Вказівники

(лекція 1)

У відповідних частинах оперативної пам'яті зберігаються:

- вхідні дані;
- результати роботи програми;
- проміжні дані тощо.

Усі дані (крім абсолютних констант) мають адресу розташування в оперативній пам'яті комп'ютера.

Можливість доступитися до даного за його адресою з використанням спеціального типу даних:

+Паскаль і похідні;
+C і похідні

-Basic
-Visual Basic
-Java

Потреба в застосуванні вказівників:

1. доступ до елементів масиву, бо такий спосіб є швидшим від операції індексації;
2. передавання аргументів у функцію, в якій ці аргументи зазнають змін;
3. передання у функцію масивів і стрічкових змінних;
4. виділення пам'яті під час виконання програми;
5. створення складних динамічних структур (списки, дерева, графи).

Адреса змінної. Оператор &

Операція встановлення адреси & (амперсанд) - унарна операція для визначення адреси певного даного в ОП.

Числове зображення адреси змінної у пам'яті комп'ютера:

- подається у 16-ій системі числення;
- у середовиші MSVS є 32-ох розрядна;
- адреса кожного байту ОП - вісім 16-их цифр.

Якщо оголошено змінні чи поіменовані константи, тоді операцією & можна встановити відповідні адреси та вивести іх на екран.

Зверніть увагу!

Пам'ять не виділяється під:

- абсолютну константу: cout< <&2;
- окремий вираз: cout< <& (a+b);

Синтаксис оголошення вказівника

Вказівник - це комірка пам'яті, що призначена для зберігання адреси даного;

- **змінна-вказівник** (або просто вказівник) - зберігає адресу змінної;
- **вказівник на константу** - зберігає адресу поіменованої константи;
- **константа вказівник**-вказівник, адресний вміст у якому змінюватися не може;

Якого типу сам вказівник???

- **Не існує** окремого зарезервованого слова, що встановлює приналежність даного до **типу вказівник**.

- Вказівник містить **адресу даного конкретного типу.**

  тип_даного * ім'я_змінної_вказівника;

  - тип-даного - будь-який зі стандартних типів даних мови, а також тип користувача, який задекларований раніше;
  - у MSVS під змінну - вказівник комп'ютер виділяє **4 байти** (32 розряди);
  - **ВАЖЛИВО**, щоби при оголошенні вказівника символ * був наявним **обов'язково!**

    ```
    int * ptr_int_1,ptr_int_2;
    int * ptr1;   int * ptr2;   int * ptr3;   int * ptr4, * ptr5;
    ```

Вказівники повинні мати значення!

У випадку використання **неініціалізованого вказівника** ("сміттєвої" адреси) відповідна адреса може виявитись адресою будь-чого: **від коду програми до коду операційної системи.**

Надання вказівнику значення:

- Ініціалізація адресою вже існуючого даного під час оголошення;
- наступне присвоєння конкретної адреси даного після оголошення;
- надання адресній комірці значення NULL чи просто 0;
- присвоєння значення адреси, яка зберігається в комірці, що також є вказівником на дане такого ж самого типу.

Звертання до змінної за її адресою

Чи можна за відомою адресою існуючої змінної встановити вміст інформації за цією адресою?

Непряме звертання - використання адреси змінної замість її ідентифікатора для звертання до самої змінної, до її значення, яке міститься у відповідній комірці.

Операція розадресації - операція, яка дозволяє втілювати непряме звертання.

Операція розадресації (*)

*** вказівник**

- є **унарною** адресною операцією;
- виконується над даним, яке є вказівником;
- дозволяє використати **дане**, яке є за адресою, записаною в комірці, що є вказівником;
- **може бути:**
  - у **правій** частині оператора присвоєння - використовується значення змінної за її адресою;
  - у **лівій** частині оператора присвоєння - змінюється вмістиме комірки, адреса якої записана у відповідному вказівнику;
  - окремим **операндом** у виразі;
  - **фактичним параметром** функції;
- дозволяє **використовувати і змінювати** значення змінної, прямий доступ до якої неможливий.

Оператор присвоєння для вказівників

Синтаксис:

- ім'я _змінної_вказівник_1 = & ім'я_змінної;
- ім'я _змінної _вказівник _2 = ім'я_змінної _вказівник_1;
  де обидва вказівники на змінні **однакового** типу.

Зверніть увагу!

Неявного приведення типу для вказівників не передбачено!

Вказівник на void

Вказівник на yoid - тип вказівника, який може вказувати на **дане будь-якого типу**

void * ім'я_вказівника;

- Призначені для передавання параметрів-вказівників у функції, що працюють незалежно від типу даних, на які вказує вказівник.
- Вказівникові на void **можна** присвоювати як значення конкретного вказівника, так і адресу змінної довільного типу.
- Вказівникові на конкретний тип присвоювати значення адреси, яка була записана у вказівник на void **НЕ можна**.
- **НЕ можна** звертатися за відповідним вмістом через операцію розадресації *.

Зв'язок між масивами та вказівниками

- Ім'я статичного масиву є коміркою, яка містить адресу області оперативної пам'яті, що виділена для зберігання однотипних даних, об'єднаних у масив.
- Доступ до елементів кожного масиву здійснюється за операцією індексації **[ ]**, тобто розадресації:

  ім'я_масиву[індекс елемента масиву].
- **Вказівнику** на відповідний тип, можна присвоїти **адресу області, де зберігається масив** даних такого типу.
- Використовуючи операцію індексації до змінної-вказівник, можна мати доступ до кожного елемента масиву:

  ***(ім'я_вказівника + лічильник).**

Зв'язок між масивом даних певного типу та вказівником на цей тип.

- Записи
  ar_int [i], *(ar_int + i), ptr_ar_1[i], *(ptr_ar_1 + i), ptr_ar_2[i] та *(ptr_ar_2 + i)
  є майже еквівалентними;
- Виведення елементів масиву можна подати так:
  for (int i = 0; i < n; i++)
  cout < <*(ar_int +i)<< "\t"<<*(ptr_ar_1 + i) << "\t"<<*(ptr_ar_2+ i)<< "\n";
- Перший елемент будь-якого одновимірного масиву може бути взятий так *ім'я_масиву.

Вказівники та посилання

(лекція 2)

Операції над вказівниками

Унарні операції над вказівниками

- Операція **інкременту** (++) збільшує вказівник на одиницю обсягу пам'яті, яку займає дане, що на нього вказує вказівник;
- Операція **декременту** (- -) зменшує вказівник на одиницю обсягу пам'яті, яку займає відповідне дане;
- **Префіксний** варіант - спершу змінюється значення у відповідній комірці, а тоді використовується сама комірка;
- **Постфіксний** варіант - спершу використовується значення з комірки, а тоді змінюється вміст комірки.

Унарні операції мають однаковий пріоритет, але виконуються справа наліво.

Зауваження

Операції інкременту та декременту можна виконувати й над вказівниками, що містять адреси простих змінних, але адресне зміщення не завжди дасть нам значення наступної змінної, оскільки в MSVS між локальними змінними є 8 байтів пам'яті.

Бінарні операції над вказівниками

- **адитивні операції** додавання чи віднімання цілого числа (ptr±i) - зміна адреси на величину, яка рівна кількості байт пам'яті, що їх займає вказане число даних того типу, на який вказує вказівник;
- **встановлення різниці** двох вказівників (віднімання вказівників: ptr1-ptr2) - результатом є число елементів даного типу, які можуть бути записані в області між вказаними двома адресами.

Логічні операції

- **Операції порівняння** - значення адреси можуть співпадати чи не співпадати.
- **Логічні операції (!, &&, ||)** - значення вказівника, що не дорівнює NULL, дає істинне значення виразу, а для порожньої адреси хибне.

Вказівники на константу

const тип_даного * ім'я_вказівника;

- вважається змінною-вказівником на константу певного типу;
- можна одразу присвоїти адресу оголошеної раніше константи або зробити це пізніше звичайним присвоєнням;
- дозволено виконувати усі операції, як і над вказівниками на змінні;
- вмістиме комірки за цією адресою змінювати **НЕ можна.**

Константні вказівники

Константний вказівник на змінну

тип_даного ім'я_змінної;
тип_даного * const ім'я_вказівника = &ім'я_змінної:

- при оголошенні вказівникові одразу слід надали адресу попередньо оголошеної змінної;
- змінювати адресу, яка міститься у вказівнику, на адресу іншої змінної **НЕ можна**;
- константний вказівник **НЕ можна** ініціалізувати адресою константи відповідного типу;
- вмістиме комірки за цією адресою можна змінювати за допомогою операції розадресації.

Константний вказівник на константу

const тип_даного ім'я_константи = значення;
тип_даного * const ім'я_вказівника = &ім'я_константи;

Над константним вказівником на константу **НЕ можна виконувати жодної операції,** яка передбачала би зміну як адреси, так і значення самої константи, вказівником на яку ми оперуємо.

Поняття динамічної пам'яті

Статична пам'ять

- відбувається виділення пам'яті при оголошенні змінної (числової, символьної, адресної);
- відповідна змінна займає обсяг ОП доти, поки це визначено класом пам'яті змінної.

Динамічна пам'ять

- пам'ять під змінну виділяється **за потребою під час виконання програми;**
- змінна "живе" в комп'ютера доки пам'ять не звільнять програмно або до кінця роботи програми;
- область ОП, яка виділяється, називають **"купою"** ("heap");
- початкове значення такої змінної є непередбачуване, тому вимагає чіткої ініціалізації.

Засоби мови для роботи з динамічною пам'яттю

При роботі з масивами

1. необхідно ще до запуску на виконання знати, **який обсяг пам'яті слід зарезервувати під масив**;
2. необхідно оголосити розмірність масиву за допомогою абсолютної чи поіменованої константи;
    a. якщо розмір масиву є **меншим** за зарезервовану пам'ять, то частина пам'яті не використовується;

b. якщо зарезервований обсяг пам'яті є **недостатнім**, то потрібно вносити зміни у код, перекомпільовувати його;

3. потрібно мати інструмент, для виділення бажаного розміру ОП у процесі виконання програми.

Оператор new

Операція виділення динамічної пам'яті передбачає виділення в області динамічної пам'яті, достатньої для зберігання даного відповідного розміру (типу).

- адреса першого байта виділеної області пам'яті записується у вказівник на відповідний тип;
- доступ до даного здійснюється не через ім'я комірки, а через її адресу, яка зберігається у вказівнику,

Синтаксис

тип_даного * ім'я вказівника;
тип_вказівника = new тип_даного;

або

тип_даного * ім'я_вказівника = new тип_даного;

- Назви типу даного при оголошенні вказівника і при виконанні операції new є **однаковими!**
- Доступ до вмісту цієї області здійснюється **виключно** операцією розадресації, бо ця область імені не має

Динамічне виділення пам'яті під масив

тип_даного * ім'я_вказівника;
ім'я_вказівника = new тип_даного [розмір масиву];

- Розмір масиву - додатне ціле значення (змінна, поіменована чи абсолютна константа).
- В області heap буде виділено суцільну область, розміром:
  розмір_масиву × sizeof (тип_даного).

Важливо!

- **НЕ можна** виділити область розміром, кратним розміру типу даного, наприклад:
  prt_dbl_ar = new double * n;
  prt_dbl_ar = new n * double;
- Якщо випадково у комірку з адресою **динамічного масиву** внести якусь іншу адресу, то виділена частина динамічної пам'яті стане **НЕДОСТУПНОЮ** як програмі, так і системі аж до моменту завершення програми.

Отже, наявність такого потужного інструменту дозволяє раціонально використовувати пам'ять під час виконання програми.

Оператор delete

Операція звільнення динамічної пам'яті передбачає звільнення області динамічної пам'яті для майбутнього використання з під даних, які перестали бути потрібними.

delete ім'я_вказівника;

або

delete [ ] ім'я_вказівника;

Важливо!

- Якщо при звільненні пам'яті, виділеної під масив, не вказати [ ], то в область heap буде повернено лише одну комірку (1-ий елемент масиву), а решта стануть **НЕДОСТУПНИМИ** до кінця виконання програми.
- **Втрата пам'яті** - недоступність даних у динамічній пам'яті через втрату адреси цієї області, а також при незвільненні області з-під зайвої інформації.

Поняття посилання у C++

Посилання (reference) — це інше ім'я (псевдо) вже існуючої, оголошеної змінної чи вказівника:

- використовується для передавання аргументів у функцію;
- має ту ж саму адресу, що й змінна, на яку воно оголошене;
- оголошується **НЕ** на тип, а на дане конкретного типу;
- кожне посилання оголошується тільки для конкретної змінної;

Якщо над посиланням на змінну виконається деяка операція, то ця операція виконається над самою змінною.

Синтаксис оголошення посилання

тип_даного & ім'я_посилання = ім'я_існуючої_змінної;

- **Посилання повинно бути ініціалізованим при оголошенні.**
- Посилання **НЕ** можна оголошувати для абсолютної константи.
- Посилання можна оголошувати на вказівник і використовувати це друге, альтернативне ім'я для доступу до змінної чи динамічного виділення пам'яті.

Синтаксис оголошення const посилання

const тип_даного ім'я_константи = значення;

const тип_даного & ім'я_посилання = ім'я_константи;

- оголошується для константи;
- дозволяє передати функцію параметр, який є константою за означенням;
- поіменована константа, якщо це не формальний параметр функції, вже має бути оголошеною.

Передача параметрів у функцію. Багатовимірні динамічні масиви

(лекція 3)

Передача аргументів у функцію

Під час виконання функції:

- записуються у стек **копії** змінних чи констант, перелічених у списку аргументів (формальні та фактичні параметри екрануються);
- викликається процедура з поверненням одного результату через ім'я функції.

Способи передачі параметрів у функцію:

мова С

1. за значенням;
2. за передаванням адреси або вказівником;

мова С++ за посиланням

Передача параметрів за значенням

Передача за значенням - це спосіб передачі аргументів, при якому функція створює копії переданих значень.

- передаються копії змінних у функцію;
- відсутня жодна можливість впливу функції на змінні в точці виклику;
- оригінали фактичних аргументів містяться у зовсім іншій області пам'яті, ніж копії, які опрацьовує і змінює функція;
- здійснюється, якщо кількість значень, що необхідно повернути (не масиви) є не більше одного.

```
double gorner (double a[ ], int n, double x)
{
double rez = a[0];
for (int i = 1; i <= n; rez = rez*x + a[i++]);
return rez;
}
```

- функція **gorner** повертає одне значення **rez**;
- для всіх параметрів передаються копії
    - для масиву а-копія адреси області, в якій є масив;
    - для n і x - копії відповідних типів.

Передача параметрів за вказівником

Передача за вказівником - це спосіб передачі аргументів, при якому в якості параметрів функції передаються не копії змінних, а копії їх адрес розташування у пам'яті.

- через фактичний параметр передається копія адреси комірки пам'яті, де зберігається змінна;
- функція може змінити значення змінних у точці виклику; передані адреси при цьому не змінюються;
- *формальні параметри* - вказівники, *фактичні параметри* адреси змінних;
- для доступу до змінної в тілі функції використовують операцію розадресації.

Передача аргументів у функцію

за значенням

- коли треба захистити аргументи від несанкціонованого доступу;
- коли функція не має наміру змінювати фактичні параметри;

за вказівником;

- коли є потреба у зміні аргументів коли треба передати аргументи, що займають значний обсяг пам'яті;

за посиланням

- коли треба повернути змінену адресу.

Передача параметрів за посиланням

Передача за посиланням - це спосіб передачі аргументів, який не передбачає створення копії **НІ** адреси, **НІ** самого даного, бо оперує напряму з адресою даного.

- у функцію передається посилання на змінну;
- функція має прямий, безпосередній доступ до значень аргументів, переданих за посиланням;
- можна повертати не одне, а декілька значень параметрів;
- *формальні параметри* - посилання на змінні (позначаються символом & після вказання типу параметра), *фактичні параметри* - імена змінних;
- в якості фактичного параметра **НЕ** може бути абсолютна константа.

Вказівник на функцію

Поняття адреси функції

- Об'єктний код функції розташований в певній області ОП.
- Ця область має адресу, яка асоційована з іменем функції.

Вказівник на функцію - комірка, що містить адресу функції.

Необхідність у використанні вказівника на функцію

- Якщо список формальних параметрів містить функцію.
- Фактичним параметром такої функції може бути ім'я будь-якої функції, тип результату якої співпадає з означеними.
- Дозволяє створити статичний масив вказівників на функції.

Синтаксис оголошення

тип_результату (* ім'я_вказівника) (список параметрів);

- Ім'я вказівника на функцію з **обов'язковим** символом * перед ідентифікатором береться у дужки (тобто це вказівник на функцію, а не функція, що повертає вказівник на щось).
- Тип результату може бути довільним, в тому числі й void.
- Другі дужки зі списком чи без списку формальних параметрів є **обов'язковими**, бо є ознакою функції, яка передається.

Масив вказівників на функції - функції, що повертають однаковий результат і мають однаковий список формальних параметрів, можна об'єднати у масив

тип_результату (*ім'я_вказівника [розмір]) (список параметрів);

Поняття багатовимірного масиву

Багатовимірний масив - це одновимірний масив, кожен елемент якого є масивом на одиницю меншої розмірності.

Ім'я масиву - це вказівник на дане того типу, якого є елементи цього масиву.

- Якщо масив **статичний**, то ім'я масиву — це константний вказівник.
- Якщо масив **динамічний**, то адреса виділеної області пам'яті зберігається у змінній-вказівнику;
- **Якщо елементи масиву:**
  - **дані**, то ім'я масиву є вказівником на їхній тип;
  - **вказівники**, то ім'я масиву є вказівником на вказівник.

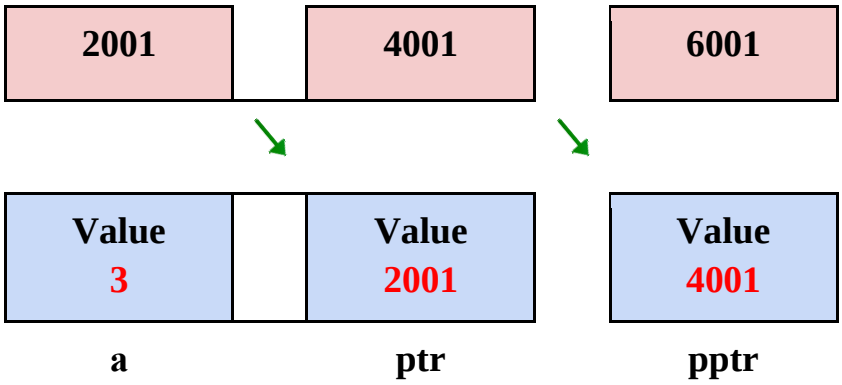
Вказівник на вказівник

Синтаксис оголошення

- оголошення вказівника на змінну певного типу:

  тип * ім'я_вказівника;
- оголошення вказівника на вказівник:

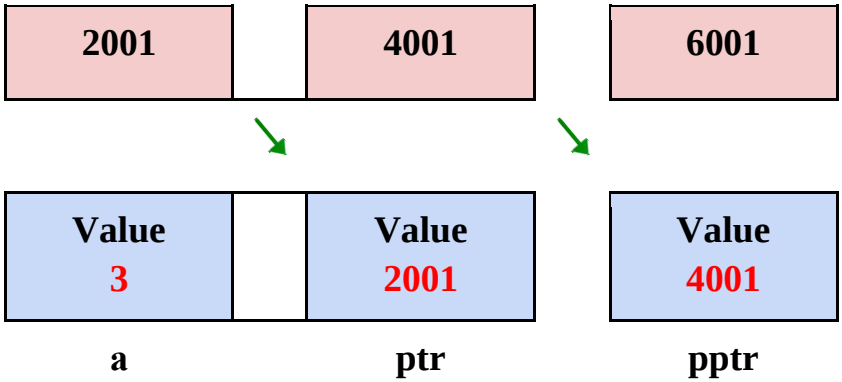
  тип_даного ** ім'я_вказівника_на_вказівник;
- символів * буде стільки, якою є "зануреність вказівниковості".



Доступ до даних

Щоб отримати доступ до даного (a), що його адреса зберігається у змінній-вказівнику (ptr), адреса якого міститься в іншій комірці (pptr), використовують операцію непрямого доступу.

**** ім'я_вказівника_на_вказівник**



Передача вказівника у функцію

Вказівник на вказівник використовують для повернення зміненої адреси у викликаючу функцію:

- змінена адреса **НЕ** повертається у викликаючу функцію, оскільки передається копія адреси даного, а не копія адреси розташування даного:

  тип_результату ім'я_функції (тип * ім'я вказівника);
- змінена адреса повертається у викликаючу функцію, якщо *формальний парамет*р - вказівник на вказівник, а *фактичний* - адреса комірки, за якою міститься адреса даного:

  тип_результату ім'я_функції (тип ** ім'я вказівника);
- для повернення зміненої адреси в С+ + можна використати механізм посилань - тип даного * &.

Багатовимірні динамічні масиви

Недоліки використання статичних масивів:

1. нераціональне використання пам'яті:
   - виділення недостатнього чи зайвого обсягу пам'яті при оголошенні масиву
2. у випадку багатовимірних масивів (масивів масивів) масиви, які є відповідними елементами, повинні бути **однакової**, заданої при оголошенні розмірності;

Двовимірні динамічні масиви

Оголошення двовимірного динамічного масиву

- оголошується вказівник на вказівник на дане такого типу, які формуватимуть динамічний масив:

  тип_даних ** ідентифікатор;
- використовуючи операцію new, виділяється пам'ять під масив вказівників потрібної розмірності;
- в кожну комірку динамічного масиву вноситься адреса нововиділених областей пам'яті під відповідні масиви даних **необов'язково** однакової розмірності.

```
double **  ptr_ptr;
int n = 5, m = 4;
ptr_ptr = new double * [n];
```

```
for (int i = 0; i < n; i++)
        ptr_ptr[i] = new double[m];
```

Звільнення пам'яті

- при зміні вмістимого вказівника втрачається можливість доступу до раніше виділеної області;
- звільнення динамічної пам'яті здійснюється в порядку оберненому до виділення:
    1. спочатку розриваються зв'язки кожного з масивів найменшої вимірності:
    2. вкінці звільняється пам'ять від масиву вказівників;

```
for (int i =0; i< n; i++)
        delete[ ] ptr_ptr[i];
delete[ ] ptr_ptr;
```

Важливо!

1. Доступ до елемента масиву можна здійснювати
    - операцією індексації:
      ptr_ptr_i[i][j]
    - операцією розадресації:
      ((ptr_ptr_i +)+j)
2. Якщо при звільненні динамічної памягі одразу написати

```
delete[ ] ptr_ptr;
```

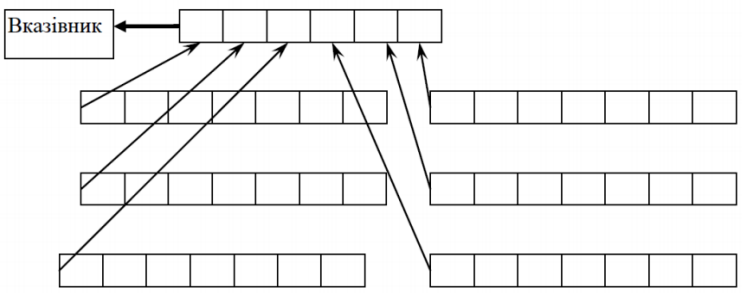
 то система до завершення роботи програми **НЕ** матиме доступу до сегментів динамічної пам'яті, в яких були відповідні "рядки" матриці.

Розташування масиву в ОП

- У комірку, що є вказівником на вказівник записується адреса суцільно розподіленої області динамічної пам'яті.
- У кожну комірку цього масиву записуються адреси суцільних областей, але кожна область є виокремленою і незв'язаною ні з попередньою, ні з наступною.
- Кожна область має зв'язок лише зі своїм вказівником.

Отже, двовимірний динамічний масив **НЕ** є суцільно розподіленою областю як статичний, а є **фрагментарною областю**.

Розташування масиву в ОП



Тривимірні динамічні масиви

Оголошення тривимірного динамічного масиву

1. Оголошується вказівник на тип даних з трьома зірочками;
2. Виділяється пам'ять під масив, кожен елемент якого є вказівником на вказівник, адреса цієї області й записується в оголошений вказівник;

3. У циклі кожну комірку масиву заповнюють адресами областей під одновимірні масиви вказівників;
4. У двох вкладених циклах здійснюється виділення області динамічної пам'яті під одновимірні масиви для даних відповідного типу.

Приклад оголошення тривимірного динамічного масиву

```
тип_даних *** ім'я = new тип_даних ** [зозмір_1];
for (int i = 0; i < розмір_1; i++)
        ім'я [i] = new тип_даних *[розмір_2];
for (int i = 0; i < розмір_1; i++);
        for (int j = 0; j < розмір_2; j++)
        ім'я[i][j] = new тип_даних *[розмір_3];
```

Звільнення пам'яті відбувається в **оберненому** порядку до порядку виділення.

Стрічки (лекція 4-5)

Поняття стрічки

При розв'язуванні значного числа завдань потрібно

- опрацьовувати числові, кількісні дані;
- обробляти символьну, текстову інформацію.

Інструментарій для опрацювання текстової інформації

+ тип даних string - Turbo Pascal, Object Pascal, Vizual Basic;
+ клас string з відповідними методами опрацювання - C ++;
- **НЕ** має спеціального типу даних - мова С:

- містить заголовковий файл string.h з функціями, призначеними для роботи з інформацією текстово-символьного характеру.

Стрічка як масив символів

Стрічка (стрічка символів) - послідовність символів, яка у середовищі С розглядається, як масив даних типу char.

Нуль-термінатор (нуль-символ) **' < 0'** - ознака кінця стрічки; останнім елементом у масиві.

Константа стрічкового типу (стрічковий літерал) - обмежена лапками послідовності символів:

“Programming language C”, “Ukraine”, “\tKyiv”, “\t”, “etc”.

- У стрічкових літералах нуль-термінатор дописується автоматично.

Оголошення стрічок

Статичний масив символів - оголошувати так само, як масив із елементами будь-якого відомого компіляторові типу:

char ім'я _ стрічки [довжина _ рядка _ символів];

- вказується тип елементів, ім’я, у квадратних дужках його розмір;
- розмір є абсолютною чи поіменованою додатною цілочисельною константою;
- необхідно врахувати, що останнім елементом масиву символів є нуль-символ.

Наприклад:

```
char text [81];
char strichka [BUFSIZ];
const int size = 128;
char str [size];
```

- text призначений для зберігання не більше 80 символів;
- strichka може містити включено з нуль-символом BUFSIZ елементів. BUFSIZ - це ідентифікатор означної у середовищі MSVS цілочисельної константи, яка становить 512.
- str може містити не більше 127 символів;
- кожен символ, як елемент масиву, займає один байт;

Доступ до символів стрічки здійснюється як до елемента масиву через:

- операцію індексації: text [i];
- непряме звернення за операцією розадресації: * (text + i);
- індекс першого символу у стрічці дорівнює 0.

Динамічне виділення пам'яті оголошується динамічний масив символів

char * str_d = new char [81];

в якому також слід резервувати місце під символ завершення стрічки '\0' .

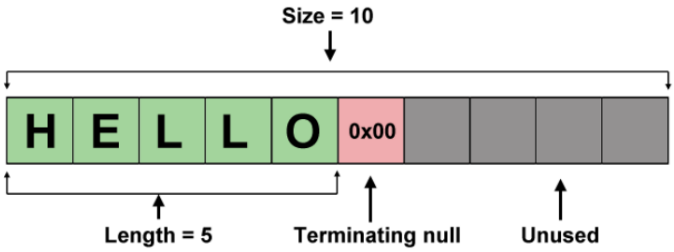
Оголошення стрічка з ініціалізації

Перший спосіб

- початкове задання елементів масиву, як перелік значень, взятих у фігурні дужки та відокремлених одне від одного комою:

```
char s1 [10] = { 'H' , 'E' , 'L' , 'L' , 'O' };
```

- під масив s1 виділяється 10 байтів пам'яті, з яких інформацією заповнено лише 5 перших комірок і символ '\0' ;



+ **МОЖНА** явно додавати нуль-термінатор:

```
char s2 [10] = { 'H' , 'E' , 'L' , 'L' , 'O' , '\0' };
```

- **НЕ МОЖНА** забувати про місце під нуль-термінатор:

```
char s3 [10] = { 'H' , 'E' , 'L' , 'L' , 'O' , ',' , ' ' , 'M' , 'O' , 'M'};
```

- **НЕ МОЖНА**, щоб кількість символів при ініціалізації була більшою, ніж заданий розмір:

```
char s4 [9] = { 'H' , 'E' , 'L' , 'L' , 'O' , ',' , ' ' , 'M' , 'O' , 'M'};
```

+ **МОЖНА** не задавати розмірності, але потрібно **явно** прописувати символ завершення стрічки:

```
char s5 [] = { 'H' , 'E' , 'L' , 'L' , 'O' , '\0' };
```

Другий спосіб

► ініціалізація стрічок через стрічкові літерали:

```
char str1 [10] = “Hello”;
char str2 [] = “mom” ;
```

► нуль-термінатор додається автоматично;

+ **МОЖНА** оголосити вказівник на даному символічному типі, який запишеться адреса розташування літератури в ОП:

```
const char * str3 = “Hello” ;
```

► стрічкові літератури є константами, тому вказівник str3 можна використовувати для доступу до стрічки, але змінити її - **НЕ** можна.

Введення та виведення стрічок

Особливості введення та введення стрічок:

► символи пробілу, таблиці чи "вводу" є розділювачі при введеному числі інформації;

► для стрічкових даних такі символи можуть бути змістовними;

► при введені-виведені стрічковій чи посимвольної інформації використовують:

1. інструкція вводу-виводу cin>>, cout << ;
2. функція стрічкового вводу та виводу, оголошені у заголовкових файлах stdio.h, conio.h, тощо;

Небуферизований ввід-вивід

1. функція для введення символів (файл conio.h)

```
int _getche ( void ) та int _getche ( void )
```

зчитують символ безпосередньо з консолі (клавіатури), без використання буфера;

   - при _getche () - уведений символ відображається на екрані;
   - при _getch () - уведений символ НЕ відображається на екрані;

2. функція для виведення символів без буферизації

```
int _putch ( int c)
```

повертає символ є або у випадку неуспіх EOF, (EOF = -1).

Буферизований ввід-вивід

1. функція потокового вводу символів (файл stdio.h)

```
int getchar ( void )
```

читає символ з буферизованого стандартного потоку вводу - stdin;

2. функція потокового (буферизованого) виводу символів

```
int putchar ( char )
```

записує символ у стандартному потік виводу stdout і повертає код записаного символу.

Для адекватного **посимвольного** введення доречніше використовувати функції небуферизованого вводу / виводу символів.

Пострічкове введення даних

1. об'єкт cout для виведення стрічки:

   cout << стрічка;
2. функція виведення стрічки (файл stdio.h):

   int puts (char *);

- виводить стрічку (сталу чи зміну) на екран монітора та перевести курсор на наступний рядок;
- повернути невід'ємне значення (0), якщо не виникло проблем із виведенням, або EOF (-1) - у протилежному випадку;

Пострічкове введення даних

1. об'єкт cin для введення стрічки: cin>>стрічка;
   - якщо стрічка **НЕ містить** розділювачів, то **УСЕ**, що введено до ENTER, буде з буфера перенесено в область, яку виділили під стрічку при оголошенні;
   - якщо стрічка **містить** розділювачі (пробіли, табуляція, ввід), то виділена область пам'яті заповниться **лише** символами до розділювача, решта - залишаться у буфері;
   - cin зручно використовувати, коли потрібно розробити стрічки на слова.
2. функція буферизованого стрічкового введення (файл stdio.h): char*gets_s (char *);
   - повертає введену стрічку, яка заповнює масив символів, встановленого при оголошенні розміру;
   - замінює символ ' \ n' на символі ' \ 0' , викинувши його з буфера;
   - пробіли та табуляція сприймаються як значимі символи;
   - якщо розмір оголошеної стрічки є недостатність для запису введеної інформації, то виникає помилка етапу виконання.
3. функція файлового введення стрічки (файл stdio.h):

   char * f gets_s (char * _Buf, int _MaxCount, FILE * _file) ;
   - записує у _Buf стрічку, яку читає з файлу _file до ознаки кінця стрічки;
   - довжина зчитаної стрічки не перевищує вказане число символів _MaxCount;
   - не замінює символ ' \ n' на символ ' \ 0' , а дописує нуль-термінатор вкінці стрічки;
   - для введення з консолі імені пристрою зчитування є стандартний потік вводу stdin .
4. методи, визначені для об'єкта cin : get () і getline ()

   cin.get (char & c) - повертає окремий введений символ

   cin.get (void) - повертає окремий введений символ

   cin.get (char * s, int n) - повертає стрічку максимальної довжини n з урахуванням місця під нуль-термінатор

   cin.get (char * s, int n, char delim) - повертає стрічку або довжини n або до

символу завершення вводу delim

- якщо символ завершення вводу не вказаний, то це ' \ n' ;
- символ завершення з буфером **НЕ** вилучається і може приєднатися до наступної стрічки;
- доречно викинути цей символ (n символів) з буферу методом

cin.ignore (int n, char sumvol);

cin.getline (char * s, int n) - повертає стрічку максимальної довжини n

cin.getline (char * s, int n, char delim) - повертає стрічку або довжини n або до символу завершення вводу delim

- адресу початку розташування стрічки в пам'яті;
- якщо символ завершення введення вводу не вказаний, то це ' \ n' ;
- символ завершення ' \ n' з буфера вилучається, але інші символи потрібно випробуватихувати самостійно.

Бібліотечні функції опрацювання стрічок (лекція 6)

Функції з бібліотеки string.h

- Заголовковий файл string.h або cstring містить оголошення функції опрацювання стрічок;
- При використанні цих функцій можуть виникати застереження щодо неповного використання функцій, тому доречно використовувати директиву процесора:

#pragma warning (disable:4996);

Довжина стрічки

Функція

size_t strlen(const char*)

визначає кількість символів у стрічці без урахування нуль-термінатора.

- Не слід плутати поняття розміру виділеної пам'яті під стрічку з довжиною заповненої символами стрічки .

Копіювання стрічок

Особливості копіювання стрічок

- **НЕ можна** просто операцією присвоєння надати одній стрічці вміст іншої.
- Можна у вказівник записати адресу оригінальної стрічки,але це не буде копія.
- Розмір копії повинен бути достатнім для розміщення оригіналу.
- Скопійована стрічка повинна завершувати нуль-символом.

Функція

char* strcpy(char* d, const char*s)

повертає вказівник на початок скопійованої стрічки.

- Символ нуль-термінатор також записується (копіюється) у результуючу стрічку.

Функція

char* strcpy(char* d, const char*s)

копіює задане число символів max_len з другої стрічки s у першу d

- Повертається вказівник на початок першої стрічки d.

- Якщо довжина стрічки s є меншою за кількістю копійованих символів max_len,то у стрічку d після змістовних символів дописуються нуль-символи до довжини max_len.

Важливо!

Функції strcpy і strncpy повертають результат і через ім'я функції,і через її перший параметр,що дозволяє використовувати їх як аргумент інших функцій.

Конкатенація (об'єднання) стрічок

Функція

char* strcat(char* d, const char* s)

дописує копію другої стрічки s в кінці першої стрічки d.

- Нова перша стрічка стає об'єднанням двох стрічок-аргументів.
- Нуль-термінатор дописується після другої стрічки.
- Друга стрічка не змінюється.
- Повертається вказівник на початок першої стрічки d.

Важливо!

Розмір пам'яті, виділених під першу стрічку, повинен бути достатнім, для запису у неї потрібної інформації.

Функція

char* strncat(char*d, const char*s, size_t max_len)

дописує задане число символів max_len другої стрічки s в кінці другої стрічки d.

- Повертає вказівник на початок першої стрічки d.
- Якщо довжина стрічки s є меншою за кількістю max_len, то у стрічку d після змістовних символів дописуються нуль-символи до довжини max_len.
- Під перший аргумент потрібно виділити не менше max_len байт.

Важливо!

Функції об'єднання стрічок можуть бути аргументами інших функцій.

Порівняння стрічок

Функція

char* strcmp(const char*s1, const char*s2)

порівнює дві стрічки s1 і s2.

- Повертається 0,якщо обидві стрічки-аргументи однакові.
- Якщо стрічки не співпадають, то повертається ненульове значення, яке відповідає різниці кодів перших неоднакових символів:
  - менше 0-якщо s1 менше s2;
  - більше 0-якщо s1 більше s2;
- Порівнюються стрічки, а не масиви символів, тому аргументами можуть бути стрічки, які зберігаються у масивах різної розмірності.

Важливо!

Функцію strcmp використовують для порівняння стрічок, але **НЕ** символів

- Використовуйте strcmp() для порівняння стрічок:

```
if (strcmp(word, ”quit”) == 0)
puts(“Bye!”);
```

- Використовуйте операції відношення для порівняння символів:

```
if (ch == 'q')
puts(“Bye!”);
```

Функція

char* strncmp(const char*s1, const char*s2, size_t max_count)

порівнює перших max_count символів стрічок s1 і s2:

Функція

char* stricmp(const char*s1, const char*s2)

порівнює дві стрічки s1 і s2 без урахування регістрі.

Функція

char* strincmp(const char*s1,const char*s2, size_t max_count)

порівнює перших max_count символів стрічок s1 і s2 без урахування регістру.

Пошук символів у стрічці

Функції

char* strchr(const char*s, int c);

char* trrchrcat(const char*s, int c);

шукають перше і останнє входження символу **c** у стрічку **s**, відповідно.

- Якщо символ буде знайдено, то повертається підстрічка, що починається із шуканого символу;
- Якщо символ відсутній-то повертається NULL.

Пошук підстрічки у стрічці

Функція

char* strstr(const char*s1, char s2);

визначає входження чи не входження стрічки s2 у стрічку s1.

- Якщо підстрічка s2 **повністю** входить у стрічку s1,то повертається вказівник на ту частину стрічки s1,що містить стрічку s2;
- У протилежному випадку-повертається NULL.

Виділення лексем у стрічці

Функція

char* strtok(char*s1, const char* s2);

відокремлює зі стрічки s1 її частини (лексеми), що обмежені наперед вказаними розділювачами, які записані у стрічку s2.

- Якщо лексему виокремлено, то функція повертає вказівник на початок першої виділеної в s1 лексеми.
- Відразу після завершеної лексеми у стрічку s1 вноситься '/0'.
- Наступні виклики функції здійснюються з першим аргументом NULL і будуть повертати вказівники на наступні лексеми в s1.

- Кожного разу у стрічку s1 замість розділювачів будуть вноситися нуль-термінатори.
- Якщо вже всі лексеми виокремлені, то функція повертає значення NULL.

Функція з бібліотеки ctype.h

Заголовковий файл ctype.h містить функції, які встановлюють приналежність символу до відповідної групи:

- літера;
- цифра;
- буквенно-цифровий символ;
- символ пунктуації;
- керуючий символ і т д.

Встановлення характеру символу

Функція	**Повертає true, якщо аргумент**
isalnum()	Літера або цифра
isalpha()	Літера
iscntrl()	Керуючий символ
isdigit()	Цифра
isgraph()	Символ, що відображається на екрані
islower()	Маленька літера
isprint()	Символ, що не відображається на екрані
ispunct()	Символ пунктуації
isspace()	Символ пробілу, табуляції
isupper()	Велика літера

Структури (лекція 7)

Потреба у використанні структур

Типи даних:

- стандартні **прості** (скалярні) типи даних: цілі, дійсні, символьні, логічні;
- впорядковані сукупності однотипних даних - **масиви:** статичні, динамічні, одновимірні, багатовимірні;
- інші складені (агреговані) типи даних, які користувач оголошує за певним синтаксичним правилом - **типи користувача**:
    - у мові Pascal і похідних - записи;
    - у мові C і похідних - структури;

- в об'єктноорієнтованих мовах - класи.

Прості типи даних - вказують на одну характеристику чи властивістю даного.

Як об'єднати в одне ціле різнотипні дані???

1. Точка в просторі
   - назва точки;
   - координати (абсциса, ордината, апліката);
2. Дата:
   - рік;
   - місяць;
   - день;
3. Дані про працівника, пацієнта, клієнта:
   - особові дані;
   - адреса тощо.

Що таке структура у мові C/C++?

Структура - складений (агрегований) тип даного, який об'єднує дані різних типів (як простих, так і складених) в один тип.

- типи змінних, які об'єднуються повинні бути відомі компіляторові на момент оголошення структури;
- зміні об'єднуються в одну область пам'яті, яка має для простоти одне ім'я.

Поля структури - змінні, що об'єднанні у структуру.

Термінові ”структури”відповідають **два змістово різні поняття:**

Структурна змінна (змінна типу структура) - місце в пам'яті, де міститься інформація.

Шаблон (pattern) структури - правила формування структурної змінної, що використовуються компілятором для виділення місця у пам'яті під цю змінну та організації доступу до її полів.

Синтаксис оголошення структур

Як описати змінну типу структуру???

1. задати шаблон структури (оголосити тип “структура”);
2. оголосити змінну типу структура.

Задання шаблону структури - задання типу даного з відповідною організацією і з описом полів, які характеризують різні властивості змінних означуваного типу.

```
struct ім'я_типу_структура
    {
        тип_поля_1 ім'я_поля_1;
        тип_поля_2 ім'я_поля_2, ім'я_поля_3;
        тип_поля_N ім'я_поля_M;
    };
```

Оголошення типу “структура”

Ім'я_типу_структура - це надалі ідентифікатор типу даних, що будуть оголошуватися.

- кожен шаблон структури має власне ім'я, щоби компілятор міг розрізняти різні шаблони;
- ім'я_типу_структура є **унікальним** в межах області оголошення.

Список полів структури - перелік властивостей (полів) структури.

- кожне ім'я в списку полів є унікальним;
- типи різних полів можуть співпадати;
- поля однакового типу можна оголошувати аналогічно до опису змінних однакового типу;
- якщо є декілька оголошених типів “структура”, то імена полів різних структур можуть співпадати;
- полем структури **МОЖЕ** бути:
  - масив;
  - раніше оголошена структура;
  - вказівник на тип, в тому числі на оголошуваний тип ”структура”;
- Полем структури **НЕ МОЖЕ** бути оголошувана структура.

Приклади оголошення типу “структура”

Завдання точки у тривимірному просторі:

```
struct Point_3D
    {
        double x; /*абсциса*/
        double y; /*ордината */
        double z; /*імпліката*/
    };
```

або

```
    struct Point_3D
    {
        double x,y,z;
    };
```

Задання інформації про книгу:

```
struct Book
        { char author[40]; /*Автор */
        char title[80]; /*Назва */
        int year; /*Рік видання*/
        float price; /*Ціна*/
};
```

Важливо!

При заданні шаблону структури пам'яті **НЕ** відбувається.

Область видимості шаблону структури

- Якщо опис шаблону здійснено у блоці { } - **локальний шаблон**, який є видимий лише в межах цього блоку.
- Якщо опис шаблону є ппл за межами блоків, то шаблон є видимим в усіх функціях нижче точки опису до кінця файлу.

Безіменний шаблон - це шаблон, який не має ім'я_типу_структура.

- Після закриваючої фігурної дужки оголошення шаблону **повинен бути** список змінних

```
struct
        {
                список полів структури;
        }список змінних безіменного типу структури;
```

Приклад оголошення безіменної структури

Завдання інформації про книгу (безіменний шаблон):

```
struct
        {
                char author[40];
                char title[80];
                int year;
                float price;
        } book1, book2;
```

Важливо!

При оголошенні безіменної структури і заданні змінних такого типу відбувається виділення пам'яті під ці зміни.

Безпосереднє оголошення змінних

```
struct  ім'я_типу_структура
        {
                список полів структура;
        }список зміних;
```

Оголошення зміних раніше створеного типу ”структура”

- у середовищі C

```
struct  ім'я_типу_структура список змінних;
```

- у середовищі C++

```
ім'я_типу_структура список змінних;
```

Задання інформації про особу:

```
struct Person
        {char *FirstName; /*Ім'я */
         char *LastName; /*Прізвище */
        int BirthYear; /*Рік народження */
        } he, she;
struct Person he1, she1; /*у середовищі C */
Person he2, she2; /*у середовищі C++ */
```

Важливо!

Змінні типу структура можуть бути локальні та глобальні.

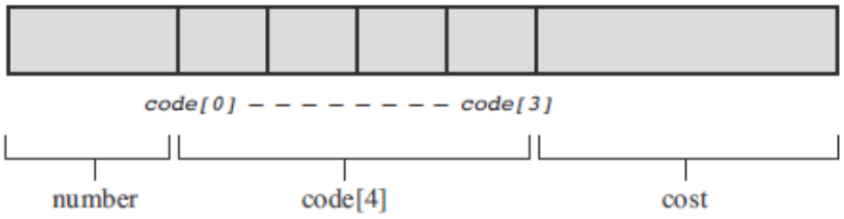
- Якщо змінні **глобальні**, то початкове значення полів є нульовим (нуль відповідного типу).

- Якщо змінні **локальні**, то вміст полів невизначений, сміттєвий.

Виділення пам'яті під змінну типу “структура”

- При оголошенні змінної типу структура виділяється пам'ять у відповідній області залежно від області видимості змінної.
- Розмір, який займатиме змінна - це сума розмірів усіх її полів, які вирівняні на межу найбільшого розміру поля стандартного типу.

```
struct stuff {
        int number;
        char code[4];
        float cost;
        };
```



Ініціалізація структур

Змінній типу “структура” **можна** надавати значення при оголошенні, тобто ініціалізувати.

- Початкові значення кожного поля структури задаються через кому у фігурних дужках.
- Потрібно враховувати заданий порядок полів структури.
- Слід дотримуватися відповідності типів полів та типів їх значень.

Доступ до полів структури

Коли змінна типу “структура” оголошена, то доступ до її полів здійснюється через операцію крапка (.)

ім'я_змінної. ім'я_поля

Така конструкція **мо**же:

- входити у вираз, якщо поле ініціалізоване;
- бути аргументом функції;
- бути лівою частиною оператора присвоєння, якщо це поле не оголошено константним.

Важливо!

Над кожним з полів змінна типу “структура” можуть виконуватися операції, які визначенні для даних відповідного типу.

Операція непрямого доступу до полів структури

Якщо оголошено вказівник на змінну типу “структура”, тоді доступ до відповідного поля здійснюється:

- поєднанням операції крапка з операцією розадресації ()

  (*вказівник_наструктуру) . ім'я_поля_структури
- символьним зображенням операції стрілка вліво (->)

вказівник _наструктуру->ім'я_поля_структури

Важливо!

Операція взяття поля структури (.) має вищий пріоритет від операції розадресації (*), тому операція розадресації береться у дужки.

Над структурами **можна** виконувати операції:

- визначення розміру структури;
- встановлення адреси структури;
- присвоєння одній змінній типу “структура” значення іншої:безпосередньо

  змінна1 = змнна2;

  чи за операцією розадресації за вказівником;
- доступ до поля структури безпосередньо (.) чи за адресою (->);
- виконувати над кожним полем структури ті операції, що дозволенні відповідно до типу поля.

Над структурами **НЕ можна** виконувати, зокрема:

- арифметичних операцій;
- операцій порівняння чи логічних операцій об'єднання;
- структура не може входити у вираз, що містить більше однієї складової, або таких, що формує умову.

Масиви структур

Оголошення статичного масиву структур

Синтаксис **оголошення статичного масиву структур** аналогічній оголошенню масивів будь-якого відомого компіляторів типу даних.

- Спочатку оголошуємо поіменовану структуру:

  ```
  struct ім'я_структури
        {
              список полів структури
        };
  ```

- Далі оголошуємо масив одним із можливих варіантів:

  ```
  struct ім'я_структури ім'я_масиву [розмір];
  struct ім'я_структури ім'я_масиву [розмір] = {значення};
  struct ім'я_структури ім'я_масиву [ ] = {значення};
  struct ім'я_структури ім'я_масиву [розмір1] [розмір2];
  ```

  Доступ до поля елемента масиву структур

  відбувається за правилом:

  ім'я_масиву [індекс] . ім'я_поля

  або

  (ім'я_масиву+індекс)-> ім'я_поля

  Ініціалізація масиву структур

  - Кількість елементів у списку значень не повинна перевищувати задану розмірність.

- Список значень береться у фігурні дужки, елементи відокремлюються комами.
- оскільки кожен елемент масиву структур є структурною змінною, то кожен елемент списку також береться у фігурні дужки.
- якщо полем структури є статичний масив, то його елемент теж береться у дужки.

Над масивами структур **можна** виконувати ті ж самі дії, що й над масивами стандартних типів даних:

- визначити розмір виділеної пам'яті;
- взяття окремого елемента масиву за операцію індексації чи розадресації;
- встановлення адреси масиву;

Структури (частина 2)

(лекція 8)

Вкладені структури

Структури дозволяють вкладеність однієї структури в іншу

- Полями структур можуть бути **користувацькі типи,** в тому числі й попередньо оголошені структури.
- Доступ до полів вкладених структур здійснюється при послідовному застосуванні операції крапка чи стрілка.
- Ініціалізація вкладених структур відбувається подібно до звичайних не вкладених структур.
- Теоретично обмеження на глибину вкладеності немає.

Важливо!

- Структура **НЕ** може бути своїм власним полем, тобто **НЕ** може вкладатися у себе.
- **Проте** структура може містити поле - вказівник на оголошену структуру.

Структури, як аргумент функцій

Змінну типу “структура” **МОЖНА** передавати як аргумент у функцію.

Особливості передачі змінної типу “структура” у функцію:

1. за значенням
    - значення змінної не змінюється
    - доречно використовувати, коли структура займає невеликий обсяг пам'яті
2. за передаванням адреси або вказівника
    - дозволяє повертати змінене значення змінної
    - доречно використовувати, коли структура займає великий обсяг пам'яті
    - доступ до відповідного поля здійснюється операцією ->
3. за посиланням (&)
    - дозволяє повертати змінене значення змінної

- якщо змінювати вміст **фактичного параметра** у тілі функції непотрібно, то відповідний **формальний** параметр супроводжують модифікатором const
- економія пам'яті, за рахунок того, що не створюється копія структурної змінної

4. повернення результату через ім'я функції
   - оголошений структурний тип **МОЖЕ** виступати типом результату функції.

Функція як поля структур

Структур може містити не лише змінні, але й **функції**

Такі функції (методи структури):

- можуть опрацьовувати як окремі поля, так і структурну змінну в цілому;
- дозволяють зменшити число параметрів, що передається чи повертається функцією;
- можуть повертати довільний тип результату;
- **оголошуються** за допомогою прототипів і тілі структури, **означуються** - за її межами через операцію розширення контексту (: :);
- можуть бути самостійною простою інструкцією, входити у вираз, бути аргументом іншої функції;
- звертання до такої функції здійснюється через операцію доступу до поля структури.

Застосування typedef для структур

Ключове слово typedef дозволяє створювати власне ім'я для типу даних

- надає символьні імена **лише типам,** але не значенням;
- інтерпретація **typedef** виконується компілятором, а не процесором;
- область видимості ідентифікатор тип залежить від місцезнаходження оператора **typedef**
  1. якщо оголошення виконано у функції - область видимості **локальна** (у межах цієї функції)
  2. якщо оголошення виконано поза функціями - область видимості **глобальна**
- при оголошенні **typedef** часто використовують великі літери, щоби нагадати користувачу, що ім'я типу - це насправді символьне скорочення.

Синтаксис оголошення

```
typedef оголошення _ типу  нове _ ім'я _ типу;
typedef unsigned long long ULL;
// оголошення нового імені ULL для типу unsigned long long
ULL b, c;
// тепер ULL можна використовувати для оголошення змінних
const int rd = 20, sc = 25;
```

```
        typedef int MATRIX [rd][sc];
// оголошення нового імені MATRIX для двовимірного масиву
        MATRIX a1, a2;
// змінні a1, a2 - двовимірний масив
```

Задання комплексного числа

```
typedef struct complex
        { double Re;
          double Im; }
COMPLEX;
COMPLEX number = {1, 2};
```

Можна не вказувати імені структури:

```
typedef struct
    { double x, y;
    } RECT;
RECT r1 = {3.0, 6.0};
RECT r2;
```

```
struct
    { double x, y;
     } r1 = {3.0, 6.0};
struct
    { double x, y; } r2;
```

Шаблонні структури

Перезавантаження функцій

- дозволяє при різних реалізаціях виконавчого файлу отримувати розв'язання задач для даних різного типу;
- передбачає кількаразове повторення оголошень і означень функцій, які виконують аналогічні дії над даними різних типів.

Шаблонування функцій - функції, у списку параметрів яких є один або декілька формальних параметрів не конкретного типу, а **узагальненого** чи абстрактного типу.

- Можуть повертати результат як конкретного, так і загального типів при умові, що у списку формальних параметрів задекларований такий узагальнений тип.
- Використовуються, коли однаковий алгоритм застосовується для даних різного типу.

Який принцип роботи шаблонних функцій?

- При виклику шаблонної функції компілятор виконує аналіз фактичних параметрів, а тоді генерується об'єктний код, який зберігається у відповідному місці ОП.
- При звертанні до цієї ж функції з фактичними параметрами **іншого типу** генерується **новий** код і виконується відповідний варіант функції.
- Якщо ж звертаються **повторно** до функції з параметрами таких типів, які вже опрацьовувалися, тоді використовується вже існуюча копія (екземпляр шаблону) коду функції.

Такий підхід називають *узагальненим програмуванням.*

Синтаксис оголошення і задання шаблонних функцій
використовує ключові слова template і class чи typename

- прототип шаблону функії має вигляд:
  template <class ім'я_узагальненого_типу>
  тип_функції ім'я_функції(список_формальних_параметрів);
  або
  template <typename ім'я_узагальненого_типу>
  тип_функції ім'я_функції(список_формальних_параметрів);
- У списку формальних параметрів замість конкретного типу чи типів зазначають узагальнений тип.
- Якщо необхідно вказати два і більше різних узагальнених типів, то у кутових дужках (< >) кожен тип прописується через кому з використанням ключового слова class чи typename.

Синтаксис оголошення і задання шаблонних функцій

- означення функції:
  template <class ім'я_узагальненого_типу>
  тип_функції ім'я_функції(список_формальних_параметрів) {тіло_функції}
  або
  template <typename ім'я_узагальненого_типу>
  тип_функції ім'я_функції(список_формальних_параметрів) {тіло_функції}

Шаблонна функція для обміну двох значень

```
template <class AnyType>
void Swap(AnyType &a, AnyType &b)
{
        AnyType temp;
        temp = a;
        a = b;
        b = temp;
}
```

- І Описується шаблон функції з узагальненим типом **AnyType**.
- Жодних функцій шаблон не створює, лише дає компілятору вказівку щодо означення функції.

Важливо!
Шаблон функції може містити означення двох і більше узагальнених типів, при цьому кожен із них повинен бути у списку формальних параметрів.

Шаблонування можна застосовувати і для задання структур.
Шаблонні структури - структури із шаблонними (узагальненими) типами полів.
Оголошення шаблонних структур

здійснюється в області оголошення глобальних змінних.

1. Зазначається намір про встановлення шаблону через ключове слово template і список узагальнених типів полів;
2. Оголошується нове ім'я структурного типу;
3. Прописується взірець самої структури із зазначенням полів.

Синтаксис оголошення шаблонних структур

```
template <class A, class B>
struct T_Struct
{
        A a; B b;};
```

Синтаксис оголошення змінної

```
T_Struct <int, int> dane;
```

- Оголошення змінної **повинно (!)** включати вказання конкретного типу поля.

Директиви препроцесора

(лекція 9)

Поняття препроцесора

Етапи виконання програми, написаної мовою C/C++:

1. спочатку лістинг програми опрацьовується **препроцесором** спеціальною програмою, яка завершує формування вихідного тексту:
    - замінює символьні абревіатури;
    - під'єднує інші файли за бажанням розробника;
    - дозволяє обирати, яка частина коду буде видимою для компілятора;
2. далі сформований текст опрацьовується **компілятором**, який перетворює текст програми з мови високого рівня на об'єктний (машинний) код;
    - якщо синтаксичні помилки відсутні, то компіляція завершується генеруванням об'єктного коду.

Директиви препроцесора

Директиви препроцесора - характерні інструкції, які виконуються на початку компіляції програми:

- починаються спеціальним символом #, перед яким у даному (директивному) рядку немає жодних інших символів;
- **НЕ** мають жодного завершального символу, в тому числі крапки з комою (;).

Виділяють:

- **директиви під'єднання файлів -** додають текст з інших текстових файлів, що містять прототипи бібліотечних і створених користувачем функцій, декларації користувацьких типів тощо;
- **директиви означення** - описують макро, що дозволяють задавати поіменованиі константи чи означені ідентифікатори;
- **директиви умовного компілювання файлів проєкту** - організовують умовну компіляцію, тобто залежно від зазначених в командному рядку параметрів дозволяють одержувати різний програмний код;
- директиви, що розширюють можливості мови програмування.

Директива під'єднання файлів #include

Директива #include - вказує препроцесору на необхідність під'єднання до вихідного коду проєкту вміст іншого файлу - **заголовкового** (header).

- Вмітиме файлу підставляється на місце директиви #include.
- Системні заголовкові файли є в папці INCLUDE:
    1. С заголовкові файли з розширенням .h;
    #include <string.h>
    2. C++ заголовкові файли без розширення:
    #include <iostream>

Синтаксис директиви #include

#include <назва_файлу> або #include "назва_файлу"

- Для кожного файлу вказується своя директива.
- Директива під'єднання розташовується поза межами будь-якого виконавчого блоку чи тіла функції на початку коду відповідного файлу.
- Якщо НЕ під'єднати відповідний файл, то з'явиться повідомлення про синтаксичну помилку етапу компіляції.

Як працює директива #include?

Препроцесор знаходить у тексті програми директиву #include:

- створює копію вказаного файлу;
- під'єднує цю копію до коду;
- також під'єднує файл чи файли із відповідними бібліотечними функціями.

Бібліотечні файли

містять машинний код бібліотечних функцій.

- Зазвичай мають розширення .lib і розташовані у папці LIBRARY або LIB;
- Містять означення функцій, оголошених у відповідному заголовковому файлі.

Важливо!

1. Якщо назва_файлу взята в кутові дужки < >:
    - під'єднується стандартний заголовковий (header) файл, який розташований в одній із системних папок (наприклад INCLUDE)
    - коли такого файлу у стандартних папках НЕ знайдено, то видається повідомлення про помилку.
2. Якщо назва_файлу взята у лапки " ":
    - пошук починається з папок поточного проєкту, папок користувача, а тоді переходить до перегляду системних папок.
3. Якщо файл створений користувачем і може міститися у папці Header даного проєкту або в іншій несистемній папці, то його назву **ОБОВ'ЯЗКОВО** задають у лапках.

Зауваження

Можна під'єднувати і файли з розширенням cpp, але потрібно пам'ятати, що

- заголовкові файли (.h) містять оголошення (declaration);
- файли .ccp містять означення (denition);
- лише ОДИН файл може мати функцію main().

Приклад розбиття проєкту на декілька файлів

decl_struct.h - заголовковий файл, в якому оголошуються структури та прототипи функцій;

dcl.cpp - означуються функції;
main.cpp - файл головної програми;

Директива препроцесора #define

Директива #define - визначає макро, що дозволяє формувати вбудовані функції, задавати поіменовані константи, чи просто оголошувати ідентифікатори:

#define ідентифікатор_макро тіло_макро

- Препроцесор переглядає вихідний текст і замінює кожне входження лексеми ідентифікатор_макро лексемою тіло_макро.
- Якщо лексема є стрічкою, символьною константою чи коментарем, то заміна **НЕ** відбувається.
- Можна формувати вкладені макро.
- **НЕ** може бути однакових ідентифікаторів макро, а от тіла макро **формально** можуть бути однакові.

Зауваження
Замість #define для означення **поіменованих констант** на мові С++ рекомендують використовувати

const тип ім'я = значення;

- тип даного вказується явно;
- видимість даного можна обмежувати окремими функціями чи файлами;
- ідентифікатор const можна використовувати для складніших типів (масивів, структур тощо).

Псевдоніми типів
У С++ передбачено два способи встановлення псевдоніму для типу даного:

- через препроцесор;
- з використанням ключового слова typedef.

typedef ім’я_типу ім’я_псевдоніму;

Наприклад

#define BYTE char // препроцесор замінює BYTE на char

або

typedef char byte; // byte стає псевдонімом char

Зауваження
Важливо пам'ятати, що препроцесор просто підставляє лексеми.
Наприклад

typedef char* byte_pointer;

робить byte_pointer псевдонімом для вказівника на char, **АЛЕ**

#define FLOAT_POINTER float*
FLOAT_POINTER pa, pb;

оголошує вказівником тільки pa, тоді як pb - це просто float.

Вбудовані функції - це функції, код яких при компіляції підставляється (вбудовується) у виконавчий код програми.

- Збільшується виконавчого коду програми, бо кожне звертання до такої функції спричиняє появу повної копії її коду.
- Не витрачаються часові ресурси на передавання й повернення значень через стек, як для звичайних функцій.
- Зазвичай це дуже короткі функції, які містять лише кілька простих інструкцій.

Вбудовані функції в С/С++

можна оголосити як макро з параметрами

#define ім'я_функції (список аргументів) (тіло макро)

- При звертанні до вбудованих функцій такого типу компілятор **НЕ** виконує перевірку на відповідність типів.
- У тілі макро аргументи, над якими виконуються операції, доречно брати у дужки.
- Якщо тіло макро не може поміститися в одному рядку, його можна розділити на наступні рядки, використовуючи символ лівої похилої риски (\).
- Символ # перед параметром у тілі макро, вказує, що змінну потрібно трактувати як стрічку.

Вбудовані функції в С++

можна оголосити за допомогою ключового слова inline.

inline тип_функції ім'я_функції (список параметрів)

- Оголошується аналогічно до звичайних функцій.
- Компілятор сам приймає рішення про визначення даної функції як вбудованої.
- Аргументи за значеннями передаються, як у звичайних функціях.

Директива препроцесора #undef

Директива препроцесора #undef - директива відміни оголошення #define.

#define ідентифікатор_макро тіло_макро
...
#undef ідентифікатор_макро

- Компілятор вважає оголошеним ідентифікатор з директиви #define до тих пір, поки не з'явиться директива #undef.
- Директива #undef дозволяє переозначувати макро різними тілами.

Умовна компіляція

Умовна компіляція - дозволяє залежно від значення чи оголошення відповідних ідентифікаторів включати в проєкт потрібні програмні складові.

- Секції умовної компіляції починаються однією з директив #if, #ifdef, #ifndef.
- Секції умовної компіляції завершуються **обов'язково** директивою #endif.
- Зазвичай використовується для уникнення **помилки повторного включення** означеної змінної, функції чи заголовкового файлу у багатофайлових проєктів.

Директива #if

Загальний вигляд секції умовної компіляції

#if логічний_вираз
TRUE - секція
#endif

- Якщо логічний_вираз має істинне (ненульове) значення, тоді компілюються інструкції TRUE секції, а далі інструкції після директиви #endif.
- Якщо ж значення виразу є хибне (нульове), то компілюються інструкції після директиви #endif.

Директива #else

Умовна компіляція може мати й розгалуження:

#if логічний_вираз
    TRUE - секція

#else
FALSE секція
#endif

- При істинності логічного виразу передбачається компілювання одних інструкцій, а при хибності - інших.

Директива #elif

Якщо ж розгалуження є множинним, тоді в секції директиви #else знову можна Сформулювати умову, тобто використати директиву #elif.

#if Логічний_вираз_1
TRUE - секція_1
#elif логічний_вираз_2
TRUE - секція_2
.
.
.
#else
FALSE - секція
#endif

- Дозволеною є вкладеність директиви секцій #if одна в одну на довільну глибину, однак кожному #if повинна відповідати своя директива #endif.

Директиви #ifdef та #ifndef

встановлюють чи наявний опис деякого ідентифікатора, тобто перевіряють чи описане ім'я макро.

- Ім'я макро вважається описаним, якщо цей ідентифікатор зустрівся попередньо у директиві#define
- При цьому не обов'язково ідентифікатору було надано значення, тобто макророзширення може бути й порожнім.
- Дозволяє уникнути **повторного включення заголовкових файлів**, повторного задання імен тощо. Тому заголовковий файл доречно починати саме з такої директиви, причому ім'я макро, яке перевіряється на неоголошеність, носить фіктивно-формальний характер.

Директиви, що розширюють можливості мови

#error text - вказує, яке повідомлення text повинно з'явитися на екрані у випадку помилки;

#line ціле_число - змінює лічильник рядків програми компілятора. Якщо програма складається з декількох файлів, то можна явно задати номери перших рядків файлів, що під'єднуються;

#pragma - надає можливість за допомогою спеціальних команд керувати можливостями компілятора.

Файловий ввід-вивід у С

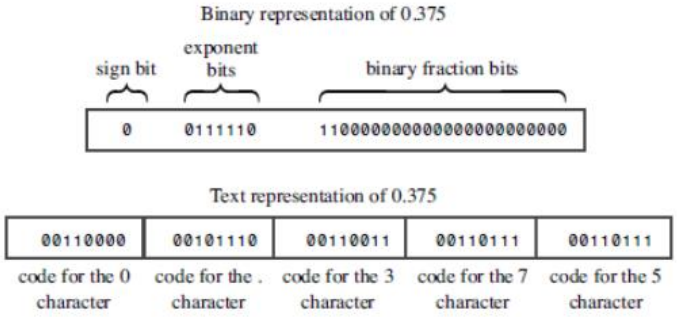
(лекція 10)

Поняття файлу. Типи файлів

Файл - іменована область на зовнішньому носії, яка служить для збереження даних.

Які бувають файли?

1. **Текстові файли (text)**
   - усі дані навіть числа зберігаються у тексту;
   - можуть бути створені у довільному текстовому редакторі чи програмно;
   - рядки тексту (інформації) відокремлюються один від одного **символом завершення рядка**, який може відрізнятися для різних ОС.
2. **Двійкові файли (binary)**
   - усі дані зберігаються у вигляді внутрішнього комп'ютерного представлення;
   - створюються і редагуються лише програмно.
   - для символів двійкове представлення співпадає з текстовим код символу;
   - для чисел - ці представлення відрізняються.



Як працювати з файлами?

При роботі з файлами

- оголошується відповідна змінна - **файлова змінна** або **логічне ім'я файлу**;
  - у мові С - це **вказівник** на дане типу структура, яка має переозначену назву FILE;
  - у мові С++ - **об'єкт** одного з класів istream або ostream;
- кожному відкритому в програмі файлу надається унікальне ціле беззнакове число - **дескриптор файлу**, за яким процес звертається до цього файлу;
- коли файл закривається, середовище забирає наданий номер.

Відкриття файлу

Функція fopen()

повертає інформацію потоку вводу-виводу, який прикріплено до вказаного файлу

FILE* fopen(const char* file_path, const char* file_mode);

const char* file_path - шлях доступу до файлу: стрічковий літерал, поіменована стрічкова константа або стрічкова змінна:

- може містити логічну назву диску, назви папок і назву самого файлу з розширенням;
- складові шляху відокремлюються символами: однією правою похилою (\) або двома лівими похилими (//);

Шлях доступу до файлу

- може бути повним;

- може містити лише “ім'я.розширення”.

Важливо!

- Якщо не вказано повного шляху, то за замовчуванням цей файл міститься в поточній папці (папці проєкту).
- Якщо файлу не знайдено, тоді файлова змінна набуває значення NULL і подальша робота з таким файлом є неможлива.

FILE* fopen(const char* file_path, const char* file_mode);

const char* file_mode - режим, у якому відкривається файл:

- “r” - читання;
- “w” - запис;
- “a” - доповнення;

Також уточнюється характер файлу:

- “b” - двійковий файл;
- “t” - текстовий файл

Важливо!

За замовчуванням файл вважається текстовим.

Комбінований режим відкриття файлу

коли після основного символу режиму стоїть знак “+” або другий символ:

- “r”, “rb”, “r+b” - файл відкривається для читання (і запису):
  - маркер (курсор) виставляється на **початок** файлу;
  - файл **повинен вже існувати**;
  - якщо файл **НЕ існує** або не знайдено шляху до нього, то функція повертає значення NULL;
- “w”, “wb”, “w+b” файл відкривається для запису (і читання)
  - маркер файлу виставляється на **початок** файлу;
  - якщо файл **існує**, то його вміст очищується;
  - якщо файл **НЕ існує**, тоді за вказаним шляхом створюється файл, куди будуть записуватися дані;
  - функція повертає значення NULL, якщо не існує вказаної директорії чи драйвера;
- “a”, “ab”, “a+b” файл відкривається для доповнення (і читання):
  - маркер файлу виставляється на **кінець** файлу
  - якщо файл **існує**, то його вміст не очищується, а курсор виставляється перед кінцем файлу для дописування даних;
  - якщо файл **НЕ існує**, то за вказаним шляхом створюється файл, куди будуть записуватися дані

Важливо!

Якщо файл відкривається в режимі з розширенням (з символом “+”), то ввід і вивід можна виконувати в одному потоці тільки з використанням функцій означення позиції.

Закриття файлу

Функція fclose()

закриває потік вводу-виводу, який прикріплено до вказаного файлу

int fclose(FILE *fp);

- Записує всю інформацію з буфера у файл і закриває потік fp.

- При успішному закритті файлу повертає нуль, у протилежному випадку EOF (-1).
- При нормальному завершенні програми функція fclose() автоматично викликається для кожного відкритого для читання файлу.
- Для файлів запису ця функція є обов'язковою, бо створює ознаку кінця файлу.

Функція fcloseall()
закриває декілька файлів

```
int fcloseall(void);
```

- Відокремлює всі відкриті потоки від зв'язаних з ними файлів.
- Завжди повертає нульове значення.

Функція fflush()
виштовхує буфери потоку у файл

```
int fflush(FILE *fp);
```

- Усі дані з буфера виведення записуються у файл fp, при чому потік залишається відкритим.
- Якщо fp - NULL-вказівник, то буфер просто очищується.

Встановлення ознаки кінця файлу

Функція feof()
перевіряє чи досягнуто ознаку кінця файлу, тобто чи встановлено індикатор EOF для даного потоку

```
int feof(FILE *fp);
```

- повертає значення нуль, якщо кінця файлу не досягнуто;
- повертається значення EOF (-1), якщо кінця файлу досягнуто.

Запис даних та їх читання

Функції читання та запису в файл
поділяються на категорії:

- форматований ввід-вивід даних;
- блоковий ввід-вивід даних;
- посимвольний ввід-вивід;
- ввід-вивід стрічкових даних (масиву символів).

Форматований файловий ввід-вивід даних

Функція fprintf()
здійснює форматований запис у файл (повертає кількість успішно виведених даних)

```
int fprintf(FILE* fp, const char* format_str [,output]);
```

format_str - форматуюча стрічка;
output - список виводу (необов'язковий параметр).

- діє аналогічно функції консольного форматованого виводу printf();
- для двійкових файлів форматування не передбачене.

Функція fscanf()
здійснює форматований ввід даних із файлу (повертає кількість успішно введених даних)

```
int fscanf(FILE* fp, const char* format_str, input_adr);
```

format_str - форматуюча стрічка;

input_adr - список адрес вводу одна або відокремлених комами адрес, за якими введені дані будуть внесені в ОП;

- діє аналогічно функції консольного форматованого вводу scanf().

Зауваження

Файл stdio.h пов'язує три вказівники на три стандартні файли, автоматично відкриті С-програмами:

- stdin - файл стандартного вводу (клавіатура);
- stdout - файл стандартного виводу (екран);
- stderr - файл стандартних помилок (екран).

Усі ці вказівники **можна** використовувати як аргументи стандартних функцій файлового вводу-виводу

Ввід-вивід агрегованих типів даних

Функції блокового вводу-виводу

дозволяють здійснювати однією інструкцією читання чи запис даних агрегованого (складеного) типу у двійковий файл.

Функції fread() і fwrite()

повертають число успішно прочитаних даних

```
size_t fread(void* ptr, size_t d, size_t n, FILE* f);
size_t fwrite(const void* ptr, size_t d, size_t n, FILE* f);
```

ptr - адреса області пам'яті, призначеної для даних, які читаються з файлу або записуються у файл;

d - розмір пам'яті, яку займає одне дане блоку;

n - кількість даних, що будуть переміщені (кожне займає d байт);

f - вказівник на файл, асоційований з потоком вводу і виводу, відповідно.

Зауваження

Дані типу структура зручно зберігати у двійкових файлах, оскільки функції блокового вводу-виводу дозволяють одразу записати все дане у файл чи зчитати його в ОП комп'ютера.

Файловий ввід-вивід символів

Функція fgetc()

читає з потоку символ, повертає його і збільшує відповідний вказівник (якщо він є) для читання наступного символу

```
int fgetc(FILE* fp); //читає з файлу
```

Функція fputc()

повертає байт, записаний у потік, або в разі помилки EOF

```
int fputc(int c, FILE* fp); //записує у файл
```

Зауваження

Якщо для функцій посимвольного введення чи виведення вибрати файлом стандартний файл вводу (stdin) чи виводу (stdout), то їх можна використовувати замість функції getchar() чи putchar(), відповідно.

Функція fgets()

читає str з потоку fp, який прикріпленій до файлу

```
char* fgets(char* str, int n, FILE* fp); //читає з файлу
```

n - кількість символів стрічки, що будуть збережені.

- Повертає вказівник на стрічку str, або NULL, у випадку помилки чи кінця файлу.

- Символи зчитуються, починаючи з поточної позиції fp, до символу нового рядка '\n' або доки число зчитаних символів не сягне значення n-1.
- str доповнюється '\0', але символ '\n' не замінюється.

Функція fputs()

записує у заданий потік fp вмістиме стрічки, на яку вказує str

```
int fputs(char* str, FILE* fp); //записує у файл
```

- Повертає останній записаний символ, або EOF у разі помилки.
- Якщо рядок, що вводиться, є порожнім, то повертає значення 0.
- Нуль-термінатор не записується у файл.

Зауваження

У текстовому файлі можливе неоднозначне відображення стрічки. У двійкових файлах рядок відображатиметься **однозначно**.

Позиціювання у файлі

Позиціювання у файлі - встановлення курсору файлу у відповідну позицію.

Функція fseek()

встановлює курсор файлу в позицію, на яку вказує offset, відносно початкової позиції origin

```
int fseek(FILE* fp, long offset, int origin);
```

Значення origin може бути:

- 0 - точкою відліку є початок файлу;
- 1 - точкою відліку є поточна позиція у файлі;
- 2 - точкою відліку є кінець файлу.

offset вказує на скільки байт зміститься курсор у файлі відносно точки відліку: може бути додатне (для 0, 1) чи від'ємне (для 1, 2).

Функція rewind()

переводить курсор на початок файлу для читання даних

```
void rewind(FILE* fp);
```

rewind(FILE* fp); та fseek(FILE* fp, 0L, 0);

є однаковими, АЛЕ

- rewind() - не повертає жодного значення;
- fseek() - повертає 0 в разі успіху й не нуль у протилежному випадку.

Зауваження

У файлах, відкритих для читання та запису, після виклику цих двох функцій допустимими є як дії читання, так і запису.

Файловий ввід-вивід у С++

(лекція 11)

Файловий ввід-вивід даних у С++

Для С	Для С++
використовуються функції вводу-виводу з бібліотеки <stdio.h>	• підтримуються функції вводу-виводу для С з бібліотеки <stdio.h> • використовується ввід-вивід із заголовкових файлів <iostrea> та <fstream>

Як працювати з файлами у С++?

При роботі з файлами

- приєднується потік вводу-виводу (потік байт) до програми;
- цей потік зв'язується з файлом на зовнішньому носії.

Простий файловий ввід-вивід

1. Створити об'єкт ifstream чи ofstream для керування потоком вводу чи виводу, відповідно;
2. Поставити цей об'єкт у відповідність одному з файлів;
3. Використовувати цей об'єкт, як cin чи cout (ввід-вивід буде здійснюватися у файл замість екрана).

Простий файловий ввід-вивід

Простий файловий вивід

```
ofstream fout; //створення об'єкту fout типу ofstream
fout.open(“f1.txt”); // зв'язування fout з файлом f1.txt
або
ofstream fout(“f1.txt”); // створення об'єкту та зв'язування з файлом
fout < < ...; // виведення у файл, як cout
```

Простий файловий ввід

```
ifstream fin; // створення об'єкту fin типу ifstream
fin.open(“f2.txt”); // зв'язування fin з файлом f2.txt
або
ifstream fin(“f2.txt”); // створення об'єкту та зв'язування з файлом
fin > >...; // читання з файлу, як cin
```

Зауваження

- Класи ifstream і ofstream використовують буферизований ввід-вивід.
- При створенні кожного об'єкту створюється свій буфер, який заповнюється даними.
- Після заповнення буферу його вмітиме записується у файл.
- Таке переміщення даних є швидше ніж побайтове.

Закриття файлу

- З'єднання з файлом розривається автоматично при завершенні роботи програми.
- З'єднання з файлом можна закрити явно методом close():
  ```
  fout.close(); //закриття з'єднання виводу з файлом
  fin.close(); //закриття з'єднання вводу з файлом
  ```
- При цьому потоки НЕ знищуються тобто об'єкти fout і fin, як і відповідні буфери існують і їх можна під'єднати до іншого файлу.

- Закриття файлу очищає буфер і оновлює файл.

Стани потоку

Стан потоку - член даних, який містить інформацію про те чи успішною була остання операція виконана з цим потоком:

- складається з трьох окремих елементів (бітів) eofbit, badbit, failbit, кожен з яких може приймати значення 0 або 1;
- якщо усі три біти стану встановлені в 0, то **усе гаразд;**
- якщо:
  eofbit = 1 досягнуто кінця файлу;
  badbit = 1 потік був пошкоджений (наприклад, помилка при читанні з файлу);
  failbit = 1 збій вводу-виводу (наприклад, файл недоступний або не існує).

Методи опрацювання станів потоку

good()	повертає значення true, якщо всі біти нульові;
eof()	повертає true, якщо eofbit = 1;
fail()	повертає true, якщо badbit = 1 або failbit = 1;
rdstate()	повертає поточний стан потоку;
clear()	встановлює стан потоку (за замовчуванням 0);
setstate()	встановлює певні біти стану потоку (інші біти стану потоку залишаються без змін);
is_open()	повертає true, якщо фал успішно відкрито.

Перевірка успішності відкриття файлу

```
fin.open(...);
if(fin.fail()) … // файл НЕ відкрито
if(!fin.good()) … // файл НЕ відкрито
if (!fin) … // файл НЕ відкрито
if (!fin.is_open()) … // файл НЕ відкрито
```

Зауваження

Методи is_open() і good(), на відміну від інших, дозволяють точніше відслідкувати причину проблеми з відкриттям файлу, наприклад, невідповідність режиму відкриття.

Відкриття декількох файлів

- Кількість файлів, яку можна відкрити одночасно залежить від операційної системи.
- Якщо декілька файлів опрацьовуються **одночасно**, то потрібно створювати окремий потік для кожного файлу.
- Якщо декілька файлів опрацьовуються **послідовно**, то можна відкрити єдиний потік і по черзі з'єднувати його з кожним з файлів.

```
ifstream fin; //створення потоку для читання
fin.open(“f1.txt”); //зв'язування потоку з f1.txt
...
fin.close(); //закриття з'єднання потоку з f1.txt
fin.clear(); //скидання fin (не обов'язково)
fin.open(“f2.txt”); //зв'язування потоку з f2.txt
...
fin.close(); //закриття з'єднання потоку з f2.txt
```

Режими відкриття файлу

Режим відкриття файлу - описує як сама буде опрацьовуватися файл (для читання, запису, доповнення тощо).

- задається при розв'язуванні потоку з файлом:
  ifstream ім'я_потоку(назва_файлу, режим);
- задається за допомогою метода open():
  ifstream ім'я_потоку;
  ім'я_потоку.open(назва_файлу, режим);

Константи режимів файлу

ios_base::in	файл відкривається для читання
ios_base::out	файл відкривається для запису
ios_base::app	файл відкривається для дописування в кінці
ios_base::trunc	вмістиме файлу очищується, якщо файлу існує
ios_base::binary	двійковий файл

Зауваження

- Метод open() і конструктор ifstream мають за замовчуванням режим ios_base::in
- Метод open() і конструктор ofstream мають за замовчуванням режим
  ios_base::out
  | ios_base::trunc (“|” - бітове “АБО”);
- Для fstream режим за замовчуванням НЕ передбачений.

Відповідність між режимами у С та С++

Режим С	**Режим С++**
“r”	ios_base::in
“w”	ios_base::out
“b”	ios_base::binary
“w”	ios_base::out|ios_base::trunc
“a”	ios_base::out|ios_base::app
“r+”	ios_base::in|ios_base::out
“w+”	ios_base::in|ios_base::out|ios_base::trunc

Двійкові файли

Ввід-вивід агрегованих типів даних

Функції-члени read() і write() дозволяють здійснювати однією інструкцією читання чи запис у двійковий файл даних агрегованого (складного) типу.

Запис даного pl у двійковий файл f1.dat

```
ofstream fout (“f1.dat”, ios_base::out | ios_base::app | ios_base::binary);
fout.write( (char *) &pl, sizeof pl);
```

Читання даного pl у двійковий файл f2.dat

```
ifstream fin(“f2.dat”, ios_base::in | ios_base::binary);
fin.read( (char *) &pl, sizeof pl);
```

Зауваження

Функції-члени read() і write() доповнюють одна одну. Функція read() використовується для читання даних з двійкового файлу, які були записані туди функцією write().

Позиціювання у файлі

Позиціювання у файлі - передбачає можливість переміщення у довільну позицію у файлі замість послідовного переміщення по ньому.

- Який підхід найпростіше реалізувати, якщо усі записи у файлі мають однакову довжину.
- Оскільки fstream використовує буфери для проміжного зберігання даних, то насправді курсор переміщається у буфері, а НЕ у реальному файлі.

Метод seekg()

Переміщує курсор ВВОДУ на streamoff байтів від позиції origin (застосовується для об'єктів ifstream)

fin.seekg (streamoff, origin);

- ios_base::beg - зміщення проводиться від початку файлу;
- ios_base::cur - зміщення проводиться від поточної позиції;
- ios_base::end -.зміщення проводиться від кінця файлу.

Метод seekp()

переміщує курсор ВИВОДУ (застосовується для об'єктів ofstream)

Зауваження

За замовчуванням зміщення відраховується від початку файлу (0).

Методи tellg() і tellp()

Повертають поточну позицію файлового курсора в байтах, відрахованих від початку файлу, для вхідних і вихідних потоків, відповідно.

- При створенні об'єкту fstream курсори вводу і виводу переміщуються в тандемі тому tellg() і tellp() повертають однакові значення;
- При створенні об'єкту ifstream для вхідного потоку та ofstream - для вихідного tellg() і tellp() можуть повертати різні значення.

Лінійні списки (лекція 12-13)

Лінійний список - це скінченна послідовність однотипних елементів (вузлів)

Довжина списку - це кількість елементів у лінійному списку.

- У процесі роботи програми **довжина списку МОЖЕ змінюватися.**

Наприклад

- Лінійний список S1 =< a1, a2, . . . , an > складається з n елементів: a1, a2, . . . , an
- Лінійний список S2 =< 2, 3, 1 > складається з трьох елементів: 2, 3, 1;
- Лінійний список S3 =< > - порожній, не містить елементів.

Можливі операції з лінійними списками:

1. знаходження елементу із заданою властивістю;
2. визначення першого елементу у списку;
3. виставка нового елементу перед або після зазначеного вузла ;
4. виключення (видалення) елементу зі списку;
5. впорядкування вузлів лінійного списку.

Зауваження

У мовах програмування НЕМАЄ певної структури даних для представлення лінійного списку так, щоб усі зазначені операції над ним виконувалися однаково ефективно.

Методи збереження лінійних списків - обирають таким чином, щоб забезпечити **максимальну ефективність** і за часом виконання програми, і за обсягом необхідної пам'яті.

Метод послідовного збереження - елементи лінійного списку розташовуються в масиві (статичному чи динамічному) фіксованого розміру.

- Розмір масиву повинен бути відомий наперед.
- Розмір масиву обмежує максимальні розміри лінійного списку.

Послідовне збереження лінійних списків

```
struct film {
        char title[45];
         int rating;
};
struct film * movie; // оголошення вказівника на структуру
movie = new film[5]; // виділення пам'яті під масив структур
```

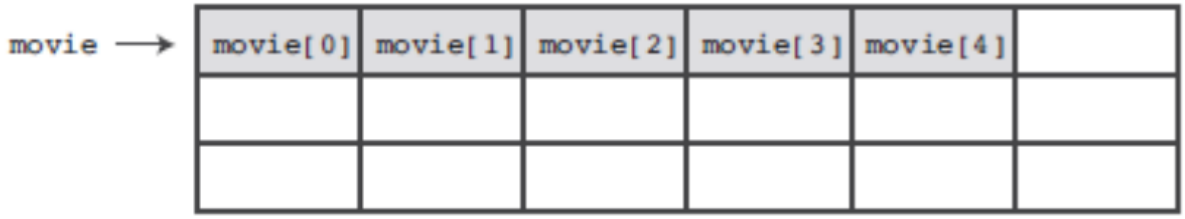


Рис.1: Приклад розташування в пам'яті масиву структур.

```
struct film * movies[5]; // оголошення масиву вказівників
for (int i = 0; i < 5; i++)
          movies[i] = new film;
 //виділення пам'яті під кожну структуру окремо
```

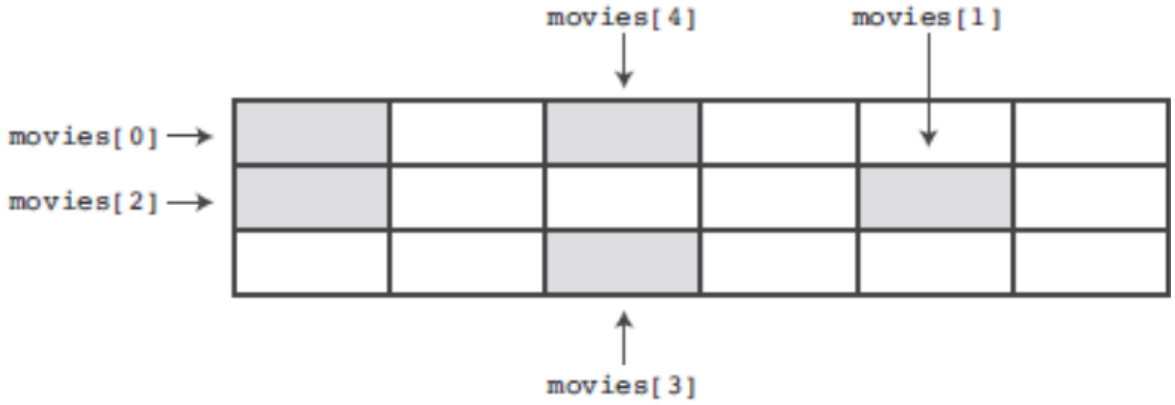


Рис. 2: Приклад розташування в пам'яті окремих структур.

Зв'язане збереження лінійних списків

Метод зв'язаного збереження - в ролі елементів збереження даних використовується зв'язані у ланцюг структури.

- На початок цього ланцюжка (перший вузол) вказує вказівник (**head**).
- Така структура, крім елементу збереження списку, містить вказівник на сусідній (наступний) елемент (**next**).

```
struct film { // структура елемента збереження
 char title[45]; // елемент списку
 int rating;
 struct film *next; // вказівник на елемент збереження
} *head, *ptr1, *ptr2; // вказівник на список
 //формування першого елемента  (вершини) списку
```

```
head = new film;
 strcpy(head->title, Modern Time); head->rating = 10;
 head->next = NULL;
 //формування другого елементу списку
 ptr1 = new film;
strcpy(ptr1->title, “Midnight in Paris”); ptr1->rating = 8;
 ptr1->next = NULL;
 //під'єднання другого елементу до списку
 head->next = ptr1;
 //формула третього елементу списку
 ptr2 = new film;
 strcpy(ptr1->title, “Star Wars”); ptr2->rating = 9;
 ptr2->next = NULL; ptr1->next = ptr2;
 // head - вершина (початок)списку;ptr1 - останній елемент;
 //ptr2 - додає новий елемент в кінці списку
```

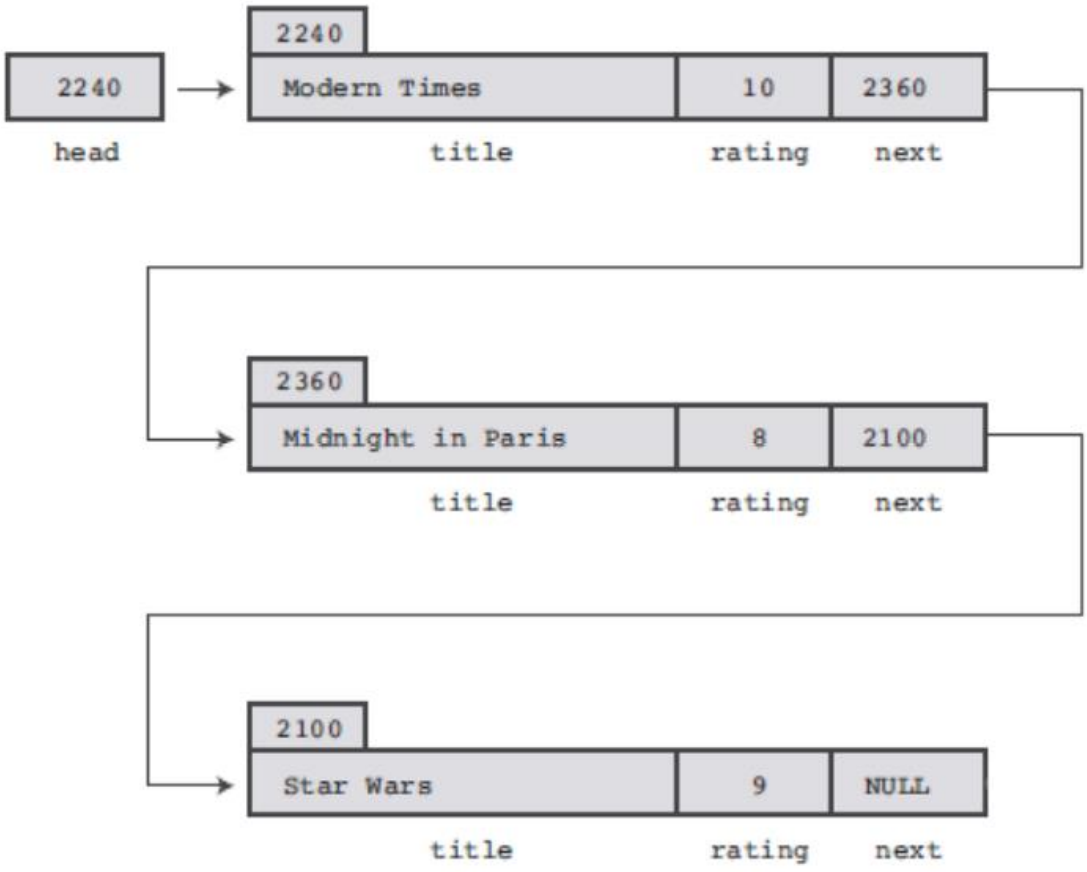


Рис.3: Приклад розташування в пам'яті зв'язного списку.

Список типу черга (FIFO First In First Out) -

зв'язний список типу “перший увійшов - перший вийшов”, тобто

- елементи можуть видалятися тільки з початку списку;
- кожний новий елемент дописується в кінці списку.

Список типу стек (LIFO Last In First Out) -

зв'язний список типу “останній ввійшов - перший вийшов” , тобто

- видалення і дописування елементів може відбуватися тільки з кінця списку.

```
//формування першого елемента (основи) списку
 head = NULL; //список порожній
 for (int i = 0; i < 5; i++) //цикл формування списку
{
        ptr1 = new film;
        strcpy(ptr1->title, ”Film”);  ptr1->rating = i;
        ptr1->next = head; //під'єднання елемента до списку
        head = ptr1; //ptr1 знову вказує на вершину списку
}
 //head  - вершина стеку;
 //ptr1 - “нарощує” елементи списку над вершиною
```

Зауваження

В останньому елементі списку вказівник на наступний елемент (поле next) має значення NULL.

Операції над списками

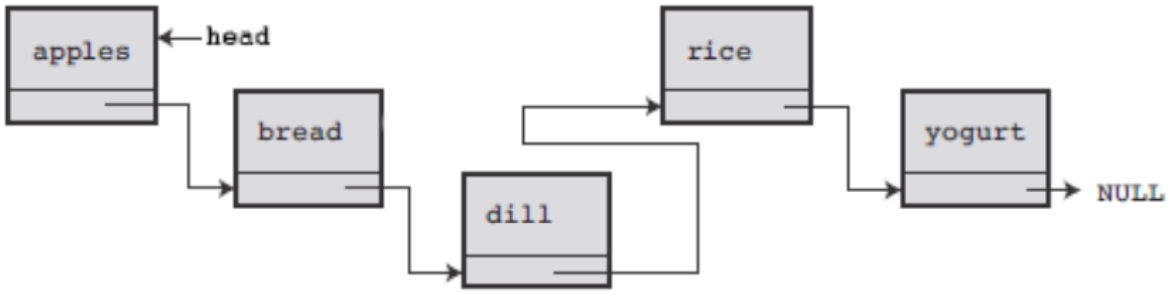
Порівняння послідовного та зв'язаного збереження:

- Послідовне збереження:
  - Підтримується напряму середовищем.
  - Довільний доступ до елементів даних.
  - Розмір визначення під час компіляції.
  - Значні затрати часу при встановленні чи видаленні елементу
- Зв'язаного збереження :
  - Розмір визначається під час виконання.
  - Вставлення чи видалення елементу виконують швидко.
  - Довільний доступ до елементів неможливий.
  - Користувач повинен забезпечити програму підтримку.

Доступ до елементу списку

- при **послідовному збережені** передбаченій ***довільний доступ*** до елементів, через їхні індекси у масиві ;
- при **зв'язаному збереженні** можливий лише ***послідовний доступ*** до елементів, коли потрібно починати спочатку списку і послідовно рухатися від одного вузла до іншого, поки буде досягнутий потрібний елемент.
- послідовного доступу цілком достатньо, якщо потрібно, наприклад, відобразити УСІ елементи списку ;
- послідовний доступ вкрай незручний, коли потрібно здійснити пошук конкретного елементу.

```
 //вивід значення і-го елементу списку
 struct Node {//структура елемента збереження
       double val; // елемент списку
       struct Node *next ; //вказівник на елемент збереження
 } *head, *ptr1, *ptr2; //head вказує на вершину списку
 …
 ptr1 = head; j = 1; //ptr1 також вказує на вершину списку
 while (ptr1 != NULL && j! = i) { ptr1 = ptr1->next; j++;}
 if (ptr1 == NULL) cout < <” \n  Немає вузла” < < i;
 else cout < <” \n i-елемент рівний” < < ptr1->val;
```



ВВ

Вставлення нового елементу у списку

- при **послідовному збереженні** потрібно перемішувати повні елементи масиву, щоб звільнити місце для нового елементу;

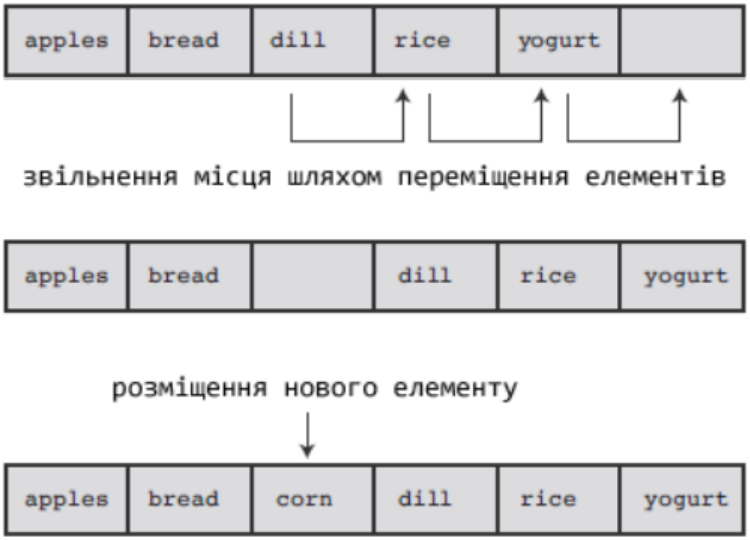


Рис. 4 :Вставлення елементу в масив

Вставлення нового елементу у список

- при **зв'язаному збереженні** достатньо перевстановити вказівники.

```
//встановлення нового елементу після вузла ptr1
struct Node {структура елемента збереження
      double val; // елемент списку
      struct Node *next ; //вказівник на елемент збереження
 } *head, *ptr1, *ptr2; //вказівники на список
 //head вказує на вершину списку
...
ptr2 = new Node; ptr2->val = ...; //формула нового вузла
 ptr2->next = ptr1->next;
 ptr1->next= ptr2; //включення ptr2 у список
```

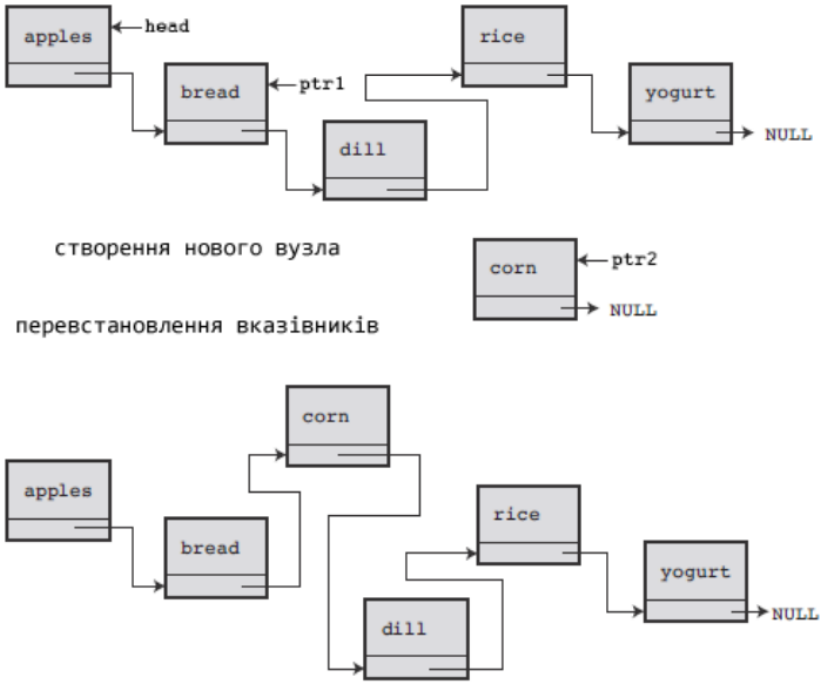


Рис. 5: Встановлення елементу в зв'язаний список

Видалення елементу зі списку

- при **послідовному збереженні** потребує повної зміни розташування елементів;
- при **зв'язаному збереженні** достатньо перевстановити вказівники і звільнити пам'ять, яку займав видалений елемент.

```
//видалення елементу після вузла ptr1
 ptr1 = head; j = 1; //ptr1 вказує на вершину списку
//пошук i-го вузла;  ptr2 вказує на попередню вершину
 while(ptr1 != NULL && j != i)
       { ptr2 = ptr1; ptr1 = ptr1-> next;}
 if (ptr2 == NULL) cout < <" \n Немає вузла" < < i);
else {ptr2->next = ptr1-> next;
 //ptr2->next вказує на  i+1 елемент списку
 delete ptr1; } //видалення  i - го елементу
```

Циклічне збереження списку

Циклічний список - зв'язане збереження лінійного списку, коли його останній елемент вказує на перший елемент, а вказівник head - на вершину списку.

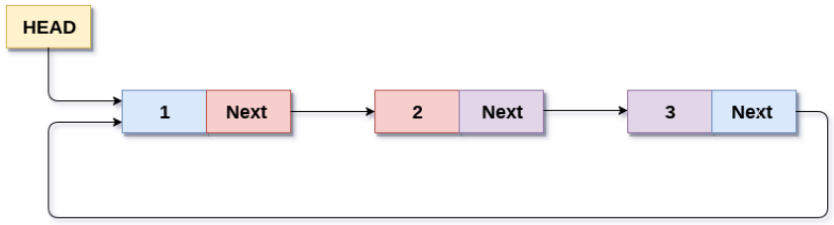


Рис. 6: Схема циклічного списку.

Організація двозв'язних списків

Двозв'язний список - зв'язане збереження лінійного списку, коли кожен елемент збереження має два вказівники (посилання на попередній і наступний елемент лінійного списку).

```
struct Node {//структура елементу збереження
      double data; //інформаційна частина
      struct Node *next ; //вказівник на наступний елемент
      struct Node *prev ; //вказівник на попередній елемент
 } *Head, *Tail, *ptr; //вказівники на список
```

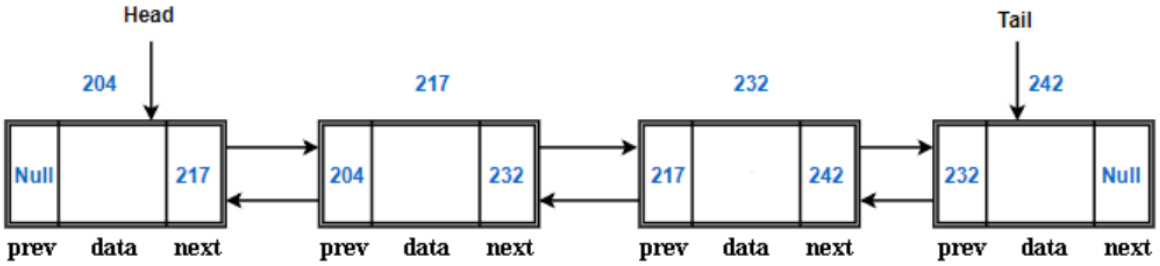
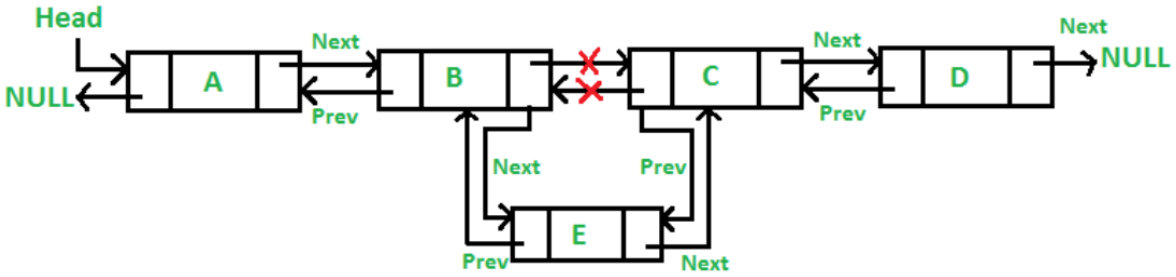
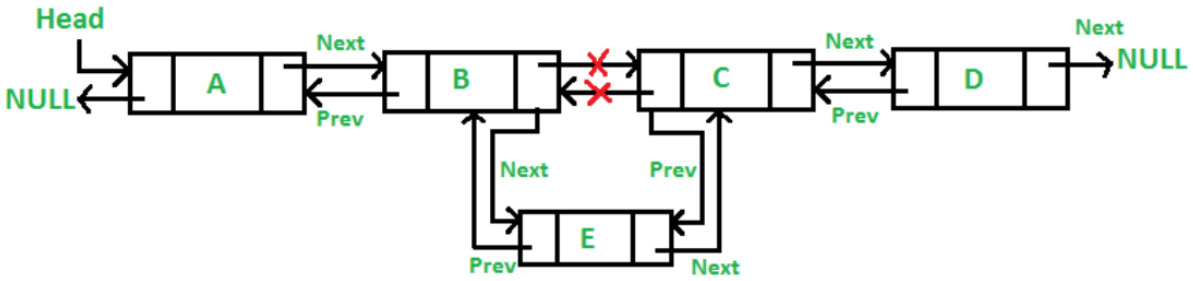


Рис. 7:Схема двозв'язного списку

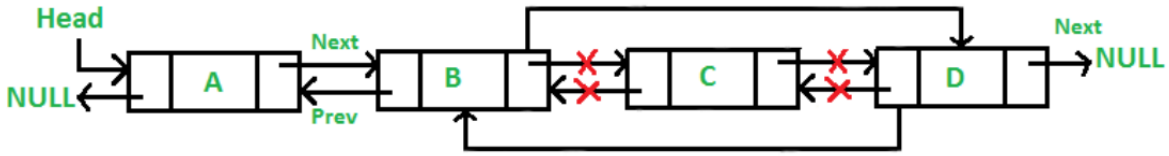
```
//вставлення нового елементу після вузла  ptr1
 struct Node {//структура елемента збереження
       double data; // інформаційна частина
       struct Node *next, *prev ; // вказівники на елемент
} *Head, *Tail, *ptr1, *ptr2; //вказівники на список
...
ptr2 = new Node; ptr2->data = ...; //формула нового вузла
ptr2->next = ptr1->next; (ptr1->next)->prev = ptr2;
ptr2->prev= ptr1; ptr1->next= ptr2;//включення ptr2 у список
```




```
//встановлення нового елементу після вузла ptr1
 struct Node {//структура елемента збереження
 double data; //інформаційна частина
struct Node *next, *prev ; //вказівники на елемент
 } *Head, *Tail, *ptr1, *ptr2; //вказівники на список
 …
ptr2 =new Node; ptr2 -> data = …; //формування нового вузла
ptr2 -> next = ptr1 -> next; (ptr1 -> next) -> prev= ptr2;
ptr2 -> prev =  ptr1; ptr1 -> next = ptr2; çi ñïèñêó delete ptr2; //включення  ptr2 у список
```




```
//видалення елементу після вузла ptr1
 struct Node {//структура елемента збереження
       double data; // інформаційна частина
       struct Node *next, *prev ; //вказівники на елемент
} *Head, *Tail, *ptr1, *ptr2; //вказівники на список
 ...
ptr2 = ptr1->next; ptr1->next = (ptr1->next)->next;
(ptr1->next)->prev= ptr1;//виключення  ptr2 зі списку
delete ptr2;//видалення вузла
```



Стек - це лінійний список, де операції додавання, видалення чи доступ до елемента виконується тільки через вершину списку (як стопку книг на столі, де додавання або виймання книги можливе тільки зверху).

Черга - це лінійний список, де елементи видаляються з початку списку, а додаються наприкінці списку (як звичайна черга в магазині).

Двостороння черга - це лінійний список, у якому операція додавання, видалення чи доступ до елемента можливі як спочатку, так і наприкінці списку (як послідовність книг на полиці, так що доступ до них можливий з обох кінців).

Основи аналізу алгоритмів (лекція 14)

Ефективність алгоритмів

Одну й ту ж задачу можуть розв'язувати багато алгоритмів.

Аналіз алгоритмів

1. Чи даний алгоритм правильно розв'язує поставлену задачу (задовольняє властивість правильності)?
2. Чи ефективний алгоритм? Скільки “часу” необхідно для його виконання?

Обчислювальна складність алгоритму - це приблизна кількість значимих операцій, які виконуються алгоритмом.

- Характеризує (вимірює) *відносний час* виконання алгоритму.

Реальний час, необхідний для розв'язку задачі, непридатний для аналізу ефективності алгоритму

- Алгоритм не стає *кращим*, якщо його перенести на *більш швидкий* комп'ютер.
- Алгоритм не стає *гіршим*, якщо його виконувати на *більш повільному* комп'ютері.
- Фактична кількість операцій алгоритму для тих чи інших вхідних даних не дає багато інформації про ефективність алгоритму.

Швидкість росту алгоритму - це залежність кількості значимих операцій конкретного алгоритму від розміру вхідних даних.

- При невеликому розмірі вхідних даних алгоритм А може вимагати меншої кількості операцій, ніж алгоритм В.
- Але при зростанні обсягу вхідних даних, ситуація може змінитися на протилежну.

Зауваження Можна порівнювати характеристики тільки тих алгоритмів, що розв'язують одну і ту ж задачу.

Приклад Розглянемо два алгоритми знаходження максимального значення з чотирьох величин a, b, c, d.

Варіант 1 (послідовний перебір):

```
max = a;
 if (b > max)
     max = b;
 if (c > max)
     max = c;
if (d > max)
   max = d;
 cout < < max;
```

Варіант 2 (метод вибору):

```
if (a > b)
   if (a > c)
      if (a > d) cout < < a;
      else cout < < d;
 else
    if (c > d) cout < < c;
    else cout < < d;
 else
    if (b > c)
       if (b > d) cout < < b;
       else cout < < d;
 else
     if (c > d) cout < < c;
     else cout < < d;
```

При аналізі потрібно розглядати різні можливі набори вхідних значень.

- Якщо обмежитись лише одним вхідним набором, то він може виявитись таким, на якому алгоритм є найшвидшим або найповільнішим.

Наприклад, алгоритм пошуку найбільшого елементу в списку з n елементів:

```
max = mas[0];
 for (i = 1; i < n; i++)
     if (mas[i] > max)
     max = mas[i];
 cout < < max;
```

- виконає єдине присвоєння перед початком циклу (в тілі циклу присвоювань не буде), якщо список впорядкований по *спаданню*.
- виконає n присвоєнь (одне перед початком циклу і (n-1 в циклі), якщо список впорядкований по *зростанню.*

Класи вхідних даних

Клас вхідних даних - це сукупність вхідних наборів, на кожному з яких алгоритм має однакову обчислювальну складність.

- Розбиття на класи дозволяє зменшити кількість варіантів вхідних даних, які необхідно розглядати.

- Для аналізу алгоритму достатньо знати лише кількість класів та обсяг роботи на кожному з них.
- При цьому необхідно підібрати такі вхідні дані, які забезпечують **найшвидше і найповільніше** виконання алгоритму, а також оцінювати **середню ефективність** алгоритму на всіх можливих вхідних наборах.

Приклад

Для алгоритму пошуку максимального значення у списку з 10 фіксованих унікальних елементів розбиття на класи мого б ґрунтуватися на місцезнаходженні максимального елемента.

1. Якщо максимальний елемент знаходиться на першому місці - необхідно виконати лише 1 присвоєння.
2. Якщо максимальний елемент знаходиться на другому місці - необхідно виконати 2 присвоєння.

…

Отже, для цього алгоритму всі вхідні набори необхідні розбити на 10 класів!(=362880) наборів у кожному з класів.

Операції порівняння

- Усі операції порівняння вважаються еквівалентними.
- Враховуються в алгоритмах пошуку та сортування.

Арифметичні операції

- Адитивні операції: додавання, Віднімання, збільшення та зменшення лічильника.
- Мультиплікативні операції: множення, ділення і залишок від ділення.

Приклад

При обчисленні значення многочленна

$$P_n(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \cdots + a_{n-1}x + a_n$$

можна використати прямий метод:

```
for (double sum = 0, int i = 0; i <= n; i++)
        sum += a[i] * pow(x, n-i);
```

Оскільки функції:

$$pow(x,k) = \begin{cases} \underbrace{x \cdot x \cdot \ldots \cdot x}_{k-1}, & k - \text{ціле;} \\ e^{k \cdot \ln x}, & k - \text{дійсне} \end{cases}$$

то число операції множення необхідне для реалізації алгоритму

$$n + (n-1) + (n-2) + \cdots + 2 + 1 = \frac{n+1}{2} \cdot n \approx \frac{1}{2}n^2.$$

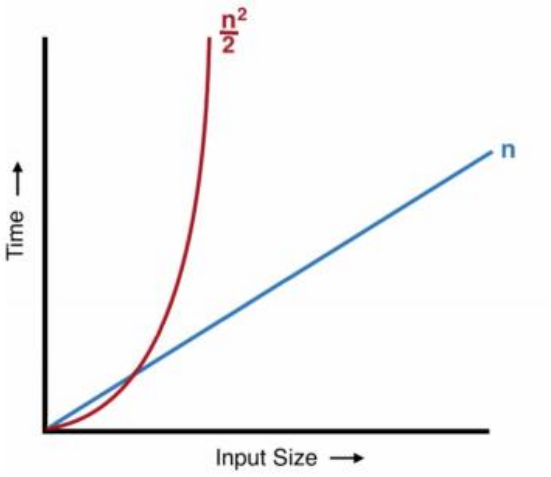
Приклад

При використанні схеми Горнера для обчислення значення многочленна

Pn(x) = (. . . (((a0x + a1) x + a2) x) + · · · + an−1) x + an

```
for (double sum = 0, int i = 0; i <= n; sum *= x, sum += a[i++]);
```

необхідно лише n операцій множення.



Середня ефективність алгоритму

Найкращий випадок - це такий клас вхідних даних, на якому алгоритм виконується за мінімальний час (найменша обчислювальна складність).

- На такому наборі даних алгоритм виконує найменше дій.
- З точки зору аналізу найкращий випадок алгоритму є мало актуальним.

Найгірший випадок - це такий клас вхідних даних, на якому алгоритм виконується за максимальний час (найбільша обчислювальна складність).

- Час роботи в найгіршому випадку дає верхню межу час роботи алгоритму незалежно від вхідних даних.
- У деяких алгоритмах найгірший випадок трапляється доволі часто.

Середня ефективність алгоритму (середній випадок) - це середній час виконання алгоритму (середня обчислювальна складність) на усіх можливих наборах вхідних даних.

- Середній випадок є найскладнішим, оскільки вимагає врахування багатьох різноманітних деталей.

Для аналізу середнього випадку необхідно:

1. розбити набір вхідних множин алгоритму на класи;
2. визначити ймовірність, з якою вхідний набір належить кожному з класів;
3. підрахувати час роботи алгоритму на даних з кожного класу.

Середня ефективність алгоритму обчислюється за формулою

$$A(n) = \sum_{i=1}^{m} p_i t_i,$$

n - розмір вхідних даних,
m - число класів,
p*i* - ймовірність того, що вхідні дані належать до *i-ого класу,*
t*i* - час, який необхідний алгоритму для обробки даних з *i*- ого класу.

- Розбити на класи і значення параметрів p*i* та t*i* залежить від розміру вхідних даних n.

В окремих випадках можна вважати, що ймовірність попадання вхідних даних у кожен клас є однакова, тоді.

$$A(n) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} t_i.$$

Швидкість росту алгоритму

Швидкість росту алгоритму - це швидкість зростання кількості значимих операцій алгоритму (обчислювальної складності) при зростанні розміру (об'єму) вхідних даних.
Клас швидкості росту - функціональна залежність, за якою наростає кількість операцій v = f(n), де n - розмір вхідних даних.

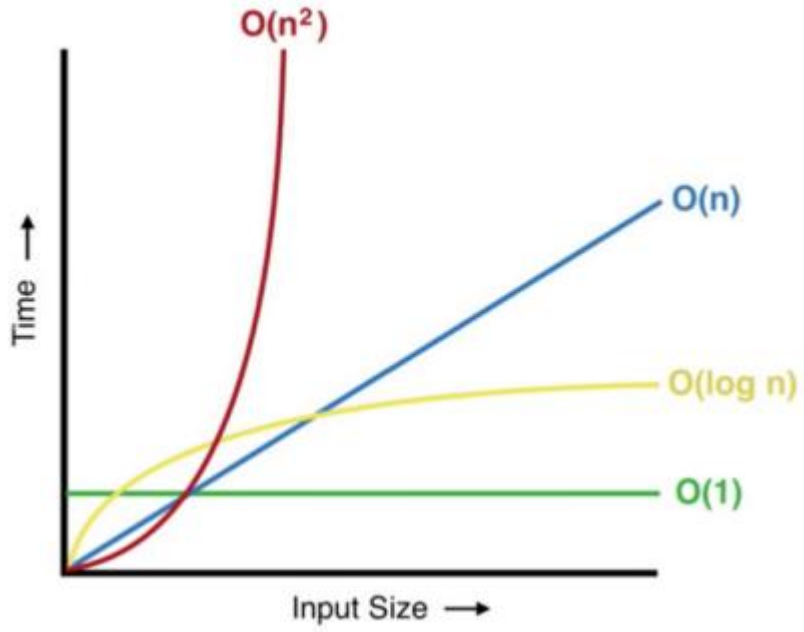
- При аналізі важливим є клас швидкості росту алгоритму, а не точна кількість значимих операцій, які він виконує.

Розглянемо чотири функції: Пор v = n^2/8, v = 3n − 2, v = n + 10, v = 2lg(n).Порівнюємо значення цих функцій при n = 2 n = 50.

n	$v = \frac{n^2}{8}$	$v = 3n - 2$	$v = n + 10$	$v = 2 \lg n$
2	0,5	4	12	0,6
50	312,5	148	60	3,4

Як бачимо, функія v = n^2/8 має найбільшу швидкість росту.

- З двох алгоритмів, ефективнішим буде алгоритм з меншою швидкістю росту, при умові, що розмір вхідних даних n є достатньо великим.



- Функції з більшою швидкістю росту при великих значеннях аргументу домінують над функціями з меншою швидкістю росту.
- Якщо обчислювальна складність алгоритму представляє собою суму декількох функцій, то в більшості випадків функціями з меншою швидкість росту можна знехтувати.

Наприклад, якщо алгоритм виконує

n^3 − 100n

операцій порівняння, то клас швидкості росту цього алгоритму становить n^3.
Порядком алгоритму (функцій) - це домінуючий член формули, який характеризує швидкість росту обчислювальної складності алгоритму.

Приклади оцінки складності алгоритмів

Розглянемо алгоритм сортування списку з *N* елементів у порядку зростання.

Алгоритм сортування Неймана (метод бульбашки)

полягає у відштовхуванні менших значень на початок списку в той час, як більші значення опускаються в кінець списку.

- При кожному проході по списку відбувається порівняння двох елементів.
- Якщо порядок сусідніх елементів неправильний, то вони міняються місцями.
- При кожному приході ближче до свого місця просовуються зразу декілька елементів, але гарантовано займає правильне положення лише один.
- Якщо на певному проході не відбулося жодної перестановки елементів, то всі вони розміщені в потрібному порядку.

```
double* bubble(double* mas, int n) //сортування методом бульбашки
{
	int flag = 1;
	 while (flag && n > 1)
	 {
		flag = 0; //обміну не було
		n- -; //зменшення кількості елементів, що переглядаються
		for (int i = 0; i < n; i++)
		  if (mas[i] > mas[i + 1])//ïîðiâíÿííÿ ñóñiäíiõ åëåìåíòiâ
		  {
			//обмін сусідніх елементів списку
			double b = mas[i];
			mas[i] = mas[i + 1];
			mas[i + 1] = b;
			flag = 1; //обмін відбувся
		 }
	}

	return mas;
```

Аналіз найкращого випадку

- Найкращим набором даних буде список, відсортований по зростанню.
- При відсутності перестановок на першому проході, буде виконано N − 1 порівняння.

Аналіз найгіршого випадку

- Список відсортований у зворотному порядку (по спаданню) буде найгіршим випадком.
- При такому варіанті список максимальним буде як число порівняння, так і число перестановок (N − 1 і порівнянь та перестановок на i-ому проході).
- Складність в найгіршому випадку (кількість порівнянь) становить

$$Q(N) = \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) = \frac{(N-1)+1}{2} \cdot (N-1) = \frac{N^2-N}{2} \approx \frac{N^2}{2} = O(N^2).$$

Аналіз середнього випадку

- У середньому випадку вважаємо, що на кожному з $N-1$ проходів рівноймовірна поява приходу без перестановки елементів, тобто алгоритм завершує свою роботу.
- Складність алгоритму в середньому випадку

$$Q(N) = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1} C(i),$$

де C(i) - число порівнянь, виконаних на перших і проходах:

$$C(i) = \sum_{j=1}^{i}(N-j) = iN - \sum_{j=1}^{i} j = iN - \frac{(i+1)\cdot i}{2} = iN - \frac{i^2}{2} - \frac{i}{2}.$$

$$\begin{aligned} Q(N) &= \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1} C(i) = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1}\left(iN \quad \frac{i^2}{2} \quad \frac{i}{2}\right) = \\ &= \frac{N}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1} i - \frac{1}{2(N-1)}\sum_{i=1}^{N-1} i^2 - \frac{1}{2(N-1)}\sum_{i=1}^{N-1} i = \\ &= \frac{2N-1}{2(N-1)}\sum_{i=1}^{N-1} i - \frac{1}{2(N-1)}\sum_{i=1}^{N-1} i^2 = \\ &= \frac{2N-1}{2(N-1)}\cdot\frac{N(N-1)}{2} - \frac{1}{2(N-1)}\cdot\frac{2(N-1)^3+3(N-1)^2+(N-1)}{6} \end{aligned}$$

оскільки

$$1^2 + 2^2 + \cdots + n^2 = \frac{2n^3+3n^2+n}{6}, \quad n \in \mathbb{N}.$$

Отже,

$$\begin{aligned} Q(N) &= \frac{N(2N-1)}{4} - \frac{2(N-1)^2+3(N-1)+1}{12} = \\ &= \frac{1}{12}\left(6N^2 - 3N - 2N^2 + 4N - 2 - 3N + 3 - 1\right) = \\ &= \frac{1}{12}\left(4N^2 - 2N\right) \approx \frac{1}{3}N^2 = O(N^2). \end{aligned}$$

Зауваження
Середній випадок часто дуже близький до найгіршого .

Сортування і злиття списків (лекція 15-16)

Сортування списків

Задачі пошуку
Нехай у лінійному списку потрібно знайти певний елемент.
Послідовний пошук

- Переглядається кожен елемент лінійного списку, поки не знайдеться потрібний.
- Єдиний можливий алгоритм пошуку, якщо список **НЕ впорядкований**
  - *найкращий* випадок - шуканий елемент *перший* у списку;
  - *найгірший* випадок - шуканий елемент *останній* у списку.

Інші алгоритми пошуку

- Для **впорядкованого** лінійного списку існують більш ефективні алгоритми пошуку.

Сортування методом вибору

Сортування списку - задача перестановки елементів списку у визначеному порядку.

Сортування списку методом вибору елемента

- *мінімального* - якщо сортуємо за не спаданням;
- *максимального* - якщо сортуємо за не зростанням.

Алгоритми

- При поточному перегляді списку вибирається найменший/найбільший елемент із тих, що ще невпорядковані.
- Після цього здійснюється обмін місцями поточного елементу і знайденого найменшого/найбільшого.
- Далі береться наступний елемент і знову здійснюється аналогічний пошук.
- Список переглядається на один раз менше, ніж кількість елементів у ньому.
- При кожному перегляді, може відбутися не більше одного обміну.
- Необхідна кількість порівнянь Q = N(N-1)/2=O(n^2)
- Не вимагає додаткової пам'яті

B =< 20, 10, 8, −5, 7 >, B’ =< >
B =< 10, 8, 20, 7 >, B’ =< −5 >
B =< 8, 20, 10 >, B’ =< −5, 7 >
B =< 20, 10 >, B’ =< −5, 7, 8 >
B =< 20 >, B’ =< −5, 7, 8, 10 >
B =< >, B’ =< −5, 7, 8, 10, 20 >

Сортування вставкою

Алгоритм

базується на додаванні чергового елементу в потрібне місце вже відсортованого списку.

- 1-ий елемент вважається відсортованим списком довжини 1.
- До нього у потрібне місце додається 2-ий елемент вихідного списку.
- На наступному кроці у потрібне місце додається 3-ій елемент вихідного списку.
- Цей процес повторюється до тих пір, поки всі елементи вихідного списку не опиняться у відсортованій частині списку.
- При сортуванні вставкою потрібно N^2 порівнянь.
- Не вимагає додаткової пам'яті

B =< 20, −5, 10, 8, 7 >, B’ =< >
B =< −5, 10, 8, 7 >, B’ =< 20 >
B =< 10, 8, 7 >, B’ =< −5, 20 >
B =< 8, 7 >, B’ =< −5, 10, 20 >
B =< 7 >, B’ =< −5, 8, 10, 20 >
B =< > B’ =< −5, 7, 8, 10, 20 >

Сортування Неймана (метод бульбашки)

Алгоритм

полягає у виштовхуванні менших значень на початок списку в той час, як більші значення опускаться в кінець списку.

- При кожному проході по списку відбувається порівняння двох елементів.
- Якщо порядок сусідніх елементів неправильний, то вони міняться місцями.
- При кожному переході ближче до самого місця просуваються зразу декілька елементів, але гарантовано займає правильне положення лише один.
- Якщо на певному проході не відбувається жодної перестановки елементів, то всі вони розміщені в потрібному порядку.
- У *найкращому випадку* (список є відсортованим по зростанню) потрібно виконати N-1 порівнянь.
- У *найгіршому випадку* (список є відсортованим по спаданню) потрібно виконати ~ 0,5 * N^2 порівнянь.
- Примітивний і повільний алгоритм сортування

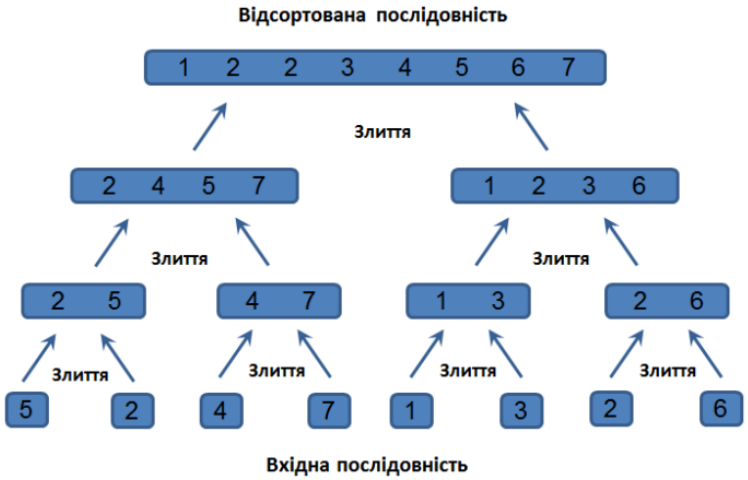
$$B =< 20, -5, 10, 8, 7 >$$
$$B1 =< -5, 10, 8, 7, 20 >$$
$$B2 =< -5, 8, 7, 10, 20 >$$
$$B3 =< -5, 7, 8, 10, 20 >$$

Сортування шляхом злиття

Алгоритм

рекурсивний алгоритм сортування, в основі якого лежить злиття двох упорядкованих ділянок масиву в дну впорядковану ділянку іншого масиву.

- Вихідний список розбивається на половинки, доки у кожному підсписку опиниться лише один елемент (список з одного елементу вже впорядкований).
- Отримані підмасиви зливаються, формуючи відсортований білий масив.
- Проходи повторюються до тих пір, поки не буде сформована одна послідовність елементів списку.
- Необхідна кількість дій $Q = N * \log_2 (N)$.
- Є дуже ефективним і часто застосовується при великих N.

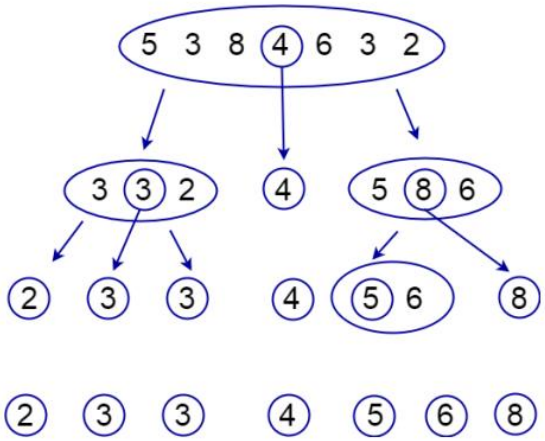


Швидке сортування поділом

Алгоритм

полягає в переставленні елементі списку таким чином, щоб його можна було розділити на дві частини і кожний елемент з першої частини був не більший за будь-який елемент з другої.

- Вибирається опорний елемент, який розділяє список на дві частини.
- Отримані підсписки частково впорядковуються: *лівий* містить елементи не більші за даний, *правий* - елементи не менші з даний.
- Далі до двох підсписків знову застосовується впорядкування швидким сортуванням.
- Необхідна кількість дій Q = 2N * ln (N).
- Вимагає додаткової пам'яті для виконання рекурсивної функції.



Сортування розподілом (за розрядами)

Алгоритм

полягає у впорядкуванні усіх елементів списку з розрядами: спочатку молодший, потім другий, третій і так далі аж до найстаршого.

- Процедура складається з двох процесів:
  a. *Розподіл.* Формуються допоміжні підсписки B0, B1,. . . , B9, що зберігають елементи, у яких m-ті розряди однакові.
  b. *Збирання.* Допоміжні підсписки B0, B1,. . . , B9 об'єднуються у цьому ж поряду, утворюючи єдиний список.
- Кількість дій, необхідних для сортування N t - цифрових чисел Q = Nt.
- Вимагає використання додаткової пам'яті для підсписків.

B =< 07, 18, 03, 52, 04, 06, 08, 05, 13, 42, 30, 35, 26 >

Розподіл - 1 (по останній цифрі):

B0 =< 30 >, B1 =< >, B2 =< 52, 42 >, B3 =< 03, 13 >, B4 =< 04 >,
B5 =< 05, 35 >, B6 =< 06, 26 >, B7 =< 07 >, B8 =< 18, 08 >, B9 =< > .

Збирання - 1:

B =< 30, 52, 42, 03, 13, 04, 05, 35, 06, 26, 07, 18, 08 > .

Розподіл - 1 (по другій справа цифрі):

B0 =< 03, 04, 05, 06, 07, 08 >, B1 =< 13, 18 >, B2 =< 26 >, B3 =< 30, 35 >,
B4 =< 42 >, B5 =< 52 >, B6 =<>, B7 =<>, B8 =<>, B9 =<> .

Збирання - 2:

B =< 03, 04, 05, 06, 07, 08, 13, 18, 26, 30, 35, 42, 52 > .

Задачі пошуку

Послідовний пошук

передбачає послідовний перегляд усіх елементів списку в порядку їхнього розташування, поки не знайдеться потрібний елемент.

- Якщо достовірно невідомо, чи такий елемент присутній в списку, то необхідно стежити за тим, щоб пошук не вийшов за межі списку.
- *Найгірший випадок* - шуканий елемент останній або його у списку взагалі *немає.*

Двійковий пошук

Алгоритм

полягає в порівнянні шуканого значення із центральним елементом списку.

1. Визначається центральний елемент у списку і порівнюється із шуканим.
2. Якщо вони співпадають, то елемент - знайдено.
3. У противному порядку - пошук продовжується в одній із половин списку.

- Застосовується **ЛИШЕ** для відсортованих списків.
- Необхідна кількість дії Q = log2 (N).

Двійкове дерево пошуку

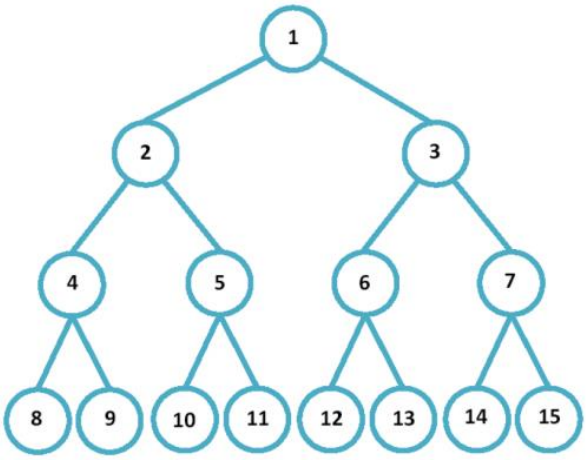
Двійкове (бінарне) дерево - це зв'язана структура, в якій кожен вузол (вершина) має не більше двох нащадків і лише одного батька.

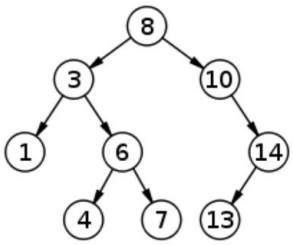
- На додаток до key і супутніх даних, кожен вузол містить атрибути left, right і p, які вказують на вузли, що відповідають лівій дитині, правій дитині і батькові, відповідно.
- Якщо дитини або батька немає, відповідний атрибут містить значення NULL.

Корінь дерева - найвищий вузол двійкового дерева (у нього відсутній вузол-батько).

- Єдиний вузол у дереві.батько якого NULL.

Повне двійкове дерево - це двійкове дерево, в якому кожен вузол має двох нащадків.





Властивість двійкового дерева пошуку

Нехай x - це вузол двійкового дерева пошуку.

- Якщо y - вузол лівого піддерева, то y.key <= 6 x.key.
- Якщо y - вузол правого піддерева, то y.key => 6 x.key.

Сортування серединним обходом дерева
В такому алгоритмі кожна вершина виводиться між виведенням лівої та правої дитини.

- Вивести значення ключів лівого піддерева.
- Вивести ключ кореня.
- Вивести значення ключів правого піддерева.

B =< 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 14 >

Пошук у двійковому дереві пошуку
Для пошуку вузла із заданим ключем використовуються процедуру, яка отримує вказівник на корінь дерева, ключ k та повертає вказівник на вузол із ключем k, якщо такий існує, або NULL.

- Пошук починається з коренів і рухається вниз по дереву.
- Для кожного зустрічного вузла x його ключ порівнюється з ключем k.
- Якщо k == x.key, пошук завершується.
- Якщо k < x.key, пошук продовжується у *лівому* піддереві.
- Якщо k > x.key, пошук продовжується у *правому* піддереві.

Зауваження
Час виконання такої процедури становить O(h), де h - висота дерева.