

Динамические структуры данных (язык Си)

Тема 4. Списки

Динамические структуры данных

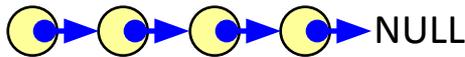
Строение: набор узлов, объединенных с помощью ссылок.

Как устроен узел:



Типы структур:

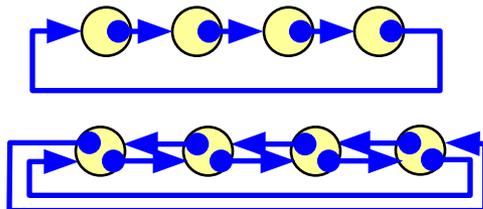
СПИСКИ
односвязный



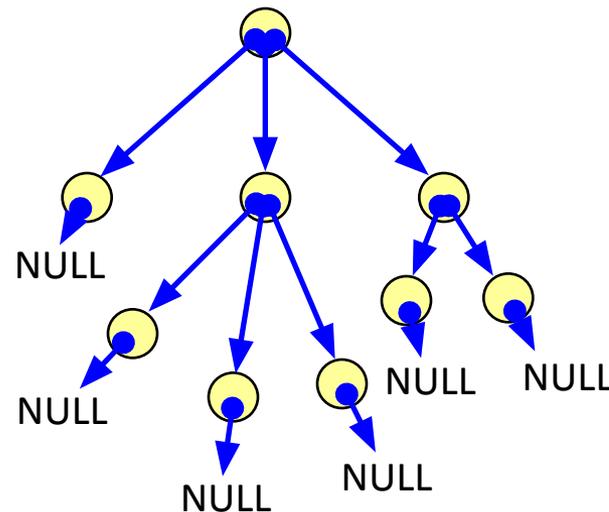
двунаправленный (двусвязный)



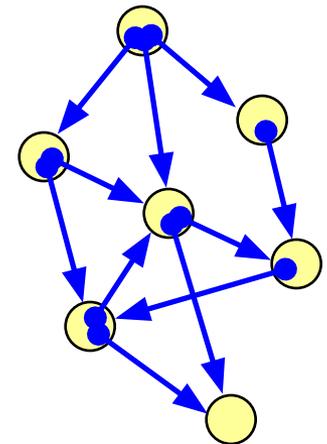
циклические списки (кольца)



деревья



графы



Когда нужны списки?

Задача (алфавитно-частотный словарь). В файле записан текст. Нужно записать в другой файл в столбик все слова, встречающиеся в тексте, в алфавитном порядке, и количество повторений для каждого слова.

Проблемы:

- 1) количество слов заранее неизвестно (~~статический массив~~);
- 2) количество слов определяется только в конце работы (~~динамический массив~~).

Решение – список.

Алгоритм:

- 3) создать список;
- 4) если слова в файле закончились, то стоп.
- 5) прочитать слово и искать его в списке;
- 6) если слово найдено – увеличить счетчик повторений, иначе добавить слово в список;
- 7) перейти к шагу 2.

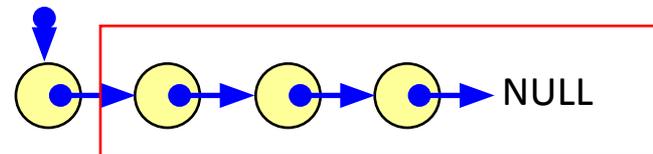
Списки: новые типы данных

Что такое список:

- 1) пустая структура – это список;
- 2) список – это начальный узел (*голова*) и связанный с ним список.



Рекурсивное определение!



Структура узла:

```
struct Node {  
    char word[40];    // слово  
    int  count;      // счетчик повторений  
    Node *next;      // ссылка на следующий элемент  
};
```

Указатель на эту структуру:

```
typedef Node *PNode;
```

Адрес начала списка:

```
PNode Head = NULL;
```



Для доступа к списку достаточно знать адрес его головы!

Что нужно уметь делать со списком?

1. Создать новый узел.
2. Добавить узел:
 - a) в начало списка;
 - b) в конец списка;
 - c) после заданного узла;
 - d) до заданного узла.
3. Искать нужный узел в списке.
4. Удалить узел.

Создание узла

Функция `CreateNode` (*создать узел*):

ВХОД: новое слово, прочитанное из файла;

ВЫХОД: адрес нового узла, созданного в памяти.

возвращает адрес
созданного узла

НОВОЕ СЛОВО

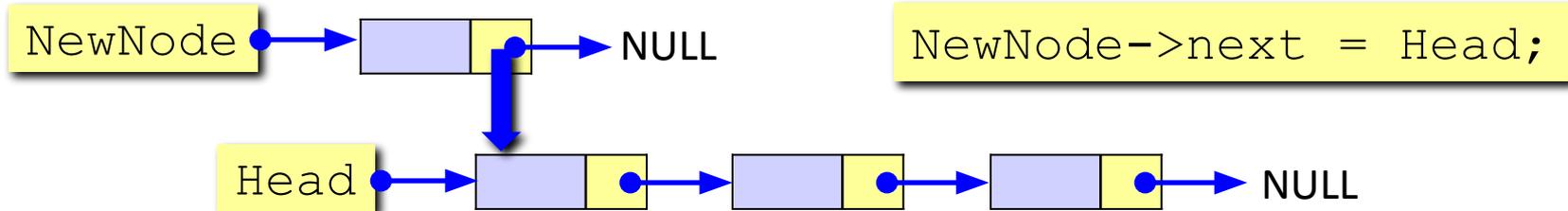
```
PNode CreateNode ( char NewWord[] )
{
    PNode NewNode = new Node;
    strcpy(NewNode->word, NewWord);
    NewNode->count = 1;
    NewNode->next = NULL;
    return NewNode;
}
```



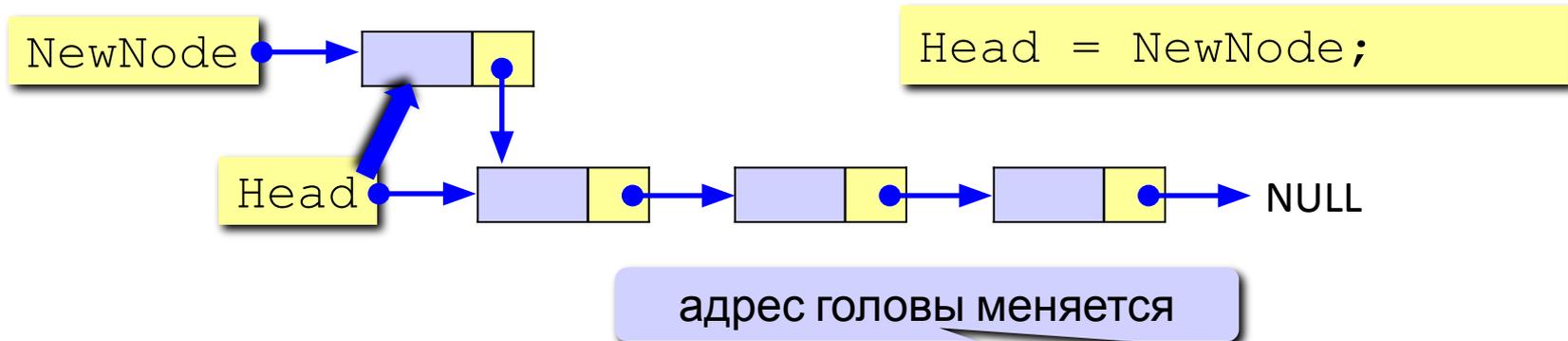
Если память
выделить не
удалось?

Добавление узла в начало списка

1) Установить ссылку нового узла на голову списка:



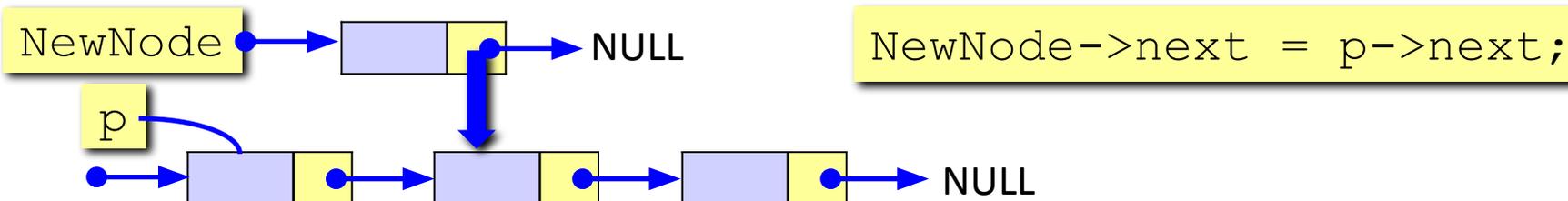
2) Установить новый узел как голову списка:



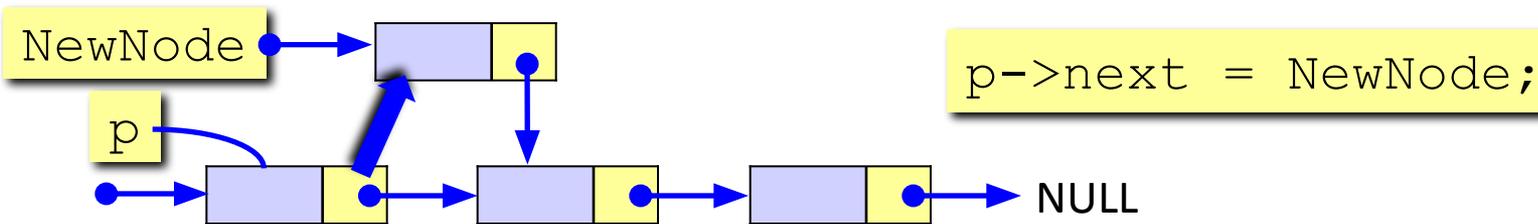
```
void AddFirst (PNode &Head, PNode NewNode)
{
    NewNode->next = Head;
    Head = NewNode;
}
```

Добавление узла после заданного

1) Установить ссылку нового узла на узел, следующий за p:



2) Установить ссылку узла p на новый узел:

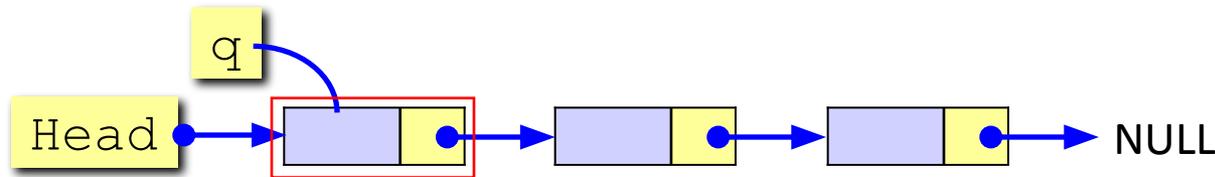


```
void AddAfter (PNode p, PNode NewNode)
{
    NewNode->next = p->next;
    p->next = NewNode;
}
```

Проход по списку

Задача:

сделать что-нибудь хорошее с каждым элементом списка.



Алгоритм:

- 1) установить вспомогательный указатель q на голову списка;
- 2) если указатель q равен `NULL` (дошли до конца списка), то стоп;
- 3) выполнить действие над узлом с адресом q ;
- 4) перейти к следующему узлу, $q \rightarrow next$.

```
...  
PNode q = Head;           // начали с головы  
while ( q != NULL ) {    // пока не дошли до конца  
    ...                   // делаем что-то хорошее с q  
    q = q->next;          // переходим к следующему узлу  
}  
...
```

Добавление узла в конец списка

Задача: добавить новый узел в конец списка.

Алгоритм:

- 1) найти последний узел q , такой что $q \rightarrow next$ равен `NULL`;
- 2) добавить узел после узла с адресом q (процедура `AddAfter`).

Особый случай: добавление в пустой список.

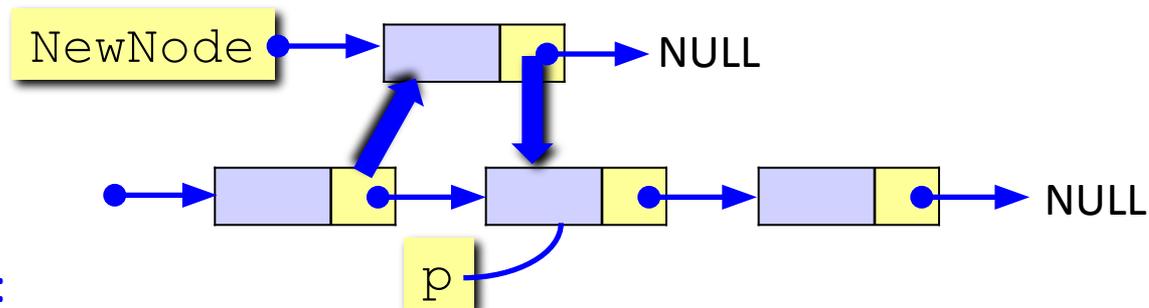
```
void AddLast ( PNode &Head, PNode NewNode )
{
  PNode q = Head;
  if ( Head == NULL ) {
    AddFirst ( Head, NewNode );
    return;
  }
  while ( q->next ) q = q->next;
  AddAfter ( q, NewNode );
}
```

особый случай – добавление в
пустой список

ищем последний узел

добавить узел
после узла q

Добавление узла перед заданным



Проблема:

нужно знать адрес предыдущего узла, а идти назад нельзя!

Решение: найти предыдущий узел q (проход с начала списка).

```
void AddBefore ( PNode &Head, PNode p, PNode NewNode )
{
    PNode q = Head;
    if ( Head == p ) {
        AddFirst ( Head, NewNode );
        return;
    }
    while ( q && q->next != p ) q = q->next;
    if ( q ) AddAfter(q, NewNode);
}
```

особый случай – добавление в начало списка

ищем узел, следующий за которым = узел p

добавить узел после узла q



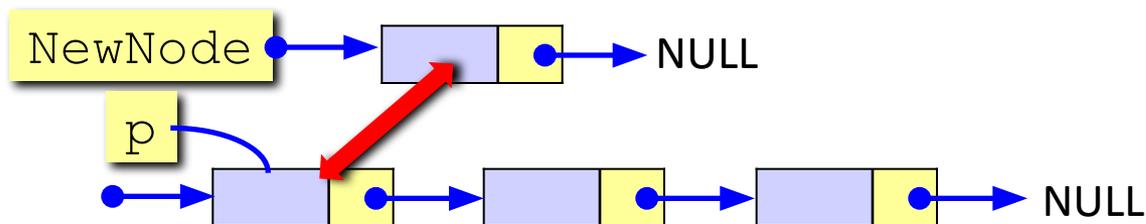
Что плохо?

Добавление узла перед заданным (II)

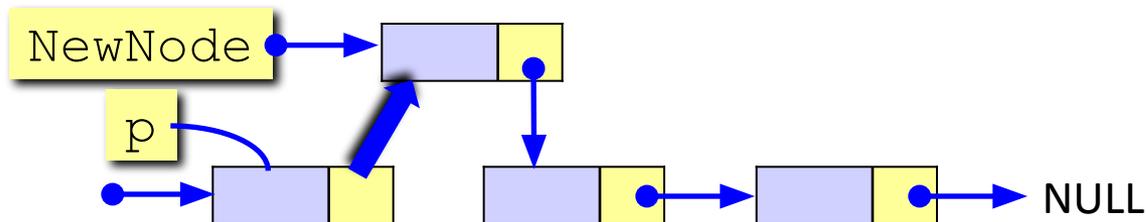
Задача: вставить узел перед заданным без поиска предыдущего.

Алгоритм:

- 1) поменять местами данные нового узла и узла p ;



- 2) установить ссылку узла p на $NewNode$.



```
void AddBefore2 ( PNode p, PNode NewNode )
{
    Node temp;
    temp = *p; *p = *NewNode;
    *NewNode = temp;
    p->next = NewNode;
}
```



Так нельзя, если
 $p = \text{NULL}$ или
адреса узлов где-то
еще запоминаются!

Поиск слова в списке

Задача:

найти в списке заданное слово или определить, что его нет.

Функция Find:

вход: слово (символьная строка);

выход: адрес узла, содержащего это слово или NULL.

Алгоритм: проход по списку.

результат – адрес узла

ищем это слово

```
PNode Find ( PNode Head, char NewWord[] )
{
    PNode q = Head;
    while ( q && strcmp ( q->word, NewWord) )
        q = q->next;
    return q;
}
```

пока не дошли до конца
списка и слово не равно
заданному

Куда вставить новое слово?

Задача:

найти узел, перед которым нужно вставить, заданное слово, так чтобы в списке сохранился алфавитный порядок слов.

Функция `FindPlace`:

вход: слово (символьная строка);

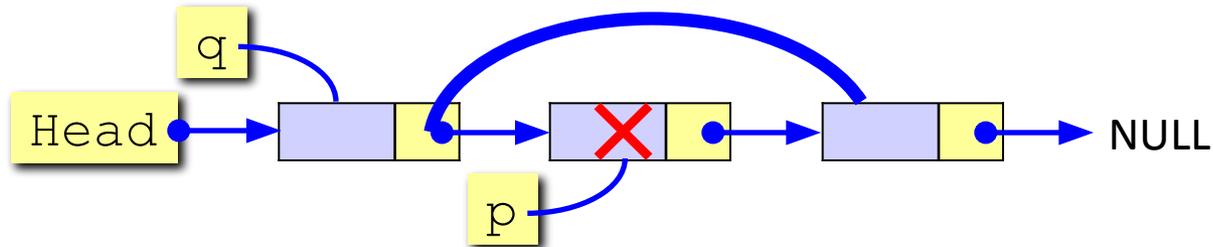
выход: адрес узла, перед которым нужно вставить это слово или `NULL`, если слово нужно вставить в конец списка.

```
PNode FindPlace ( PNode Head, char NewWord[] )
{
    PNode q = Head;
    while ( q && strcmp(NewWord, q->word) > 0 )
        q = q->next;
    return q;
}
```

СЛОВО `NewWord` СТОИТ ПО
алфавиту до `q->word`

Удаление узла

Проблема: нужно знать адрес предыдущего узла q .



```
void DeleteNode ( PNode &Head, PNode p )
```

```
{
```

```
  PNode q=Head;
```

```
  if ( Head == p )
```

```
    Head = p->next;
```

```
  else {
```

```
    while ( q && q->next != p )
```

```
      q = q->next;
```

```
    if ( q == NULL ) return;
```

```
    q->next = p->next;
```

```
  }
```

```
  delete p;
```

```
}
```

особый случай:
удаляем первый
узел

ищем предыдущий
узел, такой что
 $q->next == p$

освобождение памяти

Алфавитно-частотный словарь

Алгоритм:

- 1) открыть файл на чтение;

read,
чтение

```
FILE *in;  
in = fopen ( "input.dat", "r" );
```

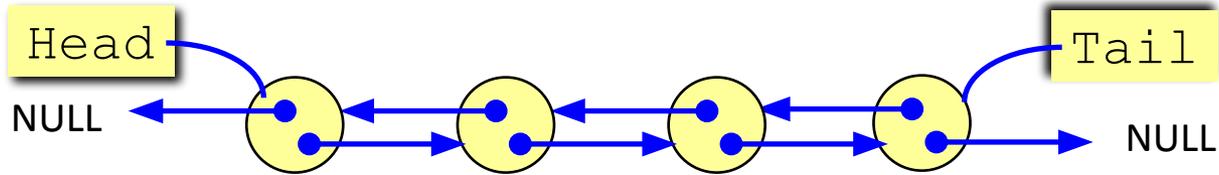
- 2) прочитать слово:

ВВОДИТСЯ ТОЛЬКО ОДНО
слово (до пробела)!

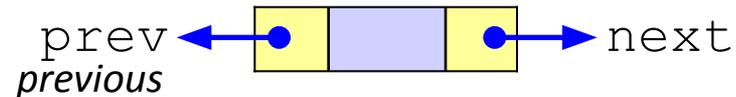
```
char word[80];  
...  
n = fscanf ( in, "%s", word );
```

- 3) если файл закончился ($n \neq 1$), то перейти к шагу 7;
- 4) если слово найдено, увеличить счетчик (поле `count`);
- 5) если слова нет в списке, то
 - создать новый узел, заполнить поля (`CreateNode`);
 - найти узел, перед которым нужно вставить слово (`FindPlace`);
 - добавить узел (`AddBefore`);
- 6) перейти к шагу 2;
- 7) вывести список слов, используя проход по списку.

Двусвязные списки



Структура узла:



```
struct Node {  
    char word[40];    // слово  
    int count;       // счетчик повторений  
    Node *next;      // ссылка на следующий элемент  
    Node *prev;      // ссылка на предыдущий элемент  
};
```

Указатель на эту структуру:

```
typedef Node *PNode;
```

Адреса «головы» и «хвоста»:

```
PNode Head = NULL;  
PNode Tail = NULL;
```



МОЖНО ДВИГАТЬСЯ В
ОБЕ СТОРОНЫ



нужно правильно
работать с двумя
указателями вместо
одного

Динамические структуры данных (язык Си)

Тема 5. Стеки, очереди, деки

Стек



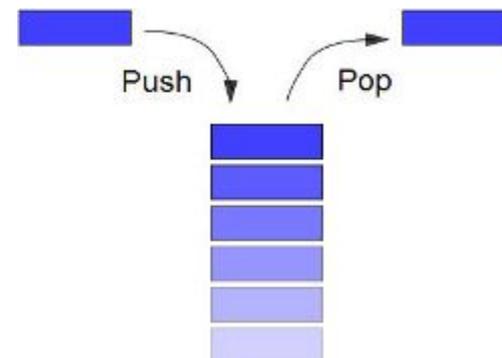
Стек – это линейная структура данных, в которой добавление и удаление элементов возможно только с одного конца (вершины стека). *Stack* = кипа, куча, стопка (англ.)

LIFO = Last In – First Out

«Кто последним вошел, тот первым вышел».

Операции со стеком:

- 1) добавить элемент на вершину (*Push* = втолкнуть);
- 2) снять элемент с вершины (*Pop* = вылететь со звуком).



Пример задачи

Задача: вводится символьная строка, в которой записано выражение со скобками трех типов: $[]$, $\{ \}$ и $()$. Определить, верно ли расставлены скобки (не обращая внимания на остальные символы).

Примеры:

$[()] \{ \} \quad] [\quad [(\{)] \}$

Упрощенная задача: то же самое, но с одним видом скобок.

Решение: счетчик вложенности скобок. Последовательность правильная, если в конце счетчик равен нулю и при проходе не разу не становился отрицательным.

$(()) ()$
1 2 1 0 1 0

$(())) ($
1 2 1 0 -1 0

$(()) ($
1 2 1 0 1



Можно ли решить исходную задачу так же, но с тремя счетчиками?

$[(\{)] \}$
(: 0 1 0
[: 0 1 0
{ : 0 1 0

Реализация стека (массив)

Структура-стек:

```
const MAXSIZE = 100;
struct Stack {
    char data[MAXSIZE]; // стек на 100 символов
    int  size;          // число элементов
};
```

Добавление элемента:

```
int Push ( Stack &S, char x )
{
    if ( S.size == MAXSIZE ) return 0;
    S.data[S.size] = x;
    S.size ++;
    return 1;
}
```

ошибка:
переполнение
стека

добавить элемент

нет ошибки

Реализация стека (массив)

Снятие элемента с вершины:

```
char Pop ( Stack &S )
{
if ( S.size == 0 ) return char(255);
S.size --;
return S.data[S.size];
}
```

ошибка:
стек пуст

Пусто й или нет?

```
int isEmpty ( Stack &S )
{
if ( S.size == 0 )
    return 1;
else return 0;
}
```

```
int isEmpty ( Stack &S )
{
return (S.size == 0);
}
```

Программа

```
void main()
{
    char br1[3] = { '(', '[', '{' };
    char br2[3] = { ')', ']', '}' };
    char s[80], upper;
    int i, k, error = 0;
    Stack S;
    S.size = 0;
    printf("Введите выражение со скобками > ");
    gets ( s );
    ... // здесь будет основной цикл обработки
    if ( ! error && (S.size == 0) )
        printf("\nВыражение правильное\n");
    else printf("\nВыражение неправильное\n");
}
```

открывающие
скобки

закрывающие
скобки

то, что сняли со стека

признак ошибки

Обработка строки (основной цикл)

```
for ( i = 0; i < strlen(s); i++ )
{
  for ( k = 0; k < 3; k++ )
  {
    if ( s[i] == br1[k] ) // если открывающая скобка
    {
      Push ( S, s[i] ); // втолкнуть в стек
      break;
    }
    if ( s[i] == br2[k] ) // если закрывающая скобка
    {
      upper = Pop ( S ); // снять верхний элемент
      if ( upper != br1[k] ) error = 1;
      break;
    }
  }
  if ( error ) break;
}
```

ЦИКЛ ПО ВСЕМ СИМВОЛАМ СТРОКИ S

ЦИКЛ ПО ВСЕМ ВИДАМ СКОБОК

ошибка: стек пуст или не та скобка

была ошибка: дальше нет смысла проверять

Реализация стека (список)

Структура узла:

```
struct Node {
    char data;
    Node *next;
};
typedef Node *PNode;
```

Добавление элемента:

```
void Push (PNode &Head, char x)
{
    PNode NewNode = new Node;
    NewNode->data = x;
    NewNode->next = Head;
    Head = NewNode;
}
```

Реализация стека (список)

Снятие элемента с вершины:

```
char Pop (PNode &Head) {  
    char x;  
    PNode q = Head;  
    if ( Head == NULL ) return char(255);  
    x = Head->data;  
    Head = Head->next;  
    delete q;  
    return x;  
}
```

стек пуст

Изменения в основной программе:

```
Stack S; PNode S = NULL;  
S.size = 0;  
...  
if ( ! error && (S.size == 0) )  
    printf("\nВыражение правильное\n");  
else printf("\nВыражение неправильное \n");
```

(S == NULL)

Вычисление арифметических выражений

Как вычислять автоматически:

$(a + b) / (c + d - 1)$

Инфиксная запись

(знак операции между операндами)



необходимы скобки!

Префиксная запись (знак операции до операндов)

$/$ $a + b$ $c + d - 1$

польская нотация,
[Jan Łukasiewicz](#) (1920)



скобки не нужны, можно однозначно
вычислить!

Постфиксная запись (знак операции после операндов)

$a + b$ $c + d - 1$ $/$

обратная польская нотация,
[F. L. Bauer](#) F. L. Bauer and [E. W. Dijkstra](#)

Запишите в постфиксной форме

$$(32 * 6 - 5) * (2 * 3 + 4) / (3 + 7 * 2)$$

$$(2 * 4 + 3 * 5) * (2 * 3 + 18 / 3 * 2) * (12 - 3)$$

$$(4 - 2 * 3) * (3 - 12 / 3 / 4) * (24 - 3 * 12)$$

Вычисление выражений

Постфиксная форма:

X = a b + c d + 1 - /

					d		1		
		b		c	c	c+d	c+d	c+d-1	
	a	a	a+b	a+b	a+b	a+b	a+b	a+b	x

Алгоритм:

- 1) взять очередной элемент;
- 2) если это не знак операции, добавить его в стек;
- 3) если это знак операции, то
 - взять из стека два операнда;
 - выполнить операцию и записать результат в стек;
- 4) перейти к шагу 1.

Системный стек (*Windows* – 1 Мб)

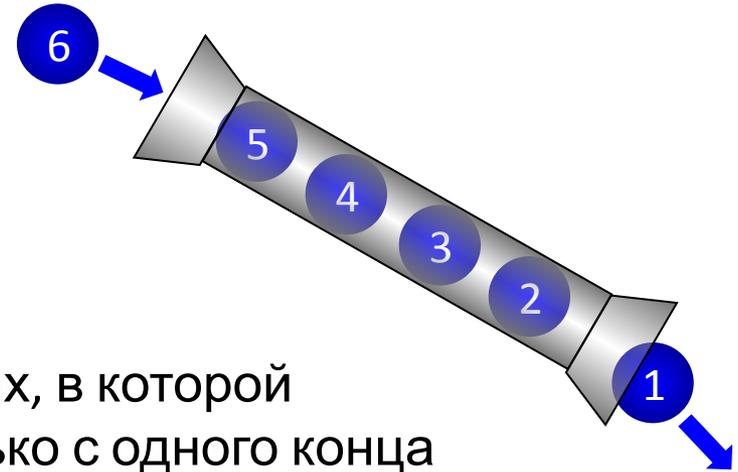
Используется для

- 1) размещения локальных переменных;
- 2) хранения адресов возврата (по которым переходит программа после выполнения функции или процедуры);
- 3) передачи параметров в функции и процедуры;
- 4) временного хранения данных (в программах на языке *Ассемблер*).

Переполнение стека (*stack overflow*):

- 1) слишком много локальных переменных (выход – использовать динамические массивы);
- 2) очень много рекурсивных вызовов функций и процедур (выход – переделать алгоритм так, чтобы уменьшить глубину рекурсии или отказаться от нее вообще).

Очередь



Очередь – это линейная структура данных, в которой добавление элементов возможно только с одного конца (конца очереди), а удаление элементов – только с другого конца (начала очереди).

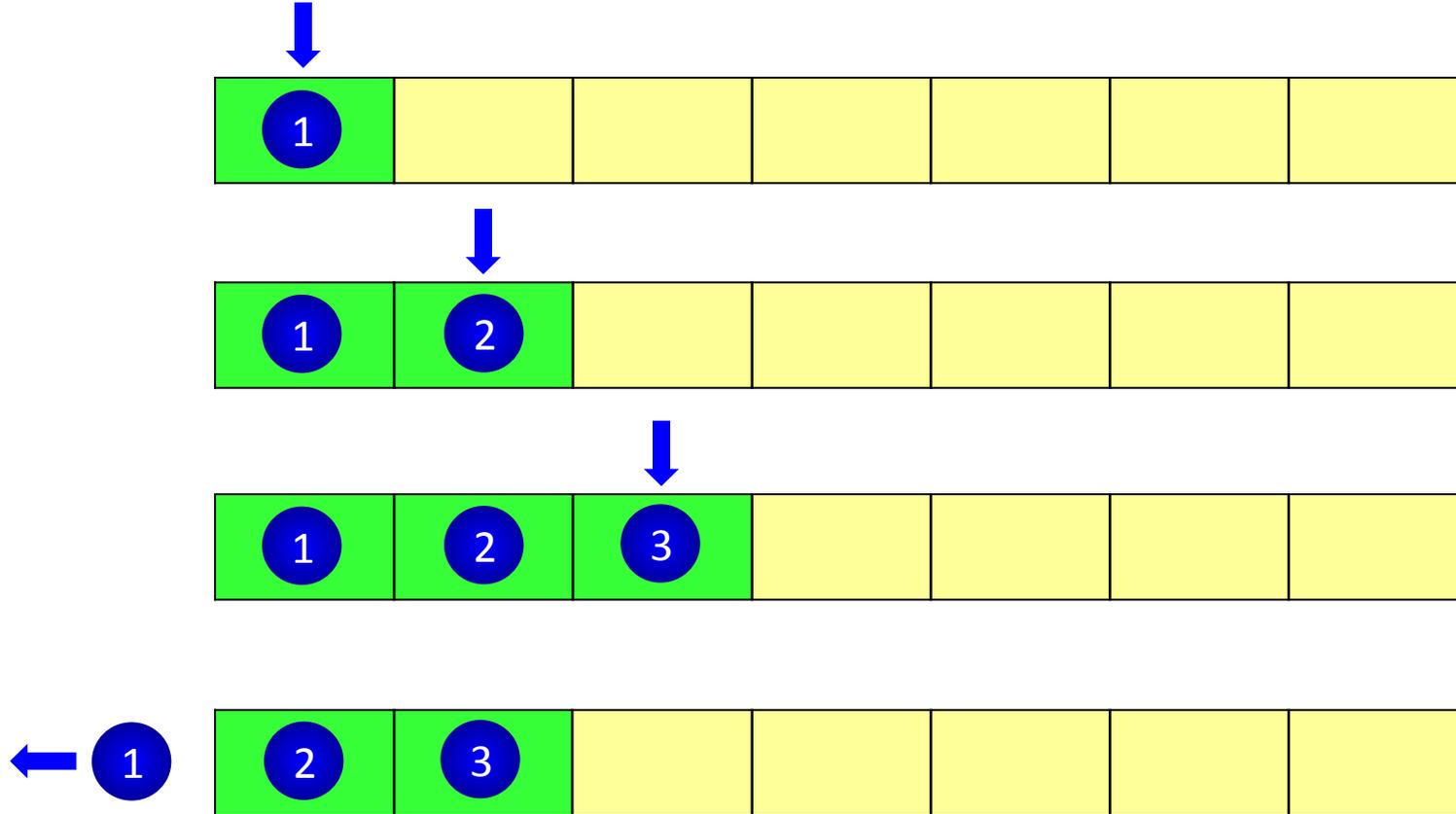
FIFO = *First In – First Out*

«Кто первым вошел, тот первым вышел».

Операции с очередью:

- 1) добавить элемент в конец очереди (*PushTail* = втолкнуть в конец);
- 2) удалить элемент с начала очереди (*Pop*).

Реализация очереди (массив)

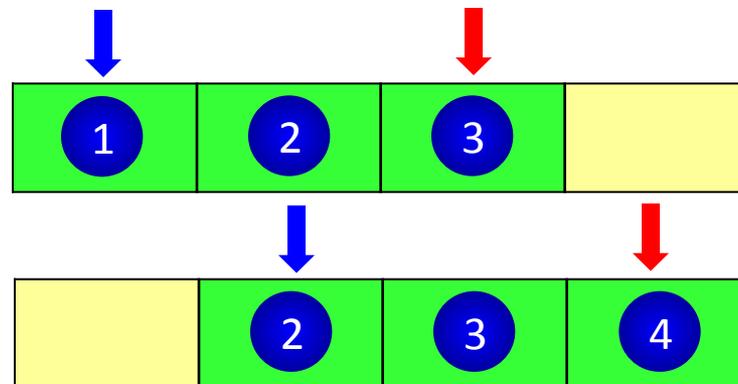
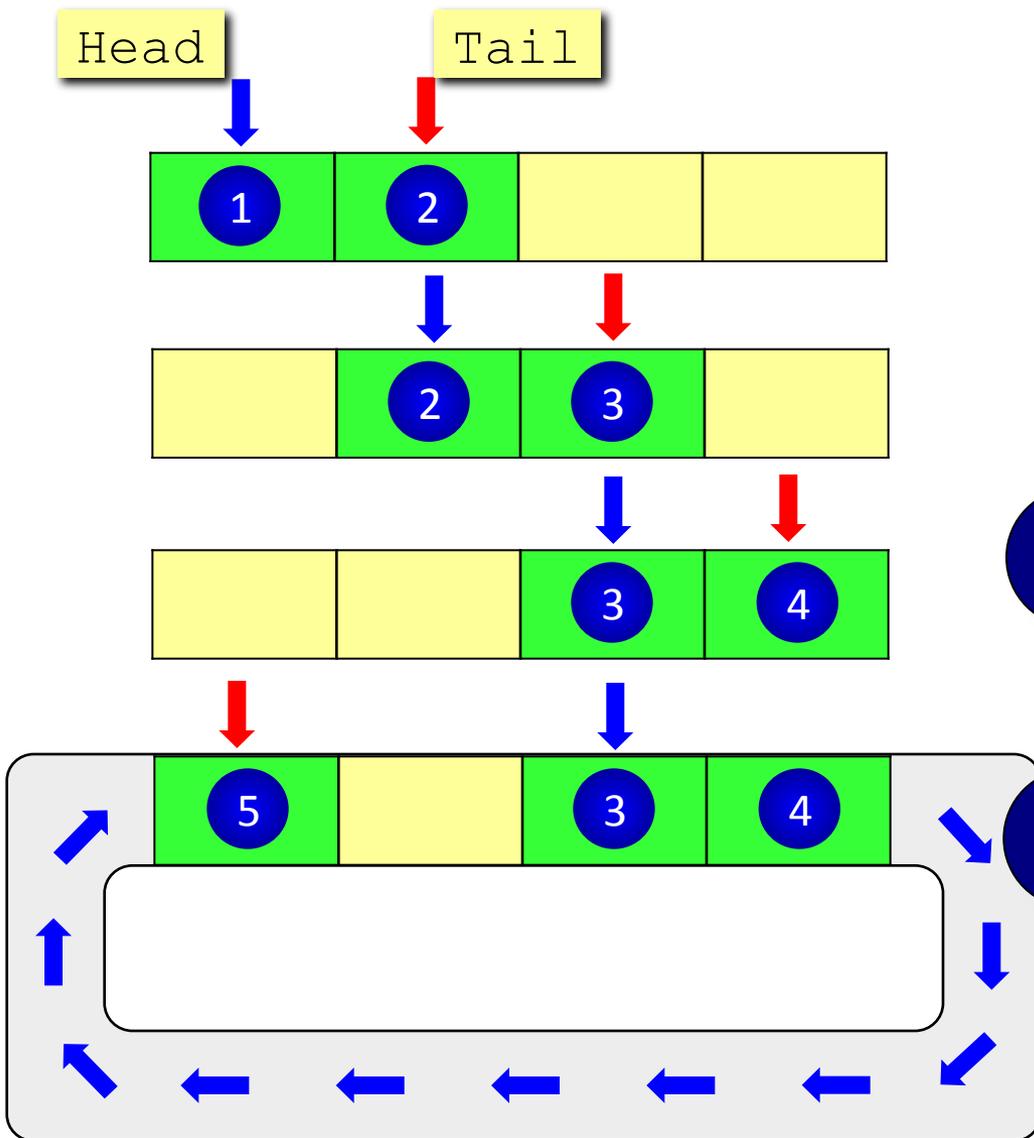


самый простой способ



- 1) нужно заранее выделить массив;
- 2) при выборке из очереди нужно сдвигать все элементы.

Реализация очереди (кольцевой массив)



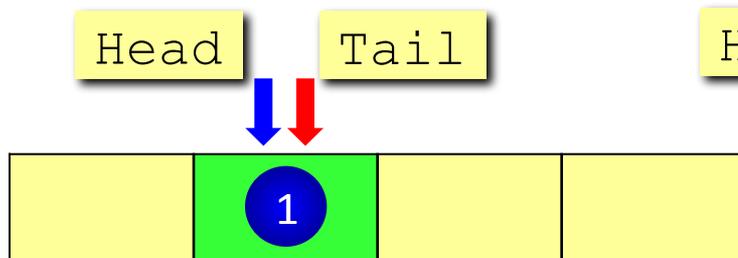
Сколько элементов можно хранить в такой очереди?



Как различить состояния «очередь пуста» и «очередь полна»?

Реализация очереди (кольцевой массив)

В очереди 1 элемент:

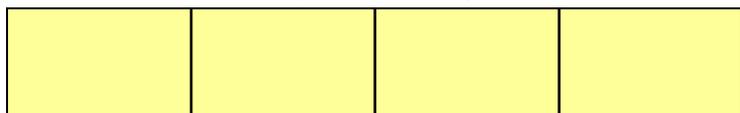


Head == Tail

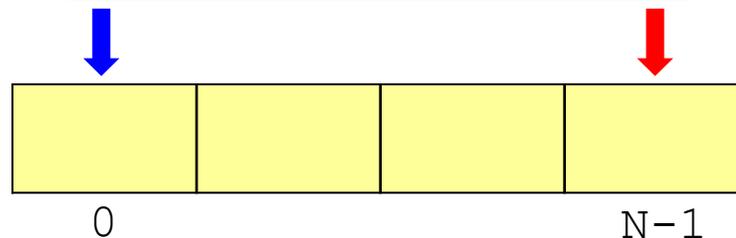
размер
массива

Очередь пуста:

Head == Tail + 1

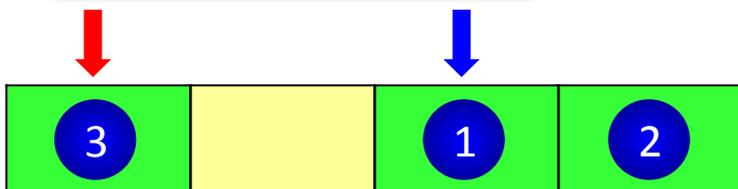


Head == (Tail + 1) % N

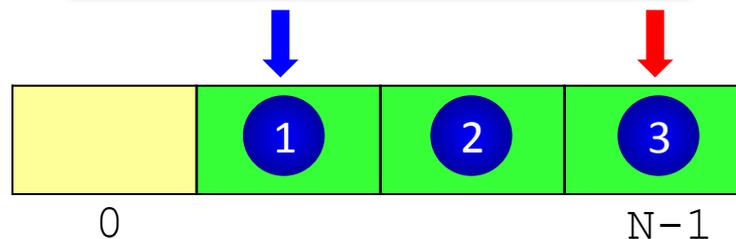


Очередь полна:

Head == Tail + 2



Head == (Tail + 2) % N



Реализация очереди (кольцевой массив)

Структура данных:

```
const MAXSIZE = 100;
struct Queue {
    int data[MAXSIZE];
    int head, tail;
};
```

замкнуть в
кольцо

Добавление в очередь:

```
int PushTail ( Queue &Q, int x )
{
    if ( Q.head == (Q.tail+2) % MAXSIZE )
        return 0;
    Q.tail = (Q.tail + 1) % MAXSIZE;
    Q.data[Q.tail] = x;
    return 1;
}
```

успешно добавили

очередь
полна, не
добавить

Реализация очереди (кольцевой массив)

Выборка из очереди:

```
int Pop ( Queue &Q )
{
    int temp;
    if ( Q.head == (Q.tail + 1) % MAXSIZE )
        return 32767;
    temp = Q.data[Q.head];
    Q.head = (Q.head + 1) % MAXSIZE;
    return temp;
}
```

очередь пуста

взять первый
элемент

удалить его из
очереди

Реализация очереди (списки)

Структура узла:

```
struct Node {
    int data;
    Node *next;
};
typedef Node *PNode;
```

Тип данных «очередь»:

```
struct Queue {
    PNode Head, Tail;
};
```

Реализация очереди (списки)

Добавление элемента:

```
void PushTail ( Queue &Q, int x )
{
    PNode NewNode;
    NewNode = new Node;
    NewNode->data = x;
    NewNode->next = NULL;
    if ( Q.Tail )
        Q.Tail->next = NewNode;
    Q.Tail = NewNode;
    if ( Q.Head == NULL )
        Q.Head = Q.Tail;
}
```

создаем
новый узел

если в списке уже что-то было, добавляем в конец

если в списке ничего не было, ...

Реализация очереди (списки)

Выборка элемента:

```
int Pop ( Queue &Q )
{
    PNode top = Q.Head;
    int x;
    if ( top == NULL )
        return 32767;
    x = top->data;
    Q.Head = top->next;
    if ( Q.Head == NULL )
        Q.Tail = NULL;
    delete top;
    return x;
}
```

если список
пуст, ...

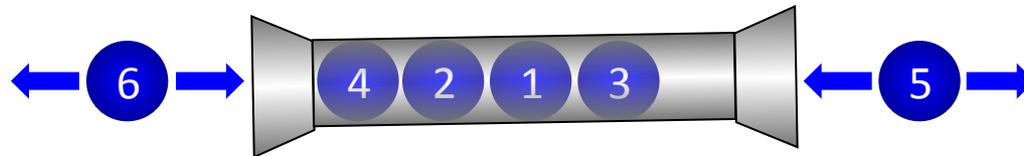
запомнили первый
элемент

если в списке
ничего не осталось,
...

освободить
память

Дек

Дек (*deque* = *double ended queue*, очередь с двумя концами) – это линейная структура данных, в которой добавление и удаление элементов возможно с обоих концов.



Операции с деком:

- 1) добавление элемента в начало (*Push*);
- 2) удаление элемента с начала (*Pop*);
- 3) добавление элемента в конец (*PushTail*);
- 4) удаление элемента с конца (*PopTail*).

Реализация:

- 1) кольцевой массив;
- 2) двусвязный список.