

电路实验指导书

哈尔滨科技大学电工教研室

一九八三年七月

实验课的一般要求

1. 预习

实验能否进行得顺利，能否得到预期的结果，在很大程度上取决于预习是否充分，预习时首先要仔细阅读实验讲义，复习有关的理论，明确实验目的和要求，很好地了解实验原理与实验方法，在此基础上简要地写一份预习报告，预习报告的内容包括(1)实验名称，(2)实验主要内容；(3)实验设备（在实验时记入）；(4)实验记录表格（数据在实验时记入）

2. 实验室工作进行

良好的工作方法与操作程序，是使实验工作进行顺利，有效而安全的要素。进行实验工作时，实验者自始至终要精神贯注，仔细而冷静，任何草率与急躁，都可能导致损失与失败。在实验室的工作中，应注意下列几点：

(1) 仪器设备的配备与检查

每次实验开始时，应把实验中所需用仪表设备配齐，并检查其类型及量程是否合用，有些仪表还要检查指针是否在零位，所使用仪表设备的编号，应一一登记录纸上。

(2) 联接电路

首先应该把仪表和设备布置得便于操作和读取收据，然后进行

接线，接线时，宜将按电路图先接主要串联电路（由电源的一端开始，顺次而行，再回到电源的另一端。）然后再连接分支电路，主次不分的情况是容易发生错误的，遇到较复杂电路时，可以把电路分成几个简单的组成部分。先把各组成部分分别连接好，再按次序把这些组成部分连接成最后的电路，接头应足够紧密，仪表设备的放置，要注意避免可能发生的相互影响（如磁场影响等）。接完线后必须检查一遍，如有错误，应立即纠正。

电路与电源的接通。实验的实际操作为测量，是在电路接受检查无误后进行的。

(3) 设备的操作与数据的记录

实验设备的操作，要在了解设备性能及使用万法后进行，这样才能使设备运行得正常，实验进行得顺利，数据应记录在事先准备好的表格中，不能零乱与无序地记录。在许多情况下，为了减少误差，往往需要重复实验并重新读取数据，有时在操作或读数与记录中，需要适当的分工与合作。

当需要把读数绘成曲线时，读数的多少和分布情况，应以足够而异。在曲率较大处应多读几点。在曲率较小处则可少读几点。读取数据后，可先把曲线粗略地描绘一下，如发现不足之处，就应进行补读。

电路应在检查记录数据没有遗漏或没有不合理的情况后予以拆除，以便在必要时补遗或修正。

(4) 人身与设备的安全

在实验过程中，应随时注意安全，避免造成危险与不必要的损失。当电路接通电源后，千万不可用手触及带电部分，改接或拆除电路时，必须先把电源断开。即使在电压较低时也应这样做，借以养成良好的习惯。当有不正常现象或事故发生时，应首先切断电源，然后再进行检查。使用仪表设备时，切忌违反使用方法，尤要注意不得超过仪表设备的标度值，电路拆除后，仪表设备应归放原处。

3. 实验报告

实验报告应在整理与计算实验记录的基础上写出其内容如下：

实 验 报 告

姓名学号

班级：

实验组别

同组人

实验日期

实验编号

实验名称

一、实验目的

二、原理简述

三、实验内容

四、实验电路图

五、实验设备

六、实验结果(经过整理的数据及计算结果(列表表格))

七、讨论及结论

在绘制矢量(标量)图与曲线图时,要求整洁匀称,并注明名称,应绘在方格纸上,曲线图的坐标轴,其交点并不一定是 $(0, 0)$ 点,坐标轴上应注明代表的物理量的符号,比例尺的选取,应以便于数据的表示及计算,并便于插入其他数值为原则,坐标轴上须注明单位,每隔数格应标出一单位,每格所代表的数量宜取1, 2, 5, 10, 或其倍数。实验数据需在坐标纸上用“○”“×”“△”等符号标出。连接曲线时应使曲线光滑,而不必使通过所有的点子,未被曲线所通过的点子应大致均匀地分布在曲线的两侧。

在做实验报告时,往往遇到测量与计算的准确性问题。现将略阐述如下:

(1) 误差

由于测量仪表本身的限制与观察上的出入以及其他偶然的影响

量上的错误是难以避免的。这些误差可依靠人为的办法使之尽可能减少。在同一条件下，对同一测量对象可进行多次测量并取其平均值。

$$N = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_K}{K}$$

则平均值被认为是比较接近于真实值的。这就是我们在许多情况下往往要进行多次测量的理由。

每一次的测量值与平均值之差的绝对值，即为该次测量的绝对误差。如进行 K 次测量，则绝对误差分别为：

$\Delta N_1 = N_1 - N$ $\Delta N_2 = N_2 - N$, $\Delta N_K = N_K - N$, 而其平均绝对误差为：

$$\Delta N = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \dots + \Delta N_K}{K}$$

测量结果可记为 $N \pm \Delta N$ 。当被测的量有公认值时，则 $\Delta N =$ 公认值—平均值。

$\frac{\Delta N}{N}$ 叫做平均相对误差，实验的准确程度是用相对误差来表示的。

测量中误差的发生，往往涉及仪表量程的选择，如果程小于被测量的量，则不但得不到读数，且有损仪表的危险。但是，量程也不宜太大，否则所得的读数可能误差很大。事实上，仪表准确度的级数，等于最大绝对误差除以仪表量程的百分数的绝对值，而此最大绝对误差可能发生在取得读数的点上。例如对量程为1安，准确度为1级的安培计而言，其最大绝对误差为 $\pm \frac{1 \times 1}{100} = \pm 0.01$

安，如果用它测量0.1安的电，则在0.1安刻度处的绝对误差

有可能为0.1安，因此相对误差就可能是 $\pm \frac{0.01}{0.1} = \pm 10\%$

了。这样大的误差，显然是不相宜的。

一般来说，对刻度均匀的仪表，在选择量程时，应注意到指针所指的刻度不宜小于其最大刻度的30%，对刻度不均匀的仪表，则不宜小于40%。

(2) 有效数字

在许多情况下，被测的量通过测量仪表的指示而表现其大小时，仪表上的指示点的位置并不恰好与仪表刻度符合，这就需要用估计法来帮忙，估计法就是在仪表刻度的最小分度下，再凭目力和经验

来估计一位数字。这个估计出来的数字称欠准数字。超过一位欠准数字。估计是没有意义的。

在实验数据的记录中，有效数字是包括而且仅包括一位由估计而得的欠准数字的。在记录有效数字时应注意下列几点：

(1) 有效数字的位数与小数点无关，例如4567与45.67都是四位有效数字。

(2) “零”在数字之间或数字之末，算作有效数字，在数字之前不算是有效数字。例如：1.02、3.04、500都是三位有效数字，而0.012只有二位有效数字。4.50和4.5的意义不同，前者中的5是准确数字，0是欠准数字，而后者中的5为欠准数，所以在4.50中的0字不可省略。

(3) 遇到大数或小数字时，有效数字的记法如下： 4.6×10^3 、 4.60×10^3 分别为二位及三位有效数字，不可认为具有同一准确度。小的数字如0.0046可写作 4.6×10^{-3} 。

以有效数字进行运算时，其运算结果的记法，根据有效数字的定义有下列两个基本原则：

(1) 只保留一位欠准数字；

(2) 去掉第二位欠准数字时要用四舍五入法。

几个数相加或相减，其最后的得数在小数点以后的位数，应保留与几个数中最小数点后数字^最小的一个相同的位数，例如：

$11 \cdot 22 + 33 \cdot 4 = 44 \cdot 6$ 。几个数字相乘除时，其最后得数只需要保留几个数中位数最少的一个相同的位数，但有时需要多保留一位，有时需要少保留一位。例如： $44 \cdot 01 \times 2 \cdot 11 = 92 \cdot 9$ 及 $2 \cdot 537 \times 6 \cdot 33 = 16 \cdot 07$ ，保留更多的位数不但毫无意义，而且会使人们对实验的准确程度作过高的估计，这也是不许可的。

实验一、 电路元件的伏安特性

一、实验目的

1. 学习直流仪表设备使用方法
2. 掌握电阻和直流电源的伏安特性测定方法並加深对特性的理解

二、实验原理和说明

电路元件的特性通常用其端电压和电流之间的关系来表示，称之为外性或伏安特性。

1. 线性电阻元件的伏安特性服从欧姆定律 $V = IR$ ，其电阻 R 的值不随电压或电流的变化而改变，它的特性曲线为通过坐标原点的直线。

2. 二极管是一种非线性电阻元件，其电阻值随着电压和电流的大小和方向变化改变，它的特性呈非线性。

3. 电压源是一种理想化的电源模型，其端电压与电流的变化无关。直流电压源的特性是平行于电流坐标轴的直线，当一个实验电源在工作范围内电阻很小时，就可以近似当做一个电压源。在该实验中用晶体管直流稳压电源当做电压源。

4. 电流源是另一种理想化的电源模型，其电流与电压的变化无关，直流电流源的特性是平行于电压坐标轴的直线。在该实验中用晶体管直流稳流电源当做电流源。

5. 实际电源具有内阻，其特性是通过电源开路电压和短路电流两点的直线。

三、实验内部和步骤

1. 测定线性电阻的伏安特性

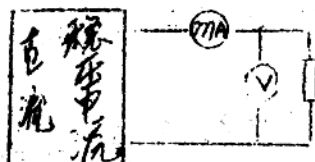


图 1—1

V (V)	0	2	4	6	8	10
I (mA)						

表 1—1

按图 1—1 接好线路，改变直流稳压电源的输出电压，测定电阻 R 的电压和电流并记入表 1—1 中。

• 2. 观测二极管伏安特性曲线（由教师用晶体管特性图示仪演示）

3. 测定晶体管直流稳压电源的伏安特性

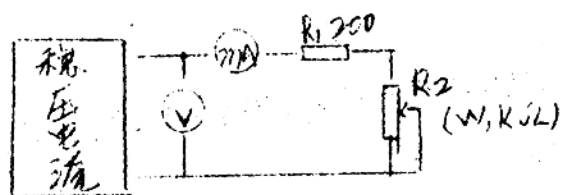


图 1-2

$I \text{ (mA)}$	0	10	20	30	40	50
$V \text{ (V)}$	10					

表 1-2

按图 1-2 接好线路，负载电阻是 R_1 和 R_2 的串联， R_1 是限流电阻， R_2 是可变电阻。先把 R_2 置接大后接通电源并调节使之输出电压 $V = 10 \text{ (V)}$ 逐次减小电阻 R_2 ，读取各电流下相应的电压值记入表 1-2 中。

4. 测定实际电源的伏安特性

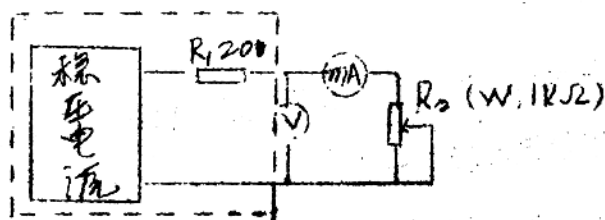


图 1-3

按图 1-3 接线，被测实际电源由稳压电源和内阻 R_1 构成，

R_L 为负载电阻，测试过程似上3，记录表格同表1-2

5. 测定晶体管直流稳流电源的伏安特性

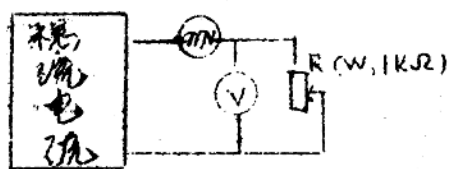


图1-4

V (V)	0	1	2	3	4	5
I (mA)	10					

表1-4

按图1-4接好线

将电阻R置零，然后接通电源并调节使输出电流 $I = 10$ (mA) 逐次增加电阻R的值并读取各电压值下相应的电流记入表1-4中。

四、仪器设备

1. 晶体管直流稳压电源一台
2. 直流毫安表一块
3. 直流电压表 (或万用表) 一块
4. 晶体管直流稳流电源一台

5. 滑线变阻器 ($0 \sim 1 \text{ k}\Omega$) 一只或电阻器 ($1 \text{ W} \cdot 1 \text{ k}\Omega$) 一只。

6. 直流电路实验板一块 (本实验用 $1 \text{ k}\Omega$, 210Ω 电阻各一只)。

五、注意事项

1. 直流电表极性不可接错

2. 稳压电源不可短路, 限流电阻 R , 不可漏掉。

六、预习要求 (略)

实验二 基尔霍夫定律和迭加定理

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律和迭加定理
2. 学习电路连接方法

二、实验原理和说明

1. 基尔霍夫定律是电路的基本定律，其内容是：对于节点 $\sum I = 0$ ，对于回路 $\sum V = 0$

2. 迭加定理是线性电路的重要定理，其内容是：线性电路各响应（电流、电压）等于每个激励（独立电源）单独作用时的响应的迭加（总和）

三、实验内容步骤

1. 验证基尔霍夫定律

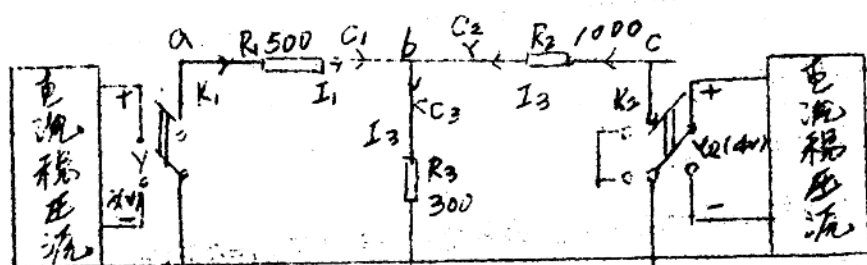


图 2-1

按图 2-1 接线， C_1, C_2, C_3 是电流表插口， K_1, K_2 是双刀

双掷开关。先把 K_1, K_2 合向短路线一边。

调节稳压电源使 $V = 8(V)$, $V = 4(V)$, 把 K_1, K_2 掷向电源一边。测定各电流电压:

测量电流: 先把毫安表置于大量程, 后将电源表插头插入电流表插口判别电源极性, 改正接法后再选择适当量程测量各电阻支路的电流记入表 2-1 中。

测量各元件电压, 将读数记入表 2-1

表 2-1

$I_1 (mA)$	$I_2 (mA)$	$I_3 (mA)$	验证 $\sum I = 0$ (关于节点 b)	
$V_{ab} (V)$	$V_{bc} (V)$	$V_{cd} (V)$	$V_{ad} (V)$	$V_{ba} (V)$
验证 $\sum V = 0$				
回路 abda		回路 abda		

2. 验证迭加定理

实验电路也如图 2-1。

首先把 K_2 掷向短路线一边, K_1 掷向电源一边 ($V_{S1} = 8V$), 测量各电阻的电压、电流, 记入表 2-2。

再把 K_1 掷向短路线一边, K_2 掷向电源一边 ($V_{S2} = 4V$), 测量各电阻的电压、电流。记入表 2-2 中。

表 2-2

V_{S1} 单独作用下	$I_1(\text{mA})$	$I_{21}(\text{mA})$	$I_{31}(\text{mA})$	$V_1(\text{V})$	$V_{21}(\text{V})$	$V_{31}(\text{V})$
各电压、电流 I_1, V_1						
V_{S2} 单独作用下	$I_1(\text{mA})$	$I_{22}(\text{mA})$	$I_{32}(\text{mA})$	$V_2(\text{V})$	$V_{22}(\text{V})$	$V_{32}(\text{V})$
各电压、电流 I_1, V_1						
* V_{S1}, V_{S2} 共同作用下	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$	$V_1 = V_{ab}(\text{V})$	$V_2 = V_{bc}(\text{V})$	$V_3 = V_{bd}(\text{V})$
各电压、电流 V_2, I_2						
总电流 I_2						
迭加原理						

- V_{S1}, V_{S2} 共同作用下各电压、电流已在 1 中测得。

四、仪器设备

1. 晶体管直流稳压电源二台
2. 直流毫安表一块
3. 直流电压表 (或万用表) 一块
4. 直流电路实验板一块 (用电阻) $k\Omega$ 500Ω 300Ω 各一个)。

五、注意事项

1. 改接电路前断开电源。
2. 电流、电压的参考方向要选定, 测得读数的正负要与选定的