

# TSTE05 Elektronik & mätteknik

## Föreläsning 2

### Likströmsteori: Analysmetoder och förenklingar

Mikael Olofsson

Institutionen för Systemteknik (ISY)

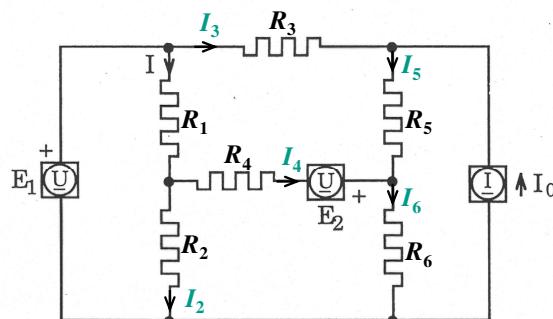
Ämnesområdet Elektroniska kretsar och system



## Lösningsmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

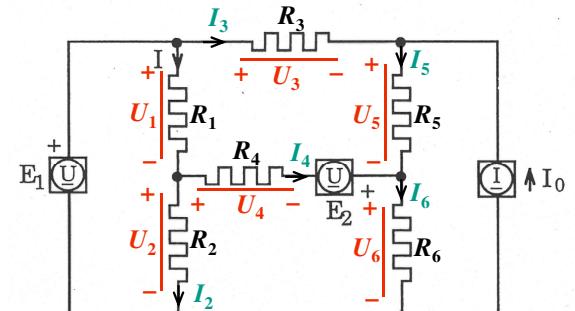
- Ansätt en ström genom varje resistans.



## Lösningsmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

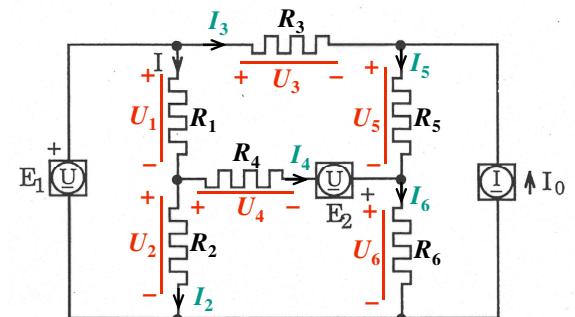
- Ansätt en ström genom varje resistans.
- Ansätt en spänning över varje resistans.



## Lösningsmetodik

– Kirchhoffs lagar och Ohms lag

- Ansätt en ström genom varje resistans.
- Ansätt en spänning över varje resistans.
- Ohms lag på varje resistans.

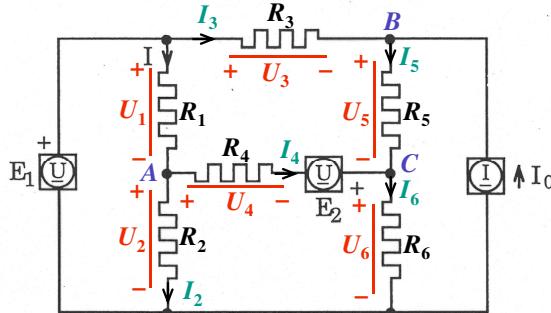


$$\begin{aligned}U_1 &= R_1 I_1 & U_4 &= R_4 I_4 \\U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 \\U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6\end{aligned}$$

## Lösningsmetodik

– 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.



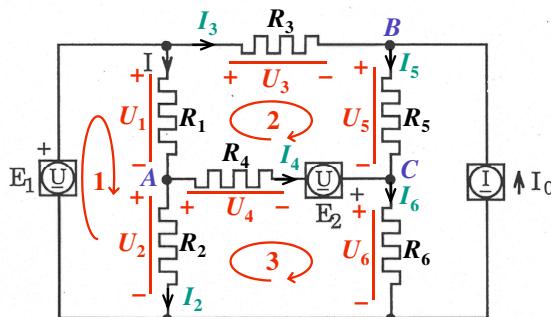
$$\begin{aligned}U_1 &= R_1 I & U_4 &= R_4 I_4 \\U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 \\U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6\end{aligned}$$

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

## Lösningsmetodik

– 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.



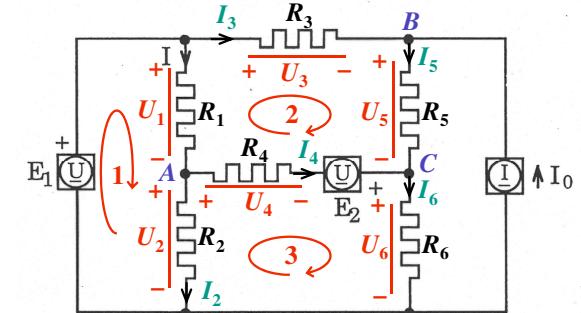
$$\begin{aligned}U_1 &= R_1 I & U_4 &= R_4 I_4 & A: \quad &I_2 + I_4 - I = 0 \\U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 & B: \quad &I_5 - I_3 - I_0 = 0 \\U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6 & C: \quad &I_6 - I_4 - I_5 = 0\end{aligned}$$

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

## Lösningsmetodik

– 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. Löst ekvationssystemet.

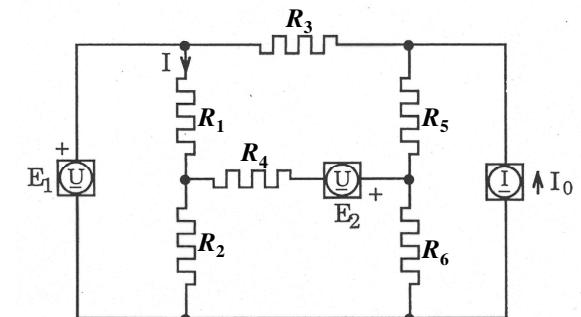


$$\begin{aligned}U_1 &= R_1 I & U_4 &= R_4 I_4 & A: \quad &I_2 + I_4 - I = 0 & 1: \quad &E_2 - U_1 - U_2 = 0 \\U_2 &= R_2 I_2 & U_5 &= R_5 I_5 & B: \quad &I_5 - I_3 - I_0 = 0 & 2: \quad &U_1 - U_3 - U_5 - E_2 + U_4 = 0 \\U_3 &= R_3 I_3 & U_6 &= R_6 I_6 & C: \quad &I_6 - I_4 - I_5 = 0 & 3: \quad &U_2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

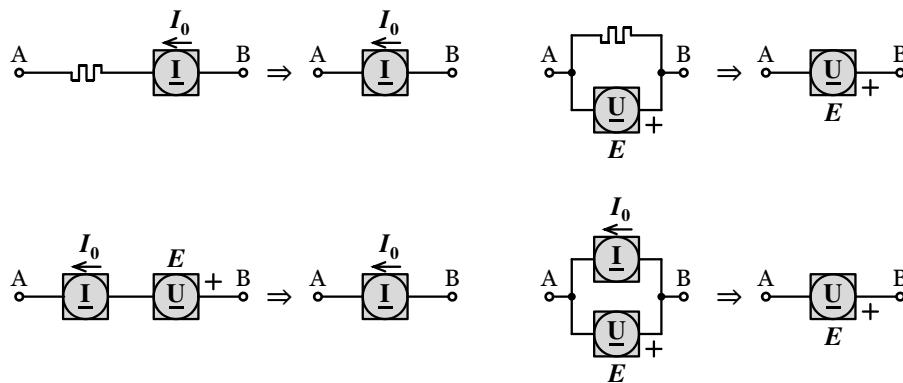
## Lösningsmetodik

– 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. Löst ekvationssystemet.



## Nätförenklingar – Ideala källor



I princip figur 1.31 i Sune Söderkvist

## Inför nodanalys

– Eliminera ensamma spänningsskällor

Two circuit configurations are shown for nodal analysis:

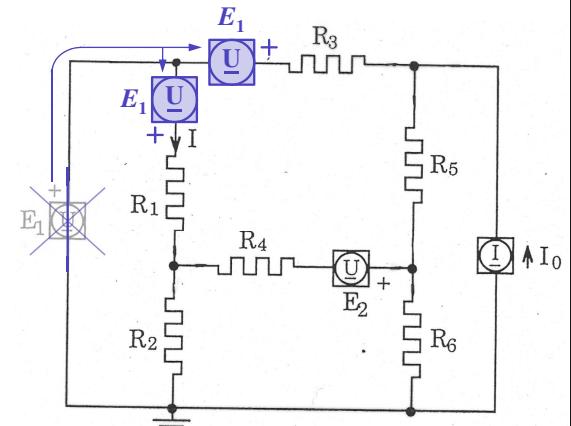
$$I_1 = \frac{V_1 + E - V_2}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_1 + E - V_3}{R_2}$$

## Lösningsmetodik

– Nodanalys

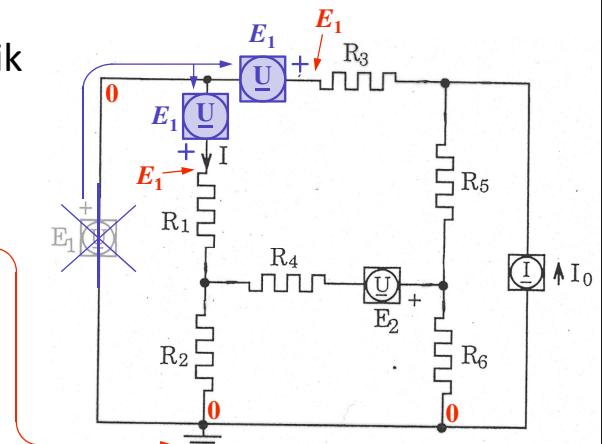
1. Eliminera ensamma spänningsskällor.



## Lösningsmetodik

– Nodanalys

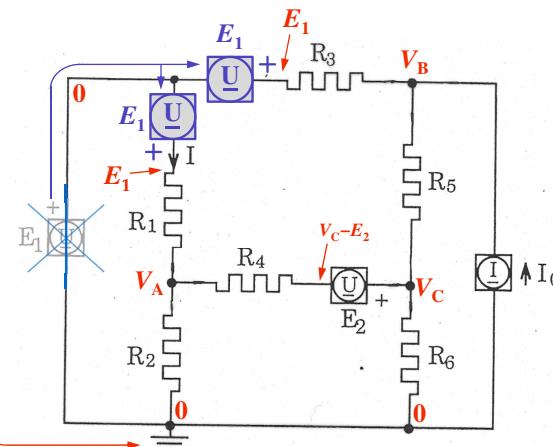
1. Eliminera ensamma spänningsskällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.



## Lösningsmetodik

- Nodanalys

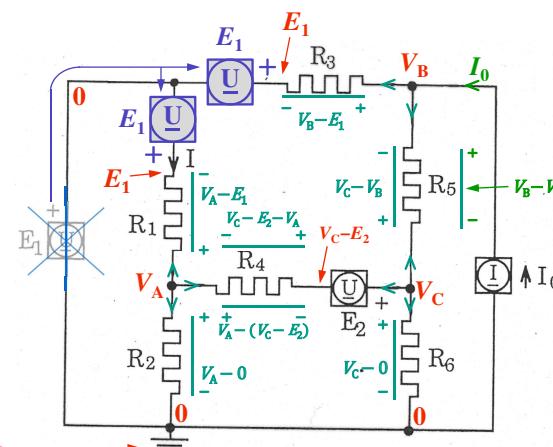
1. Eliminera ensamma spänningssällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.
3. Inför en potential i varje ojordad nod.



## Lösningsmetodik

- Nodanalys

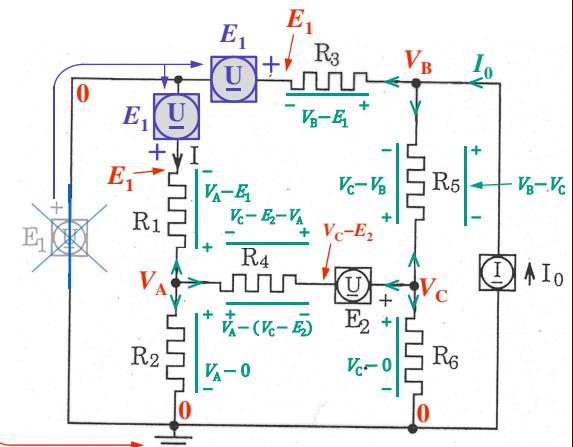
1. Eliminera ensamma spänningssällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.
3. Inför en potential i varje ojordad nod.
4. KCL i varje ojordad nod.



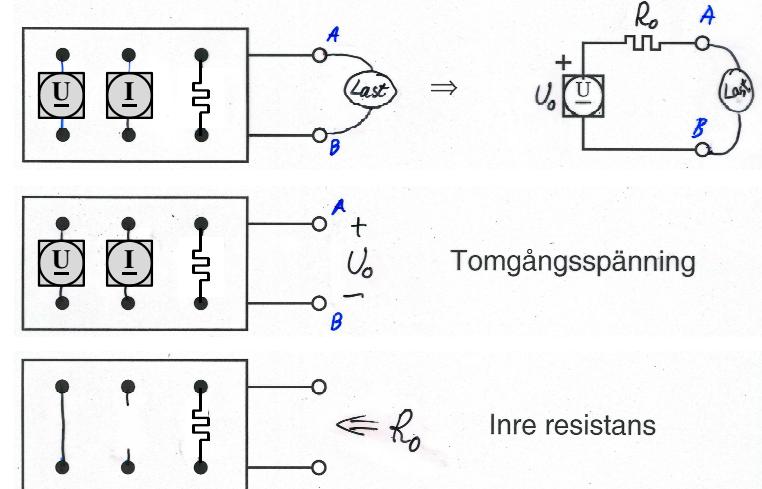
## Lösningsmetodik

- Nodanalys

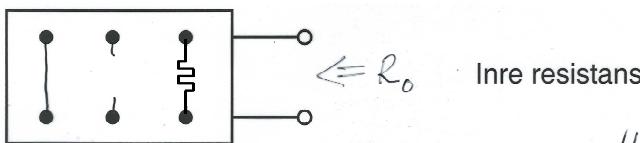
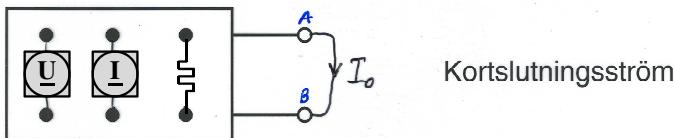
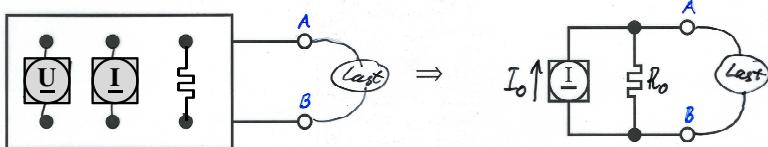
1. Eliminera ensamma spänningssällor.
2. Välj en referensnod och jorda den.
3. Inför en potential i varje ojordad nod.
4. KCL i varje ojordad nod.
5. Lös ekvationssystemet.
6. Uttryck sökt storhet i dessa potentialer.



## Tvåpolssatsen (Thevenins tvåpolsekvivalent)



## Nortons teorem



$$U_0 = R_0 \cdot I_0$$

## Anteckningar från tavlan

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

Mikael Olofsson  
ISY/EKS

[www.liu.se](http://www.liu.se)

## 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

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