



DIGITALNA LOGIKA

Brojevni sustavi i kôdovi

Zdravko Kunić
zdravko.kunic@algebra.hr

THERE ARE
10
KINDS OF PEOPLE
IN THE WORLD
THOSE WHO UNDERSTAND
BINARY
AND THOSE WHO DON'T

Brojevni sustavi i kôdovi

Ishod 1 Prikazati podatke u digitalnom obliku koristeći brojevne sustave i kôdove.
1 Pretvoriti zapis podataka iz jednog brojevnog sustava ili kôda u drugi.

Sadržaj predavanja

- Prikaz podataka u digitalnom obliku
- Brojevi sustavi
- Binarni prikaz cijelih i razlomljenih brojeva
- Izbor optimalnog brojevnog sustava
- Pretvorba brojeva između brojevnih sustava
- Prikaz relativnih brojeva (brojeva s predznakom)
- Principi binarnog kodiranja
- BCD, XS-3, 2421 i Grayev kôd

Prikaz podataka u digitalnom obliku

- Binarni vektor (niz bitova):
 - Npr. 10110100
- Niz bitova može imati različito značenje:
 - **broj**: prirodni, cijeli, realni, ...
 - **znak/simbol**: slovo, znamenka, točka, zagrada, matematički simbol (znakovni kôd)
 - **specijalni znak**: upravljački, instrukcija, ...
- posebno značenje: logička varijabla

Zapis podataka u digitalnom obliku

- Značenje binarnog vektora nije apriori poznato
- Način zapisa podataka naziva se **format**
 - Svaka vrsta podatka (broj, znak...) zapisuje se u utvrđenom obliku
 - Formatom se utvrđuje organizacija i značenje pojedinih bitova
- Najjednostavniji način zapisa: zapis prirodnih binarnih brojeva
 - Svaki drugi tip podataka mora biti zapisan u obliku **kôda**
- **Kôd** = pridruživanje nekog značenja binarnom vektoru

Brojevni sustavi

- **Nepozicijski**

- Pozicija znamenke ne određuje njezino značenje
- Primjer: sustav rimskih brojeva

$$MMXXIV \Rightarrow 2000 (MM) + 20(XX) + 4(IV) = 2024$$

- Nedostatci:
 - za zapisivanje većih brojeva treba uvoditi nove znamenke
 - obavljanje aritmetičkih operacija je vrlo složeno

- **Pozicijski**

- Pozicija znamenke određuje njezinu težinu
- Težina predstavlja potenciju baze brojevnog sustava (faktor kojim se znamenka množi)
- Primjer: dekadski sustav (baza je 10)

$$2024 = 2 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0$$

Znamenke brojevniih sustava

baza B	brojevni sustav	znamenke sustava (B)
2	binarni	0,1
3	ternarni	0,1,2
8	oktalni	0,1,2,3,4,5,6,7
10	dekadski	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
16	heksadekadski	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

Primjeri brojevniih sustava

dekadski	binarni	oktalni	heksadekadski
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

Baza sustava

Općenito, broj možemo prikazati u obliku polinoma u kojem **baza sustava** može biti bilo koji **cijeli broj** B :

$$\begin{aligned} N_B &= a_{n-1} \cdot B^{n-1} + a_{n-2} \cdot B^{n-2} + \dots + a_1 \cdot B^1 + a_0 \cdot B^0 \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot B^i \end{aligned}$$

B : baza ili korijen brojevnog sustava

a_i : koeficijent uz i -tu potenciju (težinu); $a_i = \{0, 1, \dots, B-1\}$, $i = 0, 1, \dots, n-1 \Rightarrow$ znamenke

Zadatak:

Prikažite broj $(42)_8$ u obliku polinoma

$$N_B = a_{n-1} \cdot B^{n-1} + a_{n-2} \cdot B^{n-2} + \dots + a_1 \cdot B^1 + a_0 \cdot B^0$$
$$= \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot B^i$$

$$N=42, \quad B=8$$

$$(42)_8 = 4 \cdot 8^1 + 2 \cdot 8^0$$

Zadatak:

Prikažite broj $(12,07)_8$ u obliku polinoma

$$\begin{aligned} & \overset{1}{1} \overset{0}{2} \overset{-1}{0} \overset{-2}{7} \\ (12,07)_8 &= \\ &= 1 \cdot 8^1 + 2 \cdot 8^0 + 0 \cdot 8^{-1} + 7 \cdot 8^{-2} \end{aligned}$$

Zadatak

$$345_{10} = ?_2$$

$$345 : 2 = 172$$

$$172 : 2 = 86$$

$$86 : 2 = 43$$

$$43 : 2 = 21$$

$$21 : 2 = 10$$

$$10 : 2 = 5$$

$$5 : 2 = 2$$

$$2 : 2 = 1$$

$$1 : 2 = 0$$

ostatak

1

0

0

1

1

0

1

0

1

$$345_{10} = 101011001_2$$



Zadatak

$$345_{10} = ?_{16}$$

$$345 : 16 = 21$$

$$21 : 16 = 1$$


$$1 : 16 = 0$$

ostatak

9

5

1

$$345_{10} = 159_{16}$$


Pretvorba u dekadski sustav

Izravno:

- odrediti dekadski zapis svake potencije baze izvornog sustava
- pomnožiti vrijednost svake znamenke s odgovarajućom težinom
- zbrojiti umnoške

Zadatak

Pretvorite binarni broj **10010,101** u dekadski sustav

$$\begin{aligned} & \overset{4}{1} \overset{3}{0} \overset{2}{0} \overset{1}{1} \overset{0}{0} \overset{-1}{1} \overset{-2}{0} \overset{-3}{1} \\ \mathbf{10010,101}_2 &= 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \\ &+ 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} \\ &= 1 \cdot 16 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,125 \\ &= 18,625 \end{aligned}$$

$$\mathbf{10010,101}_2 = \mathbf{18,625}_{10}$$

Oktalni i heksadekadski sustavi

- **pozicijski brojevni sustavi**, baza **8** odnosno **16**
- baza je **potencija broja 2** \Rightarrow jednostavna pretvorba u binarni sustav
- **veća baza** \Rightarrow **manji broj znamenaka**

Oktalni sustav

- baza sustava je **8**, znamenke su **0-7**
- svaka znamenka je predstavljena s **3 bita**
- jednostavna pretvorba

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

Primjeri

• $101111011001100_2 = ?_8$

$$\begin{array}{cccccc} 101 & 111 & 011 & 001 & 100 & \\ 5 & 7 & 3 & 1 & 4 & \end{array}$$

$$101111011001100_2 = \mathbf{57314}_8$$

• $765432_8 = ?_2$

$$\begin{array}{cccccc} 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 \\ 111 & 110 & 101 & 100 & 011 & 010 \end{array}$$

$$765432_8 = \mathbf{111110101100011010}_2$$

Heksadekadski sustav

- baza sustava je **16**, znamenke su **0-9, A-F**
- svaka znamenka je predstavljena s **4 bita**
- jednostavna pretvorba
- vrlo raširen brojevni sustav kao sažeti zapis binarnog
- 2 heksa znamenke ~ 1 oktet (1B)

0	0000	A	1010
1	0001	B	1011
	...	C	1100
7	0111	D	1101
8	1000	E	1110
9	1001	F	1111

Primjeri

• $1011110001110011100_2 = ?_{16}$

$$\begin{array}{cccccc} 0101 & 1110 & 0011 & 1001 & 1100 & \\ 5 & E & 3 & 9 & C & \end{array}$$

$$01011110001110011100_2 = \mathbf{5E39C}_{16}$$

• $76A4C2_{16} = ?_2$

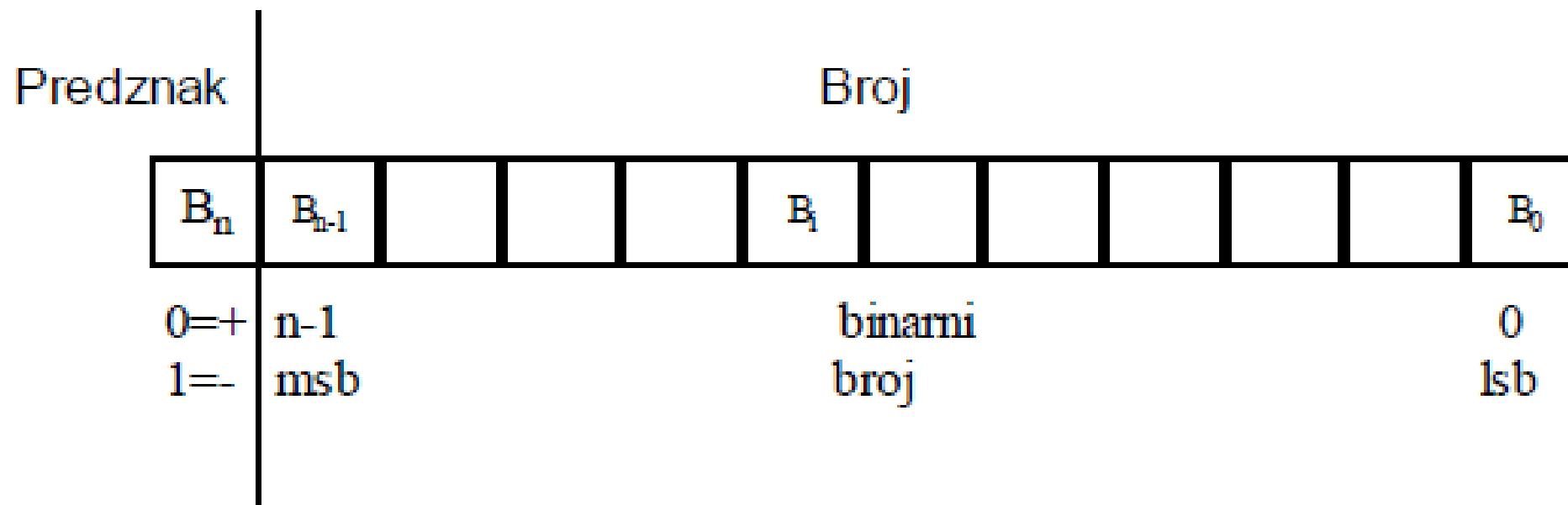
$$\begin{array}{cccccc} 7 & 6 & A & 4 & C & 2 \\ 0111 & 0110 & 1010 & 0100 & 1100 & 0010 \end{array}$$

$$76A4C2_{16} = \mathbf{011101101010010011000010}_2$$

Prikaz relativnih brojeva

- Za prikaz pozitivnih i negativnih brojeva potreban je dodatni bit za predznak
 - Pozitivni broj 0
 - Negativni broj 1
- Ostali bitovi predstavljaju vrijednost

Brojevi s predznakom



Tri načina prikaza negativnih brojeva

- a) Predznakom i brojem (veličinom, vrijednošću)
- b) Predznakom i 1-komplementom broja
- c) 2-komplementom broja

a) Prikaz negativnih brojeva predznakom i brojem

- Negativni predznak se označava početnim bitom **1**
- Pozitivni predznak se označava početnim bitom **0**
- Primjeri:
 - $+72 = 01001000$ $-72 = 11001000$
 - $+127 = 01111111$ $-127 = 11111111$
- Raspon $[-127, 127]$, dvije nule: **0**0000000 i **1**0000000

b) Prikaz negativnih brojeva predznakom i 1-komplementom

- 1-komplement odredimo tako da pretvorimo bitove $0 \rightarrow 1$ i $1 \rightarrow 0$
- Primjeri:
 - $+72 = 01001000$ $-72 = 10110111$
 - $+127 = 01111111$ $-127 = 10000000$
- Raspon $[-127, 127]$, dvije nule: 00000000 i 11111111

c) Prikaz negativnih brojeva 2-komplementom

- 2-komplement odredimo tako da pretvorimo $0 \rightarrow 1$ i $1 \rightarrow 0$ te dobivenom broju pribrojimo 1
- Primjeri:

$$\begin{array}{r} +72 = 01001000 \rightarrow 10110111 \\ + 1 \\ \hline -72 = 10111000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +127 = 01111111 \rightarrow 10000000 \\ + 1 \\ \hline -127 = 10000001 \end{array}$$

Raspon [-128,127]

$$-128 = 10000000$$



Brojevni sustavi

Kodovi

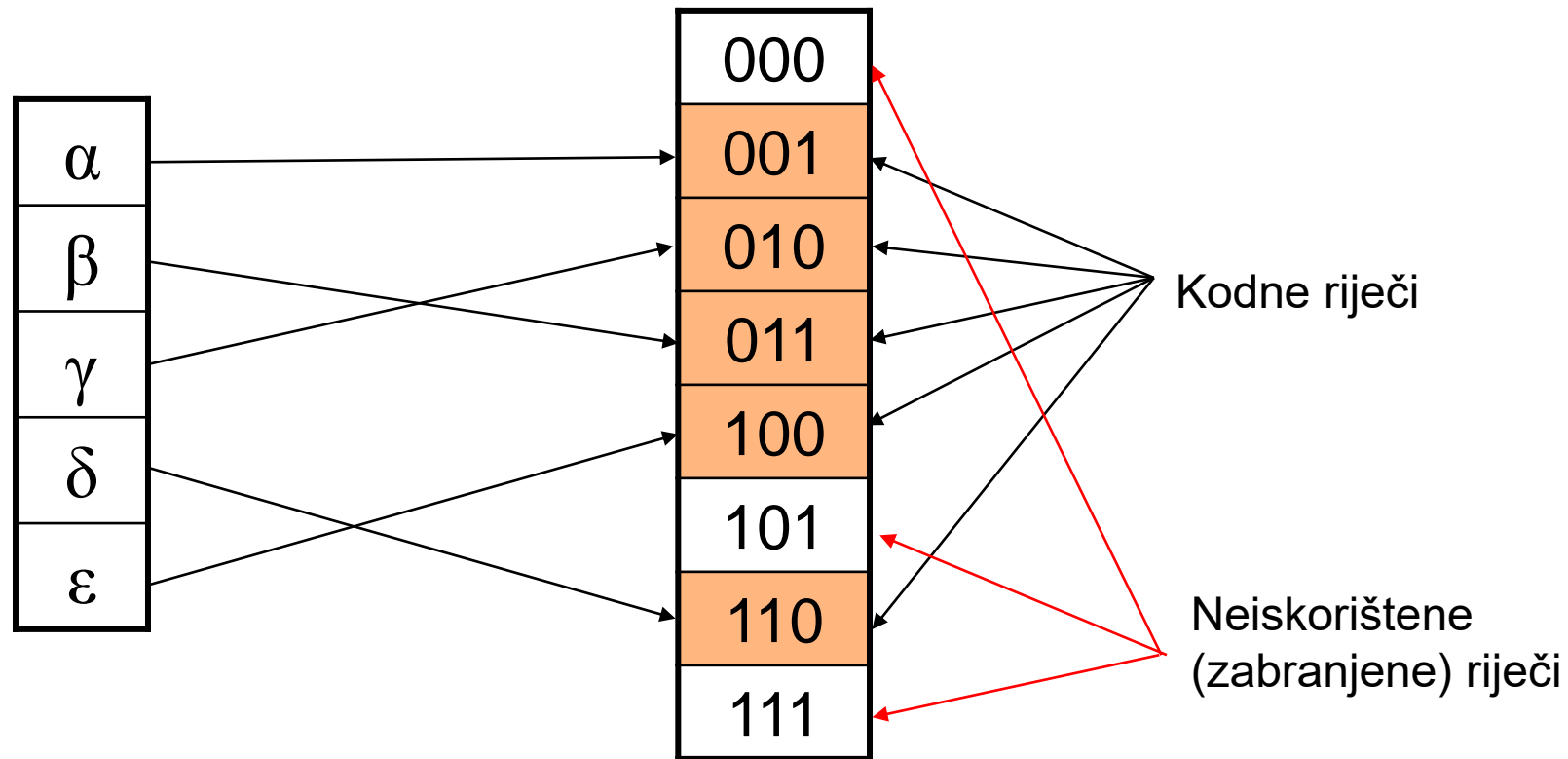
Kodiranje - terminologija

- **Kôd**: grupa simbola kojoj je dogovorno pridijeljeno značenje
- **Kodna riječ**: niz bitova kojem je pridano neko značenje
- **Abeceda**: skup svih simbola prikazanih kodnim riječima
- **Znak**: element abecede (simbol)

Princip binarnog kodiranja

Abeceda
 K simbola

N binarnih n -bitnih riječi



Binarno kodiranje

- Pridjeljivanje značenja binarnom nizu
- Omogućuje obradu diskretnih informacija kao preduvjet za funkcioniranje računala i obradu podataka
- Način kodiranja mora biti unaprijed poznat
 - Samim promatranjem binarnog niza nije moguće utvrditi njegovo značenje

Brojevni sustavi i kodovi

Za prikaz K različitih članova abecede potrebno je toliko bita da vrijedi:

$$N = 2^n \geq K$$

gdje N predstavlja broj raspoloživih binarnih riječi dužine n bita.

Brojevni sustavi i kodovi

- Pridruživanje kodne riječi 1. simbolu može se izvršiti na N načina
 - Za daljnje pridruživanje ostaje $N-1$ kodnih riječi
- Pridruživanje kodne riječi 2. simbolu može se izvršiti na $N-1$ načina
 - Prve dvije kodne riječi se mogu odabrati na $N \cdot (N-1)$ načina
- Pridruživanje kodne riječi K . simbolu može se izvršiti na $N-(K-1)$ načina
- Pridruživanje K simbola je moguće napraviti na sljedeći broj načina:

$$N \cdot (N - 1) \cdot (N - 2) \cdots (N - K + 1) = \frac{N!}{(N - K)!}$$

Dekadski kodovi

- Kodovi za prikaz znamenaka **dekadskog** sustava
- Abeceda ima **10 znamenaka** pa nam je potrebno:
$$n \geq 4 \text{ bita}; \quad (2^3 < 10 < 2^4)$$
- S 4 bita možemo prikazati ukupno $2^4 = 16$ znakova
 - 6 kombinacija ostaje neiskorišteno
- Pridruživanje 16 10-znamenakastih 4-bitnih kodnih riječi je moguće napraviti na $\frac{N!}{(N-K)!} = \frac{16!}{6!} = 23,059 \cdot 10^9$ načina.

Kôd 8421 (BCD)

- BCD (engl. *Binary Coded Decimal*)
 - Binarno kodirani dekadski kôd
- Prvih 10 binarnih brojeva
- **Težinski kôd**: težine: 8, 4, 2, 1
- Nedostatak: **nepouzdan** jer sadrži i kombinaciju **0000** što znači da prekid u prijenosu podataka može biti prepoznat kao decimalna znamenka 0
- Zabranjene kombinacije: 1010-1111

	2^3	2^2	2^1	2^0
	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
	1	0	1	0
	1	0	1	1
	1	1	0	0
	1	1	0	1
	1	1	1	0
	1	1	1	1

Kôd 2421 (Aikenov kod)

- Težinski kôd: **2421**
- **Binarno- i dekadsko-samokomplementirajući kôd:**
- **1-komplement** svake **binarne** kodne riječi je ujedno i **9-komplement** pripadajuće **dekadske** znamenke
- Primjer: komplementiranjem kodne riječi **0011** (dekadska znamenka **3**), dobivamo **1100** (dekadska znamenka **6**)
 - **6** je ujedno i **9-komplement** broja **3**

	2	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
	0	1	0	1
	0	1	1	0
	0	1	1	1
	1	0	0	0
	1	0	0	1
	1	0	1	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	0	1
8	1	1	1	0
9	1	1	1	1

Kôd XS-3 (Stibitzov kôd)

- Kôd **8421** s "prekoračenjem" (ekscesom) 3
- Netežinski **samokomplementirajući** kôd
 - simetrična tablica kôda
- Dobiva se tako da se svakoj kodnoj riječi koda 8421 doda broj 3 (0011)
 - srednjih deset kombinacija 4-bitnog binarnog niza
- Ne koristi se kombinacija 0000
 - Niti jedna znamenka nema sve nule pa je olakšana detekcija prekida kod prijenosa

	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
	8	4	2	1
	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	0
0	0	0	1	1
1	0	1	0	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
6	1	0	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	1
9	1	1	0	0
	1	1	0	1
	1	1	1	0
	1	1	1	1

BCD

	2^3	2^2	2^1	2^0
	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
	1	0	1	0
	1	0	1	1
	1	1	0	0
	1	1	0	1
	1	1	1	0
	1	1	1	1

XS-3

	2^3	2^2	2^1	2^0
	8	4	2	1
	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	0
0	0	0	1	1
1	0	1	0	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
6	1	0	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	1
9	1	1	0	0
	1	1	0	1
	1	1	1	0
	1	1	1	1

2421

	2	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
	0	1	0	1
	0	1	1	0
	0	1	1	1
	1	0	0	0
	1	0	0	1
	1	0	1	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	0	1
8	1	1	1	0
9	1	1	1	1

Bikvinarni kôd

- **Težinski 7-bitni kôd - 50 43210**
- Prva dva bita - opseg znamenke:
 - **01** za znamenke **0-4**
 - **10** za znamenke **5-9**
- Kodne riječi s dvije 1 i pet 0
 - Olakšano **otkrivanje pogrešaka** koje nisu samokompenzirajuće
- **Velika zalihost**
 - koristi se samo 10 od 128 mogućih kombinacija

	5	0	4	3	2	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0
2	0	1	0	0	1	0	0
3	0	1	0	1	0	0	0
4	0	1	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	1
6	1	0	0	0	0	1	0
7	1	0	0	0	1	0	0
8	1	0	0	1	0	0	0
9	1	0	1	0	0	0	0

Distanca (Hammingova udaljenost)

- **Distanca** - broj bita koje treba promijeniti za prijelaz iz jedne kodne riječi u drugu
- **Minimalna distanca koda** - minimalna distanca između bilo kojih dviju kodnih riječi u kodu
- Distanca između **1011101** i **1001001** je 2
10**1**1**1**01
10**0**1**0**01
- Distanca između **1010101** i **1001001** je 3
10**1****0****1**01 i 10**0****1****0**01

Grayev kôd

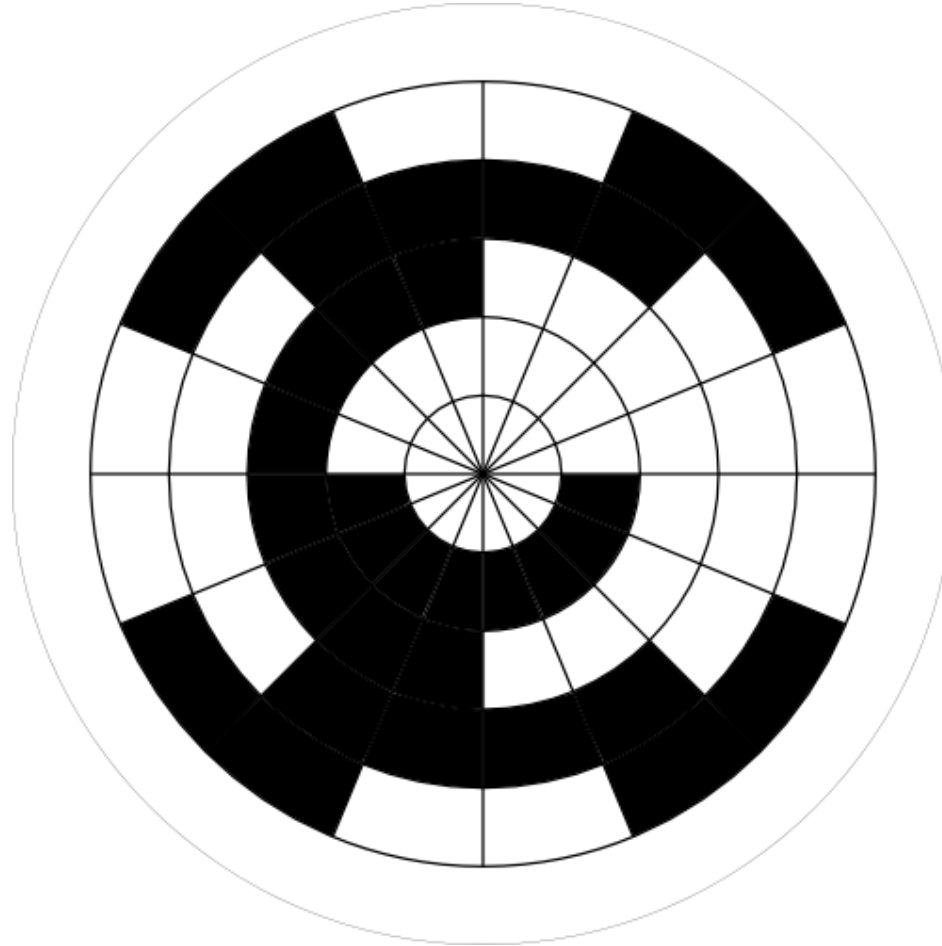
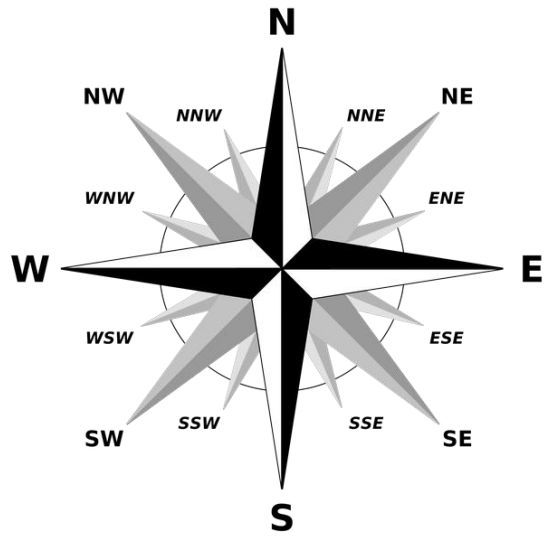
- Netežinski, **reflektirani** binarni kôd
- **Kôd s minimalnom promjenom/distancom**
 - susjedne kodne riječi su udaljene točno **1 bit** (vrijedi i za prvu/posljednju znamenku)
- Eliminira moguću pogrešku pri slijednoj promjeni stanja
- Pogodan je za izvedbu AD pretvornika koji poziciju rotirajuće osovine pretvaraju u digitalni oblik
 - npr. vjetrokaz, za direktno očitavanje položaja

	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	1
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0
2	0	1	1	1
3	0	1	0	1
4	0	1	0	0
5	1	1	0	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	0
9	1	0	1	0
	1	0	1	1
	1	0	0	1
	1	0	0	0

dekadski Grayev kod

binarni Grayev kod

Grayev kôd

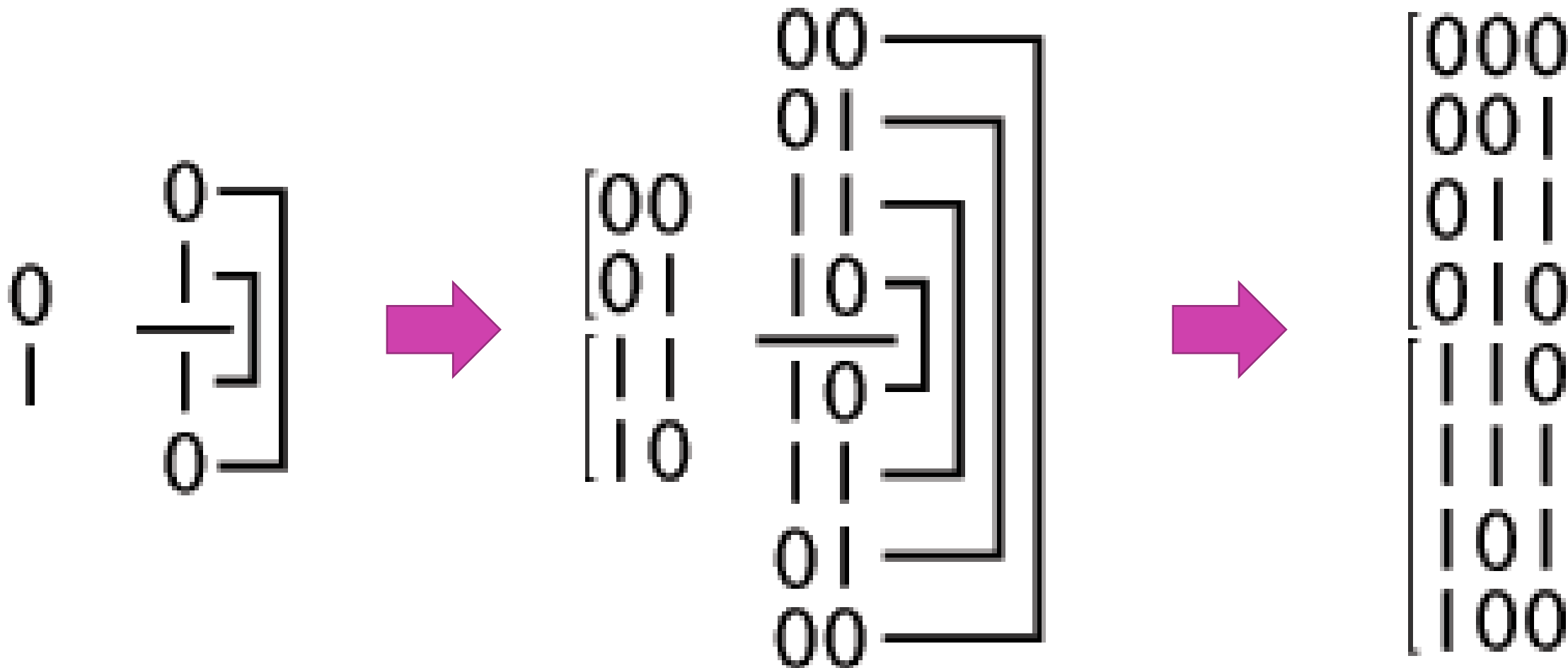


	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	1
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0
2	0	1	1	1
3	0	1	0	1
4	0	1	0	0
5	1	1	0	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	0
9	1	0	1	0
	1	0	1	1
	1	0	0	1
	1	0	0	0

dekadski Grayev kod

binarni Grayev kod

Izgradnja reflektiranog kôda – zrcaljenje



Izgradnja reflektiranog kôda – zrcaljenje

Brojevi reflektiranog binarnog brojevnog sustava dobiju se na slijedeći način:

- znamenke 0 i 1 napišu se jedna ispod druge
- ispod njih se podvuče crta ispod koje se zrcalno se prepisu 1 i 0
- ispred gornja dva bita se napiše 0, a ispred donja dva bita 1
- ovako dobivena skupina od četiri dvobitne kombinacije se kopira iznad nove crte, a njezina zrcalna slika se prepisuje ispod nje
- ispred gornja četiri bita se napiše 0, a ispred donja četiri bita 1
- ...

Usporedni prikaz kôdova

Dekadska znamenka	BCD kod	XS-3 kod	AIKEN kod	Grayev kod
0	0000	0011	0000	0000
1	0001	0100	0001	0001
2	0010	0101	0010	0011
3	0011	0110	0011	0010
4	0100	0111	0100	0110
5	0101	1000	1011	0111
6	0110	1001	1100	0101
7	0111	1010	1101	0100
8	1000	1011	1110	1100
9	1001	1100	1111	1101
10	0001 0000	0100 0011	0001 0000	1111
11	0001 0001	0100 0100	0001 0001	1110
12	0001 0010	0100 0101	0001 0010	1010
13	0001 0011	0100 0110	0001 0011	1011
14	0001 0100	0100 0111	0001 0100	1001
15	0001 0101	0100 1000	0001 1011	1000



Saznajte više...

Znakovni kodovi

Sadržaj:

- Slova, znamenke i druge simbole
- Upravljačke znakove

- **ASCII**
 - American Standard Code for Information Interchange
- **EBCDIC**
 - Extended Binary Coded Decimal Interchange Code

ASCII kôd

- Najčešće korišten kôd za razmjenu podataka
- Propisan američkim standardom (American Standard Code for Information Interchange)
- Propisuje pridjeljivanje 8 bitne binarne kombinacije (1 *byte*) za:
 - 26 velikih slova engleske abecede
 - 26 malih slova engleske abecede
 - 10 znamenaka
 - operatore, interpunkcije, upravljačke znakove
- Predviđen za kodiranje $2^7 = 128$ različitih znakova

ASCII kôd

- ASCII kôd računalima i računalnim programima omogućava izmjenu podataka
- U širokoj je uporabi
- **Osnovni** ili standardni ASCII set koristi **7** bitova za svaki kôd (decimalno 0 do 127 ili 00H do 7FH)
- **Prošireni** ASCII set koristi **8** bitova za svaki kôd, (decimalno 128 do 255 ili 80H do FFH)

ASCII kôd

- U standardnom ASCII setu **prva 32 kôda** namijenjena su **nadzorno-upravljačkim** znakovima te za **upravljanje pisačem** i komunikacijom općenito – njih **nije moguće otisnuti**.
- **Preostalih 96 kodova** je pridruženo interpunkcijama, cijelim brojevima 0 do 9, velikim i malim slovima abecede - znakovima koje **je moguće otisnuti**
- Prošireni ASCII kod (128 do 255) se pridružuje različitim skupovima znakova definiranim od strane proizvođača računala ili razvojnih inženjera programske podrške.

ASCII kôd (ISO-7)

Primjeri:

$$\mathbf{A} = 100\ 0001 = 41_{16} = 65_{10}$$

$$\mathbf{a} = 110\ 0001 = 61_{16} = 97_{10}$$

$$\mathbf{*} = 010\ 1010 = 2A_{16} = 42_{10}$$

bitovi b ₃ b ₂ b ₁ b ₀	bitovi b ₆ b ₅ b ₄							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	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	SOH	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

EBCDIC kôd

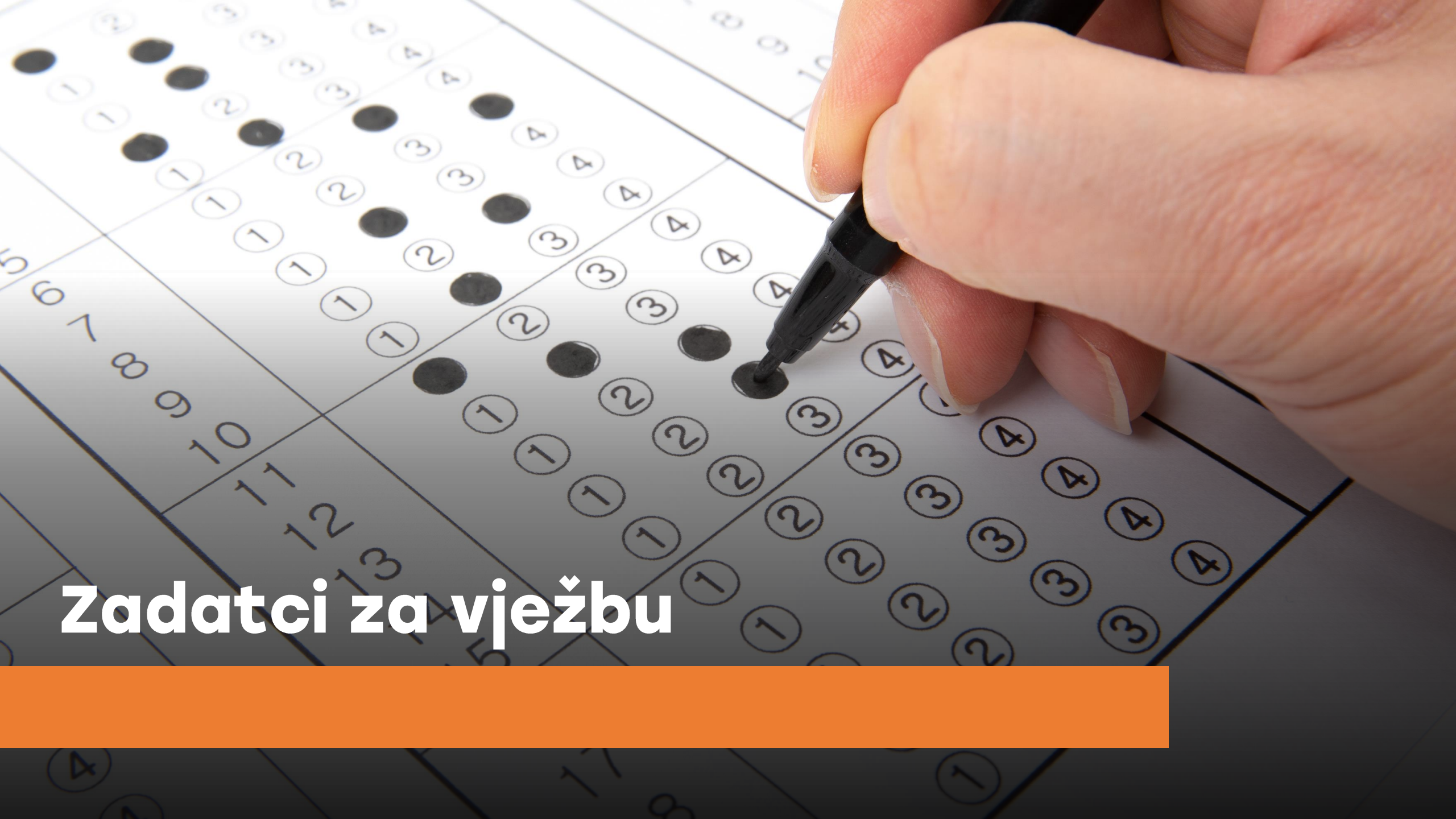
- Prošireni binarno kodirani dekadski kôd za razmjenu podataka ili **EBCDIC** (engl. **Extended Binary Coded Decimal Interchange Code**) jest norma koju primjenjuje tvrtka IBM u nekim svojim računalima (npr. AS/400)
- EBCDIC nije u upotrebi u osobnim računalima

2nd hex digit

EBCDIC character codes

1st hex digit

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	DLE	DS		SP	&	-									0
1	SOH	DC1	SOS				/		a	j			A	J		1
2	STX	DC2	FS	SYN					b	k	s		B	K	S	2
3	ETX	TM							c	l	t		C	L	T	3
4	PF	RES	BYP	PN					d	m	u		D	M	U	4
5	HT	NL	LF	RS					e	n	v		E	N	V	5
6	LC	BS	ETB	UC					f	o	w		F	O	W	6
7	DEL	IL	ESC	EOT					g	p	x		G	P	X	7
8		CAN							h	q	y		H	Q	Y	8
9		EM							i	r	z	'	I	R	Z	9
A	SMM	CC	SM		C CENT	!		:								
B	VT	CU1	CU2	CU3		\$,	#								
C	FF	IFS		DC4	<	*	%	@								
D	CR	IGS	ENQ	NAK	()	_	'								
E	SO	IRS	ACK		+	:	>	=								
F	SI	IUS	BEL	SUB	|	--	?	"								



Zadatci za vježbu

Podsjetnik za pretvorbu dekadskih brojeva

- **Cijeli dekadski broj** se pretvara u drugu bazu postupkom uzastopnog **djeljenja** s novom bazom
- **Decimalni ostatak** se pretvara u drugu bazu postupkom uzastopnog **množenja** s novom bazom
 - Cjelobrojni dio rezultata množenja predstavlja binarnu znamenku (0 ili 1)
 - U nastavak množenja ulazi samo decimalni dio

Primjer: $14_{10} = ?_2$

$14 : 2 = 7$ ostatak 0 (najmanje važna znamenka)

$7 : 2 = 3$ ostatak 1

$3 : 2 = 1$ ostatak 1

$1 : 2 = 0$ ostatak 1

$$14_{10} = 1110_2$$

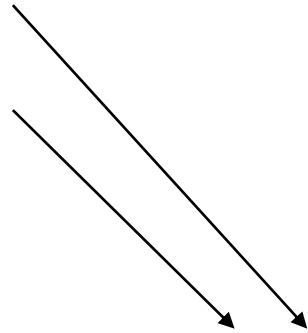
Primjer: $18,296875_{10} = ?_2$

• $18 : 2 = 9$	0	• $0,296875 \cdot 2 = 0,59375$	0
• $9 : 2 = 4$	1	• $0,59375 \cdot 2 = 1,1875$	1
• $4 : 2 = 2$	0	• $0,1875 \cdot 2 = 0,375$	0
• $2 : 2 = 1$	0	• $0,375 \cdot 2 = 0,75$	0
• $1 : 2 = 0$	1	• $0,75 \cdot 2 = 1,5$	1
		• $0,5 \cdot 2 = 1$	1

$$18,296875_{10} = 10010,010011_2$$

Pretvorite dekadski broj 217 u heksadekadski

- $217 : 16 = 13$ ostatak 9
- $13 : 16 = 0$ ostatak 13

$$217_{10} = D9_{16}$$


Pretvorite binarne brojeve u oktalne i heksadekadske:

- 11010111
- 1001101,011
- 11100010101101

Rješenje

Pretvorba binarnog broja u oktalni

$$11010111_2 \sim 011 \ 010 \ 111$$
$$\qquad\qquad\qquad 3 \quad 2 \quad 7 \quad = 327_8$$

Pretvorba binarnog broja u heksadekadski

$$11010111_2 \sim 1101 \ 0111$$
$$\qquad\qquad\qquad (13)D \quad 7 \quad = D7_{16}$$

Pretvorite oktalne brojeve u binarne:

- 737
- 1242
- 23

Rješenje

$$737 \sim \begin{array}{ccc} 7 & 3 & 7 \\ 111 & 011 & 111 \end{array}$$

$$(737)_8 = (111011111)_2$$

Pretvorite heksadekadske brojeve u binarne:

- 2FA
- 12C
- 4B3

Rješenje

2FA ~ 2 F A
0010 1111 1010

$$(2FA)_{16} = (1011111010)_2$$

Pretvorite binarne brojeve u pripadne 1- i 2-komplemente

- 1011
- 11010

Prikažite brojeve u obliku polinoma

- $(101011)_2$
- $(42)_8$
- $(36)_{10}$
- $(11,31)_{10}$
- $(F8)_{16}$
- $(1101,11)_2$
- $(12,07)_8$
- $(38,D2)_{16}$

Pretvorite dekadске brojeve u binarne ekvivalente:

- 14
- 64
- 1024
- 17,324
- 18,296875

Zadatak

Koji je **dekadski broj** zapisan u **8-bitnom registru** ako znamo da se radi o zapisu **cijelog broja** pomoću **dvojnog komplementa**?

1	1	1	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Rješenje

Koji je **dekadski broj** zapisan u **8-bitnom registru** ako znamo da se radi o zapisu **cijelog broja** pomoću **dvojnog komplementa**?

1	1	1	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

$$\begin{aligned} 11100111_2 &= -1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \\ &= -128 + 64 + 32 + 4 + 2 + 1 \\ &= -25 \end{aligned}$$

Zadaci za vježbu

U XS-3 kôdu kodirajte:

- 185
- 215
- 444

U BCD kôdu kodirajte:

- 222
- 345
- 654

Rješenja

XS-3:

- 185 ~ 0100 1011 1000
- 215 ~ 0101 0100 1000
- 444 ~ 0111 0111 0111

BCD:

- 222 ~ 0010 0010 0010
- 345 ~ 0011 0100 0101
- 654 ~ 0110 0101 0100

	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
	1	0	1	0
	1	0	1	1
	1	1	0	0
	1	1	0	1
	1	1	1	0
	1	1	1	1

	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
	8	4	2	1
	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	0
0	0	0	1	1
1	0	1	0	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
6	1	0	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	1
9	1	1	0	0
	1	1	0	1
	1	1	1	0
	1	1	1	1

Primjeri zadatka s prethodnih ispita*

Ishod učenja 1 – 5 bodova - 15 min

- 1. [I1_M, 1 bod]** Oktalni broj 537 pretvorite u :
 - a) heksadekadski (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - b) binarni (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- 2. [I1_M, 1 bod]** Kodirajte 841 u:
 - a) XS-3 kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - b) BCD kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- 3. [I1_M, 1 bod]** Metodom predznaka i prvog komplementa binarno prikažite dekadski broj -49 kroz 1 bajt.
- 4. [I1_Ž, 2 boda]** Metodom drugog komplementa izračunajte rezultat oduzimanja 57-24 prikazom kroz jedan bajt. (1 bod za točno rješenje, 1 bod za prikaz postupka)

* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.

Primjeri zadataka s prethodnih ispita*

Ishod učenja 1 – 5 bodova - 15 min

- [I1_M, 1 bod]** Binarni broj 1101011010 pretvorite u :
 - heksadekadski (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - oktalni (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1_M, 1 bod]** Kodirajte 358 u:
 - Aikenov kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - Stibitzov kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1_M, 1 bod]** Metodom drugog komplementa prikažite dekadski broj -53 kroz 1 bajt.
- [I1_Ž, 2 boda]** Odredite znamenke koje nedostaju da jednakost bude točna:
$$_ _ 64_{(8)} = C3_{(16)}$$

* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.

LITERATURA:

- Peruško, Glavinić: **Digitalni sustavi**
 - str. 31-68
- Mano, Kime, Martin: **Logic and Computer Design Fundamentals**
 - Chapter 1-3 Number Systems, str. 31 – 40
 - Chapter 9-7 Floating point computations, pages 525-530