Osnovi računarstva I

Binarna aritmetika

Sabiranje u binarnom brojnom sistemu

- Prilikom sabiranja binarnih cifara razlikuju se 4 slučaja i to:
  - 0 + 0 = 0 sa prenosom 0 na naredno težinsko mjesto
  - 0 + 1 = 1 sa prenosom 0 na naredno težinsko mjesto

    (isto što i 1 + 0 = 1 sa prenosom 0 na naredno težinsko mjesto)
  - 1 + 1 = 10, odnosno 0 sa prenosom 1 na naredno težinsko mjesto
  - 1 + 1 + 1 = 11, odnosno 1 sa prenosom 1 na naredno težinsko mjesto.
- Gornji slučajevi odnose se na binarne cifre tekućeg (posmatranog) težinskog mjesta binarnog broja.
- Prenos se odnosi na prenos koji se dešava sa tekućeg na naredno (više) težinsko mjesto posmatranog binarnog broja.

- *Primjer* : Sabrati binarne brojeve 1011.1 i 101.11
- *Rješenje*:
  - Posmatrane binarne brojeve treba najprije zapisati tako da decimalni zarezi budu jedan ispod drugog.
  - Primjenjujući navedena pravila sabiranja binarnih cifara na svim pojedinačnim težinskim mjestima sabiraka, počev od najnižeg – krajnjeg desnog težinskog mjesta prema višim (lijevim) težinskim mjestima, dobijamo:

$$
\begin{array}{rr}
 & 1011.10 \\
+ & 101.11 \\
\hline
 & 10001.01
\end{array}
$$

Provjerom u dekadnom br. sistemu: $11.5_{(10)} + 5.75_{(10)} = 17.25_{(10)}$

Osnovi računarstva I

Binarna aritmetika

Oduzimanje u binarnom brojnom sistemu

- Binarno oduzimanje svodi se na sabiranje: X – Y = X + (– Y), gdje se –Y pronalazi izračunavanjem dvojnog komplementa !!

Razlozi: 1. Za predstavljanje binarnih brojeva upotrebljavaju se 2 cifre (0 i 1) i pronalaženje dvojnog komplementa je, stoga i kao što ćemo vidjeti, **trivijalno !!**

2. Binarno oduzimanje realizuje se istim sklopom (sabiračem) kojim se realizuje binarno sabiranje, a binarni sabirač jednostavno se realizuje korišćenjem osnovnih logičkih kola ⇒ **pojednostavljenje hardverske realizacije !!**

Digresija – Analogija u dekadnom brojnom sistemu

- Posmatrajmo analogni slučaj dekadnog oduzimanja kod trocifrenih brojeva: 356–174
  - Oduzimajući na uobičajen način dobijamo:

$$356-174=356+(-174)=182$$

  - Oduzimanje dva trocifrena broja može dati najviše trocifreni rezultat.
  - Dodavanjem broja koji ima tri najniže nule nećemo promijeniti vrijednost značajnih cifara.
  - Na osnovu toga gornji izraz možemo zapisati kao:

$$1000+356-174=356+(1000-174)$$

  - Razlika 1000–174 se (u ovom kontekstu) naziva komplement desetke dekadnog broja 174.
  - Komplement desetke se, po definiciji, dobija dodavanjem jedinice na komplement devetke istog dekadnog broja.

- Dakle, komplement devetke trocifrenog dekadnog broja definiše se razlikom maksimalnog trocifrenog dekadnog broja (999) i broja čiji komplement devetke tražimo.
- Drugim riječima, razlika 999–174 predstavlja komplement devetke dekadnog broja 174, dok je:

  komplement desetke (174) = komplement devetke (174) + 1=

  = 999–174+1=1000–174.
- Izračunavanjem komplementa devetke, svaka pojedinačna cifra dekadnog broja oduzima se od maksimalne dekadne cifre 9 (komplementira se). Time se problem svodi na oduzimanje jednocifrenih brojeva, odnosno na dopunu svake pojedinačne cifre početnog dekadnog broja do 9. Otuda i potiče naziv "komplement devetke".
- Izračunavanjem poslednjeg izraza dobija se:

$$\begin{array}{r} 999+1 \\ -174 \\ \hline = \ 825 \ +1=826 \end{array}$$

- Drugim riječima, tražena razlika dekadnih brojeva iz našeg primjera je:

$$356-174=356+(1000-174)=356+826=1182.$$

- Rezultat oduzimanja trocifrenih cijelih brojeva ne može biti četvorocifren broj, pa je jasno da dobijeni rezultat treba dodatno tumačiti.
- Vrijednost 1000 koju smo dodali u procesu izračunavanja sada treba ”eliminisati”. U tom cilju ćemo zanemariti vodeću jedinicu, pa se dobija rezultat 182, što je upravo traženi rezultat.
- Postojanje četvrte cifre (jedinice) znači da je rezultat pozitivan!!!
- Ako nema četvrte jedinice (rezultat ima $\leq$3 značajnih cifara) rezultat je **negativan**: potrebno je naći njegov komplement desetke i dodaiti znak –.
- U opštem slučaju:
  - Ako oduzimamo dva N-tocifrena broja sabiranjem umanjenika sa komplementom umanjioca i dobijemo rezultat sa N+1 značajnom cifrom znači da je rezultat pozitivan i najviša cifra se odbacuje.
  - U suprotnom, traži se komplement desetke u dekadnom **(dvojni komplement u binarnom)** br. sistemu i dodaje se znak minus.

- *Primjer*: Korišćenjem metoda sa komplementom desetke izračunati razliku dekadnih brojeva 24–53.
- *Rješenje*:
  - Komplement devetke umanjioca je 99–53=46.
  - Komplement desetke istog broja je 46+1=47.
  - Sabiranjem komplementa desetke umanjioca sa umanjenikom dobijamo:

$$24+47=71.$$

  - Rezultat 71 je dvocifren broj, odnosno ima isti broj cifara kao umanjenik i umanjilac. To znači da je rezultat oduzimanja negativan, pa treba pronaći komplement desetke ovog rezultata:

$$99-71+1=29$$

  - Rezultat je sa znakom minus: (–29).

Povratak na binarni brojni sistem

- Analogni postupak primjenjuje se kod binarnih brojeva, samo što je postupak jednostavniji (postoje samo dvije cifre – 0 i 1).
- Umjesto komplementa devetke $\rightarrow$ jedinični komplement.
- Umjesto komplementa desetke $\rightarrow$ dvojni komplement.
- *Primjer*: Naći jedinični komplement binarnog broja 101101.
- *Rješenje*: Komplement jedinice (često nazivan jedinični komplement) proizvoljnog binarnog broja dobija se oduzimanjem ovog broja od maksimalnog binarnog broja, koji ima isti broj cifara kao broj čiji se komplement traži. Maksimalni binarni broj sa određenim brojem cifara je onaj čije su sve cifre jedinice.

$$\begin{array}{r} 111111 \\ -101101 \\ \hline 010010 \end{array}$$

- **Dvojni komplement *cijelog binarnog broja* dobija se sabiranjem jedinice sa jediničnim komplementom toga broja.** Tako je dvojni komplement broja 101101 jednak: 010010 + 1 = 010011.
- *Primjer*: Izračunati $10111_{(2)} - 10001_{(2)}$ računajući u binarnom brojnom sistemu.
- Rješenje:

$$10111 - 10001 = 10111 + (-10001)$$

Ako se doda šestocifreni broj 100000 i zanemari najviša cifra (jedinica), rezultat se ne mijenja:

$$10111 - 10001 \rightarrow 10111 + \underbrace{(-10001 + 100000)}_{\text{Dvojni komplement}}$$

Znači, umanjenik je potrebno sabrati sa dvojnim komplementom umanjioca.

- Dvojni komplement broja 10001 je:

$$11111 - 10001 + 1 = 01110 + 1 = 01111$$

- Sabiranjem dvojnog komplementa umanjioca sa umanjenikom dobijamo rezultat tražene operacije:

$$\begin{array}{r} 10111 \\ +\ 01111 \\ \hline \cancel{1}00110 \end{array}$$

- Dobijeni rezultat je $00110_{(2)}=6_{(10)}$, a odbačena jedinica na krajnjem lijevom mjestu (tzv. pretek – prenos sa mjesta najveće težine kod posmatranih petobitnih brojeva) označava samo da je rezultat operacije oduzimanja pozitivan.

- *Primjer*: Izvršiti binarno oduzimanje 10–101.
- Rješenje:
  - Jedinični komplement umanjioca 101 je 010, a njegov dvojni komplement je: 010 + 1 = 011.
  - Sabiranjem dvojnog komplementa umanjioca sa umanjenikom dobijamo:

$$\begin{array}{r} 10 \\ +\ 011 \\ \hline 101 \end{array}$$

  - Pošto nije bilo preteka dobijeni rezultat je negativan i potrebno ga je dalje tumačiti – izračunavanjem dvojnog komplementa dobijenog rezultata i, potom, dodavanjem predznaka minus ispred njega.
  - Rezultat:

$$010 + 1 = 011_{(2)} \rightarrow -3_{(10)}$$

- *Primjer*: Izvršiti oduzimanje binarnih brojeva koji uz cjelobrojni dio broja sadrže i **decimalni dio** 10110.01–1011.1
- Rješenje:
  - Najprije je potrebno **izjednačiti dužine umanjenika i umanjioca** (broj binarnih cifara kod umanjenika i umanjioca)
  - Jedinični komplement **umanjioca koji sadrži i decimalni dio** pronalazi se komplementiranjem svakog bita, dok se dvojni komplement istog broja dobija dodavanjem jedinice na poziciji najmanje težine pronađenog jediničnog komplementa umanjioca:

$$
\begin{array}{rl}
01011.10 & \text{umanjilac} \\
\hline
10100.01 & \text{jedinični komplement umanjioca} \\
+ \quad 0.01 & \\
\hline
10100.10 & \text{dvojni komplement umanjioca.}
\end{array}
$$

- Sabrati umanjenik sa dvojnim komplementom umanjioca:

$$\begin{array}{r} 10110.01 \\ +\ \ 10100.10 \\ \hline 1\ 01010.11 \end{array}$$

- Pošto u rezultatu postoji pretek, rezultat je pozitivan i iznosi (nakon odbacivanja preteka):

$$01010.11_{(2)} = 10.75_{(10)}$$

Osnovi računarstva I

Binarna aritmetika

Množenje u binarnom brojnom sistemu

- Množenje u binarnom brojnom sistemu obavlja se na isti način kao i u dekadnom brojnom sistemu.
- *Primjer*: Izračunati $1011_{(2)}$ x $101_{(2)}$ računajući u binarnom brojnom sistemu.
- Rješenje:

$$
\begin{array}{rr}
1011 \times 101 = & 1011 \\
 & 0000 \\
 & 1011 \\
\hline
 & 110111
\end{array}
$$

- Množenje se u binarnom brojnom sistemu svodi se na sabiranje i pomjeranje jednog od operanada i to onoliko puta koliko drugi operand ima cifara.

Osnovi računarstva I

Binarna aritmetika

Dijeljenje u binarnom brojnom sistemu

- Postupak dijeljenja u binarnom brojnom sistemu veoma je sličan postupku dijeljenja višecifrenih dekadnih brojeva
- *Primjer*: Izvršiti operaciju dijeljenja dekadnih brojeva 14 i 4 u binarnom brojnom sistemu.
- Rješenje:

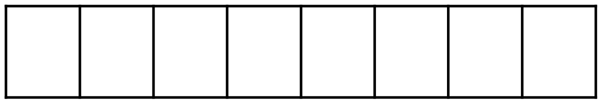
$$
\begin{array}{l}
1110 : 100 = 11.1 \\
\underline{-100} \\
\quad 110 \\
\underline{-100} \\
\quad\; 100 \\
\underline{-100} \\
\quad\; 000
\end{array}
$$

Osnovi računarstva I

Formati binarnog zapisivanja podataka

Format podataka

- Jedna binarna cifra (cifra 1, odnosno cifra 0) naziva se ***bit*** (***b****inary dig****it***).
- Na primjer, za broj 10110 kažemo da je petobitni, dok, u opštem slučaju, za broj sa *N* bitova kažemo da je *N*-tobitni broj.
- Prva cifra s lijeve strane ima najveću težinu i naziva se **najznačajnijim bitom (*Most Significant Bit* - MSB)**.
- Prva cifra s desne strane ima najmanju težinu i naziva se **najmanje značajanim bitom (*Least Significant Bit* - LSB)**.
- Skup bitova koji čini jednu cjelinu naziva se **riječ (*word*)**. Pošto se riječi uobičajeno čuvaju u memoriji, često se koristi termin "memorijska riječ".
- Tipičan broj bitova od kojih se sastoji jedna riječ je oblika 2^n. Uobičajene vrijednosti su 8, 16, 32, 64..., bita.
- Skup od osam bitova naziva se ***bajt* (*byte*)**.



8 bitova → bajt

Format podataka

- Bajt se, po pravilu, koristi kao mjerna jedinica bez obzira na dužinu riječi. Tako se, na primjer, riječ od 16 bitova posmatra kao riječ sastavljena od 2 bajta:

- Sadržaj memorijske riječi može se tumačiti na razne načine. Jedan način je tumačenje sadržaja memorijske riječi kao binarnog broja. Tako bi memorijska riječ:

0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0

mogla da se protumači kao broj čija je vrijednost:

$$2^{12} + 2^{10} + 2^{9} + 2^{7} + 2^{5} + 2^{4} + 2^{2}$$

Format podataka

- Međutim, pored prethodnog tumačenja, svaka kombinacija jedinica i nula, u okviru raspoloživih *N* bitova, može biti protumačena od strane računara i kao određeno slovo, matematički ili interpukcijski znak, ili pak shvaćena kao naredba da računar nešto uradi.

Zapis brojeva

- **Neoznačeni cijeli brojevi** (cijeli pozitivni brojevi, odnosno prirodni brojevi uključujući nulu).
- **Označeni cijeli brojevi** (cijeli brojevi sa znakom).
- **Decimalni brojevi**.

Zapis neoznačenih cijelih brojeva

- Pretpostavimo da je memorijska riječ veličine *N* bitova.
- **Minimalni neoznačeni cijeli broj** koji se može zapisati u ovoj riječi sastoji se od ***N* binarnih nula** i ima **dekadnu vrijednost $0_{(10)}$**.
- **Maksimalni neoznačeni cijeli broj** koji se može smjestiti u ovoj riječi sastoji se od ***N* binarnih jedinica** i ima **dekadnu vrijednost $(2^N–1)_{(10)}$**.

Dozvoljeni opseg N-tobitne memorijske riječi za zapis neoznačenih cijelih brojeva:

$0_{(10)}$ do $(2^N–1)_{(10)}$

Zapis neoznačenih cijelih brojeva

- Na primjer, u 16-tobitnoj riječi moguće je smjestiti brojeve:

$$
\begin{array}{lll}
00000000\ 00000000 & = 0000_{(16)} & = 0_{(10)} \\
00000000\ 00000001 & = 0001_{(16)} & = 1_{(10)} \\
00000000\ 00000010 & = 0002_{(16)} & = 2_{(10)} \\
\quad\quad \dots & \quad \dots & \quad \dots \\
11111111\ 11111111 & = FFFF_{(16)} & = (2^{16}-1)_{(10)} = 65535_{(10)}
\end{array}
$$

Zapis označenih cijelih brojeva

- Potrebno je, na neki način, omogućiti zapisivanje znaka broja.
- Postoji više načina na koji se mogu zapisati brojevi sa znakom.
- Danas je gotovo isključivo u upotrebi tzv. ***zapis u dvojnom komplementu***. **Kod ovog zapisa najznačajniji bit (*MSB*) rezerviše se za zapisivanje znaka broja (u literaturi nazvan *sign bit*, odnosno *bit znaka*).**
  - Ukoliko ***MSB*** ima vrijednost **0**, broj se tretira kao **pozitivan i *predstavljen je u svom originalnom obliku.***
  - Ukoliko ***MSB*** ima vrijednost **1**, broj se tretira kao **negativan** i ***predstavljen je u svom dvojnom komplementu***.

Zapis pozitivnih cijelih brojeva

- *MSB* ima vrijednost nule.
- Preostalih (N – 1) bitova koriste se za zapisivanje apsolutne vrijednosti broja iz opsega od $0_{(10)}$ do $(2^{N-1}-1)_{(10)}$.

Zapis negativnih cijelih brojeva

- *MSB* ima vrijednost jedinice.
- Maksimalni negativni cijeli broj sastoji od N jedinica i ima dekadnu vrijednost $(-1)_{(10)}$
- Minimalni (negativni) cijeli br. ima jedinicu na mjestu *MSB*, a na preostalim mjestima nule i ima dekadnu vrijednost: $(-2^{N-1})_{(10)}$

Dozvoljeni opseg N-tobitne memorijske riječi za zapis označenih cijelih brojeva:
$(-2^{N-1})_{(10)}$ do $(2^{N-1}-1)_{(10)}$

U 16-tobitnoj memorijskoj riječi, mogu se smjestiti sljedeći označeni cijeli brojevi:

$$
\begin{array}{lll}
\text{Pozitivni:} & 00000000\ 00000000 & = 0_{(10)} \\
 & 00000000\ 00000001 & = 1_{(10)} \\
 & 00000000\ 00000010 & = 2_{(10)} \\
 & \ldots & \ldots \\
 & 01111111\ 11111111 & = (2^{15} - 1)_{(10)} = 32767_{(10)} \\
\text{Negativni:} & 11111111\ 11111111 & = -1_{(10)} \\
 & 11111111\ 11111110 & = -2_{(10)} \\
 & \ldots & \ldots \\
 & 10000000\ 00000001 & = (-2^{15} - 1)_{(10)} \\
 & 10000000\ 00000000 & = (-2^{15})_{(10)} = -32768_{(10)}
\end{array}
$$

Overflow – prekoračenje dozvoljenog opsega označenih brojeva koji mogu biti smješteni u memorijeskoj riječi

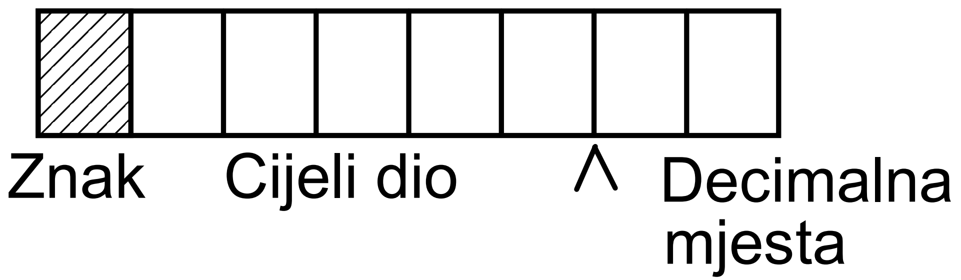
- Detektuje se prilikom implementacije operacija sabiranja i oduzimanja
  - Prilikom implementacije operacije **sabiranja operanada istog znaka**, a dobijanja **rezultata suprotnog znaka od znaka operanada**,
  - Prilikom implementacije operacije **oduzimanja operanada suprotnog znaka**, a dobijanja **rezultata istog znaka kao što je znak umanjioca**.
- Overflow **uzrokuje grešku** sa kojom se **ne smije nastaviti funkcionisanje**
- Overflow se **detektuje** pronalaženjem **medjusobnog odnosa** prenosa na MSB (tzv. prenos Cin) i prenosa sa MSB (tzv. prenos Cout)
  - Ukoliko je Cin = Cout $\Rightarrow$ **nema Overflow-a**,
  - Ukoliko je Cin $\neq$ Cout $\Rightarrow$ **Overflow**

odnosno

$$\mathbf{Ovf = Cin \oplus Cout}$$

Zapis decimalnih brojeva sa nepomičnim zarezom

- Pozicija decimalnog zareza podrazumijeva se na fiksnom (tačno određenom) mjestu.
- Brojevi se tumače u skladu sa usvojenom pozicijom decimalnog zareza.
- Na primjer, ako se podrazumijeva da 8-mobitni zapis u računaru ima dva decimalna mjesta, onda struktura zapisa označenog decimalnog broja izgleda:

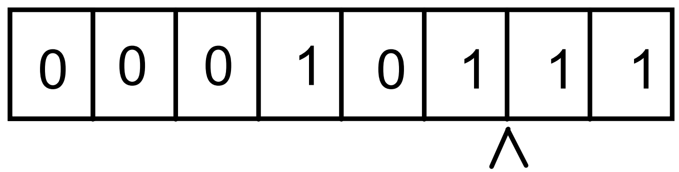


- *Primjer*: Binarni broj x=+101.1011 može se, u opisanom formatu, zapisati na sljedeći način:

0	0	0	1	0	1	1	0

- Zapisani broj označava se sa **Q[x]** (tzv. **“kvantizirano *x*“**).
- On se razlikuje od originalnog broja x, zato što su za zapisivanje decimalnog dijela broja predviđena dva mjesta, a broj x ima četiri decimale. Tj, izvršeno je tzv. ***odsijecanje***.
- Greška napravljenja prilikom zapisivanja (tzv. ***greška kvantizacije***) iznosi: $\varepsilon = x - Q[x]$
- U gornjem primjeru, greška kvantizacije iznosi $\varepsilon = 0.0011_{(2)}$

- Prilikom zapisivanja binarnog broja može se primijeniti i metod ***zaokruživanja*** na mjestu najmanje značajnog bita.
- *LSB* uzima vrijednost jedinice ukoliko je prva cifra odbačenog (nezapisanog) dijela broja jedinica, odnosno vrijednost nule ukoliko je prva cifra odbačenog dijela broja 0:



- U gornjem primjeru, greška kvantizacije iznosi $\varepsilon = -0.0001_{(2)}$ i, kao što se može primijetiti, manja je, po apsolutnoj vrijednosti, od greške koja se pravi odsjecanjem (greška odsijecanja je iznosila $\varepsilon = 0.0011_{(2)}$ – vidi slajd 32/45).

Zapis decimalnih brojeva sa pomičnim zarezom

- Veliki brojevi obično se zapisuju pomoću **eksponencijalnog zapisa** (tzv. **naučna notacija**).
- Na primjer, dekadni broj 120000000000 može se zapisati kao

$$1.2 \times 10^{11}$$

- Dekadni broj 0.0000000378 zapisujemo kao 3.78×10^{-8}
- Vodeći, decimalni, dio broja (u prvom slučaju 1.2, a u drugom 3.78), **predstavljen u formatu zapisivanja sa nepomičnim zarezom**, naziva se ***mantisa***.
- Eksponent desetke, **označeni cijeli broj** koji odgovara stvarnom položaju decimalnog zareza, naziva se ***eksponent***.

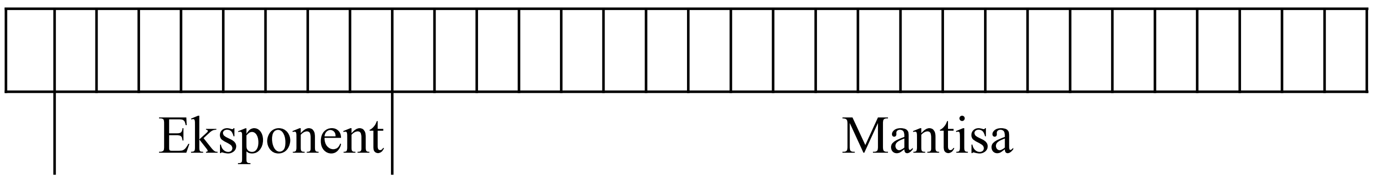
Zapis decimalnih brojeva sa pomičnim zarezom

- Slična logika primjenjuje se kod binarnih brojeva:

$$11010000000 = 1.101 \times 2^{10}$$

$$0.000000001001 = 1.001 \times 2^{-9}$$

- Jedna od mogućih struktura zapisa binarnog broja sa pomičnim zarezom prikazana je na sljedećoj slici:



Zapis decimalnih brojeva sa pomičnim zarezom

- IEEE 754 standard:
  - mantisa 23 bita
  - eksponent 8 bita
  - 1 bit se koristi za zapisivanje znaka broja (ako je bit znaka jednak nuli → pozitivan broj, a ako je bit znaka jednak jedinici → negativni broj)
  - Mantisa se zapisuje u tzv. normalizovanom obliku
  - Eksponent se ponderiše da bi se prikazivali i pozitivni i negativni brojevi.

Zapis brojeva u BCD kodu

- BCD (*Binary Coded Decimal*)
- Svaka dekadna cifra pojedinačno se zapisuje skupom od po 4 binarne cifre (4 bita su potrebna za zapisivanje $8_{(10)}$ i $9_{(10)}$):

Dekadna cifra	BCD kod
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Zapis brojeva u BCD kodu

- **Ostale moguće kombinacije od po četiri bita (1010, 1011, 1100, 1101, 1110 i 1111)** **nijesu dozvoljene**, odnosno **nemaju smisla u BCD kodu**.
- *Primjer*: Zapisati brojeve $2873_{(10)}$ i $5745_{(10)}$ u BCD kodu, a zatim pronaći njihov zbir.
- Rješenje: Zapišimo, najprije, zadate brojeve u BCD kodu,

$$2873_{(10)} \rightarrow 0010\ 1000\ 0111\ 0011$$

$$5745_{(10)} \rightarrow 0101\ 0111\ 0100\ 0101$$

Sabiranje u BCD kodu

- Potom, sabiranjem BCD binarnih zapisa zadatih brojeva,

$$
\begin{array}{r}
0010\ 1000\ 0111\ 0011 \\
+\ 0101\ 0111\ 0100\ 0101 \\
\hline
0111\ 1111\ 1011\ 1000 \\
7\quad \text{nedoz.}\ \text{nedoz.}\quad 8
\end{array}
$$

Sabiranje u BCD kodu

Nedozvoljene bin. tetrade, njihov dekadni i željeni BCD zapis

$1010_{(2)}$ odgovara dec. br. **$10_{(10)}$**, tj. u BCD kodu **$0001\ 0000_{(BCD)}$**,
$1011_{(2)}$ odgovara dec. br. **$11_{(10)}$**, tj. u BCD kodu **$0001\ 0001_{(BCD)}$**,
$1100_{(2)}$ odgovara dec. br. **$12_{(10)}$**, tj. u BCD kodu **$0001\ 0010_{(BCD)}$**,
$1101_{(2)}$ odgovara dec. br. **$13_{(10)}$**, tj. u BCD kodu **$0001\ 0011_{(BCD)}$**,
$1110_{(2)}$ odgovara dec. br. **$14_{(10)}$**, tj. u BCD kodu **$0001\ 0100_{(BCD)}$**,
$1111_{(2)}$ odgovara dec. br. **$15_{(10)}$**, tj. u BCD kodu **$0001\ 0101_{(BCD)}$**.

U svakom od ovih slučajeva potrebno je, u cilju ispravnog tumačenja rezultata, **nedozvoljenoj tetradi dodati $6_{(10)}=0110_{(2)}$** da bi se dobio korektan rezultat i prenos na sljedeću tetradu.

Na primjer:

$$1010+0110=1\ \ 0000,$$

$$1011+0110=1\ \ 0001,$$

$$1100+0110=1\ \ 0010,...$$

Sabiranje u BCD kodu

- Prema tome, tačan rezultat u prethodnom primjeru dobija se dodavanjem tetrade **0110**$_{(2)}$ na mjestima na kojima se dobijaju nedozvoljene tetrade u BCD zapisu:

$$
\begin{array}{rcccc}
 & 0010 & 1000 & 0111 & 0011 \\
+ & 0101 & 0111 & 0100 & 0101 \\
\hline
 & 0111 & 1111 & 1011 & 1000 \\
+ & & 0110 & 0110 & \\
\hline
 & 1000 & 0110 & 0001 & 1000 \\
 & 8 & 6 & 1 & 8
\end{array}
$$

Sabiranje u BCD kodu

- Sabiranjem dekadnih cifara može se dobiti i rezultat koji se ne može predstaviti ni kada se tetrada tumači u binarnom obliku **(vrijednosti 16 (npr. 9+7, 8+8), 17 (npr. 9+8) i 18 (9+9), koje ne mogu biti predstavljene binarnom tetradom)**.

broju $\mathbf{16_{(10)}}$ odgovara $\mathbf{1\ 0000_{(2)}}$, odnosno $\mathbf{0001\ 0110_{(BCD)}}$,
broju $\mathbf{17_{(10)}}$ odgovara $\mathbf{1\ 0001_{(2)}}$, odnosno $\mathbf{0001\ 0111_{(BCD)}}$,
broju $\mathbf{18_{(10)}}$ odgovara $\mathbf{1\ 0010_{(2)}}$, odnosno $\mathbf{0001\ 1000_{(BCD)}}$.

U ovim slučajevima postoji prenos na višu binarnu tetradu. U cilju dobijanja ispravnog rezultata u BCD kodu, na nižu binarnu tetradu dobijenog rezultata **neophodno je dodati $\mathbf{6_{(10)}}$, tj. $\mathbf{0110_{(2)}}$**:

$$1\ \ 0000 + 0110 = 0001\ \ 0110$$

$$1\ \ 0001 + 0110 = 0001\ \ 0111$$

$$1\ \ 0010 + 0110 = 0001\ \ 1000$$

Sabiranje u BCD kodu

- Uopšteno, u praksi se sabiranje brojeva u BCD kodu svodi na sljedeće korake:
  - **Uoči se da li postoji prenos sa tekuće na višu tetradu u prvom nivou sabiranja (prije dodavanja $0110_{(2)}$ na nedozvoljenim stanjima) i**
  - **Ukoliko postoji prenos, na tekuću tetradu (sa koje je došlo do prenosa) dodaje se $0110_{(2)}$.**

Zapis karaktera – kodovi

- Računar radi ne samo sa brojevima, već i sa tekstom (slovima), odnosno sa alfanumeričkim podacima.
- **Određena kombinacija jedinica i nula** ne mora predstavljati samo binarni broj, već **može predstavljati karakter** (alfanumerički podatak – slovo, cifru, znak interpunkcije, ...).
- Sa N bitova u memorijskoj riječi moguće je predstaviti 2^N različitih karaktera.
- Prvi standardizovani i široko prihvaćen kod za predstavljanje karaktera u računarima i računarskoj opremi je bio **ASCII kod** (*American Standard Code for Information Interchange*).

Zapis karaktera – kodovi

- Dio ASCII tabele:

1000001	65	41	A
1000010	66	42	B
1000011	67	43	C
1000100	68	44	D
1000101	69	45	E
1000110	70	46	F
1000111	71	47	G
1001000	72	48	H
1001001	73	49	I
1001010	74	4A	J
1001011	75	4B	K
1001100	76	4C	L
1001101	77	4D	M