WYDZIAŁ FIZYKI
UNIWERSYTET WARSZAWSKI

Programowanie zaawansowane FM i NI

Wykład 3-4

Referencje, typy, operatory, wskaźniki

Krzysztof Piasecki

Semestr letni roku akad. 2024-25


krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl

- **Referencja** – to nowa nazwa na istniejącą zmienną
- Składnia na prostym przykładzie: (uwaga: &)

```
int  A = 5 ;
int& Aref = A ;
Aref = 7;        (sprawi, że zarazem A = 7 )
```

Nie da się zadeklarowac 'pustej' referencji:

```
int& Bref ;
```

Nie da się 'przepiąć' referencji na inną zmienną. To:

```
int C = 5 ;   Aref = C ;
```

będzie znaczyć tylko tyle, że do A przypiszemy 5.

- Główna użyteczność:
przy przekazywaniu zmiennej do podfunkcji.

Bez referencji - wywołana funkcja działa
na **kopii** zmiennej podanej w wywołaniu.
Zmiany w tej kopii nie zmieniają oryginału.

Działając na referencji - działamy na **oryginale**.
Tylko tak zmiana wartości zmiennej w funkcji
będzie się liczyć po powrocie do miejsca wywołania.

```
10
12
```

[Link]

```
1  #include<iostream>
2  using namespace std;
3
4  void Add_pass_via_Copy (int X) {
5    X    += 2;
6  }
7
8  void Add_pass_via_Ref (int& Xref) {
9    Xref += 2;
10 }
11
12 int main () {
13   int x = 10 ;
14   Add_pass_via_Copy ( x );
15   cout << x << endl;
16
17   x = 10 ;
18   Add_pass_via_Ref  ( x );
19   cout << x << endl;
20 }
```

- **Arytmetyczne typy danych** [użyteczny link]

① **bool**: 1 (true) lub 0 (false)

② Typy **całkowite**. Zmienna zajmuje od 1 do kilku bajtów (uwaga: **1 bajt = 8 bitów**).

Pierwszy bit pierwszego bajtu może służyć jako **znak** liczby (±). Wtedy typ ma cechę **signed**.
To sytuacja domyślna. Ale można zażądać **unsigned**: liczba jest ≥ 0, ale jej maksimum $2\times$ większe.

Typ	Rozmiar [bity]		Zakres (dla LP64)	
	Standard C	Model danych LP64	Min	Max
(signed) char	≥ 8	8	-128	127
unsigned char	≥ 8	8	0	255
(signed) short	≥ 16	16	-32768	32767
unsigned short	≥ 16	16	0	65535
(signed) int	≥ 16	32	$-2.14 \cdot 10^9$	$2.14 \cdot 10^9$
unsigned int	≥ 16	32	0	$4.29 \cdot 10^9$
(signed) long	≥ 32	64	$-9.22 \cdot 10^{18}$	$9.22 \cdot 10^{18}$
unsigned long	≥ 32	64	0	$1.84 \cdot 10^{19}$
(signed) long long	≥ 64	64	$-9.22 \cdot 10^{18}$	$9.22 \cdot 10^{18}$
unsigned long long	≥ 64	64	0	$1.84 \cdot 10^{19}$

Słowa kluczowe `signed` / `unsigned` to tzw. modyfikatory typu (type modifiers).

[Link]

- **Sprawdzanie typów:**

Rozmiar zmiennej w bajtach:
→ `sizeof`

Identyfikator typu zmiennej:
→ `typeid` w `<typeinfo>`

(Typy można porównywać.)

Wartość minimalna i maksymalna:
→ stałe w `<climits>`

```
1 4 1 4

int has type i
 c  has type c
[types compared]: i has type int

short= [-32768 : 32767]
 int = [-2147483648 : 2147483647]
```

```
1  #include <iostream>
2  #include <typeinfo>
3  #include <climits>
4  using namespace std;
5
6  int main () {
7   char  c =    65 ;
8   int   i = -1234 ;
9
10  cout << sizeof (char) << ' '
11       << sizeof (int ) << ' '
12       << sizeof ( c  ) << ' '
13       << sizeof ( i  ) << "\n";
14
15  cout << "\nint has type " << typeid (int).name();
16  cout << "\n c  has type " << typeid ( c ).name();
17
18  if ( typeid (i) == typeid (int) )
19    cout << "\n[types compared]: i has type int\n";
20
21   cout << "\nshort= [" << SHRT_MIN
22        <<    " : "      << SHRT_MAX << ']';
23   cout << "\n int = [" <<  INT_MIN
24        <<    " : "      <<  INT_MAX << ']';
25 }
```

[Link]

- **Reprezentacja** liczby całkowitej w pamięci

Użyteczna biblioteka `<bitset>`
Daje obiekty N-bitowe do łatwego wypisywania w systemie dwójkowym.

Potestujmy np. reprezentację zmiennych typu `short` (w LP64 mieści 2 bajty).
Jest to typ ze znakiem (`signed short`)
→ lewy bit 1. bajtu opisuje znak.

Największa wartość to: $2^{15} - 1 = 32767$
Najmniejsza to: $-2^{15} = -32768$

```
(signed) shorts:
0       |_2 = 0000000000000000
1       |_2 = 0000000000000001
2       |_2 = 0000000000000010
32767   |_2 = 0111111111111111
Attempt to assign int > SHRT_MAX:
-32768  |_2 = 1000000000000000

-1      |_2 = 1111111111111111
-2      |_2 = 1111111111111110
-32768  |_2 = 1000000000000000
```

```cpp
#include <iostream>
#include <bitset>
#include <climits>
using namespace std;

void bitprint (short S) {
  bitset<16> bitS (S) ;
  cout << S << "\t|_2 = " << bitS << endl;
}

int main () {
  short s0 = 0, s1  =  1 , s2  =  2,
                s_1 = -1 , s_2 = -2;
  cout << "(signed) shorts: \n";
  bitprint ( s0 );
  bitprint ( s1 );
  bitprint ( s2 );
  bitprint ( SHRT_MAX );
  cout << "Attempt to assign int > SHRT_MAX:\n";
  bitprint ( 32768 ); cout << endl;
  bitprint ( s_1 );
  bitprint ( s_2 );
  bitprint ( SHRT_MIN );
}
```

- **Reprezentacja** liczby całkowitej c.d.

  Rozważmy teraz `unsigned short` (nadal w modelu LP64).

  Najmniejsza wartość to 0
  Największa to $2^{16} - 1 = 65535$

[Link]

```
unsigned shorts:
0       |_2 = 0000000000000000
1       |_2 = 0000000000000001
2       |_2 = 0000000000000010
65535   |_2 = 1111111111111111
Attempt to assign int > USHRT_MAX:
1       |_2 = 0000000000000001
Attempt to assign -1 :
65535   |_2 = 1111111111111111
```

```
1  #include <iostream>
2  #include <bitset>
3  #include <climits>
4  using namespace std;
5
6  void bitprint_unsigned (unsigned short US) {
7    bitset<16> bitUS (US) ;
8    cout << US << "\t|_2 = " << bitUS << endl;
9  }
10
11 int main () {
12   unsigned short us0  =  0, us1  =  1, us2  =  2,
13          us_overmax = 65536, us_minus1 = -1;
14   cout << "\nunsigned shorts:\n";
15   bitprint_unsigned ( us0 );
16   bitprint_unsigned ( us1 );
17   bitprint_unsigned ( us2 );
18   bitprint_unsigned ( USHRT_MAX );
19   cout << "Attempt to assign int > USHRT_MAX:\n";
20   bitprint_unsigned ( 65536 );
21   cout << "Attempt to assign -1 :\n";
22   bitprint_unsigned ( -1 );
23 }
```

- Wstawianie do zmiennej całkowitej wartości w reprezentacjach o bazie 2, 8, 16 (i wypis na ekran w tych formatach).

- Wartość poprzedzona przez **0** to liczba w systemie 8-kowym. Np.:
  0100 = $64_{(10)}$
- Wartość poprzedzona przez **0x** to liczba w systemie 16-tkowym. Np.:
  0x100 = $256_{(10)}$
- Wartość poprzedzona przez **0b** to liczba w systemie binarnym. Np.:
  0b1000 = $8_{(10)}$

```
Hexadecimal rep.: 40
Decimal     rep.: 64
Octal       rep.: 100
Binary 8bit rep.: 01000000

For 0100,       decimal rep.: 64
For 0x40,       decimal rep.: 64
For 0b1000000, decimal rep.: 64
```

[Link]

```cpp
#include <iostream>
#include <bitset>
using namespace std;

int main () {
  int x = 64;
  cout << "Hexadecimal rep.: " << hex << x << endl;
  cout << "Decimal     rep.: " << dec << x << endl;
  cout << "Octal       rep.: " << oct << x << endl;
  cout << "Binary 8bit rep.: " << bitset<8> (x) << "\n\n";

  int octX = 0100;
  cout << "For 0100,       decimal rep.: "
       << dec << octX << endl;

  int hexX = 0x40;
  cout << "For 0x40,       decimal rep.: "
       << dec << hexX << endl;
                          // Guaranteed since C++14
  int binX = 0b1000000;
  cout << "For 0b1000000, decimal rep.: "
       << dec << binX << endl;
}
```

- Casus typu **`char`**. Zmiennej tego typu można używać:

  → do przechowywania i arytmetyki liczb w zakresie ∈ [-128, 127] (przy `unsigned char`: [0, 255])

  → do przechowywania i wyświetlania znaków z tablicy kodów ASCII :

Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char
0	0	[NULL]	32	20	[SPACE]	64	40	@	96	60	`
1	1	[START OF HEADING]	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	[START OF TEXT]	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	[END OF TEXT]	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	[END OF TRANSMISSION]	36	24	$	68	44	D	100	64	d
5	5	[ENQUIRY]	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	[ACKNOWLEDGE]	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	[BELL]	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	[BACKSPACE]	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	[HORIZONTAL TAB]	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	A	[LINE FEED]	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	B	[VERTICAL TAB]	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	C	[FORM FEED]	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	D	[CARRIAGE RETURN]	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	E	[SHIFT OUT]	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	F	[SHIFT IN]	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	[DATA LINK ESCAPE]	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	[DEVICE CONTROL 1]	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	[DEVICE CONTROL 2]	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	[DEVICE CONTROL 3]	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	[DEVICE CONTROL 4]	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	[NEGATIVE ACKNOWLEDGE]	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	[SYNCHRONOUS IDLE]	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	[END OF TRANS. BLOCK]	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	[CANCEL]	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	[END OF MEDIUM]	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	[SUBSTITUTE]	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	[ESCAPE]	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	[FILE SEPARATOR]	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	|
29	1D	[GROUP SEPARATOR]	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	[RECORD SEPARATOR]	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	[UNIT SEPARATOR]	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	[DEL]

- Casus typu **`char`**. Zmiennej tego typu można używać:

  → do przechowywania i arytmetyki liczb w zakresie ∈ [-128, 127] (przy `unsigned char`: [0, 255])
  → do przechowywania i wyświetlania znaków z tablicy kodów ASCII .

  Rozważmy np. `char c = 65, d = 50 , e ;`

  Efekty uzależnione od sytuacji:

  - `e = c + d;` → { *e = 115* } (każdy operator algebraiczny: działania na liczbach)
  - `if (e == 115)` → { *true* } (porównywanie z liczbą działa)
  - `cout << e;` → s (podanie na `cout`: wyświetli się znak wg tablicy ASCII)
  - `if (e == 's')` → { *true* } (porównywanie ze znakiem też działa)
  - `cin >> e;` (gdy użytkownik poda znak, zmienna przyjmie wartość wg ASCII)

  Uwaga: znak do zmiennej typu `char` przypisujemy zawsze przez ' ' (nigdy przez " ")

- **Kody ucieczki** (**escape sequences**): to specjalne kody sterujące. Pełna lista **tu**, a poniżej – najważniejsze:

`\n`	przejdź na początek nowej linii	`\"`	znak graficzny cudzysłowu
`\r`	przejdź na początek aktualnej linii	`\'`	znak graficzny apostrofu
`\v`	przejdź do nowej linii; ta sama kolumna	`\u....`	znak Unicode o danym kodzie (hex)
`\t`	wykonaj tabulator	`\a`	daj sygnał dźwiękowy

Enum(-eracja) : typy wyliczeniowe

Czasem potrzeba zmiennej mieszczącej tylko kilka możliwości, np. dni tygodnia, miesiące, główne kolory itp.

Poprzez **enum** definiujemy odrębny typ, przypisując nazwy własne liczbom (tu: typ WeekDay). Można też wylistować nazwy nie przypisując liczb – wtedy komputer przypisze im kolejne liczby całkowite, od 0.

Zmienna typu WeekDay może przyjąć dowolną z tych możliwości.
Można ją też przesłać do funkcji.

Dostęp do nazw naszego enum-a :
- przy braku konfliktów : Nazwa
- aby uniknąć konfliktów : Typ::Nazwa

Takie wartości może zwracać funkcja lub można nimi manipulować.

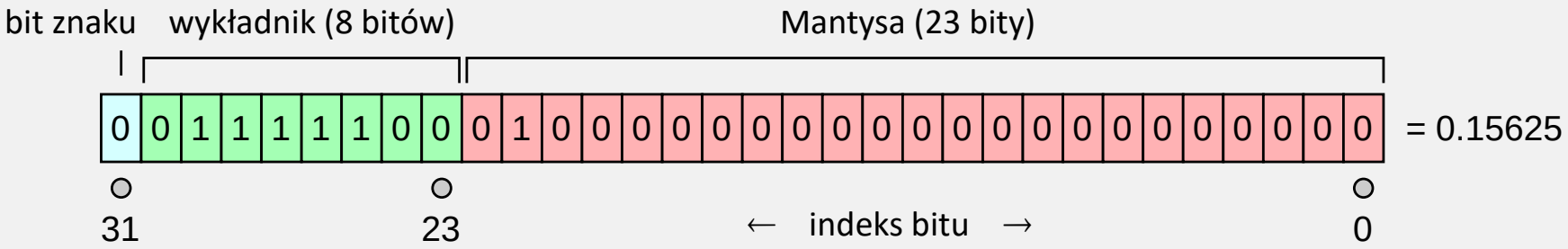
Każdą z nazw komputer skonwertuje do liczby. Gdyby porównywane były nazwy z odmiennych enum'ów, kompilator wyda ostrzeżenie.

[Link]

```
#include <iostream>
using namespace std;

enum WeekDay {
 Monday    = 1, Tuesday  = 2,
 Wednesday = 3, Thursday = 4,
 Friday    = 5, Saturday = 6,
 Sunday    = 7                    };

enum Logic { Untrue , True };

Logic IsWeekend (WeekDay day) {
  if (day <= Friday)  return Logic::Untrue;
  else                return Logic::True ;
}

int main () {
  WeekDay Today = Friday;
  cout << IsWeekend ( Today ) << endl;

  switch ( IsWeekend(Today) ) {
    case Logic::True : cout << "Today's weekend!\n";
                       break;
    default          : cout << "Work harder :P  \n";
  }
  return 0;
}
```

③ **Typy zmiennoprzecinkowe** są (zwykle) oparte o standard IEEE-754.

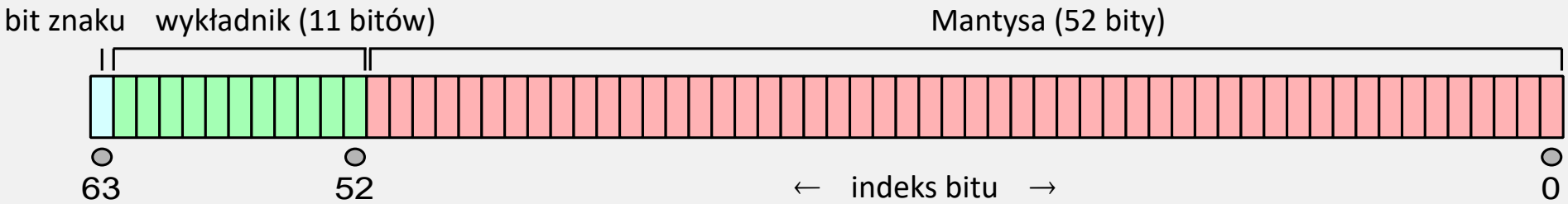
- Notacja dla typu 32-bitowego (**`float`**) :



Nb. sposób rozkodowania w „typowym przypadku”:

$$(-1)^{b_{31}} \times 2^{(b_{30}b_{29}\ldots b_{23})_2 - 127} \times (1.b_{22}b_{21}\ldots b_0)_2$$

- Notacja dla typu 64-bitowego (**`double`**) :



- W każdym przypadku zdefiniowane są: **`inf`** (+∞), **`-inf`** (-∞) i **`NaN`** (not a number).
  Np. zwykle: `1./0. = inf` `-1./0. = -inf` `0./0. = NaN`

- Możliwości typów zmiennoprzecinkowych:

Typ	Rozmiar [bajty]		Zakres (model LP64)		Precyzja
	Standard C	Model danych LP64	min. |x|	max. |x|	[cyfry]
float	'single prec.'	4	$1.4 \cdot 10^{-45}$	$3.4 \cdot 10^{38}$	6
double	'double prec'	8	$4.9 \cdot 10^{-324}$	$1.8 \cdot 10^{308}$	15
long double	'extended prec'	16	$6.5 \cdot 10^{-4966}$	$1.2 \cdot 10^{4932}$	18

(**Precision**: gwarantowana liczba cyfr znaczących, które można wstawić do zmiennej i odzyskać bezstratnie)

Nb.: parametry typów zmiennoprzecinkowych wpisane są w bibliotekę `<cfloat>` .

- **Konwersje między typami zmiennej (type cast)**

[Link]

Konwersje **niejawne** (**implicit**) :

gdy komputer sam skonwertuje typ zmiennej.

Np.: obliczając wyrażenia algebraiczne,
podając argumentom funkcji wartości
czy zwracając z funkcji.

Konwersje **jawne** (**explicit**): gdy my polecimy.

- w stylu C : `(typ) zmienna`
  `typ (zmienna)`
- w stylu C++ : `static_cast<typ> (zmienna)`

(nie wyczerpuje listy, ale obecnie wystarcza)

```
3       3
0       0.5     0.5     0.5
```

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int PoorPi () {
5    return 3.141592;
6  }
7
8  int main () {
9    int i = 1.2 * 3 ;
10   cout << i << '\t' << PoorPi() << endl;
11
12   cout << 1/2 << '\t'
13        << (float) 1 / 2 << '\t'
14        << float (1) / 2 << '\t'
15        << static_cast<float> (1) / 2
16        << endl;
17 }
```

- **Dedukcja typu**: `auto` i `decltype`

[Link]

Słowo **`auto`** w deklaracji:
kompilator będzie dedukował rzeczywisty typ deklarowanej zmiennej.

Uwaga do `auto` w nagłówkach funkcji:

- `auto` w typie zwracanym - od standardu C++14
- `auto` w argum. wejścia - od standardu C++20

Słowo **`decltype (a) b`** w deklaracji:
zadeklaruj zmienną b o takim typie,
jaki ma zmienna a .

Uwaga: na zajęciach będziemy unikać dedukcji,
aby się dobrze nauczyć typów.

```
i d d
i d
```

```
1  #include <iostream>
2  #include <typeinfo>
3  using namespace std;
4
5  auto myfun (auto x) {
6    return x;
7  }
8
9  int main () {
10   auto ix = 5;
11   auto dy = 2 + 0.5;
12   decltype ( dy ) dz = -123.45;
13   cout << typeid ( ix ).name() <<
14    ' ' << typeid ( dy ).name() <<
15    ' ' << typeid ( dz ).name() << endl;
16   cout << typeid ( myfun(ix) ).name() <<
17    ' ' << typeid ( myfun(dy) ).name() ;
18 }
```

- Jak kompilować kod w ramach danego **standardu** C++ :

```
$ g++ -std=c++20 mycode.C -o mycode.exe
```

- **Operatory (in/de)krementacji**

```
++a   preinkrementacja
--b   predekrementacja
```

gdy zmiana ma zajść natychmiast.

Np. dla `int i = 5;  cout << (++i) * 5 ;` → 30

```
a++   postinkrementacja
a--   postdekrementacja
```

gdy zmiana ma zajść już po obliczeniu wyrażenia.

Np. dla `int i = 5;  cout << (i++) * 5 ;` → 25
`cout << i;` → 6

- **Operator = (direct assignment)**

lvalue → `A = 5;` ← *rvalue*

- to obiekt mający adres. Tu operator = wpisze *rvalue*.

- to obiekt tymczasowy, który operator = wpisze do *lvalue*.

- **Operatory przypisania (compound assignment)**

```
a += x;
a -= x;
a *= x;
a /= x;
a %= x;
```

↔ tożsame `a = a + x;` ...

Ale również bitowo: (omówimy wkrótce)

```
a &= x;      a <<= x;
a |= x;      a >>= x;
a ^= x;
```

- **Operator `,`** ← w wyrażeniu `a, b;` wykonywane są działania `a` i `b`, ale zwracane tylko `b`.

```
int a = 1, b = 2, c = 3;
```
← tu `,` służy tylko za separator.

```
int i = ( a += 2 , a + b ) ;
```
← tu zadziała operator `,`
Skutek: `a = 3, b = 2, c = 3, i = 5`

```
for (a = 1, b = 5 ; a<=b ; a++ , b--)
  cout << a << ':' << b << ' ';
```
← tu operator `,` wykona po 2 działania w polach `for`
Wypis na ekranie: `1:5 2:4 3:3`

☞ Komentarz: szereg operatorów pozwala na „trickowe” zapisanie działań, ale im więcej „tricków” , tym gorsza czytelność. Czytelność kodu przez człowieka jest bardzo ważna.

- **Operator `? :` (ternary/conditional)** ← służy za „jednolinijkowy if”

```
int x = 3;
double result = (x % 2 == 0)  ?  x*x  :  -x  ;
```

Testowane wyrażenie

jeśli prawda, zwróć to.

w przeciwnym razie – to.

Operatory bitowe (bitwise operators)

a & b	bitowe and
a | b	bitowe or
a ^ b	bitowe exor

~a	bitowa negacja
a << n	przesunięcie a o n bitów w lewo
a >> n	przesunięcie a o n bitów w prawo

[Link]

```
a = 10101010
b = 00001111

AND a & b = 00001010
OR  a | b = 10101111
XOR a ^ b = 10100101
NOT   ~ b = 11110000

b << 5 = 11100000
b >> 2 = 00000011
```

```cpp
#include <iostream>
#include <bitset>
using namespace std;

int main () {
 char a = 0b10101010 ,
      b = 0b00001111 ;
 cout << "a = " << bitset<8> (a) << endl;
 cout << "b = " << bitset<8> (b) << "\n\n";

 cout << "AND a & b = " << bitset<8> (a & b) << endl;
 cout << "OR  a | b = " << bitset<8> (a | b) << endl;
 cout << "XOR a ^ b = " << bitset<8> (a ^ b) << endl;
 cout << "NOT   ~ b = " << bitset<8> (  ~ b) << "\n\n";
 cout << "b << 5 = "    << bitset<8> (b << 5) << endl;
 cout << "b >> 2 = "    << bitset<8> (b >> 2) << "\n\n";
}
```

- **Tabela priorytetów operatorów**
  dostępna [tutaj] .

① To reguły, gdy pierwszeństwa nie wymuszają (…)

② Im wyżej, tym wyższy priorytet

③ W przypadku zbitki operatorów o tym samym priorytecie, kierunek działań definiuje **Associativity**.

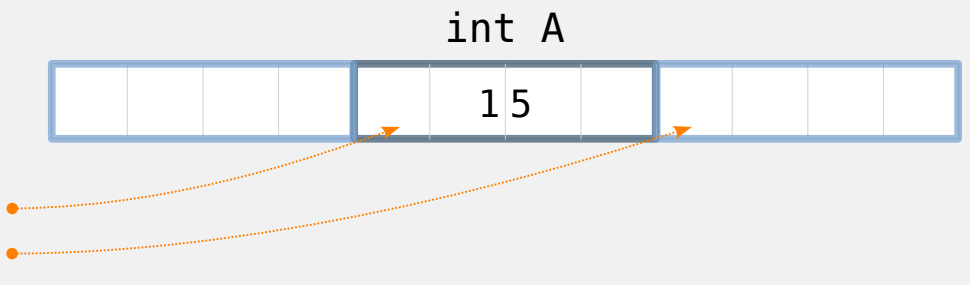
Precedence	Operator	Description	Associativity
1	`::`	Scope resolution	Left-to-right →
2	`a++ a--`	Suffix/postfix increment and decrement	
	type`()` *type*`{}`	Functional cast	
	`a()`	Function call	
	`a[]`	Subscript	
	`. ->`	Member access	
3	`++a --a`	Prefix increment and decrement	Right-to-left ←
	`+a -a`	Unary plus and minus	
	`! ~`	Logical NOT and bitwise NOT	
	(*type*)	C-style cast	
	`*a`	Indirection (dereference)	
	`&a`	Address-of	
	`sizeof`	Size-of[note 1]	
	`co_await`	await-expression (C++20)	
	`new new[]`	Dynamic memory allocation	
	`delete delete[]`	Dynamic memory deallocation	
4	`.* ->*`	Pointer-to-member	Left-to-right →
5	`a*b a/b a%b`	Multiplication, division, and remainder	
6	`a+b a-b`	Addition and subtraction	
7	`<< >>`	Bitwise left shift and right shift	
8	`<=>`	Three-way comparison operator (since C++20)	
9	`< <= > >=`	For relational operators < and ≤ and > and ≥ respectively	
10	`== !=`	For equality operators = and ≠ respectively	
11	`a&b`	Bitwise AND	
12	`^`	Bitwise XOR (exclusive or)	
13	`|`	Bitwise OR (inclusive or)	
14	`&&`	Logical AND	
15	`||`	Logical OR	
16	`a?b:c`	Ternary conditional[note 2]	Right-to-left ←
	`throw`	throw operator	
	`co_yield`	yield-expression (C++20)	
	`=`	Direct assignment (provided by default for C++ classes)	
	`+= -=`	Compound assignment by sum and difference	
	`*= /= %=`	Compound assignment by product, quotient, and remainder	
	`<<= >>=`	Compound assignment by bitwise left shift and right shift	
	`&= ^= |=`	Compound assignment by bitwise AND, XOR, and OR	
17	`,`	Comma	Left-to-right →

☞ *Komentarz*

To kolejny "materiał na tricki".
Kodujmy tak, byśmy byli zrozumiani.
Np. stosujmy () w wyrażeniach.

- **Wskaźnik (pointer)** : to zmienna do przechowywania adresu w pamięci zmiennej danego typu.

Na wstępie poznajmy **operator adresu**, `&` .




```
int A = 15;
cout <<   &A          →    0x7fff1467aed4
cout << ( &A ) + 1    →    0x7fff1467aed8
```

Operator nie tylko zwraca adres, ale i typ. Widać, że `+1` przesuwa o 4 bajty, czyli o długość jednego `int`'a.

Uwaga: znak & używany jest też przy deklaracji referencji. Ale tam - należy do *lvalue*, a tu - do *rvalue*.

- Zadeklarujmy wskaźnik i wstawmy tam adres zmiennej A:

```
int* Aptr = &A ;
```

Wypiszmy zawartość wskaźnika:

```
cout << Aptr ;    →  0x7fff1467aed4
```

- Poznajmy **operator wyłuskania (dereference)**, `*` .
Przekształca on adres zmiennej – w tą zmienną.

```
cout << *Aptr ;   →  15

*Aptr = 17;
cout << A ;       →  17
```

- Sam wskaźnik też jest zmienną i ma swój adres:

```
cout << &Aptr ;   →  0x7ffc2a21d830
```

- Wskaźnik można tylko zadeklarować, a wypełnić później:
Można go też „przepiąć" na inną zmienną:

```
int* NewPtr ;   NewPtr = &A ;
int B;          NewPtr = &B ;
```

- **Wskaźnik (pointer)** . Ważna możliwość: komunikacja między funkcjami przez argumenty wejścia.

[Link]

Gdy wołana funkcja przyjmuje wskaźnik,
a w miejscu wywołania podamy adres zmiennej,
to **funkcja pracuje na „oryginalnej" zmiennej**
(tej z miejsca wywołania).

Chcąc zmienić wartość zmiennej ze wskaźnika,
używamy operatora wyłuskania, `*` .

Osiągamy efekt, jak przy referencjach.

Uwaga:
w podfunkcji próba przepięcia wskaźnika
na inny adres, nie będzie miała skutku
po powrocie do miejsca wywołania.

Powód: wskaźnik też jest zmienną
⇒ jego życie ograniczone jest do { }
Można ominąć problem, robiąc przekaz przez
referencję (lub wskaźnik) na nasz wskaźnik.

```
10
12
```

```
1  #include<iostream>
2  using namespace std;
3
4  void Add_pass_via_Copy    (int  X ) {
5     X    += 2;
6  }
7
8  void Add_pass_via_Pointer (int* Xptr) {
9    *Xptr += 2;
10 }
11
12 int main () {
13   int x = 10 ;
14   Add_pass_via_Copy ( x );
15   cout << x << endl;
16
17   x = 10 ;
18   Add_pass_via_Pointer ( &x );
19   cout << x << endl;
20 }
```

- **Wskaźnik funkcyjny** : obiekt do przechowywania funkcji. Musi znać typy, które funkcja przyjmuje i zwraca.

Deklaracja wskaźnika funkcyjnego (*lvalue*) z przypisaniem (*rvalue*) :

```
Typ (* NazwaWskaznika) (Typ, Typ, ...)  =  NazwaFunkcji;
```

Nazwy funkcji – są zarazem wskaźnikami funkcyjnymi na siebie. Np:

```
... = cos ;
```

Podanie funkcji w tym wskaźniku – to wpisanie nazwy wskaźnika. Np.:

```
Myfun( NazwaWskaznika );
```

Funkcja może przyjmować wskaźnik funkcyjny. W ten sposób funkcja będzie zdolna do pracy na dowolnej funkcji (zadanych typów), którą się jej poda w miejscu wywołania.

[Link]

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

double dzialanie ( double (* MyFunPtr) (double)
                 , double x) {
  return MyFunPtr ( x ) ;
}

int main () {
 cout << dzialanie ( sin , 30.*M_PI/180.) << endl;
 cout << dzialanie ( sqrt , 225. ) << endl;

 double (*tryg) (double) = cos ;

 cout << dzialanie (tryg, 60 * M_PI/180.) << endl;
}
```

```
0.5
15
0.5
```