Informatyka 1 (ES1F1002)

Politechnika Białostocka - Wydział Elektryczny

Elektrotechnika, semestr II, studia stacjonarne I stopnia

Rok akademicki 2022/2023

Wykład nr 3 (17.10.2022)

dr inż. Jarosław Forenc

Plan wykładu nr 3

- Jednostki informacji cyfrowej
  - bit, bajt słowo, FLOPS
- Kodowanie znaków
  - ASCII, ISO/IEC 646, ISO 8859
  - EBCDIC, Windows-1250, Unicode
- Kodowanie liczb
  - NKB, BCD, kod 2 z 5, kod Graya
- Reprezentacja liczb całkowitych
  - liczby bez znaku

Jednostki informacji - bit

- Bit (ang. binary digit) - podstawowa jednostka informacji stosowana w informatyce i telekomunikacji
- Określa najmniejszą ilość informacji potrzebną do stwierdzenia, który z dwóch możliwych stanów przyjął układ
- Bit przyjmuje jedną z dwóch wartości:
  - 0 (zero)
  - 1 (jeden)

- Bit jest tożsamy z cyfrą w systemie dwójkowym
- Oznaczenia bitów:
  - standard IEEE 1541 (2002) - mała litera „b”
  - standard IEC 60027 - „bit”

Jednostki informacji - bit

- Wielokrotności bitów:

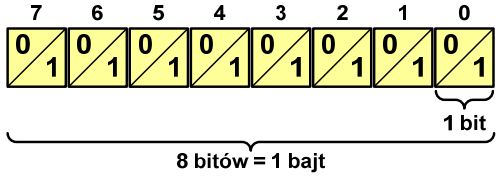
Przedrostki dziesiętne (układ SI)		
Nazwa	Symbol	Mnożnik
bit	b	---
kilobit	kb	$10^3 = 1000^1$
megabit	Mb	$10^6 = 1000^2$
gigabit	Gb	$10^9 = 1000^3$
terabit	Tb	$10^{12} = 1000^4$
petabit	Pb	$10^{15} = 1000^5$
eksabit	Eb	$10^{18} = 1000^6$
zettabit	Zb	$10^{21} = 1000^7$
jottabit	Yb	$10^{24} = 1000^8$

Przedrostki binarne (IEC 60027-2)		
Nazwa	Symbol	Mnożnik
bit	b	---
kibibit	Kib	$2^{10} = 1024^1$
mebibit	Mib	$2^{20} = 1024^2$
gibibit	Gib	$2^{30} = 1024^3$
tebibit	Tib	$2^{40} = 1024^4$
pebibit	Pib	$2^{50} = 1024^5$
eksbibit	Eib	$2^{60} = 1024^6$
zebibit	Zib	$2^{70} = 1024^7$
jobibit	Yib	$2^{80} = 1024^8$

- Przedrostki binarne - wprowadzone w 1999 roku w celu odróżnienia przedrostków o mnożniku 1000 (10^3) od przedrostków o mnożniku 1024 (2^{10})

Jednostki informacji - bajt

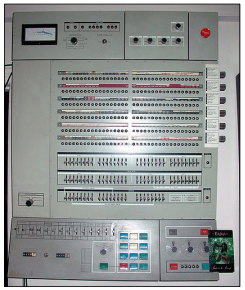
- Bajt (ang. byte) - najmniejsza adresowalna jednostka informacji pamięci komputerowej składająca się z bitów
- W praktyce przyjmuje się, że jeden bajt to 8 bitów



- Za pomocą jednego bajtu można zapisać $2^8 = 256$ różnych wartości:

0000 0000	→	0	…		…
0000 0001	→	1	1111 1101	→	253
0000 0010	→	2	1111 1110	→	254
…		…	1111 1111	→	255

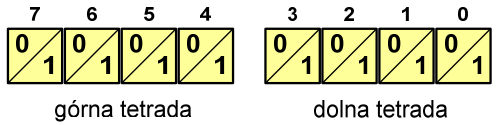
Jednostki informacji - bajt



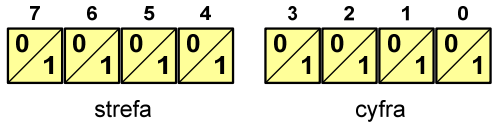
- W pierwszych komputerach bajt mógł mieć inną liczbę bitów: 4, 6, 7, 9, 12
- 8-bitowy bajt:
  - koniec 1956 r. - pierwsze zastosowanie
  - 1964 r. - uznanie za standard (IBM System/360)
- Inna nazwa 8-bitowego bajtu - oktet
- Najczęściej stosowanym skrótem dla bajtu jest wielka litera „B”
  - „B” używane jest także do oznaczania bela - jednostki miary wielkości ilorazowych
  - zamiast bela częściej używa się jednostki podwielokrotnej - decybela (dB) więc nie ma problemu z rozróżnieniem obu jednostek

Jednostki informacji - tetrada

- Bajt 8-bitowy można podzielić na dwie połówki 4-bitowe nazywane tetradami (ang. nibbles)
- Rozróżniamy bardziej znaczącą (górną) i mniej znaczącą (dolną) tetradę



- Spotyka się też określenie strefa i cyfra



Jednostki informacji - bajt

- Wielokrotności bajtów:

Przedrostki dziesiętne (układ SI)		
Nazwa	Symbol	Mnożnik
bajt	B	---
kilobajt	kB	$10^3 = 1000^1$
megabajt	MB	$10^6 = 1000^2$
gigabajt	GB	$10^9 = 1000^3$
terabajt	TB	$10^{12} = 1000^4$
petabajt	PB	$10^{15} = 1000^5$
eksabajt	EB	$10^{18} = 1000^6$
zettabajt	ZB	$10^{21} = 1000^7$
jottabajt	YB	$10^{24} = 1000^8$

Przedrostki binarne (IEC 60027-2)		
Nazwa	Symbol	Mnożnik
bajt	B	---
kibibajt	KiB	$2^{10} = 1024^1$
mebibajt	MiB	$2^{20} = 1024^2$
gibibajt	GiB	$2^{30} = 1024^3$
tebibajt	TiB	$2^{40} = 1024^4$
pebibajt	PiB	$2^{50} = 1024^5$
eksbibajt	EiB	$2^{60} = 1024^6$
zebibajt	ZiB	$2^{70} = 1024^7$
jobibajt	YiB	$2^{80} = 1024^8$

Jednostki informacji - bajt

- Przedrostki binarne (dwójkowe) nie zostały przyjęte przez wszystkie środowiska zajmujące się informatyką
- Producenci nośników pamięci korzystają z przedrostków dziesiętnych

Prefiks	Nazwa	System SI	System binarny	Różnica
k	kilo	$10^3 = 1000$	$2^{10} = 1024$	2,40%
M	mega	$10^6 = 1000000$	$2^{20} = 1048576$	4,86%
G	giga	$10^9 = 1000000000$	$2^{30} = 1073741824$	7,37%
T	tera	$10^{12} = 1000000000000$	$2^{40} = 1099511627776$	9,95%

- Z ulotki „Dysk Desktop HDD - zestawienie danych”, Seagate:
  - w przypadku oznaczania pojemności dysków, jeden gigabajt (oznaczany także jako „GB”) jest równy jednemu miliardowi bajtów, a jeden terabajt (oznaczany także jako „TB”) jest równy jednemu bilionowi bajtów

Jednostki informacji - bajt

- Seagate ST1000DM003 (1 TB)
- Drive specification:
  - formatted capacity: 1000 GB (1 TB)
  - guaranteed sectors: 1,953,525,168
  - bytes per sector: 4096
    (4K physical emulated at 512-byte sectors)

- Pojemność dysku:
  - 1.953.525.168 × 512 = 1.000.204.886.016 bajtów
  - 1.000.204.886.016 / (1024) = 976.762.584 kB
  - 1.000.204.886.016 / (1024 × 1024) = 953.870 MB
  - 1.000.204.886.016 / (1024 × 1024 × 1024) = 931,5 GB

Słowo maszynowe (słowo)

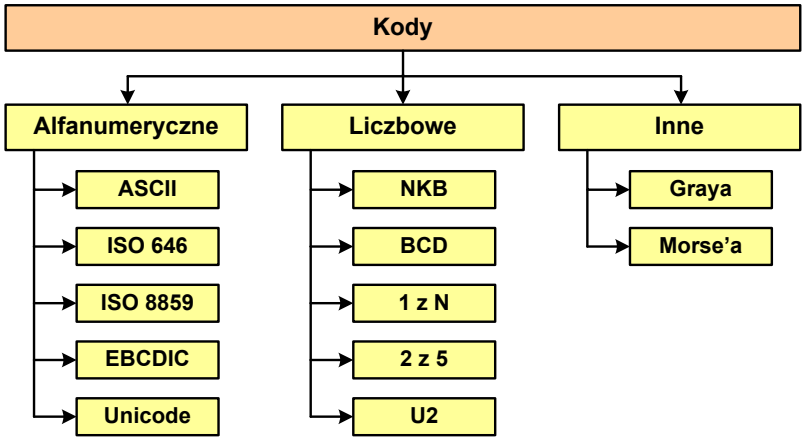
- Słowo maszynowe (słowo - ang. word) - jednostka danych używana przez określony komputer (określoną architekturę)
- Słowo składa się odgórnie określonej liczby bitów, nazywanej długością lub szerokością słowa (najczęściej jest to potęga 2, np. 8, 16, 32, 64 bity)
- Zazwyczaj wielkość słowa określa:
  - rozmiar rejestrów procesora
  - rozmiar szyny danych i szyny adresowej
- Architektury:
  - 8-bitowa: Intel 8080, Z80, Motorola 6800, Intel 8051
  - 16-bitowa: Intel 8086, Intel 80286
  - 32-bitowa: Intel od 80386 do i7, AMD od 5x86 do Athlona, ARM
  - 64-bitowa: Intel Itanium, Pentium 4/EM64T, Core 2, Core i7
    AMD Opteron, Athlon 64, Athlon II

FLOPS

- FLOPS (FLoating point Operations Per Second)
  - liczba operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę
  - jednostka wydajności układów zmiennoprzecinkowych
- Przykłady wydajności procesorów (teoretyczne):
  - Intel Core i7 975 3,46 GHz - 55,36 GFlops
  - Intel Core2 Quad Q9650 3,00 GHz - 48 GFlops
  - Intel Core2 Duo E8400 3,00 GHz - 24 GFlops
  - najszybszy system równoległy na świecie:
    Frontier (USA) - 1.102 PFlops
    DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory
    processors: AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2 GHz, cores: 8.730.112, HPE Cray OS US$600M, power: 21 MW
    www.top500.org

Kodowanie

- Kodowanie - proces przekształcania jednego rodzaju postaci informacji na inną postać



Kod ASCII

- ASCII - American Standard Code for Information Interchange
  - 7-bitowy kod przypisujący liczby z zakresu 0-127:
    - literom (alfabet angielski)
    - cyfrom
    - znakom przestankowym
    - innym symbolom
    - poleceniom sterującym.

Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
0	0	NUL	32	20	Space	64	40	@	96	60	`
1	1	SOH	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	STX	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	ETX	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	EOT	36	24	$	68	44	D	100	64	d
5	5	ENQ	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	ACK	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	BEL	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	BS	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	TAB	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	A	LF	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	B	VT	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	C	FF	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	D	CR	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	E	SO	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	F	SI	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	DLE	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	DC1	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	DC2	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	DC3	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	DC4	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	NAK	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	SYN	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	ETB	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	CAN	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	EM	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	SUB	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	ESC	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	FS	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	|
29	1D	GS	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	RS	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	US	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	DEL

Kod ASCII - Kody sterujące

- Kody sterujące - 33 kody, o numerach: 0-31, 127

Dec	Hex	Char		Dec	Hex	Char	
0	0	NUL	(null)	16	10	DLE	(data link escape)
1	1	SOH	(start of heading)	17	11	DC1	(device control 1)
2	2	STX	(start of text)	18	12	DC2	(device control 2)
3	3	ETX	(end of text)	19	13	DC3	(device control 3)
4	4	EOT	(end of tramsmission)	20	14	DC4	(device control 4)
5	5	ENQ	(enquiry)	21	15	NAK	(negative acknowlege)
6	6	ACK	(acknowledge)	22	16	SYN	(synchronous idle)
7	7	BEL	(bell)	23	17	ETB	(end of trans. block)
8	8	BS	(backspace)	24	18	CAN	(cancel)
9	9	TAB	(horizontal tab)	25	19	EM	(end of medium)
10	A	LF	(NL line feed, new line)	26	1A	SUB	(subtitute)
11	B	VT	(vertical tab)	27	1B	ESC	(escape)
12	C	FF	(NP form feed, new page)	28	1C	FS	(file separator)
13	D	CR	(carriage return)	29	1D	GS	(group separator)
14	E	SO	(shift out)	30	1E	RS	(record separator)
15	F	SI	(shift in)	31	1F	US	(unit separator)
				127	7F	DEL	

- W języku C:

0 (NULL) - \0 7 (BEL) - \a 8 (BS) - \b
9 (TAB) - \t 10 (LF) - \n 13 (CR) - \r

Kod ASCII - Pliki tekstowe

- Elementami pliku tekstowego są wiersze, mogą one mieć różną długość
- W systemie Windows każdy wiersz pliku zakończony jest parą znaków:
  - CR, ang. carriage return - powrót karetki, kod ASCII - $13_{(10)} = 0D_{(16)}$
  - LF, ang. line feed - przesunięcie o wiersz, kod ASCII - $10_{(10)} = 0A_{(16)}$
- Załóżmy, że plik tekstowy ma postać:

```
Pierwszy wiersz pliku
Drugi wiersz pliku
Trzeci wiersz pliku
```

- Rzeczywista zawartość pliku jest następująca:

```
00000000: 50 69 65 72 77 73 7A 79|20 77 69 65 72 73 7A 20 | Pierwszy wiersz
00000010: 70 6C 69 6B 75 0D 0A 44|72 75 67 69 20 77 69 65 | pliku■■Drugi wie
00000020: 72 73 7A 20 70 6C 69 6B|75 0D 0A 54 72 7A 65 63 | rsz pliku■■Trzec
00000030: 69 20 77 69 65 72 73 7A|20 70 6C 69 6B 75 0D 0A | i wiersz pliku■■
```

- Wydruk zawiera:
  - przesunięcie od początku pliku (szesnastkowo)
  - wartości poszczególnych bajtów pliku (szesnastkowo)
  - znaki odpowiadające bajtom pliku (traktując bajty jako kody ASCII)

Kod ASCII - Pliki tekstowe

- W systemie Linux znakiem końca wiersza jest tylko LF o kodzie ASCII - $10_{(10)} = 0A_{(16)}$
- Załóżmy, że plik tekstowy ma postać:

```
Pierwszy wiersz pliku
Drugi wiersz pliku
Trzeci wiersz pliku
```

- Rzeczywista zawartość pliku jest następująca:

```
00000000: 50 69 65 72 77 73 7A 79|20 77 69 65 72 73 7A 20 | Pierwszy wiersz
00000010: 70 6C 69 6B 75 0A 44 72|75 67 69 20 77 69 65 72 | pliku■Drugi wier
00000020: 73 7A 20 70 6C 69 6B 75|0A 54 72 7A 65 63 69 20 | sz pliku■Trzeci
00000030: 77 69 65 72 73 7A 20 70|6C 69 6B 75 0A          | wiersz pliku■
```

- Podczas przesyłania pliku tekstowego (np. przez protokół ftp) z systemu Linux do systemu Windows pojedynczy znak LF zamieniany jest automatycznie na parę znaków CR i LF
- Błędne przesłanie pliku tekstowego (w trybie binarnym) powoduje nieprawidłowe jego wyświetlanie:

```
Pierwszy wiersz pliku■Drugi wiersz pliku■Trzeci wiersz pliku■
```


ISO/IEC 646

- ISO/IEC 646 - norma definiująca modyfikację 7-bitowego kodowania ASCII, stosowana w latach 70-tych i 80-tych
- W normie określono 10 pozycji na znaki w języku kraju, który przyjął tę normę oraz 2 pozycje na znaki walut

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	

- żółty - znaki narodowe
- niebieski - znaki walut

- Wszystkie pozostałe znaki są zgodne z ASCII

ISO/IEC 646 - odmiany narodowe

USA

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	

Niemcy

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	§	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Ä	Ö	Ü	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	ä	ö	ü	ß	

Francja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	£	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	à	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	°	ç	§	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	é	ù	é	¨	

Polska

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	ż	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	ę	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	ź	\	ń	ś	_
60	ą	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	ó	ł	ż	ć	

Norma: BN-74/3101-01

ISO/IEC 8859

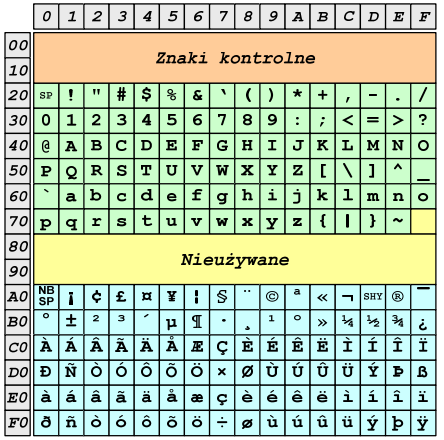
- ISO/IEC 8859 - zestaw standardów służących do kodowania znaków za pomocą 8-bitów
- Wszystkie zestawy ISO 8859 mają znaki $0_{(10)}$-$127_{(10)}$ ($00_{(16)}$-$7F_{(16)}$) takie same jak w kodzie ASCII
- Pozycjom $128_{(10)}$-$159_{(10)}$ ($80_{(16)}$-$9F_{(16)}$) przypisane są dodatkowe kody sterujące, tzw. C1 (obecnie nie są używane)
- Od czerwcu 2004 roku ISO 8859 nie jest rozwijane.

ISO/IEC 8859

- Stosowane standardy ISO 8859:
  - ISO 8859-1 (Latin-1) - alfabet łaciński dla Europy zachodniej
  - ISO 8859-2 (Latin-2) - łaciński dla Europy środkowej i wschodniej
  - ISO 8859-3 (Latin-3) - łaciński dla Europy południowej
  - ISO 8859-4 (Latin-4) - łaciński dla Europy północnej
  - ISO 8859-5 (Cyrillic) - dla cyrylicy
  - ISO 8859-6 (Arabic) - dla alfabetu arabskiego
  - ISO 8859-7 (Greek) - dla alfabetu greckiego
  - ISO 8859-8 (Hebrew) - dla alfabetu hebrajskiego
  - ISO 8859-9 (Latin-5)
  - ISO 8859-10 (Latin-6)
  - ISO 8859-11 (Thai) - dla alfabetu tajskiego
  - ISO 8859-12 - brak
  - ISO 8859-13 (Latin-7)
  - ISO 8859-14 (Latin-8) - zawiera polskie litery
  - ISO 8859-15 (Latin-9)
  - ISO 8859-16 (Latin-10) - łaciński dla Europy środkowej, zawiera polskie litery

ISO/IEC 8859-1

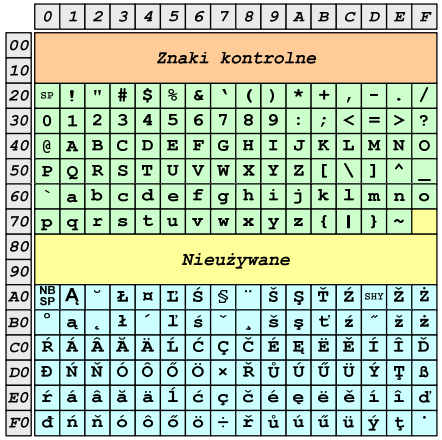
- ISO/IEC 8859-1, Latin-1 („zachodnioeuropejskie")
- kodowanie używane w Amerykach, Europie Zachodniej, Oceanii i większej części Afryki
- dostępne języki: albański, angielski, baskijski, duński, estoński, fiński, francuski, hiszpański, irlandzki, islandzki, kataloński, łaciński, niderlandzki, niemiecki, norweski, portugalski, retoromański, szkocki, szwedzki, włoski
- 191 znaków łacińskiego pisma.



SP - spacja
NBSP - twarda spacja
SHY - miękki dywiz (myślnik)

ISO/IEC 8859-2

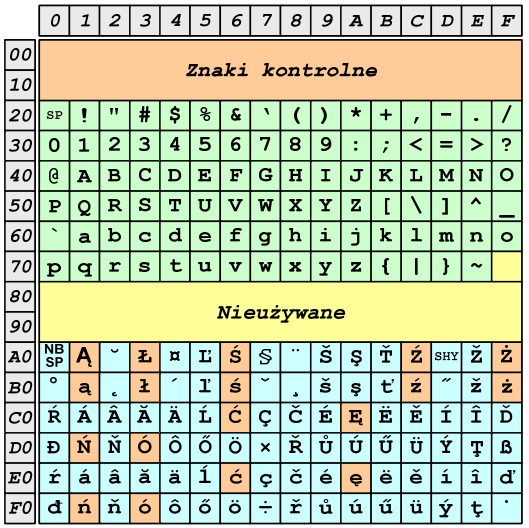
- ISO/IEC 8859-2, Latin-2 („środkowo", „wschodnioeuropejskie")
- dostępne języki: bośniacki, chorwacki, czeski, węgierski, polski, rumuński, serbski, serbsko-chorwacki, słowacki, słoweński, górno- i dolnołużycki
- możliwość przedstawienia znaków w języku niemieckim i angielskim
- 191 znaków łacińskiego pisma
- do 02.11.2015 kodowanie to było zgodne z Polską Normą



SP - spacja
NBSP - twarda spacja
SHY - miękki dywiz (myślnik)

ISO/IEC 8859-2 - Litery diakrytyczne w j. polskim

- 18 liter:
  - Ą - ą
  - Ć - ć
  - Ę - ę
  - Ł - ł
  - Ń - ń
  - Ó - ó
  - Ś - ś
  - Ź - ź
  - Ż - ż



ISO/IEC 8859-1 i ISO/IEC 8859-2 - porównanie

ISO 8859-1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
A0	NB SP	¡	¢	£	¤	¥	¦	§	¨	©	ª	«	¬	SHY	®	¯
B0	°	±	²	³	´	µ	¶	·	¸	¹	º	»	¼	½	¾	¿
C0	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
D0	Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
E0	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
F0	ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

ISO 8859-2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
A0	NB SP	Ą	˘	Ł	¤	Ľ	Ś	§	¨	Š	Ş	Ť	Ź	SHY	Ž	Ż
B0	°	ą	˛	ł	´	ľ	ś	ˇ	¸	š	ş	ť	ź	˝	ž	ż
C0	Ŕ	Á	Â	Ă	Ä	Ĺ	Ć	Ç	Č	É	Ę	Ë	Ě	Í	Î	Ď
D0	Đ	Ń	Ň	Ó	Ô	Ő	Ö	×	Ř	Ů	Ú	Ű	Ü	Ý	Ţ	ß
E0	ŕ	á	â	ă	ä	ĺ	ć	ç	č	é	ę	ë	ě	í	î	ď
F0	đ	ń	ň	ó	ô	ő	ö	÷	ř	ů	ú	ű	ü	ý	ţ	˙

EBCDIC

- EBCDIC - Extended Binary Coded Decimal Interchange Code
- 8-bitowe kodowanie znaków stworzone jako rozszerzenie kodowania BCD
  - używane głównie w systemach IBM w latach 60-tych XX wieku
  - umożliwia zapisanie do 256 różnych symboli
  - brak zachowania kolejności liter zgodnie z kolejnością kodów, np. po R nie ma S
  - kody EBCDIC nie są zgodne z ASCII.

EBCDIC

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20																
30																
40	SP	NB SP	â	ä	à	á	ã	å	ç	ñ	[	.	<	(	+	!
50	&	é	ê	ë	è	í	î	ï	ì	ß	]	$	*	)	;	^
60	-	/	Â	Ä	À	Á	Ã	Å	Ç	Ñ	¦	,	%	_	>	?
70	ø	É	Ê	Ë	È	Í	Î	Ï	Ì	`	:	#	@	'	=	"
80	Ø	a	b	c	d	e	f	g	h	i	«	»	ð	ý	Þ	±
90	°	j	k	l	m	n	o	p	q	r	ª	º	æ	¸	Æ	¤
A0	µ	~	s	t	u	v	w	x	y	z	¡	¿	Ð	Ý	Þ	®
B0	¢	£	¥	·	©	§	¶	¼	½	¾	¬	|	¯	¨	´	×
C0	{	A	B	C	D	E	F	G	H	I	SHY	ô	Ö	Ò	Ó	õ
D0	}	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	¹	û	ü	ù	ú	ÿ
E0	\	÷	S	T	U	V	W	X	Y	Z	²	Ô	Ö	Ò	Ó	Õ
F0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	³	Û	Ü	Ù	Ú	

EBCDIC i ISO 8859-1 - porównanie

ISO 8859-1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	
80	Nieużywane															
90																
A0	NB SP	¡	¢	£	¤	¥	¦	§	¨	©	ª	«	¬	SHY	®	¯
B0	°	±	²	³	´	µ	¶	·	¸	¹	º	»	¼	½	¾	¿
C0	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
D0	Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
E0	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
F0	ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

EBCDIC

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20																
30																
40	SP	NB SP	â	ä	à	á	ã	å	ç	ñ	[	.	<	(	+	!
50	&	é	ê	ë	è	í	î	ï	ì	ß	]	$	*	)	;	^
60	-	/	Â	Ä	À	Á	Ã	Å	Ç	Ñ	¦	,	%	_	>	?
70	ø	É	Ê	Ë	È	Í	Î	Ï	Ì	`	:	#	@	'	=	"
80	Ø	a	b	c	d	e	f	g	h	i	«	»	ð	ý	Þ	±
90	°	j	k	l	m	n	o	p	q	r	ª	º	æ	¸	Æ	¤
A0	µ	~	s	t	u	v	w	x	y	z	¡	¿	Ð	Ý	Þ	®
B0	¢	£	¥	·	©	§	¶	¼	½	¾	¬	|	¯	¨	´	×
C0	{	A	B	C	D	E	F	G	H	I	SHY	ô	Ö	Ò	Ó	õ
D0	}	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	¹	û	ü	ù	ú	ÿ
E0	\	÷	S	T	U	V	W	X	Y	Z	²	Ô	Ö	Ò	Ó	Õ
F0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	³	Û	Ü	Ù	Ú	

Windows-1250

- Windows-1250 (CP-1250) - strona kodowa używana przez system Microsoft Windows do reprezentacji tekstów w językach środkowoeuropejskich używających alfabetu łacińskiego
- Obsługiwane języki: albański, chorwacki, czeski, polski, rumuński, słowacki, słoweński, węgierski (ale także niemiecki)
- Windows-1250 jest podobny do ISO 8859-2 - posiada wszystkie jego drukowalne znaki (a także kilka dodatkowych), lecz kilka z nich zajmuje inne miejsca.

ISO 8859-2 i Windows-1250 - porównanie

ISO 8859-2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	
80	Nieużywane															
90																
A0	NBSP	Ą	˘	Ł	¤	Ľ	Ś	§	¨	Š	Ş	Ť	Ź	SHY	Ž	Ż
B0	°	ą	˛	ł	´	ľ	ś	ˇ	¸	š	ş	ť	ź	˝	ž	ż
C0	Ŕ	Á	Â	Ă	Ä	Ĺ	Ć	Ç	Č	É	Ę	Ë	Ě	Í	Î	Ď
D0	Đ	Ń	Ň	Ó	Ô	Ő	Ö	×	Ř	Ů	Ú	Ű	Ü	Ý	Ţ	ß
E0	ŕ	á	â	ă	ä	ĺ	ć	ç	č	é	ę	ë	ě	í	î	ď
F0	đ	ń	ň	ó	ô	ő	ö	÷	ř	ů	ú	ű	ü	ý	ţ	˙

Windows-1250

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	Znaki kontrolne															
10																
20	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	
80	€		‚		„	…	†	‡		‰	Š	‹	Ś	Ť	Ž	Ź
90		‘	’	“	”	•	–	—		™	š	›	ś	ť	ž	ź
A0	NBSP	ˇ	˘	Ł	¤	Ą	¦	§	¨	©	Ş	«	¬	SHY	Ž	Ż
B0	°	±	˛	ł	´	µ	¶	·	¸	ą	ş	»	Ľ	˝	ľ	ż
C0	Ŕ	Á	Â	Ă	Ä	Ĺ	Ć	Ç	Č	É	Ę	Ë	Ě	Í	Î	Ď
D0	Đ	Ń	Ň	Ó	Ô	Ő	Ö	×	Ř	Ů	Ú	Ű	Ü	Ý	Ţ	ß
E0	ŕ	á	â	ă	ä	ĺ	ć	ç	č	é	ę	ë	ě	í	î	ď
F0	đ	ń	ň	ó	ô	ő	ö	÷	ř	ů	ú	ű	ü	ý	ţ	˙

Problem kodowania polskich liter diakrytycznych

- Problem z wyświetlaniem polskich liter diakrytycznych
  - Tekst zapisany w standardzie ISO-8859-2:

```
Ą Ć Ę Ł Ń Ó Ś Ź Ż
ą ć ę ł ń ó ś ź ż
```

  - Tekst wyświetlony w Notatniku systemu Windows (Windows-1250):

```
˘ Ć Ę Ł Ń Ó ¦ ¬ Ż
± ć ę ł ń ó ¶ Ľ ż
```


Unicode (Unikod)

- Komputerowy zestaw znaków mający obejmować wszystkie pisma i inne znaki (symbole techniczne, wymowy) używane na świecie
- Unicode przypisuje unikalny numer każdemu znakowi, niezależny od używanej platformy, programu czy języka
- Rozwijany przez konsorcjum utworzone przez firmy komputerowe, producentów oprogramowania oraz grupy użytkowników
  - http://www.unicode.org
- Pierwsza wersja: Unicode 1.0 (październik 1991)
- Ostatnia wersja: Unicode 15.0.0 (13 września 2022)
  - The Unicode Consortium. The Unicode Standard, Version 15.0.0, (Mountain View, CA: The Unicode Consortium, 2022)
  - http://www.unicode.org/versions/Unicode15.0.0/
  - Koduje 149.186 znaków

Unicode - Zakresy

Zakres:	Znaczenie:
U+0000 - U+007F	Basic Latin (to samo co w ASCII)
U+0080 - U+00FF	Latin-1 Supplement (to samo co w ISO/IEC 8859-1)
U+0100 - U+017F	Latin Extended-A
U+0180 - U+024F	Latin Extended-B
U+0250 - U+02AF	IPA Extensions
U+02B0 - U+02FF	Spacing Modifiers Letters
...	
U+0370 - U+03FF	Greek
U+0400 - U+04FF	Cyrillic
...	
U+1D00 - U+1D7F	Phonetic Extensions
U+1D80 - U+1DBF	Phonetic Extensions Supplement
U+1E00 - U+1EFF	Latin Extended Additional
U+1F00 - U+1FFF	Greek Extended
...	

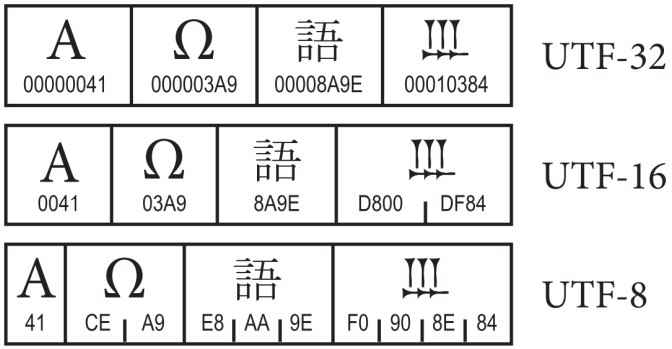
Unicode

- Standard Unicode definiuje nie tylko kody numeryczne przypisane poszczególnym znakom, ale także określa sposób bajtowego kodowania znaków
- Kodowanie określa sposób w jaki znaki ze zbioru mają być zapisane w postaci binarnej
- Istnieją trzy podstawowe metody kodowania:
  - 32-bitowe: UTF-32
  - 16-bitowe: UTF-16
  - 8-bitowe: UTF-8

  gdzie: UTF - UCS Transformation Format
  UCS - Universal Character Set
- Wszystkie metody obejmują wszystkie kodowane znaki w Unicode.

Unicode

- Metody kodowania różnią się liczbą bajtów przeznaczonych do opisania kodu znaku



źródło: The Unicode Consortium. The Unicode Standard, Version 8.0

Unicode - kodowanie UTF-32

- UTF-32 - sposób kodowania standardu Unicode wymagający użycia 32-bitowych słów

- Kod znaku ma zawsze stałą długość 4 bajtów i przedstawia numer znaku w tabeli Unikodu
- Kody obejmują zakres od 0 do 0x10FFFF (od 0 do 1 114 111)
- Kodowanie to jest jednak bardzo nieefektywne - zakodowane ciągi znaków są 2-4 razy dłuższe niż ciągi tych samych znaków zapisanych w innych kodowaniach.

Unicode - kodowanie UTF-16

- UTF-16 - sposób kodowania standardu Unicode wymagający użycia 16-bitowych słów

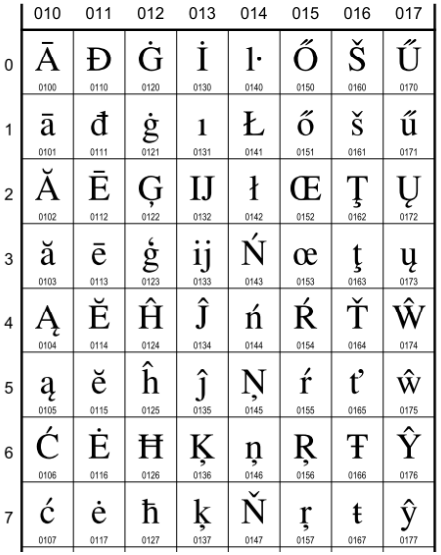
- Dla znaków z przedziału od U+0000 do U+FFFF używane jest jedno słowo, którego wartość jest jednocześnie kodem znaku w Unicode
- Dla znaków z wyższych pozycji używa się dwóch słów:
  - pierwsze słowo należy do przedziału: U+D800 - U+DBFF
  - drugie słowo należy do przedziału: U+DC00 - U+DFFF.

Unicode - kodowanie UTF-8

- UTF-8 - kodowanie ze zmienną długością reprezentacji znaku wymagające użycia 8-bitowych słów

- Znaki Unikodu są mapowane na ciągi bajtów
  - 0x00 do 0x7F - bity 0xxxxxxx
  - 0x80 do 0x7FF - bity 110xxxxx 10xxxxxx
  - 0x800 do 0xFFFF - bity 1110xxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
  - 0x10000 do 0x1FFFFF - bity 11110xxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
  - 0x200000 do 0x3FFFFFF - bity 111110xx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
  - 0x4000000 do 0x7FFFFFFF - bity 1111110x 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx

Unicode



	010	011	012	013	014	015	016	017
0	Ā 0100	Đ 0110	Ġ 0120	İ 0130	l· 0140	Ő 0150	Š 0160	Ű 0170
1	ā 0101	đ 0111	ġ 0121	ı 0131	Ł 0141	ő 0151	š 0161	ű 0171
2	Ă 0102	Ē 0112	Ģ 0122	IJ 0132	ł 0142	Œ 0152	Ţ 0162	Ų 0172
3	ă 0103	ē 0113	ģ 0123	ij 0133	Ń 0143	œ 0153	ţ 0163	ų 0173
4	Ą 0104	Ĕ 0114	Ĥ 0124	Ĵ 0134	ń 0144	Ŕ 0154	Ť 0164	Ŵ 0174
5	ą 0105	ĕ 0115	ĥ 0125	ĵ 0135	Ņ 0145	ŕ 0155	ť 0165	ŵ 0175
6	Ć 0106	Ė 0116	Ħ 0126	Ķ 0136	ņ 0146	Ŗ 0156	Ŧ 0166	Ŷ 0176
7	ć 0107	ė 0117	ħ 0127	ķ 0137	Ň 0147	ŗ 0157	ŧ 0167	ŷ 0177

European Latin

0100 Ā LATIN CAPITAL LETTER A WITH MACRON
≡ 0041 A 0304 ◌̄
0101 ā LATIN SMALL LETTER A WITH MACRON
• Latvian, Latin, ...
≡ 0061 a 0304 ◌̄
0102 Ă LATIN CAPITAL LETTER A WITH BREVE
≡ 0041 A 0306 ◌̆
0103 ă LATIN SMALL LETTER A WITH BREVE
• Romanian, Vietnamese, Latin, ...
≡ 0061 a 0306 ◌̆
0104 Ą LATIN CAPITAL LETTER A WITH OGONEK
≡ 0041 A 0328 ◌̨
0105 ą LATIN SMALL LETTER A WITH OGONEK
• Polish, Lithuanian, ...
≡ 0061 a 0328 ◌̨
0106 Ć LATIN CAPITAL LETTER C WITH ACUTE
≡ 0043 C 0301 ◌́
0107 ć LATIN SMALL LETTER C WITH ACUTE
• Polish, Croatian, ...
→ 045B ћ cyrillic small letter tshe
≡ 0063 c 0301 ◌́

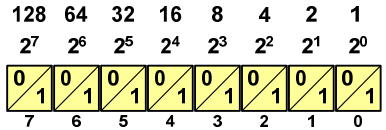
Unicode

27308 **CJK Unified Ideographs Extension B** **27342**

27308	蟸	蟸	蟸	2731B	蠹	蠹	蠹	2732F	蠬	蠬		
27309	蠂	蠂	蠂	2731C	蠷	蠷	蠷	27330	蠳	蠳		
2730A	蠊	蠊	蠊	2731D	蠔	蠔	蠔	27331	蠒	蠒		
2730B	蠚	蠚	蠚	2731E	蠐	蠐		27332	蠓	蠓		
2730C	蠻	蠻	蠻	2731F	蠶	蠶	蠶	27333	蠅	蠅		
2730D	蠑	蠑	蠑	27320	蠱	蠱	蠱	27334	蠔	蠔		

Kody liczbowe - Naturalny Kod Binarny (NKB)

- Jeżeli dowolnej liczbie dziesiętnej przypiszemy odpowiadającą jej liczbę binarną, to otrzymamy naturalny kod binarny (NKB)



Liczba dziesiętna	Kod NKB
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111

Liczba dziesiętna	Kod NKB
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

Kody liczbowe - Kod BCD

- Binary-Coded Decimal - dziesiętny zakodowany dwójkowo
- BCD - sposób zapisu liczb polegający na zakodowaniu kolejnych cyfr liczby dziesiętnej w 4-bitowym systemie dwójkowym (NKB)

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

- W ogólnym przypadku kodowane są tylko znaki 0 ÷ 9
- Pozostałe kombinacje bitowe mogą być stosowane do kodowania znaku liczby lub innych znaczników.

Kody liczbowe - Kod BCD

- Przykład:

$168_{(10)} = ?_{(BCD)}$

$\underbrace{0001}_{1}\ \underbrace{0110}_{6}\ \underbrace{1000}_{8}$

$168_{(10)} = 000101101000_{(BCD)}$

$1001\,|\,0101\,|\,0011_{(BCD)} = ?_{(10)}$

$\underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0101}_{5}\ \underbrace{0011}_{3}$

$100101010011_{(BCD)} = 953_{(10)}$

- Zastosowania:
  - urządzenia elektroniczne z wyświetlaczem cyfrowym (np. kalkulatory, mierniki cyfrowe, kasy sklepowe, wagi)
  - przechowywania daty i czasu w BIOSie komputerów (także wczesne modele PlayStation 3)
  - zapis części ułamkowych kwot (systemy bankowe).

Kody liczbowe - Kod BCD: przechowywanie liczb

- Użycie 4 najmłodszych bitów jednego bajta, 4 starsze bity są ustawiane na jakąś konkretną wartość:
  - 0000
  - 1111 (np. kod EBCDIC, liczby $F0_{(16)} \div F9_{(16)}$)
  - 0011 (tak jak w ASCII, liczby $30_{(16)} \div 39_{(16)}$)
- Zapis dwóch cyfr w każdym bajcie (starsza na starszej połówce, młodsza na młodszej połówce) - jest to tzw. spakowane BCD
  - w przypadku liczby zapisanej na kilku bajtach, najmniej znacząca tetrada (4 bity) używane są jako flaga znaku
  - standardowo przyjmuje się 1100 ($C_{(16)}$) dla znaku plus (+) i 1101 ($D_{(16)}$) dla znaku minus (-), np.

$$127_{(10)} = 0001\ 0010\ 0111\ 1100 \quad (127C_{(16)})$$
$$-127_{(10)} = 0001\ 0010\ 0111\ 1101 \quad (127D_{(16)})$$

Kody liczbowe - Kod BCD

- Warianty kodu BCD:

Cyfra dziesiętna	BCD 8421	Excess-3	BCD 2421	BCD 84-2-1	IBM 1401 BCD 8421
0	0000	0011	0000	0000	1010
1	0001	0100	0001	0111	0001
2	0010	0101	0010	0110	0010
3	0011	0110	0011	0101	0011
4	0100	0111	0100	0100	0100
5	0101	1000	1011	1011	0101
6	0110	1001	1100	1010	0110
7	0111	1010	1101	1001	0111
8	1000	1011	1110	1000	1000
9	1001	1100	1111	1111	1001

- Podstawowy wariant: BCD 8421 (SBCD - Simple Binary Coded Decimal)

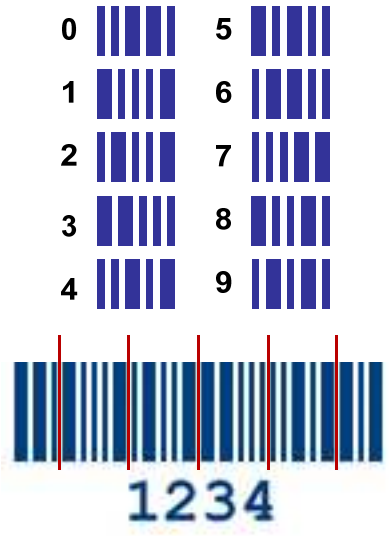
Kody liczbowe - Kod 2 z 5

- Kod 5-bitowy: 2 bity zawsze równe 1, a 3 bity zawsze równe 0
- Koduje 10 znaków (cyfry dziesiętne), kody nie są wzajemnie jednoznaczne (ta sama wartość może być zakodowana w różny sposób)
- Kod stałowagowy
- Kod detekcyjny
- Stosowany głównie w kodach kreskowych

Liczba dziesiętna	2 z 5 (01236)	2 z 5 (01234)	2 z 5 (74210)
0	01100	01100	11000
1	11000	11000	00011
2	10100	10100	00101
3	10010	10010	00110
4	01010	01010	01001
5	00110	00110	01010
6	10001	10001	01100
7	01001	01001	10001
8	00101	00101	10010
9	00011	00011	10100

Kody liczbowe - Kod 2 z 5 Industrial (1960 r.)

- Jednowymiarowy kod kreskowy kodujący cyfry: $0 \div 9$
- Znak to 5 pasków: 2 szerokie i 3 wąskie
- Szeroki pasek jest wielokrotnością wąskiego, szerokości muszą być takie same dla całego kodu
- Struktura kodu:
  - start: 11011010
  - numer
  - stop: 11010110



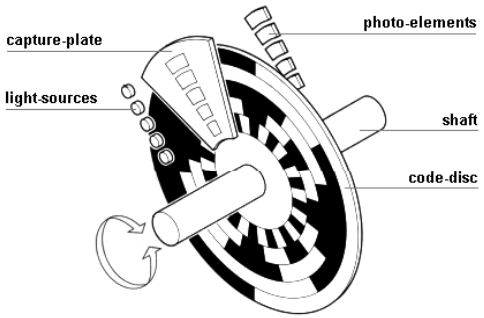
Kod Graya (refleksyjny)

- Kod dwójkowy, bezwagowy, niepozycyjny
- Dwa kolejne słowa kodowe różnią się stanem jednego bitu
- Kod cykliczny - ostatni i pierwszy wyraz również różnią się stanem jednego bitu

kod 1-bitowy	kod 2-bitowy	kod 3-bitowy
0	00	000
1	01	001
	11	011
	10	010
		110
		111
		101
		100

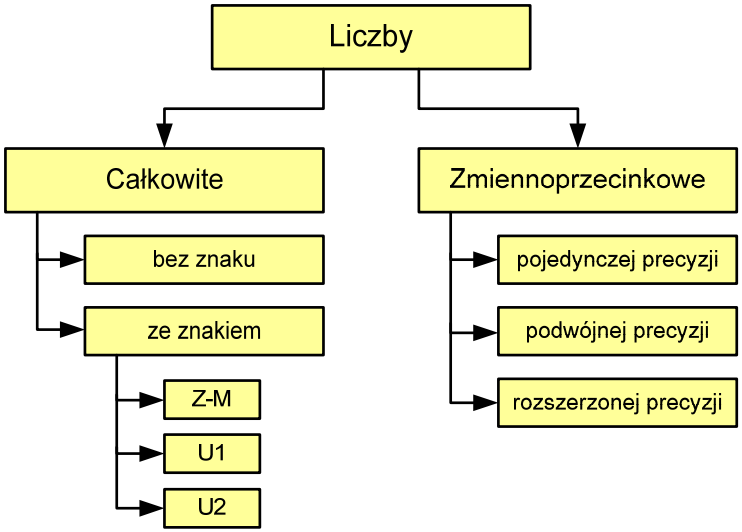
Kod Graya

- Stosowany w przetwornikach analogowo-cyfrowych, do cyfrowego pomiaru analogowych wielkości mechanicznych (np. kąt obrotu)



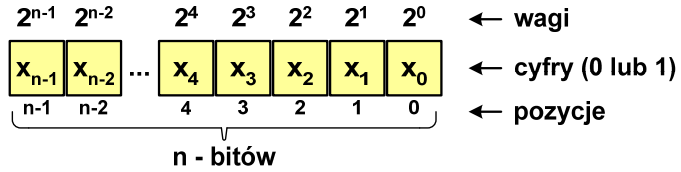
http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de
/applets/hades/webdemos/10-gates/15-graycode/dual2gray.html

Reprezentacja liczb w systemach komputerowych



Liczby całkowite bez znaku

- Zapis liczby w systemie dwójkowym:



- Używając n-bitów można zapisać liczbę z zakresu:

$$X_{(2)} = \langle 0,\ 2^n - 1 \rangle$$

$8 - bitów$	0 ... 255
$16 - bitów$	0 ... 65 535
$32 - bity$	0 ... 4 294 967 295
$64 - bity$	0 ... 18 446 744 073 709 551 615

18 trylionów 446 biliardów 744 biliony 73 miliardy 709 milionów 551 tysięcy 615

Liczby całkowite bez znaku w języku C

- Typy zmiennych całkowitych bez znaku stosowane w języku C:

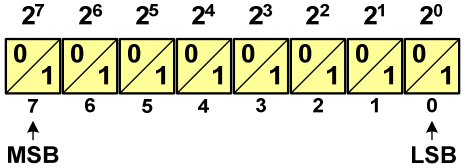
Nazwa typu	Rozmiar (bajty)	Zakres wartości
unsigned char	1 bajt	0 … 255
unsigned short int	2 bajty	0 … 65 535
unsigned int	4 bajty	0 … 4 294 967 295
unsigned long int	4 bajty	0 … 4 294 967 295
unsigned long long int	8 bajtów	0 … 18 446 744 073 709 551 615

- W nazwach typów short i long można pominąć słowo int:

unsigned short int	→	unsigned short
unsigned long int	→	unsigned long
unsigned long long int	→	unsigned long long

Liczby całkowite bez znaku w języku C

- Typ unsigned char (1 bajt):

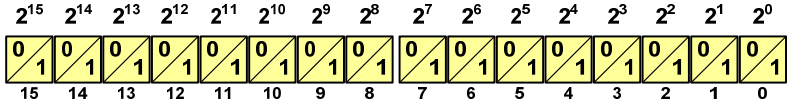


  - MSB (Most Significant Bit) - najbardziej znaczący bit, najstarszy bit, największa waga
  - LSB (Least Significant Bit) - najmniej znaczący bit, najmłodszy bit, najmniejsza waga

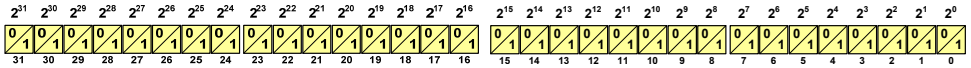
- Zakres wartości:
  - dolna granica: $0000\ 0000_{(2)} = 00_{(16)} = 0_{(10)}$
  - górna granica: $1111\ 1111_{(2)} = FF_{(16)} = 255_{(10)}$

Liczby całkowite bez znaku w języku C

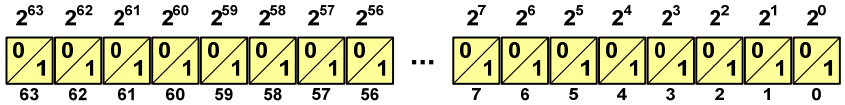
- Typ unsigned short int (2 bajty):



- Typy unsigned int (4 bajty) i unsigned long int (4 bajty):



- Typ unsigned long long int (8 bajtów):



Liczby całkowite bez znaku w języku C

```
unsigned short int:      65535 0 1
unsigned int:            4294967295 0 1
unsigned long int:       4294967295 0 1
unsigned long long int: 18446744073709551615 0 1
```

```
#include <stdi
int main()   /* przepełnienie zmiennej, ang. integer overflow */
{
   unsigned short int      usi = 65535;
   unsigned int             ui = 4294967295;
   unsigned long int       uli = 4294967295;
   unsigned long long int ulli = 18446744073709551615;

   printf("unsigned short int:     %hu %hu %hu\n",usi,usi+1,usi+2);
   printf("unsigned int:           %u %u %u\n",ui,ui+1,ui+2);
   printf("unsigned long int:      %lu %lu %lu\n",uli,uli+1,uli+2);
   printf("unsigned long long int: %llu %llu %llu\n",
                                    ulli,ulli+1,ulli+2);
   return 0;
}
```


Liczby całkowite bez znaku w języku C

```
unsigned short int:      1 0 65535
unsigned int:            1 0 4294967295
unsigned long int:       1 0 4294967295
unsigned long long int: 1 0 18446744073709551615
```

```
#include <stdi
int main()   /* przepełnienie zmiennej, ang. integer overflow */
{
   unsigned short int      usi = 1;
   unsigned int             ui = 1;
   unsigned long int       uli = 1;
   unsigned long long int ulli = 1;

   printf("unsigned short int:     %hu %hu %hu\n",usi,usi-1,usi-2);
   printf("unsigned int:           %u %u %u\n",ui,ui-1,ui-2);
   printf("unsigned long int:      %lu %lu %lu\n",uli,uli-1,uli-2);
   printf("unsigned long long int: %llu %llu %llu\n",
                                    ulli,ulli-1,ulli-2);
   return 0;
}
```


Koniec wykładu nr 3

Dziękuję za uwagę!