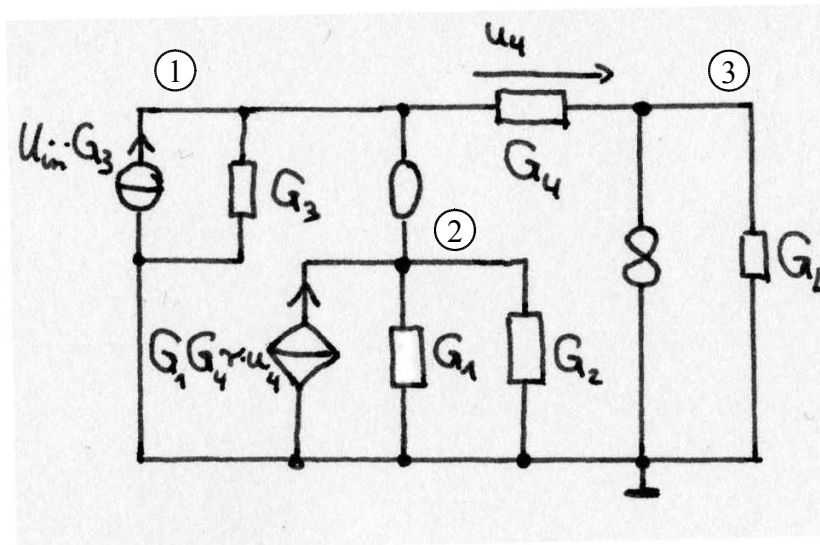


## ST1-TUTORÜBUNG – LÖSUNG ZU BLATT 13

### 1. Knotenspannungsanalyse

- a) Operationsverstärker im linearen Bereich, also Nullor-ESB.  
 Spannungsquelle nicht spannungsgesteuert, also Quellenwandlung von  $U_{in}$ .  
 ISU  $u = r i_4$  über Quellenwandlung (wie bei ungesteuerter Quelle) in ISI wandeln und mit  $i_4 = G_4 u_4$  in Form USI  $i = G_1 G_4 r u_4$  bringen.



- b) Siehe Ersatzschaltbild.

c)  $Y_k u_k = I_q$

$$\begin{pmatrix} G_3 + G_4 & 0 & -G_4 \\ -G_1 G_4 r & G_1 + G_2 & G_1 G_4 r \\ -G_4 & 0 & G_4 + G_L \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_{k1} \\ u_{k2} \\ u_{k3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{in} G_3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- d) Nullator: Addiere Spalte 2 zu Spalte 1, streiche Spalte 2. Entferne  $u_{k2}$  aus  $u_k$ .  
 Norator: Streiche Zeile 3 aus  $Y_k$  und  $I_q$ . (Hier keine Addition nötig, da ein Knoten des Norators Bezugspotential ist.)

$$\begin{pmatrix} G_3 + G_4 & -G_4 \\ -G_1 G_4 r + G_1 + G_2 & G_1 G_4 r \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_{k1} \\ u_{k3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{in} G_3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- e)  $U_{out} = u_{k3}$ . Lösung des linearen Gleichungssystems entweder mit Gauß-Algorithmus (obere Diagonalmatrix herstellen, auflösen) oder Cramersche Regel:

$$U_{out} = u_{k3} = \frac{\det \begin{pmatrix} G_3 + G_4 & U_{in} G_3 \\ -G_1 G_4 r + G_1 + G_2 & 0 \end{pmatrix}}{\det \begin{pmatrix} G_3 + G_4 & -G_4 \\ -G_1 G_4 r + G_1 + G_2 & G_1 G_4 r \end{pmatrix}} = \dots = -\frac{G_3 (G_1 + G_2 - G_1 G_4 r)}{G_4 (G_1 + G_2 + G_1 G_3 r)} U_{in}$$

f)  $KVL: r i_4 = \frac{i_1}{G_1} + \frac{i_2}{G_2} = \frac{i_1 (G_1 + G_2)}{G_1 G_2} \Rightarrow i_1 = \frac{r G_1 G_2}{G_1 + G_2} i_4$

$$KVL: U_0 = \frac{i_3}{G_3} + \frac{i_2}{G_2} = \frac{i_4}{G_3} + \frac{i_1}{G_2} = \frac{i_4}{G_3} + \frac{r G_1 G_2}{G_2(G_1+G_2)} i_4 = \left( \frac{1}{G_3} + \frac{r G_1}{G_1+G_2} \right) i_4 = \frac{G_1+G_2+r G_1 G_3}{G_3(G_1+G_2)} i_4$$

$$i_4 = \frac{G_3(G_1+G_2)}{G_1+G_2+r G_1 G_3} U_{in}$$

$$KVL: \frac{i_4}{G_4} + u_{out} - \frac{i_2}{G_2} = 0 \Rightarrow u_{out} = \frac{i_1}{G_2} - \frac{i_4}{G_4} = \left( \frac{r G_1}{G_1+G_2} - \frac{1}{G_4} \right) i_4 = \frac{r G_1 G_4 - (G_1+G_2)}{G_4(G_1+G_2)} i_4$$

$$u_{out} = \frac{r G_1 G_4 - (G_1+G_2)}{G_4(G_1+G_2)} \cdot \frac{G_3(G_1+G_2)}{G_1+G_2+r G_1 G_3} U_{in} = \frac{G_3(r G_1 G_4 - G_1 - G_2)}{G_4(r G_1 G_3 + G_1 + G_2)} U_{in}$$

$$u_{out} = - \frac{G_3(G_1+G_2 - G_1 G_4 r)}{G_4(G_1+G_2 + G_1 G_3 r)} U_{in}$$

## 2. Wahr oder falsch?

- Falsch. Zur Berücksichtigung des Norators wird eine Zeile von  $Y_k$  gestrichen.
- Falsch. Mit einer Diode und einem Widerstand kann man einen Logarithmierer bzw. Exponenzierer bauen.
- Wahr.
- Falsch. Die reale Diode besitzt eine (annähernd) exponentielle Kennlinie.
- Falsch. ISU ist nicht spannungsgesteuert.
- Falsch. Ein Gyrtator ist ein Dualwandler. Der NIK spiegelt Kennlinien an einer Koordinatenachse.