

Name, Vorname	Matrikel-Nr.	Punkte					Note
		1	2	3	4	Gesamt	
		20	30	25	25	100	

Zeit Mittwoch, 10. Juli 2002, 14:00 Uhr, Aula, Dauer: 90 Minuten

Anforderungen Gegliederte Ansätze mit erläuternden Stichworten. Vollständige, übersichtliche Berechnungen in Größengleichungen. Wenn nicht anders gefordert, Ergebnisse mit 3 signifikanten Stellen und in zulässigen sowie üblichen Einheiten. Vollständig beschriftete Diagramme und Schaltungen.

Wenn eine **allgemeine** Berechnung verlangt ist, müssen Konstanten und Variablen mit ihren vorgegebenen Symbolen benutzt werden (z. B.: R_1 , U_B , I_e, \dots).

Bedingungen Lichtbildausweis, Taschenrechner mit gelöschtem Speicher. Als Hilfsmittel sind nur das Skript Nr. 432 (Hage), die Formelsammlung ET und die eigene Vorlesungsmitschrift zugelassen. **Aufgabensammlungen, alte Klausuraufgaben + Lösungen und Bücher dürfen nicht benutzt werden.**

Bitte nur Kugel- oder Tintenschreiber verwenden!
 Bitte keine rote Farbe (Tinte, Faserschreiber) verwenden!
 Bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt beginnen!

Abgabe Dieses Aufgabenblatt bitte falten und Arbeitsblätter einlegen.

Bewertung Gesamtpunktzahl $P_{MAX} = 100$
 100% Note **1,0** $P_{1,0} = 95$
 40% Note **4,0** $P_{4,0} = 38$

Gegeben ist eine Begrenzerschaltung mit Z-Dioden (vier **Siliziumdioden** gleichen Typs $ZD_1 \dots ZD_4$), die von der Reihenschaltung der Spannungsquellen U_0 und u_1 gespeist werden (**Abb. 1a**).

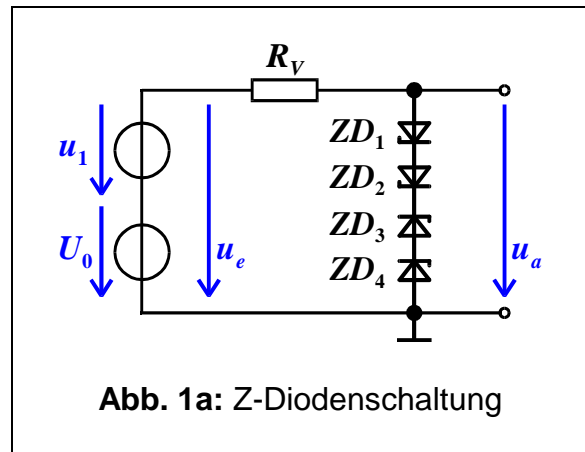
Vorwiderstand $R_V = 1 \text{ k}\Omega$,

Zenerspannung $U_Z = 5,0 \text{ V}$

„DC-Quelle“ $U_0 = 10,0 \text{ V}$

„AC-Quelle“ $u_1 = 30,0 \text{ V} \cdot \sin(2\pi ft)$

$f = 50 \text{ Hz}$



1.1 Zeichnen Sie die Zeitfunktion der wirksamen Eingangsspannung u_e in das vorgegebene Diagramm ein (**Abb. 1b**)!

1.2 Ermitteln Sie *näherungsweise* die Zeitfunktionen $u_a(t)$ und tragen Sie diese in das Diagramm von **Abb. 1b** ein!

Hinweis: Machen Sie zweckmäßige Annahmen für die differentiellen Widerstände r_Z und r_F der Dioden!

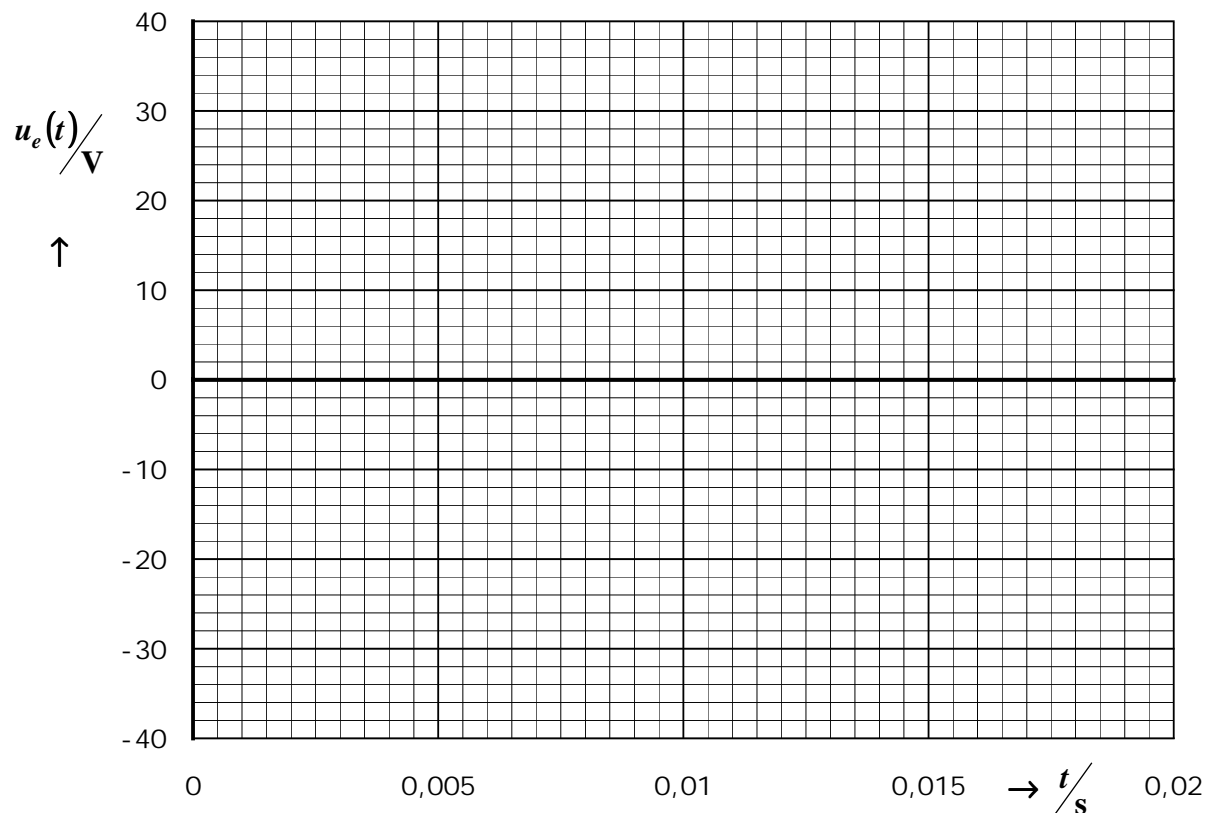
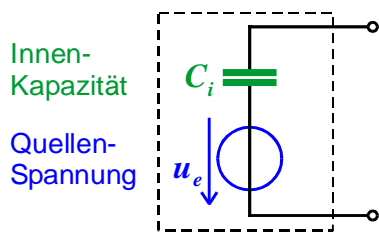
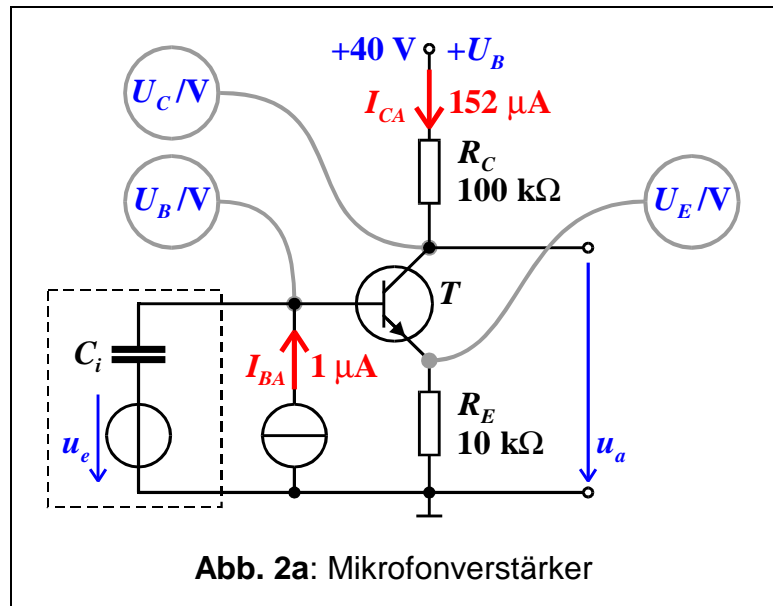


Abb. 1b: Diagramm für die Zeitfunktionen $u_e(t)$ und $u_a(t)$

Ein Mikrofon mit piezokeramischem Wandler



wird an den Eingang einer Verstärkerschaltung angeschlossen. Die funktionsbedingte Innen-Kapazität des Mikrofons wird mit $C_i = 1 \text{ nF}$ angegeben, u_e ist eine reine Wechselspannungsquelle.



Gleichstrom- und Wechselstromverstärkung des Bipolartransistors T sind gleichgroß und der differenzielle Basis-Emitterwiderstand beträgt $r_{BE} = 1 \text{ k}\Omega$.

- 2.1 Wie groß ist die Stromverstärkung β ?
- 2.2 Ermitteln Sie die massebezogenen Gleichspannungswerte (in Volt und auf eine Nachkommastelle gerundet) für die Kollektorspannung U_C , die Basisspannung U_B und die Emitterspannung U_E !
- 2.3 Wirkt die Stromquelle I_{BA} als Generator oder als Verbraucher?
- 2.4 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung $v_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$ im Arbeitsbereich!
- 2.5 Tragen Sie den Amplitudengang der Spannungsverstärkung in das Diagramm von **Abb 2b** ein! Markieren Sie die Grenzfrequenz der Schaltung!

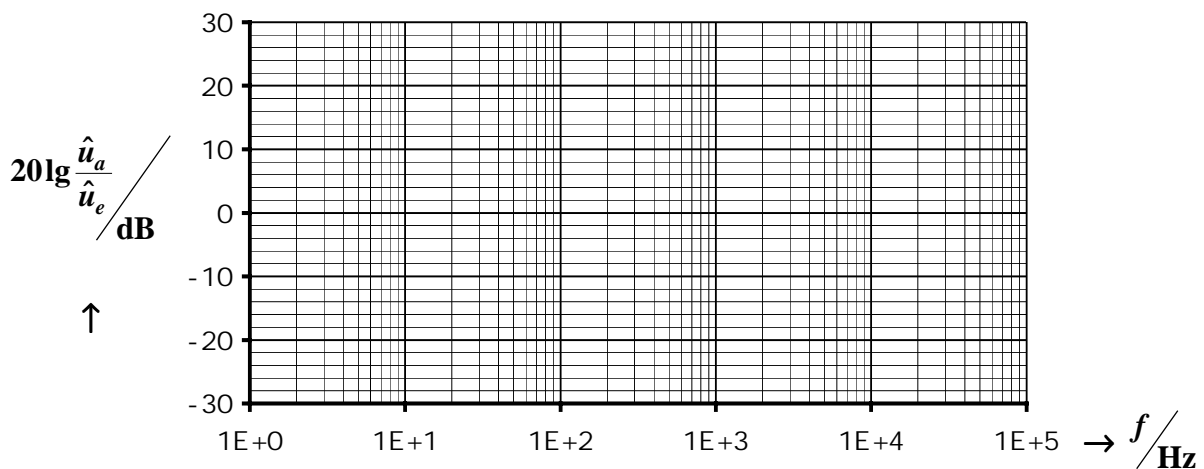


Abb 2 b: Amplitudengang der Spannungsverstärkung

Von der gegebenen Schaltung mit idealem Operationsverstärker (**Abb. 3a**) sind nur die Kapazität

$$C_1 = 1 \mu\text{F}$$

und der in **Abb. 3b** angegebene Amplitudengang der Spannungsverstärkung

$$v_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$$

bekannt.

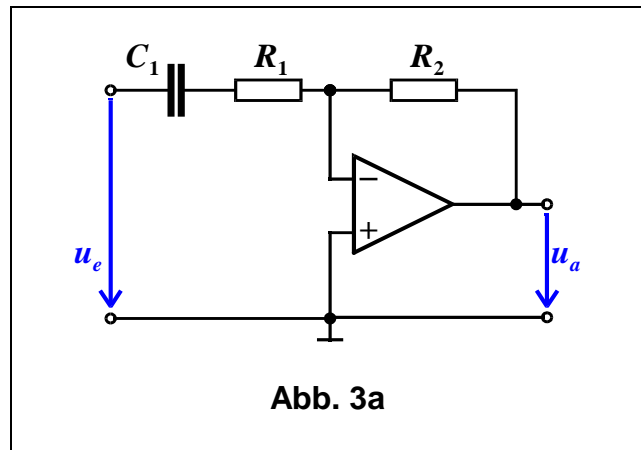


Abb. 3a

3.1 Welches Verstärkerverhalten liegt vor?

3.2 Geben Sie die am Amplitudengang (**Abb. 3b**) ablesbare Grenzfrequenz der Spannungsverstärkung an!

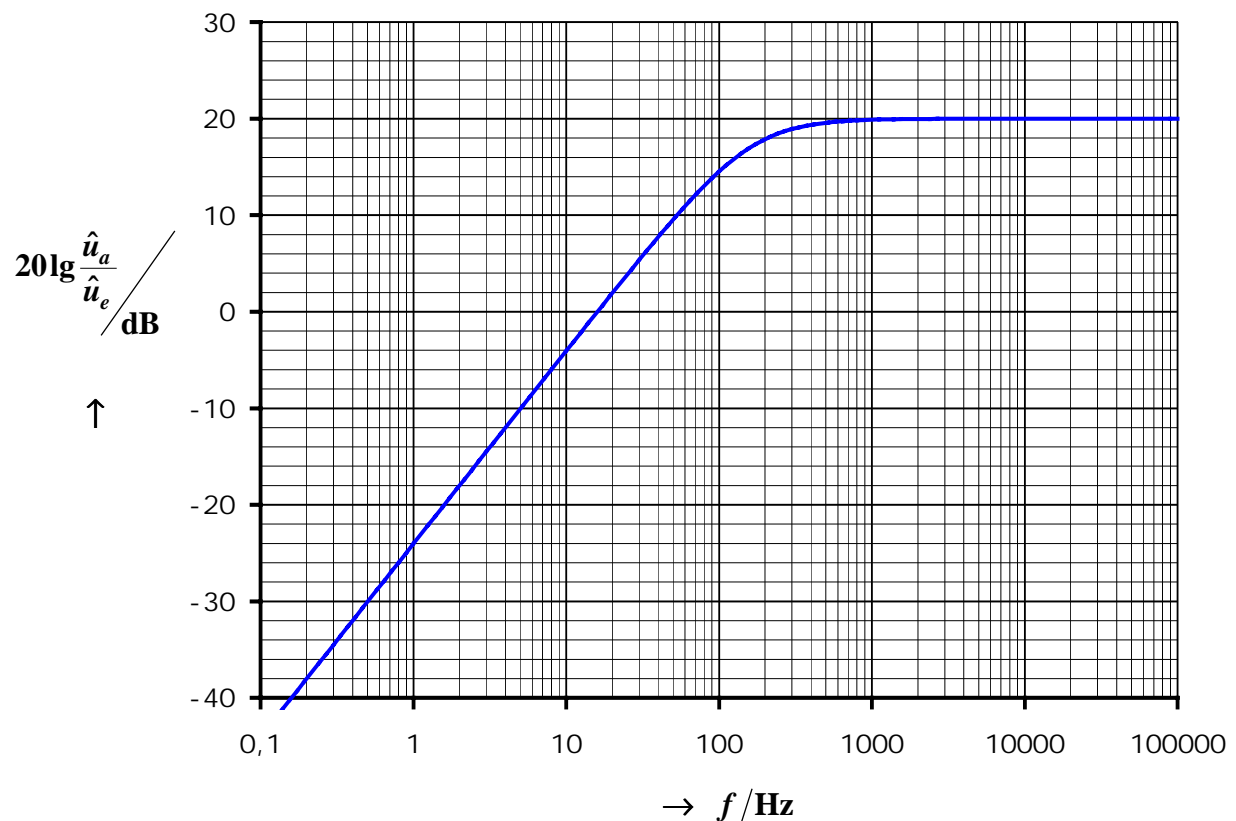


Abb. 3b : Amplitudengang der Spannungsverstärkung

3.3 Ermitteln Sie den Widerstandswert für R_1 !

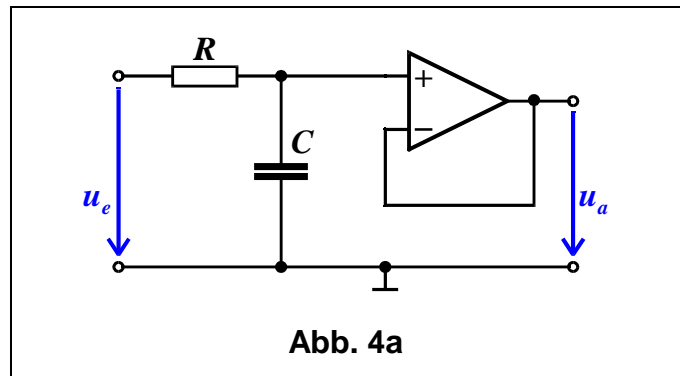
3.4 Errechnen Sie bei Kenntnis des Widerstands R_1 den Widerstandswert für R_2 !

Gegeben ist eine Filterschaltung mit Spannungsfolger (**Abb. 4a**).

Die Werte der RC-Schaltung sind bekannt:

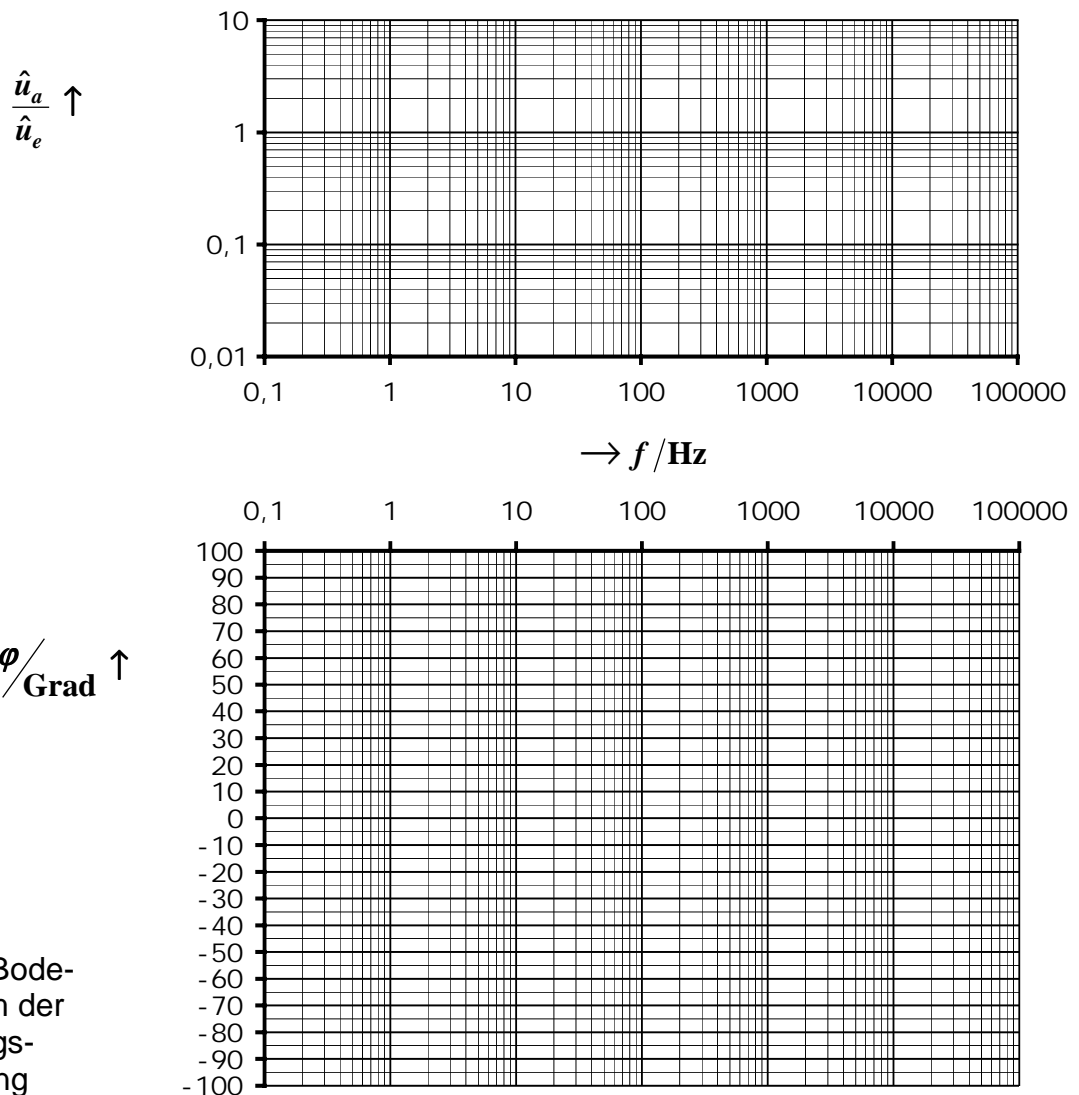
$$C = 100 \text{ nF}, \quad R = 16 \text{ k}\Omega$$

Für den Operationsverstärker gilt ideales Verhalten.



4.1 Geben Sie die Spannungsverstärkung $v_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$ an!

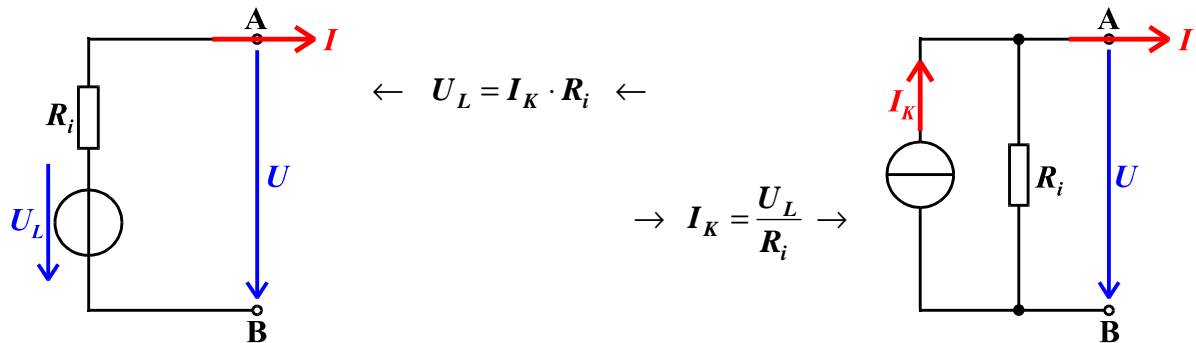
4.2 Tragen Sie das Bode-Diagramm der Spannungsverstärkung $v_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$ in die Diagramme von **Abb. 4b** ein!



Wichtige Formeln

für die Elektronik-Klausur im Sommersemester 2002

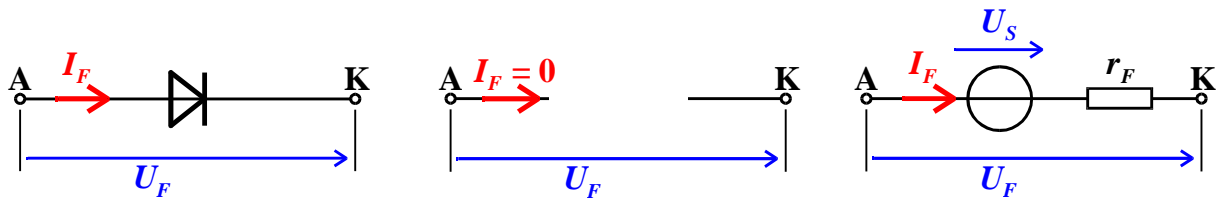
- Äquivalenz von realer Spannungsquelle und realer Stromquelle



- Diode

Sperrbereich
 $U < U_s$

Durchlassbereich
 $U_s \leq U$

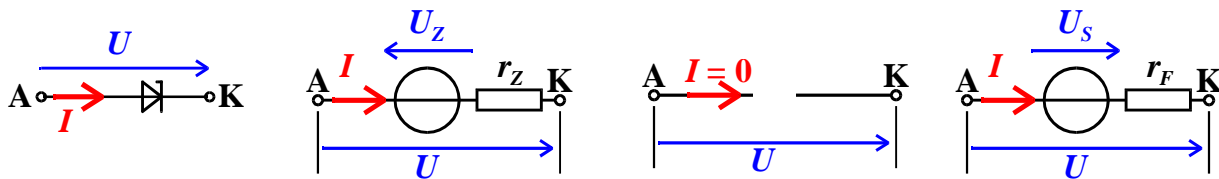


- Z-Diode

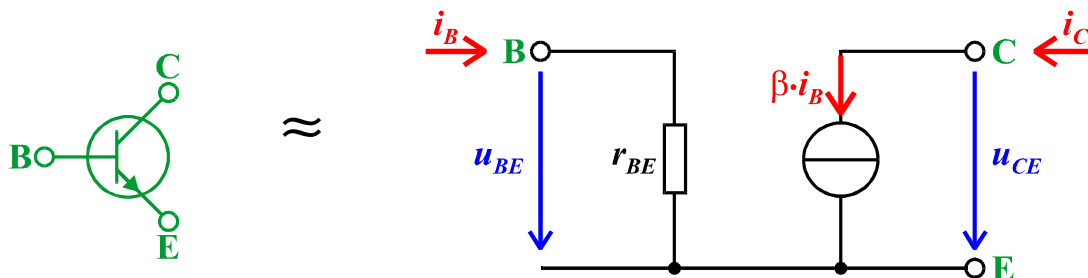
Zenerbereich
 $U \leq U_z$

Sperrbereich
 $U_z < U < U_s$

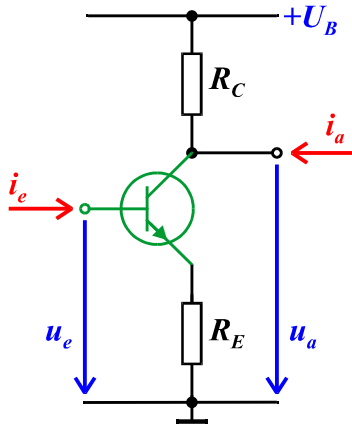
Durchlassbereich
 $U_s \leq U$



- Vereinfachte Wechselstromersatzschaltung des Bipolartransistors



- **Emitterschaltung**

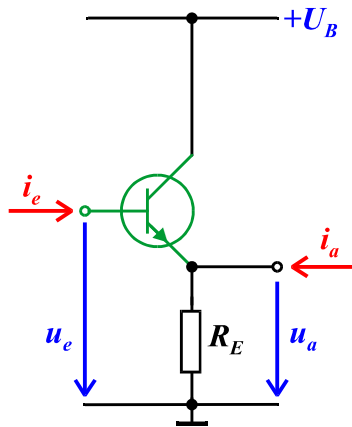


$$v_u = \frac{u_a}{u_e} \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

$$Z_e = \frac{u_e}{i_e} = r_{BE} + (1 + \beta) \cdot R_E$$

$$Z_a = \frac{u_a}{i_a} \approx R_C$$

- **Kollektorschaltung**



$$v_u = \frac{u_a}{u_e} = \frac{\beta \cdot R_E}{r_{BE} + \beta \cdot R_E}$$

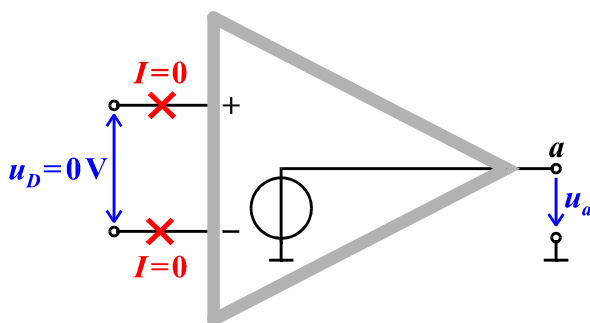
$$Z_e = \frac{u_e}{i_e} = r_{BE} + (1 + \beta) \cdot R_E$$

$$Z_a = \frac{u_a}{i_a} \Big|_{u_e = \text{const.}} \approx \frac{R_E \cdot r_{BE} / \beta}{R_E + r_{BE} / \beta}$$

- Grenzfrequenz einer RC-Schaltung:

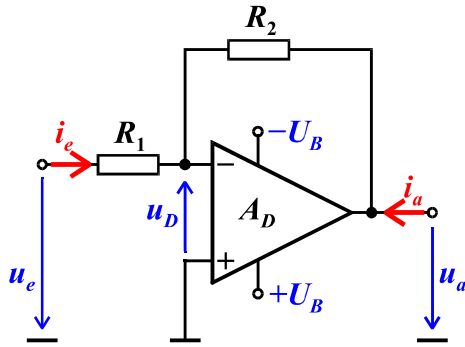
$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

- **Idealer Operationsverstärker**



- Unendlich große Eingangswiderstände: $R_D \rightarrow \infty$, $R_{GI} \rightarrow \infty$
- Unendliche, frequenzunabhängige Differenzverstärkung $A_D \rightarrow \infty$
- Ausgangswiderstand ist Null $R_i \rightarrow 0$
- Keine Offsetspannung, keine slew rate

- Invertierender Verstärker mit OP**

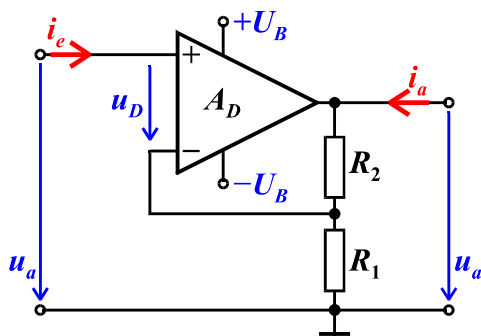


$$\underline{v} = \frac{u_a}{u_e} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (\text{Idealer OP})$$

$$Z_e = \frac{u_e}{i_e} = R_1 \quad (\text{Idealer OP})$$

$$Z_a = \left. \frac{u_a}{i_a} \right|_{u_e=0} \approx \frac{(R_1 + R_2) \cdot R_i}{A_D \cdot R_1 + R_2 + R_i}$$

- Nicht invertierender Verstärker mit OP**



$$\underline{v} = \frac{u_a}{u_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{Idealer OP})$$

$$Z_e = \frac{u_e}{i_e} \approx 2R_{Gl}$$

$$Z_a = \left. \frac{u_a}{i_a} \right|_{u_e=0} \approx \frac{R_i \cdot (R_1 + R_2)}{A_D \cdot R_1}$$

- Komplexe Frequenzgänge**

Komplexer Frequenzgang der Spannungsverstärkung $\underline{v}_u(f) = \frac{u_a}{u_e}$

Amplitudengang der Spannungsverstärkung in dB $G_V(f) = 20 \lg \left| \frac{u_a}{u_e} \right| \text{ dB}$

Umkehrung: $\left| \frac{u_a}{u_e} \right| = 10^{\frac{G_V(f)/\text{dB}}{20}}$

Phasengang der Spannungsverstärkung $\varphi_v(f)$

$$x = \text{Re}\{\underline{v}_u\} \quad y = \text{Im}\{\underline{v}_u\}$$

$$\varphi = \begin{cases} \arctan \frac{y}{x} & x > 0 \\ \arctan \frac{y}{x} + \pi & x < 0, y > 0 \\ \arctan \frac{y}{x} - \pi & x < 0, y < 0 \end{cases}$$