

CHAPTER 3: DANH SÁCH LIÊN KẾT (LINKED LISTS)



Nội dung

2

- Giới thiệu
- Danh sách liên kết đơn (**Single Linked List**)
- Danh sách liên kết đôi (**Double Linked List**)
- Danh sách liên kết vòng (**Circular Linked List**)

Giới thiệu

3

1.1. Kiểu dữ liệu tĩnh

- **Khái niệm:** Một số đối tượng dữ liệu không thay thay đổi được kích thước, cấu trúc, ... trong suốt quá trình sống. Các đối tượng dữ liệu này thuộc những kiểu **dữ liệu tĩnh**.
 - **Một số kiểu dữ liệu tĩnh:** các cấu trúc dữ liệu được xây dựng từ các kiểu cơ sở như: **kiểu thực, kiểu nguyên, kiểu ký tự** ... hoặc từ các cấu trúc đơn giản như **cấu trúc, tập hợp, mảng**
- ➔ Các đối tượng dữ liệu thuộc kiểu dữ liệu tĩnh thường cứng ngắt, gò bó ➔ khó diễn tả được thực tế vốn sinh động, phong phú.

Giới thiệu

4

❖ Hạn chế của CTDL tĩnh

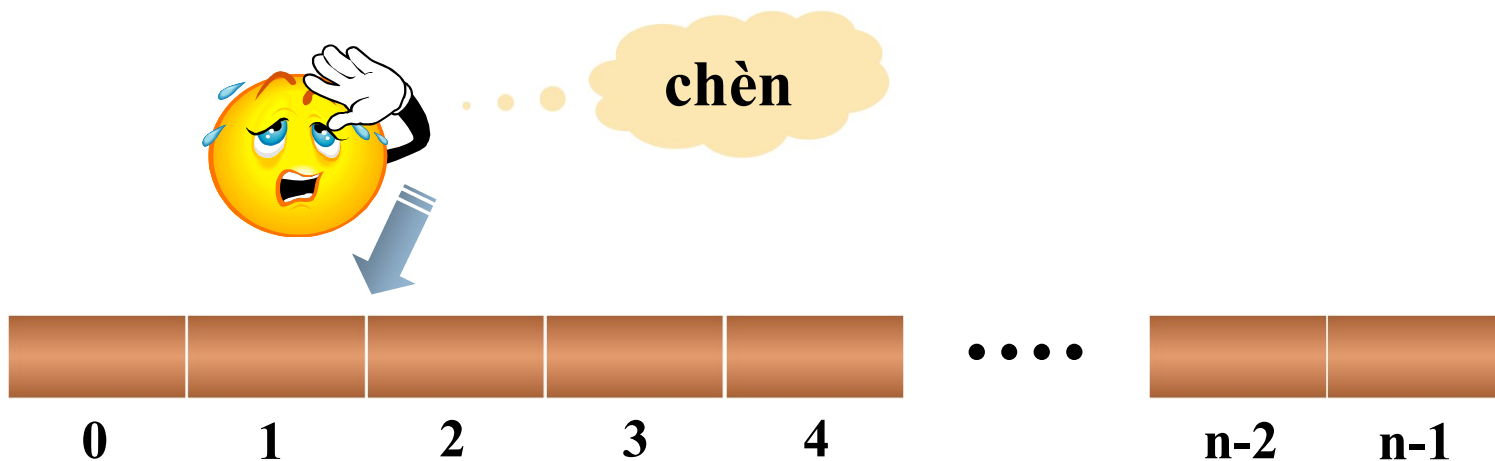
- ❑ Một số đối tượng dữ liệu có thể thay đổi về cấu trúc, độ lớn...
chẳng hạn danh sách các học viên trong một lớp học có thể tăng thêm, giảm đi ...
- ❑ Nếu dùng những cấu trúc dữ liệu tĩnh đã biết như mảng để biểu diễn thì:
 - Những **thao tác phức tạp**, kém tự nhiên
 - Chương trình **khó đọc, khó bảo trì**
 - Sử dụng **bộ nhớ không hiệu quả**

(do dữ liệu tĩnh sẽ chiếm vùng nhớ đã dành cho chúng suốt quá trình hoạt động của chương trình)

Giới thiệu

5

- **Cấu trúc dữ liệu tĩnh:** Ví dụ: Mảng 1 chiều
 - ▣ Kích thước cố định (fixed size)
 - ▣ Chèn 1 phần tử vào mảng rất khó
 - ▣ Các phần tử tuần tự theo chỉ số $0 \Rightarrow n-1$
 - ▣ Truy cập ngẫu nhiên (random access)



Giới thiệu

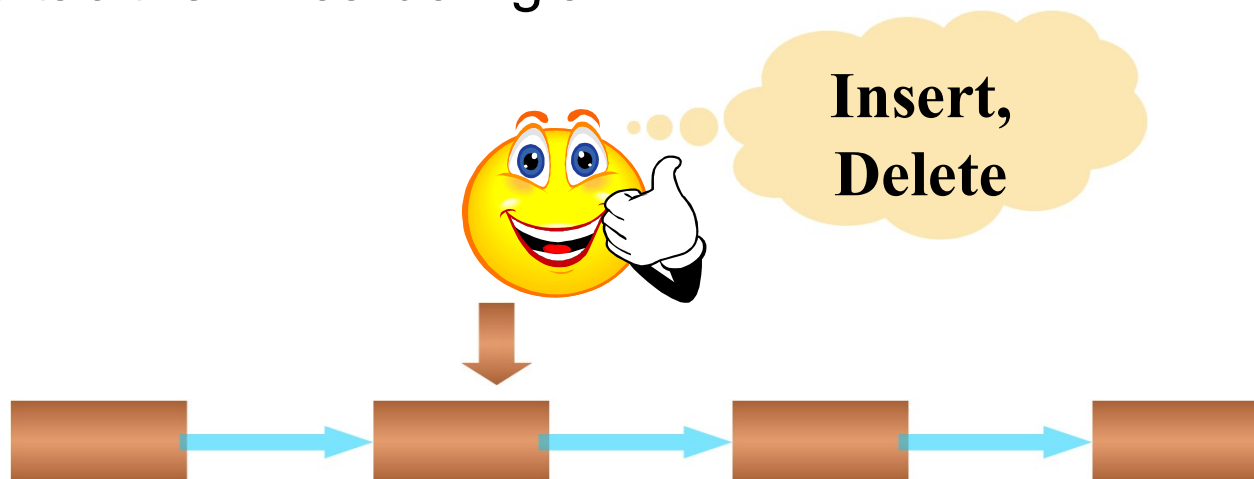
6

- Hướng giải quyết
 - Cần xây dựng cấu trúc dữ liệu đáp ứng được các yêu cầu:
 - ▣ Linh động hơn
 - ▣ Có thể thay đổi kích thước, cấu trúc trong suốt thời gian sống
- ➔ *Cấu trúc dữ liệu động*

Giới thiệu

7

- **Cấu trúc dữ liệu động:** Ví dụ: Danh sách liên kết, cây
 - ▣ Cấp phát động lúc chạy chương trình
 - ▣ Các phần tử nằm rải rác ở nhiều nơi trong bộ nhớ
 - ▣ Kích thước danh sách chỉ bị giới hạn do RAM
 - ▣ Thao tác thêm xóa đơn giản



Biến động

8

- Tạo ra một biến động và cho con trỏ 'p' chỉ đến nó

```
void* malloc (n*sizeof (kiểu_dữ_liệu) ) ;
```

// trả về con trỏ chỉ đến vùng nhớ size byte vừa được cấp phát.

```
void* calloc (n, sizeof (kiểu_dữ_liệu) ) ;
```

// trả về con trỏ chỉ đến vùng nhớ vừa được cấp phát gồm n phần tử,

// mỗi phần tử có kích thước size byte

```
new kiểu_dữ_liệu[n] ; // toán tử cấp phát bộ nhớ trong C++
```

- Hàm **free**(p) huỷ vùng nhớ cấp phát bởi hàm malloc hoặc calloc do p trỏ tới
- Toán tử **delete**[] p huỷ vùng nhớ cấp phát bởi toán tử **new** do p trỏ tới

Giới thiệu

9

- **Danh sách liên kết:**
 - ▣ Mỗi phần tử của danh sách gọi là **node** (nút)
 - ▣ Mỗi **node** có 2 thành phần: **phần dữ liệu** và **phần liên kết** chứa địa chỉ của node kế tiếp hay node trước nó
 - ▣ Các thao tác cơ bản trên danh sách liên kết:
 - Thêm một phần tử mới
 - Xóa một phần tử
 - Tìm kiếm
 - ...

Danh sách liên kết

10

- Có nhiều kiểu tổ chức liên kết giữa các phần tử trong danh sách như:
 - ▣ Danh sách liên kết đơn
 - ▣ Danh sách liên kết kép
 - ▣ Danh sách liên kết vòng

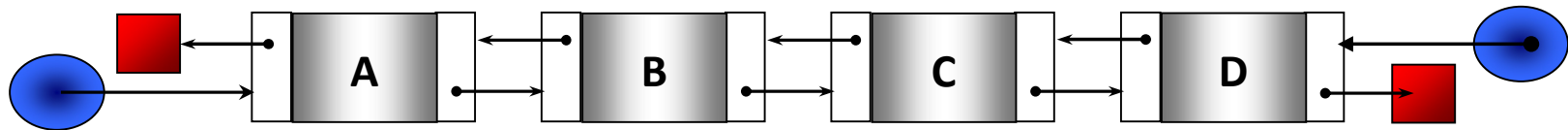
Giới thiệu

11

- **Danh sách liên kết đơn:** mỗi phần tử liên kết với phần tử đứng sau nó trong danh sách:



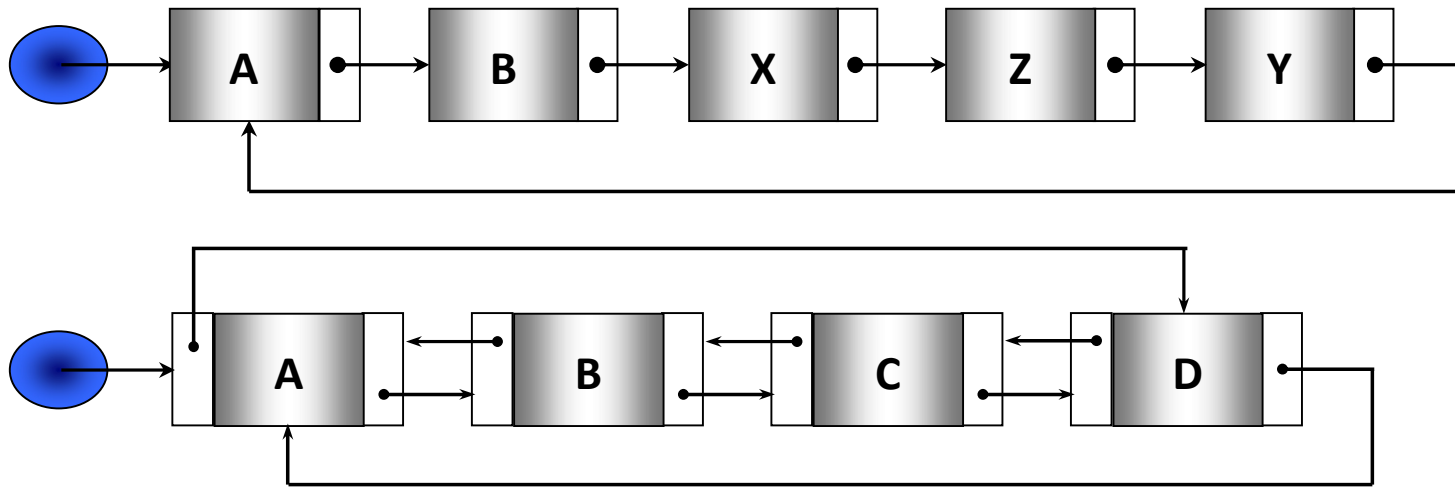
- **Danh sách liên kết đôi:** mỗi phần tử liên kết với các phần tử đứng trước và sau nó trong danh sách:



Giới thiệu

12

- **Danh sách liên kết vòng** : phần tử cuối danh sách liên kết với phần tử đầu danh sách:



Nội dung

13

- Giới thiệu
- Danh sách liên kết đơn (**Single Linked List**)
- Danh sách liên kết kép (**Doule Linked List**)
- Danh sách liên kết vòng (**Circular Linked List**)

Danh sách liên kết đơn (DSLK đơn)

14

- Khai báo
- Các thao tác cơ bản trên DSLK đơn
- Sắp xếp trên DSLK đơn

DSLK đơn – Khai báo

15

- Là danh sách các node mà mỗi node có 2 thành phần:
 - ▣ Thành phần **dữ liệu**: lưu trữ các thông tin về bản thân phần tử
 - ▣ Thành phần **mối liên kết**: lưu trữ địa chỉ của phần tử kế tiếp trong danh sách, hoặc lưu trữ giá trị NULL nếu là phần tử cuối danh sách



- ▣ Khai báo node

```
struct Node  
{
```

```
    DataType data; // DataType là kiểu đã định nghĩa trước
```

```
    Node *pNext; // con trỏ chỉ đến cấu trúc Node
```

```
};
```

DSLK – Khai báo phần Data

16

Data Type ?

```
typedef struct node
{
    DataType data;
    struct node * link;
} NODE;
```

Cấu trúc node

```
typedef struct node
{
    int data;
    struct node * link;
}NODE;
```

```
typedef struct node
{
    SinhVien data;
    struct node * link;
}NODE;
```


DSLK đơn – Khai báo

17

- Ví dụ 1: Khai báo node lưu **số nguyên**:

```
struct Node
{
    int data;
    Node *pNext;
};
```

- Ví dụ 2: Định nghĩa một phần tử trong danh sách đơn lưu trữ hồ sơ **sinh viên**:

```
struct SinhVien {
    char Ten[30];
    int MaSV;
};

struct SVNode {
    SinhVien data;
    SVNode *pNext;
};
```

DSLK đơn – Khai báo

18

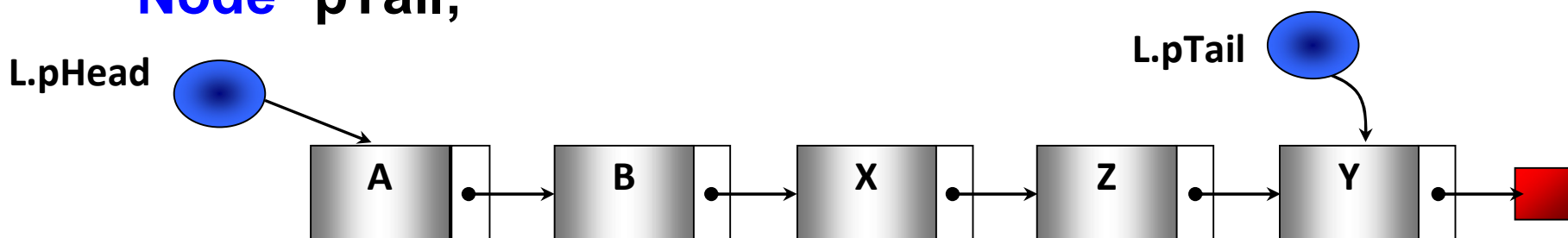
□ Tổ chức, quản lý:

- Để quản lý một DSLK đơn chỉ cần biết địa chỉ phần tử đầu danh sách
- Con trỏ **pHead** sẽ được dùng để lưu trữ địa chỉ phần tử đầu danh sách. Ta có khai báo:

Node *pHead;

- Để tiện lợi, có thể sử dụng thêm một con trỏ **pTail** giữ địa chỉ phần tử cuối danh sách. Khai báo **pTail** như sau:

Node *pTail;



DSLK đơn – Khai báo

19

- Ví dụ: Khai báo cấu trúc 1 DSLK đơn chứa số nguyên

// kiểu của một phần tử trong danh sách

```
struct Node
{
    int    data;
    Node*  pNext;
};
```

// kiểu danh sách liên kết

```
struct List
{
    Node* pHead;
    Node* pTail;
};
```

Khai báo biến kiểu danh sách:

```
List  tên_biến;
```

Lưu trữ DSLK đơn trong RAM

Địa chỉ

20

■ Ví dụ : Ta có danh sách theo dạng bảng sau

Address	Name	Age	Link
100	Joe	20	140
110	Bill	42	500
140	Marta	27	110
230	Sahra	25	NULL
...	
500	Koch	31	230

		000
Joe	20	100
	140	
Bill	42	110
	500	
Marta	27	140
	110	
Sahra	25	230
	NULL	
Kock	32	500
	230	
		⋮

DSLK đơn – Khai báo

21

□ Tạo một node mới

- Thủ tục **getNode** để tạo ra một nút cho danh sách với thông tin chứa trong x

```
Node* getNode ( DataType x)
{
    Node *p;
    p = new Node; // Cấp phát vùng nhớ cho node
    if (p==NULL)
    {
        cout<<"Khong du bo nho!"; return NULL;
    }
    p->data = x; // Gán dữ liệu cho phần tử p
    p->pNext = NULL;
    return p;
}
```

Gọi
hàm??

Tạo một phần tử

22

Để tạo một phần tử mới cho danh sách, cần thực hiện câu lệnh:

```
Node *new_ele = GetNode(x);
```

→ new_ele sẽ quản lý địa chỉ của phần tử mới được tạo.

Danh sách liên kết đơn (DSLK đơn)

23

- Khai báo
- Các thao tác cơ bản trên DSLK đơn
- Sắp xếp trên DSLK đơn

DSLK đơn

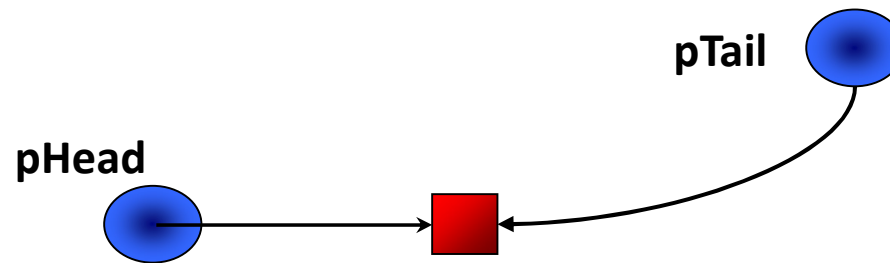
24

- **Các thao tác cơ bản**
 - Tạo danh sách rỗng
 - Thêm một phần tử vào danh sách
 - Duyệt danh sách
 - Tìm kiếm một giá trị trên danh sách
 - Xóa một phần tử ra khỏi danh sách
 - Hủy toàn bộ danh sách
 - ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

25

- Tạo danh sách rỗng



```
void Init(List &L)
{
    L.pHead = L.pTail = NULL;
}
```

DSLK đơn

26

□ Các thao tác cơ bản

- Tạo danh sách rỗng
- Thêm một phần tử vào danh sách
- Duyệt danh sách
- Tìm kiếm một giá trị trên danh sách
- Xóa một phần tử ra khỏi danh sách
- Hủy toàn bộ danh sách
- ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

27

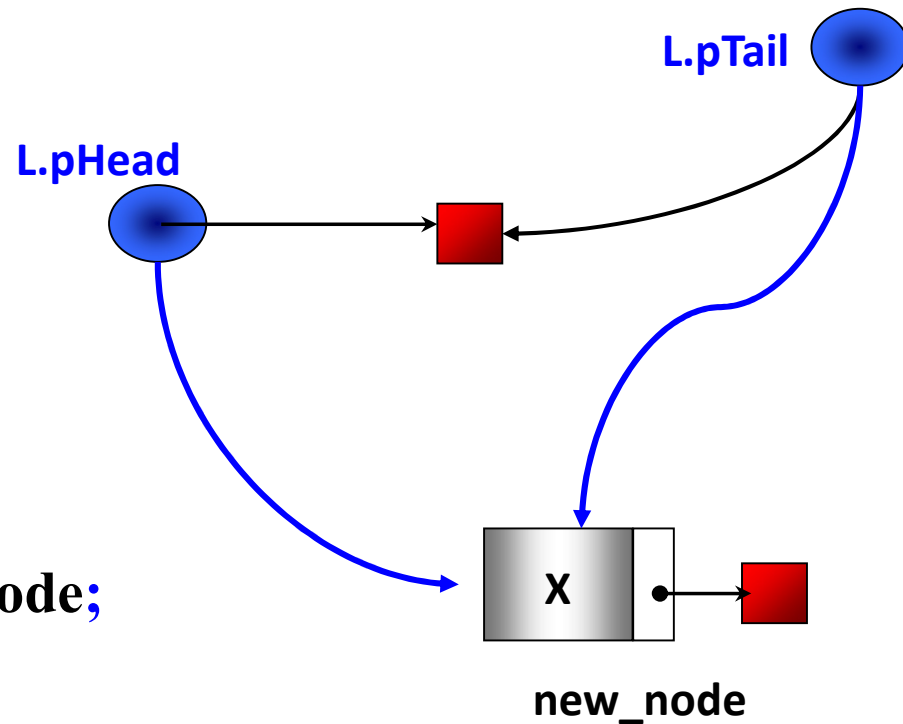
- **Thêm một phần tử vào danh sách:** Có 3 vị trí thêm
 - ▣ Gắn vào đầu danh sách
 - ▣ Gắn vào cuối danh sách
 - ▣ Chèn vào sau nút q trong danh sách
- Chú ý trường hợp danh sách ban đầu rỗng

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

28

- Thêm một phần tử
 - Nếu danh sách (**L**) ban đầu rỗng

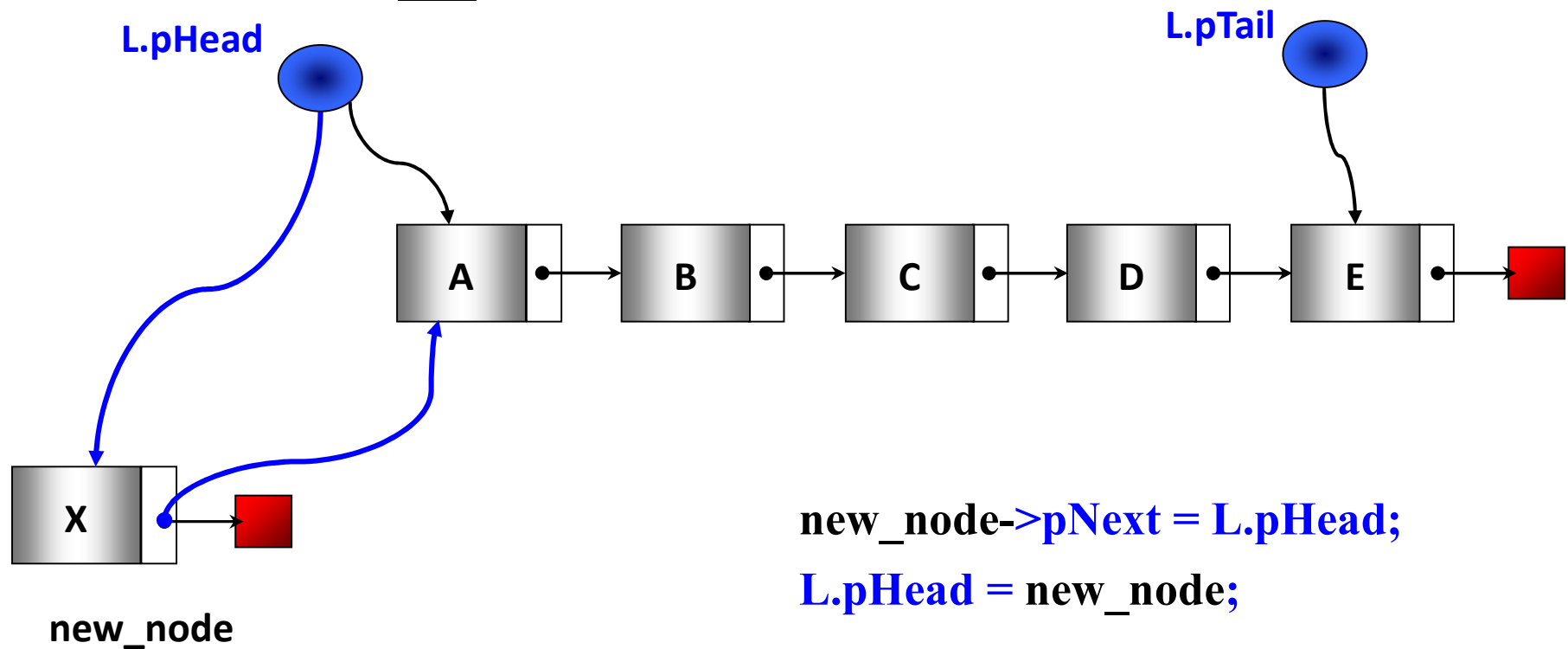
L.pHead = L.pTail = new_node;



DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

29

- Thêm một phần tử
 - Nếu danh sách (**L**) ban đầu không rỗng:
 - Gắn node vào đầu danh sách



DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

30

Thuật toán: Gắn nút vào đầu DS

// input: danh sách, phần tử mới new_node

// output: danh sách với new_node ở đầu DS

- Nếu DS rỗng thì
 - L.pHead = L.pTail = new_node;
- Ngược lại
 - new_node->pNext = L.pHead;
 - L.pHead = new_node;

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

31

Cài đặt: Gắn nút vào đầu DS

```
void addHead(List &L, Node* new_node)
{
    if (L.pHead == NULL)    // DS rỗng
    {
        L.pHead = L.pTail = new_node;
    }
    else
    {
        new_node->pNext = L.pHead;
        L.pHead = new_node;
    }
}
```

Thêm một thành phần dữ liệu vào đầu

```
void Insertfirst(LIST &L, datatype x)
{
    NODE* new_node = GetNode(x);
    if (new_node == NULL)
        return;
    addHead(L, new_node);
}
```


DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

33

Thuật toán: Thêm một thành phần dữ liệu vào đầu DS

// input: danh sách l

// output: danh sách l với phần tử chứa X ở đầu DS

- Nhập dữ liệu cho X (???)
- Tạo nút mới chứa dữ liệu X (???)
- Nếu tạo được:
 - ▣ Gắn nút mới vào đầu danh sách (???)

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

34

Ví dụ: Thêm một số nguyên vào đầu ds:

```
// Nhập dữ liệu cho X
```

```
int x;
```

```
cout<<"Nhập X=";      cin>>x;
```

```
// Tạo nút mới
```

```
Node* new_node = GetNode(x) ;
```

```
// Gắn nút vào đầu ds
```

```
if (new_node != NULL) addHead(L, new_node) ;
```

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

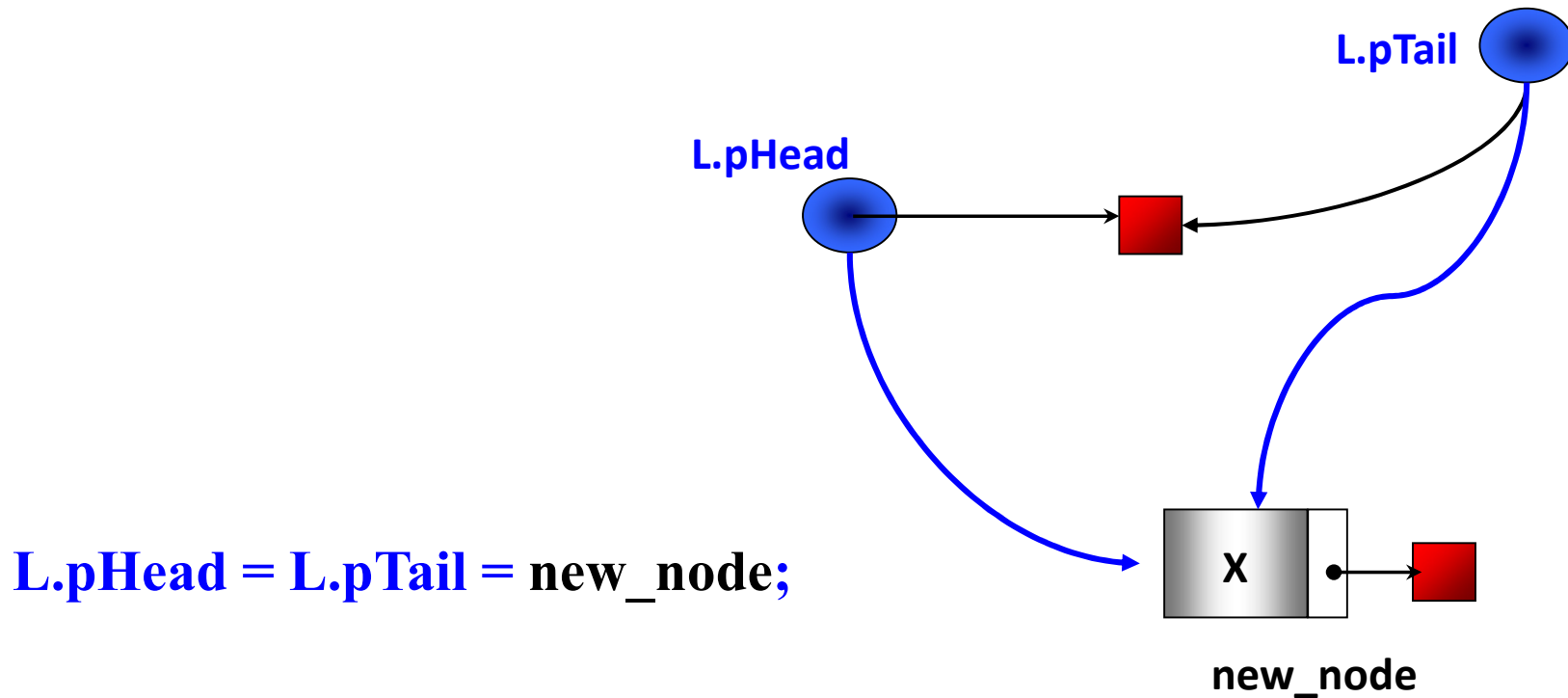
35

- **Thêm một phần tử vào danh sách:** Có 3 vị trí thêm
 - Gắn vào đầu danh sách
 - Gắn vào cuối danh sách
 - Chèn vào sau nút q trong danh sách
- Chú ý trường hợp danh sách ban đầu rỗng

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

36

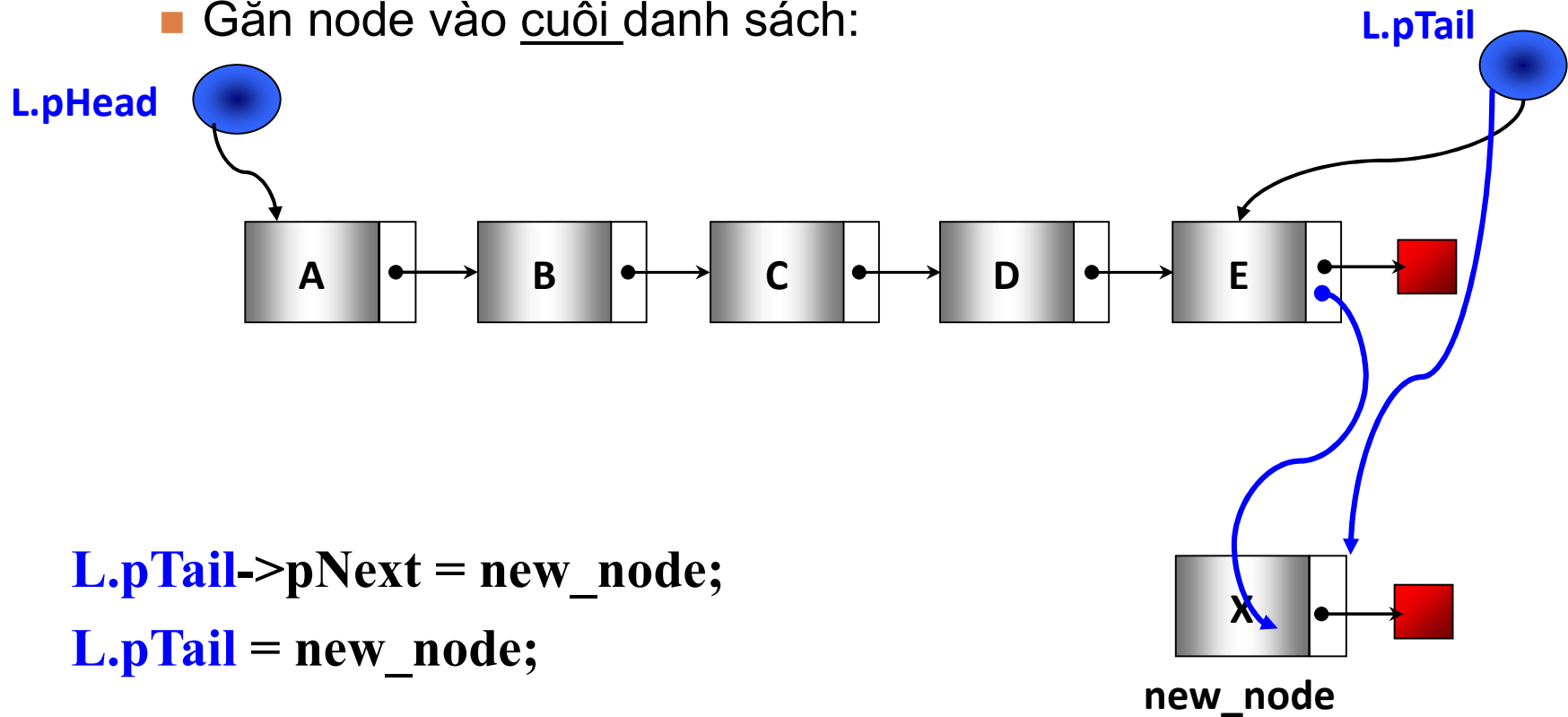
- Thêm một phần tử
 - ▣ Nếu danh sách (**L**) ban đầu rỗng



DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

37

- Thêm một phần tử
 - Nếu danh sách (**L**) ban đầu không rỗng:
 - Gắn node vào cuối danh sách:



DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

38

Thuật toán: Thêm một phần tử vào cuối DS

// input: danh sách, phần tử mới new_node

// output: danh sách với new_node ở cuối DS

- Nếu DS rỗng thì
 - $L.pHead = L.pTail = new_node;$
- Ngược lại
 - $L.pTail \rightarrow pNext = new_node ;$
 - $L.pTail = new_node;$

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

39

Cài đặt: Gắn nút vào cuối DS

```
void addTail(List &L, Node *new_node)
{
    if (L.pHead == NULL)
    {
        L.pHead = L.pTail = new_node;
    }
    else
    {
        L.pTail->pNext = new_node;
        L.pTail = new_node ;
    }
}
```

Thêm một thành phần dữ liệu vào cuối

40

```
void InsertLast (LIST &L, datatype x)
{
    NODE* new_node = GetNode (x) ;
    if (new_node == NULL)
        return;
    addTail (L, new_node) ;
}
```


DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

41

Thuật toán: Thêm một thành phần dữ liệu vào cuối ds

// input: danh sách thành phần dữ liệu X

// output: danh sách với phần tử chứa X ở cuối DS

- Nhập dữ liệu cho X (???)
- Tạo nút mới chứa dữ liệu X (???)
- Nếu tạo được:
 - ▣ Gắn nút mới vào cuối danh sách (???)

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

42

Ví dụ: Thêm một số nguyên vào cuối ds:

```
// Nhập dữ liệu cho X
```

```
int x;
```

```
cout<<"Nhập X=";      cin>>x;
```

```
// Tạo nút mới
```

```
Node* p = GetNode(x);
```

```
// Gắn nút vào cuối DS
```

```
if (p != NULL)          addTail(L, p);
```

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

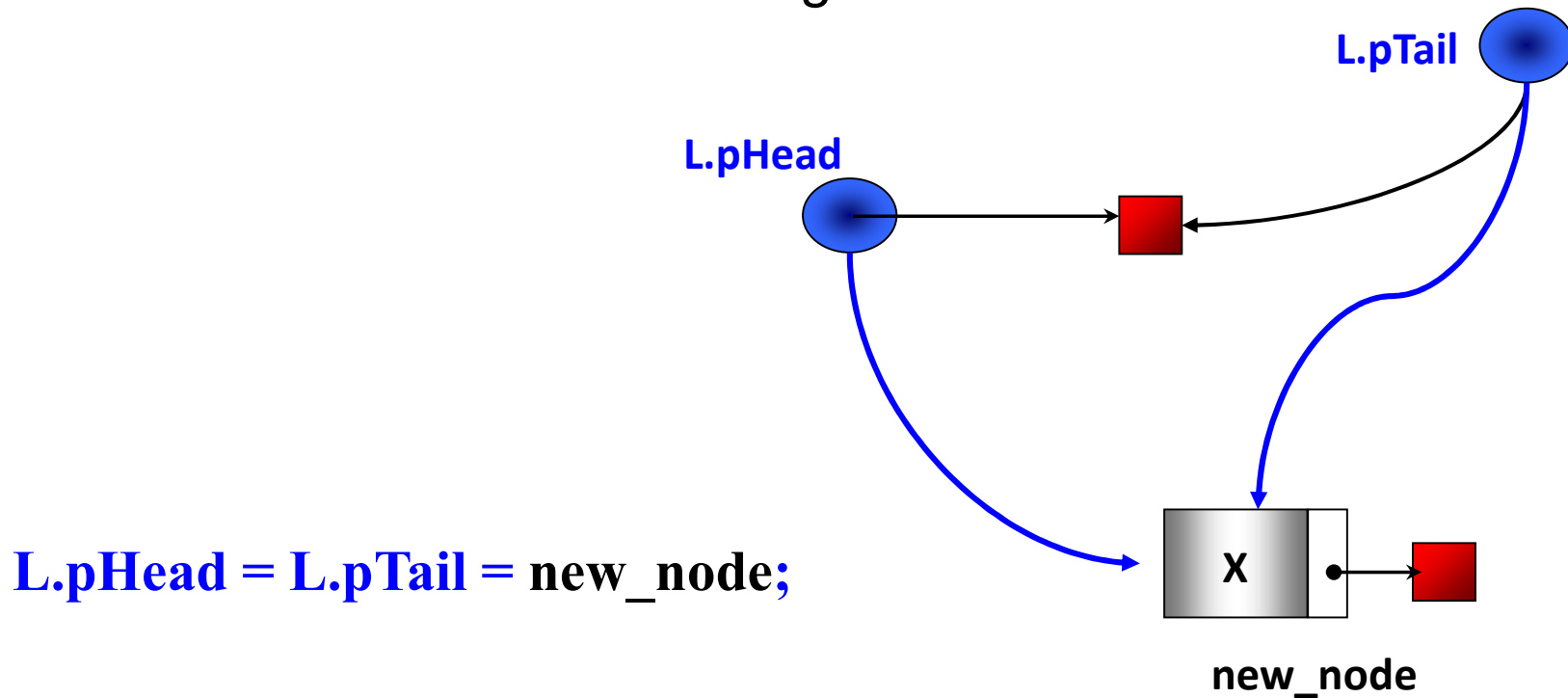
43

- **Thêm một phần tử vào danh sách:** Có 3 vị trí thêm
 - Gắn vào đầu danh sách
 - Gắn vào cuối danh sách
 - **Chèn vào sau nút q trong danh sách**
- Chú ý trường hợp danh sách ban đầu rỗng

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

44

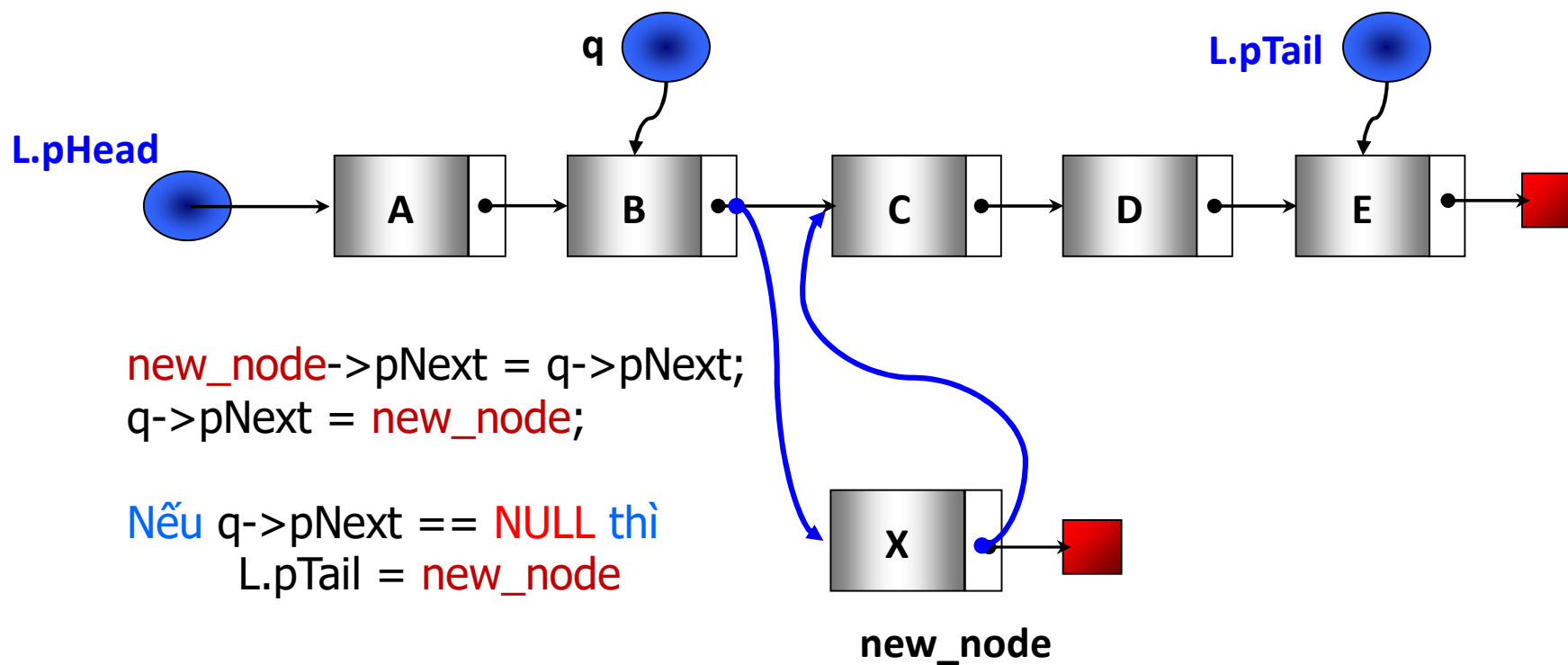
- Thêm một phần tử
 - Nếu danh sách ban đầu rỗng



DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

45

- Thêm một phần tử
 - ▣ Nếu danh sách ban đầu rỗng
 - Chèn một phần tử sau q



DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

46

Thuật toán: Chèn một phần tử sau q

// input: danh sách l, q, phần tử mới new_node

// output: danh sách với new_node ở sau q

□ Nếu (q != NULL) thì:

new_node -> pNext = q -> pNext;

q -> pNext = new_node ;

Nếu (q == L.pTail) thì

L.pTail = new_node;

□ Ngược lại

Thêm new_node vào đầu danh sách

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

47

Cài đặt: Chèn một phần tử sau q

```
void addAfter (List &L, Node *q, Node* new_node)
{
    if (q!=NULL)
    {
        new_node->pNext = q->pNext;
        q->pNext = new_node;
        if(q == L.pTail)      L.pTail = new_node;
    }
}
```

Thêm một thành phần dữ liệu vào cuối

48

```
NODE* InsertAfter(LIST &L, NODE *q, data x)
{
    NODE* p = GetNode(x);
    AddAfter(L, q, p);
}
```


DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

49

Thuật toán: Thêm một thành phần dữ liệu vào sau q

// input: danh sách thành phần dữ liệu X

// output: danh sách với phần tử chứa X ở cuối DS

- Nhập dữ liệu cho nút q (???)
- Tìm nút q (???)
- Nếu tồn tại q trong ds thì:
 - ▣ Nhập dữ liệu cho X (???)
 - ▣ Tạo nút mới chứa dữ liệu X (???)
 - ▣ Nếu tạo được:
 - Gắn nút mới vào sau nút q (???)
- Ngược lại thì báo lỗi

DSLK đơn

50

□ Các thao tác cơ bản

- Tạo danh sách rỗng
- Thêm một phần tử vào danh sách
- Duyệt danh sách
- Tìm kiếm một giá trị trên danh sách
- Xóa một phần tử ra khỏi danh sách
- Hủy toàn bộ danh sách
- ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

51

- Duyệt danh sách
 - ▣ Là thao tác thường được thực hiện khi có nhu cầu xử lý các phần tử của danh sách theo cùng một cách thức hoặc khi cần lấy thông tin tổng hợp từ các phần tử của danh sách như:
 - Đếm các phần tử của danh sách
 - Tìm tất cả các phần tử thoả điều kiện
 - Hủy toàn bộ danh sách (và giải phóng bộ nhớ)
 - ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

52

- Duyệt danh sách
 - ▣ Bước 1: $p = \text{pHead}$; *//Cho p trở đến phần tử đầu danh sách*
 - ▣ Bước 2: Trong khi (Danh sách chưa hết) thực hiện:
 - B2.1 : Xử lý phần tử p
 - B2.2 : $p = p \rightarrow \text{pNext}$; *// Cho p trở tới phần tử kế*

```
void processList (List L)
{
    Node *p = L.pHead;
    while (p != NULL)
    {
        // xử lý cụ thể p tùy ứng dụng
        p = p->pNext;
    }
}
```

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

53

Ví dụ: In các phần tử trong danh sách

```
void Output (List L)
{
    Node* p = L.pHead;
    while (p!=NULL)
    {
        cout<<p->data<<"\t";
        p = p ->pNext;
    }
    cout<<endl;
}
```

DSLK đơn

54

□ Các thao tác cơ bản

- Tạo danh sách rỗng
- Thêm một phần tử vào danh sách
- Duyệt danh sách
- Tìm kiếm một giá trị trên danh sách
- Xóa một phần tử ra khỏi danh sách
- Hủy toàn bộ danh sách
- ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

55

- Tìm kiếm một phần tử có khóa x

```
Node* Search (List L, int x)
{
    Node* p = L.pHead;
    while (p!=NULL)
    {
        if (p->data == x)        return p;
        p = p->pNext;
    }
    return NULL;
}
```



DSLK đơn

56

□ Các thao tác cơ bản

- Tạo danh sách rỗng
- Thêm một phần tử vào danh sách
- Duyệt danh sách
- Tìm kiếm một giá trị trên danh sách
- Xóa một phần tử ra khỏi danh sách
- Hủy toàn bộ danh sách
- ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

57

- Xóa một node của danh sách
 - ▣ Xóa node đầu của danh sách
 - ▣ Xóa node sau node q trong danh sách
 - ▣ Xóa node có khoá k

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

58

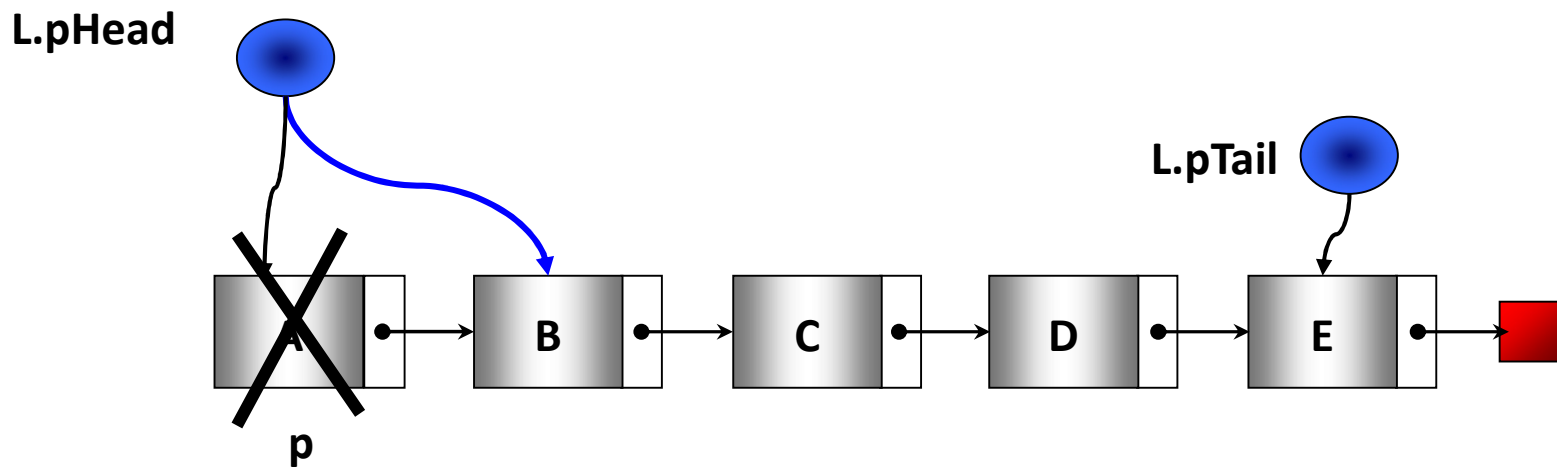
Xóa node đầu của danh sách

- ▣ Gọi p là node đầu của danh sách (L.pHead)
- ▣ Cho pHead trở vào node sau node p (là p->pNext)
- ▣ Nếu danh sách trở thành rỗng thì L.pTail = NULL
- ▣ Giải phóng vùng nhớ mà p trở tới

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

59

- Xóa một node của danh sách



```
Node* p = L.pHead;
```

```
L.pHead = p->pNext;
```

```
Nếu danh sách chỉ có một node??? if (L.pHead == NULL) L.pTail = NULL
```

```
delete p;
```

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

60

```
int removeHead (List &L)
{
    if (L.pHead == NULL) return 0;
    Node* p = L.pHead;
    L.pHead = p->pNext;
    if (L.pHead == NULL) L.pTail = NULL; //Nếu danh sách sau khi xóa là rỗng
    delete p;
    return 1;
}
```

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

61

- Xóa một node của danh sách
 - ▣ Xóa node đầu của danh sách
 - ▣ Xóa node sau node q trong danh sách
 - ▣ Xóa node có khoá k

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

62

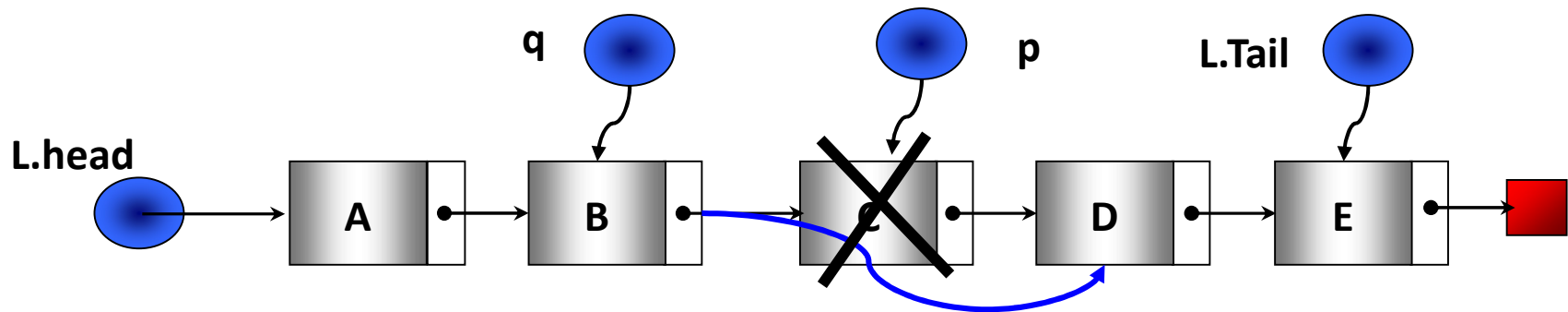
Xóa node sau node q trong danh sách

- ▣ Điều kiện để có thể xóa được node sau q là:
 - q phải khác NULL ($q \neq \text{NULL}$)
 - Node sau q phải khác NULL ($q \rightarrow \text{pNext} \neq \text{NULL}$)
- ▣ Có các thao tác:
 - Gọi p là node sau q
 - Cho vùng pNext của q trở vào node đứng sau p
 - Nếu p là phần tử cuối thì pTail trở vào q
 - Giải phóng vùng nhớ mà p trở tới

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

63

Xóa node sau node q trong danh sách



Node* p = q->pNext;

q->pNext = p->pNext;

Nếu node cần xóa là node cuối ds ??? if (p == L.pTail) L.pTail = q;

delete p;

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

64

Xóa node sau node q trong danh sách

```
int removeAfter (List &L, Node *q )
{
    if (q !=NULL && q->pNext !=NULL)
    {
        Node*  p = q->pNext;
        q->pNext = p->pNext;
        if (p == L.pTail)      L.pTail = q;
        delete p;
        return 1;
    }
    else return 0;
}
```


DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

65

- Xóa một node của danh sách
 - ▣ Xóa node đầu của danh sách
 - ▣ Xóa node sau node q trong danh sách
 - ▣ Xóa node có khoá k

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

66

□ Thuật toán: Hủy 1 phần tử có khoá k

□ Bước 1:

- Tìm phần tử p có khóa k và phần tử q đứng trước nó

□ Bước 2:

- Nếu $(p == \text{NULL})$ thì

- Báo không có k

- Ngược lại *// tìm thấy k*

- P là không phải node đầu danh sách: *trường hợp đặc biệt p là node cuối danh sách khi xóa p thì $L.pTail$ thay đổi thế nào?*

- P là node đầu danh sách: *trường hợp đặc biệt p là node duy nhất của danh sách thì sau khi xóa p thì $L.pTail$ thay đổi thế nào?*

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

67

- Cài đặt:
Hủy 1
phần tử
có khoá k

```
int removeNode (List &L, int k)
{
    Node *p = L.pHead;
    Node *q = NULL;
    while (p != NULL)
    {
        if (p->data == k) break;
        q = p;
        p = p->pNext;
    }
    if (p == NULL) { cout<<"Không tìm thấy k"; return 0;}
    else if (q != NULL)
    { if(p == L.pTail)    L.pTail = q;
      q->pNext = p->pNext;
      delete p;
    }
}
```

Tìm phần tử **p** có khóa k và
phần tử **q** đứng trước nó

else //p là phần tử đầu xâu

{

L.pHead = p->pNext;

if (L.pHead == **NULL**)

L.pTail = **NULL**; //ds có 1 phần tử

}

return 1;

}

DSLK đơn

69

□ Các thao tác cơ bản

- Tạo danh sách rỗng
- Thêm một phần tử vào danh sách
- Duyệt danh sách
- Tìm kiếm một giá trị trên danh sách
- Xóa một phần tử ra khỏi danh sách
- Hủy toàn bộ danh sách
- ...

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

70

□ Hủy toàn bộ danh sách

▣ Để hủy toàn bộ danh sách, thao tác xử lý bao gồm hành động giải phóng một phần tử, do vậy phải cập nhật các liên kết liên quan:

▣ Thuật toán:

■ Bước 1: Trong khi (Danh sách chưa hết) thực hiện:

■ B1.1:

■ $p = L.pHead;$

■ $L.pHead = L.pHead \rightarrow pNext;$ // Cho p trở tới phần tử kế

■ B1.2:

■ Hủy p ;

■ Bước 2:

■ $L.pTail = NULL;$ //Bảo đảm tính nhất quán khi xâu rỗng

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

71

- Hủy toàn bộ danh sách: cài đặt

```
void RemoveList (List &L)
{
    Node    *p;
    while (L.pHead != NULL)
    {
        p = L.pHead;
        L.pHead = p->pNext;
        delete p;
    }
    L.pTail = NULL;
}
```



Gọi hàm???

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

72

- Đếm số nút trong danh sách:

```
int CountNodes (List L)
{
    int count = 0;
    Node *p = L.pHead;
    while (p!=NULL)
    {
        count++;
        p = p->pNext;
    }
    return count;
}
```



Gọi hàm???

DSLK đơn – Các thao tác cơ sở

73

- Trích phần tử đầu danh sách

```
Node* PickHead (List &L)
{
    Node *p = NULL;
    if (L.pHead != NULL){
        p = L.pHead;
        L.pHead = L.pHead->pNext;
        p->pNext = NULL;
        if (L.pHead == NULL) L.pTail = NULL;
    }
    return p;
}
```



Gọi hàm???

Exercise

74

- Write a program for buiding single linked list (Display menu)
 - Add one node at first
 - Add one node at last
 - Add many node at first
 - Add many node at last
 - Add one node after select node
 - Display List
 - Find one node
 - Select and display n(th) node
 - Display node count
 - Remove one node
 - Remove List
 - Get sum of all nodes
 - Inserting a new node in a sorted list

Danh sách liên kết đơn (DSLK đơn)

75

- Khai báo
- Các thao tác cơ bản trên DSLK đơn
- Sắp xếp trên DSLK đơn

Nội dung

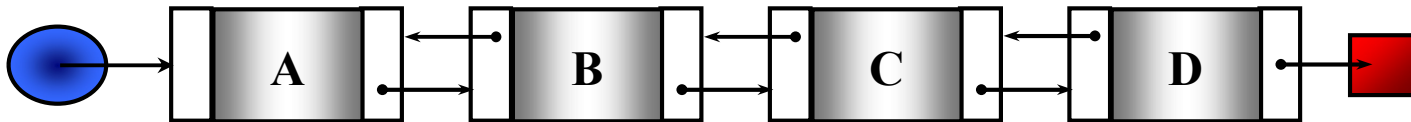
76

- Giới thiệu
- Danh sách liên kết đơn (**Single Linked List**)
- Danh sách liên kết đôi (**Double Linked List**)
- Danh sách liên kết vòng (**Circular Linked List**)

Danh sách liên kết đôi (DSLK đôi)

77

- Là danh sách mà mỗi phần tử trong danh sách có kết nối với 1 phần tử đứng trước và 1 phần tử đứng sau nó



DSLK đôi – Khai báo cấu trúc

78

- Dùng hai con trỏ:
 - ▣ pPrev liên kết với phần tử đứng trước
 - ▣ pNext liên kết với phần tử đứng sau

```
struct DNode
{
    DataType data;
    DNode* pPre;           // trỏ đến phần tử đứng trước
    DNode* pNext;          // trỏ đến phần tử đứng sau
};

struct DList
{
    DNode* pHead;          // trỏ đến phần tử đầu ds
    DNode* pTail;          // trỏ đến phần tử cuối ds
};
```

DSLK đôi – Tạo nút mới

79

- Hàm tạo nút:

```
DNode* getNode ( DDataType x)
```

```
{
```

```
    DNode *p;
```

```
    p = new DNode; // Cấp phát vùng nhớ cho phần tử
```

```
    if (p==NULL) {
```

```
        cout<<"Không đủ bộ nhớ"; return NULL;
```

```
    }
```

```
    p->data = x; // Gán thông tin cho phần tử p
```

```
    p->pPrev = p->pNext = NULL;
```

```
    return p;
```

```
}
```



Gọi hàm??

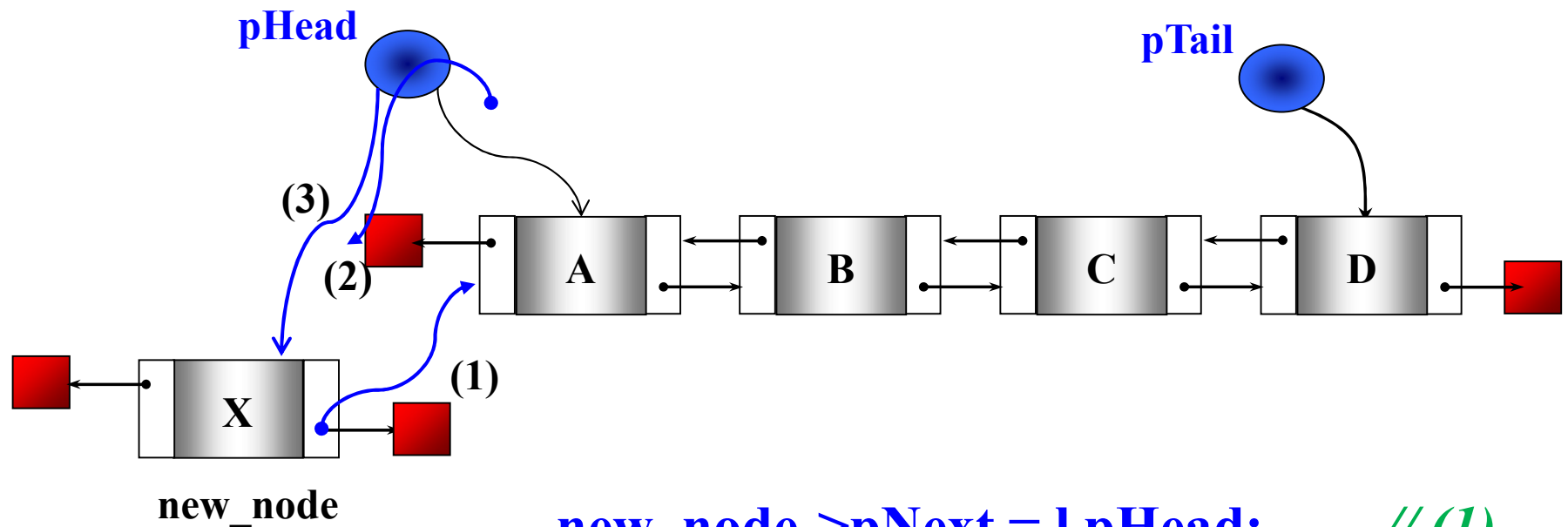
DSLK đôi – Thêm 1 nút vào ds

80

- Có 4 loại thao tác **chèn new_node** vào danh sách:
 - ▣ Cách 1: Chèn vào đầu danh sách
 - ▣ Cách 2: Chèn vào cuối danh sách
 - ▣ Cách 3 : Chèn vào danh sách sau một phần tử q
 - ▣ Cách 4 : Chèn vào danh sách trước một phần tử q

DSLK đôi – Thêm vào đầu ds

81



`new_node->pNext = l.pHead;` // (1)

`l.pHead->pPrev = new_node;` // (2)

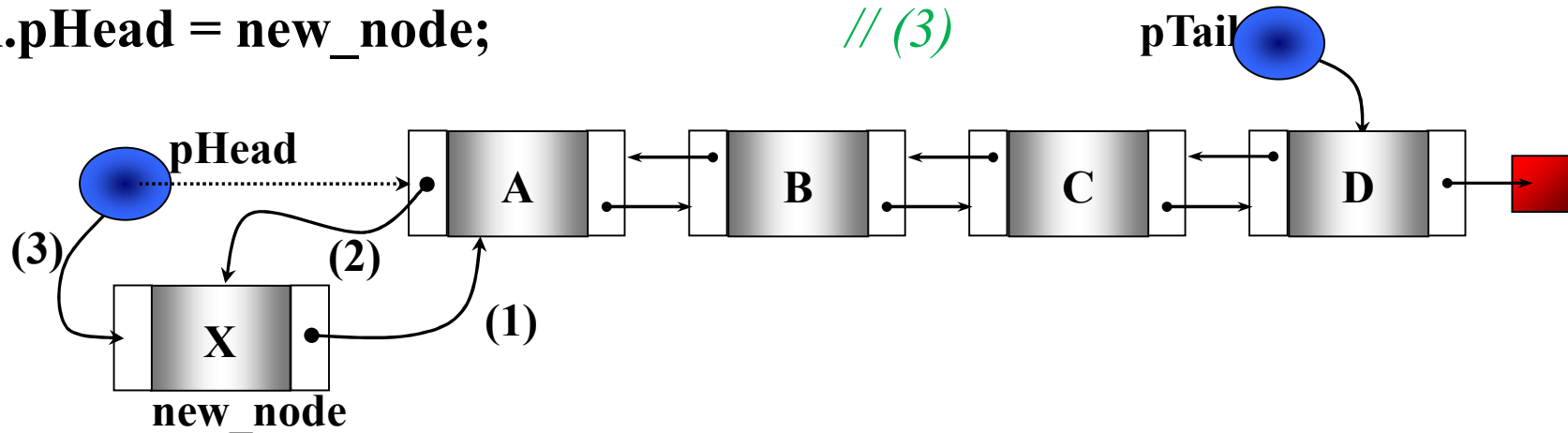
`l.pHead = new_node;` // (3)

DSLK đôi – Thêm vào đầu ds

82

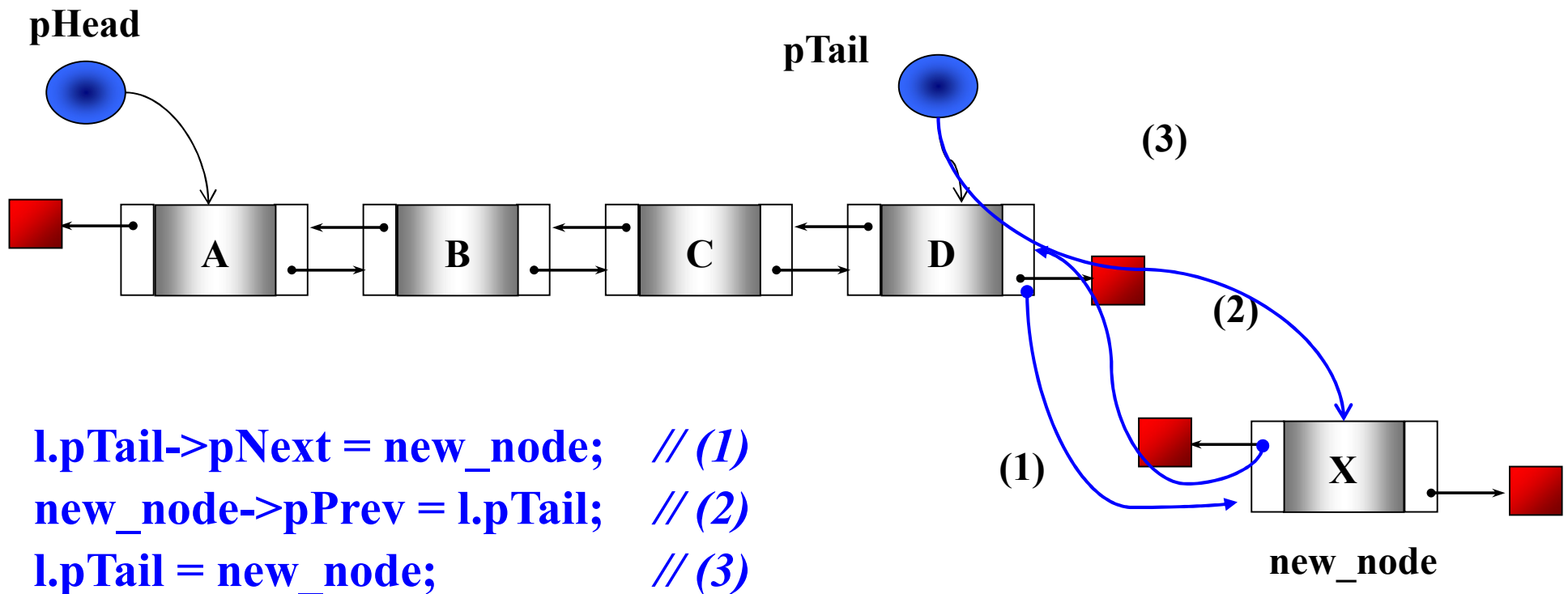
```
void addHead (DList &l, DNode* new_node)
{
    if (l.pHead==NULL)
        l.pHead = l.pTail = new_node;
    else
    {
        new_node->pNext = l.pHead;           // (1)
        l.pHead->pPrev = new_node;           // (2)
        l.pHead = new_node;                   // (3)
    }
}
```

Gọi hàm??



DSLK đôi – Thêm vào cuối ds

83



DSLK đôi – Thêm vào cuối ds

84

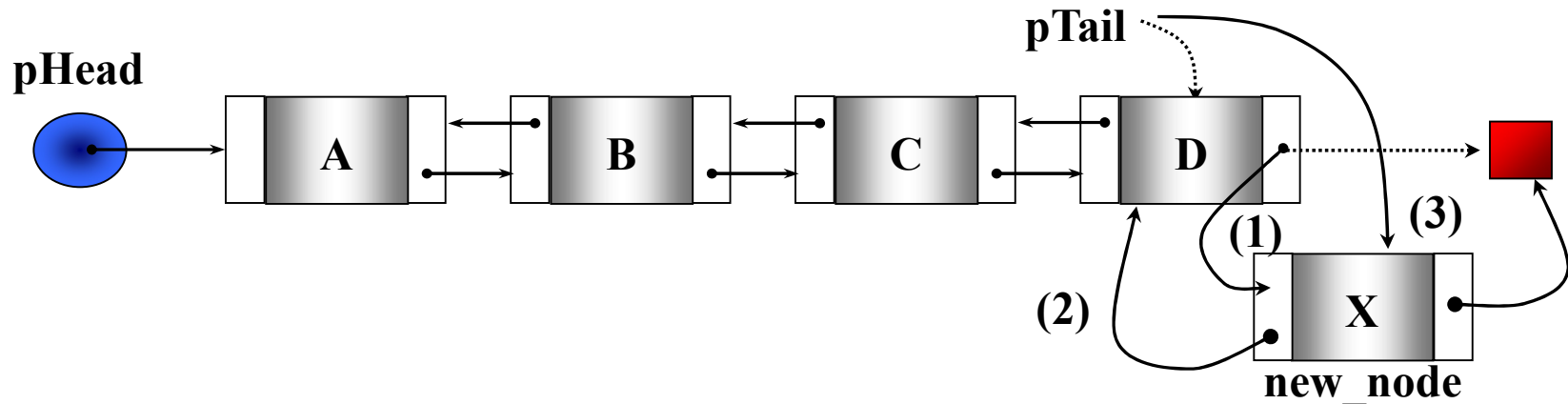
```
void addTail (DList &l, DNode *new_node)
{
    if (l.pHead==NULL)
        l.pHead = l.pTail = new_node;
    else
    {
        l.pTail->pNext = new_node;
        new_node->pPrev = l.pTail;
        l.pTail = new_node;
    }
}
```

Gọi hàm??

// (1)

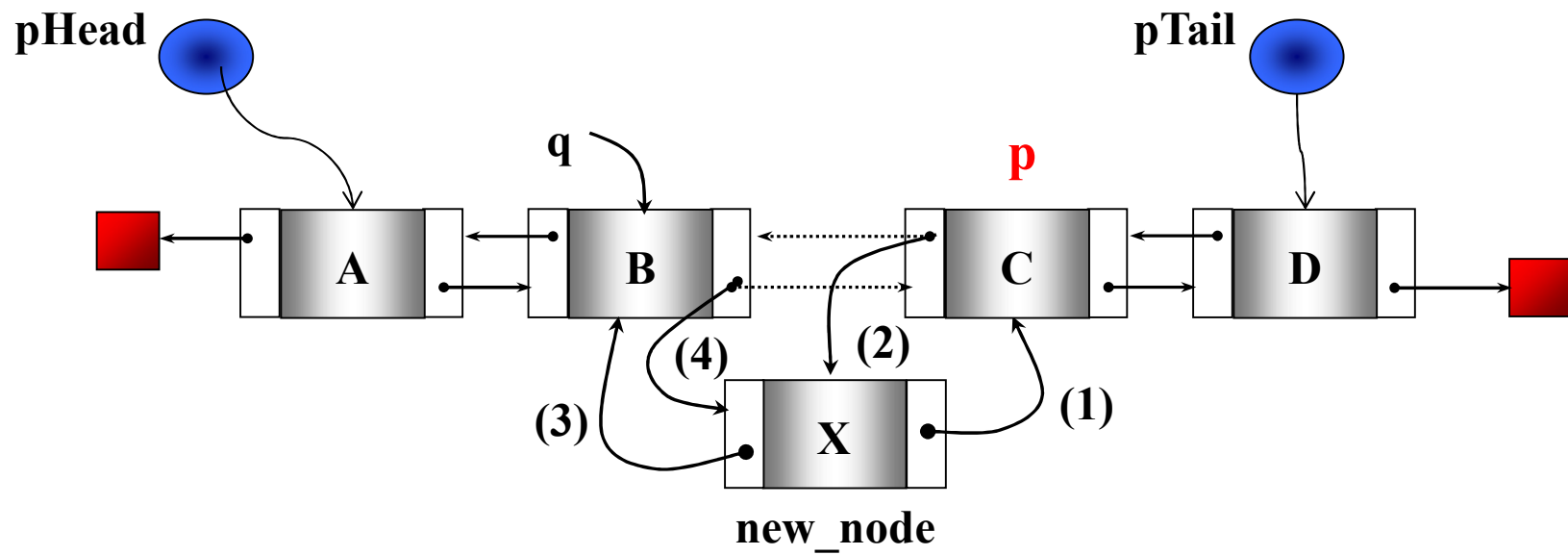
// (2)

// (3)



DSLK đôi – Chèn vào sau q

85



DSLK đôi – Chèn vào sau q

86

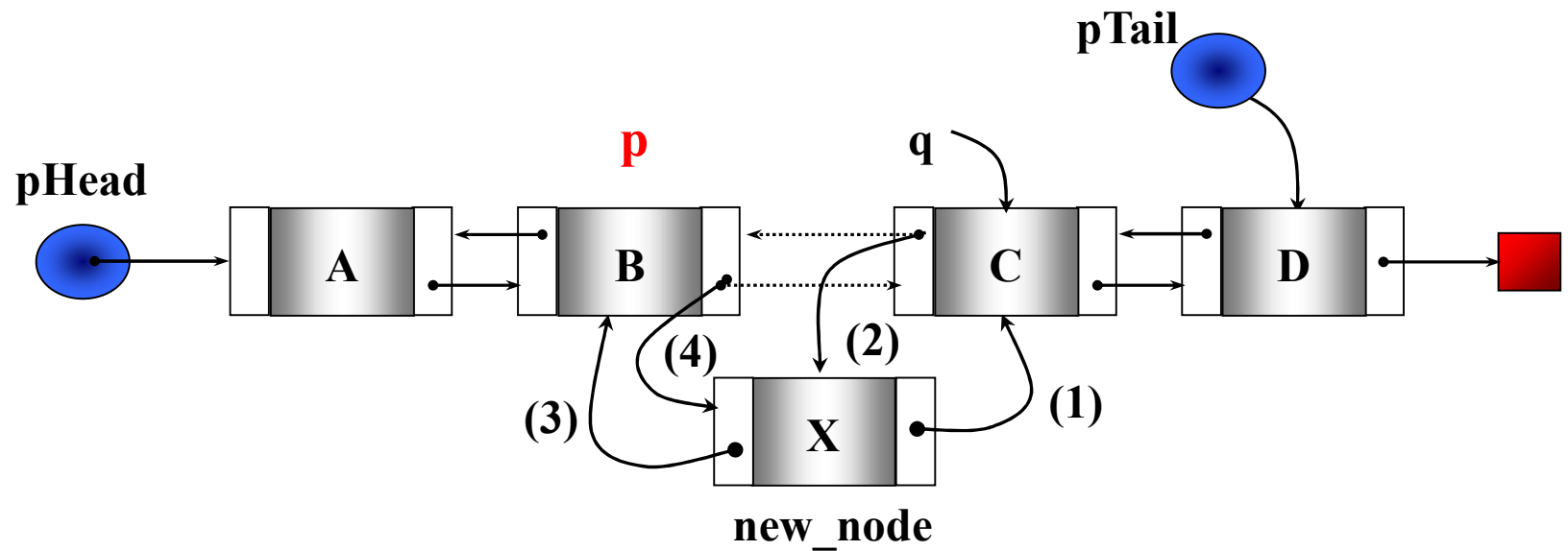
```
void addAfter (DList &l, DNode *q, DNode *new_node)
{
    DNode *p = q->pNext;
    if (q!=NULL) {
        new_node->pNext = p;           //(1)
        if (p != NULL) p->pPrev = new_node; //(2)
        new_node->pPrev = q;           //(3)
        q->pNext = new_node;           //(4)
        if (q == l.pTail) l.pTail = new_node;
    }
    else
        addFirst (l, new_node); // chèn vào đầu ds
}
```



Gọi hàm??

DSLK đôi – Chèn vào trước q

87



DSLK đôi – Chèn vào trước q

88

```
void addBefore (DList &l, DNode q, DNode* new_node)
{
    DNode* p = q->pPrev;
    if (q!=NULL)
    {
        new_node->pNext = q;           //(1)
        q->pPrev = new_node;          //(2)
        new_node->pPrev = p;           //(3)
        if (p != NULL) p->pNext = new_node; //(4)
        if (q == l.pHead) l.pHead = new_node;
    }
    else
        addTail (l, new_node); // chèn vào cuối ds
}
```



Gọi hàm??

DSLK đôi – Hủy phần tử

89

- Có 5 loại thao tác thông dụng hủy một phần tử ra khỏi danh sách liên kết đôi:
 - ▣ Hủy phần tử đầu ds
 - ▣ Hủy phần tử cuối ds
 - ▣ Hủy một phần tử đứng sau phần tử q
 - ▣ Hủy một phần tử đứng trước phần tử q
 - ▣ Hủy 1 phần tử có khóa k

DSLK đôi – Hủy đầu ds

90

```
int removeHead (DList &l)
{
    if ( l.pHead == NULL)    return 0;
    DNode *p = l.pHead;
    l.pHead = l.pHead->pNext;
    l.pHead->pPrev = NULL;
    delete p;
    if (l.pHead == NULL)    l.pTail = NULL;
    else    l.pHead->pPrev = NULL;
    return 1;
}
```

DSLK đôi – Hủy cuối ds

91

```
int removeTail (DList &l)
{
    if (l.pTail == NULL) return 0;
    DNode *p = l.pTail;
    l.pTail = l.pTail->pPrev;
    l.pTail->pNext = NULL;
    delete p;
    if (l.pHead == NULL) l.pTail = NULL;
    else l.pHead->pPrev = NULL;
    return 1;
}
```

DSLK đôi – Hủy phần tử sau q

92

```
int removeAfter (DList &l, DNode *q)
{
    if (q == NULL) return 0;
    DNode *p = q ->pNext ;
    if (p != NULL)
    {
        q->pNext = p->pNext;
        if (p == l.pTail) l.pTail = q;
        else p->pNext->pPrev = q;
        delete p;
        return 1;
    }
    else return 0;
}
```

DSLK đôi – Hủy phần tử trước q

93

```
int removeBefore (DList &l, DNode *q)
{
    if (q == NULL) return 0;
    DNode *p = q ->pPrev;
    if (p != NULL)
    {
        q->pPrev = p->pPrev;
        if (p == l.pHead) l.pHead = q;
        else p->pPrev->pNext = q;
        delete p;
        return 1;
    }
    else return 0;
}
```

DSLK đôi – Hủy phần tử có khóa k

94

```
int removeNode (DList &l, int k)
{
    DNode *p = l.pHead;
    while (p != NULL)
    {
        if (p->data == k) break;
        p = p->pNext;
    }
}
```

DSLK đôi – Hủy phần tử có khóa k

95

```
if (p == NULL) return 0; // Không tìm thấy k
DNode *q = p->pPrev;
if (q != NULL) // Xóa nút p sau q
    return removeAfter (l, q);
else // Xóa p là nút đầu ds
    return removeHead (l);
}
```

DSLK đôi – Nhận xét

96

- DSLK đôi về mặt cơ bản có tính chất giống như DSLK đơn
- Tuy nhiên DSLK đôi có mối liên kết hai chiều nên từ một phần tử bất kỳ có thể truy xuất một phần tử bất kỳ khác
- Trong khi trên DSLK đơn ta chỉ có thể truy xuất đến các phần tử đứng sau một phần tử cho trước
- Điều này dẫn đến việc ta có thể dễ dàng hủy phần tử cuối DSLK đôi, còn trên DSLK đơn thao tác này tốn chi phí $O(n)$

DSLK đôi – Nhận xét

97

- Bù lại, xâu đôi tốn chi phí gấp đôi so với xâu đơn cho việc lưu trữ các mối liên kết. Điều này khiến việc cập nhật cũng nặng nề hơn trong một số trường hợp. Như vậy ta cần cân nhắc lựa chọn CTDL hợp lý khi cài đặt cho một ứng dụng cụ thể

Nội dung

98

- Giới thiệu
- Danh sách liên kết đơn (**Single Linked List**)
- Danh sách liên kết đôi (**Double Linked List**)
- Danh sách liên kết vòng (**Circular Linked List**)

Danh sách liên kết vòng (DSLK vòng)

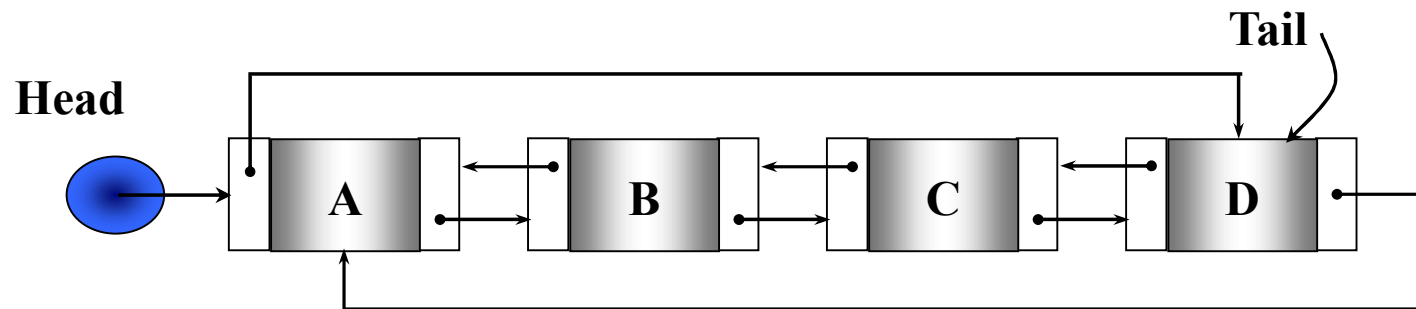
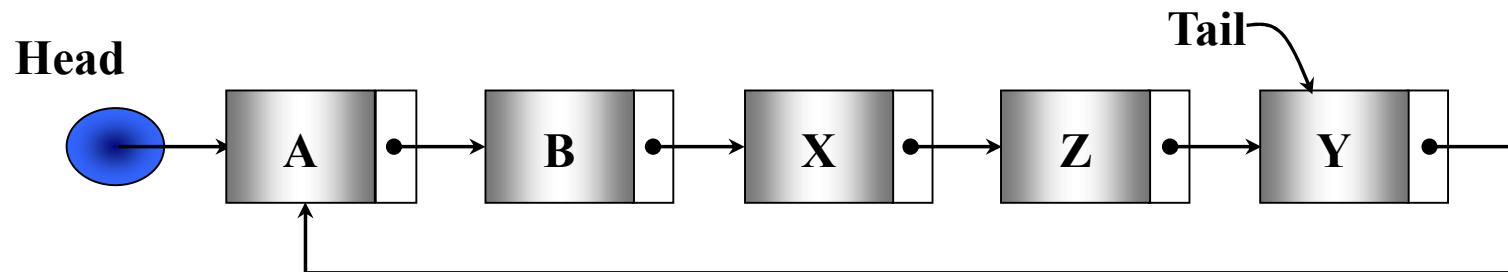
99

- Là một danh sách liên kết đơn (hoặc đôi) mà phần tử cuối danh sách, thay vì mang giá trị **NULL**, trở tới phần tử đầu danh sách
- Đối với danh sách vòng, có thể xuất phát từ một phần tử bất kỳ để duyệt toàn bộ danh sách

DSLK vòng

100

- Để biểu diễn, có thể sử dụng các kỹ thuật biểu diễn như danh sách đơn (hoặc đôi)



DSLK vòng – Tìm kiếm

101

- Danh sách vòng không có phần tử đầu danh sách rõ rệt, nhưng ta có thể đánh dấu một phần tử bất kỳ trên danh sách xem như phần tử đầu xâu để kiểm tra việc duyệt đã qua hết các phần tử của danh sách hay chưa

DSLK vòng – Tìm kiếm

102

```
Node* Search (List &l, int x)
{
    Node *p = l.pHead;
    do{
        if (p->data== x) return p;
        p = p->pNext;
    } while (p != l.pHead);    // chưa đi giáp vòng
    return p;
}
```

DSLK vòng – Thêm vào đầu ds

103

```
void addHead (List &l, Node *new_node)
{
    if (l.pHead == NULL)
    {
        l.pHead = l.pTail = new_node;
        l.pTail->pNext = l.pHead;
    }
    else
    {
        new_node->pNext = l.pHead;
        l.pTail->pNext = new_node;
        l.pHead = new_node;
    }
}
```

DSLK vòng – Thêm vào cuối ds

104

```
void  addTail (List &l, Node *new_node)
{
    if (l.pHead == NULL)
    {
        l.pHead = l.pTail = new_node;
        l.pTail->pNext = l.pHead;
    }
    else
    {
        new_node->pNext = l.pHead;
        l.pTail->pNext = new_node;
        l.pTail = new_node;
    }
}
```


DSLK vòng – Thêm sau nút q

105

```
void addAfter (List &l, Node *q, Node *new_node)
{
    if (l.pHead == NULL)
    {
        l.pHead = l.pTail = new_node;
        l.pTail->pNext = l.pHead;
    }
    else
    {
        new_node->pNext = q->pNext;
        q->pNext = new_node;
        if (q == l.pTail)
            l.pTail = new_node;
    }
}
```

DSLK vòng – Hủy nút đầu ds

106

```
int removeHead (List &l)
{
    Node *p = l.pHead;
    if (p == NULL) return 0;
    if (l.pHead == l.pTail)
        l.pHead = l.pTail = NULL;
    else
    {
        l.pHead = p->pNext;
        if (p == l.pTail)
            l.pTail->pNext = l.pHead;
    }
    delete p;
    return 1;
}
```

DSLK vòng – Hủy phần tử sau q

107

```
int removeAfter(List &l, Node *q)
{
    if (q == NULL) return 0;
    Node *p = q -> pNext ;
    if (p == q)    l.pHead = l.pTail = NULL;
    else{
        q->Next = p->pNext;
        if (p == l.pTail)    l.pTail = q;
    }
    delete p;
    return 1;
}
```