Inițiere în procesoare Z80

Octavian PLETER
Cristian CONSTANTINESCU

Seria
MICROPROCESOARE

Octavian PLETER
Cristian CONSTANTINESCU

Z80 ÎN MICROCALCULATOARE COMPATIBILE *SPECTRUM*

Coordonatorul seriei: *Cristian Lupu*

EDITURA MILITARĂ - BUCUREŞTI 1995

Redactor: DUMITRU NICOLESCU
Coperta: VICTOR ILIE
Tehnoredactor: D. ANDREI
Procesare computerizată: OCTAVIAN PLETER
VLAD COSMA

Bun de tipar 10.05.1995. Apărut 1995.
Coli de tipar 12 B 10495

Tiparul executat la tipografia ROMFEL

Cuprins

CUVÂNT ÎNAINTE

Calculatorul Spectrum *reprezintă un fenomen aparte. În industria calculatoarelor, un model vândut în câteva mii de exemplare era în anii '70 un succes răsunător. În 1982 a apărut* Spectrum-*ul, care în primii ani s-a vândut în 2 milioane de exemplare. Acest "Ford T" al calculatoarelor a jucat un rol deosebit în configurarea industriei de hardware şi software de astăzi.*

În afara importanţei lor istorice, calculatoarele Spectrum *şi compatibilele mai au încă o valoare funcţională, ele utilizându-se, de exemplu, destul de frecvent la noi în ţară. Producţia în Marea Britanie a încetat de câţiva ani, dar în Brazilia, CSI şi România, asemenea calculatoare se mai fabrică, ceea ce reprezintă şi un record de longevitate în această industrie.*

În ultima vreme au apărut numeroase emulatoare fidele de Z80 şi Spectrum *pe PC-uri, ce rulează cod maşină mult mai repede şi încarcă programe de pe casetă. Un asemenea emulator am folosit şi la scrierea acestei cărţi. Credem că prin apariţia emulatoarelor, patrimoniul software al* Spectrum-*ului devine astfel şi mai accesibil având şansa, dacă nu de a fi dezvoltat, cel puţin de a fi păstrat mult timp de acum înainte.*

Spectrum-*ul se poate caracteriza prin aceea că oferă o cantitate apreciabilă de inteligenţă tehnică la un preţ deosebit de accesibil. Oricine îl studiază are foarte multe de învăţat, de la principii până la tehnici de programare şi soluţii tehnologice, ceea ce explică adoptarea sa rapidă de către utilizatorii şi programatorii pasionaţi, cărora le oferă reale satisfacţii profesionale. Nu acelaşi lucru se poate spune de exemplu despre unele calculatoare de tipul PC, la care reacţii ale tehnicienilor, de felul: "Bine, dar se putea găsi o soluţie mai inteligentă!" nu sunt chiar rare. Este adevărat că utilizatori pasionaţi într-atât încât să intre în detalii tehnice sunt puţini, însă această minoritate a avut de jucat un rol decisiv în faza de pionierat a calculatoarelor personale. Era crucial în anii '80 ca programatorii pasionaţi şi ingenioşi să "placă" maşina pe care şi pentru care lucrau. Degeaba s-au produs calculatoare mai performante decât* Spectrum-*ul, la acelaşi preţ (de exemplu Oric Atmos sau Acorn BBC). Dacă modelul nu oferea suficiente satisfacţii profesionale elitei, era compromis din cauza lipsei software-ului, pe care numai această elită era capabilă să-l producă şi în mare măsură, chiar să-l folosească. Sir Clive Sinclair, inventatorul* Spectrum-*ului, era de părere că un om obişnuit al anilor '80 cumpăra un calculator fără să ştie prea bine la ce*

îi va folosi şi de multe ori ajungea la concluzia că a aruncat banii pe fereastră. Pentru a folosi un calculator personal din acei ani la rezolvarea unei probleme practice mai importante, trebuia să fii un expert, un fel de "vrăjitor" al tastaturii, deşi circula utopia "calculatoarelor care rezolvă toate problemele". Sinclair a dorit să demonteze această utopie, cu preţul pierderii numai a 100$ (cât costa un ZX-80, ZX-81 sau un Spectrum*) în loc de 1000$ (cât costa un Commodore PET sau un Apple II). În plus, Sir Clive Sinclair era un inventator cu vocaţie. Realizase primul calculator de buzunar cu operaţii aritmetice şi primul televizor de buzunar, cu tub cinescop extraplat, cu deflexie asimetrică. Era obişnuit cu ingeniozitatea tehnică, de care a făcut risipă în proiectarea* Spectrum-*ului.*

În ţara noastră, există o adevărată "şcoală" a Spectrum-*ului, la care s-au format mulţi dintre experţii de astăzi.*

"Motorul" Spectrum-*ului este microprocesorul Zilog Z80, practic cel mai performant microprocesor de 8 biţi produs vreodată.* Spectrum-*ul şi Z80-ul s-au conjugat perfect, cu mult dincolo de simpla lor însumare. Meritul acestei cuplări revine creatorului sistemului de operare, Steven Vickers, colaborator apropiat al lui Sir Clive Sinclair.*

Motivele care ne-au determinat să scriem această carte pot fi uşor desprinse din cele prezentate mai sus. Cartea se adresează în principal tinerilor, cu precădere studenţilor. Totuşi, nu este o carte pentru începători, sau mai exact nu pentru acei începători care au de gând să rămână aşa. Sperăm să fie apreciată şi de pasionaţii de calculatoare (personale) de toate vârstele, cărora de asemenea ne adresăm.

Capitolul 1 este o prezentare succintă a calculatorului Spectrum *şi a principalelor noţiuni curente în utilizarea sa.*

Capitolul 2 intră în amănunte hardware, prezentând microprocesorul Z80 şi schemele electronice ale calculatorului.

Capitolul 3 este dedicat programării în limbajul de asamblare Z80, cu un accent asupra tehnicilor de programare, care fac mai rar obiectul literaturii de specialitate.

Capitolul 4 prezintă câteva aplicaţii hardware şi software originale, create de autori în decursul anilor 1982-1990. Ne-am străduit să oferim cititorilor cât mai multe exemple reprezentative. Listingurile incluse demonstrează practic cum se aplică tehnicile de programare în limbajul de asamblare şi în Basic. Totodată, capitolul ajută la fixarea limitelor unui microprocesor Z80 în aplicaţii.

Anexele conţin tabele şi planşe de referinţă, majoritatea fiind originale.

AUTORII

1

PREZENTAREA GENERALĂ A ARHITECTURII ŞI A ORGANIZĂRII INTERNE A CALCULATOARELOR COMPATIBILE *SPECTRUM*

Calculatorul *Sinclair Spectrum* a fost construit în 1982 de firma Sinclair Research Ltd. din Cambridge, Marea Britanie, în ideea de a produce un calculator educaţional extrem de ieftin, dar cu performanţe superioare predecesoarelor de succes: Sinclair ZX-80 şi ZX-81. Acestea din urmă aveau următoarele dezavantaje:

– erau lente pentru că microprocesorul era încărcat cu generarea imaginii TV[1];

– aveau prea puţină memorie instalată (1 kB şi respectiv 4 kB de RAM static; între timp RAM-ul dinamic devenise ieftin, la capacităţi mult superioare);

– aveau o grafică monocromă rudimentară;

– nu permiteau redefinirea caracterelor;

– nu aveau posibilităţi de sunet;

– tastatura cu membrană plată era nepopulară printre utilizatori;

– interpretorul Basic avea mai multe lacune.

Proiectarea *Spectrum*-ului a fost lansată în urma constatării acestor defecte, căutându-se soluţii tehnice ieftine de a le elimina. Astfel, noul calculator era dotat cu:

– un circuit specializat de generare a imaginii TV;

– 16 kB de RAM dinamic expandabil intern la 48 kB;

– grafică de înaltă rezoluţie (256 × 192) în 8 culori şi 2 intensităţi;

– posibilitatea definirii caracterelor;

– generator de sunete prin software, printr-un *port* de 1 bit;

– tastatură cu membrană de cauciuc;

– un nou interpretor Basic în 16 kB de ROM.

Totodată, *Spectrum*-ul perpetua ideile excelente ale modelelor anterioare: pe de-o parte, aceea că în fiecare casă trebuie să pătrundă un calculator şi pe de

---

[1] La ZX-81, microprocesorul execută instrucţiuni utile doar în timpul cursei de întoarcere a spotului, în rest se ocupă de generarea imaginii TV.

altă parte, că în fiecare casă există deja un televizor şi un casetofon. În timp ce un IBM-PC se vindea împreună cu monitor şi unitate de disc floppy, *Spectrum*-ul putea folosi un televizor color sau alb-negru obişnuit şi cel mai ieftin casetofon.

Microprocesoarele de 16 biţi (Intel 8086, Motorola 68000 şi Zilog Z8000) erau încă prea scumpe şi antrenau o gamă de circuite periferice de asemenea scumpe, iar echipa de la Sinclair Research căpătase deja o experienţă valoroasă cu Z80, care merita a fi folosită. De altfel, chiar şi IBM a oscilat la început între Intel 8088 şi un microprocesor de 8 biţi, pentru IBM-PC [35]. De abia în 1984, la modelul QL, Sinclair va recurge la un microprocesor de 32 biţi, Motorola 68008. În treacăt fie spus, părăsirea microprocesorului Z80 va aduce dezastrul financiar al firmei Sinclair Research, care va fi vândută în 1986 firmei Amstrad pentru 12 milioane de lire sterline. Numai cu doi ani înainte, datorită succesului de piaţă al *Spectrum*-ului, aceeaşi firmă era evaluată la peste 200 milioane de lire [59]. O altă firmă celebră care a înregistrat pierderi financiare însemnate datorită grabei de a trece la microprocesoare de 16 sau 32 biţi a fost Commodore, cu modelul Amiga, bazat pe Motorola 68000. Sir Clive Sinclair explica acest paradox astfel: "Nu am găsit o modalitate de a extrage din microprocesorul 68000 avantaje suplimentare pentru cumpărător... Eu am dorit un QL cu Z80, dar cei mai mulţi dintre ingineri şi Nigel[1] voiau să lucreze cu 68000. Mie nu mi se părea că puteam face cu acel circuit mai multe decât cu Z80 şi în schimb costa o grămadă de bani. Adevărul este că tot ce poţi face cu 68000 poţi face şi cu Z80. Desigur, pe hârtie are tot felul de avantaje, dar în practică multe din ele nu se confirmă." [59]. Fireşte că pledoaria pentru Z80 a lui Sir Clive Sinclair este valabilă pentru anii '80, între timp piaţa s-a maturizat suficient şi pentru microprocesoare mult mai performante.

Deşi firma Zilog oferea o dată cu Z80 CPU şi o întreagă familie de circuite periferice (Z80 PIO, SIO, CTC, DME), *Spectrum*-ul nu putea beneficia de ele datorită faptului că erau mai scumpe decât microprocesorul însuşi. Acest fapt era datorat unei politici abile de preţuri a firmei Zilog, de a vinde unitatea centrală cu profit minim pentru a-o face atrăgătoare, recuperând în schimb prin comercializarea celorlalte circuite. La Sinclair Research soluţiile tehnice trebuiau să fie în primul rând foarte ieftine.

Arhitectura calculatorului *Spectrum* porneşte de la ideile de principiu arătate şi impresionează prin simplitate, eficienţă şi ingeniozitate. În figura 1.1 se remarcă următoarele elemente:

1. Unitatea centrală (CPU) cu un microprocesor Z80A la 3.5 MHz. Frecvenţa de ceas are această valoare deoarece este divizată din frecvenţa maşinii video, care pentru afişarea unui pixel, adică a unui punct pe ecran, are nevoie de 7 MHz. Frecvenţa maximă după catalog a microprocesorului este de 4 MHz, dar o maşină video la 8 MHz ar fi condus la o imagine prea strâmtă pe

---

[1] Nigel Searle, partenerul de afaceri din Statele Unite al lui Sir Clive Sinclair. El avea misiunea de a comercializa variantele americane ale computerelor Sinclair, denumite Timex.

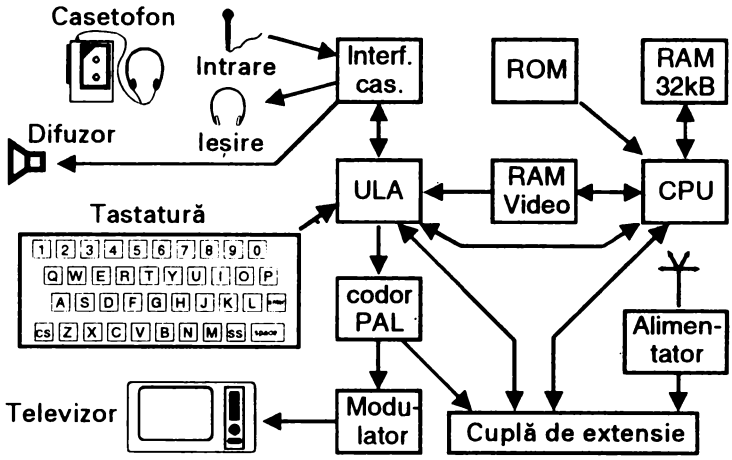


Fig 1.1. Schema-bloc funcţională a unui calculator *Spectrum*

ecran, la aceeaşi rezoluţie. Unitatea centrală primeşte în mod normal o întrerupere la începutul fiecărui cadru TV, adică la fiecare 20 ms. Prin contorizarea acestor întreruperi, microprocesorul are o referinţă de ceas de timp real.

2. Memoria nevolatilă (ROM) are capacitatea de 16 kB, adică 16.384 octeţi şi conţine funcţiile de bază ale sistemului de operare, sistemul de operare, interpretorul Basic, generatorul de caractere de ecran şi *driver*-e pentru casetofon şi imprimanta ZX Printer.

3. Memoria volatilă (RAM) are capacitatea de 48 kB, adică 49.152 octeţi şi conţine harta ecranului, un *buffer* de imprimantă, variabilele de sistem, programul Basic cu variabilele sale, programe în cod maşină, stivele calculatorului şi harta caracterelor definite de utilizator (UDG). Fizic, memoria volatilă este compusă din două bancuri de memorie: memoria video de 16 kB şi memoria suplimentară de 32 kB. Împreună cu cei 16 kB de memorie nevolatilă, memoria volatilă ocupă întreg spaţiul de adresare al microprocesorului Z80. De aceea, extinderile de memorie volatilă la *Spectrum* sunt problematice. În schimb, calculatorul poate funcţiona cu mai puţină memorie volatilă, minimum 16 kB, ajustându-şi automat parametrii la iniţializare. Pe parcursul lucrării, vom considera totuşi valoarea maximă a capacităţii.

4. *controller*-ul de periferie (ULA) integrează majoritatea funcţiilor din afara unităţii centrale şi anume:

a. citeşte harta ecranului din memoria video şi generează semnalul videocomplex alb-negru de televiziune şi semnale separate de culoare;

b. arbitrează conflictele de acces la memoria video între el însuşi şi unitatea centrală;

c. generează câte o întrerupere mascabilă pentru unitatea centrală la începutul fiecărui cadru TV;

d. realizează reîmprospătarea memoriei video;

e. face conversia în ambele sensuri între semnalul analogic de audiofrecvenţă al casetofonului şi semnalul digital accesibil printr-un *port*;

f. comandă difuzorul printr-un *port* de 1 bit;

g. realizează interfaţarea parţială a tastaturii (restul interfeţei este realizat prin software).

5. Circuitul codor PAL utilizează semnalele video furnizate de ULA şi generează semnal videocomplex color pe sistemul PAL. Deşi circuitul are posibilitatea de a coda şi sunetul pentru a fi redat pe difuzorul televizorului, s-a preferat introducerea unui difuzor independent, propriu, al calculatorului.

6. Modulatorul utilizează semnalul videocomplex color PAL şi generează semnal de radiofrecvenţă acceptat de orice televizor prin intrarea de antenă. *Spectrum*-ul original foloseşte canalul 36 UHF, dar multe din compatibile fie că au modulatoare pe canale VHF ($1 \div 12$), fie că atacă direct intrarea de semnal videocomplex a monitoarelor sau a unor televizoare. În acest din urmă caz, modulatorul nu mai este necesar.

7. Tastatura are 40 de taste dispuse matriceal 8×5. În afară de cele 26 de litere ale alfabetului englez şi cele 10 cifre, mai există 4 taste speciale: SPACE (spaţiu), CAPS SHIFT (majuscule), SIMBOL SHIFT (simboluri) şi ENTER (intrare). Tastatura este citită de unitatea centrală prin intermediul *controller*-ului de periferie, iar tasta apăsată este decodificată printr-un program activat la fiecare 20 ms de întreruperea de început de cadru TV.

8. Circuitul analogic de casetofon şi difuzor este interpus între *controller*-ul de periferie şi dispozitivele respective. El realizează adaptarea în impedanţă şi ca nivel de semnal, precum şi o funcţie logică: difuzorul este activat cu un nivel sonor scăzut în timpul redării pe casetofon, dar este complet dezactivat în timpul înregistrării.

9. Circuitul de alimentare conţine un stabilizator de tensiune la $+5$ V şi generatoare de tensiune la -5 V şi $+12$ V pentru alimentarea triplă cerută de memoria video şi pentru generarea semnalului video. Circuitul este alimentat din exterior cu o tensiune continuă nestabilizată de $9 \div 14$ V.

Periferia externă standard a calculatorului, compusă din televizor pentru afişarea imaginii şi casetofon pentru stocarea programelor şi datelor, se conectează prin mufele specializate de pe panoul din spate al calculatorului. Tot în spate se găseşte şi mufa de alimentare cu tensiune continuă şi cupla de extensie, care permite cuplarea unor interfeţe sau a imprimantei ZX Printer.

Microprocesorul Z80 constituie unitatea centrală a calculatorului. Prin intermediul magistralelor de adrese şi de date, acesta comunică cu două tipuri de circuite: memoriile şi circuitele de intrare/ieşire (I/O). Comunicarea este în ambele sensuri şi se numeşte fie *citire*, fie *scriere*, după sensul operaţiei din punctul de vedere al unităţii centrale. Se spune despre un microprocesor că este de 4, 8, 16 sau 32 de biţi, după mărimea magistralei sale de date. La Z80, magistrala de date este de 8 biţi, ceea ce presupune că fiecare transfer de informaţie între unitatea centrală şi memorii sau circuitele de I/O se face în cuante de 8 biţi, denumite *octeţi* sau *bytes*. Acest fapt determină organizarea memoriei

în celule de 8 biţi, denumite *locaţii*, şi a circuitelor de I/O în celule de 8 biţi, denumite *port*-uri. Atât locaţiile, cât şi *port*-urile sunt identificate prin intermediul unui număr numit *adresă*. La Z80, fiecare locaţie are o adresă proprie, de la 0000h la FFFFh, adică de la 0 la 65535. Prin convenţie, adresa 0 este considerată adresa "cea mai de jos", iar FFFFh, adresa "cea mai de sus". Înaintea oricărei operaţii de citire sau scriere, microprocesorul trebuie să depună pe magistrala de adrese, adresa locaţiei care urmează a fi accesată. Mărimea magistralei de adrese a microprocesorului Z80 este de 16 biţi, ceea ce corespunde numărului total de 65536 de locaţii care pot fi adresate. Practic vorbind, numărul total de *port*-uri este tot de 65536, dar din motive de compatibilitate cu predecesorul Intel 8080, la Z80 se consideră 256 de "*port*-uri", fiecare cu 256 de "dispozitive". De aceea, de multe ori, adresa unui *port* este dată numai pe 8 biţi care corespund celor mai puţin semnificativi 8 biţi ai adresei: de la 00h la FFh, sau de la 0 la 255.

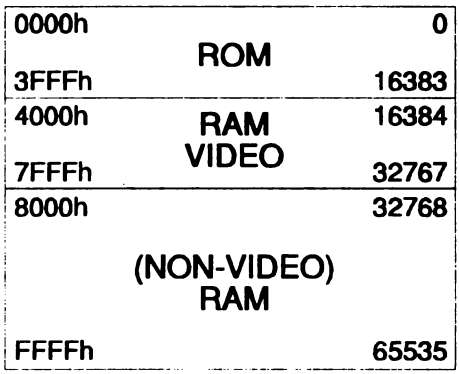


Fig. 1.2. Organizarea spaţiului de memorie

Totalitatea locaţiilor de memorie care pot fi adresate independent se numeşte *spaţiu de memorie*. La *Spectrum*, întreg spaţiul de memorie adresabil este utilizat, adică cele 65536 de locaţii există fizic. Organizarea spaţiului de memorie este reprezentată în figura 1.2. Locaţiile din primii 16 kB pot fi prin urmare numai citite, iar celelalte pot fi accesate în ambele sensuri.

În figura 1.3 sunt reprezentate principalele elemente ale imaginii produse de calculatorul *Spectrum* pe ecranul unui televizor. În primul rând, imaginea se

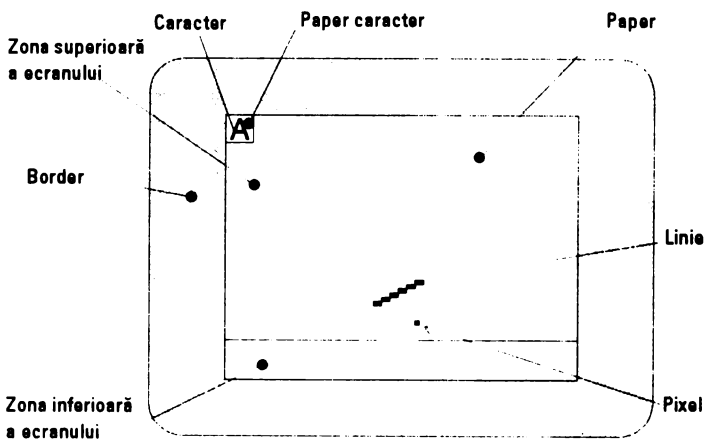


Fig. 1.3. Elementele imaginii TV a calculatoarelor *Spectrum*

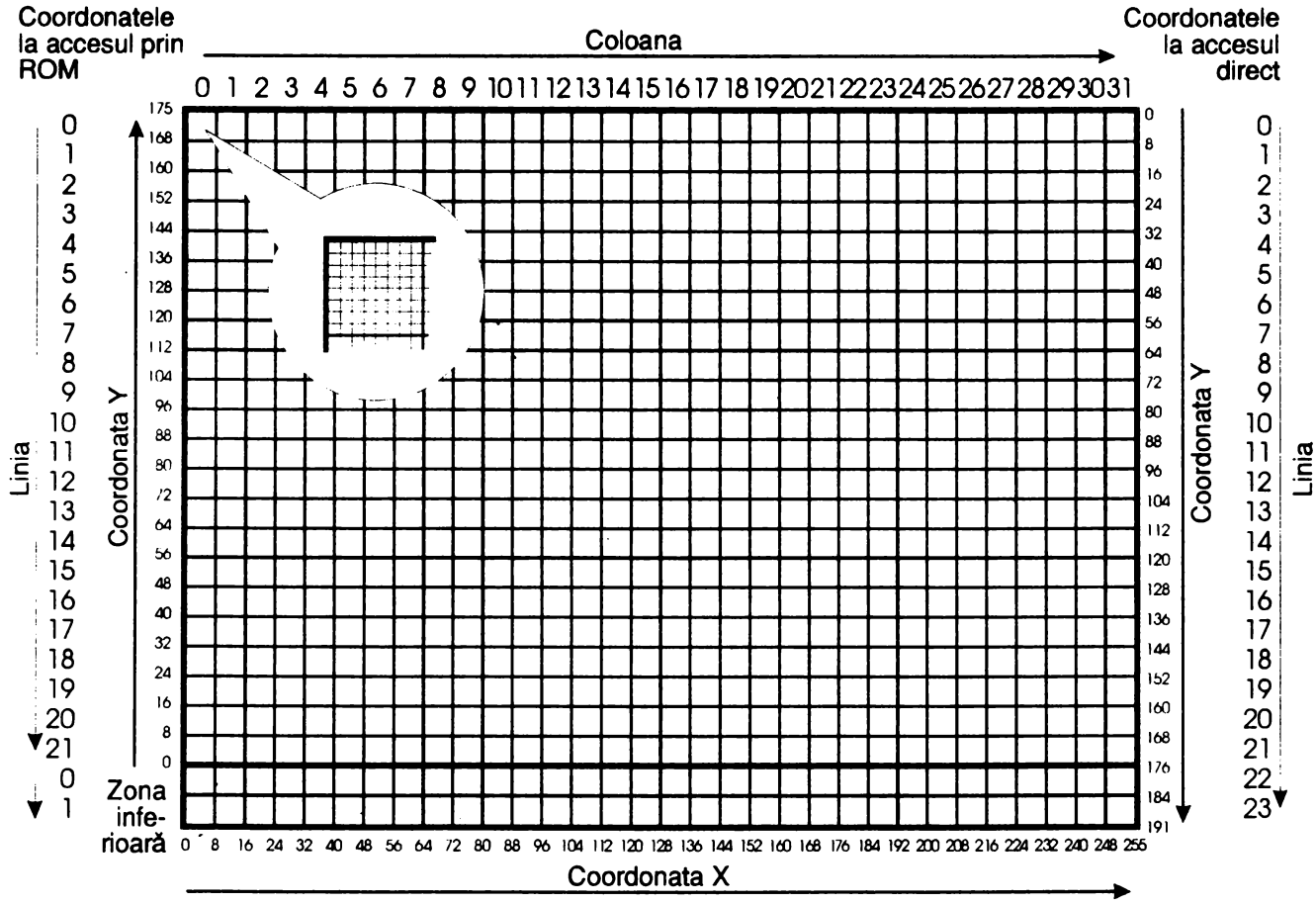


Fig. 1.4. Harta ecranului și sistemele de coordonate utilizate

împarte în două regiuni: în centru se găseşte zona utilă, numită *paper*, iar pe margine *paper*-ul este înconjurat de o zonă inactivă numită *border*. Rostul *border*-ului este acela de a acoperi periferia ecranului, unde destul de multe televizoare sunt imprecise. Singurul element care poate fi schimbat la *border* este culoarea acestuia. *Paper*-ul este destinat afişării textului şi graficii. La rândul lui, este împărţit în două părţi inegale: zona superioară, principală, şi zona inferioară, unde se afişează de obicei comenzile sau instrucţiunile în curs de editare. După cum se observă în figura 1.4, *paper*-ul este organizat ca o matrice de matrice. Elementele cele mai mici de imagine se numesc *pixeli*. O matrice de pixeli de 8×8 se numeşte *caracter*. *Paper*-ul conţine 24×32 caractere, sau 256×192 pixeli, dintre care 21×32 caractere în zona superioară, respectiv 256×176 pixeli şi 2×32 caractere în zona inferioară, respectiv 256×16 pixeli. Un caracter poate conţine o literă, o cifră sau un simbol, reprezentat într-o matrice de 8×8 pixeli.

Precizarea poziţiei unui pixel sau a unui caracter pe ecran se face prin două coordonate, la intersecţia cărora se găseşte elementul respectiv. La caractere, coordonatele se numesc *linia* şi *coloana*, iar la pixeli, X şi Y.

În figura 1.4 se poate remarca faptul că există două tipuri de coordonate: cele de la accesul normal, prin ROM, unde de exemplu coordonata Y este definită numai în partea superioară a *paper*-ului şi creşte în sus, precum şi cele de la accesul direct, din cod maşină, unde coordonata Y creşte în jos şi acoperă tot *paper*-ul.

2

HARDWARE

Deşi arhitectura nu a fost modificată niciodată, iar funcţional toate calculatoarele *ZX Spectrum* produse de Sinclair Research Ldt. sunt identice, schemele electrice de detaliu şi plasarea componentelor electronice pe placă au fost modificate de-a lungul timpului, fie pentru creşterea fiabilităţii, fie din raţiuni economice. Firma producătoare a grupat aceste modificări în trei versiuni majore (*issues*) care au dus la reproiectarea cablajului imprimat.

Versiunea 1. Este modelul iniţial al calculatorului. Caracteristica principală constă în faptul că numai 16 kB sunt lipite pe placa de bază, restul memoriei montându-se opţional printr-o cuplă de extensie. Soluţia a fost imediat abandonată datorită cererii de sisteme cu 48 kB de RAM. În această versiune s-au fabricat numai 26.000 de calculatoare;

Versiunea 2. A fost reproiectată placa de circuit imprimat pentru a putea realiza fie calculatoare de 16 kB, fie de 48 kB. S-au modificat sursa internă de alimentare, ULA, precum şi codorul PAL. Acest model s-a fabricat până în anul 1984;

Versiunea 3. Remediază unele deficienţe constatate la versiunea anterioară, în principal privind supraîncălzirea componentelor active ale sursei interne şi stabilitatea codorului PAL. Acesta din urmă cuprinde acum un circuit automat de reglare a culorilor, care elimină reglajul complex necesar modelului anterior; Versiunea beneficiază şi de un nou circuit ULA, care îmbunătăţeşte calitatea imaginii color prin modificarea semnalului de burst, dar care realizează o imagine "deplasată" cu un caracter la stânga (8 pixeli), producând un *border* asimetric. Este versiunea care s-a produs în cel mai mare număr de exemplare şi de aceea am considerat-o de referinţă în lucrarea de faţă.

Calculatorul este realizat pe o singură placă de circuit imprimat care cuprinde şi stabilizatorul de tensiune. Pentru alimentarea cu energie se foloseşte un alimentator extern capabil să furnizeze 9 V la un curent de maximum 1,5 A. Tastatura formează partea superioară a carcasei, fiind conectată la placă prin in-

termediul a două cabluri plate şi este realizată folosind o membrană de cauciuc şi trasee metalice depuse pe material plastic. Toate conectoarele se află pe peretele din spate al carcasei.

2.1. MICROPROCESORUL

Z80 este unul dintre cele mai performante şi mai răspândite microprocesoare de 8 biţi. Explicarea funcţionării sale în detaliu este bine acoperită de literatura de specialitate românească. În cele ce urmează se vor prezenta numai acele aspecte necesare înţelegerii funcţionării calculatorului *Spectrum*. Pentru cei care abordează pentru prima oară subiectul, recomandăm să consulte lucrările [27], [29], [37] sau [2].

2.1.1. CEASUL

Pentru funcţionarea sa normală, Z80 are nevoie de o referinţă care să asigure sincronizarea tuturor semnalelor. Acest semnal poartă denumirea de semnal de *ceas* (T) şi este de fapt un semnal digital periodic cu factorul de umplere 50% (figura 2.1). Pentru a avea o bună stabilitate în timp, ceasul se obţine plecând de la un oscilator bazat pe un rezonator cu cristal de cuarţ.

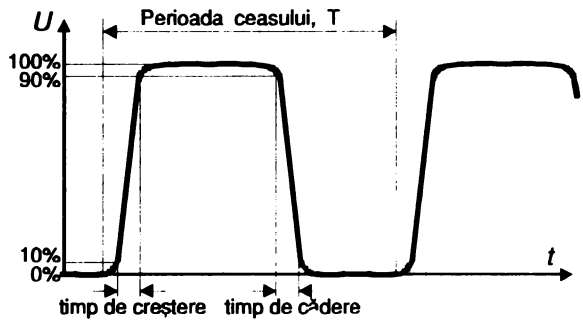


Fig. 2.1. Ceasul microprocesorului Z80

O perioadă completă a semnalului de ceas (T) poartă numele de *tact* sau *stare*. În literatura de specialitate, semnalul este notat fie cu Φ, după Intel 8080, fie cu CK sau CLK, prescurtări ale cuvântului *Clock*.

Este locul să reamintim, pe scurt, modul în care funcţionează un microprocesor. El reuneşte într-un singur circuit integrat două dintre componentele de bază ale oricărui calculator şi anume *Control Unit* (CU) – unitatea de control – şi *Arithmetic and Logic Unit* (ALU) – unitatea aritmetică şi logică. Calculatorul are nevoie de cel puţin încă două componente: memoria şi sistemul

de intrări-ieşiri (periferia). Funcţionarea microprocesorului are la bază un ciclu care constă din repetarea a patru paşi:

- citeşte următoarea instrucţiune din memorie;
- decodifică această instrucţiune;
- execută instrucţiunea decodificată;
- salt la pasul 1.

Aceşti patru paşi reprezintă de fapt execuţia unei instrucţiuni şi poartă numele de *ciclu-instrucţiune*. În funcţie de instrucţiunea executată, un ciclu-instrucţiune se poate subdivide în mai multe *cicluri-maşină*, care corespund, în general, unei operaţii elementare, cum ar fi citirea din memorie, scrierea la un dispozitiv periferic etc. Primii doi paşi corespund unui ciclu-maşină special, comun tuturor instrucţiunilor, care poartă denumirea de *ciclu de fetch*, de extragere, în care se aduce şi se decodifică instrucţiunea. Fiecare ciclu-maşină poate dura un număr diferit de stări de ceas (T).

Toate transferurile de date între microprocesor şi celelalte blocuri funcţionale ale calculatorului, precum şi operaţiile interne se realizează la intervale de timp tranşate de semnalul de ceas, mai exact de schimbarea valorii acestuia, denumită *tranziţie* sau *front*. Prin urmare, din punctul de vedere al vitezei de calcul, cu cât tranziţiile sunt mai numeroase în unitatea de timp, cu atât mai rapid va funcţiona microprocesorul. Din păcate, frecvenţa maximă la care poate funcţiona corect un circuit electronic este limitată tehnologic.

Microprocesorul Zilog Z80A cu care este dotat calculatorul *Spectrum* poate funcţiona la o frecvenţă maximă de 4 MHz. Aşa cum am spus, frecvenţa de tact pentru semnalul de ceas în calculator a fost redusă la 3,5 MHz, datorită modului în care operează circuitul de generare a imaginii video. Pentru a obţine un punct "pătrat" pe un ecran cu o rezoluţie de 256×198 de puncte, este necesară o frecvenţă de serializare a imaginii video de 7 MHz. Dacă frecvenţa ceasului ar fi fost 4 MHz, atunci, pe lângă faptul că ar fi fost necesare două cristale de cuarţ, rezolvarea accesului la memoria video s-ar fi complicat foarte mult. Pe de altă parte, reducerea frecvenţei de lucru duce la o încălzire mai redusă a microprocesorului, care are şi aşa probleme cu evacuarea căldurii.

Semnalul de ceas se obţine plecând de la un rezonator cu cristal de cuarţ, funcţionând la frecvenţa de 14 MHz. Semnalul este divizat cu patru în circuitul ULA, care înglobează de altfel şi oscilatorul. Mai departe, semnalul este sincronizat cu accesul generatorului video la memorie şi apoi este aplicat pe intrarea CK a microprocesorului.

După cum am văzut, semnalul de ceas are un rol special şi din acest motiv i se impun anumite cerinţe. Tranziţiile sale trebuie să fie cât mai rapide, cu fronturi cât mai abrupte. De asemenea, nivelul 0 trebuie să fie cât mai aproape de 0 V, iar nivelul 1 cât mai aproape de 5 V. Totodată, încărcarea sa capacitivă este destul de importantă. Toate aceste cauze fac ca o ieşire standard TTL să nu corespundă necesităţilor.

În figura 2.2 este dată soluţia adoptată în calculatorul *Spectrum*. Se foloseşte un tranzistor de comutaţie pe post de inversor. Dacă baza este menţinută în 0, atunci tranzistorul este blocat şi semnalul CLK este legat prin

rezistenţa de 180 Ω la +5 V. Dacă pe rezistenţa din bază se aplică 1, atunci tranzistorul intră în saturaţie, tensiunea colector-emitor (şi deci pe CLK) fiind sub 0,1 V. Pentru a accelera comutarea tranzistorului, în paralel cu rezistenţa din bază este prevăzută o diodă care are un dublu rol. Pe de o parte, atunci când este polarizată invers, se comportă ca un condensator de 3÷7 pF, derivând semnalul şi asigurând o uşoară supratensiune pe bază. Pe de altă parte, când este polarizată direct, scurtcircuitează rezistenţa de 3,3 kΩ, micşorând constanta de timp a circuitului format de aceasta cu capacitatea parazită bază-emitor şi contribuind astfel la evacuarea sarcinii din baza tranzistorului.

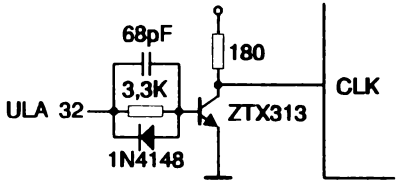


Fig. 2.2. Circuitul semnalului de ceas la calculatorul *Spectrum*

După cum se va vedea ceva mai târziu, semnalul de ceas care ajunge la microprocesor nu este riguros periodic. Acest lucru se datorează faptului că generarea semnalului video are prioritate maximă în privinţa accesului la memorie. Dacă ULA are nevoie de o dată din memorie, iar microprocesorul încearcă şi el să acceseze memoria video, atunci ULA blochează semnalul de ceas în starea 0, oprind astfel orice activitate a microprocesorului în perioada accesului la memorie al ULA. Acest lucru este posibil deoarece microprocesorul nu îşi schimbă starea decât la apariţia unei tranziţii a ceasului. Faptul că ceasul a fost blocat, şi deci o anumită stare a durat mai mult, este complet transparent pentru microprocesor.

2.1.2. MAGISTRALELE DE DATE ŞI DE ADRESE

Schimbul de informaţii între microprocesor şi celelalte componente ale sistemului de calcul se realizează prin intermediul magistralelor. O magistrală constă dintr-un număr de căi de semnal (trasee) care au o semnificaţie comună şi care de obicei sunt tratate identic.

Magistrala de date a lui Z80 conţine 8 semnale denumite D0÷D7. Din punctul de vedere al microprocesorului, magistrala este bidirecţională, sensul transferului de date fiind dictat de semnalele de control $\overline{RD}$, $\overline{WR}$, $\overline{MREQ}$ şi $\overline{IORQ}$.

Magistrala de adrese conţine 16 semnale denumite A0÷A15. Magistrala este unidirecţională, procesorul fiind singurul care are dreptul să genereze adrese în mod normal.

Ambele magistrale, precum şi o parte din semnalele de control sunt realizate în tehnologie *tri-state*, adică au, în afară de stările 0 şi 1, o a treia stare, denumită Z, de impedanţă înaltă, în care microprocesorul cedează unui alt dispozitiv controlul semnalului respectiv.

În figura 2.3 este dată schema-bloc detaliată a calculatoarelor *Spectrum*, unde sunt reprezentate magistralele microsistemului, iar în figurile 2.5–2.9,

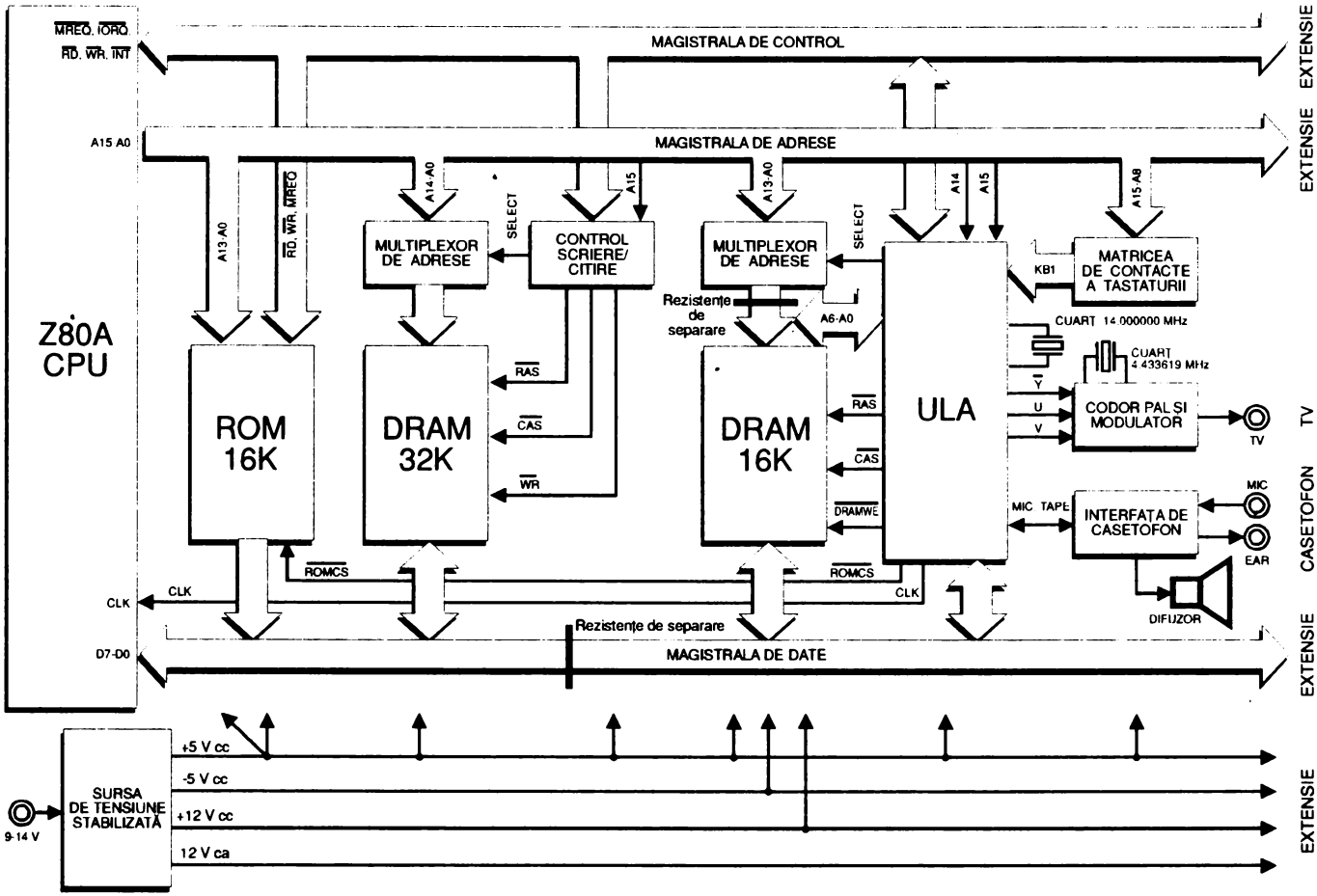


Fig. 2.3. Schema-bloc detaliată

schemele electronice. Se observă conectarea atipică a magistralelor de date şi de adrese la memorie. Acest lucru decurge din nevoia de a asigura accesul subsistemului video la o parte din memorie concomitent cu accesul microprocesorului la o altă parte din memorie.

Magistrala de date este conectată direct la:

– ieşirile D0÷D7 ale memoriei ROM;

– la conexiunile DIN şi DOUT ale celor 8 circuite de memorie dinamică 4532, care formează blocul de memorie RAM, între adresele 32768 şi 65535; vom numi această memorie *RAM non-video*;

– prin intermediul a 8 rezistenţe de 470 Ω, la conexiunile DIN şi DOUT ale celor 8 circuite de memorie dinamică 4116, care formează blocul de memorie RAM între adresele 16384 şi 32767; vom numi această memorie *RAM video*;

– tot prin intermediul celor 8 rezistenţe, la intrările D0÷D7 ale ULA.

Acest aranjament, evidenţiat în figura 2.3, este necesar pentru a separa, atunci când este nevoie, cele două blocuri de memorie RAM. Accesul la memorie al microprocesorului decurge după următorul protocol:

a. Dacă procesorul solicită acces la memoria ROM sau la RAM-ul non-video, atunci acesta se poate desfăşura în paralel cu accesul ULA la RAM-ul video, cele două magistrale de date fiind separate prin rezistenţe de 470 Ω şi deci putând conţine valori diferite. Curentul maxim prin rezistenţele de separare care apare în acest caz este:

$$I_{max} = \frac{4\ V}{470\ \Omega} \simeq 8{,}5\ mA$$

b. Dacă procesorul cere acces la RAM-ul video sau execută o operaţie de I/O prin ULA, atunci prioritatea maximă o are ULA deoarece afişarea informaţiei pe ecran nu poate fi oprită. Ceasul procesorului este blocat până când magistrala de date devine liberă. Când accesul este permis, acesta se face prin intermediul rezistenţelor de separare. Pentru a nu avea erori de interpretare ale nivelurilor logice 0 şi 1, căderea maximă de tensiune pe aceste rezistenţe nu trebuie să depăşească 0,35 V, deci curentul maxim este:

$$I_{max} = \frac{0{,}35\ V}{470\ \Omega} \simeq 0{,}74\ mA$$

Fiecare bit al magistralei de date este conectat la +5 V printr-o rezistenţă de valoare relativ mare, de 8,2 kΩ sau de 10 kΩ. Acest lucru este necesar pentru a reduce timpul de creştere al semnalului respectiv, memoriile fiind realizate în tehnologie MOS, precum şi pentru a obţine un vector de întrerupere bine definit.

Biţii superiori ai magistralei de adrese, A14 şi A15, sunt folosiţi pentru a selecta diversele blocuri de memorie şi sunt conectaţi direct la ULA. Biţii A0÷A13 sunt conectaţi direct la adresele corespunzătoare ale circuitului ROM.

Pentru a genera semnalele necesare adresării memoriilor RAM, se folosesc două blocuri multiplexoare, realizate fiecare cu câte două circuite multiplexoare 2:1 74LS157. Astfel, din semnalele A0 şi A7 ale microprocesorului se obţine A0 pentru DRAM, din A1 şi A8 se obţine A1 etc.

Primul bloc multiplexor foloseşte A0÷A13 şi generează semnalele necesare pentru accesul la RAM-ul video. Deoarece acesta este adresat direct de către ULA, ieşirea din multiplexoare este conectată prin intermediul unor rezistenţe de separare. Pentru ca adresa pe circuitele DRAM să fie cea generată de microprocesor, este necesar ca DRAM0÷DRAM7 să fie în starea de impedanţă înaltă, în caz contrar având prioritate adresa ULA. Semnalele de comandă necesare sunt asigurate în ambele cazuri de către ULA.

Celălalt bloc multiplexor foloseşte A0÷A14 pentru accesul la RAM-ul non-video. Semnalele de control trebuie în acest caz generate de către un circuit logic separat.

Bitul A0 este folosit pentru validarea operaţiilor de I/O prin ULA. Circuitul format din tranzistorul şi rezistenţa de 680 Ω implementează funcţia $\overline{IORQULA} = \overline{IORQ} + A0$, ceea ce face ca ULA să nu răspundă decât la adrese de *port* cu bitul A0 = 0. Adresa folosită de sistemul de operare este #FE = 254, însă schema permite adresarea cu orice adresă pară, de exemplu: 0, 2, 4 ş.a.m.d.

2.1.3. SEMNALELE DE COMANDĂ ŞI CONTROL

Schimbul de informaţii între microprocesor şi memorie sau *port*-uri se face sub controlul unei set de semnale specializate. Toate aceste semnale sunt active în starea 0, fapt evidenţiat şi de notaţia cu bară deasupra. Nu toate semnalele oferite de Z80 sunt folosite în schema *Spectrum*-ului. Vom trece pe scurt în revistă unele semnale. Pentru informaţii suplimentare privind diagramele exacte de timp, recomandăm consultarea lucrărilor [27], [29], [37].

$\overline{RD}$ - *Read*, citire. Semnal generat de Z80. Indică direcţia transferului pe magistrala de date. În ciclul-maşină curent, microprocesorul va citi date de pe magistrală, acestea fiind furnizate fie de memorie, dacă semnalul apare concomitent cu $\overline{MREQ}$, fie de un dispozitiv I/O, dacă apare concomitent cu $\overline{IORQ}$. Semnalul este activ aproximativ 1,5 T. În momentul activării, magistrala de adrese se află într-o stare stabilă, care se menţine cel puţin până când semnalul devine inactiv. Datele sunt citite pe frontul crescător al semnalului, ceea ce oferă maximum de rezervă de timp pentru stabilizarea lor. Semnalul $\overline{RD}$ este conectat direct la ULA şi la memoria ROM şi este folosit de către logica de adresare a memoriei RAM non-video.

$\overline{WR}$ - *Write*, scriere. Semnal generat de Z80. Indică faptul că în ciclul-maşină curent, microprocesorul va forţa date pe magistrala de date pentru a scrie în memorie sau la un *port*. Semnalul este activ aproximativ 1 T. Atât datele cât şi adresele sunt stabile pe magistrală cu aproape un tact înainte de activarea lui $\overline{WR}$ şi se menţin neschimbate pe durata cât semnalul este activ.

$\overline{MREQ}$ sau $\overline{IORQ}$ sunt de asemenea active cu un tact mai devreme, dând astfel posibilitatea logicii de selecţie să fie "gata" la activarea lui $\overline{WR}$. Semnalul este conectat direct la ULA şi este folosit de logica de adresare a memoriei RAM non-video.

$\overline{MREQ}$ - *M*emory *Req*uest, cerere de acces la memorie. Semnal generat de Z80. Indică faptul că în ciclul-maşină curent, microprocesorul va accesa memoria. Însoţeşte în mod uzual $\overline{RD}$ sau $\overline{WR}$, durând în ambele cazuri 1,5 T. Magistrala de adrese trebuie să fie stabilă în momentul activării lui $\overline{MREQ}$. Semnalul devine inactiv o dată cu $\overline{RD}$ sau cu $\overline{WR}$. $\overline{MREQ}$ este de asemenea folosit împreună cu $\overline{RFSH}$ pentru a semnala ciclul de reîmprospătare (*refresh*). Semnalul este conectat direct la ULA şi la memoria ROM şi este folosit de logica de adresare a memoriei RAM non-video.

$\overline{IORQ}$ - *I*nput/*O*utput *Req*uest, cerere de intrare/ieşire. Semnal generat de Z80. Indică faptul că transferul de date se face cu un dispozitiv periferic şi nu cu memoria. Joacă acelaşi rol ca $\overline{MREQ}$, pentru operaţiile I/O. Durata sa normală este de aproximativ 2,5 T, ciclurile I/O având un tact suplimentar. Activat împreună cu $\overline{M1}$ semnalează faptul că ciclul-maşină curent este un răspuns la cererea de întrerupere, moment în care vectorul de întrerupere poate fi plasat pe magistrala de date. Semnalul este legat la ULA prin intermediul unei rezistenţe de 680 Ω şi, împreună cu A0, generează $\overline{IORQGE}$ pentru ULA. Operaţiile I/O prin ULA pot fi astfel blocate prin legarea lui $\overline{IORQGE}$ la +5 V, semnalul fiind prezent la cupla de extensie (figura 2.4).

$\overline{RFSH}$ - *Refresh*, reîmprospătare. Semnal generat de Z80. Indică, prin activarea împreună cu $\overline{MREQ}$, iniţierea unui ciclu de reîmprospătare pentru memoriile RAM dinamice. Ultimele două stări ale ciclului de extragere a codului instrucţiunii sunt folosite de microprocesor pentru decodificarea şi eventual execuţia instrucţiunii curente. În acest interval nu se mai efectuează operaţii de citire sau de scriere şi prin urmare magistrala de adrese poate fi folosită pentru a asigura reîmprospătarea memoriilor dinamice. În intervalul în care $\overline{RFSH}$ este activ, cei mai puţin semnificativi 7 biţi[1] ai magistralei de adrese reflectă conţinutul unui registru intern al microprocesorului, care este incrementat la fiecare instrucţiune. De remarcat că bitul cel mai semnificativ al acestui registru, corespunzător lui A7, poate fi poziţionat prin program pe 0 sau 1, numărătorul fiind modulo 128. Acest lucru este folosit de unele compatibile *Spectrum* pentru comanda modului de lucru. La acestea, semnalul este folosit doar pentru reîmprospătarea memoriei RAM video pe durata impulsului de sincronizare verticală. Pentru RAM-ul non-video se foloseşte $\overline{MREQ}$, logica de comandă fiind astfel proiectată încât să realizeze reîmprospătarea prin $\overline{MREQ}$, fără $\overline{WR}$ sau $\overline{RD}$.

$\overline{M1}$ - *M*achine Cycle *One*, primul ciclu-maşină. Semnal generat de Z80. Indică faptul că microprocesorul începe execuţia unei noi instrucţiuni. Este activ

---

[1]Z80 a fost proiectat în 1974, când cele mai mari memorii dinamice erau de 16 Kb, cu 7 biţi de adresă.

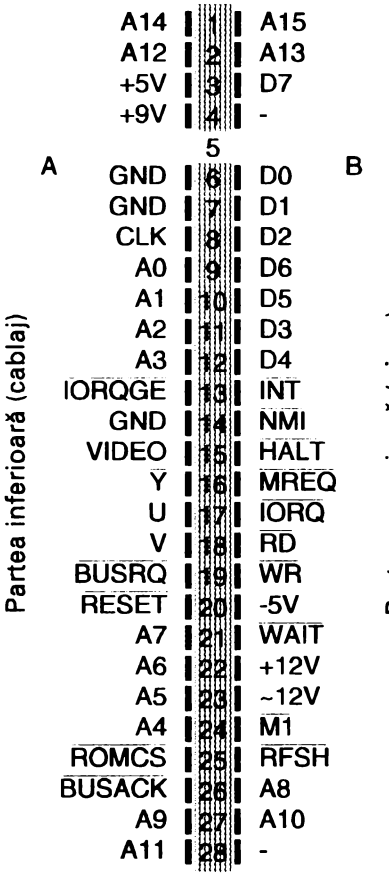


Fig. 2.4. Semnalele la cupla de extensie

pe primele două stări ale acestui ciclu. Activat împreună cu $\overline{IORQ}$ semnalează un ciclu de achitare a cererii de întrerupere. Nu este folosit în *Spectrum*.

$\overline{INT}$ - *Int*errupt Request, cerere de întrerupere. Semnal de intrare prin care un dispozitiv periferic solicită serviciile microprocesorului. Poate fi dezactivat prin program. Dacă întreruperile sunt activate, atunci microprocesorul va răspunde la sfârşitul instrucţiunii curente printr-un ciclu special de achitare a întreruperii. *Spectrum*-ul foloseşte modul 1 de întreruperi, care nu presupune un vector de întrerupere. Semnalul $\overline{INT}$ este generat de ULA la începutul impulsului de stingere pe verticală a spotului, având deci o frecvenţă de 50 Hz[1] şi este aplicat microprocesorului printr-o rezistenţă de 680 Ω. Durata sa este de aproximativ 8÷10 T. Folosirea rezistenţei permite blocarea semnalului de întrerupere prin conectarea sa la +5 V prin cupla de extensie. Pentru aplicaţiile care trec procesorul în modul 2 de întreruperi, adresa furnizată ca vector de întrerupere nu este garantată. Ea este în mod uzual #FF la majoritatea calculatoarelor *Spectrum*, însă este posibil ca periodic, pentru anumite variante de ULA, să aibă o altă valoare.

$\overline{NMI}$ - *N*on-*M*askable *I*nterrupt, întrerupere nemascabilă. Semnal de intrare prin care se solicită necondiţionat serviciile microprocesorului. Nu poate fi dezactivat prin program şi are prioritate faţă de $\overline{INT}$. Spre deosebire de $\overline{INT}$, care este activ pe nivelul 0, întreruperea nemascabilă este activă pe frontul căzător şi este întotdeauna achitată. Semnalul nu este folosit la *Spectrum*, fiind menţinut în 1 printr-o rezistenţă de 10 kΩ. Generarea unei astfel de întreruperi, posibilă prin conectarea semnalului de pe cupla de extensie la 0, iniţializează calculatorul datorită unei greşeli voluntare în rutina de tratare.

$\overline{RESET}$ - iniţializare. Semnal de intrare prin care se iniţializează microprocesorul. Pentru a asigura o iniţializare corectă a microprocesorului,

[1] Compatibilele *Spectrum* livrate în Statele Unite produc imagine *NTSC* şi au 60 de întreruperi pe secundă.

semnalul trebuie să dureze cel puţin 4 T. Un circuit RC asigură generarea automată la punerea sub tensiune a unui $\overline{\text{RESET}}$. Iniţializarea se mai poate obţine prin conectarea la masă, pentru scurt timp, a semnalului corespunzător din conectorul de extensie (figura 2.4).

$\overline{\text{HALT}}$ - *Halt* State, oprirea procesorului. Semnal generat de Z80 prin care indică faptul că a executat o instrucţiune HALT şi stă în aşteptarea unei întreruperi mascabile sau nemascabile. Nu este folosit în *Spectrum*.

$\overline{\text{WAIT}}$ - aşteptare. Semnal de intrare prin care microprocesorul se poate sincroniza cu memoriile sau perifericele mai lente. Are ca efect prelungirea operaţiilor de citire şi de scriere. Nu este folosit de *Spectrum*, fiind menţinut la 1 printr-o rezistenţă de 1,5 kΩ.

$\overline{\text{BUSRQ}}$ - *Bus Req*uest, cerere de magistrală. Semnal de intrare prin care se cere microprocesorului să cedeze magistralele de date, de adrese şi o parte din semnalele de control. Nu este folosit de *Spectrum*, fiind menţinut la 1 printr-o rezistenţă de 1 kΩ.

$\overline{\text{BUSAK}}$ - *Bus Ak*nowledge, confirmare a cedării de magistrală. Semnal generat de Z80 ca răspuns la $\overline{\text{BUSRQ}}$. Nu este folosit de *Spectrum*.

2.2. MEMORIA

2.2.1. MEMORIA ROM

Memoria nevolatilă a calculatorului *Spectrum* constă dintr-un singur circuit ROM cu capacitatea de 16 kB, care conţine interpretorul Basic. Circuitul are 28 de terminale a căror semnificaţie este dată în figura 2.5 (IC5). S-au folosit două tipuri de memorii ROM: NEC şi Hitachi. Cele două circuite sunt echivalente cu excepţia a două semnale care sunt inversate. La circuitele ROM NEC, conexiunea 20 este $\overline{\text{CE}}$ şi conexiunea 27 este $\overline{\text{CS}}$, iar la cele de fabricaţie Hitachi, conexiunea 20 este $\overline{\text{CS}}$, iar conexiunea 27 este $\overline{\text{CE}}$. Pentru a adresa 16.384 locaţii de memorie de 8 biţi, se folosesc 14 conexiuni de adresă ($2^{14}=16.384$) şi 8 conexiuni de date, care sunt legate direct la conexiunile corespunzătoare ale microprocesorului. Din punctul de vedere al adresării, ROM-ul ocupă zona de memorie de la 0 la 16383 (#3FFF) inclusiv, deci selecţia sa se face cu A14=0 şi A15=0. Semnalul de selecţie, $\overline{\text{ROMCS}}$ este generat de ULA din cei doi biţi superiori de adresă, A14 şi A15, şi $\overline{\text{RDD}}$. El este aplicat circuitului prin intermediul rezistenţei R33, de 680 Ω. Pentru a evita activarea memoriei la operaţiile de intrare-ieşire, intrarea $\overline{\text{OE}}$ de validare a datelor este conectată la $\overline{\text{MREQ}}$. Intrarea de validare $\overline{\text{CE}}$ este conectată la $\overline{\text{RD}}$. Prezenţa rezistenţei de separare face posibilă invalidarea circuitului ROM din calculator, prin legarea la +5 V a semnalului corespunzător de pe conectorul de extensie şi folosirea unei memorii nevolatile exterioare.

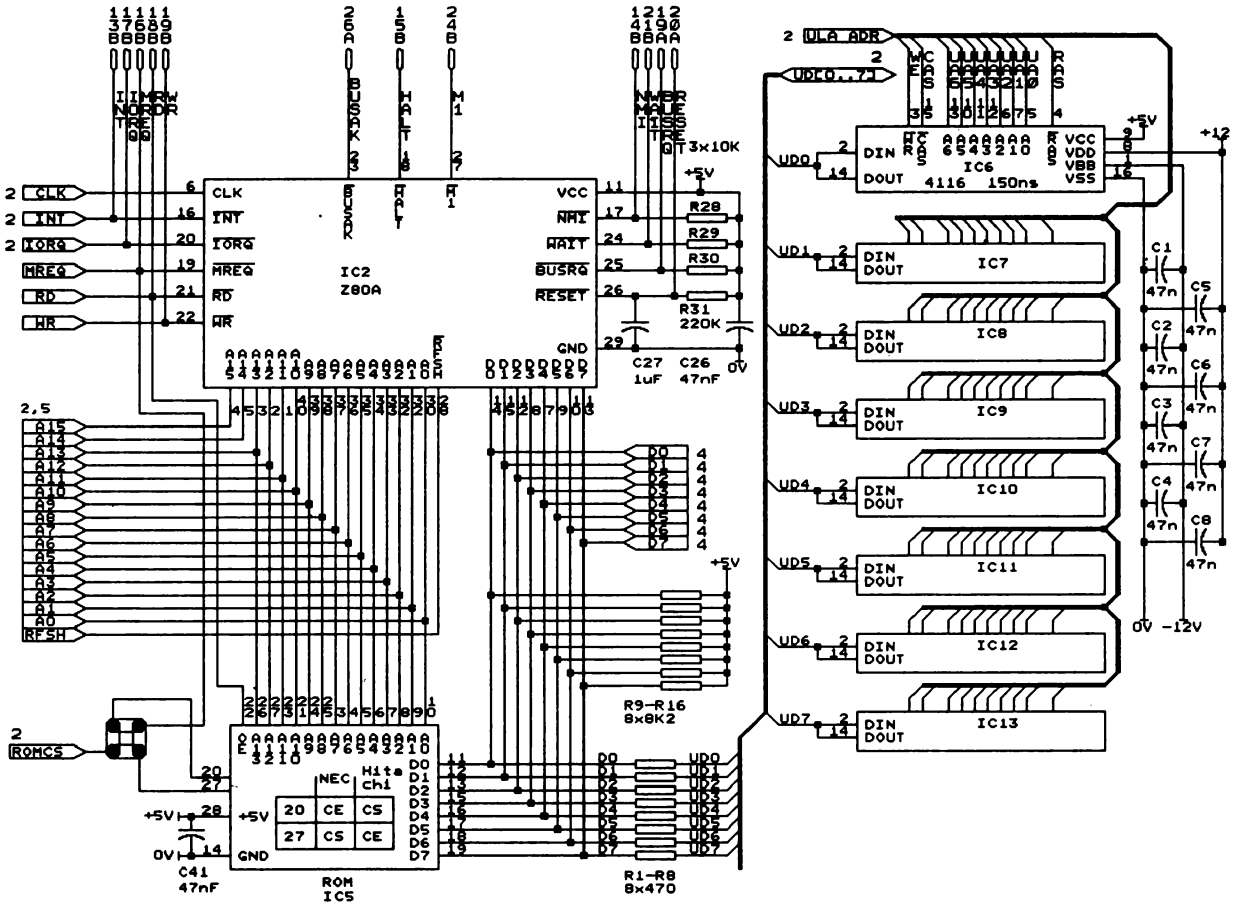


Fig. 2.5. **Schemele *Spectrum*-ului: Microprocesorul, memoria ROM şi RAM-ul video**

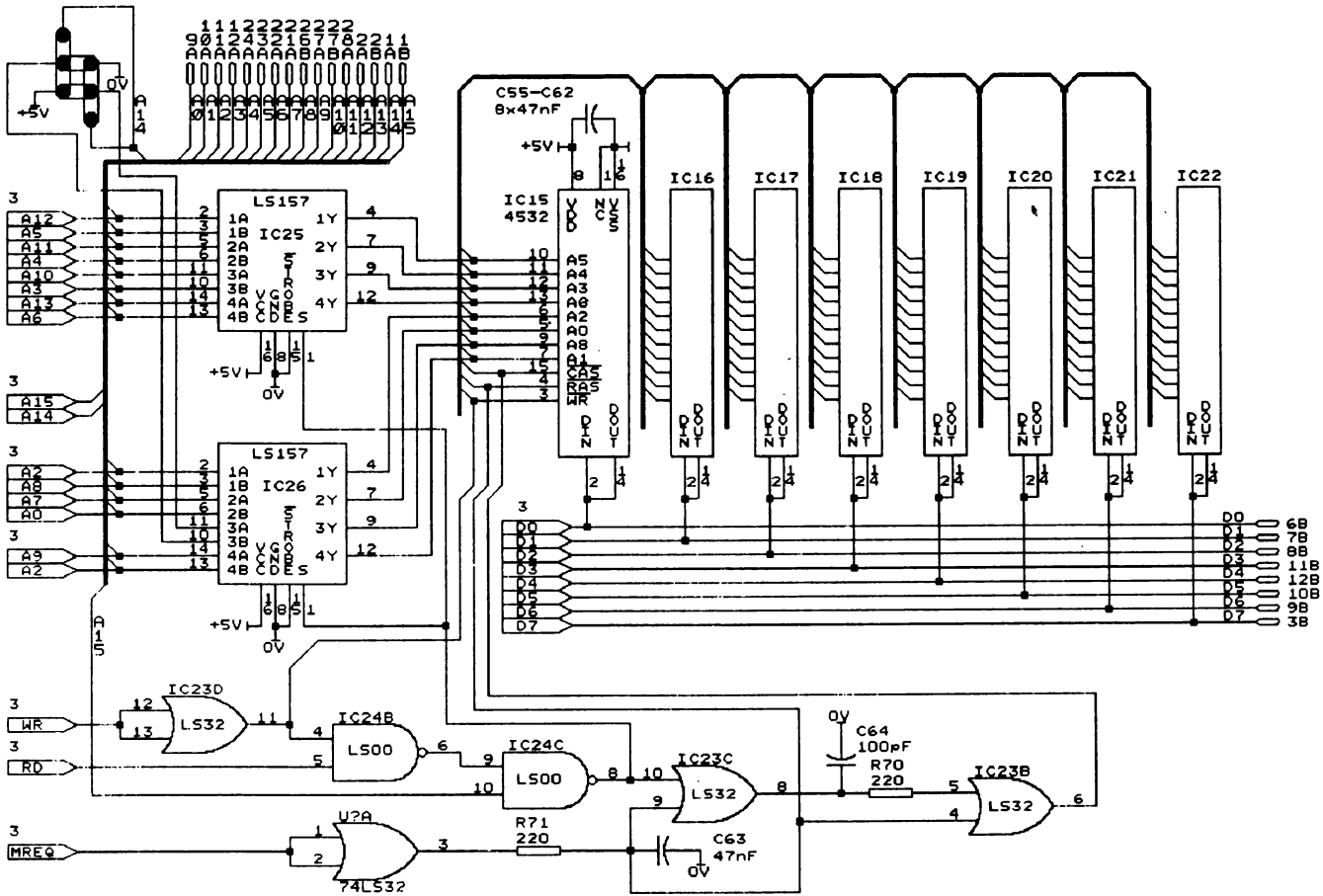


Fig. 2.6. **Schemele *Spectrum*-ului: Memoria RAM**

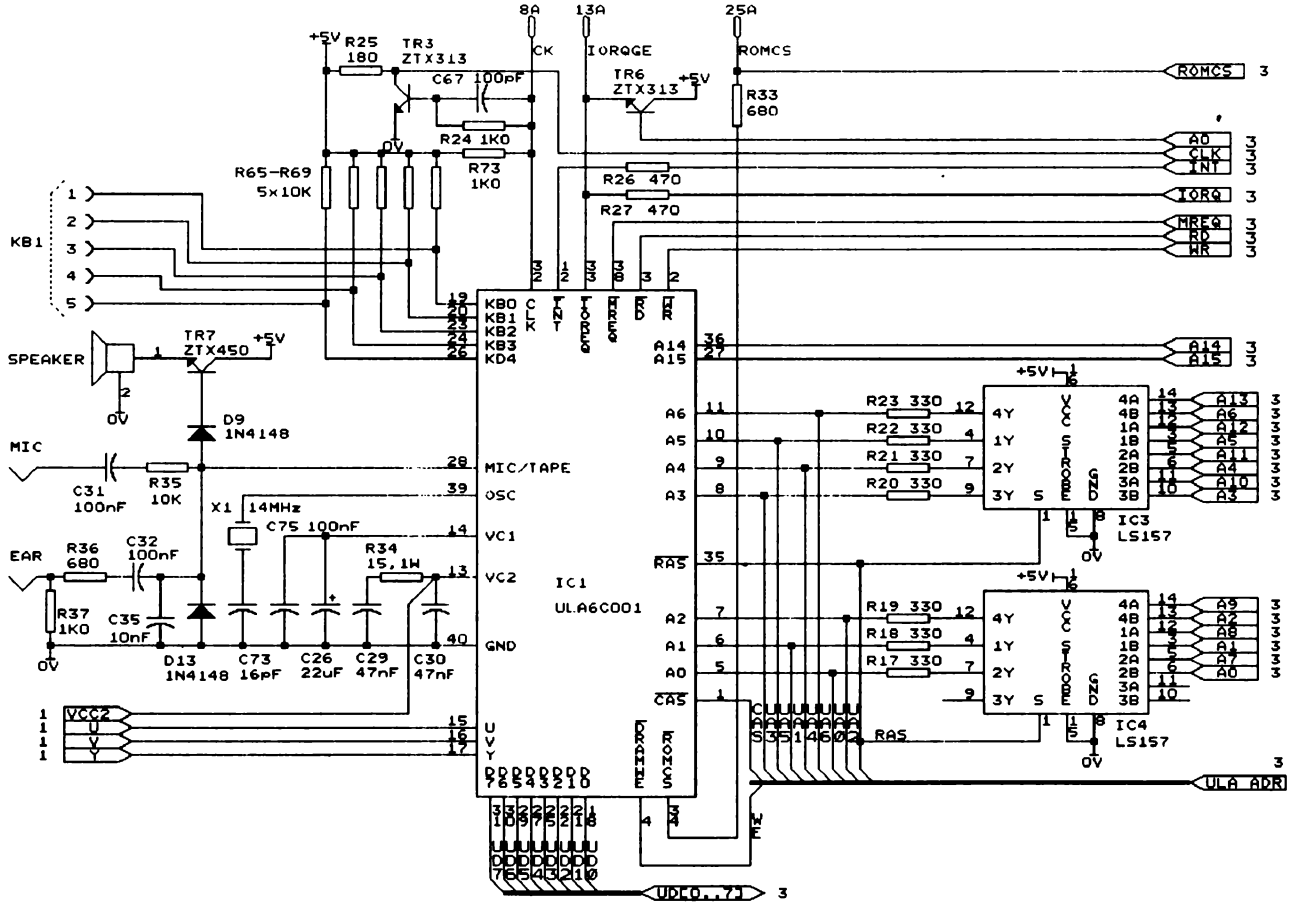


Fig. 2.7. **Schemele *Spectrum*-ului: Circuitul ULA**

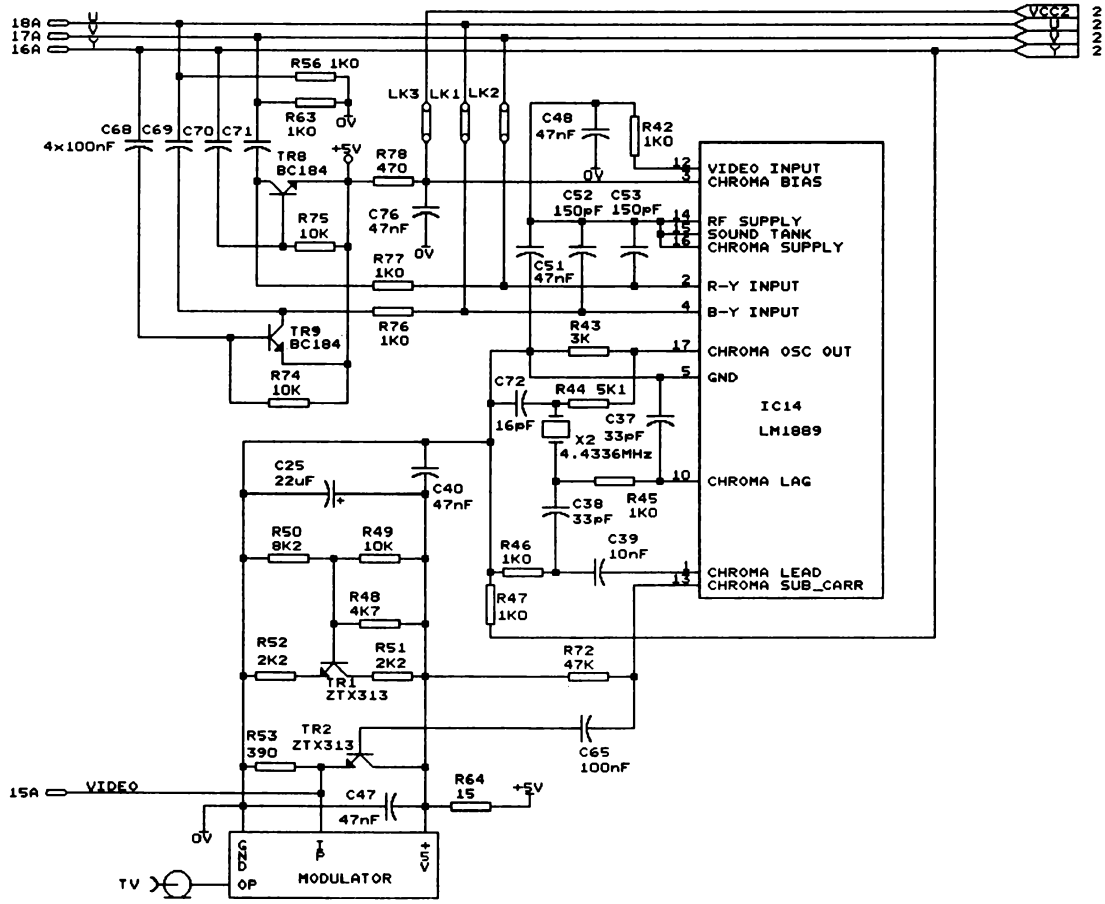


Fig. 2.8. **Schemele *Spectrum*-ului: Codorul PAL**

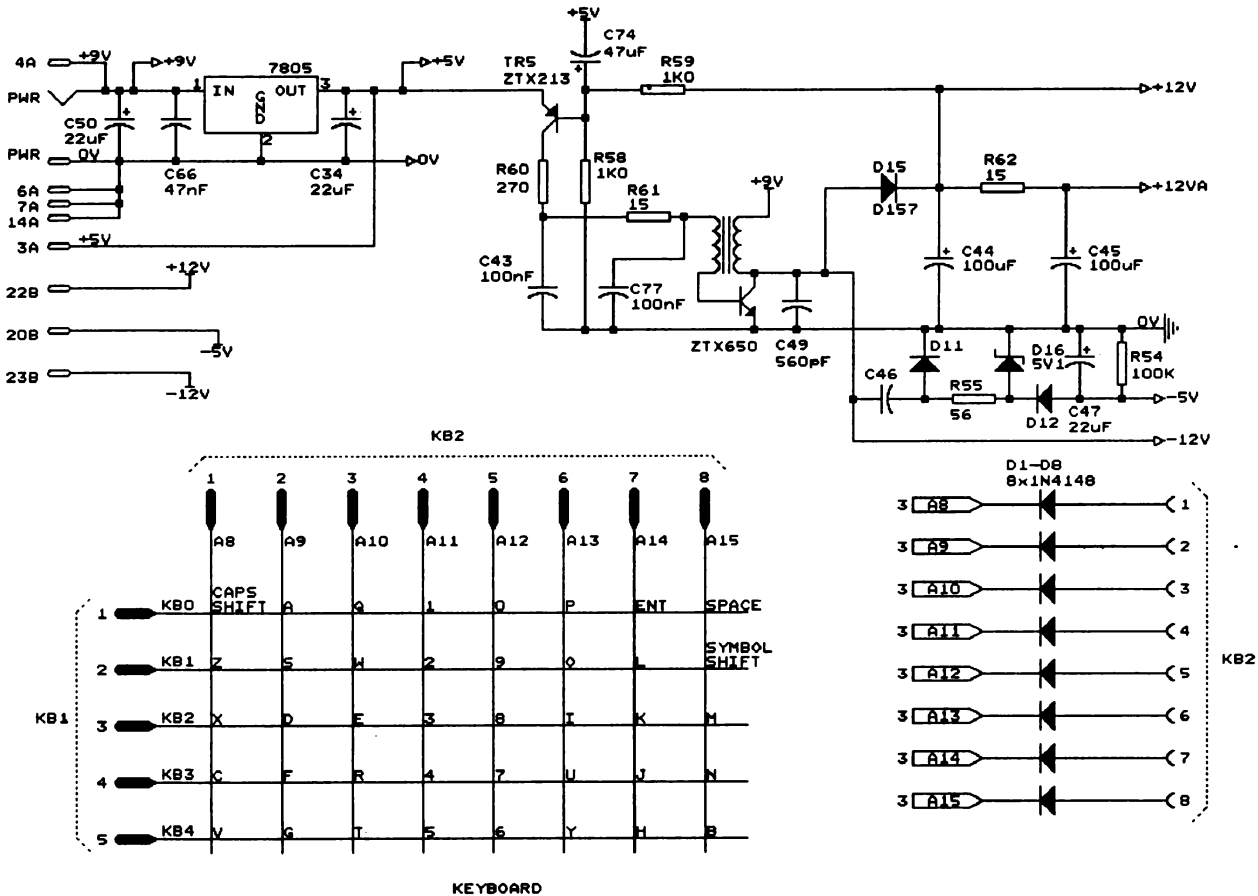


Fig. 2.9. **Schemele *Spectrum*-ului: Sursa de alimentare şi tastatura**

2.2.2. MEMORIA RAM

După cum am mai arătat, cei 48 kB de memorie RAM ai calculatorului sunt realizaţi fizic din două blocuri distincte. Zona de la adresa 16384 (#4000) până la 32767 (#7FFF) constituie aşa-numitul RAM video şi este acoperită de 8 circuite 4116 (DRAM). Zona de la adresa 32768 (#8000) până la 65535 (#FFFF) constituie RAM-ul non-video şi este acoperită de 8 circuite 4532 sau 4164 (DRAM). Tipul memoriilor folosite depinde de versiunea calculatorului, precum şi de disponibilităţile de piese ale fabricantului. În cazul în care se folosesc memorii 4164, care conţin 65.536 biţi, numai jumătate din capacitatea memoriei poate fi accesată. Poziţia terminalelor pentru memoria DRAM 4116 este ilustrată în figura 2.5 (IC6), iar pentru 4532 în figura 2.6 (IC15). Adresarea memoriei DRAM nu se realizează la fel de simplu ca în cazul ROM-ului. Celula de bază a unui circuit DRAM o constituie un condensator minuscul. Acesta se descarcă relativ repede (în 2 ms) prin dielectric, ceea ce ar duce la pierderea informaţiei. Citirea stării condensatorului (încărcat sau descărcat) este distructivă, informaţia trebuind reînscrisă după fiecare citire. Operaţia poartă numele de reîmprospătare (*refresh*). Datorită faptului că memoria trebuie citită în permanenţă pentru realizarea reîmprospătării, circuitele DRAM nu au nici $\overline{CS}$ şi nici $\overline{OE}$. De asemenea, ele au doar jumătate din numărul necesar de biţi de adresă. Să considerăm cazul unei memorii 4116. Pentru a citi conţinutul unei anume celule, trebuie să comunicăm memoriei adresa celulei. Putem considera cele 16.384 celule de memorie dispuse într-o matrice cu 128 de linii şi 128 de coloane ($128 \times 128 = 16.384$). Pentru a specifica o anumită linie sau coloană, avem nevoie de 7 biţi ($2^7 = 128$). Modul în care împărţim adresa de 14 biţi în două poate fi oarecare. Cele două componente ale adresei sunt multiplexate şi aplicate memoriei concomitent cu două semnale de control: $\overline{RAS}$ - *Row Address Strobe* (selecţia liniei de adresă) şi $\overline{CAS}$ - *Column Address Strobe* (selecţia coloanei de adresă). Pe frontul căzător al semnalului $\overline{RAS}$ adresa de linie este transferată într-un registru intern al memoriei şi începe procesul decodificării ei. Datele de la cele 128 de celule ce formează linia sunt citite, transferate într-un registru intern şi concomitent reînscrise. Pe frontul căzător al semnalului $\overline{CAS}$, adresa de coloană este transferată într-un registru intern şi folosită pentru a adresa registrul de date. Concomitent, dacă semnalul $\overline{WR}$ este în 1, data corespunzătoare celulei selectate este prezentă la ieşirea DOUT. Operaţia de scriere este asemănătoare, cu observaţia că semnalul de scriere trebuie activat înaintea semnalului $\overline{CAS}$. De remarcat că este suficient să accesăm o singură celulă de memorie de pe o linie pentru ca toată linia să fie reîmprospătată. Ieşirea DOUT nu este activă decât pe perioada cât $\overline{CAS}$ este în 0.

Succesiunea de semnale $\overline{RAS}$, $\overline{CAS}$ nu este întotdeauna obligatorie. Dacă adresa de linie nu se modifică între două accesări succesive, atunci se poate economisi timpul necesar pentru multiplexarea celei de-a doua adrese de linie prin succesiunea $\overline{RAS}$, $\overline{CAS}_1$, $\overline{CAS}_2$. Acest mod de adresare este folosit în calculatorul *Spectrum* de ULA pentru generarea imaginii, vezi § 2.3.1.

Multiplexarea adresei se face separat pentru fiecare din cele două blocuri, folosindu-se circuite 74LS157 (4 multiplexoare 2:1). Generarea întârzierilor necesare între semnalele MUX, $\overline{RAS}$ şi $\overline{CAS}$ şi se realizează de ULA pentru RAM-ul video şi cu ajutorul unor circuite RC pentru RAM-ul non-video. Semnalele DOUT şi DIN ale RAM-ului video sunt conectate direct la ULA şi, prin intermediul rezistenţelor de 470 Ω, la magistrala de date a procesorului. Cei mai puţin semnificativi 14 biţi ai magistralei de adrese (A0÷A13) sunt multiplexaţi folosind IC3 şi IC4 (figura 2.7) şi sunt conectaţi la blocul de memorie video prin rezistenţele R17÷R23 de 330 Ω. Pentru ca procesorul să schimbe date cu memoria video sunt necesare 3 condiţii:

– adresele DRAM0÷DRAM6 ale ULA să fie în starea de impedanţă înaltă, altfel adresa ULA este prioritară;

– ieşirile D0÷D7 ale ROM-ului să fie în starea de impedanţă înaltă;

– ieşirile DOUT ale RAM-urilor non-video să fie în starea de impedanţă înaltă.

După cum am arătat în § 2.1, datorită separării prin rezistenţe, este posibil accesul paralel şi simultan la cele două blocuri de memorie.

Semnalele DOUT şi DIN ale RAM-urilor non-video sunt conectate direct la magistrala de date a procesorului. Adresele A0÷A14 sunt multiplexate folosind IC25 şi IC26 (figura 2.6) şi apoi sunt aplicate direct blocului de memorie. De menţionat că, având o capacitate de 32.768 biţi, memoriile 4532 pot fi organizate fie cu 8 linii şi 7 coloane, fie cu 7 linii şi 8 coloane. Pentru a putea folosi memorii provenind de la fabricanţi diferiţi (cele mai multe calculatoare sunt echipate cu circuite Texas Instruments RAM TMS 4532 sau cu OKI RAM MSM3732), pe placă este prevăzută o selecţie care permite conectarea lui A14 fie ca adresă de linie, fie ca adresă de coloană. De remarcat că memoriile de 32 kb sunt de fapt circuite de 64 kb care au o jumătate defectă. Pentru a selecta jumătatea funcţională, adresa superioară trebuie multiplexată fie cu 0, fie cu 1, în funcţie de tipul circuitului folosit (-3/-4 pentru TI sau -H/-L pentru OKI).

Asigurarea reîmprospătării se face diferit pentru cele două blocuri. Pentru memoria video, accesul ULA la informaţia necesară pentru afişarea imaginii este suficient atât timp cât durează zona activă a ecranului. Durata *paper*-ului nu reprezintă însă decât 2/3 din durata unui semicadru. Pentru restul intervalului, la unele compatibile *Spectrum* se foloseşte semnalul $\overline{RFSH}$ al microprocesorului.

Pentru RAM-ul non-video, reîmprospătarea informaţiei este asigurată de microprocesor prin intermediul unui mecanism propriu, nefolosind semnalul $\overline{RFSH}$, ci $\overline{MREQ}$ neînsoţit de $\overline{RD}$ sau $\overline{WR}$.

2.3. CIRCUITUL ULA

Circuitul Ferranti ULA a fost produs în mai multe variante. Versiunea 1 era echipată cu Ferranti ULA 5C102. Acesta avea un defect de proiectare,

remediat cu ajutorul unui 74LS00 montat pe un mic cablaj suplimentar. Varianta următoare a circuitului ULA, 5C112, nu mai necesită acest montaj, însă are o problemă cu generarea corectă a semnalului video color, motiv pentru care imaginile obținute pe anumite tipuri de receptoare TV nu sunt de cea mai bună calitate. Validarea lui $\overline{\text{IORQ}}$ de la procesor se face folosind un circuit SAU cu diode. Încă de la versiunea 2 s-a introdus o a treia variantă de circuit ULA, și anume Ferranti 6C001 (figura 2.7). Acesta rezolvă problemele menționate, dar introduce o descentrare a poziției *paper*-ului pe ecran, având ca efect obținerea unui *border* asimetric. Validarea lui $\overline{\text{IORQ}}$ se face folosind un circuit SAU cu un tranzistor (TR6 din figura 2.7).

ULA asigură toate operațiile de intrare/ieșire ale sistemului. Funcțiile sale sunt:

- generator de semnal video;
- *port* pentru citirea tastaturii;
- *port* pentru citirea și scrierea pe casetă;
- *port* pentru generarea sunetului.

2.3.1. GENERAREA SEMNALULUI VIDEO

Afișarea imaginii pe ecranul TV se realizează prin baleierea orizontală a ecranului cu un fascicul de electroni, începând din colțul din stânga-sus. Imaginea este compusă prin urmare din "fâșii" foarte subțiri, denumite *linii*. *Semnalul video complex* conține două tipuri de informație: informația de imagine efectivă și informația de control care organizează această informație pe ecran: *semnalul de sincronizare*. Acesta din urmă este format la rândul său din două componente: *semnalul de sincronizare cadre* (*sincro-vertical*) care specifică momentul în care fasciculul trebuie să înceapă baleierea și *semnalul de sincronizare linii* (*sincro-orizontal*) care marchează începutul fiecărei linii. În afară de acestea, semnalul video color mai cuprinde și o a treia componentă necesară sincronizării informației de culoare, denumită *burst*.

Imaginea este afișată cu o frecvență de 25 de cadre/s, dar pentru a evita fenomenul de pâlpâire, un cadru este format din două semicadre întrețesute. Frecvența semnalului de sincro-vertical este deci 50 Hz. Fiecare cadru este format din 625 de linii, câte 312,5 pentru fiecare semicadru. Rezultă durata nominală a unei linii care este:

$$\frac{1}{625 \cdot 25\ \text{Hz}} = 64\ \mu\text{s}$$

(frecvența de linii este 15.625 Hz). Nu toată durata unei linii este folosită pentru afișarea pe ecran, deoarece o parte este necesară întoarcerii fasciculului din partea dreaptă în partea stângă. Evident că, în acest interval, fasciculul trebuie "stins", motiv pentru care impulsul respectiv poartă numele de *stingere* orizontală. Durata sa este de 12 μs, deci durata activă a unei linii este de 52 μs. De

asemenea, nu toate liniile sunt active, datorită faptului că este necesară întoarcerea spotului pe verticală. Pentru aceasta se folosesc 25 de linii pe fiecare semicadru, perioadă care poartă numele de *stingere verticală*. Structura semnalului de stingere verticală este: 2,5 linii impuls de egalizare + 2,5 linii sincro-semicadre + 20 linii stingere. Trebuie menţionat că *Spectrum*-ul nu asigură o baleiere întreţesută a imaginii şi nici o structură foarte corectă a semnalelor de sincronizare. Cu toate acestea, marea majoritate a receptoarelor TV nu au probleme la afişarea imaginii.

Semnalul video complex color este reprezentat în figura 2.10. Nivelurile de tensiune folosite pentru diversele componente au fost reprezentate în procente. După cum se remarcă, nivelul de tensiune corespunzător pentru negru este mai mic decât cel pentru alb (semnalul este video-pozitiv). Considerând nivelul de sincronizare 0% şi cel de alb 100%, avem situaţia din tabelul 2.1.

TABELUL 2.1. **Nivelurile procentuale ale componentelor semnalului video-complex**

Nivelul	Valoarea în procente
nivel de alb	100
nivel de negru	30÷35
nivel de stingere	30
nivel de sincronizare	0

Generarea imaginii color se face folosind trei fascicule de electroni ce baleiază simultan ecranul. Fiecare fascicul reprezintă una dintre culorile fundamentale, roşu (R), verde (G) şi albastru (B), şi este destinat tipului respectiv de luminofor ce se află depus pe ecran. Prin însumarea culorilor fundamentale se produce în final imaginea color. Pentru generarea acesteia avem deci nevoie de cele trei componente R, G şi B. Din considerente legate de compatibilitatea cu semnalul de televiziune alb-negru şi lărgimea de bandă a semnalului video, cele trei componente nu se transmit în această formă. Prin însumarea lor ponderată se obţin alte trei semnale[1]:

– luminanţa: $Y=0,3\ R+0,59\ G+0,11\ B$ (ponderea diferită a culorilor în semnalul de luminanţă este datorată faptului că ochiul nu este sensibil în mod egal la componentele spectrului);

– două semnale de diferenţă de culoare: $U=0,493\ (B-Y)$ şi $V=0,877\ (R-Y)$ (reducerea amplitudinii semnalelor de diferenţă de culoare se face pentru a evita supramodularea subpurtătoarei de culoare).

Semnalele de diferenţă de culoare modulează în amplitudine două subpurtătoare obţinute din acelaşi oscilator de 4,43361875 MHz, defazate între

[1]Explicaţiile din text sunt valabile pentru sistemul PAL.

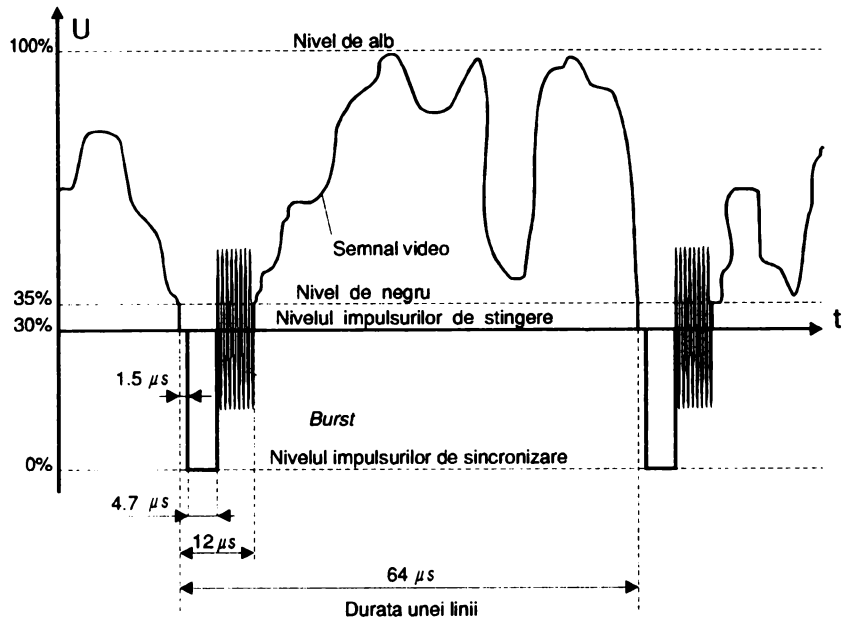
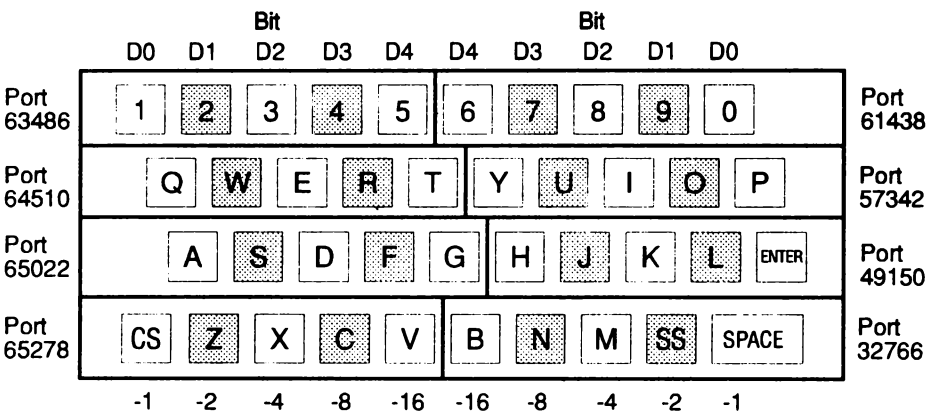


Fig. 2.10. Semnalul video-complex color



Valorile de mai sus trebuie scăzute din 255 pentru testarea apăsării acelei taste.
Exemplu: pentru testarea apăsării simultane a tastelor 1 și 4 se face IN 63486,255-1-8.

Fig. 2.11. Harta *port*-urilor de citire directă a tastaturii

ele cu 90° (modulație în cuadratură) și apoi sunt sumate, obținându-se în acest fel un semnal a cărui fază corespunde cu nuanța culorii, în timp ce amplitudinea corespunde cu saturația acesteia. Faza subpurtătoarei pentru R−Y este schimbată cu 180° la fiecare linie pentru a simplifica circuitul de mediere al decodorului PAL. Pentru a reduce banda de frecvență ocupată de semnalul video, subpurtătoarea de culoare este suprimată. Din această cauză, pentru sincronizarea oscilatorului de referință, la demodulare se transmite o "salvă" de sincronizare pentru culoare, denumită *burst*. Acest semnal apare în timpul palierului posterior al impulsului de stingere pe linii din semnalul video complex, adică imediat după impulsul de sincronizare pe linii. Semnalul burst conține 10 perioade ale unei oscilații de frecvența subpurtătoarei, a cărei fază variază cu ±45° de la linie la linie, pentru a distinge faza cu care a fost modulat semnalul R−Y. Faza semnalului burst este de 135° când R−Y este pozitiv și de 225° când linia este transmisă cu informația de culoare pentru roșu sub forma −(R−Y).

Atunci când semnalul este generat de calculator, fiecare linie este formată dintr-un număr fix de puncte. Durata unui punct pentru ecranul calculatorului *Spectrum* este de 0,14285 μs (7 MHz). Considerând acest interval ca unitate de timp T_V, obținem:

– durata nominală a unei linii este:

$$64\ \mu s \cdot 7\ MHz = 448\ T_v$$

– din care durata cursei de întoarcere este:

$$12\ \mu s \cdot 7\ MHz = 84\ T_v$$

Un semicadru este format din 312 linii nominale, din care 25 sunt folosite pentru stingerea verticală.

Din cele 364 T_V disponibile, numai 256 T_V sunt folosite efectiv pentru afișarea informației, restul de 108 T_V constituind *border*-ul. Pentru ca acesta să fie dispus simetric, este necesar să lăsăm jumătate în stânga *paper*-ului și jumătate în dreapta sa, deci câte 54 T_V. Fiecare din cei 256 de pixeli ai *paper*-ului corespunde stării unui bit din memoria RAM video. Pentru a afișa un pixel, trebuie să știm dacă el este "aprins" sau "stins", precum și culorile corespunzătoare acestor două stări.

Calculatorul *Spectrum* este capabil să afișeze 16 culori[1] (cele 8 culori disponibile pot avea două nuanțe, în funcție de bitul de strălucire). Pentru a sintetiza semnalul video complex, fiecare din componentele sale este obținută digital, iar apoi se realizează o sumă ponderată. Semnalele digitale necesare sunt:

– sincro-orizontal;
– sincro-vertical;

---

[1]De fapt numai 15 culori, deoarece negrul nu este influențat de strălucire.

– R, G, B digital;

– I, semnal corespunzător strălucirii (*bright*).

Din aceste semnale, ULA generează intern semnalele analogice pentru Y, Y–R şi Y–B care se obţin la conexiunile 15, 16 şi 17. Semnalele de sincronizare sunt însumate cu semnalul de luminanţă la ieşirea Y, obţinându-se de fapt semnal video complex alb-negru. Aceste semnale sunt aplicate circuitului codor PAL LM1889 care realizează sinteza finală a semnalului video complex color. Semnalele de diferenţă de culoare sunt ponderate pentru a obţine nivelurile necesare modulatorului (U şi V). Aceasta se realizează folosind două reţele active de schimbare a nivelului, bazate pe TR8 şi TR9. Cele două subpurtătoare necesare se obţin folosind un cristal de cuarţ X2 şi o reţea de defazare RC, producându-se astfel o diferenţă de fază de 90° între conexiunile CHROMA LEAD şi CHROMA LAG ale LM1889. Cele două semnale modulate sunt mixate, rezultând semnalul de crominanţă la conexiunea CHROMA SUB-CARRIER. Semnalul este aplicat prin intermediul lui C65 pe baza lui TR2, unde se sumează cu semnalul video complex, obţinându-se semnalul video complex.

Simplificând considerabil, generarea unei linii durează în total 448 T_V şi se face după următorul algoritm:

1 – aşteaptă 54 T_V afişând *border*;

2 – citeşte din memorie 2 octeţi reprezentând 8 pixeli şi atributele corespunzătoare (0 T_V);

3 – afişează cei 8 pixeli, unul câte unul (serializare); fiecare pixel durează 1 T_V (32×8 T_V);

4 – dacă nu s-au terminat cei 256 pixeli (32 de cicluri), se reia de la pasul 2 (0 T_V);

5 – aşteaptă 54 T_V afişând *border*;

6 – activează semnalul sincro-orizontal (semnalul este activ în 0) şi aşteaptă 84 T_V;

7 – dezactivează sincro-orizontal şi reia de la pasul 1 (0 T_V).

Datorită faptului că pasul 2 practic nu se execută instantaneu, algoritmul nu este implementabil direct. Pentru a avea datele pregătite atunci când este nevoie de ele, se impune suprapunerea pasului 2 fie peste pasul 1 pentru primul octet serializat dintr-o linie, fie peste pasul 3 pentru ceilalţi octeţi, deci citirea datelor din memorie se face înainte de terminarea serializării octetului curent.

Culoarea *border*-ului este controlată de biţii D0, D1 şi D2 ai *port*-ului 254 (#FE), interpretat de ULA. O valoare 111_2 produce un *border* alb, iar o valoare 000_2 unul negru. Se observă că nu putem avea decât $2^3 = 8$ culori diferite.

Pe verticală, din cele 287 de linii disponibile, numai 192 sunt folosite pentru *paper*, deci rămân 95 de linii pentru *border*, repartizate sus şi jos în mod egal.

Modul în care sunt generate aceste semnale de control şi adresele de încărcare este relativ simplu. Se pleacă de la frecvenţa oscilatorului de 14 MHz, care este divizată cu 2. Se obţine astfel ceasul de serializare video de 7 MHz, cu factorul de umplere 1/2. Prin divizare cu 448 se obţine semnalul de

sincro-orizontal şi apoi, prin divizare cu 312, cel de sincro-vertical. Prin decodificarea ieşirilor numărătoarelor se obţin adresele de încărcare şi forma necesară a semnalelor de sincronizare. Datorită implementării LSI, mecanismul intern al circuitului ULA este ceva mai greu de identificat cu precizie.

2.3.2. CITIREA TASTATURII

La fiecare întrerupere, deci o dată la 20 ms, sistemul verifică dacă o tastă este apăsată sau nu. Tastatura constă dintr-o matrice de 5 linii şi 8 coloane. La intersecţia fiecărei linii cu o coloană se află un contact normal deschis. Cele 8 coloane sunt conectate prin intermediul unui cablu plat KB2 la biţii superiori ai magistralei de adrese, iar cele cinci linii, prin KB1 la ULA. Cinci rezistenţe de *pull-up*, R64÷R68, menţin intrările KB0÷KB4 ale ULA în 1 atât timp cât nici o tastă nu este apăsată. Rutina de baleiere a tastaturii execută instrucţiuni succesive de IN de la adrese care au ca octet inferior adresa ULA (#FE). Jumătatea superioară a magistralei de adrese se modifică în aşa fel încât fiecare din liniile A15 până la A8 să fie 0 pe rând, celelalte linii rămânând în 1.

Secvenţa de baleiere începe prin IN de la adresa #FEFE (A8=0, restul 1). Dacă una dintre tastele de pe coloana lui A8 este apăsată, atunci linia corespunzătoare va fi 0, altfel va fi 1. Dacă este apăsată o tastă de pe o altă coloană, atunci valoarea liniei respective va fi 1. Deci o linie va fi 0 numai dacă există o tastă apăsată şi numai dacă adresa corespunzătoare coloanei respective este 0. Secvenţa se termină cu adresa #7FFE (în total opt instrucţiuni IN). Ştiind adresa care a fost 0 (coloana) şi citind biţii D0÷D4 (linia), rutina de baleiere poate afla care tastă (sau combinaţie de taste) a fost apăsată. Adresele *port*-urilor pentru citirea directă a tastaturii sunt date în figura 2.11.

Diodele D1÷D8 asigură separarea magistralei de adrese de tastatură, evitând astfel adresări eronate când se apasă o tastă.

2.3.3. GENERAREA SUNETULUI ŞI INTERFAŢA DE CASETOFON

Calculatorul *Spectrum* are un generator de sunet foarte simplu, constând din conectarea la un difuzor a bitului D4 din *port*-ul de ieşire cu adresa 254 (#FE). Sunetul este produs prin comutarea stării acestui bit la intervale regulate de timp.

Circuitul ULA foloseşte o singură linie (28 MIC/TAPE) pentru interfaţa cu difuzorul şi casetofonul, conexiune atât cu rol de intrare, cât şi de ieşire. Acest lucru este posibil datorită faptului că operaţiile de LOAD şi SAVE se exclud reciproc. Direcţia transferului de date pe această conexiune depinde de ultima operaţie I/O cu *port*-ul 254 (#FE). Dacă aceasta a fost IN, atunci conexiunea respectivă este intrare, iar dacă a fost OUT, atunci conexiunea este ieşire. În timpul operaţiei de încărcare de pe casetă, microprocesorul execută instrucţiuni

IN citind intrarea EAR prin intermediul bitului D6 al *port*-ului. La salvarea pe casetă, microprocesorul execută instrucţiuni OUT, starea conexiunii fiind dictată de bitul D3 (D4 este în acest caz 0).

Înregistrarea magnetică a datelor se face în codul Manchester II. Un exemplu de semnal este reprezentat în figura 2.12.

Tensiunea la ieşirea de sunet a circuitului ULA depinde de combinaţia de biţi D3–D4, după cum se arată în tabelul 2.2.

TABELUL 2.2. **Tensiunea la ieşirea de sunet a circuitului ULA**

D3	D4	$V_{ULA\ 28}$
0	0	0,2 V ÷ 0,75 V
1	0	1,3 V
0	1	3,3 V
1	1	3,5 V

Difuzorul cu impedanţa de 40 Ω este conectat la MIC/TAPE prin tranzistorul TR7, folosit ca repetor pe emitor şi dioda D9. Pentru a obţine tensiune pe bornele difuzorului este necesară deschiderea a două joncţiuni polarizate direct (bază-emitor TR7 şi D9), ceea ce necesită aproximativ 1,4 V. Din această cauză, la salvarea pe casetă, difuzorul este practic blocat. În schimb, când se execută o instrucţiune BEEP, tensiunea pe difuzor ajunge la 3,5 V – 1,4 V = 2,1 V şi se produc sunete.

La încărcare, dacă tensiunea pe intrarea MIC depăşeşte 1,4 V, difuzorul este de asemenea activat, permiţând astfel o apreciere calitativă a nivelului semnalului de la casetofon. Pentru a nu distruge ULA prin aplicarea unei tensiuni negative mari, conexiunea MIC/TAPE este protejată folosind dioda D13, care se deschide dacă tensiunea este mai mică decât –0,7 V.

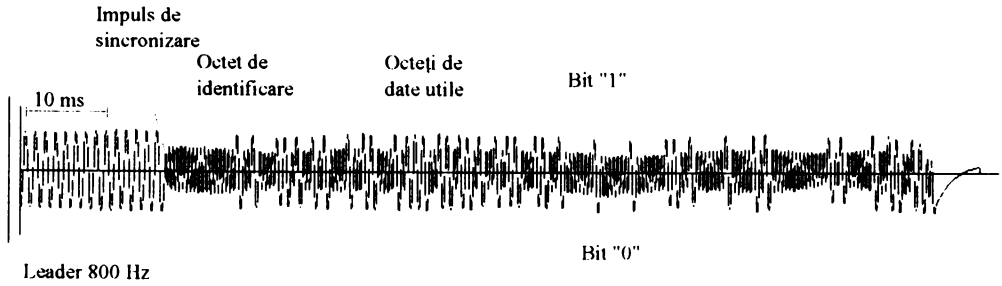
În concluzie, ULA răspunde la adresa I/O 254 (#FE), semnificaţiile biţilor de date fiind următoarele:

Ieşire

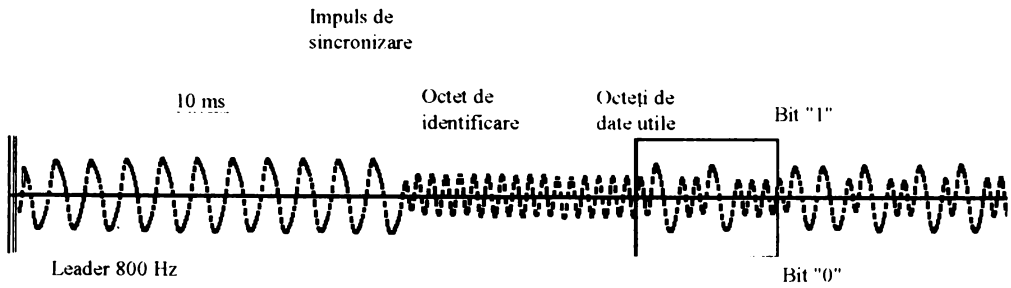
D0, D1, D2 – culoarea *border*-ului (000=negru, 001=albastru ... 111=alb);
D3 – ieşire casetofon;
D4 – difuzor;
D5, D6 şi D7 – nefolosiţi.

Intrare

D0, D1, D2, D3, D4 – citire tastatură (0=tastă apăsată, 1=tasta neapăsată);
D6 – intrare casetofon;
D5 şi D7 – nefolosiţi, cu valoarea 1.



a. Forma semnalului înregistrat al unui *header* de fișier



b. Începutul *header*-ului. În medalion se observă codificarea informației "01001000"

Fig. 2.12. Semnalul de înregistrare magnetică a datelor

2.4. SURSA DE ALIMENTARE

Calculatorul primeşte energie de la un alimentator extern, care livrează 9 V la 1,5 A, redresat bialternanţă şi filtrat, dar nestabilizat. Alimentatorul este format dintr-un transformator coborâtor de tensiune, o punte redresoare şi un condensator de 2200 μF. Tensiunile stabilizate, necesare calculatorului, sunt următoarele:

+5 V / 1 A pentru circuitele integrate logice, ULA şi modulator;
−5 V pentru alimentarea memoriilor dinamice de 16 kb;
+12 V pentru alimentarea memoriilor dinamice de 16 kb şi pentru codorul PAL.

Ele se obţin pe placa de bază folosind un circuit stabilizator integrat 7805, care furnizează +5 V stabilizat şi un invertor format din TR4 şi TR5. Acestea formează un oscilator de impulsuri dreptunghiulare pe colectorul lui TR4. Oscilaţiile sunt redresate şi filtrate de grupul D5-C44, producând +12 V pentru alimentarea circuitelor RAM dinamice de 16 kb. O filtrare suplimentară cu R62-C45, necesară pentru a elimina zgomotul electric introdus de comutarea memoriilor, produce tensiunea necesară pentru alimentarea codorului PAL. Tot tensiunea de pe colectorul lui TR4 este folosită şi pentru generarea tensiunii −5 V, prin grupul de diode D16÷D12 (D16 este diodă Zener) şi este de asemenea disponibilă pe conectorul de extensie, pentru alimentarea perifericelor.

2.5. METODE DE EXTINDERE A MEMORIEI INTERNE

Deşi fabricat la început cu doar 16 kB de memorie RAM, s-a ajuns repede ca prin configuraţia standard să se înţeleagă un *Spectrum* cu 48 kB de RAM, acoperindu-se astfel întreg spaţiul de adresare al lui Z80. Creşterea mai departe a memoriei RAM nu este posibilă decât folosind un mecanism de paginare. În cele ce urmează descriem pe scurt două soluţii practice.

2.5.1. *SPECTRUM* 80K

Ideea metodei este de a folosi integral capacitatea memoriilor RAM, înlocuind circuitele 4532 (32 kB) cu 4164 (64 kB). La unele calculatoare *Spectrum* memoriile 4532 nici nu mai trebuie înlocuite, deoarece funcţionează în ambele pagini. Prin urmare avem două pagini de 32 kB, comutabile în acelaşi spaţiu de adresare: zona 32768÷65535 (#8000÷#FFFF). Pentru aceasta, conexiunea 11 a circuitului IC26, intrarea 3A a multiplexorului (figura 2.6), trebuie poziţionată fie în 0, fie în 1. Această poziţionare se poate face foarte uşor din software, cu instrucţiunea OUT, într-un *port* suplimentar specializat, la care se înscrie un bistabil de tip "D". Astfel, cele două pagini de 32 kB se pot schimba

cu instrucţiunea OUT. Condiţia care trebuie respectată este ca stiva microprocesorului să fie integral în afara spaţiului de manevră, mai precis trebuie să se găsească în RAM-ul video.

2.5.2. AMSTRAD *SPECTRUM* 128 +3

O soluţie radicală care măreşte memoria disponibilă la 128 (512) kB a fost folosită la *Spectrum* 128 şi preluată de Amstrad la *Spectrum* +3. Paginarea se face în blocuri de 16 kB. Memoria ROM are 64 kB şi foloseşte aceeaşi tehnică de paginare. Paginile ROM nu pot fi comutate în spaţiul de adresare al procesorului decât de la adresa 0, însă o pagină RAM poate fi comutată aproape în oricare din cele 4 zone de 16 kB. Paginile RAM nu sunt echivalente datorită păstrării mecanismului de acces al maşinii video la memorie prin blocarea ceasului procesorului. Există două memorii video distincte de 16 kB, din care numai una singură este activă (afişată) la un moment dat. Toate comutările de pagini se realizează cu instrucţiuni OUT la *port*-uri specializate.

2.6. INTERFAŢA 1 DE COMUNICAŢIE ŞI DE DISC

Interfaţa 1 asigură trei funcţii diferite şi anume: conectarea discului Microdrive, controlul reţelei locale şi *port* de comunicaţie compatibil RS-232C. Pentru a asigura integrarea acestora în sistemul de operare, Interfaţa 1 adaugă 8 kB de memorie ROM care include subrutinele necesare. Adresarea acestui ROM suplimentar se face în spaţiul de adrese destinat interpretorului Basic.

Mecanismul de comutare a memoriei ROM suplimentare este asigurat de circuitele de decodificare din Interfaţa 1 şi este, pe scurt, următorul: de câte ori este apelat mecanismul de tratare a erorilor (RST #8), un decodificator de adresă detectează acest lucru şi comută ROM-ul interfeţei în locul ROM-ului standard. Programul existent în ROM-ul interfeţei examinează stiva procesorului şi verifică dacă eroarea nu se datorează cumva întâlnirii unei instrucţiuni referitoare la noile periferice (disc, reţea, serială). Dacă da, atunci controlul nu este cedat până nu se termină execuţia acestei instrucţiuni, altfel înseamnă că este o eroare într-adevăr şi ea este semnalizată ca atare de ROM-ul de bază.

Schema-bloc a Interfeţei 1 este prezentată în figura 2.13 şi schemele electronice în figurile 2.14 şi 2.15. Se remarcă faptul că aproape toate funcţiile sunt asigurate de un circuit specializat IC1 care este de tipul GI ULA 1440. În afară de acesta, interfaţa mai conţine încă trei circuite integrate de uz general şi câteva tranzistoare. Acestea sunt: IC2 – ROM-ul sistemului, cu o capacitate de 8 kB, realizat cu un circuit EA8364/01; IC3 – decodificatorul de adrese pentru activarea ROM-ului intern; IC4 – inversor folosit pentru generarea semnalului de ceas.

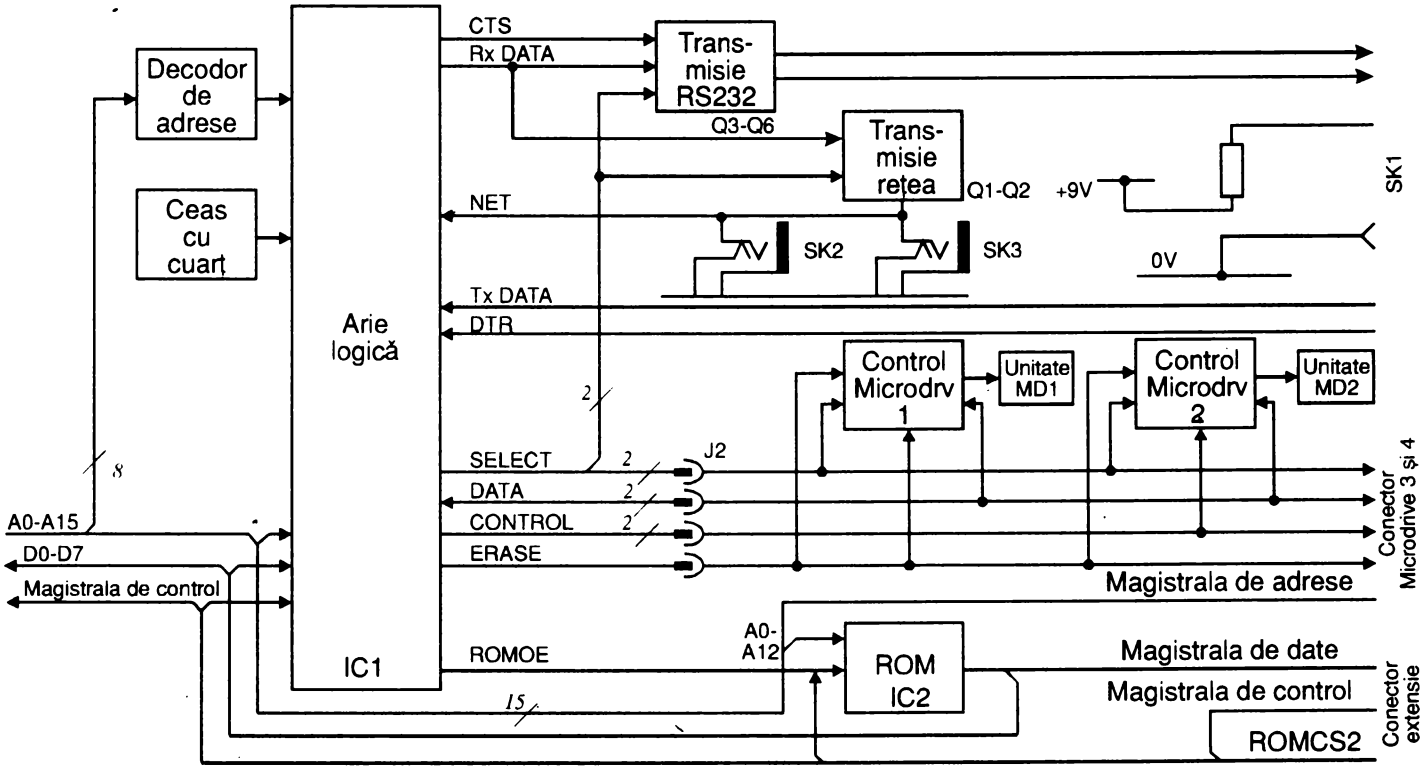


Fig. 2.13. Schema-bloc a Interfeței 1

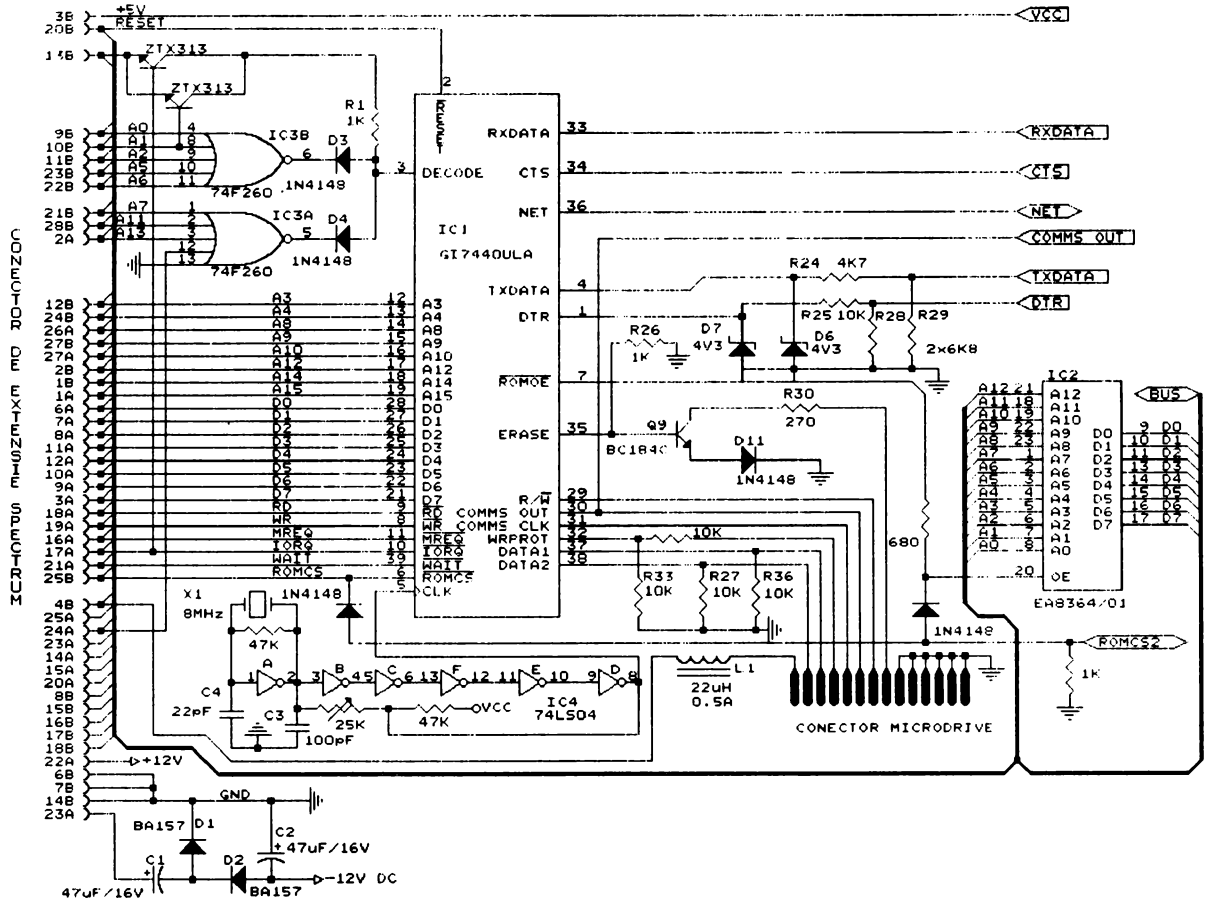


Fig. 2.14. **Schema Interfeței 1**: Circuitul ULA

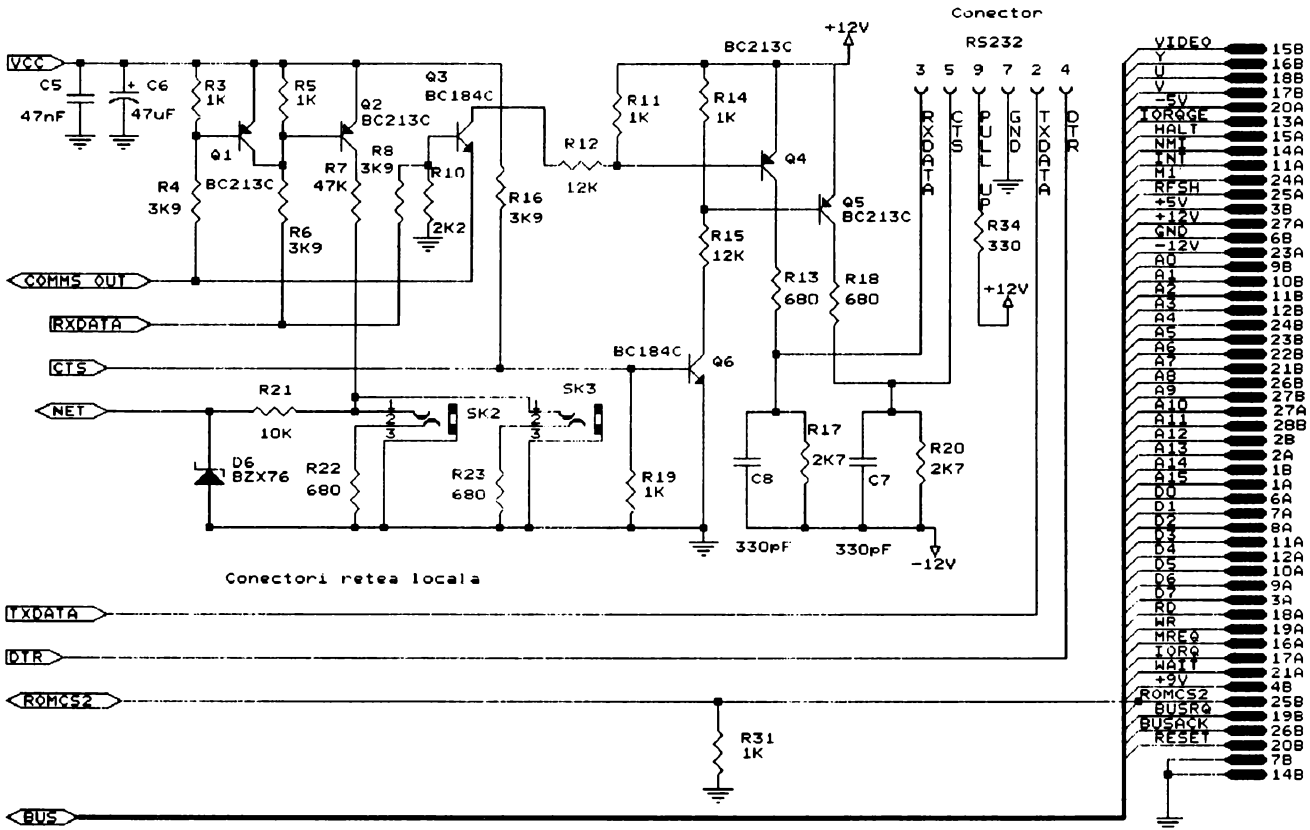


Fig. 2.15. **Schema Interfeței 1: Circuitele de comunicație și cupla de extensie**

Interfaţa este activată de decodificarea semnalului DECODE de IC3. Acest semnal comandă un *latch* care activează $\overline{\text{ROMCS}}$ şi $\overline{\text{ROMEN}}$ pe conexiunile 6 şi 7 ale circuitului IC1, realizând astfel comutarea memoriei ROM. Tranzistoarele Q10 şi Q11 controlează semnalul $\overline{\text{IORQ}}$ generat de CPU, destinat fie lui IC1, fie circuitului ULA. Când semnalul este activat de ROM-ul din *Spectrum*, există posibilitatea ca ULA să blocheze pentru câteva perioade ceasul microprocesorului. Acest mecanism se bazează pe Q10 şi asigură decodificarea în exclusivitate de către ULA a cererilor I/O care îi sunt adresate (cu A0=0). Pentru calculatoarele din versiunea 3, acest lucru este redundant, acelaşi rol jucându-l TR6. Tranzistorul Q11 provoacă o reducere a timpului de comutare a semnalului $\overline{\text{IORQ}}$.

Dezactivarea memoriei ROM a interfeţei este controlată prin program şi este comandată de IC1. Similar cu ROM-ul intern al *Spectrum*-ului, memoria ROM din Interfaţa 1 poate fi la rândul ei inhibată de un semnal disponibil la conectorul de extensie al interfeţei. Acest lucru este necesar pentru funcţionarea simultană a Interfeţei 1 cu alte interfeţe.

Circuitul IC1 este de fapt un dispozitiv periferic inteligent, multifuncţional, conectat la magistralele de date, de adrese şi de control. Adresele la care răspunde şi semnificaţiile acestora sunt date în tabelul 2.3.

TABELUL 2.3. **Harta *port*-urilor Interfeţei 1**

Adresa	*Port*		Bit 7 MSB	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0 LSB
239 (#EF)	Status	Read				Busy	DTR	Gap	Sync	Write Protect
	Control	Write			Wait	CTS	Erase	R/W	Comms CLK	Comms Data
231 (#E7)	Microdrive Data	Scrierea întâmplătoare din Basic în acest *port* blochează sistemul								
247 (#F7)	RS232 Network	Read	Tx Data RS232IN							Net Input
		Write								Net Out Rx Data

2.6.1. DISCUL

Microdrive-ul este un periferic de stocare a informaţiei inventat de Sinclair, cu rol de disc magnetic, dar cu suport de bandă magnetică fără sfârşit

(cartuş). Viteza de derulare este mult mai mare decât în cazul casetofonului, ceea ce asigură o bandă mai largă de frecvenţe. Din punctul de vedere al operării, microdrive-ul are toate proprietăţile discului, însă la o viteză inferioară. Banda din microdrive execută o rotaţie completă în aproximativ şapte secunde, ceea ce asigură o capacitate neformatată în jur de 150 kB.

Controlul celor maximum opt unităţi de *Microdrive* care pot fi conectate simultan la *Spectrum* este realizat de IC1 prin intermediul a şapte linii de semnal. Semnificaţia acestora este dată în tabelul 2.4.

TABELUL 2.4. **Semnalele de control al Microdive-ului**

Semnalul	Funcţia
Erase	Controlul curentului de ştergere
R/W	Controlul direcţiei transferului
Comms Out	Selecţie Microdrive/RS232
Comms CLK	Ceas Microdrive
Write Protect	Starea comutatorului write protect
Data 1	Semnalul de date de la/pentru pista 1
Data 2	Semnalul de date de la/pentru pista 2

2.6.2. COMUNICAŢIA SERIALĂ RS232

Interfaţa 1 asigură un canal serial cu protocol hardware, compatibil RS-232C. Transmisia şi recepţia serială sunt asigurate de IC1. La transmisie, datele serializate ajung pe linie prin intermediul tranzistoarelor Q3 şi Q4, care formează un amplificator de linie. Un circuit asemănător, folosind Q5 şi Q6, asigură transmisia semnalului de protocol CTS. La recepţie semnalele corespunzătoare Tx Data şi DTR trec prin două circuite identice de limitare formate din R24-R29-D6 şi R25-R28-D7 care convertesc tensiunile la nivelul TTL. Semnalele interfeţei seriale sunt explicate în tabelul 2.5[1].

[1]Numele semnalelor este cel din documentaţia originală, respectând convenţia de sens pentru imprimante. Astfel, semnalul Tx Data al *Spectrum*-ului va fi conectat la semnalul omonim al imprimantei.

TABELUL 2.5. **Semnalele interfeţei seriale RS232**

Linia	Funcţia
Rx Data *Received Data*	Date transmise de *Spectrum către* periferic
Tx Data *Transmited Data*	Date receptionate de *Spectrum de la* periferic
CTS *Clear To Send*	Avertizează perifericul că *Spectrum* vrea să transmită date
DTR *Data Terminal Ready*	Semnal de la periferic indicând faptul că poate primi date

2.6.3. REŢEAUA LOCALĂ

Interfaţa 1 permite crearea unei reţele locale omogene de date prin interconectarea a maximum 64 de calculatoare *Spectrum*. Fiecare interfaţă are doi conectori de tip *jack*, notaţi SK2 şi SK3, care sunt legaţi în paralel la conexiunea NET a IC1. Reţeaua este cu emitor comun şi dacă ambii conectori sunt folosiţi, linia nu se încarcă. Dacă un conector rămâne nefolosit (cazul primului şi ultimului calculator) atunci acesta pune linia la masă printr-o rezistenţă de 680 Ω ceea ce asigură menţinerea unei impedanţe constante de 340 Ω, indiferent de numărul staţiilor conectate. Dioda D6 (figura 2.15) protejează intrarea NET de supratensiuni periculoase.

2.7. PREZENTAREA GENERALĂ A COMPATIBILELOR ROMÂNEŞTI

Principalele compatibile realizate în ţară sunt[1]:

– Mărăcineanu 1. Printre primele calculatore compatibile *Spectrum*. Proiectat la ITC Bucureşti de Eugen Mărăcineanu. Subsistemul video respectă mecanismul de acces la memorie cu blocarea ceasului microprocesor. Cei 48 kB de memorie sunt realizaţi din trei bancuri de 16 kB, iar memoria ROM din opt circuite EPROM 2716. Nu a fost realizat în producţie de serie însă este relativ răspândit în special printre constructorii amatori din Bucureşti. Schema sa este prezentată în [29].

– TIM-S. Proiectat de un colectiv al Institutului Politehnic "Traian Vuia" din Timişoara (Crişan Strugaru, Dumitru Pănescu, Cezar Morun) şi construit

[1] Prezentarea este departe de a fi completă. Acolo unde calculatorul nu are un nume comercial, am folosit numele proiectantului. Ordinea este cronologică.

la Fabrica de Memorii Timişoara. Are 80 kB de memorie RAM din care numai 64 sunt accesibili microprocesorului, şi 16 kB ROM. Memoria video este dublată, ceea ce permite accesul la citire al procesorului fără blocarea ceasului. La scriere însă acesta trebuie în continuare blocat. Este primul calculator din familia *Spectrum* construit cu microprocesorul Z80 B, cu posibilitate de accelerare (turbo). Chiar la frecvenţa normală de 3,5 MHz, viteza de calcul este cu aproximativ 5% mai mare decât cea a *Spectrum*-ului. În schimb, la frecvenţa de 6 MHz, creşterea de viteză este într-adevăr semnificativă (cu aproximativ 80%). Permite comutarea din mers a ceasului microprocesorului de la 3,5 MHz la 6 MHz şi invers. Memoria ROM nu este folosită decât la pornire, apoi este copiată în RAM. Tehnica se numeşte *shadow* şi este utilizată pe scară largă la calculatoarele PC. Este posibilă încărcarea de pe casetă a ROM-ului original de *Spectrum*. Iniţial a fost dotat cu o tastatură plată, fiind apoi înlocuită cu o tastatură mecanică. Nu a fost echipat cu un codor PAL. A fost realizat şi un echivalent al Interfeţei 1, Timext, proiectat de Cezar Morun, care permite conectarea a două unităţi de disc de 5"¼, fiecare emulând 4 unităţi de Microdrive. A fost produs în serie, din 1985 până în 1990. Schemele sale sunt prezentate în [51].

– HC85. Proiectat la FCE Bucureşti, în colaborare cu Institutul Politehnic Bucureşti. Colectivul a fost condus de A. Petrescu. Este o "copie" fidelă a *Spectrum*-ului, cu excepţia bitului de strălucire, care la acest calculator nu are nici un efect. Ca urmare, imaginea sa color PAL are doar 8 culori. Placa de cablaj imprimat este în patru straturi, cu un număr mic de circuite integrate, dispuse compact. A fost realizat şi un echivalent al Interfeţei 1 care însă nu este total compatibil cu aceasta şi care permite conectarea unei unităţi de disc, o interfaţă de reţea şi o interfaţă serială. A fost produs în serie între anii 1985-1988. Schemele sale sunt prezentate în [50].

– Cobra 1. Proiectat la ITC Braşov de Wagner Bernd Hansgeorg, ajutat de câţiva colaboratori. Este un calculator cu dublă funcţionalitate: compatibil *Spectrum* şi compatibil CP/M. Are 2÷18 kB de ROM şi 64÷80 kB RAM accesibili procesorului prin paginare. Interfaţa de disc se află pe o placă de extensie ce se montează într-un conector special. Există mai multe versiuni de sistem de operare compatibile *Spectrum*, unele permiţând accesul la disc din Basic. Dacă interfaţa de disc este prezentă, calculatorul nu necesită decât 2 kB de RAM. Are o tastatură specială cu 61 de taste unele dublând combinaţii de taste. Calculatorul a fost produs artizanal, pe scară largă. Este compatibilul cu cea mai mare priză la constructorii amatori.

– Cobra 2. O versiune minimală de calculator compatibil *Spectrum*. Subsistemul video a fost realizat cu circuite ROM bipolare, având un singur banc de 64 kB RAM şi un circuit ROM 27128. Placa de circuit imprimat se apropie ca dimensiuni de cea a *Spectrum*-ului original. Nu s-au construit decât câteva exemplare.

– HC88. Proiectat la FCE Bucureşti. Compatibil dual – *Spectrum* şi CP/M. Ecranul are două moduri grafice (256×192 şi 512×192). Include interfaţa de disc şi mecanismele necesare pentru Interfaţa 1. Are 128 kB RAM şi doar 2 kB ROM, sistemul de operare încărcându-se de pe dischetă. Afişarea

nu se poate face decât pe propriul monitor. A fost produs în serie scurtă între anii 1988–1990.

– CIP. Realizat la Întreprinderea "Electronica" Bucureşti. Proiectarea sa se remarcă prin economicitate, sistemul de operare este rezident pe casetă şi nu în ROM. Un ROM de 2 kB are rolul de a încărca de pe casetă sistemul. Tastatura mecanică este printre cele mai reuşite la compatibilele româneşti.

– JET. Realizat la Întreprinderea "Electromagnetica" din Bucureşti. Intenţia proiectanţilor a fost de a realiza o maşină de jocuri TV, cu interfaţă de *joystick* încorporată. Tastatura este nerecomandabilă pentru introducere de texte. Este destul de compatibil, datorită cerinţei de a rula toate jocurile.

– TIM-S PLUS. Proiectat de Dumitru Pănescu, a fost realizat la Fabrica de Memorii din Timişoara. Este compatibil *Spectrum*, Microdrive şi CP/M. Are două unităţi de disc floppy de 5"¼. S-au realizat puţine exemplare.

– HC90. O versiune reproiectată a lui HC85. Principala noutate constă în modul de funcţionare a maşinii video şi utilizarea memoriei EPROM de 16 kB. Accesul procesorului la memoria video are prioritate maximă şi se realizează fără blocarea ceasului sau stări de WAIT. Acest lucru este posibil printr-o complexitate ceva mai mare a *controller*-ului video, dar permite în schimb utilizarea unui singur banc de memorie DRAM de 64 kB. În rest, calculatorul menţine toate trăsăturile lui HC85: stabilizator încorporat, compatibilitate cu periferia *Spectrum* etc. A fost produs în serie, între anii 1990–1991.

– HC91. Este ultima versiune[1] de compatibil *Spectrum* aflată în producţie de serie la FCE şi constă într-o reproiectare a lui HC90. De asemenea, se produce un echivalent funcţional al Interfeţei 1, echipat cu disc de 5"¼ sau 3"½.

---

[1]Este vorba de momentul în care a fost scrisă cartea, ianuarie 1993.

3

PROGRAMAREA ÎN LIMBAJ DE ASAMBLARE PE COMPATIBILELE *SPECTRUM*

3.1. INSTRUCŢIUNILE MICROPROCESORULUI Z80

Instrucţiunile microprocesorului Z80 sunt descrise în diferite lucrări ([27], [29], [37], [2]), a căror consultare va trebui să însoţească lectura acestui capitol. Considerăm totuşi ca fiind utilă prezentarea unei sinteze a instrucţiunilor în două moduri suplimentare, care prezintă avantaje în practică.

3.1.1. TABELELE MATRICEALE ALE INSTRUCŢIUNILOR

Tabelele matriceale ale instrucţiunilor, după codurile de instrucţiune, sunt deosebit de utile la dezasamblarea manuală, rapidă, a unor segmente scurte de cod. De asemenea, clarifică în mare măsură organizarea codurilor de instrucţiune.

În anexa A se dă tabelul principal al instrucţiunilor, cu 16 linii şi 16 coloane, numerotate de la 0 la F. Linia corespunde cifrei hexazecimale de rang superior, iar coloana corespunde cifrei de rang inferior. Astfel, la intersecţia dintre linia 3 şi coloana 7 se găseşte instrucţiunea `SCF` (codul operaţiei #37). Deoarece microprocesorul Z80 are mai mult de 256 de instrucţiuni, patru din codurile de operaţie, cele pe fond negru, sunt de fapt prefixe pentru extinderea numărului de coduri.

Două din prefixe (#DD şi #FD) redirecţionează operaţiile în care este implicat registrul `HL`, către registrul `IX`, respectiv către registrul `IY`. Totodată, operaţiile care utilizează modul indirect via registrul `HL` se transformă în operaţii cu modul de adresare indexat, via registrul `IX`, respectiv `IY`, plus un deplasament imediat de 1 octet (`d`). De exemplu, `LD HL,HL` devine `LD IX,IX`, iar `SUB (HL)` devine `SUB (IX+d)`.

Celelalte două prefixe (#CB şi #ED) trimit către anexele B şi C, construite pe aceeaşi structură. Codurile de operaţie care apar pe fond închis nu trebuie folosite, deoarece au fost excluse din documentaţia oficială Zilog din cauza unor imperfecţiuni. Acestea, precum şi altele care nu au mai fost reprezentate, constituie aşa numitele *instrucţiuni ascunse* [37].

3.1.2. TABELUL INSTRUCŢIUNILOR ÎN ORDINEA VITEZEI DE EXECUŢIE

Tabelul instrucţiunilor în ordinea vitezei de execuţie se găseşte în anexa D şi grupează instrucţiunile după criteriul duratei lor în perioade de ceas de unitate centrală (T). Cele mai rapide instrucţiuni apar pe prima linie şi durează 4 T. Pentru a converti durata unei instrucţiuni din perioade de ceas (T) în microsecunde, se va folosi următoarea formulă:

$$t = \frac{n\ T}{f_{CPU}\ \text{MHz}}\ \mu\text{s}$$

Frecvenţa ceasului unităţii centrale (CPU) la calculatoarele *Spectrum* este în general de 3,5 MHz. Excepţie fac calculatoarele TIM-S, care pot funcţiona şi la 6 MHz. Reiese că durata minimă a unei instrucţiuni maşină complete, de exemplu `NOP`, va fi de 1,143 μs, iar durata maximă a unei instrucţiuni, de exemplu `EX (SP).IX`, va fi de 6.571 μs, adică de 6 ori mai mult. Acest tabel este util în primul rând pentru că oferă programatorului un criteriu foarte important în alegerea instrucţiunilor, criteriul vitezei. Atunci când există mai multe variante de rezolvare a aceleiaşi funcţii, vom prefera varianta cu instrucţiuni mai rapide. Pe de altă parte, la programarea în timp real trebuie să echilibrăm durata execuţiei unui program pe diversele ramuri, prin adăugarea unor instrucţiuni de întârziere, fără alt efect. Din tabelul prezentat se poate alege direct instrucţiunea sau combinaţia de instrucţiuni convenabilă.

3.2. PARTICULARITĂŢI DE PROGRAMARE A MICROPROCESORULUI Z80 LA COMPATIBILELE *SPECTRUM*

Faţă de alte calculatoare cu Z80, compatibilele *Spectrum* impun programatorilor anumite restricţii, dar oferă şi o importantă colecţie de subrutine utile şi accesibile, în ROM (§ 3.3.). În cele ce urmează vom analiza restricţiile mai importante.

3.2.1. LOCALIZAREA PROGRAMELOR

Programele în cod maşină trebuie amplasate conform următoarelor reguli:

– dacă se intenţionează revenirea controlului în Basic, atunci trebuie evitate zona variabilelor de sistem, zona de program Basic şi variabile Basic, până la `RAMTOP`. Există şi o excepţie, a codului maşină ascuns într-o linie de comentariu Basic (`REM`), sau într-o variabilă, dar aceste soluţii presupun precauţii speciale în ceea ce priveşte localizarea şi calculul adresei punctului de intrare.

Modul cel mai recomandabil de a respecta această regulă este de a da o comandă CLEAR nn, şi de a amplasa codul maşină al utilizatorului de la adresa nn+1 (folosind directiva ORG nn+1). Atunci când se folosesc caracterele grafice definite de utilizator (UDG-urile), codul maşină nu trebuie să se suprapună peste zona rezervată acestora (de la variabila de sistem UDG);

– dacă execuţia programului trebuie să se facă în timp real, atunci codul maşină va fi amplasat în afara zonei de memorie video (#4000÷#7FFF), deoarece la majoritatea compatibilelor *Spectrum*, accesul unităţii centrale în această zonă este întârziat prin încetinirea ceasului.

3.2.2. REGISTRE REZERVATE

Rutina standard de tratare a întreruperilor mascabile (de la #0038) utilizează registrul IY ca *pointer* în zona variabilelor de sistem (valoarea sa este #5C3A). Din acest motiv, registrul nu trebuie folosit în alte scopuri decât pe perioada dezactivării întreruperilor (cu DI) şi cu condiţia refacerii conţinutului său înainte de reactivarea întreruperilor (cu EI).

De asemenea, se va evita alterarea registrului I, care în mod normal conţine (#3F). În modul 1 de întreruperi, propriu *Spectrum*-ului, aparent nu are importanţă ce valoare conţine registrul I. Totuşi, datorită logicii particulare a maşinii video (ULA), biţii I6 şi I7 ai registrului I au o semnificaţie aparte la *Spectrum*, (§ 3). Efectul poziţionării lor pe 1 va fi provocarea unor dereglări ale imaginii (*snow*). În schimb, alterarea sistematică a registrului R nu poate provoca dereglări ale împrospătării, deoarece la *Spectrum* aceasta este asigurată de ULA şi nu de CPU, cum ar fi normal.

În sfârşit, registrul H'L' la întoarcerea în Basic trebuie refăcut cu valoarea #2758, dacă cumva a fost utilizat.

3.2.3. REGIMUL ÎNTRERUPERILOR

După cum am arătat, modul de întreruperi cu care se iniţializează calculatoarele compatibile *Spectrum* este IM 1. Cu precauţiile arătate la §3.3.9., programatorii pot beneficia de redirectarea rutinei de tratare a întreruperilor prin modul 2. Pe perioada dezactivării întreruperilor, ceasul de timp real al calculatorului (variabila de sistem FRAMES) nu va fi actualizată şi prin urmare acest ceas va rămâne în urmă (de exemplu, în timpul încărcării sau salvării pe casetă, generării sunetelor etc.).

Înainte de revenirea în Basic este obligatorie reactivarea întreruperilor (cu EI), altfel interpretorul nu poate citi nici o tastă, deoarece acest serviciu este asigurat chiar de rutina RST #38. În schimb, interpretorul poate rula un program Basic chiar cu întreruperile dezactivate, dacă acesta nu solicită citirea tastaturii.

Instrucţiunile de întoarcere din rutinele de tratare a întreruperilor (RETI şi RETN) nu au nici un efect la *Spectrum*, deoarece acesta nu conţine alte circuite din familia Z80 (PIO, SIO).

Întreruperea nemascabilă (NMI) nu poate fi exploatată la *Spectrum*, deoarece la adresa #0066 este o secvenţă care provoacă iniţializarea (salt la #0000). Iniţial, intenţia autorilor sistemului de operare *Spectrum* (colectivul lui Steven Vickers) a fost de a permite redirectarea tratării întreruperilor nemascabile via variabila de sistem NMIADD (#5CB0). Dar după experienţa piratării programelor la Sinclair ZX-81 (predecesorul *Spectrum*-ului), s-á renunţat la această facilitate, care ar fi servit copierii neautorizate a programelor, indiferent de metodele de protecţie la încărcare. Unii autori [24] consideră în mod eronat această situaţie una din greşelile sistemului de operare, de fapt este o modificare intenţionată.

3.3. PRINCIPALELE SUBRUTINE DIN ROM

Programatorii în limbaj de asamblare care doresc să folosească în propriile programe rutine ale interpretorului pot apela aceste rutine cu următoarele precauţii:

– variabilele-sistem trebuie să rămână intacte (sau rescrise cu conţinutul iniţial);

– la fel şi registrul IY; el conţine în mod uzual valoarea #5C3A[1], care este baza adresării indexate a variabilelor de sistem;

– registrul H'L' conţine adresa buclei principale a interpretorului şi poate fi modificat doar dacă nu se intenţionează întoarcerea în Basic;

– în general rutinele sunt insensibile la starea întreruperilor;

– anumite rutine (de casetă, de sunet) afectează starea întreruperilor;

– rutinele de citire a tastaturii funcţionează numai cu întreruperile activate.

3.3.1. SUBRUTINELE DE CASETĂ

Informaţia se stochează pe casetă (sau bandă magnetică) sub formă de fişiere cu următoarea structură la nivelul logic de organizare:

– un preambul de identificare de lungime fixă (#11 = 17), denumit *header*;

– blocul de date (informaţia efectivă) de lungime variabilă, denumit *block*.

Structura *header*-ului este următoarea:

---

[1] La un calculator fără Interfaţa 1.

0	1	11	13	15
ID	NAME	LEN	ADR	PROG

Câmpurile au următoarele semnificaţii:

ID – octet de identificare a tipului de fişier: ID=0 pentru program Basic (*Program*); ID=1 pentru tablou numeric (*Number Array*); ID=2 pentru tablou de caractere (*Character Array*); ID=3 pentru cod maşină sau imagine memorie (*Bytes*).

NAME – numele fişierului, de maximum 10 caractere, completat cu blancuri.

LEN – lungimea blocului de date (2 octeţi în format Intel).

ADR – în funcţie de octetul de identificare, acest parametru conţine: (pentru ID=0) numărul de linie Basic unde se va face automat GO TO după terminarea încărcării (linia de AUTO-RUN); (pentru ID=1 sau ID=2, în octetul 14) o structură de biţi care furnizează numele implicit al variabilei în format intern Basic; (pentru ID=3) adresa implicită de unde va începe încărcarea blocului în memorie.

PROG – este utilizat numai în cazul ID=0 şi conţine lungimea programului Basic fără variabile.

La nivelul fizic de organizare, atât *header*-ul cât şi *block*-ul au aceeaşi structură, compusă din următoarele elemente:

– *leader* (ton de start) cu frecvenţa de 800 Hz şi lungime de 2 secunde pentru *block* şi 5 secunde pentru *header*; durata unui impuls de *leader* este 254% din durata unui "0";

– *sync pulse* (impuls de sincronizare) cu durata 82% din durata unui "0";

– *flag byte* (octet de identificare) care conţine 0 pentru *header* şi #FF pentru *block*;

– *data bytes* (octeţi de date utile);

– *checksum byte* (octet de sumă de control) care conţine rezultatul operaţiilor succesive SAU EXCLUSIV asupra tuturor octeţilor de date şi octetului de identificare;

– *delay* (pauză finală) care durează 400% din durata unui "0".

Codificarea informaţiei pe casetă se face prin modulaţie în frecvenţă. Fiecare octet este serializat în biţii componenţi, începând cu cel mai semnificativ bit. Între octeţi nu se lasă nici o pauză. Dacă bitul are valoarea 0, se generează un impuls cu durata de 0,48857 ms (2 · 855T). Dacă bitul are valoarea 1, se generează un impuls cu durata dublă faţă de cea a unui "0" (0,97714 ms sau 2 · 1710T). Polaritatea nu este importantă, impulsurile fiind simetrice. La încărcare, semnalul de la casetofon nu trebuie să aibă fronturi abrupte, semnalul nedistorsionat fiind sinusoidal. De asemenea, este important ca în domeniul de frecvenţă al semnalului (500÷2500 Hz) să nu apară schimbări importante în faza semnalului (caracteristica fază-frecvenţă să fie cât mai plată). Acest fapt recomandă folosirea unui casetofon cât mai simplu, fără corecţii complexe de ton sau filtre pentru reducerea zgomotului.

3.3.1.1. Încărcarea de pe casetă (LD_BYTES)

Subrutina de încărcare a unui bloc de octeţi de pe casetă are punctul normal de intrare la adresa #0556 (1366) şi este folosită atât pentru încărcarea *header*-ului cât şi pentru *block*. Pentru aplicaţii speciale se utilizează un alt punct de intrare la adresa #0562 (1378). Înainte de apelarea acestei subrutine, registrele IX, DE şi AF trebuie preîncărcate cu următorii parametri de intrare:

IX – adresa unde va începe încărcarea (între 0 şi #FFFF)[1];

DE – numărul de octeţi (între 0 şi #FEFF); dacă numărul de octeţi care trebuie încărcaţi nu este cunoscut apriori, atunci registrul D va fi încărcat cu #FF, iar registrul E nu mai contează;

A – (*Flag Byte*): A = 0 pentru încărcarea unui *header*; A = #FF pentru încărcarea unui *block*;

CY – comutator de mod de lucru: CY = 1 pentru operaţia de încărcare propriu-zisă (LOAD); CY = 0 pentru operaţia de verificare, adică de comparare a conţinutului memoriei cu înregistrarea de pe casetă (VERIFY).

Ieşirea din subrutină se poate face în două moduri: normal (cu sau fără eroare de încărcare) sau prin excepţie, la apăsarea tastei BREAK. În cel de-al doilea caz, controlul nu mai revine programului apelant, acesta fiind cedat interpretorului Basic prin rutina de eroare (RST 8), v. § 3.3.8. La ieşirea normală, registrele vor conţine următorii parametri:

CY – indicator de eroare: CY = 1 pentru încărcare (verificare) fără eroare; CY = 0 pentru eroare la încărcare (verificare);

IX – adresa următoare (după ultimul octet încărcat);

DE – numărul de octeţi care au mai rămas de încărcat (0 în cazul ieşirii normale fără eroare);

H – rezultatul operaţiei de verificare a integrităţii octeţilor încărcaţi prin suma de control: H = 0 dacă suma de control este corectă; H ≠ 0 dacă suma de control este incorectă.

În mod uzual, informaţia din registrul H este inutilă deoarece o eroare în suma de control va fi semnalată prin CY = 0.

3.3.1.2. Salvarea pe casetă (SA_BYTES)

Subrutina de salvare a unui bloc de octeţi pe casetă are punctul de intrare la adresa #04C2 (1218) şi este folosită atât pentru salvarea *header*-ului cât şi pentru *block*. Programele de copiere folosesc un alt punct de intrare, la #04C6. Înainte de apelarea subrutinei registrele IX, DE şi A trebuie încărcate cu următorii parametri de intrare:

IX – adresa de unde va începe salvarea (între 0 şi #FFFF);

---

[1] Bineînţeles că încărcarea se face efectiv numai în domeniul de adrese ocupat de RAM, adică de la #4000 la #FFFF inclusiv.

DE – numărul de octeți ce urmează a fi salvat (între 0 și #FFFF);

A – *Flag Byte*: A = 0 pentru salvarea unui *header*; A = #FF pentru salvarea unui *block*.

Din punctul de vedere al subrutinei, singura deosebire dintre *header* și *block* este lungimea tonului de start (*leader*), respectiv 5 s față de 2 s. *Header*-ul este recunoscut la încărcare numai dacă are 17 octeți lungime și respectă structura impusă.

Ieșirea din subrutină se poate face în două moduri: normal sau prin excepție, la apăsarea tastei BREAK. În cel de-al doilea caz, controlul nu mai revine programului apelant, fiind cedat interpretorului Basic, prin rutina de eroare (RST 8) v. §3.3.8. La ieșirea normală, conținutul registrelor nu are importanță.

3.3.1.3. **Exemple de apelare**

Încărcarea unui bloc fără *header* în memoria video:

```
ADRSTART        EQU  #4000       ; adresa de început a memoriei video
LUNGIME         EQU  #1B00       ; lungimea blocului de date egală cu dimensiunea
                                 ; memoriei video
LD_BYTES        EQU  #0556       ; adresa rutinei de încărcare
                ENT  $           ; punctul de intrare
                LD   IX,ADRSTART ; transferul parametrilor
                LD   DE,LUNGIME
                LD   A,#FF       ; block
                SCF              ; încărcarea propriu-zisă
                CALL LD_BYTES    ; apelul rutinei de încărcare
                JR NC,EROARE     ; în caz de eroare, CY=0
                RET
      ; rutina de tratare a erorii de încărcare
EROARE          RST  #08         ; rutină de eroare a Basic-ului
                DEFB #1B         ; mesaj 'Tape loading error'
```

Salvarea unui fișier de cod (*header* + *block*) ce conține ecranul:

```
SA_BYTES        EQU  #04C2         ; adresa rutinei de salvare
HEADER:         ; urmează cei 17 octeți ai header-ului
ID              DEFB  #03          ; CODE
NAME            DEFM  'ECRAN     ' ; numele fișierului (10 octeți)
LEN             DEFW  #1B00        ; dimensiune memorie video
ADR             DEFW  #4000        ; adresă de început memorie video
PROG            DEFW  #0000        ; nefolosit pentru CODE
                ENT $              ; punctul de intrare
                LD   IX,HEADER     ; salvare header (17 octeți de la adresa
                                   ; HEADER)
                LD DE,#11
                LD A,#00
                CALL  SA_BYTES
                EI
                LD  B,25           ; 0.5 s pauză între header și block
PAUZA:
                HALT
                DJNZ  PAUZA
```

```
LD  IX,(ADR)        ; salvare bloc de la adresa şi cu lungimea
                    ; specificate în HEADER
LD  HL,(LEN)
EX  DE,HL
LD  A,#FF
CALL SA_BYTES
RET
```

3.3.2. GENERATORUL DE SUNET

3.3.2.1. **Apelarea subrutinei**

Calculatorul *Spectrum* are un generator de sunet simplu, realizat prin conectarea unuia din biţii *port*-ului de ieşire la un difuzor, mai exact bitul D4 din *port*-ul #FE. Controlul difuzorului se realizează prin software, prin poziţionarea succesivă pe 1 şi pe 0 a acestui bit. Intervalul dintre două poziţionări determină frecvenţa sunetului emis. De exemplu, pentru a genera un ton cu frecvenţa de 1000 Hz este necesar să activăm bitul D4 din *port*-ul #FE timp de 0,5 ms şi să-l dezactivăm pentru următoarele 0,5 ms (0,5 + 0,5 = 1 ms = 1/1000 Hz). Ceasul microprocesorului fiind de 3,5 MHz, recurgem la o buclă de întârziere de 0,5 ms × 3,5 MHz = 1750 T. Întreruperile vor fi dezactivate pentru a obţine un ton pur, altfel la fiecare 20 ms ar interveni tratarea întreruperii mascabile de citire a tastaturii.

Rutina din ROM poate fi apelată în două moduri. Prima posibilitate este prin punctul de intrare #03B5 (BEEPER). Înainte de apelarea acestei subrutine, registrele DE şi HL trebuie încărcate cu următorii parametri de intrare:

DE – numărul de impulsuri care formează sunetul; se poate estima cu formula INT(f*t), unde f este frecvenţa sunetului, iar t, durata sa;

HL – numărul de stări T pentru bucla de aşteptare; se poate estima cu formula INT(437500/f-30.125).

Starea registrelor la ieşirea din subrutină este nedefinită. De remarcat că indiferent de starea lui IFF1 la intrare, după apelul acestei subrutine întreruperile vor fi activate.

O a doua posibilitate de apel este punctul de intrare #03F8 (BEEP, rutina de comandă a interpretorului Basic). Parametrii în acest caz sunt însă ceva mai greu de transferat deoarece trebuie folosit calculatorul aritmetic. Argumentele (durata şi nota) trebuie depuse în stiva calculatorului aritmetic, în ordinea: durată, notă. Formatul este cel al instrucţiunii Basic. În cazul în care produsul durată-frecvenţă depăşeşte 65535, controlul este cedat rutinei de eroare (RST #08), cu mesajul "Integer out of range", şi sunetul nu este emis. Starea registrelor la intrarea în subrutină nu contează, iar la ieşire este nedefinită.

Efectul produs de cele două puncte de intrare este diferit datorită faptului că în al doilea caz, trecerea de la o notă la alta este sesizabilă (necesită un timp apreciabil mai mare, din cauza calculului în virgulă mobilă).

3.3.2.2. **Exemple de utilizare**

Generarea notei do pentru 0,5 s (echivalent cu BEEP 0.1,0) folosind punctul de intrare #03B5:

```
NRPULS          EQU  131        ; INT(261.63*0.5) frecvenţă*durată
DELAY           EQU  1642       ; INT(437500/261.63-30.125) nr. T
BEEPER          EQU  #03B5      ; adresa punctului de intrare
                ENT $
                LD  HL,DELAY
                LD  DE,NRPULS
                CALL BEEPER
                RET
```

Generarea aceluiaşi sunet folosind punctul de intrare #03F8:

```
BEEP            EQU  #03F8              ; adresa punctului de intrare
STACK_NUM       EQU  #33B4              ; subrutina de copiere a unui număr în
                                        ; virgulă mobilă din memorie în vârful
                                        ; stivei calculatorului aritmetic.
DURATA          DEFB #7F,#00,#00,#00,#00    ; reprezentarea lui 0.5 (5 octeţi)
NOTA            DEFB #00,#00,#00,#00,#00    ; reprezentarea lui 0 (5 octeţi)
                ENT $
                LD  HL,DURATA           ; pregăteşte adresa duratei
                CALL STACK_NUM          ; numarul 0.5 este pus pe stiva calcula-
                                        ; torului aritmetic
                LD  HL,NOTA             ; pregăteşte adresa notei
                CALL STACK_NUM          ; numărul 0 este pus pe stiva calculato-
                                        ; rului aritmetic
                CALL  BEEP              ; apelul subrutinei
                                        ; la ieşire, stiva calculatorului arit-
                                        ; metic va fi descărcată
                RET
```

3.3.3. SCRIEREA UNUI CARACTER

3.3.3.1. **Apelarea subrutinei**

Modul normal de afişare a unui caracter pe ecran sau la imprimantă exploatează subrutina de la adresa #0010 printr-o instrucţiune de apel în pagina zero modificată (RST #10). Pentru a scrie pe ecran, trebuie deschis în prealabil canalul de ecran (CHAN_OPEN) cu parametrul 2 pentru partea superioară şi 0 sau 1 pentru cea inferioară. Pentru trimiterea unui caracter la imprimantă se foloseşte canalul 3. Dacă este prezentă Interfaţa 1, atunci se pot folosi şi alte canale iniţializate în prealabil, pentru scrierea în fişiere pe *microdrive* sau pe disc.

La intrare, subrutina de scriere a unui caracter are nevoie de un singur parametru:

A – codul caracterului; dacă registrul A conţine un cuvânt-cheie (> 164), atunci el este expandat (descompus în literele care îl formează); dacă registrul

A conţine un cod de control, atunci se execută acţiunea corespunzătoare codului respectiv; parametrii codurilor de control sunt verificaţi şi dacă ies din domeniul permis, controlul este cedat rutinei de eroare (RST #08).

Caracterul se trimite în poziţia şi cu atributele canalului curent. Dacă este cazul, pe canalul 2 apare mesajul "scroll?". Tentativa de a scrie mai mult de 22 de linii în partea de editare – pe canalele 0 sau 1 – duce la eroare, cu ieşire prin RST #08.

Forma caracterelor pe ecran este determinată de generatorul de caractere folosit. Adresa generatorului de caractere este variabila de sistem CHARS, care poate fi modificată, v. anexa F.

Rutina RST #10 afectează acumulatorul şi registrele alternative. Dacă valoarea acumulatorului este codul unui cuvânt-cheie, atunci sunt afectate toate registrele.

3.3.3.2. **Exemple de utilizare**

Scrierea unui caracter ('*') pe ecran în poziţia şi cu atributele curente:

```
CHAN_OPEN       EQU  #1601      : adresa subrutinei comutare canal
                ENT $
                LD  A,#02       : ecran
                CALL CHAN_OPEN  : canalul curent este #02
                LD A,'*'        : codul caracterului în A
                RST #10         : afişează '*'
                RET
```

Scrierea unui caracter ('*') pe ecran în linia 5 coloana 10 cu atributul de clipire:

```
CHAN_OPEN       EQU  #1601      : adresa subrutinei de comutare canal
AT              EQU  #16        : codul de control pentru AT
LIN             EQU  #5         : poziţia
COL             EQU  #10
FLASH           EQU  #12        : codul de control pentru FLASH
ON              EQU  #01
OFF             EQU  #00
                ENT $
                LD  A,#02       : canalul curent este #02 - ecranul
                CALL  CHAN_OPEN
                LD  A,AT        : AT LIN,COL
                RST  #10
                LD  A,LIN
                RST  #10
                LD  A,COL
                RST  #10
                LD  A,FLASH     : FLASH 1
                RST  #10
                LD  A,ON
                RST  #10
                LD  A,'*'       : afişare caracter
                RST  #10
                LD A,FLASH      : FLASH 0
                RST #10
```

```
LD A,OFF
RST #10
RET
```

Pentru lista caracterelor de control şi semnificaţia lor vezi anexa E.

3.3.4. SCRIEREA UNUI MESAJ

3.3.4.1. **Apelarea subrutinei**

Afişarea unui mesaj în poziţia curentă se poate face folosind subrutina RST #10 pentru a scrie literă cu literă. Cum această funcţie este des folosită, există, în cazul în care se respectă o anumită convenţie, posibilitatea de a folosi rutina standard a interpretorului Basic. Aceasta are punctul de intrare #0C0A (PO_MSG) şi necesită următorii parametri:

DE – adresa de început a tabelei de mesaje;

A – numărul mesajului în tabelă.

Subrutina foloseşte tot RST #10 pentru a scrie fiecare caracter. Toate registrele sunt afectate. Nu este posibilă scrierea unui caracter al cărui cod este mai mare decât #7F. Tabela de mesaje trebuie să înceapă cu #80. Sfârşitul de mesaj este semnalizat prin punerea bitului 7 al ultimului caracter pe 1.

3.3.4.2. **Exemple de utilizare**

Scrierea unui mesaj:

```
CHAN_OPEN       EQU  #1601              : adresa subrutinei de comutare canal
PO_MSG                EQU  #0C0A        : adresa subrutinei de afişare mesaj
MESAJ:                DEFB #80          : început tabelă
                DEFM 'Un exemplu de folosire!!':mesaj
                DEFB #80+#0D            : ultimul caracter are bitul 7 setat (în
                                        : cazul acesta ENTER)
                . . . . . .             : eventual alte mesaje
                ENT $
                LD A,#02                : canalul curent este #02
                CALL CHAN_OPEN
                LD DE,MESAJ             : adresa tabela în DE
                LD A,0                  : număr mesaj (0) în A
                CALL PO_MSG             : afişează mesajul
                RET
```

Afişarea unui titlu subliniat în linia 1, coloana 12:

```
CHAN_OPEN       EQU  #1601              : adresa subrutina de comutare canal
PO_MSG          EQU  #0C0A              : adresa subrutinei de afişare mesaj
AT              EQU  #16                : cod de control AT
LIN             EQU  #01                : poziţia
COL             EQU  #12
INK             EQU  #10                : cod de control INK
RED             EQU  2                  : roşu
BLUE            EQU  1                  : albastru
```

```
TITLU:      DEFB #80                ; titlu care conţine şi caractere de
                                    ; control. Poate fi oricât de lung.
            DEFB AT,LIN,COL
            DEFB INK,RED
            DEFM 'TITLU ECRAN'
            DEFB INK,BLUE
            DEFB AT,LIN+1,COL       ; o linie mai jos
            DEFM '-----------'
            DEFB #80+#0D            ; sfirşit mesaj
            ENT $
            LD A,#02                ; canalul curent #02 - ecranul
            CALL CHAN_OPEN
            LD DE,TITLU             ; adresa tabela
            LD A,0                  ; primul mesaj (0)
            CALL PO_MSG
            RET
```

3.3.5. SUBRUTINELE GRAFICE

Pentru majoritatea aplicaţiilor în cod-maşină, rutinele grafice ale interpretorului Basic sunt fie prea lente, fie impun restricţii. Ele oferă însă o modalitate comodă de lucru atunci când viteza nu este criteriul principal.

3.3.5.1. **Ştergerea ecranului**

În funcţie de rezultatul dorit, există mai multe puncte de intrare:

Punctul #0D6B (CLS). Este chiar subrutina de comandă a interpretorului. Nu este necesar nici un parametru. Apelarea acestui punct de intrare este identică cu efectuarea CLS din Basic. Ecranul este şters cu atributele permanente curente. Ultimele două linii (cele de editare) vor avea atributele corespunzătoare *border*-ului. Este deschis canalul #FE ('S') cu adresa PRINT_OUT forţată la #09F4 şi apoi #FD ('K') cu adresa PRINT_OUT la #09F4 şi cea de KEY_INPUT la #10A8, indiferent de adresele trecute în tabela de descriere a canalelor respective.[1] De asemenea, sunt resetate:

- poziţia cursorului (în colţul din stânga sus);
- punctul grafic curent (la 0,0, stânga jos);
- contorul de linii înainte de apariţia mesajului "Scroll?";
- atributele temporare (la cele permanente);
- dimensiunea zonei de editare (la 2 linii).

Subrutina afectează majoritatea registrelor precum şi o parte din variabilele sistem.

---

[1]Astfel se explică necesitatea ca rutinele care permit 64 coloane pe ecran (de exemplu SYS64) să funcţioneze în IM2 şi faptul că acestea ratează imediat după CLS (au nevoie de cel puţin 1/50s - PAUSE 1 pentru a forţa adresa proprie în variabila de sistem CURCHL).

Punctul #0DAF (CL_ALL). Acest punct de intrare permite ştergerea întregului ecran (inclusiv a zonei de editare) cu atributele permanente curente. Subrutina nu necesită parametri de intrare. Spre deosebire de CLS, canalul #FD ('K') nu este iniţializat. Sunt resetate:

- poziţia cursorului (stânga sus);
- punctul grafic curent (0,0);
- contorul de linii pentru "*Scroll?*".

Subrutina afectează majoritatea registrelor precum şi o parte din variabilele de sistem.

Punctul #0E44 (CL_LINE). Subrutină folosită de CLS şi CL_SCROLL pentru a şterge partea de jos a ecranului.

Parametrul de intrare este numărul primei linii care urmează să fie ştearsă, numerotată de la 0 de sus în jos. Acest parametru este dat în registrul B. Atributele folosite depind de variabila de sistem TV_FLAG. Dacă bitul 0 al acesteia este 0, atunci atributele sunt cele permanente ale ecranului, altfel sunt cele pentru *border*. Subrutina afectează majoritatea registrelor (cu excepţia lui B), dar nu modifică variabilele sistem.

Un mod simplu de a şterge ecranul, fără a utiliza rutinele de sistem, este:

```
ECRAN     EQU #4000        : adresă de început ecran
LUNG_ECR  EQU #1800        : lungime zonă imagine
LUNG_ATTR EQU #300         : lungime zonă atribute
ATRIBUT   EQU 8*7+0        : PAPER alb, INK negru
          ENT $
          LD HL,ECRAN
          LD DE,ECRAN+1
          LD BC,LUNG_ECR
          LD (HL),#00
          LDIR             : umple zona cu 0
          LD BC,LUNG_ATTR-1
          LD (HL),ATRIBUT
          LDIR             : umple zona cu ATRIBUT
          RET
```

3.3.5.2. **Aprinderea unui pixel** (PLOT)

Punctul de intrare cel mai util este #22E5 (PLOT_SUB) care realizează aprinderea sau stingerea unui pixel funcţie de atributele de culoare temporare. Subrutina necesită următorii parametri:

B – coordonata Y, cuprinsă între 0 şi 175;

C – coordonata X, cuprinsă între 0 şi 255.

Depăşirea valorii maxime produce ieşirea prin rutina de eroare (cu mesajul "Integer out of range").

Subrutina afectează majoritatea registrelor. Poziţia grafică curentă (variabila de sistem COORDS) este modificată corespunzător. Dacă se doreşte aprinderea pixelului fără modificarea poziţiei curente, se poate folosi punctul de

intrare #22E8. Dacă parametrii X şi Y se află în stiva calculatorului aritmetic, atunci punctul de intrare poate fi #22DC. De remarcat că această subrutină este relativ lentă şi prin urmare improprie pentru programe în timp real (animaţie). De asemenea, partea de jos a ecranului nu poate fi accesată.

3.3.5.3. **Trasarea unei linii** (DRAW)

Punctul de intrare ce poate fi folosit pentru o apelare comodă este #24BA (DW_LINE), cu următorii parametri:

B – ABS(ΔY) modulul deplasării relative pe axa Y;

C – ABS(ΔX) modulul deplasării relative pe axa X;

D – SGN(ΔY) semnul deplasării relative pe axa Y (#01 pozitiv, #FF negativ);

E – SGN(ΔX) semnul deplasării relative pe axa X (#01 pozitiv, #FF negativ).

Subrutina foloseşte PLOT_SUB. Linia generată are culoarea determinată de atributele temporare. Depăşirea limitelor ecranului determină ieşirea prin rutina de eroare. Punctul iniţial este cel dat de variabila de sistem COORDS. La ieşirea din subrutină DE este nemodificat (restul registrelor sunt alterate). Variabila de sistem COORDS este afectată în mod corespunzător.

Dacă parametrii X şi Y sunt în stiva calculatorului aritmetic, atunci se poate folosi ca punct de intrare #24B7 (DRAW_LINE).

3.3.5.4. **Trasarea unui cerc**

Subrutina de trasare a unui cerc existentă în interpretorul Basic este deosebit de lentă deoarece foloseşte calculatorul aritmetic pentru a calcula poziţia fiecărui punct de aproximare (cercul este aproximat cu un poligon în aşa fel încât diferenţele să fie mai mici de 2 pixeli). Din această cauză, folosirea sa din programe în cod maşină nu este recomandată. Punctul de intrare este #232D (DW_CIRCLE). Rutina necesită transferul parametrilor în stiva calculatorului aritmetic (trei valori numerice în ordinea X_centru,Y_centru şi Raza).

3.3.5.5. **Poziţionarea atributelor de culoare**

Atributele de culoare precum şi modul în care funcţionează rutinele de afişare se pot preciza folosind caracterele de control corespunzătoare trimise pe canalul a cărui culoare vrem să o schimbăm. Poziţionările sunt temporare (afectează numai atributele temporare). Pentru a transforma atributele curente în atribute permanente se poate folosi punctul de intrare #1CAD (SET_PERMS). Subru-

tina consideră că atributele curente sunt ale ecranului (2) şi nu ale părţii de editare (1)[1]. La ieşire, atributele temporare vor fi identice cu cele permanente.

3.3.5.6. Exemplu de utilizare

Programul care urmează şterge ecranul, apoi desenează un pătrat şi o serie de cercuri concentrice în culori diferite. El este echivalent cu următorul program Basic:

```
10 CLS
20 INK 2
20 PLOT 125,33
30 DRAW 100,0: DRAW 0,100: DRAW -100,0: DRAW 0,-100
40 INK 0: OVER 1
60 FOR I=2 TO 76 STEP 2:
70 CIRCLE INK I-8*INT(I/8):175,88,I
80 NEXT I
```

Valorile numerice pentru CIRCLE trebuie reprezentate pe 5 octeţi (se va folosi calculatorul aritmetic).

```
NR175           DEFB 0,0,175,0,0        : definirea celor 3 argumente ale lui
                                        : CIRCLE
NR88            DEFB 0,0,88,0,0
RAZA            DEFB 0,0,2,0,0
CLS             EQU #0D6B               : adresele rutinelor folosite
PLOT_SUB        EQU #22E5
DW_LINE         EQU #24BA
DW_CIRCLE       EQU #232D
SET_PERMS       EQU #1CAD

CHAN_OPEN       EQU #1601
STACK_NUM       EQU #33B4
INK             EQU #10                 : caractere de control şi culori
OVER            EQU #15
RED             EQU 2
BLACK           EQU 0
PATRAT          DEFB 1,100,1,0          : 100,0 memorat ca SGN(X),ABS(X),SGN(Y),
                                        : ABS(Y)
                DEFB 1,0,1,100          : 0,100
                DEFB #FF,100,1,0        : -100,0
                DEFB 1,0,#FF,100        : 0,-100
                DEFB 0                  : sfârşit desen
                ENT $                   : punctul de intrare
START
                CALL CLS                : şterge ecranul
                LD A,#02                : INK 2
                CALL CHAN_OPEN
                LD A,INK
                RST #10
                LD A,RED
                RST #10
                CALL SET_PERMS          : atribute permanente
```

[1]Acest lucru presupune că ultima scriere să se fi făcut pe canalul 2.

```
                LD BC,#217D             ; Y=33(#21) ,X=125(#7D)
                CALL PLOT_SUB           ; PLOT 125,33
                LD IX,PATRAT            ; pointer in vectorul de date
INCA
                LD A,(IX+0)             ; testează dacă nu s-a terminat
                                        ; (SGN(x)<>0!)
                OR A
                JR Z,GATA               ; daca da, iese din ciclu
                LD E,A                  ; transferă parametrii
                LD C,(IX+1)
                LD D,(IX+2)
                LD B,(IX+3)
                PUSH IX                 ; salvează pointerul
                CALL DW_LINE            ; DRAW X,Y
                POP IX                  ; avansează 4 octeţi în vectorul de date
                                        ; (următorul DRAW)
                LD BC,#0004
                ADD IX,BC
                JR INCA                 ; continuă cu linia următoare
GATA            LD A,INK                ; INK 0
                RST #10
                LD A,BLACK
                RST #10
                LD A,OVER               ; OVER 1
                RST #10
                LD A,#01
                RST #10
                CALL SET_PERMS          ; atribute permanente
                LD A,2                  ; primul cerc are raza 2
FOR
                LD (RAZA+2),A           ; actualizează raza cercului
                PUSH AF                 ; salvează contorul ciclului
                LD A,INK                ; modifică temporar atributele
                RST #10
                POP AF                  ; culoarea cercului se află din contor
                PUSH AF                 ;
                AND %00000111           ; calculează culoarea A=A mod 8
                RST #10
                LD HL,NR175             ; pregăteşte apelul lui CIRCLE
                CALL STACK_NUM          ; stiva trebuie să conţină X,Y,Z
                LD HL,NR88              ; această instrucţiune este redundantă
                                        ; deoarece HL pointează la iesirea din
                                        ; STACK_NUM pe octetul urmator care este
                                        ; chiar NR88
                CALL STACK_NUM          ; oricum, acest lucru este valabil numai
                                        ; în cazul de faţă
                LD HL,RAZA              ; la fel ca mai sus, dar dacă ordinea de
                                        ; definire ar fi fost alta, instruc-
                                        ; ţiunile erau necesare
                CALL STACK_NUM
                CALL DW_CIRCLE          ; CIRCLE 175,88,RAZA
                POP AF                  ; în A avem contorol
                ADD A,2                 ; următoarea valoare
                CP 76                   ; gata ?
                JR C,FOR                ; daca nu, reia de la FOR
                RET
```

3.3.6. CALCULATORUL ARITMETIC

Calculatorul aritmetic este apelat de interpretorul Basic la evaluarea expresiilor. El constituie o entitate software de sine stătătoare. Toate rutinele de calcul folosesc o stivă specială pentru a primi şi transmite date (această stivă nu

are nici o legătură cu stiva microprocesorului, fiind de fapt un vector de cuvinte de câte 5 octeţi). Apelàrea subrutinelor de calcul se face prin "instrucţiuni" ale calculatorului aritmetic (de fapt *hook*-coduri transmise ca parametri în linie, v. §3.4.4). Există un număr de 82 de astfel de "instrucţiuni" care acoperă toate funcţiile disponibile din Basic, comparaţii, salturi, rutine de conversie, etc. Calculatorul aritmetic dispune de asemenea de un număr de "registre" de 5 octeţi, care sunt folosite de anumite rutine de calcul (din acest motiv nu sunt utile programatorului). Totodată sunt definite câteva constante frecvent utilizate în calcule (0, 1, 0.5, $\pi/2$, 10).

Apelul calculatorului aritmetic se face printr-o instrucţiune RST #28 urmată de "instrucţiuni" aritmetice. Calculul se termină cu "instrucţiunea" END_CALC (#38). Controlul se întoarce programului apelant la adresa următoare lui END_CALC. Este necesar ca înainte de apelul calculatorului să se salveze registrul H'L' iar apoi acesta să fie refăcut dacă se intenţionează revenirea în Basic.

#00 - JUMP_TRUE	#10 - STR_&_NO	#20 - COS	#30 - NOT	#88 - SERIES_08
#01 - EXCHANGE	#11 - STR_I_EQL	#21 - TAN	#31 - DUPLICATE	#88 - SERIES_08
#02 - DELETE	#12 -STR_GR_EQ	#22 - ASN	#32 - N MOD M	#8C - SERIES_0C
#03 - SUBSTRACT	#13 - STRS_NEQL	#23 - ACS	#33 - JUMP	#A0 - STK_ZERO
#04 - MULTIPLY	#14 - STR_GRTR	#24 - ATN	#34 - STK_DATA	#A1 - STK_ONE
#05 - DIVISION	#15 - STR_LESS	#25 - LN	#35 - DEC_JR_NZ	#A2 - STK_HALF
#06 - TO_POWER	#16 - STRS_EQL	#26 - EXP	#36 - LESS_0	#A3 - STK_HALFPI
#07 - OR	#17 - STRS_ADD	#27 - INT	#37 - GREATER_0	#A4 - STK_TEN
#08 - NO_&_NO	#18 - VAL$	#28 - SQR	#38 - END_CALC	#C0 - ST_MEM_0
#09 - NO_I_EQL	#19 - USR_$	#29 - SGN	#39 - GET_ARGT	#C1 - ST_MEM_1
#0A - NO_GR_EQ	#1A - READ_IN	#2A - ABS	#3A - TRUNCATE	#C2 - ST_MEM_2
#0B - NOS_NEQL	#1B - NEGATE	#2B - PEEK	#3B - FP_CALC_2	#C3 - ST_MEM_3
#0C - NO_GRTR	#1C - CODE	#2C - IN	#3C - E_TO_FP	#C4 - ST_MEM_4
#0D - NO_LESS	#1D - VAL	#2D - USR_NO	#3D - RE_STACK	#C5 - ST_MEM_5
#0E - NOS_EQL	#1E - LEN	#2E - STR$		#E0 - GET_MEM_0
#0F - ADDITION	#1F - SIN	#2F - CHR$		#E1 - GET_MEM_1
				#E2 - GET_MEM_2
				#E3 - GET_MEM_3
				#E4 - GET_MEM_4
				#E5 - GET_MEM_5

Pe lângă funcţiile de mai sus mai sunt necesare un număr de rutine care să manipuleze numere în reprezentare pe 5 octeţi. Cele mai utile sunt:

1. Subrutine care "mută" numere în stiva calculatorului aritmetic. Aceste subrutine "cresc" stiva, adăugând un nou număr (5 octeţi). Dacă nu mai este loc în stivă (stiva calculatorului aritmetic este alocată în memoria Basic), atunci controlul nu mai revine programului apelant, ci se iese prin rutina de eroare, cu mesajul "Out of memory".

STK_STORE - #2AB6
: Transferă un număr (sau parametrii unui şir) din registrele procesorului în stivă. Registrele folosite sunt A, BC şi DE (în ordinea A.E.D.C.B). Adresa vârfului stivei este actualizată. La ieşire, HL este egal cu variabila de sistem STKEND.

STACK_NUM - #33B4
: Copiază un număr (5 octeţi) de la adresa din HL în stiva

calculatorului aritmetic, actualizând pointer-ul la adresa vârfului stivei. La ieşire HL este incrementat cu 5, iar DE este egal cu variabila de sistem STKEND.

STACK_BC - #2D2B
Converteşte conţinutul registrului BC (valoare binară absolută) în format aritmetic (5 octeţi). Rezultatul este lăsat în stiva calculatorului aritmetic.

STACK_A - #2D28
Converteşte conţinutul lui A (valoare binară absolută) în format aritmetic. Rezultatul este depus în stiva calculatorului aritmetic.

STK_DIGIT - #2D22
Converteşte caracterul din A (dacă este o cifră!) în format aritmetic. Dacă codul din A nu este o cifră, atunci stiva calculatorului aritmetic nu este afectată. La ieşirea din subrutină, CY=0 dacă conversia a reuşit şi CY=1 dacă valoarea din A nu reprezintă o cifră.

DEC_TO_FP - #2C9B
Converteşte un şir de caractere reprezentând un număr, în format intern, pe 5 octeţi. Adresa de început a şirului se comunică prin variabila de sistem CH_ADD, a cărei valoare trebuie salvată şi apoi restaurată (CH_ADD este folosită de interpretorul Basic pentru a memora adresa caracterului ce urmează a fi interpretat). Registrul A trebuie să conţină primul caracter din şir (cel de la adresa din CH_ADD).

2. Subrutine care "mută" numere din stiva calculatorului aritmetic. În cele ce urmează vom presupune că valoarea aflată în vârful stivei este x. Aceste subrutine "scad" stiva.

STK_FETCH - #2BF1
Transferă vârful stivei în registrele microprocesorului. Se folosesc BC,DE şi A în această ordine: B = (STKEND), C=(STKEND-1) ... A=(STKEND-4). Cei 5 octeţi transferaţi pot reprezenta un număr sau parametrii unui şir.

FP_TO_BC - #2DA2
Converteşte vârful stivei în format întreg. La ieşire registrul BC conţine valoarea ABS(INT(x)). Numărul este şters din stivă. Parametrii de întoarcere sunt:

BC = ABS(INT(x))
Z=0 dacă x<0
Z=1 dacă x>=0
CY=0 dacă conversia a fost făcută
CY=1 depăşire (ABS(x)>65535.5; BC este nedefinit!)

FP_TO_A - #2DD5
Converteşte vârful stivei în format întreg. La ieşire registrul A conţine ABS(INT(x)). Numărul este şters din stivă. Parametrii de întoarcere sunt:

A=ABS(INT(x))
Z=0 dacă x<0
Z=1 dacă x>=0
CY=0 dacă conversia a putut fi făcută
CY=1 depăşire (ABS(x)>255.5; A este nedefinit!)

3. Diverse

SET_WORK - #16BF
Iniţializează stiva calculatorului aritmetic şi şterge spaţiul de lucru.

SET_STK - #16C5
Iniţializează stiva calculatorului aritmetic (fără a şterge spaţiul de lucru).

PF_INT_FP - #2DE3
Tipăreşte numărul din vârful stivei. Oricare ar fi valoarea lui x formatul de afişare nu depăşeşte 14 cifre. Subrutina se poate folosi atât pentru a afişa un număr cât şi pentru a-l converti în şir (STR$(x)).

3.3.6.1. Exemplu de utilizare

```
      ; Rezolvarea ecuaţiei de gradul 2 prin apelarea calculatorului aritmetic
      ; A*x^2+B*x+C=0
                ORG 64000
                ENT $
                JR START
      ; definirea coeficienţilor
COEFA           DEFM '-0.1'     ; coeficienţii sunt definiţi ca şiruri de carac-
                                ; tere terminate cu CR
                DEFB #0D
                ORG COEFA       ; rezervă maximum 16 octeţi pentru un număr
                DEFS 16
COEFB           DEFM '0.98823'
                DEFB #0D
                ORG COEFB
                DEFS 16
COEFC           DEFM '-1.59'
                DEFB #0D
                ORG COEFC
                DEFS 16
      ; rutine ROM folosite
STACK_BC        EQU #2D2B
STK_FETCH       EQU #2BF1
STK_STORE       EQU #2AB6
PF_INT_FP       EQU #2DE3
DEC_TO_FP       EQU #2C9B
SET_WORK        EQU #16BF
CHAN_OPEN       EQU #1601
      ; variabile de sistem
CH_ADD          EQU 23645
      ; punctul de intrare
START
                EXX             ; salvarea H'L' este obligatorie pentru reîn-
                                ; toarcerea în Basic
```

```
                PUSH HL
                EXX
                LD HL,COEFA     : tipăreşte coeficienţii sub forma A=-0.1 ...
                CALL STKNUM
                LD A,"A"
                CALL PR
                LD HL,COEFB
                CALL STKNUM
                LD A,"B"
                CALL PR
                LD HL,COEFC
                CALL STKNUM
                LD A,"C"
                CALL PR
                LD HL,COEFB     : pregăteşte calculul discriminantului
                CALL STKNUM     : D=B*B-4*A*C
                LD BC,#0004
                CALL STACK_BC
                LD HL,COEFC
                CALL STKNUM
                LD HL,COEFA
                CALL STKNUM                     ; stiva: B 4 C A
                RST #28         : apel calculator aritmetic
                DEFB #31        : DUPLICATE     ; stiva: B 4 C A A
                DEFB #00,CONT-$ : JUMP_TRUE CONT
                                                ; stiva: B 4 C A
                DEFB #38        : END_CALC
                RST #08         : dacă A=0 raportează 'Parameter error'
                DEFB #19
CONT
                DEFB #04        : MULTIPLY      ; stiva: B 4 C*A
                DEFB #04        : MULTIPLY      ; stiva: B 4*C*A
                DEFB #01        : EXCHANGE      ; stiva: 4*C*A B
                DEFB #31        : DUPLICATE     ; stiva: 4*C*A B B
                DEFB #04        : MULTIPLY      ; stiva: 4*C*A B*B
                DEFB #01        : EXCHANGE      ; stiva: B*B 4*C*A
                DEFB #03        : SUBSTRACT     ; stiva: B*B-4*C*A=D
                DEFB #31        : DUPLICATE     ; stiva: D D
                DEFB #36        : LESS_0 ?      ; stiva: D D<0
                DEFB #30        : NOT           ; stiva: D D>=0
                DEFB #00,REALE-$; JUMP_TRUE REALE
                                                ; stiva: D
IMAG
                DEFB #1B        : NEGATE        ; stiva: -D
                DEFB #28        : SQR           ; stiva: SQR(-D)
                DEFB #38        : END_CALC
                LD BC,#02
                CALL STACK_BC                   ; stiva: SQR(-D) 2
                LD HL,COEFA
                CALL STKNUM                     ; stiva: SQR(-D) 2  A
                RST #28         : apel calculator aritmetic
                DEFB #04        : MULTIPLY      ; stiva: SQR(-D) 2*A
                DEFB #05        : DIVISION      ; stiva: SQR(-D)/(2*A)
                DEFB #38        : END_CALC
                CALL MBP2A      : calculează -B/2A (partea reală)
                CALL STORE      : şi o stochează în MEMORY
                LD A,"I"        : tipăreşte partea imaginară
                CALL PR         : I=SQR(-D/2A)
                CALL RECALL     : partea reală pe stivă
                LD A,"R"        : tipăreşte partea reală
                CALL PR         : R=-B/2A
                JP RETURN
REALE
                DEFB #28        : SQR           ; stiva: SQR(D)
                DEFB #38        : END_CALC
```

```
                LD BC,#02
                CALL STACK_BC                   ; stiva: SQR(D) 2
                LD HL,COEFA
                CALL STKNUM                     ; stiva: SQR(D) 2 A
                RST #28
                DEFB #04        ; MULTIPLY      ; stiva: SQR(D) 2*A
                DEFB #05        ; DIV           ; stiva: SQR(D)/(2*A)
                DEFB #31        ; DUPLICATE     ; stiva: SQR(D)/(2*A)
                                                ; SQR(D)/(2*A)
                DEFB #1B        ; NEG           ; stiva: SQR(D)/(2*A)
                                                ; -SQR(D)/(2*A)
                DEFB #38        ; END_CALC
                CALL MBP2A      ; calculează -B/2A
                                                ; stiva: SQR(D)/(2*A)
                                                ; -SQR(D)/(2*A) -B/(2*A)
                RST #28         ; apel calculator aritmetic
                DEFB #31        ; DUPLICATE
                                        ; stiva: SQR(D)/(2*A) -SQR(D)/(2*A)
                                        ; -B/(2*A) -B/(2*A)
                DEFB #38        ; END_CALC
                CALL STORE      ; stochează -B/2A (ultimul!)
                RST #28
                DEFB #0F        ; ADDITION      ; stiva: SQR(D)/(2*A) -SQR(D)
                                                ; /(2*A)+(-B/(2*A))=X1
                DEFB #01        ; EXCHANGE      ; stiva: X1 SQR(D)/(2*A)
                DEFB #38        ; END_CALC
                CALL RECALL                     ; stiva: X1 SQR(D)/(2*A)
                                                ; -B/(2*A)
                RST #28
                DEFB #0F        ; ADDITION      ; stiva: X1
                                                ;SQR(D)/SQR(2*A)+(-B/(2*A))=X2
                DEFB #38        ; END_CALC
                CALL STORE      ; salvează temporar X2 în MEMORY
                LD A,"X"        ; tipăreşte soluţia X1 primul
                CALL PR
                CALL RECALL     ; X2 înapoi pe stivă
                LD A,"X"        ; tipăreşte X2
                CALL PR
RETURN
                EXX             ; înainte de întoarcerea în Basic se reface
                                ; registrul H'L'
                POP HL
                EXX
                RET
      ; definirea subrutinelor folosite
MBP2A ; calculul lui -B/2A
                LD HL,COEFB
                CALL STKNUM                     ; stiva: B
                LD BC,#0002
                CALL STACK_BC                   ; stiva: B 2
                LD HL,COEFA
                CALL STKNUM                     ; stiva: B 2 A
                RST #28
                DEFB #04        ; MULTIPLY      ; stiva: B 2*A
                DEFB #05        ; DIVISION      ; stiva: B/(2*A)
                DEFB #1B        ; NEG           ; stiva: -B/(2*A)
                DEFB #38        ; END_CALC
                RET
STKNUM          ; pune în stivă un număr în ASCII din memorie de la adresa HL
                XOR A           ; numarul poate să înceapă cu "-"
                LD (NEGAT),A    ; memorează acest lucru temporar în NEGAT
                LD A,(HL)
                CP "-"
                JR NZ, STK      ; număr pozitiv
                LD A,#01
```

```
                LD (NEGAT),A
                INC HL          : pentru numerele negative se sare peste minus
STK
                LD DE,(CH_ADD)  : salvează poziţia curentă a interpretorului
                PUSH DE
                LD (CH_ADD),HL  : foloseşte interpretorul pentru a realiza
                                : conversia
                LD A,(HL)
                CALL DEC_TO_FP  : nr. este acum în stivă
                POP DE
                LD (CH_ADD),DE  : restaurează vechea valoare a lui CH_ADD
                LD A,(NEGAT)    : a avut "-" în faţă
                AND A
                RET Z           : dacă nu, conversia este încheiată
                RST #28         : altfel cheamă calculatorul aritmetic
                DEFB #1B        : NEGATE schimbă semnul numărului din stivă
                DEFB #38        : END_CALC
                RET
STORE : decartează vârful stivei şi îl stochează la MEMORY
                CALL STK_FETCH  : vârful stivei în A,BC şi DE
                LD HL,MEMORY    : adresa de salvare
                LD (HL),A       : stochează registru cu registru
                INC HL
                LD (HL),E
                INC (HL)
                LD (HL),D
                INC HL
                LD (HL),C
                INC HL
                LD (HL),B
                RET
RECALL          : copiază valoarea de la MEMORY în vârful stivei
                LD HL,MEMORY
                LD A,(HL)
                INC HL
                LD E,(HL)
                INC HL
                LD D,(HL)
                INC HL
                LD C,(HL)
                INC HL
                LD B,(HL)
                CALL STK_STORE
                RET
PR              : tipăreşte o variabilă sub forma "A=valoare"
                RST #10         : tipăreşte numele
                LD A,"="        : apoi semnul "="
                RST #10
                CALL PF_INT_FP  : apoi numărul
                LD A,#0D
                RST #10         : avansează pe rândul următor
                CALL SET_WORK   : iniţializează stiva calculatorului aritmetic
                RET
                : variabile folosite
NEGAT           DEFB 0
MEMORY          DEFB 5
```

3.3.7. CITIREA TASTATURII

Calculatorul *Spectrum* are o tastatură matriceală a cărei stare este verificată (în funcţionare normală) de 50 de ori pe secundă de către rutina de tratare a întreruperilor mascabile. Pentru a afla starea tastaturii este deci

suficient să activăm întreruperile şi să verificăm variabilele de sistem corespunzătoare. Acestea sunt:

LAST_K – 23560 memorează codul ultimei taste apăsate;

FLAGS – 23611 bitul 5 din FLAGS semnalizează faptul că a fost apăsată o tastă nouă.

O posibilă rutină GET_KEY care să aştepte apăsarea unei taste este:

```
LAST_K          EQU 23560       : variabile de sistem folosite
FLAGS           EQU 23611
IYBASE          EQU #5C3A
                ENT $
GET_KEY                         : rutina întoarce codul caracterului în
                                : registrul A
                EI
WAIT
                HALT
                BIT 5,(IY+FLAGS-IYBASE)
                JR Z,WAIT
                LD A,(LAST_K)
                RES 5,(IY+FLAGS-IYBASE)
                RET
```

Dezavantajul acestei subrutine este că nu întoarce şi caracterele de schimbare de mod. Pentru schimbarea de mod, trebuie modificate corespunzător următoarele variabile de sistem:

MODE – 23617 memorează modul curent (K,L,C,E sau G);
FLAGS – 23611 bitul 3, valoarea zero semnalizează modul K.

3.3.8. TRATAREA ERORILOR

Modul standard de semnalizare a erorilor folosit de interpretorul Basic este apelul rutinei de la adresa #0008 (prin RST #08) urmat de codul erorii. Adresa rutinei de tratare a erorilor se află în RAM şi poate fi deci modificată pentru a obţine altceva decât mesajul de eroare.

Rutina de la adresa #0008 este:

```
#0008 ERROR_1   LD HL,(CH_ADD)  : adresa simbolului care a provocat eroarea este
                                : salvată în X_PTR
#000B           LD (X_PTR),HL
#000E           JR #0053        : ERROR_2
                ...
#0053 ERROR_2   POP HL          : adresa următoare lui RST #08 în HL
#0054           LD L,(HL)       : numărul erorii
#0055 ERROR_3   LD (ERR_NR),L
#0058           LD SP,(ERR_SP)  : poziţionează stiva astfel încât la ieşirea din
                                : SET_STK controlul să revină rutinei de eroare
#005B           JP #16C5        : ieşire prin SET_STK. Şterge stiva
                                : calculatorului aritmetic.
```

Pentru a intercepta rutina de eroare este necesar să modificăm conţinutul stivei procesorului. Mai exact, trebuie să forţăm la adresa dată de (ERR_SP), adresa noii rutine de eroare (în mod normal vechea adresă este #1303 - MAIN_4).

3.3.8.1. **Exemplu de interceptare a rutinei de eroare**

Următoarea rutină forţează execuţia unei anumite linii Basic atunci când apare o eroare (Atenţie! Mesajul O.K. este văzut de sistem tot ca o eroare şi deci programul Basic nu mai poate fi oprit):

```
                ORG 64400
ERR_SP          EQU 23613       : adresa adresei vârfului stivei în caz de
                                : eroare
ERR_NR          EQU 23610       : nr eroare -1
SPARE1          EQU 23681       : un octet nefolosit în mod normal de inter-
                                : pretorul Basic
SPARE2          EQU 23728       : 2 octeţi nefolosiţi
OLDPPC          EQU 23662       : nr liniei de la care se reia execuţie la
                                : CONTINUE
OSPPC           EQU 23664       : nr instrucţiunii din linie de la care se reia
                                : execuţia
E_LINE          EQU 23641       : adresa ultimei comenzi
BREAK_KEY       EQU #1F54       : rutina testează BREAK. CY=0 dacă s-au apăsat
                                : simultan tastele SS şi SPACE
MAKE_ROOM       EQU #1655       : rutina deschide un nou spaţiu de lucru de
                                : dimensiune BC după adresa din HL. La ieşire
                                : (HL+1) pointează pe începutul zonei create, iar
                                : DE pe ultimul octet din ea.
MAIN_3          EQU #12CF       : punct de intrare în bucla principală a
                                : interpretorului Basic după verificarea sintaxei
                ENT $           : punctul de intrare. El forţează noua adresă de
                                : revenire în caz de eroare
                LD DE,ERR_NOU   : adresa rutinei
                LD HL,(ERR_SP)  : adresa vârfului stivei în caz de eroare
                LD (HL),E
                INC HL
                LD (HL),D
                RET
ERR_M                           : rutina de tratare a erorii
                LD A,(ERR_NR)   : nr erorii este salvat în SPARE1 pentru a putea
                                : fi testat din Basic
                INC A
                LD (SPARE1),A
                LD BC,(SPARE2)  : nr liniei la care urmează să se execute saltul
                                : în caz de eroare
                LD (OLDPPC),BC  : pregăteşte parametrii pentru CONTINUE
                LD A,#FF        : nici o eroare
                LD (ERR_NR),A
                INC A   : A=0
                LD (OSPPC),A    : nr instrucţiunii din cadrul liniei
                LD HL,(E_LINE)  : adresa zonei de editare
                LD BC,#0002
                CALL MAKE_ROOM  : sunt necesari 2 octeţi pentru a da instruc-
                                : ţiunea CONTINUE
                EX DE,HL
                LD (HL),232     : codul instrucţiunii CONTINUE
                INC HL
                LD (HL),$0D     : ENTER
BTEST
                CALL BREAK_KEY  : aşteaptă eliberarea tastei BREAK (se evită
                                : astfel apelul recursiv)
                JP C,MAIN_3     : executa instrucţiunea curentă care este chiar
                                : CONTINUE
                JR BTEST
```

Pentru a testa rutina se poate folosi următorul program Basic:

```
  10 LET ERL=9000
  20 POKE 23728,ERL-256*INT(ERL/256)
  30 POKE 23729,INT(ERL/256)
  50 RANDOMIZE USR 64400

9000 PRINT "A aparut o eroare!!": BEEP 0.3,1: PAUSE 200: RUN 10
```

3.3.9. TRATAREA ÎNTRERUPERILOR MASCABILE

Sistemul de întreruperi al *Spectrum*-ului este deosebit de simplu. Logica video generează o întrerupere la fiecare semicadru, deci 50 de întreruperi pe secundă. Microprocesorul funcţionează în modul 1 de întreruperi, deci adresa rutinei de tratare a întreruperilor este #0038. Din păcate rutina nu poate fi interceptată direct, neavând nici un pointer în RAM. Funcţiile sale sunt:

– să incrementeze "ceasul de timp real" al calculatorului (variabila de sistem FRAMES);

– să scaneze tastatura pentru a vedea dacă există o tastă apăsată; dacă da, atunci variabilele LAST_K, FLAGS şi KSTATE sunt modificate corespunzător.

Pentru a putea intercepta întreruperea (lucru necesar pentru un foarte mare număr de aplicaţii) trebuie utilizat modul 2 de întreruperi. În acest mod, adresa rutinei de tratare a întreruperii este dată de o tabelă ce se poate afla oriunde în memorie. Pointer-ul spre această tabelă este format de registrul I (octetul cel mai semnificativ) şi de perifericul care a cerut întreruperea (octetul cel mai puţin semnificativ). Din păcate magistrala de date nu are în momentul lansării întreruperii o valoare precizată (nu există nici un periferic care să forţeze datele pe magistrală). Pentru majoritatea calculatoarelor *Spectrum*, precum şi pentru compatibilele româneşti, această valoare este #FF. Din motive de compatibilitate nu ne putem însă baza pe această valoare. Soluţia constă în utilizarea unei tabele de 257 de octeţi identici. În acest fel adresa rutinei de tratare va trebui să aibă octetul superior egal cu cel inferior (de exemplu, #FEFE, #FBFB etc). Dacă vrem ca interpretorul Basic să funcţioneze în continuare este necesară "înlănţuirea" rutinei cu cea standard (#0038).

3.3.9.1. **Exemplu de interceptare a întreruperii mascabile**

Exemplul interceptează întreruperea pentru a afişa în colţul din dreapta sus ora curentă în formatul hh:mm:ss.

```
                ORG 65040
TABELA          EQU #FD00       : adresa tabelei cu adrese pentru modul 2
LUNGTAB         EQU #0101       : lungimea tabelei
INTERUPT        EQU #F7F7       : adresa noii rutine de întreruperi
SEPARAT         EQU ":" - "0"   : separatorul ":"
ATRCEAS         EQU #C7         : FALSH 1, BRIGHT 1, INK 7, PAPER 0
ADR_ECRAN       EQU #4018       : adresa în ecran de unde începe afişarea
ADR_ATTR        EQU #5818       : adresa corespunzătoare în zona de atribute
                                : video
```

```
OLD_INT         EQU #0038       : adresa rutinei de sistem
CHARS           EQU #5C36       : adresa generatorului de caractere
                ENT $           : punctul de intrare pentru declanşarea ceasului
                DI
                LD HL,TABELA    : pregăteşte tabela cu adresa rutinei de în-
                                : trerupere
                PUSH HL
                POP DE
                INC DE
                LD BC,LUNG
                LD (HL), INTERUPT / #100  : 257 octeţi vor fi umpluţi cu #F7
                LDIR
                LD A,TABELA / #100        : I=#FD - începutul tabelei
                LD I,A
                IM 2
                EI
                RET

                ORG INTERUPT
                PUSH IX         : salvează starea procesorului
                PUSH AF         : întreruperea trebuie să fie transparentă
                PUSH BC
                PUSH DE
                PUSH HL
                LD A,(SUTIMI)   : numără întreruperile
                DEC A
                LD (SUTIMI),A
                JP NZ,EXITINT   : continuă numai o dată pe secundă
                LD A,50         : 50 întreruperi = o secundă
                LD (SUTIMI),A
                LD A,(SECUNDE)  : incrementează secundarul
                AND A
                ADC A,#01       : direct în aritmetică BCD
                DAA
                LD (SECUNDE),A
                CP #60          : 60 secunde = 1 minut
                JP NZ,DISPLAY   : afişează direct, nu a trecut un minut
                XOR A
                LD (SECUNDE),A  : pune secundarul pe 0
                LD A,(MINUTE)   : numărul de minute
                AND A           : incrementează minutarul
                ADC A,#01
                DAA             : direct în aritmetică BCD
                LD (MINUTE),A
                CP #60          : 60 minute = 1 ora
                JP NZ,DISPLAY   : afişează direct, nu a trecut o oră
                XOR A
                LD (MINUTE),A   : resetează minutarul
                LD A,(ORE)      : numărul de ore
                AND A
                ADC A,#01       : incrementează numărul de ore
                DAA             : direct în aritmetică BCD
                LD (ORE),A
                CP #24          : dacă a trecut o zi, nr de ore = 0
                JP NZ,DISPLAY
                XOR A
                LD (ORE),A
DISPLAY
                LD IX,ADR_ECRAN : pregăteşte adresa zonei unde se afişează
                                : ceasul
                LD A,(ORE)
                CALL DISP_2DIGIT: întâi afişează numărul de ore
                LD A,SEPARAT
                CALL DISP_1DIGIT: afişează ':'
                LD A,(MINUTE)
                CALL DISP_2DIGIT: apoi numărul de minute
```

```
                LD A,SEPARAT
                CALL DISP_1DIGIT: încă o dată separatorul
                LD A,(SECUNDE)
                CALL DISP_2DIGIT: numărul de secunde
                LD HL,ADR_ATTR  : actualizează şi zona de atribute
                LD B,#08        : 8 caractere
FILLATTR
                LD (HL),ATRCEAS
                INC HL
                DJNZ FILLATTR
EXITINT
                POP HL          : restaurează starea procesorului
                POP DE
                POP BC
                POP AF
                POP IX
                JP OLD_INT      : ieşire prin sistem

DISP_2DIGIT     ; subrutină pentru afişarea unui număr în format BCD (două cifre)
                PUSH AF         : salvează temporar valoarea ce trebuie afişată
                SRL A           : păstrează numai o niblă (cea mai semnifica-
                                : tivă) în poziţia cea mai puţin semnificativă
                SRL A
                SRL A
                SRL A
                CALL DISP_1DIGIT: afişează o cifră
                POP AF
                AND #0F         : cealaltă niblă
                CALL DISP_1DIGIT
                RET
DISP_1DIGIT
                PUSH IX         : salvează temporar adresa de afişare
                LD HL,(CHARS)   : adresa generatorului de caractere
                LD DE,#0180     : deplasamentul relativ în generatorul de
                                : caractere al cifrei "0"
                ADD HL,DE       : HL pointează pe începutul descrierii lui "0"
                EX HL,DE
                LD L,A          : cifra ce trebuie afişată
                LD H,0
                ADD HL,HL       : fiecare caracter ocupă 8 octeţi HL = A*2
                ADD HL,HL       : HL = A*4
                ADD HL,HL       : HL = A*8
                ADD HL,DE       : HL = A*8 + adresă "0"
                LD DE,#0100     : diferenţa de adresă între 2 octeţi alaturaţi
                                : în ecran pe verticală
                LD B,8          : un caracter are 8 octeţi
DISP_CAR
                LD A,(HL)       : din generator
                XOR #FF         : INVERSE 1
                LD (IX),A       : în ecran
                ADD IX,DE       : IX=IX+100 adresa următorului octet în ecran
                INC HL          : HL=HL+1 adresa următorului octet în generato-
                                : rul de caractere
                DJNZ DISP_CAR
                POP IX          : se reface poziţia
                INC IX          : următorul caracter în următoarea coloană
                RET
```

3.4. TEHNICI DE PROGRAMARE

Învăţarea unui limbaj de programare sau a unui program complex (de exemplu a unui procesor de texte), în general a oricărui instrument software,

pare dificilă atunci când se ignoră un fapt foarte simplu: majoritatea problemelor se rezolvă cu o minoritate a instrucţiunilor. Multe instrucţiuni vor fi folosite foarte rar sau chiar deloc. În consecinţă, nu merită investit efortul considerabil de a învăţa toate instrucţiunile înainte de a trece la lucru. Preferabil este de a ataca probleme concrete cu un set minim de instrucţiuni "de bază", exact cum în comunicarea într-o limbă străină este adeseori suficient un vocabular de bază. Din păcate, aproape nici un manual nu stabileşte un asemenea set, păstrând neutralitatea în ceea ce priveşte importanţa relativă a instrucţiunilor. Neutralitatea este explicabilă prin faptul că "setul de bază" variază de la o aplicaţie la alta şi de la un stil de programare la altul. Singurul în măsură să stabilească "setul de bază" este chiar cel care învaţă, pentru că el îşi formează un stil propriu şi cunoaşte totodată cazurile concrete de aplicare.

Ne-am propus în acest subcapitol să prezentăm unele "tehnici de programare", adică un set de reguli de construcţie care stau la baza proiectării programelor într-un anumit limbaj. Aceste reguli se deprind din experienţa practică şi au o importanţă cu atât mai mare, cu cât nivelul limbajului este mai coborât, mai aproape de maşină. În cazul limbajului de asamblare, importanţa lor este în orice caz considerabilă şi se traduce prin efortul şi timpul consumat de un programator începător, din momentul în care cunoaşte sintaxa şi semantica tuturor instrucţiunilor microprocesorului, până în momentul în care reuşeşte să scrie un program util. Pe de altă parte, tehnicile de programare acumulate reprezintă explicaţia pentru care scrierea unui program pare din ce în ce mai uşoară pe măsură ce experienţa de programare creşte. Dacă recurgem din nou la comparaţia cu o limbă străină, setul de instrucţiuni ar putea fi echivalat cu vocabularul, iar tehnicile de programare cu regulile de construcţie gramaticală şi stilistică necesare elaborării unei fraze.

Din păcate, majoritatea programatorilor îşi însuşesc aceste tehnici în mod reflex şi nu reuşesc întotdeauna să le conceptualizeze în scopul publicării lor (sau nu au un interes să o facă). În cele ce urmează vom încerca să prezentăm cele mai importante tehnici de programare dobândite de autori în cei aproximativ 12 ani de experienţă de programare a microprocesorului Z80.

Un aspect care nu trebuie neglijat este faptul că tehnicile de programare concentrează o anumită experienţă practică şi prin urmare sunt utile doar celor care învaţă pentru a aplica, nu şi celor care învaţă pentru a şti pur şi simplu. Pentru cititorii în criză de subiecte de aplicare, am inclus în acest capitol şi câteva exerciţii simple.

Pentru un studiu eficient al acestui capitol, recomandăm consultarea în paralel a cel puţin uneia din următoarele lucrări: [29], [37], [2].

3.4.1. TRANSFERURI PE 16 BIŢI

Deşi microprocesorul Z80 este de 8 biţi, el operează cu registre duble şi execută mai multe instrucţiuni pe 16 biţi: ADD, ADC, SBC, INC, DEC, PUSH, POP. Motivul acestei extinderi este clar: magistrala de adrese fiind de 16 biţi, toate

calculele de adrese necesită astfel de instrucţiuni. Mai curios la prima vedere este faptul că tocmai instrucţiunile de transfer în modul direct registru pe 16 biţi nu au fost prevăzute în setul Z80. Există numai instrucţiuni de transfer pe 16 biţi în modurile imediat şi direct memorie şi anume:

```
LD rr,nn        ; transfer pe 16 biţi în modul imediat
LD rr,(nn)      ; ... şi în modul direct memorie
```

De asemenea, există unele instrucţiuni de transfer pe 16 biţi spre registrul special SP (indicatorul de stivă):

```
LD SP,HL
LD SP,IX
LD SP,IY
```

În schimb, nu sunt valide în limbajul de asamblare Z80 construcţii de forma:

```
LD HL,DE        ; incorect
LD BC,(HL)      ; incorect
```

Pentru transferuri directe în registre de 16 biţi, unii programatori sunt tentaţi să folosească o secvenţă PUSH-POP, ca în exemplul următor:

```
PUSH DE         ; LD HL,DE în 21 T
POP HL
```

Datorită incrementării şi decrementării implicite a stivei şi folosirii memoriei pentru stocare temporară, această soluţie, din păcate destul de răspândită, durează prea mult. Recomandăm următoarea soluţie, de 2,5 ori mai rapidă:

```
LD H,D          ; LD HL,DE în 8 T.
LD L,E
```

În cazul în care unul sau ambele registre implicate în transfer este un registru de index (IX sau IY), metoda PUSH-POP rămâne singura aplicabilă. Cu toate că Z80 execută şi transferuri pe jumătăţi de registre IX şi IY (de exemplu: LD E,IXL / LD D,IXH), aceste instrucţiuni nu apar în documentaţia de referinţă a microprocesorului, făcând parte din aşa numitele instrucţiuni "ascunse". Prin urmare, majoritatea asambloarelor nu le recunosc[1] şi utilizarea lor trebuie evitată.

Transferul cu adresare indirectă pe 16 biţi se face utilizând ca pointer doar registrele HL, IX sau IY. De exemplu, LD DE,(HL) se poate efectua prin secvenţa următoare:

---

[1]Singurul asamblor pe *Spectrum* care recunoaşte instrucţiunile de transfer pe jumătăţi de registre de index este EDITAS (C)1982 Picturesque.

```
        LD E,(HL)       ; LD DE,(HL) în 26 T
        INC HL
        LD D,(HL)
        INC HL          ; sau DEC HL dacă dorim păstrarea conţinutului
                        ; iniţial în HL
```

Dacă registrul HL este ocupat, se poate recurge la comutarea registrelor alternative, prin EXX. Dacă şi H'L' este ocupat, atunci se va recurge la IX sau IY, ca în exemplul următor:

```
        LD E,(IX)       ; LD DE,(IX) în 38 T
        LD D,(IX+1)
```

Exemple

a) Exemplul care urmează ilustrează incrementarea unei variabile întregi reprezentate pe 2 octeţi (16 biţi), aducând mai întâi conţinutul variabilei VAR în registrul DE, incrementând acest registru, apoi transferând la loc în memorie noua valoare:

```
        LD HL,VAR
        LD E,(HL)
        INC HL
        LD D,(HL)       ; LD DE,(HL)
        INC DE          ; incrementarea propriu-zisă a variabilei
        LD (HL),D       ; procedând simetric se economisesc instrucţiu-
                        ; nile INC/DEC
        DEC HL
        LD (HL),E
        ...
VAR     DEFW 999        ; după rularea secvenţei de mai sus, valoarea
                        ; variabilei VAR va fi 1000
```

b) Ne propunem să încărcăm registrele BC, DE şi HL cu aceeaşi valoare, să spunem 555, folosind mai întâi modul de adresare imediat:

```
        LD BC,555
        LD DE,555
        LD HL,555       ; folosind modul de adresare imediat, secvenţa
                        ; durează 30 T
```

Folosind transferuri pe 16 biţi, secvenţa devine:

```
        LD BC,555
        LD E,C
        LD D,B
        LD L,C
        LD H,B          ; folosind transferuri pe 16 biţi, secvenţa
                        ; durează 26 T
```

În concluzie, cea de-a doua variantă, deşi pare mai neclară, este ceva mai rapidă şi totodată mai eficientă, deoarece schimbarea valorii "555" cu altă valoare se face o singură dată în programul sursă.

c) Ne propunem să încărcăm registrele HL, IX şi IY cu aceeaşi valoare, de exemplu 555, folosind modul de adresare imediat:

```
        LD HL,555
        LD IX,555
        LD IY,555       ; folosind modul de adresare imediat, secvenţa
                        ; durează 38 T
```

Folosind transferuri pe 16 biţi prin metoda PUSH-POP (singura aplicabilă în acest caz), obţinem:

```
        LD HL,555
        PUSH HL
        POP IX
        PUSH HL
        POP IY          ; folosind transferuri pe 16 biţi, secvenţa
                        ; durează 60 T
```

Observăm că lucrurile stau cu totul altfel decât la exemplul precedent. La registrele index, transferurile pe 16 biţi sunt foarte defavorabile. Ca o concluzie generală, se poate afirma că metoda PUSH-POP trebuie evitată cu orice preţ.

Exerciţii

Programaţi o secvenţă care să adune două variabile întregi pe 16 biţi, denumite OPER1 şi OPER2, rezultatul depunându-se într-o variabilă REZ. Cele trei variabile pot fi alocate oriunde în memorie, deci nu trebuie profitat de o anume ordine şi adiacenţă a celor trei.

Refaceţi programul utilizând registrul IX în loc de HL, precum şi modul de adresare indexat în loc de modul de adresare indirect prin HL. Calculaţi cât durează această versiune în raport cu cea anterioară.

3.4.2. CICLURI

Ponderea ciclurilor în structurile de program este la fel de mare în limbajul de asamblare, ca şi în limbajele de nivel înalt. Un ciclu este o repetare a unei secvenţe de instrucţiuni de n ori sau până la îndeplinirea unei condiţii. Astfel, avem DO în Fortran, FOR în C, FOR, WHILE şi REPEAT în Pascal. De cele mai multe ori, numărul de iteraţii (n) este cunoscut. În setul Z80 avem instrucţiunea DJNZ (Decrease and Jump if Not Zero, adică "scade cu 1 şi salt dacă rezultatul nu este zero"). Această instrucţiune foloseşte implicit registrul B drept contor, deci permite maximum 256 iteraţii. Iată un exemplu de ciclu cu 7 iteraţii, în interiorul căruia se incrementează un registru:

```
        LD DE,5
        LD B,7          ; 7 iteraţii
loop    INC DE
        DJNZ loop
cont    ...             ; DE va conţine 5+7=12
```

Dacă B se încarcă inițial cu 0, atunci numărul de iterații va fi 256 (nu zero!), deoarece în instrucțiunea DJNZ mai întîi se decrementează valoarea lui B și apoi se verifică dacă a ajuns la 0.

Dacă în secvența de instrucțiuni din ciclu avem nevoie de registrul B, vom utiliza stiva, astfel:

```
        LD B,0          ; 256 de iterații
loop    PUSH BC
        ...
        POP BC
        DJNZ loop
```

Saltul pe care îl execută DJNZ pentru a reveni la începutul ciclului este relativ (tip JR). În consecință, secvența de instrucțiuni din ciclu nu trebuie să fie mai lungă de 126 octeți. Pentru a scăpa de această condiție se folosește artificiul următor:

```
        LD B,77
loop    JP begin
next    DJNZ loop
        ...
begin   ...             ; corpul ciclului de peste 126 B
end     JP next
```

În practică se utilizează cicluri contorizate pe doi octeți, care nu mai prezintă inconveniente și merg până la 65536 iterații. Orice registru general poate fi folosit drept contor. Refacem unul din exemplele anterioare în această idee:

```
        LD DE,7
        LD BC,1000      ; 1000 de iterații
loop    INC DE
        DEC BC
        LD A,B          ; testarea unui registru dublu dacă este 0
        OR C
        JP NZ,loop
```

Se observă modalitatea testării unui registru dublu dacă este 0 sau nu prin operația SAU bit cu bit între cei doi octeți componenți. Numai dacă ambii sunt zero, *flag*-ul Z va fi poziționat pe 1, "setat", și saltul la "loop" nu se mai efectuează.

3.4.3. UTILIZAREA REGISTRELOR ALTERNATIVE

Registrele alternative A'F', B'C', D'E' și H'L' reprezintă o soluție pentru schimbări de context rapide, care nu reclamă recursivitate. Uneori, prezența registrelor alternative este interpretată ca o dublare a capacității de stocare în registre, ceea ce nu este tocmai adevărat. Deși pe producători i-a avantajat impresia creată că Z80 are de fapt două acumulatoare și 6 registre duble

generale, experienţa practică nu a validat această idee. În primul rând, transferul direct între un registru şi un registru alternativ este complicat, trebuind găsit un spaţiu de stocare intermediar. În al doilea rând, registrele alternative nu au o identitate proprie. De fapt, nici un program nu poate determina la un moment dat în care din cele două seturi de registre lucrează. Singurul avantaj legat de registrele alternative este rapiditatea comutărilor cu instrucţiunile specializate:

```
EX AF,AF'       ; comută AF cu A'F' în 4 T
EXX             ; comută BC cu B'C', DE cu D'E' şi HL cu H'L' în
                ; 4 T
```

Pentru a contracara lipsa de identitate a registrelor alternative, toate programele care fac comutări trebuie să păstreze un riguros echilibru între instrucţiunile de comutare, indiferent pe ce ramură ar merge programul. Acest lucru impune programatorilor un efort suplimentar, care uneori nu se justifică. Varianta cu variabile în RAM este adesea preferabilă celei cu registrele alternative utilizate ca variabile.

De altfel, dacă intenţia proiectanţilor microprocesorului Z80 ar fi fost aceea de a dubla efectiv numărul de registre de lucru, cele noi ar fi primit nume distincte, dar intenţia lor nu a fost aceasta pentru că, faţă de celelalte microprocesoare din aceeaşi clasă (Intel 8080, Intel 8085 şi Motorola 6800), Z80 are şi aşa prea multe registre, ceea ce înseamnă timp suplimentar consumat la decodarea instrucţiunilor şi un număr mare de coduri de operaţie.

Schimbările de context însă reprezintă o cu totul altă problemă faţă de utilizarea registrelor alternative ca simple variabile. Pentru a înţelege diferenţa, vom porni de la faptul că instrucţiunea DJNZ (Decrease and Jump if Not Zero) foloseşte implicit registrul B drept contor. Dacă o subrutină MAIN conţine un ciclu cu DJNZ în interiorul căruia avem un apel la o subrutină SBR, care de asemenea conţine un ciclu cu DJNZ, apare un conflict asupra registrului B. Rezultatul programului următor, scris de un începător, este de-a dreptul dezastruos:

```
MAIN    LD A,0          ; iniţial A:=0
        LD B,5          ; repetă de 5 ori:
loopx   CALL SBR        ; A:=A+6
        DJNZ loopx      ; B nu mai conţine ce trebuie!
        RET             ; în final ar trebui ca A să aibă valoarea
                        ; 5×6=30

SBR     LD B,6          ; repetă de 6 ori
loopy   INC A           ; A:=A+1
        DJNZ loopy
        RET             ; în final A:=A+6
```

La începutul subrutinei SBR ar trebui făcută o schimbare de context, pentru a putea utiliza registrul B din nou în subrutină. În versiune clasică, schimbarea de context se face prin stivă, astfel:

```
SBR     PUSH BC         ; B din MAIN este salvat în stivă
        LD B,6
loopy   INC A
        DJNZ loopy
        POP BC          ; este readus B din MAIN
```

```
        RET             : durata schimbării de context: 21 T
```

Schimbarea de context se poate realiza şi cu registrele alternative, astfel:

```
SBR     EXX             : B din MAIN devine B'
        LD B,6
loopy   INC A
        DJNZ loopy
        POP BC          : este readus B din MAIN
        RET             : durata schimbării de context: 8 T
```

Schimbarea de context folosind registrele alternative este de 3 până la 8 ori mai rapidă, în funcţie de câte registre avem de salvat. În schimb, această metodă nu se poate aplica întotdeauna. De exemplu, dacă subrutina are nevoie de valorile registrelor din programul apelant, soluţia PUSH-POP este ideală, pentru că PUSH HL nu schimbă conţinutul registrului HL, pe când EXX o face. De asemenea, în cazul unei adâncimi mai mari a nivelului de subrutine, sau în cazul subrutinelor recursive, metoda PUSH-POP este singura practicabilă. Astfel, dacă subrutina SUBR din exemplul de mai sus ar chema la rândul ei în ciclu o altă subrutină care ar avea nevoie de registrul B, schimbarea de context cu registrele alternative devine imposibilă. Din păcate, majoritatea cazurilor practice nu îndeplinesc aceste condiţii şi necesită schimbări de context prin stivă.

Prezentăm în continuare o tehnică de transfer între registrele principale şi cele alternative omonime, prin intermediul stivei:

```
        PUSH HL
        EXX
        POP HL
        EXX             : secvenţa este echivalentă cu H'L':=HL şi
                        : durează 29 T
        PUSH AF
        EX AF,AF'
        POP AF
        EX AF,AF'       : secvenţa este schivalentă cu A'F':=AF şi
                        : durează 29 T
```

Se observă că durata acestor transferuri este considerabilă.

3.4.4. SUBRUTINE CU PARAMETRI ÎN LINIE (*in-line*)

În limbajele de nivel înalt (C, Pascal, Fortran) se utilizează frecvent subrutine cu parametri. Acestea permit execuţia aceloraşi instrucţiuni cu diferite seturi de date, ceea ce este mai util decât execuţia aceloraşi instrucţiuni cu acelaşi set de date, ca în Basic şi majoritatea limbajelor de asamblare. În limbajul de asamblare Z80 putem crea totuşi subrutine cu parametri. Tehnica subrutinelor cu parametri în linie (*in-line*) permite transmiterea de date direct după apelul de subrutină, prin DEFB, DEFW sau DEFM, ca în exemplele de mai jos. Această tehnică a ajuns să fie foarte des utilizată, fiind principala beneficiară a instrucţiunii EX (SP),HL (schimbarea conţinutului între registrul HL şi vârful stivei).

Parametrii care se pot transmite sunt fie adrese ale variabilelor din memorie (transmiterea parametrilor prin adresă, ca în exemplul din §3.4.4.2), fie valori imediate (transmiterea parametrilor prin valoare, ca în exemplul din §3.4.4.1). Deosebirea esențială dintre transmiterea parametrilor prin adresă și cea prin valoare este că în primul caz subrutina poate modifica valorile unor parametri și poate întoarce prin urmare o informație. În cel de-al doilea caz, subrutina doar utilizează parametrii transmiși, fără a-i modifica și fără a-i întoarce în programul apelant. Distincția este familiară celor care cunosc limbajele C și Pascal, limbaje ce suportă ambele moduri de transmitere a parametrilor. Limbajul Fortran nu dispune decât de transmiterea prin adresă. Metoda expusă nu este aplicabilă în cazul în care parametrii sunt nume de registre.

Un caz particular de subrutine cu parametri în linie îl reprezintă cel al selecției după parametru (v. §3.4.4.3).

3.4.4.1. Transmiterea parametrilor prin valoare

În exemplul următor prezentăm subrutina WSTR care scrie pe ecran un șir de caractere transmis în linie, prin valoare. Se utilizează convenția specifică limbajului C de a termina șirurile de caractere cu caracterul cu codul 0.

```
                ...
                CALL WSTR       ; subrutina scrie pe ecran şirul de caractere
                                ; dat
                DEFM "Spectrum" ; în linie, într-o definiţie de mesaj (DEFM),
                DEFB 0          ; încheiată cu 0 (marker de sfârşit de şir)
cont            ...             ; din acest loc trebuie să se reia execuţia la
                                ; întoarcerea din subrutină
WSTR            EX (SP),HL      ; aduce în HL ultima adresă din stivă
loop            LD A,(HL)       ; se ia câte un caracter din şir
                INC HL          ; se pregăteşte adresa următorului
                AND A           ; se verifică dacă este 0 adică sfârşit de şir
                JR Z,rtn        ; dacă da, atunci salt în afara buclei
                RST #10         ; la Spectrum subrutina de scriere a unui carac-
                                ; ter
                JR loop         ; repetă pentru caracterul următor
rtn             EX (SP),HL      ; se reface în stivă adresa corectă de întoarce-
                                ; re (cont)
                RET
```

Singura condiție pentru exploatarea acestei tehnici este ca înainte de întoarcerea din subrutină, adresa de întoarcere să fie corect calculată în HL și depusă în stivă cu EX (SP),HL. Menționăm că valoarea registrului HL din programul apelant nu este afectată în cursul executării subrutinei WRSTR.

3.4.4.2. Transmiterea parametrilor prin adresă

Subrutina ADDINT din exemplul care urmează adună două variabile întregi reprezentate pe 1 octet. Adresele celor două variabile sunt date ca parametri în linie. Rezultatul este depus în prima variabilă. Programul principal va apela de

două ori consecutiv subrutina ADDINT, rezultatul final fiind suma a trei variabile, alfa, beta şi gama, depusă în alfa.

```
            CALL ADDINT     ; alfa:=alfa+beta
            DEFW alfa
            DEFW beta
            CALL ADDINT     ; alfa:=alfa+gama
            DEFW alfa
            DEFW gama
cont        ...

alfa        DEFB 4
beta        DEFB 5
gama        DEFB 8
            ...

ADDINT      EX (SP),HL
            LD E,(HL)
            INC HL
            LD D,(HL)
            INC HL          ; DE conţine adresa operandului 1
            LD C,(HL)
            INC HL
            LD B,(HL)
            INC HL          ; BC conţine adresa operandului 2
            EX DE,HL        ; acum HL conţine adresa operandului 1
            LD A,(BC)       ; A conţine valoarea operandului 2
            ADD A,(HL)      ; este adunată cu valoarea operandului 1
            LD (HL),A       ; rezultatul este depus la adresa operandului 1
            EX DE,HL        ; adresa pentru întoarcere revine mai întâi în
                            ; HL ...
            EX (SP),HL      ; ... apoi în vârful stivei
            RET
```

3.4.4.3. Selecţie după variabilă sau condiţie

În acest caz, ca parametri în linie se dau mai multe adrese de salt posibile. Subrutina testează o variabilă sau o condiţie de selecţie şi se "întoarce" printr-un salt la una din adresele date ca parametri. Echivalentul acestei tehnici de programare este instrucţiunea CASE din Pascal, switch din C, respectiv GO TO calculat din Fortran. De asemenea, instrucţiunea IF aritmetic din Fortran IV este tot o selecţie şi vom vedea în exemplul care urmează o modalitate de a o scrie în limbaj de asamblare Z80. Subrutina IFARTM are trei parametri în linie şi anume trei adrese. Apelând IFARTM, dacă A<C, atunci se execută un salt la prima adresă (maimic), dacă A=C, atunci se execută un salt la a doua adresă (egal), iar dacă A>C, atunci se execută un salt la cea de-a treia adresă (maimare). A şi C reprezintă conţinutul registrelor respective. Această structură de program este chiar mai generală decât IF aritmetic din Fortran, cu care este echivalentă în cazul particular C=0. Exemplul de apelare cu A=12 şi C=5 va avea ca efect salt la ultima adresă (maimare).

```
            LD A,12
            LD C,5
            CALL IFARTM
```

```
          DEFW maimic
          DEFW egal
          DEFW maimare
egal      ...

maimic

maimare   ...

IFARTM    EX (SP),HL
          CP C
          JR NC,testeq
          LD DE,0          ; pe ramura A<C adresa de întoarcere va fi la
                           ; (HL)
          JR cont
testeq    JR NZ,aGTc
          LD DE,2          ; pe ramura A=C adresa de întoarcere va fi la
                           ; (HL+2)
          JR cont
aGTc      LD DE,4          ; pe ramura A>C adresa de întoarcere va fi la
                           ; (HL+4)
cont      ADD HL,DE        ; se calculează adresa la care vom găsi adresa
                           ; de întoarcere
          LD E,(HL)
          INC HL
          LD D,(HL)        ; DE conţine adresa de întoarcere
          EX DE,HL
back      EX (SP),HL       ; adresa de întoarcere este depusă în vârful
                           ; stivei
          RET
```

Notă: Nu ar fi fost bine `JP (HL)` în loc de `EX (SP),HL | RET` deoarece stiva ar fi rămas încărcată cu o valoare inutilă şi prin urmare ar fi fost dezechilibrată. Totuşi, dacă am fi preluat valoarea din stivă printr-un `POP`, am fi putut face şi `JP (HL)`, de exemplu:

```
          ...
back      POP DE
          JP (HL)
```

Exerciţii

a) Extindeţi ideea subrutinei `ADDINT` din §3.4.4.2, construind o subrutină `SIGMA` cu parametri în linie, pentru a aduna mai multe numere întregi reprezentate pe 1 octet. Primul parametru în linie dat prin `DEFB` va fi numărul de operanzi (2÷255). Următorii parametri daţi prin `DEFW` vor fi adresele operanzilor. Rezultatul va fi depus la adresa primului operand. Astfel, exemplul din §3.4.4.2 va putea fi rescris astfel:

```
          CALL SIGMA
          DEFB 3
          DEFW alfa
          DEFW beta
          DEFW gama
cont      ...
```

În general, procedurile (subrutine sau funcţii) cu număr variabil de parametri

poartă numele de variadice. Exemple celebre de proceduri variadice sunt `write` și `read` din Pascal și `printf` și `scanf` din C.

b) Scrieți o subrutină `IFIN` cu doi parametri în linie reprezentați de două caractere ASCII date prin `DEFB`. Subrutina trebuie să întoarcă `CY=1` dacă acumulatorul conține un caracter ASCII cu codul cuprins între cele două date ca parametri, altfel trebuie să întoarcă `CY=0`. De exemplu, testarea dacă un caracter din `A` este cifră (între "0" și "9") se va face cu următoarea secvență:

```
          LD A,5          ; dar dacă ar fi LD A,"5"?
          CALL IFIN
          DEFB "0"
          DEFB "9"
          JP C,cifra
altceva   ...

cifra
```

3.4.4.4. Tehnica *hook-code*

O aplicație a tehnicii transmiterii parametrilor în linie o reprezintă și tehnica *hook-code*. În cazul unei subrutine complexe, care execută mai multe servicii, se poate transmite în linie un parametru de 1 octet, *hook-code*-ul, codul de agățare, care selectează serviciul cerut. Să analizăm un exemplu de subrutină care execută trei servicii diferite, constând din scrierea unor mesaje de eroare. Parametrul transmis în linie identifică serviciul cerut. În subrutina `mesaj`, selecția se face pe baza unei tabele de salturi (v. §3.4.6).

```
          ...
          CALL mesaj
          DEFB 2
          ...

mesaj     EX (SP),HL
          LD A,(HL)       ; în A avem serviciul cerut
          INC HL
          EX DE,HL        ; de registrul HL vom avea nevoie
          CP 3
          JP NC,err       ; serviciile disponibile sunt 0, 1 sau 2
          LD HL,tabela    ; selecția serviciilor prin tabelă de salturi (v.
                          ; §3.4.6)
          ADD A,A         ; intrările în tabelă sunt la fiecare 2B
          LD C,A          ; adunarea la adresa de început a tabelei
          LD B,0
          ADD HL,BC       ; în HL avem adresa adresei unde se face saltul
          LD C,(HL)       ; LD BC,(HL) (v. 3.4.1)
          INC HL          ;
          LD B,(HL)       ;
          INC HL          ; în BC avem adresa unde se face saltul
          LD HL,m err
          CALL WSTR       ; (v. 3.4.4)
          DEFM 'EROARE: '
          DEFB 0
          LD L,C
```

```
          LD H,B
          JP (HL)          : în 12 T, față de PUSH BC | RET în 21 T
tabela    DEFW serv0       : tabela de salturi este o succesiune de cuvinte
                           : de 2B
          DEFW serv1       : reprezentând adresele serviciilor
          DEFW serv2
serv0     CALL WSTR
          DEFM 'sintaxa incorecta.'
          DEFB 0
          JR back
serv1     CALL WSTR
          DEFM 'depasire.'
          DEFB 0
          JR back
serv2     CALL WSTR
          DEFM 'identificator definit a doua oara.'
          DEFB 0
          JR back
back      OR A             : CY=0 pentru întoarcerea fără eroare
err       EX DE,HL         : aici ajunge cu CY=1, întoarcere cu eroare
          EX (SP),HL
          RET
```

Execuția secvenței de mai sus provoacă scrierea pe ecran a următorului mesaj:

```
EROARE: identificator definit a doua oara.
```

Această metodă este mai complicată decât simpla apelare directă a serviciului respectiv ca subrutină (în cazul nostru, `CALL serv2`). În schimb se rezolvă două probleme foarte spinoase. În primul rând, serviciile pot avea părți comune (în exemplul de mai sus, scrierea începutului de mesaj: 'EROARE: '). În al doilea rând, reasamblarea subrutinei `mesaj` (cu modificarea adreselor serviciilor) se poate face fără a fi necesară reasamblarea întregului program principal. Acest fapt facilitează scrierea unor aplicații complexe de mai mulți programatori, care lucrează în paralel. Chiar și pentru un singur programator este mai comod să împartă aplicația în module și să asambleze numai câte un modul, în loc să reasambleze de fiecare dată întreg programul. De asemenea, structurarea pe subrutine și servicii este un mod de dezvoltare mai confortabil decât structurarea numai pe subrutine, întrucât se grupează mai multe operații înrudite în același apel de subrutină.

La calculatoarele *Spectrum* se practică tehnica *hook-code* pentru subrutina de tratare a erorilor (`RST 8`) și pentru apelarea subrutinelor din ROM-ul ascuns al Interfeței 1.

3.4.5. ÎNMULȚIREA RAPIDĂ A NUMERELOR ÎNTREGI

Microprocesorul Z80, ca și altele din clasa sa (Intel 8080, Intel 8085, Motorola 6800), nu are instrucțiuni directe de înmulțire. În schimb, există instrucțiuni de deplasare la stânga (`SLA`, `RL`), ceea ce echivalează cu o înmulțire cu 2 a unui întreg fără semn. Două deplasări succesive vor echivala cu înmulțirea cu 4. Se vede ușor că înmulțirile cu 2^k se traduc prin k deplasări succesive la stânga ale variabilei care conține deînmulțitul.

Pentru variabile întregi fără semn, pe 1 octet (0÷255), este suficientă repetarea instrucţiunii SLA, ca în exemplul următor:

```
        LD HL,var       ; var conţine iniţial 5
        SLA (HL)        ; var conţine 5*2 = 10
        SLA (HL)        ; var conţine 5*4 = 20
        ...
var     DEFB 5
```

Pentru variabile întregi fără semn, reprezentate pe 2 octeţi (0÷65535), se foloseşte *flag*-ul CY pentru transport, şi se combină instrucţiunea SLA cu RL. Următorul exemplu tratează o înmulţire cu 4 a unei variabile conţinute în registrul DE:

```
        LD DE,500       ; DE conţine iniţial 500
        SLA E           ; E se înmulţeşte cu 2
        RL D            ; D se înmulţeşte cu 2 şi se adună transportul
                        ; CY
        SLA E           ; se repetă secvenţa
        RL D            ; în final DE va conţine 500*4 = 2000
```

Dacă variabila este alocată în memorie, atunci secvenţa devine:

```
        LD HL,var       ; var conţine iniţial 500
        SLA (HL)
        INC HL
        RL (HL)         ; var conţine 500*2=1000
        DEC HL
        SLA (HL)
        INC HL
        RL (HL)         ; var conţine 500*4=2000
        ...
var     DEFW 500
```

Exemplul de mai sus se constituie şi într-un răspuns la întrebarea pe care şi-o pun mulţi programatori începători: de ce instrucţiunile INC rr şi DEC rr nu modifică *flag*-urile? Pentru că de obicei INC rr şi DEC rr trebuie intercalate între instrucţiuni care au nevoie să-şi comunice valorile acestor *flag*-uri.

În cazul particular al variabilelor pe 1 octet stocate în acumulator, sau al variabilelor pe 2 octeţi stocate în registrul HL, vom utiliza în loc de SLA, respectiv SLA-RL, instrucţiunile directe de adunare ADD, ca în exemplele următoare:

```
        LD HL,333
        SLA L
        RL H            ; înmulţirea cu 2 în 16 T
        ADD HL,HL       ; înmulţirea cu 2 în 11 T

        LD A,33
        SLA A           ; înmulţirea cu 2 în 8 T
        ADD A,A         ; înmulţirea cu 2 în 4 T
```

Se observă, în acest caz particular, câştigul de viteză obţinut prin folosirea instrucţiunii ADD. Din păcate, nu întotdeauna avem A sau HL disponibile.

Înmulţirea rapidă cu numere care nu sunt puteri ale lui 2 se face practic printr-o combinaţie de înmulţiri cu puteri ale lui 2 şi adunări. Exemplele următoare ilustrează înmulţirea rapidă pe 2 octeţi, cu diverse numere, a unei variabile conţinute în registrul HL.

```
LD HL,13        ; Înmulţirea rapidă cu 3
LD D,H
LD E,L          ; DE:=13
ADD HL,HL       ; HL:=HL*2 (13*2=26)
ADD HL,DE       ; HL:=HL+DE (26+13=39)


LD HL,13        ; Înmulţirea rapidă cu 10
ADD HL,HL       ; HL:=HL*2 (13*2=26)
LD D,H
LD E,L          ; DE:=26
ADD HL,HL       ; HL:=HL*2 (26*2=52)
ADD HL,HL       ; HL:=HL*2 (52*2=104)
ADD HL,DE       ; HL:=HL+DE (104+26=130)
```

Înmulţirile rapide au multe aplicaţii practice, dintre care am ales pentru exemplificare subrutina READ10. Adesea este necesară conversia unui număr întreg reprezentat ca şir de caractere ASCII, în reprezentarea sa binară. De exemplu, numărul 183 trebuie convertit de la reprezentarea:

"1" 00110001_2
"8" 00111000_2
"3" 00110011_2

la reprezentarea:

183_{10} $00000000\ 10110111_2$

Vom avea în vedere cazul numerelor întregi fără semn, reprezentabile pe 2 octeţi (între 0 şi 65535). Se observă că între codul ASCII al unei cifre şi reprezentarea sa binară există un decalaj constant şi anume 48. Deci dacă vom scădea codul cifrei "0" din codul cifrei respective, vom obţine reprezentarea binară a cifrei (de exemplu: $"1"-"0" = 00110001_2 - 00110000_2 = 00000001_2$). Rutina de conversie va trebui să însumeze într-o variabilă întreagă pe 2 octeţi fiecare cifră în reprezentarea binară cu rezultatul precedent înmulţit cu 10. Variabila va fi iniţializată la 0. De exemplu, în cazul nostru:

```
VAR := 0
VAR := VAR * 10 + 1  rezultat: 1
VAR := VAR * 10 + 8  rezultat: 18
VAR := VAR * 10 + 3  rezultat: 183
```

La intrarea în subrutina READ10, HL va indica spre începutul şirului de cifre ASCII. Sfârşitul şirului este marcat de orice caracter nenumeric (inclusiv codul 0, standard C).

```
READ10    EX DE,HL
          LD HL,0       ; iniţializează numărul la 0
```

```
loop    LD A,(DE)
        SUB "0"         : transformă cifra din ASCII în reprezentarea ei
                        : binară
        JP M,rtn        : dacă are codul mai mic decât o cifră, atunci
                        : s-a terminat
        CP 10
        JP NC,rtn       : dacă are codul mai mare decât o cifră, de
                        : asemenea
        ADD HL,HL
        RET C           : toate instrucţiunile RET C care urmează produc
                        : întoarcerea în cazul erorii de depăşire (over-
                        : flow); depăşirea poate surveni la oricare din
                        : adunări
        LD B,H
        LD C,L
        ADD HL,HL
        RET C
        ADD HL,HL
        RET C
        ADD HL,BC       : conţinutul iniţial al lui HL se înmulţeşte cu
                        : 10
        RET C
        LD B,0
        LD C,A          : se converteşte cifra pe 16 biţi
        ADD HL,BC       : se adună cifra la HL
        RET C
        INC DE
        JR loop         : următoarea cifră
rtn     OR A            : înainte de întoarcere se resetează Carry
                        : pentru a
        RET             : semnaliza "întoarcere fără eroare"
```

3.4.6. SELECŢII PRIN TABELE DE SALTURI

O aplicaţie a tabelelor de salturi a fost prezentată deja în §3.4.4.4. Aceste tabele permit selectarea unui anumite operaţii dintr-un grup de operaţii înrudite, numite servicii. De asemenea, fac posibilă reasamblarea doar a unor anumite module dintr-un program mare. În plus, tabelele de salturi facilitează depanarea programelor în sensul că anumite servicii pot fi uşor redirecţionate în momentul rulării (fără reasamblare), schimbând numai valori în tabelă. În sfârşit, este o centralizare utilă a tuturor punctelor de intrare într-un modul mai mare, altfel greu de gestionat.

Pentru practicile curente de *reversed engineering* în software, adică de dezasamblare şi studiere a programelor executabile, identificarea tabelelor de salturi (dacă există) este prima operaţie care trebuie întreprinsă. Aproape toate programele executabile mai complexe conţin unul sau mai multe astfel de tabele.

Această tehnică este ilustrată în exemplul din §3.4.4.4.

3.4.7. TEHNICA DECUPĂRII DE BIŢI

În limbajul de asamblare Z80, tipurile de date curente sunt BYTE (1B), octetul, şi WORD (2B), cuvântul. Uneori însă se lucrează la nivel de bit, de exemplu în grafică, unde un pixel monocrom corespunde unui bit, sau pentru

reprezentarea economică a unui vector de variabile logice. În aceste situaţii sunt necesare operaţii cu biţi independenţi. Instrucţiunile specializate SET şi RES permit poziţionarea pe "1", respectiv pe "0" a unui anumit bit din registrul specificat, iar instrucţiunea BIT permite testarea valorii unui anumit bit. Totuşi, dacă bitul vizat se găseşte în acumulator, este preferabilă utilizarea instrucţiunilor OR şi AND cu o "mască" adecvată, ca în exemplele următoare:

```
SET 2,A         : pune pe 1 bitul D2 din acumulator în 8T
OR 2            : aceeaşi operaţie în 7T: 2 = 00000010₂

RES 7,A         : pune pe 0 bitul D7 din acumulator în 8T
AND #7F         : aceeaşi operaţie în 7T: #7F = 01111111₂

BIT 5,A         : testează bitul D5 din acumulator în 8T
                : acumulatorul rămâne intact
AND #20         : aceeaşi operaţie în 7T, dar A se distruge
                : #20 = 00100000₂
```

Uneori trebuie complementat un anumit bit, ceea ce nu se poate face eficient decât cu instrucţiunea XOR cu mască, astfel:

```
XOR #10 : complementează bitul D4 din acumulator: #10 = 00010000₂
```

Decuparea de biţi se referă la formarea unui octet cu biţi din două registre diferite, după o anumită mască. Unul din registrele operand va fi acumulatorul. După decupare, el va conţine şi rezultatul. Tehnica clasică a decupării este următoarea:

```
XOR r
AND masca       : masca va conţine biţi de 0 numai pe poziţiile
                : decupate
XOR r
```

De exemplu, să presupunem că trebuie să decupăm biţii D3, D4 şi D5 din registrul H şi să-i combinăm cu biţii D0, D1, D2, D6 şi D7 din acumulator. Masca va fi formată din biţi de "0" în poziţiile 3÷5 şi în rest din biţi de "1", adică 11000111_2 = #C7.

```
LD H,#AA        : 10101010₂
LD A,#1B        : 00011011₂
XOR H
AND #C7         : 11000111₂
XOR H           : rezultatul în A: 00101011₂
```

Această tehnică este exploatată cu predilecţie la rutinele grafice.

4

APLICAŢII ALE COMPATIBILELOR *SPECTRUM*

4.1. INTERFAŢĂ DE IMPRIMANTĂ

Interfaţa pe care o prezentăm în continuare poartă numele de *Tuttiprint* şi permite accesul calculatoarelor compatibile *Spectrum* la orice imprimantă paralelă (*Centronics*) sau serială (EIA RS232). De asemenea, poate fi utilizată şi la comunicaţii unidirecţionale cu alte periferice, precum şi pentru achiziţia de date, putând fi configurată ca interfaţă cu 9 intrări digitale.

În continuare vom descrie partea de software a interfeţei. Programul este compatibil cu Interfaţa 1 şi *Microdrive*, precum şi cu TimExt.

În modul grafic, programul poate adresa trei categorii de imprimante:

- RCD 9335 Scamp şi compatibile;
- Epson FX-80, Star LC-10, IBM Proprinter, Robotron K6313;
- Robotron K6311, Romom.

În modul text, programul lucrează cu orice imprimantă paralelă cu interfaţă de tipul *Centronics* sau serială conform specificaţiilor EIA RS232 şi CCITT V-24.

Programul *Tuttiprint* este compatibil şi co-rezident cu următoarele programe: Hisoft Devpac (Gens şi Mons), Hisoft Pascal, Hisoft C. Utilitarele şi *overlay*-urile asociate sunt compatibile şi co-rezidente cu următoarele programe: Masterfile, Beta Basic 3.1, Tasword Three, Laser Genius. De asemenea, programul recunoaşte şi tipăreşte următoarele tipuri de fişiere: Tasword Two, Masterfile, The Writer, Spectral Writer, fişiere ecran (SCREEN$).

4.1.1. DEFINIREA TERMENILOR REFERITORI LA IMPRIMANTĂ

Dăm în continuare o listă cu termenii cei mai des întrebuinţaţi pentru definirea funcţionării şi interfaţării unei imprimante matriceale.

ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) – standard internaţional (ISO-7) de reprezentare internă în echipamentele de calcul a caracterelor, pe 7 biţi.

Baud – unitate de măsură reprezentând o tranziţie pe linia de comunicaţii într-o secundă. Se utilizează pentru sincronizarea comunicaţiei seriale de date.

Caractere tipăribile – caractere care pot fi tipărite la imprimantă (litere, cifre, simboluri).

Caractere netipăribile – caractere care nu pot fi tipărite la imprimantă; pot fi caractere de control sau caractere grafice.

Caractere de control – caractere netipăribile prin care se controlează poziţia cursorului la tipărire, culoarea, densitatea, forma literelor ş.a.m.d.

Caractere grafice – caractere nestandard, a căror tipărire la imprimantă nu se poate face în modul text; de exemplu blocurile semigrafice, *UDG*-urile, simbolul © (copyright).

Carriage Return (CR) – caracter de control pentru întoarcerea capului de tipărire la începutul liniei; prin analogie cu maşina de scris: retur de car.

CCITT – Comitetul Consultativ Internaţional pentru Telefonie şi Telegrafie.

Comunicaţie serială – mod de comunicaţie digitală în care biţii sunt transmişi succesiv, pe o singură linie de date.

Comunicaţie paralelă – mod de comunicaţie digitală în care biţii care compun un caracter sunt transmişi simultan, pe mai multe linii de date.

Configurare software a imprimantei – transmiterea de parametri unei imprimante de către calculatorul gazdă, prin caractere de control.

Configurare hardware a imprimantei – transmiterea de parametri unei imprimante de către operator, prin acţionarea unor microcomutatoare.

Driver – subprogram de cel mai coborât nivel prin apelul căruia se realizează programarea şi exploatarea unui anumit periferic.

DTR (*Data Terminal Ready*) – linie de protocol hardware în comunicaţia serială după EIA RS232, prin starea căreia receptorul (imprimanta) semnalizează dacă este sau nu pregătit pentru preluarea de noi caractere.

EIA (*Electronic Industries Association*) – organizaţie din Statele Unite care elaborează standarde în comunicaţii de date.

Expandarea *token*-urilor – înlocuirea unui *token* cu succesiunea corespunzătoare de litere şi simboluri.

Form feed (FF) – caracter de control pentru avansul hârtiei la o pagină nouă.

Formatter – subprogram de nivel mai înalt, care realizează organizarea datelor într-un anumit format.

Formatter text – *formatter* care prelucrează datele de tip text.

Formatter grafic – *formatter* care prelucrează informaţia grafică.

Header – titlul unui document, a cărui tipărire pe prima linie a fiecărei pagini, asigurată de *formatter*, permite identificarea documentului tipărit.

Line feed (LF) – caracter de control pentru avansul hârtiei la o linie nouă.

Overlay – program co-rezident care extinde, modifică sau adaptează funcţiile programului de bază.

Parallel Input Output (PIO) – circuit din familia microprocesorului Z80, specializat pentru comunicaţia paralelă de date.

Program de generare – program interactiv utilizat pentru configurarea unui alt program şi corelarea acestuia cu mediul hardware în care va rula.

Protocol – convenţie respectată atât de emiţător, cât şi de receptor, având drept scop principal posibilitatea receptorului de a cere emiţătorului oprirea sau repornirea fluxului de date.

RS232 – standardul EIA de comunicaţie serială de date.

STROBE – semnal de sincronizare a comunicaţiei paralele.

Token – element lexical al unui limbaj de programare (cuvânt-cheie), aflat pe acelaşi nivel structural cu literele, cifrele şi simbolurile, având însă forma unei succesiuni de litere şi simboluri. De exemplu, cuvintele cheie din Basic: `PRINT`, `CONTINUE` etc.

TxD (*Trasmit Data*) – linia de ieşire serială de date, conform EIA RS232.

V24 – recomandările CCITT pentru comunicaţii seriale de date.

Viteza de transmisie – parametru al comunicaţiei de date, exprimat la nivelul fizic în *bauds* (biţi pe secundă). La comunicaţia serială asincronă, emiţătorul şi receptorul trebuie configurate separat pe aceeaşi viteză de transmisie.

4.1.2. PROGRAMUL INTERFEŢEI

Programul *Tuttiprint* este un instrument software adaptabil într-o diversitate de medii hardware şi software, destinat exploatării imprimantei. Utilizarea acestui program asigură generalitatea aplicaţiilor în raport cu tipărirea la imprimantă, precum şi un standard destul de ridicat pentru calitatea informaţiei tipărite (ca mod de organizare). Strategia de proiectare a urmărit să reunifice pe de o parte diversele posibilităţi de tipărire la imprimantele uzuale, pe de altă parte diversele interfeţe existente la mai multe calculatoare compatibile *Spectrum* (Tim-S, HC-85, Cobra ş.a.). Pe un alt plan, s-a urmărit compatibilitatea cu software-ul de bază care rulează pe *Spectrum*. Ca urmare, orice aplicaţie software care este proiectată cu ieşirea la imprimantă prin Tuttiprint este portabilă pe o multitudine de configuraţii hardware. Această concepţie depăşeşte faza de pionierat, în care fiecare context utilizator-calculator-interfaţă-imprimantă-*driver*-aplicaţie era unic. Prin Tuttiprint, programele utilizatorilor câştigă în generalitate, ceea ce le apropie de principalul lor obiectiv.

Tuttiprint se compune dintr-un segment principal în cod maşină, rezident în RAM la adresă fixă (64000÷65368), un program de generare interactiv în Basic şi o serie de extensii sub formă de *overlay*-uri, în cod maşină sau în Basic. Segmentul principal conţine funcţiile de bază: tipărirea unui caracter (*driver*), *formatter* de text, *formatter* grafic, tipărirea unui fişier text (Tasword Two). Funcţiile şi facilităţile avansate, precum şi adaptabilitatea la programele care ocupă zona de RAM de la 64000 se realizează cu ajutorul extensiilor. Caracteristicile segmentului principal sunt următoarele:

- *driver* serial cu viteza programabilă de 50, 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800 bauds, protocol DTR;

- *driver* paralel cu protocol BUSY;

- *formatter* de text adresat prin fluxul de date #3 (funcţionează LPRINT şi LLIST din Basic şi RST #10 din cod maşină); are opţiuni pentru *header* şi numerotarea paginilor; formatul paginii este programabil; are opţiunea pentru imprimare pe coli de scris A4, cu aşteptarea unei taste după fiecare pagină; are opţiunea pentru imprimarea pe ambele feţe ale foii (cu margine de îndosariere alternantă); lucrează în două moduri: "T", text (normal) şi "B", fără formatare (pentru caractere de control); expandează *token*-urile Basic; interpretează TAB, AT (relativ la poziţia curentă); interpretează virgula din PRINT ca salt la începutul următoarei zone de 16 câmpuri; ignoră caracterele de control cu excepţia CR, pe care îl transmite CR + LF, şi a FF (CHR 12); transmite UDG-urile, semnul © şi caracterele semigrafice ca spaţiu sau alt caracter la alegere; ignoră atributele; recunoaşte CHR 0 pentru reiniţializarea *formatter*-ului (începutul primei pagini) şi schimbarea *header*-ului; recunoaşte CHR 1 pentru schimbarea *header*-ului; permite configurarea software programabilă a imprimantei la fiecare reiniţializare (de exemplu, schimbarea setului de caractere, schimbarea densităţii); listează fişiere Tasword la imprimantă, fără încărcarea Tasword-ului; permite listarea înlănţuită de fişiere Tasword pentru redactarea de lucrări (până la 9.999 de pagini);

- *formatter* grafic; produce *hardcopy* grafic al întregului ecran 256 x 192 pixeli (inclusiv cele 2 linii inferioare), în 3 variante dimensionale: X1 (90 x 68 mm), X2 (180 x 136 mm), X3 (270 x 204 mm, numai pe A3); este scris în cod maşină automodificabil; adresează la alegere una din imprimantele grafice menţionate la începutul paragrafului.

4.1.2.1. Încărcarea şi activarea programului

Programul Tuttiprint V4.7 este un cod salvat sub numele "tpc", care se încarcă cu:

```
CLEAR 63999: LOAD "tpc"CODE <ENTER>
```

El ocupă memoria RAM de la adresa 64000 (deasupra RAM_TOP-ului), până la 65386 (începutul zonei de UDG-uri). După încărcare, el se activează cu:

```
RANDOMIZE USR 64000 <ENTER>
```

Dacă imprimanta este conectată şi alimentată, ea va răspunde prin avansarea cu o linie (LF). Dacă la activare calculatorul se blochează, înseamnă că imprimanta nu este ON LINE (vezi manualul imprimantei).

În acest stadiu se pot încerca LPRINT şi LLIST din Basic, sau RST #10 pe fluxul #3 din cod maşină.

Din nefericire, datorită recursivității sale, programul Tuttiprint nu poate fi întrerupt cu BREAK sau cu altceva. Întreruperea programului ar fi creat posibilitatea acumulării de balast în stiva mașinii și neplăcerile ar fi fost mai mari. Pentru a evita consumul inutil de hârtie la o comandă greșită de listare, se deconectează imprimanta, lăsând programul să termine listarea în gol (eventual se aplică interfeței un fals semnal READY sau NON-BUSY).

Înainte de a începe imprimarea, se așază de fiecare dată hârtia în poziția de pagină nouă (capul imprimantei în partea de sus a paginii) și se inițializează *formatter*-ul de text cu comanda:

```
LPRINT CHR$ 0 <ENTER>.
```

4.1.2.2. *Formatter*-ul de text

În funcție de tipul hârtiei folosite și de așezarea dorită în pagină, se pot schimba următorii parametri, ale căror valori inițiale au fost alese la generare:

NR_SPA = 64012. Numărul de spații trimise înaintea fiecărei linii, pentru margine de îndosariere la stânga; (> =1);

NR_LIN = 64013. Numărul de linii pe pagină;

NR_COL = 64014. Numărul de caractere pe linie (exclusiv spațiile trimise înaintea liniei);

NR_SPX = 64015. Numărul de spații trimise înaintea fiecărei linii, pentru margine de îndosariere la dreapta, la imprimarea foilor pe verso; (> =1);

OPTN = 64017. Următoarele opțiuni de 1 bit:

- bitul 0 (+1) fișiere Tasword segmentate; (0) fișiere Tasword independente;
- bitul 1 (+2) cu *header* și număr de pagină; (0) fără *header* și număr de pagină;
- bitul 2 (+4) așteptarea unei taste după fiecare pagină (pentru coli A4); (0) fără așteptare (pentru hârtie continuă);
- bitul 3 (+8) margine de îndosariere alternantă pentru coli A4 pe ambele fețe; (0) margine normală pentru coli A4 pe o singura față;

Valoarea care se introduce la OPTN reprezintă suma numerelor din parantezele care corespund opțiunilor respective. De exemplu, pentru fișiere Tasword segmentate, cu *header* și număr de pagină, pentru hârtie continuă, se face POKE 64017,1+2.

Parametrii NR_SPA, NR_LIN, NR_COL și NR_SPX se calculează în funcție de formatul hârtiei (lungimea H, lățimea L), suprafața activă dorită (lungimea h, lățimea l), distanța dorită între marginea stângă a hârtiei și începutul suprafeței active (marginea de îndosariere d) și densitățile de tipărire CPI (numărul de caractere pe inch) și LPI (numărul de linii pe inch). Densitățile standard ale majorității imprimantelor sunt CPI=10 și LPI=6, putând fi configurate și la alte valori, ca: CPI=12.5, CPI=16, LPI=8. Având dimensiunile H, L, h, l și d în milimetri, putem calcula parametrii cu următoarele relații (rotunjind la întreg):

$$NR\_SPA = \frac{d \cdot CPI}{25,4} \qquad NR\_COL = \frac{l \cdot CPI}{25,4}$$

$$NR\_LIN = \frac{h \cdot LPI}{25,4}$$

$$NR\_SPX = \frac{(L - l - d) \cdot CPI}{25,4}$$

Lăţimea hârtiei (L) se măsoară între poziţia cea mai din stânga a capului de imprimare şi poziţia cea mai din dreapta a capului. În exemplul care urmează se consideră cazul cel mai comun, al colii de scris A4, cu H=297 mm şi L=205 mm. Pentru o suprafaţă activă h=245 mm, l=183 mm şi d=20 mm, cu densităţile standard CPI=10, LPI=6, se obţin: NR_SPA=8, NR_COL=72, NR_LIN=58, NR_SPX=1.

Modificarea parametrilor NR_SPA, NR_COL, NR_LIN şi NR_SPX devine efectivă numai după iniţializarea cu LPRINT CHR$ 0 sau cu RANDOMIZE USR 64000.

Un efect interesant îl are schimbarea numărului de spaţii NR_SPA şi anume scrierea la două rânduri (sau la mai multe). Scrierea la două rânduri, utilă de exemplu pentru corectură, se poate obţine adăugând la NR_SPA, numărul maxim de caractere care pot fi tipărite pe o linie de imprimantă. De exemplu, la Romom, în densitatea standard se pot tipări 80 de caractere pe linie. Dacă în loc de 8, NR_SPA va conţine 88, atunci scrierea se va face la două rânduri, iar dacă va conţine 168, scrierea se va face la trei rânduri.

Dacă OPTN bitul 2 este 1, atunci după fiecare pagină se aşteaptă schimbarea hârtiei şi apăsarea oricărei taste. Se recomandă utilizarea în acest scop a tastelor CAPS SHIFT şi SYMBOL SHIFT, pentru a nu interveni accidental în rularea anumitor programe, de exemplu Gens Assembler. Daca OPTN bitul 1 este 1, atunci fiecare pagină va avea pe prima linie un *header* (titlu sau antet) aliniat la stânga şi numărul de pagină, în formatul PAG NN, aliniat la dreapta. La fiecare iniţializare, numărul de pagină este adus la 1. Dacă se doreşte începerea tipăririi cu pagina N>1, atunci se iniţializează şi apoi se dau comenzile următoare:

```
INPUT n: LET o=1000: FOR i=64043 TO 64046: LET q=INT (n/o):
POKE i,q+48: LET n=n-o*q: LET o=o/10: NEXT i <ENTER>.
```

De fapt, programul de mai sus scrie în locaţiile de la 64043 la 64046, codurile ASCII ale cifrelor miilor, sutelor, zecilor şi respectiv unităţilor numărului de pagină, N. Citirea numărului curent de pagină se face astfel:

```
FOR i=64043 TO 64046: PRINT CHR$ PEEK i;: NEXT i: PRINT <ENTER>.
```

Dacă tipărirea se face în opţiunea cu margine alternantă, pe ambele feţe ale colii de hârtie, atunci paginile impare vor avea marginea la stânga NR_SPA, iar paginile pare, NR_SPX. Este evident că dacă se începe tipărirea de la un NN

par, atunci rolurile parametrilor NR_SPA şi NR_SPX se inversează, ca în exemplul următor, în care tipărirea trebuie să înceapă de la pagina 10 (de pe verso):

```
LET NRSPA=PEEK 64012: POKE 64012,PEEK 64015:
POKE 64015,NRSPA: LPRINT CHR$ 0:
POKE 64045, CODE "1": POKE 64046, CODE "0"<ENTER>.
```

Header-ul reprezintă titlul lucrării listate, iar modificarea lui se face cu comanda:

```
LPRINT CHR$ 1;"Un nou header" <ENTER>.
```

sau direct la iniţializare:

```
LPRINT CHR$ 0;"Alt nou header" <ENTER>.
```

Dacă după CHR$ 0 urmează direct <ENTER>, se păstrează *header*-ul existent. Pentru ştergerea *header*-ului este suficientă modificarea sa într-un spaţiu, cu comanda: LPRINT CHR$ 1;" ".
Lungimea *header*-ului este de maximum 64 de caractere, fiind condiţionată şi de NR_COL (< NR_COL-8). Depăşirea lungimii de 64 poate altera zona de UDG-uri. Depăşirea numărului NR_COL-8 are ca efect scrierea *header*-ului pe două sau mai multe linii, în loc de una.

Dacă se foloseşte comunicaţia serială, viteza de transmisie se poate modifica la BAUD=64019, după tabelul 4.1.Pentru viteza de transmisie de 1200 bauds se dă comanda POKE 64019,4 <ENTER>.

TABELUL 4.1. **Selectarea vitezei de transmisie**

Viteza (bauds)	50	110	300	600	1200	2400	4800
BAUD	0	1	2	3	4	5	6

Pentru configurarea software a imprimantei, se specifică mesajul de configurare, cu lungimea maximă de 23 octeţi, începând cu adresa 64020. Ultimii 2 octeţi din mesaj vor fi obligatoriu următorii: 13 şi 138 (adică 10+128, 128 marcând sfârşitul mesajului). De exemplu, la imprimanta Romom dorim să tipărim cu setul de caractere internaţional, în densitate maximă CPI=15,5. Trebuie date următoarele comenzi:

```
POKE 64020,27: POKE 64021,82:
POKE 64022,48: REM set int <ENTER>
POKE 64023,27: POKE 64024,91: POKE 64025,51: POKE 64026,32:
POKE 64027,75: REM 120 chr / lin (CPI=15,5) <ENTER>
POKE 64028,13: POKE 64029,138: REM terminatia <ENTER>.
```

Ştergerea mesajului de configurare se face automat, prin introducerea unui nou mesaj. Simpla anulare a mesajului se obţine prin:

POKE 64020.13: POKE 64021.138 <ENTER>.

Tabelul 4.2 arată modul cum *formatter*-ul de text interpretează caracterele din setul ASCII *Spectrum*:

TABELUL 4.2. **Interpretarea caracterelor ASCII *Spectrum* de către *formatter*-ul de text**

Zecimal	Hexa	Interpretare	Efectul asupra variabilelor	Observații
0	00		LIN=0 COL=0 PAG=1	caracter de inițializare a *driver*-ului, la început de document nou; linia care urmează este considerată *header*
1	01			caracter de control al *driver*-ului: linia care urmează este considerată *header*
2÷5	02÷05			sunt filtrate, nu au nici un efect
6	06	N spații	COL=COL+N	virgula din PRINT avansează pe orizontală la începutul următoarei zone de 16 coloane
7÷11	07÷0B			sunt filtrate, nu au nici un efect
12	0C	CHR 12 (FF)	LIN=0 COL=0 PAG=PAG+1	salt la pagină nouă; început de pagină
13	0D	CHR 13 CHR 10 (CR)	COL=0	salt la linie nouă; început de linie
14÷15	0E÷0F			sunt filtrate, nu au nici un efect
16÷21	10÷15			ignoră următorul caracter (atribut)
22	16	l x CR TAB c (AT)	LIN=LIN+l COL=c	următoarele două caractere sunt luate drept l și c
23	17	c-COL spații (TAB)	COL=c	următorul caracter este luat drept c, apoi este ignorat un caracter
24÷31	18÷1F			sunt filtrate, nu au nici un efect
32÷126	20÷7E	CHR x	COL=COL+1	caractere tipăribile
127÷164	7F÷A4	1 spațiu	COL=COL+1	caractere grafice
165÷255	A5÷FF	N litere	COL=COL+N	*token*-urile Basic sunt expandate în secvențe de N litere sau simboluri

Variabilele LIN şi COL sunt contoarele de linie şi coloană ale *formatter*-ului text şi se găsesc la următoarele adrese:

```
LIN = 64640, COL = 64641
```

Se observă din tabel că *formatter*-ul de text ignoră caracterele de control pentru atribute şi înţelege virgula din PRINT ca salt pe orizontală la începutul următoarei zone de 16 coloane. De asemenea, înţelege TAB c ca salt pe orizontală la coloana c şi, în sfârşit, înţelege AT l,c ca avans cu l linii şi apoi TAB c. De observat faptul că, dacă pe ecran nu are sens TAB c, c>32, *formatter*-ul interpretează orice c<NR_COL. Tabularea se comportă normal, adică dacă c=COL atunci nu are efect, iar dacă c<COL, atunci se execută pe linia următoare (COL este coloana curentă).

Unele imprimante au funcţii speciale de tabulare pe orizontală şi pe verticală. Am evitat folosirea acestor funcţii pentru respectarea principiului portabilităţii. AT (relativ la linia curentă) şi TAB sunt interpretate de *formatter* şi trimise ca spaţii, respectiv CR+LF. De asemenea, dintre caracterele de control este lăsat să treacă doar CHR 12 (FORM FEED), care se presupune comun tuturor imprimantelor. Pentru înlocuirea caracterelor grafice s-a utilizat spaţiul, în ideea de a putea completa manual listingul cu aceste caractere. Prin POKE 64446,CODE "?" se poate opta pentru alt înlocuitor (de exemplu "?"). Pentru a trimite caractere de control la imprimantă există două metode: prima a fost prezentată deja la configurarea soft a imprimantei. A doua constă în schimbarea modului de transmisie din modul "T" (text) în modul "B" (bytes). Aceasta se realizează cu instrucţiunea:

```
POKE 64016,CODE "b" <ENTER> sau POKE 64016,CODE "B" <ENTER>
```

Modurile sunt analoge modurilor de transmisie ale Interfeţei 1 Sinclair. În modul "B", *formatter*-ul text este ocolit, fiecare caracter fiind trimis ca atare. LPRINT şi RST #10 funcţionează, dar comanda LLIST nu este recomandabilă. Revenirea la modul "T" se face cu:

```
POKE 64016,CODE "t" <ENTER> sau POKE 64016,CODE "T" <ENTER>
```

Un exemplu de utilizare a modului "B" îl constituie scrierea unui titlu cu litere mari. La imprimanta Romom, pentru a scrie cu litere mari, trebuie dată secvenţa de caractere de control:

```
LARGE PRINT ON: ESC, "[", "1", "m" sau CHR 27,91,49,109
```

Se procedează astfel:

```
POKE 64016,CODE "b": LPRINT CHR$ 27: CHR$ 91: CHR$ 49: CHR$ 109:: POKE
64016,CODE "t": LPRINT "TITLU"
```

Pentru a experimenta diverse caractere de control, consultaţi manualul imprimantei.

4.1.2.3. Tipărirea fişierelor Tasword

Pentru tipărirea fişierelor Tasword există două comenzi specifice. Dacă fişierul se găseşte pe casetă şi trebuie încărcat, se dă comanda: RANDOMIZE USR 64003 <ENTER> iar dacă fişierul se găseşte în memorie, se dă comanda: RANDOMIZE USR 64006 <ENTER>.

Prima comandă (USR 64003) are următorul efect:

– şterge fişierul Tasword din memorie;

– încarcă primul fişier Tasword întâlnit; în caz de eroare la încărcare, afişează 'LOAD ERROR', şterge fişierul incomplet sau eronat şi reia încărcarea;

– dacă OPTN bitul 0 = 0, atunci iniţializează *formatter*-ul;

– ca *header* de pagină este luat numele fişierului, la care se adaugă extensia <Tasword>;

– trimite fişierul la imprimantă, pe 64 de coloane, fără să altereze NR_COL; dacă se întâlneşte caracterul grafic CHR 143 (#8Fh) (pătratul negru), se forţează salt la pagină nouă (se pune, de exemplu, la încheierea unui capitol);

– dacă OPTN bitul 0 = 1, atunci la sfârşit trimite o linie albă (în cazul în care la generare nu s-a renunţat la separarea fişierelor cu o linie);

– dacă OPTN bitul 0 = 0, atunci la sfârşit se forţează salt la pagină nouă;

– revine în Basic.

Dacă se doreşte o nouă copie, se dă comanda RANDOMIZE USR 64006, deoarece fişierul se află deja în memorie. Vom explica acum mai în amănunt ce face opţiunea OPTN bitul 0. Pentru aceasta, să presupunem că trebuie să tipărim la imprimantă fişierele Tasword de pe o casetă. În acest caz există două posibilităţi: fişierele să fie independente sau să fie părţi ale unui text mai lung (de exemplu aceste instrucţiuni sunt stocate în 7 fişiere). În primul caz, fiecare fişier trebuie început pe o pagină nouă, iar ultima pagină trebuie încheiată cu FORM FEED. În al doilea caz, numai primul fişier este început pe o pagină nouă, iar numerotarea paginilor începe de la 1; următoarele fişiere se tipăresc de unde s-a terminat fişierul anterior, eventual cu o linie între ele (alegerea se face la generare), paginile numerotându-se în continuare. Celor două situaţii le corespund opţiunile OPTN bitul 0 = 0 şi respectiv OPTN bitul 0 = 1. De exemplu, dacă doriţi încărcarea de pe casetă şi tipărirea unui text segmentat în 7 fişiere Tasword (7 segmente), se pune OPTN bitul 0 pe 1, cu:

```
POKE 64017,2*INT (PEEK 64017/2)+1 <ENTER>
```

şi se dau comenzile:

```
LPRINT CHR$ 0: FOR i=1 TO 7: RANDOMIZE USR 64003: NEXT i
```

Pentru tipărirea unui fişier de pe *microdrive*, disc, reţea sau prin RS232, se şterge zona cu:

```
RANDOMIZE USR 64003 <ENTER> <BREAK>
```

apoi se încarcă fişierul Tasword la adresa 32000, din Basic:

```
LOAD *..."nume"CODE 32000 <ENTER>
```

şi se iniţializează *formatter*-ul, specificându-se, dacă este cazul, titlul documentului, înainte de tipărirea propriu-zisă:

```
LPRINT CHR$ 0;"TITLUL DOCUMENTULUI": RAND USR 64006 <ENTER>.
```

Ştergerea prealabilă a vechiului fişier este foarte importantă şi se impune înainte de încărcarea fiecărui fişier de pe *microdrive*. Dacă vechiul fişier nu a fost şters, şi noul fişier este mai scurt decât cel vechi, atunci, cu RAND USR 64006, se tipăreşte întregul text din memorie la imprimantă, adică noul fişier plus o rămăşiţă din vechiul fişier. De asemenea, este necesară şi specificarea titlului documentului la încărcarea de pe disc sau *microdrive*, spre deosebire de cazul încărcării de pe casetă, unde titlul documentului îl constituie chiar numele fişierului cu terminaţia <Tasword>.

Dacă doriţi tipărirea mai multor fişiere care se încarcă de pe *microdrive*, puteţi evita prin POKE 64660,201 necesitatea apăsării de fiecare dată a combinaţiei BREAK. De exemplu, tipărirea acestui manual segmentat în 7 fişiere, dacă acestea se găsesc pe *microdrive*-ul 1, se poate face cu următorul program simplu:

```
10 POKE 64660,201: LPRINT CHR$ 0;"MANUAL Tuttiprint"
20 FOR i=1 TO 7
30 RANDOMIZE USR 64003: REM se sterge vechiul fisier
40 LOAD *"m";1;"tp"+STR$ i+".man"CODE 32000
50 RANDOMIZE USR 64006: REM se tipareste noul fisier
60 NEXT i
```

Exemplul de mai sus exploatează cazul particular în care numele fişierelor sunt identice, cu excepţia unei cifre. Programul următor are acelaşi efect, dar este mai general. Pentru a-l folosi cu alte fişiere, schimbaţi linia 70 DATA şi *header*-ul din linia 10.

```
10 POKE 64660,201: LPRINT CHR$ 0;"MANUAL "Tuttiprint""
15 RESTORE
20 READ n$: IF NOT LEN n$ THEN GO TO 100: REM terminat
30 RANDOMIZE USR 64003: REM se sterge vechiul fisier
40 LOAD *"m";1;n$CODE 32000
50 RANDOMIZE USR 64006: REM se tipareste noul fisier
60 GO TO 20
70 DATA "tp1.man","tp2.man","tp3.man","tp4.man","tp5.man","tp6.man","tp7.
man",""
```

Dacă în memorie nu se află nici un fişier sau acesta a fost şters cu manevra RAND USR 64003 <ENTER> <BREAK>, atunci comanda RAND USR 64006 nu are sens şi trebuie evitată.

Caracterul grafic 143 (pătratul negru) întâlnit într-un fişier Tasword forţează *formatter*-ul să avanseze la pagină nouă. Acest caracter poate apărea

numai la începutul liniei. Cu POKE 64835,CODE "*" se alege un alt caracter cu acest rol, noul caracter fiind specificat între ghilimele. Prin POKE-uri se obţin diverse efecte în programul Tuttiprint. În lista de mai jos sunt date câteva POKE-uri mai utile. În paranteze drepte apare conţinutul iniţial al adreselor respective.

Eliminarea OUT-urilor pentru interfaţa Pirate de comandă a casetofonului, în situaţia când *port*-ul 127 are altă destinaţie:

```
POKE 64660,24: POKE 64661,2: POKE  64731,24       [62,3,62]
```

Acceptarea fişierelor cu eroare la încărcare ("LOAD ERROR"):

```
POKE 64729,0: POKE 64730,0                [48,29]
```

Eliminarea testelor de adresă şi lungime ale fişierului încărcat, în vederea acceptării fişierelor Spectral Writer şi Easy Word, alături de cele Tasword:

```
POKE 64704,0: POKE 64710,0: POKE 64716,0 [68,62,56]
```

Mărirea spaţiului de stocare a fişierelor de la 20480 octeţi la 31500 octeţi, ceea ce oferă posibilitatea ştergerii şi tipăririi integrale a fişierelor mai lungi Spectral Writer şi Easy Word:

```
POKE 64651,13: POKE 64652,123: POKE 64822,13: POKE 64823,123
                  [1,80,1,80]
```

Eliminarea liniei care desparte fişierele segmentate, atunci când se doreşte tipărirea fişierelor în care textul este gata împărţit în pagini:

```
POKE 64839,0              [215]
```

Eliminarea terminaţiei "<TASWORD>" din *header*:

```
POKE 64753,128          [118]
```

Încărcarea de pe casetă şi tipărirea fişierelor segmentate cu *header* unic, independent de numele fişierelor, în vederea: a) identificării întregului document printr-un singur *header*, mai convenabilă în unele situaţii; b) adaptării *header*-elor la structura lucrării (împărţirea pe capitole) mai degrabă decât la structura fişierelor:

```
POKE 64671,224: POKE 64672,90: POKE 64684,224: POKE 64685,90
: POKE 64695,235: POKE 64696,90: POKE 64746,24: POKE 64747,4
: POKE 64785,234: POKE 64786,90: POKE 64790,225
: POKE 64791,90: POKE 64753,128
          [251,254,251,254,6,255,33,252,5,255,252,254,118]
```

Revenirea în Basic după ştergerea vechiului fişier şi încărcarea noului fişier:

```
POKE 64731,201    [62]
```

Revenirea în Basic după ştergerea vechiului fişier:

```
POKE 64660,201    [62]
```

Cu cele două POKE-uri de mai sus, se pot separa cele trei funcţii principale ale programului de tipărire a fişierelor Tasword şi anume: ştergerea vechiului fişier, încărcarea noului fişier de pe bandă, tipărirea propriu-zisă. Apelarea celor trei părţi se face astfel:

```
RAND USR 64003 – ştergerea vechiului fişier
RAND USR 64664 – încărcarea de pe bandă a noului fişier
RAND USR 64006 – tipărirea la imprimantă
```

În cele două exemple din paginile anterioare am văzut cum este exploatată posibilitatea separării celor trei funcţii. Tipărirea fişierelor Tasword Two cu programul Tuttiprint, după cum am constatat, este posibilă şi chiar destul de flexibilă. Totuşi, în exploatare s-au observat unele dezavantaje: a) la fişierele segmentate, dacă la un moment dat apare un incident (de exemplu se rupe hârtia), toată operaţia trebuie reluată de la început; b) la fişierele segmentate nu se pot scoate mai multe copii; c) nu există posibilitatea prevenirii împărţirii pe două pagini a unor zone care trebuie să apară continue (de exemplu tabele, locuri pentru figuri, formule cu indici); d) unele fişiere care conţin caracterul CHR 143 (pătratul negru) cu altă semnificaţie decât cea asumată de program, vor fi tipărite defectuos; e) nu se pot transmite alte caractere de control decât FF (FORM FEED), chiar dacă au fost definite corect în Tasword. Aceste dezavantaje sunt eliminate de o extensie a programului Tuttiprint specializată în tipărirea fişierelor de text.

4.1.2.4. *Formatter*-ul grafic

Dacă imprimanta este grafică, atunci se pot realiza copii grafice ale ecranului cu comanda:

```
RANDOMIZE USR 64009 <ENTER>.
```

Mărirea copiei poate fi aleasă prin variabila MAGN de la adresa 64018. MAGN poate lua valorile 1, 2 sau 3. Mărirea 1 pune în corespondenţă fiecărui pixel de pe ecran, un pixel pe imprimantă. La mărirea 2, unui pixel ecran îi corespunde un pătrat cu latura de 2 pixeli pe imprimantă. La mărirea 3, latura pătratului este de 3 pixeli pe imprimantă.

Avantajele *formatter*-ului grafic Tuttiprint față de alte programe similare sunt: viteza superioară, mai puțină memorie ocupată și faptul că se copiază întreg ecranul (256 × 192 pixeli). *Formatter*-ele grafice pentru Robotron K6313 și Romom lasă în stânga imaginii, pe pagină, o margine definită de NR_SPA. La CPI=10 și mărirea 2, imaginea poate ieși din cadru dacă NR_SPA>=10. La aceste imprimante de format A4, mărirea 3 iese oricum din cadru. Pentru o reprezentare cât mai completă, se recomandă NR_SPA=1.

Un efect neplăcut care apare la imprimanta Romom se manifestă prin separarea primei linii a copiei grafice de restul copiei și poate fi înlăturat prin următoarea secvență dată după introducerea hârtiei în imprimantă:

```
POKE 64016.CODE "b": LPRINT CHR$27:"[1e"::
POKE 64016.CODE "t" <ENTER>.
```

4.1.2.5. **Harta memoriei**

Segmentul principal Tuttiprint are următoarea structură:

64000	#FA00	ORG	Salturi în punctele de intrare
64012	#FA0C	NR_SPA	Variabilele interne principale
64049	#FA31	INIT	Activare Tuttiprint
64063	#FA3F	ASIGN3	Redirijarea fluxului #3 output la (DE)
64081	#FA51	KEYB	Așteptarea apăsării unei taste
64090	#FA5A	SENTXT	Tipărire de text de la HL până când bitul 7=1
64102	#FA66	RESET	Inițializarea *formatter*-ului de text
64176	#FAB0	CTRL1	Stochează linia de după CHR 0,1 la HEADER
64240	#FAF0	PUT_C	*Formatter*-ul text (apelată de RST #10)
64634	#FC7A	headsp	Date ale subrutinei PUT_C
64647	#FC87	TASPRT	Încărcarea și tipărirea fișierelor Tasword
64796	#FD1C	PRINT	Tipărirea fișierelor Tasword
64864	#FD60	tasw	Date ale subrutinei TASPRT
64897	#FD81	POINT	Testează un pixel de coordonate DE, rezultă Z
64935	#FDA7	SEND	Rutina de trimitere a unui caracter la imprimantă (începe cu 3 NOP-uri pentru o eventuală redirijare cu CALL NN)
65055	#FE1F	HCOPY	*Formatter*-ul grafic și date
65275	#FEFB	HEAD	Un octet de date și textul *header*-ului
65368	#FF58		Începutul zonei de UDG-uri

4.1.2.6. **Compatibilitatea cu alte programe**

Pentru ieșire la imprimantă din Hisoft Pascal, după punerea sub tensiune a calculatorului, se fac următoarele operații:

```
CLEAR 63999: LOAD "tpc"CODE : RANDOMIZE USR 64000:
LPRINT CHR$ 1;"Hisoft PASCAL": LOAD "HP4TM16"
```

La întrebările 'Top of RAM ?' şi 'Top of RAM for 'T' ?' se răspunde cu un număr mai mic sau egal cu 63999. Pentru ieşirea la imprimantă, se prevede în program ca primă instrucţiune:

```
WRITE(CHR(16));
```

Acest caracter de control comută dispozitivul de ieşire între ecran şi imprimantă (fluxurile #2 şi #3). Deci pentru revenirea la ecran, se foloseşte aceeaşi instrucţiune. Revenirea la ecran trebuie făcută înainte de terminarea execuţiei programului, altfel atât *prompter*-ul cât şi comenzile introduse vor apărea tot la imprimantă. Spre deosebire de alte programe similare, *formatter*-ul Tuttiprint V4.7 interpretează corect procedura PAGE, avansând la pagină nouă. Dacă se tipăreşte pe coli normale, cu opţiunea de aşteptare a unei taste, se recomandă înlocuirea apelurilor procedurii PAGE cu apeluri ale procedurii de mai jos:

```
PROCEDURE WPAGE;
VAR I,J:INTEGER;
BEGIN FOR I:=1 TO 180 DO FOR J:=1 TO 180 DO; PAGE END;
```

Schimbarea opţiunilor de imprimare se face cu instrucţiunea:

```
POKE(#FAxx,CHR(yy));
```

De exemplu, trecerea în modul "B" se face cu:

```
POKE(#FA10,'B');
```

Trimiterea caracterelor de control din Pascal se face cu procedura de mai jos:

```
CONTROL(C:CHAR);
BEGIN
POKE(#FA10,'B');
INLINE(#FD,#21,#3A,#5C,#DD,#7E,2,#D7);
POKE(#FA10,'T');
END;
```

De exemplu, scrierea unui titlu cu litere dublu-late la imprimanta Robotron K6313, dintr-un program Pascal, se va face cu:

```
CONTROL(CHR(14)); WRITELN('TITLU');
```

Pentru copiere grafică va fi folosită instrucţiunea:

```
USER(#FA09);
```

Pentru listarea programelor care se compilează fără erori, se introduc

prima şi ultima linie din listing, opţiunile de compilare următoare, apoi se dă comanda C:

```
1 {$P+}
32767 {$P-}
```

Trebuie remarcat faptul că opţiunea L- trebuie scoasă dacă există, altfel compilatorul nu va produce listing. Pentru listarea programelor, mai există posibilitatea de a comuta direct de la tastatură ieşirea pe ecran sau la imprimantă, cu tasta CS+3 (TRUE VIDEO), şi de a da comanda de listare din editor (L). Această metodă are inconvenientul că listingul produs prezintă intervale goale între anumite coloane, datorate editorului. Pentru ieşire la imprimantă din Gens, după punerea sub tensiune a calculatorului, se fac următoarele operaţii:

```
CLEAR 63999: LOAD "tpc"CODE : RANDOMIZE USR 64000:
LPRINT CHR$ 1;"Hisoft GENS": LOAD "GENS3M21"CODE xxxxx:
POKE xxxxx+51,0: POKE xxxxx+50,y: RANDOMIZE USR xxxxx
```

Cele două POKE-uri modifică în Gens formatul de ieşire, ţinând cont de faptul că imprimanta are NR_COL>32 coloane. Primul POKE elimină formatul de listare specific pentru 32 de coloane, iar cel de-al doilea POKE se referă la numărul de simboluri pe linie, în tabela de simboluri. În mod normal, pentru ecran acest număr este 2. Pentru imprimantă, el se dă în funcţie de NR_COL (64014):

```
y = INT(PEEK(64014)/15)
```

Amintim că tabela de simboluri este afişată cu opţiunea 1 la asamblare. Pentru ca listarea să se producă la imprimantă, se va utiliza opţiunea 8. De exemplu, pentru listarea la imprimantă, cu tabela de simboluri şi fără generare de cod (opţiunea 2), se dă opţiunea 11 (8+1+2). Pentru punerea la punct a unui program în limbaj de asamblare, listingurile imprimate sunt mult mai folositoare decât cele de pe ecran. Vă puteţi construi o versiune de Gens specială pentru imprimantă, prin adăugarea în faţă a unui *loader* Basic, urmat de codul "tpc". Vă recomandăm următorul *loader* Basic:

```
10 CLEAR 25999: LOAD "tpc"CODE : RANDOMIZE USR 64000
20 LOAD "GENS3M21"CODE 26000: POKE 26051,0:
POKE 26050,INT(PEEK 64014/15)
30 RANDOMIZE USR 26000
40 RANDOMIZE USR 64000: STOP: GO TO 30
```

Pentru comoditate, comanda B (Basic) din Gens execută şi o iniţializare a *formatter*-ului, în vederea începerii unei noi listări. Din Basic se poate da LPRINT CHR$ 0:"titlul", revenirea în Gens făcându-se cu CONTINUE.

Pentru dezasamblarea la imprimantă cu Mons, vă recomandăm renunţarea la opţiunea de tipărire cu *header* şi cu numerotarea paginilor (OPTN bitul 1 = 0), deoarece această opţiune necesită un spaţiu prea mare pentru stivă.

Pentru ieşire la imprimantă din C, după punerea sub tensiune a calculatorului, se fac următoarele operaţii:

```
CLEAR 63999: LOAD "tpc"CODE : RANDOMIZE USR 64000:
LPRINT CHR$ 1:"Hisoft C": LOAD "cc"
```

Tipărirea unui fişier sursă se face din editor, cu comanda W<n1>.<n2>, unde <n1> şi <n2> reprezintă numărul primei linii şi respectiv al ultimei linii din program.

Pentru ieşirea la imprimantă din programele C, se vor folosi funcţiile standard de intrare/ieşire, având ca *pointer* la fişier valoarea 3, de exemplu: putc(c,3).

Programul Tuttiprint este compatibil cu orice alt program care nu ocupă zona de RAM de la 64000 la 65368 şi care nu redirecţionează fluxul de date (*stream*-ul) #3.

4.1.2.7. **Comenzile programului de interfaţă Tuttiprint V4.7**

Apelarea funcţiilor programului:

USR 64000 – activarea şi iniţializarea *formatter*-ului de text;
USR 64003 – încărcarea de pe casetă şi tipărirea fişierelor de text Tasword Two;
USR 64006 – tipărirea fişierelor de text Tasword Two aflate în memorie de la adresa 32000;
USR 64009 – *hardcopy* grafic al ecranului.

Formatter-ul de text interpretează următoarele comenzi:

LPRINT CHR$ 0 – iniţializarea *formatter*-ului de text;
LPRINT CHR$ 0:"header" – iniţializarea *formatter*-ului de text şi definirea unui nou *header*;
LPRINT CHR$ 1:"header" – definirea unui nou *header*.

Formatter-ul de text interpretează următoarele caractere şi funcţii care figurează în lista de argumente a liniei LPRINT:

CHR$ 12 – avans la pagină nouă;
TAB c – avans la poziţia c din linie;
AT l,c – avans la poziţia c din linia l de după linia curentă;
INK / PAPER / FLASH / BRIGHT / OVER / INVERSE a – specificaţiile atributelor şi caracterele de control care le corespund sunt ignorate;
. – avans la începutul următoarei zone de 16 coloane.

Variabilele interne principale se citesc cu funcţia PEEK şi se modifică cu instrucţiunea POKE. Ele sunt date în tabelul următor:

Identificator	Adresa (Zecimal/Hexa)	Lungimea	Semnificaţia (Restricţii)
NR_SPA	64012 #FA0C	1	Marginea la stânga în nr.spaţii (>=1)
NR_LIN	64013 #FA0D	1	Nr. linii pe pagină (>4)
NR_COL	64014 #FA0E	1	Nr. caractere pe linie (>=32)
NR_SPX	64015 #FA0F	1	Marginea la stânga pe verso (>=1)
MODE	64016 #FA10	1	Modul "T" = text, sau "B" = caracter de control (CODE "T", CODE "B")
OPTN	64017 #FA11	1	Opţiuni; valoarea este suma numerelor din paranteze: (0÷15) BIT 0 (1) = fişiere Tasword segmentate (0) = fişiere Tasword independente BIT 1 (2) = cu header şi numerotarea paginilor (0) = fără header şi numerotarea paginilor BIT 2 (4) = aşteptarea unei taste după fiecare pagină (0) = Nu este necesară aşteptarea unei taste BIT 3 (8) = margine alternantă pentru imprimare verso (0) = margine fixă la stânga
MAGN	64018 #FA12	1	Mărirea copiei grafice (1, 2 sau 3)
BAUD	64019 #FA13	1	Viteza de transmisie serială, bauds (0÷6): 0=50, 1=110 2=300, 3=600, 4=1200, 5=2400, 6=4800
CFIGM	64020 #FA14	23	Mesaj de configurare soft a imprimantei (serie de caractere de control + 13 + 138)
PAG	64043 #FA2B	4	Numărul de pagină în cifre ASCII pentru mii, sute, zeci şi unităţi (CODE "0"÷ CODE "9")
LIN	64640 #FC80	1	Contorul de linii
COL	64641 #FC81	1	Contorul de coloane
FLAGS	64636 #FC7C	1	Flag-uri interne; semnificaţia biţilor în "1": BIT 0 = urmează început de pagină; BIT 1 = urmează început de linie; BIT 2 = ignoră următorul caracter; BIT 3 = ignoră urmatoarele două caractere; BIT 4 = precedentul caracter a fost TAB; BIT 5 = precedentul caracter a fost AT.
HEADER	65276 #FEFC	64	Header (text terminat cu bitul 7 setat)

4.1.2.8. **Listingul programului**

```
*HISOFT GENS3M2 ASSEMBLER*
       ZX SPECTRUM

Copyright (C) HISOFT 1983,4
All rights reserved

Pass 1 errors: 00

                10 ;TUTTIPRINT V4.7
                20 ;PRINTER DRIVER FORMATTER
                30 ;(C)1987 O Pleter
                40 ;
FA00            50         ORG  64000
FA00 C331FA     60         JP   INIT      ;64000
FA03 C387FC     70         JP   TASPRT    ;64003
FA06 C31CFD     80         JP   PRINT     ;64006
FA09 C31FFE     90         JP   HCOPY     ;64009
FA0C 08        100 NR_SPA DEFB 8         ;64012
FA0D 3A        110 NR_LIN DEFB 58        ;64013
FA0E 48        120 NR_COL DEFB 72        ;64014
FA0F 01        130 NR_SPX DEFB 1         ;64015
FA10 54        140 MODE   DEFB "T"       ;64016
FA11 0F        150 OPTN   DEFB %1111     ;64017
FA12 01        160 MAGN   DEFB 1         ;64018
FA13 02        170 BAUD   DEFB 2         ;64019
FA14 1B        180 CFIGM  DEFB 27        ;64020
FA15 52300D8A  190         DEFB 82.48.13.138
FA19           200         DEFS 18
FA2B 30303031  210 PAG    DEFB "0","0","0","1",13,13+128
               220
               230 INIT
               240 ;activare TUTTIPRINT
FA31 3E03      250         LD   A,3
FA33 CD0116    260         CALL #1601
FA36 CD66FA    270         CALL RESET
FA39 3E02      280         LD   A,2
FA3B CD0116    290         CALL #1601
FA3E C9        300         RET
               310
               320 ASIGN3
               330 ;dirijează canalul 3 output
               340 ;spre rutina indicată de DE
FA3F E5        350         PUSH HL
FA40 D5        360         PUSH DE
FA41 214F5C    370         LD   HL,23631 :CHANS
FA44 5E        380         LD   E,(HL)
FA45 23        390         INC  HL
FA46 56        400         LD   D,(HL)
FA47 210F00    410         LD   HL,15
FA4A 19        420         ADD  HL,DE
FA4B D1        430         POP  DE
FA4C 73        440         LD   (HL),E
FA4D 23        450         INC  HL
FA4E 72        460         LD   (HL),D
FA4F E1        470         POP  HL
FA50 C9        480         RET
               490
               500 KEYB
               510 ;aşteaptă apăsarea unei taste
FA51 AF        520         XOR  A
FA52 DBFE      530         IN   A,(#FE)
```

```
FA54 2F          540         CPL
FA55 E61F        550         AND  #1F
FA57 28F8        560         JR   Z,KEYB
FA59 C9          570         RET
                 580
                 590 SENTXT
                 600 ;print text de la HL până când
                 610 ;bitul 7 este găsit setat
FA5A 7E          620         LD   A,(HL)
FA5B F5          630         PUSH AF
FA5C E67F        640         AND  #7F
FA5E D7          650         RST  #10
FA5F 23          660         INC  HL
FA60 F1          670         POP  AF
FA61 E680        680         AND  #80
FA63 28F5        690         JR   Z,SENTXT
FA65 C9          700         RET
                 710
                 720 RESET
                 730 ;inițializează formatter-ul:
                 740 ;LIN:=0, COL:=0, PAG:=1, MODE:="T", ASIGN3 PUT_C
FA66 11F0FA      750         LD   DE,PUT_C
FA69 CD3FFA      760         CALL ASIGN3
FA6C 3E42        770         LD   A,"B"
FA6E 3210FA      780         LD   (MODE),A
FA71 2114FA      790         LD   HL,CFIGM
FA74 CD5AFA      800         CALL SENTXT
FA77 3A0CFA      810         LD   A,(NR_SPA)
FA7A 324BFB      820         LD   (s_blk-1),A
FA7D 3A0EFA      830         LD   A,(NR_COL)
FA80 3230FC      840         LD   (p_wdth+1),A
FA83 3A0DFA      850         LD   A,(NR_LIN)
FA86 32D4FB      860         LD   (p_dpth+1),A
FA89 3E54        870         LD   A,"T"
FA8B 3210FA      880         LD   (MODE),A
FA8E 3E31        890         LD   A,"1"
FA90 322EFA      900         LD   (PAG+3),A
FA93 3D          910         DEC  A
FA94 322DFA      920         LD   (PAG+2),A
FA97 322CFA      930         LD   (PAG+1),A
FA9A 322BFA      940         LD   (PAG+0),A
FA9D AF          950 RESLC   XOR  A
FA9E 327EFC      960         LD   (lin),A
FAA1 217CFC      970         LD   HL,flags
FAA4 CBC6        980         SET  0,(HL)
FAA6 AF          990 RESC    XOR  A
FAA7 327FFC     1000         LD   (col),A
FAAA 217CFC     1010         LD   HL,flags
FAAD CBCE       1020         SET  1,(HL)
FAAF C9         1030         RET
                1040
                1050 CTRL1
                1060 ;stochează linia după CHR 0 sau 1
                1070 ;la HEADER pentru a fi tipărită pe
                1080 ;fiecare pagină
FAB0 11BFFA     1090         LD   DE,STORE
FAB3 CD3FFA     1100         CALL ASIGN3
FAB6 21FCFE     1110         LD   HL,HEADER
FAB9 227AFC     1120         LD   (headsp),HL
FABC C336FC     1130         JP   return
FABF D5         1140 STORE   PUSH DE
FAC0 E5         1150         PUSH HL
FAC1 FE0D       1160         CP   #0D
FAC3 280B       1170         JR   Z,end_cl
FAC5 2A7AFC     1180         LD   HL,(headsp)
```

```
FAC8 77        1190         LD   (HL),A
FAC9 23        1200         INC  HL
FACA 227AFC    1210         LD   (headsp),HL
FACD E1        1220 ret_c1  POP  HL
FACE D1        1230         POP  DE
FACF C9        1240         RET
FAD0 2A7AFC    1250 end_c1  LD   HL,(headsp)
FAD3 11FCFE    1260         LD   DE,HEADER
FAD6 A7        1270         AND  A
FAD7 ED52      1280         SBC  HL,DE
FAD9 7C        1290         LD   A,H
FADA B5        1300         OR   L
FADB 2806      1310         JR   Z,end
FADD 2A7AFC    1320         LD   HL,(headsp)
FAE0 2B        1330         DEC  HL
FAE1 CBFE      1340         SET  7,(HL)
FAE3 11F0FA    1350 end     LD   DE,PUT_C
FAE6 CD3FFA    1360         CALL ASIGN3
FAE9 18E2      1370         JR   ret_c1
FAEB CD66FA    1380 CTRL0   CALL RESET
FAEE 18C0      1390         JR   CTRL1
               1400
               1410 PUT_C
               1420 ;apelată de RST #10 pentru scrierea unui
               1430 ;caracter transmis prin A
FAF0 C5        1440         PUSH BC
FAF1 D9        1450         EXX
FAF2 C5        1460         PUSH BC
FAF3 D5        1470         PUSH DE
FAF4 E5        1480         PUSH HL
FAF5 F5        1490         PUSH AF
FAF6 2110FA    1500         LD   HL,MODE
FAF9 CB4E      1510         BIT  1,(HL)
FAFB 2806      1520         JR   Z,mode_t
FAFD CDA7FD    1530 mode_b  CALL SEND
FB00 C336FC    1540         JP   return
FB03 FE02      1550 mode_t  CP   2
FB05 DA53FB    1560         JP   C,contB
FB08 FE0C      1570         CP   12
FB0A 2847      1580         JR   Z,contB
FB0C 217CFC    1590         LD   HL,flags
FB0F CB46      1600         BIT  0,(HL)    ;început de pagină
FB11 282E      1610         JR   Z,contL
FB13 CB86      1620         RES  0,(HL)
FB15 2111FA    1630         LD   HL,OPTN
FB18 CB4E      1640         BIT  1,(HL)
FB1A 2825      1650         JR   Z,contL
FB1C 21FCFE    1660         LD   HL,HEADER
FB1F CD5AFA    1670         CALL SENTXT
FB22 212BFA    1680         LD   HL,PAG
FB25 3E30      1690         LD   A,"0"
FB27 0608      1700         LD   B,8
FB29 BE        1710 pgloop  CP   (HL)
FB2A 2003      1720         JR   NZ,pgcont
FB2C 23        1730         INC  HL
FB2D 10FA      1740         DJNZ pgloop
FB2F 3A30FC    1750 pgcont  LD   A,(p_wdth+1)
FB32 90        1760         SUB  B
FB33 3281FC    1770         LD   (pagm+1),A
FB36 E5        1780         PUSH HL
FB37 2180FC    1790         LD   HL,pagm
FB3A CD5AFA    1800         CALL SENTXT
FB3D E1        1810         POP  HL
FB3E CD5AFA    1820         CALL SENTXT
FB41 217CFC    1830 contL   LD   HL,flags
```

```
FB44 CB4E      1840         BIT  1,(HL)   ;început de linie
FB46 280B      1850         JR   Z,contB
FB48 CB8E      1860         RES  1,(HL)
FB4A 0608      1870         LD   B,8
FB4C 3E20      1880 s_blk   LD   A," "
FB4E CDA7FD    1890         CALL SEND
FB51 10F9      1900         DJNZ s_blk
FB53 F1        1910 contB   POP  AF
FB54 F5        1920         PUSH AF
FB55 217CFC    1930         LD   HL,flags
FB58 CB5E      1940         BIT  3,(HL)   ;sare 2 caractere
FB5A 280A      1950         JR   Z,contC
FB5C CB9E      1960         RES  3,(HL)
FB5E CBD6      1970         SET  2,(HL)
FB60 327DFC    1980         LD   (byte),A
FB63 C336FC    1990         JP   return
FB66 CB66      2000 contC   BIT  4,(HL)   :TAB
FB68 2821      2010         JR   Z,contD
FB6A CBA6      2020         RES  4,(HL)
FB6C CB96      2030         RES  2,(HL)
FB6E 3A7DFC    2040         LD   A,(byte)
FB71 217FFC    2050 atcnx   LD   HL,col
FB74 BE        2060         CP   (HL)
FB75 DC85FB    2070         CALL C,nextln
FB78 96        2080         SUB  (HL)
FB79 CA36FC    2090         JP   Z,return
FB7C 47        2100         LD   B,A
FB7D 3E20      2110 taloop  LD   A," "
FB7F D7        2120         RST  #10
FB80 10FB      2130         DJNZ taloop
FB82 C336FC    2140         JP   return
FB85 F5        2150 nextln  PUSH AF
FB86 3E0D      2160         LD   A,13
FB88 D7        2170         RST  #10
FB89 F1        2180         POP  AF
FB8A C9        2190         RET
FB8B CB6E      2200 contD   BIT  5,(HL)   :AT
FB8D 2814      2210         JR   Z,contX
FB8F CBAE      2220         RES  5,(HL)
FB91 CB96      2230         RES  2,(HL)
FB93 3A7DFC    2240         LD   A,(byte)
FB96 A7        2250         AND  A
FB97 2806      2260         JR   Z,athrz
FB99 47        2270 atver   LD   B,A
FB9A 3E0D      2280 atloop  LD   A,13
FB9C D7        2290         RST  #10
FB9D 10FB      2300         DJNZ atloop
FB9F F1        2310 athrz   POP  AF
FBA0 F5        2320         PUSH AF
FBA1 18CE      2330         JR   atcnx
FBA3 CB56      2340 contX   BIT  2,(HL)   ;sare 1 caracter
FBA5 2805      2350         JR   Z,contN
FBA7 CB96      2360         RES  2,(HL)
FBA9 C336FC    2370         JP   return
FBAC F1        2380 contN   POP  AF
FBAD F5        2390         PUSH AF
FBAE FEA5      2400         CP   #A5
FBB0 3807      2410         JR   C,single
FBB2 D6A5      2420 token   SUB  #A5
FBB4 CD100C    2430         CALL #0C10
FBB7 187D      2440         JR   return
FBB9 FE7F      2450 single  CP   #7F
FBBB 3802      2460         JR   C,eoln
FBBD 3E20      2470 GRAPH   LD   A," "
FBBF FE0D      2480 eoln    CP   #0D
```

```
FBC1 2052      2490         JR   NZ,cntrl
FBC3 CDA7FD    2500         CALL SEND
FBC6 3E0A      2510         LD   A,10
FBC8 CDA7FD    2520         CALL SEND
FBCB CDA6FA    2530         CALL RESC
FBCE 217EFC    2540         LD   HL,lin
FBD1 34        2550         INC  (HL)
FBD2 7E        2560         LD   A,(HL)
FBD3 FE3A      2570 p_dpth  CP   58
FBD5 205F      2580         JR   NZ,return
FBD7 3E0C      2590 form_f  LD   A,12
FBD9 CDA7FD    2600         CALL SEND
FBDC CD9DFA    2610         CALL RESLC
FBDF 3A11FA    2620         LD   A,(OPTN)
FBE2 E604      2630         AND  4
FBE4 C4F9FB    2640         CALL NZ,altn
FBE7 013004    2650         LD   BC,#0430
FBEA 212EFA    2660         LD   HL,PAG+3
FBED 3E3A      2670         LD   A,#3A
FBEF 34        2680 piloop  INC  (HL)
FBF0 BE        2690         CP   (HL)
FBF1 2043      2700         JR   NZ,return
FBF3 71        2710         LD   (HL),C
FBF4 2B        2720         DEC  HL
FBF5 10F8      2730         DJNZ piloop
FBF7 183D      2740         JR   return
FBF9 CD51FA    2750 altn    CALL KEYB
FBFC 3A11FA    2760         LD   A,(OPTN)
FBFF E608      2770         AND  8
FC01 C8        2780         RET  Z
FC02 3A2EFA    2790         LD   A,(PAG+3)
FC05 E601      2800         AND  1
FC07 2807      2810         JR   Z,even
FC09 3A0FFA    2820         LD   A,(NR_SPX)
FC0C 324BFB    2830 odd     LD   (s_blk-1),A
FC0F C9        2840         RET
FC10 3A0CFA    2850 even    LD   A,(NR_SPA)
FC13 18F7      2860         JR   odd
FC15 FE0C      2870 cntrl   CP   12
FC17 28BE      2880         JR   Z,form_f
FC19 FE00      2890         CP   0
FC1B CAEBFA    2900         JP   Z,CTRL0
FC1E FE01      2910         CP   1
FC20 CAB0FA    2920         JP   Z,CTRL1
FC23 FE20      2930         CP   " "
FC25 3816      2940         JR   C,ctrl
FC27 CDA7FD    2950         CALL SEND
FC2A 217FFC    2960         LD   HL,col
FC2D 34        2970         INC  (HL)
FC2E 7E        2980         LD   A,(HL)
FC2F FE48      2990 p_wdth  CP   72
FC31 2003      3000         JR   NZ,return
FC33 3E0D      3010         LD   A,13
FC35 D7        3020         RST  #10
FC36 F1        3030 return  POP  AF
FC37 E1        3040         POP  HL
FC38 D1        3050         POP  DE
FC39 C1        3060         POP  BC
FC3A D9        3070         EXX
FC3B C1        3080         POP  BC
FC3C C9        3090         RET
FC3D 217CFC    3100 ctrl    LD   HL,flags
FC40 FE06      3110         CP   6
FC42 281E      3120         JR   Z,virgo
FC44 FE10      3130         CP   16
```

```
FC46 38EE       3140         JR   C,return
FC48 FE16       3150         CP   22
FC4A 3808       3160         JR   C,skip1
FC4C 280A       3170         JR   Z,atc
FC4E FE17       3180         CP   23
FC50 280C       3190         JR   Z,tabc
FC52 18E2       3200         JR   return
FC54 CBD6       3210 skip1   SET  2,(HL)
FC56 18DE       3220         JR   return
FC58 CBEE       3230 atc     SET  5,(HL)
FC5A CBDE       3240 set3    SET  3,(HL)
FC5C 18D8       3250         JR   return
FC5E CBE6       3260 tabc    SET  4,(HL)
FC60 18F8       3270         JR   set3
FC62 3E17       3280 virgo   LD   A,23
FC64 D7         3290         RST  #10
FC65 3A7FFC     3300         LD   A,(col)
FC68 E6F0       3310         AND  #F0
FC6A C610       3320         ADD  A,16
FC6C 2130FC     3330         LD   HL,p_wdth+1
FC6F BE         3340         CP   (HL)
FC70 3005       3350         JR   NC,cr
FC72 D7         3360 vsend   RST  #10
FC73 AF         3370         XOR  A
FC74 D7         3380         RST  #10
FC75 18BF       3390         JR   return
FC77 AF         3400 cr      XOR  A
FC78 18F8       3410         JR   vsend
FC7A 0000       3420 headsp  DEFW 0
FC7C 03         3430 flags   DEFB %11
FC7D 00         3440 byte    DEFB 0
FC7E 00         3450 lin     DEFB 0
FC7F 00         3460 col     DEFB 0
FC80 17000050   3470 pagm    DEFB 23,0,0,"P","A","G"," "+128
                3480
                3490 TASPRT
                3500 ;încarcă un fişier TASWORD
                3510 ;de pe casetă şi îl tipăreşte
FC87 21007D     3520         LD   HL,32000
FC8A 010150     3530         LD   BC,20481
FC8D 3600       3540         LD   (HL),0
FC8F 54         3550         LD   D,H
FC90 5D         3560         LD   E,L
FC91 13         3570         INC  DE
FC92 EDB0       3580         LDIR
FC94 3E03       3590         LD   A,3
FC96 D37F       3600         OUT  (127),A
FC98 3E02       3610         LD   A,2
FC9A CD0116     3620         CALL #1601
FC9D DD21FBFE   3630 load    LD   IX,HEAD
FCA1 111100     3640         LD   DE,#11
FCA4 AF         3650         XOR  A
FCA5 37         3660         SCF
FCA6 CD5605     3670         CALL #556
FCA9 30F2       3680         JR   NC,load
FCAB 3AFBFE     3690         LD   A,(HEAD)
FCAE FE03       3700         CP   3
FCB0 204E       3710         JR   NZ,basic
FCB2 DD21007D   3720         LD   IX,32000
FCB6 2106FF     3730         LD   HL,HEAD+1+10
FCB9 5E         3740         LD   E,(HL)
FCBA 23         3750         INC  HL
FCBB 56         3760         LD   D,(HL)
FCBC 3E3F       3770         LD   A,#3F
FCBE A3         3780         AND  E
```

```
FCBF 2044      3790         JR   NZ,bytes
FCC1 23        3800         INC  HL
FCC2 7E        3810         LD   A,(HL)
FCC3 FE00      3820         CP   0
FCC5 203E      3830         JR   NZ,bytes
FCC7 23        3840         INC  HL
FCC8 7E        3850         LD   A,(HL)
FCC9 FE7D      3860         CP   #7D
FCCB 2038      3870         JR   NZ,bytes
FCCD 2160FD    3880         LD   HL,tasw
FCD0 CD0DFD    3890         CALL titlu
FCD3 3EFF      3900         LD   A,#FF
FCD5 37        3910         SCF
FCD6 CD5605    3920         CALL #556
FCD9 301D      3930         JR   NC,taperr
FCDB 3E02      3940         LD   A,2
FCDD D37F      3950         OUT  (127),A
FCDF 3E03      3960         LD   A,3
FCE1 CD0116    3970         CALL #1601
FCE4 3A11FA    3980         LD   A,(OPTN)
FCE7 E601      3990         AND  1
FCE9 D7        4000         RST  #10
FCEA 21FCFE    4010         LD   HL,HEAD+1
FCED CD5AFA    4020         CALL SENTXT
FCF0 2176FD    4030         LD   HL,exttas
FCF3 CD5AFA    4040         CALL SENTXT
FCF6 1824      4050         JR   PRINT
FCF8 216AFD    4060 taperr  LD   HL,tap
FCFB CD5AFA    4070         CALL SENTXT
FCFE 1887      4080         JR   TASPRT
FD00 21C109    4090 basic   LD   HL,bas
FD03 1803      4100         JR   bytes2
FD05 21EC09    4110 bytes   LD   HL,byt
FD08 CD0DFD    4120 bytes2  CALL titlu
FD0B 1890      4130         JR   load
FD0D CD5AFA    4140 titlu   CALL SENTXT
FD10 2105FF    4150         LD   HL,HEAD+10
FD13 CBFE      4160         SET  7,(HL)
FD15 21FCFE    4170         LD   HL,HEAD+1
FD18 CD5AFA    4180         CALL SENTXT
FD1B C9        4190         RET
               4200
               4210 PRINT
               4220 ;punct de intrare tipărire
FD1C 3E03      4230         LD   A,3
FD1E CD0116    4240         CALL #1601
FD21 3A11FA    4250         LD   A,(OPTN)
FD24 E601      4260         AND  1
FD26 2004      4270         JR   NZ,printB
FD28 D7        4280         RST  #10
FD29 3E0D      4290         LD   A,13
FD2B D7        4300         RST  #10
FD2C 3E40      4310 printB  LD   A,64
FD2E 3230FC    4320         LD   (p_wdth+1),A
FD31 21007D    4330         LD   HL,32000
FD34 AF        4340         XOR  A
FD35 010150    4350         LD   BC,20481
FD38 EDB1      4360         CPIR
FD3A C0        4370         RET  NZ
FD3B 37        4380         SCF
FD3C 11007D    4390         LD   DE,32000
FD3F ED52      4400         SBC  HL,DE
FD41 1A        4410 loop    LD   A,(DE)
FD42 FE8F      4420         CP   #8F
FD44 CC5AFD    4430         CALL Z,ffeed
```

```
FD47 D7          4440         RST  #10
FD48 2B          4450         DEC  HL
FD49 13          4460         INC  DE
FD4A 7C          4470 skip    LD   A,H
FD4B B5          4480         OR   L
FD4C 20F3        4490         JR   NZ,loop
FD4E 3E0D        4500         LD   A,13
FD50 D7          4510 TASLN   RST  #10
FD51 3A11FA      4520         LD   A,(OPTN)
FD54 E601        4530         AND  1
FD56 CC5AFD      4540         CALL Z,ffeed
FD59 C9          4550         RET
FD5A 3E0C        4560 ffeed   LD   A,12
FD5C D7          4570         RST  #10
FD5D 3E20        4580         LD   A," "
FD5F C9          4590         RET
FD60 0D          4600 tasw    DEFB 13
FD61 54617377    4610         DEFM 'Tasword:'
FD69 A0          4620         DEFB " "+128
09C1             4630 bas     EQU  #9C1
09EC             4640 byt     EQU  #9EC
FD6A 204C4F41    4650 tap     DEFM ' LOAD ERROR'
FD75 8D          4660         DEFB 13+128
FD76 203C5441    4670 exttas  DEFM ' <TASWORD>'
FD80 8D          4680         DEFB 13+128
                 4690
                 4700 POINT
                 4710 ;testează un pixel de coordonate:
                 4720 ;D=X 0÷255, E=Y 0÷191 şi rezultă:
                 4730 ;HL=adresa din ecran, Z dacă pixelul este 0
FD81 C5          4740         PUSH BC
FD82 7B          4750         LD   A,E
FD83 E6C0        4760         AND  #C0
FD85 1F          4770         RRA
FD86 37          4780         SCF
FD87 1F          4790         RRA
FD88 0F          4800         RRCA
FD89 AB          4810         XOR  E
FD8A E6F8        4820         AND  #F8
FD8C AB          4830         XOR  E
FD8D 67          4840         LD   H,A
FD8E 7A          4850         LD   A,D
FD8F 07          4860         RLCA
FD90 07          4870         RLCA
FD91 07          4880         RLCA
FD92 AB          4890         XOR  E
FD93 E6C7        4900         AND  #C7
FD95 AB          4910         XOR  E
FD96 07          4920         RLCA
FD97 07          4930         RLCA
FD98 6F          4940         LD   L,A
FD99 7A          4950         LD   A,D
FD9A E607        4960         AND  7
FD9C 47          4970         LD   B,A
FD9D 04          4980         INC  B
FD9E 3E01        4990         LD   A,1
FDA0 0F          5000 ploop   RRCA
FDA1 10FD        5010         DJNZ ploop
FDA3 4E          5020         LD   C,(HL)
FDA4 A1          5030         AND  C
FDA5 C1          5040         POP  BC
FDA6 C9          5050         RET
                 5060
                 5070 SEND
                 5080 ;trimite un caracter de 7 biţi la imprimantă
```

```
                5090 ;preluat din A
FDA7 000000     5100        DEFB 0,0,0
FDAA F5         5110        PUSH AF
FDAB C5         5120        PUSH BC
FDAC 3EFF       5130 PRGM   LD   A,255
FDAE D3BE       5140        OUT  (190),A
FDB0 3E01       5150        LD   A,1
FDB2 D3BE       5160        OUT  (190),A
FDB4 3EFF       5170        LD   A,255
FDB6 D3BF       5180        OUT  (191),A
FDB8 3E00       5190        LD   A,0
FDBA D3BF       5200        OUT  (191),A
FDBC 0614       5210        LD   B,20
FDBE DBBC       5220 BUSY   IN   A,(188)
FDC0 E601       5230        AND  1
FDC2 20FA       5240 BUSYPM JR   NZ,BUSY
FDC4 10F8       5250        DJNZ BUSY
FDC6 C1         5260        POP  BC
FDC7 F1         5270        POP  AF
FDC8 00         5280 COMPL  NOP
FDC9 E67F       5290        AND  #7F
FDCB D3BD       5300 OUT1   OUT  (189),A
FDCD F680       5310        OR   #80
FDCF D3BD       5320 OUT2   OUT  (189),A
FDD1 E67F       5330        AND  #7F
FDD3 D3BD       5340 OUT3   OUT  (189),A
FDD5 C9         5350        RET
FDD6            5360        DEFS 73
                5370
                5380 HCOPY
                5390 ;formatter grafic pentru ROMOM
FE1F 3E42       5400        LD   A,"B"
FE21 3210FA     5410        LD   (MODE),A
FE24 3E03       5420        LD   A,3
FE26 CD0116     5430        CALL #1601
FE29 3A12FA     5440        LD   A,(MAGN)
FE2C 32A4FE     5450        LD   (printl+1),A
FE2F F680       5460        OR   128
FE31 32EEFE     5470        LD   (size+3),A
FE34 EE80       5480        XOR  128
FE36 1600       5490        LD   D,0
FE38 5F         5500        LD   E,A
FE39 1D         5510        DEC  E
FE3A CB03       5520        RLC  E
FE3C 21CAFE     5530        LD   HL,tabla
FE3F 19         5540        ADD  HL,DE
FE40 5E         5550        LD   E,(HL)
FE41 23         5560        INC  HL
FE42 56         5570        LD   D,(HL)
FE43 219DFE     5580        LD   HL,true+1
FE46 73         5590        LD   (HL),E
FE47 23         5600        INC  HL
FE48 72         5610        LD   (HL),D
FE49 47         5620        LD   B,A
FE4A 0E10       5630        LD   C,#10
FE4C CB39       5640 maloop SRL  C
FE4E CB39       5650        SRL  C
FE50 10FA       5660        DJNZ maloop
FE52 3E02       5670        LD   A,2
FE54 B1         5680        OR   C
FE55 3271FE     5690        LD   (loop_y+4),A
FE58 328EFE     5700        LD   (loop_x+4),A
FE5B 3293FE     5710        LD   (innl=1),A
FE5E C6C0       5720        ADD  A,#C0
FE60 3276FE     5730        LD   (loop_y+9),A
```

```
FE63 21F4FE    5740         LD   HL,norm
FE66 CD5AFA    5750         CALL SENTXT
FE69 AF        5760         XOR  A
FE6A 32C9FE    5770         LD   (y_cd),A
FE6D 3AC9FE    5780 loop_y  LD   A,(y_cd)
FE70 C606      5790         ADD  A,6
FE72 32C9FE    5800         LD   (y_cd),A
FE75 FEC6      5810         CP   #C6
FE77 283F      5820         JR   Z,exit
FE79 3A0CFA    5830         LD   A,(NR_SPA)
FE7C 47        5840         LD   B,A
FE7D 3E20      5850 spaces  LD   A," "
FE7F D7        5860         RST  #10
FE80 10FB      5870         DJNZ spaces
FE82 21EBFE    5880         LD   HL,size
FE85 CD5AFA    5890         CALL SENTXT
FE88 1600      5900         LD   D,0
FE8A 3AC9FE    5910 loop_x  LD   A,(y_cd)
FE8D D606      5920         SUB  6
FE8F 5F        5930         LD   E,A
FE90 0E00      5940         LD   C,0
FE92 0606      5950         LD   B,6
FE94 CD81FD    5960 innl    CALL POINT
FE97 37        5970         SCF
FE98 C29CFE    5980         JP   NZ,true
FE9B 3F        5990         CCF
FE9C C3D0FE    6000 true    JP   ma_1
FE9F 1C        6010 conex1  INC  E
FEA0 10F2      6020         DJNZ innl
FEA2 79        6030         LD   A,C
FEA3 0601      6040 printl  LD   B,1
FEA5 F5        6050 prloop  PUSH AF
FEA6 D7        6060         RST  #10
FEA7 F1        6070         POP  AF
FEA8 10FB      6080         DJNZ prloop
FEAA 14        6090         INC  D
FEAB AF        6100         XOR  A
FEAC BA        6110         CP   D
FEAD C28AFE    6120         JP   NZ,loop_x
FEB0 21F0FE    6130         LD   HL,halfnl
FEB3 CD5AFA    6140         CALL SENTXT
FEB6 18B5      6150         JR   loop_y
FEB8 21F9FE    6160 exit    LD   HL,final
FEBB CD5AFA    6170         CALL SENTXT
FEBE 3E02      6180         LD   A,2
FEC0 CD0116    6190         CALL #1601
FEC3 3E54      6200         LD   A,"T"
FEC5 3210FA    6210         LD   (MODE),A
FEC8 C9        6220         RET
FEC9 00        6230 y_cd    DEFB 0
FECA D0FE      6240 tabla   DEFW ma_1
FECC D5FE      6250         DEFW ma_2
FECE DEFE      6260         DEFW ma_3
FED0 CB11      6270 ma_1    RL   C
FED2 C39FFE    6280         JP   conex1
FED5 F5        6290 ma_2    PUSH AF
FED6 CB11      6300         RL   C
FED8 F1        6310         POP  AF
FED9 CB11      6320         RL   C
FEDB C39FFE    6330         JP   conex1
FEDE F5        6340 ma_3    PUSH AF
FEDF CB11      6350         RL   C
FEE1 F1        6360         POP  AF
FEE2 F5        6370         PUSH AF
FEE3 CB11      6380         RL   C
```

```
FEE5 F1        6390         POP  AF
FEE6 CB11      6400         RL   C
FEE8 C39FFE    6410         JP   conex1
FEEB 1B4B0081  6420 size    DEFB #1B,#4B,0,1+128,1+128
FEF0 1B5B3165  6430 halfnl  DEFB #1B,#5B,#31,#65
FEF4 1B5B30E0  6440 norm    DEFB #1B,#5B,#30,#60+128,"2"+128
FEF9 8DB0      6450 final   DEFB 13+128,"0"+128
FEFB 00        6460 HEAD    DEFB 0
FEFC 54555454  6470 HEADER  DEFM 'TUTTIPRINT V4.7 '
FF0C 5052494E  6480         DEFM 'PRINTER DRIVER FORMATTER '
FF25 28432931  6490         DEFM '(C)1987 O Plete'
FF34 F2        6500         DEFB "r"+128
FF35           6510         DEFS 30
FF53 00        6520 zzzzzz  NOP

Pass 2 errors: 00

ASIGN3 FA3F    BAUD   FA13    BUSY   FDBE    BUSYPM FDC2    CFIGM  FA14
COMPL  FDC8    CTRL0  FAEB    CTRL1  FAB0    GRAPH  FBBD    HCOPY  FE1F
HEAD   FEFB    HEADER FEFC    INIT   FA31    KEYB   FA51    MAGN   FA12
MODE   FA10    NR_COL FA0E    NR_LIN FA0D    NR_SPA FA0C    NR_SPX FA0F
OPTN   FA11    OUT1   FDCB    OUT2   FDCF    OUT3   FDD3    PAG    FA2B
POINT  FD81    PRGM   FDAC    PRINT  FD1C    PUT_C  FAF0    RESC   FAA6
RESET  FA66    RESLC  FA9D    SEND   FDA7    SENTXT FA5A    STORE  FABF
TASLN  FD50    TASPRT FC87    altn   FBF9    atc    FC58    atcnx  FB71
athrz  FB9F    atloop FB9A    atver  FB99    bas    09C1    basic  FD00
byt    09EC    byte   FC7D    bytes  FD05    bytes2 FD08    cntrl  FC15
col    FC7F    conex1 FE9F    contB  FB53    contC  FB66    contD  FB8B
contL  FB41    contN  FBAC    contX  FBA3    cr     FC77    ctrl   FC3D
end    FAE3    end_c1 FAD0    eoln   FBBF    even   FC10    exit   FEB8
exttas FD76    ffeed  FD5A    final  FEF9    flags  FC7C    form_f FBD7
halfnl FEF0    headsp FC7A    innl   FE94    lin    FC7E    load   FC9D
loop   FD41    loop_x FE8A    loop_y FE6D    ma_1   FED0    ma_2   FED5
ma_3   FEDE    maloop FE4C    mode_b FAFD    mode_t FB03    nextln FB85
norm   FEF4    odd    FC0C    p_dpth FBD3    p_wdth FC2F    pagm   FC80
pgcont FB2F    pgloop FB29    piloop FBEF    ploop  FDA0    printB FD2C
printl FEA3    prloop FEA5    ret_c1 FACD    return FC36    s_blk  FB4C
set3   FC5A    single FBB9    size   FEEB    skip   FD4A    skip1  FC54
spaces FE7D    tabc   FC5E    tabla  FECA    taloop FB7D    tap    FD6A
taperr FCF8    tasw   FD60    titlu  FD0D    token  FBB2    true   FE9C
virgo  FC62    vsend  FC72    y_cd   FEC9    zzzzzz FF53

Table used:  1423  from  2000



*HISOFT GENS3M2 ASSEMBLER*
       ZX SPECTRUM

Copyright (C) HISOFT 1983,4
All rights reserved

Pass 1 errors: 00

FDA7             10         ORG  #FDA7
                 20 SEND
                 30 ;trimite serial un caracter de 7 biţi
                 40 ;preluat din A
FA13             50 BAUD    EQU  #FA13
FDA7 000000      60         DEFB 0,0,0
FDAA C5          70         PUSH BC
FDAB D5          80         PUSH DE
```

```
FDAC E5          90         PUSH HL
FDAD F5         100         PUSH AF
FDAE 060B       110         LD   B,#0B
FDB0 2F         120         CPL
FDB1 4F         130         LD   C,A
FDB2 CD05FE     140         CALL PRGM
FDB5 3EFF       150 PRGMI   LD   A,255
FDB7 D3BE       160         OUT  (190),A
FDB9 3E01       170         LD   A,1
FDBB D3BE       180         OUT  (190),A
FDBD 3A13FA     190         LD   A,(BAUD)
FDC0 5F         200         LD   E,A
FDC1 1600       210         LD   D,0
FDC3 CB23       220         SLA  E
FDC5 2111FE     230         LD   HL,BAUD_T
FDC8 19         240         ADD  HL,DE
FDC9 5E         250         LD   E,(HL)
FDCA 23         260         INC  HL
FDCB 56         270         LD   D,(HL)
FDCC 62         280         LD   H,D
FDCD 6B         290         LD   L,E
FDCE 3E00       300         LD   A,0
FDD0 D3BD       310 OUT1    OUT  (189),A
FDD2 1B         320 tempo1  DEC  DE
FDD3 7A         330         LD   A,D
FDD4 B3         340         OR   E
FDD5 20FB       350         JR   NZ,tempo1
FDD7 DBBC       360 RDY     IN   A,(188)
FDD9 E601       370         AND  1
FDDB 28FA       380 RDYPM   JR   Z,RDY
FDDD CD05FE     390         CALL PRGM
FDE0 37         400         SCF
FDE1 F3         410         DI
FDE2 CE00       420 ser1    ADC  A,0
FDE4 D3BD       430 OUT2    OUT  (189),A
FDE6 54         440         LD   D,H
FDE7 5D         450         LD   E,L
FDE8 1B         460 tempo2  DEC  DE
FDE9 7A         470         LD   A,D
FDEA B3         480         OR   E
FDEB 20FB       490         JR   NZ,tempo2
FDED 1B         500         DEC  DE
FDEE CD05FE     510         CALL PRGM
FDF1 AF         520         XOR  A
FDF2 CB39       530         SRL  C
FDF4 10EC       540         DJNZ ser1
FDF6 FB         550         EI
FDF7 2B         560 tempo3  DEC  HL
FDF8 7D         570         LD   A,L
FDF9 B4         580         OR   H
FDFA 20FB       590         JR   NZ,tempo3
FDFC 3E00       600         LD   A,0
FDFE D3BD       610 OUT3    OUT  (189),A
FE00 F1         620         POP  AF
FE01 E1         630         POP  HL
FE02 D1         640         POP  DE
FE03 C1         650         POP  BC
FE04 C9         660         RET
FE05 3EFF       670 PRGM    LD   A,255
FE07 D3BF       680         OUT  (191),A
FE09 3E00       690         LD   A,0
FE0B D3BF       700         OUT  (191),A
FE0D 96         710         SUB  (HL)
```

```
FE0E 00          720         NOP
FE0F 00          730         NOP
FE10 C9          740         RET
FE11 7F0A        750 BAUD_T  DEFB #7F,#0A  ;50
FE13 C204        760         DEFB #C2,#04  ;110
FE15 BB01        770         DEFB #BB,#01  ;300
FE17 DB00        780         DEFB #DB,#00  ;600
FE19 6B00        790         DEFB #6B,#00  ;1200
FE1B 3300        800         DEFB #33,#00  ;2400
FE1D 1700        810 zzzzzz  DEFB #17,#00  ;4800

Pass 2 errors: 00

BAUD   FA13    BAUD_T FE11    OUT1   FDD0    OUT2   FDE4    OUT3   FDFE
PRGM   FE05    PRGMI  FDB5    RDY    FDD7    RDYPM  FDDB    SEND   FDA7
ser1   FDE2    tempo1 FDD2    tempo2 FDE8    tempo3 FDF7    zzzzzz FE1D

Table used:   189  from   234
```

4.1.3. SCHEMA INTERFEŢEI

Schema interfeţei, figura 4.1, a fost proiectată în spiritul Sinclair, adică "minimum hardware - maximum software".

Circuitul central este un Z80A PIO, din care *port*-ul B este utilizat ca ieşire paralelă unidirecţională pe 8 biţi, iar din *port*-ul A este utilizat un singur bit de intrare, pentru protocol. Bitul zero al *port*-ului B are şi funcţia de ieşire de date la comunicaţia serială. Bitul 7 al *port*-ului B are rol de STROBE în comunicaţia paralelă, care se face prin urmare numai pe 7 biţi de date. *Port*-ul B nu este *buffer*-at la ieşire, ceea ce face schema nu numai economică, ci şi mai flexibilă, întrucât comunicaţia poate deveni bidirecţională. Nici linia serială nu este complicată, trecerea de la nivelurile TTL la -12 V ÷ $+12$ V făcându-se printr-un circuit cu două tranzistoare, iar trecerea inversă printr-o diodă Zenner. Tensiunea de $+12$ V este preluată de la cupla de extensie a calculatorului, iar tensiunea de -12 V este creată intern din tensiunea alternativă de 12 V din cupla de extensie.

Ieşirea serială dispune de o cuplă D25, conectată conform EIA RS232, iar ieşirea paralelă se face tot printr-o cuplă D25, conectată după modelul adoptat la calculatorul Tim-S. Viteza de transmisie serială poate fi selectată prin software din gama: 110, 300, 600, 1200, 2400 şi 4800 bauds. Ceilalţi parametri sunt: 7 biţi de date, 1 bit de stop, fără paritate.

Cablul de legătură pentru comunicaţia paralelă trebuie să aibă 10 linii: D0÷D6, STROBE, BUSY şi GND. În cazul în care la capătul dinspre imprimantă apare intrarea D7 (al optulea bit de date), aceasta se leagă la masă.

Cablul de legătură pentru comunicaţia serială trebuie să aibă 3 linii: TxD, DTR şi GND.

Interfaţa Tuttiprint utilizează o selecţie liniară de *port*, pe adresa A6. Din acest motiv, ea nu este compatibilă cu alte interfeţe care utilizează această linie de adrese.

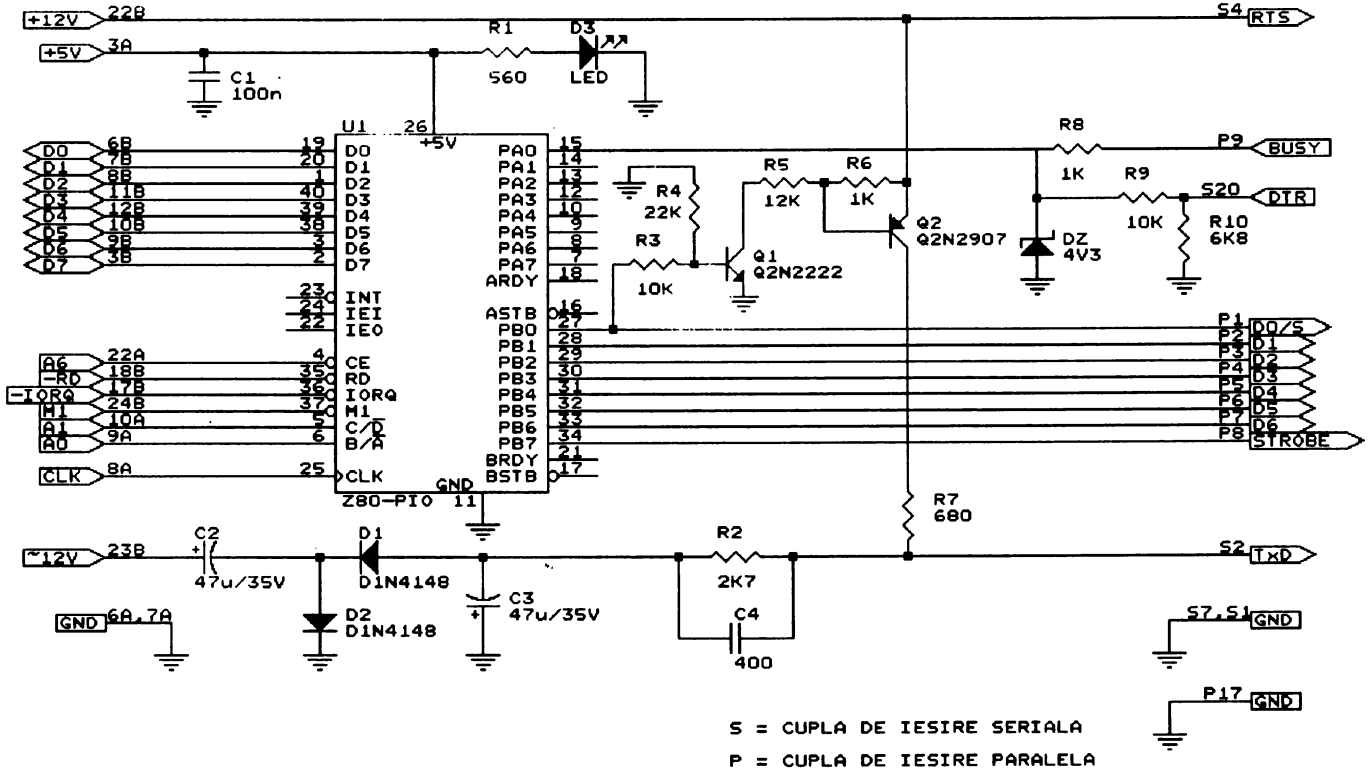


Fig. 4.1. **Schema interfeței de imprimantă**

4.2. DEZASAMBLOR Z80

Dezasamblorul este un program care traduce codul maşină în text sursă de limbaj de asamblare. Această operaţiune permite utilizatorilor avansaţi să analizeze codul programelor de firmă, pentru a descoperi tehnici de programare sau modalităţi de adaptare a programelor. De asemenea, dezasamblorul serveşte şi la depanarea programelor proprii.

Versiunea de faţă este scrisă integral în Basic, ceea ce oferă avantajul de maximă "transparenţă" şi adaptabilitate, dar şi dezavantajul unei rulări foarte lente. Programul simulează de fapt comportamentul unui microprocesor Z80 în decursul decodării instrucţiunii, de unde şi numele de *Op Decoder*. Dezasamblarea se face într-o singură trecere, ceea ce nu permite generarea etichetelor.

În plus faţă de funcţia de dezasamblare, recomandăm cititorilor utilizarea subrutinelor de conversie hexa-zecimal şi zecimal-hexa de la liniile 3000 şi 3100.

```
 10 REM  Z-80 OP DECODER
 20 REM
 30 REM (C)1987 O Pleter
 40 REM
 50 DIM A$(224,9): DIM O$(8,3): DIM C$(8,3): DIM B$(3,3)
 60 LET q$="0123456789ABCDEF"
 70 RESTORE : FOR I=1 TO 224: READ A$(I): NEXT I
 80 FOR I=1 TO 8: READ O$(I): NEXT I
 90 FOR I=1 TO 8: READ C$(I): NEXT I
 95 FOR I=1 TO 3: READ B$(I): NEXT I
100 IF INKEY$<>"" THEN GO TO 100
105 POKE 23658,8: INPUT "DEV= (2=screen,3=printer) ";DEV: INPUT "PC= (hex) ";
    LINE n$: GO SUB 3100: LET PC=n
110 CLS
120 PRINT PAPER 2; INK 7;#DEV;" Z-80 OP DECODER ?1987 O Pleter "
130 PRINT #DEV''
200 IF INKEY$="Q" THEN BEEP .3,50: GO TO 100
201 LET n=PC: GO SUB 3000: IF LEN n$=2 THEN LET n$="00"+n$
202 IF n$="0" THEN LET n$="0000"
205 PRINT #DEV;n$;" ";
210 LET h$="HL"
220 LET d=PEEK (PC)
230 LET PC=PC+1
240 IF d=221 THEN LET h$="IX": GO TO 220
250 IF d=253 THEN LET h$="IY": GO TO 220
260 IF d=203 THEN GO TO 700
270 IF d=237 THEN GO TO 900
280 IF d<64 THEN GO TO 500
290 IF d>=192 THEN LET d=d-128: GO TO 500
300 IF d=118 THEN PRINT #DEV;"HALT": GO TO 200
310 IF d>=128 THEN GO TO 400
320 PRINT #DEV;"LD ";
330 LET r2=d-8*INT (d/8)
340 LET r1=INT (d/8)-8*INT (INT (d/8)/8)
350 LET x=r1: GO SUB 5000
360 PRINT #DEV:".";
370 LET x=r2: GO SUB 5000
380 PRINT #DEV: GO TO 200
400 PRINT #DEV;o$(1+INT ((d-128)/8));" ";
410 LET x=d-8*INT (d/8): GO SUB 5000
420 PRINT #DEV; GO TO 200
500 LET d=d+1: FOR i=1 TO 9
```

```
510 IF A$(d,i)="n" THEN LET n=PEEK (PC): GO SUB 3000: PRINT #DEV;n$:: LET
    PC=PC+1: GO TO 600
520 IF A$(d,i)="m" THEN LET n=PEEK (PC)+256*PEEK (PC+1): GO SUB 3000: PRINT
    #DEV;n$:: LET PC=PC+2: GO TO 600
530 IF A$(d,i)="$" THEN PRINT #DEV;"SP":: GO TO 600
540 IF A$(d,i)<>"d" THEN GO TO 570
550 LET PC=PC+1: LET x=PEEK (PC-1): GO SUB 3500: LET n=PC+x
560 GO SUB 3000: PRINT #DEV;n$:: GO TO 600
570 IF A$(d,i)<>"#" THEN PRINT #DEV;A$(d,i);: GO TO 600
580 IF A$(d,i-1)<>"(" OR d=106 THEN GO TO 595
590 IF h$<>"HL" THEN LET x=PEEK (PC): GO SUB 3500: LET n=ABS (x):
      LET PC=PC+1: GO SUB 3000: PRINT #DEV;h$;CHR$ (44-SGN (x+0.5));n$;:
      GO TO 600
595 PRINT #DEV;h$;
600 NEXT i: PRINT #DEV: GO TO 200
700 LET d=PEEK (PC): LET PC=PC+1
702 IF h$<>"HL" THEN LET d=PEEK (PC): LET PC=PC+1
710 IF d>=64 THEN GO TO 800
720 PRINT #DEV;C$(1+INT (d/8));" ";
725 IF h$<>"HL" THEN LET PC=PC-2
730 LET x=d-8*INT (d/8): GO SUB 5000
735 IF h$<>"HL" THEN LET PC=PC+1
740 PRINT #DEV: GO TO 200
800 PRINT #DEV;B$(INT (d/64));" ";
810 PRINT #DEV;INT (d/8)-8*INT (INT (d/8)/8);".";
820 LET x=d-8*INT (d/8)
825 IF h$<>"HL" THEN LET PC=PC-2
830 GO SUB 5000: GO TO 735
900 LET d=PEEK (PC): LET PC=PC+1: IF d<64 THEN PRINT #DEV;"?": GO TO 200
910 IF d<128 THEN LET d=d+64: GO TO 500
920 IF d<160 THEN PRINT #DEV;"?": GO TO 200
930 IF d<192 THEN LET d=d+32: GO TO 500
940 PRINT #DEV;"?": GO TO 200
1000 STOP
3000 REM conversie dec->hex
3010 LET n$="": IF n=0 THEN LET n$="0": RETURN
3030 LET ll=INT (LN n/2.7725887): LET hh=16^ll
3040 FOR q=1 TO ll+1: LET o=INT (n/hh)
3050 LET n$=n$+q$(o+1): LET n=n-hh*o: LET hh=hh/16
3060 NEXT q: IF LEN n$=1 OR LEN n$=3 THEN LET n$="0"+n$
3080 RETURN
3100 REM conversie hex->dec
3110 LET ll=LEN n$: LET hh=16^(ll-1): LET n=0
3120 FOR q=1 TO ll
3130 LET n=n+hh*(CODE n$(q)-48-(7 AND n$(q)>"9")): LET hh=hh/16
3140 NEXT q: RETURN
3500 IF x>129 THEN LET x=-256+x
3510 RETURN
5000 IF x=0 THEN PRINT #DEV;"B";
5010 IF x=1 THEN PRINT #DEV;"C";
5020 IF x=2 THEN PRINT #DEV;"D";
5030 IF x=3 THEN PRINT #DEV;"E";
5040 IF x=4 THEN PRINT #DEV;"H";
5050 IF x=5 THEN PRINT #DEV;"L";
5060 IF x=7 THEN PRINT #DEV;"A";
5070 IF x<>6 THEN RETURN
5080 PRINT #DEV;"(";h$;
5090 IF h$<>"HL" THEN LET x=PEEK (PC): GO SUB 3500: LET n=ABS (x): LET PC=PC+1:
    GO SUB 3000: PRINT #DEV;CHR$ (44-SGN (x+0.5));n$;
5100 PRINT #DEV;")";: RETURN
9000 DATA "NOP","LD BC,m","LD (BC),A","INC BC","INC B","DEC B",
     "LD B,n","RLCA","EX AF,AF'","ADD #,BC","LD A,(BC)","DEC BC","INC C",
     "DEC C","LD C,n","RRCA"
```

```
9010 DATA "DJNZ d","LD DE,m","LD (DE),A","INC DE","INC D","DEC D","LD
     D,n","RLA","JR d","ADD #,DE","LD A,(DE)","DEC DE","INC E","DEC E","LD
     E,n","RRA"
9020 DATA "JR NZ,d","LD #,m","LD (m),#","INC #","INC H","DEC H","LD
     H,n","DAA","JR Z,d","ADD #,#","LD #,(m)","DEC #","INC L","DEC L","LD
     L,n","CPL"
9030 DATA "JR NC,d","LD $,m","LD (m),A","INC $","INC (#)","DEC (#)","LD
     (#),n","SCF","JR C,d","ADD #,$","LD A,(m)","DEC $","INC A","DEC A","LD
     A,n","CCF"
9040 DATA "RET NZ","POP BC","JP NZ,m","JP m","CALL NZ,m","PUSH BC","ADD A,n",
     "RST 0","RET Z","RET","JP Z,m","?","CALL Z,m","CALL m","ADC A,n",
     "RST 8"
9050 DATA "RET NC","POP DE","JP NC,m","OUT (n),A","CALL NC,m","PUSH DE","SUB
     n","RST 10","RET C","EXX","JP C,m","IN A,(n)","CALL C,m","?","SBC A,n","RST
     18"
9060 DATA "RET PO","POP #","JP PO,m","EX ($),#","CALL PO,m","PUSH #","AND n",
     "RST 20","RET PE","JP (#)","JP PE,m","EX DE,#","CALL PE,m","?","XOR n",
     "RST 28"
9070 DATA "RET P","POP AF","JP P,m","DI","CALL P,m","PUSH AF","OR n","RST
     30","RET M","LD $,#","JP M,m","EI","CALL M,m","?","CP n","RST 38"
9080 DATA "IN B,(C)","OUT (C),B","SBC #,BC","LD (m),BC","NEG","RETN","IM 0","LD
     I,A","IN C,(C)","OUT (C),C","ADC #,BC","LD BC,(m)","?","RETI","?","LD
     R,A"
9090 DATA "IN D,(C)","OUT (C),D","SBC #,DE","LD (m),DE","?","?","IM 1","LD
     A,I","IN E,(C)","OUT (C),E","ADC #,DE","LD DE,(m)","?","?","IM 2",
     "LD A,R"
9100 DATA "IN H,(C)","OUT (C),H","SBC #,#","LD (m),#","?","?","?","RRD","IN
     L,(C)","OUT (C),L","ADC #,#","LD #,(m)","?","?","?","RLD"
9110 DATA "IN F,(C)","?","SBC #,$","LD (m),$","?","?","?","?","IN A,(C)","OUT
     (C),A","ADC #,$","LD $,(m)","?","?","?","?"
9120   DATA   "LDI","CPI","INI","OUTI","?","?","?","?","LDD","CPD","IND",
     "OUTD","?","?","?","?"
9130   DATA   "LDIR","CPIR","INIR","OTIR","?","?","?","?","LDDR","CPDR",
     "INDR","OTDR","?","?","?","?"
9200 DATA "ADD","ADC","SUB","SBC","AND","XOR","OR","CP"
9210 DATA "RLC","RRC","RL","RR","SLA","SRA","sls","SRL"
9220 DATA "BIT","RES","SET"
9999 CLEAR : SAVE "OP DECODER" LINE 10
```

4.3. GRAFICE DE FUNCŢII

Versaplot este o subrutină scrisă în Basic pentru reprezentarea grafică cu autoscalare a funcţiilor de o variabilă y = y(x), cunoscându-se domeniul de definiţie al funcţiei, de la `lim inf` la `lim sup`. Programul realizează două treceri pe intervalul dat. La prima trecere se caută extremele funcţiei, pentru calcularea factorului de scalare pe ordonată. În a doua trecere se desenează graficul funcţiei şi o grilă ajutătoare cu linii punctate, pentru estimarea valorilor funcţiei în diverse puncte. Intervalul între două diviziuni ale grilei este ales automat pentru o reprezentare cât mai convenabilă.

Dacă funcţia are singularităţi în intervalul [`lim inf,lim sup`], ne putem aştepta la erori de tipul `Invalid argument`, `Number too big` sau la o reprezentare total deformată.

Pentru a include subrutina în alte programe, se vor face câteva adaptări:

– se şterg liniile `1. 9. 10. 15. 20` şi `30`;

– se verifică dacă programul principal nu conține linia 0 și linii peste 9499, altfel trebuie mutate;

– se face MERGE cu programul apelant peste Versaplot;

– se schimbă instrucțiunea LET y=VAL f$ din liniile 9506 și 9522 cu instrucțiunea sau setul de instrucțiuni prin care se poate calcula valoarea funcției y pentru un x dat; de exemplu, dacă în programul apelant există o subrutină eval care realizează acest lucru cu rezultatul în variabila f, se va scrie: GO SUB eval: LET y=f;

– se introduce în programul principal apelul la subrutina grafică prin GO SUB versaplot sau GO SUB 9500.

Exemplu

Vom reprezenta grafic funcția:

$$F(x) = e^{-2\sin(x)}, \quad x = [-\pi, 3\pi]$$

Pentru aceasta, vom rula programul cu următoarele date:

```
F(x)= EXP (-2*SIN x)

lim inf= -PI
lim sup= 3*PI
```

Listingul programului

```
  1> DEF FN l(i,s)=10^INT (LN ABS (s-i)/2.3025851): LET versaplot=9500: REM
                                                VERSAPLOT 1.0   PLETER 1986
  9 INK 0: PAPER 7: CLS : BORDER 7
 10 INPUT "F(x)= ": LINE f$''"lim inf= ";li''"lim sup= ";ls
 15 IF PEEK 64009=195 THEN RANDOMIZE USR 64000: LPRINT CHR$ 1;"BMS versaplot":
    LPRINT "Functia y(x) = ";f$''"x min= ";li,"x max= ";ls'''
 20 GO SUB 9500
 30 GO TO 10
9500 REM versaplot IN li,ls,f$ LOCAL x,y,q,j,min,max,ll,xx,yy,q(),r(),dx,dy
9502 CLS : BORDER 4: INPUT :: PRINT #0;" VERSAPLOT";TAB 32;
9503 PLOT 3,80: DRAW 249,0: DRAW 0,24: DRAW -249,0: DRAW 0,-24:
    PRINT AT 13,0;"0%";AT 13,29;"50%";AT 10,7;"TIMPUL DE EXECUTIE"
9504 LET max=-5.9e-37: LET min=1e+38: FOR q=4 TO 251:
    LET x=(q-4)/248*(ls-li)+li
9506 LET y=VAL f$: PLOT q,81: DRAW OVER 1;0,22
9508 IF y>max THEN LET max=y
9510 IF y<min THEN LET min=y
9512 NEXT q
9514 FOR q=1 TO 13: PLOT INVERSE 1;0,q+79: DRAW INVERSE 1;255,0: PLOT INVERSE
    1;0,105-q: DRAW INVERSE 1;255,0: NEXT q
9515 PRINT AT 13,0;"  ";AT 13,29;"    "
9518 IF max=min THEN PLOT 4,86: DRAW 248,0: PRINT AT 15,0;"y=";y: GO TO 9600
9520 FOR q=4 TO 251: LET x=(q-4)/248*(ls-li)+li
9522 LET y=VAL f$
9524 PLOT q,(y-min)/(max-min)*168+4
9526 NEXT q
9527 IF max=min THEN PLOT 4,86: DRAW 248,0: PRINT AT 15,0;"y=";y: GO TO 9600
```

```
9528 LET dx=FN l(li,ls): LET dy=FN l(min,max)
9530 DIM q(11): DIM r(11): LET vpc=1: FOR x=SGN li*INT (ABS li/dx)*dx TO ls STEP
     dx
9531 LET xx=(x-li)/(ls-li)*248+4: IF xx<0 OR xx>255 THEN NEXT x
9532 PLOT xx,4: IF NOT x THEN DRAW 0,168: GO TO 9534
9533 FOR q=4 TO 172 STEP 2: PLOT xx,q: NEXT q
9534 LET q(vpc)=INT (xx/8): LET r(vpc)=x/dx*NOT (ABS (x/dx)<1e-4): IF q(vpc)>29
     THEN LET q(vpc)=q(vpc)-LEN STR$ r(vpc)+1
9535 PRINT AT 21,q(vpc);r(vpc): LET vpc=vpc+1: NEXT x
9536 FOR y=SGN min*INT (ABS min/dy)*dy TO max STEP dy
9537 LET yy=(y-min)/(max-min)*168+4: IF yy<0 OR yy>175 THEN NEXT y
9538 PLOT 4,yy: IF NOT y THEN DRAW 248,0: GO TO 9540
9539 FOR q=4 TO 252 STEP 2: PLOT q,yy: NEXT q
9540 LET ll=INT ((175-yy)/8): PRINT AT ll-(1 AND ll=21),0;y/dy*NOT (ABS
     (y/dy)<1e-4): NEXT y
9541 FOR q=1 TO vpc-1: PRINT AT 21,q(q);r(q): NEXT q
9542 INPUT ;: PRINT #0;"dx=";dx,"dy=";dy
9544 IF INKEY$<>"" THEN GO TO 9544
9546 IF INKEY$="" THEN GO TO 9546
9548 IF INKEY$="z" AND PEEK 64009=195 THEN RANDOMIZE USR 64009: GO TO 9544
9600 BORDER 7: INPUT ;: RETURN
9999 CLEAR : SAVE "versaplot" LINE 1
```

4.4. PROGRAM DE REPREZENTĂRI GRAFICE 3D

Programul este scris integral în Basic şi este compatibil cu Interfaţa 1 şi Microdrive, precum şi cu Timext. Cu modificări minore la instrucţiunile LOAD * şi SAVE *, poate fi adaptat pentru HC-90 cu unitate floppy. Fundamentul teoretic al programului îl constituie lucrarea [43].

4.4.1. TERMENI SPECIFICI PENTRU GRAFICĂ

2D – bidimensional.

3D – tridimensional.

Axonometrie – reprezentarea imaginii după o anumită direcţie a obiectelor tridimensionale în plan.

Bidimensional – spaţiu în care fiecare punct este determinat de două coordonate; planul fizic.

Coordonate carteziene – poziţia unui punct în spaţiu definită într-un sistem de coordonate cu trei axe perpendiculare două câte două: X, Y şi Z. Fiecărui punct îi corespunde un triplet de numere reale, distanţele cu semn ale punctului faţă de origine, pe fiecare axă.

Coordonate cilindrice – poziţia unui punct în spaţiu definită într-un sistem de coordonate prin trei numere: distanţa faţă de axa verticală care trece prin origine (raza), unghiul de azimut faţă de o referinţă de direcţie şi înălţimea faţă de planul orizontal care trece prin origine, notate: R, A, H.

Elevare (termen cu sens specific în această lucrare) – procedeu de obţinere a unui obiect tridimensional prin translaţia perpendiculară pe plan a unui contur plan, însoţită eventual de măriri/micşorări, translaţii în plan sau

rotații în plan ale conturului; de exemplu, un trunchi de piramidă dreaptă cu baza pătrat, determinat de înălțimea H, latura bazei L și latura bazei mici l, se obține prin elevarea unui pătrat (baza) de latură L trasat în plan orizontal, pe distanța H, însoțită de micșorarea conturului cu un factor de l/L.

Generatoare – dreapta care mișcându-se după o anumită lege descrie o suprafață; familie de drepte care descriu o suprafață; (specific) segmente de dreaptă prin care se materializează suprafața laterală a unui cilindru sau con.

Hidden, ascuns – reprezentare derivată din *wireframe* în care corpul devine opac, adică sunt șterse muchiile "ascunse" în spatele unor suprafețe ale obiectului.

Panorama – desfășurata proiecției pe tablou cilindric.

Panorama sferică – desfășurata proiecției pe tablou sferic.

Perspectiva – reprezentarea bidimensională a obiectelor tridimensionale, așa cum se văd dintr-un anumit punct.

Perspectiva ascendentă – pespectivă în care punctul de vedere se găsește dedesubtul subiectului; vedere oblică de jos în sus.

Perspectiva descendentă – perspectivă în care punctul de vedere se găsește deasupra subiectului; vedere oblică de sus.

Perspectiva orizontală – perspectivă în care punctul de vedere se găsește chiar deasupra sau dedesubtul subiectului; vedere de sus sau de jos.

Perspectiva verticală – perspectivă în care punctul de vedere se găsește pe același nivel cu subiectul; vedere laterală; este singurul caz în care, în reprezentare, liniile verticale sunt paralele.

Plan lateral – plan perpendicular pe axa Oy (y = constant).

Plan orizontal – plan perpendicular pe axa Oz (z = constant).

Plan vertical – plan perpendicular pe axa Ox (x = constant).

Plotter – periferic de calculator capabil să deseneze cu ajutorul unui cap de trasare mobil în plan față de suprafața de desen.

Proiecție – metodă de a reprezenta un corp tridimensional pe un plan numit tablou de proiecție. Axonometria este o proiecție paralelă, iar perspectiva, o proiecție centrală.

Prompter – simbol sau succesiune de simboluri sugestive, prin care programul cere utilizatorului o dată, un parametru, o instrucțiune sau o comandă.

Punct de vedere – punct în care se consideră amplasat privitorul la calculul perspectivei.

Scalare – modificarea scării unui desen, adică mărirea sau micșorarea desenului, cu păstrarea proporțiilor.

Subiect – obiect sau grup de obiecte aflate în cadrul imaginii.

Tridimensional – spațiul fizic, în care fiecare punct este determinat de trei coordonate.

Wireframe – reprezentare a obiectelor în plan tipică pentru calculatoare, caracterizată de aproximarea obiectului cu o rețea de sârmă. Obiectul în reprezentare *wireframe* este complet transparent.

4.4.2. INSTRUCȚIUNI GRAFICE

Primul segment al programului (liniile 1000–5000) este dedicat construirii obiectelor. În acest scop se folosește un limbaj specializat de descriere a corpurilor și de desen în 3 dimensiuni. Segmentul poate fi considerat un editor de obiecte în spațiu.

Orice corp trebuie descris în unul din următoarele moduri (sau o combinație a lor):

– desen în spațiu din puncte și linii (instrucțiunile PLOT x,y,z și DRAW x,y,z);

– desen într-un plan vertical, orizontal sau lateral (instrucțiunile FIGURE, CIRCLE);

– elevarea unui desen generat de FIGURE sau CIRCLE, eventual însoțită de translații în plan, rotații în plan sau măriri-micșorări (instrucțiunea ELEVATION);

– elevarea unui desen generat de FIGURE sau CIRCLE într-un punct (instrucțiunea CONE);

– paralelipiped (instrucțiunea PRISM).

După încărcare, programul afișează un *prompter* READY 1 pe linia de jos a ecranului. Numărul din dreapta jos (1) reprezintă numărul de puncte generate în fișierul obiect, majorat cu 1 (deci deocamdată 0 puncte generate). În versiunea curentă, numărul nu poate depăși 700 de puncte generate. Instrucțiunile și comenzile sunt invocate prin apăsarea unor taste (în continuare, tastele apar între paranteze drepte). Înainte de a apăsa o tastă, utilizatorul trebuie să aștepte apariția lui READY în colțul din stânga jos al ecranului. Sintaxa instrucțiunilor nu trebuie memorată, fiecare parametru fiind cerut de program printr-un *prompter* sugestiv. În cele ce urmează, prezentăm lista instrucțiunilor primului segment al programului.

[Q] PLOT <x,y,z> – (punct) instrucțiune de generare a unui punct în spațiu, de coordonate x, y, z. Coordonatele sunt cerute de X=, Y= și Z=.

[W] DRAW <x,y,z> – (linie) instrucțiune de generare a unui segment de dreaptă în spațiu, pornind din punctul definit anterior cu PLOT sau DRAW, până în punctul de coordonate x, y, z. Coordonatele sunt cerute de X=, Y= și Z=. Dacă instrucțiunea precedentă nu este PLOT sau DRAW, apare mesajul de eroare STARTPOINT MISSING (lipsește punctul de plecare).

[F] FIGURE <plan,coordonate> – (figură, contur) instrucțiune de generare a unui contur închis într-un plan orizontal, vertical sau lateral. La SET se răspunde cu una din literele X, Y sau Z astfel:

SET X – fixează coordonata x – contur în plan vertical
SET Y – fixează coordonata y – contur în plan lateral
SET Z – fixează coordonata z – contur în plan orizontal

La AT se răspunde cu coordonata planului respectiv (de pildă: SET Z AT 0 este un plan orizontal de cotă 0; SET Y AT 10 este un plan lateral cu ecuația y=10). În continuare, programul cere coordonatele primului punct al conturului în planul ales. De exemplu, dacă am fixat planul x, atunci se cer coordonatele Y= și Z=. După fiecare punct introdus, apare *prompter*-ul Next / Home, adică utilizatorul poate introduce un nou punct apăsând [N], sau poate închide conturul apăsând [H].

[C] CIRCLE <plan,centru,rază,nr.puncte,unghi> – (cerc, poligon) instrucțiune de generare a unui poligon regulat într-un plan orizontal, vertical sau lateral. La SET se răspunde ca la comanda FIGURE. În continuare, se cer coordonatele centrului poligonului în planul ales. De exemplu, dacă am fixat planul y, atunci se cer coordonatele XC= și ZC=. Prin R= se introduce raza poligonului (mai corect spus, raza cercului în care este înscris poligonul). Numărul de puncte se introduce prin N= și poate fi:

N=3 – triunghi echilateral
N=4 – pătrat
N=5 – pentagon
N=6 – hexagon
N=7 – heptagon (aproximație de cerc pentru raze mici)
N=8 – octogon (–"–)
N>8 – cerc (aproximativ)

Ultimul parametru, cerut prin ANGLE=, este unghiul în grade făcut de direcția formată de centrul poligonului și primul vârf al acestuia cu ordonata planului. Acest parametru permite orientarea în direcția dorită a poligonului în plan. De exemplu, un triunghi echilateral în planul vertical, cu unghiul 0, va avea vârful spre dreapta, iar cu unghiul 90, va avea vârful în sus.

[P] PRISM <coordonate,coordonate> – (prismă, paralelipiped) instrucțiune de generare a unui paralelipiped sau prismă dreptunghiulară dreaptă, cu fețele paralele cu planurile vertical, orizontal și respectiv lateral. Utilizatorul trebuie să specifice coordonatele x, y și z a două colțuri opuse pe o diagonală mare. *Prompter*-ii sunt următorii: FROM X=, FROM Y=, FROM Z= pentru primul colț și TO X=, TO Y=, TO Z= pentru celălalt colț. De exemplu, un paralelipiped de coordonate: (0,0,0), (0,1,0), (1,1,0), (1,0,0), (0,0,2), (0,1,2), (1,1,2), (1,0,2) poate fi descris prin oricare din următoarele instrucțiuni:

```
PRISM FROM 0,0,0 TO 1,1,2
PRISM FROM 0,0,2 TO 1,1,0
PRISM FROM 0,1,0 TO 1,0,2
PRISM FROM 1,0,0 TO 0,1,2
```

în funcție de care anume colțuri au fost alese.

[O] CONE <coordonate> — (con, piramidă) instrucţiune de generare a unei piramide având ca bază conturul generat anterior (cu FIGURE sau cu CIRCLE). Utilizatorul trebuie să specifice coordonatele vârfului piramidei (conului) prin TOP X=, TOP Y= şi TOP Z=. În fapt, se unesc toate punctele de pe conturul definit anterior, cu vârful piramidei (conului). Dacă instrucţiunea imediat anterioară nu este FIGURE, CIRCLE sau ELEVATION, instrucţiunea CONE generează un mesaj de eroare: BASE NOT DEFINED (baza nu a fost definită).

[E] ELEVATION<înălţime,translaţie,amplificare,răsucire> — (elevare) translaţia conturului cel mai recent definit (cu FIGURE, CIRCLE sau ELEVATION), însoţită eventual de amplificare şi răsucire. Scopul translaţiei este generarea unui corp în spaţiu, cu baza specificată prin FIGURE sau CIRCLE. Translaţia principală se face de-a lungul axei perpendiculare pe planul bazei, pe distanţa h. De aceea, primul parametru cerut de program este H=. Dacă h este negativ, corpul va fi generat *sub* planul bazei, altfel el va fi generat *deasupra*[1] acestuia. În continuare, se cer distanţele pe care se face translaţia pe celelalte două axe. De exemplu, dacă baza este în plan orizontal, se cer TRANSLATION X= şi TRANSLATION Y=. Dacă aceste două translaţii sunt zero, atunci corpul generat va fi drept, altfel va fi oblic. Dacă baza este generată cu CIRCLE, mai urmează două întrebări: AMPLIFY * , adică factorul de amplificare a poligonului de bază (se va răspunde cu "1" pentru aceeaşi mărime, cu un număr subunitar pentru micşorare, sau supraunitar pentru mărire), şi TWIST ANGLE=, adică unghiul cu care poligonul elevat este rotit faţă de poligonul de bază (0 înseamnă fără rotire). Dacă baza este generată de FIGURE, atunci nu au sens amplificarea şi rotirea, deoarece aceste transformări necesită un centru pe care doar poligoanele regulate îl au în mod natural. În cele ce urmează, vom exemplifica generarea unor corpuri prin instrucţiunea ELEVATION:
a) trunchi de piramidă cu baza hexagon, latura bazei 5, înălţimea 10, latura bazei mici 2, baza mare în planul orizontal de cotă 0.

```
CIRCLE FIX Z, AT 0, XC=0, YC=0, R=5, N=6, ANGLE=0
ELEVATION H=10, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 2/5, TWIST 0
```

b) cilindru drept cu raza 7 şi înălţimea 20, cu baza în planul vertical $x = -8$.

```
CIRCLE FIX X, AT -8, XC=0, YC=0, R=7, N=12, ANGLE=0
ELEVATION H=20, TR. Y=0, TR. Z=0, AMPLIFY * 1, TWIST 0
```

c) hiperboloid drept cu raza 7 şi înălţimea 20, obţinut prin rotirea bazei cu 60°, cu baza în planul orizontal $z = 0$.

---

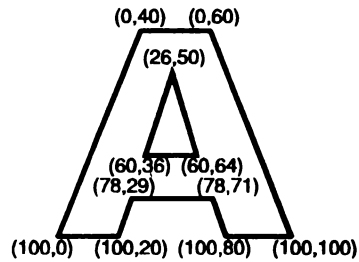
[1] *sub* şi *deasupra* în cazul unei baze în plan orizontal se vor generaliza prin *invers* şi *direct* faţă de sensul axelor de coordonate, pentru celelalte planuri.

```
CIRCLE FIX Z, AT 0, XC=0, YC=0, R=7, N=12, ANGLE=0
ELEVATION H=20, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 1, TWIST 60
```

d) prismă oblică cu baza triunghi, cu colţurile de coordonate: (1,1), (1,4), (5,4), înclinată cu 30° peste muchia (1,4) – (5,4), baza orizontală,înălţimea 60.

```
FIGURE FIX Z, AT 0, X=1, Y=1, NEXT, X=1, Y=4, NEXT, X=5, Y=4, HOME
ELEVATION H=60, TR. X=60*TAN(30*PI/180), TR. Y=0
```

e) litera "A" în relief, în planul vertical: întâi se proiectează litera şi se scriu coordonatele colţurilor (scara este arbitrară, la latitudinea utilizatorului):




```
FIGURE FIX X, AT 0, Y=0, Z=60, NEXT, Y=0,
          Z=40, NEXT, Y=100, Z=0, NEXT,
          Y=100, Z=20, NEXT, Y=78, Z=29,
          NEXT, Y=78, Z=71, NEXT, Y=100,
          Z=80, NEXT, Y=100, Z=100, HOME
ELEVATION H=10, TR. Y=0, TR. Z=0
```

Dacă instrucţiunea anterioară nu a fost CIRCLE, FIGURE sau ELEVATION, instrucţiunea ELEVATION nu are sens şi se generează mesajul de eroare ELEVATION OF WHAT? (ce se elevează?).

[CAP-0] DELETE – şterge cel mai recent definit punct, suprafaţă sau corp (efectul instrucţiunii precedente).

[A] NEW – (nou) începe asamblarea unei noi imagini. Această instrucţiune şterge fişierul existent în memorie, cu o confirmare.

[S] SAVE & VERIFY <fişier> – salvează şi verifică fişierul generat sub numele specificat de utilizator, pe bandă sau *microdrive*-ul specificat.

[L] LOAD <fişier> – încarcă un fişier salvat anterior pe casetă sau pe *microdrive*.

[K] LIST – listează coordonatele generate sub formă de tabel:

```
LIST      X       Y       Z       T
-----------------------------------------
1:        0       0       0       *
2:        162.42  -3.5    6       |
```

Coloana T necesită explicaţii suplimentare. Aici figurează fie semnul "*", fie semnul "|". Cei care cunosc funcţionarea unui *plotter*, vor observa că "*" înseamnă "cu penita sus", iar "|" înseamnă "cu penita jos". Cu alte cuvinte, punctul marcat cu "*" nu va fi unit cu o linie de punctul

precedent, în timp ce punctul marcat cu "¦" este unit cu o linie de punctul precedent. Reprezentarea internă a datelor simulează de fapt un *plotter* virtual în 3D. Pentru întreruperea listării, se apasă [BREAK], după care se revine în program cu GO TO cont.

[SS-A] STOP — închide fișierul generat și transferă controlul secțiunii a doua a programului.

[H] HELP — (ajutor) această comandă listează toate comenzile disponibile, tastele prin care sunt accesate și un rezumat al funcțiilor lor.

În cel de-al doilea segment al programului se poate intra dacă există în memorie un fișier în care să fie descris cel puțin un obiect. Acest fișier poate fi generat de primul segment sau încărcat de pe casetă sau *microdrive*. Fișierul conține o listă de $N < 700$ puncte (x,y,z,t).

Programul determină mai întâi cel mai mic paralelipiped în care se pot înscrie toate obiectele din fișier. Apoi se înscriu în vectorul C(3) coordonatele centrului geometric al paralelipipedului. După specificarea unui punct de vedere cu instrucțiunile VIEW sau CYLINDRICAL, programul alege tabloul optim de perspectivă, adică perpendicular pe axa care unește punctul de vedere cu centrul imaginii, la jumătatea distanței dintre cele două puncte. Dacă planul tabloului intersectează paralelipipedul de încadrare, înseamnă că punctul de vedere este prea apropiat de obiect, rezultând un efect exagerat de perspectivă, anunțat printr-un mesaj de eroare ERROR: TOO CLOSE (prea aproape).

Programul anunță tipul perspectivei: verticală, orizontală, descendentă sau ascendentă. Tipul perspectivei este important pentru că programul calculează altfel în fiecare caz.

Imaginea este scalată automat la scara cerută de utilizator (vezi instrucțiunea RESCALE) și încadrată automat pe orizontală și pe verticală, dar păstrând proporția între axe. Imaginea obținută poate fi salvată pe casetă (SAVE), rescalată (RESCALE), iar fișierul care conține lista punctelor de coordonate x, y poate fi listat pe ecran (LIST) sau poate fi salvat pe *microdrive*. Instrucțiunile din segmentul al doilea al programului sunt următoarele:

[V] VIEW <coordonate> — (vedere) prin această instrucțiune se specifică un punct de vedere de coordonate x, y, z și se cere desenarea perspectivei din acel punct. Coordonatele sunt introduse de X=, Y=, Z=. Punctul de vedere trebuie să se găsească la o oarecare distanță de obiect, altfel apare eroarea ERROR: TOO CLOSE. Pentru a obține anumite tipuri particulare de perspectivă (orizontală și verticală), se poate răspunde pentru anumite coordonate, cu cele ale centrului paralelipipedului de încadrare, astfel:

VIEW X=1000, Y=C(Y), Z=C(Z)	perspectivă verticală frontală
VIEW X=C(X), Y=C(Y), Z=1000	perspectivă orizontală de sus
VIEW X=C(X), Y=C(Y), Z=-800	perspectivă orizontală de jos
VIEW X=C(X), Y=2000, Z=C(Z)	perspectivă verticală laterală

Numerele 1000, -800, 2000 sunt arbitrare, ele exprimând distanţa până la obiect. Cu cât distanţa este mai mare, cu atât efectul de perspectivă este mai redus. La limită, pentru distanţe foarte mari, proiecţia devine paralelă, astfel că programul poate face în aceste condiţii şi reprezentări axonometrice. După terminarea calculelor, care pot dura între 8 secunde şi 10 minute, în funcţie de numărul de puncte, între 2 şi 700, programul execută automat instrucţiunea PICTURE.

[C] CYLINDRICAL <coordonate> – această comandă are acelaşi efect ca VIEW, cu excepţia faptului că se cer coordonatele punctului de vedere într-un sistem cilindric cu originea în centrul geometric al paralelipipedului de încadrare. Se cer: distanţa până la obiect, cu DISTANCE D=, unghiul de azimut, cu AZIMUTH [DEG]= (în grade), şi înălţimea faţă de centrul paralelipipedului de încadrare, cu HEIGHT H= (vezi şi comanda VIEW).

[P] PICTURE – (imagine) această comandă are trei tipuri de rezultat: ea poate produce un desen pe ecran, o listă de coordonate pe ecran, sau o listă de coordonate într-un fişier pe *microdrive*. La început, utilizatorul trebuie să aleagă între ecran şi *microdrive*, prin *prompter*-ul SCREEN (0) MDRIVE (1-8). Fişierul pe *microdrive* este util pentru desenul la imprimanta grafică, cu programul de la § 4.5. Înainte de a salva fişierul, va trebui să rescalaţi imaginea la 0.511/0.767. În cazul ecranului, acesta este şters şi este desenată perspectiva calculată în cadrul specificat de comanda RESCALE (în lipsa acestei specificaţii, pe întreg ecranul). Dacă imaginea este rescalată în afara limitelor ecranului, atunci în loc de desen, pe ecran apare lista coordonatelor punctelor (x,y), precum şi semnul "*" sau "¦" (vezi comanda LIST).

[R] RESCALE – (rescalare) această comandă permite specificarea cadrului în care se face trasarea perspectivei. În mod normal, acest cadru este întreg ecranul (cu excepţia unei borduri de 2 pixeli lăţime), adică între coordonatele 2 şi 253 pe orizontală şi 2 şi 173 pe verticală. La *prompter*-ul Default/Rescale, pentru rescalare, apăsaţi [R] iar pentru revenirea la scara iniţială (2.253/2.173) apăsaţi [D]. În cazul în care s-a optat pentru rescalare, vor trebui specificate coordonatele noului cadru, cu XMIN=, XMAX=, YMIN=, YMAX=. În final, la RESCALE CURRENT IMAGE? (Y/N), se răspunde cu [Y] pentru rescalarea imaginii curente, sau altfel cu [N]. În caz afirmativ, după calcule, programul invocă automat comanda PICTURE. Cadrul specificat poate fi oricât de mare, în afara ecranului, caz semnalizat printr-un avertisment WARNING: OUT OF SCREEN. Din exemplele următoare, rezultă utilitatea comenzii RESCALE, pentru:

a) desenarea la un *plotter* cu suprafaţa de coordonate $0 \div 1000$ pe orizontală, şi $0 \div 700$ pe verticală:

```
RESCALE R XMIN=0, XMAX=1000, YMIN=0, YMAX=700
WARNING: OUT OF SCREEN
```

b) desenarea manuală pe o planşetă Faber-Castell A3, având coordonatele extreme: $0 \div 420$ pe orizontală şi $-135 \div 135$ pe verticală:

```
RESCALE R XMIN=0, XMAX=420, YMIN=-135, YMAX=135
WARNING: OUT OF SCREEN
```

c) desenarea pe ecran, în colţul din dreapta sus:

```
RESCALE R XMIN=128, XMAX=253, YMIN=88, YMAX=173
```

[K] LIST – listează pe ecran coordonatele (x,y) ale perspectivei calculate, într-un tabel de forma:

```
LIST          X            Y   T
------------------------------
  1:       0.00         0.00 *
  2:     162.43        -3.50 ¦
```

Pentru semnificaţiile coloanei T, vezi comanda LIST din primul segment al programului. Coordonatele sunt tipărite în format fix, cu două zecimale.

[D] DETAILS – (detalii) comanda afişează pe ecran următorii parametri interni ai calculului perspectivei: coordonatele centrului (paralelipipedului de încadrare), parametrii planului pe care se face proiecţia (a, b, c) şi cadrul curent de scalare (SCALE: xmin,xmax/ymin,ymax).

[Y] RETURN – întoarcere în segmentul de editare pentru adăugarea de noi elemente fişierului imagine, pentru crearea unui nou fişier sau pentru operaţii de încărcare/salvare.

[S] SAVE <fişier> – salvează fişierul ecran pe casetă sau pe *microdrive*. Se cere dispozitivul şi numele fişierului.

4.4.3. APLICAŢII ALE PROGRAMULUI

4.4.3.1. **Aplicaţie în prezentarea datelor**

Să presupunem că dorim o histogramă 3D pentru următoarele date statistice:

1987 - 100%
1988 - 78%
1989 - 61%

Vom defini cele trei valori statistice ca prisme cu baza pătrat de latură 0.5, în planul de cotă 0, aliniate la axa x=0, cu înălţimea proporţională cu procentul respectiv. Se dau următoarele instrucţiuni de generare:

```
PRISM FROM 0,1987,0: TO 0.5,1987.5,10.0
PRISM FROM 0,1988,0: TO 0.5,1988.5,7.8
PRISM FROM 0,1989,0: TO 0.5,1989.5,6.1
STOP
VIEW X=5, Y=1990, Z=15
```

4.4.3.2. **Aplicaţie în arhitectură**

Să presupunem că dorim să vedem din diferite unghiuri un templu cu patru coloane. Coloanele sunt aşezate în colţurile unui dreptunghi, de coordonate: (10,10), (20,10), (20,30), (10,30). Coloanele au înălţimea de 29 m (inclusiv capitelul de 4 m). Acoperişul templului are secţiunea de coordonate (5,29), (25,29), (25,32), (15,36), (5,32). Templul se construieşte în felul următor:

```
-- prima coloană -- conturul bazei
CIRCLE SET Z=0, XC=10, YC=10, R=2, N=8, ANGLE=0
-- coloana propriu-zisă
ELEVATE H=25, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 1, TWIST 0
-- capitelul
ELEVATE H=4, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 2, TWIST 0

-- a doua coloană
CIRCLE SET Z=0, XC=20, YC=10, R=2, N=8, ANGLE=0
ELEVATE H=25, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 1, TWIST 0
ELEVATE H=4, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 2, TWIST 0

-- a treia coloană
CIRCLE SET Z=0, XC=20, YC=30, R=2, N=8, ANGLE=0
ELEVATE H=25, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 1, TWIST 0
ELEVATE H=4, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 2, TWIST 0

-- a patra coloană
CIRCLE SET Z=0, XC=10, YC=30, R=2, N=8, ANGLE=0
ELEVATE H=25, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 1, TWIST 0
ELEVATE H=4, TR. X=0, TR. Y=0, AMPLIFY * 2, TWIST 0
-- acoperiş
FIGURE SET Y=5, X=5, Z=29: N X=25, Z=29: N X=25, Z=32: N X=15, Z=35: N X=5,
          Z=32: H
ELEVATE H=30, TR. X=0, TR. Z=0
-- trecem în a doua secţiune
STOP
-- aşteptăm 2 minute apariţia prompter-ului READY
VIEW X=100, Y=50, Z=2
-- calculul perspectivei durează cca 6 minute
```

Punctul de vedere ales este al unei persoane în picioare (de la înălţimea de 2 m). Se poate trasa apoi şi perspectiva din elicopter (înălţimea între 50 şi 300 m).

4.4.3.3. **Aplicaţie în inginerie**

Să trasăm axonometria unui cot al unui arbore cotit. În cele ce urmează, descrierea formei o facem prescurtat, aşa cum afişează programul instrucţiunile introduse.

```
CIRCLE Y=0: C0,0: R5: N12:
ELEVATE ^20: T0,0: *1:
CIRCLE Y=20: C0,0: R6: N12:
ELEVATE ^5: T0,0: *1:
CIRCLE Y=20: C0,16: R6: N12:
ELEVATE ^5: T0,0: *1:
PLOT 6,20,0:
DRAW 6,20,16:
PLOT -6,20,0:
DRAW -6,20,16:
PLOT 6,25,0:
DRAW 6,25,16:
PLOT -6,25,0:
DRAW -6,25,16:
CIRCLE Y=25: C0,16  R5: N12:
ELEVATE ^20: T0,0  *1:
STOP
VIEW 10000,10000,10000
```

Punctul de vedere situat la distanţă foarte mare determină o proiecţie practic paralelă (deci o axonometrie). În plus, axonometria este izometrică, deoarece am ales punctul de vedere cu x = y = z. Toate cele 6 proiecţii ale piesei se obţin cu următoarele comenzi:

```
VIEW 10000,0,0
VIEW -10000,0,0
VIEW 0,10000,0
VIEW 0,-10000,0
VIEW 0,0,10000
VIEW 0,0,-10000
```

4.4.4. LISTINGUL PROGRAMULUI

```
   0>REM Octavian Pleter   1985
   1
   2 REM ON ERROR GO TO cont !
   3 DEF FN a(i,j)=22528+j+32*i
   4 GO TO 1000
   5 LET NT=0: LET NR=0
  10 FOR g=1 TO 3: LET g(g)=p(g)-v(g): NEXT g
  15 LET D=SQR (Q(X)*Q(X)+Q(Y)*Q(Y)+Q(Z)*Q(Z))
  20 FOR G=X TO Z
  25 LET Q(G)=Q(G)/D
  30 LET NR=NR+A(G)*V(G): LET NT=NT+A(G)*Q(G): NEXT G
  35 LET L=(NR-1)/NT
  40 FOR G=X TO Z: LET Q(G)=V(G)-L*Q(G): NEXT G
  50 LET E=(Q(X)*A27+(Q(Y)-S)*A28)
  55 LET F=(Q(X)*A30+(Q(Y)-S)*A31+(Q(Z)-A29)*A32)
  60 RETURN
1000 DIM O(700,3)
1010 DIM C(3): DIM T(3): DIM I$(700)
```

```
1020 LET X=1: LET Y=2: LET Z=3
1030 LET I=1: LET last=0: LET sur=0: LET circle=0: LET cont=1040
1040 BEEP .2,19: INPUT :: PRINT #1;" READY";TAB 29;i: POKE 23264,130: POKE
     23658,8
1050 IF INKEY$="Q" THEN GO TO 1300
1060 IF INKEY$="W" THEN GO TO 1350
1070 IF INKEY$="F" THEN GO TO 1400
1080 IF INKEY$="C" THEN GO TO 1600
1090 IF INKEY$="P" THEN GO TO 1800
1100 IF INKEY$="O" THEN GO TO 2500
1110 IF INKEY$="E" THEN GO TO 3000
1120 IF INKEY$=CHR$ 12 THEN GO TO 4100
1130 IF INKEY$="A" THEN GO TO 4200
1140 IF INKEY$=" STOP " THEN GO TO 4800
1150 IF INKEY$="S" THEN GO TO 4300
1160 IF INKEY$="J" THEN GO TO 4500
1170 IF INKEY$="K" THEN GO TO 4700
1180 IF INKEY$="H" THEN GO TO 4900
1200 GO TO 1050
1300 INPUT :: PRINT "PLOT ";: LET r$="*"
1320 FOR j=x TO z: INPUT "XYZ"(j);"= ";O(i,j): PRINT O(i,j);".";: NEXT j: PRINT
     CHR$ 8;":"
1330 LET I$(i)=r$: LET i=i+1
1340 LET circle=0: PRINT : LET last=1: LET sur=0: GO TO 1040
1350 IF last<>1 THEN INPUT :: PRINT #1;" ERROR: STARTPOINT MISSING": POKE
     23264,130: BEEP .2,-7: PAUSE 250: GO TO 1040
1360 INPUT :: PRINT "DRAW ";: LET r$="¦"
1370 GO TO 1320
1380 INPUT "SET ";f;" AT ";O(i,f): PRINT "XYZ"(f);"=";O(i,f):: RETURN
1400 INPUT ;: PRINT "FIGURE ";
1410 LET I$(i)="*": LET sur=i
1420 GO SUB 1380
1430 PRINT ": ";
1440 FOR j=x TO z: IF j=f THEN GO TO 1460
1450 INPUT "XYZ"(j);"= ";O(i,j): PRINT O(i,j);".";
1460 NEXT j: PRINT CHR$ 8;": ";
1470 BEEP .2,19: INPUT :: PRINT #1; FLASH 1;" "; FLASH 0;"READY (Next/Home)";TAB
     29;i+1
1480 IF I$(i)=" " THEN LET O(i,f)=O(i-1,f): LET I$(i)="¦"
1490 LET i=i+1
1500 IF INKEY$="" THEN GO TO 1500
1510 IF INKEY$<>"H" THEN GO TO 1440
1520 FOR j=x TO z: LET O(i,j)=O(sur,j): PRINT ((STR$ O(i,j)+".") AND j<>f);: NEXT
     j: PRINT CHR$ 8;":"
1530 LET I$(i)="¦": LET i=i+1: LET last=i-sur
1540 LET circle=0: PRINT : GO TO 1040
1600 INPUT :: PRINT "CIRCLE ";
1610 GO SUB 1380
1620 PRINT ": C";
1630 FOR j=x TO z: IF j=f THEN GO TO 1650
1640 INPUT "XYZ"(j);"C= ";C(j): PRINT C(j);",";
1650 NEXT j: PRINT CHR$ 8;": ";
1660 INPUT "R= ";r: IF r<=0 THEN PRINT "R<=0!": PRINT : GO TO 1040
1661 PRINT "R";r;": ";
1670 INPUT "N= ";n: IF n<=1 THEN PRINT "N<=1!": PRINT : GO TO 1040
1671 PRINT "N";n;": ";
1680 INPUT "ANGLE= ";al: IF al THEN PRINT " A";al;" ";
1685 LET I$(i)="*": LET sur=i
1690 LET circle=1: PRINT CHR$ 8;":"
1700 FOR a=al TO al+360 STEP 360/n
1710 LET ar=a*PI/180: LET pr=1
1720 FOR j=x TO z: IF j=f THEN GO TO 1750
1730 LET arg=SIN ar: IF pr THEN LET arg=COS ar: LET pr=0
1740 LET O(i,j)=C(j)+r*arg
1750 NEXT j
```

```
1760 IF I$(i)=" " THEN LET I$(i)="¦": LET O(i,f)=O(i-1,f)
1770 LET i=i+1
1780 NEXT a
1790 PRINT : LET last=i-sur: GO TO 1040
1800 INPUT :: PRINT "PRISM ";
1810 FOR j=x TO z: INPUT "FROM ";"XYZ"(j);"= ";O(i,j): PRINT O(i,j);".":: NEXT
     j: PRINT CHR$ 8;": ";
1820 FOR j=x TO z: INPUT "TO ";"XYZ"(j);"= ";C(j): PRINT C(j);".":: NEXT j: PRINT
     CHR$ 8;":"
1830 LET I$(i)="*": LET sur=i
1840 GO SUB 2400
1850 GO SUB 2300: LET O(i,z)=C(z)
1860 GO SUB 2400
1870 GO SUB 2300: LET O(i,x)=C(x): LET I$(i)="*"
1880 GO SUB 2300: LET O(i,z)=O(sur,z)
1890 GO SUB 2300: LET O(i,y)=C(y): LET I$(i)="*"
1900 GO SUB 2300: LET O(i,z)=C(z)
1910 GO SUB 2300: LET O(i,x)=O(sur,x): LET I$(i)="*"
1920 GO SUB 2300: LET O(i,z)=O(sur,z)
1930 LET circle=0: PRINT : LET i=i+1: LET last=i-sur: LET sur=0: GO TO 1040
2300 LET i=i+1: FOR j=x TO z
2310 LET O(i,j)=O(i-1,j): NEXT j
2320 LET I$(i)="¦"
2330 RETURN
2400 GO SUB 2300: LET O(i,x)=C(x)
2410 GO SUB 2300: LET O(i,y)=C(y)
2420 GO SUB 2300: LET O(i,x)=O(sur,x)
2430 GO SUB 2300: LET O(i,y)=O(sur,y)
2440 RETURN
2500 IF NOT sur THEN INPUT :: PRINT #1;" ERROR: BASE NOT DEFINED": POKE FN
     a(23,0),130: BEEP .2,-7: PAUSE 250: GO TO 1040
2510 INPUT :: PRINT "CONE ";: LET i1=i-1
2520 FOR j=x TO z: INPUT "TOP ";"XYZ"(j);"= ";C(j): PRINT C(j);".":: NEXT j:
     PRINT CHR$ 8;":"
2530 FOR k=i1 TO 1 STEP -1
2540 LET I$(i)="*"
2550 FOR j=x TO z: LET O(i,j)=O(k,j): NEXT j
2560 LET i=i+1
2570 LET I$(i)="¦"
2580 FOR j=x TO z: LET O(i,j)=C(j): NEXT j
2590 LET i=i+1
2600 IF k=sur THEN PRINT : LET circle=0: LET last=i-sur: LET sur=0: GO TO 1040
2610 NEXT k: STOP
3000 IF NOT sur THEN INPUT :: PRINT #1;" ERROR: ELEVATION OF WHAT?": POKE FN
     a(23,0),130: BEEP .2,-7: PAUSE 250: GO TO 1040
3010 INPUT :: PRINT "ELEVATE ";
3020 INPUT "H= ";T(f): PRINT "^";T(f);": ";
3030 PRINT "T";: FOR j=x TO z: IF j=f THEN GO TO 3050
3040 INPUT "TRANSLATION ";"XYZ"(j);"= ";T(j): PRINT T(j);".";
3050 NEXT j: PRINT CHR$ 8;":";
3055 LET k=sur
3060 IF NOT circle THEN GO TO 3400
3070 INPUT "AMPLIFY * ";m
3080 PRINT " *";m;":";
3090 FOR j=x TO z: LET C(j)=C(j)+T(j): NEXT j
3100 LET r=r*m: LET l=i+2*n+2: LET o=l
3110 INPUT "TWIST ANGLE= ";m: IF m THEN PRINT " A";m;" ";
3120 PRINT CHR$ 8;":"
3130 LET al=al+m: LET I$(l)="*"
3140 FOR a=al TO al+360 STEP 360/n
3150 LET ar=a*PI/180: LET pr=1
3160 FOR j=x TO z: IF j=f THEN GO TO 3190
3170 LET arg=SIN ar: IF pr THEN LET arg=COS ar: LET pr=0
3180 LET O(i,j)=C(j)+r*arg
3190 NEXT j
```

```
3200 LET I$(i)="*"
3210 LET O(i,f)=O(i-1,f)+T(f)
3220 FOR j=x TO z
3230 LET O(l,j)=O(i,j)
3240 NEXT j: IF I$(l)=" " THEN LET I$(l)="¦"
3250 LET i=i+1: LET I$(i)="¦"
3260 FOR j=x TO z
3270 LET O(i,j)=O(k,j)
3280 NEXT j
3290 LET l=l+1: LET k=k+1: LET i=i+1
3300 NEXT a
3310 LET i=l: GO TO 4000
3400 PRINT CHR$ 8;";": PRINT : LET n=i-k-1: LET l=i+2*n+2: LET o=l: LET I$(l)="*"
3410 FOR a=1 TO n+1
3420 LET I$(i)="*"
3430 FOR j=x TO z: LET O(i,j)=O(k,j): NEXT j
3440 LET i=i+1
3450 FOR j=x TO z
3460 LET O(i,j)=O(i-1,j)+T(j): LET O(l,j)=O(i,j): NEXT j: LET I$(i)="¦"
3470 IF I$(l)=" " THEN LET I$(l)="¦"
3480 GO TO 3290
4000 PRINT : LET last=i-sur: LET sur=o: GO TO 1040
4100 INPUT ;: PRINT "DELETE": LET sur=0: LET circle=0
4105 LET i=i-last: IF i<=0 THEN LET i=1: GO TO 4120
4110 FOR j=i TO i+last: LET I$(j)=" ": NEXT j
4120 PRINT : GO TO 1040
4200 INPUT ;: PRINT #1;" NEW (Y TO CONFIRM)": POKE 23264,130: BEEP .1,27: BEEP
     .1,27: BEEP .1,27
4210 FOR j=1 TO 200
4220 IF INKEY$="Y" THEN RUN
4225 IF INKEY$<>"" AND INKEY$<>"Y" THEN GO TO 1040
4230 NEXT j
4240 GO TO 1040
4300 IF i<2 THEN GO TO 1040
4301 INPUT ;: DIM I(i,4): PRINT "SAVE ";
4310 LET I(1,1)=i
4320 FOR j=1 TO i-1
4330 FOR k=x TO z
4340 LET I(j+1,k)=O(j,k): NEXT k
4350 IF I$(j)="*" THEN LET I(j+1,4)=-1
4351 IF I$(j)="¦" THEN LET I(j+1,4)=+1
4360 NEXT j
4370 POKE 23658,0: INPUT "NAME: "; LINE n$: INPUT "TAPE (0) MDRIVE (1-8) ";MD:
     POKE 23658,8
4380 IF LEN n$>10 OR NOT LEN N$ THEN GO TO 4370
4390 PRINT n$: IF NOT MD THEN SAVE n$ DATA I(): GO TO 4400
4395 SAVE *"M";MD;N$ DATA I()
4400 INPUT ;: PRINT #1;" VERIFY? (Y/N)": POKE 23264,130
4410 IF INKEY$="" THEN GO TO 4410
4411 INPUT ;
4420 IF INKEY$<>"Y" THEN GO TO 4450
4430 INPUT ;: PRINT '"VERIFY on error GO TO cont "
4440 IF NOT MD THEN VERIFY n$ DATA I(): GO TO 4450
4445 VERIFY *"M";MD;N$ DATA I()
4450 PRINT : DIM I(1): GO TO 1040
4500 INPUT ;: PRINT "LOAD ";
4510 POKE 23658,0: INPUT "NAME: "; LINE n$: INPUT "TAPE (0) MDRIVE (1-8) ";MD:
     POKE 23658,8: IF NOT LEN N$ AND MD THEN GO TO 4510
4520 PRINT n$': IF NOT MD THEN LOAD n$ DATA I(): GO TO 4530
4525 LOAD *"M";MD;N$ DATA I()
4530 LET i=I(1,1)
4535 DIM O(700,3): DIM I$(700)
4540 FOR j=1 TO i-1
4550 FOR k=x TO z
4560 LET O(j,k)=I(j+1,k): NEXT k
```

```
4570 LET I$(j)=("!" AND I(j+1,4)=1)+("*" AND I(j+1,4)=-1)
4580 NEXT j
4590 LET last=0: LET sur=0: LET circle=0
4600 DIM I(1): PRINT ''
4610 GO TO 1040
4700 IF i<2 THEN GO TO 1040
4701 INPUT ;: PRINT "LIST";TAB 8;"X";TAB 18;"Y";TAB 28;"Z";TAB 31;"T";TAB 0;"
[redacted]
[redacted]"
4705 DIM n$(10)
4710 FOR j=1 TO i-1: LET j$=STR$ j: LET a$=STR$ O(j,x): LET b$=STR$ O(j,y): LET
     c$=STR$ O(j,z)
4711 IF LEN a$>8 THEN LET a$=a$( TO 8)
4712 IF LEN b$>8 THEN LET b$=b$( TO 8)
4713 IF LEN c$>8 THEN LET c$=c$( TO 8)
4714 IF LEN j$=1 THEN LET j$="  "+j$
4715 IF LEN j$=2 THEN LET j$=" "+j$
4720 PRINT j$;":";n$( TO 8-LEN a$);a$;TAB 13;n$( TO 8-LEN b$);b$;TAB 22;n$( TO
     8-LEN c$);c$;TAB 31;I$(j)
4730 NEXT j
4740 GO TO 6700
4800 IF i<3 THEN GO TO 1040
4810 INPUT ;: PRINT "STOP": GO TO 5000
4900 CLS : INPUT ;: PRINT #1;" HELP";TAB 26;"PAGE 1": PRINT "[Q]PLOT x,y,z"''"
     [W]DRAW x,y,z (LINE)"''"[F]FIGURE plane,coords (CONTOUR)"''"[C]CIRCLE
     plane,center,radius,    nb. of points,angle between    first point and
     ordinate of    plane (POLYGON)"
4905 POKE FN a(23,0),130
4910 PRINT ''"[P]PRISM from,to: coords of two diagonal opposite
     corners"''"[O]CONE top coords (PYRAMID)"''"[E]ELEVATION: translation of the
     latest defined surface (ampli  fied or twisted), link of the  corre-
     sponding points"
4920 PAUSE 0: CLS
4930 INPUT ;: PRINT #1;" HELP":TAB 26;"PAGE 2": POKE 23264,130
4940 PRINT ''"[CAPS]+[0]DELETE latest defined  point, surface or body"''
4950 PRINT ''"[A]NEW start again; y to confirm"
4960 PRINT ''"[S]SAVE & VERIFYthe file created"
4970 PRINT ''"[J]LOAD an old file"
4980 PRINT ''"[K]LIST the coords generated"''"[SYMB]+[A]STOP close the file"
4990 PRINT ''"[H]HELP list the commands": PAUSE 0: CLS : GO TO 1040
5000 DIM I(700,2): LET np=1-1
5010 DIM V(3): DIM A(3): DIM C(3): DIM P(3): DIM E(6): DIM Q(3)
5020 LET U=100000: FOR I=1 TO 6
5030 LET E(I)=U: LET U=-U: NEXT I
5040 FOR I=1 TO np
5050 FOR J=X TO Z
5060 IF O(I,J)<E(2*J-1) THEN LET E(2*J-1)=O(I,J)
5070 IF O(I,J)>E(2*J) THEN LET E(2*J)=O(I,J)
5080 IF O(I,J)>E(2*J) THEN LET E(2*J)=O(I,J)
5090 NEXT J: NEXT I
5100 FOR I=X TO Z: LET C(I)=(E(2*I-1)+E(2*I))/2: NEXT I
5110 LET cont=6000: LET out=0: LET x1=2: LET x2=253: LET y1=2: LET y2=173: CLS
     : GO TO 6000
5120 LET CYL=0: INPUT "VIEWPOINT X= ";V(X)
5130 INPUT "VIEWPOINT Y= ";V(Y): IF V(Y)=0 THEN LET V(Y)=1e-3
5140 INPUT "VIEWPOINT Z= ";V(Z)
5150 LET T=0: LET U=0: FOR I=X TO Z: LET T=T+(C(I)-E(2*I))*(C(I)-E(2*I)): LET
     U=U+(C(I)-V(I))*(C(I)-V(I)): NEXT I
5160 IF U<4*T THEN INPUT ;: PRINT #1;" ERROR: TOO CLOSE": POKE 23264,130: BEEP
     .2,-7: PAUSE 250: GO TO (5120 AND NOT CYL)+(6110 AND CYL)
5170 LET D=0: LET S=0: LET A27=1: LET A28=0: LET A29=0: LET A30=0: LET A31=1
5180 FOR I=X TO Z
5190 LET T=(V(I)+C(I))/2
5200 LET D=D+(C(I)-V(I))*T
```

```
5210 NEXT I
5220 FOR I=X TO Z: LET A(I)=(C(I)-V(I))/D: NEXT I
5230  LET  T=PI/2:  IF  ABS  A(Z)>1E-8  THEN  LET  T=ATN  (SQR  (A(X)*A(X)+
     A(Y)*A(Y))/A(Z)): GO TO 5250
5240 INPUT :: PRINT #1;"      VERTICAL PERSPECTIVE"
5250 LET A32=SIN ABS T
5260  LET  D=SQR  ((A(X)*A(X)+A(Y)*A(Y))*(A(X)*A(X)+A(Y)*A(Y)+  A(Z)*A(Z))):  IF
     D<1E-9 THEN GO TO 5350
5270 LET A30=SGN (C(X)-V(X))*SGN T*ABS (A(X)*A(Z))/D
5280 LET A31=SGN (C(Y)-V(Y))*SGN T*ABS (A(Y)*A(Z))/D
5290 LET A27=SGN (C(Y)-V(Y))*ABS A(Y)/SQR (A(X)*A(X)+A(Y)*A(Y))
5300 LET A28=SGN (V(X)-C(X))*ABS A(X)/SQR (A(X)*A(X)+A(Y)*A(Y))
5310 IF A32=1 THEN GO TO 5340
5320 IF T<0 THEN INPUT :: PRINT #1;"    ASCENDENT PERSPECTIVE"
5330 IF T>0 THEN INPUT :: PRINT #1;"    DESCENDENT PERSPECTIVE"
5340 IF A(Y)=0 THEN BEEP .2,-7: INPUT :: PRINT #1;" ERROR: DIV BY ZERO": POKE
     23264,130: PAUSE 250: GO TO 6000
5341 LET S=1/A(Y): GO TO 5360
5350 LET A29=V(Z)/2: INPUT :: PRINT #1;"    HORIZONTAL PERSPECTIVE"
5360 FOR I=X TO Z: LET P(I)=C(I): NEXT I
5370 GO SUB 5: LET M=E-100: LET N=F-80
5380 LET M=E-100: LET N=F-80
5390 FOR K=1 TO np
5400 FOR I=X TO Z: LET P(I)=O(K,I): NEXT I
5410 GO SUB 5
5420 LET I(K,X)=E-M
5430 LET I(K,Y)=F-N
5440 NEXT K
5450 LET Q(X)=-1e5: LET Q(Y)=-1e5: LET P(X)=1e5: LET P(Y)=1e5
5460 FOR I=1 TO np
5470 FOR J=X TO Y
5480 IF I(I,J)>Q(J) THEN LET Q(J)=I(I,J)
5490 IF I(I,J)<P(J) THEN LET P(J)=I(I,J)
5500 NEXT J: NEXT I
5510 LET xmax=Q(X): LET xmin=P(X): LET ymax=Q(Y): LET ymin=P(Y)
5520 IF (xmax-xmin)/(ymax-ymin)>(x2-x1)/(y2-y1) THEN LET a=(x2-x1)/(xmax- xmin):
     LET bx=x1-(x2-x1)*xmin/(xmax-xmin): LET by=(y2+y1)/2-((ymax+ ymin)/2)*a:
     GO TO 5570
5530 LET a=(y2-y1)/(ymax-ymin)
5540 LET by=y1-(y2-y1)*ymin/(ymax-ymin)
5550 LET bx=(x2+x1)/2-((xmax+xmin)/2)*a
5570 FOR I=1 TO np
5580 LET I(I,X)=a*I(I,X)+bx
5590 LET I(I,Y)=a*I(I,Y)+by
5600 NEXT I
5730 CLS : BEEP .2,19: INPUT "SCREEN (0) MDRIVE (1-8) ";MD: IF MD THEN GO TO 6730
5732 IF out THEN GO TO 6510
5735 GO SUB 5740: GO TO 6000
5740 FOR I=1 TO np
5750 IF I$(I)="*" THEN GO TO 5780
5760 DRAW INT (I(I,X)+.5)-INT (I(I-1,X)+.5),INT (I(I,Y)+.5)-INT (I(I-1,Y)+.5)
5770 GO TO 5790
5780 PLOT INT (I(I,X)+.5),INT (I(I,Y)+.5)
5790 NEXT I: RETURN
6000 BEEP .2,19: INPUT :: PRINT #1;" READY":TAB 25:"CENTRAL": POKE 23264,130:
     POKE 23658,8
6010 IF INKEY$="H" THEN GO TO 6200
6020 IF INKEY$="V" THEN GO TO 5120
6040 IF INKEY$="Y" THEN LET i=np+1: CLS : LET cont=1040: GO TO 1040
6050 IF INKEY$="D" THEN GO TO 6220
6060 IF INKEY$="P" THEN GO TO 5730
6070 IF INKEY$="C" THEN GO TO 6110
6080 IF INKEY$="R" THEN GO TO 6400
6090 IF INKEY$="K" THEN GO TO 6510
6091 IF INKEY$="S" THEN GO TO 6101
```

```
6100 GO TO 6010
6101 POKE 23658,0: INPUT "NAME: "; LINE n$: INPUT "TAPE (0) MDRIVE (1-8) ";MD:
     POKE 23658,8: DIM m$(10): LET m$=n$: IF NOT MD THEN SAVE m$SCREEN$ : GO TO
     6000
6102 SAVE *"M";MD;N$SCREEN$ : GO TO 6000
6110 LET CYL=1: INPUT "DISTANCE D= ";d
6120 INPUT "AZIMUTH [DEG]= ";a: IF a=0 THEN LET a=0.1
6130 INPUT "HEIGHT H= ";h
6140 LET a=a*PI/180
6150 LET v(x)=c(x)+d*COS a
6160 LET v(y)=c(y)+d*SIN a
6170 LET v(z)=c(z)+h
6180 GO TO 5150
6200 CLS : PRINT "[V]VIEW draw perspective of the    object viewed from a given
     point (X,Y,Z)"'"[Y]RETURN to the first stage"
6201 PRINT '"[D]DETAILS display the viewpoint   coords, aprox. center coords
     and the scale factors"
6202 PRINT '"[P]PICTURE display the image"
6203 PRINT '"[R]RESCALE change the draw scale"
6204 PRINT '"[K]LIST list the coords X,Y of     the calculated perspective"
6205 PRINT '"[C]CYLINDRICAL enter viewpoint     in cylindrical coords:
     distance, azimuth, height"
6206 PRINT '"[S]SAVE dump the screen to tape"
6210 GO TO 6000
6220 CLS : PRINT "DETAILS"'"VIEWPOINT: ";V(X);",";V(Y);",";V(Z)
6230 LET D=SQR ((V(X)-C(X))*(V(X)-C(X))+(V(Y)-C(Y))*(V(Y)-C(Y))): LET A=ASN
     ((V(Y)-C(Y))/D): LET H=V(Z)-C(Z)
6240 PRINT '"CYLINDRICAL COORDINATES:";TAB 7;"distance= ";D;TAB 7;"azimuth=
     ";A*180/PI;" [DEG]";TAB 7;"height= ";H
6250 PRINT '"CENTER: ";C(X);",";C(Y);",";C(Z)
6260 PRINT '"PERSPECTIVE PLANE PARAMETERS:"'TAB 7;"a= ";A(X);TAB 7;"b= ";A(Y);TAB
     7;"c= ";A(Z)
6280 PRINT '"SCALE: ";X1;",";X2;"/";Y1;",";Y2
6290 IF out THEN PRINT '"OUT OF SCREEN"
6300 GO TO 6000
6400 INPUT ;: BEEP .2,19: PRINT #1;" SCALE  (Default/Rescale)": POKE 23264,130
6401 IF INKEY$="" THEN GO TO 6401
6402 IF INKEY$="D" THEN LET out=0: LET x1=2: LET x2=253: LET y1=2: LET y2=173:
     GO TO 6450
6403 IF INKEY$<>"R" THEN GO TO 6400
6405 INPUT "XMIN= ";x1,"XMAX= ";x2,"YMIN= ";y1,"YMAX= ";y2
6410 IF x2<=x1 OR y2<=y1 THEN BEEP .2,-7: PRINT #1;" ERROR: MAX LESS THAN MIN":
     POKE 23264,130: PAUSE 250: GO TO 6400
6420 LET out=0
6430 IF x1<2 OR x1>245 OR x2>253 OR x2<10 OR y1<2 OR y1>165 OR y2>173 OR y2<10
     THEN LET out=1: BEEP .2,-7: PRINT #1;" WARNING: OUT OF SCREEN": POKE
     23264,130: PAUSE 250
6450 BEEP .2,19: INPUT ;: PRINT #1;" RESCALE CURRENT IMAGE? (Y/N)": POKE
     23264,130
6460 IF INKEY$="Y" THEN INPUT ;: GO TO 5450
6470 IF INKEY$="N" THEN GO TO 6000
6480 GO TO 6460
6510 INPUT ;: PRINT '"LIST";TAB 13;"X";TAB 25;"Y";TAB 31;"T";TAB 0;"
[redacted]
[redacted]"
6520 DIM n$(10)
6530 FOR j=1 TO np: LET j$=STR$ j: LET a$=STR$ I(j,x): LET b$=STR$ I(j,y)
6540 FOR k=1 TO LEN a$: IF a$(k)="." AND k+2<=LEN a$ THEN LET a$=a$( TO k+2): GO
     TO 6570
6550 IF a$(k)="." AND k+1<=LEN a$ THEN LET a$=a$( TO k+1)+"0": GO TO 6570
6555 IF a$(k)="." THEN LET a$=a$( TO k)+"00": GO TO 6570
6560 NEXT k: LET a$=a$+".00"
6570 FOR k=1 TO LEN b$: IF b$(k)="." AND k+2<=LEN b$ THEN LET b$=b$( TO k+2): GO
     TO 6600
```

```
6580 IF b$(k)="." AND k+1<=LEN b$ THEN LET b$=b$( TO k+1)+"0": GO TO 6600
6585 IF b$(k)="." THEN LET b$=b$( TO k)+"00": GO TO 6600
6590 NEXT k: LET b$=b$+".00"
6600 PRINT "   "(1 TO 3-LEN j$);j$:":";TAB 8:n$( TO 8-LEN a$):a$:TAB 20:n$( TO
     8-LEN b$):b$:TAB 31:I$(j)
6610 NEXT j
6700 PRINT "
[redacted]
"
: PRINT : GO TO cont
6730 INPUT "NAME: ": LINE N$: IF NOT LEN N$ OR LEN N$>10 THEN GO TO 6730
6750 OPEN #5:"M":MD:N$
6760 FOR J=1 TO NP: PRINT #5:I$(J):INT (I(J,X)+.5):".";768-INT (I(J,Y)+.5): NEXT
     J
6770 PRINT #5:"[redacted]": CLOSE #5: GO TO 6000
7000 PAPER 1: INK 7: BORDER 1
7010 CLS
7040  PRINT AT 7,8:  PAPER 0;"CENTRAL CAD V3.4";AT 12,3;"Octavian Pleter
     1982,1990"
7500 PAUSE 0: RUN
9999 SAVE "CENTRAL" LINE 7000
```

4.5. GRAFICĂ DE ÎNALTĂ REZOLUȚIE LA IMPRIMANTA MATRICEALĂ

Acest program este un *overlay*, adică un segment de cod care trebuie încărcat peste un alt program, în scopul extinderii sau modificării funcționării acestuia. În cazul de față, *overlay*-ul se încarcă peste programul Tuttiprint, prezentat în § 4.1. El permite încărcarea a 8 fișiere ecran de pe bandă sau de pe disc și tipărirea lor în modul grafic, astfel încât să formeze prin juxtapunere o imagine de 512 × 768 pixeli, conform figurii 4.2. La rezoluția unei imprimante matriceale cu 9 ace, cele 8 ecrane juxtapuse acoperă aproximativ întreaga suprafață activă a unei pagini normale A4.

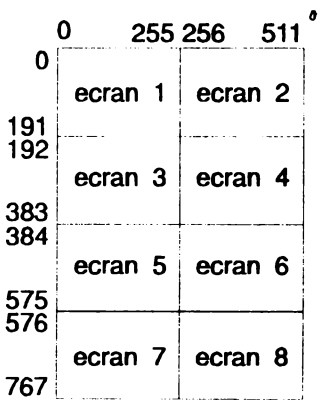


Fig. 4.2. Organizarea spațiului grafic de înaltă rezoluție (512×768)

```
*HISOFT GENS3M2 ASSEMBLER*
       ZX SPECTRUM

Copyright (C) HISOFT 1983,4
All rights reserved

Pass 1 errors: 00

F870              10        ORG  63600
FA0C              20 NR_SPA EQU  64012
FDA7              30 SEND   EQU  #FDA7
FD81              40 POINT  EQU  #FD81
FEC9              50 y_cd   EQU  #FEC9
                  60 HCOPY2
                  70 ;formatter grafic pentru 512X768
F870 3A1FFE       80        LD   A,(65055)
F873 FE3E         90        CP   62
```

```
F875 C0          100          RET  NZ
F876 3AF9FE      110          LD   A,(65273)
F879 FE00        120          CP   0
F87B CA56F9      130          JP   Z,SCAMP
F87E FE8D        140          CP   141
F880 CAB5F8      150          JP   Z,ROMOM
F883 FE1B        160          CP   27
F885 2801        170          JR   Z,K6313
F887 C9          180          RET
F888 3E1B        190 K6313    LD   A,27
F88A 3246F9      200          LD   (final),A
F88D 3E0A        210          LD   A,10
F88F 323DF9      220          LD   (halfnl),A
F892 3E8D        230          LD   A,141
F894 323EF9      240          LD   (halfnl+1),A
F897 3E41        250          LD   A,65
F899 3242F9      260          LD   (norm+1),A
F89C 3E06        270          LD   A,6
F89E 3243F9      280          LD   (norm+2),A
F8A1 3E1B        290          LD   A,27
F8A3 3244F9      300          LD   (norm+3),A
F8A6 3E2A        310          LD   A,42
F8A8 3239F9      320          LD   (size+1),A
F8AB 3E05        330          LD   A,5
F8AD 323AF9      340          LD   (size+2),A
F8B0 3E00        350          LD   A,0
F8B2 323BF9      360          LD   (size+3),A
F8B5 2141F9      370 ROMOM    LD   HL,norm
F8B8 CD48F9      380          CALL SENTXT
F8BB AF          390          XOR  A
F8BC 32C9FE      400          LD   (y_cd),A
F8BF 3AC9FE      410 loop_y   LD   A,(y_cd)
F8C2 C606        420          ADD  A,6
F8C4 32C9FE      430          LD   (y_cd),A
F8C7 FEC6        440          CP   #C6
F8C9 2866        450          JR   Z,exit
F8CB 3A0CFA      460          LD   A,(NR_SPA)
F8CE 47          470          LD   B,A
F8CF 3E20        480 spaces   LD   A," "
F8D1 CDA7FD      490          CALL SEND
F8D4 10F9        500          DJNZ spaces
F8D6 2138F9      510          LD   HL,size
F8D9 CD48F9      520          CALL SENTXT
F8DC 1600        530          LD   D,0
F8DE 3AC9FE      540 loop_x   LD   A,(y_cd)
F8E1 D606        550          SUB  6
F8E3 5F          560          LD   E,A
F8E4 0E00        570          LD   C,0
F8E6 0606        580          LD   B,6
F8E8 CD81FD      590 innl     CALL POINT
F8EB 37          600          SCF
F8EC C2F0F8      610          JP   NZ,true
F8EF 3F          620          CCF
F8F0 CB11        630 true     RL   C
F8F2 1C          640          INC  E
F8F3 10F3        650          DJNZ innl
F8F5 79          660          LD   A,C
F8F6 CDA7FD      670          CALL SEND
F8F9 14          680          INC  D
F8FA AF          690          XOR  A
F8FB BA          700          CP   D
F8FC C2DEF8      710          JP   NZ,loop_x
F8FF 3A86FD      720          LD   A,(#FD86)
F902 FE37        730          CP   #37
F904 2811        740          JR   Z,ELSE
F906 3E37        750          LD   A,#37
```

```
F908 3286FD     760         LD   (#FD86),A
F90B 3E1F       770         LD   A,#1F
F90D 3287FD     780         LD   (#FD87),A
F910 3E0F       790         LD   A,#0F
F912 3288FD     800         LD   (#FD88),A
F915 1812       810         JR   CONT
F917 3E0F       820 ELSE    LD   A,#0F
F919 3286FD     830         LD   (#FD86),A
F91C 3E37       840         LD   A,#37
F91E 3287FD     850         LD   (#FD87),A
F921 3E1F       860         LD   A,#1F
F923 3288FD     870         LD   (#FD88),A
F926 C3DEF8     880         JP   loop_x
F929 213DF9     890 CONT    LD   HL,halfnl
F92C CD48F9     900         CALL SENTXT
F92F 188E       910         JR   loop_y
F931 2146F9     920 exit    LD   HL,final
F934 CD48F9     930         CALL SENTXT
F937 C9         940         RET
F938 1B4B0082   950 size    DEFB #1B,#4B,0,2+128,2+128
F93D 1B5B3165   960 halfnl  DEFB #1B,#5B,#31,#65
F941 1B5B30E0   970 norm    DEFB #1B,#5B,#30,#60+128,"2"+128
F946 8DB0       980 final   DEFB 13+128,"0"+128
                990
               1000 SENTXT
               1010 ;print text de la HL până când
               1020 ;bitul 7 este găsit setat
F948 7E        1030         LD   A,(HL)
F949 F5        1040         PUSH AF
F94A E67F      1050         AND  #7F
F94C CDA7FD    1060         CALL SEND
F94F 23        1070         INC  HL
F950 F1        1080         POP  AF
F951 E680      1090         AND  #80
F953 28F3      1100         JR   Z,SENTXT
F955 C9        1110         RET
               1120 SCAMP
               1130 ;formatter grafic pentru SCAMP
F956 3E1B      1140         LD   A,27
F958 CDA7FD    1150         CALL SEND
F95B 3E47      1160         LD   A,"G"
F95D CDA7FD    1170         CALL SEND
F960 AF        1180         XOR  A
F961 32C9FE    1190         LD   (y_cd),A
F964 3AC9FE    1200 soop_y  LD   A,(y_cd)
F967 C606      1210         ADD  A,6
F969 32C9FE    1220         LD   (y_cd),A
F96C FEC6      1230         CP   #C6
F96E 2853      1240         JR   Z,sexit
F970 1600      1250         LD   D,0
F972 3AC9FE    1260 soop_x  LD   A,(y_cd)
F975 3D        1270         DEC  A
F976 5F        1280         LD   E,A
F977 0E01      1290         LD   C,1
F979 0606      1300         LD   B,6
F97B CD81FD    1310 sinnl   CALL POINT
F97E 37        1320         SCF
F97F C283F9    1330         JP   NZ,strue
F982 3F        1340         CCF
F983 CB11      1350 strue   RL   C
F985 1D        1360         DEC  E
F986 10F3      1370         DJNZ sinnl
F988 79        1380         LD   A,C
F989 CDA7FD    1390         CALL SEND
F98C 14        1400         INC  D
F98D AF        1410         XOR  A
```

```
F98E BA        1420         CP   D
F98F C272F9    1430         JP   NZ,soop_x
F992 3A86FD    1440         LD   A,(#FD86)
F995 FE37      1450         CP   #37
F997 2811      1460         JR   Z,SELSE
F999 3E37      1470         LD   A,#37
F99B 3286FD    1480         LD   (#FD86),A
F99E 3E1F      1490         LD   A,#1F
F9A0 3287FD    1500         LD   (#FD87),A
F9A3 3E0F      1510         LD   A,#0F
F9A5 3288FD    1520         LD   (#FD88),A
F9A8 1812      1530         JR   SCONT
F9AA 3E0F      1540 SELSE   LD   A,#0F
F9AC 3286FD    1550         LD   (#FD86),A
F9AF 3E37      1560         LD   A,#37
F9B1 3287FD    1570         LD   (#FD87),A
F9B4 3E1F      1580         LD   A,#1F
F9B6 3288FD    1590         LD   (#FD88),A
F9B9 C372F9    1600         JP   soop_x
F9BC 3E2F      1610 SCONT   LD   A,"/"
F9BE CDA7FD    1620         CALL SEND
F9C1 18A1      1630         JR   soop_y
F9C3 3E2B      1640 sexit   LD   A,"+"
F9C5 CDA7FD    1650         CALL SEND
F9C8 C9        1660         RET
F9C9 00        1670 zz      NOP

Pass 2 errors: 00

CONT   F929    ELSE   F917    HCOPY2 F870    K6313  F888    NR_SPA FA0C
POINT  FD81    ROMOM  F8B5    SCAMP  F956    SCONT  F9BC    SELSE  F9AA
SEND   FDA7    SENTXT F948    exit   F931    final  F946    halfnl F93D
innl   F8E8    loop_x F8DE    loop_y F8BF    norm   F941    sexit  F9C3
sinnl  F97B    size   F938    soop_x F972    soop_y F964    spaces F8CF
strue  F983    true   F8F0    y_cd   FEC9    zz     F9C9

Table used:   358  from   389
```

4.6. DERIVATOR SIMBOLIC DE FUNCŢII

Programul Difun derivează simbolic orice expresie dată în raport cu variabila *x*, apoi permite evaluarea numerică directă a funcţiei şi derivatei în orice punct. Spre deosebire de calculul numeric tradiţional, calculul simbolic operează cu expresii algebrice văzute ca liste de simboluri: variabile, constante, operatori, funcţii. Avantajele calculului simbolic sunt: precizia, neacumularea erorilor în anumite metode şi posibilitatea abordării unor calcule imposibile numeric, cum ar fi inversarea unei matrice de funcţii. Dezavantajul principal al calculului simbolic îl constituie consumul mare de resurse de timp şi de spaţiu de memorie.

Expresia cerută de program prin *prompter*-ul `f(x)=` se compune din:

– constante numerice fără semn, fie întregi (`3`, `10000`), fie reale cu punct zecimal, *nu* cu exponent (`1.25`, `0.0066`, dar nu `3e-4`);

– constante şi variabile algebrice (`a`, `eps`, `u`, `y`);

– variabila în raport cu care se derivează (`x`);

– operatori aritmetici binari: `+`, `-`, `*`, `/`, `^`; (nu se admit operatorii unari `+` şi `-`, ca în exemplele: `-5`, `+b`);

– paranteze: `(` şi `)`;

– funcţii standard, scrise literă cu literă, cu argumentul între paranteze:
  – funcţiile trigonometrice `sin`, `cos`, `tan`, `cot`;
  – funcţiile hiperbolice `sinh`, `cosh`, `tanh`, `coth`;
  – funcţiile invers trigonometrice `arcsin`, `arccos`, `arctan`, `arccot`;
  – funcţiile invers hiperbolice `arcsinh`, `arccosh`, `arctanh`, `arccoth`;
  – exponenţiala `exp` şi logaritmul natural `ln`;
  – rădăcina pătrată `sqr`;

Pentru introducerea unei expresii care conţine - unar, de exemplu `-sin(-x)`, operatorul va fi prefixat de `0`, astfel: `0-sin(0-x)`. În rest, sintaxa expresiilor o respectă pe cea a Basic-ului. Scrierea cu litere mici este obligatorie.

Programul nu este capabil să prelucreze expresia obţinută prin simplificare, reducere de termeni sau calcule numerice parţiale. Evaluarea numerică este permisă numai dacă expresia nu conţine alte variabile în afară de `x`.

Exemplu

Să se deriveze funcţia $f(x)$ şi să se calculeze derivata în punctele $x=0.3$, $x=\pi/2$ şi $x=0$:

$$f(x) = \frac{x^2}{\sin x}$$

Se introduce funcţia: $f(x)=x\hat{}2/\sin(x)$ şi se obţine derivata:

$f'(x)=(2*x*\sin(x)-x\hat{}2*\cos(x))/\sin(x)\hat{}2$, ceea ce în notaţia matematică reprezintă:

$$f'(x) = \frac{2x \sin x - x^2 \cos x}{\sin^2 x}$$

În continuare se utilizează calculatorul, apăsând [C]:

$x=0.3$

$f(0.3)=0.3045477$
$f'(0.3)=1.0457981$

$x=PI/2$

$f(1.5707963)=2.4674011$
$f'(1.5707963)=3.1415927$ (observaţi precizia lui π)

$x=0$

$f(0)=$ `6 Number too big, 5030:2`

Se continuă cu `GO TO g`, deoarece $x=0$ este un punct singular, atât al funcţiei, cât şi al derivatei.

4.6.1. LISTINGUL PROGRAMULUI

```
  2 GO SUB 8000
  3 DEF FN c(x)=1/TAN x: DEF FN a(x)=ATN (1/x): DEF FN s(x)=0.5*(EXP x-EXP -x):
    DEF FN b(x)=0.5*(EXP x+EXP -x): DEF FN t(x)=(EXP x-EXP -x)/(EXP x+EXP -x):
    DEF FN d(x)=(EXP x+EXP -x)/(EXP x-EXP -x): DEF FN e(x)=LN (x+SQR (x*x+1)):
    DEF FN f(x)=LN (x+SGN x*SQR (x*x-1)): DEF FN g(x)=0.5*LN ((1+x)/(1-x)): DEF
    FN h(x)=0.5*LN ((x+1)/(x-1))
  4 GO TO 40
  5 LET e=1: DEF FN b$(h$)="("+h$+")"
  6 IF r$(e)<>" " THEN LET e=e+1: GO TO 6
  7 IF e>1 THEN LET r$=r$( TO e-1): RETURN
  8 LET r$="": RETURN
 10 LET sd=0: FOR e=1 TO LEN d$
 11 IF d$(e)="+" OR d$(e)="-" THEN LET sd=1: RETURN
 12 NEXT e: RETURN
 15 FOR e=1 TO LEN b$
 16 IF b$(e)<"(" OR b$(e)>"9" OR b$(e)="," THEN LET d$=b$+"-1": RETURN
 17 NEXT e
 18 LET d$=" "+STR$ (VAL b$-1): RETURN
 40 LET m=16: REM adincimea max a expresiilor
 45 LET w=350: REM lungimea max a expresiilor
 50 DIM f$(m,w): DIM s$(m,w): DIM u$(m,w): DIM v$(m,w): DIM o$(m,w): DIM o(m):
    LET z$="+-*/^"
 51 RESTORE 4000: READ fz: DIM x$(fz,20): DIM y$(fz,20): DIM l(fz)
 52 FOR i=1 TO fz: READ w$,y$(i)
 53 LET l(i)=LEN w$: LET x$(i)=w$
 54 NEXT i
 55 BORDER 7: PAPER 7: INK 0: CLS
 60 LET z=1
 70 INPUT "f(x)="; LINE w$: IF LEN w$=0 THEN GO TO 70
 74 CLS : PRINT "derivarea simbolica a functiei:"
 75 LET r$=""
 76 FOR e=1 TO LEN w$
 77 IF w$(e)<>" " THEN LET r$=r$+w$(e)
 78 NEXT e: LET w$=r$: LET f$(1)=w$
 79 PRINT '"f(x)=";w$''
 80 GO SUB 170
 90 LET r$=f$(1): GO SUB 5: PRINT '"f(x)=";r$: LET h$=r$
 95 LET r$=s$(1): GO SUB 5: PRINT '"f'(x)=";r$: LET d$=r$
100 GO TO 5000
170 LET r$=f$(z): GO SUB 5: LET w$=r$
171 POKE 23692,255
175 PRINT " ? """;w$;""""
180 LET q$=w$: GO SUB 2010
200 IF p=1 OR p=l THEN GO TO 1000: REM secventa ilegala de operatori
260 IF p=0 THEN GO TO 700
280 REM separare f=u#v => u', v'
290 LET o(z)=o: LET u$(z)=w$( TO p-1): LET v$(z)=w$(p+1 TO )
300 LET z=z+1: LET f$(z)=u$(z-1): GO SUB 170: LET o$(z-1)=s$(z)
310 LET f$(z)=v$(z-1): GO SUB 170: LET z=z-1
320 LET r$=u$(z): GO SUB 5: LET a$=r$: LET r$=v$(z): GO SUB 5: LET b$=r$: LET
    r$=o$(z): GO SUB 5: LET c$=r$: LET r$=s$(z+1): GO SUB 5: LET d$=r$: LET
    o=o(z)
325 IF o=2 AND LEN d$>1 THEN GO SUB 10: IF sd THEN LET d$=FN b$(d$)
331 IF o=1 THEN GO TO 350
332 IF o=2 THEN GO TO 350
333 IF o=3 THEN GO TO 400
334 IF o=4 THEN GO TO 400
335 IF o=5 THEN GO TO 540
336 GO TO 1000
340 REM f=u+v => f'=u'+v'
341 REM f=u-v => f'=u'-v'
350 IF c$<>"0" THEN IF d$<>"0" THEN LET s$(z)=c$+z$(o)+d$: RETURN
```

```
360 IF c$<>"0" THEN LET s$(z)=c$: RETURN
370 IF d$<>"0" THEN LET s$(z)=z$(2 TO o)+d$: RETURN
380 LET s$(z)="0": RETURN
390 REM f=u*v => f'=u'*v+u*v'
391 REM f=u/v => f'=(u'*v-u*v')/v^2
400 IF c$="0" THEN LET t=0: LET e$=c$: GO TO 440
410 LET t=1
420 IF c$="1" THEN LET e$=b$: GO TO 440
425 LET q$=c$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET c$=FN b$(c$)
428 LET g$=b$: LET q$=g$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET g$=FN b$(g$)
430 LET e$=c$+"*"+g$: GO TO 440
440 IF d$="0" THEN GO TO 480
445 LET g$=c$: LET g$=c$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET g$=FN b$(g$)
450 LET t=t+1: LET e$=e$(1+(t=1) TO )+z$(o(z)-2 TO o(z)-2+(1-((t=1) AND
    (o(z)=3)))-1)
460 IF d$="1" THEN LET e$=e$+a$: GO TO 480
465 LET q$=a$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET a$=FN b$(a$)
470 LET q$=d$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET d$=FN b$(d$)
475 LET e$=e$+a$+"*"+d$
480 IF e$="0" OR o(z)=3 THEN GO TO 510
490 IF t=2 THEN LET e$=FN b$(e$)
495 LET q$=b$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET b$=FN b$(b$)
500 LET e$=e$+"/"+b$+"^2"
510 LET s$(z)=e$
520 RETURN
530 REM f=u^v => f'=v*u'*u^(v-1)
531 REM f'=u^v*(u'/u*v+ln(u)*v')
540 IF d$<>"0" THEN GO TO 610
550 IF c$="0" THEN LET s$(z)=c$: RETURN
560 IF c$="1" THEN LET e$="": GO TO 590
570 LET q$=c$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET c$=FN b$(c$)
580 LET e$=c$+"*"
590 IF b$<>"1" THEN LET e$=b$+"*"+e$
595 IF b$(1)="(" THEN LET b$=b$(2 TO LEN b$-1)
596 GO SUB 15
597 IF d$(1)=" " THEN LET d$=d$(2 TO ): GO TO 599
598 LET d$=FN b$(d$)
599 IF d$="1" THEN LET s$(z)=e$+a$: RETURN
600 IF d$="0" THEN LET s$(z)=e$+"1": RETURN
605 LET s$(z)=e$+a$+"^"+d$: RETURN
610 LET g$=a$
620 LET q$=g$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET g$=FN b$(g$)
630 LET q$=c$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET c$=FN b$(c$)
640 LET q$=b$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET b$=FN b$(b$)
650 LET q$=d$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET d$=FN b$(d$)
660 LET r$=f$(z): GO SUB 5: LET e$=r$+"*(": IF c$<>"0" THEN LET e$=e$+c$+"/"+
    g$+"*"+b$+"+"
665 LET e$=e$+"ln"+FN b$(a$)
670 IF d$="1" THEN LET s$(z)=e$+")": RETURN
680 LET s$(z)=e$+"*"+d$+")": RETURN
690 REM cautarea functiilor
700 FOR i=1 TO fz
710 DIM i$(20): LET i$=w$: LET i$=i$( TO l(i)): IF i$<>x$(i) THEN NEXT i: GO TO
    910
720 LET ii=i: LET i=fz: NEXT i: IF w$(LEN w$)<>")" THEN GO TO 1000
730 REM calculeaza u'
735 LET o(z)=ii
740 LET z=z+1: LET f$(z)=w$(l(ii)+1 TO l-1): GO SUB 170: LET z=z-1
750 LET r$=f$(z): GO SUB 5: LET w$=r$: LET r$=f$(z+1): GO SUB 5: LET a$=r$: LET
    r$=s$(z+1): GO SUB 5: LET c$=r$
760 IF c$="0" THEN LET s$(z)="0": RETURN
770 LET q$=c$: GO SUB 2000: IF o<3 THEN LET c$=FN b$(c$)
790 LET o=o(z): IF o>10 THEN GO TO 850
800 REM f'=u'*g(u)
810 LET r$=y$(o): GO SUB 5: LET e$=r$+a$+")": IF c$<>"1" THEN LET e$=c$+"*"+e$
```

```
 820 IF o>6 THEN LET e$=e$+"^2)"
 830 LET s$(z)=e$: RETURN
 840 REM f'=u'/g(u)
 850 LET r$=y$(o): GO SUB 5: LET e$=r$+a$+")": LET e$=c$+"/"+e$
 860 IF o<>19 THEN LET e$=e$+"^2)"
 870 LET s$(z)=e$: RETURN
 900 REM deriveaza parantezele, x si constantele
 910 IF w$(1)<>"(" OR w$(LEN w$)<>")" THEN GO TO 930
 915 LET q$=w$(2 TO (LEN w$-1)): GO SUB 3000: IF n THEN LET s$(z)="0": RETURN
 920 LET f$(z)=w$(2 TO (LEN w$-1)): GO TO 170
 930 IF w$="x" THEN LET s$(z)="1": RETURN
 940 LET s$(z)="0": RETURN
1000 PRINT " ? eroare de sintaxa": GO TO 60
2000 REM gaseste operatorul cu precedenta cea mai joasa
2001 REM proc loprec(q$) returneaza:
2002 REM  p indexul operatorului
2003 REM  o tipul (1=+,2=-,3=*,4=/,5=^,6=nici unul)
2004 REM  l lungimea stringului
2010 LET l=LEN (q$): LET p=0: LET o=6: LET kl=0
2030 FOR i=1 TO l
2040 LET k$=q$(i)
2050 LET kl=kl-(k$=")")+(k$="(")
2060 IF kl<>0 THEN GO TO 2100: REM ignora parantezele
2070 IF k$="+" OR k$="-" THEN LET p=i: LET o=1+(k$="-")
2080 IF k$="*" OR k$="/" THEN IF o>2 THEN LET p=i: LET o=3+(k$="/")
2090 IF k$="^" THEN IF o>4 THEN LET p=i: LET o=5
2100 NEXT i
2110 IF kl THEN GO TO 1000: REM paranteze dezechilibrate
2130 RETURN
3000 REM testeaza daca termenul s$ este un numar valid (n=1 adevarat; n=0 fals)
3030 FOR i=1 TO LEN q$
3040 LET k$=q$(i)
3050 IF k$>"/" THEN IF k$<":" THEN NEXT i: LET n=1: RETURN
3060 IF k$="-" THEN NEXT i: LET n=1: RETURN
3070 LET n=0: RETURN
4000 REM functiile standard
4010 DATA 19
4020 DATA "sin","cos("
4030 DATA "cos","(-1)*sin("
4040 DATA "sinh","cosh("
4050 DATA "cosh","sinh("
4060 DATA "exp","exp("
4070 DATA "sqr","0.5/sqr("
4090 DATA "tan","(1+tan("
4100 DATA "cot","(-1)*(1+cot("
4110 DATA "tanh","(1-tanh("
4120 DATA "coth","(-1)*(1-coth("
4130 DATA "arcsin","sqr(1-("
4140 DATA "arccos","(-1)/sqr(1-("
4150 DATA "arctan","(1+("
4160 DATA "arccot","(-1)/(1+("
4170 DATA "arcsinh","sqr(1+("
4180 DATA "arccosh","(-1)/sqr(-1+("
4190 DATA "arctanh","(1-("
4200 DATA "arccoth","(1-("
4210 DATA "ln","("
5000 INPUT ;: BEEP .1,40: POKE 23692,255: LET r=5090: LET resume=r: LET g=r:
      PRINT INVERSE 1;'"daca doriti evaluarea numerica,asteptati, altfel apasati
      g. "
5010 LET r$=h$: GO SUB 6000: LET h$=r$
5020 LET r$=d$: GO SUB 6000: LET d$=r$
5021 PRINT ' INVERSE 1;" dupa eroare reveniti cu GO TO g"': BEEP .1,45: GO TO
      5050
5025 INPUT "x=";x
5030 POKE 23692,255: PRINT '"f(";x;")=";VAL h$
```

```
5040 PRINT "f'(";x;")=";VAL d$
5050 INPUT ;: PRINT #1: INVERSE 1;"  apasati c pentru calculator     apasati q
     pentru intoarcere    "
5060 IF INKEY$="c" THEN GO TO 5025
5070 IF INKEY$="q" THEN GO TO 5110
5080 GO TO 5060
5090 PRINT "eroare": GO TO 5050
5100 INPUT ;: PRINT #0;TAB 10; FLASH 1;"intrerupt": BEEP 1,-8
5110 INPUT ;: CLS : GO TO 60
6000 RESTORE 7000: FOR i=1 TO fz
6010 READ k$,l$
6020 LET j=1
6030 LET k=j+LEN k$-1: IF k<=LEN r$ THEN IF r$(j TO k)=k$ THEN GO SUB 6100
6035 IF INKEY$="q" THEN GO TO 5100
6040 IF j<LEN r$-LEN k$+1 THEN LET j=j+1: GO TO 6030
6050 NEXT i: RETURN
6100 IF LEN k$=LEN r$ THEN LET r$=l$: RETURN
6105 IF j=1 THEN LET r$=l$+r$(j+LEN k$ TO ): RETURN
6120 IF j=LEN r$-LEN k$+1 THEN LET r$=r$( TO j-1)+l$: RETURN
6130 LET r$=r$( TO j-1)+l$+r$(j+LEN k$ TO ): RETURN
7000 DATA "arcsin(","ASN ("
7010 DATA "arccos(","ACS ("
7020 DATA "arctan(","ATN ("
7030 DATA "arccot(","FN a("
7040 DATA "sin(","SIN ("
7050 DATA "cos(","COS ("
7060 DATA "tan(","TAN ("
7070 DATA "cot(","FN c("
7080 DATA "arcsinh(","FN e("
7090 DATA "arccosh(","FN f("
7100 DATA "arctanh(","FN g("
7110 DATA "arccoth(","FN h("
7120 DATA "sinh(","FN s("
7130 DATA "cosh(","FN b("
7140 DATA "tanh(","FN t("
7150 DATA "coth(","FN d("
7160 DATA "sqr(","SQR ("
7170 DATA "exp(","EXP ("
7180 DATA "ln(","LN ("
8000 BORDER 7: PAPER 7: INK NOT PI: CLS : PRINT PAPER 6;AT 4,0;"derivarea
     simbolica a functiilor": PAPER 2: INK 7;AT 8,7;"de Octavian Pleter"
8005 PRINT ''TAB 6;"prima versiune: 1982"''
8010 PRINT TAB 5;"versiunea curenta: 1985"''
8020 PRINT '"acest program permite evaluarea numerica a functiei si derivatei"
8030 PAUSE 300: RETURN
9999 CLEAR : SAVE "difun" LINE 1
```

BIBLIOGRAFIE

1. ARENTZ, R.; GÖRLITZ, M., *Das Sinclair Spectrum ROM*, Hueber Software, München, 1984.
2. BARDEN, W., Jr., *The Z-80 Microcomputer Handbook*, Howard Sams, Indianapolis, 1978.
3. BÉNARD, J., *50 Programmes ZX Spectrum*, Editions Radio, Paris, 1983.
4. BISHOP, G., *Spectrum Interfacing and Projects*, McGraw-Hill, UK, 1983.
5. BURTON, D.P.; Dexter, A.L., *Microprocessor Systems Handbook*, Analog Devices, Norwood Mass., 1977.
6. CALLENDER, C., *Putting Your Spectrum to Work*, Interface Publications, London, 1983.

7. CĂPĂȚÎNĂ, O.; CORNEA-HAȘEGAN, M.; PUȘCĂ, M., *Proiectarea cu microprocesoare*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1983.
8. CARRI, G., *Spectrum Shadow ROM Disassembly*, Melbourne House, 1985.
9. DANCEA, I., *Microprocesoare - Arhitectura internă, programare, aplicații*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1979.
10. DICKENS, A., *Spectrum Hardware Manual*, Melbourne House, 1983.
11. DOGARU, D., *Elemente de grafică 3D*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1988.
12. DOWNING, D.; M. COVINGTON, *Dictionary of Computer Terms*, Barron's, 1988.
13. EGELER, R., *ZX Spectrum Hardware*, Markt & Technik Verlag, Haar bei München, 1985.
14. HAMPSHIRE, N., *Spectrum Graphics*, Duckworth, London, 1982.
15. HARTNELL, T., *Exploring Artificial Intelligence on your Spectrum+ and Spectrum*, Interface Publications, London, 1984.
16. HEWSON, A., *20 Best Programs for the ZX Spectrum*, Hewson Consultants, Oxon, 1984.
17. JAMES, M., *An Expert Guide to the Spectrum*, Granada, London, 1984.
18. JONES, D., *Delving Deeper into your ZX Spectrum*, Interface Publications, London, 1985.
19. KRAMER, S., *The Spectrum Operating System*, MicroPress, London, 1984.
20. LAINE, D., *Machine Code Applications for the ZX Spectrum*, Interface Publications, London, 1985.
21. LANCASTER, D., *TV Typewriter Cookbook*, Howard Sams, Indianapolis, 1976.
22. LAWRENCE, D., *The Working Spectrum - A Library of Practical Subroutines and Programs*, Sunshine Books, London, 1982.
23. LOGAN, I., *Il libro del Microdrive Spectrum*, Jacopo Castelfranchi Editore, 1984.
24. LOGAN, I., *Understanding Your Spectrum*, Melbourne House, 1983.
25. LOGAN, I.; O'Hara, F., *The Complete Spectrum ROM Disassembly*, Melbourne House, 1983.
26. LORD, M., *Exploring Spectrum Basic*, Timedata, Basildon, 1982.
27. LUPU, C., *Microprocesoare. 2/4/8 biți*, Editura Militară, București, 1995.
28. LUPU, C.; TEPELEA, V.; PURICE, E., *Microprocesoare. Aplicații*, Editura Militară, București, 1982.
29. LUPU, C.; STĂNCESCU, S., *Microprocesoare - Circuite, proiectare*, Editura Militară, București, 1986.
30. MARGOLIS, A., *Troubleshooting & Repairing Personal Computers*, TAB Books, Blue Ridge Summit, PA, 1981.
31. McLEAN, I.; GORDON, J., *100 Programs for the ZX Spectrum*, Prentice Hall International, 1983.
32. MERTZ, J., *Mikrodrive-Handbuch für den ZX Spectrum*, Profisoft, Osnabrück, 1985.
33. MOORE, L., *Mastering the ZX Spectrum*, Ellis Horwood Ltd., Chichester, 1983.
34. NEWMAN, W. P.; SPROULL, R., *Principles of Interactive Computer Graphics*, 2nd Edition, McGraw Hill, 1979.
35. NORTON, P., *Inside the IBM PC*, Brady, New York, 1988.
36. PELLIER, P., *Langage machine - Trucs et astuces sur ZX Spectrum*, Eyrolles, Paris, 1984.
37. PATRUBÁNI, M., *Totul despre... microprocesorul Z80*, 2 vol., Editura Tehnică, București, 1989.
38. PETRESCU, A.; TĂPUȘ, N.; MOISA, T.; RIZESCU, G.; HĂRĂBOR, V.; MÂRȘANU, M.; ZAMFIRESCU, P.; COSOSCHI, V.; DOBROVIE, E.; BADEA, N.; HĂRĂBOR, C., *abc de calculatoare personale și... nu doar atît*, vol. 1-2, Editura Tehnică, București, 1990.
39. ROGERS, D.; ADAMS, J.A., *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw Hill, 1976.

40. SÉHAN, J.-F., *Clefs pour le ZX Spectrum et Timex 2000*, Editions du P. S. I., Torcy Marne la-Vallée, 1984.
41. SINCLAIR, I., *The ZX Spectrum*, Granada, 1982.
42. STEWART, I.; JONES, R., *Spectrum Machine Code*, Shiva Publishing Ltd, Nantwich, 1983.
43. TĂNĂSESCU, A.; SAVA, I., *Utilizarea calculatoarelor electronice în arhitectură și perspectiva arhitecturală*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1972.
44. VICKERS, S.; BRADBEER, R., *Sinclair ZX Spectrum - Introduction - Basic Programming*, Sinclair Research Ltd., Cambridge, 1982.
45. WEBB, D., *Advanced Spectrum Machine Language*, Melbourne House, 1984.
46. WILLIAMS, P., *Over the Spectrum*, Melbourne House, 1983.
47. WOODS, T., *Learn and Use Assembly Language on the ZX Spectrum*, McGraw-Hill UK, 1983.
48. ZAKS, R.; LESEA, A., *Microprocessor Interfacing Techniques*, 3rd Edition, Sybex, 1979.
49. * * *, Amstrad Plc., Sinclair Computers Division, *Sinclair ZX Spectrum +3*, Cambridge, 1987.
50. * * *, Întreprinderea de calculatoare electronice, *HC85 - Manual tehnic*, București, 1986.
51. * * *, ITCI-EMECTC, *TIM S - Microcalculator personal - Instrucțiuni de instalare și scheme logice*, Timișoara, 1986.
52. * * *, MBLE Electronics Signetics, *Integrated Circuits*, 1982.
53. * * *, SGS-ATES, *Z80 CPU Instruction Set*.
54. * * *, SGS-ATES, *Z80 Microprocessor Family Databook*, 3rd Edition, 1982.
55. * * *, Sinclair Research Ltd., *Introduction - Spectrum 128*, Cambridge, 1986.
56. * * *, Sinclair Research Ltd., *Sinclair ZX Spectrum Microdrive and Interface 1 Manual*, Cambridge, 1983.
57. * * *, Sinclair Research Ltd., *Servicing Manual for ZX Spectrum*, Cambridge, 1984.
58. * * *, *Computer Kontakt*, Verlag Rätz-Eberle, Bretten, colecția 1985-1987.
59. * * *, *Sinclair User*, EMAP Business & Computer Publications, London, colecția 1984-1988.
60. * * *, *ZX Computing*, Argus Specialist Publications, London, colecția 1983-1986.

Anexa A - TABELUL MATRICEAL PRINCIPAL AL INSTRUCŢIUNILOR Z80

##	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NOP	LD BC,nn	LD (BC),A	INC BC	INC B	DEC B	LD B,n	RLCA	EX AF,AF'	ADD HL,BC	LD A,(BC)	DEC BC	INC C	DEC C	LD C,n	RRCA
1	DJNZ d	LD DE,nn	LD (DE),A	INC DE	INC D	DEC D	LD D,n	RLA	JR d	ADD HL,DE	LD A,(DE)	DEC DE	INC E	DEC E	LD E,n	RRA
2	JR NZ,d	LD HL,nn	LD (nn),HL	INC HL	INC H	DEC H	LD H,n	DAA	JR Z,d	ADD HL,HL	LD HL,(nn)	DEC HL	INC L	DEC L	LD L,n	CPL
3	JR NC,d	LD SP,nn	LD (nn),A	INC SP	INC (HL)	DEC (HL)	LD (HL),n	SCF	JR C,d	ADD HL,SP	LD A,(nn)	DEC SP	INC A	DEC A	LD A,n	CCF
4	LD B,B	LD B,C	LD B,D	LD B,E	LD B,H	LD B,L	LD B,(HL)	LD B,A	LD C,B	LD C,C	LD C,D	LD C,E	LD C,H	LD C,L	LD C,(HL)	LD C,A
5	LD D,B	LD D,C	LD D,D	LD D,E	LD D,H	LD D,L	LD D,(HL)	LD D,A	LD E,B	LD E,C	LD E,D	LD E,E	LD E,H	LD E,L	LD E,(HL)	LD E,A
6	LD H,B	LD H,C	LD H,D	LD H,E	LD H,H	LD H,L	LD H,(HL)	LD H,A	LD L,B	LD L,C	LD L,D	LD L,E	LD L,H	LD L,L	LD L,(HL)	LD L,A
7	LD (HL),B	LD (HL),C	LD (HL),D	LD (HL),E	LD (HL),H	LD (HL),L	HALT	LD (HL),A	LD A,B	LD A,C	LD A,D	LD A,E	LD A,H	LD A,L	LD A,(HL)	LD A,A
8	ADD A,B	ADD A,C	ADD A,D	ADD A,E	ADD A,H	ADD A,L	ADD A,(HL)	ADD A,A	ADC A,B	ADC A,C	ADC A,D	ADC A,E	ADC A,H	ADC A,L	ADC A,(HL)	ADC A,A
9	SUB B	SUB C	SUB D	SUB E	SUB H	SUB L	SUB (HL)	SUB A	SBC A,B	SBC A,C	SBC A,D	SBC A,E	SBC A,H	SBC A,L	SBC A,(HL)	SBC A,A
A	AND B	AND C	AND D	AND E	AND H	AND L	AND (HL)	AND A	XOR B	XOR C	XOR D	XOR E	XOR H	XOR L	XOR (HL)	XOR A
B	OR B	OR C	OR D	OR E	OR H	OR L	OR (HL)	OR A	CP B	CP C	CP D	CP E	CP H	CP L	CP (HL)	CP A
C	RET NZ	POP BC	JP NZ,nn	JP nn	CALL NZ,nn	PUSH BC	ADD A,n	RST 0	RET Z	RET	JP Z,nn	PREFIX ▲	CALL Z,nn	CALL nn	ADC A,n	RST 8
D	RET NC	POP DE	JP NC,nn	OUT (n),A	CALL NC,nn	PUSH DE	SUB n	RST 16	RET C	EXX	JP C,nn	IN A,(n)	CALL C,nn	PREFIX IX	SBC A,n	RST 24
E	RET PO	POP HL	JP PO,nn	EX (SP),HL	CALL PO,nn	PUSH HL	AND n	RST 32	RET PE	JP (HL)	JP PE,nn	EX DE,HL	CALL PE,nn	PREFIX ▼	XOR n	RST 40
F	RET P	POP AF	JP P,nn	DI	CALL P,nn	PUSH AF	OR n	RST 48	RET M	LD SP,HL	JP M,nn	EI	CALL M,nn	PREFIX IY	CP n	RST 56

LEGENDA: instrucţiunea suportă adresarea indexată, prin prefixul DDh sau FDh; în aceste cazuri, în loc de HL vom avea IX, respectiv IY, iar în loc de (HL) vom avea (IX+d), respectiv (IY+d)

Anexa B - TABELUL MATRICEAL AL INSTRUCŢIUNILOR EXTINSE CU PREFIXUL #CB

PREFIX ▲	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	RLC B	RLC C	RLC D	RLC E	RLC H	RLC L	RLC (HL)	RLC A	RRC B	RRC C	RRC D	RRC E	RRC H	RRC L	RRC (HL)	RRC A
1	RL B	RL C	RL D	RL E	RL H	RL L	RL (HL)	RL A	RR B	RR C	RR D	RR E	RR H	RR L	RR (HL)	RR A
2	SLA B	SLA C	SLA D	SLA E	SLA H	SLA L	SLA (HL)	SLA A	SRA B	SRA C	SRA D	SRA E	SRA H	SRA L	SRA (HL)	SRA A
3	SLL B	SLL C	SLL D	SLL E	SLL H	SLL L	SLL (HL)	SLL A	SRL B	SRL C	SRL D	SRL E	SRL H	SRL L	SRL (HL)	SRL A
4	BIT 0,B	BIT 0,C	BIT 0,D	BIT 0,E	BIT 0,H	BIT 0,L	BIT 0,(HL)	BIT 0,A	BIT 1,B	BIT 1,C	BIT 1,D	BIT 1,E	BIT 1,H	BIT 1,L	BIT 1,(HL)	BIT 1,A
5	BIT 2,B	BIT 2,C	BIT 2,D	BIT 2,E	BIT 2,H	BIT 2,L	BIT 2,(HL)	BIT 2,A	BIT 3,B	BIT 3,C	BIT 3,D	BIT 3,E	BIT 3,H	BIT 3,L	BIT 3,(HL)	BIT 3,A
6	BIT 4,B	BIT 4,C	BIT 4,D	BIT 4,E	BIT 4,H	BIT 4,L	BIT 4,(HL)	BIT 4,A	BIT 5,B	BIT 5,C	BIT 5,D	BIT 5,E	BIT 5,H	BIT 5,L	BIT 5,(HL)	BIT 5,A
7	BIT 6,B	BIT 6,C	BIT 6,D	BIT 6,E	BIT 6,H	BIT 6,L	BIT 6,(HL)	BIT 6,A	BIT 7,B	BIT 7,C	BIT 7,D	BIT 7,E	BIT 7,H	BIT 7,L	BIT 7,(HL)	BIT 7,A
8	RES 0,B	RES 0,C	RES 0,D	RES 0,E	RES 0,H	RES 0,L	RES 0,(HL)	RES 0,A	RES 1,B	RES 1,C	RES 1,D	RES 1,E	RES 1,H	RES 1,L	RES 1,(HL)	RES 1,A
9	RES 2,B	RES 2,C	RES 2,D	RES 2,E	RES 2,H	RES 2,L	RES 2,(HL)	RES 2,A	RES 3,B	RES 3,C	RES 3,D	RES 3,E	RES 3,H	RES 3,L	RES 3,(HL)	RES 3,A
A	RES 4,B	RES 4,C	RES 4,D	RES 4,E	RES 4,H	RES 4,L	RES 4,(HL)	RES 4,A	RES 5,B	RES 5,C	RES 5,D	RES 5,E	RES 5,H	RES 5,L	RES 5,(HL)	RES 5,A
B	RES 6,B	RES 6,C	RES 6,D	RES 6,E	RES 6,H	RES 6,L	RES 6,(HL)	RES 6,A	RES 7,B	RES 7,C	RES 7,D	RES 7,E	RES 7,H	RES 7,L	RES 7,(HL)	RES 7,A
C	SET 0,B	SET 0,C	SET 0,D	SET 0,E	SET 0,H	SET 0,L	SET 0,(HL)	SET 0,A	SET 1,B	SET 1,C	SET 1,D	SET 1,E	SET 1,H	SET 1,L	SET 1,(HL)	SET 1,A
D	SET 2,B	SET 2,C	SET 2,D	SET 2,E	SET 2,H	SET 2,L	SET 2,(HL)	SET 2,A	SET 3,B	SET 3,C	SET 3,D	SET 3,E	SET 3,H	SET 3,L	SET 3,(HL)	SET 3,A
E	SET 4,B	SET 4,C	SET 4,D	SET 4,E	SET 4,H	SET 4,L	SET 4,(HL)	SET 4,A	SET 5,B	SET 5,C	SET 5,D	SET 5,E	SET 5,H	SET 5,L	SET 5,(HL)	SET 5,A
F	SET 6,B	SET 6,C	SET 6,D	SET 6,E	SET 6,H	SET 6,L	SET 6,(HL)	SET 6,A	SET 7,B	SET 7,C	SET 7,D	SET 7,E	SET 7,H	SET 7,L	SET 7,(HL)	SET 7,A

LEGENDA: instrucţiunea suportă adresarea indexată, prin prefixul DDh sau FDh; în aceste cazuri, în loc de HL vom avea IX, respectiv IY, iar în loc de (HL) vom avea (IX+d), respectiv (IY+d)
instrucţiuni "ascunse", omise din documentaţia Zilog datorită executării lor defectuoase; utilizarea lor trebuie evitată

Anexa C - TABELUL MATRICEAL AL INSTRUCŢIUNILOR EXTINSE CU PREFIXUL #ED

PREFIX ▼	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0																
1																
2																
3																
4	IN B,(C)	OUT (C),B	SBC HL,BC	LD (nn),BC	NEG	RETN	IM 0	LD I,A	IN C,(C)	OUT (C),C	ADC HL,BC	LD BC,(nn)		RETI		LD R,A
5	IN D,(C)	OUT (C),D	SBC HL,DE	LD (nn),DE			IM 1	LD A,I	IN E,(C)	OUT (C),E	ADC HL,DE	LD DE,(nn)			IM 2	LD A,R
6	IN H,(C)	OUT (C),H	SBC HL,HL	LD (nn),HL				RRD	IN L,(C)	OUT (C),L	ADC HL,HL	LD HL,(nn)				RLD
7	IN F,(C)	OUT (C),F	SBC HL,SP	LD (nn),SP					IN A,(C)	OUT (C),A	ADC HL,SP	LD SP,(nn)				
8																
9																
A	LDI	CPI	INI	OUTI					LDD	CPD	IND	OUTD				
B	LDIR	CPIR	INIR	OTIR					LDDR	CPDR	INDR	OTDR				
C																
D																
E																
F																

LEGENDA: instrucţiuni "ascunse", omise din documentaţia Zilog datorită executării lor defectuoase; utilizarea lor trebuie evitată

Anexa D - TABELUL INSTRUCŢIUNILOR Z80 ÎN ORDINEA VITEZEI DE EXECUŢIE

T												
4	LD r,r	EX DE,HL	ADD A,r	SUB r	AND r	XOR r	INC r	DAA	CCF	NOP	EI	RR(C)A	JP (HL)
	EXX	EX AF,AF'	ADC A,r	SBC A,r	OR r	CP r	DEC r	CPL	SCF	HALT	DI	RL(C)A	
5	RET cc*												
6	LD SP,HL	INC BC	INC DE	INC HL	INC SP								
		DEC BC	DEC DE	DEC HL	DEC SP								
7	LD r,n	LD (HL),r	LD (BC),A	LD (DE),A	ADD	ADC	SBC A,n	SUB	AND	OR	XOR	CP n	JR cc,d*
		LD r,(HL)	LD A,(BC)	LD A,(DE)	ADD	ADC	SBC A,(HL)	SUB	AND	OR	XOR	CP (HL)	
8	NEG	RRC r	RR r	SRA r	SRL r	SET b,r	JP (IX)						
	IM 0 1 2	RLC r	RL r	SLA r	BIT b,r	RES b,r	DJNZ d*						
9	LD A,I	LD A,R											
	LD I,A	LD R,A											
10	LD (HL),n	LD BC,nn	LD HL,nn	POP BC	POP HL	INC IX	JP nn	CALL cc,nn*					
	LD SP,IX	LD DE,nn	LD SP,nn	POP DE	POP AF	DEC IX	JP cc,nn	RET					
11	PUSH BC	PUSH HL	INC (HL)	ADD HL,BC	ADD HL,HL	IN A,(n)	RST z						
	PUSH DE	PUSH AF	DEC (HL)	ADD HL,DE	ADD HL,SP	OUT (n),A	RET cc						
12	BIT b,(HL)	JR d	IN r,(C)										
		JR cc,d	OUT (C),r										
13	LD A,(nn)	DJNZ d											
	LD (nn),A												
14	LD IX,nn	POP IX	RETI										
			RETN										
15	PUSH IX	ADC	SBC HL,BC	ADC	SBC HL,HL	ADD IX,BC	ADD IX,IX	RR(C) (HL)	SRA	SLA	SRL (HL)		
		ADC	SBC HL,DE	ADC	SBC HL,SP	ADD IX,DE	ADD IX,SP	RL(C) (HL)	SET	RES b,(HL)			
16	LD HL,(nn)	LDI	CPI	LDIR*	CPIR*	INI	OUTI	INIR*	OTIR*				
	LD (nn),HL	LDD	CPD	LDDR*	CPDR*	IND	OUTD	INDR*	OTDR*				
17	CALL nn	CALL cc,nn											
18	RRD												
	RLD												
19	LD r,(IX+d)	EX (SP),HL	ADD A,(IX+d)	SUB (IX+d)	AND (IX+d)	XOR (IX+d)							
	LD (IX+d),r	LD (IX+d),n	ADC A,(IX+d)	SBC A,(IX+d)	OR (IX+d)	CP (IX+d)							
20	LD BC,(nn)	LD DE,(nn)	LD HL,(nn)**	LD SP,(nn)	LD IX,(nn)	BIT b,(IX+d)							
	LD (nn),BC	LD (nn),DE	LD (nn),HL	LD (nn),SP	LD (nn),IX								
21	LDIR	CPIR	INIR	OTIR									
	LDDR	CPDR	INDR	OTDR									
23	EX (SP),IX	INC (IX+d)	RR(C) (IX+d)	SRA (IX+d)	SRL (IX+d)	SET b,(IX+d)							
			RL(C) (IX+d)	SLA (IX+d)		RES b,(IX+d)							

NOTE: * dacă nu se execută salt ** instrucţiuni cu prefix (există omonime fără prefix)
oriunde apare IX se subînţelege că poate apărea şi IY

Anexa E - TABELUL CARACTERELOR ASCII *SPECTRUM*

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
0	00h	NUL		NOP	RLC B	
1	01h	SOH		LD BC,nn	RLC C	
2	02h	STX		LD (BC),A	RLC D	
3	03h	ETX		INC BC	RLC E	
4	04h	EOT		INC B	RLC H	
5	05h	ENQ		DEC B	RLC L	
6	06h	ACK	print ,	LD B,n	RLC (HL)	
7	07h	BEL	edit	RLCA	RLC A	
8	08h	BS	left	EX AF,AF'	RRC B	
9	09h	HT	right	ADD HL,BC	RRC C	
10	0Ah	LF	down	LD A,(BC)	RRC D	
11	0Bh	VT	up	DEC BC	RRC E	
12	0Ch	FF	delete	INC C	RRC H	
13	0Dh	CR	enter	DEC C	RRC L	
14	0Eh	SO	numeric	LD C,n	RRC (HL)	
15	0Fh	SI		RRCA	RRC A	
16	10h	DLE	ink	DJNZ d	RL B	
17	11h	DC1	paper	LD DE,nn	RL C	
18	12h	DC2	flash	LD (DE),A	RL D	
19	13h	DC3	bright	INC DE	RL E	
20	14h	DC4	inverse	INC D	RL H	
21	15h	NAK	over	DEC D	RL L	
22	16h	SYN	at	LD D,n	RL (HL)	
23	17h	ETB	tab	RLA	RL A	
24	18h	CAN		JR d	RR B	
25	19h	EM		ADD HL,DE	RR C	
26	1Ah	SUB		LD A,(DE)	RR D	
27	1Bh	ESC		DEC DE	RR E	
28	1Ch	FS		INC E	RR H	

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
29	1Dh	GS		DEC E	RR L	
30	1Eh	RS		LD E.n	RR (HL)	
31	1Fh	US		RRA	RR A	
32	20h	SP	SPACE	JR NZ.d	SLA B	
33	21h	!	!	LD HL.nn	SLA C	
34	22h	"	"	LD (nn).HL	SLA D	
35	23h	#	#	INC HL	SLA E	
36	24h	$	$	INC H	SLA H	
37	25h	%	%	DEC H	SLA L	
38	26h	&	&	LD H.n	SLA (HL)	
39	27h	'	'	DAA	SLA A	
40	28h	(	(	JR Z.d	SRA B	
41	29h	)	)	ADD HL.HL	SRA C	
42	2Ah	*	*	LD HL.(nn)	SRA D	
43	2Bh	+	+	DEC HL	SRA E	
44	2Ch	,	,	INC L	SRA H	
45	2Dh	-	-	DEC L	SRA L	
46	2Eh	.	.	LD L.n	SRA (HL)	
47	2Fh	/	/	CPL	SRA A	
48	30h	0	0	JR NC.d		
49	31h	1	1	LD SP.nn		
50	32h	2	2	LD (nn).A		
51	33h	3	3	INC SP		
52	34h	4	4	INC (HL)		
53	35h	5	5	DEC (HL)		
54	36h	6	6	LD (HL).n		
55	37h	7	7	SCF		
56	38h	8	8	JR C.d	SRL B	
57	39h	9	9	ADD HL.SP	SRL C	

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
58	3Ah	:	:	LD A,(nn)	SRL D	
59	3Bh	;	;	DEC SP	SRL E	
60	3Ch	<	<	INC A	SRL H	
61	3Dh	=	=	DEC A	SRL L	
62	3Eh	>	>	LD A,n	SRL (HL)	
63	3Fh	?	?	CCF	SRL A	
64	40h	@	@	LD B,B	BIT 0,B	IN B,(C)
65	41h	A	A	LD B,C	BIT 0,C	OUT (C),B
66	42h	B	B	LD B,D	BIT 0,D	SBC HL,BC
67	43h	C	C	LD B,E	BIT 0,E	LD (nn),BC
68	44h	D	D	LD B,H	BIT 0,H	NEG
69	45h	E	E	LD B,L	BIT 0,L	RETN
70	46h	F	F	LD B,(HL)	BIT 0,(HL)	IM 0
71	47h	G	G	LD B,A	BIT 0,A	LD I,A
72	48h	H	H	LD C,B	BIT 1,B	IN C,(C)
73	49h	I	I	LD C,C	BIT 1,C	OUT (C),C
74	4Ah	J	J	LD C,D	BIT 1,D	ADC HL,BC
75	4Bh	K	K	LD C,E	BIT 1,E	LD BC,(nn)
76	4Ch	L	L	LD C,H	BIT 1,H	
77	4Dh	M	M	LD C,L	BIT 1,L	RETI
78	4Eh	N	N	LD C,(HL)	BIT 1,(HL)	
79	4Fh	O	O	LD C,A	BIT 1,A	LD R,A
80	50h	P	P	LD D,B	BIT 2,B	IN D,(C)
81	51h	Q	Q	LD D,C	BIT 2,C	OUT (C),D
82	52h	R	R	LD D,D	BIT 2,D	SBC HL,DE
83	53h	S	S	LD D,E	BIT 2,E	LD (nn),DE
84	54h	T	T	LD D,H	BIT 2,H	
85	55h	U	U	LD D,L	BIT 2,L	
86	56h	V	V	LD D,(HL)	BIT 2,(HL)	IM 1

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
87	57h	W	W	LD D,A	BIT 2,A	LD A,I
88	58h	X	X	LD E,B	BIT 3,B	IN E,(C)
89	59h	Y	Y	LD E,C	BIT 3,C	OUT (C),E
90	5Ah	Z	Z	LD E,D	BIT 3,D	ADC HL,DE
91	5Bh	[	[	LD E,E	BIT 3,E	LD DE,(nn)
92	5Ch	\	\	LD E,H	BIT 3,H	
93	5Dh	]	]	LD E,L	BIT 3,L	
94	5Eh	^	^	LD E,(HL)	BIT 3,(HL)	IM 2
95	5Fh	_	_	LD E,A	BIT 3,A	LD A,R
96	60h	‘	£	LD H,B	BIT 4,B	IN H,(C)
97	61h	a	a	LD H,C	BIT 4,C	OUT (C),H
98	62h	b	b	LD H,D	BIT 4,D	SBC HL,HL
99	63h	c	c	LD H,E	BIT 4,E	LD (nn),HL
100	64h	d	d	LD H,H	BIT 4,H	
101	65h	e	e	LD H,L	BIT 4,L	
102	66h	f	f	LD H,(HL)	BIT 4,(HL)	
103	67h	g	g	LD H,A	BIT 4,A	RRD
104	68h	h	h	LD L,B	BIT 5,B	IN L,(C)
105	69h	i	i	LD L,C	BIT 5,C	OUT (C),L
106	6Ah	j	j	LD L,D	BIT 5,D	ADC HL,HL
107	6Bh	k	k	LD L,E	BIT 5,E	LD HL,(nn)
108	6Ch	l	l	LD L,H	BIT 5,H	
109	6Dh	m	m	LD L,L	BIT 5,L	
110	6Eh	n	n	LD L,(HL)	BIT 5,(HL)	
111	6Fh	o	o	LD L,A'	BIT 5,A	RLD
112	70h	p	p	LD (HL),B	BIT 6,B	IN F,(C)
113	71h	q	q	LD (HL),C	BIT 6,C	
114	72h	r	r	LD (HL),D	BIT 6,D	SBC HL,SP
115	73h	s	s	LD (HL),E	BIT 6,E	LD (nn),SP

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
116	74h	t	t	LD (HL).H	BIT 6.H	
117	75h	u	u	LD (HL).L	BIT 6.L	
118	76h	v	v	HALT	BIT 6.(HL)	
119	77h	w	w	LD (HL).A	BIT 6.A	
120	78h	x	x	LD A.B	BIT 7.B	IN A.(C)
121	79h	y	y	LD A.C	BIT 7.C	OUT (C).A
122	7Ah	z	z	LD A.D	BIT 7.D	ADC HL.SP
123	7Bh	{	{	LD A.E	BIT 7.E	LD SP.(nn)
124	7Ch	|	|	LD A.H	BIT 7.H	
125	7Dh	}	}	LD A.L	BIT 7.L	
126	7Eh	~	~	LD A.(HL)	BIT 7.(HL)	
127	7Fh	DEL	©	LD A.A	BIT 7.A	
128	80h			ADD A.B	RES 0.B	
129	81h			ADD A.C	RES 0.C	
130	82h			ADD A.D	RES 0.D	
131	83h			ADD A.E	RES 0.E	
132	84h			ADD A.H	RES 0.H	
133	85h			ADD A.L	RES 0.L	
134	86h			ADD A.(HL)	RES 0.(HL)	
135	87h			ADD A.A	RES 0.A	
136	88h			ADC A.B	RES 1.B	
137	89h			ADC A.C	RES 1.C	
138	8Ah			ADC A.D	RES 1.D	
139	8Bh			ADC A.E	RES 1.E	
140	8Ch			ADC A.H	RES 1.H	
141	8Dh			ADC A.L	RES 1.L	
142	8Eh			ADC A.(HL)	RES 1.(HL)	
143	8Fh			ADC A.A	RES 1.A	

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
144	90h		UDG A	SUB B	RES 2,B	
145	91h		UDG B	SUB C	RES 2,C	
146	92h		UDG C	SUB D	RES 2,D	
147	93h		UDG D	SUB E	RES 2,E	
148	94h		UDG E	SUB H	RES 2,H	
149	95h		UDG F	SUB L	RES 2,L	
150	96h		UDG G	SUB (HL)	RES 2,(HL)	
151	97h		UDG H	SUB A	RES 2,A	
152	98h		UDG I	SBC A,B	RES 3,B	
153	99h		UDG J	SBC A,C	RES 3,C	
154	9Ah		UDG K	SBC A,D	RES 3,D	
155	9Bh		UDG L	SBC A,E	RES 3,E	
156	9Ch		UDG M	SBC A,H	RES 3,H	
157	9Dh		UDG N	SBC A,L	RES 3,L	
158	9Eh		UDG O	SBC A,(HL)	RES 3,(HL)	
159	9Fh		UDG P	SBC A,A	RES 3,A	
160	A0h		UDG Q	AND B	RES 4,B	LDI
161	A1h		UDG R	AND C	RES 4,C	CPI
162	A2h		UDG S	AND D	RES 4,D	INI
163	A3h		UDG T	AND E	RES 4,E	OUTI
164	A4h		UDG U	AND H	RES 4,H	
165	A5h		RND	AND L	RES 4,L	
166	A6h		INKEY$	AND (HL)	RES 4,(HL)	
167	A7h		PI	AND A	RES 4,A	
168	A8h		FN	XOR B	RES 5,B	LDD
169	A9h		POINT	XOR C	RES 5,C	CPD
170	AAh		SCREEN$	XOR D	RES 5,D	IND
171	ABh		ATTR	XOR E	RES 5,E	OUTD
172	ACh		AT	XOR H	RES 5,H	
173	ADh		TAB	XOR L	RES 5,L	
174	AEh		VAL$	XOR (HL)	RES 5,(HL)	

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
175	AFh		CODE	XOR A	RES 5,A	
176	B0h		VAL	OR B	RES 6,B	LDIR
177	B1h		LEN	OR C	RES 6,C	CPIR
178	B2h		SIN	OR D	RES 6,D	INIR
179	B3h		COS	OR E	RES 6,E	OTIR
180	B4h		TAN	OR H	RES 6,H	
181	B5h		ASN	OR L	RES 6,L	
182	B6h		ACS	OR (HL)	RES 6,(HL)	
183	B7h		ATN	OR A	RES 6,A	
184	B8h		LN	CP B	RES 7,B	LDDR
185	B9h		EXP	CP C	RES 7,C	CPDR
186	BAh		INT	CP D	RES 7,D	INDR
187	BBh		SQR	CP E	RES 7,E	OTDR
188	BCh		SGN	CP H	RES 7,H	
189	BDh		ABS	CP L	RES 7,L	
190	BEh		PEEK	CP (HL)	RES 7,(HL)	
191	BFh		IN	CP A	RES 7,A	
192	C0h		USR	RET NZ	SET 0,B	
193	C1h		STR$	POP BC	SET 0,C	
194	C2h		CHR$	JP NZ,nn	SET 0,D	
195	C3h		NOT	JP nn	SET 0,E	
196	C4h		BIN	CALL NZ,nn	SET 0,H	
197	C5h		OR	PUSH BC	SET 0,L	
198	C6h		AND	ADD A,n	SET 0,(HL)	
199	C7h		<=	RST 0	SET 0,A	
200	C8h		>=	RET Z	SET 1,B	
201	C9h		<>	RET	SET 1,C	
202	CAh		LINE	JP Z,nn	SET 1,D	
203	CBh		THEN	prefix	SET 1,E	
204	CCh		TO	CALL Z,nn	SET 1,H	
205	CDh		STEP	CALL nn	SET 1,L	

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
206	CEh		DEF FN	ADC A,n	SET 1,(HL)	
207	CFh		CAT	RST 8	SET 1,A	
208	D0h		FORMAT	RET NC	SET 2,B	
209	D1h		MOVE	POP DE	SET 2,C	
210	D2h		ERASE	JP NC,nn	SET 2,D	
211	D3h		OPEN #	OUT (n),A	SET 2,E	
212	D4h		CLOSE #	CALL NC,nn	SET 2,H	
213	D5h		MERGE	PUSH DE	SET 2,L	
214	D6h		VERIFY	SUB n	SET 2,(HL)	
215	D7h		BEEP	RST 16	SET 2,A	
216	D8h		CIRCLE	RET C	SET 3,B	
217	D9h		INK	EXX	SET 3,C	
218	DAh		PAPER	JP C,nn	SET 3,D	
219	DBh		FLASH	IN A,(n)	SET 3,E	
220	DCh		BRIGHT	CALL C,nn	SET 3,H	
221	DDh		INVERSE	prefix IX	SET 3,L	
222	DEh		OVER	SBC A,n	SET 3,(HL)	
223	DFh		OUT	RST 24	SET 3,A	
224	E0h		LPRINT	RET PO	SET 4,B	
225	E1h		LLIST	POP HL	SET 4,C	
226	E2h		STOP	JP PO,nn	SET 4,D	
227	E3h		READ	EX (SP),HL	SET 4,E	
228	E4h		DATA	CALL PO,nn	SET 4,H	
229	E5h		RESTORE	PUSH HL	SET 4,L	
230	E6h		NEW	AND n	SET 4,(HL)	
231	E7h		BORDER	RST 32	SET 4,A	
232	E8h		CONT	RET PE	SET 5,B	
233	E9h		DIM	JP (HL)	SET 5,C	
234	EAh		REM	JP PE,nn	SET 5,D	
235	EBh		FOR	EX DE,HL	SET 5,E	
236	ECh		GO TO	CALL PE,nn	SET 5,H	

Tabelul caracterelor ASCII *Spectrum* (continuare)

Zec	Hexa	ASCII	ASCII Spectrum	Z80	Z80 după CBh	Z80 după EDh
237	EDh		GO SUB	prefix	SET 5,L	
238	EEh		INPUT	XOR n	SET 5,(HL)	
239	EFh		LOAD	RST 40	SET 5,A	
240	F0h		LIST	RET P	SET 6,B	
241	F1h		LET	POP AF	SET 6,C	
242	F2h		PAUSE	JP P,nn	SET 6,D	
243	F3h		NEXT	DI	SET 6,E	
244	F4h		POKE	CALL P,nn	SET 6,H	
245	F5h		PRINT	PUSH AF	SET 6,L	
246	F6h		PLOT	OR n	SET 6,(HL)	
247	F7h		RUN	RST 48	SET 6,A	
248	F8h		SAVE	RET M	SET 7,B	
249	F9h		RANDOMZ	LD SP,HL	SET 7,C	
250	FAh		IF	JP M,nn	SET 7,D	
251	FBh		CLS	EI	SET 7,E	
252	FCh		DRAW	CALL M,nn	SET 7,H	
253	FDh		CLEAR	prefix IY	SET 7,L	
254	FEh		RETURN	CP n	SET 7,(HL)	
255	FFh		COPY	RST 56	SET 7,A	

Anexa F - TABELUL VARIABILELOR DE SISTEM

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificaţia (în paranteze valoarea implicită) < în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se foloseşte variabila respectivă >
23552	#5C00	K_STATE	8	Variabile folosite în citirea tastaturii: <#02BF, #1187> $K\_STATE_{0/4}$ = numărul tastei apăsate; $K\_STATE_{1/5}$ = contor 5->0 pentru durată; $K\_STATE_{2/6}$ = (REPPER) sau (REPDEL); $K\_STATE_{3/7}$ = codul caracterului.
23560	#5C08	LAST_K	1	Codul ultimei taste apăsate. <#02BF>
23561	#5C09	REPDEL	1	Durata cât trebuie ţinută apăsată o tastă pentru a se repeta automat. (0,7 sec) <#02BF, #11B7>
23562	#5C0A	REPPER	1	Perioada de repetare automată a unei taste. (0,1 sec) <#0310>
23563	#5C0B	DEFADD	2	Adresa argumentelor din paranteze ale lui DEF FN. <#27BD>
23565	#5C0D	K_DATA	1	Al doilea parametru la caracterele de control al culorii introduse de la tastatura. <#10A8>
23566	#5C0E	TVDATA	2	$TVDATA_H$ = caracterul de control; $TVDATA_L$ = primul operand după caracterul de control (dacă sunt 2 operanzi, cel de-al doilea este stocat în registrul A) <#0A60>
23568	#5C10	STRMS	38	Deplasamentul faţă de (CHANS) al adresei informaţiei de canal. Valorile iniţiale pentru căile de la #FD la #03: canalul adresa conţinutul tipul #FD #5C10 #0100 K #FE #5C12 #0600 S #FF #5C14 #0B00 R #00 #5C16 #0100 K #01 #5C18 #0100 K #02 #5C20 #0600 S #03 #5C22 #1000 P #04÷#0F #5C24÷#5C34 #0000 -
23606	#5C36	CHARS	2	Adresa-256 a setului de caractere

Tabelul variabilelor de sistem (continuare)

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificaţia (în paranteze valoarea implicită) < în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se foloseşte variabila respectivă >
				(#3C00=15360). Adresa implicită a primului caracter (blanc) este 15616, în ROM.
23608	#5C38	RASP	1	Durata semnalului sonor de avertizare. (64) <#11B7>
23609	#5C39	PIP	1	Lungimea semnalului sonor "clic" la apăsarea unei taste. (00 = minimum)
23610	#5C3A	ERR_NR	1	Codul erorii - 1. (255) IY este încărcat cu această adresă.
23611	#5C3B	FLAGS	1	Grup de 8 variabile de 1 bit: bit 0=0: se tipăreşte un blanc înaintea unui token <#187D> bit 1=0: nu se foloseşte imprimanta <#1646> bit 2=0: editorul este în modul K <#1937> bit 3=0: modul K al cursorului este selectat <#1326> bit 5=0: nu s-a apăsat o nouă tastă <#1303> bit 6=0: rezultatul este un şir <#1C8C> bit 7=1: se execută o linie (syntax flag) <#12CF>
23612	#5C3C	TV_FLAGS	1	Grup de 8 variabile de 1 bit: bit 0=1: se foloseşte canalul tastaturii <#1634> bit 3=1: consideră că modul s-a schimbat <#15D4> bit 4=1: listing automat <#1835> bit 5=1: partea de jos a ecranului va fi şterasă <#1219>
23613	#5C3D	ERR_SP	2	Adresa din stivă (SP) care va fi folosită ca punct de întoarcere în caz de eroare. <#0F2C, #11B7, #1EAC, #1EED, #1F23, #2089>
23615	#5C3F	LIST_SP	2	Adresa de revenire după un listing automat. <#1795>

Tabelul variabilelor de sistem (continuare)

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificația (în paranteze valoarea implicită) < în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se folosește variabila respectivă >
23617	#5C41	MODE	1	Specifică tipul de cursor: = 1: modul E; > 1: modul G; < 1: modurile K/L/C (+FLAGS,+FLAGS2,) <#02BF, #0F2C, #0F81, #18E1>
23618	#5C42	NEWPPC	2	Numărul liniei la care se face saltul GO TO. <#0808, #1D03, #1E67>
23620	#5C44	NSPPC	1	Numărul instrucțiunii din linie la care se face saltul GO TO. <#0808, #1D03, #1E67>
23621	#5C45	PPC	2	Numărul liniei în curs de execuție. <#1D03, #1EED>
23623	#5C47	SUBPPC	1	Numărul instrucțiunii din linie în curs de execuție. <#1D03, #1EED>
23624	#5C48	BORDCR	1	Atributele din partea de jos a ecranului (același border și paper) <#053F, #0D4D, #0E44>
23625	#5C49	E_PPC	2	Numărul liniei curente, care conține cursorul de editare > <#0FA9, #1795>
23627	#5C4B	VARS	2	Adresa variabilelor Basic. <#0605, #0808, #08B6, #11B7, #1EAC>
23629	#5C4D	DEST	2	Adresa variabilei în curs de atribuire, dacă există. <#2AEE>
23631	#5C4F	CHANS	2	Adresa datelor despre canale. <#11B7>
23633	#5C51	CURCHL	2	Adresa informației curente utilizată pentru intrări-ieșiri. <#0A6D, #0D6B, #0DAF, #0FA9, #361F>
23635	#5C53	PROG	2	Adresa programului Basic. (23755) <#0605, #08B6, #092C, #11B7, #196E>

Tabelul variabilelor de sistem (continuare)

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificaţia (în paranteze valoarea implicită) <în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se foloseşte variabila respectivă>
23637	#5C55	NXTLIN	2	Adresa următoarei linii din program. <#1BB2, #1D03>
23639	#5C57	DATADD	2	Adresa terminatorului ultimului obiect din lista DATA (, : sau CR). <#11B7, #1DEC, #1E42>
23641	#5C59	E_LINE	2	Adresa zonei de lucru a editorului. <#0605, #0808, #11B7, #19FB, #2AEE, #2C02>
23643	#5C5B	K_CUR	2	Adresa cursorului din ecran. <#0F2C, #0F81, #18E1, #2089, #361F>
23645	#5C5D	CH_ADD	2	Adresa următorului caracter de interpretat <#0008,#0018, #0074, #19FB, #1D03, #2089, #35DE>.
23647	#5C5F	X_PTR	2	Adresa − 1 a caracterului la care a survenit o eroare de sintaxă marcată cu ? <#0808, #092C, #1DEC, #2089>
23649	#5C61	WORKSP	2	Adresa spaţiului temporar de lucru. <#0030, #11B7, #169E, #2089>
23651	#5C63	STKBOT	2	Adresa vârfului stivei calculatorului aritmetic. <#11B7, #169E, #2089>
23653	#5C65	STKEND	2	Adresa sfârşitului stivei calculatorului aritmetic. <#11B7, #19FB, #1EAC, #1F05, #335B>
23655	#5C67	B_REG	1	Stocarea temporară a registrului B al calculatorului aritmetic în timpul execuţiei unui ciclu. <#335B, #367A>
23656	#5C68	MEM	2	Adresa memoriilor calculatorului aritmetic (MEMBOT = 23698). <#1D03>
23658	#5C6A	FLAGS2	1	Grup de 8 variabile de 1 bit: bit 0=1: urmează ştergerea ecranului <#0DAF> bit 1=0: *buffer*-ul imprimantei este gol <#0EDF> bit 2=0: caracterul curent nu este între ghilimele <#18E1>

Tabelul variabilelor de sistem (continuare)

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificaţia (în paranteze valoarea implicită) <în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se foloseşte variabila respectivă>
				bit 3=1: modul C al cursorului <#18E1> bit 4=0: nu se foloseşte canalul K <#107F>
23659	#5C6B	DF_SZ	1	Numărul de linii din partea de jos a ecranului (inclusiv o linie albă). (2) <#0C55, #0D6B, #11B7, #1795, #2089>
23660	#5C6C	S_TOP	2	Numărul liniei din partea de sus a ecranului la listing automat. <#1795>
23662	#5C6E	OLDPPC	2	Linia la care sare CONTINUE. <#15EF>
23664	#5C70	OSPPC	1	Numărul instrucţiunii din linie, la care sare CONTINUE. <#15EF>
23665	#5C71	FLAGX	1	Grup de 8 variabile de 1 bit: bit 0=1: se va şterge vechea valoare a variabilei şir curente <#2AEE>. bit 1=1: o nouă variabilă <#2089, #2AEE> bit 5=1: modul INPUT <#0F2C, #0FA9, #2089> bit 5=0: modul editare <#1313> bit 7=1: se foloseşte INPUT LINE <#2089>
23666	#5C72	STRLEN	2	Lungimea şirului de caractere destinat interpretării. <#1D03, #2AEE>
23668	#5C74	T_ADDR	2	Adresa următorului element din tabela de sintaxă. Alternativ, T_ADDR_L indică tipul header <#0605, #1B55>
23670	#5C76	SEED	2	Baza seriei numerelor pseudoaleatoare generate de funcţia RND. <#1E4F>
23672	#5C78	FRAMES	3	Numărătorul semicadrelor TV generate de *Spectrum*, folosit drept ceas de timp real. Primul octet este cel mai semnificativ. 1 unitate = 20 ms. Se reiniţializează după 93.2 ore de funcţionare neîntreruptă a calculatorului. <#0038, #1E4F>

Tabelul variabilelor de sistem (continuare)

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificația (în paranteze valoarea implicită) < în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se folosește variabila respectivă >
23675	#5C7B	UDG	2	Adresa primului caracter din zona de UDG-uri. <#11B7>
23677	#5C7D	COORDS	2	Coordonatele x și y ale ultimului pixel adresat. <#0DAF, #22DC, #2320, #2382>
23679	#5C7F	P_POSN	1	33 - numărul coloanei la imprimantă. <#0ADC>
23680	#5C80	PR_CC	2	*Pointer* către următorul caracter din *buffer*-ul de imprimantă. <#0ADC, #0EDF>
23681	#5C81		1	(nefolosit)
23682	#5C82	ECHO_E	2	octet 1: 33 - coloana în partea de jos a ecranului; octet 2: 24 - linia în partea de jos a ecranului ale ultimului caracter în *buffer*-ul de intrare. <#0ADC, #2089>
23684	#5C84	DF_CC	2	Adresa în ecran a caracterului care urmează să fie scris cu PRINT pe calea S. <#0ADC>
23686	#5C86	DF_CCL	2	Adresa în ecran a caracterului care urmează să fie scris cu PRINT pe calea K. <#0ADC>
23688	#5C88	S_POSN	2	octet 1: 33 - coloana; octet 2: 24 - linia; ale poziției PRINT <#2089>
23690	#5C8A	SPOSNL	2	octet 1: 33 - coloana; octet 2: 24 - linia; ale poziției PRINT în partea inferioară a ecranului <#2089>
23692	#5C8C	SCR_CT	1	Numărul de linii + 1 care se afișează înainte de a întreba 'scroll?'. <#0C55, #0DAF, #2089>
23693	#5C8D	ATTR_P	1	Atributele permanente. <#0DAD>
23694	#5C8E	MASK_P	1	Masca pentru atributele permanente transparente (biții de 1 corespund atributelor care

Tabelul variabilelor de sistem (continuare)

Adresa în zecimal	Adresa în hexa	Numele	Lungimea	Semnificația (în paranteze valoarea implicită) <în paranteze unghiulare adresa subrutinei din ROM unde se folosește variabila respectivă>
				se propagă prin transparență).
23695	#5C8F	ATTR_T	1	Atributele temporare. <#0BDB>
23696	#5C90	MASK_T	1	Masca pentru atributele temporare transparente (biții de 1 corespund atributelor care se propagă prin transparență).
23697	#5C91	P_FLAG	1	grup de 8 variabile de 1 bit: bit 0=1: OVER 1 <#22DC> bit 2=1: INVERSE 1 <#22DC> bit 4=1: INK 9 <#0BDB> bit 6=1: PAPER 9 <#0BDB>
23698	#5C92	MEMBOT	30	Zonă de memorie rezervată calculatorului aritmetic.
23728	#5CB0		2	(nefolosit)
23730	#5CB2	RAMTOP	2	Adresa celui mai de sus octet accesibil sistemului Basic. (65368) <#11B7, #1EAC>
23732	#5CB4	P_RAMT	2	Adresa celui mai de sus octet din RAM (65535) <#11B7, #1EAC>

Anexa G - MODURILE DE LUCRU ŞI FUNCŢIILE TASTATURII

Organizarea tastaturii este cea mai particulară trăsătură a *Spectrum*-ului. Pentru a evita introducerea greşită a cuvintelor-cheie, precum şi pentru a simplifica interpretorul Basic, echipa condusă de Steven Vickers a conceput o tastatură originală cu 40 de taste multifuncţionale. Funcţia fiecărei taste depinde de modul de lucru şi de context. Utilizarea tastaturii *Spectrum* este destul de comodă pentru cineva cu experienţă, dar este mai anevoioasă pentru un începător. Planşele următoare ilustrează efectele tastelor în toate împrejurările posibile. Recomandăm începătorilor să facă exerciţii cu planşele

Modul KEYWORDS (cuvinte cheie)

Modul LETTERS (litere)

Modul CAPITALS (majuscule)

Modul EXTENDED (extins)

Modul GRAPHICS (caractere semigrafice)

Revenirea la modul anterior

CAPS SHIFT

caracter de control

SYMBOL SHIFT

cuvânt-cheie

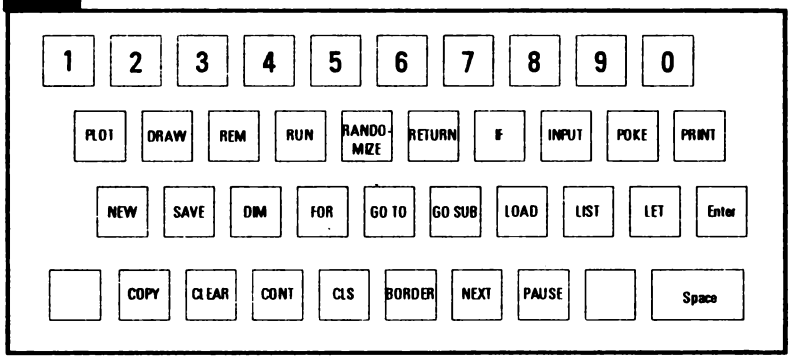
tasta trebuie ţinută apăsată concomitent cu o altă tastă

caracter grafic definit de utilizator (UDG)

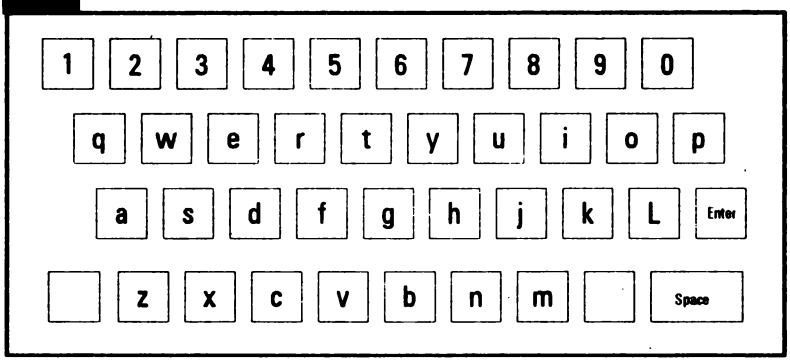
apăsarea tastei nu produce nici un efect util

caracter semigrafic

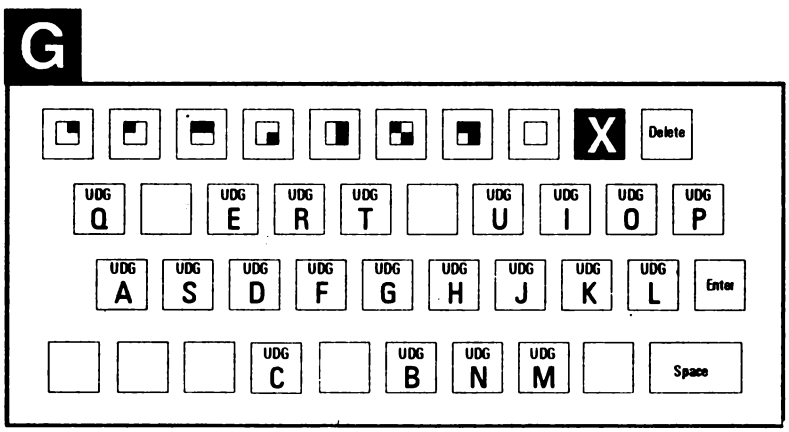
K


1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
PLOT DRAW REM RUN RANDO-MIZE RETURN IF INPUT POKE PRINT
NEW SAVE DIM FOR GO TO GO SUB LOAD LIST LET Enter
COPY CLEAR CONT CLS BORDER NEXT PAUSE Space

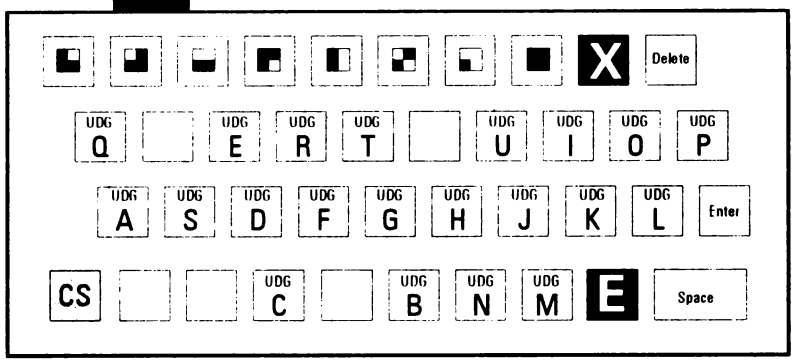
L


1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
q w e r t y u i o p
a s d f g h j k L Enter
z x c v b n m Space

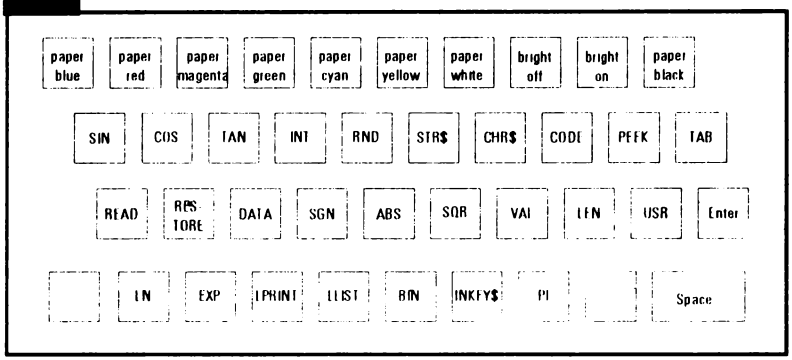
G


X Delete
UDG Q UDG E UDG R UDG T UDG U UDG I UDG O UDG P
UDG A UDG S UDG D UDG F UDG G UDG H UDG J UDG K UDG L Enter
UDG C UDG B UDG N UDG M Space

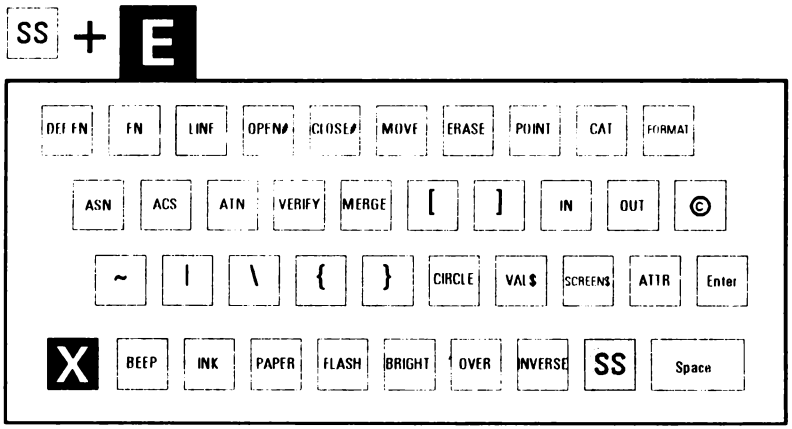
CS + G


X
Delete
UDG Q
E
R
T
U
I
O
P
A
S
D
F
G
H
J
K
L
Enter
CS
C
B
N
M
E
Space

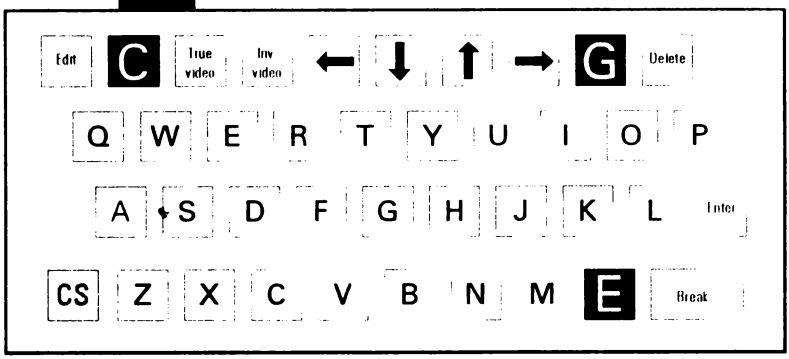
E


paper blue
paper red
paper magenta
paper green
paper cyan
paper yellow
paper white
bright off
bright on
paper black
SIN
COS
TAN
INT
RND
STR$
CHR$
CODE
PEEK
TAB
READ
RESTORE
DATA
SGN
ABS
SQR
VAL
LEN
USR
Enter
LN
EXP
LPRINT
LLIST
BIN
INKEY$
PI
Space

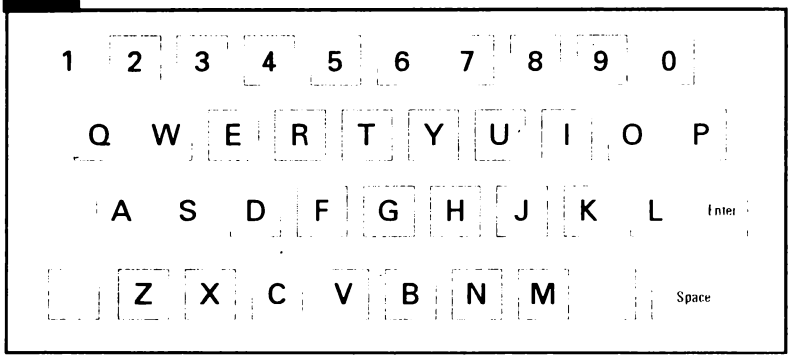
SS + E


DEF FN
FN
LINE
OPEN#
CLOSE#
MOVE
ERASE
POINT
CAT
FORMAT
ASN
ACS
ATN
VERIFY
MERGE
[
]
IN
OUT
©
~
|
\
{
}
CIRCLE
VAL$
SCREEN$
ATTR
Enter
X
BEEP
INK
PAPER
FLASH
BRIGHT
OVER
INVERSE
SS
Space

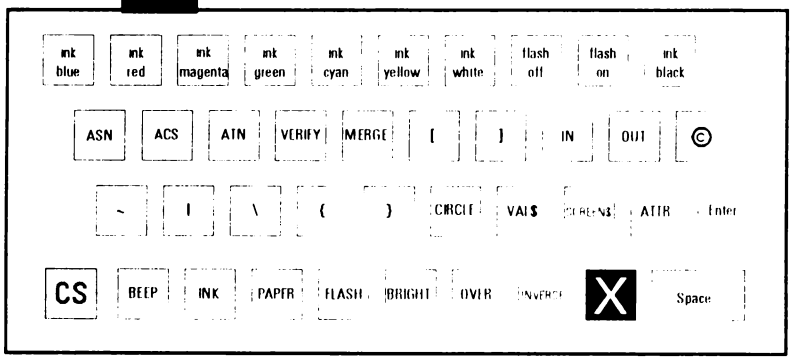
CS + L


Edit
C
True video
Inv video
G
Delete
Q W E R T Y U I O P
A S D F G H J K L
Enter
CS Z X C V B N M
E
Break

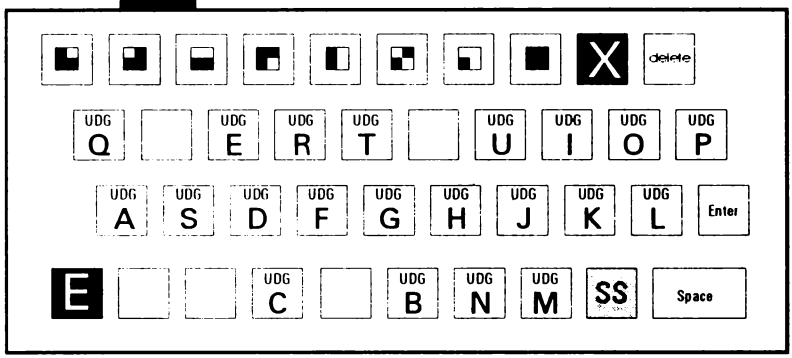
C


1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
Q W E R T Y U I O P
A S D F G H J K L
Enter
Z X C V B N M
Space

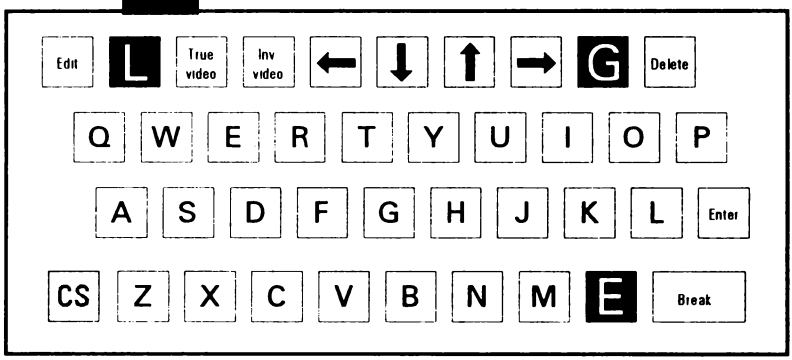
CS + E


ink blue
ink red
ink magenta
ink green
ink cyan
ink yellow
ink white
flash off
flash on
ink black
ASN
ACS
ATN
VERIFY
MERGE
[
]
IN
OUT
©
~
|
\
{
}
CIRCLE
VAL$
SCREEN$
ATTR
Enter
CS
BEEP
INK
PAPER
FLASH
BRIGHT
OVER
INVERSE
X
Space

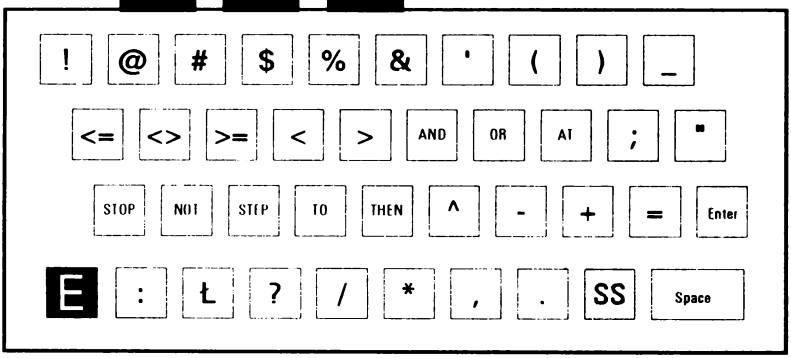
SS + G



CS + C



SS + K L C



Anexa H - FUNCŢIILE INTERPRETORULUI BASIC

Reguli generale privind funcţiile

1. Sintaxa funcţiilor Basic la *Spectrum* care au un singur argument nu obligă la introducerea argumentelor între paranteze. De exemplu, `SIN x` este la fel de corect ca `SIN (x)`. Dacă însă argumentul este o expresie compusă din mai mulţi factori sau termeni, parantezele trebuie puse, pentru că altfel funcţia se aplică numai primului factor sau termen al expresiei. De exemplu, `SIN (2*x)` nu este echivalent cu `SIN 2*x`, ultima formă fiind evaluată ca `(SIN 2)*x`.

De asemenea, funcţiile fără nici un argument nu trebuie scrise cu paranteze, ca de exemplu `PI ()`, ci `PI`.

Sintaxa funcţiilor definite de utilizator impune însă parantezele la orice număr de argumente, de exemplu: `FN a()`, `FN b(x)`, `FN c(x,y,z)`.

2. În descrierea sintaxei, oriunde apare un număr, poate apărea şi o expresie cu rezultat numeric, iar unde apare un şir de caractere, poate apărea şi o expresie cu un asemenea rezultat.

3. Toate funcţiile care întorc un caracter sau un şir de caractere (string) au numele terminat în simbolul **$** (dolar), pentru a le deosebi de funcţiile care întorc o valoare numerică.

4. Utilizatorul poate defini până la 26 de funcţii cu rezultat numeric şi până la 26 de funcţii cu rezultat de tip şir de caractere. Definirea se face cu instrucţiunea `DEF FN`, iar numele funcţiei constă dintr-o singură literă, urmată eventual de semnul **$**. `DEF FN` nu poate fi dat în linie de comandă, ca majoritatea celorlalte instrucţiuni. Este obligatorie stocarea ei în program, sub un număr de linie. Poziţia unei linii `DEF FN` în program nu este obiect al unor restricţii, dar se recomandă plasarea tuturor liniilor care conţin `DEF FN` cât mai la începutul programului, pentru accelerarea execuţiei.

Funcţiile Basic

ABS (*Abs*olute value = valoare absolută)
Semnificaţie: funcţia matematică *modul* sau *valoare absolută*.
Argument: un număr.
Rezultat: numărul identic ca valoare, dar cu semnul +.
Observaţii: asupra numerelor pozitive şi asupra numărului zero, funcţia nu are practic nici un efect; numerele negative sunt transformate în opusele lor.
Exemplu:
```
PRINT ABS -5,ABS 5
 5        5
```

ACS (*Arc*cos*ine* = arccosinus)
Semnificaţie: funcţia invers trigonometrică *arccosinus*.
Argument: un număr real cuprins în intervalul $[-1,1]$.
Rezultat: unghiul în radiani din intervalul $[0,\pi]$, al cărui cosinus este numărul dat ca argument.

Observaţii: $-1 \leq x \leq 1$, altfel apare o eroare cu mesajul: `A Invalid argument;` este inversa funcţiei COS.
Exemplu:
```
PRINT 180*ACS .5/PI     60
```

ASN (*Arcsine* = arcsinus)
Semnificaţie: funcţia invers trigonometrică *arcsinus*.
Argument: un număr real cuprins în intervalul $[-1,1]$.
Rezultat: unghiul în radiani din intervalul $[-\pi/2,\pi/2]$, al cărui sinus este numărul dat ca argument.
Observaţii: $-1 \leq x \leq 1$, altfel apare o eroare cu mesajul: `A Invalid argument;` este inversa funcţiei SIN.
Exemplu:
```
PRINT 180*ASN .5/PI     30
```

ATN (*Arctangent* = arctangenta)
Semnificaţie: funcţia invers trigonometrică *arctangentă*.
Argument: un număr real.
Rezultat: unghiul în radiani din intervalul $(-\pi/2,\pi/2)$, a cărui tangentă este numărul dat ca argument.
Observaţii: este inversa funcţiei TAN.
Exemplu:
```
PRINT 180*ATN 1/PI      45
```

ATTR (*Attributes* = atribute)
Semnificaţie: atributele unui caracter de pe ecran, de la poziţia dată ca argument.
Argument: două numere separate prin virgulă: linia în intervalul $0 \div 23$ (în mod normal $0 \div 21$) şi coloana în intervalul $0 \div 31$.
Rezultat: Atributele caracterului codificate ca întreg de 1 octet ($0 \div 255$).
Exemplu:
```
CLS
PRINT AT 10,31; PAPER 1; INK 7; FLASH 1; BRIGHT 0;"*"
PRINT ATTR(10,31)
        87
```

BIN (*Binary number* = număr binar)
Semnificaţie: conversia unei constante numerice din baza 2 în baza 10.
Argument: un număr în baza 2 (format numai din 0 şi 1).
Rezultat: acelaşi număr convertit în baza 10.
Observaţii: este singura funcţie care nu acceptă o expresie ca argument, ci doar o constantă numerică. De exemplu, este incorect `LET a=BIN b`.
Exemplu:
```
PRINT BIN 10110000110110        11318
```

CHR$ (*Character* = caracter)
Semnificaţie: întoarce caracterul al cărui cod ASCII este dat ca argument.
Argument: un număr întreg între 0 şi 255.
Rezultat: caracterul cu codul ASCII dat ca argument.
Observaţii: funcţia este foarte utilă pentru scrierea caracterelor de control în programe; este inversa funcţiei CODE.

Exemplu:
```
PRINT "Sp";CHR$ 8;"ect":CHR$ 8:CHR$ 8:"rum"

Serum
```

CODE (= cod)
Semnificație: întoarce codul ASCII al primului caracter din șirul de caractere dat ca argument.
Argument: un șir de caractere.
Rezultat: numărul zecimal între 0 și 255, reprezentând codul ASCII al primului caracter din șir; dacă șirul este vid, atunci rezultatul este 0.
Observații: CODE "" = 0; este inversa funcției CHR$.
Exemplu:
```
PRINT CODE "Spectrum",CODE ""   83      0
```

COS (*Cos*ine = cosinus)
Semnificație: funcția *cosinus* a unui unghi exprimat în radiani.
Argument: un număr real reprezentând un unghi în radiani.
Rezultat: valoarea funcției cosinus ca număr real între −1 și 1.
Observații: inversa sa este ACS.
Exemplu:
```
PRINT COS(45*PI/180)    .70710678
```

EXP (*Exp*onential = exponențiala)
Semnificație: funcția exponențială, e^x.
Argument: un număr real.
Rezultat: numărul e = 2,7182818 ridicat la puterea dată ca argument.
Observații: EXP(0)=1, EXP(1)=2.7182818, EXP(−1)=0.36787944; este inversa funcției LN.
Exemplu:
```
PRINT EXP 2     7.3890561
```

FN ? (*Fun*ction = funcția)
Semnificație: o funcție definită de utilizator; în locul semnului de întrebare apare numele funcției de o literă, eventual urmată de semnul $.
Argumente: între 0 și 26 de argumente numerice sau șir de caractere; numărul de argumente și tipul lor trebuie să concorde între definiția funcției prin DEF FN și apelurile ei.
Rezultat: șir de caractere sau numeric, după cum numele funcției este sau nu urmat de semnul $. Rezultatul provine din evaluarea expresiei definite în instrucțiunea DEF FN corespunzătoare.
Exemple: Funcția r(d) convertește grade hexagesimale în radiani, iar funcția d(r) convertește radiani în grade hexagesimale.
```
1 DEF FN r(d)=d*PI/180: DEF FN d(r)=r/180*PI

PRINT FN r(180),FN d(2*PI)      3.1415927       360
```

IN (*In*put = intrare)
Semnificație: Permite citirea unui octet dintr-un *port*.
Argument: Adresa *port*-ului (pe 8 sau 16 biți).

Rezultat: Valoarea citită din *port* ca întreg reprezentat pe un octet.
Observaţii: este utilă pentru citirea tastaturii direct de la *port* şi nu prin intermediul sistemului de operare, ca INKEY$; funcţia inversă o realizează instrucţiunea OUT.
Exemplu: exemplul următor sesizează apăsarea simultană a tastelor A, S şi D:

```
PRINT IN 254
```

INKEY$ (*In*put from *Key*board = intrare de la tastatură)
Semnificaţie: Întoarce tasta apăsată în momentul apelului funcţiei.
Argument: nu are.
Rezultat: un caracter care corespunde tastei apăsate în momentul apelului funcţiei.
Observaţii: funcţia nu aşteaptă utilizatorul să apese o tastă şi nici nu permite citirea combinaţiilor de taste; dacă în momentul apelului nu este apăsată nici o tastă, atunci funcţia întoarce şirul de caractere vid.
Exemplu: exemplul care urmează permite manevrarea unui obiect pe ecran din tastele cursorului:

```
10 CLS : LET x=16: LET y=11: GO TO 90
20 LET d$=INKEY$
30 IF NOT LEN d$ THEN GO TO 20
40 IF d$="5" AND x>0 THEN LET x=x-1
50 IF d$="8" AND x<31 THEN LET x=x+1
60 IF d$="7" AND y>0 THEN LET y=y-1
70 IF d$="6" AND y<21 THEN LET y=y+1
80 PRINT AT yv,xv;" ";AT y,x;"*":
90 LET xv=x: LET yv=y: GO TO 20
```

INT (*Int*eger = întreg)
Semnificaţie: converteşte un număr real la întregul imediat inferior.
Argument: un număr real.
Rezultat: numărul întreg imediat inferior argumentului.
Observaţii: în alte limbaje de programare există şi funcţii de întreg imediat superior, întregul cel mai apropiat (rotunjire) şi întregul imediat inferior în valoare absolută. Dintre acestea, cea mai utilă este rotunjirea, care se poate defini ca:

```
1 DEF FN r(x)=SGN x * INT(ABS x + .5)
```

Exemplu:

```
PRINT FN r(2.7),FN r(-2.3)      3       -2
PRINT INT 2.7,INT -2.3  2       -3
```

LEN (*Len*gth = lungime)
Semnificaţie: întoarce lungimea unui şir de caractere.
Argument: un şir de caractere.
Rezultat: un număr întreg pozitiv care exprimă numărul de caractere conţinut de şirul dat ca argument.
Observaţii: LEN "" = 0
Exemplu: linia de mai jos scrie un titlu centrat pe orizontală:

```
LET t$="Spectrum": PRINT TAB((32-LEN t$)/2);t$
```

LN (*L*ogarithm, *N*atural = logaritm natural)
Semnificaţie: logaritmul natural al unui număr.
Argument: un număr strict pozitiv.
Rezultat: un număr real la care trebuie ridicat la putere numărul e=2.7182818, pentru a obţine numărul dat ca argument.
Observaţii: LN 1 = 0; x > 0, altfel apare o eroare cu mesajul: A Invalid argument; este inversa funcţiei EXP.
Exemplu:
```
PRINT LN 2,LN 1 0.69314718      0
```

PEEK
Semnificaţie: întoarce un octet citit direct dintr-o locaţie de memorie.
Argument: adresa locaţiei de memorie ca întreg fără semn reprezentat pe 16 biţi, între 0 şi 65535.
Rezultat: valoarea conţinută de locaţia respectivă ca număr reprezentat pe un octet, între 0 şi 255.
Observaţii: 0 ≤ x ≤ 65535; funcţia inversă o realizează instrucţiunea POKE.
Exemplu: linia următoare citeşte o locaţie de la adresa de început a şirului de caractere "scroll?" din ROM.
```
PRINT PEEK 3321 115
PRINT CHR$ 115  s
```

PI
Semnificaţie: întoarce constanta π = 3.1415927.
Argument: nu are.
Rezultat: numărul π = 3.1415927.
Exemplu: fragmentul următor de program calculează aria cercului de rază R:
```
LET R=5: LET A=PI*R*R: PRINT R,A        5        78.539816
```

POINT (= punct)
Semnificaţie: permite detectarea stării unui *pixel* din ecran.
Argumente: coordonatele x şi y ale pixelului, ca numere întregi fără semn.
Rezultat: 0 dacă pixelul are culoarea hîrtiei, 1 dacă are culoarea cernelii.
Observaţii: 0 ≤ x ≤ 255, 0 ≤ y ≤ 175; funcţia inversă o realizează instrucţiunea PLOT.
Exemplu: instrucţiunile care urmează pun un pixel din centrul ecranului pe 1 şi apoi pe 0, citindu-i starea de fiecare dată:
```
CLS
PLOT 128,88: PRINT POINT (128,88)                    1
PLOT INVERSE 1;128,88: PRINT POINT (128,88)          0
```

RND (*Rand*om number = număr aleator)
Semnificaţie: furnizează un număr pseudoaleator între 0 şi 1.
Argumente: nu are.
Rezultat: un număr între 0 şi 1 generat la întîmplare.
Observaţii: funcţia RND va întoarce exact acelaşi număr după 65536 apeluri, cu alte cuvinte seria pseudoaleatoare are perioada de 65536; instrucţiunea RANDOMIZE n permite poziţionarea în cadrul seriei.

Exemplu: `RANDOMIZE 65535: PRINT RND,RND 0.99885559 0.91416931`

SCREEN$ (= ecran)
Semnificaţie: întoarce caracterul care apare pe ecran în poziţia dată.
Argumente: două numere întregi: linia, între 0 şi 21, şi coloana, între 0 şi 31.
Rezultat: întoarce codul ASCII al caracterului scris pe ecran în poziţia dată; recunoaşte caracterele scrise în video invers.
Exemplu:
```
10 PRINT AT 5,3:"Sinclair"
20 PRINT AT 5,5;SCREEN$ (5,7)
       Silclair
```

SGN (*Sign*um = signum)
Semnificaţie: funcţia matematică *signum*.
Argument: un număr.
Rezultat: 0 dacă argumentul este 0, 1 dacă argumentul este pozitiv sau −1 dacă argumentul este negativ.
Exemplu: `PRINT SGN -2.5;" ";SGN 0;" ";SGN 1000 -1 0 1`

SIN (*Sin*e = sinus)
Semnificaţie: funcţia trigonometrică *sinus* a unui unghi exprimat în radiani.
Argument: un număr real reprezentând un unghi în radiani.
Rezultat: valoarea funcţiei sinus ca număr real între −1 şi 1.
Observaţii: inversa sa este ASN.
Exemplu: `PRINT SIN(30*PI/180) .5`

SQR (*Sq*uare *R*oot = rădăcina pătrată)
Semnificaţie: funcţia *radical* sau *rădăcină pătrată* a unui număr pozitiv.
Argument: un număr real pozitiv.
Rezultat: un număr reprezentând rădăcina pătrată a argumentului.
Observaţii: x ≥ 0, altfel apare o eroare cu mesajul: `A Invalid argument.`
Exemplu: 10 PRINT SQR 2 1.4142136

STR$ (*Str*ing = şir de caractere)
Semnificaţie: converteşte un număr în şirul de caractere corespunzător scrierii sale pe ecran, format din cifre, punct zecimal, semnul, litera E în cazul notaţiei cu exponent.
Argument: un număr.
Rezultat: şirul de caractere corespunzător scrierii argumentului pe ecran cu instrucţiunea PRINT.
Exemplu:
```
10 LET a$="pi="+STR$ PI
20 PRINT a$
       pi=3.1415927
```

TAN (*Tan*gent = tangenta)
Semnificaţie: funcţia trigonometrică *tangentă* a unui unghi exprimat în radiani.
Argument: un număr real reprezentând un unghi în radiani.
Rezultat: valoarea funcţiei tangenta ca număr real.

Observaţii: inversa sa este ATN.
Exemplu:
```
PRINT SIN(30*PI/180)     .5
```

USR (*U*ser *Sub*routine = subrutină a utilizatorului)
Semnificaţie: întoarce conţinutul registrului BC după execuţia unei subrutine în cod maşină de la adresa dată ca argument.
Argument: un număr întreg între 0 şi 65535, reprezentând adresa de început a subrutinei în cod maşină.
Rezultat: un număr întreg între 0 şi 65535, reprezentând conţinutul registrului BC la întoarcerea din subrutină.
Observaţii: cel mai adesea nu rezultatul este util, ci efectul lateral al funcţiei constând din execuţia subrutinei în cod maşină; de aceea, adeseori această funcţie este apelată ca RANDOMIZE USR n, unde RANDOMIZE este un simplu pretext de a invoca funcţia.
Exemplu: în secvenţa următoare se apelează direct o subrutină din ROM care întoarce numărul de locaţii de memorie ocupate de sistem şi de programele utilizatorului; scăzând acest număr din 65536, vom obţine numărul de locaţii de memorie rămase disponibile la un moment dat.
```
PRINT 65536-USR 7962     41398
```

USR (*User* defined graphics = caractere grafice definite de utilizator)
Semnificaţie: întoarce adresa zonei de definiţie a unui caracter definit de utilizator (UDG).
Argument: un şir de caractere care conţine caracterul căruia îi corespunde UDG-ul respectiv, între "A" şi "U" sau între "a" şi "u".
Rezultat: un număr întreg între 0 şi 65535, reprezentind adresa de început a zonei unde este definit UDG-ul dat ca argument.
Observaţii: practic există două funcţii omonime USR distincte, decelarea lor făcându-se numai prin natura argumentului.
Exemplu:
```
PRINT USR "b"            65376
```

VAL (*Val*ue = valoare)
Semnificaţie: evaluează o expresie dată ca şir de caractere şi întoarce rezultatul numeric al expresiei.
Argument: un şir de caractere care conţine o expresie numerică validă, după sintaxa Basic *Spectrum*.
Rezultat: un număr reprezentând rezultatul evaluării expresiei în momentul execuţiei.
Observaţii: este funcţia cea mai puternică a limbajului Basic *Spectrum*, permiţând utilizatorilor invocarea evaluatorului de expresii.
Exemplu:
```
10 LET a$="2+3^"
20 PRINT VAL (a$+a$+"2")
       20
```

VAL$ (*Val*ue = valoare)
Semnificaţie: evaluează o expresie dată ca şir de caractere şi întoarce rezultatul de tip şir de caractere al expresiei.

Argument: un şir de caractere care conţine o expresie de tip şir de caractere validă, conform sintaxei Basic *Spectrum*.
Rezultat: un şir de caractere reprezentând rezultatul evaluării expresiei în momentul execuţiei.
Observaţii: este o funcţie aproape inutilă în practică, introdusă din considerente de simetrie faţă de funcţia VAL.
Exemplu:

```
10 LET a$="b$+c$"
20 LET b$="Expresia:": LET c$=a$
30 PRINT VAL$ a$
        Expresia:b$+c$
```

misiune imposibilă

Editura Militară

ISBN 973-32-0431-51 Lei 6 200