Лабораторно упражнение №2

"Видове адресации и инструкции на микроконтролер MSP430FR6989"

2.1. Въведение.

Всяка една програма на С за микроконтролери се преобразува в програма на Асемблер, а след това всяка една асемблерна инструкция се преобразува в двоичен код, който се зарежда в микроконтролера. Познаването на Асемблер за поне един микроконтролер е от особено значение в програмирането на вградени системи. Макар Асемблерите да са различни за различните микроконтролери, между тях има много общи черти. Ето и някой примери, в които познаването на Асемблер е от значение:

а) Понякога програмистът не може да предвиди как точно един ред от С програмата ще се „преведе" на Асемблер. Това води до грешки, чието отстраняване (debug) изисква преглед на „преведената" програма. Например празен for-цикъл от вида for(i = 0; I < 20; i++){ } може да се премахне от С-компилатора, който да счете тази конструкция за ненужна. Реално обаче програмистът може да я използва като софтуерно закъснение. Тогава единствено чрез поглеждане в „преведената" на Асемблер програма може да се види липсата на този код.

б) Оптимизация от гледна точка на бързодействие и/или размер на програмата може да се постигне чрез програмиране на Асемблер. Микроконтролерите обикновено разполагат с минимален хардуерен ресурс (в сравнение с настолните компютри) и комбинирането С/Асемблер е често срещано. Пример → инициализиращ код на Linux за вградени системи.

2.2. Видове инструкции.

Всяка една инструкция се състои от код на операцията и операнди. Фирмата Texas Instruments дефинира четири вида инструкции на микропроцесора MSP430:

Инструкция с два операнда (наричани още **Формат I инструкции**).

Пример: add R3, R4 → Събери стойностите на регистри R3 и R4 и запиши резултата в R4 върху старата стойност.

Инструкция с един операнд (наричани още **Формат II инструкции**).

Пример: RRA R3 → премести всички битове на числото в R3 с една позиция надясно като най-младшия бит запиши в STATUS регистъра на позиция Carry).

Инструкции за преход (наричани още **Формат III инструкции**).

Пример: jmp 0x1000 → иди на абсолютен адрес 0x1000.

Инструкции, които не попадат в никоя категория (наричани още **Разни инструкции)**

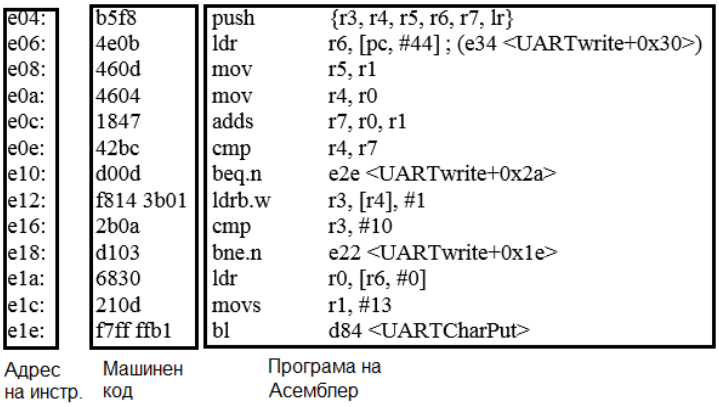
Пример:
```
Хендлер на прекъсване:
add R3, R4
rra R3
reti            → Излез от хендлер на прекъсване
```

Прекъсванията и хендлерите на прекъсвания са обяснени в лабораторното упражнение за входно/изходните портове.

Формат I и II инструкциите имат наставка .b или .w, които означават работа със съответно 8-битови и 16-битови операнди . Така например инструкцията add може да се запише като add.b R3, R4 или add.w R3, R4. Ако не се укаже наставка, асемблерът по подразбиране слага .w наставка. Използването на наставки произлиза от факта, че част от периферните модули са разположени на адреси 0x00 ÷ 0xFF, а друга част на 0x100 ÷ 0x1FF. Първите изискват работа с „.b" инструкции, а вторите – работа с „.w" инструкции. Не може да се използва .w на периферия в обхвата 0x00 ÷ 0xFF, както и .b на периферия в 0x100 ÷ 0x1FF.

Микропроцесорът MSP430 има 16-битова адресна шина. Това води до ограничение на адресираната памет от 0 до 65535 адреса (или 0 ÷ 64kB). За да може да се произведат микроконтролери с повече памет и периферия (периферията се адресира като памет), от Тексас Инструментс са проектирали разширен вариант на MSP430 и това е MSP430X. В него адресна шина е 20-битова, което позволява $0 \div 2^{20} = 0 \div 1048576$ (или 0 ÷ 1 MB). MSP430FR5739 е с MSP430X микропроцесор. За да се адресира модул или памет, разположен на адрес по-голям от 0xFFFF се използва наставката A след мнемониката на инструкцията, например BR 0xFFFF (16-bit) и BRA 0x10000 (20-bit).

2.3. Дисасемблер (Асемблерен листинг). Дисасемблер (disassembly), или още асемблерен листинг, е изходен файл, съдържащ програма на Асемблер, заедно с машинния код, съответстващ на всяка една инструкция и адреса, от който тя се изпълнява. На **фиг. 2.1** е показан дисасемблера на С програма.



Фиг. 2.1

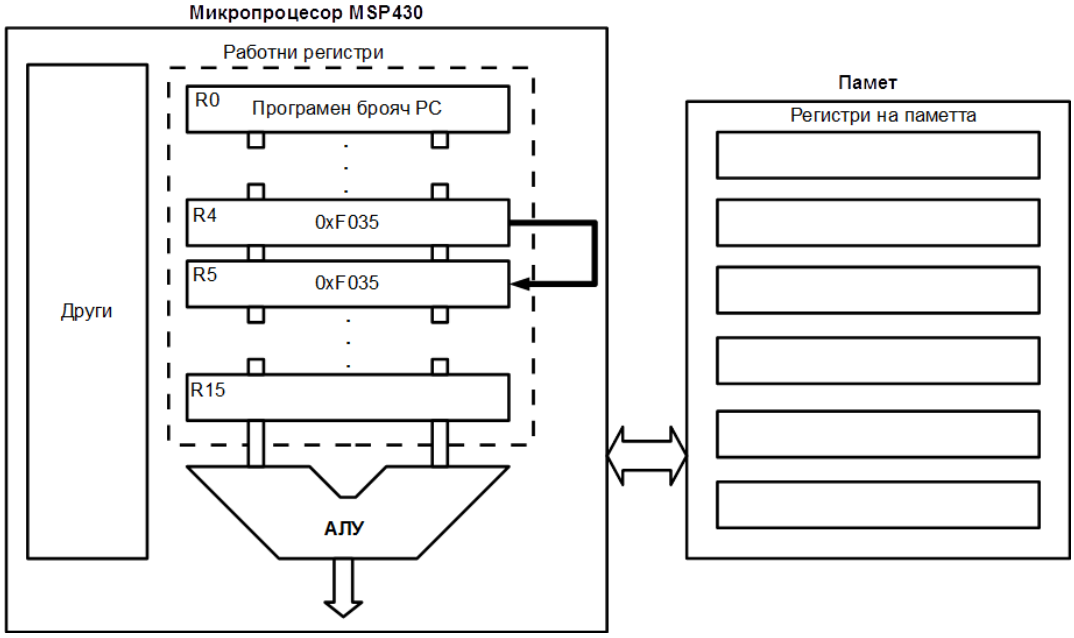
Байтовете, които се зареждат в паметта на контролера са показани в средната колонка. Сама по себе си тази информация не е достатъчна за успешното изпълнение на програмата от микропроцесора. Трябва да се знае всеки един байт на кой адрес се намира. Адресите са показани в най-лявата колонка. Микропроцесорът „разбира" само от числата в тези две колонки. Всичко друго – програма на Асемблер, програма на С, програма на С++, програма на Java е абстракция за улеснение на програмиста.

2.4. Видове адресации.

Операндите на една инструкция могат да се извлекат по различен начин, от различни адреси в паметта или работните регистри на ядрото. Това обуславя различни видове адресации или още режими на адресиране (Addressing modes). Техният брой варира при различните микропроцесори. За MSP430 са 7 броя. Трябва да се прави разлика между работните регистри на ядрото и външната (за ядрото) памет.

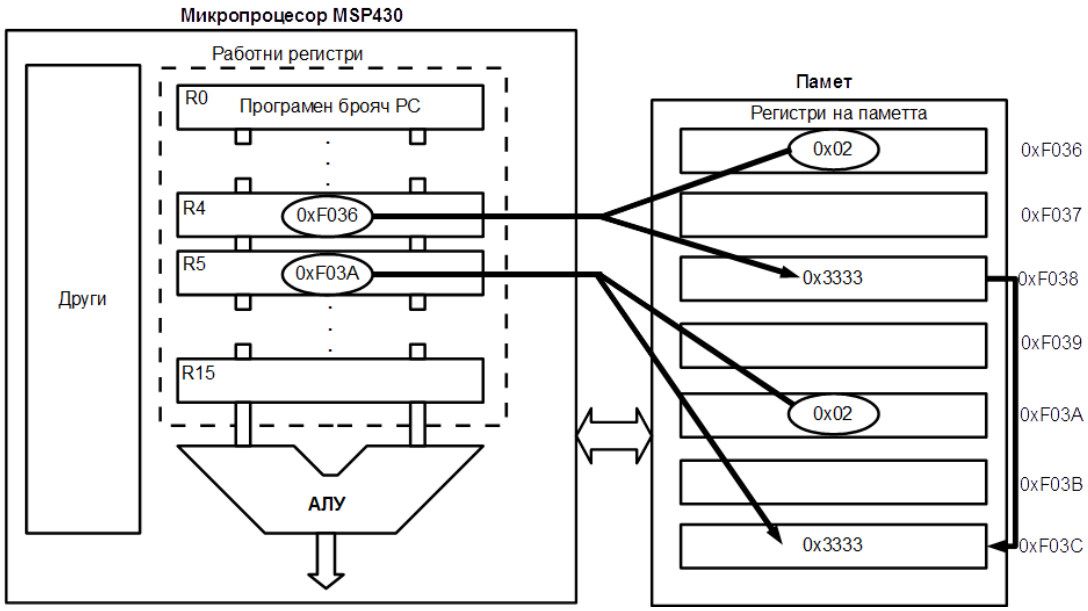
2.4.1 Регистрова адресация (Register) – съдържанието на работен регистър от ядрото е операнд на инструкцията.

Пример: mov.w R4,R5
Преди: R4 = 0xF035, R5 = 0x5555
След: R4 = 0xF035, R5 = 0xF035



2.4.2. Индексна адресация (Indexed) – съдържанието на работен регистър от ядрото + съдържанието на регистър от програмната памет (отместване) указват адреса (някъде в паметта на микроконтролера) на операнда.

Пример: mov.w 0x02(R4), 0x02(R5)
*Преди:*R4 = 0xF036, R5 = 0xF03A, MEM(0xF038) = 0x3333, MEM(0xF03C) = 0x5555
*След:*R4 = 0xF036, R5 = 0xF03A,MEM(0xF038) = 0x3333, MEM(0xF03C) = 0x3333

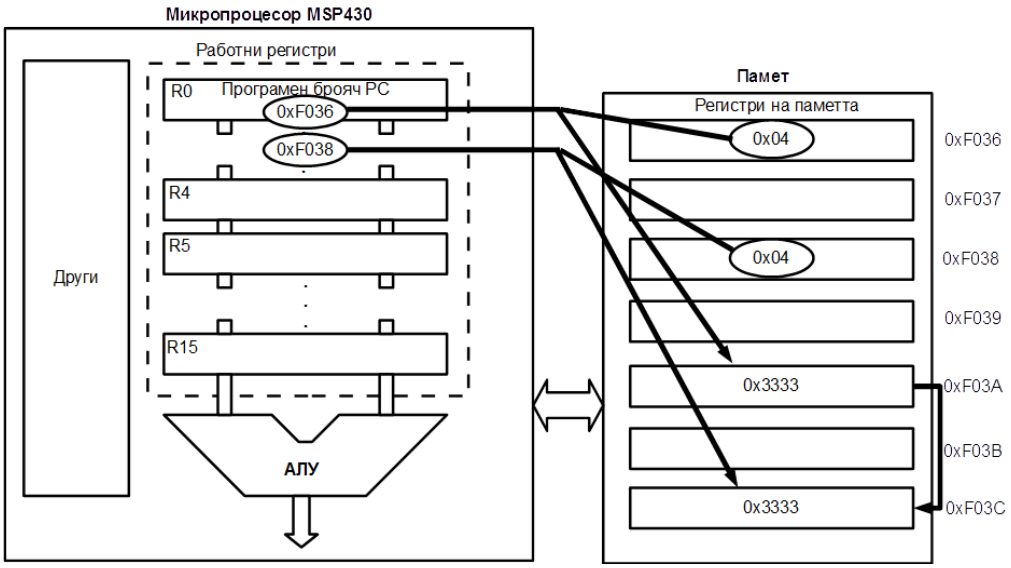


2.4.4. Относителна (Symbolic) адресация – съдържанието на регистър от програмната памет (отместване) + стойността на програмния брояч PC указват адреса на операнда. Тази адресация е аналогична на индексната, с тази разлика, че се използва некой да е регистър от ядрото, а точно регистър R0 (т.е. програмния брояч).

Пример: mov.w Label1,Label2 (етикетите в Асемблер са относителни, или още условни адреси, които се заменят с абсолютни след линкването на програмата). Нека Label1 е с адрес 0xF036, а Label2 е с адрес 0xF038.

Преди: PC = 0xF036, MEM(0xF03A) = 0x3333, MEM(0xF03C) = 0x5555

След: PC = 0xF03A, MEM(0xF03A) = 0x3333, MEM(0xF03C) = 0x3333

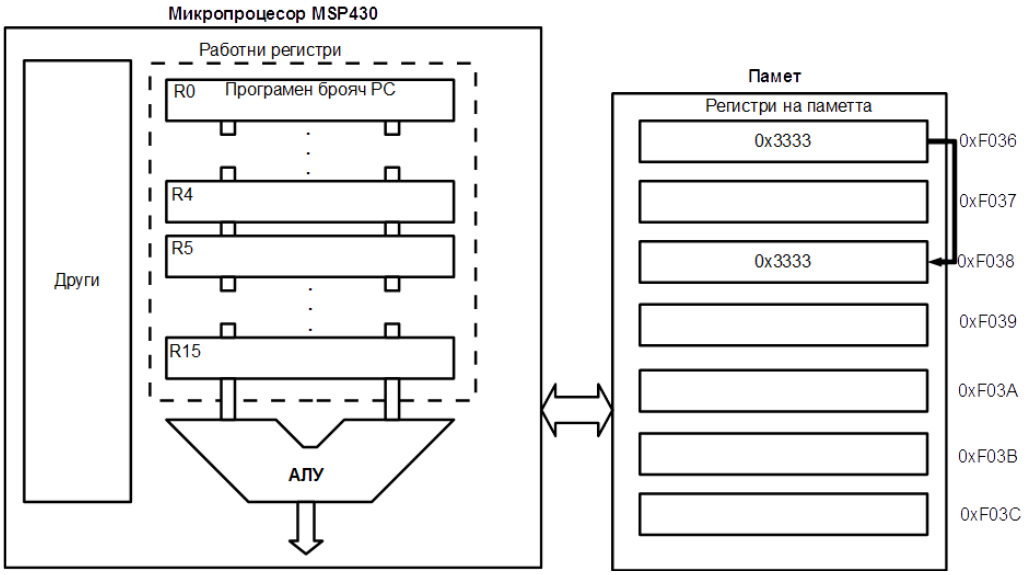


2.4.3. Абсолютна адресация (Absolute) – съдържанието на регистър от програмната памет указва адреса (някъде в паметта на микроконтролера) на операнда.

Пример: mov.w &0xF036,&0xF038 (иди на адрес 0xF036 и копирай каквото има там на адрес 0xF038)

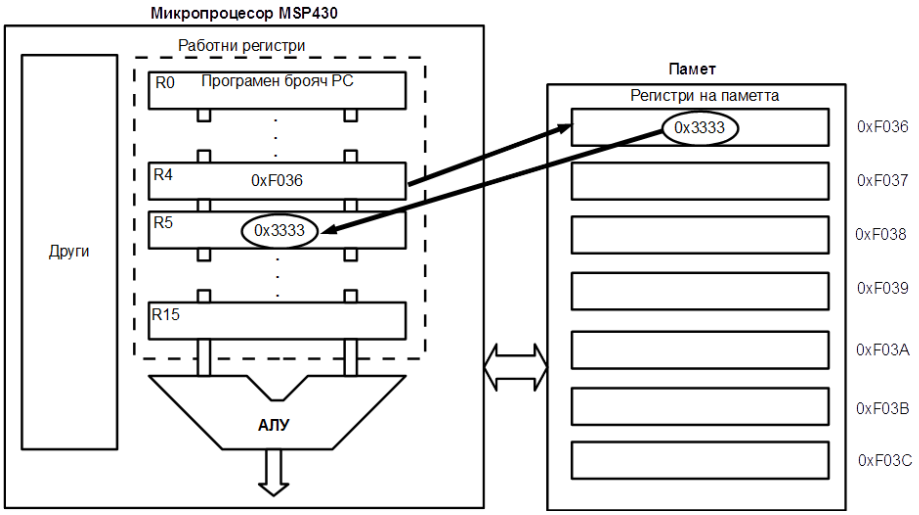
Преди: MEM(0xF036) = 0x3333, MEM(0xF038) = 0x5555

След: MEM(0xF036) = 0x3333, MEM(0xF038) = 0x3333



2.4.5. Индиректна регистрова адресация (Indirect Register) – аналогична на абсолютната. Разликата – съдържанието на работен регистър от ядрото указва абсолютен адрес от паметта, на който се намира операнда.

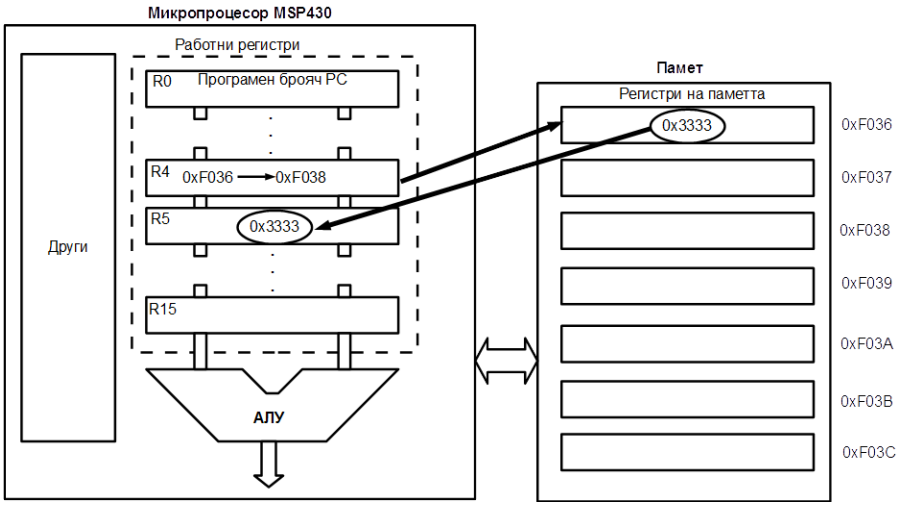
Пример: mov.w @R4,R5
Преди: MEM(0xF036) = 0x3333, R4 = 0xF036, R5 = 0x5555
След: MEM(0xF036) = 0x3333, R4 = 0xF036, R5 = 0x3333



2.4.6. Индиректна автоинкрементираща адресация (Indirect Autoincrement) – съдържанието на работен регистър от ядрото указва абсолютен адрес от паметта, на който се намира операнда. След изпълнение на инструкцията, съдържанието на работния регистър се увеличава автоматично с 1, ако инструкцията е с наставка ".b" или се увеличава с 2, ако инструкцията е с наставка ".w".

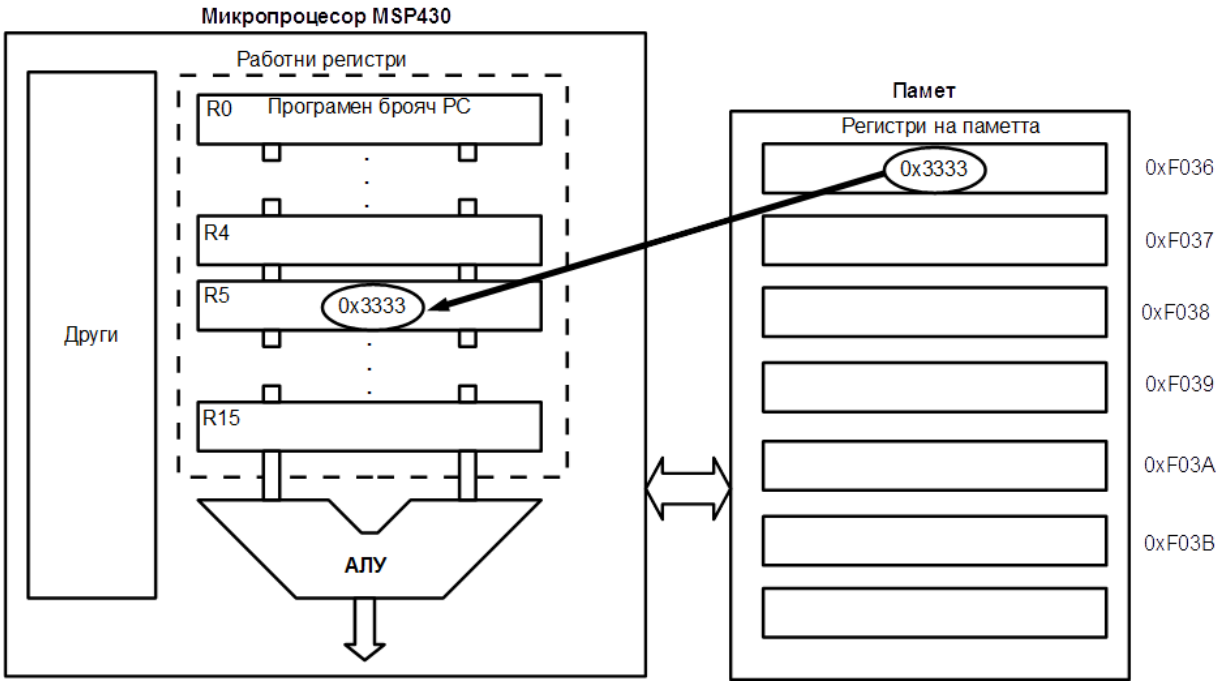
Пример: mov.w @R4+,R5 (R4 се увеличава с 2)
Преди: MEM(0xF036) = 0x3333, R4 = 0xF03**6**, R5 = 0x5555
След: MEM(0xF036) = 0x3333, R4 = 0xF03**8**, R5 = 0x3333

Пример: mov.b @R4+,R5 (R4 се увеличава с 1)
Преди: MEM(0xF036) = 0x3333, R4 = 0xF03**6**, R5 = 0x5555
След: MEM(0xF036) = 0x3333, R4 = 0xF03**7**, R5 = 0x0033 (старшата част се нулира заради „.b" наставката)



2.4.7. Непосредствена адресация (Immediate) – съдържанието на регистър от програмната памет (константа) е операнд на инструкцията.

Пример: mov.w #0x3333,R5
Преди: R5 = 0x5555
След: R5 = 0x3333



ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ

1. Да се създаде нов проект с име **Lab_2_1** в папка **/Desktop/MSHT_GR_XX_N/Lab_2_1**, да се копира програмата на асемблер, която извършва примерни операции, демонстриращи видовете адресации. Използва се само една инструкция – MOV с цел опростяване, НО адресациите са валидни за всички инструкции на MSP430.

2. Да се постави точка на прекъсване точно след реда:

MOV.W #WDTPW+WDTHOLD,&WDTCTL

Да се изпълнява стъпка по стъпка, като едновременно с това се попълва таблицата, показана по-долу. Програмата приключва на реда „JMP $“.

1	2	3	4					5		8			
№	**Инструкция**	**Инструкция в шестнадесетичен вид**	**Съдържание на регистрите**					**Вид Адресация** (Reg, IX, Sym, Abs, Ind, Ind+, Imm)		**RAM**			
			PC	**SP**	**SR**	**R4**	**R5**	**SRC**	**DST**	**0x1C00**	**0x1C01**	**0x1C04**	**0x1C05**

Инструкцията в двоичен вид се взима от прозореца **Disassembly**.

Адресацията се записва за левия (SRC – source) и десния (DST – destination) операнд. Ако има само един операнд се пише само в DST. Ако няма операнди се поставя тире.

Показване на регистрите на ядрото: **View → Register → Core Registers**

Показване на регистрите на паметта: **View → Memory Browser**. Изберете наблюдение на регион 0x1C00 (началото на SRAM).

Показване на дисасемблер: **View → Disassembly**