

Technologie informacyjne

Politechnika Białostocka - Wydział Elektryczny
semestr I, studia stacjonarne I stopnia
Rok akademicki 2018/2019

Pracownia nr 2

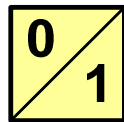
dr inż. Jarosław Forenc

Pracownia nr 2

- Jednostki informacji
 - bit, bajt
- Kodowanie
 - znaków: ASCII, ISO 8859, Unicode
 - liczb: NKB (BCN), U2, BCD
- Liczby zmiennoprzecinkowe
 - standard IEEE 754

Jednostki informacji - bit

- **Bit** (ang. **b**inary digit) - podstawowa jednostka informacji stosowana w informatyce i telekomunikacji
- Bit przyjmuje jedną z dwóch wartości:
 - 0 (zero)
 - 1 (jeden)
- Bit jest tożsamy z cyfrą w systemie dwójkowym
- Oznaczenia bitów:
 - „b” - zalecenie standardu IEEE 1541 z 2002 roku
 - „bit” - zalecenie standardu IEC 60027



Jednostki informacji - bit

- Wielokrotności bitów:

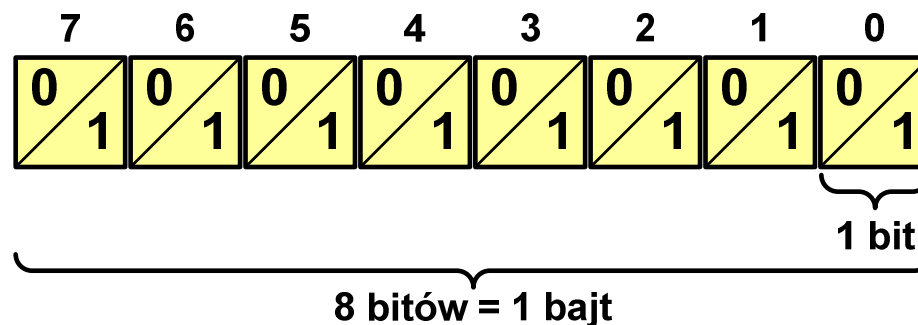
| Przedrostki dziesiętne (układ SI) | | |
|-----------------------------------|--------|--------------------|
| Nazwa | Symbol | Mnożnik |
| bit | b | --- |
| kilobit | kb | $10^3 = 1000^1$ |
| megabit | Mb | $10^6 = 1000^2$ |
| gigabit | Gb | $10^9 = 1000^3$ |
| terabit | Tb | $10^{12} = 1000^4$ |
| 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** zostały wprowadzone w 1998 roku w celu odróżnienia przedrostków o mnożniku 1000 od przedrostków o mnożniku 1024

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 (choć nie wynika to z powyższej definicji)

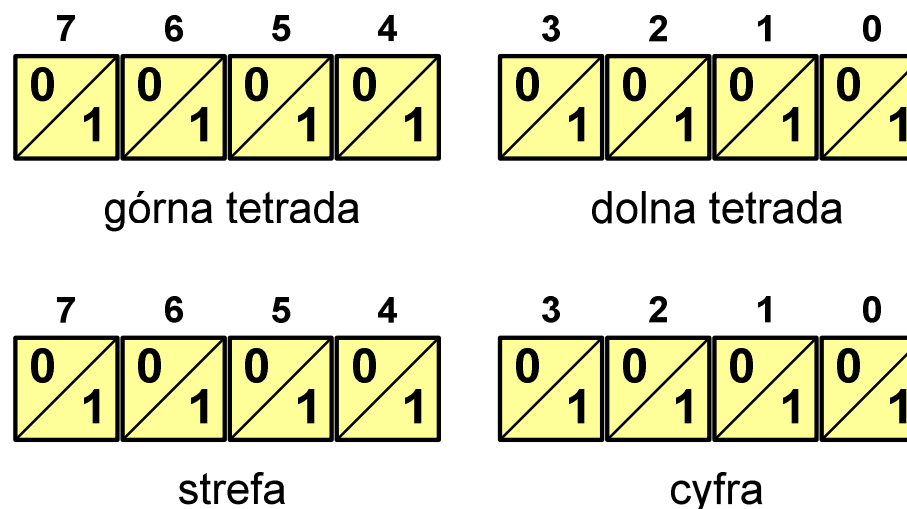


- Za pomocą jednego bajtu można zapisać **256** różnych wartości:

0000 0000 → **0**
0000 0001 → **1**
...
1111 1110 → **254**
1111 1111 → **255**

Jednostki informacji - bajt

- 8-bitowy bajt nazywany jest także **oktetem**
- Bajt można podzielić na dwie połówki 4-bitowe nazywane **tetradami** (ang. nibbles)



- Najczęściej stosowanym skrótem dla bajtu jest wielka litera „**B**” (uwaga: **B** oznacza też **bela**, ale częściej używa się **dB** - **decybel**)

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 | $2^{80} = 1024^8$ |

- Przedrostki binarne (dwójkowe) nie zostały przyjęte przez wszystkie środowiska zajmujące się informatyką

Jednostki informacji - przykłady

- Stosujemy mnożnik używany w informatyce (1024)

$$\text{kB} \rightarrow \text{B:} \quad 1 \text{ kB} = 1 \, 024 \text{ B}$$

$$\text{MB} \rightarrow \text{B:} \quad 1 \text{ MB} = 1024 \times 1024 = 1 \, 048 \, 576 \text{ B}$$

$$\text{GB} \rightarrow \text{B:} \quad 1 \text{ GB} = 1024 \times 1024 \times 1024 = 1 \, 073 \, 741 \, 824 \text{ B}$$

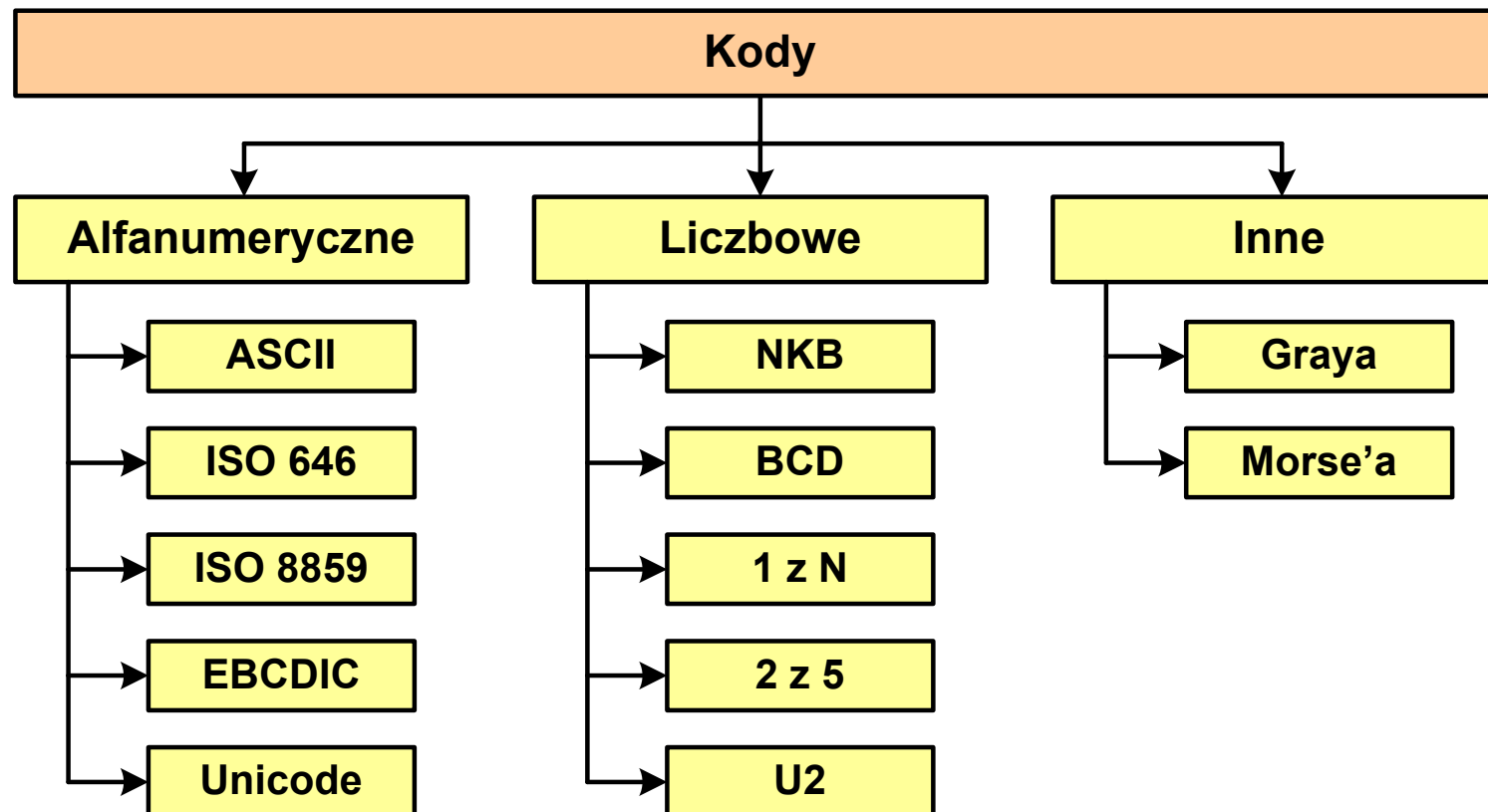
$$\text{MB} \rightarrow \text{kB:} \quad 2 \text{ MB} = 2 \times 1024 = 2 \, 048 \text{ kB}$$

$$\text{GB} \rightarrow \text{kB:} \quad 3 \text{ GB} = 3 \times 1024 \times 1024 = 3 \, 145 \, 728 \text{ kB}$$

$$\text{TB} \rightarrow \text{kB:} \quad 4 \text{ TB} = 4 \times 1024 \times 1024 \times 1024 = 4 \, 294 \, 967 \, 296 \text{ kB}$$

Kodowanie

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



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
- kody 0-31, 127 - 33 kody sterujące służące do sterowania urządzeniami typu drukarka czy terminal
- kody 32-126 - 95 kodów tworzących zbiór znaków ASCII

| 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 |

ISO/IEC 8859

- **ISO/IEC 8859** to zestaw standardów służących do kodowania znaków za pomocą 8 bitów
- Wszystkie zestawy ISO 8859 mają znaki 0-127 takie same jak ASCII, zaś pozycjom 128-159 przypisane są dodatkowe kody sterujące, tzw. C1 (nieużywane)
 - ISO 8859-1 (Latin-1) - alfabet łaciński dla Europy zachodniej
 - **ISO 8859-2 (Latin-2)** - łaciński dla Europy środkowej i wschodniej (Polska Norma)
 - 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/IEC 8859-2

- ISO/IEC 8859-2, Latin-2 („środkowo”, „wschodnioeuropejskie”)

- przykład:

„A” - kod: $41_{(16)} = 40_{(16)} + 1_{(16)}$

„Ę” - kod: $CA_{(16)} = C0_{(16)} + A_{(16)}$

- 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
- kodowanie zgodne z **Polską Normą**

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|----|------------------------|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|
| 00 | <i>Znaki kontrolne</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | <i>Nie używane</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A0 | NB SP | Ą | ˆ | Ł | ł | Ĺ | ĺ | Ś | ś | ˝ | ŝ | ŝ | Ť | ť | Ž | ž |
| B0 | ° | ą | ˆ | ł | ł | ĺ | ĺ | ś | ś | ˝ | ŝ | ŝ | t' | ť | ž | ž |
| C0 | Ř | Á | Â | Ă | Ä | Í | Č | Ç | Č | É | Ę | Ě | Ě | Í | Î | Ď |
| D0 | Đ | Ń | Ň | Ó | Ô | Õ | Ö | × | Ř | Ů | Ú | Ů | Ü | Ý | Ť | ß |
| E0 | ř | á | â | ă | ä | í | č | ç | č | é | ę | ě | ě | í | î | d' |
| F0 | đ | ń | ň | ó | ô | õ | ö | ÷ | ř | ů | ú | ů | ü | ý | ť | · |

SP - spacja

NBSP - twarda spacja

SHY - miękki dywiz (myślnik)

Unicode



- **Unicode** - komputerowy zestaw znaków mający obejmować wszystkie pisma i inne znaki (symbole muzyczne, techniczne, wymowy) używane na świecie
- Unicode przypisuje unikalny numer każdemu znakowi, niezależny od używanej platformy, programu czy języka
- Konsorcjum: <http://www.unicode.org>
- Pierwsza wersja: **Unicode 1.0** (październik 1991)
- Ostatnia wersja: **Unicode 11.0.0** (5 czerwca 2018)
 - The Unicode Consortium. The Unicode Standard, Version 11.0.0, (Mountain View, CA: The Unicode Consortium, 2018)
 - <https://www.unicode.org/versions/Unicode10.0.0/>
 - Koduje 137.374 znaków

Unicode - Zakresy



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

Unicode



- Istnieją trzy metody kodowania (zapisu binarnego) różniące się liczbą bajtów przeznaczonych do opisanego kodu znaku

| | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|-------------|---|----------|----------|----------|-------------|--------|
| <table border="1"><tr><td>A</td><td>Ω</td><td>語</td><td>卍</td></tr><tr><td>00000041</td><td>000003A9</td><td>00008A9E</td><td>00010384</td></tr></table> | A | Ω | 語 | 卍 | 00000041 | 000003A9 | 00008A9E | 00010384 | UTF-32 |
| A | Ω | 語 | 卍 | | | | | | |
| 00000041 | 000003A9 | 00008A9E | 00010384 | | | | | | |
| <table border="1"><tr><td>A</td><td>Ω</td><td>語</td><td>卍</td></tr><tr><td>0041</td><td>03A9</td><td>8A9E</td><td>D800 DF84</td></tr></table> | A | Ω | 語 | 卍 | 0041 | 03A9 | 8A9E | D800 DF84 | UTF-16 |
| A | Ω | 語 | 卍 | | | | | | |
| 0041 | 03A9 | 8A9E | D800 DF84 | | | | | | |
| <table border="1"><tr><td>A</td><td>Ω</td><td>語</td><td>卍</td></tr><tr><td>41</td><td>CE A9</td><td>E8 AA 9E</td><td>F0 90 8E 84</td></tr></table> | A | Ω | 語 | 卍 | 41 | CE A9 | E8 AA 9E | F0 90 8E 84 | UTF-8 |
| A | Ω | 語 | 卍 | | | | | | |
| 41 | CE A9 | E8 AA 9E | F0 90 8E 84 | | | | | | |



Unicode

| | 010 | 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | Ā 0100 | Đ 0110 | Ġ 0120 | İ 0130 | ı 0140 | Ō 0150 | Š 0160 | Ū 0170 |
| 1 | ā 0101 | đ 0111 | ġ 0121 | ı 0131 | ł 0141 | ō 0151 | š 0161 | ū 0171 |
| 2 | Ǻ 0102 | Ē 0112 | Ɔ 0122 | IJ 0132 | ł 0142 | Œ 0152 | Ƨ 0162 | ƨ 0172 |
| 3 | ǻ 0103 | ē 0113 | ǧ 0123 | ij 0133 | Ń 0143 | œ 0153 | Ƨ 0163 | ƨ 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 | Ɔ 0136 | ņ 0146 | Ŗ 0156 | Ƨ 0166 | Ŷ 0176 |
| 7 | ć 0107 | ė 0117 | ħ 0127 | Ɔ 0137 | Ň 0147 | ŗ 0157 | Ƨ 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 ˆ
- 0107 ć LATIN SMALL LETTER C WITH ACUTE
• Polish, Croatian, ...
→ 045B ģ cyrillic small letter tshe
≡ 0063 c 0301 ˆ

Kody alfanumeryczne - przykład

- Tekst: **Sala WE-110**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| S | a | l | a | | W | E | - | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ASCII | 53 | 61 | 6c | 61 | 20 | 57 | 45 | 2d | 31 | 31 | 30 |
| ISO 8859-2 | 53 | 61 | 6c | 61 | 20 | 57 | 45 | 2d | 31 | 31 | 30 |
| Unicode | 53 | 61 | 6c | 61 | 20 | 57 | 45 | 2d | 31 | 31 | 30 |

system
szesnastkowy

| | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ASCII | 83 | 97 | 108 | 97 | 32 | 87 | 69 | 45 | 49 | 49 | 48 |
| ISO 8859-2 | 83 | 97 | 108 | 97 | 32 | 87 | 69 | 45 | 49 | 49 | 48 |
| Unicode | 83 | 97 | 108 | 97 | 32 | 87 | 69 | 45 | 49 | 49 | 48 |

system
dziesiętny

Kody alfanumeryczne - przykład

- Tekst: **Żółty wąż**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|---|---|---|
| Ż | ó | ł | t | y | | w | ą | ż |
|---|---|---|---|---|--|---|---|---|

| | | | | | | | | | |
|------------|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| ASCII | × | × | × | 74 | 79 | 20 | 77 | × | × |
| ISO 8859-2 | AF | F3 | B3 | 74 | 79 | 20 | 77 | B1 | BF |
| Unicode | 17B | F3 | 142 | 74 | 79 | 20 | 77 | 105 | 17C |

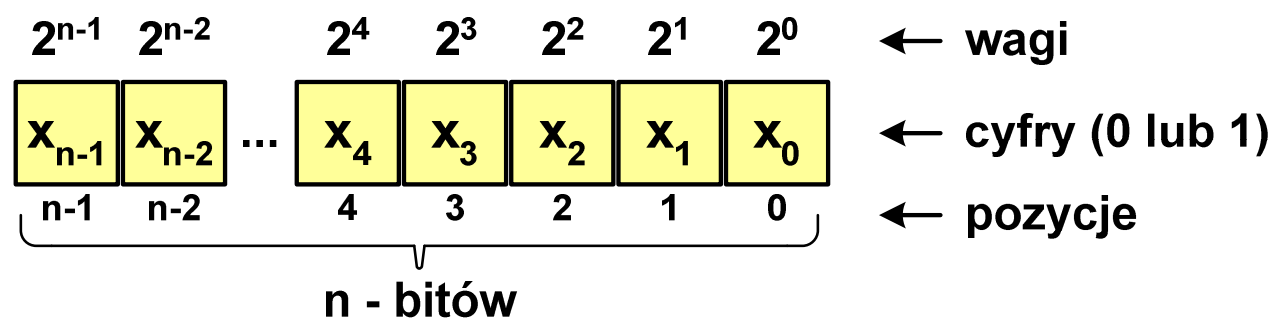
system
szesnastkowy

| | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| ASCII | × | × | × | 116 | 121 | 32 | 119 | × | × |
| ISO 8859-2 | 175 | 243 | 179 | 116 | 121 | 32 | 119 | 177 | 191 |
| Unicode | 379 | 243 | 322 | 116 | 121 | 32 | 119 | 261 | 380 |

system
dziesiętny

NKB (BCN) - 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

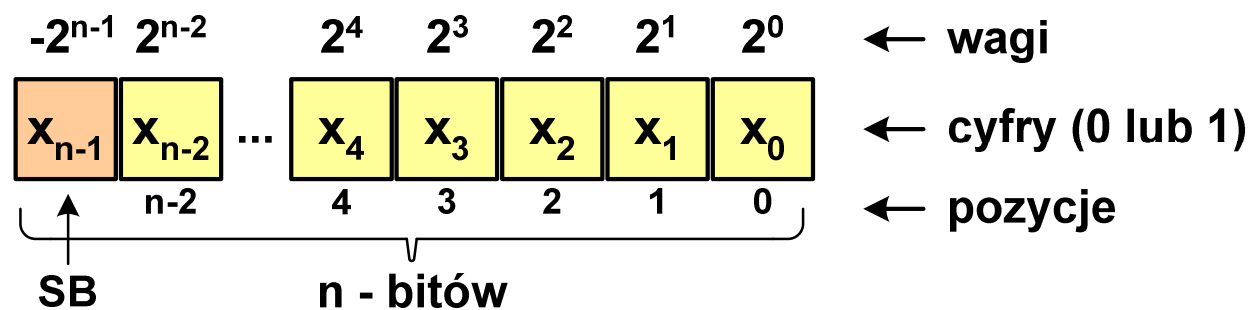
32-bity 0 ... 4 294 967 295

64-bity 0 ... 18 446 744 073 709 551 615

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

U2 - liczby całkowite ze znakiem

- ZU2, uzupełnień do dwóch, two's complement



- Najstarszy bit jest bitem znaku liczby: 0 - dodatnia, 1 - ujemna
- Wartość liczby:

$$X_{(10)} = x_0 \cdot 2^0 + x_1 \cdot 2^1 + x_2 \cdot 2^2 + \dots + x_{n-2} \cdot 2^{n-2} + x_{n-1} \cdot (-2^{n-1})$$

U2 - zamiana na liczbę przeciwną

- **Krok 1:** inwersja (negacja) wszystkich bitów modułu liczby, tj. zamiana 0 na 1 i 1 na 0
- **Krok 2:** zwiększenie wyniku o 1

$$-75_{(10)} = ?_{(U2)}$$

$75_{(10)}$

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

negacja

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

+1

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 $(U2)$

$$-75_{(10)} = 10110101_{(U2)}$$

$$10110101_{(U2)} = ?_{(10)}$$

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

negacja

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

+1

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 $75_{(10)}$

$$10110101_{(U2)} = -75_{(10)}$$

BCD

- **B**inary-**C**oded **D**ecimal - dziesiętny zakodowany dwójkowo
- **BCD** - sposób zapisu liczb polegający na zakodowaniu kolejnych cyfr liczby dziesiętnej w 4-bitowym systemie dwójkowym (NKB)
- Istnieje kilka wariantów kodu BCD

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

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

$$\underbrace{0001}_1 \quad \underbrace{0110}_6 \quad \underbrace{1000}_8$$

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

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

$$\underbrace{1001}_9 \quad \underbrace{0101}_5 \quad \underbrace{0011}_3$$

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

Zapis zmiennoprzecinkowy liczby rzeczywistej

- Postać zmiennoprzecinkowa umożliwia zapis bardzo dużych lub bardzo małych liczb w prostszej i wygodniejszej formie

- $12\ 000\ 000\ 000\ 000 = 1,2 \cdot 10^{13}$
- $-30\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = -3,0 \cdot 10^{19}$
- $0,000\ 000\ 000\ 001 = 1,0 \cdot 10^{-12}$

- Zapis liczby zmiennoprzecinkowej ma postać

$$L = (-1)^S \cdot M \cdot B^E$$

gdzie:

- S** - znak liczby (ang. sign), przyjmuje wartość 0 lub 1
- M** - mantysa (ang. mantissa), liczba ułamkowa
- B** - podstawa systemu liczbowego (ang. base)
- E** - wykładnik (ang. exponent), cecha, liczba całkowita

Postać znormalizowana zapisu liczby

- Tę samą liczbę można zapisać w różnych sposób

$$243 \cdot 10^1 = 24,3 \cdot 10^2 = 2,43 \cdot 10^3 = 0,243 \cdot 10^4$$

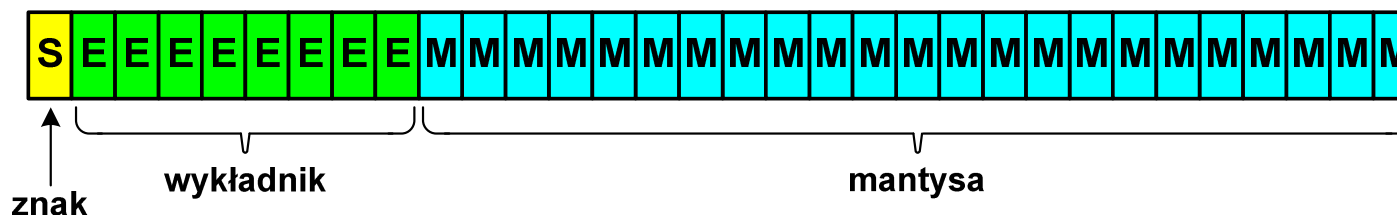
- W postaci znormalizowanej mantysa spełnia nierówność:

$$B > |M| \geq 1$$

- $2,43 \cdot 10^3$ - to jest postać znormalizowana, gdyż: $10 > |2,43| \geq 1$
- $0,243 \cdot 10^4$ - to nie jest postać znormalizowana
- $24,3 \cdot 10^2$ - to nie jest postać znormalizowana

Liczby zmiennoprzecinkowe w systemie binarnym

- Liczba bitów przeznaczonych na mantysę i wykładnik jest ograniczona



- W systemie binarnym podstawa systemu jest stała: $B = 2$

$$L = (-1)^S \cdot M \cdot 2^E$$

- Wykładnik jest zapisywany jako wartość przesunięta o pewną stałą (ang. **biased exponent**) - zapis z przesuniętym wykładnikiem

$$L = (-1)^S \cdot M \cdot 2^{E-\text{BIAS}}$$

- Wartości przesunięcia: **127** (format 32-bit.), **1023** (format 64-bit.)

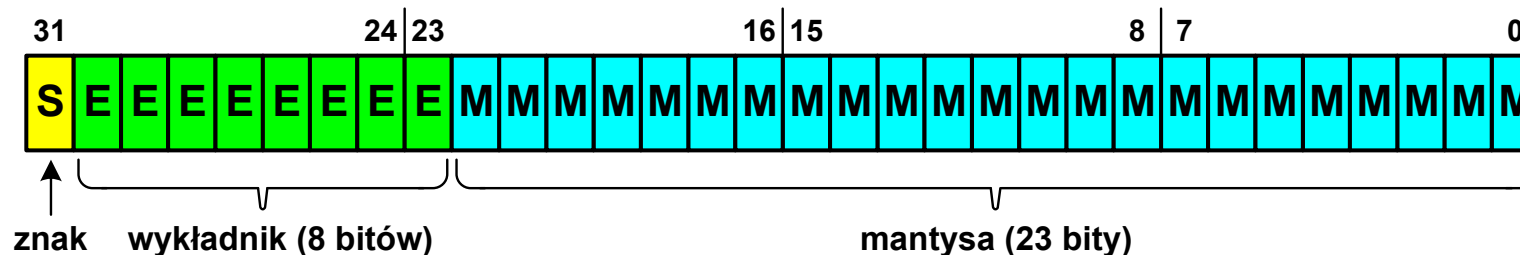
Standard IEEE 754

- Standard opracowany w celu ujednoczenia operacji na liczbach zmiennoprzecinkowych na różnych platformach sprzętowych
- IEEE Std. 754-2008** - IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic

| Precyzja | Długość słowa [bity] | Znak [bity] | Wykładnik | | Mantysa | |
|---|----------------------|-------------|----------------|--|----------------|----------------|
| | | | Długość [bity] | Zakres | Długość [bity] | Cyfry znaczące |
| Pojedyncza (Single Precision, binary32) | 32 | 1 | 8 | $2^{\pm 127} \approx 10^{\pm 38}$ | 23 | 7 |
| Pojedyncza rozszerzona (Single Extended) | ≥ 43 | 1 | ≥ 11 | $\geq 2^{\pm 1023} \approx 10^{\pm 308}$ | ≥ 31 | ≥ 10 |
| Podwójna (Double Precision, binary64) | 64 | 1 | 11 | $2^{\pm 1023} \approx 10^{\pm 308}$ | 52 | 16 |
| Podwójna rozszerzona (Double Extended) | ≥ 79 | 1 | ≥ 15 | $\geq 2^{\pm 16383} \approx 10^{\pm 4932}$ | ≥ 63 | ≥ 19 |

Standard IEEE 754 - liczby 32-bitowe

- Liczba pojedynczej precyzji przechowywana jest na 32 bitach:



- **Bit znaku:** 0 - liczba dodatnia, 1 - liczba ujemna
- **Wykładnik** zapisywany jest na z nadmiarem o wartości 127 i przyjmuje wartości od -127 do 128
- **Mantysa** w większości przypadków jest znormalizowana
- Mantysa zawiera się w przedziale 1 i 2, jej pierwszy bit jest zawsze równy 1 i nie jest zapamiętywany
- Bit ten jest automatycznie uwzględniany podczas wykonywania obliczeń

Standard IEEE 754 - liczby 32-bitowe

■ Przykład:

- obliczmy wartość dziesiętną liczby zmiennoprzecinkowej

$$01000010110010000000000000000000_{(IEEE754)} = ?_{(10)}$$

- dzielimy liczbę na części

$$\underbrace{0}_{S\text{-bit znaku}} \quad \underbrace{10000101}_{E\text{-wykładnik}} \quad \underbrace{1001000000000000000000000000}_{M\text{-mantysa (tylko część ułamkowa)}}$$

- określamy **znak liczby**

$$S = 0 \quad \text{– liczba dodatnia}$$

- obliczamy **wykładnik** pamiętając, że w reprezentacji 32-bitowej nadmiar wynosi 127

$$E = 10000101_{(2)} = 128 + 4 + 1 = 133 - \underbrace{127}_{\text{nadmiar}} = 6_{(10)}$$

Standard IEEE 754 - liczby 32-bitowe

■ Przykład (cd.):

- wyznaczamy **mantysę** dopisując na początku 1 (1 - część całkowita) i stawiając przecinek

$$\begin{aligned} M &= 1,100100000000000000000000 = \\ &= 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-4} = 1 + 0,5 + 0,0625 = 1,5625_{(10)} \end{aligned}$$

- wartość dziesiętną liczby zmiennoprzecinkowej obliczamy według wzoru:

$$L = (-1)^S \cdot M \cdot 2^E$$

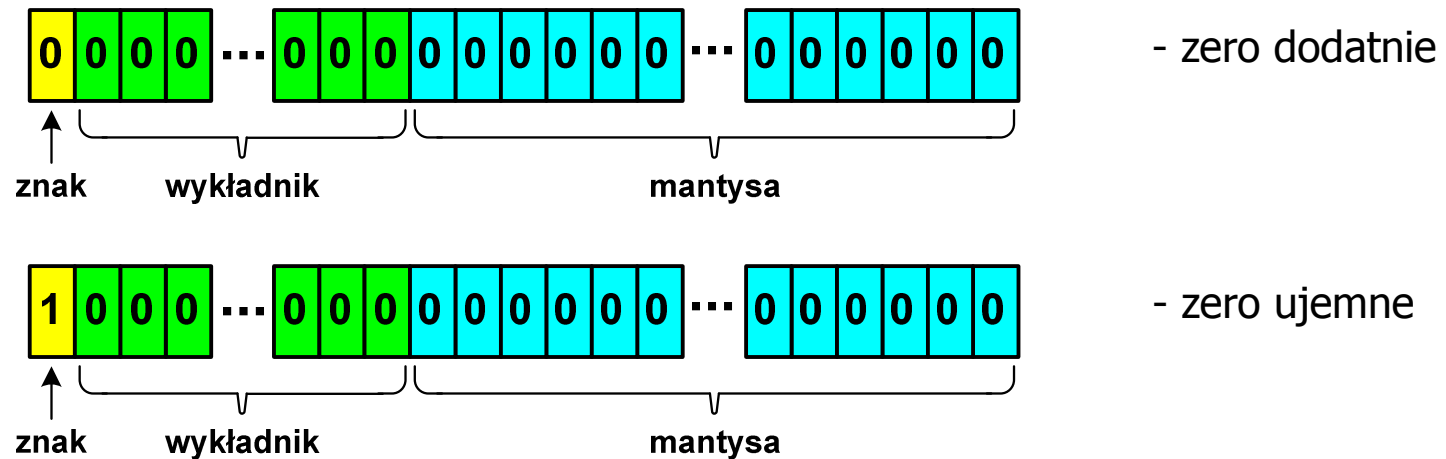
- podstawiając otrzymujemy:

$$S = 0, \quad E = 6_{(10)}, \quad M = 1,5625_{(10)}$$

$$L = (-1)^0 \cdot 1,5625 \cdot 2^6 = 100_{(10)}$$

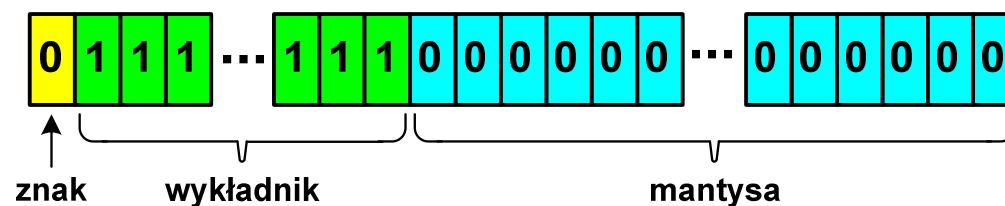
$$01000010110010000000000000000000_{(IEEE754)} = 100_{(10)}$$

Standard IEEE 754 - zero

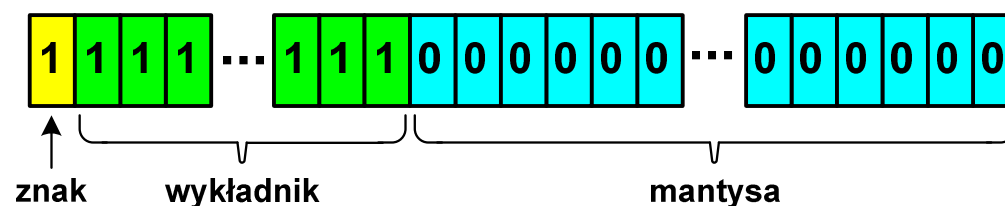


- bit znaku może przyjmować dowolną wartość
- przy porównaniach zero dodatnie i ujemne są traktowane jako równe sobie

Standard IEEE 754 - nieskończoność



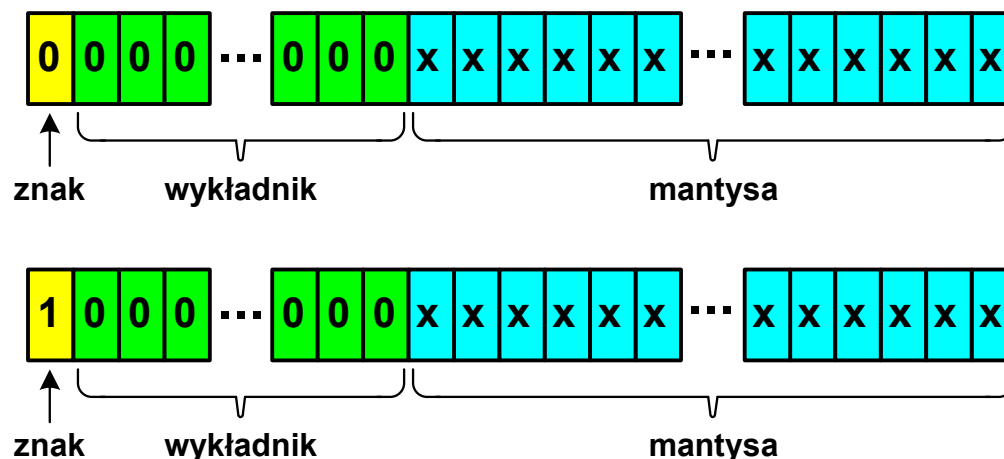
- nieskończoność dodatnia



- nieskończoność ujemna

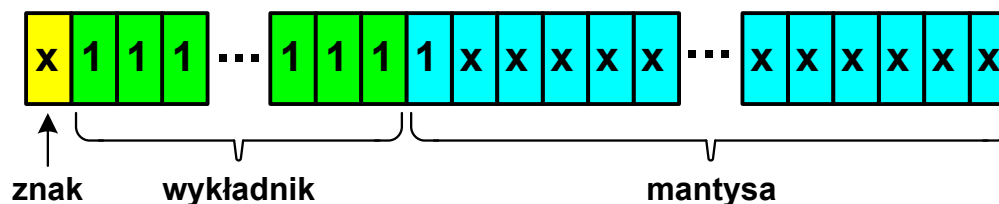
- bit znaku określa czy mamy nieskończoność dodatnią czy ujemną
- nieskończoność występuje w przypadku wystąpienia **nadmiaru** (przepełnienia) oraz przy dzieleniu przez zero

Standard IEEE 754 - liczba zdenormalizowana



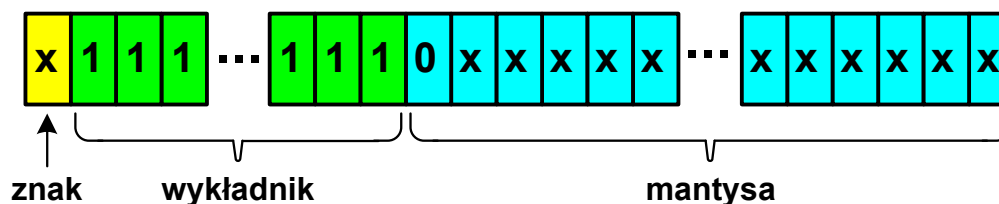
- pojawia się, gdy występuje **niedomiar** (ang. **underflow**), ale wynik operacji można jeszcze zapisać denormalizując mantysę
- wtedy mantysa nie posiada domyślnej części całkowitej równej 1, tzn. reprezentuje liczbę o postaci **0,xxx...xxx**, a nie **1,xxx...xxx**

Standard IEEE 754 - nieliczby



QNaN (Quiet NaN)
ciche nieliczby

- ciche nieliczby „przechodzą” przez działania arytmetyczne (ich wystąpienie nie powoduje przerwania wykonywania programu)
- najczęściej oznaczają wartość niezdefiniowaną



SNaN (Signaling NaN)
głośne nieliczby

- powodują powstanie wyjątków w operacjach arytmetycznych i przerwanie wykonywania programu
- najczęściej oznaczają wartość niedozwoloną