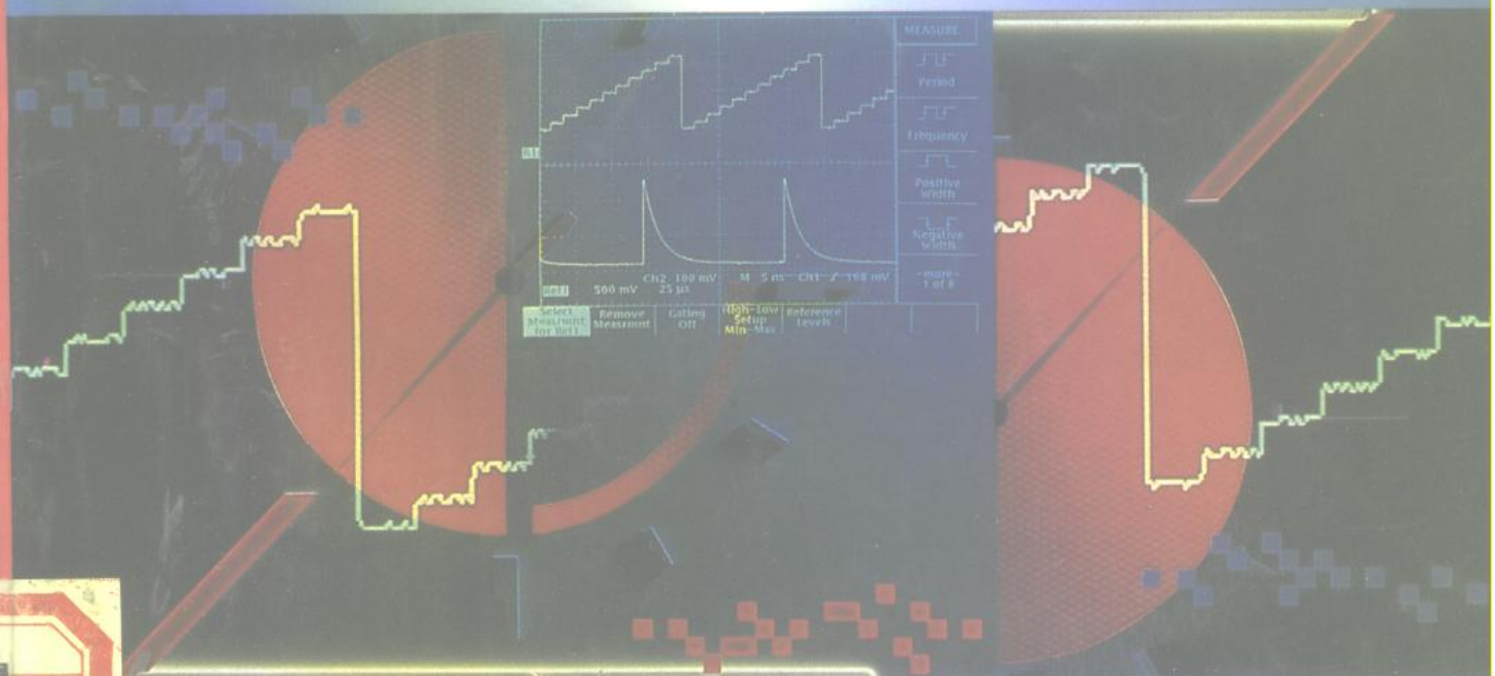


电子技术自学丛书

电工·电子基础

精选电路详解

耿文学 刘江 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

电子技术自学丛书

电工·电子基础精选电路详解

耿文学 刘江 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 提 要

本书共十三章,第一章电路基础;第二章正弦交流电,第三章简单交流电路,第四章复杂交流电路,第五章三相交流电路,第六章半导体器件,第七章放大器,第八章反馈与振荡,第九章脉冲电路,第十章门电路,第十一章触发器,第十二章脉冲波形的产生和整形,第十三章寄存器、计数器、译码器、D/A与A/D变换器。对电工、电子技术的基本概念进行详细分析并引入新型器件和实用电路,为读者自学提供一个系统入门,可从大量例题中深化对概念的理解和对问题的分析。内容广而精练,注重图说,理论联系实际。

本书供机电、仪表、自控、电子行业人员自学也可供大专院校师生及电子爱好者参考。

丛 书 名:电子技术自学丛书

书 名:电工·电子基础精选电路详解

著 者:耿文学 刘 江编著

责任编辑:张春林

印 刷 者:一二〇一工厂

装 订 厂:北京云峰印刷厂装订

出版发行:电子工业出版社出版(北京海淀区万寿路)

电子工业出版社发行

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092毫米 1/16 印张:13.125 字数:332千字

版 次:1997年7月第一版 1997年7月第一次印刷

印 数:1—7000册

书 号:ISBN7-5053-4128-6/TN·1072

定 价:16.00元

目 录

第一章 电路基础	(1)
一、电压源与电流源	(1)
二、基尔霍夫定律	(2)
1. 基尔霍夫电流定律	(2)
2. 基尔霍夫电压定律	(2)
三、线性电阻与非线性电阻	(3)
1. 线性电阻	(3)
2. 非线性电阻	(3)
3. 静态电阻	(3)
4. 动态电阻	(3)
四、线性电路中的一个原理和两个定理	(4)
1. 名词解释	(4)
2. 叠加原理	(5)
3. 戴维南定理	(6)
4. 诺顿定理	(7)
5. 等效电源定理的变迁与对非线性负载的应用	(9)
第二章 正弦交流电	(11)
一、正弦交流电的基本概念	(11)
二、正弦交流电的周期、频率、波长	(12)
1. 周期	(12)
2. 频率	(12)
3. 角频率	(12)
4. 波长	(12)
三、正弦交流电的相位和相位差	(12)
1. 相位	(12)
2. 初相角	(12)
3. 相位差	(12)
四、正弦交流电的有效值、平均值.....	(13)
1. 有效值	(13)
2. 平均值	(14)
五、正弦交流电的旋转矢量表示法	(15)
六、正弦交流电的复数符号法	(15)
七、国内外教材上对旋转矢量和复矢量的称呼和符号	(17)
第三章 简单交流电路	(18)
一、单一参数的正弦交流电路	(18)
1. 电阻电路	(18)

2. 电感电路	(19)
3. 电容电路	(21)
二、RLC 串联电路与复数阻抗	(23)
1. RLC 串联电路	(23)
2. 复数阻抗	(24)
3. 国内外教材对复数阻抗和阻抗的称呼和符号	(28)
第四章 复杂交流电路	(30)
一、RLC 并联电路与复数导纳	(30)
二、单相正弦交流电路的功率	(32)
三、谐振电路	(33)
1. 串联谐振	(34)
2. 并联谐振	(38)
四、交直流电源同时供电时电路的计算	(40)
第五章 三相交流电路	(43)
一、三相交流电的产生	(43)
二、三相绕组的连接与电压、电流的计算	(44)
1. 电源与负载均为星形(Y)连接形式	(44)
2. 电源与负载均为三角形(Δ)连接形式	(46)
3. 电源与负载的各种连接形式	(48)
4. 当负载不对称时电路的计算	(49)
三、三相交流电路的功率	(51)
四、三相交流电的色标	(55)
第六章 半导体器件	(57)
一、半导体二极管的特性	(57)
1. 半导体二极管的表示法	(57)
2. 二极管的伏安特性曲线	(57)
3. 从特性曲线上看性能	(58)
4. 不同材料的二极管特性曲线的比较	(58)
5. 二极管对交流小信号的电阻	(60)
6. 稳压管	(61)
7. 各种半导体二极管和敏感元器件	(62)
二、半导体三极管的特性	(66)
1. 三极管的输入特性曲线	(67)
2. 三极管的输出特性曲线	(69)
3. h 参数等效电路	(71)
三、场效应晶体管的工作原理	(73)
1. 结型场效应管	(74)
2. 绝缘栅场效应管	(74)
四、电力电子器件	(76)
1. 简介	(76)

2. 晶闸管	(76)
3. 功率晶体管	(79)
4. 功率集成电路(PIC)	(79)
第七章 放大器	(80)
一、放大器的定义和分类	(80)
二、小信号交流放大器	(80)
1. 直流通路分析	(80)
2. 交流通路分析	(81)
三、差动放大器	(84)
1. 差模、共模信号等名词定义	(84)
2. 例题选编	(84)
四、运算放大器	(90)
1. 简介	(90)
2. 用问答和例题的形式对运算放大器电路分析	(90)
五、有源滤波器	(103)
1. 概念与定义	(103)
2. 用问答和例题对有源滤波器深入分析	(103)
六、功率放大器	(111)
1. 按甲、乙、丙分类的放大器	(111)
2. 互补对称放大电路	(112)
3. 推挽功率放大器	(114)
七、复合晶体管	(116)
八、场效应管放大电路	(117)
第八章 反馈与振荡	(122)
一、反馈的定义与反馈放大器	(122)
1. 反馈	(122)
2. 反馈放大器	(122)
3. 反馈放大器的类型	(123)
二、反馈放大器的基本电路	(125)
1. 电压串联负反馈电路	(125)
2. 电流串联负反馈电路	(126)
3. 电压并联负反馈电路	(127)
4. 电流并联负反馈电路	(127)
三、负反馈对电路的影响	(127)
1. 提高放大器放大倍数的稳定性	(127)
2. 减小非线性失真	(127)
3. 抑制噪声	(128)
4. 扩展频带	(128)
5. 对 R_o 、 R_i 的影响	(128)
四、负反馈放大电路的计算方法	(129)

1. 参数关系与计算表	(129)
2. 例题选编	(130)
3. 求基本放大器的 \dot{A}_R 、 \dot{A}_{RO} 、 \dot{A}_{RF} 、 \dot{A}_{OF}	(139)
五、正弦波振荡器	(141)
1. 振荡器的起振过程	(141)
2. 振荡器的稳定性	(141)
3. 振荡器的选频特性	(141)
六、几种常用的振荡器	(142)
1. 电感三点式振荡器	(142)
2. 电容三点式振荡器	(142)
3. 改进型电容三点式振荡器	(143)
4. 各种振荡器与石英振子的分析、计算	(143)
第九章 脉冲电路	(154)
一、脉冲和脉冲信号	(154)
二、脉冲电路	(154)
三、脉冲信号波形的主要参数	(154)
1. 脉冲幅度 U_m	(154)
2. 周期 T	(154)
3. 上升时间 t_r	(154)
4. 下降时间 t_f	(155)
5. 脉冲宽度 t_n	(155)
四、波形整形、变换电路	(155)
1. RC 充放电电路	(155)
2. 微分电路	(156)
3. 积分电路	(156)
五、限幅电路	(156)
六、箝位电路	(157)
第十章 数字电路(一)——门电路	(161)
一、什么是数字电路	(161)
二、门电路	(161)
三、基本门电路	(161)
1. “与”门电路	(161)
2. “或”门电路	(162)
3. “非”门电路	(163)
4. “与非”门电路	(163)
5. “或非”门电路	(164)
6. “异或”门电路	(164)
7. 国内外常用的门电路符号	(165)
四、布尔代数与卡诺图	(165)
1. 布尔代数	(165)

2. 布尔代数的运算规律	(166)
3. 逻辑函数的化简与卡诺图	(168)
第十一章 数字电路(二)——触发器	(175)
一、什么是触发器	(175)
二、基本 RS 触发器	(175)
1. 工作过程	(175)
2. 其它类型的 RS 触发器	(176)
3. 基本 RS 触发器的电路符号	(176)
三、同步 RS 触发器	(176)
四、JK 触发器	(177)
1. 简介	(177)
2. “空翻”问题	(178)
五、主从 JK 触发器	(178)
六、T 触发器	(179)
七、D 触发器	(179)
八、各种触发器字头的含意	(179)
第十二章 数字电路(三)——脉冲波形的产生和整形	(181)
一、555 定时器	(181)
1. 555 定时器的简化原理图	(181)
2. 555 定时器的工作原理	(181)
二、单稳态触发器	(182)
1. 电路的组成	(182)
2. 工作原理	(182)
3. 输出脉冲的宽度	(183)
4. 单稳态触发器的应用	(183)
三、多谐振荡器	(184)
1. 工作原理	(184)
2. 振荡周期	(184)
四、施密特触发器	(185)
1. 工作原理	(185)
2. 回差电压	(186)
3. 输出信号的电平转换	(186)
4. 施密特触发器的应用	(186)
五、小结	(187)
第十三章 数字电路(四)——寄存器、计数器、译码器、D/A、与 A/D 变换器	(190)
一、寄存器	(190)
1. 数码寄存器	(190)
2. 移位寄存器	(191)
二、计数器	(191)
1. 二进制加法计数器	(191)

2. 十进制加法计数器	(192)
三、译码器	(194)
四、D/A 与 A/D 变换器	(197)
1. D/A 变换器	(197)
2. A/D 变换器	(198)
主要参考资料	(200)

第一章 电路基础

一、电压源与电流源

电源即指供给电能之源。它是将其它形式的能量转换为电能的装置,如电池、发电机等;也有的是把某种形式的电能转换成另一种形式电能的装置,如整流电源、高频电源等。

电源有电压源和电流源两种。电压源是以供应电压为主要目的电源,若电压源的端电压不随负载电流的大小而变化时,则称为理想电压源或简称恒压源。理想电压源的符号如图 1-1 所示,其直流电动势用 E_s 表示,交流电动势用 e_s 表示。一般电压源用图 1-2 的符号来表示理想电压源,(a)表示电池,(b)表示直流发电机,(c)表示一般交流电源。

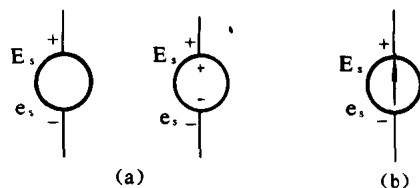


图 1-1

注意:如图 1-2 所示,电动势 E_s 的方向是由“-”指向“+”,而电压 U_s 的方向则是由“+”指向“-”。实际电路中也常有不注 s 或注以其它文字、数字的。

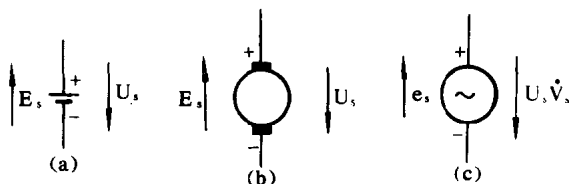


图 1-2

电流源是以供应电流为主要目的电源,若电流源输出的电流不受外电路的影响,也就是电流不随负载变化,则称为理想电流源或简称恒流源。理想电流源的符号如图 1-3 所示,符号表示用(a)或(b)均可;直流的电流用 I_s 表示,交流电流用 i_s 表示;交流的理想电流源也有用(c)所示图形符号的。

例 1.1 如图 1-4 所示,开关 K 至负载电阻

R 的距离为 $L=3\text{m}$ 。

求:当开关 K 在 B 和 A 转换时,电流由 A 点流到 c 点所需的时间 t_1

解 电流的传播速度为 $c=3\times 10^8\text{m/s}$,则

$$t_1 = \frac{L}{c} = \frac{3}{3 \times 10^8} = 1 \times 10^{-8} \text{s} = 10 \text{ns}$$

当开关 K 不断地闭合、打开时, a 点的电流波形如图 1-5(a)所示, c 点处的电流波形如图 1-5(b)所示。

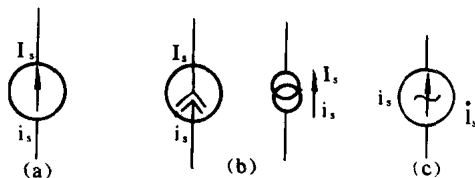


图 1-3

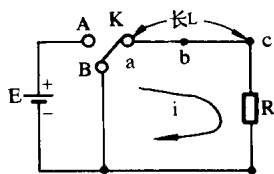


图 1-4

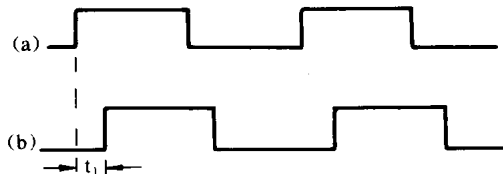


图 1-5

因为 t_1 时间十分短,放在一般电路中可以忽略,而在一些特殊的电子电路中,则必须考虑。

实际的电压源或电流源,其输出的电压或电流总是随外电路负载的变化而变化的。例如一个电池,当负载电流增大时,端电压就会降低。实际电压源可表示为一个理想电压源与内电阻 R_0 的串联;实际电流源可表示为一个理想电流源与内电阻的并联。图 1-6(a)是一个干电池,作为电压源相当一个理想电压源 E_s 与电阻 R_0 的串联。 R_0 越小,这个电压源就越接近理想电压源。图 1-6(b)是一个实际电流源,它相当一个理想电流源 I_s 或 i_s 与电阻 R_0 的并联。 R_0 越大,这个电流源就越接近理想电流源。

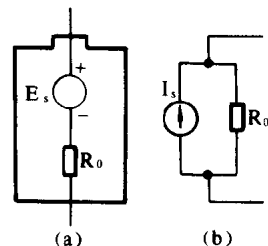


图 1-6

二、基尔霍夫定律

基尔霍夫(G. R. Kirchhoff 1824—1887)是德国物理学家,1845 年发表了有关电路的两个定律。

1. 基尔霍夫电流定律 在电路的任一节点处(广义的),流入电流的总和等于流出电流的总和。

例 1.2 图 1-7 所示的电路中,各个支路的电流分别为 $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7$ 和 i_8 。

求:在 a 节点处和以 b 区、c 区作为广义节点处的电流关系

解 a 为节点处 $i_5 = i_6 + i_7$;

b 区作为广义节点处 $i_3 + i_7 = i_2 + i_8$

c 区作为广义节点处 $i_4 = i_2 = i_6 + i_8$

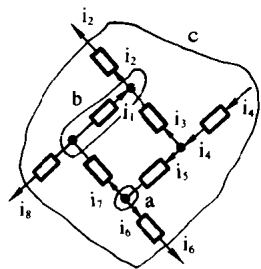


图 1-7

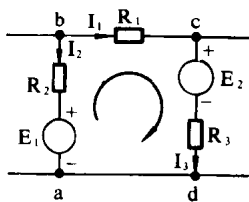


图 1-8

2. 基尔霍夫电压定律 在电路中的任一闭合回路,电动势的代数和等于电压降的代数和。

例 1.3 图 1-8 所示的电路中,电动势 E_1 和 E_2 , 电流 I_1, I_2 和 I_3 的假定方向图中已标出。

求:用基尔霍夫电压定律列出 abcda 回路的方程

解 以假定的回路方向从 a 点开始顺时针一周回到 a 点为止,电动势或电压与假设回路方向一致者为正,相逆者为负,则方程为

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

三、线性电阻与非线性电阻

1. 线性电阻 线性电阻元件的伏安特性曲线(就是元件两端所加的电压与通过电流之间的关系)是线性的,并应通过坐标原点。

例 1.4 请画出 $1\text{k}\Omega$ 和 $0.5\text{k}\Omega$ 线性电阻元件的伏安特性曲线。

解 图 1-9 所画出了两条通过原点的直线,说明电压与电流的比例关系不变,也就是电阻值不随外加电压的大小而改变,是一个常数。

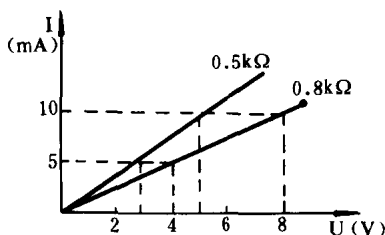


图 1-9

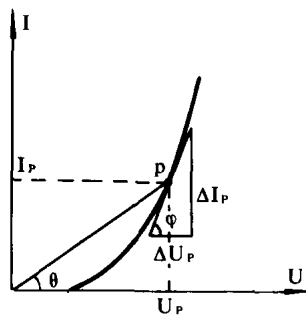


图 1-10

2. 非线性电阻 非线性电阻元件的伏安特性不是线性的。图 1-10 所示,在不同电压的作用下,其电压与电流的比值不一定相等,也就是电阻值随外加电压变化而变化,不是常数。

当在非线性电阻的伏安特性曲线上确定了工作点 p(即在这个非线性电阻元件上加了指定的电压 U_p 或通过指定的电流 I_p 时)后,即可求出该点的静态电阻 R_p 与动态电阻 r_p 。

3. 静态电阻 工作点 p 对应电压 U_p 与电流 I_p 的比值。

$$R_p = \frac{U_p}{I_p} = \text{ctg}^{-1}\theta$$

4. 动态电阻 在工作点 p 作伏安特性曲线的切线,所形成三角形的 ΔU 与 ΔI 之比值。

$$r_p = \frac{\Delta U_p}{\Delta I_p} = \text{ctg}^{-1}\theta$$

线性电阻的串、并联十分简单,串联的总电阻就等于各电阻值之和,并联的总电阻值就等于各电阻值倒数和的倒数。因为线性电阻的阻值是一个常数,所以在电路中计算十分简单。

非线性电阻的阻值不是一个常数,所以计算比较复杂,可用参数法或图解法分析,一般来说,同一个工作点的 R_p 的 r_p 求法不同,物理意义也不同,数值也不相同。

例 1.5 如图 1-11 所示的电路,电源电动势 $E=12\text{V}$,内电阻 $R_0=4\Omega$ 电路负载 R 为非线性电阻, $R=f(U_{ab})$ 的伏安特性曲线如图 1-12 上所示。

求 非线性电阻 R 上通过的电流 I 和端电压 U ,静态电阻 R_p 和动态电阻 r_p 。

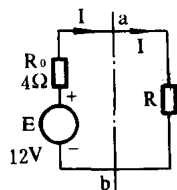


图 1-11

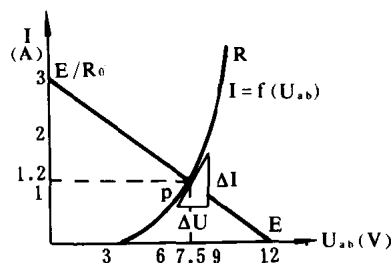


图 1-12

解 电路 ab 的左侧为内电阻 R_0 (线性电阻) 与电动势 E 组成的电压源, 不管 ab 端的负载电阻怎样变化, 一定要满足下列方程。

$$U_{ab} = E - IR_0$$

这个方程中 E 和 R_0 是给定的常数, 所以 U_{ab} 和 I 的关系为一条直线, 它与 U_{ab} 轴的交点, 即 $I=0$ 时, 应为 E , 即 $+12V$; 它与 I 轴的交点, 即 $U_{ab}=0$ 时, 应为 $\frac{E}{R_0}$, 即 $\frac{12V}{4\Omega} = 3A$ 。

电路 ab 的右侧为非线性电阻 R , 它的伏安特性可以通过实验求出 (生产厂家的产品样本上也会给出), 即图 1-12 上那条 $I=f(U_{ab})$ 曲线。

电路 ab 左侧即电压源的伏安特性曲线与电路 ab 右侧即非线性电阻的伏安特性曲线相交于 p 点, 即工作点, 这一点的电压与电流满足两侧电路的伏安特性, 因而 p 点在坐标上对应的电流和电压即为电路中的电流 I 和实际 ab 两点间的电压 U

$$U = 7.5V \quad I = 1.2A$$

$$\text{静态电阻 } R_p = \frac{U}{I} = \frac{7.5}{1.2} = 6.25\Omega$$

动态电阻从切线三角形上可求出

$$r_p = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.5}{1} = 1.5\Omega$$

四、线性电路中的一个原理和两个定理

1. 名词解释

(1) 线性电路 电路中的电阻 (或阻抗) 都是线性的。也就是说, 通过电路元件中的电流和加在元件两端的电压成正比。

(2) 原理、定理、定律 定律是通过大量具体事实归纳而成的结论, 是对客观规律的一种表达形式。定理是通过一定论据而证明为真实的结论。原理是科学技术中具有普遍意义的基本规律。从原理可推演出各种具体的定理。

(3) 有源二端网络、无源二端网络、除源网络

网络就是两个或更多个互相关联的电路。二端网络就是不管是怎样复杂的网络, 只要它引出两个出线端的都叫做二端网络。二端网络中含有电源的称为有源二端网络, 不含电源的称为无源二端网络; 另外又按网络中的元器件是否是线性的而分为线性网络或非线性网络。除源网络就是把网络中的电源除去 (恒压源短路, 恒流源开路, 留下并、串电阻) 后剩下的就是无源

网络。

2. 叠加原理(重叠原理)

在具有几个电源的线性电路中,某一支路中的电流(或电压),等于各个电源单独作用时(这时应把另外的电源除去,电压源短路,电流源开路,但它们若有内阻的话则都要留下)在该支路中产生的电流(或电压)之代数和。

注意:叠加原理只适用于线性电路,而且只适用于计算电压和电流,不适用于计算功率。因为电路中的功率是与电流(或电压)的平方成正比,两个数的平方和不等两个数和的平方,故不能用于功率计算。

例 1.6 图 1-13(a)所示的电路,同叠加原理求三条支路中的电流 I_1 、 I_2 和 I_3

解 如图 1-13 所示,可以把图(a)等效为图(b)和图(c)电路的叠加

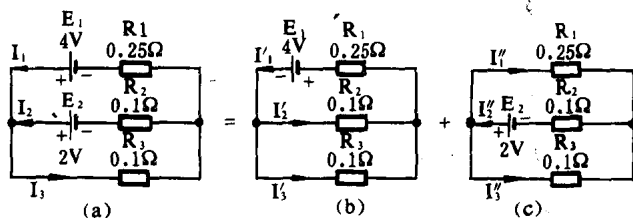


图 1-13

由(b)电路求出

$$I'_1 = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{4}{0.25 + 0.05} = \frac{4}{0.3} = \frac{40}{3} \text{ A}$$

$$I'_2 = I'_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{40}{3} \times \frac{0.1}{0.2} = \frac{20}{3} \text{ A}$$

$$I'_3 = I'_1 - I'_2 = \frac{20}{3} \text{ A}$$

由(c)电路求出

$$I''_2 = \frac{E_2}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} = \frac{2}{0.1 + \frac{0.25 \times 0.1}{0.25 + 0.1}} = \frac{70}{6} \text{ A}$$

$$I''_1 = I''_2 \frac{R_3}{R_1 + R_3} = \frac{10}{3} \text{ A}$$

$$I''_3 = I''_2 \frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{25}{3} \text{ A}$$

叠加求 I_1 、 I_2 和 I_3 。

$$I_1 = I'_1 - I''_1 = \frac{40}{3} - \frac{10}{3} = 10 \text{ A}$$

$$I_2 = I''_2 - I'_2 = \frac{70}{6} - \frac{20}{3} = 5 \text{ A}$$

$$I_3 = I''_3 + I'_3 = \frac{25}{3} + \frac{20}{3} = 15 \text{ A}$$

例 1.7 把图 1-14(a)所示的具有电压源和电流源的电路等效为两个单独电源的电路,

求 R 中的电流 I 和电压 U_{ab}

解

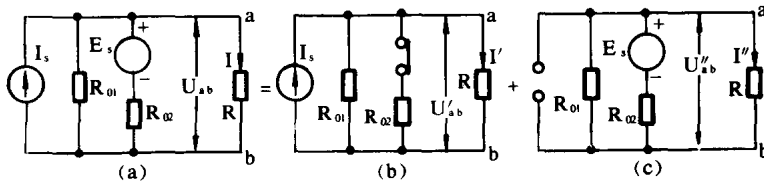


图 1-14

由(b)电路求出 I' 和 U'_{ab} , 由(c)电路求出 I'' 和 U''_{ab} , 则

$$I = I' + I''$$

$$U_{ab} = U'_{ab} + U''_{ab}$$

3. 戴维南定理 对于任意的线性有源二端网络, 其对外的作用来说, 可以等效为一个电压源。这个电压源中电动势的电压就是该线性有源二端网络的开路电压; 其内阻就是该线性有源二端网络除源(恒压源短路、恒流源开路, 注意它们所吕、并的电阻都要留下)后两端之间的等效电阻。

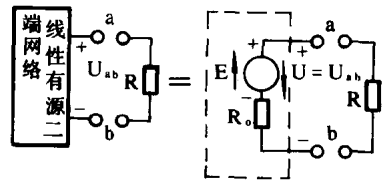


图 1-15 所示, 等效电动势的电压 $U = U_{ab}$, 内阻 R_0 即线性有源二端网络除源后从 ab 端看出(向左)的电阻。

图 1-15

例 1.8 如图 1-16(a)所示的电路, 有一个电压源和一个电流源供电。

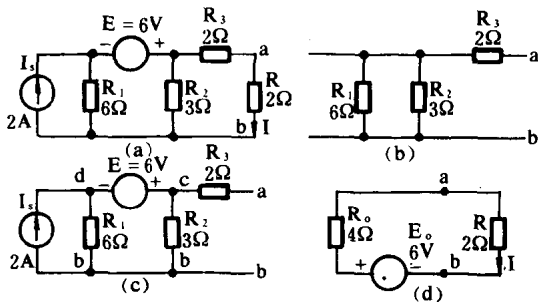


图 1-16

求 负载 R 中的电流 I

解 先将电路由 ab 端断开, 再画出 ab 左边二端网络中除源后的电路图 1.16(b), 求出由 ab 端看出的电阻 R_0 。

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{3 \times 3}{6 + 3} + 2 = 4\Omega$$

再按图 1.16(c)求 ab 端的开路电压 U_{ab} 。

从电路上可以看出

$$U_{cb} = U_{ab}$$

$$U_{ab} = U_{ab} - E = U_{ab} - 6$$

电阻 R_1 中的电流应为

$$\frac{U_{cb}}{R_1} = \frac{U_{ab} - 6}{R_1} = \frac{U_{ab} - 6}{6}$$

电阻 R_2 中的电流应为

$$\frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{U_{ab}}{3}$$

而恒流源的电流 I_3 应等于以上两个电流之和

$$I_s = \frac{U_{ab} - 6}{6} + \frac{U_{ab}}{3}$$

已知 $I_3 = 2A$, 可求出 $U_{ab} = 6V$, 等效电压源电动势 E 的电压应为 $6V$, 画出图 1-16(d)的等效电路, 可求出

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{6}{2 + 4} = 1A$$

4. 诺顿定理 对于任意的线性有源二端网络,就其对外的作用来说,可以等效为一个电流源,如图 1-17(a)。这个电流源中的恒流源电流就是该线性有源二端网络的短路电流(如图 b);与其并联的内阻就是该线性有源二端网络除源(恒压源短路、恒流源开路,注意它们所串、并的电阻都要留下)后两端之间的等效电阻。

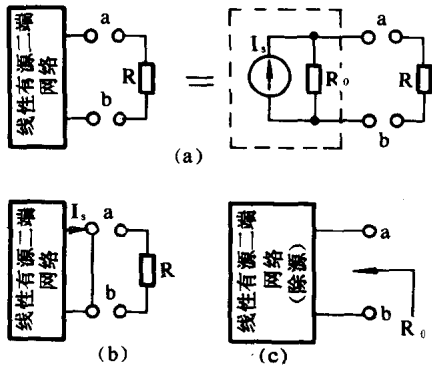


图 1-17

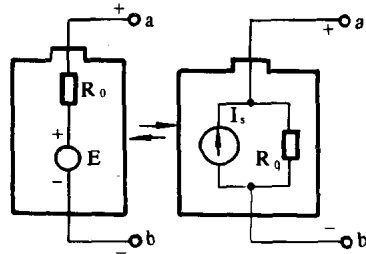


图 1-18

图 1-17(b)所示,等效恒流源的电流即 ab 短路电流 I_s ;如图 1.17(c)所示,并联的内阻 R_0 即线性有源二端网络除源后从 ab 端向左看入的电阻。

利用戴维南定理和诺顿定理可以对电压源或电流源进行等效互换,如图 1-18 所示,但要注意它们本身并无等效关系,而只是对外电路的作用等效。图 1-18 的左图是一个干电池,它相当一个恒压源 E 和内阻 R_0 的串联,它也可等效为右图一个恒流源 $I_s = \frac{E}{R_0}$ 和内阻 R_0 的并联电源,对外电路的作用它们是一样的,但对内电路来说并非有一个恒流源 I_s 在 R_0 上一直消耗着电能。

例 1.9 用戴维南定理把图 1-19(a)电位器分压电路化为等效电压源,分析负载电阻对输出电压 U_L 的影响,再化为等效电流源。

解 用戴维南定理把电位器电路化为等效电压源,如图 1.19(b)所示

U_0 即 AB 端的开路电压

$$U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

R_0 即恒压源 U 短路后,从 AB 端看入的电阻

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

带负载 R_L 后,输出电压 U_L 为

$$U_L = \frac{U_0}{R_0 + R_L} \cdot R_L$$

$$U_L = \frac{UR_2}{\frac{R_1 + R_2}{R_L} + (R_1 + R_2)}$$

当分母的第 1 项 $\frac{R_1 R_2}{R_L} (R_1 + R_2)$ 时,也就是 R_L 足够大时,输出电压几乎就按电位器的分压

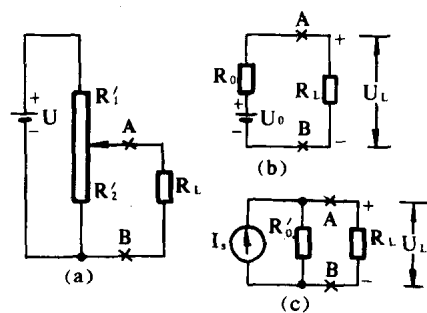


图 1-19

比例关系

$$U_L \approx U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

当 R_L 不是很大时, $\frac{R_1 R_2}{R_L}$ 的作用就不能忽略。例如: 当 $U=10$ $R_1=R_2=5k\Omega$ 时, R_L 与输出电压 U_L 的关系可从下表看出, 影响很大。

$R_L(\Omega)$	500	5k	50k	500k	5M	50M
$U_L(V)$	0.833	3.333	4.762	4.975	4.998	5.000

再化为等效电流源如图 1.19(c) 所示

$$I_s = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U}{R_1} \quad R'_0 = R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{同样求出 } U_L = I_s \frac{R'_0 R_L}{R'_0 + R_L} = \frac{U R_2}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + (R_1 + R_2)}$$

例 1.10 如图 1-20 所示的电路, 以 R_5 为外负载, 则用戴维南定理和诺顿定理分别画出, 求电流 I 的等效电压源电路和等效电流源电路, 然后列出求 I 的方程式。

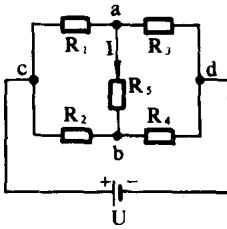


图 1-20

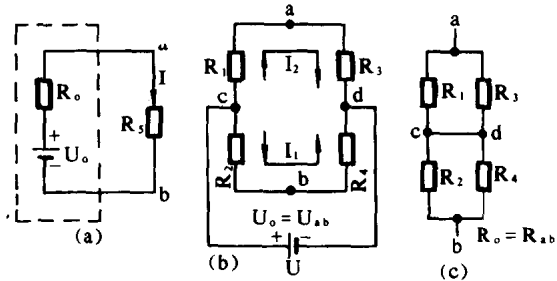


图 1-21

解 ①画出以 R_5 为外负载的等效电压源电路如图 1-21(a) 所示, 图中的恒压源 U_0 如图 1-21(b) 所示的 ab 端开路电压 U_{ab} 。内阻 R_0 即从 ab 端看入的电阻(电压源 U 短路, 保留内阻, 现假定内阻可忽略, 故可直接短路), 如图 1-21(c) 所示

从图 1-21(b) 可求出

$$I_1 = \frac{U}{R_2 + R_4} \quad I_2 = \frac{U}{R_1 + R_3}$$

$$U_0 = U_{ab} = U_{ac} = U_{cb} = -I_2 R_1 + I_1 R_2$$

$$= \left(\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right) U$$

从图 1-21(c) 可求出

$$R_0 = R_{ab} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$$

从图 1-21(a) 可求出