

## Zu DT-Übung 10.3

(Lösungsvorschlag)

Bei derartigen Schaltungen ist es oftmals einfacher, zunächst die ausführliche Schaltfolgetabelle aufzuschreiben und daraus das Impulsdiagramm zu skizzieren.

Da es sich bei den 3 JK-MS-FFs um taktzustandsgesteuerte Ausführungen handelt, gilt die Regel:

Der während des positiven Taktes zuletzt an J und K anliegende Zustand bestimmt an der abfallenden Flanke den Ausgangszustand Q. Das gilt unabhängig davon, ob der Takteingang durch den zentralen Takt T gesteuert wird, wie bei FF1 und FF3, oder durch den Ausgang eines anderen FFs, wie bei FF2.

Für das Aufstellen der Schaltfolgetabelle kann man das in den „Stichworten zur Digitaltechnik“ beschriebene, systematische Verfahren verwenden:

| T=C <sub>1</sub> =C <sub>3</sub> | J <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> = $\overline{Q_3}$ | Q <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> =Q <sub>1</sub> | J <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> | Q <sub>2</sub> =A | J <sub>3</sub> =Q <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | Q <sub>3</sub> | $\overline{Q_3}$ |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| 0                                | 1              | 1                                 | 0              | 0                              | 1              | 1              | 0                 | 0                              | 1              | 0              | 1                |
| 1                                | 1              | 1                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 0                 | 0                              | 1              | 0              | 1                |
| 2                                | 1              | 1                                 | 0              | 0                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 0              | 1                |
| 3                                | 1              | 0                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 1              | 0                |
| 4                                | 1              | 1                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 0              | 1                |
| 5                                | 1              | 0                                 | 0              | 0                              | 1              | 1              | 0                 | 0                              | 1              | 1              | 0                |
| 6                                | 1              | 1                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 0                 | 0                              | 1              | 0              | 1                |
| 7                                | 1              | 1                                 | 0              | 0                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 0              | 1                |
| 8                                | 1              | 0                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 1              | 0                |
| 9                                | 1              | 1                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 0              | 1                |
| 10                               | 1              | 0                                 | 0              | 0                              | 1              | 1              | 0                 | 0                              | 1              | 1              | 0                |
| 11                               | 1              | 1                                 | 1              | 1                              | 1              | 1              | 0                 | 0                              | 1              | 0              | 1                |
| 12                               | 1              | 1                                 | 0              | 0                              | 1              | 1              | 1                 | 1                              | 1              | 0              | 1                |

$Q_2$  wechselt nur, wenn  $C_2 = Q_1$  einen 1/0-Übergang zeigt. Dies trifft für den zentralen Takt  $C = C_1 = C_3$  auch zu, aber hier findet der Übergang bereits innerhalb der Taktperioden 0, 1, 2, 3, ... statt.

Hier wiederholen sich die Zustandswerte. d. h., die Zeilen sind gleich

Dabei berücksichtigt man, dass

- bei Taktimpuls 0 (erste Zeile) die 3 Ausgangszustände  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  durch direkt wirkendes Reset (z. B. durch Power On -Reset beim Einschalten) unabhängig von der Vorbereitung durch die Eingangsvariablen auf „0“ gesetzt wurden,

- $K_1$  sich erst bestimmen lässt, nachdem der Zustand von  $\overline{Q_3}$  bekannt ist, also erst nach der negativen Taktimpulsflanke an FF3, daher hat  $K_1$  keinen Einfluss mehr auf den Ausgang  $Q_1$  im Takt 0 usw.,
- der Ausgangszustand  $Q_1(T=1)$  bei Taktimpuls 1 (zweite Zeile) eine Funktion

$$Q_1(T=1) = f[J_1, K_1, Q_1(T=0)]$$

darstellt, da bei Einsetzen des Taktimpulses  $T=1$  die Werte der beiden Eingangsvariablen  $J_1$  und  $K_1$  sowie des Ausgangszustands  $Q_1(T=0)$  vom Ende des Taktimpulses  $T=0$  anstehen, usw., siehe rote Pfeile,

- der Ausgang  $Q_2$  sich nur ändern kann, wenn der durch  $Q_1$  gegebene Takt eine negative 1/0-Flanke durchläuft.

Um die **Periodendauer** der Ausgangssignale zu ermitteln, sieht man nach, bei welchem Taktimpuls sich die Werte in der Zustandsfolgetabelle wiederholen. Die Zustände des Taktimpulses 0 wiederholen sich nicht. Hier liegt ein einmaliger Übergangsvorgang von Taktimpuls 0 zu Taktimpuls 1 vor. Danach wiederholt sich der Zustand von Taktimpuls 1 bei Taktimpuls 6, Taktimpuls 11 usw.

Nun ist noch heraus zu finden, welches der 3 Ausgangssignale während der Sequenz  $5 \cdot T$  genau einen Flankenwechsel 1/0 und einen Flankenwechsel 0/1 zeigt. Dies entspricht dann genau einem Impuls und trifft für  $Q_2$  zu.  $Q_2$  eignet sich daher als Ausgangssignal  $A = Q_2$  für eine Frequenzteilung 5:1.

Bei  $Q_1$  und  $Q_3$  trifft dies nicht zu (bitte nachprüfen).

**Zusatzaufgabe 1:** Reduzieren Sie die Schaltfolgetabelle auf den für die Vollständigkeit unbedingt erforderlichen Umfang. (Hinweis: Die Spalten  $J_1, J_2, K_3$  sowie die Zeilen  $T=7$  bis  $T=12$  können entfallen, warum?)

**Zusatzaufgabe 2:** Wie kann man erreichen, dass die Anordnung nach dem Einschalten ohne einmalige Übergangsvorgänge startet (also gleich mit den Zuständen der ersten gelb markierten Zeile)?