
一、实验背景及目的

学习完叠加原理和网络函数这一章的理论知识，为了进一步加深对叠加原理的理解，现在对叠加原理进行验证。

采用软件仿真，对叠加原理的使用情况进行验证，电路中使用多个独立源，通过不同的电流电压数据来对单个电路进行验证，同时也对叠加原理的适用条件进行验证，增强对叠加原理的记忆；采用控制变量的方法，从多个方面来验证叠加原理的正确性，避免随机性。

二、实验环境

Multisim 14.0 , Windows10

三、实验原理

1. 叠加原理的理论依据

含有单一激励的线性电路中，任一支路的响应都与此激励成正比关系。

2. 叠加原理

在线性电路中，任一支路的响应可以看成是电路中每一个独立电源单独作用于电路时，在该支路产生的响应的代数和。

叠加原理只适用于线性电路，对于非线性电路并不适用。当只考虑单个电源作用时，其余电源置为 0，即电压源看做是短路，电流源看作是开路；电路中的受控源需保留；功率不能进行叠加计算（功率为电压和电流的乘积，对应的是电源的二次函数，故不能简单进行叠加）； u, i 叠加时要注意各个分量的参考方向。

3. 实验方法

采用多次测量的方法对同一电路进行验证。通过改变电流源的电流大小和电压源的电压大小，去观测同一支路上的响应是否满足叠加原理的关系。

对于同一电路，可以对不同支路上的响应进行观测（例如电压，电流）。

四、实验过程

1. 电路设计

电路中含有两个电压源和一个电流源，三个阻值均为 2Ω 的电阻。为了方便去测量单个独立源作用时，支路上的响应，在设计电路的时候，根据电压源看做是短路（用导线替代），电流源看作是开路（断开电路）的原则，设计如图 1

所示电路。

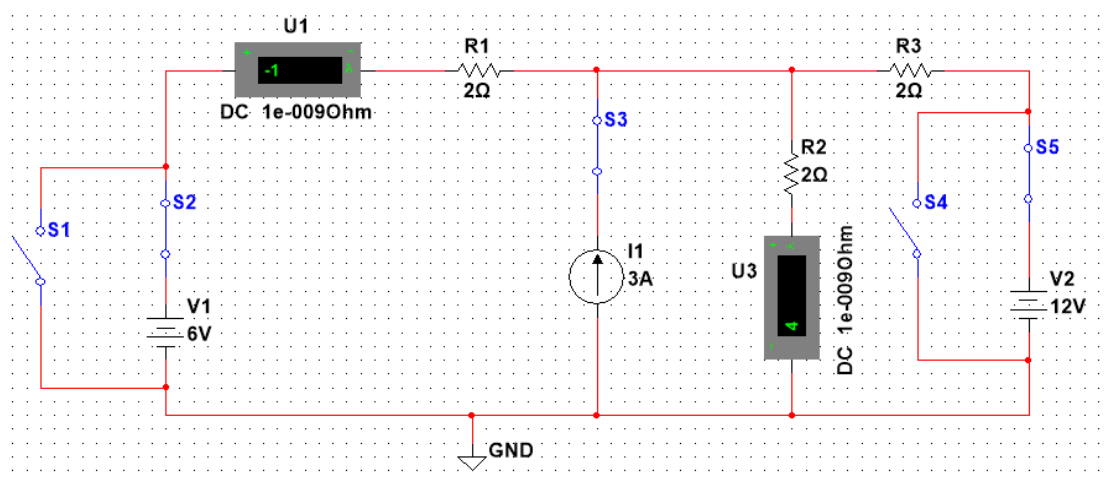


图 1 叠加原理验证电路

2. 电路等效及求解

图 1 中的电路可以等效于 6V 的电压源，12V 的电压源和 3A 的电流源分别单独作用时之和。这里以求解通过 R_1 的电流 i 为例进行计算。假设在图 2 中通过 R_1 的电流为 i_1 ，在图 3 中通过 R_1 的电流为 i_2 ，在图 3 中通过 R_1 的电流为 i_3 。

（下图中电表的示数均是未仿真前的示数）

图 2 中的电路只有 6V 的电压源作用，其余电源置 0 后，等效于 R_2 和 R_3 并联后再和 R_1 串联。此时 $R' = R_2 R_3 / (R_2 + R_3) = 1\Omega$ ，则 $i_1 = u_1 / (R_1 + R') = 2A$ 。

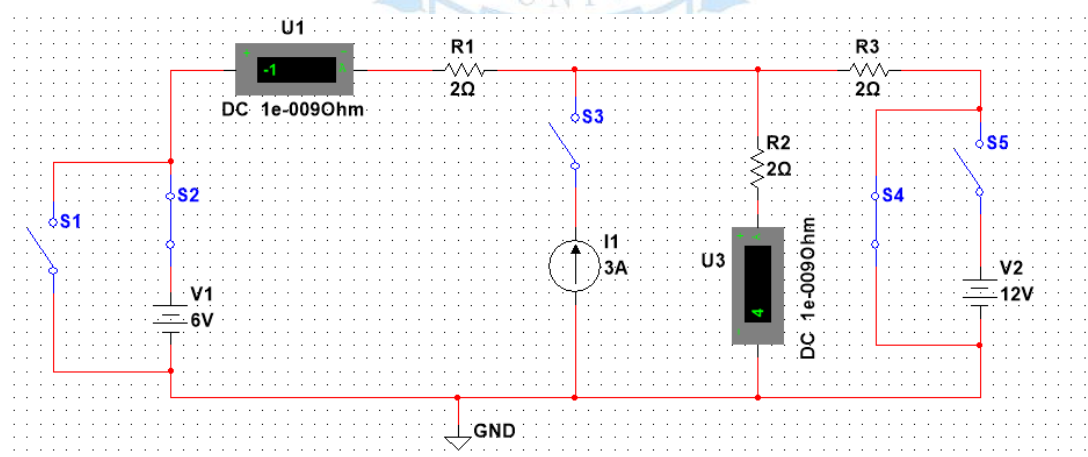


图 2 6V 电压源单独作用的等效电路

图 3 中的电路只有 3A 的电流源单独作用，其余电源置 0 后，等效于 R_2 和 R_3 的等效电路再和 R_1 并联。此时 $R' = R_2 R_3 / (R_2 + R_3) = 1\Omega$ ，则 $i_2 = R' i / (R_1 + R') = 1A$

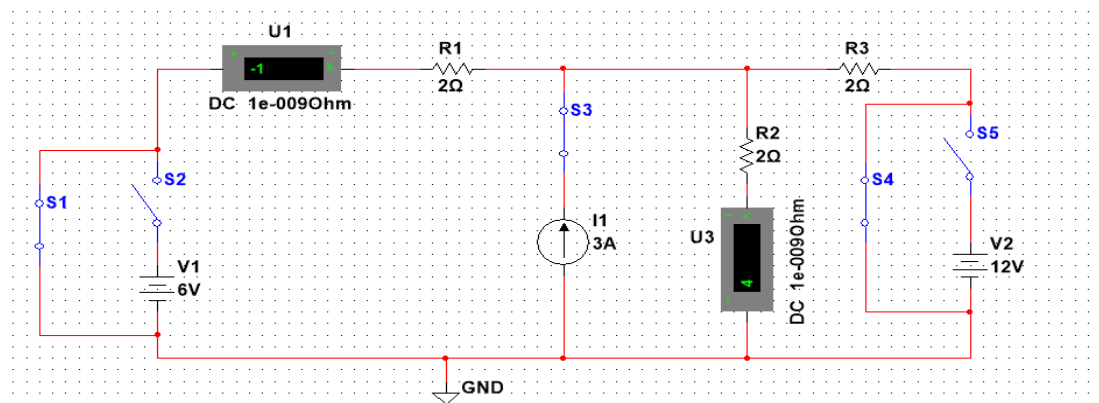


图 3 3A 的电流源单独作用的等效电路

图 4 中的电路只有 12V 的电压源单独作用, 其余电源置 0 后, 等效于 R_1 和 R_2 的等效电路并联后和 R_3 串联。 $R' = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) = 1 \Omega$, 则 $i_3 = u_2 / (R' + R_3) / 2 = 2A$ 。

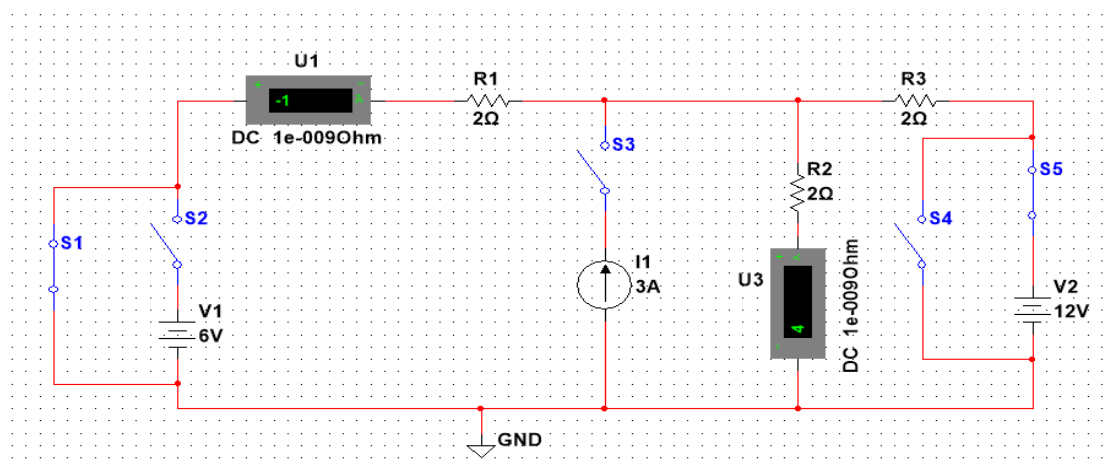


图 4 12V 的电压源单独作用的等效电路

五、实验结果

1. 不同支路的实验结果

启动软件仿真，图 1 的仿真结果如下，电流 i 为-1A，负号表示方向与之前假设的方向相反。

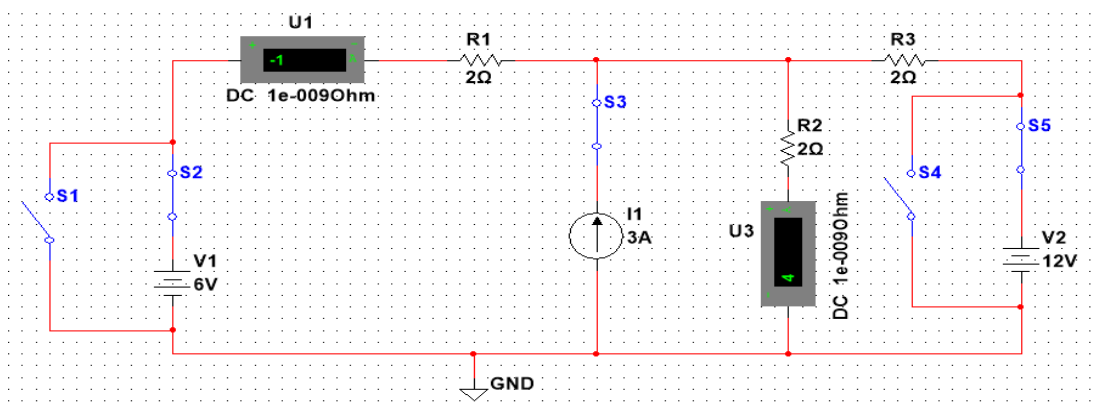


图 2 仿真结果如下，电流 i_1 为 2A。与理论计算结果一致。

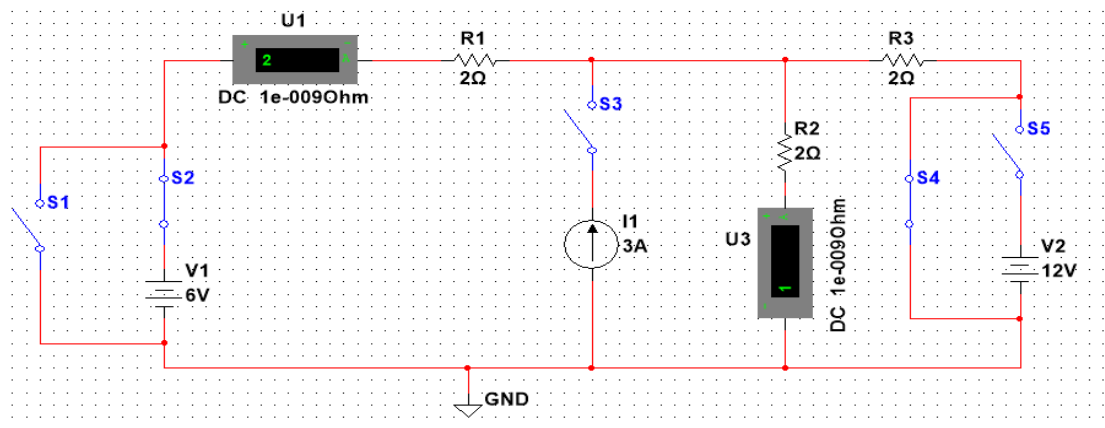


图 3 仿真结果如下，电流 i_2 为 -1A。与理论计算结果一致。

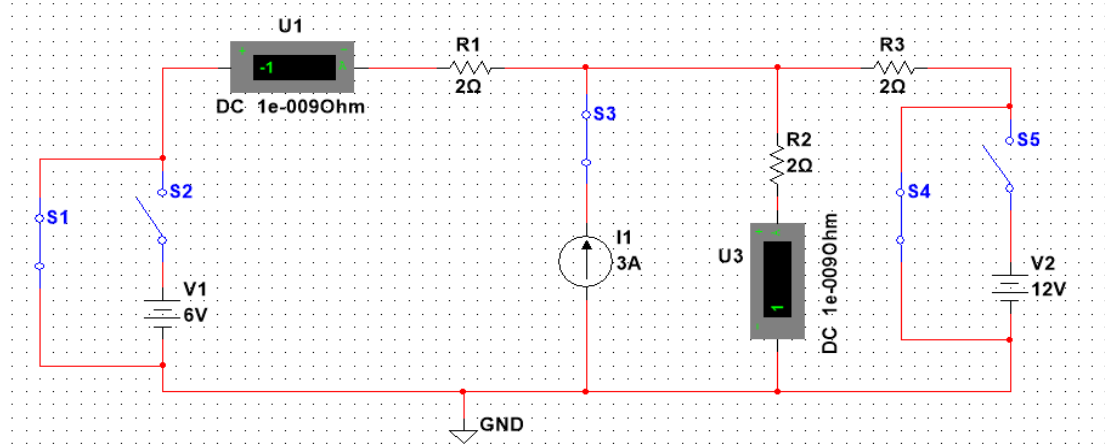
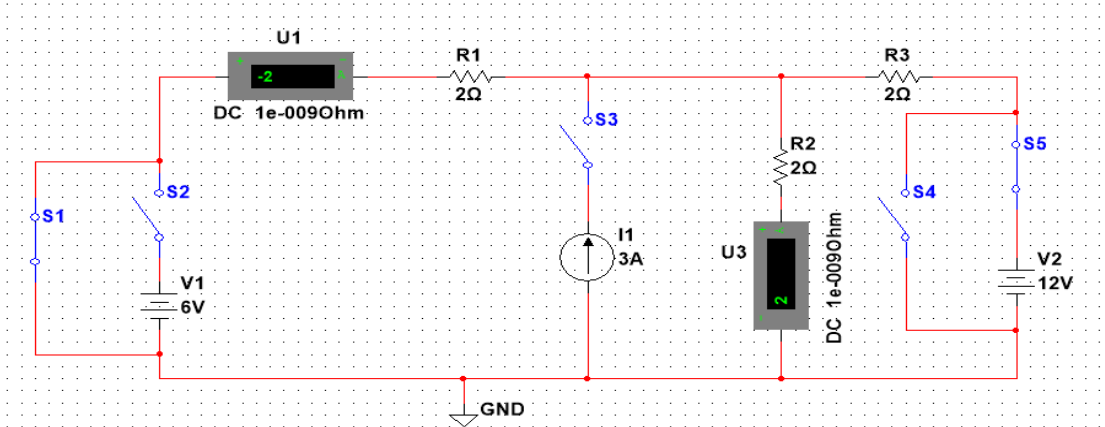


图 4 仿真结果如下，电流 i_3 为 -2A。与理论计算结果一致。



R_1 所在支路上电流 $i = i_1 + i_2 + i_3$ ，满足叠加原理。同时在 R_2 所在支路上的电流也满足叠加原理。

2. 不同激励源大小的实验结果

使用三种激励源方案，测量不同的电源作用下的 R_1 所在支路的电流结果如下表所示

激励源方案 1	电压源 $u_1=5V$	电流源 $i_s=2A$	电压源 $u_2=10V$
$i=-0.667A$	$i_1=1.667A$	$i_2=-0.667A$	$i_3=-1.667A$

激励源方案 2	电压源 $u_1=4V$	电流源 $i_s=4A$	电压源 $u_2=9V$
$i=-1.5A$	$i_1=1.333A$	$i_2=-1.333A$	$i_3=-1.5A$
激励源方案 3	电压源 $u_1=3V$	电流源 $i_s=5A$	电压源 $u_2=7V$
$i=-1.834A$	$i_1=1A$	$i_2=-1.667A$	$i_3=-1.167A$

经过验证，以上三种激励源的方案均满足叠加原理。

综上通过以上两种验证方案，验证了叠加原理的正确性。

六、总结反思

本次实验针对设计好的电路，从多个角度对叠加原理进行了验证，很好地证明了叠加原理的正确性。

通过本次实验，我对 Multisim 软件的使用更加熟练。从电路的设计到绘制成图，再到仿真过程验证叠加原理，学会了对电表的相关电学特性的设置，例如电流表的内阻趋于 0，电压表的内阻趋于无穷大，同时我对这些基本的电学物理规律也有了更进一步的理解，加深了印象。

