

# Digital-Technik

## Grundlagen und Anwendungen

### Teil IV



# Übersicht 10 - 11

## **10 Zeitabhängige binäre Schaltungen**

**10.1 Bistabile Kippstufen (Flipflops)**

**10.2 Zeitablaufdiagramme**

**10.3 Monostabile Kippstufen**

**10.4 Verzögerungsglieder**

## **11 Anwendungsschaltungen**

**11.1 Zähler**

**11.2 Register**

# 10 Zeitabhängige binäre Schaltungen

## **10 Zeitabhängige binäre Schaltungen**

**10.1 Bistabile Kippstufen (Flipflops)**

**10.2 Zeitablaufdiagramme**

**10.3 Monostabile Kippstufen**

**10.4 Verzögerungsglieder**

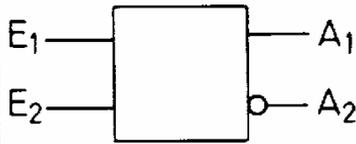
# 10.1 Flipflops (i)

- **Flipflops sind bistabile Kippglieder, die eine Speicherwirkung besitzen.**
- **Sie werden überwiegend als integrierte Schaltungen hergestellt.**
- **Man unterscheidet Flipflops mit:**
  - **statischen Eingängen (taktzustandsgesteuert)**
  - **dynamischen Eingängen (taktflankengesteuert)**

# 10.1 Flipflops (ii)

- Darstellung von Flipflops mit statischen Eingängen nach DIN 40900 bzw. 40700.

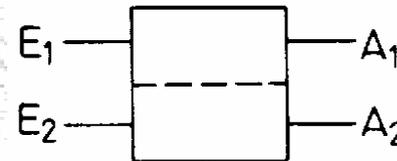
- neuere Form



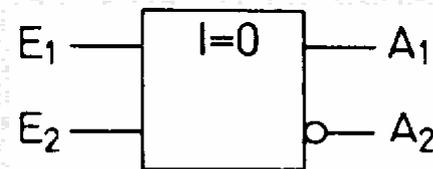
*Bild 7.1 Schaltzeichen eines einfachen Flipflops*

- vordefinierter Ausgangszustand nach dem Einschalten

- ältere Form



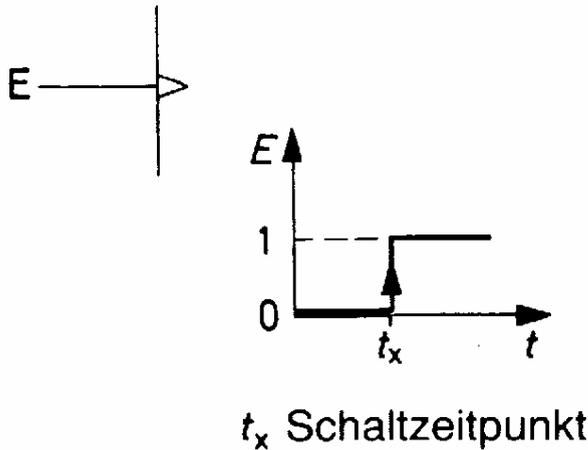
*Bild 7.2a Schaltzeichen eines einfachen Flipflops mit Mittellinie*



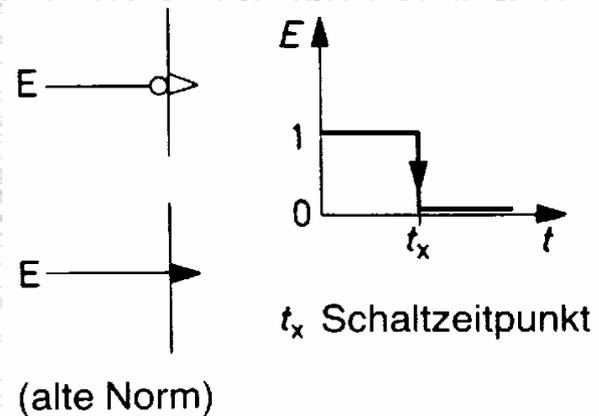
*Bild 7.4 Schaltzeichen eines Flipflops mit festgelegter Grundstellung*

# 10.1 Flipflops (iii)

## ■ Darstellung von Flipflops mit dynamischen Eingängen



*Bild 7.7 Darstellung eines dynamischen Eingangs für die ansteigende Flanke (0 → 1)*



*Bild 7.8 Darstellung eines dynamischen Eingangs für die abfallende Flanke (1 → 0)*

# 10.1 Flipflops (IV)

## ■ Gegenüberstellung statischer- und dynamischer Eingänge

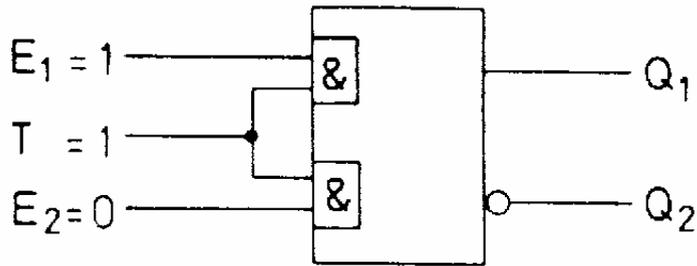


Bild 7.14 Taktzustandsgesteuertes Flipflop

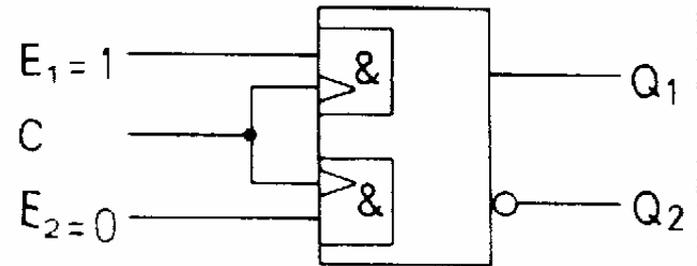
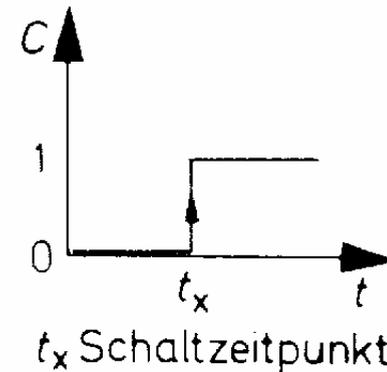
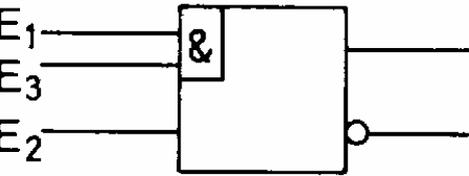


Bild 7.15 Taktflankengesteuertes Flipflop (0 → 1) ▶



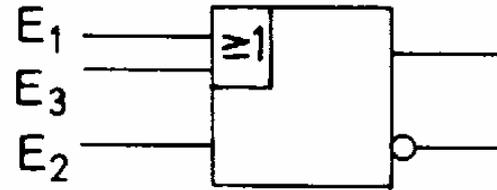
# 10.1 Flipflops (V)

- Flipflops können mehrere Eingänge haben, die miteinander verknüpft sind.



$$E_1 \wedge E_3$$

*Bild 7.9 Schaltzeichen eines Flipflops, dessen Eingänge  $E_1$  und  $E_3$  durch UND verknüpft sind*



$$E_1 \vee E_3$$

*Bild 7.10 Schaltzeichen eines Flipflops, dessen Eingänge  $E_1$  und  $E_3$  durch ODER verknüpft sind*

# 10.1 Flipflops (VI)

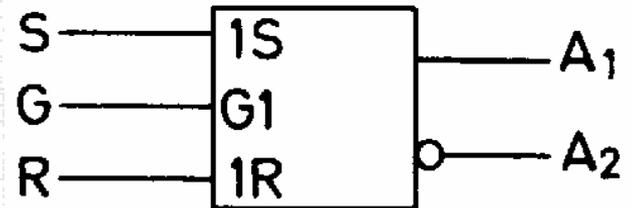
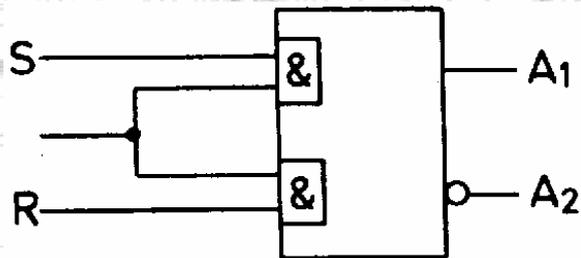
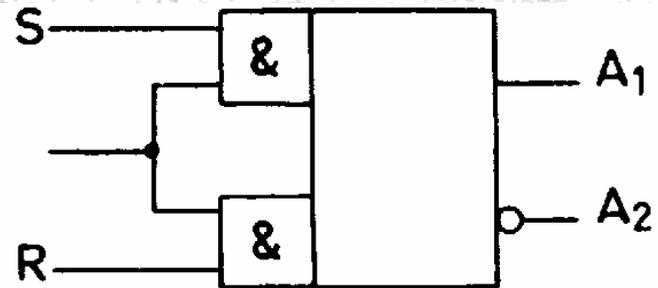
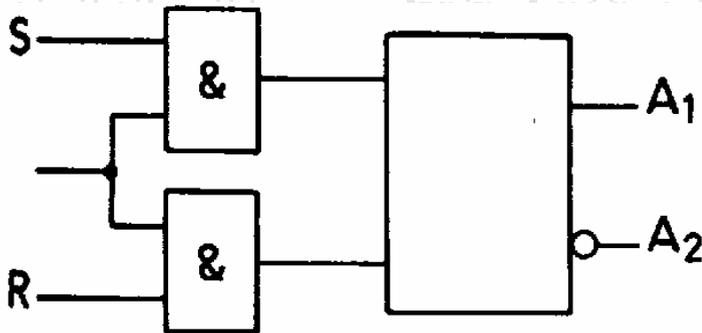
- Für die Verknüpfung der Eingänge gilt folgende Abhängigkeits-Notation.

*G* ⇒ UND-Abhängigkeit  
*V* ⇒ ODER-Abhängigkeit  
*C* ⇒ Steuer-Abhängigkeit  
*S* ⇒ Setz-Abhängigkeit  
*R* ⇒ Rücksetz-Abhängigkeit

- Bei steuernden Eingängen steht die Kennzahl nach dem Buchstaben.
- Bei gesteuerten Eingängen steht die Kennzahl vor dem Buchstaben.

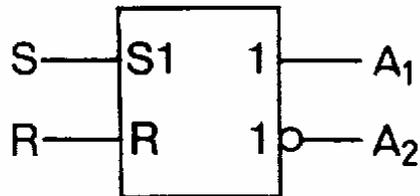
# 10.1 Flipflops (VI I)

- Die Verknüpfung der Eingänge kann unterschiedlich dargestellt werden.

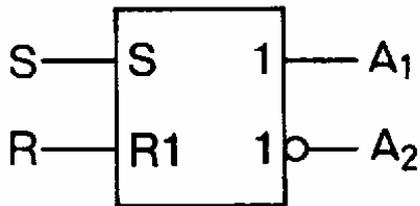


# 10.1 Flipflops (VI II)

- Durch die sog. Dominierenden Eingänge wird eine bestimmte Bevorzugung (Priorität) ausgedrückt.



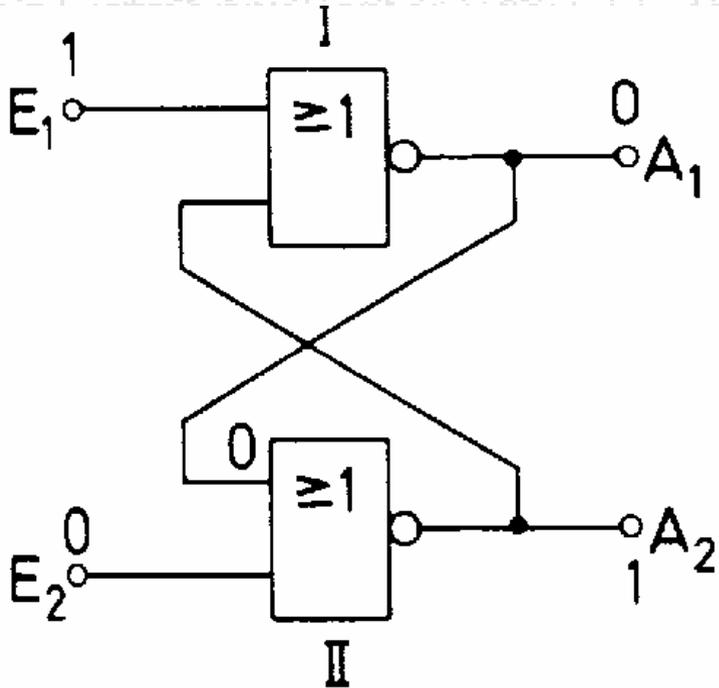
*Bild 7.13a Flipflop mit dominierendem S-Eingang*



*Bild 7.13b Flipflop mit dominierendem R-Eingang*

# 10.1 Flipflops (IX)

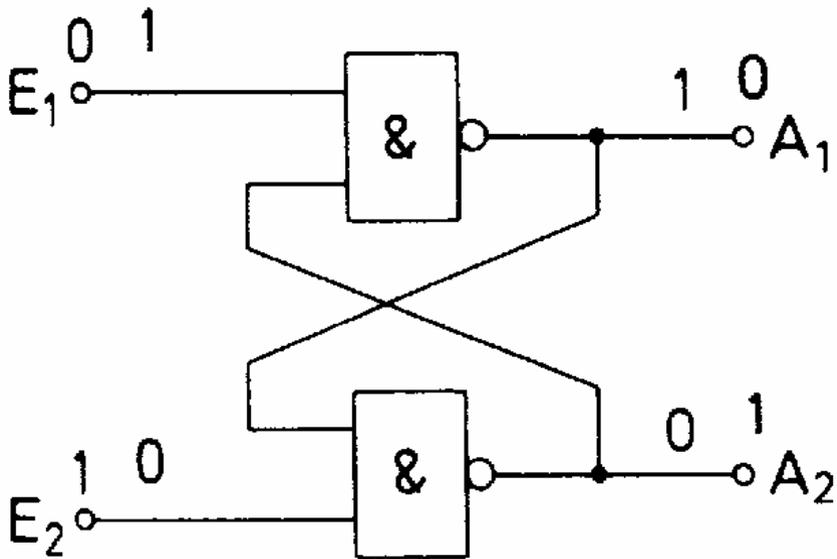
- Ein nicht-taktgesteuertes NOR-Flipflop (NOR-Latch) kann aus zwei NOR-Gliedern aufgebaut werden.



Fall	$E_2$	$E_1$	$A_1$	$A_2$	
1	0	0	X	X	Speicherfall
2	0	1	0	1	
3	1	0	1	0	
4	1	1	0	0	irregulär

# 10.1 Flipflops (X)

- Ein nicht-taktgesteuertes NAND-Flipflop (NAND-Latch) kann aus zwei NAND-Gliedern aufgebaut werden.



Fall	$E_2$	$E_1$	$A_1$	$A_2$	
1	0	0	1	1	irregulär
2	0	1	0	1	Rücksetzen
3	1	0	1	0	Setzen
4	1	1	X	X	Speichern

# 10.1 Flipflops (XI)

- Durch spezielle Beschaltung der NAND-Latch-Eingänge erhält man das SR-Speicher-Flipflop.

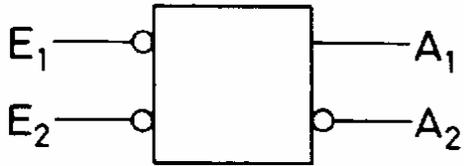


Bild 7.26 Schaltzeichen des Flipflops aus zwei NAND-Gliedern

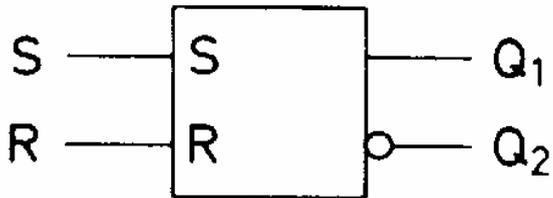
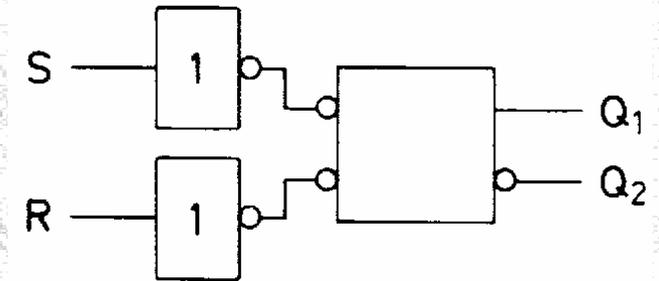
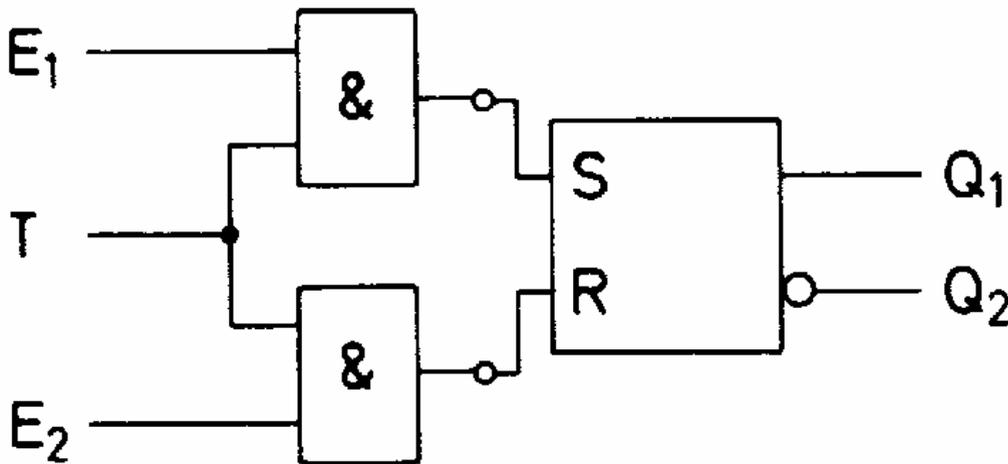


Bild 7.27 SR-Speicherflipflop

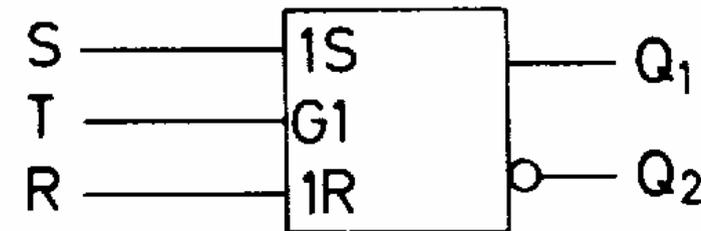
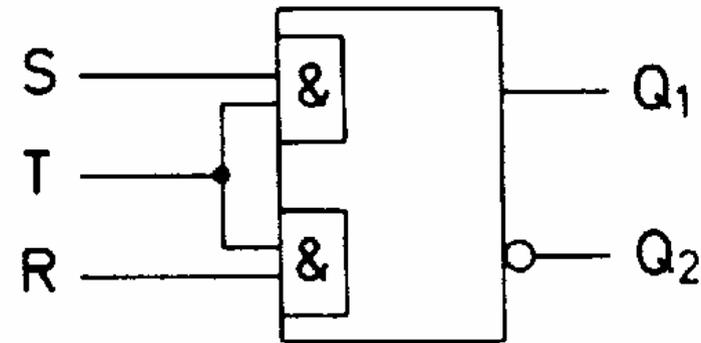
Fall	R	S	$Q_{1m}$	$Q_{2m}$	
1	0	0	$Q_{1(m-1)}$	$Q_{2(m-1)}$	Speichern
2	0	1	1	0	Setzen
3	1	0	0	1	Rücksetzen
4	1	1	1	1	verbotener Fall

# 10.1 Flipflops (XI I)

- Durch Vorschalten zweier UND-Glieder entsteht ein taktzustandsgesteuertes SR-Flipflop.



*Bild 7.29 Taktzustandsgesteuertes SR-Flipflop*



# 10.1 Flipflops (XIII)

- Für ein taktzustandsgesteuertes SR-Flipflop wird die Wahrheitstabelle in den Zeitpunkt  $t_n$  (vor dem Taktimpuls) und den Zeitpunkt  $t_{n+1}$  (nach dem Taktimpuls) unterteilt.

Fall	$t_n$			$t_{n+1}$	
	R	S	$Q_{1(n)}$	$Q_1$	
1	0	0	0	0	Speicherfälle
2	0	0	1	1	
3	0	1	0	1	Setzfälle
4	0	1	1	1	
5	1	0	0	0	Rücksetzfälle
6	1	0	1	0	
7	1	1	0	=	verbotene Fälle
8	1	1	1	=	

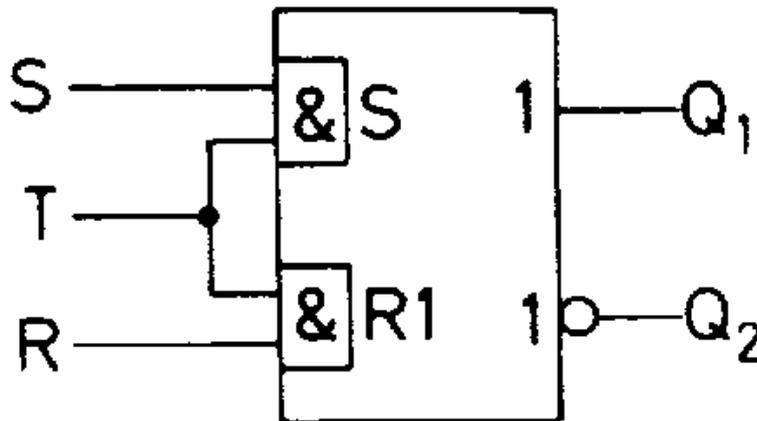
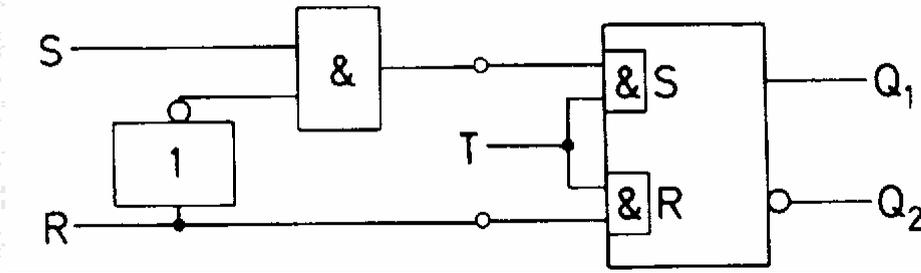
*Bild 7.34 Ausführliche Wahrheitstabelle eines taktzustandsgesteuerten SR-Flipflops*

Fall	$t_n$		$t_{n+1}$
	R	S	$Q_1$
1	0	0	$Q_{1n}$
2	0	1	1
3	1	0	0
4	1	1	=

*Bild 7.33 Übliche Wahrheitstabelle eines taktzustandsgesteuerten SR-Flipflops*

# 10.1 Flipflops (XI V)

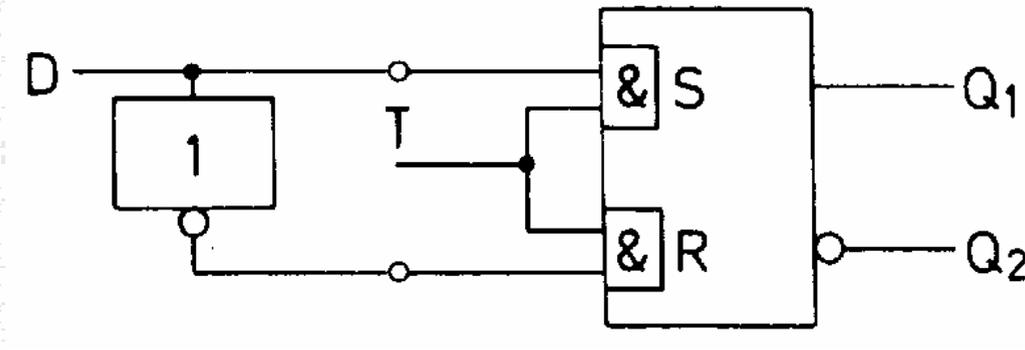
- Um den verbotenen Fall  $R=1$  und  $S=1$  zu umgehen, ist eine besondere Eingangsbeschaltung nötig. (dominierender R-Eingang).



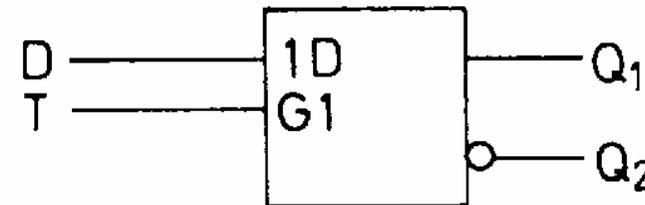
Fall	$t_n$		$t_{n+1}$
	R	S	$Q_1$
1	0	0	$Q_{1n}$
2	0	1	1
3	1	0	0
4	1	1	0

# 10.1 Flipflops (XV)

- Das D-Flipflop (Delay-Flipflop) dient dazu, das Eingangssignal solange zu verzögern, bis das Taktsignal anliegt.



	$t_n$	$t_{n+1}$
Fall	D	Q <sub>1</sub>
1	0	0
2	1	1



# 10.1 Flipflops (XVI)

- Mit Taktflankensteuerung werden Flipflops synchron geschaltet und die Störsicherheit wird größer.

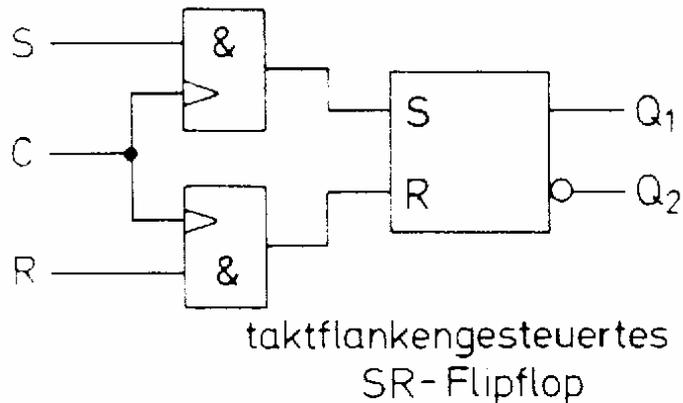


Bild 7.51 Entstehung eines taktflankengesteuerten SR-Flipflops

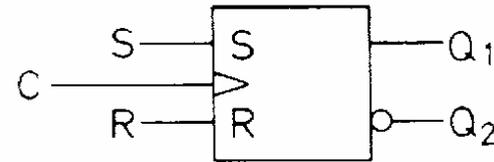


Bild 7.52 Schaltzeichen eines taktflankengesteuerten SR-Flipflops, das bei ansteigender Taktflanke schaltet

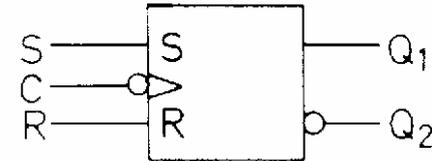
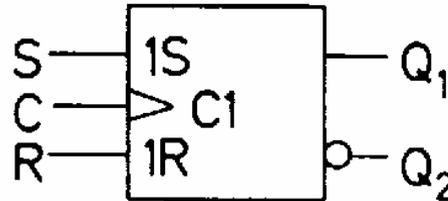
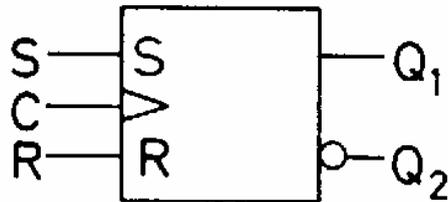


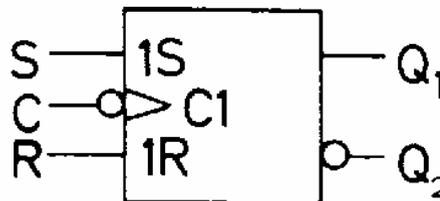
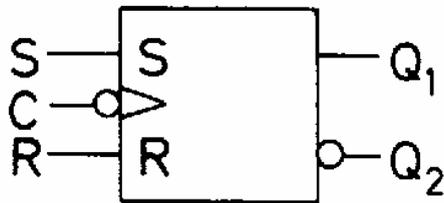
Bild 7.53 Aufbau und Schaltzeichen eines taktflankengesteuerten SR-Flipflops, das mit abfallender Flanke schaltet

# 10.1 Flipflops (XVII)

- Für taktflankengesteuerte SR-Flipflops gilt die gleiche Wahrheitstabelle wie für zustandsgesteuerte.



Fall	$t_n$		$t_{n+1}$
	R	S	$Q_1$
1	0	0	$Q_{1n}$
2	0	1	1
3	1	0	0
4	1	1	

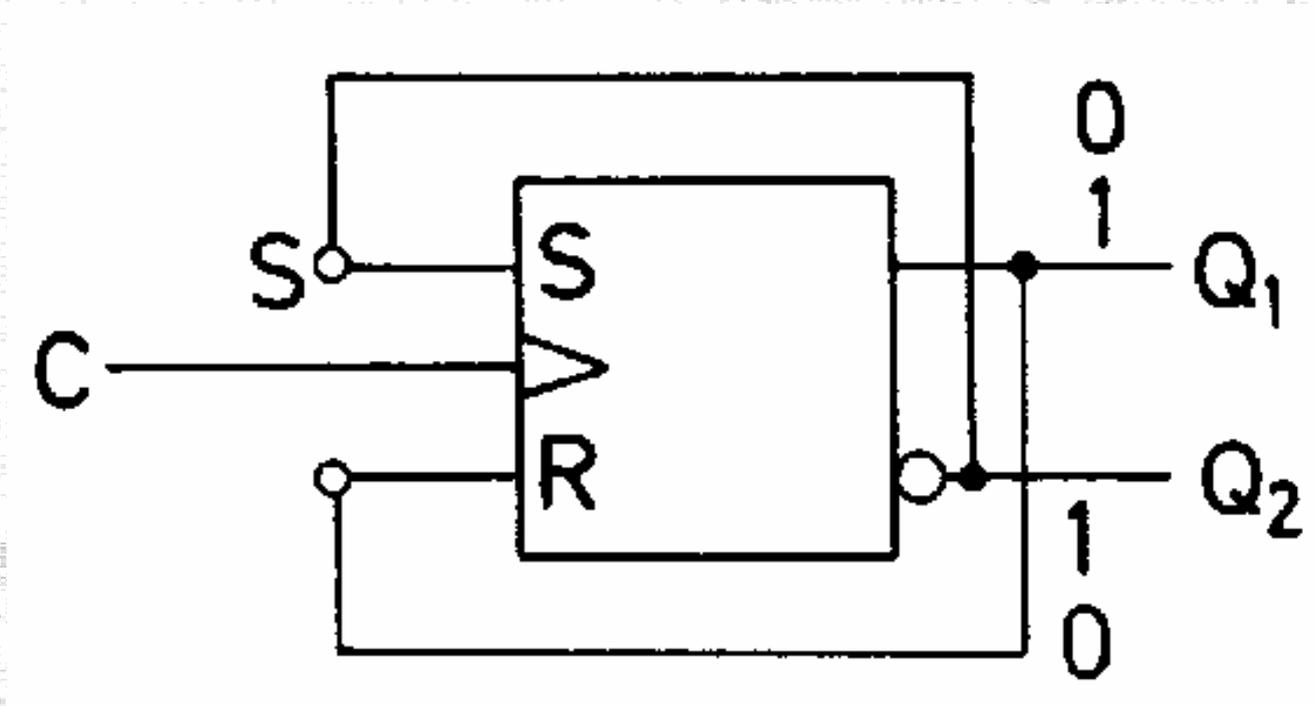


Darstellung ohne  
Abhängigkeitsnotation

Darstellung mit  
Abhängigkeitsnotation

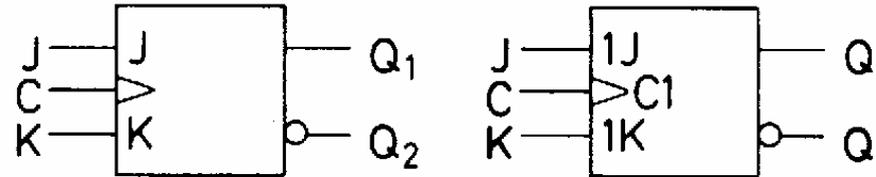
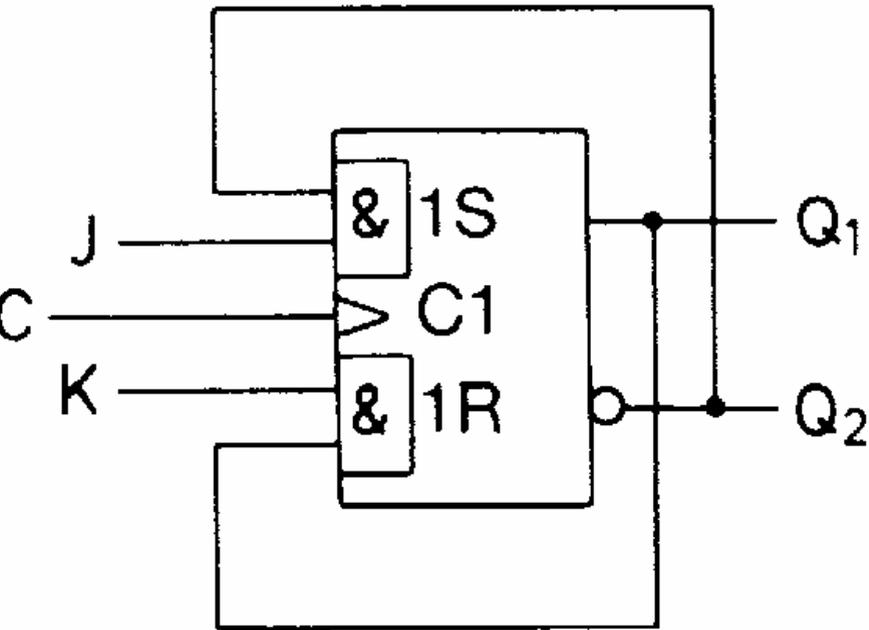
# 10.1 Flipflops (XVIII)

- Das T-Flipflop (Trigger- oder Toggle-Flipflop) kippt bei jeder steuernden Taktflanke in einen anderen Zustand.



# 10.1 Flipflops (XIX)

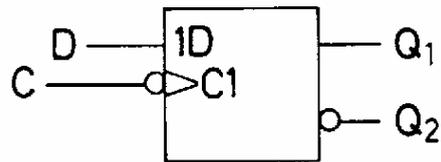
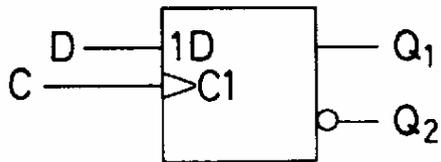
- Das JK-Flipflop gilt als **Universal-Flipflop**, da es die Vorteile der anderen SR-Flipflops vereint. (Speichern und im verbotenen Fall „togglen“ bzw. kippen).



Fall	$t_n$		$t_{n+1}$
	K	J	$Q_1$
1	0	0	$Q_{1n}$
2	0	1	1
3	1	0	0
4	1	1	$\bar{Q}_{1n}$

# 10.1 Flipflops (XX)

- **Taktflankengesteuerte D-Flipflops** arbeiten genau wie taktzustandsgesteuerte. Hier kann die Steuerung allerdings über die ansteigende- oder die abfallende Flanke funktionieren.



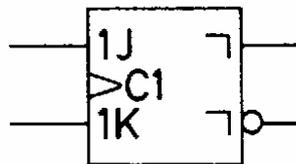
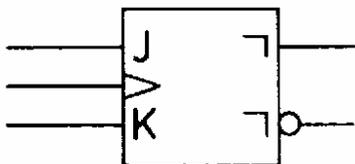
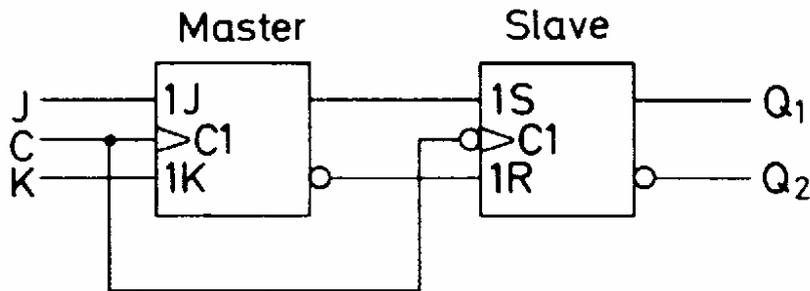
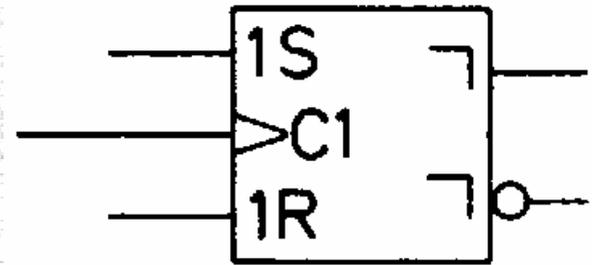
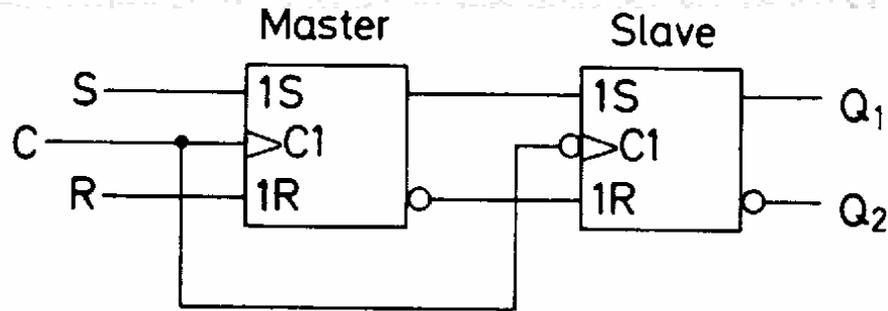
*Bild 7.70 Schaltzeichen von einflankengesteuerten D-Flipflops*

	$t_n$	$t_{n+1}$
Fall	D	Q <sub>1</sub>
1	0	0
2	1	1

*Bild 7.71 Wahrheitstabelle eines einflankengesteuerten D-Flipflops*

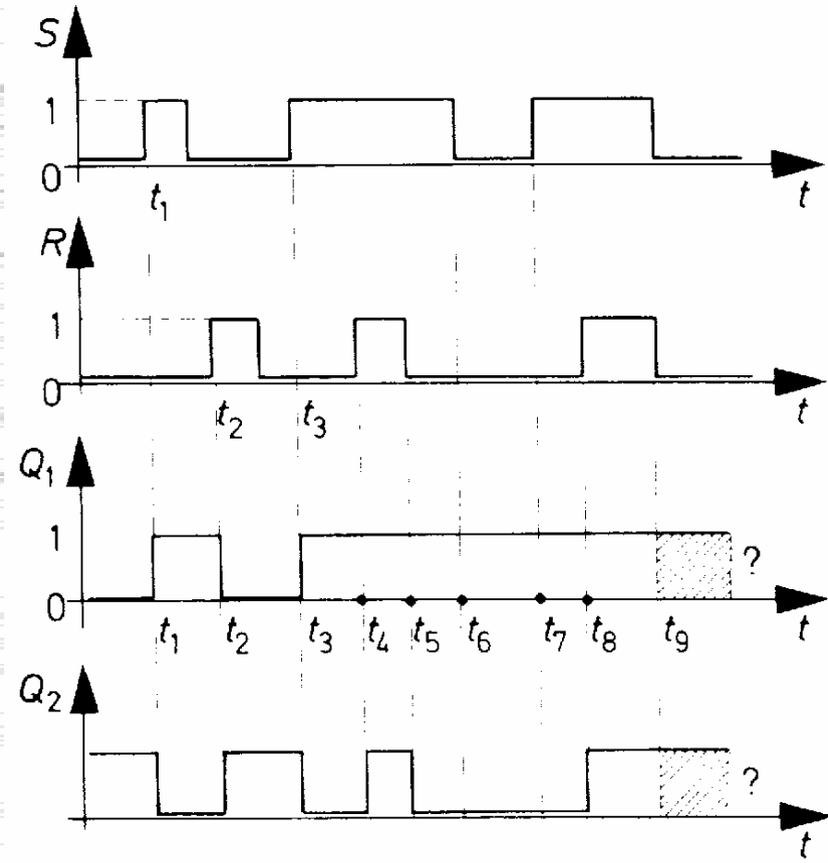
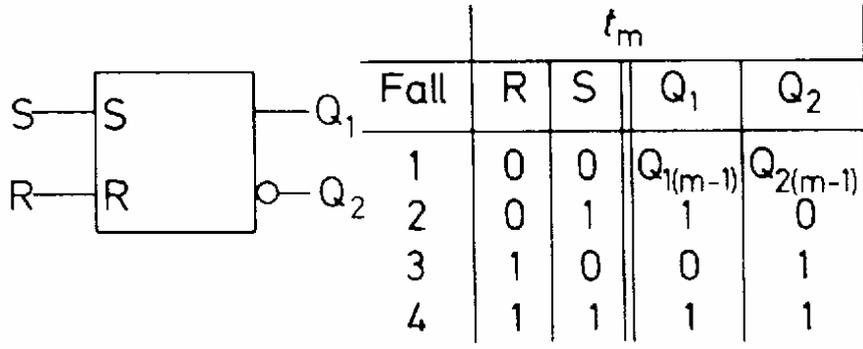
# 10.1 Flipflops (XXI)

- **Aufbau und Schaltzeichen von zweiflankengesteuerten SR-Master-Slave und JK-Master-Slave-Flipflops.**



# 10.2 Zeitablaufdiagramme (i)

## ■ Zeitablaufdiagramm eines SR-Flipflops.



# 10.2 Zeitablaufdiagramme (ii)

## ■ Zustandsgesteuertes SR-Flipflop mit dom. R-Eingang.

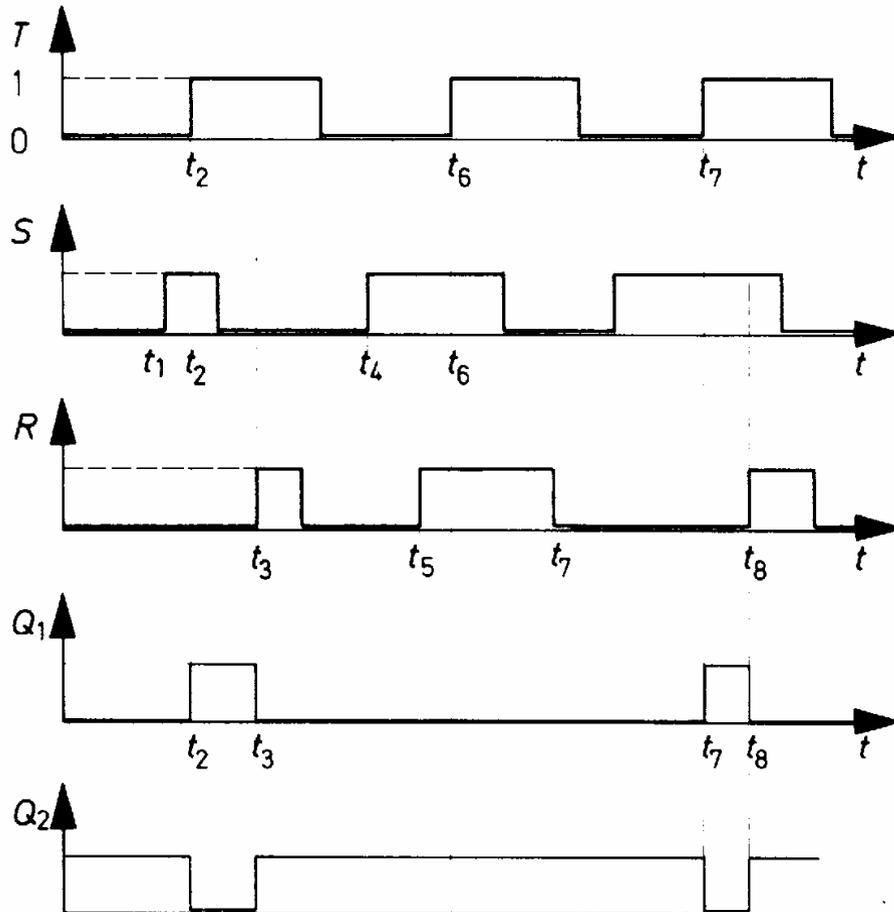
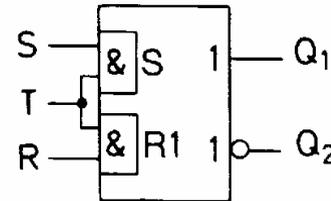


Bild 7.89 Taktzustandsgesteuertes SR-Flipflop mit dominierendem R-Eingang, Wahrheitstabelle und Zeitablauf-Diagramm



Fall	$t_n$		$t_{n+1}$	
	R	S	$Q_1$	$Q_2$
1	0	0	$Q_{1n}$	$Q_{2n}$
2	0	1	1	0
3	1	0	0	1
4	1	1	0	1

# 10.2 Zeitablaufdiagramme (iii)

## ■ Taktflankengesteuertes SR-Flipflop mit dom. R-Eingang.

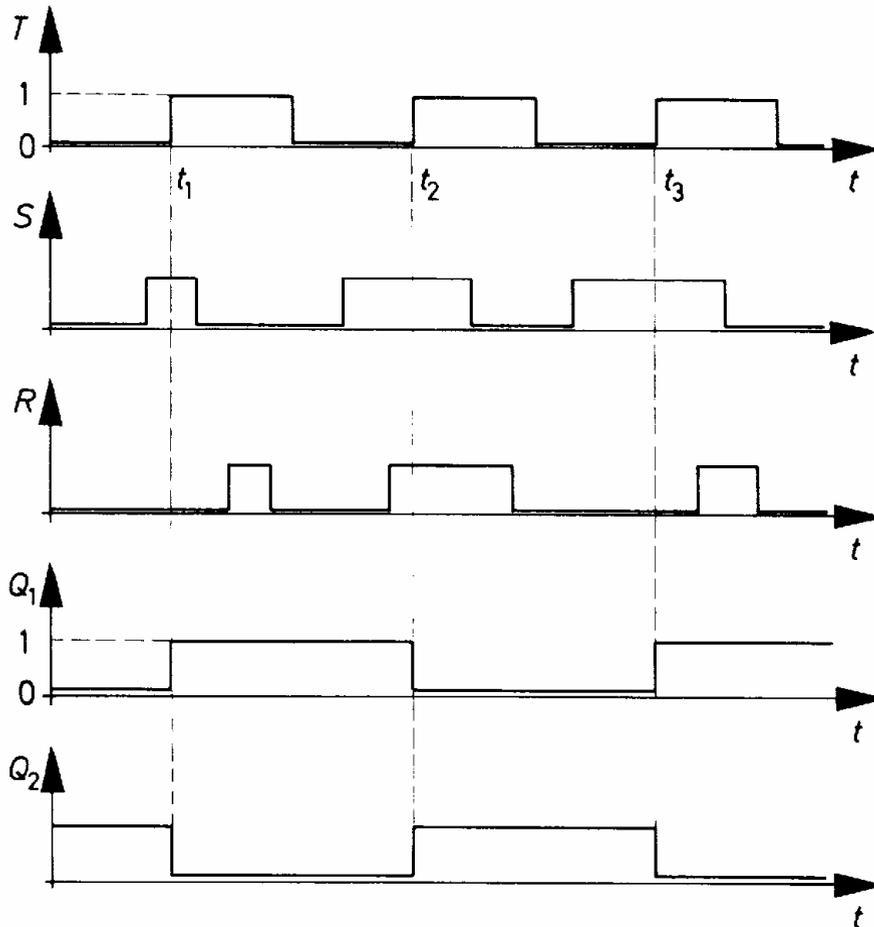
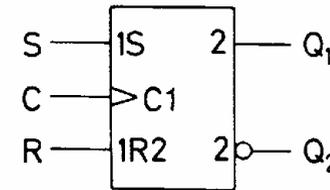


Bild 7.90 Einflankengesteuertes SR-Flipflop (ansteigende Taktflanke mit dominierendem R-Eingang, Wahrheitstabelle und Zeitablauf-Diagramm)

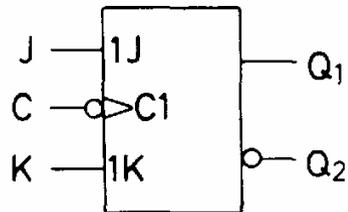


Fall	$t_n$		$t_{n+1}$	
	R	S	$Q_1$	$Q_2$
1	0	0	$Q_{1n}$	$Q_{2n}$
2	0	1	1	0
3	1	0	0	1
4	1	1	0	1

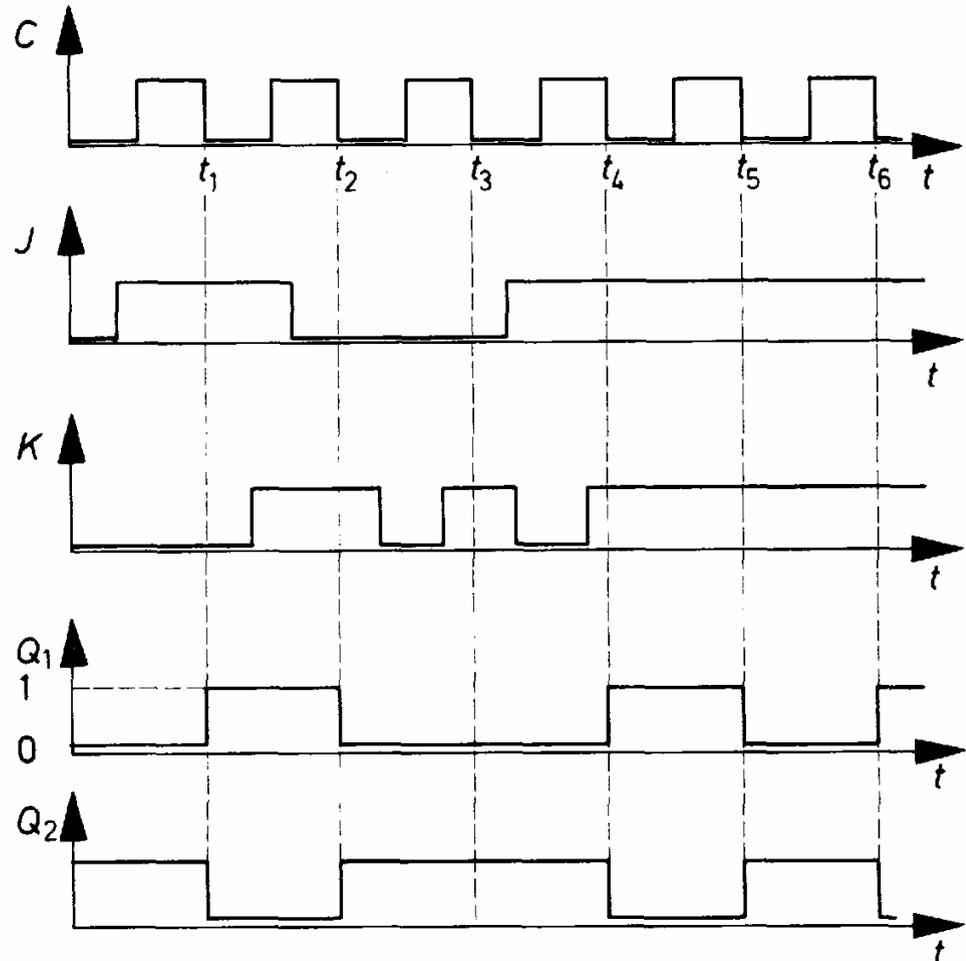
# 10.2 Zeitablaufdiagramme (iv)

## Einflankengesteuertes JK-Flipflop.

Bild 7.91 Einflankengesteuertes JK-Flipflop (abfallende Taktflanke) mit Wahrheitstabelle und Zeitablauf-Diagramm



Fall	$t_n$		$t_{n+1}$	
	K	J	$Q_1$	$Q_2$
1	0	0	$Q_{1n}$	$Q_{2n}$
2	0	1	1	0
3	1	0	0	1
4	1	1	$\overline{Q}_{1n}$	$\overline{Q}_{2n}$



# 10.2 Zeitablaufdiagramme (iv)

## ■ Zweiflankengesteuertes JK-Master-Slave-Flipflop.

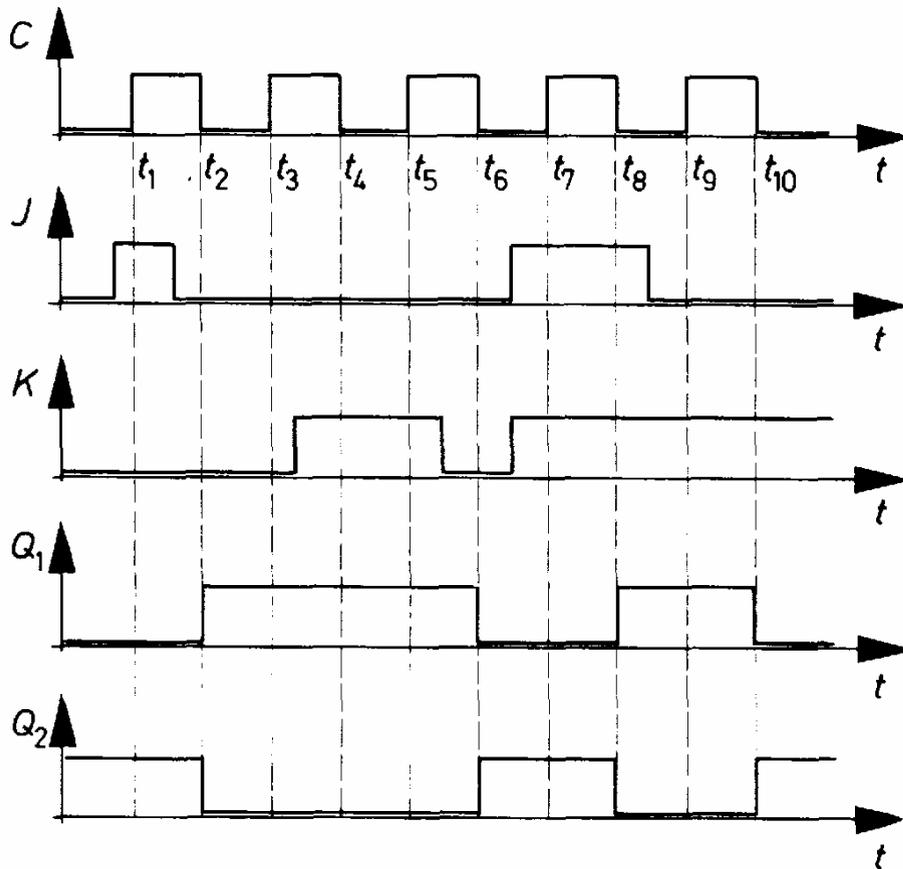
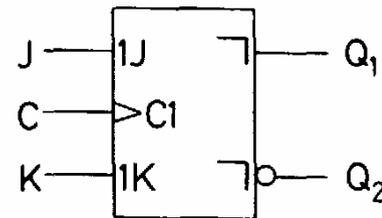


Bild 7.92 Zweiflankengesteuertes JK-Flipflop (Master-Slave-Flipflop) mit Wahrheitstabelle und Zeitablauf-Diagramm



Fall	$t_n$		$t_{n+1}$	
	K	J	$Q_1$	$Q_2$
1	0	0	$Q_{1n}$	$Q_{2n}$
2	0	1	1	0
3	1	0	0	1
4	1	1	$\bar{Q}_{1n}$	$\bar{Q}_{2n}$

to be continued...

