



## Aufgabenblatt 11 Ausgabe: 10.01., Abgabe: 17.01. 24:00

Gruppe	
Name(n)	Matrikelnummer(n)

### Aufgabe 11.1 (Punkte 3+3+3+3+3)

*Adressierung:* Auf einer 1-Adress Maschine (Akkumulatormaschine) werden Ladebefehle mit unterschiedlichen Adressierungsmodi ausgeführt. Der Speicher enthält folgende Werte:

Adresse	Inhalt
20	40
30	60
40	50
50	30
60	80
70	10
80	20

Welcher Wert steht jeweils nach Ausführung der folgenden Befehle im Akkumulator?

- (a) LOAD IMMEDIATE 50
- (b) LOAD DIRECT 50
- (c) LOAD INDIRECT 50
- (d) LOAD DIRECT 60
- (e) LOAD INDIRECT 60

### Aufgabe 11.2 (Punkte 15)

*Befehlscodierung:* Entwerfen Sie eine möglichst einfache und einheitliche Befehlscodierung, um alle der folgenden Befehle in 32-bit Befehlsworten unterzubringen:

- 7 Befehle mit einer 5-bit Registernummer und einer 24-bit Adresse
- 100 Befehle mit zwei 5-bit Registernummern und einem Adressoffset  
Wie viele Bits stehen maximal für diesen Adressoffset zur Verfügung?
- 30 Befehle ohne Adressen oder Registerangaben

Skizzieren Sie für die drei Befehlsformate die Aufteilung der 32-bit Befehlsworte in die einzelnen Gruppen und begründen Sie Ihren Entwurf.

**Aufgabe 11.3** (Punkte 4+4+4+4+4)

*Darstellung von Immediate-Operanden:* Um trotz eingeschränkter Wortlängen möglichst viele, häufig benötigte Werte als *immediate* Operand darzustellen, benutzen die Befehlsätze aktueller Prozessoren einige Tricks. Ein gutes Beispiel zeigt die für eingebettete Systeme und Mobilgeräte sehr beliebte 32-bit ARM-Architektur. Dort ist unter anderem für arithmetische Befehle folgendes Format mit Immediate-Operanden definiert:

cond	opcode	$R_{src}$	$R_{dest}$	rot	imm8
31 28 27	20 19	16 15	12 11	8 7	0

Dabei wird der in der Hardware vorhandene *Barrel-Shifter* benutzt, um 32-bit Immediate-Werte zu erzeugen:

$\langle imm8 \rangle$  8-bit 0...255 beliebiger Ausgangswert

$\langle rot \rangle$  4-bit 0...15 Distanz für eine *rotate-right* Operation:  $\langle rot \rangle \times 2$  (Schrittweite 2)

$imm32 = \langle imm8 \rangle \text{ rotate-right } (\langle rot \rangle \times 2)$

Überlegen Sie sich die jeweilige 12-bit Codierung ( $\langle rot \rangle \langle imm8 \rangle$ ) der folgenden Immediate-Werte oder begründen Sie, warum ein Wert nicht dargestellt werden kann.

- (a) 185
- (b) 351
- (c) 1576
- (d) 1584
- (e) 2684354560

**Aufgabe 11.4** (Punkte 4·10+10)

*Befehlsformate:* Vergleichen Sie 0-, 1-, 2- und 3-Adress Maschinen, indem Sie für jede Architektur ein Programm zur Berechnung des folgenden Ausdrucks schreiben. Dabei gilt (natürlich) Punkt- vor Strichrechnung:

$$W = (A + B * C) / (D * E - F)$$

Die verfügbaren Befehle der entsprechenden Maschinen sind unten angegeben.  $M$  und  $K$  stehen dabei für 16-bit Speicheradressen, während  $X$ ,  $Y$  und  $Z$  eine 4-bit Registernummer codieren.  $MEM[M]$  sei der Inhalt des Speichers an der Adresse  $M$ .

**0-Adress** Maschine mit einen unbegrenzten Stack (TOS "top of stack")

Mnemonic	Bedeutung
PUSH $M$	push; TOS = MEM[ $M$ ]
POP $M$	MEM[ $M$ ] = TOS; pop
ADD	tmp = TOS; pop; TOS = tmp + TOS
SUB	tmp = TOS; pop; TOS = tmp - TOS
MUL	tmp = TOS; pop; TOS = tmp * TOS
DIV	tmp = TOS; pop; TOS = tmp / TOS

**1-Adress** Maschine: Akkumulatormaschine mit genau einem Register

Mnemonic	Bedeutung
LOAD M	Akku = MEM[M]
STORE M	MEM[M] = Akku
ADD M	Akku = Akku + MEM[M]
SUB M	Akku = Akku - MEM[M]
MUL M	Akku = Akku * MEM[M]
DIV M	Akku = Akku / MEM[M]

**2-Adress** Maschine: benutzt nur Speicheroperanden

Mnemonic	Bedeutung
MOV M, K	MEM[M] = MEM[K]
ADD M, K	MEM[M] = MEM[M] + MEM[K]
SUB M, K	MEM[M] = MEM[M] - MEM[K]
MUL M, K	MEM[M] = MEM[M] * MEM[K]
DIV M, K	MEM[M] = MEM[M] / MEM[K]

**3-Adress** Register-Maschine: *load-store* RISC-Architektur, 16 Universalregister

Mnemonic	Bedeutung
LOAD X, M	X = MEM[M]
STORE M, X	MEM[M] = X
MOV X, Y	X = Y
ADD X, Y, Z	X = Y + Z
SUB X, Y, Z	X = Y - Z
MUL X, Y, Z	X = Y * Z
DIV X, Y, Z	X = Y / Z

- (a) Schreiben Sie für alle vier Maschinen (möglichst kurze) Programme für die Berechnung von  $W = (A + B * C) / (D * E - F)$ . Dabei stehen  $A \dots F$  und  $W$  für Speicheradressen der Operanden bzw. des Resultats. Falls nötig, können Sie ungenutzte Speicheradressen ( $G \dots V$ ) für Zwischenergebnisse verwenden.
- (b) Wenn die Befehlskodierung jeweils 8-bit für den Opcode verwendet (und natürlich 16-bit für eine Speicheradresse bzw. 4-bit für eine Registernummer), wie viele Bits werden dann für jedes der obigen vier Programme benötigt?

Welche Maschine hat also die kompakteste Codierung (gemessen an der Programmgröße in Bits) für dieses Programm?