

Subtraktion von binären Zahlen

Drei Schritte zu Subtraktion:

Das Einerkomplement Das Zweierkomplement Die Subtraktion von Dualzahlen

Einerkomplement

Was ist das Komplement von Dualzahlen? Man bildet das sogenannte Einerkomplement, indem man jede Zahl durch ihr Gegenteil ersetzt, also die 0 durch die 1 und die 1 durch die 0.

01011010 wird zu 10100101

11101101 wird zu 00010010

Das Zweierkomplement Das Zweierkomplement entspricht dem Einerkomplement, nur wird zusätzlich noch 00000001 addiert.

01011010 wird im Einerkomplement zu 10100101 im Zweierkomplement zu 10100110

11101101 wird im Einerkomplement zu 00010010 im Zweierkomplement zu 00010011

Konvertierung von Festkommazahlen Dez zu Bin 10,2

Vorkommastelle $10 = 1010$

Nachkommastelle

$$0,2 * 2 = 0,4 + 0 \text{ MSB}$$

$$0,4 * 2 = 0,8 + 0$$

$$0,8 * 2 = 0,6 + 1$$

$$0,6 * 2 = 0,2 + 1 \text{ LSB}$$

Sobald es sich wiederholt kann aufgehört werden.

$$0,2 = 0,0011$$

$$10,2 = 1010,00110011 \approx 0,19921875$$

\Rightarrow Eine Abweichung von -0,00078125

Konvertierung von Fließkommazahlen Dez zu Bin 18,4₁₀

$$8_{10} = 10010_2$$

$$0,4_{10} = 0,011_2$$

1 mov vs. ldr

ldr	mov	Funktion
r1, [r2]	r1, r2	speichere Wert von r2 in r1
r1, =255	r1, # 255	speichere 255 in r1
Bewegt Speicher/Register	Bewegt Register	-
32-Bit	8-Bit	-

Die Subtraktion von Dualzahlen Der Satz lautet: Die Subtraktion von 2 Zahlen erfolgt durch die Addition des Zweierkomplementes. Als konkretes Beispiel nehmen wir dazu die Rechnung $14-9=5$.

9 ist im Dualsystem 00001001. Das Einerkomplement zu 00001001 ist 11110110. Das Zweierkomplement 11110111. Dies addieren wir nun zu 14 also 00001110.

```
00001110
+11110111
=====
00000101
```

Auch hier wäre die richtige Zahl eigentlich 00000101 Übertrag 1, da wir den Übertrag jedoch nicht speichern können, bleiben wir bei 00000101 was ja der Dezimalzahl 5 entspricht.

Little-/Bigendian

Assemblerbefehle

```
AREA MyCommonBlock, COMMON, ALIGN = 10 ; Read-Write-Data
MyCommonBlock bezeichnet die Anfangsadresse des Speicherblocks
COMMON: vom Linker mit Nullen initialisierter Speicherbereich
Alignment mit 2^10 erzeugt eine Blockgrenze bzw. anfang mit n * 1024
```

```
mov r0, #0x21
Lade #0x21 in Register R0:
R0
00000021
```

```
mov r1, #-10
```

```
DCB 8 Bit
DCW 16 Bit
DCD 32 Bit
```

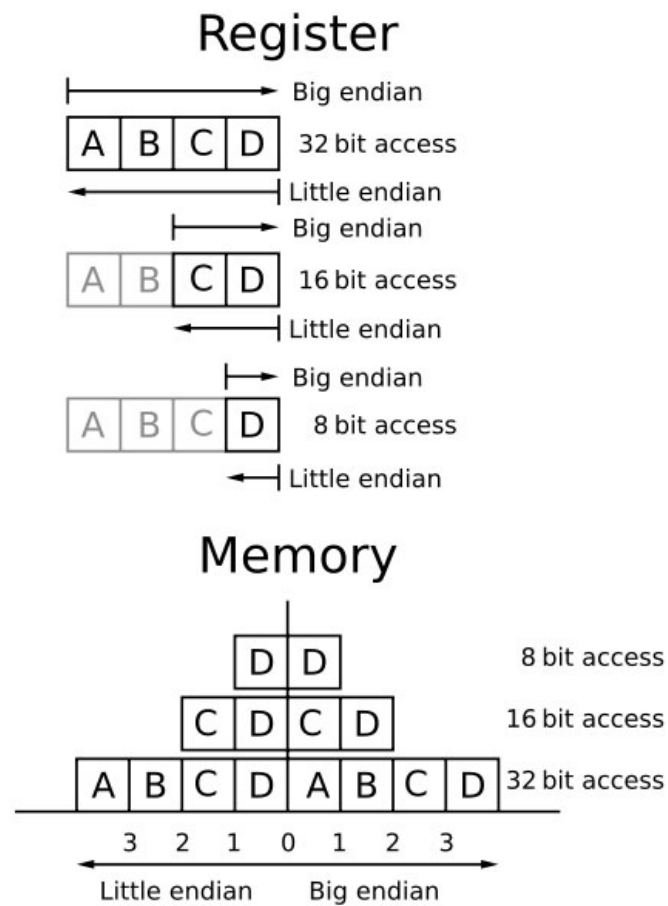


Figure 1: A simple caption

Lösungen für Tests

2 Lösung für Test 1:

2.1

Wie lautet die Hexadezimalzahl zur Binärzahl?

1001 1101 1010

9 D 10

2.2

Wie lautet die Binärzahl zur Dezimalzahl 97

Lösung 0110 0001

Erklärung $1 \cdot 64 + 1 \cdot 32 + 1 \cdot 1$

2.3

Addieren Die nebenstehende 8-Bit Binärzahlen:

Ist das Carry-Flag gesetzt:

Ist das Overflow-Flag gesetzt:

```
0111 1111
+1011 0011
```

```
0111 1111
+1011 0011
-----
```

```
U 11111 1110
```

```
0011 0010
```

Carry-Flag: ja

Overflow-Flag: nein

Erklärung Das Carry-Flag ist gesetzt da der hinterste Übertrag auf 1 gesetzt ist.
Das Overflow-Flag ist nicht gesetzt da der hinterste und der vorhinterste Übertrag in Xor-Verbindung 0 ergibt.

2.4

Geben Sie den Dezimalwert zur Hexadezimalzahl 7D an.

Lösung 125

```
Hex $\rightarrow$      7 |      D\\
Bin $\rightarrow$ 0  1  1  1 | 1  1  0  1\\
Dez $\rightarrow$  / 64 32 16 | 8 4 / 1 = 125\\
```

2.5

Wie lautet die 8-Bit-Zweierkomplement-Darstellung zur Dezimal -97?

$-97 = 1001\ 1111$
Zweierkompliment : $97 = 0110\ 0001$

Erklärung $-128 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = -97$
→ Zweierkompliment = Binär invertieren + 0000 0001

2.6

Woran erkennt man bei der Subtraktion zweier Vorzeichenbehafteter Zahlen, ob das berechnete Ergebnis falsch ist?

Lösung Overflow-Flag:
=1 → falsch
=0 → richtig

Erklärung s.o.

2.7

Das Datenfeld...

2.8

Ab Adresse 0x1004 steht folgendes im Speicher (hex.) little endian:

14 21 32 A3 A7 F3 FA

Was steht in r1 nach folgender Sequenz?

```
mov    r0, #0x1006
ldrh   r1, [r0]
```

Lösung

3 Lösung für Test 2:

3.1

Bytefeld DCB 11,'B', 0xB, 0b01000010

a)

Bytefeld 0B, 42, 11, 42

b)

```
ldr r1, =Bytefeld
ldrb r0, r1
```

c)

0x11, B

3.2

```
ALIGN 4
mov r0, 0xAB
```

3.3

```
ldr r0, 0x1256ABCD
```

3.4

bgt

3.5

bgt

3.6

Aufgabe:

Die **vorzeichenlose** Zahl in r0 soll durch 4 geteilt werden. Das Ergebnis soll in r1 stehen.

Geben Sie den Befehl an:

```
MOV r0, r1, ASR #2
```

Erklärung: Eine Verschiebeoperation nach **links** um 1 Bit entspricht der **Multiplikation** mit 2

und eine Verschiebeoperation nach **rechts** um 1 Bit entspricht der **Division** mit 2.

Warum # 2 statt 4? # 1 $\rightarrow x \div 2$; # 2 $\rightarrow x \div 2 \div 2 \rightarrow x \div 4$

Nachschlagen: Kapitel 8.5.5

3.7

Aufgabe:

Das Datenfeld Var1 beginne bei Adresse 0x2000. Welcher Wert (hex.) vsteht nach Ausführung des Befehls in r0?

```
Var1      DCB      10, 'A', 0xA, '1'

          ldr r0, =Var1
```

Lösung r0 = 0x2000

Erklärung: Lade die Adresse von Var1 in r0.

Nachschlagen: Kapitel 7.5.3

3.8

Das Datenfeld Tab beginne bei Adresse 0x2000. Geben Sie die Speicherinhalte (hex.) von Adresse 0x2000 - 0x2003 an?

```
Var1      DCB      0x10, 'A', 10, '1'
```

Lösung 0x2000: 41 0A 31 10

Erklärung: 0x10 → Hexadezimal → 10

'A' → ASCII → 41

10 → Hexadezimal → A

'1' → ASCII → 31

Nachschlagen: Kapitel 7.4.3 Folie 18 → Wie werden die Sachen gespeichert?
Kapitel 6.4 → Reihenfolge im Speicher

3.9

Folgendes Datenfeld sei gegeben:

Var1 DCD 0x10 , 0xAA12

Geben Sie die Assemblerbefehle an, um das erste Datenwort des Feldes Var1 nach r1 zu kopieren

```
ldr r0, =Var1 ; Arraystartadresse laden
ldr r1, [r0] ; Erstes Element des Arrays
```

Erklärung: Warum nicht mov?

mov kopiert nur ein Datenwort Syntax: MOV <wohin>, <woher,was> → Daten >

Nachschlagen von MOV: Kapitel 6.9.3

Nachschlagen: Kapitel 7.5.3 Kapitel 7.7.3

3.10

Was steht in r0 nach folgendem Befehl (hex.)?

```
ldr                      r0, =0x1234ABCD
```

Lösung: r0 = 0x1234ABCD

Erklärung: Wenn nach '=' ein Hexwert kommt dann speichere den Wert. Wenn Variable, dann speichere die Adresse.

Auch hier würde mov nicht funktionieren, da 0x1234ABCD > 8 Bit

Nachschlagen: http://www.keil.com/support/man/docs/armasm/armasm_dom1361289875065.htm

<https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?&t=16528>

3.11

In welchem Wertebereich muss r0 liegen, damit ein Sprung nach LOOP erfolgt? (dezimal oder hex.)

```
mov                      r1, #-15
cmp                      r0, r1
bge                      LOOP ; if greater or equal
```

Größer oder gleich:

Kleiner oder gleich:

Lösung: Größer oder gleich: -15
Kleiner oder gleich: 255

Erklärung: greater or equal \rightarrow r1 muss ≥ -15 mov r1 \rightarrow 8-Bit \rightarrow 1 muss ≤ 255

Nachschlagen: bge \rightarrow Kapitel 8.3.5

3.12

Was steht in r0 nach folgender Befehlssequenz (hex.)?

```
ldr      r1, =0xFFFFFFFF87
mov      r0, #0x78
and      r0, r1
```

r1	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1000	0111
r0	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0111	1000
<hr/>								
r0	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

Erklärung: logisches UND nur wenn gleiche Werte in r1 und r0 stehen \rightarrow 1

Nachschlagen: Kapitel 8.4.3

4 Lösung für Test 3:

Gegeben ist folgendes Programmfragment (für die Aufgaben 1-3):

```
                AREA MyData, DATA, align = 8
VarA            DCD      0x17, 17, 0xA, 'A'
VarB            DCB      33, -1, 0x10, 0x20, 0x30, 'a', '1'
```

4.1

```
ldr    r0, = VarA      ; Lade den Anfang von VarA in r0
ldr    r1, [r0]         ; Lade das erste Element von VarA in r1
ldr    r2, [r0, #4]     ; Lade das zweite Element von VarA in r2 (pre increment)
adds   r1, r1, r2       ; Addiere r1 und r2 und speichere das Ergebnis in r1
```

4.2

```
VarB = 0x2010
VarA = 0x2000
VarB - VarA = 0x2010 - 0x2000 = 0x0010 ; Anfangsadressen werden subtrahiert
```

4.3

0x2000	0x2001	0x2002	0x2003	0x2004	0x2005
0x17	00	00	00	0x11	00

Zu Beachten: align = 8 → Es wird auf 8 Byte aufgefüllt.

4.4

```
bl MyProg
bl (branch link) springt bedingungslos.
```

4.5

Speichert die Rücksprungsstelle.

```
r14
```

.

Nachschlagen: Kapitel 10.1.3.2

4.6

Der Stackpointer zeigt uns an welcher Stelle wir uns im Stack befinden.

```
r13
```

4.7

push fügt etwas dem Stack hinzu. sp (Stackpointer) wird um eins verringert.

Nachschlagen: Kapitel 9.2

4.8

```
push    {fp, lr}
mov     sp, fp
push    {r1 - r4}      ; 8-align -> gerade Anzahl Registern
pop     {r1 - r4}      ; 8-align -> gerade Anzahl Registern
pop     {fp, lr}
bx      lr
```

Nachschlagen: Kapitel 9.3.1

4.9

```
push    {r1 - r4}
bl
...
add     sp, #16
```

4.10

Vereinfacht Zugriff auf lokale Daten.

r11

Nachschlagen: Kapitel 10.2.3.1