

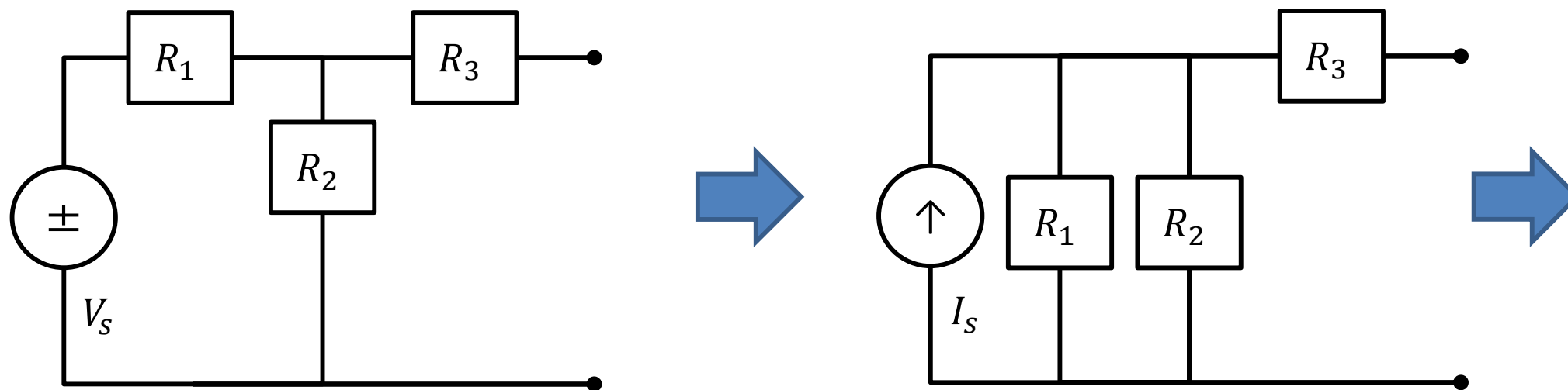
回路とシステム  
第八回  
1ポート回路  
テブナン・ノートン回路  
舟木 剛  
2022年11月29日2限

# 講義計画

- 回路方程式 1回
  - 節点方程式と閉路方程式
- ラプラス変換による回路解析 1回
- 線形回路の応答 2回
  - 零入力応答(重ね合わせの理、零入力応答の時間応答、漸近安定性)
  - 零状態応答(伝達関数、重ね合わせの理、インパルス応答と合成積、安定伝達関数、周波数応答)
- 1ポート回路 3回
  - テブナン・ノートンの定理
  - 安定性と正実性(開放安定性、短絡安定性、正実関数)
- 2ポート回路 4回
  - 2ポート回路の行列表現
  - 相反2ポート回路
  - 相互接続
  - 分布定数回路の等価回路(T形等価回路、 $\pi$ 形等価回路)
- 状態方程式による回路解析 2回
  - 状態方程式の導出(状態変数、状態方程式、出力方程式)
  - 状態方程式の解(零入力応答、零状態応答)
- 三相交流 1回
  - 平衡三相回路

# テブナン・ノートン回路

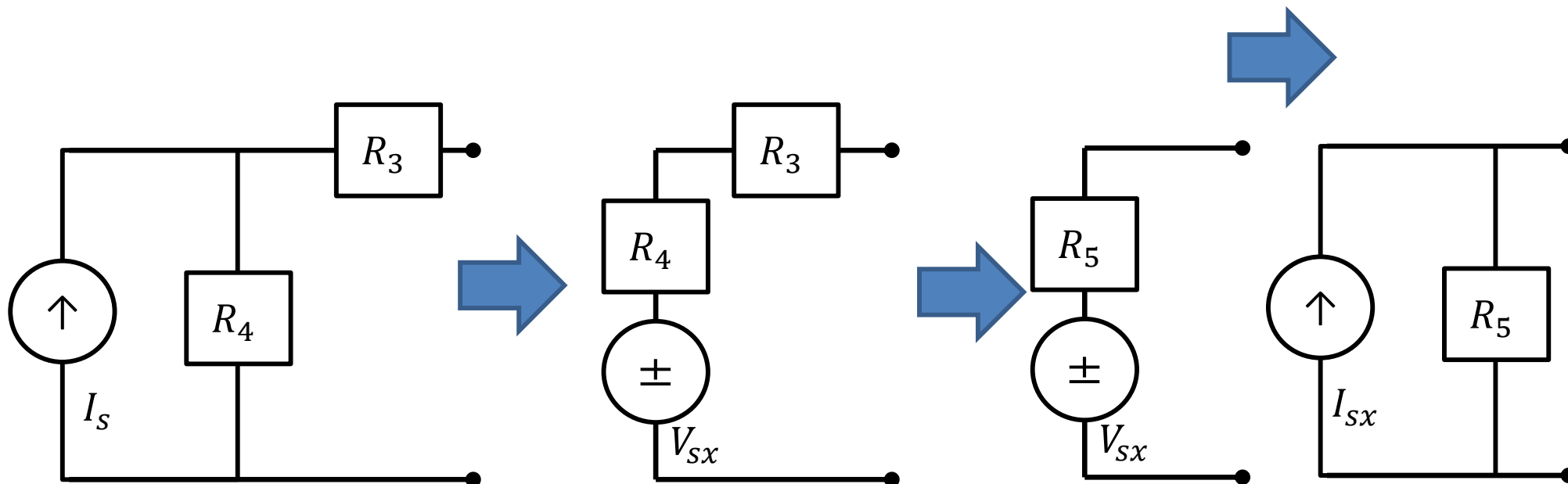
例1



$$I_s = \frac{V_s}{R_1}$$

# テブナン・ノートン回路

例1



$$R_4 = R_1 // R_2$$

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

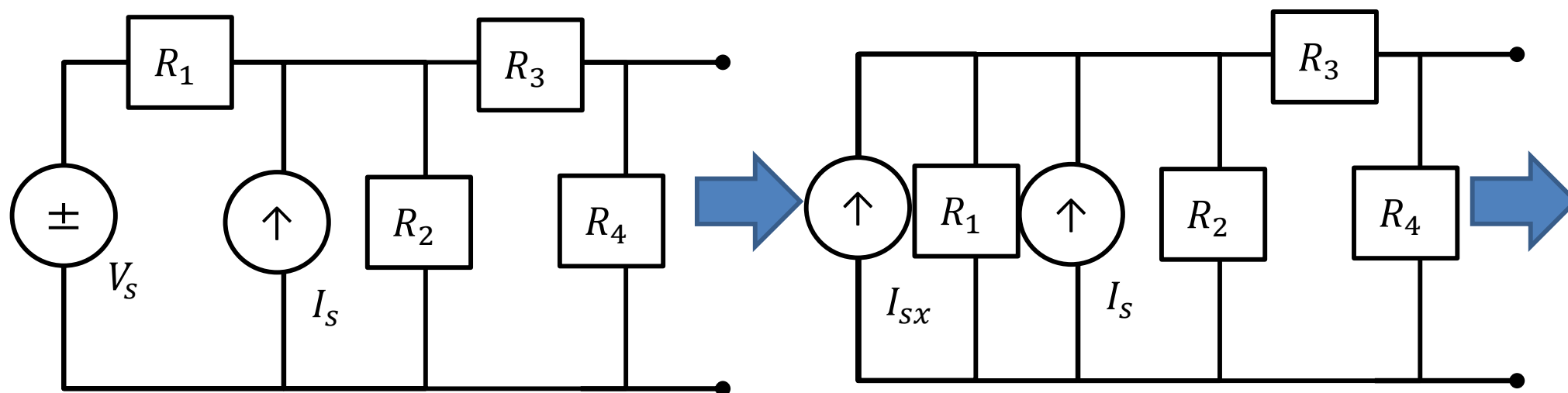
$$V_{sx} = R_4 I_s$$

$$R_5 = R_3 + R_4$$

$$I_{sx} = \frac{V_{sx}}{R_5}$$

# テブナン・ノートン回路

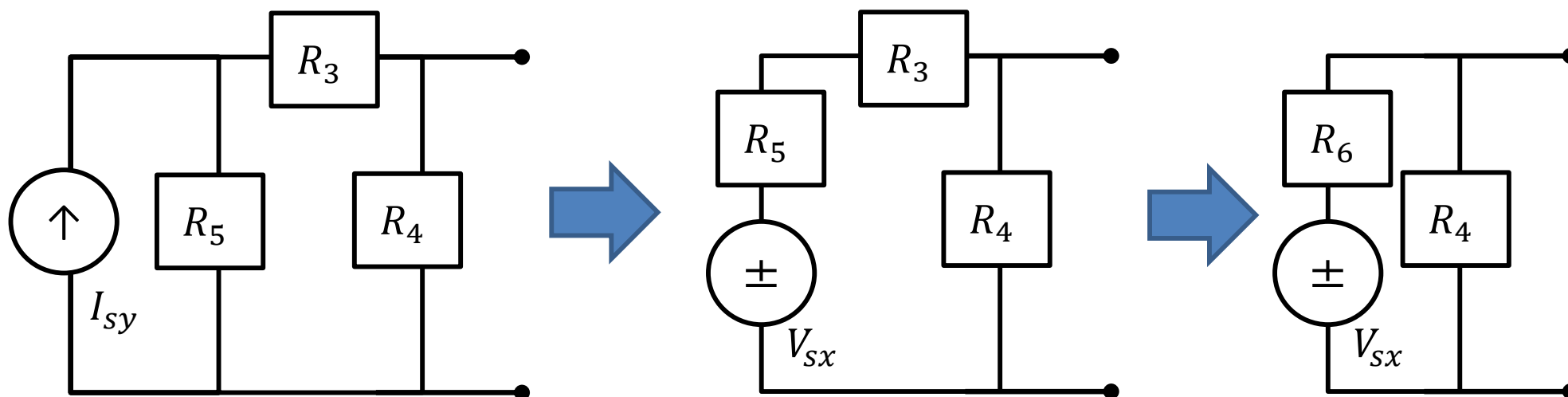
例2



$$I_{sx} = \frac{V_s}{R_1}$$

# テブナン・ノートン回路

例2



$$I_{sy} = I_s + I_{sx}$$

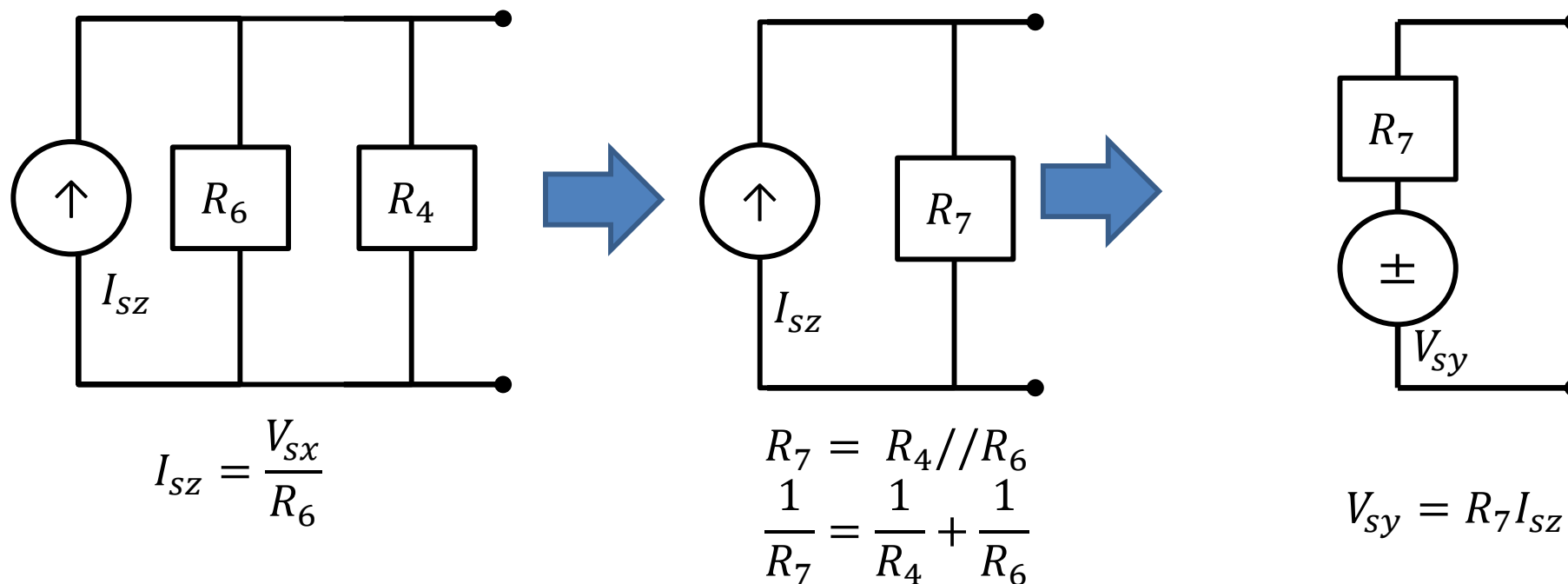
$$R_5 = R_1 // R_2$$
$$\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$V_{sx} = R_5 I_{sy}$$

$$R_6 = R_3 + R_5$$

# テブナン・ノートン回路

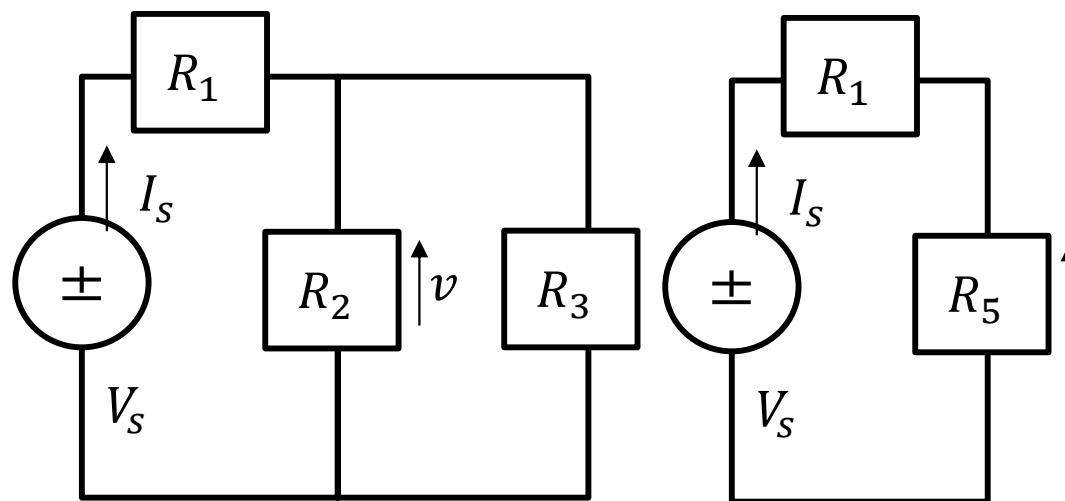
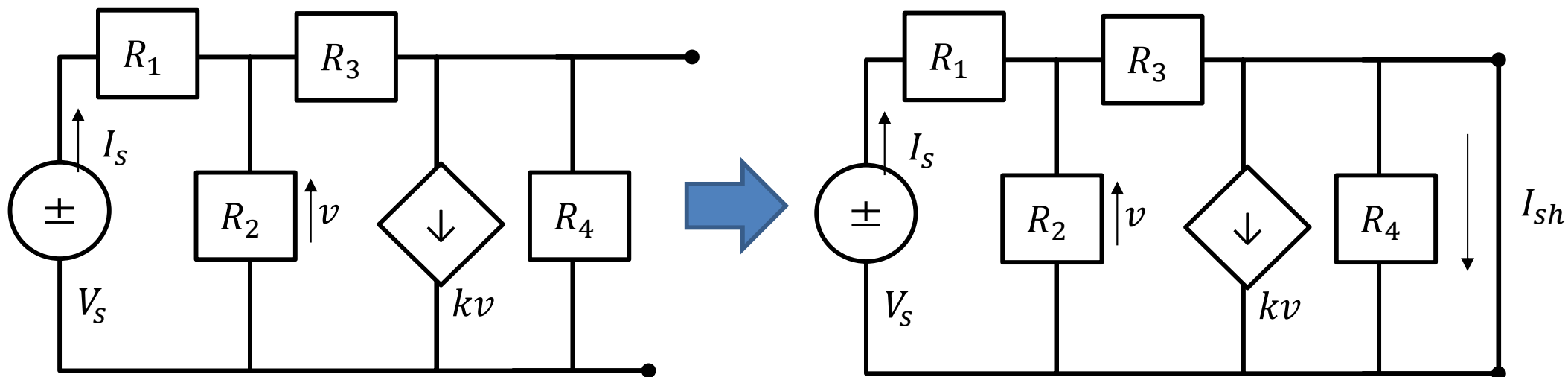
例2



# テブナン・ノートン回路

例3

ノートン等価回路の  
短絡電流  $I_{sh}$  を求める



$$R_5 = R_2 // R_3$$

$$\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$I_s = \frac{V_s}{R_1 + R_5}$$

$$v = \frac{R_5}{R_1 + R_5} V_s$$

$$kv = k \frac{R_5}{R_1 + R_5} V_s$$

$$I_{sh} = I_s - kv - \frac{v}{R_2}$$

$$= \frac{V_s}{R_1 + R_5} - \left(k + \frac{1}{R_2}\right) \frac{R_5}{R_1 + R_5} V_s$$

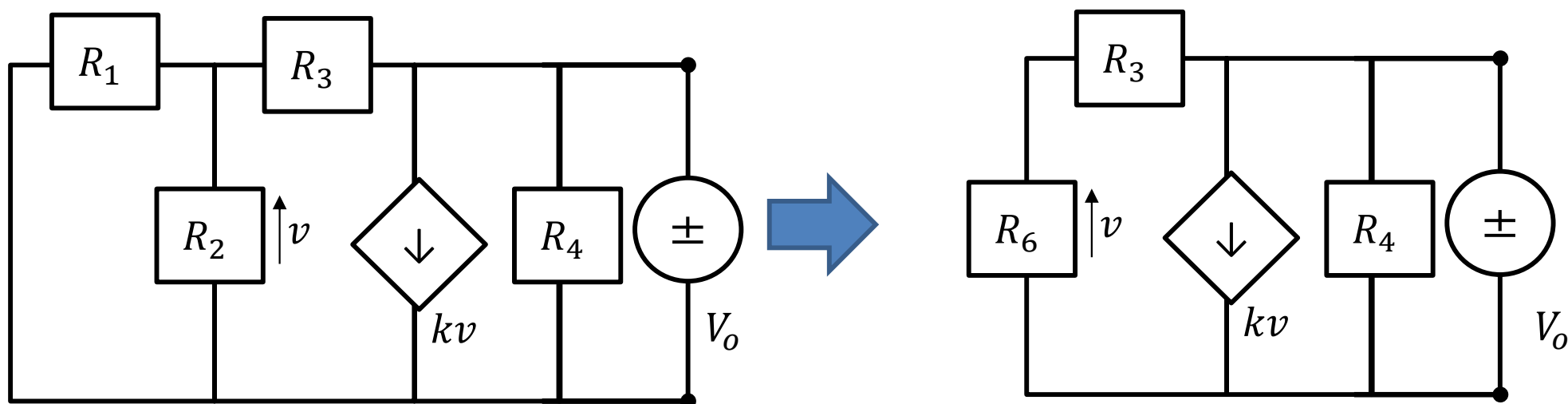
$$= \frac{V_s}{R_1 + R_5} \left(1 - kR_5 - \frac{R_5}{R_2}\right)$$



# テブナン・ノートン回路

例3

従属電源を評価するため出力に電圧源 $V_0$ を入れる  
電圧源短絡



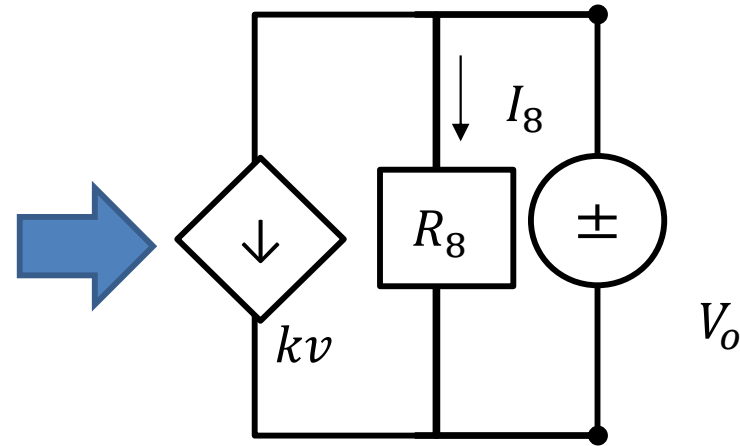
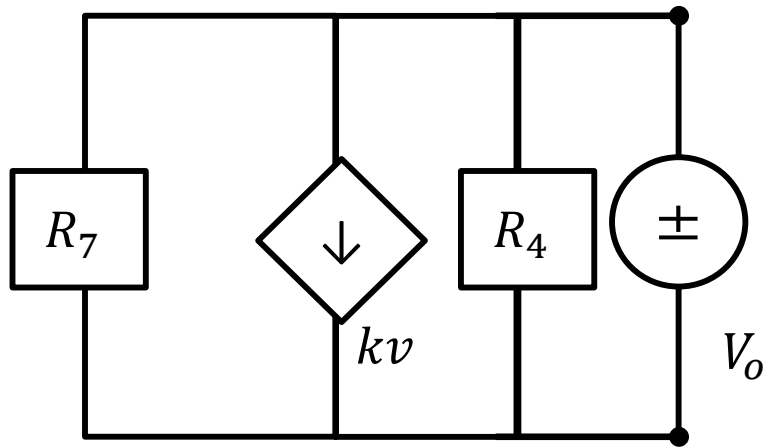
$$R_6 = R_1 // R_2$$
$$\frac{1}{R_6} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$v = \frac{R_6}{R_3 + R_6} V_0 \quad kv = k \frac{R_6}{R_3 + R_6} V_0$$

# テブナン・ノートン回路

例3

従属電源を評価するため出力に電圧源 $V_o$ を入れる  
電圧源短絡



$$R_7 = R_3 + R_6$$

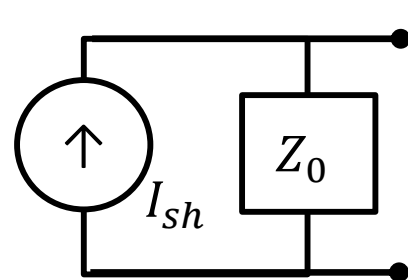
$$I_o = kv + I_8 = k \frac{R_6}{R_3 + R_6} V_o + \frac{V_o}{R_8}$$

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{1}{k \frac{R_6}{R_3 + R_6} + \frac{1}{R_8}}$$

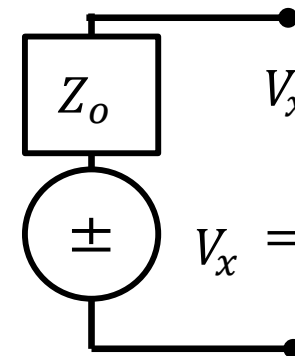
$$R_8 = R_4 // R_7$$

$$\frac{1}{R_8} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_7}$$

$$I_8 = \frac{V_o}{R_8}$$



回路とシステム-8



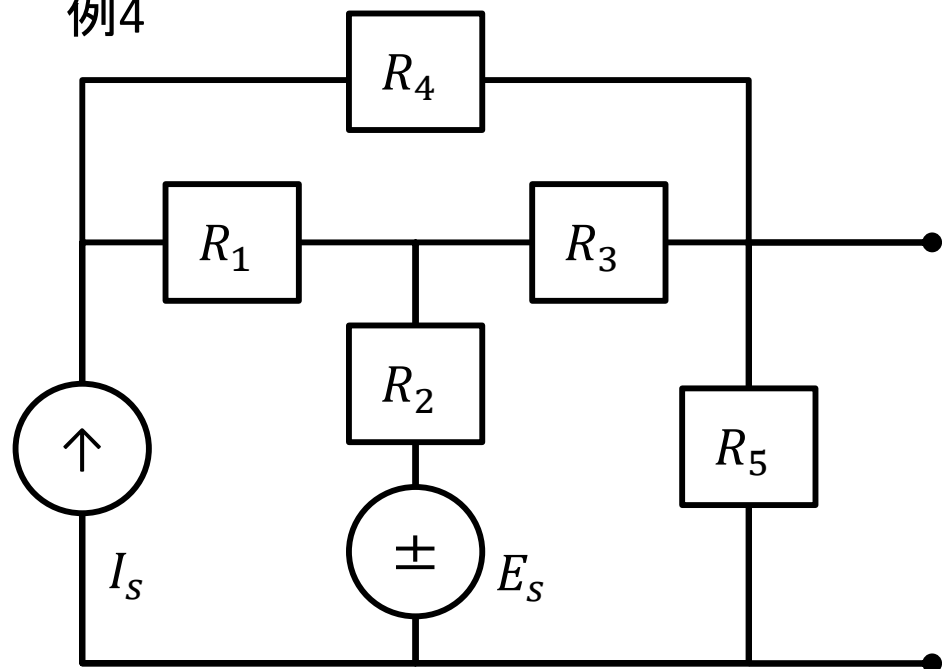
$$V_x = Z_o I_{sh}$$

$$V_x = \frac{V_s}{R_1 + R_5} (1 - kR_5)$$

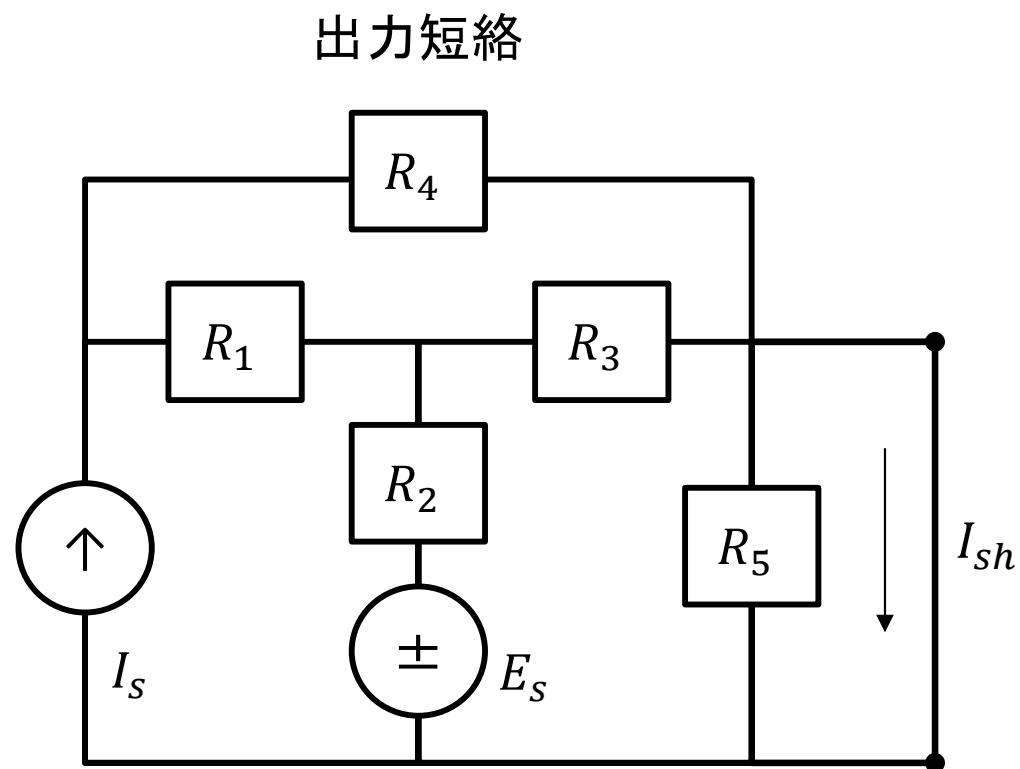
$$V_x = \frac{1}{k \frac{R_6}{R_3 + R_6} + \frac{1}{R_8}}$$

# テブナン・ノートン回路

例4



左図のノートン等価回路  
短絡電流 $I_{sh}$ を求める

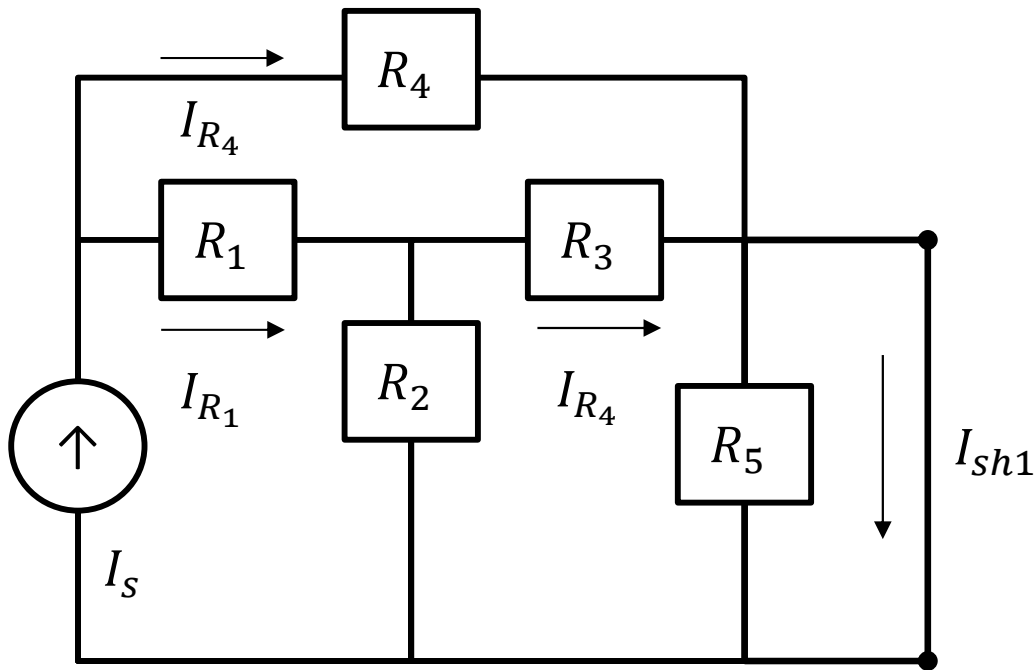


# テブナン・ノートン回路

重ね合わせの理を用いる

例4

出力短絡  
電圧源短絡



$$R_a = R_1 + (R_2 // R_3)$$

$$I_{R_1} = I_s \frac{R_4}{R_a + R_4}$$

$$I_{R_3} = I_{R_1} \frac{R_2}{R_2 + R_3} = I_s \frac{R_4}{R_a + R_4} \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

$$I_{R_4} = I_s \frac{R_a}{R_a + R_4}$$

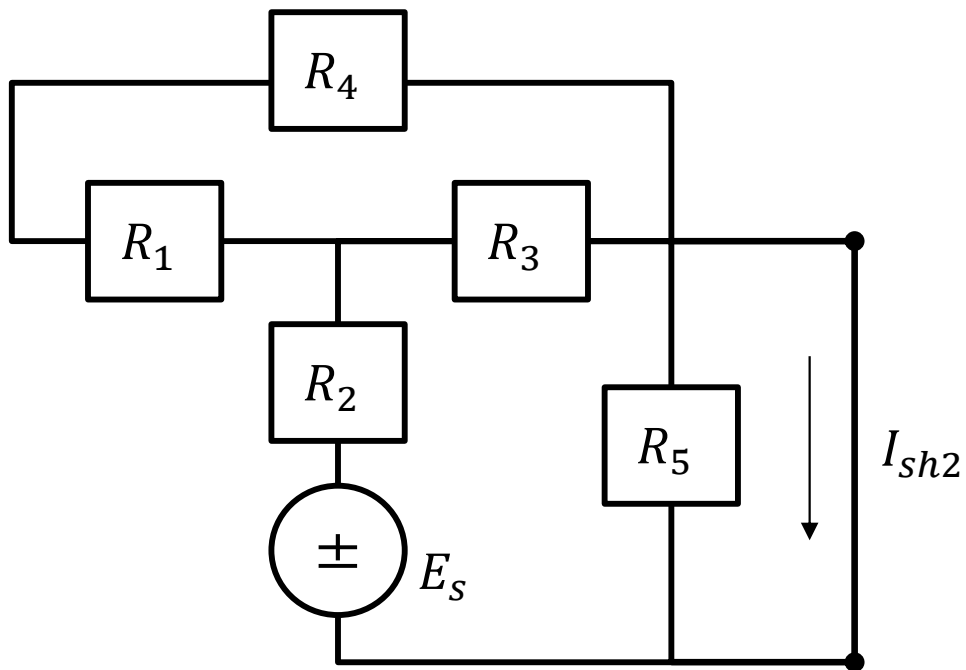
$$\begin{aligned} I_{sh1} &= I_{R_3} + I_{R_4} \\ &= I_s \left( \frac{R_4}{R_a + R_4} \frac{R_2}{R_2 + R_3} + \frac{R_a}{R_a + R_4} \right) \end{aligned}$$

# テブナン・ノートン回路

重ね合わせの理を用いる

例4

出力短絡  
電流源開放

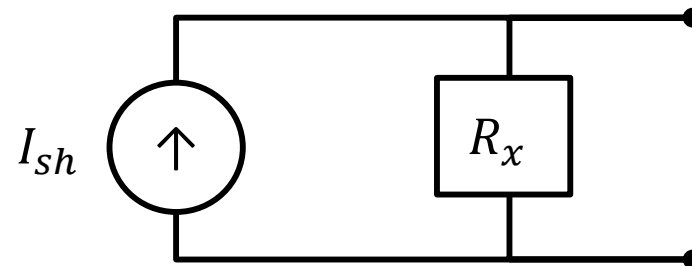


$$R_b = (R_1 + R_4) // R_3$$

$$I_{sh2} = I_{R2} = I_{R1} \frac{E_s}{R_2 + R_b}$$

電流源

$$I_{sh} = I_{sh1} + I_{sh2}$$

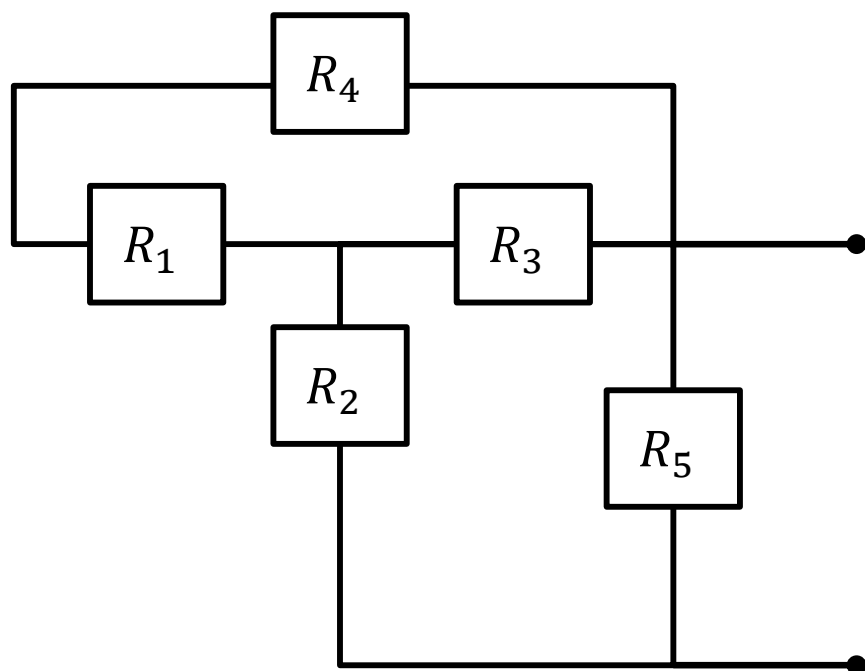


# テブナン・ノートン回路

重ね合わせの理を用いる

例4

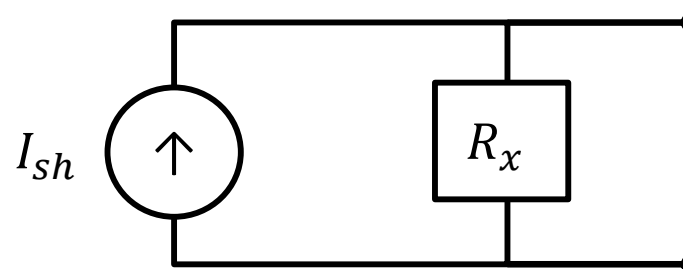
電圧源短絡・電流源開放



$$R_b = (R_1 + R_4) // R_3$$

合成アドミタンス(インピーダンス)

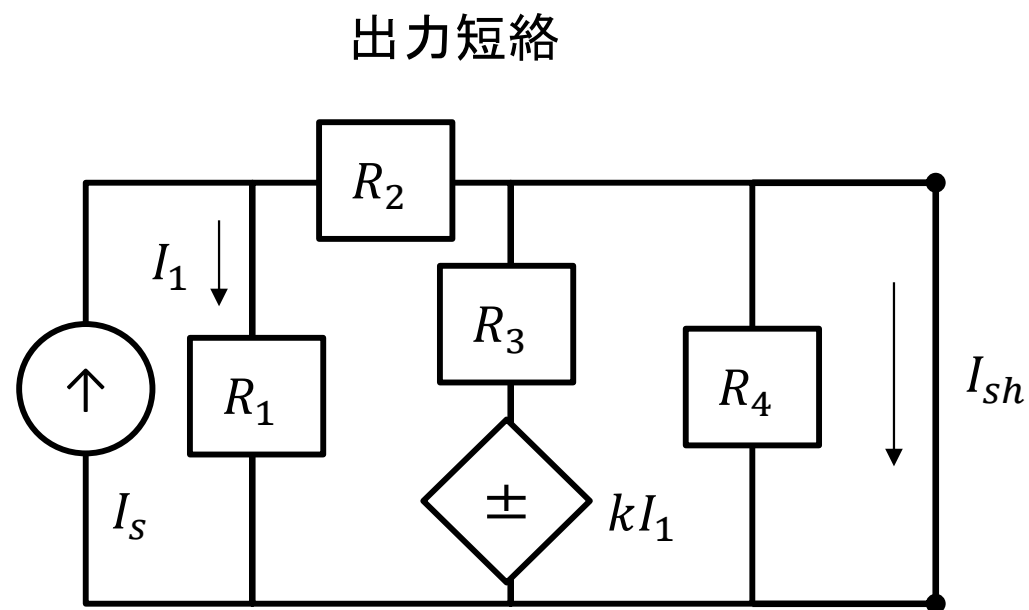
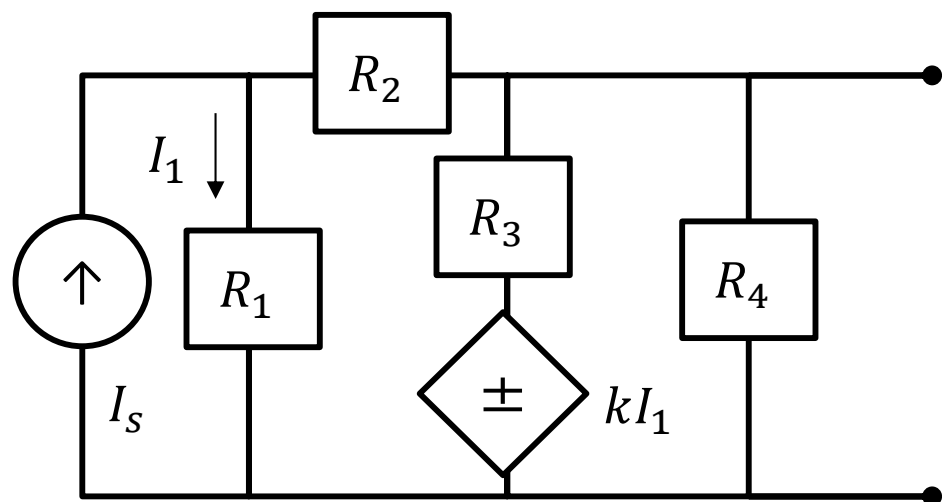
$$R_x = (R_b + R_2) // R_5$$



# テブナン・ノートン回路

例5

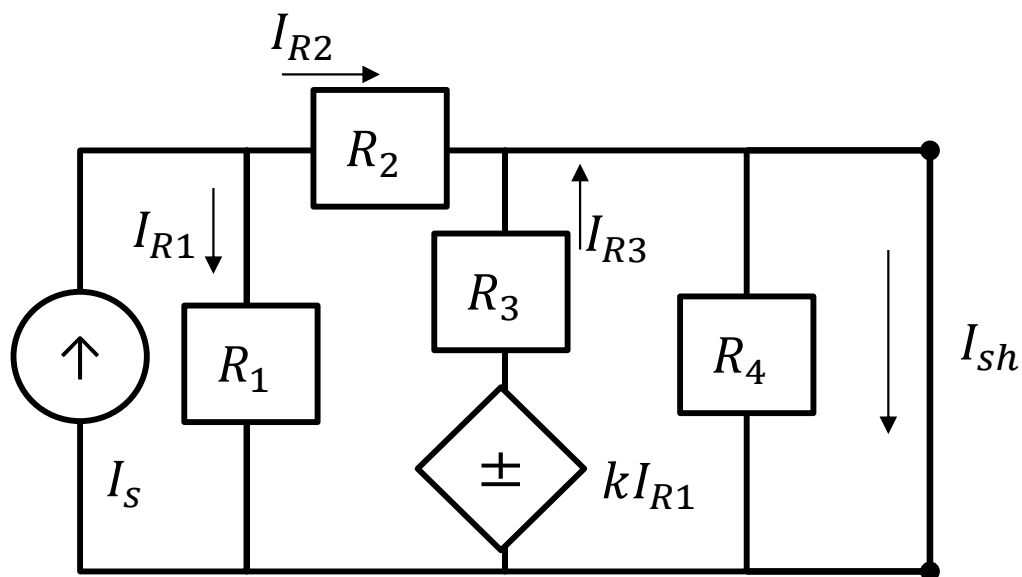
左図のノートン等価回路  
短絡電流 $I_{sh}$ を求める



# テブナン・ノートン回路

例5

出力短絡



$$I_{R2} = I_s \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$I_{R1} = I_s - I_{R2} = I_s \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$kI_{R1} = kI_s \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_{R3} = \frac{kI_{R1}}{R_3} = \frac{kI_s}{R_3} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_{sh} = I_{R2} + I_{R3} = I_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} + \frac{kI_s}{R_3} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

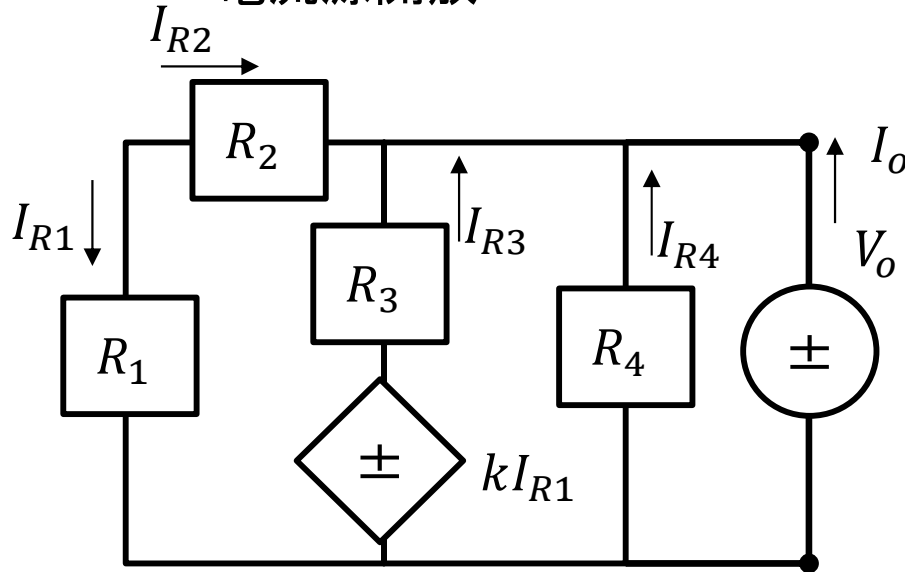


# テブナン・ノートン回路

従属電源を評価するため出力に電圧源 $V_o$ を入れる

例5

電流源開放



$$I_{R1} = \frac{V_o}{R_1 + R_2} = -I_{R2}$$

$$kI_{R1} = k \frac{V_o}{R_1 + R_2}$$

$$I_{R3} = \frac{kI_{R1} - V_o}{R_3} = \frac{k \frac{V_o}{R_1 + R_2} - V_o}{R_3}$$

$$I_{R4} = \frac{-V_o}{R_4}$$

$$I_o = -I_{R2} - I_{R3} - I_{R4} = \frac{V_o}{R_1 + R_2} - \frac{k \frac{V_o}{R_1 + R_2} - V_o}{R_3} + \frac{V_o}{R_4}$$

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{1}{\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{-k}{R_1 + R_2} + 1 + \frac{1}{R_4}}$$

