



第二章 电阻电路的一般分析方法

第二章 电阻电路的一般分析方法

第一节 电阻的串联和并联

2.1.1 电阻的串联

2.1.2 电阻的并联

*2.1.3 电阻的混联及Y— Δ 等效变换

第二节 电阻电路功率及负载获得最大功率的条件

第三节 电路中各点电位的计算

第四节 应用基尔霍夫定律计算线性网络

第五节 网孔分析法

第六节 节点分析法

第七节 弥尔曼定理





研究对象：线性电阻电路；

关注焦点：求解电路响应——电压、电流和功率。

第一节 电阻的串并联

关键：利用电路**外特性**不变这一原则——即电路的“**等效变换**”将一些电路简化，便于分析电路，简化电路计算。

1. 电阻串联

利用“**等效**”概念计算串联电阻阻值以及串联电阻的电压和功率分配。

2. 电阻并联

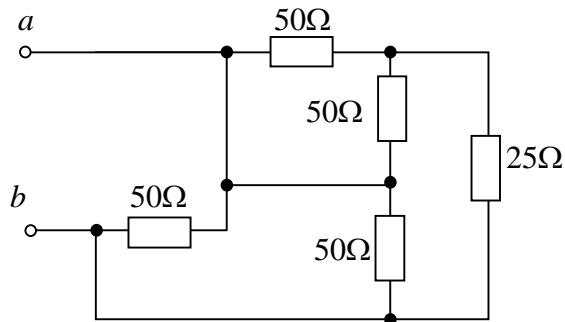
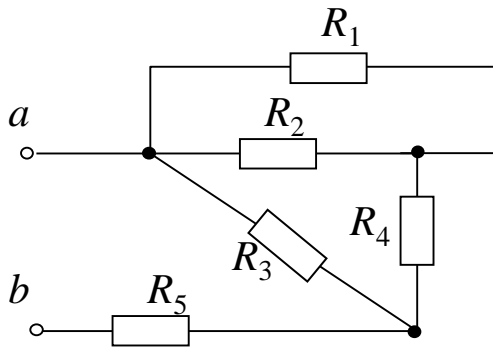
利用“**等效**”概念计算并联电阻阻值以及并联电阻的电压和功率分配。特别是两个电阻的并联计算公式。

通过例子加以说明。



第二章 电阻电路的一般分析方法

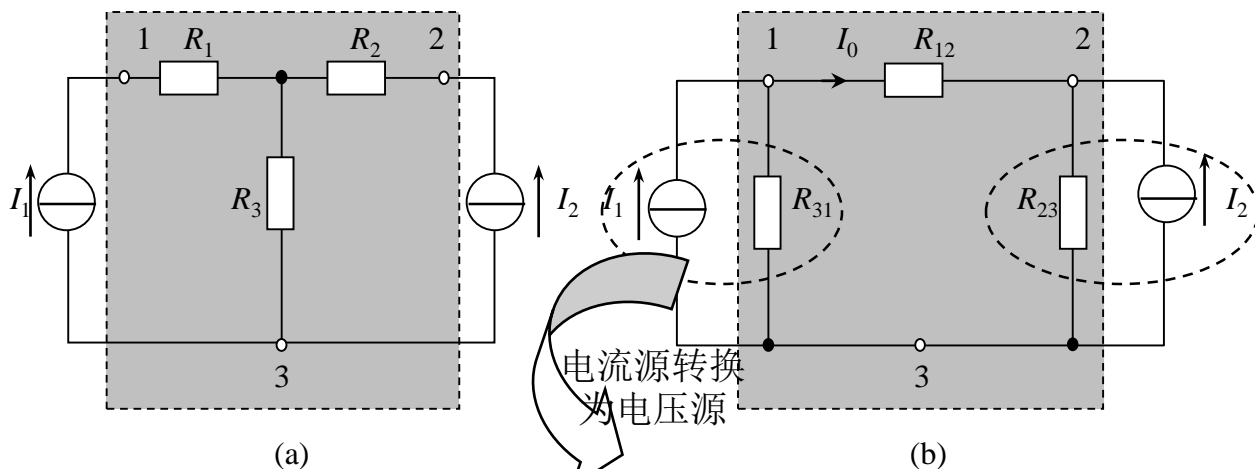
例题：计算 ab 端的等效电阻，这两个例题主要通过改画图形的方法就可以清楚知道电阻的串、并联，从而计算出等效电阻。



3.Y— Δ 转换*

研究Y— Δ 转换的目的是：通过研究Y— Δ 转换，可以进一步理解“等效”的概念。另外掌握Y— Δ 有时会使电路分析大大简化。

研究Y— Δ 转换的思路是：图(a)与图(b)外加相同的电流源 I_1 、 I_2 的情况下两图中的 U_{13} 、 U_{23} 如果相等，则虚线内的电路就是等效的。



$$\left. \begin{aligned} U_{13} &= (R_1 + R_3)I_1 + R_3I_2 \\ U_{23} &= R_3I_1 + (R_2 + R_3)I_2 \end{aligned} \right\} \quad I_0 = \frac{R_{31}I_1 - R_{23}I_2}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad \left. \begin{aligned} U_{13} &= R_{31}I_1 - R_{31}I_0 \\ U_{23} &= R_{23}I_0 + R_{23}I_2 \end{aligned} \right\}$$





第二章 电阻电路的一般分析方法

将 I_0 代入整理并比较两个方程组中的系数可得

$$\left. \begin{aligned} R_1 + R_3 &= \frac{R_{31}(R_{12} + R_{23})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_3 &= \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_2 + R_3 &= \frac{R_{23}(R_{12} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \end{aligned} \right\}$$

最后整理得

$$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_{12} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3}$$

$$R_{23} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1}$$

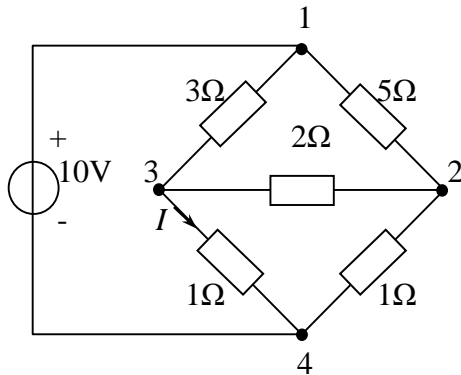
$$R_{31} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2}$$



第二章 电阻电路的一般分析方法

例题：求电路中的电流 I 。

利用Y— Δ 转换，可以将复杂电路转化简单电路，从而利用电阻串、并联来求解未知量

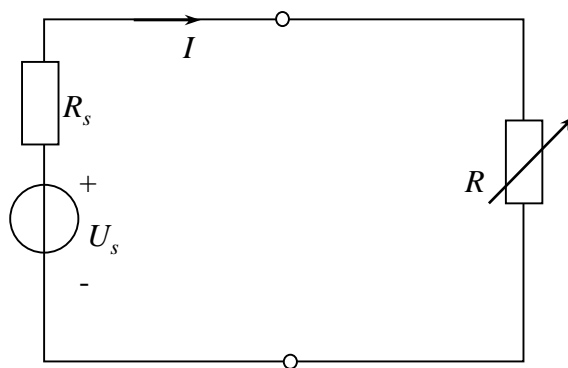




第二章 电阻电路的一般分析方法

第二节 电阻电路功率及获得最大功率的条件

回答：在什么条件下，负载可以从电源中获得最大功率？

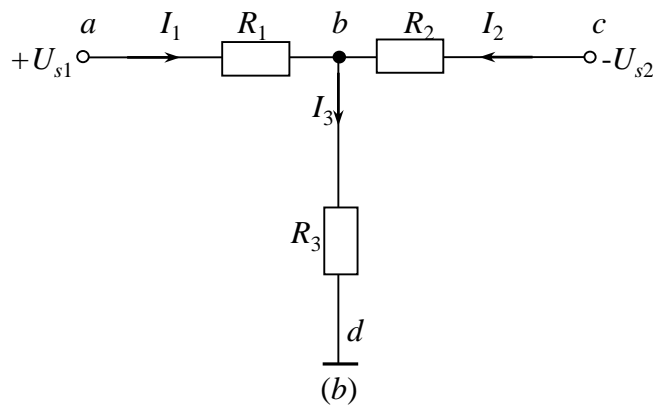
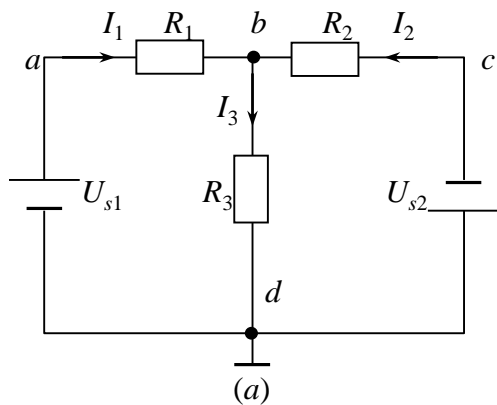


第二章 电阻电路的一般分析方法

第三节 电路中各点电位的计算

电压与电位的区别：电压是电位差。而电位是在电路中选择参考点，电路中某一点到参考点的电压就是该点的电位。参考点叫做“零电位点”。参考点可以任意选定，但一经选定，其它各点电位以该点为准计算。更换参考点，各点电位随之改变。

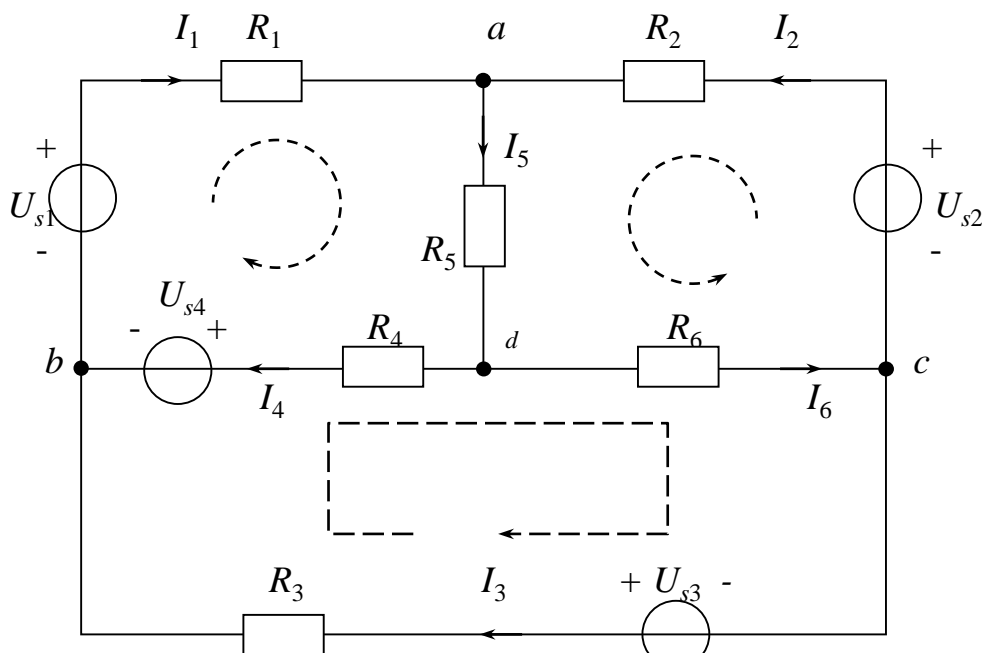
引入电位以后，在分析电子电路时可以使电路大大简化。在电子电路中电源一般不用符号来表示，而是直接标出其电位极性和数值。



第二章 电阻电路的一般分析方法

第四节 应用基尔霍夫定律计算线性网络

对于电阻性电路，运用基尔霍夫定律和欧姆定律总是可以解决的。
下面通过例子加以说明。



用基尔霍夫定律分析电路例子

四个节点用KCL

节点 *a* $-I_1 - I_2 + I_5 = 0$

节点 *b* $I_1 - I_3 - I_4 = 0$

节点 *c* $I_2 + I_3 - I_6 = 0$

节点 *d* $I_4 - I_5 + I_6 = 0$

四个方程只有三个独立
为什么（请思考）？

三个回路KVL列出三个方程

$$R_1 I_1 + R_5 I_5 + R_4 I_4 + U_{s4} - U_{s1} = 0$$

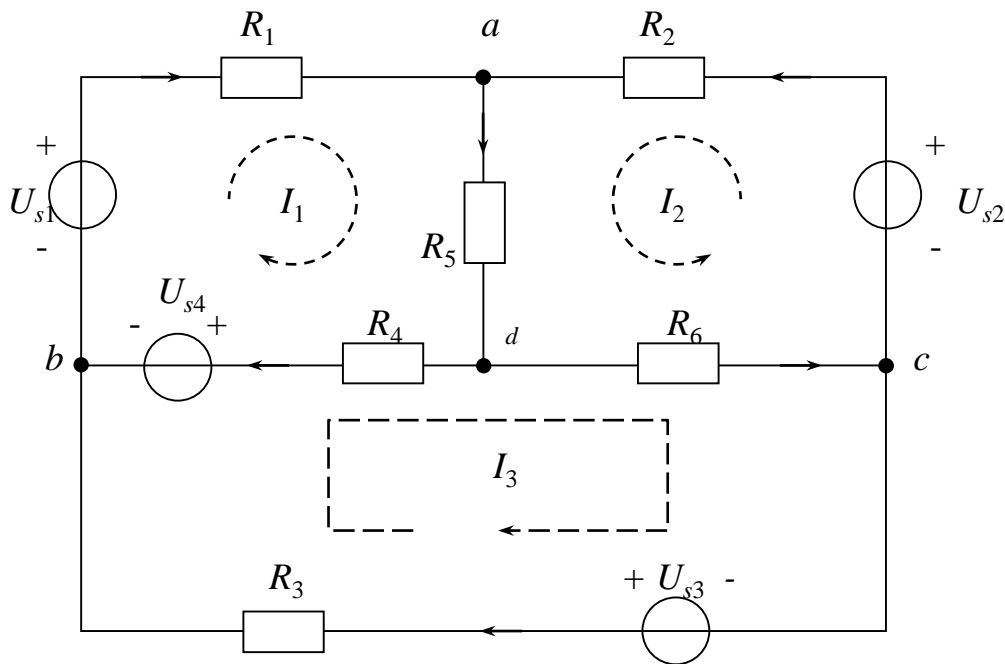
$$R_2 I_2 + R_5 I_5 + R_6 I_6 - U_{s2} = 0$$

$$R_3 I_3 - R_4 I_4 + R_6 I_6 - U_{s3} - U_{s4} = 0$$



第二章 电阻电路的一般分析方法

第五节 网孔分析法



用基尔霍夫定律分析电路例子

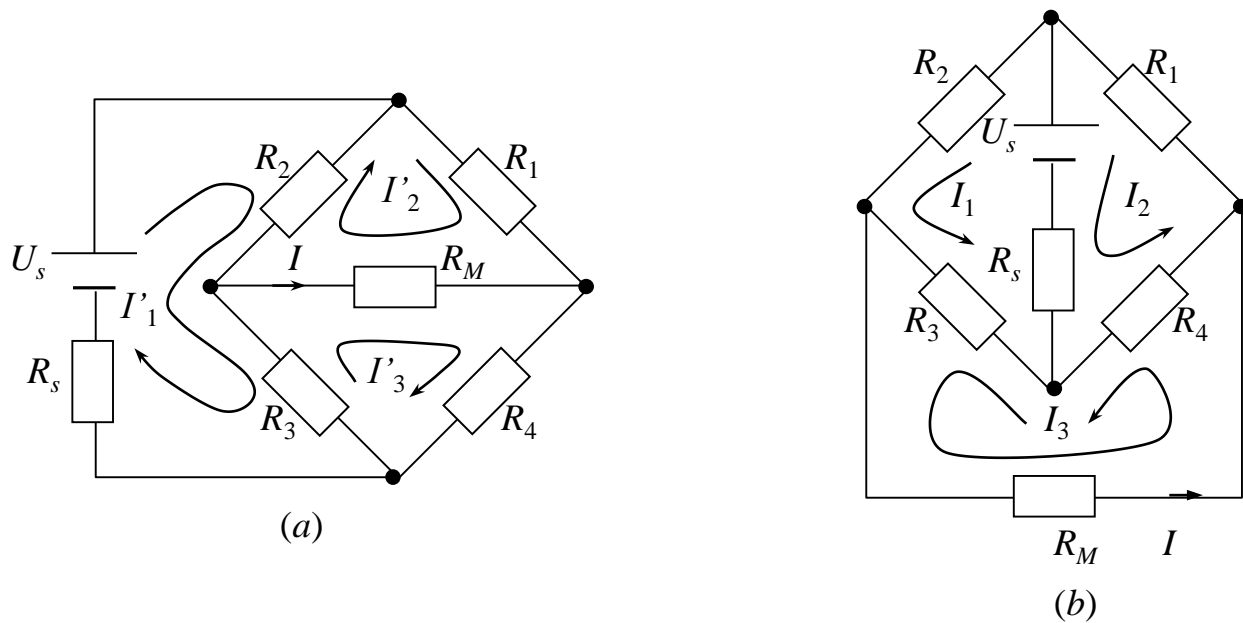
如果求出图中的 I_1 、 I_2 、 I_3 能求出所有的支路电流吗？

如果可以只需求解三个未知量，仅需三个方程，问题将得到大大简化。

需要说明的是网孔电流是虚拟电流而不是实际电流，且网孔电流在节点处不适应基尔霍夫电流定律，各网孔电流是相互独立的。

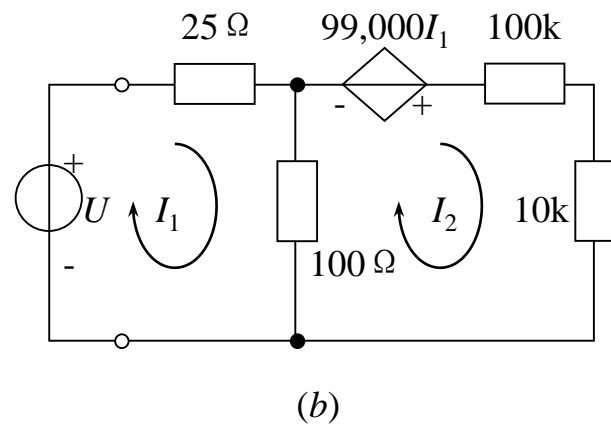
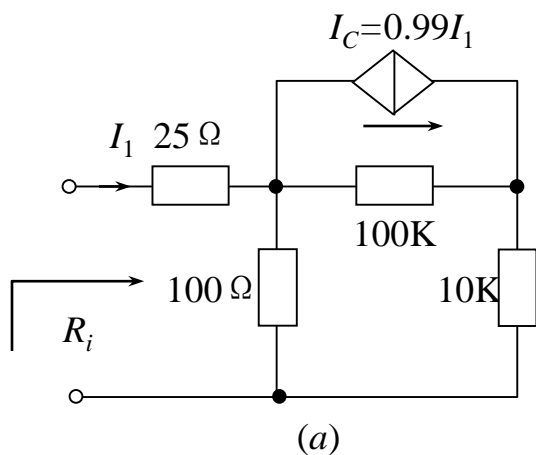


例：用网孔分析法求流过电阻 R_M 的电流 I 。



第二章 电阻电路的一般分析方法

例：含有受控源的电路如图所示，求输入电阻 R_i 。
 什么是**输入电阻**？**如何求**输入电阻？如何求**含有受控源电路的输入电阻**？该例题还要强调的是电源转换可以简化电路分析。



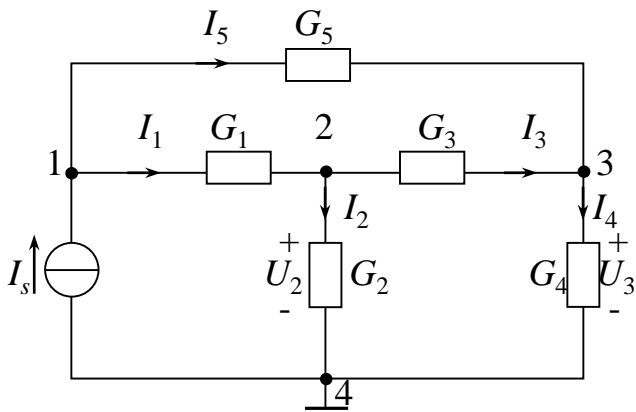
第二章 电阻电路的一般分析方法

第六节 节点分析法

网孔分析法相对与基尔霍夫定律分析法而言，是用网孔电流代替支路电流，从而减少了未知量的个数，使得电路的求解大大简化。但有些电路既是使用网孔电流，方程数也很多。有没有其它的方法来求解电路呢？——将求解变量改为节点电位。

节点电位——在电路中任选一个参考点，其它各节点与参考点之间的电压就是该节点的节点电位。节点电位是否完全解？

仍以例子来介绍节点分析法。



该电路共有四个节点，若选4点作为参考点，则共有三个节点电压。

在每个节点用KCL

$$1\text{点: } I_1 + I_5 - I_s = 0$$

$$2\text{点: } -I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$3\text{点: } I_3 + I_4 - I_5 = 0$$



第二章 电阻电路的一般分析方法

各支路的电流为：

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= G_1(U_1 - U_2) \\ I_2 &= G_2 U_2 \\ I_3 &= G_3(U_2 - U_3) \\ I_4 &= G_4 U_4 \\ I_5 &= G_5(U_1 - U_3) \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} (G_1 + G_5)U_1 - G_1 U_2 - G_5 U_3 &= I_s \\ -G_1 U_1 + (G_1 + G_2 + G_3)U_2 - G_3 U_3 &= 0 \\ -G_5 U_1 - G_3 U_2 + (G_3 + G_4 + G_5)U_3 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

将上述电流代入KCL并整理得：

分析上述方程可以得到节点分析法的一般规律性的东西。

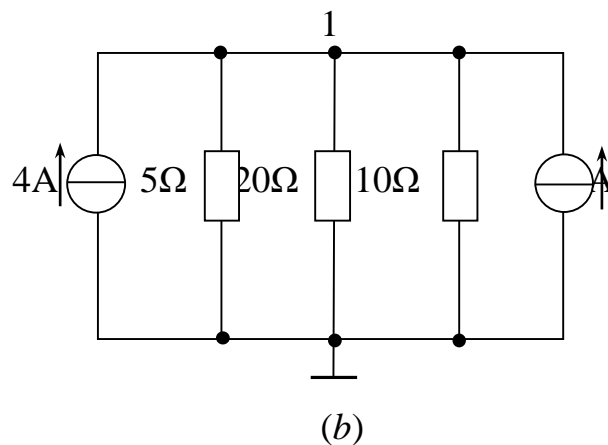
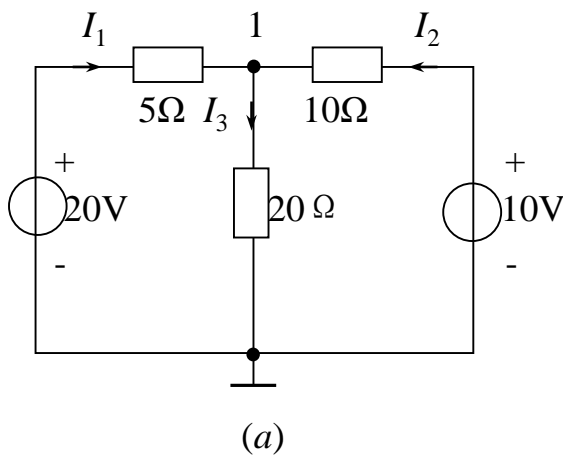
【提示】网孔分析法与节点分析法比较

- 1.网孔分析法只适合平面电路，节点分析法无此限制；
- 2.比较节点数和网孔数，节点数小于网孔数用节点分析法，否则用网孔分析法；
- 3.若电路中电源为电流源用节点分析法，否则用网孔分析法。



第二章 电阻电路的一般分析方法

例：求图(a)各支路电流，可以用网孔分析法（因为电源是电压源），需解二元方程组，若对电路适当变形为图(b)，用节点分析法就相当简单，仅有一个节点电压。

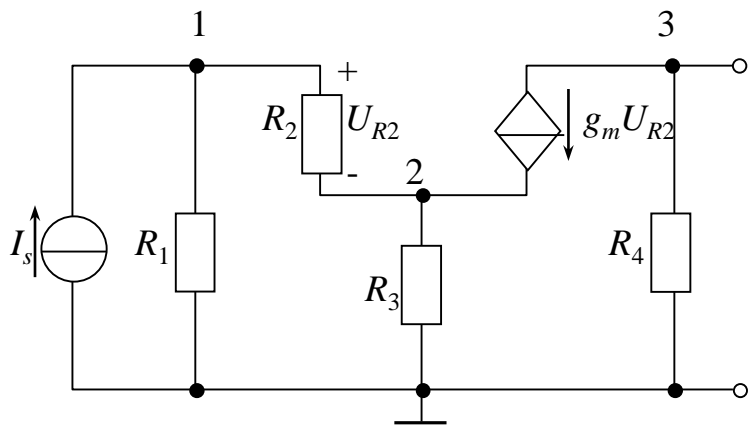


求出节点电压后，回到原电路求出各支路的支路电流，在求支路电流时，特别注意电路中电流的参考方向。该例题主要说明在电路进行变换后，欲求原电路参数需根据原电路计算。



第二章 电阻电路的一般分析方法

例：用节点法分析含有受控源的电路。



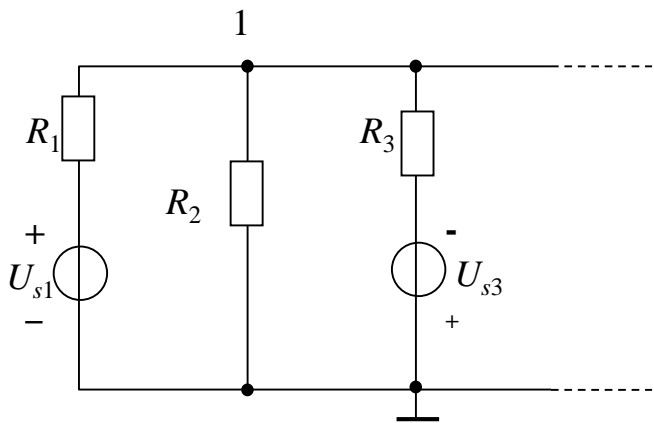
该例题的目的是：①分析含受控源的电路，控制量必须能表示出来；②一般节点定义是若干个二端元件串联的支路，但有时为了分析方便，任何一个二端元件的两端可以作为节点；③含有受控源的电路，不能用节点分析法直接写出。



第二章 电阻电路的一般分析方法

第七节 弥尔曼定理

对于只有两个节点但支路数很多的情况下，如用网孔分析法，方程数会很多，用节点分析法仅一个方程即可。对于这类电路可用一个公式来表示——弥尔曼定理。



设节点电压为 U_1 ，则得

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)U_1 = \frac{U_{s1}}{R_1} - \frac{U_{s3}}{R_3}$$

即：

$$U_1 = \frac{\frac{U_{s1}}{R_1} - \frac{U_{s3}}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$



第二章 电阻电路的一般分析方法

对于只有两个节点n条支路的电路一般公式为：

$$U_1 = \frac{\frac{U_{s1}}{R_1} + \frac{U_{s2}}{R_2} + \frac{U_{s3}}{R_3} + \dots + \frac{U_{sn}}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} = \frac{G_1 U_{s1} + G_2 U_{s2} + G_3 U_{s3} + \dots + G_n U_{sn}}{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}$$

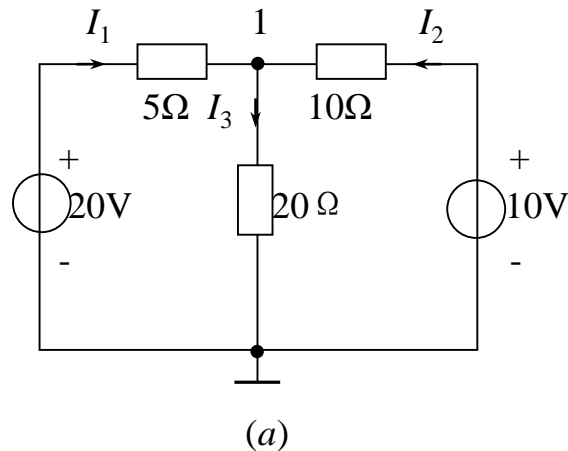
说明：

这是一个普遍公式，分子电源电压可能为零，也可能为负。

问题1：若一个支路电阻为零，电源电压不为零，支路电压=？

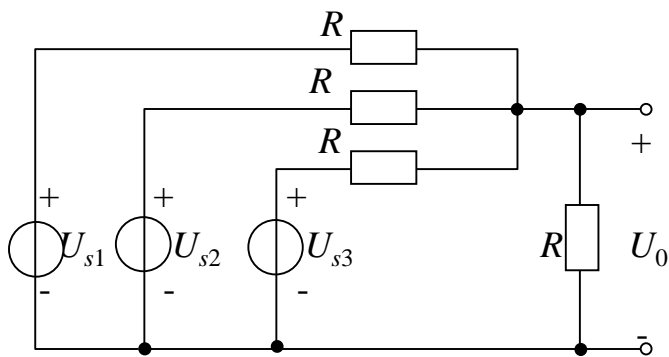
问题2：若一个支路电阻为零，电源电压为零，支路电压=？

前一节例题



第二章 电阻电路的一般分析方法

该例题是一个模拟计算机加法电路。即电路的输出电压的值是将三个输入电压的值相加。



$$\begin{aligned}
 U_0 &= \frac{\frac{U_{s1}}{R} + \frac{U_{s2}}{R} + \frac{U_{s3}}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}} \\
 &= \frac{\frac{1}{R}(U_{s1} + U_{s2} + U_{s3})}{4\frac{1}{R}} \\
 &= \frac{1}{4}(U_{s1} + U_{s2} + U_{s3})
 \end{aligned}$$

