

第一篇

电路、信号与系统

实验一

电路元件与万用表

一、实验目的

- (1) 了解常用电路元件的使用及识别方法。
- (2) 掌握万用表、直流稳压电源的使用方法。
- (3) 掌握实验数据分析处理的方法。

二、常用电路元件的识别

1. 电阻器

- (1) 直标法。直接用符号和数字的组合来表示型号、额定功率、标称值、允许误差等。另外，直标法还可以用单位符号代替小数点，如 0.33Ω 可标为 $\Omega33$ ， $3.3k\Omega$ 可标为 $3k3$ 。
- (2) 色标法。将电阻的主要技术参数用颜色或色点标注在它的外表面上，单位为 Ω 。色标法主要有四环(普通型)、五环(精密型)两种标法。其含义如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 色标法含义

颜 色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍率(10 的次方)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-1	-2	
允许误差(±%)	1	2			0.5	0.25	0.1				5	10	20
	四环电阻							五环电阻					

四环色标法(色环从左至右)：第一环、第二环为有效数字，第三环为倍率，第四环为允许误差。

五环色标法：第一环、第二环、第三环为有效数字，第四环为倍率，第五环为允许误差。

图 1-1-1(a)为四环色标电阻，根据色环颜色可知其阻值为 $1k\Omega(10\times10^2\Omega, \text{误差}\pm5\%)$ ；同理，图 1-1-1(b)为五环色标电阻，其阻值为 $51k\Omega(510\times10^2\Omega, \text{误差}\pm1\%)$ 。一般色标电阻表示误差的色环宽度是其他色环宽度的 1.5~2 倍，或离其他色环较远。

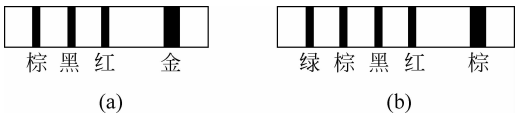


图 1-1-1 色环电阻

(3) 数码表示法。用三位数码表示电阻标称值,第一位、第二位为有效数字;第三位为0的个数,单位为 Ω 。如472J表示标称值为 4700Ω ,允许误差为 $\pm 5\%$ 。

2. 电容器

(1) 直标法。直标法有两种,一种是直接在电容上标出电容量及单位;另一种是直接标在电容上标出电容量但不标注单位。识别的方法为:①容量大于1的无极性电容器(单位为pF),如2200表示电容量为2200pF;②容量小于1的无极性电容器(单位为 μF),如0.22表示电容量为 $0.22\mu\text{F}$;③有极性电容器(单位为 μF),如10表示电容量为 $10\mu\text{F}$ 。在一些电路图中,大于100pF和小于1nF的电容不标注单位。

(2) 文字符号法。文字符号法有4种。①将电容量的整数部分标注在电容单位的前面,电容量的小数部分标注在电容单位的后面,如6p8表示6.8pF,4n7表示4.7nF。②在数字前标注R,则电容量为零点几微法,如R33,表示 $0.33\mu\text{F}$ 。③用大于1的4位数字表示(单位为pF),如2200表示2200pF。④用小于1的数字表示(单位为 μF),如0.22表示 $0.22\mu\text{F}$ 。

(3) 数码表示法。数码表示法有3种。①与电阻的数码表示法类似(单位pF),如222J表示电容量为2200pF($22 \times 10^2 \text{pF}$),误差 $\pm 5\%$ 。②若第三位数字为9时,则有效数字后应乘上 10^{-1} ,如229表示电容量为 $22 \times 10^{-1} \text{pF}$ 。③数码表示法的第三位一般不为0。电容量误差如表1-1-2所示。

(4) 颜色标注法。这种表示法与电阻的色环表示法类似,颜色涂于电容的一端或从顶端向引线排列。颜色一般只有3种,前两环表示有效数字,第三环为倍率,单位为pF。

表 1-1-2 电容容量误差表

符号	F	G	J	K	L	M
允许误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$

3. 电感

电感线圈的表示方式可分为直标法、色环法。其中直标法是将电感的主要参数直接标注在电感的外壳上,最大工作电流常用A、B、C、D、E来表示,其含义如表1-1-3所示。色环表示法与电阻的色环表示法类似,单位为 μH 。

表 1-1-3 电感的最大工作电流

符号	A	B	C	D	E
最大工作电流/mA	50	150	300	700	1600

三、万用表的使用

使用万用表时,应首先选择量程。选择量程包括两个方面:一是选择被测物理量,如电压、电流、电阻等;二是根据被测物理量的大小选择合适的量程,量程越接近被测量,误差越小;如果不知被测量的大小,则从最大量程起,直至符合测量数据的要求。另外,还要根据

被测物理量选择相应的表棒插孔。

1. 电压测量

测量电压时,电压表应并联在被测电压两端。为了使电路的工作不因接入电压表而受影响,要求电压表的内阻很大。

(1) 测量直流电压时,当万用表的红表棒接在被测电压的+端、黑表棒接在一端时,万用表显示的被测电压为正值;反之,万用表显示的电压值为负值。

(2) 交流电压挡测量低频正弦交流电压的有效值(1kHz 以下)。

2. 电流测量

测量电流时,电流表应串联在被测电流的支路中。为了使电路的工作不因接入电流表而受影响,要求电流表的内阻很小。因此,若将电流表并联在电路中,电流表的内阻将会因大电流而被烧坏,在使用时应特别注意。

3. 电阻测量

电阻是元件固有的物理性质,测量电阻时应断开电源以及与被测电阻连接的导线。

四、直流电源

直流电源包括直流电压源、直流电流源,如图 1-1-2 所示。其中直流电压源又分为可调输出电压源(主路、从路两个电压源各自独立,输出电压范围为 0~30V)、固定输出电压源(5V、+12V、-12V)。另外,CV 指示灯亮表示电压源正在使用,CC 指示灯亮表示电流源正在使用。

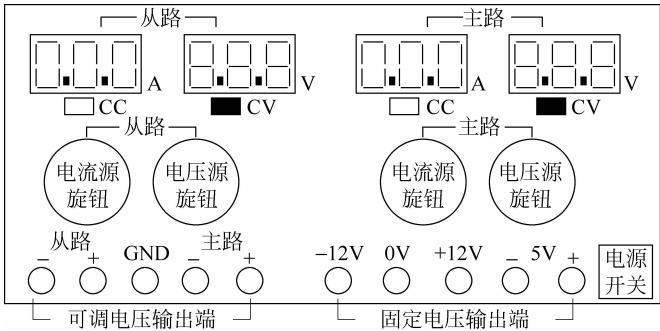


图 1-1-2 直流电源面板示意图

五、九孔单边实验板

九孔单边实验板的结构如图 1-1-3 所示。实验板中的黑线表示其内部已经接通,如同电路中的一个节点,九孔与九孔之间、九孔与两条单边之间以及两条单边之间均是断开状态。

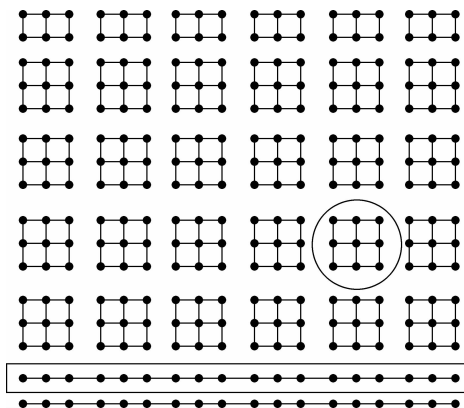


图 1-1-3 九孔单边实验板

六、实验器材与设备

直流电压源、九孔单边实验板、万用表、电阻、电容、电感等,导线若干。

七、实验内容

1. 测量电压、电流

调节直流电压源,使其输出电压 15V(万用表测量),记录此时电压源显示值_____ V。按图 1-1-4 的要求搭建电路,测量 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 元件的电压、电流值,记入表 1-1-4 中。

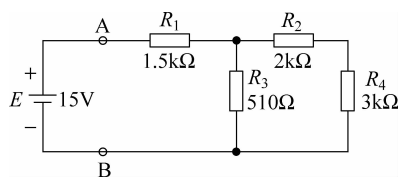


图 1-1-4 实验电路

表 1-1-4 测量电流、电压、电阻数据记录表

被测量 测量条件	I		U		R	
	理论值	测量值	理论值	测量值	标称值	测量值
$R_1 = 1.5\text{k}\Omega$					—	—
$R_2 = 2\text{k}\Omega$						
$R_3 = 510\Omega$						
$R_4 = 3\text{k}\Omega$					—	—
$R_{AB}(\text{理论值}) =$			$R_{AB}(\text{测量值}) =$			

2. 测量电阻

断开图 1-1-4 的电源,测量 R_{AB} 、 R_2 、 R_3 电阻值,分别记入表 1-1-4 中。

3. 电容的测量

用万用表分别测量 1nF、10 μ F 电容的值,记入表 1-1-5 中。

4. 电感的测量

用万用表欧姆挡测量 1mH、50mH 电感线圈的通断和所含电阻阻值，记入表 1-1-5 中。

表 1-1-5 测量电容、电感数据记录表

电 容 测 量			电 感 测 量			
元件名称	标称值	测量值	元件名称	标称值	测量值(电阻)	线圈状态(通断)
C_1	1nF		L_1	1mH		
C_2	10 μ F		L_2	50mH		

八、实验报告要求

- (1) 根据表 1-1-4，验证是否满足欧姆定律。
- (2) 根据表 1-1-4，计算 R_{AB} 、 R_2 、 R_3 电阻值的相对误差。
- (3) 使用万用表测量直流电流(或电压)时，显示屏为什么会显示“—”符号？
- (4) 测量电阻 R_{AB} 时为什么要断开电源？

九、预习内容

- (1) 认真阅读本教程第五篇附录一——掌握实验的基本技能与要求。
- (2) 预习第五篇附录三——数字多用表的使用方法。
- (3) 计算图 1-1-4 中 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 元件的电压、电流理论值，填入表 1-1-4 中。
- (4) 计算图 1-1-4 中 R_{AB} 的理论值，填入表 1-1-4 中。
- (5) 了解万用表检测电容器大小、质量优劣以及测试电感线圈的方法。

十、常用电路元件的基础知识

1. 电阻器

(1) 固定电阻器。电阻器在电路中的主要作用有两方面：一是通过分压电路为其他电子器件提供所需的电压，二是通过限流电路提供所需的电流。电阻器的主要参数有电阻标称值、误差范围、最大耗散功率、温度系数等。另外，还有特殊电阻器。如水泥电阻、熔断电阻、热敏电阻、湿敏电阻、光敏电阻、磁敏电阻、气敏电阻、保险丝等。

(2) 可变电阻、半可变电阻与电位器。电位器一般可分为碳膜电位器和线绕电位器，也有一些特殊用途和特殊结构的电位器，如实心电位器、直滑电位器、多圈微调电位器等。电位器在电路中的作用不仅可以改变电位还可以改变电阻值。它有三个引出端，其中两端的引出端为固定端，中间的引出端为活动端。若把活动端与其中一个固定端接在一起，就成为可变电阻。电位器除了和电阻器一样有标称值、额定功率和误差等级这些参数外，还有阻值的变化规律，可分为线性电位器、指数式电位器以及对数式电位器。半可变电阻主要用在阻值需要调整但又不经常变动的电路中。

2. 电容器

电容的主要特性是隔离直流、通交流，电容容量的大小就是表示能储存电能的多少。在

进行电容测量操作之前,必须断开被测电路的电源、将被测电容放电(电容放电一般是在电容两端跨接一个 $100\text{k}\Omega$ 的电阻)。另外,电容的残留电压、绝缘阻抗、电介质吸收等都可能引起测量误差。电容器的主要技术参数有电容量、额定直流电压及允许误差。电容器有固定电容器、可变电容器。

(1) 固定电容器。固定电容器分为无极性、有极性电容器(电解电容器)两类。从电气性能上讲,无极性电容器的使用寿命长、热稳定性好,适用于高频的工作环境;有极性电容器,如铝电解电容器的体积小且容量大,与无极性电容器相比绝缘电阻低、漏电流大、频率特性差、长期不用还会失效,常用在频率较低的滤波、旁路及耦合等场合;钽电解电容器的体积更小,稳定性和温度性能好、机械强度高、漏电流小,寿命长,常用于高精度的电器设备中。

①无极性电容器。无极性电容器是指电容器的两个金属电极没有正、负极性之分,使用时两个电极没有区别。

②有极性电容器。有极性电容器是指电容器有两个正、负之分的金属电极(长引线为正极、短引线为负极且标有“—”),一般情况下正极连接电路的高电位端、负极连接电路的低电位端。正、负极性端连接错误会损坏电容器。

(2) 可变电容器。可变电容器有单连、双连及微调电容器,主要用于接收机信号的选择。

(3) 电容器的检测。在实验中一般使用万用表检查电容器的质量,通常采用下列方法。

电压表法。适用小容量电容($1\mu\text{F}$ 以下,见图 1-1-5(a)),所加电源电压 U_s 应小于电容器的耐压值。刚接通电源时,若电压表的电压值较大,然后缓慢返回 0V ,说明这个电容器就是好的;电压值变化越大,电容器的容量就越大;接通电源时,若电压表的电压值为零,交换电容器的电极与电源的连接方式,电压值仍为零,说明电容器断路;接通电源时,若电压表的读数一直显示某一电压值而不变小,说明电容器被击穿短路;接通电源时,若电压表的电压值不能返回 0V ,说明电容器漏电,电压表所显示的电压值越高,漏电量越大。

欧姆表法。适用于测量较大容量电容($1\mu\text{F}$ 以上,图 1-1-5(b))。测量前应将电容的两个引线短接,使其放电,然后用万用表两表棒接触电容的两电极,观察欧姆表读数的变化。若欧姆表先向小电阻值变化,然后又较快地变化到无穷大处,说明这个电容器是好的;交换表棒再测一次,观察欧姆表读数变化的情况,欧姆表读数变化越大,电容器的容量就越大;若表棒接触电容两电极时欧姆表读数总在无穷大处,交换表棒后仍然如此,说明电容器断路,或电容量很小;若欧姆表读数根本不变化,说明电容器被击穿;若欧姆表读数变化不能到无穷大处,说明电容器漏电。

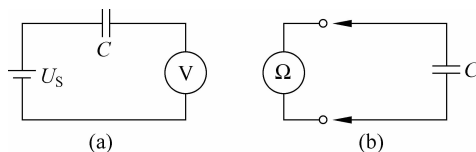


图 1-1-5 用万用表检测电容

3. 电感

电感在电路中的功能主要有滤波线圈阻止交流干扰、与电容组成谐振电路、在高频电路中作为高频信号的负载、制成变压器传递信号、利用电磁感应制成磁性元件等。电感线圈的

基本参数有电感量、品质因数、固有电容、线圈的稳定性、额定电流等。电感线圈的种类有固定电感、微调电感以及色码电感等。其中,微调电感一般都有一个磁心,通过改变磁心在线圈中的位置来调节电感量的大小;色码电感是一种小型的固定电感,将线圈绕制在软磁铁氧体的磁心上并封装。电感的简单检测可用万用表的欧姆挡通过测量电感的电阻值进行粗略判断。若检测到电感的阻值较小,则表明电感内部未断线。

另外,使用万用表测量电阻精度较低,一般用来检查电路、维修电子设备等。若需精确测量电阻,则需使用直流电桥;直流电桥还可以测量较大的电容或电感线圈;对于较小的电容或电感线圈可以利用谐振法进行测量;若要精确测量电感线圈则应使用 Q 表。

实验二

直流电路的研究之一 ——叠加原理、比例性和电位

一、实验目的

- (1) 加深对线性电路特性——叠加性和比例性的认识和理解。
- (2) 掌握基本直流电量的测量方法,通过实验加强对参考方向的掌握和运用。
- (3) 通过对电路中电位、电压的测量,加深对电位、电压以及它们之间关系的理解。

二、实验原理

1. 叠加原理

叠加原理:任何由线性电阻、线性受控源及独立源组成的电路中,任何一支路中的电流(或电压)都可以看成由电路中各个电源(电压源或电流源)分别作用时,在该支路中所产生的电流(或电压)的代数和。

2. 线性比例性

在线性电路中,当激励增加或减少 K 倍时,其响应(即在每个支路中的电压或电流)也增加或减少 K 倍。

3. 电位和电压

要确定电路中某一节点的电位,必须要选择参考点,通常假设参考点的电位为零。电路中某一节点的电位等于该节点与参考点之间的电势差;而电压则是任意两个节点之间的电势差。电压只能说明一点的电位高、另一点的电位低以及两点的电位相差多少,而不能说明电路中某一点的电位究竟是多少。参考点选得不同,电路中各节点的电位会随着改变,但是任意两节点间的电压值不变,即电压与参考点的选择无关。各点电位的高低是相对的,而两点间的电压值是绝对的。

三、实验器材与设备

直流电压源、九孔单边实验板、万用表、电阻、电容、二极管等,导线若干。

四、实验内容

1. 线性电路的叠加性、比例性

(1) 如图 1-2-1 所示,在九孔实验板上搭建实验电路。其中 U_{S1} 、 U_{S2} 的电压值均以万用表测量值为准,电压源的显示值仅作为参考。

(2) 按表 1-2-1 要求,测量电压 U_{R_1} 、 U_{R_4} 以及电流 I_{R_1} 、 I_{R_2} 的值,填入表 1-2-1 中。

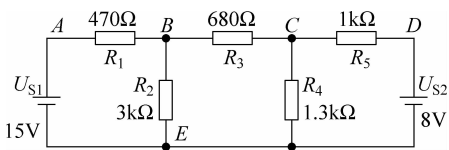


图 1-2-1 线性电路的叠加性、比例性

表 1-2-1 线性电路叠加性、比例性数据记录表

测量项目 实验内容	U_{R_1}/V	U_{R_4}/V	I_{R_1}/mA	I_{R_2}/mA
U_{S1} 单独作用				
U_{S2} 单独作用				
$U_{S1}U_{S2}$ 共同作用				
$3U_{S2}$ 单独作用				

注意：

- (1) 首先在电路中设置参考方向。
- (2) 当 U_{S1} 或 U_{S2} 单独作用时,应先将不作用的电压源断开,再将断开的位置用导线连接起来,防止电源短路。
- (3) 万用表测量电压或电流时,其表棒的接法应根据设置的参考方向来确定;记录数据时应注意万用表显示屏显示的正、负号。

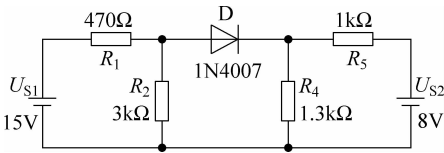


图 1-2-2 线性电路的叠加性、比例性

2. 非线性电路的叠加性、比例性

- (1) 按图 1-2-2 所示接线。
- (2) 按表 1-2-2 的要求,测量电压 U_{R_1} 、 U_{R_4} 以及电流 I_{R_1} 、 I_{R_2} 值,填入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 非线性电路叠加性、比例性数据记录表

测量项目 实验内容	U_{R_1}/V	U_{R_4}/V	I_{R_1}/mA	I_{R_2}/mA
U_{S1} 单独作用				
U_{S2} 单独作用				
$U_{S1}U_{S2}$ 共同作用				
$3U_{S2}$ 单独作用				

3. 电位、电压

按图 1-2-1 所示接线。按表 1-2-3 的要求,将测量结果记入表 1-2-3 中。

表 1-2-3 电位、电压数据记录表

测量项目 参考点	电位/V					电压/V				
	U_A	U_B	U_C	U_D	U_E	U_{AB}	U_{BE}	U_{BC}	U_{CE}	U_{CD}
A										
B										

五、实验报告要求

- (1) 根据表 1-2-1、表 1-2-2, 验证叠加性、比例性; 说明叠加性、比例性成立的条件。
- (2) 根据表 1-2-1, 计算图 1-2-1 中 R_1 消耗的功率; 说明功率为什么不满足叠加性。
- (3) 根据表 1-2-3, 总结电位与电压的关系。

六、预习内容

- (1) 线性电路必须满足的条件是什么?
- (2) 根据图 1-2-1, 计算 U_{R_1} 、 U_{R_4} 、 I_{R_1} 、 I_{R_2} 的理论值。

七、基础设计实验

1. 设计任务、要求和目的

设计任务: 设计一个验证叠加原理的电路。

设计要求: 该电路具有两个独立电压源, 若干个电阻, 两个以上网孔。

设计目的: 掌握进行基础电路设计的基本方法。

2. 设计方案提示

- (1) U_{S1} 、 U_{S2} : 5~24V, $R_1 \sim R_6$: 100 Ω ~5.1k Ω 。
- (2) 设计时尽量使各支路的电流在 mA 级, 各元件的电压以 V 为单位。
- (3) 参考电路如图 1-2-3 所示。

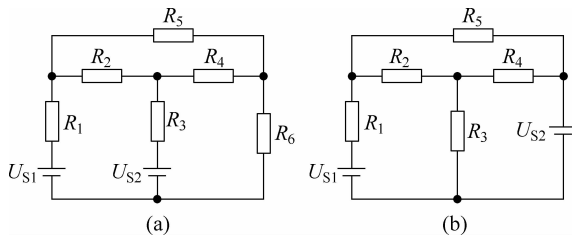


图 1-2-3 叠加原理参考电路

3. 设计过程及总结

- (1) 画出设计电路, 并在电路图中标明元件参数。
- (2) 记录实验数据, 写出调试过程。
- (3) 实验中应注意事项。
- (4) 设计小结。

实验三

直流电路的研究之二 ——戴维南定理、基尔霍夫定律

一、实验目的

- (1) 掌握戴维南等效电路参数的测定方法,验证戴维南定理。
- (2) 验证基尔霍夫电流定律(KCL)、电压定律(KVL)。
- (3) 加深理解基尔霍夫定律的适用条件。

二、实验原理

1. 等效电源定理

(1) 戴维南定理: 任何一个有源二端线性网络, 对外电路来说, 都可以用一个电动势为 E 的理想电压源和电阻 R_0 的串联电源来代替, 如图 1-3-1 所示。理想电压源的电动势 E 就是有源二端网络的开路电压 U_0 。(即 a 、 b 两端之间的电压), 等效电阻 R_0 等于有源二端网络内部各独立电源置零(将各个理想电压源短路, 即其电动势为零; 将各个理想电流源开路, 其电流为零)后所得到的无源网络 a 、 b 两端之间的等效电阻。

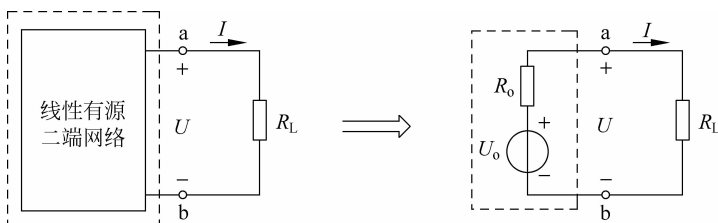


图 1-3-1 戴维南定理

(2) 诺顿定理: 任何一个有源二端线性网络都可以用一个电流为 I_s 的理想电流源和电阻 R_0 并联的电流源来等效。等效电流源的电流 I_s 就是有源二端网络的短路电流, 即将 a 、 b 两端短接后的电流。等效电源的内阻 R_0 等于有源二端网络所有电源均除去后所得到的无源网络 a 、 b 两端之间的等效电阻。

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律(KCL): 对于一集总电路中的任一节点, 在任一时刻流出(或流进)

该节点的所有支路电流的代数和为零。

基尔霍夫电压定律(KVL): 对于一集总电路中的任一回路, 在任一时刻沿着该回路的所有支路电压降的代数和为零。

3. 有源二端网络等效参数(U_o 、 R_o)的测量方法

(1) 有源二端网络开路电压 U_o 的测量方法包括开路法、零示法。

开路法。开路法是测量有源二端网络开路电压 U_o 。最常用的方法。即将负载断开, 直接用电压表测量有源二端网络的开路电压。这种方法电压表的内阻越高, 误差越小。

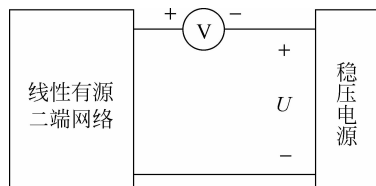


图 1-3-2 零示法

零示法。零示法(见图 1-3-2)是用一个低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较, 当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压 U_o 相等时, 电压表的读数将为 0, 然后将电路断开, 测量此时稳压电源的输出电压, 即被测有源二端网络的开路电压 U_o 。(注意: 使用零示法时, 应先将稳压电源的输出电压调至 U_o , 再按图 1-3-2 进行测量)。

(2) 有源二端网络等效电阻 R_o 的测量。

开路电压/短路电流法。首先利用开路法测量开路电压 U_o ; 然后在 a、b 两端用万用表直接测量短路电流 I_{sc} , 则等效内阻 $R_o = U_o / I_{sc}$ 。

外接电阻法。在 a、b 两端连接电阻 R , 测出电阻两端的电压 U_R , 等效内阻 $R_o = \left(\frac{U_o}{U_R} - 1\right)R$ 。

半电压法(半偏法)。在 a、b 两端连接一个可变电阻 R_w , 调节可变电阻, 使可变电阻两端的电压 $U_{Rw} = (1/2)U_o$; 这时 R_w 的电阻值就等于被测有源二端网络的等效电阻 R_o 。

注意: 若有源二端网络的内阻很小, 就不适宜采用输出端短路的测量方法, 否则可能会因短路电流 I_{sc} 过大而损坏其内部器件。

* 4. 电源等效变换

由于实际电源存在一定内阻 r , 在正常工作区域内, 随着输出电流的增加, 输出电压大致按线性规律下降。当电流增大超过额定值后, 电压可能会急剧下降直至为零, 此时电压源工作在非正常工作区, 其特性曲线如图 1-3-3(a) 所示。由图可知, 在正常工作区域内, 其端口特性方程 $U = U_s - rI$, 可以等效为戴维南电路, 如图 1-3-3(b) 所示。

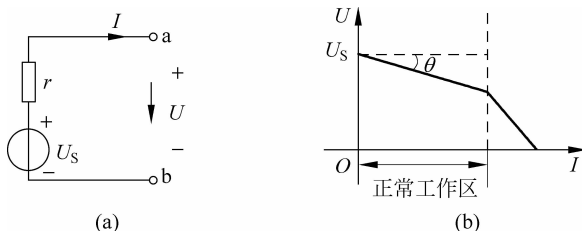


图 1-3-3 电压源等效电路、外特性曲线

三、实验器材与设备

直流电压源、九孔单边实验板、万用表、电阻、电容、二极管等,导线若干。

四、实验内容

1. 戴维南定理

调节直流电压源,使 $U_s=15\text{V}$ (万用表测量)。按图 1-3-4 所示电路接线。

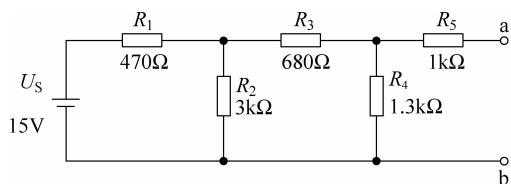


图 1-3-4 测量等效电源参数

(1) 测量等效电源的开路电压 U_o 。用开路法测量并记录开路电压 $U_o=$ _____。

(2) 测量等效电源的电阻 R_o 。分别利用开路电压/短路电流法、外接电阻法($R=1\text{k}\Omega$)、半电压法($R_w=4.7\text{k}\Omega$),测量并记录有关数据(自拟数据记录表格)。

* (3) 验证戴维南定理。

有源二端网络的外特性。将图 1-3-4 所示的 a、b 端接上可变负载 $R_L(4.7\text{k}\Omega)$,按照表 1-3-1 的要求测量有源二端网络的外特性,记入表 1-3-1 中。

表 1-3-1 有源二端网络的外特性

$R_L/\text{k}\Omega$	0(a、b 端短路)	0.5	1	2	3	4	∞ (开路)
U_o/V							
I_o/mA							

戴维南等效电路的外特性。选择 U_o 、 R_o 最精确的实验数据组成戴维南等效电路,在 a、b 端接上可变负载 $R_L(4.7\text{k}\Omega)$,按照表 1-3-1 的要求,测量戴维南等效电路的外特性,记入表 1-3-2 中。

表 1-3-2 戴维南等效电路的外特性

$R_L/\text{k}\Omega$	0(a、b 端短路)	0.5	1	2	3	4	∞ (开路)
U_o/V							
I_o/mA							

2. 基尔霍夫电流、电压定律

调节直流电压源,分别使 $U_s=8\text{V}$ 、 $U'_s=14\text{V}$ (万用表测量)。按照图 1-3-5 所示电路接线。

(1) 在图 1-3-5(a)、图 1-3-5(b)所示的两个电路中,分别自选一个节点(标出所选节点),测量与该节点有关的电流,将测量数据填入表 1-3-3 中。

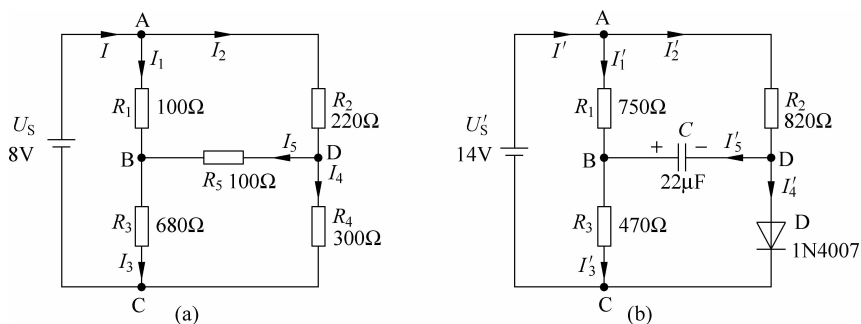


图 1-3-5 验证基尔霍夫电流、电压定律的电路

(2) 在图 1-3-5(a)、图 1-3-5(b)所示的两个电路中,分别自选一个独立回路(标出绕行方向),测量与该回路有关的电压,将数据填入表 1-3-3 中。

表 1-3-3 验证 KCL、KVL 数据记录表

测量项目 电路	电 流			电 压		
图 1-3-5(a)						
图 1-3-5(b)						

五、实验报告要求

- (1) 分别使用开路电压/短路电流法、外接电阻法计算等效电阻 R_o 。
- (2) 比较分析 R_o 的理论值与实验值(3 种方法);根据 U_o 、 R_o (误差最小)实验数据画出戴维南等效电路,标明 U_o 、 R_o 值。
- (3) 总结三种测量等效电阻 R_o 方法的适用条件。
- (4) 根据表 1-3-1、表 1-3-2 的实验数据画出有源二端网络和戴维南等效电路的外特性曲线,观察两条外特性曲线可以得到什么结论?
- (5) 根据表 1-3-3,分别验证 KCL、KVL。

六、预习内容

- (1) 掌握戴维南定理、基尔霍夫定律。
- (2) 根据图 1-3-4,计算等效电压源参数 U_o 、 R_o 的理论值。
- (3) 基尔霍夫定律适用于什么电路? 它们规定了电路中电流、电压必须服从什么关系?

七、基础设计实验

1. 设计任务和要求

设计任务:验证诺顿定理。

设计要求:该电路具有两个独立电压源,若干个电阻,两个以上网孔。

设计目的:(1) 加深理解诺顿定理。

(2) 进一步掌握进行基础电路设计的基本方法。

2. 设计方案提示

(1) U_{S1} 、 U_{S2} 为 $5\sim 24\text{V}$, $R_1\sim R_6$ 为 $100\Omega\sim 5.1\text{k}\Omega$ 。

(2) 设计时尽量使各支路的电流在 mA 级。

(3) 参考电路如图 1-3-6 所示。

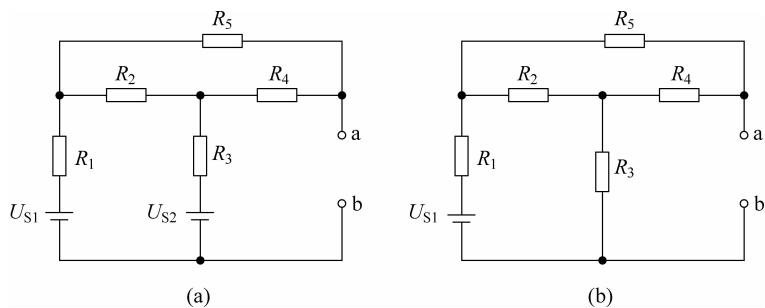


图 1-3-6 诺顿定理参考电路

3. 设计过程及总结

(1) 画出设计电路,并在电路图中标明元件参数。

(2) 记录实验数据,写出调试过程。

(3) 实验中应注意事项。

(4) 设计小结。

实验四

受控源特性的研究

一、实验目的

- (1) 掌握受控源与独立电源、无源元件的区别。
- (2) 掌握测试受控源的外特性、转移参数以及负载特性的方法。
- (3) 加深对受控源的认识与理解。

二、实验原理

1. 受控源基本特征

受控电源反映了电路中某处的电压或电流控制另一处的电压或电流的现象,或表示某一处的电路变量与另一处电路变量之间的一种耦合关系。当控制电压或电流消失或等于零时,受控电源的电压或电流也将为零;无源元件的电压、电流有一定的函数关系,受控源的电压(或电流)则与电路中另一个支路(或元件)的电压(或电流)有某种函数关系;受控源是一种能量转换装置,若控制量是一种按正弦规律变化的交流电信号,则该受控源就可以将直流电转换成交流电。受控源和电阻、电容、电感等元器件一样,也是一个基本的元器件。

2. 受控源类型

受控源是四端器件(双口元件),它有一对输入端和一对输出端,输入端可以控制输出端电压或电流的大小。受控电源可分为电压控制电压源(VCVS)、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)四种,如图 1-4-1 所示。

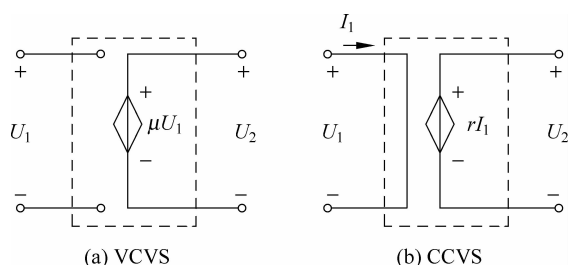


图 1-4-1 受控电源

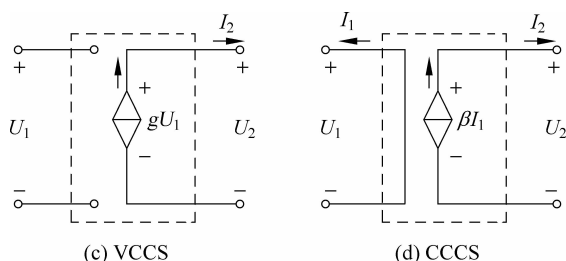


图 1-4-1 (续)

3. 受控源的转移特性

受控源的控制端与受控端之间的函数关系称为转移函数。对 VCVS, $U_2 = f(U_1)$; 对 CCVS, $U_2 = f(I_1)$; 对 VCCS, $I_2 = f(U_1)$; 对 CCCS, $I_2 = f(I_1)$ 。转移特性曲线中比较接近直线的范围为线性区, 在线性区内转移特性曲线的斜率是一个常数, 这时受控源的电压或电流和控制它们的电压或电流之间为正比关系, 超出线性区就不能保持正比关系。

4. 由运算放大器构成四种受控源

利用运算放大器构成的受控源(VCVS、CCVS、VCCS、CCCS)分别如图 1-4-2、图 1-4-3、图 1-4-4 和图 1-4-5 所示, 其转移电压比(电压增益)为 $\mu = U_2/U_1 = 1 + (R_F/R_2)$ 、转移电阻为 $r = R_F$ 、转移电导为 $g = I_2/U_1 = 1/R_2$ 、转移电流比(电流增益)为 $\alpha = I_2/I_1$ 。

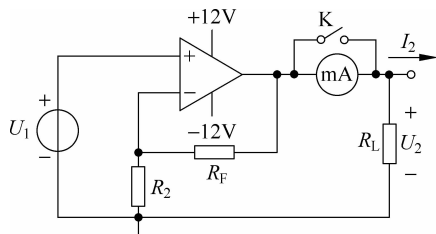


图 1-4-2 电压控制电压源(VCVS)

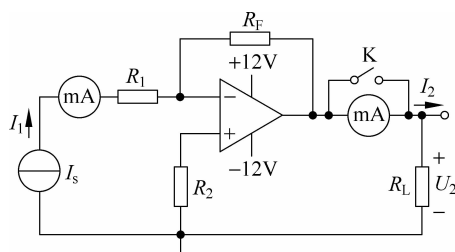


图 1-4-3 电流控制电压源(CCVS)

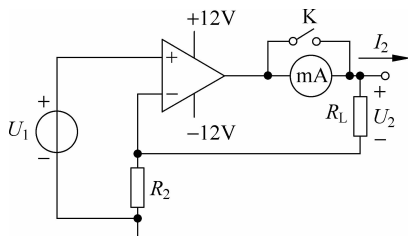


图 1-4-4 电压控制电流源(VCCS)

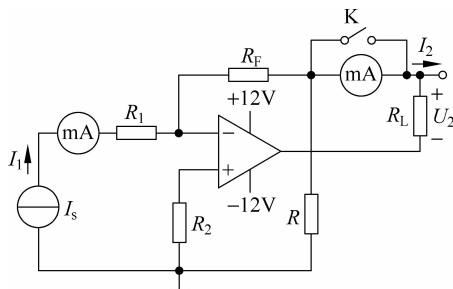


图 1-4-5 电流控制电流源(CCCS)

三、实验器材与设备

数字万用表、运算放大器、直流电压源、直流电流源、电阻等。

四、实验内容

1. 电压控制电压源(VCVS)

按图 1-4-2 所示接线。 $R_2=R_F=10\text{k}\Omega$ 。

(1) 受控源 VCVS 的转移特性为 $U_2=f(U_1)$ 。 $R_L=2\text{k}\Omega$, 开关 K 闭合(不接电流表)。按照表 1-4-1 的要求, 调节直流稳压电源的输出电压 U_1 , 记录相应的 U_2 值, 填入表 1-4-1 中。

表 1-4-1 VCVS 转移特性数据记录表

U_1/V	0	1	2	3	4	5	6
U_2/V							

(2) 受控源 VCVS 的负载特性。开关 K 打开, 接入电流表。保持 $U_1=2\text{V}$, 按照表 1-4-2 的要求, 改变负载电阻 R_L 的阻值, 测量 U_2 及 I_2 , 填入表 1-4-2 中。

表 1-4-2 VCVS 负载特性数据记录表

R_L/Ω	50	70	100	200	300	400	600	800	1000
$U_2(\text{V})$									
$I_2(\text{mA})$									

注意: 用直流电压源供电的实验中, 不要使直流电压源的输出端短路。

2. 电流控制电压源(CCVS)

按图 1-4-3 所示接线。 $R_1=10\text{k}\Omega$, $R_2=6.8\text{k}\Omega$, $R_F=20\text{k}\Omega$ 。

(1) 受控源 CCVS 的转移特性为 $U_2=f(I_1)$ 。 $R_L=2\text{k}\Omega$, 开关 K 闭合(不接电流表)。按照表 1-4-3 的要求, 调节直流电流源的输出电流 I_s (即 I_1), 按照表 1-4-3 的要求, 记录相应的 U_2 值, 填入表 1-4-3 中。

表 1-4-3 CCVS 转移特性数据记录表

I_1/mA	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
U_2/V									

(2) 受控源 CCVS 的负载特性。开关 K 打开, 接入电流表。保持 $I_s=2\text{mA}$ (即 $I_1=2\text{mA}$)。按照表 1-4-4 的要求, 改变负载电阻 R_L 的阻值, 测量 U_2 及 I_2 , 填入表 1-4-4 中。

表 1-4-4 CCVS 负载特性数据记录表

R_L/Ω	50	100	150	200	500	1000	8000	10000	80000
U_2/V									
I_2/mA									

注意: 用直流电流源供电的实验中, 不要使直流电流源的负载开路。

3. 电压控制电流源(VCCS)

按图 1-4-4 所示接线。 $R_2=10\text{k}\Omega$ 。

(1) 受控源 VCCS 的转移特性为 $I_2=f(U_1)$ 。 $R_L=2\text{k}\Omega$,开关 K 闭合(不接电流表)。按照表 1-4-5 的要求,调节直流稳压电源的输出电压 U_1 ,记录相应的 I_2 值,填入表 1-4-5 中。

表 1-4-5 VCCS 转移特性数据记录表

U_1/V	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
I_2/mA								

(2) 受控源 VCCS 的负载特性。开关 K 打开,接入电流表。保持 $U_1=2\text{V}$,改变可变电阻 R_L 的阻值,测量 U_2 及 I_2 ,填入表 1-4-6 中。

表 1-4-6 VCCS 负载特性数据记录表

$R_L/\text{k}\Omega$	50	20	10	5	3	1	0.5	0.2
U_2/V								
I_2/mA								

4. 电流控制电流源(CCCS)

按图 1-4-5 所示接线。 $R_1=10\text{k}\Omega$, $R_2=6.8\text{k}\Omega$, $R_F=R=20\text{k}\Omega$ 。

(1) 受控源 CCCS 的转移特性为 $I_2=f(I_1)$ 。 $R_L=2\text{k}\Omega$,按照表 1-4-5 的要求,调节直流恒流源的输出电流 I_S (即 I_1),记录相应的 I_2 值,填入表 1-4-7 中。

表 1-4-7 CCCS 转移特性数据记录表

I_1/mA	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
I_2/mA									

(2) 受控源 CCCS 的负载特性。保持 $I_1=0.2\text{mA}$,改变可变电阻 R_L 的阻值,测量 U_2 及 I_2 ,填入表 1-4-8 中。

表 1-4-8 CCCS 负载特性数据记录表

$R_L/\text{k}\Omega$	0	0.1	0.5	1	2	3	4	6	8
U_2/V									
I_2/mA									

五、实验报告要求

- (1) 分别画出受控源(VCVS、CCVS、VCCS、CCCS)的转移特性曲线和负载特性曲线。
- (2) 根据转移特性曲线的线性部分求出 μ 、 r 、 g 、 α ,与它们根据电路元件得出的计算值比较。
- (3) 为什么实验中受控源的输出功率均大于输入功率?

六、预习内容

- (1) 受控电源与独立电源的区别是什么?
- (2) 四种受控源中的转移系数 μ 、 r 、 g 及 α 的意义是什么?
- (3) 受控源的控制特性是否适合交流信号?
- (4) 受控源的负载特性与独立电源的负载特性是否相同?
- (5) 受控源是否可以作为电路的外加激励源?

实验五

伏安特性的研究

一、实验目的

- (1) 掌握线性和非线性元件伏安特性的测试方法。
- (2) 研究直流电源的外特性。

二、实验原理

1. 元件的伏安特性

(1) 线性元件的伏安特性,如图 1-5-1(a)所示。元件电压 u 和电流 i 的关系曲线称为伏安特性曲线。若元件的伏安特性曲线是一条过原点的直线,则该元件属于线性元件(满足欧姆定律)。

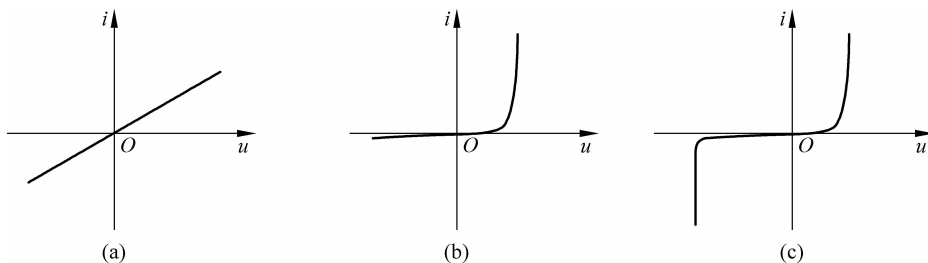


图 1-5-1 元件的伏安特性曲线

(2) 非线性元件的伏安特性不满足欧姆定律,它在 $u-i$ 平面上是一条曲线。

普通二极管的伏安特性。普通二极管的特点是正向电阻和反向电阻差别很大,伏安特性如图 1-5-1(b)所示。从二极管的伏安特性可知,二极管具有单向导电性。

稳压二极管的伏安特性。稳压二极管的伏安特性如图 1-5-1(c)所示,从稳压管的伏安特性可知,稳压管工作在反向击穿区(电击穿)。

2. 电压源的伏安特性

理想电压源的外特性是一条与横坐标平行的直线,表明其端电压与电流的大小无关,如图 1-5-2(a)所示。但实际电压源是具有内阻的,其输出电压会随输出电流而变化,满足 $u = U_s - iR_s$ 函数关系,如图 1-5-2(b)所示,即电压源的外特性曲线。当电压源的内阻 R_s 改变

时电源外特性也会随之改变,实际电压源的内阻越小,就越接近理想电压源。当电压源的内阻 R_s 为零时外特性是平行于 i 轴的直线,即理想电压源的外特性,所以也把理想电压源简称为电压源。

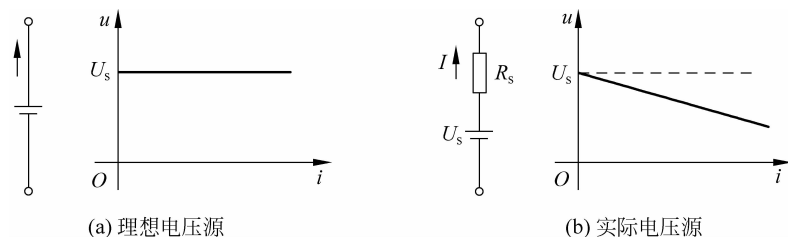


图 1-5-2 直流电压源的外特性

三、实验器材与设备

直流稳压电源、万用表、电阻、二极管。

四、实验内容

1. 测量线性元件的伏安特性

按照预习内容选择图 1-5-6 的电路接线。调节稳压电源 U_s , 使电压表的读数从 -6V 改变到 8V , 将相应的电流值记录在表 1-5-1 中。

表 1-5-1 测量线性电阻的伏安特性 ($R=200\Omega$)

U/V	-6	-4	-2	0	2	4	6	8
I/mA								

2. 测量非线性元件的伏安特性

(1) 测量二极管(1N4007)的伏安特性。

正向特性。按图 1-5-3 所示电路接线, R 为限流电阻。调节稳压电源 U_s , 使电压表的读数从 0V 改变到 $+0.7\text{V}$, 将相应的电流值记录在表 1-5-2 中。

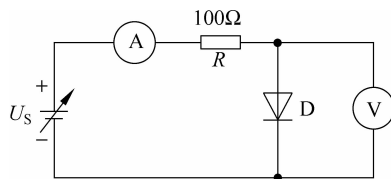


图 1-5-3 测量二极管的伏安特性

反向特性。将图 1-5-3 中的二极管反接, 调节稳压电源 U_s , 使电压表的读数从 -1V 改变到 -15V , 将相应的电流值记录在表 1-5-2 中。

表 1-5-2 二极管的伏安特性数据记录表

U/V	-15	-10	-5	-1	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7
I/mA										

注意: 在测量二极管的正向特性时, 若电流值超过 25mA 则不能继续测量, 以免电流过大将二极管烧坏; 另外要注意限流电阻 R 的额定功率。

(2) 稳压二极管的伏安特性。

正向特性。按图 1-5-4 所示的电路接线,调节稳压电源 U_s ,使电压表的读数从 0V 改变到 +0.6V,将相应的电流值记录在表 1-5-3 中。

反向特性。将图 1-5-4 的稳压二极管反接,调节稳压电源 U_s ,使电压表的读数从 -1V 改变到 -15V,将结果记录在表 1-5-3 中。

表 1-5-3 稳压二极管的伏安特性数据记录表

U/V	-15	-10	-5	-1	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7
I/mA										

3. 测量实际电压源的外特性

按图 1-5-5 所示的电路接线,保持稳压源的输出为 3V;改变 R_s ,当电流表的读数为表 1-5-3 要求的电流值时,记录相应的电压值填入表 1-5-4 中。

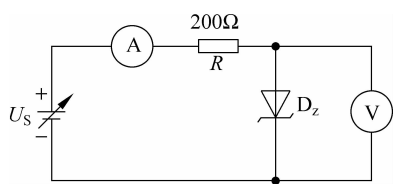


图 1-5-4 测量稳压二极管的伏安特性

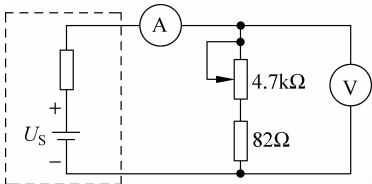


图 1-5-5 电压源的外特性测量

表 1-5-4 电压源的外特性数据记录表

$R_s=820\Omega$	I	0	1mA	1.5mA	2mA	2.5mA	3mA
	U						
$R_s=100\Omega$	I	0	5mA	10mA	15mA	20mA	25mA
	U						
$R_s=0\Omega$	I	0	5mA	10mA	15mA	20mA	25mA
	U						

五、实验报告要求

- (1) 根据表 1-5-1,绘制线性元件($R=200\Omega$)的伏安特性曲线,并得出结论。
- (2) 根据表 1-5-2,绘制二极管(IN4007)的伏安特性曲线,并得出结论。
- (3) 根据表 1-5-3,绘制稳压二极管的伏安特性曲线,并得出结论。
- (4) 根据表 1-5-4,在同一坐标中画出不同内阻时电压源的外特性曲线,并说明不同内阻时电压源外特性的特点。

六、预习内容

- (1) 如何从被测元件的伏安特性曲线来判断它属于线性元件还是非线性元件?
- (2) 伏安法测电阻的伏安特性可以采用电流表外接的方法(见图 1-5-6(a)),也可以采用电流表内接的方法(见图 1-5-6(b)),分析这两种方法分别适合测量大电阻还是小电阻,为

什么? 根据实验内容 1($R=200\Omega$)选择实验电路,图 1-5-6(a)或图 1-5-6(b),将选择的电路编号填入实验内容 1 的括号中。

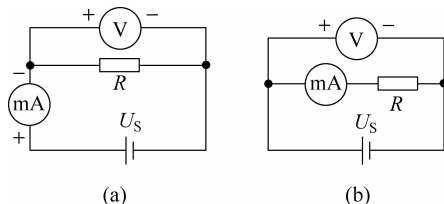


图 1-5-6 用伏安法测量电阻元件的伏安特性

七、二极管基本检测

(1) 判别二极管的 P、N 结。普通二极管的正向电阻小(一般为几百欧姆)、反向电阻大(一般为几十千欧姆至几百千欧姆)。利用数字万用表的 ~~电阻~~ 挡,用红表棒接 P、黑表棒接 N,此时万用表显示二极管正向压降值(硅管 $0.6\sim 0.8\text{V}$ 、锗管 $0.2\sim 0.3\text{V}$),功率大一些的二极管正向压降要更小一些。

(2) 判别二极管的质量。通过测量正、反向电阻,可以检查二极管的质量。通常小功率锗二极管的正向电阻值为 $300\sim 500\Omega$,硅管为 $1\text{k}\Omega$ 或更大。锗管反向电阻为几十千欧,硅管反向电阻在 $500\text{k}\Omega$ 以上(大功率二极管的反向电阻要大得多),正向电阻越小、反向电阻越大性能越好。如果正反向电阻均很小,说明二极管被击穿,此时正反向都导通;如果正反向电阻均为 ∞ ,说明二极管开路。对于发光二极管,正向测量时二极管发光,管压降约为 1.7V 。另外,也可以用模拟万用表的 $\times 100$ 、 $\times 1\text{k}$ 电阻挡进行判别。但不能用 $\times 1$ 挡,因为使用时电流太大,易烧坏二极管;也不能用 $\times 10\text{k}$ 挡,因为使用时电压太高,可能会击穿二极管。

实验六

多量程测量系统 (系统设计 Multisim)

一、设计任务和要求

设计一个多量程测量系统,包括直流电流、直流电压、交流电压测量(表头灵敏度为 $83.3\mu\text{A}$,其内阻约为 $1.2\text{k}\Omega$)。预习附录八——Multisim 11 电子设计自动化软件简介,使用 Multisim 电子设计自动化软件进行设计、验证。

直流电流包括 2.5mA 、 25mA 、 250mA 、 2.5A 四个量程;

直流电压包括 2.5V 、 10V 、 50V 、 250V 、 1000V 五个量程;

交流电压包括 10V 、 50V 、 250V 、 1000V 四个量程。

二、设计方案提示

万用表就是多量程测量系统的典型应用,万用表的型号和规格多种多样,但是它们都是由表头、转换开关、测量电路三部分组成的。表头通常选用磁电式直流电流表,可以直接测量电流,但是量程有限,通过电路的变换和组合,成为测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等多量程的万用电表。表头的主要参数是灵敏度和内阻。表头的灵敏度是用表头指针偏转到满刻度所需的电流值来表示的,满度值越小则表示表头的灵敏度越高;表头的灵敏度还可以用满度电流值的倒数表示。表头的灵敏度可通过图 1-6-1 所示的电路进行测量,调节电位器 R_w 使被测表头指示满刻度,此时就是被测表头的灵敏度 I_D ,表头灵敏度越高越好。表头内阻一般为十几欧姆至几千欧姆,测量表头内阻的方法如图 1-6-2 所示。测量时先断开开关 K,调节 R_1 使指针达到满刻度;然后闭合开关 K,调节 R_2 使表头指针到满刻度的一半, R_2 的电阻值即为表头内阻 R_D 。采用这种方法应选择 $R_1 \gg R_D$, R_1 越大、 U_S 越高,测量结果越准确。转换开关是用来选择不同测量功能、不同量程电路的切换器件。

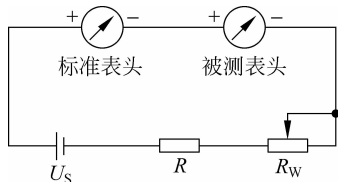


图 1-6-1 测量表头灵敏度电路

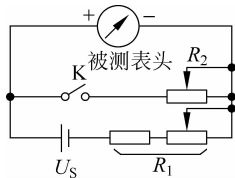


图 1-6-2 测量表头内阻电路

(1) 直流电流测量。为了适应测量大小不同电流的需要,可将表头通过量程转换开关与一组分流电阻并联,如图 1-6-3(a)所示。开路式分流电路有很大的不足,当转换开关接触不良,或在改变量程的瞬间,所有电流将流过表头,过大的电流会使表头损坏。因此万用表的电路中常用闭路式分流电路,如图 1-6-3(b)所示。闭路式分流电路是在表头上并联一串电阻,总电阻 $R_f = R_1 + R_2 + R_3$ 当开关放在位置 1 时,其分流比为: $\frac{I_D}{I_1} = \frac{R}{R + R_D} R = R_1 + R_2 + R_3 = I_D R_D / I_1 - I_D$ 。同理,可求得开关在位置 2 时的分流电阻为 $R_1 + R_2 = (R_3 + R_D) I_D / I_2$; 开关在位置 3 时的分流电阻为 $R_1 = (R_2 + R_3 + R_D) I_D / I_3$,最后可求得 R_1 、 R_2 、 R_3 的值。

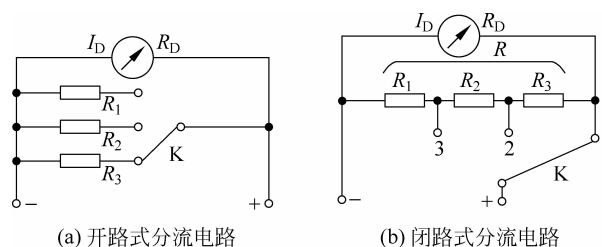


图 1-6-3 分流电路

实际电流表电路如图 1-6-4 所示,表头两端并联了两只二极管,在电流表满刻度时,表头两端电压最高为 $83.3\mu\text{A} \times 1.2\text{k}\Omega = 100\text{mV}$,这一电压不能使二极管导通;若因使用不当表头两端电压升高到 $0.5 \sim 0.6\text{V}$ 时,二极管之一就会导通,而起到保护电流表的作用。表头与 R_{W2} 串联组成一满刻度电流为 $83.3\mu\text{A}$,内阻为 $1.5\text{k}\Omega$ 的基本表。测量采用闭路式分流电路,A 点与 * 点之间流过 $100\mu\text{A}$ 电流时表头达到满刻度,这时并联电阻的总值为 $R_{\text{并}} = \frac{83.3\mu\text{A} \times 1.5\text{k}\Omega}{(100 - 83.3)\mu\text{A}} = 7.5\text{k}\Omega$,其中 $R_{\text{并}} = R_1 + R_2 + \dots + R_8$,回路总电阻为 $9\text{k}\Omega$ 。这样即可求出每一电流量程分流电阻的值。

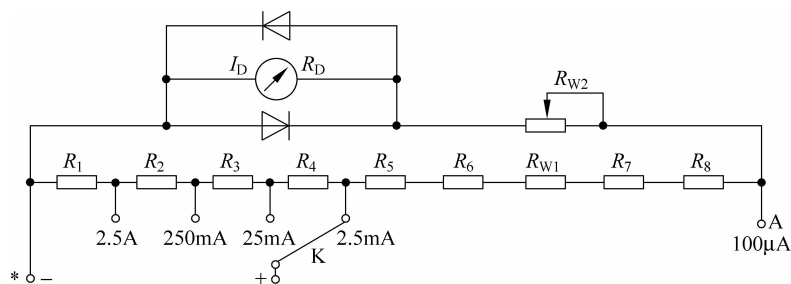


图 1-6-4 直流电流表

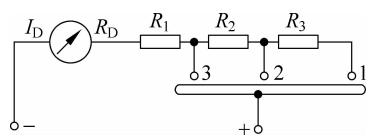


图 1-6-5 直流电压表

(2) 直流电压测量。直流电流表串联降压电阻后就能成为直流电压表,如图 1-6-5 所示。本直流电压表的表头分流电路接入点电流为满刻度 $100\mu\text{A}$,因此串入的分压电阻每承担 1V 的电压所需的电阻值为 $1\text{V} / 100\mu\text{A} = 10\text{k}\Omega$ (或称电压灵敏度为 $10\text{k}\Omega/\text{V}$)。此值是衡量电压表性能的

重要指标,电压灵敏度越大,电压表性能越稳定。

实际直流电压表电路如图 1-6-6 所示,A 端与 * 端之间的电阻值为 $7.5\text{k}\Omega//1.5\text{k}\Omega=1.25\text{k}\Omega$,因此每一电压量程的总电阻为 $R_{VN}=U_N/100\mu\text{A}$,其中 U_N 为该量程表头满刻度电压值。实际应串入的电阻值为 $R_{VN}-1.25\text{k}\Omega$,若最低直流电压量程为 2.5V ,则串入的电阻为 $R_{12}=2.5\text{V}/100\mu\text{A}-1.25\text{k}\Omega=25\text{k}\Omega-1.25\text{k}\Omega=23.75\text{k}\Omega$ 。同理,可以求出每一直流电压量程需要串入的电阻值。

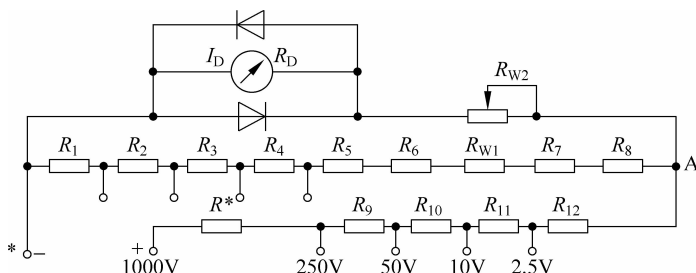


图 1-6-6 直流电压表

(3) 交流电压测量。交流电压量程是将被测交流电压经半波或全波整流变成单向脉动电压后,再进行测量,如图 1-6-7 所示。

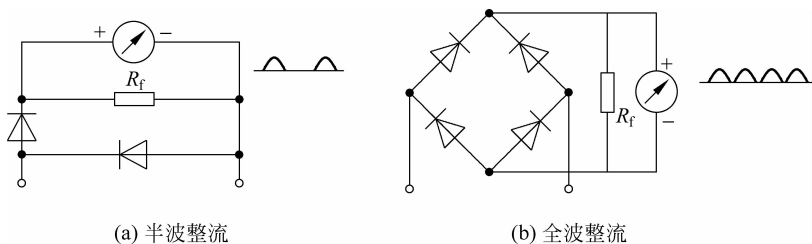


图 1-6-7 交流电压的整流电路

方法一。实际交流电压表如图 1-6-7 所示。若正弦交流电振幅为 U_m ,则其有效值 $U_{\text{eff}}=U_m/\sqrt{2}$,经半波整流后输出电压的平均值为 U_m/π ,则半波整流波形因数 $K=\frac{U_m/\sqrt{2}}{U_m/\pi}\approx$

2.22; 经全波整流后输出电压的平均值为 $2U_m/\pi$,则全波整流波形因数 $K=\frac{U_m/\sqrt{2}}{2U_m/\pi}\approx 1.11$ 。

在采用半波整流时,若被测正弦交流电振幅为 141.4V (有效值为 100V),则电表将指示在 45V 处,这时只需将直流电压的刻度乘以半波整流的波形因数 K ,就成为直接读出被测正弦交流电有效值的交流电压表。由于在交流电压量程使用了整流元件,它的可测频率范围取决于二极管的工作频率,一般不应高于 3kHz 。

方法二。交流电压的灵敏度为 $4\text{k}\Omega/\text{V}$,即任一交流电压量程满刻度时的电流有效值为 $250\mu\text{A}$,但流经表头电路的平均电流只有 $250\times 0.45\mu\text{A}=112\mu\text{A}$ 。因此半波整流输出在表头分流电路的接入点在 B 点,如图 1-6-8 所示。本设计采用方法二。

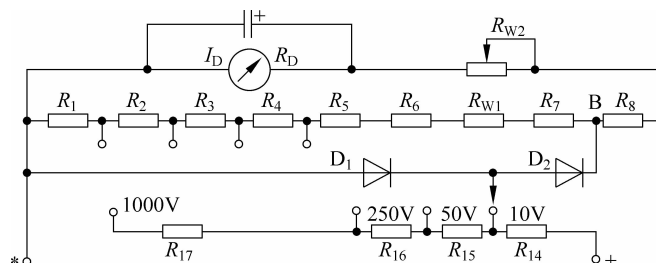


图 1-6-8 交流电压表

三、调试提示

本设计是以表头灵敏度 $83.3\mu\text{A}$ 、内阻 $1.5\text{k}\Omega$ 的基本表为依据,因此只要调整 R_{W2} 使表头的等效内阻等于 $1.5\text{k}\Omega$ 即可。但表头等效内阻不易测量,这里可以通过调整 $100\mu\text{A}$ 量程的准确度来完成调试,在实际使用中电表很少指示在满刻度,所以将校正满刻度电流定为 $80\mu\text{A}$ 。

四、设计报告要求

- (1) 画出设计的电路图,分析工作原理,写出设计的主要过程。
- (2) 写出调试过程。
- (3) 写出设计、调试的心得体会。

五、预习内容

- (1) 掌握多量程测量系统的设计方法及工作原理。
- (2) 熟悉多量程测量系统的调试步骤与方法。
- (3) 完成设计任务的各项要求。