

ORIZONTURI APROPIATE

INTRODUCERE IN TEHNICA DIGITALA

ing. I ROSCA

1. Numarul

Orice ansamblu (multime) de obiecte poate fi caracterizat prin numarul de elemente din care este compus. Nu putem defini numarul, aceasta fiind o notiune primara pe care o presupunem inteleasa intuitiv. Putem de exemplu afirma ca sirul de multimi



contine un numar tot mai mare de elemente.

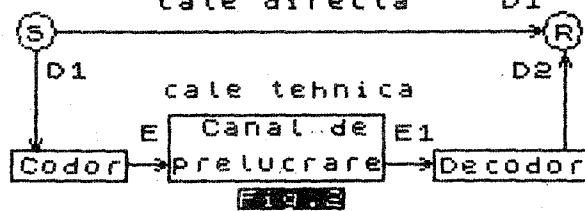
O data perceput, numarul trebuie simbolizat. In acest sens avem o mare libertate: pornind de la simbolizarea grafica intuitiva: " * * * * " pina la simboluri abstracte, conventionale: "patru" sau "4" sau "IV" sau "quatre" sau "P"...etc.

Nu confundati insa numarul cu reprezentarea lui simbolica (numele sau !). Aceasta confuzie va poate ingreuna intelegerea tehnicii digitale !

Sintem interesati de numere si de reprezentarile lor, atunci cind dorim sa realizam transmiterea informatiilor pe lanturi tehnice. De ce ?

Deoarece simpla descriere calitativa a prelucrarilor dintr-un astfel de lant nu asigura posibilitatea urmaririi fidelitatii transmisiei.

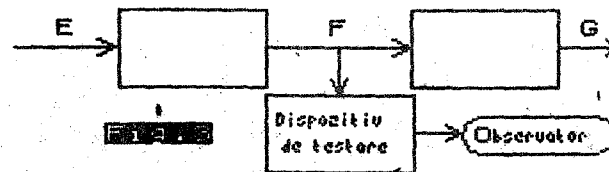
Schema generala din fig.2 reaminteste principiul lanturilor tehnice de transmitere a informatiilor: cale directa D1



(redactind acest articol mi-am codat gindurile in cuvinte scrise. Ele au ajuns in fata ochilor dv. si sinteti acum pe cale de a le decoda ! Nu putem fi siguri insa de fidelitatea comunicarii...)

Lanturile tehnice de prelucrare au nevoie de indici cantitativi, au nevoie de masurare. Putem fi siguri ca informatia D2 reflecta fidel originalul D1 numai verificind modul de variatie in timp al marimilor fizice care intervin (semnale).

Daca avem posibilitatea urmaririi semnalului, (asadar dispunem de un dispozitiv care atacat cu semnalul testat produce un efect care poate fi percept cu simturile noastre):



vom observa "forma de unda" a semnalului (de ex. cu ajutorul unui osciloscop). Am putea de exemplu constata situatia:



care permite concluzii de genul:

- D2 urmareste (in mare) D1
- D2 este perturbat de semnale parazite de frecventa ridicata
- D2 este atenuat fata de D1.

Devenim insa cu adevarat stapini pe situatie daca introducem etaloane pentru fiecare din marimile "spionate" cu ajutorul dispozitivelor de test.

Numarind de cite ori se incadreaza efectul etalon in efectul constatat obtinem o caracterizare numerica a fenomenului fizic - semnalul matematic - $d1(t)$; $d2(t)$; $e1(t)$ etc. Se pot acum verifica relatii ca: $d1(t) = d2(t)$ (identitate) $d1(t) = k \times d2(t)$ (proporzionalitate, asemanare)

Asadar avem nevoie de numere pentru a descrie cantitativ prelucrarea informatiei. In fond, tocmai aceasta evolutie cantitativa este "transportata de-a lungul lantului", caci transformarile fizice (sunet-curent etc.) nu ne permit sa afirmam ca se transmite o anumita marime fizica.

Informatia este deci continuta in semnalul matematic, in forma de evolutie a marimilor, in ... jocul numerelor !

In cazul prelucrarilor analogice un etaj realizeaza o transmisie directa a unui anumit semnal:



aspectul numeric fiind intrinsec. Fenomenul fizic care produce transformarea $E \rightarrow F$ (relatie cauza - efect) este direct responsabil de trecerea $e(t) \rightarrow f(t)$, asadar de aspectul matematic al transformarii.

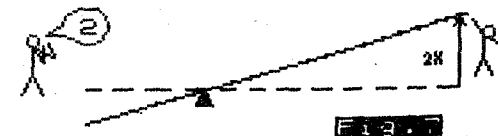
Daca veti apasa pe capatul A al pirghiei din fig.



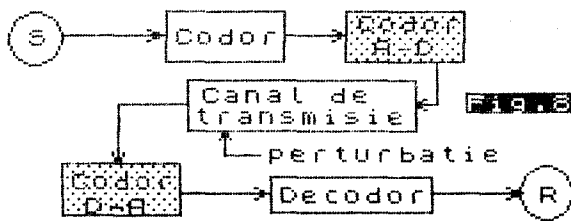
veti obtine o deplasare a capatului B (receptor) care poate fi masurata. Orice variatie a lui x va produce automat o variatie proportionala a lui y . Boriti ca receptorul sa ridice capatul B la doi metri...trebuie sa apasati capatul A cu un metru in jos ! Relatia matematica este realizata intrinsec prin intermediul procesului fizic.

Asadar numerele va vor servi in transmisia analogica doar pentru masurarea fenomenului, pentru descrierea si urmarirea lui.

Cu totul alta este metoda adoptata in tehnica digitala ! Aici aspectul numeric ocupa primul plan. Se transmite simbolul numarului rezultat prin masurare, in locul nivelului real, masurat. Revenind la exemplul cu pirghia, puteti determina "receptorul" sa regleze pirghia in pozitia dorita comunicindu-i:



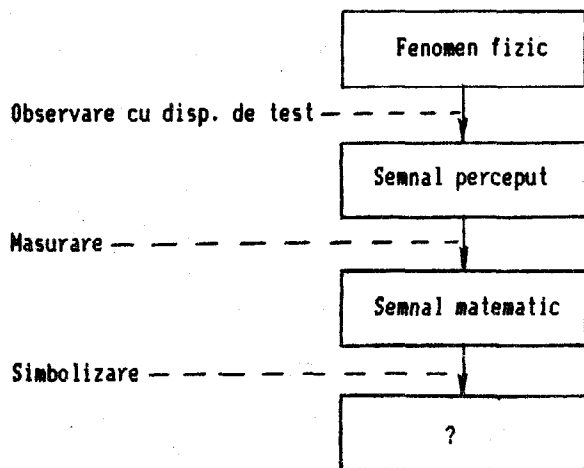
Asadar tehnica digitala este in esenta o tehnica simbolica. Ea functioneaza dupa urmatoarea schema :



Remarcati fata de schema din figura 2, aparitia blocurilor de conversie :

- codorul - care inlocuieste transmiterea nivelelor cu simboluri ale numerelor rezultate prin masurare
- decodorul - traduce simbolurile receptionate producind semnale analoge celor initiale

Am parcurs pina acum etapele :



Sintem deci obligati la o analiza a modului cum pot fi simbolizate numerele.

2. Reprezentarea numerelor

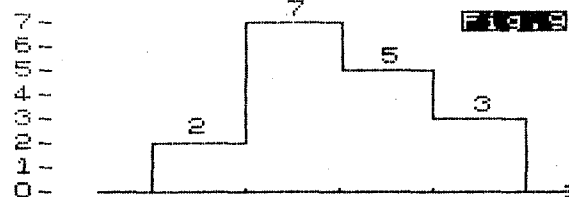
Primul lucru pe care-l putem afirma este ca indiferent de simbolurile folosite, nu avem voie sa folosim aceeasi reprezentare pentru doua numere diferite!

Aceasta insa ne pune intr-o situatie dificila : avem nevoie de un numar enorm de simboluri (de fapt o infinitate !)

Doar in cazurile in care intr-o anumita transmisie nivelul semnalului poate lua un numar

relativ mic de valori ne putem permite luxul de a folosi cite un simbol nou pentru fiecare valoare.

Astfel daca informatia pe care doriti sa o transmiteti are evolutia :



Putem folosi simbolurile traditionale figurate pe grafic : " 2-7-5-3 ".

Apelam asadar la reprezentarile simbolice. . .

- = 0 ***** = 5
- * = 1 ***** = 6
- ** = 2 ***** = 7
- *** = 3 ***** = 8
- **** = 4 ***** = 9

care sint suficiente atita timp cit nu avem mai mult ca zece nivele de reprezentat.

Daca numarul de trepte creste si dorim sa folosim simboluri simple putem continua astfel:

- ***** = A ***** = D
- ***** = B ***** = E
- ***** = C ***** = F etc.

Este evident ca mergind mai departe pe aceasta cale va fi greu sa ne descurcam in lumea simbolurilor introduse ! Probabil ca dv. ati folosit deja un alt simbol in locul lui A - cuvintul "zece" sau simbolul dublu "10". La fel "B" = "11"; "C" = "12"; etc.

Sa ne oprim putin asupra ultimei variante care reprezinta o simbolizare pozitionala, ierarhizata. Semnificatia unei "cifre" este data de :

- simbolul ei (vezi tabloul precedent)
- pozitia pe care o ocupa in simbolul compus

O astfel de conventie are efecte extraordinare !

Ea ne permite ca numai cu zece simboluri de baza (cifre = digits in limba engleza !) sa reprezentam prin compunere numere de orice marime. Acest proces ne reaminteste de modul minunat in care literele alfabetului ne ajuta sa ne exprimam ! Dincolo de asemanare (formarea simbolurilor compuse) remarcam si

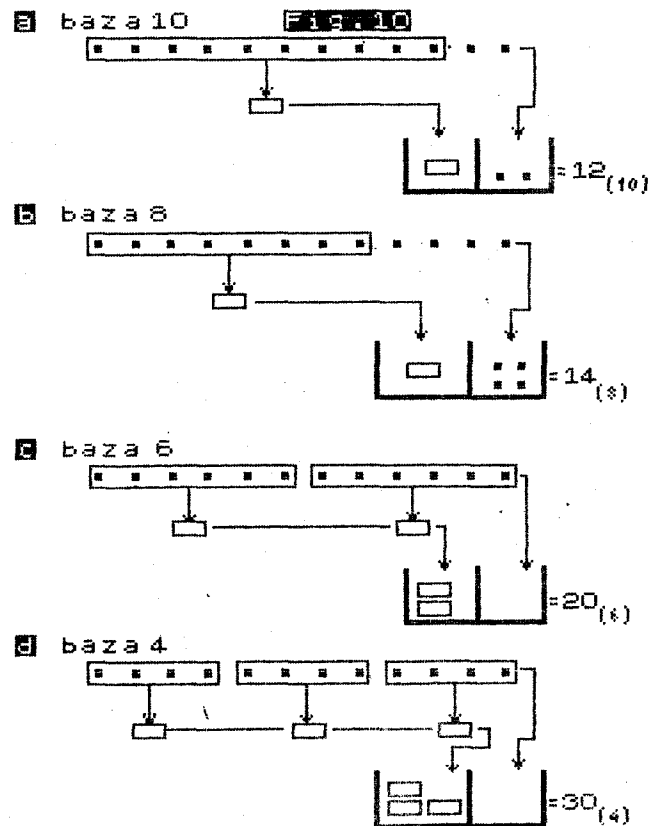
o mare deosebire : existenta unei reguli precise de compunere.

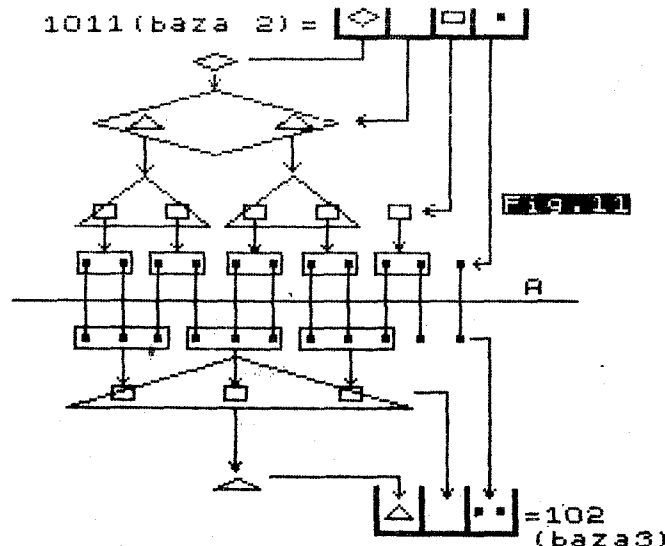
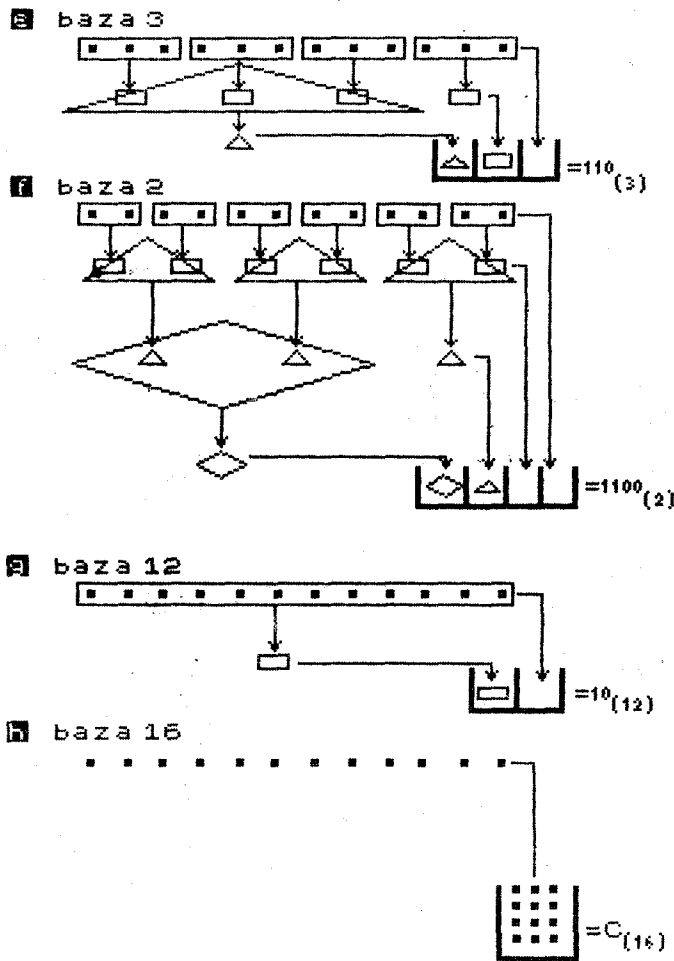
Astfel numarul simbolizat : 423 poate fi descifrat : $423 = 4 \times 10 \times 10 + 2 \times 10 + 3 =$ *****... (un numar deja prea mare pentru a ne permite sa-l reprezentam direct).

Toate acestea va sint desigur familiare. Sintem atit de obisnuiti cu reprezentarea pozitionala a numerelor in baza 10 incit riscam sa confundam numarul cu aceasta reprezentare a sa !

De aceea alegerea unei alte baze : b pentru organizarea unei reprezentari pozitionale ne poate apare "ciudata" desi in fond nu se deosebeste prin nimic de cazul bazei zece.

Trebuie doar sa aplicam acelasi principiu : un grup de b unitati de un anumit ordin formeaza o unitate de ordin superior - care este simbolizata un pas mai la stanga





Obs :-La nivelul A se obtine reprezentarea directa ("unu la unu") a numarului.

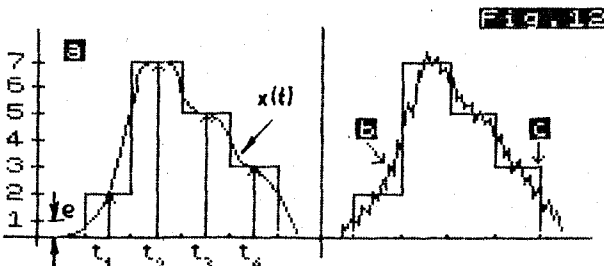
- In limba romana avem cuvinte numai pentru reprezentarea in baza 10. De aceea exprimari de genul : 210 (in baza 4) = "doua sute zece - in baza 4" sint incorecte ! Putem spune "doi - unu - zero in baza 4"

- Cu cit baza b este mai mica se obtin numere cu mai multe cifre (mai lungi), dar cu un numar mai mic de simboluri elementare.

3. Transmisia digitala

Sa revenim la problema transmiterii informatiilor pe un lant de tipul celor din figura 8, pentru a da exemple de codari simbolice a numerelor rezultate prin masurarea nivelului unui semnal.

Sa presupunem ca vizualizind o tensiune intr-un aparat, obtineti pe ecranul osciloscopului semnalul reprezentat in fig.12a cu linie curba.



Sper ca figurile precedente sint suficiente pentru intelegerea principiului de scriere al unui numar intr-o anumita baza de enumeratie. Va propun cîteva exercitii de antrenament.

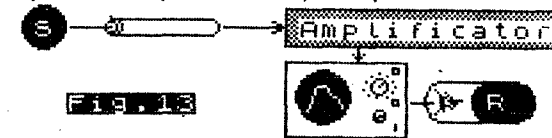
- Sa se traduca numarul 15 (in baza 10) in bazele 2, 3, 4, 5, 6, 15
- Sa se traduca numarul 1101 (baza 2) in bazele 10, 3, 4, 8, 7
- Cu cite cifre se scrie numarul 1988 in baza 2 ?

Pentru a face trecerea de la o baza la alta puteti folosi principiul sugerat in fig.11

Doriti sa comunicati unui coleg aceasta forma de unda.

Daca este in camera alaturata, il puteti chema; va percepe direct informatia, realizindu-se astfel lantul simplu : sursa -> receptor.

Daca se afla inasa intr-un alt sediu (nu prea departat), puteti apela la un cablu si eventual la un amplificator pentru a compensa pierderile :



Conectind semnalul receptionat la osciloscopul sau, partenerul receptor va observa pe ecran o imagine analoaga celei din figura 12. Se realizeaza astfel o transmisie analogica de semnal.

Principiul este simplu. Vor apare inasa probleme atunci cind, distanta fiind prea mare, semnalul va fi puternic atenuat, pina la nivelul la care zgomotul devine semnificativ. Daca nivelul zgomotului este de exemplu 1/4 din nivelul semnalului, acesta va fi greu de recunoscut (curba b din fig.12).

Infidelitatea datorata atenuarilor si zgomotului (defectiunilor canalelor de transmisie - in general) este motivul care ne determina la cautarea unei alte maniere de transmitere : cea simbolica.

Incepem prin a masura nivelele semnalului sursa (folosind eventual etalonarea osciloscopului si scala sa gradata). Semnalul avind o variatie continua nu vom putea transmite toate valorile (o infinitate !). Vom face un numar finit (discret) de masurari la anumite intervale (din loc in loc). Acest proces este denumit esantionare si este simbolizat in figura 12a cu ajutorul sagetilor.

Mai mult, nu ne putem permite sa transmitem orice valoare masurata, caci numarul obtinut poate avea (in ipoteza unei posibilitati fine de masurare) prea multe cifre zecimale ! Vom alege asadar un etalon rezonabil (prea mic nu poate fi folosit, prea mare nu ofera precizie) si vom numara de cite ori este cuprins in nivelele $x(t_1)$, $x(t_{222})$, $x(t_3)$, $x(t_4)$...

Obtinem astfel caracterizarile numerice $n(t_1)$, $n(t_2)$, $n(t_3)$, $n(t_4)$... (de ex. in fig.12 : 2;7;5;3)

Aceste numere pot fi comunicate pe o cale oarecare colegului dv. care le va putea folosi pentru a desena forma de unda in trepte din fig.12-c. El va obtine astfel o aproximare a semnalului initial, esantionat, cuantificat si transmis digital, conform schemei bloc din fig.8.

Se pune problema care dintre deformarile rezultate prin cele doua metode de transmitere este mai acceptabila : suprapunerea zgomotului (12b) sau cuantificarea semnalului (12c).

Raspunsul depinde de mai multi factori :

- raportul semnal/zgomot caracteristic lantului de transmisie. Un raport bun este un argument in favoarea variantei analogice (echipament mai simplu)
- pragul de trunchiere (cuantizare) folosit la transmisia digitala. Cu cit acest prag este mai mic, cu atit forma de unda transmisa va aproxima mai fidel pe cea initiala.

Daca zgomotul este inacceptabil si pragul de cuantizare a semnalului analogic (in vederea transmisiei digitale - vezi schema bloc din fig.8) este foarte mic, varianta digitala va oferi o mai buna calitate (deoarece deviatiile de cuantizare sint mai fine decit cele produse de zgomot).

Observatii :

- putem folosi diverse simboluri pentru a transmite numerele obtinute prin masurare
- in televiziune nu vom putea face apel, pentru transmiterea simbolurilor obtinute dupa conversia analogic digital, decit la canale de transmitere analogica a unei informatii electrice. Asadar vor fi si acum resimtite efectele canalului de transmisie

Nu vom obtine deci la intrarea decodorului digital-analogic un semnal in trepte "curat" (ca in fig.12c) ci unul pe care este prezent zgomotul propriu al sistemului de transmisie. In conditiile in care se foloseste acelasi lant ca pentru transmisia analogica se va obtine acelasi raport semnal/zgomot pentru semnalul simbolic (digital) ca si pentru cel analogic.

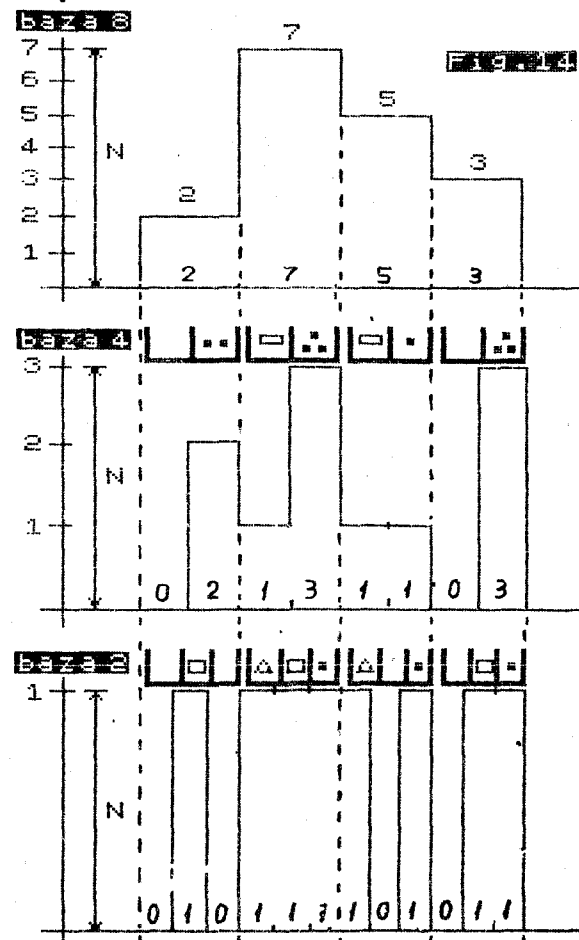
Care este atunci avantajul codarii ? (Se adauga erorilor de zgomot, erorile de trunchiere !) - posibilitatea de recunoastere a simbolurilor care le ofera o protectie intrinseca la zgomot !

Pentru a intelege mecanismul acestei protectii sa ne reamintim citeva modalitati de reprezentare a numerelor obtinute prin masurare : 2 - 7 - 5 - 3.

- codor in baza 8 : 2 - 7 - 5 - 3
- codor in baza 4 : 02 - 13 - 11 - 03
- codor in baza 2 : 010 - 111 - 101 - 011

Putem asadar transmite oricare din aceste suite de simboluri cu conditia ca receptorul (avizat) sa le decodeze corespunzator.

Presupunind utilizarea aceluasi lant de transmisie vom obtine la nivelul receptorului variante caracterizate de acelasi nivel maxim, de acelasi nivel de zgomot, de aceeasi durata de transmitere a mesajului elementar (esantion).



Observatii : Pe masura micșorării bazei de reprezentare "treapta unitate" din semnal crește (avem mai puține trepte la același nivel nominal). De aici rezulta o sensibilitate tot mai scăzută la zgomot, care trebuie să aibă valori mai mari ca să poată produce o eroare de mărimea unei trepte (schimbarea unei cifre).

La nivelul decodorului digital-analogic se vor folosi "praguri de recunoastere" a unei anumite cifre care vor elimina zgomotele a caror mărime nu depășește o treapta. Avem deci interesul ca treapta de recunoastere să fie cât mai mare. Situația cea mai avantajoasă o prezintă asadar cazul codării binare, în care zgomotul trebuie să depășească jumătate din nivelul semnalului pentru a produce o eroare la nivelul detectorului de prag (acesta funcționând după principiul "peste jumătate este 1, dedesubt este 0").

În cazul bazei 4 pragul de decizie este de 3 ori mai mic, rezultând o sensibilitate crescută la zgomot.

În schimb utilizarea bazei 8 (asadar reprezentarea "unu la unu" a nivelelor măsurate) ne conduce la un prag de 7 ori mai mic, anulând practic avantajul transmisiei digitale (semnalul rezultat este esantionat, cuantizat, și are aceeași sensibilitate la zgomot ca cel inițial). Deci cuantizând un semnal cu pasul c și obținând numărul maxim de trepte N , nu are rost să transmitem numerele reprezentând nivelele în baza N (adică să alocăm fiecărei cifre o altă treapta).

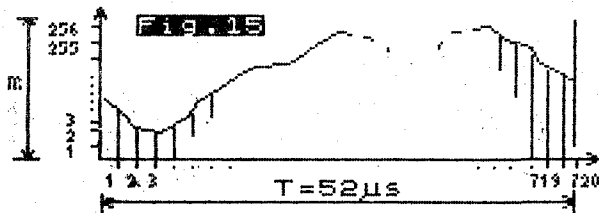
Avantajul transmisiei digitale apare numai prin folosirea unei codări în baza inferioară lui N ! Numai astfel va crește "mărimea unei unități" și se va asigura la același raport semnal/zgomot al lantului de prelucrare, o mai bună protecție a informației.

Din acest punct de vedere folosirea bazei doi este optimă. În plus ea conduce la structuri de codare și prelucrare simple, pentru că cele două nivele de semnal necesare transmiterii informației se obțin ușor (comutari saturat-blocat etc).

Dezavantajul pe care-l aduce micșorarea bazei de enumerare, este creșterea numărului de cifre necesar simbolizării unui număr. Perioada alocată unei unități de informație (esantion) rămânând aceeași, vom obține durate mai mici de transmitere a unei cifre și prin aceasta creșterea frecvenței semnalului transmis

In exemplele anterioare ati observat trecerea :
 baza 8 - o cifra pentru un esantion
 baza 4 - doua cifre pentru un esantion
 baza 2 - trei cifre pentru un esantion
 ceea ce inseamna marirea in acelasi raport a frecven-
 tei de lucru.

Fie de exemplu o linie activa de TV cu perioada
 de 0,052 ms de pe care culegem 720 de esantioane in
 vederea formarii unui semnal digital:



Daca admitem ca satisfacatoare o reprezentare cu 256
 de trepte a nivelelor semnalului de luminanta (sau
 R,G,B)rezulta:

- baza 256 : 256 de nivele; reprezentare cu o cifra;
 prag de recunoastere $= m/255 = p$; perioada unui
 esantion $T' = Tlin/720$
- baza 64: 64 de nivele; reprezentarea unui esantion
 prag de recunoastere $= m/63 = 4p$; perioada transmite-
 rii unei cifre $= T'/2$, deci frecventa dubla
- baza 16: 16 nivele; esantion cu 2 cifre; prag de
 recunoastere $m/15 = \text{aprox. } 16p$; perioada unei cifre $=$
 $= T'/2$; frecventa dubla.
- baza 2: 2 nivele; esantion reprezentat cu 8 cifre;
 prag de recunoastere $= m = 256p$;perioada cifrei $T'/8$,
 deci frecventa de 8 ori mai mare.

(Exercitiu : justificati afirmatiile de mai sus)

Folosirea bazei 2 ofera deci o sensibilitate la
 zgomot de 256 ori mai buna, in schimbul cresterii de
 numai 8 ori a frecventei de lucru!

Pentru transmisiile profesionale, aceasta este o
 varianta net avantajoasa !

Exemplele precedente ne conduc la urmatoarele
 concluzii :

1. Tehnica digitala consta in transmiterea numerelor
 care reprezinta nivelele unui semnal, folosind ca
 simbolizare reprezentarea acestor numere intr-o anu-
 mita baza. Este transmitere prin cifre ("digits").

2. Pentru a se obtine o aproximare cit mai buna a
 semnalului original codorul analogic - digital
 trebuie sa foloseasca o cuanta (unitate) cit mai mica
 Va rezulta un numar mare de trepte posibile.

3. Pentru ca treapta de recunoastere folosita de
 decodor sa fie cit mai mare (si prin aceasta informa-
 tia mai bine protejata la zgomot) trebuie sa folosim
 reprezentarea numerelor intr-o baza cit mai mica. In
 baze mici acelasi nivel de semnal va corespunde unui
 nivel al unitatii (si deci al pragului de recunoas-
 tere) mai mare.

4. Pretul platit pentru imbunatatirea raportului
 informatie / zgomot este cresterea frecventei de
 lucru (intr-o masura mai putin importanta)

5. Baza 2 este optima pentru o transmisie digitala !

4. Aplicatie : programatorul TV CROMATIC

Pentru a comuta de pe un canal pe altul, TV
 CROMATIC este prevazut cu 8 taste (vezi schema
 electrica a ansamblului programator).

Apasind de exemplu contactul 1, tensiunea din
 pinul 15 al CI U710D coboara de la 27 V la 9V (vezi
 divizorul rezistiv R48 - R40 din borna XMO6 de
 alimentare).

Tensiunea din ceilalti pini ai circuitului
 integrat U710D ramane la valoarea 27 V (comunicata
 prin retea rezistiva R41...R48)

In schema observati ca pinii de intrare ai CI
 U710D sint 15,16,1,2,3,4,5,6. Efectul apasarii unui
 anumit contact este coborirea tensiunii de intrare
 din pinul corespunzator de la 27 V la 9 V.

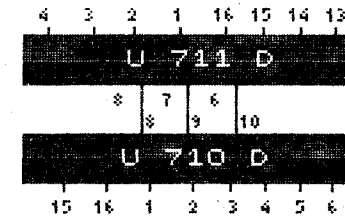
Desi U710D mai are 8 pini, nu toti sint pini de
 iesire (exista pin de masa, de alimentare etc.). De
 fapt numai pinii 8,9 si 10 comunica spre exterior
 catre integratul U711D informatia utila : care este
 tasta selectata.

In schimb CI U711D are 3 pini de intrare (8,7 si
 6) si 8 pini de iesire. Folosind informatia de la
 intrarile 8,7 si 6 CI U711D deschide una din cele 8
 iesiri (comanda trecerea ei de la 0 la 27 de volti).
 In ceilalti 7 pini tensiunea ramainind 0,este deschisa
 doar calea corespunzatoare tastei apasate.

Vom urmari cu un alt prilej functionarea integra-
 telor U710D si U 711D (pentru a intelege remanenta

selectarii unui canal dupa ridicarea degetului de pe
 tasta corespunzatoare si motivul pentru care pornirea
 se face pe canalul corespunzator tastei 1).

Pentru moment vreau doar sa rezolvam o problema
 de principiu:cum este posibil sa se faca trecerea de
 la 8 la 3 si apoi din nou la 8 cai de comunicare ?



Solutia o reprezinta folosirea bazei 2 pentru
 codificarea numarului intrarii (iesirii).

CI U710D dispune de codoare care fac traducerea
 dupa principiul :

0	=000 (baza2)	4	=100
1	=001	5	=101
2	=010	6	=110
3	=011	7	=111

La intrarile CI U710D,27 V corespunde nivelului 0
 logic si 9 V nivelului 1 logic (tasta actionata). La
 iesirile 8,9,10 ale lui U710D 27 V reprezinta nivelul
 0 logic si 0 V nivelul 1 (U710D lucreaza in "logica
 negativa".

In schimb iesirile CI U711D corespund trecerii
 inverse in tabelul de mai sus (circuitul decodeaza
 din baza 2 informatia de la pinii 8,7,6 de intrare
 comandind trecerea pe 27 V a pinului de iesire
 selectat prin tastare. Ex:tasta 1 numerotata 0 in ta-
 belul de mai sus-comanda pinul 15 U710D; acesta codi-
 fica in baza 2, livrind iesirile 0-0-0 logic adica 27
 V in pinii 8,9,10 ai CI U710D; chiar daca ridicam
 degetul de pe tasta,aceste tensiuni nu se schimba si
 atacind pinii 6,7,8 ai CI U711D produc decodificarea
 000 = 0 deschizind (27 V) iesirea 4 a CI U711D.

Lucrurile se petrec la fel si pentru celelalte
 taste si va lasam dv.placerea de a stabili experimen-
 tal modul exact de codare si decodare a fiecarei
 intrari, masurind tensiunile din pinii celor doua
 integrate (MAVO 35 este suficient) pentru fiecare caz
 (vezi articolul pe aceasta tema din cap."Masurari").