

## 1.4. CODAREA NUMERELOR BINARE

Codificare presupune realizarea unei *schimbări a formei de exprimare a informației*, altfel spus o *translatare de limbaj*.

### 1.4.1 REPREZENTAREA ÎN SISTEM BINAR A NUMERELOR NEGATIVE

Pentru reprezentarea în binar a unui număr negativ, primul bit din stânga reprezentării numărului este utilizat ca bit de semn astfel:

- 0 pentru numere **pozitive (+)**
- 1 pentru numere **negative (-)**

#### A. CODUL DIRECT

Pentru numerele negative cu  $n$  biți, bitul de semn este 1 iar ceilalți  $n-1$  biți servesc pentru reprezentarea valorii absolute a numărului.

**Exemplu:** Reprezentarea numărului -5 pe opt biți în cod direct.

Convertim numărul 5 din baza 10 în baza 2  $\Rightarrow 5_{10} = 101_2$

Valoarea absolută a numărului -5 reprezentat pe 8 biți este **00000101<sub>2</sub>**

Pentru numărul -5 primul bit din stânga este 1

**Numărul -5 pe opt biți în cod direct are valoarea 10000101<sub>2</sub>**

#### B. CODUL INVERS (complement față de 1)

Pentru numerele negative cu  $n$  biți, bitul de semn este 1 iar ceilalți  $n-1$  biți servesc pentru reprezentarea valorii absolute **NEGATE** a numărului. Negarea se realizează la nivel de bit prin transformarea biților 0 în 1 și a biților 1 în 0.

**Exemplu:** Reprezentarea numărului -5 pe opt biți în cod invers

Valoarea absolută a numărului -5 este **0000101**.

Valoarea absolută **NEGATĂ** a numărului -5 este **1111010**

Pentru numărul -5 primul bit din stânga este 1

**Numărul -5 pe opt biți în cod invers are valoarea 11111010<sub>2</sub>**

**Valoarea numerică** a unui număr negativ  $N$  reprezentat pe  $n$  biți în cod invers se calculează cu formula:

$$C_1(N) = 2^n - 1 - V$$

unde:  $n$  – este numărul de biți al reprezentării

$V$  – este valoarea absolută a numărului reprezentat.

**Exemplu:** Valoarea numerică numărului -5 pe opt biți în cod invers

$$C_1(N) = 2^8 - 1 - 5 = 256 - 1 - 5 = 250$$

$$11111010_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 250_{10}$$

### C. CODUL COMPLEMENTAR (complement față de 2)

Pentru reprezentarea numerelor negative în cod complementar se parcurg etapele:

- Se reprezintă numărul negativ în valoare absolută pe opt biți
- Se transformă biții 0 în 1 și biții 1 în 0
- Rezultatul obținut se adună cu 1

**Exemplu:** Reprezentarea numărului - 5 pe opt biți în cod complementar

Valoarea absolută a numărului - 5 este  $| - 5 | = 5$

Numărul 5 în sistem binar pe opt biți are valoarea **0000101**

După transformare se obține numărul **11111010**

Adunăm numărul obținut cu 1

$$\begin{array}{r} 11111010 + \\ \underline{\phantom{11111010} 1} \\ 11111011 \end{array}$$

**Numărul negativ - 5 în cod complementar are valoarea 11111011**

**Valoarea numerică** a unui număr negativ **N** reprezentat pe **n** biți în cod complementar se calculează cu formula:

$$C_2(N) = 2^n - V$$

unde: **n** – este numărul de biți al reprezentării

**V** – este valoarea absolută a numărului reprezentat.

**Exemplu:** Valoarea numerică numărului - 5 pe opt biți în cod complementar.

$$C_2(N) = 2^8 - 5 = 256 - 5 = 251$$

$$11111011_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 251_{10}$$

#### CONCLUZII:

În codul complementar **bitul din stânga** rămâne întotdeauna **bit de semn**.

Avantajul reprezentării numerelor în cod complementar față de reprezentarea în celelalte coduri este că prin adunarea numărului reprezentat cu complementul său față de 2 se obține rezultatul 0.

Codul complementar este cel mai utilizat pentru reprezentarea numerelor algebrice în calculator.

## 1.4.2 CODURI NUMERICE

Sistemele digitale efectuează calculele interne cu ajutorul numerelor binare dar majoritatea utilizatorilor preferă să lucreze cu numere zecimale. Din această cauză au fost create interfețe cu exteriorul a sistemelor digitale care pot prelua, prelucra și afișa valori zecimale.

Prin urmare un număr zecimal este reprezentat într-un sistem digital printr-un șir de biți, diverse combinații ale valorilor din șir reprezentând diferite numere zecimale. Mulțimea formată din șiruri de  $n$  biți, în care fiecare șir de biți reprezintă câte un număr sau element, se numește **COD**.

O combinație determinată de valorile a  $n$  biți se numește **CUVÂNT DE COD**.

Pentru reprezentarea cifrelor sistemului de numerație zecimal sunt necesari minimum 4 biți deoarece numărul de cifre zecimale este 10, iar acest număr este mai mare decât  $2^3$  care se reprezintă pe 4 biți.

### A. CODURI ZECIMAL – BINARE (BCD)

În clasa de coduri zecimal-binare (**Binary Coded Decimal**) mulțimea **X** a sursei primare de informații care trebuie codificată este formată din simbolurile cifrelor sistemului zecimal, iar mulțimea cuvintelor de cod trebuie să conțină cel puțin 10 cuvinte distincte.

**X = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}**.

Cuvintele de cod trebuie să aibă cel puțin **4 biți**, deoarece  $2^3 < 10 < 2^4 = 16$

Stabilind corespondența între cele **10** cifre ale sistemului zecimal și cele **16** cuvinte binare de **4 biți**, se pot obține în total  $C_{16}^{10} = 29.059.430.400$  posibilități de codificare.

Codurile zecimal – binare se clasifică astfel (vezi **tabelul 1.6**):

➤ Coduri ponderate

- Codul 8421
- Codul 2421
- Codul 4221
- Codul 7421

➤ Coduri neponderate

- Codul Exces 3
- Codul Gray
- Codul 2 din 5
- Codul 8421 cu bit de paritate

Tabelul 1.6. Coduri zecimal-binare

Numere în zecimal	CODURI ZECIMAL-BINARE							
	Coduri ponderate				Coduri neponderate			
	8421	2421	4221	7421	Exces3	Gray	2 din5	8421 cu bit de paritate impară
0	0000	0000	0000	0000	0011	0000	000 <b>11</b>	<b>1</b> 0000
1	0001	0001	0001	0001	0100	0001	00 <b>101</b>	<b>0</b> 0001
2	0010	0010	0010	0010	0101	0011	00 <b>110</b>	<b>0</b> 0010
3	0011	0011	0011	0011	0110	0010	<b>01001</b>	<b>1</b> 0011
4	0100	0100	0100	0100	0111	0110	<b>01010</b>	<b>0</b> 0100
5	0101	1011	1001	0101	1000	0111	<b>01100</b>	<b>1</b> 0101
6	0110	1100	1100	0110	1001	0101	<b>10001</b>	<b>1</b> 0110
7	0111	1101	1101	0111	1010	0100	<b>10010</b>	<b>0</b> 0111
8	1000	1110	1110	1001	1011	1100	<b>10100</b>	<b>0</b> 1000
9	1001	1111	1111	1010	1100	1101	<b>11000</b>	<b>1</b> 1001

### A1. CODURI PONDERATE

Cel mai utilizat cod ponderat este codul 8421. Acest cod se mai numește codul zecimal-binar natural **NBCD** (**N**atural-**B**inary-**C**oded-**D**ecimal), în terminologia curentă este definit impropriu doar codul **BCD**.

Bitul **0** are ponderea **1** ( $2^0$ ), bitul **1** are ponderea **2** ( $2^1$ ), bitul **2** are ponderea **4** ( $2^2$ ), bitul **3** are ponderea **8** ( $2^3$ ). Deci în codul 8421 ponderile biților sunt 8, 4, 2, 1.

Se observă că ponderea unui bit este egală cu notația codului corespunzătoare bitului respectiv.

Aceași regulă de fixare a ponderii bitului din cuvântul de cod, egală cu cea din notația codului, se respectă la toate celelalte coduri ponderate.

După cum se observă din **Tabelul 1.6** pentru fiecare caracter zecimal corespunde un cod de 4 biți. Pentru a transforma codul binar în număr zecimal se înmulțește baza sistemului binar (**2**) cu ponderea bitului corespunzător și se adună rezultatele.

#### Exemple:

Codul  $0111_{8421}$  se scrie  $0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0 + 4 + 2 + 1 = 7$

Codul  $0111_{8421}$  se mai poate scrie  $0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 0 + 4 + 2 + 1 = 7$

Codul  $1110_{2421}$  se scrie  $1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 2 + 4 + 2 + 0 = 8$

Codul  $1110_{2421}$  se mai poate scrie  $1 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 2 + 4 + 2 + 1 = 8$

Codul  $1101_{4221}$  se scrie  $1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 4 + 2 + 0 + 1 = 7$

Codul  $1101_{4221}$  se mai poate scrie  $1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 4 + 2 + 0 + 1 = 7$

Codul  $1010_{7421}$  se scrie  $1 \cdot 7 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 7 + 0 + 2 + 0 = 9$

Numerele pot fi reprezentate în **BCD** prin cuvinte de orice lungime folosindu-se câte **1 octet ( 8 biți)** pentru fiecare combinație de două cifre. Numerele **BCD** precedate de semn prezintă un bit suplimentar pentru semn (primul bit din stânga).

## A2. CODURI NEPONDERATE

### 1. Codul EXCES 3

Codul EXCES 3 se obține din cuvântul de cod **8421**, al cifrei zecimale respective, la care se adună **0011**, adică **3** în binar.

#### EXEMPLU:

#### **Reprezentarea cifrei 8 în cod EXCES 3.**

Cifra **8** în codul **8421** are valoarea **1000**

Pentru reprezentarea în codul EXCES 3 se adună **1000 + 0011 = 1011**

Valoarea cifrei **8** în codul **EXCES 3** este **1011**

Utilizând codul **EXCES 3**, se poate face distincție între lipsa unei informații înscrise într-un registru sau locație de memorie și înscriserea valorii zero. (0000 reprezintă lipsa unei informații, iar zero este codificat prin 0011)

### 2. Codul 2 din 5

Acest cod se utilizează pentru reprezentarea numerelor zecimale printr-un grup de **5 biți** din care numai doi biți sunt semnificativi (au valorile egale cu **1**). În acest fel se realizează o unicitate a reprezentării, deoarece din cele 32 numere posibile cu 5 biți ( $2^5$ ) numai 10 satisfac condiția 2 din 5. Numerele care satisfac condiția **2 din 5** sunt prezentate în **tabelul 1.6**.

Acest cod creează posibilitatea *detectării erorilor multiple la transmiterea informației*.

### 3. Codul 8421 cu bit de paritate.

Acest cod este un **cod detector de erori**. Codul conține un bit suplimentar numit **bit de paritate** care este primul bit din stânga numărului reprezentat în acest cod. Codul se obține din codul **8421** prin adăugarea unui bit de paritate în fața codului **8421** care reprezintă un anumit număr. Bitul de paritate se poate alege astfel încât numărul total al biților cu valoare **1**, în exprimarea numărului, să fie **par** respectiv **impar**.

Acest cod se utilizează pentru *verificarea transmiterii corecte a informației*

#### 4. Codul GRAY

Codul Gray este un cod digital care acceptă modificarea unui singur bit din cuvântul de cod, la trecerea dintre două cuvinte de cod succesive (trecerea de la o cifră zecimală la următoarea cifră zecimală).

Această proprietate face ca acest cod să fie utilizat la dispozitivele de codare circulară (diverse traductoare unghiulare de poziție).

Codul **gray** se obține din codul **8421** astfel (vezi **tabelul 1.7**):

- $G_0$  – repetă primele **două** locații ale lui  $B_0$ , după care se reflectă din două în două locații astfel: **01 10 01 10 01 10 01 10**
- $G_1$  – repetă primele **patru** locații ale lui  $B_1$ , după care se reflectă din patru în patru locații astfel: **0011 1100 0011 1100**
- $G_2$  – repetă primele **opt** locații ale lui  $B_2$ , după care se reflectă din opt în opt astfel:  
**00001111 11110000**
- $G_3$  – repetă  $B_3$ .

**Tabelul 1.7** – Tabelul de adevăr al convertorului de cod **8421** – gray

Număr zecimal	CODUL 8421				CODUL GRAY			
	B3	B2	B1	B0	G3	G2	G1	G0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0

Codul **Gray** are proprietatea de adiacență, adică trecerea de la o cifră zecimală la următoarea sau precedenta necesită modificarea unui singur bit din cuvântul de cod.

Codul **Gray** este util pentru mărimile care cresc sau descresc succesiv.

### 1.4.3 CODURI ALFANUMERICE

Codurile alfanumerice conțin cifre, litere și semne speciale care se numesc **caractere**.

Cel mai utilizat cod alfanumeric este codul **ASCII** (*The American Standard Code for Information Interchange – codul american standardizat pentru schimbul de informații*)

Codul **ASCII** utilizează **7 biți** pentru a codifica 128 de caractere diferite (vezi **Tabelul 1.8**).

Codul **ASCII** conține litere mari, litere mici, cifre, sisteme de punctuație și diverse caractere de comandă care nu se tipăresc.

**Tabelul 1.8 – Codul ASCII**

b3 b2 b1 b0	b6 b4 b5							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NULL	DLE		0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

**EXEMPLE de reprezentare în ASCII a caracterelor:**

**C** – 100 0011 (coloana 100 linia 0011)

**&** – 010 0110 (coloana 010 linia 0110)

**9** - 011 1001 (coloana 011 linia 1001).