

Übungen zur Vorlesung  
 Programmanalyse  
 Blatt 2

Prof. Dr. Roland Meyer,  
 M. Sc. Sebastian Wolff  
 M. Sc. Elisabeth Neumann

Abgabe bis 01.11.2017 um 12 Uhr

**Aufgabe 2.1** (Distributivität)

Sei  $(\mathbb{P}(A), \sqsubseteq)$  ein vollständiger Verband, wobei  $A$  endlich und  $\sqsubseteq \in \{\subseteq, \supseteq\}$  anzunehmen ist. Ferner sei  $f_b : \mathbb{P}(A) \rightarrow \mathbb{P}(A)$  eine Transferfunktion mit der Abbildung

$$X \mapsto (X \setminus \text{kill}(b)) \cup \text{gen}(b),$$

wobei  $\text{kill}(b), \text{gen}(b) \in \mathbb{P}(A)$ . Zeigen Sie, dass  $f_b$  distributiv ist. (Damit haben Sie gezeigt, dass das Bitvektor-Framework ein distributives Framework ist.)

**Aufgabe 2.2** („Reachable Values“-Analyse)

Betrachten Sie das folgende Boolesche Programm.

```

1:  $[x := \text{true}]^1$ 
2:  $[y := \text{true}]^2$ 
3: while  $[x]^3$  do
4:    $[y := \neg x]^4$ 
5:   if  $[\neg y]^5$  then
6:      $[x := \neg x]^6$ 
7:      $[x := \neg y]^7$ 

```

Untersuchen Sie für jeden Block, welche Belegungen die Variablen am Eingang annehmen können. Benutzen Sie dazu das Datenflusssystem  $S = (G, (D, \subseteq), i, f)$ , mit  $D = \mathbb{P}(\text{false}^x, \text{true}^x, \text{false}^y, \text{true}^y)$  und  $i = \{\text{false}^x, \text{false}^y\} \in D$ , und gehen Sie wie folgt vor:

- a) Zeichnen Sie den Kontrollflussgraphen  $G$  und geben Sie an um welche Klasse von Analyse (may/must, forward/backward) es sich handelt.
- b) Geben Sie die Familie der Funktionen  $f = \{f_i : D \rightarrow D \mid 1 \leq i \leq 7\}$  an, wobei  $f_i$  den Effekt des Blocks mit Label  $i$  im Abstrakten imitiert.
- c) Geben Sie das durch  $S$  induzierte Gleichungssystem an.
- d) Geben Sie eine Lösung für obiges Gleichungssystem an.
- e) Weisen Sie nach, dass Ihre Lösung korrekt ist.

### Aufgabe 2.3 (Datenflussanalyse)

Betrachten Sie das folgende Programm (zu Anfang gelte  $x = y = z = 0$ ):

```
1:  $y := 3$ 
2: while  $z = 0$  do
3:    $z := 4$ 
4:    $x := -y$ 
5:   if  $y < 0$  then
6:      $x := y$ 
7:    $z := (z/2) - 2$ 
```

Führen Sie Datenflussanalysen für die folgenden Fragestellungen durch. Geben Sie für b) und c) jeweils den Kontrollflussgraphen  $G$ , den vollständigen Verband  $(D, \leq)$ , den Initialwert  $i$  und die Transferfunktionen  $f_b$  an.

- a) Wenden Sie die *Very-Busy-Expressions-Analyse* an. Das heißt, berechnen Sie für jeden Block, welche Ausdrücke am Ausgang *very busy* sind.

Zur Erinnerung: Ein Ausdruck heißt *very busy* am Ausgang eines Blocks, falls der Ausdruck auf jedem Pfad, der von diesem Block ausgeht, verwendet wird, bevor eine der enthaltenen Variablen neu geschrieben wird. [vgl. Folie 25]

- b) Definieren Sie eine neue Analyse (*Def-Use-Analyse*):  
Die Analyse soll für jede Zuweisung berechnen, in welchen Blöcken der neue Wert der Variable verwendet werden könnte.
- c) Entwerfen Sie ein neues Framework (*Constant Propagation*):  
Für jeden Block sollen die Variablen berechnet werden, welche immer den selben Wert haben.

**Hinweis:** Die Transferfunktion ist in diesem Fall nicht von der Form

$$f_b(X) := (X \setminus \text{kill}(b)) \cup \text{gen}(b).$$

Verwenden Sie als Domäne  $(\mathbb{Z} \cup \{\perp, \top\})^{\text{Var}}$ , wobei z.B.  $(2, \top, \perp)$  bedeutet, dass  $x = 2$  eine Konstante ist,  $y$  keine Konstante ist und Sie über  $z$  nichts wissen.

**Abgabe bis 01.11.2017 um 12 Uhr im Kasten neben Raum IZ 343**