

Klausur Elektronik

4. März 2022, 8:00-9:30, MA001



Winter 2021/22

Bearbeitungszeit: 90 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.:

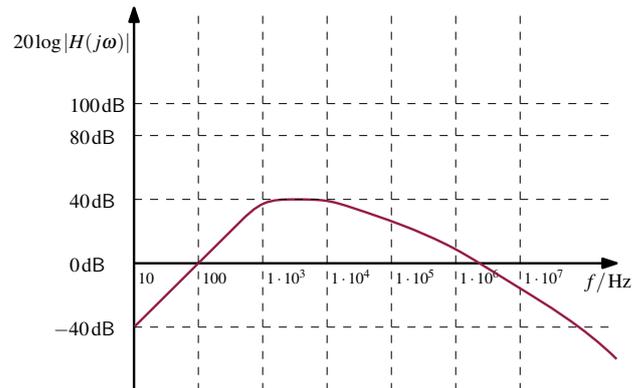
letzter Versuch ja nein

Aufgabe	Punkte	erreicht
1	15	
2	5	
3	10	
4	10	

1. Aufgabe [15 Punkte]: Allgemeine Fragen

1.1. Interpretation eines Filterentwurfs [3 Punkte]

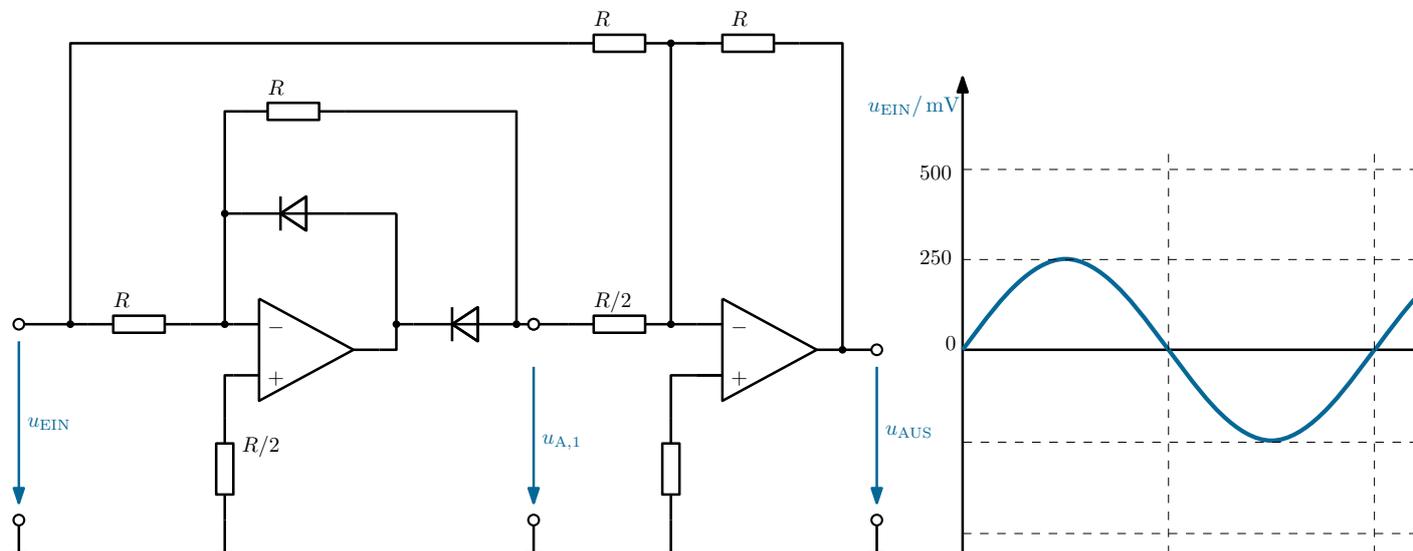
Nach dem Entwurf eines *aktiven Hochpasses 2. Ordnung* mit Mehrfachgegenkopplung (Multiple-Feedback-Struktur) und einer gewünschten Grenzfrequenz von $f_G = 1 \text{ kHz}$ bauen Sie die Schaltung auf und messen den dargestellten Betragsfrequenzgang.



1. Interpretieren Sie den Verlauf: Was passiert hier und warum ist das so [2P]?
2. Wie können Sie das Verhalten verändern und des dem theoretisch Erwarteten anpassen [1P]?

1.2. Applikationsschaltung [3 Punkte]

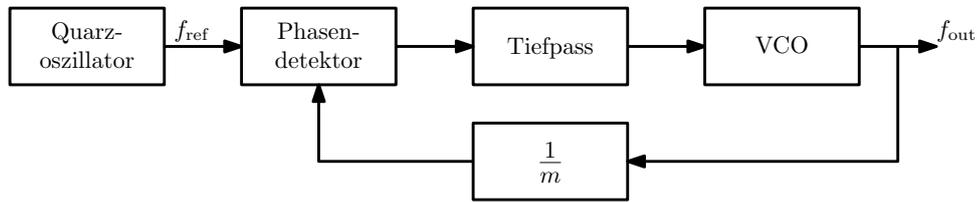
Gegeben ist die folgende Schaltung:



Für die Eingangsspannung $u_{\text{EIN}}(t) = \hat{u}_{\text{EIN}} \sin(\omega t)$ gilt $\hat{u}_{\text{EIN}} = 0,25 \text{ V}$. Tragen Sie den prinzipiellen Verlauf von $u_{\text{A},1}$ und u_{AUS} in das Diagramm ein [2P]. Um was für eine Schaltung handelt es sich [1P]?

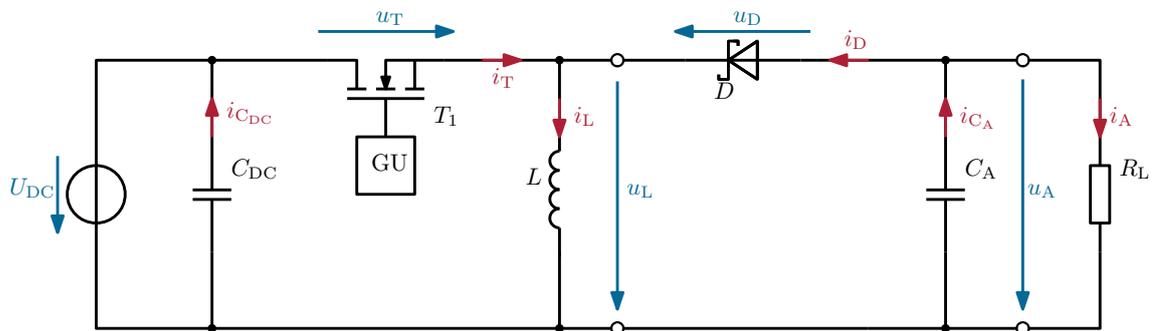
1.3. PLL-Anwendung [4 Punkte]

Welche Funktion wird mit dem dargestellten Blockschaltbild realisiert [1P]? Beschreiben Sie die Funktionsweise stichpunktartig [2P]. Geben Sie die Ausgangsfrequenz an, wenn $f_{\text{ref}} = 10 \text{ MHz}$ ist und $m = 7$ gilt [1P].



1.4. Geschaltete Stromversorgung [2 Punkte]

Welche Funktion wird mit der gegebene Schaltung realisiert [1P] und welchen Wert hat die Ausgangsspannung U_A , wenn ideale Komponenten vorausgesetzt werden und das Tastverhältnis $v_T = t_{\text{ein}}/T = 0,5$ ist [1P]?



1.5. Analog-Digital-Umsetzer [3 Punkte]

Erklären Sie die grundlegende Funktionsweise eines *Pipelined ADC* stichpunktartig [2P] und skizzieren Sie hierzu ein Blockschaltbild [1P].

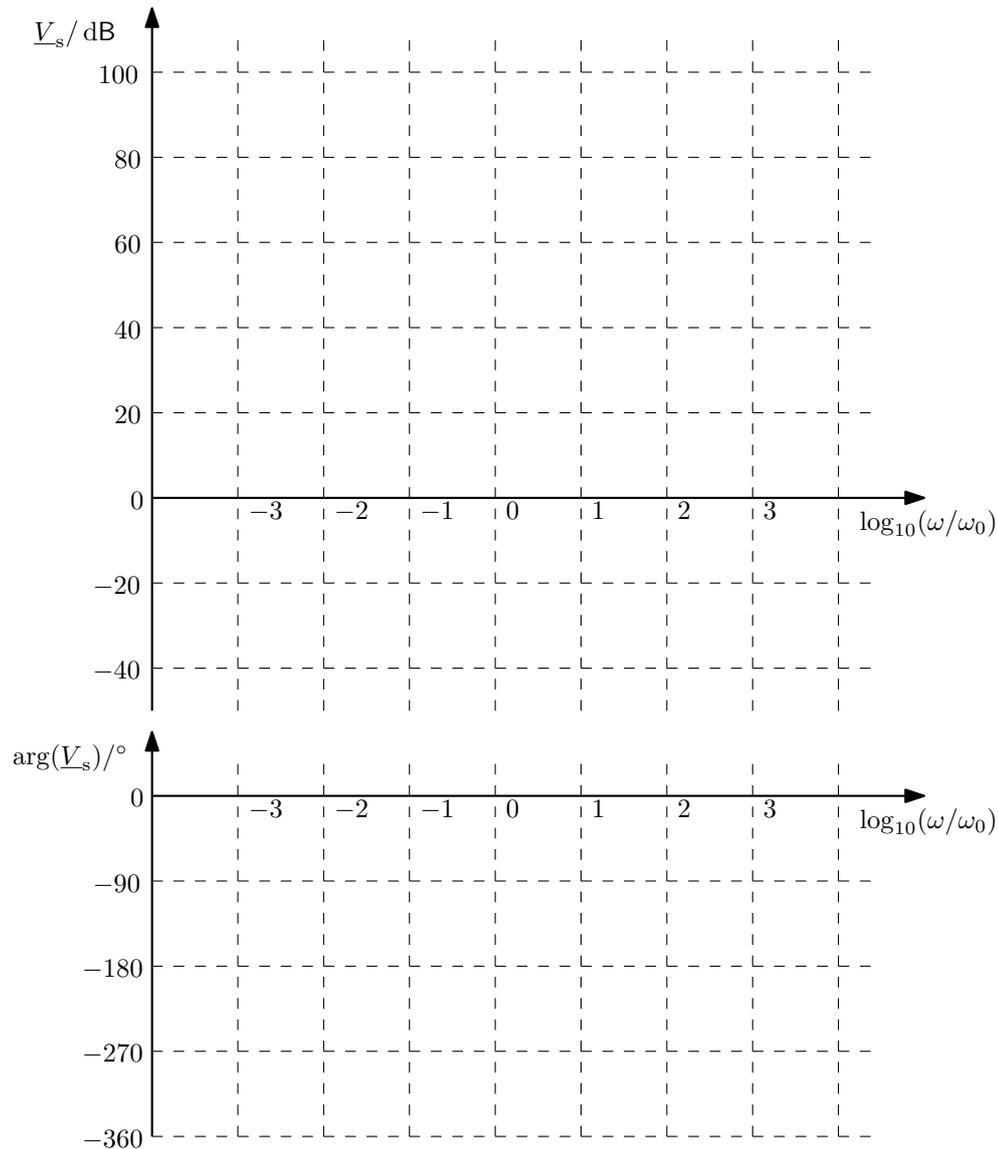
2. Aufgabe [5 Punkte]: Stabilität eines rückgekoppelten Systems

Die Schleifenverstärkung eines rückgekoppelten System ist gegeben mit

$$\underline{V}_s = \frac{100000}{\left(1 + j \frac{\omega}{1000 \cdot \omega_0}\right) \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_0}\right) \left(1 + j \frac{\omega}{10 \cdot \omega_0}\right)} \quad (1)$$

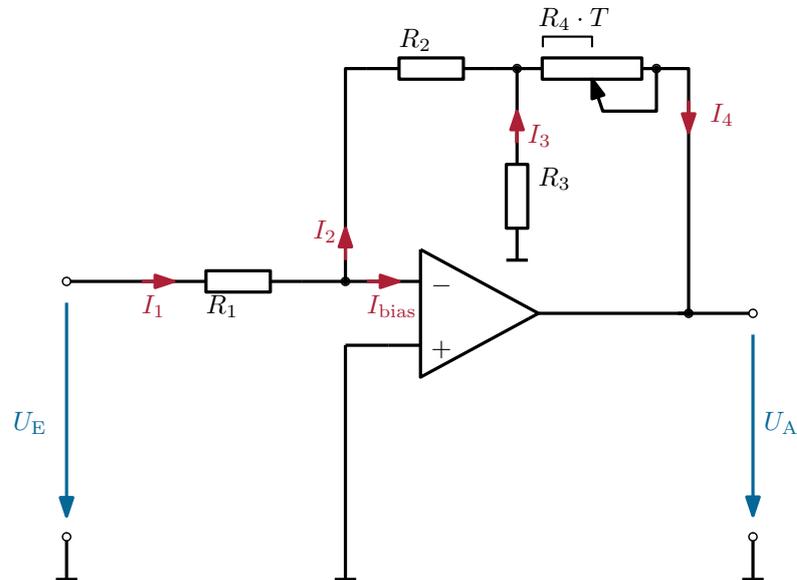
Zeichnen Sie **Betrags-** und **Phasenfrequenzgang** der Schleifenverstärkung \underline{V}_s in die vorbereiteten Diagramme ein, verwenden Sie hierbei die für Bode-Diagramme übliche *Asymptotendarstellung* [3P]. Geben Sie an, ob das System stabil ist [1P] und bestimmen Sie die Phasenreserve [1P].

Hinweis: Der Phasenfrequenzgang wird am sinnvollsten dargestellt, wenn Sie in der Asymptotendarstellung mit einer Phasenänderung eine halbe Dekade vor der Grenzfrequenz beginnen und eine halbe Dekade nach derselben enden. So ist bei der Grenzfrequenz eine Phasenverschiebung von 45° gut erkennbar.



3. Aufgabe [10 Punkte]: Einstellbarer nichtinvertierender Verstärker

Gegeben ist die folgende Schaltung. Der Operationsverstärker ist 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 $0 \leq T \leq 1$.



3.1. Bestimmung der Übertragungsfunktion [8 Punkte] Bestimmen Sie die Verstärkung als Funktion der Schleiferstellung $V_U = f(T)$.

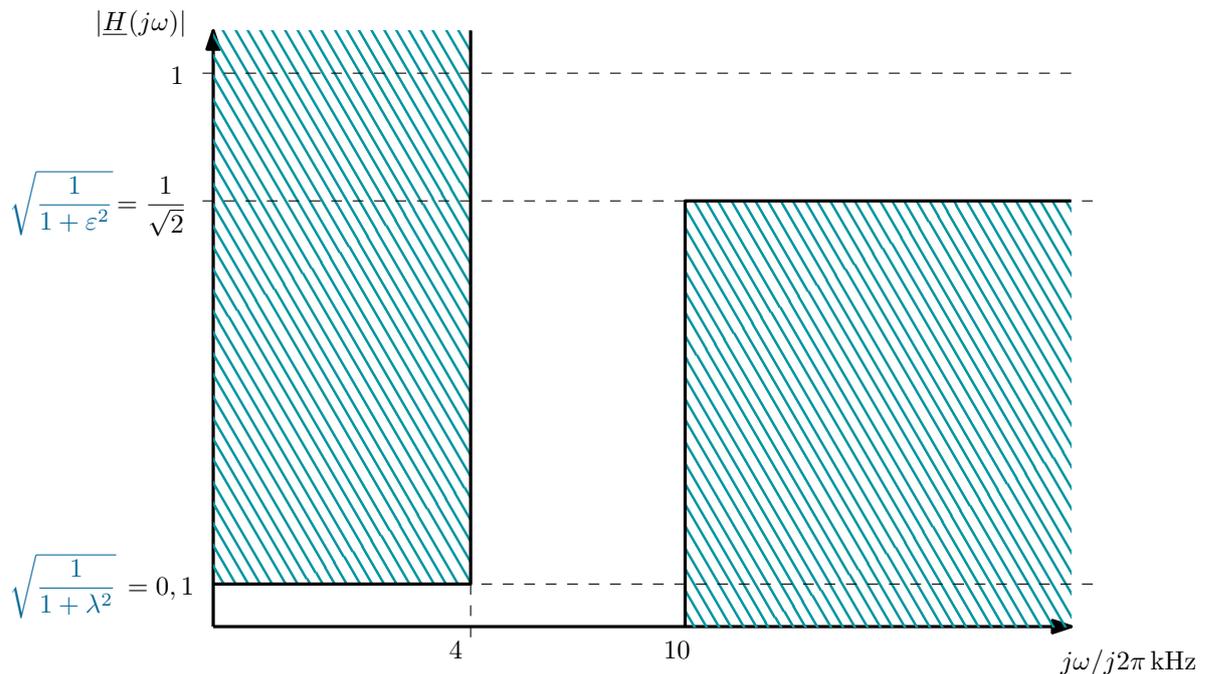
- Hinweis:**
- Stellen Sie drei geeignete Maschen- und zwei Knotengleichungen auf.
 - Eliminieren Sie in den Maschen- und Knotengleichungen alle Ströme und alle Spannungen außer U_A und U_E .

3.2. Kompensation der Wirkung des Bias-Stromes [2 Punkte]

Wie kann die Wirkung des Bias-Stromes kompensiert werden? Was muss in der Schaltung ergänzt werden und wie werden diese zu ergänzenden Komponenten berechnet?

4. Aufgabe [10 Punkte]: Filterentwurf

Es soll ein *Hochpassfilter* mit **Butterworth-Charakteristik** und einer Grenzfrequenz von $f_G = 10$ kHz entworfen werden, hierfür gilt das folgende Toleranzschema:



4.1. Normierung und Transformation [2 Punkte]

Normieren Sie charakteristische Punkte der Übertragungsfunktion des Hochpasses und transformieren Sie diese mittels der Hochpass-Tiefpass-Transformation

$$S^{(\text{HP})} = \frac{1}{S^{(\text{TP})}}, \quad (2)$$

hierin ist $S^{(\text{HP})} = s/\omega_G$ die auf die Grenzfrequenz normierte Frequenzvariable des Hochpassfilters.

4.2. Toleranzschema des korrespondierenden Tiefpassfilters [1 Punkt]

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

4.3. Festlegen der Filterordnung [2 Punkte]

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

Hinweis: Hilfreich ist der Zusammenhang

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

4.4. Übertragungsfunktion des korrespondierenden Tiefpassfilters [2 Punkte]

Notieren Sie die Übertragungsfunktion des korrespondierenden Tiefpassfilters mit der in Aufgabe 4.3 festgelegten Ordnung. Die Koeffizienten für Butterworth-Filter finden Sie im Anhang der Klausur.

Hinweis:

- Sollten Sie in 4.3 keine Ordnung bestimmt haben, so nehmen Sie $n = 4$ an.
- Stellen Sie die Übertragungsfunktion als Produkt von Termen 1. und 2. Ordnung dar.

4.5. Übertragungsfunktion des Hochpassfilters [2 Punkte]

Geben Sie die normierte und ent-normierte Übertragungsfunktion des Hochpassfilters an.

4.6. Realisierung [1 Punkt]

Mit welcher Schaltung würden Sie dieses Filter realisieren?

Koeffiziententabelle für Butterworth-Filter (normiert)

n	i	a_i	b_i	f_{gi}/f_g	Q_i
<i>Butterworth-Filter</i>					
1	1	1,0000	0,0000	1,000	-
2	1	1,4142	1,0000	1,000	0,71
3	1	1,0000	0,0000	1,000	-
	2	1,0000	1,0000	1,272	1,00
4	1	1,8478	1,0000	0,719	0,54
	2	0,7654	1,0000	1,390	1,31
5	1	1,0000	0,0000	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	0,71
	3	0,5176	1,0000	1,479	1,93
7	1	1,0000	0,0000	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
9	1	1,0000	0,0000	1,000	-
	2	1,8794	1,0000	0,703	0,53
	3	1,5321	1,0000	0,917	0,65
	4	1,0000	1,0000	1,272	1,00
	5	0,3473	1,0000	1,521	2,88
10	1	1,9754	1,0000	0,655	0,51
	2	1,7820	1,0000	0,756	0,56
	3	1,4142	1,0000	1,000	0,71
	4	0,9080	1,0000	1,322	1,10
	5	0,3129	1,0000	1,527	3,20