# 1 IEEE 754 zapis brojeva sa dekadnom osnovom u jednostrukoj tačnosti (decimal32) - DPD kodiranje

## 1.1 Zapis normalnih brojeva

Broj koji se zapisuje je oblika

$$\pm\ (d_1d_2d_3d_4d_5d_6d_7)_{10}\ \cdot 10^{exp}$$

gde za dekadnu vrednost eksponenta $exp$ važi $exp \in [-101, 90]$.

Prema standardu je $e_{max} = 96$, a $e_{min} = 1 - e_{max} = -95$, ali u odnosu na frakciju oblika $(d_1.d_2d_3d_4d_5d_6d_7)_{10}$.

Prema tome, najveći ($N_{max}$) i najmanji ($N_{min}$) po apsolutnoj vrednosti normalani brojevi zapisuju se kao:

$$\begin{aligned} N_{max} &= 9.999999 \cdot 10^{96} = (10 - 1.0 \cdot 10^{-6}) \cdot 10^{96} = 9999999 \cdot 10^{90} \\ N_{min} &= 1.0 \cdot 10^{-95} = 1 \cdot 10^{-95} \end{aligned}$$

Karakteristike *decimal32* zapisa sa DPD kodiranjem:

- 1 bit za zapis znaka broja: 0 ako je broj pozitivan ili 1 ako je broj negativan
- 11 bitova za kombinaciju: kombinacija uključuje zapis eksponenta i zapis prve cifre frakcije $d_1$. Eksponent se zapisuje kao broj dužine 8 bita sa uvećanjem 101, a od vrednosti cifre $d_1$ zavisi format kombinacije pa razlikujemo sledeće slučajeve:
  1. Ako je cifra $d_1$ mala cifra, tj. cifra iz skupa $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ kombinacija se gradi tako što se zapišu prva dva bita eksponenta, pa kod cifre $d_1$ dužine 3 bita, pa preostalih 6 bitova eksponenta.
  2. Ako je cifra $d_1$ velika cifra, tj. cifra iz skupa $\{8, 9\}$ kombinacija se gradi tako što se zapišu prvo bitovi 11, pa prva dva bita eksponenta, pa kod cifre $d_1$ dužine 1 bit (0 za cifru $8 = (1000)_2$ ili 1 za cifru $9 = (1001)_2$), pa preostalih 6 bitova eksponenta.
- 20 bitova za zapis ostatka frakcije: niz cifara $d_2d_3d_4d_5d_6d_7$ se razdvaja na dve grupe od po 3 dekadne cifre $d_2d_3d_4$ i $d_5d_6d_7$, a zatim se svakoj od njih pridružuje DPD kod dužine 10 bitova prema pravilima za kodiranje zadatim tablicom:

  $$(abcd)\ (efgh)\ (ijkm)\ \rightarrow\ (pqr)\ (stu)\ (v)\ (wxy)$$

  | **aei** | **pqr stu v wxy** | komentar |
  |---|---|---|
  | 000 | bcd fgh 0 jkm | sve cifre su male |
  | 001 | bcd fgh 1 00m | krajnja desna cifra je velika |
  | 010 | bcd jkh 1 01m | srednja cifra je velika |
  | 100 | jkd fgh 1 10m | krajnja leva cifra je velika |
  | 110 | jkd 00h 1 11m | krajnje desna cifra je mala |
  | 101 | fgd 01h 1 11m | srednja cifra je mala |
  | 011 | bcd 10h 1 11m | krajnje leva cifra je mala |
  | 111 | 00d 11h 1 11m | sve cifre su velike |

  Ukupno različitih kombinacija od tri dekadne cifre ima $10^3 = 1000$ a različitih kombinacija od 10 binarnih cifara ima $2^{10} = 1024$. Pri ovom pridruživanju dekleta trojki dekadnih cifara ostaju 24 binarne kombinacije koje predstavljaju *nekanoničke deklete*. Na osnovu gornje tablice to su dekleti koji odgovaraju poslednjoj vrsti u tablici, samo što ne počitnju kombinacijom bitova 00, već nekom od kombinacija: 01, 10 ili 11.

Realni brojevi u pokretnom zarezu mogu imati više različitih reprezentacija u zapisu sa dekadnom osnovom. Skup različitih reprezentacija u koje se preslikava broj u pokretnom zarezu naziva se **kohorta**.
Kanonički predstavnik kohorte je onaj koji ima najmanji eksponent.
Članovi kohorte su numerički ekvivalentni, ali mogu imati različito ponašanje u aritmetičkim operacijama.

Kohorta broja $N_{max}$ je jednočlana a broja $N_{min}$ sadrži sledeće reprezentacije od kojih je poslednja navedena reprezentacija kanonička:

$$\begin{aligned} N_{min} &= 0000001 \cdot 10^{-95} &&= 0000010 \cdot 10^{-96} \\ &= 0000100 \cdot 10^{-97} &&= 0001000 \cdot 10^{-98} \\ &= 0010000 \cdot 10^{-99} &&= 0100000 \cdot 10^{-100} \\ &= 1000000 \cdot 10^{-101} \end{aligned}$$

## 1.2 Zapis specijalnih vrednosti

- Pozitivna nula: frakcija je $(0000000)_{10}$, a eksponent može uzeti proizvoljne vrednosti.
  Pošto je $d_1 = 0$ mala cifra, kombinacija ne može imati dve vodeće jedinice, tj. dvobitni početak kombinacije može biti: 00, 01 ili 10. Nakon toga dolazi kod za cifru $d_1$, tj. 000, a šestobitni nastavak kombinacije je proizvoljan.

  | | | | |
  |---|---|---|---|
  | | 00 000 | ...... | |
  | 0 | 01 000 | ...... | 0000000000 0000000000 |
  | | 10 000 | ...... | |

  Na primer:
  0 00000110001 0000000000 0000000000
  0 01000000011 0000000000 0000000000
  0 10000011101 0000000000 0000000000

- Negativna nula: važi isti format kao i za pozitivnu nulu, osim bita za znak.

  | | | | |
  |---|---|---|---|
  | | 00 000 | ...... | |
  | 1 | 01 000 | ...... | 0000000000 0000000000 |
  | | 10 000 | ...... | |

  Na primer:
  1 10000000111 0000000000 0000000000
  1 00000010001 0000000000 0000000000
  1 01000100100 0000000000 0000000000

- $+\infty$: bit znaka je 0, pet vodećih bitova kombinacije je 11110, a ostatak kombinacije je proizvoljan
  Na primer:
  0 11110110111 1101100000 10111010100
  0 11110000001 0100100101 00000000000
  0 11110101100 1110101100 00111100011

- $-\infty$: bit znaka je 1, pet vodećih bitova kombinacije je 11110 a ostatak kombinacije je proizvoljan
  Na primer:
  1 11110100100 0001100000 10111010100
  1 11110110101 1100110101 01011001100
  1 11110001110 0100001010 01100101001

- qNaN vrednost: bit za znak može biti 0 ili 1, pet vodećih bitova kombinacije je 11111 a prvi bit u nastavku je 0, dok preostali bitovi mogu uzeti proizvoljne vrednosti
  Na primer:
  0 11111010111 0111111111 0110010110
  1 11111000001 1100010001 0001010000
  1 11111001010 0100001000 1111000000

- sNaN vrednost: bit za znak može biti 0 ili 1, pet vodećih bitova kombinacije je 11111 a prvi bit u nastavku je 1, dok preostali bitovi mogu uzeti proizvoljne vrednosti
  Na primer:
  0 11111100100 1001000001 10011101001
  1 11111100011 0001100101 00000001101
  0 11111111111 1100010101 00110110000

- Subnormalni brojevi: dekadna vrednost se računa na isti način kao za normalne brojeve
  Najmanji po apsolutnoj vrednosti subnormalan broj je:
  $D_{min} = 1.0 \cdot 10^{-101} = 0000001 \cdot 10^{-101}$
  a njegova reprezentacija je:
  0 00 000 000000 0000000000 0000000001

## 1.3 Napomene

1. Na osnovu zapisa specijalnih vrednosti $\pm\infty$, $sNaN$ i $qNaN$, može se zaključiti da se u kombinaciji normalnog broja ne mogu naći 4 vodeće jedinice. Drugim rečima, ako kombinacija normalnog broja počinje bitovima 11, njih mogu da slede samo bitovi 00, 01 ili 10. Na osnovu toga se može zaključiti da binarna reprezentacija uvećanog eksponenta ne može imati dve vodeće jedinice, tj. mora biti manja od $(11000000)_2 = (192)_{10}$. Kako je $192 - 101 = 91$, sledi da je najveća dekadna vrednost eksponenta 90.

2. Zapis broja $N_{min}$, ukoliko se koristi nekanonička reprezentacija $0000001 \cdot 10^{-95}$, je:

   0 00000000110 0000000000 0000000001

   jer je $-95 + 101 = 6 = (00000110)_2$ i $d_1 = 0 = (000)_2$ pa je kombinacija 00 000 000110. Ostatak frakcije se lako kodira u dva dekleta.

3. Zapis broja $N_{max} = 9999999 \cdot 10^{90}$ je:

   0 11101111111 0011111111 0011111111

   jer je $90 + 101 = 191 = (10111111)_2$ i $d_1 = 9$ pa je kombinacija 11 10 1 111111, a ostatak frakcije se kodira po tablici kanoničkim dekletom (2 puta): 001 111 1 111.

## 1.4 Zadaci

1. Zapisati broj 8.173 po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem.

   $8.173 = 8173 \cdot 10^{-3} = 0008173 \cdot 10^{-3} = 0081730 \cdot 10^{-4} = 0817300 \cdot 10^{-5} = 8173000 \cdot 10^{-6}$

   Dakle, kohorta dekadnog broja 8.173 ima 4 člana. Kanonički predstavnik kohorte ima reprezentaciju oblika $8173000 \cdot 10^{-6}$, jer, prema standardu, ima najmanji eksponent.
   Nekanonička reprezentacija oblika $0008173 \cdot 10^{-3}$ je u najvećem broju slučajeva jednostavnija za račun, jer se ne menja ni dekadna vrednost polazne celobrojne frakcije (dopunjava se nulama sa leve strane), niti eksponenta.
   Ovakav pristup će biti korišćen u nastavku, iako nije u skladu sa standardom.

   bit za znak: 0
   eksponent: $-3 + 101 = 98 = (\underline{01}100010)_2$
   prva cifra frakcije: $d_1 = 0 = (000)_2$
   $\Rightarrow$ kombinacija: 01 000 100010
   ostatak frakcije:
   008:

   | abcd | efgh | ijkm | | bcd | fgh | 1 | 00m | | cd | efgh | ijkm |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
   | $\underline{0}000$ | $\underline{0}000$ | $\underline{1}000$ | $\Rightarrow$ | 000 | 000 | 1 | 000 | ili (jer je $8 < 79$) | 00 | 0000 | 1000 |

   173:

   | abcd | efgh | ijkm | | bcd | fgh | 0 | jkm |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|
   | $\underline{0}001$ | $\underline{0}111$ | $\underline{0}011$ | $\Rightarrow$ | 001 | 111 | 0 | 011 |

   konačno: 0 01000100010 0000001000 0011110011

2. Zapisati broj $-248.6957$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem.

   $-248.6957 = -2486957 \cdot 10^{-4}$ (ovo je jedini član kohorte, jer broj već ima 7 značajnih cifara)

   bit za znak: 1
   eksponent: $-4 + 101 = 97 = (\underline{01}100001)_2$
   prva cifra frakcije: $d_1 = 2 = (010)_2$
   $\Rightarrow$ kombinacija: 01 010 100001
   ostatak frakcije:
   486:

   | abcd | efgh | ijkm | | bcd | jkh | 1 | 01m |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|
   | $\underline{0}100$ | $\underline{1}000$ | $\underline{0}110$ | $\Rightarrow$ | 100 | 110 | 1 | 010 |

   957:

   | abcd | efgh | ijkm | | jkd | fgh | 1 | 10m |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|
   | $\underline{1}001$ | $\underline{0}101$ | $\underline{0}111$ | $\Rightarrow$ | 111 | 101 | 1 | 101 |

   konačno: 1 01010100001 1001101010 1111011101

3. Zapisati broj 0.9193598 po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem.

$0.9193598 = 9193598 \cdot 10^{-7}$

bit za znak: 0
eksponent: $-7 + 101 = 94 = (\underline{01}011110)_2$
prva cifra frakcije: $d_1 = 9 = (100\underline{1})_2$
$\Rightarrow$ kombinacija: $\underline{11}$ 01 1 011110
ostatak frakcije:
193:

| abcd | efgh | ijkm | | bcd | jkh | 1 | 01m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\underline{0}001$ | $\underline{1}001$ | $\underline{0}011$ | $\Rightarrow$ | 001 | 011 | 1 | 011 |

598:

| abcd | efgh | ijkm | | bcd | 10h | 1 | 11m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\underline{0}101$ | $\underline{1}001$ | $\underline{1}000$ | $\Rightarrow$ | 101 | 101 | 1 | 110 |

konačno: 0 11011011110 0010111011 1011011110

4. Zapisati broj 864.5893722 po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem.

U jednostrukoj tačnosti je moguće zapisati samo 7 cifara iz zapisa broja, pa ćemo dati broj zaokružiti na najbližu vrednost: $864.5894 = 8645894 \cdot 10^{-4}$

bit za znak: 0
eksponent: $-4 + 101 = 97 = (\underline{01}100001)_2$
prva cifra frakcije: $d_1 = 8 = (100\underline{0})_2$
$\Rightarrow$ kombinacija: 11 01 0 100001
ostatak frakcije:
645:

| abcd | efgh | ijkm | | bcd | fgh | 0 | jkm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\underline{0}110$ | $\underline{0}100$ | $\underline{0}101$ | $\Rightarrow$ | 110 | 100 | 0 | 101 |

894:

| abcd | efgh | ijkm | | jkd | 00h | 1 | 11m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\underline{1}000$ | $\underline{1}001$ | $\underline{0}100$ | $\Rightarrow$ | 100 | 001 | 1 | 110 |

konačno: 0 11010100001 1101000101 1000011110

5. Zapisati broj $-59.28 \cdot 10^{22}$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem.

$-59.28 \cdot 10^{22} = -5928 \cdot 10^{20} = -0005928 \cdot 10^{20}$

bit za znak: 1
eksponent: $20 + 101 = 121 = (01111001)_2$
prva cifra frakcije: $d_1 = 0 = (000)_2$
$\Rightarrow$ kombinacija: 01 000 111001
ostatak frakcije:
005:

| abcd | efgh | ijkm | | bcd | fgh | 0 | jkm | | cd | efgh | ijkm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\underline{0}000$ | $\underline{0}000$ | $\underline{0}101$ | $\Rightarrow$ | 000 | 000 | 0 | 101 | ili (jer je $5 < 79$) | 00 | 0000 | 0101 |

928:

| abcd | efgh | ijkm | | fgd | 01h | 1 | 11m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\underline{1}001$ | $\underline{0}010$ | $\underline{1}000$ | $\Rightarrow$ | 011 | 010 | 1 | 110 |

konačno: 1 01000111001 0000000101 0110101110

6. Odrediti dekadnu vrednost sledećih brojeva zapisanih sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem u jednostrukoj tačnosti:

   a) 0 10000110010 1110001110 0000000000

      znak: +
      kombinacija je oblika: 10 000 110010, pa sledi:
      $d_1 = (000)_2 = 0$
      eksponent: $(10110010)_2 - 101 = 178 - 101 = 77$

ostatak frakcije:

| pqr | stu | v | wxy | | 100r | 100u | 0pqy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 111 | 000 | 1 | 110 | vwxst=11100 | 1001 | 1000 | 0110 |
| | | | | | 9 | 8 | 6 |

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 0stu | 0wxy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 000 | 000 | 0 | 000 | vwxst=00000 | 0000 | 0000 | 0000 |
| | | | | | 0 | 0 | 0 |

dekadna vrednost:
$+0986000 \cdot 10^{77} = 986000 \cdot 10^{77} = 9.86 \cdot 10^{82}$

b) 1 11011100000 0011111000 1101010111

znak: -
kombinacija je oblika: 11 01 1 100000, pa sledi:
$d_1 = (1001)_2 = 9$
eksponent: $(01100000)_2 - 101 = 96 - 101 = -5$
ostatak frakcije:

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 0stu | 100y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 001 | 111 | 1 | 000 | vwxst=10011 | 0001 | 0111 | 1000 |
| | | | | | 1 | 7 | 8 |

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 0stu | 0wxy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 110 | 101 | 0 | 111 | vwxst=01110 | 0110 | 0101 | 0111 |
| | | | | | 6 | 5 | 7 |

dekadna vrednost:
$-9178657 \cdot 10^{-5} = -91.78657$

c) 1 00101101001 1001010011 1110011100

znak: -
kombinacija je oblika: 00 101 101001, pa sledi:
$d_1 = (101)_2 = 5$
eksponent: $(00101001)_2 - 101 = 41 - 101 = -60$
ostatak frakcije:

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 0stu | 0wxy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 101 | 0 | 011 | vwxst=00110 | 0100 | 0101 | 0011 |
| | | | | | 4 | 5 | 3 |

| pqr | stu | v | wxy | | 100r | 0stu | 0pqy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 111 | 001 | 1 | 100 | vwxst=11000 | 1001 | 0001 | 0110 |
| | | | | | 9 | 1 | 6 |

dekadna vrednost:
$-5453916 \cdot 10^{-60} = -5.453916 \cdot 10^{-54}$

d) 0 11100011000 0010011110 1101111011

znak: +
kombinacija je oblika: 11 10 0 011000, pa sledi:
$d_1 = (1000)_2 = 8$
eksponent: $(10011000)_2 - 101 = 152 - 101 = 51$
ostatak frakcije:

| pqr | stu | v | wxy | | 100r | 100u | 0pqy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 001 | 001 | 1 | 110 | vwxst=11100 | 1001 | 1001 | 0000 |
| | | | | | 9 | 9 | 0 |

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 100u | 0sty |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 110 | 111 | 1 | 011 | vwxst=10111 | 0110 | 1001 | 0111 |
| | | | | | 6 | 9 | 7 |

dekadna vrednost:
$+8990697 \cdot 10^{51} = 8.990697 \cdot 10^{57}$

7. Koji broj je predstavljen IEEE 754 zapisom sa dekadnom osnovom i DPD kodiranjem:

a) 1 11110110000 1100111111 0000001101

Kombinacija počinje bitovima 11110 pa je u pitanju $-\infty$.

b) 1 11111110100 0001000101 1100101001

Kombinacija počinje bitovima 111111 (5 vodećih jedinica za kojima sledi jedinica) pa je u pitanju sNaN vrednost.

c) 0 11111001101 1101011100 1111101101

Kombinacija počinje bitovima 111110 (5 vodećih jedinica za kojima sledi nula) pa je u pitanju qNaN vrednost.

d) 0 01000001001 0000000000 0000000000

Kombinacija počinje bitovima 01, prva cifra frakcije je mala $(000)_2 = 0$ i u ostatku frakcije su sve nule, pa je u pitanju zapis broja $+0$.

e) 1 11000011011 0000000000 0000000000

Iako su u nastavku frakcije sve nule a u kombinaciji tri nule nakon dva vodeća bita, nije u pitanju zapis negativne nule jer kombinacija ima dve vodeće jedinice. U pitanju je zapis regularnog (normalnog) broja:
znak: -
kombinacija je oblika: 11 00 0 011011
$d_1 = (1000)_2 = 8$
eksponent: $(00011011)_2 - 101 = 27 - 101 = -74$
ostatak frakcije:

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 0stu | 0wxy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 000 | 000 | 0 | 000 | vwxst=00000 | 0000 | 0000 | 0000 |
| | | | | | 0 | 0 | 0 |

| pqr | stu | v | wxy | | 0pqr | 0stu | 0wxy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 000 | 000 | 0 | 000 | vwxst=00000 | 0000 | 0000 | 0000 |
| | | | | | 0 | 0 | 0 |

dekadna vrednost:
$-8000000 \cdot 10^{-74} = -8.0 \cdot 10^{-68}$

# 2 IEEE 754 zapis brojeva sa dekadnom osnovom u jednostrukoj tačnosti - BID kodiranje

Broj koji se zapisuje je oblika

$$\pm(d_1 \dots d_k)_{10} \cdot 10^{exp}$$

gde je $k \in [1, 7]$, odnosno frakcija ima najviše sedam cifara.

Dakle, broj koji se zapisuje se predstavlja na sličan način kao i pomoću DPD kodiranja, s tom razlikom što celobrojna frakcija može biti promenljive dužine ne veće od sedam cifara. Ukoliko frakcija ima manje od sedam cifara ne vrši se dopunjavanje nulama kao kod DPD kodiranja.

Karakteristike zapisa sa BID kodiranjem:

- 1 bit za zapis znaka broja: 0 ako je broj pozitivan ili 1 ako je broj negativan
- 11 bitova za kombinaciju: razlikujemo sledeće slučajeve:
  1. ako je prevod frakcije u sistem sa osnovom 2 dužine 23 bita kombinacija se sastoji od 8 bitova eksponenta koji ze sapisuje sa uvećanjem 101 i 3 viša bita prevoda frakcije
  2. ako je prevod frakcije u sistem sa osnovom 2 dužine 24 bita kombinacija počinje bitovima 11, zatim sledi 8 bitova eksponenta koji ze sapisuje sa uvećanjem 101, a zatim jedan bit kojim se kodira četvorobitni početak prevoda frakcije: ako prevod frakcije počinje bitovima 1000 zapisuje se bit 0, a ako prevod frakcije počinje bitovima 1001 zapisuje se bit 1 (može se uočiti da je jedan bit kojim se kodira četvorobitni početak prevoda frakcije zapravo četvrti bit iz prevoda frakcije)
- 20 bitova za zapis ostatka prevoda frakcije u sistem sa osnovom 2

## 2.1 Zadaci

1. Zapisati broj $-14.37$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i BID kodiranjem.

   $-14.37 = -1437 \cdot 10^{-2}$
   $1437 = (10110011101)_2^{11} = (000\ 00000000010110011101)_2^{23}$
   kako je binarni prevod frakcije dužine 11, dopunjava se vodećim nulama do tačno 23 bita

   bit za znak: 1
   eksponent: $-2 + 101 = 99 = (01100011)_2$
   prevod frakcije je dužine 23 bita $\Rightarrow$ kombinacija: 01100011 000
   ostatak frakcije: 00000000010110011101

   konačno: 1 01100011000 00000000010110011101

2. Zapisati broj $2.375 \cdot 10^{14}$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i BID kodiranjem.

   $2.375 \cdot 10^{14} = 2375 \cdot 10^{11}$
   $2375 = (1001\ 0100\ 0111)_2^{12} = (000\ 0000\ 0000\ 1001\ 0100\ 0111)_2^{23}$
   bit za znak: 0
   eksponent: $11 + 101 = 112 = (01101000)_2$
   kako je binarni prevod frakcije dužine 12, dopunjava se vodećim nulama do tačno 23 bita
   $\Rightarrow$ kombinacija: 01101000 000
   ostatak frakcije: 00000000100101000111

   konačno: 0 01101000000 00000000100101000111

3. Zapisati broj $943.8344 \cdot 10^{42}$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i BID kodiranjem (broj je dat samo radi ilustracije slučaja kada je binarni prevod frakcije dužine 24 bita).

   $943.8344 \cdot 10^{42} = 9438344 \cdot 10^{38}$
   $9438344 = 2^{23} + 2^{20} + 2^{10} + 2^{7} + 2^{3} = (1001\ 0000\ 0000\ 0100\ 1000\ 1000)_2^{24}$
   bit za znak: 0
   eksponent: $38 + 101 = 139 = (10001011)_2$
   prevod frakcije je dužine 24 bita i počinje bitovima 1001
   $\Rightarrow$ kombinacija: 11 10001011 1
   ostatak frakcije: 00000000010010001000

   konačno: 0 11100010111 00000000010010001000

4. Zapisati broj $-8524.032 \cdot 10^{11}$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i BID kodiranjem (broj je dat samo radi ilustracije slučaja kada je binarni prevod frakcije dužine 24 bita).

   $-8524.032 \cdot 10^{11} = -8524032 \cdot 10^{8}$
   $8524032 = 2^{23} + 2^{17} + 2^{12} + 2^{8} = (1000\ 0010\ 0001\ 0001\ 0000\ 0000)_2^{24}$

   bit za znak: 1
   eksponent: $8 + 101 = 109 = (01101101)_2$
   prevod frakcije je dužine 24 bita i počinje bitovima 1000
   $\Rightarrow$ kombinacija: 11 01101101 0
   ostatak frakcije: 00100001000100000000

   konačno: 0 11011011010 00100001000100000000

5. Zapisati broj $-4.260608 \cdot 10^{-7}$ po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i BID kodiranjem (broj je dat samo radi ilustracije slučaja kada je binarni prevod frakcije dužine 23 bita).

   $4.260608 \cdot 10^{-7} = 4260608 \cdot 10^{-13}$
   $4260608 = (100\ 0001\ 0000\ 0011\ 0000\ 0000)_2^{23}$

   bit za znak: 1
   eksponent: $-13 + 101 = 88 = (01011000)_2$
   prevod frakcije je dužine 23 bita
   $\Rightarrow$ kombinacija je: 01011000 100
   ostatak frakcije: 00010000001100000000

   konačno: 0 01011000100 00010000001100000000

6. Zapisati broj 108985.2 po IEEE 754 standardu sa dekadnom osnovom i BID kodiranjem (slično kao prethodni, i ovaj broj je radi ilustracije).

   $108985.2 = 1089852 \cdot 10^{-1}$
   $1089852 = (1\ 0000\ 1010\ 0001\ 0011\ 1100)_2^{21} = (001\ 0000\ 1010\ 0001\ 0011\ 1100)_2^{23}$

   bit za znak: 0
   eksponent: $-1 + 101 = 100 = (01100100)_2$
   prevod frakcije je dužine 23 bita
   $\Rightarrow$ kombinacija je 01100100 001
   ostatak frakcije: 00001010000100111100

   konačno: 0 01100100001 00001010000100111100

7. Odrediti dekadnu vrednost sledećih brojeva zapisanih sa dekadnom osnovom sa BID kodiranjem:

   a) 1 01100110000 00000000000000001011

      znak: -
      kombinacija:
      počinje bitovima 01 pa je u pitanju oblik eksponent pa tri viša bita prevoda frakcije
      eksponent: $(01100110)_2 - 101 = 102 - 101 = 1$
      frakcija: 000 00000000000000001011

      dekadna vrednost:
      $-(00000000000000000001011)_2 \cdot 10^1 = -11 \cdot 10 = -110$

   b) 0 11010111111 00100000000000000001

      znak: +
      kombinacija:
      počinje bitovima 11 pa je u pitanju oblik eksponent pa zapis četvorobitnog početka prevoda frakcije
      eksponent: $(01011111)_2 - 101 = 95 - 101 = -6$
      frakcija: 1001 00100000000000000001

dekadna vrednost broja (nije neophodno računati tačnu dekadnu vrednost frakcije, može da se ostavi kao zbir stepena dvojke):
$+(100100100000000000000001)_2 \cdot 10^{-6} = (2^{23} + 2^{20} + 2^{17} + 1) \cdot 10^{-6}$
provere radi, tačna dekadna vrednost bi bila:
$= 9568257 \cdot 10^{-6} = 9.568257$

c) 0 11001110100 00100000000000000000

znak: +
kombinacija:
počinje bitovima 11 pa je u pitanju oblik eksponent pa zapis četvorobitnog početka prevoda frakcije
eksponent: $(00111010)_2 - 101 = 58 - 101 = -43$
frakcija: 1000 00100000000000000000

dekadna vrednost:
$+(100000100000000000000000)_2 \cdot 10^{-43} = (2^{23} + 2^{17}) \cdot 10^{-43}$

d) 0 10001110000 00000000000000110011

znak: +
kombinacija:
počinje bitovima 10 pa je u pitanju oblik eksponent pa tri viša bita prevoda frakcije
eksponent: $(10001110)_2 - 101 = 142 - 101 = 41$
frakcija: 000 00000000000000110011

dekadna vrednost:
$+(110011)_2 \cdot 10^{41} = 51 \cdot 10^{41}$

## 2.2 Zapis specijalnih vrednosti

- Pozitivna nula: frakcija je $(0)_{10}$, a eksponent može uzeti proizvoljne vrednosti.
Binarni prevod frakcije ima 23 bita pa je kombinacija oblika 8 bitova uvećanog eksponenta za kojima slede tri vodeća bita prevoda frakcije, tj. $(000)_2$ i ne može imati dve vodeće jedinice, tj. dvobitni početak kombinacije može biti: 00, 01 ili 10.

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | 00 ...... | 000 |   |
| 0 | 01 ...... | 000 | 00000000000000000000 |
|   | 10 ...... | 000 |   |

Na primer:
0 00110001000 00000000000000000000
0 01000011000 00000000000000000000
0 10011101000 00000000000000000000

- Negativna nula: važi isti format kao i za pozitivnu nulu, osim bita za znak.

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | 00 ...... | 000 |   |
| 1 | 01 ...... | 000 | 00000000000000000000 |
|   | 10 ...... | 000 |   |

Na primer:
1 10000111000 00000000000000000000
1 00010001000 00000000000000000000
1 01010010000 00000000000000000000

- Specijalne vrednosti $\pm\infty$, $sNaN$ i $qNaN$ se predstavljaju na isti način kao u DPD kodiranju.
- Subnormalni brojevi: dekadna vrednost se računa na isti način kao za normalne brojeve
Najmanji po apsolutnoj vrednosti subnormalan broj je, kao i kod DPD kodiranja:
$D_{min} = 1.0 \cdot 10^{-101} = 1 \cdot 10^{-101}$
a njegova reprezentacija je:
0 00000000 000 00000000000000000001