

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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 группы 3822Б1ФИ1
_____/ Петров Н.Д. /
Подпись

Проверил: к.т.н., доцент каф. ВВиСП
_____/ Кустикова В.Д. /
Подпись

Нижний Новгород
2023

Введение

Создание классов TBitField и TSet является важным шагом для обеспечения удобства и эффективности работы с битовыми данными и множествами в различных приложениях. Эти классы позволяют улучшить производительность, оптимизировать использование памяти и решать широкий спектр задач, связанных с битовой информацией.

Актуальность: Битовые поля и множества на их основе имеют высокую актуальность в современной информатике. Они используются для оптимизации памяти, ускорения выполнения различных операций, обработки данных и т.д.

Значимость создания классов TBitField и TSet заключается в том, что они предоставляют удобный и эффективный способ работы с битовыми данными и множествами.

Применимость классов TBitField и TSet охватывает множество областей:

1. **Вычислительная техника:** Битовые поля используются для оптимизации работы с битами в байтах и словах памяти.
2. **Теория множеств:** Класс TSet позволяет представлять и выполнять операции с множествами на основе битовых полей.
3. **Криптография:** Битовые поля часто используются для реализации различных криптографических алгоритмов.
4. **Оптимизация алгоритмов:** Битовые поля могут быть использованы для оптимизации хранения и выполнения операций над битовой информацией в различных алгоритмах и структурах данных.

1 Постановка задачи

Цель – реализация классов TBitField и TSet, предназначенных для работы с битовыми полями и множествами на их основе.

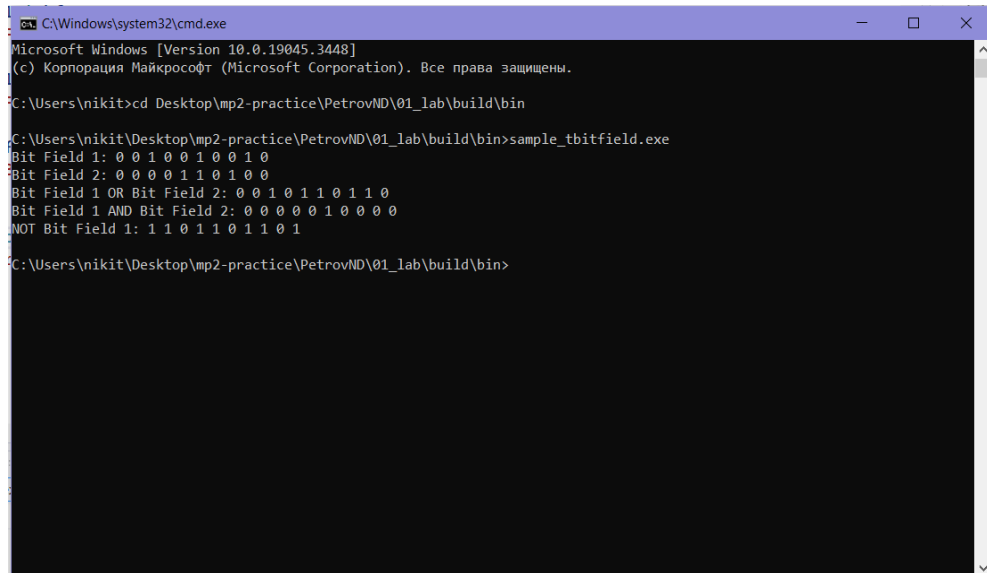
Задачи:

1. Исследовать тематическую литературу.
2. Реализовать класс TBitField.
3. Реализовать класс TSet
4. Провести тестирование разработанных классов для проверки их корректной работы

2 Руководство пользователя

2.1 Приложение для демонстрации работы битовых полей

1. Запустить sample_tbitfield.exe. В результате появится следующее окно:



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.3448]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\nikit>cd Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin

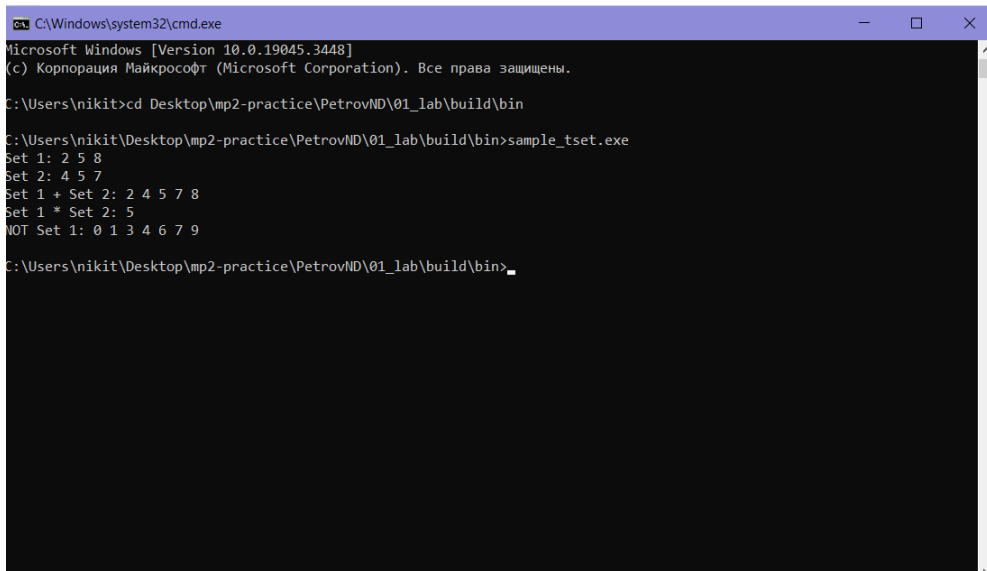
C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>sample_tbitfield.exe
Bit Field 1: 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0
Bit Field 2: 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0
Bit Field 1 OR Bit Field 2: 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0
Bit Field 1 AND Bit Field 2: 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
NOT Bit Field 1: 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1

C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>
```

Рис. 1. Основное окно приложения sample_tbitfield

2.2 Приложение для демонстрации работы множеств

1. Запустить sample_tset.exe. В результате появится следующее окно:



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.3448]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\nikit>cd Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin

C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>sample_tset.exe
Set 1: 2 5 8
Set 2: 4 5 7
Set 1 + Set 2: 2 4 5 7 8
Set 1 * Set 2: 5
NOT Set 1: 0 1 3 4 6 7 9

C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>
```

Рис. 2. Основное окно приложения sample_tset

2.3 Приложение «решето Эратосфена»

1. Запустить sample_prime_numbers.exe. В результате появится следующее окно:

```
C:\Windows\system32\cmd.exe - sample_prime_numbers.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.3448]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\nikit>cd Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin

C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>sample_prime_numbers.exe
Тестирование программы поддержки битового поля
Решето Эратосфена
Введите верхнюю границу целых значений -
```

Рис. 3. Основное окно приложения sample_prime_numbers

2. Введите верхнюю границу целых значений:

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.3448]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\nikit>cd Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin

C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>sample_prime_numbers.exe
Тестирование программы поддержки битового поля
Решето Эратосфена
Введите верхнюю границу целых значений - 15

Печать множества некратных чисел
0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0

Печать простых чисел
2 3 5 7 11 13
В первых 15 числах 6 простых

C:\Users\nikit\Desktop\mp2-practice\PetrovND\01_lab\build\bin>
```

Рис. 4. Основное окно приложения sample_prime_numbers

3 Руководство программиста

3.1 Используемые алгоритмы

3.1.1 Битовые поля

Определение и хранение: Битовое поле представляет собой структуру данных, в которой каждый бит имеет значение либо 0 (сброшен), либо 1 (установлен). Эти биты хранятся в массиве (или нескольких массивах), где каждый элемент массива называется "словом" и содержит несколько битов. Слова используются для экономии памяти.

Операции над битовыми полями:

1. Установка бита: Путем изменения соответствующего бита на 1.
2. Сброс бита: Путем изменения соответствующего бита на 0.
3. Получение значения бита: Чтение значения бита без его изменения.
4. Операции ИЛИ, И и отрицания: Позволяют объединять, пересекать и инвертировать битовые поля.
5. Сравнение битовых полей: Определение равенства и неравенства двух битовых полей.

3.1.2 Множества

Определение и хранение: Множество - это абстрактная структура данных, представляющая набор уникальных элементов. Множества на основе битовых полей используют битовые поля для хранения информации о наличии или отсутствии элементов в множестве. Каждый элемент в множестве представлен соответствующим битом.

Операции над множествами на основе битовых полей:

1. Вставка элемента: Устанавливание соответствующего бита для элемента.
2. Удаление элемента: Сброс соответствующего бита для элемента.
3. Проверка наличия элемента: Проверка значения соответствующего бита.
4. Операции множественного объединения, пересечения и дополнения.

3.1.3 Алгоритм «решето Эратосфена»

Алгоритм решето Эратосфена — это алгоритм нахождения всех простых чисел до некоторого целого числа N.

Он заключается в фильтрации чисел, в результате которой нужные числа (простые) остаются, а ненужные (составные) исключаются.

1. Для нахождения всех простых чисел до заданного числа N нужно выполнить следующие шаги:

2. Заполнить массив из N элементов целыми числами подряд от 2 до N.
3. Присвоить переменной p значение 2 (первого простого числа).
4. Удалить из массива числа от p до N с шагом p (это будут числа кратные p: p, p+p, p+2p и т. д.).
5. Найти первое не удаленное число в массиве, большее p, и присвоить значению переменной p это число.
6. Повторять два предыдущих шага пока это возможно.
7. Все оставшиеся в массиве числа являются простыми числами от 2 до N

3.2 Описание классов

3.2.1 Класс TbitField

Объявление класса:

```
class TBitField
{
private:
    int BitLen;
    TELEM *pMem;
    int MemLen;

    int GetMemIndex(const int n) const;
    TELEM GetMemMask (const int n) const;
public:
    TBitField(int len);
    TBitField(const TBitField &bf);
    ~TBitField();

    int GetLength(void) const;
    void SetBit(const int n);
    void ClrBit(const int n);
    int GetBit(const int n) const;

    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);
};
```

Поля:

BitLen – член класса, который хранит длину битового поля, то есть максимальное количество битов, которые могут быть представлены в данном объекте.

pMem – указатель на массив, который используется для фактического хранения битовых данных. Каждый элемент массива pMem содержит набор битов.

MemLen – количество элементов массива pMem, необходимых для хранения битовых данных.

Методы:

```
int GetMemIndex(const int n) const;
```

Назначение: Метод используется для получения индекса элемента, в котором хранится бит с указанным номером.

Входные данные: n - номер бита, для которого нужно найти индекс элемента.

Выходные данные: Индекс элемента массива pMem, в котором хранится бит с номером n. Этот индекс будет использоваться для доступа к соответствующему элементу памяти, где хранятся биты.

```
TELEM GetMemMask(const int n) const;
```

Назначение: Метод используется для получения битовой маски, которая соответствует биту с указанным номером.

Входные данные: n - номер бита, для которого нужно получить битовую маску.

Выходные данные: Битовая маска, в которой только один бит установлен в позиции, соответствующей номеру n. Остальные биты маски равны 0.

```
int GetLength(void) const;
```

Назначение: Метод используется для получения длины битового поля.

Выходные данные: Длина битового поля, то есть количество битов, которое может храниться в объекте TBitField.

```
void SetBit(const int n);
```

Назначение: Метод используется для установки бита с указанным номером.

Входные данные: n - номер бита, который нужно установить (установить в 1).

```
void ClrBit(const int n);
```

Назначение: Метод используется для очистки бита с указанным номером (установка в 0).

Входные данные: n - номер бита, который нужно очистить.

```
int GetBit(const int n) const;
```

Назначение: Метод используется для получения значения бита с указанным номером.

Входные данные: n - номер бита, для которого нужно получить значение (0 или 1).

Выходные данные: Значение бита с номером n.

3.2.2 Класс TSet

Объявление класса:

```
class TSet
{
private:
    int MaxPower;
    TBitField BitField;
public:
    TSet(int mp);
    TSet(const TSet &s);
```



```

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

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);
};

```

Поля:

MaxPower – хранит максимальную мощность множества (максимальное количество элементов в множестве).

BitField – представляет собой битовое поле, где каждый бит соответствует элементу множества. Размер битового поля равен MaxPower.

Методы:

```
int GetMaxPower() const;
```

Назначение: получение максимальной мощности множества, то есть максимального номера элемента, который может быть включен в множество.

Входные данные: отсутствуют.

Выходные данные: максимальная мощность множества.

```
void InsElem(const int Elem);
```

Назначение: включение элемента в множество.

Входные данные: Elem – номер элемента, который нужно включить в множество.

Выходные данные: отсутствуют.

```
void DelElem(const int Elem);
```

Назначение: удаление элемента из множества.

Входные данные: Elem – номер элемента, который нужно удалить из множества.

Выходные данные: отсутствуют.

```
int IsMember(const int Elem) const;
```

Назначение: проверка наличия элемента в множестве.

Входные данные: Elem – номер элемента, который нужно проверить.

Выходные данные: 1, если элемент присутствует в множестве, и 0 в противном случае.

Заключение

В результате проделанной работы были созданы два класса, **TBitField** и **TSet**, предоставляющие возможность работать с битовыми полями и множествами. Эти классы могут быть использованы в различных задачах, требующих манипуляции битами и множествами элементов. Весь функционал классов был реализован и протестирован, что позволяет уверенно использовать их в практических задачах.

Литературы

1. Metanit [[С | Битовые поля \(metanit.com\)](https://metanit.com)].
2. MicrosoftLearn [[Битовые поля в C++ | Microsoft Learn](https://docs.microsoft.com/ru-ru/cpp/basics/bit/bit-fields)].
3. Habr [[Расставим точки над структурами C/C++ / Хабр \(habr.com\)](https://habr.com/ru/post/144444/)].

Приложения

Приложение А. Реализация класса TBitField

```
TBitField::TBitField(int len) {
    if (len < 0) {
        throw std::invalid_argument("Length cannot be negative");
    }
    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;
    }
}

TBitField::TBitField(const TBitField& bf) {
    BitLen = bf.BitLen;
    MemLen = bf.MemLen;
    pMem = new TELEM[MemLen];
    for (int i = 0; i < MemLen; i++) {
        pMem[i] = bf.pMem[i];
    }
}

TBitField::~TBitField() {
    delete[] pMem;
}

int TBitField::GetMemIndex(const int n) const {
    if (n < 0 || n >= BitLen) {
        throw std::out_of_range("Bit index is out of range");
    }
    return n / (sizeof(TELEM) * 8);
}

TELEM TBitField::GetMemMask(const int n) const {
    if (n < 0 || n >= BitLen) {
        throw std::out_of_range("Bit index is out of range");
    }
    int bitIndex = n % (sizeof(TELEM) * 8);
    TELEM mask = 1;
    mask <<= bitIndex;
    return mask;
}

int TBitField::GetLength(void) const {
    return BitLen;
}

void TBitField::SetBit(const int n) {
    if (n < 0 || n >= BitLen) {
        throw std::out_of_range("Bit index is out of range");
    }
    int index = GetMemIndex(n);
    TELEM mask = GetMemMask(n);
    pMem[index] |= mask;
}

void TBitField::ClrBit(const int n) {
    if (n < 0 || n >= BitLen) {
        throw std::out_of_range("Bit index is out of range");
    }
    int index = GetMemIndex(n);
    TELEM mask = GetMemMask(n);
    pMem[index] &= ~mask;
}
```

```

int TBitField::GetBit(const int n) const {
    if (n < 0 || n >= BitLen) {
        throw std::out_of_range("Bit index is out of range");
    }
    int index = GetMemIndex(n);
    TELEM mask = GetMemMask(n);
    return (pMem[index] & mask) ? 1 : 0;
}

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) {
    if (this == &bf) {
        return *this;
    }
    if (BitLen != bf.BitLen) {
        delete[] pMem;
        BitLen = bf.BitLen;
        MemLen = bf.MemLen;
        pMem = new TELEM[MemLen];
    }
    for (int i = 0; i < MemLen; i++) {
        pMem[i] = bf.pMem[i];
    }
    return *this;
}

TBitField TBitField::operator|(const TBitField& bf) {
    int len = (BitLen > bf.BitLen) ? BitLen : 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 > bf.BitLen) ? BitLen : 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;
}

istream& operator>>(istream& istr, TBitField& bf) {
    int inputBit;

```

```

    for (int i = 0; i < bf.BitLen; i++) {
        istr >> inputBit;
        if (inputBit == 0) {
            bf.ClrBit(i);
        }
        else if (inputBit == 1) {
            bf.SetBit(i);
        }
        else {
            throw invalid_argument("Invalid input. Use 0 or 1.");
        }
    }
    return istr;
}

ostream& operator<<(ostream& ostr, const TBitField& bf) {
    for (int i = 0; i < bf.BitLen; i++) {
        ostr << bf.GetBit(i) << " ";
    }
    return ostr;
}

```

Приложение Б. Реализация класса TSet

```

TSet::TSet(int mp) : MaxPower(mp), BitField(mp) { }

TSet::TSet(const TSet& s) : MaxPower(s.MaxPower), BitField(s.BitField) { }

TSet::TSet(const TBitField& bf) : MaxPower(bf.GetLength()), BitField(bf) { }

TSet::operator TBitField() {
    return BitField;
}

int TSet::GetMaxPower(void) const {
    return MaxPower;
}

void TSet::InsElem(const int Elem) {
    if (Elem < 0 || Elem >= MaxPower) {
        throw out_of_range("Element is out of range");
    }
    BitField.SetBit(Elem);
}

void TSet::DelElem(const int Elem) {
    if (Elem < 0 || Elem >= MaxPower) {
        throw std::out_of_range("Element is out of range");
    }
    BitField.ClrBit(Elem);
}

int TSet::IsMember(const int Elem) const {
    if (Elem < 0 || Elem >= MaxPower) {
        throw std::out_of_range("Element is out of range");
    }
    return BitField.GetBit(Elem);
}

int TSet::operator==(const TSet& s) const {
    if (MaxPower != s.MaxPower) {
        return 0;
    }
    return BitField == s.BitField;
}

int TSet::operator!=(const TSet& s) const {
    return !(*this == s);
}

```

```

TSet& TSet::operator=(const TSet& s) {
    if (this == &s) {
        return *this;
    }
    MaxPower = s.MaxPower;
    BitField = s.BitField;
    return *this;
}

TSet TSet::operator+(const int Elem) {
    if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw invalid_argument("Out of range");
    TSet result(*this);
    result.InsElem(Elem);
    return result;
}

TSet TSet::operator-(const int Elem) {
    if (Elem >= MaxPower || Elem < 0) throw invalid_argument("Out of range");
    TSet result(*this);
    result.DelElem(Elem);
    return result;
}

TSet TSet::operator+(const TSet& s) {
    int len = (MaxPower > s.MaxPower) ? MaxPower : s.MaxPower;
    TSet result(len);
    result.BitField = BitField | s.BitField;
    return result;
}

TSet TSet::operator*(const TSet& s) {
    int len = (MaxPower > s.MaxPower) ? MaxPower : s.MaxPower;
    TSet result(len);
    result.BitField = BitField & s.BitField;
    return result;
}

TSet TSet::operator~() {
    TSet result(MaxPower);
    result.BitField = ~BitField;
    return result;
}

istream& operator>>(istream& istr, TSet& ts) {
    int inputElem;
    while (true) {
        istr >> inputElem;
        if (inputElem == -1) { // Завершаем ввод, когда встречается -1
            break;
        }
        if (inputElem >= 0 && inputElem < ts.MaxPower) {
            ts.InsElem(inputElem);
        }
        else {
            cerr << "Invalid input. Element out of range." << endl;
        }
    }
    return istr;
}

ostream& operator<<(ostream& ostr, const TSet& ts) {
    for (int i = 0; i < ts.MaxPower; i++) {
        if (ts.IsMember(i)) {
            ostr << i << " ";
        }
    }
    return ostr;
}

```