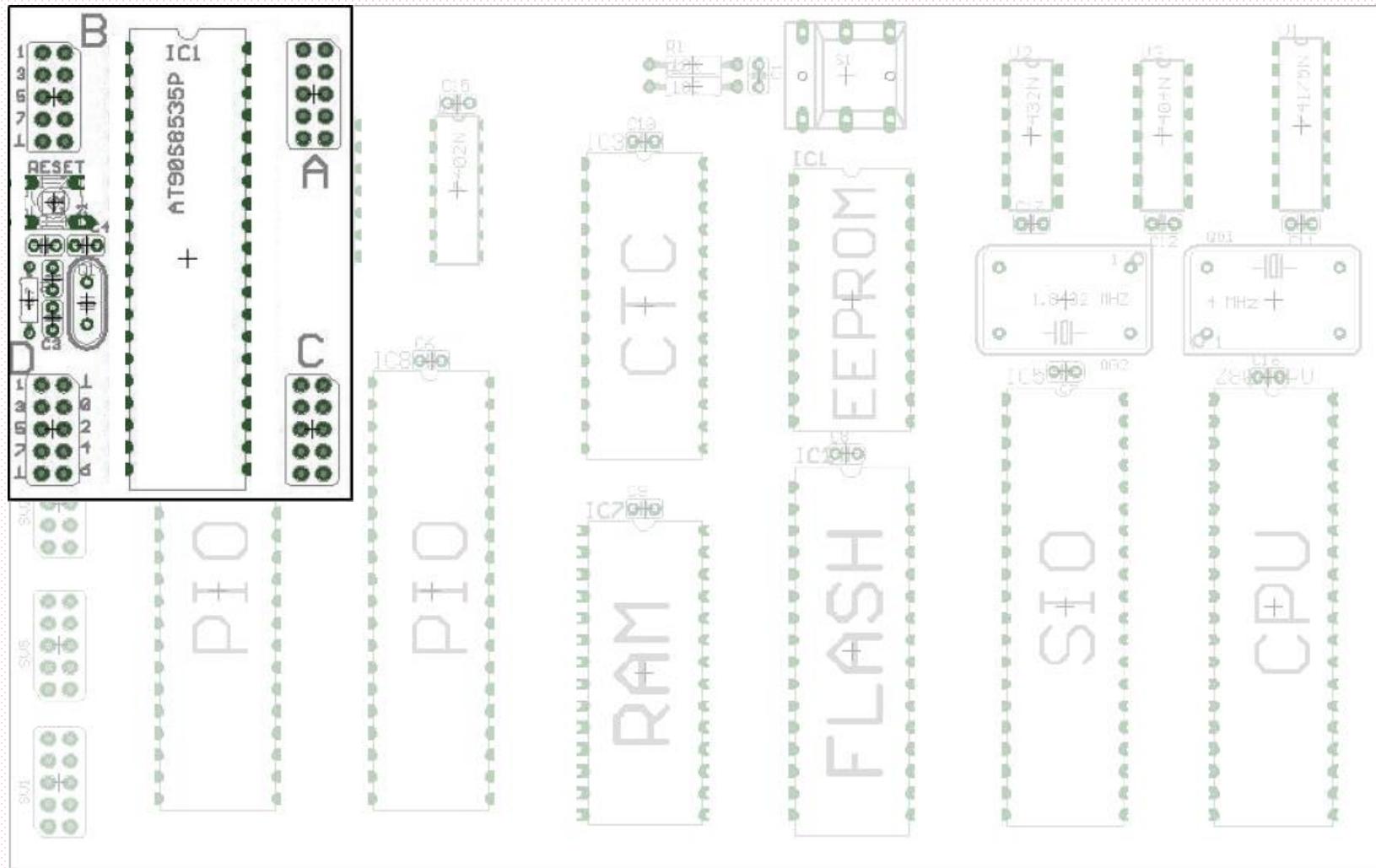
- Citirea periodica a temperaturii;
- Controlul în funcție de temperatura (pornit/oprit);
- Afisarea temperaturii curente pe un afișaj cu 3 dígi;
- Ajustarea temperaturii dorite de către utilizator;
- Posibilitatea de a rescrie programul.



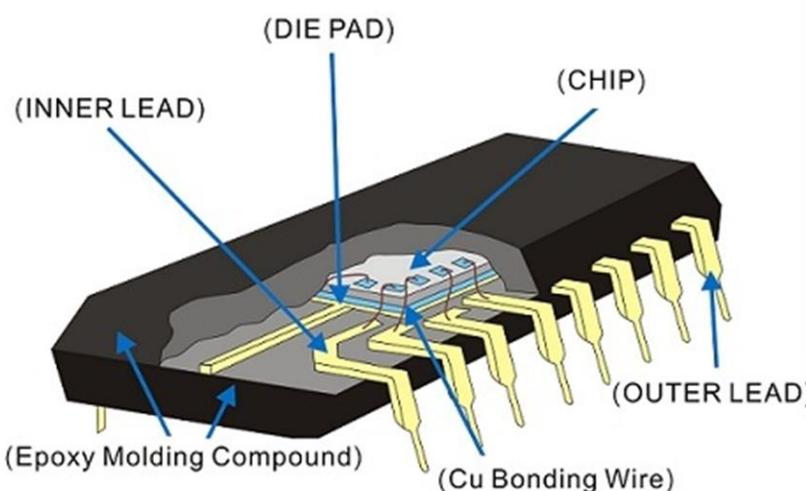
Soluția folosind procesor Zilog Z80



Soluția folosind microcontroler ATmega32



Modul de împachetare

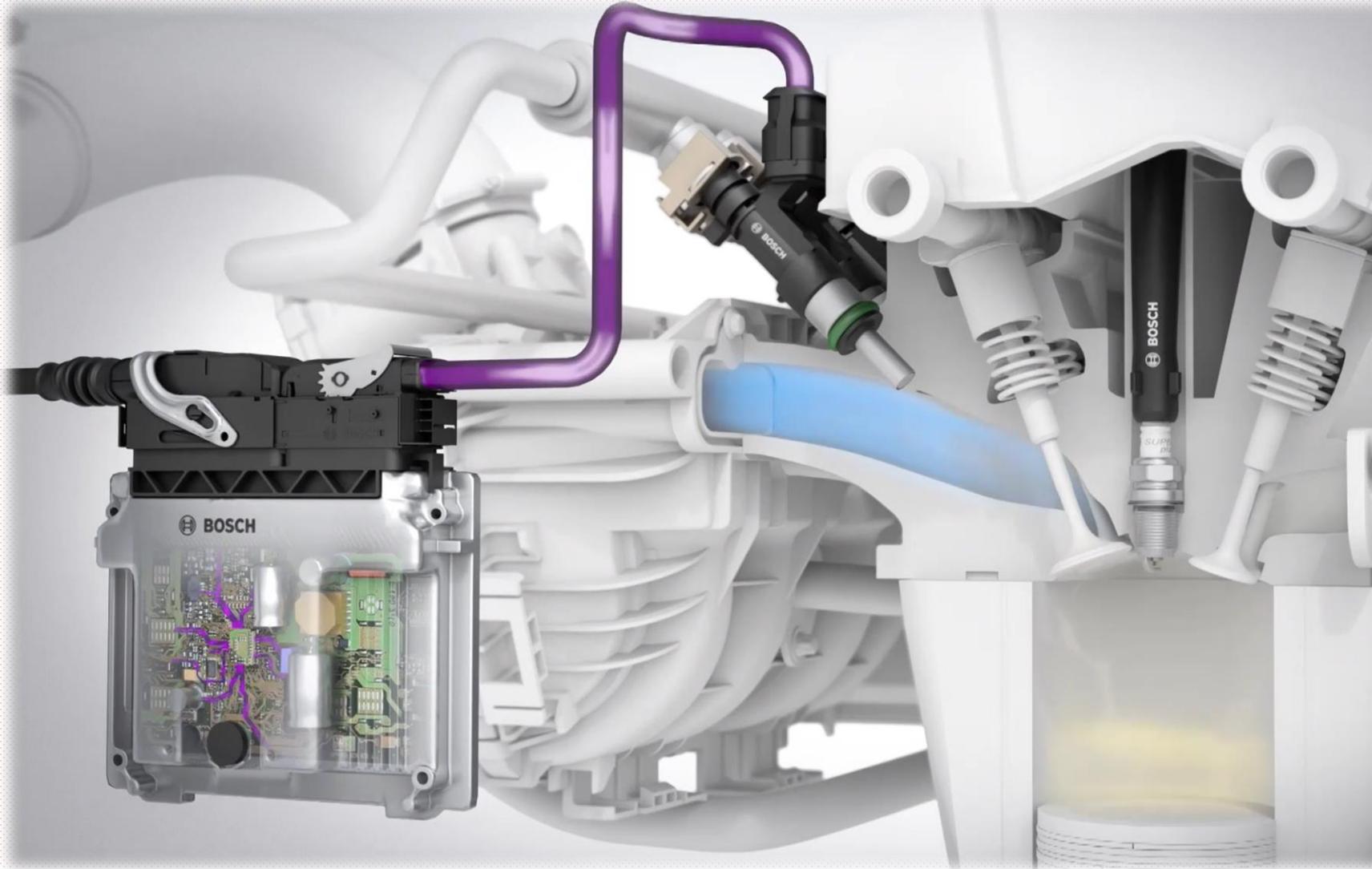


Aplicații ale microcontrolerelor

Microcontrolerele sunt concepute pentru aplicații încorporate (embedded). Acestea sunt adesea utilizate în produsele și dispozitivele controlate în mod automat, cum ar fi sistemele de control al motoarelor pentru automobile, dispozitivele medicale implantabile, telecomenzile, mașinile de birou, aparatele, sculele electrice, jucăriile și alte sisteme încorporate.



Aplicații ale microcontrolerelor

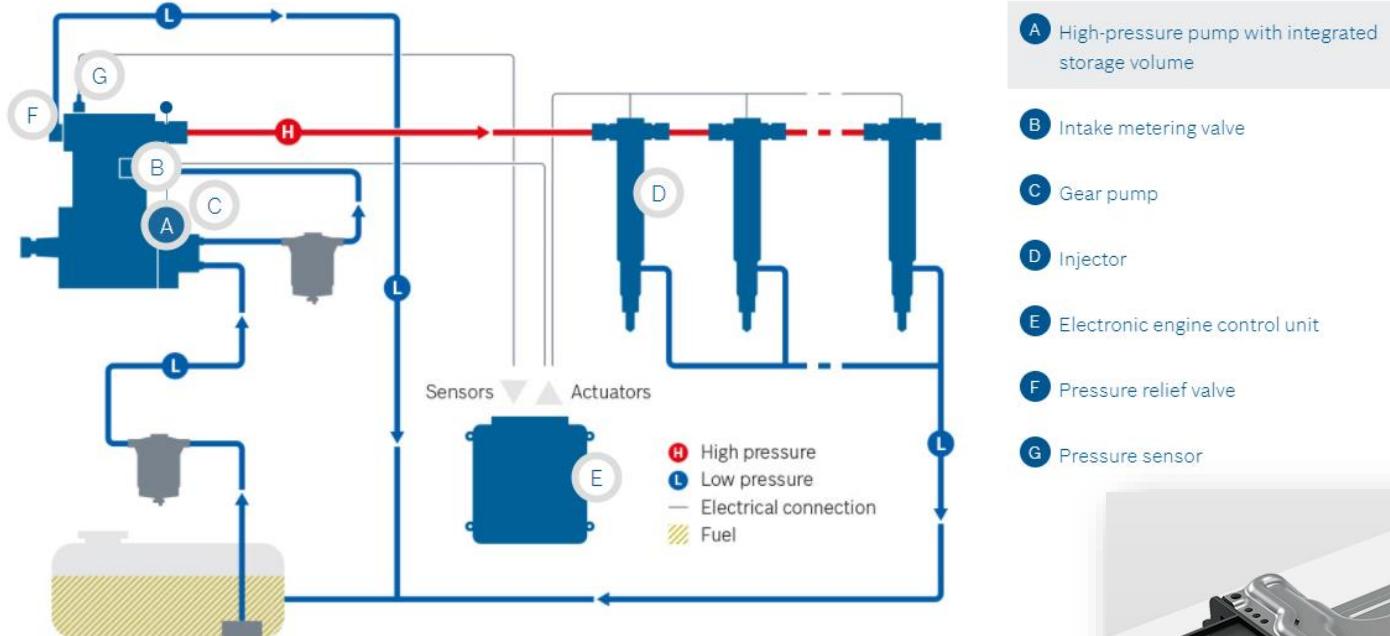


Electronic Control Unit (ECU)

- Motor
- ABS și ESP
- Direcție
- Multimedia
- Tabloul de bord
- Suspensii

Aplicații ale microcontrolerelor

Modular common-rail system



Direcții de evoluție a MC d.p.d.v al resurselor disponibile pe chip.

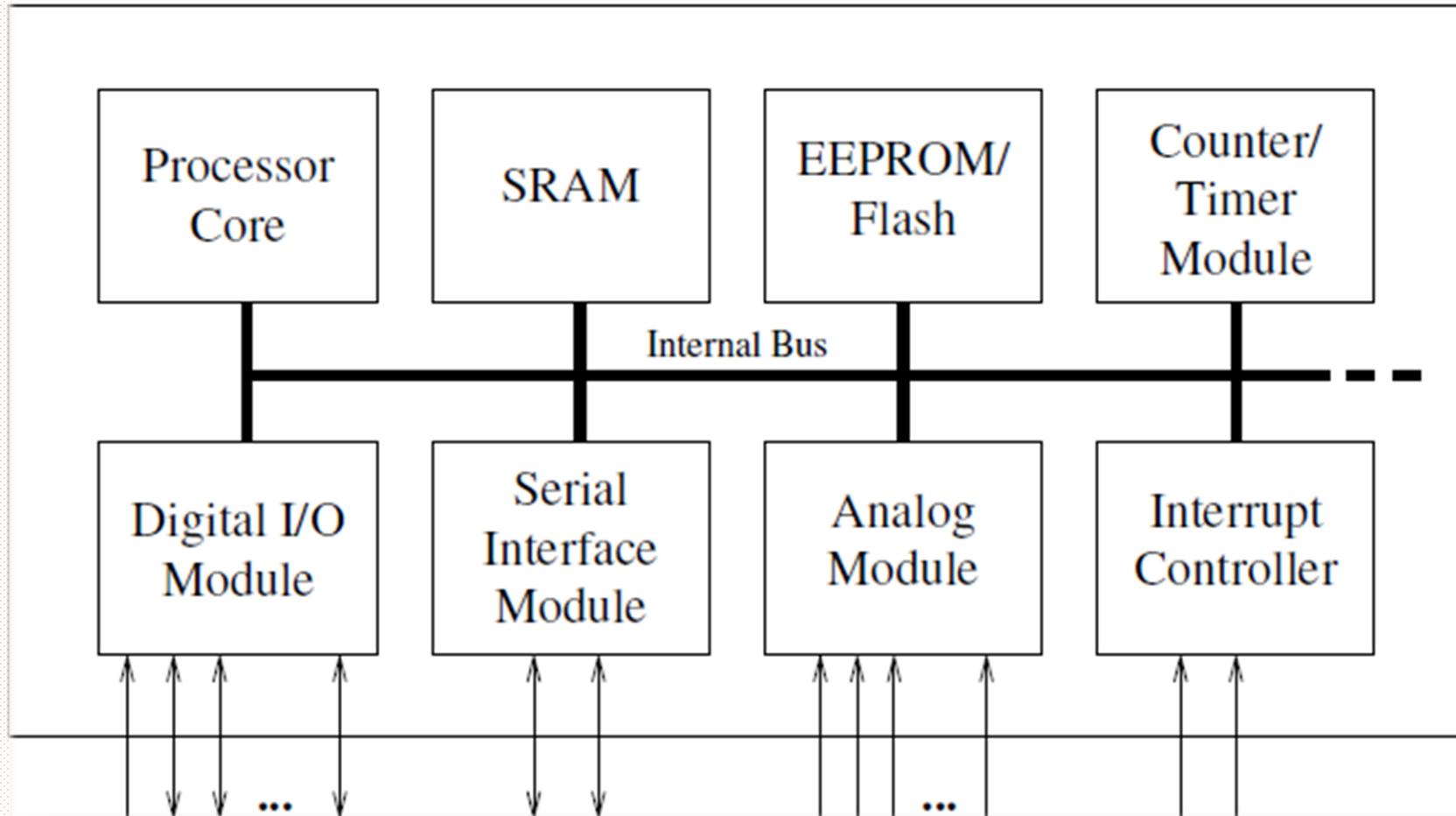
- dezvoltarea de MC de uz general, puse la dispoziția utilizatorului pentru a realiza aplicații “de la A la Z”.
- dezvoltarea de MC specializate care dispun de resurse specifice unui anume gen de aplicații (automobile, telecomunicații, internet, acționări electrice, etc). Atât structura hardware cât și instrucțiunile sunt specifice și sunt calate pe un gen particular de aplicații.
- dezvoltarea de MC care dispun de resurse hardware configurabile la utilizator (memoria, elemente de logică programată, module specializate, gen convertoare A/D și convertoare D/A, module de procesare avansată a datelor).



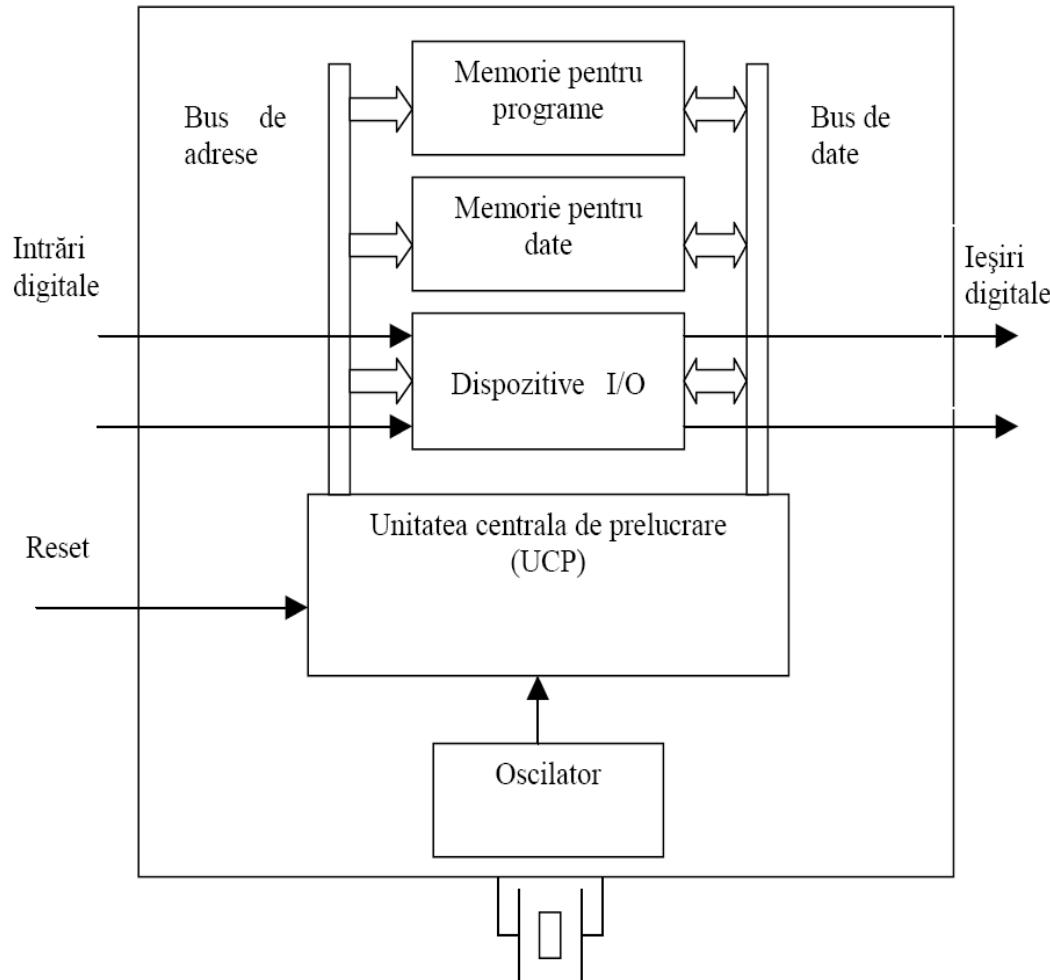
	Microprocesor	Microcontroler
Aplicatii	Calcule generale (ex. laptop, tablete)	Dispozitive specializate
Viteza (Hz)	Foarte mare (GHz)	Redusa (1-200MHz)
Componente externe	Multe	Putine
Pret	Mare	Mic
Consum	Mediu spre mare	Foarte mic
Furnizori	  	    

Componentele Microcontrolerului

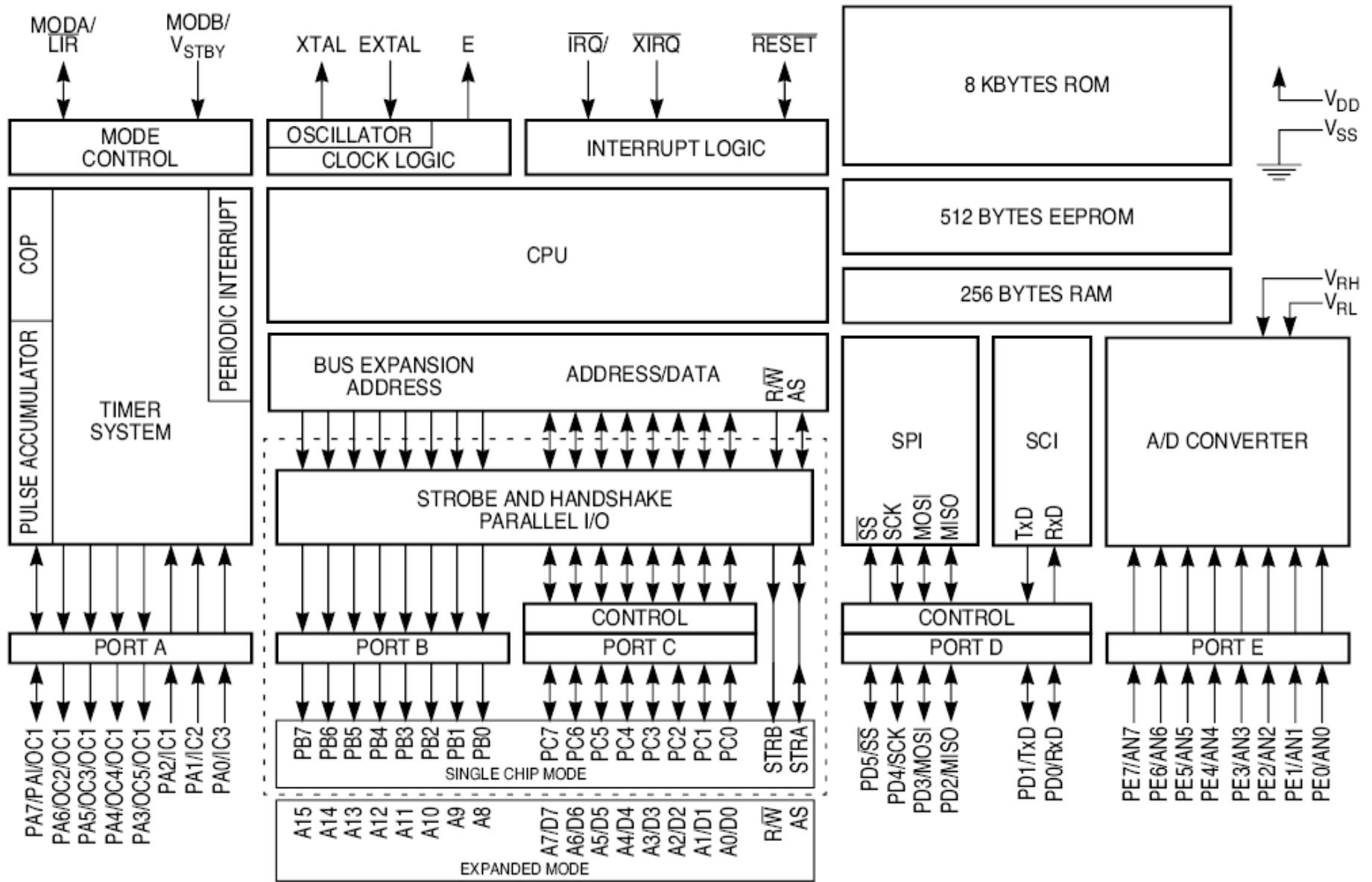
Microcontroller



Structura microcontrolere

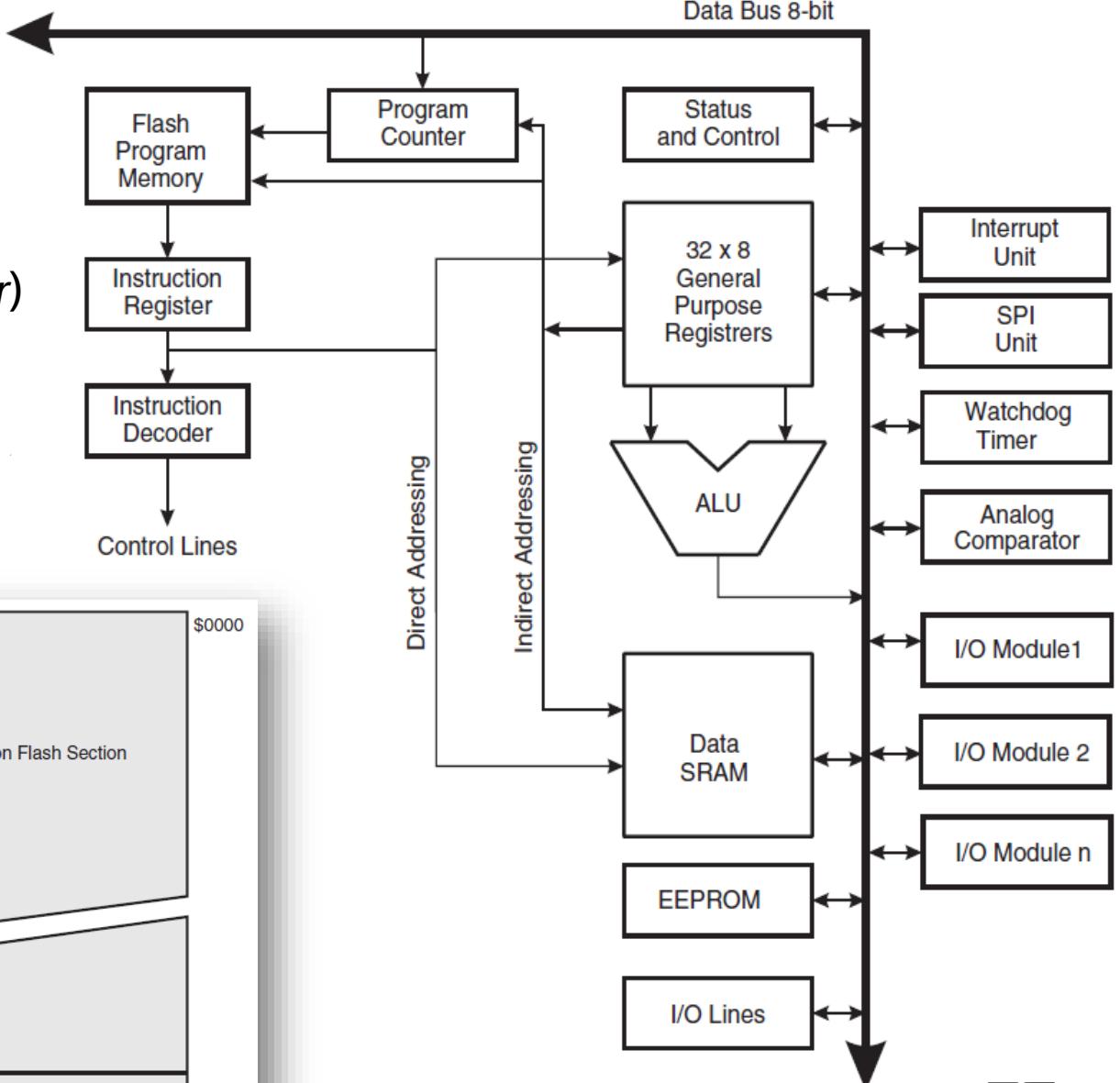
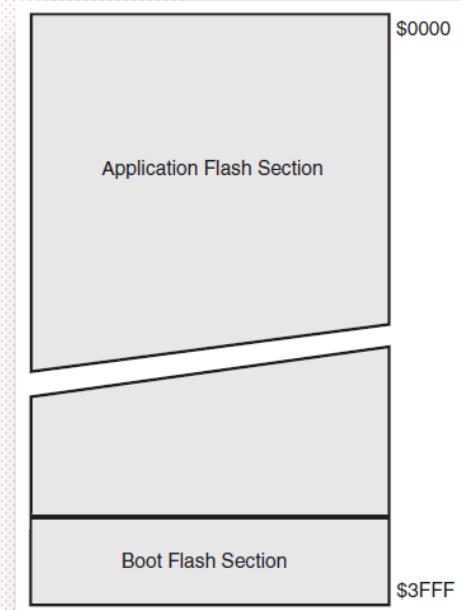


- unitatea centrală;
- generatorul de tact (adăugat extern un cristal de cuarț sau un circuit RC);
- memoria volatilă (RAM);
- memoria nevolatilă (ROM/PROM/EPROM/EEPROM);
- dispozitive I/O seriale și paralele;
- controller de întreruperi, controller DMA, numărătoare/ temporizatoare (*timers*), convertoare A/D și D/A, etc.;
- periferice.



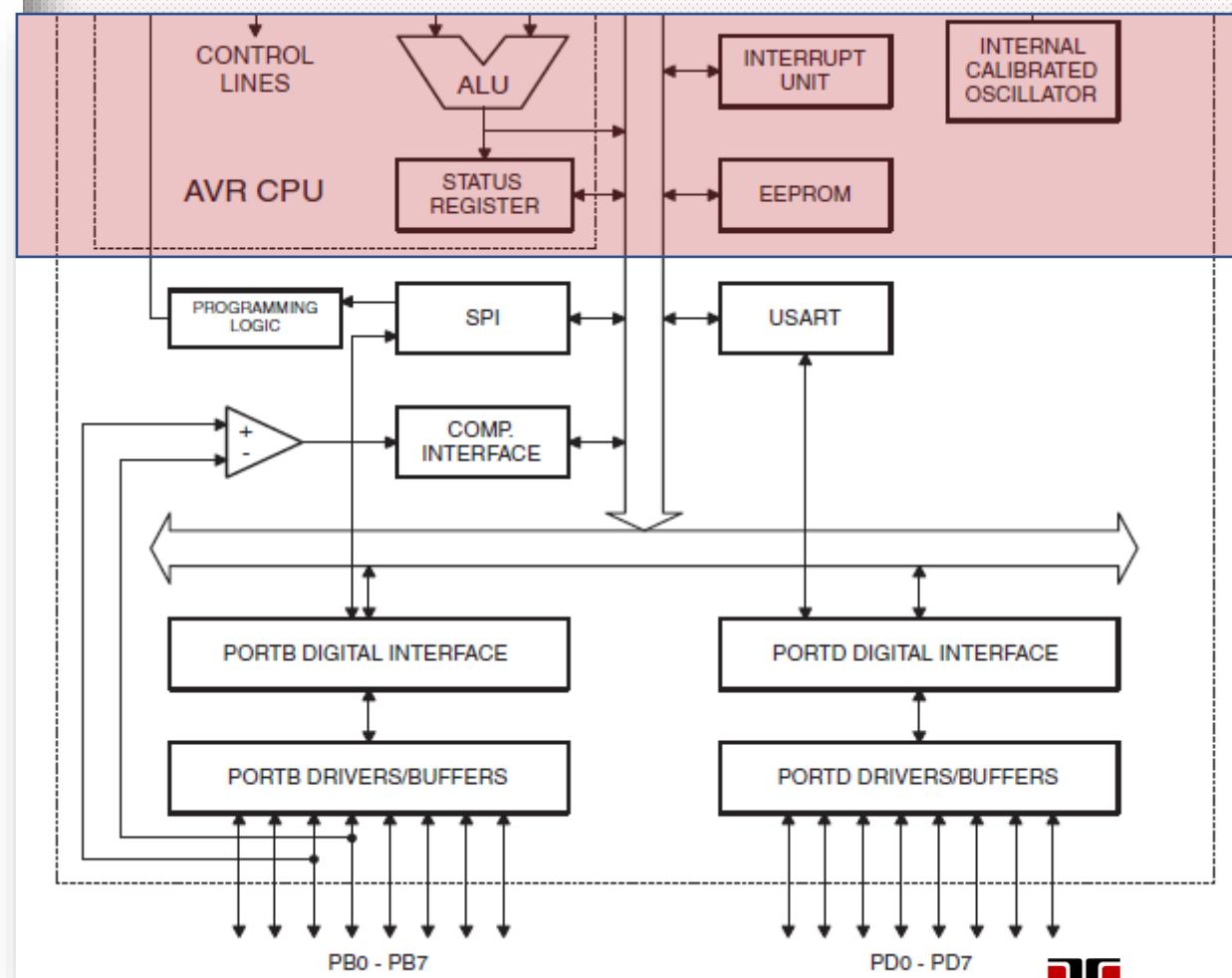
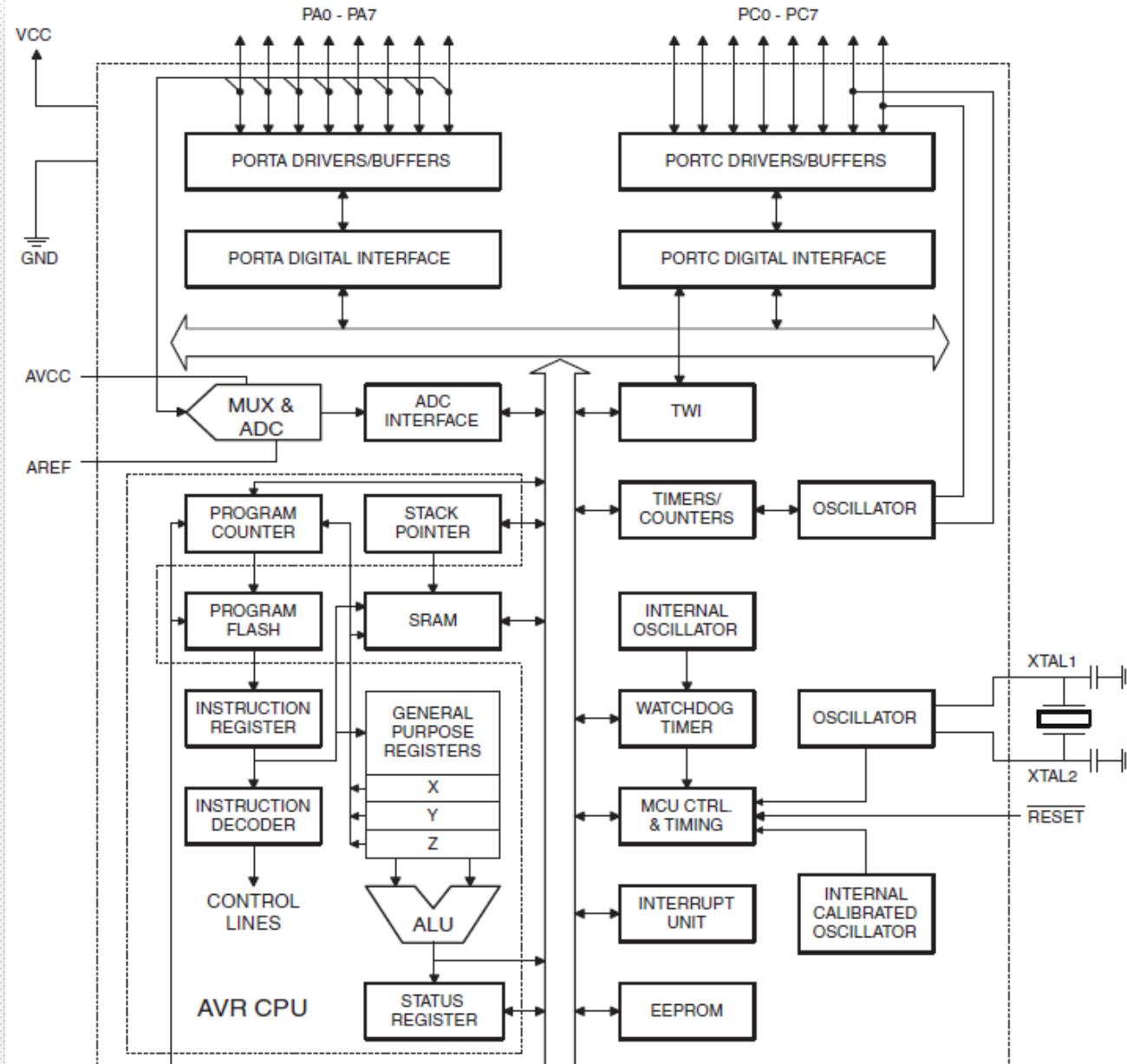
Arhitectura AVR

- Arhitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer) (cisc)
- Arhitectura Harvard
 - Memorii diferite pentru date și program
 - Magistrale separate pentru date și program
- Memoria Flash de program este divizată:
 - Secțiunea de aplicație
 - Secțiunea programului de bootare
- UCP – executare corecta a programului
 - Access la toate componente



Arhitectura AVR

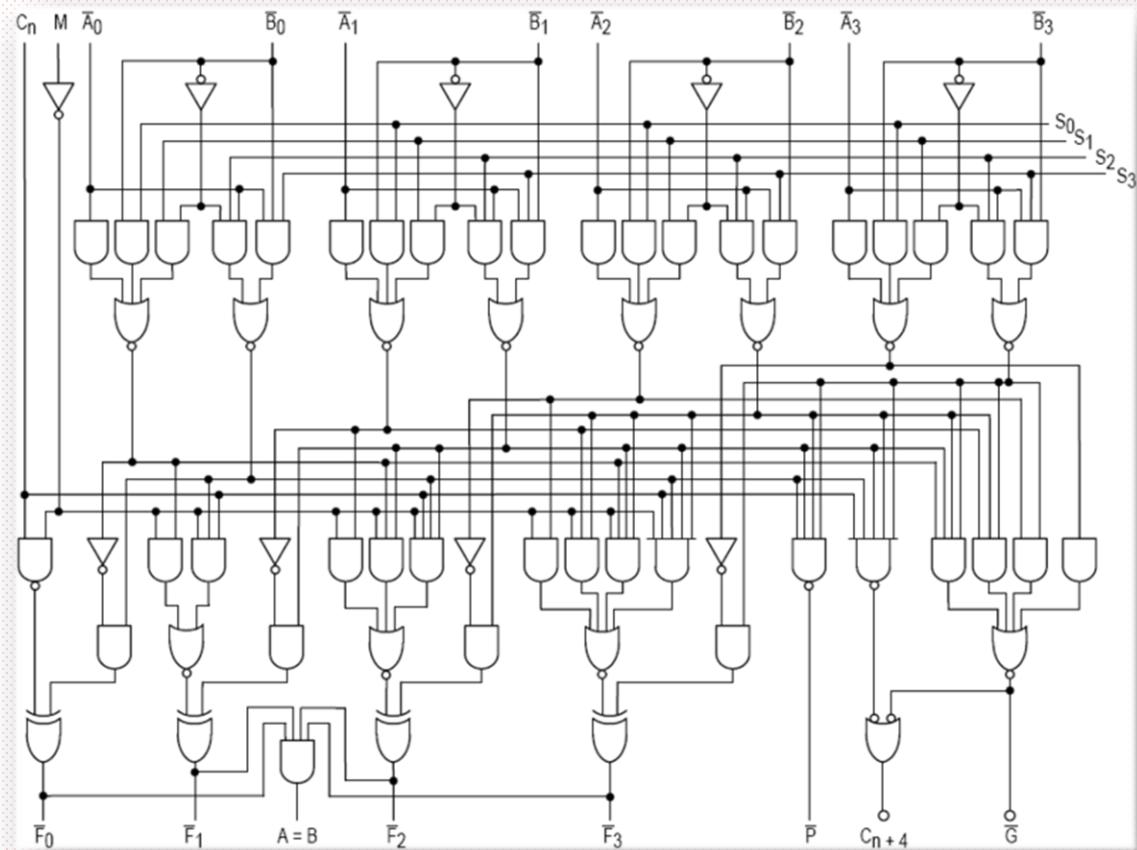
Atmega32



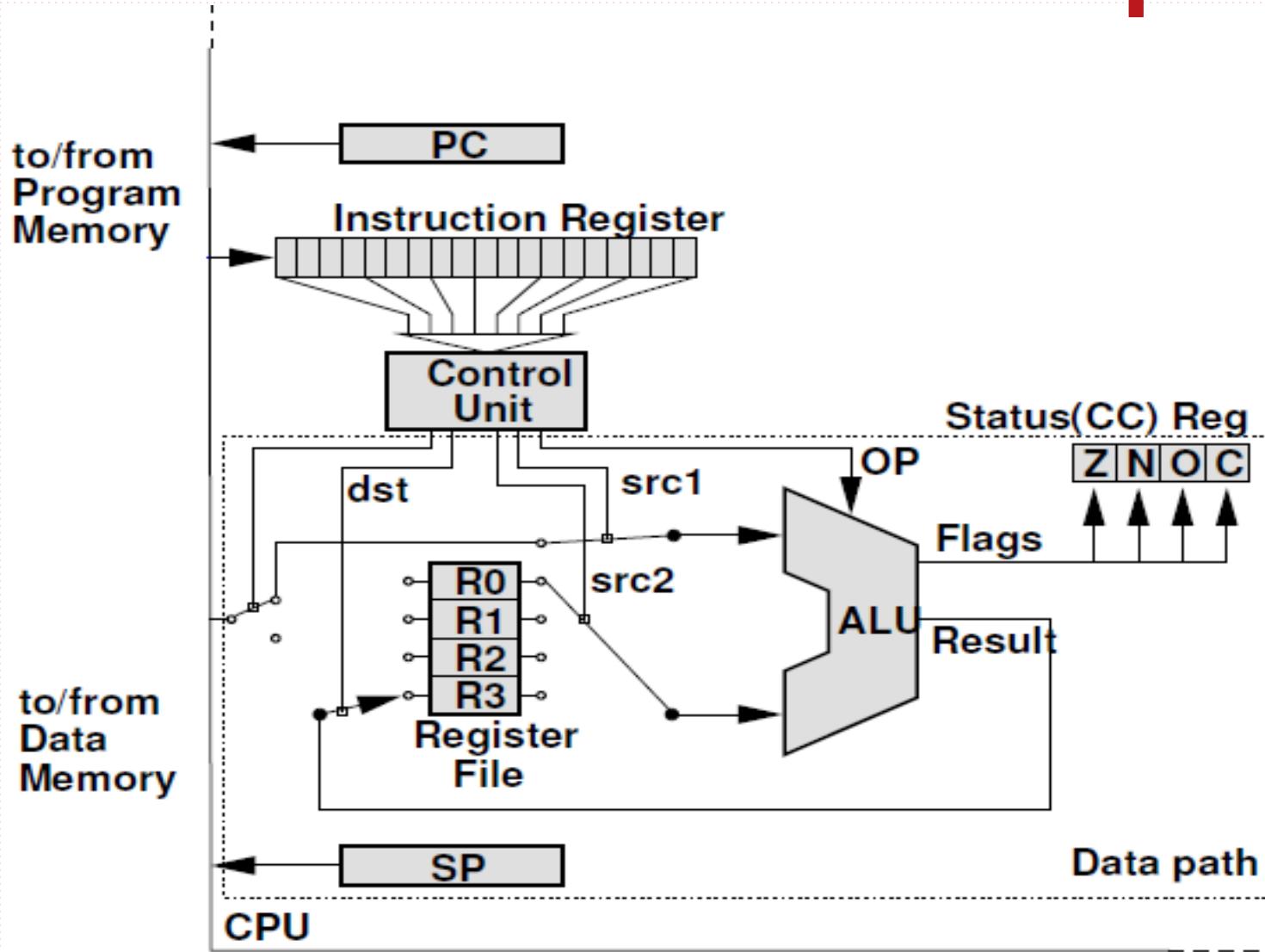
Unitatea centrală de procesare

Unitatea aritmetică și logică (UAL)

- Circuit combinațional care execută operații aritmetice și operații pe biți cu numere întregi binare;
- Matematicianul John von Neumann a propus conceptul de UAL în 1945;
- Fairchild 3800 primul circuit integrat ALU;
- În 1970, circuitul 74181 Texas Instruments a fost folosit ca UAL în minicalculatoare;
 - Conține echivalentul a 75 de porți logice.

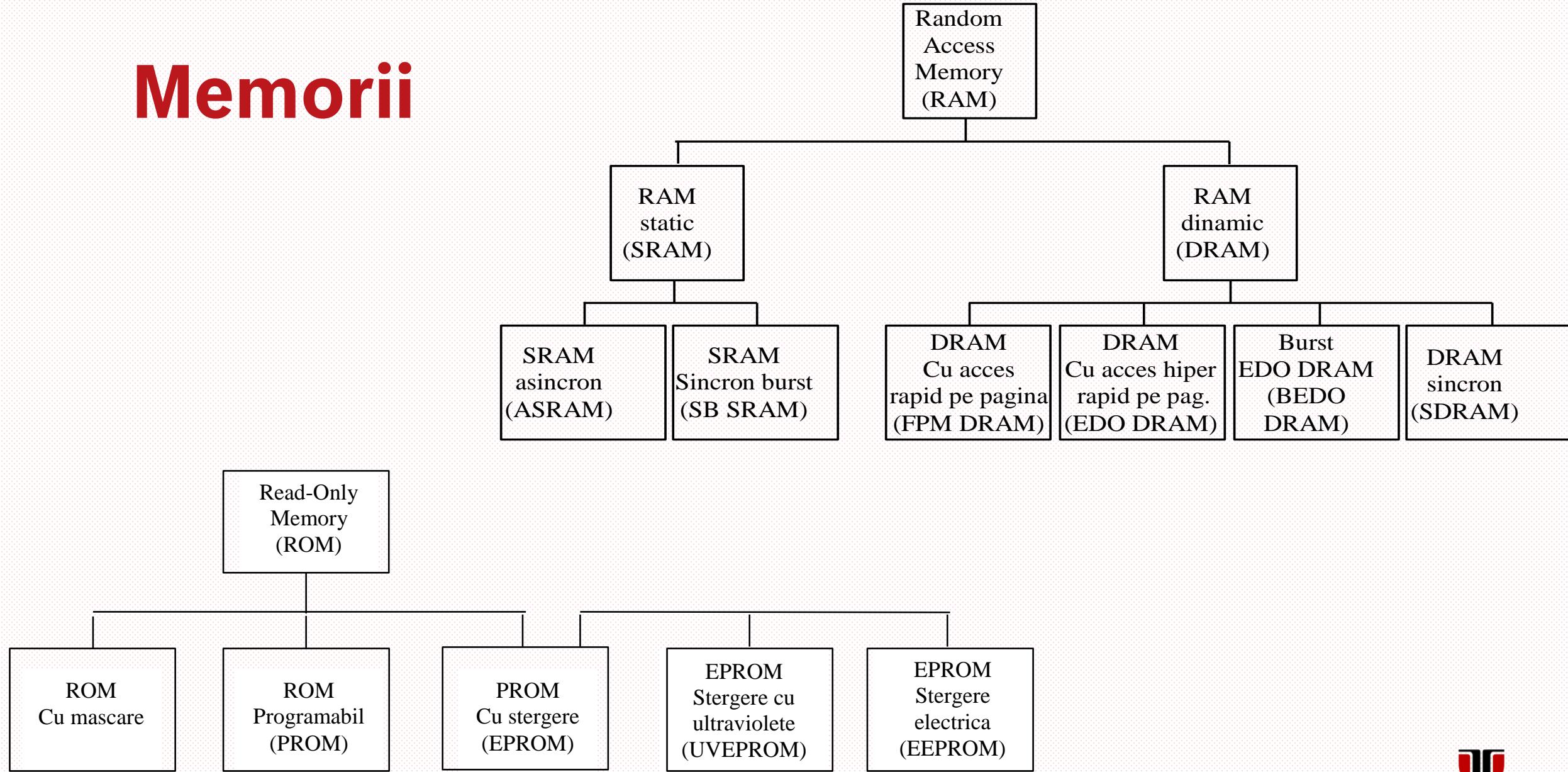


Unitatea centrală de procesare



- **unitatea aritmetică și logică (UAL)**
- **unitatea de control**
- registri interni (*General Purpose Register File*)
- PC (*Program Counter*)
- SP (*Stack Pointer*)
- registrul de stare (*Status Reg- flags*)
 - zero(*Z*)
 - transport (*C*)
 - depasire (*O*)
 - semn (*N*)

Memorii

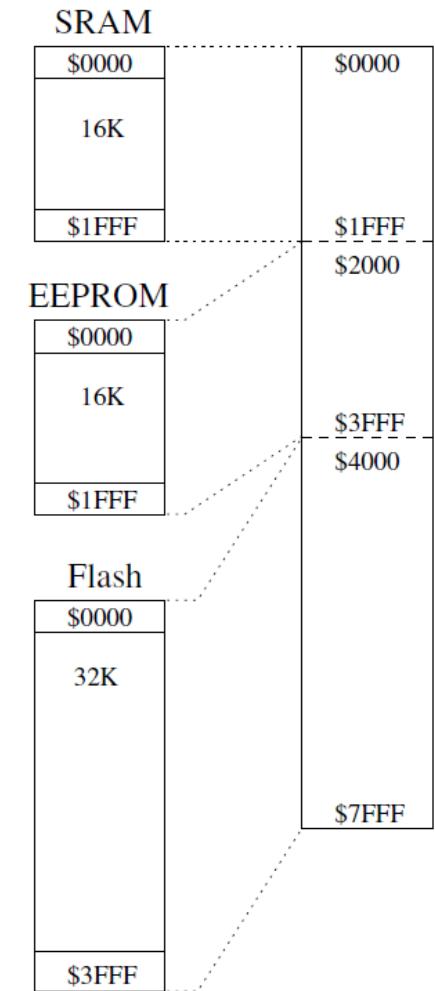
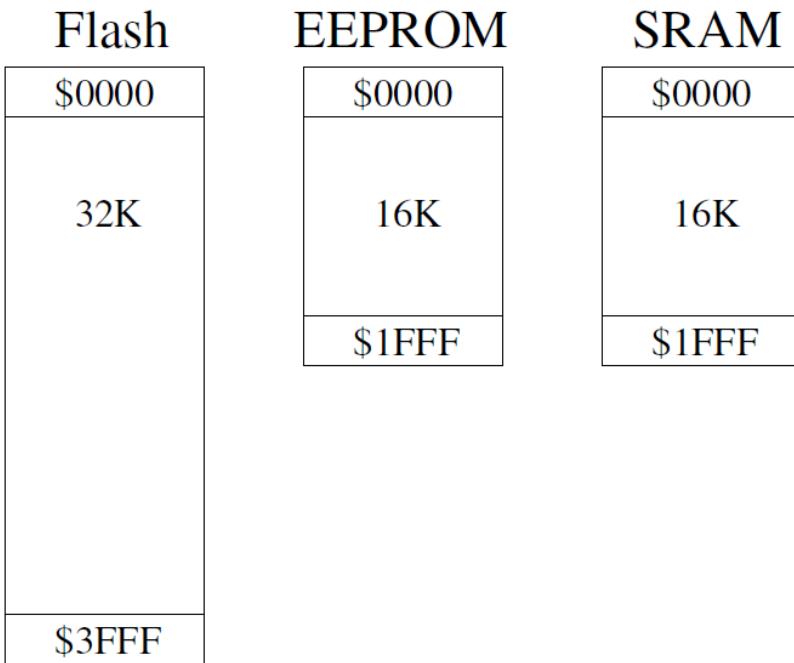


Adresarea memoriei

Flash – Memorie program

EEPROM – Memorie de date

SRAM – Memorie de date (internă)



1. Adresare separata pentru fiecare tip de memorie

2. Mai multe tipuri de memorie in acelasi interval de adresare

Dispozitivele I/O (port-uri)

Două moduri de alocare ale adreselor pentru apelarea porturilor de către unitatea centrală - porturile sunt mapate fie în spațiul de memorie, fie într-un spațiu propriu.

- dispozitivele I/O ocupă adrese într-un spațiu comun cu memoria, ceea ce atrage după sine reducerea numărului de locații de memorie (MC Motorola).
- utilizarea unui semnal care indică dacă la adresa curentă se apelează o locație de memorie sau un dispozitiv I/O (MC de la Intel).

Avantajele mapării în spații separate:

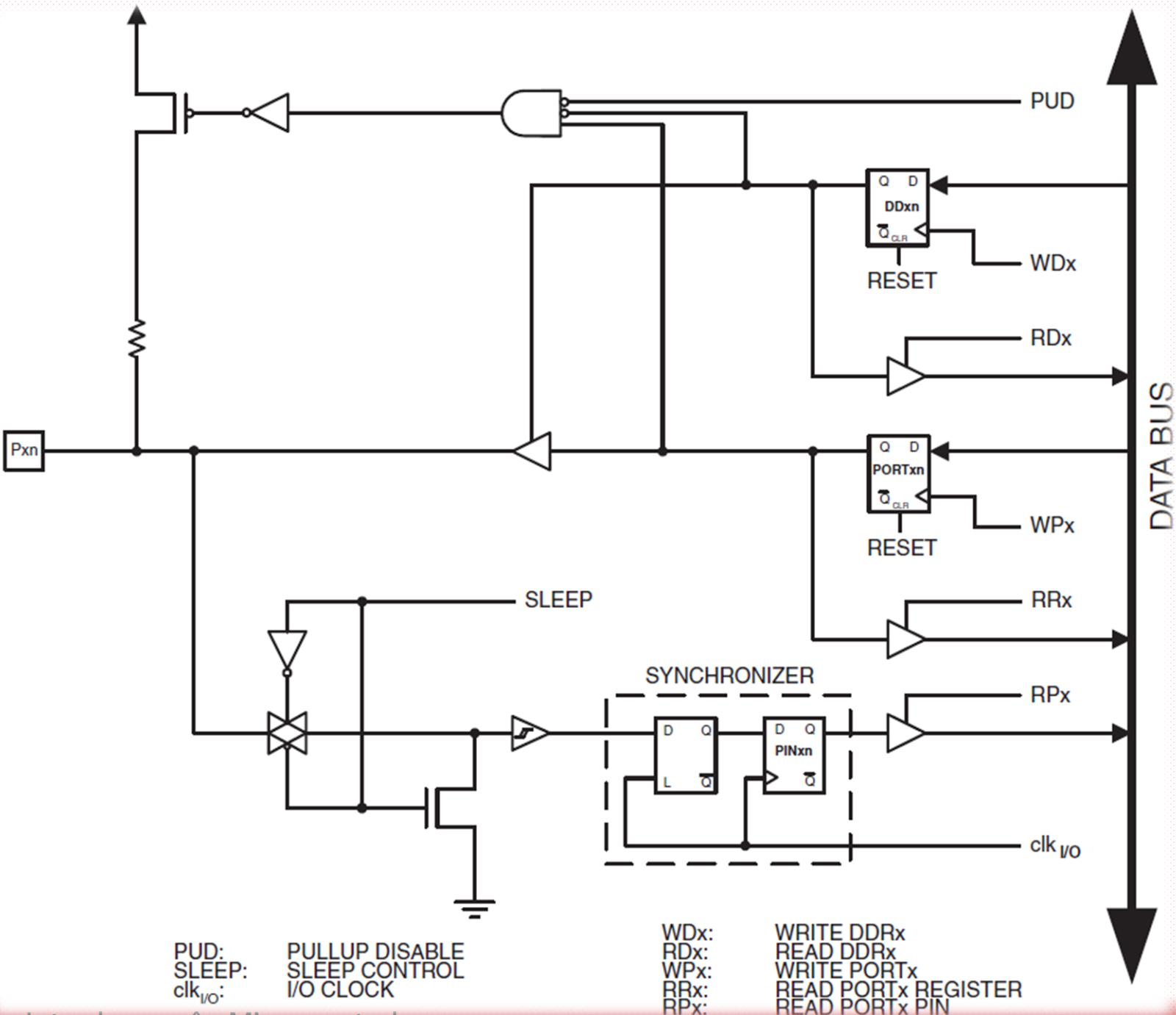
- Metoda nu este susceptibilă de a provoca erori soft deoarece se folosesc instrucțiuni diferite pentru a accesa memoria și dispozitivele I/O;
- Dispozitivele I/O nu ocupă spațiu de memorie;
- Decodificatorul de adrese pentru dispozitivele I/O este mai simplu spațiul de adresare al dispozitivelor I/O fiind mai mic.



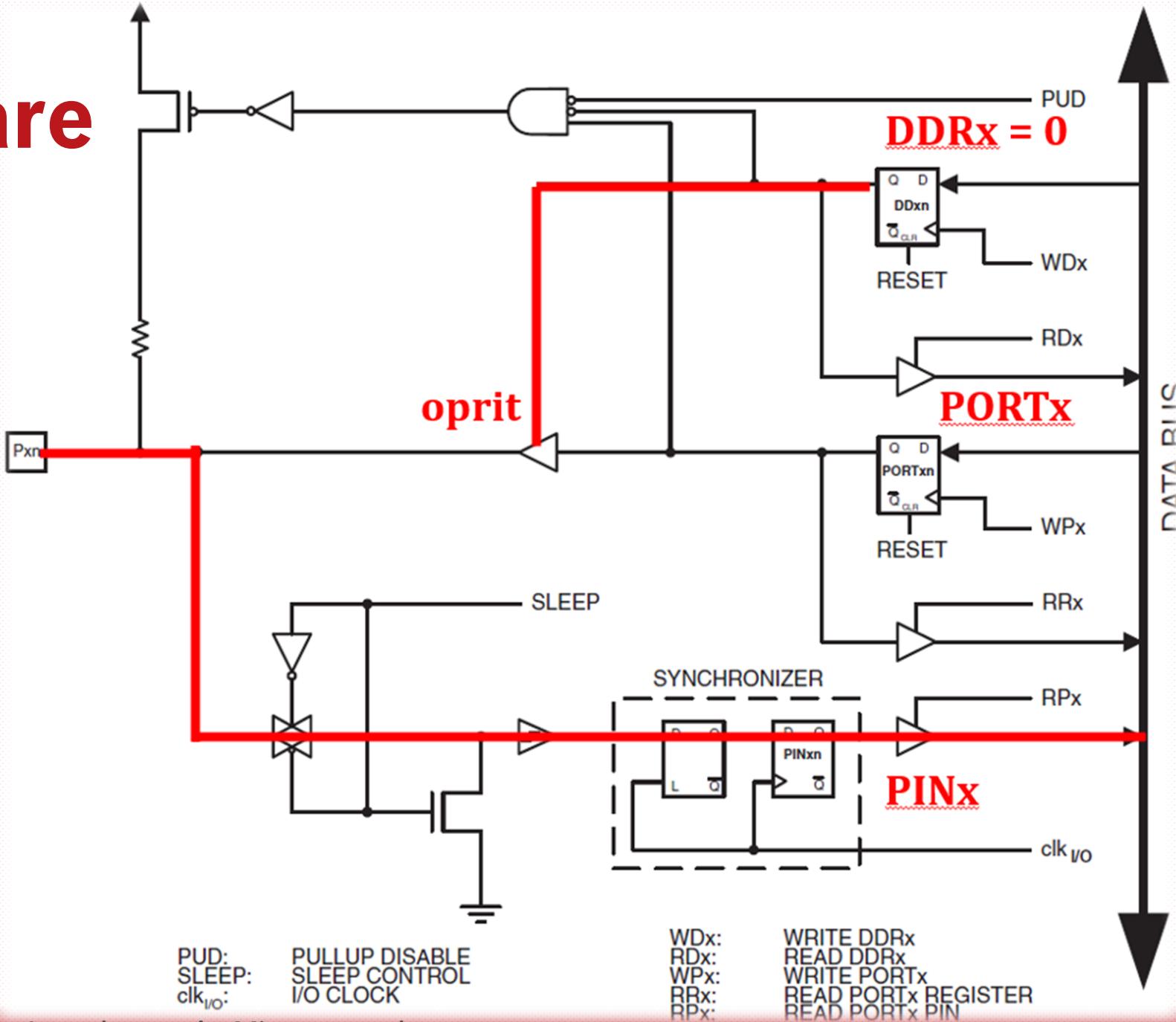
Intrări/ieșiri digitale Registrii asociati

- Pinii grupați în PORT-uri (8 pini)
- Data Direction Register (DDR):
 - Seteaza functionalitatea pinilor
 - 1-iesire 0-intrare
- Port Register (PORT):
 - Controleaza nivelul logic al unui pin
- Port Input Register (PIN):
 - Registru ce permite doar citirea
 - Contine starea curenta a pinilor

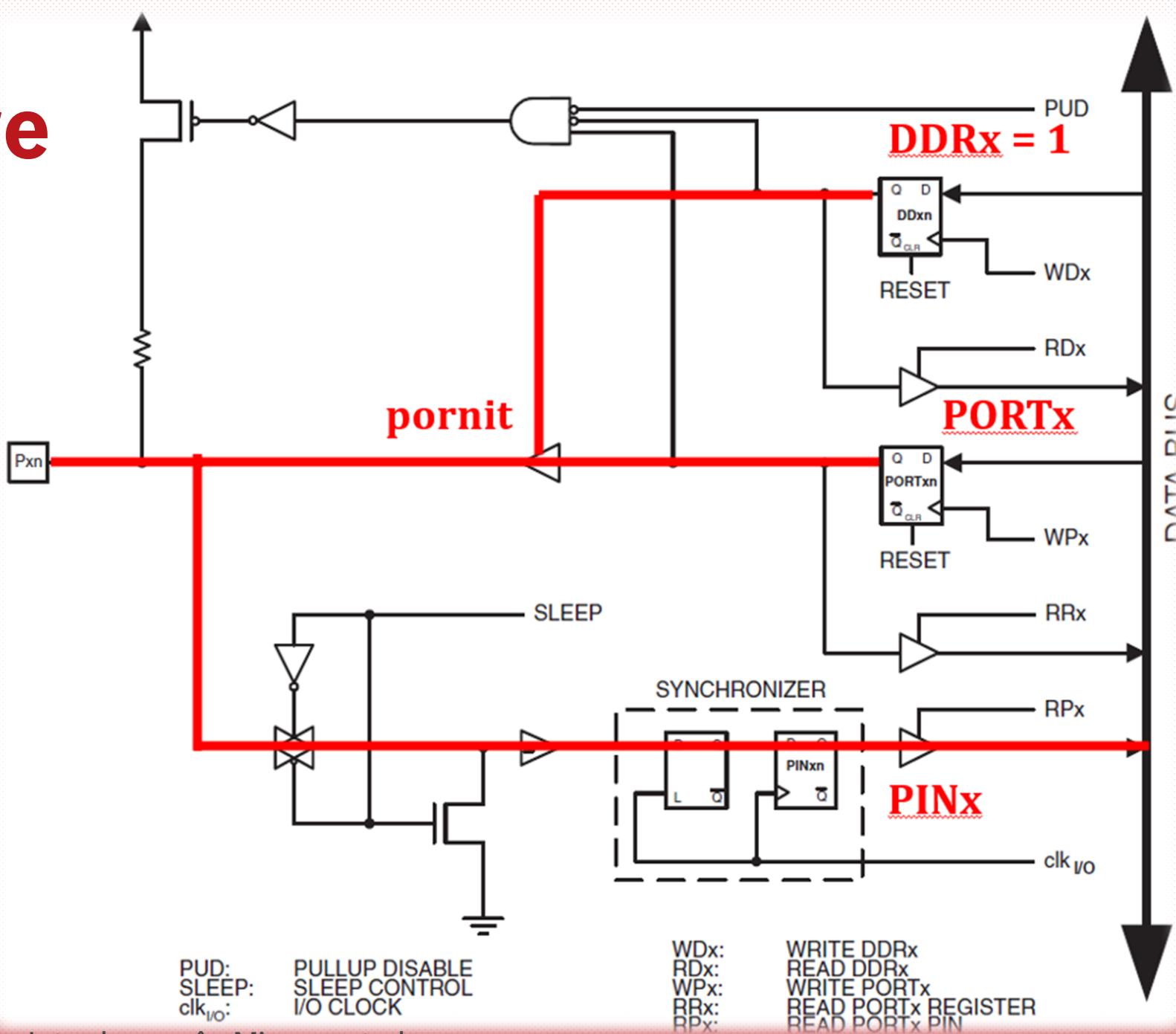
(XCK/T0)	PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1)	PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0)	PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1)	PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS)	PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI)	PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO)	PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK)	PB7	8	33	PA7 (ADC7)
	RESET	9	32	AREF
	VCC	10	31	GND
	GND	11	30	AVCC
	XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
	XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD)	PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD)	PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0)	PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1)	PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B)	PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A)	PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1)	PD6	20	21	PD7 (OC2)



Pin Intrare



Pin ieșire

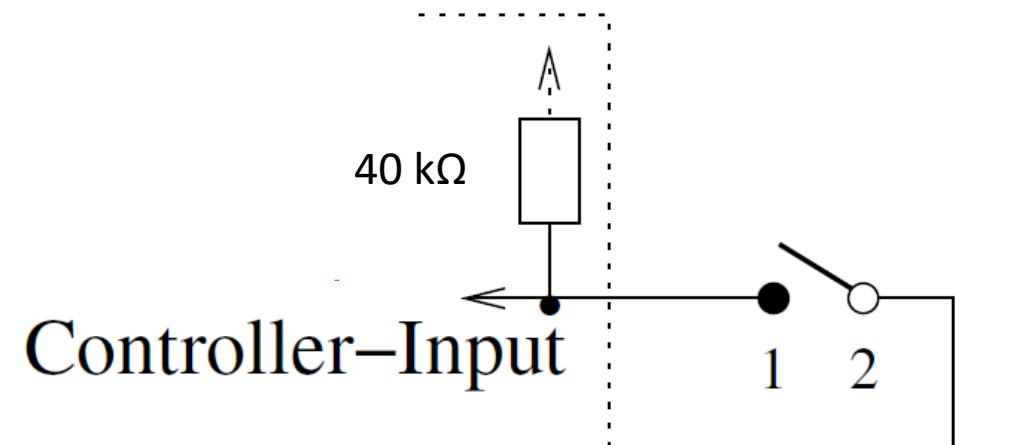


Intrări/ieșiri Digitale

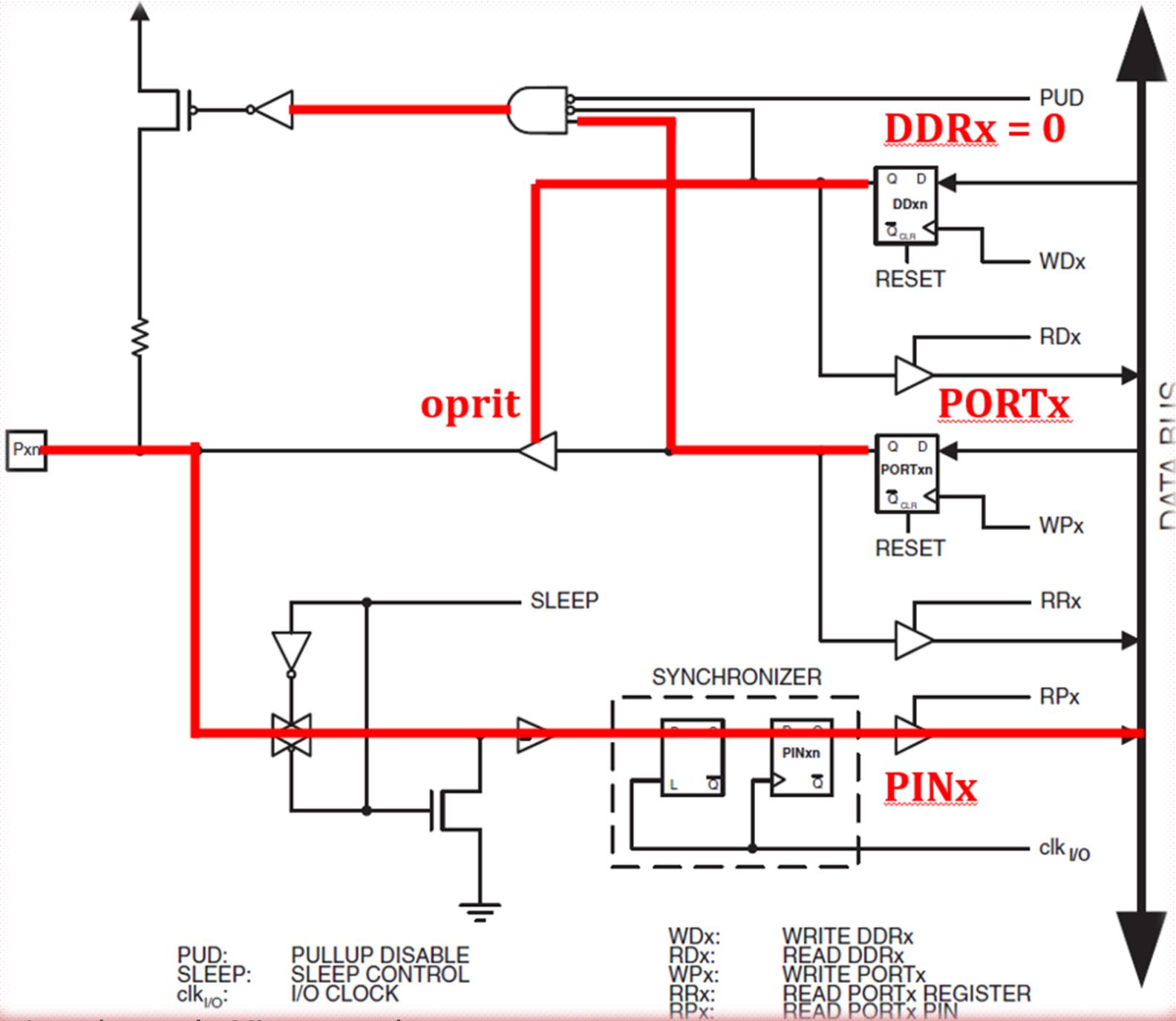
Rezistența Pull up/Pull down

Activare:

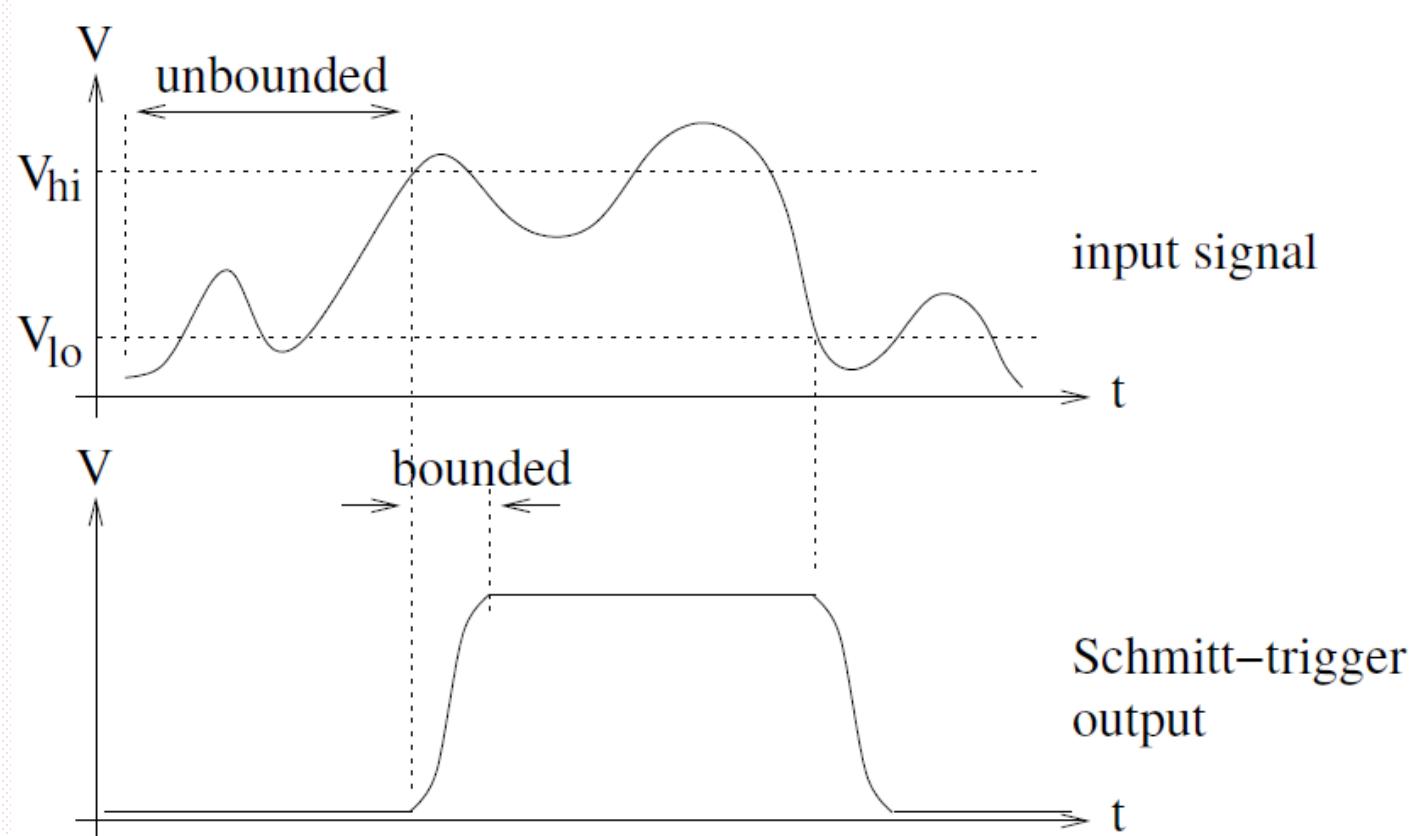
- DDR -> intrare
- PORT -> 1

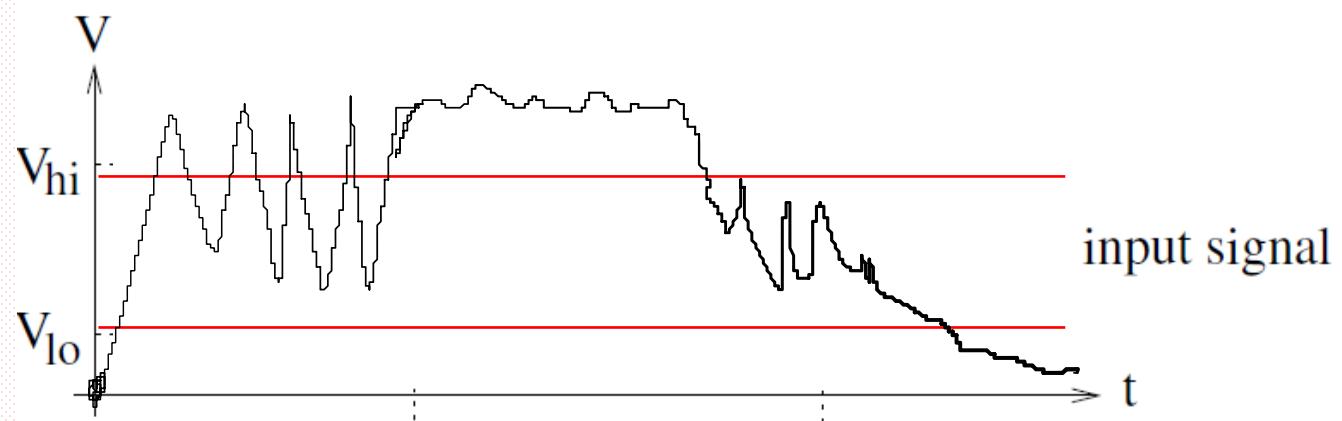
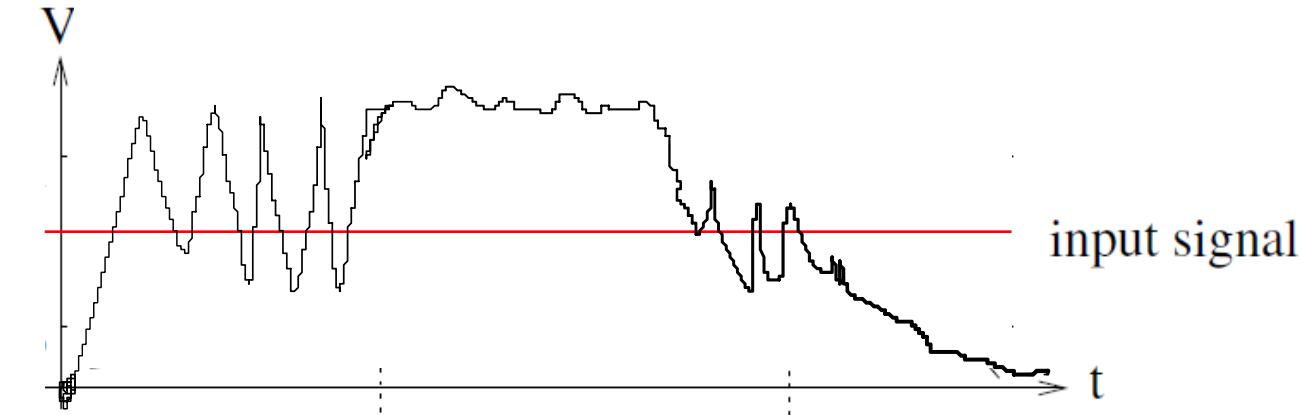


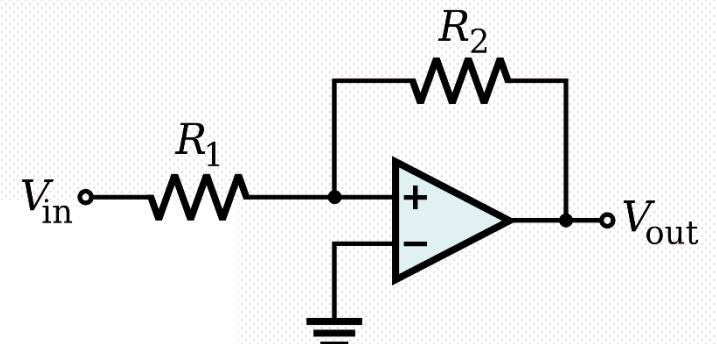
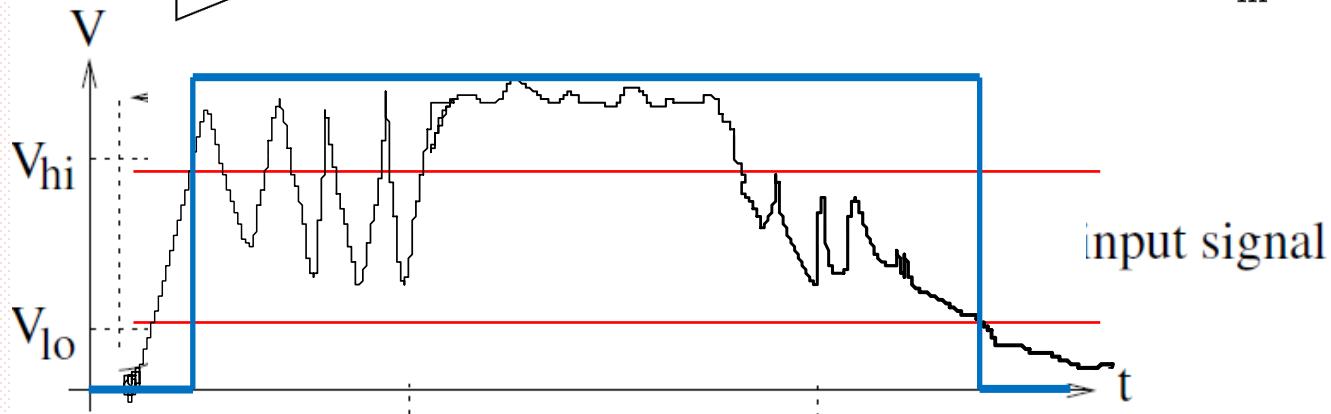
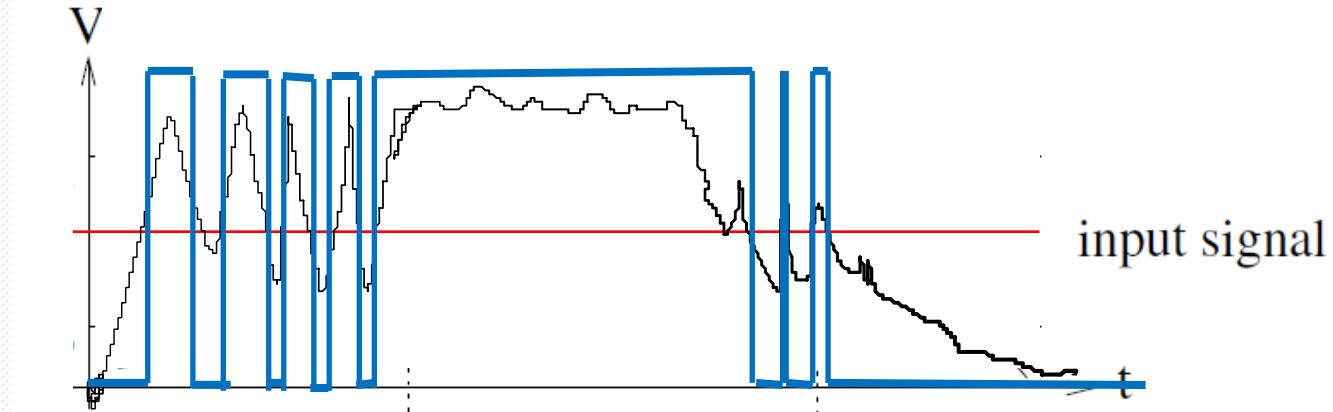
Pull-Up

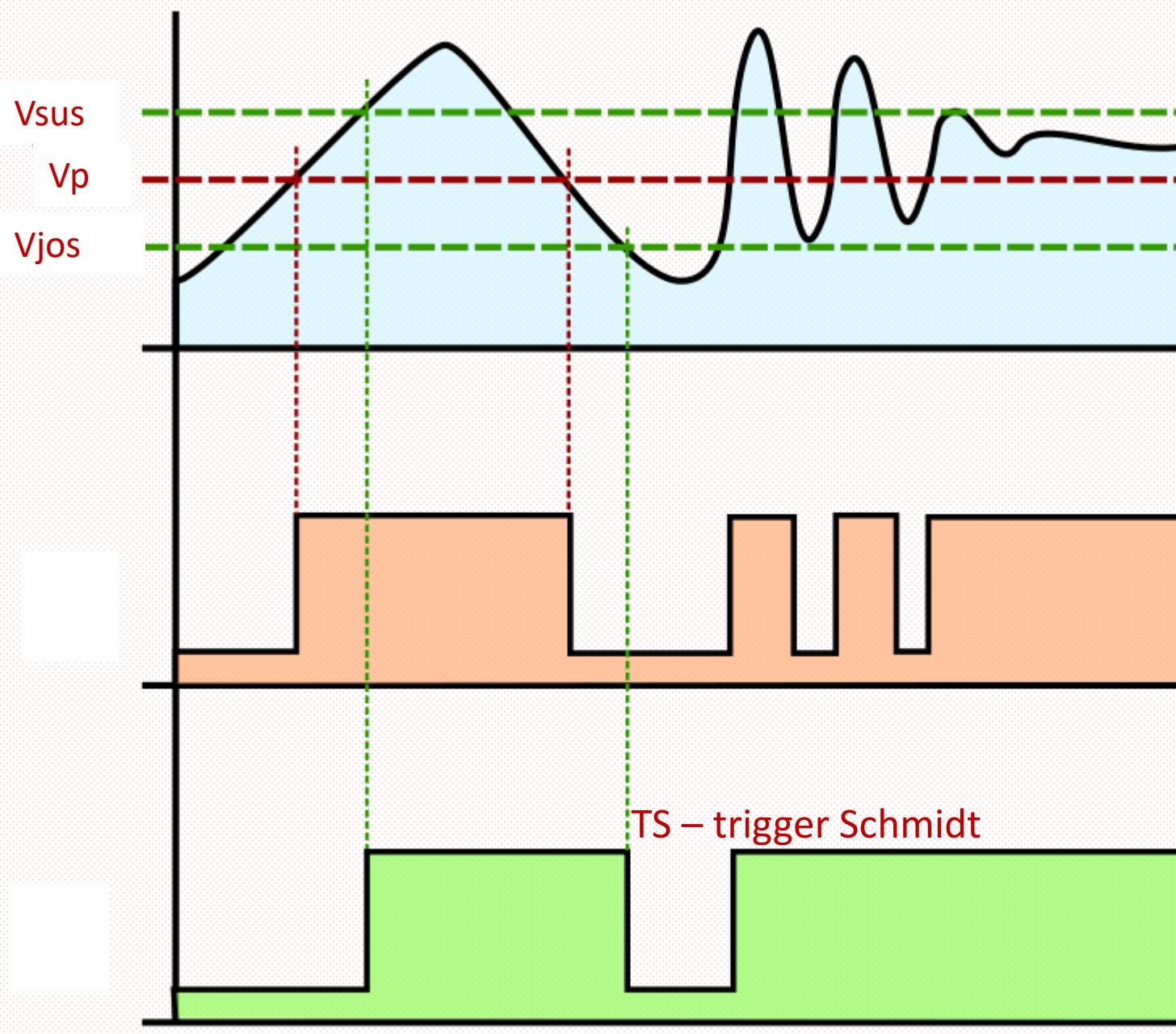


Intrări/ieșiri Digitale



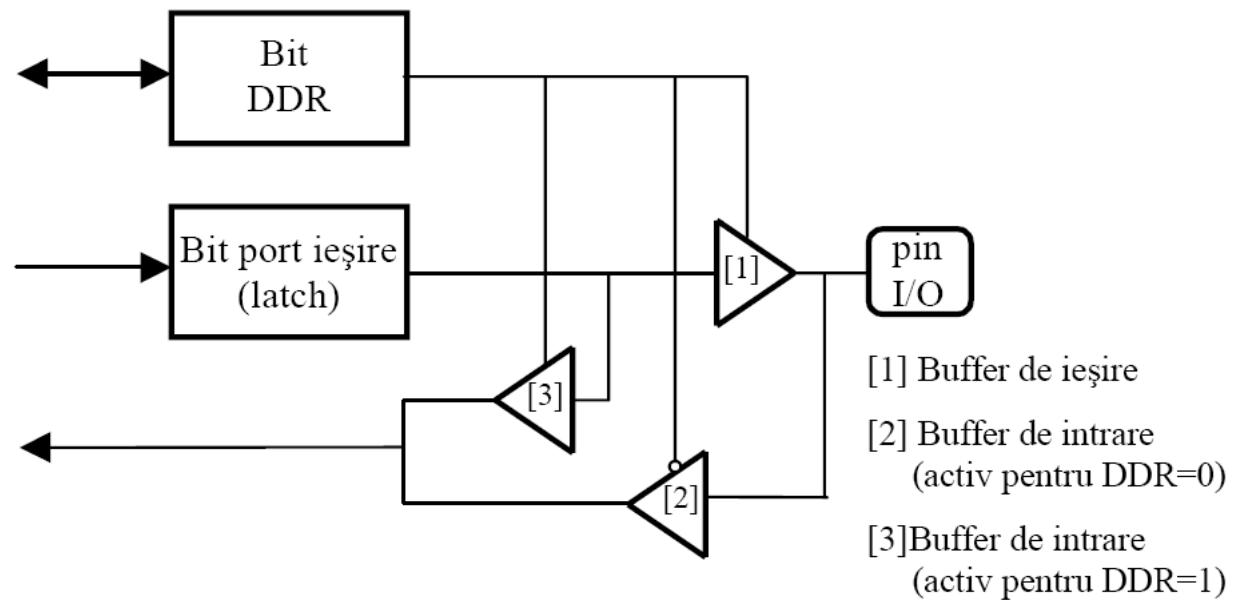






Circuit bidirecțional de scriere/citire la portul paralel

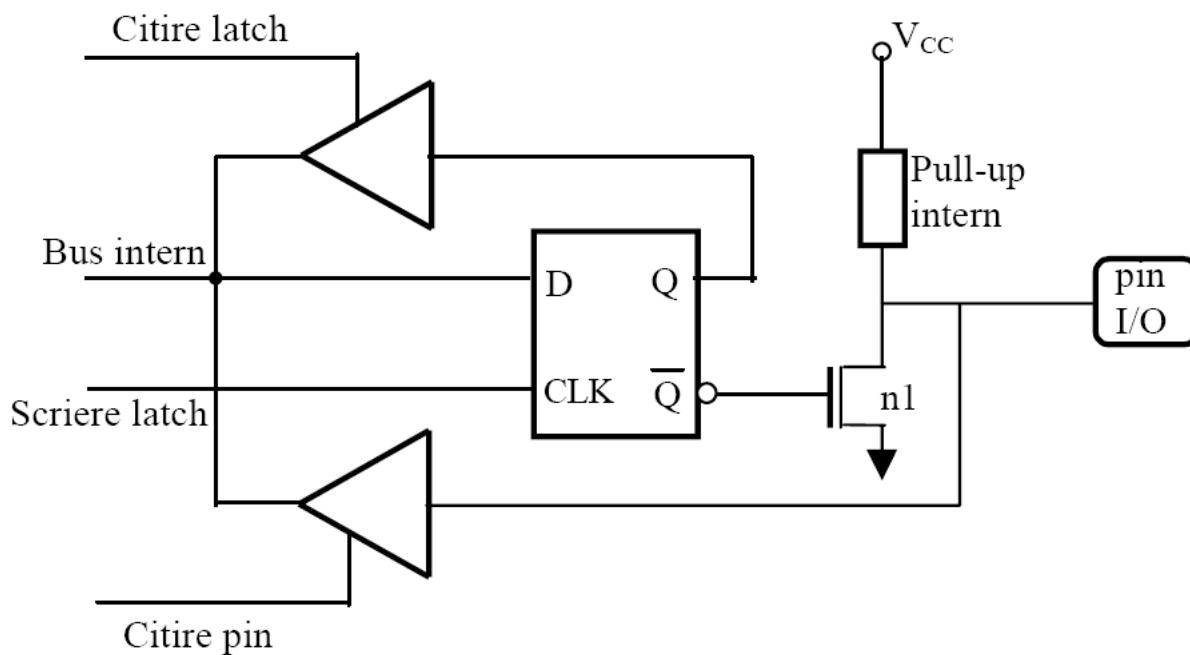
Operatie	Bit DDR	Functie pin I/O
scriere	0	Pinul I/O este în mod intrare; datele pentru scriere vor fi înscrise în latch-ul de ieșire
scriere	1	Datele pentru scriere sunt înscrise în latch-ul de ieșire și transferate de buffer-ul [1] pinului I/O
citire	0	Este citită starea pinului I/O
citire	1	Pinul I/O este în mod ieșire; este citită informația din latch-ul de ieșire.



structura unei linii cvasi-bidirectionale.

etaj de ieșire cu drena în gol (open-drain pevăzut cu o rezistență conectată intern la sursa de alimentare).

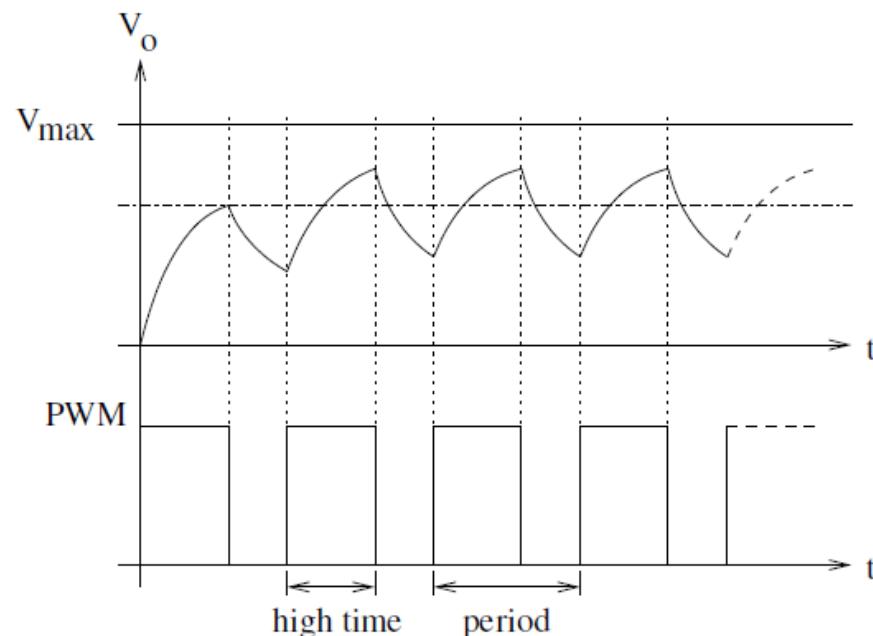
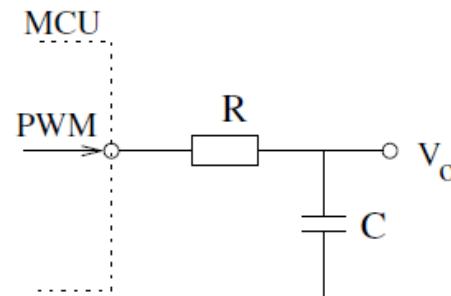
Pentru a fi folosit ca intrare este necesar ca latch-ul să fie înscris cu unu logic

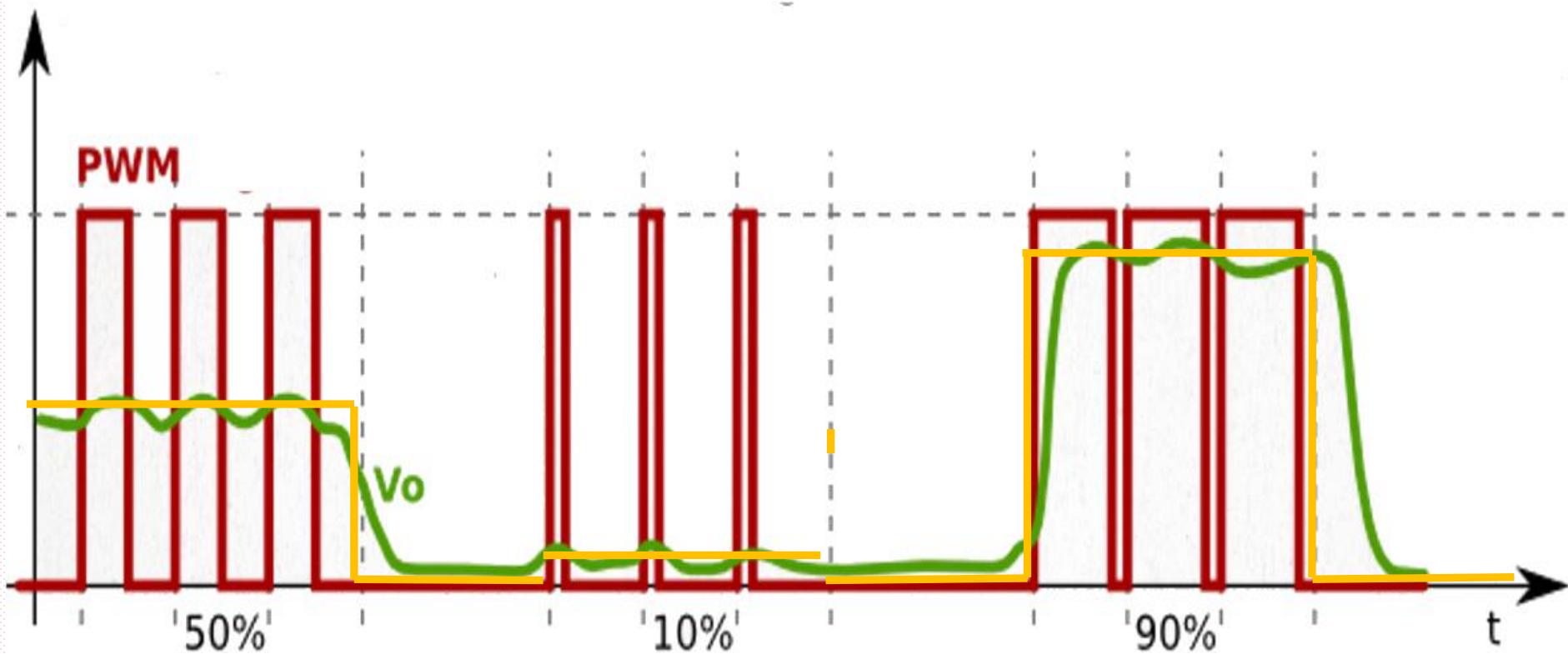
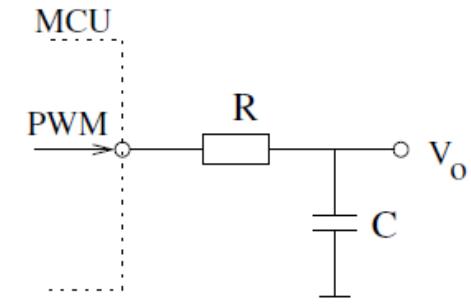


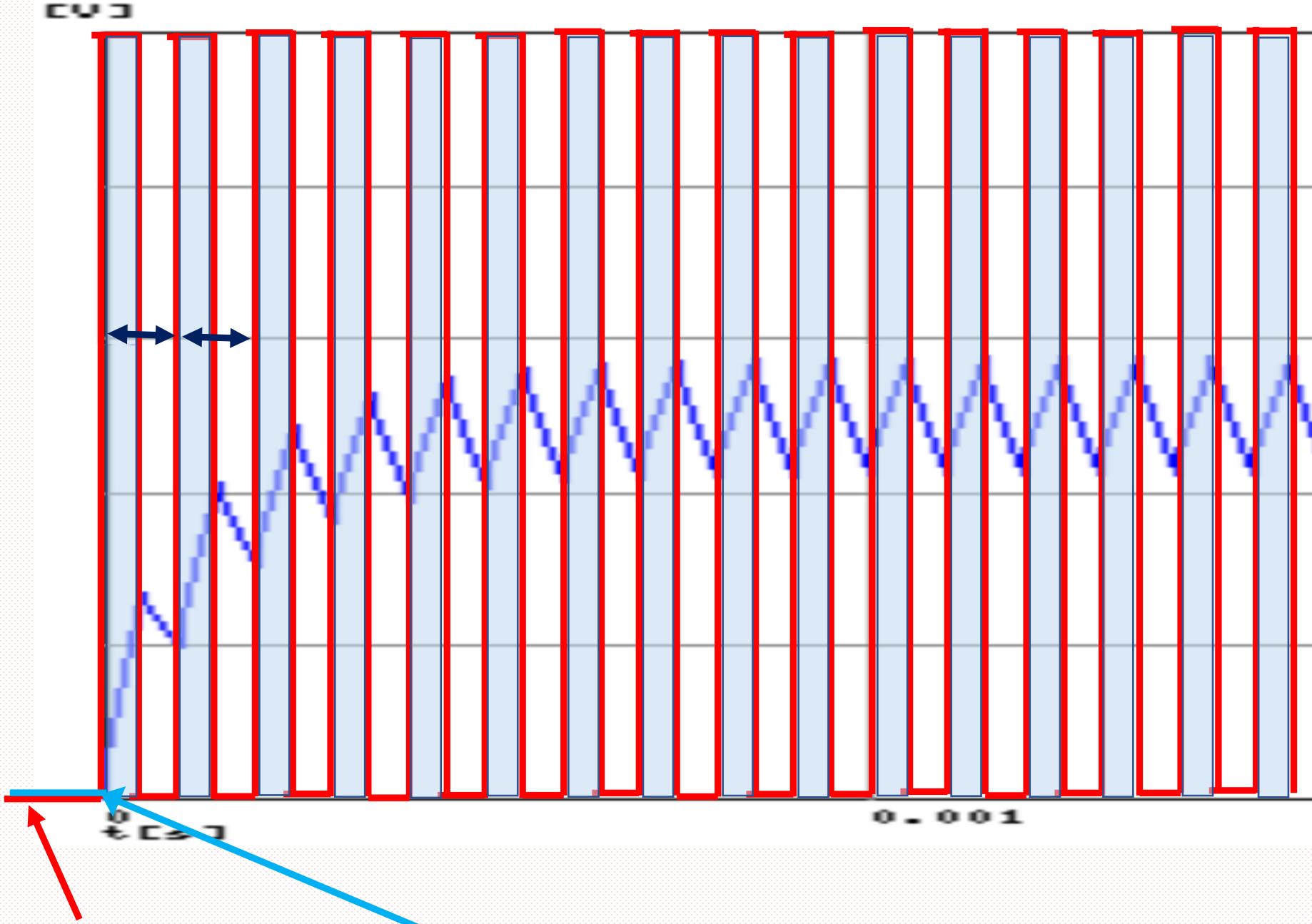
Intrări/Ieșiri Analogice

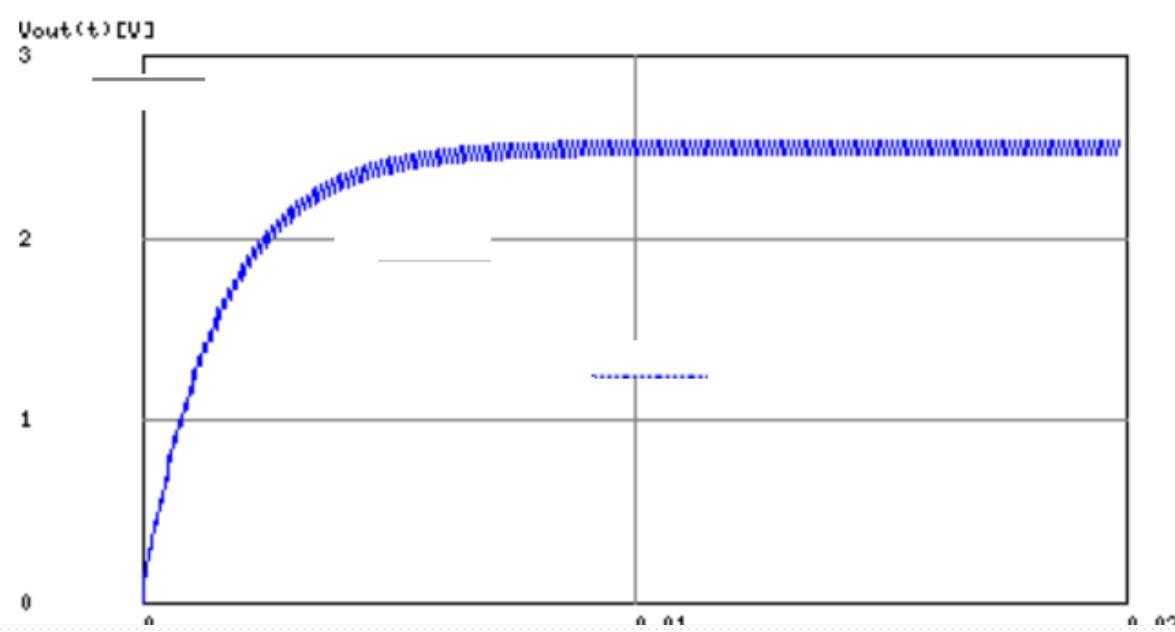
Ieșire Analogica

- Inlocuire CNA cu PWM + FTJ (mai ieftin)

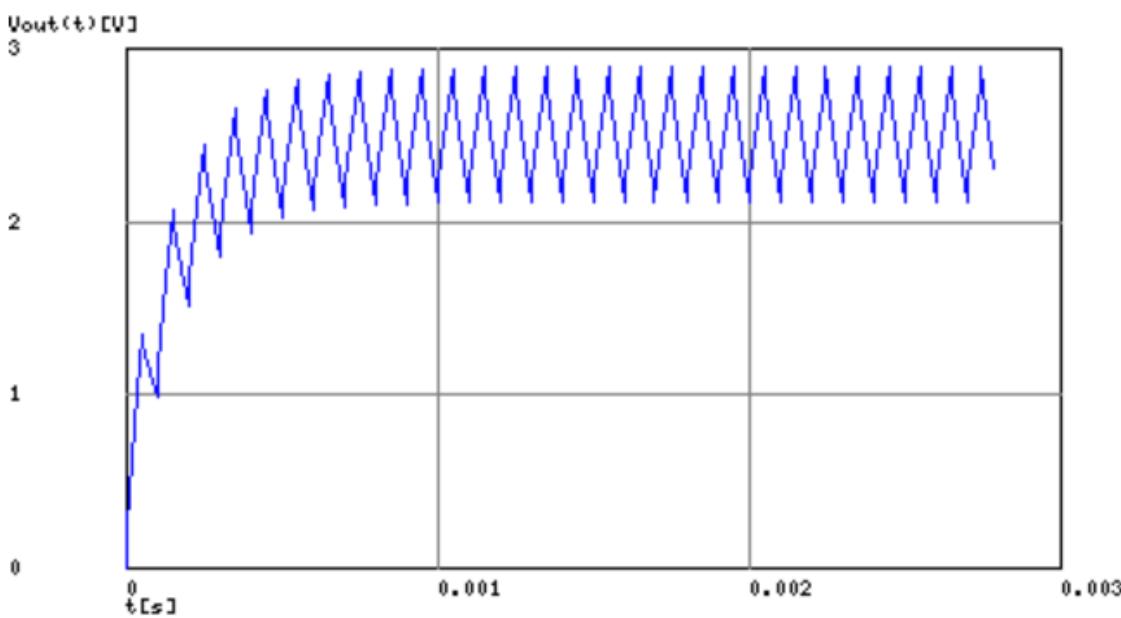






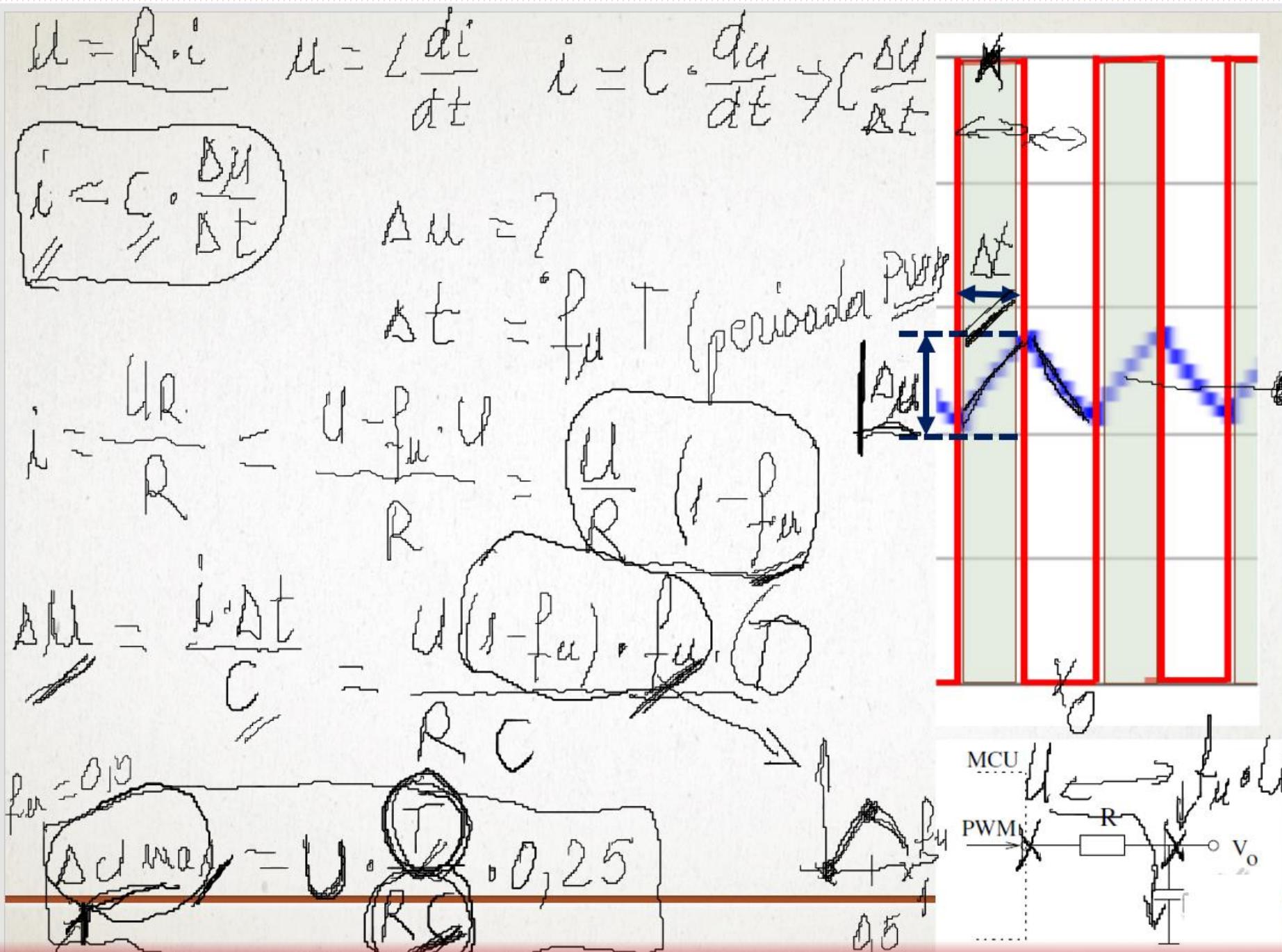


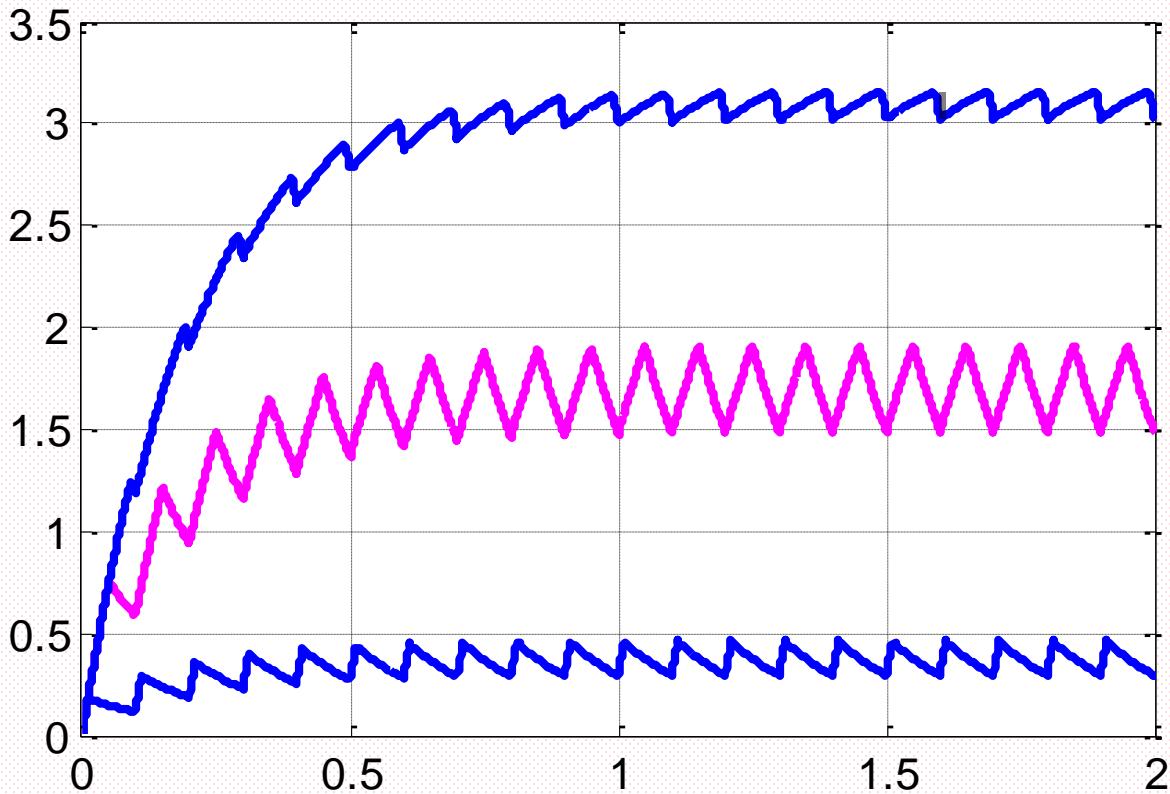
$f_c = 10 \text{ kHz}$
 $16\text{k}\Omega, 0.1\text{microF}$
 $\tau = 1,6 \text{ msec}$



$f_c = 10 \text{ kHz}$
 $1.6\text{k}\Omega, 0.1\text{microF}$
 $\tau = 0,16 \text{ msec}$

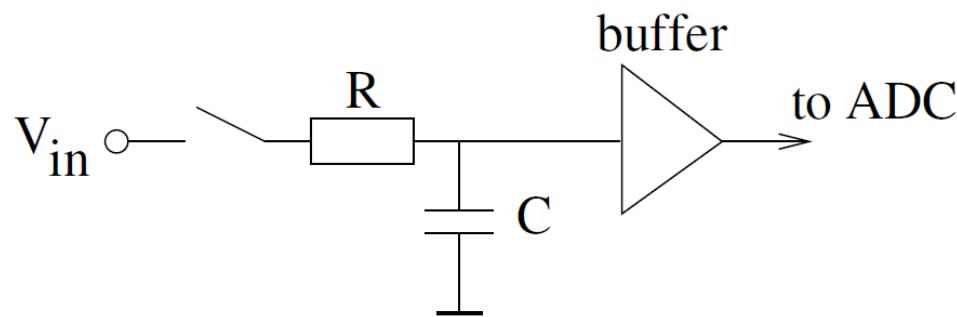




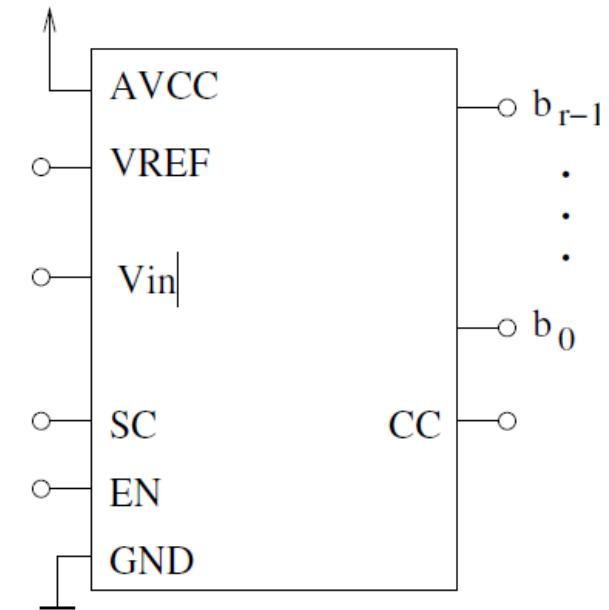


Intrari/iesiri Analogice

- Sample and Hold

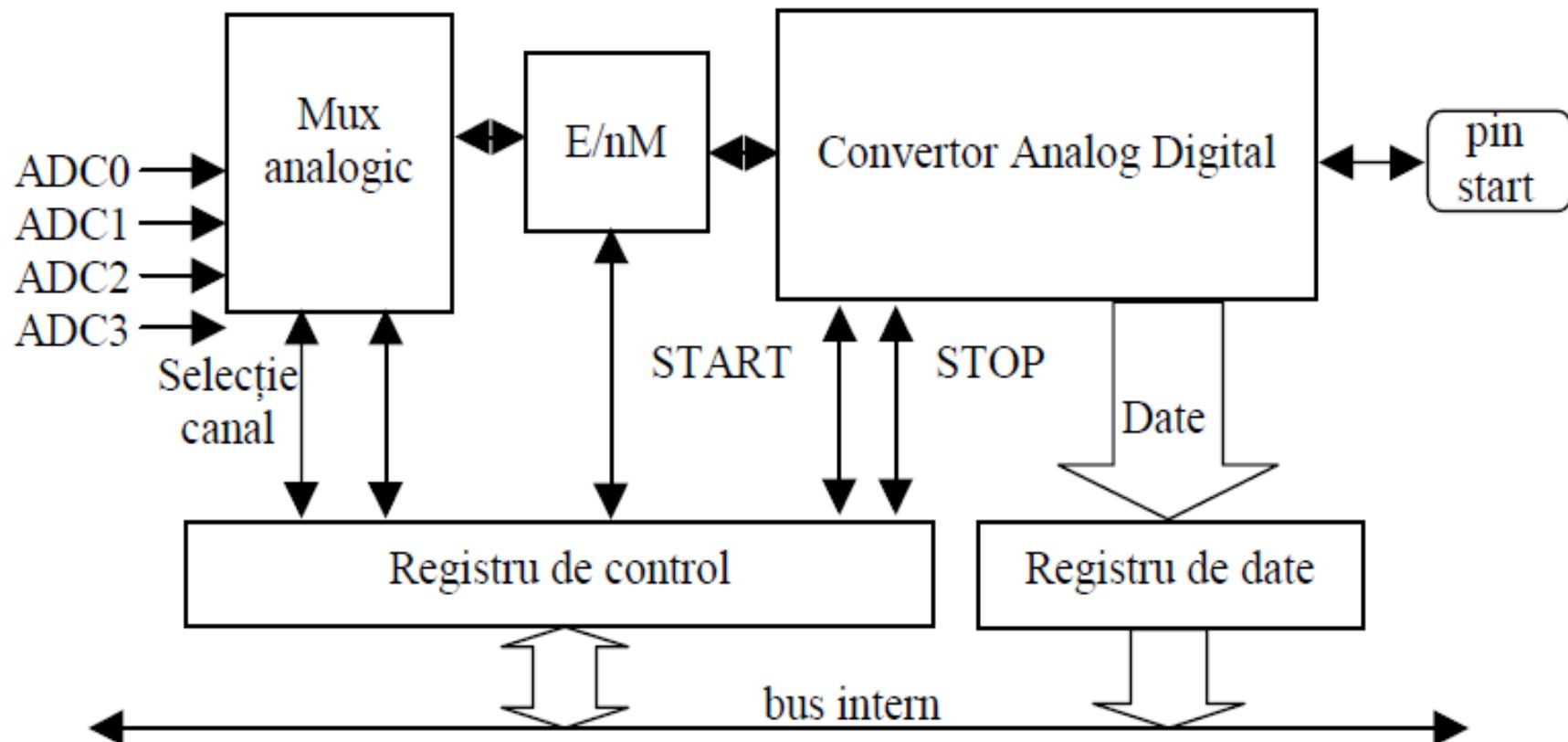


- CAN - Black box



Intrari/iesiri Analogice

- Schema bloc a modului de conversie A/D



Timere

Timer-ul poate fi folosit practic pentru orice funcție de timp, inclusiv generarea unor forme de undă sau conversii D/A simple. Mecanismul de comparare permite controlul unor semnale de ieșire; mecanismul de captură permite monitorizarea unor semnale de intrare; numărătoarele interne permit generarea de referințe de timp interne, necesare în bucle de întârziere, multiplexarea diferitelor sarcini software, și.a.



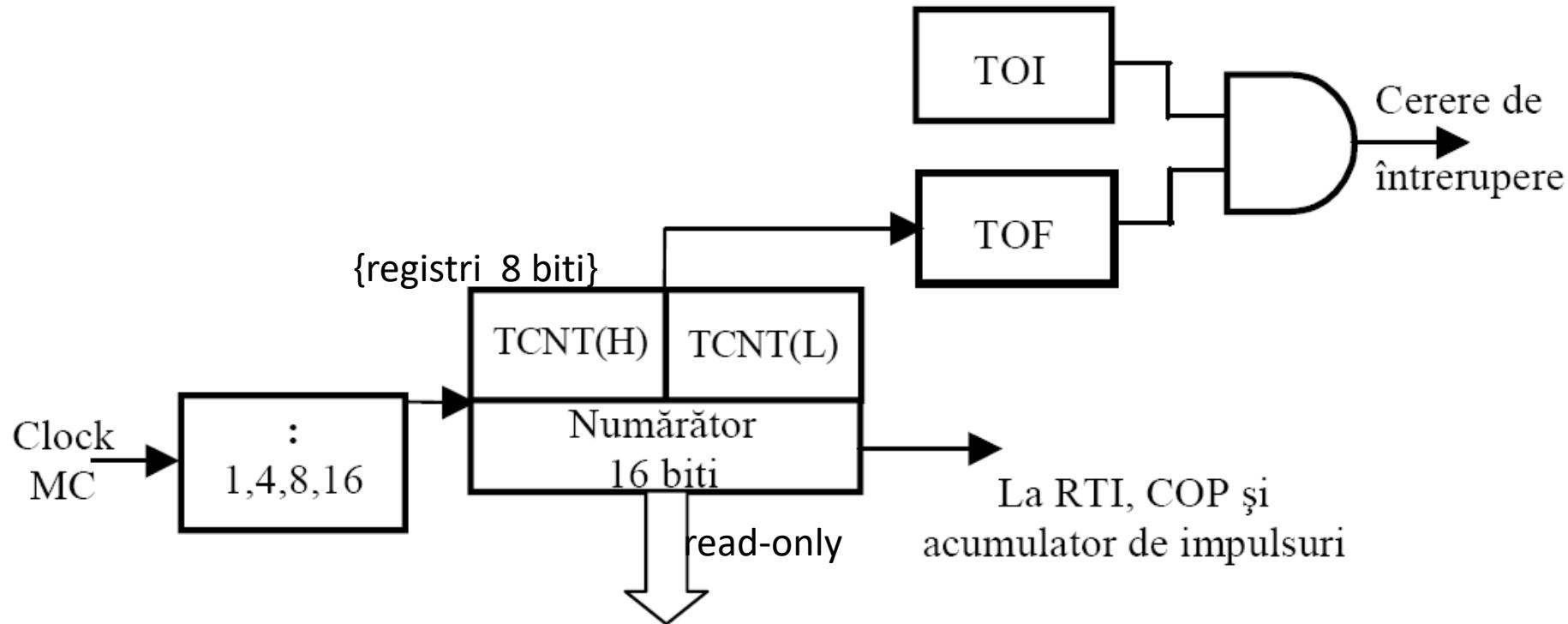
Functii timere

- 1. Captură la intrare (IC - *input capture*) se bazează pe posibilitatea de a stoca valoarea numărătorului principal la momentul aparitiei unui front activ al unui semnal extern- măsurarea lățimii unui impuls sau a perioadei unui semnal.
- 2. Comparare la ieșire (OC - *output compare*) - *se compară la fiecare impuls* de ceas valoarea numărătorului principal cu cea a unui registru. Dacă se constată egalitate, în funcție de programarea anterioară pot avea loc următoarele evenimente: declanșarea unei acțiuni la un pin de ieșire (optional), setarea unui flag într-un registru sau generarea unei intreruperi pentru unitatea centrală (optional). Funcția este folosită pentru a genera întârzieri sau pentru a genera o formă de undă cu valori dorite pentru frecvență și pentru factorul de umplere .
- 3. Întreruperi în timp real (RTI – *real-time interrupt*) – *într-un sistem există sarcini care trebuie executate periodic sau care nu permit depășirea unui interval limită între două execuții*. Aceste sarcini sunt lansate ca rutine de tratare a intreruperii generate de timer.
- 4. COP (*computer operating properly*) *watchdog* – *această funcție este folosită* pentru a reseta sistemul în cazul în care din erori de programare (*bugs*) sau erori în desfășurarea programului datorate perturbațiilor mediului, registrul COP nu este accesat într-un interval de timp prescris.
- 5. Acumulare de pulsuri (*pulse accumulator*) – *este funcția folosită pentru a număra evenimentele ce apar într-un interval de timp determinat sau pentru a măsura durata unui impuls*.



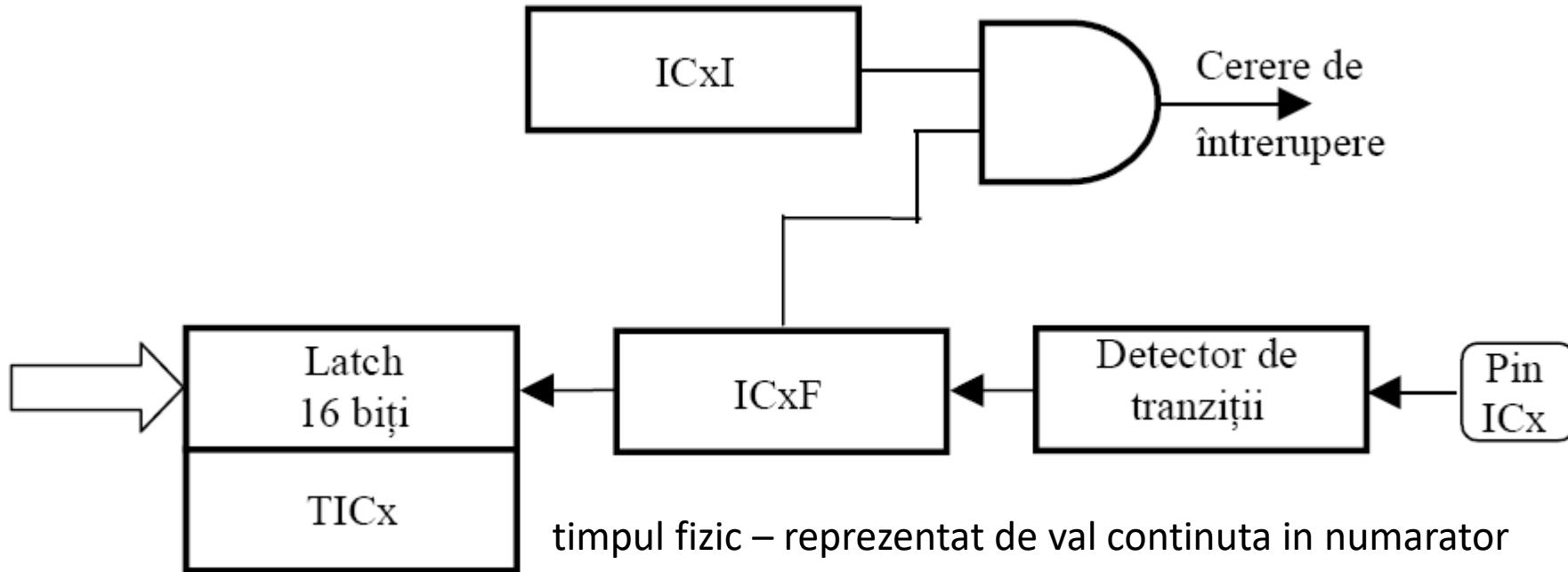
Schema bloc a unui timer

TOF (*timer overflow*) flag de autorizare (TOI)



Funcția de captură la intrare

Localizarea în timp a unui eveniment



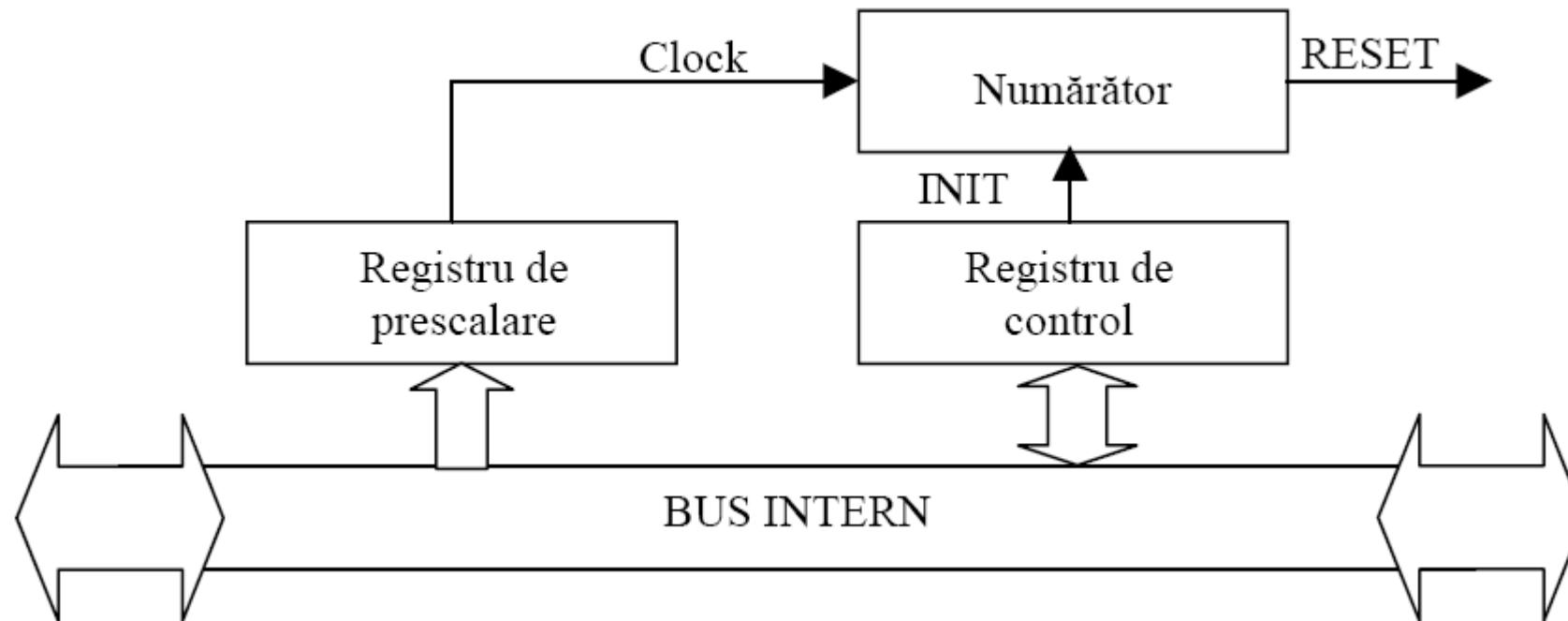
La o tranziție la pinul ICx, conținutul numărătorului liber este preluat în latch-ul de 16 biți. Utilizatorul poate să valideze funcția de captură, poate să aleagă frontul activ al tranziției și poate să autorizeze generarea unei întreruperi către unitatea centrală la detectarea frontului activ.

Localizarea momentului apariției unui eveniment,
Măsurarea perioadei, măsurarea duratei unui impuls etc



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Schema bloc a unui modul watchdog



tact de numărare programabil printr-un registru de prescalare.

Pt circuit activat, numărătorul numără continuu si dacă ajunge la valoarea maxima (FFFFh - 16 biți) se generează un RESET către unitatea centrală.

- sarcina programatorului să acceseze periodic registrul de control și să inițieze numărătorul. În cazul în care programul a pierdut controlul se va reseta sistemul.



$$\Delta U_{\text{max}} = \frac{U}{RC} \cdot 0,25 \cdot U$$

$\Delta U_{\text{max}} \leq 10\% \cdot U$

$$\frac{\Delta U_{\text{max}}}{U} = \frac{T}{RC} \cdot 0,25 \leq 0,1$$

$$T \leq \frac{0,1 \cdot RC}{0,25} = \frac{0,1 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6}}{0,25}$$

$$T \leq \frac{10^{-3}}{0,25} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ sec} \quad 4 \text{ m sec}$$

$$f \geq 0,25 \text{ kHz}$$

$$\Delta U_{\text{max}} \leq 10\% U \Rightarrow T \leq 0,4 \text{ ms} \quad f \geq 2,5 \text{ kHz}$$

