

电路实验报告

电子元件的伏安特性 电压源与电流源的等效变换

专业班级： 测控

姓名：

学号：

实验 元件的伏安特性&电压源与电流源的等效变换

一．实验目的

1. 学习线性和非线性电阻元件伏安特性的测量方法，熟悉伏安特性曲线的绘制方法
2. 掌握运用伏安法判定电阻元件类型的方法
3. 掌握建立电源模型的方法
4. 掌握电源外特性的测试方法，认识理想电压源、理想电流源、实际电压源、实际电流源的伏安特性
5. 验证实际电压源和实际电流源等效变换的条件

二．实验原理（20 分）

1. 二端元件的伏安特性曲线是如何作出来的？（什么是二端元件的伏安特性曲线？）

若二端元件的特性可用加在该元件两端的电压 U 和流过该元件的电流 I 之间的函数关系 $I=f(U)$ 来表征，以电压 U 为横坐标，以电流 I 为纵坐标，绘制 $I-U$ 曲线，则该曲线称为该二端元件的伏安特性曲线

2. 非线性电阻元件都有哪些？请举出至少两例；为何该元件被称为非线性电阻元件？该非线性电阻元件的伏安特性曲线是怎样的？

白炽灯，半导体二极管

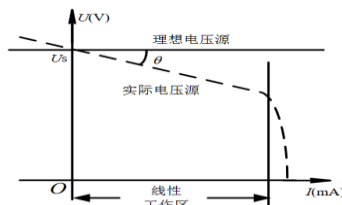
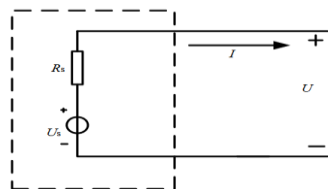
非线性电阻元件不遵循欧姆定律，它的阻值 R 随着其电压或电流的改变而改变，即它不是一个常量。

以白炽灯为例，白炽灯工作时，灯丝处于高温状态，灯丝的电阻随温度升高而增大，而灯丝温度又与流过灯丝的电流有关，所以灯丝阻值随流过灯丝的电流而变化，灯丝的伏安特性曲线不再是一条直线，而是一条曲线

半导体二极管是一种常用的非线性元件，由 P 型、N 型半导体材料制成 PN 结，经欧姆接触引出电极封装而成。两个电极分别为正极、负极。二极管的主要特点是单向导电性，其伏安特性曲线的特点是：在正向电压和反向电压较小时，电流较小，当正向电压加大到某一数值 U_0 时，正向电流明显增大，将此段直线反向延长与横轴相交，交点 U_0 称为正向导通值电压。正向导通后，锗管的正向电压降为 0.2-0.3V，硅管为 0.6-0.8V。在反向电压较大时，电流趋近极限值 $-I_s$ ， I_s 为反向饱和电流；在反向电压超过某一数值 $-U_0$ 时，电流急剧增大，这种情况称为击穿， U_0 为击穿电压。

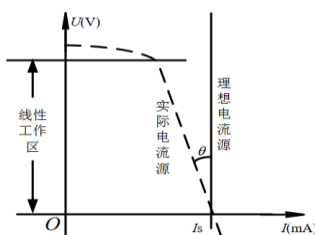
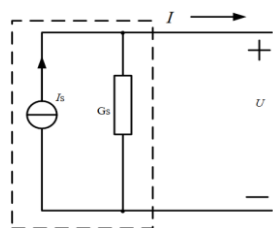
3. 直流电压源

实际电压源的等效电路模型是怎样的？请分别画出理想直流电压源与实际电压源的伏安特性曲线。



4. 直流电流源

实际电流源的等效电路模型是怎样的？请分别画出理想直流电流源与实际电流源的伏安特性曲线。



三．实验预习题（20 分）

1. 普通二极管与稳压二极管的伏安特性曲线的区别是什么？特别要观察当加上反向电压时，二者的区别？

普通二极管在正向电压和反向电压较小时，伏安特性曲线与横轴距离比较小，而稳压二极管则基本与横轴重合；普通二极管在反向电压超过某一数值 $-U_b$ 时，电流急剧增大，而稳压二极管的伏安曲线在反向击穿区一个很宽的电流区间则呈陡直状

2. 结合稳压二极管的伏安特性曲线，思考为何稳压二极管要工作在反向？若稳压二极管加上反向电压后，如果反向电压达到击穿电压时，稳压二极管会怎么样，还能不能正常工作？在继续加大反向电压时，二极管两端的电压会怎么变化，电流会怎么变化？

稳压二极管的伏安曲线在反向击穿区是一个很宽的电流区间，比正向电流区间更宽，可以承载更大的电流变化，并且稳压二极管的反向击穿是可逆的，去掉反向电压，稳压管又恢复正常

如果反向电压达到击穿电压时稳压二极管电流会急剧增大，仍然能够正常工作，在继续加大反向电压时二极管两端电压基本不变，电流急剧增大

3. 请分别写出图 3.3，图 3.4 的电流表中的电流的表达式（注意：电源电压使用 U_s 表示，电阻要用 R_1 、 R_2 表示，电源电压电压表电流表内阻分别用 R_v 与 R_A 表示）

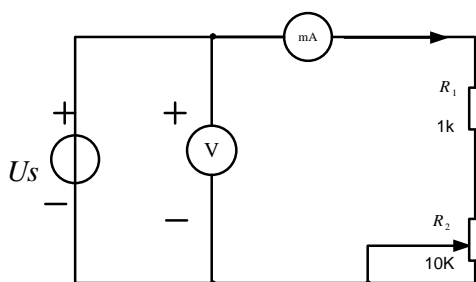


图 3.3 理想电压源外特性电路图

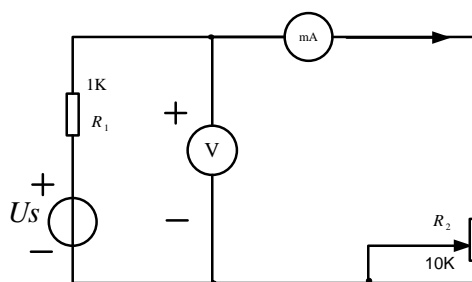


图 3.4 实际电压源外特性电路图

图 3.3: $I = U_s / (R_1 + R_2 + R_A)$

图 3.4: $I = U_s R_v / [R_1 (R_A + R_v + R_2)]$

4. 请分别写出图 3.5，图 3.6 的电压表中的电压的表达式（注意：电源电压使用 U_s 表示，电阻要用 R_1 、 R_2 表示，电源电压电压表电流表内阻分别用 R_v 与 R_A 表示）

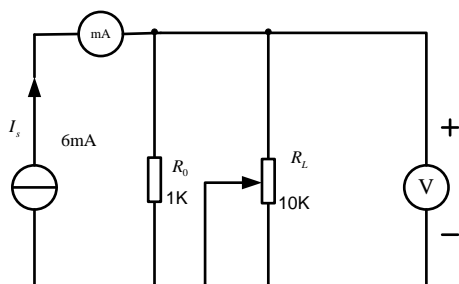


图 3.5 理想电流源外特性电路图

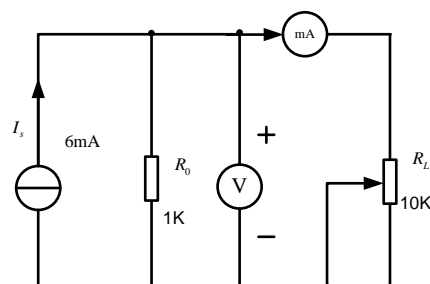


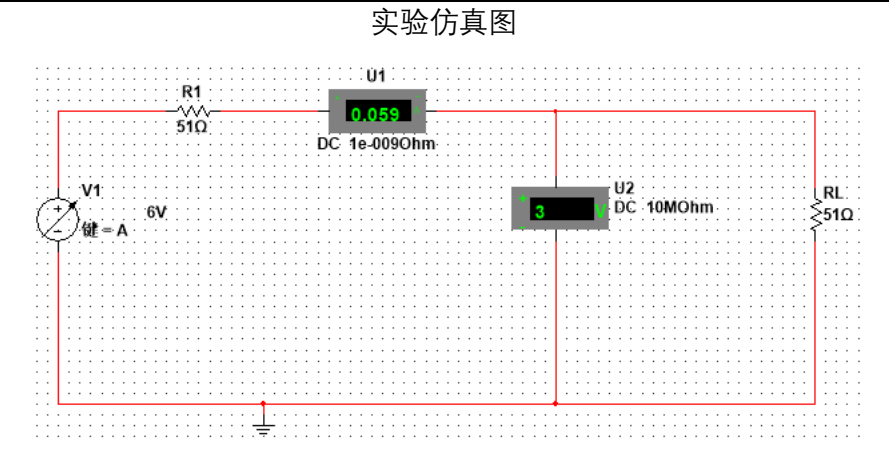
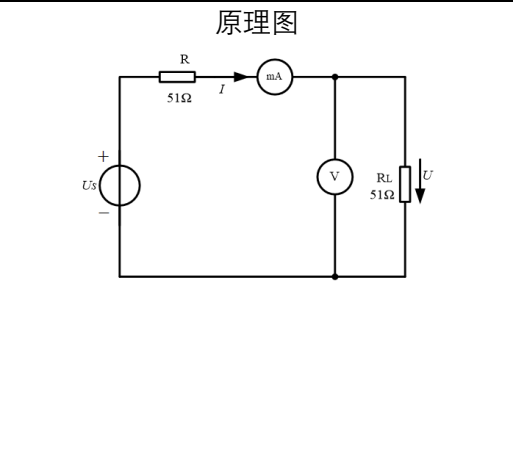
图 3.6 实际电流源外特性电路图

图 3.5: $U = I R_L R_0 / (R_0 + R_L)$

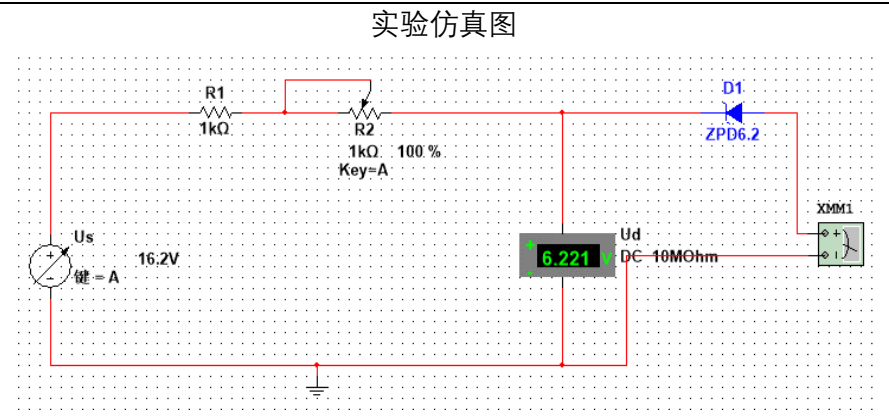
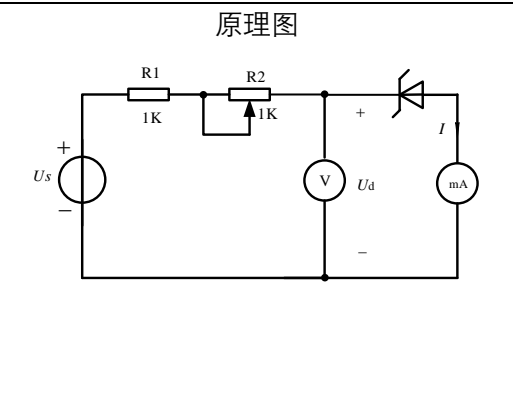
图 3.6: $U = I (R_L + R_A)$

四 . 实验仿真图 (10 分)

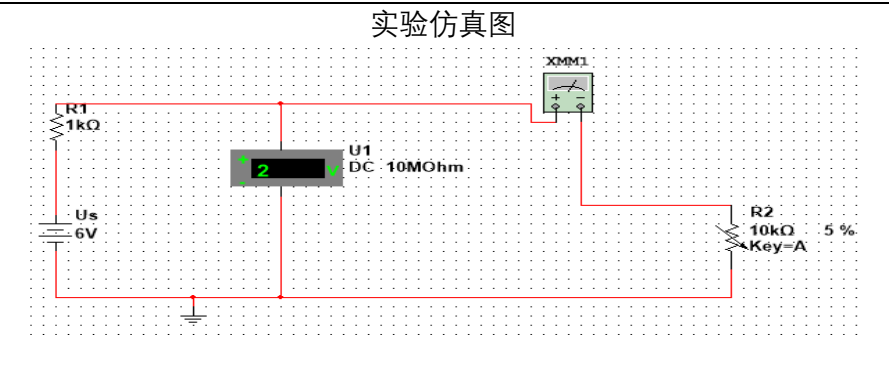
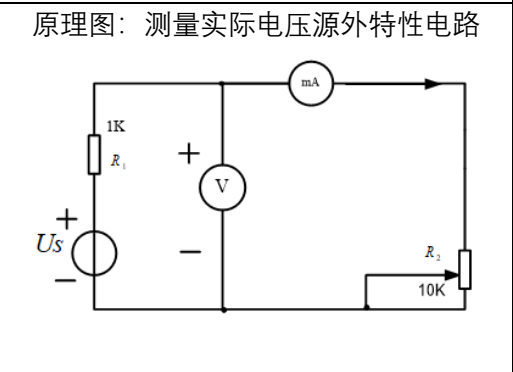
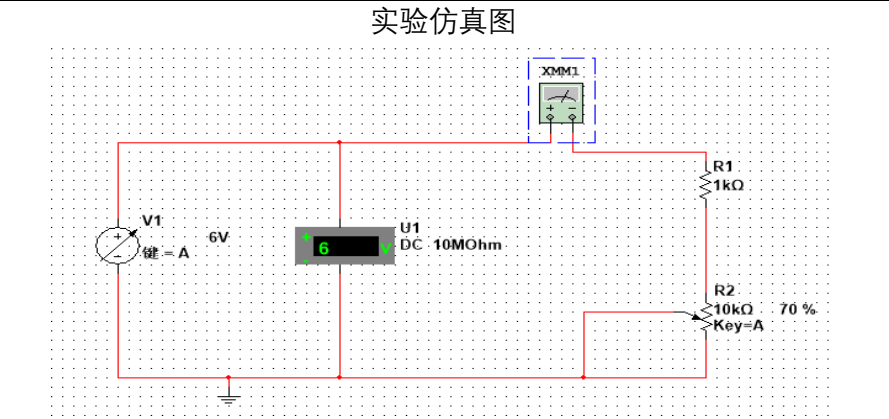
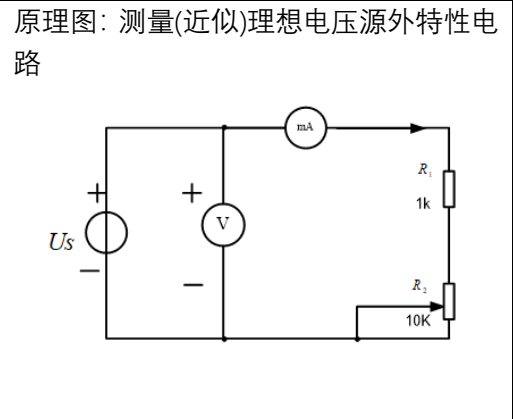
1. 测量线性电阻元件的伏安特性



2. 测量稳压二极管的反向伏安特性

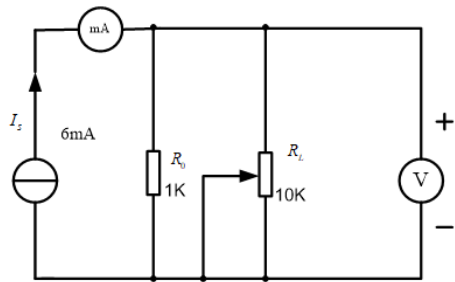


3. 测量电压源的外特性

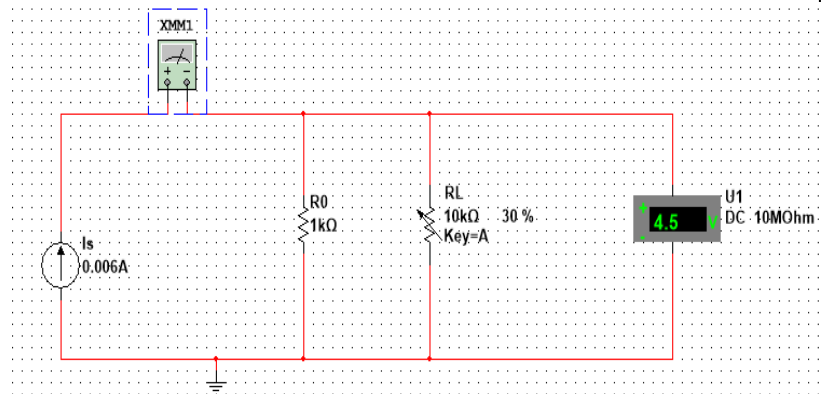


4. 测量电流源的外特性

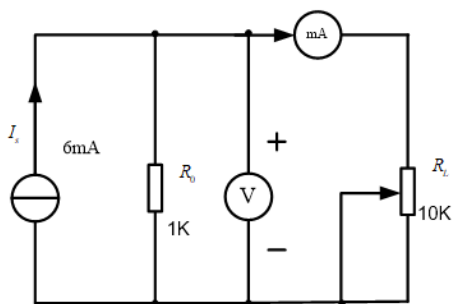
原理图：测量(近似)理想电流源外特性电路



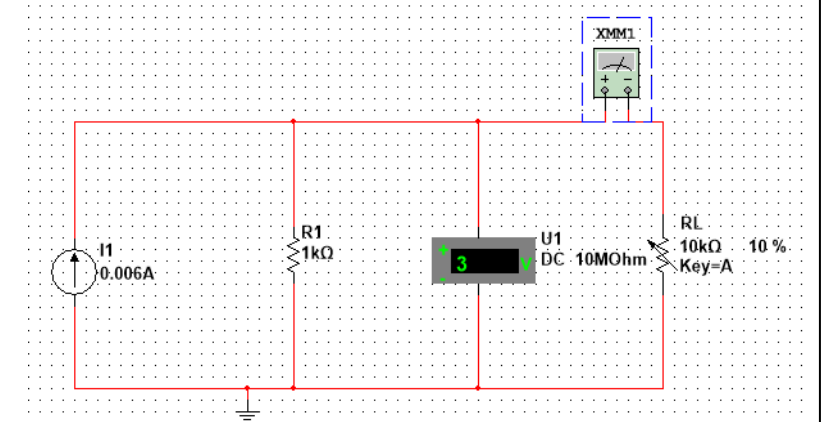
实验仿真图



原理图：测量实际电流源外特性电路



实验仿真图



五 . 实验数据记录 (10 分)

1. 测量线性电阻元件的伏安特性

$U_s(V)$		0	2	4	6	8	10
测量	$I(mA)$	0	20	40	60	80	100
	$U(V)$	0	1	2	3	4	5
计算	$R_L=U/I (\Omega)$	0	50	50	50	50	50

2. 测量稳压二极管的反向伏安特性

测量	$I(mA)$	0	0	0	1.13	1.66	2.38	3.48	5.00	7.08	9.98
	$U_d(V)$	0	2.00	4.00	6.16	6.17	6.18	6.19	6.20	6.21	6.22
计算	$R=U_d/I(\Omega)$	0	∞	∞	5451.34	3716.87	2596.64	1778.74	1240.00	877.12	623.25

3. 测量电压源的外特性

$I(mA)$	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$U(V)$	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

表 3.1 电压源电压、电流实验数据

$U(V)$	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
$I(mA)$	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

表 3.2 实际电压源电压、电流实验数据

4. 测量电流源的外特性

$U(V)$	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.0
$I(mA)$	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

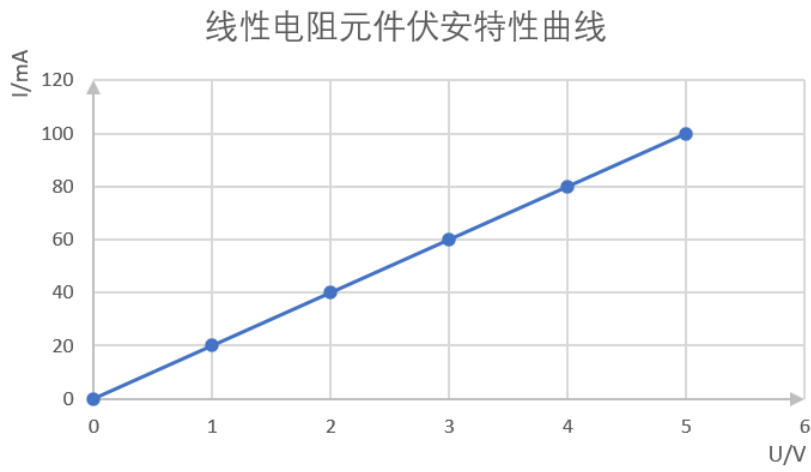
表 3.3 电流源电压、电流实验数据

$U(V)$	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
$I(mA)$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5

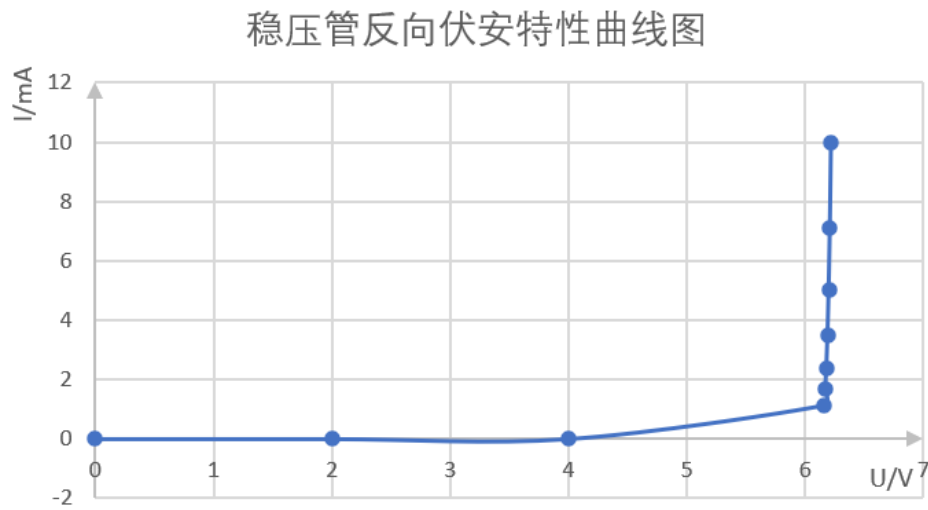
表 3.4 实际电流源电压、电流实验数据

六．实验结果分析（20 分）

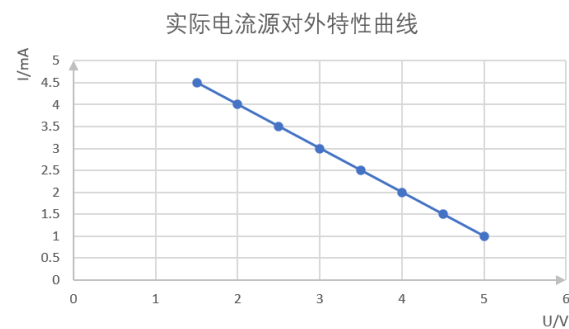
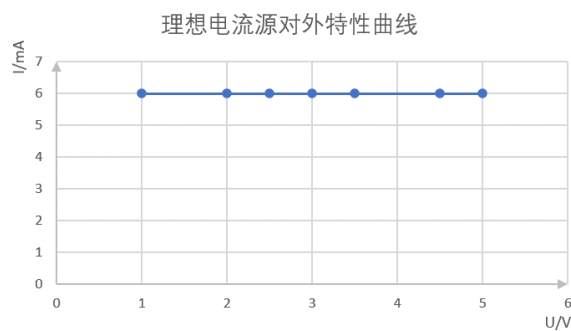
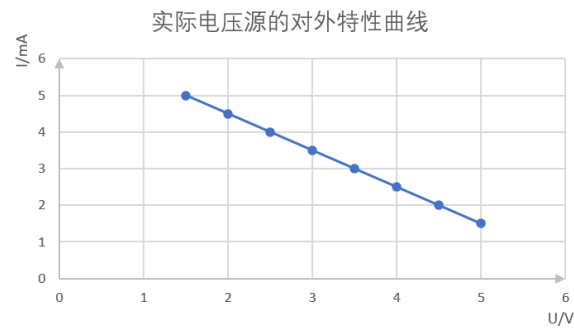
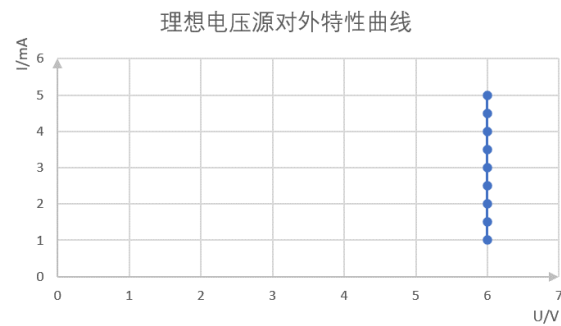
1. 在纸上画出坐标轴，作出线性电阻元件的伏安特性曲线



2. 在纸上画出坐标轴，作出稳压二极管的反向伏安特性曲线



3. 根据实验数据绘制出理想与实际电压源、电流源的的外特性曲线；并总结归纳各类电源的特性（如果用 excel 等软件作图，可以删除下列坐标系）



4. 从**实验结果**中验证电源等效变换的条件是什么？本实验的电压源与电流源可互相替代吗？如果可以，请写出实验中任意三组可相互替代的值，如果不可以，请写明原因。

若它们向同样大小的负载提供同样大小的电流和端电压，则称这两个电源是等效的，即具有相同的外特性

可以，图 2 中电流和图 4 中 I_s ，图 2 中电压 U 和图 4 中电压 U ，图 2 中电阻 R_1 和图 4 中电阻 R_0

七．实验思考题（10 分）

从伏安特性曲线看欧姆定律，它对哪些元件成立？哪些元件不成立？

对线性电阻元件成立，对非线性电阻元件不成立

直流稳压电源的输出端为什么不允许短路？

如果发生短路，电路两端电压不变且不为零，电阻无限接近零，则根据欧姆定律，电流无穷大，会把直流稳压电源烧坏

恒压源和恒流源是否能够进行等效变换？为什么？

不能，理想恒压源的内阻为零，无论接什么负载输出电压都不变，而恒流源的内阻则是无限大，外接电阻越大，输出电压越高，两者输出电压不能保证一直相等，所以不能进行等效变换

八．实验总结（10 分）

通过这次实验，学习了线性和非线性电阻元件伏安特性的测量方法，熟悉了伏安特性曲线的绘制方法，掌握了运用伏安法判定电阻元件类型、建立电源模型的方法和电源外特性的测试方法，认识了理想电压源、理想电流源、实际电压源、实际电流源的伏安特性，并且验证了实际电压源和实际电流源等效变换的条件，在实验过程中遇到了不少问题，比如在稳压管反向伏安特性曲线图的绘制过程中因为选点问题导致绘图不准确，但最后都解决了问题，这次实验可以说收获了很多