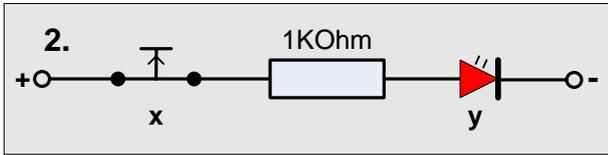
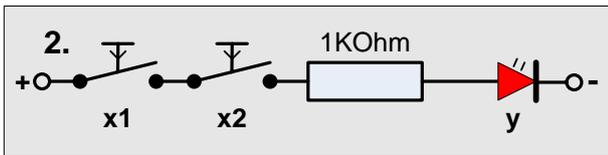


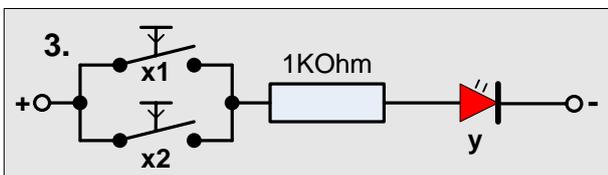
$y = x$
LED leuchtet wenn Schalter x gedrückt ist



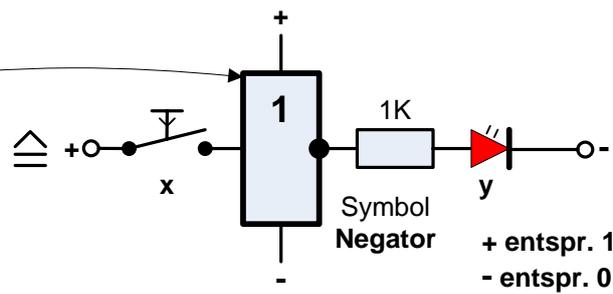
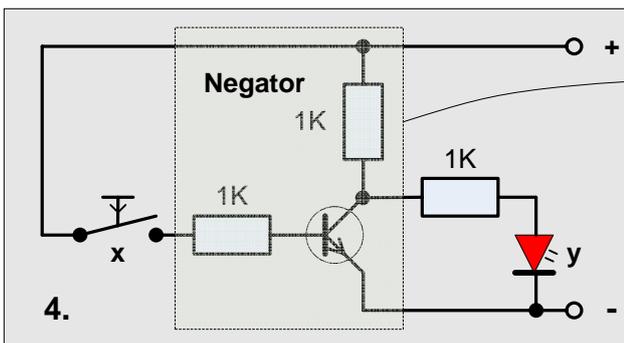
$y = \text{NICHT } x$ ($y = \text{NOT } x$)
LED leuchtet wenn Schalter x **nicht** gedrückt ist
 $y = \bar{x}$ y ist die Negation von x
? Gibt es so einen kleinen Schalter (Mikrotaster) ?



$y = x1 \text{ UND } x2$
LED leuchtet dann, wenn Schalter **x1 UND x2** gedrückt ist
 $y = x1 \wedge x2$ ($y = x1 \text{ AND } x2$) $\wedge \hat{=}$ UND

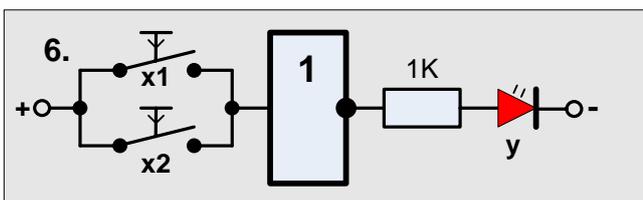


$y = x1 \text{ ODER } x2$
LED leuchtet dann, wenn entweder Schalter **x1 ODER x2** gedrückt ist
 $y = x1 \vee x2$ ($y = x1 \text{ OR } x2$) $\vee \hat{=}$ ODER



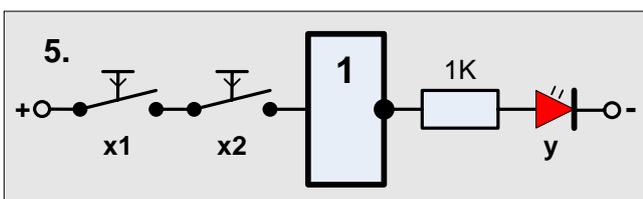
$y = \text{NICHT } x$ ($y = \text{NOT } x$)
LED leuchtet wenn Schalter x **nicht** gedrückt ist
 $y = \bar{x}$ y ist die Negation von x
+ entspr. 1
- entspr. 0

$\overline{\text{Wert}} \hat{=}$ Negation von Wert



$y = (x1 \text{ ODER } x2) \text{ negiert}$
LED leuchtet dann, wenn **kein** Schalter gedrückt ist;
Wenn weder x1 noch x2 gedrückt wird.
 $y = \text{NOT } (x1 \vee x2) \hat{=}$ $y = \overline{x1 \vee x2}$
 $y = \text{NOR } (x1, x2)$

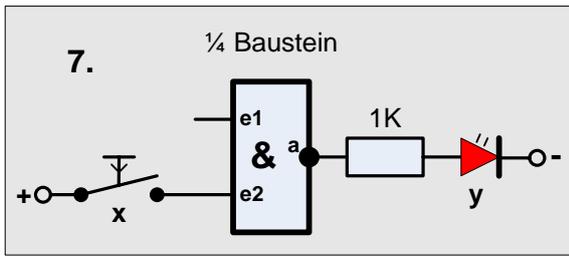
x1	x2	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



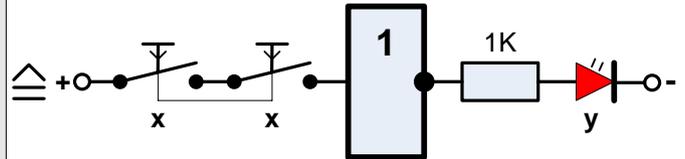
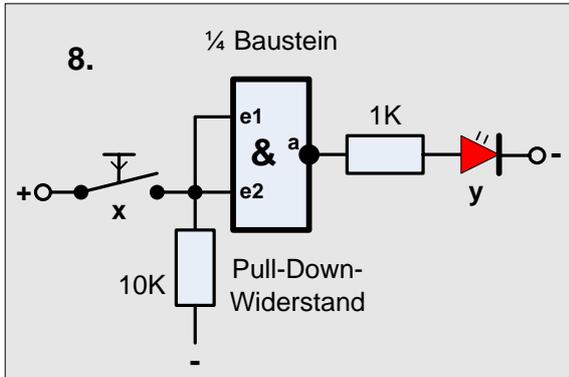
$y = (x1 \text{ UND } x2) \text{ negiert}$
LED leuchtet dann, wenn **kein** Schalter oder ein Schalter gedrückt ist;
LED leuchtet **nicht**, wenn beide Schalter gedrückt werden.
 $y = \text{NOT } (x1 \wedge x2) \hat{=}$ $y = \overline{x1 \wedge x2}$
 $y = \text{NAND } (x1, x2)$

x1	x2	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Verwendung des Bausteins 4011

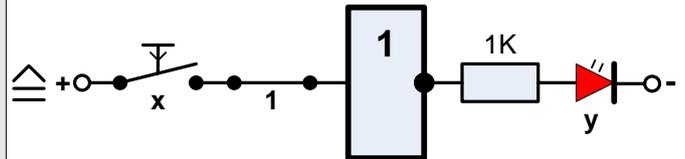
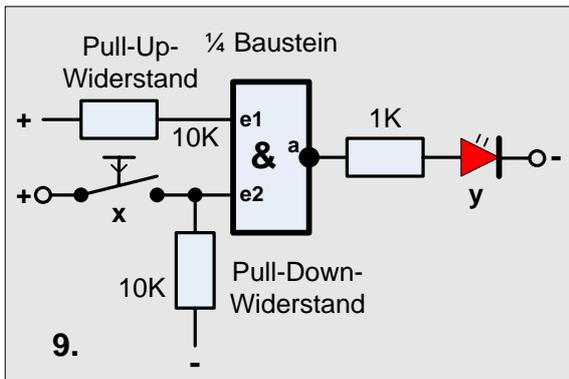


Die Schaltung funktioniert nicht, da alle Eingänge ein undefiniertes Signal erhalten. Auch wenn der Schalter gedrückt wird, bleibt der obere undefiniert.
Die Lösung zeigt die nächste Schaltung.



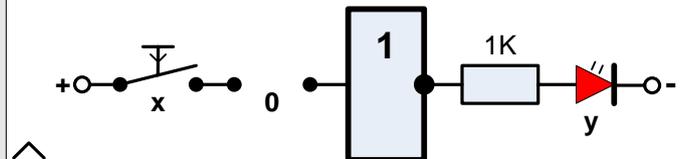
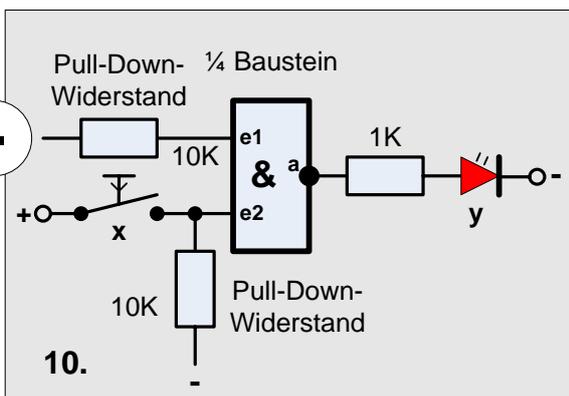
$$y = \text{NOT}(x \wedge x) \cong y = \text{NOT}(x) \cong y = \bar{x}$$

Ges.1: $x \wedge x = x$



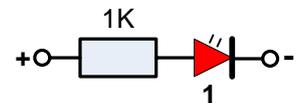
$$y = \text{NOT}(x \wedge 1) \cong y = \text{NOT}(x) \cong y = \bar{x}$$

Ges.2: $x \wedge 1 = x$

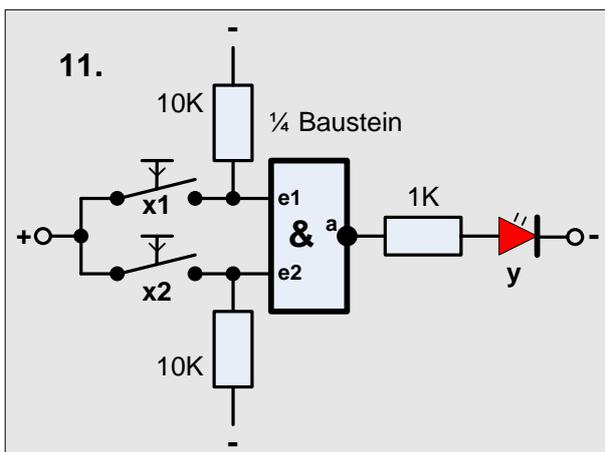


$$y = \text{NOT}(x \wedge 0) \cong y = \text{NOT}(0) \cong y = 1$$

LED leuchtet immer



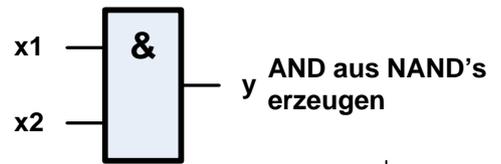
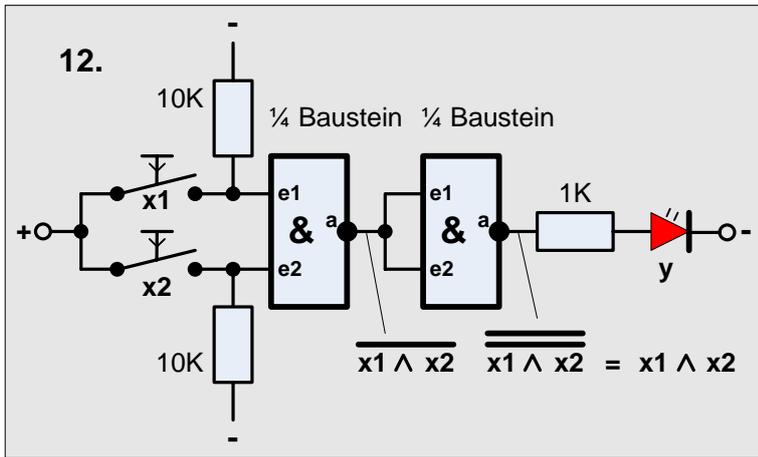
Ges.3: $x \wedge 0 = 0$



$$y = \text{NOT}(x1 \wedge x2) \cong y = \overline{x1 \wedge x2}$$

$$y = \text{NAND}(x1, x2)$$

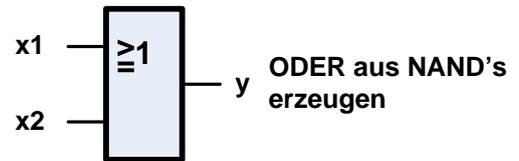
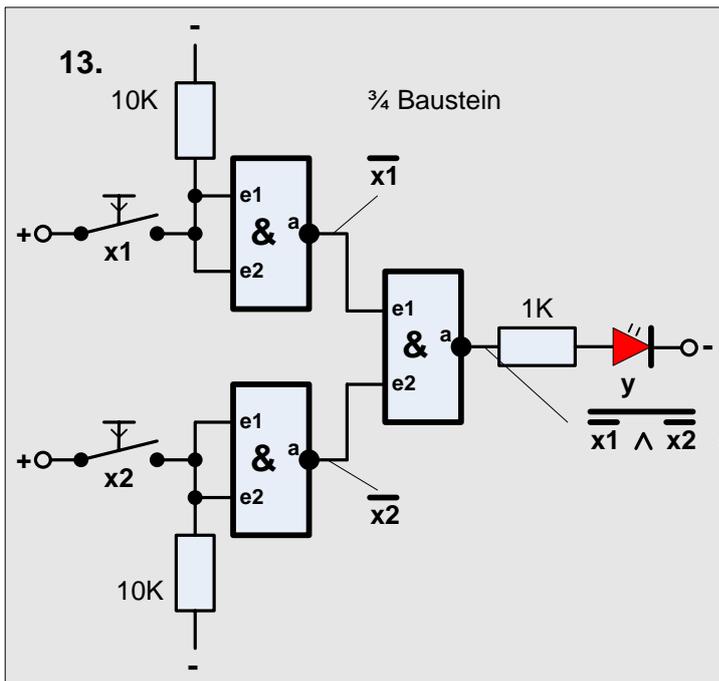
x1	x2	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



$y = \text{AND} (x1, x2)$

$x1$	$x2$	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Ges.4: $\overline{\overline{x}} = x$



$y = \text{OR} (x1, x2)$

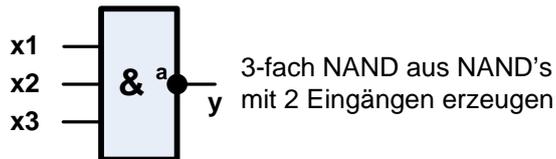
$x1$	$x2$	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$\overline{\overline{x1 \wedge x2}} = \overline{\overline{x1} \wedge \overline{x2}} = x1 \vee x2$

Ges.5: $\overline{\overline{x1 \wedge x2}} = \overline{\overline{x1} \wedge \overline{x2}}$

(Erweiterung der Schaltung zu NOR ist ebenfalls möglich)

15.



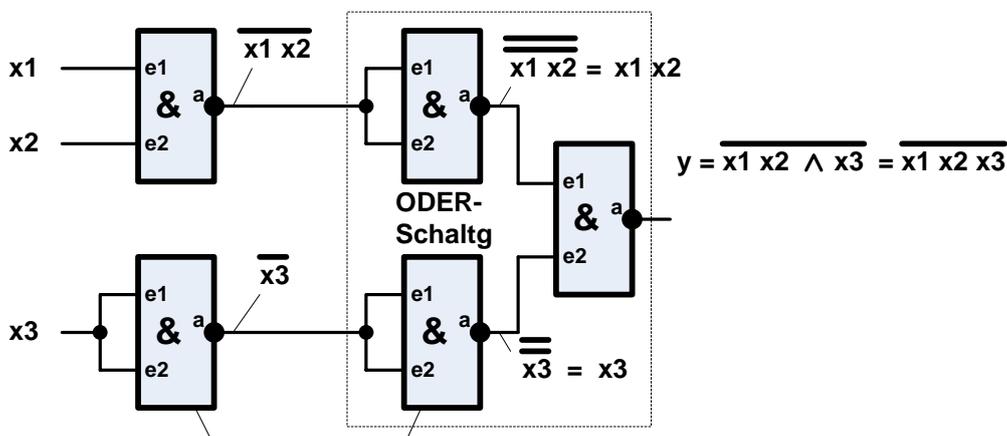
$y = \overline{x1 \wedge x2 \wedge x3}$

andere Schreibweise

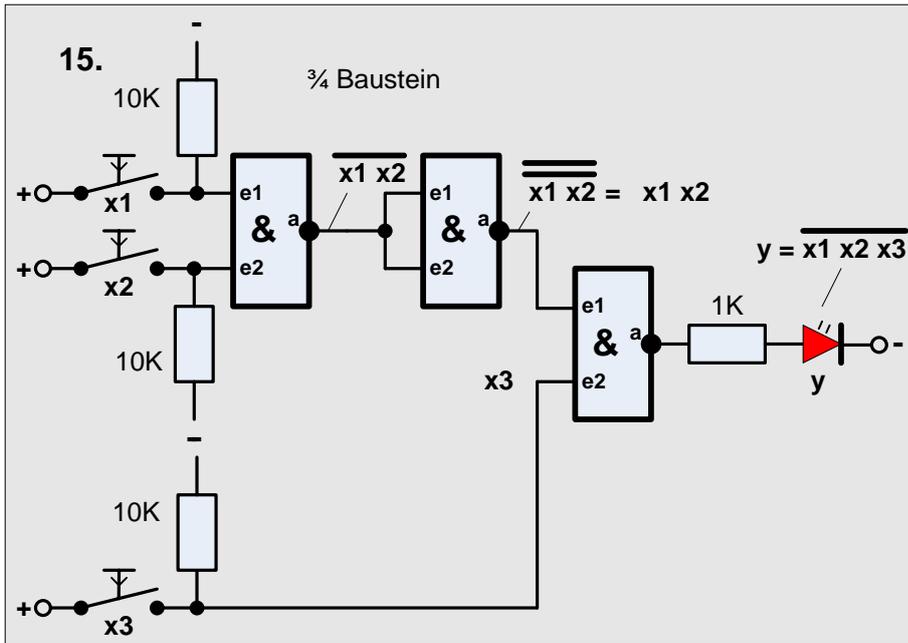
$y = \overline{x1 \wedge x2 \wedge x3}$

$y = \overline{x1 \wedge x2 \wedge x3} = \overline{x1 \wedge x2} \vee \overline{x3}$

\wedge wird in der Folge nun weggelassen

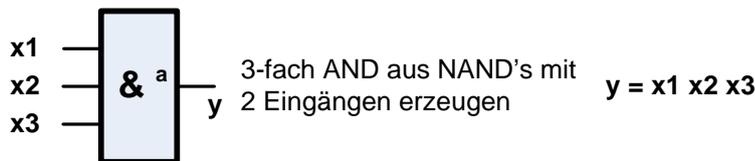


Die beiden Negationen heben sich auf (s. Ges.4) können entfallen

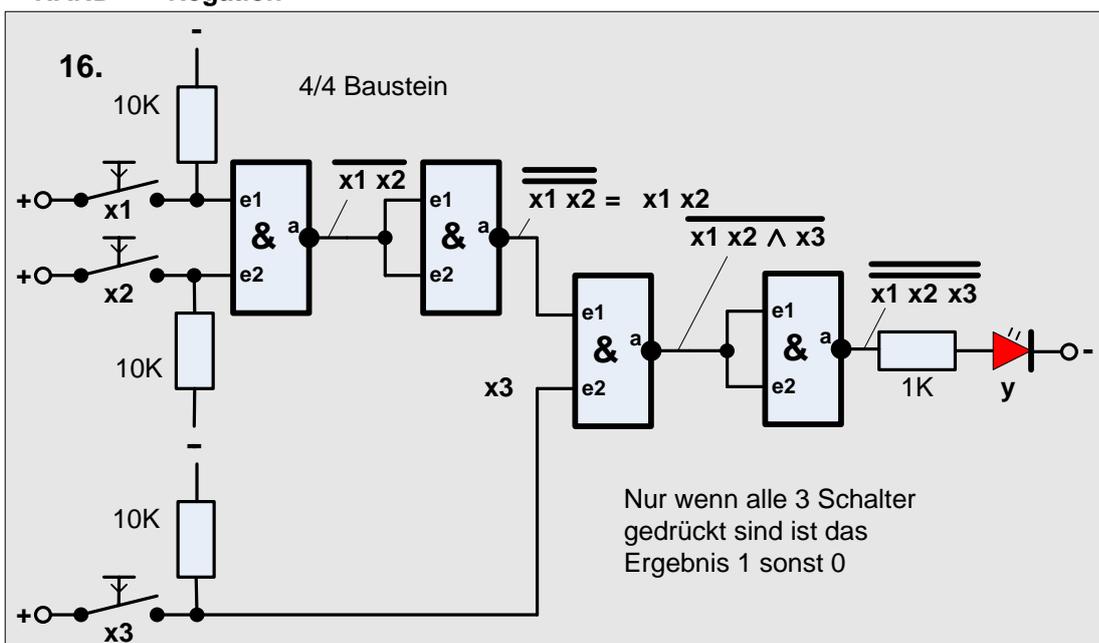
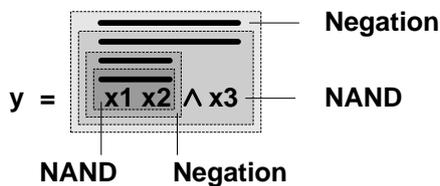


x1	x2	x3	y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

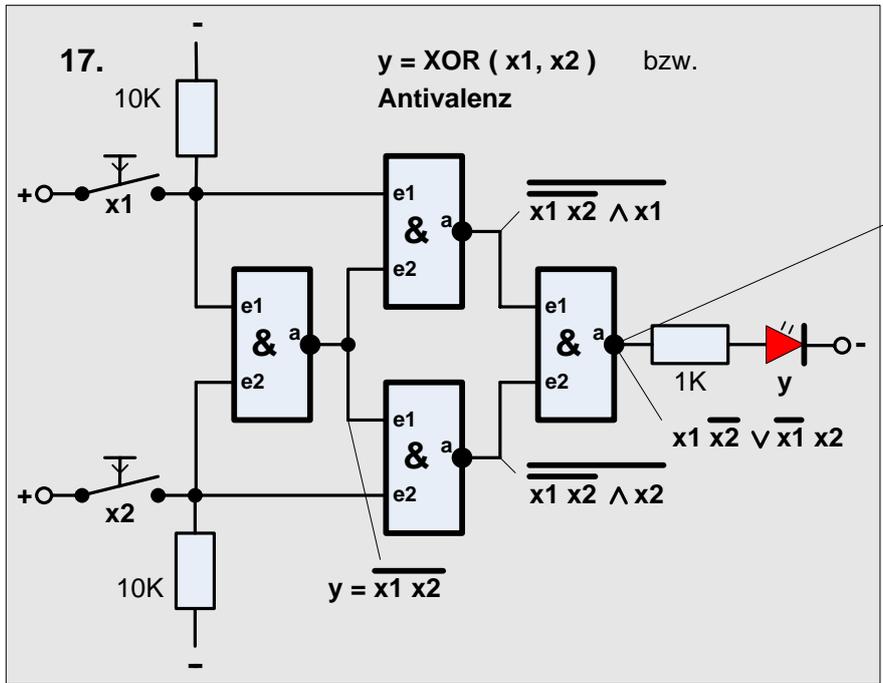
Nur wenn alle 3 Schalter gedrückt sind ist das Ergebnis 0 sonst 1



$$y = x1 x2 x3 = \overline{\overline{x1 x2 x3}} = \overline{\overline{x1 x2} \vee \overline{x3}} = \overline{\overline{x1 x2} \wedge \overline{x3}} = \overline{\overline{x1 x2} \wedge x3} = \overline{\overline{x1 x2} \wedge x3}$$



x1	x2	x3	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



$$y = \overline{\overline{x_1 x_2 x_1} \wedge \overline{x_1 x_2 x_2}} = \dots = x_1 \overline{x_2} \vee \overline{x_1} x_2$$

x1	x2	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

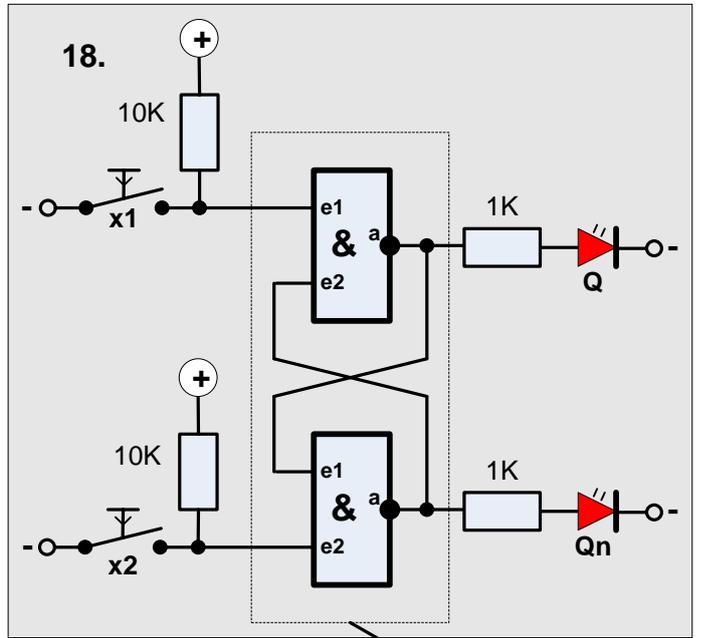
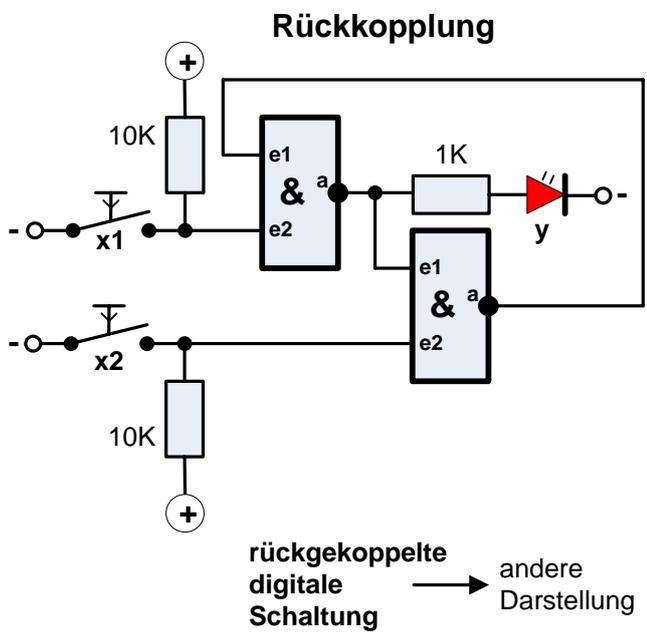
Die Schaltung ist ein Teil eines Addierwerkes eines Computers, denn es gilt:

Summand 1 + Summand 2 = Ergebnis

0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0 → Übertrag 1

Die Schaltung ist noch nicht komplett, da auch der Übertrag von der Vorstelle berücksichtigt werden muss!

Der Übertrag selbst kann mit einem UND erzeugt werden, denn nur wenn beide Eingänge 1 sind, ist auch $y = 1$

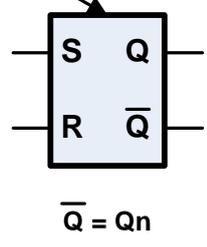


Schaltung hat zwei Eingänge (R und S) und zwei Ausgänge (Q und Qn). Beim Drücken von Schalter x1 erscheint am Ausgang Q eine 1, die auch bestehen bleibt, wenn man den Schalter wieder losläßt (analog bei R und Qn), die Schaltung speichert den eingestellten Wert.

Diese Anordnung kann also genau 1 Bit speichern.

Baut man $2 \times 8 \times 10^9$ (also: 16 000 000 000) solcher Schaltungen auf, hat man den ganz brauchbaren **RAM-Hauptspeicher** eines Computers von **2GByte** (statisches RAM – wird mit dynamischen RAM realisiert, stat. RAM im Cache)..

Die technische Bezeichnung ist: **R-S-Latch**

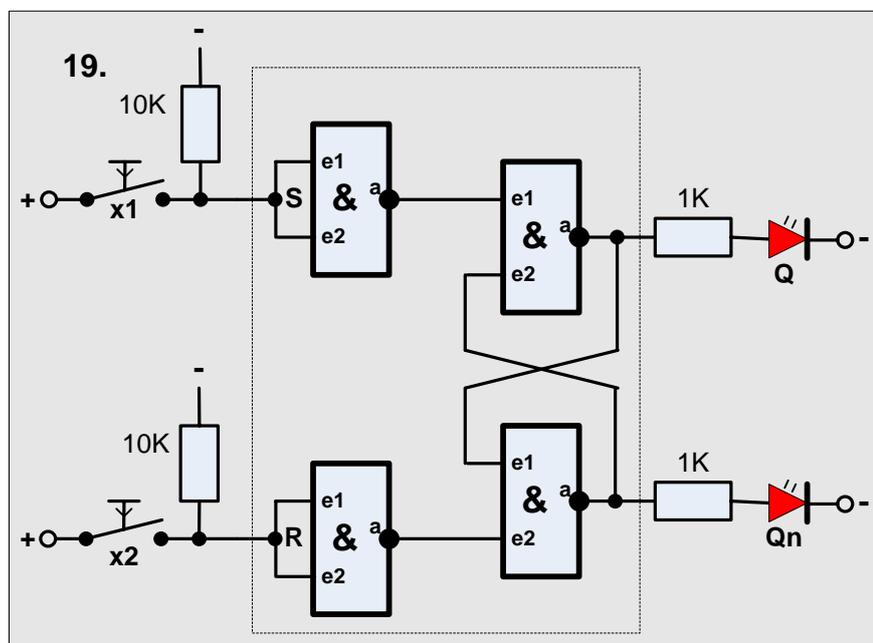


Die Schaltung, das **Latch**, kann folgende Zustände annehmen:

x1 S	x2 R	Q	Qn	
1	1	1	0	Das ist ein Zustand „ speichern “; die Schalter sind nicht betätigt
0	1	1	0	Formal hat sich nichts geändert, es ist jedoch der „ Set “-Zustand, der Ausgang Q wird auf 1 gesetzt, was er schon war.
1	0	0	1	Das ist der „ Reset “-Zustand, der Ausgang Q wird zurück auf 0 gesetzt, Qn zeigt jetzt den negierten Wert 1. Lässt man danach den Schalter x2 wieder los kommt man wieder in den Speicherzustand von den jetzt eingestellten Werten.
0	0	?	?	Drückt man beide Schalter, entsteht auch ein Ausgangssignal, das ist garantiert falsch, da „ unerlaubt “.

Steuerung mit 1 Pegel

Das oben beschriebene Latch wird mit 0 gesteuert. Das funktioniert zwar, entspricht aber nicht den Vorschriften, es soll mit 1 gesteuert werden. Das kann man mit den vorhandenen NAND-Gattern des Bausteins auch realisieren:



x1 S	x2 R	Q	Qn	
0	0	1	0	speich.
1	0	1	0	Set
0	1	0	1	Reset
1	1	?	?	unerlaubt

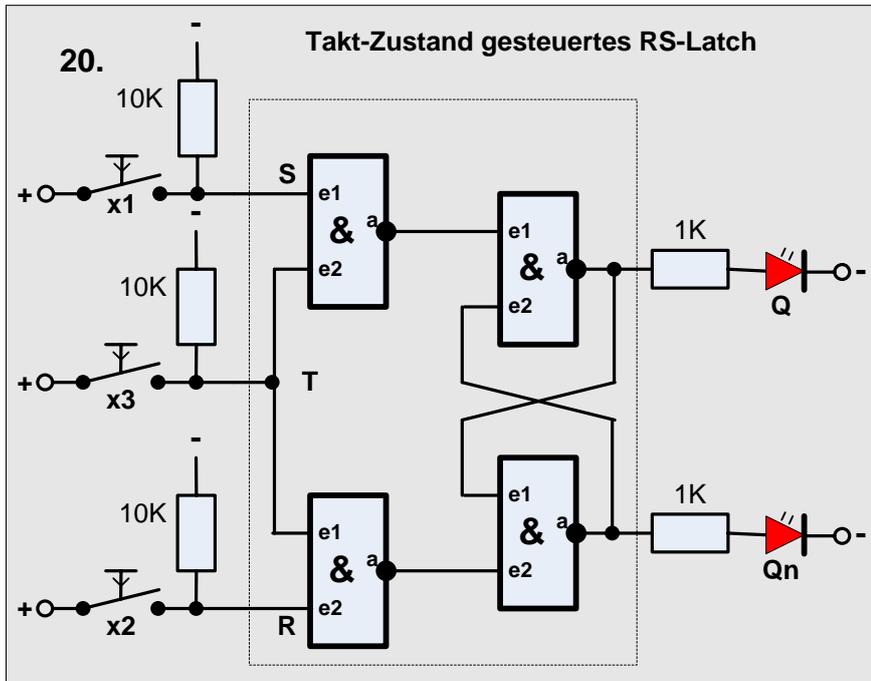
Die in der Tabelle gezeigten Zustände entsprechen nun exakt der Theorie.

Unerlaubt bedeutet, dass das möglich ist, aber falsche Ergebnisse bringt. Insbesondere wenn danach der Speicherzustand folgt, ist der Wert für Q und Qn undefiniert.

Anwendung:

z.B. Ein- Ausschalter;

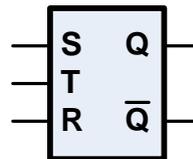
Steuerung von Lichtsignalen auf Modellbahnen;
steuert man gleichzeitig ein Relais mit Q an, kann auch eine Fahrstromabschaltung erfolgen



Wenn der Schalter x3 offen ist, liegt an den ersten beiden Gattern an einem Eingang immer eine 0 an, der Ausgangswert dieser Gatter wird also immer 1 sein, denn 0 und x ist 0 und darüber die Negation ist 1, die Schaltung bleibt immer im Speicherzustand!
Nur wenn x3 gedrückt wird, also T gleich 1 ist, kann der Zustand des Latch verändert werden.

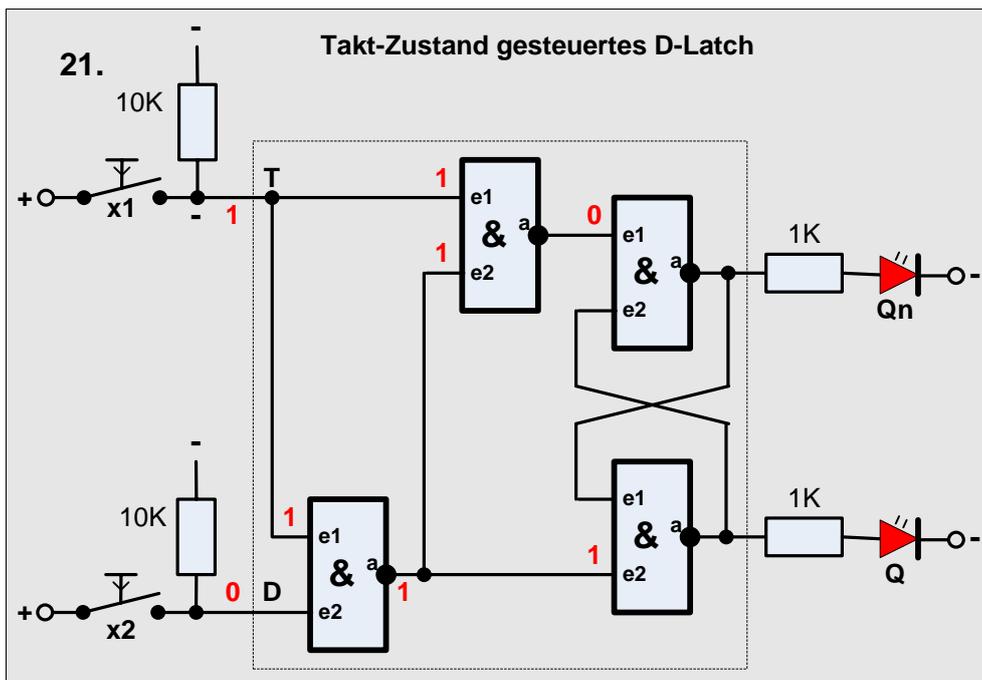
Diese Schaltung ist wichtig in der Rechentechnik, es wird beim Speichern erst das Einschwingen der Datenleitungen abgewartet, dann durch T = 1 die Übernahme in den Speicher vollzogen. Auch in anderen Schaltkreisen, wie beispielsweise Schieberegister oder Decoder wird ähnlich verfahren. Das Signal heißt zumeist dann „Strobe“.

x3	x1	x2	Q	Qn	
T	S	R			
1	0	0	1	0	speich.
1	1	0	1	0	Set
1	0	1	0	1	Reset
1	1	1	?	?	unerlaubt
0	0	0	1	0	speich.
0	1	0	1	0	speich.
0	0	1	1	0	speich.
0	1	1	1	0	speich.



Schaltungssymbol für ein Takt-Zustandsgesteuertes RS-Latch

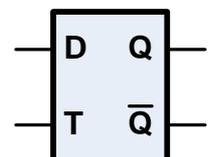
Anwendung:
Verriegelung von Schaltern



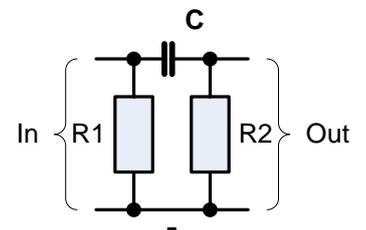
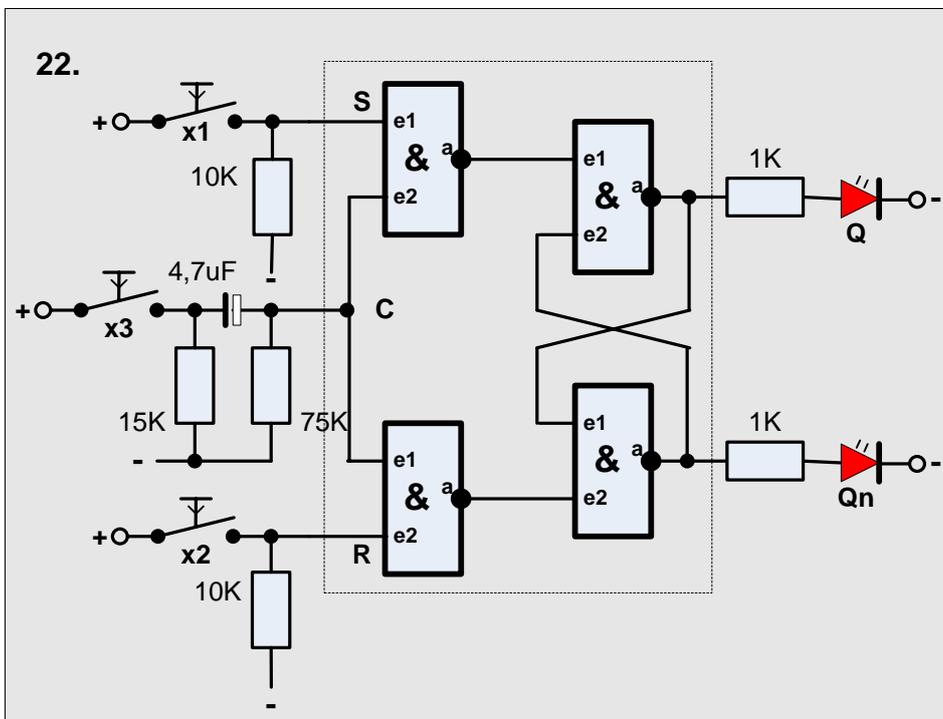
Vorteil der Anordnung ist, dass es keine unerlaubte Eingangsbelegung gibt. Immer wenn das Taktsignal anliegt, wird das RS-Latch entsprechend gesetzt. Ist das Taktsignal 0, wird die Einstellung gespeichert.

x1	x2	Q	Qn	
T	D			
0	0	1	0	speich.
0	1	1	0	speich.
1	0	1	0	Fall1
1	1	0	1	Fall2

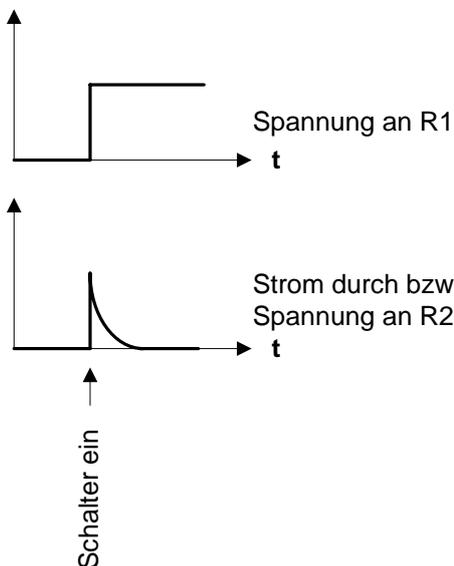
Schaltungssymbol für ein Takt-Zustandsgesteuertes D-Latch



Takt-Flanken gesteuerte Kippschaltung – Flip-Flop

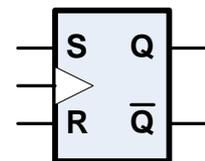


Die veränderte Schaltung am Takteingang wird als Hochpaß bezeichnet. Wird 1 angelegt, fällt die Spannung über R1 etwas ab. Der Kondensator wird über R2 aufgeladen, so dass das proportionale Signal zum Strom an R2 zur Verfügung steht. Da der Strom nur ganz kurz den maximalen Wert annimmt und danach rasch auf 0 zurückgeht, entsteht ein Nadelimpuls für den Takteingang.



Da für die Gatter nun nur noch einen kleinen Augenblick lang eine 1 bereitgestellt wird, wird nur für diese kleine Zeit der Zustand des Latch verändert. Man sagt, dass die Schaltung mit positiver Flanke gesteuert wird. Für diese Schaltung gibt es eine neue Bezeichnung: **Flip-Flop**. Der Zeitpunkt der Umschaltung kann nun ganz genau festgelegt werden. Zur Kontrolle kann man am Punkt C eine weitere LED anschließen, diese blitzt bei Betätigung von x3 minimal auf

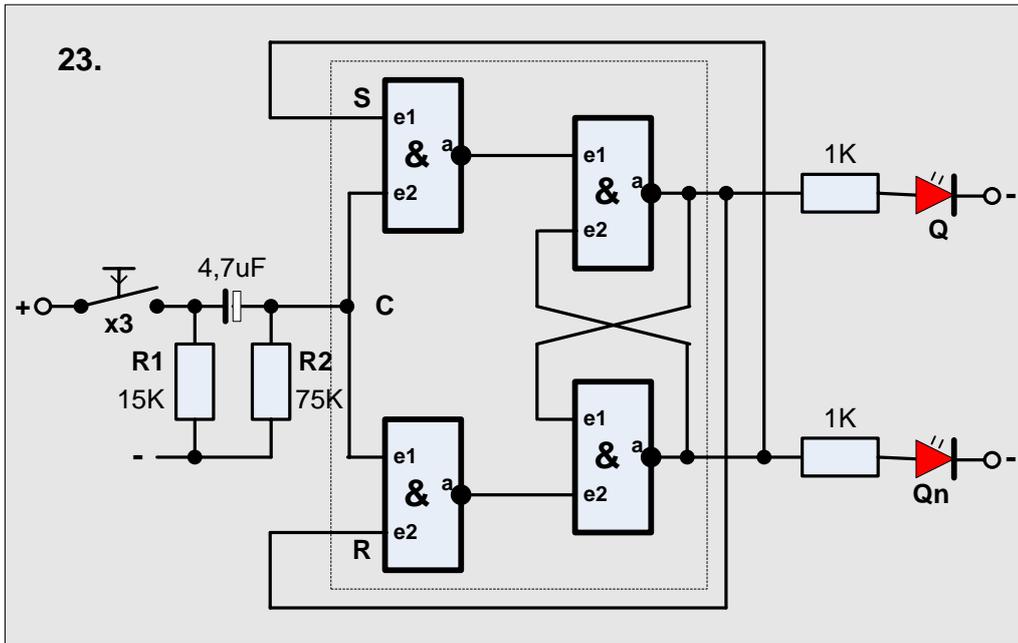
RS-Flip-Flop Flanken gesteuert



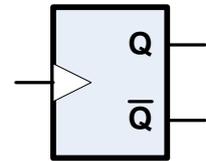
Mit ansteigender Flanke gesteuertes RS-Flip-Flop



Takt-Flanken gesteuerte Trigger Kippschaltung



T-Flip-Flop



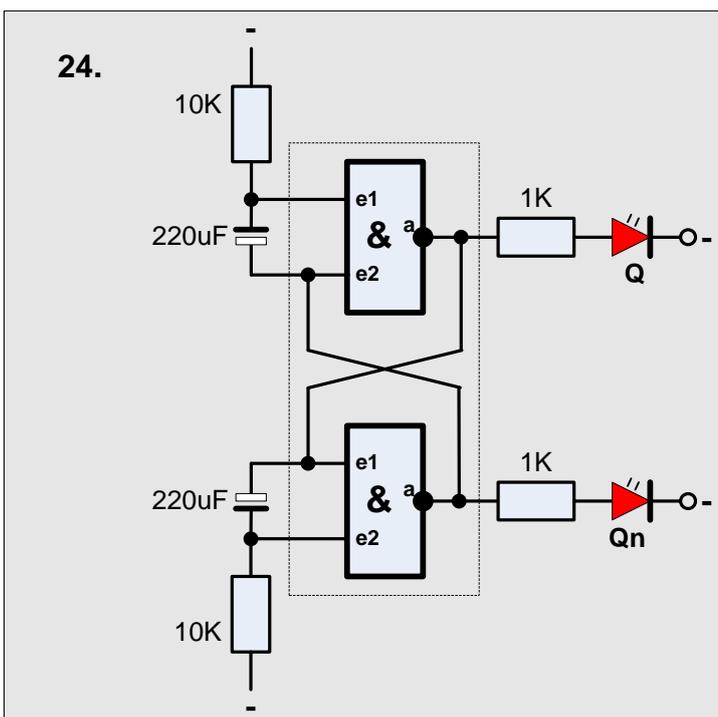
Da die Erzeugung des Nadelimpulses nur eine Ersatzlösung ist, funktioniert das Ganze zuweilen schlecht. Es gibt einen speziellen Schaltkreis mit 2 JK-Flip-Flops (4027), der braucht natürlich viel mehr Gatter und funktioniert sehr gut.

Hier soll nur mal gezeigt werden, dass alle Kippglieder nur durch Veränderte äußere Beschaltung des RS-Latches erzeugt werden können und das alles mit einem einzigen Schaltkreis.

Die Schaltung kippt bei Betätigung des Tasters (positive Flanke) zwischen $Q=1$ und $Q=0$ (entspr. $Q_n=0$ und $Q_n=1$) hin und her. Problem ist, welcher Zustand sich beim Einschalten der Betriebsspannung einstellt? Hier ist eine Reset-Möglichkeit notwendig.

Würde man anstelle des Impulses das schon bekannte längere Taktsignal zur Steuerung nutzen, würde die Schaltung pausenlos hin und herkippen. Das ist schlecht aber Basis für schwingende Schaltungen, wie Blinklicht oder Tonerzeugung, aber auch für JK-Flip-Flops.

Anwendung:
In Kombination mit Relais
als Lichtschalter

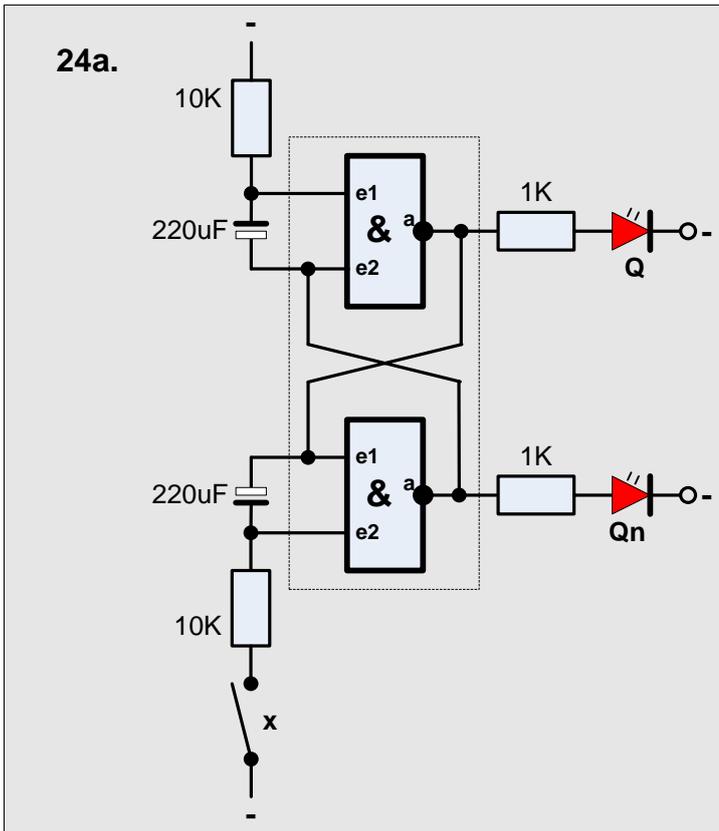


A-Stabiler Multivibrator

Blinkschaltung / Tongenerator

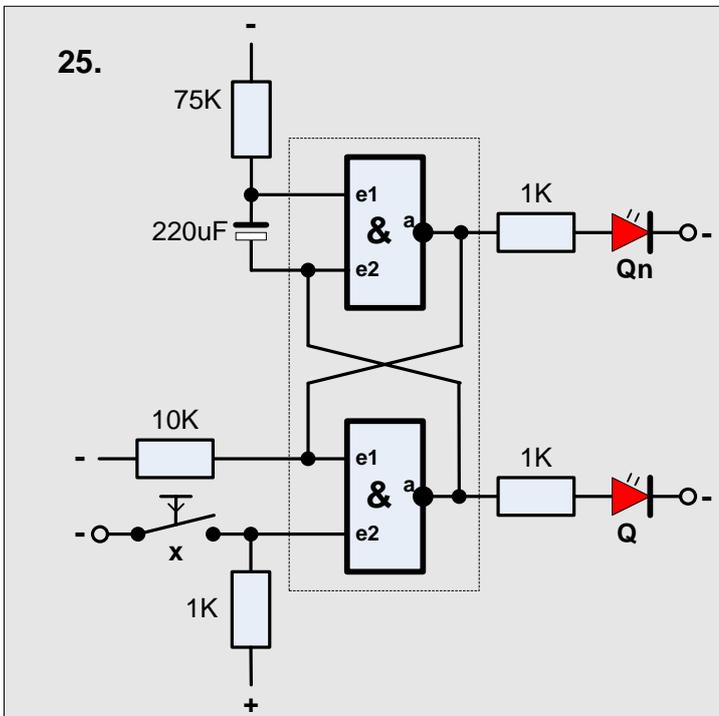
Die Schaltung unterscheidet sich vom RS-Latch nur wenig. Der zweite Eingang wird über einen Kondensator gesteuert, der seinerseits über einen Widerstand entladen wird.

Umgeschaltet wird nur dann, wenn mindest ein Eingang auf 0 liegen. Hat der Ausgang unten eine 1, so sind beide Seiten des Kondensators 1. Langsam wird der Kondensator entladen, kommt er zum 0-Pegel, erscheint am Ausgang oben eine 1 (0 und $1 = 0$ negiert 1), der andere Kondensator wird aufgeladen usw. Die Schaltung blinkt mit etwa 2Hz. Werden die Kondensatoren und die Widerstände verkleinert, schwingt die Schaltung mit höherer Frequenz. Ab einer bestimmten Frequenz kann man die Schwingungen hören – wir haben einen Tongenerator mit Rechtecksignal.



A-Stabiler Multivibrator - unterbrechbar

Unterbrechbar ist das Blinken, indem die Verbindung zu einem Widerstand zur Masse (nach 0) unterbrochen wird. Anstelle eines Schalters kann auch der Ausgang eines anderen Gatters geschaltet werden, somit ist das Blinken über eine vorgeschaltete Logik steuerbar.



Mono-Stabiler Multivibrator

Bei Betätigung des Schalters kippt die Schaltung in den anderen Zustand. Mit Entladung des Kondensators kippt die Schaltung nach einer gewissen Zeit, bestimmt durch den Kondensator und den Widerstand 75K wieder in den Ausgangszustand zurück und bleibt in diesem Zustand.

Nach etwa 6sec ist wieder der Ausgangszustand erreicht.

Grundzustand:

Ausg. oben 1, unten 0

Eing. unten 1 und 1 (1 und 1 = 1 negiert 0)

Schalter: unten 1 und 0 = 0 negiert 1

Eing. oben beide 1, Ausg. 0, der oberste

wird über den Widerstand langsam 0

(0 und 1 = 0 negiert 1) Schaltung kippt zurück.

Anwendungen: Nachlaufschaltung, Treppenlicht usw.