



**h\_da**

HOCHSCHULE DARMSTADT  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**fbi**  
FACHBEREICH INFORMATIK

PRAKTIKUM  
RECHNERARCHITEKTUR  
WS2019  
Termin 3

ARM: Arithmetische und logische Operationen

Name, Vorname	Matrikelnummer	Anmerkungen
Datum	Raster (z.B. Mi3x)	Testat/Datum

Legende: V:Vorbereitung, D: Durchführung, P: Protokoll/Dokumentation, T: Testat

### ***Ziel der folgenden Aufgaben:***

Verständnis für arithmetische und logische Operationen und die Flags im Statusregister. Weiteres Ziel ist die selbstständige Implementierung mit möglichst geringer Codegröße sowie das Erlernen und Festigen des Umgangs mit einer Entwicklungsumgebung.

### ***Vorbereitung***

Arbeiten Sie sich in die datenverarbeitenden Befehle des ARM-Prozessors ein:

Instruktion	Bedeutung
AND	$Rd = Op1 \text{ AND } Op2$
EOR	$Rd = Op1 \text{ EOR } Op2$
SUB	$Rd = Op1 - Op2$
RSB	$Rd = Op2 - Op1$
ADD	$Rd = Op1 + Op2$
ADC	$Rd = Op1 + Op2 + \text{Carry}$
SBC	$Rd = Op1 - Op2 - \text{Carry}$
RSC	$Rd = Op2 - Op1 - \text{Carry}$
TST	setzt Condition Codes bzgl. $Op1 \text{ AND } Op2$
TEQ	setzt Condition Codes bzgl. $Op1 \text{ EOR } Op2$
CMP	setzt Condition Codes bzgl. $Op1 - Op2$
CMN	setzt Condition Codes bzgl. $Op1 + Op2$
ORR	$Rd = Op1 \text{ ORR } Op2$
MOV	$Rd = Op2$
BIC	$Rd = Op1 \text{ AND NOT } Op2$
MVN	$Rd = \text{NOT } Op2$ (Einerkomplement)

Bereiten Sie die folgenden Aufgaben so vor, dass Sie die Ergebnisse und Programme inklusive Dokumentation zum Labortermin präsentieren können.

**Zur Erreichung des Testats müssen Sie die fertigen Programme erklären können**

**Aufgabe 1:**

Was leisten die folgenden beiden Befehle?

ASR R0, R1, #2 \_\_\_\_\_

ADD R0, R1, R1, LSL #3 \_\_\_\_\_

**Aufgabe 2:**

Überlegen Sie sich, mit welchen Befehlen Sie die einzelnen Flags (NZCV) gesetzt bekommen.

Im Register R0 steht 0x1 und im Register R1 steht 0x80000000.

Beispiel: ADDS R2, R0, R1 @setzt z.B. nur das Vorzeichen-Flag

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Aufgabe 3:**

Füllen Sie die unten stehende Tabelle aus.

Die Register haben folgende Werte:

R0 = 0xAABBCCDD

R1 = 0xFFBBFFBB

R2 = 0xFFFFFFFF

R3 = zum Beispiel Ihre Matrikelnummer (rechtsbündig, Hexadezimalzahl)

R4 = 0x3

R5 = 0x2

R6 = 0x7fffffff

R7 = 0x80000000

Instruktion	R9 (hexadez.)	Zusatzfrage	Antwort
ANDS R9, R0, R3		Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
EOR R9, R3, R3		Gilt das Ergebnis für jeden Wert in R3?	Ja/Nein
SUBS R9, R7, #3		Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
RSBS R9, R5, #3		Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
ADDS R9, R4, #12		Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
ADDS R9, R6, R4		Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
TST R4, #1	-	Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
TEQ R4, R4	-	Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
CMP R5, R4	-	Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
CMN R2, R5	-	Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt?	_ _ _ _
ORR R9, R0, R3			
MOV R9, #126			
BIC R9, R0, R1			
BIC R9, R2, #15			
MVN R9, R1			

#### **Aufgabe 4:**

Überprüfen Sie mit den gegebenen Programmen „aufgabe1.S“ bis „aufgabe3.S“ Ihre Lösungen der Aufgaben 1 bis 3.

Melden Sie sich dazu mit Ihren Fachbereichszugangsdaten (istxxxxx/Passwort) an. Kopieren Sie zum Termin die Quellen von der Ihnen in der Vorlesung angegebenen Quelle in Ihr Arbeitsverzeichnis. Wechseln Sie in das Verzeichnis ~/raWS2019/Termin3/. Starten Sie den snavigator und legen ein neues Projekt an. Beachten Sie dazu die Dokumentation zur Entwicklungsumgebung.

Sofern die Testprogramme andere Ergebnisse liefern: Analysieren Sie warum dies der Fall ist.

#### **Aufgabe 5:**

Es sind in den Registern R0 bis R3 Werte gegeben deren Vorzeichen Sie auf verschiedene Arten z.B. 2K-Wandlung umkehren sollen. Überlegen Sie sich mindestens drei weitere universell einsetzbare Verfahren, programmieren, testen und dokumentieren Sie Ihre Verfahren und Erkenntnisse.

#### **Aufgabe 6:**

Schreiben Sie ein ARM-Assembler-Programm, welches die Bit0 und Bit16, Bit1 und Bit17, ..., Bit15 und Bit31 in einem Register vertauscht. Beispiel: 0xDCBA4321 -> 0x4321DCBA.

Überprüfen Sie Ihr Programm darauf, ob Sie es mit noch weniger Code-Zeilen umsetzen können.

#### **Zusatzaufgabe 1:**

Schreiben Sie ein ARM-Assembler-Programm, welches den Inhalt von zwei beliebigen Registern tauscht, ohne zusätzliche (neben den zwei zu tauschenden) Register oder Speicherstellen zu verwenden. Versuchen Sie so wenige Codezeilen wie möglich zu erreichen.

Der erforderliche Praktikumsbericht dient zu Ihrer Nachbereitung des Praktikums. Haben Sie die Praktikumsberichte, für eine evtl. Kontrolle durch die Betreuer, dabei. Die Erstellung eines Berichts für jede Gruppe ist erlaubt.

## Zu Aufgabe 1:

```
// Name:           Matrikelnummer:
// Name:           Matrikelnummer:
// Datum:

        .file      "aufgabe1.S"
        .text      @ legt eine Textsection fuer PrgrammCode + Konstanten an
        .align    2      @ sorgt dafuer, dass nachfolgende Anweisungen auf einer durch 4 teilbaren
Adresse liegen
        @ unteren 2 Bit sind 0
        .global   main   @ nimmt das Symbol main in die globale Sysmboltabelle auf
        .type    main,function
main:
        LSR R0, R1, LSR #2   @ ...
        ADD R0, R1, R1, LSL #3 @ ...

        bx      lr      @ Ruecksprung zum aufrufenden Programm
.Lfe1:
        .size   main,.Lfe1-main@ Programmgroesse berechnen

// End of File
```

\*\*\*\*\*

## Zu Aufgabe 2:

```
// Name:           Matrikelnummer:
// Name:           Matrikelnummer:
// Datum:

        .file      "aufgabe2.S"
        .text      @ legt eine Textsection fuer PrgrammCode + Konstanten an
        .align    2      @ sorgt dafuer, dass nachfolgende Anweisungen auf einer durch 4 teilbaren
Adresse liegen
        @ unteren 2 Bit sind 0
        .global   main   @ nimmt das Symbol main in die globale Symboltabelle auf
        .type    main,function
main:
        MOV     r0, #1
        MOV     r1, #0x80000000

        ADDS   r2, r1, r0      @ ...
// ...

        bx      lr

.Lfe1:
        .size   main,.Lfe1-main

// End of File
```

\*\*\*\*\*

### Zu Aufgabe 3:

// Name: Matrikelnummer:  
 // Name: Matrikelnummer:  
 // Datum:

```
.file "aufgabe3.S"
.text @ legt eine Textsection fuer PrgrammCode + Konstanten an
.align 2 @ sorgt dafuer, dass nachfolgende Anweisungen auf einer durch 4 teilbaren
@ Adresse liegen
@ unteren 2 Bit sind 0
.global main @ nimmt das Symbol main in die globale Sysmboltabelle auf
.type main,function
main:
push {r4, r5, r6, r7, r9, lr}

ldr R0, = 0xaabbccdd
ldr R1, = 0xffbbffbb
ldr R2, = 0xffffffff
ldr r3, = 0x123456 @ z.B. Matrikelnummer
ldr r4, = 0x3
ldr r5, = 0x2
ldr r6, = 0x7fffffff
ldr r7, = 0x80000000

@ R9 (hexadez.) - N, Z, C, V
ANDS R9, R0, R3 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
EOR R9, R3, R3 @ - Gilt das Ergebnis für jeden Wert in R3? ja / nein
SUBS R9, R7, #3 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
RSBS R9, R5, #3 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
ADDS R9, R4, #12 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
ADDS R9, R6, R4 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
TST R4, #1 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
TEQ R4, R4 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
CMP R5, R4 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
CMN R2, R5 @ - Wie werden die Flags N, Z, C, V gesetzt? _ _ _ _
ORR R9, R0, R3 @
MOV R9, #126 @
BIC R9, R0, R1 @
BIC R9, R2, #15 @
MVN R9, R1 @

pop {r4, r5, r6, r7, r9, pc}
.Lfe1:
.size main,.Lfe1-main

// End of File
```

### zu Aufgabe 5:

// Name: Matrikelnummer:  
 // Name: Matrikelnummer:  
 // Datum:

```
.file "aufgabe5.S"
.text @ legt eine Textsection fuer PrgrammCode + Konstanten an
.align 2 @ sorgt dafuer, dass nachfolgende Anweisungen auf einer durch 4 teilbaren Adresse liegen
@ unteren 2 Bit sind 0
.global main @ nimmt das Symbol main in die globale Symboltabelle auf
.type main,function
main:
push {r4, r5, lr}
mov r0, #1
mov r1, #-1
mov r2, #15
mov r3, #0x80000000

//..

pop {r4, r5, pc}
.Lfe1:
.size main,.Lfe1-main

// End of File
```

\*\*\*\*\*

## zu Aufgabe 6:

```
// Name:      Matrikelnummer:
// Name:      Matrikelnummer:
// Datum:

        .file      "aufgabe6.S"
        .text      @ legt eine Textsection fuer PrgrammCode + Konstanten an
        .align     2      @ sorgt dafuer, dass nachfolgende Anweisungen auf einer durch 4 teilbaren Adresse liegen
                        @ unteren 2 Bit sind 0
        .global    main    @ nimmt das Symbol main in die globale Symboltabelle auf
        .type      main,function
main:
        ldr r1, =0x1234ABCD
//..

        bx        lr
.Lfe1:
        .size      main,.Lfe1-main

// End of File
```

\*\*\*\*\*

```
# makefile für Rechnerarchitekturpraktikum Termin 3 WS2019
# von: Manfred Pester
# vom: 12.02.2013
```

```
# Variable fuer den zu nutzenden Compiler
GCC = arm-elf-eb63-gcc
```

```
all: aufgabe1 aufgabe2 aufgabe3 aufgabe5 aufgabe6
```

```
aufgabe1: aufgabe1.S
        $(GCC) -g aufgabe1.S -o aufgabe1.elf
```

```
aufgabe2: aufgabe2.S
        $(GCC) -g aufgabe2.S -o aufgabe2.elf
```

```
aufgabe3: aufgabe3.S
        $(GCC) -g aufgabe3.S -o aufgabe3.elf
```

```
aufgabe4: aufgabe5.S
        $(GCC) -g aufgabe5.S -o aufgabe5.elf
```

```
aufgabe4: aufgabe6.S
        $(GCC) -g aufgabe6.S -o aufgabe6.elf
```

```
clean:
        rm *.o
        rm *.elf
```