1. KODIRANJE ŠTEVIL, ČRK IN POSEBNIH ZNAKOV

Prirejanje števil, črk in nekaterih posebnih znakov v obliko, ki je primerna za predstavitev v dvojiškem številskem sistemu

bit (angl. - Bit) - enota za množino informacije v sistemu z osnovo 2; oziroma nastop enega od obeh možnih stanj (0, 1)

bajt (angl. Byte) - skupina bitov (najpogosteje osmih)

beseda (angl. Word) - skupina bitov, ki običajno vsebuje dva bajta.

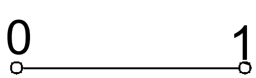
1. 1 Geometrijska predstavitev števil

Binarno število podano z n-biti lahko predstavimo tudi s točko v n-dimenzionalnem prostoru.

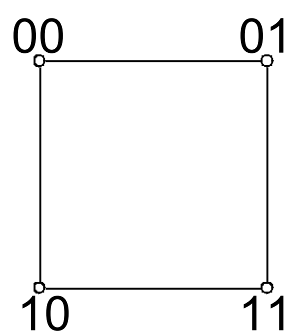
1. 1. 1 Številske kocke

Brezdimenzionalna ali "0" kocka °

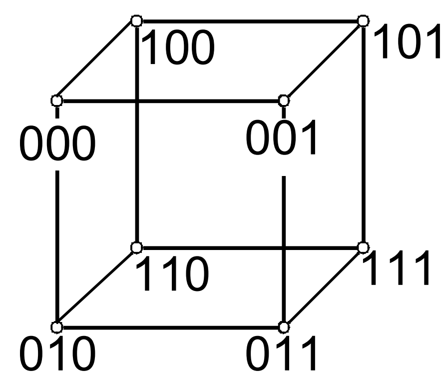
Ena kocka:



00, 01, 10, 11



000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111



Formalna definicija n-kocke, ki jo dobimo z metodo projekcije je sledeča:

1. kocka reda 0 je posamična točka brez označbe

2. kocko reda n dobimo s projekcijo (n-1) kocke. Pri tem je 0 dodana kot predpona označbam točk originalne (n-1) kocke in 1 označbam projekcije.

n - dimenzionalna kocka ima 2^n ogljišč - točk

Subkocka “p” n-dimenzionalne kocke

Definirana je kot zbirka katerihkoli 2^p točk, ki imajo natančno (n-p) bitov enakih

Zgled: 000, 001, 100, 101, je 2 - subkocka 3 - kocke

Posplošitev: Vsaki kocki reda n pripada natančno

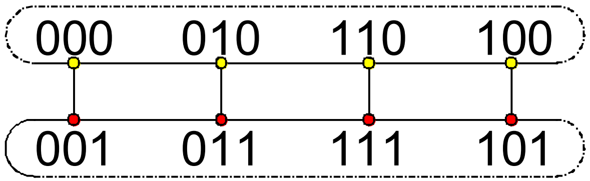
$$\frac{n!2^{n-p}}{(n-p)!p!}, \qquad C^{n}_{n-p} = \frac{n!}{(n-p)!p!}$$

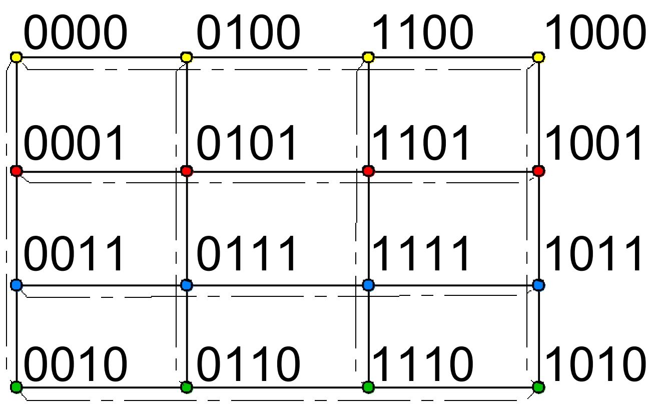
subkock reda p

$(3!2^2)/(2!1!) = 12$ 1- kock; to je robov in $(3!2^1)/(2!1!) = 6$ 2 - kock; to je ploskev - kvadratov.

PREKLOPNA VEZJA

Poleg te metode ostajajo še druge; ena izmed njih je naslednja:





Če na tej sliki vsako točko nadomestimo s kvadratom, dobimo tako imenovano n-kubično mapo:

	00	01	11	10
0	**000**	**010**	**110**	**100**
1	**001**	**011**	**111**	**101**

n = 3

	00	01	11	10
00	**0000**	**0100**	**1100**	**1000**
01	**0001**	**0101**	**1101**	**1001**
11	**0011**	**0111**	**1111**	**1011**
10	**0010**	**0110**	**1110**	**1010**

n = 4

1. 1. 2 Kodna razdalja

Razdalja med točkama n - dimenzionalne kocke je preprosto število koordinat (položajev bitov) v katerih se dvojiška predstavitev teh dveh točk razlikuje.

Hammingova razdalja

Zgled: 10110 in 01101 se razlikujeta v vseh razen v tretji koordinati (od leve ali od desne strani).

Ker se torej točki razlikujeta v štirih koordinatah, je njuna medsebojna razdalja 4.

Najprej definiramo vsoto po modulu 2 dveh bitov z:

$$0 \oplus 0 = 0, \quad 0 \oplus 1 = 1$$

$$1 \oplus 0 = 1, \quad 1 \oplus 1 = 0$$

Sedaj pa vzemimo binarno predstavitev dveh točk:

$T_i = (a_{n-1}, a_{n-2},\dots,a_1, a_0)$ in $T_j = (b_{n-1}, b_{n-2},\dots,b_1, b_0)$, ki pripadata n -dimenzionalni kocki.

$$T_k = T_i \oplus T_j = (a_{n-1} \oplus b_{n-1}, a_{n-2} \oplus b_{n-2}, \dots, a_0 \oplus b_0)$$

Ta vsota predstavlja neko drugo točko n - dimenzionalne kocke.

Število enic binarne predstavitve točke T_i definirajmo kot utež točke T_i in mu dajmo simbolno oznako $|T_i|$.

Razdaljo (metriko) med točkama pa definirajmo kot:

$$R(T_i, T_j) = \left| T_i \oplus T_j \right|$$

PREKLOPNA VEZJA

Razdalja ima naslednje lastnosti:

$$R(T_i, T_j) = 0, \quad \text{če in samo če je } T_i = T_j$$

$$R(T_i, T_j) = R(T_j, T_i) > 0, \quad \text{če je } T_i \neq T_j$$

$$R(T_i, T_j) + R(T_j, T_k) \geq R(T_i, T_k) \quad \text{trikotniška neenakost}$$

Poskusimo sedaj koristno uporabiti definirano razdaljo.

Dve sosednji točki (povezani med seboj samo z enim robom) n - dimenzionalne kocke se med seboj razlikujeta natančno v eni koordinati, zato je njuna medsebojna razdalja 1.

Vidimo torej, da med vsakima dvojicama točk n - dimenzionalne kocke, ki sta na razdalji R obstoja pot sestavljena iz R robov (linijskih segmentov).

Še več, poti je lahko več, toda nobena pot (za R > 1 in n > 2) med tema dvema točkama ni krajša kot je razdalja R.

Najkrajša pot pa ima tudi to lastnost, da ne seka sama sebe in da se na njej nahaja R+1 oglišč vključno s končno točko.

1. 2. Kodiranje števil

1. 2. 1 Kodiranje desetiških števil (BCD – Binary Coded Decimal)

Pri kodiranju desetiških števil z binarnimi števili je šest kombinacij preveč !

~$3x10^{10}$ - različnih kombinacij

1. 2. 2 Utežnostne BCD kode:

2^i - uteži v dvojiškem številskem sistemu

1. 2. 2. 1 Koda 8 4 2 1 – naravna BCD koda

Deset. število števka	BCD koda				
	8 4 2 1	2 4 2 1	4 2 2 1	8 4-2-1*	Bikvinarna
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 1 0 0 0 0 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 1 1	0 1 0 0 0 1 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 1 0	0 1 0 0 1 0 0
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 0 1 0 0 0
4	0 1 0 0	0 **1** 0 0	**1** 0 0 0	0 1 0 0	0 1 1 0 0 0 0
5	0 1 0 1	**1** 0 1 1	0 **1** 1 1	1 0 1 1	1 0 0 0 0 0 1
6	0 1 1 0	1 1 0 0	1 1 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0 0 1 0
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 1 0 1	1 0 0 1	1 0 0 0 1 0 0
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 1 1 0	1 0 0 0	1 0 0 1 0 0 0
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 0 1 0 0 0 0

1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 , 0 0 1 1 **Pripadajoče decimalno število je torej: 9278,3.**

Kot primer kodirajmo decimalno število 4321,7 z 2421 kodo:

Desetiško število (števka)	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
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

43231,7 = 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 , 1 1 0 1

Vzemimo vsoto decimalnih števil 28 in 31.

28 + 31 = 59

Kodirano z 8421 kodo in binarno sešteto je to:

```
  0010  1000
+0011  0001        Kar je pravilno
  0101  1001
```

Povečajmo sedaj drugo decimalno število za 1:

28 + 32 = 60

Kodirano z 8 4 2 1 kodo in sešteto je to:

```
  0010  1000
+0011  0010        Tu pa grupa na zadnjem mestu ne pripada naravni BCD kodi.
  0101  1010       Potrebno je vpisati "0" in prenesti "1" naprej
```

```
  0010  1000
+0011  0010
  0101  1010
+        0110
  0110  0000
```

PREKLOPNA VEZJA

1. 2. 3 Neutežnostne BCD kode

Skupna značilnost teh kod je, kot pove že ime, da posamezno mesto znotraj grupe nima stalne vrednosti, kar pomeni, da ni uteženo.

Neutežnostne kode običajno delimo še v dve podskupini; v tako imenovane reflektivne kode (Reflective codes) in enokoračne kode (Unit distance codes).

Vendar tudi takšna delitev v podskupini, ki naj bi zaokrožila skupne značilnosti posameznih kod, ne more zajeti vseh neutežnostnih kod, ki so v uporabi.

Takšna izjema je na primer In - 3 koda (Excess-3 ali XS3), za katero je zlasti značilna lastnost enostavnega tvorjenja komplementa, kar pa velja tudi za utežnostni kodi 2421 in 4221.

1. 2. 3. 1 Reflektivne kode

Značilnost reflektivnih kod je v tem, da se grupe bitov (besede), ki so enako oddaljene od horizontalne simetrale, razlikujejo vedno le za en bit.

Zgled:

Desetiško število (števka)		BCD reflektivna koda
0		0 0 0 0
1		0 0 0 1
2		0 0 1 0
3		0 0 1 1
4	simetrala	0 1 0 0
5		1 1 0 0
6		1 0 1 1
7		1 0 1 0
8		1 0 0 1
9		1 0 0 0

Pri vseh reflektivnih kodah dobimo namreč devetiški komplement pripadajočega desetiškega števila oziroma r-1 komplement že s spremembo enega samega bita na ustreznem mestu v grupah.

25 =	0 0 1 0	1 1 0 0 ;	33 =	0 0 1 1	0 0 1 1
	↓	↓		↓	↓
	↑	↑		↑	↑
74 =	1 0 1 0	0 1 0 0 ;	66 =	1 0 1 1	1 0 1 1

1. 2. 3. 2 Enokoračne kode

Enokoračne kode so tiste, pri katerih se dve sosedni grupi razlikujeta samo za en bit.

Takšna lastnost kode že sama po sebi povečuje možnost odkrivanja velikih napak pri prenosu ali pretvorbi informacije o velikosti zveznega signala, saj ne moremo pričakovati, da bi se nek realen signal spreminjal sunkovito.

Princip enakega koraka med sosednimi grupami pa seveda ne izključuje možnosti, da bi bila koda tudi reflektivna, vendar pa vsaka reflektivna koda ni hkrati tudi enokoračna.

Presek med reflektivnimi in enokoračnimi kodami – Gray kode - niso BCD

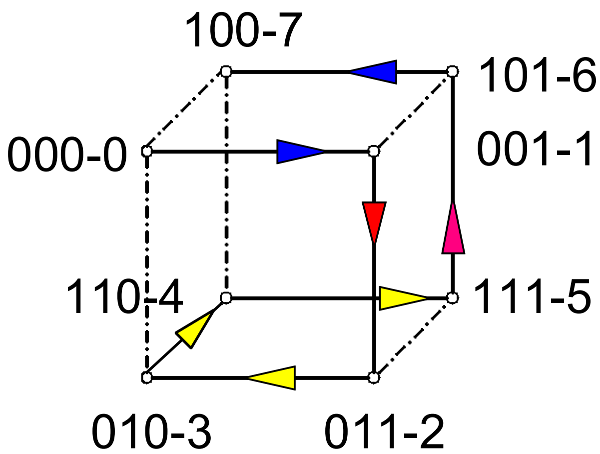
V luči geometrijske podobe je koda preprosto pridružitev decimalnih števk (0, 1, ,2,....) točkam n - dimenzionalne kocke. Razlikujemo dve vrsti kod, ki so najbolje popisane z njihovimi geometrijskimi lastnostmi.

To so tako imenovane enokoračne kode (unit-distance codes) in kode za odkrivanje in popravljanje napak (error-detecting in error correcting codes).

Enokoračna koda je preprosto skupek dekadnih števk (0, 1, 2,...) pridruženih točkam na povezani poti v n - dimenzionalni kocki tako, da je razdalja med točkama z indeksom "i" in indeksom "i+1" vedno enaka in sicer 1.

To pomeni, da če je T_i binarna kodna beseda za dekadno števko "i", potem mora veljati:

$R(T_i, T_{i+1}) = 1$, za i = 0, 1, 2, ….



Enokoračne kode zelo pogosto uporabljamo v vezjih za pretvorbo analognih ali zveznih signalov, kot sta napetost ali zasuk gredi v binarno število, ki predstavlja velikost - amplitudo pretvorjenega signala.

Vezje oziroma napravo, ki pretvarja analogni signal v digitalno obliko imenujemo analogno-digitalni pretvornik.

Omeniti velja še to, da med kodno besedo s katero je kodirana najvišja števka in besedo s katero je kodirana 0 ni vedno nujna razdalja 1.

V primeru da je, imamo opraviti z zaključeno potjo.

Posebej zanimiv pri tem je primer ne sekajoče se zaključene poti, ki gre skozi vseh 2^n točk n - dimenzionalne kocke.

V teoriji grafov je takšna pot znana pod imenom zaprta Hammiltonova linija.

Katerakoli enokoračna koda, ki je pridružena takšni poti se imenuje Gray-eva koda, čeprav je ta izraz običajno rezerviran za posebno vrsto te kode.

Da bi se izognili terminološki zmedi bomo enokoračne kode, ki ustrezajo zaprti Hammiltonovi liniji, jemali kot zaprte n - kode.

PREKLOPNA VEZJA

Zaprta n - koda je torej enokoračna koda, ki vsebuje vseh 2^n točk n - dimenzionalne kocke in pri kateri je razdalja tudi med kodno besedo s katero je kodirano največje število (2^n -1) in kodno besedo s katero je kodirana 0 enaka 1.

Desetiško število	Binarna koda				Gray koda			
	b_3	b_2	b_1	b_0	g_3	g_2	g_1	g_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0

Najbolj atraktivna lastnost te kode je algoritem po katerem pretvorimo binarno število v število kodirano z Grayevo kodo. Ta algoritem je podan z izrazom:

$$g_i = b_i \oplus b_{i+1}$$

Tako dobimo Grayevo kodno besedo, ki ustreza binarnemu številu 1100 takole:

$$g_0 = b_0 \oplus b_1 = 0 \oplus 0 = 0$$

$$g_1 = b_1 \oplus b_2 = 0 \oplus 1 = 1$$

$$g_2 = b_2 \oplus b_3 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$g_3 = b_3 \oplus b_4 = b_3 = 1 \qquad b_4 \text{ privzamemo kot } 0$$

Geometrijski kot v °	Binarna koda	Gray-eva koda
0	0 0 0 0	0 0 0 0
22,5	0 0 0 1	0 0 0 1
45,0	0 0 1 0	0 0 1 1
67,5	0 0 1 1	0 0 1 0
90,0	0 1 0 0	0 1 1 0
112,5	0 1 0 1	0 1 1 1
135,0	0 1 1 0	0 1 0 1
157,5	0 1 1 1	0 1 0 0
180,0	1 0 0 0	1 1 0 0
202,5	1 0 0 1	1 1 0 1
225,0	1 0 1 0	1 1 1 1
247,5	1 0 1 1	1 1 1 0
270,0	1 1 0 0	1 0 1 0
292,5	1 1 0 1	1 0 1 1
315,0	1 1 1 0	1 0 0 1
337,5	1 1 1 1	1 0 0 0

Desetiško število (števka)	Koda I A B C D	Koda II W X Y Z	Koda III R S T V
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 1 0 0	0 0 0 1	1 0 0 0
2	1 1 0 0	0 0 1 1	1 0 0 1
3	1 0 0 0	0 0 1 0	0 0 0 1
4	1 0 0 1	0 1 1 0	0 0 1 1
5	1 0 1 1	1 1 1 0	0 1 1 1
6	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 1
8	0 0 1 1	1 1 0 0	1 0 1 0
9	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 1 0

Zgled:

Pretvori binarno število, ki je kodirano po Grayu, v desetiško.

N = 1 1 1 0 0 1 1.

Pretvorba je seveda možna le prek binarnega. Zapišimo najprej kodirano število

$$\begin{array}{ccccccccccccc}
1 & & 1 & & 1 & & 0 & & 0 & & 1 & & 1 \\
\downarrow & & \uparrow & & \downarrow & & & & & & \uparrow & & \downarrow \\
 & & \downarrow & & & & & & & & \downarrow & & \\
1 & \rightarrow & 0 & \rightarrow & 1 & \rightarrow & 1 & \rightarrow & 1 & \rightarrow & 0 & \rightarrow & 1
\end{array}$$

Pripadajoče binarno število je torej: $(1011101)_2 = (93)_{10}$

1. 2. 3. 3 Simetrale n - dimenzionalne kocke

Simetrija n - dimenzionalne kocke je definirana kot katerakoli prevedba binarne predstavitve točke na n- dimenzionalni kocki, ki omogoča paroma enako razdaljo.

Če pogledamo neko množico binarnih števil, bomo ugotovili, da obstojata samo dve osnovni shemi prevedbe, ki omogočata paroma enako razdaljo.

1. Biti ene koordinate so medsebojno zamenjani z biti druge koordinate v celotni kodni besedi
2. Biti koordinate so komplementirani (1 $\rightarrow$ 0 in 0 $\rightarrow$ 1) v celotni kodni besedi.

Ker obstoja n! permutacij n kordinat, je možnih n! prevedb po 1. shemi in ker je 2^n načinov po katerih lahko kordiante komplementiramo, je možnih 2^n prevedb po shemi 2.

Skupaj obstoja torej $2^n(n!)$ simetrij n - dimenzionalne kocke.

To pomeni, da za vsako n - dimenzionalno kocko lahko z medsebojno zamenjavo in komplementiranjem kordinat naredimo $2^n(n!)$ - 1 razmeroma preprostih modifikacij osnovne kode (v resnici nekatere od njih lahko pripeljejo nazaj v originalno kodo).

V vseh teh kodah pa nastopa paroma enaka kodna razdalja.

Včasih se odločimo za poimenovanje različnih tipov iz celotnega razreda kod.

Pravimo, da sta dve kodi istega tipa, če simetrija n - dimenzionalne kocke prevede eno kodo v drugo (to je z medsebojno zamenjavo in komplementiranjem kordinat).

Kot primer se lahko vprašamo: kakšnega tipa so zaprte n - kode.

Izkaže se, da je za n < 4 samo en tip, to je tisti, ki je poznan kot običajna Gray koda. Za n = 4 obstoja 9 različnih tipov.

Namesto, da bi specificirali posamezne tipe kod, bomo navedli sekvenco sprememb kordinat za zaprto pot določenega tipa kode.

Označimo kordinate s številkami (3, 2, 1, 0) in podajmo sekvence v tabeli.

	Tip zaprte enokoračne kode (n=4)															
1 Gray	0	1	0	2	0	1	0	3	0	1	0	2	0	1	0	3
2	1	0	1	3	1	0	1	2	0	1	0	3	0	1	0	2
3	1	0	1	3	0	1	0	2	1	0	1	3	0	1	0	2
4	1	0	1	3	2	3	1	0	1	3	1	0	2	0	1	3
5	1	0	1	3	2	0	1	3	1	0	1	3	2	0	1	3
6	1	0	1	3	2	3	1	3	2	0	1	2	1	3	1	2
7	1	0	1	3	2	0	2	1	0	2	0	3	0	1	0	2
8	1	0	1	3	2	1	2	0	1	2	1	3	0	1	0	2
9	1	0	1	3	2	3	1	0	3	0	2	0	1	2	3	2

1. 2. 3. 4. Verjetnost nastopa napake v kodni besedi

Predpostavimo, da smo z meritvijo določili verjetnost nastopa napake posamičnega bita ali odpovedi enega elementa in to verjetnost označimo s "p“, ter predpostavimo, da je ta verjetnost neodvisna od ostalih bitov v kodni besedi.

Omenjena verjetnost je seveda bistveno manjša od 1, saj se trudimo, da bi imeli čimbolj zanesljive elemente.

Verjetnostni račun pravi, da je verjetnost vseh petih pravilnih bitov kodne besede (neodvisni dogodki), v takem primeru:

$$P_0 = (1-p)^5$$

Verjetnost natančno ene napake:

$$P_1 = 5(1-p)^4 p$$

Verjetnost natančno dveh napak pa:

$$P_2 = 10(1-p)^3 p^2$$

Če sedaj pogledamo razmerje obeh verjetnosti:

$$P_2 / P_1 = 2p/(1-p) \cong 2p(1+p) \ll 1$$

kar upravičuje gornjo trditev, da je verjetnost dvojne napake bistveno manjša od verjetnosti enojne napake. To je razlog, da v večini primerov posvečamo pozornost samo enojnim napakam.

Vsako štiribitno kodo s katero so kodirana dekadna števila je mogoče zelo enostavno spremeniti v kodo, ki je sposobna detektirati enojno napako s tem, da v vsaki kodni besedi dodamo še en bit, ki je po potrebi 1 ali 0.

Ta bit imenujemo parnostni bit.

Njegova vrednost je 1 pri tistih kodnih besedah, ki imajo liho število enic in 0 pri kodnih besedah, ki imajo sodo število enic.

Des. štev.	8 b_3	4 b_2	2 b_1	1 b_0	Par. bit
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	0

Algoritem za generiranje te kode je zelo enostaven, to je namreč seštevanje po modulu 2 ali kot bomo videli kasneje "logična izključna ali operacija" (EXOR) med vsemi štirimi biti kodne besede:

$$p = b_0 \oplus b_1 \oplus b_2 \oplus b_3$$

Če v tako dobljeni kodni besedi katerikoli bit spremeni vrednost, se parnost poruši, kar je znak, da je nekje nastopila napaka.

Pristop z dodajanjem parnostnega bita pa ni omejen zgolj na BCD kode, temveč je splošno uporaben za vse kode.

Splošna praksa je namreč, da dodajamo parnostni bit vsem zapisom na magnetne medije.

p = 0

b_1b_0 \ b_3b_2	00	01	11	10
00	0			
01		5		9
11	3			
10		6		

p = 1

b_1b_0 \ b_3b_2	00	01	11	10
00		4		8
01	1			
11		7		
10	2			

Če si ogledamo gornjo sliko, bomo zlahka ugotovili, da je minimalna razdalja med katerimakoli kodnima besedama 2 in to mora veljati za katerokoli kodo, ki ima sposobnost okrivanja enojne napake.

V zaključku tega razdelka lahko povzamemo naslednje: vsaka koda, ki naj bo sposobna odkrivati enojne napake mora imeti kodno razdaljo med posameznimi besedami najmanj 2; in katerakoli množica binarnih besed z minimalno razdaljo 2 med njimi je uporabna za odkrivanje enojne napake.

To tudi pomeni, da bo dodajanje parnostnega bita kodni besedi zagotovilo, da bo minimalna razdalja med katerimakoli kodnima besedama najmanj 2.

1. 2. 3. 5 In - 3 koda

Ni enokoračna in ne reflektivna je pa neutežnostna

Iz imena lahko sklepamo, da se pri tej kodi dodaja število 3. Po zgradbi je to naravna BCD koda, ki ji je dodano binarno število $(0\ 0\ 1\ 1)_2 = (3)_{10}$.

To pomeni, da je nič kodirana z 0 0 1 1 in 9 z 1 1 0 0.

Zgled: **Seštejmo števili 360 in 452, ki sta kodirani v In-3 kodi!**

360	0 1 1 0	1 0 0 1	0 0 1 1
+452	+ 0 1 1 1	1 0 0 0	0 1 0 1
812	1 1 1 0	1 0 0 0 1	1 0 0 0
	- 0 0 1 1	+ 0 0 1 1	- 0 0 1 1
	1 0 1 1	0 1 0 0	0 1 0 1

In-3 koda ima še eno zelo pomembno lastnost, to je lastnost komplementa.

Eniški komplement števila, ki je kodirano z In-3 kodo, je namreč enak devetiškemu komplementu dekadnega števila, ki je kodirano s temi grupami.

Zgled:

Devetiški komplement števila $(28)_{10}$ je 71. Če to število (71) kodiramo v In - 3 kodi, imamo:

1 0 1 0 0 1 0 0

Kodirajmo sedaj število 28 v In - 3 kodi!

0 1 0 1 1 0 1 1

1 0 1 0 0 1 0 0 → eniški komplement

1. 3 Alfanumerične kode

Čeprav so se v preteklosti uporabljale za kodiranje črk zelo različne kode, se danes zdi, da bo v bodoče prevladala tako imenovana ASCII koda.

ASCII koda je kratica za American Standard Code for Information Interchange.

V osnovi je to 7 bitna koda; torej je mogoče v njej tvoriti 128 različnih besed ali kodirati 128 različnih znakov.

Če ji dodamo še en bit, omogoča tudi parnost in s tem možnost odkrivanja napak.

Ta koda ima tudi več imen, kot na primer ANSI (American National Standards Institute) koda ali DIC (Data Interchange Code).

Sedem bitov te kode je običajno razdeljenih v dva dela: v zgornje b7, b6, b5 in spodnje b4, b3, b2 in b1.

	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$	$b_7b_6b_5$
	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
$b_4b_3b_2b_1$								
0 0 0 0	NUL	DLE	SP	0	Ž	P	ž	p
0 0 0 1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	ACK	SYN	8	6	F	V	f	v
0 1 1 1	BEL	ETB	´	7	G	W	g	w
1 0 0 0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	VT	ESC	+	:	K	Š	k	š
1 1 0 0	FF	FS	.	<	L	Đ	l	đ
1 1 0 1	CR	GS	-	=	M	Ć	m	ć
1 1 1 0	SO	RS	.	>	N	∧	n	č
1 1 1 1	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

1. 4 Odkrivanje in popravljanje napak v kodni besedi

Verjetnost nastopa dveh napak je, kot smo videli, mnogo manjša od verjetnosti nastopa enojne napake.

Poskusimo na konkretnem primeru ugotoviti to razliko

Zgled

Vzemimo, da digitalna naprava prenaša 8-bitne besede. S predhodnimi meritvami smo določili, da je verjetnost nastopa ene napake 1 : 10 000 (P1 = 10-4).

Sedaj dodamo bit za kontrolo parnosti in se vprašamo, koliko bolj zanesljiv je sedaj ta prenos.

Z drugimi besedami to pomeni, kolikšna je verjetnost nastopa dveh napak hkrati; za določitev te verjetnosti pa moramo najprej izračunati, koliko kombinacij grup z osmimi biti lahko dobimo, če spreminjamo dva bita.

Število teh kombinacij določajo binomski koeficienti:

$$C_m^n = \frac{n!}{(n-m)!(m!)}$$

$$C_2^8 = \frac{8!}{6!\,2!} = 28$$

$$P_m = (P_1)^m (1-P_1)^{n-m} C_m^n$$

$$P_2 = (P_1)^2 (1-P_1)_8^6 C_2 = (10^{-4})^2 (1-10)^6 28 = 28x10^{-8},$$

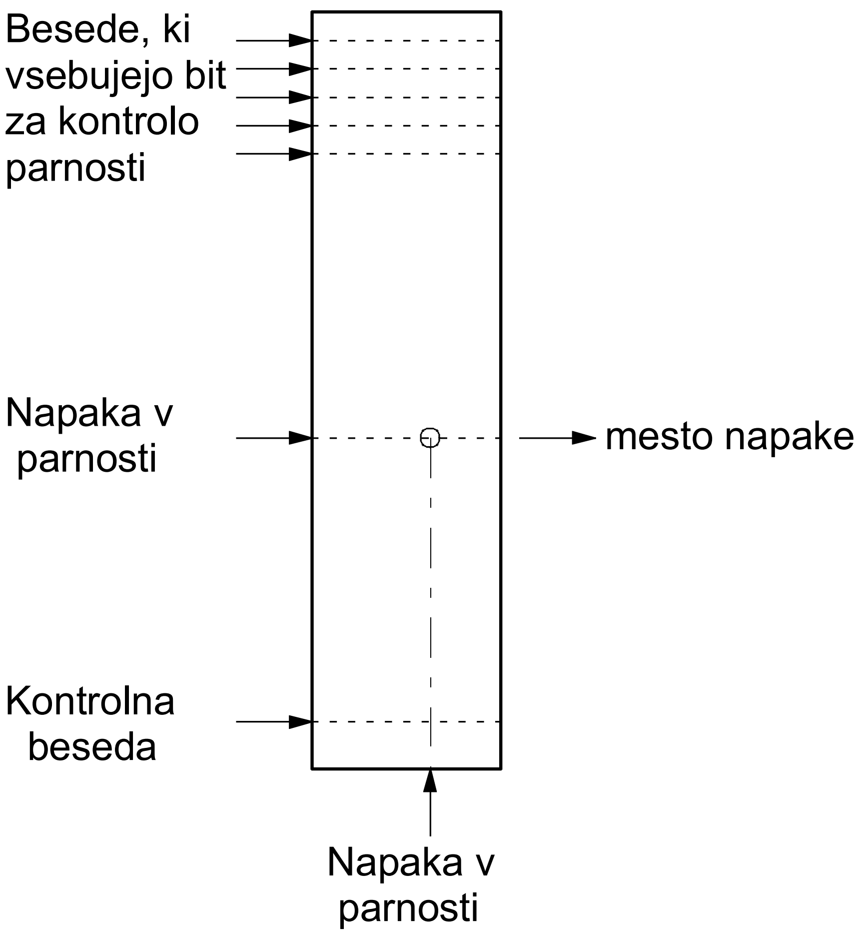
Če to verjetnost primerjamo s prvotno, ugotovimo, da smo z dodatkom enega bita povečali zanesljivost prenosa 357 krat.

PREKLOPNA VEZJA

Popravljanje napak v kodni besedi

S parnostjo bitov v kodni besedi napako le zaznamo, ne moremo je pa odpraviti

Lahko pa to storimo s pomočjo parnosti besed



Opisani princip za odkrivanje mesta napake pa seveda ni edini. Hammingova koda na primer uporablja razdaljo treh bitov za odkrivanje mesta napake. V tej kodi se vse nastopajoče besede razlikujejo med seboj vsaj za tri bite.