



Fakulta elektrotechniky
a informatiky

Ing. Peter Lukács, PhD.

Počítačové inžinierstvo v elektronike LS 2021/2022

Kódovanie dát

Neudeľujem súhlas na vyhotovenie audio-vizuálneho záznamu!

- Je zakázané vytvárať akýkoľvek zvukový, vizuálny alebo audio-vizuálny záznam.
- Môžu byť použité právne prostriedky, ak sa ktorákoľvek časť tejto videokonferencie bude šíriť bez súhlasu autora.

- *Zákon č. 18/2018 Zz - Zákon o ochrane osobných údajov*
- *Zákon č. 185/2015 Z. z. Autorský zákon*

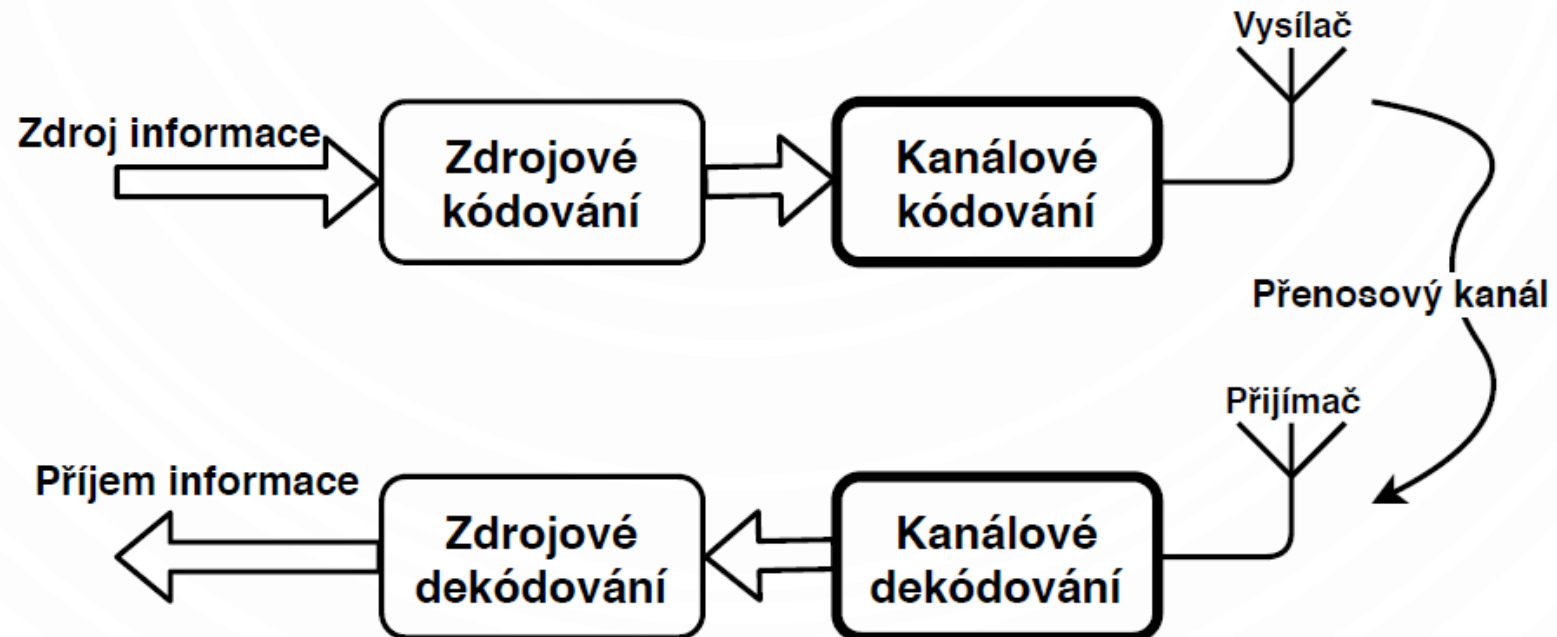


Kódovanie dát

- proces, pri ktorom sa každému znaku alebo postupnosti znakov z daného súboru znakov jednoznačne priradí znak alebo postupnosť znakov z iného súboru znakov. Ľubovoľná, dohodnutá a všeobecne známa množina pravidiel.
- Transformácia určitej informácie z jednej formy do druhej prostredníctvom aplikácie presne definovaného postupu-algoritmu.
- Číselné kódovanie – digitalizácia.
- Kódové slovo – kombinácia bitov zobrazujúca znak
- Šifrovanie – špeciálne kódovanie na prenos utajených informácií

Kódování dat

- kódy môžu byť zdrojové a kanálové.



Priamy dvojkový kód

- kód, ktorý jednoznačne priradzuje danej číslu kombináciu iba dvoch rôznych znakov (0 a 1).
- Celé číslo sa vo dvojkovej sústave zobrazuje v absolútnej hodnote, znamienko **plus sa zobrazuje nulou a znamienko mínus jednotkou**.
- Najvyšší bit sa používa ako **znamienkový bit** (0=+, 1=-)

Príklad: Vyjadrite číslo 5 a -5 v priamom dvojkovom kóde.

$$[5]_{10} = [0101]_2$$

$$[-5]_{10} = [1101]_2$$

Priamy dvojkový kód

- Pri použití 1 Bajtu, teda 8 bitov: 1 bit znamienko a 7 bitov hodnota, je možné vyjadriť čísla -128 až 127. ($2^7=128$)
- Pri použití 2 Bajtov, teda 16 bitov: 1 bit znamienko a 15 bitov hodnota, je možné vyjadriť čísla -32 768 až 32 767.
- Pri použití 3 Bajtu, teda 24 bitov: 1 bit znamienko a 23 bitov hodnota, je možné vyjadriť čísla -2 147 483 648 až 2 147 483 647.
- ...

Inverzný kód

- V inverznom kóde má najvyšší bit opäť význam znamienka. Kladné čísla sa zobrazujú ako prirodzené čísla.
- **Záporné číslo sa v inverznom kóde získa tak, že sa kladné číslo s rovnakou absolútnou hodnotou invertuje bit po bite.**

Príklad: Vyjadrite číslo 5 a -5 v inverznom kóde.

$$[5]_{10} = [0101]_2$$

$$[-5]_{10} = [1010]_2$$

BCD kód

- 4-bitový kód. Každá desiatková číslica je **samostatne** vyjadrená ako číslo vo dvojkovej sústave.

Príklad: Vyjadrite dekadické číslo 7438 v BCD kóde.

$$[7438]_{10} = [0111\ 0100\ 0011\ 1000]_{\text{BCD}}$$

POZOR, aby sa vyjadrenie čísla v BCD kóde nezamenilo s prevodom dekadického čísla do binárnej sústavy.

$$[7438]_{10} = [1110100001110]_2$$

BCD kód

- Tabuľka prevodu všetkých číslí dekadickéj sústavy (0 až 9) do dvojkovej sústavy sa nazýva BCD kód (Binary Coded Decimal)

Desiatkové číslo	BCD kód			
	$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$
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

Kód BCD+3 (Excess 3 code)

- Kód BCD+3 eliminuje problém s 0000, čo môže predstavovať „žiadnu informáciu“ a zároveň to môže znamenať aj číslicu 0.
- V kóde BCD+3 sa využíva komplementárny vzťah medzi číslami 0-9, 1-8, 2-7, 3-6 a 4-5. Ide teda o symetrický kód, na rozdiel od BCD kódu, ktorý nie je symetrický.

Kód BCD+3 (Excess 3 code)

- Kód BCD+3 sa vytvorí tak, že sa každá číslica v BCD kóde zvýši o 3.

Desiatkové číslo	BCD kód				BCD+3			
	$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$	$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0

Grayov kód

- Grayov kód (zrkadlový binárny kód) je cyklický kód, v ktorom každé ďalšie kódové slovo sa líši od prechádzajúceho len v jednom bite a posledné slovo kódu sa líši od prvého tiež len v jednom bite.
- Grayov kód sa odvodzuje z binárneho kódu vyjadrením dekadického čísla D ako súčet exclusive OR (nonekvivalencia) dvoch vedľa seba ležiacich rádových miest, pričom 0 a 1 majú rovnaký tvar ako v binárnej sústave.
- Funkcia exclusive OR sa označuje symbolom \oplus

Grayov kód

- Základné vzťahy funkcie exclusive OR:

a	b	$a \oplus b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- Pre prevod bin. čísla do Grayovho kódu využívame nasledovné vzťahy, pričom písmeno g označuje jednotlivé bity Grayovho kódu a písmeno b bity binárneho vyjadrenia konkrétneho čísla.
- Pre štvorbitové číslo platí:

$$\begin{aligned}g_4 &= b_4 \\g_3 &= b_4 \oplus b_3 \\g_2 &= b_3 \oplus b_2 \\g_1 &= b_2 \oplus b_1\end{aligned}$$

Spätný prevod:

$$\begin{aligned}b_4 &= g_4 \\b_3 &= g_4 \oplus g_3 \\b_2 &= g_4 \oplus g_3 \oplus g_2 \\b_1 &= g_4 \oplus g_3 \oplus g_2 \oplus g_1\end{aligned}$$

Grayov kód

Dekadické číslo D	Číslo D v binárnej sústave	Grayov kód
	b_4 b_3 b_2 b_1	g_4 g_3 g_2 g_1
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

Grayov kód

Príklad: Pomocou Grayovho kódu vyjadrite dekadické číslo 26.

a	b	$a \oplus b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$b_5 \ b_4 \ b_3 \ b_2 \ b_1 \qquad g_5 \ g_4 \ g_3 \ g_2 \ g_1$$

$$[26]_{10} = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]_2 \Rightarrow [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]_{\text{gray}}$$

$$g_5 = b_5 = 1$$

$$g_4 = b_5 \oplus b_4 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$g_3 = b_4 \oplus b_3 = 1 \oplus 0 = 1$$

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

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

Kódy k z n

- Kódy k z n majú kódové slovo s dĺžkou n bitov, z čoho k bitov sú jednotky a je ich konštantný počet a ostatné bity sú nulové.
- V praxi sa najčastejšie používa kód 1 z n , pričom $n=2$ až 10.

Dekadické číslo	Bin. tvar	Kód 1 z n
0	000	00000001
1	001	00000010
2	010	00000100
3	011	00001000
4	100	00010000
5	101	00100000
6	110	01000000
7	111	10000000

Kódovanie reálnych čísel

- **Čísla s pevnou rádovou čiarkou** – niekoľko bitov je vyhradených pre celú časť čísla a niekoľko bitov pre desatinnú časť čísla.
 - Ak je väčší počet desatinných miest ako môžeme zakódovať pomocou vyhradeného počtu bitov, zvyšné miesta sa jednoducho orežú a nebudú do pamäte uložené.
- **Čísla s pohyblivou rádovou čiarkou** – niekoľko bitov je vyhradených pre hodnotu čísla (mantisu) a zvyšné bity sú vyhradené pre exponent.
 - Napr. číslo 126,567 je uložené ako $126567 \cdot 10^{-3}$
 - V našom prípade je teda mantisa 126567 a exponent -3. Obe tieto hodnoty sú uložené samozrejme v priamom kóde a majú 1 bit vyhradený pre znamienko.

ASCII

- Kódovací systém znakov anglickej abecedy, číslíc, netlačiteľných znakov a iných špec. znakov a riadiacich kódov slúžiacich k riadeniu dátového prenosu...
- American Standard for Information Interchange
- 8 bitové kódovanie, 1 znak=8 bitov
- Tabuľka pre 256 znakov
- Prvá polovica je rovnaká pre všetky krajiny, druhá polovica je iná pre každú krajinu
- Chaos v kódovaní

ASCII

- Kódovací systém znakov anglickej abecedy, číslíc, netlačiteľných

Control characters (0 - 31):

Dec	Hex	Char	Description	Dec	Hex	Char	Description
0	0		NUL (N ull)	16	10	▶	DLE (D ata L ink E scape)
1	1	☐	SOH (S tart o f H ead e r)	17	11	◀	DC1 (D evice C ontrol 1)
2	2	☐	STX (S tart o f T ext)	18	12	‡	DC2 (D evice C ontrol 2)
3	3	♥	ETX (E nd o f T ext)	19	13	!!	DC3 (D evice C ontrol 3)
4	4	♦	EOT (E nd o f T ransmission)	20	14	¶	DC4 (D evice C ontrol 4)
5	5	♣	ENQ (E nquiry)	21	15	§	NAK (N egative A cknowledge)
6	6	♠	ACK (A cknowledge)	22	16	■	SYN (S ynchronous Idle)
7	7	•	BEL (B ell)	23	17	‡	ETB (E nd of T ransmission B lock)
8	8	␣	BS (B ack S pace)	24	18	↑	CAN (C ancel)
9	9	␣	HT (H orizontal T abulation)	25	19	↓	EM (E nd of M edium)
10	A	␣	LF (L ine F eed)	26	1A	→	SUB (S ubstitute)
11	B	␣	VT (V ertical T abulation)	27	1B	←	ESC (E scape)
12	C	♀	FF (F orm F eed)	28	1C	└	FS (F ile S eparator)
13	D	♯	CR (C arriage R eturn)	29	1D	⦿	GS (G roup S eparator)
14	E	␣	SO (S hift O ut)	30	1E	▲	RS (R ecord S eparator)
15	F	⦿	SI (S hift I n)	31	1F	▼	US (U nit S eparator)

- Chaos v kódovaní

Standard character set (32 - 127):

Dec	Hex	Char	Description	Dec	Hex	Char	Description
32	20		Space	80	50	P	Upper case P
33	21	!	Exclamation mark	81	51	Q	Upper case Q
34	22	"	Quotation Mark	82	52	R	Upper case R
35	23	#	Hash	83	53	S	Upper case S
36	24	\$	Dollar	84	54	T	Upper case T
37	25	%	Percent	85	55	U	Upper case U
38	26	&	Ampersand	86	56	V	Upper case V
39	27	'	Apostrophe	87	57	W	Upper case W
40	28	(Open bracket	88	58	X	Upper case X
41	29)	Close bracket	89	59	Y	Upper case Y
42	2A	*	Asterisk	90	5A	Z	Upper case Z
43	2B	+	Plus	91	5B	[Open square bracket
44	2C	,	Comma	92	5C	\	Backslash
45	2D	-	Dash	93	5D]	Close square bracket
46	2E	.	Full stop	94	5E	^	Caret
47	2F	/	Slash	95	5F	_	Underscore
48	30	0	Zero	96	60	`	Grave accent
49	31	1	One	97	61	a	Lower case a
50	32	2	Two	98	62	b	Lower case b
51	33	3	Three	99	63	c	Lower case c
52	34	4	Four	100	64	d	Lower case d
53	35	5	Five	101	65	e	Lower case e
54	36	6	Six	102	66	f	Lower case f
55	37	7	Seven	103	67	g	Lower case g
56	38	8	Eight	104	68	h	Lower case h
57	39	9	Nine	105	69	i	Lower case i
58	3A	:	Colon	106	6A	j	Lower case j
59	3B	;	Semicolon	107	6B	k	Lower case k
60	3C	<	Less than	108	6C	l	Lower case l
61	3D	=	Equals sign	109	6D	m	Lower case m
62	3E	>	Greater than	110	6E	n	Lower case n
63	3F	?	Question mark	111	6F	o	Lower case o
64	40	@	At	112	70	p	Lower case p
65	41	A	Upper case A	113	71	q	Lower case q
66	42	B	Upper case B	114	72	r	Lower case r
67	43	C	Upper case C	115	73	s	Lower case s
68	44	D	Upper case D	116	74	t	Lower case t
69	45	E	Upper case E	117	75	u	Lower case u
70	46	F	Upper case F	118	76	v	Lower case v
71	47	G	Upper case G	119	77	w	Lower case w
72	48	H	Upper case H	120	78	x	Lower case x
73	49	I	Upper case I	121	79	y	Lower case y
74	4A	J	Upper case J	122	7A	z	Lower case z
75	4B	K	Upper case K	123	7B	{	Open brace
76	4C	L	Upper case L	124	7C	 	Pipe
77	4D	M	Upper case M	125	7D	}	Close brace
78	4E	N	Upper case N	126	7E	~	Tilde
79	4F	O	Upper case O	127	7F	Δ	Delete

AS

• Kód

znac

riac

• Am

• 8 b

• Tak

• Prv

pre

• Cho

učiteľných

užiачich k

vica je iná

ASCII

- Kódovací znakové riadenie
- American Standard Code for Information Interchange
- 8 bitové
- Tabuľka pre každú
- Prvá polovica je rovnaká, druhá polovica je iná
- Chaos v kódoch

Extended character set (128 - 255):

Dec	Hex	Char	Description	Dec	Hex	Char	Description
128	80	Ç	Upper case C with cedilla	192	C0	Ł	Box drawings light up and right
129	81	ü	Lower case u with diaeresis	193	C1	┐	Box drawings light up and horizontal
130	82	é	Lower case e with acute	194	C2	┘	Box drawings light down and horizontal
131	83	â	Lower case a with circumflex	195	C3	┑	Box drawings light vertical and right
132	84	ä	Lower case a with diaeresis	196	C4	━	Box drawings light horizontal
133	85	å	Lower case u with ring above	197	C5	┑	Box drawings light vertical and horizontal
134	86	ć	Lower case c with acute	198	C6	À	Upper case A with breve
135	87	ç	Lower case c with cedilla	199	C7	Ả	Lower case a with breve
136	88	ř	Lower case l with stroke	200	C8	Ư	Box drawings double up and right
137	89	ë	Lower case e with diaeresis	201	C9	┑	Box drawings double down and right
138	8A	Ŏ	Upper case O with double acute	202	CA	┑	Box drawings double up and horizontal
139	8B	ő	Lower case o with double acute	203	CB	┑	Box drawings double down and horizontal
140	8C	İ	Lower case i with circumflex	204	CC	┑	Box drawings double vertical and right
141	8D	Ž	Upper case Z with acute	205	CD	━	Box drawings double horizontal
142	8E	Ā	Upper case A with diaeresis	206	CE	┑	Box drawings double vertical and horizontal
143	8F	Č	Upper case C with acute	207	CF	¤	Currency sign
144	90	É	Upper case E with acute	208	D0	đ	Lower case d with stroke
145	91	Ĺ	Upper case L with acute	209	D1	Đ	Upper case D with stroke
146	92	Í	Lower case i with acute	210	D2	Ď	Upper case D with caron
147	93	ô	Lower case o with circumflex	211	D3	Ě	Upper case E with diaeresis
148	94	ö	Lower case o with diaeresis	212	D4	ď	Lower case d with caron
149	95	Ľ	Upper case L with caron	213	D5	Ň	Upper case N with caron
150	96	ľ	Lower case l with caron	214	D6	í	Upper case I with acute
151	97	Š	Upper case S with acute	215	D7	Ï	Upper case I with circumflex
152	98	š	Lower case s with acute	216	D8	ĕ	Lower case e with caron
153	99	Ů	Upper case O with diaeresis	217	D9	ĵ	Box drawings light up and left
154	9A	Ű	Upper case U with diaeresis	218	DA	┘	Box drawings light down and right
155	9B	Ÿ	Upper case T with caron	219	DB	█	Full block
156	9C	ť	Lower case t with caron	220	DC	▀	Lower half block
157	9D	Ẁ	Upper case L with stroke	221	DD	┑	Upper case T with cedilla
158	9E	×	Multiplication sign	222	DE	Ū	Upper case U with ring above
159	9F	č	Lower case c with caron	223	DF	▀	Upper half block
160	A0	á	Lower case a with acute	224	E0	Ó	Upper case O with acute
161	A1	í	Lower case i with acute	225	E1	ß	Lower case sharp s
162	A2	ó	Lower case o with acute	226	E2	Ö	Upper case O with circumflex
163	A3	ú	Lower case u with acute	227	E3	Ń	Upper case N with acute
164	A4	Ā	Upper case A with ogonek	228	E4	ń	Lower case n with acute
165	A5	ą	Lower case a with ogonek	229	E5	ñ	Lower case n with caron
166	A6	Ż	Upper case Z with caron	230	E6	Š	Upper case S with caron
167	A7	ż	Lower case z with caron	231	E7	š	Lower case s with caron
168	A8	Ẅ	Upper case E with ogonek	232	E8	Ř	Upper case R with acute
169	A9	ę	Lower case e with ogonek	233	E9	Ů	Upper case U with acute
170	AA	¬	Not sign	234	EA	ř	Lower case r with acute
171	AB	ž	Lower case z with acute	235	EB	Ū	Upper case U with double acute
172	AC	Č	Upper case C with caron	236	EC	ý	Lower case y with acute
173	AD	š	Lower case s with cedilla	237	ED	ÿ	Upper case Y with acute
174	AE	«	Left-pointing double angle quotation mark	238	EE	ç	Lower case t with cedilla
175	AF	»	Right-pointing double angle quotation mark	239	EF	´	Acute accent
176	B0	░	Light shade	240	F0	–	Soft hyphen
177	B1	▒	Medium shade	241	F1	¨	Double acute accent
178	B2	▓	Dark shade	242	F2	ˆ	Ogonek
179	B3	┆	Box drawings light vertical	243	F3	˘	Caron
180	B4	┆	Box drawings light vertical and left	244	F4	˙	Breve
181	B5	Ā	Upper case A with acute	245	F5	§	Section sign
182	B6	Ā	Upper case A with circumflex	246	F6	÷	Division sign
183	B7	Ē	Upper case E with caron	247	F7	¸	Cedilla
184	B8	Š	Upper case S with cedilla	248	F8	°	Degree sign
185	B9	┆	Box drawings double vertical and left	249	F9	¨	Diaeresis
186	BA	┆	Box drawings double vertical	250	FA	˙	Dot above
187	BB	┆	Box drawings double down and left	251	FB	ű	Lower case u with double acute
188	BC	┆	Box drawings double up and left	252	FC	Ř	Upper case R with caron
189	BD	Ž	Upper case Z with dot above	253	FD	ř	Lower case r with caron
190	BE	ž	Lower case z with dot above	254	FE	■	Black square
191	BF	┆	Box drawings light down and left	255	FF		No-break space

lic, netlačiteľných
šdov slúžiacich k

ná polovica je iná

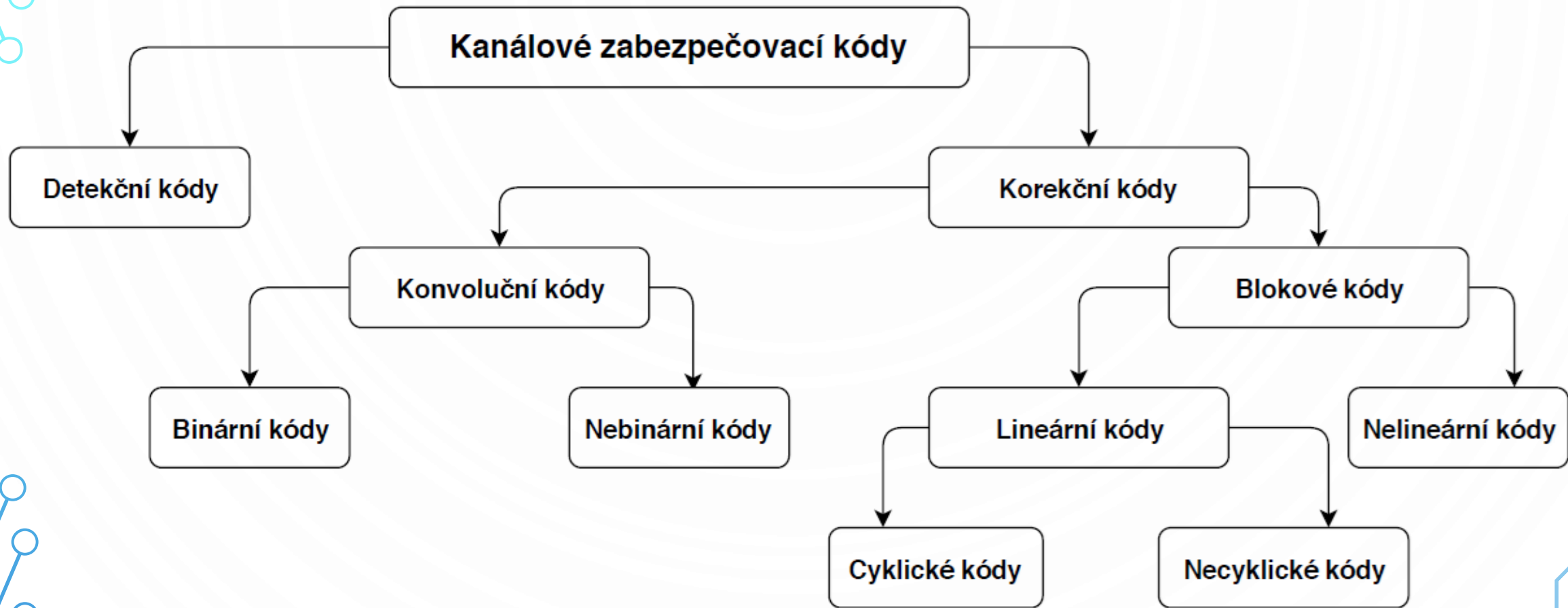
UNICODE

- Medzinárodný štandard kódovania znakov, symbolov ...
- Umožňuje zakódovať všetky znaky abecied do 1 medzinárodnej tabuľky
- 2 Bajtové kódovanie, 1 znak=2 Bajty
- Problém s endianitou (poradie ukladania/čítania bitov do/z pamäte)
- UTF-8 – 8 bitové kódovanie s premenlivou bitovou dĺžkou
- UTF-16 – 16 bitové kódovanie s premenlivou bitovou dĺžkou

Kanálové kódy

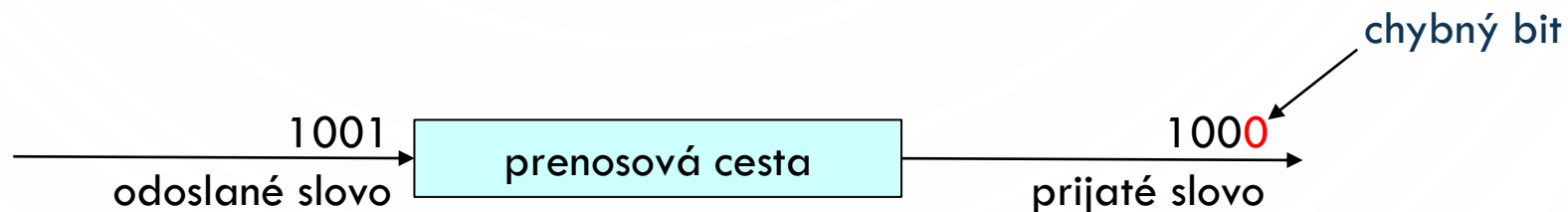
- Kanálové kódy rozdeľujeme na detekčné a korekčné.
- **Detekčné kódy** slúžia na detekciu chyby, ktorá vznikla počas prenosu informácie.
 - jednoduchšie a menej náročné na výpočtový výkon.
- **Korekčné kódy** slúžia na opravu chyby, ku ktorému došlo počas prenosu informácie.
 - Pokiaľ je detegovaná chyba, algoritmus použitého kódu ju opraví.

Kanálové kódy



Paritný kód

- Princíp metódy spočíva v tom, že k prenášanej informácii pridáme ďalší bit, ktorý sa označuje ako **paritný bit**.
- Hodnota tohto bitu sa určí tak, že v novom bitovom slove bude stále dohromady párny (**párna parita**) alebo nepárny počet jednotiek (**nepárna parita**).



- Pre slovo dĺžky n bude prvých $n-1$ znakov predstavovať informačné znaky a posledný znak bude kontrolný. Prenosová rýchlosť je preto v tomto prípade $(n-1)/n$.

Opakovací kód

- Princíp spočíva vo vyslaní blokov informácií **opakovane** (použije sa tzv. **opakovací** resp. **n -opakovací kód**, kde n závisí od počtu opakovaní).
- Správu 01 vyšleme ako 0101, druhá polovica symbolov je kontrolná, rýchlosť prenosu je preto $1/2$.
- Ak prijmeme správu 0100, je rovnako pravdepodobné, že pôvodná správa bola 0000 ako, že bola 0101.
- Ak správu zopakujeme dva krát, vyšleme slovo 010101 a rýchlosť prenosu znížime na $1/3$.

Hammingov kód

- Je založený na **viacnásobnom použití parity**.
- Paritné bity sú vypočítané pre rôzne podmnožiny dátových bitov, pričom tieto podmnožiny sa navzájom prekrývajú (každý dátový bit je obsiahnutý aspoň vo dvoch podmnožinách).
- **Hammingove kódy** sú označované $H(n,m)$, kde n je počet bitov kódu a m je počet dátových bitov. Počet kontrolných (paritných) bitov k je rovný $n-m$.
- Najznámejšie $H(3,1)$ – trojité opakovanie bitov, $H(7,4)$, $H(15,11)$, $H(31,26)$, atď.

Hammingov kód

- Všeobecný vzťah pre všetky možné Hammingove kódy je $H(2^k-1, 2^k-k-1)$, kde $k > 1$.
- Kód $H(7,4)$ pozostáva zo 7 bitov: $D_4 D_3 D_2 P_3 D_1 P_2 P_1$ (D označuje dátové bity a P paritné bity).
- Jednotlivé paritné bity je možné vypočítať pomocou operácie XOR:

$$P_1 = D_1 \oplus D_2 \oplus D_4$$

$$P_2 = D_1 \oplus D_3 \oplus D_4$$

$$P_3 = D_2 \oplus D_3 \oplus D_4$$

Hammingov kód

- Počas kontroly kódu na strane prijímača sú najprv vypočítané paritné bity z prijatých dátových bitov.
- Výsledok kontroly získame ako XOR vypočítaných paritných bitov s prijatými paritnými bitmi.
- Ak je výsledok nula, kód je bez chyby. Nenulová hodnota výsledku znamená chybu a predstavuje poradie bitu sprava, pričom bity sú počítané od jednotky.

Hammingov kód

Príklad:

Dátové bity: $D_4 D_3 D_2 D_1$

0 1 0 1

Paritné bity: $P_1 = 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$

$P_2 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$

$P_3 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$

Hammingov kód: $D_4 D_3 D_2 P_3 D_1 P_2 P_1$

0 1 0 1 1 0 1

$$P_1 = D_1 \oplus D_2 \oplus D_4$$

$$P_2 = D_1 \oplus D_3 \oplus D_4$$

$$P_3 = D_2 \oplus D_3 \oplus D_4$$

a	b	$a \oplus b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Hammingov kód

Príklad: Predpokladajme, že počas prenosu dôjde k zmene jedného bitu. Prijímač prijme kód 0 0 0 1 1 0 1, teda dátové bity sú 0 0 0 1. Vypočítaná parita bude $P_1=1, P_2=1, P_3=0$.

- XOR vypočítaného a prijatého kontrolovaného slova:

	P_3	P_2	P_1
Vypočítaná parita	0	1	1
Prijatá parita	1	0	1
Výsledok kontroly	1	1	0 = 6

Šiesty bit sprava je chybný a môžeme ho opraviť: 0 1 0 1 1 0 1



Ďakujem za pozornosť!
prestávka $[0111]_2$ minút