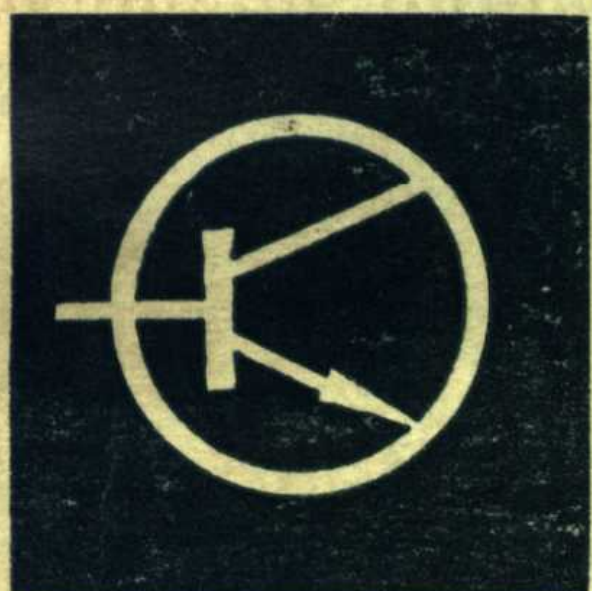




电子技术基础

电子技术基础

山东省科学技术宣传馆
《电子技术基础》编写组

山东人民出版社

一九七七年·济南

内 容 提 要

本书是电子技术的普及读物，内容包括：电工基础、晶体二、三级管、低频放大器、直流放大器、正弦波振荡器、直流稳压电源、开关电路、可控硅整流电路等。书中比较详细地讲述了晶体管电路的工作原理和基本电路的分析方法，力求通俗易懂。并在最后一章重点介绍了几个实例，在附录中还列举了常用晶体管的特性参数，供读者在实践中参考。

本书可供具有初中以上文化程度的工农兵读者阅读，也可作为“七·二一”工人大学有关专业的选用教材。

电 子 技 术 基 础

山东省科学技术宣传馆
《电子技术基础》编写组

*

山东人民出版社出版
山东新华印刷厂印刷
山东省新华书店发行

*

1977年5月第1版 1977年5月第1次印刷

统一书号：15099·46 定价：2.20元

前 言

电子技术是一门重要的先进技术，是实现生产自动化的一种重要技术手段，目前已广泛应用于国民经济和国防建设的各个方面。

为了适应社会主义革命和社会主义建设事业迅速发展的需要，满足广大工农兵群众对于普及电子知识和进一步掌握、发展电子技术的要求，使之在实现农业、工业、国防和科学技术现代化的宏伟规划中充分发挥作用，我们组织济南染织厂、济南第二印染厂、济南柴油机厂、济南无线电七厂、济南石油化工二厂、山东大学、山东工学院、山东师范学院等单位的工人、干部和教师，组成“三结合”的编写组，编写了《电子技术基础》这本书。

本书是专业性普及读物，主要供工农兵群众业余自学，也可作为“七·二一”工人大学有关专业的选用教材。编写时，力求内容结合实际，说理深入浅出，尽量避免繁杂的数学推导，以便具有初中以上文化程度的读者阅读。

本书在编写过程中，得到济南针织厂、山东省无线电厂、青岛国棉七厂、烟台无线电四厂、青岛四方机车车辆厂、济南红卫无线电厂等单位的领导、工人同志的热情帮助和大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，经验不足，时间又比较仓促，书中难免存有缺点、错误，恳请读者批评指正。

山东省科学技术宣传馆

《电子技术基础》编写组

一九七六年七月

目 录

前 言

第一章	电工基础	1
第一节	直流电路	1
第二节	交流电	16
第三节	电阻器	23
第四节	电容器	25
第五节	电感器	30
第六节	变压器	32
第七节	交流电路	34
第二章	晶体二极管和晶体三极管	39
第一节	二极管的工作原理	39
第二节	二极管的伏安特性	46
第三节	二极管的参数	49
第四节	二极管性能的简易判断	50
第五节	三极管的结构和工作原理	51
第六节	三极管的特性曲线	59
第七节	三极管的主要参数	67
第八节	三极管的简单测试	71
第三章	低频放大器	78
第一节	基本放大电路	79
第二节	放大电路的基本分析方法	82

第三节	放大器的偏置电路·····	101
第四节	放大器的输入和输出电阻·····	108
第五节	多级放大器·····	113
第六节	功率放大器·····	121
第七节	放大器中的负反馈·····	144
第八节	实用放大器分析举例·····	153
第九节	放大器的安装和调试·····	158
第四章	直流放大器·····	166
第一节	直接耦合放大器·····	167
第二节	差动式放大器·····	175
第三节	调制型直流放大器·····	192
第五章	正弦波振荡器·····	209
第一节	LC型振荡器·····	209
第二节	RC型振荡器·····	220
第三节	晶体振荡器·····	227
第六章	直流稳压电源·····	234
第一节	整流电路·····	235
第二节	滤波器·····	245
第三节	倍压整流电路·····	255
第四节	硅稳压管稳压电路·····	258
第五节	串联型负反馈稳压电路·····	265
第六节	稳压电源的保护电路·····	282
第七节	稳压电源的简单调试·····	285
第八节	参考电路·····	288
第七章	开关电路·····	295
第一节	晶体管开关·····	297

第二节	双稳态触发器·····	332
第三节	射极耦合触发器·····	362
第四节	单稳态触发器·····	389
第五节	多谐振荡器·····	418
第八章	可控硅整流电路·····	433
第一节	可控硅元件·····	433
第二节	可控硅元件在整流电路中的应用·····	443
第三节	可控硅的触发电路·····	471
第四节	可控硅的保护·····	503
第五节	可控硅在整流电路中的应用举例·····	510
第九章	应用举例·····	515
第一节	超外差式晶体管收音机·····	515
第二节	CBM—2 X动片自动分选机·····	526
第三节	LM641型显色皂洗机可控硅直流调速·····	532
附录一	符号说明·····	538
附录二	常用晶体管特性参数·····	546
附录三	光电元件及其应用·····	561
附录四	场效应管·····	576
附录五	小型变压器的计算法·····	589

第一章 电工基础

在无产阶级文化大革命的推动下，我国工农业生产迅猛发展，技术革新日新月异，电子技术及其应用日益普遍。为便于广大工农兵群众学习和掌握电子技术，本章简略地介绍了电的基本知识。

第一节 直流电路

一、电 荷

在日常生活中，我们都知道，电灯发光、电动机转动、收听广播等，都是靠电的作用。电是什么？电是从哪里来的呢？为了说明电的本质，我们必须从物质的内部结构谈起。

自然界的一切物质都是由分子组成的。分子是由原子组成的，原子又是由更小的粒子——电子、质子和中子组成的。在原子中，质子和中子位于原子的中心，组成原子核，电子在核外分层围绕原子核不停地运转。中子和质子的质量几乎相等，约为电子质量的1840倍。因此，原子核的质量比电子的质量大很多。

不同的原子，电子的数目也不同，但是原子核中的质子数目总是等于核外的电子数。例如，铜原子有29个质子，核外也有29个电子；锗原子有32个质子，核外也有32个电子。

中子不带电，质子带正电荷，电子带有与质子大小相等

的负电荷。在正常情况下，由于原子中的质子数目和电子数目相等，所以正、负电荷的作用完全抵消，物体对外不显示带电的现象。

如果由于摩擦、电磁感应、光以及化学反应等原因，打破了物体中电的平衡状态，使物体失去或获得了电子，这时物体就出现了带电的现象。失去电子的物体带正电，获得电子的物体带负电。

物体所带电荷的多少叫做电荷量，单位为库仑。 6.25×10^{18} 个电子的电荷量约为 1 库仑。

带电物体之间存在着相互作用的力。实践证明：同性电荷相排斥，异性电荷相吸引。这种现象表明，带电物体的周围存在着电场。电场也是客观存在的一种物质。电荷在电场中受到力的作用。

两个分别带有正电荷和负电荷的物体，如果相互接触，或用导线连接起来，在电场力的作用下，电子就会迅速转移到带正电的物体上去，这就是正、负电荷相中和，也叫做放电现象。放电后，物体又回到不带电的状态。

总之，物质内部电子的运动，就是电的来历。

二、电 流

在物体中，电荷有规律的运动，叫做电流。

我们把小电珠用导线与干电池连成闭合回路，电珠就会发光，这就组成了最简单的电路，如图1—1所示。为了方便起见，通常用符号表示实际电路，称为电路图。干电池称为电源，用符号 $\begin{array}{|c|} \hline + \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline - \\ \hline \end{array}$ 表示，小电珠称为负载，用符号 $\otimes$ 表示。

现在，我们来分析电荷是怎样在电路中运动而形成电流

的。干电池是电路的电源，利用化学的方法，强迫原子中的部分电子与原子分离，使电子积聚在一端，形成电池的负极；而失去部分电子的原子，积聚在另一端，形成电池的正极。已经积聚在电池两极的正、负电荷，

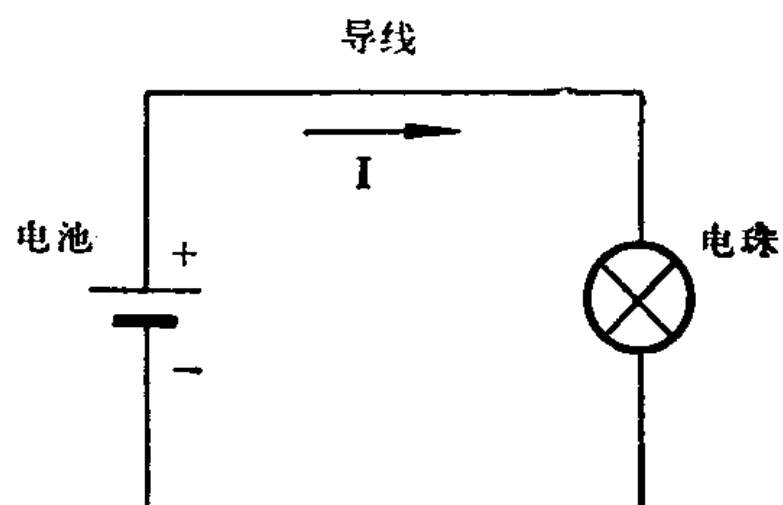


图 1—1 简单电路

由于有同性相斥、异性相吸的特性，就阻碍电荷进一步地积聚。当电池正、负极用导线与电珠接成闭合电路时，电池负极上积聚的电子就会在导线中移动，经过电珠的钨丝与电池正极上失去部分电子的原子互相中和。当电池两极板上积聚的正、负电荷减少时，阻碍电荷向两极板继续积聚的阻力减少，电池又会通过化学的作用，不断地使电子与原子分离，以补充两极上电荷的减少。这样，当电路接成闭合回路时，电路中就不断有电子运动，从而形成了电流。

电流有大小和方向之分。

电流的大小用电流强度来表示，电流强度在数值上等于 1 秒钟内通过导线横截面上的电荷量。电流用符号 I 表示。如果在时间 t 内通过导线横截面的电荷量为 Q ，则电流

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流单位为安培 (A)，简称安。1 安培电流，表示每秒钟内通过导线任一截面的电荷量为 1 库仑。在晶体管电路中，往往遇到比安培小很多的电流，常用毫安 (mA) 或微安 (μA) 表示。

1 安培 (A) = 1000毫安 (mA)

1 毫安 (mA) = 1000微安 (μA)

电流的方向，人们习惯上把正电荷的流动方向规定为电流的正方向。在图 1—1 中，电流的方向是从电池的正极流经负载而回到负极。因此，电流正方向的规定是与实际电子运动的方向相反的。

如果电流的大小和方向都不随时间变化，这种电流称为直流电流。干电池和蓄电池具有固定的正、负极，它们供给的电流是直流电流。

电路中的电流可用电流表来测量。测量时，应断开电路，把电流表串接在电路中，如图 1—2 所示。直流电流表通常标有正、负极，测量时必须注意。电流表不能并接在负载上，否则将损坏电流表。

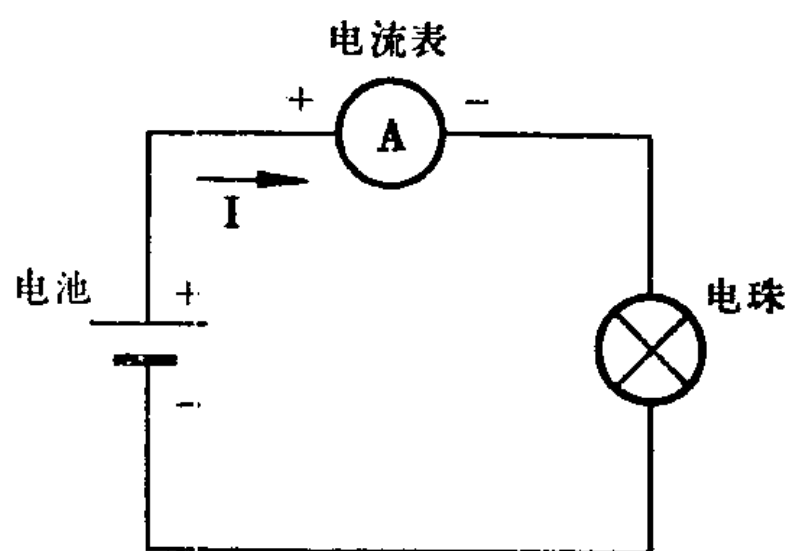


图 1—2 直流电流的测量

三、电 阻

1. 导体、绝缘体和半导体

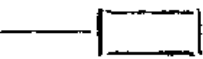
电流容易通过的物体，称为导体，如银、铜、铝、铁等金属；电流很难通过的物体，称为绝缘体，如塑料、陶瓷、云母、橡皮等材料。绝缘体又叫做电介质。此外，导电性能介于导体与绝缘体之间的物体，称为半导体，如锗、硅、氧化铜等材料。晶体管就是用半导体材料制成的。

金属为什么能很好地传导电流呢？这是因为，在金属原

子中，最外层的电子与原子核的联系很松弛，它们很容易脱离原子核的束缚而在原子之间自由运动，因此被称为自由电子。在平常情况下，金属中虽有大量的自由电子，但它们只作无规则的热运动，不会产生电流。当接上电源，并且电路接通时，金属导体中的自由电子在电源所建立的电场作用下，作定向运动，就形成了电流。相反，在绝缘体内部自由电子极少，几乎是不导电的，因而可以作隔电的绝缘材料。

2. 电阻、电阻率

由于自由电子在导体中作定向运动时，会与原子不断发生碰撞，所以电流通过导体要受到一定的阻力，这种阻力就叫做电阻，用符号 R 表示。

在电路图中，电阻常用符号  表示。图 1—1 电路中的电珠，也可看作一个电阻，所以电路图也可画成图 1—3 的形式。

电阻单位为欧姆 (Ω)，简称欧。比较大的电阻，常用千欧 ($K\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$) 表示。

$$1 \text{ 千欧 } (K\Omega) = 1000 \text{ 欧 } (\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧 } (M\Omega) = 10^6 \text{ 欧 } (\Omega)$$

导体电阻的大小与哪些因素有关呢？实验表明，在一定的温度下，导体的电阻与导体的截面积成反比，与导体的长度成正比，与导体的材料也有关。用公式表示如下：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中： l 为导体的长度 (m)； S 为导体的截面积 (mm^2)； ρ 为材料的电阻率 ($\Omega \cdot mm^2/m$)。

电阻率 ρ 是由导体材料的导电性能所确定的常数，它表

明用该材料制成长 1 米、截面积为 1 平方毫米的导线所具有的电阻。表 1 — 1 是一些常用金属材料在 20°C 时的电阻率数值。银、铜、铝的电阻率较小，常用作导电材料；康铜的电阻率较大，常用作绕制电阻元件；镍铬合金耐 高温（达 1100°C），常用作电炉或电烙铁的电热丝。

表 1 — 1 常用金属的电阻率（20°C）

材	料	电 阻 率 (Ω·mm ² /m)
银		0.016
电线铜		0.017
铝		0.029
铸铁		0.5
黄铜（铜锌合金）		0.065
康铜（铜镍合金）		0.5
镍铬合金		1.1

导体的电阻还与温度有关，例如铜导线，当 温 度 增 加 10°C 时，电阻值便增加 4 %。因此，准确测量和计算 电 阻 时，必须考虑温度的影响。一个普通的钨丝灯泡，在正常工作时的电阻，比冷却时用万用表测出的电阻值大十倍以上。此外，有一些材料对温度的变化特别敏感，用它们制成的电阻称为热敏电阻，常用于自动控制等设备中。

工厂中，常用万用表测量电阻值。测量前，必须将电阻从电路中断开，并预先调节万用表的零位。阻值很小或要求测量的阻值准确时，可用电桥来测量。

四、电 压

电路中连续不断的电流是靠电源来维持的，但要进一步

说明电路中的物理过程，必须引入电位、电位差和电动势的概念。

为了便于理解，我们把电路比作水路，水管好比导线，水流好比电流，电源就相当于水泵。水在水管里连续不断地流动是靠水泵来维持的。水泵把水升高到水塔里，产生了水位差，水才会受到重力的作用，由水塔的高水位点经过水管向下流到低水位点。同理，电路中要有电流，也必须有电位差。电路中的电源起着产生电位差的作用，有了电位差，电流才能从电路中的高电位点流向低电位点。

电位与水位的意义相似。在电路中，不同的点具有不同的电位，电源的正极电位高，负极电位低。在电路中，任意两点之间的电位之差，就是这两点间的电位差，也称电压，用符号 U 表示。电压的方向，我们用正、负号来表示，如图

1—3所示。正号为高电位点，负号为低电位点，电压的正方向是从正指向负。

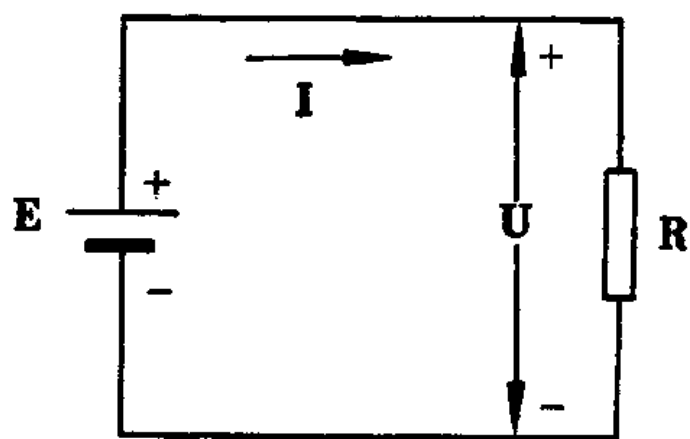


图 1—3 电压的方向

由于外力的作用，在电源两端产生的电位差，称为电源的电动势，或电源电压，用符号 E 表示。应当注意，由于电

动势是在外力作用下产生的，因此它的方向是从电源负极通过电源内部指向电源正极的，与外部电路正好相反。

电动势、电压和电位的单位都是伏特（ V ），简称伏。高电压可用千伏（ KV ）表示，小电压可用毫伏（ mV ）表示。

$$1 \text{ 千伏 (KV)} = 1000 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mV)}$$

电位和电压是有区别的。电位的数值与高度一样，是一个相对的概念，它与零电位点（即参考点）的选择有关。电压则是电路中两点间的电位差，与零电位点的选择无关。这一点在分析电路时必须注意。在电子仪器设备中，常以机壳为零电位，称为“接地”，用符号 $\perp$ （或 $\equiv$ ）表示。例如，在图 1—4 中，如果以 B 点接地（即参考点），则 C 点电位为 $+9V$ ， A 点电位为 $+12V$ ；如果以 C 点接地，则 B 、 A 两点的电位分别为 $-9V$ 和 $+3V$ 。在这两种情况下， AB 两点的电压始终为 $12V$ 。

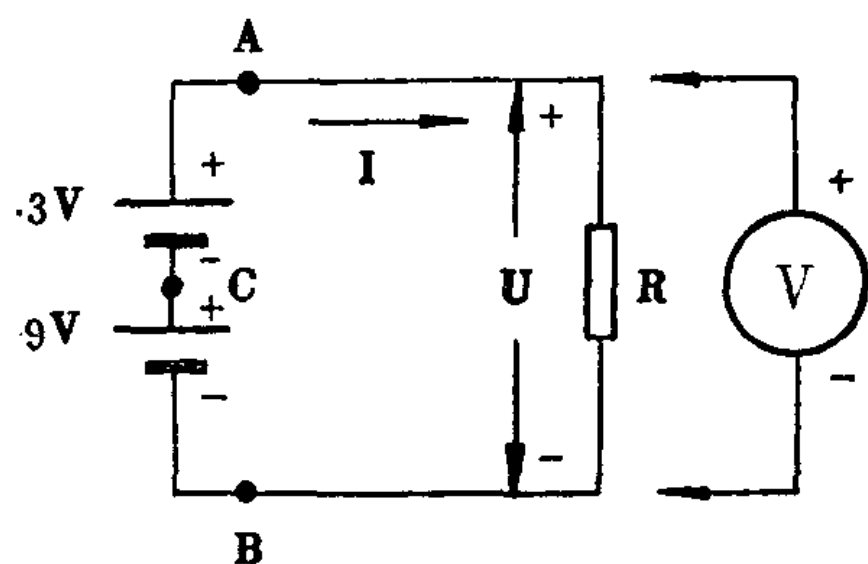


图 1—4 电压的测量

电动势和电压的大小，可用电压表来测量。

测量的方法与电流表的测量不同，是把电压表跨接在被测电路的两端，表的正端接于高电位，负端接于低电位，如图 1—4 所示。

五、欧姆定律

在电路中，电流、电压和电阻三者之间是互相联系的，并有一定的规律。欧姆定律反映了这三者之间的内部规律性。欧姆定律适用于部分电路，也适用于全电路。

1. 部分电路的欧姆定律

在图 1—5 的电路中，如果电阻两端的电压变了，电流则随着改变；如果导体的电阻变了，电流也会随着改变。实验发现：流过电阻的电流与加在电阻两端的电压值成正比，

而与电阻值成反比。这种部分电路中电流、电压和电阻的相互关系，称为部分电路的欧姆定律。用公式表示，即

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = I \times R \text{ 及 } R = \frac{U}{I}$$

式中： I 为电流（ A ）； U 为电压（ V ）； R 为电阻（ Ω ）。

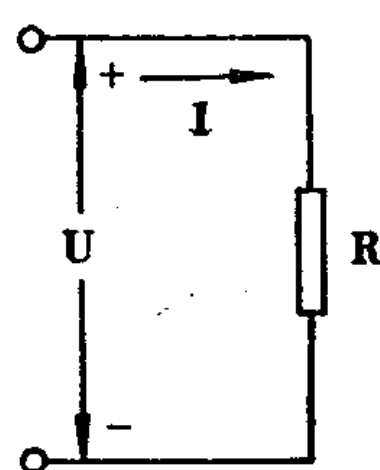


图 1—5

部分电路的欧姆定律

根据欧姆定律，只要已知电流、电压和电阻三个量中的任何两个量，就可求出另一个未知量。

【例 1】接在电路中电阻 R 上的电压为 $12V$ ，通过的电流为 $2mA$ ，试求电阻值？

解：由欧姆定律可知：

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12V}{0.002A} = 6000\Omega = 6K\Omega$$

【例 2】上例中，若通过的电流为 $0.5mA$ ，问电阻 R 上的电压为多少伏？

解： $U = IR = 0.0005A \times 6000\Omega = 3V$

通常遇到的电阻元件，其电阻值是不变的常数，即与所加的电压及通过的电流的大小和方向无关。这时，用欧姆定律可以计算出元件在不同电压下对应的不同电流值，并把结果用坐标图表示出来。它是通过原点的一条直线，如图 1—6 所示。这种表示电压和电流关系的图形，称为元件的伏安特性曲线。因为伏安

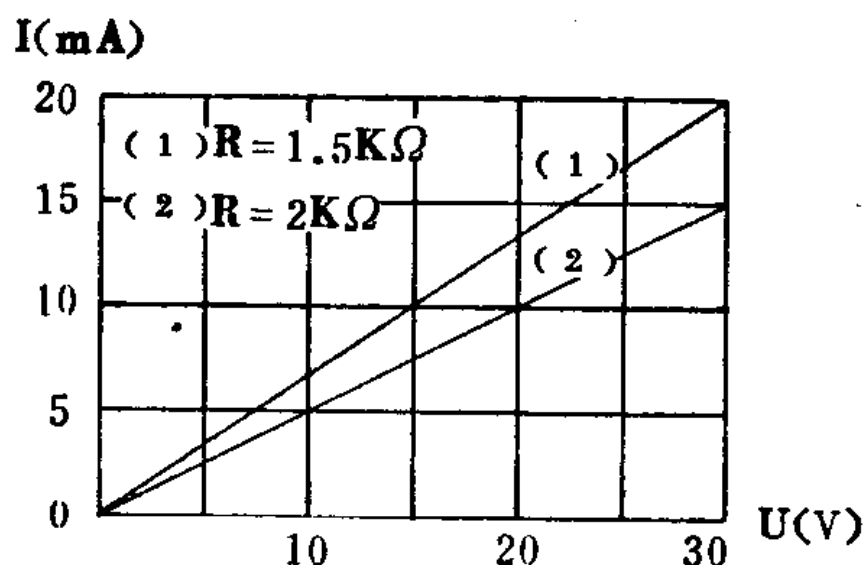


图 1—6 电阻的伏安特性

特性是一条直线，所以这种电阻称为线性电阻。

但有的电路元件，如晶体二极管和三极管，它们的伏安特性不是直线，因此称为非线性元件。非线性元件的电压与电流的关系，必须根据实验得出的伏安特性曲线来确定，不能简单地应用欧姆定律来计算；它们的电阻值与所加的电压有关，不能笼统地讲它有几欧的电阻，这是必须注意的一点。

2. 全电路的欧姆定律

图 1—7 是一个最简单的全电路。图中， E 是电源的电动势， r 是电源内部存在的电阻，称为电源的内阻。实际的电源总是存在内阻的，为了便于分析，这里将内阻 r 画在电源的外面。

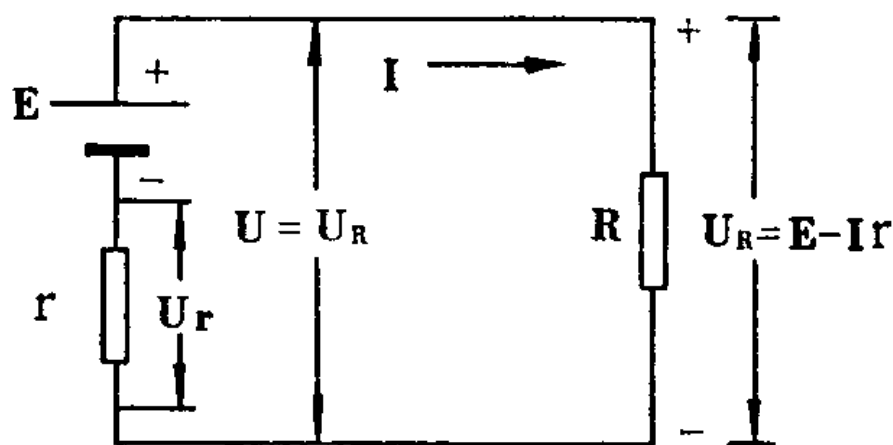


图 1—7 全电路的欧姆定律

在一个循环的水路中，水位升高的数值必然等于水位降落的数值。同理，在一个闭合电路中，电源产生的电位差，即电动势 E ，也必然等于电路中的全部电压降，所以

$$E = U_R + U_r = IR + Ir$$

因此

$$I = \frac{E}{R + r}$$

上式就是全电路的欧姆定律。它表示电路中通过的电流与电动势成正比，与电路的总电阻 $(R + r)$ 成反比。

3. 开路、通路和短路