1.6 Особливості формування машинних команд

За мнемонікою команди транслятор створює машинну команду. Вона може займати від 1 до 6 байт в залежності від того, які режими адресації застосовуються.

Зміщення і власне дані також записуються в команду.

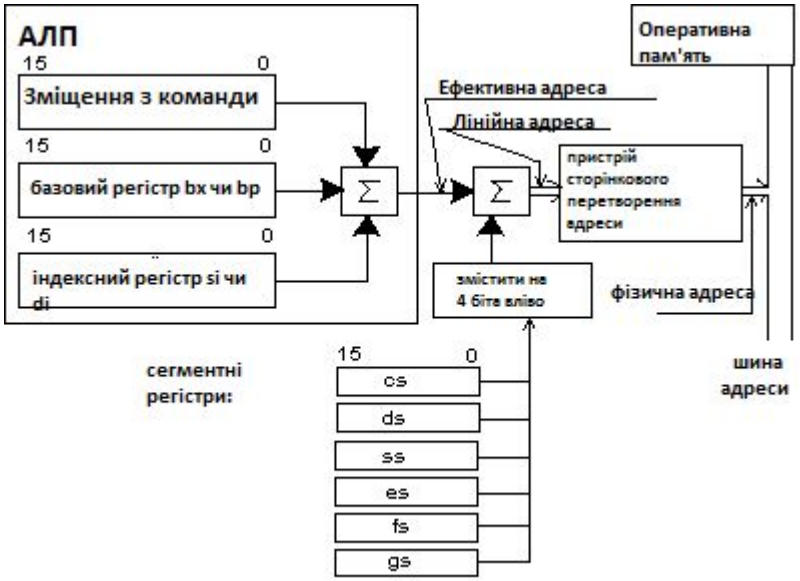
Якщо вони в межах -128 +127, то займають байт, інакше - слово.

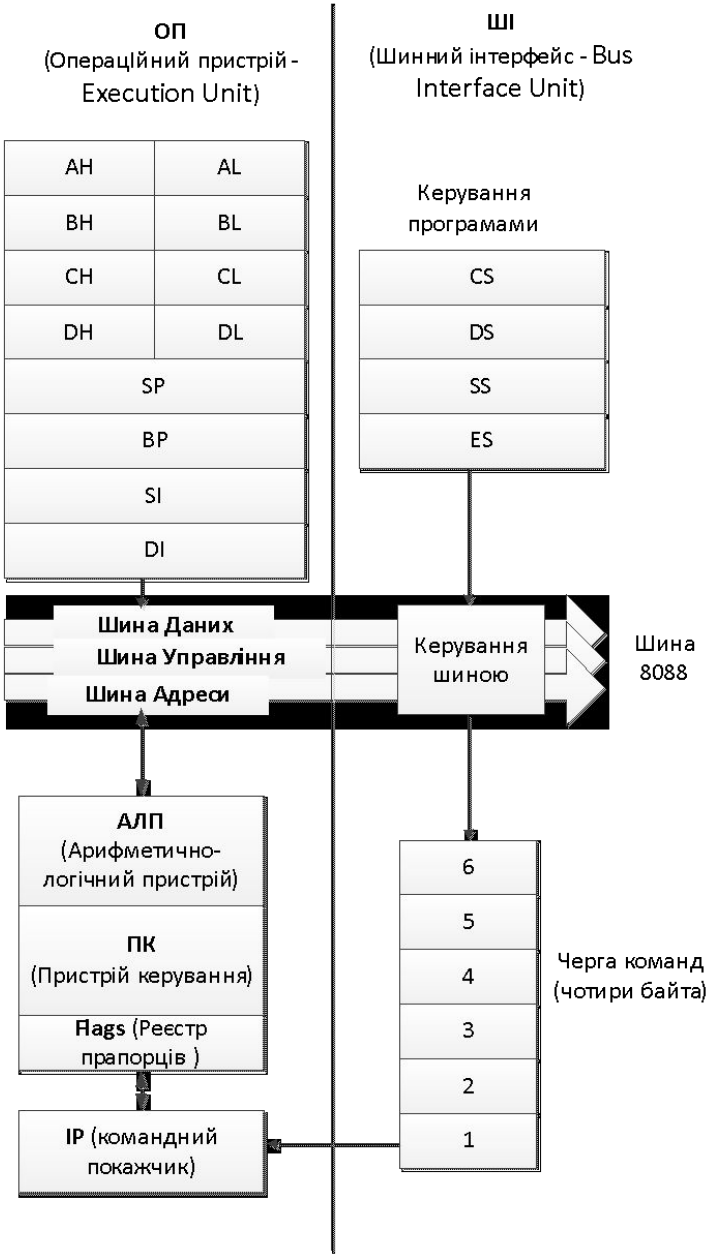
Найкоротші команди – один байт, для яких операндів визначається самою командою.

Наприклад команди для роботи з бітами регістра прапорців.

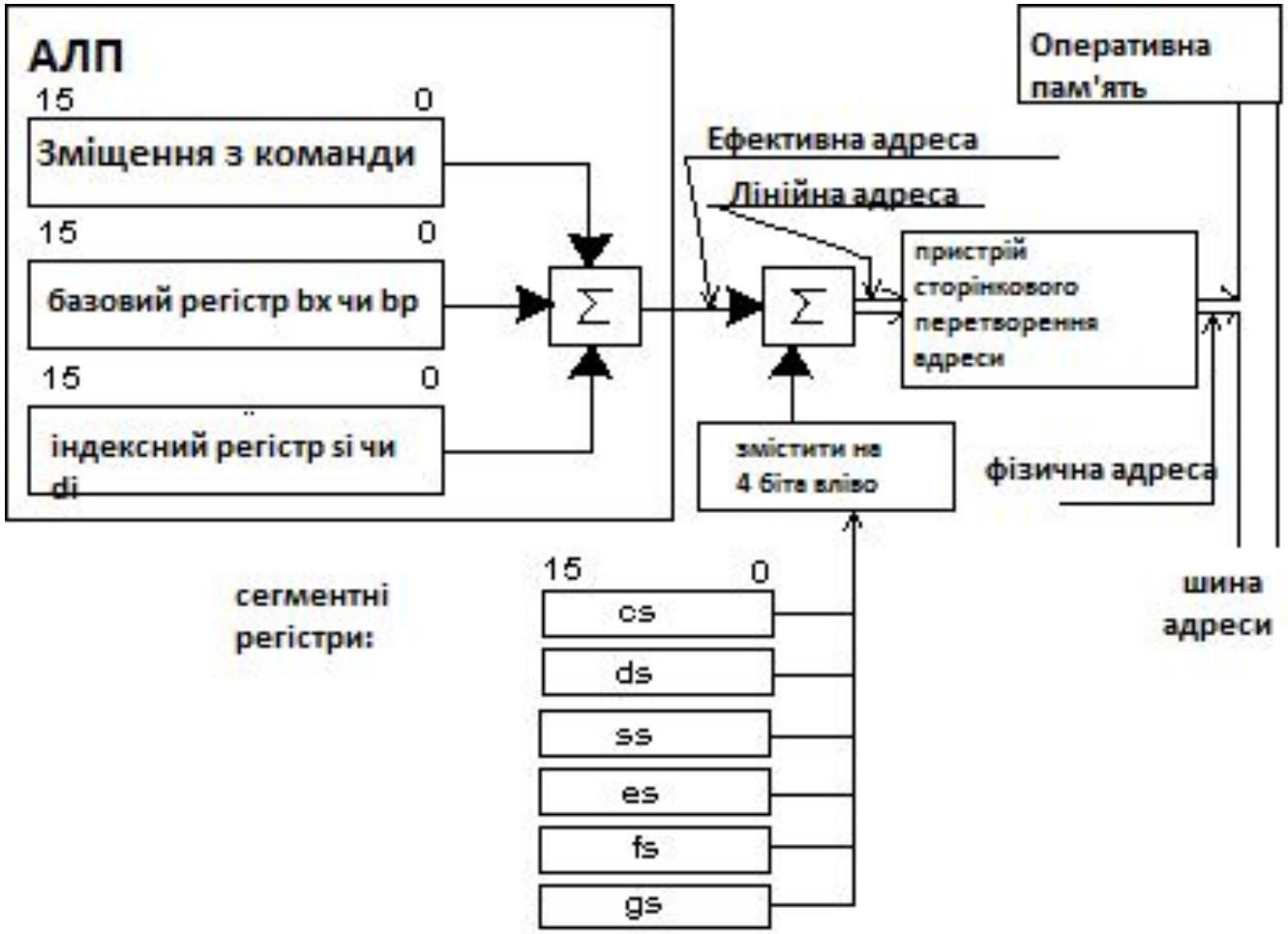
CLC – **очистити біт прапорця carry flag**.

Найдовші команди, коли в них використовується 16-бітове зміщення (DISP) або безпосередньо 16-бітові дані (DATA).

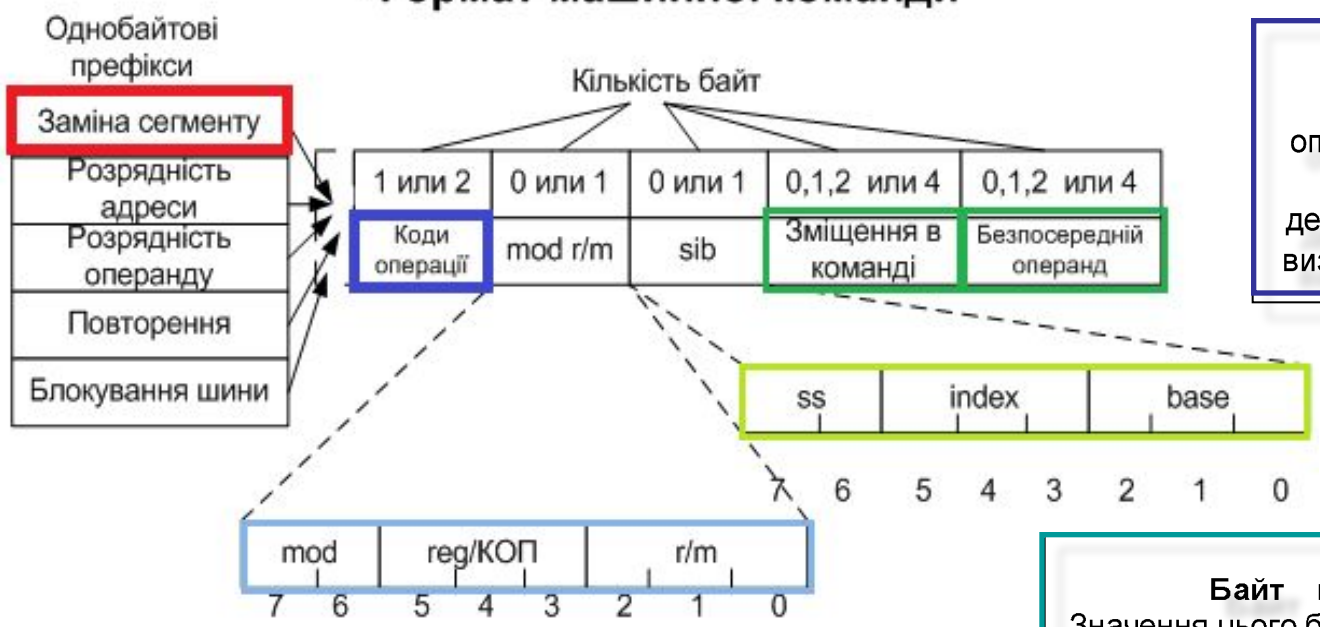

АЛП
15
0
Зміщення з команди
15
0
базовий регістр bx чи bp
15
0
індексний регістр si чи di
Ефективна адреса
Лінійна адреса
Оперативна пам'ять
пристрій сторінкового перетворення адреси
змістити на 4 біти вліво
фізична адреса
шина адреси
сегментні регістри:
15
0
cs
ds
ss
es
fs
gs


ОП
(Операційний пристрій - Execution Unit)
ШІ
(Шинний інтерфейс - Bus Interface Unit)
AH
AL
BH
BL
CH
CL
DH
DL
SP
BP
SI
DI
Керування програмами
CS
DS
SS
ES
Шина Даних
Шина Управління
Шина Адреси
Керування шиною
Шина 8088
АЛП
(Арифметично-логічний пристрій)
ПК
(Пристрій керування)
Flags (Реєстр прапорців)
IP (командний покажчик)
6
5
4
3
2
1
Черга команд (чотири байта)

Механізм формумування фізичної адреси в реальному режимі



Формат машинної команди



Код операції (КОП)
Обв'язковий елемент, описує операцію, Команду, що виконується. Багатьом командам відповідає декілька кодів операцій, кожна з яких визначає нюанси виконання операції.

Після зміщення в команді
8, 16 или 32-разрядное целое число со знаком, представляющее собой, полностью или частично, значение эффективного адреса операнда

Заміна сегменту:
2eh — заміна сегменту cs;
36h — заміна сегменту ss;
3eh — заміна сегменту ds;
26h — заміна сегменту es;
64h — заміна сегменту fs;
65h — заміна сегменту gs

Префікс повторення:
- ***безумовні*** (rep — 0f3h), змушуючі повторюватись ланцюгову команду деяку кількість разі;
- ***умовні*** (repe/repz — 0f3h, repne/repnz — 0f2h), які при зациклюванні перевіряють деякі прапорці і, в результаті перевірки, можливий достроковий вихід з циклу.

Байт mod r/m - режим адресації
Значення цього байту визначає форму адреси операндів, які використовуються:
mod = 00 - поле зміщення в команді відсутнє
mod = 01 - поле зміщення в команді наявне
mod = 11 - операндів в пам'яті немає: вони знаходяться в регістрах
reg/КОП - Взначає або *регістр*, Який знаходиться в команді на місці першого операнда, або можливе *розширення коду операції*
r/m *використоввується разом з полем mod і Визначає або регістр, або базовий і індексний регістри.*

Розрядність адреси:
уточнює разрядність адреси (32 або 16-розрядний)

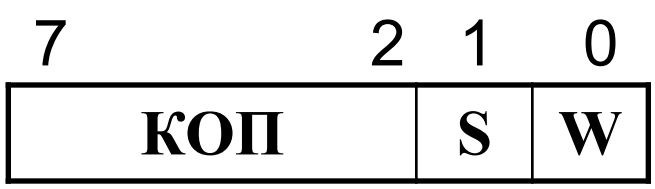
Байт маштаб-індекс-база (байт sib)
Розширює можливості адресації операндів:
ss – в ньому розміщується маштабний множник для індексного компоненту index
index — використовується для зберігання номеру індексного регістру
base — використовується для зберігання номеру базового регістру

Розрядність операнди:
66h — 16-розрядний;
67h — 32-розрядний

Поле безпосереднього операнда
Необов'язкове поле, що являє собою 8,16 або 32-розрядний безпосередній операнд. Наявність цього поля, необов'язкове поле, що являє собою 8, 16 або 32-розрядний операнд. Наявність цього поля відображається на значенні байту mod r/m.

Розглянемо формат двоопераднної команди. В першому байті записується код операції, в другому – режим адресації.

Інші байти виділяються під зміщення (DISP) чи безпосередньо дані (DATA).



В першому байті крім коду операції є два однобітові індикатори:

W – визначає, над якою одиницею даних виконується команда.

W = 1 – над словом, **W** = 0 - над байтом.

Бітів **S** показує чим являється даний регістр.

S = 0 – операндом-джерелом

S = 1 – операндом-приймачем

Регістри кодуються таким чином:

КОП	S	W

КОП	W = 1(над словом)	W = 0 (над байтом)
000	AX	AL
001	CX	CL
010	DX	DL
011	BX	BL
100	SP	AH
101	BP	CH
110	SI	DH
111	DI	BH

Сегментні регістри кодуються так:

00	DS
01	CS
10	SS
11	ES

MOD	**REG**	**R/M**

Режим адресації другого операнда визначається кодами в полях **MOD** і **R/M** (register-memory).

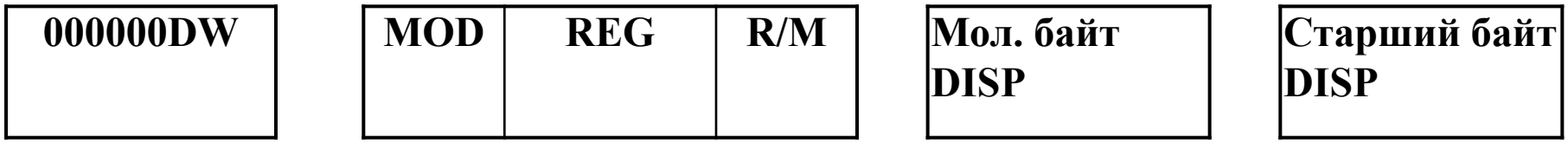
Поле **MOD** визначає, що саме закодовано в полі слово **R/M**. Коли ж **MOD** = 11, це значить, що в поле **R/M** записано код другого регістру.

R/M	MOD- 00 (зміщення НЕМАЄ)	MOD-01 (зміщення БАЙТ)	MOD-10 (зміщення СЛОВО)
000	[BX] + [SI]	[BX + SI] + DISP 8	[BX + SI] + DISP 16
001	[BX] + [DI]	[BX + DI] + DISP 8	[BX + DI] + DISP 16
010	[BP + SI]	[BP + SI] + DISP 8	[BP + SI] + DISP 16
011	[BP + DI]	[BP + DI] + DISP 8	[BP + DI] + DISP 16
100	[SI]	[SI] + DISP 8	[SI] + DISP 16
101	[DI]	[DI] + DISP 8	[DI] + DISP 16
110	disp 16	[BP] + DISP 8	[BP] + DISP 16
111	[BX]	[BX] + DISP 8	[BX] + DISP 16

Особливістю МП є те, що для однієї команди може бути кілька кодів та форматів в залежності від режиму адресації чи операндів, які там використовуються.

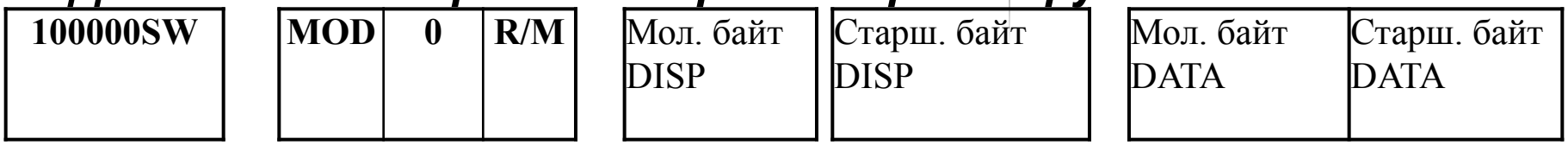
Наприклад, для команди **ADD** (додати):

Додати операнди в регістрах чи пам'яті



Необов'язкова частина, частіше залежить від поля **MOD**

Додати безпосередній операнд до регістру чи пам'яті



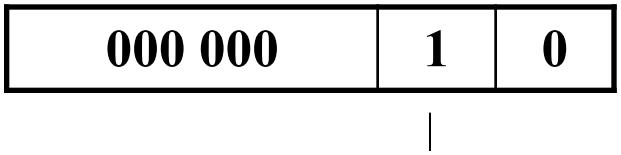
Необов'язкова частина, частіше залежить від поля **MOD**

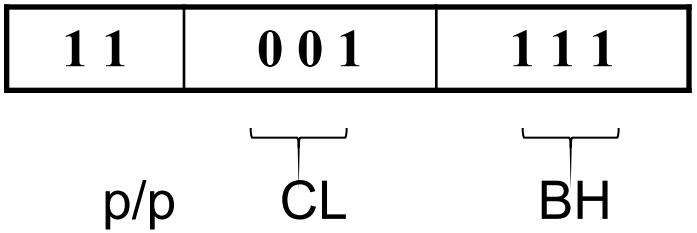
Додати безпосередньо з AX (AL). Спеціальний випадок для акумулятора:

Тобто, команда **ADD** має 3 варіанти коду і різні формати. Як видно, в форматі є лише одне поле для кодування комірки пам'яті. Тому в двоадресних командах може бути лише один операнд – комірка пам'яті, а не дві. Отже, додати вміст однієї команди до іншої за одну команду не можна.

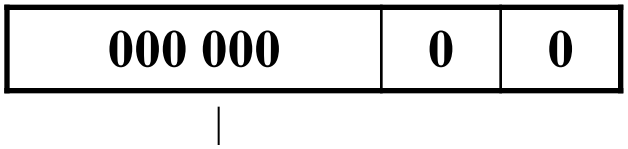
Інколи, одна і та ж команда може бути закодована транслятором по-різному.

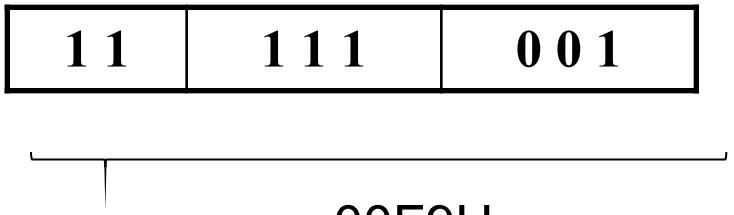
Наприклад, **ADD CL, BH**.





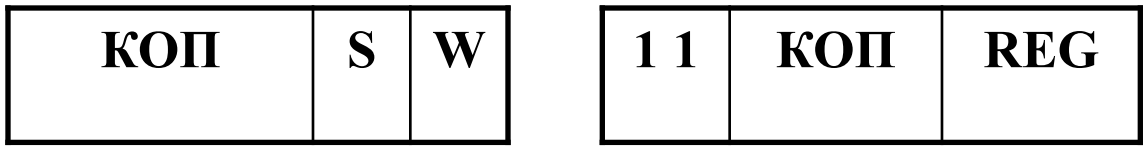
Цей код 02CFH





Поля із 6-ти бітів для кодування всіх команд не достатньо. Тому деякі команди об'єднуються в групу і в першому байті кодується група команд.
Наприклад, формати команд, з безпосередньою адресацією.

Регістр – безпосередній операнд



Необов’язкова частина

Пам'ять – безпосередній операнд

Крім відмічених частин може бути кілька префіксів, що може збільшити розмір до 15 байт.

Оператори

Програма на асемблері складається з окремих рядків-операторів, які описують виконувані операції. Оператором може бути ***команда*** чи **псевдооператор** (директива).

Команда – це умовне (символьне) позначення машинних команд.

[Мітка:] Мнемокод [Операнд] [, Операнд] [; Коментар]

Із них обов'язкове є лише поле мнемокоду, всі інші частково або повністю можуть бути відсутніми.

Наприклад:

```
COUNT: MOV AX,DI; переслати DI в акумулятор
```

Псевдооператори – керують роботою транслятора, а не мікропроцесора. З їх допомогою визначають сегменти і процедури (підпрограми), дають імена командам та елементам даних, резервують робочі місця в пам'яті.

Псевдооператори можуть мати 4 поля:

[Ідентифікатор] Псевдооператор [операнд] [; коментар]

Поля в дужках можуть бути відсутніми. В Макроасемблері нараховують близько 60 псевдооператорів.

Псевдооператори даних

Їх можна розділити на групи:

1. *Визначення ідентифікаторів;*
2. *Визначення даних;*
3. *Псевдооператори визначення сегменту і процедури.*

1. Визначення ідентифікаторів

Дозволяють присвоїти символічне ім'я виразу, константі, адресі, іншому символічному імені. Після цього можна використовувати це ім'я.
Наприклад:
Операндом в цьому псевдооператорі в загальному випадку може бути вираз:

```
K           EQU   1024; константа
TABLE       EQU   DS: [BP] [SI];
адреса
SPEED       EQU   RATE ; синонім
COUNT       EQU   CX; ім'я регістру
```

```
DBL_SPEED EQU 2*SPEED
```

Тобто, вираз може включати деякі простіші арифметичні та логічні дії. Якщо вираз включає константу, то за замовчуванням вона рахується десятковою.

Шіснадцяткові константи – справа літера **H** (2FH). Коли така константа починається з літери, то ліворуч треба поставити 0 - 0FH, а не FH;
Вісімкові константи – з літерою **Q**: 256Q;
Двійкові – з літерою **B** - 01101B.
Очевидно, що на відмінну від мов високого рівня, тут вираз виконується під час трансляції.
Крім псевдооператора EQU можна використати знак “ = ”.
Таке ім'я може задавати лише числову константу, а не символьну чи якусь іншу.
Це ім'я можна перевизначити, а визначену через **EQU** – НЕ МОЖНА.

```
CONST1 = 59;
CONST2 = 98;
CONST3 = CONST1 + 2.
```

Визначення даних

Коли комірка використовується для збереження даних, їй можна присвоїти ім'я за допомогою псевдооператорів **DB**, **DW**, **DD** (Define Byte, Word, Double Word).

Загальна структура:
[ім'я] псевдооператор вираз [,]
[,] – один чи кілька виразів через кому.

```
MAX DB 57
WU_MAX DW 5692
A_TABLE DW 25, -592, 643, 954; - масив
```

Коли значення змінних завчасно невідоме, але буде використане для результатів, то в полі виразу треба поставити «**?**».

```
LAMBDA DW ?
```

Для тексту можна використовувати псевдооператор **DB**.

```
POLITE DB ‘Введіть дані знову $’
```

Якщо записуються однакові дані, то можна використовувати команду **DUP** (duplicate) - повторити.

```
BETA DW 15 DUP(0)     или     GAMA DW 3 DUP (4DUP(0))
```

Зрозуміло, що цю операцію можна використовувати для резервування пам'яті:

```
ALPHA DW 20 DUP (?)
```

Змінні можна використовувати для збереження не тільки даних, але й адрес. Змінна має назву THERE:

```
THERE DB 123
……….
NEAR_THERE DW THERE
NEAR_THERE DD THERE
```

Під іменем NEAR_THERE записують 16-бітову адресу THERE, тобто, її зміщення, а під іменем FAR_THERE – 32-бітову адресу THERE, тобто, сегмент + зміщення.

Псевдооператори визначення сегменту і процедури

Як зазначалося, програма може складатися з декількох сегментів: коду, даних, стеку, додаткового сегменту.

Для поділу програми на сегменти використовуються псевдооператори **SEGMENT** та **ENDS**.

Їх структура:

Ім'я SEGMENT [атрибути]

……

Ім'я ENDS

Наприклад:

```
DATASEG SEGMENT
   A DW 500
   B DW -258
   SQUARE DB 54, 61, 95, 17
DATASEG ENDS
```

В сегменті даних визначаються імена даних та резурвується пам'ять для результатів.
У псевдооператора **SEGMENT** можуть бути 4 атрибути:

Имя SEGMENT [вирівнювання] [об'єднання][клас] [розмір сегменту]

Вирівнювання визначає, з яких адрес можна розміщувати сегмент.

BYTE — вирівнювання не виконується. Сегмент може починатися з будь-якої адреси пам’яті;

WORD — сегмент починається з адреси, кратної двом;

DWORD — сегмент починається з адреси, кратної чотирьом, тобто є два останніх (молодших) значущих біти, які рівні 0;

PARA — сегмент починається з адреси, що кратна 16, то остання шістнадцяткова цифра адреси повинна бути 0h;

PAGE — сегмент починається з адреси, що кратна 256, то дві останні шістнадцяткові цифри адреси повинні бути 00h (вирівнювання на межі 256-байтної сторінки);

MEMPAGE — сегмент починається з адреси, що кратна 4 Кбайтам, тобто три останні шістнадцяткові цифри адреси повинні бути 000h (адреса наступної 4-Кбайтної сторінки пам’яти).

За замовчуванням тип вирівнювання має значення **PARA**.

Об'єднання визначає спосіб опрацювання сегменту при компонуванні.

PRIVATE – за замовчуванням, сегмент повинен бути відділений від інших сегментів.

PUBLIC – всі сегменти з однаковим іменем та класом завантажуються в суміжні області. Всі вони будуть мати *одну початкову адресу*.

STACK – для компонувальника аналогічно **PUBLIC**.

COMMON — розміщує всі сегменти з одним і тим самим ім'ям за однією вдресою. Розмір отриманого в результаті сегмента буде рівне розміру найбільшого сегмента;

AT xxxx — розміщує сегмент за абсолютною адресою (xxxx) параграфа (параграф — об'єм пам'яті, кратний 16; тому остання шістнадцяткова цифра адреси параграфа рівна 0).

За замовчуванням атрибут комбінування приймає значення **PRIVATE**.

В будь-якій програмі повинен бути один сегмент з атрибутом **STACK**.

Клас – цей атрибут може мати будь-яке коректне ім'я, не обмежене апострофами .

Атрибут використовується компонувальником для обробки сегментів з однаковими іменами та класами.

Часто використовуються імена ‘CODE’ та ’STACK’.

```
STACK SEG SEGMENT PARA STACK ‘STACK’
    MAS DW 20 DUP (?)
STACK SEG ENDS.
```

Як зазначалося, процесор використовує регістр **CS** для адресації сегменту коду, **SS** – сегменту стеку, **DS** - даних, **ES** - додатковий.
Оскільки, транслятор не розуміє тексту, то йому необхідно повідомити призначення кожного сегменту. Для цього існує псевдооператор **ASSUME**, який має вигляд:
ASSUME SS:ім'я стеку, DS:ім'я даних, CS:ім'я коду.

Наприклад:

```
ASSUME SS:STACK SEG, DS:DATA SEG, CS:CODE SEG
```

Якщо певний сегмент не використовується, то можна його упустити або записати:
DS:NOTHING
Ця директива лише повідомляє *транслятору* що з чим зв'язувати, але не завантажує відповідні адреси в регістри.
Це повинен зробити сам програміст в програмі.

Сегмент коду може вміщати одну або кілька процедур. Окрема процедура почиається псевдоопертором PROC:

ім'я PROC [атрибут]
ім'я ENDP

Якщо процедура передбачає повернення до точки виклику, то перед **ENDP** повинна стояти директива **RET** (Return From Procedure). Тоді процедура стає підпрограмою.

Атрибутом процедури може бути **NEAR** (близький) и **FAR** (далекий). **NEAR**-процедура може бути викликана лише з цього сегменту. Процедуру з атрибутом **FAR** можна викликати з будь-якого сегменту команд. Основна процедура повинна мати атрибут **FAR**.

```
CALC PROC
.....
RET
CALC ENDP
```

Підпрограмні сегменти

В програмі може бути кілька сегментів з однаковим іменем. Рахується, що це один сегмент, який з певних причин записаний частинами.
Параметри директиви **SEGMENT** потрібні для великих програм, які складаються з декількох файлів. Для невеликої програми, яка складається з одного файлу, ці параметри не потрібні, крім деяких випадків.

Наприклад, маємо такий ряд сегментів:

```
A SEGMENT
    A1 DB 400h DUP(?)
    A2 DW 8
A ENDS
;
B SEGMENT
    B1 DW A2
    B2 DD A2
B ENDS
;
C SEGMENT
ASSUME ES:A, DS:B, CS:C
L: MOV AX, A2
    MOV BX, B2
……….
C ENDS
```

Сегменти, розміщені на межі параграфу, тобто, адреса кратна 16.

Якщо **A** розміщено 1000h, то він займе місце до 1402h.

Наступна адреса - 1403h не кратна 16, тому сегмент **B** розміститься з адреси 1410h.

Під сегмент **B** буде відведено 6 байт, а сегмент C розміститься з адреси 1420h.

Значення імені сегменту

Значення імені сегменту являється номером, який відповідає сегменту пам'яті, тобто, перші 16 бітів початкової адреси заданого сегменту. Тобто, **A** набуде значення 1000h, **B** - 1410h, **C** - 1420h. Зберігаючи в тексті ім'я сегменту, асемблер буде заміняти його на відповідну величину. Наприклад:

MOV BX, B відповідає MOV BX, 1410h

Порівняйте MOV BX, A2.

Отже, в мові асемблер імена сегментів – це константні вирази, а не адресні.

Тому, команда запише до BX адресу 1410h, а не вміст слова за цією адресою.

Початкове завантаженння сегментних регістрів

Директива **ASSUME** відмічає, з якими сегметними регістрами пов'язувати сегменти. Регістри **DS** і **ES** потрібно завантажити початковими адресами самому програмісту.
Нехай, регістр **DS** потрібно встановити на початок сегменту **B**.
Оскільки, ім'я сегменту – це константа, то безпосередньо в **DS** її відправити не можна, а треба через регістр загального значення:

```
MOV AX, B
MOV DS, AX
```

Аналогічно завантажується і регістр **ES**. Регістр **CS** завантажувати не потрібно. Це зробить сама операційна система перед тим, як передати управління програмі. Відносно регістру **SS** існує дві можливості:

- По-перше, це можна зробити так як для регістрів **DS** і **ES**. Але тут потрібно записати початкову адресу в регістр **SS**, а в покажчик стеку **SP** – кількість байт під стек.
- По-друге – це можна поручити операційній системі. Для того в відповідній директиві **SEGMENT** треба відмітити атрибут **STACK**.

Структура програми

Відносно сегменту стеку **SS**, навіть якщо програма і не використовує його, то створити такий сегмент в програмі необхідно.

Тому що, стек програми використовується операційною системою при опрацюванні перериванb, наприклад, при натисканні кнопок.

Рекомендований розмір стеку - 128 байт.

Тому, програма на асемблері має таку структуру:

```
Title EXAMPLE   ;заголовок
dat segment ; сегмент даних
 mas dw 1-3,56,91
 res dw 10 dup(?)
dat ends
st segment stack ‘stack’ ; сегмент стеку
 dw 128 dup(?)
st ends
cod segment ‘code’ ; сегмент коду
 ASSUME DS:dat, SS:st, CS:cod
beg proc far
      <операторы>
     ret
beg endp
cod ends
      end beg
```

Структура програми

В загальному випадку в сегменті даних можна розміщувати і команди, а в сегменті коду - дані. Але краще цього не робити, бо виникнуть проблеми з сегментацією.

END – кінець програми.

Якщо програма з одного файлу, то в цьому рядку додається ім'я початкової виконуваної адреси - **beg**.

Якщо з кількох файлів, то тільки в одній програмі відмічається ця адреса. В інших - лише **END**.

Порівняння асемблерних трансляторів

MASM (Macro Assembler) - стандарт де-факто при програмуванні під Windows 9x/NT;

TASM (Turbo Assembler) – стандарт при програмуванн під MS-DOS;

Lazy Assembler - реінкарнація TASMa з підтримкою нових команд процесора;

FASM (Flat Assembler) – неординарний, але «іграшковий» асемблер;

NASM (Netwide Assembler) – гарний асемблер під LINUX/BSD с Intel-синтаксисом;

YASM (Yet another assembler) – вдосконалений варіант NASM'a;

HLA (High Level Assembly Language) – дуже високорівневий асемблер.

Спрощений опис сегментів

Є декілька види трансляторів асемблеру:

MASM фірми Microsoft

TASM фірми Borland, може працювати в режимі MASM і IDEAL.

Для простих програм, які складаються з одного сегменту даних, одного сегменту стеку та одного сегменту коду є можливість спростити директиви опису сегменту.

Для цього спочатку наводиться директива **masm** чи **ideal** режиму роботи транслятора **TASM**.

Далі відмічається модель пам'яті **model small**, яка частково виконує функції директиви **ASSUME**.

Спрощений опис сегментів

Наприклад:

```
Masm ; режим роботи транслятора TASM
model small ; модель пам'яті
.data ; заголовок сегменту даних
mas dw 10 DUP (?)
.stack ; заголовок сегменту стеку
db 256 dup (?)
.code ; заголовок сегменту коду
main proc
        mov ax, @data ; адреса сегменту стеку до AX
        mov ds, ax
; текст програми
        mov ax, 4c00h     ; те саме, що і RET
         int 21h
main endp
end main
```

Спрощені директиви визначення сегменту

Режим MASM	Режим IDEAL	Описание
.code [ім’я]	Codeseg[ім’я]	Початок чи продовження сегменту коду
.data	Dataseg	Початок чи продовження сегменту ініціалізації даних
.const	Const	Початок чи продовження сегменту констант
.data?	Udataseg	Початок чи продовження сегменту неініціалізованих даних
.stack [розмір]	Stack[розмір]	Початок сегменту стеку
.fardata[ім’я]	Fardata[ім’я]	Ініціалізовані дані типу FAR
.fardata?[ім’я]	Ufardata[ім’я]	Неініціалізовані дані типу FAR

Ідентифікатори, які створює директива MODEL:

@ code – фізична адреса (зміщення) сегменту коду

@ data – фізична адреса (зміщення) сегменту даних

@ fardata – фізична адреса (зміщення) сегменту даних типу far

@ fardata? – фізична адреса (зміщення) сегменту ініціалізованих даних типу far

@ curseg – фізична адреса (зміщення) сегменту неініціалізованих даних типу far

@ stack – фізична адреса (зміщення) сегменту стеку

Моделі пам'яті

Модель	Тип коду	Тип даних	Призначення моделі
TINY	Near	Near	Код і данні в одній групі DGROUP для створення .com-програм
SMALL	Near	Near	1 сегмент коду. Дані в одну групу DGROUP
MEDIUM	Far	Near	Код займає ***n*** сегментів, по одному в кожному модулі. Всі передачі управління типу **far**. Дані в одній групі, всі посилання на них типу **near**
COMPACT	Near	Far	Код в 1 сегменті, посилання на данні типу **far**
LARGE	Far	Far	Код в ***n*** сегментах, по одному на кожен об'єднаний модуль

Модифікатор директиви **model** дозволяє визначити деякі особливості вибраної моделі пам'яті: **Use 16** - 16-бітові сегменти; **Use 32** - 32-бітові сегменти; **DOS** - програма в MS DOS.Повний і спрощений опис не виключає один одного, але в повному більше можливостей.

- Команда обміну з портами
- Команда LEA – завантаження ефективної адреси
- Команда пересилання прапорців