ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Пышкин Евгений Валерьевич
к.т.н., доцент

ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

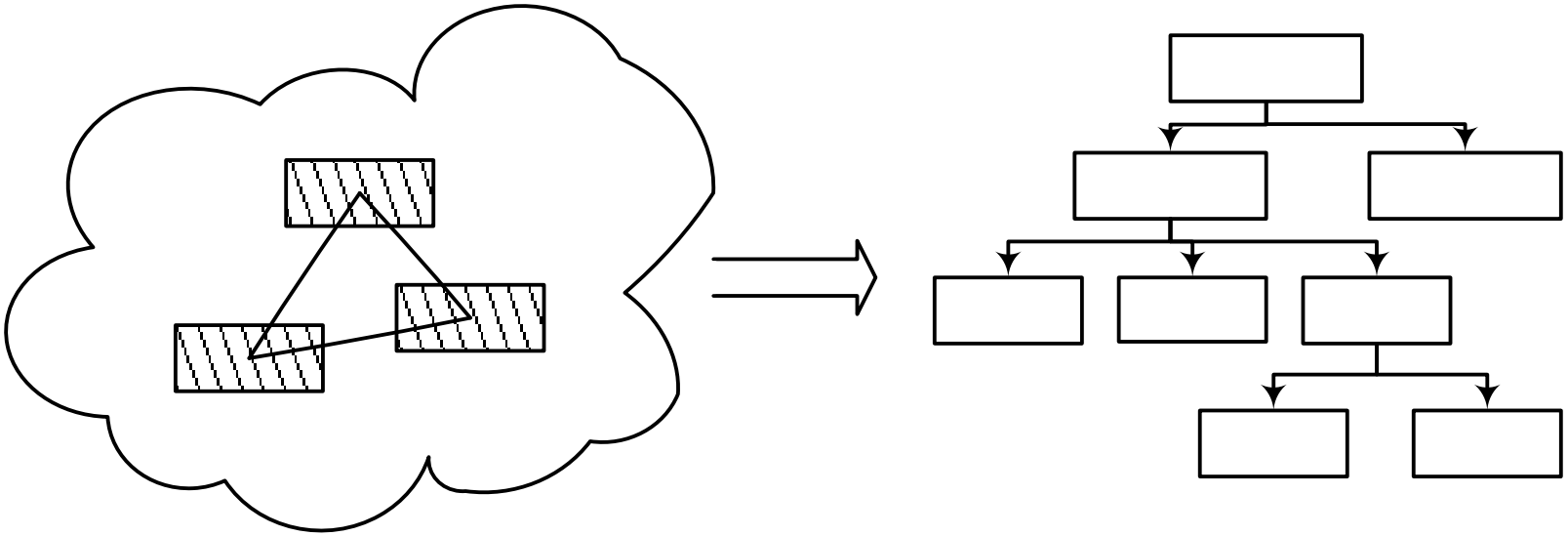
Блок 4. Функции, массивы, строки…

Функции в языке C++

- Стратегии проектирования
- Понятие функции
- Понятие об аргументах и параметрах
- Механизмы связывания аргументов и параметров: первоначальные сведения
- Когда требуется функциональное обособление

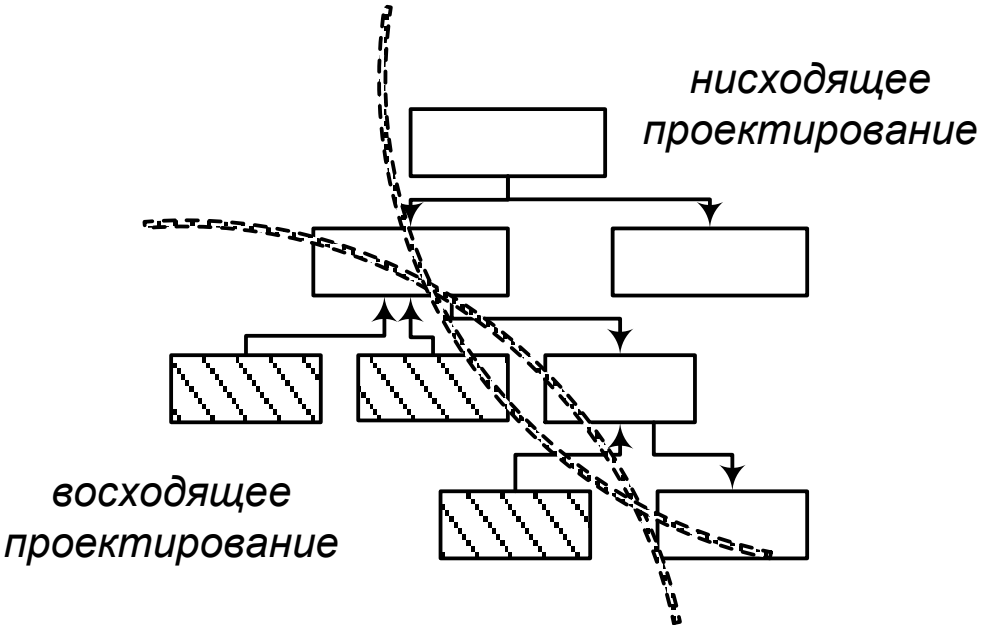
Стратегии проектирования

- Нисходящая функциональная декомпозиция



Стратегии проектирования

- Восходящее проектирование и сочетание стратегий



Процедуры и функции

- **Процедура –**обособленный именованный блок кода, выполняющий определенные действия, и взаимодействующий с другими функциональными блоками посредством связывания аргументов и параметров
- **Функция –** именованный блок, выполняющий определенные действия, и взаимодействующий с другими функциональными блоками посредством связывания аргументов и параметров, а также формирующий возвращаемое значение
  - *В традиции C и C++ используют термин «функция, не возвращающая значения» в качестве эквивалента термина «процедура»*

Функции: пример определения

```
/*
 * Определение, является ли заданный год високосным
 * Функция возвращает 1, если год високосный, иначе – 0
 */
int isLeapYear( int year )
{
    if( year % 4 != 0 )   return 0;
    if( year % 100 != 0 ) return 1;
    if( year % 400 != 0 ) return 0;
    return 1;
}
```

Функции: пример вызова

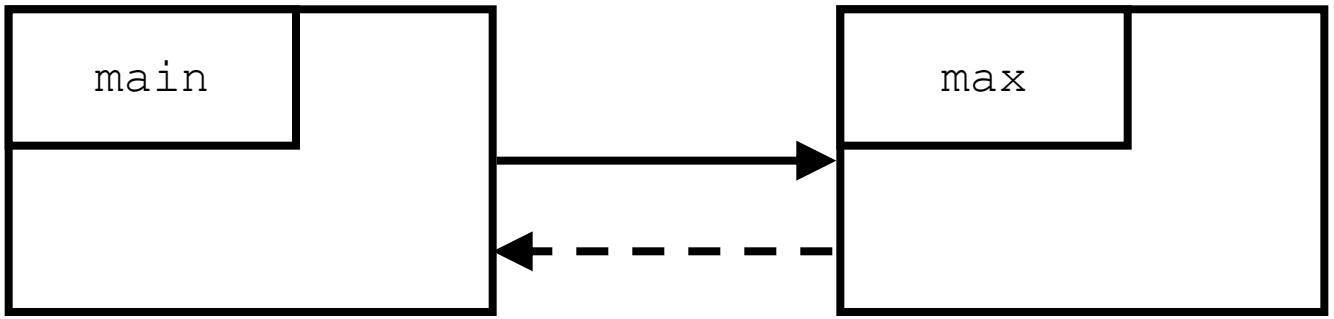
```
#include <iostream>
using namespace std;

// Процедура проверки корректности календарной даты
void CheckDate( int day, int month, int year )
{
    int daysLimit[ 12 ] = { 31,29,31,30,31,30,
                            31,31,30,31,30,31 };
    bool isCorrect = true;
    if( (month < 1) || (month > 12) )
        isCorrect = false;
    else if( (day < 1) || (day > daysLimit[ month-1 ]) )
        isCorrect = false;
    else if( (year<1) || (year > 5000) )
        isCorrect = false;
    else if( (month==2) && (day==29) && (!isLeapYear( year )) )
        isCorrect = false;
    if( correct ) cout << "Date is correct" << endl;
    else          cout << "Date is incorrect" << endl;
}
```

Связывание аргументов и параметров: основные механизмы

- Связывание по значению
- Связывание с косвенной адресацией
- Связывание по ссылке

Пример: вычисление максимума двух чисел

- Постановка задачи



Связывание по значению

- Определение функции

```
double max1( double arg1, double arg2 )
{
    if( arg1 > arg2 ) return arg1;
    return arg2;
}
```

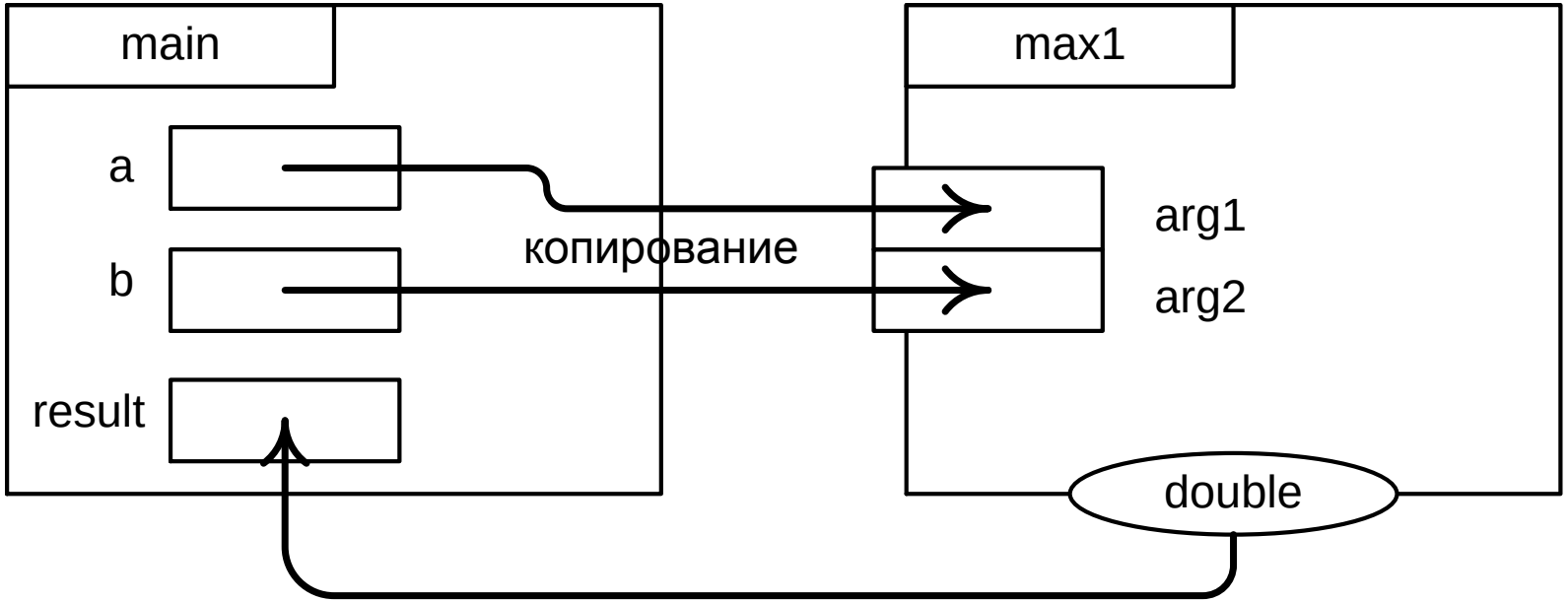
Связывание по значению

- Вызов функции из внешнего модуля

```
double max1( double, double );
void main()
{
    double a, b;
    double result;
    // ...
    result = max1( a, b );

    // ...
    exit( 0 );
}
```

Связывание по значению

- Механизм

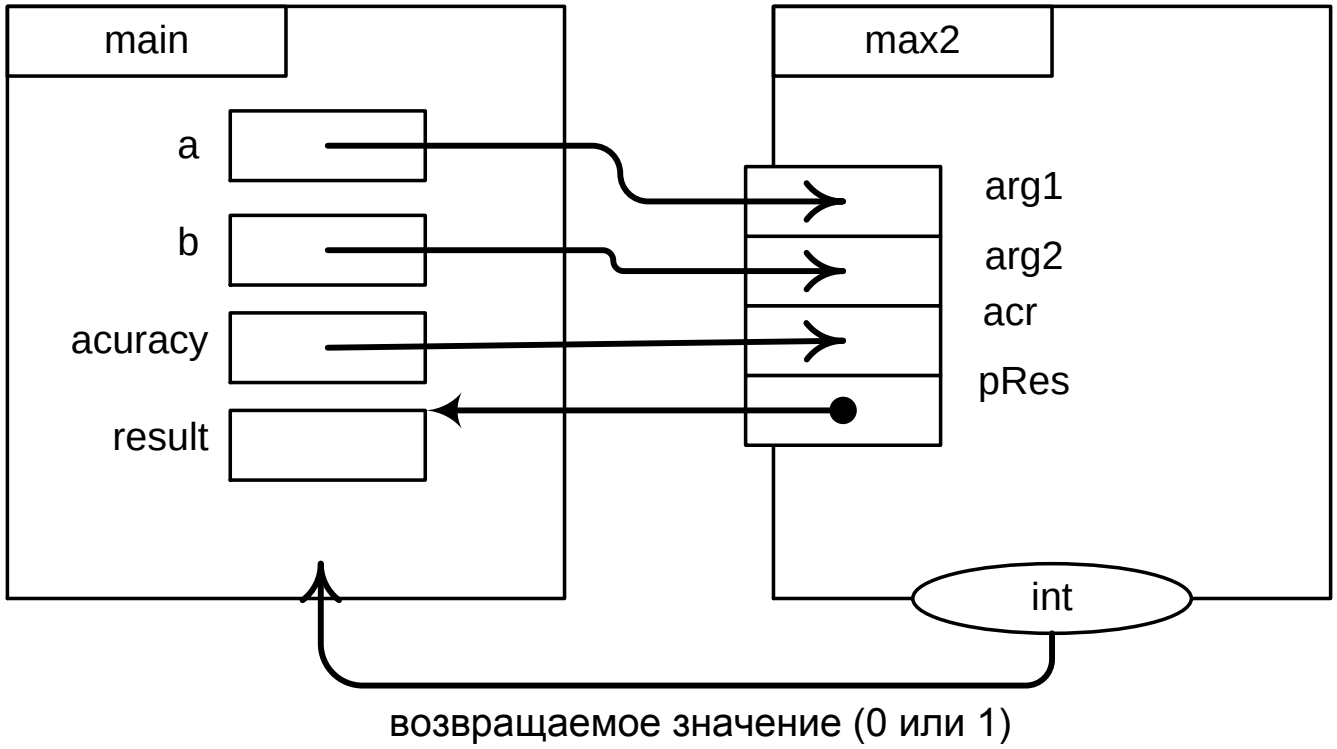


Пример: вычисление максимума двух чисел

- Изменение постановки задачи
  - Важен случай совпадения аргументов функции
- Фактически, функция должна сформировать два результата
  - есть ли среди двух значений наибольшее
  - если есть, то какое оно

Связывание с косвенной адресацией

- Механизм



Связывание с косвенной адресацией

- Определение функции

```
// Функция возвращает 1,  если наибольшее значение имеется
//                        0, если исходные аргументы равны
int max2( double arg1,  // Исходный параметр #1
          double arg2,  // Исходный параметр #2
          double acr,   // Точность вычислений
          double *pRes  // Адрес результата вычислений
        )
{
    if( fabs( arg1 - arg2 ) <= fabs( acr ) ) return 0;
    if( arg1 > arg2 )  *pRes = arg1;
    else               *pRes = arg2;
    return 1;
}
```

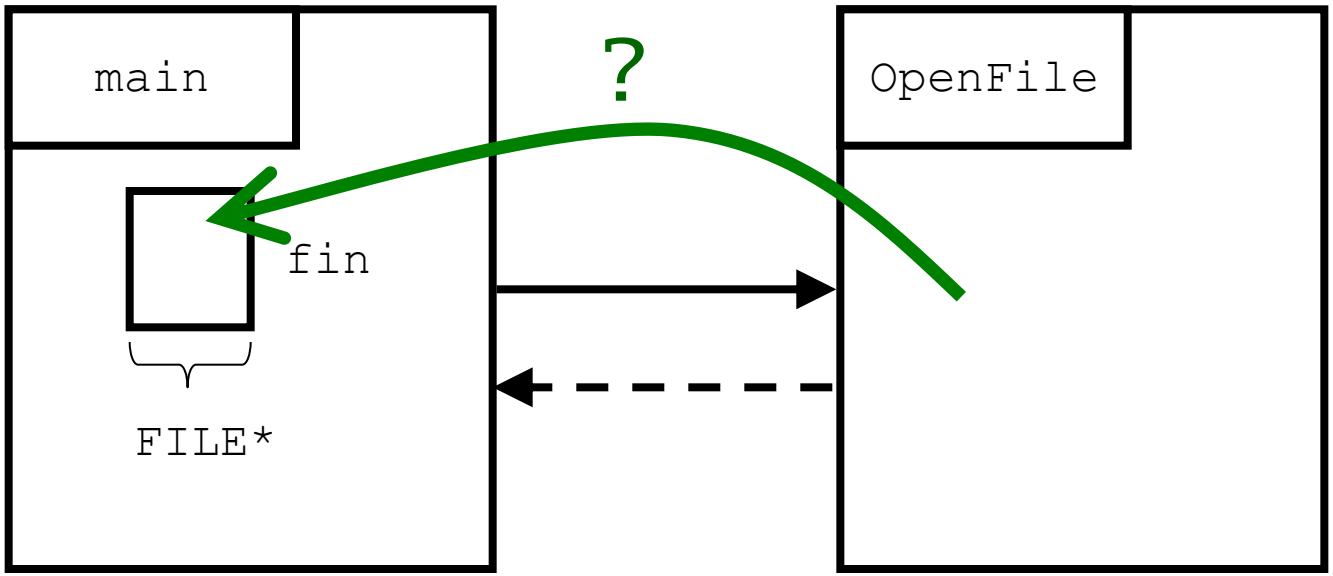
Связывание с косвенной адресацией

- Вызов из внешнего модуля

```
int max2( double, double, double, double* );
void main()
{
    double a, b;
    double accuracy = 1e-9;
    double result;
    // ...

    if( max2( a, b, accuracy, &result ) ) {
        printf( "Max( %le, %le ) = %le\n", a, b, result );
    }
    // ...
}
```

Связывание с косвенной адресацией

- А если результатом работы является указатель?



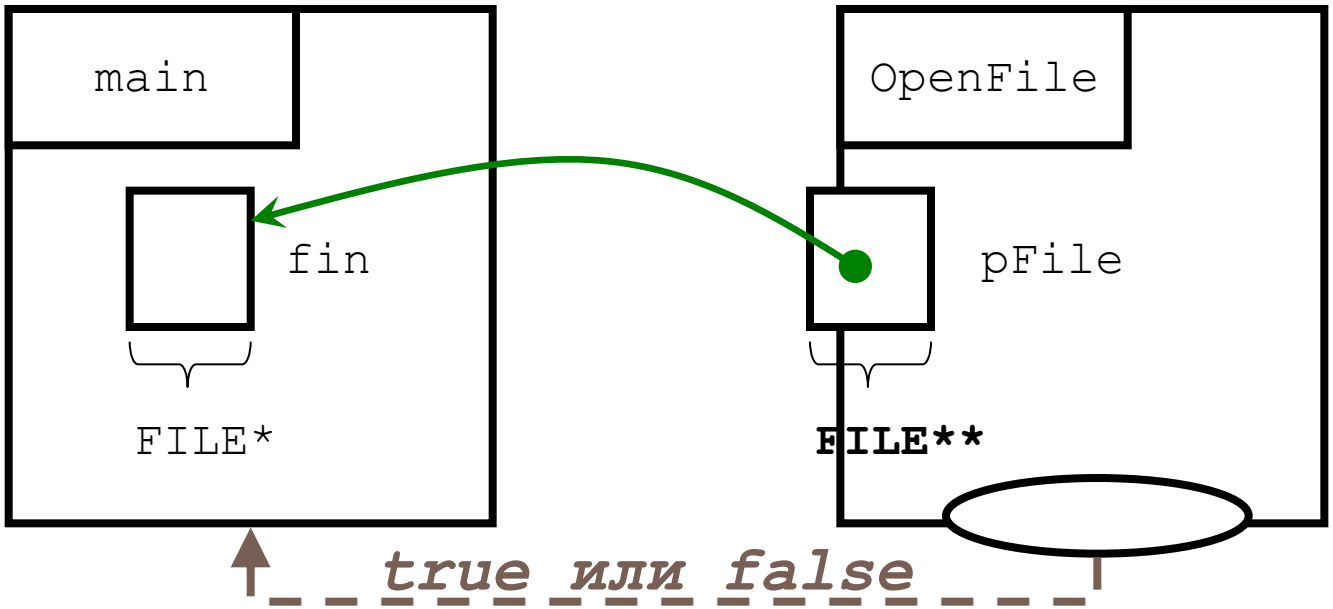
Связывание с косвенной адресацией

- Аргументом является адрес этого указателя

```
void main()
{
    FILE *fin;
    if( !OpenFile( &fin, "input.txt", "rt" ) ) exit( 1 );
    // ...
}
```

Связывание с косвенной адресацией

- Параметр: указатель на указатель



Связывание с косвенной адресацией

- Определение функции с параметром FILE**

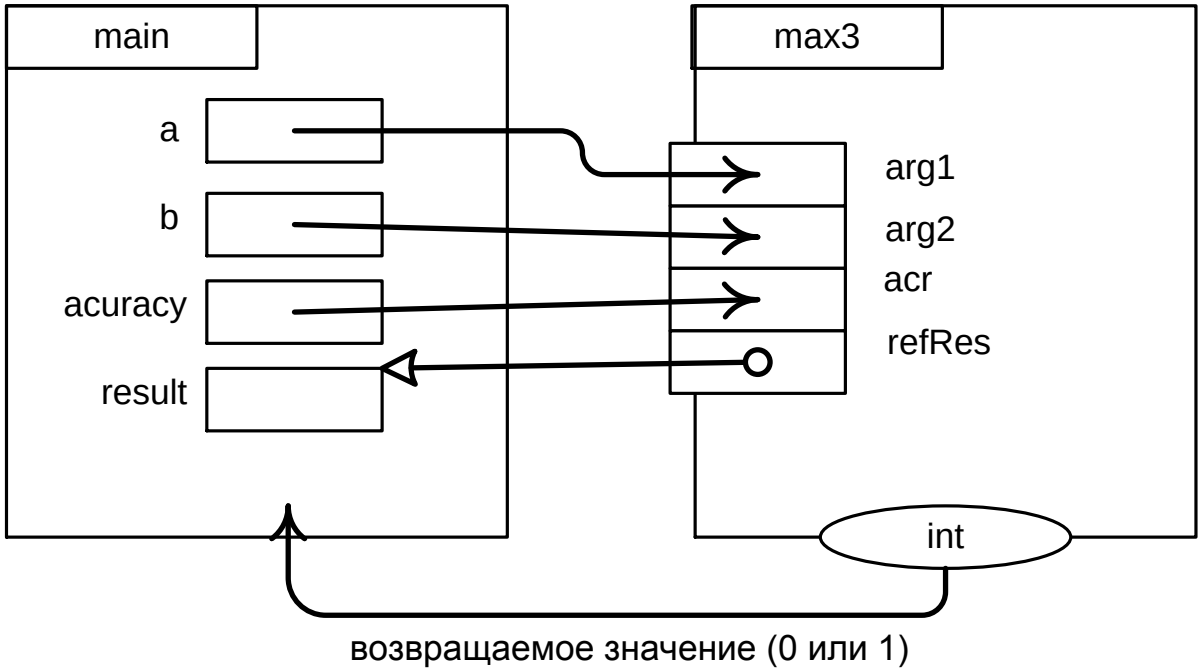
```
bool OpenFile( FILE **pFile, char *filename, char *mode )
{
   *pFile = fopen( filename, mode );
   if( *pFile == NULL )
   {
      printf( "Can't open file \"%s\" ", filename );

      // ...
      return false;
   }
   return true;
}
```

Связывание по ссылке

- Иногда: альтернатива использованию указателя
- Иногда: наиболее подходящее решение, позволяющее избежать создания копий аргументов
- В некоторых языках: единственный механизм, позволяющий сослаться на внешний объект данных

Связывание по ссылке

- Механизм применительно к задаче нахождения максимума



Связывание по ссылке

- Реализация: определение функции max3

```
int max3( double  arg1,  // Исходный параметр #1
          double  arg2,  // Исходный параметр #2
          double  acr,   // Точность вычислений
          double& refRes // Ссылка на переменную, хранящую
                         // результат вычислений
        )
{
    if( fabs( arg1 - arg2 ) < fabs( acr ) ) return 0;
    if( arg1 > arg2 )  refRes = arg1;
    else               refRes = arg2;
    return 1;
}
```

Связывание по ссылке

- Реализация: вызов функции max3

```
int max3( double, double, double, double& );
void main()
{
    double a, b;
    double accuracy = 1e-9;
    double result;
    // ...

    if( max3( a, b, accuracy, result ) ) {
        printf( "Max( %le, %le ) = %le\n", a, b, result );
    }
    // ...
}
```

Механизмы связывания: рассмотрим позднее

- Передача массивов в качестве аргументов функций
- Передача структурных объектов в качестве аргументов функций
- Определение общих статических данных на уровне модуля
- Методы классов

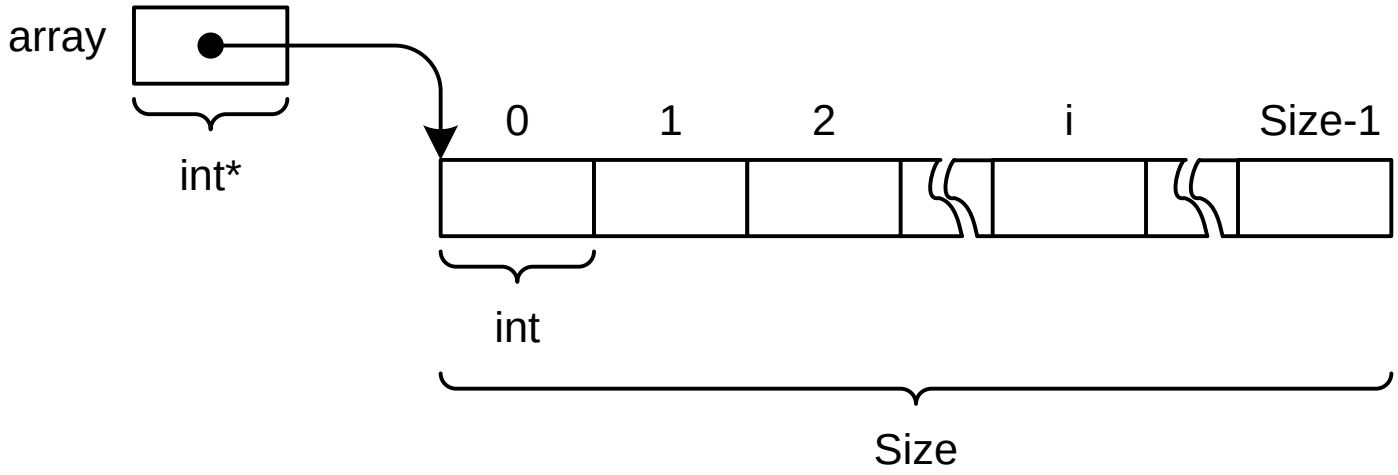
Процедуры и функции: разумные причины создания

- Снижение сложности
- Формирование понятной промежуточной абстракции
- Предотвращение дублирования кода
- Сокрытие очередности действий
- Повышение быстродействия
  - оптимизация кода выполняется в одном месте, а не в нескольких

Проектирование и использование составных типов

- Массивы и их организация в C/C++
- Размещение массивов в динамической памяти
- Структуры и структурные объекты
- Массивы структур
- Указатели: некоторые подробности

Массивы и их организация в C/C++



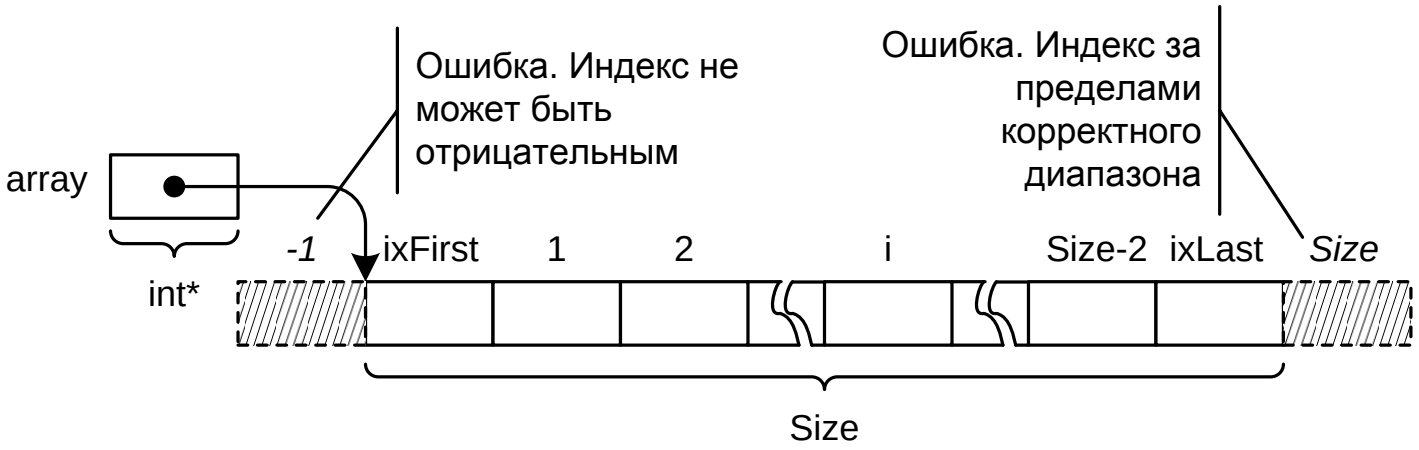

```
#define Size 100
void main()
{
    int array[ Size ];
    // ...
}
```

```
const int Size = 100;
void main()
{
    int array[ Size ];
    // ...
}
```

Массивы и их организация в C/C++

```
int ixFirst = 0;
int ixLast = Size - 1;

// Корректные обращения
array[ ixFirst ] = 10; // Эквивалентный код:
                       // *(array + ixFirst) = 10;
array[ ixLast ] = 10;  // Эквивалентный код:
                       // *(array + ixLast) = 10;
```

Массивы и их организация в C/C++




```
// Некорректные обращения (выход за границу массива
// НЕ контролируется транслятором!)
array[ -1 ] = 10;    // Эквивалентный код:
                     // *(array - 1) = 10;
array[ Size ] = 10; // Эквивалентный код:
                     // *(array + Size) = 10;
```

Массивы переменной длины (C99)

- Размер массива определяется неконстантным выражением
- Размер должен быть положительным целым
- После создания размер не может быть изменен
- Не может быть static или extern

```
int Reservation = 10;

void f( int customSize )
{
    int realSize = customSize + Reservation;
    int myArray[ realSize ];
    // ...
}
```

Размещение массивов в динамической памяти (C)

```
#include <stdlib.h>
```

```
    int *array = NULL;      // Инициализация здесь не
                            // обязательна, но во
                            // многих случаях полезна
    int size;

    array = (int *) malloc( size * sizeof( int ) );
    // Здесь возможна ошибка выделения памяти

    if( array == NULL )
    {
        // Обработка ошибки
        // ...
    }
```

Размещение массивов в динамической памяти (C)

- Освобождение занятой памяти

```
free( array );
array = NULL;    // Не обязательно, но во многих
                 // случаях полезно
```

```
// Более строгий вариант
if( array != NULL )
{
    free( array );
    array = NULL;
}
```

Размещение массивов в динамической памяти (C++, до 1998)

```
int *array;
int size;
array = new int[ size ]; // Здесь возможна ошибка
                         // выделения памяти

if( array == NULL )
{
    // Обработка ошибки
    // ...
}
```

```
delete [] array;
```

Размещение массивов в динамической памяти (Standard C++)

```
#include <new>
using namespace std;
```

```
int *array;
int size;
try
{
    array = new int[ size ]; // Возможно исключение
    // Операции над сформированным массивом
    // ...
}
catch( bad_alloc& )
{
    // Обработка ошибки
    // ...
}
```

Размещение массивов в динамической памяти (nothrow)

```
int *array;
int size;
array = new (nothrow) int[ size ];
if( array == 0 )
{
    // Обработка ошибки
    // ...
}
```

Демонстрационный пример (ООП) листинг 6.13

Копирование массивов

```
void CopyArray( int *dest, int size, int *src )
{
    for( int ix = 0; ix < size; ix++ )
    {
        dest[ ix ] = src[ ix ];
    }
}
```

```
void CopyArray( int *dest, int size, int *src )
{
    dest = src;
}
```

Обработка массивов: задача

- Написать программу, генерирующую первую тысячу простых чисел
  - Будем записывать полученные значения в массив
  - Проверять простоту числа будем, выясняя его делимость на ранее найденные простые числа
  - Обеспечим просмотр наименьшего числа «кандидатов а делители»
  - Результат работы программы напечатаем в файл

Демонстрационный пример ArrayOfSimpleValues

Обработка массивов: еще одна задача

- В исходном файле находится набор целых чисел. Размер исходного набора заранее неизвестен, но не превосходит 1000. Написать программу, считывающую исходные данные в массив, упорядочивающую массив по возрастанию и печатающую в файл результатов преобразованный массив

Демонстрационный пример 001_ArraySort

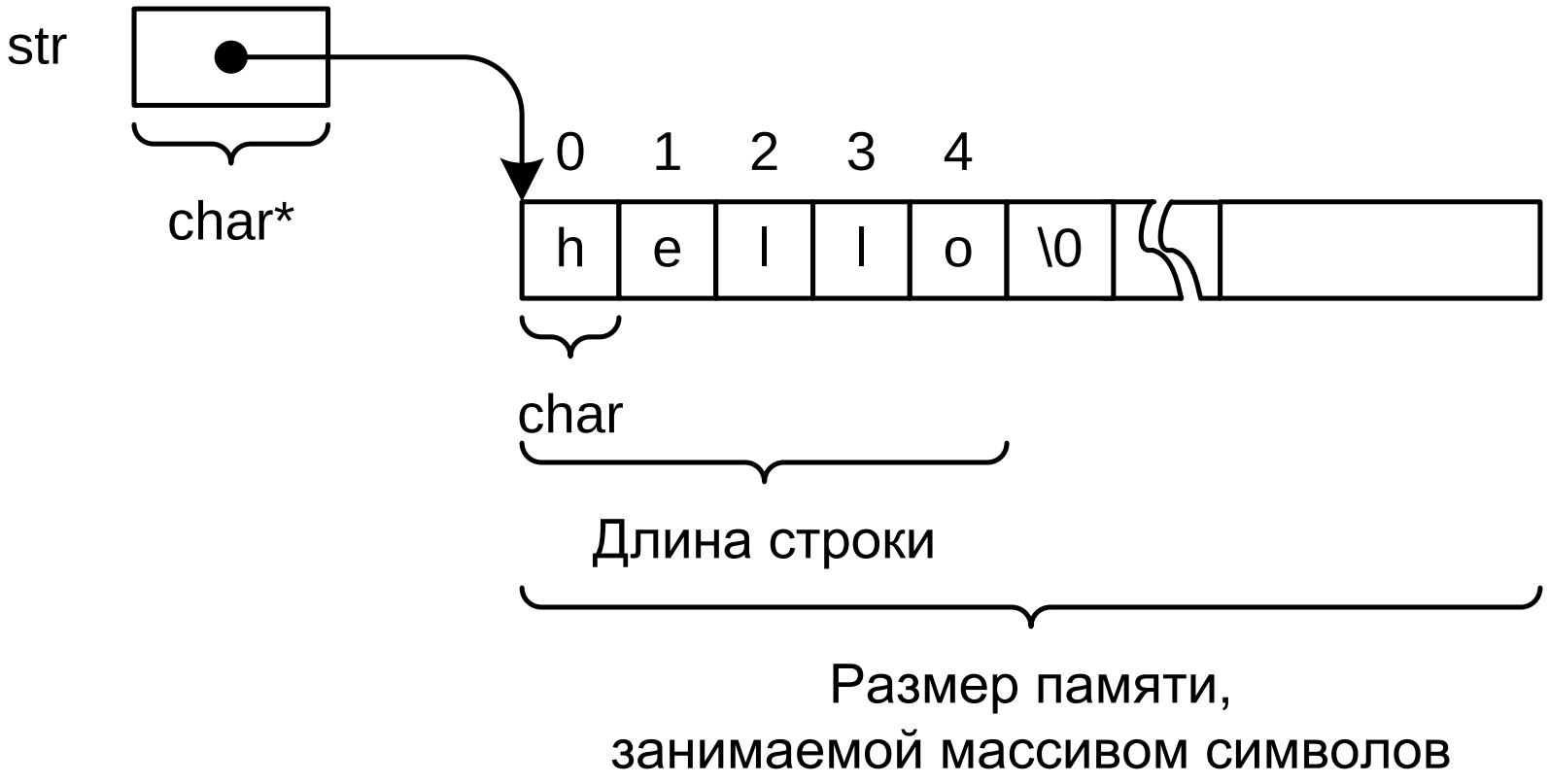
Обработка массивов: задача*

- В исходном файле находится набор целых чисел. Размер исходного набора **заранее неизвестен**. Написать программу, считывающую исходные данные в массив, упорядочивающую массив по возрастанию и печатающую в файл результатов преобразованный массив

Демонстрационный пример 002_ArraySort

Демонстрационный пример 003_ArraySort

Строки символов ANSI C



Строки символов ANSI C

```
// STRingLength
// Вычисление длины строки
int StrLength ( const char *s )
{
    char *pChar = s;
    int   length = 0;

    while( *pChar != '\0' )
    {
        length++;
        pChar++;
    }

    return length;
}
```

Строки символов ANSI C

```
// STRingLength (optimized)
// Вычисление длины строки (оптимизированная версия)
int StrLength ( const char *s )
{
    int   length = 0;

    while( *s++ ) length++;

    return length;
}
```

Строки символов ANSI C

```
// STRingCOPY
// Копирование строк
char *StrCopy( char *dst, const char *src  )
{
    const char *pCharSrc = src;
    char       *pCharDst = dst;

    while( *pCharDst = *pCharSrc )
    {
        pCharSrc++;
        pCharDst++;
    }

    return dst;
}
```

Строки символов ANSI C

```
// STRingCOPY (optimized)
// Копирование строк (оптимизированная версия)
char *StrCopy( char *dst, const char *src  )
{
    char *dstCopy = dst;

    while( *dst++ = *src++ );

    return dstCopy;
}
```

Строки символов ANSI C

- Заголовочный файл string.h
- Функции
  - strcmp
  - strlen
  - strcpy
  - strcat
  - strchr
  - ...

Строки символов ANSI C

- Формирование строки ANSI C

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

// GET WORD from file
// Чтение слова из файла
int GetWord( FILE *f, char *word, int limit )
{
    char ch = fgetc( f );
    int  ixLit = 0;

    // Пропуск ведущих пробелов
    while( isspace( ch ) ) ch = fgetc( f );
    if( ch == EOF ) return EOF;
```

Строки символов ANSI C

```
    // Чтение слова из букв
    while( !isspace( ch ) && ch != EOF )
    {
        if( !isalpha( ch ) ) return 1;

        if( ixLit < limit ) word[ ixLit++ ] = ch;

        ch = fgetc( f );
    }
    word[ ixLit ] = '\0';

    return 0;
}
```

Самостоятельное изучение

- Практика использования функций обработки строк
- Операция «запятая»
- Операции над указателями (арифметические, операции отношения)

Области видимости и классы памяти

- Глобальная область видимости
- Область видимости модуля
- Область видимости функции
- Область видимости блока
- Область видимости прототипа

Демонстрационный пример 001_Scope

Средства препроцессора языка C и их использование в коде на C++

- Макроопределения и макроподстановки
- Директивы условной компиляции
- Управление работой компилятора
- Классификация Страуструпа
  - полезные
  - бесполезные
  - опасные
- Код на C++: ограниченное использование препроцессора C

Макроопределения и макроподстановки

```
#define MAX_SIZE 1000
```

```
#define SUCCEDED(x) \
    (x)!= 0xCC
```

```
#define Cube (x) ((x)*(x)*(x))
```

```
#define GetEntry(key,index) { \
  index=hash(key); \
  index=min(index,MAX_INDEX); \
  index=max(index,MIN_INDEX); \
}
```

***Обратите внимание на ***

Обратите внимание на ()

Обратите внимание на {}

Директивы условной компиляции

```
// SomeHeader.h
#ifndef _SOMEHEADER_H_
#define _SOMEHEADER_H_
   // Содержимое файла
   // ...
#endif
```

Для отсутствия повторного подключения

```
#define TARGET ...
#if TARGET == _WINDOWS
   // Код для Windows
#elif TARGET == _LINUX
   // Код для Linux
#elif TARGET == _FREEBSD
   // Код для Free BSD
#endif
```

Для различных вариантов кода

Управление работой компилятора

```
#if !defined(__cplusplus)
#error C++ compiler required.
#endif
```

Для остановки компиляции при ошибках совместимости

```
#include "FULLNAME"
#include <FULL-NAME>
```

- "" Сначала – в текущем и вложенных, затем – в каталогах определяемых **/I**, далее – в каталогах, определяемых переменной окружения **INCLUDE**
- <> Сначала – в стандартных каталогах (ключ компилятора **/I**), далее – в каталогах, определяемых переменной окружения **INCLUDE**

Для подключения заголовочных файлов

Управление работой компилятора

```
#pragma ...
```

```
#pragma optimize( "", off )
```

- Поддержка настроек, уникальных для целевой платформы и компилятора
- Примеры:
  - управление памятью
  - управление вызовами функций
  - управление размещением функций и данных в объектном коде
  - управление локализацией
  - …

Для управления специфическими настройками компилятора

Пример: отключение оптимизации кода

Альтернативы макросам в C++

- Типизированные константы (const)
- Встраиваемые функции (inline)
- Шаблоны функций и типов (template)
- Перечислимые типы (enum)
- Директива typedef для замены одного типа другим в некотором контексте

Структурные типы

- Определение типов в связи с моделированием объектов предметной области
- Определение структурных типов: различия реализаций C и C++
- Использование структурных типов

Структуры: задача

- В исходном файле находится набор данных о координатах точек на плоскости. Написать программу, подсчитывающую, сколько треугольников можно построить, используя тройки точек в качестве вершин треугольника.

Демонстрационный пример 001_TriCounter

Другие важные для практики типы

- Объединения
- Поля битов

Объединения

- использование одной и той же области памяти различным образом
  - для более удобного доступа к различным участкам этой области
  - для преобразования типа (редко)

Демонстрационный пример 001_UWord

Поля битов

- структуры могут содержать поля. занимающие меньше места, чем объект интегрального типа
- позволяют упростить манипулирование отдельными битами кодового представления

Поля битов

- Синтаксис определяется дополнением к определению структур

`[спецификатор-типа][имя] : конст-выражение`

Интегральный тип!

`unsigned +` { `char` | `short` | `int` | `long` | `enum` }

0..max
max – не больше, чем может вместить базовый тип

Поля битов

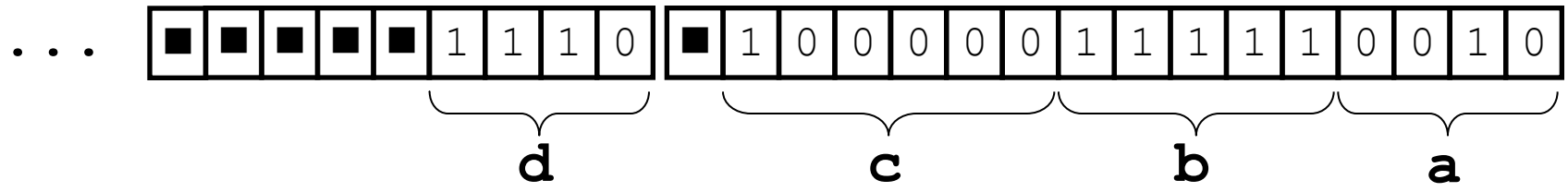
- Простой пример

```
struct TestBitField
{
    unsigned short a : 4;
    unsigned short b : 5;
    unsigned short c : 6;

    unsigned short d : 4;
};

TestBitField x;
```

Поля битов

- Порядок следования битов в пределах представления, определяемого базовым типом

```
x.a = 2;
x.b = 31;
x.c = 32;
x.d = 14;
```



Демонстрационный пример 001_BitFields

Поля битов

- Если очередной элемент поля битов не может уместиться в пределах памяти, отводимой под базовый тип, размещение начинается со следующего слова памяти базового типа (выравнивание)
- Возможность явного выравнивания (безымянное поле битов, в том числе поле битов длины 0)

Поля битов

- Наглядная работа с «упакованной» информацией

```
enum ColorType {
     White, Red, Yellow, Green, Blue, Violet, Cyan, Black
};

struct VideoMemTextSymbol   {
   unsigned int ch : 8;

   ColorType color : 3;
   unsigned int intense : 1;
   ColorType bkGrndColor : 3;
   unsigned int blinking : 1;
};
```

Демонстрационный пример 002_BitFields

Поля битов: ограничения

- Не разрешены указатели на поля битов
- Не разрешается использовать операцию определения адреса (&) над отдельным полем битов
- Нельзя определить массив полей битов
- Функции не могут возвращать значение отдельного поля битов