

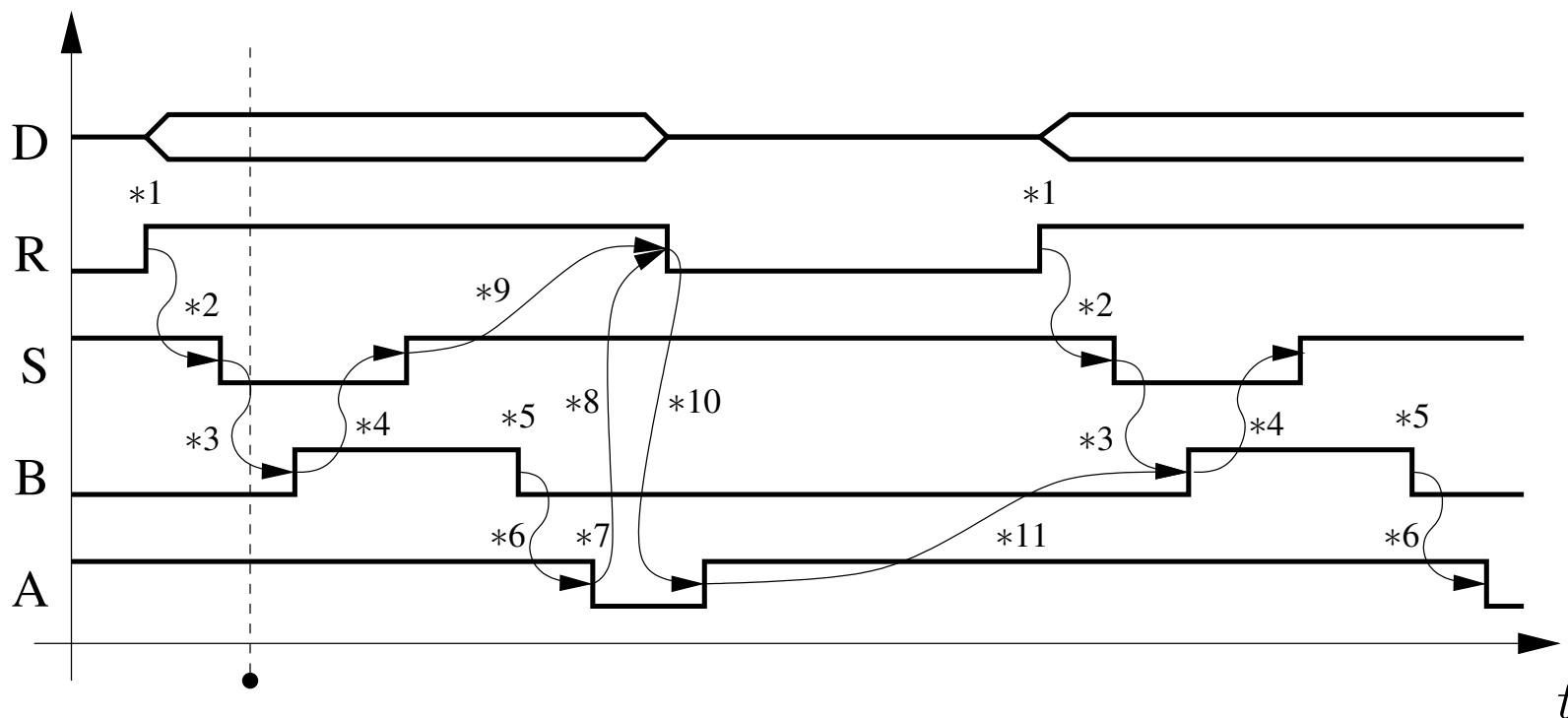
Hardwarebeschreibung

Digital-Design

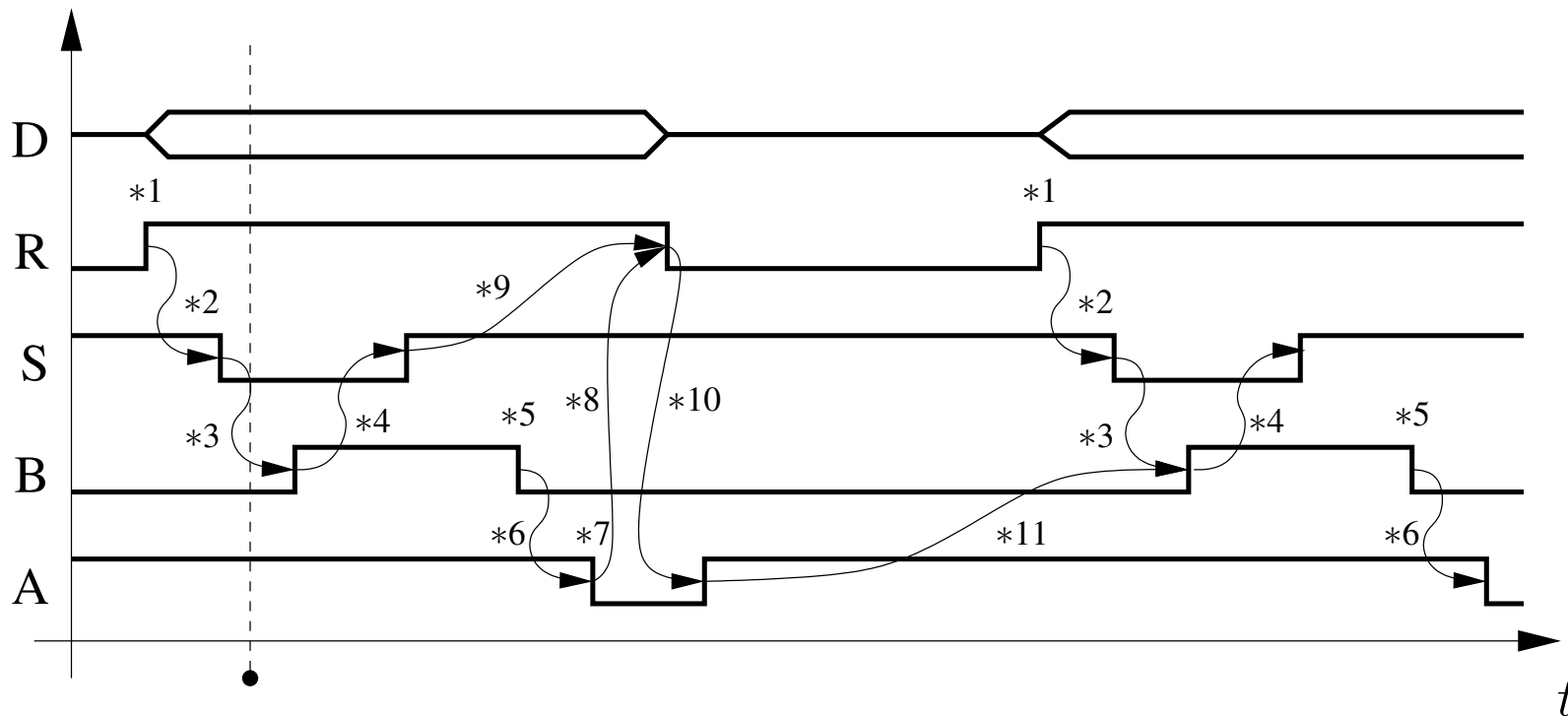
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Kampe

Modellierung eines Kommunikationsprotokolls

Es soll ein *functional model* eines erweiterten *hand-shake*-Protokolls für eine asynchrone Schnittstelle ermittelt werden. Zur Erweiterung des Protokolls nach IEEE 1284 für mehrere Sender dient Sender-seitig ein *request*-Signal *R* zur Steuerung des Zugriffs durch mehrere Sender. Dem Signalspiel liegen folgende Spezifikationen zu Grunde:



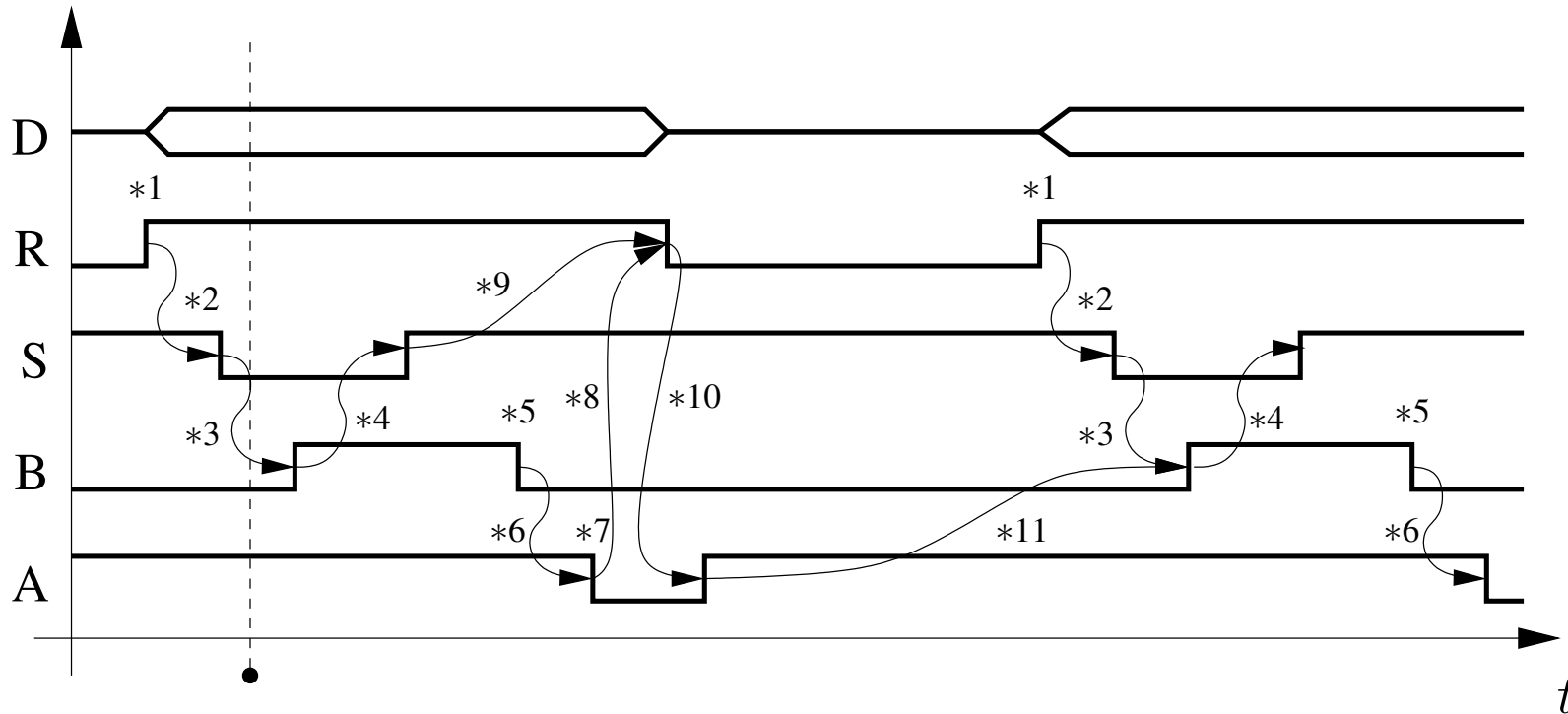
Folgende Signalverläufe für die Daten und *handshake*-Signale sind spezifiziert:



Legende:

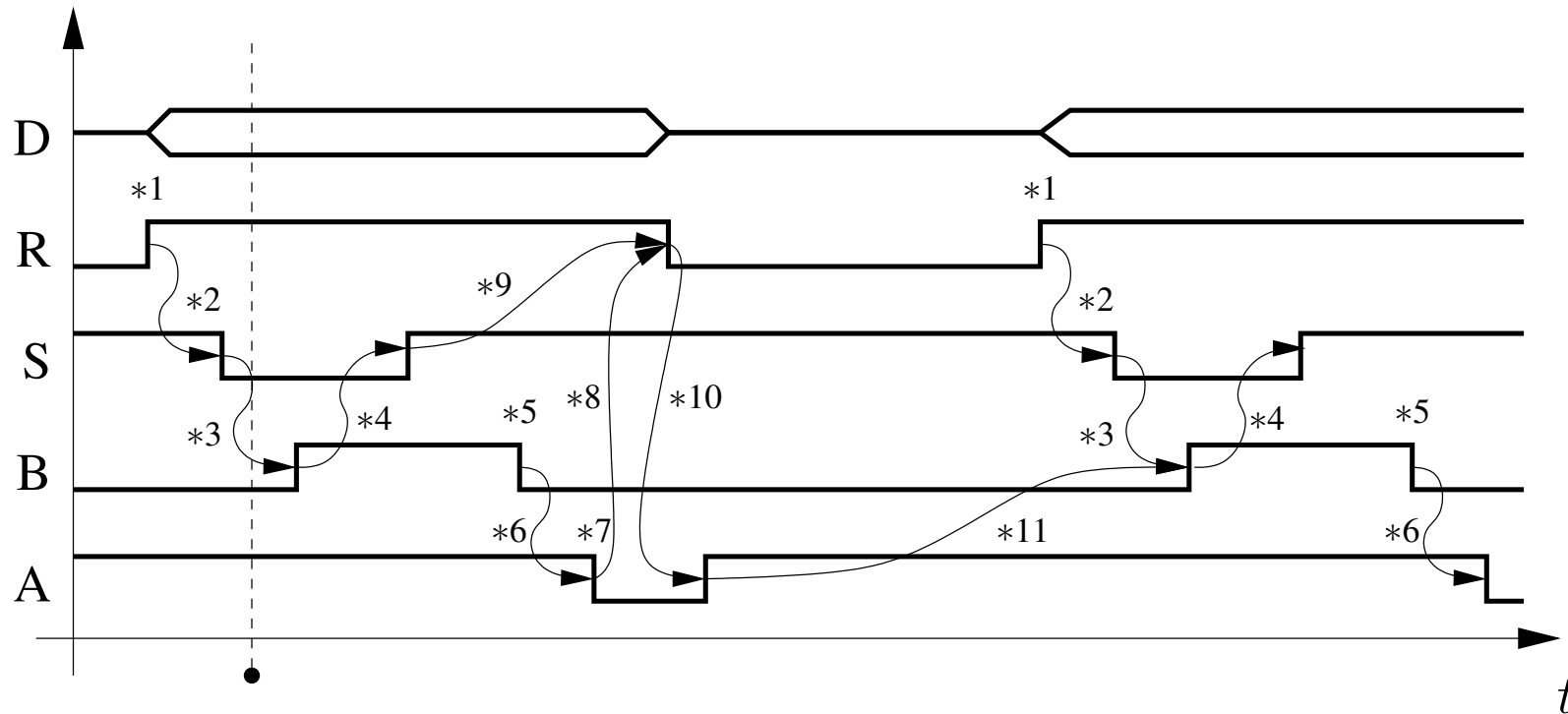
	D = <i>data</i>	
Sender:	R = <i>request</i>	Anforderung der Schnittstelle durch einen Sender
	S = <i>strobe</i>	Daten sind verfügbar/gültig
Empfänger:	B = <i>busy</i>	Verarbeitungszeit
	A = <i>acknowledge</i>	Verarbeitung erfolgreich beendet

Erläuterung zu den Spezifikationen:



- *1 Der Sender blockiert die Schnittstelle.
- *2 Der Sender startet den Zyklus, nachdem er ein Datenwort ausgegeben hat.
- *3 Der Empfänger reagiert.
- *4 Der Sender reagiert, lässt die Datenausgabe aber aktiv.
- *5 Der Empfänger hat das Datenwort gelesen.
- *6 Verarbeitungszeit des Empfängers.

Erläuterung zu den Spezifikationen:



- *7 Der Empfänger hat die Daten verarbeitet.
- *8 Der Sender gibt die Schnittstelle frei.
- *9 (Mindest-)Reaktionszeit des Senders.
- *10 Empfänger kehrt in den Wartezustand zurück.
- *11 Erholungszeit des Empfängers.

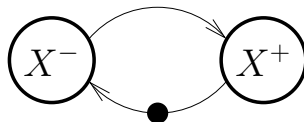
Das *functional model* dient als Referenzmodell zur effizienten Verifikation sowohl der Realisierung der gesamten Schnittstelle als auch der Schaltungsteile für den Sender bzw. den Empfänger.

1. Modellieren Sie das Kommunikationsprotokoll mit Hilfe eines Signalübergangsgraphen (*signal transition diagram* STG).
2. Erstellen Sie ein Verhaltensmodell (*functional model*) für Sender und Empfänger auf dem Abstraktionsniveau der Logikebene.

Signalübergangsgraph (*signal transition diagram*) STG

Was ist ein STG?

- Spezifikation von Kommunikationsprotokollen
- interpretierter, maskierter, gerichteter Graph (modifiziertes Petri-Netz);
die Knoten werden als Signalübergänge interpretiert:



X^+ Übergang des Signals X von $0 \rightarrow 1$

X^- Übergang des Signals X von $1 \rightarrow 0$

- die Marken liegen auf den Kanten des Graphen, welche die aktuellen Signalzustände darstellen, maximal eine Marke pro Kante.
- Gewichte der Knoten: Verzögerungszeit
- Gewichte der Kanten: minimale und maximale Verweilzeiten

Signalübergangsgraph (*signal transition diagram*) STG

Was ist ein STG?

- Bedingung: STG muss „lebendig“ sein:
 - starker Zusammenhang des Graphen:

starker Zusammenhang im gerichteten Graphen:

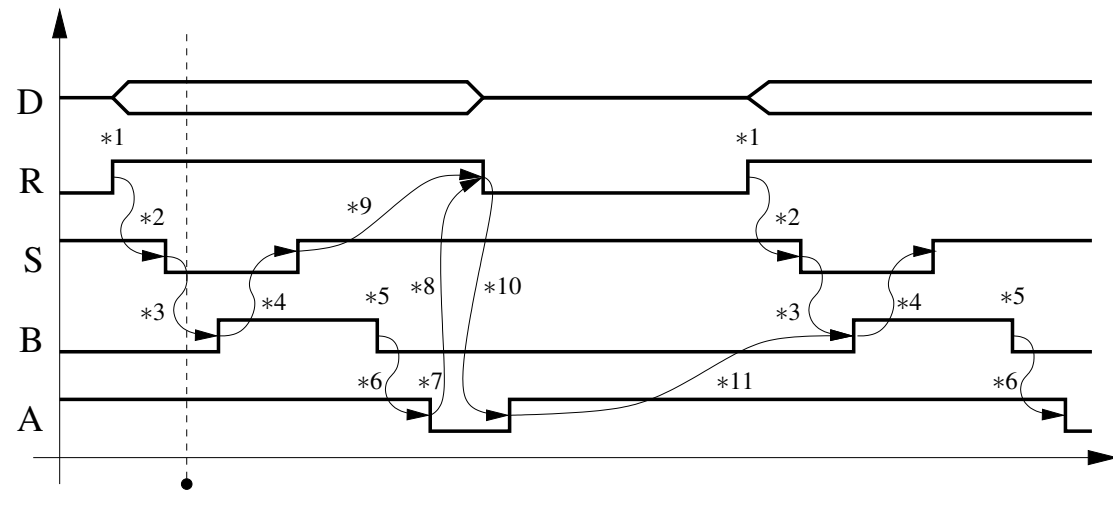
Für je zwei Knoten i und j existiert stets ein Weg (Kantenfolge unter Beachtung der Richtung) von i nach j und von j nach i .

- jeder einfache Zyklus enthält genau eine Marke,
- aufsteigende und abfallende Signalübergänge treten alternierend auf.
- Animation des Graphen:
 - Ein Signalübergang kann nur stattfinden (im Perti-Netz: ein Knoten kann nur dann „feuern“), wenn alle einlaufenden Kanten je eine Marke tragen;
 - im Ergebnis erhält jede ablaufende Kante eine Marke.

Konstruktion des STG

1. Zusammenstellen der Bedingungen für Signalwechsel,
2. im STG werden die Bedingungen zu einlaufenden Kanten,
3. Inherente Pfade $X^{\pm} \rightarrow X^{\mp}$ entfallen, wenn sie nicht spezifiziert sind, d. h. kein paralleler Pfad existiert.
Daraus ergibt sich die Konstruktionsregel: Inherente Pfade $X^{\pm} \rightarrow X^{\mp}$ werden nur dann vorgesehen, wenn kein spezifizierter Pfad von X^{\pm} nach X^{\mp} existiert.
4. Jeder einfache Zyklus enthält eine Marke: Die aktuelle Markenposition ergibt sich aus den Signalbelegungen zum aktuellen Zeitpunkt.

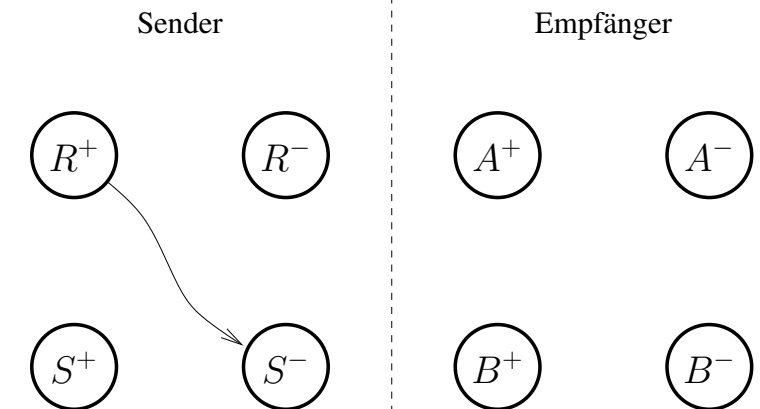
Konstruktion des STG:



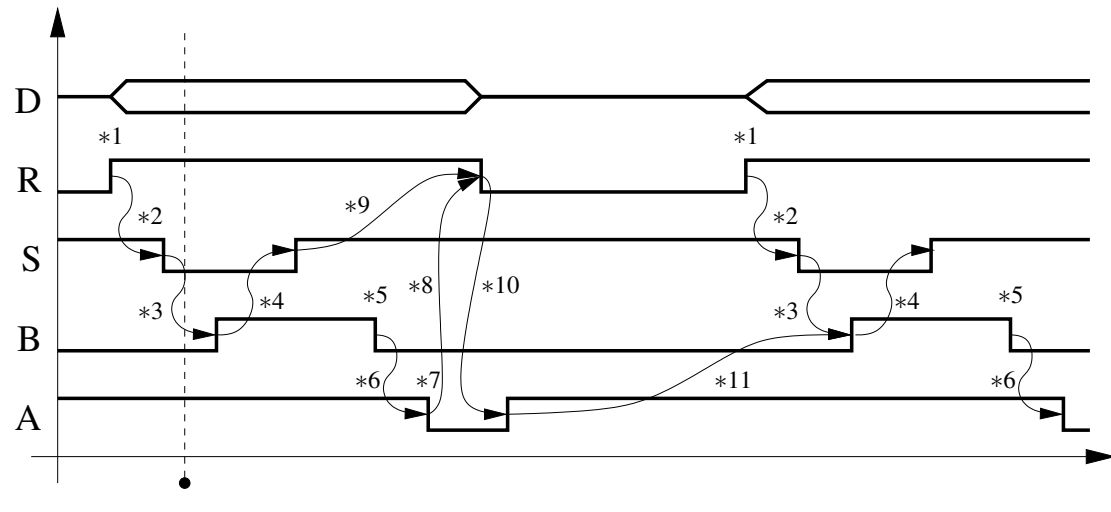
Im STG werden die Bedingungen zu einlaufenden Kanten:

- Die aus den spezifizierten Signalwechseln resultierenden notwendigen Bedingungen ergeben:

	Flanke	Bedingung für die Flanke			
		Sender	Empfänger		
Bus frei	R^-			?	
Bus belegt	R^+				
Daten gültig	S^-	R^+	*2		
	S^+				
Empfänger frei	B^-				
Empfänger belegt	B^+				
Daten empfangen	A^-				
	A^+				



Konstruktion des STG:

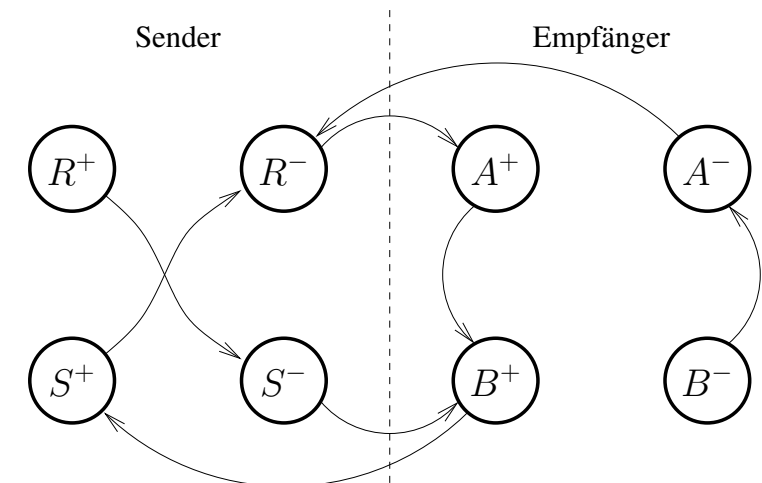


3. Inherente Pfade $X^{\pm} \rightarrow X^{\mp}$ entfallen, wenn sie nicht spezifiziert sind und ein paralleler Pfad existiert.

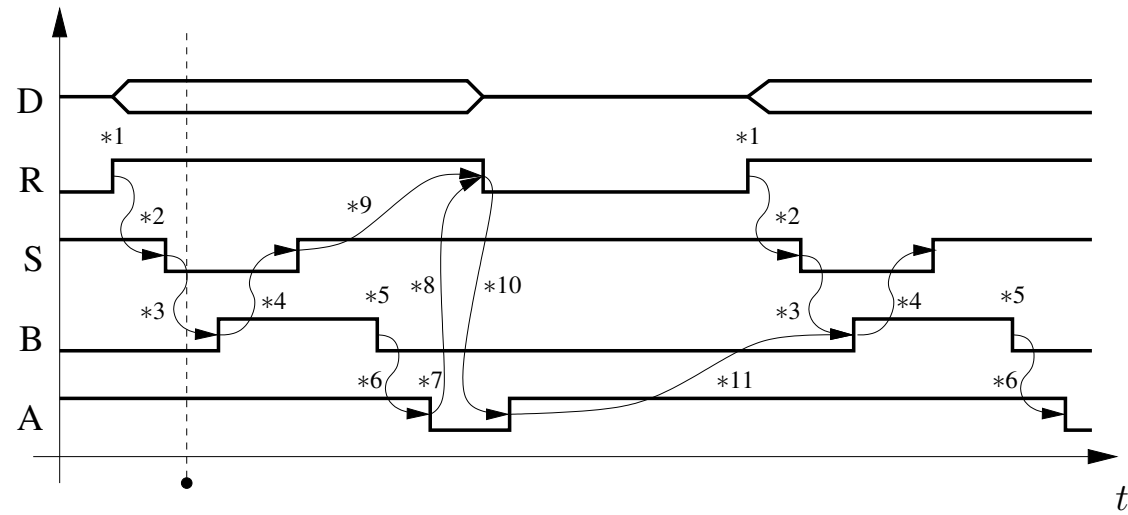
Konstruktionsregel: Inherente Pfade $X^{\pm} \rightarrow X^{\mp}$ werden nur vorgesehen, wenn kein Pfad $X^{\pm} \rightarrow X^{\mp}$ existiert.

	Flanke	Bedingung für die Flanke	
		Sender	Empfänger
Bus frei	R^{-}	S^{+} *9	A^{-} *8
Bus belegt	R^{+}		
Daten gültig	S^{-}	R^{+} *2	
	S^{+}		B^{+} *4
Empfänger frei	B^{-}		
Empfänger belegt	B^{+}	S^{-} *3	A^{+} *11
Daten empfangen	A^{-}		B^{-} *6
	A^{+}	R^{-} *10	

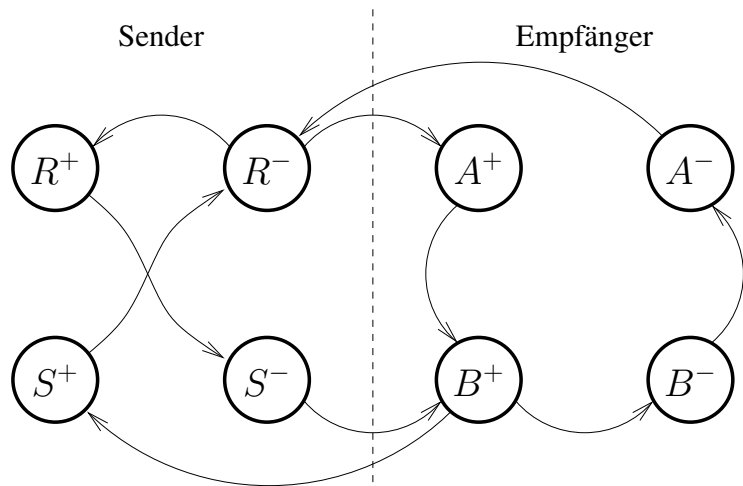
?



Konstruktion des STG:



4. Eintragen der aktuellen Markenposition.



?

Erreichbarkeitsgraph

(*reachability graph* oder *state transition diagram STD*)

Wie kommt man zu einer Muster-Realisierung (*golden model*) für die *testbench*?

Der Erreichbarkeitsgraph dient als Automatengraph für die Realisierung des *handshake*-Automaten.

- Ausgehend vom Initialzustand werden alle erreichbaren Marken-Positionen im STG als Knoten im STD in ihrer kausalen Abfolge durch Weiterrücken jeweils einer Marke dargestellt.
- Das Knotengewicht sind die Werte der Signale xyz in der Reihenfolge der Zustandskodierung:

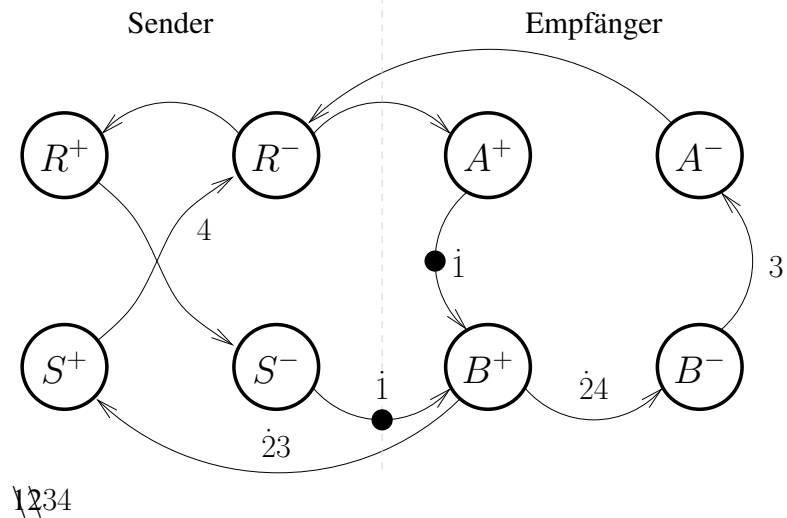
0, 1 statische Werte,

0★, 1★ aktiviertes Signal, d. h. der Signalübergang x^+ bzw. x^- steht zwingend bevor.

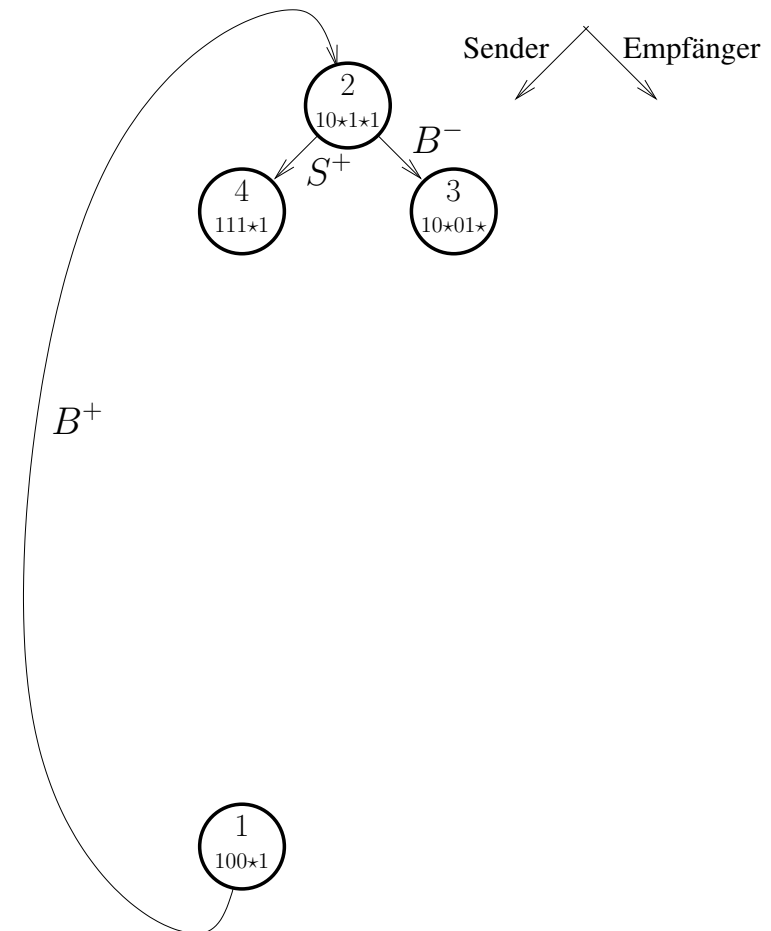
Konstruktion des Erreichbarkeitsgraphen:

Zustandskodierung *RSBA*

STG

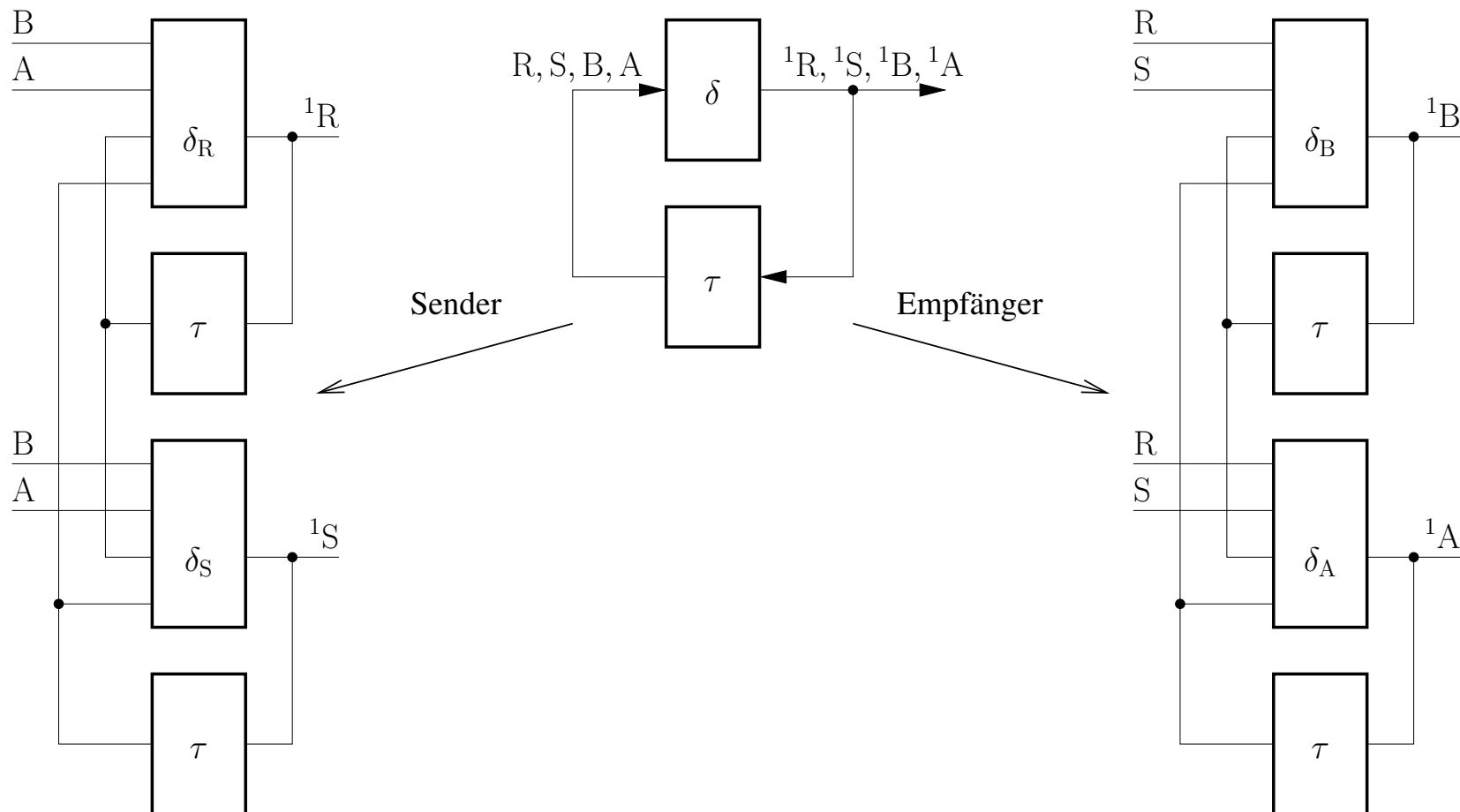


Erreichbarkeitsgraph



Synthese der Realisierungen

Synthese der Realisierungen für den Sender und den Empfänger aus dem Erreichbarkeitsgraph:



Für ein Referenzmodell ist nicht notwendigerweise ein Takt erforderlich, wenn der Automat zyklensfrei stabil ist.

Synthese der Realisierungen

Synthese der Realisierungen für den Sender und den Empfänger aus dem Erreichbarkeitsgraph:

1. Zustandskodierung (aktuelle Zustände $\{R, S, B, A\}$):

Die Zustandskodierung kann aus dem Erreichbarkeitsgraph abgeleitet werden. Hier werden die Signale S, B und A direkt auf Zustandsvariable abgebildet; der Automat benötigt keine Ausgabefunktion.

2. Ermittlung der Zustandsüberföhrungsfunktionen (Folgezustände $\{{}^1R, {}^1S, {}^1B, {}^1A\}$):

Wenn für einen Signalwechsel keine Bedingung mehr zu erfüllen ist (das Signal aktiviert ist), dann soll der Automat diesen Signalwechsel im Folgezustand realisieren.

Also: Aktivierte Signale blockieren den Zustandswechsel nicht.

Für die aktivierten Signale wird deshalb:

$$0\star \Rightarrow 1$$

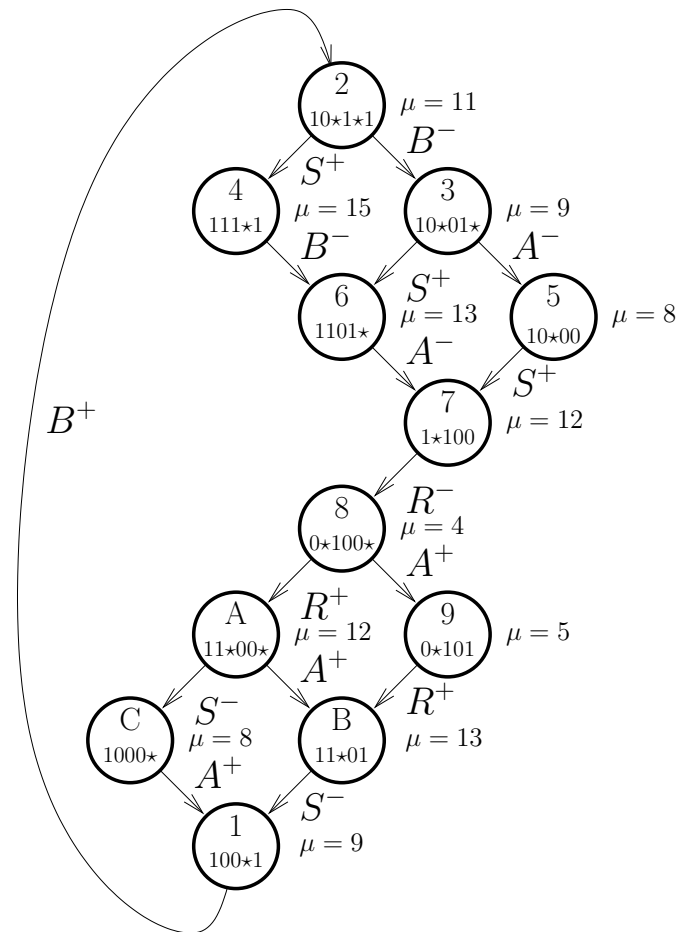
$$1\star \Rightarrow 0$$

verwendet. Zustände, die im Erreichbarkeitsgraph nicht vorkommen, können nur dann als *don't care* angenommen werden, wenn der Automat initialisiert wird.

3. Stabilitätsanalyse

Synthese der Realisierungen:

1. Zustandskodierung (aktuelle Zustände $\{R, S, B, A\}$ für *Medvedev*-Automat):

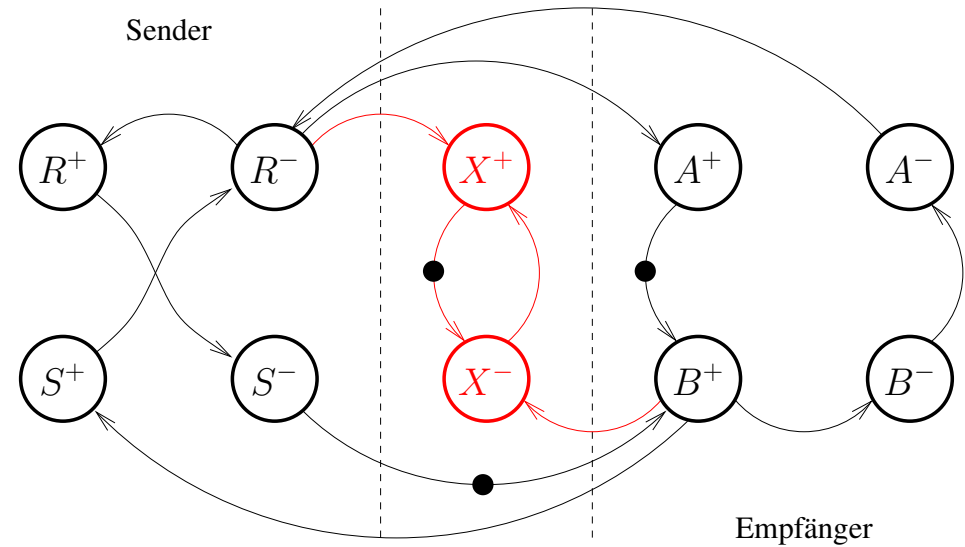
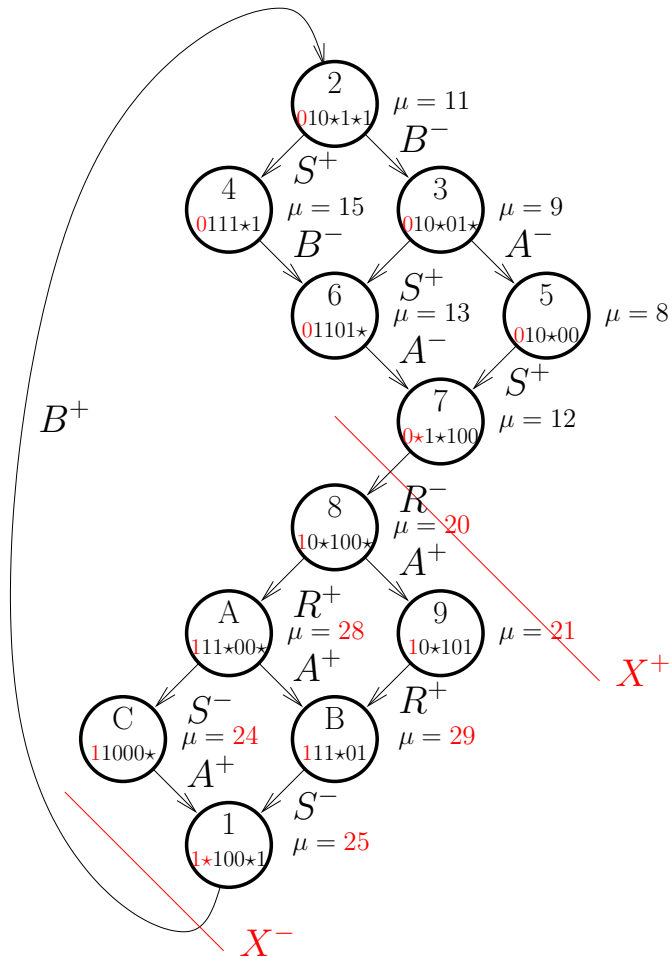


Keine eindeutige Belegung der Zustandsvariablen!

Synthese der Realisierungen:

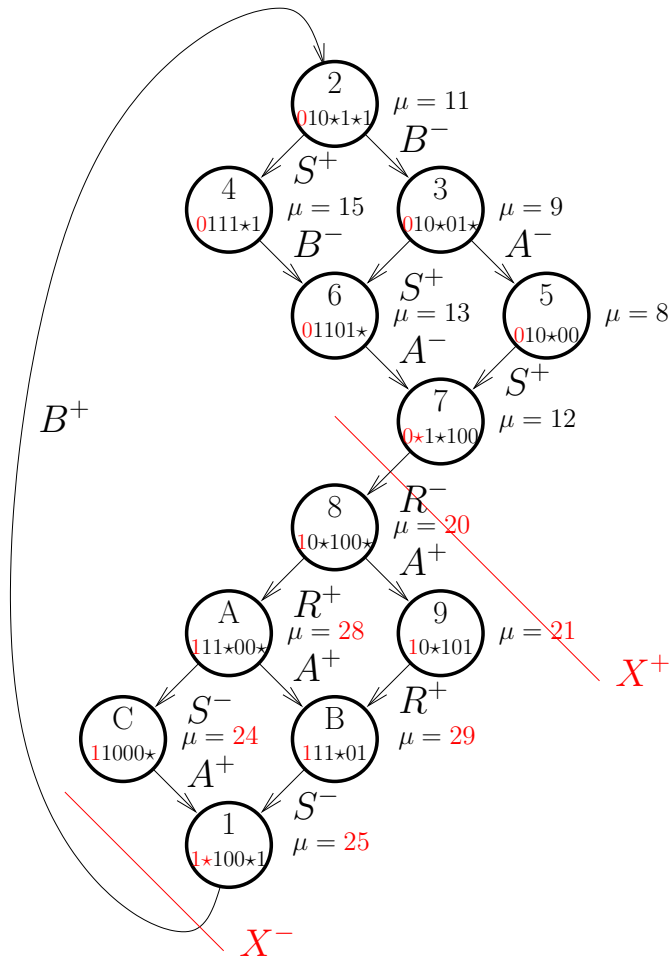
Einfügung einer zusätzlichen Zustandsvariable X , so dass kein Zustand mehrfach auftritt:

1. Zustandskodierung (aktuelle Zustände $\{X, R, S, B, A\}$ für *Medvedev*-Automat):



Synthese der Realisierungen:

2. Ermittlung der Zustandsüberföhrungsfunktionen (Zustände $\{X, R, S, B, A\}$, Folgezustand 1A):



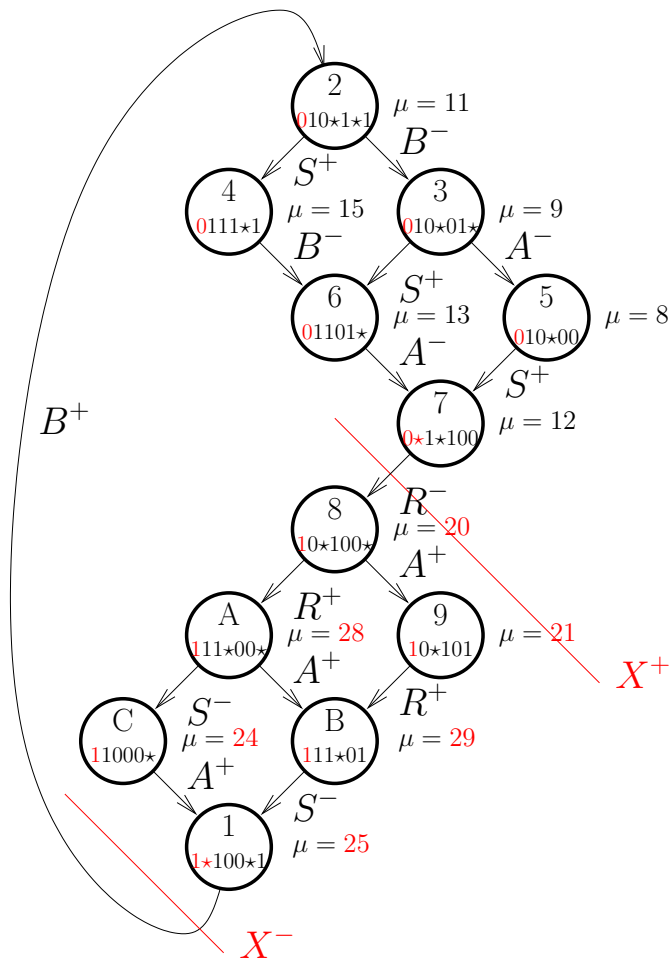
$${}^1A :$$

				S		X		
				A		A		
	0	1	5	4	? ₂₀	? ₂₁	17	16
	2	3	7	6	22	23	19	18
	10	? ₁₁	? ₁₅	14	30	31	27	26
	? ₈	? ₉	? ₁₃	? ₁₂	? ₂₈	? ₂₉	? ₂₅	? ₂₄

${}^1A = ?$

Synthese der Realisierungen:

2. Ermittlung der Zustandsüberföhrungsfunktionen (Zustände $\{X, R, S, B, A\}$, Folgezustand 1B):



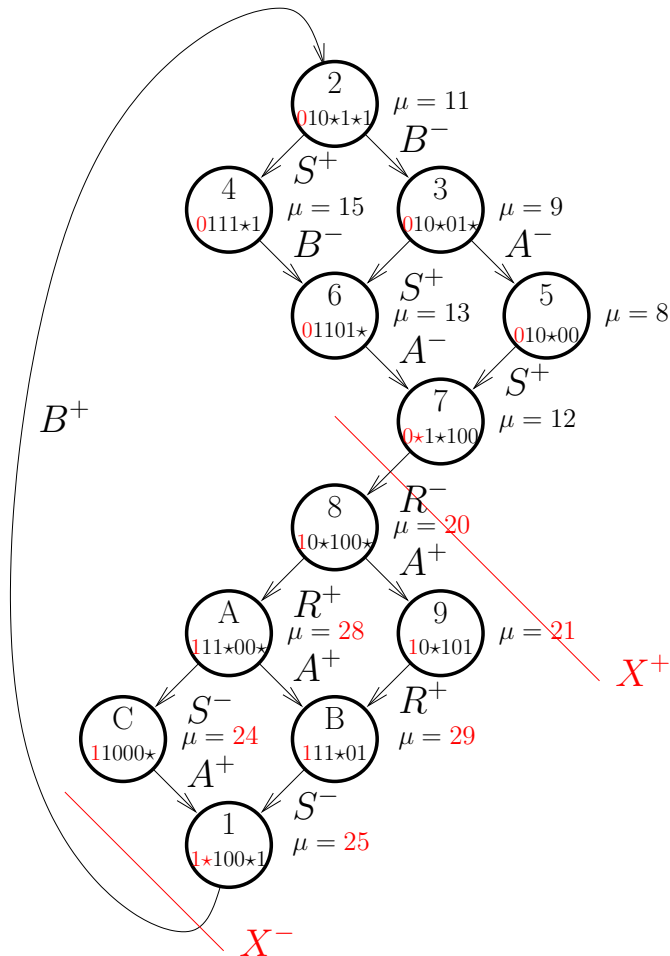
${}^1B :$

				X					
				S					
A				A					
R	B	0	1	5	4	0_{20}	0_{21}	17	16
		2	3	7	6	22	23	19	18
		10	$(1\star)$ 0_{11}	$(1\star)$ 0_{15}	14	30	31	27	26
		0_8	0_9	0_{13}	0_{12}	0_{28}	0_{29}	$(0\star)$ 1_{25}	0_{24}

${}^1B = X \overline{S} A$

Synthese der Realisierungen:

2. Ermittlung der Zustandsüberföhrungsfunktionen (Zustände $\{X, R, S, B, A\}$, Folgezustand 1S):



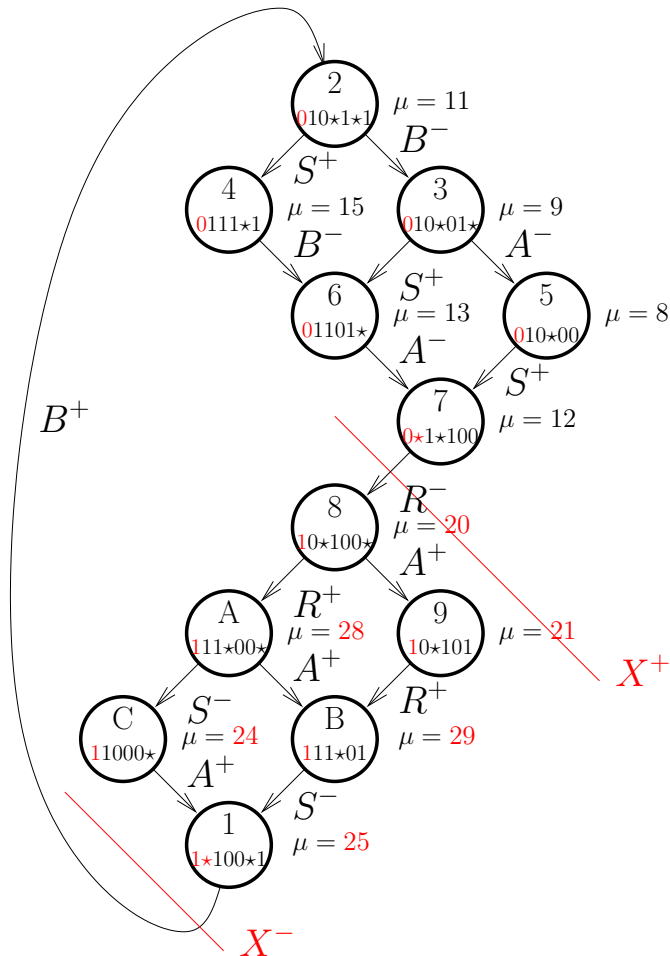
${}^1S :$

		S				X			
		A		A		A		A	
		0	1	5	4	1_{20}	1_{21}	17	16
		2	3	7	6	22	23	19	18
			$(0\star)$	$(0\star)$					
		10	1_{11}	1_{15}	14	30	31	27	26
		$(0\star)$	$(0\star)$	1_{13}	1_{12}	$(1\star)$	$(1\star)$	0_{25}	0_{24}
		1_8	1_9			0_{28}	0_{29}		

${}^1S = \overline{X} + \overline{R}$

Synthese der Realisierungen:

2. Ermittlung der Zustandsüberföhrungsfunktionen (Zustände $\{X, R, S, B, A\}$, Folgezustand 1R):



${}^1R :$

R

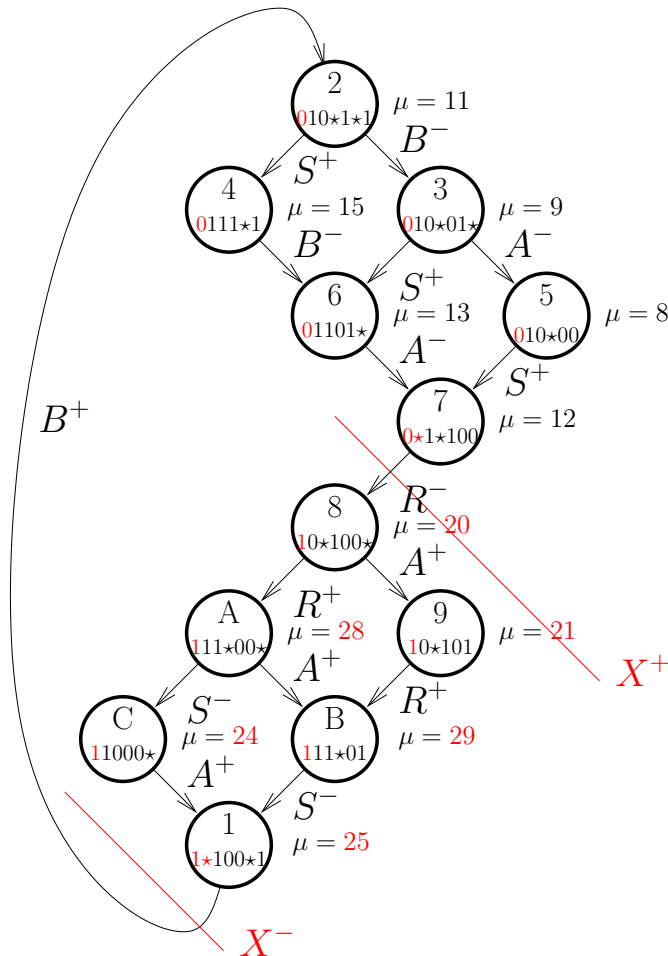
B

				S		X	
				A		A	
	0	1	5	4	$(0\star)$ 1 ₂₀	$(0\star)$ 1 ₂₁	17
	2	3	7	6	22	23	19
	10	1 ₁₁	1 ₁₅	14	30	31	27
	1 ₈	1 ₉	1 ₁₃	$(1\star)$ 0 ₁₂	1 ₂₈	1 ₂₉	1 ₂₅
							1 ₂₄

${}^1R = X + \overline{S} + A$

Synthese der Realisierungen:

2. Ermittlung der Zustandsüberföhrungsfunktionen (Zustände $\{X, R, S, B, A\}$, Folgezustand 1X):



${}^1X :$

				X			
				S		A	
				A		A	
	0	1	5	4	1_{20}	1_{21}	17
	2	3	7	6	22	23	19
	10	0_{11}	0_{15}	14	30	31	27
	0_8	0_9	0_{13}	$(0\star)_{12}$	1_{28}	1_{29}	$(1\star)_{25}$
							1_{24}

$${}^1X = X S + (X + S) \bar{A}$$

Verzeichnis der Präsentationen

Asynchrone Kommunikation

.....	6. Seminar HB: 1
.....	6. Seminar HB: 2
.....	6. Seminar HB: 3
.....	6. Seminar HB: 4
.....	6. Seminar HB: 5
.....	6. Seminar HB: 6
Signalübergangsgraph (<i>signal transition diagram</i>) STG	6. Seminar HB: 7
Signalübergangsgraph (<i>signal transition diagram</i>) STG	6. Seminar HB: 8
Konstruktion des STG	6. Seminar HB: 9
Erreichbarkeitsgraph: (<i>reachability graph</i> oder <i>state transition diagram</i> STD)	6. Seminar HB: 10
Synthese der Realisierungen	6. Seminar HB: 11
Synthese der Realisierungen	6. Seminar HB: 12

Verzeichnis der Präsentationen

Präsentationen: 1