

Curs 2

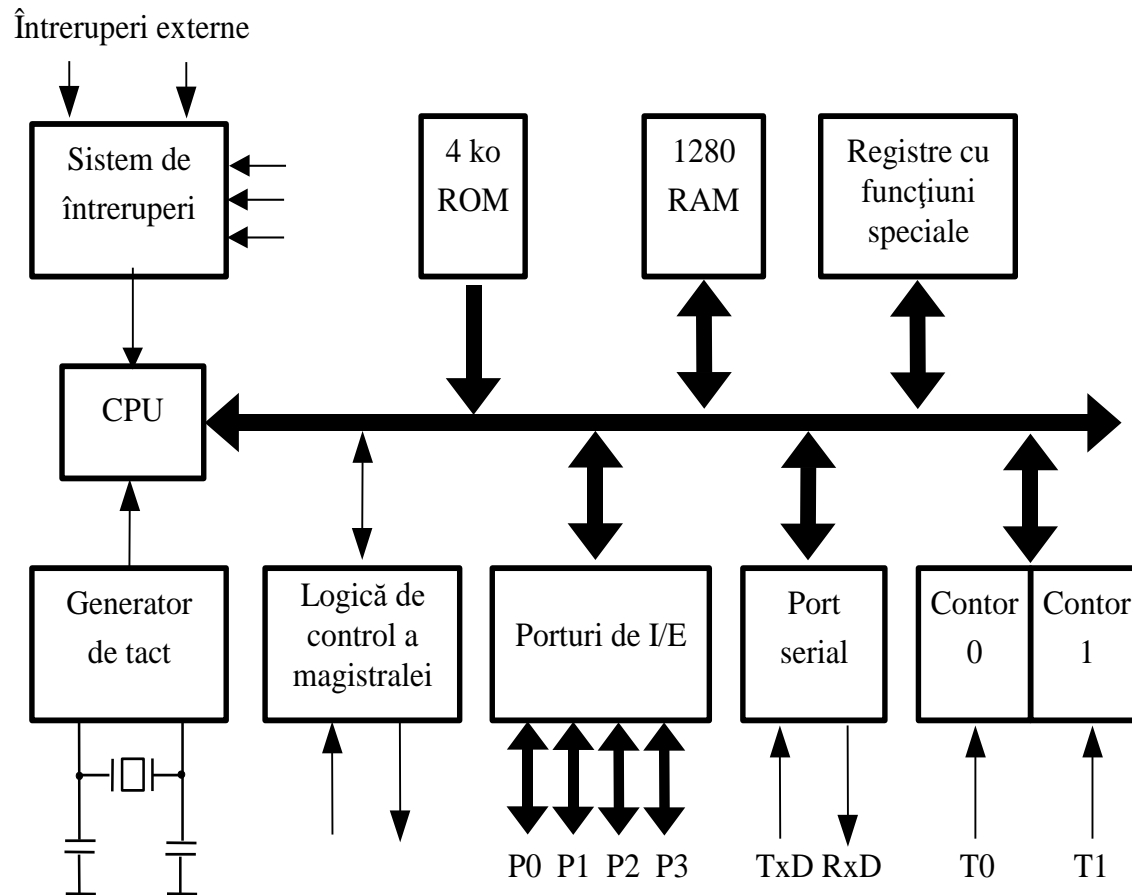
2. Arhitecturi de microcontrolere

2.1. Arhitectura 8051

- Microcontroler pe 8 biți, nucleul unei familii în continuă dezvoltare;
- Caracteristici:
 - este realizat în tehnologie CMOS,
 - include 4 Ko memorie ROM și 128 octeți memorie RAM,
 - include procesor boolean,
 - include o unitate aritmetică și logică,
 - are 4 porturi de intrare/ ieșire care pot fi utilizate ca porturi de uz general dar au și funcțiuni specifice,
 - poate adresa 64 Ko memorie externă de program și 64 Ko memorie externă de date,
 - are 2 contoare/ temporizatoare, independente,
 - include un port serial UART full duplex,
 - set de instrucțiuni orientat pe aplicații în timp real, instrucțiuni simple și rapide,
 - poate gestiona 5 surse de întreruperi, cu 2 nivele de priorități,
 - consum mic: 16 mA în modul normal, 3,7 mA în modul Idle și 50 μ A în modul Power Down.

Sisteme Încorporate

□ Structura internă

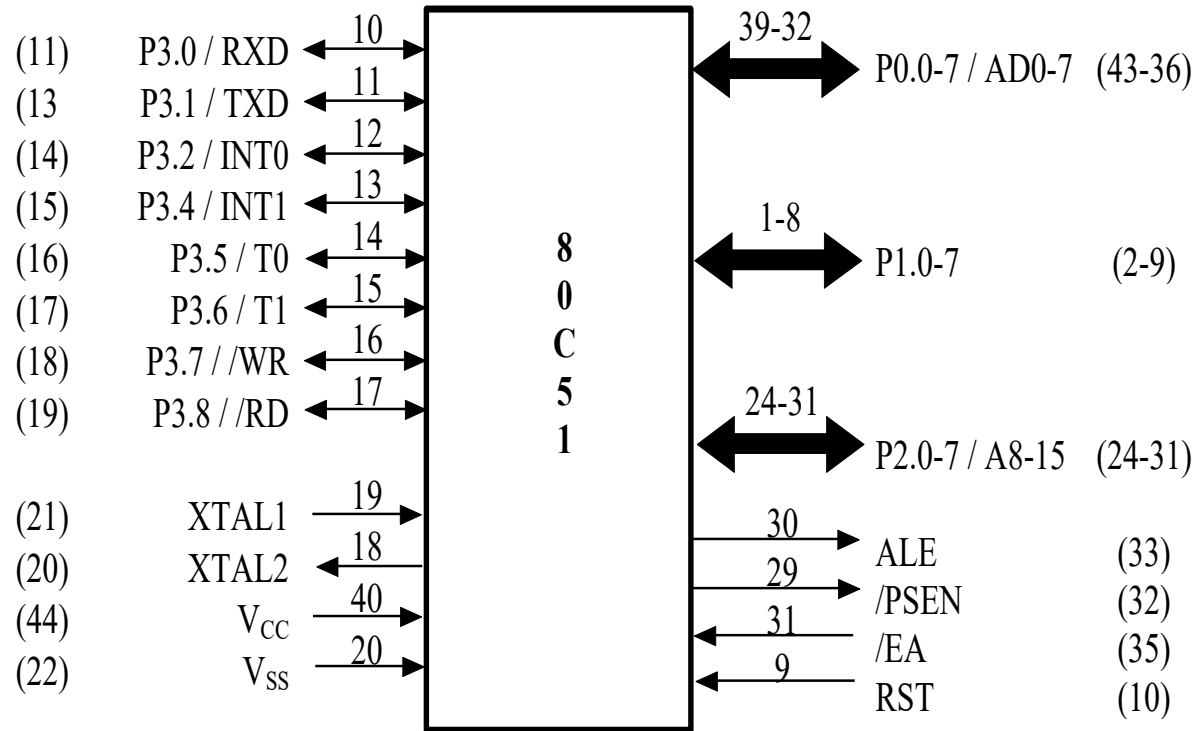


Sisteme Încorporate

- Diferențele între membrii familiei de microcontrolere bazate pe 80C51 apar la nivelul structurii interne și a vitezei de lucru, adică a frecvenței tactului acceptat la intrările oscilatorului intern.
- Toți membrii familiei includ blocurile de mai sus și sunt păstrate toate caracteristicile acestora, de la organizare până la adrese, dar apar resurse suplimentare:
 - ▣ mai multă memorie internă care poate fi și programabilă,
 - ▣ mai multe registre interne,
 - ▣ mai multe contoare/ temporizatoare,
 - ▣ mai multe porturi de intrare/ ieșire,
 - ▣ noi blocuri ca generator de ieșiri cu durate programabile,
 - ▣ convertor analog/ digital,
 - ▣ interfețe CAN și I2C
 - ▣ etc.

Sisteme Încorporate

2.1.1. Configurația terminalelor:



Sisteme Încorporate

2.1.2. Organizarea memoriei

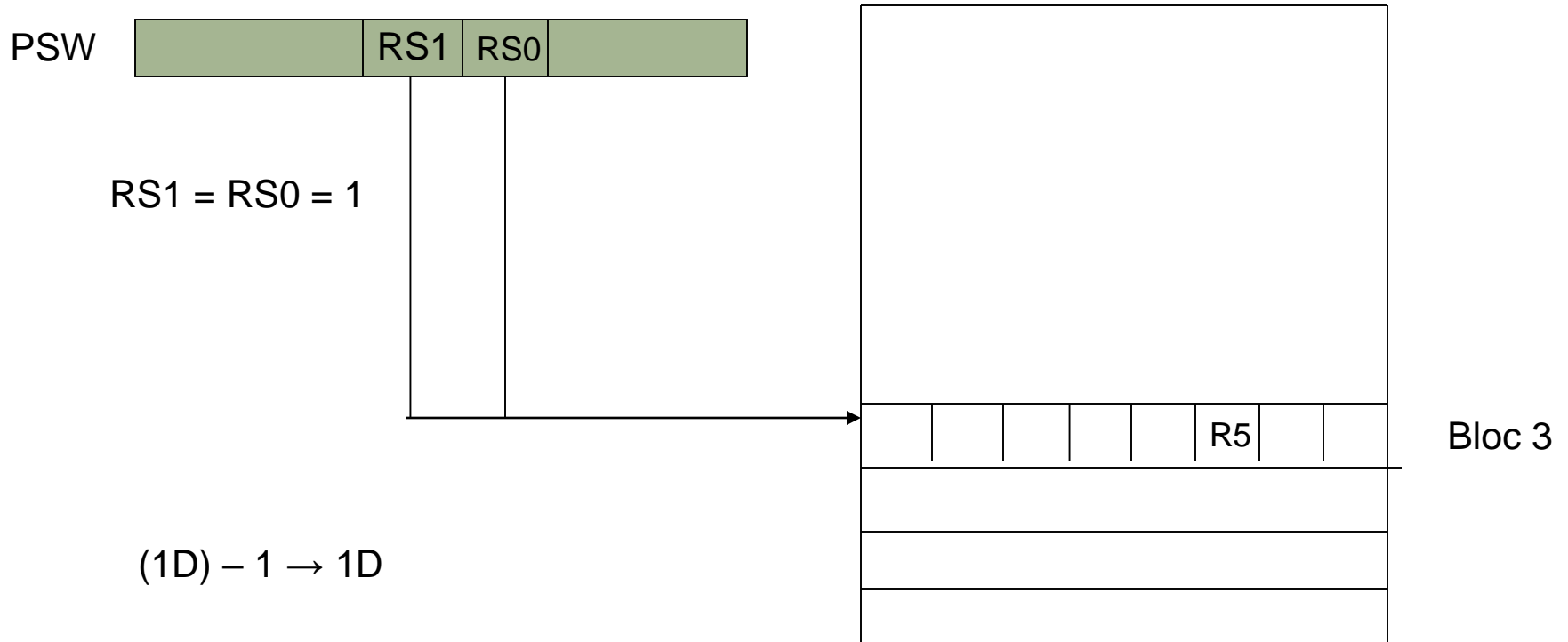
- 16 linii de adrese dar poate gestiona 128 Ko;
- Distinge între spațiul de memorie de program și cel de memorie de date, activând semnale de comandă diferite:
 - **/PSEN** pentru **memoria de program** și
 - **/RD, /WR** pentru **memoria de date**.
- Primii 4 Ko din memoria de program sunt interni; accesul la ei se face cu terminalul **/EA = 1**;
- Dacă terminalul **/EA = 0** sau dacă accesul se face la o locație cu adresa peste 0FFFFH, va fi adresată memoria externă de program;
- Locații cu funcțiuni predeterminate din memoria de program:
 - 0000H pentru RESET,
 - Acceptarea unei cereri de întrerupere: 0003H pentru INT0, 000BH pentru T0, 0013H pentru INT1, 001BH pentru T1 și 0023H pentru interfața serială.

Sisteme Încorporate

- Memoria de date: internă și externă.
- Memoria de date internă:
 - 128 octeți, ocupă zona 0000 – 007FH;
 - Structura memoriei:
 - 00H – 07H: bloc 0,
 - 08H – 0FH: bloc 1,
 - 10H – 17H: bloc 2,
 - 18H – 1FH: bloc 3,
 - 20H – 2FH: Bit RAM,
 - 30H – 7FH: Data RAM.
- Zona 00 - 1FH este divizată în 4 blocuri de câte 8 octeți, notate cu Blocul 0 – 3;
- Există un grup de registre, R0-7 care se suprapune, la un moment dat, peste un singur bloc din cele 4;
- Blocul care se suprapune peste registrele R0-7 este selectat de programator prin intermediul rangurilor RS1 și RS0 din registrul de stare al programului, PSW ("Program Status Word");

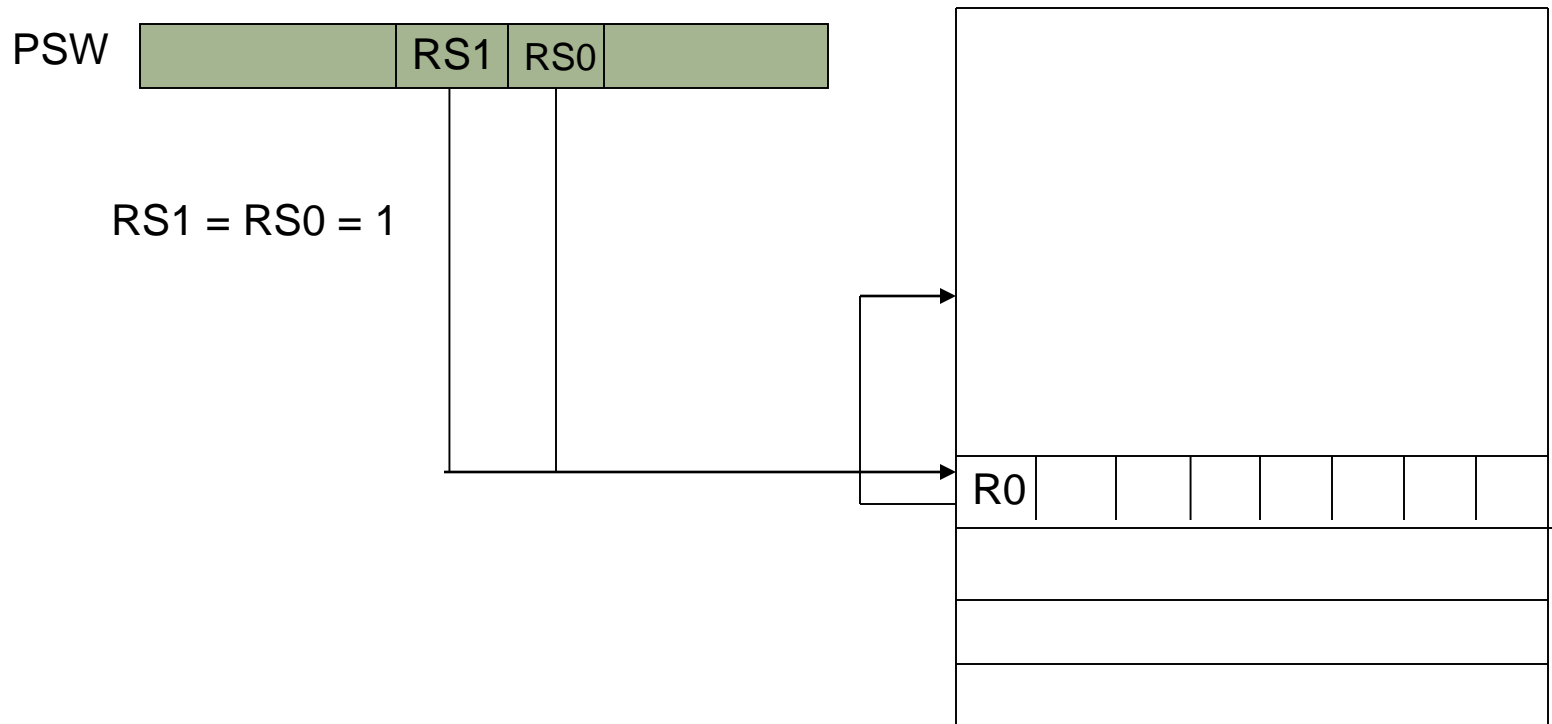
Sisteme Încorporate

- Zona 00 - 1FH poate fi accesată direct, prin intermediul unei adrese pe 8 biți sau prin adresare de registru;
- Execuția instrucțiunii DEC R5:



Sisteme Încorporate

- Registrele R0 și R1 pot fi folosite pentru adresarea indirectă a memoriei de date;
- Ex.: instrucțiunea INC @R0:



Sisteme Încorporate

- Avantajul adresării memoriei prin intermediul registrelor R0-7:
instrucțiuni scurte:
 - Pentru adresare de registru sunt necesare doar 3 ranguri care se găsesc, împreună cu codul instrucțiunii, în primul octet al acesteia.
 - La adresarea indirectă, prin intermediul registrelor R0 sau R1 este nevoie de un singur rang, aflat, de asemenea, în primul octet al instrucțiunii.
- Zona 20H - 2FH din RAM-ul intern este denumită Bit RAM, întrucât fiecare din cei 128 biți poate fi adresat individual.
- 2 modalități de a adresa biții din această zonă:
 - Una folosește adresa lor: 00 - 7FH, cu 00 pentru bitul 0 de la locația 20H și 7FH pentru bitul 7 de la locația 2FH;
 - Cealaltă se referă la octeții 20H - 2FH; astfel biții 00 - 07 pot fi adresați ca 20.0 - 20.7, biții 08 - 0FH ca 21.0 - 21.7 etc.
 - De exemplu instrucțiunea CLR 20.0 va avea în al doilea octet al ei un câmp de 5 ranguri care specifică octetul 20H și un câmp de 3 ranguri care specifică bitul selectat.
 - Fiecare octet din această zonă poate fi adresat și ca octet distinct.

Sisteme Încorporate

- Zona 30H - 7FH este denumită Data RAM și este o zonă de memorie RAM de uz general;
- Memoria internă RAM poate fi adresată prin **adresare directă sau indirectă**.
- La adresarea directă poate fi folosită orice combinație în domeniul 00 – 7FH iar la adresarea indirectă este folosit registrul R0 sau R1 care vor conține adresa locației accesate.
- **Memoria de date externă** poate fi accesată doar prin intermediul instrucțiunii MOVX care folosește adresare indirectă.
- Se pot folosi adrese pe 16 biți și atunci va fi folosit registrul DPTR pentru a genera adresa dar pot fi folosite și adrese pe 8 biți și atunci va fi folosit registrul R0 sau R1 pentru a genera adresa.
- Cel de-al doilea caz este util atunci când memoria externă de date este puțină și poate fi gestionată ca pagini de 256 octeți.

Sisteme Încorporate

□ Ciclurile mașină

- Un ciclu-mașină reprezintă timpul total necesar executării comenzii măsurat în impulsuri de tact. Cu cât o instrucțiune se compune din mai multe micro-operații, cu atât durata ei de execuție crește.
- Execuția unei instrucțiuni se desfășoară în cadrul unor cicluri mașină;
- Un ciclu mașină este divizat în 6 stări, notate cu S1 - S6, o stare fiind alcătuită din 2 faze, notate cu P1 și P2;
- Deci un ciclu mașină începe în starea 1, faza 1, notată cu S1P1 și se încheie în starea 6, faza 2, notată cu S6P2;
- Considerând un tact cu frecvența de 12 MHz, rezultă că durata unui ciclu mașină este de 1 μ s.
- Majoritatea instrucțiunilor se execută în un ciclu mașină, câteva în 2 cicluri mașină și doar două, **MUL și DIV**, se execută în 4 cicluri mașină.
- Semnalele microcontrolerului implicate în transferurile din cadrul ciclurilor mașină sunt următoarele: **ALE, /PSEN, /EA, /WR, /RD**.

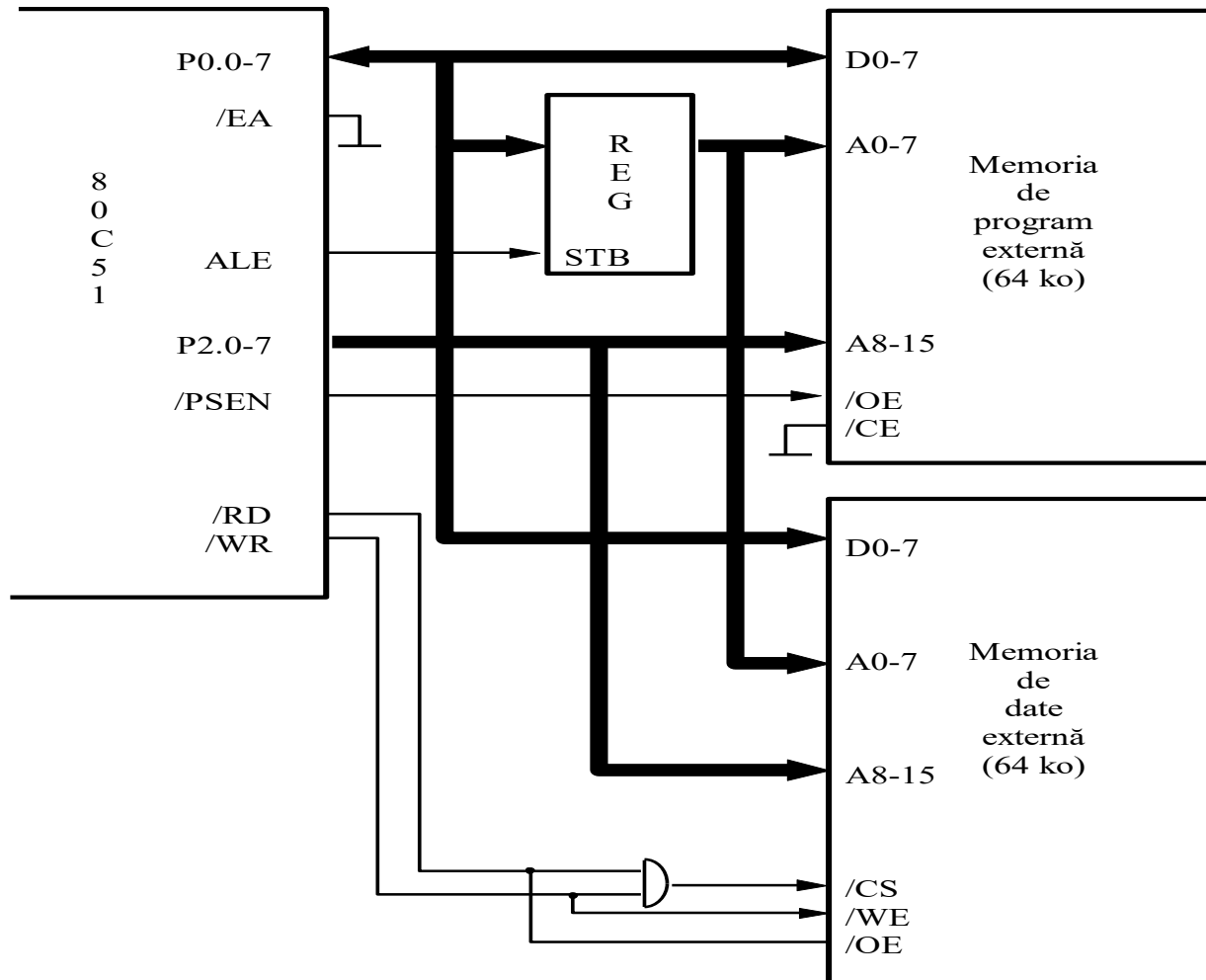
Sisteme Încorporate

□ Comanda memoriei externe:

- Comandă 64 Ko memorie de program și 64 Ko memorie de date deși dispune doar de 16 linii de adresă:
 - memoria de program va fi comandată cu semnalul /PSEN iar
 - memoria de date va fi comandată cu semnalele /RD și /WR.
- În timpul transferurilor cu memoria externă, liniile portului P2 vor constitui jumătatea superioară a magistralei de adrese iar liniile portului P0 vor constitui o magistrală multiplexată de adrese/ date.
- Pentru demultiplexarea ei este necesară memorarea informației de adresă într-un registru extern, la comanda frontului posterior al semnalului ALE.
- Atunci când memoria externă implicată în transfer este cea de program, adresa ce apare pe liniile porturilor P0 și P2 este generată de numărătorul de program, PC.

Sisteme Încorporate

- Conectarea memoriei externe de program și date, câte 64 Ko:



Sisteme Încorporate

- În cazul aplicațiilor ce necesită mai puțină memorie de program și de date decât 64 Ko, nu mai este necesar ca cele 2 blocuri de memorie să se suprapună în spațiul de adresare al microcontrolerului iar selecția lor se va face utilizând și linii mai semnificative din magistrala de adrese.
- Accesul la memoria externă de date se face prin intermediul registrului DPTR sau registrelor R0 și R1;
- Varianta cu DPTR: se folosesc instrucțiunile:
 - `MOVX @DPTR,A` și
 - `MOVX A,@DPTR`;
 - Prima instrucțiune transferă conținutul acumulatorului în memorie la adresa indicată de DPTR, iar a doua instrucțiune transferă conținutul locației cu adresa indicată de DPTR în A;
 - În timpul transferurilor cu memoria externă de date, adresa ce apare pe liniile porturilor P0 și P2 este pe 16 biți și este generată de DPTR.

Sisteme Încorporate

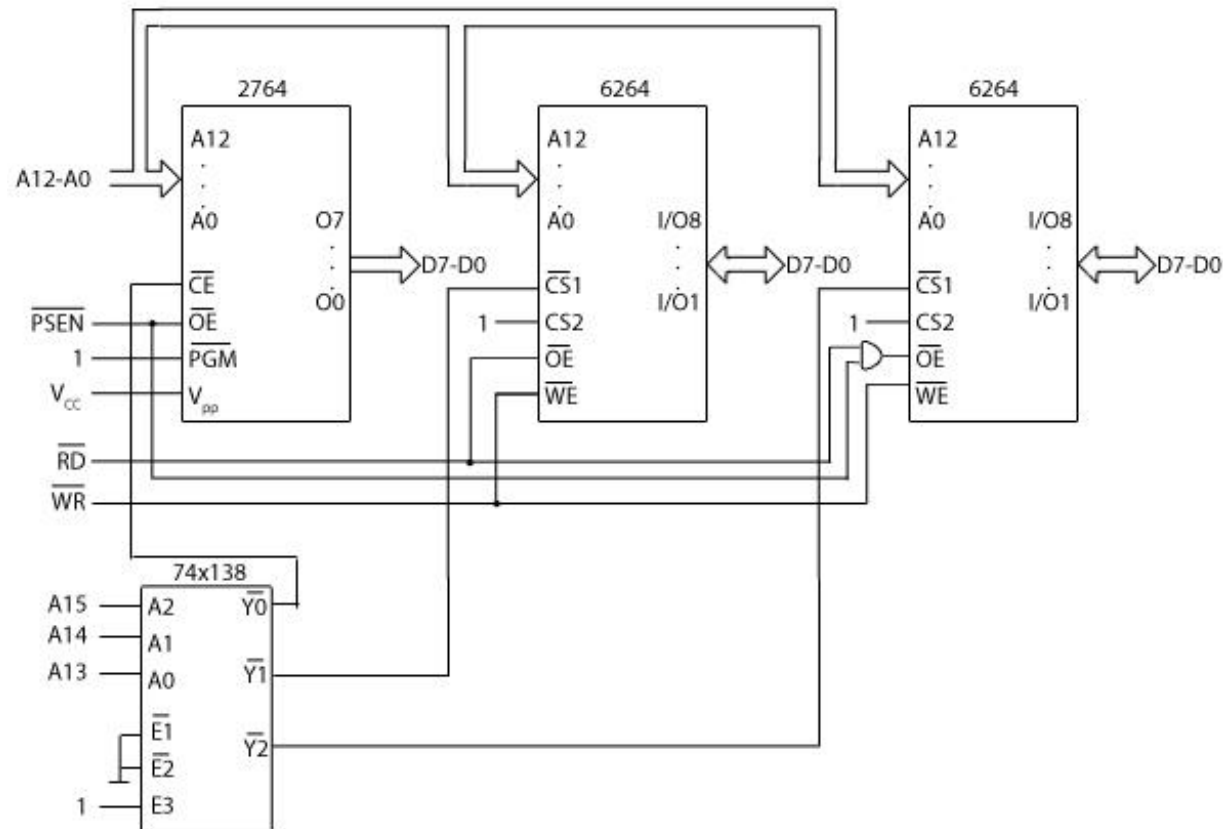
- Varianta cu R0 și R1: se folosesc instrucțiunile:
 - MOVX @Ri,A și
 - MOVX A,@Ri;
 - Ex.: MOVX @R0,A: conținutul registrului R0 este interpretat ca o adresă (pe 8 biți) și conținutul registrului A este încărcat la adresa respectivă;
 - Conținutul registrelor R0 sau R1 va fi adresa ce apare pe liniile portului P0. Această adresă este doar pe 8 biți și va permite accesul într-o pagină de 256 octeți;
 - Conținutul registrului P2 va apare pe liniile portului P2 și poate fi folosit pentru paginare, asigurând plasarea paginii de 256 octeți în spațiul de adresare de 64 Ko al microcontrolerului;
 - Rangurile neutilizate ale registrului P2 pot funcționa ca linii de intrare/ieșire independente.
- Dacă întregul program ce se execută se obține din memoria externă, atunci intrarea /EA trebuie să fie conectată la 0.

Sisteme Încorporate

- Dacă se dorește rularea de programe din memoria externă de date atunci este necesară suprapunerea unui spațiu de memorie externă de program cu un spațiu de memorie externă de date ceea ce se poate realiza cu o combinație a semnalelor /PSEN și /RD;
- Întrucât semnalul /PSEN se activează mai repede decât semnalul /RD este necesar ca memoria externă de date din care se execută programe, să fie suficient de rapidă pentru a răspunde cerințelor semnalului /PSEN;
- Memoria externă de date din care se dorește execuția de programe trebuie să fie plasată în spațiul de adresare al microcontrolerului, într-o zonă diferită de cea care corespunde atât memoriei externe de program cât și memoriei externe de date.
- Avantaje:
 - accesul extern este mai rapid (instrucțiuni doar pe 8 biți) și
 - rămân libere linii ale portului 2 care pot fi folosite în alte scopuri.

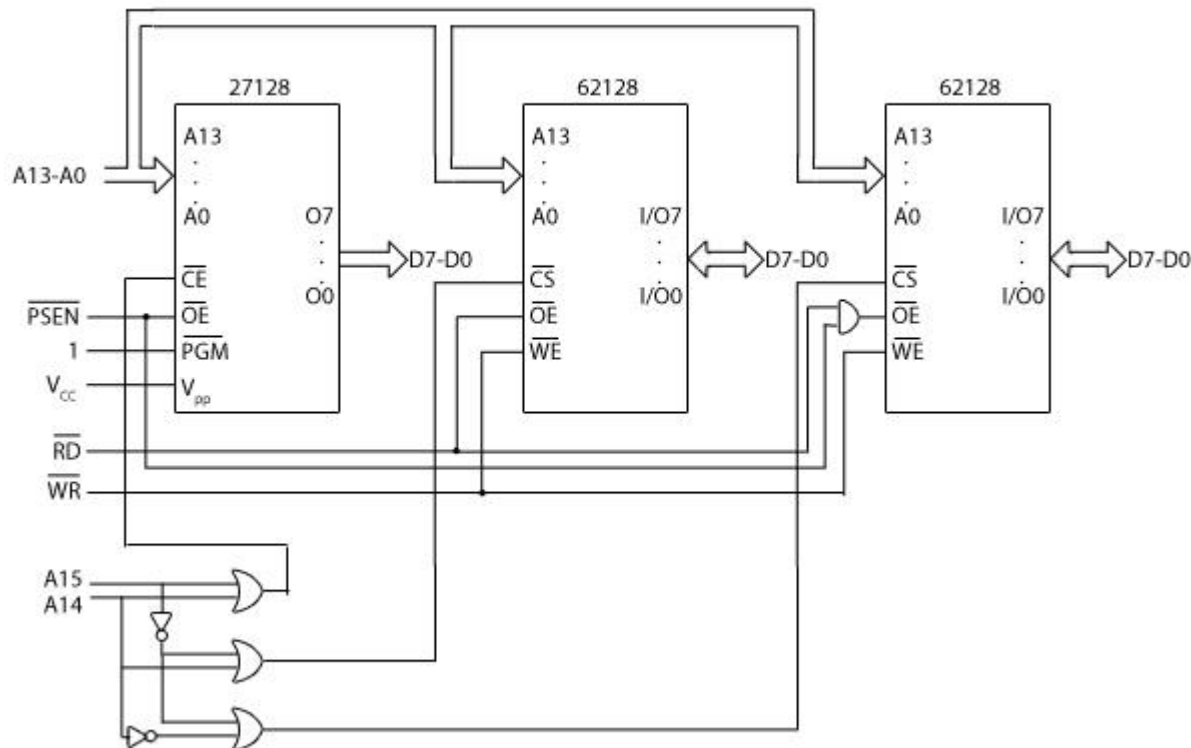
Sisteme Încorporate

- Să se conecteze la un microcontroler 80C51 8 Ko de memorie EPROM, 8 Ko memorie RAM și încă 8 Ko memorie RAM din care se poate executa și program. Se vor folosi circuite de 8 Ko.



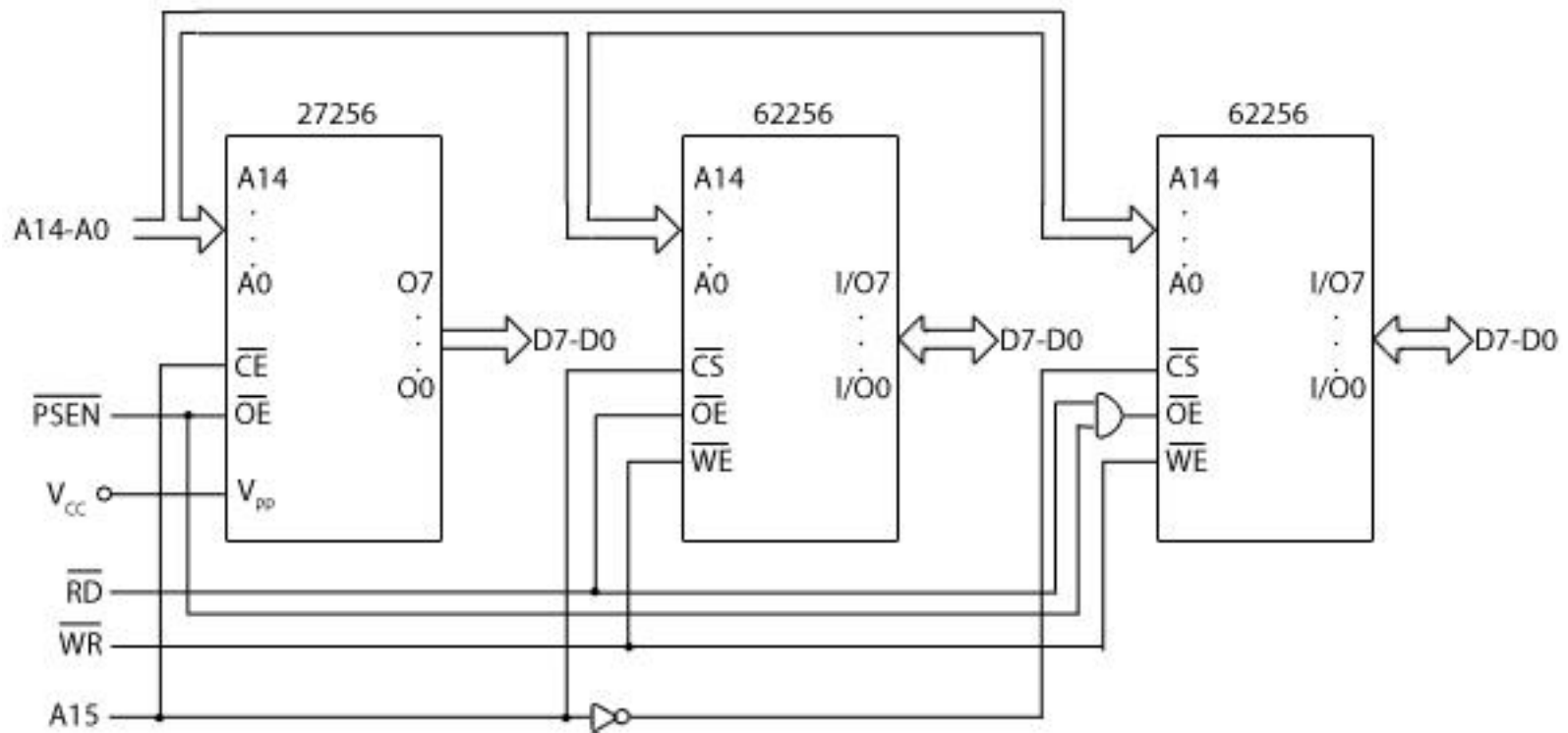
Sisteme Încorporate

- Să se conecteze la un microcontroler 80C51 16 Ko memorie EPROM, 16 Ko memorie RAM și încă 16 Ko memorie RAM din care se poate executa și program. Se vor folosi circuite de 16 Ko.



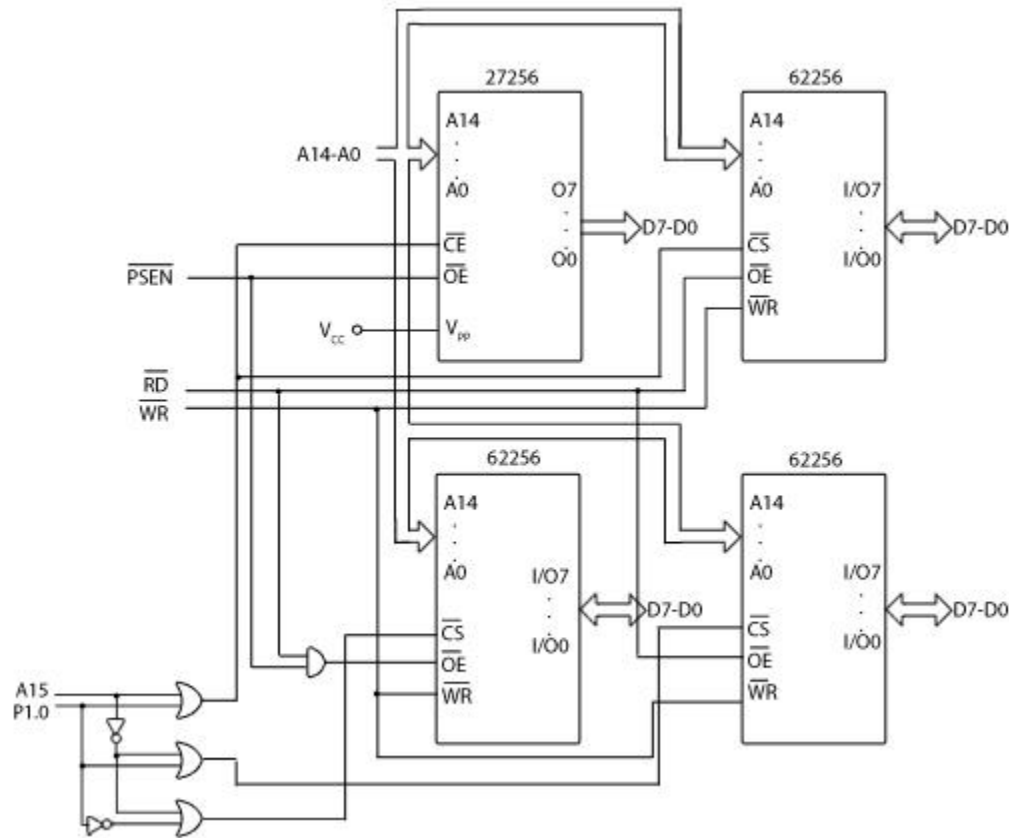
Sisteme Încorporate

- Să se conecteze la un microcontroler 80C51 32 Ko memorie EPROM, 32 Ko memorie RAM și încă 32 Ko memorie RAM din care se poate executa și program. Se vor folosi circuite de 32 Ko.



Sisteme Încorporate

- Să se conecteze la un microcontroler 80C51 32 Ko memorie EPROM, 64 Ko memorie RAM și încă 32 Ko memorie RAM din care se poate executa și program. Se vor folosi circuite de 32 Ko.



Sisteme Încorporate

- Să se conecteze la un microcontroler 80C51 64 Ko memorie EPROM, 32 Ko memorie RAM și încă 32 Ko memorie RAM din care se poate executa și program. Se vor folosi circuite de 32 Ko.
- Să se conecteze la un microcontroler 80C51 32 Ko memorie EPROM, 64 Ko memorie RAM și încă 64 Ko memorie RAM din care se poate executa și program. Se vor folosi circuite de 32 Ko.

Sisteme Încorporate

2.1.3. Registrele cu funcțiuni speciale:

- Microcontrolerul 80C51 conține un grup de registre interne, cu funcțiuni speciale, SFR (“Special Function Registers”);
- Există câteva tipuri de registre și anume:
 - registre de uz general,
 - registre care corespund porturilor,
 - registre pentru comanda modulelor periferice și
 - registre pentru transferul datelor cu modulele periferice.
- Registrele cu funcțiuni speciale sunt adresabile în mod direct, adresele lor se află în zona 80H – FFH;
- Registrele ale căror adrese se termină în 0 sau 8 pot fi adresate și la nivel de bit.
- Tabelul următor prezintă registrele și adresele lor.

Sisteme Încorporate

Registru	Adresă de bit (în hexa)								Adresă de registru (hexa)
	7	6	5	4	3	2	1	0	
B	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	F0
ACC	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	E0
PSW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D0
IP	BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8	B8
P3	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	B0
IE	AF	AE	AD	AC	AB	AA	A9	A8	A8
P2	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	A0
SBUF									99
SCON	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	98
P1	97	96	95	94	93	92	91	90	90
TH1									8D
TH0									8C
TL1									8B
TL0									8A
TMOD									89
TCON	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	88
PCON									87
DPH									83
DPL									82
SP									81
P0	87	86	85	84	83	82	81	80	80

Sisteme Încorporate

- ACC: este registrul acumulator; în cadrul instrucțiunilor este denumit A.
- B: este un registru cu rol predeterminat în instrucțiunile de înmulțire și împărțire; pentru celelalte instrucțiuni, poate fi utilizat ca registru general.
- SP ("Stack Pointer"): este indicatorul de stivă; este incrementat înaintea unei depuneri în stivă prin intermediul instrucțiunilor CALL sau PUSH; după inițializare este încărcat cu valoarea 07H deci stiva începe de la adresa 08H; poate fi încărcat, prin program, cu orice valoare.
- PSW ("Program Status Word"): este registrul de stare al programului. Conține indicatorii de condiții; rangurile PSW.4 și PSW.3 denumite și RS1, respectiv RS0 permit selectarea blocului 0 – 3 din memoria internă RAM care se suprapune peste grupul R0 – 7.

Sisteme Încorporate

- Structura registrului de stare PSW:

7

0

CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

- PSW.0: indicator de paritate.
- PSW.1: indicator la dispoziția utilizatorului.
- PSW.2: indicator de depășire (overflow).
- PSW.4- 3: ranguri pentru selectarea blocului 0 – 3 din RAM intern, activ, după relația: 00 – bloc 0, 01 – bloc 1, 10 – bloc 2, 11 – bloc 3.
- PSW.5: indicator la dispoziția utilizatorului.
- PSW.6: indicator de Carry auxiliar (util la operații în BCD).
- PSW.7: indicator de Carry.

Sisteme Încorporate

- DPH, DPL ("Data Pointer High, Low"): sunt două registre pe câte 8 biți care alcătuiesc împreună DPTR ("Data Pointer Register"), DPH fiind jumătatea superioară din DPTR iar DPL fiind jumătatea inferioară din DPTR;
- DPTR este folosit la adresarea indirectă a unei locații din memoria externă și poate fi accesat ca registru pe 16 biți sau ca 2 registre pe 8 biți.
- TH0, TL0 ("Timer 0 Counter"): sunt două numărătoare pe câte 8 biți care alcătuiesc împreună un numărător pe 16 biți pentru contorul/temporizatorul 0.
- TH1, TL1 ("Timer 1 Counter"): sunt două numărătoare pe câte 8 biți care alcătuiesc împreună un numărător pe 16 biți pentru contorul/temporizatorul 1.

Sisteme Încorporate

- SBUF ("Serial Data Buffer"): este un tampon folosit la transferul serie și este fizic alcătuit din 2 registre: un tampon pentru transmisie și unul pentru recepție;
- Transmisia este inițiată prin scrierea unui octet în SBUF;
- La citire, se primește un octet de la tamponul pentru recepție.
- P0, P1, P2, P3: sunt registrele ce corespund porturilor P0, P1, P2 respectiv P3;
- Dacă un port este ieșire și se scrie 1 sau 0 în un rang din registrele P0 - P3, terminalul corespunzător al portului va avea nivelul logic 1 sau 0.
- IP, IE, TMOD, TCON, SCON, PCON: sunt registre de control care vor fi prezentate pe măsură ce se descriu modulele periferice pe care le controlează.