

收音机和盒式收录机 原理与维修技术

[修订版]

沈大林 李永刚 王军伟 编



新 时 代 出 版 社

收音机和盒式收录机原理 与维修技术

(修 订 版)

沈大林 李永刚 王军伟 编

新 时 代 出 版 社

(京)新登字 105 号

内 容 简 介

本书是1987年1月第一版的修订版本。在全书结构上作了大幅度调整,增加了新内容,对集成电路收音机、录音机和收录机均有较详细的讲解,增添了有参考价值的图、表,采用了新的机、电标准及法定计量单位。

本书写作上深入浅出,紧密联系实际。全书分为电子技术基础知识、收音机、盒式录音机三部分,循序渐进地讲述了调幅、调频、立体声调频收音机和盒式收录机的工作原理及各部分的典型电路,常用的调试和维修方法。

本书在讲述具体电路的同时,结合电路的工作原理分析了典型元器件和机械部件的故障,这对掌握检修技术大有裨益。

本书适合有初中文化程度的在校学生,城市、农村、部队青年,以及本专业维修工人和业余电子爱好者阅读。本书还可做电子类职业高中、技校和技术培训班的教材。同时也是较好的自学读本。

收音机和盒式收录机原理与维修技术

(修订版)

沈大林 李永刚 王军伟 编

*

新时代出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京市飞龙印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 20³/₄印张 474千字

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷 印数:00001—12000册

ISBN 7-5042-0152-9/TN·19 定价:12.50元

目 录

第一篇 电子技术基础知识

第一章 电路分析基础	1
第一节 电的基础知识	1
第二节 直流电路计算	4
第三节 电容器及其充放电过程	10
第四节 磁场与电磁感应	13
第五节 正弦交流电路	19
第六节 谐振电路与 LC 振荡电路	23
思考与练习	26
第二章 电路中常用的元器件	29
第一节 电阻器	29
第二节 电容器	34
第三节 电感器	42
第四节 电声器件	46
第五节 晶体二极管	53
第六节 晶体三极管	57
第七节 场效应管	63
思考与练习	69
第三章 电子电路基础	70
第一节 单管放大电路	70
第二节 多级放大电路	75
第三节 放大电路中的负反馈	77
第四节 放大电路的基本分析方法	79
思考与练习	82

第二篇 收音机原理与维修

第四章 无线电广播的发送与接收	83
第一节 无线电波	83
第二节 无线电广播的发送	85
第三节 调制	86
第四节 无线电广播的接收	90
思考与练习	93
第五章 调幅广播收音机	94
第一节 从直放式收音机到超外差式收音机	94
第二节 输入回路与变频级电路	97
第三节 中频放大电路	101

第四节 检波电路和自动增益控制电路	106
第五节 音频放大电路	108
第六节 调幅收音机实际电路介绍	112
第七节 调幅收音机的调试与维修	120
思考与练习	129
第八章 调频广播收音机	130
第一节 调频立体声广播与接收原理	130
第二节 调频头	134
第三节 调频中频放大电路	142
第四节 鉴频器	145
第五节 立体声解码电路	147
第六节 调频/调幅收音机电路介绍	152
第七节 调频收音机的调试与维修	163
思考与练习	166
 第三篇 盒式录音机的原理与维修 	
第七章 录音机原理与电路	168
第一节 磁性录音原理	168
第二节 磁带录音特性及要求	173
第三节 盒式录音机的电路组成	176
第四节 录放音前置放大电路	178
第五节 偏磁电路	184
第六节 功率放大电路	188
第七节 自动录音电平控制电路	195
第八节 电平指示电路	198
第九节 电源及供电电路	202
思考与练习	208
第八章 盒式录音磁带和磁头	210
第一节 盒式录音磁带	210
第二节 标准盒式录音机测试带	214
第三节 磁头	216
思考与练习	221
第九章 盒式录音机的机芯	222
第一节 盒式录音机的机芯结构	222
第二节 盒式录音机机芯的附属机构	232
第三节 录音机中的微电机	249
思考与练习	254
第十章 录音机的使用、维护和调试	255
第一节 盒式录音机的使用	255
第二节 录音机的维护	262
第三节 录音机的测试和调整	265
思考与练习	269

第十一章 录音机的维修	270
第一节 盒式录音机的拆卸	270
第二节 录音机常见故障的检查方法	273
第三节 录音机故障的逻辑分析及修理方法	276
第四节 收录机的实例和故障分析	295
思考与练习	301
附录	302
附录一 录音机基本功能键的符号	302
附录二 盒式磁带录音机的英文标记	302
附录三 盒式录音机的主要性能指标	303
附录四 常见的国内外盒式磁带名称与类别对照表	304
附录五 国产磁头	305
附录六 分贝表	305
参考文献	308
附图	
附图 1 熊猫牌 SL-21 型台式收录机电路图	311
附图 2 三洋 M9930K 便携式收录机（收音部分）电路图	312
附图 3 三洋 M9930K 便携式收录机（录放部分）电路图	313
附图 4 国际牌 SW-203 便携式收录机电路图	314
附图 5 康艺牌 8080-2S 便携式收录机电路图	315

第一篇 电子技术基础知识

本篇简要地介绍电的基本知识、电路基本概念和计算方法、电路中元器件特点和测量方法、晶体管基本电路和分析方法等。

第一章 电路分析基础

第一节 电的基础知识

一、电 流

电荷有规则的运动叫电流。由图 1-1(a) 可以看出电流的方向与自由电子移动的方向相反, 电流的方向规定为正电荷运动的方向。电流的大小用电流强度来衡量。电流强度是单位时间内流过导体横截面的电量, 通常把电流强度简称电流。如果电流的大小和方向恒定不变, 这种电流叫直流, 直流电流用 I 表示, $I = \frac{Q}{t}$ (Q 是时间 t 内通过某导体横截面的电量)。式中, Q 的单位是库仑(C), t 的单位是秒(s), I 的单位是安培(A)。常用的电流单位还有: $1\text{mA}(\text{毫安}) = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A}(\text{微安}) = 10^{-6}\text{A}$ 。

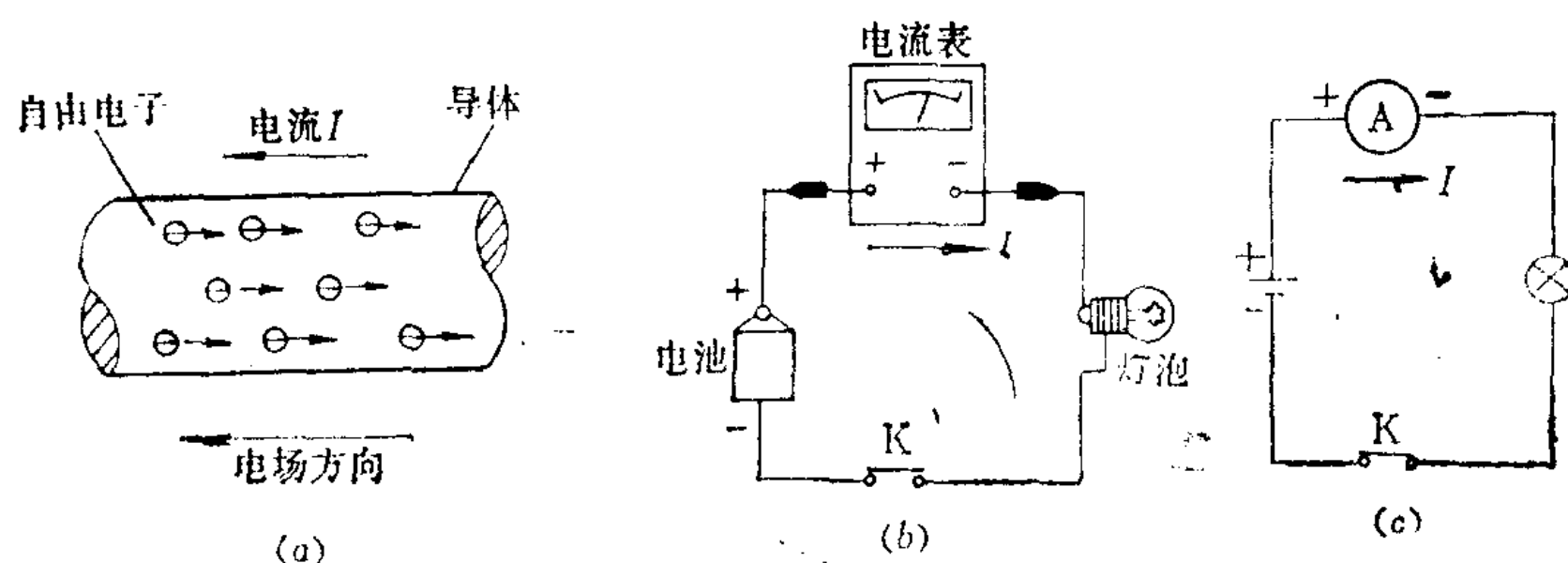


图1-1 导体中的电流与电流的测量

用电流表或万用表电流档测量电路中的电流时, 应注意电流表量程要合适, 不可小于电流实际值; 电流表应串在电路中, 被测电流应从电表“+”端流入, 从“-”端流出; 正确接法如图 1-1(b)、(c) 所示。

二、电阻与电阻率

导体对流过它的电流所呈现的阻力叫电阻 R , 电阻的单位 Ω (欧姆), 还有千欧 ($\text{k}\Omega$) 与兆欧 ($\text{M}\Omega$);

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega \quad 1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$$

决定导体电阻的大小有两个因素，一是导体材料的导电性能，二是导体的几何尺寸。实验证明，同一材料的导体，其电阻与导体长度 l 成正比，与导体横截面 S 成反比。即

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

式中， ρ 是导体材料的电阻率，它反映该材料的导电特性； l 的单位是米 (m)， S 的单位是平方毫米 (mm^2)， R 的单位是 Ω ， ρ 的单位是 $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ 。

三、电路、电源与电压

1. 电路

电路是电流流通的路径，由电源、负载、导线和控制器等组成。电源是供给电路电能的设备，可将其它形式的能转换为电能，如发电机、电池等。负载是用电设备的总称，它可将电能转换成其它形式的能，例如灯泡、电动机、电炉等。控制器是控制电路通断的设备，例如开关、保险丝等。导线用来传输电能。图 1-1(b)、(c) 和图 1-2 就是简单的电路，图 1-1(b) 和图 1-2(a) 是实物图，图 1-1(c) 和图 1-2(b) 是电路图 (用电路图符号绘制的图)。电路图常用的符号如图 1-3 所示。

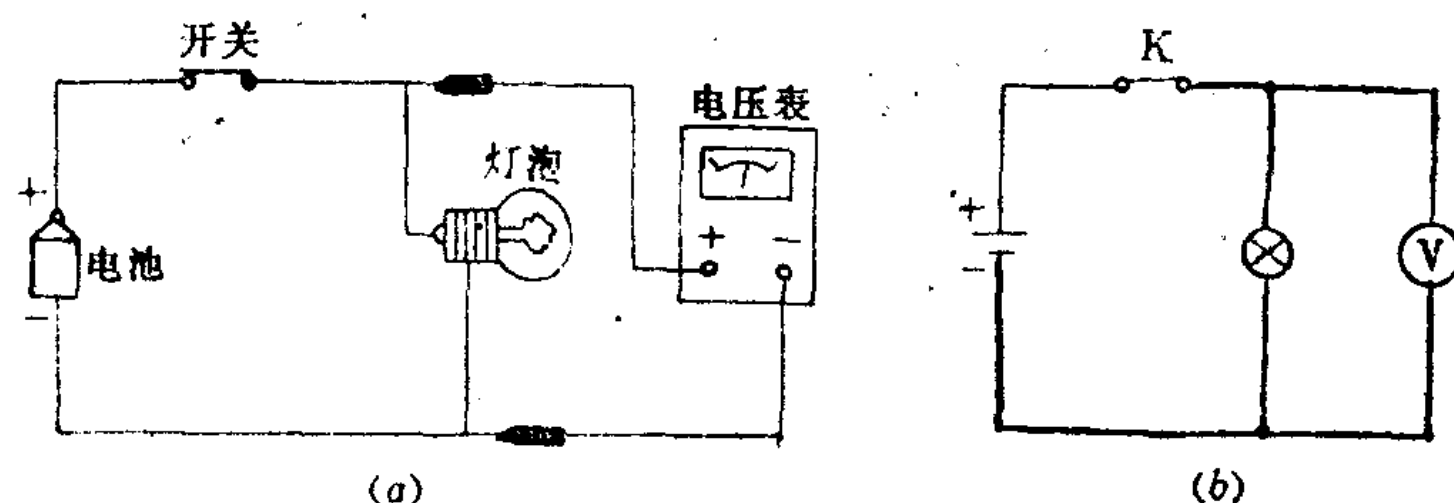


图1-2 简单的电路图

名称	符号	名称	符号
电池或蓄电池		电阻	
灯泡		接机壳或接地	
开关		保险丝	
电流表		电压表	
电容器		线圈	

图1-3 电路图常用符号

电路通常有三种状态，见图 1-2(b)：

(1) 通路 (闭路)：开关接通，构成闭合回路，电路中有电流。

(2) 断路 (开路)：开关或电路某处断开，电路中无电流。

(3) 短路：电路中负载两端被导线短接叫短路。短路时会使电路中电流增大，严重

时会损坏电源和电路器件。

2. 电源与电压

电源两端具有不同的电位，电源正极电位总高于负极电位，使正负极间形成电位差。电位差使电源外部电流从高电位的正极流向低电位的负极。在电源内部，借助外力（例如电池是借助化学力）使电流从低电位负极流向高电位正极。电位差又称电压，电源电压（ E ），电阻电压（ U ），单位伏特（ V ）。电压的单位还有千伏（ kV ）、毫伏（ mV ）、微伏（ μV ）：

$$1kV = 1000V \quad 1mV = 10^{-3}V \quad 1\mu V = 10^{-6}V$$

电源本身的电阻叫电源内阻。如果一个电源只具有一定的电源电压，而电阻为零，这种电源叫理想电源，可用图 1-3 中所示符号表示。如果电源有内阻，在电源不接负载时，电源两端电压 U 等于电源电压 E ；在电源接通负载后，电源两端电压 U 则小于电源电压 E 。

四、欧姆定律

在电路中，电压、电流与电阻的关系经实验证明有下式存在：

$$I = \frac{U}{R}$$

式中， U 单位为 V ， I 单位为 A ， R 单位为 Ω 。该式称为欧姆定律公式。

如果考虑电源的内阻 r ，则下式成立：

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

通常将该式称为全欧姆定律公式。参看图 1-4(b)。

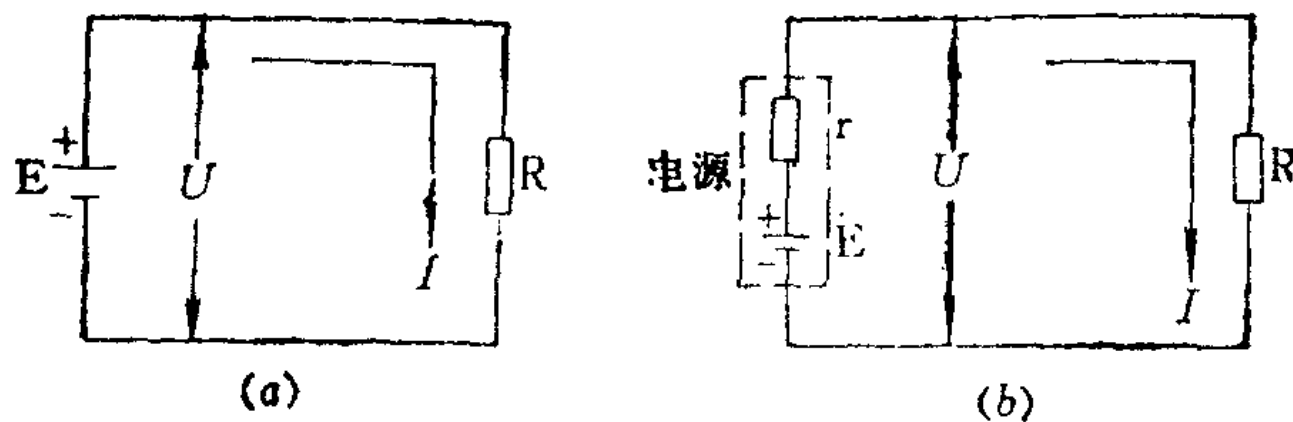


图1-4 欧姆定律

由图 1-4(b) 可以看出，电源两端电压 $U = I \cdot R = \frac{E}{R + r} \cdot R$ 。将该式变化一下，可得 $U = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}}$ 。由此式可以看出，当负载 R 一定时，电源内阻 r 越大，电阻两端电压 U （即电源两端电压）越小；当 r 一定时， R 越大，电阻两端电压 U 越大。

五、电功和电功率

电场力在电路中移动电荷所做的功叫电功。电流通过电炉，使电炉发热，说明电流通过电器时把电能转变成其它形式的能，同时做了功。电流所做的功等于电路中消耗的电能，即等于电场力所做的功——电功。电功或电能可用 A 表示，单位为焦耳（ J ）。它

可用下式表示,

$$A = \frac{U}{Q}$$

由此式还可推出:

$$A = UI t \quad A = I^2 \cdot R t \quad A = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

式中, t 是电流 I 流过负载 R 的时间, 单位 s ; U 是 R 两端电压, 单位 V ; R 单位是 Ω ; A 单位是 J ; I 单位是 A ; Q 单位是 C 。

电功率是单位时间电场力作功大小。它反映了电能转换为其它形式能的变化速率, 也就是反映了用电设备做功的能力。电功率用字符 P 表示, 等于电压与电流乘积。电功率可用以下各式来表示:

$$P = \frac{A}{t} \quad P = UI \quad P = I^2 R \quad P = \frac{U^2}{R}$$

式中, A 单位为 J , U 单位 V , I 单位 A , R 单位 Ω 。电功率 P 的单位是瓦特 (W)。电功率还有千瓦 (kW) 和毫瓦 (mW) 两个单位, 它们之间的关系:

$$1kW = 1000W \quad 1mW = 10^{-3}W$$

第二节 直流电路计算

一、电阻串联电路

1. 电阻串联电路的特点

电阻相互连接且中间无分支, 这种连接方式叫电阻串联, 串联的电阻接至电源两端构成电阻串联电路, 如图 1-5 所示。这种电路有如下一些特点:

(1) 电路中电流处处相等:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

(2) 电路上的总电压 U 等于各电阻上电压之和: 根据基尔霍夫第二定律 (本节后面将讲到) 可得:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(3) 电路的等效电阻 R 等于各串联电阻之和: 所谓等效, 就是指在给定条件下 (端电压与总电流不变), 该电阻 R 消耗的功率与各串联电阻消耗功率的和相等:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{I} = \frac{I(R_1 + R_2 + R_3)}{I}$$

所以,

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

(4) 电路总功率 P 等于各串联电阻功率之和:

$$P = I^2 R = I^2 (R_1 + R_2 + R_3) = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3$$

所以,

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

2. 分压公式

当电阻串联电路中有两只以上电阻时, 即构成一个分压电路, 如图 1-5(c) 所示。根据欧姆定律可得分压公式:

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

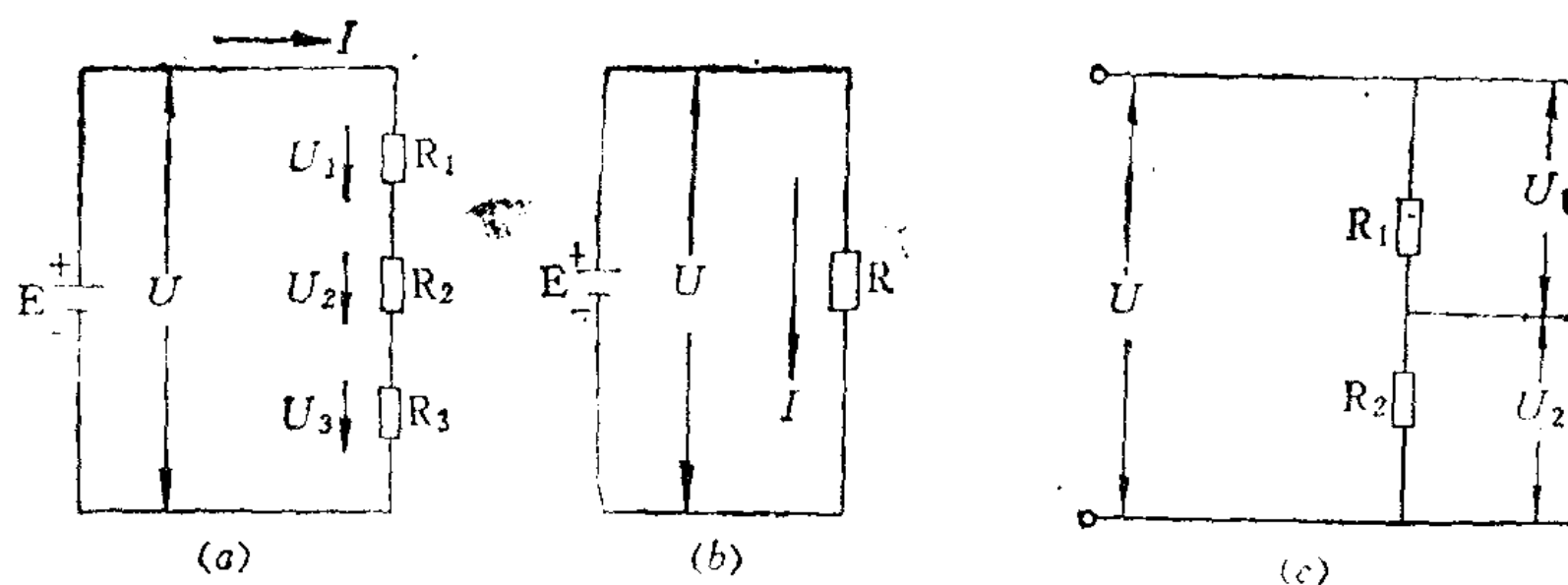


图1-5 电阻串联电路

(a) 电阻串联电路; (b) 图 a 的等效电路; (c) 分压电路。

二、电阻并联电路

1. 电阻并联电路的特点

把若干电阻的两端分别连在一起叫电阻并联，再把并联的电阻两端接至电源两端，即构成电阻并联电路，如图 1-6 所示。这种电路有如下特点：

(1) 各并联电阻两端的电压相等：

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

(2) 电路总电流 I 等于各电阻支路电流之和：根据基尔霍夫第一定律（本节后面将讲到）：

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(3) 等效电阻 R 的倒数等于各支路电阻的倒数和：

因为 $I_1 = \frac{U}{R_1}$ 、 $I_2 = \frac{U}{R_2}$ 、 $I_3 = \frac{U}{R_3}$ ，所以有 $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$ ，则：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

(4) 电路消耗的总功率 P 等于各电阻消耗功率之和：因为 $I = I_1 + I_2 + I_3$ ，所以有 $UI = UI_1 + UI_2 + UI_3$ ，即：

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

2. 分流公式

在图 1-6(c) 电路中， $I_1 = \frac{U}{R_1}$ 、 $I_2 = \frac{U}{R_2}$ ，而 $U = IR = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ，所以可得各支路电流与总电流的关系式，即分流公式：

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

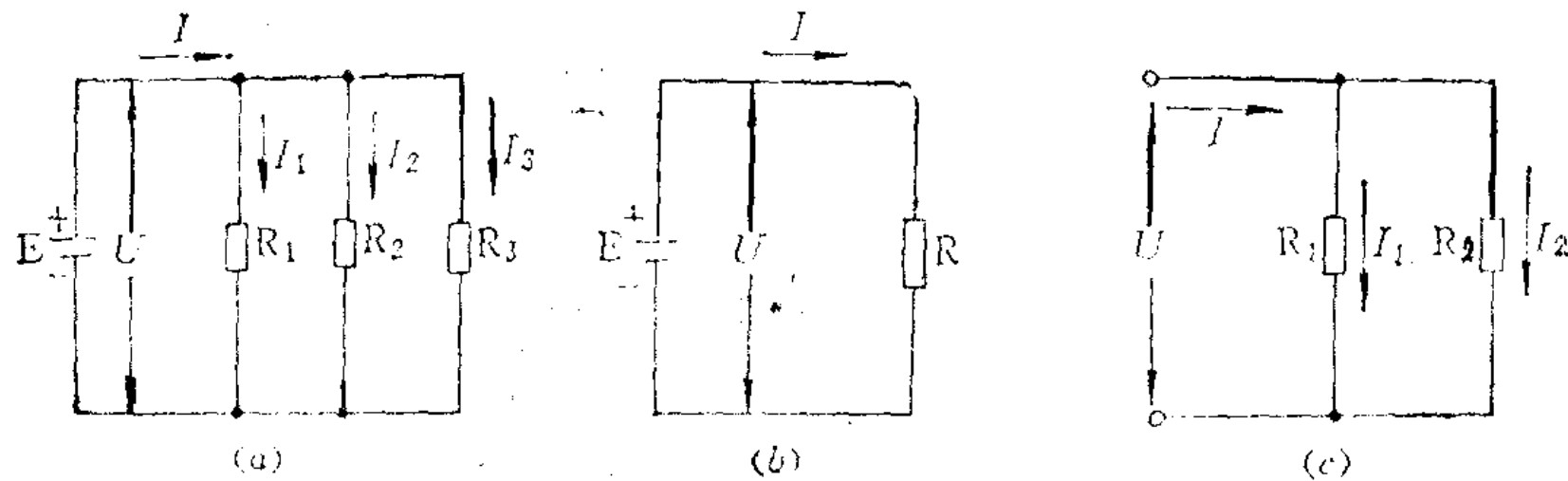


图1-6 电阻并联电路

(a) 电阻并联电路; (b) 图 a、c 的等效电路; (c) 分流电路。

〔例1〕 电路如图1-7(a)所示, 求电路总电流与各支路电流。

解 画出图1-7(a)的等效电路图1-7(b), 根据电阻并联电路公式和欧姆定律可得: $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, $I = \frac{E}{R_0 + R}$ 。将数值代入:

$$R = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = 6.67(\Omega), \quad I = \frac{12}{1 + 6.67} = 1.56(\text{A})$$

再由分流公式可得:

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1.56 \times \frac{20}{10 + 20} = 1.04(\text{A})$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1.56 \times \frac{10}{10 + 20} = 0.52(\text{A})$$

或由电阻并联电路公式 $I = I_1 + I_2$, 可得 $I_2 = I - I_1 = 1.56 - 1.04 = 0.52(\text{A})$ 。

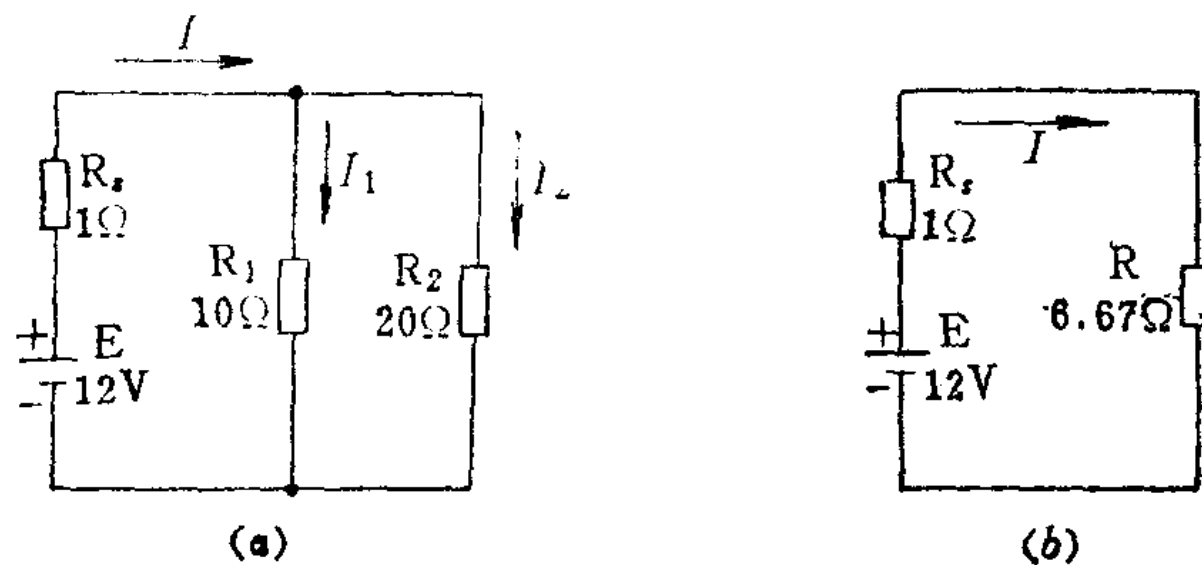


图1-7 例1题图

三、电 池 组

电池是一种常使用的电源, 每个电池都有一定的供电电源电压(一般为1.5V)和额定放电电流。在负载要求高电压时, 单个电池无法满足需要, 为此, 可将几个电池连接在一起给负载供电, 这些连接在一起的电池就叫电池组。

1. 串联电池组

当负载需要较高电压时, 可将电池串联, 进行供电, 如图1-8(a)所示。串联后的电池组的总电源电压 E 等于各电池电压之和, 总电源内阻 R_0 等于各电池电阻之和。即:

$$E = E_1 + E_2 + E_3, \quad R_0 = r_1 + r_2 + r_3$$

2. 并联电池组

当负载需要的电流大于单个电池额定放电电流时, 可将电压相同的电池并联在一起进行供电, 如图1-8(b)所示。并联后的电池组的总电源电压 E 仍等于单个电池电压, 总电源内阻 R_0 等于各电池内阻并联, 如果各电池内阻均相等(为 r_0), 则电源内阻 R_0 等于单个电池内阻除以电池个数 n 。即:

$$E = E_1 = E_2 = E_3, \quad R_0 = \frac{r_0}{n}$$

3. 混联电池组

当单个电池的电压和额定电流都不能满足负载需要时, 可以将 n 个电池串联, 再将多个串联电池组并联, 以满足负载对电流的需要。例如, 单个电池电压 $E_0 = 1.5\text{V}$, 内阻 $r_0 = 0.2\Omega$, 按图1-8(c)混联后的总电源电压 $E = nE_0 = 3 \times 1.5\text{V} = 4.5\text{V}$, 总内

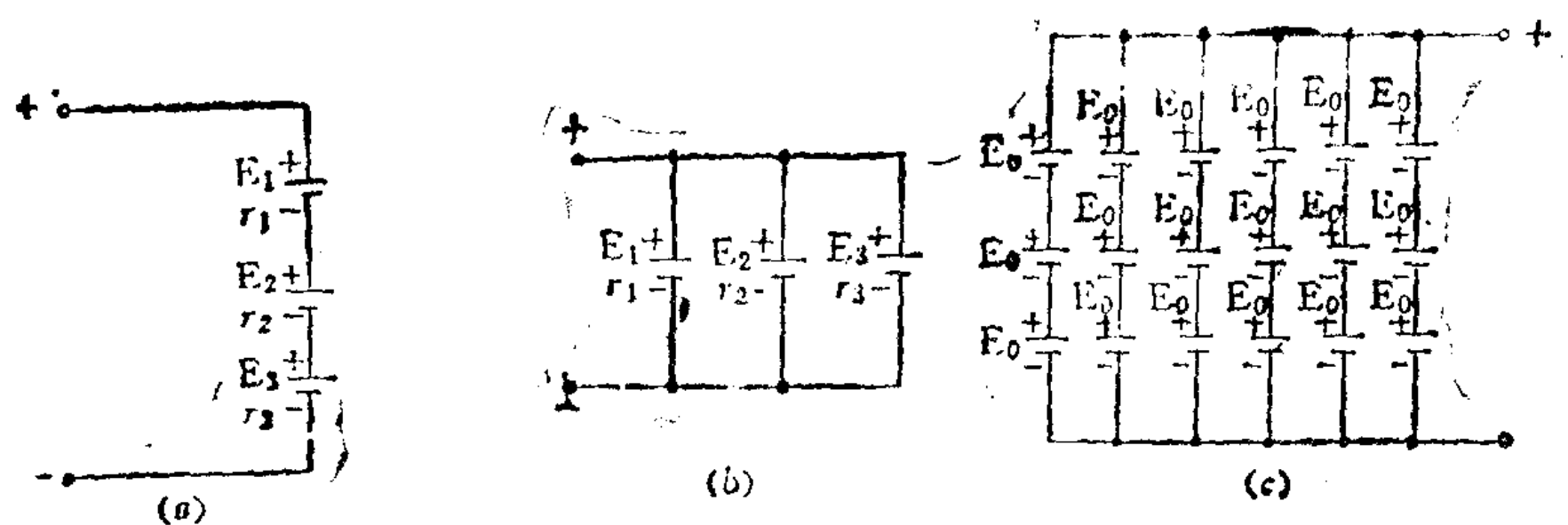


图1-8 电池的连接

(a) 串联; (b) 并联; (c) 混联。

$$\text{阻 } R_0 = \frac{3 \times 0.2 \Omega}{6} = 0.1 \Omega.$$

四、电位的计算

电位是指电路中某一点相对于零电位点的电压。通常规定接地的一点为零电位点。在电子设备中，机壳作为电路的零电位点。零电位点用符号“⊥”表示。电路中某点的电位可按下述步骤计算：

(1) 选定该点到零电位点的简捷路径，定为绕行方向。

(2) 确定路径上各元件电压降方向：电阻上电压降方向与电流方向相同，电源电压降方向从正极指向负极。

(3) 求出选定路径上各元件电压降的代数和（凡电压降方向与绕行方向一致的电压降取正号，反之取负号）。

〔例2〕 求图1-9(a)电路在开关K闭合时，A点的电位。

解 开关K闭合后的等效电路如图1-9(b)所示。首先选定路径A→B→C→D；再标电压降方向，如图1-9(b)所示；然后列计算式：

$$U_A = U_{R_1} + U_{R_2} + E_1 = I(1.3\text{k}\Omega + 3.9\text{k}\Omega) - 12\text{V}$$

$$\text{其中 } I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{12 + 12}{(3.9 + 1.3 + 17 + 10) \times 10^3} = 0.745 \times 10^{-3} (\text{A})$$

$$\text{则: } U_A = 0.745 \times 10^{-3} \times 5.2 \times 10^3 - 12 \approx -8 (\text{V})$$

当选定其它路径（如：A→F→E→D）时，计算出的电位值一样。

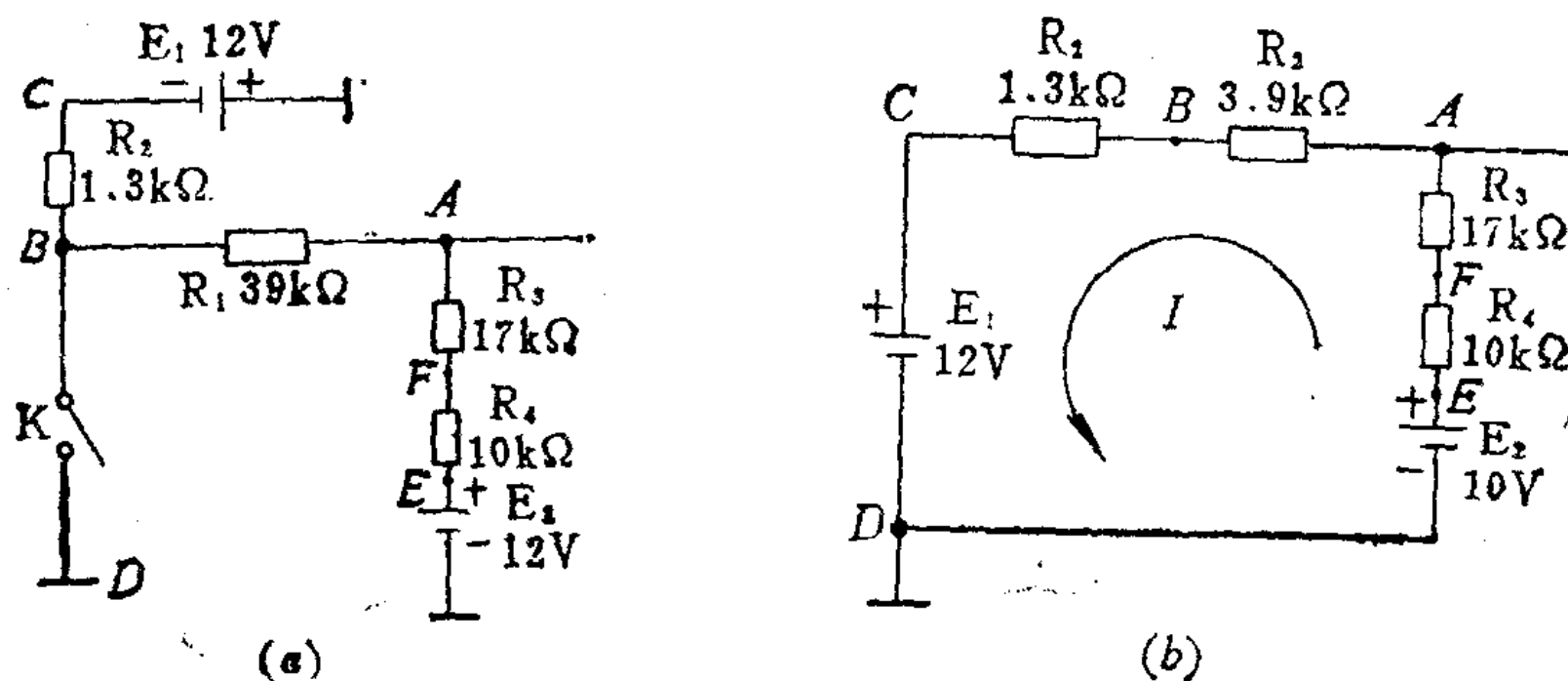


图1-9 例2题图

五、基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)

在电路中, 几条支路的连接点叫节点, 流入任一节点的电流和等于从这个节点流出的电流之和。例如, 对于图 1-10(a) 中的节点 A 有 $I_4 + I_1 = I_2 + I_3$ 。对于这个定律可作这样的解释: 在节点上不可能堆积或漏掉电荷, 因此任何时刻流入与流出的电荷量相等。这如同在几条水管交接处, 任何时刻流入与流出的水量都相等。同样可以得出, 该定律也适用于一个闭合区域。

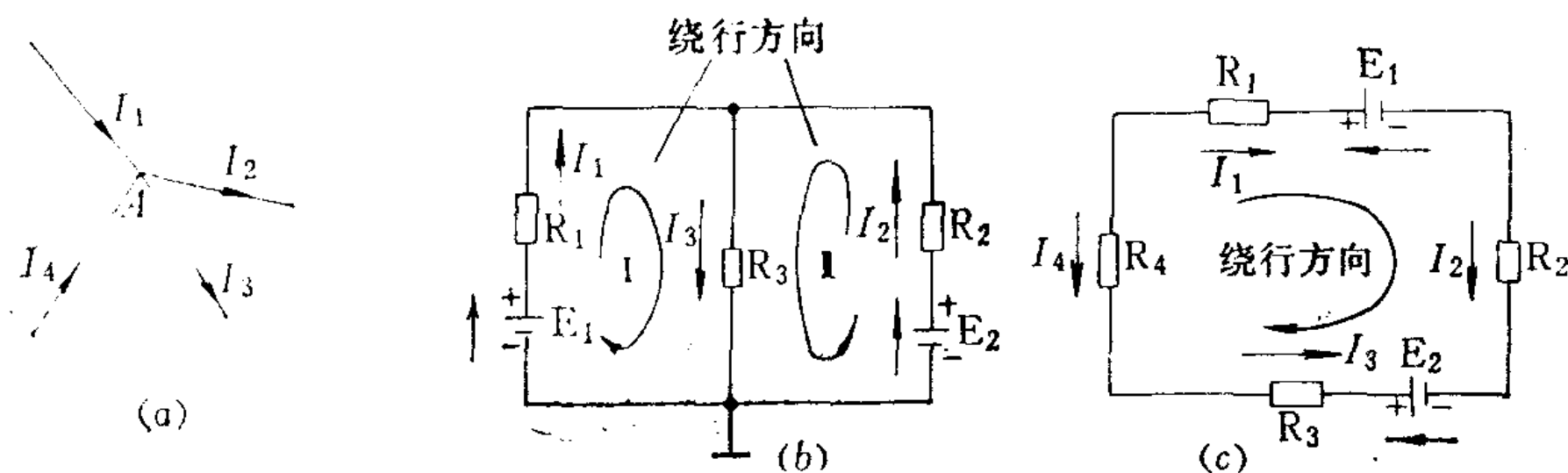


图1-10 基尔霍夫定律

2. 基尔霍夫第二定律 (回路电压定律)

电路中任一闭合路径叫回路, 沿一回路所升高的电位等于它所降低的电位。这也可以用水流回路来解释: 在一水流回路中, 各段水位下降量的和等于水泵水位提高量的和。例如, 对于图 1-10(b) 的回路 I 与 II 有下面两式成立:

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 \quad E_2 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3$$

在利用此定律做计算时, 可按下述步骤进行:

- (1) 确定各支路电流的参考方向, 再确定回路绕行方向 (顺时针方向或逆时针方向)。
- (2) 确定电源电位升方向 (从负极到正极) 和确定电阻电位降方向 (同电流方向)。
- (3) 凡与绕行方向一致的各电压取正号, 反之取负号。
- (4) 根据回路电压定律 ($\sum IR = \sum E$) 列出计算式。

例如, 图 1-10(c) 电路的回路, 是:

$$-E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4$$

六、电压源和电流源

电源是向负载提供电压和电流的。如果电源内阻为零, 则可提供恒定电压, 这种电源叫恒压源。如果电源内阻无穷大, 则可提供恒定电流, 这种电源叫恒流源。恒压源与恒流源符号如图 1-11(a) 所示。实际电源既不是恒压源又不是恒流源, 它可以表示为一个恒压源与电阻的串联, 叫电压源, 如图 1-11(b) 所示; 也可以表示为一个恒流源与内阻的并联, 叫电流源, 如图 1-11(c) 所示。两种电源可相互等效, 其中 $I_s = \frac{E}{R_s}$ 或 $E = I_s \cdot R_s$ 。

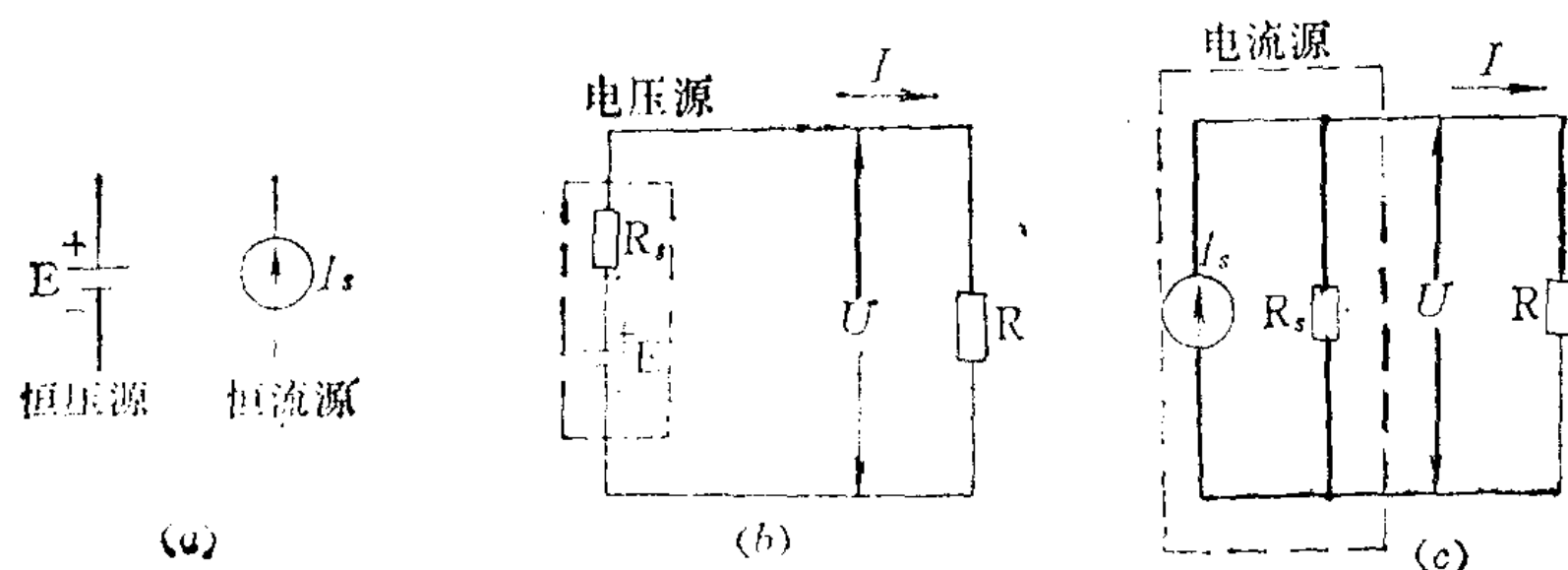


图1-11 电压源与电流源

七、迭加原理

迭加原理是：在线性电路中，任一支路的电流是各个电源单独作用（其它恒压源短路，恒流源开路）在该支路中所产生的电流的代数和。以图 1-12(a) 电路为例，计算流过电阻 R_2 的电流。当恒流源单独作用时，如图 1-12(b) 所示，流过 R_2 的电流为 I'_2 ；当恒压源单独作用时，如图 1-12(c) 所示，流过 R_2 的电流为 I''_2 。则实际流过 R_2 的电流为 $I_2 = I'_2 + I''_2$ 。即：

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = I_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} + \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{I_s R_1 + E}{R_1 + R_2}$$

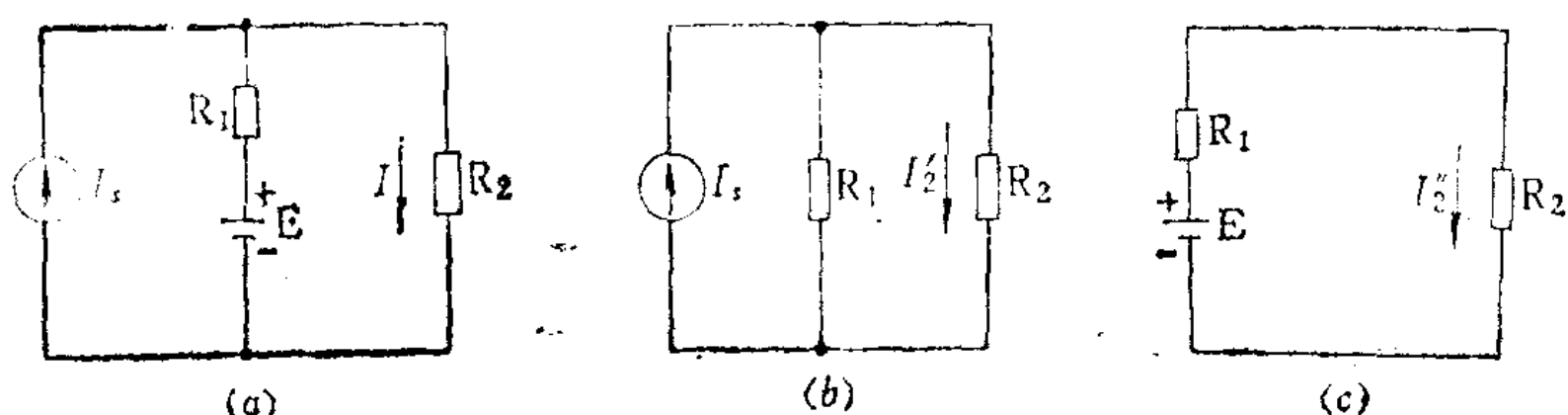


图1-12 迭加原理

八、戴维南定理

戴维南定理是：任何一个有源二端网络（内含电源，有两个引出端的电路，如图 1-13(a) 中虚线所框的电路）都可以用一个电压源等效，其恒压源 E_0 的数值等于原网络引出端（如图 1-13(a) 中的 AB 两端）开路时的端电压，其内阻等于网络中所有电源不起作用（恒压源短路，恒流源开路），从 AB 端开路时向网络看进去的等效电阻。根据这个定理可将图 1-13(a) 电路虚线框内电路等效为一电压源，如图 1-13(b) 所示。其中， E_0 可利用图 1-13(c) 电路求出， R_0 可利用图 1-13(d) 电路求出。 E_0 、 R_0 值

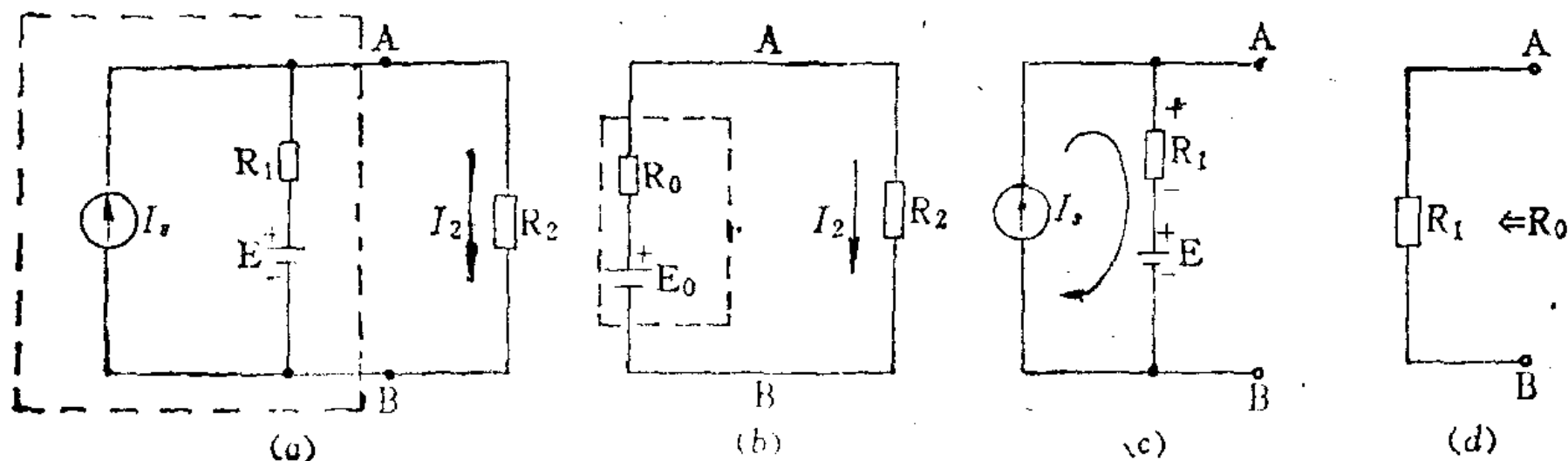


图1-13 戴维南定理

计算式如下,

$$E_0 = I_1 R_1 + E \quad R_0 = R_1$$

根据图 1-13(b) 可进一步求出流过 R_2 的电流 $I_2 = \frac{I_1 R_1 + E}{R_1 + R_2}$, 这与利用迭加原理计算出的结果一样。

第三节 电容器及其充放电过程

一、电容器的结构与特点

电容器是储存电荷的容器。其结构是用绝缘物质隔开的两个导体和导体间绝缘物质的组合, 如图 1-14(a) 所示, 它的符号如图 1-14(b) 所示, 可用字母 C 表示。

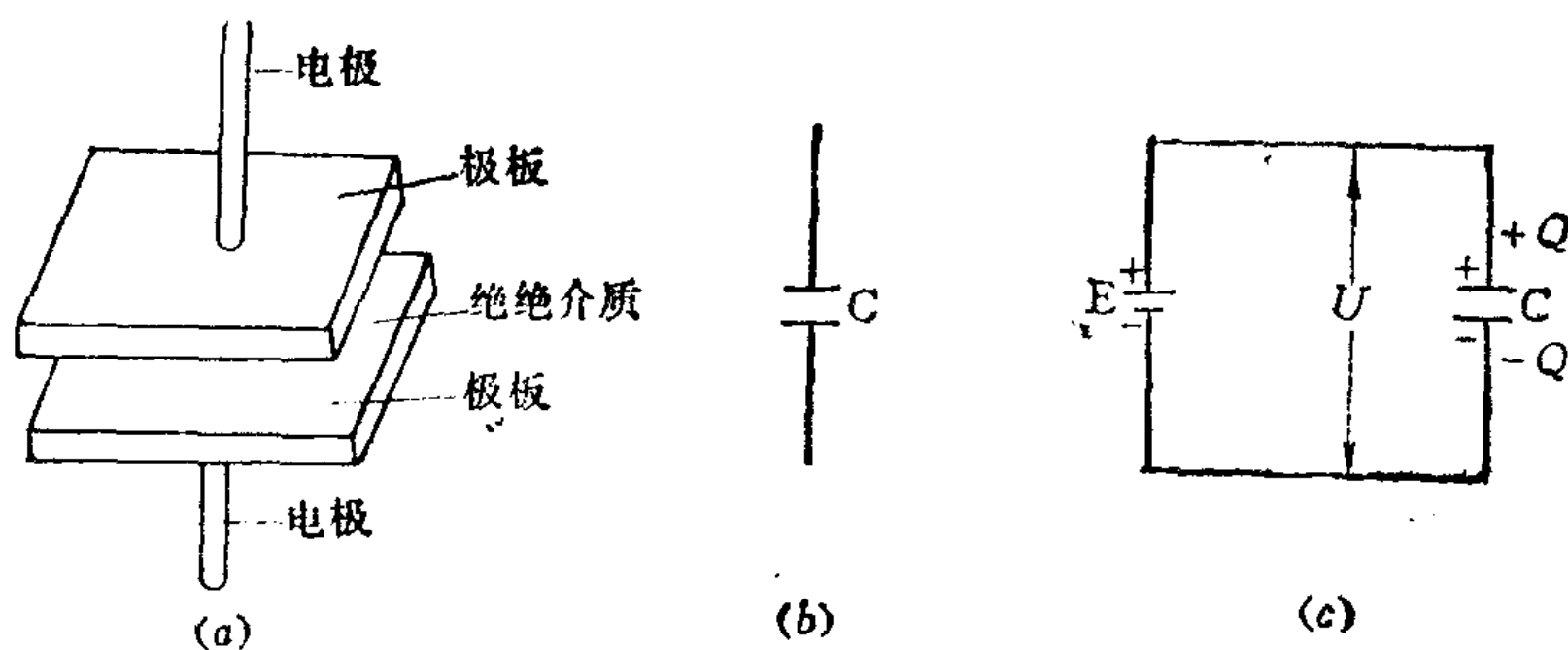


图1-14 电容器结构、电容器符号与电容器充电

若把电容器接到直流电源两端, 则它的两个极板就分别产生数量相等、符号相反的电荷, 如图 1-14(c) 所示。电容器储存电荷的能力可用电容来表征, 电容用字母 C 表示, 单位是法拉 (F)。电容器确定后, 电容是个常量。电容 C 与它两端的电压 U 和储存的电荷量 Q 有如下关系:

$$C = \frac{Q}{U}$$

式中, Q 的单位是 C (库仑), U 的单位是 V, C 的单位是 F。电容的单位还有微法 (μF) 和微微法 (pF):

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F} \quad 1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

电容器储存的电场能量 W_c 可表示为:

$$W_c = \frac{1}{2}CU^2 \quad \text{或} \quad W_c = \frac{1}{2}QU$$

式中, C 的单位是 F, U 的单位是 V, Q 的单位是 C, W_c 的单位是 J。

二、电容器的串联与并联

1. 电容器的串联

几只电容器无分支地连接叫做电容器的串联。如果将串联电容器两端与电源两极相连, 如图 1-15(a) 所示, 则电容器被充电, C_1 、 C_2 、 C_3 上充得的电荷量相等, 各极板极性如图所示。因此可得 $U_1 = \frac{Q}{C_1}$ 、 $U_2 = \frac{Q}{C_2}$ 、 $U_3 = \frac{Q}{C_3}$ 。又根据基尔霍夫定律有

$U=U_1+U_2+U_3$, 所以 $\frac{Q}{C}=\frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2}+\frac{Q}{C_3}$, 化简:

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

式中 C 是串联电容器的等效电容, 如图 1-15(b) 所示。

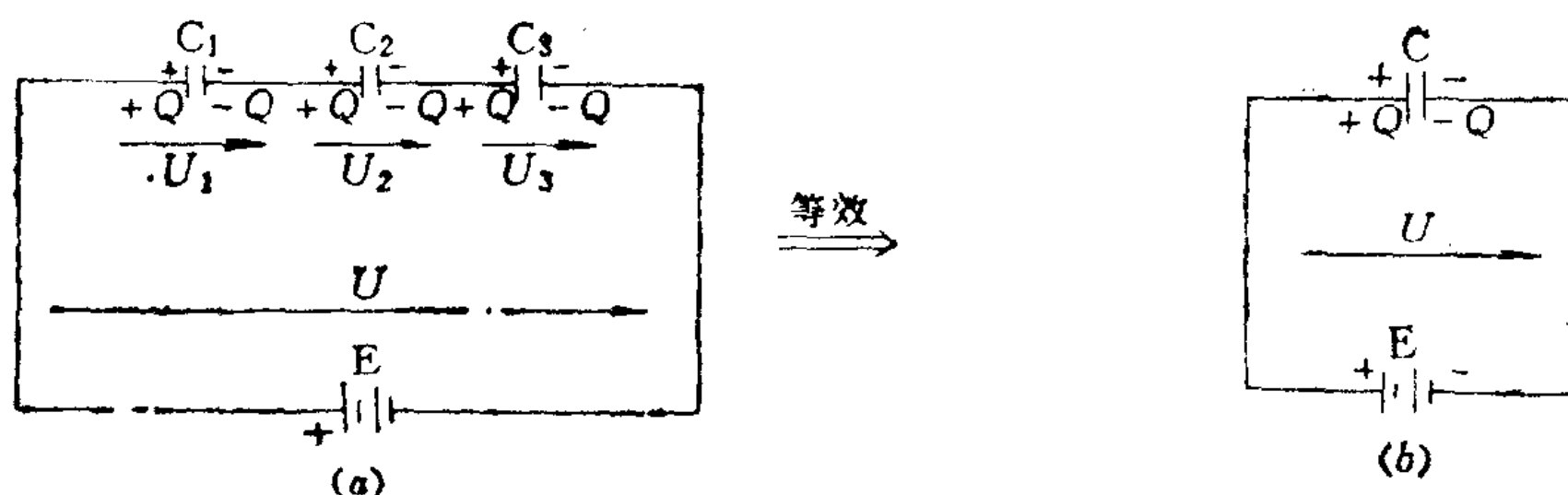


图1-15 电容器的串联

还可以推导出: $U_1:U_2:U_3=\frac{1}{C_1}:\frac{1}{C_2}:\frac{1}{C_3}$

2. 电容器的并联

几只电容器的一个极板相接于一点, 而另一个极板相接于另一点的连接方式叫电容器的并联。如果两并联电容器的两端点与电源两极相接, 如图 1-16(a) 所示, 则电容被充电, 每个电容两端电压相等, 即 $U=U_1=U_2=U_3$ 。而并联电容器的总电荷量 Q 等于各电容器电荷量的和, 即 $Q=Q_1+Q_2+Q_3$ 。因此可得: $Q=C_1U+C_2U+C_3U=U(C_1+C_2+C_3)$ 。则:

$$C=\frac{Q}{U}=C_1+C_2+C_3$$

式中 C 是并联电容器的等效电容, 如图 1-16(b) 所示。

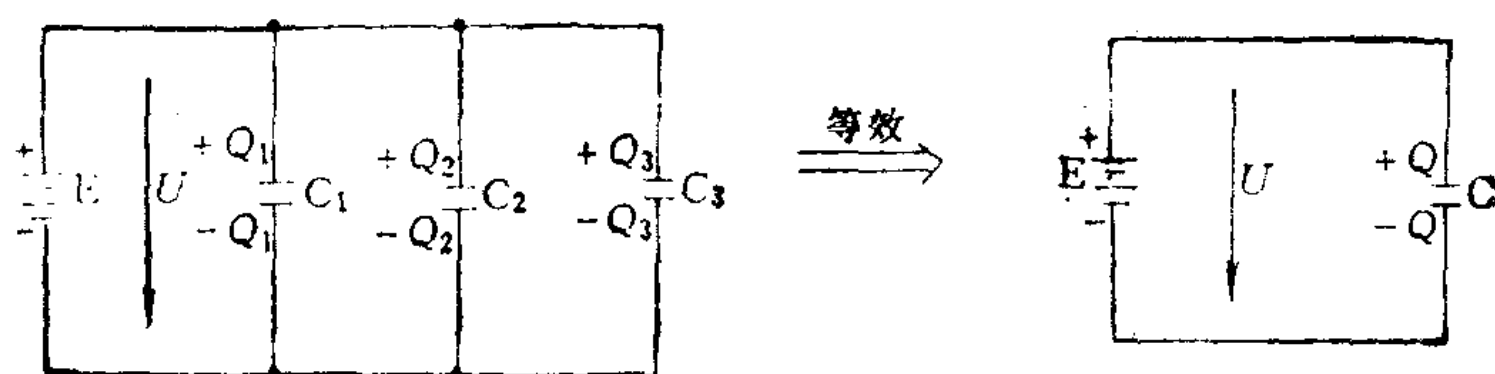


图1-16 电容器的并联

三、电容器的充电与放电过程

图 1-17(a) 是一个 RC 电路。如果开关 K 拨至“1”处, 电源通过电阻 R 给电容器 C 充电; 如果 K 拨至“2”处, 电容器 C 通过电阻 R 放电。为了研究电容器充、放电过程中, 电流 i 与电容器两端电压 u_c 的变化情况, 可按图 1-17(b) 所示电路做实验。当开关 K 拨至“1”处时, 从微安表可以看出电流 i 值逐渐减小, 经过约 25 s 后, i 接近于零, 如图 1-18(a) 所示, 同时从电压表可以看出电压 u_c 值逐渐增加, 经过约 25 s 后, u_c 约等于电源电压值 E , 如图 1-18(b) 所示。电容器充满电荷后, 将开关 K 拨至“2”处, 可以看到 i_c 和 u_c 的变化, 如图 1-19(a)、(b) 所示。