

# TSTE05 Elektronik & mätteknik

## Föreläsning 2

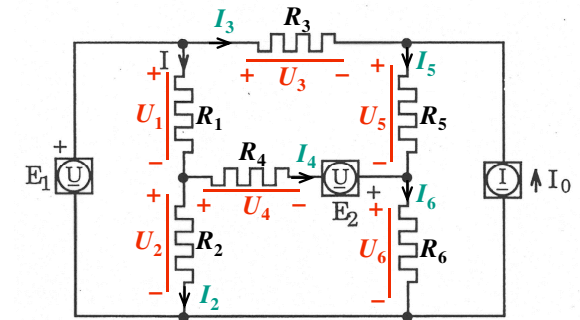
### Likströmsteori: Analysmetoder och förenklingar

Mikael Olofsson  
 Institutionen för Systemteknik (ISY)  
 Ämnesområdet Elektroniska kretsar och system

## Lösningssmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

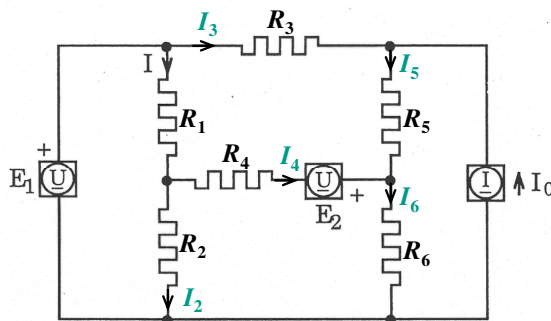
1. Ansätt en ström genom varje resistans.
2. Ansätt en spänning över varje resistans.



## Lösningssmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

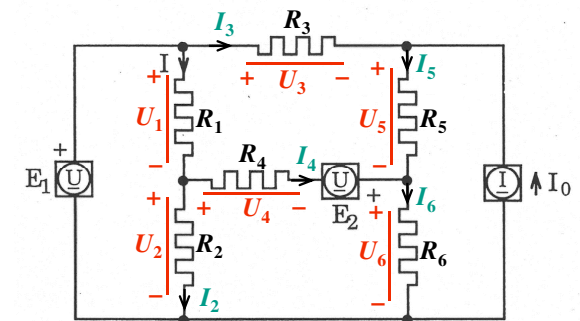
1. Ansätt en ström genom varje resistans.



## Lösningssmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

1. Ansätt en ström genom varje resistans.
2. Ansätt en spänning över varje resistans.
3. Ohms lag på varje resistans.

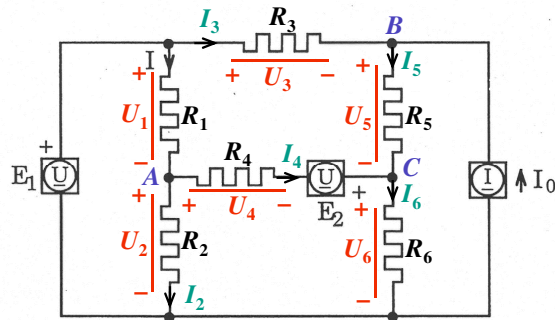


$$\begin{aligned}
 U_1 &= R_1 I_1 & U_4 &= R_4 I_4 \\
 U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 \\
 U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6
 \end{aligned}$$

## Lösningssmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

1. Ansätt en ström genom varje resistans.
2. Ansätt en spänning över varje resistans.
3. Ohms lag på varje resistans.
4. KCL på lämpliga noder.



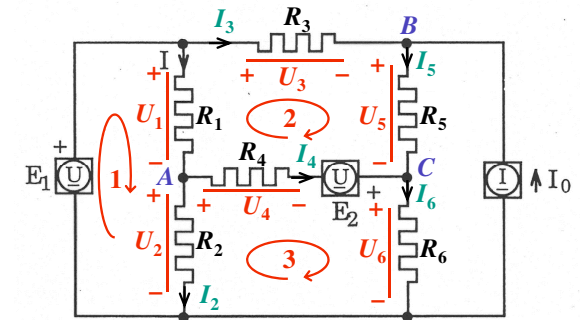
$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 I_1 & U_4 &= R_4 I_4 \\ U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 \\ U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A: } & I_1 - I_4 - I_2 = 0 \\ \text{B: } & I_3 + I_0 - I_5 = 0 \\ \text{C: } & I_4 + I_5 - I_6 = 0 \end{aligned}$$

## Lösningssmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

1. Ansätt en ström genom varje resistans.
2. Ansätt en spänning över varje resistans.
3. Ohms lag på varje resistans.
4. KCL på lämpliga noder.
5. KVL på lämpliga slingor.
6. Lös ekvationssystemet.

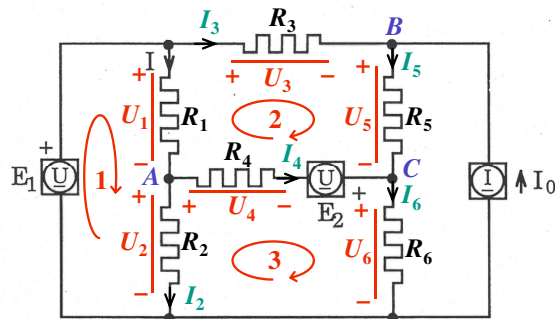


$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 I_1 & U_4 &= R_4 I_4 & \text{A: } & I_1 - I_4 - I_2 = 0 & \text{1: } & E_1 - U_1 - U_2 = 0 \\ U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 & \text{B: } & I_3 + I_0 - I_5 = 0 & \text{2: } & U_1 - U_3 - U_5 - E_2 + U_4 = 0 \\ U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6 & \text{C: } & I_4 + I_5 - I_6 = 0 & \text{3: } & U_2 - U_4 + E_2 - U_6 = 0 \end{aligned}$$

## Lösningssmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

1. Ansätt en ström genom varje resistans.
2. Ansätt en spänning över varje resistans.
3. Ohms lag på varje resistans.
4. KCL på lämpliga noder.
5. KVL på lämpliga slingor.

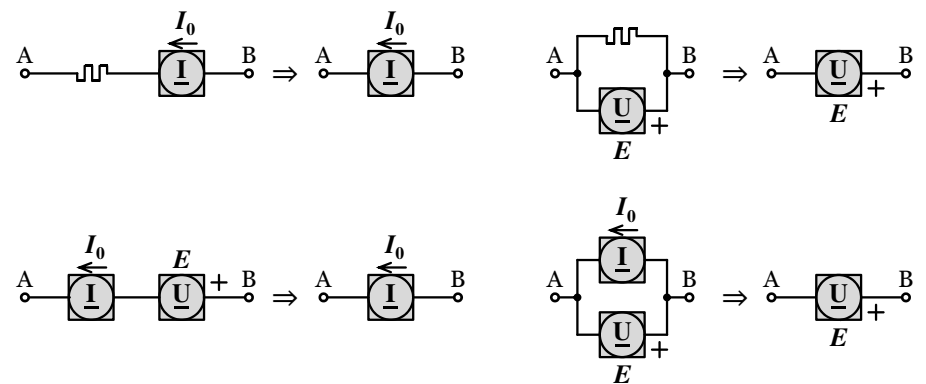


$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 I_1 & U_4 &= R_4 I_4 \\ U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 \\ U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A: } & I_1 - I_4 - I_2 = 0 \\ \text{B: } & I_3 + I_0 - I_5 = 0 \\ \text{C: } & I_4 + I_5 - I_6 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{1: } & E_1 - U_1 - U_2 = 0 \\ \text{2: } & U_1 - U_3 - U_5 - E_2 + U_4 = 0 \\ \text{3: } & U_2 - U_4 + E_2 - U_6 = 0 \end{aligned}$$

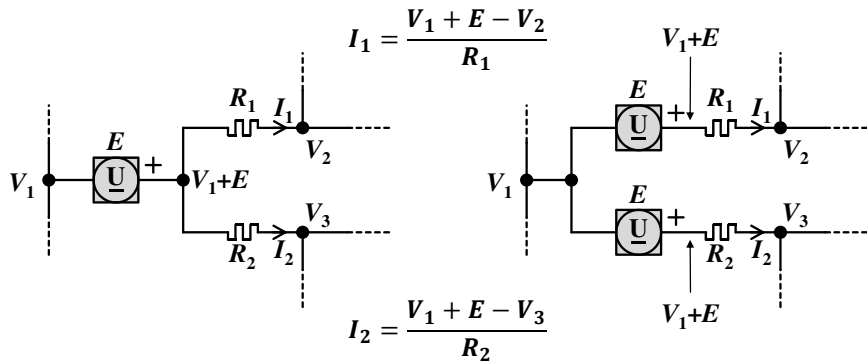
## Nätförenklingar – Ideala källor



I princip figur 1.31 i Sune Söderkvist

## Inför nodanalys

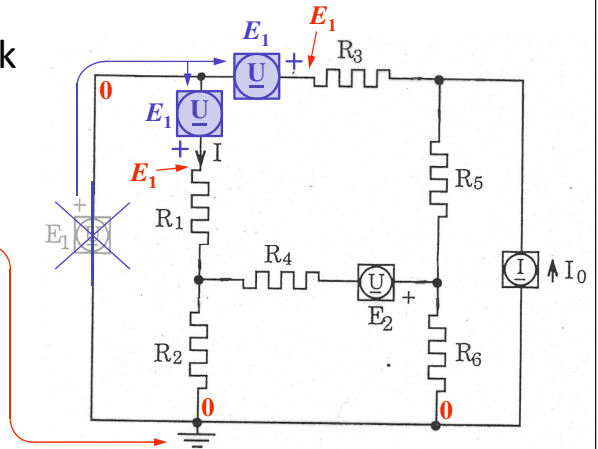
– Eliminera ensamma spänningskällor



## Lösningsteknik

– Nodanalys

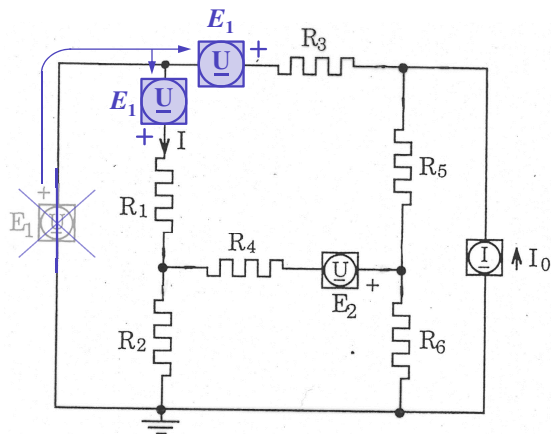
1. Eliminera ensamma spänningskällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.



## Lösningsteknik

– Nodanalys

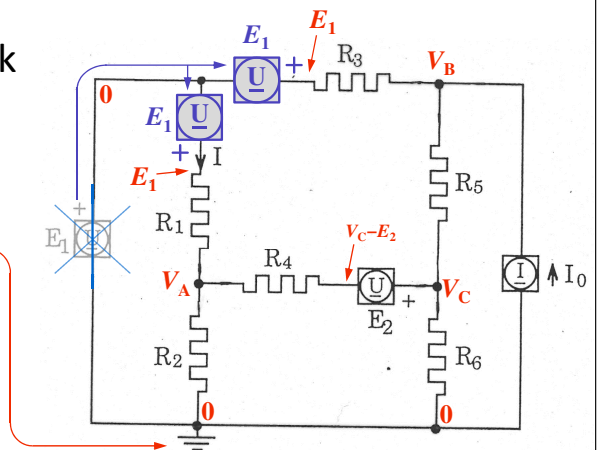
1. Eliminera ensamma spänningskällor.



## Lösningsteknik

– Nodanalys

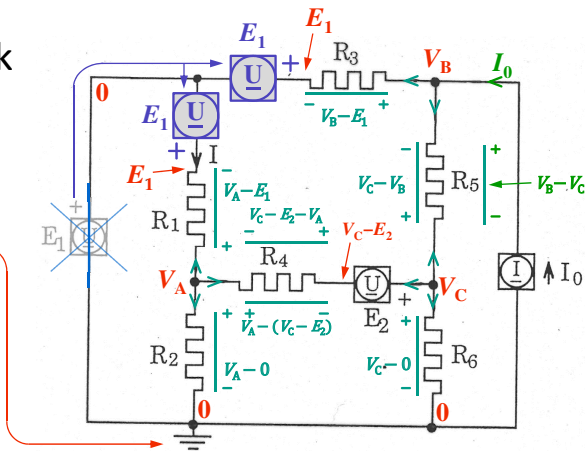
1. Eliminera ensamma spänningskällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.
3. Inför en potential i varje ojordad nod.



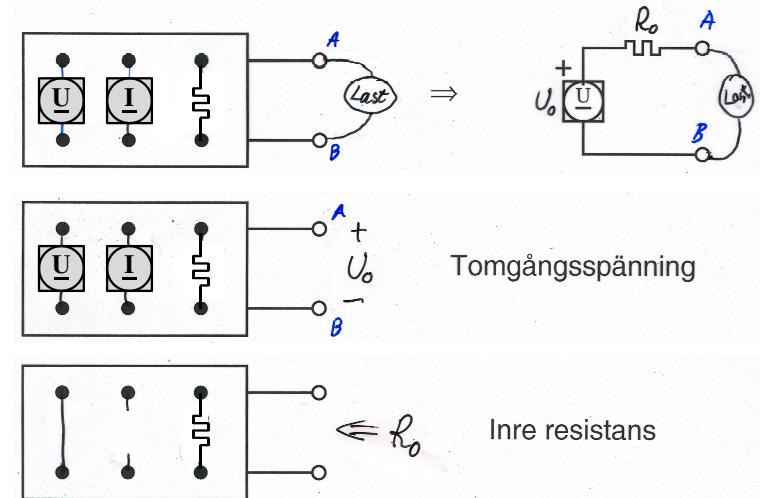
## Lösningsteknik

### - Nodanalys

1. Eliminera ensamma spänningskällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.
3. Inför en potential i varje ojordad nod.
4. KCL i varje ojordad nod.



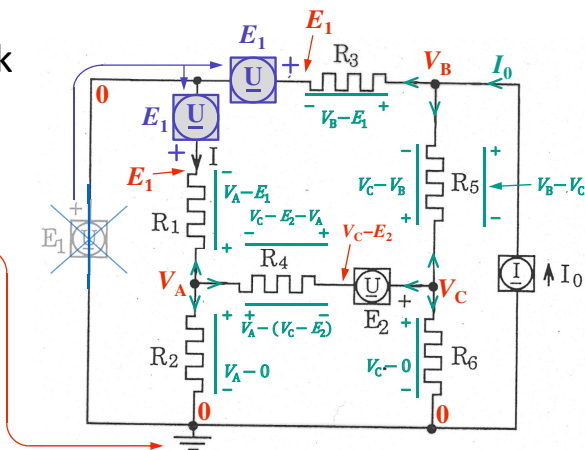
## Tvåpolssatsen (Thevenins tvåpolsekvivalent)



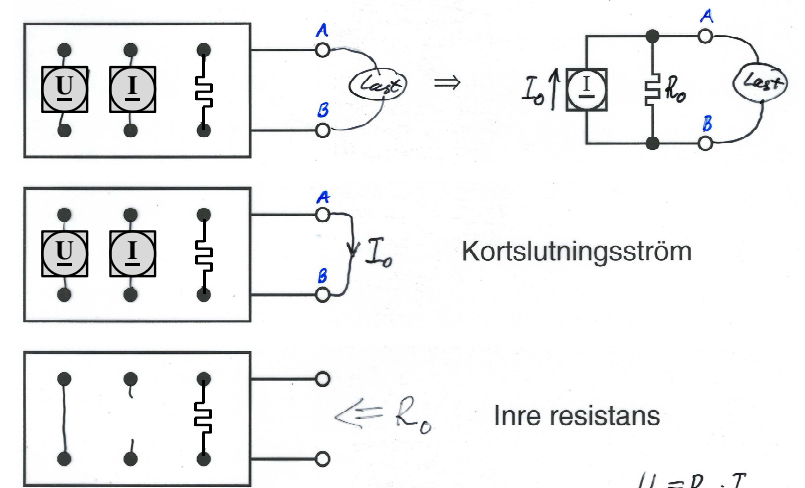
## Lösningsteknik

### - Nodanalys

1. Eliminera ensamma spänningskällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.
3. Inför en potential i varje ojordad nod.
4. KCL i varje ojordad nod.
5. Lös ekvationssystemet.
6. Uttryck sökt storhet i dessa potentialer.



## Nortons teorem



Mikael Olofsson  
ISY/EKS

www.liu.se

## Anteckningar från tavlan

Följande sidor innehåller mina anteckningar av det som hamnade på tavlan då jag löste exemplet.

## KCL i de tre noderna

$$\text{Nod A: } \frac{V_A - E_1}{R_1} + \frac{V_A - 0}{R_2} + \frac{V_A - (V_C - E_2)}{R_4} = 0$$

$$\text{Nod B: } \frac{V_B - E_1}{R_3} + \frac{V_B - V_C}{R_5} - I_0 = 0$$

$$\text{Nod C: } \frac{V_C - E_2 - V_A}{R_4} + \frac{V_C - V_B}{R_5} + \frac{V_C - 0}{R_6} = 0$$

## Omskrivna ekvationer

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) V_A - \frac{1}{R_4} V_C = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_4} \\ \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} \right) V_B - \frac{1}{R_5} V_C = I_0 + \frac{E_1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_4} V_A - \frac{1}{R_5} V_B + \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} \right) V_C = \frac{E_2}{R_4} \end{array} \right.$$

## Ekvationerna på matrisform

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} & 0 & -\frac{1}{R_4} \\ 0 & \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_5} \\ -\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_5} & \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_A \\ V_B \\ V_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_4} \\ I_0 + \frac{E_1}{R_3} \\ \frac{E_2}{R_4} \end{pmatrix}$$