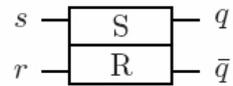


Flip Flops

Schaltsymbol



Definition

Ein Flipflop (engl. flip-flop), auch bistabile Kippstufe oder bistabiler Multivibrator genannt, ist eine elektronische Schaltung, die zwei stabile Zustände einnehmen und diese speichern kann.

Grundlegender Aufbau und Funktionsweise

Ein Flip-Flop besitzt im Allgemeinen zwei Eingänge, Set (s) und Reset (r), und zwei Ausgänge, q und q (quer).

Wird nun an den Set-Eingang eines Flip-Flops ein Impuls geschickt, so wird der Ausgang q gesetzt, d.h. q gibt ein andauerndes Signal aus. Dies passiert unabhängig davon, ob s nur ein kurzzeitiger Impuls oder ein dauerhaftes Signal ist. Wenn also s kein Signal mehr liefert, bleibt q trotzdem gesetzt. Wird nun an den Reset-Eingang des Flip-Flops ein Impuls bzw. Signal geschickt, so wird das Flip-Flop wieder resetet, also zurückgesetzt. D.h. q (quer) gibt daraufhin ein andauerndes Signal aus.

Somit lässt es sich realisieren, dass ein Wert über eine beliebig lange Zeitdauer gespeichert wird.

Wird jedoch sowohl an den Set-, als auch an den Reset-Eingang gleichzeitig ein Impuls bzw. Signal gesendet, so endet das Flip-Flop in einem nicht vorhersagbaren Endzustand. Deshalb ist dieser Zustand nicht zulässig.

Der Transistor als digitales Bauelement

Bei Digitalerschaltungen arbeitet man im Gegensatz zu Analogschaltungen mit nur zwei Betriebszuständen. Man interessiert sich nur noch dafür, ob eine Spannung größer ist als ein vorgegebener Wert U_H oder kleiner als ein vorgegebener Wert $U_L < U_H$.

Ist die Spannung größer als U_H , sagt man, sie befinde sich im Zustand H (high); ist sie kleiner als U_L , sagt man, sie befinde sich im Zustand L (low).

Diese Zustände werden durch unterschiedliche Spannungspegel dargestellt (siehe Tabelle). Für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche stehen verschiedene Schaltkreisfamilien, zur Verfügung, die weitgehend die gleiche Funktion aufweisen, jedoch unter verschiedenen Randbedingungen betrieben werden:

Die **TTL** (*Transistor-Transistor-Logic*)

- Familie arbeitet mit einer Betriebsspannung von 5 Volt. Ihre

Hauptanwendungsgebiete sind Computer, Interfaces, etc., wo es auf kurze Schaltzeiten ankommt.

Die **CMOS** (*Complementary Symmetry-Metal Oxide Semiconductor*) – Schaltkreise haben im

statischen Betrieb einen extrem niedrigen Stromverbrauch (bis 10 nW), der im dynamischen Betrieb proportional zur Umschalhäufigkeit steigt. Wegen des weiten Betriebsspannungsbereiches von +3 V bis +15 V und ihrer großen Integrationsdichte haben sie sich besonders im portablen Bereich durchgesetzt.

Zustand	Theoretischer Pegel	TTL – Pegel	CMOS – Pegel 5V	CMOS – Pegel 15V
H	5Volt	2,4 – 5 Volt	3,5 – 5 Volt	10,5 – 15 Volt
L	0 Volt	0 – 0,8 Volt	0 – 1,5 Volt	0 – 4,5 Volt

Kippschaltungen mit gesättigten Transistoren:

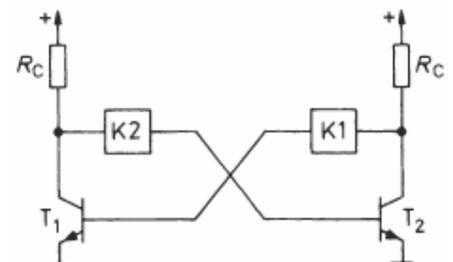
Kippschaltungen sind mitgekoppelte Digitalerschaltungen. Der Umkippvorgang kann auf verschiedene Weise ausgelöst werden:

Bei den *bistabilen Kippschaltungen* ändert sich der Ausgangszustand nur dann, wenn mit Hilfe eines Eingangssignals ein Umkippvorgang ausgelöst wird. Beim Flip-Flop genügt dazu ein kurzer Impuls, während beim Schmitt-Trigger ein beständiges Eingangssignal benötigt wird.

Eine *monostabile Kippschaltung* besitzt nur einen stabilen Zustand. Der zweite Zustand ist nur für eine bestimmte, durch die Dimensionierung festgelegte Zeit stabil. Nach Ablauf dieser Zeit kippt die Schaltung wieder von alleine in den stabilen Zustand zurück. Sie wird deshalb auch als Zeitschalter, Monoflop, Univibrator oder Oneshot bezeichnet.

Eine *astabile Kippschaltung* besitzt keinen stabilen Zustand, sondern kippt ohne äußere Anregung ständig hin und her. Sie wird deshalb auch als Multivibrator bezeichnet.

Die drei Kippschaltungen lassen sich mit der Prinzipschaltung (siehe Abbildung) realisieren. Der Unterschied liegt lediglich in der Ausführung der beiden Koppelglieder K gemäß der Übersicht in folgender Tabelle:



Kippschaltung	Name	Koppelglied 1	Koppelglied 2
Bistabil	Flip-Flop, Schmitt-Trigger	R	R
Monostabil	Univibrator	R	C
Astabil	Multivibrator	C	C

Bistabile Kippschaltung

Flip-Flop

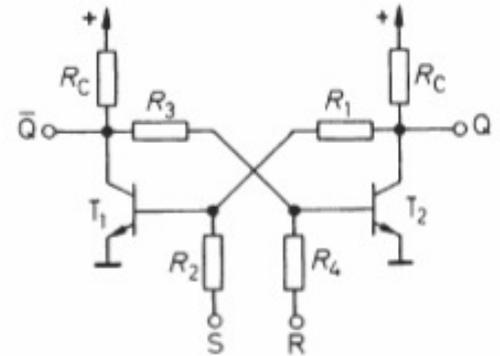
Zur Realisierung einer bistabilen Kippschaltung braucht man zwei gesättigte Transistoren, die über Widerstände gegeneinander rückgekoppelt sind.

Die Wirkungsweise ist folgende:

Eine positive Spannung am Set-Eingang S macht T1 leitend. Dadurch sinkt dessen Kollektorpotential ab. Dadurch wird der Basisstrom von T2 kleiner, und dessen Kollektorpotential steigt an. Dieser Anstieg bewirkt über den Widerstand R1 eine Basisstromzunahme von T1. Der stationäre Zustand ist dann erreicht, wenn das Kollektorpotential von T1 bis auf die Sättigungsspannung abgenommen hat. T2 sperrt dann,

und T1 wird über den Widerstand R1 leitend gehalten. Deshalb kann man am Ende des Umkippvorganges die Spannung am S-Eingang wieder Null machen, ohne daß sich noch etwas ändert. Man kann das Flip-Flop wieder zurückkippen, indem man einen positiven Spannungsimpuls an den Rücksetz-Eingang R anlegt. Wenn beide Eingangsspannungen Null sind, behält das Flip-Flop den zuletzt angenommenen Zustand bei. Auf dieser Eigenschaft beruht die Anwendung als Informations-Speicher.

Wenn man beide Eingangsspannungen gleichzeitig in den H-Zustand versetzt, werden beide Transistoren während dieser Zeit leitend. Die Basisströme werden in diesem Fall jedoch ausschließlich von den Steuerspannungsquellen und nicht vom Nachbartransistor geliefert, da beide Kollektorpotentiale niedrig sind. Deshalb ist dieser Zustand nicht stabil. Wenn man die beiden Steuerspannungen wieder Null macht, steigen folglich zunächst beide Kollektorpotentiale gleichphasig an. Aufgrund einer nie ganz vollkommenen Symmetrie wird jedoch ein Kollektorpotential etwas schneller ansteigen als das andere. Durch die Mitkopplung wird dieser Unterschied verstärkt, so dass am Ende wieder ein stabiler Zustand erreicht wird, in dem ein Transistor sperrt und der andere leitet. Man kann jedoch nicht definitiv vorhersagen, in welchen der beiden stabilen Zustände das Flip-Flop übergehen wird. Deshalb ist der Eingangszustand $R = S = H$ logisch unzulässig. Wenn man ihn vermeidet, sind die Ausgangszustände immer komplementär. Damit ergibt sich die in der Abbildung dargestellte Pegeltabelle als zusammenfassende Funktionsbeschreibung.



R	S	Q	\bar{Q}
H	H	(L)	(L)
H	L	L	H
L	H	H	L
L	L	wie	vorher

Kippschaltungen mit Gattern

Kippschaltungen lassen sich nicht nur mit Transistoren, sondern auch mit integrierten logischen Schaltungen („Gattern“) realisieren.

Im Folgenden werden HI-Spannungen als 1 und LO Spannungen als 0 interpretiert.

Elementare Schaltglieder:

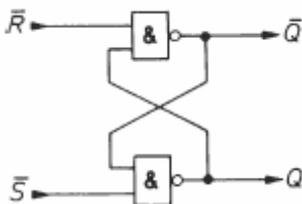
Alle notwendigen Operationen in digitalen Schaltnetzen lassen sich auf drei logische Grundverknüpfungen zurückführen. Es handelt sich dabei um die Grundoperationen AND, OR und NOT. Bei der NOT Operator handelt es sich um einen Inverter, der, wenn er eine 1 bekommt, daraus eine 0 macht und umgekehrt.

AND und OR sind in der unten stehenden Tabelle zusammen mit ihren sog. Wahrheitstabellen abgebildet:

AND			NAND			OR			NOR			XOR		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0

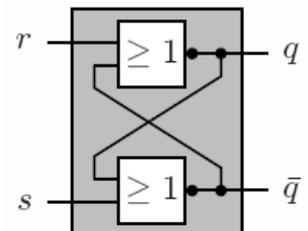
R-S-Flip-Flops:

Ein einfaches R-S-Flip-Flop lässt sich mit Hilfe zweier rückgekoppelter NOR-Gatter realisieren. ==> Alternativ kann man einen R-S-Flip-Flop noch mit Hilfe zweier rückgekoppelten NAND-Gatter realisieren.



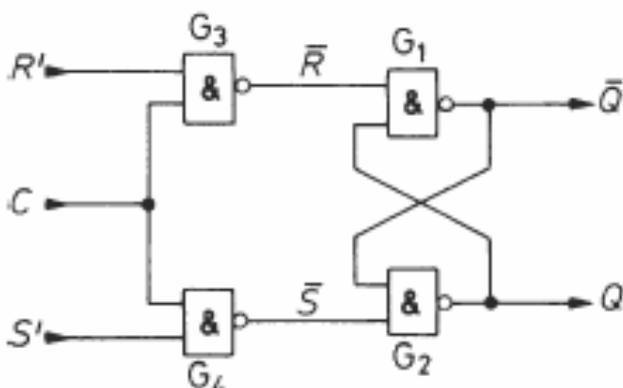
Dabei ergibt sich beim NOR-Flip-Flop die folgende Wahrheitstabelle:

S	R	Q	\bar{Q}
0	0	Q_{-1}	\bar{Q}_{-1}
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	(0)	(0)



\bar{S}	\bar{R}	Q	\bar{Q}
0	0	(1)	(1)
0	1	1	0
1	0	0	1

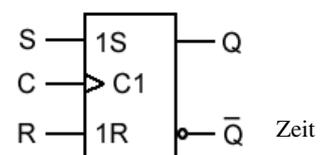
Wobei Q_{-1} und \bar{Q}_{-1} für den Wert stehen, mit dem der jeweilige Ausgang vorher belegt war. Beim NAND-Gatter ergibt sich eine ähnliche Wahrheitstabelle, wobei der Zustand $R=S=0$ zum verbotenen Zustand wird.



Getaktete R-S-Flip-Flops

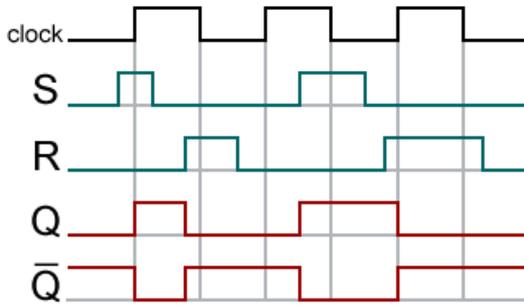
Häufig benötigt man ein RS-Flip-Flop, das nur zu einer bestimmten auf den Eingangszustand reagiert.

Diese Zeit soll durch eine zusätzliche Taktvariable C bestimmt werden.



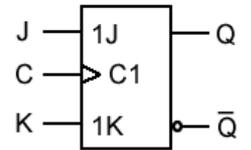
Für $C = 0$ ist $R = S = 1$. In diesem Fall speichert das Flip-Flop den alten Zustand.
 Für $C = 1$ wird: $R = R'$ und $S = S'$
 Das Flip-Flop verhält sich dann wie ein normales RS-Flip-Flop.

Das Verhalten eines taktgesteuerten R-S-Flip-Flops soll nochmals anhand eines Impulsdigramms veranschaulicht werden:

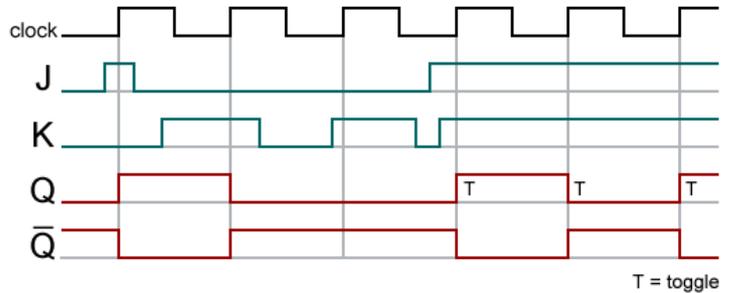


J-K-Flipflop

Eine weitere Klasse von Flipflops sind die *JK-Flipflops*.



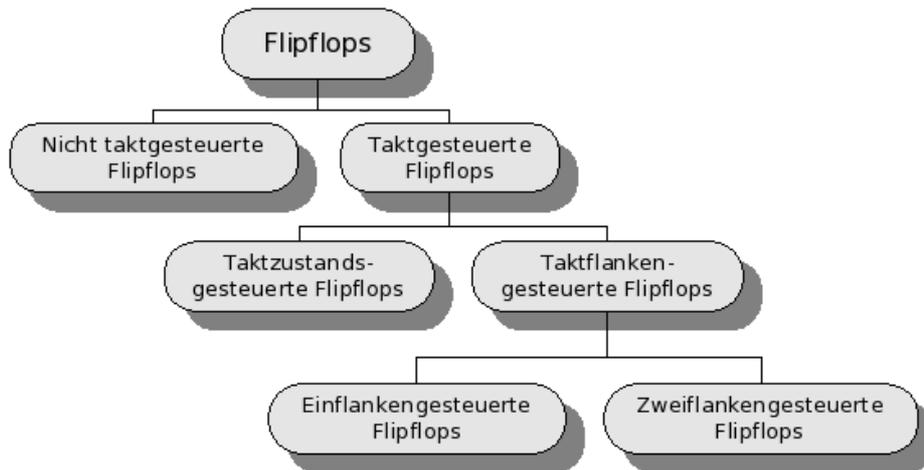
flankengesteuertes Bauelement ausgeführt. Der Eingang C kann für steigende Flanken (Wechsel von 0 auf 1) oder für fallende Flanken (Wechsel von 1 auf 0) ausgelegt werden. Der Zustand $J = K = 1$ ist erlaubt. Sollte diese Situation eintreten, wechselt der Ausgangspegel mit jeder wirksamen Flanke des Taktsignals, was dem Verhalten eines Toggle-Flipflops entspricht (Deshalb einsetzbar als Frequenzteiler und Zähler). Für $J = K = 0$ bleibt der Zustand erhalten.



T = toggle

Klassifizierung von Flip-Flops:

Allgemein werden Flip-Flops nach bestimmten Eigenschaften klassifiziert.



Flipflops lassen sich in zustandsgesteuerte (auch "pegelgesteuert") und flankengesteuerte Flipflops einteilen. Zustandsgesteuerte Flipflops reagieren ständig (bzw. während der gesamten aktiven Taktphase bei taktzustandsgesteuerten Flipflops) auf die Spannungen, die angelegt werden. Sie arbeiten asynchron. Zustandsgesteuerte Flipflops werden auch Latches genannt.

Flankengesteuerte Flipflops können den Zustand nur bei der Taktflanke ändern. Dazwischen bleibt der Zustand gespeichert. Man unterscheidet vorderflankengesteuerte (Wechsel bei steigender Taktflanke) und rückflankengesteuerte (Wechsel bei fallender Taktflanke) Flipflops. Zweiflankengesteuerte Flipflops werden auch "Master-Slave-Flipflops" genannt. Sie bestehen aus zwei hintereinander geschalteten Flipflops. Die erste Flanke setzt nur den Master, die zweite den Slave. Dieser ist mit dem Ausgang verbunden, sodass der Ausgang erst bei der zweiten Flanke reagiert. Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Ausführungen.

Strenggenommen werden als „Flipflop“ nur flankengesteuerte Bausteine bezeichnet. Pegelgesteuerte Bausteine werden als „Latch“ bezeichnet.