1. Zapis podataka u sklopovima računala

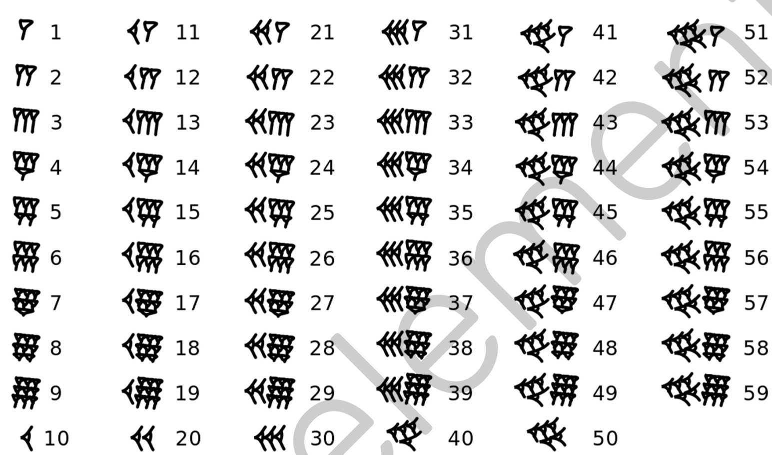
Razmislimo

Kako u memoriji računala prikazujemo tekst, brojeve, slike...? Gdje se spremaju svi ti podatci? Kako uopće izgleda memorija računala i koji ju elektronički sklopovi čine?

Kako biste znali odgovoriti na ova i slična pitanja, prvo ćemo morati definirati što je to brojevni sustav te koji brojevni sustavi postoje.

1.1. Brojevni sustavi

S razvojem pisma počeli su se razvijati i brojevni sustavi kojima su se označavali brojevi. Već su se Sumerani u 4. tisućljeću prije Krista počeli koristiti brojevnim sustavima i to u znanstvene svrhe. Propašću sumerske civilizacije razvila se babilonska koja preuzima od Sumerana klinasto pismo i šezdesetični brojevni sustav (sustav s bazom 60) – slika 1.1. Zanimljivo je da Sumerani nisu u svojem brojevnom sustavu imali nulu što im je stvaralo poteškoće prilikom računanja, a brojevima su se koristili i za astronomska motrenja.

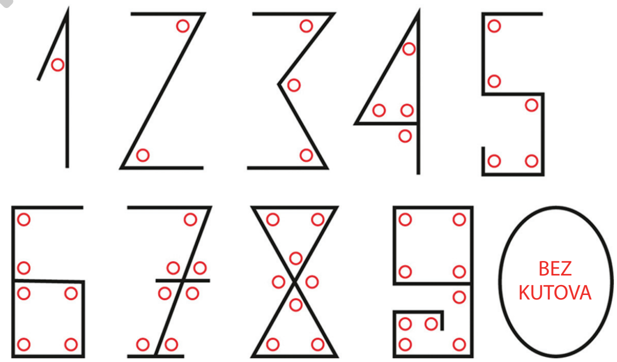


Slika 1.1. Zapis brojeva u babilonskom brojevnom sustavu

Uz sustav s bazom 60 Sumerani su se koristili i sustavom sa bazom 10. To je baza brojevnog sustava kojom se i mi danas koristimo – **dekadski brojevni sustav**. To je **pozicijski brojevni sustav** – vrijednost znamenaka ovisi o njihovom položaju u zapisanom broju.

Uz pozicijski brojevni sustav kroz povijest su se razvijali i **nepozicijski brojevni sustavi**. Kod nepozicijskih brojevnih sustava značenje znamenke ne ovisi o njezinom položaju u broju. Jedan od takvih brojevnih sustava učili ste u osnovnoj školi – **sustav rimskih brojeva**. Rimljani su takav sustav pisanja preuzeli od Etruščana, ali su Rimljani brojeve zapisivali slijeva udesno. Računanje u nepozicijskom brojevnom sustavu je dosta kompliciranije nego u pozicijskom brojevnom sustavu te se zato danas i koristimo pozicijskim brojevnim sustavom.

Veliki doprinos kroz povijest dali su i Arapi. **Arapske brojke** nastale su u Indiji, a danas se skoro cijeli svijet koristi arapskim brojkama. U srednjem vijeku dovode ih u Europu. Arapske brojke nastaju prema broju kutova koje tvore. Tako broj 1 ima jedan kut, broj 2 dva kuta, dok 0 nema kutova (slika 1.2).



Slika 1.2. Arapske brojke

Popis rimskih i arapskih brojki dan je tablicom 1.1.

Tablica 1.1. Rimske i arapske brojke od 1 do 9

Rimske brojke	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Arapske brojke	1	2	3	4	5	6	7	8	9

1.1.1. Dekadski brojevni sustav

Kao što smo već napomenuli, mi se koristimo dekadskim brojevnim sustavom.

Općenito **brojevni sustav je skup pravila po kojima se zapisuju brojevi**. Svaki brojevni sustav sastoji se od vlastitog skupa znamenaka. **Ukupan broj znamenaka** u pojedinom brojevnom sustavu **predstavlja bazu** tog **brojevnog sustava**.

Tako u dekadskom brojevnom sustavu postoji 10 znamenaka pa je baza dekadskog brojevnog sustava 10, a skup znamenaka koji ga određuje su sve znamenke od 0 do 9: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9.

Primjer zapisa broja u dekadskom brojevnom sustavu je 378 ili $378_{(10)}$. Uočite da u zagradi u indeksu navodimo broj 10 te tako naglašavamo da je broj 378 zapisan u dekadskom brojevnom sustavu. Ako ne napišemo tu zagradu s brojem 10, podrazumijeva se da se radi o zapisu broja u dekadskom brojevnom sustavu. U slučaju da broj nije zapisan u dekadskom brojevnom sustavu, morat ćemo obavezno naglašavati u kojem smo brojevnom sustavu zapisali broj.

Svakoj znamenci u broju pridružuje se njezina težina. Najveću težinu ima krajnje lijeva znamenka u zapisu broja. Težina znamenke zapisane krajnje desno je 0. Primjerice, ako broj $2617_{(10)}$ rastavimo po težinama, dobivamo:

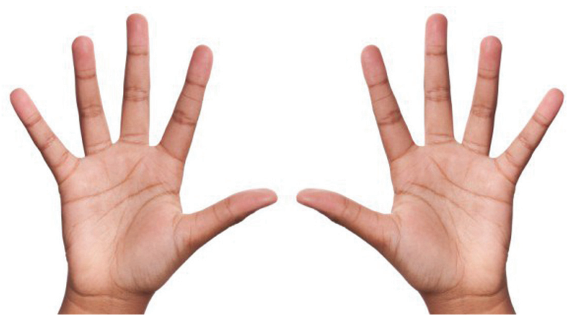
2617	=	$2 \cdot 10^3$	+	$6 \cdot 10^2$	+	$1 \cdot 10^1$	+	$7 \cdot 10^0$
	=	2000	+	600	+	10	+	7

znamenka baza 10 težina

U ovom primjeru radi se o dekadskom brojevnom sustavu pa za bazu uzimamo broj 10.

Što mislite zašto se mi koristimo sustavom s bazom 10? Kad ste bili mali, kako ste učili zbrajati brojeve do 10 (slika 1.3)?

Osim sustava s bazom 10, postoje i razni brojevni sustavi u drugim bazama. Za programiranje te što bolje razumijevanje zapisa podataka u sklopovima računala, trebat ćemo **sustav s bazom 2 – binarni brojevni sustav**. Tako ćemo u ovom poglavlju naučiti i binarni brojevni sustav te sustave koji su povezani s binarnim brojevnim sustavom – **oktalni i heksadekadski brojevni sustav**.



Slika 1.3. Prsti na rukama i asocijacija na bazu 10

1.1.2. Binarni brojevni sustav

Binarni brojevni sustav sastoji se od samo dviju znamenaka. To su znamenke 0 i 1. Budući da ovaj sustav ima dvije znamenke, onda se uzima da je baza binarnog brojevnog sustava broj 2.

Primjer broja u binarnom brojevnom sustavu je $1011_{(2)}$. Ako želimo taj broj razviti po težinama, onda pišemo:

$\mathbf{1011_{(2)}}$	=	$1 \cdot 2^3$	+	$0 \cdot 2^2$	+	$1 \cdot 2^1$	+	$1 \cdot 2^0$

3 2 1 0

znamenka baza 2 težina

U slučaju da binarni broj ima i decimale, onda se po težinama rastavlja ovako:

$\mathbf{10.11_{(2)}}$	=	$1 \cdot 2^1$	+	$0 \cdot 2^0$	+	$1 \cdot 2^{-1}$	+	$1 \cdot 2^{-2}$

1 0 −1 −2

Ovim ćemo se brojevnim sustavom koristiti za zapis podataka u sklopovima računala.

1.1.3. Oktalni brojevni sustav

Oktalni brojevni sustav sadrži 8 znamenaka: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7. Zato kažemo da je baza oktalnog brojevnog sustava broj 8. Primjer broja zapisanog u oktalnom brojevnom sustavu je: $7326_{(8)}$.

Ako ga želimo rastaviti po težinama, onda to možemo ovako zapisati:

$7326_{(8)}$	=	$7 \cdot 8^3$	+	$3 \cdot 8^2$	+	$2 \cdot 8^1$	+	$6 \cdot 8^0$

znamenka baza 8 težina

Decimalni oktalni broj $37.21_{(8)}$ rastavljen po težinama bio bi:

$37.21_{(8)}$	=	$3 \cdot 8^1$	+	$7 \cdot 8^0$	+	$2 \cdot 8^{-1}$	+	$1 \cdot 8^{-2}$

1.1.4. Heksadekadski brojevni sustav

Heksadekadski brojevni sustav sadrži šesnaest znamenaka označenih s: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E i F. Slovo A ima vrijednost 10, slovo B vrijednost 11, slovo C vrijednost 12, slovo D vrijednost 13, slovo E vrijednost 14 te slovo F vrijednost 15. Zato kažemo da je baza heksadekadskog brojevnog sustava broj 16. Primjer broja zapisanog u heksadekadskom brojevnom sustavu je: $6BC1_{(16)}$.

Ako taj broj želimo rastaviti po težinama, onda to možemo ovako zapisati:

$6BC1_{(16)}$	=	$6 \cdot 16^3$	+	$11 \cdot 16^2$ (B)	+	$12 \cdot 16^1$ (C)	+	$1 \cdot 16^0$

znamenka baza 16 težina

Želimo li heksadekadski broj $A.117_{(16)}$ rastaviti po težinama, onda to pišemo ovako:

$A.117_{(16)}$	=	$10 \cdot 16^0$ (A)	+	$1 \cdot 16^{-1}$	+	$1 \cdot 16^{-2}$	+	$7 \cdot 16^{-3}$

Pregled brojevnih sustava s kojima ćemo se susretati dan je tablicom 1.2.

Tablica 1.2. Binarni, oktalni, dekadski i heksadekadski brojevni sustavi

Brojevni sustav	Baza brojevnog sustava	Znamenke	Primjer brojeva
Binarni	2	0, 1	$1010111_{(2)}$, $10_{(2)}$
Oktalni	8	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	$1_{(8)}$, $73632112_{(8)}$
Dekadski	10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	$0_{(10)}$, $91827_{(10)}$
Heksadekadski	16	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F	$21_{(16)}$, $AB387_{(16)}$

1.2. Pretvaranje u dekadski iz binarnog, oktalnog i heksadekadskog brojevnog sustava

Između različitih brojevnih sustava postoji veza te je tako moguće pretvarati brojeve iz jednog brojevnog sustava u drugi. Nakon što smo pokazali kako se broj rastavlja po težinama, vrlo lako ćemo pretvarati brojeve zapisane u binarnom, oktalnom ili heksadekadskom brojevnom sustavu u dekadski brojevni sustav. Nakon što broj rastavimo po težinama, samo izračunamo zbroj svih članova (potencija) i dobiveni zbroj predstavlja dekadski zapis broja.

Ponovimo

Potencije u matematici

$5 \cdot 8^2$ eksponent baza koeficijent

$5 \cdot 8^2 = 5 \cdot 64 = 320$

Računanje s negativnim eksponentom

$$4 \cdot 8^{-2} = 4 \cdot \frac{1}{8^2} = 4 \cdot \frac{1}{64} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

Primjer 1.1.

Zadane brojeve zapisane u binarnom, oktalnom i heksadekadskom brojevnom sustavu pretvori u dekadski brojevni sustav: $10101_{(2)}$, $521_{(8)}$ i $D47_{(16)}$.

Pretvorba broja $10101_{(2)}$ u dekadski brojevni sustav:

		broj $10101_{(2)}$ rastavljen po težinama									
$10101_{(2)}$	=	$1 \cdot 2^4$	+	$0 \cdot 2^3$	+	$1 \cdot 2^2$	+	$0 \cdot 2^1$	+	$1 \cdot 2^0$	=	$21_{(10)}$
	=	16	+	0	+	4	+	0	+	1	=	

Pretvorba broja $521_{(8)}$ u dekadski brojevni sustav:

		broj $521_{(8)}$ rastavljen po težinama						
$521_{(8)}$	=	$5 \cdot 8^2$	+	$2 \cdot 8^1$	+	$1 \cdot 8^0$	=	$337_{(10)}$
	=	320	+	16	+	1	=	

Pretvorba broja $D47_{(16)}$ u dekadski brojevni sustav:

		broj $D47_{(16)}$ rastavljen po težinama						
$D47_{(16)}$	=	$13 \cdot 16^2$	+	$4 \cdot 16^1$	+	$7 \cdot 16^0$	=	$3399_{(10)}$
	=	3328	+	64	+	7	=	

Primjer 1.2.

Zadane brojeve zapisane u binarnom, oktalnom i heksadekadskom brojevnom sustavu pretvori u dekadski brojevni sustav: $11.011_{(2)}$, $31.4_{(8)}$ i $FE.48_{(16)}$.

Pretvorba broja $11.011_{(2)}$ u dekadski brojevni sustav:

		broj $11.011_{(2)}$ rastavljen po težinama											
$11.011_{(2)}$	=	$1 \cdot 2^1$	+	$1 \cdot 2^0$	+	$0 \cdot 2^{-1}$	+	$1 \cdot 2^{-2}$	+	$1 \cdot 2^{-3}$	=	$3.375_{(10)}$
	=	2	+	1	+	0	+	0.25	+	0.125	=	

Pretvorba broja $31.4_{(8)}$ u dekadski brojevni sustav:

		broj $31.4_{(8)}$ rastavljen po težinama						
$31.4_{(8)}$	=	$3 \cdot 8^1$	+	$1 \cdot 8^0$	+	$4 \cdot 8^{-1}$	=	$25.5_{(10)}$
	=	24	+	1	+	0.5	=	

Pretvorba broja $FE.48_{(16)}$ u dekadski brojevni sustav:

		broj $FE.48_{(16)}$ rastavljen po težinama									
$FE.48_{(16)}$	=	$15 \cdot 16^1$	+	$14 \cdot 16^0$	+	$4 \cdot 16^{-1}$	+	$8 \cdot 16^{-2}$	=	$254.28125_{(10)}$
	=	240	+	14	+	0.25	+	0.03125	=	

1.3. Pretvaranje u binarni, oktalni i heksadekadski iz dekadskog brojevnog sustava

Nakon što smo pokazali pretvorbu u dekadski brojevni sustav, sada ćemo vidjeti kako se iz dekadskog sustava broj prebacuje u sustave s bazom 2, 8 ili 16.

To ćemo raditi metodom uzastopnog cjelobrojnog dijeljenja.

Primjer 1.3.

Dekadski broj $60_{(10)}$ zapiši u binarnom, oktalnom i heksadekadskom brojevnom sustavu.

Pretvorba u binarni brojevni sustav:

Kada radimo pretvorbu u binarni brojevni sustav, radimo uzastopno dijeljenje s brojem 2 (zato što je baza binarnog brojevnog sustava 2). Svaki put kad dijelimo, pišemo koliki je bio ostatak cjelobrojnog dijeljenja. Cjelobrojni dio dalje dijelimo sve dok ne dođemo do 0, a paralelno odmah zapisujemo ostatke dijeljenja. Na kraju očitamo sve ostatke u smjeru strelice (vidi primjer) i dobivamo traženi binarni broj. Mogući ostatci dijeljenja u slučaju kad pretvaramo dekadski broj u binarni zapis su samo brojevi 0 i 1.

$60 : 2 = 30$ i ostatak **0** (zato što je $2 \cdot 30 + 0 = 60$)

$30 : 2 = 15$ i ostatak **0**

$15 : 2 = 7$ i ostatak **1**

$7 : 2 = 3$ i ostatak **1**

$3 : 2 = 1$ i ostatak **1**

$1 : 2 = 0$ i ostatak **1**

Rješenje je broj: $\mathbf{111100_{(2)}}$

Pretvorba u oktalni brojevni sustav:

Ako želimo broj zapisati oktalno, onda ćemo dekadski broj uzastopno dijeliti sa 8 (baza 8). Po istom principu zapisujemo ostatke dijeljenja sve dok ne dođemo do 0. U smjeru strelice očitavamo dobiveni oktalni broj. Ostatci dijeljenja u ovom slučaju mogu biti znamenke od 0 do 7.

$60 : 8 = 7$ i ostatak **4** (zato što je $7 \cdot 8 + 4 = 60$)

$7 : 8 = 0$ i ostatak **7**

Rješenje je broj: $\mathbf{74_{(8)}}$

Pretvorba u heksadekadski brojevni sustav:

Ako želimo broj zapisati heksadekadski, onda ćemo dekadski broj uzastopno dijeliti sa 16 (baza 16). Po istom principu zapisujemo ostatke dijeljenja sve dok ne dođemo do 0. U smjeru strelice očitavamo dobiveni heksadekadski broj. Ostatci dijeljenja u ovom slučaju mogu biti znamenke od 0 do 9 te slova A, B, C, D, E i F koja imaju vrijednosti redom 10, 11, 12, 13, 14, 15 i 16.

60 : 16 = 3 i ostatak **12** (C) (zato što je 3 · 16 + 12 = 60)

3 : 16 = 0 i ostatak **3**

Rješenje je broj: $\mathbf{3C_{(16)}}$

Kao što smo pretvarali binarne, oktalne i heksadekadske brojeve s decimalnom točkom u dekadski zapis, tako možemo i dekadski broj koji ima decimale pretvarati u binarni, oktalni i heksadekadski zapis. U ovom poglavlju učit ćemo samo kako se pretvara decimalni dekadski broj u binarni zapis. Pretvorba u oktalni i heksadekadski zapis radi se po istom principu (samo se koristimo drugom bazom).

Primjer 1.4.

Dekadski broj $182.3125_{(10)}$ zapiši u binarnom brojevnom sustavu.

Prvo ćemo cjelobrojni dio broja $182.3125_{(10)}$ pretvoriti u binarni zapis. To radimo već pokazanom metodom uzastopnog dijeljenja:

182 : 2 = 91 i ostatak **0** (zato što je 2 · 91 + 0 = 182)

91 : 2 = 45 i ostatak **1**

45 : 2 = 22 i ostatak **1**

22 : 2 = 11 i ostatak **0**

11 : 2 = 5 i ostatak **1**

5 : 2 = 2 i ostatak **1**

2 : 2 = 1 i ostatak **0**

1 : 2 = 0 i ostatak **1**

Cjelobrojni dio broja zapisan binarno glasi: $\mathbf{10110110_{(2)}}$.

Decimalni dio broja pretvaramo tako da radimo metodu uzastopnog množenja sa 2. Svaki put kad pomnožimo decimalni broj sa 2 uzmemo njegov cjelobrojni dio i zapišemo ga sa strane. Množenje nastavljamo tako da uzmemo samo decimalni dio novonastalog broja. Kad dođemo do 1.0 došli smo do kraja množenja te zapisane brojeve sa strane očitamo u smjeru strelice (vidi primjer).

0.3125 · 2 = 0.625 → 0
0.625 · 2 = 1.25 → 1
0.25 · 2 = 0.5 → 0
0.5 · 2 = 1.0 → 1

Decimalni dio broja zapisan binarno glasi: $0.0101_{(2)}$.

Rješenje zadatka dobivamo kad spojimo cjelobrojni i decimalni dio: $\mathbf{10110110.0101_{(2)}}$.

Za one koji žele znati više

Ako želimo pretvoriti u oktalni zapis decimalni dio dekadskog broja, onda radimo po istom principu uzastopno množenje sa 8. Za heksadekadski sustav radimo uzastopno množenje sa 16.

1.4. Direktna pretvorba iz binarnog u oktalni i heksadekadski brojevni sustav

1.4.1. Pretvorba iz binarnog brojevnog sustava u oktalni brojevni sustav

Kad želimo direktno pretvoriti binarni broj u oktalni brojevni sustav, prvo što moramo napraviti je grupirati znamenke u binarnom broju po 3 ($2^3 = 8$). **Cjelobrojni dio binarnog broja dijelimo po tri znamenke zdesna nalijevo. U decimalnom dijelu grupiranje radimo slijeva nadesno. Ako nam u zadnjoj grupi nedostaje znamenaka koje bi činile grupu od 3 znamenke, nadopisujemo nule**.

Ako imamo broj $1100111{,}10101_{(2)}$ grupiranje radimo tako da cjelobrojni dio podijelimo na tri grupe (I., II. i III.). U treću grupu (III.) nadopisujemo dvije nule. U decimalnom dijelu imamo dvije grupe (IV. i V.). U petoj grupi (V.) potrebno je nadopisati jednu nulu.

Svaka grupa predstavlja jednu oktalnu znamenku tj. sastoji se od triju binarnih znamenaka *x*, *y* i *z*.

grupa	*x*	*y*	*z*	**binarne znamenke**
	2^2	2^1	2^0	težina
	4	2	1	vrijednost
	0 – 7			**oktalna znamenka**

	cjelobrojni dio				decimalni dio	
	001	100	111	.	101	010
grupe	III.	II.	I.		IV.	V.

Žutom bojom ćemo označiti polja gdje su vrijednosti binarnih znamenaka **1**. Zbrajanjem svih žutih polja dobivamo oktalnu znamenku.

Oktalna vrijednost grupe I. je (zbrajamo žuta polja):

grupa I.	**1**	**1**	**1**	**binarne znamenke**
	2^2	2^1	2^0	težina
	4	2	1	vrijednost
		7		**oktalna znamenka**

Oktalna vrijednost grupe II. je (imamo samo jedno žuto polje koje prepisujemo):

grupa II.	**1**	**0**	**0**	**binarne znamenke**
	2^2	2^1	2^0	težina
	4	2	1	vrijednost
		4		**oktalna znamenka**

Oktalna vrijednost grupe III. je:

grupa III.	**0**	**0**	**1**	**binarne znamenke**
	2^2	2^1	2^0	težina
	4	2	1	vrijednost
		1		**oktalna znamenka**

Oktalna vrijednost grupe IV. je:

grupa IV.	**1**	**0**	**1**	**binarne znamenke**
	2^2	2^1	2^0	težina
	4	2	1	vrijednost
		5		**oktalna znamenka**

Oktalna vrijednost grupe V. je:

grupa V.	**0**	**1**	**0**	**binarne znamenke**
	2^2	2^1	2^0	težina
	4	2	1	vrijednost
		2		**oktalna znamenka**

Rješenje svake grupe, tj. svaku oktalnu znamenku upisujemo ispod binarnih znamenaka koje su složene po već definiranim grupama:

001	100	111	.	101	010
1	4	7	.	5	2

Rješenje je broj: $\mathbf{147.52}_{(8)}$.

Tablicom 1.3 dane su sve moguće kombinacije grupa koje se mogu pojaviti prilikom pretvorbe iz binarnog brojevnog sustava u oktalni brojevni sustav.

Tablica 1.3. Oktalne znamenke predstavljene binarnim brojevnim sustavom

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

Primjer 1.5.

Binarni broj $10101110000.11011_{(2)}$ zapiši oktalno.

Radimo podjelu po 3 znamenke i potom svaku grupu binarnih znamenaka mijenjamo jednom oktalnom znamenkom. Zeleno su označene nule koje nadopisujemo tako da imamo grupe po 3 binarne znamenke.

010	101	110	000	.	110	110
2	5	6	0	.	6	6

Rješenje: $\mathbf{10101110000.11011_{(2)} = 2560.66_{(8)}}$.

1.4.2. Pretvorba iz binarnog brojevnog sustava u heksadekadski brojevni sustav

Kad želimo direktno pretvoriti binarni broj u heksadekadski brojevni sustav, onda znamenke grupiramo po 4 ($2^4 = 16$). **Cjelobrojni dio binarnog broja dijelimo po četiri znamenke zdesna nalijevo. U decimalnom dijelu grupiranje radimo slijeva nadesno. Ako nam u zadnjoj grupi nedostaje znamenaka koje bi činile grupu od 4 znamenke, nadopisujemo nule.**

Ako imamo broj $1100111.10101_{(2)}$ grupiranje radimo tako da cjelobrojni dio podijelimo u ovom slučaju na dvije grupe (I. i II.). U drugu grupu (II.) nadopisujemo jednu nulu. U decimalnom dijelu imamo dvije grupe (III. i IV.). U četvrtoj grupi (IV.) potrebno je nadopisati tri nule.

Svaka grupa predstavlja jednu heksadekadsku znamenku tj. sastoji se od četiriju binarnih znamenaka *x*, *y*, *z* i *w*.

grupa	*x*	*y*	*z*	*w*	**binarne znamenke**
	2^3	2^2	2^1	2^0	težina
	8	4	2	1	vrijednost
	0 – F				**heksadekadska znamenka**

	cjelobrojni dio			decimalni dio	
	0110	0111	.	1010	1000
grupe	II.	I.		III.	IV.

Žutom bojom ćemo označiti polja gdje su vrijednosti binarnih znamenaka **1**. Zbrajanjem svih žutih polja dobivamo heksadekadski znamenku.

Heksadekadska vrijednost grupe I. je (zbrajamo žuta polja $4 + 2 + 1 = 7$):

grupa I.	**0**	**1**	**1**	**1**	**binarne znamenke**
	2^3	2^2	2^1	2^0	težina
	8	4	2	1	vrijednost
	7				**heksadekadska znamenka**

Heksadekadska vrijednost grupe II. je $(4 + 2 = 6)$:

grupa II.	**0**	**1**	**1**	**0**	**binarne znamenke**
	2^3	2^2	2^1	2^0	težina
	8	4	2	1	vrijednost
	6				**heksadekadska znamenka**

Heksadekadska vrijednost grupe III. je $(8 + 2 = 10)$:

grupa III.	**1**	**0**	**1**	**0**	**binarne znamenke**
	2^3	2^2	2^1	2^0	težina
	8	4	2	1	vrijednost
	10 = A				**heksadekadska znamenka**

Heksadekadska vrijednost grupe IV. je:

grupa IV.	**1**	**0**	**0**	**0**	**binarne znamenke**
	2^3	2^2	2^1	2^0	težina
	8	4	2	1	vrijednost
	8				**heksadekadska znamenka**

Rješenje svake grupe, tj. svaku heksadekadsku znamenku upisujemo ispod binarnih znamenaka koje su složene po već definiranim grupama:

0110	0111	.	1010	1000
6	7	.	A	8

Rješenje je broj: $\mathbf{67.A8}_{(16)}$.

Tablicom 1.4 dane su sve moguće kombinacije grupa koje se mogu pojaviti prilikom pretvorbe iz binarnog brojevnog sustava u heksadekadski brojevni sustav.

Tablica 1.4. Heksadekadske znamenke predstavljene binarnim brojevnim sustavom

Binarni zapis	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
Heksadekadska znamenka	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Binarni zapis	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Heksadekadska znamenka	A	B	C	D	E	F

Primjer 1.6.

Binarni broj $10101110000.11011_{(2)}$ zapiši heksadekadskim zapisom.

Radimo podjelu po 4 znamenke i potom svaku grupu binarnih znamenaka mijenjamo jednom heksadekadskom znamenkom. Zeleno su označene nule koje nadopisujemo tako da imamo grupe po 4 binarne znamenke.

0101	0111	0000	.	1101	1000
5	7	0	.	D	8

Rješenje: $\mathbf{10101110000.11011_{(2)} = 570.D8_{(16)}}$.

1.5. Direktna pretvorba iz oktalnog i heksadekadskog u binarni brojevni sustav

Postupak direktne pretvorbe oktalnog i heksadekadskog broja u binarni zapis je suprotan od onog koji smo radili kad smo pretvarali broj iz binarnog brojevnog sustava u oktalni, odnosno heksadekadski brojevni sustav. I dalje moramo voditi računa da jedna oktalna znamenka odgovara trima binarnim znamenkama, dok je jedna heksadekadska znamenka predstavljena četirima binarnim znamenkama.

1.5.1. Pretvorba iz oktalnog brojevnog sustava u binarni brojevni sustav

Primjer 1.7.

Broj $726.23_{(8)}$ zapiši binarno.

Binarne vrijednosti oktalnih znamenaka možemo očitati s pomoću tablice 1.3, ali i jednostavno po pozicijama možemo izračunati gdje moramo upisati znamenku 1. Već smo objasnili kako se računaju težine pa to samo primijenimo. U prvom retku nalazi se binarni broj koji želimo dobiti, a ispod su napisane vrijednosti pozicija na kojima se nalazi pojedina binarna znamenka.

Ako želimo dobiti 7, jedinica mora biti na sve tri pozicije $(4 + 2 + 1 = 7)$:

1	**1**	**1**
4	2	1

Ako želimo dobiti 2, jedinica mora biti samo na drugoj poziciji:

0	**1**	**0**
4	2	1

Ako želimo dobiti 6, jedinica mora biti na prvoj i drugoj poziciji (4 + 2 = 6):

1	**1**	**0**
4	2	1

Tako se ovaj princip nastavlja i za preostale znamenke.

7	2	6	.	2	3
111	010	110	.	010	011

Rješenje: **726.23$_{(8)}$ = 111010110.010011$_{(2)}$**.

1.5.2. Pretvorba iz heksadekadskog brojevnog sustava u binarni brojevni sustav

Primjer 1.8.

Broj 6D.9B$_{(16)}$ zapiši binarno.

Jedna heksadekadska znamenka predstavljena je sa četirima binarnim znamenkama. Binarne vrijednosti heksadekadskih znamenaka možemo očitati s pomoću tablice 1.4, ali i jednostavno po pozicijama možemo izračunati gdje moramo upisati znamenku 1. Logika je ista kao kad smo pretvarali oktalne znamenke u binarne. Ovdje imamo samo jednu poziciju više.

Ako želimo dobiti 6, jedinica mora biti na drugoj i trećoj poziciji (4 + 2 = 6):

0	**1**	**1**	**0**
8	4	2	1

Ako želimo dobiti D (13), jedinica ne smije biti samo na trećoj poziciji (8 + 4 + 1 = 13):

1	**1**	**0**	**1**
8	4	2	1

Tako se ovaj princip nastavlja i za preostale znamenke.

6	D	.	9	B
0110	1101	.	1001	1011

Rješenje: **6D.9B$_{(16)}$ = 1101101.10011011$_{(2)}$**.

Primjer 1.9.

Oktalni broj $54.01_{(8)}$ zapiši heksadekadskim zapisom.

Ako želimo pretvoriti oktalni broj u heksadekadski, prvo ćemo ga pretvoriti u binarni brojevni sustav, a potom iz binarnog brojevnog sustava u heksadekadski brojevni sustav.

Pretvorba u binarni brojevni sustav:

5	4	.	0	1
101	100	.	000	001

$$54.01_{(8)} = 101100.000001_{(2)}$$

Pretvorba dobivenog binarnog zapisa u heksadekadski zapis:

0010	1100	.	0000	0100
2	C	.	0	4

Rješenje: $\mathbf{54.01_{(8)} = 101100.000001_{(2)} = 2C.04_{(16)}}$.

Primjer 1.10.

Heksadekadski broj $F31.2_{(16)}$ zapiši oktalnim zapisom.

U ovom primjeru isto postupamo. Prvo broj pretvaramo u binarni zapis, a potom iz binarnog u oktalni zapis.

Pretvorba u binarni zapis:

F	3	1	.	2
1111	0011	0001	.	0010

$$F31.2_{(16)} = 111100110001.0010_{(2)}$$

Pretvorba dobivenog binarnog zapisa u heksadekadski zapis:

111	100	110	001	.	001	000
7	4	6	1	.	1	0

Rješenje: $\mathbf{F31.2_{(16)} = 111100110001.0010_{(2)} = 7461.10_{(8)}}$.