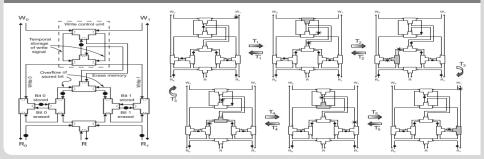


## Proseminar zelluläre Automaten: Non-polar Token-Pass Brownian Circuits

17.6.2019 Klaus Philipp Theyssen

#### FAKULTÄT FÜR INFORMATIK, INSTITUT FÜR THEORETISCHE INFORMATIK



#### **Motivation**



- Energieeffiziente Schaltkreise für Nanoelektronik
- brownsche Molekularbewegung als Vorbild
- Nichtdeterminismus ermöglicht einfacheres Design

## Grundlagen

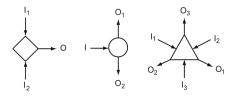


- token-basierte Schaltkreise (Bsp. Petri Netze)
- token-pass Schaltkreise
- nichtpolare token-pass brownsche Schaltkreise

#### **Token-basierte Schaltkreise**



- Signal als Token
- asynchron (kein Takt)

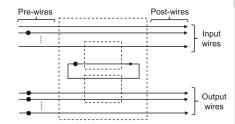


Merge, Fork und Tria

## **Token-pass Schaltkreise**

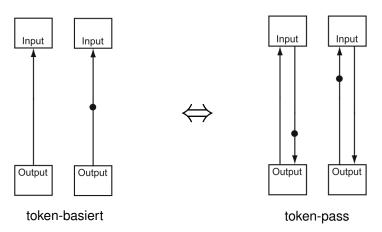


- Anzahl der Tokens immer gleich
- Tokens verlassen Kabel nicht



## Von token-basiert nach token-pass





Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick

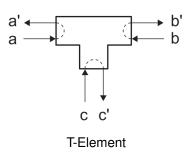
#### **Brownsche Schaltkreise**

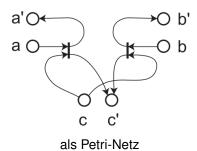


- Tokens können sich frei bewegen
- Verzögerungen beeinflussen nicht Korrektheit der Berechnung
- Berechnungsschritte reversibel (Sackgasse)

#### **T-Element**



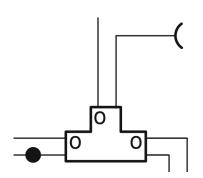




## Nichtpolare token-pass Schaltkreise

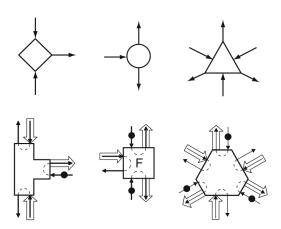


- Tokens haben keinen Bias mehr
- Terminator Kabel
- Bias auf Ein- und Ausgabekabeln sinnvoll



# Äquivalenz von token-basiert und token-pass





Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick

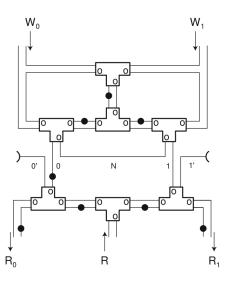
#### **T-Element**



T-Element ist Schaltkreisprimitiv für brownsche token-pass Schaltkreise

## Nichtpolarer 1-Bit Speicher





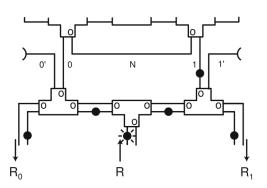
Grundlagen

1-Bit Speicher

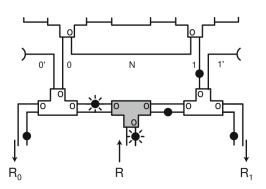
UND-Gatter

Ausblick

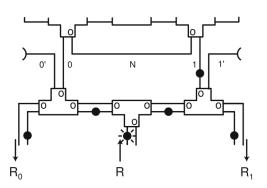




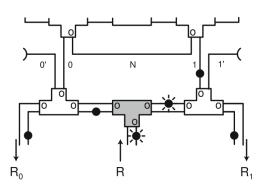




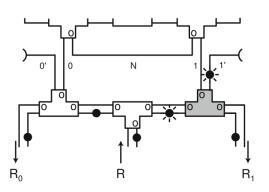




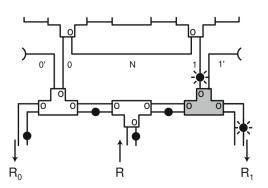




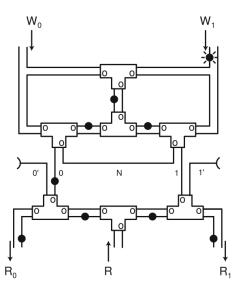












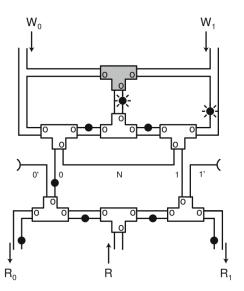
Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick





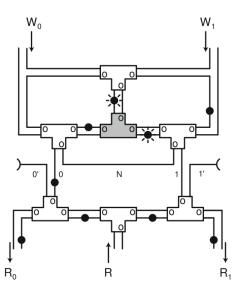
Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick





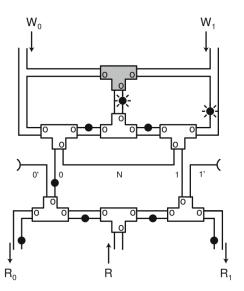
Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick





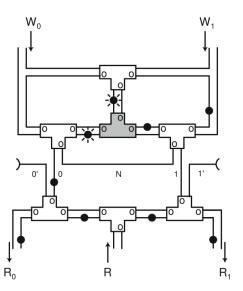
Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick





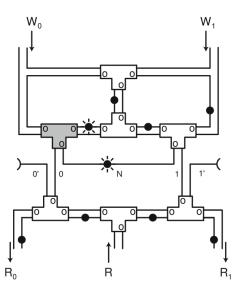
Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick





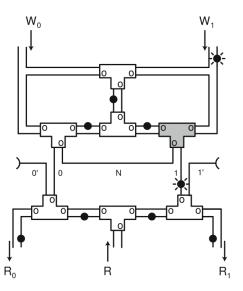
Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick





Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick

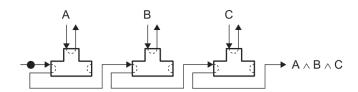
#### **UND-Gatter**



- Repräsentation von 1 als Token und 0 als Abwesenheit
- Repräsentation von 1 und 0 als Token

## 0 durch kein Token repräsentiert





Grundlagen

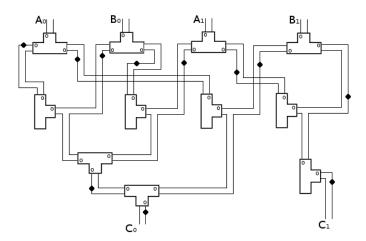
1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick

## 0 und 1 durch Token repräsentiert





Grundlagen

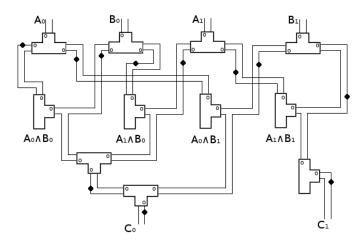
1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick

## 0 und 1 durch Token repräsentiert





Grundlagen

1-Bit Speicher

UND-Gatter

Ausblick

## Geschwindigkeit der Berechnung



- Ausnutzen von Bias bei Ein- und Ausgabekabeln
- zusätzlich Sperren (Kabel nur in eine Richtung)
- wie effizient ist Backtracking aus Sackgassen (Deadlocks)?

Grundlagen

#### Korrektheit



- wann ist Berechnung vorbei?
- kann Startkonfiguration immer gewährleistet werden?

20/21



- brownsche Schaltkreise für Elektronik im Nanometer Bereich
- nichtpolare brownsche Schaltkreise ermöglichen einfacheres Desgin
- konkrete Implementierung fragwürdig