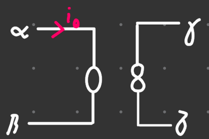
Nulloreinbau



$u_{k\alpha} = u_{k\beta}$

$i_0 = 0$

Man kann Knoten reduzieren, da $u_{k\alpha} = u_{k\beta}$

① Spalten $u_{k\alpha} \mathrel{+}= u_{k\beta}$

② Spalte $u_{k\beta}$ löschen

③ $u_{k\beta}$ aus u_k-Vektor löschen

① $u_{k\alpha}$ Spalte löschen

② $u_{k\alpha}$ aus u_k-Vektor löschen

Man kann Zeilen reduzieren, da i & u beliebig & durch Superknoten werden 2 Gl. zu einer

① Bei g_k & bei $\underline{i}_q$ $\gamma \mathrel{+}= \delta$

② δ Zeile streichen

① Bei g_k & bei $\underline{i}_q$ γ Zeile streichen

I Zunächst Null- & Norator ignorieren (g_k', $\underline{u}_k'$, $\underline{i}_q'$)

II Alle Elemente Sp.-steuern

III Null- & Norator-Zeilen/Spalten streichen

Netzwerkeigenschaften

Duales Netzwerk

$$\boxed{\begin{aligned} \underline{u}^d &= R_d \cdot \underline{i} \\ \underline{i}^d &= \frac{\underline{u}}{R_d} \end{aligned}}$$

Maschen

$\underset{\sim}{B} \cdot \underline{u} = \underline{0}$ KVL

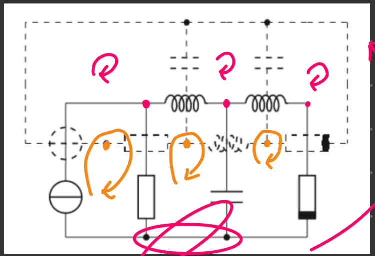
Knoten

$\underset{\sim}{A} \cdot \underline{i} = \underline{0}$ KCL

$$\boxed{\underset{\sim}{B} \cdot \underline{i}^d = \underline{0} \;\text{KCL} \qquad \underset{\sim}{A} \cdot \underline{u}^d = \underline{0} \;\text{KVL}}$$ Dual

Knoten $\xrightarrow{R_d}$ Maschen

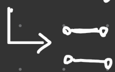
Maschen $\xrightarrow{R_d}$ Knoten

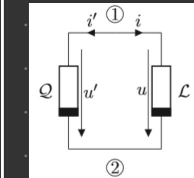


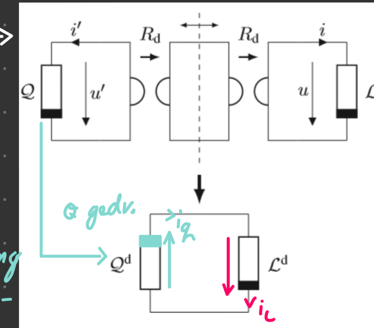
- Richtung der Maschen egal

Gyrator: $\underset{\sim}{A}_g = \begin{bmatrix} 0 & R_d \\ 1/R_d & 0 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} u_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \underset{\sim}{A}_g \cdot \begin{bmatrix} u_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$

$\underset{\sim}{A}_g \cdot \underset{\sim}{A}_g = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ (Verkettung ändert nichts)







2 Mal Dual-wand. (was ja an Schaltung nix ändert)

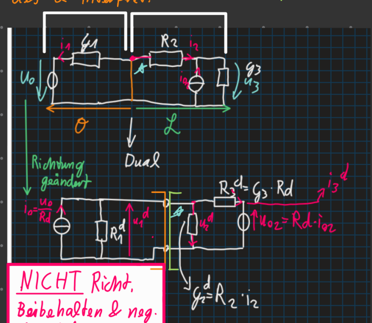
Original:
- Sp. in gleiche Richtung
- Ströme in versch. – " –
- $i_q = -i_L$

Dual:
- Sp. in versch. Richtung
- Str. in gleiche – " –
- $u^d_q = -u^d_L$

Oben KCL
↓
KVL

Alles links als Q interpret.

Alles rechts als ℒ interpret.



NICHT Richt. Beibehalten & neg. Vorzeichen

- ℒ darf auch Quellen enthalten

★ Strom fließt von Knoten weg, deshalb fällt duale Sp. auch "von Knoten weg" ab

Prüfung

Substitutionstheorem

- ist N_1 Sp.-gest. → N_2 kann durch Zeitvariante Sp.-Q. ersetzt werden
- Dafür muss $u(t)$ oder $i(t)$ bekannt sein → es entsteht dann automatisch $i(t) = g_1(u(t))$
- Quelle auch von Zeit abhängig → kann sich beliebig ändern
- Auch mit Str.-gest. machbar

Lineare Netzwerke

Superpositionsprinzip

- Schaltung mit mehreren unabh. Quellen

$$\underbrace{\begin{bmatrix} B & 0 \\ 0 & A \\ M & N \end{bmatrix}}_{T} \cdot \begin{bmatrix} u \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \underline{e} \end{bmatrix}$$

$\underline{e}$ sortieren nach

$$e^T = [0, \dots, 0, u_{01}, \dots, u_{0\alpha}, i_{01}, \dots, i_{0\beta}]$$

↓

Umstellen

$$T^{-1} = \Big[\ \overbrace{\approx\approx}\ \ \underbrace{\begin{matrix} w \\ y \end{matrix}}_{\leftarrow\alpha\rightarrow}\ \underbrace{\begin{matrix} x \\ z \end{matrix}}_{\leftarrow\beta\rightarrow}\ \Big]$$

Egal, da nach umstellen eh · 0

$$\begin{bmatrix} u \\ i \end{bmatrix} = T^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \underline{0} \\ \underline{u_0} \\ \underline{i_0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w & x \\ y & z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_0 \\ i_0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{u} = \underline{w} \cdot \underline{u_0} + \underline{x} \cdot \underline{i_0} \Rightarrow u_l = \sum_{i=1}^{\alpha} w_{li} \cdot u_{0i} + \sum_{i=1}^{\beta} x_{li} \cdot i_{0i}$$

$$\underline{i} = \underline{y} \cdot \underline{u_0} + \underline{z} \cdot \underline{i_0} \Rightarrow i_l = \sum_{i=1}^{\alpha} y_{li} \cdot u_{0i} + \sum_{i=1}^{\beta} z_{li} \cdot i_{0i}$$

⟸

- Setzt man alle Quellen bis auf eine auf 0 erhält man den Teil der Schaltung der von dieser Quelle beeinflusst wird
- Teile der Summe unabh. von einander betr.

Superposition

$u_a = u_1 + u_2$

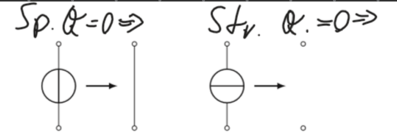


Abbildung 8.7: ESB nicht berücksichtigter Quellen beim Superpositionsprinzip

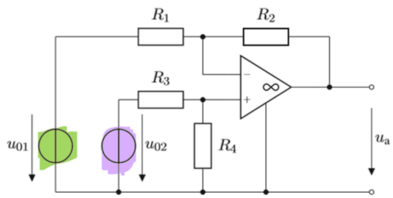
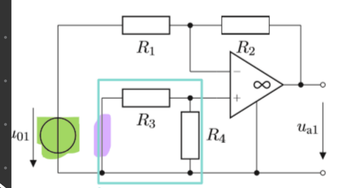


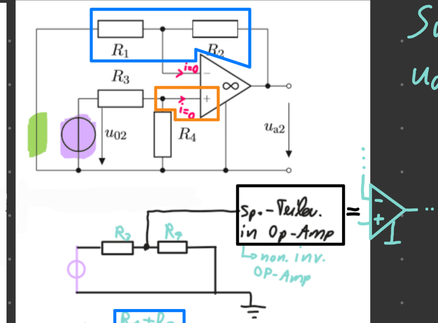
Abbildung 8.8: Differenzverstärker



$(R_3 \| R_4)$ aber nach Novalov also fällt es weg

↓

inv. Verst. ⇒ $u_{a1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot u_{01}$



$u_{a2} = \boxed{\frac{R_1+R_2}{R_1}} \cdot \boxed{u_+}$

$\frac{R_1+R_2}{R_1} \cdot \boxed{\frac{R_4}{R_3+R_4}} \cdot u_{02}$

· non-inv. OP-Amp

= Verhältnis Wid.

* Sp. an +

2-Pol-Ersatzschaltungen

Beliebige Schaltung sei lin. & Resistiv.

$$T'\left\{\begin{bmatrix} B & 0 \\ 0 & A \\ M' & N' \end{bmatrix}\right. \cdot \begin{bmatrix} u \\ i \end{bmatrix} = 0 \qquad T' \cdot \begin{bmatrix} u \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ e' \end{bmatrix}$$

$f(u,i)=0$

Lin.& Res. Sch. kann immer durch Quelle + Wid./Leitwert ersetzt werden