



## Aufgabenblatt 1 Ausgabe: 18.10., Abgabe: 26.10. 24:00

Gruppe	
Name(n)	Matrikelnummer(n)

### Aufgabe 1.1 (Punkte 10+15)

*Ebenen eines Digitalrechners:* Wir nehmen einen Computer mit insgesamt vier Ebenen (0...3) an. Die Ausführungszeit für einen Befehl auf der untersten Ebene beträgt  $k$  Nanosekunden. Die oberen Ebenen werden durch drei geschachtelte Interpreter zur Verfügung gestellt. Jeder dieser Interpreter benötigt  $n_i$  Befehle der niedrigeren Ebene  $i$ , um einen Befehl seiner Sprache auf Ebene  $i + 1$  zu holen, zu decodieren und auszuführen.

- (a) Wie lange benötigt ein Befehl auf den Ebenen 1, 2, und 3? Geben Sie die Formel an.
- (b) Wie lang ist die Ausführungszeit eines Programms mit 200 Millionen Befehlen auf Ebene 3, wenn die Hardware, entsprechend der Ebene 0, 2 Milliarden Maschinenbefehle pro Sekunde ausführen kann? Nehmen Sie als Faktoren  $n_0 = 10$ ,  $n_1 = 10$  und  $n_2 = 30$  an.

### Aufgabe 1.2 (Punkte 10+15)

*Selbstmodifizierender Code:* Beim von-Neumann Konzept werden sowohl Programme als auch Daten gemeinsam im Speicher des Computers abgelegt. Programme können daher prinzipiell genauso wie Daten durch den Prozessor verändert werden und sich sogar selbst modifizieren. Diese Eigenschaft galt anfangs als großer Vorteil, wird mittlerweile aber nur noch in Ausnahmefällen verwendet, weil es die Fehlersuche massiv erschwert.

- (a) Wie kann ein Computervirus/Schadprogramm von einer Webseite zunächst als harmloser Download (Daten) in den Rechner gelangen, dann aber als Programm ausgeführt werden?
- (b) Die Java *Hotspot* Virtuelle Maschine benutzt ein *mixed mode* Ausführungsmodell: nur die besonders häufig aufgerufenen Funktionen eines Programms werden erst zur Laufzeit aufwändig kompiliert und optimiert, selten benutzte Funktionen aber interpretiert. Nennen Sie einige Vor- und Nachteile dieses Konzepts.

**Aufgabe 1.3** (Punkte 10+10+10)

Durch Optimierung der Software kann die Leistung eines Computersystems oft erheblich verbessert werden. Nehmen wir an, eine CPU kann eine Multiplikation in 5 ns und eine Addition/Subtraktion in 1 ns ausführen.

- (a) Wie lange benötigt die CPU, um das Ergebnis von  $y = (a \cdot b) - (a \cdot c)$  zu berechnen? Wie kann man die Aufgabe so formulieren, dass weniger Zeit erforderlich ist?
- (b) Wie lange dauert auf dieser CPU die Auswertung eines Polynoms fünften Grades direkt nach der Formel  $y = (a \cdot x^5 + b \cdot x^4 + c \cdot x^3 + d \cdot x^2 + e \cdot x + f)$ ?

Wie lange benötigt die CPU dagegen, wenn das Polynom nach dem Horner-Schema berechnet wird? — ggf. im Mathe-Skript/WWW/Wikipedia (<https://de.wikipedia.org/wiki/Horner-Schema>) nachlesen.

- (c) Geben Sie die Abfolge von Additionen und Multiplikationen an, um  $y = (x + 1)^{19}$  möglichst effizient zu berechnen. Verwenden Sie die Variablen  $a, b, \dots$  für Zwischenergebnisse. Wie viele Multiplikationen werden benötigt und welche Ausführungszeit ergibt sich auf der CPU?

**Aufgabe 1.4** (Punkte 10+10)

*Moore's Law:* Wir nehmen an, dass eine typische (Magnet-)Festplatte Anfang 2017 eine Kapazität von 4 TB ( $4 \cdot 10^{12}$  Byte) hatte, und dass diese Kapazität in Zukunft jedes Jahr um 35% wächst. Entsprechend nehmen wir für eine typische SSD (Solid State Disk) eine Kapazität von 512 GiB ( $512 \cdot 2^{30}$  Byte) und eine jährliche Zunahme um 45% an.

- (a) In welchem Jahr lassen sich erstmals 100 TB auf einer Festplatte speichern?
- (b) In welchem Jahr erreicht die Kapazität der SSD diejenige der Magnetfestplatten?