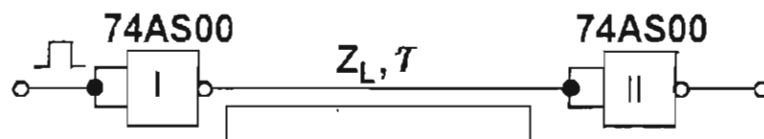


HAW Hamburg / Department IuE	Datum: 04. Februar 2010
Fachgruppe: Grundlagen	Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer
Klausur: Elektronik 3/ E4b	
Name, Vorname, Matr.Nr: <i>Königshart, Michael, 1893173</i>	
Erreichte Punkte: <i>38</i>	Note: <i>4</i>
Tag der Bewertung: <i>10.02.10</i>	

Zugelassene Hilfsmittel: Vorlesungsaufzeichnungen, Skripte, Arbeitsblätter, Fachbücher, mathematische Formelsammlung, einfache Taschenrechner – kein Laptop! Handies sind auszuschalten!

Achtung: Beginnen Sie bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt und nummerieren Sie die Blätter. Es werden nur die Lösungen anerkannt, deren Lösungswege eindeutig erkennbar und nachvollziehbar sind.

Aufgabe 1: (Impulse auf Leitungen – 32 Punkte)



Mit Hilfe eines Impulsfahrplanes sind Start- und Reflexionsamplituden an den Enden einer Leitungsverbindung ($Z_L = 210 \, \Omega$, Signallaufzeit $\tau = 5 \text{ ns}$) zwischen zwei TTL-Gattern zu bestimmen. Für den verwendeten Sendebaustein wird angegeben: $U_{OL} = 0,2 \text{ V}$, $U_{OH} = 4,2 \text{ V}$, $R_{OH} = 100 \, \Omega$. Der Empfängerbaustein besitzt einen Eingangswiderstand von $3,9 \, \text{k}\Omega$.

- Berechnen Sie zunächst für den eingeschwungenen Zustand nach einen $L \rightarrow H$ Sprung der Quelle die Spannungswerte am Anfang und Ende der Leitung.
- Entwickeln Sie nun einen Impulsfahrplan (Lattice-Diagramm) für einen $H \rightarrow L$ Sprung der Quelle. Zeichnen Sie dann den Spannungsverlauf am Anfang und Ende der Leitung als Funktion der Zeit im Bereich von $0 \dots 7\tau$.

Aufgabe 2: (DAU, Fehleranalyse – 28 Punkte)

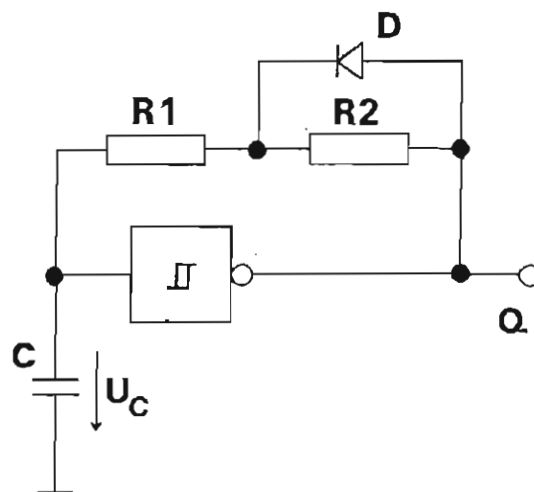
Eine Messreihe liefert für einen 3-Bit-DAU die folgenden Werte ($U_{FS} = 12 \text{ V}$):

x_D	0	1	2	3	4	5	6	7
$U_A [\text{V}]$	-0,2	1,37	2,65	4,64	6,38	7,23	8,22	9,61

- Bestimmen Sie ohne vorhergehende Korrekturmaßnahmen die sich ergebenden Offset- und Verstärkungsfehler (Angabe in LSB).
- Korrigieren Sie nun mit einem einfachen Endpunkt-Abgleich den Offset- und Verstärkungsfehler (Angaben in LSB). Geben Sie das dazugehörige $U_{A, \text{kor}}$ an.
- Ermitteln Sie aus $U_{A, \text{kor}}$ den verbleibenden differentiellen und integralen Linearitätsfehler **DNL** und **INL** (Angaben in LSB).
- Bestimmen Sie **ENOB** aus dem DNL.

Aufgabe 3: (Kippschaltung – 26 Punkte)

Die hier abgebildete astabile Kippschaltung soll näher analysiert werden. Bei dem benutzen Schmitt-Trigger handelt es sich um einen CMOS-Baustein **SN74HC14** mit $U_{OH} = 4,9V$ und $U_{OL} = 0,1V$ sowie den beiden Schwellspannungen $U_{S1} = 1,60V$ und $U_{S2} = 2,80V$ (bei 5 V Betriebsspannung). Die Werte für die Widerstände sind mit $R_1 = 12\text{ k}\Omega$ und $R_2 = 24\text{ k}\Omega$ vorgegeben. Die Kapazität hat einen Wert von $C = 2\text{ nF}$. Die Diode **D** ist mit der Fluss-Spannung $U_{F0} = 0,7V$ und dem Bahnwiderstand $r_{Df} = 100\Omega$ zu berücksichtigen.

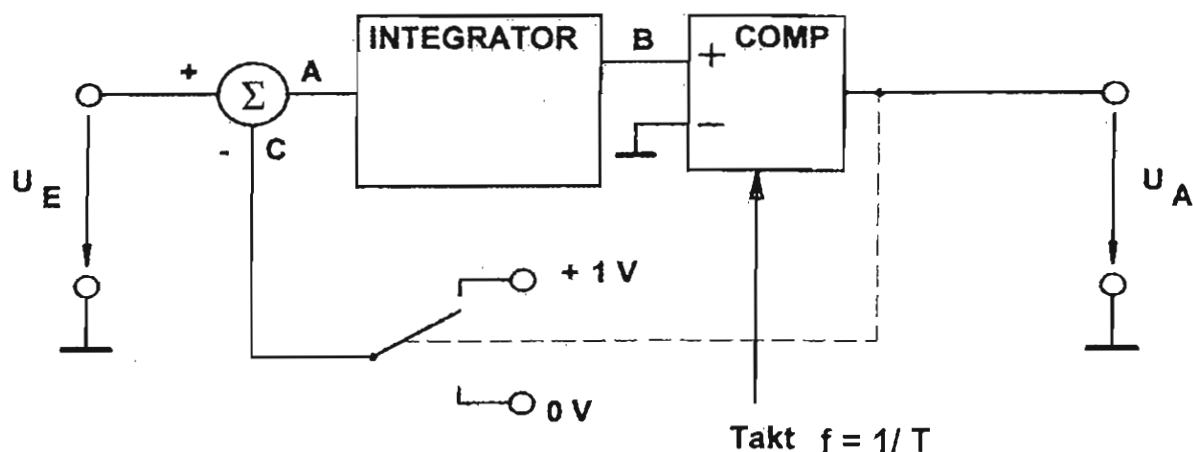


- Berechnen Sie für eine Periode T den genauen zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung U_C der astabilen Kippschaltung. Stellen Sie Ihr Ergebnis anhand von qualitativ richtigen Signal-Zeit-Diagrammen für U_C und U_Q graphisch dar.
- Bestimmen Sie die Frequenz des periodischen Ausgangssignals U_Q . Wie groß ist das Tastverhältnis $v_T = T_D / T$?

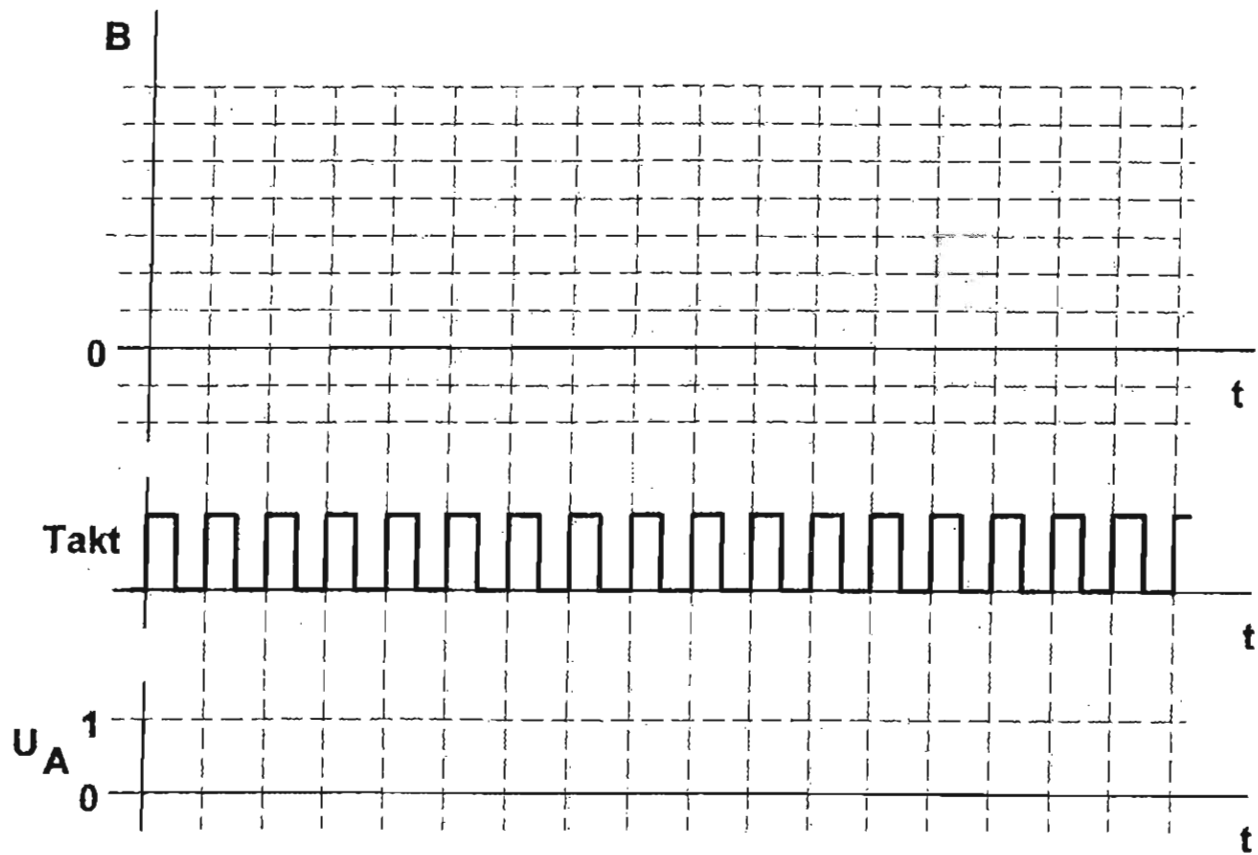
Aufgabe 4: (Sigma-Delta-ADU - 12 Punkte)

Gegeben ist die folgende Sigma-Delta-ADU-Schaltung. Es gilt:

$$0V \leq U_E \leq 1V, \quad B = \frac{1}{T} \int A dt, \quad B \leq 0: U_A = 0, C = 0V, \quad B > 0: U_A = 1, C = 1V$$



Zeichnen Sie für $U_E = 6/8V$ die zeitlichen Verläufe von B und U_A in die vorbereitenden Diagramme und kennzeichnen Sie eine Periode von U_A . Die Anfangsbedingungen sind $U_A = 0V$ und $B = 0V$. Überprüfen Sie das Ergebnis.



Aufgabe 5: (CMOS – Schaltung - 8 Punkte)

Skizzieren Sie den Logikteil einer CMOS-Schaltung, die folgende Funktion realisiert:

$$Q = (\overline{E_1} \vee \overline{E_2}) \wedge \overline{E_3} \wedge E_4$$

Michael Korschak

189 3173

$$Z_L = 210 \Omega$$

$$\tau = 5 \text{ ns}$$

$$R_{KH} = 100 \Omega$$

$$Z_R = 3,9 \text{ kW}$$

Reflexionsfaktor am Ende der Leitung

$$r_e = \frac{Z_R - Z_L}{Z_R + Z_L} \Rightarrow r_e = \frac{3,9 \text{ kW} - 210 \Omega}{3,9 \text{ kW} + 210 \Omega} = 0,898 = r_e \checkmark$$

Reflexionsfaktor am Anfang der Leitung ⁽²⁾

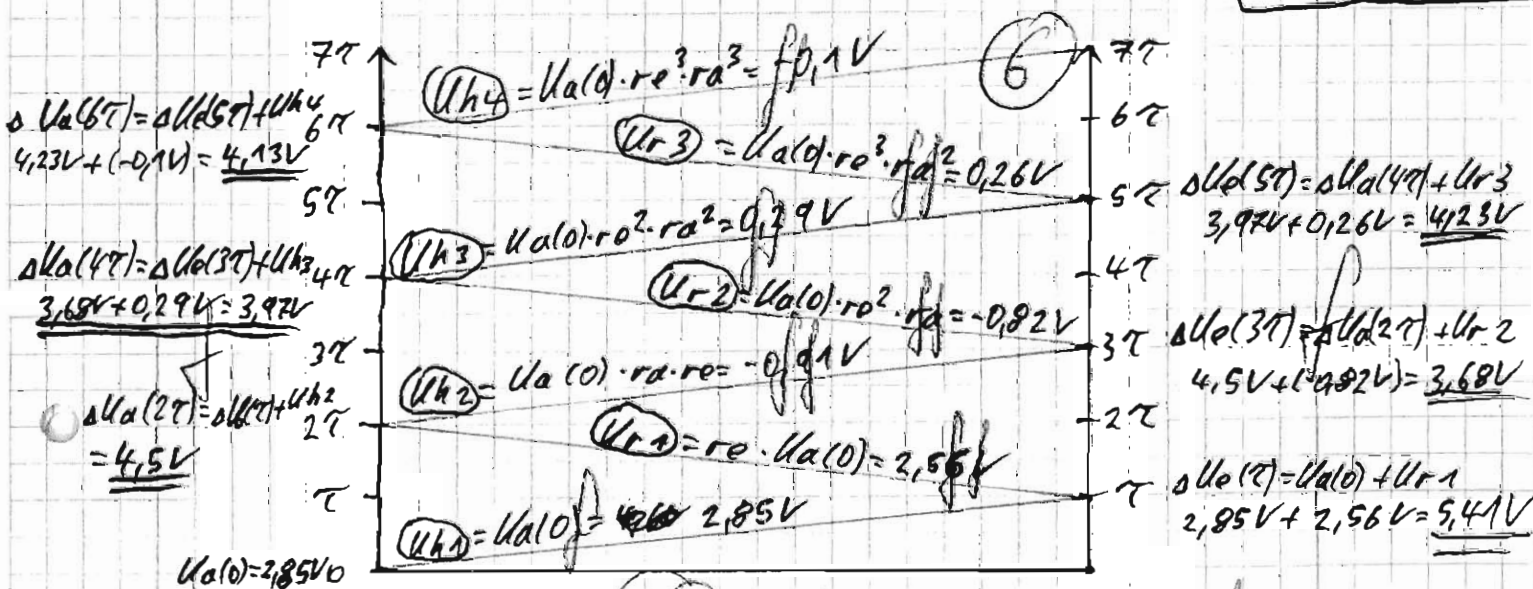
$$r_a = \frac{Z_i - Z_L}{Z_i + Z_L} = \frac{100 \Omega - 210 \Omega}{100 \Omega + 210 \Omega} = -0,355 = r_a \checkmark$$

b) $U_0 = 4,2 \text{ V}$

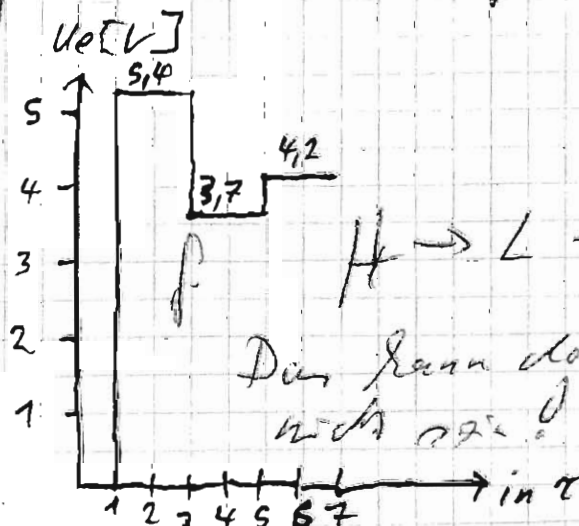
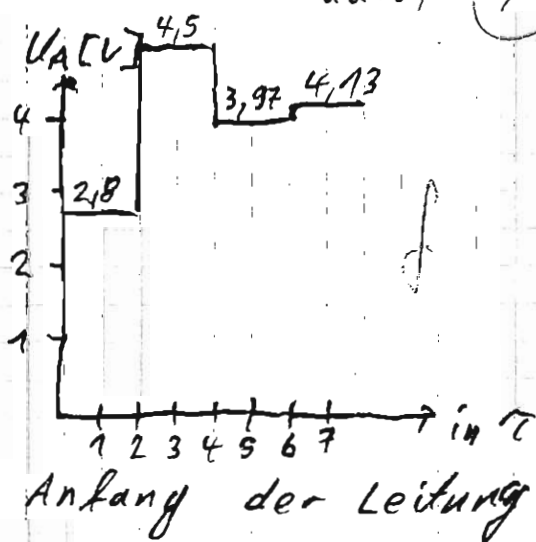
$$U_a(t=0) = U_0 \cdot \frac{Z_L}{Z_L + Z_i} = U_{h1}$$

$$U_{r1} = r_e \cdot U_{h1}$$

$$U_{h2} = r_a \cdot U_{r1} + r_a \cdot r_e \cdot U_a(t=0)$$



$$U_a(0) = 4,2 \text{ V} \cdot \frac{210 \Omega}{210 \Omega + 100 \Omega} = 2,85 \text{ V}$$



H \rightarrow L spring

Das kann doch nicht sein!

zu 2)

x_D	0	1	2	3	4	5	6	7
a) $[V] U_{A,ideal}$	-0,2	1,37	2,65	4,04	5,38	6,73	8,22	9,61
$[V] U_{A,ideal}$	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
Abweichung $U_A - U_{A,ideal}$	<u>-0,2</u>	-0,13	-0,35	0,14	0,38	-0,27	-0,78	-0,89
b) $U_{A,Kor.} [V]$	0	1,47	2,85	4,94	6,77	7,72	8,81	10,5
c) INL in LSB	0	-0,02	-0,1	0,29	0,51	0,15	-0,18	0
DNL in LSB	0	-0,02	-0,08	0,4	0,22	-0,37	-0,27	0,13

$$a) U_{LSB} = \frac{U_{FS}}{2^n} = \frac{12V}{2^3} = \frac{12V}{8} = \underline{1,5V} \quad \checkmark (2)$$

$$U_{A,ideal} = x_D \cdot U_{LSB}$$

Nullpunktfehler ΔU_0 Offsetfehler

$$U_{eff} = \underline{-0,2V} \quad (\hat{=} 1,66\% FS \hat{=} \underline{-0,133 \text{ LSB}}) \quad \checkmark (2)$$

Verstärkungsfehler ΔU_{max}

$$U_{gain} = \underline{-0,89V} \quad (\hat{=} 7,4166\% FS \hat{=} \underline{-0,5933 \text{ LSB}}) \quad \checkmark (2)$$

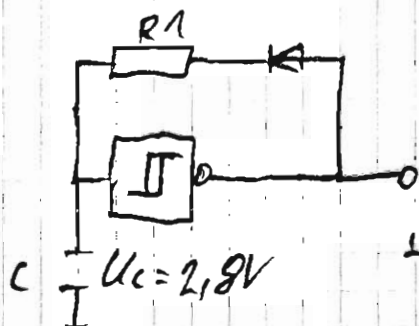
b) Verstärkungsfehler mit Abgleich $(U_{gain} - U_{eff})$
 $-0,89V - (-0,2V) = \underline{-0,69V} \quad (\hat{=} -9,75\% \hat{=} \underline{-0,46 \text{ LSB}})$

$$U_{A,Kor} = U_A - U_{eff} - (U_{gain} - U_{eff}) \cdot \frac{x_D}{x_{D,max}} \quad \checkmark (3)$$

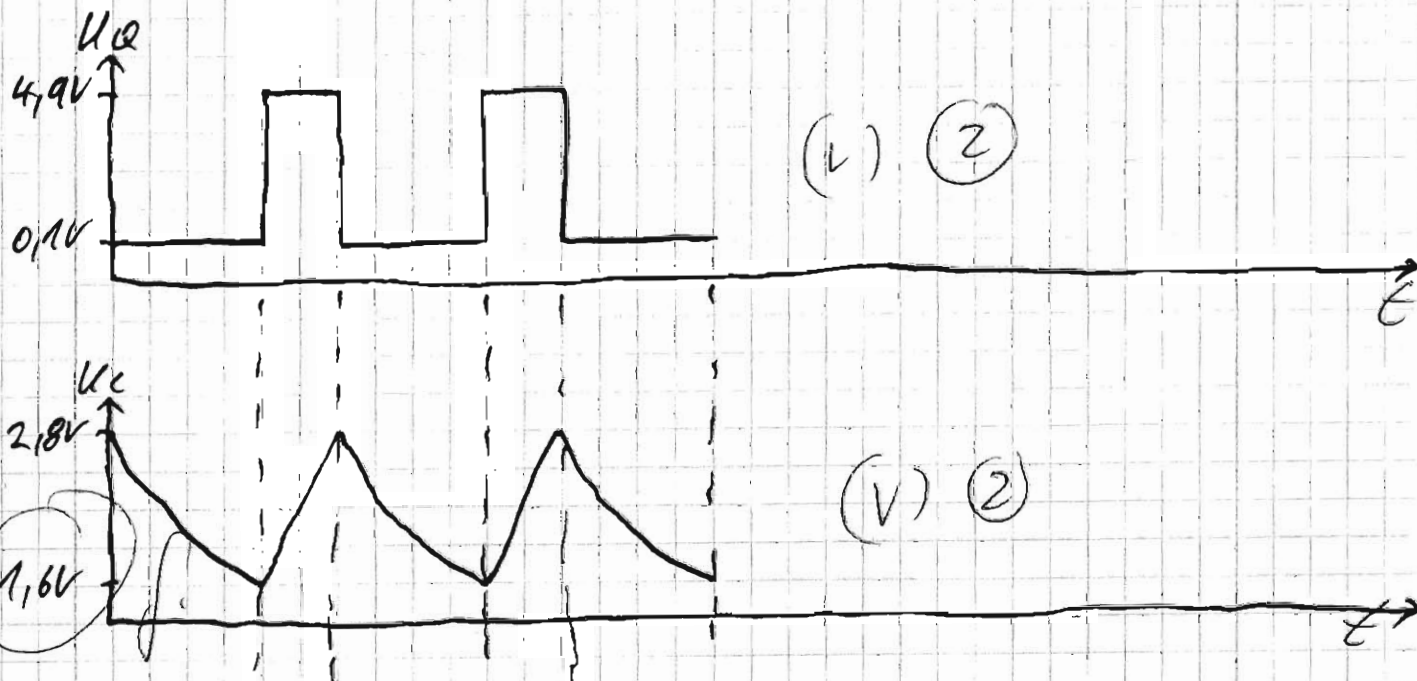
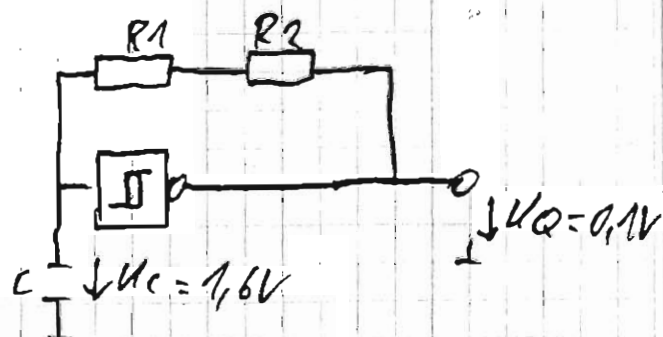
c)

$U_{A,Kor} - U_{A,ideal}$	0	1	2	3	4	5	6	7
INL in V	0	-0,03	-0,15	0,44	0,77	0,22	-0,19	0
DNL	0	-0,03	-0,12	0,59	0,33	-0,55	-0,41	0,19

zu 3) a) Fall Q (H)



Fall Q (L)



$\tau = R_{gen} \cdot C$ • Aufladen: $R_{gen} = R_1 + R_{Df/R_L} = 12\text{ kW} + 100\text{ n}$
 $\tau_{auf} = 12,1\text{ kW} \cdot 2\text{ nF} = \underline{24,2\text{ }\mu\text{s}}$ ✓ (2)

• Entladen: $R_{gen} = R_1 + R_2 = 12\text{ kW} + 24\text{ kW} = 36\text{ kW}$
 $\tau_{ent} = 36\text{ kW} \cdot 2\text{ nF} = \underline{72\text{ }\mu\text{s}}$ ✓ (2)

$T_0 = \tau_{auf} \cdot \ln\left(\frac{U_{\infty} - U_0}{U_{\infty} - U(t_0)}\right) \Rightarrow T_0 = 24,2\text{ }\mu\text{s} \cdot \ln\left(\frac{(4,9 - 1,6)\text{ V}}{(4,9 - 2,8)\text{ V}}\right)$
 $\boxed{T_0 = 10,938\text{ }\mu\text{s}}$

$T_p = \tau_{ent} \cdot \ln\left(\frac{U_{\infty} - U_0}{U_{\infty} - U(t_0)}\right) \Rightarrow T_p = 72\text{ }\mu\text{s} \cdot \ln\left(\frac{(0,1 - 2,8)\text{ V}}{(0,1 - 1,6)\text{ V}}\right)$
 $\boxed{T_p = 42,32\text{ }\mu\text{s}}$

b) $T = T_0 + T_p \Rightarrow T = 10,938\text{ }\mu\text{s} + 42,32\text{ }\mu\text{s} = \underline{53,26\text{ }\mu\text{s}}$ ✓ (1)

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{53,26\text{ }\mu\text{s}} \approx \underline{18,8\text{ kHz}}$ ✓ (1) $f_T = \frac{T_0}{T} = \frac{10,938\text{ }\mu\text{s}}{53,26\text{ }\mu\text{s}} = \underline{0,2054}$ ✓ (1)