

Лекція 1

Цілі типи Cі. Цілі типи фіксованої довжини. Заголовочний файл stdint.h. Цілочисельні константи, введення та виведення. Визначення меж типів за допомогою limits.h.

Переповнення цілих типів та як з ним боротися. Оператор sizeof(). Оператори для роботи з дійсним типом.

Булевий тип на Cі. Модуль stdbool.h. Логічні операції.

Бітові операції на Cі.

Розгалуження на Cі. Умовні конструкції if..else, тернарний оператор, альтернатива (switch).

Цикли на Cі. Цикл з передумовою, з післяумовою та з лічильником

Цілі типи

В Cі та Cі++ існує декілька цілих типів, що відрізняються розміром та типом арифметики (знакова або беззнакова):

- short int (також можна позначити short, можна використати ключове слово signed)
- unsigned short int (також можна позначити unsigned short)
- int (також можна позначити signed int). Це найбільш оптимальний цілий тип для даної платформи, і він гарантовано має розмір не менше 16 bits. Більшість сучасних моделей використовує 32 біти (див. таблицю 2.1).
- unsigned int (також можна позначити unsigned), натуральний або беззнаковий еквівалент int, що використовує модульну арифметику при арифметичних операціях. Зручний для маніпулювання бітами.
- long int (також можна позначити long)
- unsigned long int (також можна позначити unsigned long)
- long long int (також можна позначити long long) (з C99)
- unsigned long long int (також можна позначити unsigned long long) (з C99)

Відмітимо що порядок слів в опису може бути довільним: unsigned long long int та long int unsigned long позначають той самий тип.

Наступна таблиця містить всі цілі типи та їх бітність для найбільш поширених архітектурних моделей даних:

Цілі типи Cі

Таблиця 2.1

Специфікатор типу	Еквівалент	Розмір типу				
		C standard	LP32	ILP32	LLP64	LP64
short	short int	мінімум 16	16	16	16	16
short int						
signed short						
signed short int						

unsigned short	unsigned short int					
unsigned short int						
int	int	мінімум 16	16	32	32	32
signed						
signed int						
unsigned	unsigned int					
unsigned int						
long	long int	мінімум 32	32	32	32	64
long int						
signed long						
signed long int						
unsigned long	unsigned long int					
unsigned long int						
long long	long long int (C99)	мінімум 64	64	64	64	64
long long int						
signed long long						
signed long long int						
unsigned long long	unsigned long long int (C99)					
unsigned long long int						

Стандарт Сі не гарантує розміри бітів, єдине що він гарантує, це те що
 $1 == \text{sizeof}(\text{char}) \leq \text{sizeof}(\text{short}) \leq \text{sizeof}(\text{int}) \leq \text{sizeof}(\text{long}) \leq \text{sizeof}(\text{long long})$.

Цілочисельна арифметика знакових типів та беззнакових типів відрізняється зокрема в тих випадках, коли розмір результату більше ніж розмір вхідних даних, отже в випадках, коли це можливо треба бути особливо уважним

Також вкрай небажано застосовувати цілий та натуральний операнди одночасно в арифметичних виразах.

Моделі даних

Вибір розмірів типів Сі визначається моделлю даних(*data model*), що в свою чергу визначається архітектурою комп'ютера та його операційною системою. Найбільш популярні наступні моделі даних:

32 бітові системи:

LP32 або 2/4/4 (int - 16-bit, long та вказівник 32-bit)

Win16 API

ILP32 або 4/4/4 (int, long, та вказівник 32-bit);

Win32 API

Unix та Unix-like systems (Linux, Mac OS X)

64 бітові системи:

LLP64 або 4/4/8 (int та long - 32-bit, вказівник 64-bit)

Win64 API

LP64 або **4/8/8** (int - 32-bit, long та вказівник 64-bit)
Unix та Unix-like systems (Linux, Mac OS X)

Цілі типи фіксованої довжини

Інколи виникає потреба зафіксувати розмір типів для будь-якої платформи. Для цього можна або перевизначити самому типи за допомогою typedef або скористатись бібліотекою [<stdint.h>](#), яка включена в стандарт з C99.

Цілі типи визначені в <stdint.h>

Таблиця 2.2

int8_t int16_t int32_t int64_t	Знаковий цілий тип з розміром 8, 16, 32 і 64 біт відповідно
int_fast8_t int_fast16_t int_fast32_t int_fast64_t	Найбільший знаковий цілий тип з розміром мінімум 8, 16, 32 та 64 біт відповідно
int_least8_t int_least16_t int_least32_t int_least64_t	Найменший знаковий цілий тип з розміром 8, 16, 32 та 64 біт відповідно
intmax_t	Максимальний за розміром цілий тип
intptr_t	Цілий тип в який можна записати вказівник
uint8_t uint16_t uint32_t uint64_t	Натуральний тип з розміром 8, 16, 32 і 64 біт відповідно (лише якщо платформа їх підтримує)
uint_fast8_t uint_fast16_t uint_fast32_t uint_fast64_t	Найбільший натуральний тип з розміром 8, 16, 32 та 64 біт відповідно
uint_least8_t uint_least16_t uint_least32_t uint_least64_t	Найменший натуральний тип з розмірами 8, 16, 32 та 64 біт відповідно
uintmax_t	Максимальний за довжиною натуральний тип
uintptr_t	Натуральний тип в який можна записати вказівник

Цілочисельні константи

Для того щоб визначити константи цілого типу можна обрати наступні варіанти:

- звичайний **десятковий** тип: ненульова десяткова цифра (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), за якою слідує довільна кількість десяткових цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

- **вісімкова** константа: цифра (0) за якою довільна кількість вісімкових цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)
- **шістнадцятирична** константа: двійний спецсимвол 0x або 0X за яким слідує довільна кількість шістнадцяткових цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, a, A, b, B, c, C, d, D, e, E, f, F).

Наприклад, наступні змінні ініціалізовані тим самим значенням:

```
int d = 42;
int o = 052;
int x = 0x2a;
int X = 0X2A;
```

Суфікси для форматowanego введення/виведення цілих типів

Для того, щоб позначити програмний тип можуть використовуватися суфікси (вони можуть бути в будь-якому порядку):

- натуральний суфікс (unsigned-suffix) (символ u або символ U)
- суфікс довжини (long-suffix) (символ l або символ L) або long-long-suffix (the суфікс ll або LL) (з C99)

Специфікатори для цілочисельних констант

Таблиця 2.3

суфікс	Основа числення 10	Основи числення 8 та 16
no suffix	int long int unsigned long int (until C99) long long int (з C99)	int unsigned int long int unsigned long int long long int(з C99) unsigned long long int(з C99)
u або U	unsigned int unsigned long int unsigned long long int(з C99)	unsigned int unsigned long int unsigned long long int(з C99)
l або L	long int unsigned long int(until C99) long long int(з C99)	long int unsigned long int long long int(з C99) unsigned long long int(з C99)
l/L та u/U	unsigned long int unsigned long long int(з C99)	unsigned long int unsigned long long int(з C99)
ll або LL	long long int(з C99)	long long int(з C99) unsigned long long int(з C99)
ll/LL та u/U	unsigned long long int(з C99)	unsigned long long int(з C99)

Літери в числових константах незалежать від регістру (case-insensitive): 0xDeAdBaBeU та 0XdeadBABEU - те саме число (виключення long-long-suffix, який або ll або LL, але ні ll ні Ll)

Відмітимо, що в Cі немає від'ємних констант. Вирази такі як -1 визначають унарний оператор ([unary minus operator](#)) що застосовується до константи, та можливо приведення до іншого типу ([type conversions](#)).

Константи, що закінчується е або Е, якщо за ними є знаки + або – повинні бути відокремлені пробілами (щоб не переплутати з науковим представленням дійсного типу):

```
int x = 0xE+2;    // помилка
int y = 0xa+2;    // OK
int z = 0xE +2;   // OK
int q = (0xE)+2;  // OK
```

Приклад:

```
#include <stdio.h>
#include <inttypes.h>
int main(void)
{
    printf("123 = %d\n", 123);
    printf("0123 = %d\n", 0123);
    printf("0x123 = %d\n", 0x123);
    printf("12345678901234567890ull = %llu\n",
12345678901234567890ull);
    // цей тип 64-бітовий (unsigned long long або можливо unsigned
long)
    // навіть без суфіксу long
    printf("12345678901234567890u = %"PRIu64"\n",
12345678901234567890u );

    // printf("%lld\n", -9223372036854775808); // ПОМИЛКА
    // величина 9223372036854775808 за межами типу signed long long, що є
найбільшим типом дозволеним для беззнакового та безсуфіксного тип
    printf("%llu\n", -9223372036854775808ull );
    // унарний мінус застосований до беззнакового числа віднімає його від
константи 2^64, що дає беззнакове (unsigned) значення 9223372036854775808

    printf("%lld\n", -9223372036854775807ull - 1);
    // коректна форма знакового значення (signed value)-
9223372036854775808
}
```

Результат:

```
123 = 123
0123 = 83
0x123 = 291
12345678901234567890ull = 12345678901234567890
12345678901234567890u = 12345678901234567890
9223372036854775808
-9223372036854775808
```

Символьний тип

Ще одним варіантом цілого типу є символічні типи:

- **signed char** – знакове представлення символічного типу.

- **unsigned char** – беззнакове представлення знакового типу. Може використовуватись для представлення довільного об'єкту чи ділянки пам'яті ([object representations](#) або raw memory).
- **char** – тип для представлення символів. Є еквівалентним або **signed char** або **unsigned char** (що залежить від реалізації та може бути визначено через командний рядок, хоча на більшості платформ – це **signed char**), але це окремий тип, що відрізняється і від **signed char** та від **unsigned char**.

Також в сучасному Cі за допомогою [typedef](#) визначають типи [wchar_t](#), [char16_t](#), та [char32_t](#) (з C11) для представлення символів за допомогою юнікоду.

Макроси бібліотеки *limits.h*

Бібліотека **limits.h** визначає різні властивості різних типів Cі. Макроси визначені в цій бібліотеці обмежують значення визначені в **char**, **int** та **long**.

Ці межі зокрема визначають кількість та область різних значень, що може приймати даний тип, наприклад **unsigned char** може приймати від 0 до 255.

Дані значення можуть прийматись різними та бути визначеними директивою `#define`, але не можуть бути нижче визначених.

Таблиця 2.4

Макрос	Значення	Опис
CHAR_BIT	8	Кількість бітів в байті.
SCHAR_MIN	-128	Мінімальне значення signed char.
SCHAR_MAX	+127	Максимальне значення signed char.
UCHAR_MAX	255	Максимальне значення unsigned char.
CHAR_MIN	-128	Мінімальне значення типу char і його значення буде рівне SCHAR_MIN якщо char буде приймати від'ємні значення, інакше воно рівне 0.
CHAR_MAX	+127	Максимальне значення типу char і його значення буде рівне SCHAR_MAX якщо char буде приймати від'ємні значення, інакше воно рівне UCHAR_MAX.
MB_LEN_MAX	16	Максимальна кількість бітів в двубайтовому типі
SHRT_MIN	-32768	Мінімальне значення short int.
SHRT_MAX	+32767	Максимальне значення short int.
USHRT_MAX	65535	Максимальне значення unsigned short int.
INT_MIN	-2147483648	Мінімальне значення int.
INT_MAX	+2147483647	Максимальне значення int.
UINT_MAX	4294967295	Максимальне значення unsigned int.
LONG_MIN	-9223372036854775808	Мінімальне значення long int.
LONG_MAX	+9223372036854775807	Максимальне значення long int.
ULONG_MAX	18446744073709551615	Максимальне значення unsigned long int.

Приклад

Приклад застосування констант з **limits.h**.

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <limits.h>

int main() {
    printf("The number of bits in a byte %d\n", CHAR_BIT);

    printf("The minimum value of SIGNED CHAR = %d\n", SCHAR_MIN);
    printf("The maximum value of SIGNED CHAR = %d\n", SCHAR_MAX);
    printf("The maximum value of UNSIGNED CHAR = %d\n", UCHAR_MAX);

    printf("The minimum value of SHORT INT = %d\n", SHRT_MIN);
    printf("The maximum value of SHORT INT = %d\n", SHRT_MAX);

    printf("The minimum value of INT = %d\n", INT_MIN);
    printf("The maximum value of INT = %d\n", INT_MAX);

    printf("The minimum value of CHAR = %d\n", CHAR_MIN);
    printf("The maximum value of CHAR = %d\n", CHAR_MAX);

    printf("The minimum value of LONG = %ld\n", LONG_MIN);
    printf("The maximum value of LONG = %ld\n", LONG_MAX);

    return(0);
}
```

Результат повинен бути:

```
The maximum value of UNSIGNED CHAR = 255
The minimum value of SHORT INT = -32768
The maximum value of SHORT INT = 32767
The minimum value of INT = -2147483648
The maximum value of INT = 2147483647
The minimum value of CHAR = -128
The maximum value of CHAR = 127
The minimum value of LONG = -9223372036854775808
The maximum value of LONG = 9223372036854775807
```

Переповнення цілих чисел

При додаванні цілих чисел може виходити переповнення. Проблема полягає в тому, що комп'ютер не видає попередження при їх появі: програма продовжить виконання з невірними даними. Більше того, поведінка при переповненні є визначеною стандартом та фіксованою лише для цілих без знаку (натуральних).

Переповнення може привести до великих проблем: обнулінню та затиранню даних, можливим експлойтам, помилкам, що буде трудно відтворити та знайти при відладці, та ці помилки можуть накопичуватися з часом. Розглянемо деякі прийоми боротьби з переповненнями для цілих чисел зі знаком та натуральних чисел.

1. Попередня перевірка даних. З файлу `limits.h` можна дізнатися максимальне і мінімальне значення для чисел типу `int`. Якщо обидва числа додатні, то їх сума не більша за `INT_MAX`, якщо різниця `INT_MAX` і одного з чисел менше другого числа. Якщо обидва числа від'ємні,

то різниця `INT_MIN` і одного з чисел повинна бути більше іншого. Якщо обидва числа мають різні знаки, то їх сума не більша `INT_MAX` або `INT_MIN`.

```
int sum1(int a, int b, int *overflow) {
    int c = 0;
    if (a > 0 && b > 0 && (INT_MAX - b < a) || a < 0 && b < 0 &&
        (INT_MIN - b > a)){
        *overflow = 1;
    }
    else{
        *overflow = 0;
        c = a + b;
    }
    return c;
}
```

В цій функції змінній `overflow` буде присвоєно значення 1, якщо було переповнення. Функція повертає суму, незалежно від результату додавання.

2. Другий спосіб перевірки – взяти для суми тип, максимальне й мінімальне значення якого відомо що більше суми двох цілих. Після додавання необхідно перевірити, щоб сума була не більшою ніж `INT_MAX` і не меншою `INT_MIN`.

```
int sum2(int a, int b, int *overflow) {
    signed long long c = (signed long long) a + (signed long long) b;
    if (c < INT_MAX && c > INT_MIN) {
        *overflow = 0;
        c = a + b;
    }
    else{
        *overflow = 1;
    }
    return (int) c;
}
```

Зверніть увагу на явне приведення типу. Без нього спочатку пройде переповнення і неправильне число буде записано в змінну `c`.

3. Третій шлях перевірки платформозалежний, більш того, його реалізація буде різною для різних компіляторів. При переповненні цілих (зазвичай) ставиться флаг переповнення в регістрі флагів. Можна на асемблері перевірити значення флагу відразу ж після виконання додавання.

Робота з натуральними числами без знаку значно простіша: при переповненні виходить обнуління і відомо, що отримане число буде менше кожного з доданків.

```
unsigned usumm(unsigned a, unsigned b, int *overflow) {
    unsigned c = a + b;
```



```

if (c < a || c < b) {
    *overflow = 1;
}
else{
    *overflow = 0;
}
return c;
}

```

Операція sizeof()

Дана операція обчислює розмір пам'яті, необхідний для розміщення в ній виразів або змінних вказаних типів.

Операція має дві форми:

1). **ім'я_типу A; sizeof (A);**

Приклад:

```

unsigned long x;
unsigned long y = sizeof(x);

```

2). **sizeof (ім'я_типу);**

Приклад:

```

unsigned long x;
unsigned long y = sizeof( unsigned long );

```

Операцію `sizeof()` можна застосовувати до констант, типів або змінних, у результаті чого буде отримано число байт, що відводяться під операнд. Наприклад, `sizeof(int)` поверне число байт для розміщення змінної типу `int`.

Операції над цілими числами

Над цілими числами можна виконувати майже всі дії, що перелічені в таблицях 1.6 -1.7:

!, ~, +, - (унарні), ++, --, *, (тип), sizeof	<<<<
*, /, % (бінарні)	>>>>
+, - (бінарні)	>>>>
<<, >>	>>>>
<, <=, ==, >	>>>>
==, !=	>>>>

& (порозрядна)	>>>
^	>>>
(порозрядна)	>>>
&& (логічна)	>>>
(логічна)	>>>
?: (тернарна)	<<<
=, +=, -=, *=, /=, %=, &=, ^=, =, <<=, >>=	<<<

Примітка. Відмітимо важливий момент, пов'язаний з операцією ділення. Якщо обидва операнди є цілими числами, **то результат ділення також цілий, тобто операція "/" позначає цілочисельне ділення**. Відповідно % - це остача від цілочисельного ділення. Для того, щоб отримати дійсне число як результат ділення цілих чисел потрібно якимось чином привести один з операндів до дійсного числа. Наприклад

```
int x, y;
scanf("%d %d", &x, &y);

float z = (float)x/y; //1) перетворення чисельнику
printf("z=%f", z);
z = (x+0.0)/y; //2) перетворення значення виразу
printf("z=%f", z);
z = x/(float)y; //3) перетворення знаменнику
printf("z=%f", z);
```

Булевий тип

Булевий тип з'явився в мові Сі з стандарту С99. Для його підключення потрібна бібліотека <stdbool.h>. Він дозволяє зберігати змінні, які можуть мати значення 0 або 1, які доступні також за допомогою макросів (літералів) true та false.

Ініціалізація або присвоєння може виглядати так:

```
bool x1 = true; // bool x1 =1;
bool y1 = false; // bool y1 =0;
```

Відмітимо також, що перетворення до цього типу робиться за тим правилом, що будь-який ненульовий вираз перетворюється на 1(true), і лише вираз рівний нулю перетворюється на 0(false), зокрема:

```
bool(0.5) дорівнює 1
```

bool(4) дорівнює 1
bool(0) дорівнює 0.

Операції порівняння

Ще одним варіантом присвоєння значення булевому виразу є присвоєння за допомогою порівняння двох змінних або констант.

Перелік операцій порівняння наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Операція	Значення
<	менше
<=	менше або рівне
==	перевірка на рівність
>=	більше або рівно
>	більше
!=	перевірка на нерівність

Операції порівняння здебільшого використовуються в умовних виразах.

Приклади умовних виразів:

```
b<0,  
'b'=='B',  
'f'!='F',  
201>=225.
```

Кожна умова перевіряється: істинна вона чи хибна. Точніше слід сказати, що кожна умова приймає значення "істинно" (true) або "хибно" (false).

Результатом умовного виразу й цілочисельне арифметичне значення. "Істинно" - це ненульова величина, а "хибно" - це нуль. В більшості випадків в якості ненульового значення "істинно" використовується одиниця. Тобто 1- true, 0 – false.

Приклад:

```
#include<stdio.h>  
main()  
{  
    int tr, fal;  
    tr=(11<=15); /* вираз істинний */  
    fal=(1>1); /* вираз хибний */  
    printf("true - %d false - %d ",tr,fal);  
    return 0;  
}
```

Логічні операції

Для маніпуляцій з логічним (булевим) типом, наприклад, для "об'єднання" виразів порівняння, використовуються стандартні логічні операції логічного множення (оператор &&) з правилами логічного І, логічного

додавання(оператор ||) за правилами логічного АБО та логічного заперечення (оператор !), а також їх унарні форми (таблиця 2.6.). При цьому як правило використовуються операторні форми, але можливо використання макросів, що вимагає підключення бібліотеки iso646.h. Заголовочний файл iso646.h містить С оператори, що підтримуються ISO646 стандартом (в С++ ця підтримка виконується автоматично.

Логічні операції

Таблиця 2.6

Значення	Оператор	Макрос (з iso646.h)
логічне І (and)	&&	and
логічне АБО (or)		or
логічне заперечення (not)	!	not
нерівність	!=	not_eq

Зауваження. Складні логічні вирази обчислюються "раціональним способом" (lazy evaluation). Наприклад, якщо у виразі (A<=B)&&(B<=C) виявилось, що А більше В, то всі вирази, як і його перша частина (A<=B), приймають значення "хибно", тому друга частина (B<=C) не обчислюється.

Таблиця істинності логічних операцій наведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

E1	E2	E1&&E2	E1 E2	!E1
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

Порозрядні операції (побітові операції)

Порозрядні оператори застосовуються тільки до цілочисельних операндів і "працюють" з їх двійковими представленнями. Ці оператори неможливо використовувати із змінними типу **double**, **float**, **long double**. Також ці оператори мають унарні форми та аналогі макроси з бібліотеки iso646.h. Перелік порозрядних операторів наведено в таблиці 2.8.

Порозрядні операції

Таблиця 2.8

Оператор	Значення	Макрос (з iso646.h)
~	порозрядне заперечення	compl
& та &=	побітова кон'юнкція (побітове І)	bitand та and_eq
та =	побітова диз'юнкція (побітове АБО)	bitor та or_eq
^ та ^=	побітове додавання за модулем 2	xor та xor_eq
<< та <<=	зсув вліво	
>> та >>=	зсув вправо	

Таблиця істинності логічних порозрядних операцій

Таблиця 2.9

E1	E2	E1&E2	E1^E2	E1 E2
0011	0101	0001	0110	0111

- Порозрядне заперечення ! замінює змінює в бітовому (двійковому) представленні числа кожну 1 на 0, а 0 на 1.

Приклад: $\sim(0x9A)=(0x65)$ тобто $\sim(10011010) == (01100101)$

- Порозрядна кон'юнкція & (порозрядне І) порівнює послідовно розряд за розрядом два операнди. Для кожного розряду результат рівний 1, якщо тільки два відповідних розряди операндів рівні 1, в інших випадках результат 0.

Приклад: $(0x93)\&(0x3D)=(0x11)$ тобто $(10010011) \& (00111101) == (00010001)$

- Порозрядна диз'юнкція | (порозрядне АБО) порівнює послідовно розряд за розрядом два операнди. Для кожного розряду результат рівний 1, якщо хоча б один з відповідних розрядів рівний 1.

Приклад: $(0x93)|(0x3D)=(0xBF)$ тобто $(10010011) | (00111101) == (10111111)$

- Побітове додавання за модулем 2 порівнює послідовно розряд за розрядом два операнди. Для кожного розряду результат рівний 1, якщо один з двох (але не обидва) відповідних розряди рівні 1.

Приклад: $(0x93)^(0x3D)=(0xAE)$, бо $(10010011) ^ (00111101) == (10101110)$

На операції побітового додавання за модулем 2 ґрунтується метод обміну значень двох цілочисельних змінних.

$a^=b^=a^=b;$

Операція зсуву вліво (вправо) переміщує розряди першого операнду вліво (вправо) на число позицій, яке задане другим операндом. Позиції, що звільняються, заповнюються нулями, а розряди, що зсуваються за ліву (праву) границю, втрачаються.

Приклади:

`unsigned char x =138; //бінарне представлення 138(10001010)`

`unsigned char y =(x<<2);//це число 40, бо $(10001010) \ll 2 == (00101000) == 40$`

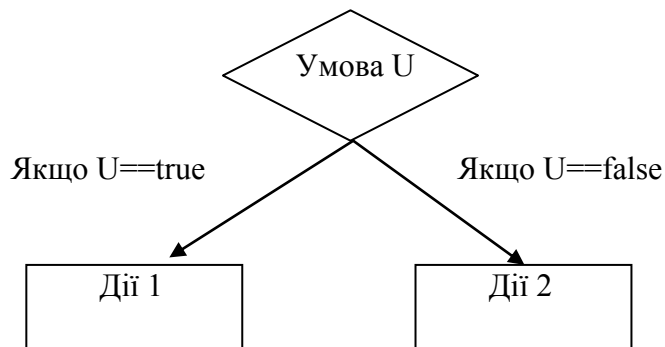
`// перший значущий біт при такій операції видалився.`

`unsigned char z =(x>>2);//це число 34, бо $(10001010) \gg 2 == (00100010) = 34$.`

Розгалуження

Для написання програм потрібно вміти керувати подіями та операторами програми в залежності від результатів попередніх дій та вхідних даних. Для цього використовуються розгалуження.

Розгалуження будує частину програмного коду, що перевіряє певну умову або булевий вираз та визначає які дії відбуваються, якщо цей вираз дорівнює true, а які дії, якщо він дорівнює false.



На мові Сі будь-яке значення, що не дорівнює 0 або **null (NULL)** вважається **true**, а інакше вважається **false**.

Умова хибна, якщо вона дорівнює нулю, в інших випадках (навіть при від'ємних значеннях) вона істинна. До того ж, умова, що перевіряється, повинна бути скалярною, тобто зводиться до простого значення, яке можливо перевірити на рівність нулю. Взагалі не рекомендується використання змінних типу *float* або *double* в логічних виразах з використанням рівне та нерівне для перевірки умов з причини недостатньої точності подібних виразів.

На Сі можна записати розгалуження наступними шляхами

1. Умовна операція ? :

Умовна операція ?: - єдина тернарна операція в мові Сі. Її синтаксис:

умова ? вираз1: вираз2;

Принцип її роботи такий.

Спочатку обчислюється вираз умови. Якщо цей вираз має ненульове значення, то обчислюється вираз_1. Результатом операції ?: в даному випадку буде значення виразу_1. Якщо вираз умови рівний нулю, то обчислюється вираз_2 і його значення буде результатом операції. В будь-якому випадку обчислюється тільки один із виразів (вираз_1 або вираз_2).

Наприклад, дану операцію зручно використати для знаходження найбільшого з двох чисел x і y : $\max=(x>y)?x:y$;

Приклад 1:

```

#include<stdio.h>
void main() {
int points;
printf("Введіть оцінку [2..5]:");
scanf("%d", &points);
printf("%s", points>3?"Ви добре знаєте матеріал!":"Погано...");
}
  
```

Приклад 2. Небай $c = 10$. Тоді після виконання команди

$x = (c == 3) ? 2 * c : c - 2$;

отримаємо $x = 8$, оскільки не дорівнює 3, і тому тут обчислюється значення виразу 2

2. Оператор розгалуження if

Оператор розгалуження призначений для виконання тих або інших дій в залежності від істинності або хибності деякої умови. Основний оператор цього блоку в Сі - if ... else не має ключового слова then або двокрапки, як в Python, проте обов'язково вимагає, щоб умова, що перевіряється, розміщується у круглих дужках. Оператор, що слідує за логічним виразом є оператором (then-частиною) оператору if...else.

Синтаксис оператора:

```
if (<умова>) {<оператор1>; ...;<операторN>;}  
[else {<оператор2>; ..., <операторM>;}]
```

У випадку, коли після умови чи ключового слова else слідує лише один оператор можна його не оточувати фігурними дужками, але більшість керівництв зі стилю програмного коду радять робити це завжди, незалежно від кількості операторів для зручності змін в коді та єдиного стилю запису розгалуження.

Приклад 1.

```
/* програма виводить результат ділення двох дійсних чисел */  
#include<stdio.h>  
int main()  
{  
    float a,b,c;  
    printf("Введіть число a: "); scanf("%f",&a);  
    printf("Введіть число b: "); scanf("%f",&b);  
    if (b==0) printf("Ділення на нуль ! ");  
    else  
    {  
        c=a/b;  
        printf("a: b == %g",c);  
    };  
}
```

Приклад 2.

```
/* застосування умовного розгалужування */  
#include <stdio.h>  
main()  
{  
    int number;  
    int ok;  
    printf("Введіть число з інтервалу 1..100: ");  
    scanf("%d",&number);  
    ok=(1<=number) && (number<=100);  
    if (!ok)  
        printf("Не коректно !! ");  
    return ok;  
}
```

Змінній `ok` присвоюється значення результату виразу: ненульове значення, якщо істина, і в протилежному випадку - нуль. Умовний оператор `if(!ok)` перевіряє, якщо `ok` дорівнюватиме нулю, то `!ok` дасть позитивний результат й відтоді буде отримано повідомлення про некоректність, виходячи з контексту наведеного прикладу.

Приклад 3. Нехай `x = 9`. Унаслідок виконання команд

```
if(x > 7) y = pow(x, 2);
else y = sqrt(x);
if(x <= 5)
```

```
    z = exp(x);
else z = ++x;
```

Отримаємо `y=81, z=10, x=10`.

Приклад.

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main(){
    float C=1.231;
    float x,y;
    printf("\nx="); scanf_s("%f",&x);
    printf("\ny="); scanf_s("%f",&y);
    double A;
    if(x<=y){A=x*y-C*y*sqrt(y);}else{A=cos(x)+log(y);}
    printf("A=%lf\n", A);
    printf("\nx="); scanf_s("%f",&x);
    if(x<=y){A=x*y-C*y*sqrt(y);}else{A=cos(x)+log(y);}
    printf("A=%lf\n", A);
    getchar();
    return 0;
}
```

Результати обчислень:

`x=1`

`y=1`

`A=-0.231`

`x=2`

`A=-0.416147`

3. Оператор `switch`

`switch`(<вираз цілого типу>)

```
{
case <значення_1>: <послідовність_операторів_1>; break;
case <значення_2>: <послідовність_операторів_2>; break;
.....
case <значення_n>: <послідовність_операторів_n>; break;
[default: <послідовність_операторів_n+1>;]
}
```


Оператор-перемикач **switch** призначений для вибору одного з декількох альтернативних шляхів виконання програми. Виконання оператора **switch** починається з обчислення значення виразу (виразу, що слідує за ключовим словом **switch** у круглих дужках). Після цього управління передається одному з <операторів>. Оператор, що отримав управління - це той оператор, значення константи варіанту якого співпадає зі значенням виразу перемикача. Вітка **default** (може опускатися, про що свідчить наявність квадратних дужок) означає, що якщо жодна з вищенаведених умов не задовольнятиметься (тобто вираз цілого типу не дорівнює жодному із значень, що позначені у case-фрагментах), керування передається по замовчуванню в це місце програми. Треба також зазначити *обов'язкове застосування оператора **break** у кожному з case-фрагментів* (цей оператор застосовують для негайного припинення виконання операторів **while, do, for, switch**), що негайно передасть керування у точку програми, що слідує відразу за останнім оператором у **switch**-блоці.

Приклад 1:

```
switch(i) {
case -1: n++; break;
case 0: z++; break;
case 1: p++; break;
}
```

Приклад 2 :

```
switch(c) {
case 'A': capa++;
case 'a': lettera++;
default: total++;
}
```

В останньому прикладі всі три оператори в тілі оператора **switch** будуть виконані, якщо значення с рівне 'A', далі оператори виконуються в порядку їх слідування в тілі, так як відсутні оператори **break**.

Приклад. У п'ятиповерховому будинку на кожному поверсі по чотири квартири. Скласти програму для визначення поверху в залежності від номера квартири.

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main() {
    short int n;
    printf("Введіть № квартири: ");
    scanf_s("%d", &n);
    switch(n) {
        case 1:
        case 2:
        case 3:
        case 4: printf (1-й поверх");
                break;
        case 5:
        case 6:
        case 7:
        case 8: printf (2-й поверх");
                break;
```

```

    case 9:
    case 10:
    case 11:
    case 12: printf (3-й поверх");;
        break;
    case 13:
    case 14:
    case 15:
    case 16: printf (4-й поверх");;
        break;
    case 17:
    case 18:
    case 19:
    case 20: printf (5-й поверх");;
        break;
    default: printf ("помилковий № квартири");
}
return 0;
}

```

Слід відмітити, що розгалуження можна вкладати одне до одного, та будувати послідовні блоки розгалужень.

Приклади:

1) Обчислення сігнуму (послідовне розгалуження):

```

if(x>0){
    signum =1;
}
else if (x==0){
    signum=0;
}
else{ signum=-1;
}

```

2) Вкладене розгалуження:

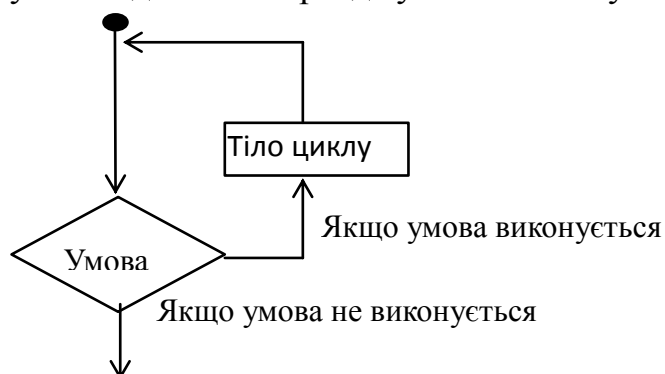
```

if(x>0){
    if(y>0){
        z= sqrt(x)+sqrt(y);
    }
    else{
        z =1;
    }
}
else{
    z=-1;
}

```

Цикли

Для виконання послідовних обчислень потрібно вміти вказувати команди, які виконуються доки не справджується певна умова виходу з циклу обчислень.



В мові Сі існують декілька варіантів написання циклів:

- 1) Цикл з передумовою ([while loop](#))
- 2) Цикл з лічильником ([for loop](#))
- 3) Цикл з післямовою ([do...while loop](#))
- 4) Вкладені цикли ([nested loops](#))

Цикл з передумовою

Цикл з передумовою (while loop) виконує певний ланцюжок обчислень – тіло циклу, поки виконується певна умова.

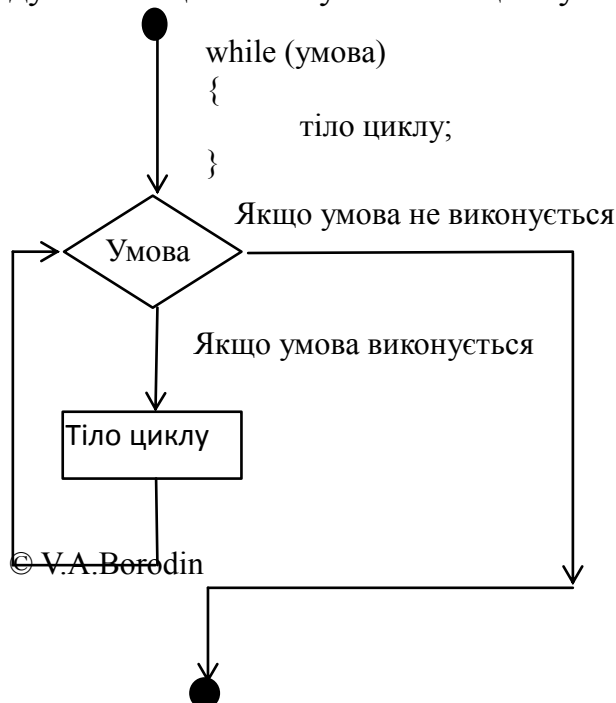
Синтаксис цього циклу наступний

```
while((<умова> condition) {  
    <дії>statement(s);  
}
```

тут <дії>statement(s) може бути однією командою або серією команд.

Умова(**condition**) може бути виразом або булевою змінною так само як і умова розгалуження. Тіло циклу виконується поки умова й істинною, тобто дорівнює true (або вираз умови не дорівнює 0 або NULL).

Як тільки умова стає false, програма передає керування у місце, що слідує за дужками що обмежують тіло циклу.



Важливою властивістю цього циклу є те, що якщо з самого початку умова в циклі є хибною, то тіло циклу не виконується жодного разу.

Приклад

```
#include <stdio.h>
int main () {
    /* local variable definition */
    int a = 10;
    /* while loop execution */
    while( a < 20 ) {
        printf("value of a: %d\n", a);
        a++;
    }

    return 0;
}
```

Виконання коду видасть наступний результат:

```
value of a: 10
value of a: 11
value of a: 12
value of a: 13
value of a: 14
value of a: 15
value of a: 16
value of a: 17
value of a: 18
value of a: 19
```

Цикл з післяумовою

На відміну від циклів **for** та **while**, які перевіряють умову перед виконанням циклу, цикл з післяумовою **do...while** виконує перевірку умови після проходження тіла циклу.

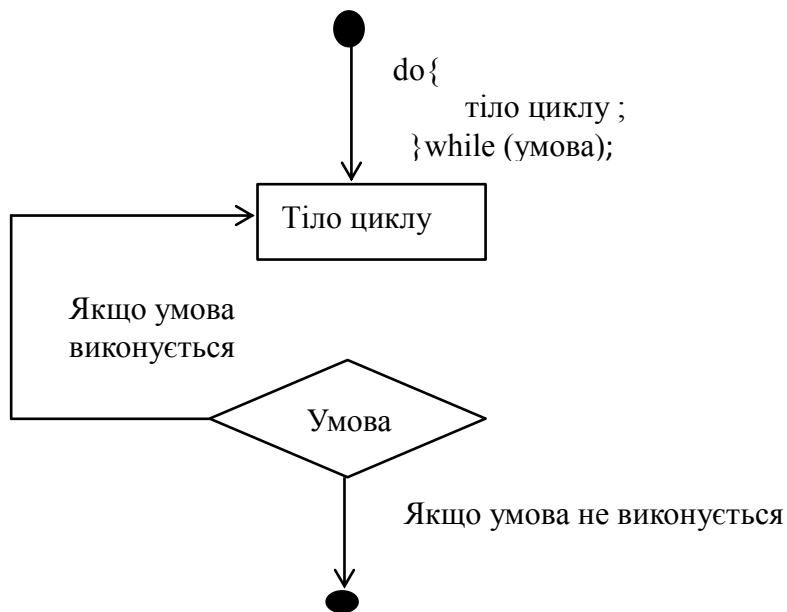
do...while схожий за структурою виконання на цикл з передумовою крім того, що він гарантує виконання тіла циклу хоча б один раз.

Синтаксис **do...while** циклу

```
do {
    <дії>statement(s);
} while(<умова> condition );
```

Помітимо, що спочатку відбувається виконання ланцюгу команд тіла циклу, а потім перевірка умови.

Якщо умова циклу виконується, тобто дорівнює true, потік виконання передається в початок тіла циклу та виконання циклу починається з початку тіла циклу. Цей процес продовжується поки умова циклу не стає хибною, тобто рівною false.



Приклад.

```

#include <stdio.h>
int main () {
    /* визначення локальної змінної */
    int a = 10;
    /* виконується цикл */
    do {
        printf("value of a: %d\n", a);
        a = a + 1;
    }while( a < 20 );
    return 0;
}
  
```

Результат виконання:

```

value of a: 10
value of a: 11
value of a: 12
value of a: 13
value of a: 14
value of a: 15
value of a: 16
value of a: 17
value of a: 18
value of a: 19
  
```

Цикл з лічильником

Цикл з лічильником або цикл **for** (**for loop**) – це цикл, що дозволяє ефективно виконувати ланцюжок команд, які виконуються фіксовану кількість разів.

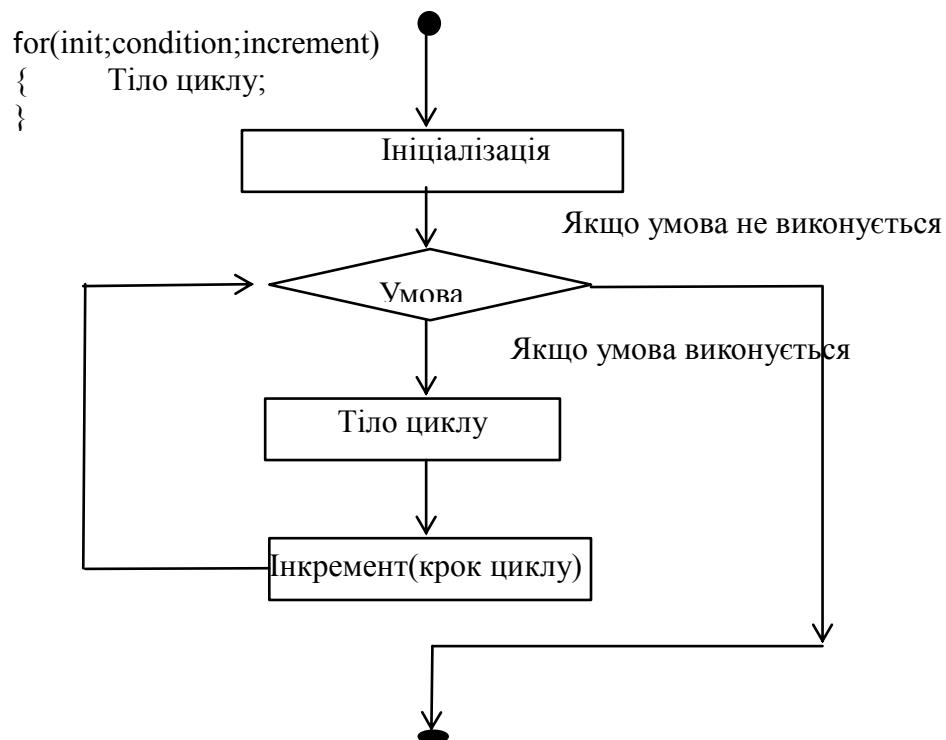
Синтаксис звичайного циклу **for** наступний:

```

for ( <ініціалізація(init)>; <умова(condition)>;<інкремент(increment)> ) {
    statement(s);
}
  
```

Потік виконання циклу наступний:

- Крок ініціалізації **init** виконується спочатку та лише один раз. На цьому кроці ініціалізуються змінні (лічильники), що контролюють виконання циклу. Можливі варіанти, коли цей крок порожній тобто нічого не виконується.
- Далі, умова (**condition**) підраховується. Якщо вона істинна (true), тіло циклу виконується. Якщо воно хибне (false), тіло циклу не виконується і потік виконання йде на команду що йде після тіла циклу 'for' (за фігурними дужками).
- Виконується тіло циклу
- Після виконання тіла циклу 'for' , потік виконання йде до виразу інкременту(**increment**). Команди цього виразу дозволяють змінювати лічильники циклу.
- Умова виконується знову. Якщо вона є істиною (true), то тіло циклу виконується знову (тіло циклу, крок increment , знову умова). Після того, як умова становиться false, цикл 'for' закінчує роботу.



Приклад

```
#include <stdio.h>
int main () {
    int a;
    /* for loop виконання */
    for( a = 10; a < 20; a = a + 1 ){
        printf("value of a: %d\n", a);
    }
    return 0;
}
```

Результат виконання

value of a: 10
value of a: 11
value of a: 12
value of a: 13
value of a: 14
value of a: 15
value of a: 16
value of a: 17
value of a: 18
value of a: 19

Нескінчений цикл

Цикл може стати нескінченим якщо умова циклу ніколи не стане false.

Це можна зробити наступними шляхами:

1) **while(1){}**

2) **do{...} while(1>0);**

3) Часто роблять нескінчений цикл за допомогою **for**:

```
#include <stdio.h>
int main () {
    for( ; ; ) {
        printf("This loop will run forever.\n");
    }
    return 0;
}
```

Якщо умова циклу відсутня, вона вважається, рівною істині .

Примітка: виконання нескінченного циклу зупиняється за допомогою Ctrl + C або (Ctrl+<Pause/Break>).

Керування циклом в тілі циклу

Іноді виникає потреба виходу з циклу посеред виконання ланцюгу команд тіла циклу. Зокрема, якщо умова циклу передбачає нескінчений цикл, а вийти з циклу все ж такі треба. На Сі існують наступні варіанти керування циклом:

- 1) Команда **break**. Завершує **цикл** або вираз **switch** та передає виконання на місце, що йде після циклу.
- 2) Команда **continue**. Завершує виконання тіла циклу та передає керування на умову циклу (при while do..while) або в крок зміни лічильника (increment) в циклі for.
- 3) Команда **goto**. Передає керування на мітку(label), що вказана в програмі.

Примітка. Сучасні керівництва дуже радять не використовувати цю команду ніколи.

Примітка: коли оператор керування залишає тіло циклу всі автоматично створені в тілі циклу змінні знищуються.

Оператор слідування (кома)

Оператор "кома" (,) називається оператором слідування, яка "зв'язує" два довільних вирази. Список виразів, розділених між собою комами, обчислюються зліва направо.

Наприклад, фрагмент тексту:

```
a=4; b=a+5;
```

можна записати так:

```
a=4, b=b+5;
```

Операція слідування використовується в основному в операторах циклу for().

Для порівняння наводимо приклад з використанням операції слідування (приклад 2) та без неї (приклад 1):

Приклад 1:

```
int a[10], sum, i;
/* ... */
sum=a[0];
for (i=1; i<10; i++)
sum+=a[i];
```

Приклад 2:

```
int a[10], sum, i;
/* ... */
for (i=1, sum=a[0]; i<10; sum+=a[i], i++) ;
```

Вкладені цикли

Як і розгалуження, цикли можна вкладати один в один.

Синтаксис вкладеного циклу з лічильником **nested for loop**:

```
for ( <init1>; <condition1>; <increment1> ) {

    for ( <init2>; <condition2>; <increment2> ) {
        statement(s);
    }
    statement(s);
}
```

Синтаксис вкладеного циклу з передумовою **nested while loop**:

```
while(condition) {

    while(condition) {
        statement(s);
    }
    statement(s);
}
```

Синтаксис вкладеного циклу з післяумовою **nested do...while loop**:

```
do {
    statement(s);
```



```
do {  
    statement(s);  
}while( condition );
```

```
}while( condition );
```

Помітимо, що й цикли одного виду можна вкладати в цикли іншого та це вкладання можна робити декілька разів (хоча існує стилістичне обмеження таких вкладень – не більше чотирьох)

Приклад

Наступна програма рахує прості числа від 2 до 100 –

```
#include <stdio.h>
```

```
int main () {  
    /* визначення локальних змінних */  
    int i, j;  
  
    for(i = 2; i<100; i++) {  
  
        for(j = 2; j <= (i/j); j++)  
            if(!(i%j)) break; // якщо є дільник, то число – не просте  
        if(j > (i/j)) printf("%d is prime\n", i);  
    }  
  
    return 0;  
}
```

Результат:

```
2 is prime  
3 is prime  
5 is prime  
7 is prime  
11 is prime  
13 is prime  
17 is prime  
19 is prime  
23 is prime  
29 is prime  
31 is prime
```