

Übungen zur Vorlesung  
Modern Concurrency Theory  
Blatt 4

Prof. Dr. Roland Meyer

Anton Opaterny

Abgabe bis 31.05.2023 um 13:15 Uhr

**Aufgabe 4.1** (Divergenz)

Konstruieren Sie drei Programme, sodass je ein Programm eine der folgenden Bedingungen erfüllt.

1. ein `assume(b)` erreichbar ist, sodass  $b$  nicht erfüllt ist
2. unendlich viele Konfigurationen erreichbar sind
3. es einen erreichbaren Kreis im Konfigurationsgraphen gibt

Wie sehen die Small-Step und Big-Step Semantik der Programme aus (Beschreiben Sie nur Besonderheiten)?

Zeigen Sie, dass ein Programm eine divergierende / nicht-terminierende Berechnung hat, genau dann wenn es eine dieser drei Eigenschaften erfüllt.

**Aufgabe 4.2** (Determinismus)

Zeigen Sie: Für alle  $(c, \sigma) \rightarrow \sigma_1$  und  $(c, \sigma) \rightarrow \sigma_2$  gilt  $\sigma_1 = \sigma_2$ .

**Aufgabe 4.3** (Weakest liberal precondition)

Sei  $\mathcal{S}[[A]] = wlp(c, B)$ . Zeigen Sie das Lemma aus der Vorlesung:

1.  $\{A\} c \{B\}$  ist gültig.
2. Falls  $\{A'\} c \{B\}$  gültig ist, dann gilt  $A' \Rightarrow A$ .

**Aufgabe 4.4** (Verification Conditions)

Betrachten Sie folgendes (annotiertes) Programm  $c$ .

- 1:  $\{A\} = \{a \geq 0 \wedge c = 0 \wedge x = a\}$
- 2: **while** ( $a > 0$ ) **do**
- 3:      $\{I_1\}$
- 4:      $b := 0$
- 5:     **while** ( $a \neq b$ ) **do**
- 6:          $\{I_2\}$
- 7:          $c := c + 1$

- 8:  $b := b + 1$   
 9:  $a := a - 1$   
 10:  $\{B\} = \{c = \frac{(x+1)*x}{2}\}$

Weisen Sie  $\models \{A\} c \{B\}$  nach, indem Sie  $\models vc(\{A\} c \{B\})$  zeigen. Finden Sie dazu geeignete Invarianten  $I_1$  und  $I_2$ . Um den Schreibaufwand zu verringern, können Sie Zeilennummern angeben anstatt Programmcode auszuschreiben.

**Aufgabe 4.5** (Klassische Logik vs Separation-Logic)

Seien  $A, B, C$  Assertions und  $a, b, c$  Ausdrücke. Zeigen oder widerlegen Sie:

- a)  $A * emp$  impliziert  $A$
- b)  $a \leftrightarrow b \wedge c \leftrightarrow d \wedge a \neq c$  impliziert  $a \mapsto b * c \mapsto d * true$
- c)  $A * B$  impliziert  $A \wedge B$
- d)  $A * (A \multimap B)$  impliziert  $B$
- e)  $A \multimap B$  impliziert  $A \implies B$
- f)  $A \multimap B$  impliziert  $\neg B \multimap \neg A$
- g)  $(A * C) \implies (B * C)$  impliziert  $C * (A \implies B)$

**Aufgabe 4.6** (Separation Logic)

Geben Sie jeweils eine Assertion an, die den dargestellten Heap möglichst genau beschreibt, und eine weitere Assertion, die den dargestellten Heap zulässt und  $\multimap$  verwendet.

- a) 

3	17	4
---	----	---
- b) 

9	...	6
---	-----	---

**Abgabe in der Übung oder bis zum bis 31.05.2023 um 13:15 Uhr per Mail an anton.opateryn@tu-braunschweig.de.**