6.002 电路与电子学

基本电路分析法
（KCL 和 KVL法）

复习

有关集总的学科 LMD:
简化分析的约束条件

$$\frac{\partial \phi_B}{\partial t} = 0$$

外部因素

$$\frac{\partial q}{\partial t} = 0$$

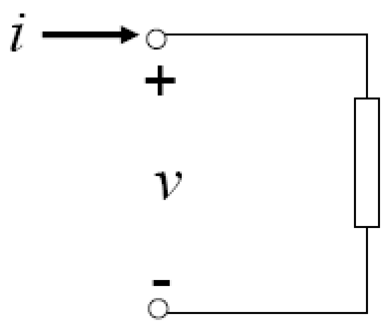
内部因素

导线　电阻　电源

让我们建立集总抽象电路

复习

LMD允许我们建立集总抽象电路



集总电路元件

消耗在元件上的电能 = ***vi***

复习

基于LMD理论将Maxwell公式简化为KVL和KCL代数式！

KVL:

$$\sum_j v_j = 0$$

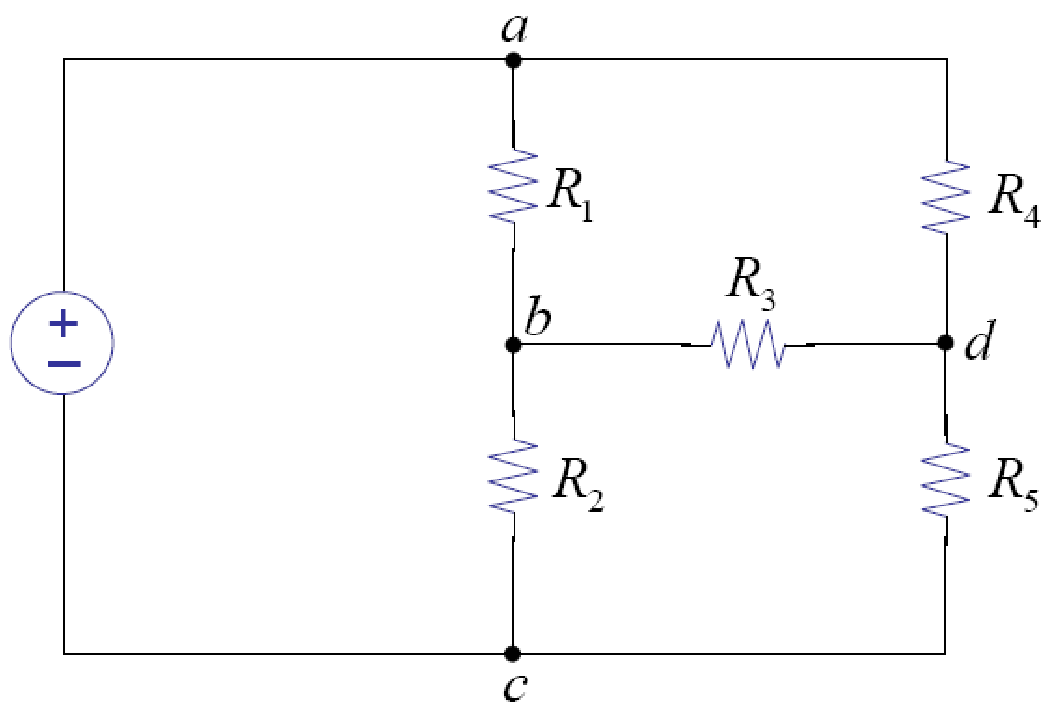
环路

KCL:

$$\sum_j i_j = 0$$

节点

复习



例：

$$v_{ca} + v_{ab} + v_{bc} = 0 \quad \text{KVL}$$

$$i_{ca} + i_{da} + i_{ba} = 0 \quad \text{KCL}$$

方法1：基本KVL,KCL电路分析法

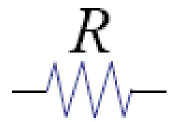
要点 :找到所有元件的v和i

1. 写出元件的v-i关系
   (根据集总电路抽象图)
2. 列写所有节点的KCL方程
3. 列出所有环路的KVL方程

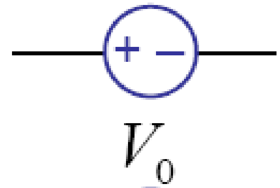
很多未知数
很多等式
很多乐趣
解决

方法1：基本KVL,KCL电路分析法：

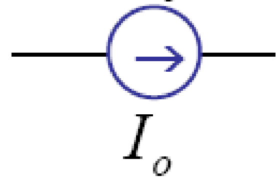
对于电阻， $V = IR$



对于电压源， $V = V_0$

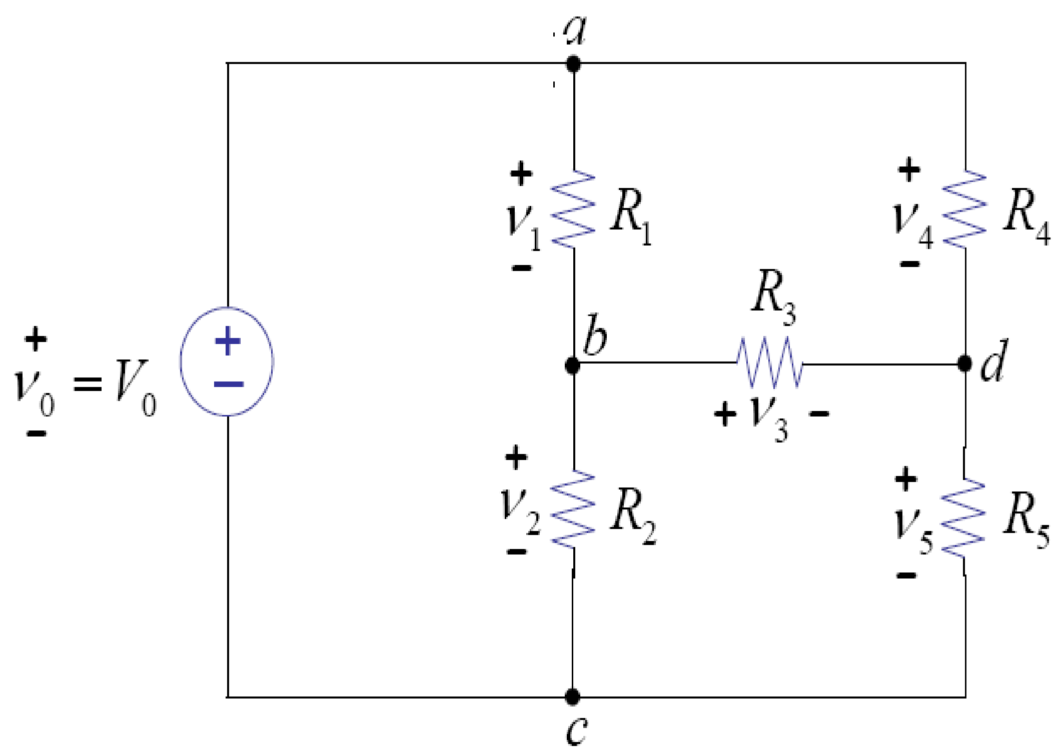


对于电流源， $I = I_0$



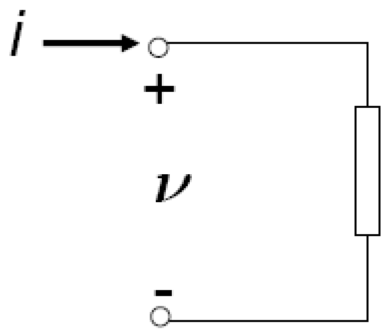
三个集总电路元件

KVL， KCL 例子



演示电路图

相应变量的规定：

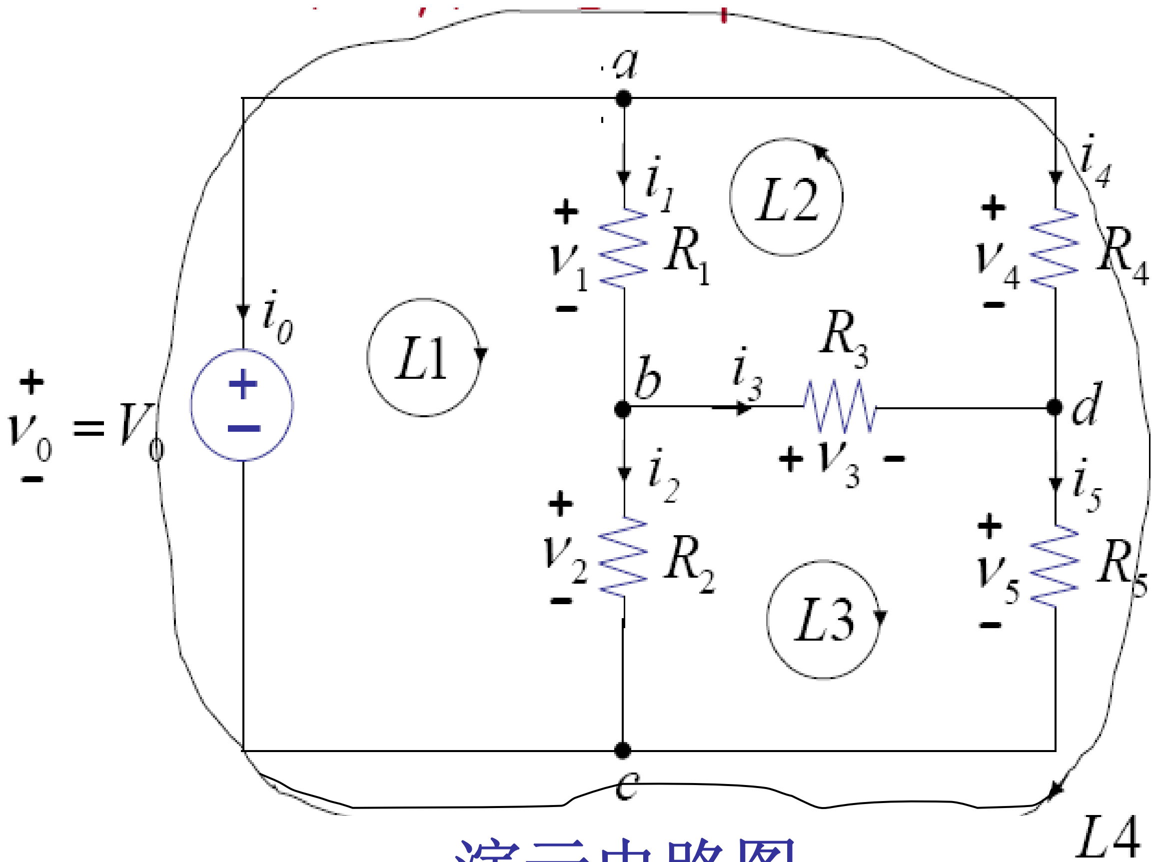


元件 e

由正电压端流入的电流规定为正。

元件e消耗的功率 $\Big\} = vi$ 为正

KVL， KCL 例子：



演示电路图

分析：

$v_0 \ldots v_5, i_0 \ldots i_5$　　12个未知量

1. 元件关系

$v_0 = V_0 \longleftarrow$ 已知　　$v_3 = i_3 R_3$

$v_1 = i_1 R_1$　　$v_4 = i_4 R_4$

$v_2 = i_2 R_2$　　$v_5 = i_5 R_5$

6 个等式

2. 结点KCL方程

a: $i_0 + i_1 + i_4 = 0$

b: $i_2 + i_3 - i_1 = 0$

d: $i_5 - i_3 - i_4 = 0$

e: $-i_0 - i_2 - i_5 = 0$ 重复的

3 个独立等式

3. 环路KVL方程

L1: $-v_0 + v_1 + v_2 = 0$

L2: $v_1 + v_3 - v_4 = 0$

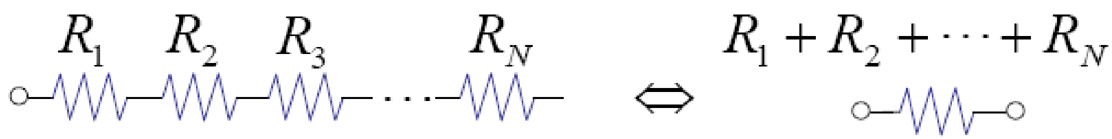
L3: $v_3 + v_5 - v_2 = 0$

L4: $-v_0 + v_4 + v_5 = 0$ 重复的

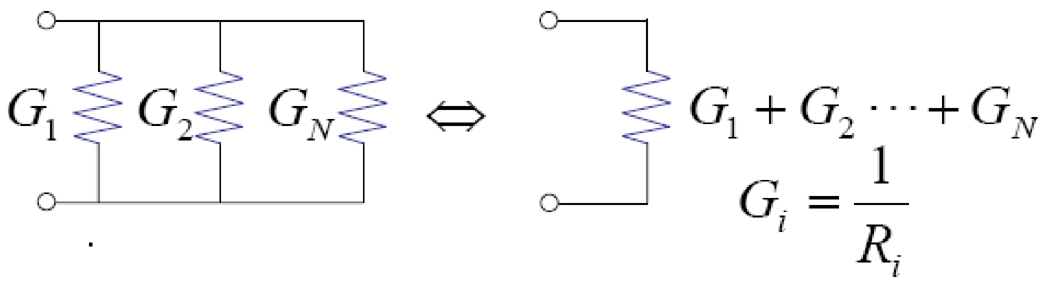
3 个独立等式

其它分析方法
方法2— 利用元件合并规则

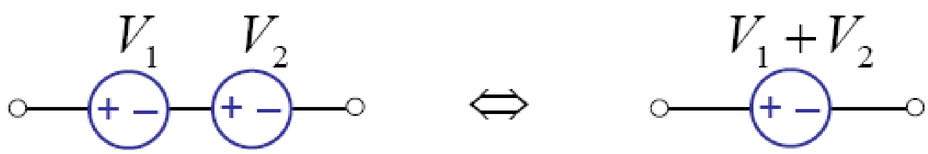
A



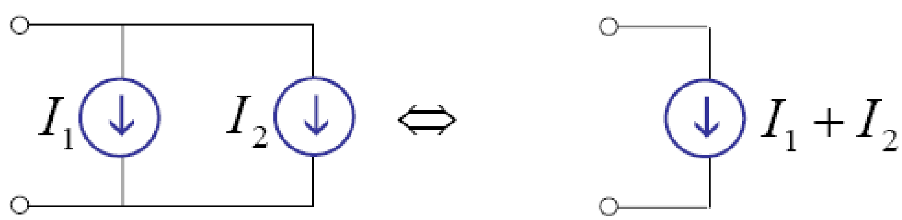
B



C



D

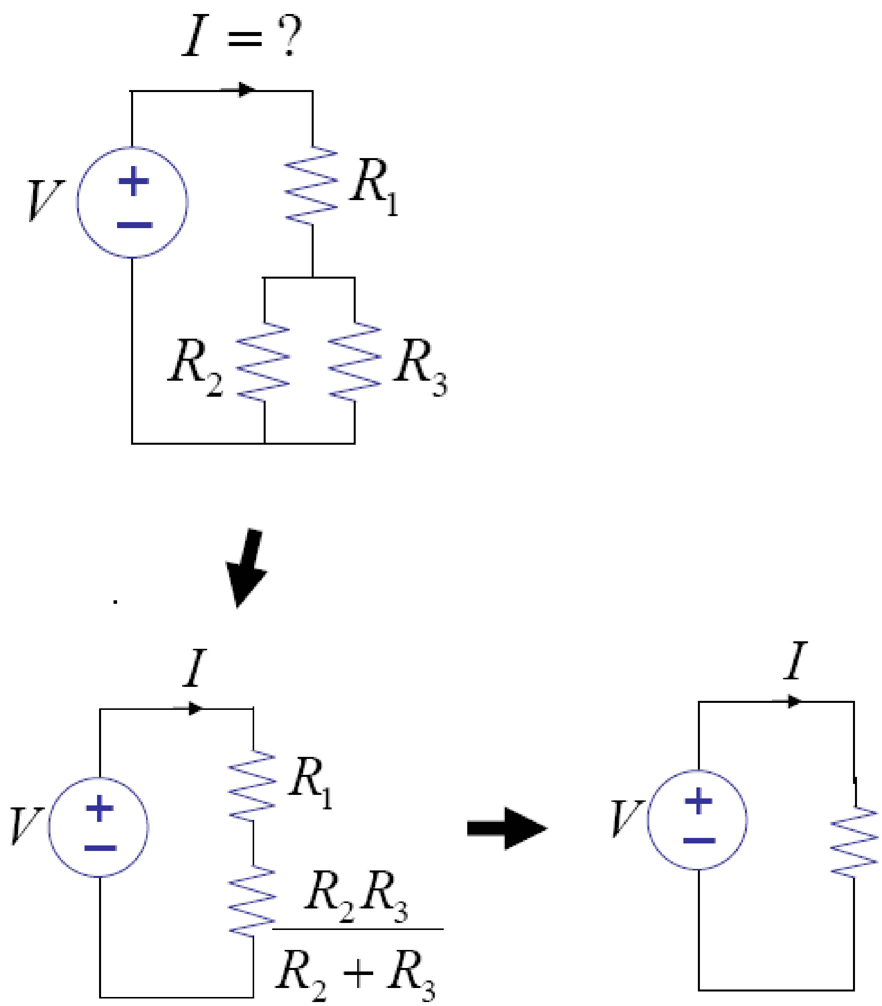


令人惊讶的，这些定律（和稍后将要学到的叠加法）也可以求解第8页的电路问题

其它分析方法

方法2— 利用元件合并规则

例：



$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

方法3—节点分析
KVL，KCL方法应用

1．选择测量电压的参考节点（地）

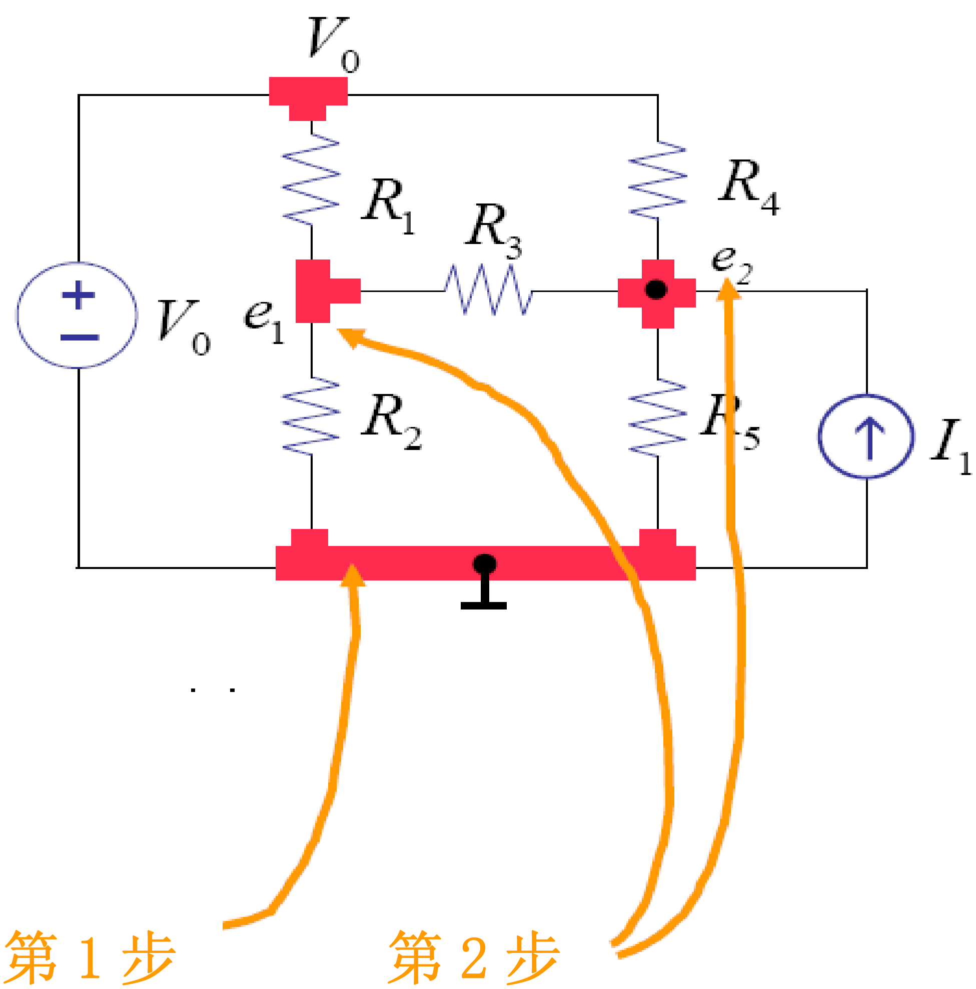
2．标记其它结点对地电压，这些是主要未知量

3.写出除地外其它结点的KCL方程，叠加原理和KVL方程

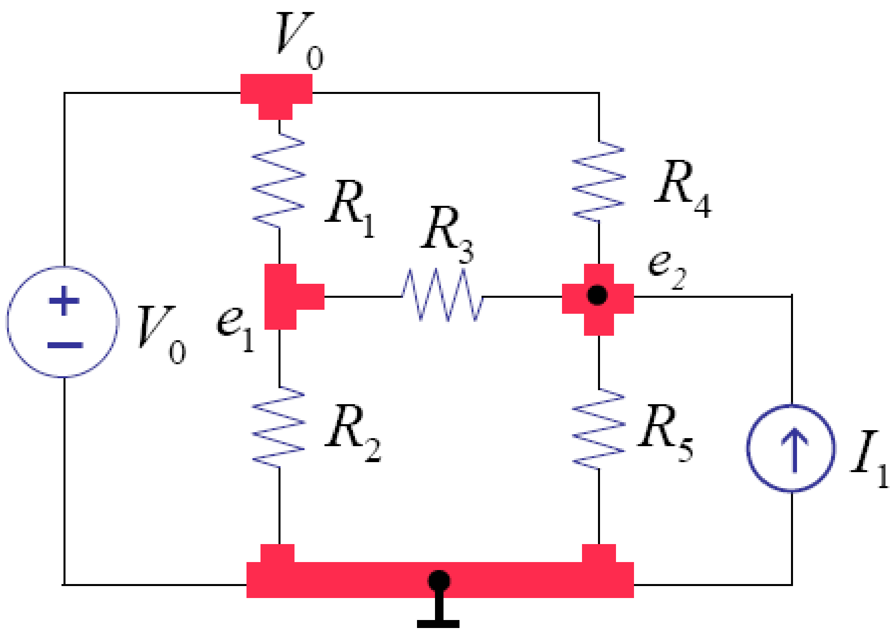
4．解节点电压

5．反求出其它支路电压和电流(即辅助未知量)

例:旧式可靠正电流源



例:旧式可靠正电流源



为计算方便,可写成:

$$G_i = \frac{1}{R_i}$$

对于e_1点KCL方程为:

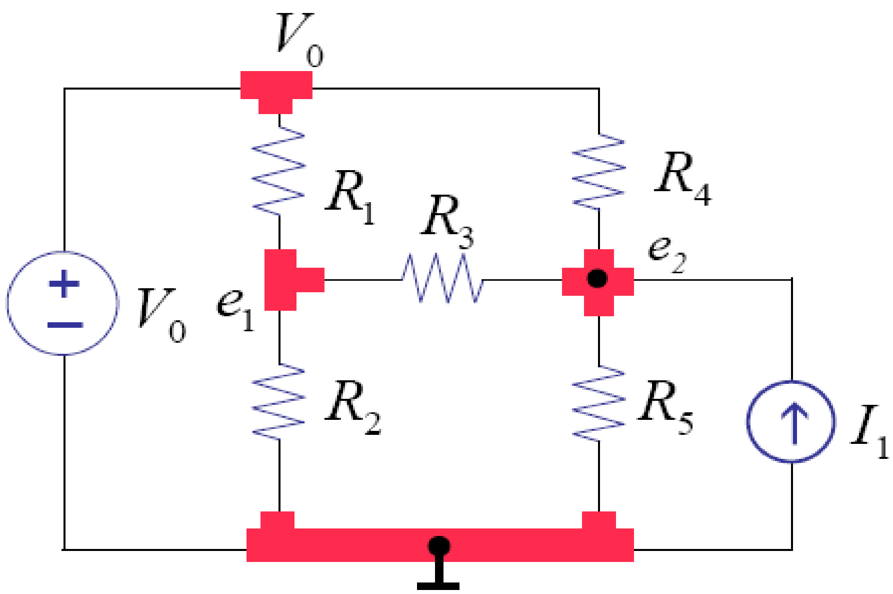
$$(e_1 - V_0)G_1 + (e_1 - e_2)G_3 + (e_1)G_2 = 0$$

对于e_2点KCL方程为:

$$(e_2 - e_1)G_3 + (e_2 - V_0)G_4 + (e_2)G_5 - I_1 = 0$$

第 3 步

例:旧式可靠正电流源



$$G_i = \frac{1}{R_i}$$

对于e_1点KCL方程为：

$$(e_1 - V_0)G_1 + (e_1 - e_2)G_3 + (e_1)G_2 = 0$$

对于e_2点KCL方程为：

$$(e_2 - e_1)G_3 + (e_2 - V_0)G_4 + (e_2)G_5 - I_1 = 0$$

第 3 步

移常数项且合并未知数项

$$e_1(G_1 + G_2 + G_3) + e_2(-G_3) = V_0(G_1)$$

$$e_1(-G_3) + e_2(G_3 + G_4 + G_5) = V_0(G_4) + I_1$$

2个等式，2个未知量 可解e点(比较单位)

第4步

矩阵式可表示为:

$$\begin{bmatrix} G_1+G_2+G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_3+G_4+G_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1V_0 \\ G_4V_0+I_1 \end{bmatrix}$$

导纳阵　　　　未知节点电压阵　　电源阵

解:

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} G_3+G_4+G_5 & G_3 \\ G_3 & G_1+G_2+G_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1V_0 \\ G_4V_0+I_1 \end{bmatrix}}{(G_1+G_2+G_3)(G_3+G_4+G_5)-G_3^{\,2}}$$

$$e_1 = \frac{(G_3+G_4+G_5)(G_1V_0)+(G_3)(G_4V_0+I_1)}{G_1G_3+G_1G_4+G_1G_5+G_2G_3+G_2G_4+G_2G_5+G_3^{\,2}+G_3G_4+G_3G_5}$$

$$e_2 = \frac{(G_3)(G_1V_0)+(G_1+G_2+G_3)(G_4V_0+I_1)}{G_1G_3+G_1G_4+G_1G_5+G_2G_3+G_2G_4+G_2G_5+G_3^{\,2}+G_3G_4+G_3G_5}$$

(同分母)

注意:线性的 V_0 、I_1，分母中无负数

解，已知

$$\left.\begin{matrix} G_1 \\ G_5 \end{matrix}\right\} = \frac{1}{8.2K} \qquad \left.\begin{matrix} G_2 \\ G_4 \end{matrix}\right\} = \frac{1}{3.9K} \qquad G_3 = \frac{1}{1.5K}$$

$$I_1 = 0$$

$$e_2 = \frac{G_3 G_1 V_0 + (G_1 + G_2 + G_3)(G_4 V_0 + I_1)}{(G_1 + G_2 + G_3) + (G_3 + G_4 + G_5) - G_3{}^2}$$

$$G_1 + G_2 + G_3 = \frac{1}{8.2} + \frac{1}{3.9} + \frac{1}{1.5} = 1$$

$$G_3 + G_4 + G_5 = \frac{1}{1.5} + \frac{1}{3.9} + \frac{1}{8.2} = 1$$

$$e_2 = \frac{\frac{1}{8.2} \times \frac{1}{1.5} + 1 \times \frac{1}{3.9}}{1 - \frac{1}{1.5^2}} V_0$$

$$e_2 = 0.6 V_0$$

检验结果是否与电路符合

如果 $V_0 = 3V$， 则 $e_2 = 1.8V$