

# Ankerkettenzählwerk

## 1. Forderungen:

Mit Hilfe der nachfolgend beschriebenen Einrichtung soll die Länge der über eine Ankerwisch „**während eines Ankersetzmanövers**“ abgewickelten Ankerkette ermittelt und angezeigt werden.

- Die Umdrehungen der Kettennuss sollen mit Hilfe eines fest am Körper der Wisch montierten Reedsensors ermittelt werden.
- Der Ultraminiatur Reedsensor PRX+1500 soll mit Hilfe eines oder mehreren am Umfang der Wischtrommel angebrachten Miniatur Magneten PIC-M02304 erregt werden.
- Die Messung der Länge der über die Kettennuss ablaufenden Kette soll in „Meter“ ermittelt werden.
- Die gemessene Länge soll mit Hilfe von 7 Segmenten LED's dreistellig bis zu einer maximalen Länge von 199 m angezeigt werden.
- Die verwendeten Zähler sollen in der Lage sein sowohl vorwärts als auch rückwärts zu zählen.
- Die Einrichtung muss über einen Taster jede Zeit auf „Null“ zurückgestellt werden können.
- Die Elektronik des Zählwerks darf nicht aus den Batterien versorgt werden welche auch für den Betrieb der Ankerwisch verwendet werden.

## 2. Kettennuss Kennwerte:

Die Wisch verfügt über eine Kettennuss mit insgesamt 6 Aufnahmen für eine 10 mm Kette. Die Glieder einer brandneuen Kette haben eine Länge von 49 mm, während die Länge einer über längere Zeit benutzten Kette, etwa 48 mm beträgt.

Bringt man 2 Betätigungsmagnete auf dem Umfang der Wischtrommel, so verlassen zwischen zwei Impulsen des Reedsensors 6 Kettenglieder die Kettennuss. Sie setzen sich zusammen aus 3 Gliedern mit der vollen Länge von 49 bzw. 48 mm, welche sich in den drei aufnahmen der Kettennuss befinden, und 3 dazugehörige Verbindungsglieder der Länge 9 bzw. 8 mm. Nach dem Auftreten des sechsten Impulses haben demnach 18 Vollglieder und 18 Verbindungsglieder die Kettennuss verlassen, und die Länge der Abgewickelten Kette variiert je nach Abnutzungszustand der Kette zwischen **1,008 m**  $(0,048+0,008)*18$  und **1,044 m**  $(0,049+0,009)*18$ . Der maximale Fehler liegt demnach unter 5%, was in der Praxis bedeutet, dass bei einer Angezeigten Kettenlänge von 100 m, die Länge der tatsächlich abgewickelten Kette 105 m nicht überschreitet.

Die Wischtrommel auf der die 2 Betätigungsmagnete angebracht sind, hat einen Umfang von  $U=450$  mm. Der Wirkungsbereich der Betätigungsmagnete auf den Reedsensor beträgt etwa 15mm. Da aufgrund von Messungen die unbelastete Ankerwisch eine Umdrehung in  $\tau=700$  msec zurücklegt, beträgt die Mindestlänge eines vom Reedsensor erzeugten Impulses:

$$Q_{S \min} = \frac{l}{U} * \tau = \frac{15}{450} * 700 \approx 23 \text{ m sec} \quad (1)$$

# Ankerkettenzählwerk

## 3 Power On und Reset Kreis. (Ref. Blatt 1).

Da beim Einschalten der Stromversorgung nicht sichergestellt werden kann, dass alle Flip Flops eine Definierte Stellung einnehmen, wird mit Hilfe eines Tiefpasses mit nachgeschalteten Schmitt Trigger bestehend aus den Transistoren T8 und T9, beim anlegen der Stromversorgung, ein Reset Impuls mit eine Dauer von etwa 500msec ausgelöst. Beim Einschalten der Versorgung geht aufgrund des Kurzschlusses welcher durch den Kondensator C7 entsteht, der Kollektor von T9 auf „Eins“. Erreicht die Spannung am Kondensator den Wert  $U_{BE91} = 1,85V$ , schaltet T9 durch und T8 wird dadurch gesperrt. Damit wird über R27 die Basisspannung von T9 auf  $U_{BE92} = 2,05V$  weiter erhöht, und Beschleunigt damit den Umschalt Vorgang am Ausgang von T8 in Richtung „Eins“. Für die Ermittlung der Übertragungsfunktion „T9 Basis Emitter Spannung / Vcc“ beim Anlegen der Stromversorgung wird, unter Vernachlässigung der Sättigungsspannung von T8, folgender Kirchhoffscher Ansatz verwendet:

$$\frac{V_{CC} - U_{\xi}}{R28} = \frac{U_{\xi}}{\xi} + \frac{U_{\xi} - U_{BE91}}{R21} \quad (2)$$

Für die Basis Emitter Spannung von T9 gilt:

$$U_{BE91} = U_{\xi} * \frac{R22R27}{R22R27 + R21(R22 + R27)} \quad (3)$$

Setzt man  $U_{\xi}$  aus (3) in Gleichung (2) ein, und ersetzt  $\xi$  durch  $1/j\omega C7$ , so erhält man die gesuchte Übertragungsfunktion  $F1 = U_{BE91}/V_{CC} = 1,85V / \% V = 0,37$  entsprechend Gleichung (4).

$$F_1 = \frac{R22R27}{(R21 + R28)(R22 + R27) + R22R27} \frac{1}{1 + j\omega C7} \frac{[R21(R22 + R27) + R22R27]R28}{(R21 + R28)(R22 + R27) + R22R27} \quad (4)$$

Nachdem der Ausgang des Schmitt Triggers auf „Eins“ gekippt ist, soll durch die Rückkopplung R23/R27, die Spannung an der Basis von T1 auf:  $U_{BE92} = 2,05V$  angehoben werden.

Der Kollektorstrom von T8 soll bei ca. 2mA liegen, was dazu führt, dass  $R23=2,7K$  gewählt wird. T8 hat eine  $h_{FE}$  von ca. 150, und eine  $U_{BEON} = 0,65 V$ . Daraus errechnet sich ein Basisstrom von etwa 12 $\mu$ A. Wählt man den Querstrom des Spannungsteilers R24/R26 mit ca. 1mA, so erhält man:  $R24=3,9k$  und  $R26= 0,68k$ .

Bei dieser Dimensionierung beträgt der Kollektorstrom von T9 ca. 1,3mA, und er benötigt demnach einen Basisstrom von etwa 9 $\mu$ A. Damit dieser Basisstrom den Spannungsteiler R28/R21/R22 nur unwesentlich beeinflusst, sollte der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers 10k nicht überschreiten. Gewählt werden demnach  $R28 = 4,7k$  und  $R21 = 0,15k$ . Der Wert von 4,7k für R25 beeinflusst unwesentlich die angestrebte  $U_{BE92}$ .

# Ankerkettenzählwerk

Ist der Ausgang des Schmitt Triggers auf „Eins“ gekippt, so errechnet sich die Basisspannung von T8 aus folgende Beziehung:

$$\frac{U_{BE92}}{V_{CC}} = \frac{R22 * (R21 + R23 + R27 + R28)}{(R21 + R28) * (R23 + R27) + R22 * (R21 + R23 + R27 + R28)} = \frac{2,05V}{5V} = 0,41 \quad (5)$$

Aus (5) lässt sich für R22 folgender Ausdruck ableiten:

$$R22 = 0,6949 \frac{(R21 + R28)(R23 + R27)}{R21 + R23 + R27 + R228} \quad (6)$$

Für R22 kann man jedoch aus der Verstärkung der Gleichung (4) auch einen Ausdruck folgenden Inhalts ableiten:

$$R22 = \frac{0,37(R21 + R28)R27}{0,63R27 - 0,37(R21 + R28)} \quad (7)$$

Aus den Gleichungen (6) und (7) lässt sich bei festgelegten R21/R23/ und R28 der Ausdruck

$$R27^2 - 42,1645R27 + 49,6636 = 0 \quad (8)$$

zur Ermittlung von R5 ableiten. Für die Lösung dieser quadratischen Gleichung wird folgender Ansatz benutzt:

$$R27 = \frac{42,1645 \pm \sqrt{42,1645^2 - 4 * 49,6636}}{2} \quad (9)$$

Für Gleichung (9) gibt es offensichtlich zwei Lösungen und zwar  $R27=1,2127k$  und  $R27=40,9518k$ . Der Wert  $R27=1,2127k$  kann nicht verwendet werden, weil er offensichtlich gegen eine Forderungen der Gleichung (7) verstößt, wonach R27 so zu wählen ist, dass der Nenner jene Gleichung auf jedem Fall positive bleibt. Diese Bedingung kann nur erfüllt werden wenn  $0,63R27 > 0,37(R21+R28)$  bzw. wenn  $R27 > 2,848k$  ist. Demnach kommt für R27 nur der Wert  $40,9518k$  in Frage. Gewählt wird nun  $R27 = 47k$ . Setzt man diesen Wert in Gleichung (7) ein, so erhält man für R22 einen Wert von  $3,0322k$ , und wählt deshalb  $R22=3,3k$ .

Mit den ermittelten Werten erhält man nun aus den Gleichungen (4) und (5):

$$U_{BE91max} = 1,94V \quad \text{und} \quad U_{BE92max} = 2,14V$$

Für die Zeitkonstante des Tiefpasses erhält man beim Power ON aus Gleichung (4) und unter Berücksichtigung von  $C1=100\mu F$  einen Wert  $\tau = 192msec$ .

# Ankerkettenzählwerk

Zur Berechnung der Dauer des Reset Impulses wird der Ansatz:  $U_{BE91} = U_{BE19\max} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  verwendet. Die Impulsdauer beträgt demnach:

$$t = -\tau * \ln\left(1 - \frac{U_{BE11}}{U_{BE11\max}}\right) = 192 * \ln\left(1 - \frac{1,85}{1,94}\right) = 590\text{msec}$$

## 4 Entprellung des Reedsensors (Ref Blatt 1).

Die Entprellung des Reedsensors erfolgt mit Hilfe eines Tiefpasses mit nachgeschalteten Schmitt Trigger bestehend aus den Transistoren T2 und T3. Die Schaltung ist vom Aufbau her identisch mit der unter §3 beschriebene Schaltung zur Erzeugung eines Reset Impulses beim anlegen der Stromversorgung.

Laut Hersteller Angaben (PIC) beträgt die maximale Einschaltzeit des Reedsensors PRX+1500 inklusive Prellen 0,2msec. Bei einem Prellsicherheitsabstand von etwa 15, wird deshalb mit der Entprellschaltung eine Verzögerung des Reedsensorimpulses um ca. 3msec angestrebt.

Entsprechend Gleichung (4) wird für die Übertragungsfunktion  $F3 = U_{BE31}/V_{CC} = 0,75/5 = 0,15$  folgender Ausdruck verwendet:

$$F3 = \frac{R7R8}{(R2 + R6)(R7 + R8) + R7R8} \frac{1}{1 + j\omega C3 \frac{[R2(R7 + R8) + R7R8]R6}{(R2 + R6)(R7 + R8) + R7R8}} \quad (10)$$

Für die Dimensionierung der Widerstände R2/R4/R5/R6/R9 und R10 werden die Ansätze vom §3 übernommen.

Nachdem der Ausgang des Schmitt Triggers auf „Eins“ gekippt ist, soll durch die Rückkopplung R4/R8, die Spannung an der Basis von T3 auf:  $U_{BE32} = 0,95\text{V}$  angehoben werden. Die Spannung am Eingang von T3 errechnet sich entsprechend Gleichung (5) aus:

$$\frac{U_{BE32}}{V_{CC}} = \frac{R7 * (R2 + R4 + R6 + R8)}{(R2 + R6) * (R4 + R8) + R7 * (R2 + R4 + R6 + R8)} = \frac{0,95\text{V}}{5\text{V}} = 0,19 \quad (11)$$

Aus (11) lässt sich für R7 folgender Ausdruck ableiten:

$$R7 = 0,2346 \frac{(R2 + R6)(R4 + R8)}{R2 + R4 + R6 + R8} \quad (12)$$

Für R7 kann man jedoch aus der Verstärkung der Gleichung (9) auch einen Ausdruck folgenden Inhalts ableiten:

$$R7 = \frac{0,15(R2 + R6)R8}{0,85R8 - 0,15(R2 + R6)} \quad (13)$$

# Ankerkettenzählwerk

Aus den Gleichungen (12) und (13) lässt sich bei festgelegten R2/R4/ und R6 der Ausdruck

$$R8^2 - 15,48R7 - 9,328 = 0 \quad (14)$$

zur Ermittlung von R8 ableiten. Für die Lösung dieser quadratischen Gleichung wird folgender Ansatz benutzt:

$$R8 = \frac{15,48 \pm \sqrt{15,48^2 - 4 * 9,328}}{2} \quad (15)$$

Für Gleichung (15) gibt es offensichtlich zwei Lösungen und zwar R8=0,6281k und R8=14,8519k. Der Wert R8=0,6281k kann nicht verwendet werden, weil er offensichtlich gegen eine Forderungen der Gleichung (13) verstößt, wonach R8 so zu wählen ist, dass der Nenner jene Gleichung auf jedem Fall positive bleibt. Diese Bedingung kann nur erfüllt werden wenn  $0,85R8 > 0,15(R2+R6)$  bzw. wenn  $R8 > 0,8559k$  ist. Demnach kommt für R8 nur der Wert 14,8519k in Frage. Gewählt wird nun  $R8 = 15k$ . Setzt man diesen Wert in Gleichung (13) ein, so erhält man für R7 einen Wert von 0,9077k, und wählt deshalb  $R7 = 1k$ .

Mit den ermittelten Werten erhält man nun aus den Gleichungen (10) und (11):

$$U_{BE31max} = 0,81V \quad \text{und} \quad U_{BE32max} = 1,04V$$

Für die Zeitkonstante des Tiefpasses erhält man beim schließen des Reedkontaktes aus Gleichung (10) und unter Berücksichtigung von  $C3=2,47\mu F$  einen Wert  $\tau = 2,179msec$ .

Zur Berechnung der Verzugsdauer des Reedsensorimpulses Qs wird der Ansatz:

$U_{BE31} = U_{BE31max} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  verwendet. Die Verzugsdauer beträgt demnach:

$$t = (-)\tau \ln\left(1 - \frac{U_{BE31}}{U_{BE31max}}\right) = (-)2,1793 \ln\left(1 - \frac{0,65}{0,81}\right) = 3,5m sec$$

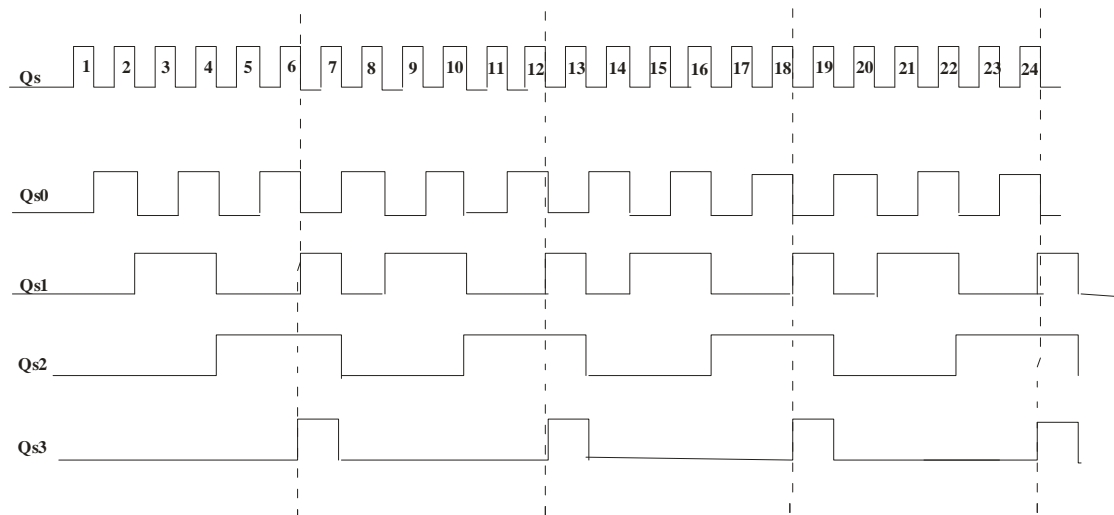
## 5. Erzeugung des Taktimpulses für das Ankerkettenzählwerk (Ref. Blatt 3).

Der Taktimpuls zur Ermittlung der Ankerkettenlänge, wird vom Reedsensor PRX+1500 erzeugt, und mit Hilfe eines 3-stufigen asynchronen Zählers bestehend aus FF1 und FF2 entsprechend Fig. 1 verarbeitet.

Aus Fig. 1 kann man entnehmen, dass zur Erzeugung eines Impulses nach Ablauf von 1 m Kette über die Kettennuss (Qs3), 6 Reedsensor Impulse vom Ankerkettensensorzählwerk erfasst werden müssen. Diese Bedingung ist erfüllt wenn:

$$Q_{S3} = Q_{S1} \cdot Q_{S2}$$

# Ankerkettenzählwerk



**Fig. 1 Erzeugung des Taktimpulses Qs3 für das Ankerkettenzählwerk**

Bei „Power on“ werden zunächst die Ausgänge Qs0, Qs1 und Qs2 der Flip-Flops über ihren „Reset“ Eingänge automatisch auf „Null“ gesetzt. Dies führt dazu, dass der Zähler anschließend nach Ablauf von 6 Sensor Impulsen bereits den Stand „Sechs“ erreicht.

Nach Ablauf des 7. Impulses, welcher dazu führt, dass der Ausgang Qs0 auf „Eins“ wechselt müssen die Ausgänge Qs1 und Qs2 über ihre „Reset“ Eingänge auf „Null“ gesetzt werden. Damit beträgt die zwischen zwei Qs3 Impulsen abgelaufene Kettenlänge 1m.

Die Auswertelogik erzeugt demnach einen „Reset“ Impuls wenn

$$Q_{s0} \cdot Q_{s1} \cdot Q_{s2} = 1$$

wird.

## 6 Ansteuerung der 3-stufigen 7-Segment Anzeige (Ref. Blatt 2):

Der Decoder der 7Seg1 Anzeige wird über den ersten 0-9 BCD Zähler (Q10/Q11/Q12/Q13) angesteuert. Der Decoder der 7Seg2 Anzeige wird über den zweiten 0-9 BCD Zähler (Q20/Q21/Q22/Q23) angesteuert, während der Decoder der 7Seg3 Anzeige über den Ausgang Q30 des dem zweiten BCD Zähler folgenden einstufigen Zählers angesteuert wird. Damit ist es möglich eine Ankerkettenlänge von maximal 199m anzuzeigen.

## 7 Ansteuerung der Zähler für die abgelaufene Kettenlänge in Meter:

Das Kettenzählwerk wird mit Hilfe von 2 hintereinander geschalteten asynchronen BCD Zähler welche eine Kettenlänge bis 99 m erfassen, und einen nach geschaltetem einstufigem Zähler realisiert. Damit ist es möglich eine Kettenlänge von maximal 199 m zu erfassen. Alle Zähler sind in der Lage sowohl die Länge der ablaufende (Vorwärts/Down) als auch die der eingeholte Kette (Rückwärts/Up) zu erfassen.

# Ankerkettenzählwerk

## 7.1 Ansteuerung des ersten BCD Zählers (Ref. Blatt 3):

Der Zähler welcher als Eingangsimpuls  $Q_{S3}$  verwendet, besteht aus den Flip-Flops FF3 und FF4, und der dazugehörige Vorwärts/Rückwärts Logik. Die Zähler Ausgänge Q10/Q11/Q12 und Q13 werden bei „Power on“ über die „Reset“ Eingänge der Flip-Flops auf „Null“ gesetzt.

### 7.1.1 Vorwärts Betrieb

Befindet sich der Zähler im Vorwärts Betrieb, d.h. solange der „C1- Eingang“ des folge- Flip-Flops über den „Q-Ausgang“ des vorangehenden Flop-Flops angesteuert wird, so muss der Zähler beim Stand von „ $8+2=10$ “ auf „Null“ zurückgesetzt werden. Um dies zu erreichen genügt es zuerst die Ausgänge Q11 und Q13 über die „Reset“ Eingänge der zugehörigen Flip-Flops auf „Null“ zu setzen. Um jedoch zu verhindern, dass die Rückflanke von Q11 den Ausgang Q12 auf „Eins“ setzt, ist es erforderlich auch den Reset Eingang des Flip-Flops mit den Ausgang Q12 auf „Null“ zu halten.

### 7.1.2 Rückwärts Betrieb

Befindet sich der Zähler im Rückwärts Betrieb, d.h. solange der „C1- Eingang“ des folge- Flip-Flops über den „negierten Q-Ausgang“ des vorangehenden Flop-Flops angesteuert wird, so muss der Zähler nach dem Stand „Null“ auf „ $8+1=9$ “ vorgesetzt werden. Hat der Zähler den Stand „Null“ erreicht, so wird er nach dem nächsten  $Q_{S3}$  Impuls auf „ $8+4+2+1=15$ “ vorspringen. Dieser Status wird ausgenutzt um mit Hilfe einer Auswertelogik, die Ausgänge Q11 und Q12 über die Reset Eingänge der zugehörigen Flip-Flops auf „Null“ zu setzen, und damit den Stand „Neun“ zu erreichen.

Unglücklicherweise die Bedingung „ $8+4+2+1=15$ “ ist kurzzeitig auch erfüllt, wenn der Zähler von „8“ auf „7“ wechselt, nämlich wenn die Ausgänge Q11, Q12, und Q13 den zustand „I“ erreicht haben, Q13 jedoch den Ausgang Q14 noch nicht auf „0“ zurückgesetzt hat. Um diese kurze Zeit überbrücken zu können, muss demnach der durch die Bedingung „ $8+4+2+1=15$ “ ausgelöschter Reset Impuls an den Eingängen für Q11 und Q12 leicht verzögert werden. Dazu dient der Kondensator C2.

## 7.2 Ansteuerung des zweiten BCD Zählers (Ref. Blatt 4):

Der Zähler welcher als Eingangsimpuls Q13 verwendet, besteht aus den Flip-Flops FF1 und FF2, und der dazugehörige Vorwärts/Rückwärts Logik. Die Zähler Ausgänge Q20/Q21/Q22 und Q23 werden bei „Power on“ über die „Reset“ Eingänge der Flip-Flops auf „Null“ gesetzt.

Seine Auswertelogik sowohl für Vorwärts als auch für den Rückwärts Betrieb ist identisch mit der des unter §7.1 beschriebenen 1sten Zählers.

# Ankerkettenzählwerk

## 7.3 Ansteuerung des dritten Zählers (Ref. Blatt 4):

Dieser Einstufige Zähler besteht nur aus dem Flip-Flop FF3, und wird von Q21 angesteuert. Er besitzt auch eine Vorwärts und eine Rückwärts Steuerlogik, und wird über seinen Reset Eingang beim „Power on“ auf „Null“ gesetzt.

## 8 Aufbereitung der Vorwärts/Rückwärts Ansteuerungssignale für beide BCD Zähler (Ref. Blatt 1 und Fig. 2):

Beim Umschalten der Zähler vom dem Vorwärts auf dem Rückwärts Betrieb, muss darauf geachtet werden, das die Zähler ihren vor der Umschaltung erreichten Status, auch nach der Umschaltung beibehalten. Dies ist jedoch nur dann sichergestellt, wenn alle Flip-Flop Ausgänge vor der Umschaltung auf „Null“ liegen. Befindet sich jedoch ein Ausgang auf „Eins“, so wird aufgrund der Umschaltung durch den Übergang von „Eins“ auf „Null“ das folgende Flip-Flop seinen Zustand sofort ändern.

Dies lässt sich nur verhindern, wenn man dafür sorgt, dass während der Umschaltung für eine definierte Zeit durch das setzen der JK- Eingänge alle Flip-Flops auf „Null“ einen Zustandswechsel der Flip-Flops verhindert, und dabei sicherstellt, dass der Befehl die Zählrichtung zu ändern an die Flip-Flops weitergegeben wird, nachdem sie über ihre JK- Eingänge gesperrt wurden.

Die Vorwärts / Rückwärts Steuerung erfolgt über das Relais Rel. 1. Da die Kollektor Widerstände der verwendeten Inverter etwa 0.13k betragen, so wird durch die Verwendeten Kondensatoren C1 und C2 an den Ausgängen 6 und 10 von G2 (Ref. Blatt. 1), eine Zeitkonstante von  $\tau=1,3\text{msec}$  wirksam.

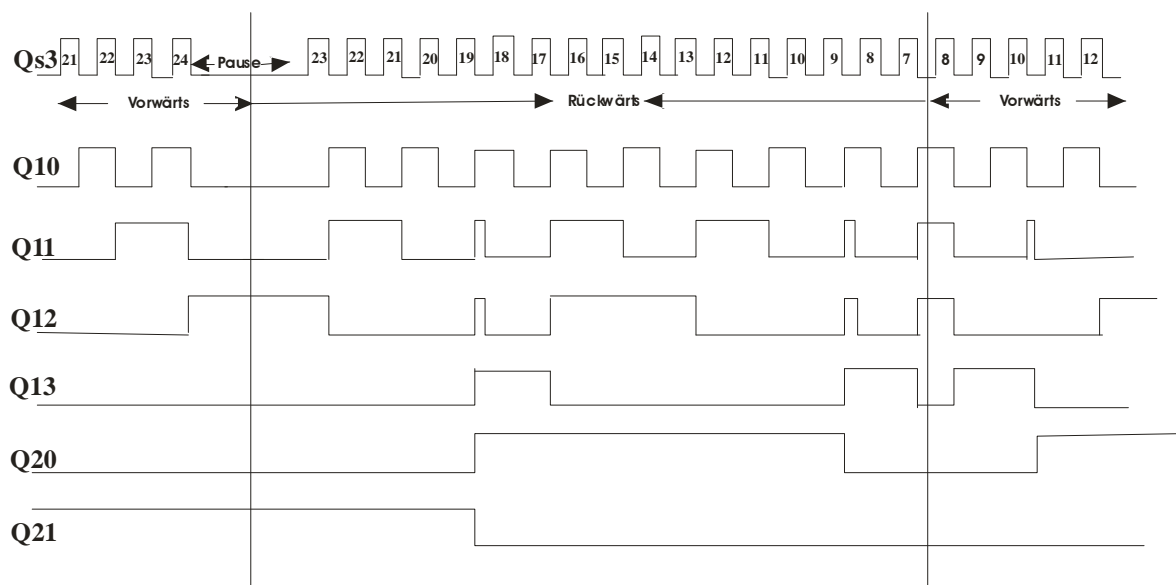


Fig. 2 Ansteuerung der Zähler in Vorwärts (Down) und Rückwärts (Up) Richtung



# Ankerkettenzählwerk

Da eine „Eins“ am Ausgang von G2 in worst case 2,4V beträgt, und er am Eingang 0,8V zum Umschalten auf „Eins“ benötigt, so beträgt der minimaler Verzug des Transfers der Vorwärts bzw. Rückwärts Signale an die Zähler:

$$t_{\min} = -1,3 * \ln\left(1 - \frac{0,8}{2,4}\right) > 0,5msec$$

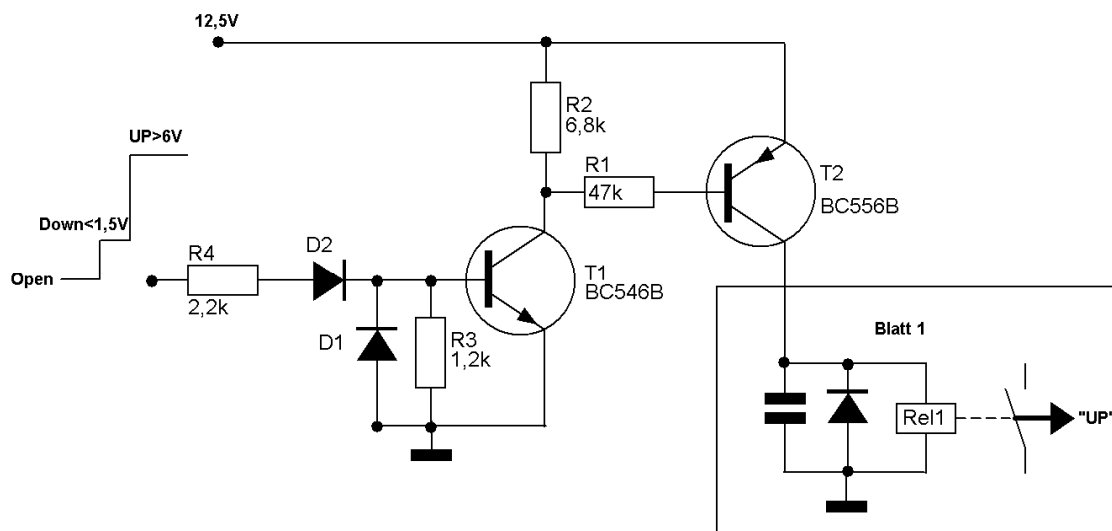
Die über die Monostabile Multivibratoren (T4/T5 bzw. T6/T7) erzeugte Impulsdauer zur Sperrung der Flip-Flips über ihre JK- Eingänge beträgt:

$$t_{JK} = -(R13 * C4) * \ln \frac{V_{CC} - 0,6}{2V_{CC} - 0,6} = 17msec$$

## 9 Ansteuerung des Vorwärts (Down) und Rückwärts (Up) Relais (Fig. 3)

Für die Ansteuerung des in Blatt 1 für die Vorwärts/Rückwärts Steuerung vorgesehenes Relais 1, wurde eine geschaltete externe 12V Versorgung vorausgesetzt. Bei Verwendung von Fernbedienungssteuereinheiten ist dies jedoch nicht immer der Fall. Stattdessen wird in der Regel bei Betätigung der „UP“ Taste eine Spannung von >6V, und bei Betätigung der „Down“ Taste eine Spannung von etwa <1,5V geliefert.

Um eine Saubere Anpassung an die 0,96k spule des Relais zu erreichen, wird eine Externe Schaltung entsprechend Fig. 3 verwendet.



**Fig. 3 Ansteuerung des Vorwärts (Down) und Rückwärts (Up) Relais**

Der Kollektorstrom von T2 errechnet sich aus:

$$i_{C2} = \frac{12,5V - U_{CEsat2}}{R_L} = \frac{12,5V - 0,12V}{0,96} = 12,9mA$$

# Ankerkettenzählwerk

Der hierzu notwendige Basisstrom von T2 bei fünffacher Übersteuerung beträgt:

$$I_{B2} = 5 \frac{I_{C2}}{h_{FE2}} = 5 \frac{12,9}{290} = 0,22mA$$

$$\text{Damit erhält man: } R1 = \frac{12,5V - U_{BE2} - U_{CESat1}}{I_{B2}} = \frac{12,5V - 0,65V - 0,12V}{0,22mA} = 53,32k$$

**Gewählt wird: R1=47k**

Bei einem Kollektorstrom von 2mA von T1, erhält man:

$$R2 = \frac{12,5V - U_{CESat1}}{i_{C1}} = \frac{12,5V - 0,12V}{2mA} = 6,19k$$

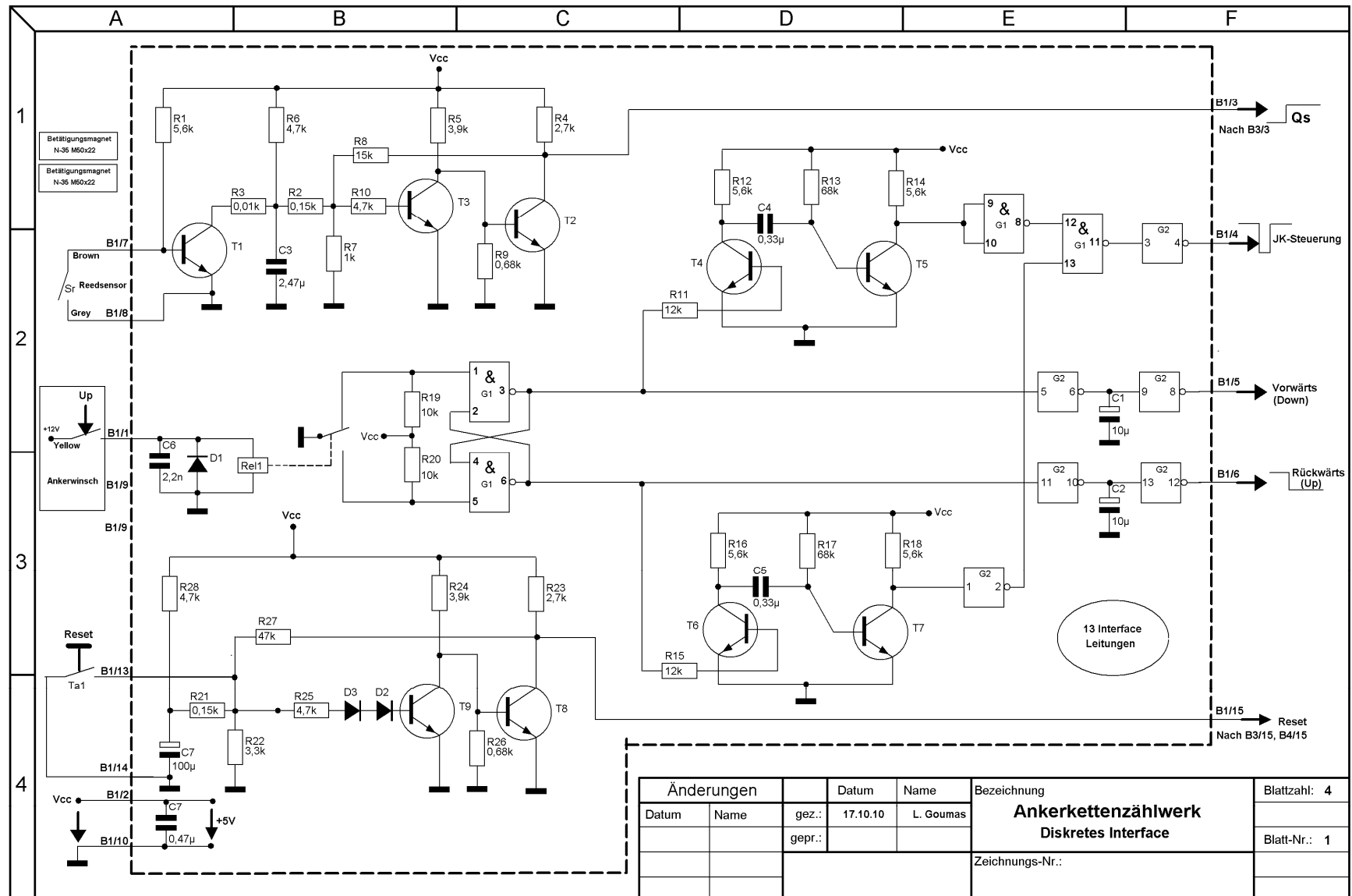
**Gewählt wird: R2=6,8k**

Bei eine fünffachen Übersteuerung, beträgt der Basisstrom von T1:

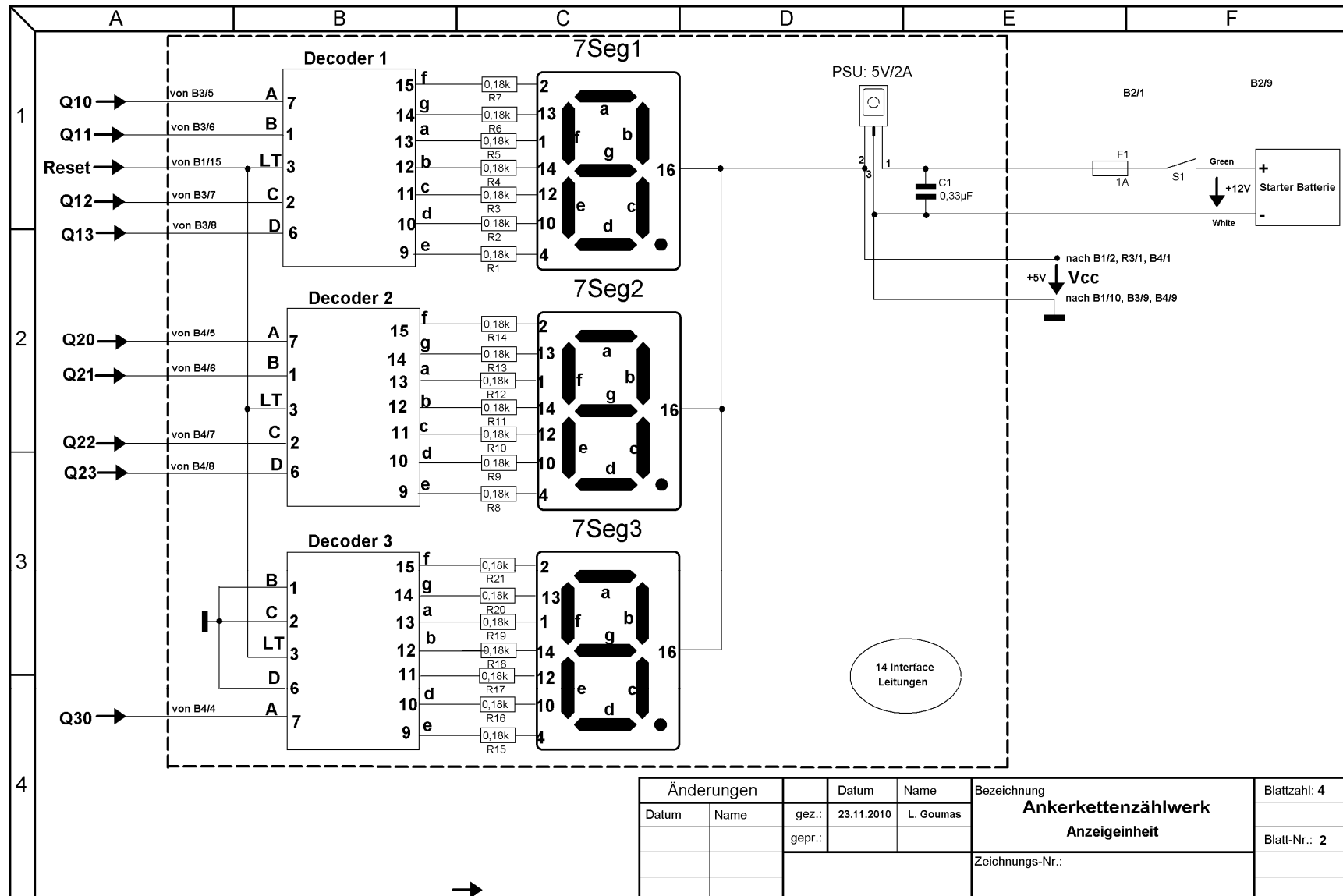
$$i_{B1} = 5 \frac{i_{C1}}{h_{FE1}} = 5 \frac{2}{290} = 0,03mA.$$

Wählt man bei der Betriebsart „Down“ aus Sicherheitsgründen eine Maximalspannung von 1,5V und für den Spannungsteiler **R3=1,2K und R4=2,2K**, so bleibt bei  $U_{BE1}=0,3176V$ , T1 sicher gesperrt. Bei der Betriebsart „UP“ d.h. bei einer Eingangsspannung von ca. 6V verhält man einen Querstrom von  $(6-0,6)/(R3+R4) = 5,7V/3,4K = 1,6765mA$  und demnach eine 55fache Übersteuerung.

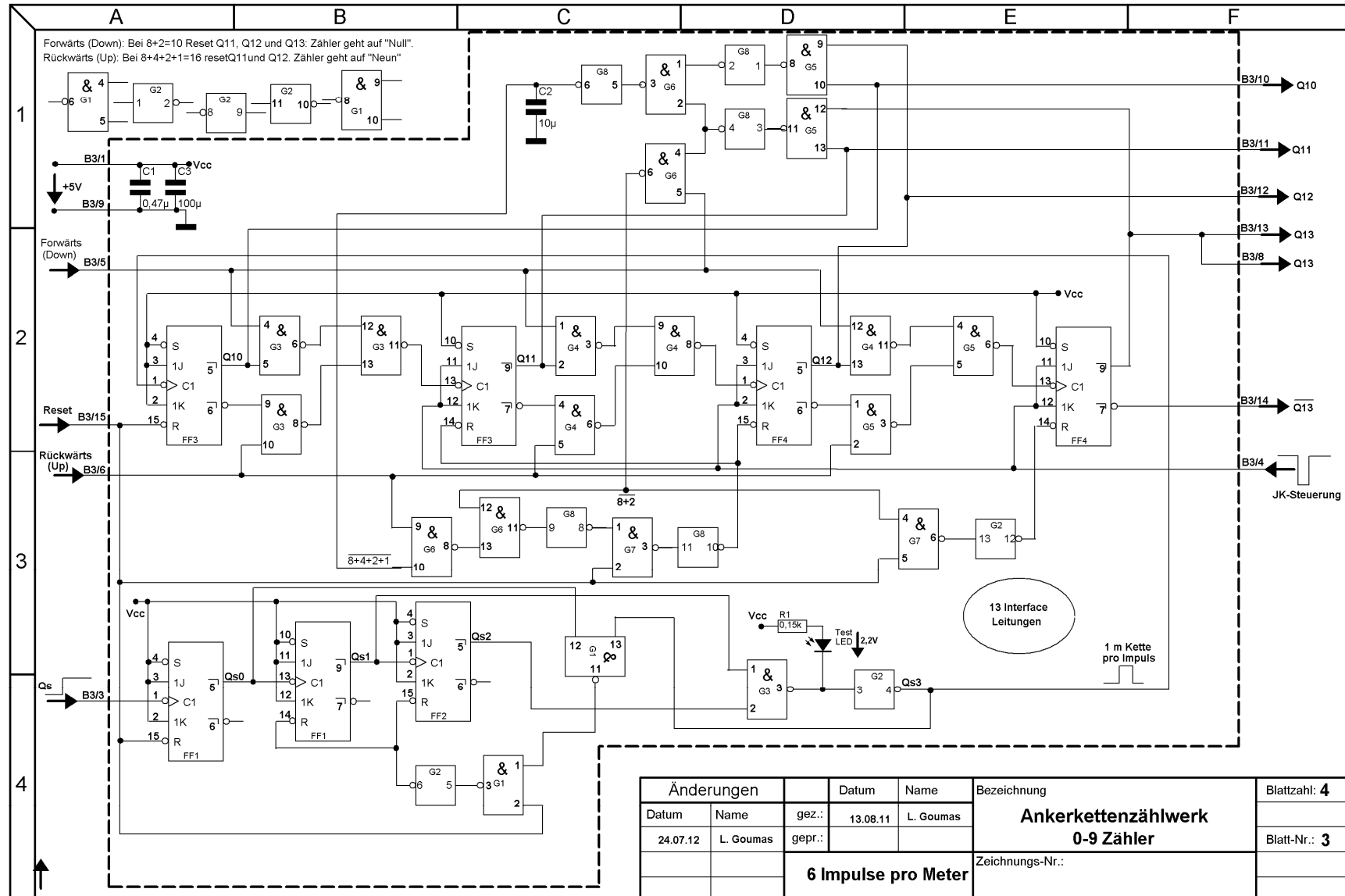
# Ankerkettenzählwerk



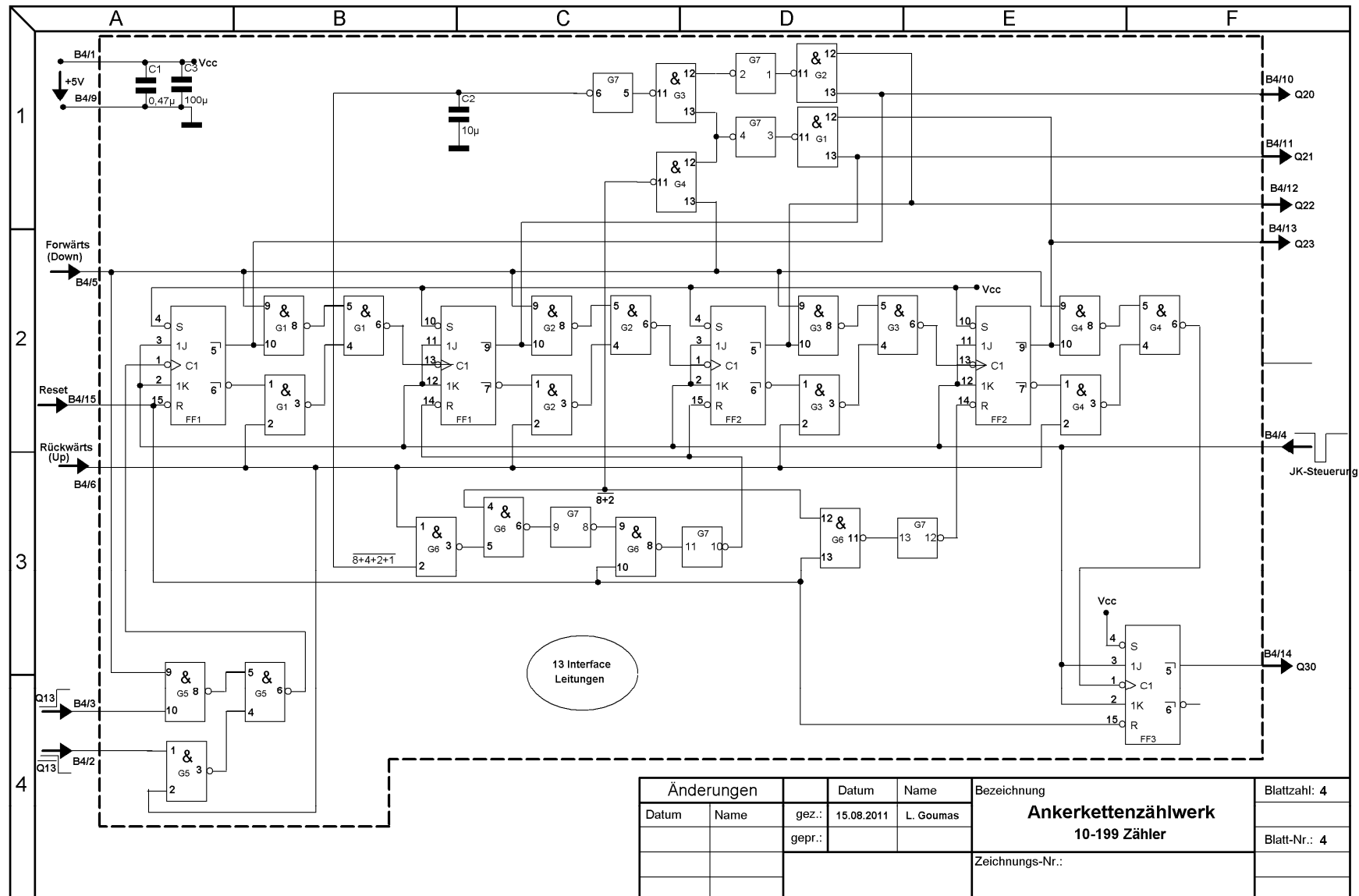
# Ankerkettenzählwerk



# Ankerkettenzählwerk



# Ankerkettenzählwerk



# *Ankerkettenzählwerk*