



南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

电工电子实验报告

课程名称: 电工电子实验 (一)

实验项目: 1. 线性和非线性电阻伏安特性

2. 戴维南定理和诺顿定理的实验验证

学 院: 贝尔英才学院

班 级:

学 号:

姓 名:

学 期: 2021-2022学年第1学期

线性和非线性电阻伏安特性

一、实验目的

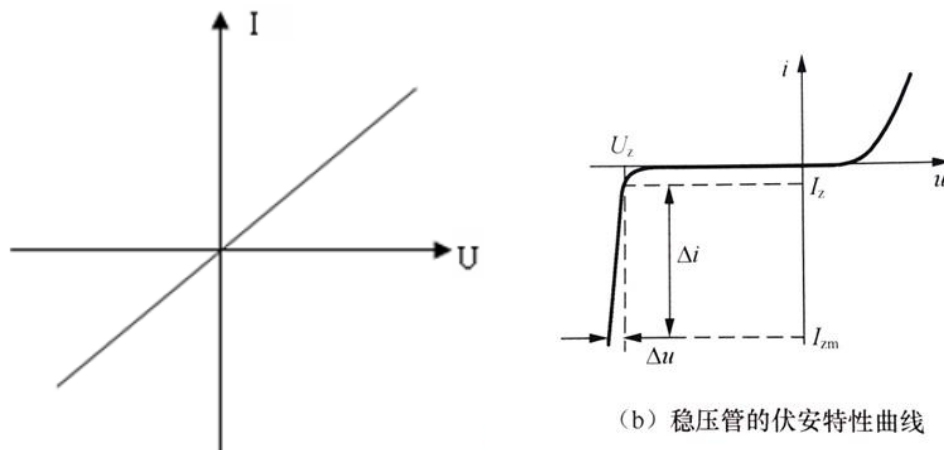
1. 掌握稳压电源和万用表的正确使用方法；
2. 加深对线性电阻和非线性电阻特性的理解；
3. 学习并掌握线性电阻和非线性电阻的伏安特性的测量方法；
4. 初步掌握万用表等效内阻对被测电路的影响及其分析方法。

二、主要仪器设备

1. DF1731S直流稳压电源；
2. 万用表；
3. 实验箱；
4. 导线若干。

三、实验原理

一个二端元件的特性可用该元件两端的电压 u 与通过该元件的电流 i 之间的函数关系 $f(u, i)=0$ 来表示，我们把这个函数关系称为二端元件的伏安特性，伏安特性用 u - i 平面上的一条曲线来表示，该曲线称为元件的伏安特性曲线。线性电阻的伏安特性符合欧姆定律，它在 u - i 平面上的伏安特性曲线是条通过坐标原点的直线。伏安特性曲线如图3.1（a）所示。非线性电阻的伏安特性曲线不是一条通过坐标原点的直线。也就是说其电压与电流的比值不是常数，而是随着工作点的变动而变化的。半导体二极管是一个非线性元件，其正向压降很小（一般锗管为0.2~0.3V，硅管为0.5~0.7V），正向电流随正向电压的升高而急剧增大，反向电压从0一直增加到几伏或十几伏，而反向电流增加很小，近似为0，可见二极管具有单向导电性，如果反向电压加得太高，超过管子的极限值，会导致管子反向击穿而损坏。稳压二极管是一种特殊的二极管，其正向特性与普通二极管相似，接正向电压时其等效电阻很小，且电流在较大范围内变化时，其正向电压变化量很小。其反向特性比较特别，接反向电压时等效电阻很大，且电压在较大范围内变化时，反向电流变化量很小，当反向电压达到某一电压(称为该稳压管的稳压值)时，电流增加很快，此时电压在一定范围内基本不变，不随外加反向电压的升高而增大。伏安特性曲线如图3.1（b）所示。图中 U_z 为稳压值， I_z 为进入稳压区的最小电流值， I_{zm} 为不至于损坏的最大电流值。



(a)线性电阻的伏安特性曲线 (b)稳压管的伏安特性曲线 图 3.1

测量元件伏安特性曲线的方法:将需测量的元件接成如图3.2(a)、(b)所示电路,采用逐点测量法,在一定范围内逐渐增加电源电压,测量该元件两端的电压和流过该元件

的电流,将所测得的数据在 $u-i$ 平面上的描点画线,得到该元件的伏安特性曲线,其中的 R 为限流电阻。

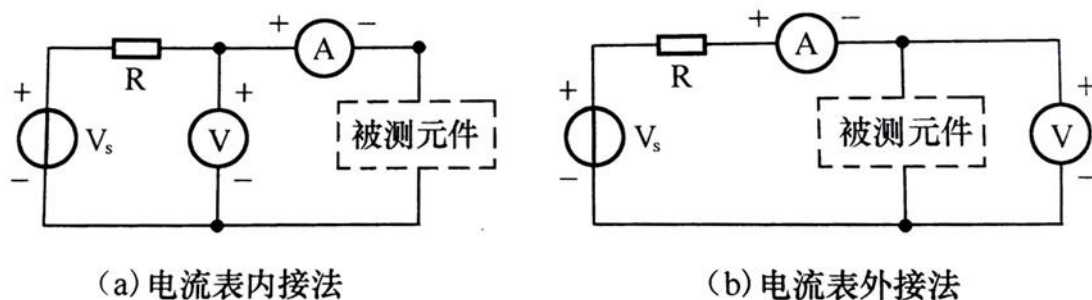


图 3.2 测量元件伏安特性曲线的实验电路

四、实验内容

1. 测量发光二极管的正反向伏安特性

(1) 测量发光二极管的正向伏安特性:按图3.4 (a) 所示电路接线,图中 R 为限流电阻,发光二极管的正向工作电压为 $1.5\sim 3V$,允许流过的电流为 $2\sim 20mA$,测量发光二极管的正向特性时,其正向电流不能超过发光二极管允许通过的最大电流,否则发光二极管会被烧坏。

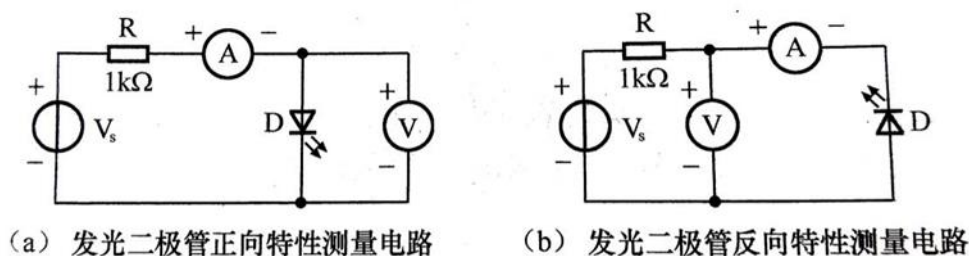


图 3.4 发光二极管测量电路

调节稳压电源的输出电压,使发光二极管两端的电压缓慢增加,按表1给定的发光二极管两端的电流值测量对应的电压值,数据记录于表1中

(2) 测量发光二极管的反向特性:按图3.4(b)所示电路接线,调节稳压电源的输出电压,使发光二极管两端的电压缓慢增加,根据表2给定的发光二极管两端的电压值测量对应的流过发光二极管的电流值,数据记录于表2中。

表1

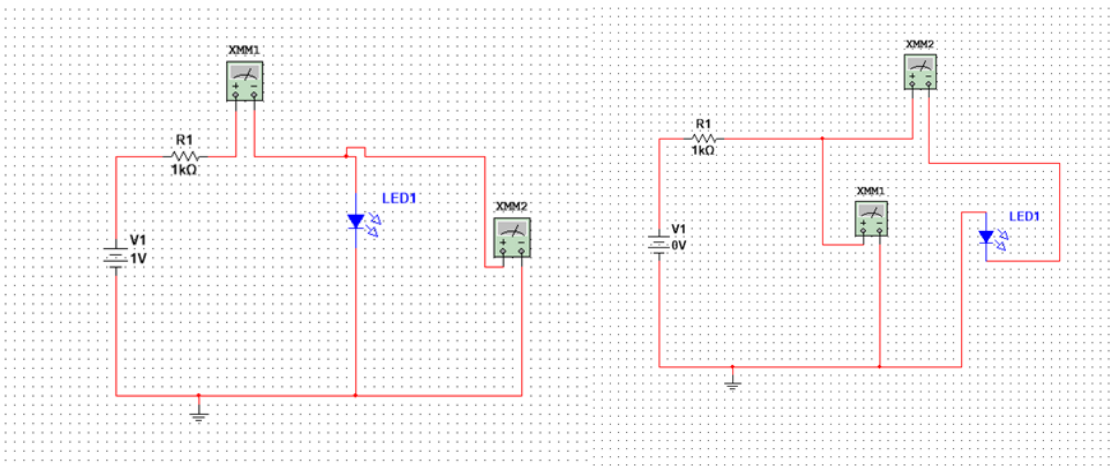
测量发光二极管的正向伏安特性

U_d (V)	0	1.890	1.918	1.937	1.952	1.962	1.996	2.021	2.031
I_d (mA)	0	1	2	3	4	5	10	15	20

表2

测量发光二极管的反向伏安特性

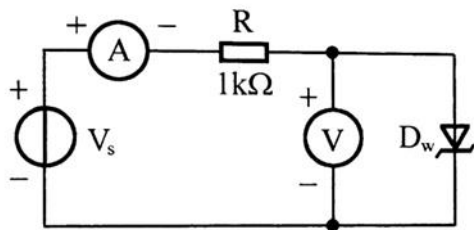
U_d (V)	0	-1	-2	-3	-5	-10	-20
I_d (μ A)	0	0	0	0	0	0	0



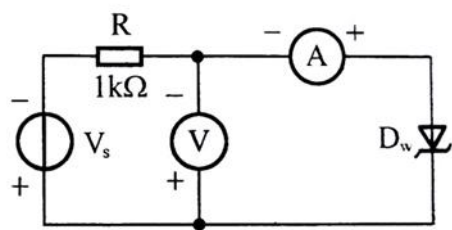
2.测稳压管的正反向伏安特性

(1)测量稳压二极管的正向特性:按图3.5(a)所示电路接线,调节稳压电源的输出电压,使稳压二极管两端的电压缓慢增加,根据表3给定的电流值,测量对应的稳压二极管的正向电压值,数据记录于表3中。

(2)测量稳压二极管的反向特性:按图3.5(b)所示电路接线,调节稳压电源的输出电压,使稳压二极管两端的电压缓慢增加,按表4给定的电压值,测量对应的稳压二极管的反向电流,然后按给定的电流值测量对应的反向电压,数据记录于表4中。



(a) 稳压管正向特性测量电路



(b) 稳压管反向特性测量电路

图 3.5 稳压管测量电路

表3

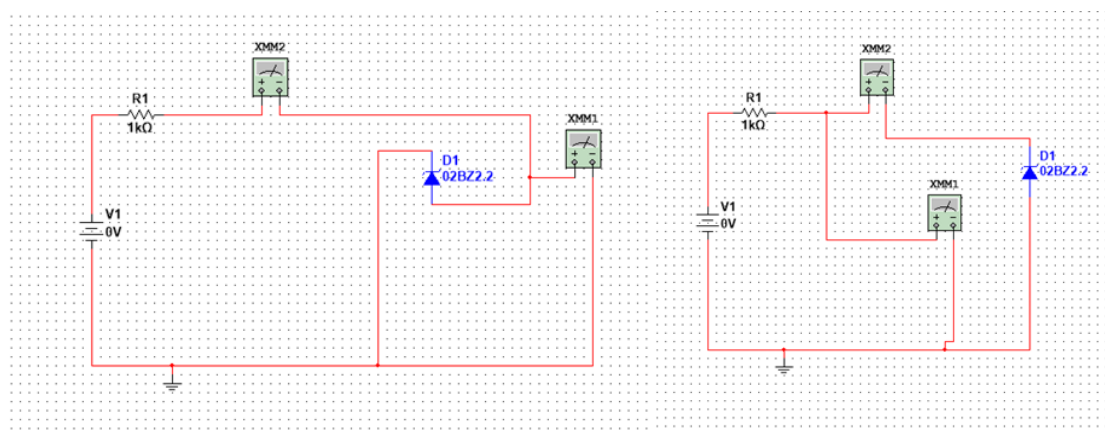
测量稳压管的正向伏安特性

U_d (V)	0	0.711	0.734	0.752	0.763	0.775	0.794	0.808	0.831	0.849
I_d (mA)	0	1	2	3	4	5	8	10	15	20

表4

测量稳压管的反向伏安特性

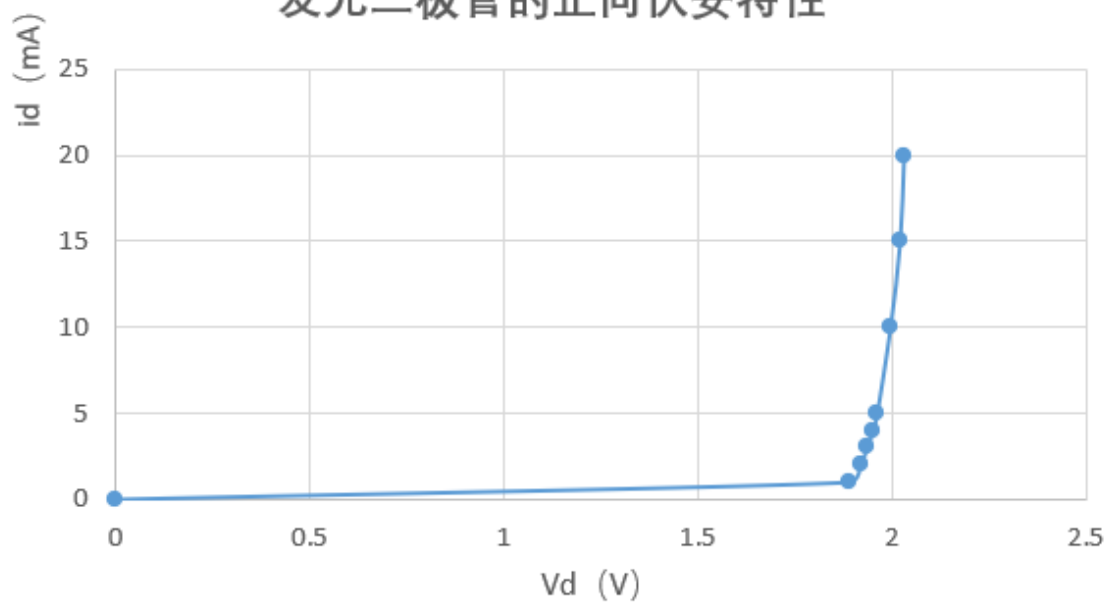
U_d (V)	0	-1	-3	-9.68	-9.69	-9.69	-9.69	-9.70	-9.71	-9.71	-9.71	-9.72
				0	1	3	7	2	7	2	6	3
I_d (mA)	0	0	0	-1	-2	-3	-4	-5	-7	-10	-12	-15



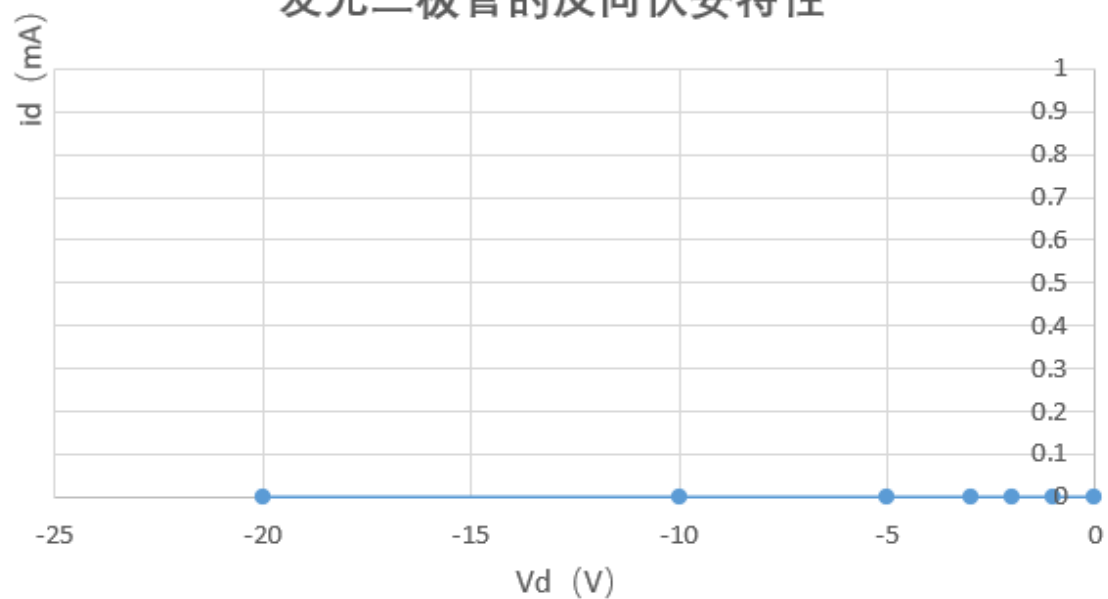
3. 绘制伏安特性曲线

根据实测数据,绘制发光二极管和稳压二极管的伏安特性曲线。

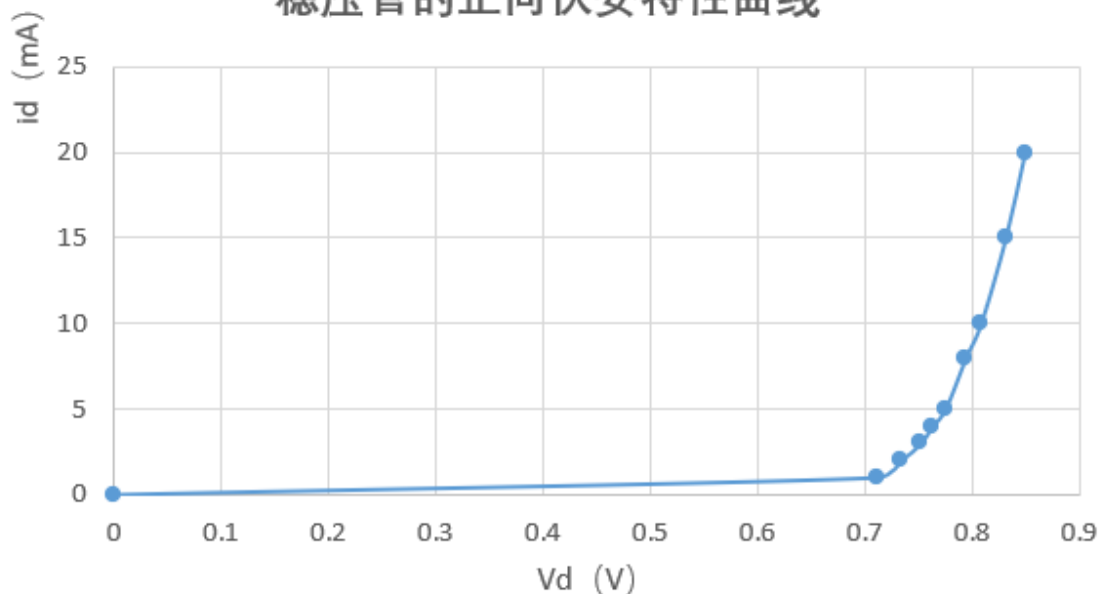
发光二极管的正向伏安特性



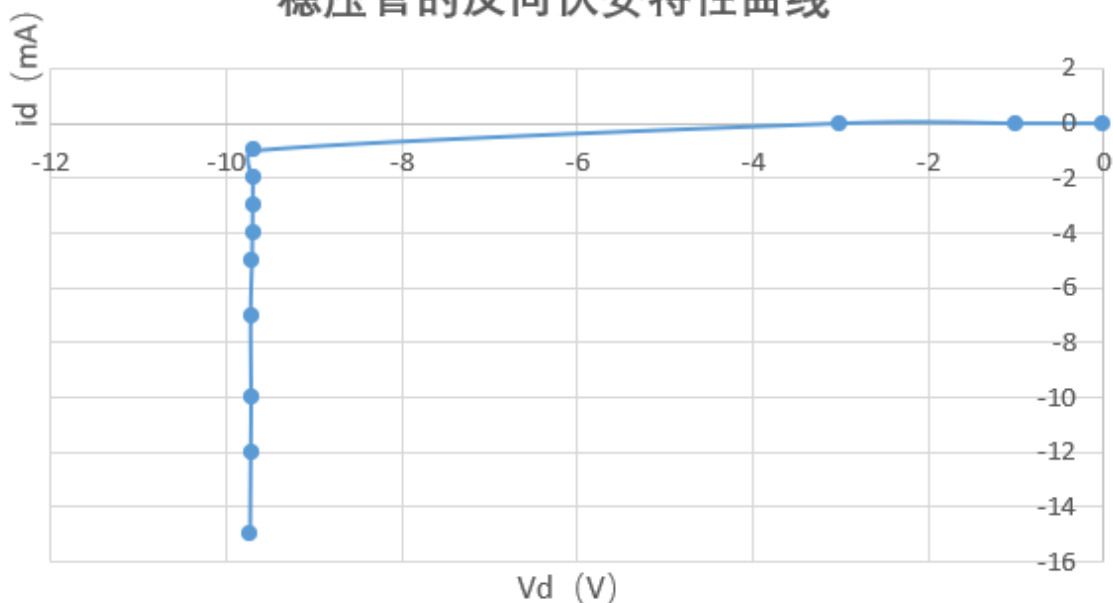
发光二极管的反向伏安特性



稳压管的正向伏安特性曲线



稳压管的反向伏安特性曲线



4、数据分析与结论

发光二极管正向接入时，电流随电压缓慢增加，当电压增大到一个值时，电流猛然增长，图像近似呈指数增长。而发光二极管反向接入时，不管电压如何变化，电流始终为0。稳压管正向接入时，开始电流随着电压增加而缓慢增加，当电压增大到一定值时，电流增加速度变快，稳压管反向接入时，电压和电流呈负值，当电压减少到一定的负值时，电流猛然下降，近似呈指数下降，电压没有降到一定负值时，电流减少较平稳。

戴维南定理和诺顿定理的实验验证

一、实验目的

- 1、加深对戴维南定理和诺顿定理的理解；
- 2、掌握线性有源二端网络等效电路参数的测量方法；
- 3、掌握实验设计的一般方法与步骤；
- 4、学习自拟实验方案，正确选用元件和仪器。

二、主要仪器设备

1. DF1731S直流稳压电源；
2. 实验箱；
3. 万用表；
4. 导线若干。

三、实验原理

1.戴维南定理

戴维南定理是指任何一个线性含源二端网络 N_s ,对外电路而言，可以用一个电压源与电阻串联的支路作为等效电路。其电压源的电压等于该网络的开路电压 U_{oc} ，电阻等于该网络所有独立源置零时所得的无源单口网络 N_o 的等效电阻 R_{eq}

2.诺顿定理

诺顿定理是指任何一个线性含源二端网络 N_s ,对外电路而言，可以用一个电流源与电阻并联的支路作为等效电路。其电流源的电流等于该网络的短路电流 I_{sc} ,电阻等于该网络所有独立源置零时所得的无源单口网络 N_o 的等效电阻 R_{eq}

3.测量线性有源二端网络等效参数的方法

(1)线性有源二端网络的开路电压 U_{oc} 及短路电流 I_{sc} 的测量

1. 用电压表、电流表直接测出开路电压 U_{oc} 或短路电流 I_{sc}

测量开路电压的方法是:将负载电路拆去，用电压表测量此端口的电压，即为电路的开路电压。测量短路电流的方法是:将负载电路短路，用电流表串接在端口之间测量电流，即为短路电流。如果该二端网络等效电阻较小，短路电流较大，容易损坏网络内部元件，所以此方法不用于等效电阻较小的二端网络。

由于电压表及电流表的内阻会影响测量结果，为了减少测量的误差，尽可能选用高内阻的电压表和低内阻的电流表，若仪表的内阻已知，则可以在测量结果中引入相应的校正值，以免由于仪表内阻的存在而引起的方法误差。

2.在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时,用电压表进行直接测量会造成较大误差，为消除电压表内阻的影响，采用零示法测量，如图3.7所示。零示法的测量原理:用一个低内阻的稳压电源与被测有源二端网络并接在电压表两端，当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时，电压表的读数为零，然后将电路断开，测量此时的稳压电源的输出电压，即为被测有源二端网络的开路电压。

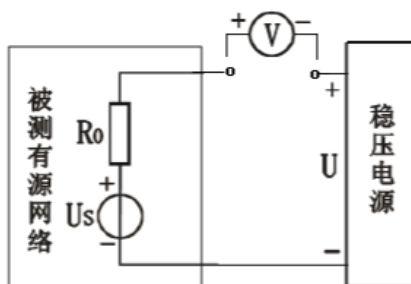


图3.7 零示法的测量电路

(2)线性有源二端网络等效电阻 R_{eq} 的测量方法

1.直接法:对于不含受控源的单口网络,只需独立源置零,用万用表欧姆挡直接测量端口电阻即可,但此法忽略了电源内阻,所以误差大。

2.外加电压法:独立源置零的单口网络两端接入电压源 u ,测量电流 I ,则等效电阻为 $R_0=U/I$,此法也忽略了电源内阻,所以误差大。

3.测量开路电压 U_{oc} 及短路电流 I_{sc} ,则等效电阻为 $R=\frac{U_{oc}}{I_{sc}}$,这种方法比较简便。但是,对于不允许将外部电路直接短路或开路的网络(例如有可能因短路电流过大而损坏部的器件),不能采用此法。对含有受控源的网络常用此方法。

4.半电压法:用一内阻足够大的电压表测出线性有源一端口网络开路电压、然后将电压表与一个可调标准电阻一起并接在该端口上,改变可调电阻的阻值,使电压表的读数降至开路电压的一半,则此时的可调电阻的阻值即为 R_{eq} 。

四、实验内容

1.要求设计一个能验证戴维南定理的线性有源二端网络,设计时先确定电源大小,再确定电阻阻值,例如,图3.8的电路结构形式,电源电压取值6V,各个电阻的取值为510 Ω , 620 Ω , 1k Ω , 2k Ω (或根据实验箱上提供的电阻选取)。画出设计的电路图,并标明电路各参数,计算所设计电路的开路电压和等效电阻的理论值。

2.测出所设计电路的端口伏安特性,数据填入表5,测量方法可参考图3.9。图中 R_L 为可调电位器。

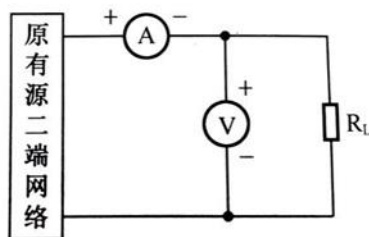
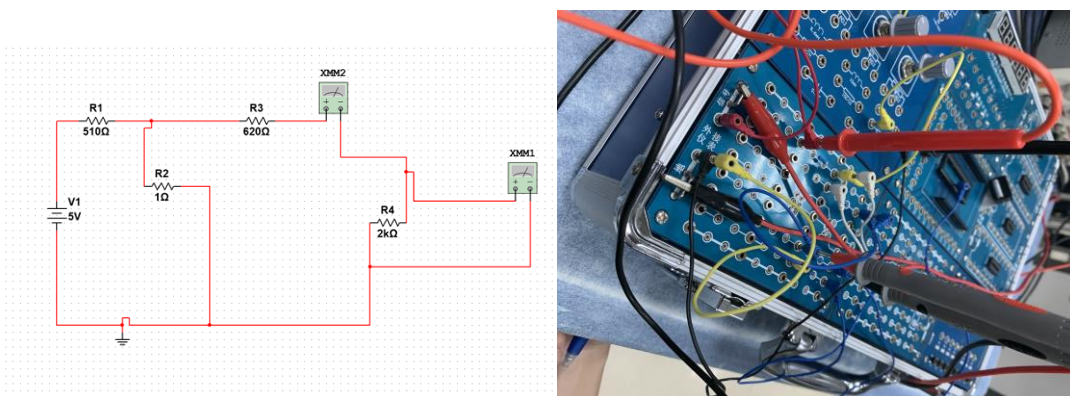


图 3.9 测量原电路伏安特性的电路

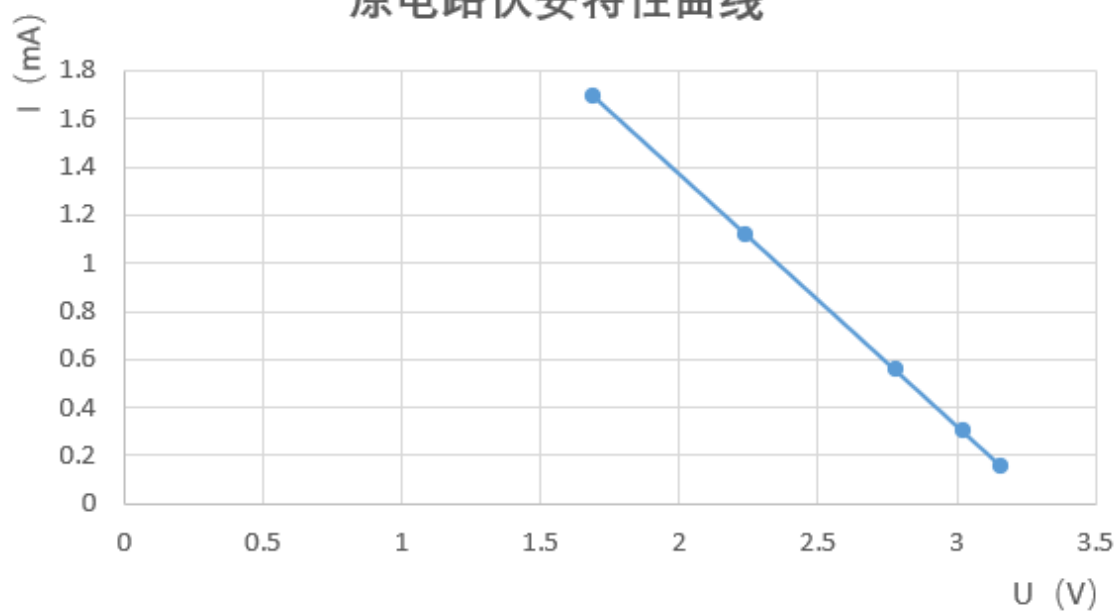
表5

验证戴维南定理实验表格

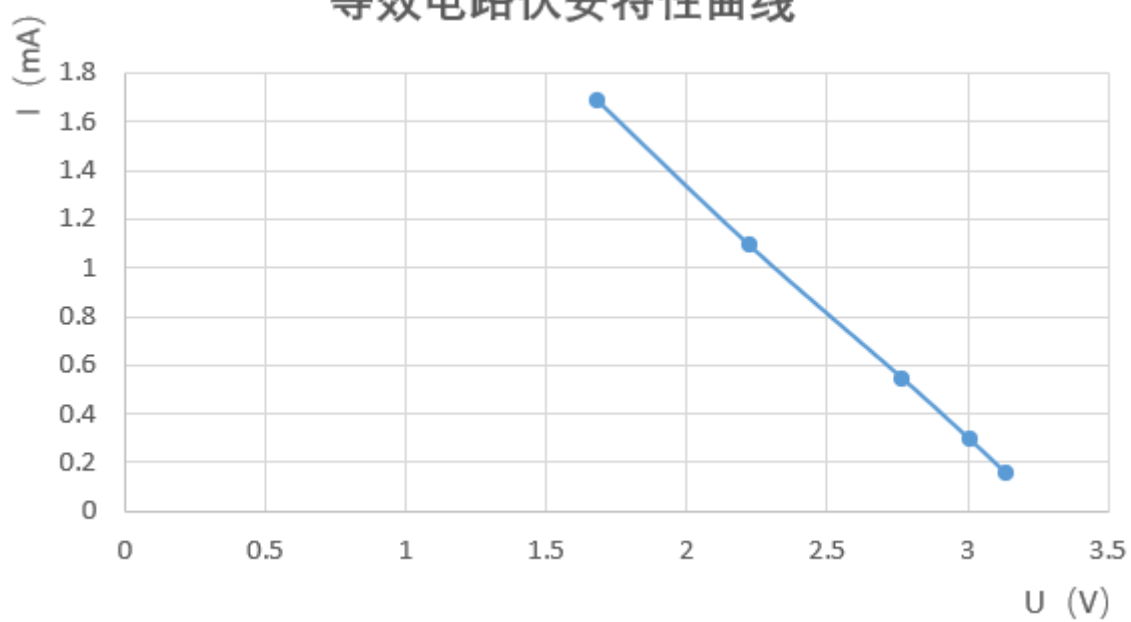
$U_L(k\Omega)$		0	1	2	5	10	20	∞
原电路	U (V)	3.447	1.691	2.239	2.779	3.022	3.160	3.311
	I (mA)	3.447	1.691	1.12	0.556	0.302	0.158	3.311* 10^6
等效电路	U (V)	3.447	1.687	2.228	2.769	3.011	3.140	3.31
	I (mA)	3.447	1.687	1.09	0.545	0.291	0.152	3.311* 10^6



原电路伏安特性曲线



等效电路伏安特性曲线



3、数据分析与结论

根据实验数据和图像可知，原电路伏安特性曲线和等效电路伏安特性曲线吻合，戴维南定理得证。