

# 第 4 章 电路定理

## 本章重点

- |      |            |
|------|------------|
| 4.1  | 叠加定理       |
| 4.2  | 替代定理       |
| 4.3  | 戴维宁定理和诺顿定理 |
| 4.4  | 最大功率传输定理   |
| 4.5* | 特勒根定理      |
| 4.6* | 互易定理       |
| 4.7* | 对偶原理       |

# ● 重点 :

熟练掌握各定理的内容、适用范围及如何应用。

## 4.1 叠加定理

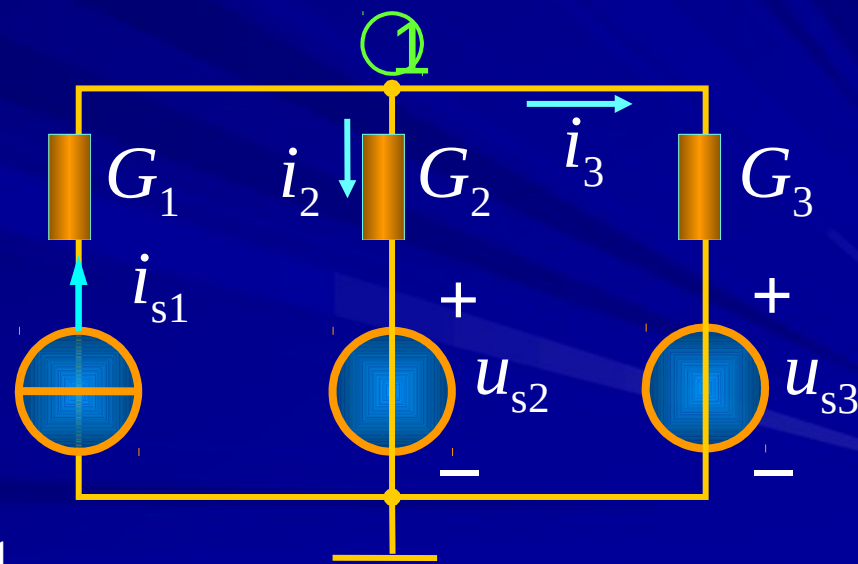
### 1. 叠加定理

在线性电路中，任一支路的电流（或电压）可以看成是电路中每一个独立电源单独作用于电路时，在该支路产生的电流（或电压）的代数和。

### 2 . 定理的证明

应用结点法：

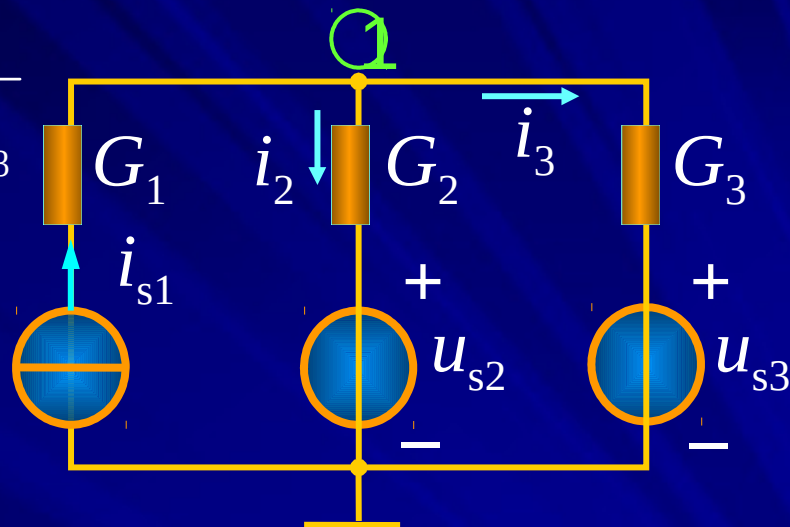
$$(G_2 + G_3)u_{n1} = G_2 u_{s2} + G_3 u_{s3} + i_{s1}$$



$$u_{n1} = \frac{G_2 u_{s2}}{G_2 + G_3} + \frac{G_3 u_{s3}}{G_2 + G_3} + \frac{i_{s1}}{G_2 + G_3}$$

或表示为:

$$\begin{aligned} u_{n1} &= a_1 i_{s1} + a_2 u_{s2} + a_3 u_{s3} \\ &= u_{n1}^{(1)} + u_{n1}^{(2)} + u_{n1}^{(3)} \end{aligned}$$



支路电流为:

$$\begin{aligned} i_2 &= (u_{n1} - u_{s2})G_2 = \left( \frac{-G_3 G_2}{G_2 + G_3} \right) u_{s2} + \frac{G_3 G_2 u_{s3}}{G_2 + G_3} + \frac{G_2 i_{s1}}{G_2 + G_3} \\ &= b_1 i_{s1} + b_2 u_{s2} + b_3 u_{s3} = i_2^{(1)} + i_2^{(2)} + i_2^{(3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_3 &= (u_{n1} - u_{s3})G_3 = \left( \frac{G_3 G_2}{G_2 + G_3} \right) u_{s2} + \left( \frac{-G_2 G_3}{G_2 + G_3} \right) u_{s3} + \frac{G_3 i_{s1}}{G_2 + G_3} \\ &= i_3^{(1)} + i_3^{(2)} + i_3^{(3)} \end{aligned}$$

**结论**

结点电压和支路电流均为各电源的一次函数，均可看成各独立电源单独作用时，产生的响应之叠加。

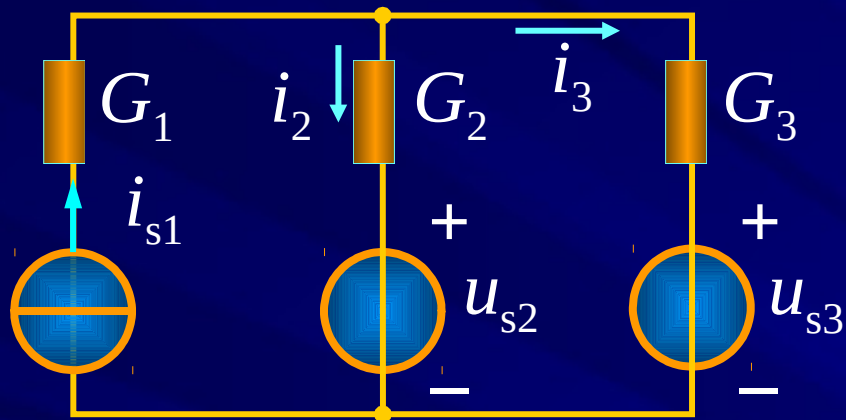
### 3. 几点说明

- ① 叠加定理只适用于线性电路。
- ② 一个电源作用，其余电源为零

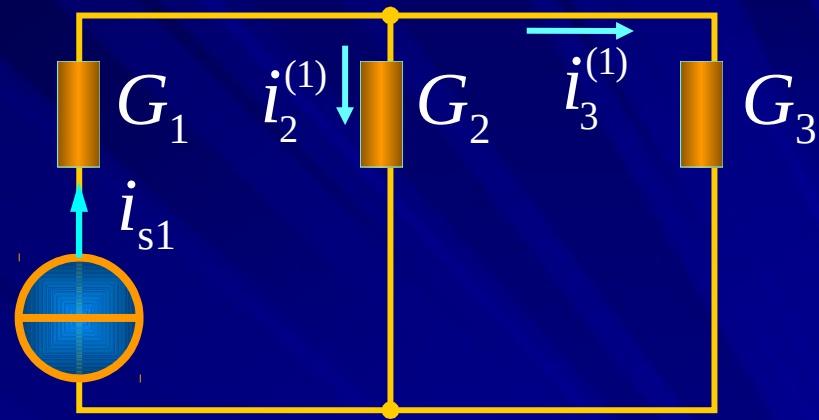
电压源为零 — 短路。

电流源为零 — 开路。

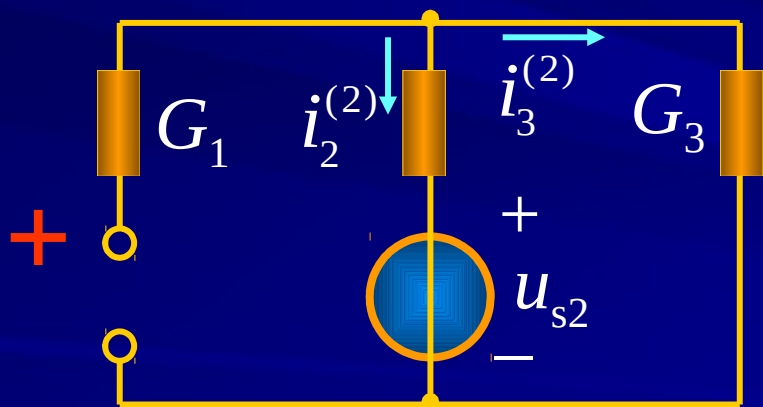




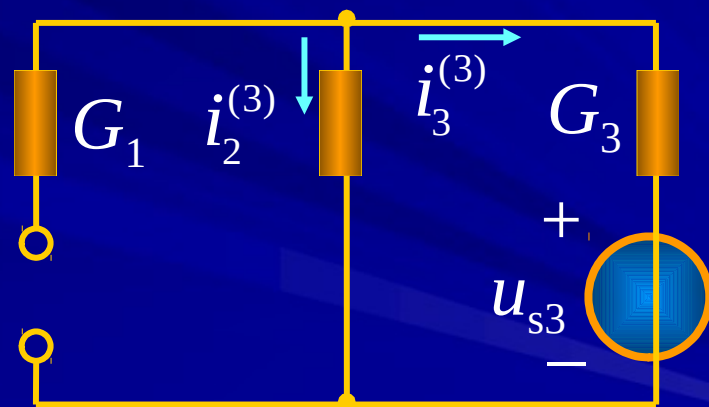
三个电源共同作用



$i_{s1}$  单独作用



$u_{s2}$  单独作用



$u_{s3}$  单独作用

- ③ 功率不能叠加（功率为电压和电流的乘积，为电源的二次函数）。
- ④  $u, i$  叠加时要注意各分量的参考方向。
- ⑤ 含受控源（线性）电路亦可用叠加，但受控源应始终保留。

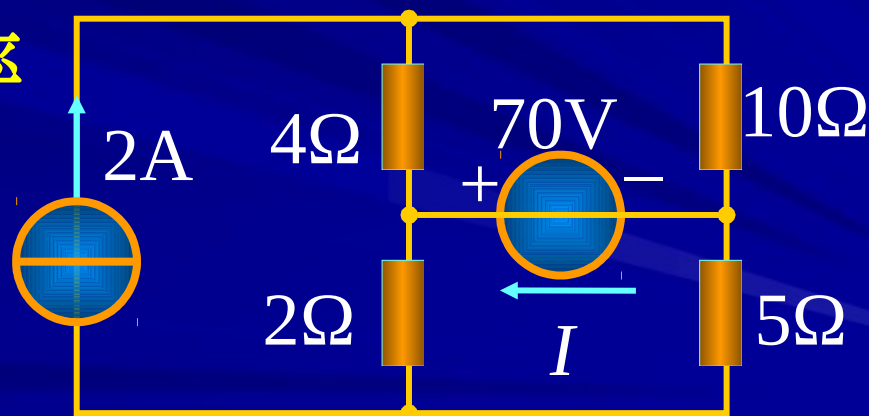
#### 4. 叠加定理的应用

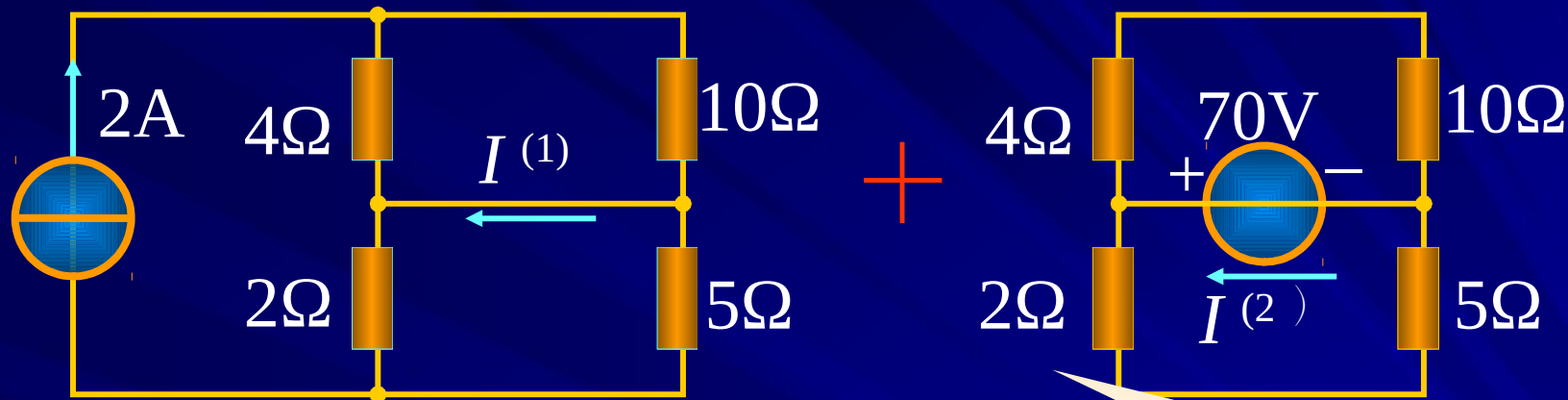
例 1 求电压源的电流及功率

1

解

画出分电路图





2A 电流源作用，电桥平衡：

$$I^{(1)} = 0$$

70V 电压源作用： $I^{(2)} = 70 / 14 + 70 / 7 = 15\text{A}$

$$I = I^{(1)} + I^{(2)} = 15\text{A} \quad P = 70 \times 15 = 1050\text{W}$$

应用叠加定理使计算简化



例 计算电压  $u$

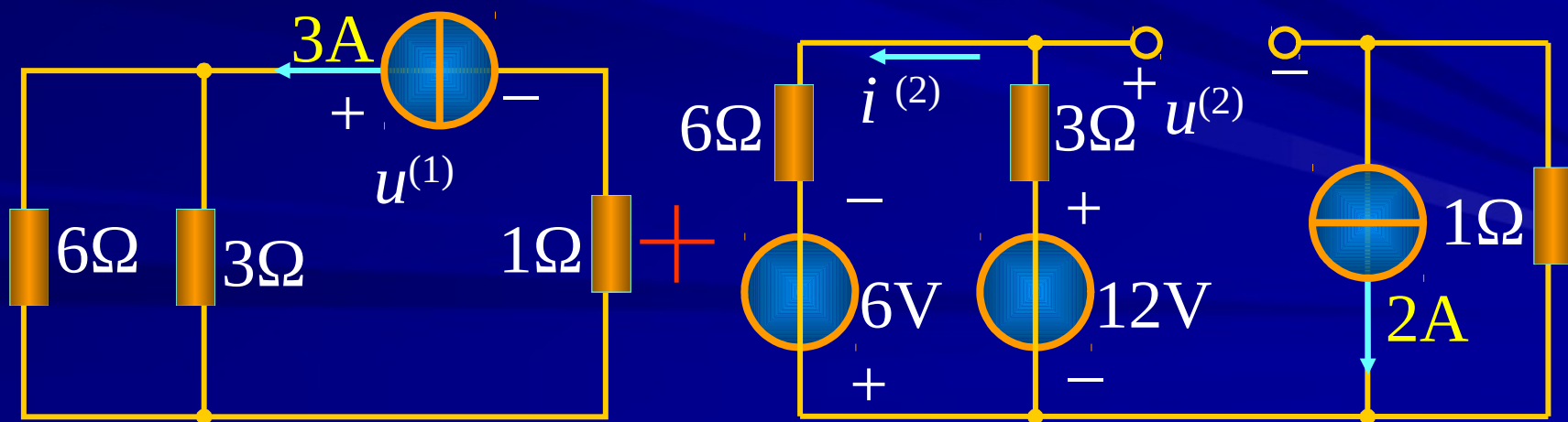
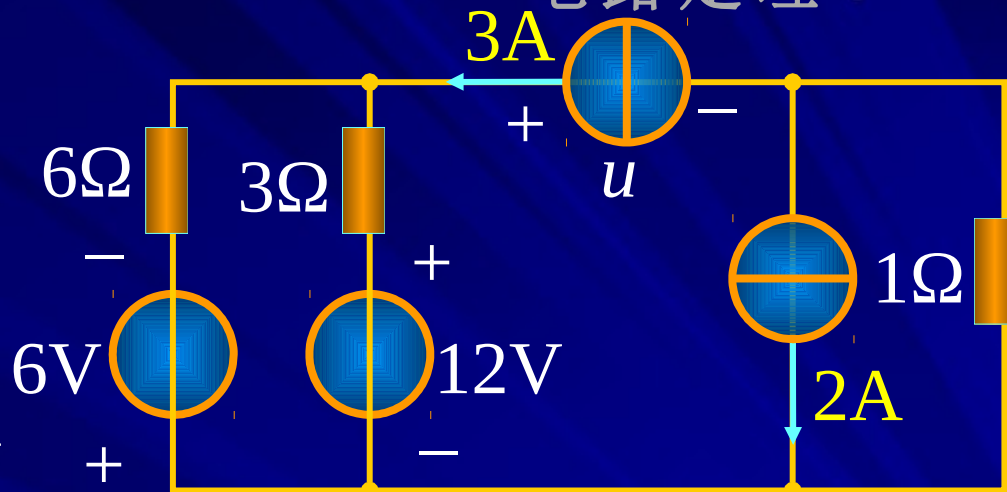
解 画出分电路图

3A 电流源作用:

$$u^{(1)} = (6 // 3 + 1) \times 3 = 9V$$

其余电源作用:  $i^{(2)} = (6 + 12) / (6 + 3) = 2A$

$$u^{(2)} = 6i^{(2)} - 6 + 2 \times 1 = 8V \quad u = u^{(1)} + u^{(2)} = 9 + 8 = 17V$$



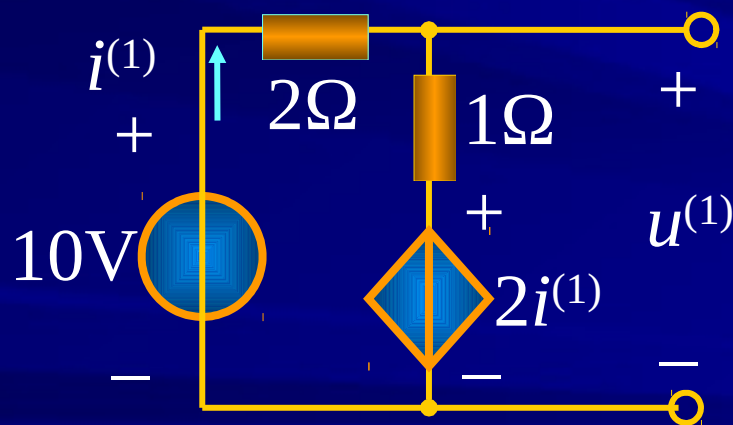


注意

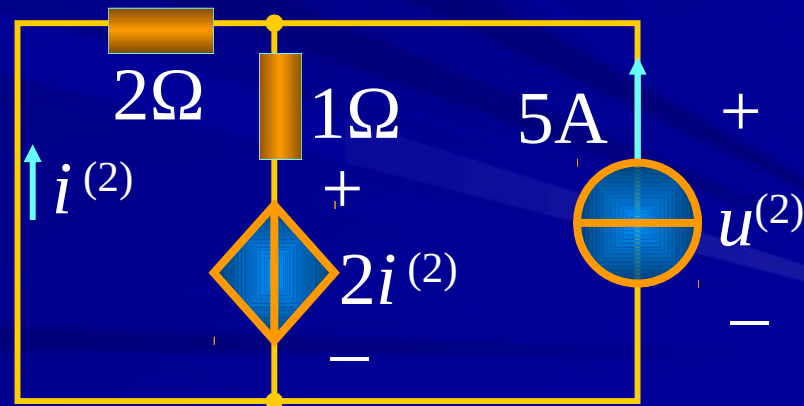
叠加方式是任意的，可以一次一个独立源单独作用，也可以一次几个独立源同时作用，取决于使分析计算简便。

例 计算电压  $u$ 、电流  $i$ 。

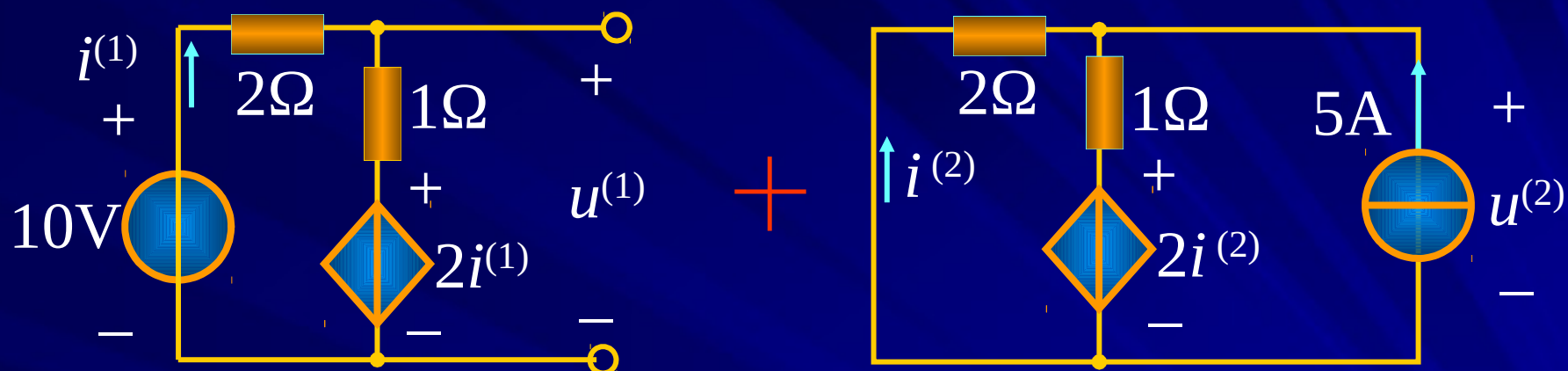
解 画出分电路图



+



受控源始终保留



**10V 电源作用**  $i^{(1)} = (10 - 2i^{(1)}) / (2 + 1)$   $i^{(1)} = 2\text{A}$

:

$$u^{(1)} = 1 \times i^{(1)} + 2i^{(1)} = 3i^{(1)} = 6\text{V}$$

**5A 电源作用**  $2i^{(2)} + 1 \times (5 + i^{(2)}) + 2i^{(2)} = 0$   $i^{(2)} = -1\text{A}$

:

$$u^{(2)} = -2i^{(2)} = -2 \times (-1) = 2\text{V}$$

$$u = 6 + 2 = 8\text{V} \quad i = 2 + (-1) = 1\text{A}$$

例 封装好的电路如图, 已知下列实验数据:

- 4 当  $u_s = 1V$ ,  $i_s = 1A$  时, 响应  $i = 2A$   
当  $u_s = -1V$ ,  $i_s = 2A$  时, 响应  $i = 1A$   
求  $u_s = -3V$ ,  $i_s = 5A$  时, 响应  $i = ?$

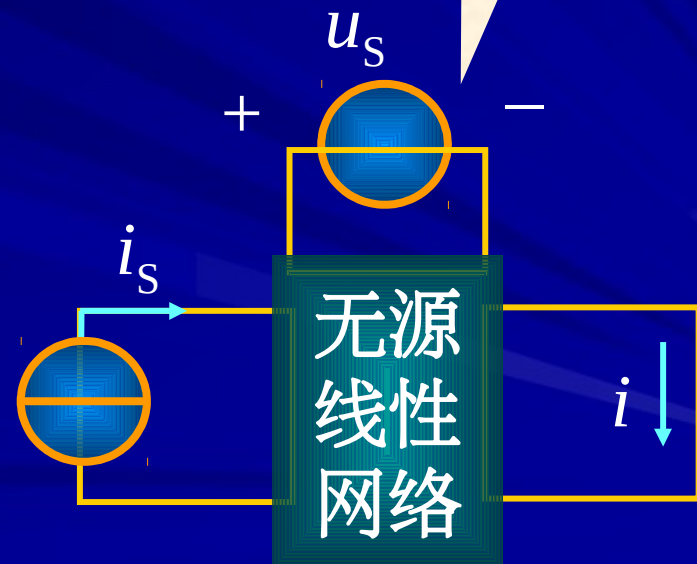
解 根据叠加定理  $i = k_1 i_s + k_2 u_s$

代入实验数据

$$\begin{cases} k_1 + k_2 = 2 \\ 2k_1 - k_2 = 1 \end{cases} \quad \begin{cases} k_1 = 1 \\ k_2 = 1 \end{cases}$$

$$i = u_s + i_s = -3 + 5 = 2A$$

研究激励和响应关系的实验方法



## 5. 齐性原理

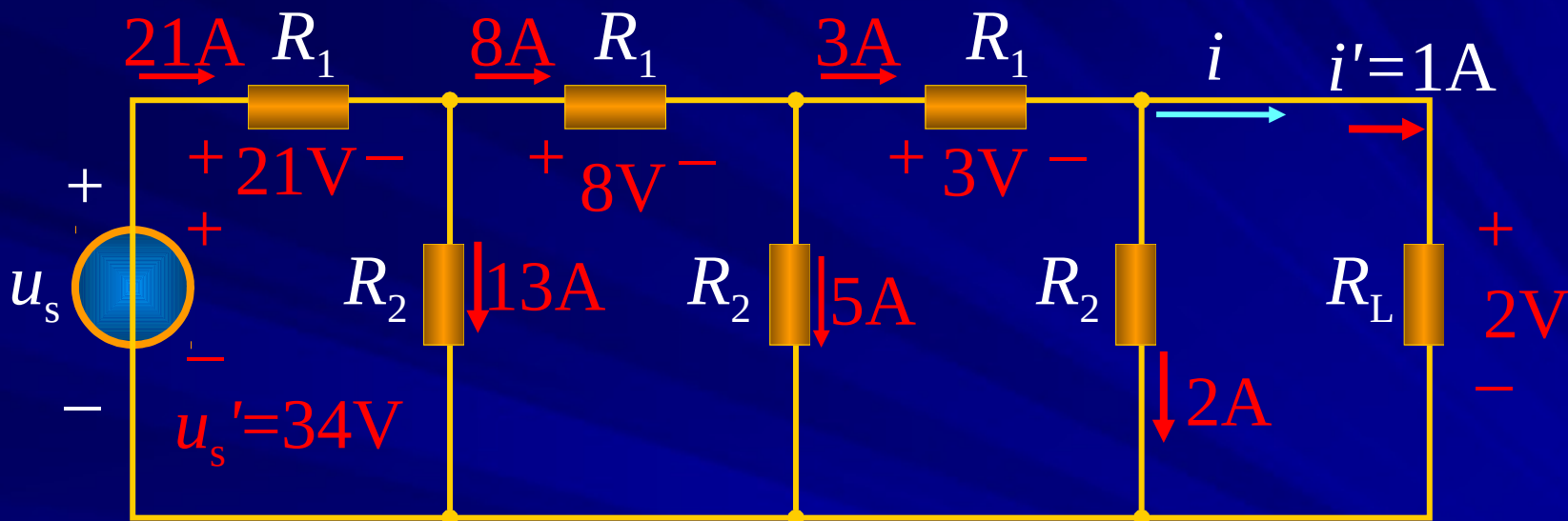
线性电路中，所有激励（独立源）都增大（或减小）同样的倍数，则电路中响应（电压或电流）也增大（或减小）同样的倍数。



- ① 当激励只有一个时，则响应与激励成正比。
- ② 具有可加性。



**例**  $R_L=2\Omega$   $R_1=1\Omega$   $R_2=1\Omega$   $u_s=51V$  , 求电流  $i$  。



**解** 采用倒退法: 设  $i' = 1\text{A}$

则  $\frac{i}{i'} = \frac{u_s}{u_s'}$  可得  $i = \frac{u_s}{u_s'} i' = \frac{51}{34} \times 1 = 1.5\text{A}$