Coduri

Datorită principiilor de structură şi funcţionalitate pe baza cărora a fost construit, un calculator numeric nu poate recunoaşte decât cifre binare (biţii). Datele vehiculate la nivelul extern al sistemului informatic apar însă codificate prin cifre zecimale sau litere ale alfabetului latin. Ca urmare, apare necesitatea folosirii unei noi codificări prin care fiecare simbol alfanumeric să-şi găsească exprimarea sub forma unei secvenţe binare. Această codificare acţionează în procesul transpunerii datelor pe suporţi tehnici, astfel încât stocarea, prelucrarea şi transferul informaţiei în cadrul sistemului de calcul se face sub forma unor şiruri de biţi, indiferent de forma externă şi de semnificaţia datelor respective.

Se consideră două mulţimi de elemente, *A* şi *B*. A codifica elementele mulţimii *A* prin elementele mulţimii *B*, înseamnă a face să corespundă fiecărui element $a \in A$ o secvenţă de elemente $b \in B$.

Dacă se notează cu *I* mulţimea şirurilor de elemente din *B,* atunci aplicaţia care asociază fiecărui element din *A* un element din *I* se numeşte *cod* şi se notează cu:

$$f : A \to I . \tag{C.14}$$

În mod curent, în tehnica de calcul simbolurile mulţimii *A* (numite şi *alfabet*) se numesc *caractere*, ele cuprinzând litere, cifre, semne de punctuaţie, etc.

La ieşirea din sistem, se aplică un proces de decodificare prin care se revine la formatul extern al datelor.

Codurile în care sunt reprezentate numai numere se numesc *coduri numerice*, iar cele care cuprind şi literele şi celelalte semne se numesc *coduri alfanumerice*.

Având în vedere că într-un calculator numeric se utilizează sistemul binar, în continuare se vor prezenta o serie de coduri care codifică litere sau cifre prin elementele mulţimii $B = \{0,1\}$.

Prima problemă care se pune este: dacă mulţimea *A* are un număr *N* de caractere, cât de lungă trebuie să fie secvenţa $i \in I$ de elemente din *B* pentru a se putea codifica toate cele *N* caractere?

Dacă *n* este lungimea secvenţei *i*, atunci combinaţiile ce se pot face cu două elemente (0 şi 1) luate câte *n* vor fi în număr de 2^n. Deci *n* trebuie astfel ales încât să fie îndeplinită condiţia:

$$N \le 2^n. \tag{C.15}$$

Coduri numerice

Codurile numerice sau codurile *binar-zecimale*, *BCD* (*B*inary *C*oded *D*ecimal), asociază fiecărei cifre zecimale o secvenţă de cifre binare (biţi). Aceste coduri se împart în două categorii: *ponderate* şi *neponderate*. Un cod binar-zecimal este ponderat dacă unei cifre zecimale îi corespunde o secvenţă binară în care fiecare rang *i* are asociată o anumită pondere P_i. Aceasta înseamnă că un număr zecimal:

$$N = Z_m Z_{m-1} \ldots Z_k \ldots Z_1, \tag{C.16}$$

unde, $Z_k \in \{0,1,2,\ldots 9\}$, va avea fiecare cifră reprezentată printr-o secvenţă binară care satisface relaţia:

$$Z_k = a_n P_n + a_{n-1} P_{n-1} + \ldots + a_i P_i + \ldots + a_2 P_2 + a_1 P_1, \tag{C.17}$$

sau

$$Z_k = \sum_{i=1}^{n} a_i P_i , \tag{C.18}$$

unde, $a_i \in \{0,1\}$, P_i reprezintă ponderea corespunzătoare rangului *i*, iar *n* este numărul de biţi din secvenţa binară asociată prin cod cifrei zecimale. Ponderea P_i poate lua una din valorile: $0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm 9$.

În tabelul C.2 se prezintă o serie de coduri binar-zecimale ponderate mai frecvent utilizate.

Codul 8421 se mai numeşte şi *codul binar-zecimal natural* (*NBCD* – *N*atural *B*inary *C*oded *D*ecimal)[1], deoarece având ca ponderi puterile lui 2, fiecare tetradă de biţi reprezintă de fapt exprimarea cifrei zecimale respective în sistemul de numeraţie binar.

Codul 2421 se numeşte şi *cod Aiken* după numele celui care l-a imaginat şi l-a folosit la primele sisteme de calcul automat. Este vorba de profesorul Howard Aiken, de la Universitatea Harward, care în colaborare cu firma IBM (International Business Machines) a realizat, între anii 1939-1944 o maşină automată de calculat, denumită MARK I, care este precursorul primelor calculatoare electronice ce au apărut în anii imediat următori.

Secvenţele de cod Aiken au pentru primele cinci cifre zecimale aceeaşi exprimare ca şi în codul 8421. În continuare, secvenţa binară corespunzătoare cifrei 5 se obţine din cea a cifrei 4 schimbând 0 în 1 şi 1 în 0. Aceeaşi regulă se aplică pentru obţinerea secvenţei lui 6 din cea a lui 3, 7 din 2, 8 din 1 şi 9 din 0. Acest lucru înseamnă în termeni

[1] În terminologia curentă este denumit (impropriu) doar codul BCD.

matematici că fiecare complement faţă de 9 al unei cifre zecimale se exprimă printr-o secvenţă ce rezultă complementând faţă de 1 biţii din secvenţa cifrei zecimale respective.

Codurile care se bucură de această proprietate se numesc *autocomplementare*. Un astfel de cod prezintă avantaje în efectuarea operaţiilor aritmetice şi simplifică schema constructivă a blocului aritmetic din calculatoarele numerice.

Codul 4221 are aceleaşi proprietăţi ca şi codul 2421 (Aiken) prezentat mai sus: utilizează ponderea 2 în două poziţii distincte ale tetradei, iar tetradele care reprezintă cifre zecimale a căror sumă este egală cu 9 se complementează reciproc; primele cinci cifre zecimale au pe prima poziţie 0, iar ultimele cinci 1.

Codul 5421 are caracteristic faptul că cifrele 5 ÷ 9 se deosebesc de cifrele 0 ÷ 4 numai prin primul bit.

Codul 7421 utilizează ponderile 7,4,2,1; în aceste condiţii se observă că cifra 7 poate fi reprezentată în două moduri (0111 sau 1000) şi pentru a se înlătura ambiguitatea s-a introdus o restricţie suplimentară şi anume: se utilizează din toate combinaţiile posibile aceea care corespunde numărului maxim de biţi semnificativi.

În tabelul C.2 sunt prezentate, de asemenea, câteva coduri neponderate, create pe baza unor considerente impuse de modul lor de utilizare.

Codul Exces 3 se obţine din codul 8421, prin adunarea la fiecare tetradă a cifrei 3 (0011) în binar. Rezultă astfel un cod cu proprietatea de autocomplementare şi din care s-a eliminat combinaţia 0000[2].

Tab.C.2 Coduri binar-zecimale.

Numere în zecimal	Coduri binar-zecimale							
	Coduri ponderate					Coduri neponderate		
	8421	2421	4221	5421	7421	Exces 3	Gray	2 din 5 74210
0	0000	0000	0000	0000	0000	0011	0000	00011
1	0001	0001	0001	0001	0001	0100	0001	00101
2	0010	0010	0010	0010	0010	0101	0011	00110
3	0011	0011	0011	0011	0011	0110	0010	01001
4	0100	0100	0110	0100	0100	0111	0110	01010
5	0101	1011	1001	1000	0101	1000	0111	01100
6	0110	1100	1100	1001	0110	1001	0101	10001
7	0111	1101	1101	1010	0111	1010	0100	10010
8	1000	1110	1110	1011	1001	1011	1100	10100
9	1001	1111	1111	1100	1010	1100	1101	11000

Codul Gray poartă şi el numele celui care l-a imaginat şi se caracterizează prin aceea că trecerea de la o cifră zecimală la următoarea se face prin modificarea unui singur rang binar al tetradei. Secvenţele codului Gray pot fi deduse din cele ale codului 8421, pe baza următoarelor relaţii:

$$b_1 = a_1 \oplus a_2 ,\ b_2 = a_2 \oplus a_4 ,\ b_3 = a_4 \oplus a_8 ,\ b_4 = a_8 , \qquad \text{(C.19)}$$

[2] Pentru a se putea face distincţie între valoarea 0 a unui semnal şi absenţa lui, în circuitele electronice este importantă excluderea combinaţiei 0000.

unde, b_1, b_2, b_3 şi b_4 sunt poziţiile unei secvenţe Gray scrise de la dreapta spre stânga, iar a_1, a_2, a_4 şi a_8 sunt poziţiile codului 8421 scrise în ordinea ponderilor.

Codul „2 *din* 5” este un cod pseudoponderat deoarece pentru cifrele zecimale $1,2,\ldots,9$ se pot asocia biţilor din secvenţă ponderile 74210; în schimb secvenţa asociată cifrei zero nu mai respectă această regulă a ponderilor. Caracteristica principală a codului „2 din 5” constă în faptul că toate secvenţele binare asociate cifrelor zecimale au acelaşi număr de biţi semnificativi (1), anume câte 2 (din cele 32 de combinaţii binare care se pot forma cu 5 biţi, numai zece satisfac această condiţie), fapt ce a determinat şi atribuirea denumirii. Această proprietate oferă un criteriu de depistare a erorilor sau, altfel spus creează posibilitatea controlului asupra transmisiei informaţiei codificate în acest mod.

În codurile BCD, fiecare cifră zecimală este reprezentată, aşa cum s-a menţionat, de un cod binar cu patru respectiv cinci biţi. Codurile cu patru/cinci biţi ale fiecărei cifre zecimale sunt pur şi simplu concatenate (şir de grupe în conexiune). De exemplu, numărul $2743_{(10)}$ va avea corespondentul 0010 0111 0100 0011 în codul 8421 (BCD).

Operaţiile aritmetice cu numerele codate în această reprezentare se fac ca şi cum numerele ar fi binare, însă cu o serie de modificări. Presupunând că ar trebui să adunăm două numere zecimale reprezentate, de exemplu, în codul 8421 (BCD), se pot întâlni următoarele situaţii:

– dacă fiecare cifră a rezultatului este mai mică decât 10, se adună codurile ca şi când acestea ar fi fost binare;

– dacă o cifră a rezultatului este mai mare sau egală cu 10, rezultatul trebuie corectat prin adăugarea unui aşa numit „factor de corecţie” de valoare 6 pentru a „sări” peste cele şase valori neutilizate în codul BCD, reprezentate de numerele 10, 11, 12, 13, 14, 15 şi anume 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 şi 1111;

– când rezultatul este 16, 17 sau 18, va fi generat un transport, care va afecta următoarea cifră BCD.

Scăderile pot fi făcute prin scăderea factorilor de corecţie când este necesar.

Şi în codurile BCD se pot reprezenta numere cu semn, dar în acest caz este necesar, în cuvântul de cod, un bit în plus pentru reprezentarea semnului.