

Opgave 1

- a) Geef de definitie van sterke bisimulatie voor een relatie S en de definitie van sterke bisimilariteit (strong bisimilarity of strong equivalence) $P \sim Q$ voor twee agenten P, Q . (10 ptn.)
- b) Bewijs als $P_1 \sim P_2$ dan $P_1|Q \sim P_2|Q$ voor willekeurige agent Q . (15 ptn.)

Opgave 2 Een variabele X heet 'sequential' in een expressie E als X alleen onder een prefix- of sommatie-constructie van E voorkomt. X heet 'guarded' in E als X in een sub-expressie $\ell.F$ van E voorkomt.

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

Opgave 3 Een stack kan in CCS gespecificeerd worden door

$$\begin{aligned} \text{Stack}(\langle \rangle) &\stackrel{\text{def}}{=} \text{push}(x).\text{Stack}(\langle x \rangle) + \text{empty}.\text{Stack}(\langle \rangle) \\ \text{Stack}(v : s) &\stackrel{\text{def}}{=} \text{push}(x).\text{Stack}(x : v : s) + \overline{\text{pop}}(v).\text{Stack}(s). \end{aligned}$$

Een implementatie wordt gegeven door het linken van een aantal basis-cellen,

$$\begin{aligned} C(x) &\stackrel{\text{def}}{=} \text{push}(y).(C(y) \frown C(x)) + \overline{\text{pop}}(x).D \\ D &\stackrel{\text{def}}{=} p(x).C(x) + \bar{e}.B \\ B &\stackrel{\text{def}}{=} \text{push}(y).(C(y) \frown B) + \text{empty}.B, \end{aligned}$$

namelijk $\text{Cells}\langle v_1, \dots, v_n \rangle \stackrel{\text{def}}{=} C(v_1) \frown C(v_2) \frown \dots \frown C(v_n) \frown B$.

- a) Geef de definitie (in standard concurrent form) van de bedoelde linking $P \frown Q$. (5 ptn.)
- b) Formuleer 2 verwisselings-eigenschappen van D en 1 absorptie-eigenschap van B . (De eigenschappen hoeven niet bewezen te worden.) Bewijs vervolgens dat $D \frown \text{Cells}\langle v_1, \dots, v_n \rangle \approx \text{Cells}\langle v_1, \dots, v_n \rangle$ met inductie naar n . (10 ptn.)
- c) Toon aan dat $\text{Cells}(\langle \rangle)$ en $\text{Cells}(v : s)$, respectievelijk, aan de vergelijkingen van Stack voldoet. (10 ptn.)

Opgave 4

- a) Geef de definitie van gelijkheid '=' voor agenten (observational congruence). (10 ptn.)
- b) Bewijs dat $P \approx Q \iff (P = Q \vee P = \tau.Q \vee \tau.P = Q)$ voor alle agenten P en Q . (15 ptn.)