

---

# **Машинно-зависимые языки программирования, лекция 2**

Каф. ИУ7 МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2025 г.

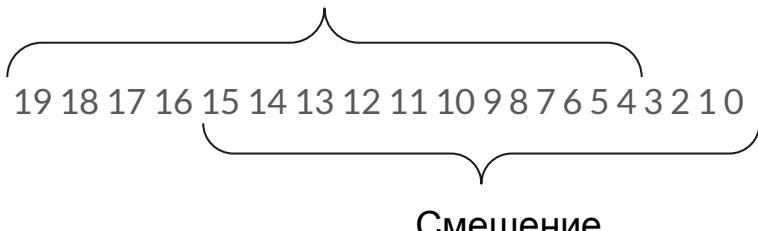
---

## **Логическая структура памяти. Сегменты**

- Сегмент кода (регистр CS)
- Сегменты данных (основной регистр - DS, для дополнительных сегментов - ES, FS, GS)
- Сегмент стека (регистр SS)

# Память в реальном режиме работы процессора - пример

Номер параграфа начала сегмента



[SEG]:[OFFSET] => физический адрес:

1. SEG необходимо побитово сдвинуть на 4 разряда влево (или умножить на 16, что тождественно)
2. К результату прибавить OFFSET

5678h:1234h =>

$$\begin{array}{r} 56780 \\ + \underline{1234} \\ \hline 579B4 \end{array}$$

Вычисление физического адреса выполняется процессором аппаратно, без участия программиста.

Распространённые пары регистров: CS:IP, DS:BX, SS:SP

## Память 8086 (20-разрядная адресация)

00000	
00001	
00002	
00003	
00004	
00005	
00006	
00007	
00008	
00009	
0000A	
0000B	
0000C	
0000D	
0000E	
0000F	

Параграф 0

00010	
00011	
00012	
00013	
00014	
00015	
00016	
00017	
00018	
00019	
0001A	
0001B	
0001C	
0001D	
0001E	
0001F	

Параграф 1

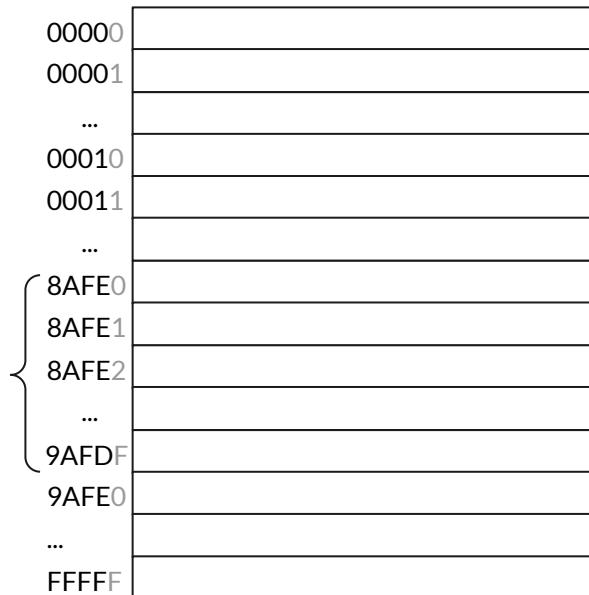
FFFF0	
FFFF1	
FFFF2	
FFFF3	
FFFF4	
FFFF5	
FFFF6	
FFFF7	
FFFF8	
FFFF9	
FFFFA	
FFFFB	
FFFFC	
FFFFD	
FFFE	
FFFF	

Параграф FFFF

...

## Сегментная модель памяти 8086

Максимальный размер  
сегмента с начальной  
сегментной частью адреса  
8AFE



$$8AFE:0000 = 8AFE0$$

$$8AFE:001F = 8AFFF$$

$$8AFE:1000 = 8BFE0$$

$$8AFE:FFFF = 8AFE0 + 10000 - 1 = 9AFDF$$

---

## Целочисленная арифметика (основные команды)

- ADD <приёмник>, <источник> - выполняет арифметическое сложение приёмника и источника.  
Сумма помещается в приёмник, источник не изменяется.
- SUB <приёмник>, <источник> - арифметическое вычитание источника из приёмника.
- MUL <источник> - беззнаковое умножение. Умножаются источник и AL/AX/EAX/RAX, в зависимости от размера источника. Результат помещается в AX либо DX:AX/EDX:EAX/RDX:RAX.
- IMUL <источник>; IMUL <приёмник>, <источник>;  
<приёмник>, <источник1>, <источник2> - знаковое умножение
- DIV <источник> - целочисленное беззнаковое деление. Делится AL/AX/EAX/RAX на источник.  
Результат помещается в AL/AX/EAX/RAX, остаток - в AH/DX/EDX/RDX.
- IDIV <источник> - знаковое деление
- INC <приёмник> - инкремент на 1
- DEC <приёмник> - декремент на 1

---

## Побитовая арифметика (основные команды)

- AND <приёмник>, <источник> - побитовое “И”. AND al, 00001111b
- OR <приёмник>, <источник> - побитовое “ИЛИ”. OR al, 00001111b
- XOR <приёмник>, <источник> - побитовое исключающее “ИЛИ”. XOR AX, AX
- NOT <приёмник> - инверсия

---

# Структура программы на ассемблере

(Зубков С. В. Assembler для DOS, Windows, Unix, глава 3)

- Модули (файлы исходного кода)
  - Сегменты (описание блоков памяти)
    - команды процессора;
    - инструкции описания структур данных, выделения памяти для переменных и констант;
    - макроопределения.

Полный формат строки:

метка

команда / директива

операнды

; комментарий



# Метки

## В коде

- Пример:

```
    mov cx, 5
```

```
label1:
```

```
    add ax, bx
```

```
    loop label1
```

- Метки обычно используются в командах передачи управления

## В данных

- label
  - метка *label* тип
  - Возможные типы: BYTE, WORD, DWORD, FWORD, QWORD, TBYTE, NEAR, FAR.
- EQU, =
  - *label* EQU *выражение*
  - макрос
  - вычисляет выражение в правой части и приравнивает его метке

---

## Директивы выделения памяти

- Директива - инструкция ассемблеру, влияющая на процесс компиляции и не являющаяся командой процессора. Обычно не оставляет следов в формируемом машинном коде.
- Псевдокоманда - директива ассемблера, которая приводит к включению данных или кода в программу, но не соответствующая никакой команде процессора.
- Псевдокоманды определения данных указывают, что в соответствующем месте располагается переменная, резервируют под неё место заданного типа, заполняют значением и ставят в соответствие метку.
- Виды: DB (1), DW (2), DD (4), DF (6), DQ (8), DT (10).
- Примеры:
  - a DB 1
  - float\_number DD 3.5e7
  - text\_string DB ‘Hello, world!’
- DUP - заполнение повторяющимися данными
- ? - неинициализированное значение
- uninitialized DW 512 DUP(?)



# Описание сегментов программы

- Любая программа состоит из сегментов
- Виды сегментов:
  - сегмент кода
  - сегмент данных
  - сегмент стека
- Описание сегмента - директива SEGMENT:

имя SEGMENT [READONLY] [выравнивание] [тип] [разрядность] ['класс']

...

имя ENDS



## Параметры директивы SEGMENT

### Выравнивание

- BYTE
- WORD
- DWORD
- PARA
- PAGE

### Тип

- PUBLIC
- STACK
- COMMON
- AT
- PRIVATE

Класс - любая метка, взятая в одинарные кавычки. Сегменты одного класса будут расположены в памяти друг за другом.

---

## Модели памяти

.model модель, язык, модификатор

- Модели:
  - TINY - один сегмент на всё
  - SMALL - код в одном сегменте, данные и стек - в другом
  - COMPACT - допустимо несколько сегментов данных
  - MEDIUM - код в нескольких сегментах, данные - в одном
  - LARGE, HUGE
- Язык - C, PASCAL, BASIC, SYSCALL, STDCALL. Для связывания с ЯВУ и вызова подпрограмм.
- Модификатор - NEARSTACK/FARSTACK
- Определение модели позволяет использовать сокращённые формы директив определения сегментов.



## **Завершение описания модуля. Точка входа**

- .
- .
- .

END [точка\_входа]

- точка\_входа - имя метки, объявленной в сегменте кода и указывающее на команду, с которой начнётся исполнение программы.
- Если в программе несколько модулей, только один может содержать точку входа.

---

## Сегментный префикс. Директива ASSUME

- Для обращения к переменной процессору необходимо знать обе составляющие адреса: и сегментную, и смещение.

Пример полной записи - DS:Var1

- Директива ASSUME регистр:имя сегмента устанавливает значение сегментного регистра по умолчанию

```
Data1 SEGMENT WORD 'DATA'  
Var1 DW 0  
Data1 ENDS
```

```
Data2 SEGMENT WORD 'DATA'  
Var2 DW 0  
Data2 ENDS
```

```
Code SEGMENT WORD 'CODE'  
ASSUME CS:Code  
ProgramStart:  
    mov ax, Data1  
    mov ds, ax  
    ASSUME DS:Data1  
    mov ax, Data2  
    mov es, ax  
    ASSUME ES:Data2  
    mov ax, Var2  
  
    .  
    .  
Code ENDS  
END ProgramStart
```

---

## Прочие директивы

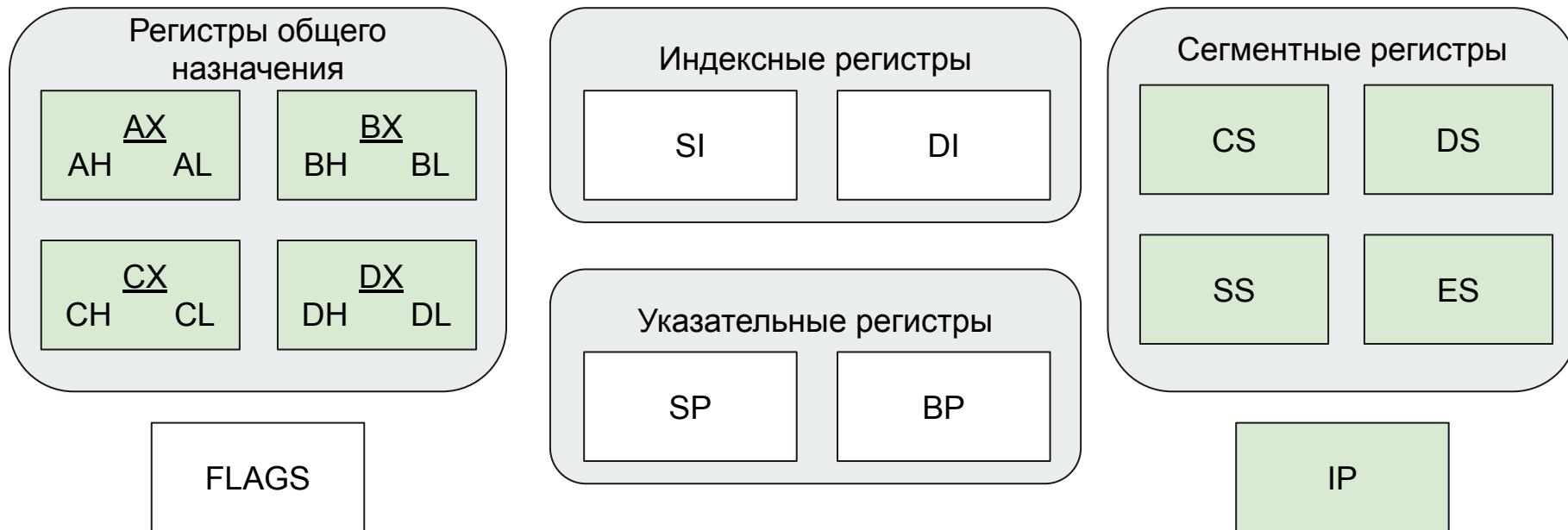
- Задание набора допустимых команд: .8086, .186, .286, ..., .586, .686, ...
- Управление программным счётчиком:
  - ORG значение
  - EVEN
  - ALIGN значение
- Глобальные объявления
  - public, comm, extrn, global
- Условное ассемблирование
  - IF выражение
  - ...
  - ELSE
  - ...
  - ENDIF

---

## Виды переходов для команды JMP

- short (короткий) -128 .. +127 байт
- near (ближний) в том же сегменте (без изменения регистра CS)
- far ( дальний ) в другой сегмент (с изменением значения в регистре CS)
- Для короткого и ближнего переходов непосредственный операнд (константа) прибавляется к IP
- Операнды - регистры и переменные заменяют старое значение в IP (CS:IP)

# Архитектура 8086 с точки зрения программиста (структура блока регистров)



---

## Индексные регистры SI и DI

- SI - source index (индекс источника)
- DI - destination index (индекс приёмника)
- Могут использоваться в большинстве команд, как регистры общего назначения
- Применяются в специфических командах поточной обработки данных

---

## Способы адресации

(Зубков С. В. Assembler для DOS, Windows, Unix, глава 2)

- непосредственная адресация (`mov ax, 2`)
- регистровая адресация (`mov ax, bx`)
- прямая адресация (`mov ax, ds:[0032]`)
- регистровая косвенная адресация (`mov ax, [bx]`)
- адресация по базе со сдвигом (`mov ax, [bx]+2; mov ax, 2[bx]`).
- адресация по базе с индексированием (допустимы `BX+SI`, `BX+DI`, `BP+SI`, `BP+DI`):
  - `mov ax, [bx+si+2]`
  - `mov ax, [bx+2][si]`
  - `mov ax, 2[bx][si]`
  - `mov ax, [bx][si]+2`
  - `mov ax, [bx][si+2]`
- адресация с масштабированием `mov ax, [si*4]`
- адресация с масштабированием и смещением `mov ax, [bx][si*4]+10h`

# Регистр FLAGS

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CF	-	PF	-	AF	-	ZF	SF	TF	IF	DF	OF	IOPL	NT	-	-

Флаги состояния:

- CF (carry flag) - флаг переноса
- PF (parity flag) - флаг чётности
- AF (auxiliary carry flag) - вспомогательный флаг переноса
- ZF (zero flag) - флаг нуля
- SF (sign flag) - флаг знака
- OF (overflow flag) - флаг переполнения

Управляющий флаг:

- DF (direction flag) - флаг направления

Системные флаги:

- IF (interrupt enable flag) - флаг разрешения прерываний
- TF (trap flag) - флаг трассировки
- IOPL (I/O privilege flag) - уровень приоритета ввода-вывода
- NT (nested task) - флаг вложенности задач

---

## Команда сравнения CMP

CMP <приёмник>, <источник>

- Источник - число, регистр или переменная
- Приёмник - регистр или переменная; не может быть переменной одновременно с источником
- Вычитает источник из приёмника, результат никуда не сохраняется, выставляются флаги CF, PF, AF, ZF, SF, OF

---

## **Команды условных переходов Jcc**

(Зубков С. В. Assembler для DOS, Windows, Unix, глава 2)

cc - condition code

- Переход типа short или near
- Обычно используются в паре с CMP
- Термины “выше” и “ниже” - при сравнении беззнаковых чисел
- Термины “больше” и “меньше” - при сравнении чисел со знаком



## Виды условных переходов (часть 1)

Команда	Описание	Состояние флагов для выполнения перехода
JO	Есть переполнение	OF = 1
JNO	Нет переполнения	OF = 0
JS	Есть знак	SF = 1
JNS	Нет знака	SF = 0
JE, JZ	Если равно/если ноль	ZF = 1
JNE, JNZ	Не равно/не ноль	ZF = 0
JP/JPE	Есть чётность / чётное	PF = 1
JNP/JPO	Нет чётности / нечётное	PF = 0
JCXZ	CX = 0	-



## Виды условных переходов (часть 2)

Команда	Описание	Состояние флагов для выполнения перехода	Знаковый
JB JNAE JC	Если ниже Если не выше и не равно Если перенос	CF = 1	нет
JNB JAE JNC	Если не ниже Если выше или равно Если нет переноса	CF = 0	нет
JBE JNA	Если ниже или равно Если не выше	CF = 1 или ZF = 1	нет
JA JNBE	Если выше Если не ниже и не равно	CF = 0 и ZF = 0	нет

---

## Виды условных переходов (часть 3)

Команда	Описание	Состояние флагов для выполнения перехода	Знаковый
JL JNGE	Если меньше Если не больше и не равно	SF <> OF	да
JGE JNL	Если больше или равно Если не меньше	SF = OF	да
JLE JNG	Если меньше или равно Если не больше	ZF = 1 или SF <> OF	да
JG JNLE	Если больше Если не меньше и не равно	ZF = 0 и SF = OF	да



# Прерывания

- Прерывание - особая ситуация, когда выполнение текущей программы приостанавливается и управление передаётся программе-обработчику возникшего прерывания.
- Виды прерываний:
  - аппаратные (асинхронные) - события от внешних устройств;
  - внутренние (синхронные) - события в самом процессоре, например, деление на ноль;
  - программные - вызванные командой INT.

---

## Прерывание DOS 21h

- Аналог системного вызова в современных ОС
- Используется наподобие вызова подпрограммы
- Номер функции передаётся через AH

---

## Прерывание DOS - вывод на экран в текстовом режиме

Функция	Назначение	Вход	Выход
02	Вывод символа в stdout	DL = ASCII-код символа	-
09	Вывод строки в stdout	DS:DX - адрес строки, заканчивающейся символом \$	-

## Прерывание DOS - ввод с клавиатуры

Функция	Назначение	Вход	Выход
01	Считать символ из stdin с эхом	-	AL - ASCII-код символа
06	Считать символ без эха, без ожидания, без проверки на Ctrl+Break	DL = FF	AL - ASCII-код символа
07	Считать символ без эха, с ожиданием и без проверки на Ctrl+Break	-	AL - ASCII-код символа
08	Считать символ без эха	-	AL - ASCII-код символа
10 (0Ah)	Считать строку с stdin в буфер	DS:DX - адрес буфера	Введённая строка помещается в буфер
0Bh	Проверка состояния клавиатуры	-	AL=0, если клавиша не была нажата, и FF, если была
0Ch	Очистить буфер и считать символ	AL=01, 06, 07, 08, 0Ah	