МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГООБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
**«Национальный исследовательский   
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**(ННГУ)**

**Институт информационных технологий, математики и механики**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

на тему:

**«Битовые поля и множества»**

**Выполнил(а):** студент(ка) группы 3822Б1ФИ2

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Савченко М.П./

Подпись

**Проверил:** к.т.н, доцент каф. ВВиСП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Кустикова В.Д./

Подпись

Нижний Новгород  
2023

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc147915966)

[1 Постановка задачи 4](#_Toc147915967)

[2 Руководство пользователя 5](#_Toc147915968)

[2.1 Приложение для демонстрации работы битовых полей 5](#_Toc147915969)

[2.2 Приложение для демонстрации работы множеств 5](#_Toc147915970)

[2.3 «Решето Эратосфено» 6](#_Toc147915971)

[3 Руководство программиста 7](#_Toc147915972)

[3.1 Описание алгоритмов 7](#_Toc147915973)

[3.1.1 Битовые поля 7](#_Toc147915974)

[3.1.2 Множества 7](#_Toc147915975)

[3.1.3 «Решето Эратосфена» 7](#_Toc147915976)

[3.2 Описание программной реализации 8](#_Toc147915977)

[3.2.1 Описание класса TBitField 8](#_Toc147915978)

[3.2.2 Описание класса TSet 11](#_Toc147915979)

[Заключение 15](#_Toc147915980)

[Литература 16](#_Toc147915981)

[Приложения 17](#_Toc147915982)

[Приложение А. Реализация класса TBitField 17](#_Toc147915983)

[Приложение Б. Реализация класса TSet 19](#_Toc147915984)

# Введение

Битовые поля и множества имеют широкий спектр применений и остаются актуальными в различных областях программирования. Давайте рассмотрим актуальность и применяемость каждой из этих концепций:

**Актуальность битовых полей (Bit Fields)**:

1. **Управление битовыми масками**: Битовые поля широко используются для управления битовыми масками в структурах данных. Это актуально в разработке операционных систем, устройств и драйверов, где часто требуется управление битовыми состояниями.
2. **Оптимизация памяти**: В системах с ограниченными ресурсами, таких как микроконтроллеры и встроенные системы, оптимизация памяти остается критически важной. Битовые поля могут использоваться для экономии памяти, когда каждый байт ценен.
3. **Сериализация данных**: При передаче данных через сеть или сохранении их на диске можно использовать битовые поля для упаковки и распаковки битовой информации.

**Актуальность множеств (Sets)**:

1. **Уникальность данных**: Множества используются для хранения уникальных элементов, и это актуально во многих сферах, включая базы данных, управление пользователями и учет дубликатов.
2. **Алгоритмы и структуры данных**: Множества играют важную роль в алгоритмах и структурах данных, таких как хеш-таблицы, сортировка и поиск. Они помогают в решении разнообразных задач, связанных с обработкой данных.
3. **Анализ данных и фильтрация**: Множества часто используются для анализа и фильтрации данных, например, при поиске уникальных элементов в больших наборах данных или при выявлении пересечений множеств.

Оба этих подхода остаются актуальными и востребованными в программировании. Выбор между ними зависит от конкретных задач и контекста разработки.

# Постановка задачи

Цель – реализовать классы: TBitField и TSet

Задачи при реализации класса TBitField:

1. Описать и реализовать конструктор, конструктор копирования, деструктор.
2. Описать и реализовать операции доступа к битам: установить бит в 1, установить бит в 0, получить значение бита, получить количество доступных битов.
3. Описать и реализовать вспомогательные методы: получение индекса элемента, получение маски бита.
4. Перегрузить битовые операции: присваивание (=), сравнение (==, !=), побитовое ИЛИ (|), побитовое И (&), побитовое отрицание(~).
5. Перегрузить операции ввода и вывода.

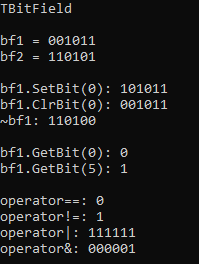
Задачи при реализации класса TSet:

1. Описать и реализовать конструктор, конструктор копирования, конструктор преобразования типа, оператор преобразования типа к битовому полю.
2. Описать и реализовать операции доступа к битам: включить элемент в множество, удалить элемент из множества, проверить наличие элемента в множестве, получить максимальной мощности множества.
3. Перегрузить теоретико-множественные операции: присваивание (=), сравнение (==, !=), объединение (+), пересечение (\*), объединение с элементом из множества (+), разность с элементом из множества (-), дополнение (~).
4. Перегрузить операции ввода и вывода.

# Руководство пользователя

## Приложение для демонстрации работы битовых полей

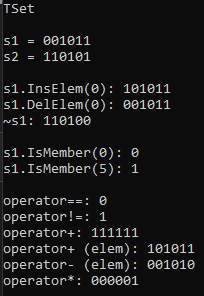
1. Запустите приложение с названием sample\_tbitfield.exe. В результате появится окно, показанное ниже (рис. 1).



1. Основное окно программы sample\_tbitfield.exe
2. В появившемся окне вы можете ознакомиться с примером работы реализованных операций.

## Приложение для демонстрации работы множеств

1. Запустите приложение с названием sample\_tset.exe. В результате появится окно, показанное ниже (рис. 2).



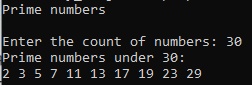
1. Основное окно программы sample\_tset.exe
2. В появившемся окне вы можете ознакомиться с примером работы реализованных операций.

## «Решето Эратосфено»

1. Запустите приложение с названием sample\_primenumbers.exe. В результате появится окно, показанное ниже (рис. 3).



1. Начало работы программы sample\_primenumbers.exe
2. Введите положительное целое число, чтобы вывести все простые числа до этого числа(включительно). Напечатается результат, показанный на рисунке ниже (рис. 3).



1. Результат работы программы sample\_primenumbers.exe

# Руководство программиста

## Описание алгоритмов

### Битовые поля

Битовые поля представляют собой наборы характеристических массивов, в которых каждый элемент индексируется элементами множества. Каждое битовое поле характеризуется своей длиной (размером универсума в битах), количеством хранимых массивов и объемом памяти, необходимым для их хранения. Каждый элемент битового поля может принимать одно из двух состояний: 1 (если элемент присутствует в множестве) или 0 (если элемент отсутствует в множестве). Этот алгоритм позволяет создать интерфейс для управления множествами.

### Множества

Множества в принципе наследуют функциональность класса TBitField. Конкретно, множество представляет собой экземпляр класса TSet, который построен на основе класса TBitField. Работа класса TSet заключается в его использовании в качестве инструмента для создания множеств и выполнения операций, связанных с теорией множеств. Максимальная мощность множества определяется длиной битового поля. Следовательно, основная ответственность за технические аспекты работы множеств лежит на классе TBitField.

### «Решето Эратосфена»

Решето Эратосфена (англ. sieve of Eratosthenes) — алгоритм нахождения всех простых чисел от 1 до n.

Основная идея соответствует названию алгоритма: запишем ряд чисел , а затем будем вычеркивать сначала

* числа, делящиеся на 2, кроме самого числа 2,
* потом числа, делящиеся на 3, кроме самого числа 3,
* с числами, делящимися на 4, ничего делать не будем — мы их уже вычёркивали,
* потом продолжим вычеркивать числа, делящиеся на 5, кроме самого числа 5,

…и так далее.

Алгоритм Решето Эратосфена имеет сложность O(N\*log(log(N))), что делает его очень эффективным для нахождения простых чисел в больших диапазонах.

## Описание программной реализации

### Описание класса TBitField

typedef unsigned int TELEM;

class TBitField

{

private:

int BitLen;

TELEM \*pMem;

int MemLen;

const int bitsInElem = 32;

const int shiftSize = 5;

// методы реализации

int GetMemIndex(const int n) const noexcept;

TELEM GetMemMask (const int n) const noexcept;

public:

TBitField(int len);

TBitField(const TBitField &bf);

~TBitField();

// доступ к битам

int GetLength(void) const;

void SetBit(const int n);

void ClrBit(const int n);

int GetBit(const int n) const;

// битовые операции

bool operator==(const TBitField &bf) const;

bool operator!=(const TBitField &bf) const;

const TBitField& operator=(const TBitField &bf);

TBitField operator|(const TBitField &bf);

TBitField operator&(const TBitField &bf);

TBitField operator~(void);

friend istream& operator>>(istream& in, TBitField& bf);

friend ostream& operator<<(ostream& out, const TBitField& bf);

};

Назначение: представление битового поля.

**Поля**:

BitLen – длина битового поля – максимальное количество битов.

pMem – память для представления битового поля.

MemLen – количество элементов для представления битового поля.

bitsInElem – вспомогательное значение, количество битов в элементе памяти.

shiftSize – вспомогательное значение для битового целочисленного деления.

**Конструкторы**:

TBitField(int len);

Назначение: выделение и инициализация памяти объекта.

Входные параметры: len – количество доступных битов.

TBitField(const TBitField &bf);

Назначение: выделение памяти и копирование данных.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

~TBitField();

Назначение: очистка выделенной памяти.

**Методы**:

int GetMemIndex(const int n) const noexcept;

Назначение: получение индекса элемента в памяти.

Входные параметры: n – номер бита.

Выходные параметры: индекс элемента в памяти.

TELEM GetMemMask (const int n) const noexcept;

Назначение: получение маски бита

Входные параметры: n – номер бита.

Выходные параметры: маска бита

int GetLength(void) const;

Назначение: получение количества доступных битов.

Выходные параметры: BitLen - количество доступных битов.

void SetBit(const int n);

Назначение: изменить значение бита на 1.

Входные параметры: n – номер бита.

void ClrBit(const int n);

Назначение: изменить значение бита на 0.

Входные параметры: n – номер бита.

**int GetBit(const int n) const;**

Назначение: получение значения бита.

Входные параметры: n – номер бита.

Выходные параметры: значение бита – 1 или 0.

bool operator==(const TBitField &bf) const;

Назначение: перегрузка операции сравнивания, сравнение на равенство объектов.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: true или false.

**bool operator!=(const TBitField &bf) const;**

Назначение: перегрузка операции сравнивания, сравнение на неравенство объектов.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: true или false.

**const TBitField& operator=(const TBitField &bf);**

Назначение: присваивание значений объекта bf.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: ссылка на объект класса TBitField (себя).

TBitField operator|(const TBitField &bf);

Назначение: создание объекта с примененной побитовой операцией ИЛИ.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: объект класса TBitField.

TBitField operator&(const TBitField &bf);

Назначение: создание объекта с примененной побитовой операцией И.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: объект класса TBitField.

TBitField operator~(void);

Назначение: создание объекта с примененной побитовой операцией отрицания.

Выходные параметры: объект класса TBitField.

friend istream& operator>>(istream& in, TBitField& bf);

Назначение: ввод данных.

Входные параметры: in – поток ввода, bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: поток ввода.

friend ostream& operator<<(ostream& out, const TBitField& bf);

Назначение: вывод данных.

Входные параметры: out – поток вывода, bf – объект класса TBitField.

Выходные параметры: поток вывода.

### Описание класса TSet

class TSet

{

private:

int MaxPower;

TBitField BitField;

public:

TSet(int mp);

TSet(const TSet& s);

TSet(const TBitField& bf);

operator TBitField();

// доступ к битам

int GetMaxPower(void) const noexcept;

void InsElem(const int Elem);

void DelElem(const int Elem);

bool IsMember(const int Elem) const;

// теоретико-множественные операции

bool operator== (const TSet& s) const;

bool operator!= (const TSet& s) const;

const TSet& operator=(const TSet& s);

TSet operator+ (const int Elem);

TSet operator- (const int Elem);

TSet operator+ (const TSet& s);

TSet operator\* (const TSet& s);

TSet operator~ (void);

friend istream& operator>>(istream& in, TSet& bf);

friend ostream& operator<<(ostream& out, const TSet& bf);

};

Назначение: представление множества.

**Поля**:

MaxPower – мощность множества.

BitField – характеристический массив.

**Конструкторы**:

TSet(int mp);

Назначение: инициализация битового поля.

Входные параметры: mp – количество элементов в универсуме.

TSet(const TSet& s);

Назначение: копирование данных из другого множества.

Входные параметры: s – объект класса TSet.

TSet(const TBitField& bf);

Назначение: формирование множества на основе битового поля.

Входные параметры: bf – объект класса TBitField.

operator TBitField();

Назначение: получение поля BitField.

Выходные параметры: объект класса TBitField.

**Методы**:

int GetMaxPower(void) const noexcept;

Назначение: получение максимальной мощности множества.

Выходные параметры: MaxPower – максимальная мощность множества.

void InsElem(const int Elem);

Назначение: добавить элемент в множество.

Входные параметры: Elem – индекс элемента.

void DelElem(const int Elem);

Назначение: удаление элемента из множества.

Входные параметры: Elem – индекс элемента.

bool IsMember(const int Elem) const;

Назначение: проверка, состоит ли элемент в множестве.

Входные параметры: true или false.

bool operator== (const TSet& s) const;

Назначение: перегрузка операции сравнивания, сравнение на равенство объектов.

Входные параметры: s – объект класса TSet.

Выходные параметры: true или false.

bool operator!= (const TSet& s) const;

Назначение: перегрузка операции сравнивания, сравнение на неравенство объектов.

Входные параметры: s – объект класса TSet.

Выходные параметры: true или false.

const TSet& operator=(const TSet& s);

Назначение: присваивание значений объекта s.

Входные параметры: s – объект класса TSet.

Выходные параметры: ссылка на объект класса TSet (себя).

TSet operator+ (const int Elem);

Назначение: добавление элемента в множество.

Входные параметры: Elem – индекс элемента.

Выходные параметры: объект класса TSet.

TSet operator- (const int Elem);

Назначение: удаление элемента из множества.

Входные параметры: Elem – индекс элемента.

Выходные параметры: объект класса TSet.

TSet operator+ (const TSet& s);

Назначение: объединение двух множеств.

Входные параметры: s – объект класса TSet.

Выходные параметры: объект класса TSet.

TSet operator\* (const TSet& s);

Назначение: пересечение двух множеств.

Входные параметры: s – объект класса TSet.

Выходные параметры: объект класса TSet.

TSet operator~ (void);

Назначение: получение дополнения к множеству.

Выходные параметры: объект класса TSet.

friend istream& operator>>(istream& in, TSet& s);

Назначение:

Входные параметры: s – объект класса TSet, in – поток ввода.

Выходные параметры: поток ввода.

friend ostream& operator<<(ostream& out, const TSet& s);

Назначение:

Входные параметры: s – объект класса TSet, out – поток вывода.

Выходные параметры: поток вывода.

# Заключение

Были реализованы классы: TBitField и TSet

Выполнены задачи при реализации класса TBitField:

1. Описать и реализовать конструктор, конструктор копирования, деструктор.
2. Описать и реализовать операции доступа к битам: установить бит в 1, установить бит в 0, получить значение бита, получить количество доступных битов.
3. Описать и реализовать вспомогательные методы: получение индекса элемента, получение маски бита.
4. Перегрузить битовые операции: присваивание (=), сравнение (==, !=), побитовое ИЛИ (|), побитовое И (&), побитовое отрицание(~).
5. Перегрузить операции ввода и вывода.

Выполнены задачи при реализации класса TSet:

1. Описать и реализовать конструктор, конструктор копирования, конструктор преобразования типа, оператор преобразования типа к битовому полю.
2. Описать и реализовать операции доступа к битам: включить элемент в множество, удалить элемент из множества, проверить наличие элемента в множестве, получить максимальной мощности множества.
3. Перегрузить теоретико-множественные операции: присваивание (=), сравнение (==, !=), объединение (+), пересечение (\*), объединение с элементом из множества (+), разность с элементом из множества (-), дополнение (~).
4. Перегрузить операции ввода и вывода.

# Литература

1. Лекция «Множества и битовые поля» Сысоева А.В. https://cloud.unn.ru/s/DLRHnt54ircG2WL
2. Алгоритм решета Эратосфена https://algorithmica.org/ru/eratosthenes

# Приложения

## Приложение А. Реализация класса TBitField

#include "tbitfield.h"

TBitField::TBitField(int len)

{

if (len > 0) {

BitLen = len;

MemLen = ((len + bitsInElem - 1) >> shiftSize);

pMem = new TELEM[MemLen];

memset(pMem, 0, MemLen \* sizeof(TELEM));

}

else if(len == 0) {

BitLen = 0;

MemLen = 0;

pMem = nullptr;

}

else {

throw "error: BitFiels size < 0";

}

}

TBitField::TBitField(const TBitField &bf) // конструктор копирования

{

BitLen = bf.BitLen;

MemLen = bf.MemLen;

if (MemLen) {

pMem = new TELEM[MemLen];

memcpy(pMem, bf.pMem, MemLen \* sizeof(TELEM));

}

else {

pMem = nullptr;

}

}

TBitField::~TBitField()

{

if (MemLen > 0)

delete[] pMem;

}

int TBitField::GetMemIndex(const int n) const noexcept // индекс Мем для бита n

{

return n >> shiftSize;

}

TELEM TBitField::GetMemMask(const int n) const noexcept // битовая маска для бита n

{

return 1 << (n & (bitsInElem - 1));

}

// доступ к битам битового поля

int TBitField::GetLength(void) const // получить длину (к-во битов)

{

return BitLen;

}

void TBitField::SetBit(const int n) // установить бит

{

if (n >= BitLen || n < 0) throw "error: index out of range";

pMem[GetMemIndex(n)] |= GetMemMask(n);

}

void TBitField::ClrBit(const int n) // очистить бит

{

if (n >= BitLen || n < 0) throw "error: index out of range";

pMem[GetMemIndex(n)] &= ~GetMemMask(n);

}

int TBitField::GetBit(const int n) const // получить значение бита

{

if (n >= BitLen || n < 0) throw "error: index out of range";

return ((pMem[GetMemIndex(n)] & GetMemMask(n)) >> (n & (bitsInElem - 1)));

}

// битовые операции

const TBitField& TBitField::operator=(const TBitField &bf) // присваивание

{

if (MemLen != bf.MemLen)

if (MemLen > 0) {

delete[] pMem;

MemLen = bf.MemLen;

pMem = new TELEM[MemLen];

}

BitLen = bf.BitLen;

for (int i = 0; i < MemLen; i++)

pMem[i] = bf.pMem[i];

return (\*this);

}

bool TBitField::operator==(const TBitField &bf) const // сравнение

{

if (BitLen != bf.BitLen) return false;

bool flag = true;

for (int i = 0; i < MemLen; i++)

if (pMem[i] != bf.pMem[i]) {

flag = false;

break;

}

return flag;

}

bool TBitField::operator!=(const TBitField &bf) const // сравнение

{

return !((\*this) == bf);

}

TBitField TBitField::operator|(const TBitField &bf) // операция "или"

{

int len = (BitLen > bf.BitLen) ? BitLen : bf.BitLen;

TBitField res(len);

for (int i = 0; i < BitLen; i++) {

if (GetBit(i)) res.SetBit(i);

}

for (int i = 0; i < bf.BitLen; i++) {

if (bf.GetBit(i)) res.SetBit(i);

}

return res;

}

TBitField TBitField::operator&(const TBitField &bf) // операция "и"

{

int len = (BitLen > bf.BitLen) ? BitLen : bf.BitLen;

int mlen = (BitLen < bf.BitLen) ? BitLen : bf.BitLen;

TBitField res(len);

for (int i = 0; i < BitLen; i++) {

if (GetBit(i) && bf.GetBit(i)) res.SetBit(i);

}

return res;

}

TBitField TBitField::operator~(void) // отрицание

{

TBitField res(BitLen);

for (int i = 0; i < BitLen; i++)

if (!GetBit(i)) res.SetBit(i);

return res;

}

// ввод/вывод

istream& operator>>(istream& in, TBitField& bf) // ввод

{

string ans;

in >> ans;

int blen = bf.BitLen;

int len = (ans.size() < blen) ? ans.size() : blen;

for (int i = 0; i < blen; i++) {

bf.ClrBit(i);

}

for (int i = 0; i < len; i++) {

if (ans[i] == '1') bf.SetBit(i);

}

return in;

}

ostream& operator<<(ostream& out, const TBitField& bf) // вывод

{

int len = bf.BitLen;

for (int i = 0; i < len; i++) {

if (bf.GetBit(i))

out << '1';

else

out << '0';

}

return out;

}

## Приложение Б. Реализация класса TSet

#include "tset.h"

TSet::TSet(int mp) : BitField(mp)

{

if (mp >= 0) {

MaxPower = mp;

}

else {

throw "error: Set size < 0";

}

}

// конструктор копирования

TSet::TSet(const TSet& s) : BitField(s.BitField)

{

MaxPower = s.MaxPower;

}

// конструктор преобразования типа

TSet::TSet(const TBitField& bf) : BitField(bf)

{

MaxPower = bf.GetLength();

}

TSet::operator TBitField()

{

return BitField;

}

// доступ к битам

int TSet::GetMaxPower(void) const noexcept // получить макс. к-во эл-тов

{

return MaxPower;

}

bool TSet::IsMember(const int Elem) const // элемент множества?

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw "error: index out of range";

if (BitField.GetBit(Elem))

return true;

return false;

}

void TSet::InsElem(const int Elem) // включение элемента множества

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw "error: index out of range";

BitField.SetBit(Elem);

}

void TSet::DelElem(const int Elem) // исключение элемента множества

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw "error: index out of range";

BitField.ClrBit(Elem);

}

// теоретико-множественные операции

const TSet& TSet::operator=(const TSet& s) // присваивание

{

MaxPower = s.MaxPower;

BitField = s.BitField;

return \*this;

}

bool TSet::operator==(const TSet& s) const // сравнение

{

if (MaxPower != s.MaxPower) return false;

return (BitField == s.BitField);

}

bool TSet::operator!=(const TSet& s) const // сравнение

{

return !(\*this == s);

}

TSet TSet::operator+(const TSet& s) // объединение

{

int len = (MaxPower > s.MaxPower) ? MaxPower : s.MaxPower;

TSet res(len);

res.BitField = BitField | s.BitField;

return res;

}

TSet TSet::operator+(const int Elem) // объединение с элементом

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw "error: index out of range";

TSet res(\*this);

res.InsElem(Elem);

return res;

}

TSet TSet::operator-(const int Elem) // разность с элементом

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw "error: index out of range";

TSet res(\*this);

res.DelElem(Elem);

return res;

}

TSet TSet::operator\*(const TSet& s) // пересечение

{

int len = (MaxPower > s.MaxPower) ? MaxPower : s.MaxPower;

TSet res(len);

res.BitField = BitField & s.BitField;

return res;

}

TSet TSet::operator~(void) // дополнение

{

TSet res(MaxPower);

res.BitField = ~BitField;

return res;

}

// перегрузка ввода/вывода

istream& operator>>(istream& in, TSet& s) // ввод

{

in >> s.BitField;

return in;

}

ostream& operator<<(ostream& out, const TSet& s) // вывод

{

out << s.BitField;

return out;

}