

Tutorat 10

Betrag Zweierkomplementzahl, Basiszelle ALU, NOR RS-Flipflop, D-Flip-Flop

Gruppe 9

Präsentator:
Jürgen Mattheis
(juergmatth@gmail.com)

Vorlesung von:
Prof. Dr. Scholl

Übungsgruppenbetreuung:
Tobias Seufert

12. Juli 2023

Universität Freiburg, Lehrstuhl für Rechnerarchitektur

Gliederung

Aufgabe 1

Aufgabe 2

Aufgabe 3

Aufgabe 4

Appendix

Aufgabe 1

Aufgabe 1 I

Betrag Zweierkomplementzahl

Aufgabe 1.1

Entwickle einen Schaltkreis zu:

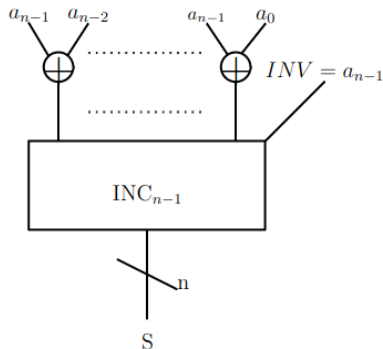
$$abs_n : \mathbb{B}^n \rightarrow \mathbb{B}^n, (a_{n-1}, \dots, a_0) \mapsto (s_{n-1}, \dots, s_0)$$

$$\langle s_{n-1}, \dots, s_0 \rangle = |[a_{n-1}, \dots, a_0]|$$

Aufgabe 1 II

Betrag Zweierkomplementzahl

Lösung 1.1



Aufgabe 1 III

Betrag Zweierkomplementzahl

Lösung 1.1

$$\begin{aligned} \text{cost}(abs_n) &= \text{cost}(INC_n - 1) + (n - 1) \cdot \text{cost}(XOR) = (n - 1) \cdot \text{cost}(HA) + (n - 1) \\ &= 3(n - 1) \end{aligned}$$

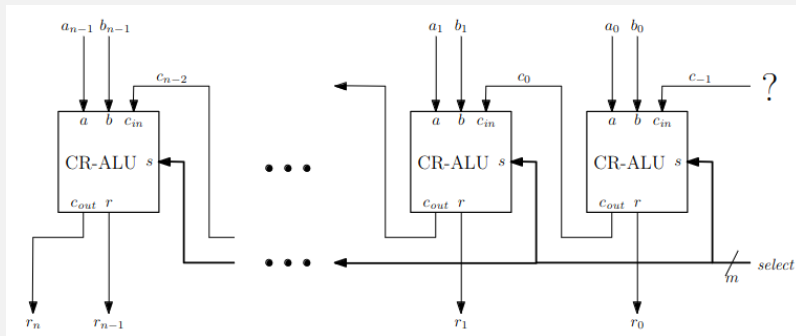
Es gibt **keinen** Überlauf! $|[10\dots 0]| = \langle 10\dots 0 \rangle$

Aufgabe 2

Aufgabe 2 I

Basiszelle Carry-Ripple-ALU

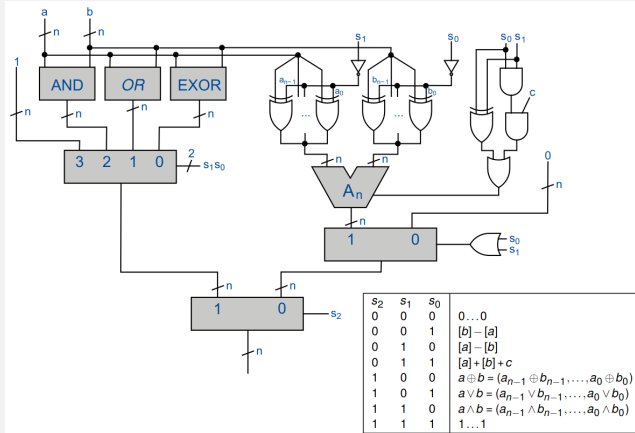
Aufgabe 2.1



Aufgabe 2 II

Regionale Campus Digital ALU

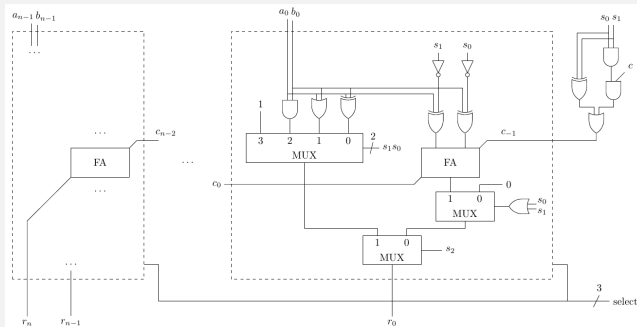
Voraussetzungen 2.1



Aufgabe 2 III

Basiszelle Carry-Ripple-ALU

Lösung 2.1



Aufgabe 2 IV

Basiszelle Carry-Ripple-ALU

Lösung 2.1



CR-ALU ist wie auf vorheriger Folie bei $n = 1$ mit folgenden Änderungen:

- ▶ A_n ist ein Volladdierer
- ▶ Es gibt einen weiteren Ausgang an A_n , um das Carry für die nächste Zelle zu übergeben
- ▶ c wird direkt in den Volladdierer übergeben
- ▶ Die wegfallende Schaltung erzeugt c_{-1}

Aufgabe 3

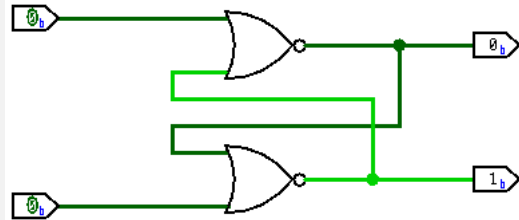
Aufgabe 3

NOR RS-Flipflop

Lösung 3.1

► Es gibt *fünf stabile Belegungen*:

1. $a = 0, b = 0, c = 0, d = 1$
2. $a = 0, b = 0, c = 1, d = 0$
3. $a = 0, b = 1, c = 1, d = 0$
4. $a = 1, b = 0, c = 0, d = 1$
5. $a = 1, b = 1, c = 0, d = 0$



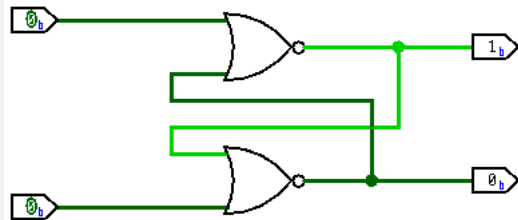
Aufgabe 3

NOR RS-Flipflop

Lösung 3.1

► Es gibt *fünf stabile Belegungen*:

1. $a = 0, b = 0, c = 0, d = 1$
2. $a = 0, b = 0, c = 1, d = 0$
3. $a = 0, b = 1, c = 1, d = 0$
4. $a = 1, b = 0, c = 0, d = 1$
5. $a = 1, b = 1, c = 0, d = 0$



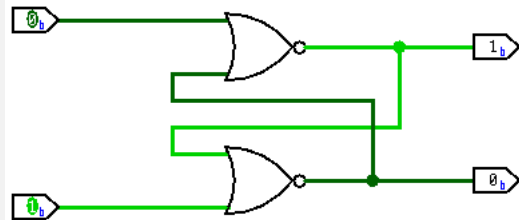
Aufgabe 3

NOR RS-Flipflop

Lösung 3.1

► Es gibt *fünf stabile Belegungen*:

1. $a = 0, b = 0, c = 0, d = 1$
2. $a = 0, b = 0, c = 1, d = 0$
3. $a = 0, b = 1, c = 1, d = 0$
4. $a = 1, b = 0, c = 0, d = 1$
5. $a = 1, b = 1, c = 0, d = 0$



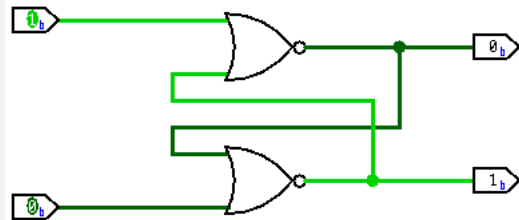
Aufgabe 3

NOR RS-Flipflop

Lösung 3.1

► Es gibt *fünf stabile Belegungen*:

1. $a = 0, b = 0, c = 0, d = 1$
2. $a = 0, b = 0, c = 1, d = 0$
3. $a = 0, b = 1, c = 1, d = 0$
4. $a = 1, b = 0, c = 0, d = 1$
5. $a = 1, b = 1, c = 0, d = 0$



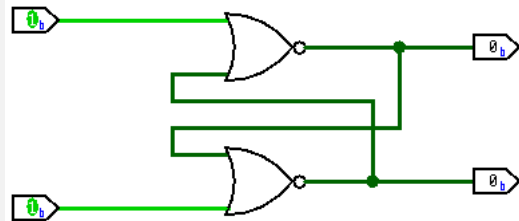
Aufgabe 3

NOR RS-Flipflop

Lösung 3.1

► Es gibt *fünf stabile Belegungen*:

1. $a = 0, b = 0, c = 0, d = 1$
2. $a = 0, b = 0, c = 1, d = 0$
3. $a = 0, b = 1, c = 1, d = 0$
4. $a = 1, b = 0, c = 0, d = 1$
5. $a = 1, b = 1, c = 0, d = 0$



Aufgabe 3 I

NOR RS-Flipflop

Lösung 3.2



- ▶ bei $a = b = 0$ wird der aktuelle Wert gehalten
- ▶ bei $a = 0, b = 1$ wird c auf 1 und d auf 0 gesetzt
- ▶ bei $a = 1, b = 0$ wird c auf 0 und d auf 1 gesetzt

Lösung 3.3



- ▶ a und b sind *active-high*, da sie durch das Heben auf 1 aktiviert werden

Lösung 3.4



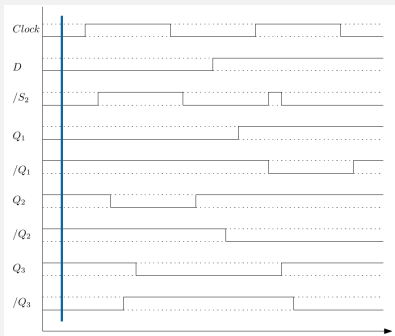
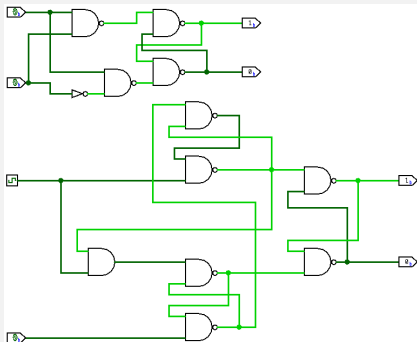
- ▶ die Belegung $a = 1, b = 1$ ergibt keinen Sinn, da
 - ▶ es bei gleichzeitigem Absenken von a und b zu *Flackern* kommen kann
 - ▶ da es für diese Eingangsbelegung *nur einen stabilen Zustand* gibt. Daher kann *nur ein Wert „gespeichert“* werden

Aufgabe 4

Aufgabe 4

D-Flip-Flop

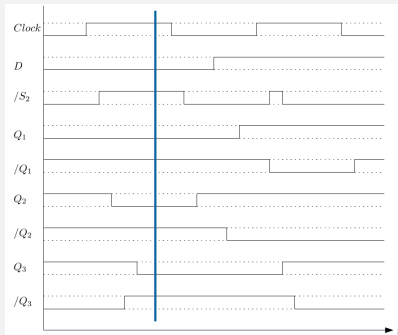
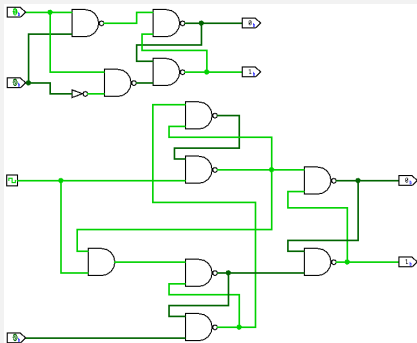
Lösung 4.1



Aufgabe 4

D-Flip-Flop

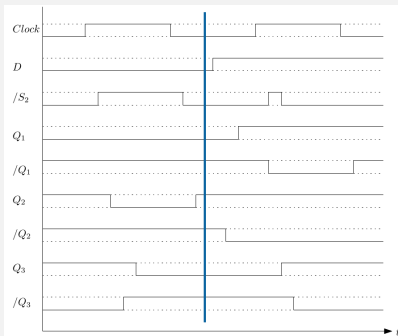
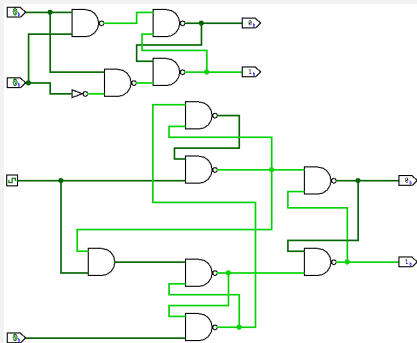
Lösung 4.1



Aufgabe 4

D-Flip-Flop

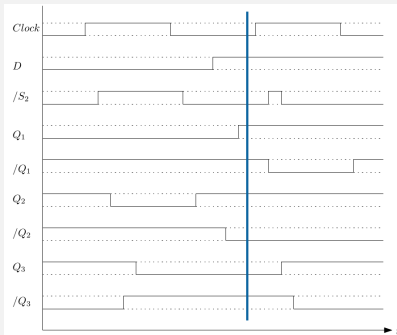
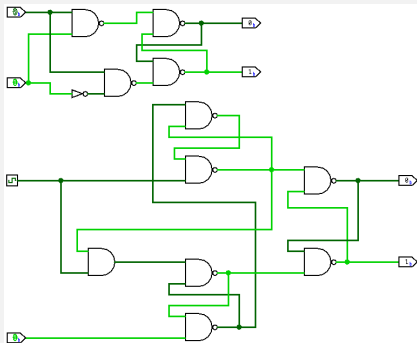
Lösung 4.1



Aufgabe 4

D-Flip-Flop

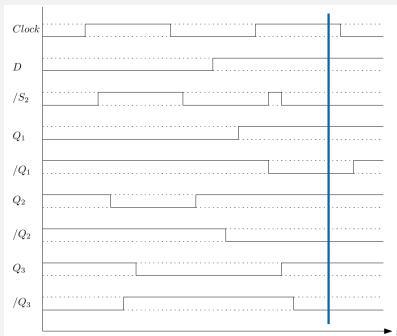
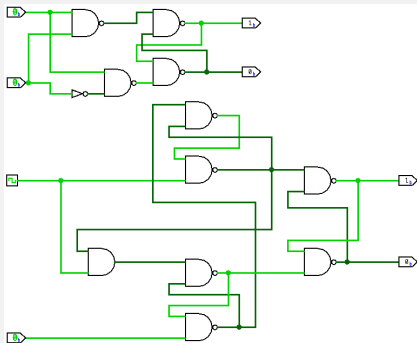
Lösung 4.1



Aufgabe 4

D-Flip-Flop

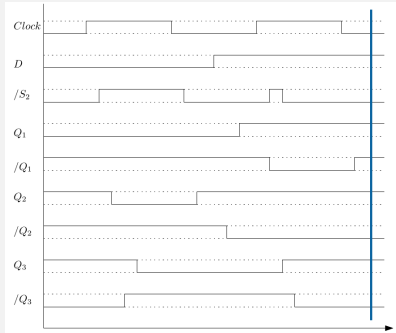
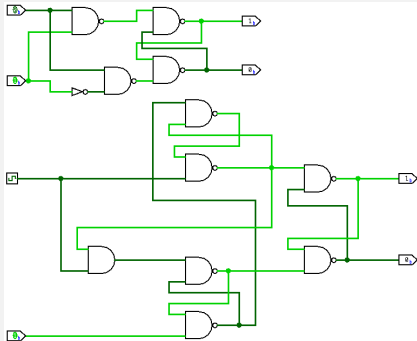
Lösung 4.1



Aufgabe 4

D-Flip-Flop

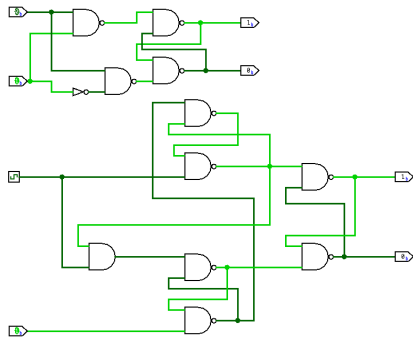
Lösung 4.1



Appendix

Appendix

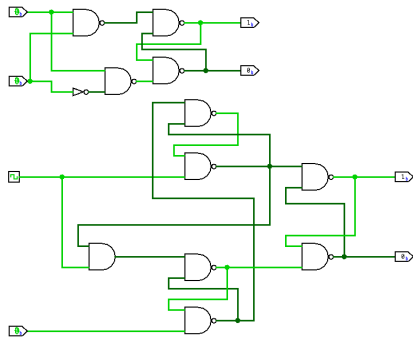
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ oberer RS-Flip-Flop ist im Metastabilen Zustand und hält dadurch den oberen Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 1
 - ▶ unterer RS-Flip-Flop ist im Set Zustand und hält dadurch den unteren Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 1
- ⇒ rechter RS-Flip-Flop ist dadurch im Wert-Speichern Zustand

Appendix

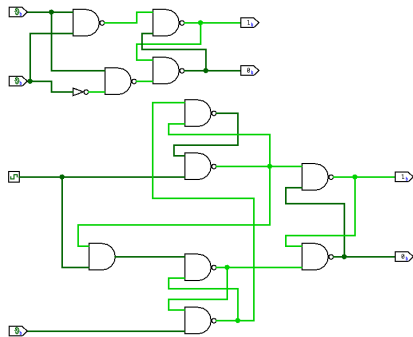
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ bei $d = 1$
 - ▶ oberer RS-Flip-Flop geht bei clock auf 1 in den Set Zustand über und hält dadurch den oberen Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 0
 - ▶ unterer RS-Flip-Flop geht bei clock auf 1 in den Set Zustand über und hält dadurch den unteren Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 1
- ⇒ rechter RS-Flip-Flop ist dadurch im Set Zustand

Appendix

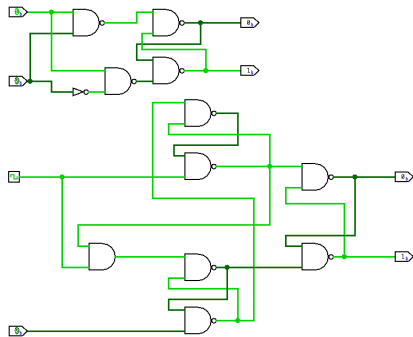
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ oberer RS-Flip-Flop ist im Reset Zustand und hält dadurch den oberen Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 1
 - ▶ unterer RS-Flip-Flop ist im Metastabilen Zustand und hält dadurch den unteren Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 1
- ⇒ rechter RS-Flip-Flop ist dadurch im Wert-Speichern Zustand

Appendix

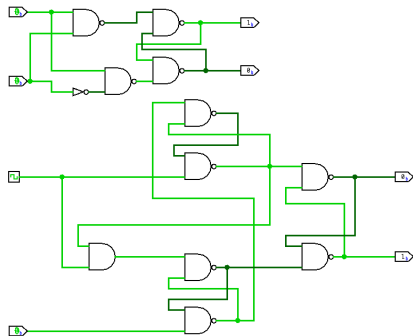
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ bei $d = 0$
 - ▶ oberer RS-Flip-Flop geht bei clock auf 1 in den Wert-Speichern Zustand über und hält dadurch den oberen Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 1. Der obere RS-Flip-Flop muss vorher in am unteren Eingang den Wert 1 gehalten haben, da der obere RS-Flip-Flop wenn die Clock auf 0 ist dafür sorgen muss, dass der rechte RS-Flip-Flop im Wert-Speichern Zustand ist, indem er eine 1 hält
 - ▶ unterer RS-Flip-Flop geht bei clock auf 1 in den Reset Zustand über und hält dadurch den unteren Eingang des rechten RS-Flip-Flop auf 0
- ⇒ rechter RS-Flip-Flop ist dadurch im Reset Zustand

Appendix

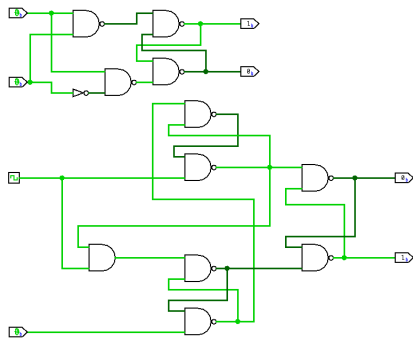
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ der **D-Flip-Flop** verhält sich gleich wie ein **D-Latch** (siehe Aufgabe 4) allerdings mit dem **Unterschied**, dass beim D-Flip-Flop der zu speichernde Wert in D beim Anheben der Clock von 0 auf 1 feststehen muss und im Nachhinein **nicht geändert** werden kann solange die clock 1 ist und auch nicht während die Clock 0 ist
 - ▶ das wird erreicht indem die Werte an den beiden Eingängen des rechten RS-Flip-Flop durch den oberen und unteren RS-Flip-Flop gehalten werden wenn die Clock 1 ist
 - ▶ und indem der Wert 1 an einem der beiden Eingänge des rechten RS-Flip-Flop durch den oberen oder unteren RS-Flip-Flop passend gehalten wird wenn die Clock 0 ist

Appendix

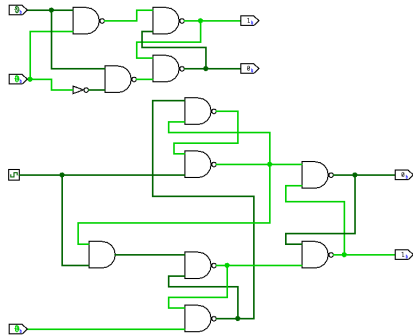
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ der **D-Flip-Flop** verhält sich gleich wie ein **D-Latch** (siehe Aufgabe 4) allerdings mit dem **Unterschied**, dass beim D-Flip-Flop der zu speichernde Wert in D beim Anheben der Clock von 0 auf 1 feststehen muss und im Nachhinein **nicht geändert** werden kann solange die clock 1 ist und auch nicht während die Clock 0 ist
 - ▶ das Ändern von **D** ändert die Zustände des oberen und unteren RS-Flip-Flop zwar, aber niemals so, dass sich dadurch die an den Eingängen des rechten RS-Flip-Flop gehaltenen Werte ändern
 - ▶ das Ändern von der **Clock** kann nur einen der beiden Eingänge des rechten RS-Flip-Flop zwischen 0 und 1 wechseln lassen

Appendix

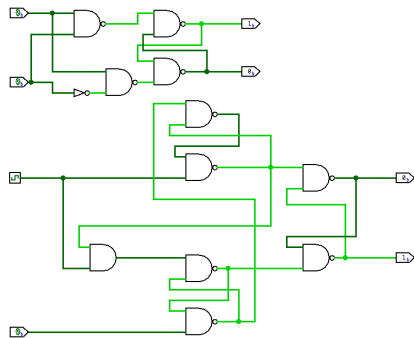
Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- ▶ beim D-Latch kann der gespeicherte Wert beliebig durch **Ändern** des Wertes an D geändert werden solange die **Clock 1** ist
 - ▶ nur während die **Clock 0** ist wird der Wert gehalten und kann **nicht geändert** werden
 - ▶ damit der D-Latch sinnvoll verwendet werden kann müsste der Wert von D die **ganze Zeit** über gehalten werden, während die Clock 1 ist + **Setup-Zeit** und **Hold-Zeit**, da jede Änderung während die **Clock 1** ist den gespeicherten Wert ändern würde
- ▶ beim D-Flip-Flop wird der gespeicherte Wert sowohl während die **Clock 1 oder 0** ist gehalten und kann nur geändert werden, wenn die Clock von 0 auf high wechselt
 - ▶ beim Wechsel der Clock auf 0 geht der **rechte RS-Flip-Flop** in den Zustand **Wert-Speichern** über

Appendix

Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei D-Latch und D-Flip-Flop



- D sorgt dafür, dass der obere und untere RS-Flip-Flop jeweils im „richtigen“ Zustand sind, so dass ein Flankenwechsel der Clock auf 1 den rechten RS-Flip-Flop richtig einstellt