



Opgave 1 Een variabele X heet 'sequential' in een expressie E als X alleen onder een prefix- of sommatie-constructie van E voorkomt. X heet 'weakly guarded' in E als X in een sub-expressie $\alpha.F$ van E voorkomt.

- a) Stel $A \stackrel{\text{def}}{=} a.b.A$ en $B \stackrel{\text{def}}{=} b.a.B$. Bewijs dat $A \sim a.B$ en $B \sim b.A$. (15 ptn.)
- b) Formuleer de voor onderdeel a) relevante stelling betreffende unieke oplossingen van vergelijkingen. (10 ptn.)

Opgave 2

- a) Geef de definitie van zwakke bisimulatie (weak bisimulation) en de definitie van zwakke bisimilariteit $P \approx Q$ (observation-equivalence) voor twee agenten P, Q . (10 ptn.)
- b) Toon aan, m.b.v. de definitie van ' $\approx$ ', als $P \approx Q$ en $Q \approx R$ dan $P \approx R$. (15 ptn.)

Opgave 3 Een eenvoudige scheduler (uit hoofdstuk 5) wordt gespecificeerd door

$$\begin{aligned} \text{Spec} &\stackrel{\text{def}}{=} \text{Spec}(1, \emptyset) \\ \text{Spec}(i, X) &\stackrel{\text{def}}{=} \sum_{j \in X} b_j. \text{Spec}(i, X - \{j\}) \text{ if } i \in X \\ \text{Spec}(i, X) &\stackrel{\text{def}}{=} a_i. \text{Spec}(i+1, X \cup \{i\}) + \sum_{j \in X} b_j. \text{Spec}(i, X - \{j\}) \text{ if } i \notin X \end{aligned}$$

waarbij $n > 0$, $1 \leq i \leq n$, $X \subseteq \{1, \dots, n\}$ en $i+1, i-1$, etc. berekend modulo n .

- a) Stel $A \stackrel{\text{def}}{=} a.C$, $C \stackrel{\text{def}}{=} c.E$, $E \stackrel{\text{def}}{=} b.D + d.B$, $B \stackrel{\text{def}}{=} b.A$ en $D \stackrel{\text{def}}{=} d.A$. Geef een implementatie in 'standard concurrent form' van de specificatie *Sched* m.b.v. bouwstenen A en D . (Een bewijs van de correctheid van de implementatie wordt niet gevraagd.) (10 ptn.)
- b) Stel $n = 3$. Laat zien dat $\text{Sched} \xrightarrow{a_1 a_2 b_1 a_3 b_2 b_3} \text{Sched}$. (15 ptn.)

Opgave 4

- a) Geef de definitie van gelijkheid '=' (observation-congruence) voor agenten. (10 ptn.)
- b) Bewijs dat $P \approx Q$ equivalent is met $P = Q \vee P = \tau.Q \vee \tau.P = Q$. (15 ptn.)