

Nachklausur EL3 – SS2013 – OP, AD-/DA-Umsetzer, Optokoppler – Lösungen

T2ELG2005.3 EL3 (MA TEL11AAT/AET) ▼

Deckblatt

Anzahl
Lösungsbogen

Nachklausur EL3 – SS2013 – Teil II – OP, AD-/DA-Umsetzer, Optokoppler
T2ELG2005.3 EL3 (MA-TEL11AAT/AET)

Fakultät für Technik

Studiengang Elektrotechnik Mannheim

Datum: _____

Studierende/r
Name _____

Matrikel-Nr. _____

Kurs _____ Sem. _____ Dozent Dipl.-Ing. FH Rainer Bayer

Hilfsmittel Skript, Formelsammlung, Taschenrechner Bearbeitungszeit 45 min

Bewertung Maximale Punktzahl _____ Erreichte Punktzahl _____
Note _____ Datum / Signum _____

Hinweise nicht zugelassen: alte Klausuraufgaben und deren Lösungen
Bearbeitungsreihenfolge: beliebig
Lösungen: wenn nicht anders angegeben, nur auf extra Lösungsbogen

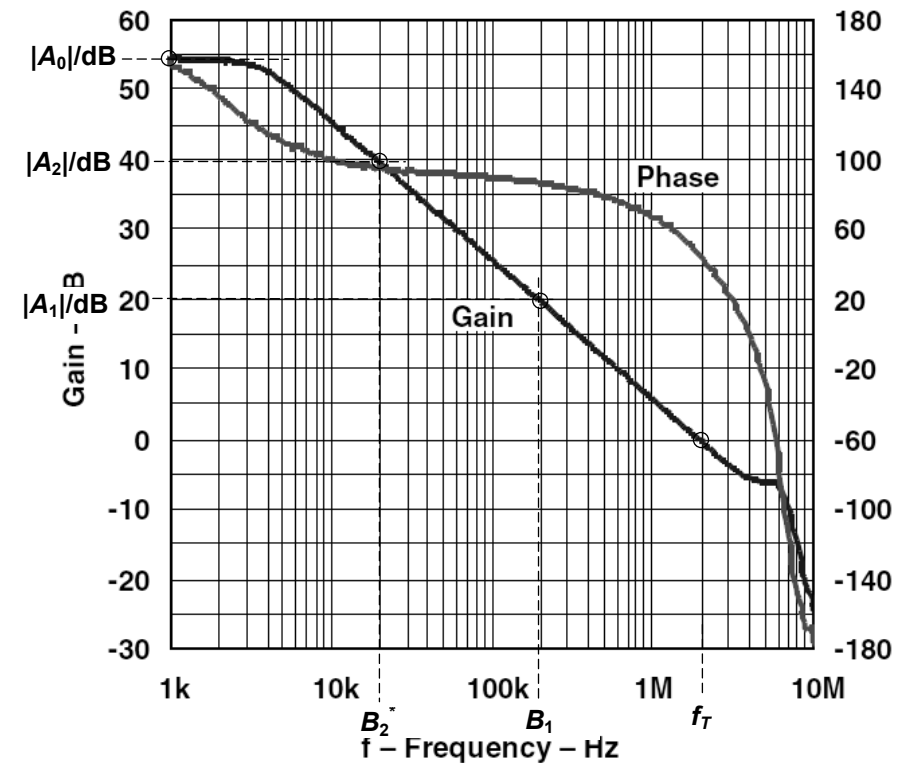
Anmerkungen _____

Aufg.	Thema	Blatt	Punkte max.	Punkte erzielt	Anmerkungen
1	OP – Frequenzgang, Slew-Rate	2	11		
2	Optokoppler	3	10		
3	DA-Umsetzer: Dividierender R-2R-DAU	4	11		
4	Idealer OP – Schaltungsanalyse	4	10		
Σ			42		

Aufg. 1: OP – Frequenzgang

11

Amplituden-Frequenzgang: „Gain“



Hinweis: Schnittpunkt mit Gain-Plot für Frequenzen ab Grenzfrequenz Dominanzpol (Flanke; -20 dB/Dek) entspricht bereits -3 dB

a) Abgelesen: $|A_0|/\text{dB} \cong 55 \text{ dB} \rightarrow |A_0| \cong 560$; $f_T \cong 2 \text{ MHz}$

3

b) $|A_1| = 10 \rightarrow |A_1|/\text{dB} = 20 \text{ dB}$; abgelesen: $B_1 \cong 190 \text{ kHz}$

2

c) Maßgebend ist die maximale Frequenz: $B_2^* := 20 \text{ kHz}$.

3

Abgelesen: $|A_2|/\text{dB} \cong 40 \text{ dB} \rightarrow |A_2| \cong 100$

Aufg. 1: OP – Frequenzgang (fortgesetzt)

- d) Für die Slew-Rate sr ist die max. Frequenz $f_{2,max} = 20 \text{ kHz}$ maßgebend, wegen Exemplarstreuungen muss die minimale (worst-case) Slew-Rate sr_{min} eingesetzt werden.

Für harmonische Schwingungen (sin-/cos-förmig) gilt damit:

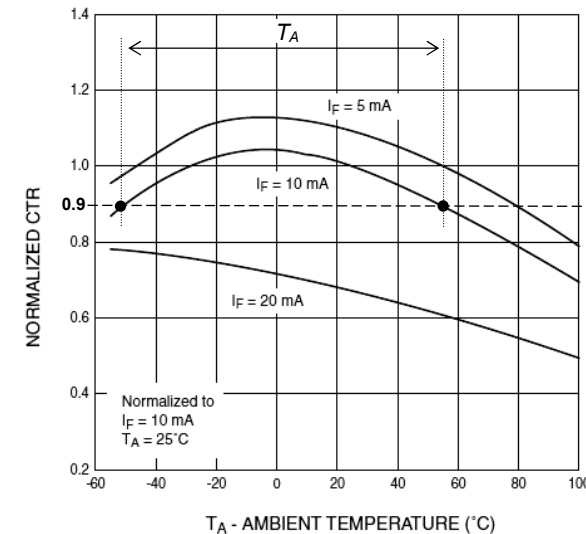
$$sr_{min} = \hat{U}_{a,max} \cdot 2\pi \cdot f_{2,max}$$

$$\underline{\underline{\hat{U}_{a,max}}} = \frac{sr_{min}}{2\pi \cdot f_{2,max}} = \frac{1,3 \text{ V}/\mu\text{s}}{2\pi \cdot 20 \text{ kHz}} = \frac{1,3 \cdot 10^6}{2\pi \cdot 20 \cdot 10^3} \text{ V} = \underline{\underline{10,3 \text{ V}}}$$

3

Aufg. 2: Optokoppler (OC) mit LED / Fototransistor

10



- a) Maßgebend ist wg. Exemplarstreuungen $CTR_{min} = 50\% \hat{=} 0,5$

4

$$I_{C,max}^* = I_F \cdot CTR_{min} = 10 \text{ mA} \cdot 0,5 = 5 \text{ mA}$$

$$I_{C,max}^{**} = \ddot{u} \cdot I_{C,max} = 3 \cdot 1,5 \text{ mA} = 4,5 \text{ mA}$$

$$CTR_{norm,min} = I_{C,max}^{**} / I_{C,max}^* = 4,5 \text{ mA} / 5 \text{ mA} = 0,9$$

aus Diagramm abgelesen: $\underline{\underline{T_A = [-51; +55]^\circ\text{C}}}$

- b) I.d.R. mit einem „Pull-up“-Widerstand vom Kollektor gegen das (positive) Potenzial, das sich im gesperrten Zustand einstellen soll

2

- c) Rise- und Fall-Time des OC-Transistors sind zu groß;
Abhilfe: Schmitt-Trigger (integriert in speziellen OC-Ausführungen oder als Signalkonditionierung vor der Digitalschaltung)

2

- d) – Isolation Resistance R_{ISO}

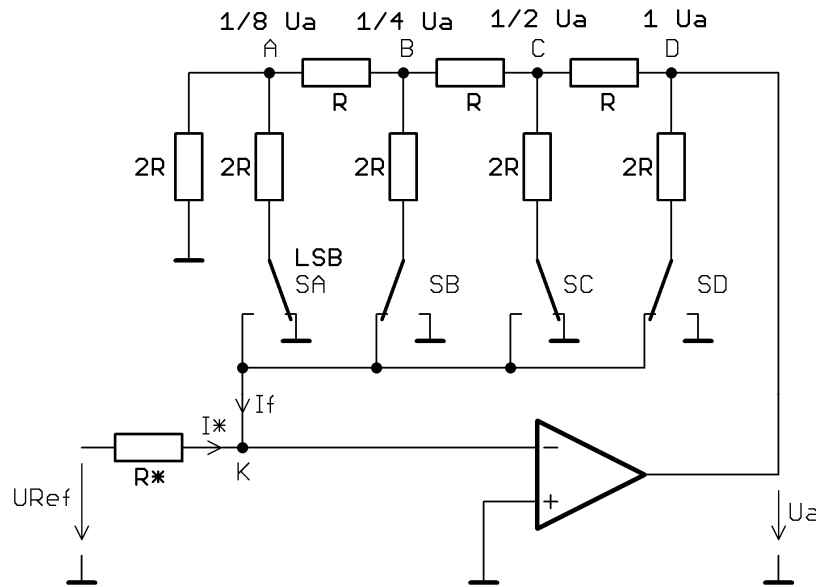
2

– Isolation Capacitance C_{ISO}

zwischen Sender und Empfänger im Gehäuse

Aufg. 3: Dividierender R-2R-DAU

11



a) Siehe Schaltg.; jeder Knoten D...A „sieht“ einen Lastwiderstand von R

b) Umschalter SA; $1 \text{ LSB} \hat{=} 1/8 \cdot U_a$; $SA \hat{=} 2^0$

c) Siehe Schaltg. ‚0‘ = „echte“ Masse; ‚1‘ = N-Eingang OP (virtuelle Masse, Stromsummierung)

$$d) \underline{I_f} = \frac{U_a}{2R} \left(1 \cdot 1 + 0 \cdot \frac{1}{2} + 1 \cdot \frac{1}{4} + 0 \cdot \frac{1}{8} \right) = \frac{5}{8} \cdot \frac{U_a}{R}; \quad \underline{I^*} = \frac{U_{Ref}}{R^*}$$

$$e) (+I_f) + (+I^*) + (0) = 0 \rightarrow \underline{I_f} = -I^*$$

$$\frac{5}{8} \cdot \frac{U_a}{R} = -\frac{U_{Ref}}{R^*} \xrightarrow{R^*=16R} \underline{U_a} = -\frac{1}{10} U_{Ref}$$

$$(z = 1010_2 = 10_{10}; \text{ inv. dividierender DAU: } U_a = -\frac{1}{z} U_{Ref} \text{ f\"ur } z \neq 0)$$

Aufg. 4: Rechteck-Dreieck-Generator

10

Für die geg. Schaltung gilt: $\{u_{TR}; u_{SQ}\}$ sind bipolar, symmetrisch (Tastgrad 50%), gleichspannungsfrei und gleichfrequent

a) Nicht-invertierender Schmitt-Trigger (U1)

3

$$\text{Es ist: } |U_{TH}| = \hat{U}_{TR}; \quad \frac{R2}{R3} = \left| \frac{U_{TH}}{U_{amax}} \right|$$

$$\underline{R2} = \left| \frac{\hat{U}_{TR}}{U_{amax}} \right| \cdot R3 = \frac{10 \text{ V}}{13,5 \text{ V}} \cdot 27 \text{ k}\Omega = \underline{20 \text{ k}\Omega}$$

b) Invertierender Schmitt-Trigger (U2)

7

$$\text{allgem. gilt: } u_{TR}(t_2) = -\frac{1}{RC} \int_{t=t_1}^{t=t_2} u_{SQ}(t) dt + u_{TR}(t_1) \quad [1]$$

Gewählt wird $t_1 = 0$ und $t_2 = t_i$; es ist $t_i = T/2 = 1/(2f)$ und $u_{TR}(t_1 = 0) = +U_{TH}$; $u_{TR}(t_2 = t_i) = -U_{TH}$; $u_{SQ}(t) = \text{const.} = +U_{amax}$

In [1] ist $R = R1 + R13$;bei $f = f_{max}$ ist $R1 = 0$ und damit $R = R13$; $t_i = 1/(2f_{max})$ Virtuelle Masse am N-Eingang von U1, $f = f_{max}$:

$$\underline{R13} = \frac{|U_{amax}|}{|i_C|_{max}} = \frac{13,5 \text{ V}}{1,35 \text{ mA}} = \underline{10 \text{ k}\Omega}$$

$$\text{Aus [1]: } -U_{TH} = -\frac{1}{R13 \cdot C} \cdot \frac{1}{2f_{max}} \cdot (+U_{amax}) + (+U_{TH})$$

$$\underline{C} = \frac{1}{2R13} \cdot \frac{U_{amax}}{U_{TH}} \cdot \frac{1}{2f_{max}} = \frac{1}{2 \cdot 10 \text{ k}\Omega} \cdot \frac{13,5 \text{ V}}{10 \text{ V}} \cdot \frac{1}{2 \cdot 1 \text{ kHz}} = \underline{33,8 \text{ nF}}$$

Hinweis: für die Schaltung gilt bei dualer Spannungsversorgung allg.

$$f = \frac{R3}{R2} \cdot \frac{1}{4(R1 + R13)C}$$