Основы программирования на C++

Указатели, динамические массивы

В С++ существуют динамические массивы – массивы переменной длины, они определяются с помощью указателей.

Указатель – переменная, значением которой является адрес памяти, по которому хранится объект определенного типа. При объявлении указателей всегда указывается тип объекта, который будет храниться по данному адресу.

type * name;

Здесь name – переменная, объявляемая, как указатель. По этому адресу (указателю) храниться значение типа type.

Например:

int *i;

Объявляем указатель (адрес) i. По этому адресу будет храниться переменная типа int. Переменная i указывает на тип данных int.

float *x,*z;

Объявляем указатели с именами x и z, которые указывают на переменные типа float.

*Операции * и & при работе с указателями*

Операция & возвращает адрес своего операнда.

Например, если объявлена переменная a следующим образом:

float a;

то оператор

adr_a=&a;

записывает в переменную adr_a адрес переменной a, переменная adr_a должна быть указателем на тип float. Ее следует описать следующим образом:

float *adr_a;

Операция * выполняет действие, обратное операции &. Она возвращает значение переменной, хранящееся по заданному адресу.

Например, оператор **a=*adr_a;**

записывает в переменную **a** вещественное значение, хранящееся по адресу **adr_a**.

Операция присваивания указателей

```
int main()
{ float PI=3.14159,*p1,*p2;
p1=p2=&PI;
printf("По адресу p1=%p хранится *p1=%g\n",p1,*p1);
printf("По адресу p2=%p хранится *p2=%g\n",p2,*p2); }
```

В этой программе определены: вещественная переменная PI=3.14159 и два указателя на тип float p1 и p2. Затем в указатели p1 и p2 записывается адрес переменной PI. Операторы printf выводят на экран адреса p1 и p2 и значения, хранящиеся по этим адресам. Для вывода адреса используется спецификатор типа %p. В результате работы этой программы в переменных p1 и p2 будет храниться значение одного и того же адреса, по которому хранится вещественная переменная PI=3.14159.

Операция присваивания указателей

Если указатели ссылаются на различные типы, то при присваивании значения одного указателя другому, необходимо использовать преобразование типов. Без преобразования можно присваивать любому указателю указатель void *.

```
int main()
{ float PI=3.14159,*p1;
double *p2;  //В переменную p1 записываем адрес PI
p1=&PI;      //указателю на double присваиваем
//значение, которое ссылается на тип float
p2=(double *)  p1;
printf("По адресу p1=%p хранится *p1=%g\n",p1,*p1);
printf("По адресу p2=%p хранится *p2=%e\n",p2,*p2);
}
```

Операция присваивания указателей

По адресу p1=0012FF7C хранится *p1=3.14159

По адресу p2=0012FF7C хранится *p2=2.642140e-308

В указателях p1 и p2 хранится один и тот же адрес, но значения, на которые они ссылаются, оказываются разными. Это связано с тем, указатель типа *float адресует 4 байта, а указатель *double – 8 байт. После присваивания p2=(double *) p1; при обращении к *p2 происходит следующее: к переменной, хранящейся по адресу p1, дописывается еще 4 байта из памяти. В результате значение *p2 не совпадает со значением *p1.

Рассмотрим, что произойдет в результате следующей программы?

```
int main()
{ double PI=3.14159,*p1;
float *p2; p1=&PI; p2=(float *)p1;
printf("По адресу p1=%p хранится *p1=%g\n",p1,*p1);
printf("По адресу p2=%p хранится *p2=%e\n",p2,*p2); }
```

После присваивания p2=(double *)p1; при обращении к *p2 происходит следующее: из переменной, хранящейся по адресу p1, выделяется только 4 байта. В результате и в этом случае значение *p2 не совпадает со значением *p1.

ВЫВОД. При преобразовании указателей разного типа приведение типов разрешает только синтаксическую проблему присваивания. Следует помнить, что операция * над указателями различного типа, ссылающимися на один и тот же адрес, возвращает различные значения.

Арифметические операции над адресами

Над адресами определены следующие операции:

- суммирование, можно добавлять к указателю целое значение;
- вычитание, можно вычитать указатели или вычитать из указателя целое число.

Некоторые особенности при выполнении арифметических операций:

```
double *p1;
float *p2;
int *i;
 p1++
 p2++;
 i++;
```

Арифметические операции над адресами

Операция p1++ увеличивает значение адреса на 8, операция p2++ увеличивает значение адреса на 4, а операция i++ на 2. Операции адресной арифметики выполняются следующим образом:

- операция увеличения приводит к тому, что указатель будет сослаться на следующий объект базового типа (для p1 – это double, для p2 – float, для i – int);
- операция уменьшения приводит к тому, что указатель, ссылается на предыдущий объект базового типа.
- после операции p1=p1+n, указатель будет передвинут на n объектов базового типа; p1+n как бы адресует n-й элемент массива, если p1 – адрес начала

Рекомендации по использованию указателей и динамического распределения памяти

- Используйте указатели и динамическое распределение памяти только там, где это действительно необходимо. Проверьте, можно ли выделить память статически или использовать автоматическую переменную.
- Старайтесь локализовать распределение памяти. Если какой-либо метод выделяет память (в особенности под временные данные), он же и должен ее освободить.
- Там, где это возможно, вместо указателей используйте ссылки.
- Проверяйте программы с помощью специальных средств контроля памяти (Purify компании Rational, Bounce Checker компании Nu-Mega и т.д.)

Ссылки

Ссылка – это еще одно имя переменной. Если имеется какая-либо переменная, например Complex x; то можно определить ссылку на переменную x как Complex& y = x; и тогда x и y обозначают одну и ту же величину. Если выполнены операторы x.real = 1; x.im = 2; то y.real равно 1 и y.im равно 2.

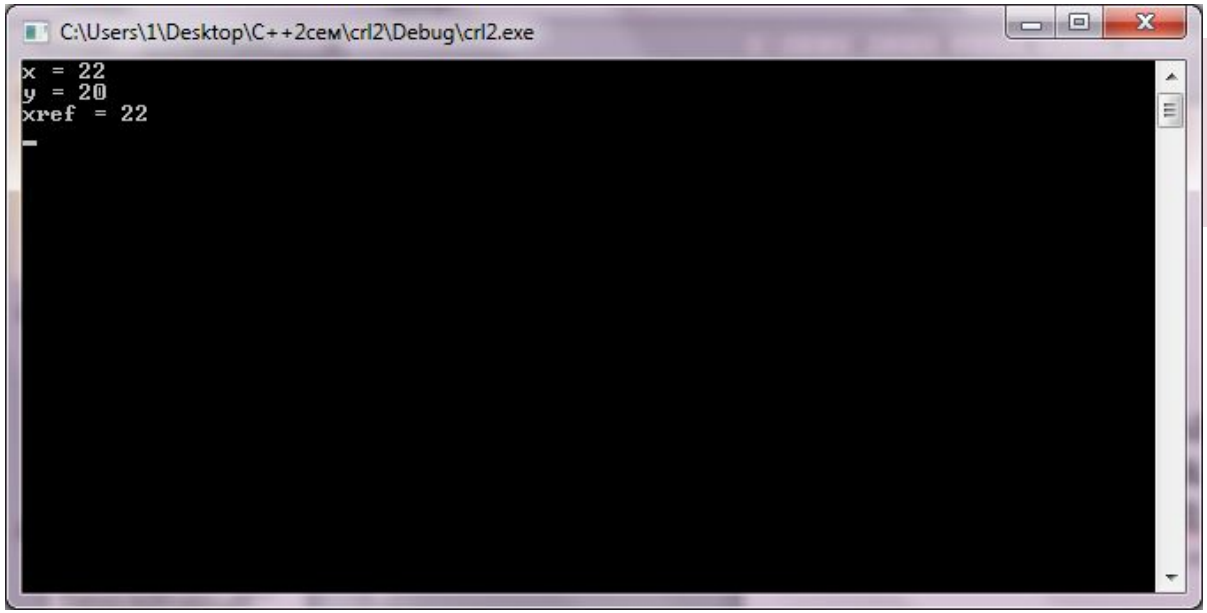
Ссылка – это адрес переменной (поэтому при определении ссылки используется символ & - знак операции взятия адреса), **и в этом смысле она сходна с указателем, однако у ссылок есть свои особенности.**

Во-первых, определяя переменную типа ссылки, ее необходимо инициализировать, указав, на какую переменную она ссылается. Нельзя определить ссылку int& xref; можно только

int& xref = x;

Во-вторых, нельзя переопределить ссылку, т.е. изменить на какой объект она ссылается. Если после определения ссылки xref выполним присваивание xref = y; то выполнится присваивание значения переменной y той переменной, на которую ссылается xref. Ссылка xref по-прежнему будет ссылаться на x.

Ссылки. Пример




```
#include "stdafx.h"
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <iostream>
using namespace std;
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{ int x = 10; int y = 20; int& xref = x  ;xref = y;  x += 2;
cout << "x = " << x << endl; cout << "y = " << y << endl;
cout << "xref = " << xref << endl;     _getch();  }
```

Ссылки

В-третьих, синтаксически обращение к ссылке аналогично обращению к переменной. Если для обращения к атрибуту объекта, на который ссылается указатель, применяется операция ->, то для подобной же операции со ссылкой применяется точка " .".

```
Complex a; Complex* aptr = &a;
Complex& aref = a;
aptr->real =1; aref.im = 2;
```

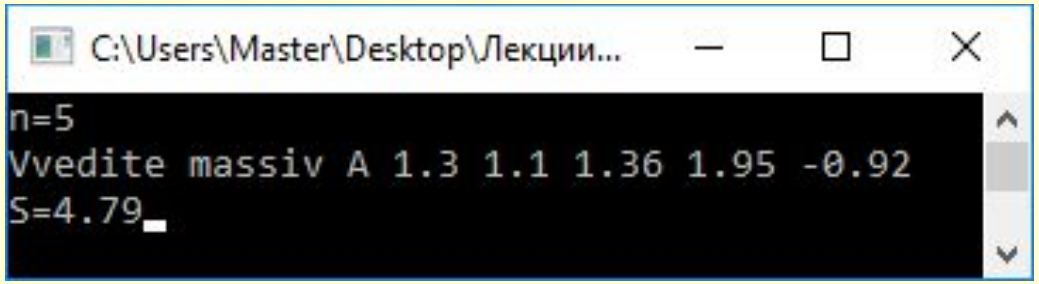
Как и указатель, ссылка сама по себе не имеет значения. Ссылка должна на что-то ссылаться, тогда как указатель должен на что-то указывать.

Динамические массивы

- Описать указатель (например, переменную p) определенного типа.
- Начиная с адреса, определенного указателем, с помощью операции **new** выделить участок памяти определенного размера. После этого **p** будет адресом первого элемента выделенного участка оперативной памяти (0-й элемент массива), **p+1** будет адресовать – следующий элемент в выделенном участке памяти (1-й элемент динамического массива, …, p+i является адресом i-го элемента). Необходимо только следить, чтобы не выйти за границы выделенного участка памяти. К i-му элементу динамического массива p можно обратиться одним из двух способов ***(p+i) или p[i]**
- Когда участок памяти будет не нужен, его можно освободить с помощью операции **delete**.

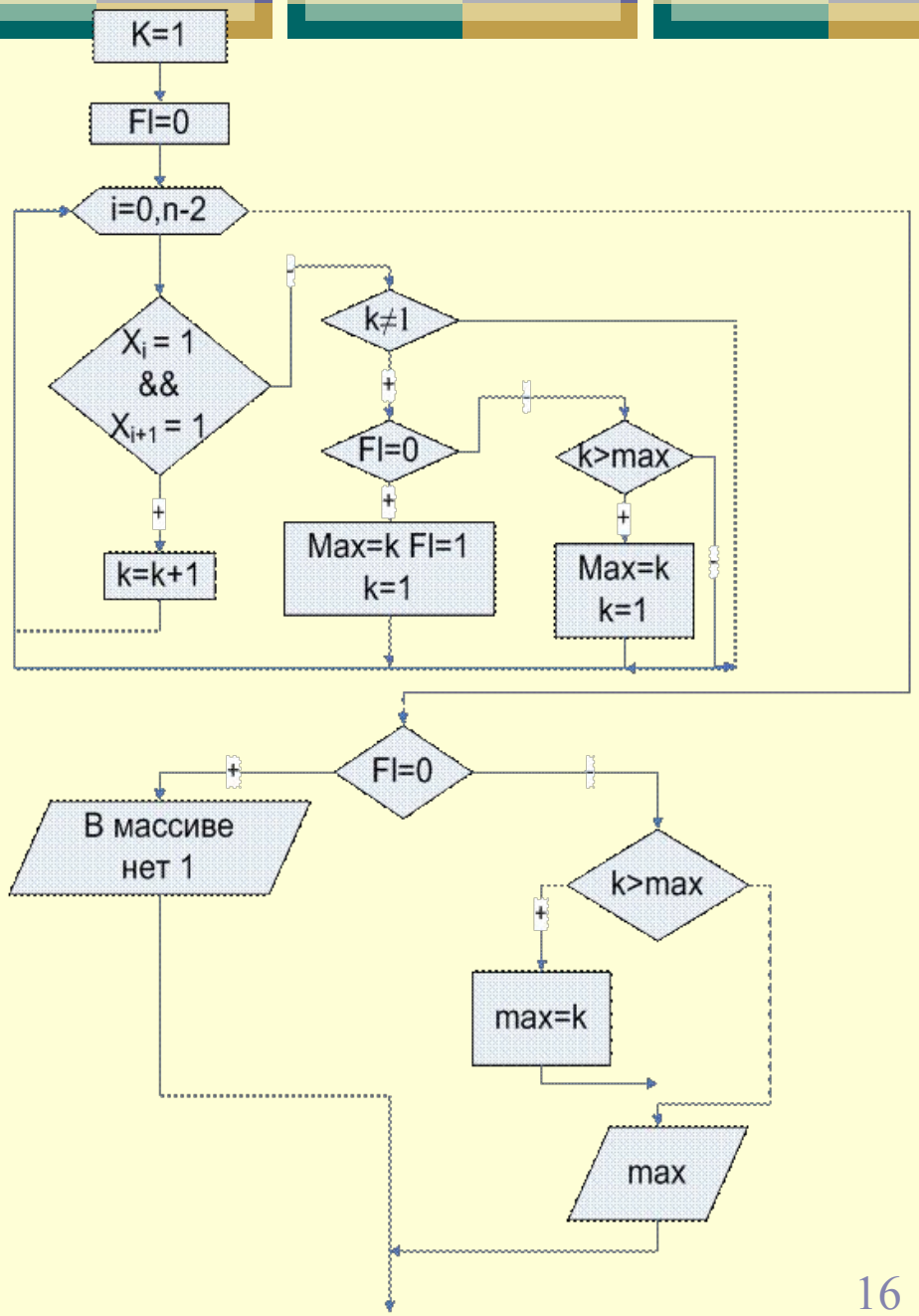
Найти сумму элементов массива

```
#include "….."
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace System;
int main()
{
int i, n; float *a, s; std::cout << "n=";
std:: cin>>n; a = new float[n];
std::cout << "Vvedite massiv A";
for (i = 0; i<n; i++)
std::cin >> *(a + i);
for (s = 0, i = 0; i<n; i++)
s += *(a + i);
std::cout << "S=" << s;
delete[] a; return 0;
}
```

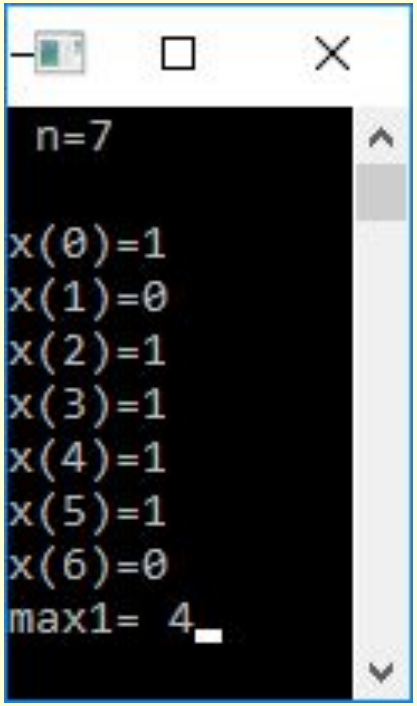


В заданном массиве найти длину самой длинной серии элементов, состоящей из единиц.

Fl =1, если были, и Fl = 0 , если нет, k- длина текущей серии, max – самая длинная серия.



```
include "....."
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int main()
{   int *x, max, i, k, fl, n, b;
    printf(" n="); scanf("%d", &n);
    x = new int[n];     printf("\n");
    for (i = 0; i<n; i++)
    {   printf("x(%d)=", i);
     scanf("%d", &b); *(x + i) = b; }
    for (k = 1, fl = 0, i = 0; i<n - 1; i++)
    {       if ((*(x + i) == 1) && (*(x + i + 1) == 1))
     k++; else if (k != 1)
     { if (!fl) { max = k; fl = 1; k = 1; }
            else if (k>max) max = k; k = 1;
     }     }
    if (fl == 0)      printf("V massive net seriy iz 1"); else {
     if (k>max) max = k;   printf("max1= %d", max);
    } delete[] x;    return 0;}
```



Пример

Написать программу для умножения матриц. Даны квадратные матрицы *a* и *b*, содержащие строк и *n* столбцов. Найти матрицу *c*, являющуюся результатом умножения матрицы *a*на матрицу*b*.Вводим только *n*, а матрицы заполняем случайными числами.

```
#include…
#include <iostream>
#include <random>
#include <time.h>
using namespace  std;
// Функция вывода матрицы
void output(int **a, int size, int size1)
{    for (int i(0); i < size; i++) {
     for (int j(0); j < size1; j++) {
      cout << a[i][j] << ' '; } cout << endl; }
}
```

```
int main()
{    setlocale(LC_ALL, "rus");
     random_device rd;
     mt19937 gen(rd());
     uniform_int_distribution<> dist(-100, 100);
     int n;
// Описание указателей на матрицы с инициализацией
     int **c = NULL;  int **a = NULL;  int **b = NULL;
cout << "Введите число строк и столбцов квадратной матрицы: ";
cin >> n;
// Размещение матриц в динамической памяти
     a = new int *[n];  b = new int *[n];  c = new int *[n];
     for (int i(0); i < n; i++) { a[i] = new int[n]; }
     for (int i(0); i < n; i++) { b[i] = new int[n]; }
     for (int i(0); i < n; i++) { c[i] = new int[n]; }
```

```
// Заполнение матриц случайными числами
for (int i(0); i<n; i++) {
    for (int j = 0; j < n; j++) { a[i][j] = dist(gen);  } }
for (int i(0); i < n; i++) {
   for (int j(0); j < n; j++) { b[i][j] = dist(gen);   } }
cout << "1 матрица: " << endl;  output(a, n, n);  cout << endl;
cout << "2 матрица: " << endl;  output(b, n, n);
int s;  for (int i(0); i < n; i++) {
  for (int j(0); j < n; j++) {
s = 0; for (int k(0); k < n; k++) {
s += a[i][k] * b[k][j]; } c[i][j] = s;  }  }
cout << "Результат:" << endl;
for (int i(0); i < n; i++) {
 for (int j(0); j < n; j++) {  cout << c[i][j] << "\t";}  cout << endl; }
//Освобождение памяти, выделенной под матрицы
     for (int i(0); i < n; i++) { delete a[i]; } delete[] a;
     for (int i(0); i < n; i++) { delete b[i]; } delete[] b;
     for (int i(0); i < n; i++) { delete c[i]; } delete[] c;
      system("Pause"); return 0;  }
```

Результаты первого запуска программы:

D:\Примеры\СлучЧисло\Debug\СлучЧисло.exe

```
Введите число строк и столбцов квадратной матрицы: 7
1 матрица:
-28 85 75 88 22 -86 -69
99 -34 69 -33 52 -61 -38
3 57 29 50 -3 77 -85
-81 37 -77 -91 -40 60 43
-53 -49 -13 -91 93 0 -58
75 4 3 61 75 21 88
54 -21 -1 -96 3 78 -70

2 матрица:
-82 54 -77 11 13 70 25
1 100 17 25 25 39 0
10 -39 39 -92 -61 45 -46
-80 -30 43 -24 31 -44 11
-78 91 84 -23 92 -54 -9
82 4 19 -3 17 89 1
-65 87 61 -68 -75 57 -60
Результат:
-8192    -2922    6315     -2751    5651     -11917   674
-11410   1427     -6038    -3746    1802     -242     689
8174     -4129    45       3208     8653     3708     4495
18434    5400     353      7118     -4137    6263     -1644
7963     -1108    3102     3377     8964     -10530   915
-20844   17068    9100     -8587    3440     5692     -3526
13933    -1770    -11218   6922     4114     9930     4591
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Результаты второго запуска программы:

D:\Примеры\СлучЧисло\Debug\СлучЧисло.exe

```
Введите число строк и столбцов квадратной матрицы: 7
1 матрица:
-90 -99 -85 49 -13 95 64
100 47 -15 -88 -88 20 -35
-40 94 54 57 -10 82 43
-38 -54 41 -40 47 79 -19
63 -24 -42 -45 -99 54 5
73 -28 95 84 96 -38 84
-30 -23 -94 -43 -16 -58 -7

2 матрица:
-21 55 59 -10 11 -10 -69
-1 -60 17 63 77 -84 -100
-45 -20 -75 100 -9 -57 78
-7 -33 2 100 73 36 11
58 63 49 -69 -14 -7 -100
-91 82 50 83 -30 4 -7
80 14 -59 -2 5 15 10
Результат:
1192    8940    -183    -283    -6619   17256   11294
-10580  1490    6401    -537    -1113   -7090   -5428
-6685   -4105   -3625   24832   8368    -7479   -945
-6696   10823   1059    430     -10988  841     5337
-9350   5491    3923    461     -4271   3144    3854
9378    5131    -5278   5460    4140    -333    -2397
8974    -2833   1532    -18545  -2465   5817    -1499
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Обработка исключительных ситуаций

Исключение–событие, возникающее во время выполнения программы, которое не позволяет корректное продолжение работы этой программы.

Различают два вида исключений:

- Аппаратные (структурные, *SE-Structured Exception*), которые генерируются процессором. В частности, к ним относятся:
  - деление на 0;
  - выход за границы массива;
  - обращение к невыделенной памяти;
  - переполнение разрядной сетки.
- Программные (генерируемые операционной системой и прикладными программами).

Для реализации обработки исключений в C++ применяют выражения *try, throw и catch*.

try {…} образует блок, содержащий операторы, при выполнении которых возможно возникновение исключительной ситуации.

Выражение *throw* используется только в программных исключениях и указывает на исключительную ситуацию в блоке *try*. В качестве операнда выражения *throw* можно использовать объект любого типа. Обычно этот объект используется для передачи информации об ошибке.

Обработка исключений осуществляется в специально содаваемых блоках *catch,* находящихся сразу после блока *try.* Каждый блок catch указывает тип исключения, которое он может обрабатывать.

try {...}catch (тип_исключительной_операции){...}

Когда внутри блока *try* возникает исключительная ситуация, то управление сразу же передается в сооствествующий оператор *catch*.

Первый метод идентификации исключительных ситуаций (пространство имен std).

Индентификатр исключительной ситуации задается именем параметра аргумента *throw*. Если имя исключительной ситуации совпадает с именем аргумента *catch,* выполняется блок *catch*. Если совпадения не найдено, то происходит откат вызовов, до тех пор, пока либо не завершится программа, либо не встретится блок *catch* с подходящим типом аргумента. В блоке *catch* происходит обработка исключительной ситуации.

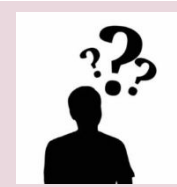
Пример

Разработать *надежный* простейший калькулятор. Отличие от калькулятора, разработанного ранее, состоит в том, что при неправильном вводе данных или неверно выбранной операции, работа программы не будет завершаться аварийно.

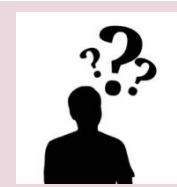
Наиболее вероятные для рассматриваемой задачи исключительные ситуации:

- неверно выбрана операция - *throw (0)*,
- деление на 0 - *throw (1)*);
- неверно введено число - *throw (2)*.

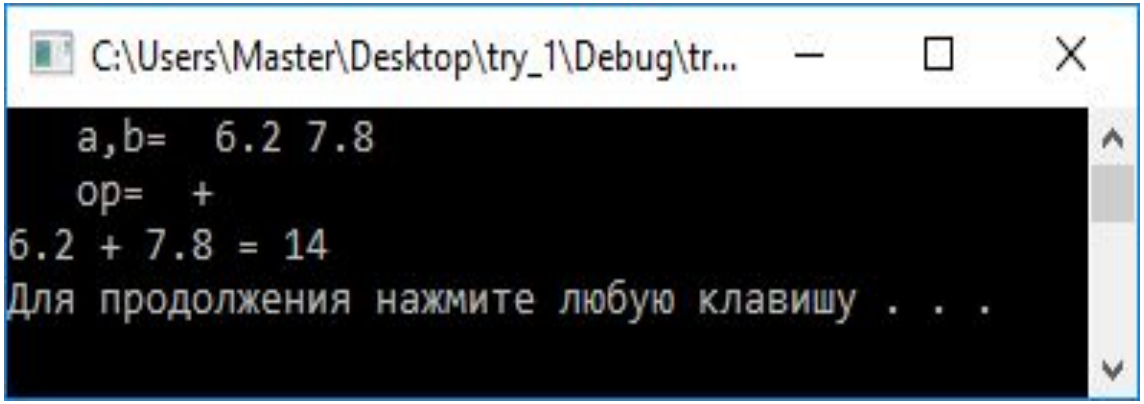
```
#include …
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{   setlocale (LC_ALL, "Russian");
    double a, b, res = 0;
    char op;
try { cout<< "   a,b=  "; cin >> a >> b;

if (!cin.good()) throw (2);// проверка правильности ввода числа

cout << "   op=  "; cin >> op;
switch (op) {
      case '+': {    res = a + b; break; }
      case '-': {    res = a - b; break; }
      case '*': {     res = a*b; break; }
```



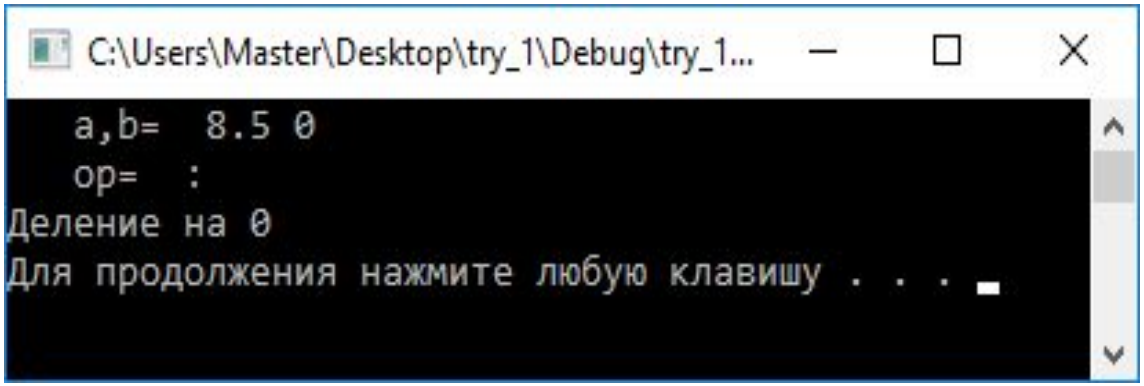
```
// Проверка деления на 0
case ':':  { if (b == 0)  throw (1);  res = a / b; break; }
case  '/' : { if (b == 0) throw (1);  res = a / b; break; }
default: {throw (0); break; } }
cout << a << " " << op << " " << b << " = " << res << endl;
system("Pause"); }
catch (int  t)
{   switch (t)  {
case 0: { cout<< "Неверно выбрана операция" <<endl;
    break; }
case 1: {cout<< "Деление на 0" <<endl;  break; }
case 2: {cout<< "Неверно введено число" <<endl; break;
    } }
system("Pause"); return 0;
    }     }
```



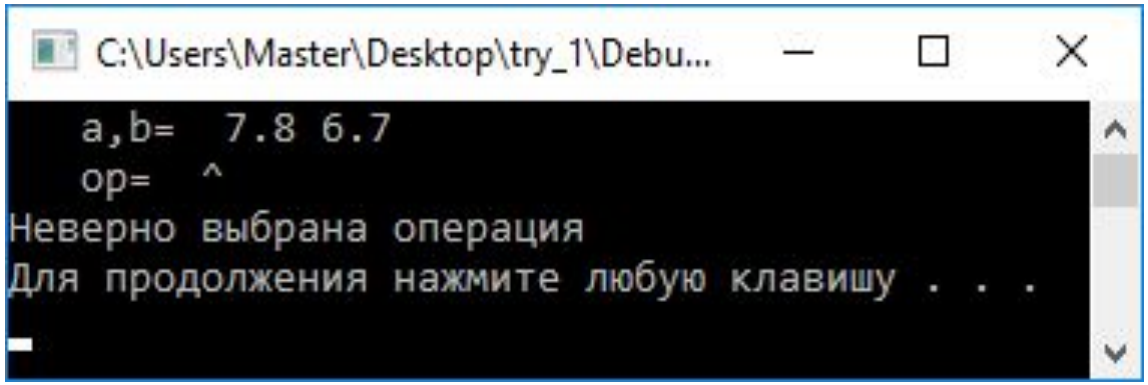
Результаты нормальной работы программы:



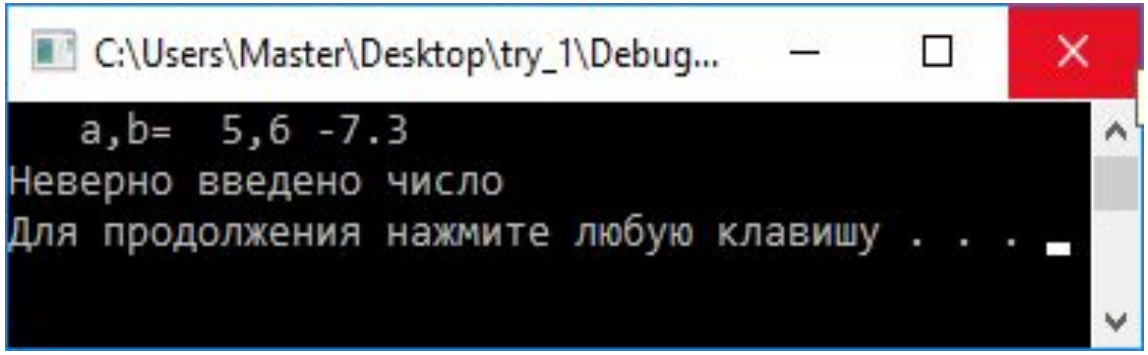
Результаты запуска программы при возникновении ситуации деление на 0:



Результаты запуска программы при возникновении ситуации неверно выбрана операция:

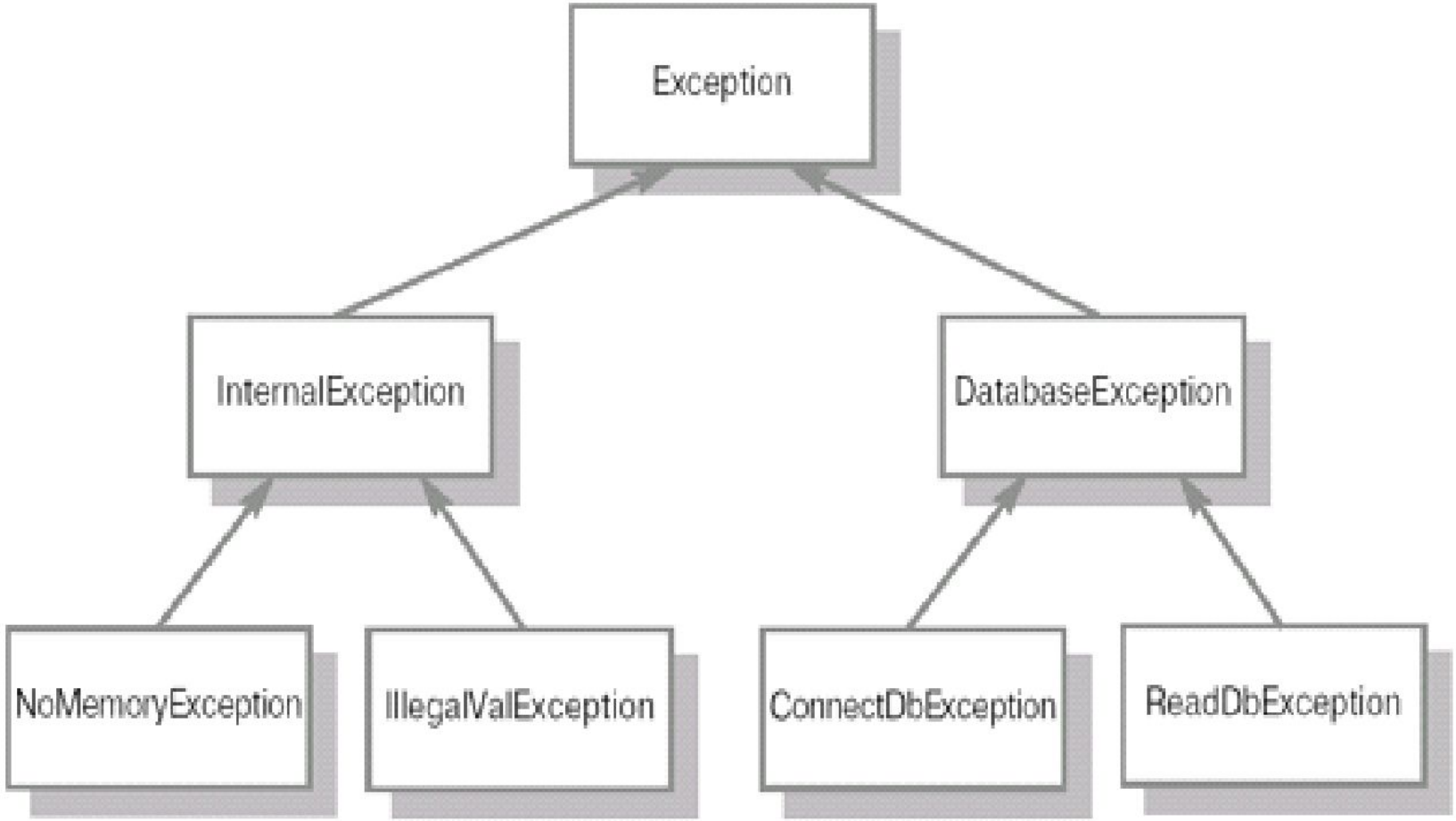


Результаты запуска программы при возникновении ситуации неверно введено число:



Класс Exception

Другим методом идентификации исключительных ситуаций (класс *Exception*) является создание иерархии классов – по классу на каждый вид исключительной ситуации (пространство имен *System*).

В приведенной иерархии исключительные ситуации делятся на ситуации, связанные с работой базы данных (класс *DatabaseException*) и внутренние исключительные ситуации программы (класс *InternalException*). Ошибки базы данных, в свою очередь, делятся: на ошибки соединения (*ConnectDbException*) и ошибки чтения (*ReadDbException*). Среди внутренних исключительных ситуаций выделяют ситуации, связанные с нехваткой памяти (*NoMemoryException*), ситуации, когда при работе программы возникают недопустимые значения (*IllegalValException*).

Класс Exception