中学工业基础知识读物

电子技术基础

第1册

上海人民出版社

电子技术基础
(第一册)
上海师范大学中教组物理教研组编
上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)
新华书店上海发行所发行　上海市印刷六厂印刷
开本 787×1092 1/32　印张 6.875　字数 142,000
1975年6月第1版　1975年6月第1次印刷
印数 1-110,000

统一书号: 7171·568　　定价: 0.41 元

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

编 写 说 明

为了配合《工业基础知识》(电子技术)部分的教学需要，在广大工农兵群众和革命师生的关怀与支持下，我们编写了这本参考读物。本书的内容取材和体系编排参照《工基》教材，全书共分三册，第一册介绍电路基础知识和整流、滤波电路；第二册讲述放大电路和稳压电源；第三册介绍电子自动控制的原理和在生产实践中的应用。有关晶体管收音机的内容，由于目前参考书比较多，故本书不作介绍。

本书是我们对上海市中学工基教师巡回辅导和举办学习班的过程中逐步编写出来的，我们希望它对《工基》教学有所裨益。但由于我们思想和业务水平有限，缺点、错误一定不少，欢迎读者提出批评意见。

上海师范大学中教组物理教研组

一九七四年八月

目　　录

第一章 直流电路

第一节 欧姆定律

欧姆定律：电阻 R 两端的电压 U 和通过该电阻的电流 I 成正比，用公式表示是

$$U=IR \tag{1-1}$$

式中，U 的单位是伏特(V)，I 的单位是安培(A)，R 的单位是欧姆(Ω)。

如果电流 I 是从图 1-1 中的 M 点流入，而从 N 点流出，那么我们说 M 点的电位高于 N 点的电位，M 点与 N 点之间的电位差，就是这二点的电压 U。电位差有时也叫电压降，它的方向如图中 U 的箭头所示。

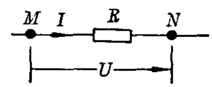


图 1-1

电阻 R 两端的电压 U 和通过它的电流 I 的关系，也可以用图线来表示。假定 $R=10\,\Omega$，我们以电压 U 为纵轴，以电流 I 为横轴，就可以得到图 1-2 所示的图线。当 R 取另一个数值时，U 和 I 是通过原点 0 的另一条直线。在这种情况下，我们说 U 和 I 成线性关系，电阻 R 是一个线性元件。假如电压 U 和电流 I 的图线不是直

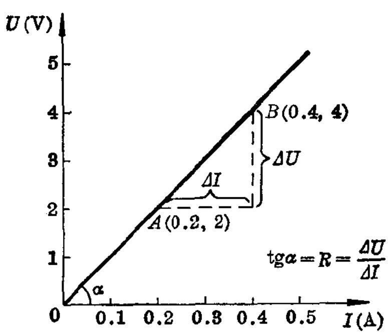


图 1-2

线，那么我们就说它们是非线性的，这种情况我们在后面讨论晶体二极管和三极管时就会看到。在本章里我们只讨论由线性元件组成的电路，即线性电路。当我们取不同的R时，U和I的关系虽然都是通过原点的直线，但是它们的斜率是不同的。为了求出直线的斜率，我们可以在图1-2的直线上任取二点，如$A(0.2, 2)$和$B(0.4, 4)$，直线的斜率为

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{\Delta U}{\Delta I}=\frac{4-2}{0.4-0.2}=\frac{2}{0.2}=10$$

式中，ΔU是A点和B点电压的差，ΔI是这二点电流之差。可以看到，这条直线的斜率就等于电阻$R=10\,\Omega$。R越大，$\operatorname{tg}\alpha$也越大。

如果我们以U为横轴、以I为纵轴，这时，它们的关系也仍然是通过原点的一条直线，不过这条直线的斜率不等于电阻R，而应该等于$1/R$（图1-3）。

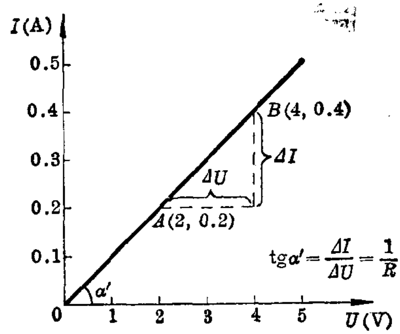


图 1-3

电压、电流和电阻的单位除了分别用伏特、安培和欧姆之外，还常用它们的1/1000、$1/10^6$或1000倍、10^6倍表示，它们的名称和换算关系如表1-1所示。

表 1-1

电流 (I)	安培 (A)	毫安(mA) 1 mA$=10^{-3}$A	微安(μA) 1μA$=10^{-3}$mA$=10^{-6}$A
电压 (U)	伏特 (V)	毫伏(mV) 1 mV$=10^{-3}$V	微伏(μV) 1μV$=10^{-3}$mV$=10^{-6}$V
电阻 (R)	欧姆 (Ω)	千欧(kΩ) 1 k$\Omega=10^3\Omega$	兆欧(MΩ) 1 M$\Omega=10^3$k$\Omega=10^6\Omega$

应该注意，在应用欧姆定律(1-1)式时，不论 U、I 和 R 用什么单位，我们都应该把电压换算成伏特，电流换算成安培，电阻换算成欧姆，这样才会得到正确的结果。

第二节　电阻的串联和并联

实际遇到的电路往往是比较复杂的，但是经过分析后，大多可以归纳为串联电路和并联电路(当然不是全都可以，例如桥式电路就不能这样分析)，因此掌握电阻的串联和并联，对处理具体的电路是很有帮助的。

1．电阻的串联

在 R_1 和 R_2 串联的电路(图1-4)中，从 A 流入的电流 I 应该等于从 C 流出的电流 I。这一点是容易理解的，因为 A、C 之间没有其他的分路，所以流过 R_1 的电流必然等于流过 R_2 的电流，根据(1-1)式

$$U_{AB}=IR_1 \quad U_{BC}=IR_2$$

另一方面，A 与 C 之间的电位差 U_{AC} 应该等于 $U_{AB}+U_{BC}$，这是因为 U_{AC} 是 A 点高于 C 点的电位，它当然应等于 A 点高于 B 点的电位即 U_{AB}，再加上 B 点高于 C 点的电位即 U_{BC}，所以

$$U_{AC}=U_{AB}+U_{BC}=IR_1+IR_2=I(R_1+R_2)$$

如果我们不是把二个电阻 R_1 和 R_2 串联起来接在 A、C 两点之间，而是把一个电阻 R(其阻值等于 R_1+R_2)接在 A、C 之间，那么流过 R_1、R_2 的电流跟流过 $R=R_1+R_2$ 的电流大小是完全一样的，因此我们说电阻 R 跟 R_1+R_2 是等效的。所谓等效，就是用 R 代替 R_1+R_2 并不会改变电路其他部分的工作状态(即电路其他各点的电位和电流)。图 1-4 中的符号 ⇒ 表示等效的意思。

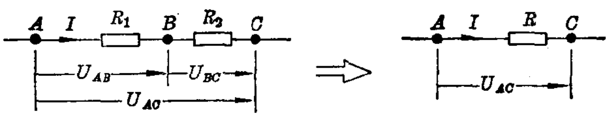


图 1-4

同样，如果有更多的电阻(R_1、R_2、R_3……)串联在一起，接在电路中的 A、C 二点之间，我们也可以用一个电阻 R 来代替它，R 的阻值是

$$R=R_1+R_2+R_3+\cdots\cdots \tag{1-2}$$

R 和这一组串联的电阻也是等效的。

由于 $U_{AB}=IR_1 \quad U_{BC}=IR_2 \quad U_{AC}=I(R_1+R_2)$

我们还可以得到

$$\frac{U_{AB}}{U_{BC}}=\frac{R_1}{R_2} \tag{1-3}$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{U_{BC}}{U_{AC}}=\frac{R_2}{R_1+R_2} \quad 或 \quad U_{BC}=U_{AC}\times\frac{R_2}{R_1+R_2}\\ \frac{U_{AB}}{U_{AC}}=\frac{R_1}{R_1+R_2} \quad 或 \quad U_{AB}=U_{AC}\times\frac{R_1}{R_1+R_2}\end{aligned}\right\} \tag{1-4}$$

(1-3)式说明在串联电路中，各个电阻两端的电压跟电阻阻值成正比；(1-4)式说明某个电阻两端的电压跟总电压的比等于这个电阻值跟总电阻值的比。在实践中我们经常利用串联电

路来改变输出电压，图 1-5 和图 1-6 所示的都是常见的例子。在图 1-6 中，我们用可变电阻 R 来进行分压，设滑动端与 A 点的电阻值为 R_1，与 B 点之间的电阻值是 R_2，当滑动端移动时，它的总阻值并没有改变(当然要求输出端 B、C 之间没有接电阻，或者所接电阻比 R 大得多时，才近似地准确)，但是输出电压 U_0 却因 R_2 的改变而改变，$U_0=U_i\times\frac{R_2}{R_1+R_2}=U_i\times\frac{R_2}{R}$。当滑动端在最下面时，因为 $R_2=0$，所以输出电压 $U_0=0$；当滑动端在最上面时，$R_2=R$，所以输出电压 $U_0=U_i$。这种电路常用在扩音机和收音机的音量控制电路中。

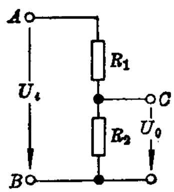


图 1-5

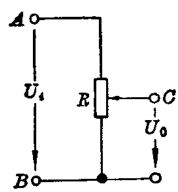


图 1-6

2. 电阻的并联

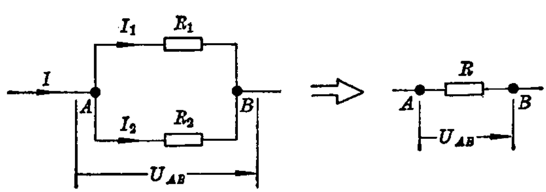


图 1-7

在图 1-7 中，R_1 和 R_2 并联，R_1 和 R_2 两端的电压都等于 U_{AB}，自 A 点流入的电流 I 分成二路，一路 I_1 从支路 R_1 流过，另一路 I_2 从支路 R_2 中流过，然后于 B 点会合后流出去，显然

$$I_1+I_2=I$$

根据欧姆定律(1-1)式

$$I_1=\frac{U_{AB}}{R_1} \quad I_2=\frac{U_{AB}}{R_2}$$

所以 $\quad I_1+I_2=I=\frac{U_{AB}}{R_1}+\frac{U_{AB}}{R_2}=U_{AB}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$

我们把式中的 $\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$ 写成 $\frac{1}{R}$,则

$$U_{AB}=I\cdot\frac{1}{\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}=I\frac{1}{\frac{1}{R}}=IR$$

此式表明：如果我们把图 1-7 中 A、B 两点之间的并联电阻 R_1 和 R_2 换成一个电阻 R，其阻值

$$R=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2} \quad 或 \quad \frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

那么流过 R 的电流跟流过 R_1 和 R_2 的总电流是完全一样的，它也不会改变电路其他各部分的工作状态,因此我们说 R_1 和 R_2 并联后跟 R 是等效的。

当然,如果有更多的电阻(R_1、R_2、R_3……)并联在一起，我们也可以用一个电阻 R 来代替它，R 的倒数应等于各并联电阻的倒数之和,即

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots \tag{1-5}$$

并联后的总电阻 R 比 R_1, R_2, R_3……中任何一个电阻都小。

从前面的关系式还可以看到，由于流过各并联电阻的电流分别为

$$I_1=\frac{U_{AB}}{R_1},\qquad I_2=\frac{U_{AB}}{R_2}$$

所以
$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1} \tag{1-6}$$

即流过并联电阻中各个电阻的电流跟电阻的阻值成反比，电阻越小，流过的电流越大。

又因为
$$I=I_1+I_2=\frac{U_{AB}}{R}$$

所以

$$\left.\begin{aligned}\frac{I_1}{I}=\frac{R}{R_1}\quad 或\quad I_1=I\times\frac{R}{R_1}=I\times\frac{R_2}{R_1+R_2}\\ \frac{I_2}{I}=\frac{R}{R_2}\quad 或\quad I_2=I\times\frac{R}{R_2}=I\times\frac{R_1}{R_1+R_2}\end{aligned}\right\} \tag{1-7}$$

式(1-7)表明：流过某一电阻的电流跟总电流之比等于并联后的总阻值跟该电阻阻值之比。

第三节　伏特计和安培计扩大量程的方法

测量直流电压用的伏特计和测量直流电流用的毫安计或安培计一般都是用微安表加装适当的电阻后制成的。在扩大量程之前，首先要知道表头的二个主要参数：一个是表头的量程 I_g(又称满刻度电流)，就是指针指到满刻度时流过表头的电流；另一个是表头的内阻 R_g。如果表头的量程不清楚，可以用图 1-8 所示的电路来进行测量。图中 M_1 是待测量程的表头，M_2 是一只标准的微安计，改变电阻 R 使 M_1 的指针达到满刻度，这时从 M_2 上读出电流 I_g，就是表头 M_1 的量程。如果表头的内阻不清楚，可以用图 1-9 所示的办法来进行测量。先将 K

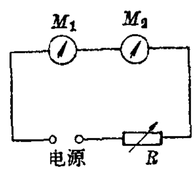


图 1-8

打开，调节 R_1，使表头的指针达到满刻度。然后固定 R_1，同时将 K 接通，由于 R 并联在表头上，从电源流出的电流一部分为 R 所分路，因此表头 M 的指针向左偏转，读数减小。现在我们调节 R，使 M 的指针刚刚指到刻度的中点，也就是使流过 M 的电流减小到满刻度电流的一半，而另一半电流则从 R 中流过。既然流过 M 的电流跟流过 R 的电流相等，那么此时电阻 R 的数值就是表头的内阻 R_g。当然，这样测内阻有一定的误差，因为并联 R 以后，总电流有所改变。但只要电源电压稍为高一点，R_1 又比 R_g 大得多时，误差就可以忽略不计。

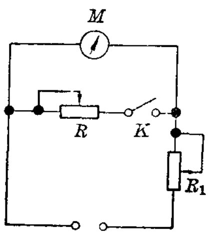


图 1-9

1. 伏特计量程的扩大

假定有一个 $I_g=100\,\mu A$、$R_g=2\,k\Omega$ 的表头，显然当表头两端的电压 $U_g=I_gR_g=100\times10^{-6}\times2\times10^3=0.2\,V$ 时，表头的指针达到满刻度。如果表头两端的电压分别是 $0.02\,V$，$0.04\,V$，$0.06\,V$……$0.2\,V$，那么流过表头的电流 $I'_g=U_g/R_g$ 应分别为 $10\,\mu A$，$20\,\mu A$，$30\,\mu A$……$100\,\mu A$。所以如果把表面换一个，在 $10\mu A$ 处刻 $0.02\,V$，$20\mu A$ 处刻 $0.04V$，$30\,\mu A$ 处刻 $0.06\,V$……$100\,\mu A$ 处刻 $0.2\,V$，这个表头就变成了一个量程为 $0.2\,V$ 的伏特计了。但是工农业生产和科学实验中需要的电压往往比 $0.2\,V$ 高，这就要求扩大上述伏特计的量程。为了扩大伏特计的量程，我们可以在这个表头上串联一只分压电阻 R_U(图 1-10)，如果改变后的量程是 U，那么让一部分电压 $U-I_gR_g$ 降在电阻 R_U 上，而另一部电压 I_gR_g 加在表头两端，即

$$U-I_gR_g=I_gR_U$$

$$\therefore \quad R_U=\frac{U}{I_g}-R_g$$

假定扩大后的量程为 10 V，那么分压电阻上的电压降应为 $10-0.2=9.8$ V，而表头两端电压降仍旧是 0.2 V，这时表头的指针刚好指到满刻度，实际上流过 R_U 和表头的电流都是 $I_g=100\,\mu$A。因此

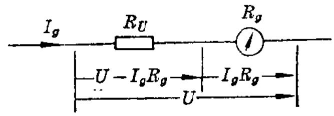


图 1-10

$$R_U=\frac{9.8}{100\times10^{-6}}=\frac{9.8}{10^{-4}}=98000\,\Omega=98\,\text{k}\Omega$$

例 1-1：将一个量程为 200 μA、内阻为 1 kΩ 的微安表改成量程为 10 V、50 V、250 V 的伏特计。

解：设计一个多量程的直流伏特计，可以选用下面两种电路，但不论是那一种电路，当测量的电压为 10 V、50V、250 V 时，表头中流过的电流都是 200 μA，表头两端的电压都是 $U_g=I_gR_g=200\times10^{-6}\times1\times10^3=200\times10^{-3}=0.2$ V。

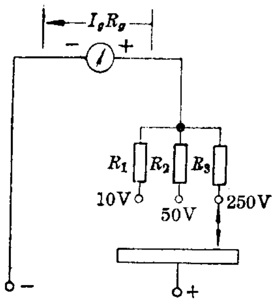
在图 1-11 (甲) 中如果使用量程为 10 V 的一档，当测量电压等于 10 V 时，R_1 两端的电压为 $10-0.2=9.8$ V，流过 R_1 的电流也是 200 μA，因此

$$R_1=\frac{9.8}{200\times10^{-6}}=\frac{4.9}{10^{-4}}=49000\,\Omega=49\,\text{k}\Omega$$

当测量的电压分别为 50 V 和 250 V 时，R_2 和 R_3 上的电压分别是 $50-0.2=49.8$ V 和 $250-0.2=249.8$ V，流过 R_2 和 R_3 的电流都是 200 μA，因此

$$R_2=\frac{49.8}{200\times10^{-6}}=249\,\text{k}\Omega,\quad R_3=\frac{249.8}{200\times10^{-6}}=1249\,\text{k}\Omega$$

在图 1-11 (乙)所示的电路中，使用 10 V 的量程来测量



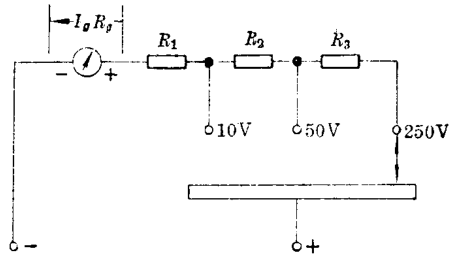


图 1-11

10 V 电压时，R_1 上的电压降是 $10-0.2=9.8$ V，因此

$$R_1=\frac{9.8}{200\times10^{-6}}=49\,\text{k}\Omega$$

计算的方法跟图 1-11（甲）完全一样。使用 50 V 的量程来测量 50 V 电压时，R_1+R_2 上的电压降应是 $50-0.2=49.8$ V，流过的电流是 200 μA，所以

$$R_1+R_2=\frac{49.8}{200\times10^{-6}}=249\,\text{k}\Omega$$

$R_2=249-49=200\,\text{k}\Omega$（或者说 R_2 上的电压降是 40 伏，$R_2=\dfrac{40}{200\times10^{-6}}=200\,\text{k}\Omega$）。使用 250 V 的量程来测量 250 V 的电压时，$R_1+R_2+R_3$ 上电压降应是 $250-0.2=249.8$ V，流过 $R_1+R_2+R_3$ 的电流也是 200 μA，所以

$$R_1+R_2+R_3=\frac{249.8}{200\times10^{-6}}=1249\,\text{k}\Omega$$

因为 $R_1+R_2=249\,\text{k}\Omega$，所以 $R_3=1000\,\text{k}\Omega=1\,\text{M}\Omega$。

我们顺便讨论一下用伏特计来测量电压的一些问题。假定我们要用伏特计来测量图 1-12 所示的电路中 R_1 两端的电

压。根据欧姆定律计算可知：R_1 两端的电压为 10 V，R_2 两端的电压是 40 V。但是当我们用量程为 10 V 的伏特计来测量时，测出的电压竟不到 10 V。这是什么道理呢？因为将伏特计跟 R_1 并联，等于在 R_1 上并联了一个电阻，也有一部分电流从伏特计中通过，这实际上已经改变了电路原来的工作状态。对一个用 100 μA 表头做成的量程为 10 V 的伏特计 V_1，其电阻为 100 kΩ，用 200 μA 表头做的伏特计 V_2，其电阻是 50 kΩ。V_1 跟 R_1 并联后的电阻等于

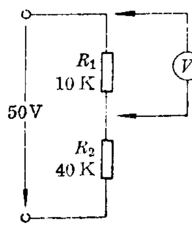


图 1-12

$$\frac{R_1 \times 100\,\text{k}\Omega}{R_1 + 100\,\text{k}\Omega} = \frac{10 \times 100}{10 + 100} = 9.09\,\text{k}\Omega$$

根据(1-4)式，V_1 的读数应是

$$50 \times \frac{9.09\,\text{k}\Omega}{40\,\text{k}\Omega + 9.09\,\text{k}\Omega} = 50 \times \frac{9.09}{49.09} = 9.25\,\text{V}$$

V_2 跟 R_1 并联后的电阻等于

$$\frac{R_1 \times 50\,\text{k}\Omega}{R_1 + 50\,\text{k}\Omega} = 8.33\,\text{k}\Omega$$

因此 V_2 的读数应是

$$50 \times \frac{8.33\,\text{k}\Omega}{40\,\text{k}\Omega + 8.33\,\text{k}\Omega} = 8.6\,\text{V}$$

这就是伏特计读数小于 10 V 的道理。假定图 1-12 中的 $R_1 = 1\,\text{k}\Omega$，$R_2 = 4\,\text{k}\Omega$，用 V_1 去测量时电压应为 9.9 V，用 V_2 去测量时电压应为 9.5 V。从上面的讨论可以看出，测量结果之所以会产生误差，就是因为伏特计本身有一定的电阻，有一部分电流要通过它。如果伏特计本身的电阻值比待测电路里的电阻值大得多，也就是从伏特计中流过的电流比起电路中