5.2 Logische Schaltungen und bistabile Kippstufen (FF)

Sachworte: Logische Schaltungen, Äquivalenz-Gatter, EXOR-Gatter, ODER-Gatter, UND-Gatter, Schaltfunktion, Flip-Flop, T-FF, D-FF, JK-FF, Frequenzteiler

1. Aufgabe

An den beiden Eingängen des Antivalenzgatters (EXLUSIV ODER ;EXOR) von Bild 1 liegen Signale x_1 und x_2 mit einem zeitlichen Verlauf nach Bild 2.

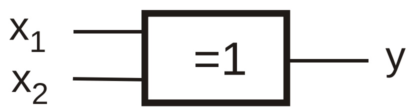

Bild 1

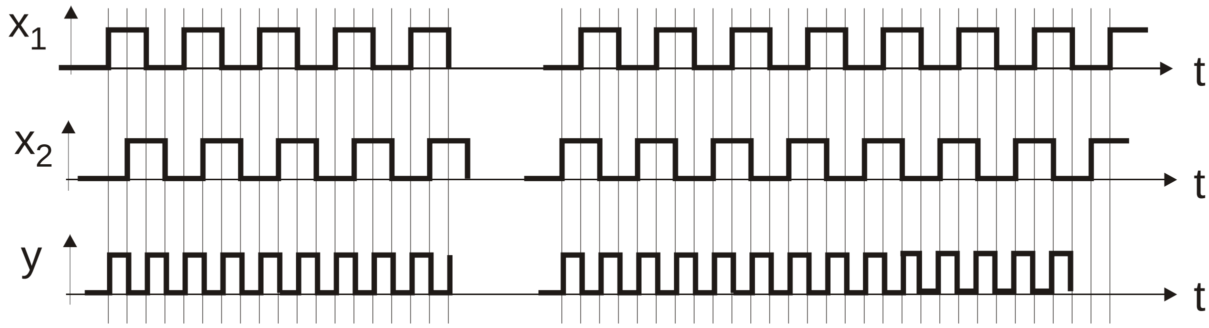

Bild 2

a) Tragen Sie in Bild 2 das sich ergebende logische Ausgangsignal y ein.

Die Lösung für den Verlauf des y-Signals ist in Bild 2 eingetragen.

b) Nennen Sie einen typischen Anwendungsfall aus der digitalen Längenmesstechnik, bei dem Signale nach Bild 2 zustande kommen.

Bei einem digitalen inkrementalen Längenmessgeber mit 2 Spuren werden die beiden Spursignale x_1 und x_2 über ein Antivalenz-Gatter verknüpft. Die Frequenz des Ausgangssignals y ist dann doppelt so hoch wie die eines Spursignals, wodurch sich auf elektronischem Weg eine doppelte Wegauflösung erreichen lässt (siehe Aufgabe 6.7).

2. Aufgabe

Gegeben sind die digitalen Schaltungen von Bild 3 und Bild 4.

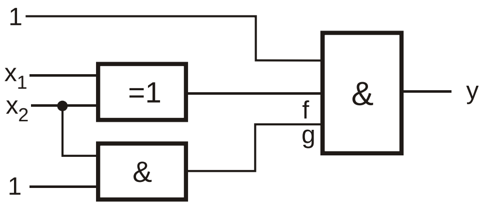

Bild 3

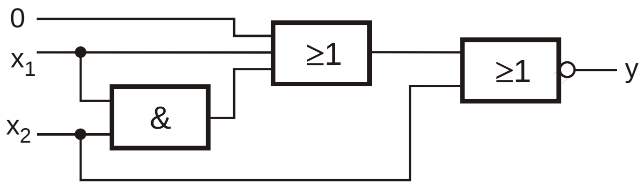

Bild 4

c) Erstellen Sie für beide Schaltungen jeweils die vollständige Wertetabelle.

Die gegebenen Schaltungen besitzen n=2 Eingangssignale x_1 und x_2, sodass $m=2^n=2^2=4$ unterschiedliche Kombinationen der Eingangsbelegungen der Schaltung möglich sind, die m=4 Zeilen in der Wertetabelle ergeben. Für jede dieser Eingangskombinationen werden beginnend von den Schaltungseingängen die logischen Pegel „0“ oder „1“ der nachfolgenden Gatter ermittelt und daraus der logische Pegel des Ausgangssignals y bestimmt.

Schaltung Bild 3			Schaltung Bild 4		
x_1	x_2	y	x1	x2	y
0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0

Tabelle 1: Wertetabellen

d) Wie lautet für beide Schaltungen jeweils die Schaltfunktion y = f(x_1,x_2)?

Die Schaltfunktion $f(x_1, x_2, ..., x_n)$ stellt die logische Verknüpfung des Ausgangssignals y einer logischen Schaltung mit deren Eingangssignalen $x_1, x_2, ..., x_n$ dar.

Verwendetet werden folgende Symbole:

UND-Verknüpfung: "$\cdot$" (in der Literatur auch "$\wedge$")

ODER-Verknüpfung: "+" (in der Literatur auch "$\wedge$")

EXOR-Verknüpfung: "$\oplus$"

Liegt wie in unserem Fall die Wertetabelle einer bereits Schaltung vor, lässt sich die Schaltfunktion recht einfach ermitteln:

Man betrachtet alle m=4 Zeilen der Wertetabelle, die in der y-Spalte eine logische „1“ tragen. In einer jeder dieser 4 Zeilen werden alle n=2 Eingangsvariablen x_1 und x_2 UND verknüpft (konjunktive Verknüpfung). Anschließend werden diese 4 UND-Terme miteinander ODER verknüpft (disjunktive Verknüpfung) und ggf. noch mit den Rechenregeln der Bool´schen Algebra minimiert.

Die Wertetabellen der Schaltungen nach Bild 3 und 4 (Tab. 1) haben jeweils nur 1 Zeile mit einer log. 1 in der y-Spalte, sodass sich die Schaltfunktion sehr einfach wird und sich ohne weitere Minimierungsschritte direkt angeben lässt:

Schaltung Bild 3: $y = \overline{x_1} \cdot x_2$ (1)

Schaltung Bild 4: $y = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$ *oder mit De Morgan* $y = \overline{x_1 + x_2}$ (2)

e) Lösen Sie für die Schaltung nach Bild 3 die Aufgabenstellung nach c) und d) in umgekehrter Reihenfolge. Bestimmen Sie also zuerst die Schaltfunktion $y = f(x_1, x_2)$ und dann die Wertetabelle.

Ausgehend vom Ausgang y wird nun nach links in Richtung der Eingänge x_1 und x_2 schrittweise der gesuchte logische Zusammenhang zwischen dem Ausgang und den Eingängen ermittelt. So wird am 3-fach UND-Gatter zuerst der Zusammenhang y=g(1,a,b) und mit $g=h(x_1, x_2)$ das nächste links liegende Gatter mit einbezogen. Für die Zwischenvariable b wird entsprechend verfahren.

$$y = 1 \cdot f \cdot g = 1 \cdot \left(x_1 \oplus x_2\right) \cdot \left(x_2 \cdot 1\right)$$

$$\text{mit } x \cdot 1 = x \quad \text{und} \quad x_1 \oplus x_2 = \left(x_1 \cdot \overline{x_2}\right) + \left(\overline{x_1} \cdot x_2\right) \Rightarrow$$

$$y = \left[\left(x_1 \cdot \overline{x_2}\right) + \left(\overline{x_1} \cdot x_2\right)\right] \cdot x_2$$

$$= \left(x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot x_2\right) + \left(\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_2\right) \tag{3}$$

$$\text{mit } x_1 \cdot \overline{x_2} = 0 \Rightarrow$$

$$y = \overline{x_1} \cdot x_2$$

Die Wertetabelle (Tabelle 1) lässt sich nun aus der Schaltfunktion $y = \overline{x_1} \cdot x_2$ *sehr einfach gewinnen durch Ansetzen der 4 möglichen Eingangskombinationen.*

3. Aufgabe

f) Erklären Sie die Funktionsweise eines taktflankengesteuerten D-FlipFlops. Geben Sie ein Anwendungsbeispiel an.

Ein D-FlipFlop übernimmt bei jeder aktiven Taktflanke den logischen Zustand des D-Einganges. Die Belegung des D-Einganges bleibt bis zur nächsten aktiven Taktflanke erhalten, d.h. sie wird bis dahin gespeichert. Damit wirkt das D-FF als Datenspeicher oder Datenpuffer.

g) Erklären Sie die Funktionsweise eines taktflankengesteuerten T-FlipFlops. Geben Sie ein Anwendungsbeispiel an.

Beim T-FlipFlop ändert sich bei jeder aktiven Taktflanke der Zustand des Ausgangssignals Q. Damit ist die Frequenz des Ausganges halb so groß wie die des Taktes. Das T-FF wirkt als Frequenzteiler. Realisiert wird ein T-FF durch ein JK-FF (Belegung K = 1 und J = 1)

h) Erklären Sie die Funktionsweise eines taktflankengesteuerten JK-FlipFlops.

Das JK-FlipFlop stellt als Universal-FlipFlop je nach Eingangsbelegung sehr unterschiedliche Funktionen bereit:

- *RS-FF mit J-Eingang als Setz-Eingang und K-Eingang als Reset-Eingang.*
- *T-FF mit den Eingangsbelegungen J = K = 1 zur Frequenzhalbierung.*

i) Ergänzen Sie in Bild 5 das J- und das K-Signal so, dass in diesem Bereich die Frequenz des Q-Ausgangssignals halb so groß ist wie die Frequenz des Taktsignals (Frequenzteilung). Tragen Sie den gesamten Q-Verlauf ein.

Beachten Sie, dass Änderungen des Ausgangssignals Q nur zu den Zeitpunkten einer aktiven Taktflanke möglich sind, hier also nur bei positiven Flanken. Wie bereits oben behandelt müssen die Eingänge J und K für eine Frequenzhalbierung mit einer logischen „1“ belegt sein.

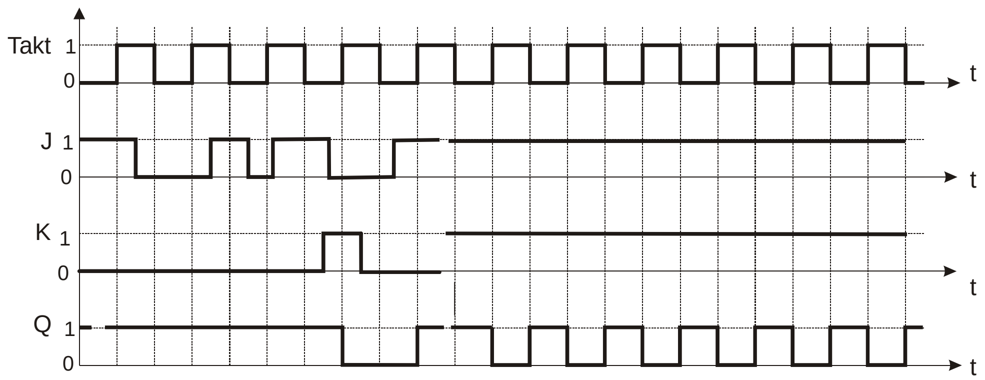

Bild 5