

**Введение в язык Ассемблера**

**Цель:** изучение основ программирования на языке ассемблера для процессоров Intel семейства IA-32.

Рекомендуемая литература:

1	<b>Ирвин К. Р. Язык ассемблера для процессоров Intel / К. Р. Ирвин. – М.: Вильямс, 2005. – 912с.</b>
2	Калашников О. А. Ассемблер – это просто. Учимся программировать/ О. А. Калашников – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 336с.
3	Купник А. Б. Изучаем Ассемблер / О. А. Купник – СПб.: Питер, 2005. – 249с.
4	<a href="http://natalia.appmat.ru/c&amp;c++/assembler.html">http://natalia.appmat.ru/c&amp;c++/assembler.html</a> Страница, посвященная ассемблеру. Конспект лекций – Чибицова Наталья Владимировна, каф. прикладной математики МЭИ(ТУ)
5	Магда Ю. С. Ассемблер для процессоров Intel Pentium / Ю. С. – СПб.: Питер, 2006. – 410с.

## 1. Ассемблер:

- язык программирования (язык ассемблера);
- транслятор с языка ассемблера.

Слово **ассемблер** (assembler) переводится с английского как «сборщик».

Язык <b>ассемблера</b> — это машинно-ориентированный язык программирования.
---

Команды ассемблера соответствуют командам процессора.

<b>Ассемблер</b> – это программа-транслятор, принимающая на входе текст на языке ассемблера, содержащий условные обозначения машинных команд, удобные для человека, и переводящая эти обозначения в последовательность соответствующих кодов машинных команд, понятных процессору.
--

## 2. Ассемблер

язык ассемблера разрабатывается для семейства процессоров: Motorola 680 (MC680), SPARC, IBM370, IA-32.

Примеры команд (инструкций) ассемблера:

- add – сложить;
- call – вызвать;
- mov – переслать.

### Синтаксис

Для работы с процессорами x86 используются два типа синтаксиса ассемблера:

- синтаксис AT&T;
- синтаксис Intel.

Эти синтаксисы представляют одни и те же команды по-разному.

Порядок операндов команды:

- <команда> <приёмник>, <источник> (синтаксис AT&T);
- <команда> <источник>, <приёмник> (синтаксис Intel).

Intel	AT&T	Некоторые особенности синтаксиса AT&T
<b>mov eax, 10h</b>	<b>mov<sup>l</sup> \$0x10, %eax</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>l</b> - суффикс имени команды</li><li>– &lt;команда&gt; &lt;источник&gt;, &lt;приёмник&gt;</li><li>– знак доллара в начале числовой константы</li></ul>

Размер операнда определяет суффикс имени инструкции.

Суффиксы:

- b (от *byte*) — операнды размером в 1 байт
- w (от *word*) — операнды размером в 1 слово (2 байта)
- l (от *long*) — операнды размером в 4 байта
- q (от *quad*) — операнды размером в 8 байт
- t (от *ten*) — операнды размером в 10 байт
- o (от *octo*) — операнды размером в 16 байт

### 3. Ассемблер

- набор инструкций процессора;
- типы архитектуры процессоров.

Набор инструкций для процессоров одной архитектуры или семейства архитектур описываются в **спецификации** процессоров.

Язык ассемблера непереносим по определению, т.к. он связан с архитектурой процессоров.

#### Типы архитектуры:

**CISC** (Complete Instruction Set Computing) – тип архитектуры процессора с **полным набором команд** (IBM с архитектурой IBM/360, процессоры Intel на основе команд x86, процессоры Motorola MC680x0, DEC VAX).

**RISC** (англ. *restricted (reduced) instruction set computer* — «компьютер с **сокращённым набором команд**») — архитектура процессора, в котором быстродействие увеличивается за счёт упрощения инструкций, для того, чтобы их декодирование было более простым, а время выполнения – меньшим (Sun Ultra SPARC, MIPS, Alpha DEC, PowerPC).

### 4. Ассемблер: MASM (Microsoft Macro Assembler), TASM (Turbo Assembler, Borland), NASM (Netwide Assembler, Windows/Linux), Asm86, GNU Assembler (Software Foundation).

#### *История развития языков ассемблера:*

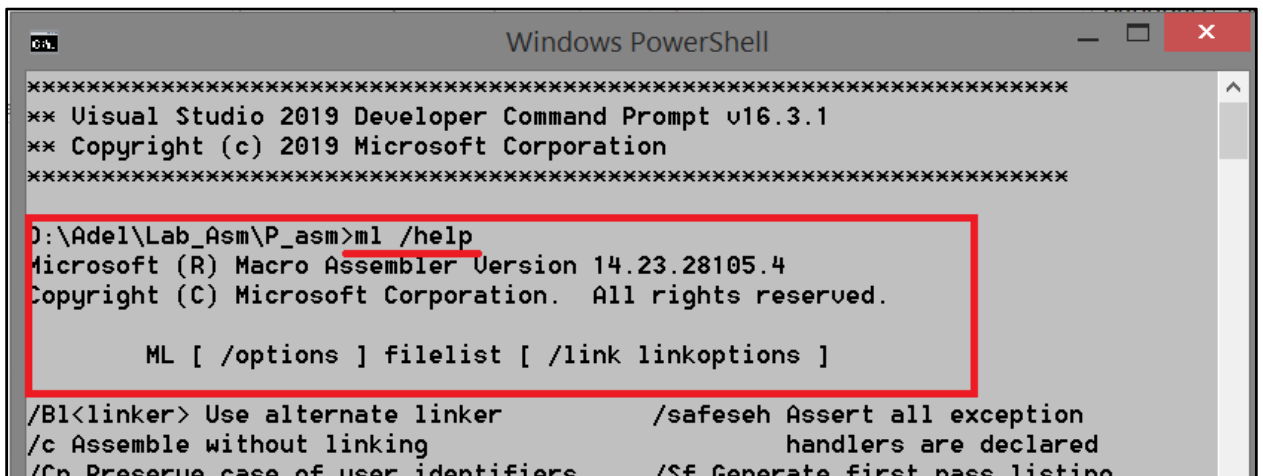
Де-факто стандартом языка ассемблера стала 5-я версия транслятора MASM (Macro Assembler) фирмы Microsoft.

В начале 90-х годов появился TASM (Turbo Assembler) фирмы Borland, имеющий полную совместимость с транслятором MASM.

Также наиболее популярными являются (но синтаксис отличается):

- NASM (Netwide Assembler) – существуют версии для Windows и Linux.
- Asm86 и GNU Assembler, распространяемые Фондом программ с открытым исходным кодом (Free Software Foundation).

- 5. Ассемблер:** в курсе рассматривается ассемблер для архитектуры IA-32, набор инструкций RISC, MASM 12.0 (MASM 14.0)



```
Windows PowerShell

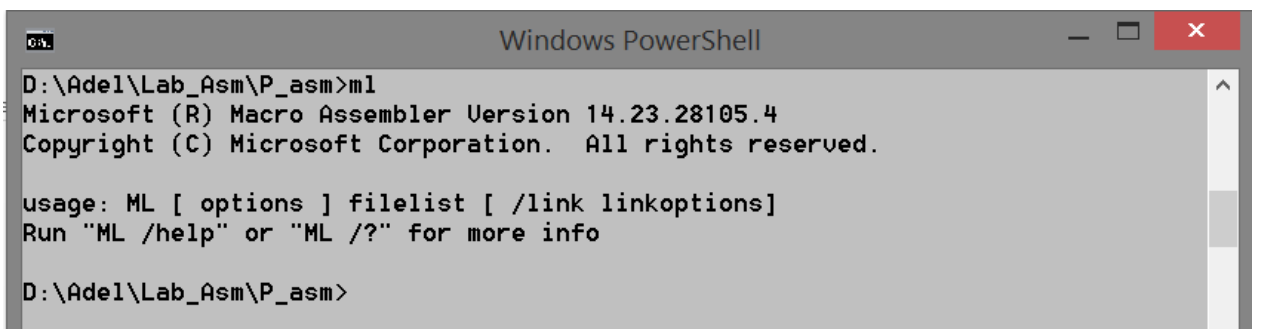
*****
** Visual Studio 2019 Developer Command Prompt v16.3.1
** Copyright (c) 2019 Microsoft Corporation
*****

D:\Adel\Lab_Asm\P_asm>ml /help
Microsoft (R) Macro Assembler Version 14.23.28105.4
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

    ML [ /options ] filelist [ /link linkoptions ]

/Bi<linker> Use alternate linker           /safeseh Assert all exception
/c Assemble without linking                handlers are declared
/Co Preserve case of user identifiers      /Sf Generate first pass listing
```

MASM 14.23.28105.4



```
Windows PowerShell

D:\Adel\Lab_Asm\P_asm>ml
Microsoft (R) Macro Assembler Version 14.23.28105.4
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

usage: ML [ options ] filelist [ /link linkoptions]
Run "ML /help" or "ML /?" for more info

D:\Adel\Lab_Asm\P_asm>
```

**6. Ассемблер:** архитектура аппаратно-программного обеспечения компьютера (Э. Таненбаум).



Э. Таненбаум – профессор Амстердамского свободного университета, возглавляет группу разработчиков компьютерных систем, автор книг по компьютерным наукам, преподаватель.

Концепция виртуальной машины:



**Уровень 0** – возможность запуска программ, состоящих из машинных кодов арифметико-логическим блоком (АЛУ) центрального процессора, т.е. реализуется с помощью цифровых электронных схем (VM0).

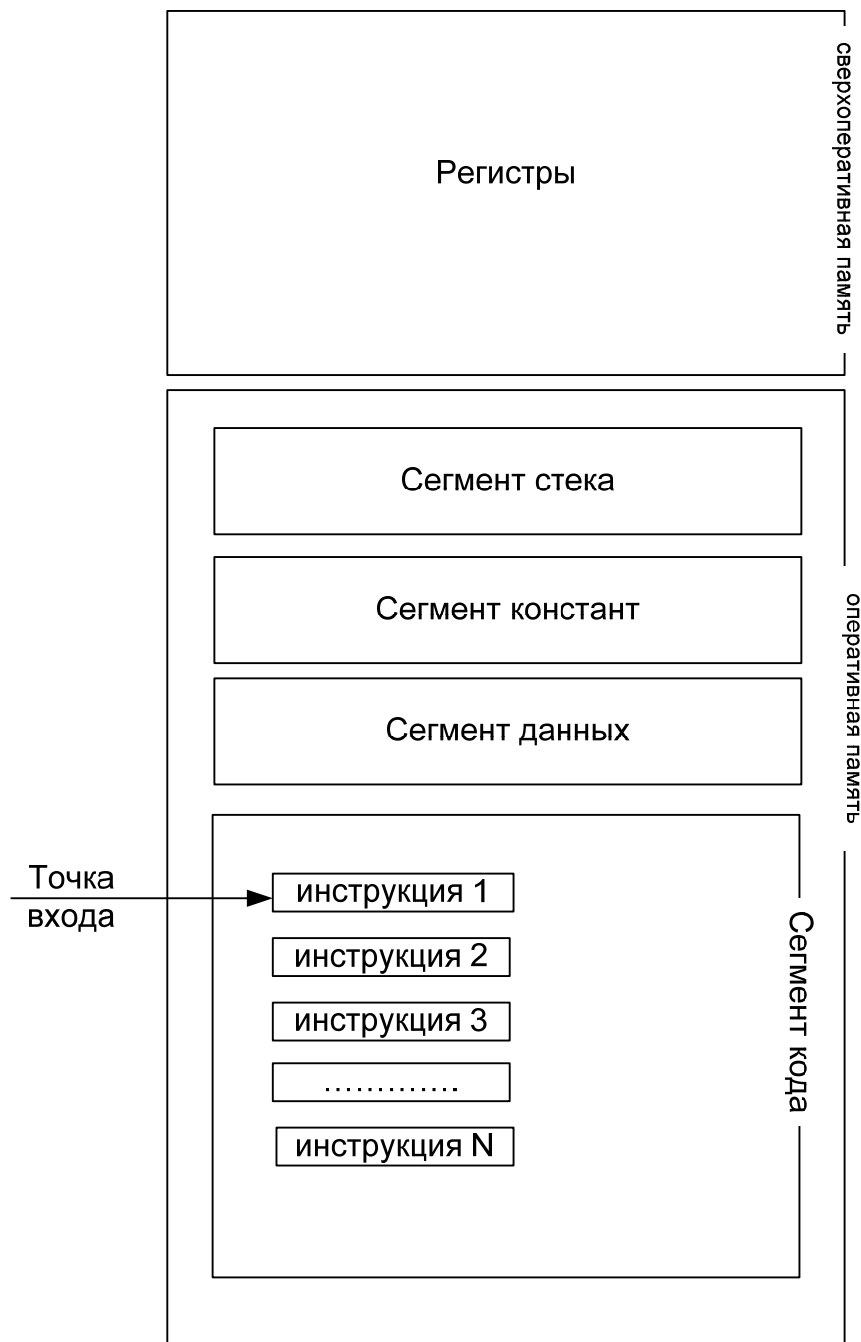
**Уровень 1** – составляет **систему** микрокоманд процессора (VM1), которая выполнена в виде интерпретатора.

**Уровень 2** – система команд процессора. Для выполнения одной команды машинного кода (машинной команды) требуется выполнить, как правило, несколько микрокоманд.

**Уровень 3** – операционная система (комплекс взаимосвязанных программ, предназначенных для управления ресурсами компьютера и организации взаимодействия с пользователем).

**Уровни с 4-го и выше** предназначены для прикладных программистов, решающих конкретные задачи.

## 7. Ассемблер: представление компьютера для разработчика



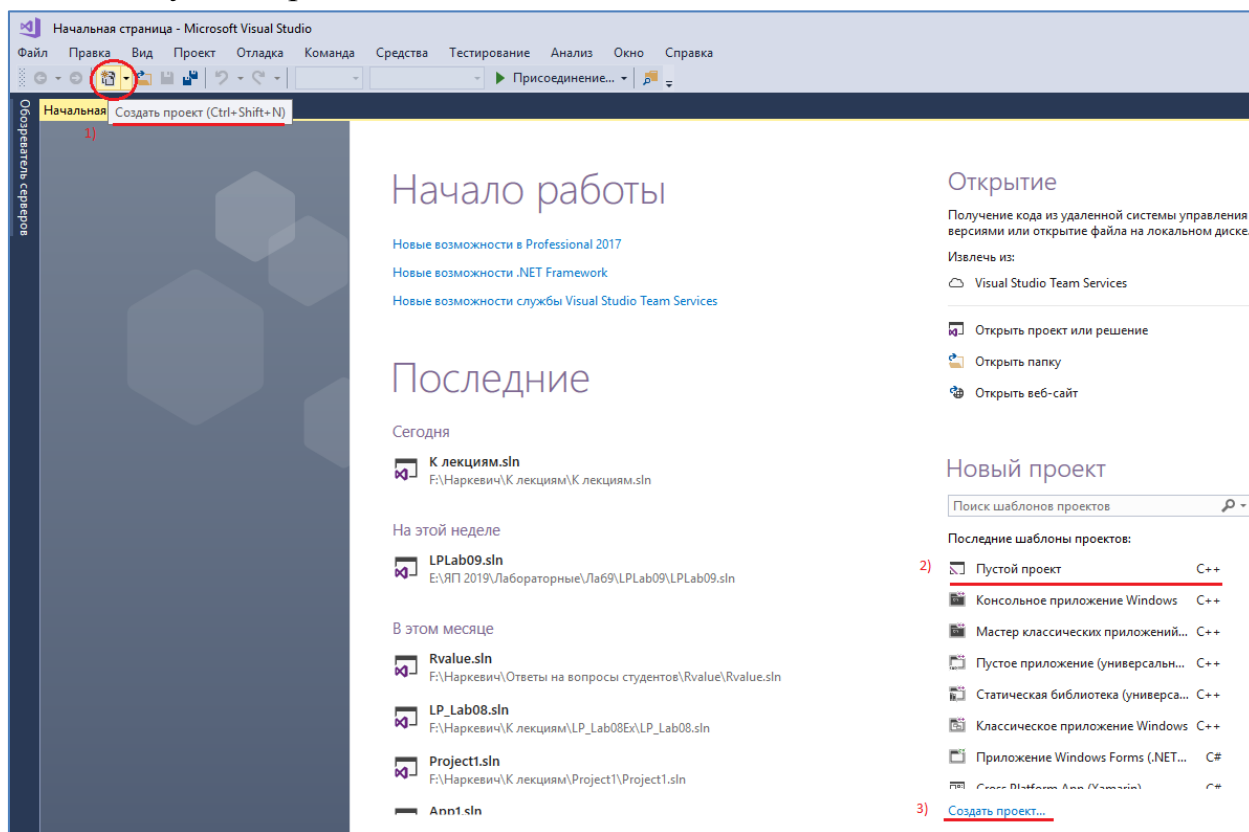
Программа состоит из одного или нескольких сегментов:

- сегмент кода – область памяти, в которой размещаются выполняемые команды программы;
- сегмент данных – область памяти с данными;
- сегмент стека – область памяти, отведенная под стек.

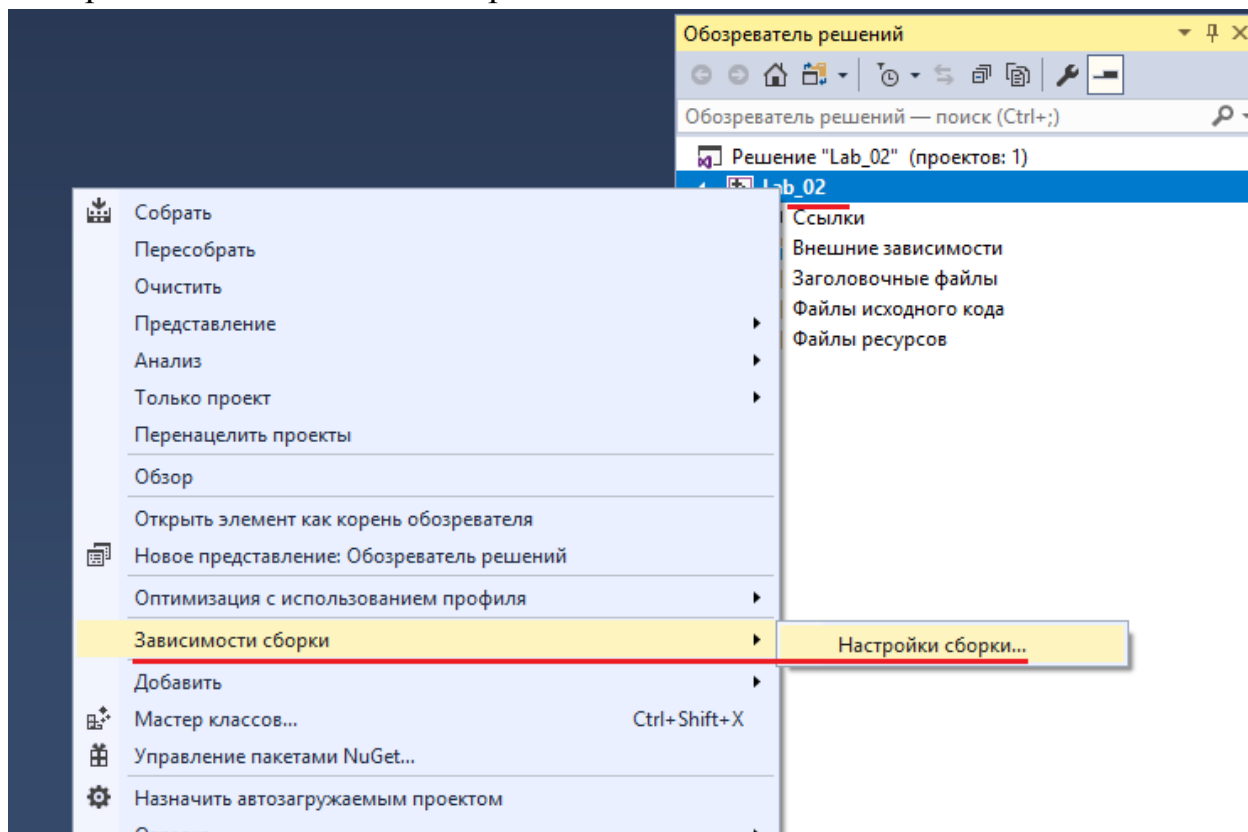
Регистры – участки высокоскоростной памяти центрального процессора, предназначенные для оперативного хранения данных и быстрого доступа к ним.

## 8. Создание MASM-проекта в Visual Studio 2017 (Visual Studio 2019).

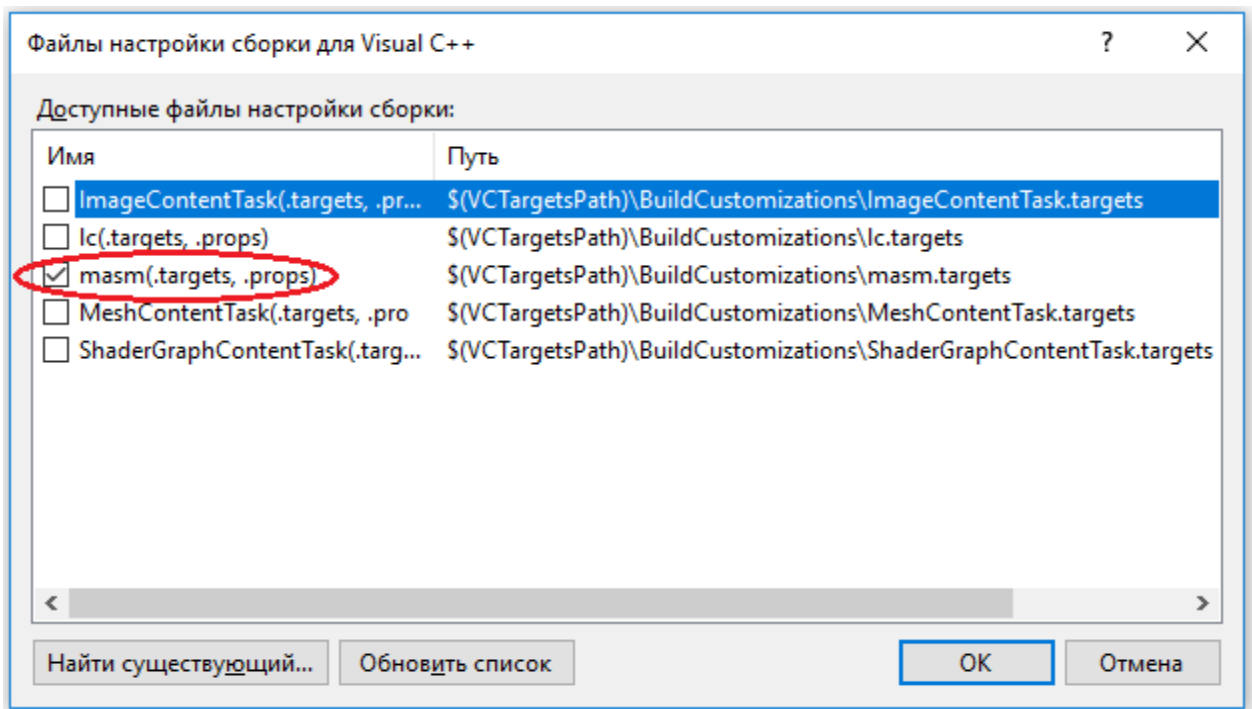
Создаем пустой проект:



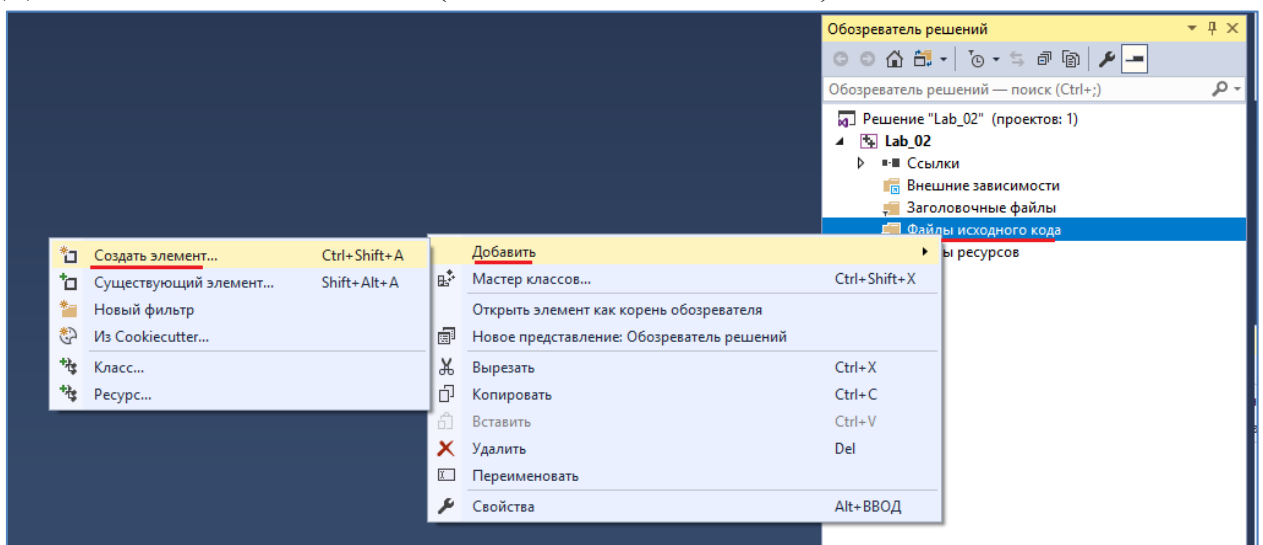
Настраиваем зависимости сборки:



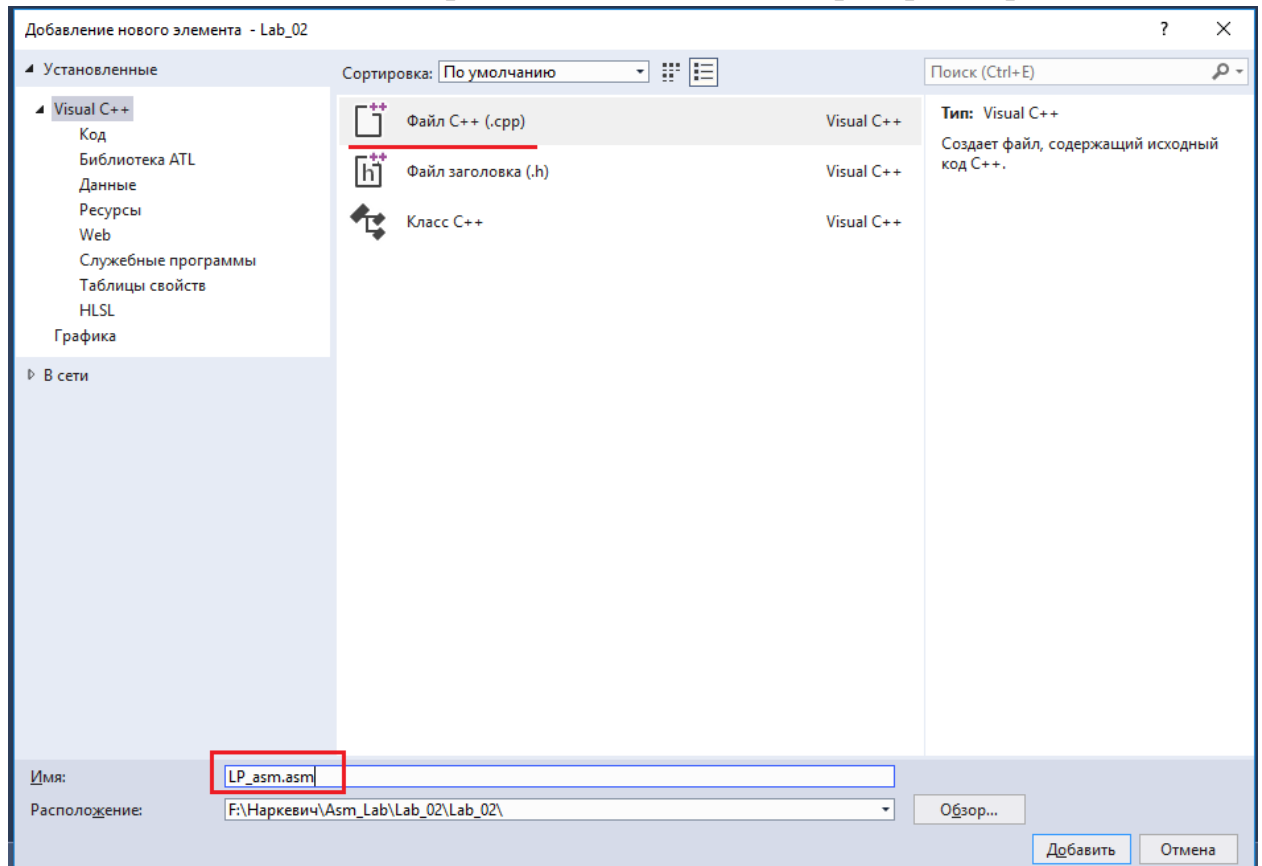




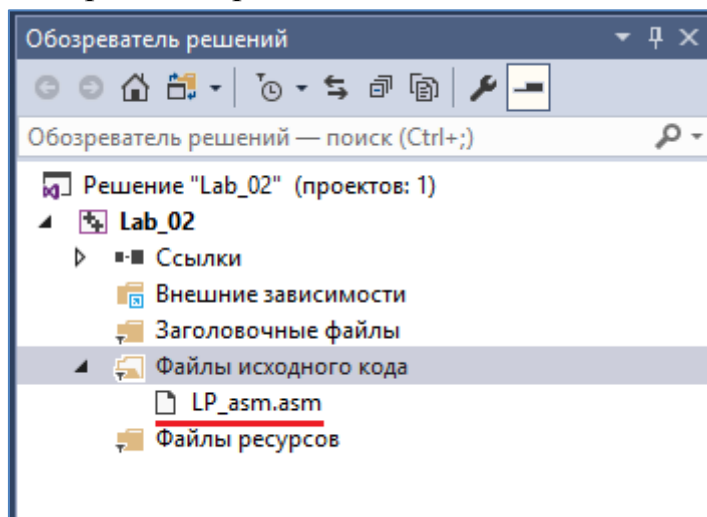
Добавляем новый элемент (создаем новый элемент):

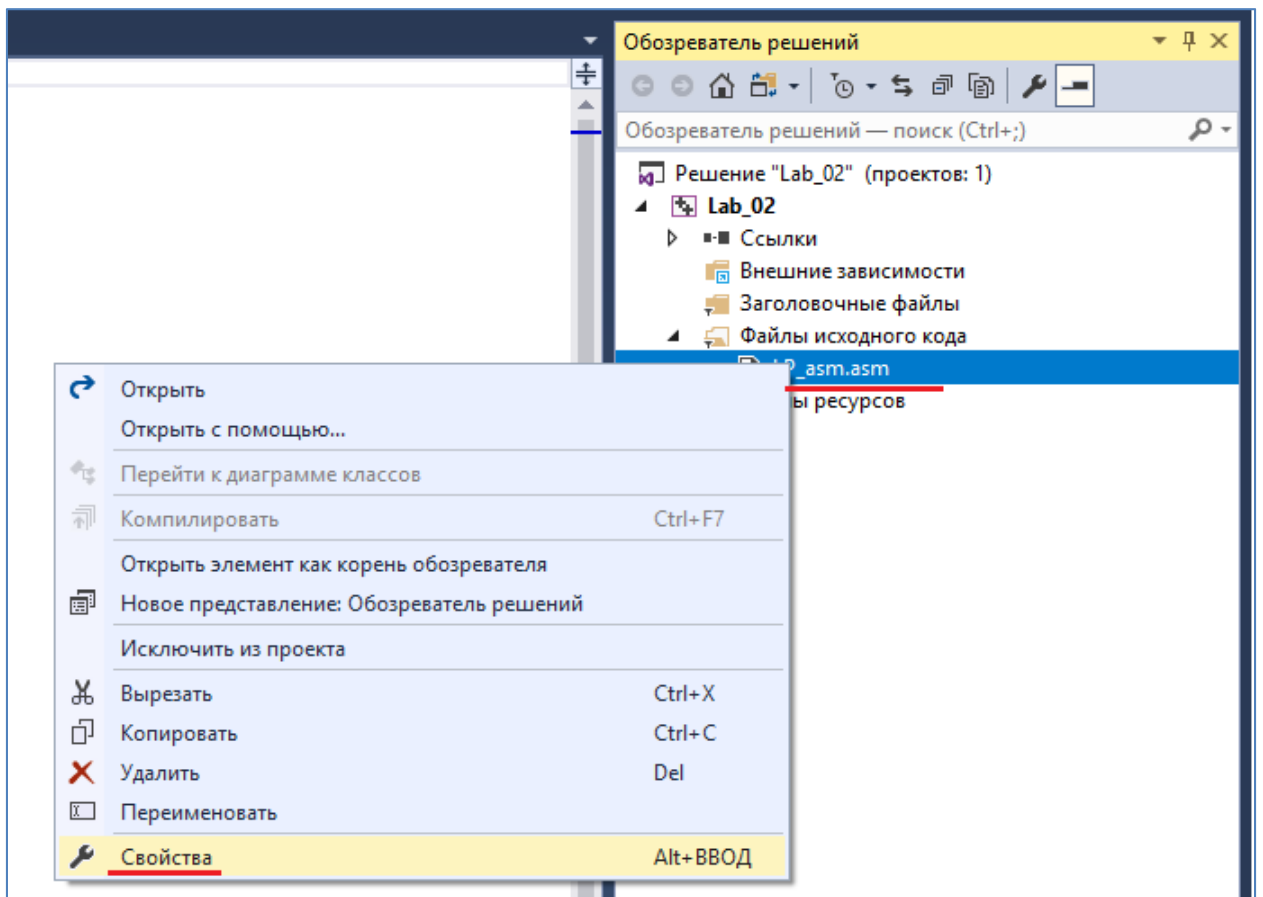


Указываем имя исходного файла на языке ассемблера с расширением **.asm**

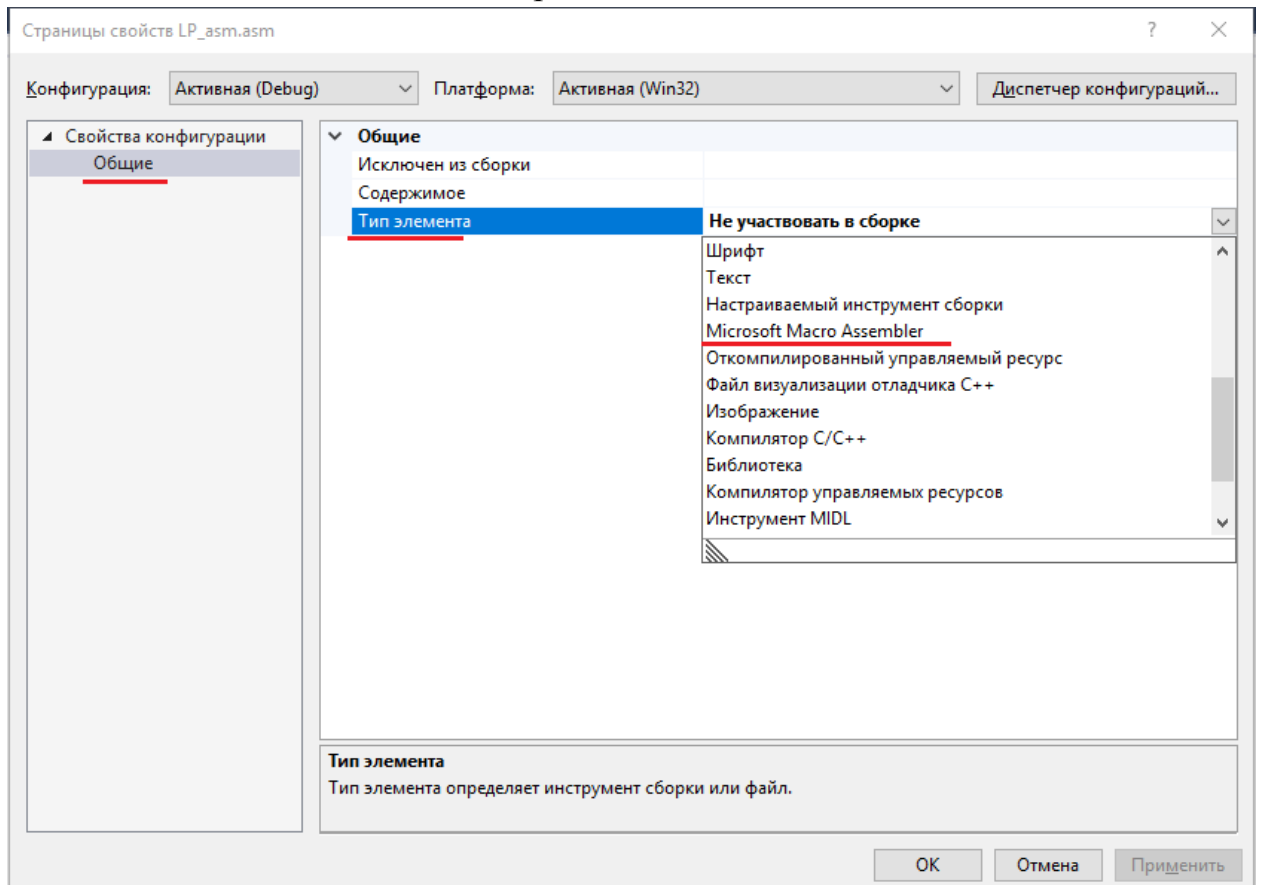


Обозреватель решений:

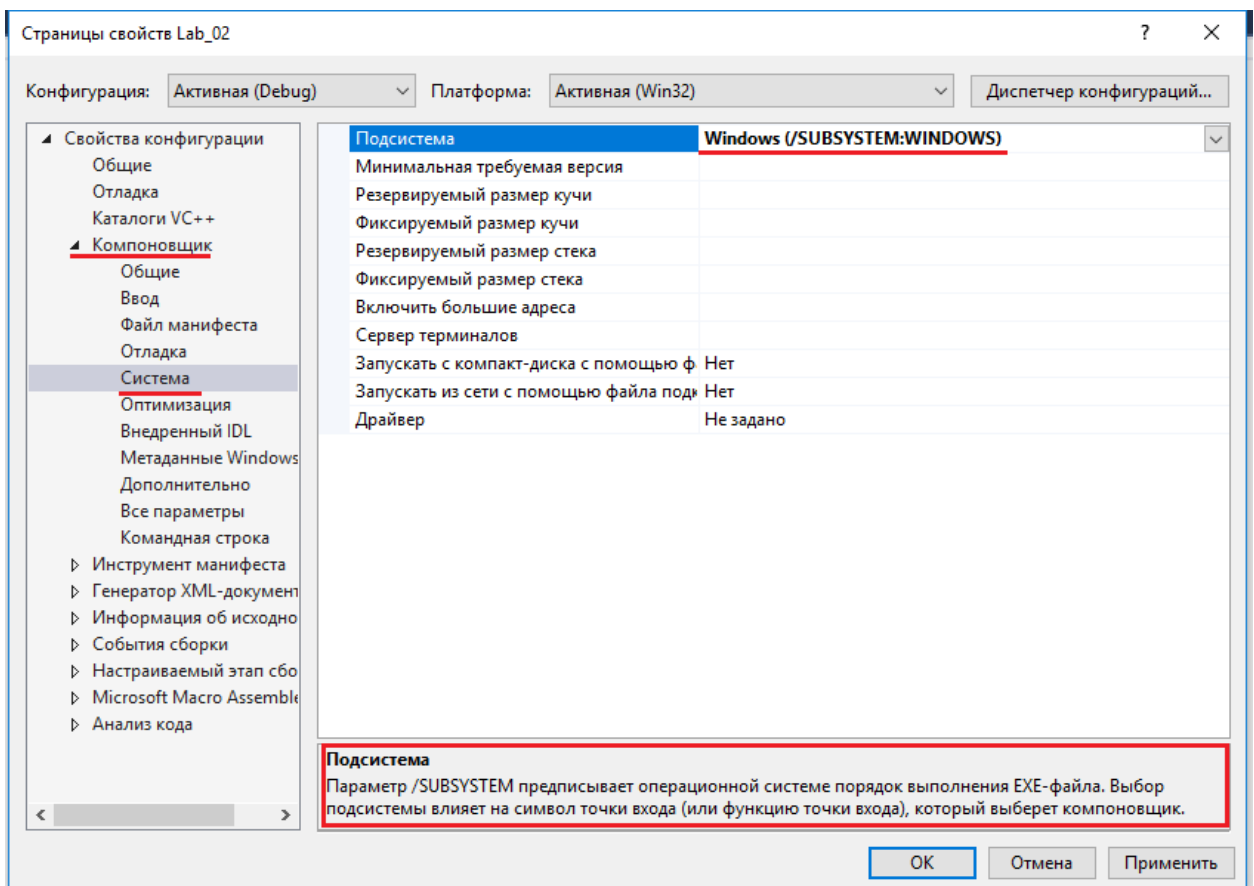
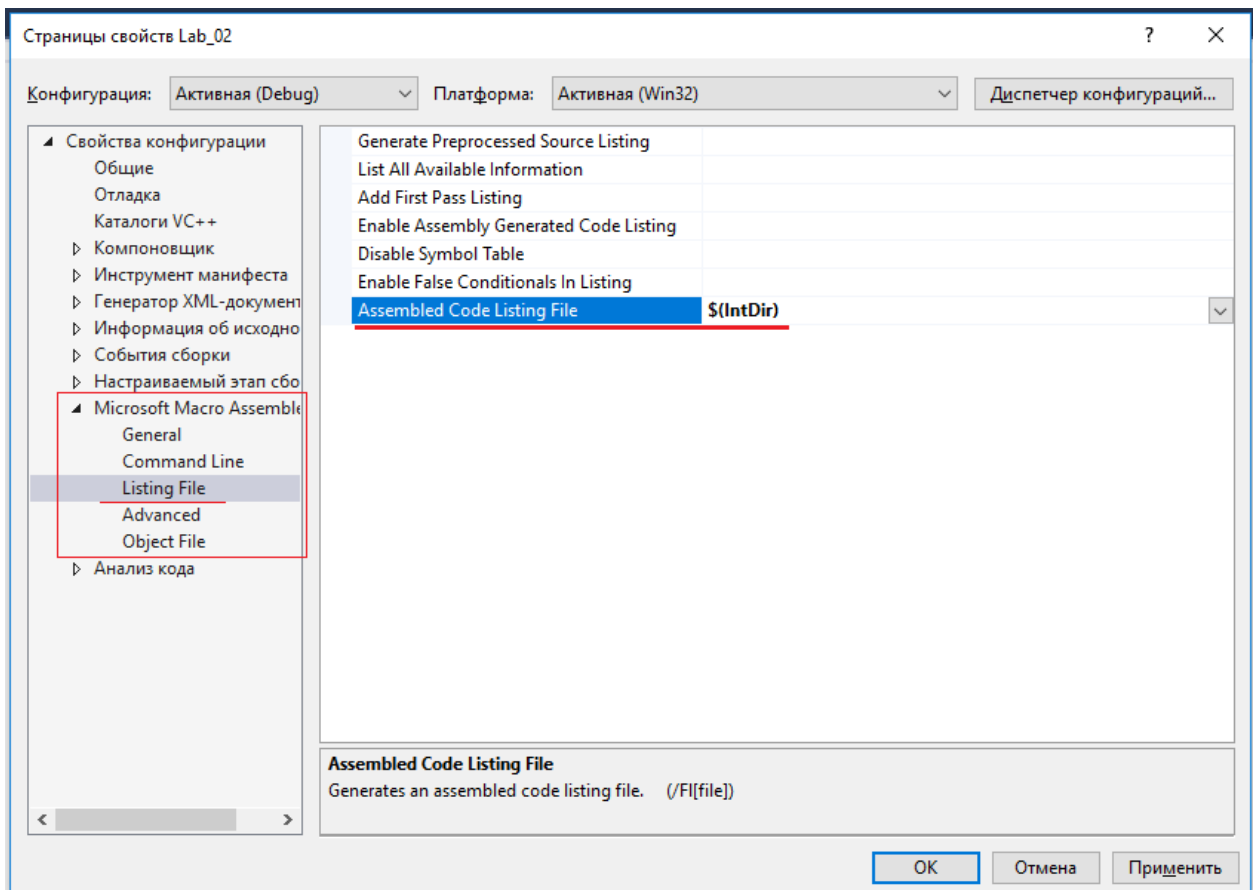




Устанавливаем тип элемента сборки:



Указываем местоположение листинга:



## 9. Простейшее приложение

```
.586                      ; система команд (процессор Pentium)
.model flat,stdcall       ; модель памяти, соглашение о вызовах
includelib kernel32.lib   ; компоновщику: компоновать с kernel32.lib
ExitProcess PROTO :DWORD  ; прототип функции

.stack 4096               ; сегмент стека объемом 4096

.const                   ; сегмент констант

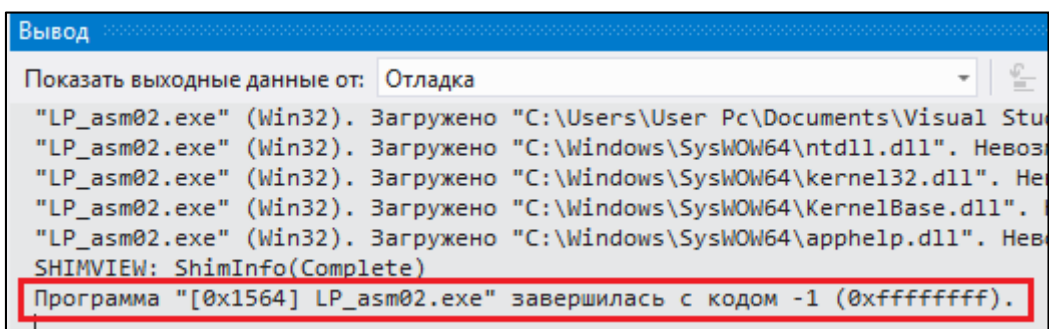
.data                   ; сегмент данных

.code                   ; сегмент кода

main PROC               ; начало процедуры

    push -1              ; код возврата процесса (параметр ExitProcess )
    call ExitProcess      ; так должен заканчиваться любой процесс Windows
main ENDP               ; конец процедуры

end main                ; конец модуля, main - точка входа
```



Вывод

Показать выходные данные от: Отладка

"LP\_asm02.exe" (Win32). Загружено "C:\Users\User Pc\Documents\Visual Stu

"LP\_asm02.exe" (Win32). Загружено "C:\Windows\SysWOW64\ntdll.dll". Невоз

"LP\_asm02.exe" (Win32). Загружено "C:\Windows\SysWOW64\kernel32.dll". Не

"LP\_asm02.exe" (Win32). Загружено "C:\Windows\SysWOW64\KernelBase.dll".

"LP\_asm02.exe" (Win32). Загружено "C:\Windows\SysWOW64\apphelp.dll". Нев

SHIMVIEW: ShimInfo(Complete)

Программа "[0x1564] LP\_asm02.exe" завершилась с кодом -1 (0xffffffff).

## Простое приложение:

```
.586                      ; система команд(процессор Pentium)
.MODEL flat, stdcall      ; модель памяти, соглашение о вызовах
includelib kernel32.lib   ; компоновщику: компоновать с kernel32.lib

ExitProcess PROTO : DWORD ; прототип функции ExitProcess
MessageBoxA PROTO : DWORD, : DWORD, : DWORD, : DWORD ; прототип функции MessageBoxA

.STACK 4096                ; сегмент стека объемом 4096

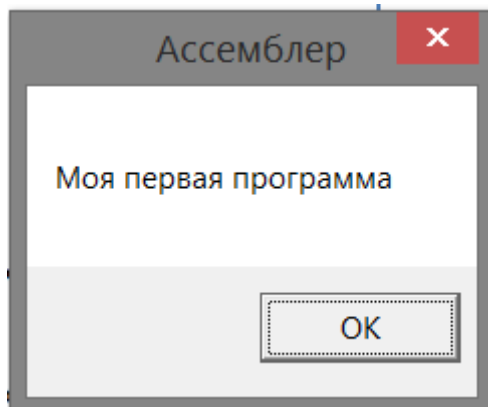
.CONST                     ; сегмент констант

.DATA                     ; сегмент данных
MB_OK EQU 0               ; EQU определяет константу
STR1 DB "Ассемблер", 0    ; строка + нулевой байт
STR2 DB "Моя первая программа", 0 ; строка + нулевой байт
HW DD ?                  ; двойное слово длиной 4 байта, неинициализировано

.CODE                     ; сегмент кода
main PROC                ; точка входа, начало процедуры main
START:                   ; метка
    push MB_OK
    push OFFSET STR1
    push OFFSET STR2
    push HW
    CALL MessageBoxA      ; вызов функции

    push 0                ; код возврата процесса Windows (параметр ExitProcess)
    call ExitProcess      ; завершение процесса Windows

main ENDP                ; конец процедуры
end main                  ; конец модуля, точка входа main
```



Программа на ассемблере – это модуль, включающий одну главную, или основную, процедуру, с которой начинается выполнение.

.586 – эта директива выбирает поддерживаемый набор команд ассемблера, указывая модель процессора.

Модуль может содержать сегмент кода, сегменты данных и стека. Нужно указать модель памяти при помощи директивы .MODEL.

Плоская модель памяти flat (flat memory model). Эта модель памяти используется в операционной системе Windows. Адресация любой ячейки памяти будет определяться содержимым одного 32-битного регистра.

Определяет приложение, выполняющееся, в защищенном режиме с использованием линейной (несегментированной) модели памяти.

`stdcall` – используемое соглашение о вызовах процедур.

Подключение необходимых библиотек: `kernel32.lib`, которая содержит функцию `ExitProcess`.

Объявление прототипа функции с использованием директивы `PROTO`

(после символа «:» указывается тип параметра, параметры разделяются символом «,»).

Параметры WinAPI-функций 32-битные (целые числа).

Все WinAPI-функции созданы по соглашению `stdcall`.

Функция `MessageBoxA` вызывается из системной библиотеки Windows `user32.dll`.

`MessageBox` – выводит на экран окно с сообщением и кнопкой выхода.

Параметры функции:

- дескриптор окна, в котором будет появляться окно-сообщение;
- текст, который будет появляться в окне;
- текст заголовка окна;
- тип окна, в частности можно определить количество кнопок выхода.

В Windows для прикладной программы отводится один большой плоский сегмент.

### **Секции (сегменты):**

`.STACK` – сегмент стека. Размер стека по умолчанию – 1 Мб.

`.CONST` – сегмент (или секция) констант.

`.DATA` – сегмент (или секция) данных.

`.CODE` – сегмент кода.

Директива `EQU` определяет константу (подобно `#define` в языке СИ).

`STR1` и `STR2` – символьные строки, должны заканчиваться 0 байтом.

`HW` – неинициализированное двойное слово (4 байта = 32-бита).

`main PROC` – директива `PROC` определяет начало процедуры.

`START` – метка.

Директива `OFFSET` указатель начала строки.

`CALL` – вызов функции.

`main ENDP` – конец процедуры `main`.

`END main` – последняя инструкция программы, в ней указывается точка входа в программу (определено как имя `main`).

## Типы данных

В семействе процессоров IA-32 аппаратно поддерживаются процессором размеры для хранения типов данных:

Размер в битах	Тип	Диапазон значений	Степень двойки
8	Байт	0...255	$0...(2^8-1)$
16	Слово	0...65 355	$0...(2^{16}-1)$
32	Двойное слово	0...4 294 967 295	$0...(2^{32}-1)$
64	Учетверенное слово	0... 18 446 744 073 709 551 615	$0...(2^{64}-1)$

В языке ассемблера существует 5 (пять) директив для определения данных:

- DB (define byte) – определяет переменную размером в 1 байт;
- DW (define word) – определяет переменную размером в 2 байта (слово);
- DD (define double word) – определяет переменную размером в 4 байта (двойное слово);
- DQ (define quad word) – определяет переменную размером в 8 байт (учетверенное слово);
- DT (define ten bytes) – определяет переменную размером в 10 байт.

```
.586 ; система команд(процессор Pentium)
.MODEL flat, stdcall ; модель памяти, соглашение о вызовах
includelib kernel32.lib ; компоновщику: компоновать с kernel32.lib

ExitProcess PROTO : DWORD ; прототип функции ExitProcess
MessageBoxA PROTO : DWORD, : DWORD, : DWORD, : DWORD ; прототип функции MessageBoxA

.STACK 4096 ; сегмент стека объемом 4096

.CONST ; сегмент констант

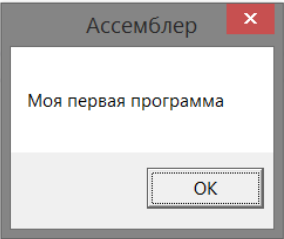
.DATA ; сегмент данных
MB_OK EQU 0 ; EQU определяет константу
STR1 DB "Ассемблер", 0 ; строка + нулевой байт
STR2 DB "Моя первая программа", 0 ; строка + нулевой байт
HW DD ? ; двойное слово длиной 4 байта, неинициализировано

.CODE ; сегмент кода
main PROC ; точка входа, начало процедуры main
START: ; метка

    INVOKE MessageBoxA, HW, OFFSET STR2, OFFSET STR1, MB_OK

    push 0 ; код возврата процесса Windows (параметр ExitProcess)
    call ExitProcess ; завершение процесса Windows

main ENDP ; конец процедуры
end main ; конец модуля, точка входа main
```



Транслятор языка MASM позволяет упростить вызов функций при помощи INVOKE. Встроенный макрос INVOKE используется для вызова любых функций, прототип которой должен быть задан.

Порядок следования параметров должен точно соответствовать прототипу функции.



## 10. Листинг

Ассемблер может создавать листинг программы с номерами строк, адресами переменных, операторами исходного языка и таблицей перекрестных ссылок символов и переменных, используемых в программе. В листинге содержится оттранслированный машинный код, представленный в шестнадцатеричном виде.

D:) ▸ Adel ▸ LPPrim ▸ LP_asm02 ▸ LP_asm02 ▸ Debug			
Имя	Дата изменения	Тип	Размер
LP_asm02.tlog	03.04.2017 0:53	Папка с файлами	
<u>LP_asm.lst</u>	03.04.2017 0:51	MASM Listing	4 КБ
LP_asm.obj	03.04.2017 0:51	Object File	2 КБ
LP_asm02.Build.CppClean.log	03.04.2017 0:51	Log File	1 КБ
LP_asm02.log	03.04.2017 0:53	Log File	2 КБ

### Листинг программы:

Microsoft (R) Macro Assembler Version 12.00.21005.1		04/03/17 00:51:04	
LP_asm.asm		Page 1 - 1	
.586P		; система команд(процессор Pentium)	
.MODEL FLAT, STDCALL		; модель памяти, соглашение о вызовах	
includelib kernel32.lib		; компоновщику: компоновать с kernel32	
ExitProcess PROTO : DWORD		; прототип функции для завершения процесса Windows	
MessageBoxA PROTO : DWORD, : DWORD, : DWORD, : DWORD			
.STACK 4096		; выделение стека объёмом 4 мегабайта	
00000000 .CONST		; сегмент констант	
00000000 .DATA		; сегмент данных	
= 00000000 MB_OK EQU 0		; EQU определяет константу	
00000000 CC EE FF 20 EF STR1 DB "Моя первая программа", 0		; строка, первый элемент данные + нулевой бит	
E5 F0 E2 E0 FF			
20 EF F0 EE E3			
F0 E0 EC EC E0			
00			
00000015 CF F0 E8 E2 E5 STR2 DB "Привет всем!", 0		; строка, первый элемент данные + нулевой бит	
F2 20 E2 F1 E5			
EC 21 00			
00000022 00000000 HW DD ?			
00000000 .CODE		; сегмент кода	
00000000 main PROC		; точка входа main	
00000000 START :		; метка	

#### Segments and Groups:

N a m e	Size	Length	Align	Combine	Class
CONST . . . . .	32 Bit	00000000	Para	Public	'CONST' ReadOnly
FLAT . . . . .	GROUP				
STACK . . . . .	32 Bit	00001000	Para	Stack	'STACK'
__DATA . . . . .	32 Bit	00000026	Para	Public	'DATA'
__TEXT . . . . .	32 Bit	0000001E	Para	Public	'CODE'

#### Procedures, parameters, and locals:

N a m e	Type	Value	Attr
ExitProcess . . . . .	P Near	00000000	FLAT Length= 00000000 External STDCALL
MessageBoxA . . . . .	P Near	00000000	FLAT Length= 00000000 External STDCALL
main . . . . .	P Near	00000000	__TEXT Length= 0000001E Public STDCALL
START . . . . .	L Near	00000000	__TEXT

Результат выполнения:

