$$\underline{Y}_{11} = \left.\frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_1}\right|_{\underline{U}_2=0} \quad \text{primärer Kurzschlussleitwert} \qquad (6\text{-}6)$$

$$\underline{Y}_{12} = \left.\frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_2}\right|_{\underline{U}_1=0} \quad \text{sekundärseitiger Kurzschlusskernleitwert} \qquad (6\text{-}7)$$

$$\underline{Y}_{22} = \left.\frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_2}\right|_{\underline{U}_1=0} \quad \text{sekundärer Kurzschlussleitwert} \qquad (6\text{-}8)$$

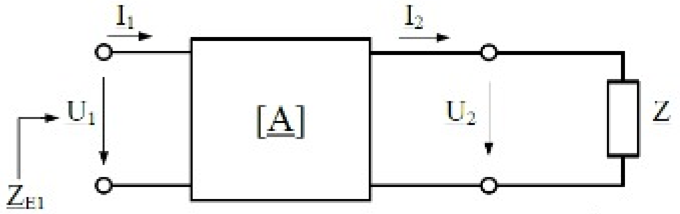
$$\underline{Y}_{21} = \left.\frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_1}\right|_{\underline{U}_2=0} \quad \text{primärseitiger Kurzschlusskernleitwert} \qquad (6\text{-}9)$$

a) $$\underline{Y}_1 = \begin{pmatrix} \frac{1}{Z_{CGS}} & 0 \\ g_m & \frac{1}{r_0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} j\omega C_{GS} & 0 \\ g_m & \frac{1}{r_0} \end{pmatrix}$$

nicht symmetrisch

Wenn der Vierpol symmetrisch ist, d.h. wenn sich seine Eigenschaften bei Vertauschen des Eingangs mit dem Ausgang nicht ändern, gilt:

$Y_{11} \neq Y_{22} \Rightarrow$ nicht richtungssymmetrisch



$Y_{12} = 0 \Rightarrow$ rückwirkungsfrei

6.10.3 Rückwirkungsfreiheit

Bei Verstärkern oder allgemein bei Übertragungssystemen geht man häufig von *rückwirkungsfreien* Vierpolen aus. Die Ausgangsgrößen $\underline{U}_2$ oder $\underline{I}_2$ haben dann keinen Einfluss auf die Eingangsgrößen. Folgende Beziehungen sind dann äquivalent:

	Symmetrische Pfeilung und Kettenpfeilsystem	
	$\underline{Z}_{12} = 0$	(6-77)
oder	$\underline{Y}_{12} = 0$	
oder	$\underline{H}_{12} = 0$	
oder	$\det \underline{A} = 0$	

Aufgabe 2

Kettenparameter Common-Source-Schaltung

Abbildung 3 zeigt das Kleinsignalersatzschaltbild der Common-Source-Schaltung eines Feldeffekttransistors, die eingangs an eine Spannungsquelle mit Innenwiderstand R_in angeschlossen ist und am Ausgang durch einen kapazitiv gekoppelten Widerstand R_L belastet wird. Der Kondensator C_K dient dazu, Gleichanteile abzublocken (vgl. Schaltungstechnik I), darf aber bei folgenden Betrachtungen nicht vernachlässigt werden. In dieser Aufgabe soll die Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_0$ systematisch mithilfe der Vierpoltheorie berechnet werden.

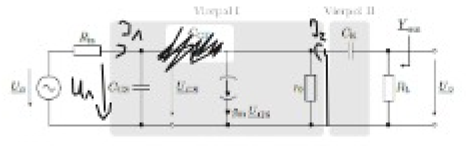


Abbildung 3: Kleinsignalersatzschaltbild einer belasteten Verstärkerschaltung.

Nehmen Sie zunächst an, dass die Kapazität C_GD zwischen Gate- und Drainanschluss des Feldeffekttransistors vernachlässigt, also durch einen Leerlauf ersetzt werden darf.

a) Bestimmen Sie die Admittanzmatrix $[\underline{Y}_\mathrm{I}]$ des Vierpols I. Ist der Vierpol symmetrisch, richtungssymmetrisch bzw. rückwirkungsfrei?

b) Wandeln Sie die Admittanzmatrix $[\underline{Y}_\mathrm{I}]$ in die Kettenmatrix $[\underline{A}_\mathrm{I}]$ des Vierpols I um. Welchen Vorteil besitzt die Kettenmatrix gegenüber der Admittanzmatrix in der gegeben Schaltungskonstellation?

c) Vierpol II modelliert die kapazitive Kopplung am Schaltungsausgang. Bestimmen Sie unter Zuhilfenahme des Skripts die Kettenmatrix $[\underline{A}_\mathrm{II}]$. Begründen Sie, warum für den Vierpol II keine Widerstandsmatrix $[\underline{Z}_\mathrm{II}]$ existiert.

d) Bestimmen Sie die Kettenmatrix $[\underline{A}]$ der Kettenschaltung von Vierpol I und II.

e) Zeigen Sie, dass die Übertragungsfunktion der Schaltung $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_0$ aus den Kettenparametern nach

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{1}{\underline{A}_{11} + \underline{A}_{12}\frac{1}{R_\mathrm{L}} + \underline{A}_{21}R_\mathrm{in} + \underline{A}_{22}\frac{R_\mathrm{in}}{R_\mathrm{L}}}$$

berechnet werden kann, und bestimmen Sie hiermit $\underline{F}(j\omega)$.

f) Bestimmen Sie $\underline{Y}_\mathrm{out}$ in Abhängigkeit der Kettenparameter und R_L.

Ein Vierpol ist *richtungssymmetrisch*, wenn unabhängig vom Abschluss $\underline{Z}$ der Widerstand am Aus- und Eingang gleich ist.

Mit (6-72) und (6-74) gilt dann:

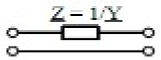
$$\underline{Z}_{E1} = \underline{Z}_{E2} \Leftrightarrow \frac{\underline{A}_{11}\underline{Z} + \underline{A}_{12}}{\underline{A}_{21}\underline{Z} + \underline{A}_{22}} = \frac{\underline{A}_{12} + \underline{A}_{22}\underline{Z}}{\underline{A}_{11} + \underline{A}_{21}\underline{Z}} \qquad (6\text{-}75)$$

Für alle $\underline{Z}$ gilt dies nur, wenn $\underline{A}_{11} = \underline{A}_{22}$. Demnach sind folgende Forderungen äquivalent zur Richtungssymmetrie des Vierpols:

	Symmetrische Pfeilung	Kettenpfeilsystem	
	$\underline{A}_{11} = -\underline{A}_{22}$	$\underline{A}_{11} = \underline{A}_{22}$	(6-76)
oder	$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22}$	$\underline{Z}_{11} = -\underline{Z}_{22}$	
oder	$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22}$	$\underline{Y}_{11} = -\underline{Y}_{22}$	
oder	$\det \underline{H} = 1$	$\det \underline{H} = -1$	

6.16 Anhang D: Umrechnung von Vierpolparametern

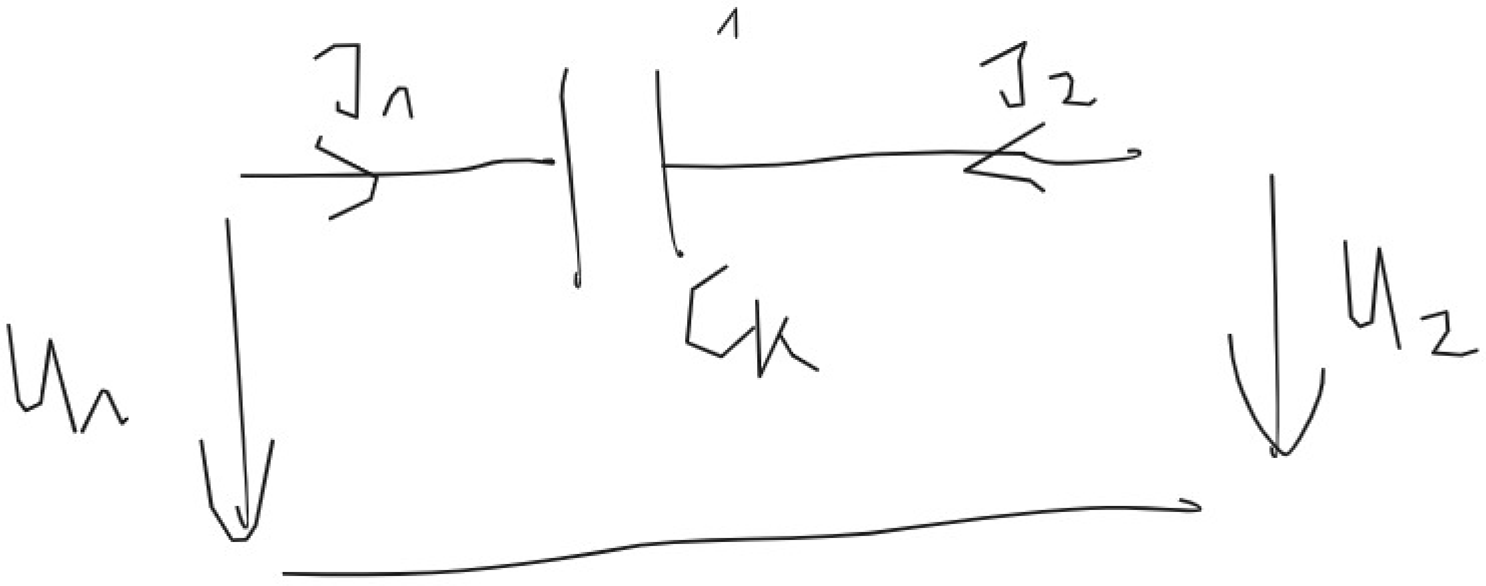
6.14 Anhang B: Matrizen einfacher, passiver Vierpole

Vierpol	$[\underline{A}]$
 $\underline{Z} = 1/\underline{Y}$	$\begin{bmatrix} 1 & \underline{Z} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

c) $$\underline{A}_2 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{j\omega C_K} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\underline{Y}_1 = \begin{pmatrix} Z_{CGS} & 0 \\ \ldots & \frac{1}{\ldots} \end{pmatrix}$$



$$\underline{Z}_{11} = \left.\frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}\right|_{\underline{I}_2=0}$$ primärer Leerlaufwiderstand

$$\underline{Z}_{12} = \left.\frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_2}\right|_{\underline{I}_1=0}$$ sekundärseitiger Leerlaufkernwiderstand

$$\underline{Z}_{21} = \left.\frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_1}\right|_{\underline{I}_2=0}$$ primärseitiger Leerlaufkernwiderstand

$$\underline{Z}_{22} = \left.\frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_2}\right|_{\underline{I}_1=0}$$ sekundärer Leerlaufwiderstand

$$Z_{11} = \frac{U_1}{0} = +\infty \Rightarrow$$

Widerstandsmatrix existiert nicht

wirkungsfrei

oder	$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22}$	$\underline{Y}_{11} = -\underline{Y}_{22}$
oder	$\det \underline{H} = 1$	$\det \underline{H} = -1$

6.16 Anhang D: Umrechnung von Vierpolparametern

	[A]	[Z]	[Y]
[A]	$\begin{bmatrix} \underline{A}_{11} & \underline{A}_{12} \\ \underline{A}_{21} & \underline{A}_{22} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\underline{Z}_{21}}\begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \det \underline{Z} \\ 1 & \underline{Z}_{22} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\underline{Y}_{21}}\begin{bmatrix} -\underline{Y}_{22} & -1 \\ -\det \underline{Y} & -\underline{Y}_{11} \end{bmatrix}$
[Z]	$\frac{1}{\underline{A}_{21}}\begin{bmatrix} \underline{A}_{11} & \det \underline{A} \\ 1 & \underline{A}_{22} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\det \underline{Y}}\begin{bmatrix} \underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{12} \\ -\underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{11} \end{bmatrix}$
[Y]	$\frac{1}{\underline{A}_{12}}\begin{bmatrix} \underline{A}_{22} & -\det \underline{A} \\ -1 & \underline{A}_{11} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\det \underline{Z}}\begin{bmatrix} \underline{Z}_{22} & -\underline{Z}_{12} \\ -\underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{11} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \underline{Y}_{11} & \underline{Y}_{12} \\ \underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{22} \end{bmatrix}$

$$\underline{Y}_1 = \begin{pmatrix} z_{CGs} & G \\ g_m & \frac{1}{r_0} \end{pmatrix}$$

$$\underline{A}_1 = \frac{1}{g_m} \cdot \begin{pmatrix} -\frac{1}{r_0} & -1 \\ -\frac{j\omega C_{Gs}}{r_0} & -j\omega C_{Gs} \end{pmatrix}$$

Der Vorteil der Kettenmatrix:
Die Gesamtkettenmatrix einer Reihenschaltung von zwei Vierpolen ist das Produkt der Kettenmatrizen der einzelnen Vierpole

d) $\underline{A}_{ges} = \underline{A}_1 \cdot \underline{A}_2 =$

$$= \frac{1}{g_m} \begin{pmatrix} -\frac{1}{r_0} & -1 \\ -\frac{j\omega C_{Gs}}{r_0} & -j\omega C_{Gs} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{j\omega C_K} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{g_m} \begin{pmatrix} -\frac{1}{r_0} & -\frac{1}{j\omega C_K r_0} - 1 \\ -\frac{j\omega C_{Gs}}{r_0} & -\frac{C_{Gs}}{r_0 C_K} - j\omega C_{Gs} \end{pmatrix}$$

6.9 Zusammenschaltung von Vierpolen

6.9.1 Serienschaltung (Kettenschaltung) von Teilvierpolen

In Abbildung 6-6 ist die Kettenschaltung von n Teilvierpolen zu sehen. Da wir die Kettendarstellung der Vierpole verwenden, wählt man eine unsymmetrische Bepfeilung.

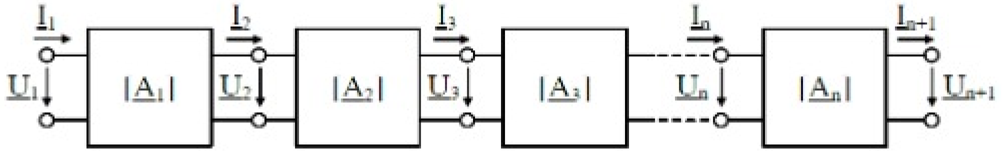


Abbildung 6-6: Kettenschaltung von n Teilvierpolen

Die Größen am Ausgang des Vierpols 2 berechnen sich aus dem Produkt der Kettenmatrizen:

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{I}_1 \end{pmatrix} = [\underline{A}_1]\begin{pmatrix} \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 \end{pmatrix} = [\underline{A}_2]\begin{pmatrix} \underline{U}_3 \\ \underline{I}_3 \end{pmatrix} \tag{6-41}$$

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{I}_1 \end{pmatrix} = \underbrace{[\underline{A}_1][\underline{A}_2]}_{\underline{A}_{ges}}\begin{pmatrix} \underline{U}_3 \\ \underline{I}_3 \end{pmatrix}$$

d) Bestimmen Sie die Kettenmatrix $[\underline{A}]$ der Kettenschaltung von Vierpol I und II.

e) Zeigen Sie, dass die Übertragungsfunktion der Schaltung $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_0$ aus den Kettenparametern nach

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{1}{\underline{A}_{11} + \underline{A}_{12}\frac{1}{R_L} + \underline{A}_{21}R_{in} + \underline{A}_{22}\frac{R_{in}}{R_L}}$$

berechnet werden kann, und bestimmen Sie hiermit $\underline{F}(j\omega)$.

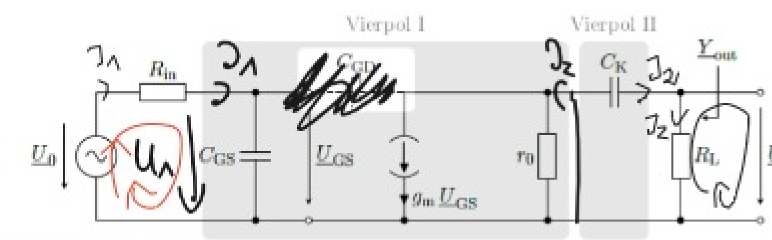
f) Bestimmen Sie $\underline{Y}_{out}$ in Abhängigkeit der Kettenparameter und R_L.

6.3 Vierpolgleichungen in der Kettenform

Aus den Impedanzgleichungen lässt sich auch die Kettenmatrixform ableiten. Ziel der Umformung ist, dass auf der linken Seite U_1 und I_1, nämlich der Strom und die Spannung am Eingang stehen:

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{I}_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{A}_{11} & \underline{A}_{12} \\ \underline{A}_{21} & \underline{A}_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 \end{pmatrix} \qquad (6\text{-}22)$$

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ I_1 \end{pmatrix} \hat{=} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$$



$\sum U = 0$

$-U_0 + I_1 R_{in} + U_1 = 0$

$\Rightarrow U_1 = U_0 - I_1 \cdot R_{in}$

$\sum U = 0$

$-I_2 \cdot R_2 + U_2 = 0$

$U_2 = R_L \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_L}$

$U_1 = U_0 - I_1 \cdot R_{in} \Rightarrow I_1 = \frac{U_0 - U_1}{R_{in}}$

I) $U_1 = A_{11} \cdot U_2 + A_{12} \cdot \frac{U_2}{R_L} = \left(A_{11} + \frac{A_{12}}{R_L}\right) \cdot U_2$

II) $\frac{U_0 - U_1}{R_{in}} = A_{21} \cdot U_2 + A_{22} \cdot \frac{U_2}{R_L} = \left(A_{21} + \frac{A_{22}}{R_L}\right) \cdot U_2$

I in II) $\frac{U_0 - \left(A_{11} + \frac{A_{12}}{R_L}\right) U_2}{R_{in}} = \left(A_{21} + \frac{A_{22}}{R_L}\right) \cdot U_2 \quad \Big| : U_2$

$$\frac{U_0}{R_{in} U_2} - \frac{A_{11} + \frac{A_{12}}{R_L}}{R_{in}} = A_{21} + \frac{A_{22}}{R_L}$$

$$\frac{U_0}{U_2} = \left(A_{21} + \frac{A_{22}}{R_L} + \frac{A_{11} + \frac{A_{12}}{R_L}}{R_{in}}\right) \cdot R_{in} \quad \Big| ()^{-1}$$

$$\boxed{\frac{U_2}{U_0} = \frac{1}{A_{21} R_{in} + A_{22}\frac{R_{in}}{R_L} + A_{11} + \frac{A_{12}}{R_L}}}$$

d) Bestimmen Sie die Kettenmatrix $[\underline{A}]$ der Kettenschaltung von Vierpol I und II.

e) Zeigen Sie, dass die Übertragungsfunktion der Schaltung $\underline{F}(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_0$ aus den Kettenparametern nach

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{1}{\underline{A}_{11} + \underline{A}_{12}\frac{1}{R_L} + \underline{A}_{21}R_{in} + \underline{A}_{22}\frac{R_{in}}{R_L}}$$

berechnet werden kann, und bestimmen Sie hiermit $\underline{F}(j\omega)$.

f) Bestimmen Sie $\underline{Y}_{out}$ in Abhängigkeit der Kettenparameter und R_L.

berechnet werden kann, und bestimmen Sie hiermit $\underline{F}(\mathrm{j}\omega)$.

f) Bestimmen Sie $\underline{Y}_{\mathrm{out}}$ in Abhängigkeit der Kettenparameter und R_{L}.

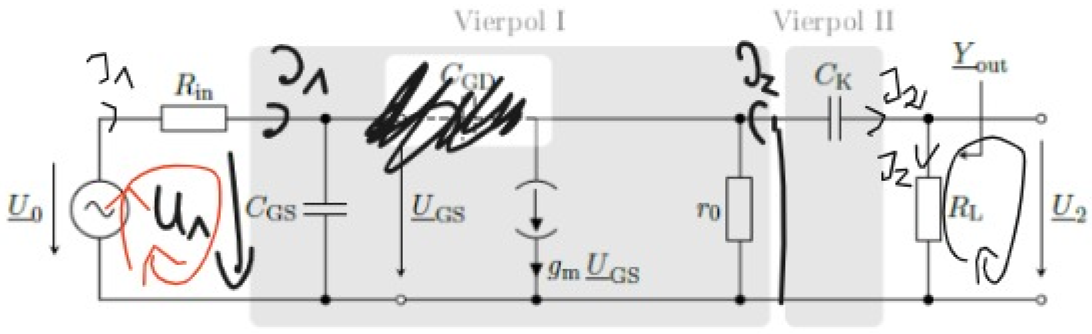
d) Bestimmen Sie die Kettenmatrix $[\underline{A}]$ der Kettenschaltung von Vierpol I und II.

e) Zeigen Sie, dass die Übertragungsfunktion der Schaltung $\underline{F}(\mathrm{j}\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_0$ aus den Kettenparametern nach

$$\underline{F}(\mathrm{j}\omega) = \frac{1}{\underline{A}_{11} + \underline{A}_{12}\frac{1}{R_{\mathrm{L}}} + \underline{A}_{21}R_{\mathrm{in}} + \underline{A}_{22}\frac{R_{\mathrm{in}}}{R_{\mathrm{L}}}}$$

berechnet werden kann, und bestimmen Sie hiermit $\underline{F}(\mathrm{j}\omega)$.

f) Bestimmen Sie $\underline{Y}_{\mathrm{out}}$ in Abhängigkeit der Kettenparameter und R_{L}.



f) $$\underline{Y_{out}} = \frac{\underline{I_2}}{\underline{U_2}} = \frac{\underline{I_2}}{\underline{I_2}\cdot \underline{R_L}} = \frac{1}{\underline{\underline{R_L}}}$$

$$\Sigma U = 0$$

$$U_2 - I_2 \cdot R_L = 0$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_L$$

$$0 = -\frac{I_1}{G_3} - U_2 = 0 \Rightarrow U_2 = -\frac{I_1}{G_3} \quad \Rightarrow Y_{12} = \frac{I_1}{U_2} = \frac{I_1}{-\frac{I_1}{G_3}} = -G_3$$

Y

Aufgabe 5

Vierpolschaltungen

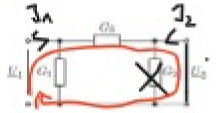


Abbildung 4: Zu untersuchende Schaltung

Bestimmungsgleichungen der Leitwertparameter eines Vierpols [$\underline{Y}$]:

$\underline{Y}_{11} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_1}\big|_{\underline{U}_2=0}$ $\quad \underline{Y}_{22} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_2}\big|_{\underline{U}_1=0}$ $\quad \underline{Y}_{12} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_2}\big|_{\underline{U}_1=0}$ $\quad \underline{Y}_{21} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_1}\big|_{\underline{U}_2=0}$

a) Zeichen Sie die Ströme $\underline{I}_1$ und $\underline{I}_2$ des Vierpols für eine symmetrische Pfeilung in Abb. 8 ein.

b) Wie ist der Zusammenhang zwischen [$\underline{I}$], [$\underline{U}$] und [$\underline{Y}$]?

c) Geben Sie die Y-Parameter des Vierpols aus Abb. 8 in Abhängigkeit von G_1, G_2 und G_3 an.

d) Geben Sie die Widerstandsmatrix [$\underline{Z}$] in Abhängigkeit von [$\underline{Y}$] an.

e) Wie sind zwei Vierpole [$\underline{Y}_a$] und [$\underline{Y}_b$] miteinander verschaltet, wenn für den resultierenden Vierpol in Leitwertform [$\underline{Y}_{ges}$] gilt: [$\underline{Y}_{ges}$] = [$\underline{Y}_a$] + [$\underline{Y}_b$]

parallel

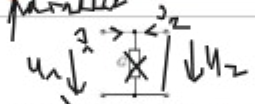


Abbildung 5: Vierpol mit einem Leitwert

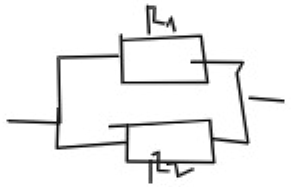
f) Welche ist die richtige [$\underline{Y}$]-Matrix zu dem Vierpol in Abb. 5?
(machen Sie ein Kreuz innerhalb des Kreises, falsche Kreuze geben Punktabzug)

[$\underline{Y}$] = $\begin{bmatrix} G & G \\ G & G \end{bmatrix}$ ○ $\quad$ [$\underline{Y}$] = $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ ○ $\quad$ [$\underline{Y}$] = $\begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & G \end{bmatrix}$ ○ $\quad$ [$\underline{Y}$]: nicht definiert X

$$-\frac{I_2}{G_3} - U_1 = 0$$

$$\Rightarrow U_1 = -\frac{I_2}{G_3}$$

$$Y_{21} = \frac{I_2}{U_1} = \frac{I_2}{-\frac{I_2}{G_3}} = -G_3$$



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$G = G_1 + G_2$$

b) $[I] = [Y] \cdot [U]$

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix}$$

$$\underline{Y} = \begin{pmatrix} G_1 + G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_2 + G_3 \end{pmatrix}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$G = G_1 + G_2$$

$$\underline{Z} = \frac{1}{(G_1+G_3)\cdot(G_2+G_3) - G_3^2} \cdot \begin{pmatrix} G_2+G_3 & G_3 \\ G_3 & G_1+G_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{ad-bc} \cdot \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}$$

6.16 Anhang D: Umrechnung von Vierpolparametern

	[A]	[Z]	[Y]
[A]	$\begin{bmatrix} \underline{A}_{11} & \underline{A}_{12} \\ \underline{A}_{21} & \underline{A}_{22} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\underline{Z}_{21}}\begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \det \underline{Z} \\ 1 & \underline{Z}_{22} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\underline{Y}_{21}}\begin{bmatrix} -\underline{Y}_{22} & -1 \\ -\det \underline{Y} & -\underline{Y}_{11} \end{bmatrix}$
[Z]	$\frac{1}{\underline{A}_{21}}\begin{bmatrix} \underline{A}_{11} & \det \underline{A} \\ 1 & \underline{A}_{22} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\det \underline{Y}}\begin{bmatrix} \underline{Y}_{22} & -\underline{Y}_{12} \\ -\underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{11} \end{bmatrix}$

$\underline{Y}_{11} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_1}\big|_{\underline{U}_2=0}$ $\quad \underline{Y}_{22} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_2}\big|_{\underline{U}_1=0}$ $\quad \underline{Y}_{12} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_2}\big|_{\underline{U}_1=0}$ $\quad \underline{Y}_{21} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_1}\big|_{\underline{U}_2=0}$

$$\underline{Y}_{11} = \frac{I_1}{U_1} = \frac{I_1}{\frac{I_1}{G}} = G$$

$$\underline{Y}_{21} = -\infty$$

$$\Sigma U = 0$$

$$-U_1 + \frac{I_1}{G} = 0$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{I_1}{G}$$

Nichtlineare Schaltung

Gegeben ist die nichlineare Schaltung in Abbildung 2 mit zwei baugleichen Dioden. Es gilt $R_1 = 2R_2$. Sperrende Dioden können als Leerlauf betrachtet werden.

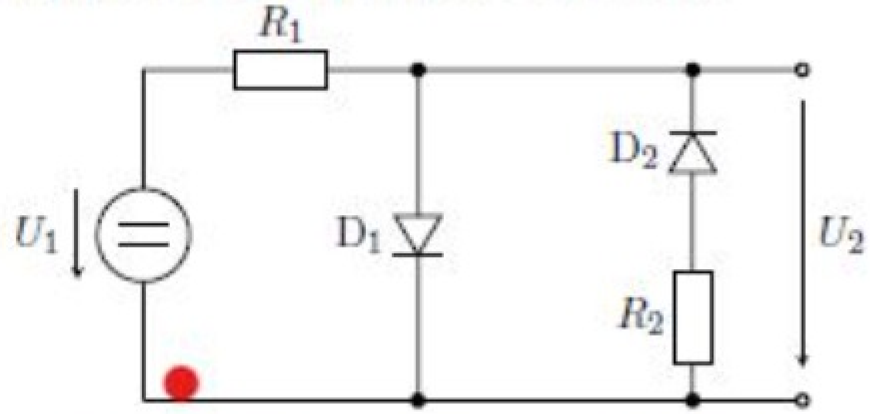


Abbildung 2: Schaltung mit Dioden

$$i_D = I_S \left(e^{\frac{u_D}{U_T}} - 1 \right)$$

a) Geben Sie die aus der Vorlesung bekannte Diodengleichung an.

b) Welches aus der Vorlesung bekannte Verfahren eignet sich zur Berechnung von U_2?

Newton-Raphson-Verfahren (NRV)

c) Der Spannungsquelle U_1 wird nun eine sinusförmige Wechselspannung überlagert. Durch welches bekannte Verfahren können Sie berechnen, welche Harmonischen im Ausgangssignal $u_2(t)$ enthalten sind? Was ist in Bezug auf die Wechselspannungsamplitude zu beachten?

Fourierreihe berechnen

Die Dioden können nun durch die vereinfachte Knickkennlinie beschrieben werden mit $U_K = 2\,\text{V}$.

d) Skizzieren Sie die Übertragungsfunktion $U_2 = f(U_1)$ für $U_1 = -5\,\text{V}$ bis $5\,\text{V}$.