

Gegeben ist folgendes Jinja-Programm P mit den Klassen A, B, C und D:

```
class A extends Object {
  field n : Boolean;
  method flip : () -> Boolean = {
    Var(this).n{A} := Var(this).n{A} = Val(Bool(False)) } }

class B extends A {
  field n : Integer }

class C extends B {
  method flip : () -> Integer = {
    Var(this).n{B} := Var(this).n{B} + Val(Intg(1)) } }

class D extends A {
  method flip : (i : Boolean) -> Boolean = {
    Var(i) = Val(Bool(False)) } }
```

Aufgabe 1 (H) (*Deklarationsinformation*)

- Geben Sie für alle Klassen C ein $FDTs$ an, so dass $P \vdash C$ has-fields $FDTs$ gilt.
- Bestimmen Sie alle Tupel (C, F, T, D) , für die $P \vdash C$ sees $F : T$ in D gilt.
- Bestimmen Sie alle Tupel (C, M, Ts, T, B, D) , für die $P \vdash C$ sees $M : Ts \rightarrow T = B$ in D gilt.

Aufgabe 2 (H) (*Ausführung von Jinja-Programmen*)

Reduzieren Sie den Ausdruck e bezüglich Programm P ausgehend vom leeren Heap und der leeren Variablenumgebung:

$$P \vdash \langle e, ([], []) \rangle \Rightarrow \langle e', (h', l') \rangle$$

Geben Sie jeweils die Ergebniskonfiguration $\langle e', (h', l') \rangle$ an.

- $e = \text{new}(A); \text{new}(B)$
- $e = x := \text{new}(C); \text{Var}(x).\text{flip}()$
- $e = \{x : \text{Class}(A); x := \text{new}(C); \text{Var}(x).\text{flip}()\}$

Aufgabe 3 (Ü) (*Binäre Operatoren in Jinja*)

Zur Auswertung von binären Ausdrücken gibt es in Jinja die Operation *binop*. Erweitern Sie dessen Definition:

- a) Um die Operation `<=` für Integer. Dabei steht \leq auf dem Typ der ganzen Zahlen zur Verfügung.
- b) Um die Operation `div` mit Hilfe der Division `/`. Definieren Sie die Semantik von `div` so, dass Division durch Null undefiniert ist (es wird also keine Ausnahme erzeugt).

Aufgabe 4 (Ü) (*Natürliche Zahlen in Jinja*)

Geben Sie eine Deklaration der Klasse `Nat` an, die die natürlichen Zahlen implementiert, ohne dabei die in Jinja vorhandenen Integer-Zahlen zu benutzen. Verwenden Sie stattdessen Zeiger. Der Nullzeiger `Null` repräsentiert die Null, ein Zeiger auf die Zahl n repräsentiert $n + 1$. Zum Beispiel ist

$$\bullet \longrightarrow \bullet \longrightarrow \bullet \longrightarrow (Null)$$

die Darstellung von drei. Geben Sie Methoden für die Nachfolgeroperation `suc`, Addition `add` und den Vergleich zweier Zahlen `eq` an.