## Beispiel: Frequenzteiler durch drei

Frequenzteiler, Zähler oä werden der Klasse der autonomen Schaltwerke zugeordnet, denn das Taktsignal ist das einzige extern zugeführte Signal. Der Ausgangsvektor entspricht, beim Zähler, dem Zustandsvektor während im Falle des Teilers idR nur eine einzige Komponente des Zustandsvektors von Interesse ist.

Die Funktion des Teilers ist einfach:
Vom Ausgangszustand $Z_0$ ausgehend werden zwei weitere Zustände, $Z_1$ und $Z_2$, durchlaufen. Nach dem dritten Taktimpuls kehrt das Schaltwerk , ein Synchronschaltwerk, in seinen Startzustand zurück und durchläuft den Zyklus erneut, ad infinitum.
Da das Schaltwerk über drei Zustände verfügt sind zu ihrer (binären) Codierung zwei Variablen, $B^+$ und $A^+$, erforderlich. Auf Grund der gewählten Codierung bildet eine Komponente des Zustandsvektors das Ausgangssignal.

Zustandsübergangstabelle:

| B | A | $Z_n$ | $B^+$ | $A^+$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | $Z_0 \rightarrow Z_1$ | 0 | 1 |
| 0 | 1 | $Z_1 \rightarrow Z_2$ | 1 | 0 |
| 1 | 0 | $Z_2 \rightarrow Z_0$ | 0 | 0 |

Aus der Tabelle ergeben sich folgende Übergangsfunktionen:

$$A^+ = \overline{B} \cdot \overline{A} \quad (1) ; \qquad B^+ = A \cdot \overline{B} \quad (2)$$

Der Teiler soll mit JK-FFs aufgebaut werden.

$$Q_{JK}{}^+ = \underbrace{\overline{K}}_{g1} \cdot Q + \underbrace{J}_{g2} \cdot \overline{Q}$$ charakteristische Gleichung (Übergangsfunktion) des JK-FF

Zur Ermittlung der Beschaltung von $FF_A$ muß (1) umgeformt werden um den Koeffizientenvergleich mit der charakteristischen Gleichung des JK-FF durchführen zu können:

$$\left\{ A^+ = \overline{B} \cdot \overline{A} = \underbrace{0}_{g_1} \cdot A + \underbrace{\overline{B}}_{g2} \, \overline{A} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_A = \overline{g_1} = 1 \\ J_A = g_2 = \overline{B} \end{array} \right\}$$

Ebenso wird (2) umgeformt:

$$\left\{ B^+ = A \cdot \overline{B} = \underbrace{0}_{g_1} \cdot B + \underbrace{A}_{g2} \, \overline{B} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_B = \overline{g_1} = 1 \\ J_B = g_2 = A \end{array} \right\}$$

Die Gleichungen ergeben die unten gezeigte Schaltung, ihre Schlichtheit ist ergreifend ;-)

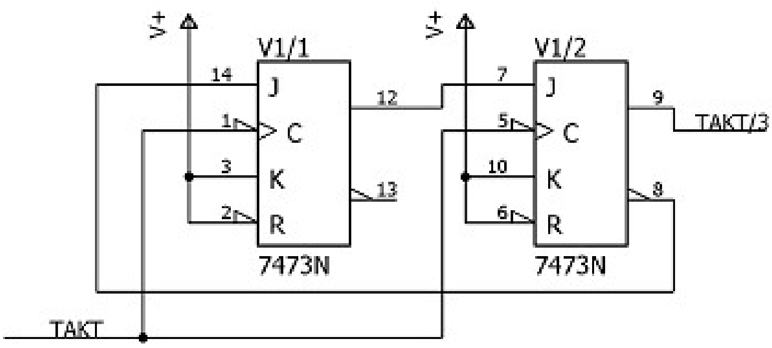

*Abbildung 1: Teiler durch 3*

Bei der Beschäftigung mit sequentiellen Schaltungen kann es vorkommen, dass ein gefordertes FF nicht vorhanden ist oder man etwas mit einem bestimmten FF-Typ ausprobieren möchte. In jedem Falle ist die Konversion des FF-Typs nötig. Das folgende Beispiel zeigt die Technik.

## Beispiel: Umwandlung eines D-FF in ein JK-FF

Umwandlung eines FF bedeutet, dass ein FF mit gegebener Übergangsfunktion die Übergangsfunktion des gewünschten FFs emuliert, beide Übergangsfunktionen also das Verhalten des angestrebten FFs beschreiben.
Die FF-Umwandlung erfolgt auf algebraischem Wege, die charakteristischen Gleichungen der FF bilden die Ausgangsbasis:

$Q_D{}^+ = D$ charakteristische Gleichung (Übergangsfunktion) des D-FF

$Q_{JK}{}^+ = \overline{K} \cdot Q + J \cdot \overline{Q}$ charakteristische Gleichung (Übergangsfunktion) des JK-FF

Die Übergangsfunktion eines FF beschreibt den Ausgang des betreffenden FFs in Abhängigkeit von seinen(seinem) Eingängen (Eingang). Beim D-FF entspricht der Wert der Ausgangsvariablen dem um eine Taktperiode verzögerten Wert der Eingangsvariablen. Da das D-FF ein JK-FF emuliert, wird die Übergangsfunktion des JK-FF in die charakteristische Gleichung des D-FF eingesetzt, denn sein Ausgang soll sich wie der Ausgang eines JK-FF verhalten. Gesucht ist die Eingangsbeschaltung des D-FF.

$$Q_D{}^+ = \overline{K} \cdot Q + J \cdot \overline{Q} \qquad \Rightarrow \qquad D^+ = \overline{K} \cdot Q_D + J \cdot \overline{Q}_D$$

Die Abbildung zeigt das konvertierte D-FF.

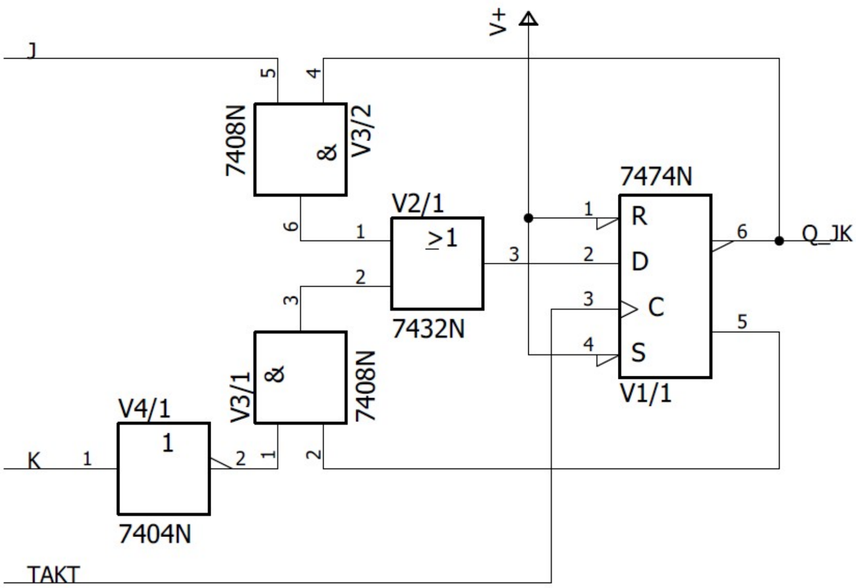


*Abbildung 2: D-FF emuliert JK-FF*

Der umgekehrte Weg funktioniert natürlich auch, ein JK-FF emuliert ein D-FF. Die Gleichung des D-FF wird umgeformt und die Beschaltung der Eingänge des JK-FF durch Koeffizientenvergleich erhalten:

$$\left\{ Q_D{}^+ = D = D \cdot 1 = D\left(Q + \overline{Q}\right) = \underbrace{D}_{g1} \cdot Q + \underbrace{D}_{g2} \cdot \overline{Q} \right\} \quad \Rightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} K = \overline{g_1} = \overline{D} \\ J = g_2 = D \end{array} \right\}$$

Auf ein Schaltbild wird hier verzichtet.