Структуры данных

- При решении конкретной задачи можно считать, что у нас в наличии имеется «черный ящик» (его мы и будем называть **структурой данных**), про который известно, что в нем хранятся данные некоторого рода, и который умеет выполнять некоторые операции над этими данными. Это позволяет отвлечься от деталей и сосредоточиться на характерных особенностях задачи.
- Внутри этот «черный ящик» может быть реализован различным образом, при этом следует стремиться к как можно более эффективной (быстрой и экономично расходующей память) реализации.

Очередь (queue)

Очередь — абстрактный тип данных с дисциплиной доступа к элементам «первый пришёл — первый вышел» (FIFO, **First In — First Out**).
Структуру данных «очередь» (queue), удобно применять в ситуации, когда данные нужно обрабатывать в порядке их получения.

- QUEUE-INIT – инициализирует (создает пустую) очередь;
- ENQUEUE (x) – добавляет в очередь объект x;
- DEQUEUE – удаляет из очереди объект, который был добавлен раньше всех, и возвращает в качестве результата удаленный объект (предполагается, что очередь не пуста);
- QUEUE-EMPTY – возвращает TRUE, если очередь пуста (не содержит данных), и FALSE – в противном случае.

- Operation QUEUE-INIT
  Head:= 0;
  Tail:= 0;
- End;

- Operation ENQUEUE (x)
  Head:= Head+1;
  Q[Head]:= x;
- End;

- Operation DEQUEUE
  Tail:= Tail+1;
  Return Q[Tail];
- End;

- Operation QUEUE-EMPTY
  If Tail < Head
  Then Return FALSE
  Else Return TRUE;
- End;

- Опишем реализацию очереди на базе массива. Будем использовать для хранения данных массив Q[0..N], где число N достаточно велико. При этом данные всегда будут храниться в некотором интервале из последовательных ячеек этого массива. Мы будем использовать переменные Head и Tail для указания границ этого интервала. Более точно, данные хранятся в ячейках с индексами от Tail+1 до Head (предполагается, что Tail < Head; если же Head = Tail, то очередь пуста). Соблюдается также следующее правило: чем позже был добавлен в очередь объект, тем большим будет индекс ячейки массива, в которую он помещается. Это означает, что объект, который был добавлен в очередь раньше всех – это Q[Tail+1].

- Все операции над очередью при такой реализации работают за O(1), следовательно, такая реализация эффективна по времени. Однако, число N нужно выбирать достаточно большим (в зависимости от задачи), чтобы избежать «переполнения» очереди, то есть ситуации, когда Head>N. Это может приводить в некоторых задачах к неэффективному использованию памяти.

СТЕК

- Стек – список, организованный по принципу LIFO (**Last In, First Out** – "последним вошел, первым вышел").
- Удобно использовать, когда данные нужно обрабатывать в порядке, обратному порядку получения.

- STACK-INIT – инициализирует стек;
- PUSH (x) – добавляет в стек объект x;
- POP – удаляет из стека объект, который был добавлен позже всех, и возвращает в качестве результата удаленный объект (предполагается, что стек не пуст);
- STACK-EMPTY – возвращает TRUE, если стек пуст, и FALSE – в противном случае.

- Стек будем реализовывать также на базе массива S[1..N]. Данные будем хранить в некотором интервале последовательных ячеек массива (более точно, в ячейках с индексами от 1 до Top). Top – переменная, которая содержит текущее количество объектов в стеке. Как и в случае очереди, соблюдается правило: если i < j Top, то объект S[i] был добавлен в стек раньше, чем объект S[j]. Это гарантирует, что объект S[Top] – тот объект, который был добавлен в стек позже всех.

- Operation STACK-INIT
  Top:= 0;
- End;

- Operation PUSH (x)
  Top:= Top+1;
  S[Top]:= x;
- End;

- Operation POP
  Top:= Top-1;
  Return S[Top+1];
- End;

- Operation STACK-EMPTY
  If Top > 0
    Then Return FALSE
  Else Return TRUE;
- End;

Дек (Deque)

- Дек (deque — double ended queue, «двусторонняя очередь») – структура данных, функционирующая одновременно по двум принцам организации данных: FIFO и LIFO.

Базовые операции

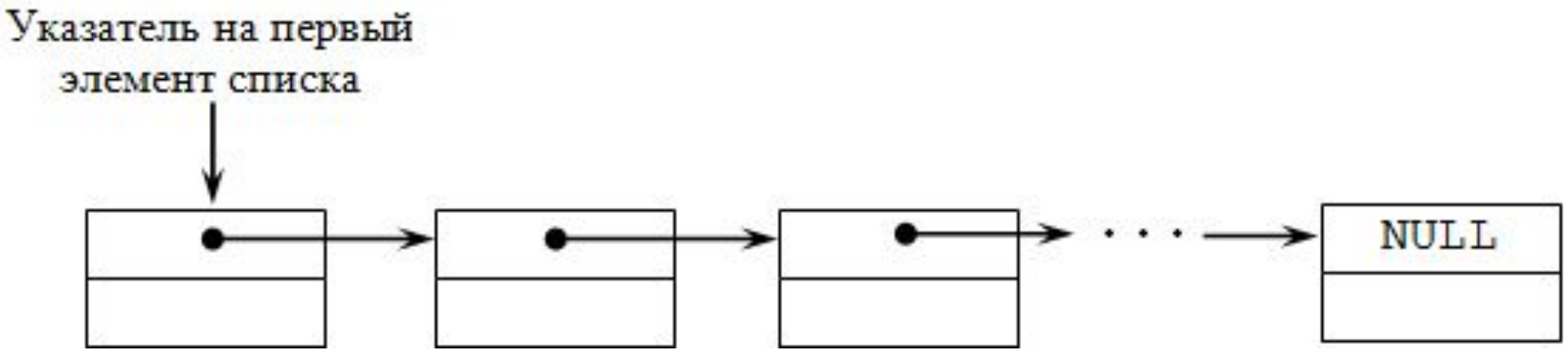
- добавление элемента в начало;
- добавление элемента в конец;
- удаление первого элемента;
- удаление последнего элемента;
- чтение первого элемента;
- чтение последнего элемента.

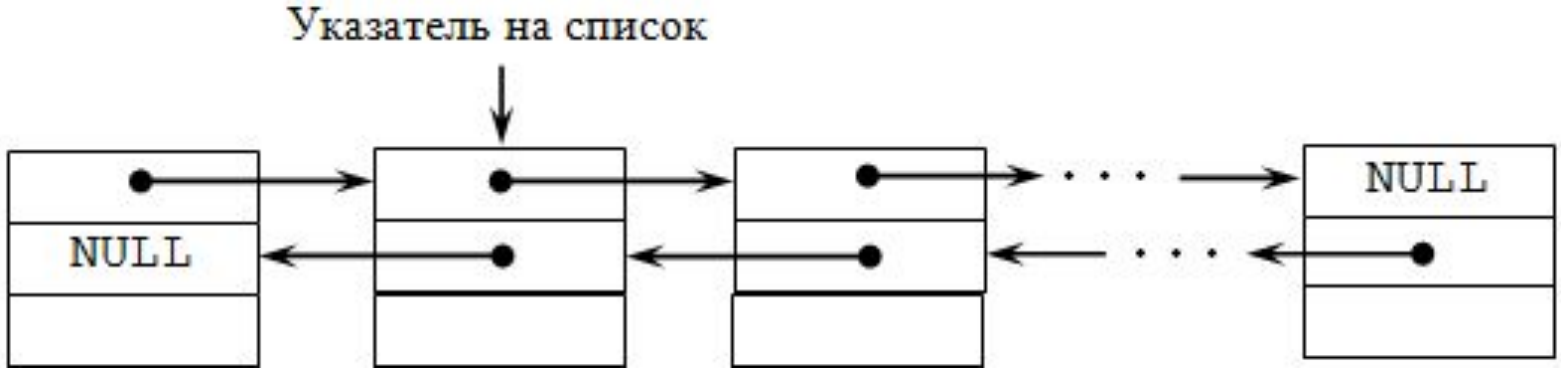
- На практике этот список может быть дополнен проверкой дека на пустоту, получением его размера и некоторыми другими операциями.
- В плане реализации двусторонняя очередь очень близка к стеку и обычной очереди: в качестве ее базиса приемлемо использовать как массив, так и список.

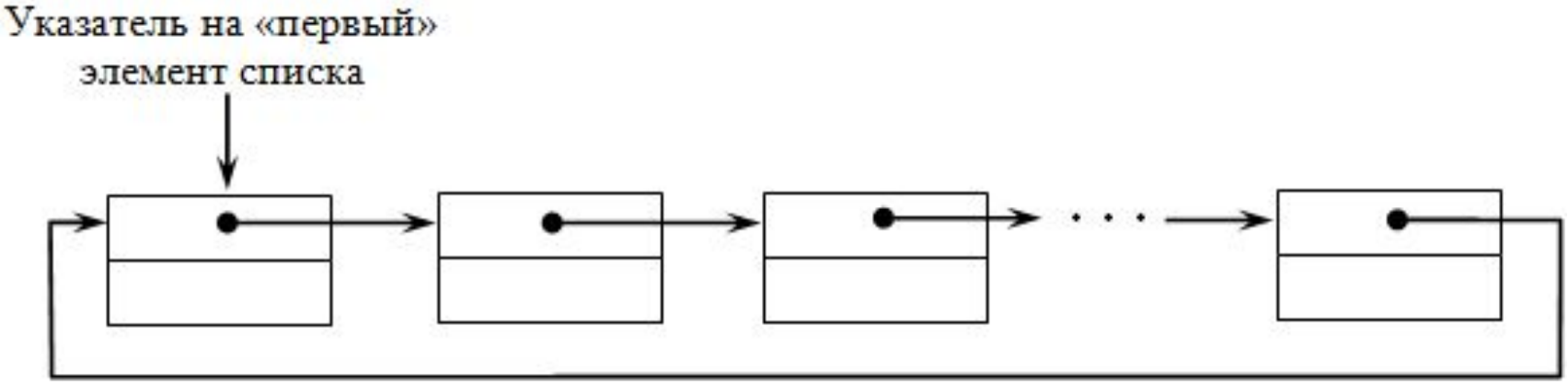
СПИСОК

- Список – структура, в которой данные выписаны в некотором порядке. В отличие от массива, этот порядок определяется указателями, связывающими элементы списка в линейную цепочку. Обычно элемент списка представляет собой запись, содержащую **ключ (идентификатор)** хранящегося объекта, один или несколько **указателей** и необходимую **информацию** об объекте. Под ключом подразумевается какая-либо величина, идентифицирующая объект. К примеру, если мы храним информацию о городах, то ключом может быть название города.

- LIST-INIT – инициализирует список;
- LIST-FIND (k) – возвращает TRUE, если в списке есть объект с ключом k, иначе возвращает FALSE;
- LIST-INSERT (obj) – добавляет в список объект obj;
- LIST-DELETE (x) – удаляет из списка элемент x.


Указатель на первый
элемент списка
NULL


Указатель на список
NULL
NULL


Указатель на «первый»
элемент списка

- Опишем реализацию всех операций для двусвязного некольцевого списка. Каждый элемент списка будем хранить как запись, содержащую следующие поля: Key – ключ объекта, Data – дополнительная информация об объекте, Next – указатель на следующий элемент списка (Next = NIL у последнего элемента списка), Prev – указатель на предыдущий элемент списка (Prev = NIL у первого элемета списка). Будем всегда поддерживать указатель Head на первый элемент списка (если список пуст, то Head = NIL). Будем считать, что добавляемые объекты – записи, содержащие поля Key – ключ и Data – дополнительная информация.

- Operation LIST-INIT
  Head:= NIL;
- End;

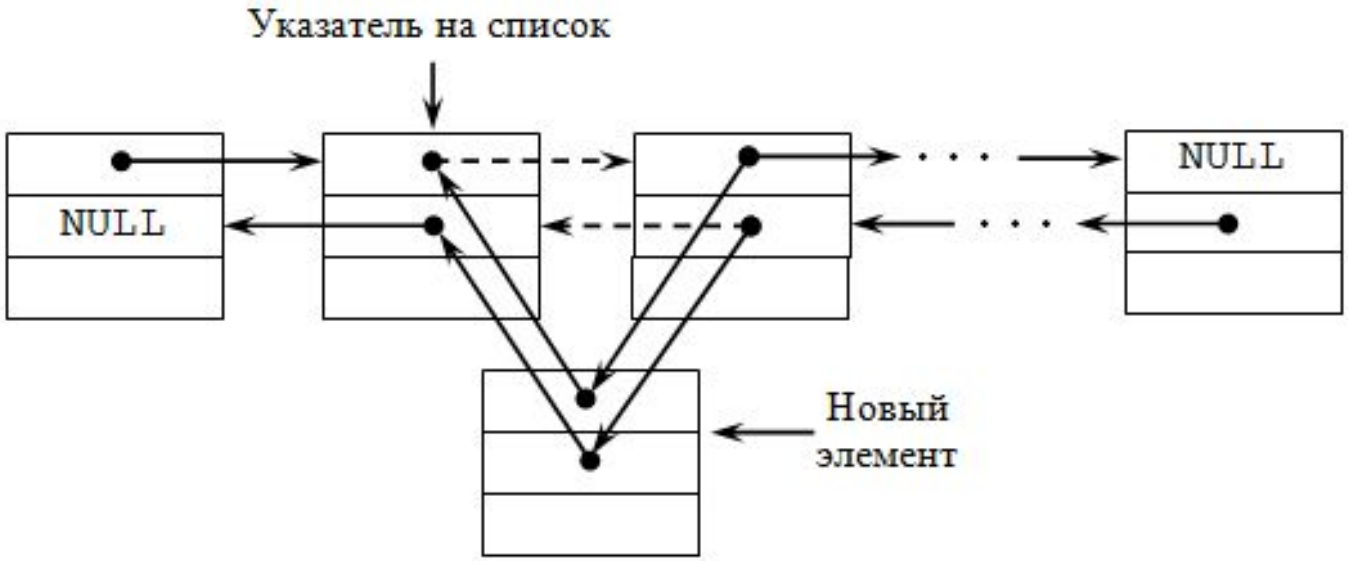
- Operation LIST-FIND (k)
  X:= Head;
  While X <> NIL Do Begin
  If X^.Key = k
  Then Return TRUE;
  X:= X^.Next;
- End;
  Return FALSE;
- End;

- Операция LIST-FIND выполняется за O(n), где n – количество элементов в списке. Это означает, что список не является структурой, эффективно выполняющей поиск.

- При добавлении элемента в список можно вставить его в начало списка, при этом нужно переписать некоторые указатели.
- Operation LIST-INSERT (obj)

```
New(X);
X^.Key:= obj.Key;
X^.Data:= obj.Data;
X^.Next:= Head;
X^.Prev:= NIL;
If Head <> NIL
    Then Head^.Prev:= X;
Head:= X;
```

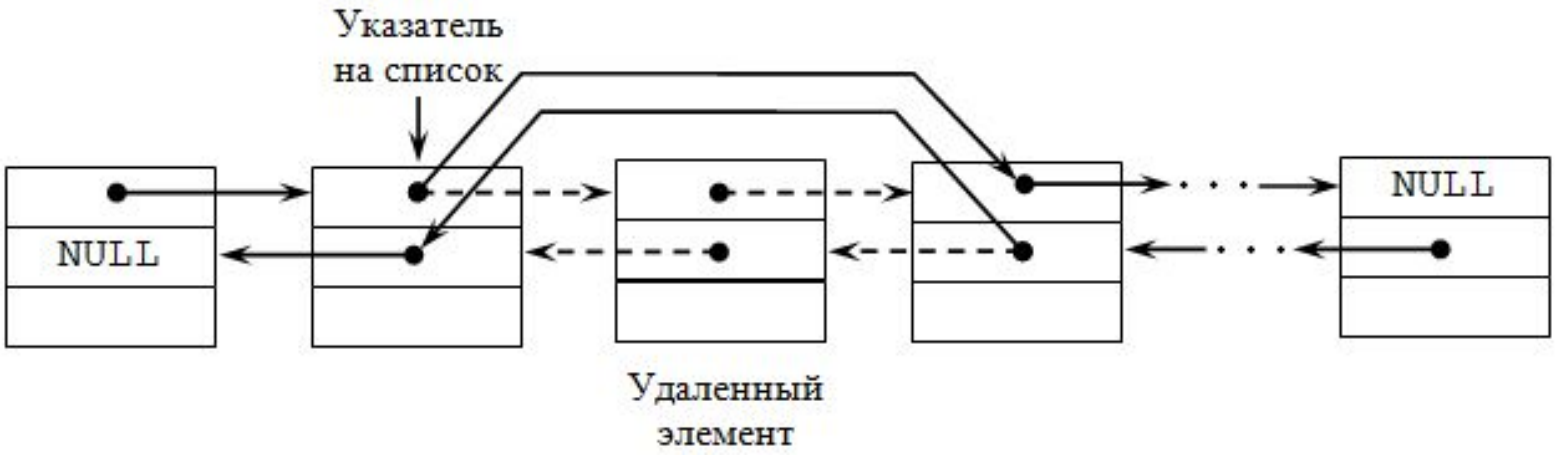
- End;



- При удалении элемента из списка нужно соединить указателями предыдущий и следующий за ним элементы. При этом нужно аккуратно обработать случай, когда элемент является первым или последним в списке.
- Operation LIST-DELETE (x)

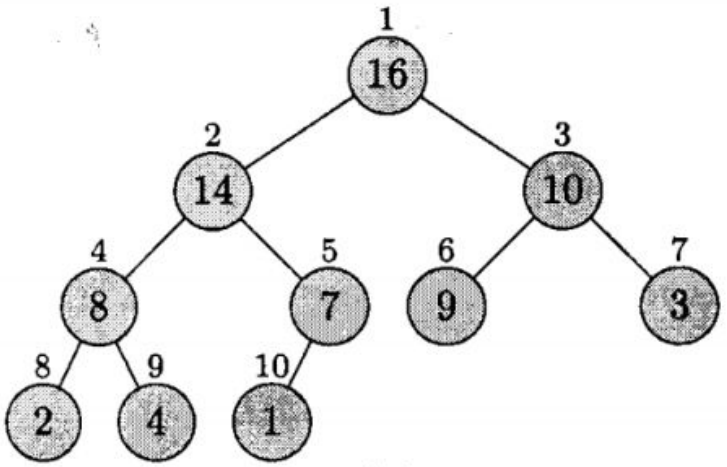
```
        If x^.Prev <> NIL
            Then x^.Prev^.Next:= x^.Next
        Else Head:= x^.Next;
        If x^.Next <> NIL
            Then x^.Next^.Prev:= x^.Prev;
        Dispose(x);
```

- End;

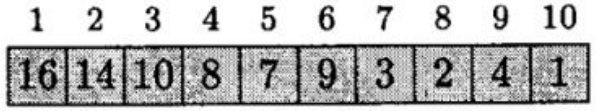


КУЧА

Куча - специализированная структура данных типа дерево, которая удовлетворяет свойству кучи: если B является узлом-потомком узла A, то ключ (A) ≥ ключ(B).



(а)



(б)

Свойство 1. Высота полного двоичного дерева из N вершин (то есть максимальное количество ребер на пути от корня к листьям) есть O(log N).

Свойство 2. Рассмотрим вершину полного двоичного дерева из N вершин, имеющую номер i. Если i = 1, то у вершины i нет отца. Если i > 1, то ее отец имеет номер i div 2. Если 2i < N, то у вершины i есть два сына с номерами 2i и 2i+1. Если 2i = N, то единственный сын вершины i имеет номер 2i. Если 2i > N, то у вершины i нет сыновей.

Свойство 3. В бинарной куче объект H[1] (или объект, хранящийся в корне дерева) имеет минимальное значение ключа из всех объектов.

Функции для работы с кучей

a – это массив, где хранится наша куча.
size – её текущий размер.

```
void shiftDown(int i)
{
	while (2 * i + 1 < size){
		int l = 2 * i + 1;
		int r = 2 * i + 2;
		int pos = l;
		if (r < size && a[pos] > a[r]){
			pos = r;
		}
		if (a[i] < a[pos]) break;
		swap(a[i], a[pos]);
		i = pos;
	}
}

void shiftUp(int i)
{
	while (i > 0){
		int pos = (i - 1) / 2;
		if (a[pos] < a[i]) break;
		swap(a[i], a[pos]);
		i = pos;
	}
}
```

Пирамидальная сортировка O(n * log n)

a – массив, который нужно отсортировать
n – размер массива a
size – размер кучи

```
void HeapSort(int n)
{
	size = n;
	for (int i = 0; i < n / 2; i++)
		shiftDown(i);

	for (int i = n - 1; i > 0; i--){
		size = i;
		swap(a[0], a[i]);
		shiftDown(0);
	}
}
```

Приоритетная очередь

Приоритетная очередь — это абстрактная структура данных на подобии стека или очереди, где у каждого элемента есть приоритет. Элемент с более высоким приоритетом находится перед элементом с более низким приоритетом. Если у элементов одинаковые приоритеты, они располагаются в зависимости от своей позиции в очереди. Обычно приоритетные очереди реализуются с помощью **кучи.**

Методы такие же, как и у обычной очереди. Ниже приведена реализация некоторых из них

```
void push(Type x){
	a[size] = x;
	shiftUp(size);
	size++;
}

Type pop(){
	Type res = a[0];
	size--;
	swap(a[0], a[size]);
	shiftDown(0);
	return res;
}
```

Дома решить задачи из контеста «Занятие 27.09.2016. Структуры данных» в группе на codeforces.com

Темы задач:
A – стек
B – стек
C – очередь
D – очередь
E – список
F – приоритетная очередь
G – работа с кучей
H – очередь

На основе решения домашних заданий будет составляться рейтинг.
Удачи.