# Языки программирования

## Лекция 11

ПМИ 2 курс

Демяненко Я.М.

ЮФУ 2024

# Динамические структуры данных

Динамические структуры данных — это такие структуры, которые в ходе выполнения программы могут менять свой размер.

Удобным средством реализации динамических структур являются списочные структуры (списки).

# Списки

Списки — это программно реализуемые структуры данных, элементы которых хранят информацию и связи с другими элементами.

В качестве связи используется указатель на элемент.

По количеству связей и направленности выделяют различные типы списков:

- односвязные, двусвязные и многосвязные;
- линейные, нелинейные, кольцевые и т.д.

# Размещение в динамической памяти

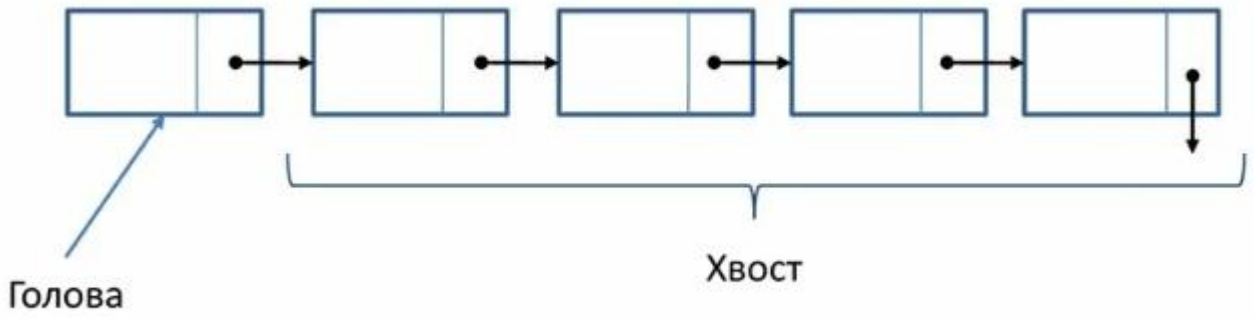
Для размещения элемента списка в динамической памяти используется операция **`new`**, для удаления — операция **`delete`**.

# Указатели на список

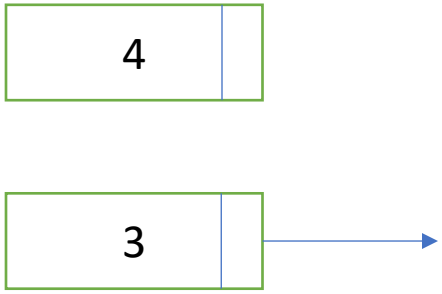
Для линейного односвязного списка указатель должен ссылаться на первый элемент, который называется **головой (началом)** списка.

Иногда при реализации алгоритмов удобно иметь указатель на **последний** элемент списка, который иногда называют **хвостом**.

В общем случае хвостом называется весь список без головы. Такая терминология активно используется в функциональных языках программирования.



# Узел для линейного односвязного списка




```
struct node {
  int data;
  node* next;
  // this указатель на себя
  node (int data, node* next)  {
     this->data=data;
     this->next=next;
  }
};
```

(*this).data≡this->data

# Линейный односвязный список

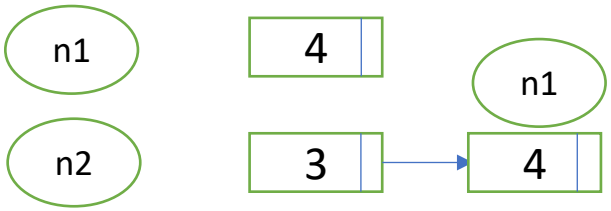
Память под n1 выделяется на стеке самой программы, а конструктор лишь инициализирует поля.


node n1(4, nullptr);

При объявлении нового экземпляра структуры node, этот объект создается в статической памяти.
То есть объект n1 будет храниться на стеке:
node n1(4, nullptr);

# Линейный односвязный список

Память под n1 выделяется на стеке самой программы, а конструктор лишь инициализирует поля.



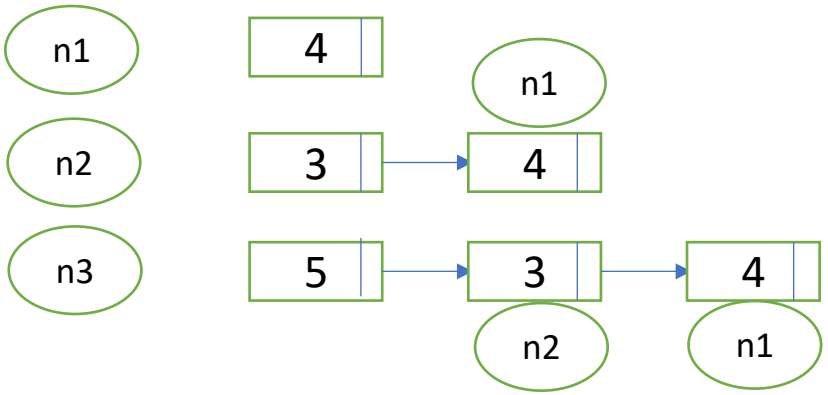

node n1(4, nullptr);

При объявлении нового экземпляра структуры node, этот объект создается в статической памяти.
То есть объект n1 будет храниться на стеке:
node n1(4, nullptr);

node n2(3, &n1);

# Линейный односвязный список

Память под n1 выделяется на стеке самой программы, а конструктор лишь инициализирует поля.



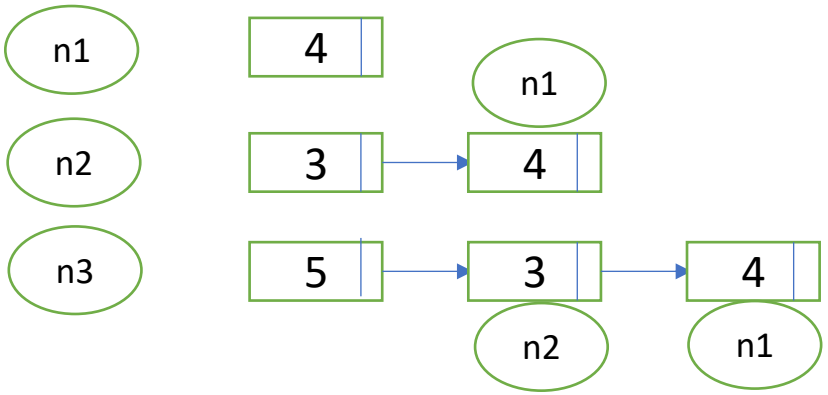

```
node n1(4, nullptr);
```

При объявлении нового экземпляра структуры node, этот объект создается в статической памяти.
То есть объект n1 будет храниться на стеке:
node n1(4, nullptr);

```
node n2(3, &n1);
node n3(5, &n2);
```

# Линейный односвязный список

Память под n1 выделяется на стеке самой программы, а конструктор лишь инициализирует поля.




```
node n1(4, nullptr);
```

При объявлении нового экземпляра структуры node, этот объект создается в статической памяти.
То есть объект n1 будет храниться на стеке:
node n1(4, nullptr);

```
node n2(3, &n1);
node n3(5, &n2);
```

```
node* p = &n3;
```

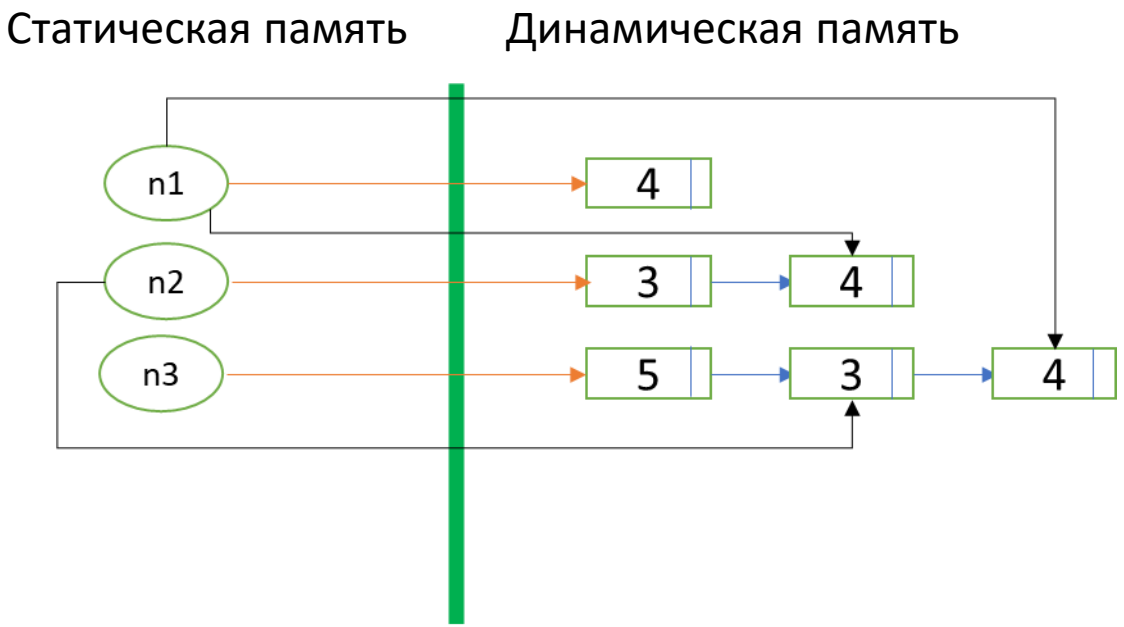
В реальных программах, ввиду сильной ограниченности размера стека, объекты размещают в динамической памяти.

# Как создать node в динамической памяти

node * pn = new node(5, nullptr);

В C++ динамическую память выделяет не конструктор, а оператор new. Конструктор только создаёт объект в выделенной памяти.

В отличии от .NET в C++ нет сборщика мусора, и ответственным за удаление объекта из динамической памяти, является программист.



# Размерная vs ссылочная модель объектов

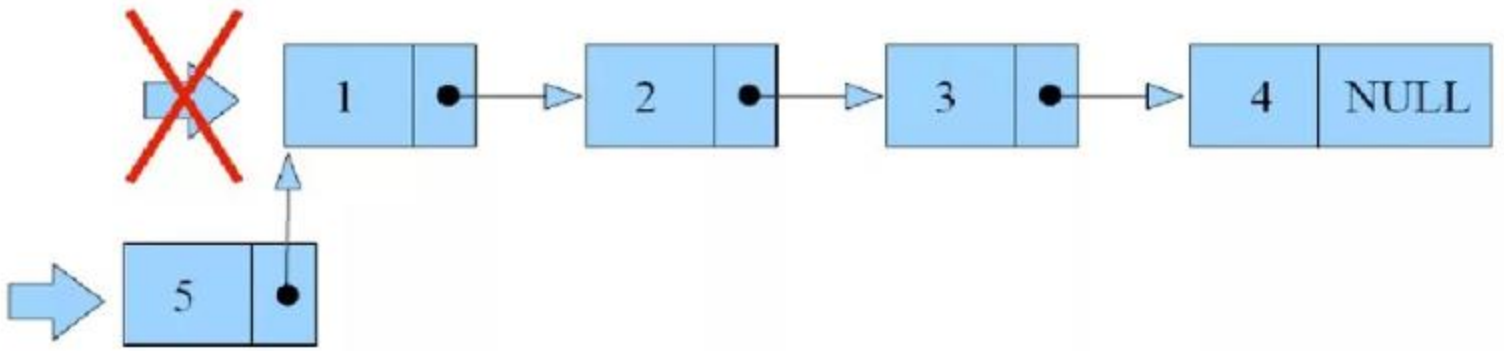
В C++ **размерная** модель объектов,

а **ссылочную** можно **моделировать** с помощью **указателей**.

# Основные операции со списком

- Добавить элемент в начало, в конец, в средину (на i-ю позицию)
- Удалить элемент из начала, из конца, из средины ( i-ый элемент)
- Обработать элементы всего списка
- Проверить на пустоту
- Изменить порядок элементов (без new и delete)

# Добавление в начало односвязного списка



# Добавление элемента в начало односвязного списка

```
node* pn = nullptr;          //  создаём пустой список
pn = new node(5, pn);        // создать новый элемент и добавили в список
```

Операцию **добавления** первого элемента в односвязный список мы оформим в виде отдельной функции.

```
void add_first(node* &pn, int x) { // pn−указатель на начало списка
   pn = new node(x, pn);
}
```

Запись **node* &**pn означает, что pn это **ссылка на указатель** типа node, и изменения, происходящие с ней внутри функции, повлияют и на изменение фактического параметра.

```
node* pn = nullptr;

add_first(pn, 5);
add_first(pn, 3);
...
```

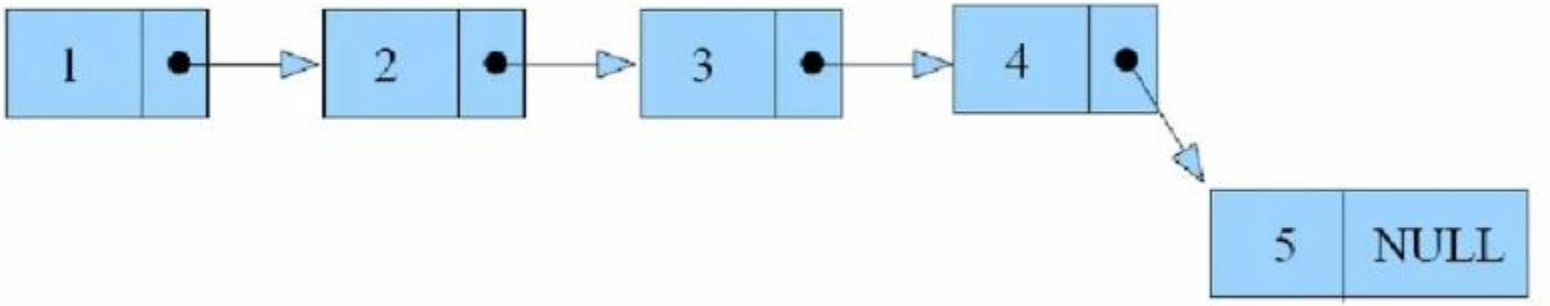
# Цикл по односвязному списку

```
void print(node* p) {
   while(p) { // p!= nullptr
      cout << p -> data << ' ';
      p = p -> next;
   }
}
```

```
void print(node* p) {
   for ( ; p; p=p->next)
      cout << p -> data << ' ';
}
```

**Пример.** Создать линейный односвязный список целых чисел добавлением элементов в конец списка.

Операции создания списка, удаления и вывода на экран оформить в виде функций.



```
struct list {
  int inf;
  list* next;
};

list* sp_create_to_tail();
void print_sp(list* L);
void erase(list*&L);
```

```
int main() {
  list* F=nullptr;
  F = sp_create_to_tail();
  print_sp(F);
  erase(F);
  return 0;
}
```

```
list* sp_create_to_tail() {
  list* head, *p, *tail;
  int n;   cout << "size list->";  cin >> n;
  head = tail = nullptr;
  if (n > 0) {
     tail=head = new list;
     cout << "list item ->";
     cin >> head->inf;
     head->next = nullptr;
  }
  for (int i = 1; i<n; ++i) {
     p = new list;
     cout << "list item ->";
     cin >> p->inf;
     p->next = nullptr;
     tail->next = p;
     tail = p;
  }
  return head;
}
```

# Какой верный? Почему?

```
void print_sp(list* L) {
  list * p = L;
  while (p != nullptr) {
    cout << p->inf << " ";
    p = p->next;
  }
  cout << "\n";
}
```

```
void print(list * p) {
   while(p) {
      cout << p -> inf << ' ';
      p = p -> next;
   }
}
```

```
void erase(list*&L) {
  list* t = L;
  while (t) {//!= nullptr // L != nullptr  // L
    L = t->next;
    delete t;
    t = L;
  }
}
```

# «Особые» элементы списка

Список пуст или указатель вне списка

if (F== nullptr) … или if (!F)…

if (p== nullptr) … или if (!p)…

Список не пуст или указатель в списке

if (F!= nullptr) … или if (F)…

if (p!= nullptr) … или if (p)…

Первый (голова)

if (p==F)…

# И ещё «особые» элементы списка

Последний (хвост)

```
if (p->next == nullptr)… или if (!p->next)…
```

Для общего случая

```
if (p && !p->next) …
```

Предпоследний

```
if (p->next->next== nullptr) … или  if (! p->next->next)
```

…

Для общего случая

```
if (p  &&  p->next && !p->next->next) …
```

# Добавление в «голову» (начало списка)

```
typedef list* sp_ptr;

void inHead (sp_ptr &L , int a){
   sp_ptr p =new list;              // list * p;
   p->inf = a;
   p->next = L;
   L = p;
}
   вызов в main
sp_ptr F = nullptr;              // или list * F = nullptr;
 inHead(F, 5);
```

# Добавление в «голову» (начало списка) Другой подход

```
sp_ptr inHeadAdd (sp_ptr  L , int a){
   sp_ptr p=new list;
   p->inf = a;
   p->next = L;
   return p;
}
```

вызов в main

```
F = inHeadAdd (F, 5);
```

# Добавление в начало списка (с использованием конструктора)

```
struct node {
  int data;
  node* next;
  node (int data, node* next)  {
    // this указатель на себя
    this->data=data;
    this->next=next;
  }
};
```

# Добавление в начало списка (с использованием конструктора)

```
void add_first(node* &pn, int x) {
   pn = new node(x, pn);
}
```

```
node* pn = nullptr;
add_first(5, pn);
```

```
node* add_first(node* pn, int x) {
   pn = new node(x, pn);
   return pn;
}
```

```
node* pn = nullptr;
pn = new node(5, pn);
```

# Добавление в «хвост» (в конец списка)

Можно каждый раз искать место добавления

```
void inTail (sp_ptr &L , int a){
  if (!L)  inHead(L,a);          // или L=inHeadAdd(L,a);
  else{
      sp_ptr p =L;
      while (p->next)          // ищем последний элемент
            p=p->next;
      p->next = new list;      // добавили
      p=p->next;               // перешли к добавленному
      p->inf=a;                //  инициализируем
      p->next=nullptr;
      }
}
```

вызов в main

```
inTail(F, -5);
```

# Добавление в «хвост» (в конец списка)

А можно запоминать «хвост» и указывать, куда добавлять (для пустого списка не применять!!!)

Частный случай

```
sp_ptr inTail (sp_ptr T , int a){
  assert(T!=0);              // нужен #include  <cassert>
  T->next  = new list;
  T->next->inf    = a;
  T->next->next = nullptr;
  return T->next;
}
```

# Добавление в конец списка (с использованием конструктора)

```
struct node {
  int data;
  node* next;
  node (int data, node* next)  {
    // this указатель на себя
    this->data=data;
    this->node=next;
  }
};
```

# Добавление в конец списка (с использованием конструктора)

```
void add_last(node* &pn, int x) {
    if (!pn)
      pn = new node(x, pn);
    else{
      node* p =pn;
      while (p->next)
            p=p->next;
      p->next = new node(x, nullptr);
      }
}
```

```
void inTail (node* &pn, node* & T , int a){
  if (!pn)
      T=pn = new node(x, pn);
  else{
      T->next = new node(x, nullptr);
      T=T->next;
      }
}
```

# Использование

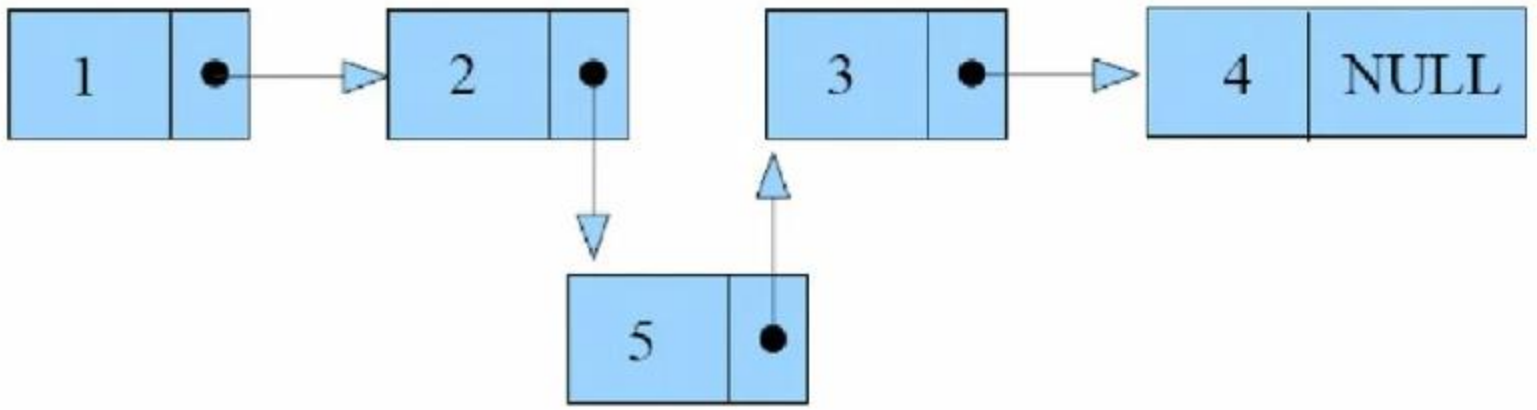
```
int main() {
  list* F= nullptr, *T= nullptr;

  F=inHead(F,1);
  T = F;

  for (int i = 0; i<5; i++) {
        F = inHead(F,i);
        T = inTail(T,i);
  }
  print_sp(F);
  erase(F);
  T=nullptr; //T=F;
  return 0;
}
```

Результат вывода 43210101234

# Вставка на произвольное место



# Обобщение – вставка на произвольное место

```
sp_ptr insert (sp_ptr  L1 , sp_ptr L2, int a) {

 // поместить элемент между L1 и L2
 // L1 и L2 должны быть расположены подряд
 // если L2 – голова, то L1 должно быть nullptr – в начало
 // если L1 – хвост, то L2 должно быть nullptr – в конец

   sp_ptr p = new list;
   p->inf = a;
   p->next = L2;
    if (L1)
        L1->next=p;
  return p;
}
```

# Обобщение – вставка на произвольное место с использованием конструктора

```
node* insert (node* & L1 , node* & L2, int a) {

 // поместить элемент между L1 и L2
 // L1 и L2 должны быть расположены подряд
 // если L2 – голова, то L1 должно быть nullptr
 // если L1 – хвост, то L2 должно быть nullptr

 node* p = new node(a, L2);
 if (L1)
        L1->next=p;
   return p;
}
```

# Пример использования

```
int main() {
  sp_ptr F= nullptr, T= nullptr;
  T=F = insert (nullptr, nullptr, 1); // в пустой список

  for (int i = 0; i<5; i++) {
       F = insert(nullptr, F, i);          //в начало
       T = insert (T, nullptr, i);        // в конец
  }
  sp_ptr p=F;
  p = p->next;
  p= insert(p, p->next, -1);
  print_sp(F);
  erase(F); T=nullptr;
  return 0;
}
```

# Обработка всех элементов

```
int sum ( sp_ptr L){
  int s=0;
  for (sp_ptr p=L; p; p=p->next)
        s+=p->inf;
  return s;
}


// можно и так
int sum ( sp_ptr L){
  int s=0;
  for (; L; L=L->next)
        s+=L->inf;
  return s;
}
```

**Рекурсивный вариант**

```
int sum_r ( sp_ptr L){
    if (L)
        return L->inf+sum_r(L->next);
    else
        return 0;
}
```

# Обработка с предикатом

```
int kol (sp_ptr L, bool (*f) (int)) {
  int k=0;
  for ( ; L; L=L->next)
      if  (f(L->inf) )
          k++;
  return k;
}
```

```
bool  isNull(int x) {
  return (x==0);
}

int  N = kol (F, isNull);

bool  twoTerm (int x) {
   return ( x%10 == 2);
}

int  k2 = kol (F, twoTerm);
```

# Обработка соседних элементов

```
int  kolPair (sp_ptr L){
  int k=0;
  if (L)
  for (sp_ptr p=L; p->next; p=p->next)
     if (p->inf == p->next->inf)
        k++;
  return k;
}
```

# Проверка свойств

```
bool allZerro (sp_ptr p) {
  while (p && (p->inf==0))
      p=p->next;
   return (p==nullptr);
}
```

**Проверка свойств с предикатом**

```
bool allPred (sp_ptr p,  bool (*f) (int)) {
while (p && f(p->inf) )
      p=p->next;
   return (p==nullptr);
}
```

# Удаление

**Удаление первого элемента («головы»)**

```
void delHead( sp_ptr &L) {
   if (L) {
        sp_ptr p= L;
        L=L->next;
        delete p;
   }
}
```

# Удаление

**Удаление последнего ( «хвост»)**

```
void delTail( sp_ptr &L) {
  if (L) {
     if (L->next) {
       sp_ptr p = L;
       while (p->next->next) //предпоследний элемент
                p=p->next;
       delete p->next;
       p->next = nullptr;
     }
     else {
        delete L;
        L =nullptr;
     }
  }
}
```

# Удаление

**Если есть указатель на «хвост»**

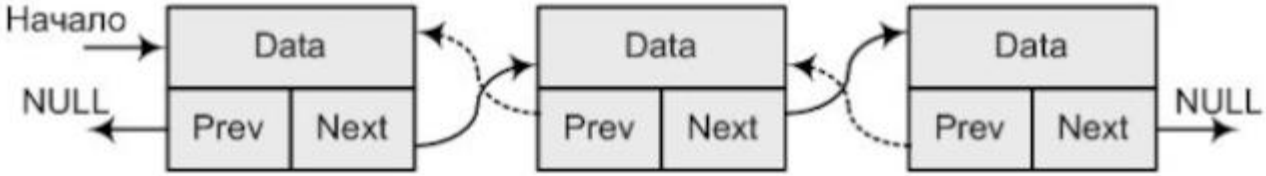
```
void delTail( sp_ptr &H, sp_ptr &T) {
  if (H) {
     if (H->next) {    // H!=T
          sp_ptr p = H;
          while (p->next != T)
               p=p->next;
          delete p->next;
           p->next = nullptr;
          T=p;
      }
      else {
          delete H;
          T=H= nullptr;
      }
   }
}
```

# Классификация списочных структур

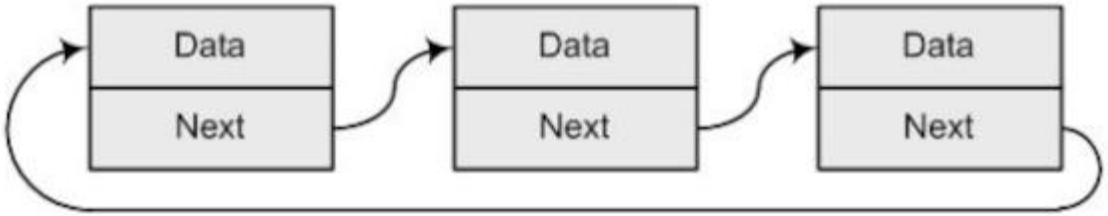
- По количеству полей связи
  - односвязные
  - двусвязные
  - многосвязные
- По возможному порядку просмотра элементов
  - линейные
  - нелинейные
  - циклические

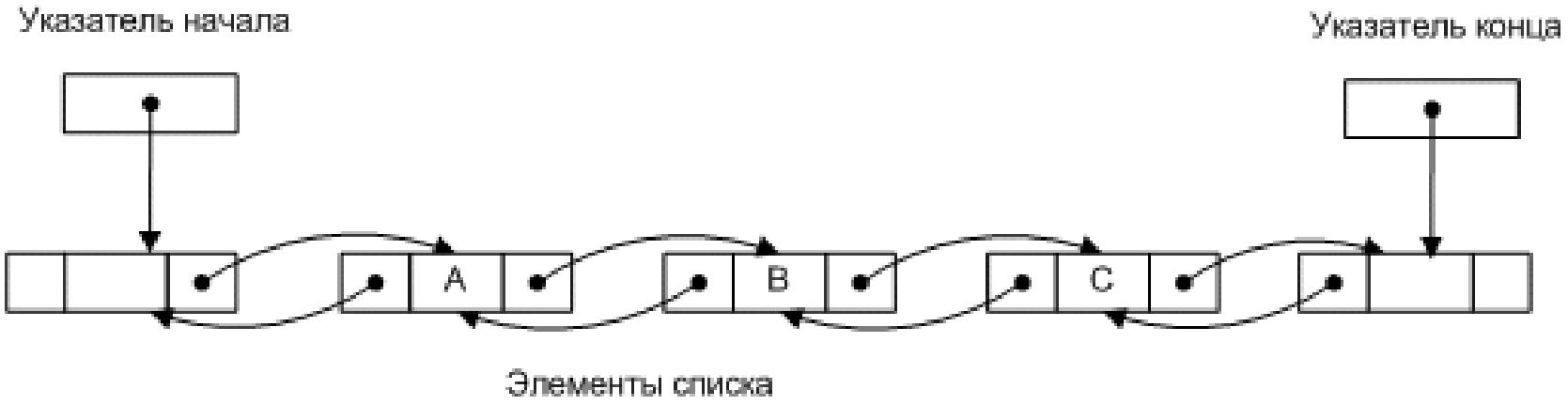
1. Односвязный линейный список


2. Двусвязный линейный список




3. Односвязный линейный кольцевой список






Линейный порядок, устанавливаемый прямым указателем


Линейный порядок, устанавливаемый обратным указателем


Вторая связь позволяет эффективней реализовывать операции, в которых требуется «возвращаться» к предыдущему элементу списка. Например, найти и удалить элемент с заданным значением

# Двусвязный, двунаправленный

```
struct list2 {
  int inf;
  list2* next, *prev;
};

typedef  list2*  sp_ptr2;

//Все операции должны учитывать вторую связь
sp_ptr2 inHead (sp_ptr2 L, int a) {
   sp_ptr2 p = new list2;
   p->inf = a; p->next = L; p->prev=nullptr;
   if (L) {
        L->prev = p;
     }
   return p;
}
```

# Двусвязный, двунаправленный

```
void delete( sp_ptr2 &L, int v) {
 if (L) {
       sp_ptr2 p= L;
       while (p && p->inf !=v)   p=p->next;       // ищем
       if (p) {                                   // если нашли
          if (p!=L && p->next){                   // не голова и не хвост
               p->prev->next=p->next;
               p->next->prev=p->prev;
          }
         else if (p==L){                          // голова
              L = p->next;
              if (L) L->prev = nullptr;           // если был неединственный
          }
         else {  p->prev->next = p->next;  }
         delete p;
      }
   }
}
```

# Поместить элемент между L1 и L2

```
void insert(pList &F, pList &L, int a, pList L1, pList L2 ) {
assert(L1 == nullptr || L2 == nullptr || L1->next == L2);
  pList p = new list;
  p->inf = a;
  p->prev = L1;
  p->next = L2;
  if (L1)
    L1->next = p;
  else
    F = p;
  if (L2)
    L2->prev = p;
  else
    L = p;
  //if (!L1 && !L2)
    //F = L = p;
}
```

```
// L1 и L2 должны указывать на расположенные подряд
// элементы одного списка, причем L1 левее L2
// или L1 должно быть nullptr, если L2 – первый
// или L2 должно быть nullptr, если L1 – последний
```

# Напечатать список в обратном порядке

Двусвязный

```
void reversePrint(pList L){
  pList p;
  p = L;
  while (p != 0) {
    cout << p->inf << " ";
    p = p->prev;
  }
  cout << "\n";
}
```

Односвязный и двусвязный

```
void reversePrint(pList F){
  if (F != nullptr) {
      reversePrint(F->next);
      cout << F->inf << " ";
   }
}
```

# Другие варианты двусвязного списка

- Вторая связь может связывать не все элементы списка, например, если список символов содержит текст, то вторая связь может позволять возвращаться на начало слова (связывает последнюю и первую буквы).

- Вторая связь может иметь направление не только противоположное основной. Например, список символов, представляет произвольный текст. Вторая связь позволяет переходить от слова к слову, т.е. связывает первые буквы слов

# Другие варианты двусвязного списка

- DOM (*Document Object Model* — «объектная модель документа») — это независящий от платформы и языка программный интерфейс, позволяющий программам и скриптам получить доступ к содержимому HTML-, XHTML- и XML-документов, а также изменять содержимое, структуру и оформление таких документов.

- Любой документ известной структуры с помощью **DOM** может быть представлен в виде **дерева узлов**, каждый узел которого представляет собой элемент, атрибут, текстовый, графический или любой другой объект. **Узлы связаны между собой отношениями «родительский-дочерний»**