(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)

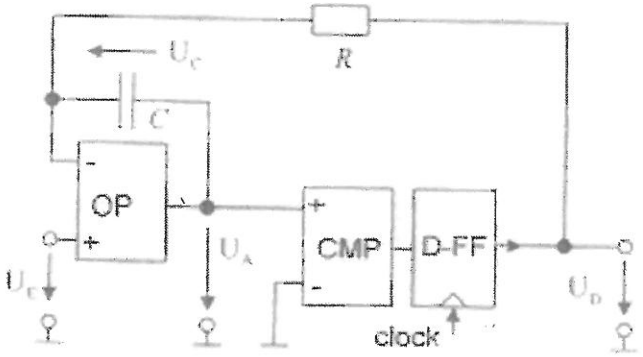
Skizzieren Sie den Logikteil einer CMOS-Schaltung, die die folgende Funktion realisiert (positive Logik vorausgesetzt):

$$\underline{Q} = (\overline{E}_1 \vee \overline{E}_2) \wedge \left(E_1 \vee (\overline{E}_3 \wedge \overline{E}_2)\right)$$

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.

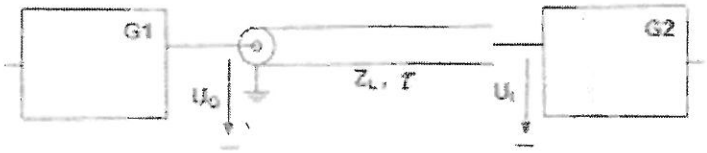
Wieviele Eingänge von Folgegattern aus der 74ALS-Familie dürfen an einen 74HCT-Ausgang geschaltet werden?

~~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**.

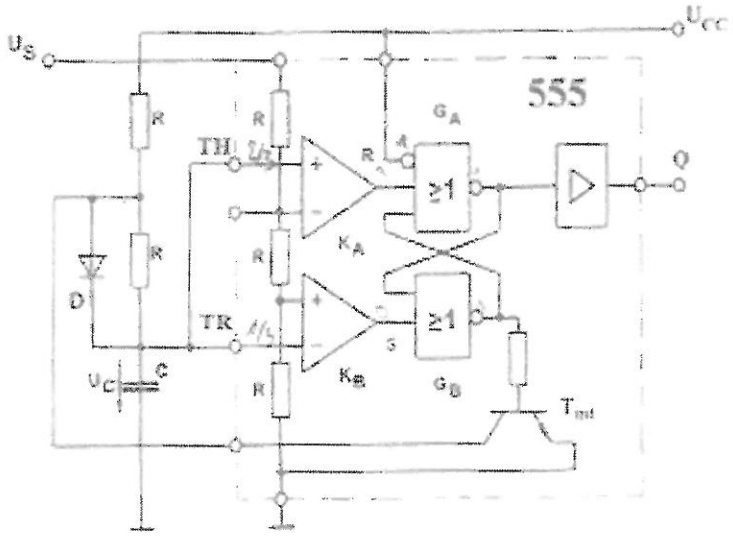


Bestimmen Sie die Spannung U_0 (t = 0) unmittelbar nach einen L → H Sprung (t = 0 ns) der Quelle (**G1**). Wie hoch ist die Spannung U_1 (t = 2ns) am Eingang des Gatters **G2**?

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.

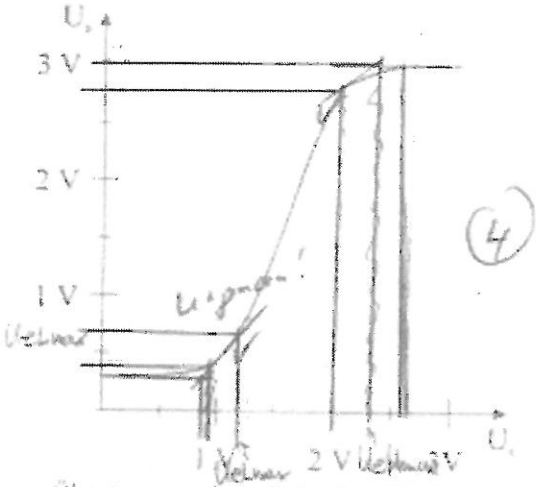
c) Welche Tastverhältnisse stellen sich jeweils für $U_S = U_{CC}$ und $U_S = U_{CC}/2$ ein ?

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)

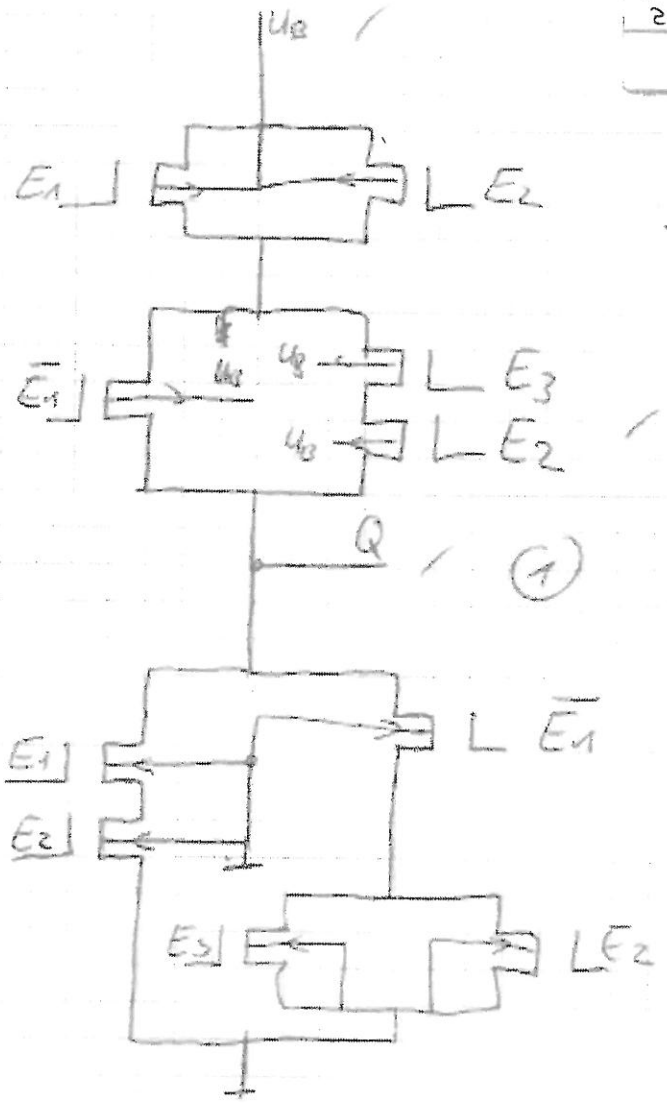
$f_n = \overline{Q} = \overline{(\overline{E_1} \vee \overline{E_2}) \wedge (E_1 \vee (\overline{E_3} \wedge \overline{E_2}))}$

$f_n = E_1 \wedge E_2 \vee (\overline{E_1} \wedge (E_3 \vee E_2))$ (2)

$f_p = \overline{Q} = (\overline{E_1} \vee \overline{E_2}) \wedge (E_1 \vee (\overline{E_3} \wedge \overline{E_2}))$ (2)

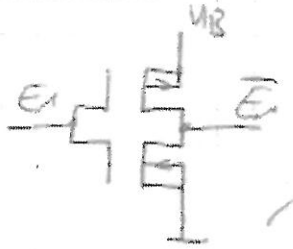
WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E46	EL3	KZR

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)

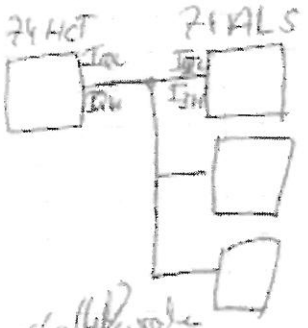
FSR - Klausurensammlung

K2R	E2L	E2L	E2A
Dozent	Fach	Semester	Seite

[redacted]

(3)

b) ~~Fanout = $\frac{I_{OL}}{I_{IL}} = \frac{8mA}{-0,4mA}$~~



$Fanout = \frac{4mA}{-120\mu A} = -33,3$

$Fanout = \frac{-4mA}{20\mu A} = -200$

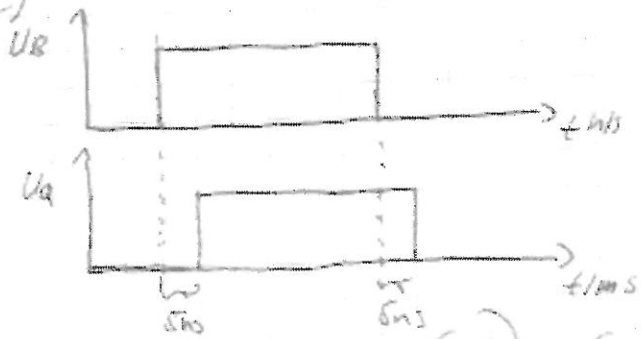
(3)

(✓)

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

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

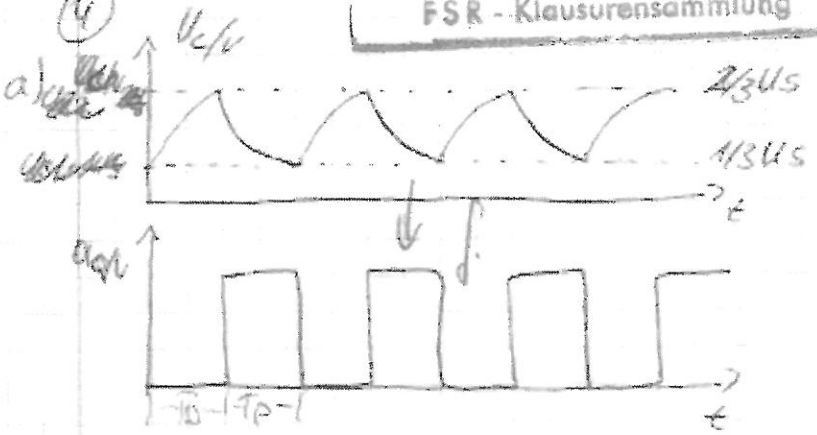
~~$U(E=1) = U_{ref}$~~

(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):

$$Q = (\overline{E}_1 \wedge \overline{E}_2) \vee (E_1 \wedge \overline{E}_3 \wedge E_4)$$

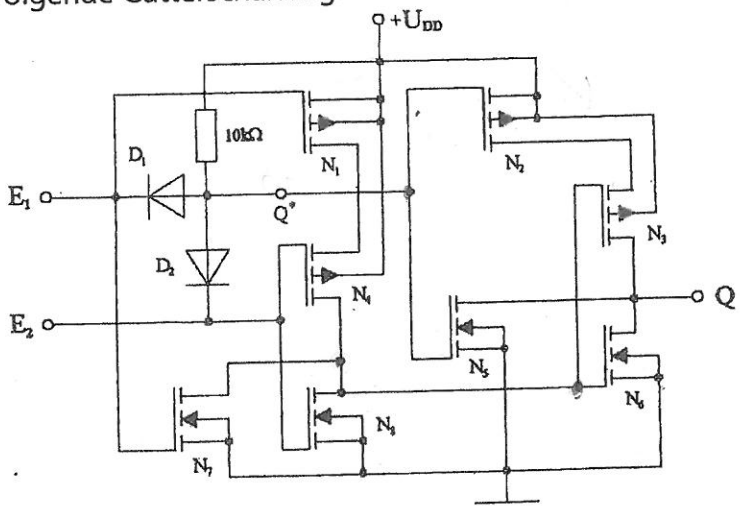
Schließen Sie alle Anschlüsse der N- und P-MOS-Transistoren korrekt an. Nur die nichtinvertierten Signale E_1, E_2, E_3, E_4 können als gegeben angesehen werden.

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			

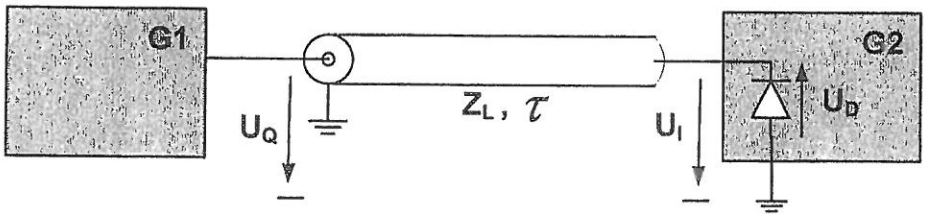


Abbildung 4.1: Zusammenschaltung zweier Gatter über eine Leitung

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.

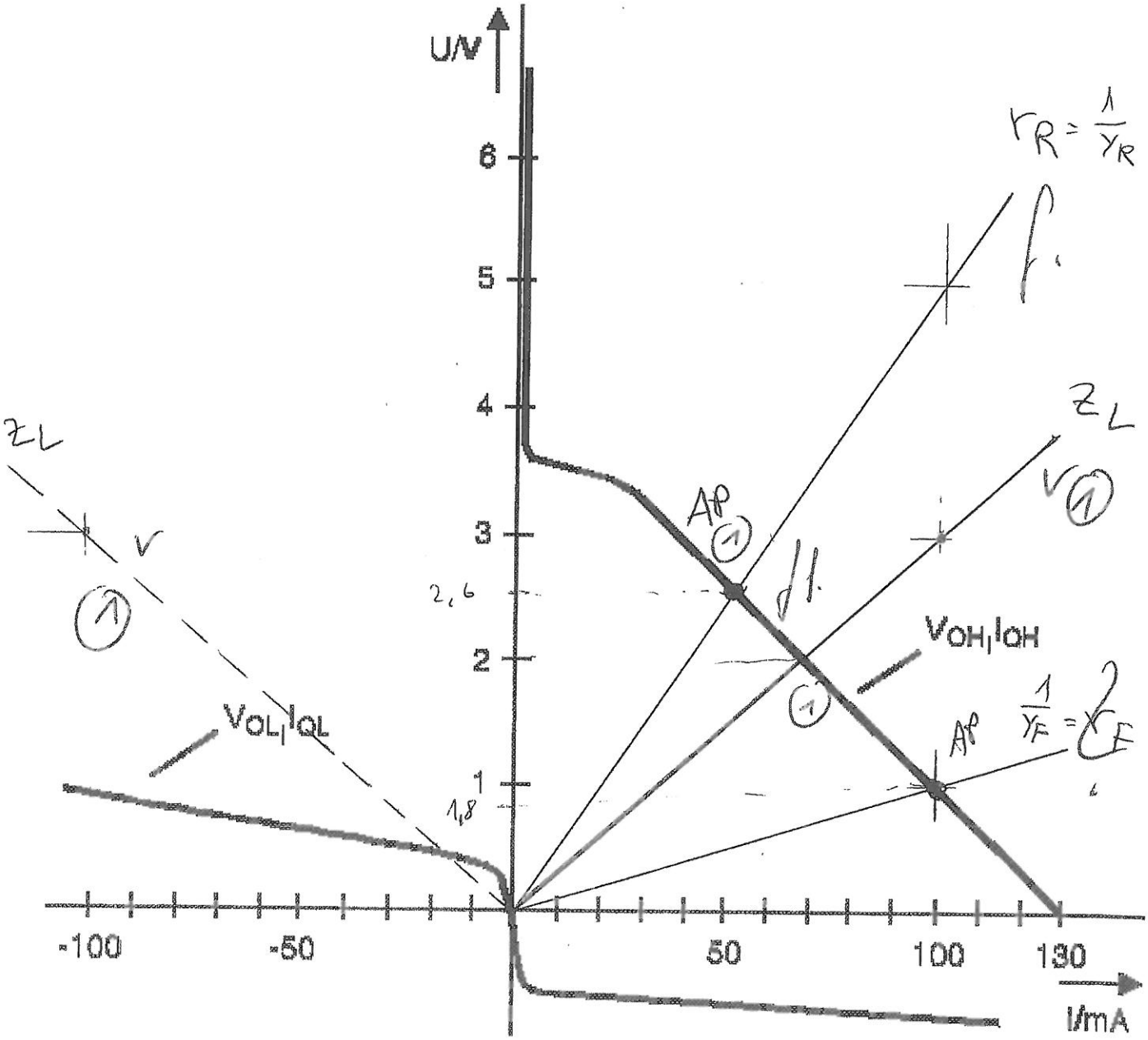


Abbildung 4.2: Bergeron-Diagramm

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

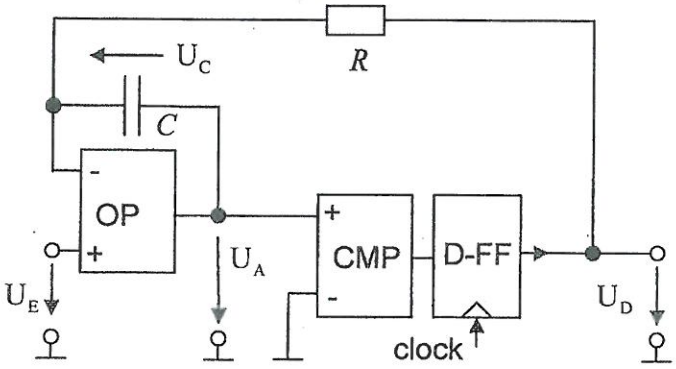
FSR - Klausurensammlung 3120

	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).

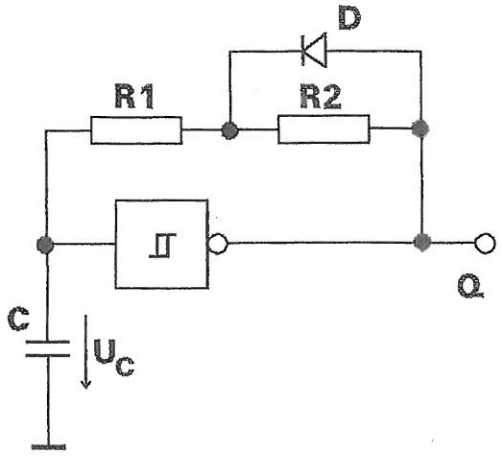
d) Schätzen Sie die effektive Bitanzahl **ENOB** aus dem **INL** ab.

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.

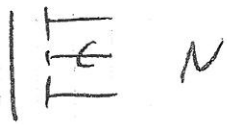
b) Bestimmen Sie die Frequenz des periodischen Ausgangssignals U_Q. Wie groß ist das Tastverhältnis $v_T = T_D / T$?

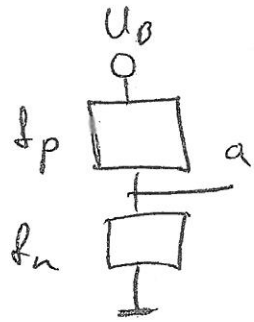
c) Bestimmen Sie nun den Widerstandswert für R2 neu (Die Werte von R1 und C bleiben erhalten!) unter der Randbedingung, dass nun ein Tastverhältnis von v_T = 0,5 erreicht werden soll. Wie groß ist nun die Frequenz des Ausgangssignals?

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

FSR - Klausurensammlung 5120

Aufgabe 1)





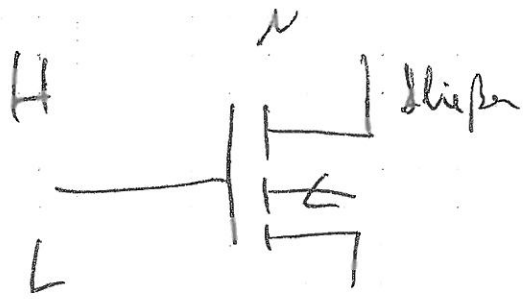
$$Q = (\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_1 \wedge \overline{E_3} \wedge E_4)$$

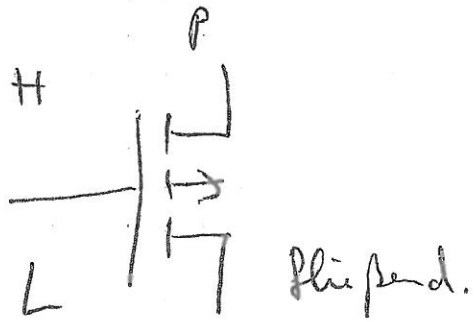
$$f_n = \overline{Q} = \overline{(\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_1 \wedge \overline{E_3} \wedge E_4)}$$

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

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

$$f_p = (\overline{E_1} \wedge \overline{E_2}) \vee (E_1 \wedge \overline{E_3} \wedge E_4) \quad \checkmark \; 2$$

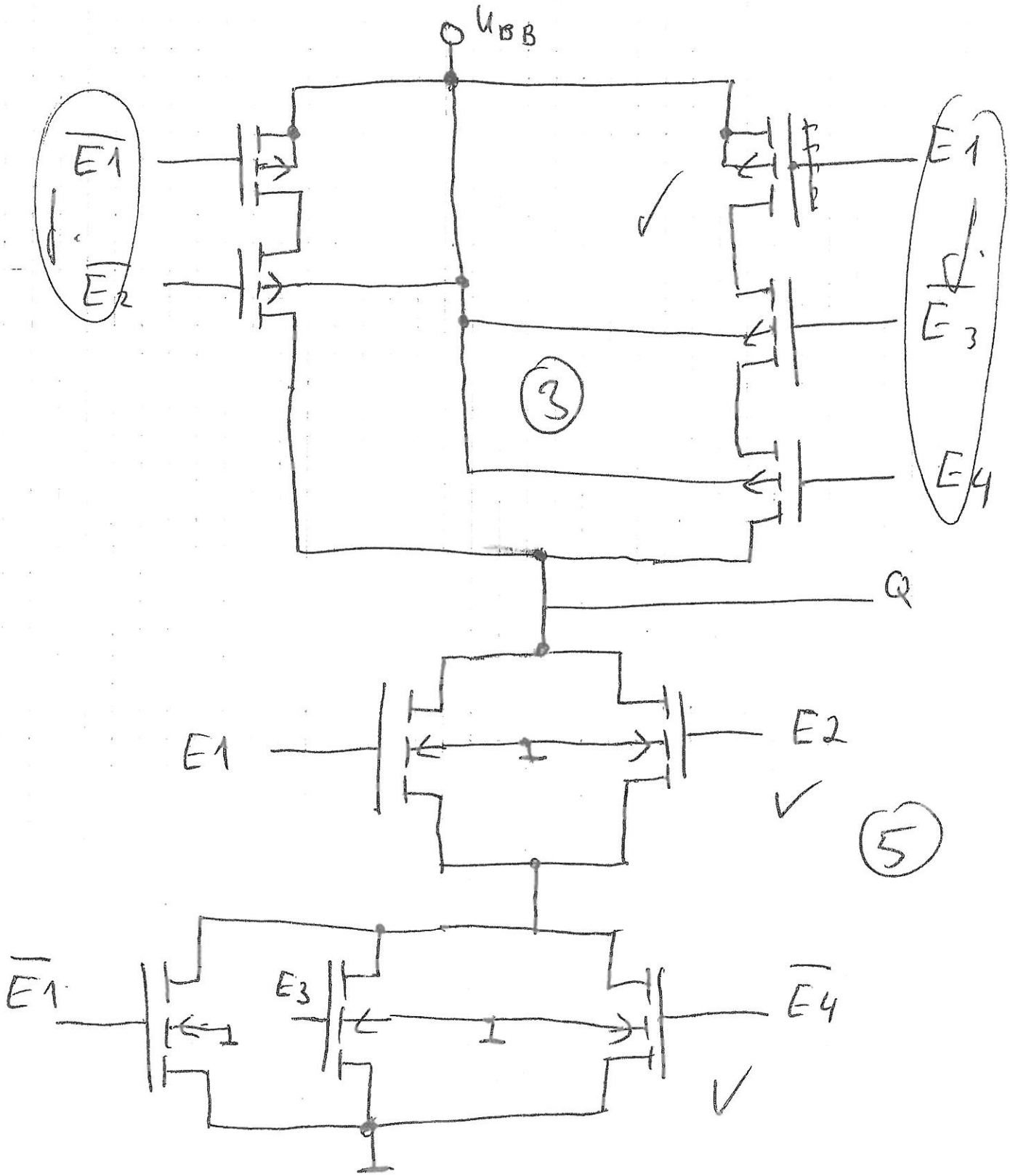




SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	EL3	KZR

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

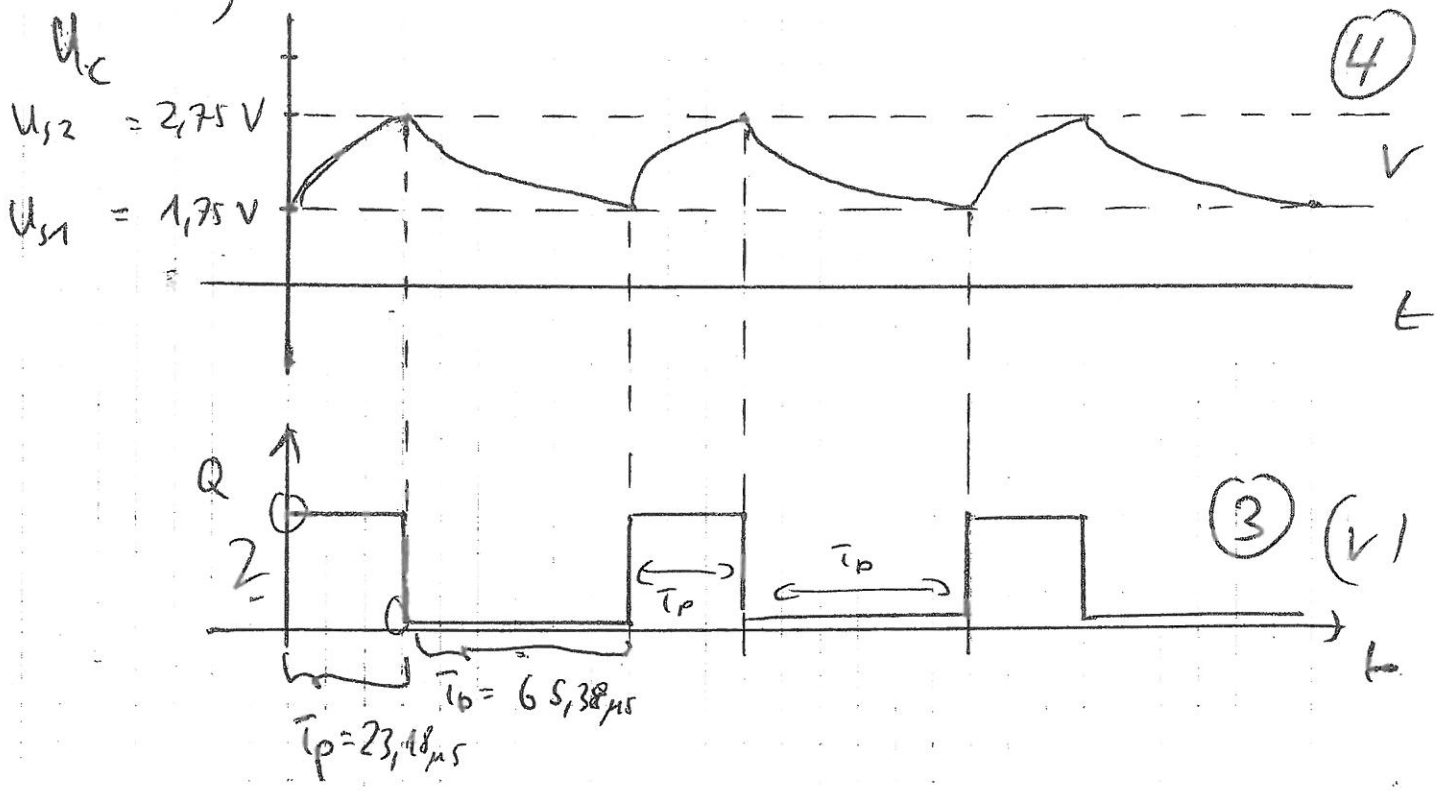
10

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