Лекция 8

Програмиране на Асемблер

1. Компилатор на Асемблер TACM

За създаване на програма на Асемблер с използване на TASM са необходими някои допълнителни инструкции (директиви), за разлика от използването на ***Debug***:
.MODEL SMALL – директива на Асемблер, която дефинира модела на паметта, използван в програмата;
.CODE – директива, която дефинира програмните инструкции;
.STACK – директива , която резервира пространство от паметта за стека;
END – директива, която задава края на програмния код.

Пример за програма на Асемблер:

```
; use ; to put comments in the assembler program
.MODEL SMALL;  модел на паметта
.STACK ; заделяне на памет за стека с инструкции
.CODE ; следващите редове са програмни инструкции
mov ah,1h ; прехвърля стойност 1h в регистър ah
mov cx,07h ; прехвърля стойност 07h в регистър cx
int 10h ; 10h прекъсване
mov ah,4ch ; прехвърля стйност 4ch в регистър ah
int 21h ; 21h прекъсване
END ;  край на програмния код
```

Тази асемблерска програма променя размера на показалеца (курсора) на компютъра.
Текстът на програмата (source code) трябва да се съхрани като файл – например: ***examp1.asm***. Файлът трябва да съдържа текста на програмата в ASCII формат.
Използва се TASM за да се създаде обектен код. Например:
C:\>tasm exam1.asm
Следното съобщение е показател за правилна транслация на програмата:

```
Turbo Assembler Version 2.0 Copyright (c) 1988, 1990 Borland International
Assembling file: exam1.asm
Error messages: None
Warning messages: None
Passes: 1
Remaining memory: 471k
```

Резултат от изпълнение на транслацията е създаване на файл ***exam1.obj***.
Програмата TLINK се използва за създаване на изпълним файл:
C:\>tlink exam1.obj
Създава се изпълним файл ***exam1.exe***, който директно може да се изпълни от командния интерпретатор на DOS:
C:\>exam1[enter]

1. Сегментиране на паметта

Архитектурата на x86 процесорите използва оперативната памет на компютъра, като я разделя на сегменти, размера на които е 64kb. Причината за това разделяне на паметта е, че максималният адрес (двоично число), което може да се съхрани в регистрите на микропроцесора има дължина 16 бита (**дума)**. Това означава, че не може да се адресира клетка с номер по-голям от 65536 (2^{16}). Поради тази причина паметта на компютъра се раздели в групи (сегменти), всеки с по 65536 клетки (байта),

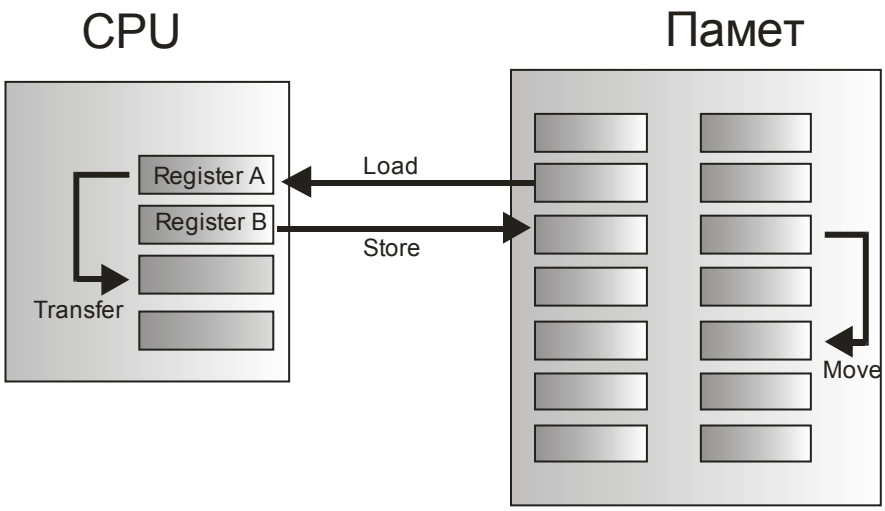
и се използва специален регистър, чрез който се задава номер на сегмента. Действителният адрес на клетка от паметта в този случай се задава с два регистъра – един за номер на сегмента и друг за адреса вътре в сегмента – отместване (offset). По този начин може да се адресира памет от 4294967296 байта.
За да може чрез Асемблерска програма да се управляват данните е необходимо всяка част информацията или инструкциите да се разполагат в съответен сегмент от паметта. Асемблер осъществява достъп до тази информация или инструкции, използвайки адреса на сегмента зададен с регистри DS, ES, SS и CS и адрес вътре в сегмента – адреса на клетка от паметта в този сегмент.
Ако се използва Асемблер с помощта на програма Debug, мястото където се разполага дадена команда може да се зададе по следния начин:
1CB0:0102 MOV AX,BX
Тук първия адрес 1CB0, съответства на номер на сегмент от паметта, а втория адрес 0102 съответства на адрес вътре в сегмента. Инструкцията ще се разположи от този адрес нататък. Посредством директивите ***.CODE***, ***.DATA*** и ***.STACK*** може да се укаже какви сегменти от паметта ще се използват в програмата на Асемблер.
Асемблер може да задава размера на сегментите в зависимост от дължината на програмите за да се оползотворява ефективно паметта. Например, ако една програма използва не повече от 10 kb памет за съхранение на информацията, сегментът за данни може да бъде зададен с размер 10 kb, а не 64 kB.

2. Типове инструкции в език Асемблер.

Обикновено всеки микропроцесор има групи команди за прехвърляне на данни, аритметични и логически операции и други. Понякога те имат различни мнемонически означение, в зависимост от типа на микропроцесора. Въпреки това, основните команди за всеки процесор са близки в тяхната същност и групирането им помага за тяхното разбиране и изучаване.

2.1 Трансфер (прехвърляне) на данни

В програмите често се налага да се прехвърлят данни (информация) между адреси (клетки) от паметта, регистри на CPU и външни устройства – фиг. 2. Съществуват различни начини да извърши това. Може например да се копира съдържанието на клетка от паметта в някой регистър; да се копира информация от регистър в друг регистър; да се прехвърли информация от регистър към стека, от стека към регистър; да се прехвърля информация към външни устройства и други.
Пренасянето на данни е регламентирано с помощта на няколко правила и ограничения. Ето някои от тях:
- Не е възможно да се пренасят данни от клетка в паметта към друга клетка от паметта директно. Необходимо е първо данните да се прехвърлят в регистър на CPU и след това от регистъра да се пренесат към другата клетка от паметта.
- Не възможно да се прехвърли константа директно към сегментен регистър. Трябва първо константата да се прехвърли в регистър на CPU и след това в сегментен регистър.
- Възможно е прехвърлянето на блок от данни с помощта на ***mov*** инструкции, които копират последователност от битове или думи. Такива инструкции са ***movsb***, която копира ***n*** байта от един адрес на друг и ***movsw,*** която копира ***n*** думи от един адрес на друг. Тези две команди използват стойности на адрес, зададен в регистри ***DS:SI*** като група от данни (байтове или думи) и ги пренася на друг адрес зададен с ***ES:DI***.



Фиг. 2. Прехвърляне на данни в компютърна система

- ***Команди за прехвърляне (трансфер) на данни***

Тези команди се използват за прехвърляне на данни. Всяка инструкция може да се използва с различни начини на адресиране. Типове команди:
MOV
MOVS (MOVSB) (MOVSW)

Команда MOV
Функцията на тези команди е да се прехвърлят данни между клетки от паметта, регистри и акумулатора.
Синтаксисът на тази команда е:
MOV Destiny, Source
Тук ***Destiny*** е адрес (място), където данните ще се прехвърлят, а ***Source*** е мястото (адрес), където се намират данните.
Различните трансфери на данни, които се допускат с тази команда са:

- ***Destiny***: memory. ***Source***: accumulator
- ***Destiny***: accumulator. ***Source***: memory
- ***Destiny***: segment register. ***Source***: memory/register
- ***Destiny***: memory/register. ***Source***: segment register
- ***Destiny***: register. ***Source***: register
- ***Destiny***: register. ***Source***: memory
- ***Destiny***: memory. ***Source***: register
- ***Destiny***: register. ***Source***: константа (стойности)
- ***Destiny***: memory. ***Source***: константа (стойности)

Примерна програма:
MOV AX,0006h
MOV BX,AX
MOV AX,4C00h
INT 21H
Тази малка програма прехвърля стойност **0006H** в регистър ***AX***, след което прехвърля съдържанието на регистър ***AX*** (0006h) в регистър ***BX***, и накрая прехвърля стойност **4C00h** в регистър ***AX*** . Програмата завършва с изпълнението на функция **4C** за ***21h*** прекъсване.

- ***MOV*** инструкцията копира **source** операнда в **destination** операнд без промяна на ***source***.

- 5 комбинации от операнди могат да се използват с тази команда:
- Тип на командата Пример
- ---
- mov register, register mov DX, CX
- mov register, immediate mov BL, 100
- mov register, memory mov EBX, [count]
- mov memory, register mov [count], ESI
- mov memory, immediate mov [count], 23
- Забележка: горните операнди са валидни за всички инструкции с два операнда.

Команди ***MOVS (MOVSB) (MOVSW)***
Функцията на тази команда е прехвърляне на последователност от байтове или думи, адресирани посредством регистър ***SI***, към адрес (място) адресирано с регистър ***DI***.
Синтаксисът на тези команди е:
MOVS
Тази команда не изисква параметри, тъй като адресите се вземат от регистри ***SI*** (адрес на източника) и ***DI*** (адрес на прехвърлянето). Следващата поредица от инструкции илюстрита тази команда.
MOV SI, OFFSET VAR1
MOV DI, OFFSET VAR2
MOVS
Най-напред се инициализират регистрите ***SI*** и ***DI*** с адресите на променливите ***VAR1*** и ***VAR2***. След това се изпълнява команда ***MOVS***, която записва съдържанието на променливата ***VAR1*** в областта, където е разположена променливата ***VAR2***.
Командите ***MOVSB*** и ***MOVSW*** се използват по същия начин както ***MOVS***, като първата прехвърля байт информация, а втората – дума.

- ***Команди за зареждане***

Това са специални регистрови инструкции. Използват се за зареждане на байтове или последователност от байтове в регистри.
LODS (LODSB) (LODSW), LAHF, LDS, LEA, LES

LODS (LODSB) (LODSW) Инструкции
Функцията на тези команди е да се зареди байт или дума в акумулатора.
Синтаксис***: LODS***
Тази инструкция прочита последователност от байтове или думи от адрес, специфициран с регистър ***SI,*** зарежда ги в акумулатора - регистър ***AL (or AX)*** и променя регистъра ***SI*** да адресира следващия елемент в зависимост от състоянието на флага ***DF*** с 1 или 2 в зависимост от това дали трансфера е байт или дума.
Пример:
MOV SI, OFFSET VAR1
LODS
Първият ред зарежда адреса на променливата ***VAR1*** в ***SI*** а втория ред прочта (взема) съдържанието на клетка зададена в ***AL*** регистъра.

LODSB и ***LODSW*** команди се използват по същия начин както горе, първата зарежда байт, а втората – дума (в този случай се използва целия регистър AX).

LAHF Инструкция
Функцията на тази инструкция е да се прехвърли съдържанието на флаговете в AH регистъра. Тази инструкция е полезна за проверка на състоянието на флаговете при изпълнение на операциите от програмата.

LDS Инструкция
Функцията на тази инструкция е да се зареди регистъра за сегмента за данни
LDS destiny, source
Source операнда трябва да бъде двойна дума в паметта (32 бита). Думата (16 бита), свързана с по-високия адрес се записва в ***DS*** регистъра, а другата дума се използва като адрес на сегмента. Думата, свързана с по-малкия адрес е изместването в сегмента и се разглежда като ***destiny*** (адрес за изпращане).

LEA Инструкция
Функцията зарежда адреса на ***source*** операнда
LEA destiny, source
Source оператора трябва да бъде разположен в паметта, а изместването в сегмента е разположено в индексния регистър или специален указател за адрес на изпращане (дестинация).
За илюстрация на тези възможности може да се запише следния еквивалент от операции:
MOV SI,OFFSET VAR1
е равнозначно на:
LEA SI,VAR1

2.2. Стекови инструкции

Стекът е пространство от паметта, в което се съхранява информация, достъпът до която се осъществява по правилото „последен въведен – първи достъпен“. Това означава, че в тази памет се натрупва информация, при която всеки нов запис се позиционира на върха на стека и във всеки момент е достъпен последният запис. След като се прочете той, става достъпен следващият и т.н.

POP Инструкция
Функцията на тази инструкция е да се прочете (възвърне) информация от стека.
POP destiny
Инструкцията прочита последната записана в стека информация, записва я в място указано с операнда ***destiny*** и след това увеличава с 2 стойността на SP регистъра. Това нарастване се използва за да се позиционира SP регистъра на следващата записана информация. Стекът работи с думи, което означава, че записаната информация е 2 байта.
За да се възстановят коректно стойностите на регистри чрез съхранение им стойности в стека се използват други команди в следната последователнст:
POP CX, POP BX, POP AX

POPF Инструкция
Функцията на тази команда е да възвърне стойностите на флаговете във флаговия регистър, записани в стека.
POPF
Тази команда прехвърля битовте от думата, записана в най-горния участък от стека във флаговия регистър.
След прехвърлянето на битовете във флаговия регистър стойността в SP регистъра се увеличава с 2, намалявайки по този начин размера на стека .

PUSH Инструкция
Функцията на тази инструция е да запише информация (дума) в стека

PUSH source
PUSH инструкцията намалява с 2 стойността в ***SP*** регистъра и прехвърля съдържанието от адреса, зададен със ***source*** операнда в стека. Съдържанието на стека нараства с 2 байта и това е информацията, която той може да обработва при следваща операция.
За да се съхрани съдържанието на регистри в стека се използват следните инструкции:
PUSH AX, PUSH BX, PUSH CX

PUSHF Инструкция
Функцията на тази инструкция е да се прехвърли (запише) съдържанието на флаговия регистър в стека.
PUSHF
Тази инструкция намалява с 2 стойността на SP регистъра и прехвърля съдържанието на флаговия регистър в стека.

2.3. Инструкции за прехвърляне на данни към външни устройства
За прехвърляне на данни към външни устройства (портове) се използва команда ***out***, а за прочитане (приемане) на данни от порт се използва команда ***in***.
OUT DX,AX
Тук ***DX*** съдържа адреса на порт, който се използва за изпращане на данните и ***AX*** съдържа информацията, която се изпраща..
IN AX,DX
Тук ***AX*** е регистър, където получаваната информация ще бъде съхранена и ***DX*** е регистър, който съдържа адреса на порт, чрез който се прехвърля необходимата информация.

2.4. Логически и аритметически операции
Инструкциите за логически операции са: ***and, not, or*** и ***xor***. Тези операции действат върху битовете, зададени като операнди за операциите.
Алгебричните операции са: ***add*** (събиране), ***sub*** (изваждане), ***mul*** (умножение) и ***div*** (деление).
Почти всички операции за сравнение са свързани с информация, съдържаща се във флаговите регистри. Един от флаговете, които могат директно да се задават от програмистите са флага за направлението на данните ***DF***, използван за задаване на операциите за последователност (списък от данни). Друг флаг, който също може да се управлява от програмистите е ***IF*** флага с помощта на ***sti*** и ***cli*** instructions, за активиране и деактивиране на прекъсванията.

- **Логически инструкции**

Те се използват за извършване на логически операции върху операндите.
AND, NEG, NOT, OR, TEST, XOR

AND Инструкция
Функцията на тази команда е да се изпълни логическата операция ‚конюнкция‘ върху операндите бит по бит.
AND destiny, source

```
Source Destiny  | Destiny
-----------------------------
1          1    | 1
1          0    | 0
```

```
0          1     | 0
0          0     | 0
```
Резултатът от тази операция се записва в адрес зададен с ***destiny*** операнда.

NEG Инструкция
Функцията на тази инструкция е допълване до 2.
NEG destiny
Тази инструкция генерира допълнение до 2 на съдържанието на адреса в destiny операнда и записва резултата на същото място
Например ако в AX регистъра има стойност 1234H, тогава:
NEG AX
Ще генерира стойност EDCCH, която ще се съхрани в AX регистъра.

NOT Инструкция
Функцията на тази инструкция е да генерира отрицание на стойността съхранявана чрез destiny операнда бит по бит. .
NOT destiny
Резултатът се съхранява на същото място, където се намира дестини стойността.

OR Инструкция
Функцията на тази команда е да се изпълни логическата операция, „дезюнкция‘ върху операндите бит по бит.
OR destiny, source
Резултатът от тази операция се записва в адрес зададен с ***destiny*** операнда.

TEST Инструкция
Функцията на тази инструкция е да сравни стойностите съхранявани в source и destiny операндите бит по бит. .
TEST destiny, source
Тази операция извършва логическата операция ‚конюнкция‘ бит по бит, но за разлика от операция ***and*** резултатът не се записва в ***destiny***. Той има ефект само за състоянието на флага.

XOR Инструкция
Функцията на тази команда е да се изпълни логическата операция, ‚изключваща дезюнкция‘ върху операндите бит по бит.
XOR destiny, source
```
Source Destiny  | Destiny
----------------------------
1          1     | 0
1          0     | 1
0          1     | 1
0          0     | 0
```

- **Аритметични инструкции**

Те се използват за извършване на аритметични операции върху операндите.
ADC, ADD, DIV, IDIV, MUL, IMUL, SBB, SUB

ADC Инструкция
Функцията на тази операция е да се реализира аритметичната операция събиране.
ADC destiny, source

Инструкцията извършва събиране на стойностите зададени с двата операнда и се добавя 1 към резултата ако CF флага е активиран.
Резултатът се записва в адрес зададен с ***destiny*** операнд.

ADD Инструкция
Функцията на тази операция е да се реализира аритметичната операция събиране.
ADD destiny, source
Инструкцията извършва събиране на стойностите, зададени с двата операнда и резултатът се записва в адрес, зададен с ***destiny*** операнда.

DIV Инструкция
Функцията на тази инструкция е деление без знак.
DIV source
Делителят може да бъде байт или дума и е зададен със ***source*** операнда. Ако делителят е 8 бита (1 байт) 16-те бита на регистър AX се разглеждат като делимо, а ако делителят е 16 бита (дума) – комбинацията DX:AX регистри се разглежда като делимо, като DX регистъра се разглежда като старша дума и AX като младша дума.
Ако делителят е байт частното се записва в регистър AL и остатъка – в регистър AH. Ако делителят е дума, частното се записва в регистър AX и остатъка - в регистър DX.

IDIV Инструкция
Функцията на тази инструкция е деление.
IDIV source
Тази инструкция е както горната, като единствената разлика е, че резултатът е със знак.

MUL Инструкция
Функцията на тази инструкция е умножение без знак.
MUL source
В езика Асемблер се приема, че множимото е със същия размер както множителя. Това позволява множимото се съхранява в AH регистър ако множителя е 8 бита или в AX регистъра – ако множителя е 16 бита. Когато операндите за умножението са 8 битови, резултатът се съхранява в AX регистъра, а когато операндите при умножението са 16 битови – резултатът се записва в DX:AX регистри.

IMUL Инструкция
Функцията на тази инструкция е умножение на две числа със знак.
IMUL source
Тази инструкция изпълнява същите действия както горната, с тази разлика, че се взвмат пред вид и знаците на числата. Резултатът се съхранява в същия регистър, който се се използва от операцията MOV за зареждане на множимото.

SBB Инструкция
Функцията на тази инструкция е изваждане с отстъпка.
SBB destiny, source
Тази инструкция изважда ***source*** стойност от ***destiny*** и се изважда единица от резултата ако флаг CF е активиран. Този тип изваждане се използва когато се работи с 32 битови стойности.

SUB Инструкция
Функцията на тази инструкция е изваждане.

SUB destiny, source
Тази инструкция изважда ***source*** стойността от ***destiny*** стойността.

2.5. Преходи, цикли и процедури

Безусловните преходи в асемблерските програми се задават с ***jmp*** команда. Командата за преход се използва за прехвърляне на изпълнението на потока от инструкции на определено място в програмата, зададено с определен етикет (адрес).
Цикълът е програмна конструкция за организиране на повторение на процеса определен брой пъти, докато се изпълни определено условие.

Jump инструкции
Тези инструкции се използват за промяна на последователността (потока) на изпълнение операциите (командите).
JMP, JA (JNBE), JAE (JNBE), JB (JNAE), JBE (JNA), JE (JZ), JNE (JNZ), JG (JNLE), JGE (JNL), JL (JNGE), JLE (JNG), JC, JNC, JNO, JNP (JPO), JNS, JO, JP (JPE), JS

JMP инструкция
Функцията на тази инструкция е безусловен преход.
JMP destiny
Тази инструкция се използва за разделяне на потока на изпълнение на командите в програмата без да се отчита състоянието на флаговете или данните. Прехода към друга инструкция се извършва безусловно. Тя съответства на оператора Goto в езиците от високо ниво.
Пример:

```
        ; Handle one case
        label1: .
                .
                jmp done
        ; Handle second case
        label2: .
                .
                jmp done
                .
done:
```

JA (JNBE) Инструкция
Функцията на тази инструкция е условен преход.
JA Label
След сравнение тази команда прави прход ако сравнението е истина или не прави преход ако сравнението не е истина.
Това означава, че преходът се прави ако CF флаг е активиран или ZF флаг е деактивиран.
Другите команди за преход реализират условен преход при различни условия и състояния на флаговете.

Инструкции за цикъл

Тези инструкции осигуряват изпълнение на група операции многократно условно или безусловно, докато определен брояч има стойност нула.
LOOP, LOOPE, LOOPNE

LOOP Инструкция

Функцията на тази инструкция е да организира циклично изпълнение на група операции.
LOOP label
Loop инструкцията намалява стойността в CX регистъра с 1 и изпълнява потока от команди до етикета ***label*** докато стойността в CX е различна от 1.

LOOPE Инструкция
Функцията на тази инструкция е да организира циклично изпълнение на група операци в зависимост от състоянието на флаг ZF.
LOOPE label
Тази инструкция намалява стойността в CX регистъра с 1. Ако CX е различен от нула и ZF е равен на 1 се изпълнява потока от команди до етикета ***label***.

LOOPNE Инструкция
Функцията на тази инструкция е да организира циклично изпълнение на група операци в зависимост от състоянието на флаг ZF.
LOOPNE label
Тази инструкция намалява стойността в CX регистъра с 1. Ако ZF е различен от нула се изпълнява потока от команди до етикета ***label***.

2.6. Инструкции за управление на броячи
Тези инструкции се използват за увеличаване и намаляване на стойността на броячи.
DEC
INC

DEC Инструкция
Функцията на тази инструкция е да намали с 1 стойността на брояч.
DEC destiny
Тази операция изважда 1 от стойността зададена с ***destiny*** операнда и съхранява новата стойност на същия адрес.

INC Инструкция
Функцията на тази инструкция е да увеличи с 1 стойността на брояч.
INC destiny
Тази операция добавя 1 към стойността зададена с ***destiny*** операнда и съхранява новата стойност на същия адрес

2.7. Инструкции за сравнение
Тези инструкции се използват за сравнение на стойности и действат върху състоянието на флаговете.
CMP
CMPS (CMPSB) (CMPSW)

CMP Инструкция
Функцията на тази инструкция е да сравнява стойностите зададени с операндите.
CMP destiny, source
Тази инструкция изважда стойността зададена със source операнда от стойността зададена с destiny операнда без да съхранява резултата. Тя действа само върху състоянието на флаговете.

CMPS (CMPSB) (CMPSW) инструкции

Функцията на тази инструкция е да сравнява последователност от байтове или думи.
CMP destiny, source
С тази инструкция последователността от символи, зададена с операнда ***source*** се изважда от последователността , зададена с ***destiny***.
Регистър ***DI*** се използва като индекс за допълнителен сегмент за последователностт на операнда ***source***, а регистър ***SI*** като индекс за последователността на операнда ***destiny.***
Инструкцията действа само върху съдържанието на флаговете и регистри DI и SI.

2.8. **Инструкции за управление на флаговете**

Тези инструкции действат директно върху съдържанието на флаговете.
CLC, CLD, CLI, CMC, STC, STD, STI

CLC Инструкция
Функцията на тази инструкция е да нулира флага за пренос.
CLC
Инструкцията изключва флага за пренос (бит във флаговия регистър) – записва се стойност нула.

CLD Инструкция
Функцията на тази инструкция е да нулира флага за адрес.
CLD
Инструкцията изключва флага за адрес – записва се стойност нула.

CLI Инструкция
Функцията на тази инструкция е да нулира флага за прекъсване.
CLI
Инструкцията изключва флага за прекъсване, като по този начин деактивира така наречените маскируеми прекъсвания. Маскируеми прекъсвания са тези прекъсвания, които се деактивират когато флага IF=0.

CMC Инструкция
Функцията на тази инструкция е да допълни (увеличи) флага за пренос.
CMC
Инструкцията променя състоянието на флага за пренос. Ако if CF = 0 инструкцията променя тази стойност на 1, а ако CF = 1 инструкцията променя стойността 0. Може да се каже, че инструкцията инвертира стойността на флага.

STC Инструкция
Функцията на тази инструкция е да активира флага за пренос.
STC
Инструкцията записва стойност 1 във флага CF.

STD Инструкция
Функцията на тази инструкция е да активира флага за адрес.
STD
Инструкцията активира флага за адрес – записва се стойност 1.

STI Инструкция
Функцията на тази инструкция е да активира флага за прекъсване.
STI

Инструкцията активира флага за прекъсване, като по този начин прави възможни маскируемите прекъсвания. Маскируеми прекъсвания са тези прекъсвания, които се активират когато флага IF=1.