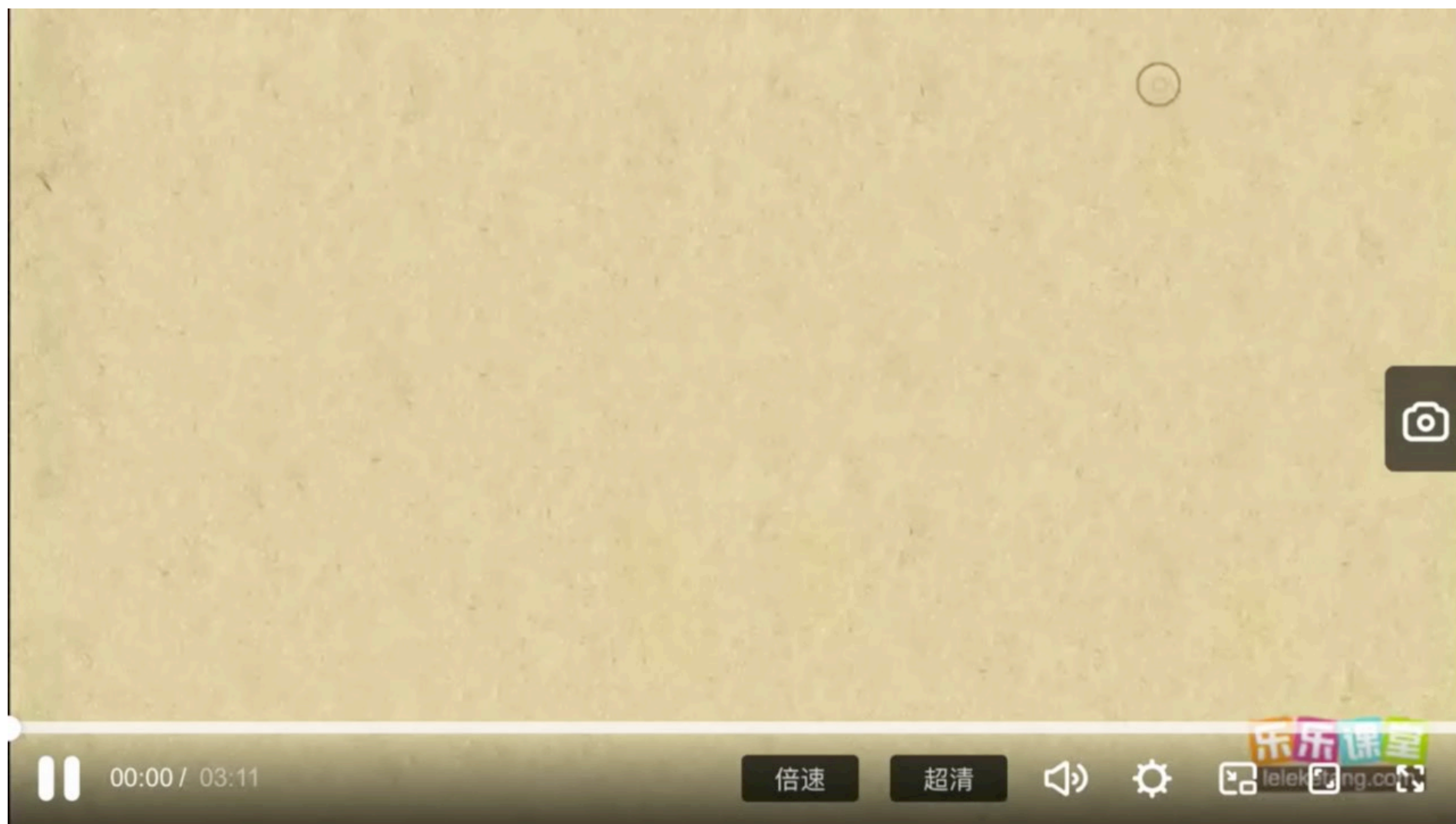


复杂电路识别与等效电路变换



节点分析法



第4讲 直觉分析法与 节点分析法

一、电路分析直觉法

二、电路分析节点（电压）法

难点：含有受控源电路的分析

电路分析直觉方法

- 内容

利用等效变换进行电路分析

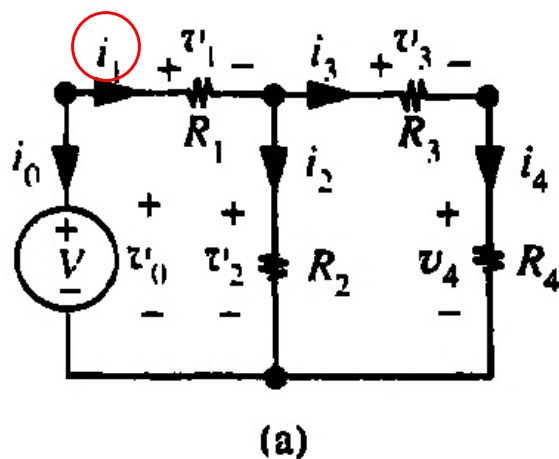
- 目标

用直觉法（等效变换）对电路进行分析。

电路分析直觉方法 (1/4)

● 先变换后分析 (等效变换的具体应用)

● 求总电流 i_1

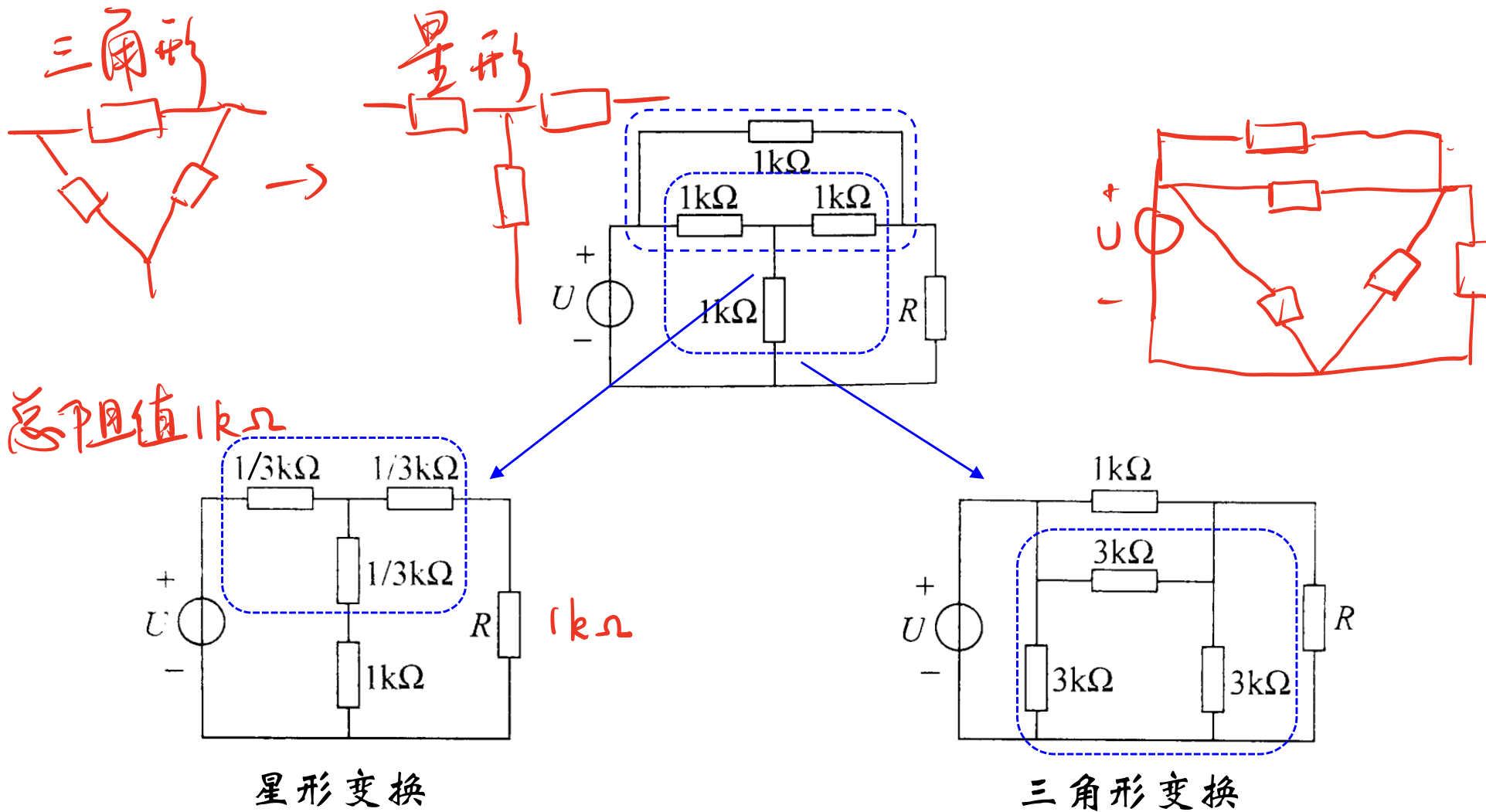


电路分析直觉方法 (2/4)

- 利用分压、分流特性求出各支路电压与电流

电路分析直觉方法 (3/4)

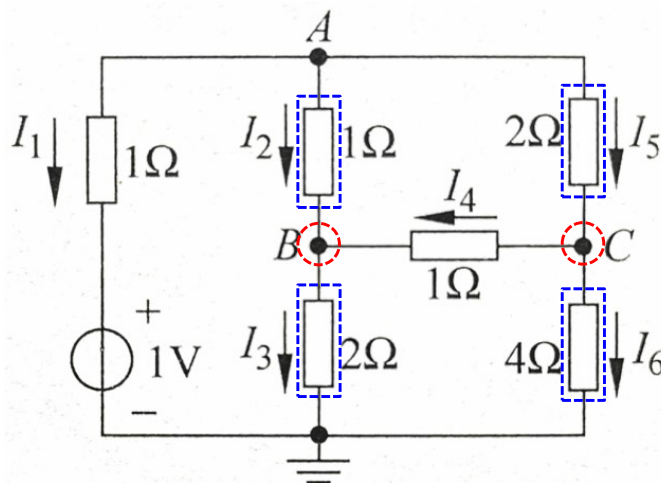
● 利用Y- Δ 等效变换计算



电路分析直觉方法 (4/4)

● 利用电桥平衡特性计算下图中的电流 I_1 。

● B、C两点之间平衡



● 视为短路时，电源端等效电阻

$$1 + 1 // 2 + 2 // 4 = 3(\Omega)$$

● 视为开路时，电源端等效电阻

$$1 + (1 + 2) // (2 + 4) = 3(\Omega)$$

节点（电压）法

- 内容
超节点，节点分析法
- 目标
会用节点法对包含有独立电源、受控电源的电路进行分析。

节点法 (1/8)

- 基本分析法的优势与劣势

- 可以求解任何复杂电路
- 方程多 (元件方程、节点电流方程、回路电压方程)

- 节点(电压)法

- 通常选连接元件**最多**的节点为参考节点, 设其电位为0
- 支路电流可用元件特性值和元件两端电压表示
- 元件两端电压可由两端节点电压表示

- 节点法的优势

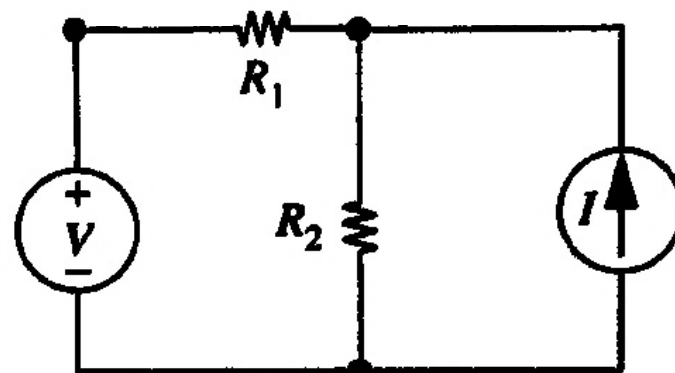
- 以节点电压为求解对象, 具有方程数较少的特点
- 特别适合只求少量的支路变量

节点法 (2/8)

● 节点分析法求解步骤

1. 选择参考点
2. 标注其余节点电压
3. 用节点电压和元件定律列出未知电压节点的KCL方程 *电流*
4. 解方程组得节点电压
5. 倒推求出各支路电压和电流

第二步



第一步

标记为参考节点

第三步 对于节点2有:

$$\frac{e - V}{R_1} + \frac{e}{R_2} - I = 0$$

第四步 解方程 (1个变量, 1个方程), 求得节点电压 e

第五步 倒推求出各支路电压和电流

节点法 (3/8)

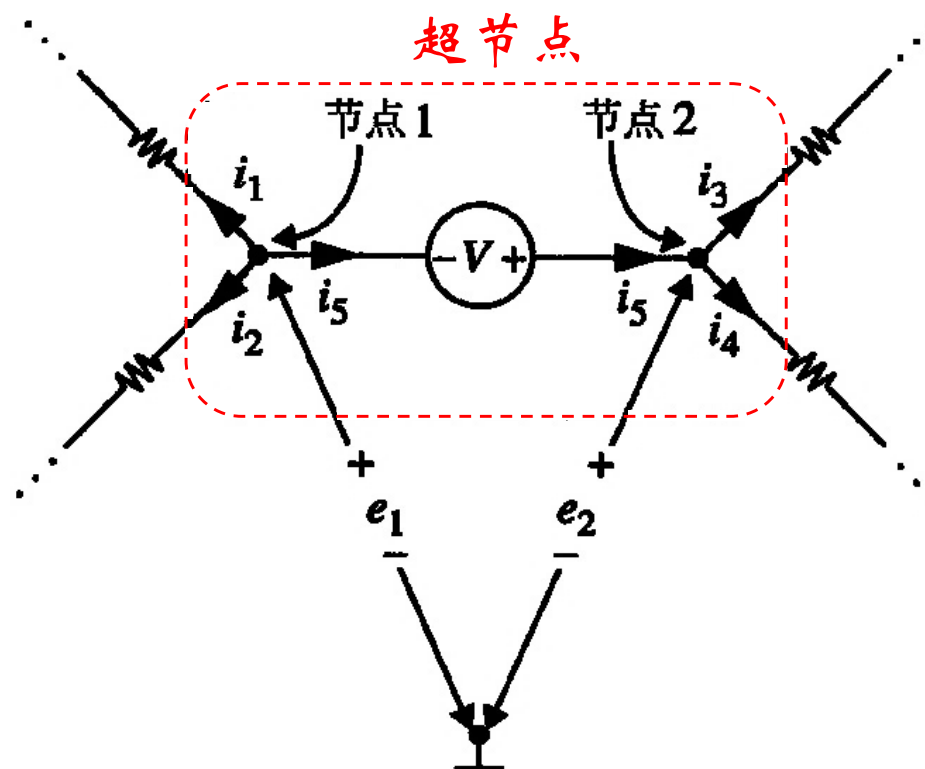
● 用节点法分析含浮动电压源的电路

- 称没有任何接线端直接或通过其他电压源与地节点相连接的电压源为浮动电压源

- 电压源的元件定律 **没有**把电压与电流联系起来

- 超节点：由包含浮动电压源的两个节点构成

- 流经超节点的总电流为零



节点法 (4/8)

例4.1 用节点法分析右边电路

解：可选任意节点为参考节点，图中电压源可能成为浮动独立电压源。

超节点

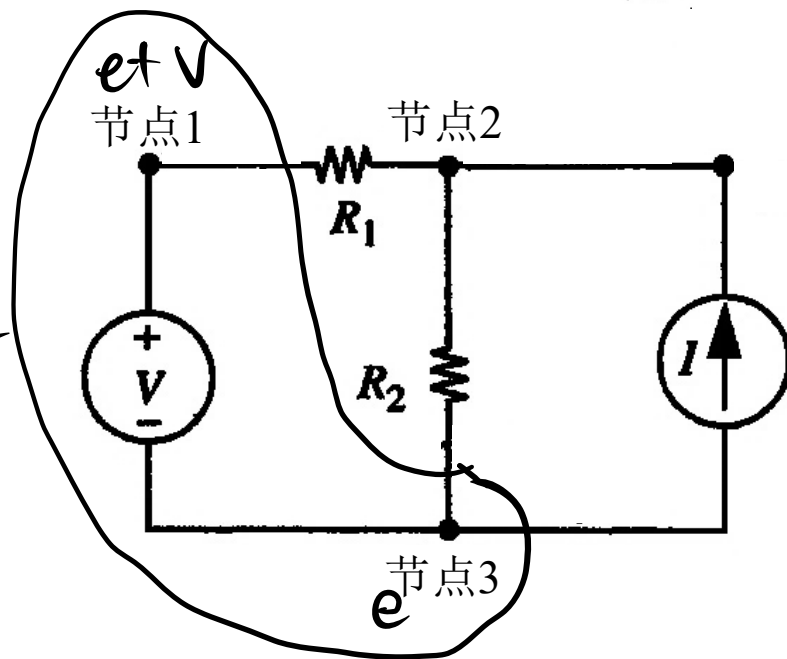
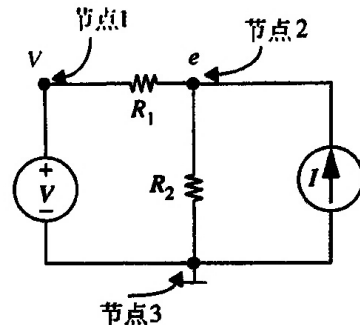
第一步 选择节点2为参考节点

第二步 构建超节点，标注节点电压

第三步 列出全部KCL方程

$$\frac{e - V}{R_1} + \frac{e}{R_2} - I = 0$$

$$e \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = I + \frac{V}{R_1}$$



$$\frac{e + V}{R_1} + \frac{e}{R_2} + I = 0$$

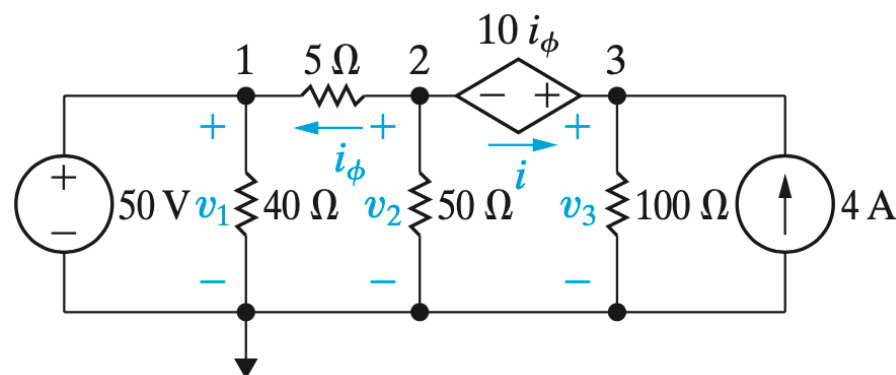
$$e \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = -(I + \frac{V}{R_1})$$

第四步 解方程组

第五步 反推

节点法 (5/8)

例4.2 用节点法分析含受控源的电路 (方法1)



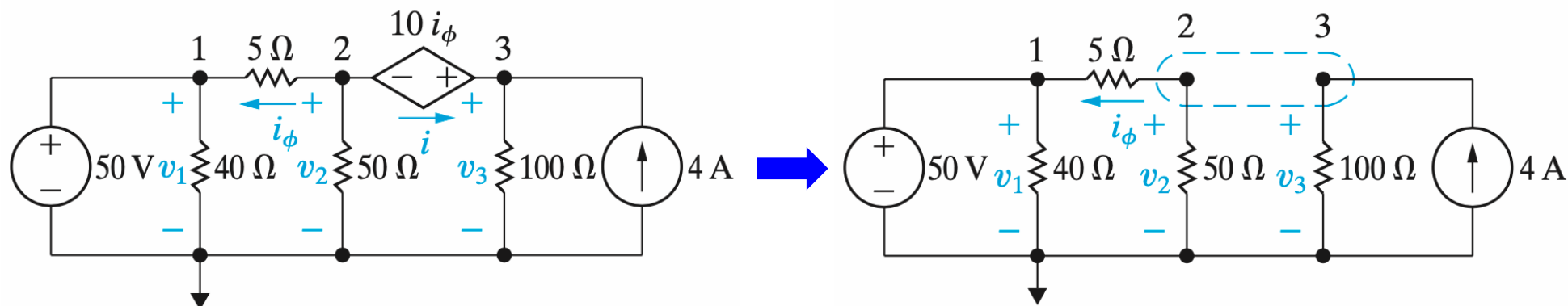
用节点电压和元件定律列出来知电压节点的KCL方程

$$\begin{aligned} \frac{v_2 - v_1}{5} + \frac{v_2}{50} + i &= 0 \\ \frac{v_3}{100} - i - 4 &= 0 \end{aligned} \quad \xrightarrow{\text{消去 } i} \quad \frac{v_2 - v_1}{5} + \frac{v_2}{50} + \frac{v_3}{100} - 4 = 0$$

节点法 (6/8)

$$\frac{v_2 - v_1}{5} + \frac{v_2}{50} + \frac{v_3}{100} - 4 = 0$$

例4.2 用节点法分析含受控源的电路 (方法2)



超节点的KCL电流方程:

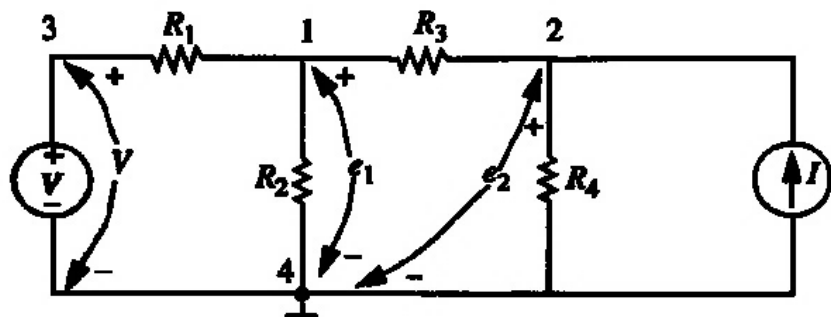
$$\frac{v_2 - v_1}{5} + \frac{v_2}{50} + \frac{v_3}{100} - 4 = 0$$

消去 v_3 : $v_3 = v_2 + 10i_\phi$, $i_\phi = \frac{v_2 - 50}{5}$

$$v_2 \left(\frac{1}{50} + \frac{1}{5} + \frac{1}{100} + \frac{10}{500} \right) = 10 + 4 + 1 \rightarrow v_2 = 60$$

节点法 (7/8)

● 节点方程的矩阵形式



$$\begin{cases} e_1 G_2 + (e_1 - e_2) G_3 + (e_1 - V) G_1 = 0 \\ e_2 G_4 + (e_2 - e_1) G_3 - I = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (G_1 + G_2 + G_3) e_1 - G_3 e_2 = G_1 V \\ -G_3 e_1 + (G_3 + G_4) e_2 = I \end{cases}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_3 + G_4 \end{bmatrix}}_{\text{电导矩阵}} \underbrace{\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}}_{\text{未知电压向量}} = \underbrace{\begin{bmatrix} G_1 V \\ I \end{bmatrix}}_{\text{节点电流向量}} = \underbrace{\begin{bmatrix} G_1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{转换矩阵}} \underbrace{\begin{bmatrix} V \\ I \end{bmatrix}}_{\text{电源向量}}$$

电导矩阵

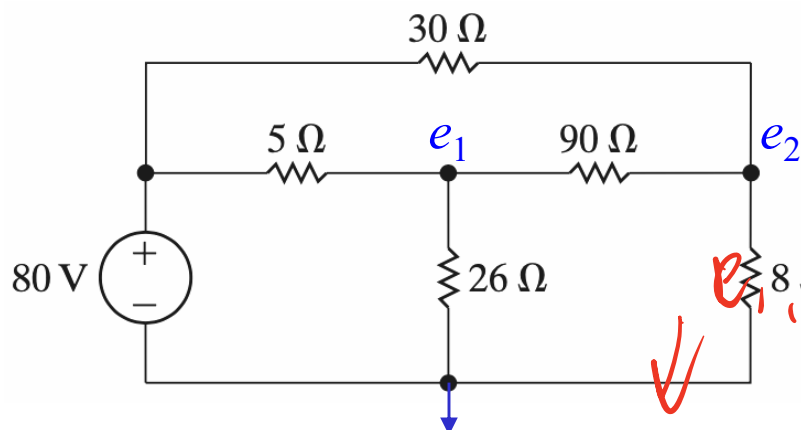
未知
电压
向量

节点
电流
向量

转换矩阵 电源
向量

节点法 (8/8)

例4.3 列出下图所示电路节点方程的矩阵形式



与 e_1 相连 $\left[\begin{array}{cc} \frac{1}{5} + \frac{1}{26} + \frac{1}{90} & -\frac{1}{90} \\ -\frac{1}{90} & \frac{1}{90} + \frac{1}{8} + \frac{1}{30} \end{array} \right] \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{80}{5} \\ \frac{80}{30} \end{bmatrix}$

e_2, e_1 之间 电导矩阵 与 e_2 相连

流入为 25-
80V 压过 5 ohm \rightarrow

小结

- 直觉分析方法

- 先变换，后分析计算电路变量

- 节点电压分析法

- 节点的概念

- 一般分析法和节点分析法的特点

- 超节点及节点分析法的应用

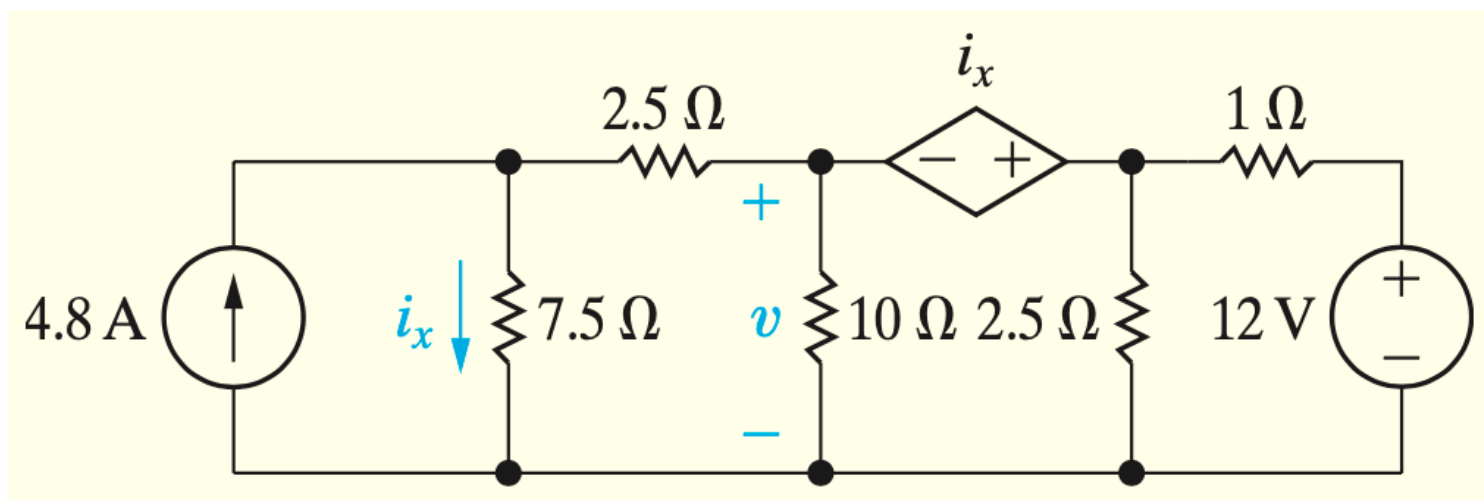
- 用节点分析法分析含受控源的电路

- 节点方程的矩阵形式

- 测验

课堂测试

用节点分析法求下面电路中的电压 v 。



1. 选择一个参考点
2. 标注其余节点电压
3. 构建超节点后列出节点KCL方程
4. 解方程组得节点电压
5. 倒推求出支路电压 (8V)