

1. We veronderstellen de datatypes *Bool* (met constructoren $\top$ en F , conjunctie $\wedge$ en negatie $\neg$) en *Nat* (met constructoren 0 en S) gegeven.

(a) Specificeer functies $even : Nat \rightarrow Bool$ en $div3 : Nat \rightarrow Bool$ zodat:

- $even(n) = \top$ dan en slechts dan als n een even getal is;
- $div3(n) = \top$ dan en slechts dan als n deelbaar is door drie.

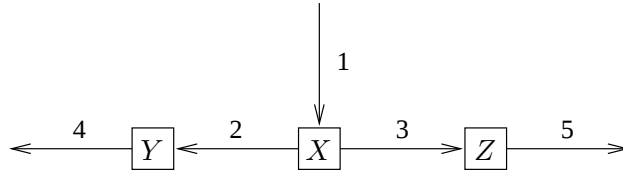
(b) Beschouw de volgende μCRL specificatie:

act $a : Bool$
proc $X(n:Nat) = a(div3(n)) \cdot X(S(S(S(n))))$

Geef zowel voor de functie *even* als voor de functie *div3* aan of dit een invariant is voor X . Zoja, geef een bewijs. Zonee, geef een tegenvoorbeeld.

(c) Laat $Y = a(\top) \cdot Y$. Bewijs, met behulp van CL-RSP, dat $X(n) = Y$ voor getallen n die deelbaar zijn door drie.

2. Data elementen uit een collectie Δ kunnen worden ontvangen door X via kanaal 1 (d.m.v. $r_1(d)$), waarna ze *alternerend* worden doorgestuurd naar Y via kanaal 2 (d.m.v. $s_2(d)$) of naar Z via kanaal 3 (d.m.v. $s_3(d)$). Dus het eerste ontvangen datum wordt naar Y gestuurd, het tweede naar Z , het derde naar Y , enzovoorts. Y stuurt ieder ontvangen datum door via kanaal 4, terwijl Z ieder ontvangen datum doorstuurt via kanaal 5.

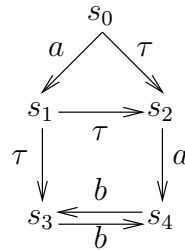


- (a) Specificeer de onafhankelijke processen X , Y en Z in μCRL , inclusief de actie declaratie **act** en de communicatie declaratie **comm**. (De gebruikte datatypes hoeven niet te worden gespecificeerd.)
- (b) Laat $\Delta = \{0\}$. Teken de procesgraaf van $\partial_{\{r_2(0), s_2(0), r_3(0), s_3(0)\}}(X \parallel Y \parallel Z)$.
- (c) Teken de procesgraaf van

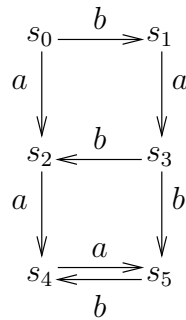
$$\tau_{\{c_2(0), c_3(0)\}}(\partial_{\{r_2(0), s_2(0), r_3(0), s_3(0)\}}(X \parallel Y \parallel Z))$$

na minimalisatie modulo branching bisimulatie equivalentie.

3. (a) Pas het minimalisatie algoritme modulo branching bisimulatie toe op onderstaande procesgraaf. Beschrijf de achtereenvolgens uitgevoerde splits en hun resultaten.



- (b) Wat is de maximale collectie confluente τ -transities in de procesgraaf uit opgave (a)? Beargumenteer je antwoord.
- (c) Wat is het voordeel van het toepassen van het minimalisatie-algoritme modulo branching bisimulatie ten opzichte van reductie op basis van confluente τ -transities? Wat is het voordeel van reductie op basis van confluente τ -transities ten opzichte van het toepassen van het minimalisatie-algoritme modulo branching bisimulatie?
- (d) Beschrijf in detail hoe het model-check algoritme uitrekent voor welke states in onderstaande procesgraaf de ACTL formule $E(EX_a T) \cup (EX_b EX_b T)$ waar is.



- (e) Geef voor iedere state in de procesgraaf uit opgave (c) een ACTL formule die alleen in deze state waar is.