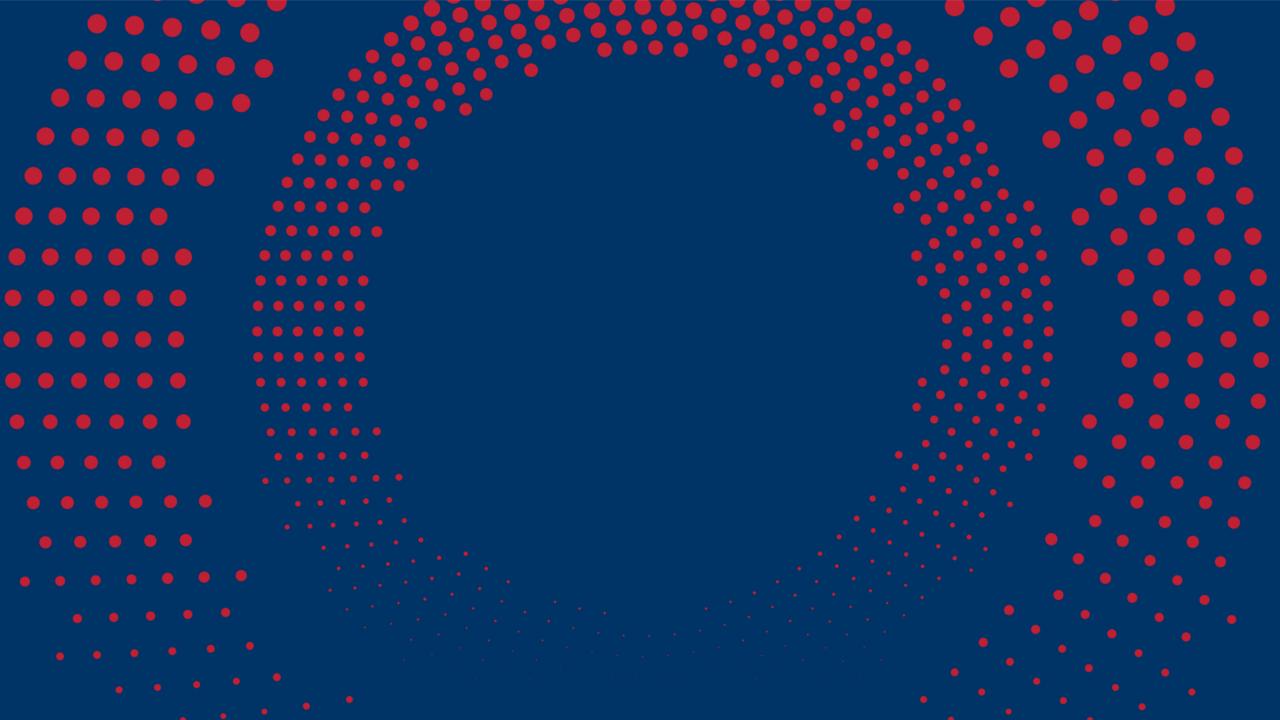
# HUST

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI HANOI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ONE LOVE. ONE FUTURE.





## THUẬT TOÁN ỨNG DỤNG

Giới thiệu chung Thư viện cấu trúc dữ liệu

ONE LOVE. ONE FUTURE.

### NỘI DUNG

- Giới thiệu chung
- Thư viện cấu trúc dữ liệu STL trong C++



#### GIỚI THIỆU CHUNG

- Mục tiêu học phần
  - Tiếp cận một số cấu trúc dữ liệu và thuật toán nâng cao
  - Úng dụng các kỹ thuật thuận toán và cấu trúc dữ liệu hiệu quả vào việc giải các bài toán tính toán phức tạp
  - Phân tích hiệu quả của thuật toán
  - Rèn luyện kỹ năng thực hành lập trình thuật toán
- Thực hành
  - Lập trình giải các bài toán tính toán ứng dụng
  - Nộp (Submit) source code lên hệ thống chấm điểm tự động qua các testcase
    - Mỗi bài tập sẽ được mô tả chi tiết về phát biểu bài toán, định dạng dữ liệu vào và kết quả đầu ra



#### GIỚI THIỆU CHUNG

- Chủ đề
  - Quay lui, nhánh và cận
  - Cấu trúc dữ liệu: ngăn xếp (stack), hàng đợi (queue), tập hợp (set), các tập rời nhau (disjoint set), hàng đợi ưu tiên (priority queue), cây phân đoạn (segment tree),
  - Kỹ thuật mảng cộng dồn, kỹ thuật 2 con trỏ, biểu diễn và xử lý trên bit
  - Thuật toán tham lam, chia để trị, quy hoạch động
  - Thuật toán trên đồ thị: DFS, BFS, Strongly Connected Components, Shortest Path, Minimum Spanning Tree, Max-Flow, Max-Matching
  - Thuật toán hình học
  - Thuật toán xử lý xâu



- Cho 2 số nguyên a và b, hãy tính tổng của 2 số đó.
- Dữ liệu
  - Dòng 1 chứa 2 số nguyên a và b (0 <= a, b <= 10<sup>19</sup>)
- Kết quả
  - Ghi ra giá trị là tổng của a và b

Stdin	Stdout
3 5	8

- Cho 2 số nguyên a và b, hãy tính tổng của 2 số đó.
- Dữ liệu
  - Dòng 1 chứa 2 số nguyên a và b (0 <= a, b <= 10<sup>19</sup>)
- Kết quả
  - Ghi ra giá trị là tổng của a và b

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main(){
  int a,b;
  cin >> a >> b;
  int res = a + b;
  cout << res;
  return 0;
}</pre>
```

- Cho 2 số nguyên a và b, hãy tính tổng của 2 số đó.
- Dữ liệu
  - Dòng 1 chứa 2 số nguyên a và b (0 <= a, b <= 10<sup>19</sup>)
- Kết quả
  - Ghi ra giá trị là tổng của a và b

- Cho 2 số nguyên a và b, hãy tính tổng của 2 số đó.
- Dữ liệu
  - Dòng 1 chứa 2 số nguyên a và b (0 <= a, b <= 10<sup>19</sup>)
- Kết quả
  - Ghi ra giá trị là tổng của a và b

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main(){
  unsigned long long a,b;
  cin >> a >> b;
  unsigned long long res = a + b;
  cout << res;
  return 0;
}</pre>
```

- Cho 2 số nguyên a và b, hãy tính tổng của 2 số đó.
- Dữ liệu
  - Dòng 1 chứa 2 số nguyên a và b (0 <= a, b <= 10<sup>19</sup>)
- Kết quả
  - Ghi ra giá trị là tổng của a và b

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main(){
  unsigned long long a,b;
  cin >> a >> b;
  unsigned long long res = a + b;
  cout << res;
  return 0;
}</pre>
```

- Cho 2 số nguyên a và b, hãy tính tổng của 2 số đó.
- Dữ liệu
  - Dòng 1 chứa 2 số nguyên a và b (0 <= a, b <= 10<sup>19</sup>)
- Kết quả
  - Ghi ra giá trị là tổng của a và b

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main(){
    unsigned long long a,b, a1, b1,a2,b2;
    cin >> a >> b;
    a1=a/10;
               b1=b/10;
    a2 = a\%10; b2 = b\%10;
    unsigned long long c1 = a1+b1+(a2+b2)/10;
    unsigned long long c2 = (a2+b2)%10;
    if(c1 > 0) cout << c1 << c2;
    else cout << c2;</pre>
                                    SOLVED!!
    return 0;
```

- Thư viện STL của C++
  - Vector, List
  - String
  - Stack, Queue
  - Set
  - Map
  - Priority queue cài the ngheap



- Mảng động
  - Lưu các phần tử tuyến tính
  - Các thao tác: truy cập, thêm mới, loại bỏ các phần tử

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  vector<int> V;
  V.push_back(1); V.push_back(2);
  for(int i = 3; i \leftarrow 10; i++) V.push back(i);
  for(int i = 0; i < V.size(); i++) cout << V[i] << " ";
  cout << endl;</pre>
  V.erase(V.begin(), V.begin() + 3);
  for(int i = 0; i < V.size(); i++) cout << V[i] << " ";
  cout << endl;</pre>
```

#### iteretor<int>

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
4 5 6 7 8 9 10
```



iterator: contr tr nph nt trong vector



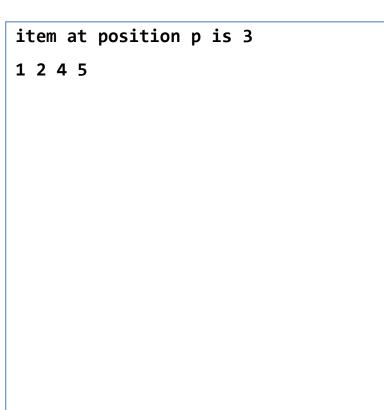
• Danh sách liên kết đôi

- duy t qua danh sách liên k t dùng con tr list<int>::iterator p
- Lưu các phần tử tuyến tính
- Các thao tác: thêm phần tử vào đầu, cuối, vào sau 1 vị trí, loại bỏ 1 phần tử khỏi danh sách

```
1 2 6 6 3 4 5
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  list<int> L;
  for(int v = 1; v \leftarrow 5; v++) L.push back(v);
  list<int>::iterator p; //placontr tr vào các ph nt trong danh sách
  p = L.begin();
  advance(p,2); //ti n con tr lên 2v trí
  L.insert(p,2,6);//insert 2 occurrences of 6 after position p
  for(p = L.begin(); p!= L.end(); p++) cout << *p << " ";
```

- Danh sách liên kết đôi
  - Lưu các phần tử tuyến tính
  - Các thao tác: thêm phần tử vào đầu, cuối, vào sau 1 vị trí, loại bỏ 1 phần tử khỏi danh sách

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  list<int> L;
  for(int v = 1; v \leftarrow 5; v++) L.push back(v);
  list<int>::iterator p;
  p = L.begin(); advance(p,2);
  cout << "item at position p is " << *p << endl;</pre>
  L.erase(p);//remove the item at position p
  for(p = L.begin(); p!= L.end(); p++) cout << *p << " ";
```



- Biểu diễn chuỗi các ký tự
- Thao tác: gán, ghép xâu, thay thế xâu con, trích xuất xâu con,...

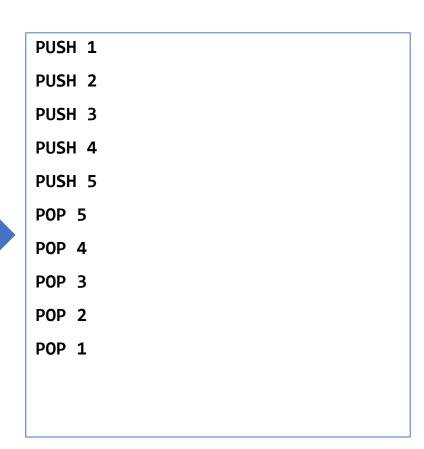
```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  string s1 = "hello";
  string s2 = s1 + " world";
  cout << "s1 = " << s1 << ", s2 = " << s2 << endl;
  string ss = s2.substr(2,6);
  cout << "s2 = " << s2 << ", length = " << s2.length() << endl;</pre>
  cout << "s2.substring(2,6) = " << ss << endl;</pre>
  s2.replace(6, 5, "abc");
  cout << "new s2 = " << s2 << endl;</pre>
```

```
s1 = hello, s2 = hello world
s2 = hello world, length = 11
s2.substring(2,6) = llo wo
new s2 = hello abc
```



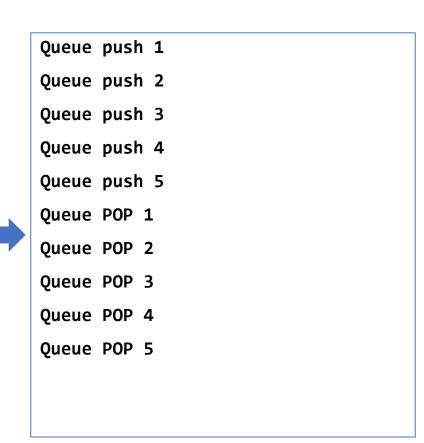
- Cấu trúc tuyến tính
- Thao tác: thêm và loại bỏ phần tử với nguyên tắc Last In First Out LIFO

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  stack<int> S;
  for(int i = 1; i <= 5; i++){
    S.push(i); cout << "PUSH " << i << endl;</pre>
  while(!S.empty()){
    int e = S.top(); S.pop(); cout << "POP " << e << endl;
```



- Cấu trúc tuyến tính
- Thao tác: thêm và loại bỏ phần tử với nguyên tắc First In First Out FIFO

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  queue<int> Q;
  for(int e = 1; e <= 5; e++){
    Q.push(e); cout << "Queue push " << e << endl;</pre>
  while(!Q.empty()){
    int e = Q.front(); Q.pop(); cout << "Queue POP " << e << endl;</pre>
```



- Lưu các phần tử không lặp giá trị
   không cs px p
- Thao tác: thêm, loại bỏ, tìm kiếm thực hiện nhanh

```
#include <bits/stdc++.h>
                                                                                 abc def xyz
using namespace std;
int main() {
  set<string> S;
  S.insert("abc"); S.insert("def"); S.insert("xyz");
  S.insert("abc");
  set<string>::iterator p;
                           duy teác ph n t c a set dùng iterator
  for(p = S.begin(); p != S.end(); p++) cout << *p << " ";</pre>
  cout << endl;</pre>
```

- Lưu các phần tử không lặp giá trị **cây AVL**
- Thao tác: thêm, loại bỏ, tìm kiếm thực hiện nhanh

```
#include <bits/stdc++.h>
                                                                                  xau def exists in S
using namespace std;
int main() {
  set<string> S;
  S.insert("abc"); S.insert("def"); S.insert("xyz");
  string s1 = "def";
  set<string>::iterator p = S.find(s1);
  if(p == S.end())
    cout << "xau " << s1 << " does not exist" << endl;</pre>
  else
    cout << "xau " << s1 << " exists in S" << endl;</pre>
```

- Lưu các phần tử không lặp giá trị
- Thao tác: thêm, loại bỏ, tìm kiếm thực hiện nhanh

```
#include <bits/stdc++.h>
                                                                                  abc def
using namespace std;
int main() {
  set<string> S;
  S.insert("abc"); S.insert("def"); S.insert("xyz");
  string s1 = "xyz";
  S.erase(s1);
  set<string>::iterator p;
  for(p = S.begin(); p != S.end(); p++) cout << *p << " ";
  cout << endl;</pre>
```

• Cấu trúc set trong C++ cung cấp hàm upper\_bound(k): trả về con trỏ đến phần tử nhỏ nhất mà lớn hơn k trong tập hợp. Nếu k lớn hơn hoặc bằng phần tử lớn nhất thì hàm trả về con trỏ đến vị trí sau phần tử cuối cùng của tập hợp

bàitoán truy v n các ph n t nh nh t còn l n h n 1 s .

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  set<int> S;
  for(int v = 1; v <= 5; v++) S.insert(2*v);
  set<int>::iterator p = S.upper bound(3);
  cout << "upper_bound(3) = " << *p << endl;</pre>
  p = S.upper bound(4);
  cout << "upper bound(4) = " << *p << endl;</pre>
  p = S.upper bound(10);
  if(p == S.end()) cout << "no upper bound of 10" << endl;</pre>
```

```
upper bound(3) = 4
upper bound(4) = 6
no upper bound of 10
```

• Cấu trúc set trong C++ cung cấp hàm lower\_bound(k): trả về con trỏ đến phần tử có giá trị bằng k (nếu k thuộc tập hợp) hoặc phần tử nhỏ nhất mà lớn hơn k trong tập hợp (nếu k không thuộc tập hợp). Nếu k lớn hơn phần tử lớn nhất thì hàm trả về con trỏ đến vị trí sau phần tử cuối cùng của tập hợp

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
int main() {
  set<int> S;
  for(int v = 1; v <= 5; v++) S.insert(2*v);
  set<int>::iterator p = S.lower bound(3);
  cout << "lower bound(3) = " << *p << endl;</pre>
  p = S.lower bound(4);
  cout << "lower bound(4) = " << *p << endl;</pre>
  p = S.lower bound(11);
  if(p == S.end()) cout << "no lower bound of 11" << endl;</pre>
  else cout << "lower bound of 11 = " << *p << endl;
```

```
lower_bound(3) = 4
lower_bound(4) = 4
no lower_bound of 11
```

- Cấu trúc dữ liệu lưu cặp khóa, giá trị
- Thao tác: thêm cặp khóa, giá trị; truy vấn giá trị tương ứng với 1 khóa cho trước.

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
                     string ki ud li uc akhóa
int main() {
 map<string, int> M; int ki ud li uc avalue
                                                  (key,value)
 M["abc"] = 1; M["def"] = 2; M["xyzt"] = 10;
 string k = "abc";
 cout << "value of key " << k << " = " << M[k] << endl;</pre>
 for(map<string,int>::iterator p = M.begin(); p != M.end(); p++)
    cout << p->first << " is mapped to value " << p->second << endl;</pre>
 string k1 = "1234";
 cout << "value of " << k1 << " = " << M[k1] << endl;</pre>
```

```
value of key abc = 1
xyzt is mapped to value 10
abc is mapped to value 1
def is mapped to value 2
value of 1234 = 0
```



#### THƯ VIỆN CẤU TRÚC DỮ LIỆU STL TRONG C++ - Priority Queue

• Lưu các phần tử, truy xuất phần tử có khóa lớn nhất/nhỏ nhất một cách hiệu quả cài thọng heap

```
#include <bits/stdc++.h>
#define pii pair<int,int>
using namespace std;
int main() {
  priority_queue<int> pq;
                               pq.push(100);
  pq.push(5); pq.push(1);
                                                  pq.push(30);
  while(!pq.empty()){
    int e = pq.top(); pq.pop();
    cout << "pq pop " << e << endl;</pre>
```

```
pq pop 100
pq pop 30
pq pop 5
pq pop 1
```

#### THƯ VIỆN CẤU TRÚC DỮ LIỆU STL TRONG C++ - Priority Queue

• Lưu các phần tử, truy xuất phần tử có khóa lớn nhất/nhỏ nhất một cách hiệu quả

```
#include <bits/stdc++.h>
#define pii pair<int,int>
using namespace std;
int main() {
  priority_queue<pii> PQ;
  PQ.push(make pair(4,-40));
  PQ.push(make pair(1,-10));
  PQ.push(make pair(9,-900));
  while(!PQ.empty()){
    pii e = PQ.top(); PQ.pop();
    cout << "PQ pop (" << e.first << "," << e.second << ")" << endl;</pre>
```

```
PQ pop (9,-900)
PQ pop (4, -40)
PQ pop (1,-10)
```

#### THƯ VIỆN CẤU TRÚC DỮ LIỆU STL TRONG C++ - Priority Queue

• Lưu các phần tử, truy xuất phần tử có khóa lớn nhất/nhỏ nhất một cách hiệu quả

```
poplà hàng i utiên lucácc p < int, int>
#include <bits/stdc++.h>
#define pii pair<int,int>
                           utiên lucácc p có khóanh hn
using namespace std;
                          (khóam c nh làph n t
                                                      u tiên)
int main() {
 priority_queue<pii, vector<pii>, greater<pii> > PQ;
 PQ.push(make pair(4,-40));
 PQ.push(make pair(1,-10));
 PQ.push(make pair(9,-900));
 while(!PQ.empty()){
   pii e = PQ.top(); PQ.pop();
   cout << "PQ pop (" << e.first << "," << e.second << ")" << endl;</pre>
```

```
PQ pop (1,-10)
PQ pop (4, -40)
PQ pop (9,-900)
```



### THANK YOU!