

## 3.MODEMURI

*Obligatoriu*

### 3.1.Structura și funcționarea modemurilor

Pentru a comunica între 2 calculatoare situate la distanță printr-o linie telefonică care suportă semnale analogice este nevoie de un dispozitiv numit modem. Modemul acceptă date seriale digitale la intrare și le MODulează (în amplitudine, frecvență, fază etc.) pentru a le transmite prin mediul analogic și asigură procesul invers de DEModulare a semnalului analogic pentru a fi transformat în semnal digital serial.

Modemurile s-au dezvoltat inițial pentru a lega stații de un calculator principal, dar acum modemurile leagă sisteme de calcul și transferă informații variate: voce, imagini, faxuri, date. Viteza modemurilor este în continuă creștere, astfel s-a ajuns la 56Kbps pe linia telefonică comutată și uzual se pot obține canale de 128Kbps pe linia ISDN, dar și viteze mult mai mari pe linii închiriate (2Mbps) sau prin fibră optică. Telefonie celulară care se răspândește continuu a început în ultimii ani să utilizeze transferul de date, așa încât au apărut modemurile GSM. Pentru mărirea vitezei de transfer a datelor apar noi tipuri de modulații și algoritmi de comprimare iar pentru verificarea corectitudinii transferului apar metode noi de corectare a erorilor.

Viteza de transfer a datelor se măsoară în bps (bit/s) iar numărul de tranziții în unitatea de timp se măsoară în Baud (Bd, tranz/s). În 1948 Shannon a demonstrat că pentru o transmisie de bandă limitată, capacitatea maximă de transfer a canalului C este:

$$C = \frac{W \cdot \log(1 + S/N)}{\log 2}, \text{ unde:}$$

S/N este raportul semnal zgomot;

W este banda semnalului în Hz.

La o transmisie telefonică  $W=3000\text{Hz}$  și S/N maximum 1000 (30dB). Astfel, rata maximă de transfer rezultă de 30KBd. Pentru a transmite informație cu viteză mai mare de 30Kbps trebuie să se găsească modulații eficiente care să codeze mai mulți biți cu o singură tranziție.

#### 3.1.1.Modulația datelor

1.Modulația în amplitudine (ASK, Amplitude Shift Keying) se realizează prin alocarea a 2 amplitudini diferite A1 și A2 ale purtătoarei pentru valorile logice 0 și 1. O variantă particulară este când unei valori logice se atribuie amplitudinea 0, deci lipsa purtătoarei. O codare mai eficientă ar putea fi realizată prin mai multe nivele de amplitudine, ceea ce ar însemna o rată de transfer mai mare decât rata de Baud, dar s-ar complica echipamentele de recepție. Avantajul acestei modulații este simplitatea, dar performanțele reduse au făcut ca modemurile cu modulație în amplitudine să fie folosite doar pentru distanțe mici și viteze de asemenea mici.

2.Modulația în frecvență (FSK, Frequency Shift Keying) atașează câte o frecvență diferită valorilor logice 0 și 1 de exemplu astfel: 1070Hz pentru 0 și 1270Hz pentru 1 la emisie și 2025Hz pentru 0 și 2225Hz pentru 1 la recepție. Alocarea a 4 frecvențe duce la posibilitatea unui transfer full duplex (FDX) pe linia de telefon cu 2 fire. Această tehnică de modulație a fost folosită pentru modemurile de mică viteză (<1200bps).

3.Modulația în fază (PSK, Phase Shift Keying) alocă defazații diferite valorilor logice de 0 și 1. O variantă care compară starea actuală a semnalului cu starea lui anterioară se numește modulație în fază diferențială (DPSK).

Semnalul modulat PSK este:

$$S(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t + \Delta\Theta) , \text{ unde}$$

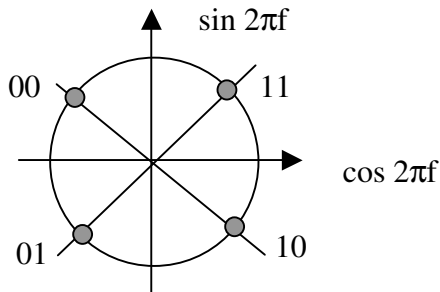
$f_c$  este frecvența purtătoare;

$\Delta\Theta$  este modificarea fazei.

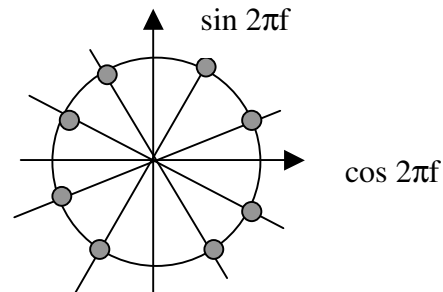
Se poate imagina o modulație pe mai multe nivele, astfel ca o modificare de fază să semnifice mai mulți biți. De exemplu, un modem (numit dibit) ar putea să codifice 2 biți cu o schimbare de fază astfel (numită modulație 4PSK):

Bit 1 Bit 0	Variația de fază
11	$\Delta\Theta=45^\circ$
10	$\Delta\Theta=135^\circ$
01	$\Delta\Theta=225^\circ$
00	$\Delta\Theta=315^\circ$

Graficul fazei, numit și modelul constelației (pentru că punctele seamănă cu o constelație) este dat în figura 3.1. a:



a. 4 PSK

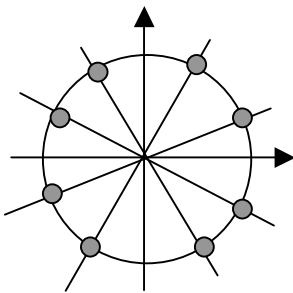


b. 8 PSK

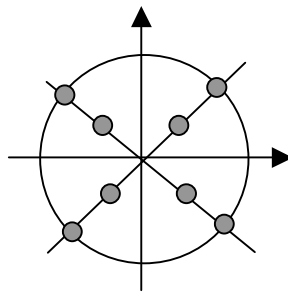
La fel, un modem tribit utilizează modulația 8 PSK și modelul constelației, codificând 3 biți la o schimbare de fază este dat în figura 3.1. b.

4. Modulația în cuadratură (QAM, Quadrature Amplitude Modulation) este o combinație între modulația în fază și cea în amplitudine, utilizată în unele modemuri actuale de mare viteză. Prin această modulație se stochează un maximum de informație în modificările purtătoare.

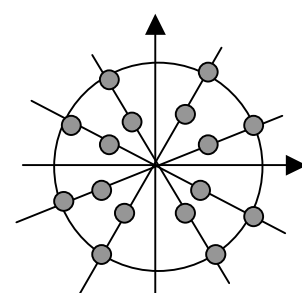
Cu doar 2 nivele de amplitudine și 4 de fază se poate realiza o modulație 8 QAM care codifică 3 biți, iar cu 2 nivele de amplitudine și 8 de fază se pot codifica 4 biți, figura 3.2.:



a. 8 PSK



b. 8 QAM



c. 16 QAM

Se observă că distanța de fază pentru 8 QAM este ca și la 4 PSK iar la 16 QAM ca la 8 PSK. Este evident că acuratețea circuitelor de demodulare trebuie să fie cu atât mai mare cu cât distanța de fază (variația de fază între 2 puncte alăturate din constelație) este mai mică.

Variația în timp a unui semnal QAM este arătată în figura 3.3.:

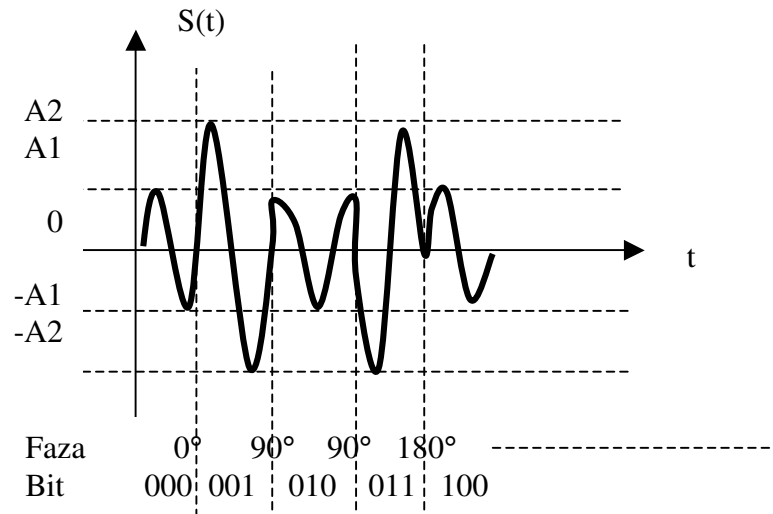


Fig. 3.3. Forma în timp a unui semnal QAM

Se vede în figură că variază atât amplitudinea (2 valori, A1 și A2) cât și faza semnalului. S-au reprezentat câteva variații de fază și amplitudine precum și grupul de biți codificat prin aceste variații.

Dacă se ridică receptorul în timpul unei conversații a 2 modemuri se aude un zgomot specific, care este forma audibilă a formei de undă din figura 3.3.

5.Modulația Trellis (TCM, Trellis Code Modulation), de fapt o modulație QAM, asigură suplimentar față de QAM o protecție la erori printr-un algoritm care ține cont de stările anterioare ale șirului de date și realizează astfel o creștere a siguranței transferului cu 2 sau 3 ordine de mărime.

Șirul de date seriale de codat este divizat în grupe de 4 biți. Fiecare 2 biți de intrare Q1n și Q2n se transformă în Y1n și Y2n cu ajutorul valorilor anterioare (Y1n-1 Y2n-1) astfel:

$$Q1n \ Q2n \ Y1n-1 \ Y2n-1 \ \longrightarrow \ Y1n \ Y2n$$

Această transformare se realizează cu un tabel de corespondență. Prin modulație Trellis se generează un bit suplimentar, al cincilea bit, redundant care se adaugă grupei de 4 biți. Receptorul demodulează șirul de biți analizând fiecare stare în raport cu cea precedentă. Dacă starea curentă nu este validă se caută cu ajutorul bitului redundant cea mai apropiată stare validă din modelul constelației. Constelația QAM de 16 puncte (care codifică 4 biți) se transformă într-o constelație de 32 de puncte (care codifică 5 biți).

6.Modulația PCM (Pulse Code Modulation) atribuie unui eșantion din semnalul analogic de intrare o secvență de impulsuri. Seria de impulsuri care reprezintă valoarea unui eșantion este numit cuvânt. O schemă simplificată a acestei atribuirii este dată în figura 3.4.:

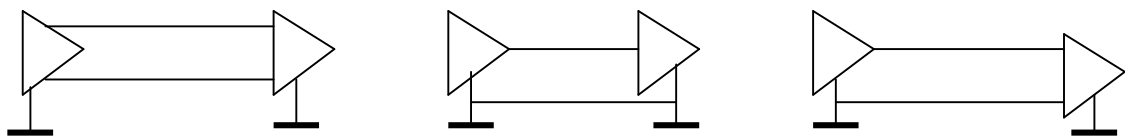


transmiterea acestui ton fiind sarcina modemului. După ce blocul de micșorare a ecoului este dezactivat se poate începe transferul de date.

De regulă modemurile includ egalizatoare de linie. Egalizatoarele de linie au funcția de a corecta amplitudinea semnalului emis în diferite benzi de frecvență pentru a compensa pierderile pe linie. Egalizatoarele pot fi:

- Egalizatoare fixe, cu reglaje realizate de furnizor și care rămân fixe, bazate pe studii statistice ale atenuării liniei funcție de frecvență;
- Egalizatoare manuale, cu reglaje realizate manual pentru linia la care este cuplat modemul. Reglajele trebuie refăcute periodic sau la schimbarea liniei;
- Egalizatoare automate (adaptive), cu reglaje care se efectuează automat când se realizează legătura. Funcție de calitatea legăturii procesul de reglare se realizează mai des sau mai rar. Modemurile moderne au egalizatoare automate.

Transmisia semnalelor pe linie poate fi realizată în mai multe moduri, figura 3.6.:



Transmisie: a. diferențială

b.unipolară

c. ieșire unipolară

Fig. 3.5. *Transmisia semnalelor pe linie*

În figura a este reprezentată o transmisie diferențială (Balanced) iar circuitele telefonice care folosesc această transmisie se numesc de Categoria I. În figura b este reprezentată o transmisie asimetrică sau unipolară (Unbalanced) iar circuitele se numesc de Categoria II. O combinație a acestor 2 moduri este reprezentată în figura c, ieșirea fiind asimetrică iar intrarea diferențială. Companiile de telefoane folosesc transmisia diferențială pentru avantajele în domeniul compatibilității electromagnetice.

### 3.1.3. Tipuri de modemuri și standarde

Cea mai importantă clasificare a modemurilor este în funcție de tipul liniei de transmisie, linie comutată (Dial-up) sau linie închiriată (sau privată) (Leased Line). Linia comutată implică obligativitatea ca modemurile să îndeplinească câteva funcții:

- Deschiderea liniei (ridicarea receptorului);
- Așteptarea tonului;
- Formarea numărului în mod puls sau ton;
- Așteptarea conectării;
- Închiderea liniei dacă apare tonul de ocupat și posibilitatea reluării formării numărului după un anumit timp;
- Închiderea liniei după efectuarea transferului de date.

Comenzile către modem de a efectua aceste operații au fost standardizate și se numesc comenzi Hayes, iar modemurile care acceptă aceste comenzi se numesc modemuri Hayes.

O linie comutată specială care începe să se răspândească și la noi este linia ISDN, pentru care se folosesc modemuri speciale, numite modemuri DSL, care vor fi tratate într-un subcapitol viitor.

O altă clasificare împarte modemurile după modul de transmisie a semnalelor în:

- Asincrone, structura cuvântului de date fiind bit de start, biți de date, biți de stop;
- Sincrone, blocul de date este precedat de un cuvânt de sincronizare. Pentru demodulare este nevoie de cunoașterea tactului de transmisie. Acesta poate fi trimis de emițător (ne-economic) sau poate fi refăcut de receptor din datele transmise cu o buclă PLL.

În funcție de banda de frecvențe utilizată pentru transmisii, modemurile pot fi:

- În banda admisă de linia telefonică comutată (300Hz-3400Hz);
- De bandă largă, pentru linii închiriate sau ISDN (linii de calitate bună), așa cum este de exemplu specificat în standardul V37 (transmisii sincrone de 72Kbps) utilizând banda de 60-108KHz).

În funcție de modul de conectare cu calculatorul gazdă modemurile pot fi:

- Interne se conectează pe magistrala sistemului (ISA sau PCI la sistemele PC sau PCMCIA la sistemele portabile). Viteza de transfer a datelor între modem și sistem nu este practic limitată, ea poate ajunge la 132Moceteți/s în cazul magistralei PCI;
- Externe, se conectează la interfața serială RS232 sau la USB. Conectarea la RS232 limitează viteza la 115KBd, ceea ce poate deveni o piedică pentru modemurile rapide.

O altă clasificare importantă a modemurilor este funcție de împărțirea sarcinilor între calculator și modem. Pentru a clarifica această problemă este utilă desenarea unei scheme bloc. Schema bloc simplificată a unui modem este dată în figura 3.6.:

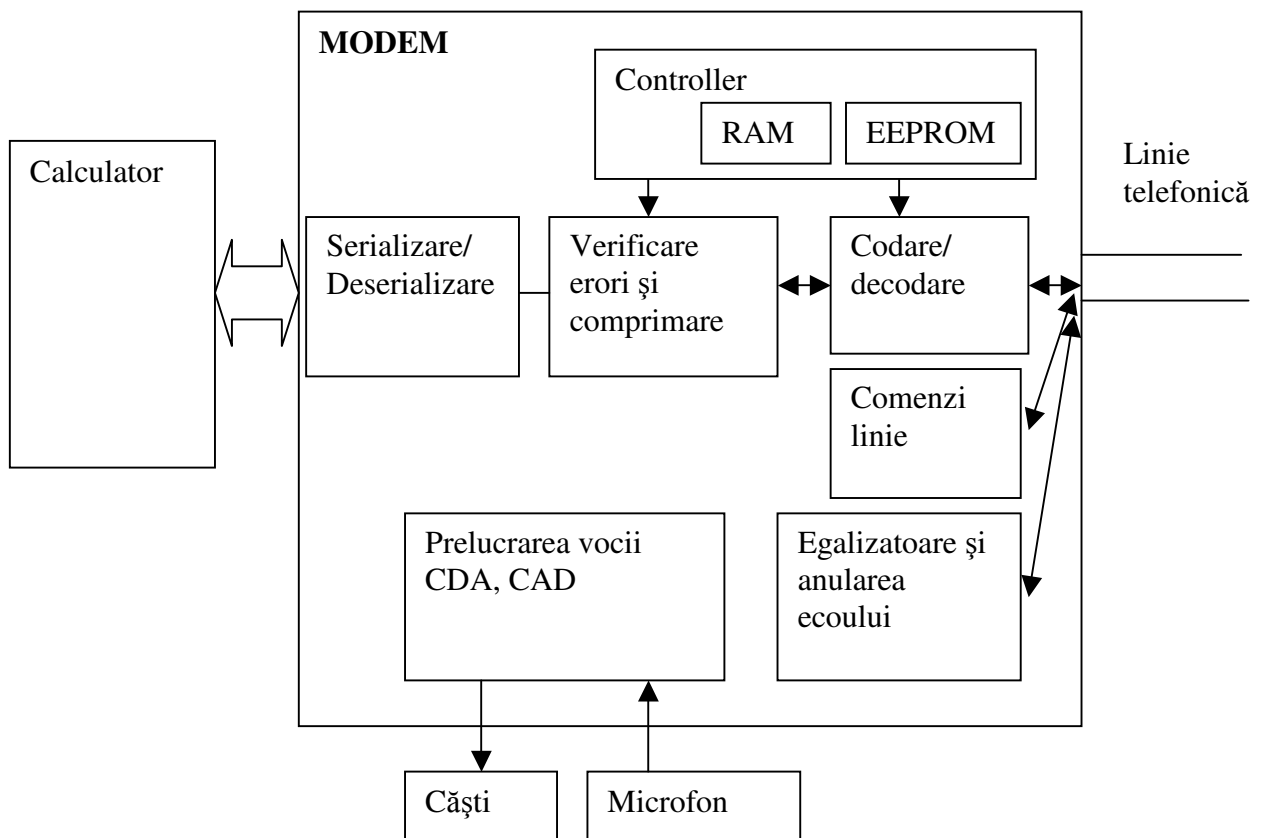


Fig. 3.6. Schema bloc a unui modem bazată pe funcțiile modemului

Dacă modemul dispune de blocul de prelucrare a vocii el se numește modem *voice*.

Primele modemuri, conectate extern prin RS232 sau USB dispuneau de toate blocurile reprezentate în figura 3.6. Puterea de calcul a procesoarelor a fost în continuă creștere, așa încât

au apărut modemuri fără controller (controllerless), așa cum sunt modemurile INTEL536EP la care lipsește controllerul, toată funcționarea modemului fiind gestionată de UC. Aceste modemuri, nu funcționează corespunzător pe sistemele mai slabe. Modemurile cu controller se numesc modemuri *hard* iar cele fără controller se numesc *hard controllerless* sau HCF (Host Controlled).

Următorul pas înspre modemuri mai ieftine a fost mutarea și a altor blocuri în sistem. Astfel au apărut modemuri AMR (Audio Modem Riser), CNR (Communication and Networking Riser) sau AC97 care sunt fără controller, fără partea de prelucrarea vocii și fără partea de comprimare /decomprimare și corectarea de erorii, de care se ocupă setul de circuite împreună cu procesorul. Astfel, modemul AMR conține doar codorul / decodorul și blocurile de comandă a liniei, de anulare a ecoului și egalizatorul. De regulă de partea de prelucrare a semnalelor din modem se ocupă un circuit DSP care la modemurile AC97 lipsește. Aceste modemuri se numesc *soft* (SoftK56), HSP (Host Signal Processing) sau HSF (Host Processed). Modemurile *soft* se pot cupla și pe magistrala ISA sau PCI. Exemplele din capitolele următoare vor lămurii această problemă delicată de terminologie.

Câteva din organizațiile cu atribuții în domeniul transmisiilor de date sunt:

- ISO International Standards Organization
- EIA Electronic Industries Association
- ITU-T International Telecommunications Union- Telecommunications Standardization Sector
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- ANSI American National Standards Institute

ITU-T a realizat recomandările cele mai larg acceptate din lume, seria de standarde V (V dot). Din 1988 recomandările sunt modernizate la fiecare 4 ani, iar de câțiva ani mult mai des, de câte ori este nevoie. Numele acestor recomandări este Data Communications over the Telephone Network. Fiecare standard din seria V specifică pentru un anumit tip de modem:

- Viteza maximă pe linie;
- Modul de separare a sensurilor (transfer pe 4 fire (4W) sau prin divizare de frecvență (FD));
- Frecvența purtătoare (purtătoarelor);
- Modul de transfer FDX sau HDX;
- Sincron sau asincron;
- Tehnica modulării (FSK, PSK, QAM, TCM) și modelul constelației;
- Tipul de linie (comutată sau închiriată). La linia închiriată sunt posibile legături punct la punct (PP) sau multipunct (MP);
- Anularea ecoului (EC);
- Egalizatorul și tipul de egalizare;
- Existența unui canal de date invers, de răspuns, de capacitate mică (Backward Channel).

Câteva din standardele speciale sunt (lista nu este completă):

- V.2 sunt specificații de tensiuni și puteri pe linie;
- V.17 sunt specificații pentru conexiuni fax;
- V.25 sunt specificații de formare automată și răspuns automat;
- V.28 sunt specificații electrice pentru circuitele asimetrice;
- V.24 lista de definiții pentru schimbul de date între DTE (Data Terminal Equipment) și DCE (Data-Circuit Terminating Equipment) (între calculator și modem);
- V.42 specificații pentru corecția de erori;

- V.42 bis specificații pentru compresia datelor;
- V.44 sunt specificații pentru comprimarea de date.

De exemplu standardul V.33 conține specificațiile pentru un modem cu viteza de 14400bps, transmisie pe 4 fire FDX cu anularea ecoului, frecvența purtătoare de 1800Hz, modulație TCM cu o modificare a purtătoare care codează 6 biți plus un bit redundant, cu tensiuni și puteri pe linie conform V.2, transmisie sincronă, fără canal invers de comunicație, funcționează doar pe linie închiriată, conform V.25 pentru formarea automată, conform V.28 (transmisie pe linie asimetrică) și egalizare automată.

Câteva cuvinte se cuvin spuse despre standardele pentru noile modeme, V.90 și V.92. În 1997 au apărut modemurile de 56Kbps, introduse de grupul K56Flex format din 3Com, Hayes, Motorola, Lucent și Rockwell. US Robotics a introdus propriul modem de 56K fabricat în tehnologia numită de ei x2 și care nu este compatibil cu cel realizat de K56Flex. Cu toate că liniile ISDN s-au răspândit, au mai rămas suficiente linii analogice la abonați care au necesitat apariția acestui modem. Desigur că în condițiile în care linia este zgomotoasă, viteza conexiunii scade la 33,6K sau chiar mai jos. În 1990 ITU a adoptat standardul V.90 pentru modemurile de 56K, în care intră și modemurile K56Flex și x2.

Modemul de 56K poate primi date cu viteza de 56Kbps și poate emite date cu viteza de 33,6Kbps (analog cu modemul ADSL pentru linii ISDN care va fi prezentat în subcapitolul viitor). Codarea datelor este prin modulația impulsurilor în cod (PCM), cuvintele fiind de 8 biți și viteza lor de transfer fiind de 8000 cuv./s, (64Kbps). Anumite coduri sunt rezervate pentru semnalizări dacă modemul este cuplat la o linie ISDN.

După ce se stabilește o conexiune între 2 modeme V.90 se trimit mesaje cu capacitățile de care dispune fiecare modem. Apoi se transmit mesaje de test pentru a verifica starea liniei, micșorând viteza dacă starea liniei nu este corespunzătoare. În următoarea fază se testează necesitatea egalizatorului de linie și se reglează valorile semnalelor pentru diferite benzi de frecvență.

Standardul V.92 mărește viteza de transfer de la abonat spre server de la 33,6Kbps la 48Kbps și micșorează cu 50% timpul inițial în care modemurile negociază parametrii transferului. Modemurile V.92 permit (dacă compania de telefoane are acest serviciu) o conectare la Internet în paralel cu o transmisie de voce.

Alte standarde larg acceptate sunt standardele MNP (Microm Networking Protocol) care se împart în clase de standarde de la Clasa 1 la Clasa 10.

### *Optional*

#### **3.1.4. Modeme pentru linii ISDN**

ISDN (Integrated Services Digital Network) este o linie digitală de la abonat până la centrală, vocea fiind supusă unei conversii analog numerice la abonat și transmisă digital. Dispozitivul care realizează conversia la abonat se numește NT (Network Termination). Accesul ISDN standard se numește BA (Basic Access). Linia digitală ISDN se numește DSL (Digital Subscriber Line). Transmisia ISDN face posibilă transmisia integrată de voce, date și fax pe linia digitală în același timp (prin divizare de frecvență).

Modemurile ISDN –BA realizează viteze de transfer uzual de 160Kbps pe linie cu 2 fire 2W, cu anularea ecoului EC, lucrând într-o bandă de la 10Khz la 100KHz, cu un maxim spectral la 40KHz și primul nul spectral la 80KHz. Modemul DSL se conectează (sau se include) în NT, figura 3.7.:



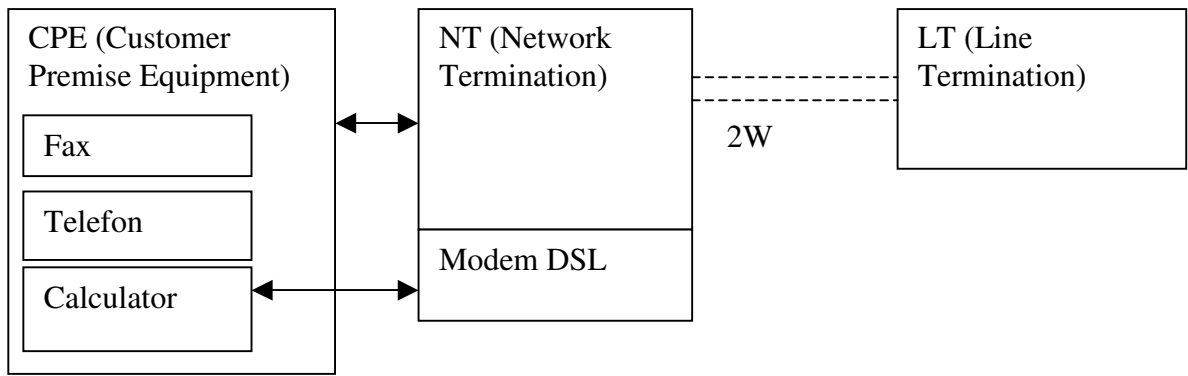


Fig. 3.7. *Transmisia ISDN*

Linia DSL are capacitatea de 2 canale a 64Kbps, plus un canal de semnalizare D de 16Kbps. Un canal special, inaccesibil utilizatorului este EOC (Embedded Operations Channel) pentru schimbul de informație între NT și LT.

Modemul ADSL (Asymmetric DSL) este specializat pentru operațiile care cer un volum mare de date către client și un volum mic către centrală, cum ar fi serviciile Video on Demand. Volumul de date video (codate MPEG) este mare și cu redundanță mică (nu mai poate fi comprimat de modem), deci zgomotul canalului trebuie să fie mic și este nevoie de o corectare performantă de erori. Prețul plătit pentru aceste performanțe este timpul de reversare a sensului de transmisie care este 20ms față de 1,25ms la DSL. Modemul ADSL folosește divizarea benzii de frecvență (FD), o bandă este alocată unui sens, cealaltă este alocată sensului opus, figura 3.8.:

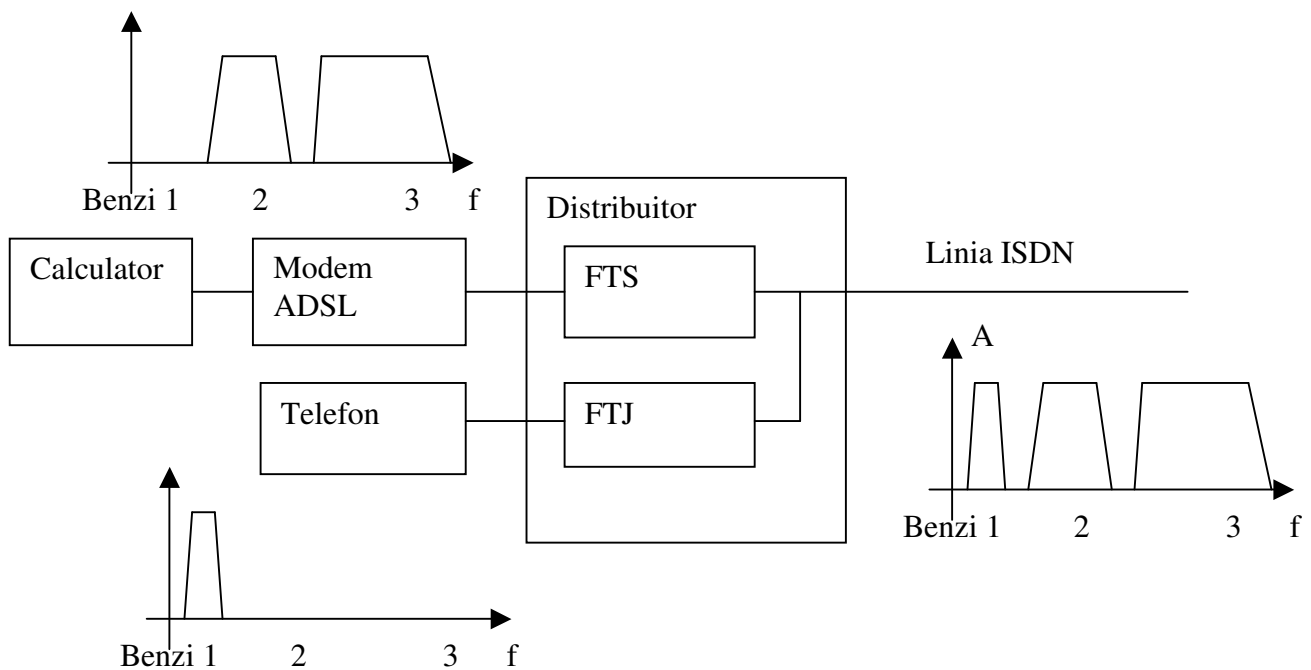


Fig. 3.8. *Modem ADSL*

Pe linia ISDN sunt transmise 3 benzi de frecvență, banda 1 pentru voce, banda 2 pentru date emise și banda 3 pentru date recepționate. Un filtru trece jos FTJ selectează banda de voce

pentru telefon iar un filtru trece sus FTS selectează benzile 2 și 3 de date pentru modem. Viteza de transfer poate atinge 10Mbps spre client și 100Kbps spre centrală, dar este foarte dependentă de lungimea și calitatea liniei. Tehnica ADSL folosește anularea ecoului.

Modemul VDSL (Very high speed DSL) este o evoluție a modemului ADSL la o viteză de transfer mai mare și o bandă mai largă, bazat pe micșorarea distanței acoperite prin fire de cupru. Micșorarea lungimilor de fire de cupru a devenit posibilă deoarece au crescut distanțele pe care sunt montate fibre optice.

Modemul HDSL (High bit rate DSL) realizează o transmisie simetrică (aceeași viteză de la și înspre centrală) la viteza de 1,544Mbps și 2,048Mbps. Modemul SDSL (Symetric DSL) realizează tot o transmisie simetrică pe 2 fire, asemănător cu HDSL dar cu viteză mai mare datorită unor noi tehnologii de transmisie.

*Optional*

### **3.2.Seturi de circuite pentru 56Kbps INTEL**

Setul de circuite INTEL 536EP este un set de circuite conform V.92, fără controller, care realizează comprimarea de date conform V.44. Cu acest set de circuite se poate construi un modem intern PCI soft (modemul Intel HaM Ambient este construit cu acest set de circuite). Setul de circuite constă în:

- Circuit DSP DQ82536EP (capsulă cu 128 de pini);
- Circuit de interfață analogică (AFE, Analog Front End) (capsulă cu 44 pini);
- Circuit de interfață cu linia telefonică (DAA, Data Access Arrangement) (capsulă cu 16 pini).

Interfața între circuitul DSP și calculator este o interfață PCI. Modul de lucru între calculator și circuitul DSP face ca degradarea funcționării UC datorită efectuării și funcțiilor de modem să fie minimă (HaM, Host Accelerated Modem).

Software-ul de controller din calculatorul gazdă conține comenzi pentru toate funcțiile modemului, inclusiv corectarea de erori, compresia de date, funcțiile de fax sau voce. Toate funcțiile de prelucrare digitală a semnalului sunt realizate de circuitul DSP, adică modularea /demodularea, anularea ecoului, procesarea vocii.

Circuitele pot lucra în moduri cu economie de energie compatibile ACPI (Advanced Configuration Power Interface), cu intrarea în mod activ la apel telefonic (WOR, Wake-Up on Ring), ceea ce face ca acest set de circuite să fie utilizabil în aplicații portabile (notebook).

Setul de circuite admite un mod de lucru de emulare a unui telefon cu înregistrare și redare de mesaje, pentru a putea folosi un modem echipat cu căști și microfon ca un telefon obișnuit cu posibilitatea înregistrării mesajelor. Setul de circuite este compatibil V.80 pentru aplicații de videoconferință permițând transfer sincron de date.

Schema bloc a modemului este dată în figura 3.9.:

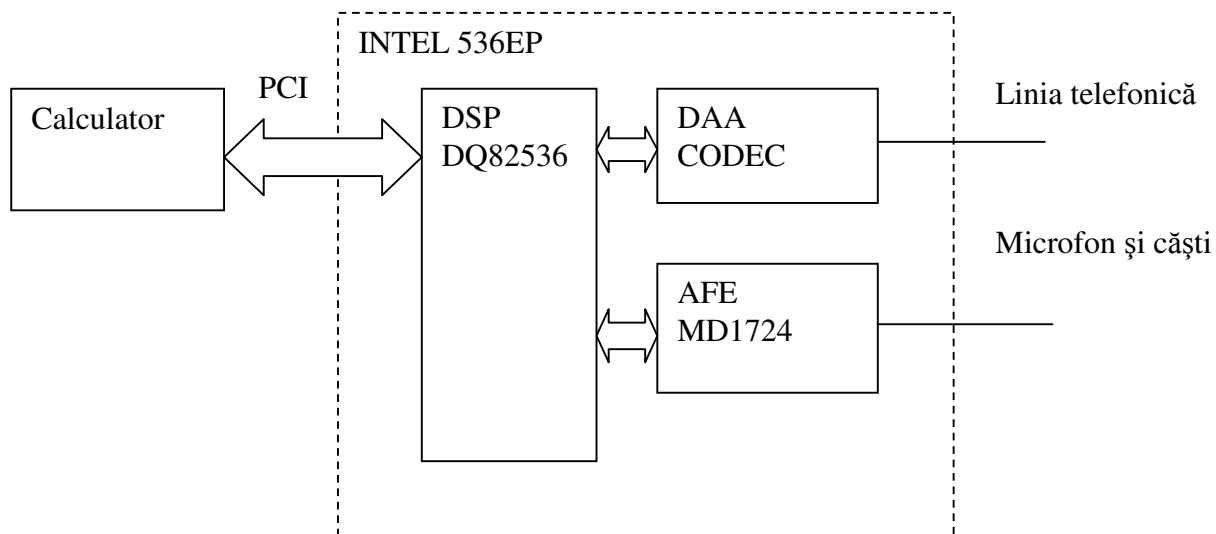


Fig. 3.9.Schema bloc a modemului cu setul de circuite INTEL 536EP

Setul de circuite INTEL MD566X este un set de circuite cu controller, compatibil V.90, cu interfață pentru ISA, serială RS232 sau PCMCIA, cu care se poate realiza un modem hard, intern sau extern.

Circuitele din setul de circuite sunt:

- Controller MD445XC (capsulă cu 128 pini);
- Circuit DSP MD566XDT (capsulă cu 128 pini);
- Circuit de interfață analogică MD 1724.

Schema bloc a unui modem cu acest set de circuite este dată în figura 3.10.:

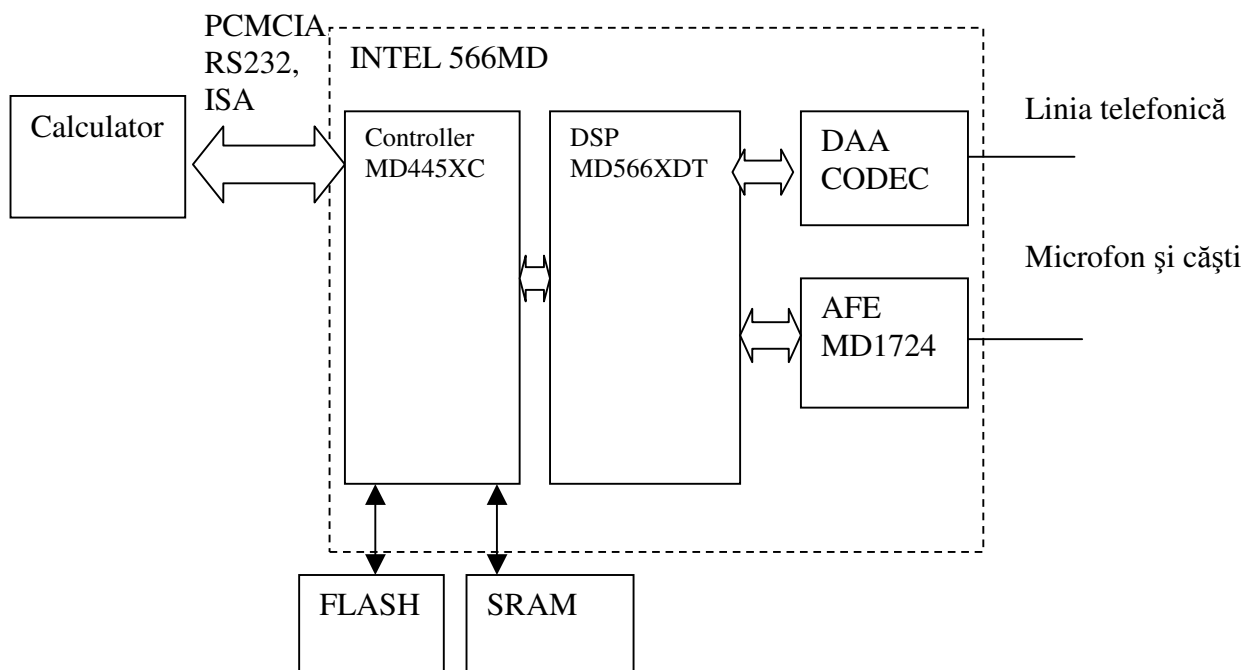


Fig. 3.10.Schema bloc a modemului cu setul de circuite INTEL 566MD

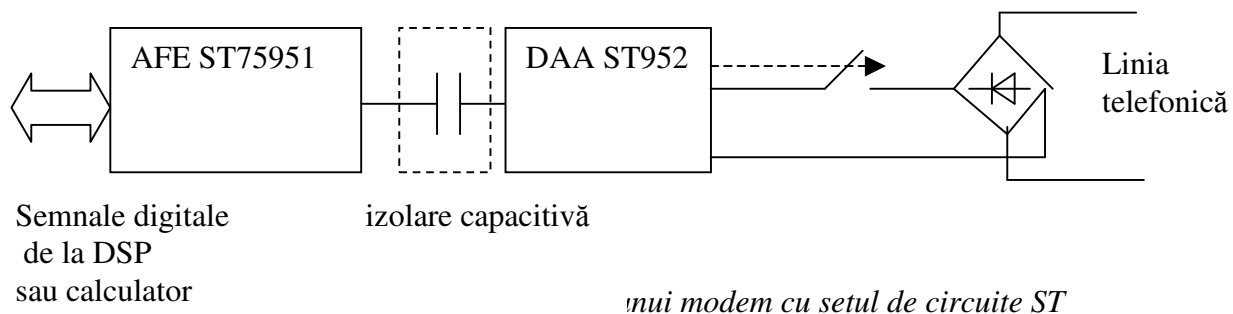
Se observă că spre deosebire de modemul anterior, acest modem are un set de circuite cu un circuit în plus, controllerul. Acest controller trebuie completat cu memorie FLASH pentru program și memorie SRAM pentru date.

Performanțele acestui modem în ceea ce privește transmisia pe linia telefonică sunt asemănătoare celui anterior, deosebirea fiind că acest modem solicită mai puțin procesorul (sau chipsetul) sistemului gazdă.

*Optional*

### 3.3.Setul de circuite ST<sup>1</sup>

Setul de circuite de la ST se compune din circuitul DSP care poate lipsi la modemurile HSP, circuitul AFE (Analog Front End) ST 75951 și circuitul DAA (Data Access Arrangement) ST 952. Schema bloc a unui modem cu circuite ST este dată în figura 3.11.:

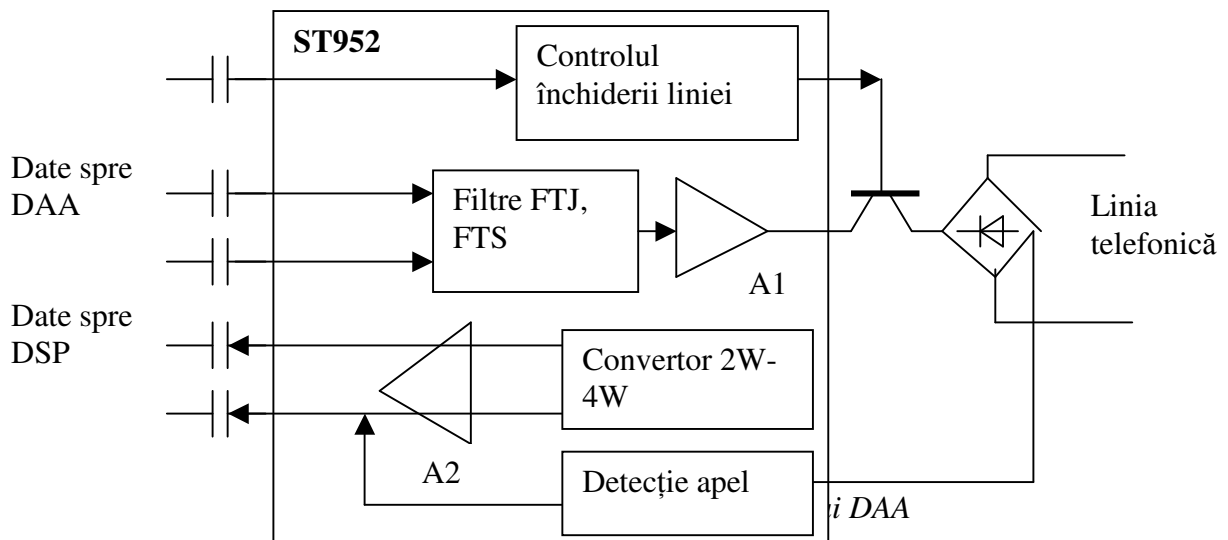


#### 3.3.1.Circuitul DAA (ST952)

Acest circuit este folosit la modemuri V.34 (și peste) la viteze între 33,6Kbps și 56Kbps, la faxuri, la automate de înregistrare (robot telefonic), telefoane digitale etc. Între DAA și circuitul DSP (sau dacă modemul este HSP între DAA și calculator) se introduce o izolare (decuplare) capacitivă. Circuitul DAA detectează șirul de impulsuri pentru apel primit și semnalizează către DSP prin circuitul de izolare capacitivă. După detecția apelului circuitul DAA se cuplează la linie prin închiderea contactului comandat din figura 3.11. În stare cuplată circuitul DAA se poate interfața cu majoritatea rețelelor telefonice din lume (nivelul de tensiune 4V, curent 20mA). ST952 detectează supracurentul în cazul unei conectări greșite și generează un semnal de eroare. Înainte de cuplarea pe linie circuitul poate detecta dacă linia este folosită de un alt terminal. Circuitul conține un convertor de linie 2W/ 4W.

Schema bloc a circuitului este dată în figura 3.12.:

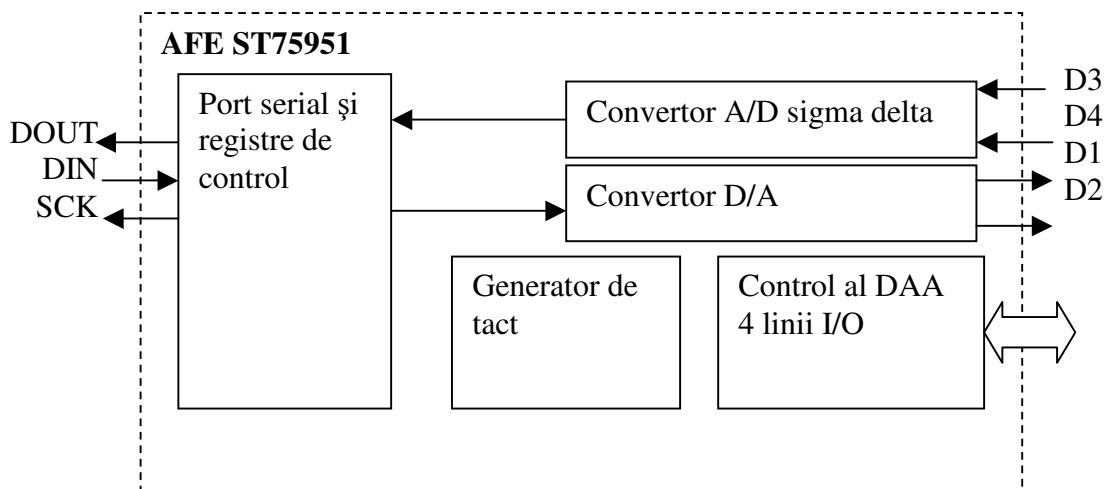
<sup>1</sup> ST Microelectronics provine din fuziunea firmelor Thomson din Franța și SGS din Italia



### 3.3.2. Circuitul AFE ST75951

Circuitul AFE (Analog Front End) conține un convertor AD și unul DA cu conversie sigma delta de 16 biți, cu o gamă dinamică de 85dB și frecvența de eșantionare programabilă. Circuitul integrează interfața cu DAA și împreună cu DAA gestionează deschiderea / închiderea liniei, detectarea apelului și a supracurentului pe linie. Circuitul conține 4 linii de I/O de uz general asociate cu o linie de cerere de întrerupere. Transferul de date cu procesorul sau cu circuitul DSP este serial sincron.

Schema bloc a circuitului este dată în figura 3.13.:



D1 și D2 sunt ieșiri analogice modulate, cu frecvența între 1MHz și 1,7MHz, cu mod diferențial. D3 și D4 sunt intrări analogice, mod diferențial, în gama 2,5V<sub>VV</sub>.

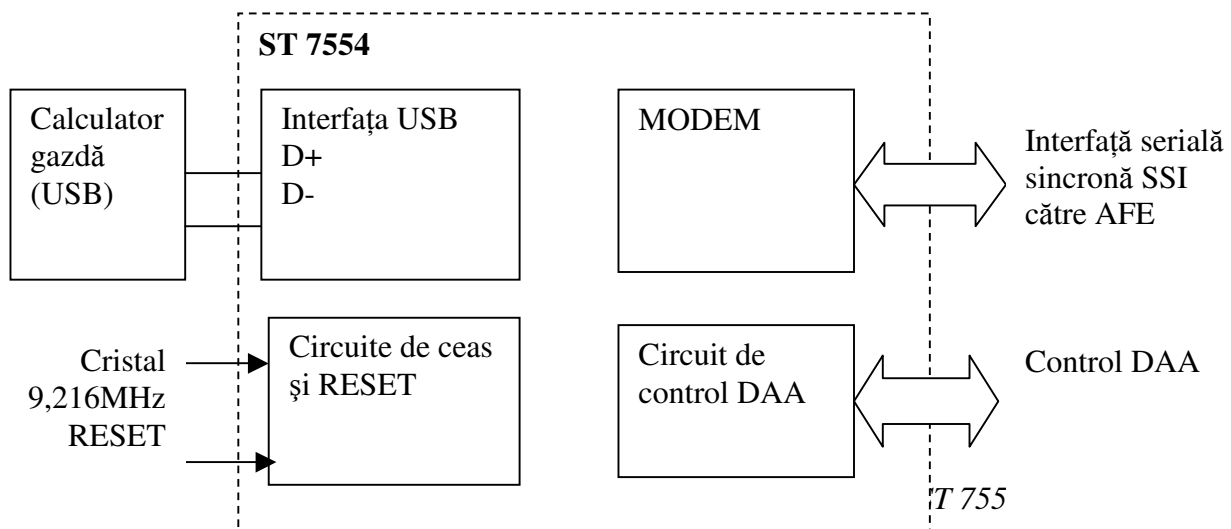
### 3.3.3. Circuitul modem USB ST7554

Acest circuit poate realiza funcția de modem HSP împreună cu circuitele DAA și AFE. Sistemul la care se conectează trebuie să fie cel puțin PENTIUM/166 MMX, cu 16M RAM și WINDOWS 98 sau NT iar placa de bază trebuie să aibă interfață USB.

Partea de modem a circuitului este compatibilă V.90 dar are și compatibilitate în jos V.34, V.32, V.22, compatibilitate fax V.17 și V.29, compatibilitate pentru verificarea erorilor și comprimarea de date V.42, poate distinge între fax, date și voce, realizează compresie și decompresie. Toate funcțiile de protocol sunt îndeplinite de procesorul gazdă. Circuitul admite comenzi Hayes.

Partea USB a circuitului poate atinge viteza de transfer de 12Mbps, dispune de un transceiver USB integrat cu buclă PLL și admite moduri de lucru cu economie de energie.

Schema bloc a circuitului este dată în figura 3.14.:



Schema electrică a unui modem USB este dată în Schema 4.

*Obligatoriu la nivel de principiu*

### 3.4.Circuitul radio modem AT86RF211

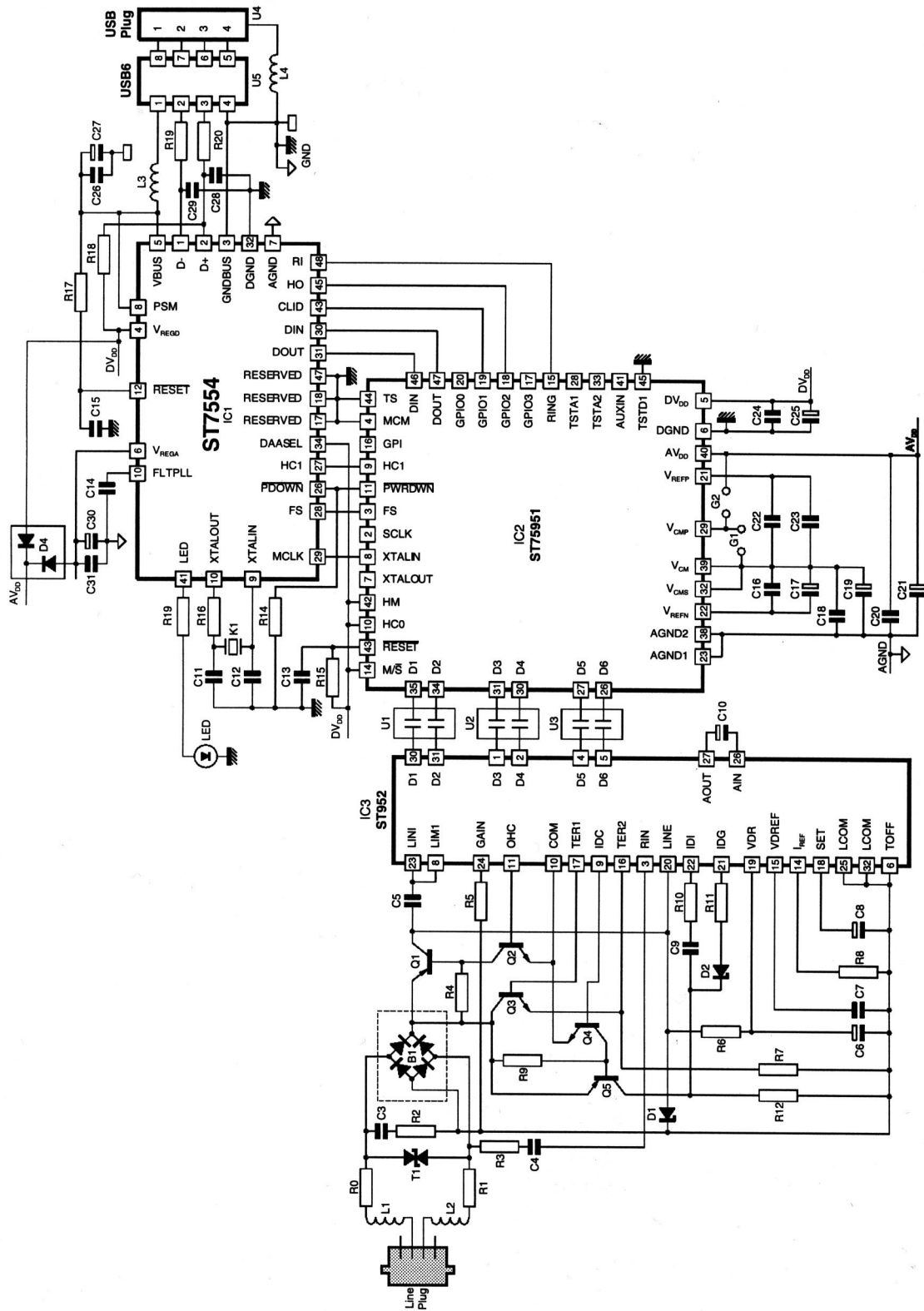
O realizare a firmei ATMEL la nivelul anului 2001 este circuitul de radio modem AT86RF211 destinat emisie și recepției de date în banda 400-950Mhz, cu posibilitatea selecției digitale a canalului. Viteza de transfer a datelor este de până la 50kbps, ce refacerea ceasului la recepție, modularea fiind de tip FSK. Banda de transmisie nu necesită licență. Circuitul are nevoie de un minim de componente externe: condensatori, rezistoare, filtre și bobine. Câteva dintre caracteristicile principale ale circuitului sunt:

- posibilitatea de transfer de date bidirecțional, half duplex, având un comutator RX TX integrat, trecerea între TX și RX realizându-se în mai puțin de 200μs;

- putere de emisie mare, conform cu standardele internaționale (+10dBm) la tensiuni mici de alimentare (2,4V), puterea fiind reglabilă soft în 8 trepte prin registre de control;

- frecvența de lucru pentru RX/TX este programabilă digital prin registre de control, oscilatorul local fiind integrat în întregime, atât pentru RX cât și pentru TX. Frecvența de lucru poate fi stabilită cu o precizie de 200Hz. Modificarea frecvenței se poate face cu o viteză mare-100kHz/μs;

- economia de energie este realizată prin intrarea într-un mod de operare cu energie redusă în care circuitul de recepție testează periodic șirul de date recepționate pentru a determina când este adresat. În acest moment se poate transmite o întrerupere microcontrollerului asociat pentru a începe recepția datelor.



Schema 4. Schema electrică a unui modem USB (sursa ST Microelectronics).

Schema bloc a circuitului AT86RF211 este dată în figura 3.15.:

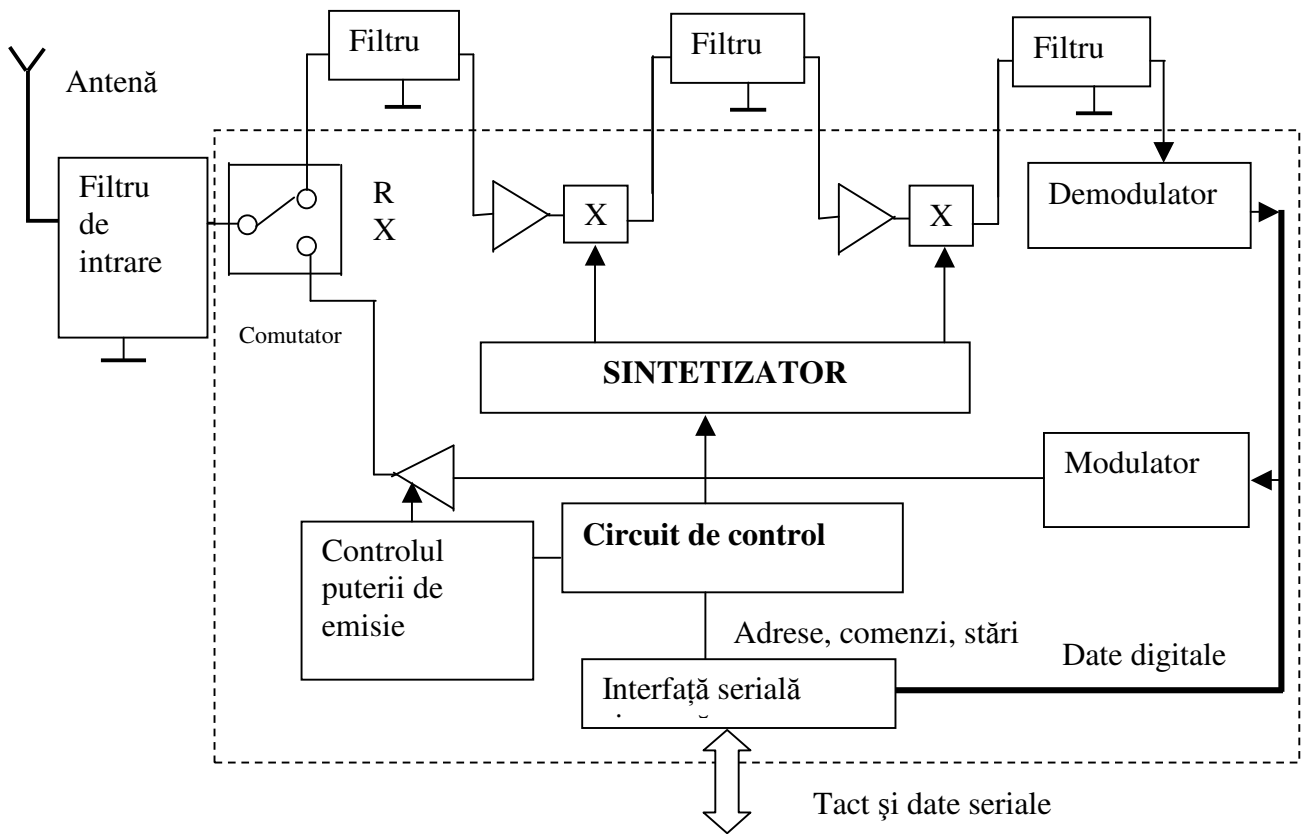


Fig. 3.15. Schema bloc a modemului radio

Ca și receptor a fost aleasă o structură de superheterodină cu 2 etaje, frecvența intermediară fiind aleasă cu valorile cele mai populare pentru ca filtrele externe să fie ușor de obținut. Sunt posibile două frecvențe intermediare:

- 10,7MHz, cea mai populară opțiune;
- 21,4MHz, la care frecvența imagine este suficient de departe de purtătoare pentru ca la intrare să se poată utiliza un filtru ceramic mai ieftin;

Circuitul poate lucra în două benzi, 400-480MHz și 800-950MHz, pentru schimbarea benzii fiind nevoie de schimbarea filtrului de intrare și a unei impedanțe de intrare. Selectarea canalului în bandă se face software, prin comandarea blocului sintetizator. Singura componentă externă pentru sintetizator este filtrul pentru bucla PLL. Sintetizatorul conține un oscilator comandat în tensiune, cu panta de 150MHz/V. Viteza de modificare a frecvenței funcție de tensiunea de comandă trebuie să fie mai mare pentru a se putea realiza modularea FSK a datelor. Pentru un șir de date cu debitul de 50kbps, la care fiecărui bit  $i$  se asociază o frecvență dacă este 0 și alta dacă este 1, viteza de modificare a frecvenței trebuie să fie de 100kHz/50 $\mu$ s. Cele 2 frecvențe de codificare sunt preîncărcate în circuit prin programarea unui registru.

Toate celulele receptorului sunt concepute să poată lucra între 400-1000MHz. Amplificarea primei celule este programabilă prin registrul CTRL1. Comutatorul RX/TX protejează intrarea receptorului de excursia mare de tensiuni a emițătorului (până la 10V vârf la vârf la o tensiune de alimentare de 5,5V). Comutatorul este comandat de un bit de control.



Demodulatorul este format dintr-un oscilator care oscilează la frecvența  $F_{in}$  (a semnalului de intrare), frecvența liberă de oscilație fiind  $F_0$ . Faza semnalului de ieșire din oscilator este proporțională cu diferența între  $F_{in}$  și  $F_0$ . Un circuit SAU EXCLUSIV transformă diferența de fază în factor de umplere, apoi un filtru trece jos o transformă în tensiune. Dacă  $F_{in} = F_0$  factorul de umplere este 50% și tensiunea de ieșire este  $V_{DD}/2$ . Chiar și primul bit poate fi detectat corect așa încât nu mai este nevoie să se insereze un șir de biți 010101..... pentru sincronizarea receptorului. Tensiunea de ieșire este convertită în nivele CMOS cu un comparator cu rezoluție mare. Tensiunea de comparație se extrage din valoarea medie a semnalului analogic demodulat. Pentru un cod de tip Manchester cu un număr de zerouri aproape egal cu cel de unu, schema este eficientă. Tensiunea de comparație este scoasă la un pin exterior. O altă posibilitate este de a fixa tensiunea de comparație din exterior la  $V_{DD}/2$  cu un divizor rezistiv. Astfel sunt posibile și codări NRZ. Pentru a permite comparații foarte exacte, tensiunea de comparație se poate modifica în jurul valorii  $V_{DD}/2$  prin program. Este implementat un DAC de 4 biți, programarea făcându-se în registrul DTR.

Amplificatorul de putere de ieșire poate genera 10dBm (10mW) în 3 canale foarte utilizate (434MHz, 868MHz și 915MHz) (la 2,4V alimentare). Puterea maximă poate fi mai mare dacă tensiunea de alimentare este mai mare, astfel în canalul 400MHz, la 4V, puterea poate fi până la +19dBm. În banda 868MHz circuitul poate genera 14dBm, ceea ce reprezintă nivelul maxim admis în Comunitatea Europeană. Curentul absorbit de circuit pentru a obține aceste puteri de ieșire este de 39-46mA, funcție de canal.

Controlul puterii se poate face în 2 moduri:

- Un rezistor extern stabilește puterea maximă, funcție de reglementările legale în țara respectivă;
- Cu 2 biți din registrul de control CTRL1 se pot stabili 8 nivele de putere, sub puterea maximă.

Stabilirea puterii prin soft este utilă la economia de energie. Astfel, 2 circuite care se află în legătură radio pot comunica nivelul de putere și îl pot micșora până la nivelul la care comunicația se mai poate desfășura corect.

Etajul de putere are integrată o buclă de control a puterii pentru a micșora sensibilitatea puterii de ieșire la modificarea temperaturii sau a tensiunii de alimentare.

Cu cât excursia tensiunii de ieșire este mai mare, cu atât și eficiența etajului de putere este mai mare. Cu o alimentare de 3V, tensiunea de ieșire este de +5V vârf la vârf sau 1,77V valoare eficace. Pentru a emite cu 10mW (10dBm) rezistența de sarcină este:

$$P_{out}=V^2/R_S$$

$$R_S=314\Omega$$

Impedanța antenei fiind de  $50\Omega$  este nevoie de un filtru pentru adaptarea de impedanță. Filtrul trebuie realizat cu atenție, cu componente SMD de suprafață mică, cu mase bune pentru a nu radia armonici superioare. Filtrul, în afară de rolul de adaptare de impedanțe poate micșora nivelul de armonici superioare generate în antenă, conform cu reglementările din țara respectivă.

Microcontrollerul poate controla și monitoriza circuitul printr-o interfață serială sincronă cu 3 fire:

- SLE validare intrare;
- SCK tact (semnal de intrare);
- SDATA date de intrare/ieșire

Dacă SLE=1 interfața este inhibată. Un ciclu de citire/scriere începe dacă SLE trece în 0 și se termină când SLE trece în 1. Într-un ciclu de acces se poate realiza o singură operație: un singur registru poate fi citit sau scris. Un mesaj este format din 3 câmpuri:

- Adresa (4 biți, la început MSB);

- Selecția R/W;
- Date (32 de biți maxim, la început MSB).

Diagrama de semnale pentru scriere /citire este dată în figura 3.16:

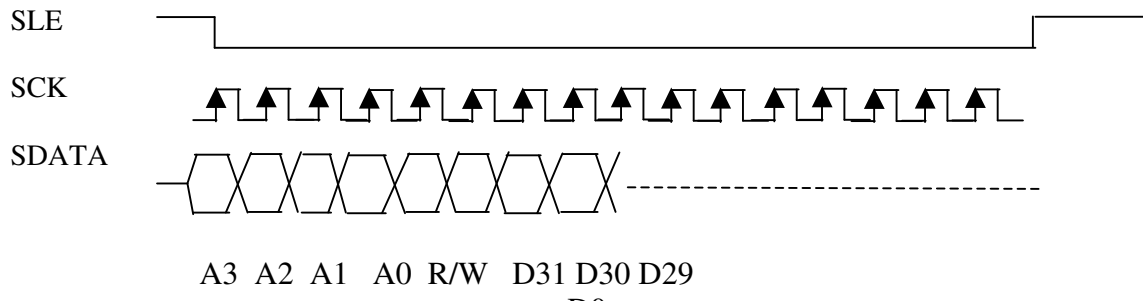


Fig. 3.16. Diagrama de semnale pentru scrierea /citirea serială sincronă

Obligatoriu la nivel de principiu

### 3.5. Comenzi Hayes

Comenzile către modemuri (mod de formare a numerelor, detecția semnalului de ocupat etc. ) au fost standardizate, iar modemurile care acceptă aceste comenzi se numesc modemuri Hayes.

Comenzile Hayes, numite și comenzi AT sunt grupate în 4 grupe:

- Comenzi de bază formate dintr-o literă mare și o cifră;
- Comenzi extinse precedate de caracterul & urmat de o literă mare și o cifră;
- Comenzi particulare fiecărui producător, precedate de \ sau de % care sunt disponibile în documentația modemurilor.
- Comenzi de încărcare a registrelor  $S_n=v$ , unde n este numărul registrului iar v valoarea cu care se încarcă.

Caracterele speciale care apar într-o linie de comandă Hayes sunt:

- AT caractere de început al liniei de comandă;
- Z resetare a modemului;
- , indică modemului să facă o pauză de o secundă. Mai multe virgule înseamnă pauză de tot atâtea secunde (durata pauzei poate fi modificată în registrul S8).
- ^M trimite un ENTER (caracter de terminare a liniei de comandă) (CR) către modem.

Câteva din comenzile de bază uzuale sunt:

- ATD** 0-9, \*, # cifre și semne speciale cu care se pot forma numere;  
 L reluarea formării ultimului număr;  
 P formare în puls;  
 T formare în ton;  
 W așteptare ton 1-255 s (implicat 50s, valoare stocată în S7);  
 , pauză  
 ; întoarcerea în starea de comandă;  
 S=n se formează numere memorate cu AT&Z, n=0,1,2,3,4

Exemplu: ATDT 0268,40800 are ca efect formarea în ton a numărului 026840800 cu o pauză de o secundă între prefix și număr.

**Observație:** pauza este utilă de exemplu acolo unde există centrale interne la care, de la un telefon interior se formează o cifră pentru accesul în exterior. După formarea acestei cifre este nevoie de o pauză înainte de a forma numărul, pauză care se poate obține cu virgule.

Comanda ecoului:

**ATE0** invalidează ecoul comenzii către modem înapoi spre ecranul calculatorului;

**ATE1** validează ecoul.

Comanda deconectării:

**ATH1** comandă cuplarea la linie;

**ATH1** comandă decuplarea de la linie.

Comenzi de identificare (semnificațiile diferă funcție de tipul de modem):

**ATI0** afișează codul de identificare al modemului;

**ATI1** afișează suma de control

**ATI2** afișează suma de control al ROM-ului (OK sau ERROR);

**ATI3** afișează numărul de revizie al firmware-ului;

**ATI4** afișează șirul de identificare OEM;

**ATI5** afișează codul de țară;

**ATI6** afișează modelul circuitului DSP de prelucrare a datelor;

**ATI6** afișează codul DAA.

Controlul difuzorului:

**ATL0** volum mic;

**ATL1** volum mediu;

**ATL2** volum mediu spre mare;

**ATL3** volum mare;

**ATM0** invalidare difuzor;

**ATM1** validare difuzor până se detectează purtătoarea;

**ATM2** validare difuzor.

Mod de lucru:

**ATN0** viteza de conectare este specificată în S37;

**ATN1** viteza de conectare este stabilită automat prin negociere între cele 2 modemi.

Întoarcerea în starea de comenzi:

**ATO0** comută de la starea de comenzi la starea de ON LINE fără formarea numărului;

**ATO1** comută de la starea de comenzi la starea de ON LINE și inițiază un proces de egalizare automată.

Modul de răspuns:

**ATQ0** validează ca răspunsul să fie afișat pe ecran;

**ATQ1** invalidează răspunsul pe ecran.

Codul rezultat:

**ATV0** cod numeric;

**ATV1** format alfanumeric.

Mesaje de corecție:

**ATW0** corecția de eroare nu este afișată;

**ATW1** corecția de eroare este afișată;

**ATW2** corecția de eroare nu este afișată, se afișează doar viteza de conectare.

Afișarea rezultatelor:

**ATX0** invalidare răspunsuri modem în afară de OK, CONNECT, RING, NO CARRIER, ERROR, NO ANSWER;

**ATX1** invalidare răspunsuri în afară de cele anterioare și CONNECT xxxx (viteza la care s-a realizat conectarea);

**ATX2** invalidare răspunsuri în afară de cele anterioare și NO DIAL TONE;

**ATX3** validare răspunsuri.

Reset:

**ATZ0** restaurează datele stocate în profilul 0;

**ATZ1** restaurează datele stocate în profilul 0.

Câteva dintre comenzile extinse sunt enumerate în continuare.

Gestionarea DCD:

**AT&C0** forțează DCD activ tot timpul;

**AT&C1** DCD indică prezența purtătoarei.

Gestionarea DTR:

**AT&D0** ignoră DTR;

**AT&D1** mod de transfer asincron;

**AT&D2** invalidare răspuns automat;

**AT&D3** reset dacă se comandă ATZ.

Reprogramare:

**AT&F0** se încarcă valorile date de fabricant (profilul 0);

**AT&F1** se încarcă valorile date de fabricant (profilul 1).

Gestionarea transferului de date:

**AT&K0** invalidare control;

**AT&K3** protocol RTS /CTS;

**AT&K4** protocol XON /XOFF;

**AT&K6** protocol RTS /CTS și XON /XOFF.

Programarea modului puls de formare a numărului:

**AT&P0** raport între scurt /gol de 39/61 (US și Canada);

**AT&P1** raport între scurt /gol de 33/67 (UK și Hong Kong).

Gestionarea DSR:

**AT&S0** DSR activ tot timpul;

**AT&S1** DSR activ după detecția tonului și inactiv după pierderea purtătoarei.

Test:

**AT&T0** terminarea oricărui test;

**AT&T1** execută test în buclă al părții analogice;

**AT&T3** execută test în buclă al părții digitale;

**AT&T4** validează o cerere pentru test de la alt modem, conectat;

**AT&T5** invalidează o cerere pentru test de la alt modem, conectat;

**AT&T6** execută un test printr-un alt modem;

**AT&T7** execută un test al părții digitale printr-un alt modem;

**AT&T8** execută un test al părții analogice printr-un alt modem.

Afișare configurație:

**AT&V** afișare configurație.

Salvare configurație:

**AT&W0** salvează configurația ca profilul 0;

**AT&W1** salvează configurația ca profilul 1.

Definire profil implicit:

**AT&Y0** selectează profilul 0;

**AT&Y1** selectează profilul 1.

Memorare numere de telefon:

**AT&Z0=**, **AT&Z1=**, **AT&Z2=**, **AT&Z3=** memorează câte un șir de 34 de cifre.

Câteva din comenzile particulare (compatibile V.42) sunt:

**AT% C0** invalidare compresie;

**AT% C1** compresie MNP5;

**AT% C2** compresie V.42;  
**AT% C3** compresie V.42 și MNP5;  
**AT% E0** invalidare monitor de calitate a liniei;  
**AT% E1** validare monitor de calitate a liniei;  
**AT% L** raportează calitatea semnalului recepționat prin raportul semnal zgomot în dB raportat la mW, afișat ca 009 este -9dBm, 010 este -10dBm până la 043 care este -43dBm;  
**AT% Q** raportează calitatea liniei ca și comanda anterioară.  
 Comenzi referitoare la registre:  
 Citirea unui registru **AT Sn?**;  
 Schimbarea valorii unui registru **AT Sn=v**.

De exemplu AT S0=3 are ca efect ca modemul să răspundă automat la al treilea apel. Structura registrelor S0-S37 este descrisă în bibliografie [4]. Comenzile de stabilire a vitezei de transfer și a modulației sunt descrise de asemenea în bibliografie [4].

Comenzile către modem pot fi trimise din calculator cu programul HYPER TERMINAL, după alegerea tipului de modem instalat. Un ecran al programului HYPER TERMINAL este dat în figura 3.17:

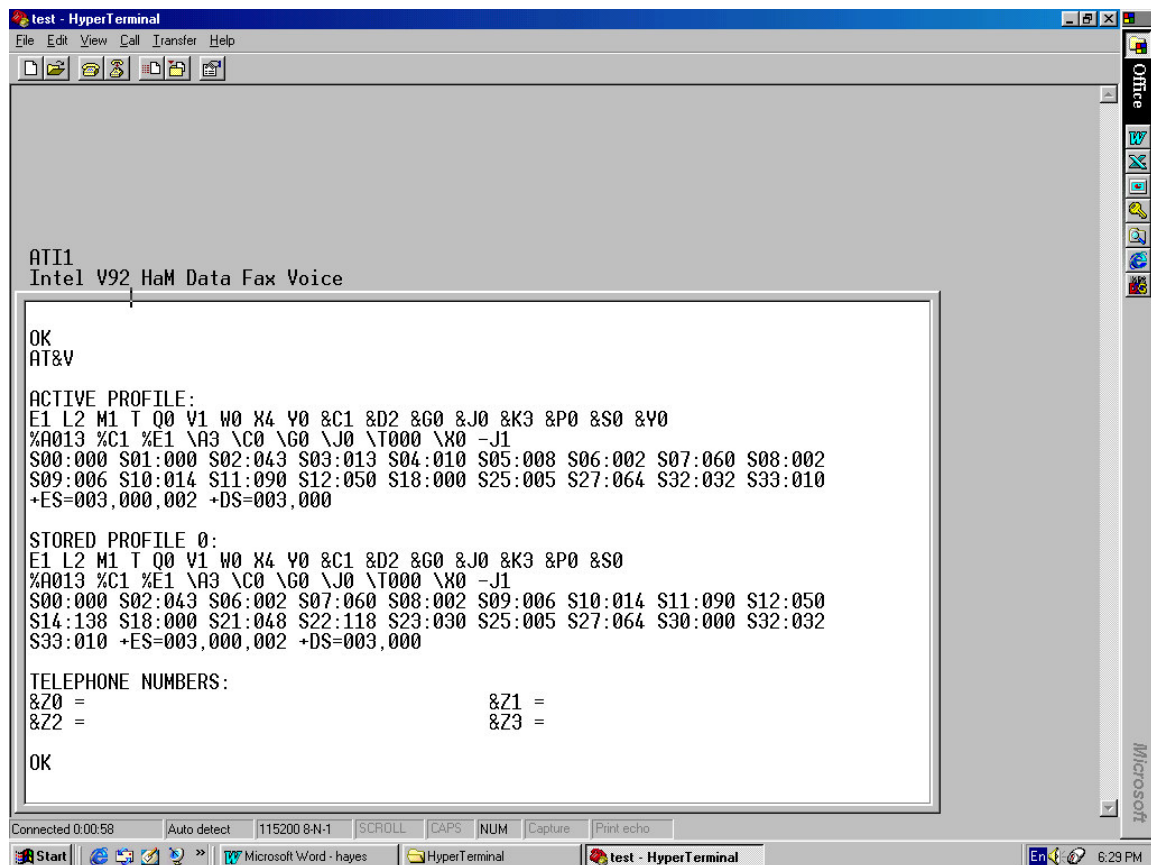


Fig. 3.17. HYPER TERMINAL

A fost dată o comandă de identificare ATI1 la care modemul a răspuns prezentându-se, apoi s-a dat o comandă de listare a configurației profilelor AT&V la care modemul a afișat registrele, numerele de telefon memorate și alte informații.

Orice modem instalat pe un sistem poate fi testat sub WIN98 prin următoarea succesiune de operații: Start, Settings, Control Panel, Modems, se selectează modemul, apoi Diagnostics și

More Info. În urma acestei succesiuni de comenzi, sistemul lansează comenzi AT la care modemul răspunde astfel (modem INTEL HaM Ambient, 56K):

**ATI1**

Intel V92 HaM Data Fax Voice

**ATI2**

Intel Corporation

**ATI3**

MD 5628D-L-A

**ATI4**

HaM Release 4.12

**ATI5**

V.92

**ATI6**

DSP Patch Level 3.23

**ATI7**

OK

Următoarea fotografie (fig. 3.18.) reprezintă alăturat 2 modeme, un modem INTEL HaM cu setul de circuite INTEL 536EP (Ambient) iar celălalt modem este un “modem” CNR (AMR), de fapt circuitele de legare la linie, pentru că modemul propriu zis (modem AC 97) este situat pe placa de bază.

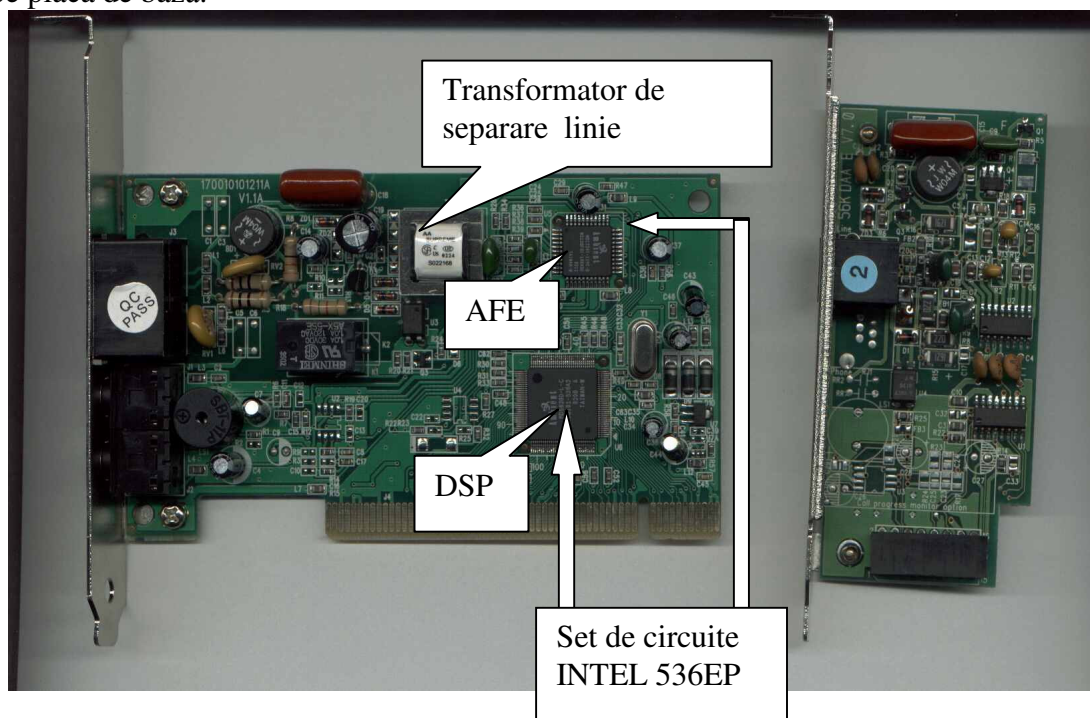


Fig. 3.18.: Modem 56K INTEL HaM și modem CNR

## Bibliografie

1. Uyless B., Physical Layer Interfaces and Protocols, IEEE Computer Society Press, California, 1996

2. A.Mihalcea, A.Șerbănescu, P. Tabarcea, Sisteme moderne de comunicații, Ed. Militară București, 1992
3. I. Szekely, W. Szabo, R. Munteanu, Sisteme pentru achiziția și prelucrarea datelor, Ed. Mediamira Cluj Napoca, 1997
4. \*\*\* High Speed DATA/FAX Modem, Manual Part No. 9362G-1, 03/1998
5. Kamilo Feher coord., Comunicații Digitale Avansate, Ed. Tehnică București, 1994

### **Link-uri utile**

1. [www.pcwebopaedia.com](http://www.pcwebopaedia.com) Noțiuni introductive
2. [www.modem-help.co.uk](http://www.modem-help.co.uk) Noțiuni introductive
3. [www.pctechguide.com](http://www.pctechguide.com) Noțiuni introductive
4. [www.rad.com/networks/](http://www.rad.com/networks/) D. Koren Introduction to Computer Communication University of Tel Aviv
5. [www.etsi.org](http://www.etsi.org) Standarde Telecom Standards
6. [www.intel.com](http://www.intel.com) Seturile de circuite INTEL 536EP și INTEL MD566x
7. [www.atmel.com](http://www.atmel.com) Transceiver radio
8. <http://developer.intel.com/technology/cnr> Modem CNR