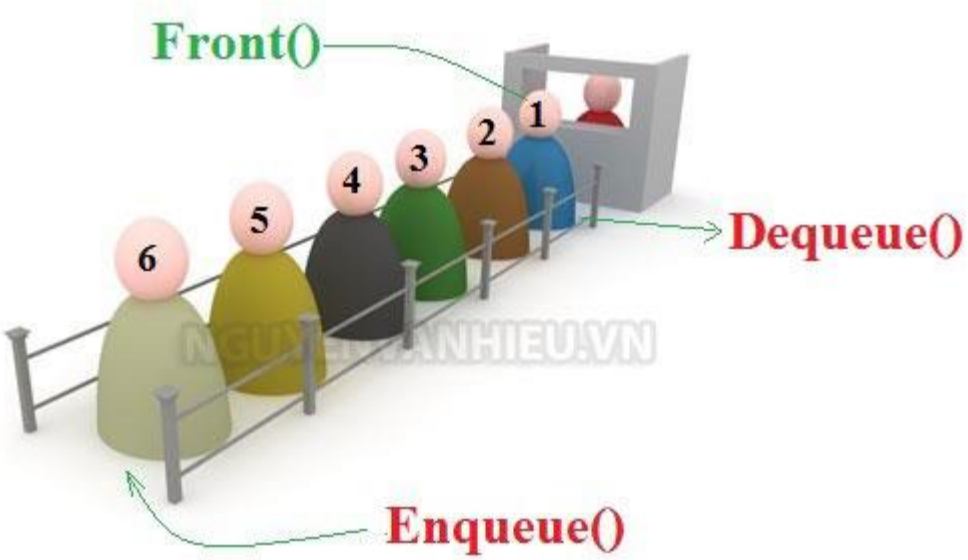
Hàng đợi – Queue

Ở bài này chúng ta sẽ tìm hiểu về cấu trúc dữ liệu Hàng đợi(Queue). Đây là cấu trúc dữ liệu đặc biệt không cho phép truy cập trực tiếp tới các phần tử ở giữa. Bài này sẽ trình bày cho các bạn lý thuyết về hàng đợi, cách cài đặt hàng đợi và một số biến thể của hàng đợi trong C/C++.

1. Lý thuyết về hàng đợi

Hàng đợi(tiếng anh: Queue) là một cấu trúc dữ liệu dùng để lưu giữ các đối tượng theo cơ chế **FIFO** (viết tắt từ tiếng Anh: *First In First Out*), nghĩa là "vào trước ra trước".

Hình ảnh về hàng đợi rất hay gặp trong đời sống hàng ngày, hình ảnh việc xếp hàng dưới đây là một mô phỏng dễ hiểu nhất cho cấu trúc dữ liệu hàng đợi(queue): Người vào đầu tiên sẽ được tiến đón đầu tiên;Người mới vào bắt buộc phải xếp hàng ở phía cuối.



Cấu trúc dữ liệu hàng đợi

Trong cấu trúc hàng đợi(queue), ta chỉ có thể thêm các phần tử vào một đầu của queue(giả sử là cuối), và cũng chỉ có thể xóa phần tử ở đầu còn lại của queue(tạm gọi là đầu). Như vậy, ở một đầu không thể xảy ra hai hành động thêm và xóa đồng thời.

Như vậy, với cấu trúc Hàng đợi(Queue), chúng ta có các chức năng sau:

- **EnQueue**: Thêm phần tử vào cuối*(rear)* của Queue.
- **DeQueue**: Xóa phần tử khỏi đầu*(front)* của Queue. Nếu Queue rỗng thì thông báo lỗi.
- **IsEmpty**: Kiểm tra Queue rỗng.
- **Front**: Lấy giá trị của phần tử ở đầu*(front)* của Queue. Lấy giá trị không làm thay đổi Queue.

2. Cài đặt hàng đợi bằng mảng

Ở mục này, chúng ta sẽ thực hiện cài đặt các chức năng của Queue đã nói ở phần trước. Mục này tôi sẽ cùng các bạn đi cài đặt queue bằng mảng, bởi vì nó sẽ đơn giản hơn, giúp các bạn dễ hiểu hơn. Các cách cài đặt khác sẽ được trình bày ở phần sau.

Để cài đặt được Queue, chúng ta sẽ cần sử dụng các biến như sau:

- *queue[]*: Một mảng một chiều mô phỏng cho hàng đợi
- *arraySize*: Số lượng phần tử tối đa có thể lưu trữ trong *queue[]*
- *front*: Chỉ số của phần tử ở đang đầu queue. Nó sẽ là chỉ số của phần tử sẽ bị xóa ở lần tiếp theo
- *rear*: Chỉ số của phần tử tiếp theo sẽ được thêm vào cuối của queue

Bây giờ ta sẽ đi vào cài đặt từng chức năng của Hàng đợi:

2.1. Enqueue – Thêm vào cuối hàng đợi

Nếu hàng đợi chưa đầy, chúng ta sẽ thêm phần tử cần thêm vào cuối*(rear)* của hàng đợi. Ngược lại, thông báo lỗi.

Các bạn lưu ý, `rear` là chỉ số của phần tử sẽ được thêm ở lần tiếp theo. Do đó, thêm xong rồi ta mới tăng `rear` lên 1 đơn vị. Giá trị `rear` cần thay đổi nên được truyền theo tham chiếu.

```
void Enqueue(int queue[], int element, int& rear, int arraySize) {
    if(rear == arraySize)            // Queue is full
            printf("OverFlow\n");
    else{
         queue[rear] = element;    // Add the element to the back
         rear++;
    }
}
```

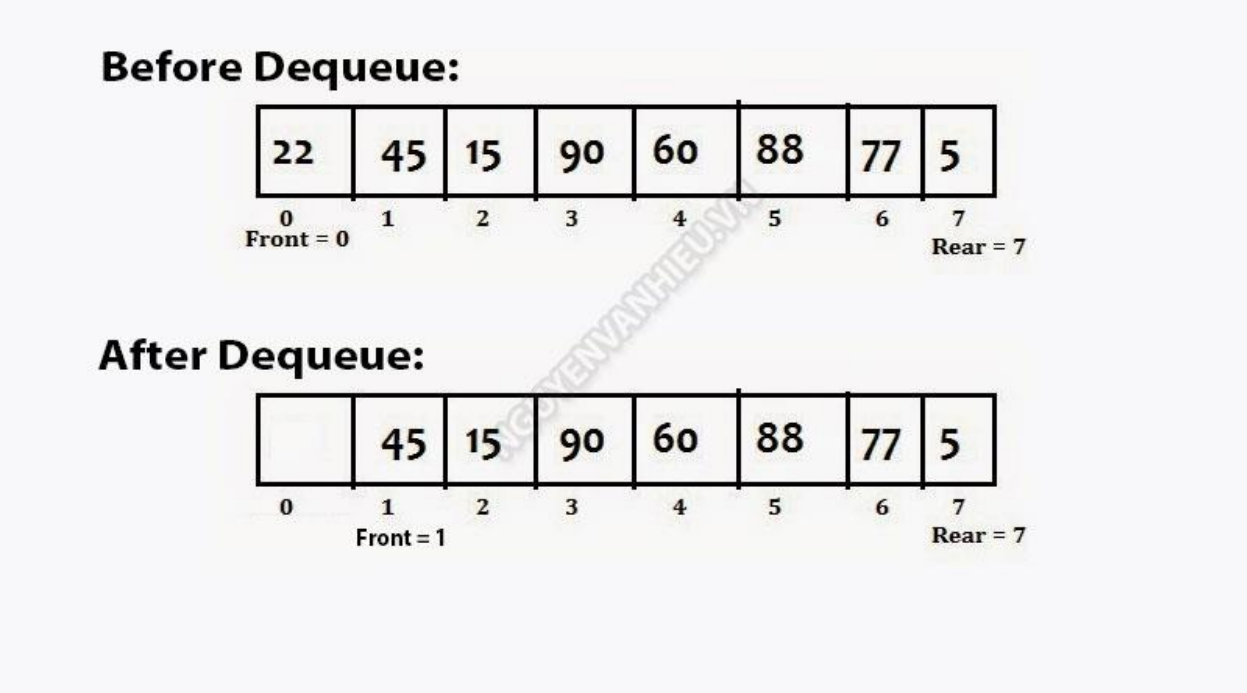
2.2. Dequeue – Xóa khỏi đầu hàng đợi

Nếu hàng đợi có ít nhất 1 phần tử, chúng ta sẽ tiến hành xóa bỏ phần tử ở đầu của hàng đợi bằng cách tăng `front` lên 1 giá trị.

Ở đây, `front` đang là chỉ số của phần tử sẽ bị xóa rồi. Cho nên chỉ cần tăng là xong, đó cũng là lý do ta cần truyền tham số `front` sử dụng tham chiếu.

```
void Dequeue(int queue[], int& front, int rear) {
    if(front == rear)            // Queue is empty
        printf("UnderFlow\n");
    else {
        queue[front] = 0;        // Delete the front element
        front++;
    }
}
```

Tới đây chắc nhiều bạn thắc mắc tại sao lại tăng `front` mà không phải là giảm. Các bạn xem giải thích ở hình sau nhé:



Lý giải tại sao tăng front khi dequeue

2.3. Front – Lấy giá trị ở đầu hàng đợi

Hàm này sẽ lấy và trả về giá trị của phần tử đang ở đầu hàng đợi

```
int Front(int queue[], int front) {
    return queue[front];
}
```

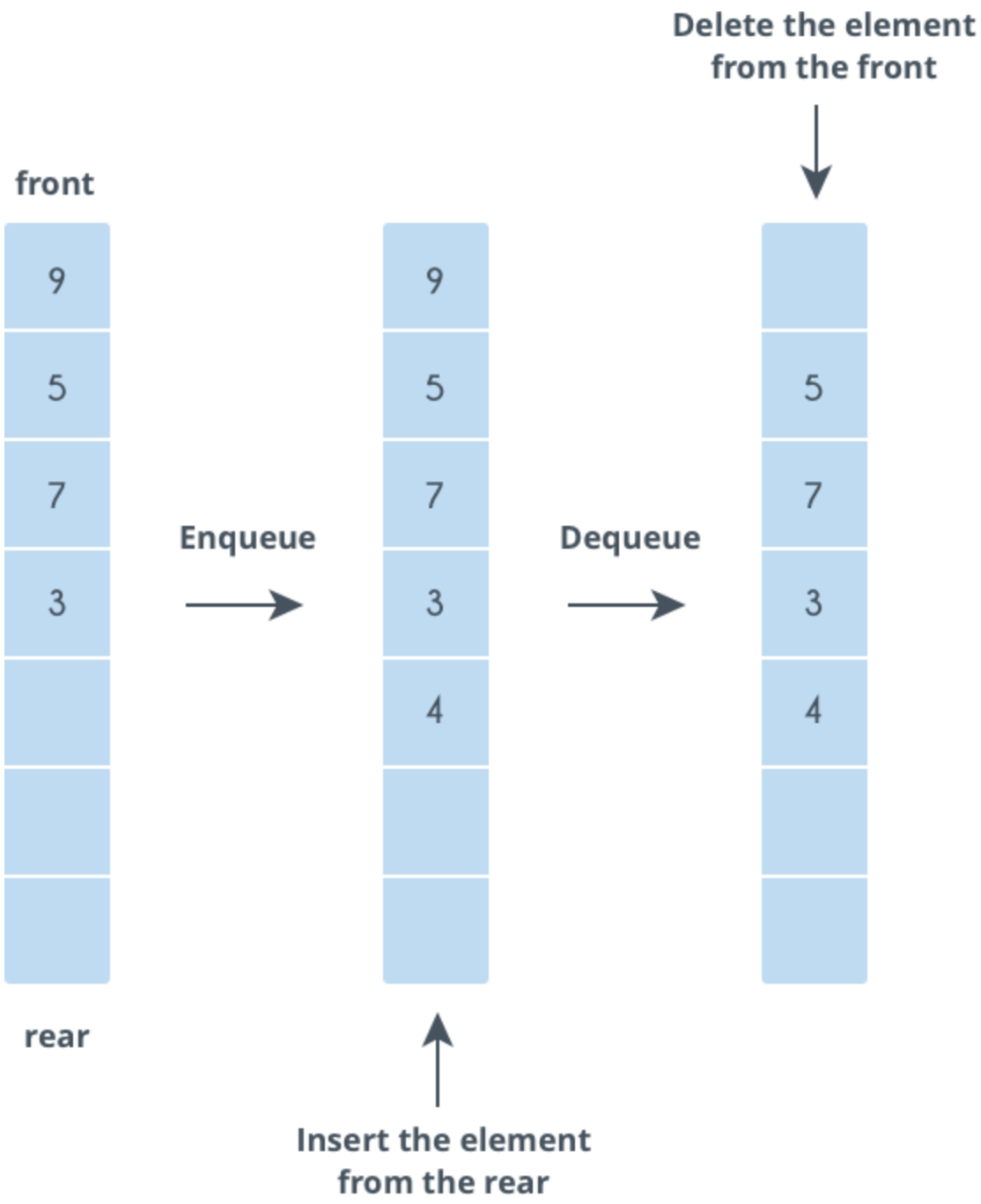
2.4. Các hàm hỗ trợ khác

Hàm lấy kích thước của Hàng đợi, nói cách khác là số lượng phần tử đang có trên hàng đợi

```
int Size(int front, int rear) {
    return (rear - front);
}
```

Hàm kiểm tra queue rỗng

```
bool IsEmpty(int front, int rear) {
    return (front == rear);
}
```



Cơ chế hoạt động của hàng đợi(chỉ số tăng theo chiều từ trên xuống dưới)

3. Ứng dụng của hàng đợi

Để thấy được vai trò của cấu trúc dữ liệu queue cũng như hiểu hơn về nó. Chúng ta sẽ đi vào một bài toán cụ thể như sau:

Bạn có một chuỗi ký tự. Hãy lấy ký tự ở đầu của chuỗi và thêm nó vào cuối chuỗi. Hãy cho tôi thấy sự thay đổi của chuỗi sau khi thực hiện hành động trên N lần.

Ý tưởng: Chuỗi ký tự trên có thể xem xét như là một hàng đợi. Tại mỗi bước, chúng ta sẽ dequeue(xóa) phần tử ở đầu chuỗi và thực hiện enqueue(thêm) phần tử đó cuối chuỗi. Lặp lại N lần bước công việc này, chúng ta sẽ có câu trả lời.

Lời giải:

```
#include <iostream>
#include <cstdio>

using namespace std;

void Enqueue(char queue[], char element, int& rear, int arraySize) {
    if(rear == arraySize)            // Queue is full
        printf("OverFlow\n");
    else {
        queue[rear] = element;    // Add the element to the back
        rear++;
    }
}


void Dequeue(char queue[], int& front, int rear) {
    if(front == rear)            // Queue is empty
        printf("UnderFlow\n");
    else {
        queue[front] = 0;        // Delete the front element
        front++;
    }
}

char Front(char queue[], int front) {
    return queue[front];
}


int main() {
    char queue[20] = {'a', 'b', 'c', 'd'};
    int front = 0, rear = 4;
    int arraySize = 20;               // Size of the array
```

```
    int N = 3;                    // Number of steps
    char ch;
    for(int i = 0;i < N;++i) {
        ch = Front(queue, front);
        Enqueue(queue, ch, rear, arraySize);
        Dequeue(queue, front, rear);
    }
    for(int i = front;i < rear;++i)
        printf("%c", queue[i]);
    printf("\n");
    return 0;
}#include <iostream>
#include <cstdio>

using namespace std;

void Enqueue(char queue[], char element, int& rear, int arraySize) {
    if(rear == arraySize)            // Queue is full
        printf("OverFlow\n");
    else {
        queue[rear] = element;    // Add the element to the back
        rear++;
    }
}


void Dequeue(char queue[], int& front, int rear) {
    if(front == rear)            // Queue is empty
        printf("UnderFlow\n");
    else {
        queue[front] = 0;        // Delete the front element
        front++;
    }
}

char Front(char queue[], int front) {
    return queue[front];
}


int main() {
    char queue[20] = {'a', 'b', 'c', 'd'};
    int front = 0, rear = 4;
    int arraySize = 20;                // Size of the array
    int N = 3;                    // Number of steps
```

```
    char ch;
    for(int i = 0;i < N;++i) {
        ch = Front(queue, front);
        Enqueue(queue, ch, rear, arraySize);
        Dequeue(queue, front, rear);
    }
    for(int i = front;i < rear;++i)
        printf("%c", queue[i]);
    printf("\n");
    return 0;
}
```

4. Các biến thể của Queue

Trong mục này, chúng ta sẽ đi tìm hiểu về 2 biến thể khác của hàng đợi. Các biến thể này là cải tiến của hàng đợi tiêu chuẩn phía trên nhưng vẫn tuân thủ quy luật của hàng đợi. Các biến thể này có ưu điểm hơn và tính ứng dụng tốt hơn.

1. Double-ended queue(Hàng đợi 2 đầu)
2. Circular queue(Hàng đợi vòng)

4.1. Hàng đợi 2 đầu

Trong hàng đợi tiêu chuẩn phía trên, dữ liệu được thêm ở cuối và xóa đi ở đầu của hàng đợi. Nhưng với Double-ended queue, dữ liệu có thể thêm hoặc xóa ở cả đầu(front) và cuối(rear) của hàng đợi.

Nào, hãy cùng tôi đi cài đặt các hàm cho các chức năng của queue 2 đầu nào.

Thêm dữ liệu vào cuối queue

Thêm dữ liệu vào cuối queue

```
void InsertAtBack(int queue[], int element, int &rear, int array_size){
    if(rear == array_size)
        printf("Overflow\n");
    else{
        queue[rear] = element;
        rear = rear + 1;
    }
}
```

Xóa dữ liệu ở cuối queue

```
void DeleteFromBack(int queue[], int &rear, int front){
    if(front == rear)
        printf("Underflow\n");
    else{
        rear = rear - 1;
        queue[rear] = 0;
    }
}
```

Thêm dữ liệu vào đầu queue

```
void InsertAtFront(int queue[], int &rear, int &front, int element, int array_size){
    if(rear == array_size)
        printf("Overflow\n");
    else{
        for(int i=rear; i>front; i--)
            queue[i] = queue[i-1];
        queue[front] = element;
        rear = rear+1;
    }
}
```

Xóa dữ liệu ở đầu queue

```
void DeleteAtFront(int queue[], int &front, int &rear){
    if(front == rear)
        printf("Underflow\n");
    else{
        queue[front] = 0;
        front = front + 1;
    }
}
```

Lấy giá trị ở đầu queue

```
int GetFront(int queue[], int front){
    return queue[front];
}
```

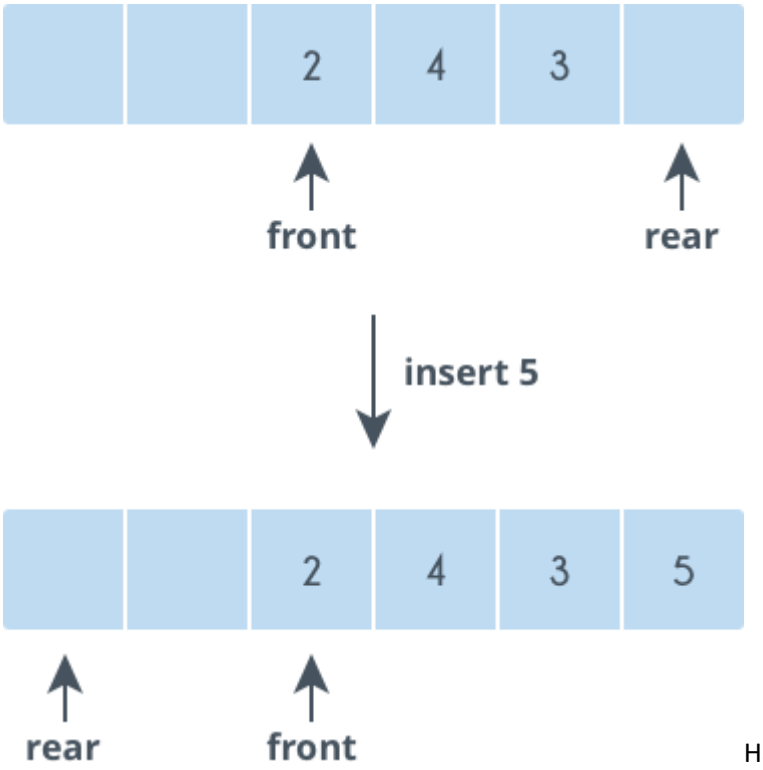
Lấy giá trị ở cuối queue

```
int GetRear(int queue[], int rear){
    return queue[rear-1];
}
```

Các hàm chức năng khác như **Size** và **IsEmpty** giống với hàng đợi tiêu chuẩn.

4.2. Hàng đợi vòng

Hàng đợi vòng là một cải tiến của hàng đợi tiêu chuẩn. Trong hàng đợi tiêu chuẩn, khi một phần tử bị xóa khỏi hàng đợi, các vị trí bị xóa đó sẽ không được tái sử dụng. Hàng đợi vòng sinh ra để khắc phục sự lãng phí này.



Hàng đợi vòng sử dụng lại các vị trí đã bị xóa ở đầu mảng

Trong khi thêm phần tử vào hàng đợi vòng, nếu chỉ số `rear` đã ở vị trí cuối của mảng, khi đó bạn vẫn có thể thêm vào hàng đợi bằng cách thêm vào phía đầu của mảng(đó là các vị trí ở đầu mảng đã bị xóa đi và chưa được dùng).

Để cài đặt hàng đợi vòng, ngoài các biến sử dụng trong hàng đợi tiêu chuẩn, chúng ta cần thêm một biến khác nữa để lưu số lượng phần tử đang có trong hàng đợi, đặt nó là `count`

Bây giờ chúng ta cùng đi viết các hàm cho hàng đợi vòng nhé.

Enqueue

```
void Enqueue(int queue[], int element, int& rear, int arraySize, int& count) {
    if(count == arraySize)            // Queue is full
            printf("OverFlow\n");
    else{
        queue[rear] = element;
        rear = (rear + 1)%arraySize;
        count = count + 1;
    }
}
```

Mình giải thích tại sao lại là `(rear + 1)%arraySize` : Giả sử khi `rear = arraySize - 1`, khi đó với hàng đợi tiêu chuẩn bạn sẽ không thể thêm nữa. Nhưng với hàng đợi vòng, ta sẽ thêm chừng nào `count != arraySize`. arraySize là số phần tử tối đa có thể có, do vậy, `count != arraySize` nghĩa là còn ô trống để insert vào queue. Chỉ số được insert vào queue như sau(giả sử **arraySize = 3** nhé):

- Nếu `rear` = 0, giá trị `rear` thực là (0 + 1) % 3 = 1
- Nếu `rear` = 1, giá trị `rear` thực là (1 + 1) % 3 = 2
- Nếu `rear` = 2, giá trị `rear` thực là (2 + 1) % 3 = 0

Các bạn nên nhớ: `rear` là chỉ số của phần tử sẽ được insert ở lần tiếp theo. Mỗi khi dequeue, `count` sẽ phải giảm đi 1. Ngược lại, nếu enqueue thành công, `count` sẽ tăng lên 1.

Giải thích này cũng đúng với `front` trong hàm dequeue dưới đây.

Dequeue

```
void Dequeue(int queue[], int& front, int rear, int& count) {
    if(count == 0)            // Queue is empty
        printf("UnderFlow\n");
    else {
        queue[front] = 0;        // Delete the front element
        front = (front + 1)%arraySize;
        count = count - 1;
    }
}
```

Front

```
int Front(int queue[], int front) {
    return queue[front];
}
```

Size

```
int Size(int count) {
    return count;
}
```

IsEmpty

```
bool IsEmpty(int count) {
    return (count == 0);
}
```