

Klausur Elektronik

30. März 2023, 8:00-9:40, H0105

Winter 2022/23

Bearbeitungszeit: 100 Minuten

- Legen Sie einen **Ausweis** (Studentenausweis, Personalausweis o. ä.) auf den Tisch.
- **Schalten Sie alle Ihre Mobiltelefone aus.**
- **Benutzen Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt und machen Sie die Aufgabennummer kennlich**
- **Schreiben Sie Ihren Nachnamen und die Matrikelnummer auf jedes verwendete Blatt**
- Schreiben Sie **nicht** mit Bleistift!
Schreiben Sie nur in **blau** oder **schwarz!**
- Als Hilfsmittel sind erlaubt: ein nicht programmierbarer Taschenrechner, Lineal

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

letzter Versuch ja nein

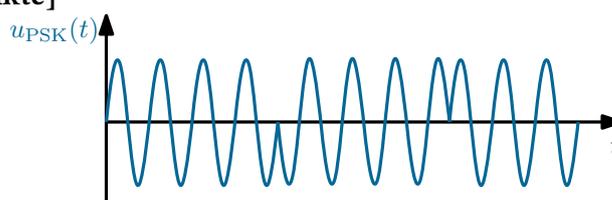
Aufgabe	Punkte	erreicht
1	15	
2	10	
3	10	
4	5	
5	10	

Verständnis- und Schaltungsentwurf (Zuordnung VL)

1. Aufgabe [15 Punkte]: Allgemeine Fragen

1.1. PLL-Anwendung: Taktrückgewinnung [6 Punkte]

Wie kann mit einer PLL ein Takt eines phasen-kodierten Signals (*phase shift keying, PSK*, siehe Abbildung) rückgewonnen werden? Skizzieren Sie ein prinzipielles Blockschaltbild [3P] und beschreiben Sie die Funktionsweise [3P].



1.2. Auswahl einer Stromversorgungsschaltung [3 Punkte]

Für eine Stromversorgung soll aus einer DC-Spannung von 24 V eine Spannung von 3,3 V bereitgestellt werden, der Ausgangsstrom soll bis zu 5 A betragen. Welchen Ansatz für die Stromversorgung wählen Sie, wenn Sie die entstehende Verlustleistung minimieren sollen? Skizzieren Sie Ihre Lösung und beschreiben Sie stichpunktartig, warum Sie diese auswählen.

1.3. Polstellen einer komplexen Übertragungsfunktion [2 Punkte]

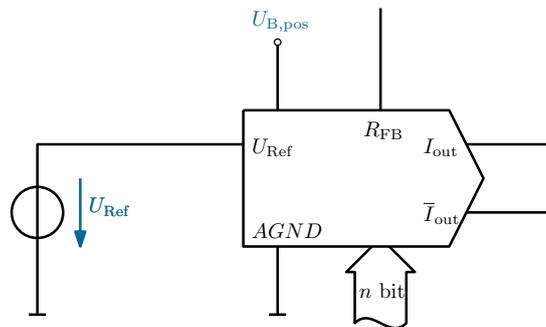
Welchen Einfluss haben die Polstellen einer komplexen Übertragungsfunktion eines Tiefpassfilters

$$\underline{H}_{\text{TP}}(s) = \frac{1}{1 + a_1 s + a_2 s^2} \quad (1)$$

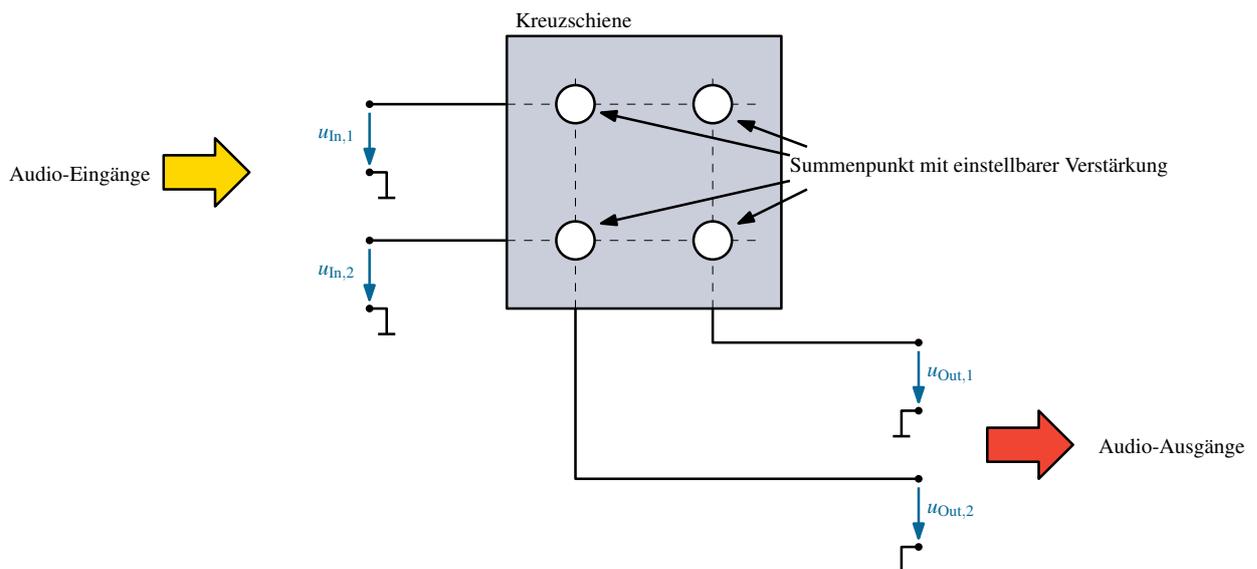
auf den Betragsfrequenzgang $|\underline{H}_{\text{TP}}(s)|$ bzw. $|\underline{H}_{\text{TP}}(j\omega)|$?

1.4. Digital-Analog-Umsetzer [4 Punkte]

Ein Digital-Analog-Umsetzer mit komplementären Stromausgängen und asymmetrischer Spannungsversorgung soll so beschaltet werden, dass eine bipolare Ausgangsspannung zur Verfügung steht. Ergänzen Sie die Schaltung. Für Ihren Schaltungsteil steht eine symmetrische Betriebsspannung zur Verfügung.



2. Aufgabe [10 Punkte]: Entwurf einer 2×2 -Mono Kreuzschiene



Entworfen werden soll eine 2×2 -Kreuzschiene für Mono-Audiosignale. Die Schaltung hat zwei Eingänge, die mit einstellbarer Verstärkung $k_{out,in}$ von $0 \dots 2$ auf einen oder beide Ausgänge geschaltet werden können. Mathematisch lassen sich die Eingangsspannungen beschreiben mit

$$\begin{aligned} u_{Out,1} &= k_{1,1} \cdot u_{IN,1} + k_{1,2} \cdot u_{IN,2} \\ u_{Out,2} &= k_{2,1} \cdot u_{IN,1} + k_{2,2} \cdot u_{IN,2} \\ &\text{mit } k_{1,1}, k_{1,2}, k_{2,1}, k_{2,2} \in [0; 2] \end{aligned}$$

Die masse-bezogenen Audiosignale haben eine Amplitude von ± 1 V und liegen im Frequenzbereich von $0 \dots 20$ kHz.

Hinweis: Praktisch kann man damit ein einzelnes Audioignal jeden der zwei Ausgänge aufschalten und dessen Pegel (Lautstärke) in beiden Ausgängen einzeln einstellen. Gleichmaßen können zwei Audiosignale auf einen Ausgang gemischt, wobei wiederum jedes der Signale im Pegel (Lautstärke) einstellbar ist.

2.1. Blockschaltbild [2 Punkte]

Skizzieren Sie ein Blockschaltbild, mit dem Sie darstellen, wie die Funktionalität durch Operationsverstärker-Grundsaltungen realisiert wird.

2.2. Realisierung [7 Punkte]

Entwerfen Sie die Schaltung der Audio-Kreuzschiene und zeichnen Sie diese *in nachvollziehbarer und verständlicher Form*. Geben Sie die Werte für passive Bauelemente an.

Hinweis: Sie können so viele Operationsverstärker verbrauchen, wie Sie wollen. Sie können aber auch welche übrig lassen.

Hinweis: Nachvollziehbar heisst, dass Sie diese Schaltung im Labor nach Ihrer Zeichnung sofort aufbauen können. Selbst ausgedachte Symbole sind ebenso verboten wie das Weglassen der Versorgungsspannung.

2.3. Anforderungen an die Operationsverstärker [1 Punkt]

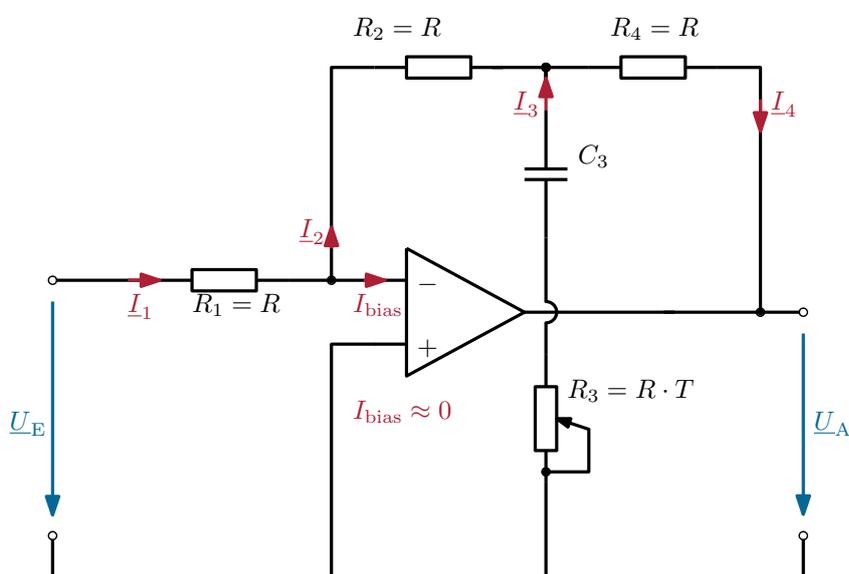
Hinsichtlich welcher Anforderung wählen Sie die verwendeten Operationsverstärker aus? Begründen Sie Ihre Antwort stichpunktartig, gern auch mit einer kurzen Berechnung eines Parameters, der in die Auswahl einbezogen werden soll.

Rechenaufgaben (Zuordnung UE)

3. Aufgabe [10 Punkte]: Einstellbare Schaltung mit Operationsverstärker

Gegeben ist die folgende Schaltung. Der Operationsverstärker ist als ideal anzunehmen ($V_U \rightarrow \infty$, $R_E \rightarrow \infty$). Die Widerstände haben alle den selben Wert R , der einstellbare Widerstand lässt sich mittels Schleifer auf einen Wert $R \cdot T$ einstellen, hierbei ist $0 \leq T \leq 1$.

Hinweis: Es haben wirklich **alle** Widerstände den Wert R , außer R_2 natürlich, wenn der Schleifer bewegt wird. Wenn (oder falls) Sie das hier gelesen haben, dann können Sie das auch berücksichtigen. Es macht die Sache einfacher. Für Sie!



3.1. Bestimmung der komplexen Übertragungsfunktion [7 Punkte]

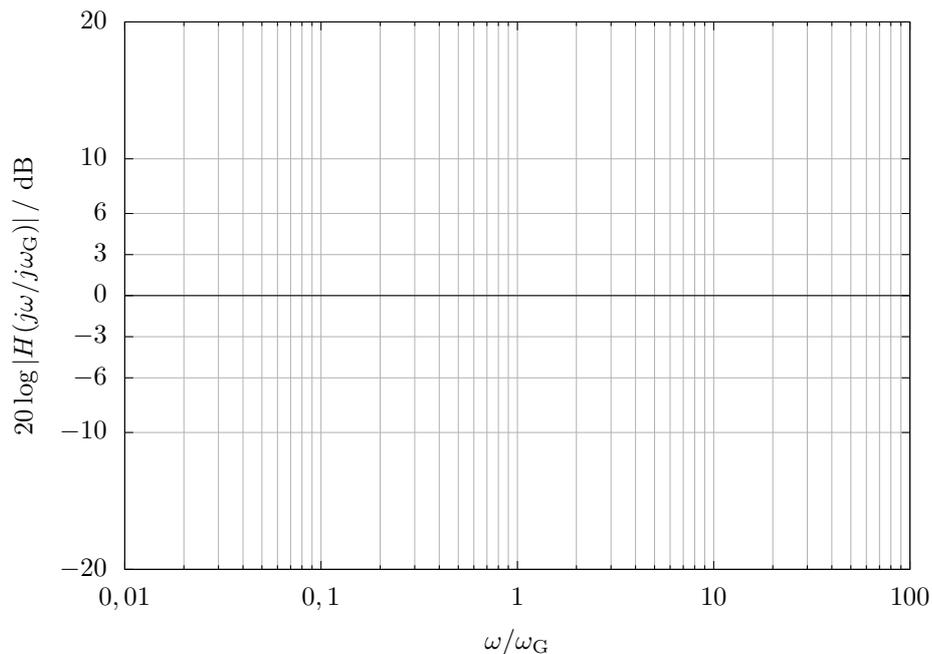
Bestimmen Sie die komplexe Übertragungsfunktion als Funktion der Schleiferstellung $\underline{H} = f(T)$, $T \in [0; 1]$.

Hinweis:

- Stellen Sie geeignete Maschen- und Knotengleichungen auf.
- Eliminieren Sie in den Maschen- und Knotengleichungen alle Ströme und alle Spannungen außer \underline{U}_A und \underline{U}_E .

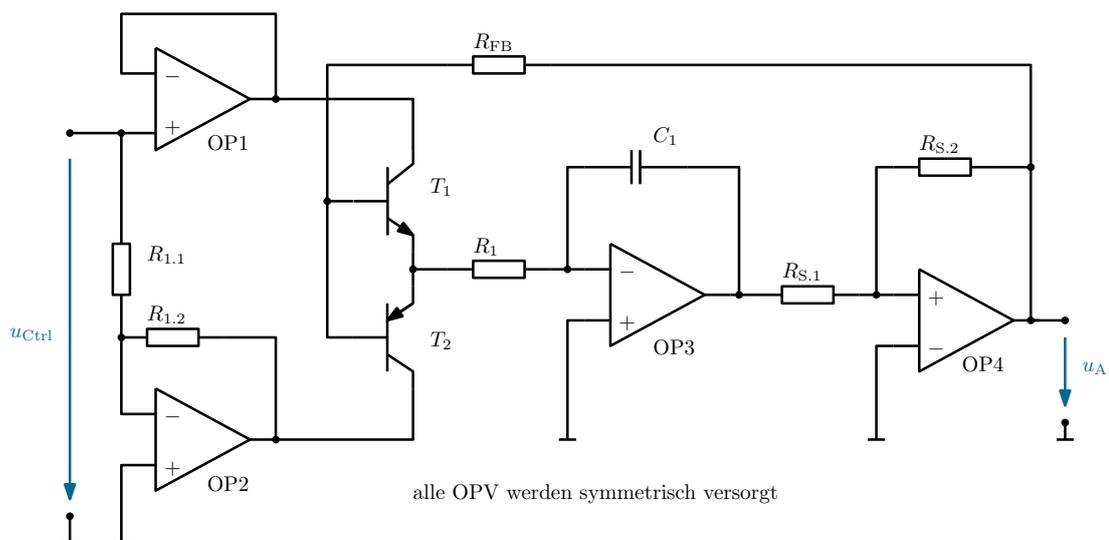
3.2. Betragsfrequenzgang [3 Punkte]

Skizzieren Sie das Bode-Diagramm des Betragsfrequenzgangs $|\underline{H}(j\omega)|$ bzw. $|\underline{H}(s)|$ für die Fälle $T \rightarrow 0$, $T = 0,5$ und $T = 1$. Hierbei sei $\omega_G = 1/RC$



4. Aufgabe [5 Punkte]: Einfacher spannungsgesteuerter Oszillator

Die Funktion des folgenden spannungsgesteuerte Oszillator (VCO) soll beschrieben werden.



Für die Schaltung und deren Bauelemente gilt:

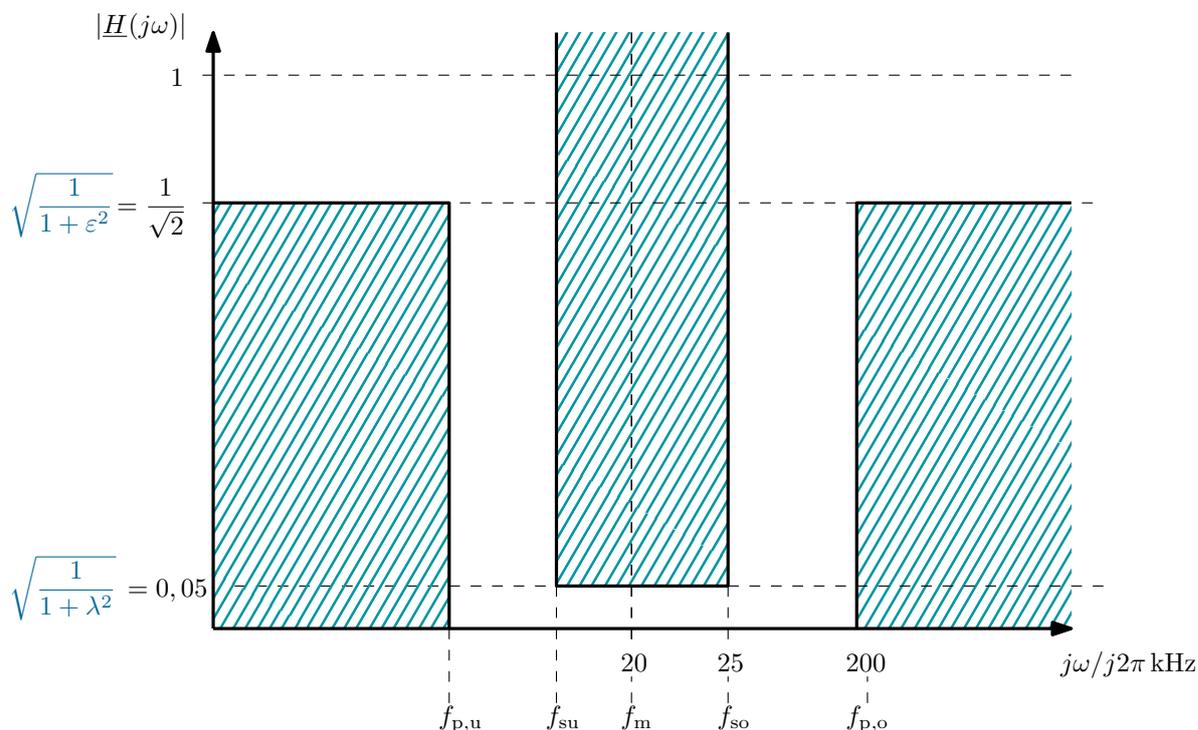
- Die Operationsverstärker sind ideal und symmetrisch versorgt mit $\pm 10\text{ V}$.
- Die Transistoren können auch als ideale Schalter betrachtet werden.
- Für die Bauteile gilt
 - $R_{1,1} = R_{1,2} = R_{FB} = 10\text{ k}\Omega$
 - $R_{S,1} = 5\text{ k}\Omega, R_{S,2} = 10\text{ k}\Omega$
 - $R_1 = 10\text{ k}\Omega, C_1 = 100\text{ nF}$

Geben Sie einen formelmäßigen Zusammenhang für die Frequenz der Ausgangsspannung u_A in Abhängigkeit der Steuerspannung u_{ctrl} an.

Welche Frequenz wird die Ausgangsspannung haben, wenn die Spannung $U_{ctrl} = 1\text{ V}$ beträgt?

5. Aufgabe [10 Punkte]: Filterentwurf

Es soll ein *Bandpassfilter* mit **Butterworth-Charakteristik** und einer Mittenfrequenz von $f_m = 20$ kHz (als Kreisfrequenz $\omega_m = 2\pi \cdot 20$ kHz) entworfen werden, hierfür gilt das folgende Toleranzschema:



5.1. Normierung und Transformation [3 Punkte]

1. Berechnen Sie die fehlenden Werte für $f_{p,u}$ und $f_{s,u}$ [1P].
2. Normieren Sie charakteristische Punkte ($f_{s,u}$, $f_{s,o}$, $f_{p,u}$, $f_{p,o}$) der Übertragungsfunktion des Bandpassfilters auf die Mittenfrequenz f_m [1P].
3. Transformieren Sie diese mittels der Bandpass-Tiefpass-Transformation [1P]

$$S^{(TP)} = \frac{\Delta\Omega}{S^{(BS)} + \frac{1}{S^{(BS)}}}, \quad (2)$$

hierin ist $S^{(BS)} = s/\omega_m$ die auf die Mittenfrequenz normierte Frequenzvariable des Bandpassfilters und

$\Delta\Omega = (\omega_o - \omega_u)/\omega_m$ die normierte Bandbreite.

5.2. Toleranzschema des korrespondierenden Tiefpassfilters [1 Punkt]

Skizzieren Sie das Toleranzschema des korrespondierenden Tiefpassfilters unter Angabe von allen charakteristischen Punkten und Größen.

5.3. Festlegen der Filterordnung [2 Punkte]

Bestimmen Sie die kleinstmögliche Ordnung des Filters, die das Toleranzschema erfüllt.

Hinweis: Hilfreich ist der Zusammenhang

$$n \geq \frac{\log_{10} \frac{\lambda}{\varepsilon}}{\log_{10} \frac{\omega_s}{\omega_g}} \quad (3)$$

5.4. Übertragungsfunktion des korrespondierenden Tiefpassfilters [1 Punkt]

Notieren Sie die Übertragungsfunktion des korrespondierenden Tiefpassfilters mit der in Aufgabe 5.3 festgelegten Ordnung. Die Koeffizienten für Butterworth-Filter finden Sie im Anhang der Klausur.

- Hinweis:**
- Sollten Sie in 5.3 keine Ordnung bestimmt haben, so nehmen Sie $n = 2$ an.
 - Stellen Sie die Übertragungsfunktion als Produkt von Termen 1. und 2. Ordnung dar.

5.5. Übertragungsfunktion des Bandsperrfilters [3 Punkte]

Geben Sie die normierte **und** die ent-normierte Übertragungsfunktion des Bandsperrfilters an.

Koeffiziententabelle für Butterworth-Filter (normiert)

n	i	a_i	b_i	f_{gi}/f_g	Q_i
1	1	1,00000	0	1,000	-
2	1	1,4142	1,000	1,000	0,71
3	1	1,0000	0	1,000	-
	2	1,0000	1,0000	1,272	1,00
4	1	1,8478	0	0,791	0,54
	2	0,7654	1,0000	1,390	1,31
5	1	1,0000	0	1,000	-
	2	1,6180	1,0000	0,859	0,62
	3	0,6180	1,0000	1,448	1,62
6	1	1,9319	1,0000	0,676	0,52
	2	1,4142	1,0000	1,000	1,00
	3	0,5176	1,0000	1,479	1,93
7	1	1,0000	0	1,000	-
	2	1,8019	1,0000	0,745	0,55
	3	1,2470	1,0000	1,117	0,80
	4	0,4450	1,0000	1,499	2,25
8	1	1,9616	1,0000	0,661	0,51
	2	1,6629	1,0000	0,829	0,60
	3	1,1111	1,0000	1,206	0,90
	4	0,3902	1,0000	1,512	2,56