TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Informatik • Institut für Theoretische Informatik • Lehrstuhl Grundlagen der Programmierung
Prof. Dr. H. Vogler / Dipl.-Inf. J. Osterholzer http://www.orchid.inf.tu-dresden.de

Programmierung

07. Übungsblatt

Zeitraum: 30. Mai – 03. Juni 2016

Übung 1 (AGS 12.4.5)

(a) Gegeben sei der λ-Term

$$(\lambda zx.z\ x\ (\lambda y.y\ x))\ (\lambda y.z\ x)\ (\lambda z.z)\,.$$

Reduzieren Sie schrittweise diesen Ausdruck, bis seine Normalform erreicht ist. Geben Sie jeweils bevor Sie einen Ableitungsschritt ausführen für die relevanten (Teil-)Ausdrücke die Mengen der freien bzw. der gebundenen Variablen an.

(b) Eine Funktion $f : \mathbb{N}^+ \times \mathbb{N}^+ \to \mathbb{N}^+$ sei wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} f(x,y) &= 2 \cdot y && \text{für} \quad x = 1 \\ f(x,y) &= y + (x+1) \cdot f(x-1, x+y) && \text{für alle } x \geq 2 \end{aligned}$$

Geben Sie zur Funktion f die entsprechenden Terme $\langle f \rangle$ und $\langle F \rangle$ an.

(c) Gegeben sei:

$$\langle G \rangle = \lambda gxy.\langle \mathit{ite} \rangle(\langle \mathit{iszero} \rangle y)(\langle \mathit{succ} \rangle x)(g\ x\ (\langle \mathit{pred} \rangle y))$$

Berechnen Sie $\langle Y \rangle \langle G \rangle \langle 3 \rangle \langle 0 \rangle$. Dokumentieren Sie die Berechnung wie üblich.

Übung 2 (AGS 13.13 (b))

Gegeben sei folgender AM_0-Code:

```
1: READ 1;      4: GT;          7: LIT 2;       10: WRITE 1;
2: LOAD 1;      5: JMC 12;      8: DIV;         11: JMP 2;
3: LIT 1;       6: LOAD 1;      9: STORE 1;
```

Führen Sie ein Ablaufprotokoll der AM_0 weiter, indem Sie sie schrittweise ablaufen lassen, bis der Befehlszähler das Programm verlässt. Die Startkonfiguration ist $(1, \varepsilon, [], 2, \varepsilon)$.

Sie müssen nur Zellen ausfüllen, deren Wert sich im Vergleich zur jeweils vorherigen Zeile geändert hat.

Übung 3 (AGS 13.1 ⋆)

Gegeben sei folgendes C_0-Programm *Max*:

```
/* Max */
#include <stdio.h>

int main() {
  int a, b, max;
  scanf("%i", &a);
  scanf("%i", &b);
  if (a > b) max = a;
  else max = b;
  printf("%d", max);
  return 0;
}
```

(a) Berechnen Sie schrittweise das baumstrukturierte Programm $bMax_0 = \text{trans}(Max)$ mit Hilfe der in der Vorlesung angegebenen Übersetzungsfunktionen. Nutzen Sie dabei zweckmäßige Abkürzungen.

(b) Wandeln Sie $bMax_0$ in ein Programm Max_0 mit linearisierten Adressen um und berechnen Sie $\mathcal{P}[\![Max_0]\!](5:7)$. Dokumentieren Sie den Zustand der AM_0 nach Ausführung jedes Befehls.

Zusatzaufgabe 1 (AGS 13.14)

(a) Gegeben sei folgendes C_0-Programm.

```
#include <stdio.h>
int main()
{
  int x1, x2;
  scanf("%i", &x1);
  scanf("%i", &x2);
  while (x1 > 0){
    x1 = x2 - x1;
    if (x2 > x1)
      x2 = x2 / 2;
  }
  printf("%d", x1);
  return 0;
}
```

Übersetzen Sie das Programm mittels *trans* in AM_0-Code mit linearen Adressen. Geben Sie nur das Endergebnis der Übersetzung, keine Zwischenschritte an!

(b) Gegeben sei der folgende Ausschnitt aus einem AM_0-Programm.

```
 3: LOAD 2;    6: JMC 14;     9: LIT 2;    12: STORE 2;
 4: LIT 5;     7: LOAD 1;    10: MUL       13: JMP 3;
 5: LT;        8: LOAD 2;    11: ADD;      14: WRITE 1;
```

Erstellen Sie ein Ablaufsprotokoll für dieses Programmfragment, bis die AM_0 terminiert. Die Startkonfiguration ist $(7, \varepsilon, [1/3, 2/1], \varepsilon, \varepsilon)$.

Zusatzaufgabe 2 (AGS 12.4.27)

(a) Berechnen Sie schrittweise die Normalform des λ-Terms

$$(\lambda xyz.\, y\, z\, x)(\lambda x.\, x\, y)(\lambda x.\, x)\,.$$

(b) Gegeben sei die folgende Haskell-Funktion:

```
g :: Int -> Int -> Int -> Int
g 0 _ _ = 0
g n x y = (g (n - 1) x y) + (if n `mod` 2 == 0 then x else y)
```

Geben Sie einen λ-Term $\langle G\rangle$ an, so dass $\mathsf{g} = \langle Y\rangle\langle G\rangle$ gilt.

(c) Gegeben sei der λ-Term

$$\begin{aligned}\langle F\rangle = \lambda f n x y.\, \langle ite\rangle & \big(\langle iszero\rangle\, (\langle pred\rangle\, n)\big)\\ & (\langle add\rangle\, x\, y)\\ & \big(f\, (\langle pred\rangle\, n)(\langle mult\rangle\, x\, n)(\langle add\rangle\, y\, n)\big)\,.\end{aligned}$$

Berechnen Sie die Normalform des Terms $\langle Y\rangle\langle F\rangle\langle 2\rangle\langle 3\rangle\langle 5\rangle$.