SS WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

(1b)

Dr.-Ing. J. Vollmer
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department für Informations- und Elektrotechnik
Informationstechnik und Kommunikationstechnik

Name: Reermann

Vorname: Jens

Matr.-Nr.: 1931318

Klausur: Elektronik 3 vom 8. Juli 2010

Ihre Lösungen müssen den Ansatz enthalten. Lösungen ohne Herleitungen oder Begründung erhalten <u>nur reduzierte Punktzahl</u>! Nummerieren Sie Ihre Aufgaben!

	Punkte in Unteraufgaben		Erreichte Punkte	Maximal (+ SP)	
Aufgabe 1	10+5+5+5(+4)		8+5+5+5(+3)	25(+4)	-3
Aufgabe 2	5+7(+4+5)		5+7(+4+5*)	12(+9)	
Aufgabe 3	6+8		6+8	14	
Aufgabe 4	10+7(+8)		10+7(+3)	17(+8)	-5
Aufgabe 5	6+10+4+2(+3)		6+8+4	22(+3)	-7
Bewertung:	15	**Summe:**	94 99	**90 (+28)**	

Kleine Formelsammlung:

Min/Max Rechenregeln: Für $a<0, b>0$ gilt: $\overline{ab}=\bar{a}\underline{b}$ und $\underline{ab}=\underline{a}\bar{b}$

Lösung Differentialgleichung erster Ordnung mit konstanter Anregung::

$$u(t)=U_\infty+[U_0-U_\infty]e^{-(t-t_S)/\tau}$$

Für $t=T_x$ folgt:

$$T_x-t_S=\tau\cdot\ln\left(\frac{U_\infty-U_0}{U_\infty-u(T_x)}\right)$$

Tastgrad

$$v_T=\frac{T_D}{T_D+T_P}$$

Transistor in Sättigung:

$$I_{CX}=\frac{B_N}{m}I_{BX}$$

CMOS-Logik

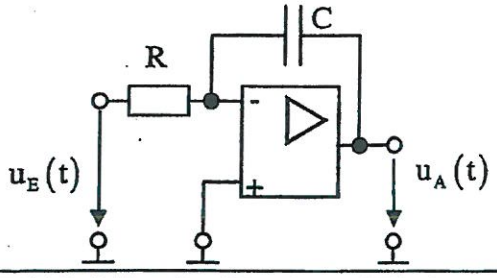
$$f_p(E)=f(\overline{E})$$

$$f_n(E)=\overline{f(E)}$$

mit $E=[E_1, E_1, \ldots E_N]$

Invertierender OP-Verstärker als Integrator im linearen Bereich:

$$u_A(t)=-\frac{1}{RC}\int_{-\infty}^{t}u_E(\tau)d\tau$$



Delta-Sigma ADU

$$U_{FS}=U_{DAU,max}-U_{DAU,min}$$

Unipolarer $\Delta\Sigma$-DAU: $U_E=\overline{U_D}\cdot U_{FS}$ (Strich: Mittelwert)

Bipolarer $\Delta\Sigma$-DAU: $U_E=\overline{U_D}\cdot U_{FS}-U_{FS}/2$

Zusammenhang im <u>linearen</u> Arbeitsbereich:

$$|U_I|\le|\Delta U_{max}|\cdot\frac{T}{\tau}$$

ENOB (Effective Number of Bits):

$$ENOB(M)=\frac{SINAD/dB-1,76}{6,02}$$

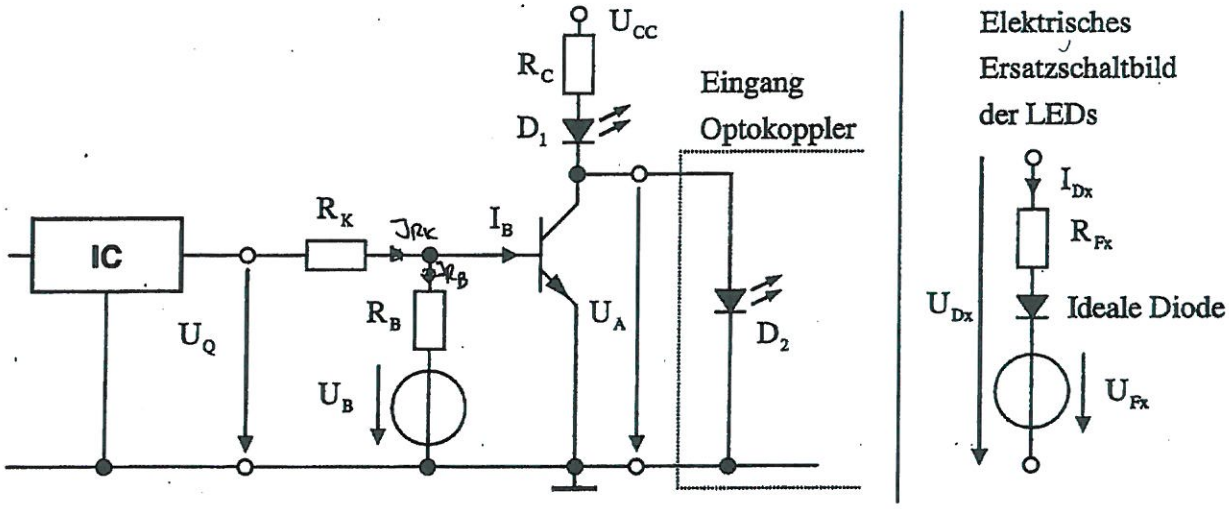
SINAD: Signal-to-Noise-and-Distortion (power) Ratio:

$$SINAD=\frac{S}{N+D}$$

S: signal power, N: noise power, D distortion power

Aufgabe 1: Pegelanpassung (25+4)

Das digitale Signal U_Q soll mit Hilfe eines Optokopplers über eine Glasfaser übertragen werden. Der Eingang des Optokopplers ist elektrisch eine LED. Eine zweite LED dient der Kontrolle. Beide LEDs sind mit dem angegebenen Ersatzschaltbild hinreichend beschrieben. Die Spannungen in Durchlassrichtung werden U_{D1} bzw. U_{D2} genannt. Die notwendige Pegelanpassung erfolgt mit einem Transistor.



Daten des ICs: $U_{QL} = 0{,}1\ V \ldots 0{,}4\ V$, $U_{QH} = 4\ V \ldots 4{,}8V$, $\overline{I_C} = 180\ mA$

Daten des Transistors: $U_{CEX} = 0{,}1 \ldots 0{,}4\ V$, $U_{BEX} = 0{,}6 \ldots 0{,}8\ V$, $I_{CB0} = 0\ A$, $B_N = 250 \pm 10\%$

Daten der LEDs: $R_{F1} = 50\,\Omega \pm 5\%$, $U_{F1} = 0{,}4V$, $\overline{I_{D1}} = 150\ mA$, $I_{D1,typ} = 50\ mA$

$R_{F2} = 150\ \Omega \pm 5\%$, $U_{F2} = 0{,}6V$, $\overline{I_{D2}} = 150\ mA$, $I_{D2,typ} = 60\ mA$

$U_{CC} = 30\ V \pm 5\%$, $U_B = -5V \pm 5\%$, $R_{KN} = 1{,}8\ k\Omega$ (Alle normalen Widerstände: E12 Reihe.)

E12 Reihe: [1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2] x $10^n\ \Omega \pm 10\%$

Lösungen ohne Min/Max Rechnung erhalten nur stark reduzierte Punkte

a) Bestimmen Sie $\overline{R_C}$ und $\underline{R_C}$ so, dass kein Bauteil zerstört wird und die LED2 ihren typischen Strom $I_{D2,typ}$ sicher erreicht. (10 Punkte)

Ab jetzt gelte $R_{CN} = 220\ \Omega$

b) Bestimmen Sie $\overline{I_C}$ und $\underline{I_{BX}}$, sodass $m \geq 2$ sicher gilt. (5 Punkte)

c) Bestimmen Sie R_{BN} so, dass der Transistor gerade sicher sperrt ($U_{BEY} \leq 0\ V$). (5 Punkte)

d) Überprüfen Sie, ob mit dem in c) gewählten R_{BN} der geforderte Strom $\underline{I_{BX}}$ sicher erreicht wird. (5 Punkte)

e) **Verständnis/Zusatzaufgabe:** Wenn man die Schaltung umbaut und LED 1 an U_A anschließt, kann man die Funktion der Schaltung ebenfalls überprüfen. Nennen Sie je einen wesentlichen Vor- und Nachteil der neuen Schaltung im Vergleich zur bisherigen Schaltung. (4 Punkte)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung 2/4			

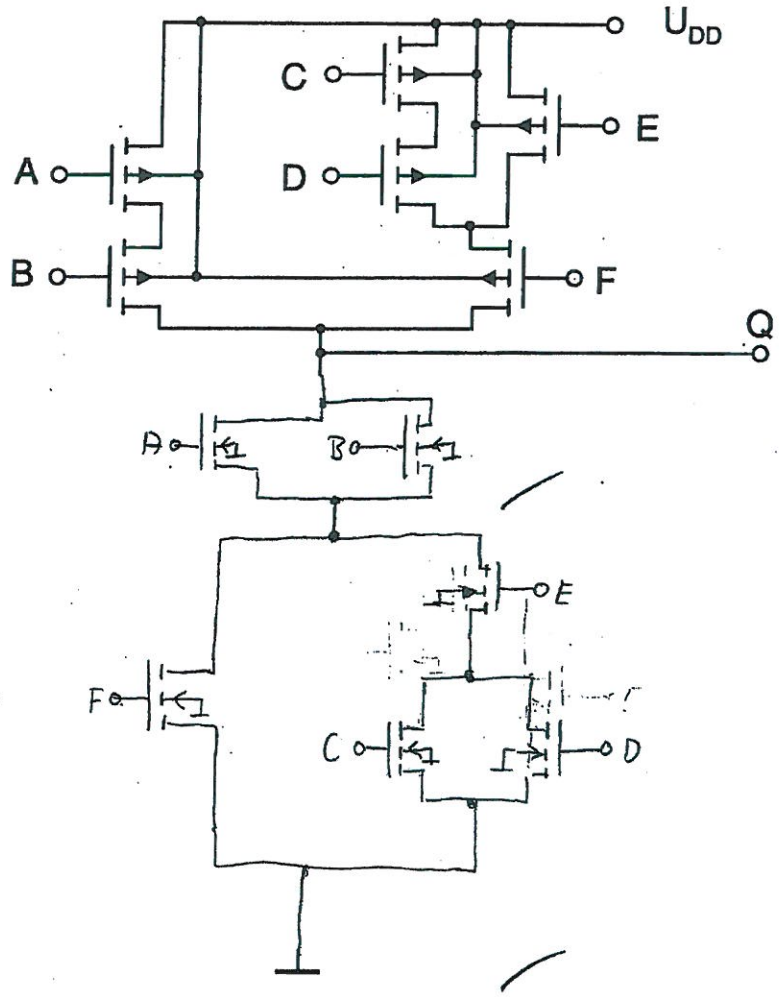
Aufgabe 2: CMOS-Logik (12+9 Punkte)

Die Schaltung des P-MOS Teils einer CMOS Schaltung ist unten gegeben..

a) Bestimmen Sie die logischen Funktionen f_p, f_n und f der Schaltung. Gegen Sie von positiver Logik aus, d.h. Low ≙ 0 und High ≙ 1. Vereinfachen Sie die Ausdrücke, d.h. nur die Eingänge A bis F aber keine komplexeren Terme dürfen invertiert dargestellt sein. (5 Punkte)

b) Ergänzen Sie im gegebenen Bild die fehlende N-MOS Schaltung. Schließen Sie alle Anschlüsse der N-MOS Transistoren korrekt an! (7 Punkte)

J17



Verständnis/Zusatzfragen: CMOS-Logik basiert auf der Idee der Gegentakt-Endstufe.

c) Nennen und erläutern Sie den wichtigsten Grund, warum man P-MOS Transistoren für den Schaltungsteil gegen U_{DD} und N-MOS Transistoren für den Schaltungsteil gegen GND nimmt und nicht umgekehrt. (4 Punkte)

d) Ein P-MOS Transistor erfordert ca. die dreifache Chipfläche eines N-MOS Transistors mit vergleichbaren Parametern. Daher könnte man überlegen, nur noch N-MOS Transistoren zur Realisierung einer Gegentakt-Endstufe zu verwenden (analog zu TTL). Warum ergeben sich dabei keine Vorteile bezüglich der benötigten Fläche bzw. grundsätzliche Probleme? (5 Punkte)

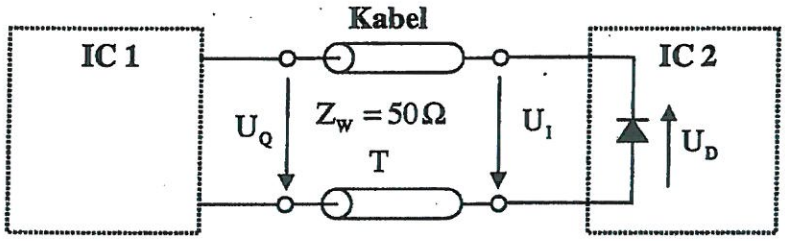
4/14

Aufgabe 3: Die Bergeron Methode (14 Punkte)

Ein TTL-IC mit den gegebenen Ausgangskennlinien U_Q treibt über eine 50 Ω Leitung (Laufzeit T) ein zweites Gatter. Dessen Eingangskennlinie U_I ergibt sich durch folgende vereinfachte Diodengleichungen und das Schaltungsbild:

$$I_D = U_D \cdot \begin{cases} Y_R & \text{für } U_D < 0 \quad \text{(Sperrrichtung)} \\ Y_F & \text{für } U_D \geq 0 \quad \text{(Durchgangsrichtung)} \end{cases}$$

mit $Y_R = 2$ mS und $Y_F = 100$ mS (S: Leitwert in Siemens)

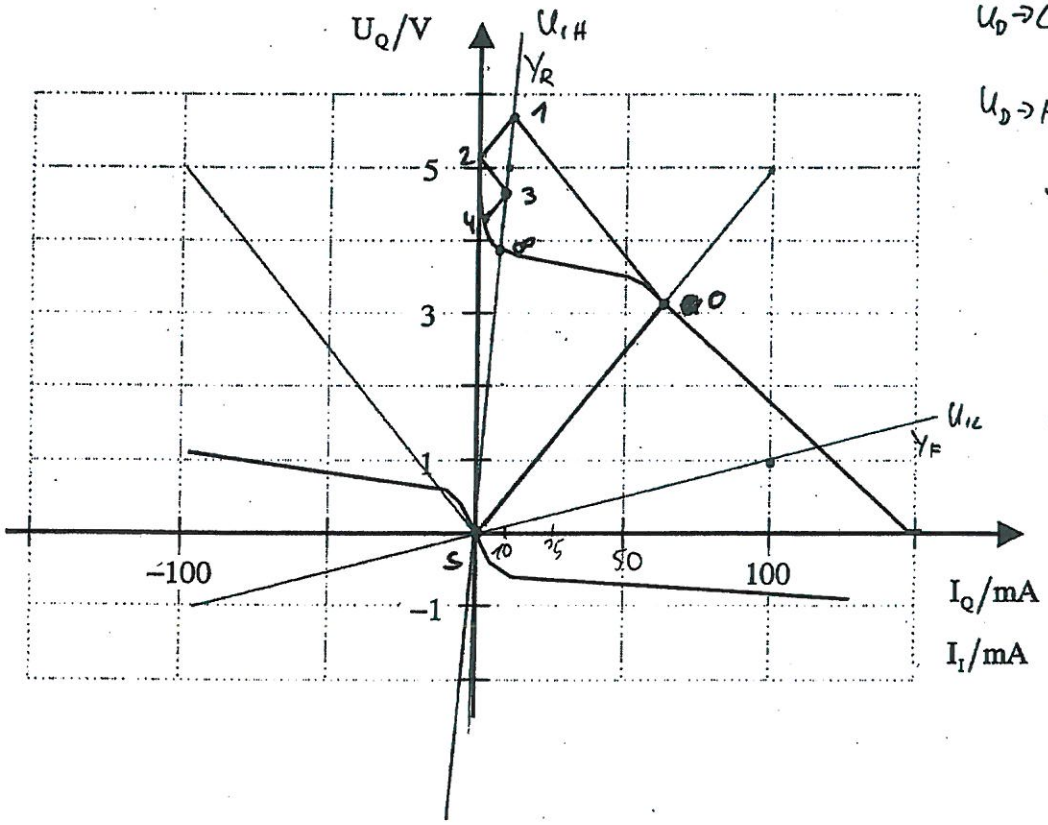


$U_I = -U_D$
$U_I > H \Rightarrow U_D > L$
$U_I < L \rightarrow U_D \rightarrow H$

a) Zeichnen Sie die Eingangskennlinie U_I in das Bergeron Diagramm ein. Beachten Sie die Ausrichtung der Diode! (6 Punkte) *Hinweis: Bei Problemen hilft es $U_I(I_I)$ kurz herzuleiten.*

b) Zeichnen Sie das Bergeron Diagramm für den Übergang von Low nach High für $0 \leq t \leq 4T$ in das gegebne Bild ein. Gehen Sie davon aus, dass die Umschaltung im Zeitpunkt $t = 0$ stattfindet. (8 Punkte)

a) 6/6
b) 8/8



$U_D \rightarrow L \quad U_D = \frac{I_D}{Y_R}$

$U_D \rightarrow H \quad U_D = \frac{I_D}{Y_F}$

$Y_R = 2mS = \frac{1}{U}$

$\frac{10mA}{5V} = \frac{50mA}{25V} = 2mA$

$Y_F = 100mS = \frac{1}{U} = \frac{100mA}{1V}$

$50\Omega = \frac{U}{I} =$

$I = \frac{1V}{50\Omega} =$

Aufgabe 4: Delta-Sigma-ADU (17+8 Punkte)

Gegeben ist der Analogteil eines Delta-Sigma-ADU. U_{DAU} wird synchron mit der ansteigenden Flanke des CLK-Signals gesetzt. U_D wird als logisches Signal interpretiert (1 / 0 bzw. High / Low).

Es gilt:

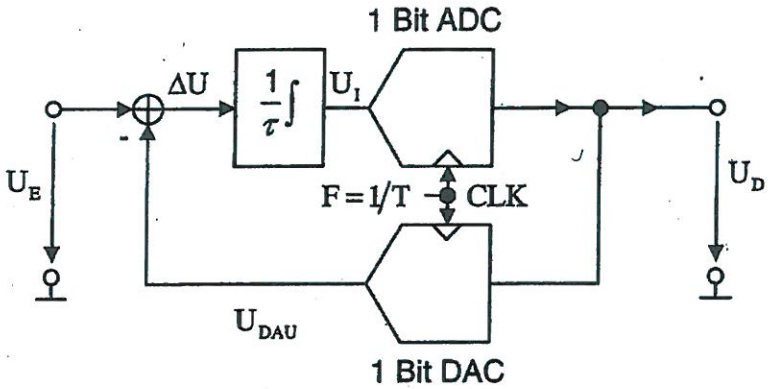
$|U_E| < 5V$, $U_I = \frac{1}{\tau}\int \Delta U \, dt$

Für $U_I < 0$:

$U_D = 0$ (Low) ➔ $U_{DAU} = -5$ V

Für $U_I \geq 0$:

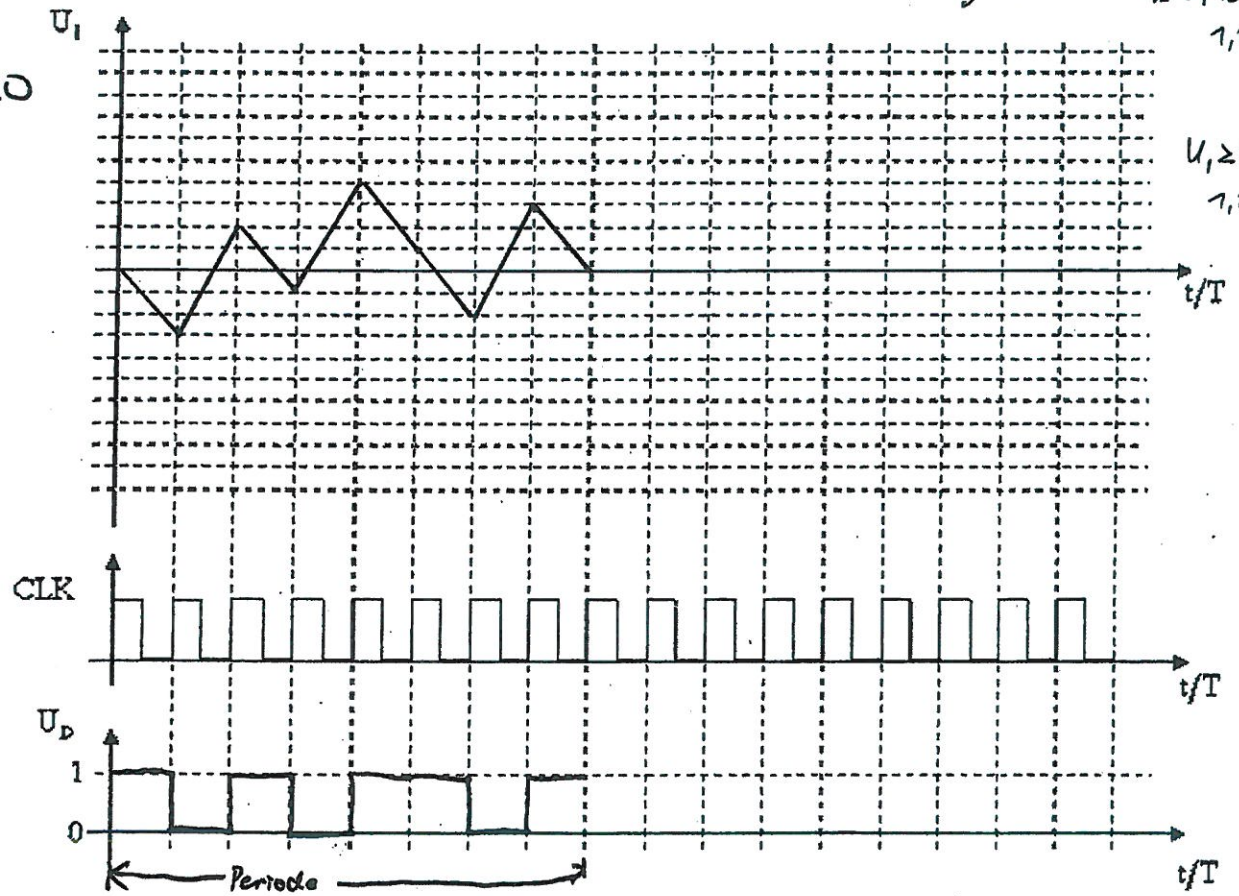
$U_D = 1$ (High) ➔ $U_{DAU} = 5$ V



a) Zeichnen Sie für U_E = 1,25 V die zeitlichen Verläufe von U_I (bis auf Skalierungsfaktor) und U_D bis sich das Signal erstmals periodisch wiederholt und kennzeichnen Sie die Grundperiode. Die Startbedingung ist $U_I(t=0) = 0$ V. (10 Punkte)

Spannungshübe: 4 Pkt
$U_I < 0$: 1,25V + 5V = 6,25V ≙ +5 Kästchen
$U_I \geq 0$: 1,25V − 5V = −3,75V ≙ −3 Kästchen

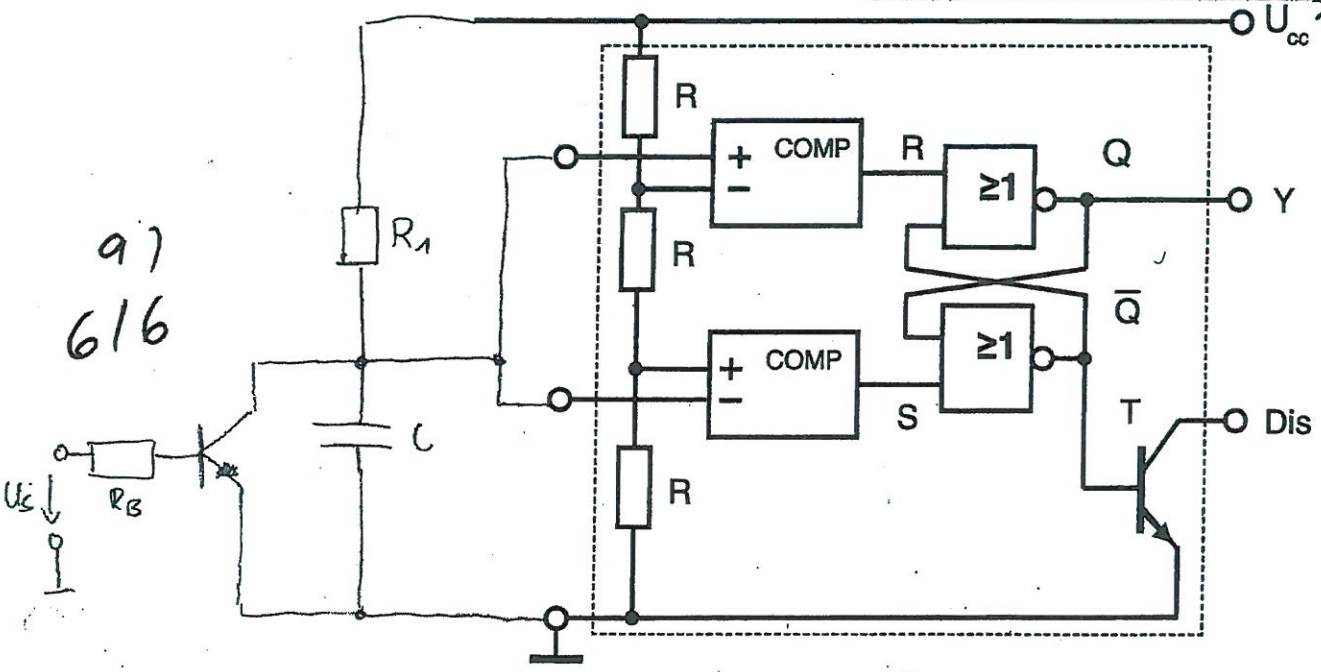
a) 10 | 10



b) Berechnen Sie wie viele Takte die Grundperiode für U_E = 0,1 V hat. Eine grafische Lösung wie in a) ist nicht erlaubt und auch nicht einfach möglich. Begründen Sie kurz Ihre Antwort! (7 Punkte)

c) **Zusatz/Verständnisfrage:** Die Auflösung (ENOB) dieser Schaltung steigt um rund 3 Bit bei jeder Vervierfachung der Abtastfrequenz. Erklären Sie warum. (8 Punkte)

Aufgabe 5: Retriggerbares Monoflop (22+6 Punkte)

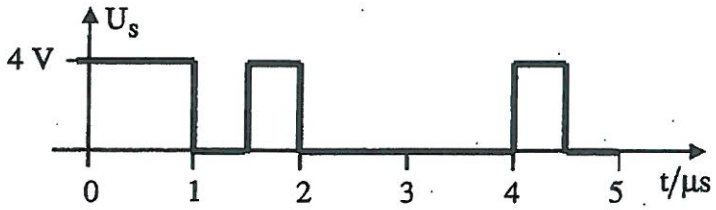


In Vorlesung und Praktikum wurde die Beschaltung des 555 Timer-Bausteins (gestrichelter Kasten) behandelt. Es gilt $U_{CC} = 5\,V$.

Alle Bauelemente sind als ideal anzusehen.

a) Ergänzen Sie die obige Schaltung so, dass diese ein **retriggerbares** Monoflop realisiert. Verwenden Sie dazu wie üblich einen Bipolar-Transistor und ein Zeitglied aus einem Kondensator C und einem Widerstand R_1. Die Steuerspannung U_S soll über einen Basiswiderstand R_B an den Transistors geführt werden. (6 Punkte)

b) In dieser Aufgabe gilt $R_1 \cdot C = 1{,}1\,\mu s$. Skizzieren Sie für die gegebene Steuerspannung U_S die Kondensatorspannung U_C und die Ausgangsspannung U_Y für $0 \le t < 5\,\mu s$. Berechnen und berücksichtigen Sie dabei die Haltezeit t_H (ohne retriggeren). Die Entladezeit des Kondensators kann bei der Skizze vernachlässigt werden. (10 Punkte)



c) Was sehen Sie am Ausgang Y, wenn das Signal U_S längere Zeit Low ist? Wie groß muss dementsprechend R_1 sein, damit Y klar anzeigt, dass das Signal U_S länger als 10 µs Low ist? Es gilt $C = 1\,nF$. (4 Punkte)

d) Gegen Sie davon aus, dass es sich bei U_S um ein digitales Datensignal handelt. Nennen Sie eine sinnvolle Anwendung für eine derartige Schaltung. (2 Punkte) *Hinweis: siehe c).*

Zusatz/Verständnisfrage (allgemein): Nennen Sie außer der Pegelanpassungen einen wichtigen Grund Digitalschaltungen über einen Transistor und nicht direkt zu verbinden. (3 Punkte)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 7/94

Klausur: EL3 **Datum:** 8.7.'10

Name: Reermann **Vorname:** Jens **Matr.-Nr.** 1931318

Aufgabe: 2.a

5/5

$$f_p = (A \wedge B) \vee (F \wedge (E \vee (C \wedge D)))$$

$$f_n = (A \vee B) \wedge (F \vee (E \wedge (C \vee D)))$$

$$f = \overline{f_n}$$

$$= \overline{(A \vee B) \wedge (F \vee (E \wedge (C \vee D)))}$$

$$= \overline{(A \vee B)} \vee \overline{(F \vee (E \wedge (C \vee D)))}$$

$$= (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (\bar{F} \wedge \overline{(E \wedge (C \vee D))})$$

$$= (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (\bar{F} \wedge (\bar{E} \vee \overline{(C \vee D)}))$$

$$= (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (\bar{F} \wedge (\bar{E} \vee (\bar{C} \wedge \bar{D})))$$

Aufgabe: 2.c

4/4

P-MOS-Transistoren ziehen besser zu U_{cc}

N-MOS-Transistoren ziehen besser zu GND

⇔ schnellere Schaltzeiten, da schnell umgeschaltet wird

Aufgabe: 2.d

5/5

N-MOS-Transistoren, die die Aufgabe von P-MOS-Transistoren übernehmen sollen, müssen invertiert angesteuert werden ⇒ mehr Aufwand

ebenfalls ziehen N-MOS-Transistoren nicht so gut gegen V_{cc} und die Schaltung müsste langsamer getaktet werden.

Aufgabe: 5.b

8/10

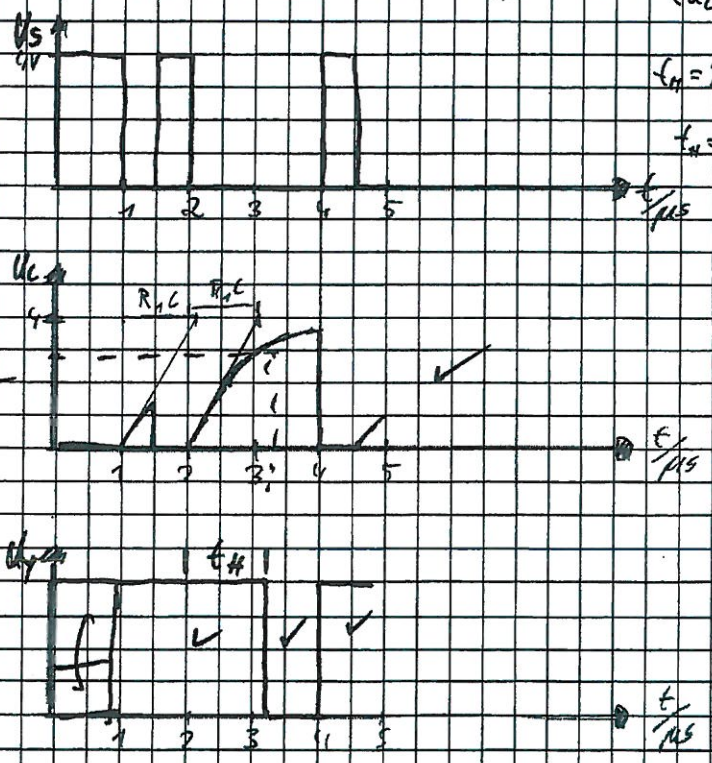
$$t_H = R_1 C \cdot \ln\left(\frac{U_C - 0V}{U_C - \frac{2}{3}U_C}\right)$$

$$t_H = R_1 C \ln\left(\frac{U_C}{\frac{1}{3}U_C}\right)$$

$$t_H = R_1 C \cdot \ln(3)$$

$$t_H = 1{,}1\,\mu s \cdot \ln(3)$$

$$t_H = 1{,}2\,\mu s$$



Aufgabe: 5.c

4/4

Wenn U_B längere Zeit auf Low ist, wird der Kondensator irgendwann mehr als $\frac{2}{3}U_{CC}$ aufgeladen sein und U_Y geht auf Low.

Y muss nach genau 10µs auf Low gehen.

$\Rightarrow \quad t_H = 10\mu s$

$t_H = R_1 C \cdot \ln(3)$

$10\mu s = 1nF \ln(3) \cdot R_1$

$R_1 = \frac{10\mu s}{1nF \ln(3)} = 9{,}1\,k\Omega$

Aufgabe: 5.d

0/3

Aufgabe: 1.a

Transistor sperrt: $U_{CC} = U_{F1} + U_{F2} + J(R_C + R_{F1} + R_{F2})$

$$J = \frac{U_{CC} - U_{F1} - U_{F2}}{R_C + R_{F1} + R_{F2}}$$

$$J_{D1} = \frac{U_{CC} - U_{F1} - U_{F2}}{R_C + R_{F1} + R_{F2}}$$

$$\Rightarrow R_C = \frac{U_{CC} - U_{F1} - U_{F2}}{J_{D1}} - R_{F1} - R_{F2}$$

$$R_C = \frac{30V \cdot 1{,}05 - 0{,}4V - 0{,}6V}{150mA} - 50 \cdot 0{,}95\Omega - 150 \cdot 0{,}95\Omega$$

$$= 13{,}3\Omega$$

8/10

~~Transistor leitet: $U_{CC} = (R_C + R_{F1}) J_{D1} + U_{F1}$~~

$$J_{D2} = \frac{U_{CC} - U_{F1} - U_{F2}}{R_C + R_{F1} + R_{F2}} \qquad J = J_{D2} \text{ vor}$$

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_{F1} - U_{F2}}{J_{D2 \text{ vor}}} - R_{F1} - R_{F2} =$$

Aufgabe: 1.c

$$R_C = \frac{30V \cdot 0{,}95 - 0{,}4V - 0{,}6V}{60mA} - 50\Omega \cdot 1{,}05 - 150\Omega \cdot 1{,}05$$

$$= 248{,}33\Omega$$

Tr. sperrt $\Rightarrow J_{D1} = J_{D2}$

Aufgabe: 1b

Transistor leitet:

$U_A = U_{F2} = 0{,}6V \Rightarrow$ Diode sperrt

$U_{CC} = (R_C + R_{F1}) \cdot I_{CX} + U_{F1} + U_A$

$\cancel{\frac{U_{CC} - U_{CX} - U_A}{R_C + R_{F1}} = I_{CX}}$

$\cancel{m = B_N = \frac{I_{BX}}{I_{CX}}}$ $\quad \bar{U}_A = \bar{U}_{CC} - U_{F1} - (R_C + R_{F1}) I_{CX}$ ✓

$I_{CX} = \frac{U_{CC} - U_{F1} - U_A}{R_C + R_{F1}}$ $\quad \bar{U}_A = U_{F2}$

$U_A = U_{CEX}$ ✓

$I_{CX} = \frac{\bar{U}_{CC} - U_{F1} - U_A}{R_C + R_{F1}}$ (warum nicht weiter wie oben?)

515

Aufgabe: 1,b

$\cancel{U_{Q,H} = R_{IC}(I_{RIC}) - U_{BEX}}$

$\cancel{I_{BX} = I_{RIC} - I_{RB}}$

$\cancel{I_{RBS} \cdot R_B + U_B = U_{BEX}}$

$\cancel{I_{RBS} = \frac{U_{BEX} - U_B}{R_B} = \frac{0{,}8V + 5V \cdot 1{,}05}{}}$

$I_{CX} = \frac{30V \cdot 1{,}05 - 0{,}4V - 0{,}1V}{220\Omega \cdot 0{,}9 + 50\Omega \cdot 0{,}95}$

$= 126{,}3\,mA < I_{D1}$ OK

$I_{BX} = m \cdot \frac{I_{CX}}{B_N}$ $\quad m = B_N \cdot \frac{I_{BX}}{I_{CX}} \Rightarrow I_{BX} = m \frac{I_{CX}}{B_N} = 2 \cdot \frac{126{,}3\,mA}{250 \cdot 0{,}9}$

$I_{BX} = 1{,}12\,mA$

✓

Aufgabe: 1.c

c)
515

Superposition: $J_{BY} = 0$

$$U_{BEY} = U_B \cdot \frac{R_K}{R_K + R_B} + U_{QY} \cdot \frac{R_B}{R_K + R_B}$$

$$\bar{U}_{BEY} = \bar{U}_B \frac{1}{1 + \frac{\bar{R}_B}{\bar{R}_K}} + \bar{U}_{QY} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\bar{R}_K}{\bar{R}_B}}$$

$$U_{BEY}(R_K + R_B) = U_B \cdot R_K + U_{QY} \cdot R_B$$

$$U_{BEY} R_K - U_B \cdot R_K = R_B (U_{QY} - U_{BEY})$$

$$\bar{R}_B = \frac{\bar{U}_{BEY} \cdot \bar{R}_K - \bar{U}_B \cdot \bar{R}_K}{\bar{U}_{QY} - \bar{U}_{BEY}} \qquad U_{BEY} = 0V$$

Aufgabe: 1.c

$$\bar{R}_B = \frac{-\bar{U}_B \cdot \bar{R}_K}{\bar{U}_{QY}} = \frac{-5V \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}8k\Omega \cdot 0{,}9}{0{,}4V}$$

$$= 19{,}24\,k\Omega$$

$$\bar{R}_B > 1{,}1\, R_{BN}$$

$$R_{BN} < 17{,}49\,k\Omega$$

$$R_{BN} = 15\,k\Omega$$

Jens Reermann

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 13/14

Aufgabe: 4.c

3|8

Durch die Vervielfachung der Abtastfrequenz erhöht sich das SNR und damit automatisch der ENOB. Der SNR erhöht sich, da die Rauschleistung auf ein breiteres Spektrum verteilt wird. ✓

$$ENOB = \frac{SINAD/dB - 1{,}76}{6{,}02}$$

SNR hängt stark mit SINAD zusammen ✓

⇒ nur Lsg für Überabtastung.

Bei ΔΣ zus. Rückkopplung ⇒ HP für Rauschsignal.

Aufgabe: 6.b

7|7

~~Es~~ Folgende Formel gilt immer:

$U_E = \bar{U}_D \cdot U_{FS}$ $\qquad U_{FS} = 10V$

$\frac{U_E}{U_{FS}} = \bar{U}_D$

$\frac{0{,}1V}{10V} = 0{,}01$ ⇒ um dieses Verhältnis zu erreichen ~~muss immer aufdate~~ muss die Grundperiode 100 Takte haben ✓

(Sehr gut)

Jens Reermann

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 14/14

Aufgabe: 1.d

5/5

$U_{QH} = R_K \cdot I_{RK} + U_{BEX}$

$I_{RK} - I_{RB} = I_{BX}$

$\frac{U_{QH} - U_{BEX}}{R_K} = I_{RK}$

$\frac{4V - 0{,}8V}{1{,}8k\Omega \cdot 1{,}1} = 1{,}6\ mA$

$R_B \cdot I_{RB} + U_B = U_{BEX}$

$I_{RB} = \frac{U_{BEX} - U_B}{R_B}$

$= \frac{0{,}8V + 5V \cdot 1{,}05}{7{,}5k\Omega \cdot 0{,}9} = 0{,}45\ mA$

$I_{BX} = I_{RK} - I_{RB} = 1{,}6mA - 0{,}45mA = 1{,}15mA \Rightarrow$ ~~[illegible]~~

Fixwert erreicht

Aufgabe: 1.e

noch 3/4

~~Nachteil: bleiben könnte nicht funktionieren [illegible] U_{CEX} zu groß tot.~~

Nachteil: ~~falls $U_{CEX} = 0{,}4V$ könnte die Diode trotzdem leuchten, obwohl~~

die Diode könnte nicht leuchten, falls U_{CEX} nicht erreicht wird. (⇒ Daten?)

⇒ schmaleres Band, wo die Schaltung richtig arbeitet

- Stromaufnahme muss vergrößert werden, da Dioden nicht mehr in Reihe geschaltet

Vorteil: - bei leitendem Transistor muss I_{BX} nicht mehr so stark beachtet werden.

55 / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

HAW Hamburg / Department IuE	Datum: 04. Februar 2010
Fachgruppe: Grundlagen	Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer

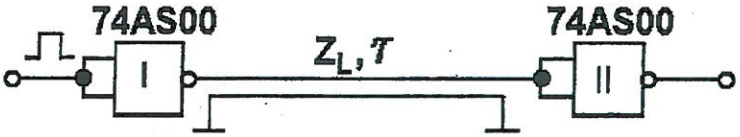
Klausur: Elektronik 3/ E4b

Name, Vorname, Matr.Nr: Zehn, Fabian, [redacted]	
Erreichte Punkte: 75	Note: 1
Tag der Bewertung: 10.02.10	

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 Refexionsamplituden an den Enden einer Leitungsverbindung (Z_L = 210 Ω, Signallaufzeit τ = 5ns) zwischen zwei TTL-Gattern zu bestimmen. Für den verwendeten Sendebaustein wird angegeben: U_{QL} = 0,2V, U_{QH} = 4,2V, R_{QH} = 100Ω. Der Empfängerbaustein besitzt einen Eingangswiderstand von 3,9 kΩ.

a) Berechnen Sie zunächst für den eingeschwungen Zustand nach einen **L** → **H** Sprung der Quelle die Spannungswerte am Anfang und Ende der Leitung.

b) Entwickeln Sie nun einen Impulsfahrplan (Lattice-Diagramm) für einen **H** → **L** Sprung der Quelle. Zeichnen Sie dann den Spannungsverlauf am Anfang und Ende der Leitung als Funktion der Zeit im Bereich von 0... 7τ.

Aufgabe 2: (DAU, Fehleranalyse – 28 Punkte)

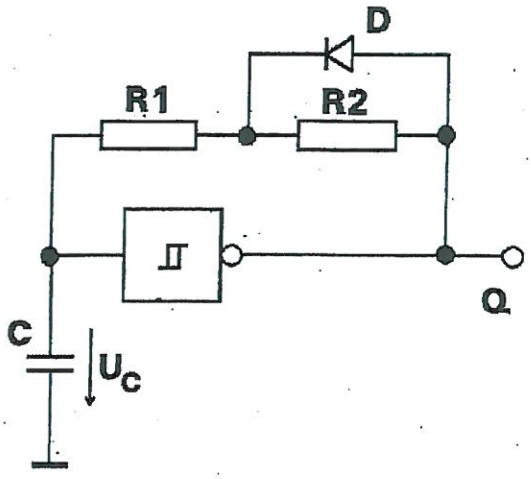
Eine Messreihe liefert für einen 3-Bit-DAU die folgenden Werte (U_{FS} = 12V):

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

a) Bestimmen Sie ohne vorhergehende Korrekturmaßnahmen die sich ergebenden Offset- und Verstärkungfehler (Angabe in LSB).
b) Korrigieren Sie nun mit einem einfachen Endpunkt-Abgleich den Offset- und Verstärkungsfehler (Angaben in LSB). Geben Sie das dazugehörige $U_{A,kor}$ an.
c) Ermitteln Sie aus $U_{A,kor}$ den verbleibenden differentiellen und integralen Linearitätsfehler **DNL** und **INL** (Angaben in LSB).
d) 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_{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 kΩ und R_2 = 24 kΩ 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} = 100Ω zu berücksichtigen.



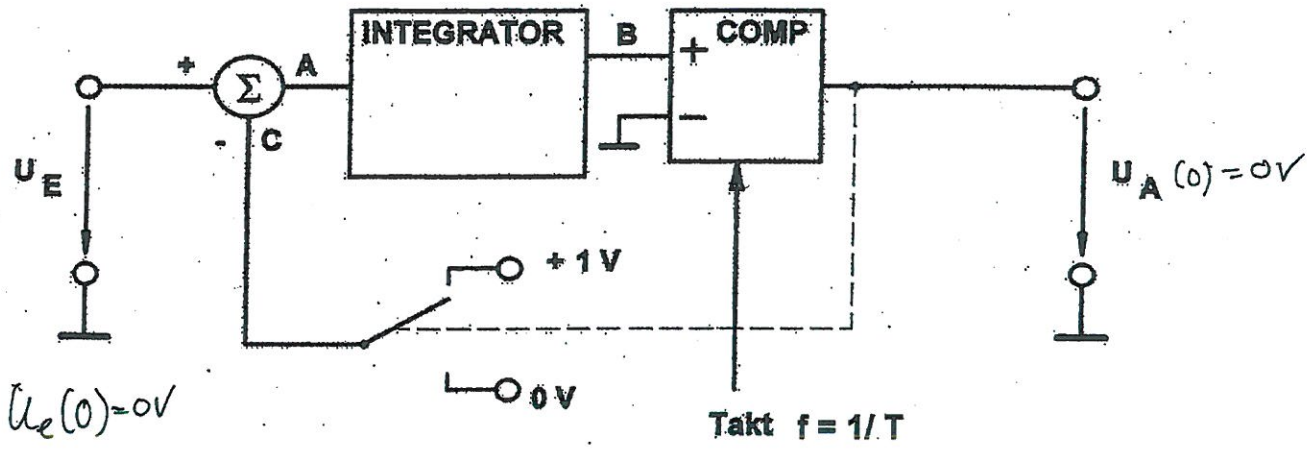
a) Berechnen Sie für eine Periode T den genauen zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung U_C der astabilen Kippschaltung. Stellen Sie Ihr Ergebnis anhand von qualitativ richtigen Signal-Zeit-Diagrammen für U_C und U_Q graphisch dar.

b) Bestimmen Sie die Frequenz des periodischen Ausgangssignals U_Q. Wie groß ist das Tastverhältnis $v_T = T_D / T$?

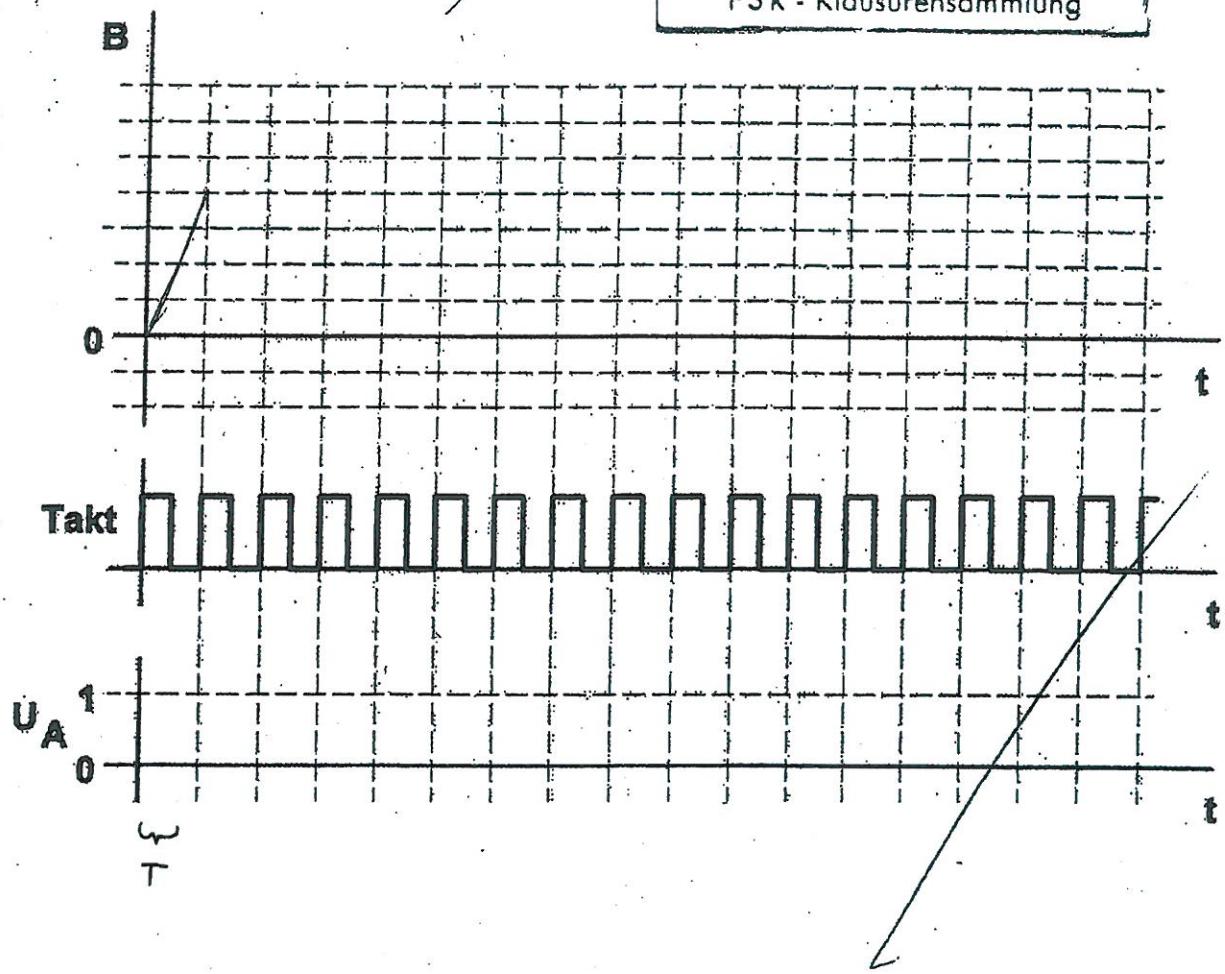
Aufgabe 4: (Sigma-Delta-ADU - 12 Punkte)

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

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



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:

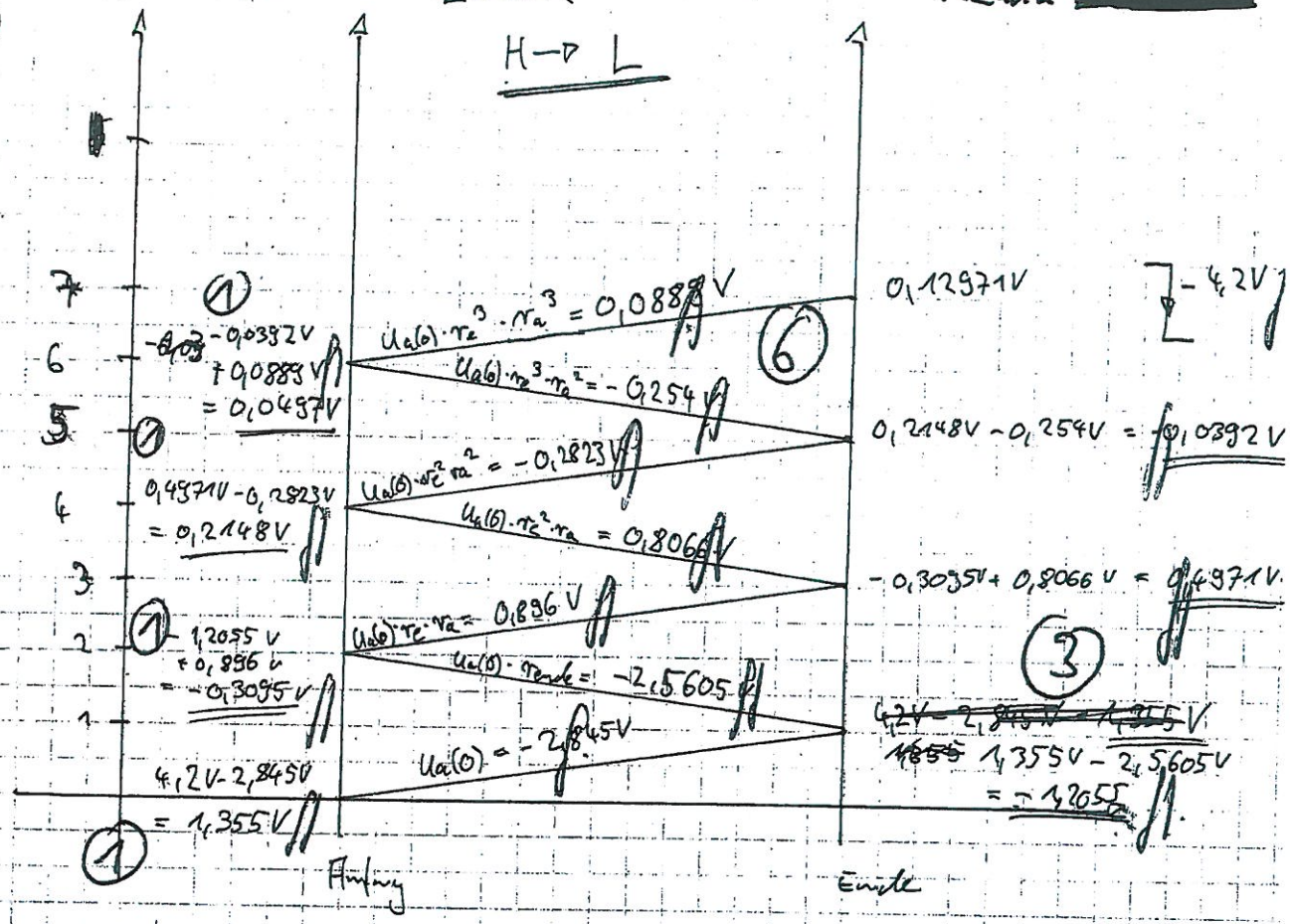
$$Q = (\overline{E}_1 \vee \overline{E}_2) \wedge \overline{E}_3 \wedge E_4$$

FSR - Klausurensammlung
SS / WS | Semester | Fach | Dozent

F. Zahn [redacted]

τ = Laufzeit

H → L



$Z_L = 210\,\Omega$ Laufzeit $\tau = 5\,\mu s$

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

Empfänger $R_{in} = 3{,}9\,k\Omega$

Reflexionsfaktor: $r_{Ende} = \frac{R_{in} - Z_L}{R_{in} + Z_L} = \frac{3{,}9k\Omega - 210\Omega}{3{,}9k\Omega + 210\Omega} \approx 0{,}898$

$r_{Anfang} = \frac{R_{QH} - Z_L}{R_{QH} + Z_L} = \frac{100\Omega - 210\Omega}{100\Omega + 210\Omega} \approx -0{,}35$

⇒

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

2 V

Weiter (1)

F. Zoba [redacted]

b) $r_{Ende} = \frac{R_{in} - Z_L}{R_{in} + Z_L} = \frac{3{,}9k\Omega - 210\Omega}{3{,}9k\Omega + 210\Omega} \approx \underline{\underline{0{,}9}}$ ✓ (2)

$r_{Anfang} = \frac{R_{QH} - Z_L}{R_{QH} + Z_L} \approx \underline{\underline{-0{,}35}}$ ✓ (2)

$U_a(0) = -4{,}2V \cdot \frac{Z_L}{R_{QH} + Z_L} = -4{,}2V \cdot \frac{210\Omega}{100\Omega + 210\Omega} = \underline{\underline{-2{,}845\,V}}$ (1)

(2)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

F. [redacted]

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

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

a) 1) $U_{offset} = -0,2V \hat{=} \frac{-0,2V}{U_{LSB}} = -0,1\overline{3}\ U_{LSB}$ ✓ (2)

2) $U_{Gainfehler} = -0,89V - U_{offset} = -0,89V + 0,2V = -0,69 \hat{=} \frac{-0,69V}{1,5V}$ (1)

ohne Umrechnung 0

b) $U_{a\,abgleich} = U_a - U_{offset} - \left(U_{gainfehler} \cdot \frac{x_D}{2^n - 1}\right)$ (3) ✓ $= -0,46\ U_{LSB}$

c) $U_{DNL} = 0,974V \hat{=} \frac{0,974V}{1,5V} = 0,649\overline{3}\ U_{LSB}$ ✓ (2)

$U_{INL} = 0,589\ V \hat{=} \frac{0,589}{U_{LSB}} = 0,392\overline{6}\ U_{LSB}$ ✓ (2)

$E_{NOB} = ld\left(\frac{1}{DNL\ Fehler\ \%}\right) = 7,266$ Bit > 3 Bit !!

3/6

③ F. Zahn [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

$U_{QH} = 4{,}9V$ $\quad U_{S1} = 1{,}6V$

$U_{QL} = 0{,}1V$ $\quad U_{S2} = 2{,}8V$

$R_1 = 12k\Omega$ $\quad C = 2nF$

$R_2 = 24k\Omega$

$r_{DF} = 100\Omega$

$U_{F0} = 0{,}7V$

1) Q = High ≙ 4,9V → Kondensator aufladen bis $2{,}8V = U_{S2}$

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

$\Rightarrow \tau = 12{,}1k\Omega \cdot 2nF = 24{,}2\,\mu sec.$ ✓ ②

$T_D = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_{S2}}\right)$ ✓ ② $\quad U_\infty = U_{QH} - U_{F0} = 4{,}2V$, $U_0 = U_{S1} = 1{,}6V$

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

$= 14{,}98\,\mu s$ ✓ ②

2) Kondensator entladen bis U_{S1}

$T_P = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_{S1}}\right)$ $\quad U_\infty = U_{QL} = 0{,}1V$, $U_0 = U_{S2} = 2{,}8V$

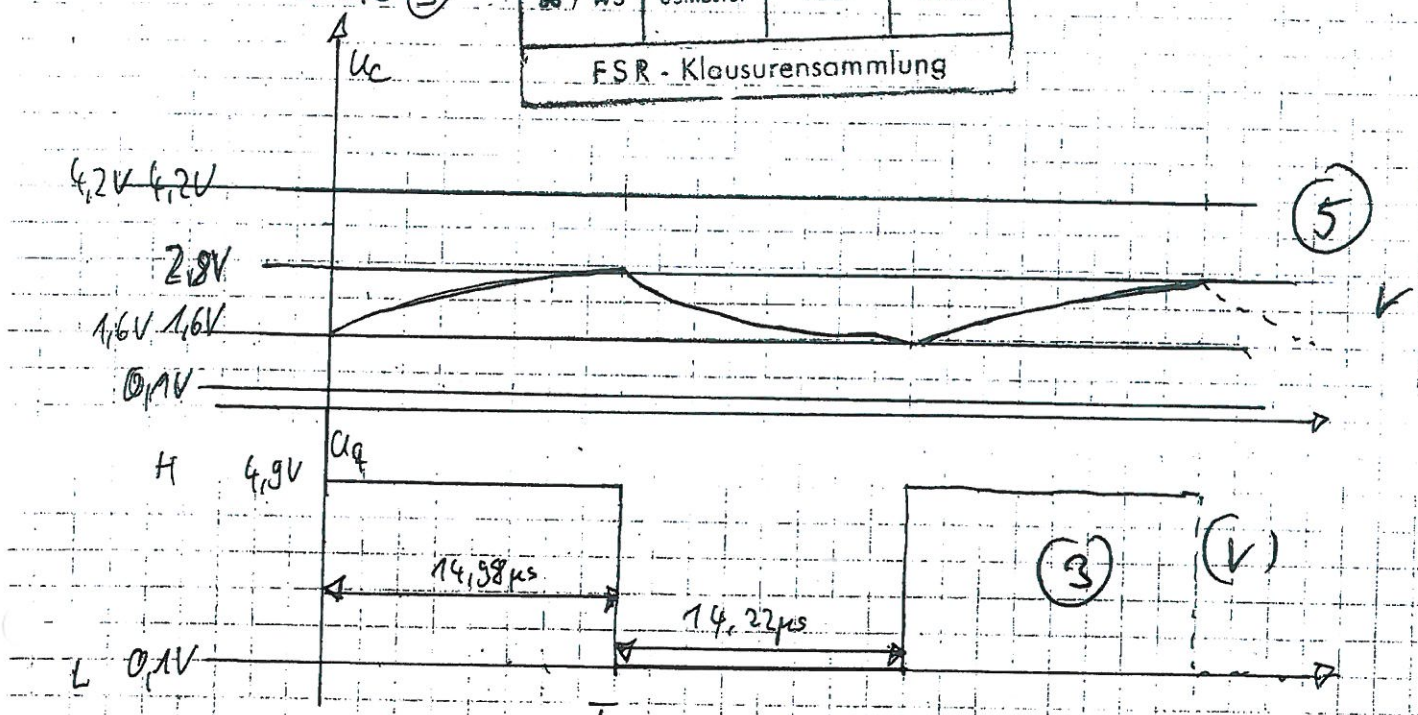
$= 24{,}2\mu s \ln\left(\frac{0{,}1V - 2{,}8V}{0{,}1V - 1{,}6V}\right)$

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

F. Zeh[redacted]

weiter (3)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			



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

(1) V (1)

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

(1)

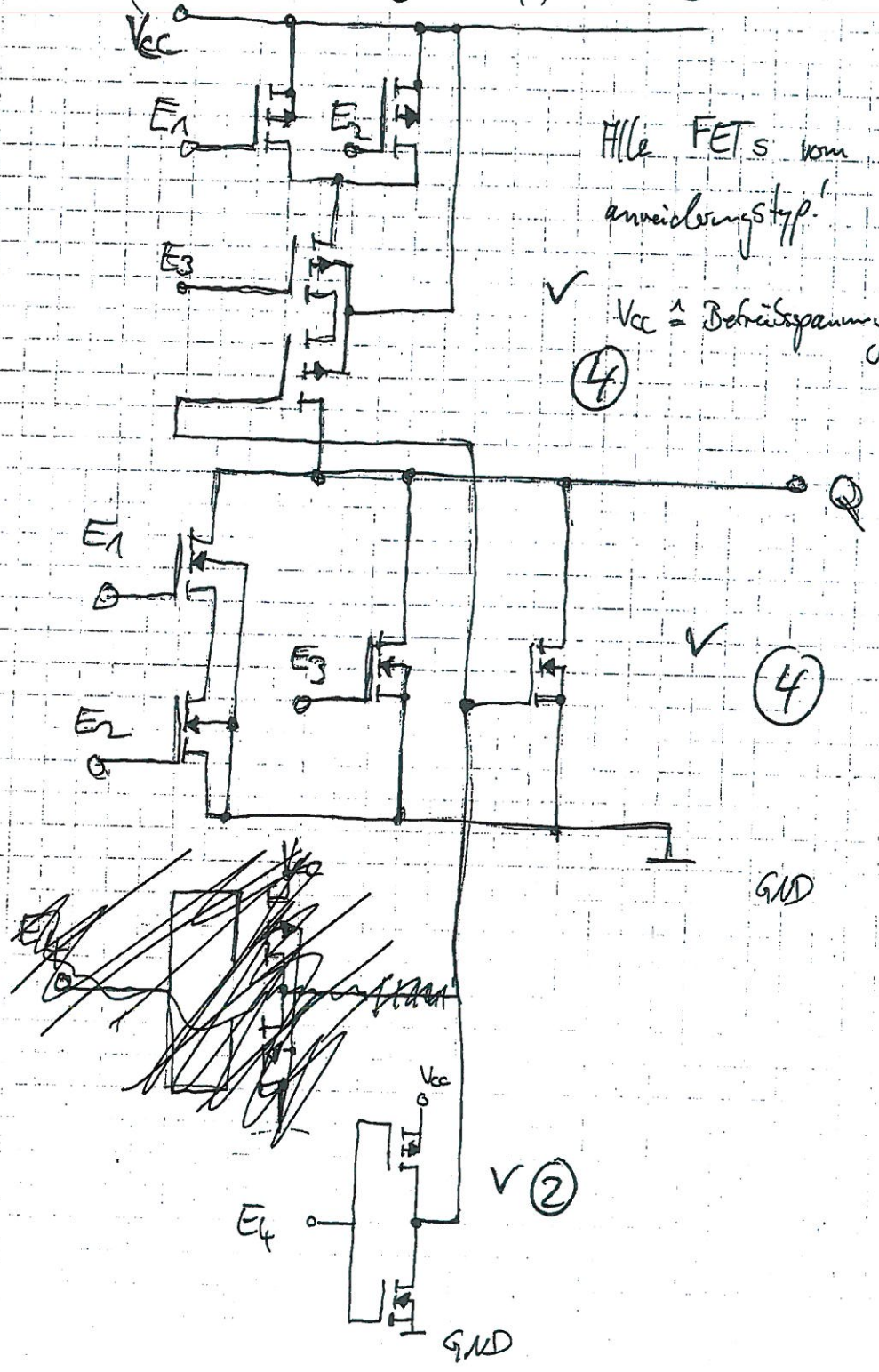
F. Zahn [redacted]

5

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

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

$$= \overline{(E_1 \wedge E_2) \vee (E_3 \vee \overline{E_4})} \quad \checkmark \; 4$$



Alle FETs vom Anreicherungstyp!

✓ Vcc ≙ Betriebsspannung

4

✓ 4

✓ 2

Prof. Dr. J. Missun
HAW Hamburg, Dept. IuE

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
11	E3	ET 3	MSS

FSR - Klausurensammlung 1/10

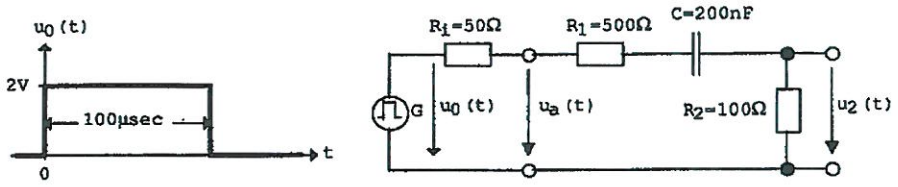
96 Punkte
14 LP

Klausur Elektronik 3, Semestergruppe E4a, 5.7.2011

Hinweis: **Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg erkennbar sein. An Unterlagen dürfen nur das Script, Übungsaufgaben, Laborversuche und persönliche Mitschriften verwendet werden.**
Formeln dürfen nur aus dem Script und mit Angabe der Seite übernommen werden.

Name: [redacted] .... Matr.-Nr. [redacted] ....

1. Aufgabe (30 Punkte)
Die dargestellte Schaltung wird mit einem Impuls von 100µsec Dauer angesteuert. Im Leerlauf gibt der Generator eine Amplitude von 2V ab.

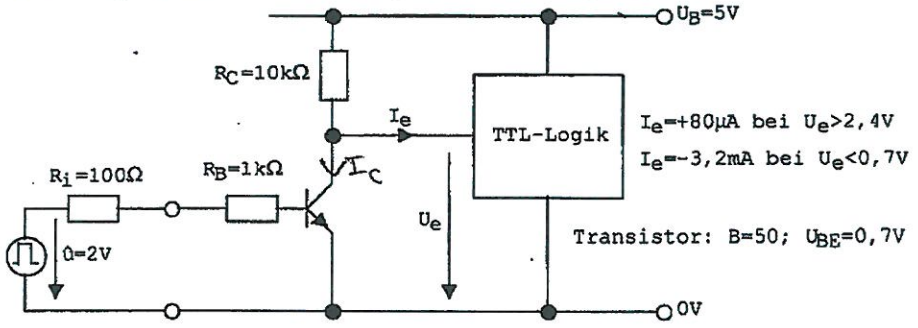


a. Geben Sie den Zeitverlauf der Spannung an R_2, $u_2(t)$, an!

b. Wie groß ist u_2 bei t=200µsec?

c. Welchen Spitzenstrom muss der Generator abgeben?

2. Aufgabe (15 Punkte)
Die dargestellte Schaltung ist zu analysieren!



a. Im eingeschalteten Zustand hat der Transistor eine Kollektor-Emitter-Restspannung von 0,2V. Berechnen Sie den Übersteuerungsfaktor!

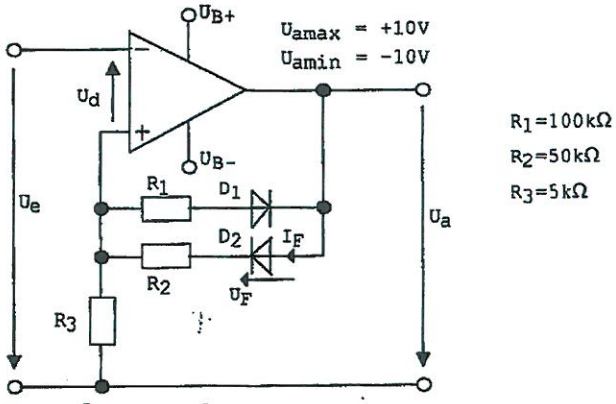
b. Wie groß ist die Eingangsspannung der TTL-Logik, wenn der Transistor sperrt?

c. Welchen Maximalwert darf R_C haben, damit die Schaltung noch sicher arbeitet?

3. Aufgabe (10 Punkte)
Nennen Sie 3 Eigenschaften (mit kurzer Erläuterung), bei denen sich Bipolartransistoren und MOSFETs unterscheiden!

Rückseite!
=========>

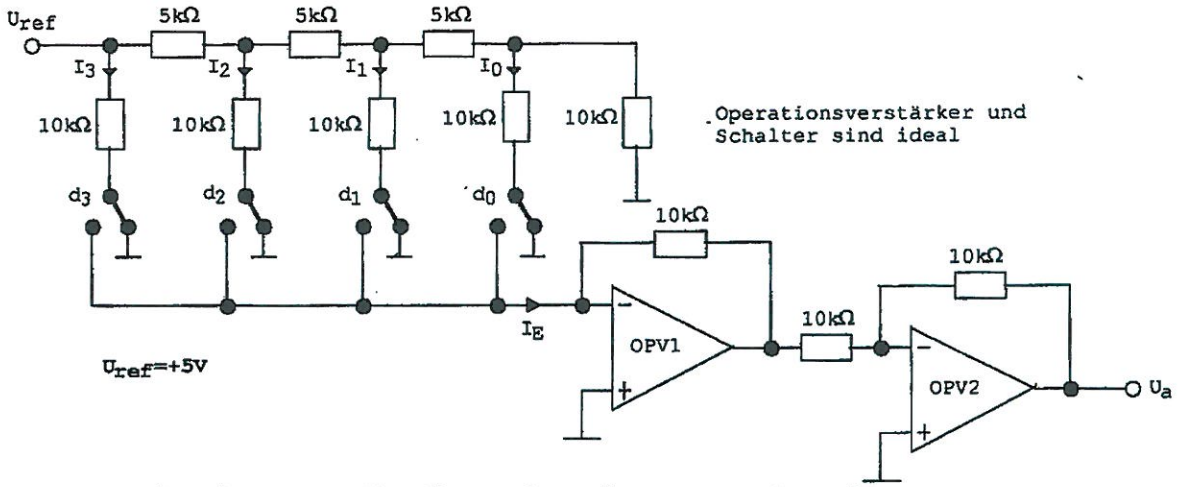
4. Aufgabe (20 Punkte)
Die dargestellte Schaltung eines Schmitt-Triggers ist zu analysieren. Der Operationsverstärker sei ideal, d.h. $U_a=+10V$ für $U_d>0$ und $U_a=-10V$ für $U_d<0$.



a. Für den Fall, dass die Dioden ideale Eigenschaften haben, d.h. $U_F=0$ für $I_F>0$ und $I_F=0$ für $U_F\leq 0$ sind die Schaltschwellen zu berechnen und das Diagramm $U_a=f(U_e)$ mit Angabe der Schaltschwellen zu skizzieren.

b. Wie groß sind die Schaltschwellen, wenn bei den Dioden eine Schwellenspannung $U_F=0,7V$ bei $I_F>0$ berücksichtigt werden muss?

5. Aufgabe (15 Punkte)
Die dargestellte Schaltung eines 4Bit D/A-Umsetzers ist zu analysieren!



a. Berechnen Sie die Werte für die Zweigströme I_0, I_1, I_2 und I_3!

b. Welche Funktion hat der Operationsverstärker OPV2?

c. Berechnen Sie U_a für folgende Bitkombinationen:
$\{d_3\ d_2\ d_1\ d_0\}$=0001, 0011, 0110, 1011

d. Geben Sie von U_a das Quantisierungsintervall und den Maximalwert an!

6. Aufgabe (10 Punkte)

a. Wie erhält man aus einem Analogsignal ein Digitalsignal?

b. Nennen Sie 3 wichtige Parameter eines A/D-Umsetzers und erläutern Sie, welche Eigenschaften des Digitalsignals dadurch gegeben sind!

Klausur ELIII [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

A1

a) $T_d = 100\,\mu s$ $\qquad \hat{u} = 2V$

$$u_0(t) = \hat{u}\varepsilon(t) - \hat{u}\varepsilon(t - T_d)$$

(LaPlace Tabelle)

$$\circ\!\!-\!\!\bullet$$

$$U_0(s) = \hat{u}\frac{1}{s}e^{-0s} - \hat{u}\frac{1}{s}e^{-T_d s}$$

$$\frac{U_2(s)}{U_0(s)} = \frac{R_2}{R_i + R_1 + \frac{1}{sC} + R_2}$$

$$U_2(s) = \frac{R_2 C s}{sC(R_i + R_1 + R_2) + 1} \cdot \frac{\hat{u}}{s}\left(1 - e^{-T_d s}\right)$$

$\tau = C(R_i + R_1 + R_2)$

$$= \frac{R_2 C \hat{u}}{s\tau + 1}\left(1 - e^{-T_d s}\right)$$

$$U_2(s) = \frac{\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau}}{s + 1/\tau}\left(1 - e^{-T_d s}\right)$$

$$\circ\!\!-\!\!\bullet$$

$$u_2(t) = \frac{R_2 C \hat{u}}{\tau} \cdot \left(e^{-t/\tau} \cdot \varepsilon(t) - e^{-\frac{t - T_d}{\tau}} \varepsilon(t - T_d)\right)$$

[redacted]

für $0 \le t \le T_d$ gilt:

$$\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau} e^{-t/\tau}$$

für $t \ge T_d$ gilt:

$$\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau}\left(e^{-t/\tau} - e^{-\frac{t - T_d}{\tau}}\right)$$

$$\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau} = \frac{100\Omega \cdot 200nF \cdot 2V}{130\,\mu s}$$

$$= 0{,}308\,V$$

$$\tau = 200nF\,(50\Omega + 500\Omega + 100\Omega)$$

$$= 130\,\mu s$$

A1 b) $u_2(t) = 0{,}308\,V \cdot \left(e^{-\frac{t}{130\,\mu s}} - e^{-\frac{t-T_d}{130\,\mu s}}\right)$ $\Big|_{t \geq T_d}$

$u_2(200\,\mu s) = 0{,}308\,V \cdot \left(e^{-1{,}54} - e^{-0{,}77}\right)$ ✓

$= -0{,}077\,V$ ✓

SS	WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung				

c) Spitzenstrom bei $t = 0$ aufgrund höchster Spannung an diesem Zeitpunkt

$u_2(t) = 0{,}308\,V \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\Big|_{0 \leq t \leq T_d}$

$u_2(0) = 0{,}308\,V$

$\frac{u_2(0)}{R_2} = i_2(0) = i(0) = \underline{\underline{3{,}08\,mA}}$ ✓

30P

Klausur ELIII [redacted] [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

1a) a) $U_{CE\,rest} = 0{,}2\,V$

$$I_C = \frac{U_B - U_{CE,rest}}{R_C} + \underset{I_e}{3{,}2\,mA}$$

$$= \frac{4{,}8V}{10\,k\Omega} + 3{,}2\,mA = 3{,}68\cdot[redacted]\,mA$$

$$I_B = \frac{\hat{u} - U_{BE}}{R_i + R_B} = \frac{1{,}3V}{1100\,\Omega} = 1{,}18\,mA$$

$$I_B = \ddot{u}\,\frac{I_C}{B}$$

$$\ddot{u} = \frac{I_B \cdot B}{I_C} = \frac{1{,}18\,mA \cdot 50}{3{,}68\,mA} = \underline{\underline{16{,}03}}$$

b) $I_C = 0$

15P

$$U_{ce} = U_B - R_C I_{e(high)} = 5V - 10\,k\Omega \cdot 80\,\mu A$$
$$= 5V - 0{,}8V = \underline{4{,}2V}$$

c) $U_e \overset{!}{=} 2{,}4V = U_B - R_C I_{e(high)}$

$$-\frac{2{,}4V - U_B}{I_{e(high)}} = R_C = \frac{2{,}6V}{80\,\mu A} = \underline{\underline{32{,}5\,k\Omega}}$$

(A3)

Schaltzeit

Ein MOSFET hat aufgrund der Arbeitsweise (Felderzeugung um zu leiten) eine geringere Schaltzeit als ein Bipolar Transistor (Ladungen zum schalten) ✓

Restspannung

Ein Bipolar Transistor hat eine geringe Restspannung als ein MOSFET ✓

(7P)

Speicherzeit

Aufgrund der Arbeitsweise besitzt ein Bipolar Transistor eine Speicherzeit bevor abgeschaltet wird (siehe Schaltzeit). ✓
Ein MOSFET hat fast keine Speicherzeit. (s.o.)

L

[redacted] ELIII [redacted]

A4 a)

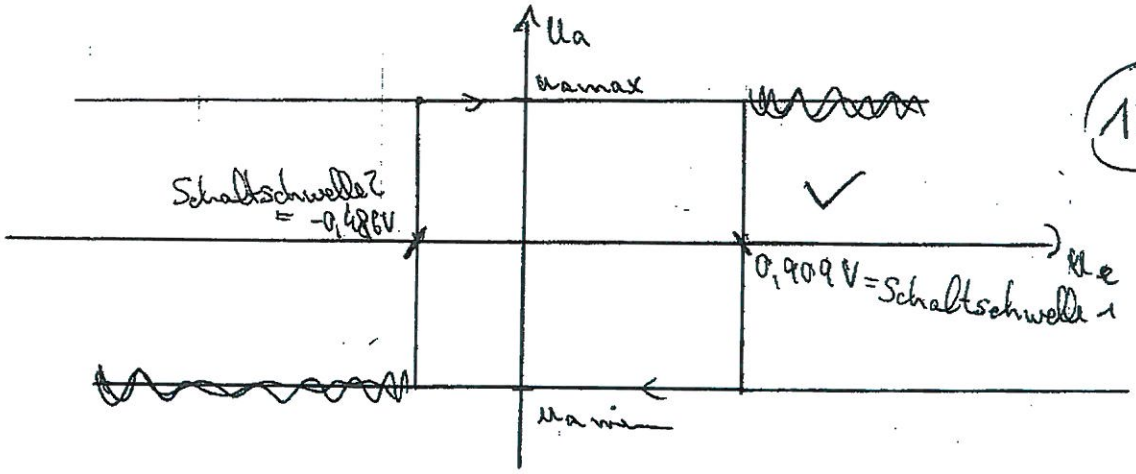
88 / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

$$u_{amax} \cdot \frac{R_3}{R_3+R_2} = \text{Schaltschwelle 1}$$

$$u_{amin} \cdot \frac{R_3}{R_1+R_3} = \text{Schaltschwelle 2}$$

$$\text{Schaltschwelle 1} = u_{amax} \cdot 0{,}0909 = \underline{\underline{0{,}909\,V}}$$

$$\text{Schaltschwelle 2} = u_{amin} \cdot 0{,}0486 = \underline{\underline{-0{,}486\,V}}$$



12P

b) $$\text{Schaltschwelle } 1' = (u_{amax} - U_F)\,\frac{R_3}{R_3+R_2} = 9{,}3V \cdot 0{,}0909$$

$$= \underline{\underline{0{,}845\,V}}$$

$$\text{Schaltschwelle } 2' = (u_{amin} + U_F) \cdot \frac{R_3}{R_3+R_1} = -9{,}3V \cdot 0{,}0486$$

$$= \underline{\underline{0{,}452\,V}}$$

8P

A5 a) Eingangswiderstand = $5\,k\Omega = R_E$

$$\frac{u_{Ref}}{R_E} = \frac{5V}{5k\Omega} = 1mA = I_e$$

Dieser Strom teilt sich jeweils gleichmäßig auf.*

$I_3 = \frac{I_e}{2} = \underline{500\,\mu A}$ ✓

$I_2 = \frac{I_3}{2} = \underline{250\,\mu A}$ ✓ 4P

$I_1 = \frac{I_2}{2} = \underline{125\,\mu A}$ ✓

$I_0 = \frac{I_1}{2} = \underline{62{,}5\,\mu A}$ ✓

b) OP2 invertiert ~~das~~ die Spannung, sodass am Ende ~~R~~ positive Spannungen gemessen werden können ✓ 2P

c) $\{0001\} \Rightarrow I_e = I_0 = \underline{62{,}5\,\mu A}$

~~$u_{a,OP1}$~~ $= +I_e \cdot 10k\Omega = u_a = \underline{0{,}625V}$ ✓

$\{0011\} \Rightarrow I_e = I_0 + I_1 = \underline{187{,}5\,\mu A}$

$u_a = I_e \cdot 10k\Omega = \underline{1{,}875\,V}$ ✓

$\{0110\} \Rightarrow I_e = I_1 + I_2 = \underline{375\,\mu A}$ 6P

$u_a = I_e \cdot 10k\Omega = \underline{3{,}75V}$ ✓

$\{1011\} \Rightarrow I_e = I_3 + I_1 + I_0 = \underline{687{,}5\,\mu A}$

$u_a = I_e \cdot 10k\Omega = \underline{6{,}875\,V}$ ✓

* Aufgrund der gleichen Widerstände in den Zweigen

6

EL III Klausur [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

A5 d) Kleinster Abstand von einer Spannung zur nächsten Stufe

$U_{LSB} = I_0 \cdot 10\,k\Omega = \underline{\underline{0{,}625\,V}}$ ✓

Maximalwert (3P)

$I_e = I_3 + I_2 + I_1 + I_0 = 937{,}5\,\mu A$

$U_{max} = I_e \cdot 10\,k\Omega = \underline{\underline{9{,}375\,V}}$ ✓

$= 10V - U_{LSB}$

A6 a) Abtastung (Abtasttheorem) (Zeitquantisierung) ✓

↓

Halten

↓

Amplitudenquantisierung ✓ (4P)

↓ ✓

* Codierung (Digitale Darstellung) *

b) <u>Abtastrate</u> (maximale) ✓ → Wortbreite

Ist wichtig um das Abtasttheorem zu erfüllen (siehe auch Rückseite)

<u>Auflösung</u> ✓

Gibt Aufschluss darüber wie genau Amplitude quantisiert wird. (3P)

<u>Eingangsspannungsbereich</u> ✓

Gibt an welche Signalamplituden maximal richtig verarbeitet werden können (siehe Rückseite)

Rückseite →

* im Allgemeinen nicht mit aufgeführt

10

Abtastrate

gibt an in welchem zeitlichen Abstand Werte berechnet werden. ✓ 1P

Eingangsspannungsbereich

Durch diese Angabe kann bestimmt werden welcher Spannung einem digitalen Signal bestehend aus nur Einsen zugeordnet wird. ✓ 1P

8

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E4	EL3	VLM

FSR - Klausurensammlung 1/14

Dr.-Ing. J. Vollmer, Dipl.-Ing. T. Voss,
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department für Informations- und Elektrotechnik
Informationstechnik und Kommunikationstechnik

Name: Aldag
Vorname: Mario
Matr.-Nr.: [redacted]
Semestergruppe (A oder B): A

Prüfung Elektronik 3 vom 16. Juli 2009

Ihre Lösungen müssen den Ansatz enthalten. Lösungen ohne Herleitungen oder Begründung erhalten nur reduzierte Punktzahl! Nummerieren Sie Ihre Aufgaben.

	Punkte in Unteraufgaben		Erreichte Punkte	Maximal (+ SP)
Aufgabe 1	5+5+4+8 (+3)		18	22 (+3)
Aufgabe 2	8		8	8
Aufgabe 3	2+10 (+6)		12 + (3)	12 (+6)
Aufgabe 4	10+6+6 (+4)		9 + 3 + 4 (+0)	22 (+4)
Aufgabe 5	4+8+4+4+6 (+6)		2+4+3+3+3 (+4)	26 (+6)
Bewertung:	14	**Summe:**	76	**90 (+19)**

Kleine Formelsammlung:

Transistor in Sättigung:

$$I_{CX} = \frac{B_N}{m} I_{BX}$$

Min/Max. Rechenregeln:

Für $a < 0, b > 0$ gilt:

$\overline{ab} = \bar{a}\underline{b}$ und $\underline{ab} = \underline{a}\bar{b}$

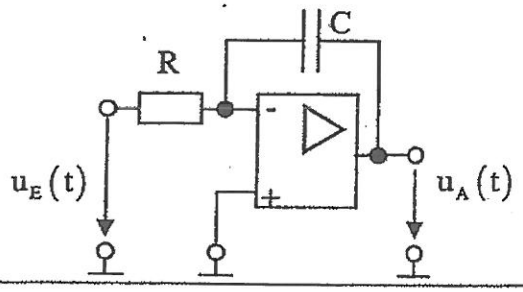
Differentialgleichung erster Ordnung mit konstanter Anregung:

Lösung : $u(t) = U_\infty + [U_0 - U_\infty] e^{-(t-t_S)/\tau}$

Für $t = T_x$ folgt: $T_x - t_S = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - u(T_x)}\right)$

Invertierender OP-Verstärker als Integrator im linearen Bereich:

$$u_A(t) = -\frac{1}{RC}\int_{-\infty}^{t} u_E(\tau)\,d\tau$$



ENOB (Effective Number of Bits):

$$ENOB(M) = \frac{SINAD/dB - 1{,}76}{6{,}02}$$

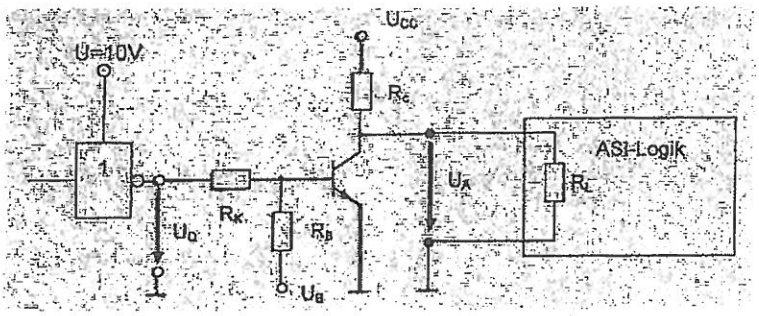
SINAD: Signal-to-Noise-and-Distortion (power) Ratio:

$$SINAD = \frac{S}{N+D}$$

S: Signal power, N: Noise power, D Distortion power

Aufgabe 1: Pegelanpassung

In einer Industriesteuerung soll ein Aktor-Sensor-Interface ASI (24V Logik) durch einen CMOS Inverter angesteuert werden. Die Last für die digitale Schaltung kann durch einen Lastwiderstand R_L angenähert werden. Der Transistorschalter soll die Amplitude am Ausgang des CMOS Gatters anheben.



U_{CC}=24V ± 5% ; U_B= -10V ± 5% ; R_B=10kΩ ± 10% ; R_L=10kΩ ± 10%

Transistor: U_{CEX}=0,1V...0,2V ; U_{BEX}=0,6V...0,7V ; B_N= 100....150 ; I_{CBO}= 0A : $I_C \leq$ 50mA

CMOS Inverter: U_{QH}=9,95V....10V ; U_{QL}=0V...0,05V ; R_{out}= 0Ω

ASI Logik: U_{IH} = +8,8V...+30V ; U_{IL} = -2V...+6V

E12 Reihe: 1,0 ; 1,2 ; 1,5 ; 1,8 ; 2,2 ; 2,7 ; 3,3 ; 3,9 ; 4,7 ; 5,6 ; 6,8 ; 8,2 X 10^nΩ ± 10%

a) Welche Bedingung muss R_C erfüllen, um den ASI-High-Pegel sicher zu erreichen? (5 Punkte)

b) Was ist der minimale erlaubte Wert von R_C? (Begründung!) (5 Punkte)

c) Aus a) und b) ergibt sich ein erlaubter Wertebereich für R_C. Welche technischen Gründe sprechen für den minimalen Wert, welche für den maximalen Wert? (Begründung!) (4 Punkte)

d) Der Transistorschalter soll auch im ungünstigsten Fall in Sättigung sein (m ≥ 2). Bestimmen Sie den maximal zulässigen R_{Kmax} und wählen Sie einen entsprechenden Wert aus der E12-Reihe. (8 Punkte)

e) **Zusatzaufgabe:** Erläutern Sie, was der „statische Störabstand" bei digitalen Schaltungen angibt. (3 Punkte) *(Hinweis: Eine Skizze könnte hilfreich sein.)*

Aufgabe 2

Die logische Funktion des N-MOS Teils einer CMOS Schaltung ist $f_n(A,B,C)=(A \wedge B) \vee C$ (positive Logik). Zeichnen Sie eine Realisierung der gesamten Schaltung mit möglichst wenig Transistoren. Nur die nicht invertieren Signale A, B, C können als gegeben angesehen werden. Schließen Sie alle Anschlüsse der N- und P-MOS Transistoren korrekt an! (8 Punkte)

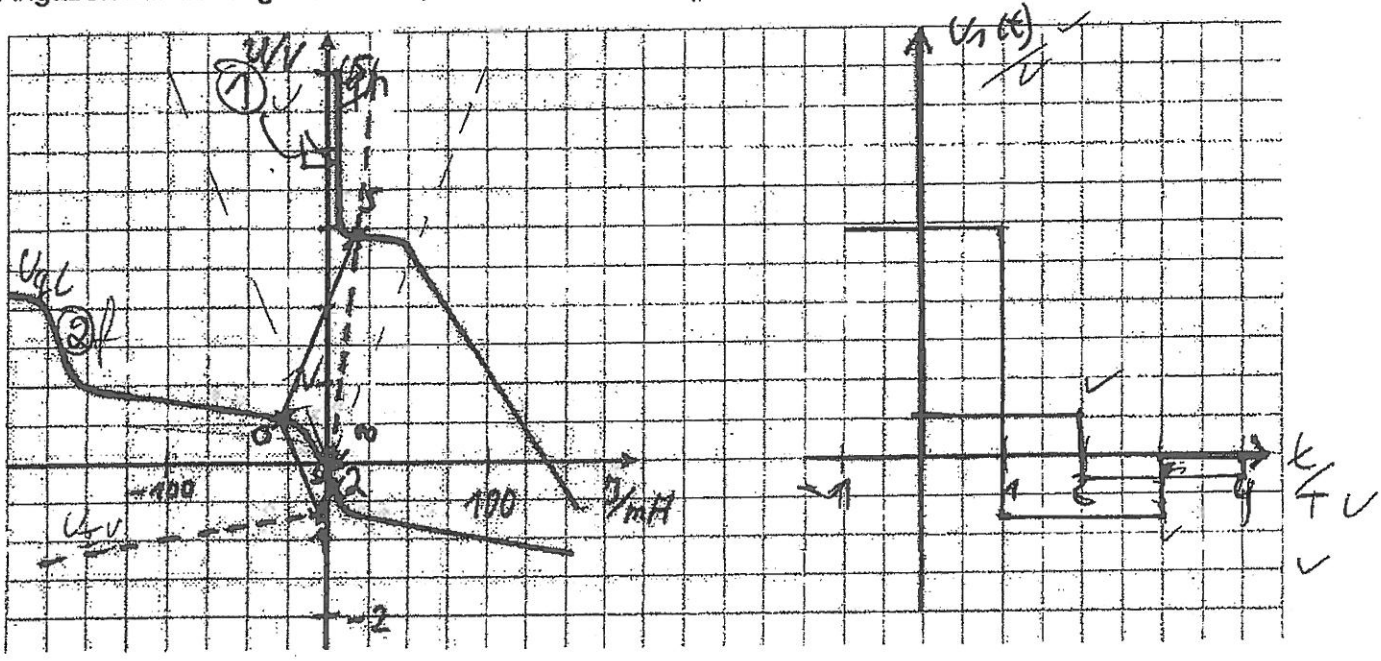
SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E4	EL3	VCM

FSR - Klausurensammlung 3/14

Aufgabe 3 Signalübertragung auf einer Leitung

Zwei TTL-Gatter sind durch eine Leitung (Anfang A und Ende B) verbunden. Die Eingangskennlinie des Gatters 2 und die Ausgangskennlinien des Gatters 1 für die Zustände High und Low sind unten im Diagramm eingezeichnet.

Angaben zur Leitung: verlustfrei, Wellenwidertand $Z_W = 50\Omega$; Länge l = 10mm; Laufzeit T



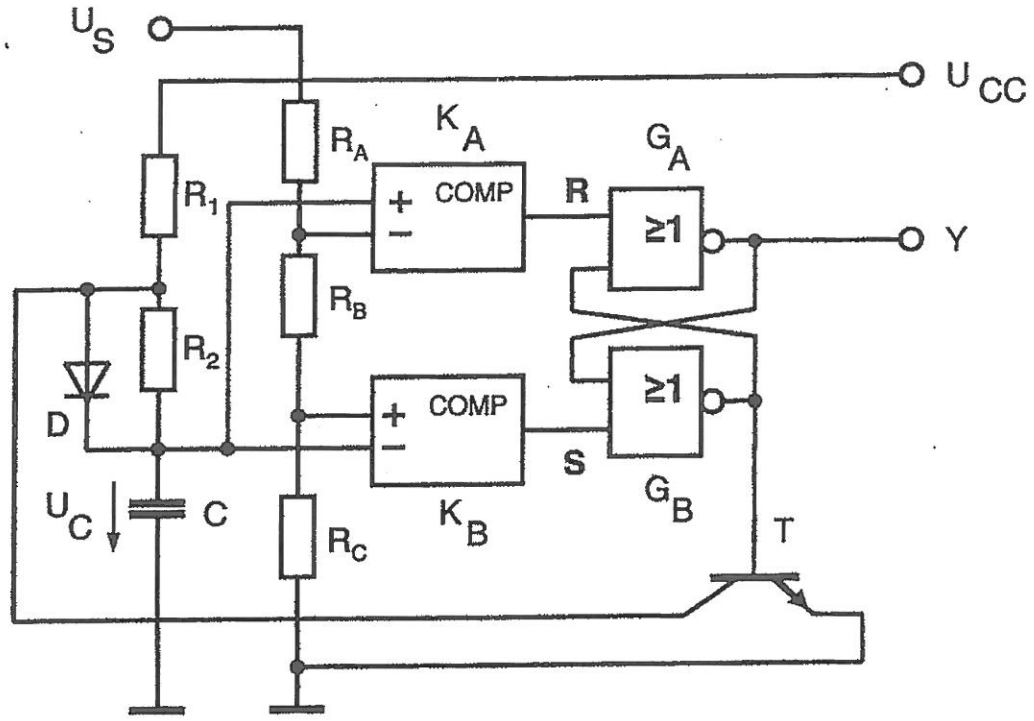
a) Kennzeichen Sie im Diagramm die Ausgangskennlinie für das High Signal des Gatters 1 mit der Ziffer 1 und die Eingangskennlinie des Gatters 2 mit der Ziffer 2. (2 Punkte) /2P

b) Es liegt im stationären Zustand das High-Signal an beiden Gattern an. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Ausgang des Gatters 1 auf Low geschaltet. Ermitteln Sie mit der Bergeron-Methode den zeitlichen Verlauf der Spannung am Anfang und Ende der Leitung und tragen Sie die für $-T \le t < 4T$ in das Diagramm oben rechts ein. (Vollständig beschriften!) (10 Punkte) /10P

c) **Zusatzaufgabe:** Die Leitung soll durch einen Parallelwiderstand R am Leitungsende besser angepasst werden. Tragen Sie R in die obige Schaltung ein. Erläutern Sie, welche der 3 Kennlinien sich in welcher Weise durch den Widerstand ändert. Wie groß muss R in etwa gewählt werden, damit keine Reflexion mehr auftritt, d.h. sofort der Endzustand erreicht wird? <u>Begründen Sie Ihre Antworten.</u> (6 Punkte)

Aufgabe 4 Astabile Kippstufe

Gegeben ist folgende über U_S steuerbare Kippschaltung mit einem Timer-Baustein.



Daten der Diode D: $U_F = 0{,}4\,V$, $I_R = 0\,A$, $R_F = 0\,\Omega$, $R_R = \infty$.

Alle Bauelemente außer die Diode werden zunächst als ideal zu betrachten.

a) Bestimmen Sie die Gleichungen für die Impulsdauer T_D und die Impulspause T_P als Funktionen von R_1, R_2, R_A, R_B, R_C, C, U_F, U_{CC} und U_S. Vereinfachen Sie falls möglich die Gleichungen (10 Punkte)

Nun sei $R_1 = 2 \cdot R_2 = R_A = R_B/3 = R_C = 10\,k\Omega$, $U_{CC} = 10\,V$, $U_S = 8\,V$ **und** $C = 10\,nF$.

b) Bestimmen Sie die Werte von T_D, T_P und dem Tastgrad v_T. (6 Punkte)

c) Zeichnen Sie die Verläufe der Spannung U_C (mit Zeitkonstanten, Anfangs- und Endwerten) und das Ausgangssignals Y ab dem Einschaltzeitpunkt bis eine komplette Periode beendet ist. Beschriften Sie die Schaltung vollständig. (6 Punkte)

d) **Zusatzaufgabe:** Nennen Sie bei einer realen Schaltung die technischen Gründe, warum R_1 nicht beliebig klein und die Widerstände R_A, R_B, R_C nicht beliebig groß gewählt werden dürfen. (4 Punkte)

Aufgabe 5 ADC und DAC

ENOB

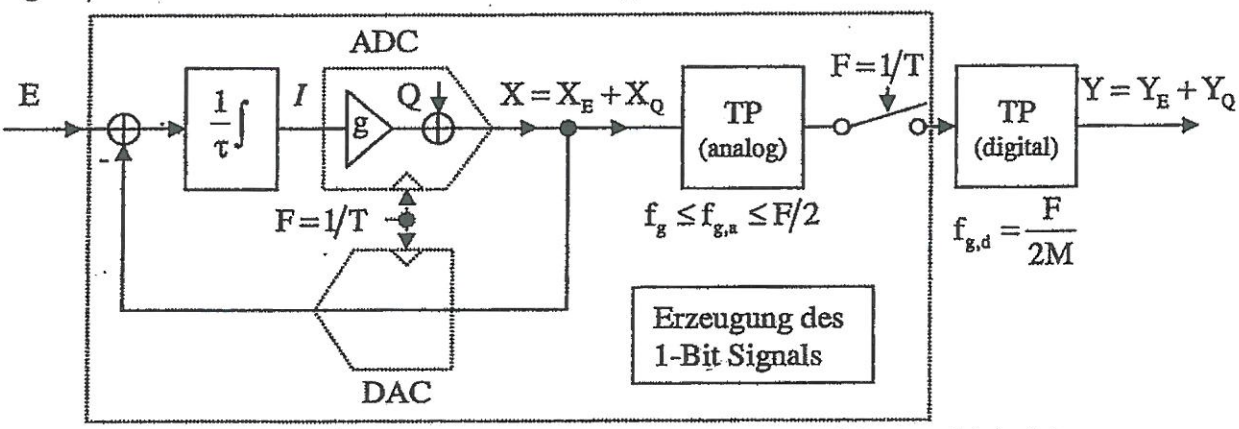
a) Erklären Sie die Definition der effektiven Bitzahl (ENOB). Warum kann man damit verschiedene ADCs sinnvoll vergleichen? Die reine Angabe von Formeln gibt Null Punkte! (4 Punkte)

Eine Methode, durch die man die effektive Bitzahl (ENOB) eines ADCs erhöhen kann, kennt man unter dem Begriff Überabtastung (Over Sampling).

b) Erklären Sie das Prinzip, wie man durch Überabtastung die ENOB eines ADC erhöhen kann. Machen Sie eine kleine Skizze des Systems (Beschriftung!). Nennen Sie den Zusammenhang zwischen ENOB und dem Überabtastfaktor. (8 Punkte)

Delta-Sigma ADC

Gegeben ist das bekannte zeitkontinuierliche Ersatzschaltbild eines idealen Delta-Sigma ADCs. Die Quantisierungseffekte werden durch ein additives Rauschsignal Q und einen konstanten Faktor $g = \tau/T$ modelliert. Für den Überabtastfaktor gilt $M \gg 1$.

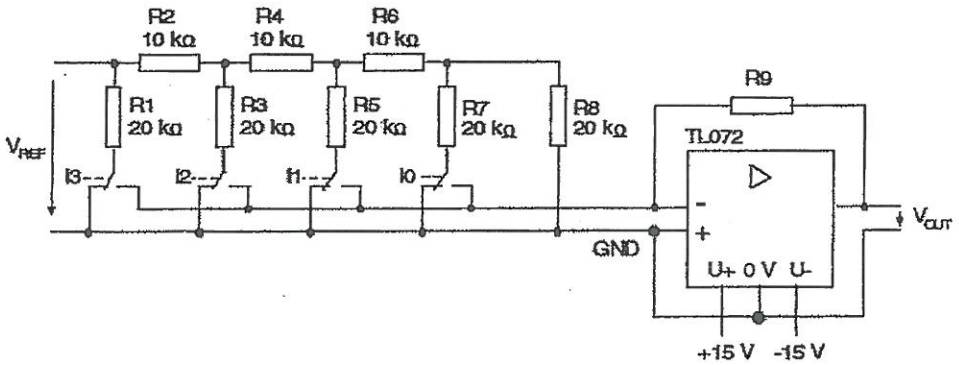


c) Zeigen Sie, dass die Übertragungsfunktion des Signal $H_E(s) = X_E(s)/E(s)$ eine Tiefpassfunktion ist. (4 Punkte)

d) Zeigen Sie, dass die Übertragungsfunktion des Rauschsignals $H_Q(s) = X_Q(s)/E(s)$ eine Hochpassfunktion ist. (4 Punkte)

e) Erklären Sie, warum ein $\Delta\Sigma$-ADC so hohe effektive Bitzahlen (ENOB) erreichen kann. Frühere Ergebnisse dürfen verwendet werden. (6 Punkte)

Zusatzaufgabe : DAC mit R-2R Spannungsteiler



Das Bild zeigt den, aus Vorlesung und Praktikum bekannten, DAC mit R-2R Spannungsteiler. Das ideale Ausgangssignal V_{OUT} ist eine Treppenkurve, die jedoch real mehrere Fehler aufweist.

f) Im Praktikum wurden zwei Fehler des Signals V_{OUT} mit einem Oszilloskop näher betrachtet. Nennen Sie die Fehler, deren Ursachen und wie man diese verringern könnte. (6 Punkte)

Aufgabe: 1a

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
OS	E4	EL3	VLM

FSR - Klausurensammlung 6/14

$U_A \geq 8{,}8V$

$\cancel{U_{RC} = U_{CC} - U_A = 22{,}8V - 8{,}8V = 14V}$

$\cancel{\frac{U_{RC}}{U_{CC}} =}$

$\frac{U_A}{U_{CC}} = \frac{R_L}{R_C + R_L} \Rightarrow U_A \cdot R_C + U_A \cdot R_L = U_{CC} \cdot R_L$

$\cancel{R_C = \frac{U_{CC} R_L (U_{CC} - U_A)}{U_A} = \frac{R_L \cdot 14V}{8{,}8V} = 14{,}32\Omega}$

$U_A = \frac{U_{CC} \cdot R_L}{R_C + R_L} = 22.8V \cdot \frac{9\,k\Omega}{R_C + 9\,k\Omega}$

$\Rightarrow R_C = \frac{22{,}8V \cdot 9\,k\Omega - 9\,k\Omega \cdot U_A}{U_A} = \underline{14{,}318\,k\Omega}$ ✓

Aufgabe: 1b

Wenn Transistor leitet, darf I_C nicht größer 50mA sein.

$I_C = I_{RC} - I_{RL} = \frac{U_{CC} - U_{CEX}}{R_C} - \frac{U_{CEX}}{R_L} = \frac{25{,}2V - 0{,}1V}{R_C} - \frac{0{,}1V}{11\,k\Omega}$

$\Rightarrow I_C + 9{,}06\,\mu A = \frac{25{,}1V}{R_C} \Rightarrow R_C = \frac{25{,}1V}{I_C + 9{,}06\,\mu A} = \underline{\underline{501{,}9\,\Omega}}$ ✓

$\Rightarrow 501{,}9\,\Omega \leq R_C \leq \underline{14{,}318\,k\Omega}$

Aufgabe: 1c

$501{,}9\,\Omega \leq R_C \leq 14{,}318\,k\Omega$

Wenn R_C max ist, dann sind die Verluste durch geringere Ströme kleiner. Allerdings muss die ASI Logik noch sicher ~~Wenn R_C m~~ erreicht werden. ✓

Wenn R_C min ist, sind die Verluste hoch, es gibt aber keine Schwierigkeiten mit den Pegeln von ASI ✓

(2P)

Aufgabe: 1d

$m \geq 2 \Rightarrow m = \frac{B_N}{\overline{I_{CX}}} \cdot I_{BX} = \frac{100}{\overline{I_{CX}}} I_{BX} \Rightarrow I_{BX} = 1mA$ ✓

$\overline{I_{CX}} = \overline{I_{RE}} - I_{RL} = \frac{U_{CC} - U_{BEX}}{R_C} - \frac{U_{BEX}}{R_L} = \frac{25{,}1V}{501{,}9\Omega} - \frac{0{,}1V}{1k\Omega}$

$\overline{I_{CX}} = 0{,}05A$?

$I_{BX} = I_{RX} - \overline{I_{RB}} = \frac{U_q - \overline{U_{BEX}}}{R_k}$ ✓ $- \frac{\overline{U_B} - \overline{U_{BEX}}}{R_B}$ ✓ ✓

$= \frac{9{,}95V - 0{,}7V}{R_k} - \frac{(-9V) - 0{,}7V}{9k\Omega}$ im Freiwerdeb

$\overline{R_k} = \frac{9{,}95V - 0{,}7V}{I_{BX} - 1{,}07mA} = 13{,}219\,k\Omega$

(6P)

8/14

Aufgabe: 1e

Der Abstand beschreibt den Sperrbereich zw. Low und High. Da auf Leitungen Spannungen abfallen und Störungen dazukommen, ~~muss ein~~ und ein Funktionieren nochgewährleistet sein muss, braucht es einen Abstand zw. L und H zu ungenau

0P

Aufgabe:

Klausur: EL3 Datum: 16.7.09

Name: Aldag Vorname: Mario Matr.-Nr.: [redacted]

Aufgabe: 1a)

ASI-High bei $U_A \geq +8{,}8V$

$\cancel{U_A - U_{CC} - U_{RC} = U_{CC} - \frac{U_{CC} - U_A}{R_C} \Rightarrow U_A - U_{CC} = -\frac{U_{CC} - U_A}{R_C}}$

$\cancel{R_C = -\frac{U_{CC} - U_A}{U_A - U_{CC}} = \frac{U_{CC} - U_A}{U_{CC} + U_A}}$

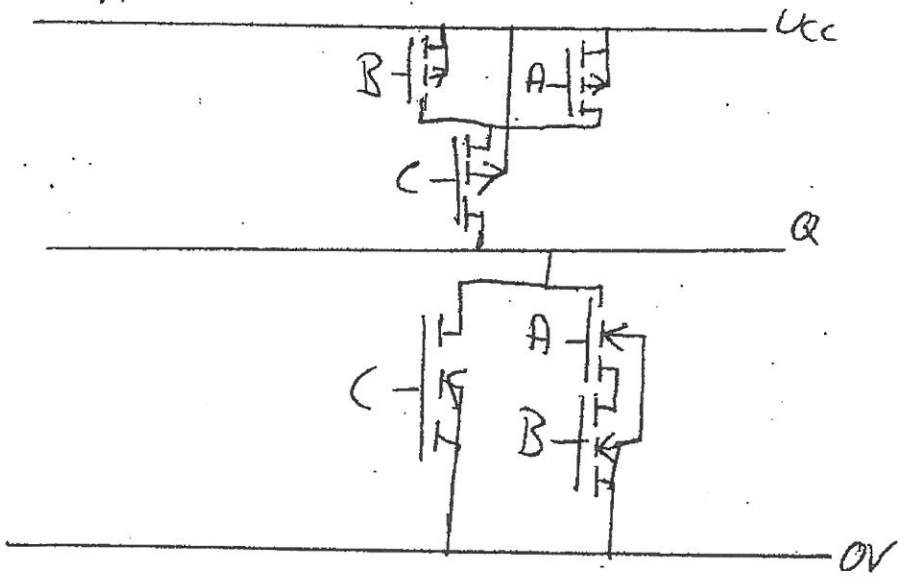
$\cancel{U_A = U_{CC} - U_{RC} \Rightarrow U_{RC} = U_{CC} - U_A = 25{,}2V - 8{,}8V = 16{,}4V}$

Siehe Extrablatter

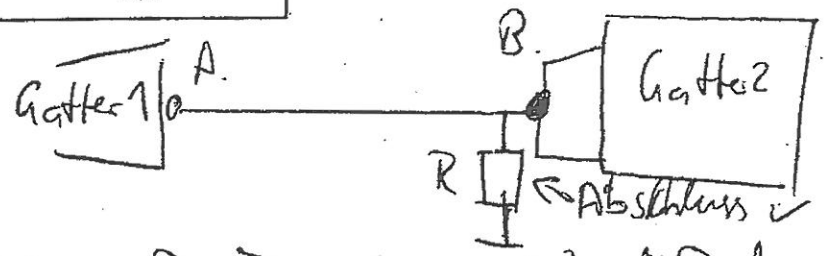
Aufgabe: 2

$f_n(A,B,C) = (A \wedge B) \vee C \quad f_p = (A \vee B) \wedge C$

8/8



Aufgabe: 3c



Wenn $R = Z_W$, dann ist R der angepasste und abgeschlossene Widerstand für die Leitung. Der Reflexionsfaktor am Ende ist 0. $r_2 = \frac{Z_2 - Z_W}{Z_2 + Z_W} = 0$

Aufgabe: 4

$$T_D = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_{\infty} - U_F - U_C}{U_{\infty} - U_F - \bar{U}_C}\right) = R_1 \cdot \ln\left(\frac{U_{CC} - 0{,}4V - 0V}{U_{CC} - 0{,}4V - \bar{U}_C}\right)$$

$$\bar{U}_C = \frac{U_S \cdot \bar{U}_C}{U_S} = \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C} \Rightarrow \bar{U}_C = U_S \cdot \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$T_D = R_1 C \cdot \ln\left(\frac{U_{CC} - 0{,}4V}{U_{CC} - 0{,}4V - U_S \cdot \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C}}\right)$$

$$T_P = R_2 C \cdot \ln\left(\frac{U_{CC} - U_{CC} + 0{,}4V}{\bar{U}_C - U_{CC}}\right) = R_2 \cdot \ln\left(\frac{0 - U_{CC}}{U_S \cdot \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C} - U_{CC}}\right)$$

Aufgabe: 4a

$$T_D = \tau \ln\left(\frac{U_{00} - U_{SP}}{U_{00} - \bar{U}_C}\right)$$

$$\underline{U}_C = U_S \cdot \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{U_S}{5}?$$

$$\bar{U}_C = U_S \cdot \frac{R_B + R_C}{R_A + R_B + R_C} =$$

$$T_D = R_1 C \ln\left(\frac{U_{CC} - U_F - U_S \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C}}{U_{CC} - U_F - U_S \frac{R_C + R_B}{R_A + R_B + R_C}}\right) = R_1 \ln($$

$$T_P = R_2 C \cdot \ln\left(\frac{\underline{U}_C - U_{00}}{\bar{U}_C - U_{00}}\right) = R_2 C \cdot \ln\left(\frac{U_S \frac{R_C}{R_A + R_B + R_C} - 0V}{U_S \frac{R_C + R_B}{R_A + R_B + R_C} - 0V}\right)$$

9/10

$$T_P = R_2 C \cdot \ln\left(\frac{R_C}{R_C + R_B}\right)$$

f $\frac{1}{x}$)

Aufgabe: 4b

nach 3/4

$$T_D = 10k\Omega \cdot C \ln\left(\frac{9{,}6V - \frac{8}{5}V}{9{,}6V - 6{,}4V}\right)$$

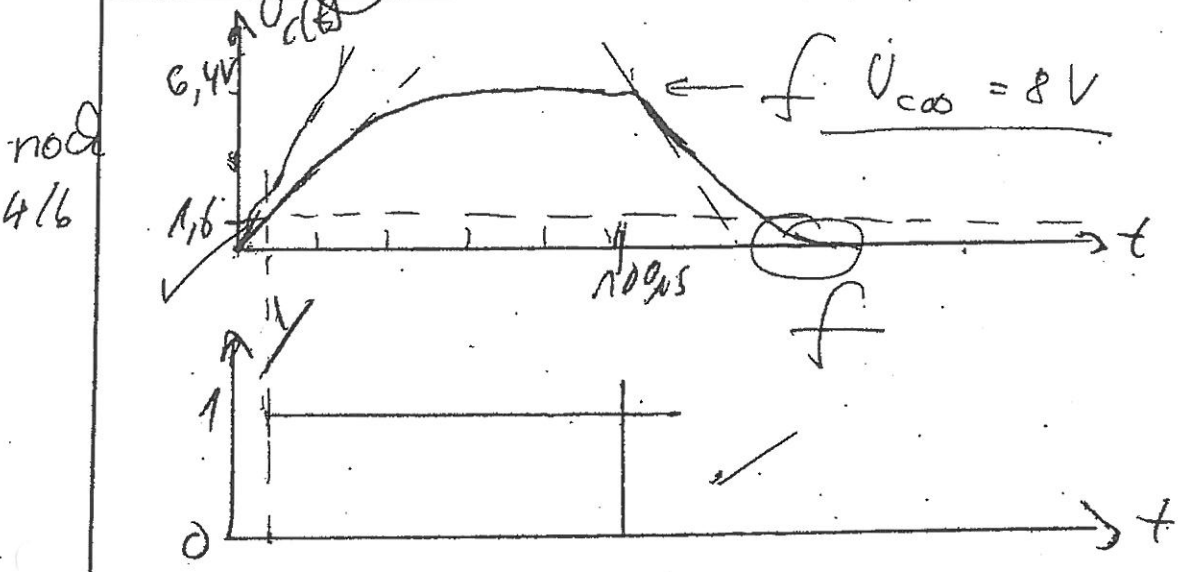
$$T_D = 100\mu s \cdot \ln(0{,}916) = \underline{\underline{91{,}63\mu s}}$$

$$T_P = 3k\Omega \cdot 10nF \cdot \ln\left(\frac{1}{4}\right) =$$

s.o.

$U_c(0) = 0 \quad U_c(T_D) = 8V + 8V\,e^{-\frac{T_D}{\tau}} = 6{,}4V$

Aufgabe: 6



Aufgabe:

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E4	EL3	VLM

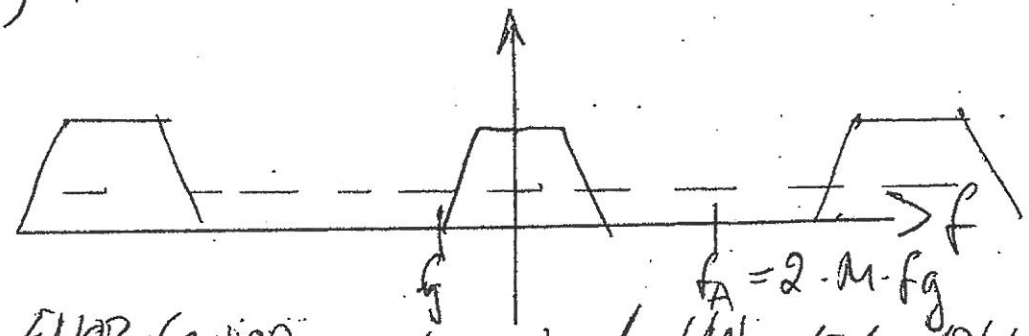
FSR - Klausurensammlung 12/14

Aufgabe: 5 a)

2/4 Die effektive Anzahl von Bits sind die Bits, die nutzbar sind inklusive aller Fehler. So können verschiedene ADC miteinander verglichen werden, weil !

b)

4/8



$$\frac{\text{ENOB-Gewinn}}{\text{dB}} = \frac{(2k+1) \cdot \log(M) + 10 \log(2k+1) - k \cdot 9{,}94\,\text{dB}}{602\,\text{dB}}$$

k ist Filterordnung

↳ was folgt er Over Sampling?

Aufgabe: 5 c)

3/4 $$H_E(s) = \frac{X_E(s)}{E(s)} = \frac{\frac{1}{s\tau} \cdot g}{\frac{1}{s\tau} \cdot g + 1} = \frac{g}{s+g} = \frac{\tau/T}{s + \frac{\tau}{T}}$$

⇒ TP Charakter

3/4 d) $$H_q(s) = \frac{X_q(s)}{E(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{s\tau} \cdot g} = \frac{s}{s+g} \Rightarrow HP$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E 4	EL 3	VLM

FSR - Klausurensammlung 14/14

Aufgabe: 5d) e)

3/6

Durch den Überabtastfaktor M wird das Signal überabgetastet. Da das Rauschlevel gleichbleibt, das Spektrum des Signals bandbegrenzt ist und periodisch fortgesetzt wird, sinkt das Rauschniveau für den Signalausschnitt. Für höhere Bitzahlen werden Filter höherer Ordnung verwendet.

+ Noise Shaping

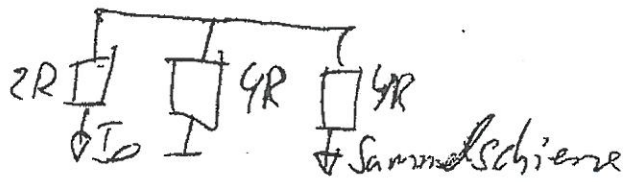
Aufgabe: 5f)

4/6

(1) Glitches: Glitches entstehen beim Wechsel der Übergänge durch Drechlfehler des OP; Schalter, die unterschiedlich schnell schalten; ⊗
⇒ Glitches können durch bessere Bauteile oder einen Tiefpass verringert werden. ⊗ Letzteres geht negativ in die Geschwindigkeit ein ✓

Offsetfehler: Durch den nicht vorhandenen Offset kann der Quantisierungsfehler U_{LSB} betragen. Wenn die Kennlinie um $\frac{U_{LSB}}{2}$ verschoben wird, so verringert sich der Fehler auf $\frac{U_{LSB}}{2}$ ↑

Schaltbild:



Off. nicht sichtbar im Skopebild

Dr.-Ing. J. Vollmer
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department für Informations- und Elektrotechnik
Informationstechnik und Kommunikationstechnik

21

Name: Motzek
Vorname: Alexander
Matr.-Nr.: 1897403

Prüfung Elektronik 3 vom 29. Januar 2010

Ihre Lösungen müssen den Ansatz enthalten. Lösungen ohne Herleitungen oder Begründung erhalten nur reduzierte Punktzahl! Nummerieren Sie Ihre Aufgaben.

	Punkte in Unteraufgaben		Erreichte Punkte	Maximal (+ SP)
Aufgabe 1	3+3+8+5(+6)		3+3+5+5 (+3)	19(+6)
Aufgabe 2	10		8	10
Aufgabe 3	10+10		9+8	20
Aufgabe 4	3+10+5+4(+8)		3+3+0+4 (+5)	22(+8)
Aufgabe 5	4+4+6+5(+4)		2+0+6+4 (–)	19(+4)
Bewertung:	13	**Summe:**	74	**90 (+18)**

Kleine Formelsammlung:

Min/Max. Rechenregeln: Für $a<0, b>0$ gilt: $\overline{ab}=\bar{a}\bar{b}$ und $\underline{ab}=\underline{a}\bar{b}$

Lösung Differentialgleichung erster Ordnung mit konstanter Anregung::

$$u(t)=U_\infty+[U_0-U_\infty]e^{-(t-t_S)/\tau}$$

Für $t=T_x$ folgt:

$$T_x-t_S=\tau\cdot\ln\left(\frac{U_\infty-U_0}{U_\infty-u(T_x)}\right)$$

Tastgrad

$$v_T=\frac{T_D}{T_D+T_P}$$

Transistor in Sättigung:

$$I_{CX}=\frac{B_N}{m}I_{BX}$$

CMOS-Logik

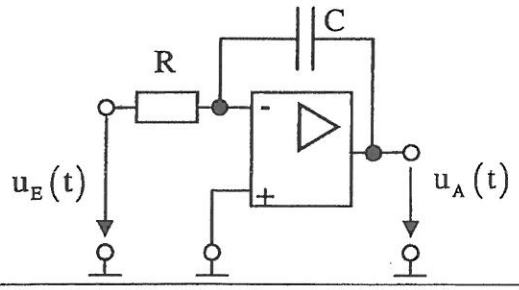
$$f_p(\mathbf{E})=f(\overline{\mathbf{E}})$$

$$f_n(\mathbf{E})=\overline{f(\mathbf{E})}$$

mit $\mathbf{E}=[E_1, E_1, \ldots E_N]$

Invertierender OP-Verstärker als Integrator im linearen Bereich:

$$u_A(t)=-\frac{1}{RC}\int_{-\infty}^{t}u_E(\tau)d\tau$$



ENOB (Effective Number of Bits):

$$\mathrm{ENOB}(M)=\frac{\mathrm{SINAD}/\mathrm{dB}-1{,}76}{6{,}02}$$

SINAD: Signal-to-Noise-and-Distortion (power) Ratio:

$$\mathrm{SINAD}=\frac{S}{N+D}$$

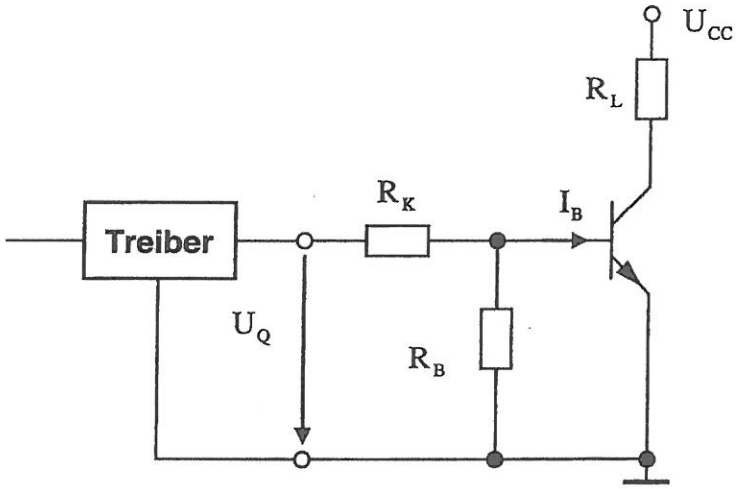
S: signal power, N: noise power, D distortion power

SS / WS | Semester | Fach | Dozent
FSR - Klausurensammlung

SS / WS | Semester | Fach | Dozent
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 1: Pegelanpassung (19+6)

Eine, als ohmsche Last R_L modellierte, Schaltung soll von einem Treiber angesteuert werden. Die notwendige Pegelanpassung erfolgt mit einem Transistor.



Daten des Treibers: $U_{QL} = 1{,}0\ V \pm 5\%$, $U_{QH} = 5\ V \pm 5\%$

Daten des Transistors: $U_{CEX} = 0{,}1 \ldots 0{,}4\ V$, $U_{BEX} = 0{,}6 \ldots 0{,}8\ V$, $I_{CB0} = 0\ A$

$U_{CC} = 5\ V \pm 5\%$, $R_{LN} = 220\ \Omega$, $R_{KN} = 6{,}4\ k\Omega$ (Alle Widerstände haben 10% Toleranz.)

E12 Reihe: 1,0 ; 1,2 ; 1,5 ; 1,8 ; 2,2 ; 2,7 ; 3,3 ; 3,9 ; 4,7 ; 5,6 ; 6,8 ; 8,2 X $10^n\ \Omega \pm 10\%$

a) Berechnen Sie den maximalen Kollektorstrom $\overline{I_C}$. (3 Punkte)

b) Für die Schaltung soll gelten $\underline{I_{BX}} = 100\ \mu A$ und $m \geq 2$. Bestimmen Sie den Stromverstärkungsfaktor B_N so, dass der Transistor $\overline{I_C}$ sicher erreicht. (3 Punkte)

c) Dimensionieren Sie $\overline{R_B}$ so, dass der Transistor sperrt. Das wird hier für $U_{BEY} \leq 0{,}15\ V$ als sicher angesehen. Wählen Sie R_{BN} geeignet aus der E12 Reihe (8 Punkte)

d) Überprüfen Sie, ob bei dem in c) gewählten R_{BN} der geforderte Strom $\underline{I_{BX}}$ sicher erreicht wird. (5 Punkte)

e) **Zusatzaufgabe:** Erklären Sie kurz, welche Bedingungen die Dimensionierung von R_K und R_B bestimmen. Gibt es immer ein Wertepaar (R_K, R_B), dass bei sonst vorgegebenen Bauelementen alle Bedingungen erfüllt? (Begründen Sie ihre Antwort, keine Berechnung!) (6 Punkte)

Aufgabe 2 CMOS-Logik (10 Punkte)

Die logische Funktion des P-MOS Teils einer CMOS Schaltung ist $f_p(A,B,C) = (\overline{A} \vee \overline{B}) \wedge \overline{C}$. Gegen Sie von positiver Logik aus, d.h. Low $\leftrightarrow$ 0 und High $\leftrightarrow$ 1. Zeichnen Sie eine Realisierung der gesamten Schaltung mit möglichst wenig Transistoren. Nur die nicht invertieren Signale A, B und C können als gegeben angesehen werden. Schließen Sie alle Anschlüsse der N- und P-MOS Transistoren korrekt an! (10 Punkte)

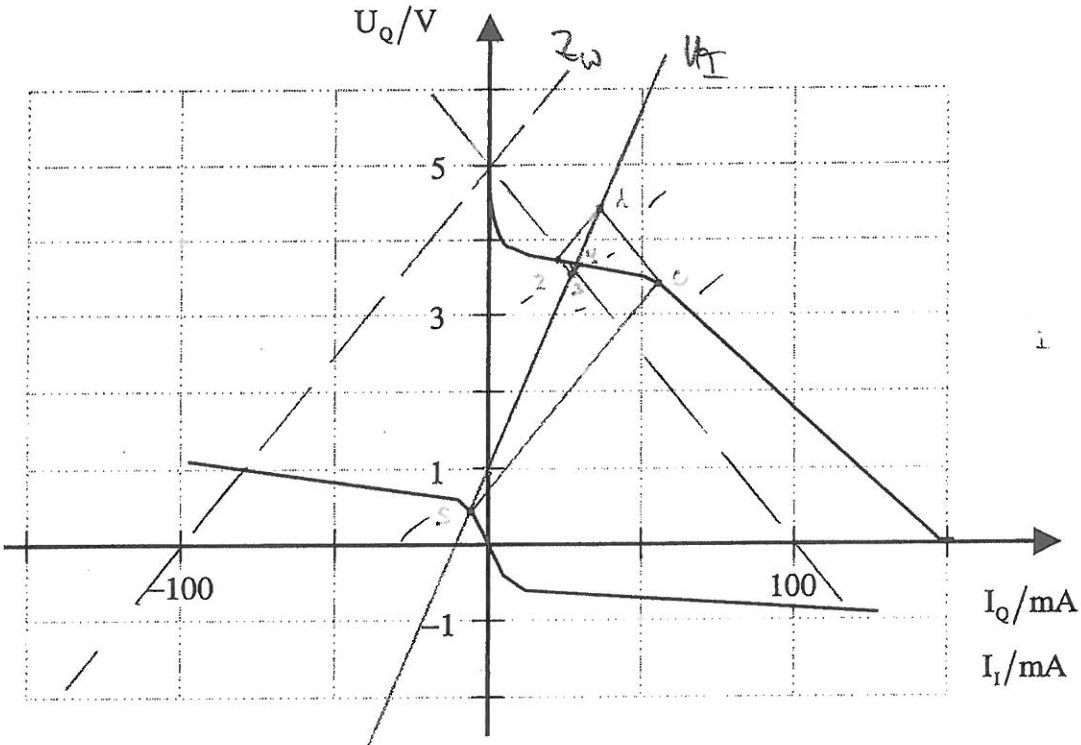
Aufgabe 3 Die Bergeron Methode (20 Punkte)

Ein Gatter mit den gegebenen Ausgangskennlinien U_Q treibt über eine 50 Ω Leitung (Laufzeit T) ein zweites Gatter. Dessen Eingangskennlinie U_I kann beschrieben werden als eine Reihenschaltung einer idealen Spannungsquellen mit $U_{I0} = 1V$ mit einem Widerstand $R_I = 100\Omega$.

Zeichnen Sie in die Bergeron Diagramme die Kennlinie von U_I und die Übergänge von Low nach High bzw. von High nach Low für ein. Geben Sie in den Tabellen die aus den Zeichnungen abgelesenen Spannungswerte zu den gegebenen Zeitintervallen an. Gehen Sie davon aus, dass die Umschaltung im Zeitpunkt $t = 0$ stattfindet.

a) Diagramm und Tabelle für den Übergang von Low nach High. (10 Punkte)

3/10



t	U_Q/V	U_I/V
$t<0$	0,5	0,5
$0 \le t < T$	3,2	?
$T \le t < 2T$	?	4,4
$2T \le t < 3T$	3,8	?
$3T \le t < 4T$	?	3,5

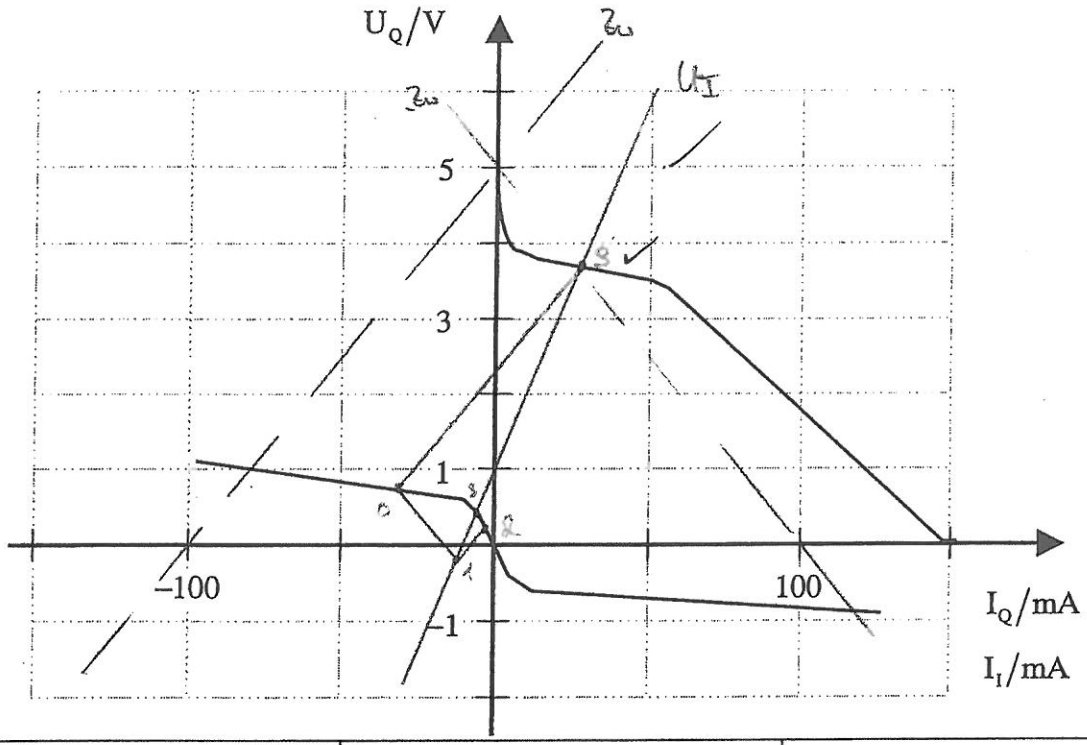
SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

Weiter Aufgabe 3

b) Diagramm und Tabelle für den Übergang von High nach Low. (10 Punkte)

8/10



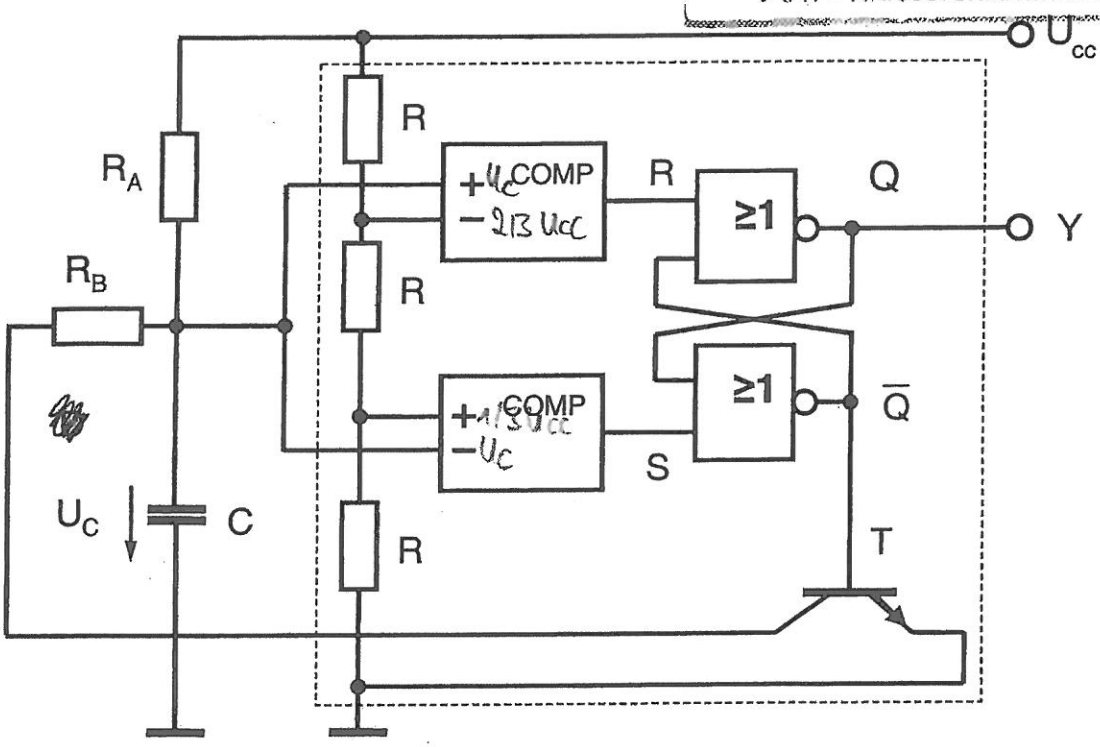
t	U_Q/V	U_I/V
t<0	3,7	3,7
0≤t<T	0,8	3,7 (fehlt)
T≤t<2T	0,8	-0,2
2T≤t<3T	0,5	0,5 ≠ -0,2
3T≤t<4T	0,5	0,5

Pkt 2 ≠ Pkt 3

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 4 Astabile Kippstufe (24+8 Punkte)



In Vorlesung und Praktikum wurde eine Beschaltung des 555 Timer-Bausteins (gestrichelter Kasten) mit zeri Widerständen als astabile Kippstufe behandelt. Die angegebene Schaltung zeigt eine alternative Beschaltung, die andere Vor- und Nachteile hat.

Alle Bauelemente sind als ideal anzusehen.

a) Bestimmen Sie die Impulsdauer T_D als Funktion von R_A, R_B und C. Vereinfachen Sie die Gleichung so weit wie möglich. Aus Formelsammlungen abgeschriebene Endergebnisse ohne Herleitung erhalten Null Punkte! (3 Punkte)

b) Bestimmen Sie die Impulspause T_P als Funktion von R_A, R_B und C. Vereinfachen Sie die Gleichung so weit wie möglich. (10 Punkte)

c) Betrachten Sie die Funktion der Schaltung. Welche Bedingung muss an R_A und R_B gestellt werden, damit die Schaltung überhaupt schwingt? (Begründung!) (5 Punkte)
(*Hinweis: Die Aufgabe ist ohne die vorigen Unterpunkte lösbar.*)

Falls Sie b) nicht lösen konnten, gehen Sie ab jetzt von folgender Gleichung aus:

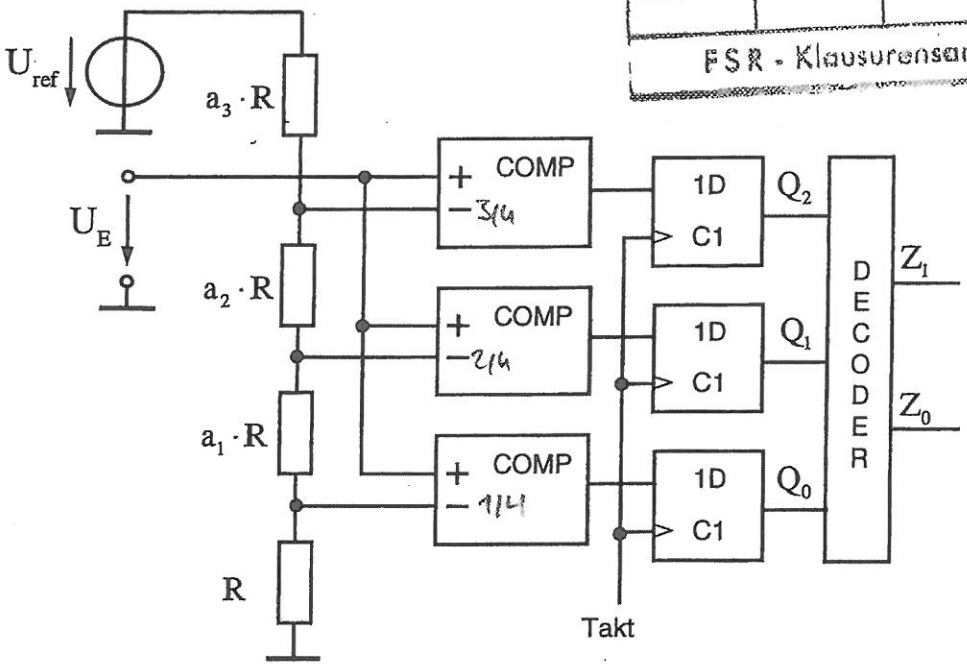
$$T_P = 2 \cdot \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} \cdot C \cdot \ln\left(\frac{3R_A - 2R_B}{R_A - 2R_B}\right)$$

d) Nun sei $R_A = 50\,k\Omega$, $R_B = 24\,k\Omega$ und $C = 10\,nF$. Berechnen Sie die Frequenz des Oszillators (4 Punkte)

e) **Zusatzaufgabe/Verständnisaufgabe:** Mit dieser Schaltung kann, durch passende Wahl von R_A/R_B, ein Tastgrad von $v_T = 0{,}5$ erreicht werden kann. Zeigen zum Beweis allgemein, dass v_T kleiner und größer 0,5 sein kann (T_D kleiner bzw. größer T_P). Eine Angabe von Bauelementwerten ist NICHT gefordert. (8 Punkte)

Aufgabe 5 Zwei Bit Flash ADU (19+4 Punkte)

SS / WS | Semester | Fach | Dozent
FSR - Klausurensammlung



Betrachten Sie die obige Schaltung. Gehen Sie zunächst von idealen Bauelementen aus.

a) Welche Werte müssen die Faktoren a_1, a_2 und a_3 haben, damit es sich um einen ADU mit idealer Kennlinie und $U_{ref} = U_{FS}$ handelt? (4 Punkte)

b) Für $U_{ref} \neq U_{FS}$ sind noch andere Lösungen für die a_k-Faktoren möglich. Geben Sie für eine derartige Lösung die a_k an und bestimmen Sie U_{FS} als Funktion von U_{ref}. (4 Punkte)

c) Erklären Sie die kurz die Funktion der Schaltung, inklusiver aller Teilschaltungen. (6 Punkte)

noch 4/5

d) Die Q_i- und Z_k-Werte (0 oder 1) sind abhängig von der Eingangsspannung U_E zum Abtastzeitpunkt. Füllen Sie die unten stehende Decoder-Tabelle vollständig aus. Gehen Sie von der in a) gefundenen Lösung für die a_k aus. (5 Punkte)

U_E	Q_2	Q_1	Q_0	Z_1	Z_0
0V ... von ... bis	0	0	0	0	0
$\frac{1}{4}U_{ref} = \frac{1}{4}U_{FS}$ (bisschen mehr)	0	0	1	0	1
$\frac{2}{4}U_{ref}$ (bisschen mehr)	0	1	1	1	0
$\frac{3}{4}U_{ref}$ (bisschen mehr)	1	1	1	1	1

ADU nicht DAU

e) **Zusatzaufgabe:** Gehen Sie nun realen Bauelementen aus. Schätzen Sie grob ab, in welcher Größenordnung R liegen sollte. Nennen Sie Gründe für die obere und untere Grenze von R. (4 Punkte)

Klausur: EL3 WS09/10 Datum: 29.01.10

Name: Motzek Vorname: Alexander Matr.-Nr. 1897403

Aufgabe: 1

a) 3/3

a) $\overline{I_{CX}} = I_{RL} = \frac{\overline{U_{CC}} - U_{CEX}}{R_L} = \frac{5V \cdot 1{,}05 - 0{,}1}{220\Omega \cdot 0{,}9}$

$= 26{,}01\ mA$

b) 3/3

b) $\underline{I_{BX}} \overset{!}{=} 100\ \mu A \quad m \overset{!}{\geq} 2 \quad R_N = ? \quad \overline{I_{CX}} \overset{!}{=} 26{,}01\ mA$

$I_{CX} = \frac{R_N}{m} \cdot I_{BX} \Rightarrow \underline{m} = \underline{R_N} \cdot \frac{I_{BX}}{I_{CX}}$ ← Forderung

$\Rightarrow \underline{R_N} = \underline{m} \cdot \frac{\overline{I_{CX}}}{\underline{I_{BX}}} = 2 \cdot \frac{26{,}01\ mA}{100\ \mu A} = 520{,}2$

Aufgabe: 1

$\overline{R_B} = ? \quad \overline{U_{BEY}} = 0{,}15\ V$

c) 8/8

c) $\overline{U_{BEY}} = \frac{R_B}{R_B + R_K} \cdot U_{QL}$ ← Forderung

$= \frac{1}{1 + \frac{R_K}{R_B}} \cdot \overline{U_{QL}}$

$\Rightarrow 1 + \frac{R_K}{R_B} = \frac{U_{QL}}{U_{BEY}} \Rightarrow \frac{R_K}{R_B} = \frac{U_{QL}}{U_{BEY}} - 1$

$\Rightarrow \overline{R_B} = \frac{R_K}{\frac{U_{QL}}{U_{BEY}} - 1} = 960\ \Omega$

$R_{BN} = 820\ \Omega$

Aufgabe: 1

d) 5/5

a) $I_{BX} = I_{RK} - I_{RB} = \frac{U_{CH} - U_{BEX}}{R_K} - \frac{U_{BEX}}{R_B}$

$$I_{BX} = \frac{5V \cdot 0{,}95 - 0{,}8V}{6400\,\Omega \cdot 1{,}1} - \frac{0{,}8V}{820\,\Omega \cdot 0{,}9} = -523\,\mu A$$

Denn wird es nicht!

noch 3/6

b) Es muss zum Einen I_{BX}, im letzten Fall gewährleistet sein, zum anderen muss der Transistor sicher sperren können. ⇒ Wie in diesem Fall zu sehen, gibt es nicht immer ein Widerpaar das stimmt. Es müsste hier noch eine Spannungsquelle U_B an R_B angeschlossen werden. Dann wäre es dimensionierbar.

* Das war nicht gefragt!

?? ?? ?? h.f.

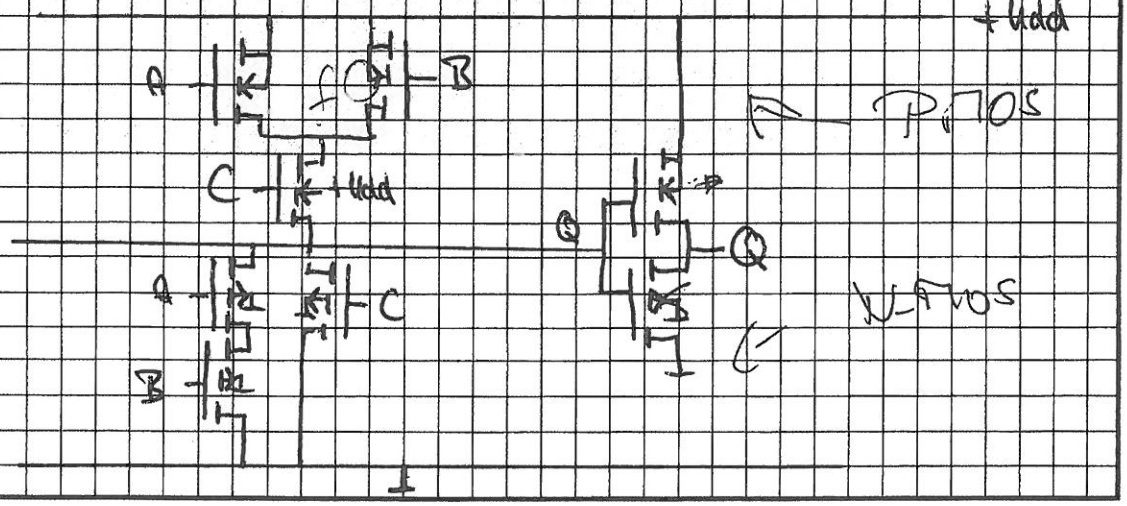
Aufgabe: 2)

noch 8/10

$f_p(A,B,C) = (\bar{A} \vee \bar{B}) \wedge \bar{C}$

$f_n(A,B,C) = (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee \bar{C}$

Wenn alle Eingänge invertiert werden sollen, kann man Q invertieren und die Struktur von n- und p-MOS Seite tauschen (aber nur Struktur)



Aufgabe: 4

a) $t_x = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_0 - U_\infty}{U(t_x) - U_\infty}\right)$

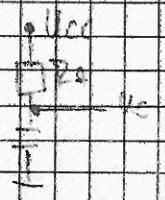
a) $t_d = ?$

3/3

$U_0 = \frac{1}{3} U_{CC}$ $\quad U_\infty = U_{CC}$ $\quad U(t_d) = 2/3\, U_{CC}$

$$t_d = R_A \cdot C \cdot \ln\left(\frac{\frac{1}{3}U_{CC} - U_{CC}}{2/3\, U_{CC} - U_{CC}}\right) = R_A \cdot C \cdot \ln(2)$$

Kondensator lädt sich nur über R_A, da der Transistor nicht geschaltet ist.



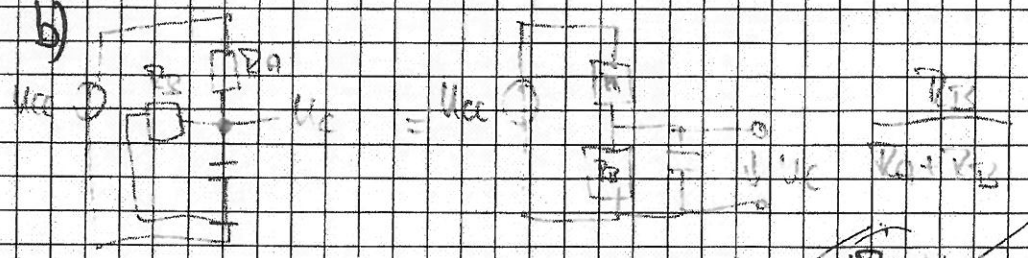
Die Vergleichsspannung der Komparatoren ist $\frac{2}{3} U_{CC}$ bzw. $\frac{1}{3} U_{CC}$. Zu diesen Zeitpunkten wird sich der Kondensator auch laden bzw. ~~entladen~~ aufhören zu laden

Aufgabe: 4

$t_p = ?$

3/10

b)



Der Kondensator wird sich über R_B (R_A) entladen.

Die Spannungsschwellen sind

$U_0 = \frac{2}{3} U_{CC}$ $\quad U_\infty = 0$ $\quad U(t_p) = \frac{1}{3} U_{CC}$

$$t_p = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \cdot C \cdot \ln\left(\frac{\frac{2}{3} - 0}{\frac{1}{3} - 0}\right) = \frac{R_B}{\frac{R_A R_B}{R_A + R_B}} \cdot C \cdot \ln(2)$$

Aufgabe: 4

d)

vor 4/4

$f = \frac{1}{T}$ $\quad T = T_d + T_p = R_A \cdot C \cdot \ln(2) + 2 \cdot \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \cdot C \cdot \ln\left(\frac{3R_A - 2R_B}{R_A - 2R_B}\right)$

$\Rightarrow T_d = 0{,}35\,ms$ $\quad \Rightarrow T = 1{,}62\,ms$

$T_p = 1{,}3\,ms$ (ungenau)

$\Rightarrow f = 616{,}6\,Hz$

c) R_A muss größer als R_B sein

bzw. $\frac{3R_A - 2R_B}{R_A - 2R_B} > 1$

$\Rightarrow 3R_A - 2R_B > R_A - 2R_B$

Aufgabe: 4

e)

nach 5/8

$$V_T = \frac{T_D}{T_D + T_P} = \frac{R_A C \ln(2)}{2 \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \cdot C \cdot \ln\left(\frac{3R_A - 2R_B}{R_A - 2R_B}\right) + R_A C \ln(2)}$$

Für $R_B \to 0$ ist T_d größer als T_p, da T_d nicht von R_B abhängt.

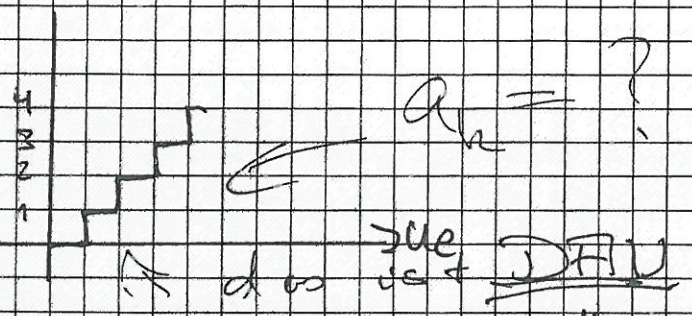
$\Rightarrow$?

2'te Fall ?

noch 2/4

Aufgabe: 5

a) ~~$a_1 = 8$ $a_2 = 4$ $a_3 = 6$.~~



da es ist DFU

2 Bit ADU ⇒ 4 Zustände ⇒ $U_{LSB} = \frac{U_{FS}}{2^n}$

Jede Komparator muss U_{LSB} abbekommen

$a_n = 1$

Frage lesen

noch 6/6

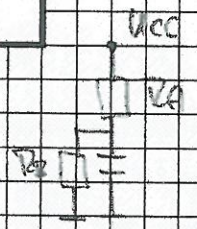
Aufgabe: 5

c) Durch den Spannungsteiler werden verschiedene Spannungen an den Komparatoren angelegt, welche zum Vergleich U_e haben. Ähnlich dem Wägeverfahren werden dann durch die Flip-Flops die entsprechenden Bits gesetzt und ausgegeben, wenn die Teilspannung kleiner als U_e ist.

~~b) Wenn $U_{ref} = 2 \cdot U_{FS}$ so muss jeder Komp. nur die Hälfte abbekommen~~

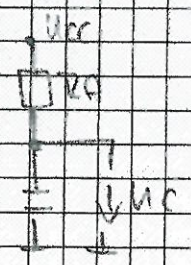
Der Decoder wandelt dann dieses hochgezählte (Thermometer) in einen Binärcode um.

Aufgabe:



$$U_{ab} = U_{cc} \cdot \frac{R_3}{R_4 + R_3}$$

Aufgabe:



Fachhochschule Hamburg	Datum: 29. Januar 2004
Fachbereich E/I	Lehrgebiet: Informationstechnik

Klausur: Digitale Schaltungstechnik / E4A

Bearbeitungsdauer: 120 Minuten	Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer
Name, Vorname: Lorenz, Steffen	
Matrikel-Nr.: 1700286	Semester: E4a
Erreichte Punkte: 80	Note: 1,2
Tag der Bewertung: 03.02.04	

Zugelassene Hilfsmittel: Vorlesungsaufzeichnungen, Skript, Arbeitsblätter, Fachbücher, mathematische Formelsammlung, Taschenrechner

Achtung: Es werden nur die Lösungen anerkannt, deren Lösungswege eindeutig erkennbar und nachvollziehbar sind.

Aufgabe 1:

Auf einer LAN-Verbindung treten wiederholt Störungen auf. Der verwendete verlustarme Kabeltyp besitzt eine Leitungswellenimpedanz von $Z_L = 120\Omega$. Für den verwendeten Sendebaustein wird angegeben: $U_{QL} = 0V$, $U_{QH} = 5V$, $R_{QH} = 10\Omega$. Als Empfänger dient ein Logik-Baustein, dessen Schwellspannung mit $U_s = 2{,}5$ V bekannt ist.

a) Messtechnisch wird am Ende der Leitung ein wirksamer Reflexionsfaktor r_e von +0.85 ermittelt. Welchen Eingangswiderstand besitzt der Empfängerbaustein?

b) Bestimmen Sie für die rücklaufende Welle den wirksamen Reflexionsfaktor r_a am Eingang der Leitung.

c) Entwickeln Sie einen Impulsfahrplan für einen L → H Sprung der Quelle. Zeichnen Sie den Spannungsverlauf am Anfang und Ende der Leitung als Funktion der Zeit im Bereich von 0... 6τ (τ Signallaufzeit der Leitung).

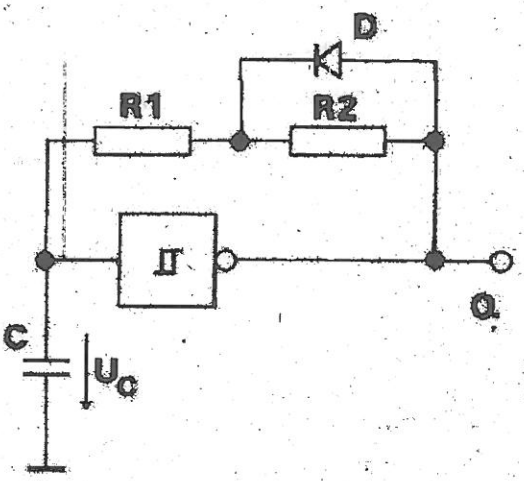
d) Um welche Störung handelt es sich. Beschreiben Sie den Effekt.

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
03/04	E4	DS	KZR

FSR - Klausurensammlung 1/12

Aufgabe 2:

Die hier abgebildete astabile Kipp-Schaltung soll näher analysiert werden. Bei dem benutzen Schmitt-Trigger handelt es sich um einen CMOS-Baustein ***SN74HC14*** mit U_{QH} = 4,9V und U_{QL} = 0,1V sowie den beiden Schwell-Spannungen U_{S1} = 1,70V und U_{S2} = 2,80V (bei 5 V Betriebsspannung). Die Werte für die Widerstände sind mit R_1 = 12 kΩ und R_2 = 22 kΩ vorgegeben. Die Kapazität hat einen Wert von C = 1nF. Die Diode D ist mit der Fluss-Spannung U_{F0} = 0,7V und dem Bahnwiderstand r_{DF} = 50Ω zu berücksichtigen.



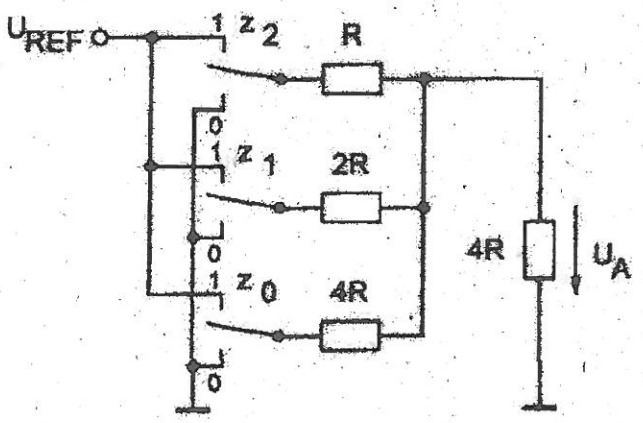
a) Berechnen Sie für eine Periode T den genauen zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung U_C der astabilen Kippschaltung. Stellen Sie Ihr Ergebnis anhand von qualitativ richtigen Signal-Zeit-Diagrammen für U_C und U_Q graphisch dar.

b) Bestimmen Sie die Frequenz des periodischen Ausgangssignals U_Q. Wie groß ist das Tastverhältnis $v_t = T_D / T$?

c) Bestimmen Sie nun den Widerstandswert für R_2 neu (Die Werte von R_1 und C bleiben erhalten!) unter der Randbedingung, dass nun ein Tastverhältnis von v_t = 0,5 erreicht werden soll. Wie groß ist nun die Frequenz des Ausgangssignals?

Aufgabe 3:

Gegeben ist folgender Digital/Analog – Umsetzer:



a) Berechnen Sie für die möglichen Schalterstellungen $Z = (z_2\, z_1\, z_0)$ von $Z = (0\,0\,0)$ bis $Z = (1\,1\,1)$ die Ausgangsspannungen U_A.

b) Geben Sie eine allgemeine Gleichung für die Ausgangsspannung U_A als Funktion von $Z = (z_2\, z_1\, z_0)$ an.

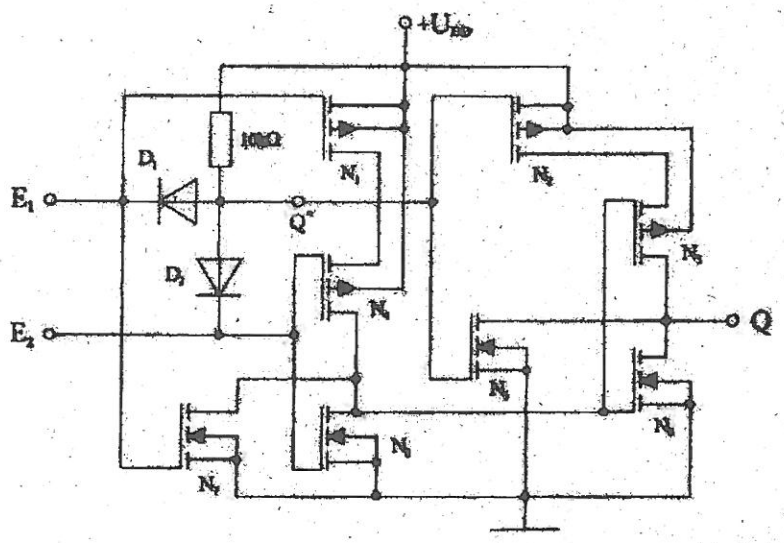
c) Wie muss U_{ref} gewählt werden, damit sich für $Z = (1\,0\,1)$ U_A = 10V ergibt?

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09/04	F4	DS	KZR

FSR - Klausurensammlung 3/12

Aufgabe 4:

Analysieren Sie die folgende Gatterschaltung:



a) Aus welchen Funktionsgruppen besteht die Schaltung?

b) Stellen Sie eine Arbeitstabelle auf. Welche Verknüpfung realisiert die Schaltung?

WS / WS 03/04 | Semester E4 | Fach DS | Dozent KZ
FSR - Klausurensammlung

DS 1/9

Stefan Lorenz
1100286

Aufgabe 1:

a) $r_e = \frac{Z_e - Z_L}{Z_e + Z_L} = 0{,}85$

(3)

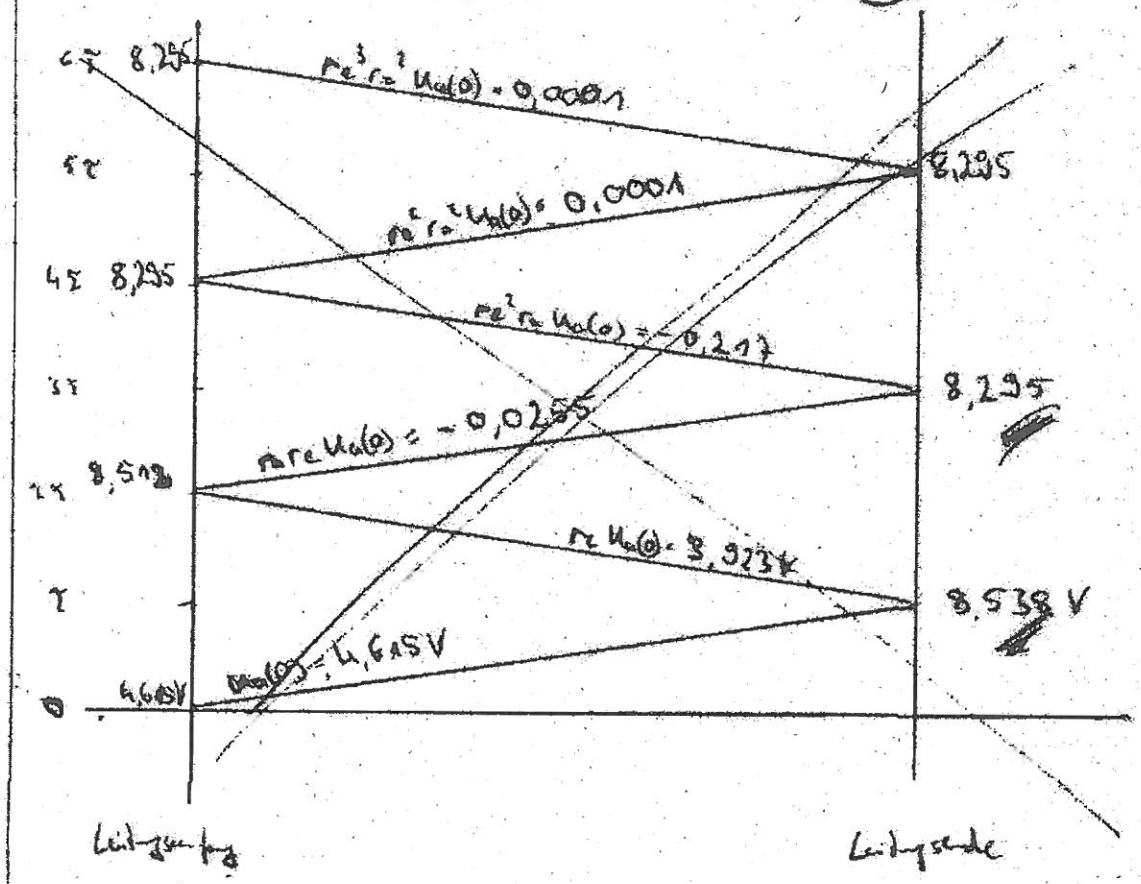
$\Rightarrow Z_e = 12{,}33 \cdot Z_L = 12{,}33 \cdot 120\,\Omega = \underline{\underline{1480\,\Omega}}$

b) $r_a = \frac{Z_i - Z_L}{Z_i + Z_L} = \frac{10\,\Omega - 120\,\Omega}{10\,\Omega + 120\,\Omega} = \underline{\underline{-0{,}85}}$

(2)

c) $U_a(t=0) = U_{ak} \cdot \frac{Z_L}{Z_L + Z_i} = 5\,V \cdot \frac{120\,\Omega}{130\,\Omega} = \underline{\underline{4{,}615\,V}}$

(2)



Für $L \to \infty$:

$U_a = U_e = U \frac{Z_e}{Z_i + Z_e} = \frac{1480\,\Omega}{1490\,\Omega} \cdot 5\,V = \underline{\underline{4{,}97\,V}}$

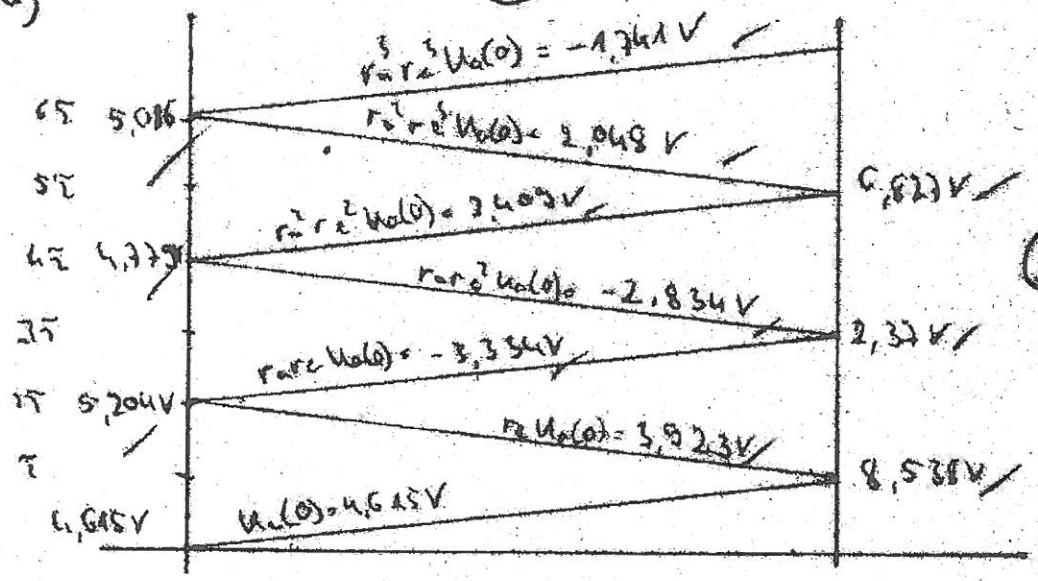
Die Werte strebe also gegen 4,97 V.

WS 03/04 | Semester E4 | Fach DS | Dozent KZL
FSR - Klausurensammlung

Steffen Lorenz
1300285

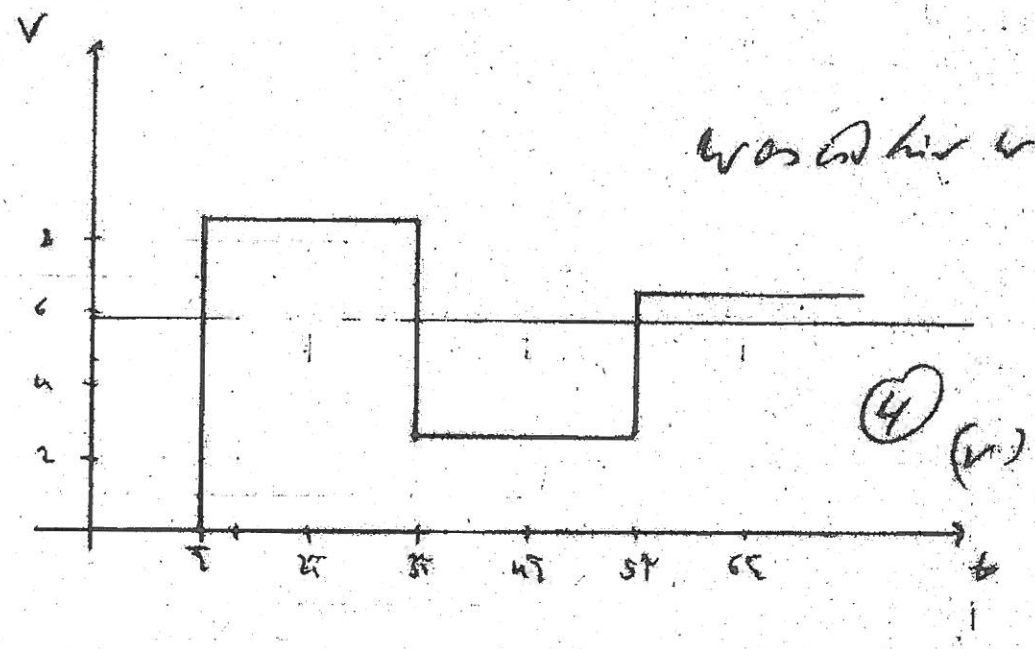
Aufgabe 1

c) (3)



Leitungslänge

Leitungslänge (2)



Was ist hier was?

(4) (V)

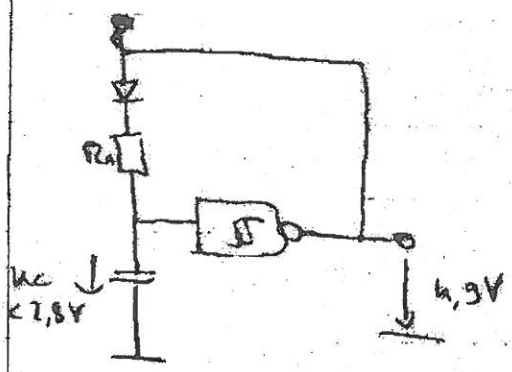
d) Die Störung ist im Schwingen. Dieses tritt vor allem am Ende der Leitung auf. (1) (V)

Stefan Lorenz
1100286

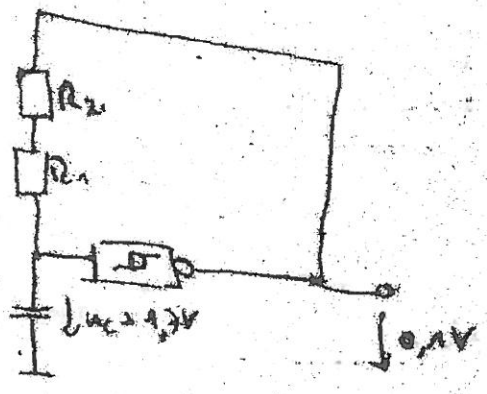
Aufgabe 2

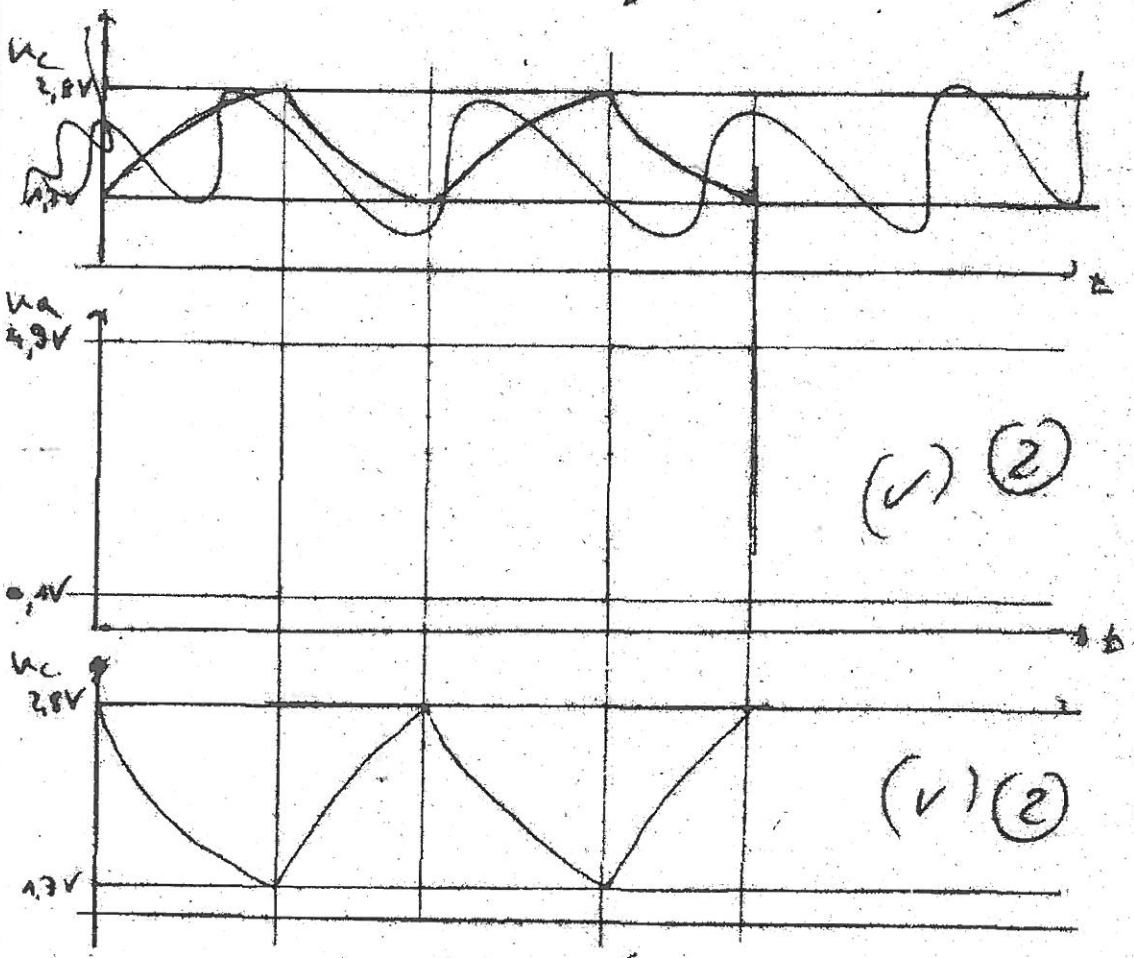
a) Fall Q(H):

ESB



Fall Q(L)





(✓) (2)

(✓) (2)

WS	Semester	Fach	Dozent
03/04	E4	DS	KZR

Steffen Lorenz
1700186

Aufgabe 2

b) $\tau = R_{ges} \cdot C$ Aufladen: $R_{ges} = R_1 + r_{DT} = 12\,K\Omega + 50\,\Omega$

$\Rightarrow \tau_{auf} = 12{,}05\,K\Omega \cdot 1\,nF = \underline{\underline{12{,}05\,\mu s}}$ ✓ (1)

Entladen $R_{ges} = R_1 + R_2 = 34\,K\Omega$

$\Rightarrow \tau_{ent} = 34\,K\Omega \cdot 1\,nF = \underline{\underline{34\,\mu s}}$ ✓ (1)

$T_D = \tau_{auf} \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U(t_D)}\right) = 12{,}05\,\mu s \cdot \ln\left(\frac{4{,}8V - 1{,}7V}{4{,}8V - 2{,}8V}\right)$ ✓ (5)

$= 12{,}05\,\mu s \cdot \ln(1{,}58) = \underline{\underline{6{,}99\,\mu s}}$ ✓

$T_P = \tau_{ent} \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U(t_P)}\right) = 34\,\mu s \cdot \ln\left(\frac{0{,}1V - 2{,}8V}{0{,}1V - 1{,}7V}\right) = \underline{\underline{17{,}79\,\mu s}}$ ✓ (5)

$\Rightarrow T = T_D + T_P = 6{,}99 + 17{,}79\,\mu s = 24{,}78\,\mu s$ ✓ (1)

$\Rightarrow V_t = \frac{T_D}{T} = \frac{6{,}99\,\mu s}{24{,}78\,\mu s} = \underline{\underline{0{,}28}}$ ✓ (1) $f = ?$

c) $T_P \overset{!}{=} 6{,}99\,\mu s$ ✓ (1)

$T_P = \tau_{ent} \cdot \ln\left(\frac{0{,}1V - 2{,}8V}{0{,}1V - 1{,}7V}\right) \overset{!}{=} 6{,}99\,\mu s$ ✓ (1)

$\Rightarrow \tau_{ent} = \frac{6{,}99\,\mu s}{\ln\left(\frac{0{,}1V - 2{,}8V}{0{,}1V - 1{,}7V}\right)} = \underline{\underline{13{,}36\,\mu s}}$

$\Rightarrow \tau_{ent} = 13{,}36\,\mu s \overset{!}{=} C \cdot R_{ges} \Rightarrow R_{ges} = \frac{13{,}36\,\mu s}{1\,nF} = 13360\,\Omega$

$R_{ges} = R_1 + R_2 \Rightarrow R_2 = R_{ges} - R_1 = 13360\,\Omega - 12000\,\Omega$

$= \underline{\underline{1360\,\Omega}}$ ✓ (2)

Stefan Lorenz
1300288

Aufgabe 2

$T_{neu} = T_0 \cdot 2 = 2 \cdot 6{,}99\,\mu s \approx 14\,\mu s$ — 1

$f_{neu} = \frac{1}{T_{neu}} = \frac{1}{14\,\mu s} = \underline{\underline{71{,}43\ KHz}}$ 1

DS C/9

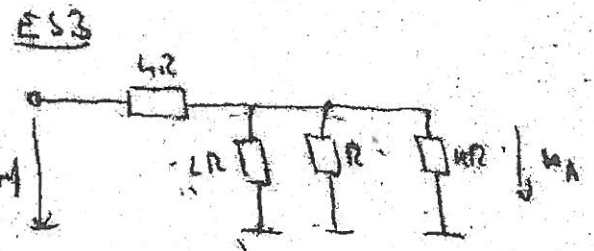
Steffen Lorenz
1300286

Aufgabe 3:

a) z=(000) $\Rightarrow u_A = 0\,V$

z=(001)

ESB



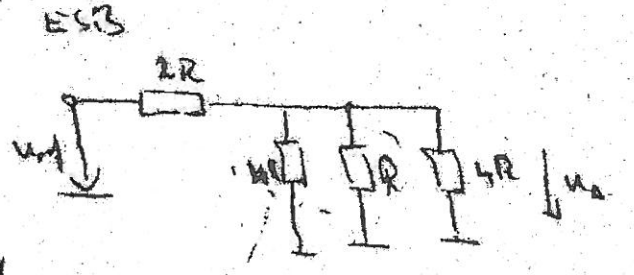
$u_A = u_{ref} \cdot \frac{0{,}57R}{4{,}57R} = 0{,}125\,u_{ref}$

4

$\frac{2R \cdot R}{3R} = \frac{2}{3}R$ $\quad \frac{\frac{2}{3}R \cdot 4R}{\frac{2}{3}R + \frac{12}{3}R} = 0{,}57R$

z=(010)

ESB



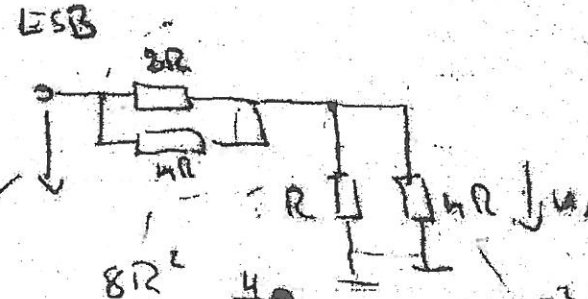
$u_A = u_{ref} \cdot \frac{\frac{2}{3}R}{2R + \frac{2}{3}R} = 0{,}25\,u_{ref}$

4

$\frac{4}{3}R$ $\quad \frac{\frac{4}{3} \cdot 4R^2}{\frac{4}{3}R + 4R} = \frac{1}{3}R$

z=(011)

ESB



$u_A = u_{ref} \cdot \frac{\frac{4}{3}R}{\frac{4}{3}R + \frac{4}{6}R} = 0{,}375\,u_{ref}$

$\frac{8R^2}{6R} = \frac{4}{3}R$ $\quad \frac{4R^2}{6R} = \frac{4}{3}R$

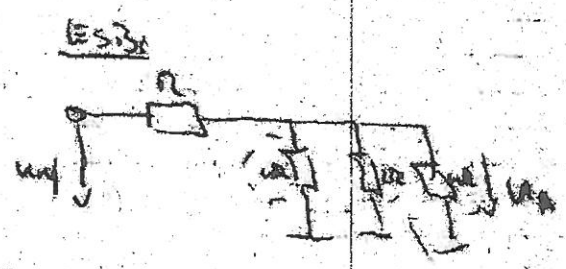
WS / SS	Semester	Fach	Dozent
03/04	E4	DS	KZR

FSR - Klausurensammlung 9/12

Stefan Lorenz
1100286

Aufgabe 3:

$z = (100)$

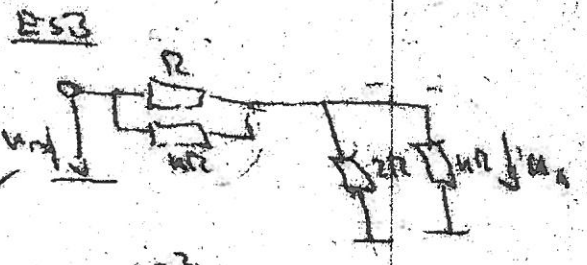


$U_A = U_{ref} \cdot \frac{R}{2R} = \underline{0{,}5\ U_{ref}}$

4

$\frac{8R^2}{6R} = \frac{4}{3}R$ $\quad \frac{\frac{16}{3}R^2}{\frac{4}{3}R + 4R} = R$

$z = (101)$



$U_A = U_{ref} \cdot \frac{\frac{4}{3}R}{\frac{4}{5}R + \frac{4}{3}R} = \underline{\underline{0{,}625\ U_{ref}}}$

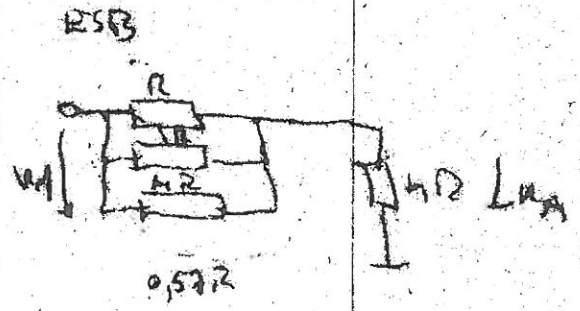
$\frac{4R^2}{6R} = \frac{4}{6}R$ $\quad \frac{8R}{6R} = \frac{4}{3}R$

$z = (110)$

$U_A = U_{ref} \frac{2R}{\frac{2}{3}R + 2R} = \underline{\underline{0{,}75\ U_{ref}}}$

$\frac{2R^2}{3R} = \frac{2}{3}R$ $\quad \frac{16R^2}{8R} = 2R$

$z = (111)$



$U_A = U_{ref} \cdot \frac{4R}{4{,}75R} = \underline{\underline{0{,}875\ U_{ref}}}$

4

$0{,}57R$

b) $U_A = z_2 \cdot 0{,}5\ U_{ref} + z_1 \cdot 0{,}25\ U_{ref} + z_0 \cdot 0{,}125\ U_{ref}$

2

DS 8/9

Stefan Lorenz
A900286

Aufgabe 3

a) 3.(10n) nach a) 1 dy

$$U_A = 0{,}625 \cdot U_{ref} \Rightarrow U_{ref} = \frac{U_A}{0{,}625} = \frac{10\,V}{0{,}625}$$

2 $= \underline{\underline{16\,V}}$

IK / WS	Semester	Fach	Dozent
03/04	E4	DS	KZR

FSR - Klausurensammlung

Stefan Lorenz
1200286

Aufgabe 4:

a) Die Schaltung besteht aus ~~4 CMOS Inverterschaltungen~~ 4 CMOS Inverterschaltungen, die von den MOS-Paaren $N_1 + N_2$, $N_4 + N_3$, $N_2 + N_5$ und $N_3 + N_6$ gebildet werden. (2)

b)

E_1	E_2	p N_1	n N_3	p N_4	n N_5	R^{*}	p N_2	n N_7	p N_3	n N_6	Q
0	0	E	A	E	A	0	E	A	A	E	0
0	1	E	A	A	E	1	A	E	E	A	0
1	0	A	E	E	A	0	E	A	E	A	1
1	1	A	E	A	E	1	A	E	E	A	0

(7) (2)

E = eingeschaltet

A = ausgeschaltet

$Q = E_1 \wedge \overline{E_2}$

(2)

Dr.-Ing. J. Vollmer
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department für Informations- und Elektrotechnik
Informationstechnik und Kommunikationstechnik

Name: [redacted]

Vorname: [redacted]

Matr.-Nr.: [redacted]

Elektronik 3 (EL3) WS2014/2015

Klausur vom 4.02.2015

WS 14/15	Semester E4	Fach EL3	Dozent VLM

FSR - Klausurensammlung

Ihre Lösungen müssen den Ansatz enthalten. Lösungen ohne Herleitungen oder Begründung erhalten nur reduzierte Punktzahl! Nummerieren Sie Ihre Aufgaben.

	Erreichte Punkte		Punkte in Unteraufgaben		Maximal (inkl. ZP)
Aufgabe 1	15		15 + 2		17
Aufgabe 2	3+2+0+0+0		5 + 2 + 4 + 5 + 4 + 4		24
Aufgabe 3	8+4+6+5+6+2		8 + 6 + 8 + 6 + 2		33
Aufgabe 4	8+9		10 + 10		20
Aufgabe 5	2+4+4+9+5		3 + 4 + 5 + 9 + 5		26
	Summe:	94	**Note (Punkte):**	15	**120 = 90 + (30)**

Regulär sind 90 Punkte erreichbar (100%), der Rest sind mögliche Zusatzpunkte (ZP).

SR / WS 14/15 | Semester E4 | Fach EL3 | Dozent VLM
FSR - Klausurensammlung

Kleine Formelsammlung:

Lösung Differentialgleichung erster Ordnung mit konstanter Anregung:

$$u(t) = U_\infty + [U_0 - U_\infty] e^{-(t-t_S)/\tau}$$

Für $t = T_x$ folgt:

$$T_x = t_S + \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - u(T_x)}\right)$$

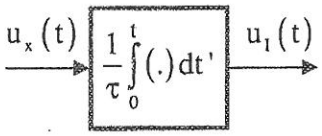
CMOS-Logik

$$f_p(\mathbb{E}) = f(\overline{\mathbb{E}})$$

$$f_n(\mathbb{E}) = \overline{f(\mathbb{E})}$$

mit $\mathbb{E} = [E_1, E_1, \ldots, E_N]$

Integrator im linearen Bereich:



$$u_I(t) = \frac{1}{\tau}\int_0^t u_x(t')\,dt' \quad \leftrightarrow \quad U_I(s) = \frac{1}{s \cdot \tau} \cdot U_x(s) \text{ (Laplacetransformierte)}$$

Anfangs-Endpunktsabgleich n-Bit DAU

$$U_{A,Abgl}(z) = U_A(z) - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \cdot \frac{z}{2^n - 1}$$

Abschätzung ENOB aus dem INLV

$$ENOB = \log_2\left(\frac{U_{FS}}{U_{LSB,real}}\right)$$

mit $U_{LSB,real} = U_{LSB,ideal} + 2 \cdot INLV$

Differenzielle und Integrale Nichtlinearität

$$DNL(z) = \frac{(U(z+1) - U(z)) - U_{LSB}}{U_{LSB}}$$

$$INL(z) = \frac{U(z) - U(z)_{ideal}}{U_{LSB}}$$

Min/Max Rechenregeln:

Für $a < 0, b > 0$ gilt: $\overline{a\,b} = \overline{a}\,\underline{b}$ und $\underline{a\,b} = \underline{a}\,\overline{b}$

Für $a, b > 0$ gilt: $\overline{\left(\frac{a}{b}\right)} = \frac{\overline{a}}{\overline{a} + \underline{b}}$, $\underline{\left(\frac{a}{b}\right)} = \frac{\underline{a}}{\underline{a} + \overline{b}}$

SS / WS 14/15 | Semester 4 | Fach EL 3 | Dozent VLM
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 1: CMOS-Logik (17 Punkte)

Gegeben ist die logische Funktion des P-MOS Teils $f_p(A.B.C.D.E) = (A \wedge (B \wedge C)) \vee (D \wedge E)$

einer CMOS Schaltung. Gehen Sie von positiver Logik aus, d.h. Low $\triangleq$ 0 und High $\triangleq$ 1.

a) Zeichnen Sie eine Realisierung der gesamten Schaltung mit möglichst wenig Transistoren. Nur die nicht invertieren Signale A, B, C, D, E können als gegeben angesehen werden. Schließen Sie alle Transistoren korrekt an! (15 Punkte)

b) Wie sieht in CMOS-Lögik die Standard-Treiberstufe aus, mit der ein Ausgangspin getrieben wird? Mit anderen Worten, welche Schaltung verwendet man als Treiberstufe? (2 Punkte)

Aufgabe 2: Fragen zu ADU und DAU (24 Punkte)

Einige der Unterpunkte sind unabhängig lösbar.

ENOB

a) Sie haben zwei Flash-DAUs. Der erste hat n effektive Bits (ENOB). Der zweite genau dreimal so viele Quantisierungsstufen. Wie viele effektive Bits hat der zweite DAU? Erklären Sie Ihre Berechnung (5 Punkte)
Hinweis: Außer der Quantisierung sind beide DAU als perfekt zu betrachten.

Überabtastung und ADU

b) Erklären Sie kurz, was „Überabtastung" („over sampling") bei einem ADU bedeutet. (2 Punkte)

c) Durch Überabtastung kann man die ENOBs eines n-Bit Standard-ADUs erhöhen. Das Eingangssignal des Systems ist das umzusetzende Analogsignal $u(t)$ und Ausgangssignal das digitale Signal $u_{OS}[n]$ mit einer Auflösung von mehr als n Bit. Skizzieren Sie das Blockschaltbildes dieses Systems und beschriften Sie es vollständig. (4 Punkte)

d) Erklären Sie anschaulich, warum man bei einer Überabtastung um den Faktor vier die ENOB um ein Bit erhöhen kann. (5 Punkte)
Hinweis: Eine Skizze kann hilfreich sein.

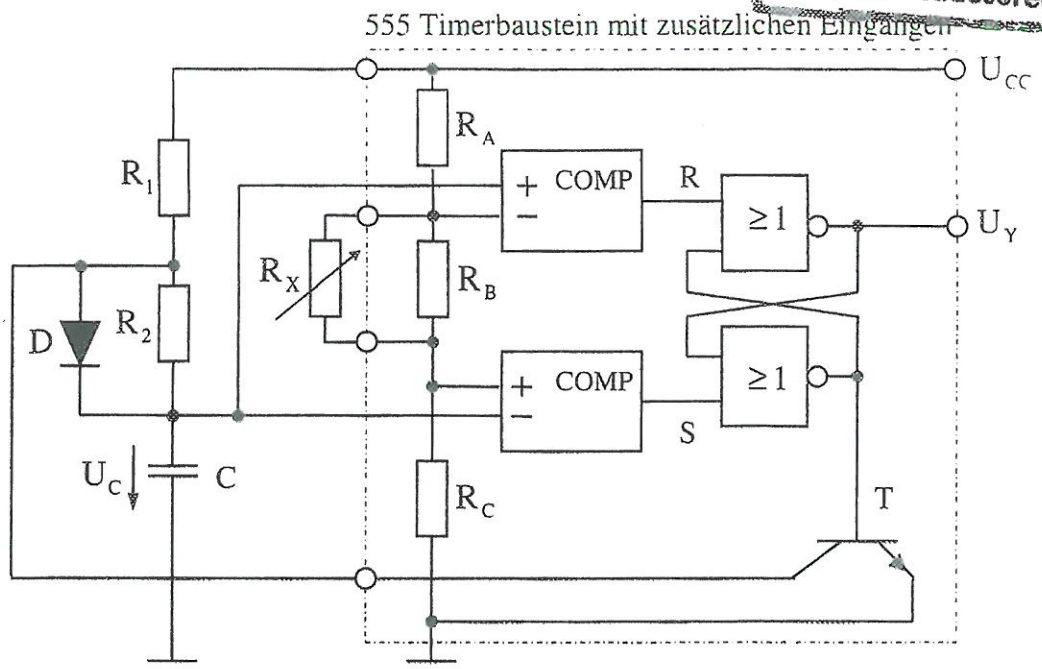
Noise Shaping beim Delta-Sigma ADU

e) Was versteht man unter „Noise-Shaping" bzw. „Rauschformung"? Welchen entscheidenden Vorteil hat man dadurch? (4 Punkte)

f) Durch welche technische Maßnahme bzw. Struktur kann man Noise-Shaping hervorrufen? Begründen Sie kurz Ihre Aussagen. (4 Punkte)

14/15 | Semester E4 | Fach EL3 | Dozent VLM
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 3: Astabile Kippstufe (33 Punkte)



Alle Bauelemente werden zunächst als ideal zu betrachten. Einige der Unterpunkte sind unabhängig lösbar.

Die Schaltung zeigt einen um zwei zusätzliche Eingangspins ergänzten 555 Timerbaustein, der eine astabile Kippstufe realisiert. An die zusätzlichen Eingänge wurde parallel zum R_B extern ein einstellbarer Widerstand R_X angeschlossen. Mit R_Y wird der sich aus der Parallelschaltung von R_B mit R_X ergebenden Widerstand bezeichnet.

a) Geben Sie die Pulsdauer T_D und die Pulspause T_P allgemein aus Funktion von der Bauelemente an. T_D und T_P sind in jeweils einer Gleichung anzugeben. Beide Gleichungen sind soweit zu vereinfachen, wie es sinnvoll ist. Verwenden Sie R_Y. (8 Punkte)

Im Folgenden gilt nun $R_2 = R_1$, $\tau = R_1 \cdot C = R_2 \cdot C = 1\mu s$ und für die Nennwerte der Widerstände im 555 gilt $R_{AN} = R_{BN} = R_{CN} = R$.

b) R_Y kann auch als $\alpha \cdot R$ geschrieben werden. Welche Werte kann α annehmen, wenn $R/4 \leq R_X \leq 4 \cdot R$ und $R_B = R$ gilt? (4 Punkte)

c) Für fehlerfreie Bauelemente hängen T_D und T_P nur von α und der Zeitkonstante τ ab. Geben Sie die zwei Gleichungen an. Vereinfachen Sie diese soweit wie möglich. (6 Punkte)
Hinweis: Sie dürfen das Ergebnis von a) verwenden.

d) Was ist der die minimale Frequenz des Ausgangssignals U_Y, wenn $R/4 \leq R_X \leq 4 \cdot R$ gilt? Gehen Sie von fehlerfreien Bauelementen aus. (5 Punkte)

e) Nun soll exakt $R_x = R/2$ gelten. Die Bauelemente R_A, R_B, R_C haben in diesem Unterpunkt aber eine Toleranz von 10%. Bestimmen Sie die Gleichung für die maximale Pulsdauer T_D und deren Wert. (8 Punkte)

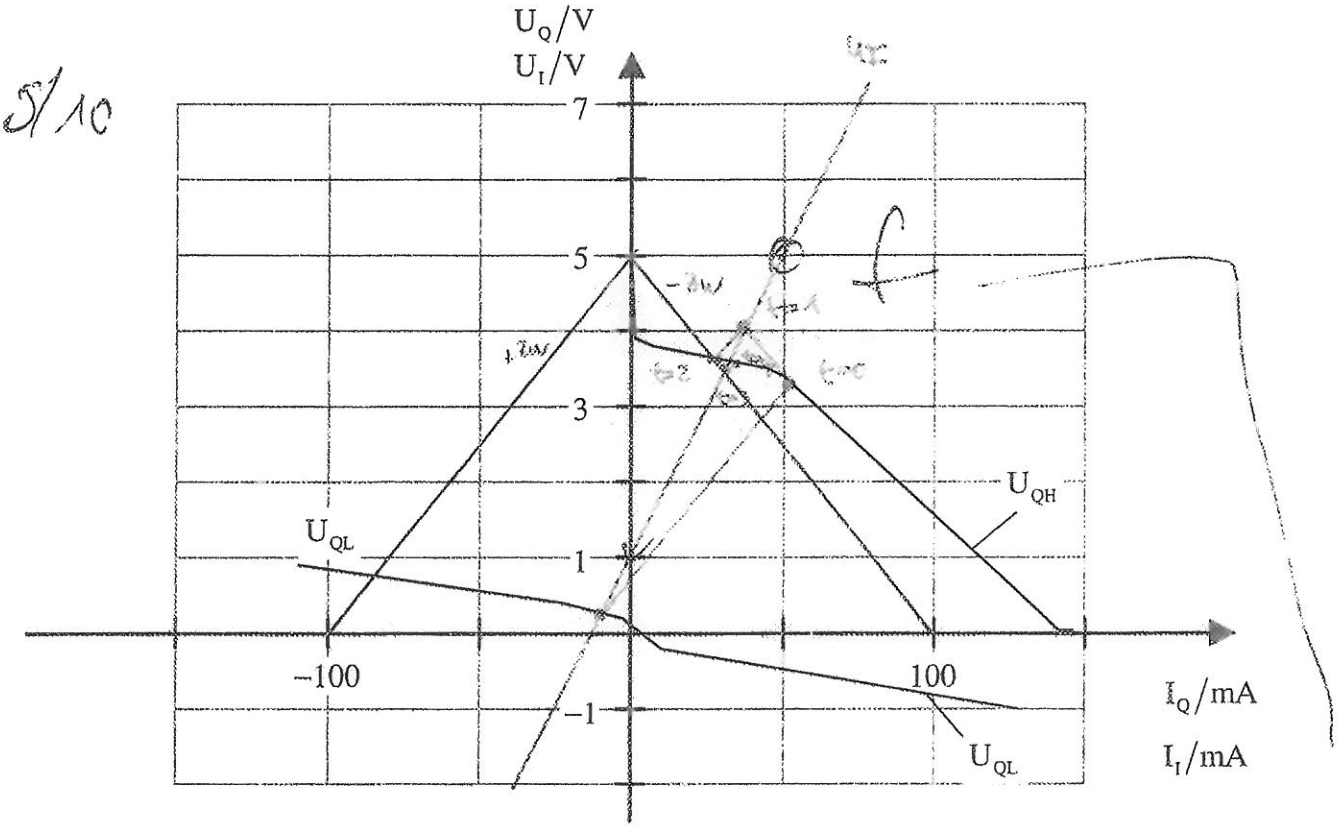
f) **Verständnisfrage:** Nennen Sie und beschreiben Sie kurz einen realen, praktischen Nachteil bei dieser Realisierung im Vergleich zur Verwendung zweier einstellbarer Widerstände für R_1, R_2. (2 Punkte)

Aufgabe 4: Die Bergeron Methode (20 Punkte)

Ein Gatter mit den gegebenen Ausgangskennlinien U_Q treibt über eine 50 Ω Leitung (Laufzeit T) zweites Gatter. Der Eingang des zweiten Gatters kann als Spannungsquelle mit der konstanten Spannung $U_{I0} = 1V$ und dem Innenwiderstand $R_I = 100\,\Omega$ modelliert werden. Daraus ergibt sich die Eingangskennlinie U_I. Ergänzen Sie die zwei Bergeron-Diagramme um die U_I-Kennlinie. Zeichen Sie die Übergänge von Low nach High und von High nach Low ein und geben Sie in den Tabellen aus den Zeichnungen abgelesenen Spannungswerte zu den gegebenen Zeiten an. Gehen Sie davon aus, dass die Umschaltung im Zeitpunkt $t = 0$ startet.

a) Low nach High. (10 Punkte)

5/10



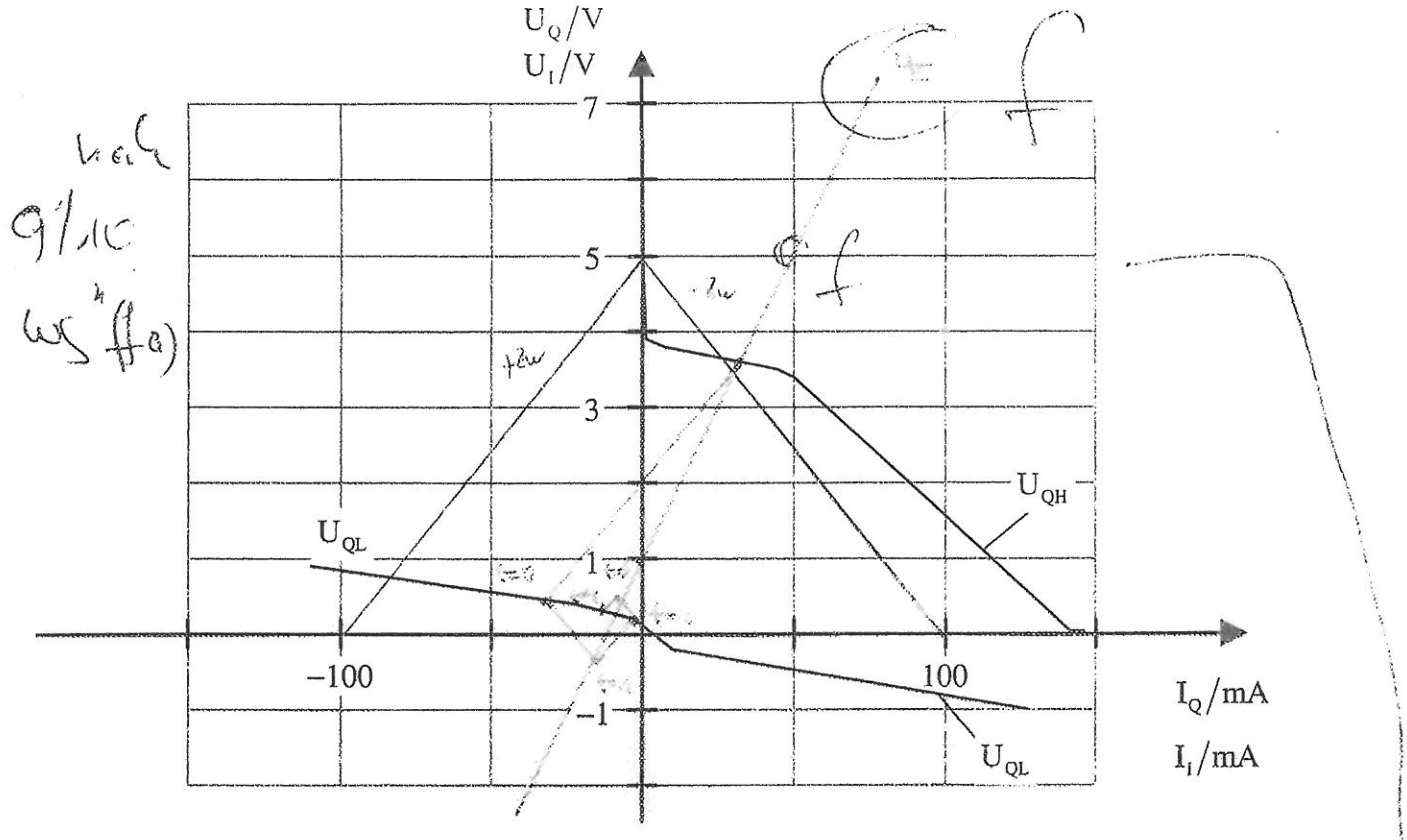
t/T	U_Q/V	U_I/V
$t/T < 0$	0,3V	0,2V
$0 \le t/T < 1$	3,3V	0,3V
$1 \le t/T < 2$	3,3V	4V
$2 \le t/T < 3$	3,6V	4V
$3 \le t/T < 4$	3,6V	3,5V
$t/T \to \infty$	3,55V	3,55V

5/15

WS 14/15 | Semester E4 | Fach EL3 | VLM
FSR - Klausursammlung

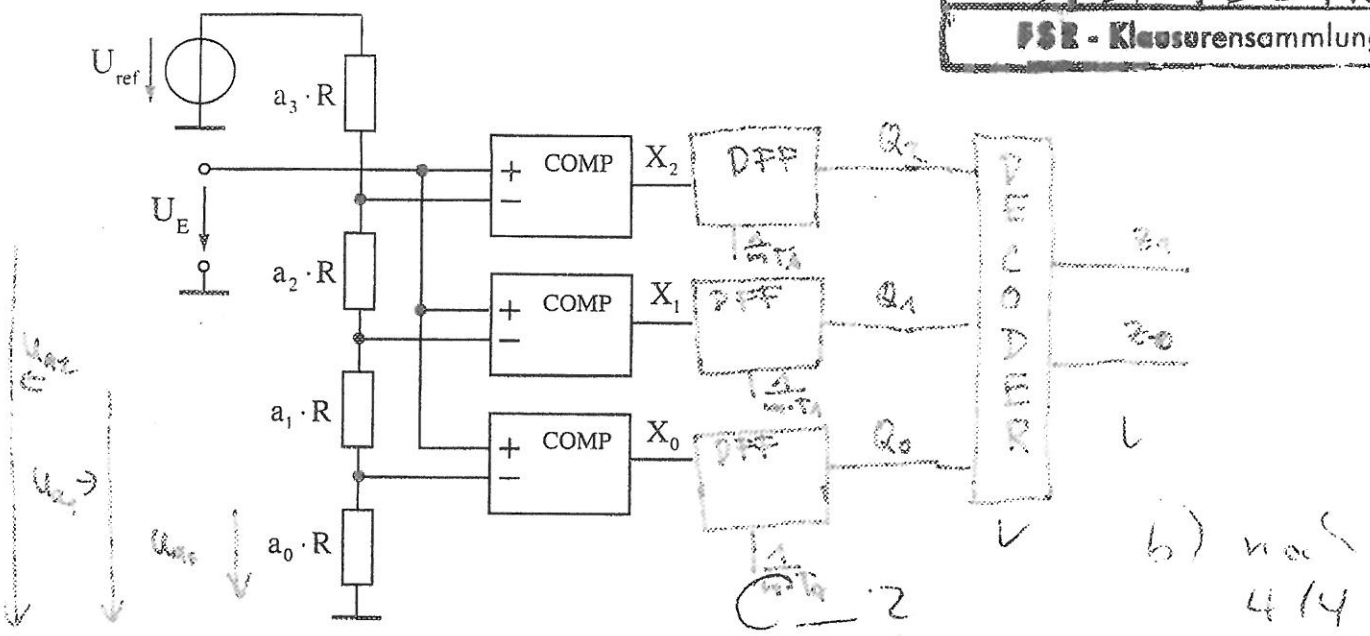
weiter mit der Aufgabe

b) High nach Low. (10 Punkte)



t/T	U_Q/V	U_I/V
$t/T < 0$	3,55V	3,55V
$0 \le t/T < 1$	0,5V	3,55V
$1 \le t/T < 2$	0,5V	−0,55V
$2 \le t/T < 3$	0,2V	−0,55V
$3 \le t/T < 4$	0,2V	0,5V
$t/T \to \infty$	0,5V	0,5V

Aufgabe 5: Flash-ADU (26 Punkte)



Gegeben ist ein Teil eines 2-Bit Flash-ADUs mit Eingangsspannung ist U_E. Zunächst gelte $\alpha_n = 1 \, \forall n$. Die Schaltung soll nun schrittweise vervollständigt und erklärt werden.

a) Die Ausgangssignale X_k der Komparatoren müssen einzeln zu den Zeitpunkten $t = m T_A$ abgetastet werden. Mit welcher Schaltung bzw. Baustein wird die Abtastungen durchgeführt? Nennen Sie kurz den Grund, warum eine Abtastung mit diesem Baustein notwendig ist. (3 Punkte)
Hinweis: Der Grund ist eventuell nach Durchführung von b) einfacher zu erkennen.

b) Die digitalen Ausgangssignale nach der Abtastung werden mit Q_k bezeichnet, $Q_k \in \{0,1\}$. Daraus erzeugt ein Decoder das ADU-Ausgangssignal, die digitale Zahl $Z = [Z_1 \, Z_0]$ mit $Z_i \in \{0,1\}$. Vervollständigen Sie obige die Skizze inklusive der Beschriftung und aller notwendigen Signale. (4 Punkte)

c) Geben Sie den Zusammenhang der Q_k mit den Z_i in der Tabelle unten für eine fehlerfreie Schaltung an (sonst nichts!). Geben Sie kurz an, wie Sie die Tabelle erzeugt haben. (5 Punkte)

Eingangsspannungsbereich:	Q_2	Q_1	Q_0	Z_1	Z_0	Z
$0 < U_E < \frac{1}{4} U_{ref}$	0	0	0	0	0	0
$\frac{1}{4} U_{ref} < U_E < \frac{1}{2} U_{ref}$	0	0	1	0	1	1
$\frac{1}{2} U_{ref} < U_E < \frac{3}{4} U_{ref}$	0	1	1	1	0	2
$\frac{3}{4} U_{ref} < U_E$	1	1	1	1	1	3

d) Nun soll der ADU die Standard-Kennlinie $Z(U_E) = \mathrm{INT}(U_E / U_{LSB} + 0{,}5)$ realisieren mit der Full-Scale Spannung $U_{FS} = U_{ref}$. Wie müssen die α_n dafür gewählt werden? Erklären Sie Ihre Wahl oder geben Sie die Berechungen dafür an. Ergänzen Sie für Ihre α_n die Tabelle, d.h. die erste und letzte Spalte. (9 Punkte)

e) **Allgemeine Verständnisfrage:** Wenn einer der Komparatoren defekt ist (z.B. X_2 immer High), dann treten Kombinationen der Q_k auf, die bei fehlerfreier Funktion nicht auftauchen (siehe obigen Tabelle). Erklären Sie kurz die Decoderregel, mit der dieser Fehlereffekt minimiert werden kann. Wie groß ist dann der maximale Fehler von Z? (5 Punkte)

WS / WS	Semester	Fach	Dozent
14/15	E4	EL3	VLM

PSK - Klausurensammlung

Klausur: Elektronik 3 Datum: 04.02.2015

Name: [redacted] Vorname: [redacted] Matr.-Nr. [redacted]

1

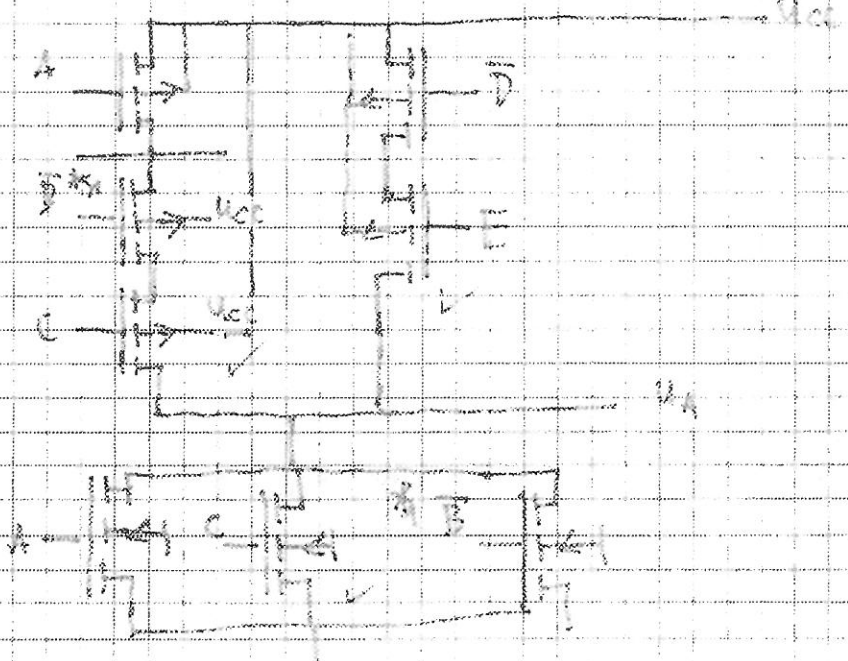
a)

15/15

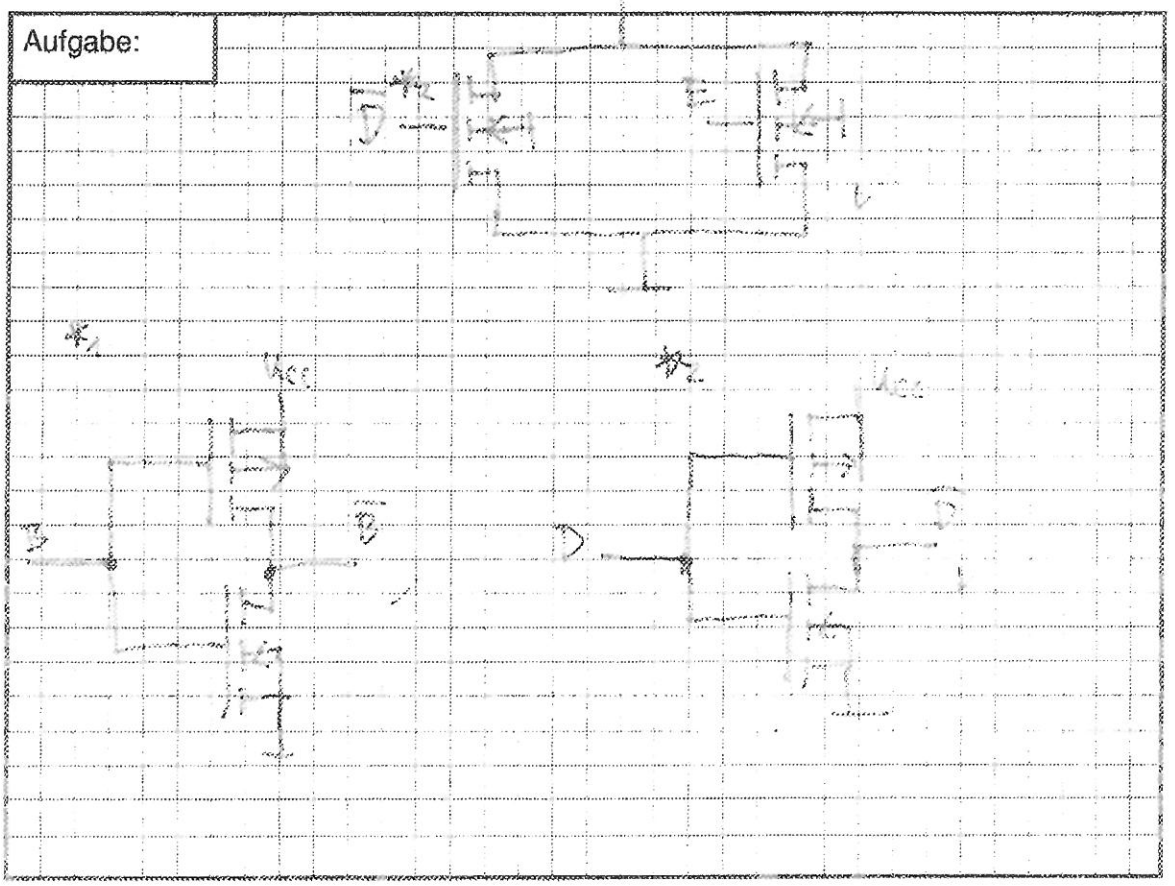
Aufgabe: 1

$f_a(A,B,C,D,E) = (A \wedge (\bar{B} \wedge C)) \vee (D \wedge E)$

$f_n(A,B,C,D,E) = (A \vee (\bar{B} \vee C)) \wedge (D \vee E)$

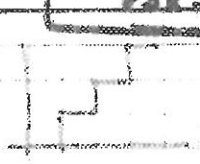


Aufgabe:



8/15

Aufgabe: 2) a)



a) DAU1 : n-bits

DAU2 : 3x soviele Stufen Q_1

$Q_1 = 2^n$

$3 \cdot Q_1 = 2^{n_2}$

$n_2 = \log_2(3 \cdot Q_1)$

Der DAU2 hat 3 mal soviele Stufen, d.h. die Stufenzahl ist $3 \cdot 2^{n\text{-bit}}$. Dies muss nach n bit umgestellt werden.

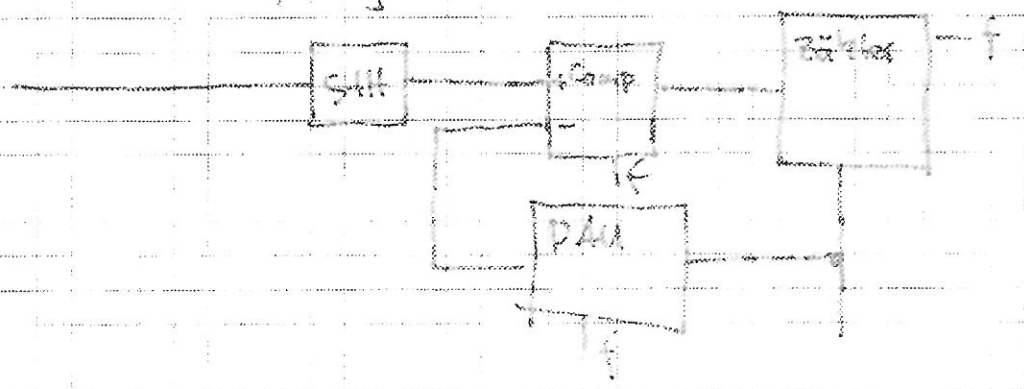
3/5

Aufgabe: 2) b)

Überabtastung bedeutet, dass mehr schneller als die nötige Nyquist-Frequenz ($f_{ab} > 2 f_g$) abgetastet wird. Dadurch kann das SNR verbessert werden.

2/2

c)



1/4

Aufgabe: 2e)

e) 0/4

Rauschformung bedeutet, dass durch Überabtastung die Rauschleistung auf einen größeren Frequenzbereich verteilt wird.
Wenn nun ein Tiefpass nachgeschaltet wird, dessen Grenzfrequenz deutlich unter der Abtastfrequenz liegt kann ein Großteil der Rauschleistung "weggeschnitten" werden und das SNR verbessert sich. ⇐ Vorteil

f) 0/4

f) Noise-Shaping kann durch Überabtastung und einen nachgeschalteten digitalen Tiefpass erzeugt werden.

Aufgabe: 3)

3 a)

a) $T_D = T \cdot \ln\left(\frac{U_{CC} - U_T}{U_{CC} - u(T_D)}\right)$

$= R_A \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{CC} - \frac{R_C}{R_A + R_B \| R_X + R_C} \cdot U_{CC}}{U_{CC} - \frac{R_C + R_B \| R_X}{R_A + R_B \| R_X + R_C} \cdot U_{CC}}\right)$

$= R_A \cdot C \cdot \ln\left(\frac{R_A + \left(\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_X}\right)^{-1} + R_C - R_C}{R_A + \left(\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_X}\right)^{-1} + R_C - (R_C + R_B \| R_X)}\right)$

$= R_A \cdot C \cdot \ln\left(\frac{R_A + \frac{R_B \cdot R_X}{R_B + R_X}}{R_A}\right)$

$= R_A \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_B \cdot R_X}{(R_B + R_X) \cdot R_A}\right)$

$T_D = R_A \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_X}{R_A}\right)$ ✓

Aufgabe: 3a)

3a) 8/8

$$T_p = \tau \cdot \ln\left(\frac{u_\infty - u_0}{u_\infty - u(T_p)}\right)$$

$$= R_2 \cdot C \cdot \ln\left(\frac{0 - u_0}{0 - u(T_p)}\right) = R_2 \cdot C \cdot \ln\left(\frac{u_0}{u(T_p)}\right)$$

$$= R_2 \cdot C \cdot \ln\left(\frac{u_{CC} \cdot \frac{R_C + R_B \| R_X}{R_A + R_B \| R_X + R_C}}{u_{CC} \cdot \frac{R_C}{R_A + R_B \| R_X + R_C}}\right)$$

$$= R_2 \cdot C \cdot \ln\left(\frac{R_C + R_B \| R_X}{R_C}\right) = R_2 \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_B \cdot R_X}{(R_B + R_X) R_C}\right)$$

$$= R_2 \cdot C \cdot \ln\left(\frac{R_C + R_Y}{R_C}\right)$$

$$= R_2 \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_Y}{R_C}\right)$$

Aufgabe: 3b)

b) 4/4

$R_2 = R_1 \quad \tau = R_1 \cdot C = R_2 \cdot C = 1\mu s \quad R_{AN} = R_{BN} = R_{CN} = R$

$R_Y = \alpha \cdot R$

$$R_Y = \frac{R_B \cdot R_X}{R_B + R_X} = \alpha \cdot R$$

$$= \frac{R \cdot R_X}{R + R_X} = \alpha \cdot R$$

1. $R_X = R/4$

$$\alpha \cdot R = \frac{\frac{R^2}{4}}{R + \frac{R}{4}} = \frac{\frac{1}{4}}{1 + \frac{1}{4}} = \frac{1}{4+1} = \frac{1}{5}$$

2. $R_X = 4R$

$$\alpha \cdot R = \frac{4R^2}{R + 4R} = \frac{4}{1+4} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{1}{5} \leq \alpha \leq \frac{4}{5}$$

Aufgabe: 3)d

$T_D = R_x \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_y}{R_x}\right)$ $T_P = R_x \cdot C \ln\left(1 + \frac{R_y}{R_x}\right)$

$R_y = \alpha \cdot R$

3

c) $T_D = \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{\alpha \cdot R}{R}\right) = \tau \cdot \ln(1+\alpha) \approx \tau \cdot \alpha$ für kleine α

$T_P = \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{\alpha \cdot R}{R}\right) = \tau \cdot \ln(1+\alpha) \approx \tau \cdot \alpha$ HS.

6/6

d) $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_D + T_P} = \frac{1}{T_D + T_P}$

d) $= \frac{1}{\tau \cdot \left(\ln\left(1 + \frac{R_y}{R}\right) + \ln\left(1 + \frac{R_y}{R}\right)\right)}$

5/5

$\frac{R_y}{R} = \frac{R \cdot R_x}{(R + R_x) \cdot R} + \frac{R_x}{R + R_x} = \frac{1}{\frac{R}{R_x} + 1}$ $\rightarrow R_x = 4R$ damit 800 Ω

$= \frac{1}{\frac{1}{4} + 1} = \frac{4}{5}$

$f = \frac{1}{\tau \cdot \left(\ln\left(1 + \frac{4}{5}\right) + \ln\left(1 + \frac{4}{5}\right)\right)}$ $= 380{,}648$ kHz

Aufgabe: 3)e)

e) $R_x = \frac{R}{2}$ $R_{A,B,C} \triangleq 10^4 \Omega$

$T_D = R_x \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_y}{R_x}\right) = R_x \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{R_y}{R_x + R}\right)$

5/5

$T_D = R_x \cdot C \cdot \ln\left(1 + \left(\frac{R_B \cdot R_A}{R_B + R_A}\right) \cdot \frac{1}{R_x}\right)$ worst case

$= R_x \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_B}} \cdot \frac{1}{R_x}\right)$

$= R_x \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{1}{\frac{2}{R} + \frac{1}{0{,}5 \cdot R}} \cdot \frac{1}{0{,}5 \cdot R}\right)$

$= \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{R}{2 + \frac{1}{0{,}5}} \cdot \frac{1}{0{,}5 R}\right)$

$= \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{55}{144}\right) = \tau \cdot 0{,}3235 = 1\mu s \cdot 0{,}3235$

$= 3{,}235 \cdot 10^{-7}$ s

$= 323$ ns

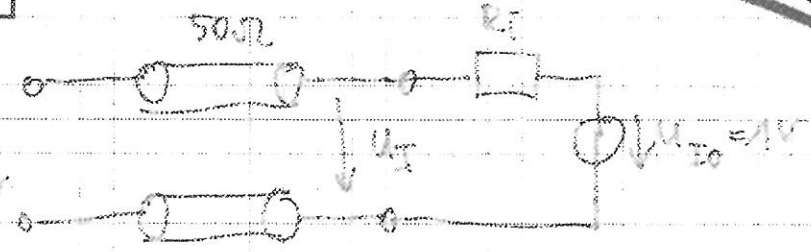
f) 4) T_D und T_P können nur zusammen kalibriert werden. $\rightarrow$?

noch 2/2

SS / WS 14/15 | Semester E14 | Fach EL3 | Dozent VLM
FSR - Klausursammlung

Aufgabe: 4)

4)



$U_I = U_{I0} + I_Q \cdot R_i$

5.0

$Z_w = 50\,\Omega = \frac{\Delta U_Q}{\Delta I_Q} \rightarrow \Delta U_Q = \Delta I_Q \cdot 50\,\Omega$

z.B. $\Delta U_Q = 5V$ $I_Q = 100mA$

Aufgabe: 5)

5

a)

2/3

a) Grund: Das D-FlipFlop aktualisiert seinen Wert entsprechend dem Taktsignal (Frequenz). Somit wird die Menge der Daten begrenzt und die Abtastung kontrolliert. Das DFF sorgt für konstante Pegel 0 und 1 für festgelegte Zeiträume. Da die digitale Signalverarbeitung nur getaktet funktioniert ist dieser Schritt notwendig. → wo gebraucht?

Aufgabe: 5)

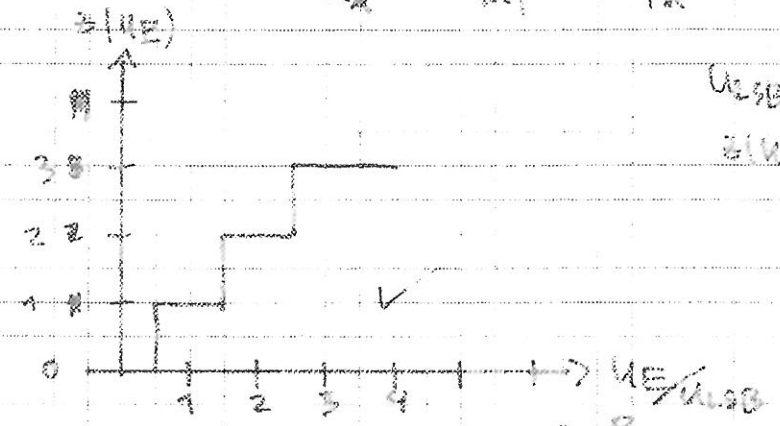
c) 4/5

c) Die Spannungsbereiche ergeben sich über den Spannungsteiler.

$$U_{ax} = U_{Ref} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{x} a_i}{\sum_{i=0}^{3} a_i} \quad (x \neq 1)$$

d) 9/9

d)



$$U_{LSB} = \frac{U_{ES}}{2^{z_{Bit}}} = \frac{1}{4} U_{Ref}$$

$$z(U_E) = \mathrm{INT}\left(\frac{U_E}{U_{LSB}} + 0{,}5\right)$$

$$U_{A0} = \frac{1}{2} U_{LSB} = \frac{1}{8} U_{Ref} = \frac{a_0 \cdot R}{R(a_0+a_1+a_2+a_3)} \cdot U_{Ref}$$

$$\frac{1}{8} = \frac{a_0}{a_0+a_1+a_2+a_3} \Rightarrow a_0 = 1$$

Aufgabe:

$$U_{A2} = \frac{3}{2} U_{LSB} = \frac{3}{8} U_{Ref} = \frac{a_0+a_1}{a_0+a_1+a_2+a_3} \cdot U_{Ref}$$

$$= \frac{1+a_1}{\underbrace{a_1+a_2+a_2+a_3}_{=8}} \qquad a_1 = 2$$

$$U_{A3} = \frac{5}{8} U_{Ref} \rightarrow \frac{5}{8} = \frac{1+2+a_2}{8} \Rightarrow a_2 = 2$$

$$a_3 = 8 - (a_0 + a_1 + a_2) = 3$$

Aufgabe: e)

Wenn Q_2 immer high ist, dann würde der Fehler auftreten, sobald Q_1 oder Q_0 0 wird, da diese 1 sein müssten, wenn Q_2 wirklich die Spannung U_2 ausgibt (also die nötige Defo erreicht ist).

Regel: $Q_n = 1$ nur korrekt wenn $Q_{x<n} = 1$
$\Rightarrow$ ignorieren

e) noch 5/5

Maximaler Fehler:

$Q_2 = 1$ $Q_1 = 1$ $Q_0 = 1$ aber Q_2 defekt.

$\Rightarrow$ obwohl $= 0$ $= 1$ $= 1$

$\Rightarrow$ Fehler $= 1\,U_{LSB}$ größer als der eigentliche Wert.

Auch allgemein so?

Aufgabe:

(neue PO)

76 Punkte
11LP dm

Prof. Dr. J. Missun
HAW Hamburg
Department IuE

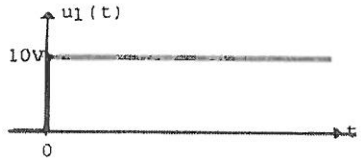
Klausur Elektronik 3, Semestergruppe E4, 17.7.2015

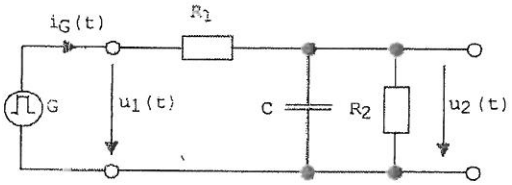
Hinweis: An Unterlagen darf nur das EL3-Vorlesungsskript mit darin enthaltenen persönlichen Notizen benutzt werden, die Verwendung anderer Unterlagen wie Klausuren, Übungsaufgaben etc. ist nicht zulässig.
Formeln dürfen nur aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe. Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

Name:. Matr.-Nr. .....

1. Aufgabe (~~25~~ 30 Punkte)

Die dargestellte Schaltung wird mit einem Rechtecksprung mit 10V Amplitude angesteuert. Bei t=0 ist der Kondensator C entladen.





$R_1 = 1k\Omega$

$R_2 = 4k\Omega$

C: siehe Text

a. Stellen Sie die allgemeine Übertragungsfunktion für das Netzwerk auf und geben Sie den Zeitverlauf für $u_2(t)$ an!

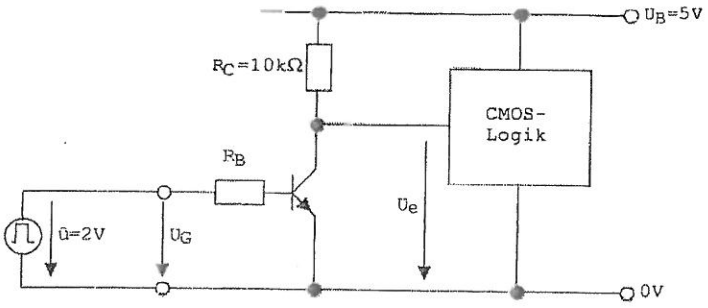
b. Welchen Anfangswert (t=0) und welchen Endwert (t->∞) hat u_2?

c. Die Ausgangsspannung soll 1msec nach dem Rechtecksprung einen Wert von 5V erreichen. Welchen Wert muss der Kondensator haben?

d. Bestimmen Sie den Spitzenwert des Generatorstroms!

2. Aufgabe (~~25~~ 30 Punkte)

In der dargestellten Schaltung wird über den Transistor eine CMOS-Logikschaltung angesteuert. Der Generator gibt Rechteckimpulse mit U_{min}=0V und U_{max}=2V ab.



Eingangspegel CMOS-Logik:

$U_{eLOW} \leq 1.5V$
$U_{eHigh} \geq 3.5V$

Transistor: B=50, U_{BE}=0,7V

a. Berechnen Sie den maximalen Wert für R_B, bei dem die CMOS-Logik gerade noch sicher angesteuert wird!

b. Für einen stabilen Betrieb soll der Transistor 5fach übersteuert werden. Für die Übersteuerungsgrenze gilt: $U_{CE}=U_{BE}$. Wie groß muss R_B gewählt werden?

c. Die CMOS-Logik habe eine Eingangskapazität von 100pF. Skizzieren Sie den Zeitverlauf von u_e, wenn der Transistor abschaltet und berechnen Sie die Schaltverzögerung durch die Eingangskapazität. Hierbei darf angenommen werden, dass beim Transistor im eingeschalteten Zustand U_{CE}=0V ist.

Rückseite! →

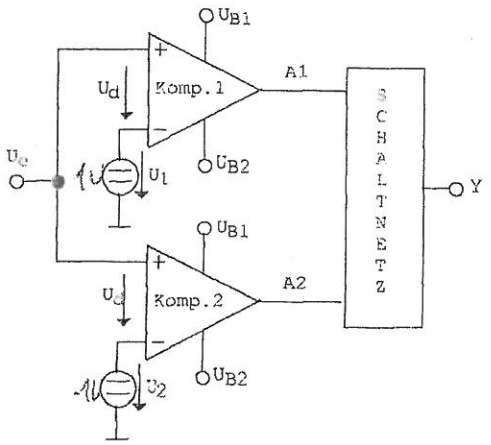
(neue PO)

3. Aufgabe (15 Punkte)
Die nebenstehende Schaltung soll Spannungen im Bereich -1V...+1V detektieren und als Logiksignal am Ausgang anzeigen, d.h.

Y=1, wenn -1V ≤ Ue ≤ +1V ist.

Die Komparatoren sind ideal, für ihre Ausgangszustände gilt:

A=1 wenn U_d>0V, A=0 wenn U_d<0V



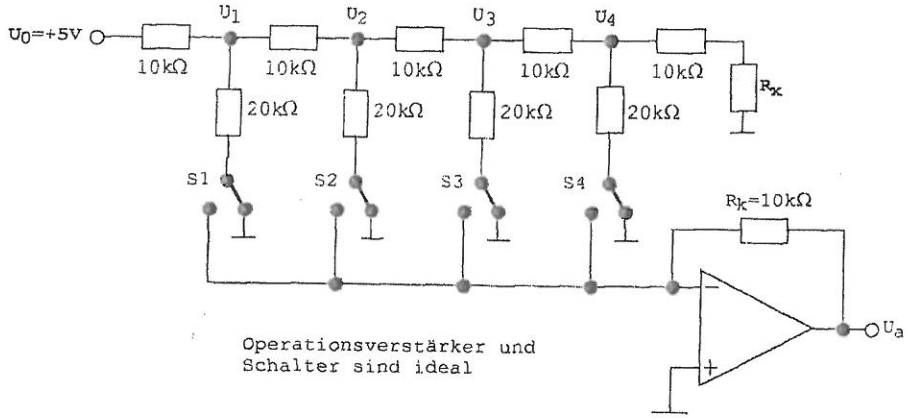
a. Welche Werte müssen die Spannungen U_1 und U_2 haben?

b. Stellen Sie eine Wahrheitstafel für die Größen U_e, A1, A2 und Y auf, mit der die Funktion der Schaltung beschrieben wird!

c. Geben Sie die log. Verknüpfung des Schaltnetzes für Y an!

d. Die Spannungen U_1 und U_2 sollen über ein Widerstandsnetzwerk aus den Betriebsspannungen U_{B1}=+15V und U_{B2}=-15V erzeugt werden.
Skizzieren Sie das Netzwerk mit möglichst wenig Widerständen und berechnen Sie die Werte, wenn die Belastung der Betriebsspannungen durch das Netzwerk jeweils 1mA beträgt.

4. Aufgabe (25 Punkte)
Die dargestellte Schaltung eines 4Bit D/A-Umsetzers ist zu analysieren!



a. Welchen Wert muss der Widerstand R_x haben (mit Begründung)

b. Bestimmen Sie die Werte der Spannungen U_1, U_2, U_3 und U_4!

c. Die Schalter S1..S4 bestimmen das Datum, das gewandelt werden soll. Welche Ausgangsspannung wird mit Einschalten von S1 erreicht, welche mit S4?

d. Geben Sie für U_a das Quantisierungsintervall und die Wandlergleichung U_a=f(S1, S2, S3, S4) an! (S1..S4 = 0 oder 1)

e. Welche Möglichkeiten gibt es, damit nur Ausgangsspannungen > 0 abgegeben werden?

Mss 07/15

Elektronik 3 S 1 17.7.15

1a) $$\frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{\frac{1}{R_2+sC}}{\frac{1}{\frac{1}{R_2+sC}} + R_1} = \frac{1}{1+\frac{R_1}{R_2}+sCR_1}$$ ✓

$$U_2(s) = \cancel{10V}\ \frac{1}{1+\frac{R_1}{R_2}} \cdot \frac{1}{1+s\underbrace{\frac{CR_1}{1+\frac{R_1}{R_2}}}_{\tau_2}} \cdot \frac{10V}{s}$$

Gl. (2-23) $$u_2(t) = \frac{10V}{1+\frac{R_1}{R_2}}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_2}}\right)\cdot\varepsilon(t)$$

$$10V \cdot \frac{1}{1+\frac{1k\Omega}{4k\Omega}} = 8V \qquad \tau_2 = \frac{C\cdot 1k\Omega}{1+\frac{1k\Omega}{4k\Omega}} = C\,800\Omega$$ ✓

$$\underline{u_2(t) = 8V\cdot\left(1-e^{-\frac{t}{C\,800\Omega}}\right)\varepsilon(t)}$$ ✓ (11P)

b) $u_2(t=0) = \underline{0V}$ ✓ $u_2(t\to\infty) = \underline{8V}$ ✓ (6P)

c) $u_2(t=1msec) = 8V\cdot\left(1-e^{-\frac{1msec}{C\,800\Omega}}\right)\varepsilon(1msec) = 5V$

$$1-e^{-\frac{1msec}{C\,800\Omega}} = 0{,}625$$

$$e^{-\frac{1msec}{C\,800\Omega}} = 0{,}375$$

$$-\frac{1msec}{C\cdot 800\Omega} = \ln(0{,}375) = -0{,}9808$$ ✓

$$\rightarrow C = \frac{1msec}{800\Omega\cdot 0{,}9808} = \underline{1{,}274\,\mu F}$$ ✓ (10P)

d) Kondensator stellt bei $t=0$ Kurzschluss dar

$$\rightarrow i_G = \frac{10V}{R_1} = \frac{10V}{1k\Omega} = \underline{10mA}$$ ✓ (3P)

Elektronik 1 SS 12 12.7.15

2) a) $U_e = U_B - I_C R_C$

$I_C = I_B \cdot B$ ohne Übersteuerung

$I_B = \frac{\hat{u} - 0{,}7V}{R_B} = \frac{1{,}3V}{R_B}$

$\rightarrow I_C = \frac{1{,}3V \cdot 50}{R_B} = \frac{65V}{R_B}$

$U_e = 5V - \frac{65V \cdot R_C}{R_B} = 5V - 65V \frac{10k\Omega}{R_B}$

$U_e \leq 1{,}5V$ im ausgesteuerten Zustand (Transistor)

$5V - 65V \frac{10k\Omega}{R_B} \leq 1{,}5V$?

$\frac{10k\Omega}{R_B} \geq 0{,}05785$

$R_B \leq \underline{538{,}46\Omega}$

CP

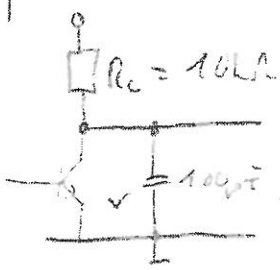
b) $I_{B\sim} = u \frac{I_{C\hat{u}}}{B}$

$\frac{\hat{u} - U_{BE}}{R_B} = u$

CP

Elektronik? SS 12.7.1

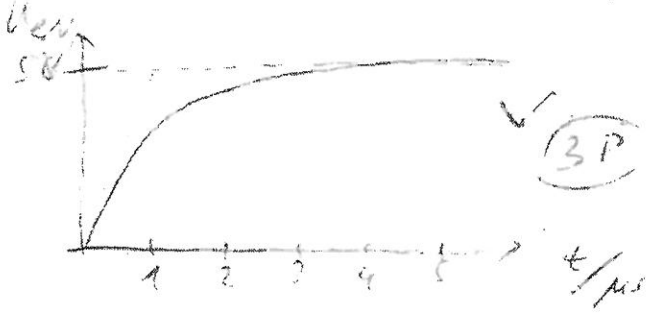
2) c)



$$\mathcal{L}U_e = \frac{5V}{s} \quad \frac{\frac{1}{sC}}{R_c + \frac{1}{sC}} = \frac{5V}{s(1+sCR_c)}$$

$\tau = 1\mu s$

$$u_c(t) = 5V\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 5V \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{1\mu s}}\right)$$ ✓ 5P



✓ 3P

Elektronik? S 4 12.2.15

7) a) $U_1 = 1V$ $U_2 = -1V$ ✓

b)

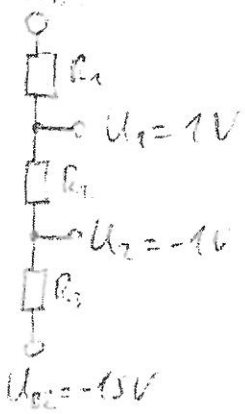
U_e	A_1	A_2	Y
$U_e \leq -1V$	0	0	0
$-1V \leq U_e \leq 1V$	0	1	1
$U_e \geq 1V$	1	1	0

✓ 10P

c) $Y = \overline{A1} \wedge A2$

✓

d)



✓

$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{30V}{1mA} = 30kΩ$

$U_1 + 15V = 16V = 30V \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_{ges}}$ ✓

$U_2 + 15V = 14V = 30V \cdot \frac{R_3}{R_{ges}}$ 5P

$\rightarrow R_3 = \frac{14V}{30V} \cdot R_{ges} = \underline{14kΩ}$ ✓

$R_2 = \frac{16V}{30V} \cdot R_{ges} - R_3 = \underline{2kΩ}$ ✓

$R_1 = R_{ges} - R_2 - R_3 = \underline{14kΩ}$ ✓

✓

4 a) R_x muss gleich 10kΩ sein, damit von (10kΩ + R_x)||20kΩ wieder 10kΩ ergibt. So halbiert sich die Spannung von U_0 nach U_1 nach U_2 nach U_3 jeweils. ✓ 5P

b) Gesamtwiderstand von U_0 nach rechts gesehen ist 20kΩ

$\rightarrow U_1 = U_0 \frac{10kΩ}{20kΩ||10kΩ+10kΩ} = U_0 \cdot \frac{1}{2} = \underline{2,5V}$ ✓

$U_2 = \frac{U_1}{2} = \underline{1,25V}$ ✓ $U_3 = \frac{U_2}{2} = \underline{0,625V}$ ✓ 6P

$U_4 = \underline{0,3125V}$ ✓

Elektronik SS 17.7.15

4) c) Skript Seite (6-25):

$U_a = -\frac{U_1 \cdot R_K}{2\,kΩ}\left(S_1 + \frac{S_2}{2} + \frac{S_3}{4} + \frac{S_4}{8}\right)$ S = Codes 1

U_a = S1 gesetzt

$U_a = -\frac{2{,}5V \cdot 10\,kΩ}{2\,kΩ} = \underline{-1{,}25V}$ ✓

4P

S4 gesetzt

$U_a = -1{,}25V \cdot \frac{1}{8} = \underline{-0{,}15625V}$ ✓

d) $U_{aLSB} = \underline{0{,}15625V} = \frac{U_{amax}}{2^{n}-1} = \frac{2{,}5V}{16}$ ✓

6P

$U_a = -1{,}25V \cdot \left(S_1 + \frac{S_2}{2} + \frac{S_3}{4} + \frac{S_4}{8}\right)$ ✓

e) 1. Möglichkeit: U_a mit einem weiteren OPV invertieren → $U_{a+} = -U_a$ ✓ 2P

2. Möglichkeit: U_a mit Pull-Up Widerstand am 2,5V anheben → $U_{a+} = U_a + 2{,}5V\,(-U_{ALUB})$?

→ 1. Möglichkeit macht mehr Sinn.
Bei 2. Möglichkeit Logik invertieren
der Schaltung

Prof. Dr. J. Missun
HAW Hamburg, Dept. IuE

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
11	E4	EL3	MSS

FSR - Klausurensammlung 1/10

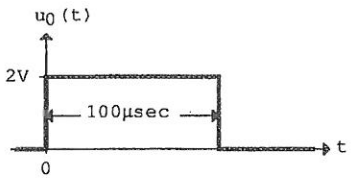
96 Punkte
14 LP

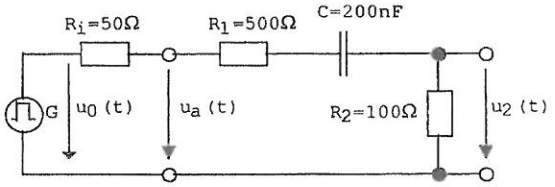
Klausur Elektronik 3, Semestergruppe E4a, 5.7.2011

Hinweis: Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg erkennbar sein. An Unterlagen dürfen nur das Script, Übungsaufgaben, Laborversuche und persönliche Mitschriften verwendet werden.
Formeln dürfen nur aus dem Script und mit Angabe der Seite übernommen werden.

Name: [redacted] .... Matr.-Nr. [redacted] ....

1. Aufgabe (30 Punkte)
Die dargestellte Schaltung wird mit einem Impuls von 100µsec Dauer angesteuert. Im Leerlauf gibt der Generator eine Amplitude von 2V ab.



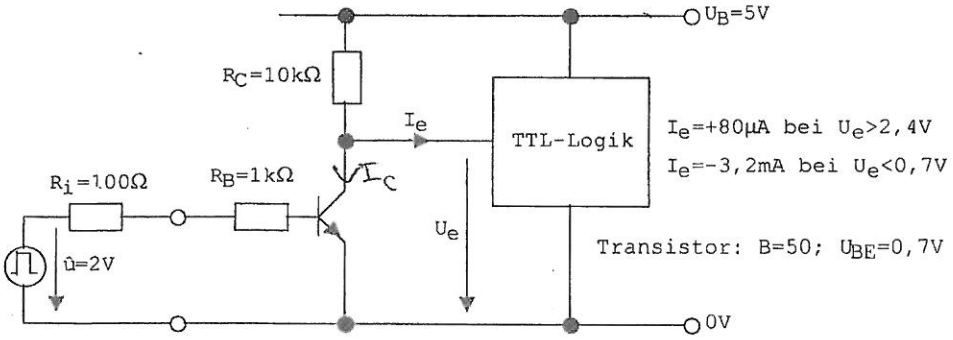


a. Geben Sie den Zeitverlauf der Spannung an R_2, $u_2(t)$, an!

b. Wie groß ist u_2 bei t=200µsec?

c. Welchen Spitzenstrom muss der Generator abgeben?

2. Aufgabe (15 Punkte)
Die dargestellte Schaltung ist zu analysieren!



a. Im eingeschalteten Zustand hat der Transistor eine Kollektor-Emitter-Restspannung von 0,2V. Berechnen Sie den Übersteuerungsfaktor!

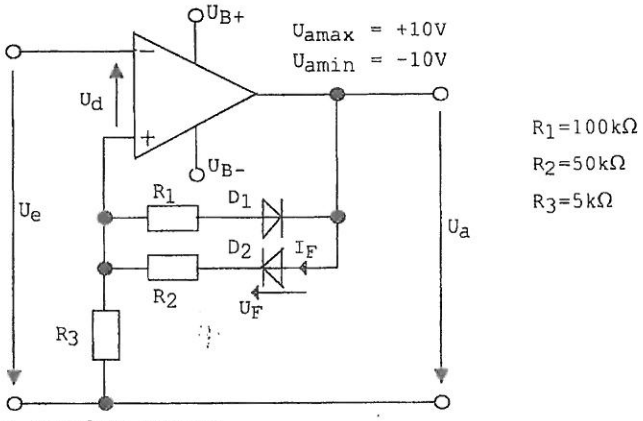
b. Wie groß ist die Eingangsspannung der TTL-Logik, wenn der Transistor sperrt?

c. Welchen Maximalwert darf R_C haben, damit die Schaltung noch sicher arbeitet?

3. Aufgabe (10 Punkte)
Nennen Sie 3 Eigenschaften (mit kurzer Erläuterung), bei denen sich Bipolartransistoren und MOSFETs unterscheiden!

Rückseite!
=========>

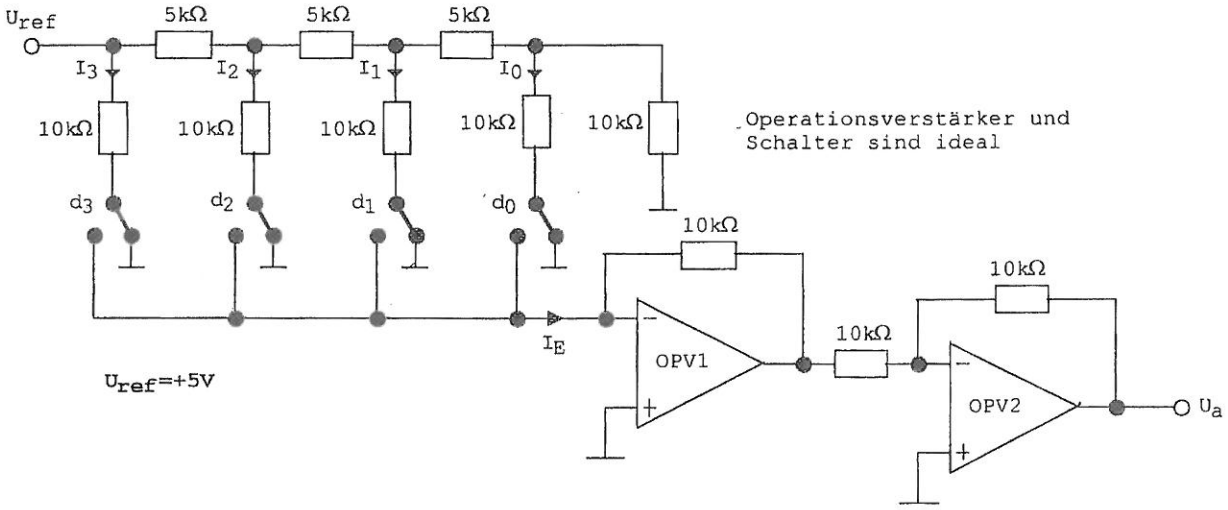
4. Aufgabe (20 Punkte)
Die dargestellte Schaltung eines Schmitt-Triggers ist zu analysieren. Der Operationsverstärker sei ideal, d.h. U_a=+10V für U_d>0 und U_a=-10V für U_d<0.



a. Für den Fall, dass die Dioden ideale Eigenschaften haben, d.h. U_F=0 für I_F>0 und I_F=0 für $U_F \leq 0$ sind die Schaltschwellen zu berechnen und das Diagramm $U_a=f(U_e)$ mit Angabe der Schaltschwellen zu skizzieren.

b. Wie groß sind die Schaltschwellen, wenn bei den Dioden eine Schwellenspannung U_F=0,7V bei I_F>0 berücksichtigt werden muss?

5. Aufgabe (15 Punkte)
Die dargestellte Schaltung eines 4Bit D/A-Umsetzers ist zu analysieren!



a. Berechnen Sie die Werte für die Zweigströme I_0, I_1, I_2 und I_3!

b. Welche Funktion hat der Operationsverstärker OPV2?

c. Berechnen Sie U_a für folgende Bitkombinationen:
$\{d_3\ d_2\ d_1\ d_0\}$=0001, 0011, 0110, 1011

d. Geben Sie von U_a das Quantisierungsintervall und den Maximalwert an!

6. Aufgabe (10 Punkte)

a. Wie erhält man aus einem Analogsignal ein Digitalsignal?

b. Nennen Sie 3 wichtige Parameter eines A/D-Umsetzers und erläutern Sie, welche Eigenschaften des Digitalsignals dadurch gegeben sind!

Klausur ELIII [redacted]

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
11	E4	EL3	MS

FSR - Klausurensammlung 5

(A1)

a) $T_d = 100\,\mu s \qquad \hat{u} = 2V$

$$u_0(t) = \hat{u}\varepsilon(t) - \hat{u}\varepsilon(t - T_d)$$

$$\circ\!\!-\!\!\bullet$$

$$U_0(s) = \hat{u}\frac{1}{s}e^{-0s} - \hat{u}\frac{1}{s}e^{-T_d s}$$

(LaPlace Tabelle)

$$\frac{U_2(s)}{U_0(s)} = \frac{R_2}{R_i + R_1 + \frac{1}{sC} + R_2}$$

$$U_2(s) = \frac{R_2 C s}{sC(R_i + R_1 + R_2) + 1} \cdot \frac{\hat{u}}{s}\left(1 - e^{-T_d s}\right)$$

$\tau = C(R_i + R_1 + R_2)$

$$= \frac{R_2 C \hat{u}}{s\tau + 1}\left(1 - e^{-T_d s}\right)$$

$$U_2(s) = \frac{\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau}}{s + 1/\tau}\left(1 - e^{-T_d s}\right)$$

$$\circ\!\!-\!\!\bullet \qquad \circ\!\!-\!\!\bullet$$

$$u_2(t) = \frac{R_2 C \hat{u}}{\tau} \cdot \left(e^{-t/\tau} \cdot \varepsilon(t) - e^{-\frac{t - T_d}{\tau}}\varepsilon(t - T_d)\right)$$

Für $0 \le t \le T_d$ gilt:

$$\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau} e^{-t/\tau}$$

für $t \ge T_d$ gilt:

$$\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau}\left(e^{-t/\tau} - e^{-\frac{t - T_d}{\tau}}\right)$$

$$\frac{R_2 C \hat{u}}{\tau} = \frac{100\Omega \cdot 200nF \cdot 2V}{130\,\mu s}$$

$$= 0{,}308\,V$$

$$\tau = 200nF\,(50\Omega + 500\Omega + 100\Omega)$$

$$= 130\,\mu s$$

(A1) b) $u_2(t) = 0{,}308\,V \cdot \left(e^{-\frac{t}{130\,\mu s}} - e^{-\frac{t-T_d}{130\,\mu s}}\right) \quad \Big|_{t \geq T_d}$

$u_2(200\,\mu s) = 0{,}308\,V \cdot \left(e^{-1{,}54} - e^{-0{,}77}\right)$ ✓

$= -0{,}077\,V$ ✓

SS	WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung				

c) Spitzenstrom bei $t = 0$ aufgrund höchster Spannung an diesem Zeitpunkt

$u_2(t) = 0{,}308\,V \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \Big|_{0 \leq t \leq T_d}$

$u_2(0) = 0{,}308\,V$

$\frac{u_2(0)}{R_2} = i_2(0) = i(0) = \underline{\underline{3{,}08\,mA}}$ ✓

30P

2

Klausur ELIII [redacted]

88 / WS | Semester | Fach | Dozent
FSR - Klausurensammlung

A2

a) $U_{CE\,rest} = 0{,}2\ V$

$$I_C = \frac{U_B - U_{CE,rest}}{R_C} + \underset{I_e}{3{,}2\ mA}$$

$$= \frac{4{,}8V}{10\,k\Omega} + 3{,}2\ mA = 3{,}68\ mA$$

$$I_B = \frac{\hat{u} - U_{BE}}{R_i + R_B} = \frac{1{,}3V}{1100\,\Omega} = 1{,}18\ mA$$

$$I_B = \ddot{u}\ \frac{I_C}{B}$$

$$\ddot{u} = \frac{I_B \cdot B}{I_C} = \frac{1{,}18mA \cdot 50}{3{,}68mA} = \underline{\underline{16{,}03}}$$

b) $I_C = 0$

15P

$$U_e = U_B - R_C I_{e(high)} = 5V - 10\,k\Omega \cdot 80\mu A$$
$$= 5V - 0{,}8V = \underline{\underline{4{,}2V}}$$

c) $U_e \overset{!}{=} 2{,}4V = U_B - R_C I_{e(high)}$

$$-\frac{2{,}4V - U_B}{I_{e(high)}} = R_C = \frac{2{,}6V}{80\mu A} = \underline{\underline{32{,}5\ k\Omega}}$$

(A3)

Schaltzeit

Ein MOSFET hat aufgrund der Arbeitsweise (Felderzeugung um zu leiten) eine geringere Schaltzeit als ein Bipolar Transistor (Ladungen zum schalten) ✓

Restspannung

Ein Bipolar Transistor hat eine ✓ geringe Restspannung als ein MOSFET

(7P)

Speicherzeit

Aufgrund der Arbeitsweise besitzt ein Bipolar Transistor eine Speicherzeit ✓ bevor abgeschaltet wird (siehe Schaltzeit). Ein MOSFET hat fast keine Speicherzeit. (s.o.)

[redacted] ELIII [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

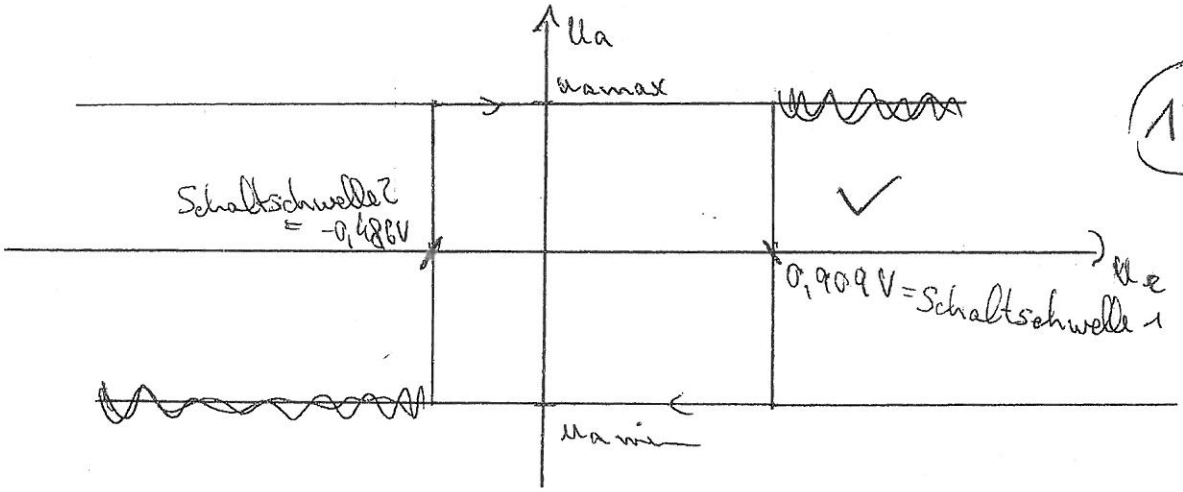
A4 a)

$$u_{amax} \cdot \frac{R_3}{R_3+R_2} = \text{Schaltschwelle 1}$$

$$u_{amin} \cdot \frac{R_3}{R_1+R_3} = \text{Schaltschwelle 2}$$

Schaltschwelle 1 $= u_{amax} \cdot 0{,}0909 = \underline{\underline{0{,}909\,V}}$

Schaltschwelle 2 $= u_{amin} \cdot 0{,}0486 = \underline{\underline{-0{,}486\,V}}$



12P

b) Schaltschwelle 1' $= (u_{amax} - U_F)\,\frac{R_3}{R_3+R_2} = 9{,}3V \cdot 0{,}0909$

$= \underline{\underline{0{,}845\,V}}$

Schaltschwelle 2' $= (u_{amin} + U_F) \cdot \frac{R_3}{R_3+R_1} = -9{,}3V \cdot 0{,}0486$

$= \underline{\underline{0{,}452\,V}}$

8P

(A5) a) Eingangswiderstand = $5\,k\Omega = R_E$

$$\frac{U_{Ref}}{R_E} = \frac{5V}{5k\Omega} = 1mA = I_e$$

Dieser Strom teilt sich jeweils gleichmäßig auf.*

$I_3 = \frac{I_e}{2} = \underline{500\,\mu A}$ ✓

$I_2 = \frac{I_3}{2} = \underline{250\,\mu A}$ ✓ (4P)

$I_1 = \frac{I_2}{2} = \underline{125\,\mu A}$ ✓

$I_0 = \frac{I_1}{2} = \underline{62{,}5\,\mu A}$ ✓

b) OP2 invertiert ~~das~~ die Spannung, sodass am Ende positive Spannungen gemessen werden können ✓ (2P)

c) $\{0001\} \Rightarrow I_e = I_0 = \underline{62{,}5\,\mu A}$

$u_{a,OPA1} = +I_e \cdot 10k\Omega = u_a = \underline{0{,}625\,V}$ ✓

$\{0011\} \Rightarrow I_e = I_0 + I_1 = \underline{187{,}5\,\mu A}$

$u_a = I_e \cdot 10k\Omega = \underline{1{,}875\,V}$ ✓

$\{0110\} \Rightarrow I_e = I_1 + I_2 = \underline{375\,\mu A}$ (6P)

$u_a = I_e \cdot 10k\Omega = \underline{3{,}75\,V}$ ✓

$\{1011\} \Rightarrow I_e = I_3 + I_1 + I_0 = \underline{687{,}5\,\mu A}$

$u_a = I_e \cdot 10k\Omega = \underline{6{,}875\,V}$ ✓

* Aufgrund der gleichen Widerstände in den

EL III Klausur [redacted]

88 / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

A5 d) Kleinster Abstand von einer Spannung zur nächsten Stufe

$U_{LSB} = I_0 \cdot 10\,k\Omega = \underline{\underline{0{,}625\,V}}$ ✓

Maximalwert (3P)

$I_e = I_3 + I_2 + I_1 + I_0 = 937{,}5\,\mu A$

$U_{max} = I_e \cdot 10\,k\Omega = \underline{\underline{9{,}375\,V}}$ ✓

$= 10\,V - U_{LSB}$

A6 a) Abtastung (Abtasttheorem) (Zeitquantisierung) ✓

↓

Halten

↓

Amplitudenquantisierung ✓ (4P)

↓ ✓

* Codierung (Digitale Darstellung) *

b) <u>Abtastrate</u> (maximale) ✓ → Wortbreite

Ist wichtig um das Abtasttheorem zu erfüllen (siehe auch Rückseite)

<u>Auflösung</u> ✓

Gibt Aufschluss darüber wie genau Amplitudenquantisiert wird. (3P)

<u>Eingangsspannungsbereich</u> ✓

Gibt an welche Signalamplituden maximal richtig verarbeitet werden können (siehe Rückseite)

Rückseite →

* im Allgemeinen nicht mit aufgeführt *

10

Abtastrate

gibt an in welchem zeitlichen Abstand Werte berechnet werden. ✓ 1P

Eingangsspannungsbereich

Durch diese Angabe kann bestimmt werden welcher Spannung einem digitalen Signal bestehend aus nur Einsen zugeordnet wird. ✓ 1P

8

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung

HAW Hamburg / Department IuE	Datum: 30.01. 2014
Fachgruppe: Grundlagen	Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer

Klausur: Elektronik 3

Name, Vorname: [redacted] | Matr.Nr: [redacted]

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 5		Summe	Punktzahl
Punkte	18	24	16	32	16		100+	0..15
Erreichte Punkte	18	18	9,5	19	6		70,5	10

AS 20.16 / 15

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.

Kleine Formelsammlung:

Zweitor mit einer Zeitkonstanten

$\tau = RC$: $\quad U_A(t) = U_\infty + [U_0 - U_\infty] \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$

Für $t = t_s$ folgt: $\quad t_0 = t_s + \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_A(t_0)}\right)$

CMOS-Logik:

$A = f(E_1, \ldots, E_n)$

$f_n = \overline{f(E_1, \ldots, E_n)}$, $\quad f_P = f(\overline{E}_1, \ldots, \overline{E}_n)$

ADU / DAU - Kenngrößen:

$U_{LSB} = \frac{U_{FS}}{2^n}$ $\qquad ENOB = ld\,\frac{U_{FS}}{U_{LSB,real}}$

Abschätzung von $U_{LSB,real}$ beim $\Delta\Sigma$-ADU:

$U_{LSB,real} = 2 \cdot INLV$

Endpunkte-Abgleich beim $\Delta\Sigma$-ADU:

$U_{x,Digi} = U_x - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \cdot \frac{U_x}{U_{x,max}}$

Impulsverhalten auf Leitungen:

Verhältnis von hinlaufender bzw. rücklaufender Spannungs- und Stromwelle

$Z_L = \frac{U_{0h}}{I_{0h}}$ bzw. $Z_L = -\frac{U_{0r}}{I_{0r}}$

Reflexionsfaktor bei Leitungsabschluss mit Z

$r = \frac{Z - Z_L}{Z + Z_L}$

Aufgabe 1: (CMOS – Schaltung - 18 Punkte)

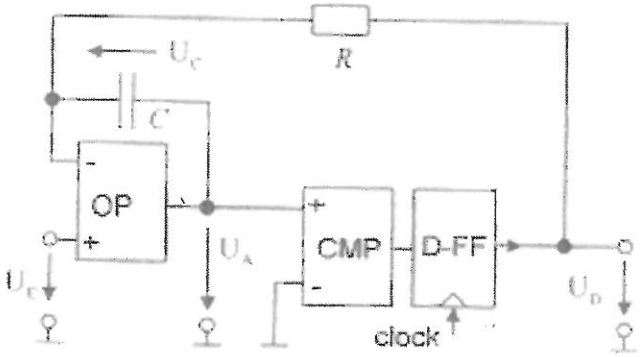
Skizzieren Sie den Logikteil einer CMOS-Schaltung, die die folgende Funktion realisiert (positive Logik vorausgesetzt):

$$\underline{Q} = (\overline{E}_1 \vee \overline{E}_2) \wedge \left(E_1 \vee (\overline{E}_3 \wedge \overline{E}_2)\right)$$

Schließen Sie alle Anschlüsse der N- und P-MOS-Transistoren korrekt an. Nur die nichtinvertierten Signale E_1, E_2, E_3 können als gegeben angesehen werden.

Aufgabe 2: (Sigma-Delta-ADU, Fehleranalyse - 24 Punkte)

Gegeben ist der Analogteil einer Sigma-Delta-ADU-Schaltung. U_D wird synchron mit der ansteigenden Flanke des Taktsignals gesetzt (U_{FS} = 12V).



Im Labor wird die Schaltung getestet. Dazu wird der Mittelwert des Ausgangssignals U_D als Funktion der Eingangsspannung U_E gemessen. Mit Hilfe der folgenden Tabelle wurde die Messung protokolliert.

U_E /V	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0
$\overline{U}_D$ /V	-0,004	0,497	1,003	1,492	2,002	3,003	3,999	4,996	5,994	7,004	7,997	9,998	11,995

a) Korrigieren Sie mit einem einfachen Endpunkt-Abgleich den Offset- und Verstärkungsfehler. Geben Sie die dazugehörigen Werte für $U_{D,kor}$ an.
b) Ermitteln Sie aus $U_{D,kor}$ den verbleibenden integralen Linearitätsfehler **INLV**.
c) Schätzen Sie die effektive Bitanzahl **ENOB** aus dem **INLV** ab.

Aufgabe 3: (Verständnisfragen – 16 Punkte)

a) Ein ADU nach dem Wägeverfahren wird mit **5 MHz** getaktet. Die Umsetzzeit ergibt sich aufgrund einer Messung zu **3,2 µs**. Wie hoch ist die nominelle Auflösung (in Bit) des ADUs ?

b) Für die Schaltkreisfamilien **74 HCT** und **74 ALS** werden im Datenblatt u.a. folgende Parameter angegeben:

Datenblattauszug:

74 HCT: I_{IL} = -0,1µA, I_{IH} = 0,1 µA, I_{OL} = 4 mA, I_{OH} = -4 mA.

74 ALS: I_{IL} = -120 µA, I_{IH} = 20 µA, I_{OL} = 8 mA, I_{OH} = -0,4 mA.

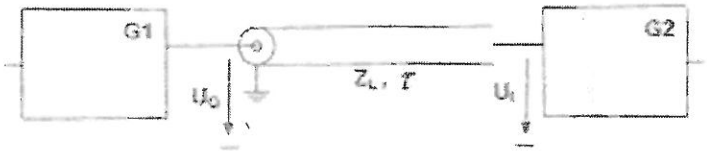
Wieviele Eingänge von Folgegattern aus der 74ALS-Familie dürfen an einen 74HCT-Ausgang geschaltet werden?

~~SS~~ WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung

c) Welche Bedeutung besitzt der Begriff „Gatterlaufzeit" bei digitalen Schaltkreisfamilien? Erläutern Sie Ihre Antwort mit einer aussagekräftigen Skizze.

d) Ein TTL-74AS04 -Baustein (Gatter **G1** mit U_{OL} = **0V**, U_{OH} = **5V**, R_{OH} = **15Ω**) treibt über eine **60Ω** -Leitung mit einer Signallaufzeit von τ = **2ns** ein Gatter **G2** mit der konstant angenommenen Eingangsimpedeanz von **200Ω**.

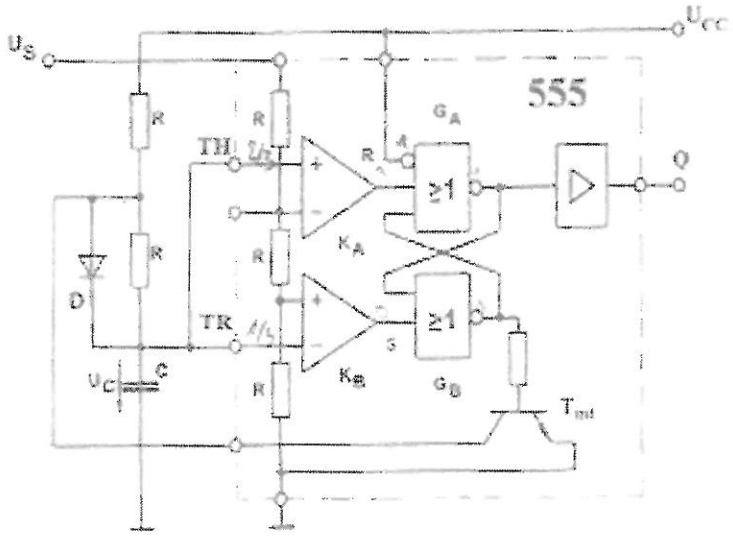


Bestimmen Sie die Spannung U_0 (t = 0) unmittelbar nach einen L → H Sprung (t = 0 ns) der Quelle (**G1**). Wie hoch ist die Spannung U_1 (t = 2ns) am Eingang des Gatters **G2**?

e) Welche grundlegenden Schritte sind bei einer ADU durchzuführen?

Aufgabe 4: (Kippschaltung – 32 Punkte)

Gegeben ist die hier dargestellte, auf dem Timer-Baustein 555 basierende astabile Kippschaltung, die mit U_S steuerbar ist. Gehen Sie bei den folgenden Berechnungen von idealen Eingangseigenschaften der Komparatoren K_A und K_B aus ($R_e \to \infty$), die Diode sei ebenfalls ideal (U_F = 0V, r_F = 0Ω, I_r = 0A) und für den internen Transistor T_{int} soll gelten: U_{CEX} = 0V.



a) Erläutern Sie anhand der Signal-Zeit-Verläufe von $U_C(t)$ und $U_Q(t)$ die Funktionsweise der Schaltung.

b) Berechnen Sie allgemein die Impulsdauer T_D, die Impulspause T_P und die Schwingfrequenz **f** als Funktionen von **R**, **C**, U_{CC} und U_S.

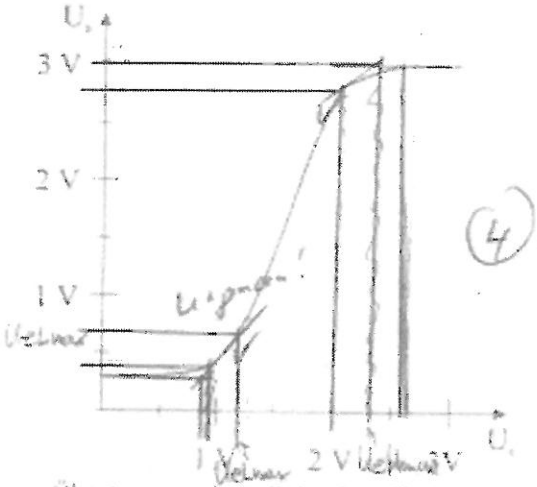
c) Welche Tastverhältnisse stellen sich jeweils für $U_S = U_{CC}$ und $U_S = U_{CC}/2$ ein ?

d) Dimensionieren Sie die externen Bauelemente **R** und **C** so, dass sich für $U_s = U_{CC}/2$ eine Frequenz von **f = 30 kHz** einstellt.

e) Wie stark kann die Frequenz **f** von **30 kHz** abweichen, wenn die internen Widerstände **R** eine Toleranz von **±2%** aufweisen (Dimensionierung wie unter Punkt d))?

Aufgabe 5: (Übertragungskennlinie, Störabstände – 16 Punkte)

Ermitteln Sie graphisch aus der gegebenen Übertragungskennlinie eines Treibers (s. Abbildung) die Spannungswerte $U_{eL,max}$, $U_{eH,min}$ $U_{aL,max}$, $U_{aH,min}$ sowie die statischen Störabstände S_L und S_H.



Übertragungskennlinie eines Treibers

4

$U_{eLmax} = 1{,}2\,V$ $U_{eLmin} = 0{,}9\,V$

$U_{eHmax} = 2{,}8\,V$ $U_{eHmin} = 2\,V$

2

[redacted]

(1)

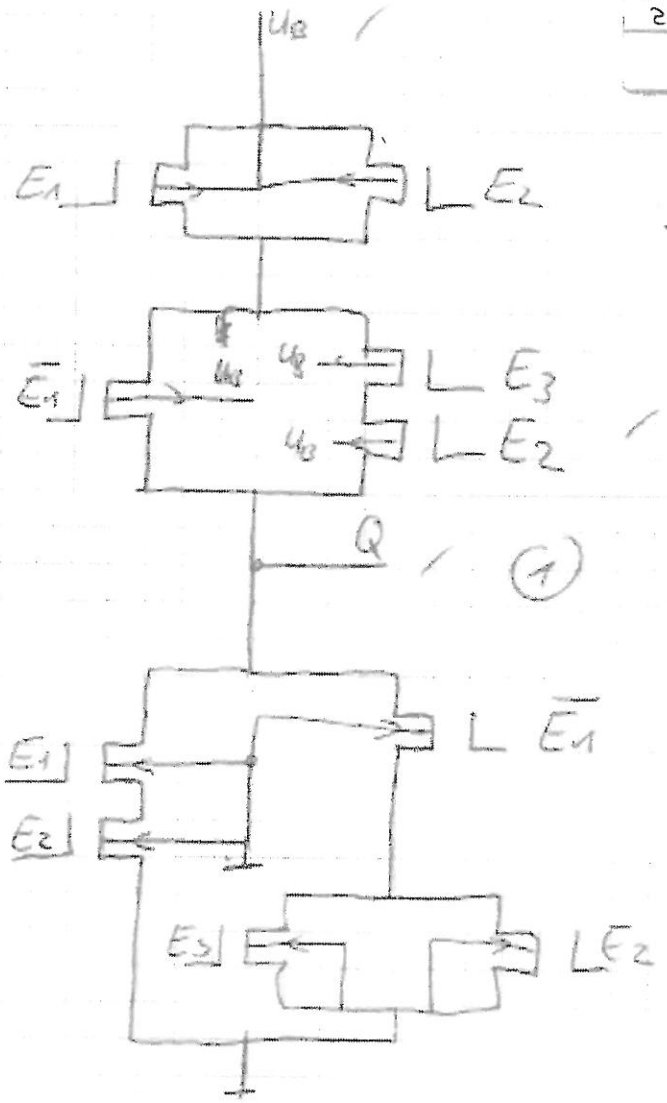
$f_n = \overline{Q} = \overline{(\overline{E_1} \vee \overline{E_2}) \wedge (E_1 \vee (\overline{E_3} \wedge \overline{E_2}))}$

$f_n = E_1 \wedge E_2 \vee (\overline{E_1} \wedge (E_3 \vee E_2))$ (2)

$f_p = \overline{Q} = (\overline{E_1} \vee \overline{E_2}) \wedge (E_1 \vee (\overline{E_3} \wedge \overline{E_2}))$ (2)

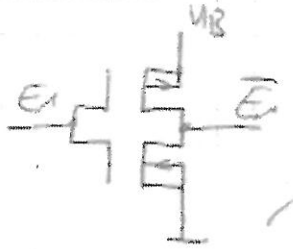
WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E46	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung



(6)

(1)



(1)

(6)

(1)

U_e / V	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0
$\bar{U}_D$ / V	-0,004	0,487	1,003	1,492	2,002	3,003	3,998	4,996	5,994	7,009	7,997	9,998	11,995
$\bar{U}_{Dkorr}$ / V	0	0,501	1,007	1,496	2,006	3,007	4,003	5,000	5,999	7,009	8,002	10,003	12
$\Delta\bar{U}_D$ / V	-0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

2

Minute des 0 wie!

Minute des 0 wie!

$U_{off} = -0{,}004\,V$ ✓

$U_{gain} = -0{,}005\,V$ ✓ (4)

$\bar{U}_{Dkorr} = \bar{U}_D - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \cdot \frac{U_e}{U_{emax}} = -0{,}004V + 0{,}004V - (-0{,}005V + 0{,}004V)\frac{0V}{10V} = 0$ ✓ (4)

für $U_e = 0\,V$

$\Delta\bar{U}_D = \bar{U}_{Dkorr} - \bar{U}_D$

$INLV = 0{,}005\,V$ f.

(2) $U_{LSBreal} = 2 \cdot INLV = 0{,}005V \cdot 2 = 0{,}01V$? (2)

$ENOB = ld\left(\frac{U_{FS}}{U_{LSBreal}}\right) = ld\left(\frac{12V}{0{,}01V}\right) = 10{,}229\,bit$ ff (4)

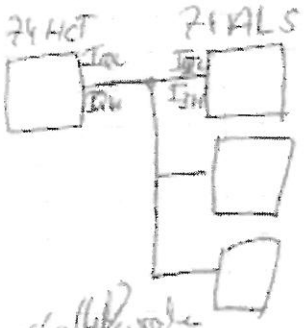
FSR - Klausurensammlung

K2R	E2L	E2L	E2A
Dozent	Fach	Semester	Seite

[redacted]

(3)

b) ~~Fanout = $\frac{I_{OL}}{I_{IL}} = \frac{8mA}{-0,4mA}$~~



$Fanout = \frac{4mA}{-120\mu A} = -33,3$

$Fanout = \frac{-4mA}{20\mu A} = -200$

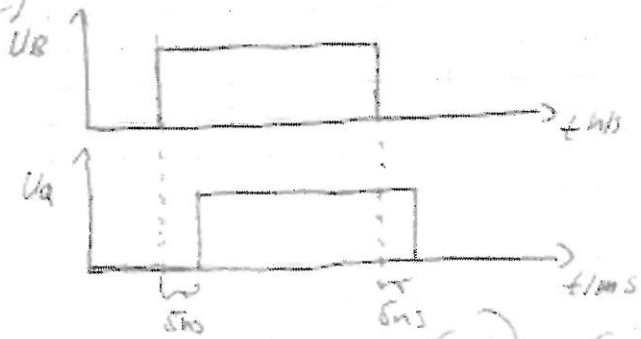
(3)

(✓)

Es können mindestens 33,3 geschaltet werden

Es dürfen keine geschaltet werden da es ein negatives Fanout bekommt. Das bedeutet die Schaltfunktion passen nicht zusammen

c)



UND Gatter als Bsp.

I	E	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(2,5) (✓) Gatterlaufzeit auf 5ns!

Das bedeutet dass das Gatter nicht sofort schaltet sondern etwas später. In meinem Beispiel 5ns.

~~$U(E=0) = \frac{Z_L}{Z_L+R_{QH}}$~~

d) $Z_L = 60\Omega$ $Z_e = 200\Omega$

$r_e = \frac{Z_e - Z_L}{Z_e + Z_L} = \frac{200\Omega - 60\Omega}{260\Omega} = \frac{7}{13} = 0,538$ ✓

(4)

$r_a = \frac{R_{QH} - Z_L}{R_{QH} + Z_L} = \frac{25\Omega - 60\Omega}{75\Omega} = -0,6$

$U(E=0) = U_{ref} \cdot \frac{Z_L}{Z_L + R_{QH}} = 4V$ ✓

U_I nach 2ns

$U_I = 4V + 4V \cdot 0,538 = 6,152V$ ✓

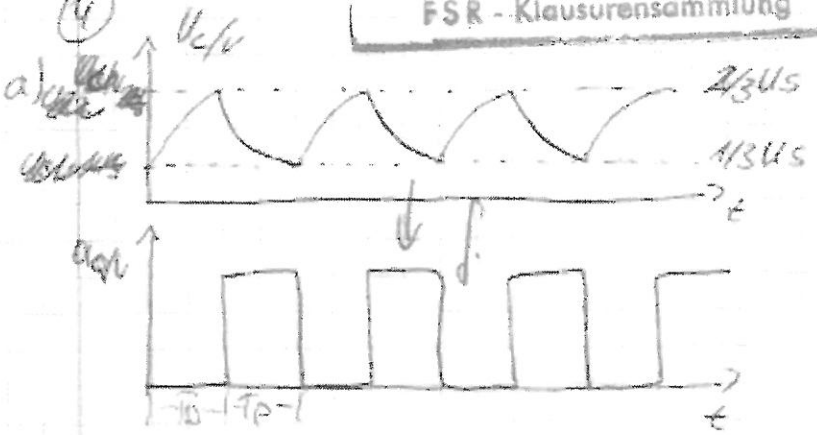
~~$U(E=1) = U_{ref}$~~

(3)

[redacted]

(4)

a)



✓ (4)

$V_T = 0{,}5$!

b)

$$T_D = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_{Anfang}}\right) = R \cdot C \ln\left(\frac{U_{cc} - \frac{1}{3}U_S}{U_{cc} - \frac{2}{3}U_S}\right)$$ ✓ ~~$\tau = 1$~~ (2)

$$T_P = \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_{Anfang}}\right) = R \cdot C \ln \frac{0 - \frac{2}{3}U_S}{0 - \frac{1}{3}U_S}$$ ✓ (2)

$$T = T_P + T_D$$ ✓ (1)

$$T = RC \ln\left(\frac{0 - \frac{2}{3}U_S}{0 - \frac{1}{3}U_S}\right) + RC \ln\left(\frac{U_{cc} - \frac{1}{3}U_S}{U_{cc} - \frac{2}{3}U_S}\right)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{RC \ln\left(\frac{0 - \frac{2}{3}U_S}{0 - \frac{1}{3}U_S}\right) + RC \ln\left(\frac{U_{cc} - \frac{1}{3}U_S}{U_{cc} - \frac{2}{3}U_S}\right)}$$ ✓ (1)

c) $V_T = \frac{T_D}{T}$

annahme $\tau = 1$

$$T_D = 1 \ln\left(\frac{1 - \frac{1}{3}}{1 - \frac{2}{3}}\right) = 0{,}693$$

$$T_P = 1 \ln\left(\frac{0 - \frac{2}{3}}{0 - \frac{1}{3}}\right) = 0{,}693$$

$V_T = \frac{1}{2} = 0{,}5$ wenn $U_S = U_{cc}$ ist!

(2) ✓

$U_S = \frac{U_{cc}}{2}$!

$$T_D = 1 \ln\left(\frac{1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}}{1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}}\right) = 0{,}223$$

$$T_P = 1 \ln\left(\frac{0 - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}}{0 - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2}}\right) = 0{,}693$$

$T = 0{,}223 + 0{,}693 = 0{,}916$

$V_T = \frac{T_D}{T} = 0{,}243$ ✓

$V_T = \frac{0{,}223}{0{,}916}$ (3)

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung

[redacted]

(4)

d)

$f_0 = 30\,kHz = \frac{1}{T}$

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{30\,kHz} = \underline{33{,}33\,\mu s}$

~~$T = T_D + T_P$~~ $\quad v_T = 0{,}243 = \frac{T_D}{T}$

~~$T - T_P = T_D$~~

$T_D = T \cdot v_T = 33{,}33\,\mu s \cdot 0{,}243$

$\underline{T_D = 8{,}099\,\mu s}$

$T_D = R' \cdot C \cdot \ln\left(\frac{1-\frac{1}{3}\frac{1}{2}}{1-\frac{2}{3}\frac{1}{2}}\right)$

$R' \cdot C = \frac{T_D}{\ln\left(\frac{1-\frac{1}{3}\frac{1}{2}}{1-\frac{2}{3}\frac{1}{2}}\right)} = \frac{8{,}099\,\mu s}{0{,}223} = \underline{36{,}32\,\mu s}$ ✓

(3)

$\underline{C = 36{,}32\,\mu s}$ ~~monobrau~~ annehmen

$R' = \frac{36{,}32\,\mu s}{1\,nF} = \underline{36{,}32\,k\Omega}$ $\quad \underline{C = 1\,nF} = 1 \cdot 10^{-9}\,F$ ✓ (1)

~~$R' = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = R$~~ $\quad R' = R + R = R2 \Rightarrow R = \frac{36{,}32\,k\Omega}{2}$

$R = 18{,}160\,k\Omega$

$T_P = 25{,}23\,\mu s$

~~$C \cdot R' = \frac{T_D}{0{,}693} = \frac{25{,}23\,\mu s}{0{,}693} = 36{,}40\,\mu s$~~

~~$R = 36{,}32\,k\Omega$~~

---

e)

$R = 18{,}160\,k\Omega + 2\% = 18{,}16\,k\Omega$

~~$R' = 37{,}046\,k\Omega$~~ $\quad R' = 36{,}320\,k\Omega$

~~$R = 18{,}160\,k\Omega - 2\%$~~

$R = 18{,}16\,k\Omega - 2\% = 18{,}159\,k\Omega$

$R' = 36{,}319\,k\Omega$

$T_D = R' \cdot C \cdot 0{,}223 = 8{,}099\,\mu s$

$T_P = R' \cdot C \cdot 0{,}693 = 25{,}169\,\mu s$

Da bei −2% die größte Abweichung dargestellt benutze ich dieses Beispiel.

S. 9/10

[redacted]

(e) $T = T_p + T_D = 8{,}099\mu s + 25{,}169\mu s$

$T = 33{,}268\ \mu s$

~~$f = 30{,}058$ kHz~~ $f = \frac{1}{T} = 30{,}059$ kHz

mit einer abweichung von -2% ~~beträgt~~ steigt die frequenz von 30 kHz auf 30,059 kHz

bei einer abweichung von +2% bleibt die frequenz gleich!

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung

HAW Hamburg / Department IuE	Datum: 28. 01. 2013
Fachgruppe: Grundlagen	Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer

Klausur: Elektronik 3/ E4b

Name, Vorname | Matr.Nr:

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 5	Aufgabe 6	Summe	Punktzahl
Punkte	18	14	12	18	20	28	100+	0..15
Erreichte Punkte	14	6,5	0	10,5	11,5	27	69,5	10

4.2.13

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.

Kleine Formelsammlung:

Zweitor mit einer Zeitkonstanten

$\tau = RC$: $\quad U_A(t) = U_\infty + [U_0 - U_\infty] \cdot e^{-\frac{t-t_s}{\tau}}$

Für $t = t_s$ folgt: $\quad t_0 = t_s + \tau \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_A(t_0)}\right)$

CMOS-Logik:

$A = f(E_1, \ldots, E_n)$

$f_n = \overline{f(E_1, \ldots, E_n)}$, $\quad f_p = f(\overline{E}_1, \ldots, \overline{E}_n)$

ADU / DAU - Kenngrößen:

$U_{LSB} = \frac{U_{FS}}{2^n}$, $\quad ENOB = ld \frac{U_{FS}}{U_{LSB,real}}$

Abschätzung von $U_{LSB,real}$ mit dem *INLV* bzw. *DNLV*:

$U_{LSB,real} = U_{LSB,ideal} + 2 \cdot INLV$

$U_{LSB,real} = U_{LSB,ideal} + DNLV$

Endpunkte-Abgleich beim ΔΣ-ADU:

$U_{A,Abgl} = U_A - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \cdot \frac{U_e}{U_{e,\max}}$

Leitungswellenwiderstand Z_L:

Verhältnis von hinlaufender bzw. rücklaufender Spannungs- und Stromwelle:

$Z_L = \frac{U_{0h}}{I_{0h}}$ bzw. $Z_L = -\frac{U_{0r}}{I_{0r}}$

$\Delta = U_A - U_{A,ideal}$

$INL = U_{A,Abgl.} - U_{A,ideal}$

Aufgabe 1: (CMOS – Schaltung - 18 Punkte)

Skizzieren Sie den Logikteil einer CMOS-Schaltung, die die folgende Funktion realisiert (positive Logik vorausgesetzt):

$$Q = (\overline{E}_1 \wedge \overline{E}_2) \vee (E_1 \wedge \overline{E}_3 \wedge E_4)$$

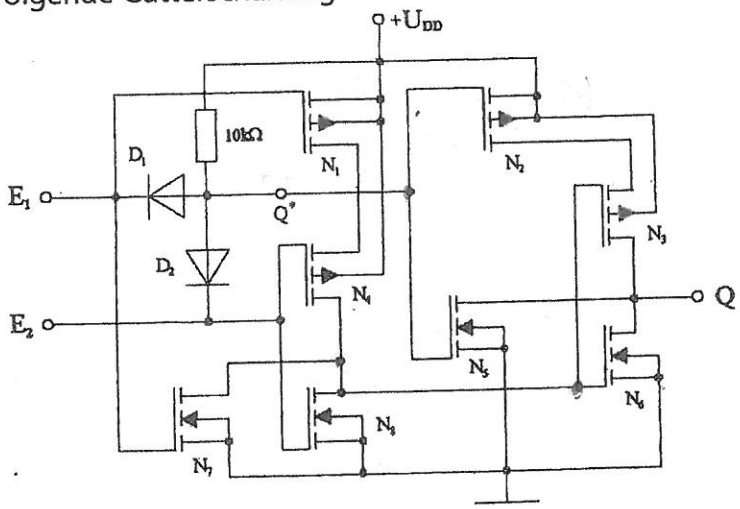
Schließen Sie alle Anschlüsse der N- und P-MOS-Transistoren korrekt an. Nur die nichtinvertierten Signale E_1, E_2, E_3, E_4 können als gegeben angesehen werden.

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL 3	Kölz

FSR - Klausurensammlung 1120

Aufgabe 2: (CMOS-Schaltung - 14 Punkte)

Analysieren Sie die folgende Gatterschaltung:



a) Aus welchen Funktionsgruppen besteht die Schaltung?
b) Stellen Sie eine Arbeitstabelle (E_1, E_2, N_1 – N_8, Q) auf. Welche Verknüpfung realisiert die Schaltung?

Aufgabe 3: (DAU, Übertragungskennlinie – 12 Punkte)

An einem 3-Bit-DAU werden folgende maximalen Abweichungen der Analogwerte gemessen, wenn die entsprechenden Bits gesetzt sind:

Bit 2 (MSB)	- 1/2 U_{LSB},
Bit 1	+ 1/4 U_{LSB},
Bit 0 (LSB)	+ 1/4 U_{LSB}.

Geben Sie die ideale und reale Übertragungskennlinie dieses DAU an (U_A / U_{LSB}) = f(x_2, x_1, x_0) und ermitteln Sie die integrale Nichtlinearität INL und die differentiellen Nichtlinearitäten DNL für diesen DAU. Machen Sie eine Aussage zur Monotonie dieses Wandlers.

Aufgabe 4: (Bergeron-Methode – 18 Punkte)

Ein TTL-74AS04 –Baustein (Gatter **G1**) mit den gegebenen Ausgangskennlinien (s. Abbildung 4.2) treibt über eine 30Ω -Leitung mit einer Signallaufzeit von τ = **3ns** ein zweites Gatter **G2** an, das am Eingang mit einer Schutzdiode versehen ist. Dessen Eingangskennlinie U_I ergibt sich durch folgende vereinfachte Diodengleichungen:

$$I_D = U_D \cdot \begin{cases} Y_R \text{ für } U_D < 0 & \text{(Sperrrichtung)} \\ Y_F \text{ für } U_D \geq 0 & \text{(Durchgangsrichtung)} \end{cases}$$

mit Y_R = **2mS** (Leitwert – Einheit in Siemens - in Sperrrichtung) und Y_F = **100mS** (Leitwert in Durchgangsrichtung).

95/WS 12/13	Semester E 4	Fach EL 3	Dozent KRR
FSR - Klausurensammlung 2/20			

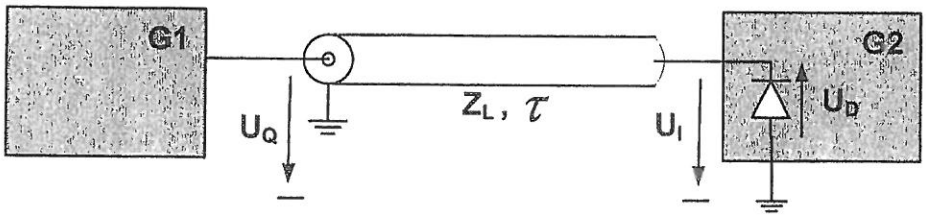


Abbildung 4.1: Zusammenschaltung zweier Gatter über eine Leitung

a) Wozu dient die Schutzdiode?
b) Zeichnen Sie die Eingangskennlinie U_I in das Bergeron-Diagramm ein. <u>Beachten Sie die Ausrichtung der Diode</u>.
c) Ermitteln Sie mit Hilfe des Bergeron-Verfahrens am Leitungseingang und -ausgang den Übergang **L → H**. Geben Sie in der vorbereiteten Tabelle die aus der Zeichnung abgelesenen Spannungswerte zu den gegebenen Intervallen an. Gehen Sie davon aus, dass die Umschaltung im Zeitpunkt **t = 0** stattfindet.

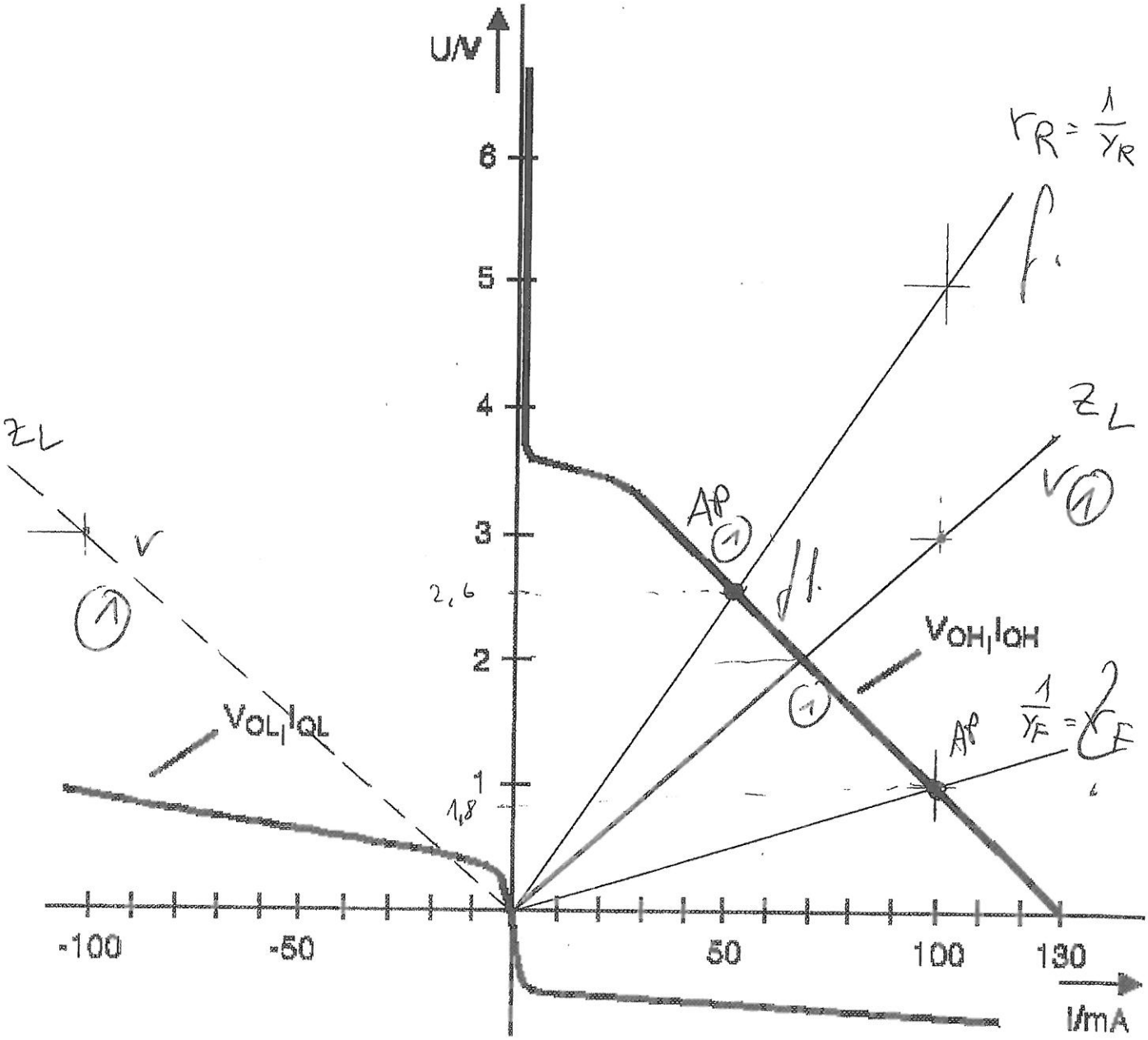


Abbildung 4.2: Bergeron-Diagramm

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

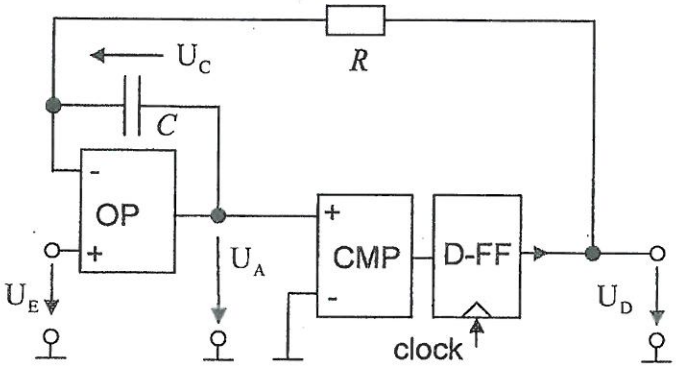
FSR - Klausurensammlung 3120

	Übergang L → H	
t	U_Q / V	U_I / V
t < 0 (!!)	0	0 V
0 ≤ t < τ	2 V	2,6 V
τ ≤ t < 2τ	2 V	1,8
2τ ≤ t < 3τ	2	2,6
3τ ≤ t < 4τ	2	1,8

2,5

Aufgabe 5: (Sigma-Delta-ADU, Fehleranalyse - 20 Punkte)

Gegeben ist der Analogteil einer Sigma-Delta-ADU-Schaltung. $\mathbf{U_D}$ wird synchron mit der ansteigenden Flanke des Taktsignals gesetzt ($\mathbf{U_{FS}}$ = 5V).



Im Labor wird die Schaltung getestet. Dazu wird der Mittelwert des Ausgangssignals $\mathbf{U_D}$ als Funktion der Eingangsspannung $\mathbf{U_E}$ gemessen. Mit Hilfe der folgenden Tabelle wurde die Messung protokolliert.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U_E /V	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$\overline{U}_D$ /V	0,002	0,251	0,498	0,751	1,004	1,503	1,999	2,497	2,998	3,500	4,001	4,498	4,999

a) Bestimmen Sie ohne vorhergehende Korrekturmaßnahmen die sich ergebenden Offset- und Verstärkungfehler (Angaben in Volt).

b) Korrigieren Sie nun mit einem einfachen Endpunkt-Abgleich den Offset- und Verstärkungsfehler. Geben Sie die dazugehörigen Werte für $\mathbf{U_{D,kor}}$ an.

c) Ermitteln Sie aus $\mathbf{U_{D,kor}}$ den verbleibenden integralen Linearitätsfehler **INL** (Angaben in Volt).

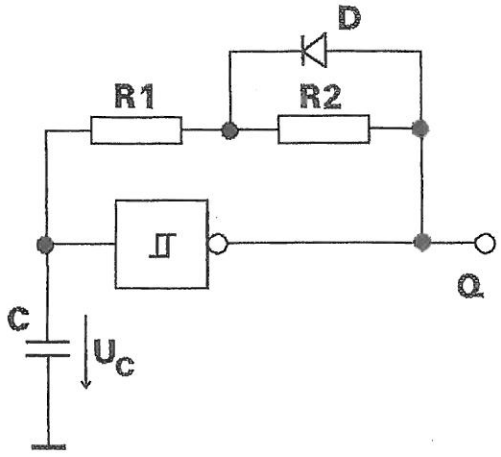
d) Schätzen Sie die effektive Bitanzahl **ENOB** aus dem **INL** ab.

PS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung 4120

Aufgabe 6: (Kippschaltung – 28 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_{QH} = 4,9V und U_{QL} = 0,1V sowie den beiden Schwellspannungen U_{S1} = 1,75V und U_{S2} = 2,75V (bei 5 V Betriebsspannung). Die Werte für die Widerstände sind mit R1 = 22 kΩ und R2 = 47 kΩ 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} = 100Ω zu berücksichtigen.



a) 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.

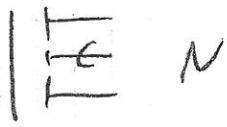
b) Bestimmen Sie die Frequenz des periodischen Ausgangssignals U_Q. Wie groß ist das Tastverhältnis $v_T = T_D / T$?

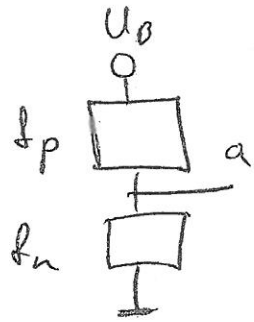
c) Bestimmen Sie nun den Widerstandswert für R2 neu (Die Werte von R1 und C bleiben erhalten!) unter der Randbedingung, dass nun ein Tastverhältnis von v_T = 0,5 erreicht werden soll. Wie groß ist nun die Frequenz des Ausgangssignals?

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung 5120

Aufgabe 1)





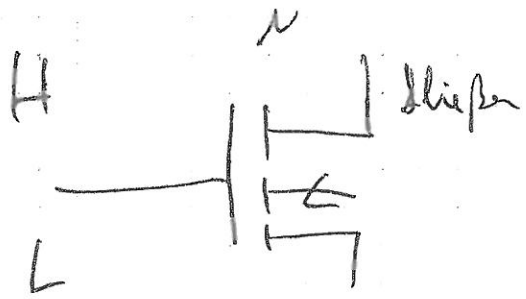
$$Q = (\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_1 \wedge \overline{E_3} \wedge E_4)$$

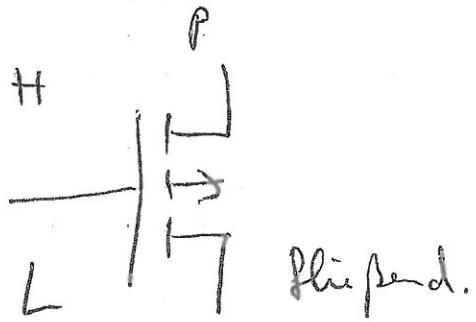
$$f_n = \overline{Q} = \overline{(\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_1 \wedge \overline{E_3} \wedge E_4)}$$

$$f_n = (E_1 \vee E_2) \wedge (\overline{E_1} \vee E_3 \vee \overline{E_4}) \quad \checkmark \; 4$$

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

$$f_p = (\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_1 \wedge \overline{E_3} \wedge E_4) \quad \checkmark \; 2$$

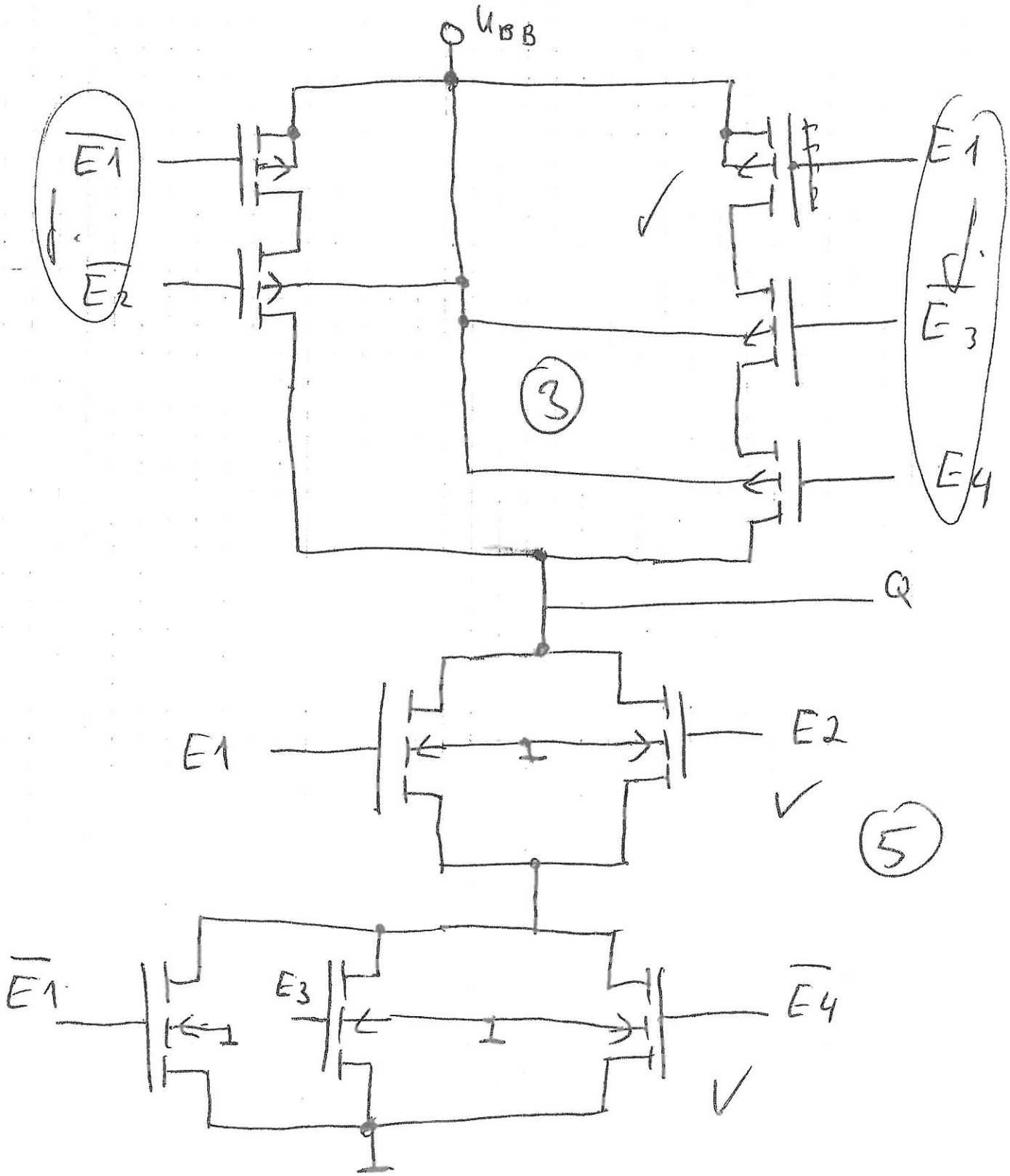




SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung 6/20

zu Aufgabe 1)



WS 12/13	Semester EE	Fach EL3	Dozent KZR
FSR - Klausurensammlung 7/20			

Aufgabe 2)

a) Die ~~4~~ Funktionsgruppen besteht aus

4 CMOS-INVERTERN ✓ (2)

P-CMOS	N-CMOS
N_1	N_5
N_2	N_6
N_3	N_7
N_4	N_8 ✓

j.

(1/2)

b) Lösungsweg ?

E_1	E_2	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	Q
0	0	L	~~L~~		L			S	S	0
0	1	L	~~L~~	?	S		?	S	L	1
1	0	S	~~L~~		L			L	S	1
1	1	S ✓	~~L~~		S ✓			L ✓	L ✓	0 ✓

(2)

wahr?

L ≙ Leitet S = sperrt

(2)

XOR-Verknüpfung realisiert die Schaltung..

✓

$(\overline{E1} \wedge E2) \vee (E1 \wedge \overline{E2})$

WS 12/13	Semester E4	Fach EL3	Dozent KZR
FSR - Klausurensammlung 8/20			

(3)

Aufg. 3)

0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

$$U_A = -U_{LSB} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} U_{LSB} + \frac{1}{4} U_{LSB}$$

$$U_{A,ideal} = \frac{U_{FS}}{2^n} = \frac{U_{FS}}{2^3} = \frac{U_A}{8}$$

$$U_{A,ideal} = \frac{1}{8} U_A$$

$$U_{A,Abgl.}: \quad U_A - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \frac{U_{FS}}{2^n} x_D \cdot U_{LSB}$$

$$I_{NL} = U_{A,Abgl.} - U_{A,ideal}$$

$$= U_A - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \frac{x_D \cdot U_{LSB}}{2^n} - \frac{1}{8} U_A$$

$$I_{NL} = \frac{7}{8} U_A - \ldots$$

$$|DNL| = \frac{7}{8} U_A$$

WS 12/13	Semester E4	Fach EL3	Dozent KZR

FSR - Klausurensammlung 9120

(4)

Aufgabe 4)

a) Schutzdiode dienen zum Sperren ?
und durchlassrichten.

Schutzdiode wird als r_{Diode} angesehen!

$Y_R = 2mS \rightarrow r_R = 500\,\Omega$ ✓

4

$Y_F = 100mS \rightarrow r_F = 10\,\Omega$ ✓

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E 4	EL 3	KZR

FSR - Klausurensammlung 10/20

(5)

~~WS~~, WS 12/13	Semester E 4	Fach ELS	Dozent KZR
FSR - Klausurensammlung 11/12			

Aufgabe 5)

U_E	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
U_A	0,002	0,251	0,498	0,751	1,004	1,503	1,999	2,497	2,998	3,500	4,001	4,498	4,9
$U_{A,ideal}$	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4,0	4,5	5
Δ [V]	0,002	0,001	0,002	0,001	0,004	0,003	-0,001	-0,003	-0,002	0	0,001	0,002	-0,00
$U_{D,KOR}$	0 ~~-0,002~~	0,249 ~~0,248~~	0,496 ~~0,498~~	0,749 ~~0,748~~	1,002	1,501	1,997	2,496	2,997	3,4997 3,9998	4,497	4,978	
NL	0	-0,001	-0,004	-0,001	0,002	0,001	-0,003	-0,004	-0,003	-0,0013	~0	-0,00	

4

3

-0,003

$(U_{LSB,ideal} = 0{,}25\,V\,!!)$?

$(U_{LSB,ideal} = 0{,}5\,V\,!!)$?

$$\Delta[V] = U_A - U_{A,ideal}$$

$$U_{A,Abgl.} = U_A - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \cdot \frac{U_e}{U_{e,max}} = U_{D,KOR} \quad ; \quad INL = U_{D,KOR} - U_E$$

zu Aufgabe 5)

1. / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E 4	EL 3	KZR

FSR - Klausurensammlung 12/13

a) Offsetfehler : 0,002 V ✓ (1)

Verstärkungsfehler : −0,001 V (✓) (1/2)

b)

$$U_{A,Abgl} = U_A - U_{off} - (U_{gain} - U_{off}) \cdot \frac{U_e}{U_{e,max}}$$

$$- 0{,}002V - (-0{,}001V - 0{,}002V)$$

(2) //.

c)

$$INL = U_{D,Kor} - U_E$$

$$|INL| = 0{,}004V \; (U_{LSB}) \; ?$$

(1)

d) $U_{LSB,ideal} = 0{,}25\,V$ f. hier?

$$U_{LSB,real} = 0{,}25V + 2 \cdot |0{,}004| V \; f.$$

$$ENOB = \log_2\left(\frac{U_{FS}}{U_{LSB,real}}\right) = \log_2\left(\frac{5V}{0{,}258V}\right)$$

$$ENOB = 4{,}276$$

aber bei von 0 bis 1 V U_E !!! ?

(7) :

zu Aufgabe 5)

d) $U_{LSB,ideal} = 0{,}5\,V$

$U_{LSB,real} = 0{,}5\,V + 2 \cdot |0{,}004|$

$U_{LSB,real} = 0{,}508$

$ENOB = \log_2\left(\frac{5\,V}{0{,}508\,V}\right)$

$ENOB = 3{,}299 \approx 3{,}3$

Jahr	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung 14/20

Aufgabe 6)

Geg:

$U_{QH} = 4{,}9\,V \qquad U_{QL} = 0{,}1\,V$

$U_{S1} = 1{,}75\,V \qquad U_{S2} = 2{,}75\,V$

$R_1 = 22\,k\Omega \qquad R_2 = 47\,k\Omega \qquad C = 2\,nF$

$U_{F0} = 0{,}7\,V \qquad r_{DF} = 100\,\Omega$

a) Ges: T

Löf Anstieg: $T_p = \tau_p \cdot \ln\left(\frac{\overset{4{,}2V}{U_\infty} - \overset{1{,}75V}{U_0}}{\underset{4{,}2V}{U_\infty} - \underset{2{,}75}{U_A(t_0)}}\right)$ ✓

Entladen: $T_D = \tau_D \cdot \ln\left(\frac{\overset{0{,}1V}{U_\infty} - \overset{2{,}75}{U_0}}{\underset{0{,}1V}{U_\infty} - \underset{1{,}75}{U_A(t_0)}}\right)$ ✓

$\tau_p = R_{ges} \cdot C \rightarrow R_{ges} = R_1 + (R_2 // r_{DF})$ ✓

$= R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{DF}}}$

$\tau_p = 22{,}1\,k\Omega \cdot 2\,nF$

$\underline{\tau_p = 44{,}2\,\mu s}$ ✓ $\qquad \underline{\underline{R_{ges} = 22{,}1\,k\Omega}}$

$R_{ges} = R_1 + R_2$ ohne Diode, weil Sperrung!!

$R_{ges} = 69\,k\Omega$

$T_D = R_{ges} \cdot C$

$\underline{\tau_D = 138\,\mu s}$ ✓

zu Aufgabe 6)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung 15/20

a)

$$T_p = \tau_p \cdot \ln\left(\frac{U_\infty - U_0}{U_\infty - U_A(t_0)}\right)$$

$U_\infty = 4{,}2\,V = U_{QH} - U_{F0} = 4{,}9\,V - 0{,}7\,V$ ✓

$U_0 = 1{,}75\,V$ Anfangsspannung ✓

$U_{A(t_0)} = 2{,}75\,V$ Endspannung ✓

$$T_p = 44{,}2\,\mu s \cdot \ln\left(\frac{4{,}2V - 1{,}75V}{4{,}2V - 2{,}75V}\right)$$ ✓

$T_p = 23{,}18\,\mu s$ ✓

$$T_D = \overset{(138\,\mu s)}{\tau_0} \cdot \ln\left(\frac{0{,}1V - 2{,}75V}{0{,}1V - 1{,}75V}\right)$$ ✓

$T_D = 65{,}38\,\mu s$ ✓

12

$T = T_p + T_D = 88{,}56\,\mu s \rightarrow f = \frac{1}{T} = 11{,}294\,kHz$ ✓

1 1

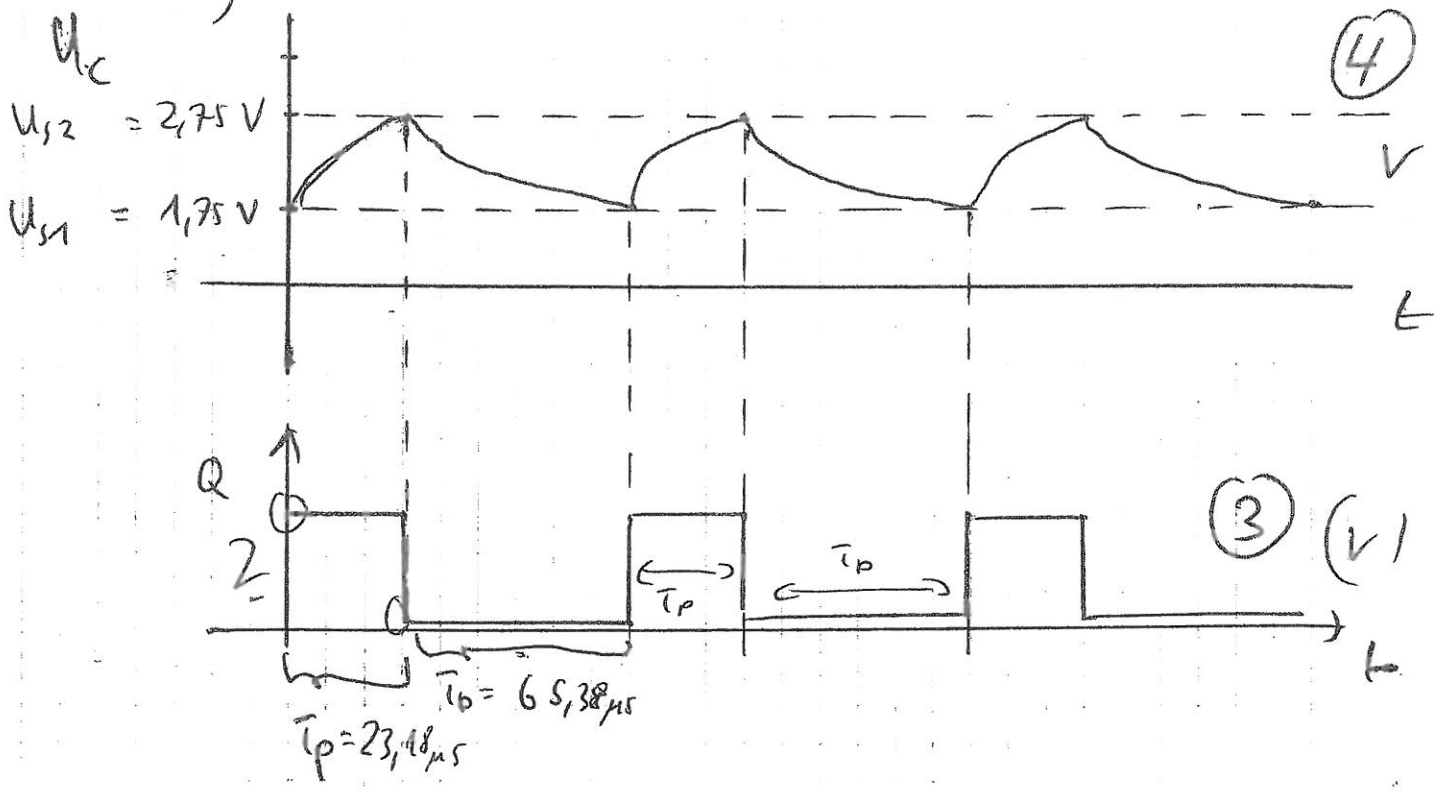
10

zu Aufg. 6)

WS 12/13	Semester E4	Fach ELS	Dozent KER

FSR - Klausurensammlung 16/20

a)



4

3 (V)

b)

$$T = T_p + T_b = 88{,}56\ \mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = 11{,}29\ kHz$$

$$V_T = \frac{T_b}{T} = \frac{65{,}38\ \mu s}{88{,}56\ \mu s} = 0{,}738\ [\rightarrow 73{,}8\ \%]$$

11

zu Aufgabe 6)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E 4	EL 3	KER

FSR - Klausurensammlung 17/20

c) $V_T = \frac{1}{2} = 0{,}5 = \frac{T_0}{T} \Rightarrow T_p = T_D$

$T_p = T_D$ ✓ 1

$\tau_p \cdot \ln(\;) = \tau_D \ln(\;)$ ✓ 1

$R_{ges\,p} \cdot \cancel{C} \ln(\;) = R_{ges\,D'} \cancel{C} \ln(\;)$

$$\left(R_1 + \frac{R_2 \cdot r_{DF}}{R_2 + r_{DF}}\right) \ln(\;) = (R_1 + R_2) \ln(\;) \quad | \ln(\;)$$

$$R_1 + \frac{R_2 \cdot r_{DF}}{R_2 + r_{DF}} = R_1 \overset{0{,}9032645394}{\cancel{\ln(\;)}} + R_2 \overset{0{,}9032645394}{\cancel{\ln(\;)}}$$

wäre!

$$\frac{R_2 \cdot r_{DF}}{R_2 + r_{DF}} = R_1 \cdot 0{,}9\ldots + R_2 \cdot 0{,}9\ldots - R_1$$

$$\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{DF}}} =$$

12

zu 6)

$$\cancel{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{DF}} = \frac{1}{\ldots}} \quad (*)$$

c)

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	ELJ	KZR

FSR - Klausurensammlung 18/20

$$R_2 \cdot r_{DF} = \left(R_1 \cdot 0{,}9 + R_2 \cdot 0{,}9 - R_1\right)\left(R_2 + r_{DF}\right)$$

$$R_2 \cdot r_{DF} = \underline{R_1 R_2\, 0{,}9} + \underline{R_2^2\, 0{,}9} - \underline{R_1 R_2} +$$

$$\cancel{R \cdot r_{DF}} = R_1 R_2\, 0{,}9 + \underline{R_2 \cdot 0{,}9 \cdot r_{DF}} - R_1 r_{DF}$$

$$\underline{R_2 r_{DF}} = \underline{R_1 R_2\, 0{,}9} - R_2^2 \cdot 0{,}9 + \underline{R_1 R_2}$$

$$- \underline{r_{DF} R_2\, 0{,}9} = \cancel{R_2 \cdot 0} \; r_{DF} R_1\, 0{,}9 - R_1 r_{D}$$

$$\cancel{R_2 \left[\left(r_{DF} \right.\right.}$$

$$- 0{,}9 \cdot R^2 + R_2 \left(r_{DF} - R_1 \cdot 0{,}9 + R_1 - 0{,}9 \cdot r_{DF} \right)$$

$$- r_{DF} R_1 \cdot 0{,}9 + R_1 r_{DF} = 0$$

$$R_2^2 - R_2 \frac{\left(r_{DF} - R_1\, 0{,}9 + R_1 - 0{,}9 \cdot r_{DF} \right)}{0{,}9}$$

$$+ r_{DF} \cdot R_1 - R_1 r_{DF} \frac{1}{0{,}9} = 0$$

zu 6)

$$R_2^2 - \overset{2373,97}{\cancel{2369,1}}\, R_2 + 236,323,36 = 0$$

$$R_{1,2} = \frac{\cancel{2369,1}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\cancel{2369,1}}{2}\right)^2 + 236.323,36}$$

$$= 1184,98\,\Omega \pm 1282,42\ \Omega$$

$$R_2 = \cancel{2464,98\ \Omega}$$

$$R_2 = 2469,65\ \Omega$$

$$R_2 = \underline{2,47\ k\Omega}$$ ✓ 2

$$\rightarrow T_D = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln(\ )$$

$$T_D = 23,18\ \mu s$$

$$\underline{T_D = T_P = 23,18\ \mu s}$$

$$\frac{1}{T_D + T_P} = f = \underline{21,56\ kHz}$$ ✓ 2

(14) " ...

zu 6)

c)

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E 4	EL3	UZR

FSR - Klausurensammlung 20/20

Test:

$$T_p = \left(R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_L} + \frac{1}{C}} \right) \cdot C \ln\left(\quad \right)$$

$$T_p \approx 23{,}83\ \mu s$$

stimmt!

15