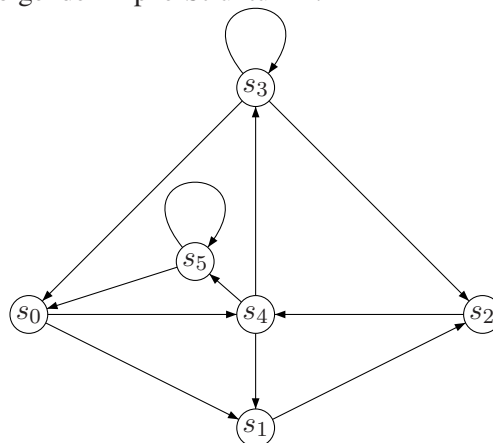


## „Verifikation“ Übungsserie 4

Diese Serie entspricht ungefähr dem Niveau, das Sie in der Klausur erwartet. Die Lösungen werden in der Übung am Freitag 10.7.2015 besprochen.

1. Geben Sie für die folgenden Formeln jeweils an, ob es sich um LTL- oder CTL-Formeln handelt. Begründen Sie Ihre Antwort.
  - (a)  $X(p \vee Xq)$
  - (b)  $\forall(Xp \vee (qUr))$
  - (c)  $F\forall(p \vee q)$
  - (d)  $p \rightarrow r$
  - (e)  $\forall X(p \wedge \neg q)$
  
2. Geben Sie für die folgenden Eigenschaften passende CTL-Formeln über  $AP = \{p, q, r\}$  an:
  - (a) Es gibt einen Pfad, an dem für jeden Zustand gilt, dass es von dort aus einen Pfad gibt, an dem irgendwann  $p$  gilt und direkt danach  $\neg p$ .
  - (b) Es gibt einen erreichbaren Zustand  $s$ , an dem  $p$  gilt und außerdem gilt  $r$  an allen Pfaden, die in  $s$  beginnen, solange  $q$  nicht gilt.
  - (c) An jedem Pfad gilt für jeden Zustand:  $p$  gilt genau dann wenn sowohl  $q$  gilt als auch im vorherigen Zustand  $r$  gilt.
  
3. Betrachten Sie die folgende Kripke-Struktur  $K$ .



- $\lambda(s_0) = \emptyset$
- $\lambda(s_1) = \{p\}$
- $\lambda(s_2) = \{p, q\}$
- $\lambda(s_3) = \{p\}$
- $\lambda(s_4) = \{q\}$
- $\lambda(s_5) = \{q\}$

Entscheiden Sie für die CTL-Formeln  $\Psi_1, \Psi_2$  und  $\Psi_3$ , ob  $K, s_0 \models \Psi_i$  gilt! Begründen Sie Ihre Entscheidung hinreichend.

- $\Psi_1 = \exists G\forall F\neg q$
- $\Psi_2 = \exists F(\exists X(pU\neg p))$
- $\Psi_3 = \forall X(\exists G\neg p \vee \exists Gq)$

4. Sind die folgenden beiden CTL-Formeln semantisch äquivalent?
- $\forall Fp \vee \forall Fq$
  - $\forall F(p \vee q)$
5. Zeigen Sie, dass die CTL-Formel  $\Phi = \forall G\exists Fp$  nicht äquivalent ist zu der LTL-Formel, die man aus  $\Phi$  erhält, wenn man alle Pfadquantoren entfernt.
6. Zeigen Sie, dass es für die CTL-Formel  $\forall F\forall Gp$  keine semantisch äquivalente LTL-Formel gibt.
7. Geben Sie für die folgenden Eigenschaften passende LTL-Formeln über  $\{p, q\}$  an:
- (a) Wenn  $p$  unendlich oft wahr ist, dann gilt dies auch für  $q$ .
  - (b) Wenn  $p$  an 10 aufeinanderfolgenden Positionen wahr ist, so ist irgendwann auch  $q$  wahr.
8. Sind die folgenden Aussagen korrekt? Begründen Sie Ihre Antwort!
- (a) LTL-Model-Checking ist einfacher als CTL-Model-Checking.
  - (b) Universelles LTL(U)-Model-Checking ist PSPACE-vollständig. (Hierbei bezeichnet LTL(U) das Fragment von LTL, in dem als einziger temporaler Operator der Until-Operator erlaubt ist.)