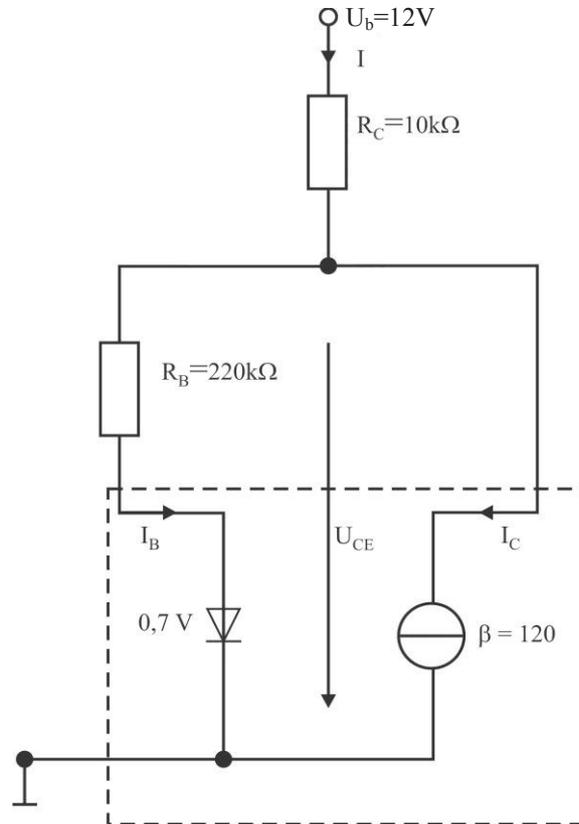


**Aufgabe 6:**

6.1 Emitterschaltung mit Spannungsgegenkopplung

6.2 Großsignalersatzschaltbild:



6.3 Arbeitspunktbestimmung

$$1. \quad I = I_B + I_C$$

$$\text{mit } I_C = \beta \cdot I_B \Rightarrow I = I_B \cdot (\beta + 1)$$

$$2. \quad U_b = R_C \cdot I + R_B \cdot I_B + 0,7 \text{ V}$$

$$= I_B \cdot (\beta + 1) \cdot R_C + I_B \cdot R_B + 0,7 \text{ V}$$

$$U_b = I_B \cdot ((\beta + 1) \cdot R_C + R_B) + 0,7 \text{ V}$$

$$U_b - 0,7 \text{ V} = I_B \cdot ((\beta + 1) \cdot R_C + R_B)$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{11,3 \text{ V}}{(\beta + 1) \cdot R_C + R_B} = \frac{11,3 \text{ V}}{121 \cdot 10 \text{ k}\Omega + 220 \text{ k}\Omega}$$

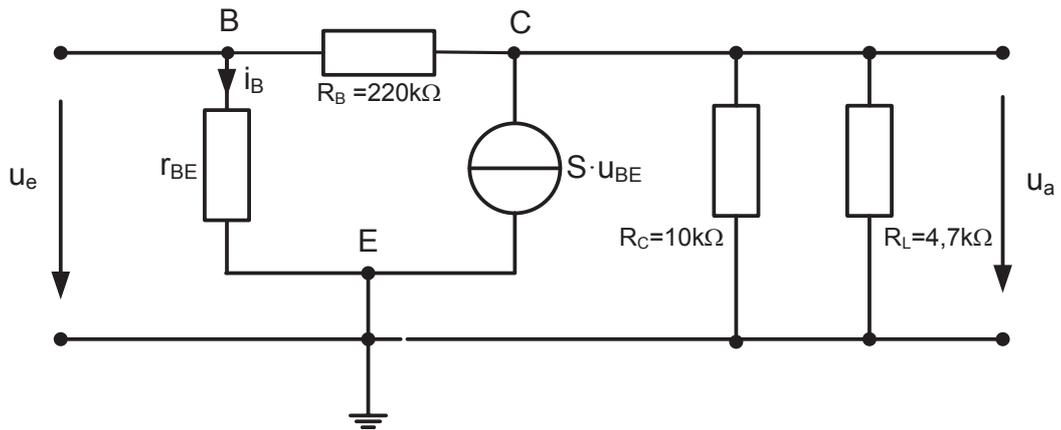
$$I_B = \frac{11,3 \text{ V}}{1,43 \cdot 10^6 \Omega} = 7,90 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 120 \cdot 7,90 \mu\text{A} = 948 \mu\text{A}$$

$$U_{CE} = U_b - I_C \cdot R_C = U_b - (\beta + 1) \cdot I_B \cdot R_C$$

$$U_{CE} = 12 \text{ V} - 9,56 \text{ V} = 2,44 \text{ V}$$

6.4 Kleinsignalersatzschaltbild



6.5 Spannungsverstärkung

$A = \frac{u_a}{u_e}$ , d.h. Wechselspannung.

1. Eingangswiderstand berechnen

$$r_{BE} = \frac{\beta}{S}, \quad S = \frac{I_C}{U_T} \Rightarrow r_{BE} = \frac{\beta \cdot U_T}{I_C} = \frac{120 \cdot 26 \text{ mV}}{0,948 \text{ mA}}$$

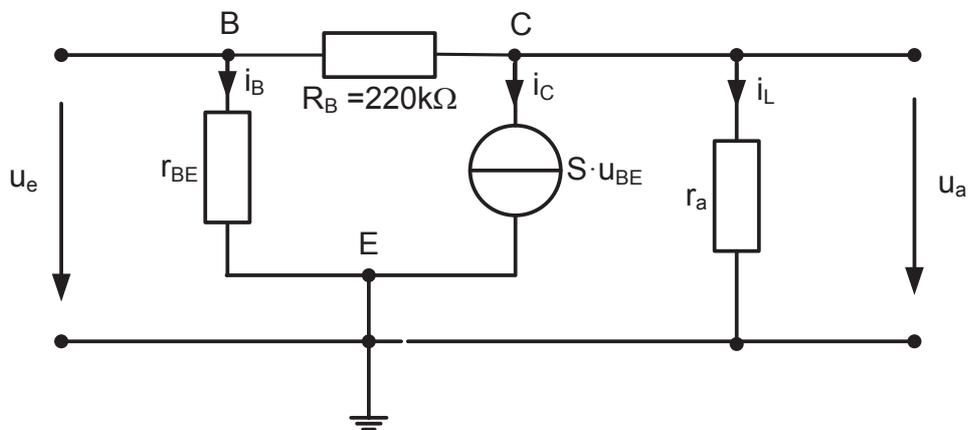
$$S = 36,46 \text{ mS}, \quad r_{BE} = 3,29 \text{ k}\Omega$$

2.  $r_a$  berechnen

Da  $R_B + r_{BE} \gg R_C \parallel R_L$  können wir vereinfachen zu:

$$r_a \approx R_C \parallel R_L = 10 \text{ k}\Omega \parallel 4,7 \text{ k}\Omega = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{47 \cdot 10^6}{14,7 \cdot 10^3} = 3,2 \text{ k}\Omega$$

⇒ vereinfachtes Ersatzschaltbild



$$1. \quad i_B = \frac{u_e}{r_{BE}}$$

$$i = i_C + i_L = S \cdot u_{BE} + i_L \quad \text{mit } u_{BE} = r_{BE} \cdot i_B = \frac{\beta}{S} \cdot i_B \quad \text{wird}$$

$$2. \quad i = \beta \cdot i_B + i_L = \beta \cdot i_B + \frac{u_a}{r_a}$$

$$3. \quad i = \beta \cdot \frac{u_e}{r_{BE}} + \frac{u_a}{r_a}$$

$$4. \quad u_a = u_e - R_B \cdot i \Rightarrow 3. \text{ in } 4.$$

$$u_a = u_e - R_B \cdot \beta \cdot \frac{u_e}{r_{BE}} - R_B \cdot \frac{u_a}{r_a}$$

$$u_a \cdot \left(1 + \frac{R_B}{r_a}\right) = u_e \cdot \left(1 - \beta \cdot \frac{R_B}{r_{BE}}\right)$$

$$A = \frac{u_a}{u_e} = \frac{1 - \beta \cdot \frac{R_B}{r_{BE}}}{1 + \frac{R_B}{r_a}} = \frac{1 - 120 \cdot \frac{220 \text{ k}\Omega}{3,29 \text{ k}\Omega}}{1 + \frac{220 \text{ k}\Omega}{3,2 \text{ k}\Omega}} = \frac{-8023}{69,75}$$

$$A = -115$$

## 6.6 Eingangswiderstand

$$r_e = r_{BE} \parallel (R_B + r_a) \quad , \quad \text{da } (R_B + r_a) \gg r_{BE} \text{ ist}$$

$$r_e \approx r_{BE} = 3,29 \text{ k}\Omega$$

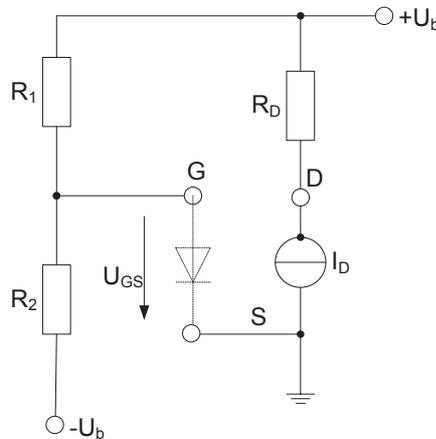
**Tabelle: Eigenschaften der verschiedenen Schaltungen mit Bipolartransistoren**

Schaltung	Strom- verstärkung $B, \beta$	Spannungs- verstärkung $A$	Leistungs- verstärkung	Eingangs- widerstand $r_e$	Ausgangs- widerstand $r_a$
Emitterschaltung	hoch	hoch, $-S \cdot r_a$	hoch, $\beta \cdot A$	$\approx r_{BE}$	$R_C \parallel R_L$
Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung	hoch	klein, $r_a / R_E$	Mittel, $\beta \cdot A$	$\approx r_{BE} + \beta R_E$ , aber abh. von Widerstands- werten für AP- Einstellung	$R_C \parallel R_L$
Emitterschaltung mit Spannungsgegen- kopplung	hoch	abhängig von Beschaltung	Hoch, $\beta \cdot A$	abhängig von Beschaltung	abhängig von Beschaltung
Kollektorschaltung	hoch	$\approx 1$	$\approx \beta$	$\approx r_{BE} + \beta R_E$	$\approx R_E \parallel \left( \frac{R_g}{\beta} + \frac{1}{S} \right)$
Basisschaltung	$\approx 1$	hoch, $+S \cdot r_a$	$\approx A$	klein, $R_E \parallel \left( \frac{1}{S} + \frac{R_{BV}}{\beta} \right)$	$R_C \parallel R_L$

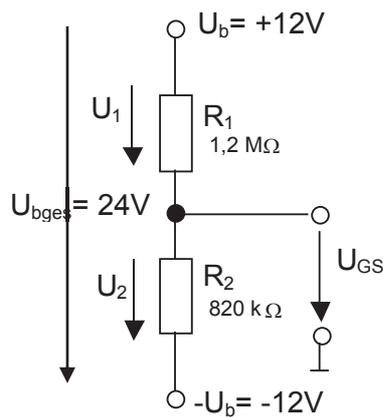
**Aufgabe 7:**

7.1 Sorceschaltung, n-Kanal Sperrschicht FET

7.2 Großsignalersatzschaltbild



7.3 Der Arbeitspunkt der Schaltung ( $U_{GS}$ ,  $I_D$ ) liegt im Sättigungs-(Arbeits-) Bereich des Transistors.  $U_{GS}$  wird über den Spannungsteiler  $R_1$ ,  $R_2$  eingestellt.



$$U_2 = U_{bges} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 24 \text{ V} \frac{820 \text{ k}\Omega}{2020 \text{ k}\Omega} = 9,75 \text{ V}$$

$$U_{GS} = (-U_b) + U_2 = -12 \text{ V} + 9,75 \text{ V} = -2,25 \text{ V}$$

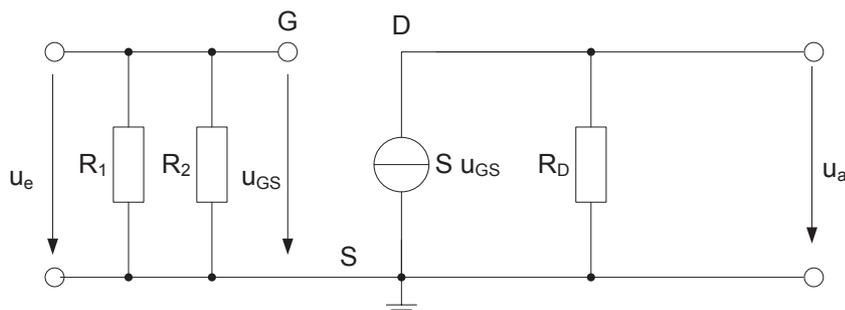
Da der Arbeitspunkt im Sättigungsbereich liegt, gilt für  $I_D$  :

$$I_D = \frac{I_{D0}}{U_{th}^2} (U_{GS} - U_{th})^2 = \frac{10 \text{ mA}}{49 \text{ V}^2} (-2,25 \text{ V} + 7 \text{ V})^2 = \frac{10 \text{ mA}}{49 \text{ V}^2} (4,75 \text{ V})^2 = 4,60 \text{ mA}$$

Berechnung von  $U_{DS}$ :

$$U_{DS} = +U_b - R_D \cdot I_D = 12 \text{ V} - 1,5 \text{ k}\Omega \cdot 4,6 \text{ mA} = 12 \text{ V} - 6,9 \text{ V} = 5,1 \text{ V}$$

7.4 Kleinsignalersatzschaltbild



7.5 Eingangswiderstand  $r_e$ :

$$r_e = R_1 \parallel R_2 = \frac{1200 \text{ k}\Omega \cdot 820 \text{ k}\Omega}{2020 \text{ k}\Omega}$$

$$r_e = 487 \text{ k}\Omega$$

7.6

Steilheit im Arbeitspunkt und Spannungsverstärkung

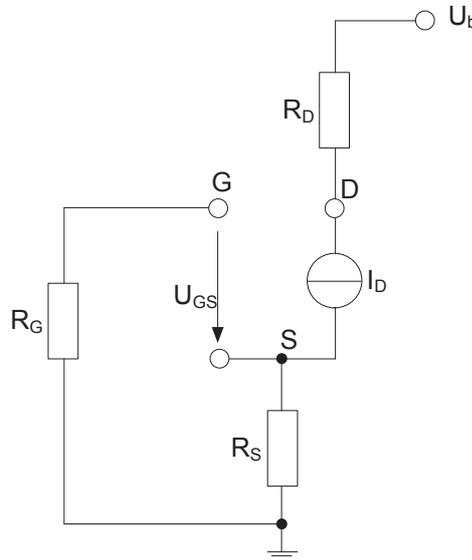
Der Arbeitspunkt ist gegeben durch  $U_{GS} = -2,25 \text{ V}$  und  $I_D = 4,6 \text{ mA}$

$$S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{th}^2} (U_{GS} - U_{th}) = 2 \frac{10 \text{ mA}}{49 \text{ V}^2} (4,75 \text{ V}) = 1,94 \text{ mS}$$

$$A = \frac{u_2}{u_1} = -S \cdot R_D = -1,94 \text{ mS} \cdot 1,5 \text{ k}\Omega = -2,86$$

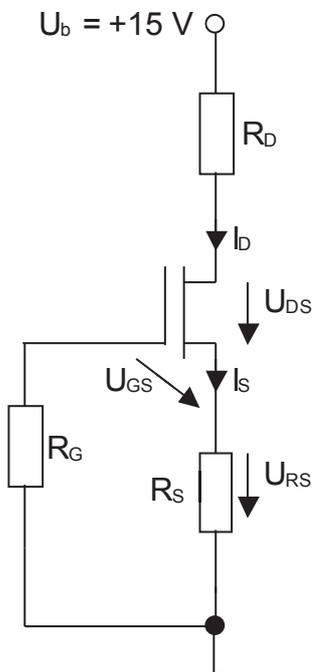
**Aufgabe 8:**

- 8.1 Großsignalverhalten: Sourceschaltung mit Stromgegenkopplung,  
Kleinsignalverhalten: Sourceschaltung  
Transistortyp: Selbstleitender n-Kanal MOSFET
- 8.2 Großsignalersatzschaltbild



- 8.3 Arbeitspunkt:  $U_{DS}$ ,  $U_{GS}$ , für  $I_D = 2 \text{ mA}$

1. Allgemeine Betrachtung der Schaltung:



Das Gate des MOSFET ist über  $R_G$  mit Masse verbunden. Da kein Strom in das Gate fließt, liegt das Gate ebenfalls auf Massepotential. Daraus folgt:

$$U_{GS} = -U_{RS}$$

Da  $I_D = I_S$  ist, ist  $U_{RS} = I_D R_S$

Mit  $R_S = 500 \Omega$  und  $I_D = 2 \text{ mA}$  wird  $U_{RS} = 1 \text{ V} \Rightarrow U_{GS} = -1 \text{ V}$

2. Weg: **Annahme:** Der Arbeitspunkt der Schaltung liegt im aktiven Bereich (Sättigungsbereich). Damit gilt:

$$I_D = \frac{I_{D0}}{U_{th}^2} (U_{GS} - U_{th})^2 = \frac{8 \text{ mA}}{4 \text{ V}^2} (U_{GS} + 2 \text{ V})^2$$

Daraus  $U_{GS}$  bestimmen. Es wird  $U_{GS} = -1 \text{ V}$

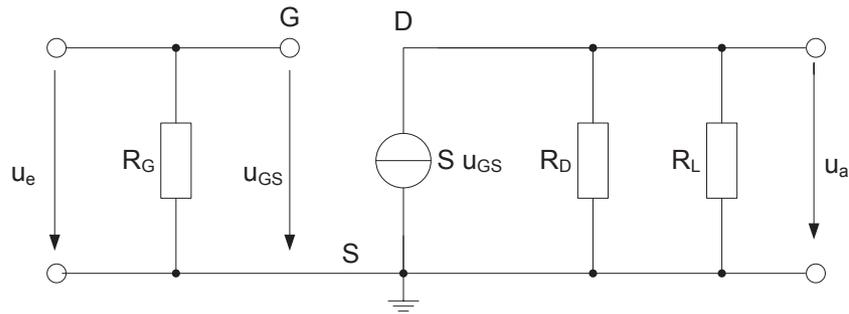
**ABER !! Lsg über Quadratische Gl. liefert 2 Ergebnisse !!**

Berechnung von  $U_{DS}$ :

$$U_b = I_D \cdot R_D + U_{DS} + I_D \cdot R_S \quad \Rightarrow \quad U_{DS} = U_b - I_D \cdot R_D - I_D \cdot R_S$$

$$U_{DS} = 15 \text{ V} - 5,4 \text{ V} - 1 \text{ V} = 8,6 \text{ V}$$

8.4 Kleinsignalersatzschaltbild



8.5 Steilheit im Arbeitspunkt

$$S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{th}^2} (U_{GS} - U_{th}) = 2 \frac{8 \text{ mA}}{4 \text{ V}^2} (-1 \text{ V} + 2 \text{ V}) = 4 \text{ mS}$$

8.6 Spannungsverstärkung

$$A = \frac{u_2}{u_1} = -S \cdot r_a$$

a)  $R_L = \infty : r_a = R_D \rightarrow A = -S \cdot R_D = -4 \text{ mS} \cdot 2,7 \text{ k}\Omega = -10,8$

b)  $R_L = 10 \text{ k}\Omega :$

$$r_a = (2,7 \text{ k}\Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega) = 2,125 \text{ k}\Omega$$

$$A = -4 \text{ mS} \cdot r_a = -4 \text{ mS} \cdot 2,125 \text{ k}\Omega = -8,5$$