

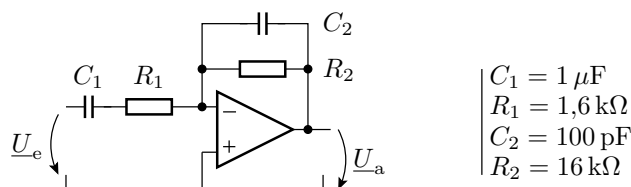
Klausur Elektronik II

Hinweise: Tragen Sie Name, Matrikelnummer, Studiengang und Rechner-Account in die nachfolgende Tabelle ein. Schreiben Sie die Lösungen, wenn möglich, auf die Aufgabenblätter und geben Sie diese zum Schluss mit ab. Schreiben Sie, wenn Sie bei Ergebnissen unsicher sind, auch den Rechenweg mit auf, um im Fehlerfall Punkte für richtige Teilschritte zu erhalten. Legen Sie für die Simulation ein neues Unterverzeichnis mit ihrem Namen und in das Unterverzeichnis für jede auf dem Rechner gelöste Aufgabe ein Unterverzeichnis mit der Aufgabennummer an, in das Sie alle Entwurfsdateien und Bildschirmfotos zur jeweiligen Aufgabe speichern. Das Verzeichnis mit Ihrem Namen wird bei Abgabe der Klausur auf einen USB-Stick des Dozenten kopiert. Volle Punktzahl ist auch ohne Abgabe von Simulationsdateien erreichbar.

| Name | Matrikelnr. | Studiengang | Account | Punkte | ZPHÜ* | Note |
|------|-------------|-------------|---------|--------|-------|------|
| | | | | | | |

* Zusatzpunkte für Hausübungen

Aufgabe 1: Gegeben ist die nachfolgende Operationsverstärkerschaltung:



- a) Bestimmen Sie die Verstärkung $\underline{v}_u = \frac{U_a}{U_e}$ in Abhängigkeit von der Kreisfrequenz ω unter Annahme eines idealen Operationsverstärkers (Verstärkung $\rightarrow \infty$, Eingangswiderstand $\rightarrow \infty$, Transitfrequenz $\rightarrow \infty$). 3P
- b) Tragen Sie in die nachfolgende Tabelle Betrag und Phase der Verstärkung für die gegebenen Frequenzen ein: 3P

| f | 10Hz | 100 Hz | 1 kHz | 10 kHz | 100 kHz | 1 MHz |
|-----------------------------|------|--------|-------|--------|---------|-------|
| $ \underline{v}_u $ | | | | | | |
| Phase (\underline{v}_u) | | | | | | |

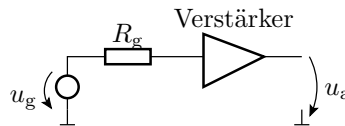
- c) Wie groß ist die Verstärkung v_{u0} im mittleren Frequenzbereich (10kHz)? 1P
- d) Schätzen Sie die untere und die obere Grenzfrequenz, ab der bzw. bis zu der die Verstärkung mindestens $\frac{v_{u0}}{\sqrt{2}}$ beträgt. 2P
- e) Welche Transitfrequenz muss der Operationsverstärker mindestens haben, damit die obere Grenzfrequenz des ohne C_2 rückgekoppelten Operationsverstärkers mindestens doppelt so groß ist, wie die obere Grenzfrequenz des Verstärkers mit idealem Operationsverstärker und C_2 in der Rückkopplung? 1P

Aufgabe 2: Gegeben ist die nachfolgende Spice-Netzlist

```
V1 K1 0 8V
R1 K1 K2 1k0hm
R2 K2 0 2k0hm
R3 K2 K3 1k0hm
R4 K3 0 2k0hm
R5 K3 K4 1k0hm
R6 K4 0 1k0hm
.op
```

- a) Zeichnen Sie die Schaltung, die die Netzliste beschreibt. 2P
- b) Bestimmen Sie die Potentiale der Schaltungspunkte (Knoten) K1 bis K4, die der Simulator mit dem angefügten Simulationskommando ».op« berechnet. 2P

Aufgabe 3: Ein Sensor mit einem Generatorwiderstand $R_g = 1 \text{ k}\Omega$ liefert eine Generatorspannung u_g mit einer Bandbreite von 1 MHz, die von einem nachfolgenden Verstärker um den Faktor 100 verstärkt wird.



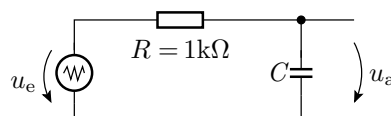
- a) Wie groß ist die effektive Rauschspannung des Generatorwiderstands am Verstärkereingang im Temperaturbereich von 280 K bis 320 K maximal? 1P
- b) Wie groß muss der Effektivwert der Generatorspannung $U_{g,\text{eff}}$ mindestens sein, damit der Signal-Rauschabstand am Verstärkereingang mindestens $SNR_{\text{in. min}} = 25$ beträgt? 1P
- c) Welche Rauschzahl darf der Verstärker maximal haben, damit der Signal-Rausch-Abstand am Verstärkerausgang mindestens 20 beträgt? 1P

Aufgabe 4: Ein symmetrisches Dreiecksignal, dass sich wie folgt aus Kosinussignalen zusammensetzt:

$$u_g(t) = \frac{16 \text{ V}}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot m}{2}\right)}{m^2} \cdot \cos(m \cdot \omega_0 \cdot t) \right) =$$

$$= 1,621 \text{ V} \cdot \left(\frac{\cos(\omega_0 \cdot t)}{1^2} + \frac{\cos(3 \cdot \omega_0 \cdot t)}{3^2} + \dots \right)$$

wird über den nachfolgenden RC-Glied-Tiefpass mit $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{R \cdot C}$ und $f_0 = 1 \text{ kHz}$ geleitet:



- a) Wie groß muss die Kapazität C des RC-Tiefpasses sein? 1P
- b) Tragen Sie in die nachfolgende Tabelle die Spektralwerte $\underline{U}_e(m)$ und $\underline{U}_a(m)$ am Ein- und Ausgang des RC-Glieds für $m = 1$ bis $m = 7$ (Grundwelle bis 6. Oberwelle) ein: 4P

| m | 1 | 3 | 5 | 7 | k |
|-----------------------|---|---|---|---|-----|
| $\underline{U}_e (m)$ | | | | | |
| $\underline{U}_a (m)$ | | | | | |

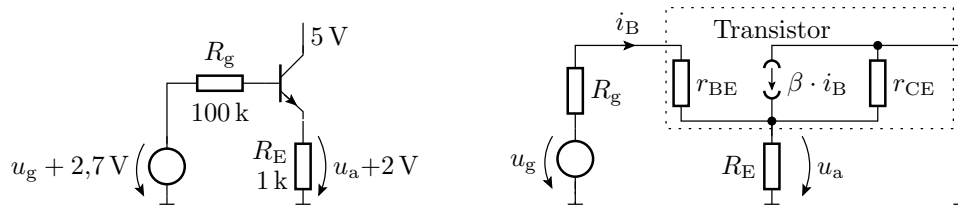
- c) Berechnen Sie den Klirrfaktor des Ein- und Ausgangssignals unter Berücksichtigung der ersten bis 6. Oberwelle. 2P

Aufgabe 5: Bestimmen Sie für den abrupten pn-Übergang mit den Dotierungen $N_D = 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $N_A = 10^{12} \text{cm}^{-3}$ für eine Sperrspannung von $U_S = 50 \text{V}$

- a) die maximale Feldstärke E_{\max} 2P
b) und die Sperrschichtbreiten w_p und w_n im p- und im n-Gebiet. 2P

Hilfestellungen: $U_{\text{Diff}} \approx 0,5 \text{V}$, Elementarladung $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Dielektrizitätskonstante von Silizium $\epsilon_{\text{Si}} \approx 100 \frac{\text{pF}}{\text{m}}$.

Aufgabe 6: Gegeben ist der Transistorverstärker in der nachfolgenden Abbildung links:



- a) Bestimmen Sie für die Ersatzschaltung des Transistors in der Abbildung rechts
- den Kleinsignal-Eingangswiderstand $r_{\text{BE}} = \left. \frac{\partial U_{\text{BE}}}{\partial I_{\text{B}}} \right|_{\text{A}}$, 2P
 - die Stromverstärkung $\beta = \left. \frac{\partial I_{\text{C}}}{\partial I_{\text{B}}} \right|_{\text{A}}$ 1P
 - und den Ausgangswiderstand $r_{\text{CE}} = \left. \frac{\partial U_{\text{CE}}}{\partial I_{\text{C}}} \right|_{\text{A}}$. 2P

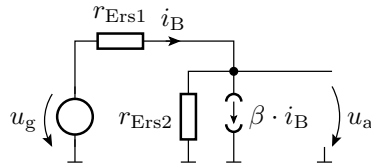
über die vereinfachten Strom-/Spannungsbeziehungen im Arbeitspunkt

$$I_{\text{B}} = \frac{I_{\text{s}}}{\text{Bf}} \cdot \left(e^{\frac{U_{\text{BE}}}{\text{Nf} \cdot U_{\text{T}}}} \right) \left(1 + \frac{U_{\text{CE}}}{\text{Vaf}} \right)$$

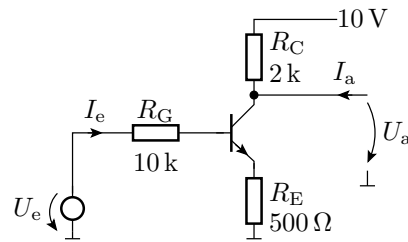
$$I_{\text{C}} = \text{Bf} \cdot I_{\text{B}}$$

mit den Spice-Parametern $I_{\text{s}} = 4 \text{nA}$, $\text{Bf} = 300$, $\text{Nf} = 1,5$, $\text{Vaf} = 50 \text{V}$ und der Temperaturspannung $U_{\text{T}} = 26 \text{mV}$. Als Kollektorstrom $I_{\text{C,A}}$ im Arbeitspunkt darf der stationäre Strom durch R_{E} eingesetzt werden.

- b) Bestimmen Sie aus der Ersatzschaltung oben rechts und den berechneten Werten für r_{BE} , β und r_{CE} die Spannungsverstärkung $v_u = \frac{u_a}{u_e}$ im Arbeitspunkt. Berechnen Sie dabei als Zwischenergebnis aus der ersten Ersatzschaltung die Ersatzwiderstände r_{Ers1} und r_{Ers2} der nachfolgenden Ersatzschaltung, aus der sich die Spannungsverstärkung über eine kreative Anwendung der Spannungsteilerregel bestimmen lässt. 3P



Aufgabe 7: Gegeben ist der nachfolgende Gleichspannungsverstärker:



Transistor:
BC547C
Parameter der vereinfachten Ersatzschaltung:
 $\beta = 350$
 $U_{BEF} = 0,7 \text{ V}$
 $U_{CEX} = 0,2 \text{ V}$

- Zeichnen Sie die lineare Ersatzschaltung mit dem Transistor im Normalbereich (vereinfachtes Transistormodell mit nur den gegebenen Parametern). 1P
- Bestimmen Sie aus der Ersatzschaltung die Übertragungsfunktion $U_a = f(U_e)$ und den Wertebereich von U_E , für den diese gilt. 3P
- Geben Sie die Schaltung in den Simulator ein und bestimmen Sie mit einer DC-Simulation mit dem Spice-Modell des Transistors die Eingangsspannung U_E , für die die Ausgangsspannung $U_a = 6 \text{ V}$ beträgt. Abgabe Bildschirmfoto »Lsg1_1.png« mit der Schaltung inkl. Simulationsanweisung, der Übertragungsfunktion mit dem Cursor bei $U_a = 6 \text{ V}$ und der Cursor-Anzeige des gesuchten Wertes. 2P
- Bestimmen Sie mit der Simulationsart ».tf« den Eingangswiderstand, die Spannungsverstärkung und den Ausgangswiderstand mit dem Spice-Transistormodell. Abgabe Bildschirmfoto »Lsg1_2.png« mit der simulierten Schaltung inkl. Simulationsanweisung und dem Err-Log mit den gesuchten Werten. 2P

Zur Bewertung:

| Aufgabe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Summe |
|--------------------|----|---|---|---|---|---|---|----------|
| max. Punktzahl | 10 | 4 | 3 | 7 | 4 | 8 | 8 | 40 + 4ZP |
| erzielte Punktzahl | | | | | | | | |