

## **Структура языка программирования. Выражения**

### **На прошлых лекциях:**

#### **Структура языка программирования**

- ✓ **алфавит языка:** кодировка символов; символы времени трансляции, символы времени выполнения;
- ✓ **идентификаторы:** правила образования идентификаторов; зарезервированные идентификаторы; литералы; ключевые слова;
- ✓ **фундаментальные (встроенные) типы данных:** предопределенные типы данных, массивы фундаментальных типов;
- ✓ **пользовательские типы данных:** типы, которые может создавать пользователь; создаются на основе фундаментальных типов, описывается их свойства поведение;
- ✓ **преобразование типов:** явное и неявное (автоматическое).
- ✓ **инициализация памяти:** присвоение значения в момент объявления переменной;
- ✓ **константное выражение:** выражение, которое должно быть вычислено на этапе компиляции;
- ✓ **область видимости переменных:** доступность переменных по их идентификатору в разных частях программы; пространства имен;
- ✓ **препроцессор.**

### **План лекции «Структура языка программирования. Выражения»:**

- определение выражения;
- понятие побочного эффекта;
- выражения lvalue и rvalue;
- символ окончания последовательности;
- ассоциативность операторов;
- укороченные вычисления;
- типы выражений;
- примеры.

## 1. Выражения

1) **Выражение** – объединение литералов, имен (переменных, функций и пр.), операторов и специальных символов, служащих для вычисления выражения или **достижения побочных эффектов** (например: при применении в выражении вызовов функций).

- ✓ Выражения состоят из **операндов, знаков операций** и **скобок**.
- ✓ Операнды выражения задают данные для вычислений.
- ✓ Операции задают действия, которые необходимо выполнить.
- ✓ Операнд может быть **выражением, литералом** или **переменной**.
- ✓ Порядок вычисления выражения с операторами одинакового приоритета **не определен**.

- ✓ Если при вычислении выражения значение переменной, входящей в это выражение, изменилось, то говорят, что произошел **побочный эффект**.
- ✓ **Побочный эффект** является изменением состояния среды выполнения.

**Побочный эффект** (side effect) возникает, когда функция или выражение изменяет состояние объекта или вызывает другие функции, которые имеют побочные эффекты.

**Побочные эффекты** могут приводить и к неожиданным результатам, так как C++ не определяет порядок, в котором вычисляются операции с одинаковым приоритетом, порядок вычисления аргументов функции.

**Пример:**

```
int x = 5;
int value = add(x, ++x);
    // при x = 5
    // результат будет 5 + 6 или 6 + 6?
    // Результат зависит от компилятора и порядка, в каком он будет
    // обрабатывать аргументы функции
```

При разборе выражения компилятор распознает лексемы наибольшей длины:

`y = ++x;`     $\rightarrow$     `y = (++x);`

Операнды выражения, имеющие разный тип, приводятся типу с наибольшим диапазоном значений (выполняется неявное преобразование типов).

## 2) *Выражения lvalue:*

**lvalue** (именующее выражение) – это ссылка на значение; могут использоваться в левой и правой части оператора присваивания.

Имя переменной, ссылка на элемент массива по индексу, вызов функции, которая возвращает указатель, всегда связаны с областью памяти, адрес которой известен.

### **lvalue**

- ✓ выражения, непосредственно обозначающие объект;
- ✓ выражения ссылочных типов;
- ✓ результат операции разыменования (\*);
- ✓ результат *префиксных* операций ++, --;
- ✓ имя массива;
- ✓ строковые литералы.

Примеры lvalue:

```
char a [10];
int i = 1;
i      —> lvalue со значением 1
++i    —> lvalue со значением 2
*&i    —> lvalue со значением 2
a[5]   —> lvalue; элемент массива a с индексом 5
a[i]   —> lvalue; элемент массива a с индексом i
```

### 3) Выражения *rvalue*:

**rvalue** (значащее выражение) – может использоваться только в правой части оператора присваивания (не связано с адресом, связано только со значением; это могут быть литералы, вызов функции, которая возвращает значение).

**rvalue:**

- ✓ выражения, обозначающие временные объекты;
- ✓ результат операции взятия адреса (&);
- ✓ результат *постфиксных* операций ++, —;
- ✓ литералы за исключением строковых;
- ✓ константы перечислений.

**Примеры rvalue:**

10	—>	rvalue
i + 1	—>	rvalue
i++	—>	rvalue

**Почему `x++` это rvalue, а `++x` lvalue?**

lvalue/rvalue является свойством выражений.

Выражение `++x` является lvalue, с именем x.

Выражение `x++` rvalue (без имени), поскольку оно дает неименованный результат.

Причина, по которой результат постинкремента является rvalue:

для постфиксного инкремента <i>создается временная копия</i> , которая существует только на время вычисления выражения, и не является полноценным объектом. Обратиться по имени можно только непосредственно к результату постфиксного инкремента.
--

для префиксного инкремента <i>увеличивается значение самого объекта</i> .
---

Регистры  
EAX = 00000001 EBX = 00C74000 ECX = 00000001 EDX = 003F9588 ESI = 003F1055 EDI = 00F3F9F8 EIP = 003F178A ESP

Память 2  
Адрес: 0x00F3F9D8 &pst

Память 1 Регистры  
Rvalue.cpp Rvalue

```

3
4 #include "stdafx.h"
5 #include <iostream>
6
7 int main()
8 {
9
10     int i = 0;
11     int t = 0;
12
13     int psf = i++;
14     int n = ++t;
15
16     system("pause");
17     return 0;
18 }
19
20

```

Дизассемблированный код  
Адрес: main(void)

Параметры просмотра

```

int i = 0;
003F175E mov     dword ptr [i],0
int t = 0;
003F1765 mov     dword ptr [t],0
int psf = i++;
003F176C mov     eax,dword ptr [i]
003F176F mov     dword ptr [psf],eax
003F1772 mov     ecx,dword ptr [i]
003F1775 add     ecx,1
003F1778 mov     dword ptr [i],ecx
int n = ++t;
003F177B mov     eax,dword ptr [t]
003F177E add     eax,1
003F1781 mov     dword ptr [t],eax
003F1784 mov     ecx,dword ptr [t]
003F1787 mov     dword ptr [n],ecx
system("pause");
003F178A mov     esi,esp
003F178C push    offset string "pause" (03F6B30h)
003F1791 call    dword ptr [__imp__system (03FA168h)]
003F1797 add     esp,4
003F179A cmp     esi,esp
003F179C call    __RTC_CheckEsp (03F1127h)
return 0;
003F17A1 xor     eax,eax
}
003F17A3 pop     edi
003F17A4 pop     esi
003F17A5 pop     ebx
003F17A6 add     esp,0F0h

```

Контрольные значения 1

Имя	Значение	Тип
t	1	int
psf	0	int
i	1	int
n	1	int
psf	0	int

Префиксная и постфиксная формы операторов инкрементации и декрементации:

$x = 10; y = ++x;$  // переменной  $y$  будет присвоено значение 11

$x = 10; y = x++;$  // переменная  $y$  будет равна 10

// в обоих случаях переменная  $x$  будет равна 11

Каким будет результат вычисления этого выражения, если  $i=1$ :

$x[i]=i+++1;$

```
char x[] = "Hello World!";
```

```
int i = 1;
```

```
x[i]=i++ + 1;    // x[2]=0x02
```

#### 4) *Символ окончания последовательности:*

Символ окончания последовательности (в языке программирования C++ – это точка с запятой) определяет точку последовательности (sequence point), в которой завершились все вычисления и побочные эффекты.

**Точка последовательности** – момент времени, когда побочные эффекты вычисленных выражений уже случились, а побочные эффекты следующих в последовательности выражений еще не начались.

Точка последовательности в C++ обозначается символом точка с запятой (;).

Выражения с побочными эффектами могут иметь двоякое толкование и в разных реализациях компилятора могут вычисляться по-разному. Профессиональные программисты не применяют такие выражения.

#### Список точек следования в C++:

- ✓ в конце выражения (обычно, она расположена на точке с запятой);
- ✓ после вычисления всех аргументов в вызове функции и до выполнения любых инструкций в ее теле;
- ✓ после копирования возвращаемого значения функции и до выполнения любой инструкции вне функции;
- ✓ после вычисления первого выражения в **a && b**, **a || b**, **a ? b : c** или **a, b**;
- ✓ после инициализации каждого базового класса и члена в списке инициализации конструктора.

### 5) Ассоциативность оператора:

Ассоциативность оператора – это порядок его вычисления (справа налево или слева направо).

Оператор *присваивания* правоассоциативен и вычисляется справа налево:

```
ival = jval = kva1 = lval;
```

*Арифметические* операции левоассоциативны, например:

```
ival + jval + kva1 + lval;
```

## Встроенные операторы C++, приоритет и ассоциативность операторов

### 6) Примеры.

Примеры выражений, которые могут быть по-разному интерпретированы различными компиляторами:

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int i = 0, k = 0, n = 1;

    i = 3, k+=i, n = k+i;

    system("pause");
    return 0;
}
```

i	3
k	3
n	6

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 1, k1 = 0, k2 = 0, k3 = 0;

int f(int x) { i = x+i; return i; };

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    k1 = f(i)+f(i)+f(i);

    system("pause");
    return 0;
}
```

Чему равно значение k1 ??

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 1, k1 = 0, k2 = 0, k3 = 0;

int f(int x) { i = x+i; return i;};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    k1 = f(i)+f(i)+f(i);

    system("pause");
    return 0;
}
```

Debugger output: k1 = 14

```
int i = 1, k1 = 0, k2 = 0, k3 = 0;

int f(int x) { i = x+i; return i;};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    k1 = (i = f(i*2))=(i = f(i*3)) =(i = f(i*4));

    system("pause");
    return 0;
}
```

Ответ:

```
int i = 1, k1 = 0, k2 = 0, k3 = 0;

int f(int x) { i = x+i; return i;};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    k1 = (i = f(i*2))=(i = f(i*3)) =(i = f(i*4));

    system("pause");
    return 0;
}
```

Debugger output: k1 = 60

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 10, k = 10, n = 10;

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = ++i - ++i;
    k = ++k - k--;
    n = ++n - n++;

    system("pause");
    return 0;
}
```



## Ответ

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 10, k = 10, n = 10;

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = ++i - ++i;
    k = ++k - k--;
    n = ++n - n++;

    system("pause");
    return 0;
}
```

i	0
k	-1
n	1

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 3, k = 3, n = 3;
int v[10] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = v[i++];
    k = v[++k];

    system("pause");
    return 0;
}
```

## Ответ

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 3, k = 3, n = 3;
int v[10] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = v[i++];
    k = v[++k];

    system("pause");
    return 0;
}
```

i	4
k	4
n	3

```

#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 3, k = 3;

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = i++ + 1;
    k = k-- - 1;

    system("pause");
    return 0;
}

```

## ОТВЕТ

```

#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 3, k = 3;

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = i++ + 1;
    k = k-- - 1;

    system("pause");
    return 0;
}

```

i	5
k	1

```

#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 3;

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = i+=i++;

    system("pause");
    return 0;
}

```

```

#include "stdafx.h"
#include <iostream>

int i = 3;

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    i = i+=i++;

    system("pause");
    return 0;
}

```

i	7
---	---

### 7) Укороченное вычисление

Укороченное вычисление – вычисление, значение которого может быть вычислено по *части выражения*.

Таблица истинности для логических операторов:

x	y	x && y	x    y	! x
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	1	1	1	0
1	0	0	1	0

```
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

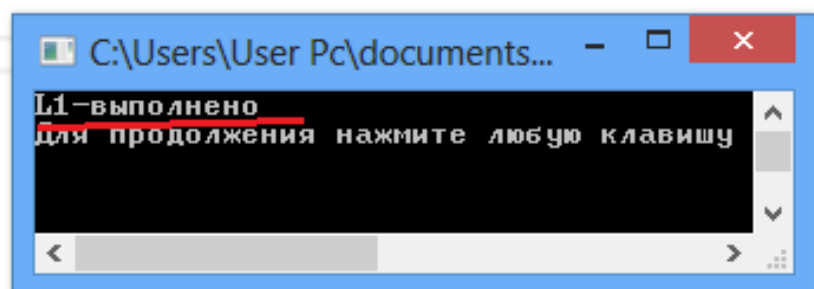
bool L1 ()
{
    std::cout << "L1-выполнено"<<std::endl;
    return true;
};

bool L2 ()
{
    std::cout << "L2-выполнено"<<std::endl;
    return true;
};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    setlocale(LC_ALL, "rus");

    bool b = L1() || L2();

    system("pause");
    return 0;
}
```



```

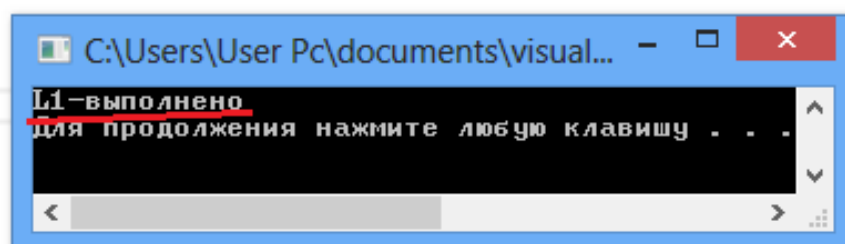
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

bool L1 ()
{
    std::cout << "L1-выполнено"<<std::endl;
    return false;
};
bool L2 ()
{
    std::cout << "L2-выполнено"<<std::endl;
    return true;
};
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    setlocale(LC_ALL, "rus");

    bool b = L1() && L2();

    system("pause");
    return 0;
}

```



```

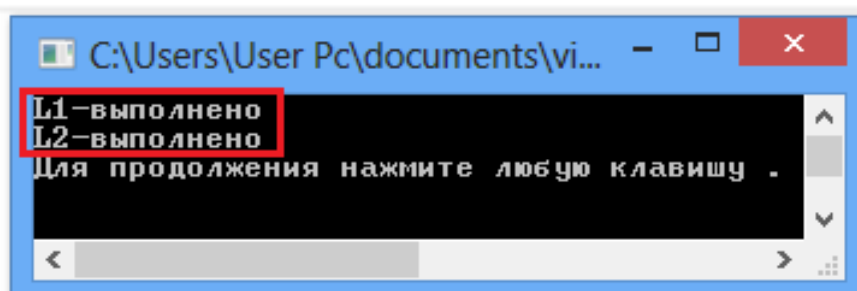
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

bool L1 ()
{
    std::cout << "L1-выполнено"<<std::endl;
    return false;
};
bool L2 ()
{
    std::cout << "L2-выполнено"<<std::endl;
    return true;
};
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    setlocale(LC_ALL, "rus");

    bool b = L1() || L2();

    system("pause");
    return 0;
}

```



## 8) Типы выражений:

Унарные выражения – выражения с одним операндом.

Унарные операторы действуют только на один операнд в выражении, имеют ассоциативность справа налево.

### *Примеры унарных операторов:*

- оператор косвенного обращения (\*)
- оператор взятия адреса (&)
- оператор (+) унарного сложения
- оператор унарного отрицания (-)
- оператор логического отрицания (!)
- оператор дополнения (~)
- оператор префиксного инкремента (++)
- оператор префиксного декремента (--)
- оператор sizeof
- оператор new
- оператор delete

```
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    setlocale(LC_ALL, "rus");

    int x1 = 1, r = 0;
    int *pr;

    r = ++x1;
    r = --x1;
    pr = &r;
    r = *pr;
    r = -x1;
    r = +x1;

    system("pause");
    return 0;
}
```

```
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    setlocale(LC_ALL, "rus");

    int xx[] = {1, 2, 3, 4 };
    int *yy;
    int r, l;

    r = xx[2];
    yy = new int[5];
    l = sizeof(yy);

    system("pause");
    return 0;
}
```

```

#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    short x1 = 1, r;
    float f;
    struct SSS {int k; short n;} s = {1,1};

    SSS* ps = &s;
    r = ~x1;
    f = (float)x1;
    r = s.k;
    r = ps->n;

    system("pause");
    return 0;
}

```

## 9) Бинарные выражения – выражения с двумя операндами.

**Мультипликативные операторы** (ассоциативность слева направо):

умножение (\*), деление (/), остаток (%)

**Аддитивные операторы** (ассоциативность слева направо):

сложение (+), вычитание (-)

**Операторы сдвига**

сдвиг вправо (>>), сдвиг влево (<<)

**Операторы отношения и равенства** (ассоциативность слева направо):

меньше (<), больше (>), меньше или равно (<=),  
больше или равно (>=), равно (==), не равно (!=)

**Побитовые операторы**

**Логические операторы**

логическое и (&&), логическое или (||)

```

#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int n = 24, ir;
    float f1 = 3.222, f2 = 20.1E-5, fr;

    fr = f1/f2;
    fr = f1+f2;
    fr = f1-f2;
    fr = f1*f2;
    ir = n%7;
    ir = n<<8;
    ir = 8>>n;

    system("pause");
    return 0;
}

```

```

#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int n = 24, ir;
    float f1 = 3.222, f2 = 20.1E-5, fr;

    bool b;

    b = f1 < f2;
    b = f1 <= f2;
    b = f1 > f2;
    b = f1 >= f2;
    b = f1 == f2;
    b = f1 != f2;

    system("pause");
    return 0;
}

```

```

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    char c1 = 0x0101, c2 = 0x1010, c3;
    bool b1 = true, b2 = false, b3;

    c3 = c1|c2;
    c3 = c1&c2;
    c3 = c1^c2;
    b3 = b1&b2;
    b3 = b1||b2;

    system("pause");
    return 0;
}

```

## 10) Выражения: присваивание

Присваивание стирает *старое* значение из переменной, затем записывает в нее *новое* значение.

```
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int n1 = 1, n2 = 2, n3 = 3;

    n1 = n2;

    n1 += n2;

    n1 -= n2;

    n1 *= n2;

    n1 /= n2;

    n3 %= n2;

    n1 >>= 3;

    n2 <<= 2;

    n1 &= n2;

    n1 |= n3;

    n2 ^= n1;

    system("pause");
    return 0;
}
```

## 11) Выражения: запятая

Оператор запятая (,) – оператор последовательного вычисления:

x = (y = 3, y = 1); // чему равен x?

```
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int n1 = 1, n2 = 2, n3 = 3, r1, r2;

    r1 = n1+=3, n2 *=3, n3/=2, n1+n2+n3;    // r1 = ?

    r2 = (n1+=3, n2 *=3, n3/=2, n1+n2+n3);  // r2 = ?
}
```



```

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int n1 = 1, n2 = 2, n3 = 3, r1, r2;

    r1 = n1+=3, n2 *=3, n3/=2, n1+n2+n3;
    r2 = (n1+=3, n2 *=3, n3/=2, n1+n2+n3);

    system("pause");
    return 0;
}

```

Оператор запятая (,) имеет самый низкий приоритет среди всех операций языка C++ (*ассоциативность слева направо*). У этой операции может быть 2 и более операндов. Вначале вычисляется первый операнд, затем второй и так далее, а в качестве результата возвращается последний операнд.

```

func_one( x, y + 2, z );    // в функцию передаются 3 параметра: x, y + 2 и z
func_two( (x--, y + 2), z ); // в функцию передаются 2 параметра

```

func\_two: первым параметром является результат операции «запятая», т.е. значение выражения  $y + 2$

## 12) Выражения: тернарный оператор

Тернарный оператор (?) принимает три операнда:

- первый операнд **неявно** преобразуется в **bool**;
- если первый операнд имеет значение **true** (1), то вычисляется второй операнд;
- если первый операнд имеет значение **false** (0), то вычисляется третий операнд.

Условные выражения имеют ассоциативность справа налево.

```
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int n1 = 1, n2 = 2, n3 = 3, r1;

    r1 = n1 > n2 ? n1 : n3;

    system("pause");
    return 0;
}
```

## 4) Выражения: перегружаемые операторы

**Перегрузка операторов** в программировании – это реализация в одной области видимости нескольких различных **вариантов** применения оператора, имеющих одно и то же имя, но различающихся типами параметров, к которым они применяются.

Синтаксис:

<тип> <b>operator</b> <символ_оператора> (список_параметров)
--

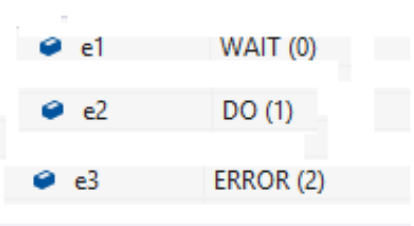
Перегруженные операторы реализуются в виде функции, например:

```
#include "stdafx.h"
#include <locale>
#include <iostream>

enum SERVER{STARTING, SHOOTDOWN, WORK, STOP};
enum CLIENT{CONNECT, SEND, RECV, DISCONNECT};
enum EVENT {WAIT,DO, ERROR};

EVENT operator>>(CLIENT c, SERVER s)
{
    EVENT rc = ERROR;
    if ((c == CONNECT || c == SEND || c == RECV)&&(s == STARTING || s == STOP)) rc = WAIT;
    else if ((c == CONNECT || c == SEND || c == RECV)&&(s == WORK)) rc = DO;
    return rc;
};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    EVENT e1 = CONNECT>>STARTING;
    EVENT e2 = CONNECT>>WORK;
    EVENT e3 = SEND>>SHOOTDOWN;
    system("pause");
    return 0;
}
```



The screenshot shows a debugger window with three event objects listed in a table-like structure:

Variable	Value
e1	WAIT (0)
e2	DO (1)
e3	ERROR (2)

```

#include <locale>
#include <iostream>

struct POINT { int x; int y; };
struct VECTOR { int x; int y; };

VECTOR operator-(POINT p1, POINT p2)
{
    VECTOR rc = {p1.x-p2.x, p1.y-p2.y};
    return rc;
};

VECTOR operator+(VECTOR v1, VECTOR v2)
{
    VECTOR rc = {v1.x+v2.x, v1.y+v2.y};
    return rc;
};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    POINT p1 = {10, 20}, p2 = {15, -10};
    VECTOR v1, v2, v3;

    v1 = p1 - p2;
    v2 = p2 - p1;
    v3 = v1 + v2;

    system("pause");
    return 0;
}

```