

Ziel der folgenden Berechnungen ist es

- die Übergangsfunktionen der Zustandsvariablen zu vereinfachen und
- die Beschaltung der gewählten FF zu bestimmen

*Vorbemerkung:* Es wird für die Variablen vereinbart,  $A^{n+1}$  soll  $A^+$ ,  $B^{n+1}$  soll  $B^+$ ,  $A^n$  soll  $A$ ,  $B^n$  soll  $B$  geschrieben werden.

Die Übergangsfunktionen der Zustandsvariablen werden der Wahrheitstabelle (Zustandsfolgetabelle) als disjunktive Verknüpfungen der Minterme der entsprechenden Variablen entnommen. Die disjunktive Schreibweise ermöglicht, die zeitabhängigen Variablen zum Zeitpunkt  $t_n$  („vor dem Taktimpuls“), sofern sie vorhanden sind, stets auszuklammern.

### Minimierung

Bei der Minimierung ist zu beachten, dass die Ausgänge der FF erhalten bleiben, denn in ihnen drückt sich der rückgekoppelte Charakter des Schaltwerks aus.

Zunächst die Gleichung für  $A^+$ :

$$A^+ = U \bar{W} \bar{B} \bar{A} + U \bar{W} B \bar{A} + U \bar{W} B A + \bar{U} W B \bar{A} + \bar{U} \bar{W} \bar{B} A + \bar{U} \bar{W} B A$$

Die Gleichung wird sortiert und umgestellt:

$$A^+ = \underbrace{(U \bar{W} B + \bar{U} \bar{W} \bar{B} + \bar{U} \bar{W} B)}_1 A + \underbrace{(U \bar{W} \bar{B} + U \bar{W} B + \bar{U} W B)}_5 \bar{A}$$

Die Terme 1 und 2, 2 und 3 sowie 4 und 5 können algebraisch zur Bestimmungsgleichung der Zustandsvariablen  $A^+$  zusammengefasst werden:

$$A^+ = \underbrace{(\bar{U} \bar{W} + \bar{W} B)}_{g_1} A + \underbrace{(U \bar{W} + \bar{U} W B)}_{g_2} \bar{A} \quad (1)$$

Die mit  $g_1$  und  $g_2$  in (1) bezeichneten Komponenten sind Teilfunktionen der Bestimmungsgleichung. Auf ihre Anwendung wird weiter unten eingegangen.

Für die Zustandsvariable  $B^+$  erhält man die folgende Gleichung:

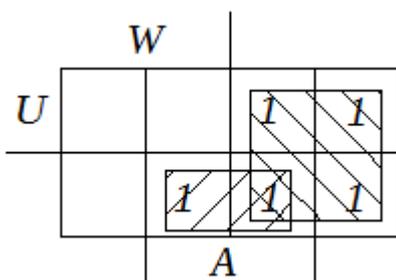
$$B^+ = U \bar{W} \bar{B} A + U \bar{W} B \bar{A} + U \bar{W} B A + \bar{U} W B A + \bar{U} \bar{W} B \bar{A} + \bar{U} \bar{W} B A$$

Sortieren und Umstellen:

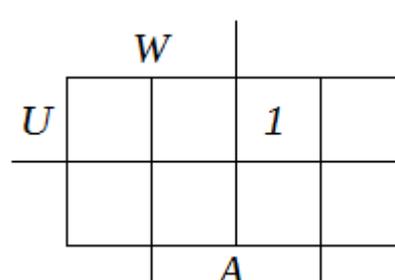
$$B^+ = (U \bar{W} \bar{A} + U \bar{W} A + \bar{U} W A + \bar{U} \bar{W} \bar{A} + \bar{U} \bar{W} A) B + (U \bar{W} A) \bar{B}$$

Die Zusammenfassung der Komponenten von  $B^+$  erfolgt graphisch:

Das KV-Diagramm für  $B$ :



Das KV-Diagramm für  $\bar{B}$ :



Aus den Diagrammen ergibt sich die Bestimmungsgleichung für die Zustandsvariable  $B^+$ :

$$B^+ = \underbrace{(\bar{W} + \bar{U} A)}_{g_1} B + \underbrace{(U \bar{W} A)}_{g_2} \bar{B} \quad (2)$$

## FF-Wahl

Die bis jetzt erhaltenen Gleichungen sind allgemeiner Natur und enthalten noch keine Aussage über das zu verwendende Speicherelement – man ist also nicht an einen bestimmten Speichertyp gebunden. Das Schaltwerk soll daher mit den Übergangsfunktionen des D-FF und des JK-FF untersucht werden. Die charakteristischen Gleichungen der FF lauten:

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

$$Q_{JK}^+ = \underbrace{\overline{K}}_{g_1} \cdot Q + \underbrace{J}_{g_2} \cdot \overline{Q} \quad \text{charakteristische Gleichung (Übergangsfunktion) des JK-FF} \quad (b)$$

Zur Festlegung der Eingangsbeschaltung des gewählten Speichertyps setzt man die Übergangsfunktion (der Zustandsvariablen) und die charakteristische Gleichung des gewählten Speicherelements gleich, denn beide Funktionen beschreiben das Verhalten des FF-Ausgangs.

Der anschließende Koeffizientenvergleich zwischen den Teilfunktionen von Übergangsfunktion und den Teilfunktionen der FF-Übergangsfunktion liefert das angestrebte Ergebnis.

### Beschaltung D-FF:

Die charakteristische Gleichung des D-FF sagt aus, dass der Folgezustand des FF dem um eine Taktperiode verzögerten Momentanzustand entspricht. Das schlichte Einsetzen der Übertragungsfunktion in die charakteristische Gleichung des FF ergibt seine Eingangsbeschaltung.

$$D_A = (\overline{U} \overline{W} + \overline{W} B) A + (U \overline{W} + \overline{U} W B) \overline{A} \quad (3)$$

$$D_B = (\overline{W} + \overline{U} A) B + (U \overline{W} A) \overline{B} \quad (3a)$$

### Beschaltung JK-FF:

Durch Koeffizientenvergleich erhält man die Beschaltung der Eingänge des JK-FFs für  $A^+$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} A^+ = \underbrace{(\overline{U} \overline{W} + \overline{W} B)}_{g_1} A + \underbrace{(U \overline{W} + \overline{U} W B)}_{g_2} \overline{A} \quad (1) \\ K = \overline{g_1} \quad J = g_2 \quad (b) \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} J_A = U \overline{W} + \overline{U} W B \\ K_A = \overline{U} \overline{W} + \overline{W} B \end{array} \right\} \quad (4)$$

Und noch für  $B^+$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} B^+ = \underbrace{(\overline{W} + \overline{U} A)}_{g_1} B + \underbrace{(U \overline{W} A)}_{g_2} \overline{B} \quad (2) \\ K = \overline{g_1} \quad J = g_2 \quad (b) \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} J_B = U \overline{W} A \\ K_B = \overline{W} + \overline{U} A \end{array} \right\} \quad (5)$$

Beim Vergleich von zB (3) und zB (4) fällt der gegenüber den Eingängen des JK-FF größere Verknüpfungsaufwand am Eingang des D-FF auf, der durch die Rückführung der Ausgänge des D-FF in das ihm vorgelagerte Schaltnetz bedingt ist.

Wegen des geringeren Schaltungsbedarfs wird das vorliegende Schaltwerk deshalb mit JK-FF aufgebaut und es ist zweckmäßig, die Vielfalt der logischen Verknüpfungen an den FF-Eingängen zu begrenzen.

Daher werden (4) und (5) umgeformt:

$$J_A = U \overline{W} + \overline{U} W B = \overline{\overline{U \overline{W} + \overline{U} W B}} = \overline{\overline{U \overline{W}} \cdot \overline{\overline{U} W B}} \quad (4a)$$

$$K_A = \overline{\overline{U \overline{W} + \overline{W} B}} = \overline{\overline{U \overline{W}} \cdot \overline{\overline{W} B}} \quad (4b)$$

$$J_B = U \overline{W} A \quad (5a)$$

$$K_B = \overline{\overline{W} + \overline{U} A} = \overline{W \cdot \overline{U} A} \quad (5b)$$

Die Gleichungen (4a), (4b) sowie (5a), (5b) enthalten nur noch AND- und NAND-Verknüpfungen.