



OSNOVE DIGITALNE ELEKTRONIKE

Kodovi

Zdravko Kunić
zdravko.kunic@racunarstvo.hr

Kodovi

Ishod 1 Definirati brojevne sustave i opće principe digitalnog kodiranja
Konvertirati brojeve između brojevnih sustava

Sadržaj predavanja

- Princip binarnog kodiranja
- Kôd 8421 (BCD)
- Kôd 2421 (Aikenov kod)
- Kôd XS-3 (Stibitzov kôd)
- Bikvinarni kôd
- Grayev kôd
- ASCII kôd
- EBCDIC kôd

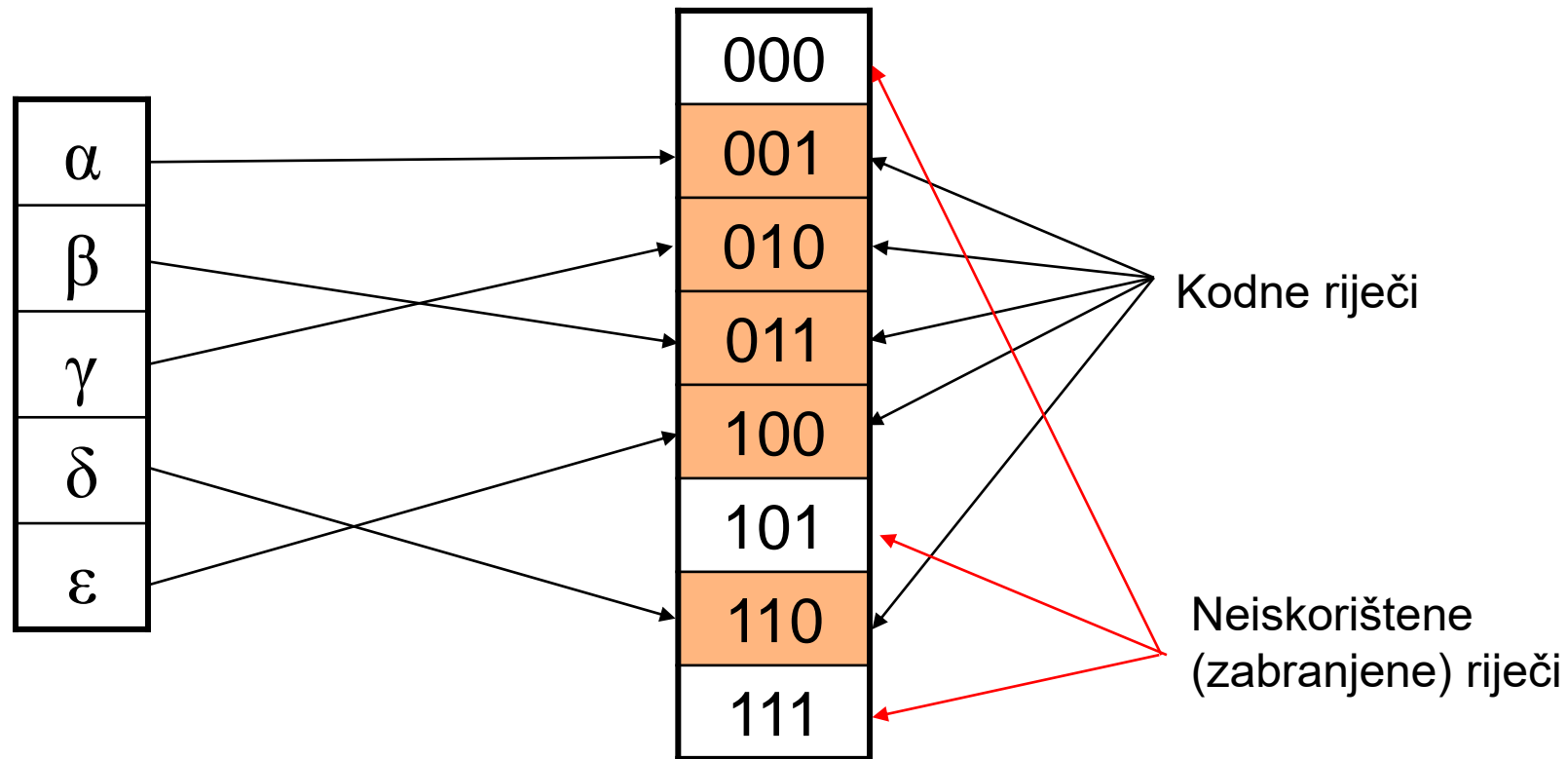
Kodiranje - terminologija

- **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-znamenkastih 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

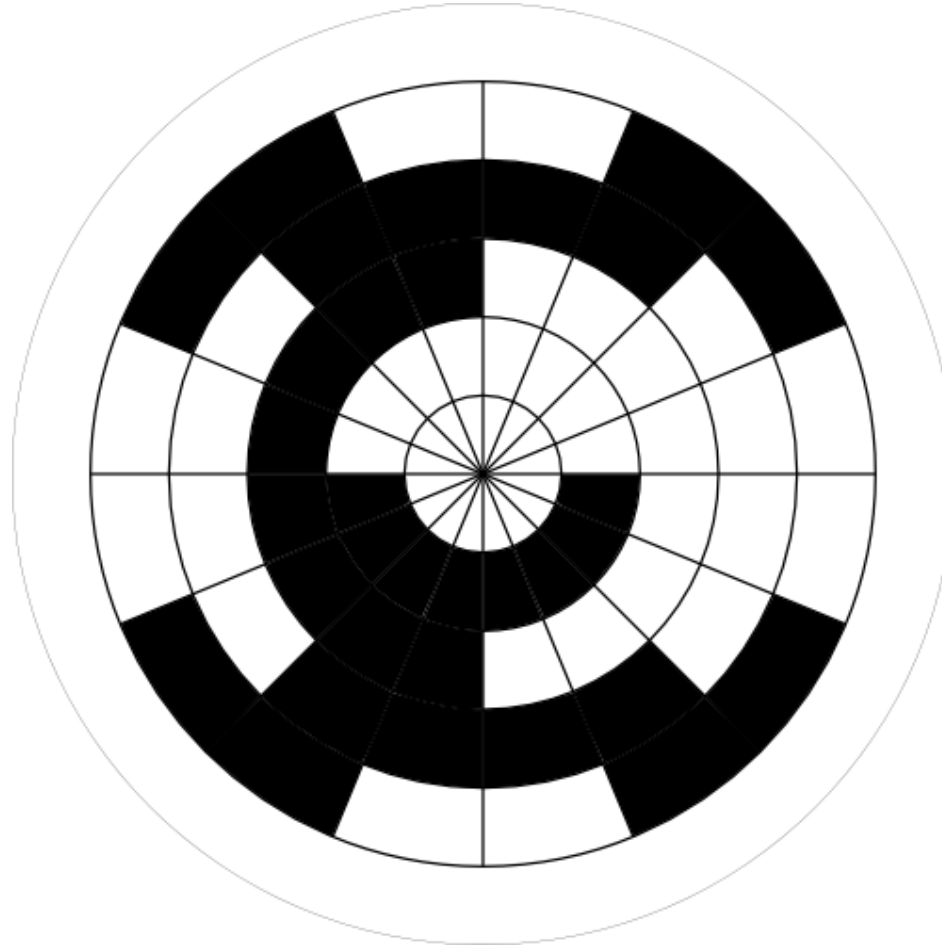
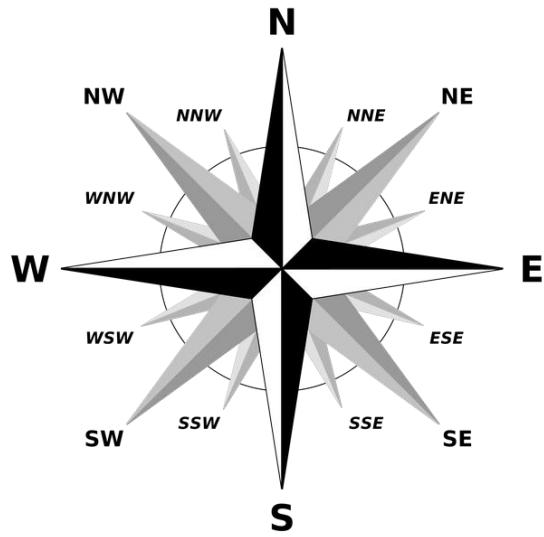
- Netežinski, **reflektirani** binarni kôd
- **Kôd s minimalnom promjenom/distancom**
 - susjedne kodne riječi su udaljene točno **1 bit** (vrijedi i za prvu/posljednju znamenku)
- Eliminira moguću pogrešku pri slijednoj promjeni stanja
- Pogodan je za izvedbu AD pretvornika koji poziciju rotirajuće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

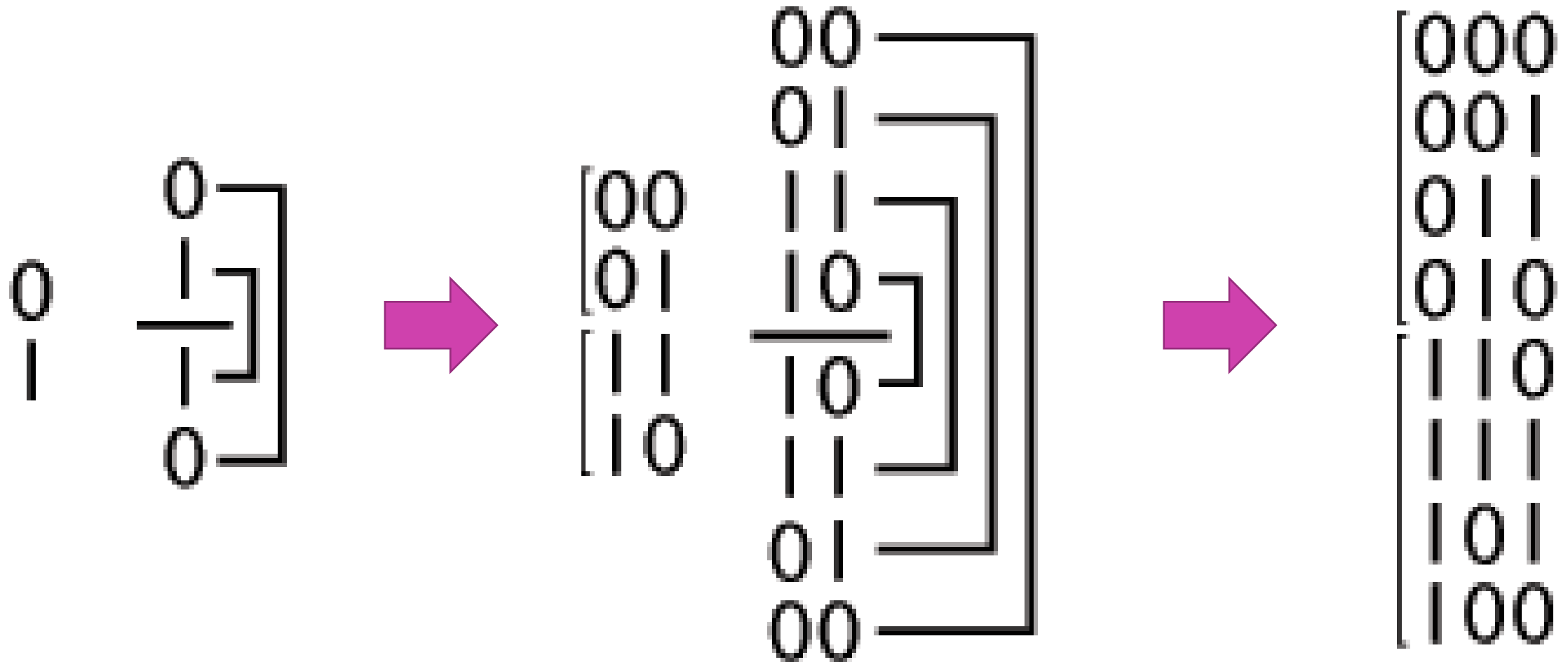


	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	1
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0
2	0	1	1	1
3	0	1	0	1
4	0	1	0	0
5	1	1	0	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	0
9	1	0	1	0
	1	0	1	1
	1	0	0	1
	1	0	0	0

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
- ...

Brojevni sustavi i kodovi

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

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 b3 b2 b1 b0	bitovi b6 b5 b4							
	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

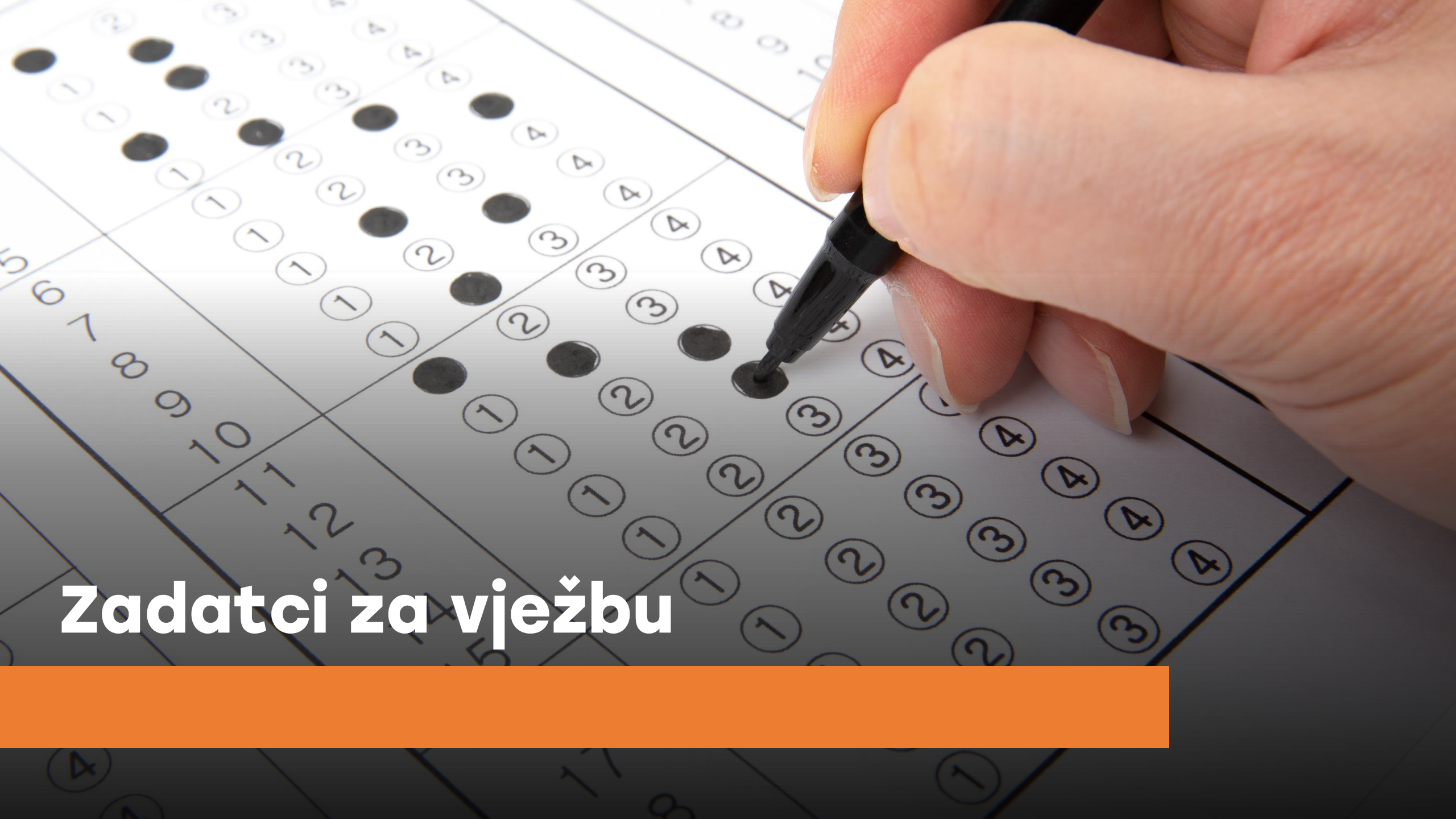
EBCDIC character codes

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	|	--	?	"								



Kodovi



Zadatci za vježbu

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

Primjer

$$821_{10} - 345_{10} = ?$$

Oduzmite broj 345_{10} od broja 821_{10} u decimalnom sustavu, koristeći tehniku 10-komplementa u **3-znamenkastom** registru.

$$\begin{array}{r} 999 \\ -345 \\ \hline =654 \quad (9\text{-komplement of } 345) \\ +1 \\ \hline =655 \quad (10\text{-komplement of } 345) \end{array}$$


$$\begin{array}{r} 821 \\ +655 \\ \hline \cancel{4}76 \quad (821 - 345 = 476) \end{array}$$

Primjer

$$821_{10} - 345_{10} = ?$$

Oduzmite broj 345_{10} od broja 821_{10} u decimalnom sustavu, koristeći tehniku 10-komplementa u **4-znamenkastom** registru.

9999

-0345

=9654 (9-complement of 345)

+1

=9655 (10-complement of 345)

0821

→ +9655

~~1~~0476 (0821-0345=0476)

Primjer zbrajanja u BCD kôdu

$$184_{10} = 0001 \quad 1000 \quad 0100$$

$$+576_{10} = 0101 \quad 0111 \quad 0110$$

$$0111 \quad 10000 \quad 1010$$

$$\quad \quad 0110 \quad 0110$$

(dodajemo 6 ako je rezultat > 9)

$$0111 \quad \cancel{1}0110 \quad \cancel{1}0000 = 760_{10}$$

	2 ³ 8	2 ² 4	2 ¹ 2	2 ⁰ 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

Primjeri zadatka s prethodnih ispita*

Ishod učenja 1 – 5 bodova - 15 min

- [I1_M, 1 bod]** Oktalni broj 537 pretvoriti u :
 - heksadekadski (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - binarni (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1_M, 1 bod]** Kodirati 841 u:
 - XS-3 kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - BCD kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1_M, 1 bod]** Metodom predznaka i prvog komplementa binarno prikazati dekadski broj -49 kroz 1 bajt.
- [I1_Ž, 2 boda]** Metodom drugog komplementa izračunati 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 pretvoriti u :
 - heksadekadski (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
 - oktalni (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1_M, 1 bod]** Kodirati 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 prikazati dekadski broj -53 kroz 1 bajt.
- [I1_Ž, 2 boda]** Odrediti 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:

- Uroš Peruško: Digitalni sustavi
 - Str. 57 - 68