Chương 3.
DANH SÁCH LIÊN KẾT

ThS. Nguyễn Chí Hiếu

2017

NỘI DUNG

Giới thiệu cấu trúc dữ liệu động

Giới thiệu danh sách liên kết

Các thao tác với danh sách liên kết đơn

Giới thiệu cấu trúc dữ liệu động

- Kiểu dữ liệu tĩnh
  - Là kiểu dữ liệu có kích thước *(số phần tử)* xác định *(không thay đổi trong vòng đời/chu kỳ sống)* như: số nguyên, số thực, ký tự, mảng, ...
  - Sử dụng phương pháp truy xuất trực tiếp *(direct access)* để truy xuất hay sửa một phần tử trong mảng.
  - Không có thao tác thêm và xóa một phần tử trên mảng.

Giới thiệu cấu trúc dữ liệu động

- Kiểu dữ liệu động
  - Là kiểu dữ liệu có kích thước thay đổi.
  - Sử dụng phương pháp truy xuất tuần tự (sequential access) để thực hiện các thao tác thêm, sửa, xóa một phần tử.
  - Trong ngôn ngữ lập trình C và C++, kiểu dữ liệu con trỏ thường được dùng để cấp phát động một kiểu dữ liệu, mảng, cấu trúc, đối tượng.

Giới thiệu danh sách liên kết

- Là một dãy các nút (phần tử) được liên kết với nhau thông qua con trỏ liên kết.
- Các nút không cần lưu trữ liên tiếp nhau trong bộ nhớ.
- Kích thước của dãy có thể mở rộng!
- Thao tác thêm/xóa một nút không cần dịch chuyển các nút.

Giới thiệu danh sách liên kết

- Cấu trúc dữ liệu của một nút gồm
  - Thành phần dữ liệu.
  - Thành phần liên kết: con trỏ liên kết với nút kế tiếp (pNext) hoặc NULL nếu là nút cuối danh sách.

```
1  typedef int Data;
2  struct Node
3  {
4    Data  Info;
5    Node  *pNext;
6  };
```

```
1  typedef int Data;
2  typedef struct
3  {
4    Data  Info;
5    Node  *pNext;
6  } Node;
```

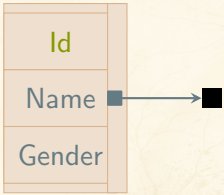
Giải thích

- Dòng 4: Data là một kiểu dữ liệu: int, double, $\cdots$, hay là kiểu dữ liệu cấu trúc *(struct)* tự định nghĩa.

Giới thiệu danh sách liên kết

- Trong thực tế, thành phần dữ liệu *(Data)* thường là kiểu cấu trúc *(struct)*

```
1   //typedef int Data;
2   struct Student
3   {
4     char  *Id;
5     char  *Name;
6     bool  Gender;
7   };
8   struct Node
9   {
10    Student *Info;
11    Node    *pNext;
12  };
```



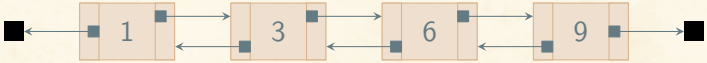
Giới thiệu danh sách liên kết

Các loại danh sách liên kết

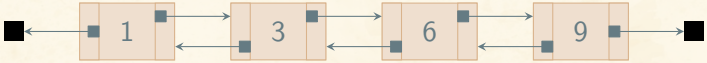
- Danh sách liên kết đơn *(Single - Linked list)*: mỗi nút chỉ có 1 con trỏ liên kết (pNext).
- Danh sách liên kết đôi *(Double - Linked list)*: mỗi nút có 2 con trỏ liên kết (pPrev, pNext).
- Danh sách liên kết vòng *(Circular - Linked list)*: liên kết ở nút cuối cùng của danh sách chỉ đến nút đầu tiên trong danh sách.

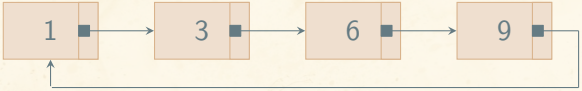
Giới thiệu danh sách liên kết

Giới thiệu danh sách liên kết



Giới thiệu danh sách liên kết





Giới thiệu danh sách liên kết

- Một danh sách được quản lý bởi con trỏ đầu *(pHead)* lưu trữ địa chỉ nút đầu tiên.
- Trong thực tế, có trường hợp cần truy xuất nút cuối danh sách nên có thể sử dụng thêm con trỏ cuối *(pTail)* để quản lý địa chỉ nút cuối.
- pHead và pTail không phải là một nút mà chỉ là con trỏ trỏ đến một nút.


```
1  struct List
2  {
3    Node  *pHead;
4    Node  *pTail;
5  };
```

Các thao tác với danh sách liên kết đơn

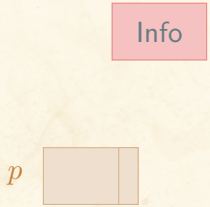
Một danh sách liên kết thường có những thao tác sau:

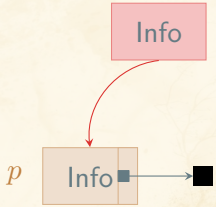
- Thao tác khởi tạo
- Thao tác thêm phần tử
- Thao tác xóa phần tử
- Thao tác duyệt

Thao tác khởi tạo

Thao tác khởi tạo một nút

- Khai báo một biến con trỏ *trỏ đến kiểu dữ liệu* danh sách đã được định nghĩa.
- Gán *thành phần dữ liệu* và *thành phần liên kết* cho biến này.





Thao tác khởi tạo

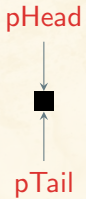
```
1   Node* InitNode(Data x)
2   {
3     Node *p = new Node();
4     if (p == NULL)
5     {
6       cout << "Het vung nho!";
7       return NULL;
8     }
9     p->Info = x;
10    p->pNext = NULL;
11    return p;
12  }
```

Thao tác khởi tạo

Thao tác khởi tạo danh sách

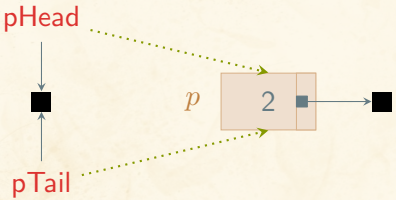
- Gán hai con trỏ pHead và pTail đến *NULL*.

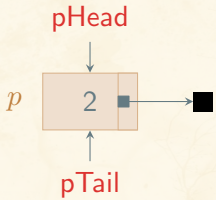
```
1   void InitList(List *l)
2   {
3     l->pHead = NULL;
4     l->pTail = NULL;
5   }
```



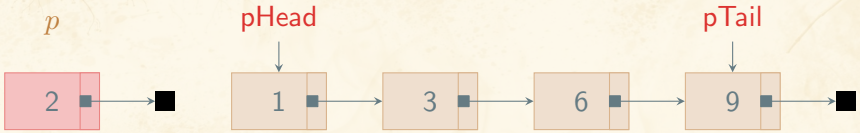
Thao tác thêm đầu

Trường hợp danh sách rỗng: con trỏ đầu và cuối sẽ trỏ đến nút p chứa giá trị x.

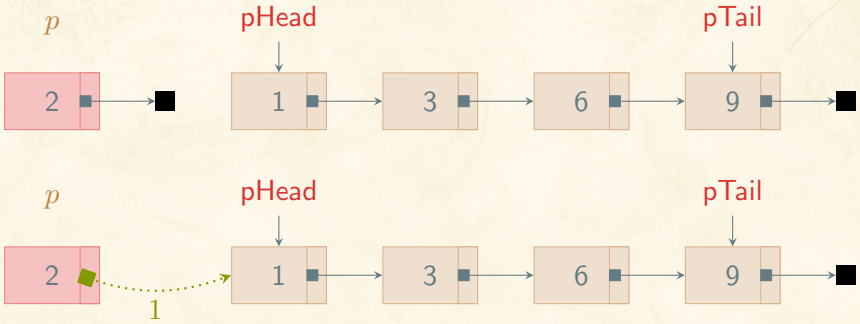




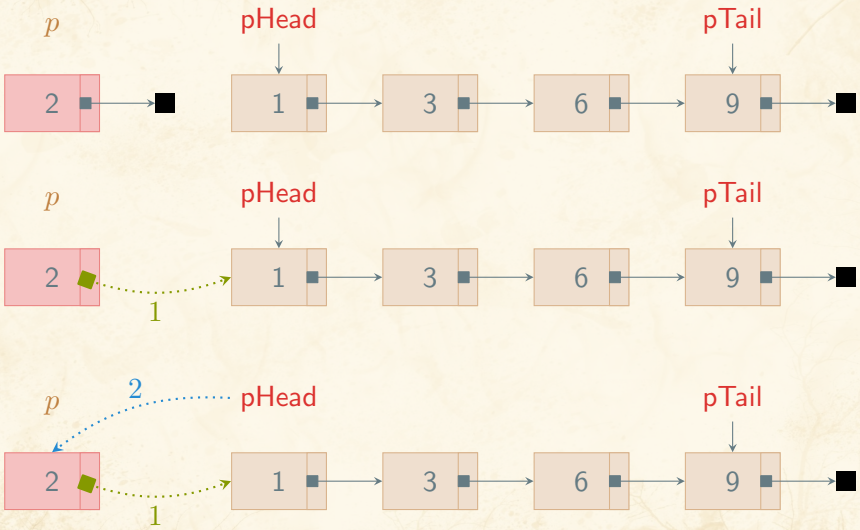
Thao tác thêm đầu



Thao tác thêm đầu



Thao tác thêm đầu



Thao tác thêm đầu

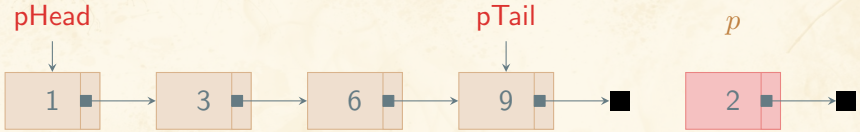
Thuật toán 1: InsertHead(l, x)
- Đầu vào: danh sách l và giá trị nút cần thêm.
- Đầu ra: danh sách l sau khi thêm đầu.

```
1   Khởi tạo nút p có giá trị x
2   if danh sách rỗng
3     pHead trỏ đến p
4     pTail trỏ đến p
5   else
6     p->pNext trỏ đến pHead
7     Cập nhật pHead
```

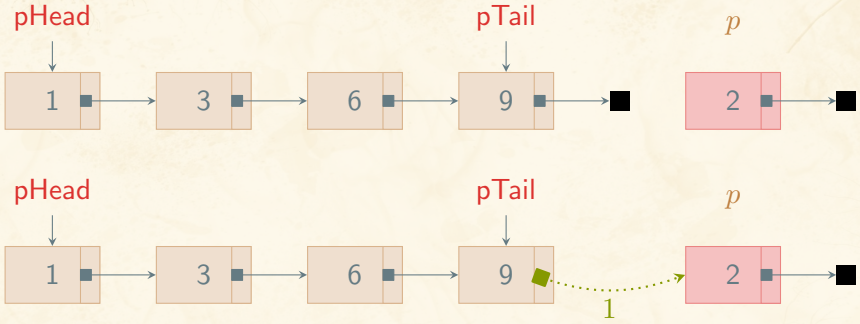
Thao tác thêm đầu

```
1   void InsertHead(List *l, Data x)
2   {
3     Node *p = InitNode(x);
4
5     if (l->pHead == NULL)
6     {
7       l->pHead = p;
8       l->pTail = p;
9     }
10    else
11    {
12      p->pNext = l->pHead;
13      l->pHead = p;
14    }
15  }
```

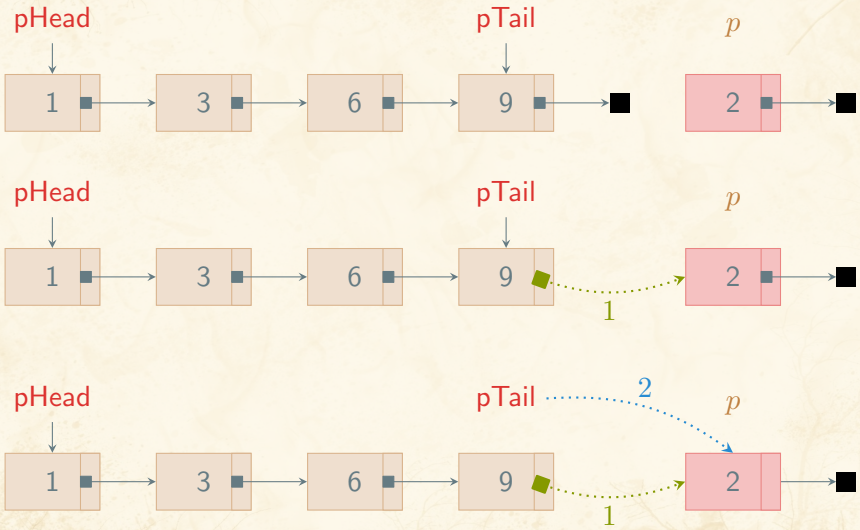
Thao tác thêm cuối



Thao tác thêm cuối



Thao tác thêm cuối



Thao tác thêm cuối

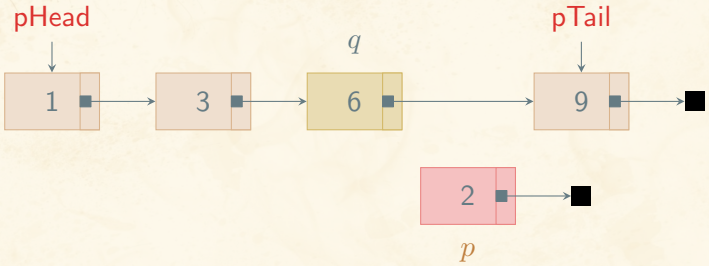
Thuật toán 2: InsertTail(l, x)
- Đầu vào: danh sách l và giá trị nút cần thêm.
- Đầu ra: danh sách l sau khi thêm cuối.

```
1   Khởi tạo nút p có giá trị x
2   if danh sách rỗng
3     pHead trỏ đến p
4     pTail trỏ đến p
5   else
6     Thêm p vào pTail->pNext
7     Cập nhật pTail
```

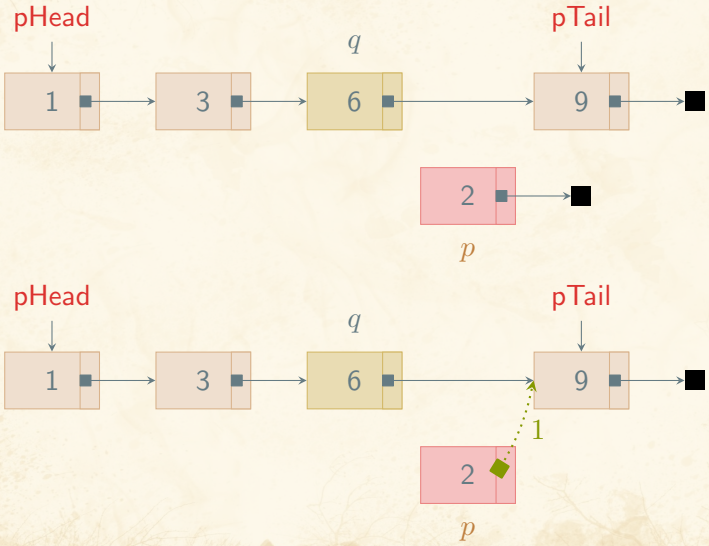
Thao tác thêm cuối

```
1   void InsertTail(List *l, Data x)
2   {
3     Node *p = InitNode(x);
4
5     if (l->pHead == NULL)
6     {
7       l->pHead = p;
8       l->pTail = p;
9     }
10    else
11    {
12      l->pTail->pNext = p;
13      l->pTail = p;
14    }
15  }
```

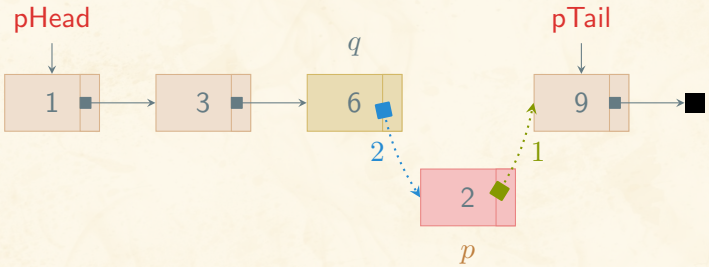
Thao tác thêm sau một nút khác



Thao tác thêm sau một nút khác



Thao tác thêm sau một nút khác



✍ *Chú ý trường hợp: nút q là nút cuối của danh sách.*

Thao tác thêm sau một nút khác

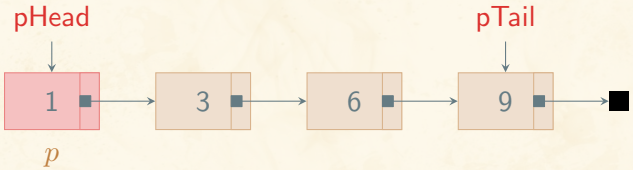
Thuật toán 3: InsertAfter(l, q, x)
- Đầu vào: danh sách l, nút q và giá trị nút cần thêm.
- Đầu ra: danh sách l sau khi thêm một nút sau nút q.

```
1   Khởi tạo nút p có giá trị x
2   if q ≠ null
3     p->pNext trỏ đến q->pNext
4     q->pnext trỏ đến p
5     if q là nút cuối
6       Cập nhật pTail
```

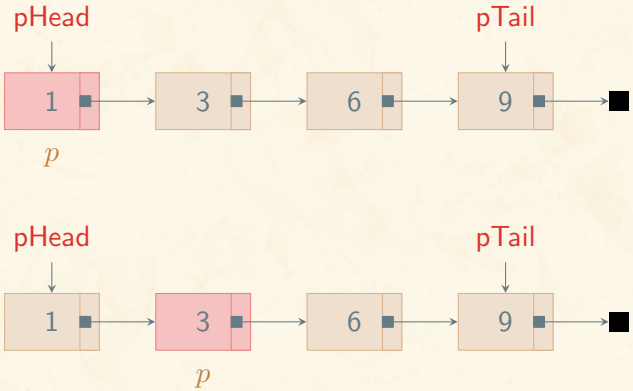
Thao tác thêm sau một nút khác

```
1   void InsertAfter(List *l, Node *q, Data x)
2   {
3     Node *p = InitNode(x);
4
5     if (q != NULL)
6     {
7       p->pNext = q->pNext;
8       q->pNext = p;
9       if (q == l->pTail)
10        l->pTail = p;
11    }
12  }
```

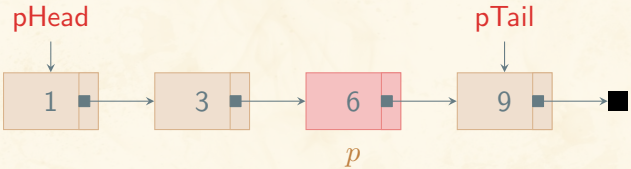
Thao tác duyệt



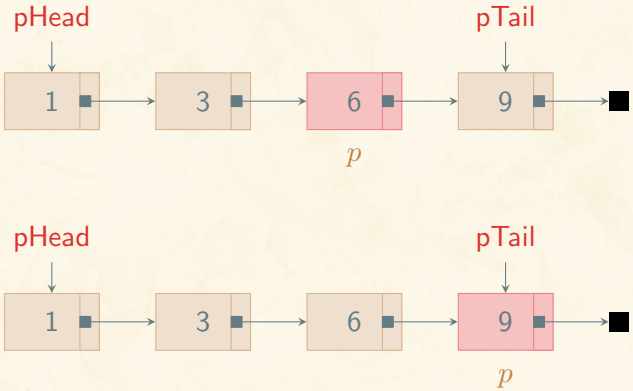
Thao tác duyệt



Thao tác duyệt



Thao tác duyệt



Thao tác duyệt

Thuật toán 4: Traverse(l)
- Đầu vào: danh sách l.
- Đầu ra:

```
1   Khai báo nút p trỏ đến pHead
2   while chưa duyệt hết danh sách
3     // ...
4     p trỏ đến p->pNext
```

Thao tác duyệt

```
1  void Traverse(const List *l)
2  {
3    Node *p = l->pHead;
4    while (p != NULL)
5    {
6      // Thao tác: tìm, in, ···
7      p = p->pNext;
8    }
9  }
```

Giải thích

- Dòng 6: mã nguồn tương ứng với thao tác: tìm, in, ... các phần tử trong một danh sách.

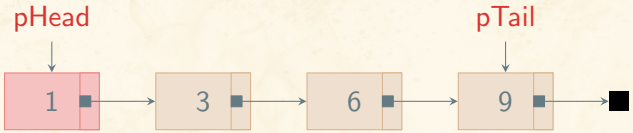
Thao tác tìm kiếm

```
1   Node *Search(const List *l, Data x)
2   {
3     Node *p = l->pHead;
4
5     while (p != NULL && p->Info != x)
6     {
7       p = p->pNext;
8     }
9     return p;
10  }
```

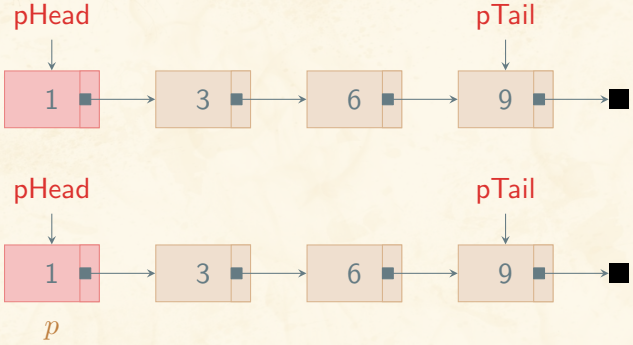
Giải thích

- Dòng 5: tương tự thao tác duyệt danh sách. Mỗi lần duyệt kiểm tra giá trị x với thành phần dữ liệu của nút đang xét.

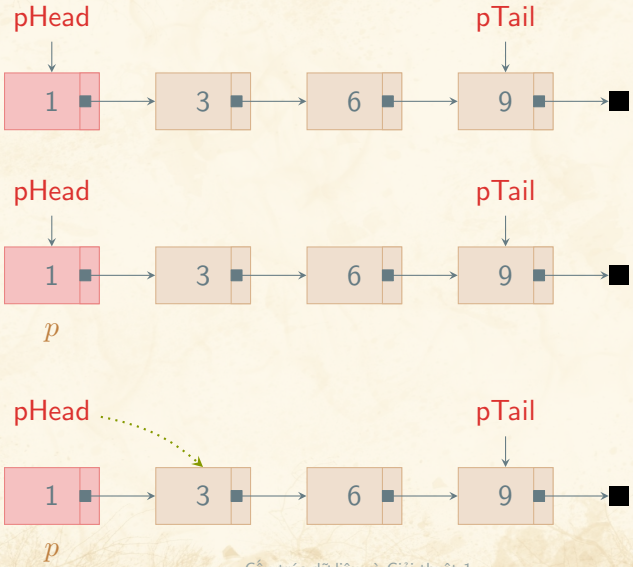
Thao tác xóa đầu



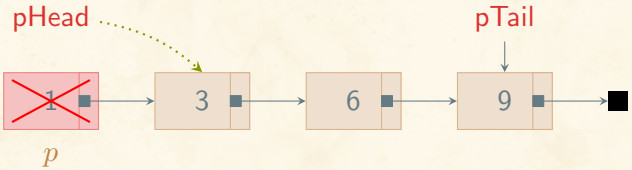
Thao tác xóa đầu



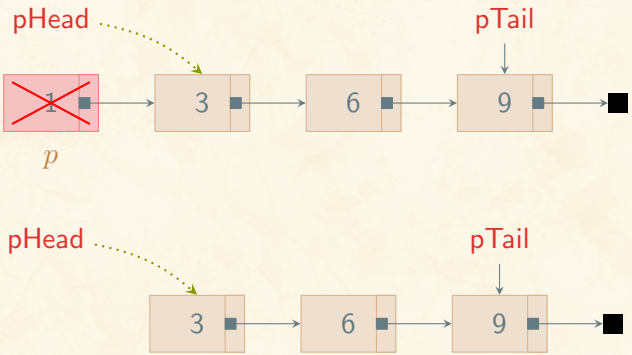
Thao tác xóa đầu



Thao tác xóa đầu



Thao tác xóa đầu



✍ *Chú ý hai trường hợp: danh sách rỗng và danh sách chỉ chứa một nút.*

Thao tác xóa đầu

Thuật toán 5: RemoveHead(l)
- Đầu vào: danh sách l.
- Đầu ra: danh sách l sau khi xóa nút đầu.

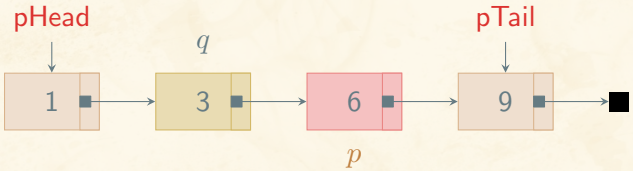
```
1   if danh sách khác rỗng
2     p trỏ đến pHead
3     pHead trỏ đến pHead->pNext
4     Xóa nút p
5     if danh sách rỗng
6       Cập nhật pTail
```

Thao tác xóa đầu

```
1   void RemoveHead(List *l)
2   {
3     Node *p = NULL;
4     if (l->pHead != NULL) // TH. Danh sach khac rong
5     {
6       p = l->pHead;
7       l->pHead = l->pHead->pNext;
8       delete p;
9       if (l->pHead == NULL)
10        l->pTail = NULL;
11    }
12  }
```

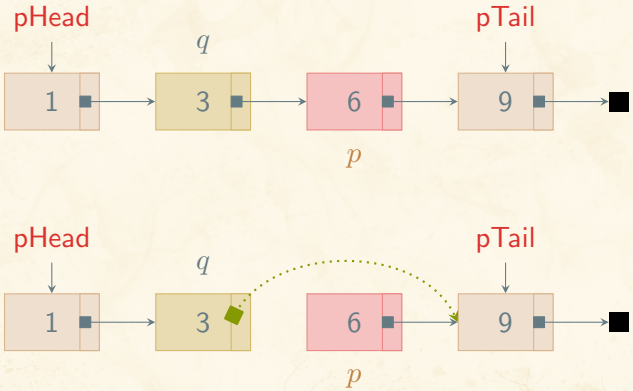
Thao tác xóa sau một nút khác

✍ Giả sử nút xóa nút p sau nút q.

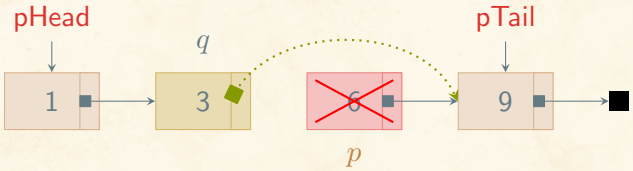


Thao tác xóa sau một nút khác

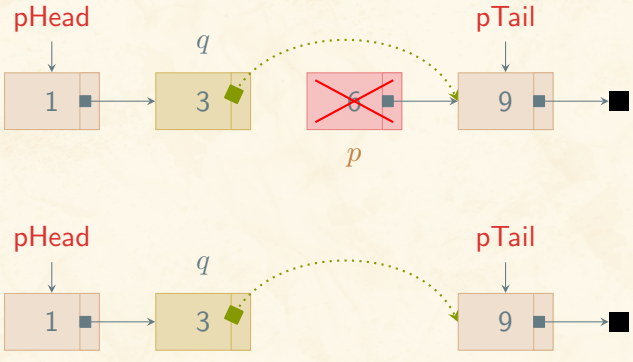
✍ Giả sử nút xóa nút p sau nút q.



Thao tác xóa sau một nút khác



Thao tác xóa sau một nút khác



✍ *Chú ý trường hợp: nút q là nút kế cuối (nút p là nút cuối) của danh sách (cần cập nhật lại con trỏ pTail).*

Thao tác xóa sau một nút khác

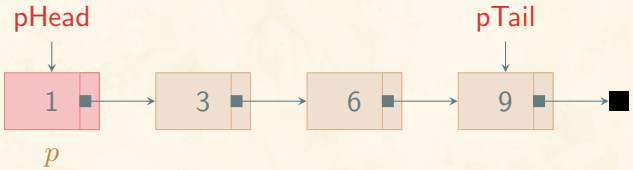
Thuật toán 6: RemoveAfter(l, q)
- Đầu vào: danh sách l và nút q.
- Đầu ra: danh sách l sau khi xóa nút.

```
1  if q ≠ null
2    p trỏ đến q->pNext
3    if p ≠ null
4      // Nếu p là nút cuối danh sách
5      if p là phần tử cuối của danh sách
6        Cập nhật pTail trước khi xóa p
7      // Ngược lại, p không là nút cuối danh sách
8      q->pNext trỏ đến p->pNext
9      Xóa nút p
```

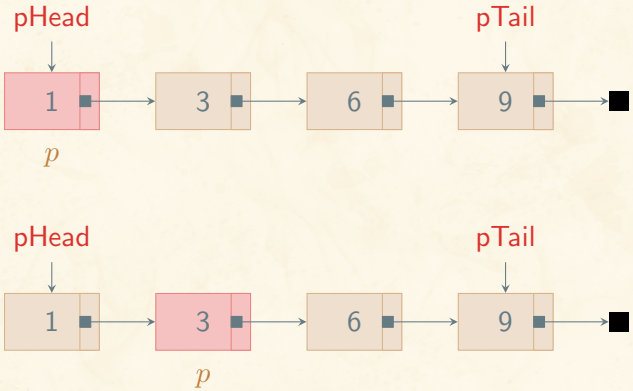
Thao tác xóa sau một nút khác

```
1  void RemoveAfter(List *l, Node *q)
2  {
3    Node *p = NULL;
4    if (q != NULL)
5    {
6      p = q->pNext;
7      if (p != NULL)
8      {
9        if (p == l->pTail)
10         l->pTail = q;
11       q->pNext = p->pNext;
12       delete p;
13     }
14   }
15 }
```

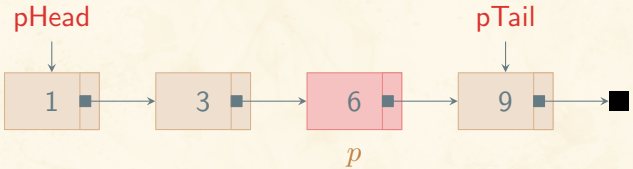
Thao tác xóa cuối



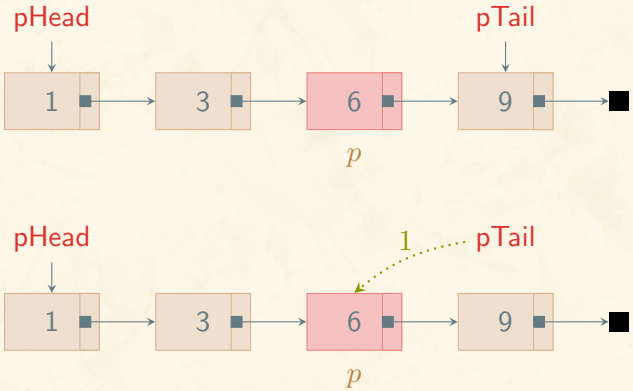
Thao tác xóa cuối



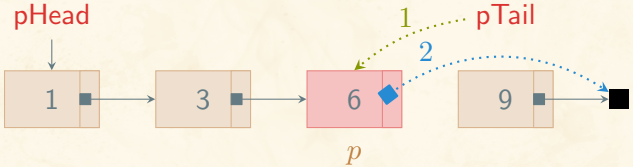
Thao tác xóa cuối



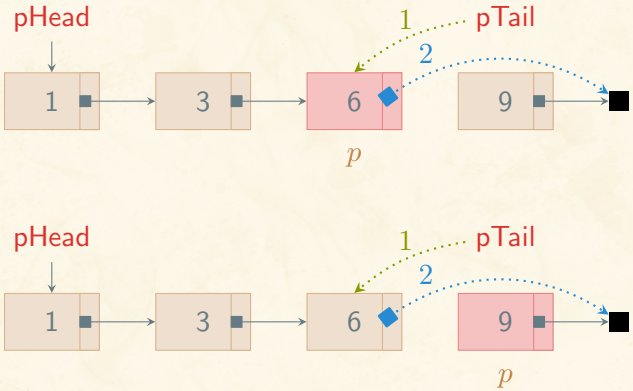
Thao tác xóa cuối



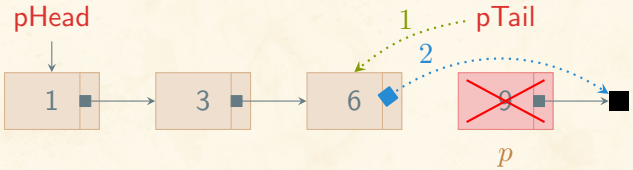
Thao tác xóa cuối



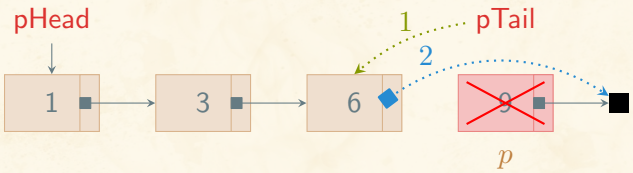
Thao tác xóa cuối



Thao tác xóa cuối



Thao tác xóa cuối



✍ *Chú ý hai trường hợp: danh sách rỗng và danh sách chỉ chứa một nút.*

Thao tác xóa cuối

Thuật toán 7: RemoveTail(l)
- Đầu vào: danh sách l.
- Đầu ra: danh sách l sau khi xóa cuối.

```
1  if danh sách khác rỗng
2    p trỏ đến pHead
3    if danh sách chỉ chứa 1 nút p
4      Xóa nút p ···
5      Kết thúc
6    while p chưa trỏ đến vị trí kế cuối của danh sách
7      p trỏ đến p->pNext
8    Cập nhật pTail
9    Xóa nút p ···
```

Thao tác xóa cuối

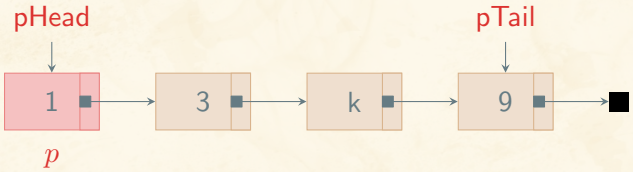
```
1   void RemoveTail(List *l)
2   {
3     Node *p = NULL;
4     if (l->pHead != NULL) // Danh sach khac rong
5     {
6       p = l->pHead;
7       if (p == l->pTail) // TH1: 1 nut
8       {
9         delete p;
10        l->pHead = NULL;
11        l->pTail = NULL;
12        return;
13      }
```

Thao tác xóa cuối

```
15        // Danh sach nhieu hon 1 nut
16        while (p->pNext != l->pTail)
17          p = p->pNext;
18        l->pTail = p;
19        l->pTail->pNext = NULL;
20        p = p->pNext;
21        delete p;
22      }
23    }
```

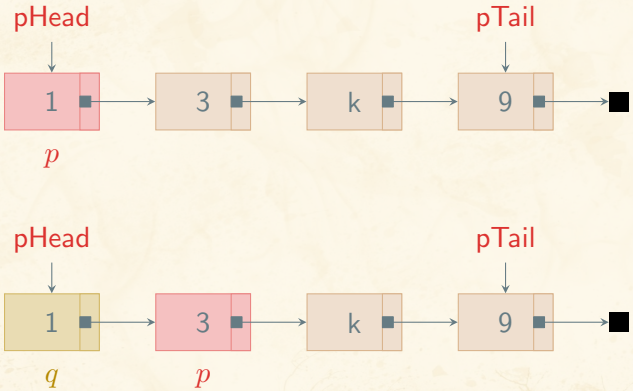
Thao tác xóa nút có khóa k

✍ Giả sử nút p là nút chứa khóa k.

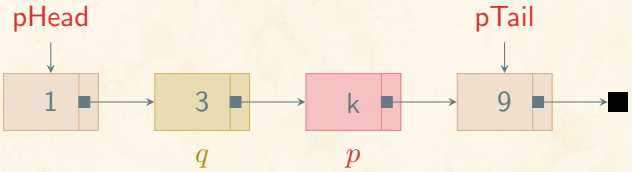


Thao tác xóa nút có khóa k

✍ Giả sử nút p là nút chứa khóa k.



Thao tác xóa nút có khóa k



✍ Chú ý trường hợp

- Nút có khóa k là nút đầu danh sách.
- Nút có khóa k là nút giữa danh sách.
- Nút có khóa k là nút cuối danh sách.

Thao tác xóa nút có khóa k

Thuật toán 8: RemoveNode(l, k)
- Đầu vào: danh sách l và giá trị k của nút cần xóa.
- Đầu ra: true hay false.

```
1   Lặp tìm nút p có giá trị k và nút q là nút trước của p ...
2   if p = null // TH1. Không tìm thấy p
3     return false
4   if q = null // TH2. Tìm thấy p và p là nút đầu danh sách
5     Thực hiện thao tác xóa đầu···
6   else q ≠ null // Tìm thấy p và q (q, p)
7     if p là nút cuối danh sách // TH3. p là nút cuối danh sách···
8       Cập nhật pTail
9     // TH4. p là nút giữa danh sách···
10    q->pNext trỏ đến p->pNext
11    Xóa nút p
12  return true
```

Thao tác xóa nút có khóa k

```
1  bool RemoveNode(List *l, Data k)
2  {
3    Node *p = l->pHead;
4    Node *q = NULL;
5    while (p != NULL)
6    {
7      if (p->Info == k)
8        break;
9      q = p;
10     p = p->pNext;
11   }
12   if (p == NULL) // TH1. Khong tim thay p
13     return false;
```

Thao tác xóa nút có khóa k

```
14    if (q != NULL) // TH2: Tim thay p va p la nut dau danh
          sach
15    {
16      l->pHead = p->pNext;
17      if (l->pHead == NULL)
18        l->pTail = NULL;
19    }
```

Thao tác xóa nút có khóa k

```
20    else // Tim thay p va q (q, p)
21    {
22      if (p == l->pTail) // TH3. p la phan tu cuoi danh
            sach
23        l->pTail = q;
24      // TH4. p la phan tu giua danh sach
25      q->pNext = p->pNext;
26      delete p;
27    }
28    return true;
29  }
```

Bài tập

1. Xây dựng cấu trúc dữ liệu thích hợp để biểu diễn đa thức $P(x)$

$$P(x) = c_1 x^{e_1} + c_2 x^{e_2} + \cdots + c_n x^{e_n}$$

với c_i là hệ số và e_i là số mũ, $1 \leq i \leq n$
Các thao tác:
   - Thêm một phần tử vào cuối đa thức.
   - In danh sách các phần tử.
   - Tính giá trị đa thức với x cho trước.
2. Xây dựng cấu trúc dữ liệu thích hợp để quản lý danh sách sinh viên.
   - Dữ liệu mỗi sinh viên gồm các thông tin: MSSV, họ tên, giới tính, ngày sinh.
   - Các thao tác thực hiện với danh sách sinh viên gồm: thêm, xóa, tìm kiếm một sinh viên.

Tài liệu tham khảo


Dương Anh Đức, Trần Hạnh Nhi.
Nhập môn Cấu trúc dữ liệu và Thuật toán.
Đại học Khoa học tự nhiên TP Hồ Chí Minh, 2003.


Donald E. Knuth.
The Art of Computer Programming, Volume 3.
Addison-Wesley, 1998.


Niklaus Wirth.
Algorithms + Data Structures = Programs.
Prentice-Hall, 1976.


Robert Sedgewick.
Algorithms in C.
Addison-Wesley, 1990.