

实验三 含有非独立源的电路的研究

实验报告 (预习)

姓名：彭程

学号：2020011075

班级：自 02

日期：2021 年 3 月 12 日

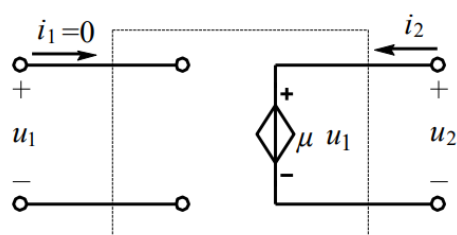
1. 实验目的

- (1) 加深对非独立电源的特性的理解；
- (2) 通过理论分析和实验验证掌握含有非独立电源的线性电路的分析方法。

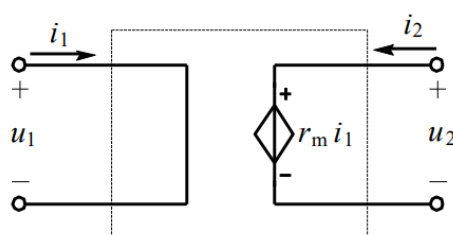
2. 实验说明

- (1) 四种受控源及其电路符号：

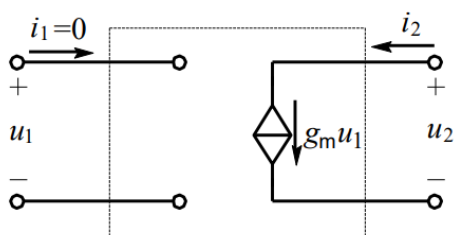
非独立电源也称为受控源，该电压源的电压(或电流源的电流)不是独立的，而是受电路中其他支路的电压(或电流)的控制。当控制量为电压(或电流)时，按控制量和受控源的不同，非独立电源可分为四种即：电压控制的电压源(VCCS)、电流控制的电压源(CCVS)、电压控制的电流源(VCCS)和电流控制的电流源(CCCS)。它们的电路符号分别示于图 (a)、(b)、(c)、(d) 中。



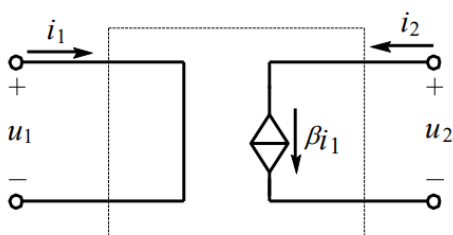
(a) $u_2 = \mu u_1$



(b) $u_2 = r_m i_1$



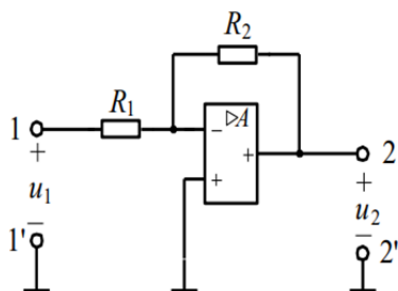
(c) $i_2 = g_m u_1$



(d) $i_2 = \beta i_1$

由上图可知，一个非独立源可用一个含有两个支路的二端口来表示。当比例系数 μ 、 r_m 、 g_m 和 β 是常数，这样的非独立源便是线性元件。含有线性非独立电源及其他线性元件的电路仍是线性电路。对含有非独立电源的线性电路，叠加定理、戴维南定理等也都是适用的。

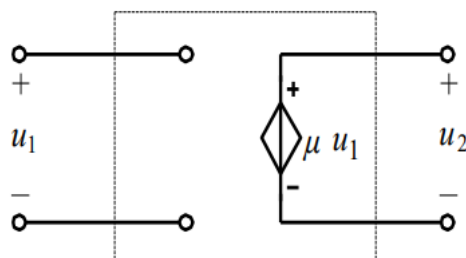
本实验所用的电压控制的电压源是一个由运算放大器构成的比例器，如图所示：



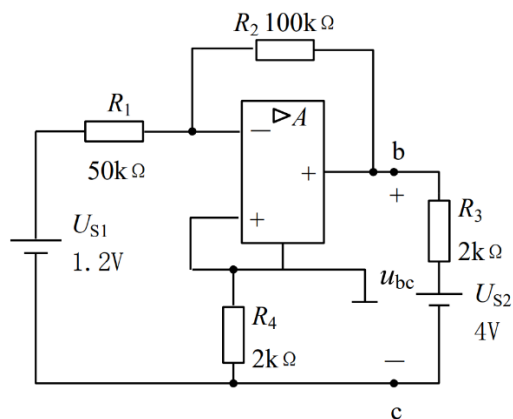
在理想情况下($A \rightarrow \infty$), 它的输入电压 u_1 与输出电压 u_2 有以下关系:

$$u_2 = -\frac{R_2}{R_1}u_1$$

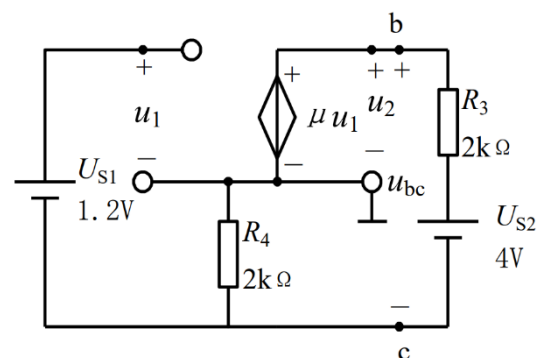
如果 R_1 足够大, 就可以将它看作下图的电压控制的电压源, 其中 $\mu = -R_2/R_1$ 。
(注意, 对于实际的运算放大器, 仅当 u_2 不超过规定的范围才满足上述关系)。



3. 实验电路



(a) 实际电路



(b) 等效电路

4. 实验任务

4.1 预习计算

(1) 列写电路方程求解

设通过电阻 R_4 的电流为 I

对左右两侧回路列写 KVL 方程:

$$\mu u_1 + 2000I - 4 + 2000I = 0$$

$$u_1 + 2000I - U_{s1} = 0$$

解得:

$$u_1 = -0.4V$$

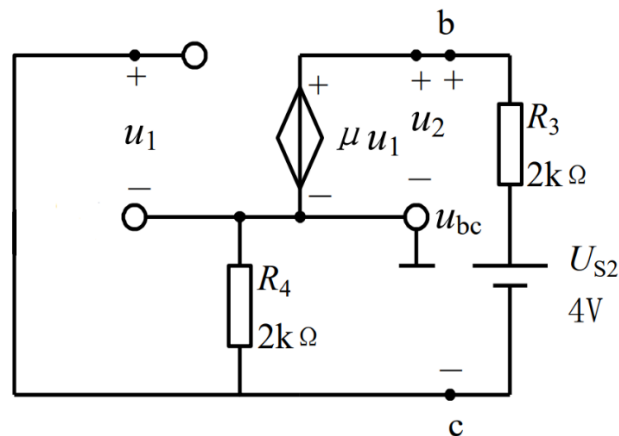
$$I = 0.8mA$$

故：

$$u_{bc} = \mu u_1 + 2000I = 2.4V$$

(2) 叠加定理求解

先将电源 U_{s1} 置 0，得到如下电路：



同样，设通过电阻 R_4 的电流为 I

对左右两侧回路列写 KVL 方程：

$$u_1 + 2000I = 0$$

$$\mu u_1 + 2000I + 2000I - U_{s2} = 0$$

解得：

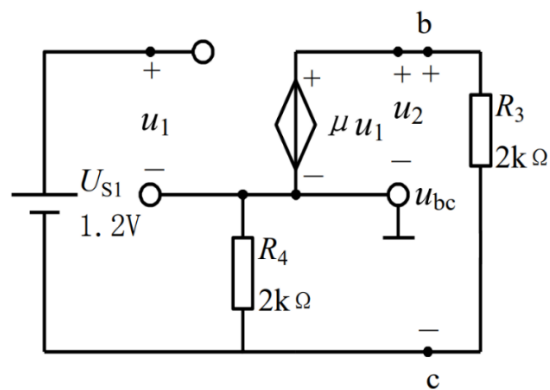
$$u_1 = -1V$$

$$I = 0.05mA$$

故：

$$u_{bc} = \mu u_1 + 2000I = 3V$$

再将电源 U_{s2} 置 0，得到如下电路：



对左右两侧回路列写 KVL 方程：

$$u_1 + 2000I - U_{s1} = 0$$

$$\mu u_1 + 2000I + 2000I = 0$$

解得：

$$u_1 = 0.6V$$

$$I = 0.3mA$$

故：

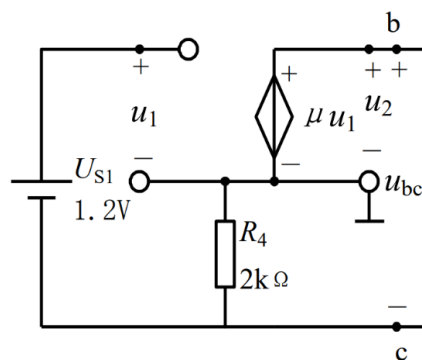
$$u_{bc} = \mu u_1 + 2000I = -0.6V$$

综合两种情况，得到：

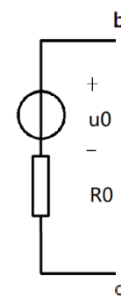
$$u_{bc} = 3 - 0.6 = 2.4V$$

(3) 戴维南定理求解

由戴维南定理，将下(a)图等效为(b)图：



(a)

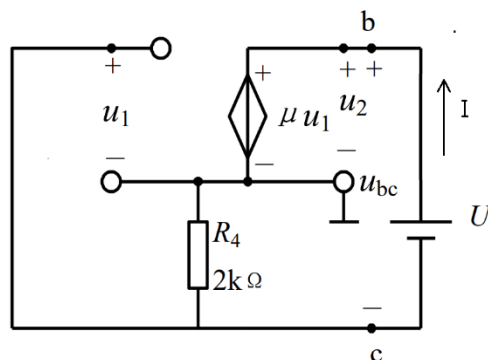


(b)

u_0 为 bc 开路端电压， R_0 为独立源不作用时 bc 端输入电阻。

$$u_0 = \mu u_1 = -2.4V$$

通过加压求流法计算 bc 端输入电阻：



对左右两网孔列写 KVL 方程得：

$$u_1 + 2000I = 0$$

$$\mu u_1 + 2000I - U = 0$$

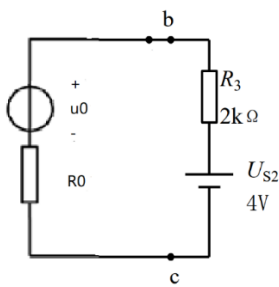
联立两式可以得到：

$$\frac{U}{I} = 6000\Omega$$

即：

$$R_0 = 6000\Omega$$

故最终电路可等效为：



其中：

$$u_0 = -2.4V$$

$$R_0 = 6000\Omega$$

设电阻 R_3 两端电压为 u ，

列写回路的 KVL 方程：

$$u_0 + 3u + u - 4 = 0$$

解得：

$$u = 1.6V$$

$$u_{bc} = u_0 + 3u = 2.4V$$

(4) 求解结果列表

求解方法	求解结果
列写电路方程	$u_{bc} = 2.4V$
叠加定理	U_{S1} 作用, $U_{S2}=0$ 时 $u'_{bc} = -0.6V$ $U_{S1}=0$, U_{S2} 作用时 $u''_{bc} = 3V$ U_{S1} 、 U_{S2} 共同作用时 $u_{bc} = u'_{bc} + u''_{bc} = 2.4V$
戴维南定理	等效电势 $U_0 = -2.4V$ 等效内阻 $R_0 = 6000\Omega$ $u_{bc} = 2.4V$