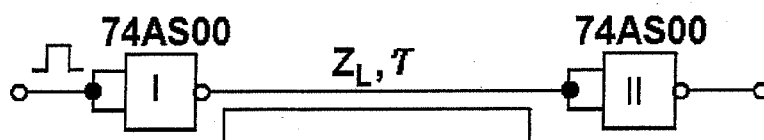


HAW Hamburg / Department IuE	Datum: 04. Februar 2010
Fachgruppe: Grundlagen	Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer
Klausur: Elektronik 3/ E4b	
Name, Vorname, Matr.Nr: <i>Zehn, Fabian</i> , [REDACTED]	
Erreichte Punkte: <i>75</i>	Note: <i>1,1</i>
Tag der Bewertung: <i>10.02.10</i>	

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: $U_{QL} = 0,2\text{V}$, $U_{QH} = 4,2\text{V}$, $R_{QH} = 100\Omega$. 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)

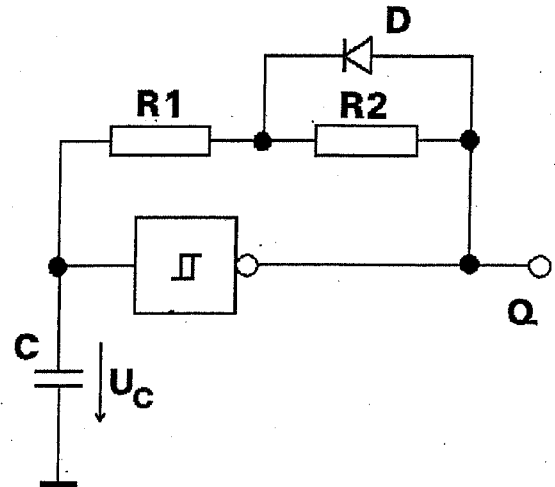
Eine Messreihe liefert für einen 3-Bit-DAU die folgenden Werte ($U_{FS} = 12\text{V}$):

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 benutzten Schmitt-Trigger handelt es sich um einen CMOS-Baustein **SN74HC14** mit $U_{QH} = 4,9V$ und $U_{QL} = 0,1V$ 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 $C = 2nF$. Die Diode D ist mit der Fluss-Spannung $U_{F0} = 0,7V$ und dem Bahnwiderstand $r_{DF} = 100\Omega$ zu berücksichtigen.

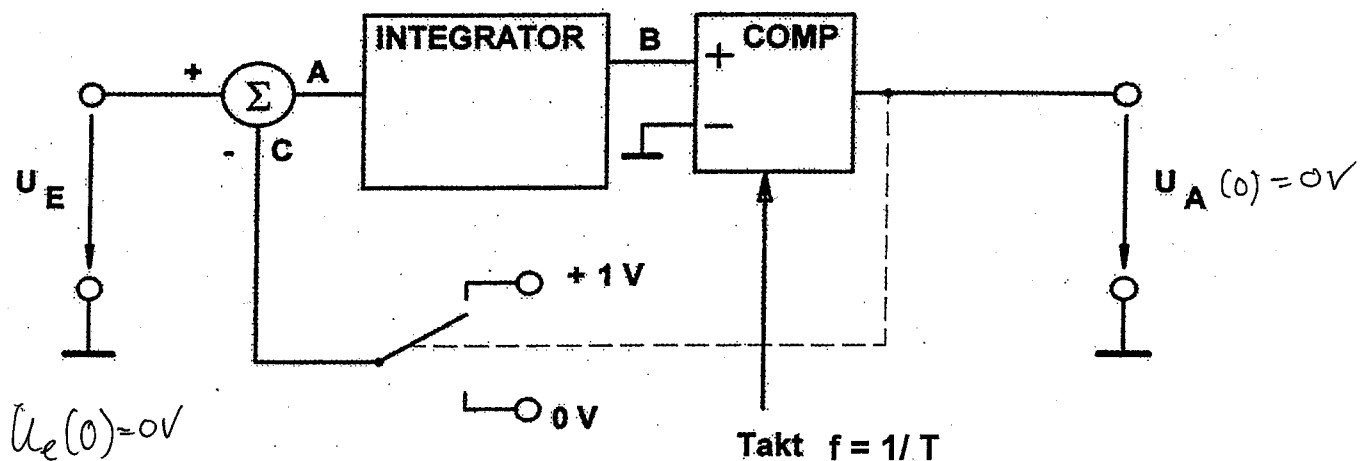


- Berechnen Sie für eine Periode T den genauen zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung U_C der astabilen Kippschaltung. Stellen Sie Ihr Ergebnis anhand von qualitativ richtigen Signal-Zeit-Diagrammen für U_C und U_Q graphisch dar.
- Bestimmen Sie die Frequenz des periodischen Ausgangssignals U_Q .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

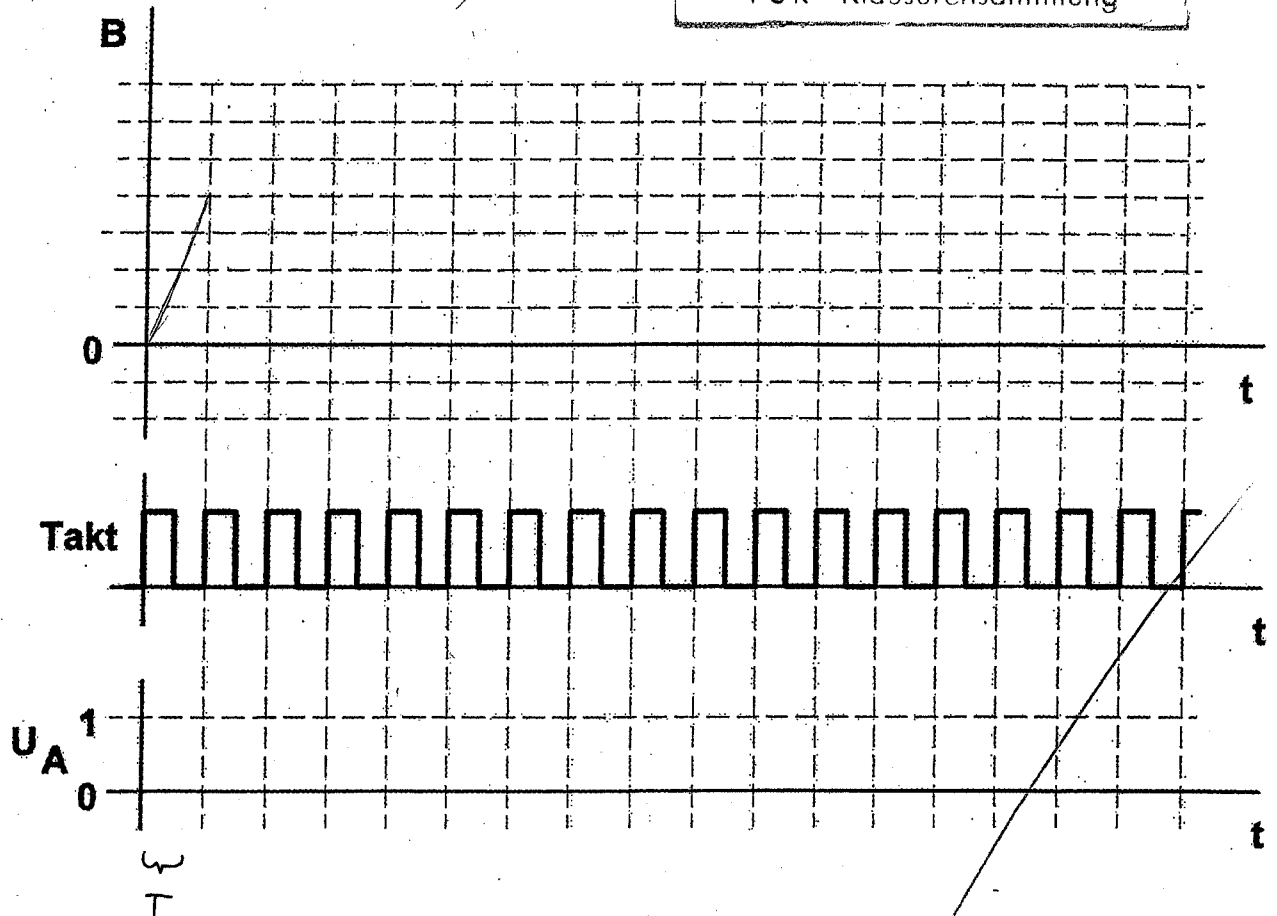
Aufgabe 4: (Sigma-Delta-ADU - 12 Punkte)

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

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



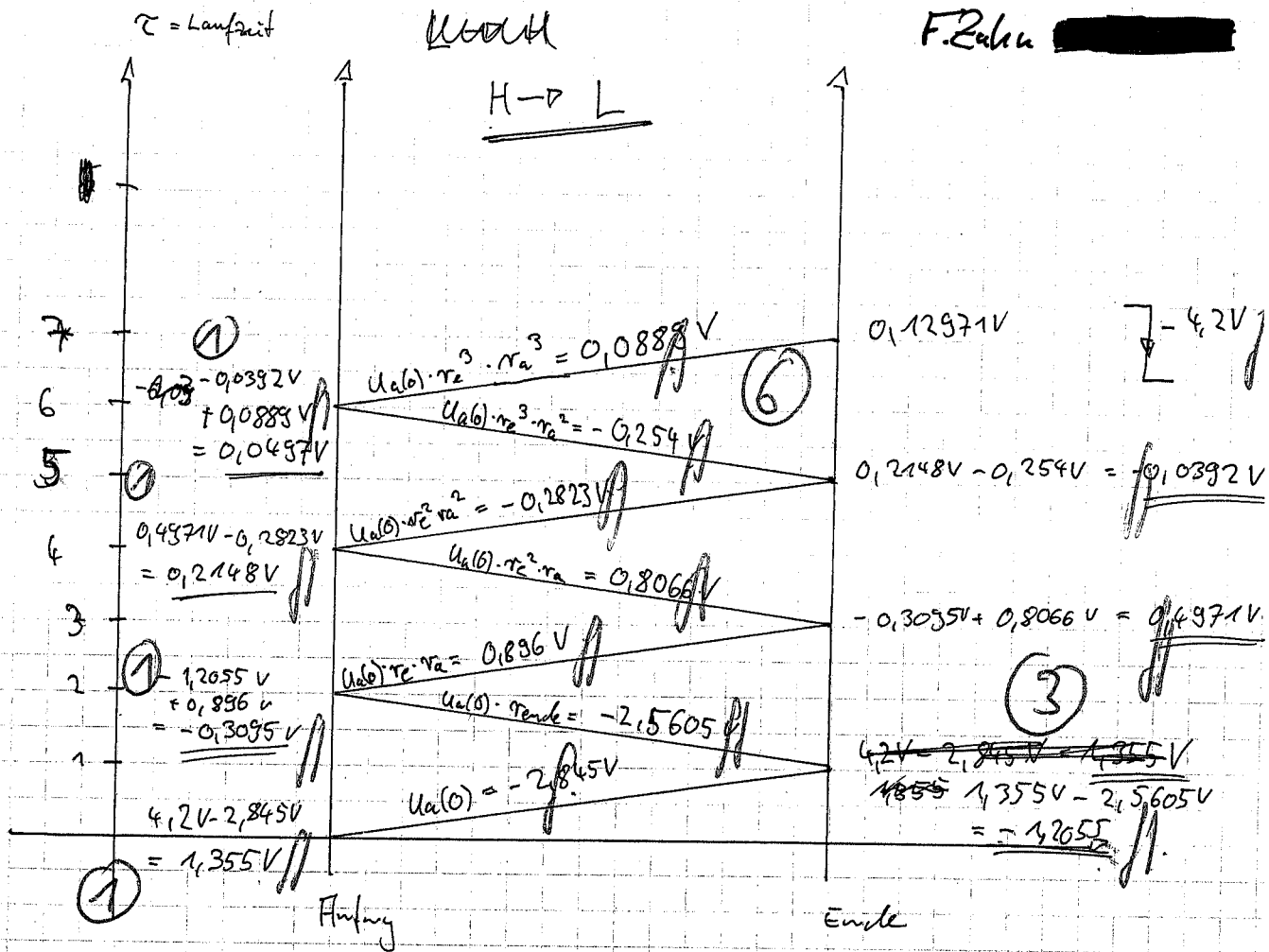
Zeichnen Sie für $U_E = 6/8V$ die zeitlichen Verläufe von B und U_A in die vorbereiteten Diagramme und kennzeichnen Sie eine Periode von U_A . Die Anfangsbedingungen sind $U_A = 0V$ und $B = 0V$. Überprüfen Sie das Ergebnis.



Aufgabe 5: (CMOS – Schaltung - 8 Punkte)

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

$$Q = (\bar{E}_1 \vee \bar{E}_2) \wedge \bar{E}_3 \wedge E_4$$



$Z_L = 210 \Omega$ Laufzeit $\tau = 5 \mu\text{s}$

Sender $R_{\text{QH}} = 100 \Omega$

Empfänger $R_{\text{in}} = 3,9 \text{ k}\Omega$

Reflexionsfaktor: $\tau_{\text{ende}} = \frac{R_{\text{in}} - Z_L}{R_{\text{in}} + Z_L} = \frac{3,9 \text{ k}\Omega - 210 \Omega}{3,9 \text{ k}\Omega + 210 \Omega} \approx 0,899$

$\tau_{\text{Anfang}} = \frac{R_{\text{QH}} - Z_L}{R_{\text{QH}} + Z_L} = \frac{100 \Omega - 210 \Omega}{100 \Omega + 210 \Omega} \approx -0,33$

a) $U_a(t \rightarrow \infty) = U_e(t \rightarrow \infty) = U_{\text{QH}} \cdot \frac{R_{\text{in}}}{R_{\text{in}} + R_{\text{QH}}} = 4,095 \text{ V}$

(2) V

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

Weiter ①

F. Zuhlen

$$b) \quad r_{\text{ende}} = \frac{R_{\text{in}} - Z_L}{R_{\text{in}} + Z_L} = \frac{3,9k\Omega - 210\Omega}{3,9k\Omega + 210\Omega} \approx \underline{\underline{0,9}} \quad \checkmark \quad \textcircled{2}$$

$$r_{\text{aufg}} = \frac{R_{\text{QH}} - Z_L}{R_{\text{QH}} + Z_L} \approx \underline{\underline{-0,35}} \quad \checkmark \quad \textcircled{2}$$

$$U_a(0) = \underbrace{-4,2V}_{\text{f.}} \cdot \frac{Z_L}{R_{\text{QH}} + Z_L} = -4,2V \cdot \frac{210\Omega}{100\Omega + 210\Omega} = \underline{\underline{-2,845V}} \quad \textcircled{1} \quad \text{f.}$$

(2)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

F. Zuh

[V]	x_D	0	1	2	3	4	5	6	7
U_H [V]		-0,2	1,37	2,65	4,64	6,38	7,23	8,22	9,61
U_H, ideal		0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
$U_H - U_{H, \text{ideal}}$		-0,2	-0,13	-0,35	0,14	0,38	-0,27	-0,78	-0,89
U_a abgleich		0	1,669	3,047	5,136	6,974	7,923	9,011	10,5 V
$U_a \text{ abgleich} - U_{a, \text{ideal}}$		0	0,169	0,047	0,636	0,974	0,423	0,011	0
ΔU_i									0
$\Delta U_i - \Delta U_{i-1}$		0	0,169	-0,122	0,589	0,338	-0,551	-0,412	-0,011

$$U_{FS} = 12V \Rightarrow U_{LSB} = \frac{12V}{2^3} = 1,5V \checkmark (2)$$

$$a) 1) U_{\text{offset}} = -0,2V \checkmark \frac{-0,2V}{U_{LSB}} = -0,13 U_{LSB} \checkmark (2)$$

$$2) U_{\text{Gainfehler}} = -0,89V - U_{\text{offset}} = -0,89V + 0,2V = -0,69V \stackrel{\text{ohne Korrektur}}{=} \frac{-0,69V}{1,5V} \checkmark (1)$$

$$b) U_a \text{ abgleich} = U_a - U_{\text{offset}} - (U_{\text{Gainfehler}} \cdot \frac{x_D}{2^n - 1}) \checkmark (3) = -0,46 U_{LSB}$$

$$c) U_{DNL} = 0,974V \stackrel{!}{=} \frac{0,974V}{1,5V} = 0,6493 U_{LSB} \checkmark (2)$$

$$U_{INL} = 0,589V \stackrel{!}{=} \frac{0,589}{U_{LSB}} = 0,3926 U_{LSB} \checkmark (2)$$

$$ENOB = \text{Gl} \left(\frac{1}{DNL \text{ Fehler} \%} \right) = \log_2 7,266 \text{ Bit} > 3 \text{ Bit} \checkmark \checkmark$$

③

F. Zulu

$$U_{QH} = 4,9V$$

$$U_{S1} = 1,6V$$

$$U_{QL} = 0,1V$$

$$U_{S2} = 2,8V$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

$$R_1 = 12k\Omega$$

$$C = 2\mu F$$

$$R_2 = 24k\Omega$$

$$\tau_{DF} = 100\Omega$$

$$U_{FO} = 0,7V$$

1) $Q = High \hat{=} 4,9V \rightarrow$ Kondensator aufladen bis $2,8V = U_{S2}$

$$\tau = R \cdot C \quad \text{mit } R = R_1 + \frac{\tau_{DF} \cdot R_2}{\tau_{DF} + R_2} \approx 12,1k\Omega$$

$$\Rightarrow \tau = 12,1k\Omega \cdot 2\mu F = 24,2 \mu \text{ sec.} \quad \textcircled{2}$$

$$T_D = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_{S2}} \right) \quad \textcircled{2}$$

$$U_\infty = U_{QH} - U_{FO} = 4,2V$$

$$U_0 = U_{S1} = 1,6V$$

$$= 24,2\mu s \cdot \ln \left(\frac{4,2V - 1,6V}{4,2V - 2,8V} \right) \quad \textcircled{2}$$

$$= 14,98 \mu s \quad \checkmark \quad \textcircled{2}$$

2) Kondensator entladen bis U_{S1}

$$T_P = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_{S1}} \right)$$

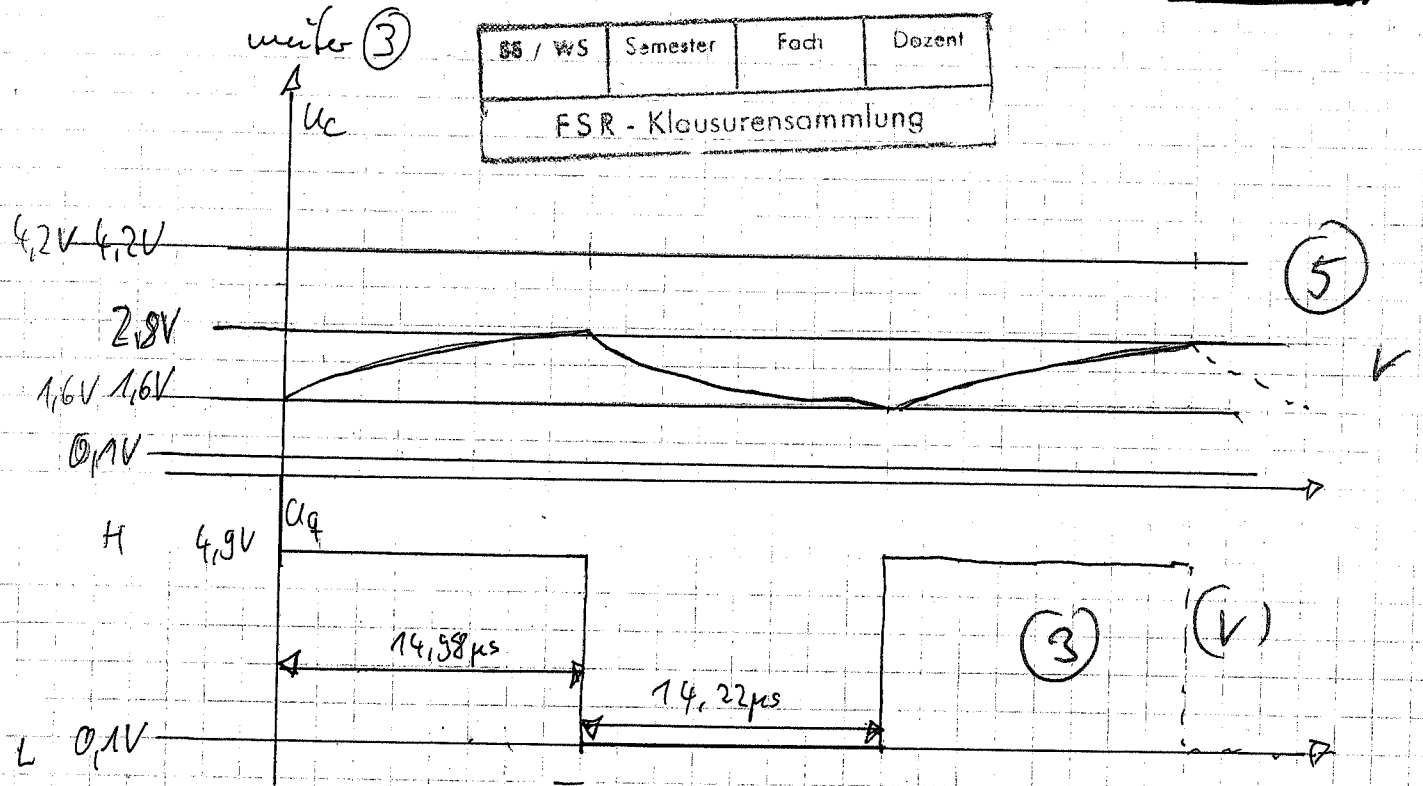
$$U_\infty = U_{QL} = 0,1V$$

$$U_0 = U_{S2} = 2,8V$$

$$= 24,2\mu s \cdot \ln \left(\frac{0,1V - 2,8V}{0,1V - 1,6V} \right)$$

$$\approx 14,22 \mu s$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			



5) Tastgrad $V_T = \frac{T_D}{T_D + T_P} \approx 0,513 \parallel \hat{=} 51,3\%$

①

$f = \frac{1}{T_D + T_P} = 34,246 \text{ kHz} \parallel$

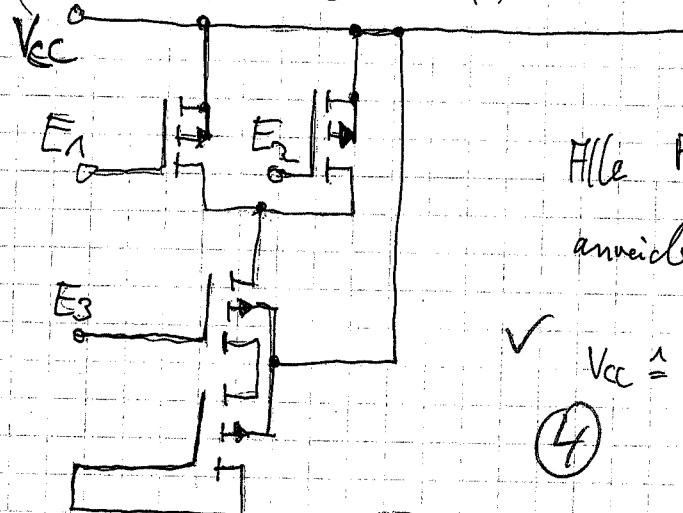
①

5

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

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

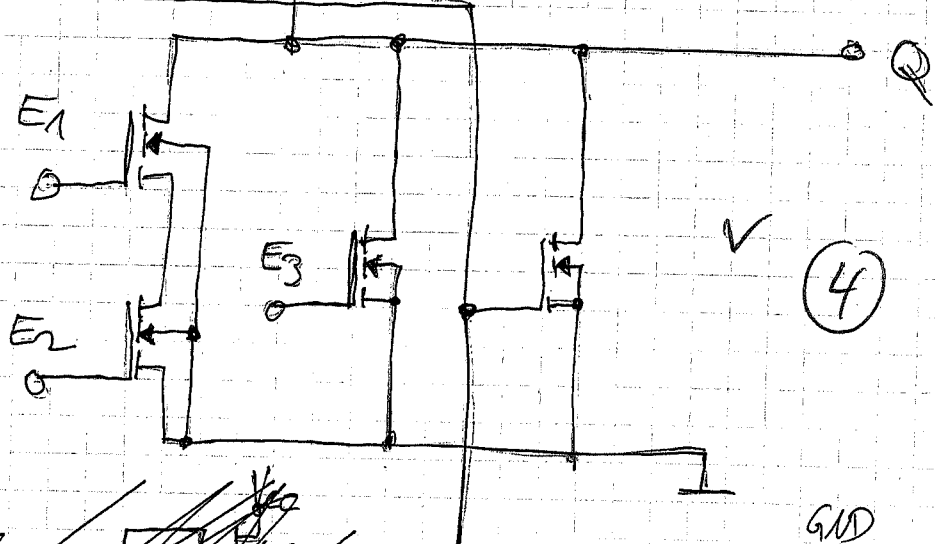
$$= (\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_3 \vee \overline{E_4}) \vee \textcircled{4}$$



Alle FETs vom
anreicherungstyp!

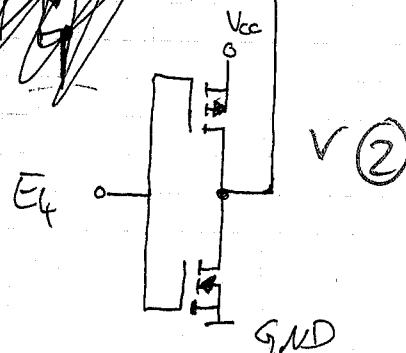
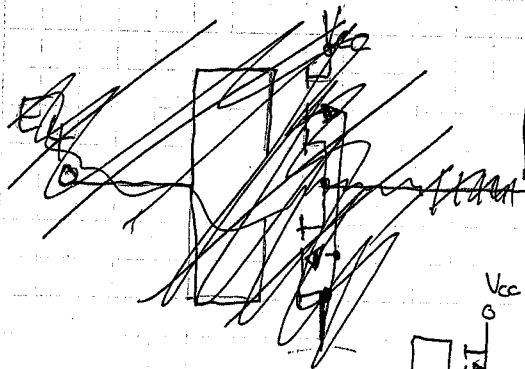
✓ $V_{cc} \hat{=}$ Betriebsspannung

④



✓

④



②