



Foto: Thomas Josek

Basisinformationstechnologie I

Wintersemester 2022/23. Rechenschaltungen. Flipflop
Basierend auf Jan Wieners' Folien

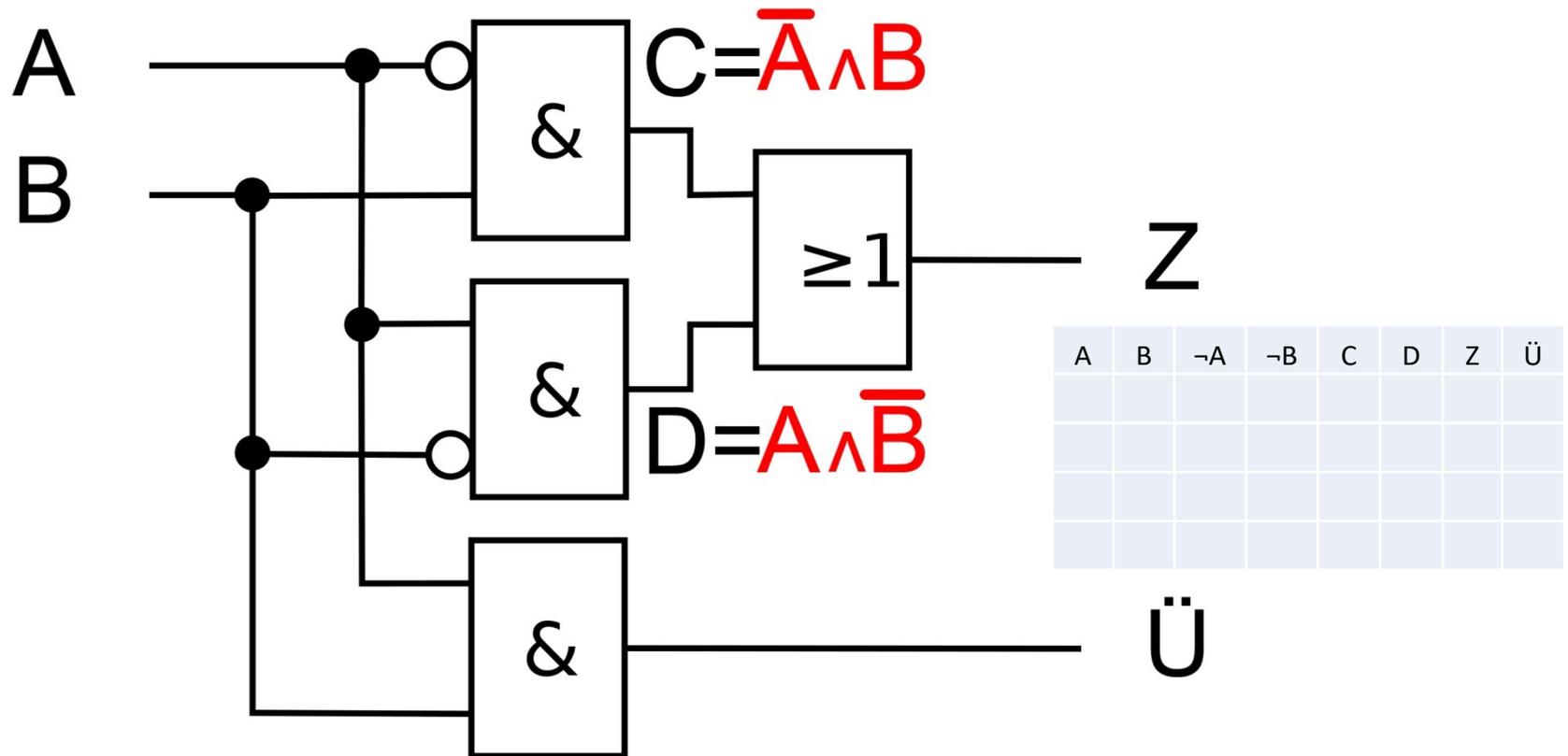
Themenüberblick „Schaltungssynthese“

- Rechenschaltungen: Halb- und Volladdierer
- Eine Schaltung mit Speicherwirkung: Flipflop

Rechenschaltungen

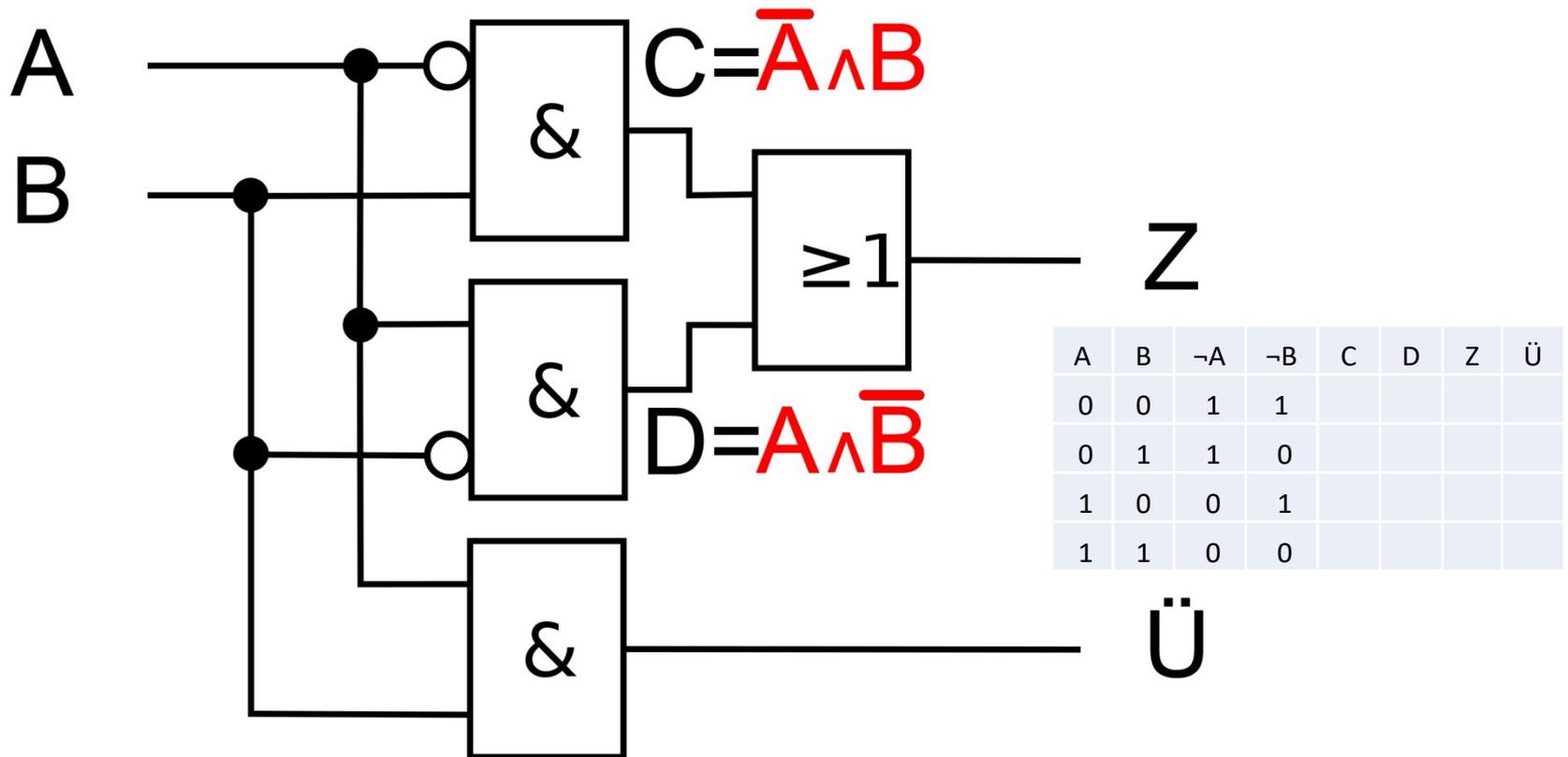
Übung

Bestimmen Sie bitte die Wahrheitstabelle für die im Folgenden dargestellte Schaltung:



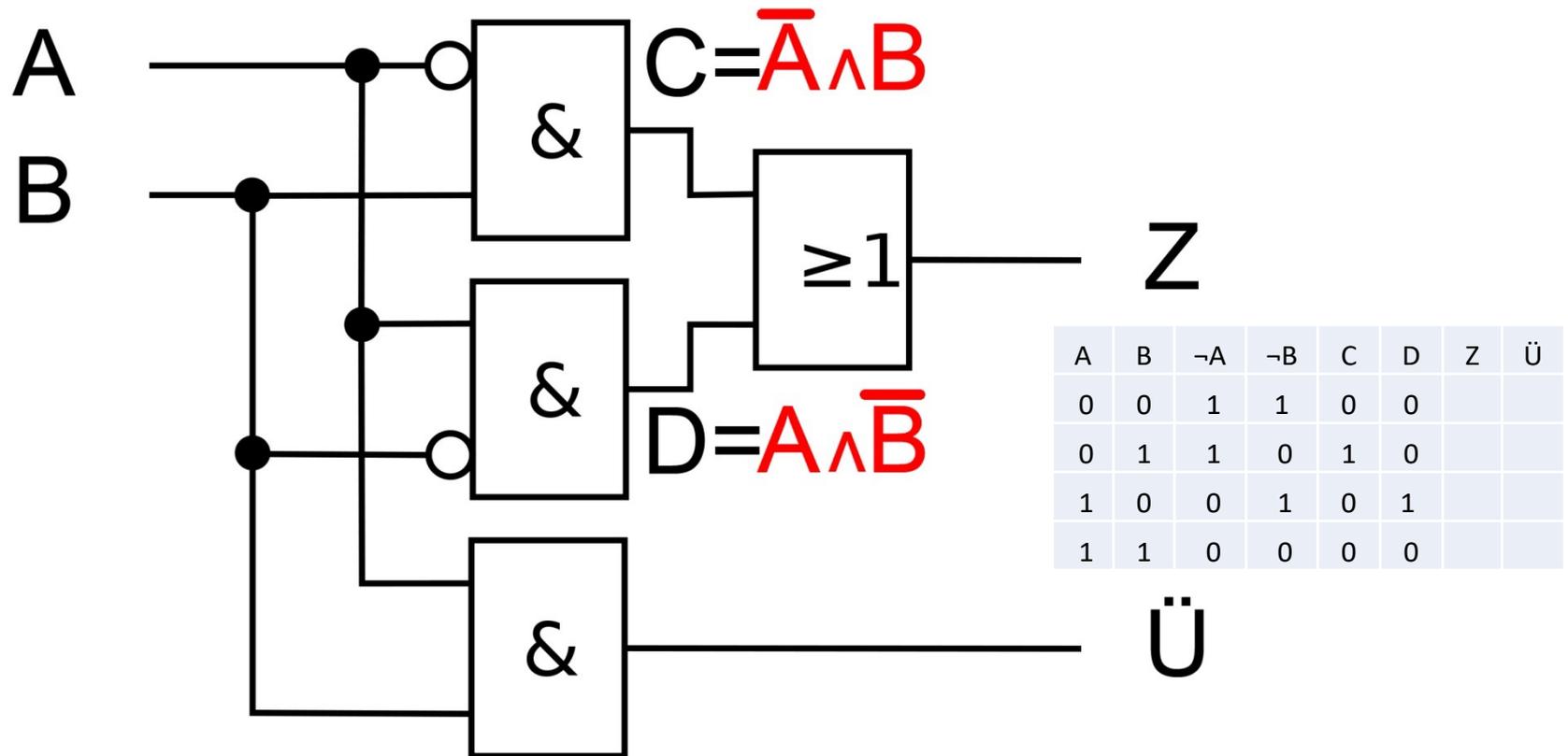
Übung

Bestimmen Sie bitte die Wahrheitstabelle für die im Folgenden dargestellte Schaltung:



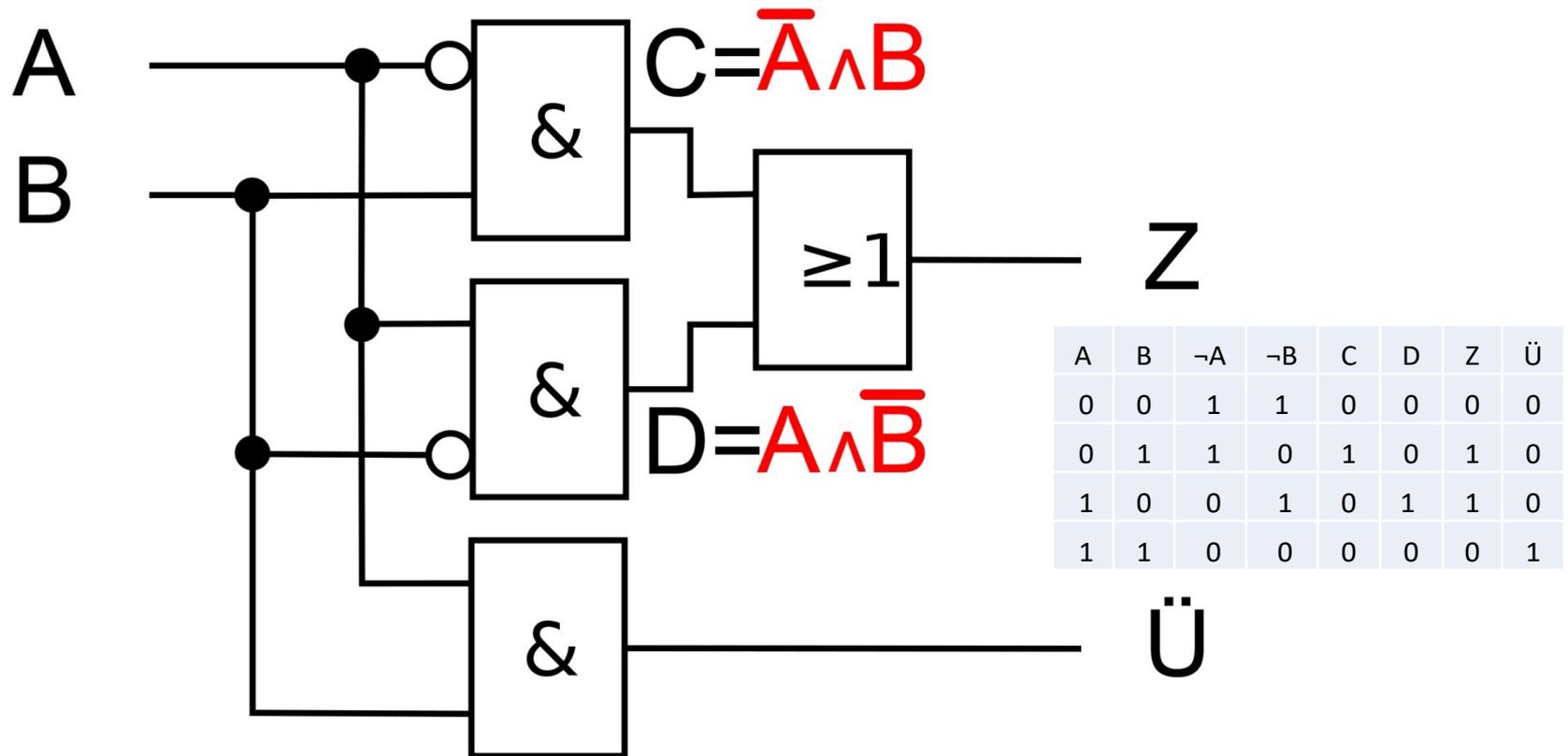
Übung

Bestimmen Sie bitte die Wahrheitstabelle für die im Folgenden dargestellte Schaltung:



Übung

Bestimmen Sie bitte die Wahrheitstabelle für die im Folgenden dargestellte Schaltung:



Rechenschaltungen: Halbaddierer

Ein **Halbaddierer** kann zwei Binärziffern nach den folgenden Regeln addieren:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

Aufbau / Anforderungen:

- Eingänge: Die eine zu addierende Binärziffer erhält den Variablennamen **A**, die andere den Variablennamen **B**
- Ausgänge: Die Schaltung muss über zwei Ausgänge verfügen
 - Einen Ausgang **Z** für die Wertigkeit 2^0 und
 - Einen Ausgang **Ü** für den Übertrag, d.h. 2^1

Rechenschaltungen: Halbaddierer

Ein **Halbaddierer** kann zwei Binärziffern nach den folgenden Regeln addieren:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

Aufbau / Anforderungen:

- Eingänge: Die eine zu addierende Binärziffer erhält den Variablennamen **A**, die andere den Variablennamen **B**
- Ausgänge: Die Schaltung muss über zwei Ausgänge verfügen
 - Einen Ausgang **Z** für die Wertigkeit 2^0 und
 - Einen Ausgang **Ü** für den Übertrag, d.h. 2^1

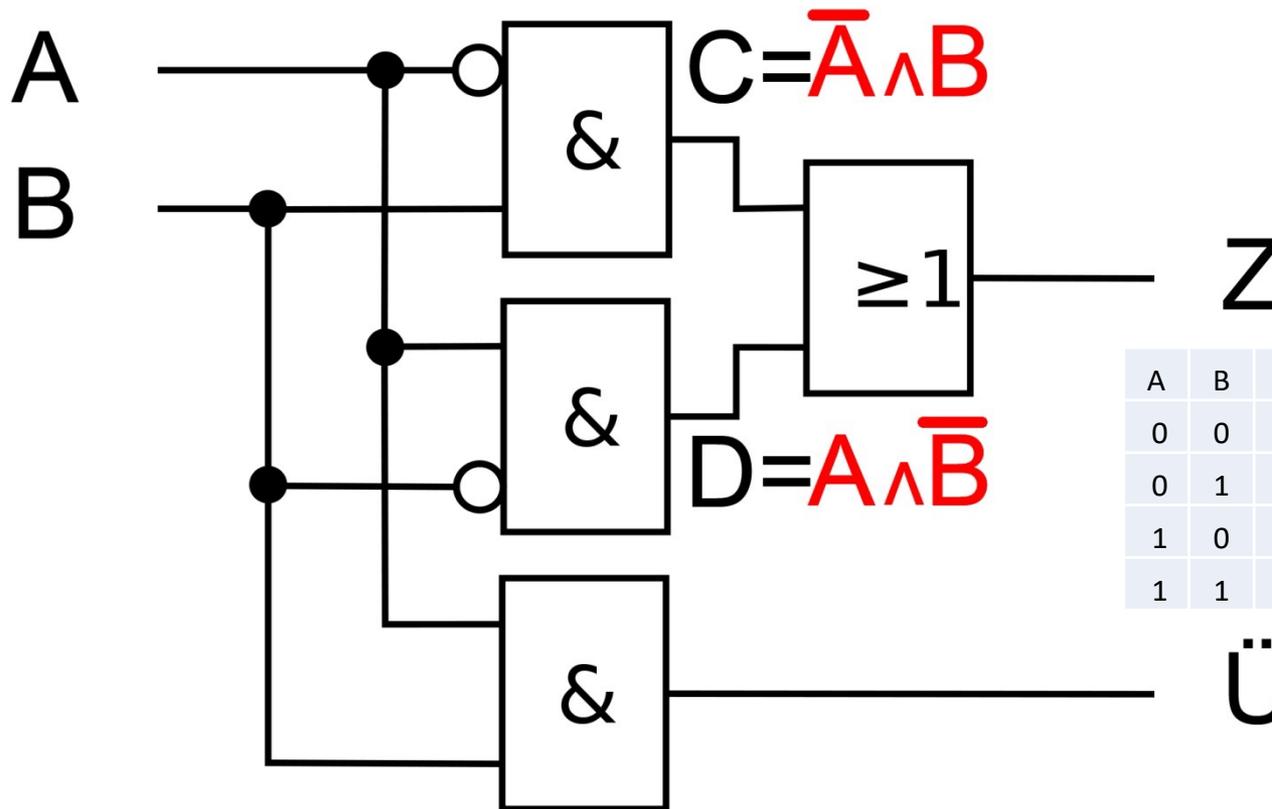
→ Erstellen Sie bitte eine Schaltung, die das Verhalten des Halbaddierer realisiert.

Rechenschaltungen: Halbaddierer

Aus der Zuordnung der Ziffer 0 mit dem binären Zustand 0 und der Ziffer 1 mit dem binären Zustand 1 ergibt sich folgende Wahrheitstabelle für den Halbaddierer:

Fall	A	B	Ü	Z
1	0	0	0	0
2	0	1	0	1
3	1	0	0	1
4	1	1	1	0

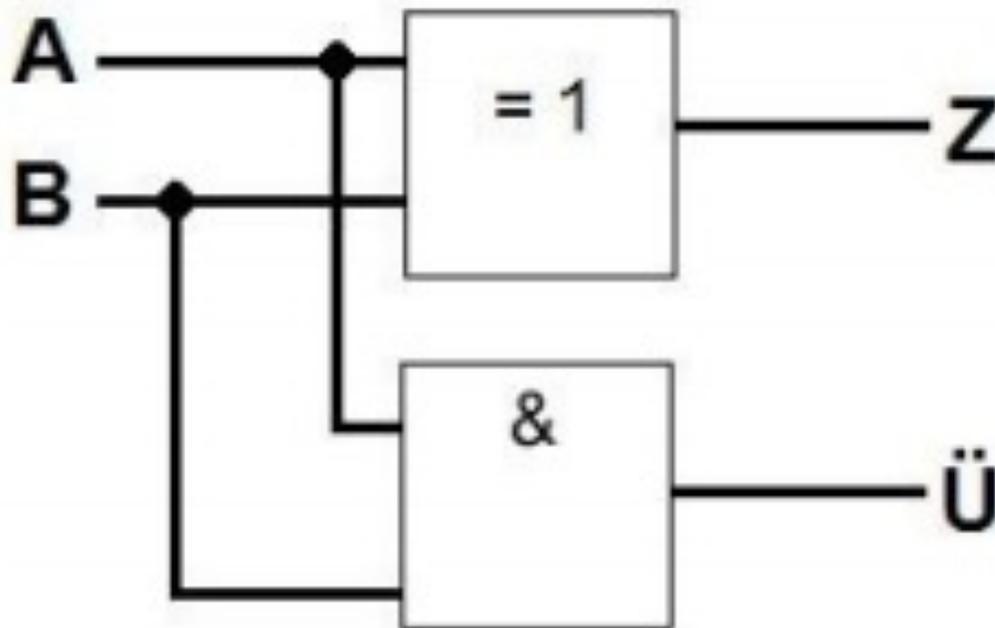
Rechenschaltungen: Halbaddierer



A	B	-A	-B	C	D	Z	\ddot{U}
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	0	0	0	0	0	1

Rechenschaltungen: Halbaddierer

=1: XOR



A	B	Z	Ü
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

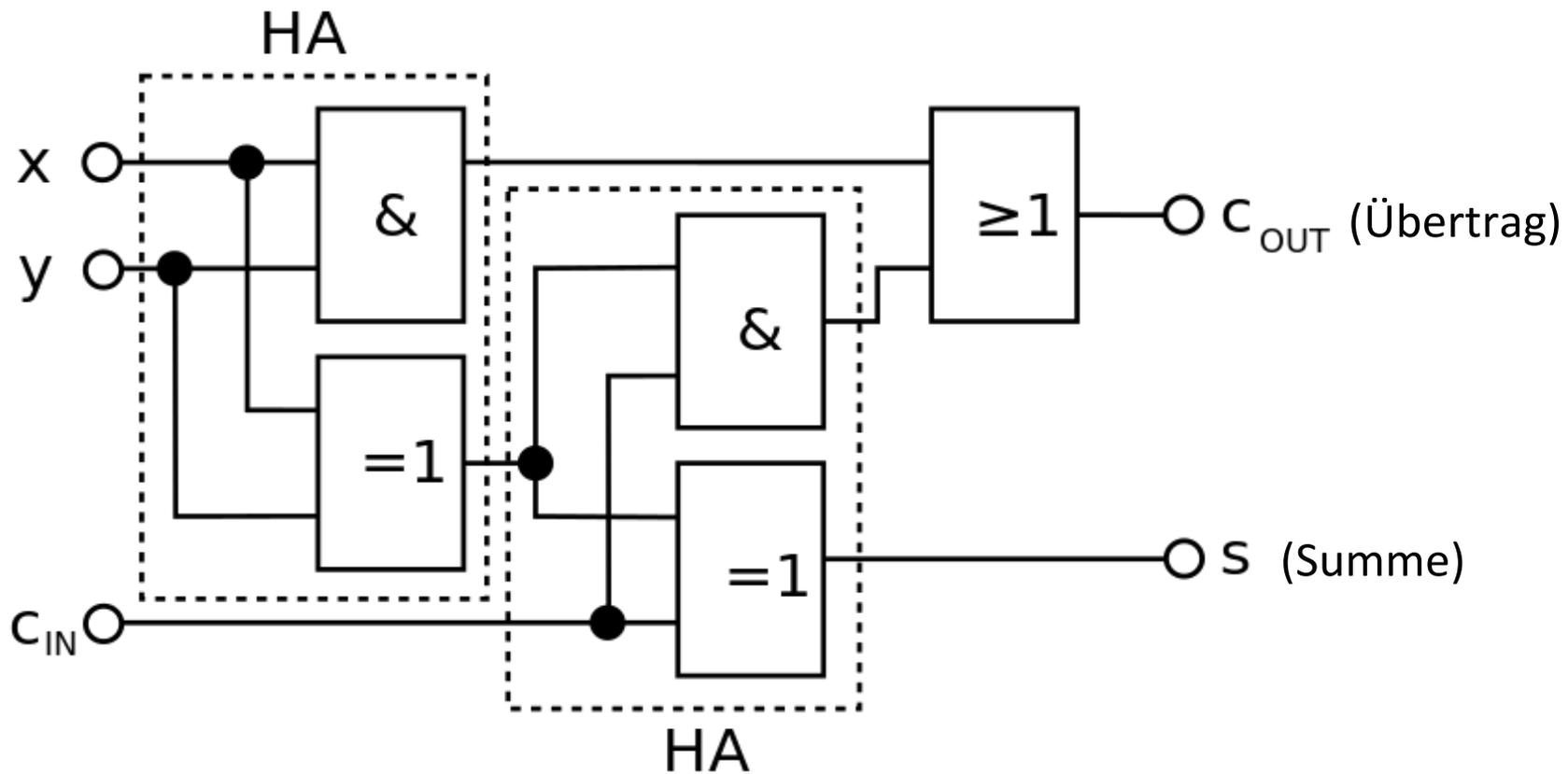
Rechenschaltungen: Volladdierer

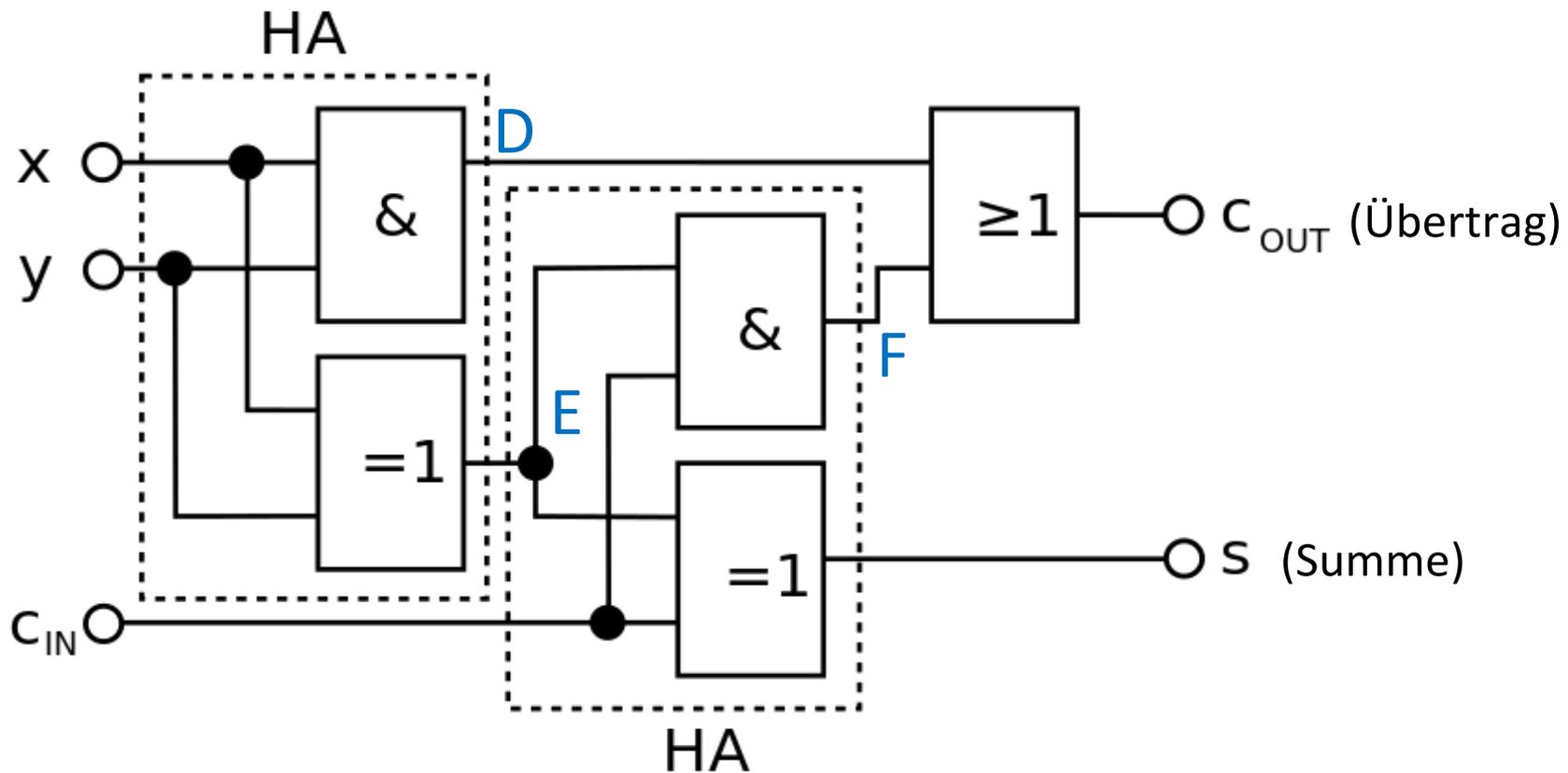
Zur Realisierung von Addierwerken werden Schaltungen benötigt, die drei Dualziffern addieren können, d.h. bei der Addition von zwei Binärzahlen die Überträge berücksichtigen

→ Ein **Volladdierer** ist eine Schaltung, die drei Dualziffern addieren kann

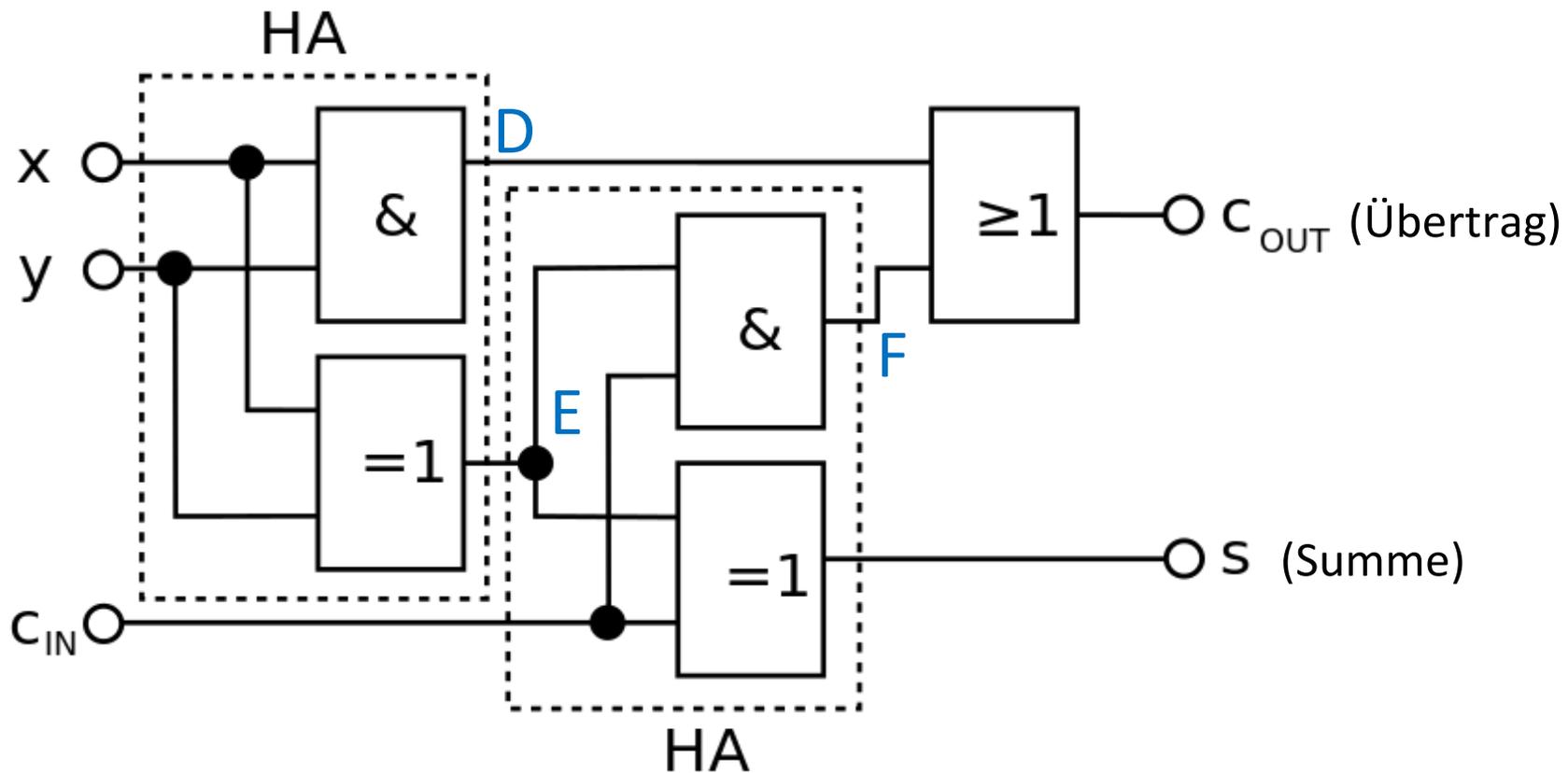
Der Volladdierer verfügt über drei Eingänge (einen für jede zu addierende Zahl) und zwei Ausgänge

→ Ein Volladdierer lässt sich aus zwei Halbaddierern und einem ODER-Gatter aufbauen.

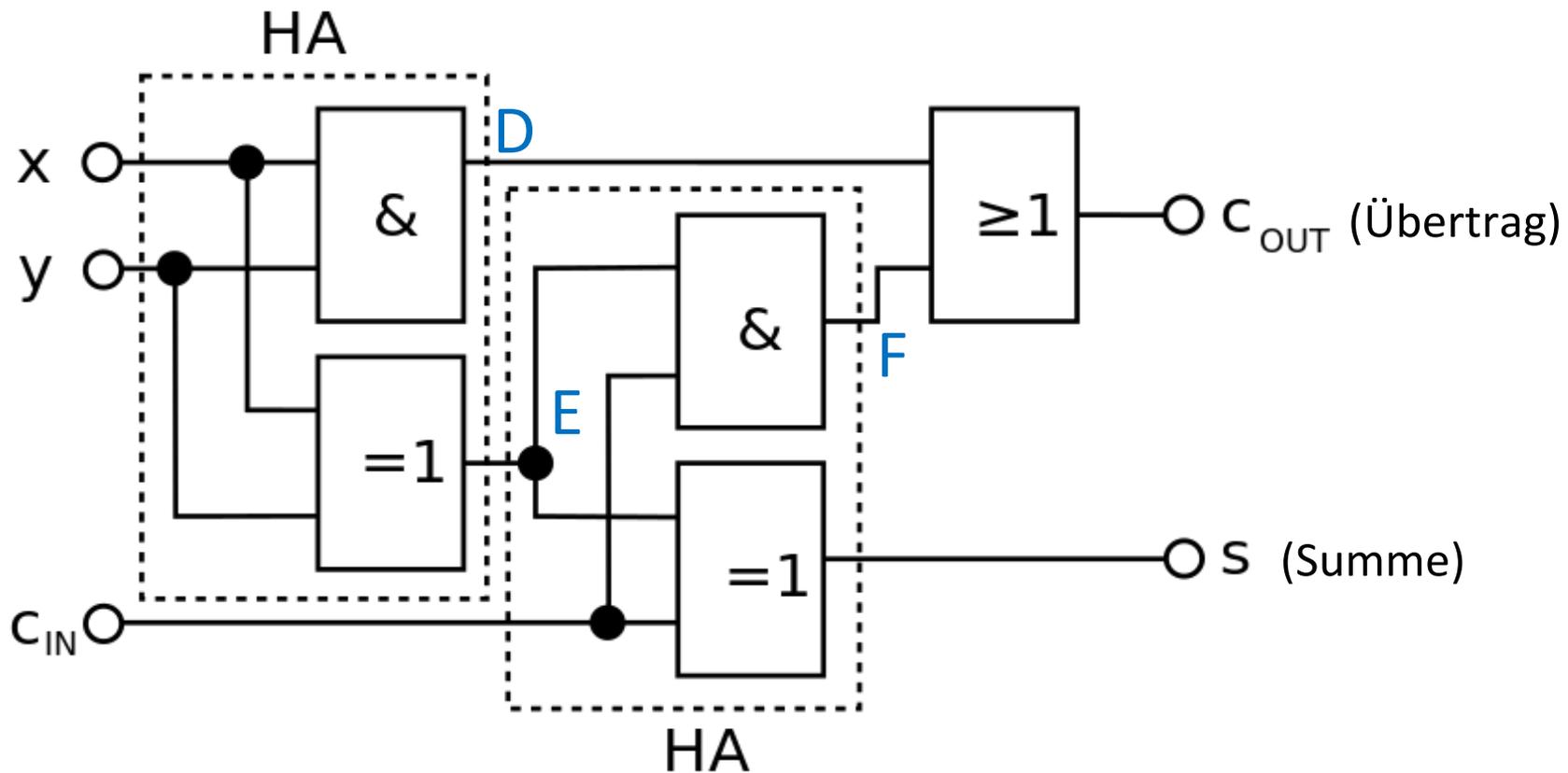




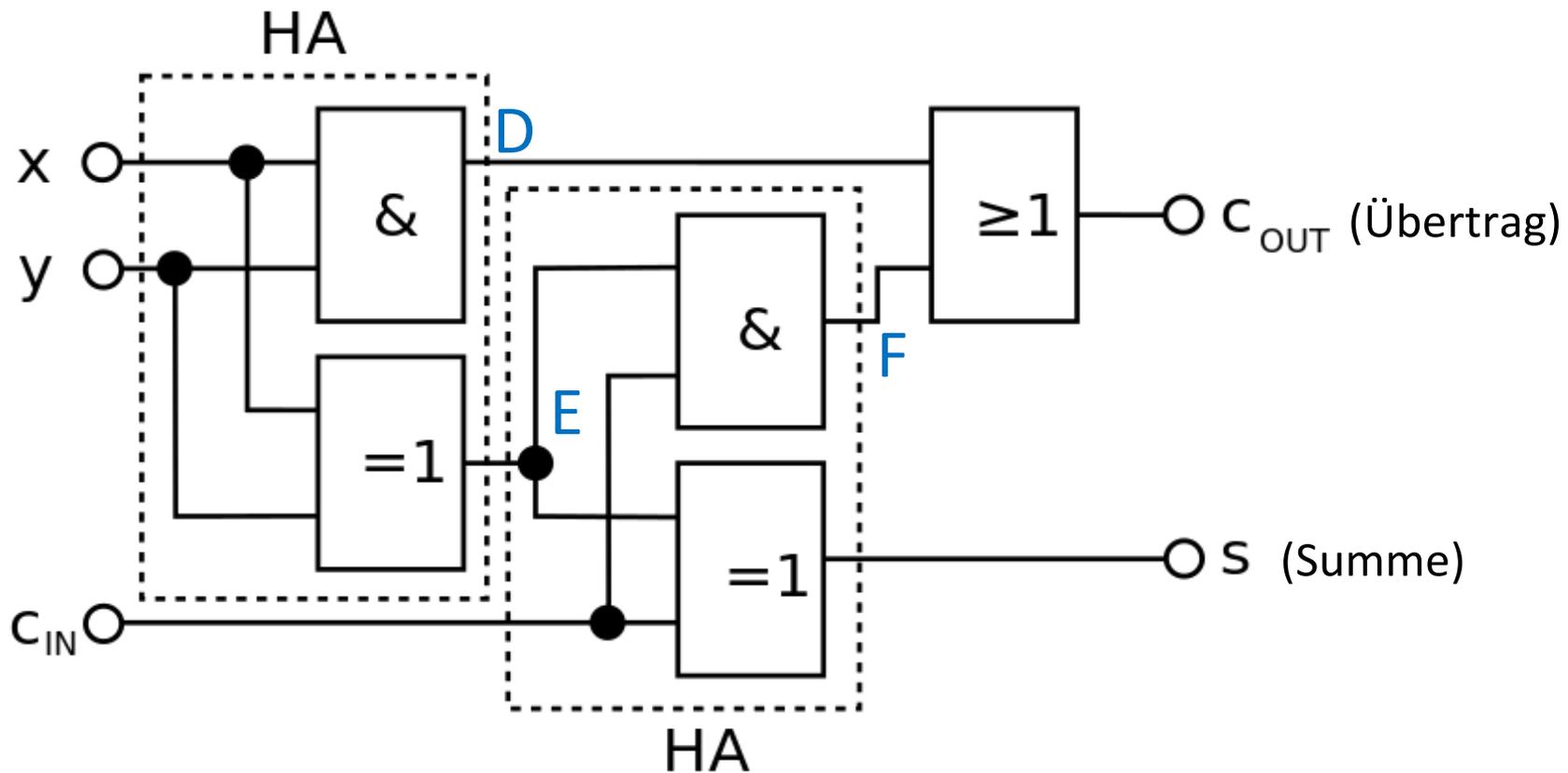
x	y	C_{IN}	D	E	F	C_{OUT}	S
0	0	0					
0	0	1					
0	1	0					
0	1	1					
1	0	0					
1	0	1					
1	1	0					
1	1	1					



x	y	C_{IN}	D	E	F	C_{OUT}	S
0	0	0	0	0			
0	0	1	0	0			
0	1	0	0	1			
0	1	1	0	1			
1	0	0	0	1			
1	0	1	0	1			
1	1	0	1	0			
1	1	1	1	0			



x	y	C_{IN}	D	E	F	C_{OUT}	S
0	0	0	0	0	0		
0	0	1	0	0	0		
0	1	0	0	1	0		
0	1	1	0	1	1		
1	0	0	0	1	0		
1	0	1	0	1	1		
1	1	0	1	0	0		
1	1	1	1	0	0		



x	y	C_{IN}	D	E	F	C_{OUT}	S
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1

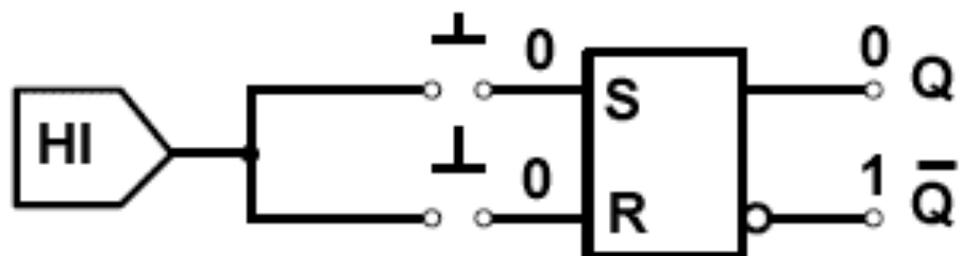
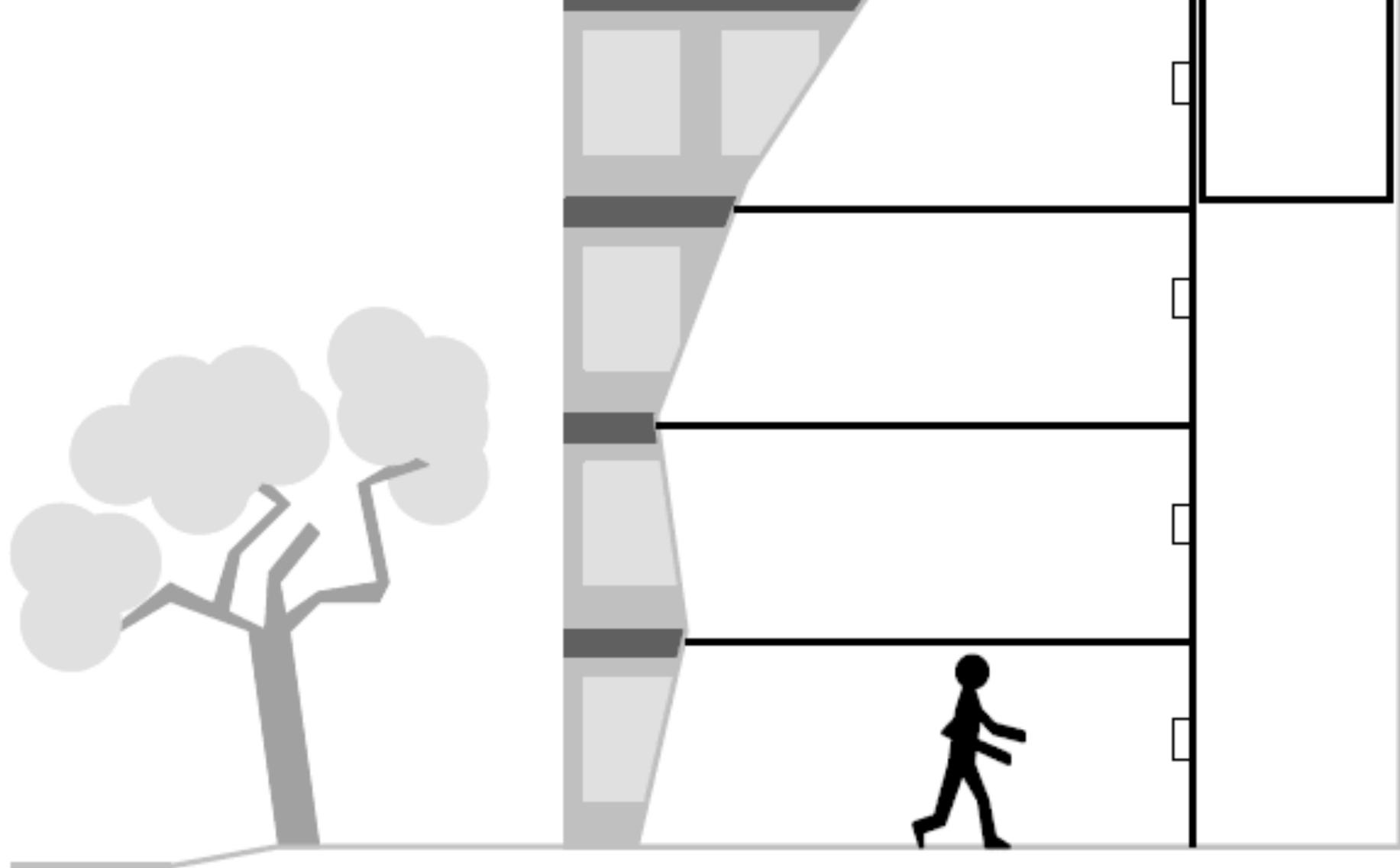
Schaltungen mit Speicherwirkung

Useless
Box

ON

OFF





Schaltungen mit Speicherwirkung: Flipflops

Flipflops = bistabile Kippstufen; verfügen über die Möglichkeit, einen Zustand (d.h. ein Bit) zu speichern
→ Basale Schaltung, die eine Datenmenge von einem Bit über eine lange Zeit speichern kann

Unterscheidung von Flipflops in

- Taktgesteuerte (Zusätzlich zu den zwei Eingängen wird ein Taktsignal eingespeist)
 - Taktzustandsgesteuerte Flipflops
 - Auffang-Flipflops
 - Taktflankengesteuerte Flipflops
 - ...
- **Nicht taktgesteuerte Flipflops**
 - **Speicher-Flipflops (Latch-Flipflops)**

Nicht-taktgesteuerte Flipflops: NOR-Latch

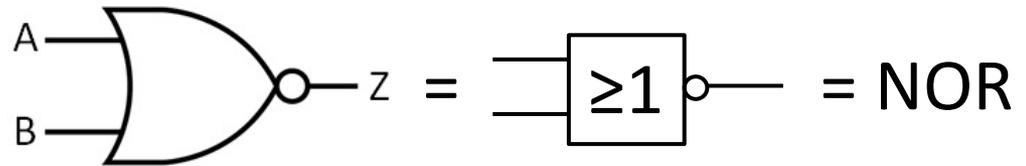
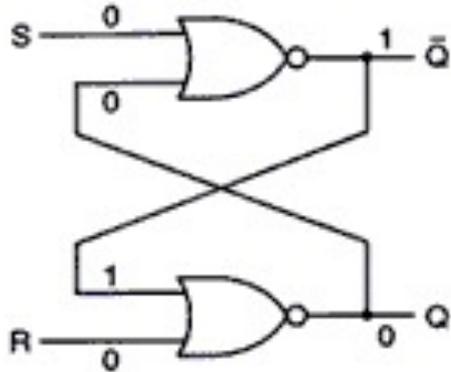
Ein einfaches nicht-taktgesteuertes Flipflop lässt sich aus zwei NOR-Gattern aufbauen
→ wird als NOR-Latch (latch = Klinke, einrasten) bzw. **SR-Latch** bezeichnet

Ein **SR-Latch** verfügt über:

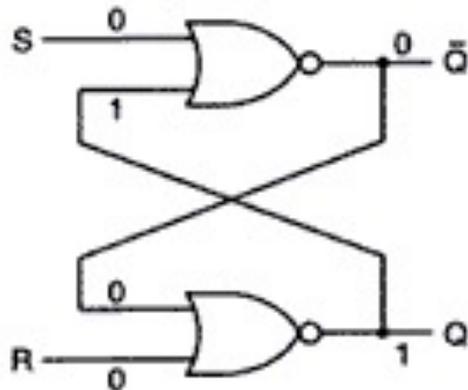
- Zwei Eingänge:
 - **S** zum **Setzen**
 - **R** zum Zurücksetzen (**reset**, löschen)
- Zwei Ausgänge:
 - **Q**
 - **$\neg Q$**

SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop – stabile Zustände

NOR-Latch im Zustand 0



NOR-Latch im Zustand 1



A	B	A NOR B
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Annahme $Q=0$

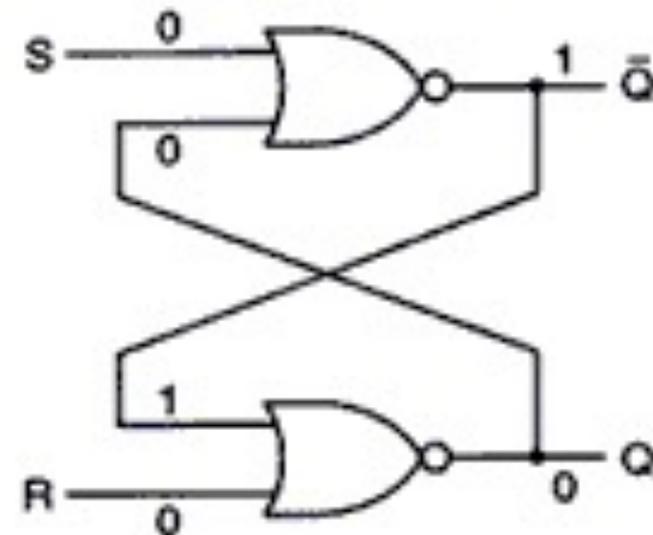
NOR-Latch im Zustand $Q=0$ – so funktioniert's

- **Grundannahmen (sehr wichtig!):**

- Wir nehmen an, dass S und R gleich 0 sind – dieser Zustand wird als der Normal- oder **Ruhezustand** bezeichnet
- Wir nehmen an, dass **Q gleich 0** ist

- **Ablauf:**

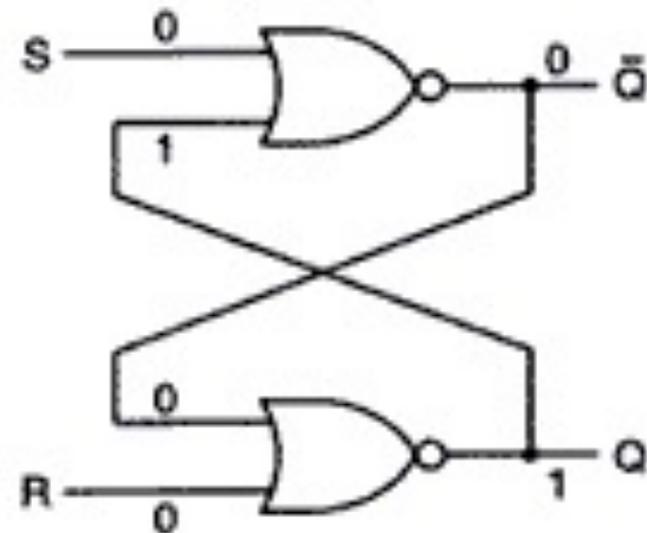
- Da Q in das obere NOR-Gatter zurückgespeist wird (Rückgekoppelte Schaltung), liegen beide Eingänge des Gatters auf 0, der Ausgang \bar{Q} entsprechend auf 1.
- Die 1 von \bar{Q} wird in das untere Gatter eingespeist, das dann die Eingangsbelegung 1 und 0 hat. Daraus ergibt sich Q gleich 0.
- → Das NOR-Latch erreicht einen **stabilen Zustand**



SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Annahme $Q=1$

NOR-Latch im Zustand $Q=1$ – so funktioniert's

- **Grundannahmen :**
 - Wir nehmen an, dass S und R gleich 0 sind.
 - Wir nehmen an, dass **Q gleich 1** ist
- **Ablauf:**
 - Da Q in das obere NOR-Gatter zurückgespeist wird, liegen die Eingänge des oberen Gatters auf 0 (von S) und 1 (von Q), der Ausgang \bar{Q} entsprechend auf 0.
 - Da \bar{Q} in das untere Gatter eingespeist wird, liegt an Q der Wert 1 an.
 - → Das NOR-Latch erreicht einen **stabilen Zustand**

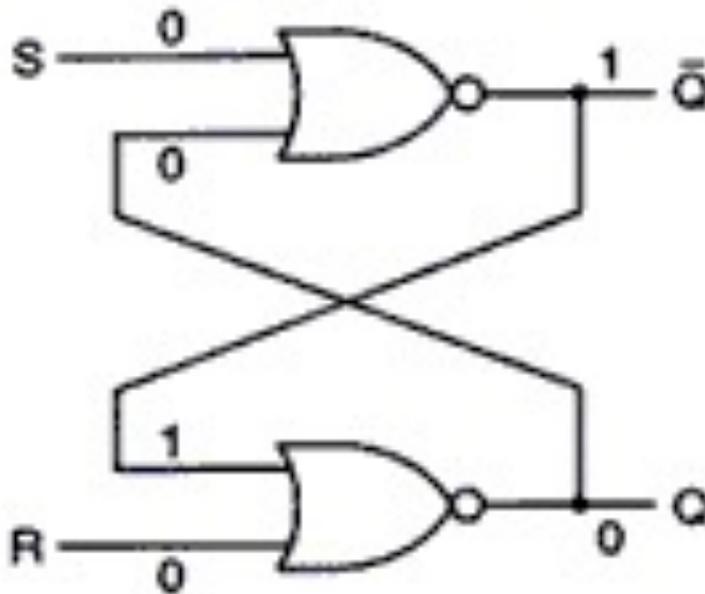


SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang S=1

NOR-Latch im Zustand S=1

Schritt 0: Ruhezustand:

- Ruhezustand: S=R=0, Q=0

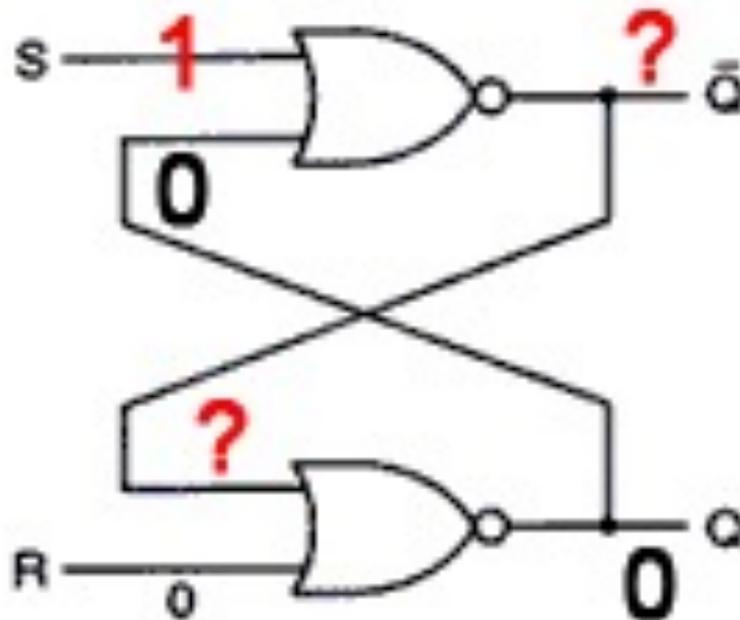


SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang S=1

Schritt 1

- Wir setzen S auf 1, während R auf 0 gesetzt ist.

Was geschieht?

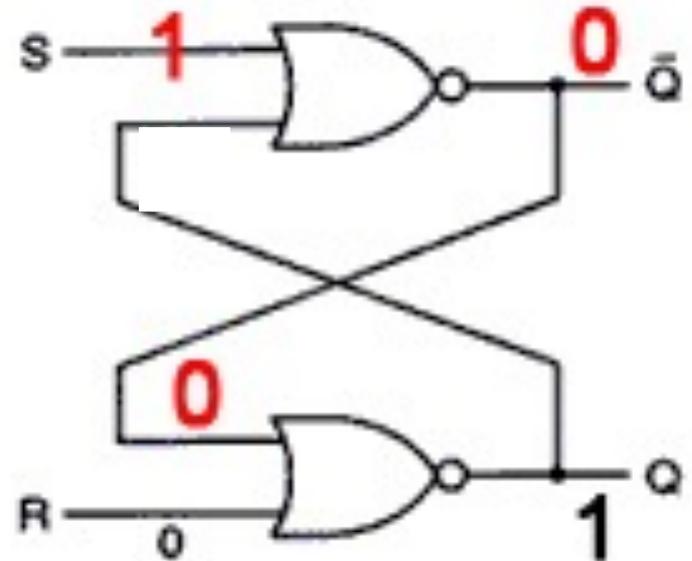


SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang S=1

Schritt 1

- Detailverlauf:
 - Wird S auf 1 gesetzt, so wird $\neg Q = 0$
(vgl. Wahrheitstabelle für NOR Gatter)
 - Die 0 von $\neg Q$ wird eingespeist in das untere NOR Gatter. Somit verändert sich der Wert Qs von 0 auf **1**, denn: $\neg(\neg Q \vee R) = \neg(0 \vee 0) = \neg 0 = 1$

- ▶ Das Ergebnis: **Wird S auf 1 gesetzt, wechselt der Zustand Qs von 0 auf 1.**

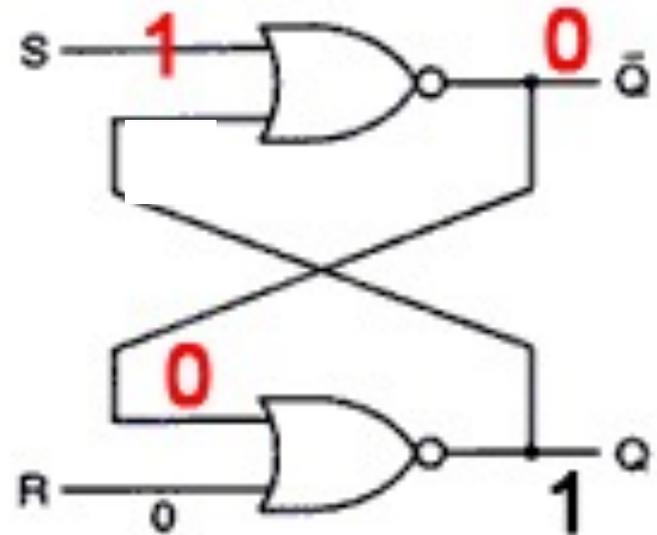


SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang S=1

NOR-Latch im Zustand S=0

▪ Schritt 0:

- Wir gehen davon aus, dass zuvor mittels S=1 das Flipflop gesetzt wurde.
Nun soll S wieder auf 0 gesetzt werden; dabei soll der Zustand Q=1 erhalten bleiben

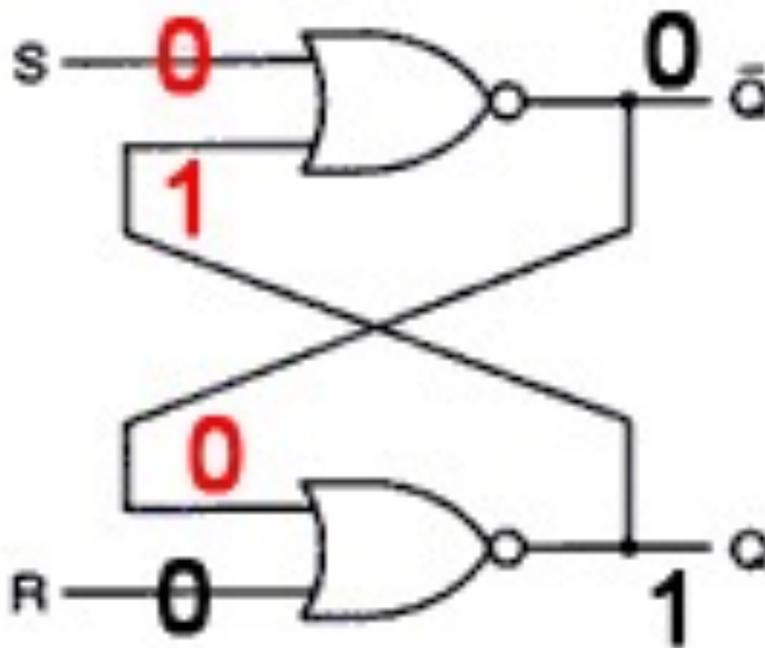


SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang S=0

Schritt 1

- Wir setzen S erneut auf 0

Was geschieht?

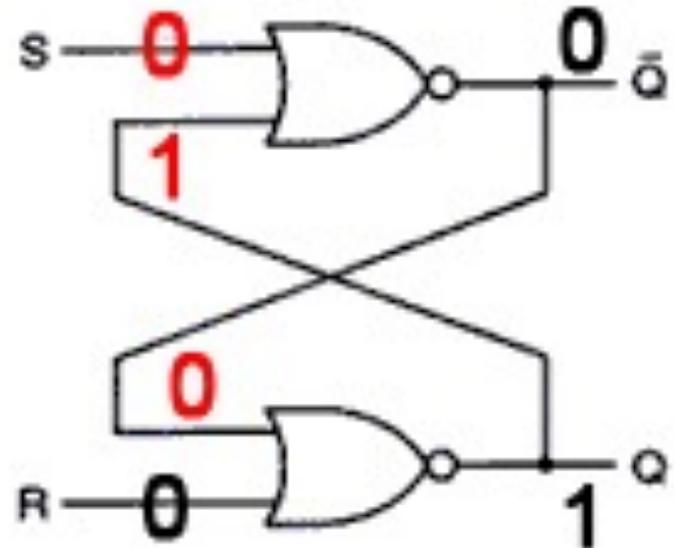


A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang S=0

Schritt 1

- Detailverlauf:
 - Wird S auf 0 gesetzt, so liegt am oberen Gatter 0 (von S) und 1 (von Q) an. so wird $\neg Q = 0$
 - Die 0 von $\neg Q$ wird eingespeist in das untere NOR Gatter. Am unteren Gatter liegen somit an: 0 und 0 (von R).
→ Der Wert von Q ändert sich nicht, bleibt gesetzt.

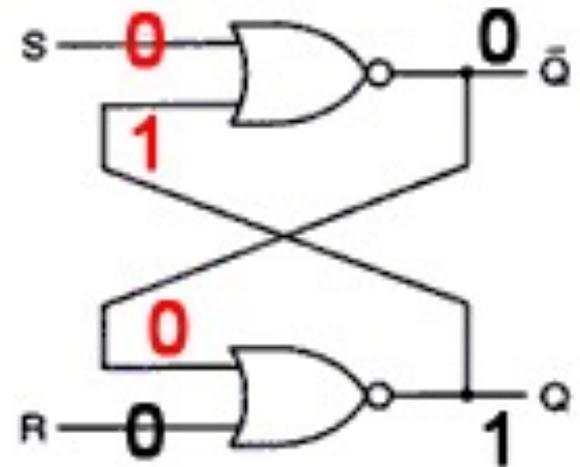


SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang R=1

NOR-Latch im Zustand R=1

▪ Schritt 0:

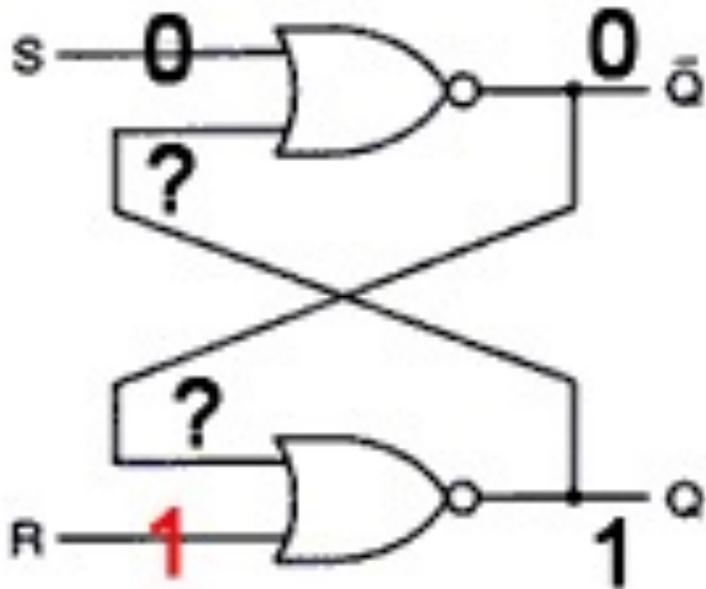
- Wir gehen davon aus, dass zuvor mittels $S=1$ das Flipflop gesetzt wurde. Und anschließend $S=0$ gesetzt ist – der Wert von Q folglich eine 1 gespeichert hat.
- Nun soll **R auf 1** gesetzt werden, um die Schaltung zurückzusetzen



SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang R=1

Schritt 1

- Wir setzen R auf 1
- Was geschieht?



A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop → Eingang R=1

Schritt 1

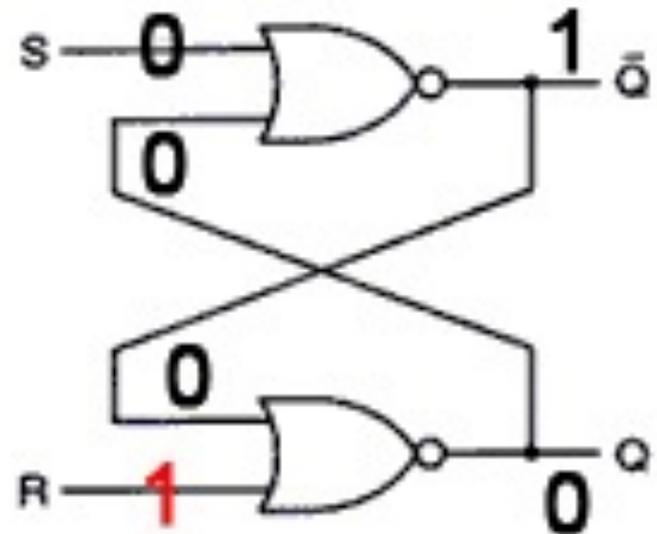
- Detailverlauf:

- Wird R auf 1 gesetzt, so liegt am unteren Gatter 0 (von \bar{Q}) und 1 (von R) an.

→ Q wird somit zu 0

- Am oberen Gatter liegt nun 0 (von S) und 0 (von Q) an. Somit wird $\bar{Q} = 1$

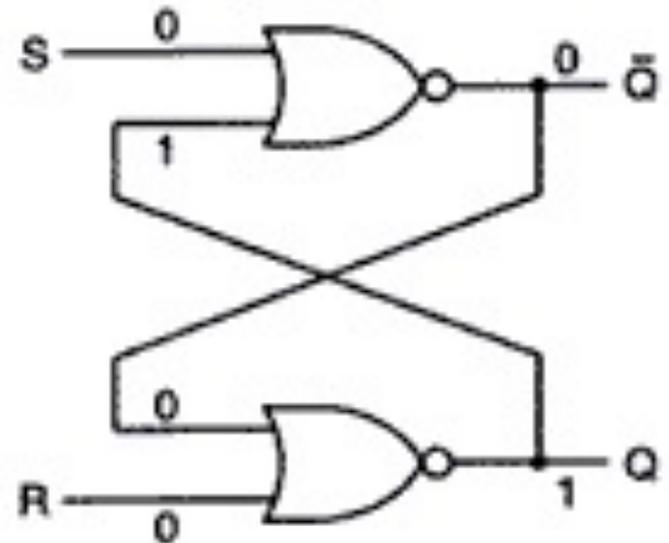
→ Ergo: Indem wir R mit 1 belegen, setzen wir die Schaltung zurück (Q=0)



SR-Latch / SR-Speicher-Flipflop

Zusammenfassung:

- Wird S kurzzeitig auf 1 gesetzt, so nimmt das Latch unabhängig von seinem vorherigen Zustand den Zustand $Q=1$ an.
- Wird R kurzzeitig auf 1 gesetzt, geht das Latch in den Zustand $Q=0$ über.
- → Die Schaltung merkt sich, ob S oder R zuletzt auf 1 gesetzt war.

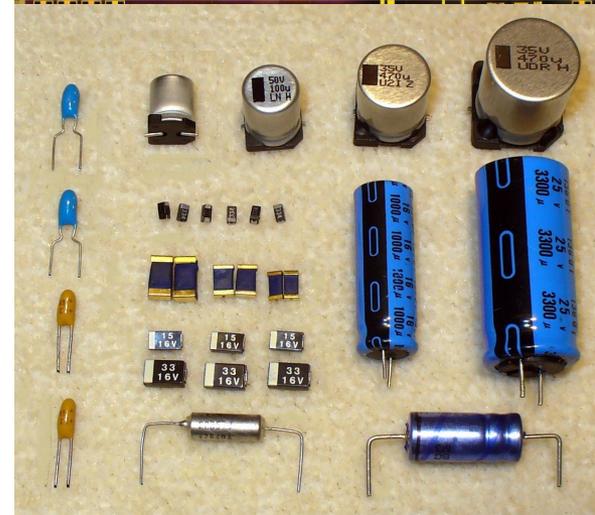
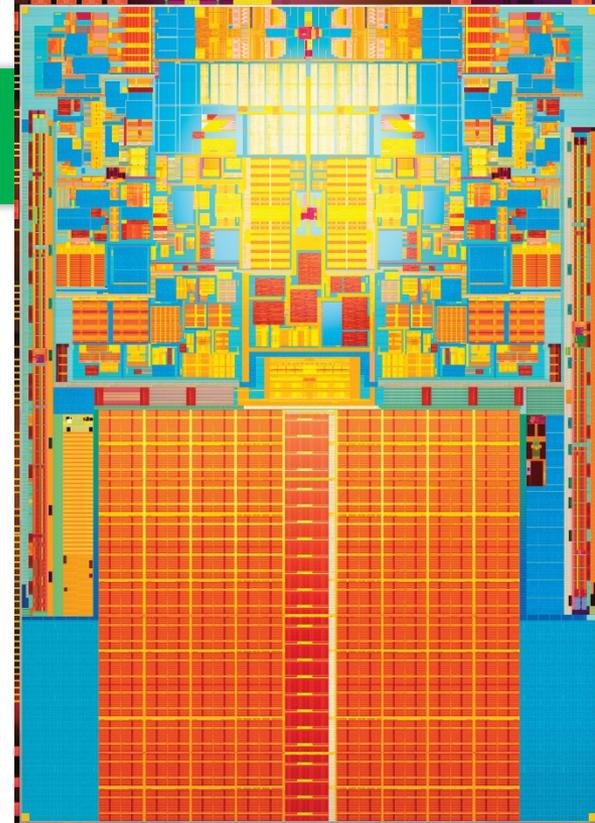


Flipflops und die Praxis

Mit Flipflops lassen sich Speicher realisieren – z.B. **Register** oder **Cache-Speicher**.

Hauptspeicher wird zumeist nicht über Flipflops, sondern über einzelne Transistoren und Kondensatoren realisiert.

- Pro: Günstig in der Produktion
- Contra: Kondensatoren müssen regelmäßig aufgefrischt werden, da sie ansonsten ihre Ladung verlieren.



/