

## 第四章 线性电路基本定理

### 本章导学

#### 电路定理

叠加定理

齐次定理

互易定理

等效电压源定理

等效电流源定理

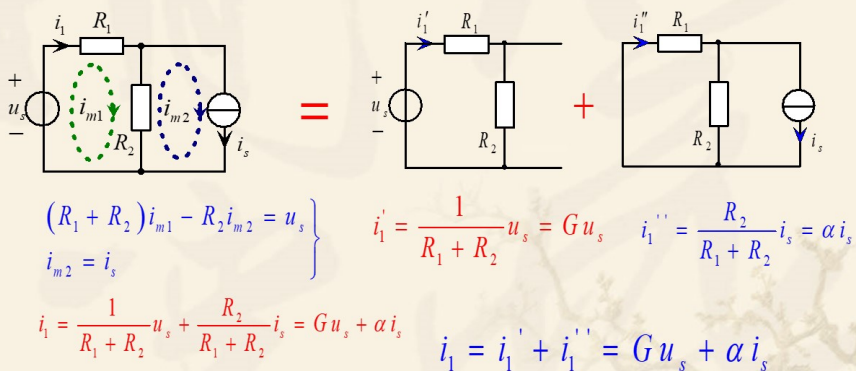
最大功率传输定理

电路定理分析电路

### 4.1 叠加定理与齐次定理

#### 一. 叠加定理

用网孔法求电流  $i_1$



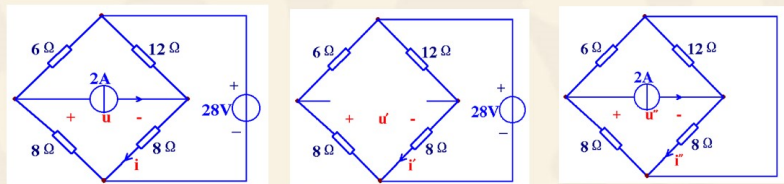
**内容：**线性电路中所有独立电源同时作用时在每一条支路中所产生的响应电流或电压，等于各个独立电源单独作用时在该支路中所产生响应电流或电压的代数和。叠加定理也称叠加性。

**意义：**说明了线性电路中电源的独立性。

**几点说明：**

- (1) 叠加定理只能适用于线性电路，不适用于非线性电路；
- (2) 一个独立电源单独作用时，其余独立电源为零，即理想电压源短路，理想电流源开路；受控源均要保留，且其控制关系不变；
- (4) 一个独立电源单独作用时，其余独立电源为零，而电路的其余结构都不改变；
- (5) 叠加的结果为代数和，因此注意电压或电流的参考方向；
- (6) 叠加定理不能用于计算功率，这是因为功率不是电压或电流的一次函数。

例1 用叠加定理求图示电路中 $u$ 和 $i$ 。



$$i' = \frac{28}{12+8} = 1.4A \quad i'' = \frac{12}{12+8} \times 2 = 1.2A$$

$$u' = 4.8V \quad u'' = -16.46V$$

所有电源作用时:

$$i = i' + i'' = 2.6A$$

$$u = u' + u'' = -11.66V$$

5

例2 图示电路, 已知:

$U_s=1V, I_s=1A$ 时:  $U_2=0$ ;  $U_s=10V, I_s=0$ 时:  $U_2=1V$ ;

求:  $U_s=0, I_s=10A$ 时:  $U_2=?$

解: 根据叠加定理, 有

$$U_2 = K_1 I_s + K_2 U_s$$

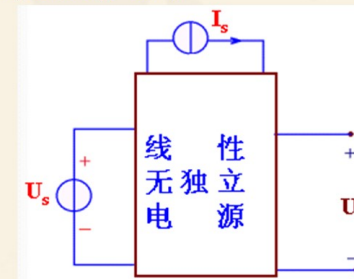
代入已知条件, 有

$$0 = K_1 \cdot 1 + K_2 \cdot 1$$

$$1 = K_1 \cdot 0 + K_2 \cdot 10$$

$$K_1 = -0.1 \quad K_2 = 0.1$$

$$\therefore U_2 = -0.1I_s + 0.1U_s$$

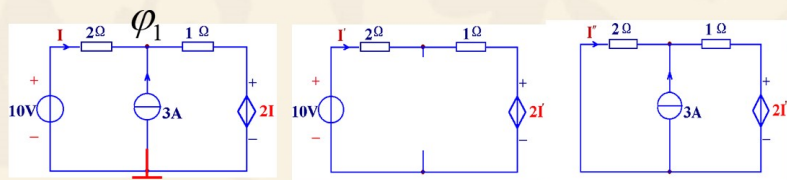


若  $U_s=0, I_s=10A$ 时:

$$U_2 = -1V$$

6

例3 用叠加定理求图示电路中电流 $I$ 。



若用节点法求:

$$\phi_1 = \frac{5+3+2I}{\frac{1}{2}+1}$$

$$I = \frac{10-\phi_1}{2}$$

$$I = I' + I'' = 1.4A$$

$$I' = \frac{10-2I'}{2+1}$$

$$I' = 2A$$

$$2I'' + 1(3+I'') + 2I'' = 0$$

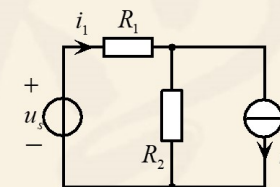
$$I'' = -\frac{3}{5}A$$

7

## 二. 齐次定理

$$i_1 = \frac{1}{R_1 + R_2} u_s + \frac{R_2}{R_1 + R_2} i_s = Gu_s + \alpha i_s$$

$$ki_1 = Gku_s + \alpha ki_s$$



内容: 在线性电路中, 当全部激励(独立电压源和独立电流源)

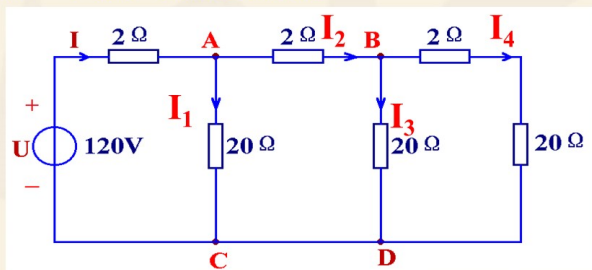
同时增大 $k$ (实数)倍时, 其响应也相应增大 $k$ 倍。此结论称为齐次定理。

意义: 反映线性电路齐次性质。

8



例4 求图示电路各支路电流。



解： 递推法：

$$\begin{aligned} \text{设 } I_4 &= 1\text{A} & u_{BD} &= 22\text{V} & I_3 &= 1.1\text{A} & I_2 &= 2.1\text{A} \\ u_{AD} &= 26.2\text{V} & I_1 &= 1.31\text{A} & I &= 3.41\text{A} \\ U &= 33.02\text{V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{120}{33.02} = 3.63416 \\ I &= 3.41B = 12.392\text{A} \\ I_1 &= 1.31B = 4.761\text{A} \\ I_2 &= 2.1B = 7.632\text{A} \\ I_3 &= 1.1B = 3.998\text{A} \\ I_4 &= B = 3.634\text{A} \end{aligned}$$

9

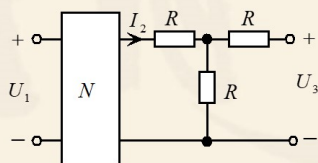
几点说明：

- (1) 齐次定理只能适用于线性电路，不适用于非线性电路；
- (2) 激励是指独立电源；响应是指电压或电流；
- (3) 只有全部激励同时增大或缩小K倍时，响应才同时增大或缩小K倍。否则将导致错误的结果；
- (4) 齐次定理不能用于功率计算；
- (5) 当电路只有一个激励时，响应将与激励成正比。

同时满足其次性与叠加性的电路称为线性电路。齐次性与叠加性是线性电路极重要的性质。

10

例5 图示电路，N为含有独立源的电路，已知  $U_1 = 1\text{V}$  时， $I_2 = 2\text{A}$ ，开路电压  $U_3 = 4\text{V}$ ； $U_1 = 2\text{V}$  时， $I_2 = 6\text{A}$ 。求R的值，并求  $U_1 = 3\text{V}$  时的  $I_2$  和  $U_3$ 。



解：  $R = \frac{4}{2} = 2\Omega$

同时利用叠加定理和齐次定理

$$\begin{aligned} \text{设 } I_2 &= aU_1 + b \\ \left. \begin{aligned} a \times 1 + b &= 2 \\ a \times 2 + b &= 6 \end{aligned} \right\} & a = 4, b = -2 \end{aligned}$$

$$I_2 = 4U_1 - 2$$

$$\text{当 } U_1 = 3\text{V} \quad I_2 = 10\text{A}$$

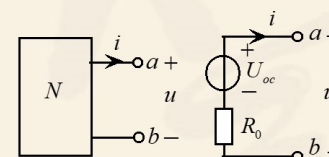
$$U_3 = RI_2 = 20\text{V}$$

11

## 4.2 等效电源定理

### 一. 等效电压源定理

一个线性有源单口网络，在保持端电压与端电流的关系（即外特性）完全相同的条件下，可用一个电压源等效代替。

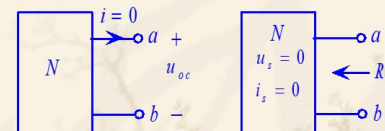


戴维南等效参数：

电压源电压  $U_o$  为该单口网络的开路电压  $U_{oc}$ ；

电阻  $R_o$  为该单口网络的除源输入电阻  $R_o$ 。

此结论称为等效电压源定理，也称戴维南（代文宁）定理。



12

由定理得到的等效电路称为戴维南等效电路， $U_{oc}$ 和 $R_o$ 称为戴维南等效参数。

戴维南定理反映了用等效电压源等效有源单口网络后，对外电路没有任何影响，即外电路的电压和电流不会有任何变化。

应用：

应用1：线性含源单口网络的化简

应用2：求某一条支路的响应。

13

注意：

1、注意等效电路中电压源和电压参考方向。

2、除源输入电阻 $R_o$ 求法：

(1) 等效变换法（除源）

(2) 外加电源法（除源）

$$R_o = \frac{u}{i}$$

(3) 开路短路法（ $U_{oc}$ 、 $I_{sc}$ ）（不除源）

$$R_o = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

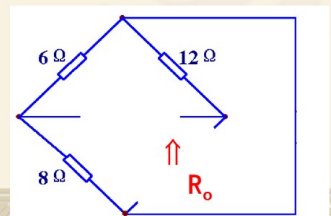
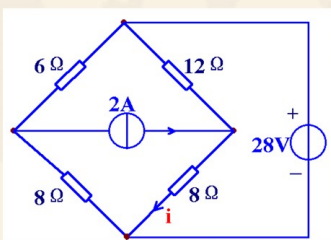
3、含受控源有源单口网络不一定同时存在两种等效电源；

4、含源单口网络与外电路应无耦合；

5、含源单口网络应为线性网络。

14

例1：用等效电源定理求图示电路中的电流 $i$ 。



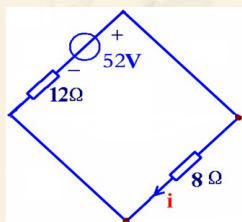
解：移去待求支路得单口网络

求开路电压 $U_{oc}$ ：

$$U_{oc} = 28 + 12 \times 2 = 52V$$

除去独立电源求 $R_o$ ： $R_o = 12\Omega$

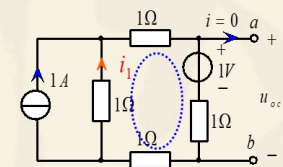
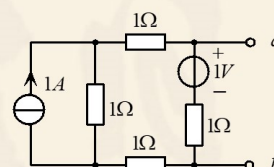
画出戴维南等效电路，并接入待求支路求响应。



$$\therefore i = \frac{52}{12 + 8} = 2.6A$$

15

例2 用等效电压源定理化简此二端电路。

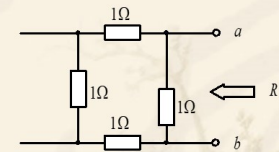
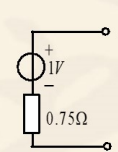


$$i_1 = -1A$$

$$u_{oc} = 1 + 1 + i_1 = 1V$$

$$1 \times i_1 + 1 \times (1 + i_1) + 1 \times 1 + 1 \times (1 + i_1) + 1 \times (1 + i_1) = 0$$

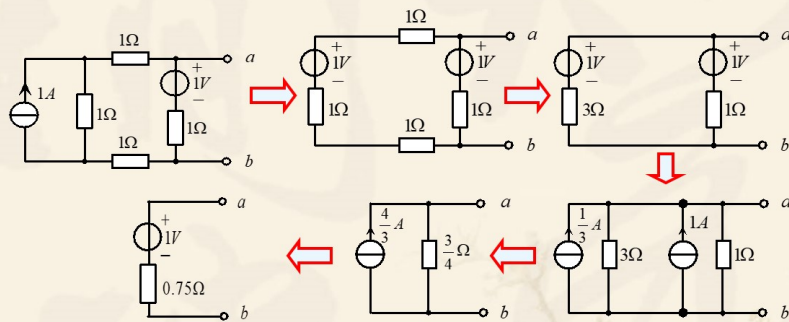
解：



$$R_o = 1 / 3 = 0.75\Omega$$

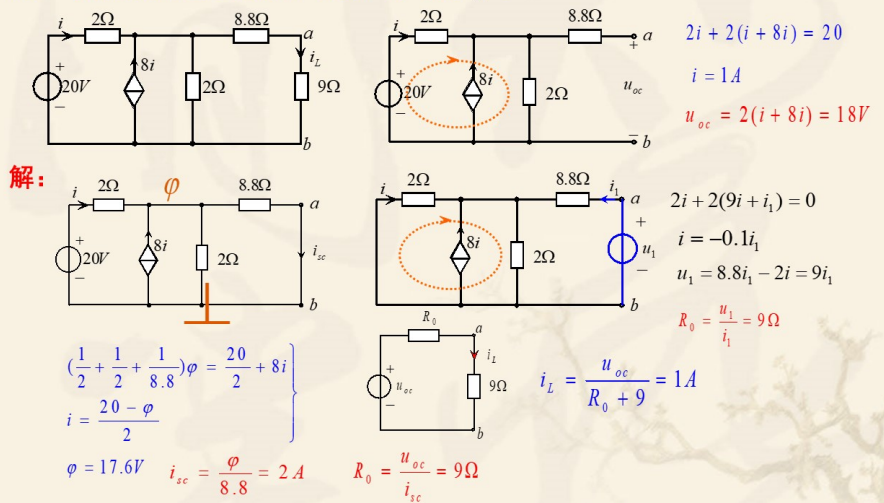
16

### 用等效变换法求解上例



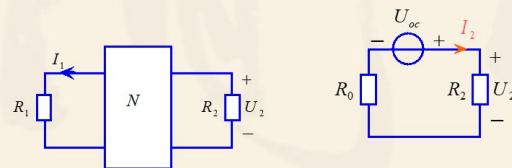
17

### 例3 用戴维南定理求图示电路中的电流 $i_L$ 。



18

例4 图示N为含源线性电阻性网络。当  $R_2=6\Omega$  时,  $U_2=6V$ ,  $I_1=-4A$ ; 当  $R_2=15\Omega$  时,  $U_2=7.5V$ ,  $I_1=-7A$ 。求  $R_2=?$  可获得最大功率, 并求  $P_{max}$ 。



解:

$$U_{oc} = I_2(R_0 + R_2)$$

$$R_2 = R_0 = 3\Omega$$

$$U_{oc} = R_0 + 6$$

$$P_{max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_0} = \frac{27}{4}W$$

$$U_{oc} = 0.5(R_0 + 15)$$

$$U_{oc} = 9V, R_0 = 3\Omega$$

19