Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Рязанский государственный радиотехнический

университет имени В.Ф. Уткина»

Кафедра «ЭВМ»

Отчет о лабораторной работе №3

«Арифметические операции в микроконтроллерах ARM Cortex-М3»

по дисциплине

«Микропроцессорные системы и

интерфейсы периферийных устройств»

Выполнили:

Студенты группы 045

Вашкулатов Н.А.

Анохин В.А.

Проверили:

доц. каф. ЭВМ Устюков Д.И.

доц .каф. ЭВМ Кистрин А.В.

**Цель работы**: получение начальных знаний об основных приемах использования арифметических операций над данными различной разрядности в микроконтроллерах ARM Cortex-M3.

**Ход работы**

**Задание 3.1.** Введите программу PR\_3, подключите подпрограмму рр1. Запустите компиляцию (F7) и отладку программы (Ctrl-F5).

**Код программы:**

; PR\_3

area stack, noinit, readwrite

space 0x400

stack\_top

area reset, data, readonly

area program,code,readonly

dcd stack\_top

dcd start

entry

start

bl pp1

bl pp2

bl pp3

b start

Таблица 1 – Выполнение программы по шагам

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Команда | NZCV | Действие | Результат |
| pp1 |  |  |  |
| mov r0, #0x20000000 | 0000 | r0 := 0x20000000 | r0 = 0x20000000 |
| mov r1, #1 | 0000 | r1 := [1](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230xffff) | r1 = [1](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230xffff) |
| mov r2, #-1 | 0000 | r2 := -1 | r2 = -1 |
| mov r3, #127 | 0000 | r3 := [127](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230x05) | r3 = [127](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230x05) |
| mov r4, #-128 | 0000 | r4 := -128 | r4 = -128 |
| strb r0, [r0] | 0000 | M(r0) = r0 | M(0x20000000) = 0 |
| strb r1, [r0,#1] | 0000 | M(r0 + 1) = r1 | M(0x20000001) = 0x01 |
| strb r2, [r0,#2] | 0000 | M(r0 + 2) = r2 | M(0x20000002) = 0xff (-1) |
| strb r3, [r0,#3] | 0000 | M(r0 + 3) = r3 | M(0x20000003) = 0x7f (127) |
| strb r4, [r0,#4] | 0000 | M(r0 + 4) = r4 | M(0x20000004) = 0x80 (-127) |
| ldrsb r5, [r0,#2] | 0000 | r5 = M(r0 + 2) | r5 = 0xff ff ff ff (чтение со знаком) |

Таблица 1 – Выполнение программы по шагам (продолжение)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ldrb r6, [r0,#2] | 0000 | r6 := M(r0 + 2) | r6 = 0xff (чтение без знака) |
| bx lr |  |  |  |
| pp2 |  |  |  |
| ldr r8, = -2 | 0000 | r8 := -2 | r8 = 0xff ff ff fe |
| ldr r9, = 3 | 0000 | r9:= 3 | r9 = 3 |
| ldr r10, =-4 | 0000 | r10 := -4 | r10 = 0xff ff ff fc |
| ldr r11, =5 | 0000 | r11 := 5 | r10 = 5 |
| smull r0, r1, r8, r9 | 0000 | r0:r1 = r8 \* r9 | r0 = 0xff ff ff ec  r1 = 0x ff ff ff ff  или (-20) |
| smull r2, r3, r10, r11 | 0000 | r2:r3 = r10 \* r11 | r0 = 0xff ff ff fa  r1 = 0x ff ff ff ff  или (-6) |
| adds r4, r0, r2 | 1010 | r4 := r0 + r2 | r0 = [0xff](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230x20000000) ff ff e6  или(-26) |
| adcs r5, r1, r3 | 1010 | r5 := r1 + r3 | r5 = 0xff ff ff ff |
| rrx r5, r5 | 1010 | r5 := r5/ 2 с учетом переноса | r5 = 0xff ff ff ff |
| rrx r4, r4 | 1010 | r4 := r4/ 2 с учетом переноса | r4 = 0xff ff ff f3 или (-13) |
| bx lr |  |  |  |
| pp3 |  |  |  |
| mov r0, #0x20000000 | 0000 | r0 := 0x20000000 | r0 = 0x20000000 |
| mov r1, #50 | 0000 | r1 := 50 | r1 = 0x32 |
| mov r2, #-100 | 0000 | r2 := -100 | r2 = 0xff ff ff 9c |
| mov r3, #-250 | 0000 | r3 := -250 | r3 = 0xff ff ff 06 |
| mov r4, #100 | 0000 | r4 := 100 | r4 = 0x64 |
| add r5, r1, r2 | 0000 | r5 := r1 + r2 | r5=[0xff](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230x0a) ff ff ce или (-50) |
| add r5, r3 | 0000 | r5 := r5 + r3 | r5=[0xff](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230x0a) ff fe d4 или (-300) |
| add r5, r4 | 0000 | r5 := r5 + r4 | r5=[0xff](https://vk.com/im?sel=169908979&st=%230x0a) ff ff 38 или (-200) |
| asr r6, r5, #2 | 0000 | r6 := r5/4 | r6 = 0xff ff ff ce или (-50) |
| strb r6, [r0] | 0000 | M(r0) = r6 | M(0x20000000) = 0xce |
| ldrsb r7, [r0] | 0000 | r7:= M(r0) | r7 = 0xff ff ff ce |
| ldrb r8, [r0] | 0000 | r7:= M(r0) | r7 = 0xce |
| bx lr |  |  |  |

**Задание 3.2.** Составьте подпрограмму для исследования результатов выполнения операций умножения с суммированием.

Рассчитайте теоретические значения, представьте результат выполнения подпрограммы в виде таблицы. 10 \* 2 + 80 = 100 = 0x64

Таблица 2 – Выполнение программы по шагам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Команда | Действие | Результат |
| mov r0, #10 | r0 := 10 | r0 = 0x0A |
| mov r1, #2 | r1 := 2 | r1 = 0x02 |
| mov r2, #80 | r2 := 80 | r2 = 0x50 |
| mla r4, r0, r1, r2 | r4 := r0\*r1 + r2 | r4 = 0x64 |

**Задание 3.3.** Составьте подпрограмму для исследования результатов выполнения операций умножения с накоплением. Рассчитайте теоретические значения, представьте результат выполнения подпрограммы в виде таблицы.

Таблица 3 – Выполнение программы по шагам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Команда | Действие | Результат |
| mov r0, #2 | r0 := 2 | r0 = 0x02 |
| umlal r1,r2,r0,r0 | r2:r1 := r2:r1 + r0\*r0 | r2:r1 = 0x04 |
| umlal r1,r2,r0,r0 | r2:r1 := r2:r1 + r0\*r0 | r2:r1 = 0x08 |
| umlal r1,r2,r0,r0 | r2:r1 := r2:r1 + r0\*r0 | r2:r1 = 0x0C |
| mov r3, #-2 | r3 := -2 | r3 = 0xFF FF FF FE |
| mov r4, #1 | r4 := 1 | r4 = 0x01 |
| smlal r5,r6,r4,r3 | r6:r5 := r6:r5 + r4\*r3 | r6:r5 = 0xFF FF FF FF FF FF FF FE (-2) |
| smlal r5,r6,r4,r3 | r6:r5 := r6:r5 + r4\*r3 | r6:r5 = 0xFF FF FF FF FF FF FF FC (-4) |
| smlal r5,r6,r4,r3 | r6:r5 := r6:r5 + r4\*r3 | r6:r5 = 0xFF FF FF FF FF FF FF FA (-6) |

**Задание 3.4.** Составьте программу, содержащую примеры выполнения арифметических операций над числами со знаком и без знака. На рисунке 1 показан результат выполнения программы.

**Код программы:**

mov r0, #-2

mov r1, #6

udiv r2, r1, r0

sdiv r3, r1, r0

umull r5, r4, r1, r0

smull r7, r6, r1, r0

bx lr

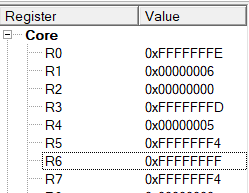


Рисунок 1 – Сравнение операций со знаком и без знака

**Вывод**: в ходе выполнения работы были получены начальные знания об основных приемах использования арифметических операций над данными различной разрядности в микроконтроллерах ARM Cortex-M3.