ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

2024

STL

1. Входит в поставку стандартных C++ компиляторов
2. Содержит
   - алгоритмы (std::rotate, std::find_if и т.д.)
   - **контейнеры (std::vector<T>, std::list<T> и т.д.)**
   - функциональные объекты (std::greater<T>, std::logical_and<T> и т.д.)
   - **итераторы (std::iterator, std::back_inserter и т.д.)**
3. Спецификация находится тут: http://www.cplusplus.com/reference

КОНТЕЙНЕРЫ

- **Контейнер** — это объект, который может содержать в себе другие объекты. Существует несколько разных типов контейнеров. Например, класс vector определяет динамический массив, deque создает двунаправленную очередь, а list представляет связный список. Эти контейнеры называются **последовательными контейнерами** (sequence containers), потому что в терминологии STL последовательность — это линейный список.
- STL также определяет **ассоциативные контейнеры** (associative containers), которые обеспечивают эффективное извлечение значений на основе ключей. Таким образом, ассоциативные контейнеры хранят пары "ключ/значение". Примером может служить map. Этот контейнер хранит пары "ключ/значение", в которых каждый ключ является уникальным. Это облегчает извлечение значения по заданному ключу.

ИТЕРАТОРЫ

Предоставляет способ последовательного доступа ко всем элементам контейнера, не раскрывая его внутреннего представления.

Зачем

- Составной объект, скажем список, должен предоставлять способ доступа к своим элементам, не раскрывая их внутреннюю структуру.
- Иногда требуется обходить список по-разному, в зависимости от решаемой задачи.
- Нужно, чтобы в один и тот же момент было определено несколько активных обходов списка.

Идея

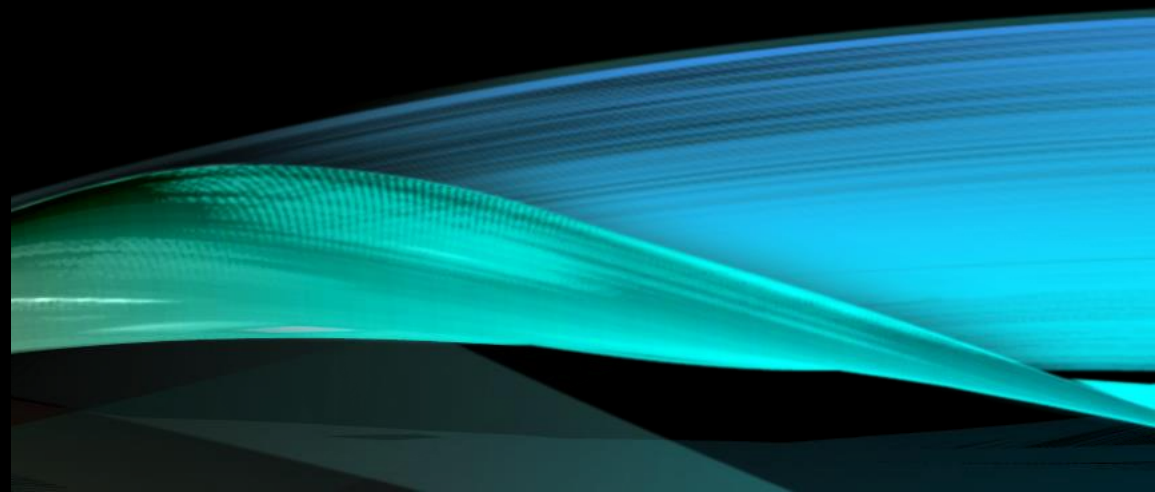
Основная его идея в том, чтобы за доступ к элементам и способ обхода отвечал не сам список, а отдельный объект - итератор. В классе Iterator определен интерфейс для доступа к элементам списка. Объект этого класса отслеживает текущий элемент, то есть он располагает информацией, какие элементы уже посещались.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМУ КОНТЕЙНЕРУ

iterator begin()	**Возвращает итератор, указывающий на первый элемент контейнера.**
const_iterator **begin**() const	Возвращает константный итератор, указывающий на первый элемент контейнера.
iterator **end**()	Возвращает итератор, указывающий на позицию, следующую за последним элементом контейнера.
const_iterator **end**() const	Возвращает константный итератор, указывающий на позицию, следующую за последним элементом контейнера.
bool **empty**() const	Возвращает true, если контейнер пуст.
size_type **size**() const	Возвращает количество элементов, в текущий момент хранящихся в контейнере.
void **swap**(ContainerType c)	Обменивает между собой содержимое двух контейнеров.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМУ КОНТЕЙНЕРУ

VOID CLEAR()	**УДАЛЯЕТ ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗ КОНТЕЙНЕРА.**
iterator **erase**(iterator i)	Удаляет элемент, на который указывает i. Возвращает итератор, указывающий на элемент, находящийся после удаленного.
iterator **erase**(iterator start, iterator end)	Удаляет элементы в диапазоне, указанном start и end. Возвращает итератор, указывающий на элемент, нахо- дящийся после последнего удаленного.
iterator **insert**(iterator i, const T &val)	Вставляет val непосредственно перед элементом, спе- цифицированным i. Возвращает итератор, указываю- щий на вставленный элемент.
void **insert**(iterator i, size_type num, const T &val)	Вставляет num копий val непосредственно перед эле- ментом, специфицированным i.
template <class InIter> void **insert**(iterator i, InIter start, InIter end)	Вставляет последовательность, определенную start и end, непосредственно перед элементом, специфициро- ванным i.

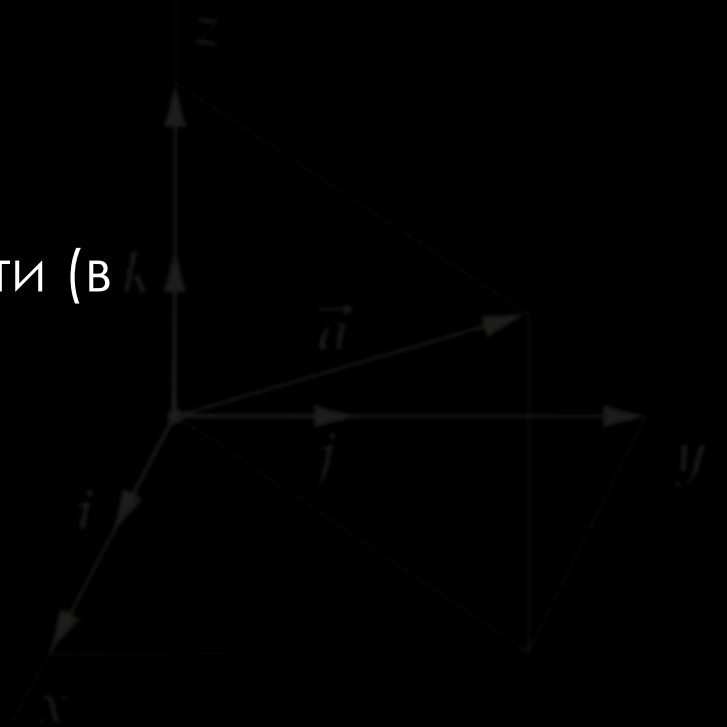


ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ В STL

1. std::array
2. std::vector
3. std::deque
4. std::stack
5. std::queue
6. std::priority_queue
7. std::forward_list
8. std::list

STD::VECTOR
VECTOR

1. аналог динамическому массиву Си
2. эмулирует расширяемость
3. добавление в начало неэффективно
4. данные лежат в непрерывной области памяти (в куче)
5. итераторы произвольного доступа
6. инвалидация итераторов почти всегда



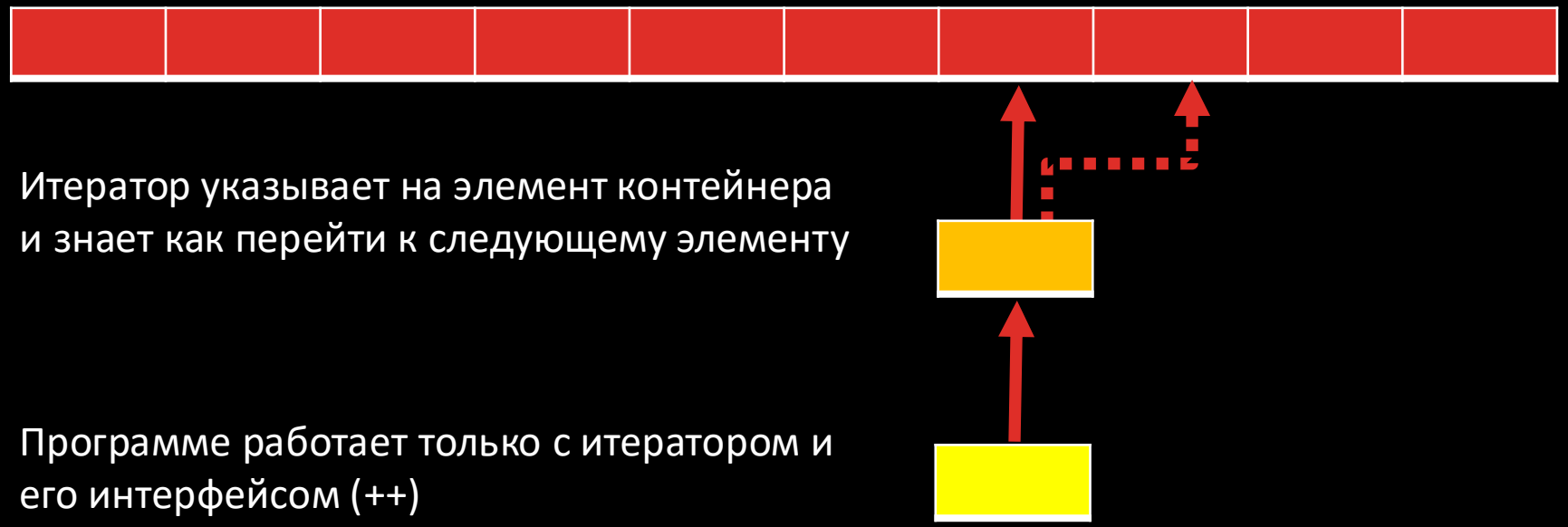
ПРОСТЕЙШИЙ ИТЕРАТОР ДЛЯ RANGEFOR

ITERATOR

```
// for работает с итератором как с указателем!
class IntIterator{
 int operator*() ;
 int operator->();
 bool operator!=(IntIterator const& other) const;
 IntIterator & operator++() ;
}
```

ИТЕРАТОР

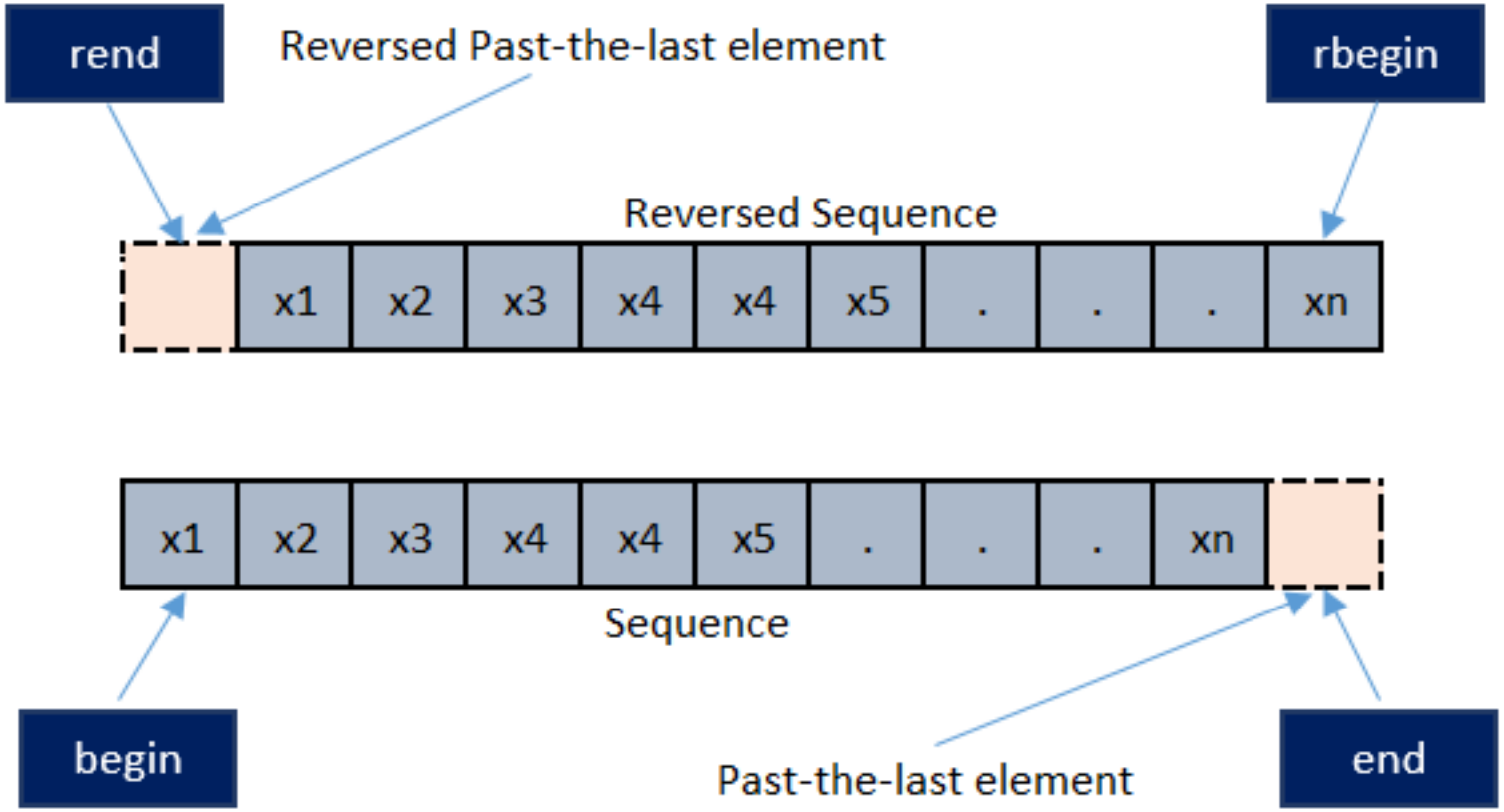
Контейнер может иметь произвольную структуру и различные методы доступа:



Итератор указывает на элемент контейнера
и знает как перейти к следующему элементу

Программе работает только с итератором и
его интерфейсом (++)

BEGIN & END


rend
Reversed Past-the-last element
rbegin
Reversed Sequence
x1
x2
x3
x4
x4
x5
.
.
.
xn
x1
x2
x3
x4
x4
x5
.
.
.
xn
Sequence
begin
Past-the-last element
end

Атрибут	Тип
difference_type	Тип для хранения значения результата вычитания двух итераторов (ptrdiff_t)
value_type	Тип, на который указывает итератор (обычно T – параметр шаблона)
pointer	Тип указателя на элемент контейнера (обычно T*)
reference	Тип ссылки на элемент шаблона (обычно T&)
iterator_category	Категория итератора: input_iterator_tag output_iterator_tag forward_iterator_tag bidirectional_iterator_tag random_access_iterator_tag

ITERATOR_TRAITS

HTTP://WWW.CPLUSPLUS.COM/REFERENCE/ITERATOR/ITERATOR_TRAITS/

PUSH_BACK VS EMPLACE_BACK

- Копирование или перемещение: **push_back** принимает элемент по значению или ссылке (константную или неконстантную) и добавляет его в конец контейнера. Если элемент передается по значению, то создается копия этого элемента. Если элемент передается по ссылке, то он может быть скопирован или перемещен в зависимости от типа ссылки.
- Встроенное создание объекта: emplace_back принимает аргументы, которые передаются конструктору элемента, и создает объект непосредственно в контейнере, без необходимости предварительного создания объекта. Это называется "встроенным" (in-place) созданием объекта.

ОДНОНАПРАВЛЕННЫЙ СПИСОК

Сложный пример с итератором UniqueIterator

```
class ListIterator{
        private:
           List&   list;
           size_t  index;
           friend class List;
        public:
           using difference_type = int ;
           using value_type = List::value_type;
           using reference = List::value_type& ;
           using pointer = List::value_type*;
           using iterator_category = std::forward_iterator_tag;

           ListIterator(List &l,int i) : list(l), index(i){}

           ListIterator& operator++(){
              ++index;
              return *this;
           }

           reference operator*(){
              return list[index];
           }

           pointer operator->(){
              return &list[index];
           }

           bool operator!=(const ListIterator& other){
              if(index!=other.index) return true;
              if(&list!=&(other.list)) return true;
              return false;
           }
      };
```

ПРЕДОПРЕДЕЛЕННЫЕ ИТЕРАТОРЫ

HTTP://WWW.CPLUSPLUS.COM/REFERENCE/ITERATOR/

- **reverse_iterator**
- **move_iterator**
- **back_insert_iterator**
- **front_insert_iterator**
- **insert_iterator**
- **istream_iterator**
- **ostream_iterator**
- **istreambuf_iterator**
- **ostreambuf_iterator**

STD::BACK_INSERT_ITERATOR

BACKINSERT

```
std::vector<int> foo;
std::vector<int> bar;

for (int i = 1; i <= 5; i++) {
    bar.push_back(i * 10);
}

std::back_insert_iterator< std::vector<int> >  back_it(foo);
copy(bar.begin(), bar.end(), back_it);
```

КАК УСТРОЕН BACK_INSERT_ITERATOR?

```
template <class Container>
  class back_insert_iterator
{
protected:
  Container* container;

public:
  typedef Container container_type;
  explicit back_insert_iterator (Container& x) : container(&x) {}

  // копирование знаения
  back_insert_iterator<Container>&
  operator= (const typename Container::value_type& value)
    { container->push_back(value); return *this; }

  // перемещение значения
  back_insert_iterator<Container>&
  operator= (typename Container::value_type&& value)
    { container->push_back(std::move(value)); return *this; }

  // стандартный набор операторов
  back_insert_iterator<Container>& operator* ()
    { return *this; }
  back_insert_iterator<Container>& operator++ ()
    { return *this; }
  back_insert_iterator<Container> operator++ (int)
    { return *this; }
};
```

IOSTREAM

ISTREAM_ITERATOR,
INSERT_ITERATOR,
OSTREAM_ITERATOR

```
std::istream_iterator<double> eos;
// end-of-stream iterator
std::istream_iterator<double> iit(std::cin);
// stdin iterator
if (iit != eos) value1 = *iit;

std::vector<double> vec;
std::insert_iterator<std::vector<double>> insert_it(vec,vec.begin());
std::copy(iit,eos,insert_it);
```

```
std::ostream_iterator<double> out(std::cout," ");
std::copy(vec.begin(),vec.end(),out);
```

ИТЕРАТОРЫ - ИТОГО

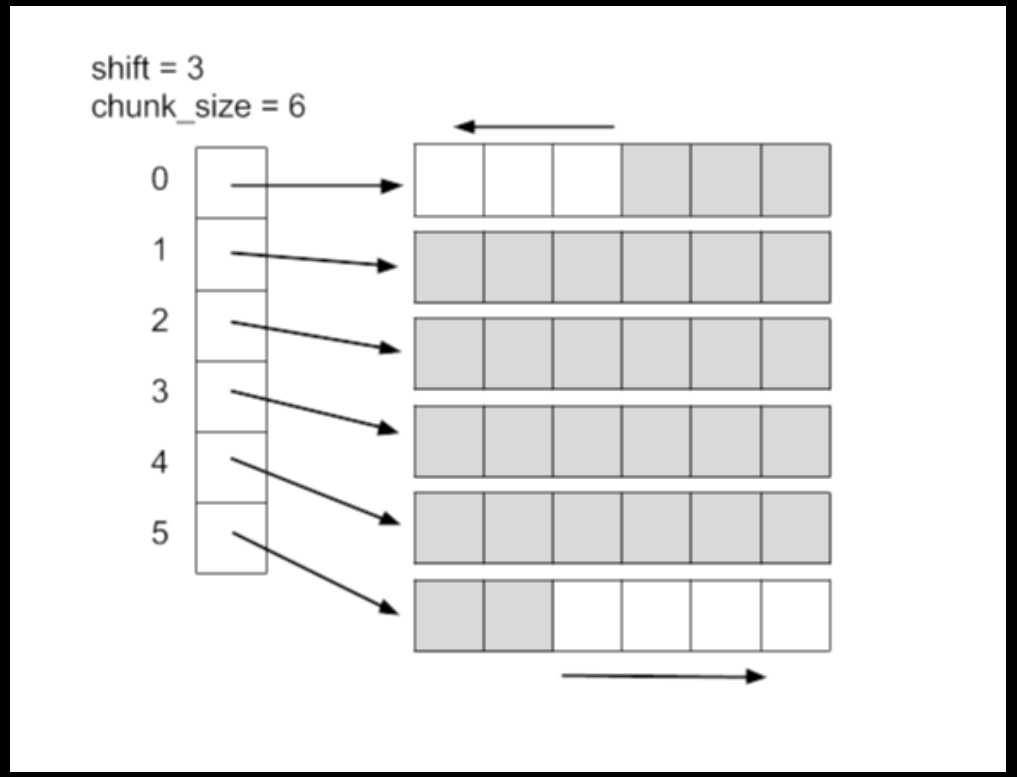
1. Итераторы – хранят ссылку на контейнер и даже на определенный элемент в контейнере
2. Итераторы – знают о структуре контейнера
3. Итераторы – предоставляют однотипный интерфейс по доступу к любому контейнеру
4. Итераторы – могут не только получать данные из контейнера, но могут записывать данные в контейнер (зависит от структуры контейнера)
5. Итераторы не могут менять размер контейнера

STD::ARRAY
ARRAY

- замена массиву в стиле Си, выделенному на стеке
- данные лежат в непрерывной области памяти (на стеке)
- фиксированная длина
- столь же эффективен
- удобен для временных буферов
- стек не бесконечен

STD::DEQUE
DEQUE

1. добавление с обеих сторон эффективно
2. данные хранятся кусками фиксированного размера
3. произвольный доступ (но чуть медленнее, чем std::vector)
4. вставка в середину неэффективна
5. инвалидация итераторов иногда



STD::STACK
STACK

1. не контейнер вовсе, а адаптор
2. обычно над std::deque
3. итераторы отсутствуют вовсе
4. очень ограниченный интерфейс

STD::QUEUE
QUEUE

1. не контейнер вовсе, а адаптор
2. обычно над std::deque
3. итераторы отсутствуют вовсе
4. очень ограниченный интерфейс

STD::FORWARD_LIST
FORWARD_LIST

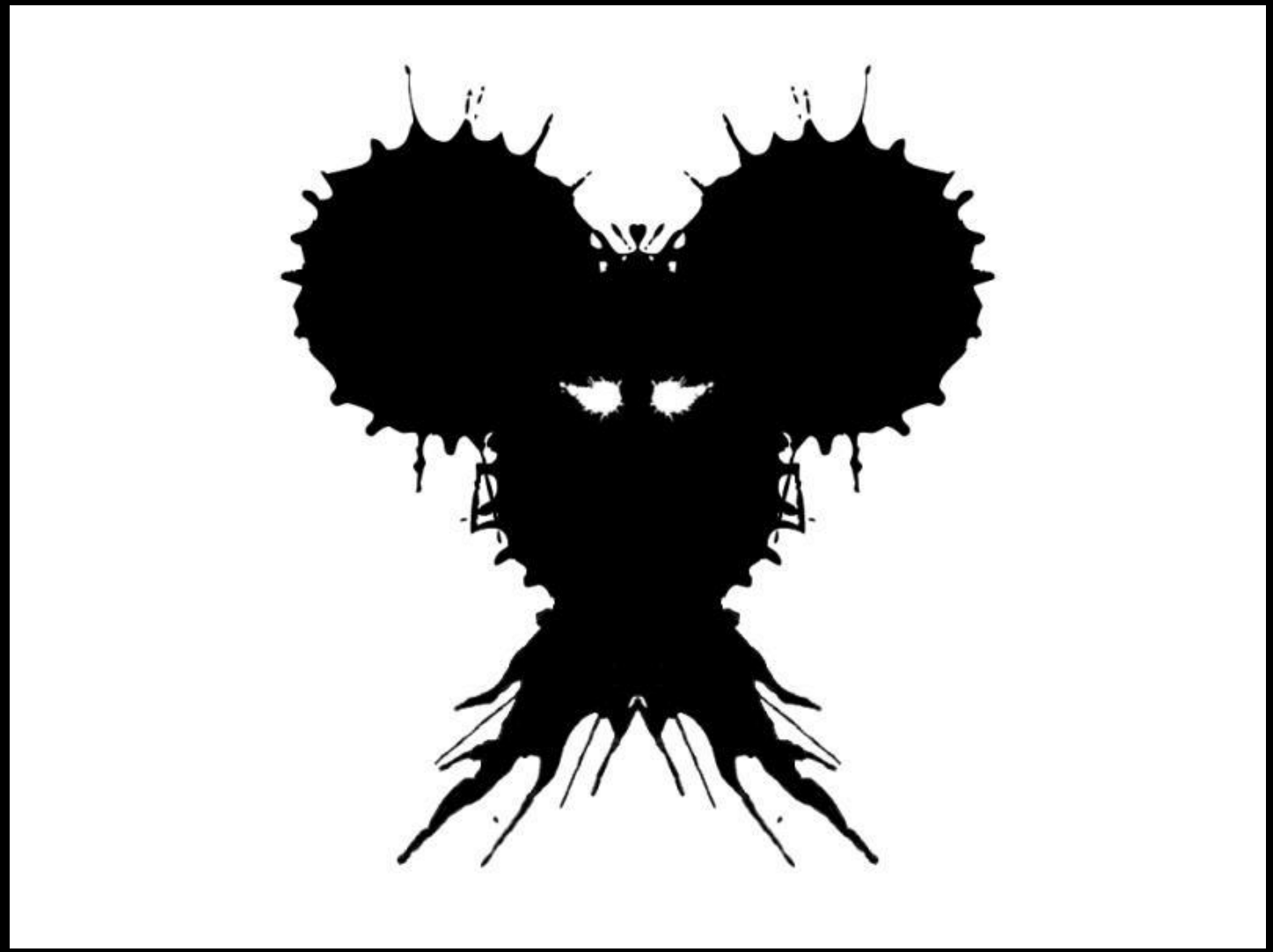
1. односвязный список
2. быстрая вставка и удаление (при наличии итератора)
3. однонаправленные (и только вперёд) итераторы
4. инвалидация итераторов – почти никогда
5. можно получить итератор на -1 элемент

STD::LIST
LIST

1. двусвязный список
2. быстрая вставка и удаление (при наличии итератора)
3. двунаправленные итераторы
4. инвалидация итераторов – почти никогда

АССОЦИАТИВНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ В STL

1. std::set
2. std::map
3. std::multiset
4. std::multimap



STD::SET
SET

1. бинарное дерево (часто красно-чёрное*)
2. элементы уникальны
3. сравнение компаратором (по умолчанию operator<)
4. отношение эквивалентности
5. итерирование в порядке сравнения элементов
6. итераторы двунаправленны

* https://algs4.cs.princeton.edu/33balanced/

STD::MAP
MAP

1. бинарное дерево (часто красно-чёрное)
2. ключи уникальны
3. сравнение ключа компаратором (по умолчанию operator<)
4. отношение эквивалентности
5. итерирование в порядке сравнения ключей элементов
6. итераторы двунаправленные

STD::MULTISET
MULTISET

1. бинарное дерево (часто красно-чёрное)
2. ключи не уникальны
3. порядок элементов с одним ключём – в порядке вставки

STD::MULTIMAP

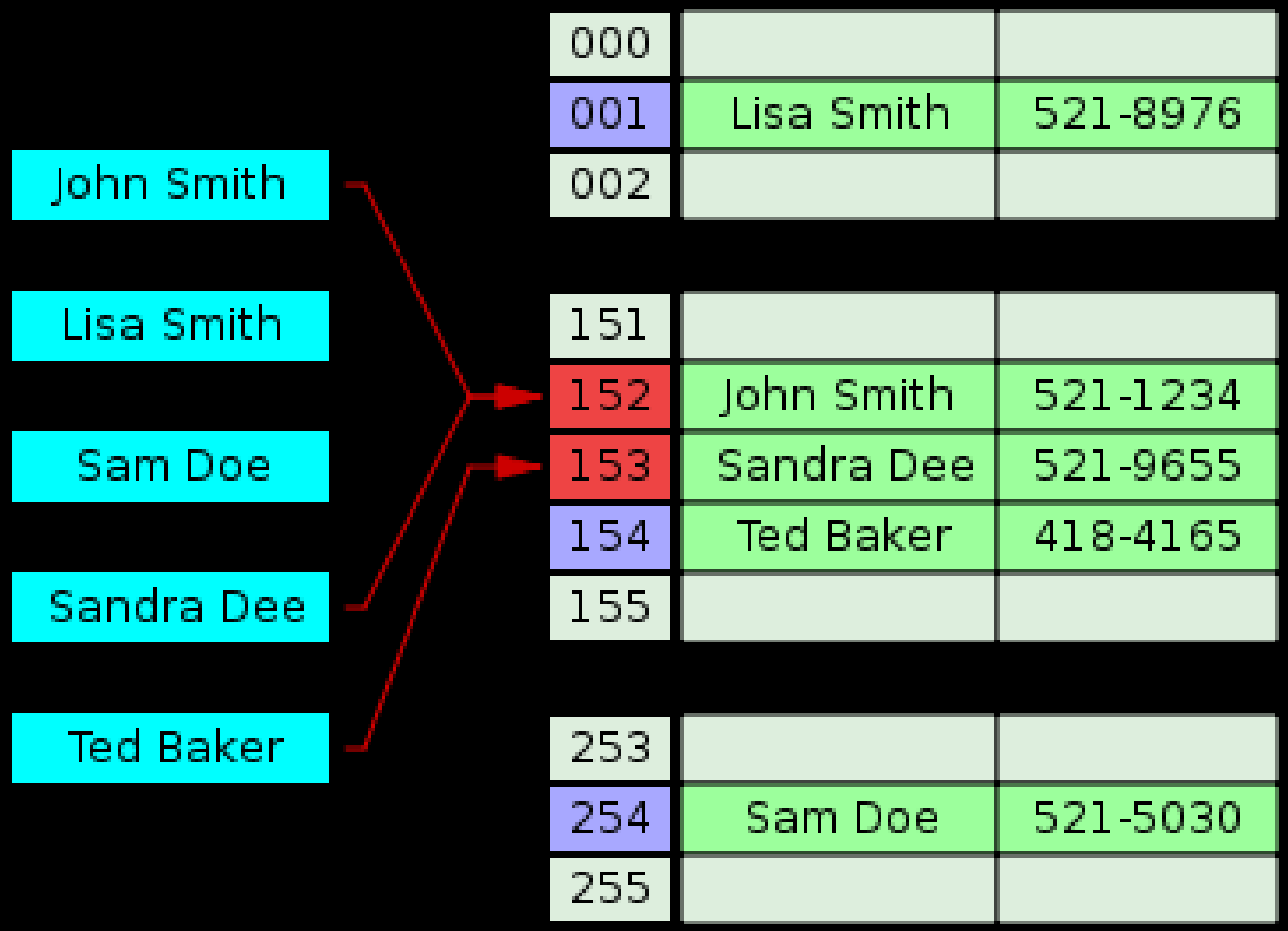
- бинарное дерево (часто красно-чёрное)
- ключи не уникальны
- порядок элементов с одним ключём – в порядке вставки

НЕУПОРЯДОЧЕННЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ В STL

1. std::unordered_set
2. std::unordered_map
3. std::unordered_multiset
4. std::unordered_multimap

STD::UNORDERED_SET
UNORDERED_SET.CPP

1. хеш-таблица
2. элементы уникальны
3. сравнение по хеш-функции
4. итерирование в порядке хешей
5. итераторы однонаправленные



STD::UNORDERED_MAP

1. хеш-таблица
2. элементы уникальны по ключу
3. сравнение по хеш-функции ключей
4. итерирование в порядке хешей
5. итераторы однонаправленные

АЛЛОКАТОРЫ ПАМЯТИ

Оптимизируем операцию доступа к памяти

АЛЛОКАТОРЫ

Каждый контейнер имеет определенный для него *аллокатор* (allocator).

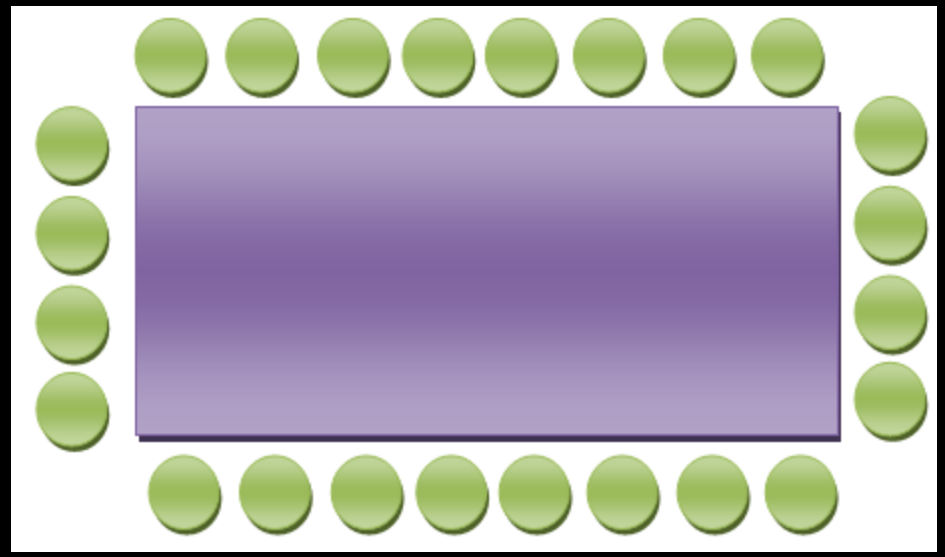
Аллокатор управляет выделением памяти для контейнера.

Аллокатором по умолчанию является объект класса allocator, но вы можете определять свои собственные аллокаторы, если это необходимо для специализированных приложений.

Для большинства применений аллокатора по умолчанию вполне достаточно.

КЛАССИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ - РЕСТОРАН

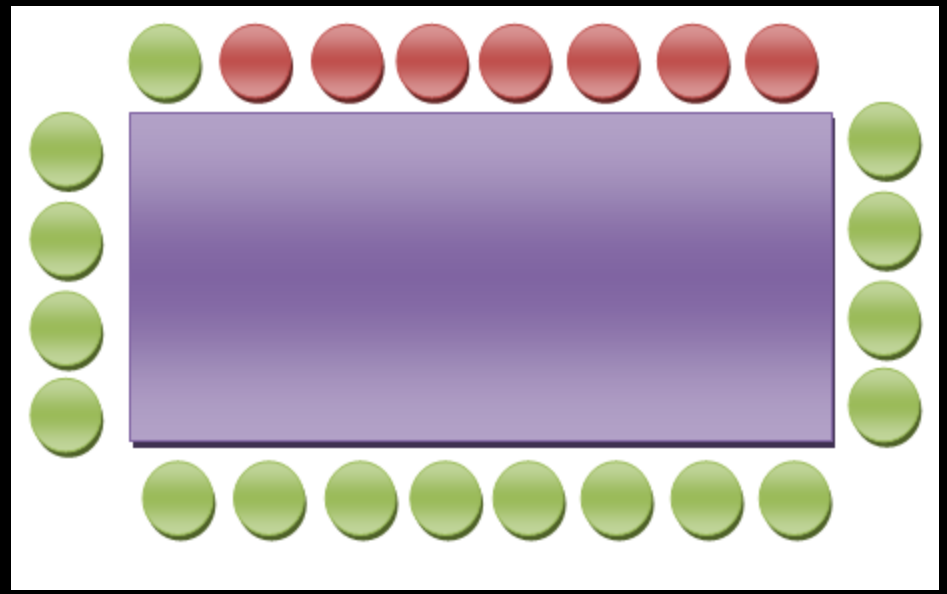
- Предположим у нас есть суши ресторан.
- У нас есть стол и места, размещенные вокруг.
- В наши обязанности входит размещение посетителей за столом.



https://habr.com/ru/post/274827/

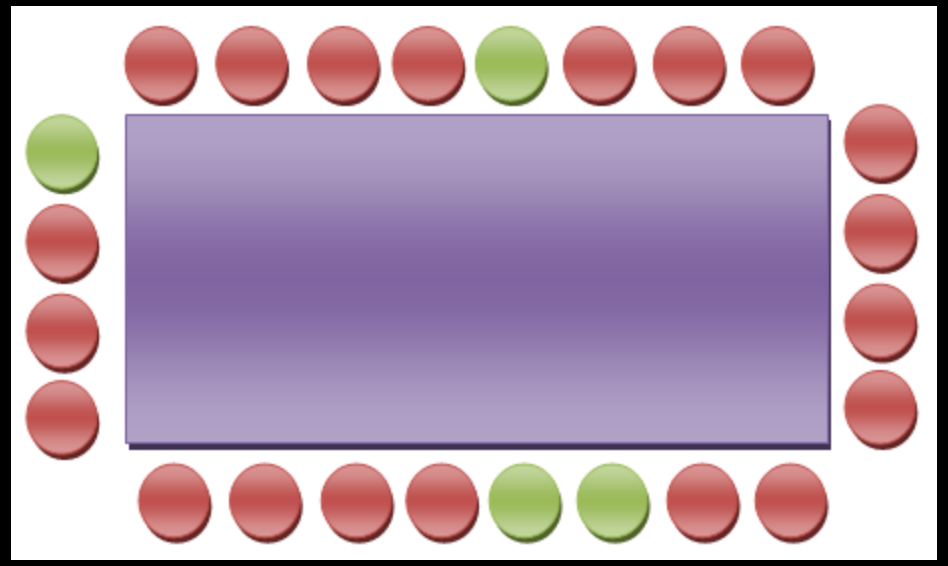
НАЗНАЧАЕМ МЕСТА ПОСЕТИТЕЛЯМ

Заходит компания их трёх человек и просит показать им места. Довольный приходом посетителей, ты любезно их усаживаешь. Не успевают они присесть и положить себе немного суши, как дверь снова открывается, и заходят ещё четверо! Ресторан теперь выглядит так…



ЧЕРЕЗ НЕКОТОРОЕ ВРЕМЯ

И тут приходят четыре человека и просят усадить их. Прагматичный по натуре, ты тщательно отслеживал, сколько осталось свободных мест, и смотри, сегодня твой день, четыре места есть! Есть одно «но»: эти четверо жутко социальные и ходят сидеть рядом. Ты отчаянно оглядываешься, но хоть у тебя и есть четыре свободных места, усадить эту компанию рядом ты не можешь! Просить уже имеющихся посетителей подвинуться посреди обеда было бы грубовато, поэтому, к сожалению, у тебя нет другого выбора, кроме как дать новым от ворот поворот, и они, возможно, никогда не вернутся. Всё это ужасно печально.



ДИНАМИЧЕСКОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ПАМЯТИ

1. **malloc и new пытаются быть всем в одном флаконе для всех программистов...**
   Они выделят вам несколько байтов ровно тем же способом, что и несколько мегабайтов. Уних нет той более широкой картины, которая есть у программистов.
2. **Относительно плохая производительность...**
   Стоимость операций free или delete в некоторых схемах выделения памяти также может быть высокой, так как во многих случаях делается много дополнительной работы для того, чтобы попытаться улучшить состояние кучи перед последующими размещениями. «Дополнительная работа» является довольно расплывчатым термином, но она может означать объединение блоков памяти, а в некоторых случаях может означать проход всего списка областей памяти, выделенной вашему приложению!
3. **Они являются причиной фрагментации кучи...**
4. **Плохая локальность ссылок...**
   В сущности, нет никакого способа узнать, где та память, которую вернёт вам malloc или new, будет находиться по отношению к другим областям памяти в вашем приложении. Это может привести к тому, что у нас будет больше дорогостоящих промахов в кеше, чем нам нужно, и мы в концов будем танцевать в памяти как на углях.

ПЕРЕГРУЗКА ОПЕРАТОРОВ NEW И DELETE OPERATOR_NEW.CPP

- Операторы new и delete можно перегрузить. Для этого есть несколько причин:
  - Можно увеличить производительность за счёт кеширования: при удалении объекта не освобождать память, а сохранять указатели на свободные блоки, используя их для вновь конструируемых объектов.
  - Можно выделять память сразу под несколько объектов.
  - Можно реализовать собственный "сборщик мусора" (garbage collector).
  - Можно вести лог выделения/освобождения памяти.
- Операторы new и delete имеют следующие сигнатуры:
- `void *operator new(size_t size);`
- `void operator delete(void *p);`
- Оператор new принимает размер памяти, которую необходимо выделить, и возвращает указатель на выделенную память.
- Оператор delete принимает указатель на память, которую нужно освободить.

ALLOCATOR_TRAITS

HTTP://WWW.CPLUSPLUS.COM/REFERENCE/MEMORY/ALLOCATOR_TRAITS/

```
template <class T>
struct custom_allocator {
  typedef T value_type;
  custom_allocator() noexcept {}
  template <class U> custom_allocator (const custom_allocator<U>&) noexcept {}
  T* allocate (std::size_t n) { return static_cast<T*>(::operator new(n*sizeof(T))); }
  void deallocate (T* p, std::size_t n) { ::delete(p); }
};

template <class T, class U>
constexpr bool operator== (const custom_allocator<T>&, const custom_allocator<U>&) noexcept
{return true;}

template <class T, class U>
constexpr bool operator!= (const custom_allocator<T>&, const custom_allocator<U>&) noexcept
{return false;}

int main () {
  std::vector<int,custom_allocator<int>> foo = {10,20,30};
  for (auto x: foo) std::cout << x << " ";
  std::cout << '\n';
  return 0;
}
```

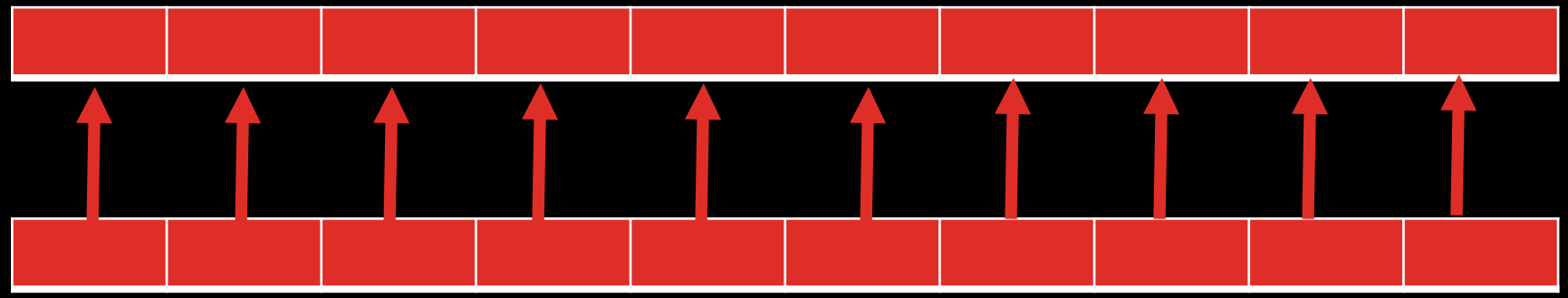
БОЛЕЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ПРИМЕР ALLOCATOR

```
template<class T,size_t BLOCK_SIZE>
 struct allocator {
        using value_type = T;
        using pointer = T * ;
        using const_pointer = const T*;
        using size_type = std::size_t;
        template<typename U>
        struct rebind {
            using other = allocator<U,BLOCK_SIZE>;
        };

        T* allocate(size_t n);
        void deallocate(T* ,  size_t );
        template<typename U, typename ...Args>
        void construct(U *p, Args &&...args) ;
        void destroy(pointer p);
 };
```

SIMPLE POOL ALLOCATOR [1/4]

Used_blocks: Память для стркутур Item

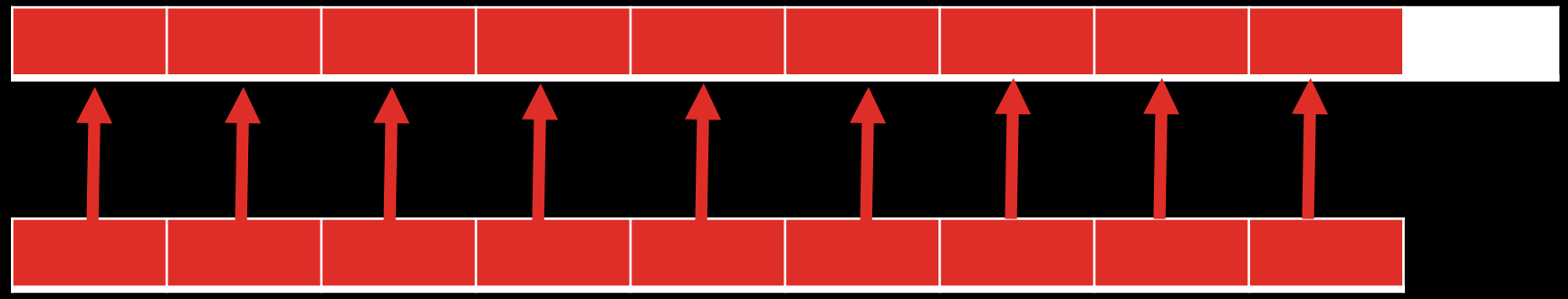


Free_blocks: Указатели на свободные блоки

Вначале все блоки свободные. Каждый указатель в структуре free_blocks указывает на некоторый адрес в структуре used_blocks.

SIMPLE POOL ALLOCATOR [2/4]

Used_blocks: Память для стркутур Item

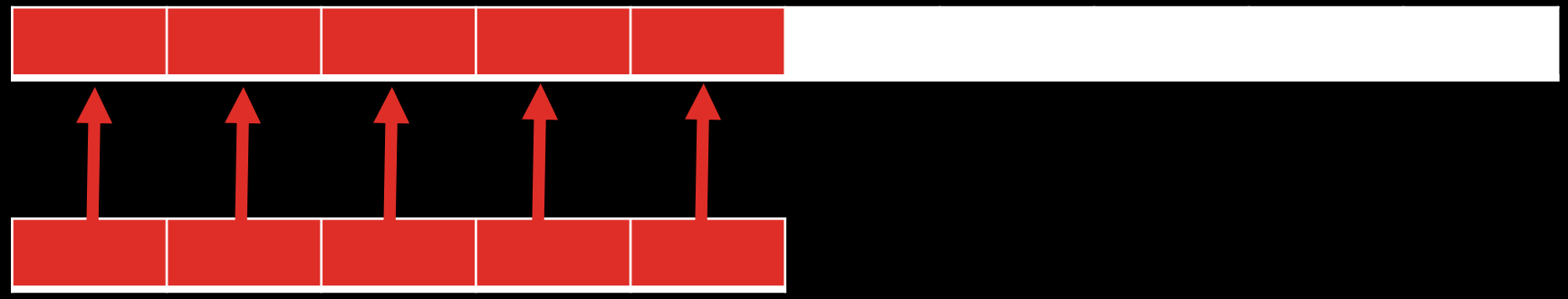


Free_blocks: Указатели на свободные блоки

Когда выделяется память – то возвращается значение последнего указателя в структуре free_blocks на адрес
В used_blocks

SIMPLE POOL ALLOCATOR [3/4]

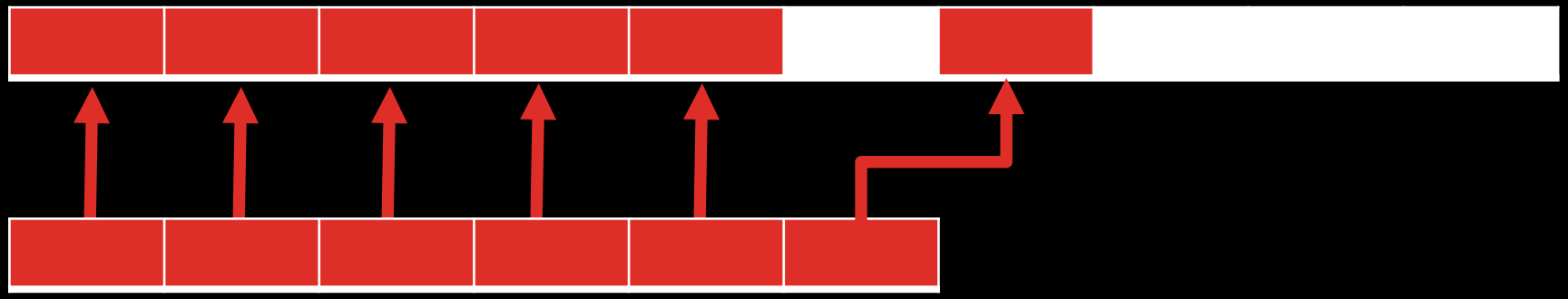
Used_blocks: Память для стркутур Item



Free_blocks: Указатели на свободные блоки

После того как выделенно 5 объектов – мы имеет вот такую ситуацию

SIMPLE POOL ALLOCATOR [4/4]



ПРОСТОЙ ALLOCATOR ФИКСИРОВАННОЙ ДЛИННЫ SIMPLEALLOCATOR

```
void test2(){
    auto begin = std::chrono::high_resolution_clock::now();
    std::list<SomeStruct,mai::allocator<SomeStruct,1000>> my_list;
    for(int i=0;i<1000;i++) my_list.push_back(SomeStruct());
    for(int i=0;i<1000;i++) my_list.erase(my_list.begin());
    auto end = std::chrono::high_resolution_clock::now();
    std::cout << "test2: " << std::chrono::duration_cast<std::chrono::microseconds>(end -
 begin).count() << std::endl;

}
```

ПОЛИМОРФНЫЙ АЛЛОКАТОР

Полиморфный аллокатор (Polymorphic Allocator) в C++ — это механизм, предоставляемый стандартной библиотекой C++ (начиная с C++17), который позволяет использовать различные стратегии выделения памяти в контейнерах и других объектах, не изменяя их интерфейс. Это достигается за счет использования шаблонного класса std::pmr::polymorphic_allocator, который может быть настроен на использование различных аллокаторов, передаваемых через объекты типа std::pmr::memory_resource

```cpp
#include <iostream>
#include <memory_resource>
#include <vector>

int main() {
    // Создаем буфер для использования в качестве пула памяти
    char buffer[1024];

    // Создаем memory_resource, который будет использовать этот буфер
    std::pmr::monotonic_buffer_resource pool{buffer, sizeof(buffer)};

    // Создаем полиморфный аллокатор, связанный с нашим пулом памяти
    std::pmr::polymorphic_allocator<int> alloc{&pool};

    // Создаем вектор, использующий наш полиморфный аллокатор
    std::pmr::vector<int> vec{alloc};

    // Добавляем элементы в вектор
    for (int i = 0; i < 100; ++i) {
        vec.push_back(i);
    }

    // Выводим элементы вектора
    for (int i : vec) {
        std::cout << i << " ";
    }

    return 0;
}
```

СПАСИБО!

На сегодня все