

Flipflops

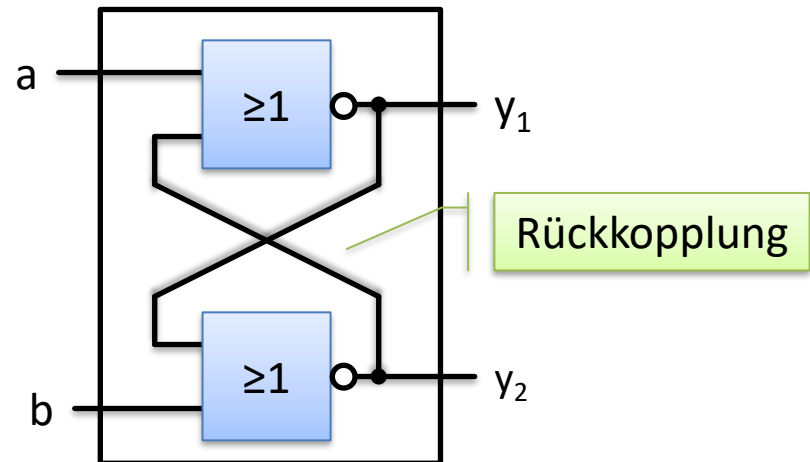
Netzwerke und Embedded Systems

1. Jahrgang

Wolfgang Neff

Flipflops (1)

- RS-Flipflop
 - Speichert ein Bit
 - Auch Latch genannt
 - Zwei Eingänge (a, b)
 - Zwei Ausgänge (y_1, y_2)
 - Implementierung
 - Zwei NOR-Gatter
 - Vier Eingänge
 - Zwei sind Rückgekoppelt



Flipflops (2)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
– Wahrheitstabelle

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Fortsetzung auf der rechten Seite

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Flipflops (3)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Wahrheitstabelle

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

instabil

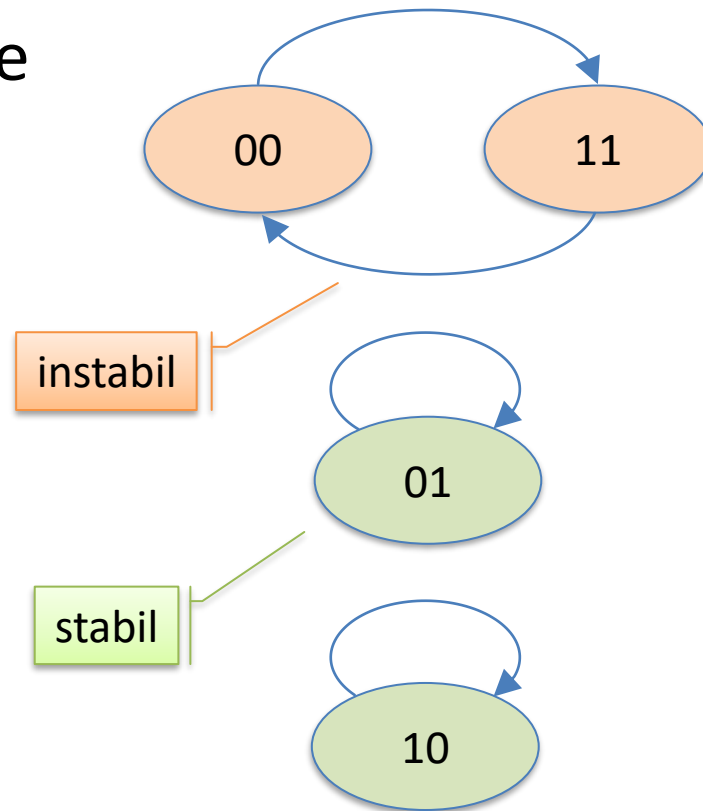
| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Fortsetzung auf der rechten Seite

Flipflops (4)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Erster Block der Tabelle

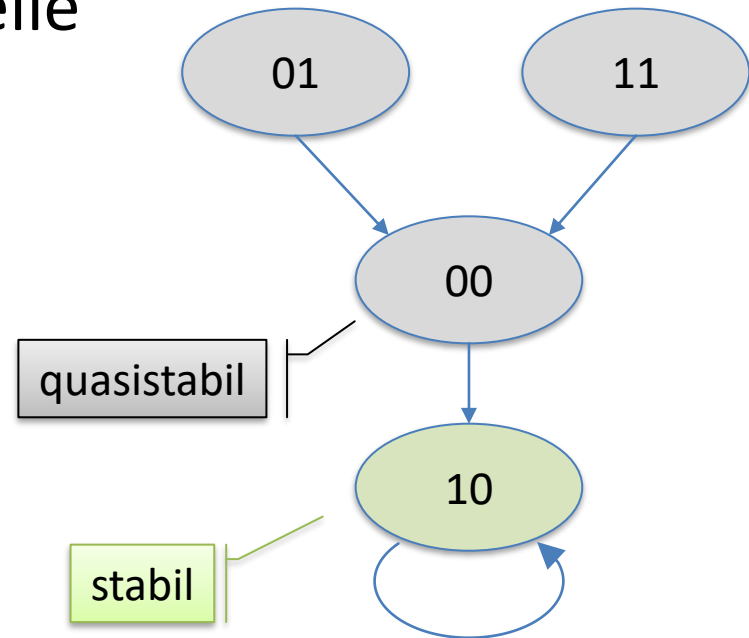
| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |



Flipflops (5)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Zweiter Block der Tabelle

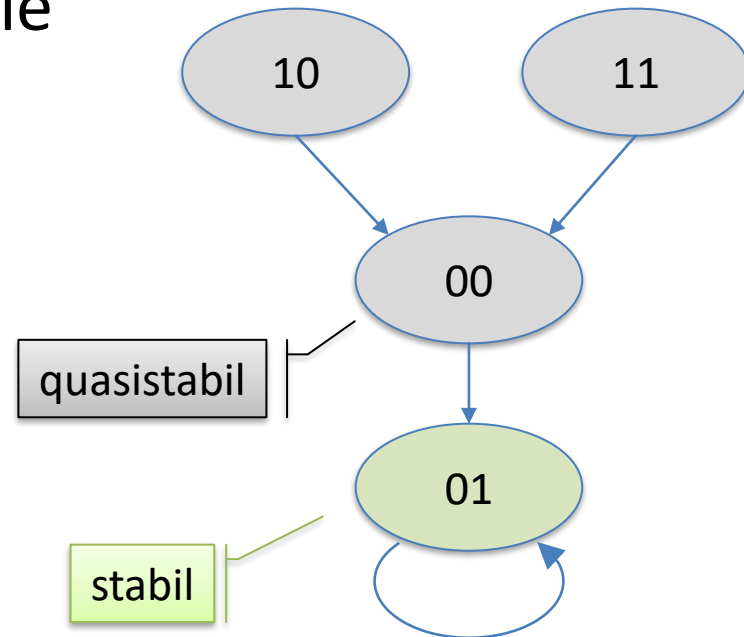
| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |



Flipflops (6)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Dritter Block der Tabelle

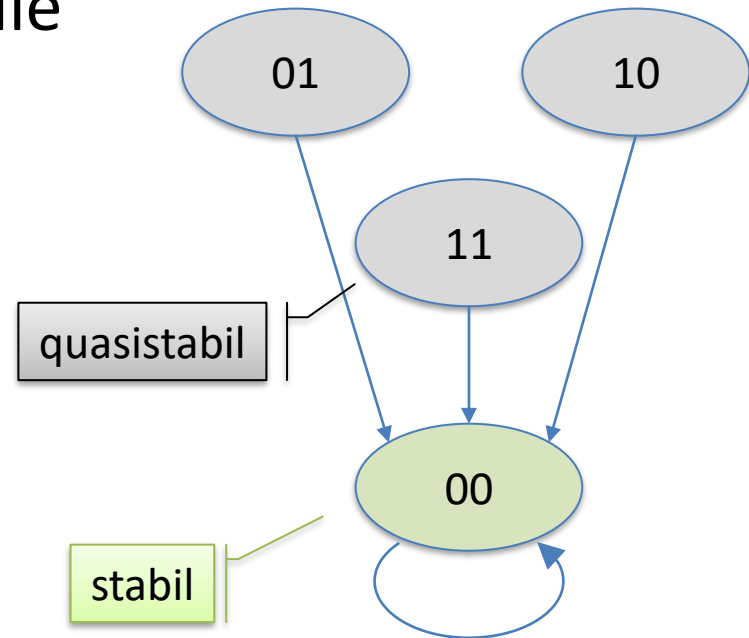
| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |



Flipflops (7)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Vierter Block der Tabelle

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |



Flipflops (8)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)

- Analyse von Block $a = 0$ and $b = 0$

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ | Criterion |
|---|---|-------|-------|---------|---------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | $y_1 = y_2$ |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | $y_1 \neq y_2$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | $y_1 \neq y_2$ |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | $y_1 = y_2$ |

- Es gibt stabile und instabile Zustände
- Die Zustände sind instabil, wenn $y_1 = y_2$
- Die Zustände sind stabil, wenn $y_1 \neq y_2$ oder $y_1 = \neg y_2$
- $y_1 = y_2$ muss deshalb verboten werden

Flipflops (9)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)

- Analyse von Block $a = 1$ and $b = 1$

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ |
|---|---|-------|-------|---------|---------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

- Alle Zustände enden in einem stabilen Zustand
- Beim stabilen Zustand gilt $y_1 = y_2$
- $y_1 = y_2$ ist verboten
- Der Zustand $a = 1$ and $b = 1$ ist deshalb auch verboten

Flipflops (10)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)

- Analyse von Block $a = 0$ and $b = 1$

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ | Action |
|---|---|-------|-------|---------|---------|--------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | Set |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |

- Alle Zustände enden in einem stabilen Zustand
- Beim stabilen Zustand gilt $y_1 = \neg y_2$
- Dieser Zustand von y_1 und y_2 ist erlaubt
- Beim stabilen Zustand ist auf jeden Fall $y_1^+ = 1$

Flipflops (11)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)

- Analyse von Block $a = 1$ and $b = 0$

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ | Action |
|---|---|-------|-------|---------|---------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | Reset |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |

- Alle Zustände enden in einem stabilen Zustand
- Beim stabilen Zustand gilt $y_1 = \neg y_2$
- Dieser Zustand von y_1 und y_2 ist erlaubt
- Beim stabilen Zustand ist auf jeden Fall $y_1^+ = 0$

Flipflops (12)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Analyse von Block $a = 0$ and $b = 0$ (Fortsetzung)

| a | b | y_1 | y_2 | y_1^+ | y_2^+ | Action |
|---|---|-------|-------|---------|---------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | Store |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | Store |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |

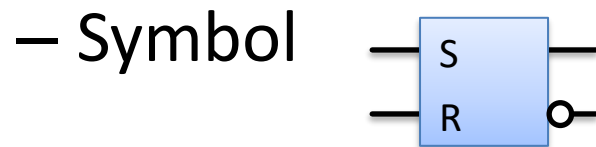
- Die instabilen Zustände sind verboten
- Es gibt zwei stabile Zustände
- Bei den beiden stabilen Zuständen gilt $y_1^+ = y_1$

Flipflops (13)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Analyse
 - Umbenennung der Leitungen
 - $a = 0, b = 0$
nur stabil, wenn $y_1 \neq y_2$ oder $y_1 = \neg y_2$ (neue Namen: $y_1 = Q, y_2 = \neg Q$)
wenn $y_1 \neq y_2$, dann $Q^+ = Q$ (Q wird gespeichert)
 - $a = 0, b = 1$
immer stabil und $Q^+ = 1$ (Q wird gesetzt, neuer Name: $b = S$)
 - $a = 1, S = 0$
immer stabil und $Q^+ = 0$ (Q wird gelöscht, neuer Name: $a = R$)
 - $R = 1, S = 1$
ungültig, da $y_1 = y_2$ die Schaltung instabil werden könnte

Flipflops (14)

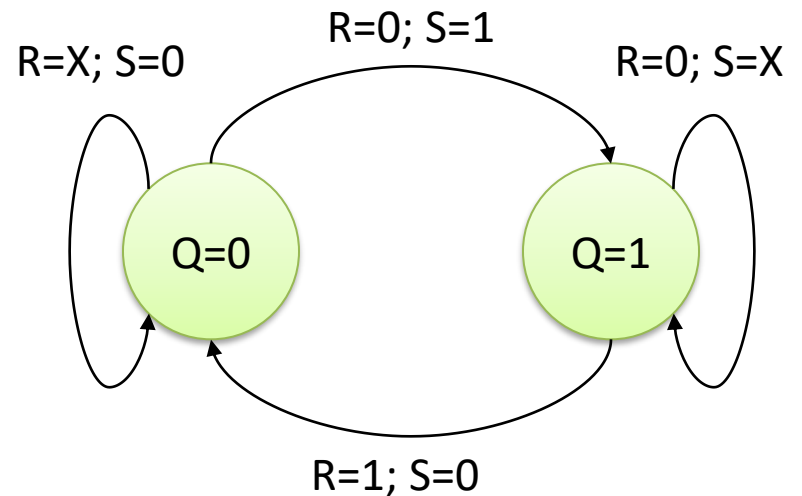
- RS-Flipflop (Fortsetzung)



– Zustandstabelle

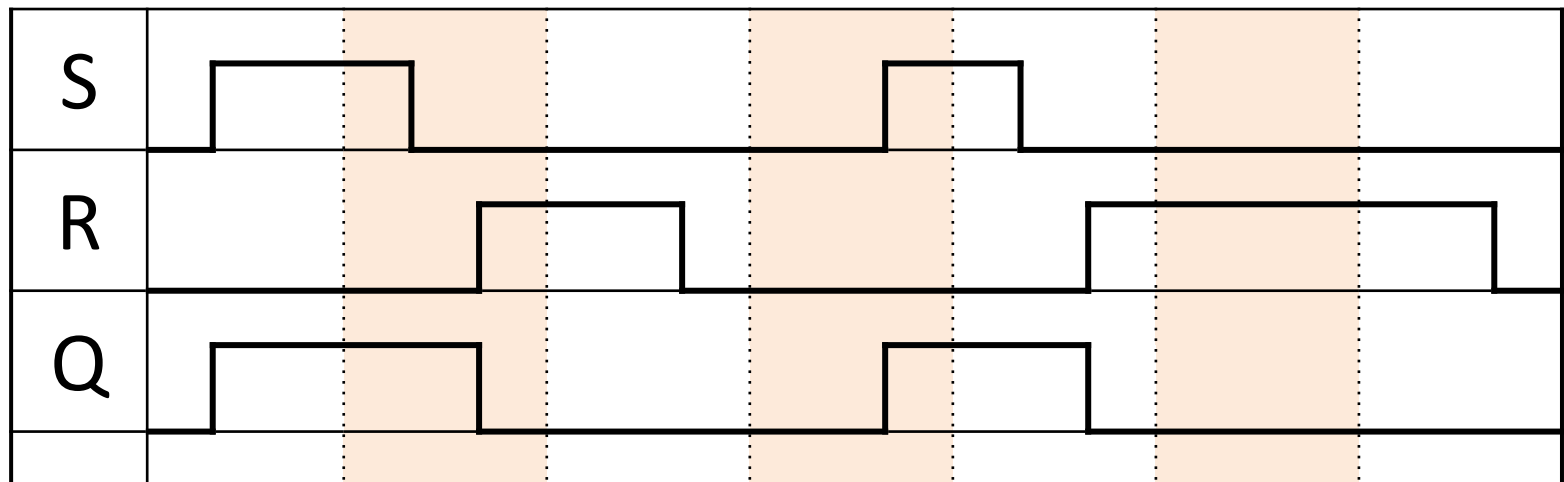
| S | R | Q ⁺ | Aktion |
|---|---|----------------|----------|
| 0 | 0 | Q | Store |
| 0 | 1 | 0 | Reset |
| 1 | 0 | 1 | Set |
| 1 | 1 | X | Ungültig |

– Zustandsdiagramm



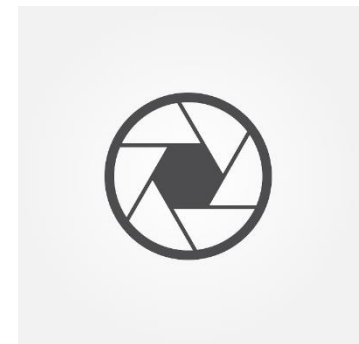
Flipflops (15)

- RS-Flipflop (Fortsetzung)
 - Zeitdiagramm



Trigger (1)

- Aktive und Inaktive Eingänge
 - Eingänge sind nicht immer aktive
 - Aktiver Zustand
 - Eingang wird berücksichtigt
 - Ausgang hängt von Eingang ab
 - Inaktiver Zustand
 - Eingang wird ignoriert
 - Eingang hat keinen Effekt auf Ausgang
 - Eingänge können getriggert werden
 - Erfassung erfolgt zu gewissen Zeiten



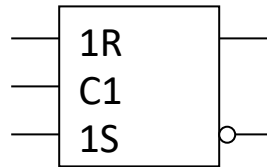
Trigger (2)

- Arten von Triggers
 - Zustandstrigger
 - Zustand hängt vom Pegel ab
 - 0: inaktiv, 1: aktiv
 - Oder umgekehrt
 - Flankentrigger
 - Zustand hängt von Pegelwechsel ab
 - $0 \rightarrow 1$: aktiv, $1 \rightarrow 0$: inaktiv
 - \uparrow : aktiv, \downarrow : inaktiv
 - Oder umgekehrt

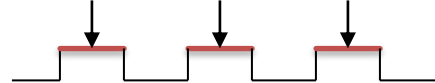


Trigger (3)

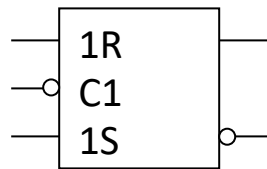
- Schaltzeichen der Trigger



Aktiver Pegel ist C=1



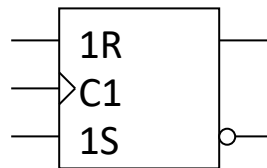
active-high zustandsgesteuert



Aktiver Pegel ist C=0



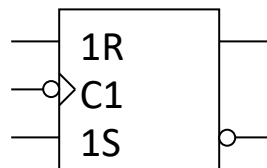
active-low zustandsgesteuert



Aktive Flanke ist C=0→1



positiv flankengesteuert



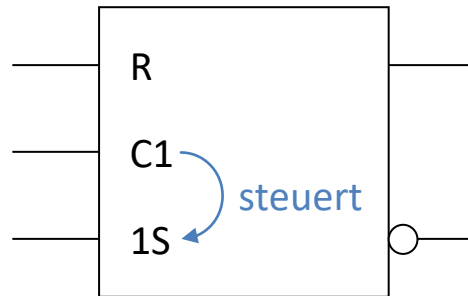
Aktive Flanke ist C=1→0



negativ flankengesteuert

Trigger (4)

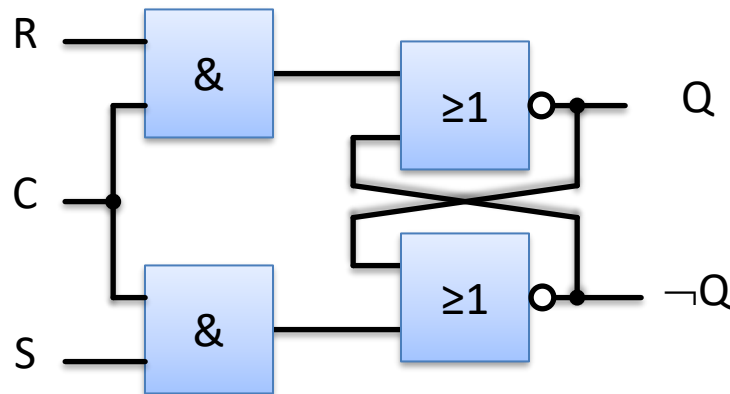
- Synchron und asynchrone Eingänge
 - Nicht jeder Eingang ist taktgesteuert
 - Synchroner Eingänge sind es
 - Asynchrone Eingänge sind es nicht



zustandsgesteuertes RS-Flipflop
mit **synchronem** Set
und **asynchronem** Reset

Flipflops (10)

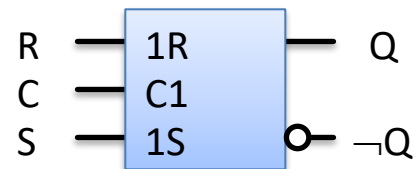
- Synchrones RS-Flipflop
 - Taktzustandsgesteuert, aktiver Zustand: 1
 - $C=0$: R und S dürfen sich ändern, Q ist stabil
 - $C=1$: R und S müssen stabil sein, Q darf sich ändern



Flipflops (11)

- Synchrones RS-Flipflop (taktzustandsgesteuert, Fortsetzung)

– Symbol

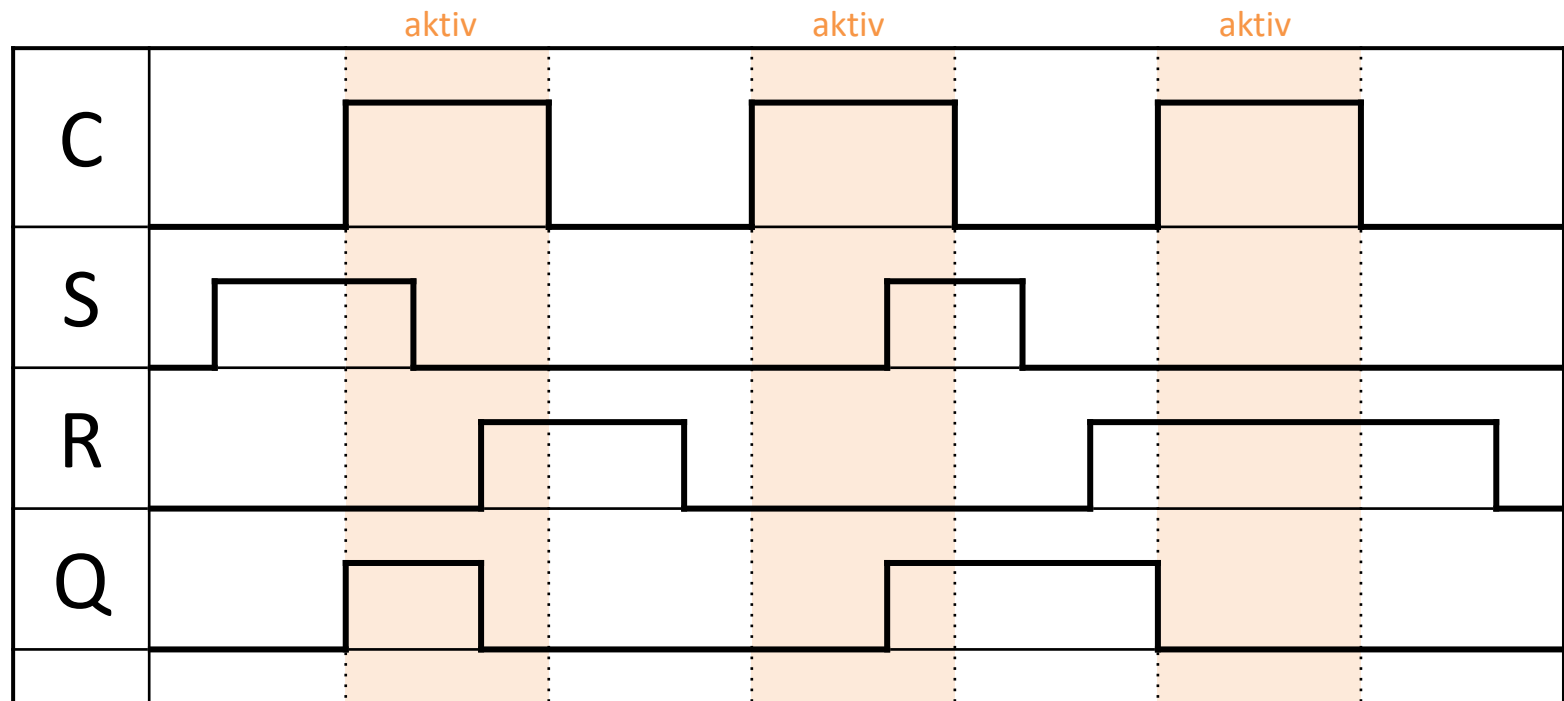


– Zustandstabelle

| C | S | R | Q ⁺ | Aktion |
|---|---|---|----------------|----------|
| 0 | X | X | Q | Store |
| 1 | 0 | 0 | Q | Store |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Reset |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Set |
| 1 | 1 | 1 | X | Ungültig |

Flipflops (12)

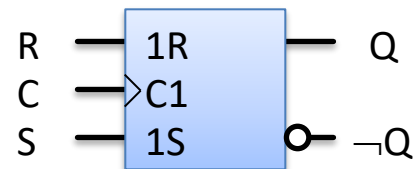
- Synchrones RS-Flipflop (taktzustandsgesteuert, Fortsetzung)
 - Zeitdiagramm (Aktiver Zustand ist 1)



Flipflops (13)

- Synchrones RS-Flipflop (taktflankengesteuert)

- Symbol

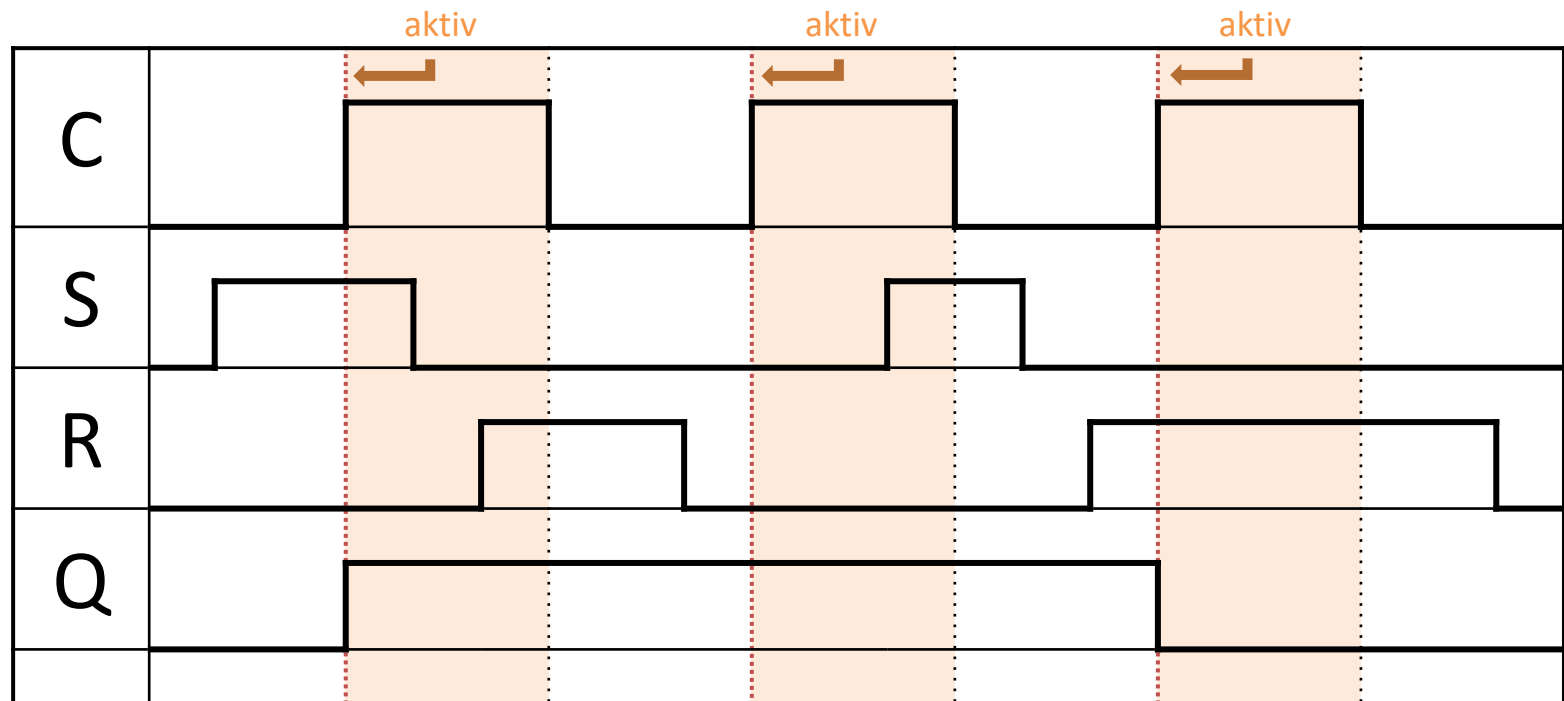


- Zustandstabelle

| C | S | R | Q ⁺ | Aktion |
|---|---|---|----------------|----------|
| X | X | X | Q | Store |
| ↑ | 0 | 0 | Q | Store |
| ↑ | 0 | 1 | 0 | Reset |
| ↑ | 1 | 0 | 1 | Set |
| ↑ | 1 | 1 | X | Ungültig |

Flipflops (14)

- Synchrones RS-Flipflop (taktflankengesteuert, Fortsetzung)
 - Zeitdiagramm (positiv flankengesteuert)



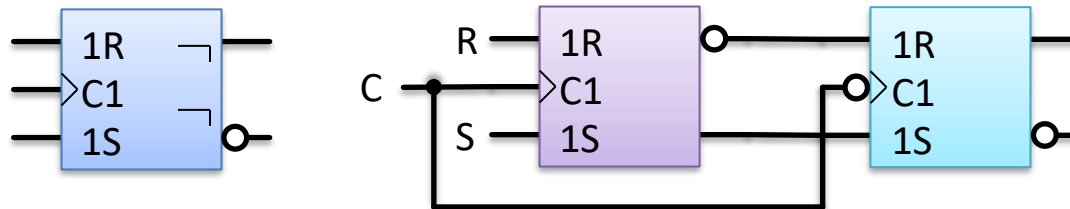
Flipflops (15)

- Master-Slave-Flipflop

- Eingänge und Ausgänge sind entkoppelt

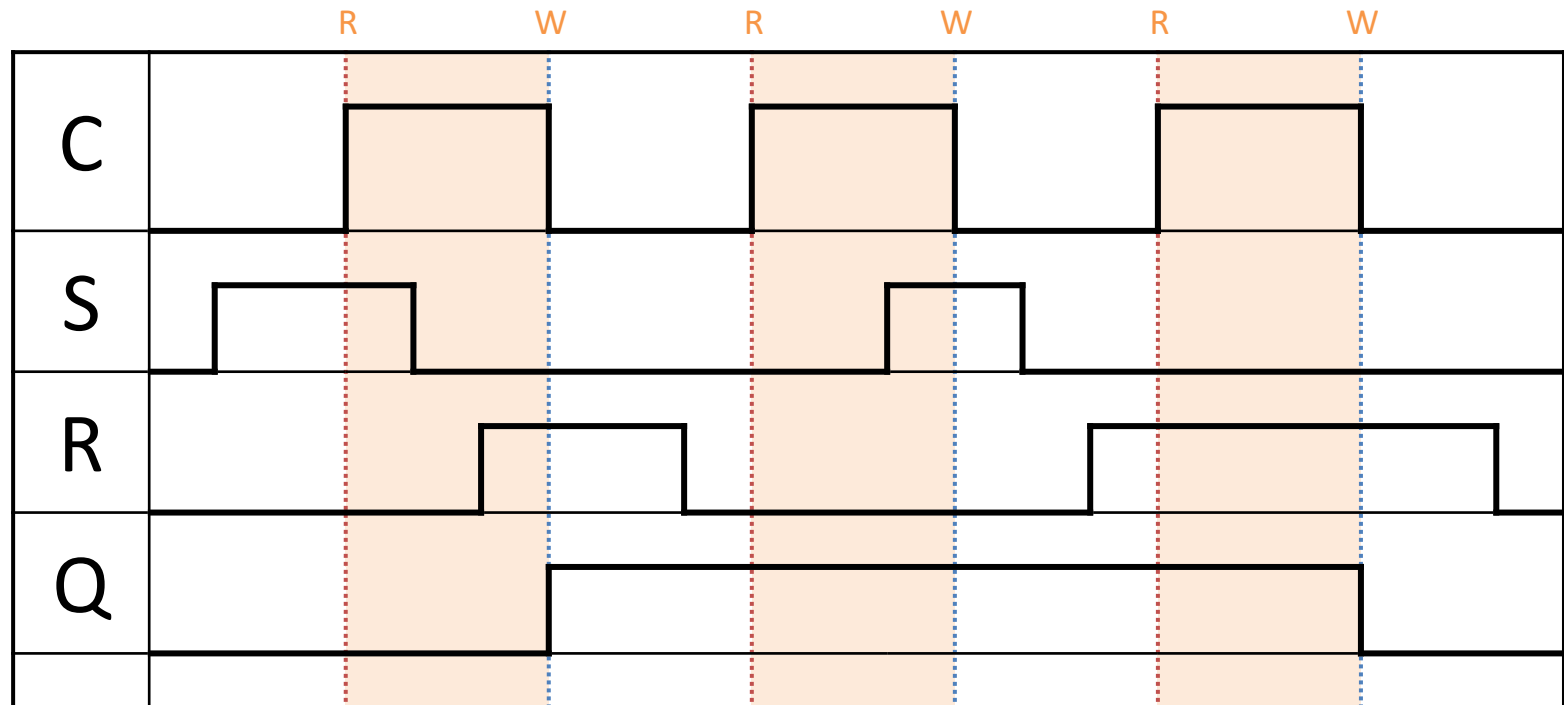
- Ausgabe wird verzögert
- Positive Flanke: Eingänge werden gelesen
- Negative Flanke: Ausgänge werden geschrieben

- Besteht aus zwei taktflankengesteuerte Flipflops



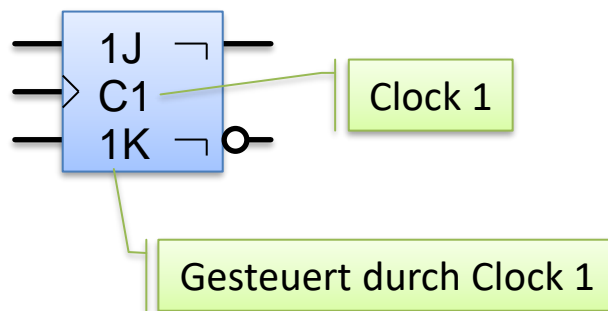
Flipflops (16)

- Synchrones Master-Slave RS-Flipflop
 - Zeitdiagramm (positive Flanke steuert die Eingänge)



Flipflops (17)

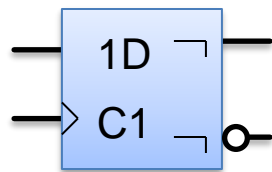
- JK-Flipflop
 - Ähnlich zu RS-Flipflop
 - Kein ungültiger Zustand
 - Zustand wird umgeschaltet (toggle)
 - Toggle: $Q^+ = \neg Q$ ($0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 0$)



| J | K | Q ⁺ | Aktion |
|---|---|----------------|--------|
| 0 | 0 | Q | Store |
| 0 | 1 | 0 | Reset |
| 1 | 0 | 1 | Set |
| 1 | 1 | $\neg Q$ | Toggle |

Flipflops (18)

- D-Flipflop
 - Nur Eingang vorhanden
 - Gesteuert durch den Clock-Eingang (Takt)
 - Eingänge und Ausgänge sind entkoppelt
 - Eingang wird mit der positiven Flanke gelesen
 - Ausgang wird mit der negativen Flanke geschrieben
 - Ausgang ändert sich nur zu gewissen Zeitpunkten



| D | Q ⁺ | Aktion |
|---|----------------|--------|
| 0 | 0 | Reset |
| 1 | 1 | Set |