

实验名称 设计万用表实验

姓名 学号 10182XXX 专业班 实验班 XXX 组号 教师 陈学谦 张震

成绩 批阅教师签名 批阅日期

实验内容包括: 实验目的,原理,仪器,操作步骤,数据记录与处理, 分析讨论

实验目的: 设计万用表

原理: 1. 直流电流档

当选择开关拨到 mA 档时, 万用表示一个多量程毫安表。它是利用不同的分流电阻与表头并联, 达到扩大量程的目的。设电流表头原量程为 I_g , 内阻为 R_g , 扩程后的量程为 I , 则分流电阻由式 (1) 决定。

$$R_s = \frac{I_g * R_g}{I - I_g} = \frac{1}{N - 1} R_g \quad (1)$$

式中:

R_s --- 不同量程时需并联的分流电阻;

N --- ($N = \frac{I}{I_g}$) 为电表扩程的倍率。

由式 (1) 可知, 电表扩程倍率越大, 分流电阻越小。图 3 是电流扩程的原理图 (R_s 分别由 R_{s1} , R_{s2} , R_{s3} ... 组成)。

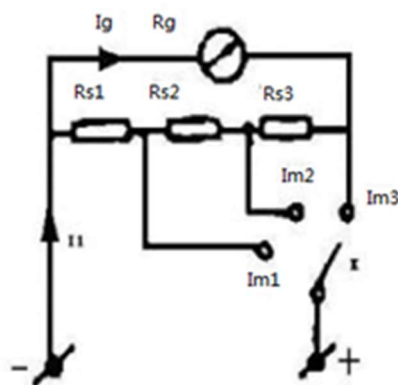


图 3 电流扩程原理

2. 直流电压档

档位选择开关拨至 V 档时，万用表就是一个多量程直流电压表，电流表配上附加电阻 R_0 即可组成电压表， R_0 的数值由式（2）决定

$$R_0 = \frac{V_M}{I_g} - R_g \quad (2)$$

式中：

V_M --- 需要改装成电压表的满量程值；

I_g --- 电流表的满量程值（如 50mA 或 100mA）。

由式（2）可知，附加电阻 R_0 的大小由扩程后电压的满度值决定。量程越大， R_0 就越大，

图 4 是直流电压档的电路原理图（ R_0 分别为 R_f ， R_{f1} ， R_{f2} …组成）。

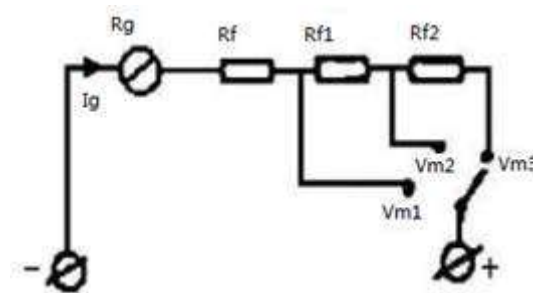


图 4 直流电压档的电路原理图

3. 电阻（欧姆）档

欧姆计的原理性电路图如图 5，其中虚线框部分为欧姆计， E 为电源（干电池），表头内组为 R_g ，满刻度电流为 I_g ， R 为限流电阻， a 和 b 为两接线柱（表笔插孔）， R_x 为待测电阻。由

欧姆定律可知，电路中的电流 I_x 由式（3）决定：

$$I_x = \frac{E}{R_g + R + R_x} \quad (3)$$

对于给定的欧姆计（ R_g ， R ， E 已给定）， I_x 仅由 R_x 决定，即 I_x 与 R_x 之间有一一对应的关系，

如图 6。在表头刻度上，将 I_x 标示成 R_x ，即成欧姆计。

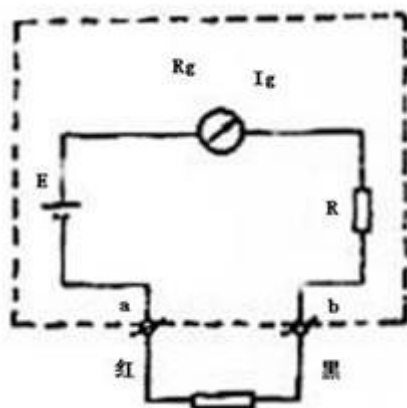


图 5 欧姆计的原理性电路图

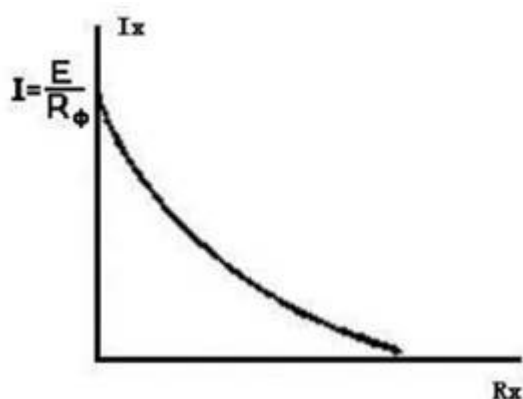


图 6 I_x 与 R_x 对应关系

由图 6 和式 (3) 可知, 当 R_x 无穷大时, $I_x = 0$, 指针指在 $I_x = 0$ 处 (对应于 $R_x = \infty$); 当 $R_x = 0$ 时, 回路中电流最大, 如式 (4)。电路设计时, 使表头为满度值 (对应于 $R_x = 0$)。

$$I_x = I = I_{max} = \frac{E}{R_g + R} \quad (4)$$

由此可知:

(1) 当 $R_x = R_g + R$ 时, $I_x = \frac{1}{2}I_g$, 指针正好位于满刻度的一半, 即欧姆计标尺的中心电阻值, 它等于该欧姆计的总内阻。这就是欧姆中心的意义, 可将式 (3) 改写成式 (5):

$$I_x = \frac{E}{R_0 + R_x} \quad (5)$$

(2) 改变中心电阻 R_0 的值, 即可改变电阻档的量程。如 $R_0 = 100\Omega$, 测量范围为 20 至 500 Ω ; $R_0 = 1000\Omega$, 测量范围为 200 至 5000 Ω , 如此类推。

(3) 由式 4 和图 6 可知, I_g 与 $R_0 + R_x$, 是非线性关系。当 $R_x \ll R_0$ 时, 有 $I_x \approx \frac{E}{R_0} = I_g$,

此时偏转接近满刻度, 随 R_x 的变化不明显, 因而测量误差大; 当 $R_x \gg R_0$ 时, $I_x \approx 0$, 因而测量误差也大。所以, 在实际测量时, 只在 $\frac{1}{5}R_0 < R_x < 5R_0$ 的范围, 测量才比较准确。

(4) 由于电源在使用过程中会变化, 因此用 R 来经常调零 ($R_x = 0, I_x = I_{max}$)

仪器: 1.5V 电池、微安表、六档位多档开关、四个 99999.9 型电阻箱、表笔、待测信号箱、单刀开关。

操作步骤:

(1) 主窗口介绍

成功进入实验场景窗体, 默认进入第一个实验内容 “电压表改装实验”, 实验场景的主窗体如下图组所示:

电压表改装实验主场景图

(2) 电压表改装实验

1) 实验连线

当鼠标移动到实验仪器接线柱的上方, 拖动鼠标, 便会产生 “导线”, 当鼠标移动到另一个接线柱的时候, 松开鼠标, 两个接线柱之间便产生一条导线, 连线成功; 如果松开鼠标的时候, 鼠标不是在某个接线柱上, 画出的导线将会被自动销毁, 此次连线失败。根据串联分压原理, 自行设计电路并正确连线, 完成连线操作, 根据电路图连接好电路, 然后在数据表格中点击 “连线” 模块下的 “确定状态” 按钮, 保存连线状态。

2) 微安表调零

双击打开微安表面板, 通过鼠标左击或者右击调零旋钮, 使微安表指针指向零刻度线位置, 完成微安表调零。

调零后的微安表视图

3) 计算分压电阻值

实验中要求学生必须使用微安表的 $500\mu A$ 档位进行实验改装。根据改装的量程 (实验中要求将微安表改装为量程为 5V 的电压表), 从微安表表盘上读取表头内阻为 560Ω 。设微安表使用的电流档位的满偏电流为 I_0 , 表头内阻为 R_0 , 改装后的电压表满偏量程为 V, 分压电阻

为 R' ，则由分压公式得： $R' = \frac{V}{I_0} - R_0$ 。

4) 调节电阻箱

双击打开电阻箱窗体，用鼠标点击阻值调节旋钮，调节电阻箱，使电阻箱的阻值等于计算得到的分压电阻值。

电阻箱调节视图

5) 测量待测信号箱的未知电压值

将改装好的电压表通过表笔连接到待测信号箱的“V”字上面的接线柱（注意正负极的连接），并将多档开关置于所使用的档位，根据改装后的电压表测量出未知信号的直流电压值，并将测量结果填写到数据表格中。

实验过程中，及时记录所测量的数据，并填写到数据表格中对应的位置，完成数据表格。

(3) 电流表改装实验

在实验内容栏中，用鼠标点击电流表改装实验，进入到电流表改装实验主场景

电流表改装实验主场景视图

1) 线路连接

当鼠标移动到实验仪器接线柱的上方，拖动鼠标，便会产生“导线”，当鼠标移动到另一个接线柱的时候，松开鼠标，两个接线柱之间便产生一条导线，连线成功；如果松开鼠标的时候，鼠标不是在某个接线柱上，画出的导线将会被自动销毁，此次连线失败。根据并联分流原理，自行设计电路并正确连线，完成连线操作。

根据电路图连接好电路，然后在数据表格中点击“连线”模块下的“确定状态”按钮，保存连线状态。

2) 微安表调零

双击打开微安表面板，通过鼠标左击或者右击调零旋钮，使微安表指针指向零刻度线位置，完成微安表调零。（见电压表改装实验中微安表调零）

3) 计算分流电阻值

实验中要求学生必须使用微安表的 $500\mu\text{A}$ 档位进行实验改装。根据改装的量程（实验中要求将微安表改装为量程为 10mA 的电流表），从微安表表盘上读取表头内阻为 560Ω 。设微安表表头内阻为 R_0 ，满偏电流为 I_0 ，改装后的电流表满偏量程为 I' ，分流电阻为 R' ，则由分

流公式得： $R' = \frac{R_0 \times \frac{I_0 \cdot R_0}{I'}}{R_0 - \frac{I_0 \cdot R_0}{I'}}$

数据表格中要求改装的电流表量程

微安表表头参数值

4) 调节电阻箱

双击打开电阻箱窗体，用鼠标点击阻值调节旋钮，调节电阻箱，使电阻箱的阻值等于计算得到的分流电阻值。

电阻箱调节视图

5) 测量待测信号箱的未知电流值

将改装好的电流表通过表笔连接到待测信号箱的 “I” 字上面的接线柱（注意正负极的连接），并将多档开关置于所使用的档位，根据改装后的电流表测量出未知信号的直流电流值，并将测量结果填写到数据表格中。

实验过程中，及时记录所测量的数据，并填写到数据表格中对应的位置，完成数据表格。

（4）欧姆表改装实验

在实验内容栏中，用鼠标点击欧姆表改装实验，进入到欧姆表改装实验主场景，如下图：

欧姆表改装实验主场景视图

根据数据表格中的实验要求，进行欧姆表改装实验

1) 线路连接

当鼠标移动到实验仪器接线柱的上方，拖动鼠标，便会产生 “导线”，当鼠标移动到另一个接线柱的时候，松开鼠标，两个接线柱之间便产生一条导线，连线成功；如果松开鼠标的时候，鼠标不是在某个接线柱上，画出的导线将会被自动销毁，此次连线失败。根据欧姆定律，自行设计电路并正确连线，完成连线操作

2) 微安表调零

双击打开微安表面板，通过鼠标左击或者右击调零旋钮，使微安表指针指向零刻度线位置，完成微安表调零。（见电压表改装实验中微安表调零）

3) 欧姆档调零

先将电阻箱 1、电阻箱 2 阻值调节到最大（保护微安表），并将表笔短接，调节多档开关档位使电路导通；再调节电阻箱 1 阻值，使微安表恰好满偏，指针指向满量程刻度线位置，即完成欧姆档调零。

4) 欧姆档校准

将电阻箱 3（电阻箱 4 也可以）从仪器栏中拖放到实验桌面上，取消表笔上的短路连线，并将表笔连接到电阻箱 3 上，同时调节电阻箱上的值为 100Ω 作为校准电阻

打开电阻箱 2 调节窗体和微安表窗体，调节电阻箱 2 的阻值，使微安表指针恰好指向微安表下半部分表盘上标定好的 100Ω 刻度线（注意在调节过程中不要再改变电阻箱 1 的阻值），此时即完成欧姆表的校准，如下图：

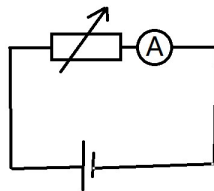
5) 测量待测信号箱的未知电阻值

将改装好的欧姆表通过表笔连接到待测信号箱的 “ Ω ” 字上面的接线柱（待测电阻不分正负极），并将多档开关置于所使用的档位，根据改装后的欧姆表测量出待测信号箱上的未知电阻值，并将测量结果填写到数据表格中。

实验过程中，及时记录所测量的数据，并填写到数据表格中对应的位置，完成数据表格。

数据记录与处理

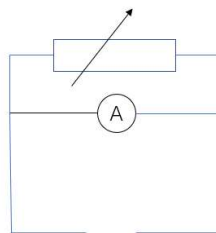
一，电压表改装



$$R' = \frac{V}{I_0} - R_0, \quad V=5V, \quad I_0=500\mu, \quad R_0=560\Omega, \quad R'=9440\Omega$$

测量得到待测电压 $3.6V$

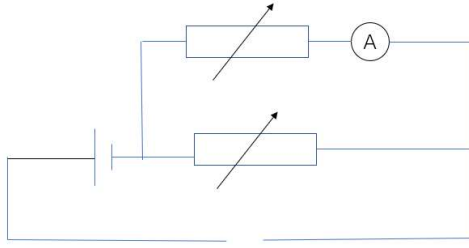
二，电流表改装



$$R' = \frac{R_0 * \frac{I_0 * R_0}{I'}}{R_0 - \frac{I_0 * R_0}{I'}}, \quad R_0=560\Omega, \quad I_0=500\mu, \quad I'=10mA, \quad \text{计算得 } R'=29.5\Omega$$

测量得到待测电流 $0.00315A$

三，欧姆表改装



调零电阻：R=2441.9 Ω

校准电阻：43.8 Ω

测量得到待测电阻 200 Ω