

Übungen zur Vorlesung

Formale Spezifikation und Verifikation

Wintersemester 2024/25

Übungsblatt 11

Bekanntgabe am 27.01.2025

Für dieses Übungsblatt werden Aufgaben 1 und 2 in den Tutorien vorgerechnet. Die Bearbeitung der Aufgabe 3 soll in den Tutorien erfolgen.

1 Lineare Temporale Logik

Formalisieren Sie folgende Eigenschaften als Formeln in LTL über den gegebenen atomaren Propositionen bzw. Variablen. Überlegen Sie sich jeweils, ob dies eine Sicherheits- oder eine Lebendigkeitseigenschaft ist.

- a) Jetzt scheint die Sonne (sun) und irgendwann regnet es (rain).
- b) Während die Webcam an ist (webcam) leuchtet das entsprechende Licht (light)
- c) Nach jedem Drücken der Taste shutdown schaltet sich der PC nach kurzer (= endlicher) Zeit in aus (off).
- d) Man darf nicht Auto fahren ($\neg \text{drive}$), bevor man einen Führerschein hat (license), Achten Sie darauf, *nicht* zu erzwingen, dass irgendwann ein Führerschein vorhanden ist. Zwischen welchen beiden temporalen Operatoren müssen Sie den richtigen wählen?
- e) Ein Licht blinkt jetzt zweimal (light)
- f) Nachdem die Temperatur t einmal 30° überschritten hat, sinkt t nie wieder darunter.
- g) Eine Ampel soll in der Zukunft garantiert irgendwann installiert werden, sobald diese in den Betrieb geht, soll Sie immer mal wieder auf grün stehen (green).
- h) Ein Programm zählt Variable i von 0 bis n hoch und beendet sich genau dann wenn $i = n$. Achtung: das "Hochzählen" ist LTL schwierig ausdrücken, stattdessen bietet es sich an, diese Eigenschaft durch $0 \leq i < n$ auszudrücken, wie Sie es auch in bei den Schleifeninvarianten gesehen haben. Dass i bei 0 beginnt können Sie aber darstellen.

2 Ampelsteuerung

An einer Straßenkreuzung sollen zwei Ampeln installiert werden, Ampel 1 zur Regelung der Nord-Süd-Richtung, Ampel 2 zur Regelung der Ost-West-Richtung. Verwenden Sie die Aussagensymbole R_i für „Ampel i steht auf rot“ bzw. G_i für „Ampel i steht auf grün“ und drücken Sie die folgenden Anforderungen an die Ampelanlage temporallogisch aus.

- a) Die Ampeln sind nie gleichzeitig grün.
- b) Jede Ampel wechselt unbegrenzt oft zwischen rot und grün.
- c) Ampel 1 bleibt rot bis Ampel 2 auf rot steht.

Genügen diese Anforderungen, um einen reibungslosen Verkehrsfluss zu gewährleisten?

3 Ampelsteuerung als Transitionssystem

- a) Betrachten Sie erneut das in Aufgabe 2 beschriebene Ampelsystem und geben Sie eine Implementierung in Form eines Transitionssystems an, welches ein reales Ampelsystem möglichst gut beschreibt¹.

Dazu können Sie annehmen, dass die Zustandsmenge aus (bis zu) 16 verschiedenen Zuständen besteht. Jede Ampelrichtung kann entweder rot(R), grün(G), gelb(Y), oder rot-gelb(O für Orange) sein. Der Zustand lässt sich also durch zwei Buchstaben beschreiben, wobei der erste den Zustand der einen Richtung, und der zweite den Zustand der anderen Richtung angibt. Der Zustand GY in ihrem Transitionssystem würde also den Zustand beschreiben, bei dem die Ampel in die eine Richtung grün zeigt, in die andere gelb. Der Zustand RO bedeutet dementsprechend dass die Ampel in eine Richtung rot zeigt, in die andere gelb und rot gleichzeitig.

- b) Überprüfen Sie nun informell, ob die in 2 genannten Eigenschaften auch auf ihr Transitionssystem zutreffen. Hierzu dürfen Sie annehmen, dass der Ampelzustand rot-gelb nicht als rot gilt. Wenn also Ihre Ampel unendlich oft zwischen grün(G) und rot-gelb(O) wechselt würde dieses Verhalten alleine noch nicht die erste Eigenschaft "Jede Ampel wechselt unbegrenzt oft zwischen rot und grün" erfüllen.

¹Falls Sie unsicher sind, wie genau die Abfolge bei einer realen Ampel abläuft, können Sie gerne eine solche in freier Wildbahn beobachten.