Лекция А1
БГТУ, ФИТ, ПИ, 3 семестр,
Конструирование программного обеспечения

Введение в язык Ассемблера

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

Рекомендуемая литература:

1	**Ирвин К. Р. Язык ассемблера для процессоров Intel / К. Р. Ирвин. – М.: Вильямс, 2005. – 912с.**
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	http://natalia.appmat.ru/c&c++/assembler.html Страница, посвященная ассемблеру. Конспект лекций – Чибизова 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 **ассемблера** – это машинно-ориентированный язык программирования.

Команды ассемблера соответствуют командам процессора.

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

Intel	AT&T	Некоторые особенности синтаксиса AT&T
`mov eax, 10h`	`movl $0x10, %eax`	- `l` - суффикс имени команды - <команда> <источник>, <приёмник> - знак доллара в начале числовой константы

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:

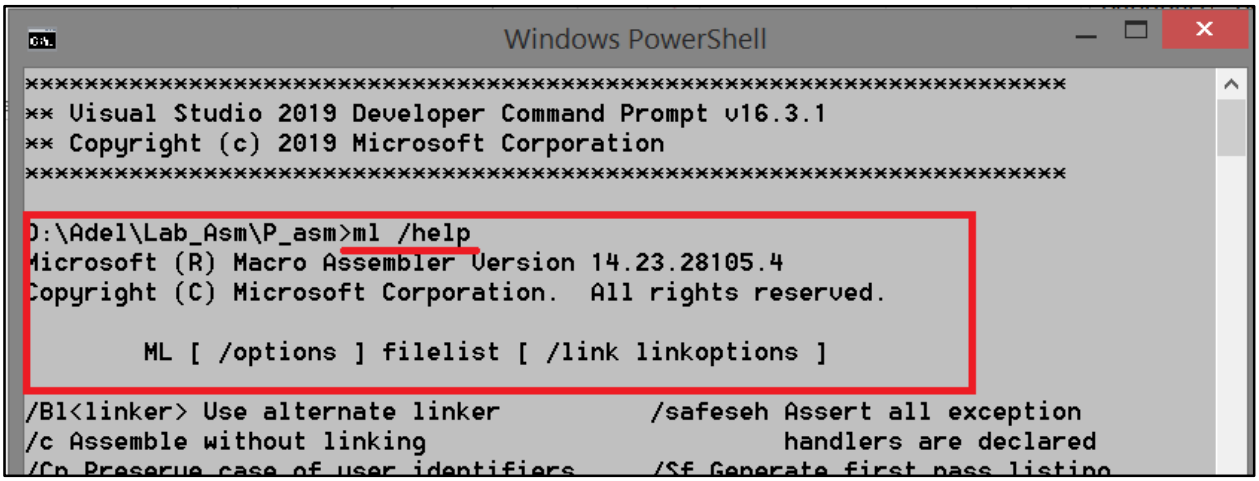
Де-факто стандартом языка ассемблера стала 5-я версия транслятора MASM (*Macro Assembler*) фирмы Microsoft.

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

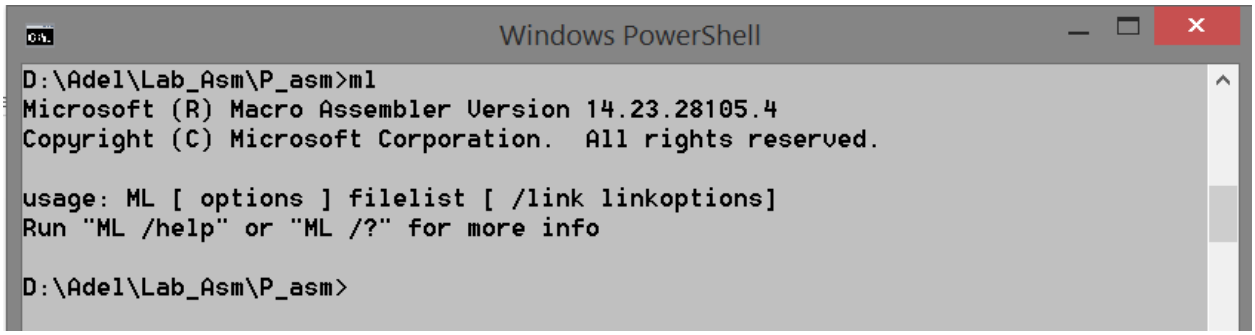
Также наиболее популярными являются (но синтаксис отличается):

- 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**, версия MASM 12.0 (MASM 14.0) или выше



MASM 14.23.28105.4



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).

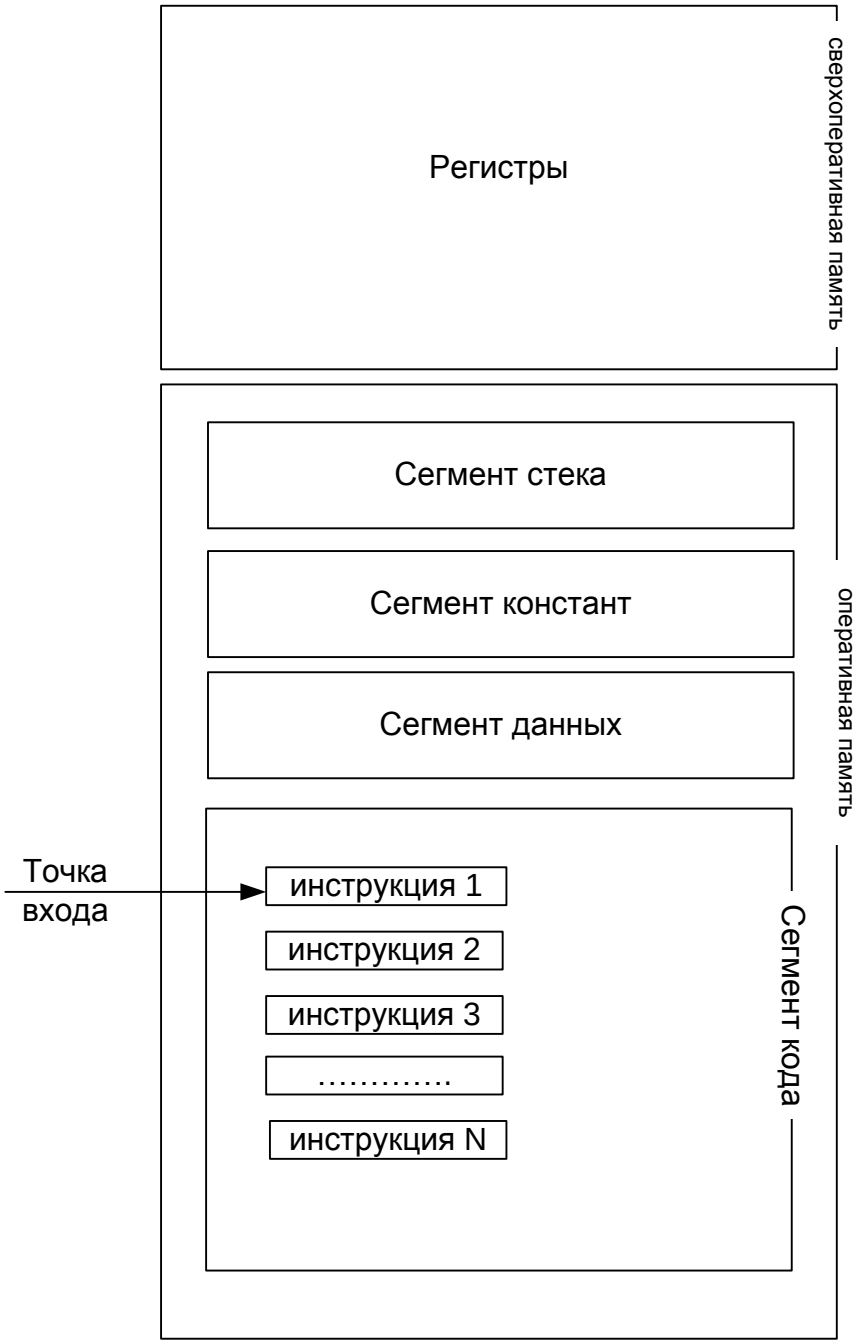
Уровень 1 – составляет ***систему микрокоманд*** процессора (VM1), которая выполнена в виде интерпретатора.

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



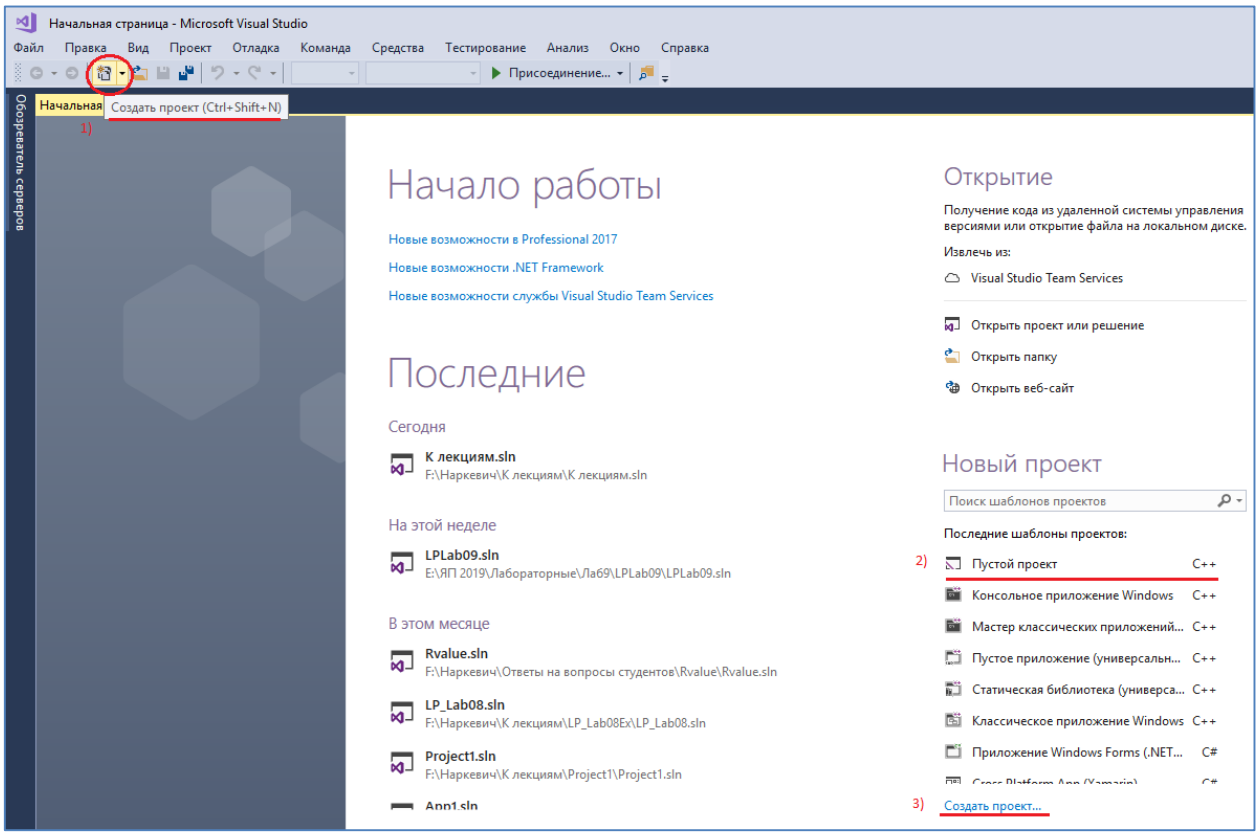
Программа состоит из одного или нескольких сегментов:

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

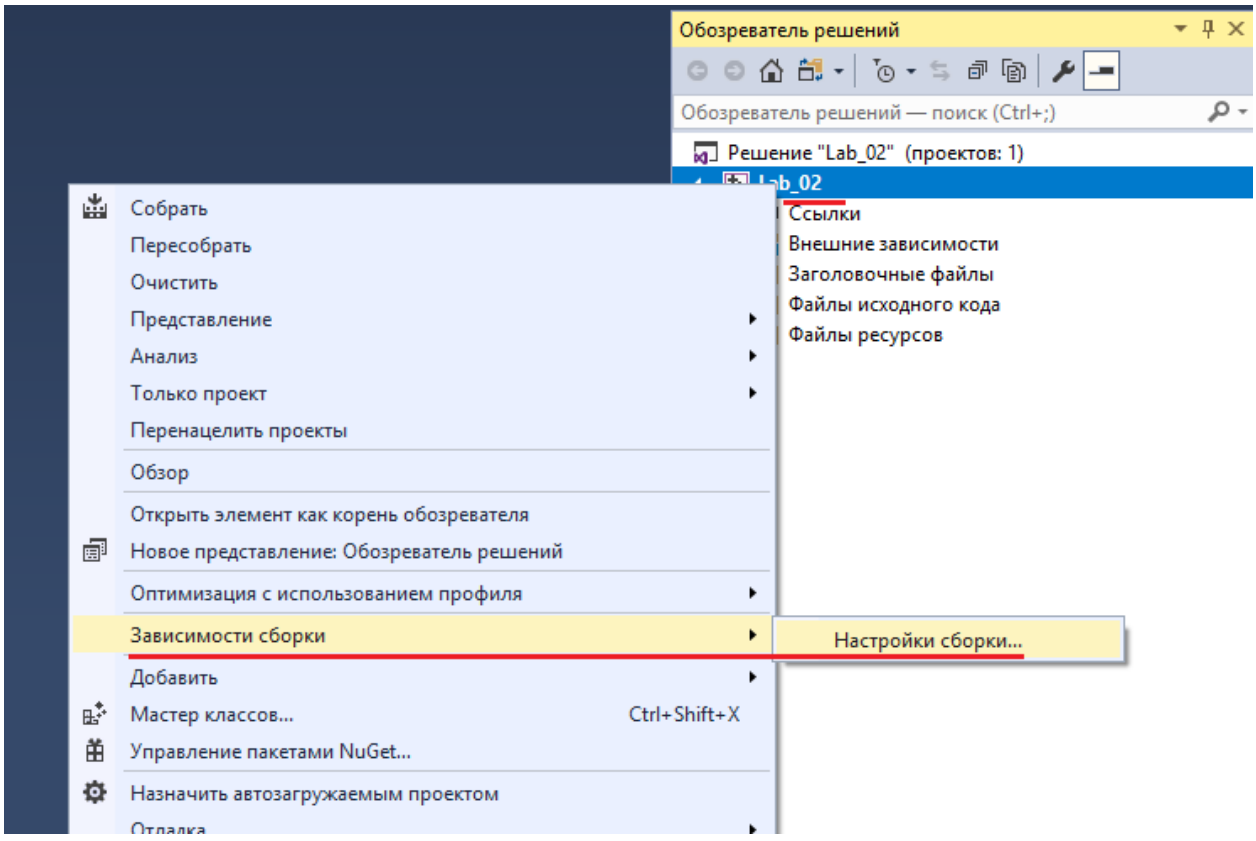
Регистры – участки высокоскоростной памяти центрального процессора, предназначенные для оперативного хранения данных и быстрого доступа к ним.

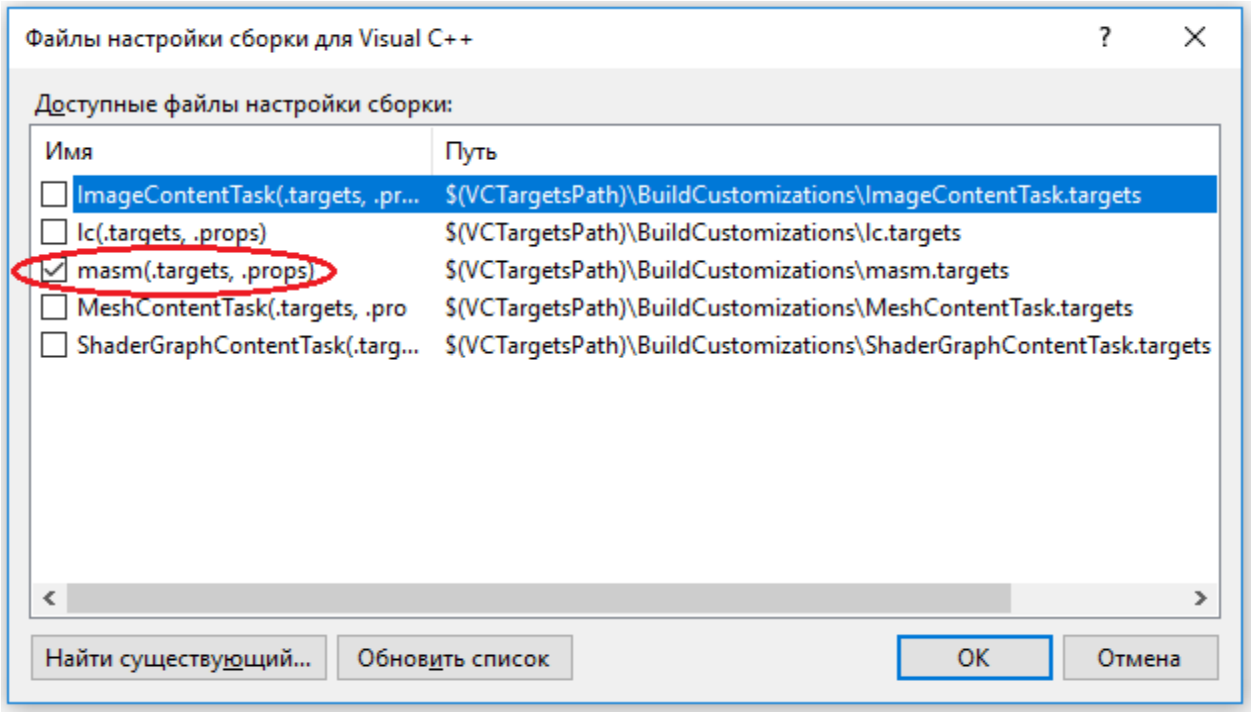
8. Создание MASM-проекта в Visual Studio 2017 (Visual Studio 2019).

Создаем пустой проект:

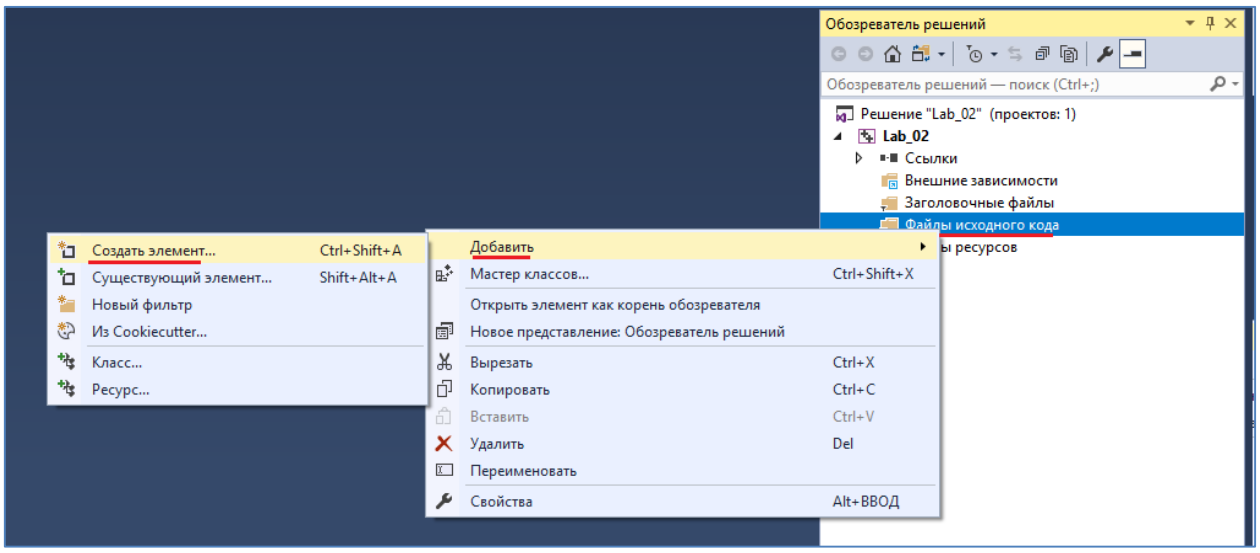


Настраиваем зависимости сборки:

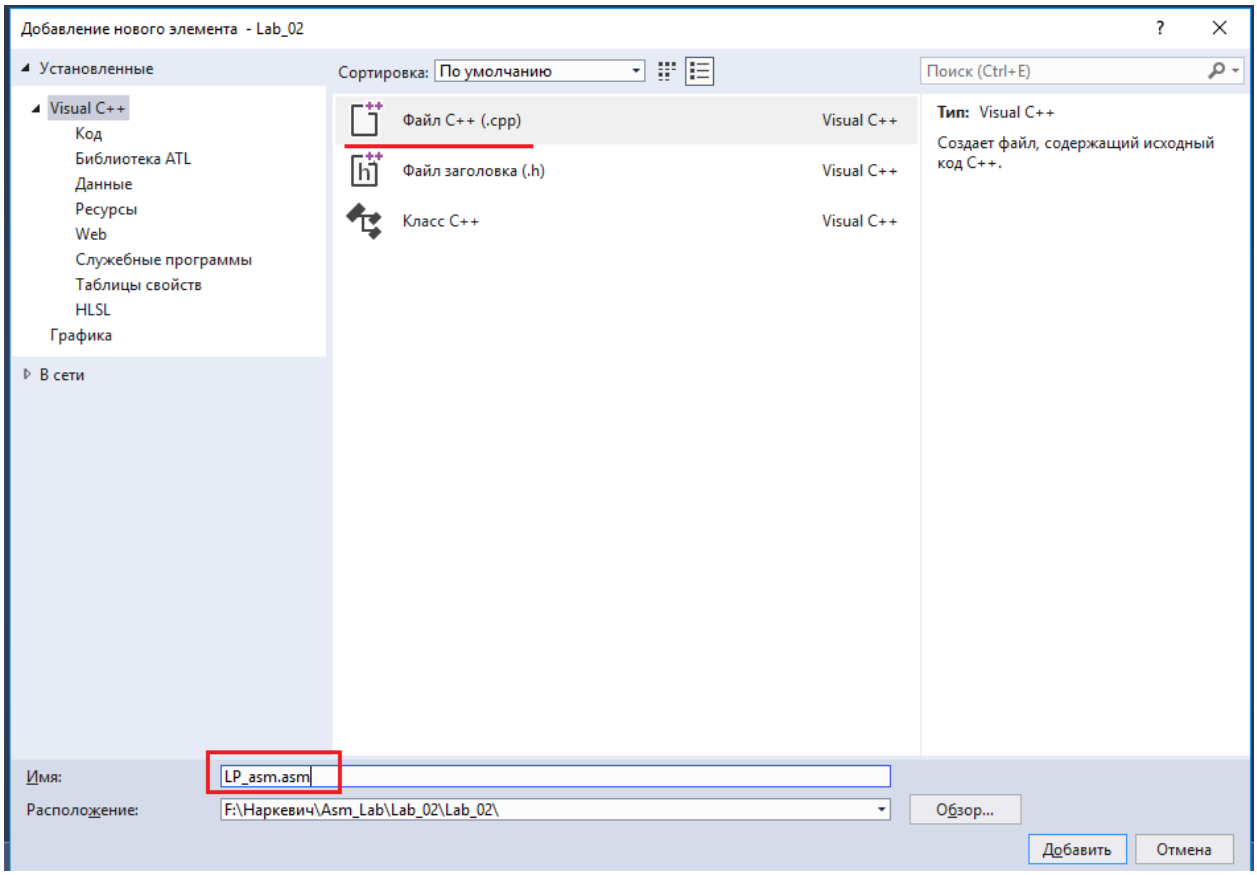




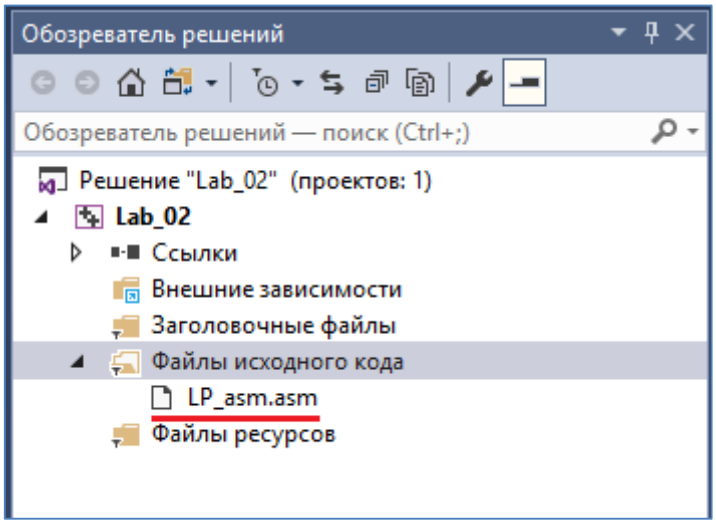
Добавляем новый элемент (создаем новый элемент):

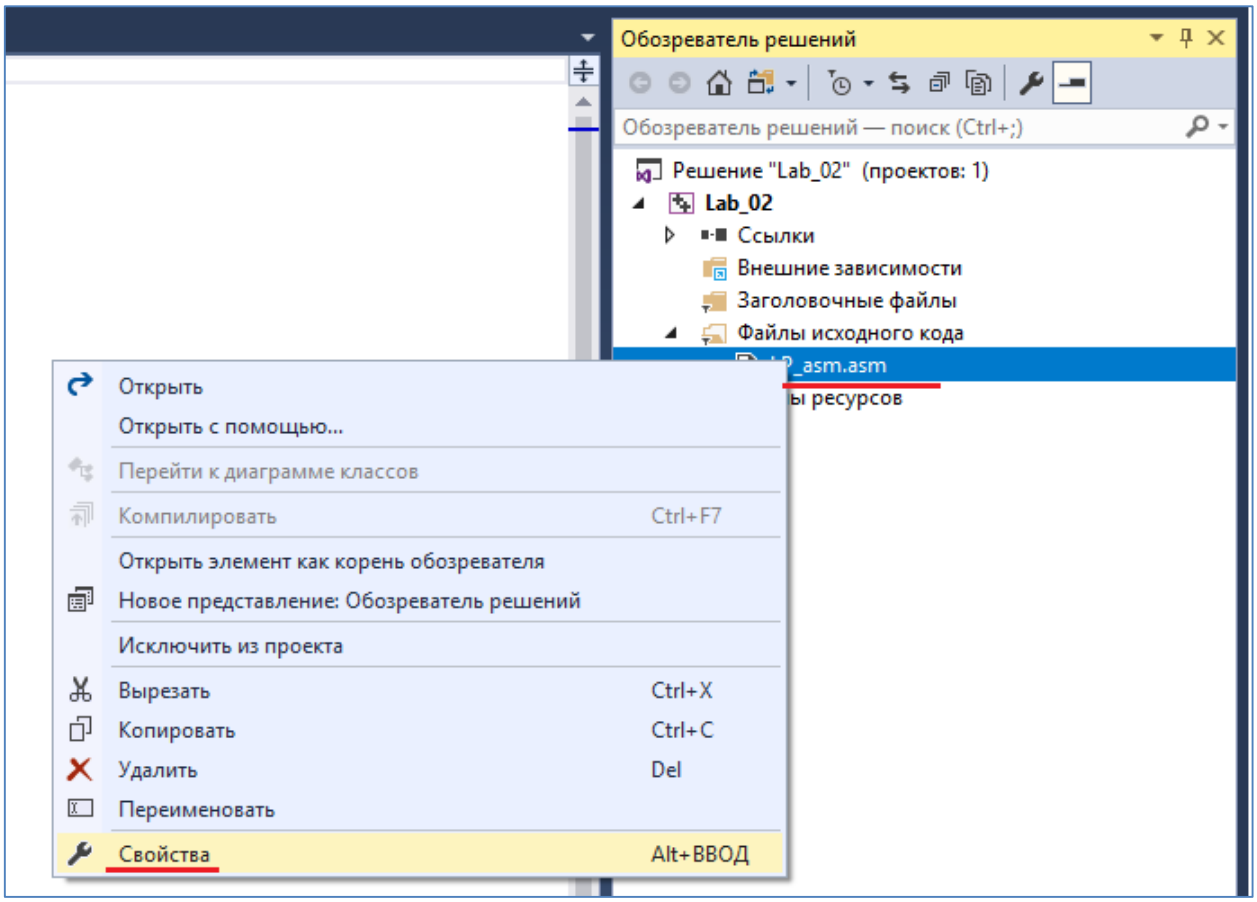


Указываем имя исходного файла на языке ассемблера с расширением **.asm**

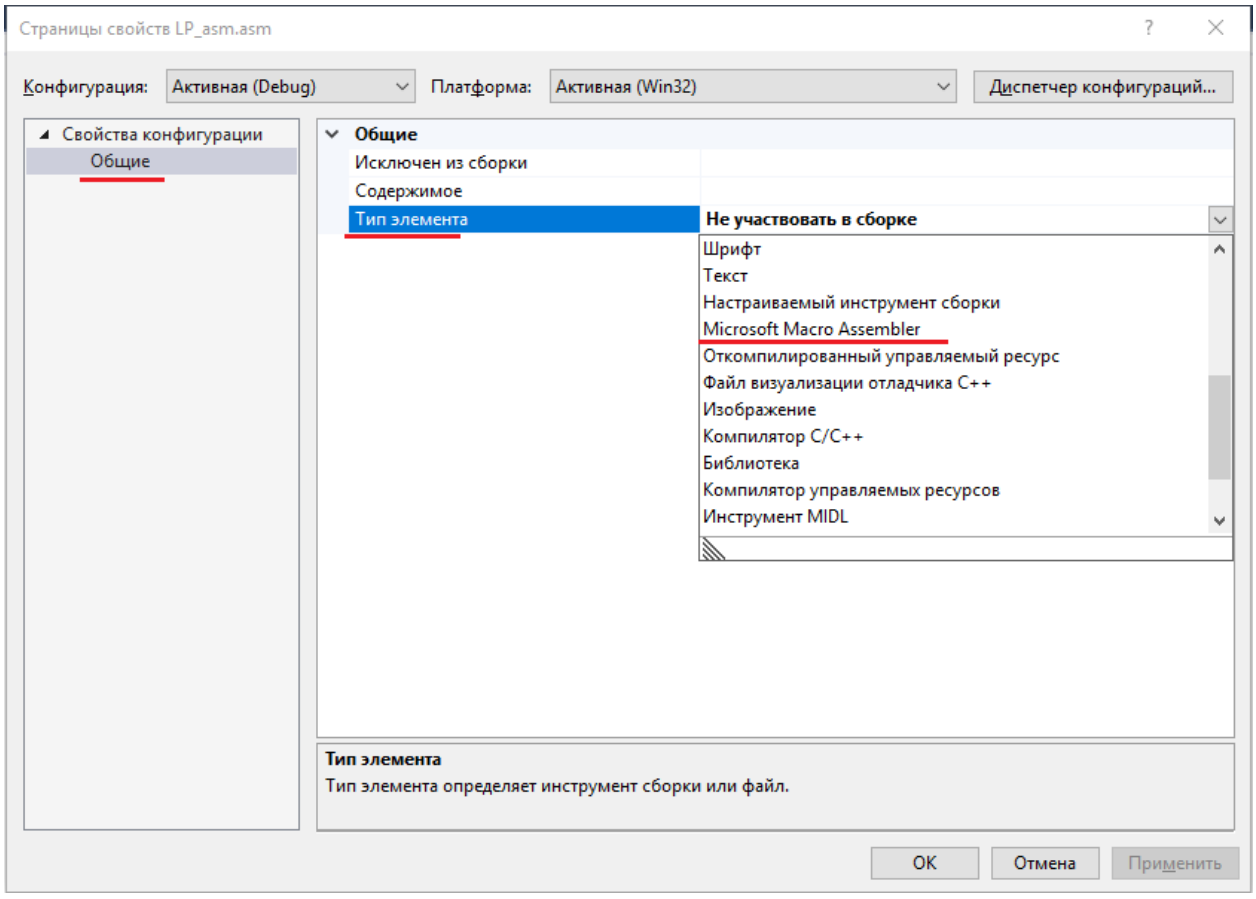


Обозреватель решений:

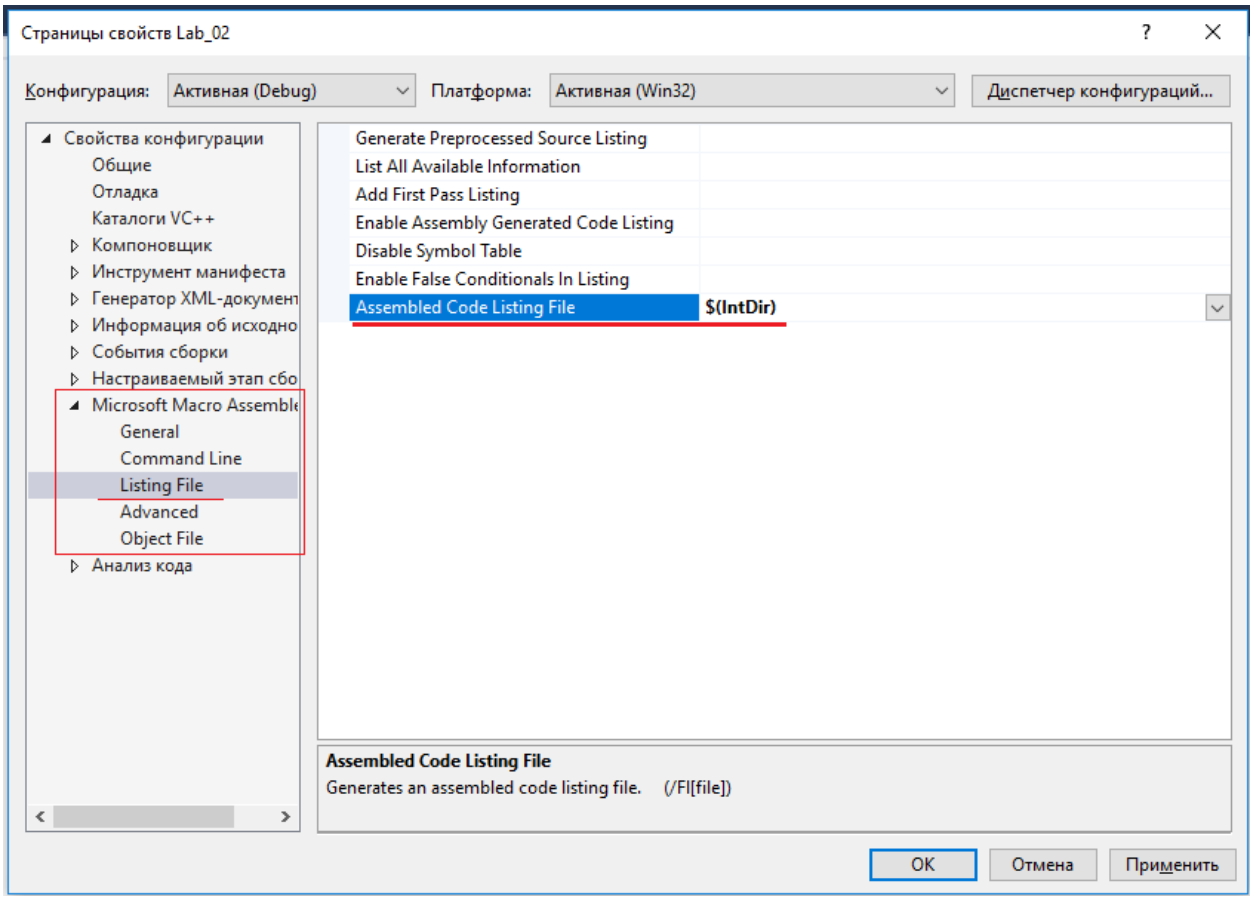




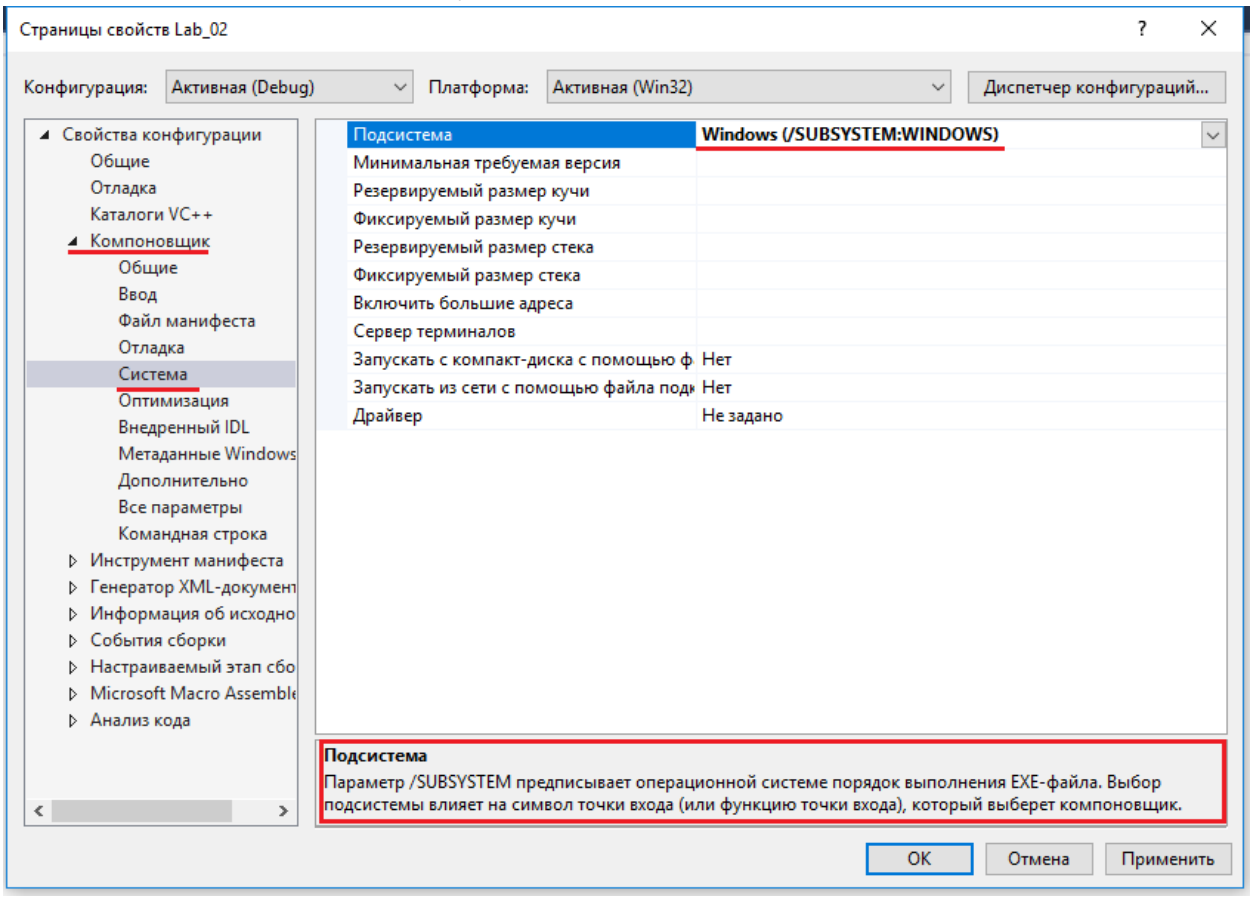
Устанавливаем тип элемента сборки:



Указываем местоположение листинга:

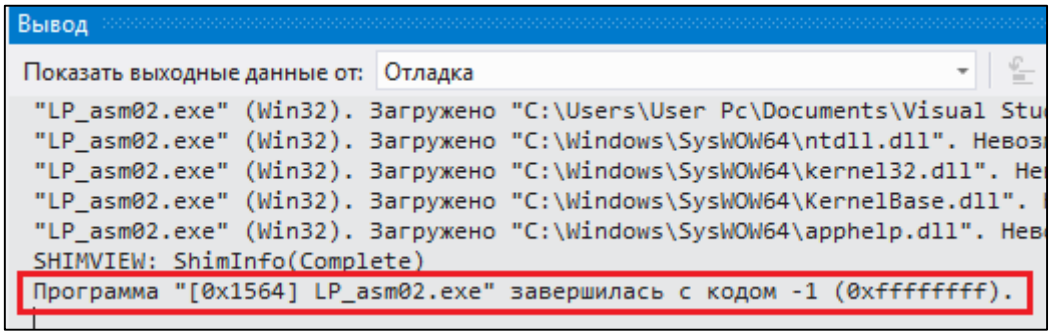


Устанавливаем подсистему:



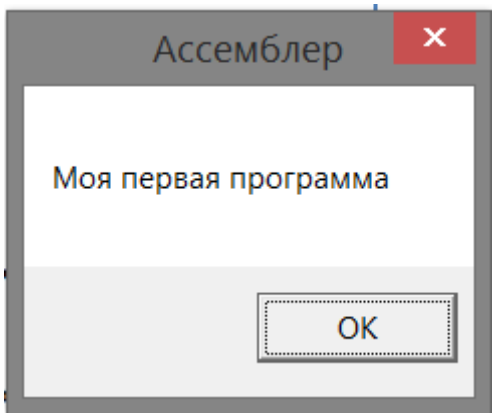
9. Простейшее приложение

```
.586                        ; система команд (процессор Pentium)
.model flat,stdcall         ; модель памяти, соглашение о вызовах
includelib kernel32.lib     ; компановщику: 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 возрата процесса (параметр ExitProcess )
     call ExitProcess       ; так должен заканчиваться любой процесс Windows
main ENDP                   ; конец процедуры

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



Простое приложение:

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

`.MODEL` – директива указывает модель памяти и соглашение о вызовах:

– 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 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` – неициализированное 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

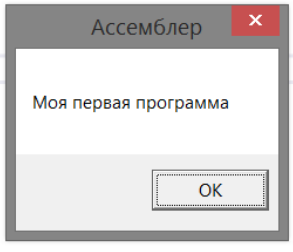
В семействе процессоров IA-32 аппаратно поддерживаются процессором размеры для хранения типов данных:

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 размеров 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 (учетверённое 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     ; компановщику: компановать 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
```

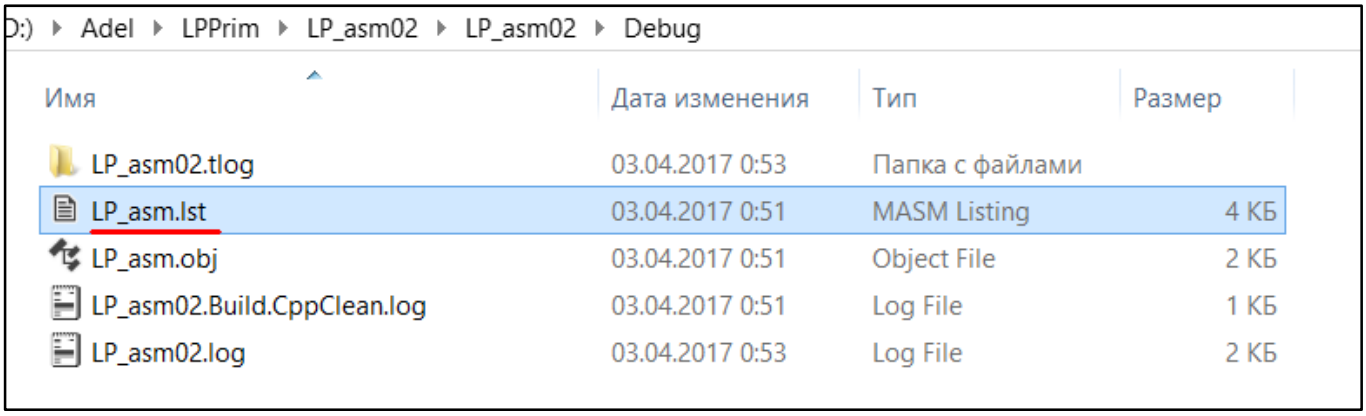


Транслятор языка MASM позволяет упростить вызов функций при помощи макроса `INVOKE`. Встроенный макрос `INVOKE` используется для вызова любых функций, прототип которой должен быть задан.

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.



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                                 ; компановщику: 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: