

HAW Hamburg / Department IuE		Datum: 30.01.2014
Fachgruppe: Grundlagen		Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Kölzer
Klausur: Elektronik 3		
Name, Vorname:		Matr.Nr.:

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 5	Summe	Punktzahl
	18	24	16	32	16	100+	0..15
Punkte	18	18	25	19	6	70,5	10
Erreichte Punkte							

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:

Zweiter mit einer Zeitkonstanten

$$\tau = RC: U_A(t) = U_m + [U_0 - U_m] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Für $t = t_0$ folgt: $t_0 = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_m - U_0}{U_m - U_A(t_0)} \right)$

ADU / DAU - Kenngrößen:

$$U_{LSB} = \frac{U_{FS}}{2^n} \quad ENOB = \lg \frac{U_{FS}}{U_{LSB,real}}$$

Abschätzung von $U_{LSB,real}$ beim $\Delta\Sigma$ -ADU:

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

Endpunkte-Abgleich beim $\Delta\Sigma$ -ADU:

$$U_{A,avg} = U_A - U_{off} - (U_{max} - U_{off}) \cdot \frac{U_{off}}{U_{r,max}}$$

CMOS-Logik:

$$A = f(E_1, \dots, E_n)$$

$$f_n = \overline{f(E_1, \dots, E_n)} \quad , \quad f_p = f(\overline{E_1}, \dots, \overline{E_n})$$

Impulsverhalten auf Leitungen:

Verhältnis von hinlaufender bzw. rücklaufender Spannungs- und Stromwelle

$$Z_L = \frac{U_{0r}}{I_{0u}} \quad \text{bzw.} \quad Z_L = -\frac{U_{0r}}{I_{0r}}$$

Reflexionsfaktor bei Leitungsabschluss mit Z

$$r = \frac{Z - Z_L}{Z + Z_L}$$

Aufgabe 1: (CMOS - Schaltung - 18 Punkte)

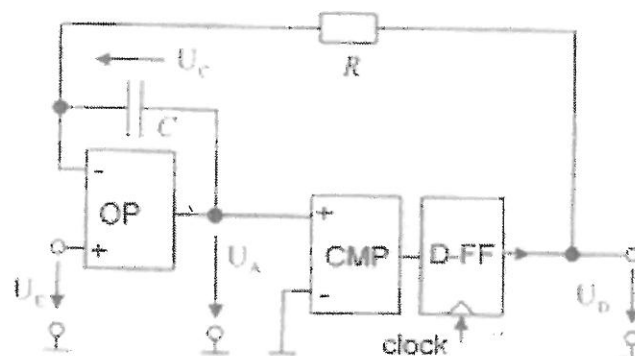
Skizzieren Sie den Logikteil einer CMOS-Schaltung, die die folgende Funktion realisiert (positive Logik vorausgesetzt):

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

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_0 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_0 als Funktion der Eingangsspannung U_x gemessen. Mit Hilfe der folgenden Tabelle wurde die Messung protokolliert.

U_x / 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}_0 / 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

- Korrigieren Sie mit einem einfachen Endpunkt-Abgleich den Offset- und Verstärkungsfehler. Geben Sie die dazugehörigen Werte für $U_{0, \text{kor}}$ an.
- Ermitteln Sie aus $U_{0, \text{kor}}$ den verbleibenden integralen Linearitätsfehler **INLV**.
- Schätzen Sie die effektive Bitanzahl **ENOB** aus dem **INLV** ab.

Aufgabe 3: (Verständnisfragen - 16 Punkte)

- 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?
- Für die Schaltkreisfamilien 74 HCT und 74 ALS werden im Datenblatt u.a. folgende Parameter angegeben:

Datenblattauszug:

74 HCT: $I_{IL} = -0,1 \mu A$, $I_{IH} = 0,1 \mu A$, $I_{OL} = 4 \text{ mA}$, $I_{OH} = -4 \text{ mA}$.

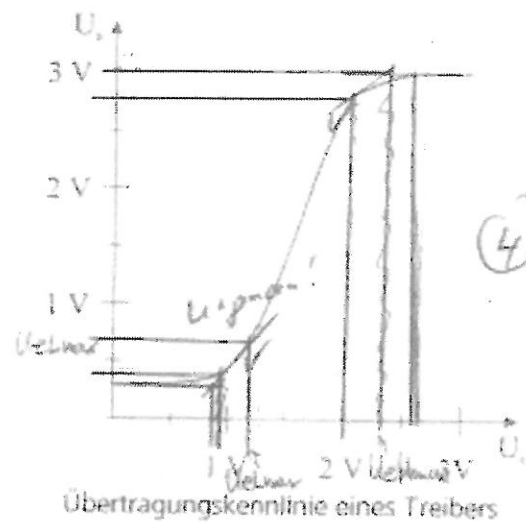
74 ALS: $I_{IL} = -120 \mu A$, $I_{IH} = 20 \mu A$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$, $I_{OH} = -0,4 \text{ mA}$.

Wieviele Eingänge von Folgegattern aus der 74ALS-Familie dürfen an einen 74HCT-Ausgang geschaltet werden?

- d) Dimensionieren Sie die externen Bauelemente R und C so, dass sich für $U_s = U_{cc} / 2$ eine Frequenz von $f = 30 \text{ kHz}$ einstellt.
- e) Wie stark kann die Frequenz f von 30 kHz abweichen, wenn die internen Widerstände R eine Toleranz von $\pm 2\%$ 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 $U_{oL,max}$, $U_{oH,min}$, $U_{oL,max}$, $U_{oH,min}$ sowie die statischen Störabstände S_L und S_H .



$U_{oL,max} = 1,2 \text{ V}$ $U_{oH,min} = 2,8 \text{ V}$ $U_{oL,max} = 2,8 \text{ V}$ $U_{oH,min} = 2 \text{ V}$

①

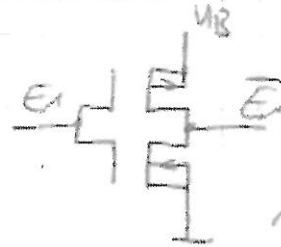
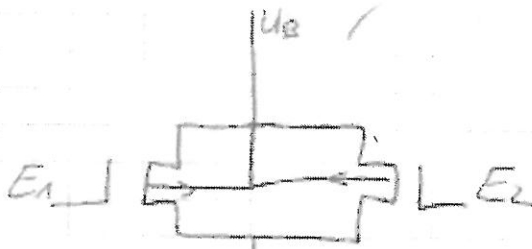
$$P = Q = (\bar{E}_1 \vee \bar{E}_2) \wedge (E_1 \vee (\bar{E}_3 \wedge \bar{E}_2))$$

~~$$P = E_1 \wedge E_2 \vee (\bar{E}_1 \wedge (E_3 \vee E_2))$$~~ (2)

$$P = Q = (\bar{E}_1 \vee \bar{E}_2) \wedge (E_1 \vee (\bar{E}_3 \wedge \bar{E}_2))$$
 (2)

WS	Semester	Fach	Dozent
2014	EL6	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung

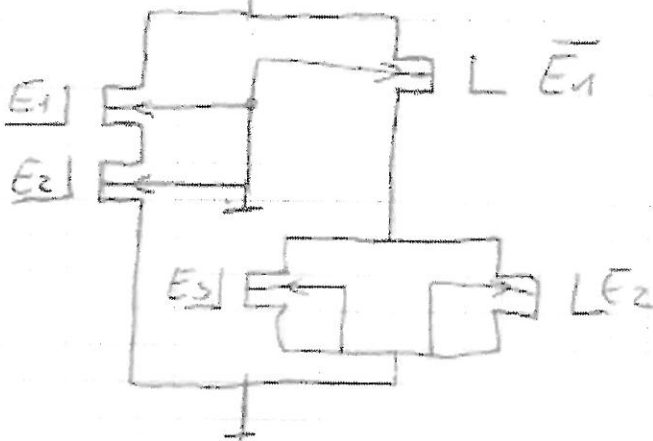


①



⑥

Q (1)



⑥

①

②

U_{be}/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
U_{be}/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}_{Dmax}/V	0	0,501	1,007	1,496	2,006	3,007	4,003	5,000	5,999	7,009	8,002	10,003	12,004
$\Delta U_{\text{be}}/V$	-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

minimale
maximale

S. 6/10

$U_{\text{off}} = -0,004V$ ✓ (4)
 $U_{\text{gmin}} = -0,005V$ ✓

$\bar{U}_{\text{Dmax}} = \bar{U}_0 - U_{\text{off}} - (U_{\text{gmin}} - U_{\text{off}}) \cdot \frac{U_{\text{be}}}{U_{\text{Dmax}}} = -0,004V + 0,004V - (-0,005V + 0,004V) / \frac{0V}{50V} = 0V$
 für $U_{\text{be}} = 0V$

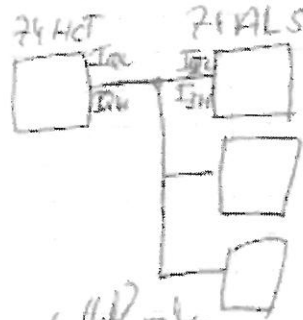
② $INLU = 0,005V$ f.
 $U_{\text{CSreal}} = 2 \cdot INLU = 0,005V \cdot 2 = 0,01V$ ②
 $E_{\text{NOB}} = 10 \left(\frac{U_{\text{FS}}}{U_{\text{CSreal}}} \right) = 10 \left(\frac{12V}{0,01V} \right) = 10,229 \text{ bit}$ ④

③
b)

$$F_{\text{aus}} = \frac{I_{\text{Q}}}{I_{\text{L}}} = \frac{8 \text{ mA}}{-0,4 \text{ mA}}$$

$$F_{\text{aus}} = \frac{4 \text{ mA}}{-120 \text{ mA}} = -33,3$$

$$F_{\text{aus}} = \frac{-4 \text{ mA}}{20 \text{ mA}} = -200$$

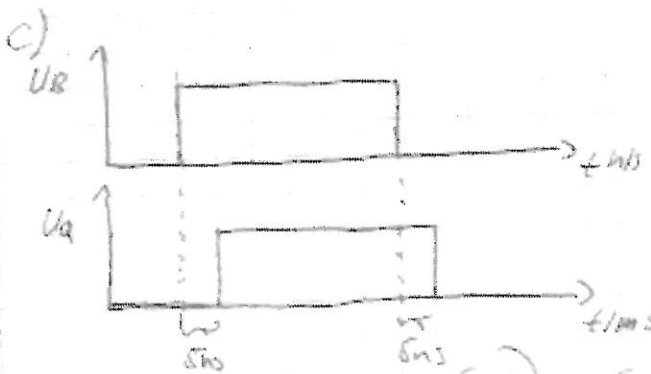


③

✓1

Es können mindestens 33,3 geschaltete werden

Es dürfen keine geschaltet werden da es ein negatives Foutant. bestehende heisst. Das bedeutet die Schaltfunktion passen nicht zusammen.



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.



$$U_{\text{HCT}} = 2V = \frac{Z_L}{Z_L + R_{\text{OH}}}$$

d)

$$r_0 = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L} = \frac{200 \Omega - 60 \Omega}{200 \Omega + 60 \Omega} = \frac{7}{13} = 0,538 \checkmark$$

$$r_1 = \frac{R_{\text{OH}} - Z_L}{R_{\text{OH}} + Z_L} = \frac{25 \Omega - 60 \Omega}{25 \Omega + 60 \Omega} = -0,6$$

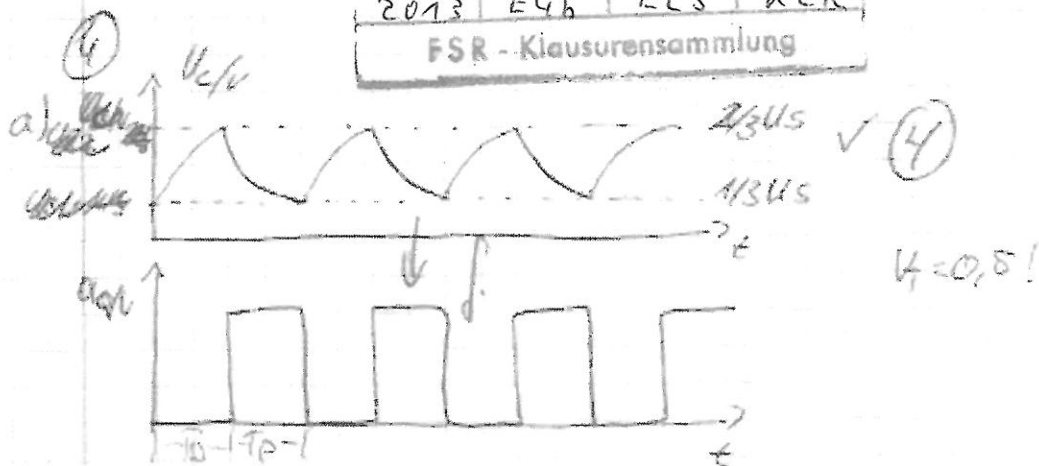
④

$$U(E=0) = U_{\text{ref}} \cdot \frac{Z_L}{Z_L + R_{\text{OH}}} = 4V \checkmark \quad U_I \text{ nach } 2 \text{ ns}$$

$$U_I = 4V + 4V \cdot 0,538 = 6,152V$$

~~U_{\text{HCT}} = 2V~~ ~~U_{\text{HCT}}~~

③



b)

$$T_D = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_{CC} - U_0}{U_{CC} - U_{\text{alter}}} \right) = R \cdot C \ln \left(\frac{U_{CC} - \frac{4}{3} U_S}{U_{CC} - \frac{2}{3} U_S} \right) \quad \checkmark \quad (2)$$

$$T_P = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_{CC} - U_0}{U_{CC} - U_{\text{alter}}} \right) = R \cdot C \ln \frac{0 - \frac{2}{3} U_S}{0 - \frac{4}{3} U_S} \quad \checkmark \quad (2)$$

$$T = T_P + T_D \quad \checkmark \quad (1)$$

$$T = R C \ln \left(\frac{0 - \frac{2}{3} U_S}{0 - \frac{4}{3} U_S} \right) + R C \ln \left(\frac{U_{CC} - \frac{4}{3} U_S}{U_{CC} - \frac{2}{3} U_S} \right)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{R C \ln \left(\frac{0 - \frac{2}{3} U_S}{0 - \frac{4}{3} U_S} \right) + R C \ln \left(\frac{U_{CC} - \frac{4}{3} U_S}{U_{CC} - \frac{2}{3} U_S} \right)} \quad \checkmark \quad (1)$$

c) $V_T = \frac{T_D}{T}$

annahme $\tau = 1$

$$T_D = 1 \ln \left(\frac{1 - \frac{1}{3}}{1 - \frac{2}{3}} \right) = 0,693$$

$$T_P = 1 \ln \left(\frac{0 - \frac{2}{3}}{0 - \frac{4}{3}} \right) = 0,693$$

$$V_T = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ wenn } U_S = U_{CC} \text{ ist!}$$

(2) \checkmark

$$U_S = \frac{U_{CC}}{2}$$

$$T_D = 1 \ln \left(\frac{1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2}}{1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}} \right) = 0,223$$

$$T_P = 1 \ln \left(\frac{0 - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}}{0 - \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2}} \right) = 0,693$$

$$T = 0,223 + 0,693 = 0,916$$

$$V_T = \frac{T_D}{T} = 0,243 \quad \checkmark$$

$$V_T = \frac{0,223}{0,916} \quad (3)$$

④
d)

$$f_0 = 30 \text{ kHz} = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{30 \text{ kHz}} = 33,33 \mu\text{s}$$

$$T = T_D + T_P \quad U = 0,243 = \frac{T_D}{T}$$

$$T - T_D = T_D$$

$$T_D = T \cdot U = 33,33 \mu\text{s} \cdot 0,243$$

$$T_D = 8,099 \mu\text{s}$$

$$T_D = R' \cdot C \cdot \ln \left(\frac{1 - \frac{1}{3} \frac{1}{2}}{1 - \frac{2}{3} \frac{1}{2}} \right)$$

$$R' \cdot C = \frac{T_D}{\ln \left(\frac{1 - \frac{1}{3} \frac{1}{2}}{1 - \frac{2}{3} \frac{1}{2}} \right)} = \frac{8,099 \mu\text{s}}{0,223} = 36,32 \mu\text{s} \quad \checkmark$$

③

$$C = 36,32 \mu\text{s}$$

nominale annahme

$$R' = \frac{36,32 \mu\text{s}}{1 \text{ nF}} = 36,32 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1 \text{ nF} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ F} \quad \checkmark \quad \text{①}$$

$$\cancel{R' = R + R = R_2}$$

$$R' = R + R = R_2 \Rightarrow R = \frac{36,32 \text{ k}\Omega}{2} = 18,160 \text{ k}\Omega$$

$$C \cdot R = \frac{T_{27}}{0,693} = \frac{25,23 \mu\text{s}}{0,693} = 36,40 \mu\text{s} \quad T_P = 25,23 \mu\text{s}$$

$$R = 36,32 \text{ k}\Omega$$

e)

$$R = 18,160 \text{ k}\Omega + 2\% = 18,523 \text{ k}\Omega \quad 18,16 \text{ k}\Omega$$

$$\cancel{R' = 36,320 \text{ k}\Omega}$$

$$R' = 36,320 \text{ k}\Omega$$

$$\cancel{R = 18,160 \text{ k}\Omega - 2\%}$$

$$R = 18,16 \text{ k}\Omega - 2\% = 17,799 \text{ k}\Omega$$

$$R' = 36,319 \text{ k}\Omega$$

$$T_D = R' \cdot C \cdot 0,223 = 8,099 \mu\text{s}$$

$$T_P = R' \cdot C \cdot 0,693 = 25,169 \mu\text{s}$$

Du bist -2% die größte Abweichung
dargestellt benutze ich dieses
Beispiel.

c) $T = T_p + T_D = 8,099 \mu s + 25,169 \mu s$

$T = 33,268 \mu s$

~~$f = 30,058 \text{ kHz}$~~ $f = \frac{1}{T} = 30,058 \text{ kHz}$

mit einer Abwärtsgang von -2% ^{steigt} ~~bleibt~~ die Frequenz
von 30 kHz auf 30,059 kHz

bei einer Abwärtsgang von +2% ^{steigt} die Frequenz
steigt!

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	EL4	EL3	KZR
FSR - Klausurensammlung			