



# Synchrone Zähler

## Übungen Digitales Design



### Lösung vs. Hinweise:

Nicht alle hier gegebenen Antworten sind vollständige Lösungen. Einige dienen lediglich als Hinweise, um Ihnen bei der eigenständigen Lösungsfindung zu helfen. In anderen Fällen wird nur ein Teil der Lösung präsentiert.

## 1 | CNT - Zähler mit Zweierpotenz

### 1.1 Abwärtszähler

$$\begin{aligned} D_0 &= \overline{Q_0} \\ D_1 &= Q_1 \oplus \overline{Q_0} \\ D_2 &= Q_2 \oplus \overline{Q_1} \overline{Q_0} \\ D_3 &= Q_3 \oplus \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} D_0 &= Q_0^+ = Q_0 \oplus 1 \\ D_1 &= Q_1^+ = Q_1 \oplus \overline{Q_0} \\ D_2 &= Q_2^+ = Q_2 \oplus \overline{Q_0} \overline{Q_1} \\ D_3 &= Q_3^+ = Q_3 \oplus \overline{Q_0} \overline{Q_1} \overline{Q_2} \end{aligned} \quad (2)$$

cnt/pow2-01

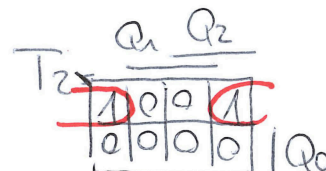
### 1.2 Abwärtszähler

#### 1.2.1.1 Truth table

$Q_2 \dots Q_0$	$Q_2^+ \dots Q_0^+$	$T_2 \dots T_0$
000	111	111
001	000	001
010	001	011
011	010	001
100	011	111
101	100	001
110	101	011
111	110	001

#### 1.2.1.2 Equations

$$\begin{aligned} T_0 &= 1 \\ T_1 &= \overline{Q_0} \\ T_2 &= \overline{Q_1} \overline{Q_0} \end{aligned} \quad (3)$$



cnt/cnt-pow2-02



## 2 | CNT - Zähler um eine beliebige Zahl

### 2.1 Abwärtszähler

#### 2.1.1.1 Equations

$$D_0 = Q_0^+ = \overline{Q_0}$$

$$D_1 = Q_1^+ = Q_3 \overline{Q_0} + Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} + Q_1 Q_0 \quad (4)$$

$$D_2 = Q_2^+ = Q_3 \overline{Q_0} + Q_2 Q_1 + Q_2 Q_0$$

$$D_3 = Q_3^+ = Q_3 Q_0 + \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0}$$

#### 2.1.1.2 Sequence

$$9 \Rightarrow 8 \Rightarrow 7 \Rightarrow 6 \Rightarrow \dots 3 \Rightarrow 2 \Rightarrow 1 \Rightarrow 0 \Rightarrow 9 \Rightarrow 8 \Rightarrow \dots$$

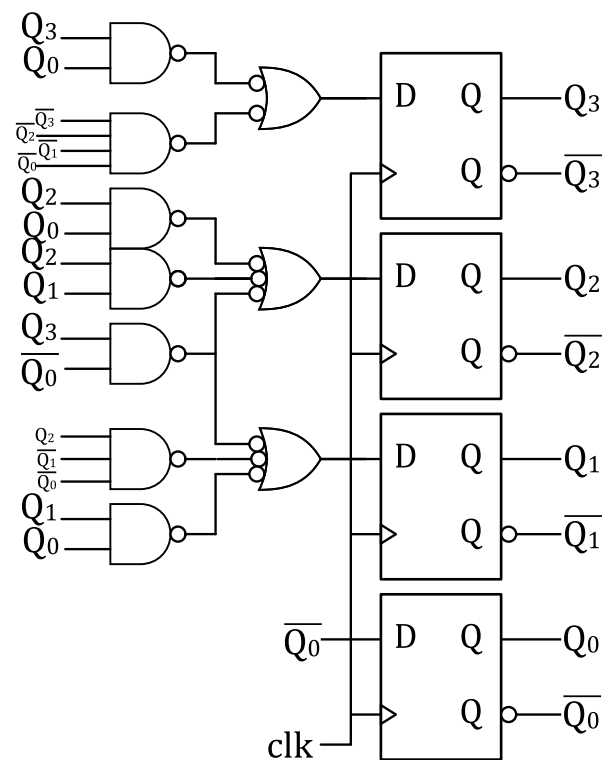
$$11 \Rightarrow 10 \Rightarrow 7$$

$$13 \Rightarrow 12 \Rightarrow 7$$

$$15 \Rightarrow 14 \Rightarrow 7$$

(5)

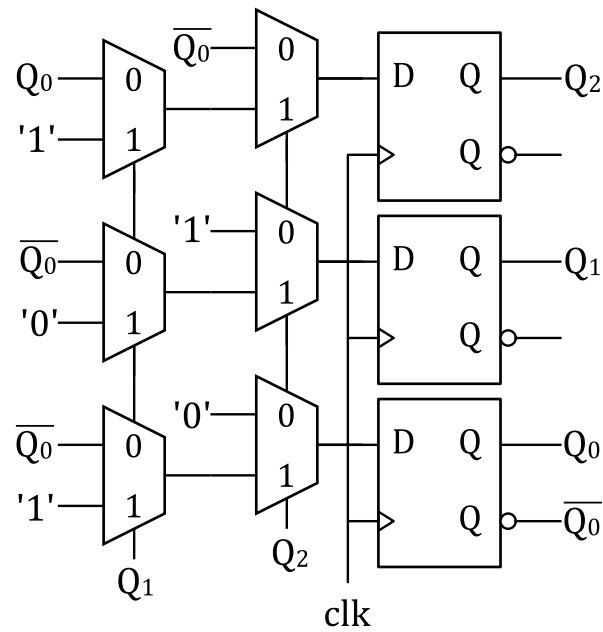
#### 2.1.1.3 Circuit



cnt/cnt-01



## 2.2 Abwärtszähler



cnt/cnt-02

## 2.3 Johnson-Zähler

$$D_B = Q_A + \overline{Q_C}Q_B$$

or

$$D_B = \overline{Q_C}Q_A + Q_BQ_A$$

cnt/cnt-03



### 3 | CNT - Iterative Schaltkreise

#### 3.1 Zähler mit synchroner Nullsetzung

Equation of a „+1“ counter:

$$\begin{aligned} Q^+ &= D = Q \oplus \text{en} \\ c_{\text{out}} &= Q * \text{en} \end{aligned} \quad (6)$$

The **restart** can be added with the help of a AND gate and an inverter.

*cnt/cnt-iterativ-01*

#### 3.2 Zähler mit Laden eines Wertes

Equation of a „+1“ counter:

$$\begin{aligned} Q^+ &= D = Q \oplus \text{en} \\ c_{\text{out}} &= Q * \text{en} \end{aligned} \quad (7)$$

The **load** can be added with the help of a Multiplexer 2-1.

*cnt/cnt-iterativ-02*

#### 3.3 Aufwärts-Abwärtszähler

**down-Counter**

**up-Counter**

**up-down-Counter**

$$\begin{aligned} Q_i^+ &= Q_i \oplus c_i \\ c_{i+1} &= \overline{Q_i} * c_i \end{aligned} \quad (8) \qquad \begin{aligned} Q_i^+ &= Q_i \oplus c_i \\ c_{i+1} &= Q_i * c_i \end{aligned} \qquad \begin{aligned} Q_i^+ &= Q_i \oplus c_i \\ c_{i+1} &= \text{updown} Q_i * c_i + \overline{\text{updown} Q_i} * c_i \end{aligned} \quad (9) \quad \begin{aligned} Q_i^+ &= Q_i \oplus c_i \\ c_{i+1} &= \text{updown} Q_i * c_i + \overline{\text{updown} Q_i} * c_i \end{aligned} \quad (10)$$

The difference of the down- vs the up-Counter is a XOR of  $Q_i$

*cnt/cnt-iterative-03*

#### 3.4 Programmierbarer Zähler

reset if  $P = Q$

sequence  $0 \Rightarrow 1 \Rightarrow \dots \Rightarrow P \Rightarrow 0$

Sequence length =  $P + 1$

*cnt/cnt-iterativ-04*