



[英] M·普兰

电子爱好者

读本

下册

科学普及出版社

内 容 提 要

本书译自〔英〕《Basic Electronics》，原书是英国的一本电子学基础教材，1976年出版后受到读者欢迎，1977和1978年又两次重版。本书是根据1978年版本译出的。这本书是为电子学初学者编写的，概念清晰，文字浅近，重点突出，便于阅读和自学。全书以通俗的文字全面叙述了电子学的基本概念，并介绍了电子学在各方面的新进展，内容极为丰富。全书共分11章：1.电子学引论；2.测量仪器；3.电路中的电阻器；4.电路中的电容器；5.电路中的电感器；6.电路中的二极管；7.电表；8.分压器；9.电路中的晶体管；10.晶体管电路的应用；11.其他晶体管电路。书末附有译者编录的晶体管代换表。

为了培养读者解决电子学问题的能力，书中列举了大量的实验电路，各章均附有思考题和复习题，并给出了答案。为了培养读者对电子学的兴趣和实际制作能力，书中还安排了许多有趣的电路制作实验。并且，各章都用特殊的记号划定选读内容。因此，本书是电子学初学者的入门向导，是电子学爱好者的良师益友，同时也是中学生、青年工人、教师、实验员的好顾问。

本书分上、下两册出版，上册为1~6章，下册为7~11章。

Basic Electronics

Hodder and Stoughton Schools Council

1978年

目 录

第七章 电表	1
7.1 为什么需要电表	1
7.2 动圈式电表的主要组成部分	2
7.3 电流表和电压表在电路中的位置	5
7.4 电流表的基本知识	7
7.5 把测量小电流的电流表变成测量大电流的电流表	9
7.6 电流表分流器的制作	14
7.7 电压表的基本知识	18
7.8 把毫安表变为电压表	20
7.9 电流表与电压表的联合使用	26
7.10 电压表的“欧姆/伏特”值	28
7.11 电阻表	32
7.12 万用表的制作	37
本章问题答案	41
复习题	45
复习题答案	48
第八章 分压器	50
8.1 引言	50
8.2 电位器	52
8.3 负载对分压器的影响	56
8.4 滑线电位器	59
8.5 惠斯顿电桥	65
8.6 惠斯顿电桥的最大灵敏度	72
本章问题答案	75
复习题	78
复习题答案	80

第九章	电路中的晶体管	81
9.1	引言	81
9.2	晶体管的结构	87
9.3	怎样辨别 pnp 与 npn 型晶体管	91
9.4	晶体管的偏置	94
9.5	流过晶体管的电流	97
9.6	晶体管的导通电压	104
9.7	共发射极输出特性	106
9.8	晶体管的测试	113
9.9	晶体管直流电流增益的测试	118
9.10	晶体管的功率耗散	122
9.11	晶体管电灯驱动电路	125
9.12	分压器及其在晶体管偏置中的应用	128
9.13	晶体管继电器驱动电路	131
9.14	达林顿放大器	136
9.15	负载线与交流电压放大	141
9.16	用示波器观测交流电压放大和输出特性	147
9.17	晶体管参数	149
	本章问题答案	150
	复习题	158
	复习题答案	164
第十章	晶体管电路的应用	168
	引言	168
10.1	闪光灯电路	170
10.2	电子节拍器	174
10.3	电子啸叫器	178
10.4	照相定时器	181
10.5	无线电接收机	184
10.6	内部通话设备	189

10.7	防盗报警器	192
10.8	电子琴	195
10.9	光控开关	199
10.10	压力控制开关	206
10.11	水控开关	211
10.12	热控开关	214
10.13	光度计	218
10.14	单稳态计时器	222
10.15	电源整流器	226
10.16	射频温度计	230
10.17	金属探测器	235
10.18	风速计	239
10.19	冰冻警报器	244
10.20	盖革计数器	249
10.21	声控开关	254
附注A	不稳多谐振荡器	258
	B 调谐电路	261
	C 施密特触发器	263
	D 晶体管稳压器	266
	E 单稳态多谐振荡器	268
	F 考毕兹振荡器	271
第十一章 其他晶体管电路		273
11.1	引言	273
11.2	极简单的无线电接收机——场效应管的应用	273
11.3	音响效果振荡器——单结晶体管的应用	276
11.4	可变时延开关——闸流管的应用	278
11.5	灵敏的光控开关——运算放大器的应用	280
晶体管互换参考表		

第七章 电 表

7.1 为什么需要电表

7.1.1. 怎样把电流检测出来

电路中电流的流动，常常没有什么明显的迹象；在用电时，可能没有明显的运动，也不发光，又没有噪声，所以凭直观感觉无法判断是否在用电。用接触的方法来判断是否有电，这种方法很不好。当然，电能以热的形式耗散出来使元件（例如电阻器）比环境温度稍高一些，摸上去会感到热，但是，触摸电路元件有触电的危险，具有一定水平的电子学爱好者是不会用这种方法来测量电流和电压的。

1. 你可以用手电筒的灯泡来指示电流的存在。用这种方法测量电流有什么缺点？

大多数灯泡都需要通以相当大的电流才能发光。在任何情况下，看见灯丝发光只能说明电流流过，而不能非常准确地指出电流的方向及其强度。你可能会想出其他检测电路中电子流动的方法。

2. 你能用电流产生的磁场来检出和测量电流强度吗？

7.1.2 利用电流的磁效应

当电流流过线圈时就会产生磁场——你在“电感器”一章中已经学过了这种效应。但是，为了利用磁效应，必须使电流产生的磁场同其他磁场相作用。在动圈式电表中，流过线圈

的电流可使线圈在永久磁铁所产生的磁场中转动。电动机就是依据这个原理制成的，因而人们常常把它叫做“电动机效应”。

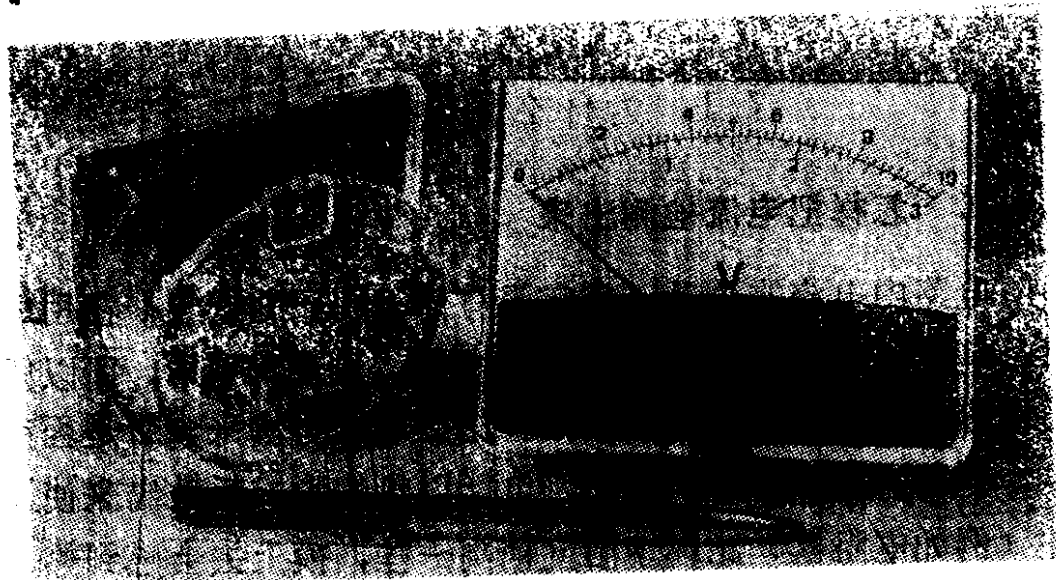


图 7.1.1 动圈式电表的外形

图7.1.1示出了RS元件公司制造的动圈式面板电表的外形。它的刻度盘上有两档。对于这种电表要获得满刻度偏转需要100微安电流，因此，为了测量3伏满刻度偏转或10伏满刻度偏转，需要外加扩程器（参见7.8节）。该图还示出了1毫安满刻度偏转面板电表背面的照片。应当指出，这些电表有两端，一端标为“+”，另一端标为“-”，这表明它们用于直流电路中。

7.2 动圈式电表的主要组成部分

7.2.1 动圈式电表的主要组成部分

图7.2.1为动圈式电表的示意图。我们用这个图来说明

电表的主要组成部分，这些部分是完成电表功能所必不可少的零件。

1. 请注意电表刻度盘上的单位。它是测量电流电压的？还是测量电阻或者其他电量的？
2. 如果你能看到线圈，你就能根据导线的种类想到它的绕法吗？
3. 电流怎样流入线圈和流出线圈？
4. 游丝（又称螺旋弹簧）的作用是什么？
5. 当电流通过线圈时，线圈将怎样转动？
6. 永久磁铁是什么形状？加工成特殊形状的极掌与磁铁相接。极掌是由什么材料制成的？极掌为什么这样设计？
7. 调节螺钉的作用是什么？它是怎样工作的？

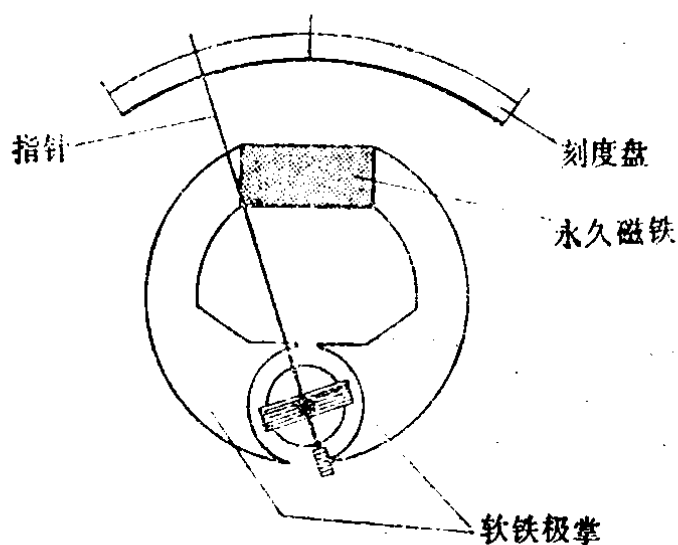


图 7.2.1 动圈式电表的主要组成部分

7.2.2 磁力

当电流流过线圈时，就在线圈周围产生了磁场。这个磁

场的强度取决于流过线圈的电流的大小。因此作用在线圈上的转动力随电流的增加而增大（线圈受力情况示于图7.2.2中）。

1. 要使线圈停止转动，需要多大的力？
2. 如果没有游丝，线圈将转到什么位置才停下来？
3. 电表的刻度是线性的吗？就是说，当电流的增量相同时，指针的偏转量相同吗？

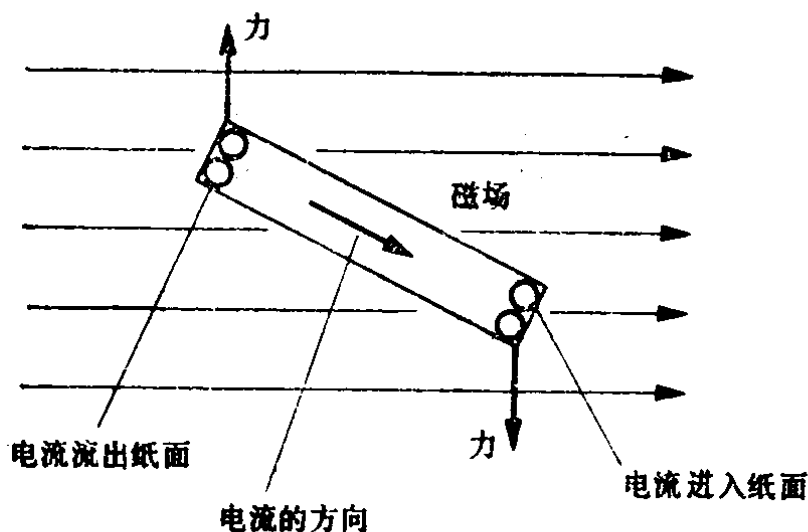


图 7.2.2 作用在线圈上的力

7.2.3 线性刻度是怎样实现的

动圈式电表的优点之一是，指针偏转与流过线圈的电流成正比。这就是说，在电流增量相等的条件下，所产生的指针偏转量也相同。因此就象从手头的电表所看到的那样，刻度盘是线性的。为获得线性刻度，在设计中最重要的因素是凹形的极掌和固定联接于支架上的软铁铁心。这些元件产生一个辐射状的磁场，而线圈就在这个磁场中转动。图7.2.3示出了两个游丝的位置，这两个游丝分别把电流引入线圈和

导出线圈。线圈、游丝和轴承叫做电表的活动部分。

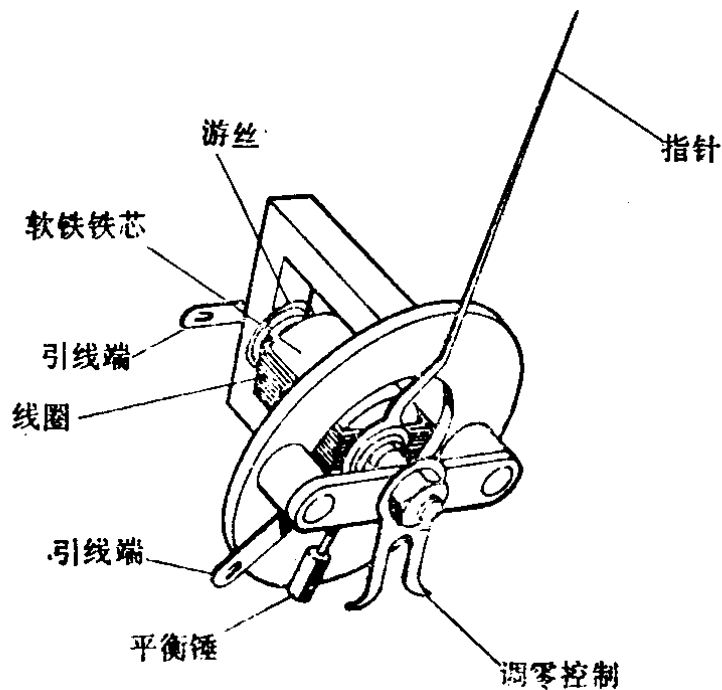


图 7.2.3 游丝的位置

7.3 电流表和电压表在电路中的位置

7.3.1 提示

在这里我们只讨论两种动圈式电表：电流表和电压表。前面作过的实验已经说明了这些电表在电路中的位置。

7.3.2 电流表在电路中的位置

电流表以安培为单位测量电流。如果要测量流过某个元件的电流，电流表应同这个元件相串联。

1. 实际上是什么在电路中流动？

考察图7.3.1。我们要测量通过R的电流。把电路断开，然后把电流表与R串联。

2. 如果要求接入电流表后，通过R的电流不变，那么电流表应具有低电阻还是高电阻？

7.3.3 电压表在电路中的位置

电压表以伏特为单位测量电压。因此，如果要测量电路中某个元件的电压，电压表就应并联在这个元件两端。

1. 元件两端电位差的另外一个名字是什么？

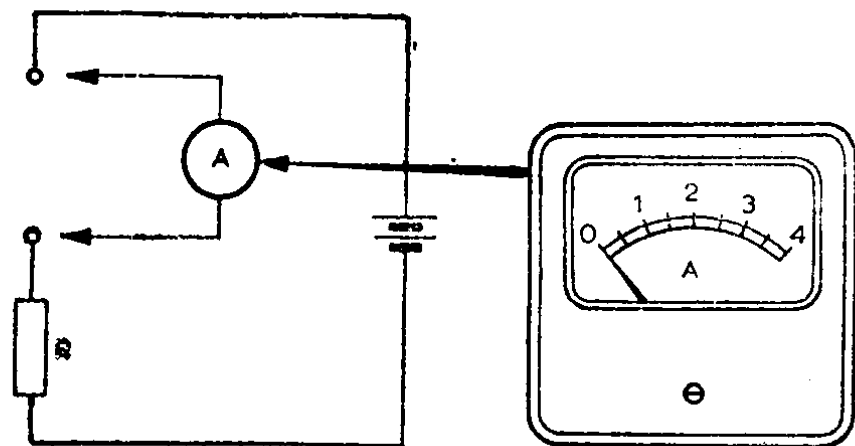


图 7.3.1 电流表在电路中的位置

考察图7.3.2。我们要测量R两端的电位差，就把电压表与R并联。

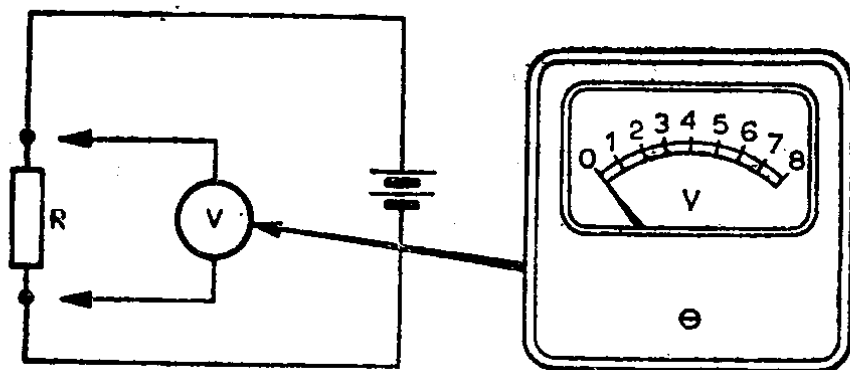


图 7.3.2 电压表在电路中的位置

2. 如果要求通过R的电流（以及R两端的电压）不因电压表的接入而变化，那么电压表应当具有高电阻还是低电阻？

7.3.4 小结

如果要求电流表和电压表能够准确地测量出电路中的电流和电压，那么电流表就必须具有低电阻，而电压表则必须具有高电阻。

7.4 电流表的基本知识

7.4.1 线圈的电阻

应当指出，动圈式仪表的线圈尽管是用铜线绕成的，它的电阻也是不能忽略的。事实上，线圈的电阻随仪表的设计和用途而有所不同，一般是在几欧到几千欧之间。

7.4.2 简单电路中电流的计算

为使你能够了解电路中接入电流表的影响，可按图7.4.1进行如下计算：

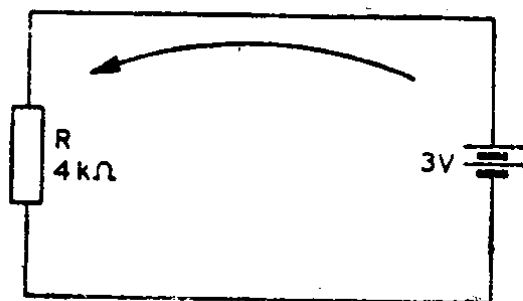


图 7.4.1 计算电路中的电流

1. 通过R的电流是多大？请以毫安为单位写出答案。
2. R两端的电压有多高？

7.4.3 把电流表接入电路

图7.4.2示出了一个满刻度偏转 (f.s.d.) 为1毫安的毫安表。这个电表线圈的电阻为50欧，与一个4千欧的电阻器相串联。

1. 同电源串联的总电阻是多大？
2. 接入电流表以后，流过R的电流是多大？
3. 这时流过电表的电流是多大？
4. R两端的电压是有多高？

应当指出，这个电流表对通过R的电流的影响很小，这是因为电流表的电阻很小。电流表线圈的电阻越小，电流表对它所测量的电流的影响也越小。所有的电流表的电阻都必须很小。

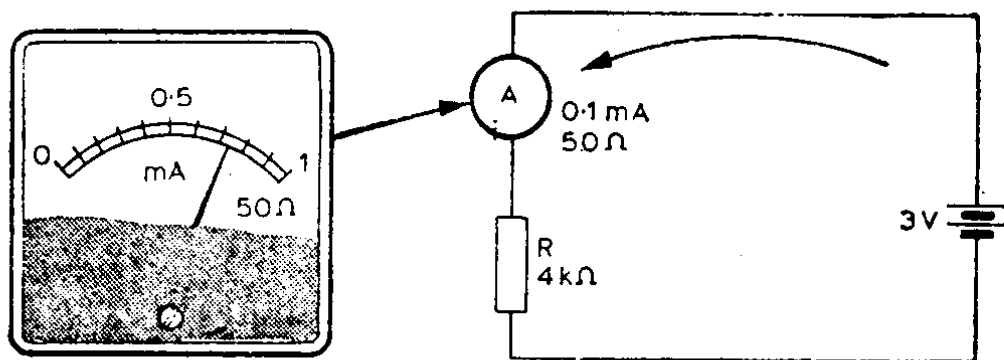


图 7.4.2 计算接入电流表后流过的电流

7.4.4 测量小电流

有一些动圈式电表可以测量小至几微安 (μA) 的电流。

1. 1 安的多少分之一为 1 微安？1 安的多少分之一为 1

毫安？

在本章后面讨论的一种典型的万用表有好几个电流档。它最灵敏的档由下面两个因素决定：一是电表准备应用于测量多大电流；二是电表应能克服正常磨损。

7.4.5 怎样把直流电流表接入电路

应当注意，电池串联时是把一节电池的正端与另一节电池的负端相接的，但在接入电流表时应把电流表的红表笔与电池的·正极相接。

1. 直流电表有两个端头，一端标黑色（-），一端标红色（+）。在图7.4.2中，应把电表的哪一端与R相接？

7.5 把测量小电流的电流表变成 测量大电流的电流表

7.5.1 保护电表的元件

电流表的线圈制成以后，它的电阻就是一个确定的数值了。若不是将线圈重绕（重绕线圈是一项困难的工作，因而一般是不必要的），线圈的电阻是不可能改变的。根据这个电阻进行设计，可以得到大量程的电流档，例如可使满刻度偏转达500微安或者比这更大。

1. 试把500微安用毫安表示出来。

如果把这个电表接入电流为0.5安的电路上，线圈就会烧毁。

2. 实际烧毁的是什么？还会造成什么损坏？

这时，如果修复起来费用太高，换用新电表也嫌太贵，就可以换用一个新线圈。有些万用表具有自动断开装置，如果流过的电流比给定的满刻度偏转大，就可以自动将电表断路。其他类型的电表，可以用接在线圈两端的二极管实现过载自动保护。

3. 试说明三用表（见第二章）自动断开装置的工作原理？

4. 如果想要测量在0.2到0.8安范围内的电流，应选用哪一个电表：(a) 5微安？(b) 1安？(c) 500毫安？(d) 0.5安？（均为满刻度偏转）

如果不知道被测电流的大小，应选择满刻度偏转最高的电表，以防止电表损坏。

7.5.2 变换电流表量程的基本方法

我们可以把一个灵敏的电表变为一个大电流量程的电表，来测量比电表元件所允许的数值大的电流。要知道这是怎样实现的，你需要按照公式 $V = I \times R$ 重新进行一些简单的计算。参见图7.5.1，回答下列问题：

1. 图中的两个电阻器是串联还是并联？

2. 它们两端的电压相同还是不同？

3. 通过哪一个电阻器的电流大些？

4. 能不能用这个方法把毫安表变换为安培表？

如果要把一个满刻度偏转为1毫安的电流表变为满刻度偏转为1安的电流表，就需要一个分流器。这个分流器接在电表的两端，如图7.5.2所示。

5. 如果流过电表的电流为1毫安，那么流过分流器的电流是多大？

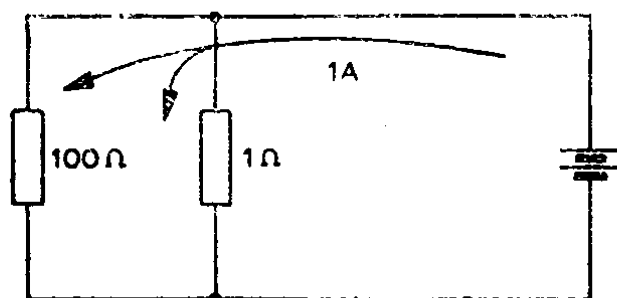


图 7.5.1 通过小阻值电阻器的电流较大

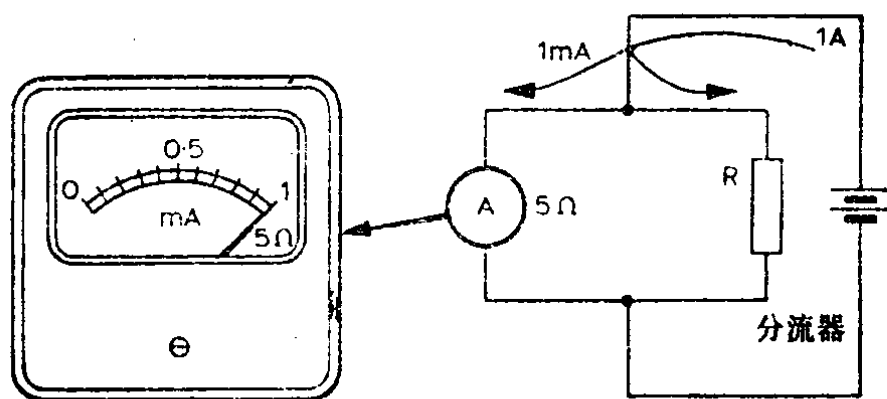


图 7.5.2 在电表两端并联一小阻值电阻器进行分流

7.5.3 计算分流器电阻值的公式

很好地理解下面这一点是十分重要的，那就是：如果上述电表只需要 1 毫安电流就可以产生满刻度偏转，那么在 1 安电流流过的电路中应有 999 毫安电流通过分流器。

通过电表的电流与通过分流器的电流之比等于它们电阻的反比。这可写为

$$\frac{\text{通过线圈的电流}}{\text{通过分流器的电流}} = \frac{\text{分流器的电阻}}{\text{电表线圈的电阻}}$$

因此，若电表线圈的电阻为 5 欧，则对于图 7.5.2 所示情况有

$$\frac{1}{999} = \frac{R}{5} \quad \text{即} \quad R = \frac{5}{999} \text{ 欧(约为0.005欧)}$$

根据关系 $V = I \times R$ ，这是不难算出的。

因为分流器两端的电压等于电表线圈两端的电压，所以分流器的 $(I \times R)$ 等于线圈的 $(I \times R)$ 。刻度盘应这样读数：把刻度盘的读数以安培为单位读出。

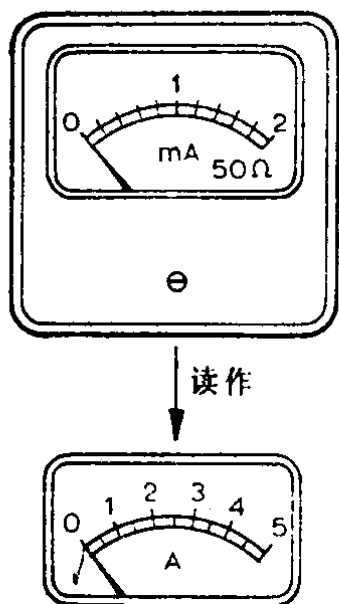


图 7.5.3 把毫安表的读数变为安培表的读数

1. 在图7.5.3中，如果要将电表变为满刻度偏转为5安的电表，试计算分流器的电阻值。
2. 你怎样读这个电表的刻度？

若已知线圈电阻 R_c 和倍数 N (刻度乘以倍数 N 即得到所需要的刻度)，则可以按公式 $R_s = R_c / (N - 1)$ 来计算分流电阻 R_s 。

7.5.4 实验：研究电流表对电流的影响

把图7.5.4的电路装在S型直插式接线板或其他适当的装配板上。应保证电流表与电池的连接正确。

1. 记下电流表的读数。
2. 取下10千欧的电阻器，并用一个5.6千欧的电阻器代替，记下新的电流读数。

流过的电流可按 $I = V/R$ 计算。例如，在第一种情况下，两个电阻器的串联值为11千欧；因此，电流 = $V/R = 9\text{伏}/11$