

电路理论

Principles of Electric Circuits

第三章 复杂电阻电路的分析

2024年9月



电路理论

Principles of Electric Circuits

第三章 复杂电阻电路的分析

§ 3.1 支路分析法



§ 3.1 支路分析法

2b分析法:

以支路电压和支路电流为变量建立电路方程进行分析计算的方法。

n个节点**b**条
支路的电路
(**2b**个方程)

拓扑约束:
(KCL、KVL)

n-1个独立的KCL方程

b-n+1个独立的KVL方程

b个

+

元件约束:
(元件VAR)

b个元件VAR方程

b个

“减少方程数量的思路”

VAR方程

代入

KCL方程

VAR方程

代入

KVL方程

2b个方程减少到**b**个
支路分析法

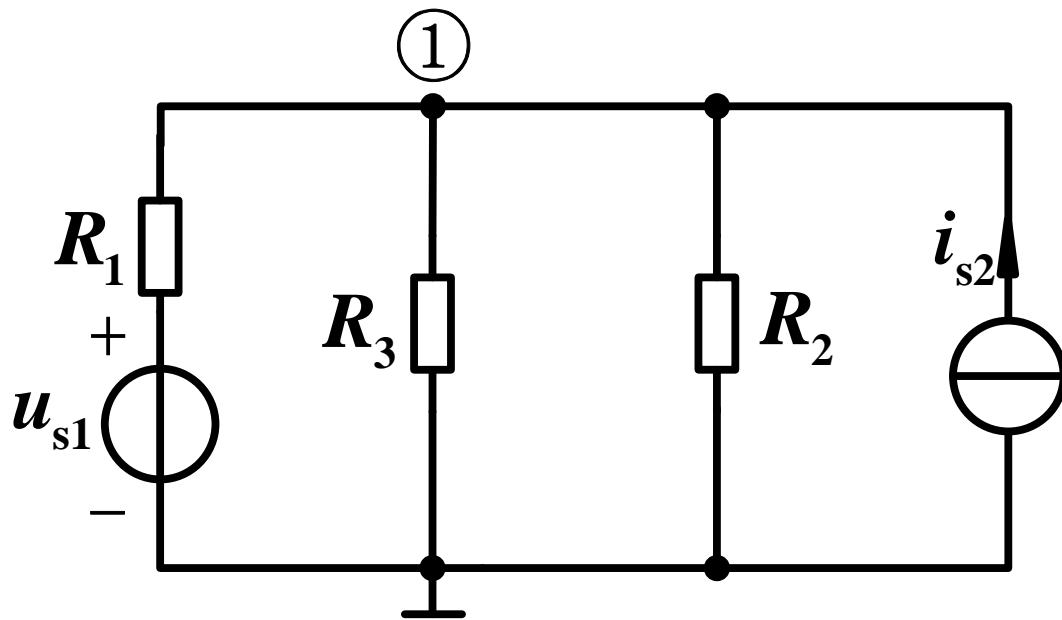


§ 3.1 支路分析法—支路电流法

一、支路电流法

概念：以支路电流为未知量列写电路方程分析电路的方法。

【示例】列写图示电路的支路电流方程。

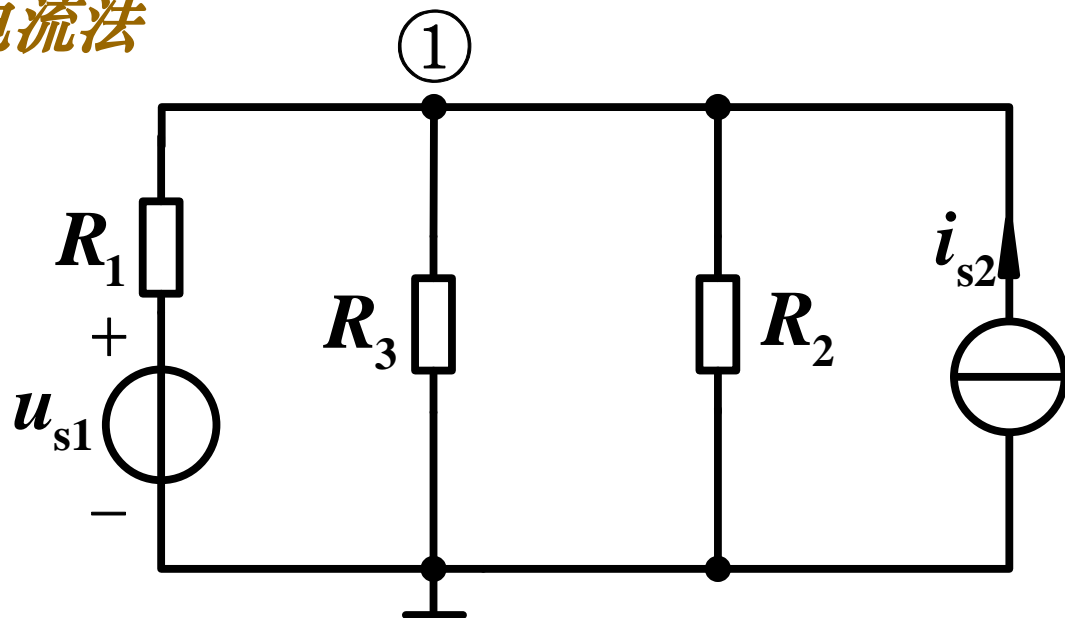


§ 3.1 支路分析法—支路电流法

【示例】列写图示电路的支路电流方程。

解：

(1) 标出各个支路电流和支路电压的参考方向。



§ 3.1 支路分析法—支路电流法

【示例】列写图示电路的支路电流方程。

解：

(1) 标出各个支路电流和支路电压的参考方向。

(2) 列写方程

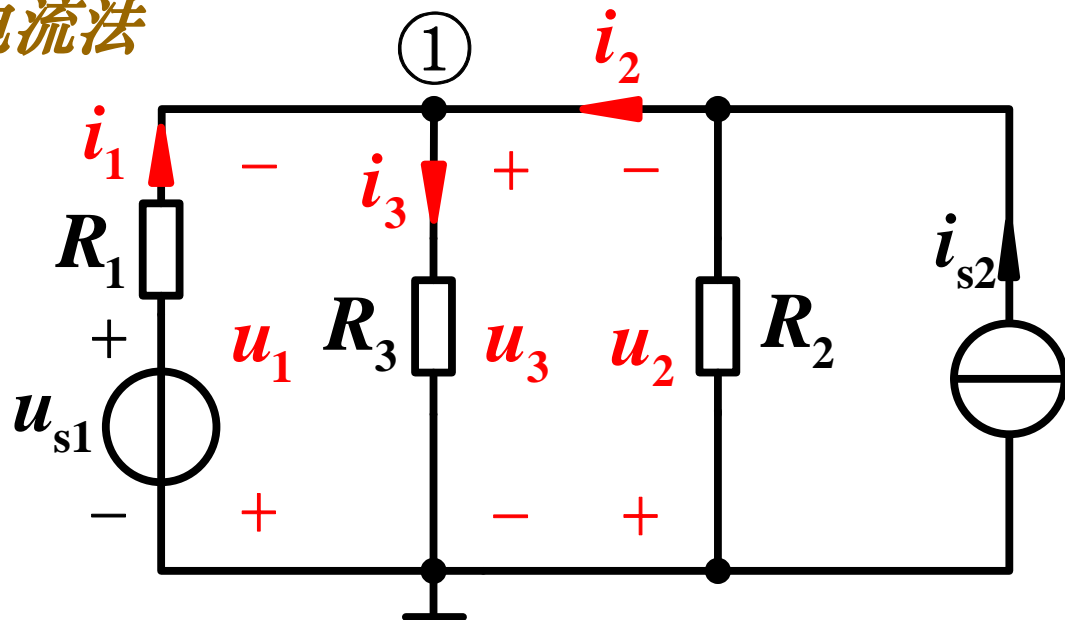
$$\text{KCL: } -i_1 - i_2 + i_3 = 0$$

$$\text{KVL: } \begin{cases} u_1 + u_3 = 0 \\ u_2 + u_3 = 0 \end{cases}$$

代入

$$\text{VAR: } \begin{cases} u_1 = R_1 i_1 - u_{s1} \\ u_2 = R_2 (i_2 - i_{s2}) \\ u_3 = R_3 i_3 \end{cases}$$

流控型



支路电流方程

$$\begin{cases} -i_1 - i_2 + i_3 = 0 \\ R_1 i_1 + R_3 i_3 = u_{s1} \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 = R_2 i_{s2} \end{cases}$$

★ 说明

1. 本质：KCL方程和KVL方程；
2. VAR应具有流控型形式。



§ 3.1 支路分析法—支路电流法

支路电流方程的列写步骤：

- (1) 指定各支路电流的**参考方向**；
- (2) 根据**KCL**，对 $n-1$ 个独立节点列写KCL方程；
- (3) 选取 $b-n+1$ 个独立回路，规定各独立回路绕行方向；
- (4) 应用**KVL**，并结合元件的流控型**VAR**，对独立回路列写**以支路电流为变量的方程**。



电路方程数量由**2b**个减少到**b**个啦！
不错不错~~~~

§ 3.1 支路分析法—支路电流法

【例】用支路电流法求解电压 u_3 和各个支路的电流。

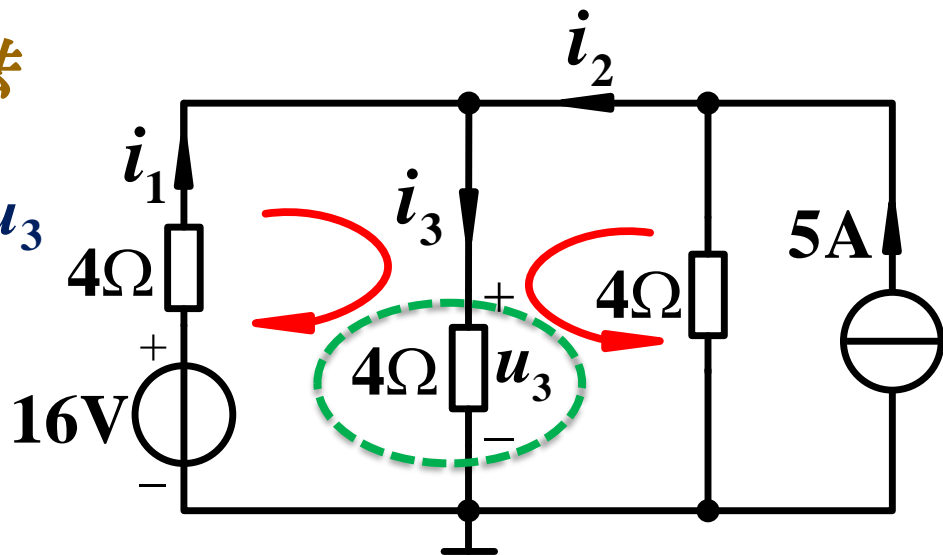
解：

$$\text{KCL: } -i_1 - i_2 + i_3 = 0$$

$$\text{KVL (含VAR): } \begin{cases} 4i_1 + 4i_3 = 16 \\ 4i_2 + 4i_3 = 20 \end{cases}$$

$$\text{解之得: } \begin{cases} i_1 = 1 \text{ A} \\ i_2 = 2 \text{ A} \\ i_3 = 3 \text{ A} \end{cases}$$

根据 4Ω 电阻的VAR可得: $u_3 = 4i_3 = 4 \times 3 = 12 \text{ V}$

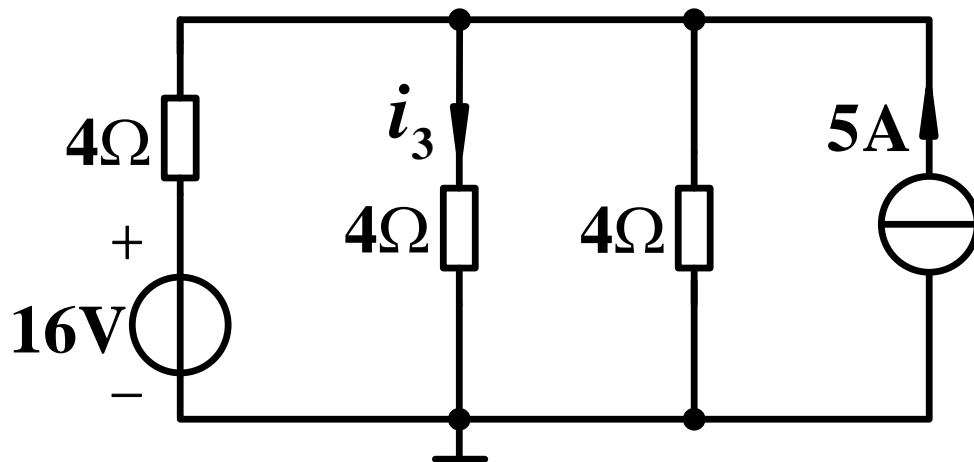


§ 3.1 支路分析法—支路电压法

二、支路电压法

概念：以支路电压为未知量列写电路方程分析电路的方法。

【示例】用支路电压法求解支路电流 i_3 。

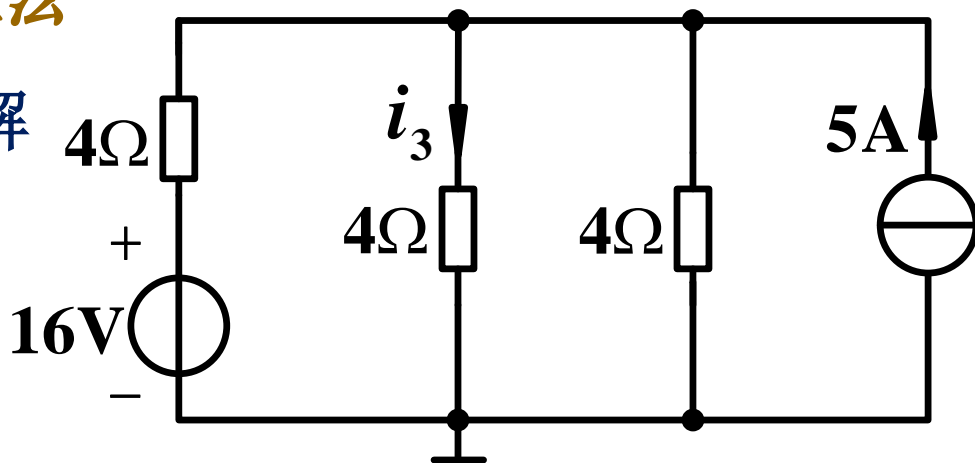


§ 3.1 支路分析法—支路电压法

【示例】试用支路电压法求解
支路电流 i_3 。

解：

(1) 标出电路中各个支路电压



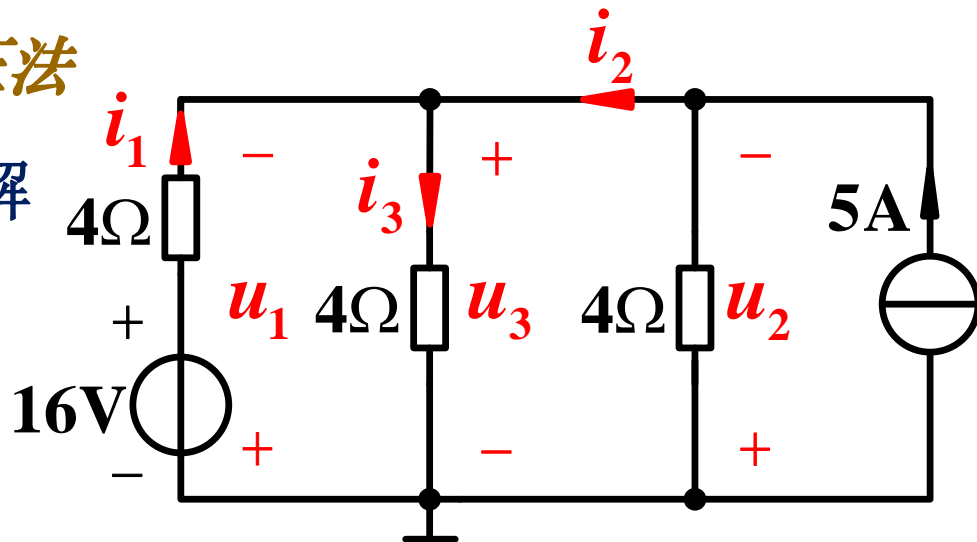
§ 3.1 支路分析法—支路电压法

【示例】试用支路电压法求解支路电流 i_3 。

解：

(1) 标出电路中各个支路电压

(2) 列写方程



支路电压方程

$$\text{KVL: } \begin{cases} u_1 + u_3 = 0 \\ u_2 + u_3 = 0 \end{cases}$$

$$\text{KCL: } -i_1 - i_2 + i_3 = 0$$

代入

$$\text{VAR: } \begin{cases} i_1 = \frac{u_1 + 16}{4} \\ i_2 = \frac{u_2}{4} + 5 \\ i_3 = \frac{u_3}{4} \end{cases}$$

压控型

$$\begin{cases} u_1 + u_3 = 0 \\ u_2 + u_3 = 0 \\ -\frac{16 + u_1}{4} - \left(\frac{u_2}{4} + 5 \right) + \frac{u_3}{4} = 0 \end{cases}$$

★ 说明

1. 本质：KCL方程和KVL方程；
2. VAR应具有压控型形式。

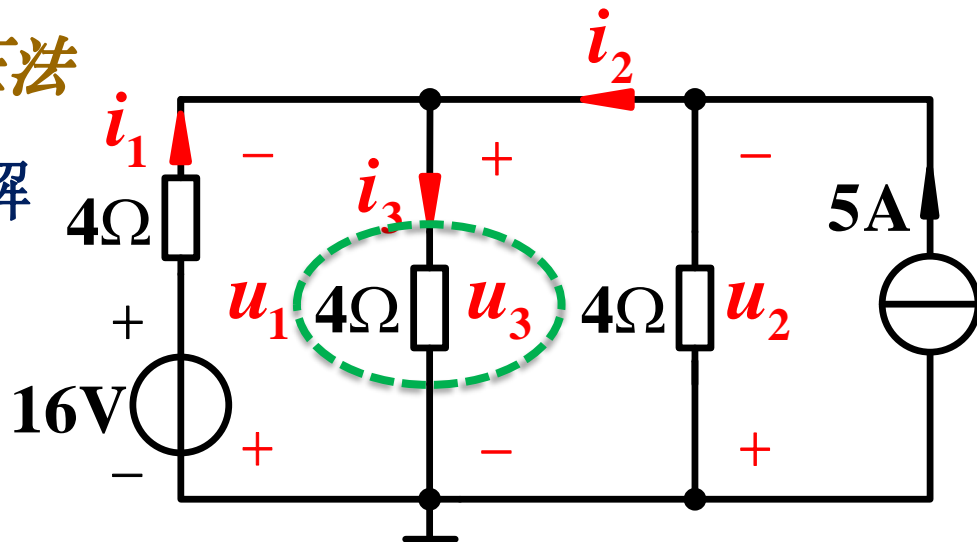
§ 3.1 支路分析法—支路电压法

【示例】试用支路电压法求解支路电流 i_3 。

解：

(1) 标出电路中各个支路电压

(2) 列写方程



$$\begin{cases} u_1 + u_3 = 0 \\ u_2 + u_3 = 0 \\ -\frac{16 + u_1}{4} - \left(\frac{u_2}{4} + 5 \right) + \frac{u_3}{4} = 0 \end{cases}$$

支路电压方程

解之得：

$$\begin{cases} u_1 = -12 \text{ V} \\ u_2 = -12 \text{ V} \\ u_3 = 12 \text{ V} \end{cases}$$

根据 4Ω 电阻的VAR可得：

$$i_3 = \frac{u_3}{4} = 3 \text{ A}$$

§ 3.1 支路分析法—支路电压法

支路电压方程的列写步骤：

- (1) 指定各支路电压的**参考方向**；
- (2) 选取 $b-n+1$ 个独立回路，规定各独立回路绕行方向；
- (3) 列写独立的**KVL**方程；
- (4) 应用**KCL**，并结合元件的流控型**VAR**，对 $(n-1)$ 个独立节点，列写**以支路电压为变量的方程**。



支路分析法本质上还是在列写**KCL**和**KVL**方程啊！