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

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Чижов М.А./

Подпись

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

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

Подпись

Нижний Новгород  
2023

**Содержание**

[Введение 3](#__RefHeading___1)

[1 Постановка задачи 4](#__RefHeading___2)

[2 Руководство пользователя 5](#__RefHeading___3)

[2.1 Приложение для демонстрации работы битовых полей 5](#__RefHeading___4)

[2.2 Приложение для демонстрации работы множеств 6](#__RefHeading___5)

[2.3 «Решето Эратосфено» 6](#__RefHeading___6)

[3 Руководство программиста 7](#__RefHeading___7)

[3.1 Описание алгоритмов 7](#__RefHeading___8)

[3.1.1 Битовые поля 7](#__RefHeading___9)

[3.1.2 Множества 7](#__RefHeading___10)

[3.1.3 «Решето Эратосфена» 7](#__RefHeading___11)

[3.2 Описание программной реализации 8](#__RefHeading___12)

[3.2.1 Описание класса TBitField 8](#__RefHeading___13)

[3.2.2 Описание класса TSet 12](#__RefHeading___14)

[Заключение 16](#__RefHeading___15)

[Литература 17](#__RefHeading___16)

[Приложения 18](#__RefHeading___17)

[Приложение А. Реализация класса TBitField 18](#__RefHeading___18)

[Приложение Б. Реализация класса TSet 21](#__RefHeading___19)

# Введение

Битовые поля – это удобный и эффективный способ работы с битами в программировании. Они позволяют компактно хранить множество флагов или опции в одной переменной, что повышает производительность и экономит память.

Термин "битовые поля" относится к технике использования битов в переменных для хранения и управления набором флагов или опций. Обычно каждый флаг или опция представляются отдельным битом в переменной, чтобы обозначить, включено значение или нет.

Использование битовых полей позволяет сократить использование памяти, особенно если нам необходимо хранить большое количество опций или флагов. Например, если мы используем отдельную переменную типа `bool` для каждой опции, то каждая переменная будет занимать 1 байт (или 8 бит), в то время как битовые поля позволяют нам хранить все эти опции в одной переменной, занимающей всего 1 байт (или 8 бит).

Битовые поля также активно применяются в алгоритмах сжатия данных, где они позволяют эффективно хранить большие объемы информации в компактной форме. Например, при работе с изображениями или звуком, где каждый пиксель или сэмпл может быть представлен как набор битовых флагов.

Одной из областей применения битовых полей является работа с битовыми операциями. Битовые операции позволяют выполнять различные операции над битами в битовом поле, такие как логическое И, ИЛИ, отрицание и др. Это может быть полезно при работе с множествами, фильтрации данных или выполнении различных булевых операций.

Наконец, битовые поля находят свое применение в работе с железом, таким как микроконтроллеры или драйвера устройств. Коммуникация с железом обычно требует точного контроля над битами данных, и использование битовых полей позволяет легко манипулировать отдельными битами и управлять железными устройствами.

# Постановка задачи

Цель – реализовать структуру хранения битового поля и множества

Задачи:

1. Реализовать классы для работы с множествами и битовыми полями.
2. Написать следующие операции для работы с битовыми полями: установить бит в 1, установить бит в 0, получить значение бита, сравнить два битовых поля, сложить и инвертировать, вывести битовое поле требуемого формата и ввести битовое поле.
3. Добавить вспомогательные операции получения бита, маски, бита, длины битового поля.
4. Написать следующие операции для работы с множествами: вставка

элемента, удаление, проверка наличия, сравнение множеств, объединение

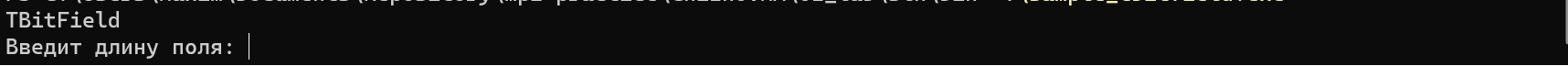
множеств, объединение множества с элементом, пересечение, разность, копирование, вычисление мощности множества, вывод элементов множества требуемого формата и ввод.

1. Добавить вспомогательные операции для получения мощности множества.

# Руководство пользователя

## Приложение для демонстрации работы битовых полей

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



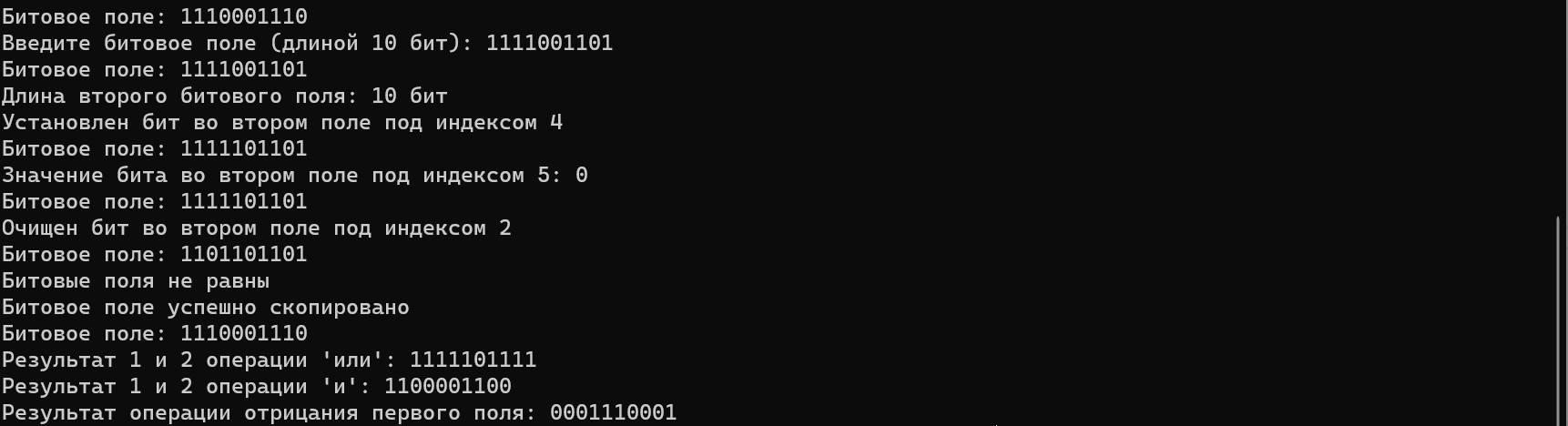
1. Основное окно программы
2. Введите целое число для длины. В результате появится окно, показанное ниже (рис. 2)



1. Ввод длины
2. Введите битовое поле, указанной выше длины (рис. 3).



1. Ввод битового поля
2. Введите второе битовое поле. В результате появится окно с выполненными операциями над полями (рис. 4).



1. Результат операций

## Приложение для демонстрации работы множеств

1. Запустите приложение с названием sample\_tset.exe. В результате появится окно, показанное ниже (рис. 5). В данном приложении создаются два множества: {2,5,6,8} и {1,3,8,9}, и проделываются над ними операции: объединение, пресечение, дополнение, сравнения на равенство, присваивание, добавление и удаление элемента из множества.



1. Основное окно программы

## «Решето Эратосфено»

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



1. Основное окно программы
2. Введите число, до которого вы хотите найти все простые числа. В результате появится окно, показанное ниже(рис. 7).



1. Вывод простых чисел

# Руководство программиста

## Описание алгоритмов

### Битовые поля

Битовые поля представляют из себя характеристические массивы,где индексы каждого элемента – это элементы множества. Каждое битовое поле задаётся длиной(унивёрс битов),количеством единиц памяти(кол-во характеристических массивов) и памятью для их хранения. Элемент битового поля может находиться в двух состояниях: 1 и 0. 1- элемент содержится в множестве,а 0 – элемент не содержится в множестве. Данный алгоритм позволяет реализовать интерфейс для работы с множествами.

### Множества

Множество - это класс TSet, который реализован на основе класса TBitField. Класс TSet используется для создания множеств и выполнения теоретико-множественных операций с помощью класса TBitField. Максимальная мощность множества определяется длиной битового поля.

### «Решето Эратосфена»

Решето Эратосфена — алгоритм нахождения всех простых чисел до некоторого целого числа n, который приписывают древнегреческому математику Эратосфену Киренскому. Как и во многих случаях, здесь название алгоритма говорит о принципе его работы, то есть решето подразумевает фильтрацию, в данном случае фильтрацию всех чисел за исключением простых. По мере прохождения списка нужные числа остаются, а ненужные (они называются составными) исключаются.

Для нахождения всех простых чисел не больше заданного числа n, следуя методу Эратосфена, нужно выполнить следующие шаги:

1. Выписать подряд все целые числа от двух до n (2, 3, 4, …, n).
2. Пусть переменная p изначально равна двум — первому простому числу.
3. Зачеркнуть в списке числа от 2p до n, считая шагами по p (это будут числа, кратные p: 2p, 3p, 4p, …).
4. Найти первое не зачёркнутое число в списке, большее чем p, и присвоить значению переменной p это число.
5. Повторять шаги 3 и 4, пока возможно.

Теперь все не зачёркнутые числа в списке — это все простые числа от 2 до n.

## Описание программной реализации

### Описание класса TBitField

class TBitField

{

private:

int BitLen;

TELEM \*pMem;

int MemLen;

// методы реализации

int GetMemIndex(const int n) const;

TELEM GetMemMask (const int n) const;

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

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

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

TBitField& operator=(const TBitField &bf);

TBitField operator|(const TBitField &bf);

TBitField operator&(const TBitField &bf);

TBitField operator~(void);

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

friend ostream &operator<<(ostream &ostr, 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.

Методы:

int GetMemIndex(const int n) const;

Назначение: получение индекса элемента в памяти.

Входные параметры: n – номер бита.

Выходные параметры: номер элемента в памяти.

TELEM GetMemMask (const int n) const;

Назначение: получение битовой маски для бита.

Входные параметры: n – номер бита.

Выходные параметры: битовое поле.

TBitField(int len);

Назначение: создание объекта класса **TBitField**.

Входные параметры: **len** – длина битового поля.

Выходные параметры: битовое поле.

TBitField(const TBitField &bf);

Назначение: копирование битового поля.

Входные параметры: **bf** – ссылка на объект **TBitField**, который нужно скопировать.

Выходные параметры: отсутствуют.

~TBitField();

Назначение: освобождение памяти из под битового поля.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: отсутствуют.

int GetLength(void) const;

Назначение: получение длины битового поля.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: длина битового поля.

void SetBit(const int n);

Назначение: установление бита в значение '1'.

Входные параметры: **n** – номер бита.

Выходные параметры: отсутствуют.

void ClrBit(const int n);

Назначение: установление бита в значение '0'.

Входные параметры: **n** – номер бита.

Выходные параметры: отсутствуют.

int GetBit(const int n) const;

Назначение: получение значения бита.

Входные параметры: **n** – номер бита.

Выходные параметры: значение бита.

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

Назначение: проверяет, равны ли два объекта **TBitField**.

Входные параметры: **bf** – ссылка на объект **TBitField**, с которым нужно сравнить.

Выходные параметры: 1 – равны, 0 – не равны.

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

Назначение: проверяет, не равны ли два объекта **TBitField**.

Входные параметры: **bf** – ссылка на объект **TBitField**, с которым нужно сравнить.

Выходные параметры: 0 – равны, 1 – не равны.

TBitField& operator=(const TBitField &bf);

Назначение: присваивание битового поля.

Входные параметры: **bf** – ссылка на объект **TBitField**, который нужно присвоить.

Выходные параметры: ссылка на текущий объект класса **TBitField**.

TBitField operator|(const TBitField &bf);

Назначение: выполнение операции "или" для двух битовых полей.

Входные параметры: **bf**– ссылка на объект **TBitField**.

Выходные параметры: новый объект класса **TBitField**.

TBitField operator&(const TBitField &bf);

Назначение: выполнение операции "и" для двух битовых полей.

Входные параметры: **bf** – ссылка на объект **TBitField**.

Выходные параметры: новый объект класса **TBitField**.

TBitField operator~(void);

Назначение: выполнение операции "отрицание" для битового поля.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: новый объект класса **TBitField**.

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

Назначение: оператор ввода для класса **TBitField**.

Входные параметры:

**istr** – ссылка на объект типа **istream**, который представляет входной поток.

**bf** – ссылка на объект типа **TBitField**, в который будут считываться значения.

Выходные параметры: ссылка на объект типа **istream**.

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

Назначение: оператор вывода для класса **TBitField**.

Входные параметры:

**ostr** – ссылка на объект типа ostream, который представляет выходной поток.

**bf** – ссылка на объект типа **TBitField,** который будет выводиться.

Выходные параметры: ссылка на объект типа **ostream**.

### 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;

void InsElem(const int Elem);

void DelElem(const int Elem);

int IsMember(const int Elem) const;

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

int operator!= (const TSet &s) 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 &istr, TSet &bf);

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

};

Назначение: представление множества

Поля:

**MaxPower** – максимальная мощность множества.

**BitField** - битовое поле для хранения характеристического вектора

Методы:

TSet(int mp);

Назначение: создает объект **TSet** с заданной максимальной мощностью.

Входные параметры:  **mp** - максимальная мощность множества.

Выходные параметры: созданный объект **TSet.**

TSet(const TSet &s);

Назначение: создает копию объекта **TSet**.

Входные параметры: **s** - объект **TSet**, который нужно скопировать.

Выходные параметры: отсутствуют.

TSet(const TBitField &bf);

Назначение: создает объект **TSet** на основе заданного битового поля.

Входные параметры: **bf** – ссылка на объект **TBitField**.

Выходные параметры: созданный объект **TSet** с характеристическим вектором, соответствующим битовому полю **bf**.

operator TBitField();

Назначение: преобразует объект **TSet** в битовое поле.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: битовое поле, соответствующее характеристическому вектору множества.

int GetMaxPower(void) const;

Назначение: возвращает максимальную мощность множества.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: максимальная мощность множества.

void InsElem(const int Elem);

Назначение: включает элемент в множество.

Входные параметры: **Elem** - элемент, который нужно включить в множество.

Выходные параметры: отсутствуют.

void DelElem(const int Elem);

Назначение: удаляет элемент из множества.

Входные параметры: **Elem** - элемент, который нужно удалить из множества.

Выходные параметры: отсутствуют.

int IsMember(const int Elem) const;

Назначение: проверяет наличие элемента в множестве.

Входные параметры: **Elem** - элемент, который нужно проверить на принадлежность множеству.

Выходные параметры: 1, если элемент принадлежит множеству, иначе 0.

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

Назначение: проверяет, равны ли два объекта **TSet**.

Входные параметры: **s** – ссылка на объект **TSet**.

Выходные параметры: 1 – равны, 0 – не равны.

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

Назначение: проверяет, не равны ли два объекта **TSet**.

Входные параметры: **s** – ссылка на объект **TSet**.

Выходные параметры: 0 – равны, 1 – не равны.

TSet& operator=(const TSet &s);

Назначение: присваивание множества.

Входные параметры: **s** – ссылка на объект **TSet**.

Выходные параметры: ссылка на текущий объект класса **TSet**.

TSet operator+ (const int Elem);

Назначение: возвращает объединение множества с заданным элементом.

Входные параметры: **Elem** - элемент, который нужно добавить в множество.

Выходные параметры: новый объект **TSet**, являющийся объединением исходного множества с элементом **Elem**.

TSet operator- (const int Elem);

Назначение: возвращает разность множества с заданным элементом.

Входные параметры: **Elem** - элемент, который нужно удалить из множество.

Выходные параметры: новый объект **TSet**, являющийся разностью исходного множества с элементом **Elem**.

TSet operator+ (const TSet &s);

Назначение: выполнение операции "или" для двух множеств.

Входные параметры: **s** – ссылка на объект **TSet**.

Выходные параметры: новый объект класса **TSet**.

TSet operator\* (const TSet &s);

Назначение: выполнение операции "и" для двух множеств.

Входные параметры: **s** – ссылка на объект **TSet**.

Выходные параметры: новый объект класса **TSet**.

TSet operator~ (void);

Назначение: выполнение операции "отрицание" для множества.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: новый объект класса **TSet**.

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

Назначение: оператор ввода для класса **TSet**.

Входные параметры:

**istr** – ссылка на объект типа istream, который представляет входной поток.

**s**– ссылка на объект типа **TSet**, в который будут считываться значения.

Выходные параметры: ссылка на объект типа **istream**.

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

Назначение: оператор вывода для класса **TSet**.

Входные параметры:

**ostr** – ссылка на объект типа ostream, который представляет выходной поток.

**s** – ссылка на объект типа **TSet**, который будет выводиться.

Выходные параметры: ссылка на объект типа **ostream**.

# Заключение

В результате разработки классов TSet и TBitField была создана структура данных, позволяющая эффективно работать с множествами и битовыми полями.

Класс TSet предоставляет возможность работать с множествами, заданными максимальной мощностью и характеристическим вектором в виде битового поля. В рамках этого класса были реализованы операции, такие как добавление элемента в множество, удаление элемента из множества, проверка наличия элемента в множестве, сравнение множеств, присваивание множеств, объединение множеств, разность множеств, пересечение множеств и операция дополнения множества. Класс TSet также предоставляет методы для получения максимальной мощности множества и преобразование типа к битовому полю.

Класс TBitField служит для работы с битовыми полями и предоставляет методы для доступа, установки и очистки битов, а также операции сравнения, присваивания, логического "или", логического "и" и операцию отрицания. Класс TBitField также имеет методы для получения длины битового поля и индексации элементов в массиве памяти.

В целом, создание и реализация этих классов позволяет эффективно работать с множествами и битовыми полями, выполнять различные операции с ними и получать нужные результаты.

# Литература

1. <https://qaa-engineer.ru/bitovye-polya>.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Решето\_Эратосфена

# Приложения

## Приложение А. Реализация класса TBitField

TBitField::TBitField(int len)

{

if (len > 0)

{

BitLen = len;

MemLen = (len + sizeof(TELEM) \* 8 - 1) / (sizeof(TELEM) \* 8);

pMem = new TELEM[MemLen];

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

pMem[i] = 0;

}

else if (len == 0)

{

BitLen = 0;

MemLen = 0;

pMem = nullptr;

}

else

throw "Size error";

}

TBitField::TBitField(const TBitField &bf)

{

BitLen = bf.BitLen;

MemLen = bf.MemLen;

if (MemLen)

{

pMem = new TELEM[MemLen];

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

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

}

else

pMem = nullptr;

}

TBitField::~TBitField()

{

if (MemLen > 0)

delete[] pMem;

}

int TBitField::GetMemIndex(const int n) const

{

return n / (sizeof(TELEM) \* 8);}

TELEM TBitField::GetMemMask(const int n) const

{

return 1 << (n % (sizeof(TELEM) \* 8));

}

// доступ к битам битового поля

int TBitField::GetLength(void) const

{

return BitLen;

}

void TBitField::SetBit(const int n)

{

if (n >= 0 && n < BitLen)

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

else

throw "Error";

}

void TBitField::ClrBit(const int n)

{

if (n >= 0 && n < BitLen)

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

else

throw "Error";

}

int TBitField::GetBit(const int n) const

{

if (n >= 0 && n < BitLen)

return (pMem[GetMemIndex(n)] & GetMemMask(n)) != 0;

else

throw "Error";

}

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

{

if (this != &bf)

{

if (MemLen != bf.MemLen)

{

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;

}

int TBitField::operator==(const TBitField &bf) const

{

if (BitLen != bf.BitLen)

return 0;

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

{

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

return 0;

}

return 1;

}

int TBitField::operator!=(const TBitField &bf) const

{

return !(\*this == bf);

}

TBitField TBitField::operator|(const TBitField &bf)

{

int len = BitLen;

if (bf.BitLen > len)

len = bf.BitLen;

TBitField result(len);

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

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

return result;

}

TBitField TBitField::operator&(const TBitField &bf)

{

int len = BitLen;

if (bf.BitLen > len)

len = bf.BitLen;

TBitField result(len);

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

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

return result;

}

TBitField TBitField::operator~(void) /

{

TBitField result(BitLen);

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

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

return result;

}

// ввод/вывод

istream &operator>>(istream &istr, TBitField &bf)

{

string str;

istr >> str;

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

{

int bit = str[i] - '0';

if (bit)

bf.SetBit(i);

else

bf.ClrBit(i);

}

return istr;

}

ostream &operator<<(ostream &ostr, const TBitField &bf)

{

//for (int i = bf.BitLen - 1; i >= 0; i--)

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

ostr << bf.GetBit(i);

return ostr;

}

## Приложение Б. Реализация класса TSet

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

{

if (mp >= 0)

MaxPower = mp;

else

throw "Size error";

}

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

{

MaxPower = s.MaxPower;

}

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

{

MaxPower = bf.GetLength();

}

TSet::operator TBitField()

{

return BitField;

}

int TSet::GetMaxPower(void) const

{

return MaxPower;

}

int TSet::IsMember(const int Elem) const

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0)

throw "Error";

return BitField.GetBit(Elem);

}

void TSet::InsElem(const int Elem)

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0)

throw "Error";

return BitField.SetBit(Elem);

}

void TSet::DelElem(const int Elem)

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0)

throw "Error";

return BitField.ClrBit(Elem);

}

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

{

if (this != &s)

{

MaxPower = s.MaxPower;

BitField = s.BitField;

}

return \*this;

}

int TSet::operator==(const TSet &s) const

{

return BitField == s.BitField;;

}

int TSet::operator!=(const TSet &s) const

{

return BitField != s.BitField;

}

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

{

size\_t newMaxPower;

if (MaxPower > s.MaxPower)

newMaxPower = MaxPower;

else

newMaxPower = s.MaxPower;

TSet result(newMaxPower);

result.BitField = BitField | s.BitField;

return result;

}

TSet TSet::operator+(const int Elem)

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0)

throw "Error";

TSet temp(\*this);

temp.BitField.SetBit(Elem);

return temp;

}

TSet TSet::operator-(const int Elem)

{

if (Elem >= MaxPower || Elem < 0)

throw "Error";

TSet tmp(\*this);

tmp.BitField.ClrBit(Elem);

return tmp;

}

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

{

size\_t newMaxPower;

if (MaxPower > s.MaxPower)

newMaxPower = MaxPower;

else

newMaxPower = s.MaxPower;

TSet result(newMaxPower);

result.BitField = BitField & s.BitField;

return result;

}

TSet TSet::operator~(void)

{

TSet result(MaxPower);

result.BitField = ~BitField;

return result;

}

istream& operator>>(istream& istr, TSet& s)

{

istr >> s.BitField;

return istr;

}

ostream& operator<<(ostream &ostr, const TSet &s)

{

ostr << s.BitField;

return ostr;

}