

电路实验报告

受控源特性的研究

专业班级：

姓名： _____

学号： ____

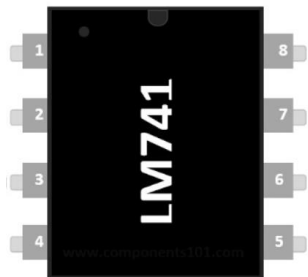
实验 受控源特性的研究

一． 实验目的

- 1. 加深对受控源电路的理解。
- 2. 通过对四类受控源的测试，加深对他们受控特性及负载特性的认识。
- 3. 熟悉由运算放大器组成受控源电路的分析方法，了解运算放大器的应用。

二． 实验原理（25 分）

- 1. 受控源
按控制变量与受控量的组合分类：电压控制电压源（vccs）、电流控制电压源（ccvs）、电压控制电流源（vccs）和电流控制电流源（cccs）。
- 2. 运算放大器
 - 2.1 运算放大器的同相输入端的含义：同相输入端是指当反相输入端电压为零时，输出电压的极性与该输入端的电压极性相同
 - 2.2 运算放大器的反相输入端的含义：反相输入端是指当同相输入端电压为零时，输出电压的极性和该输入端电压的极性相反，
 - 2.3 运算放大器的两个重要特性：运算放大器的“+”端和“-”端可以认为是等电位的， $u_+=u_-$ ，即通常所说的“虚”短路与运算放大器的输入端电流等于零， $i_+=i_-=0$ ，即通常所说的“虚断”
- 3. 集成运算放大器（以 LM741 为例）



引脚	引脚名称及作用描述
1/5	Offset: 接地端
2	Input -: 反向输入端
3	Input +: 同相输入端
4	V- : 负电源输入端
6	Output: 输出端
7	V+: 正电源输入端
8	NC (Not Connected) 空脚，不做连接

4. 使用运算放大器实现受控源

根据下列电路原理图，推导出控制量与被控量之间的关系

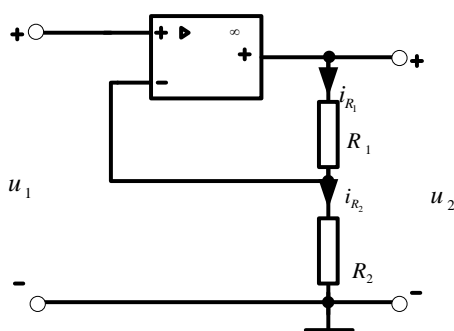


图 5.1.1 VCVS 原理图

上图为 VCVS,

请推导出输出电压与控制电压之间的关系

由运算放大器输入端“虚短”特性可知：

$$u_+ = u_- = u_1, i_{R2} = u_1/R_2$$

由运算放大器的“虚断”特性可知 $i_{R1} = i_{R2}$,

$$\text{故 } u_1/R_2 = (u_2 - u_1)/R_1, u_2 = u_1(1 + R_1/R_2)$$

转移电压比为 $u = 1 + R_1/R_2$

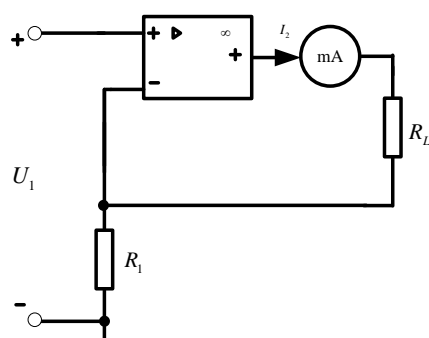


图 5.1.2 VCCS 原理图

上图为 VCCS,

请推导出输出电流与控制电压之间的关系

根据理想运算放大器“虚短”“虚断”特性，输出电流为 $i_2 = i_R = u_1/R = g u_1$

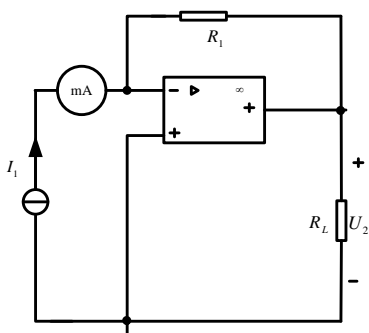


图 5.1.3 CCVS 原理图

上图为 CCVS,

请推导出输出电压与控制电流之间的关系

根据理想运算放大器“虚短”“虚断”特性，可推得：

$$U_2 = -i_R R = -i_1 R$$

即输出电压 u_2 受输入电流 i_1 的控制，转移电阻为 $\gamma = u_2/i_1 = -R$

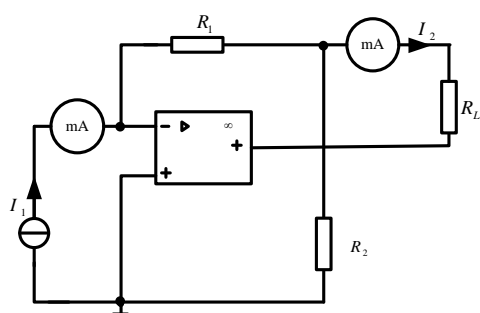


图 5.1.4 CCCS 原理图

上图为 CCCS,

请推导出输出电流与控制电流之间的关系

由于同向输入端“+”接地，根据“虚断”“虚短”特性可知，“-”端为虚地，电路中 a 点的电压为

$$u_a = -i_{R1} \cdot R_1 = -i_1 \cdot R_1 = -i_{R2} \cdot R_2$$

$$\text{所以 } i_{R2} = i_1(R_1/R_2)$$

输出电流：

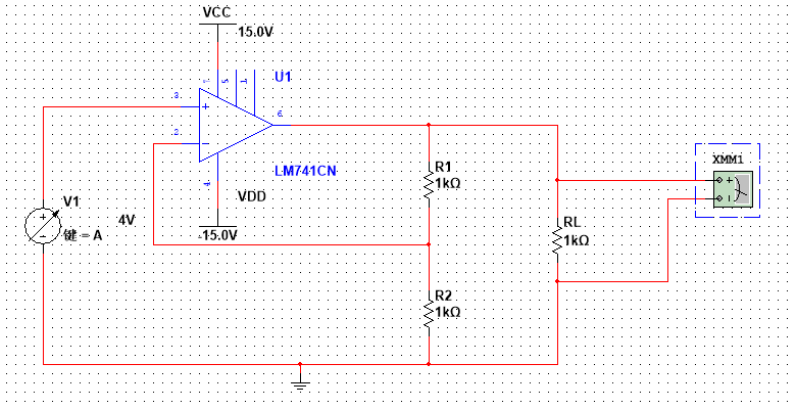
$$I_2 = i_{R1} + i_{R2} = i_1 + i_1(R_1/R_2) = (1 + R_1/R_2)I_1$$

即输出电流 i_2 只受输入电流 i_1 的控制，与负载 R_L 无关

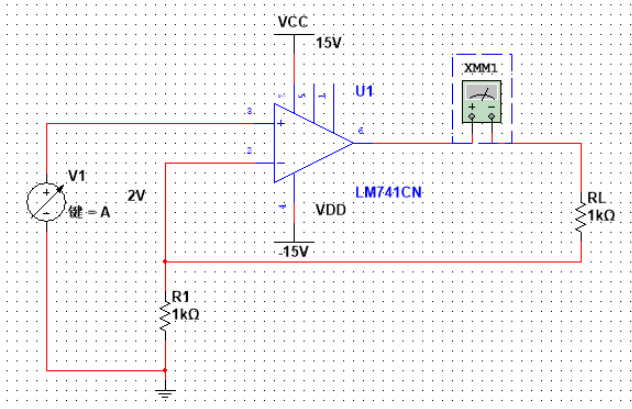
转移电流比： $\beta = i_2/i_1 = 1 + R_1/R_2$

三．实验仿真图（10分）

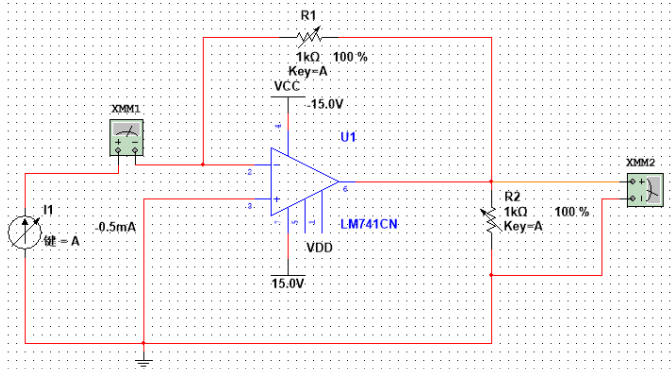
1. 测试电压控制电压源特性实验仿真图



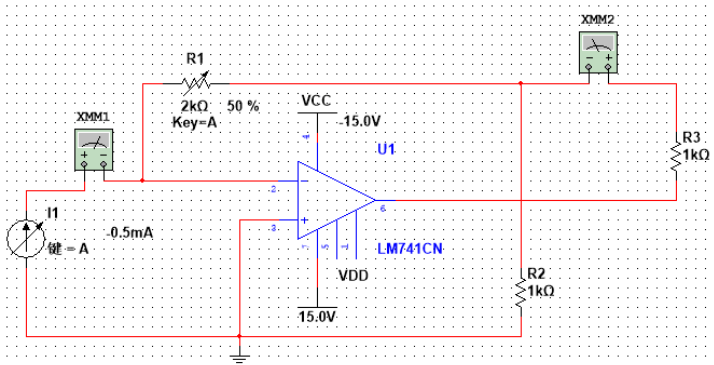
2. 测试电压控制电流源特性实验仿真图



3. 测试电流控制电压源特性实验仿真图



4. 测试电流控制电流源特性实验仿真图



四 . 实验数据记录 (25 分)

1 根据图 5.1.1 连接电路，自取 U_1 值进行实验，记录 U_2 值并计算 μ 值，完成 VCVS 的转移特性的测试

$R_1 = R_2 = 1k\Omega$			$R_L = 1k\Omega$			计算理论 $\mu = \underline{\quad 2.0 \quad}$				
给定值	U_1 (V)	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
测试值	U_2 (V)	8.0	6.0	4.0	2.0	0	-2.0	-4.0	-6.0	-8.0
计算值	$\mu = \frac{U_2}{U_1}$	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

自行给 R_L 定根据下表给定的值，测试出 VCVS 的负载特性，计算出 μ 值

$R_1 = 1k\Omega$		$R_2 = 2k\Omega$		$U_1 = 1V$		
给定值	R_L (k Ω)	3.0	4.7	10	15	33
测试值	U_2 (V)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
计算值	$\mu = \frac{U_2}{U_1}$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

2 根据图 5.1.2 连接电路，自取 U_1 值进行实验，记录 I_2 值并计算 g 值，完成 VCCS 的转移特性的测试

$R_1 = 1k\Omega$			$R_L = 1k\Omega$			计算理论 $g = \underline{\quad 1 \times 10^{-3} \quad}$				
给定值	U_1 (V)	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
测试值	I_2 (mA)	4.0	3.0	2.0	1.0	0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0
计算值	$g = \frac{I_2}{U_1}$	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}

自行给 R_L 定根据下表给定的值，测试出 VCCS 的负载特性，计算出 g 值

$R_1 = 2k\Omega$		$U_1 = 1V$				
给定值	R_L (k Ω)	3.0	4.7	10	15	20
测试值	I_2 (mA)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
计算值	$g = \frac{I_2}{U_1}$	5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-4}

3 根据图 5.1.3 连接电路，自取 I_1 值进行实验，记录 U_2 值并计算 γ 值，完成 CCVS 的转移特性的测试

$R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$		$R_L = 1\text{k}\Omega$					计算理论 $\gamma = -1 \times 10^3$			
给定值	I_1 (mA)	-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2
测试值	U_2 (V)	2.0	1.5	1.0	0.5	0	-0.5	-1	-1.5	-2.0
计算值	$\gamma = \frac{U_2}{I_1}$	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3	-1×10^3

自行给 R_L 定根据下表给定的值，测试出 CCVS 的负载特性，计算出 r 值

$R_1 = 2\text{k}\Omega$		$I_1 = 1.5\text{mA}$				
给定值	R_L (k Ω)	3.0	4.7	10	15	33
测试值	U_2 (V)	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
计算值	$\gamma = \frac{U_2}{I_1}$	-2×10^3	-2×10^3	-2×10^3	-2×10^3	-2×10^3

4 根据图 5.1.4 连接电路，自取 I_1 值进行实验，记录 I_2 值并计算 β 值，完成 CCCS 的转移特性的测试

$R_1 = 1\text{k}\Omega$		$R_2 = 1\text{k}\Omega$			$R_L = 1\text{k}\Omega$						计算理论 $\beta = 2.0$
给定值	I_1 (mA)	-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	
测试值	I_2 (mA)	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	4.0	
计算值	$\beta = \frac{I_2}{I_1}$	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	

自行给 R_L 定根据下表给定的值，测试出 CCCS 的负载特性，计算出 β 值

$R_1 = 2\text{k}\Omega$		$R_2 = 1\text{k}\Omega$			$I_1 = 0.5\text{mA}$	
给定值	R_L (k Ω)	1	2	2.4	3.0	4.7
测试值	I_2 (mA)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
计算值	$\beta = \frac{I_2}{I_1}$	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

五． 实验结果与误差分析（20 分）

1. 根据实验测量结果所得出的计算值 μ 、 g 、 γ 、 β ，与理论值相比较。如果没有误差，请写出 μ 、 g 、 γ 、 β 的相应计算过程；如果存在误差，尝试分析误差产生的原因。

没有误差，

$$\mu = \frac{U_2}{U_1}, \quad g = \frac{I_2}{U_1}, \quad \gamma = \frac{U_2}{I_1}, \quad \beta = \frac{I_2}{I_1}$$

2. 根据实验结果，观察受控源的负载特性是否与理论课所学的相符，若相符，分析负载特性；若不相符，分析原因？

受控源的负载特性与理论课所学的相符

受控源的受控量仅随控制量的变化而变化，与外接负载无关。

3. 总结运算放大器的特点。

运算放大器的“+”端和“-”端可以认为是等电位的， $u_+ = u_-$ ，即通常所说的“虚”短路

运算放大器的输入端电流等于零， $i_+ = i_- = 0$ ，即通常所说的“虚断”

理想运算放大器的输出电阻很小，可以认为是零。

六． 实验思考题（10 分）

1. 受控源如何对响应进行控制？ 如果对于一个线性电路，它的响应与激励的比值一定是常数倍吗，为什么？

受控源通过控制激励对响应进行控制

一定是常数倍，因为电路是线性的，输出电压（或电流）与输入电压（或电流）成正比变化，比值是一个常数

2. 受控源作为一个整体，表现出什么样的伏安特性？ 如何运用受控源进行电路分析？

受控源作为一个整体的伏安特性曲线是一条过原点的直线，即电压与电流成正比

利用支路电流法、网孔电流法、节点电压法分析计算含有受控源电路时，可将受控源和独立源同样对待，列出方程后求解，但利用电压源和电流源的等效变换、叠加定理、戴维南定理分析含有受控源电路时不能把它当作独立源来处理。

七． 实验总结（10 分）

通过本次实验，加深了对受控源电路的理解；通过对四类受控源的测试，加深了对他们受控特性及负载特性的认识；并且熟悉了由运算放大器组成受控源电路的分析方法，了解了运算放大器的应用，自己收获很多