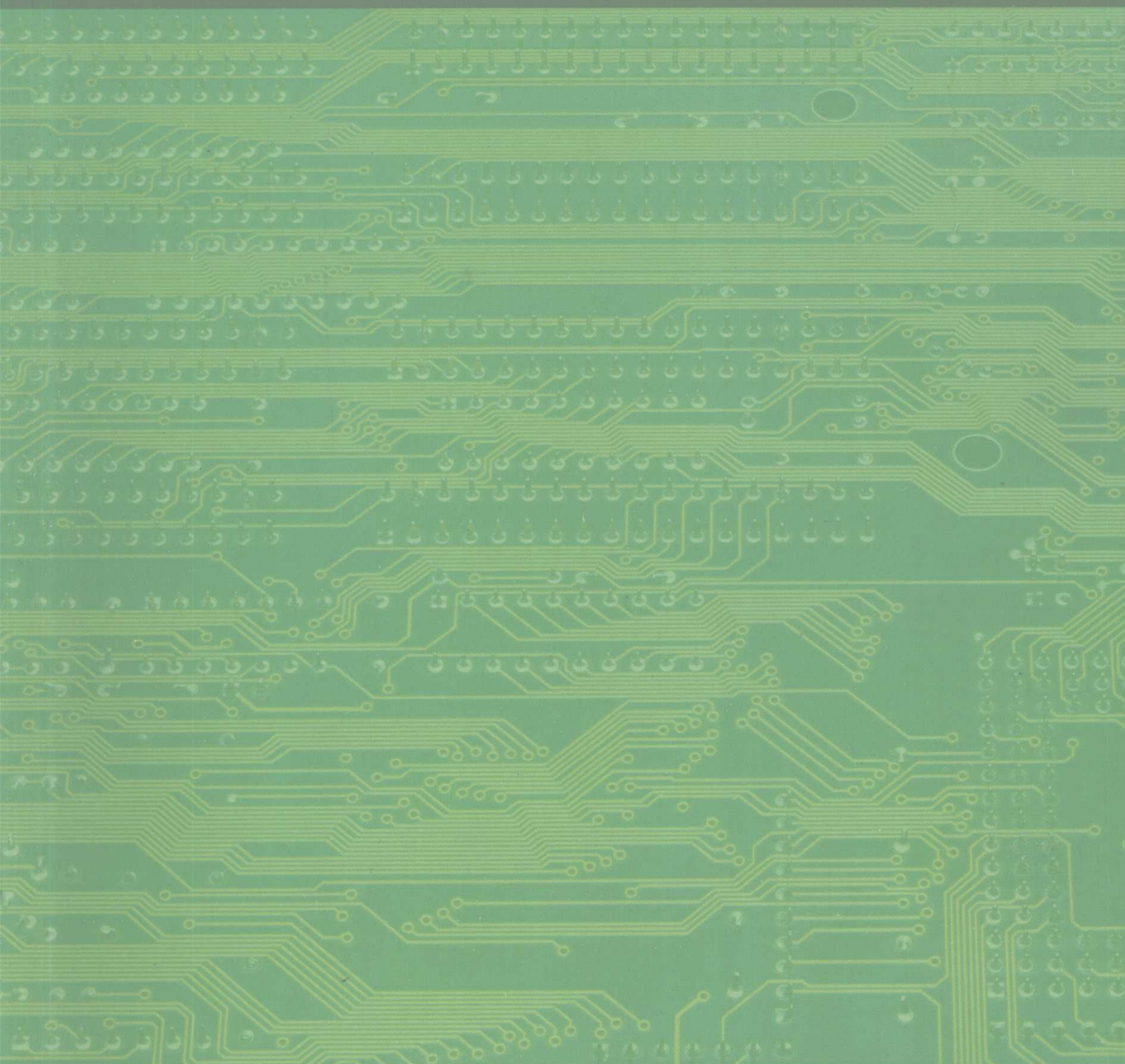


DIANZI DIANLU JICHU JI YINGYONG

电子电路基础及应用

江 东 闫 哲 吴 勃 编著



东北林业大学出版社

电子电路基础及应用

江 东 闫 哲 吴 勃 编著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子电路基础及应用/江东, 闫哲, 吴勃编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-81131-286-7

I. 电… II. ①江…②闫…③吴… III. 电子电路 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 109057 号

责任编辑: 戴 千

封面设计: 彭 宇



NEFUP

电子电路基础及应用

Dianzi Dianlu Jichu Ji Yingyong

江 东 闫 哲 吴 勃 编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨驿飞印务有限公司印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 32.25 字数 740 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—1 000

ISBN 978-7-81131-286-7

TN · 7 定价: 45.00 元

内容简介

随着电路、电子技术的普及应用，特别是计算机技术、检测技术、自动控制技术的普及应用，各行各业需要能够真正掌握电子电路理论并能加以实际运用的科技人才，在实际应用中更加需要科技人员能够透彻掌握一些最基本的电路、电子技术理论。为了使读者能够以较少的时间、较少的代价、较轻松地掌握最基本的电路、电子技术的理论以及实际应用，本书将电子电路中的基本概念及其基本理论用知识结构图来表示，并通过典型的案例习题的详细剖析，来加深对有关概念的理解及掌握各知识点之间的内在联系。全书分为上下两篇，上篇为电路分析基础与模拟电路部分，主要内容有电路的基本概念及基本定律；电路的基本分析方法；单相交流电路；常用半导体二极管和三极管；基本放大电路；负反馈放大电路；集成运算放大器；功率放大器；集成直流稳压电源。下篇为数字逻辑电路，主要内容有数字电路基础；逻辑代数与逻辑门电路；组合逻辑电路；触发器；时序逻辑电路；存储器与可编程逻辑器件；脉冲的产生和变换电路。

本书可作为大专院校电类专业电子电路的教材，也可供参加自学考试的学生，以及自动化、机电一体化、电气测量工程技术人员等参考。

前 言

随着电路、电子技术的普及应用，特别是计算机技术、检测技术、自动控制技术的普及应用，各行各业需要能够真正掌握电子电路理论并能加以实际运用的科技人才，在实际应用中更加需要科技人员能够透彻掌握一些最基本的电路、电子技术理论。为了使读者能够以较少的时间、较少的代价、较轻松地掌握最基本的电路、电子技术的理论以及实际应用，本书将电子电路中的基本概念及其基本理论用知识结构图来表示，并通过典型的案例习题的详细剖析，来加深对有关概念的理解及掌握各知识点之间的内在联系。全书分为上下两篇。上篇为电路分析基础与模拟电路部分，主要内容有电路的基本概念及基本定律；电路的基本分析方法；单相交流电路；常用半导体二极管和三极管；基本放大电路；负反馈放大电路；集成运算放大器；功率放大器；集成直流稳压电源。下篇为数字逻辑电路，主要内容有数字电路基础；逻辑代数与逻辑门电路；组合逻辑电路；触发器；时序逻辑电路；存储器与可编程逻辑器件；脉冲的产生和变换电路。

本书第1、4、16章由江东编写，第3、5、6章由闫哲编写，第7、8、11章由吴勃编写，第9、12章由蔡向东编写，第2、13、15章由张涛编写，第10、14章由邱瑞生编写。

本书可作为大专院校电类专业电子电路的教材，也可供参加自学考试的学生，以及自动化、机电一体化、电气测量工程技术人员等参考。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评和指正。

编著者

2008年7月8日

目 录

上篇 电路分析基础与模拟电路	1 -
第一章 电路的基本概念及基本定律	1 -
第一节 电路的组成及功能	1 -
第二节 欧姆定律	2 -
第三节 焦耳-楞次定律	3 -
第四节 电气设备的额定值及电路的工作状态	4 -
第五节 基尔霍夫定律	5 -
第六节 电阻的串并联及等效变换法	6 -
第七节 电路中的电位及计算	7 -
第八节 电路基本概念知识结构图	8 -
第九节 电路基本概念典型题自测	11 -
第十节 电路基本概念历届考题及参考答案	18 -
第十一节 电路基本概念课后习题及参考答案	27 -
第二章 电路的基本分析方法	34 -
第一节 电压源和电流源及其等效变换	34 -
第二节 节点电压法	36 -
第三节 叠加原理	37 -
第四节 等效电源定理及应用	38 -
第五节 电路基本分析方法知识结构图	40 -
第六节 电路基本分析方法典型题自测	41 -
第七节 电路基本分析方法历届考题及参考答案	54 -
第八节 电路基本分析方法课后习题及参考答案	60 -
第三章 单项交流电路	70 -
第一节 正弦交流电的基本概念	70 -
第二节 正弦交流电的表示	71 -
第三节 单一参数的正弦交流电路	72 -
第四节 非单一参数的正弦交流电路	74 -
第五节 复阻抗的串联和并联	76 -
第六节 知识结构图	77 -
第七节 正弦交流电考点及典型题自测	79 -
第八节 正弦交流电历届考题及参考答案	94 -

第九节	正弦交流电课后习题及参考答案	100 -
第四章	常用半导体二极管和三极管	111 -
第一节	半导体	111 -
第二节	二极管和稳压管	112 -
第三节	晶体管	113 -
第四节	场效应管	115 -
第五节	半导体器件知识结构图	118 -
第六节	半导体器件考点及典型题自测	120 -
第七节	历届考题及参考答案	129 -
第八节	课后习题及参考答案	134 -
第五章	基本放大电路	139 -
第一节	晶体管放大电路	139 -
第二节	场效应管放大电路	148 -
第三节	晶体管和场效应管放大电路知识结构图	150 -
第四节	放大电路考点及典型题自测	153 -
第五节	历届考题及参考答案	164 -
第六节	放大电路课后习题及参考答案	176 -
第六章	负反馈放大电路	185 -
第一节	负反馈放大电路	185 -
第二节	负反馈放大电路的知识结构图	187 -
第三节	负反馈放大电路考点及典型题自测	188 -
第四节	历届考题及参考答案	192 -
第五节	负反馈放大电路课后习题及参考答案	196 -
第七章	集成运算放大器	200 -
第一节	集成运算放大器的电路构成及特点	200 -
第二节	集成运算放大器的线性应用电路	201 -
第三节	集成运算放大器的非线性应用	205 -
第四节	正弦波振荡电路	207 -
第五节	集成运算放大器考点及典型题自测	209 -
第六节	考点及典型题自测	210 -
第七节	历届考题及参考答案	221 -
第八节	集成运算放大器课后习题及参考答案	233 -

第八章 功率放大器	241 -
第一节 功率放大器及其工作状态	241 -
第二节 互补对称功率放大器电路	242 -
第三节 集成功率放大器	245 -
第四节 功率放大器的知识结构图	245 -
第五节 功率放大器考点及典型题自测	247 -
第六节 功率放大器历届考题及参考答案	250 -
第七节 功率放大器课后习题及参考答案	253 -
第九章 集成直流稳压电源	259 -
第一节 单相桥式全波整流电路	259 -
第二节 分立元件组成的线性直流稳压电路	261 -
第三节 单片集成串联型线性直流稳压电路	263 -
第四节 开关型集成稳压电路	264 -
第五节 稳压电源的知识结构图	265 -
第六节 稳压电源的考点及典型题自测	266 -
第七节 稳压电源历届考题及参考答案	274 -
第八节 稳压电源的课后习题及参考答案	277 -
下篇 数字逻辑电路	283 -
第十章 数字电路基础	283 -
第一节 数字电路概述	283 -
第二节 数字电路基础知识结构图	286 -
第三节 数字电路基础考点及典型题自测	287 -
第四节 数字电路基础历届考题及参考答案	289 -
第五节 数字电路基础课后习题及参考答案	291 -
第十一章 逻辑代数与逻辑电路	295 -
第一节 基本逻辑运算基本逻辑门电路	295 -
第二节 集成逻辑门电路	299 -
第三节 逻辑传输的化简	302 -
第四节 逻辑代数与逻辑门电路知识结构图	304 -
第五节 逻辑代数与逻辑电路考点及典型题自测	306 -
第六节 逻辑代数与逻辑电路历届考题及参考答案	318 -
第七节 逻辑代数与逻辑电路课后习题及参考答案	330 -

第十二章	组合逻辑电路	337
第一节	组合逻辑电路的分析	337
第二节	组合逻辑电路的设计	337
第三节	中规模集成电路构成的组合逻辑部件	338
第四节	组合逻辑电路知识结构图	345
第五节	组合逻辑电路考点及典型题自测	348
第六节	组合逻辑电路历届考题及参考答案	359
第七节	组合逻辑电路课后习题及参考答案	378
第十三章	触发器	389
第一节	触发器概述	389
第二节	钟控触发器的逻辑功能	391
第三节	钟控触发器的触发方式	393
第四节	常用集成触发器	395
第五节	触发器知识结构	396
第六节	触发器考点及典型题自测	398
第七节	触发器历届考题及参考答案	407
第八节	触发器课后习题及参考答案	412
第十四章	时序逻辑电路	417
第一节	时序逻辑电路概述	417
第二节	时序逻辑电路分析	418
第三节	时序逻辑电路知识结构	420
第四节	时序逻辑电路考点及典型题自测	422
第五节	时序逻辑电路历届考题及参考答案	434
第六节	时序逻辑电路课后习题及参考答案	449
第十五章	存储器与可编程逻辑器件	466
第一节	存储器的概念与分类	466
第二节	可编程逻辑器件	468
第三节	存储器知识结构	468
第四节	存储器考点及典型题自测	469
第五节	存储器历届考题及参考答案	475
第六节	存储器课后习题及参考答案	484
第十六章	脉冲的产生和变换电路	488

第一节	555定时器电路及其功能.....	488 -
第二节	施密特触发器.....	489 -
第三节	单稳态触发器.....	490 -
第四节	多谐振荡器.....	492 -
第五节	知识结构.....	493 -
第六节	考点及典型题自测.....	495 -
第七节	历届考题及参考答案.....	498 -
第八节	课后习题及参考答案.....	501 -
参考文献		503 -

第一章 电路的基本概念及基本定律

第一节 电路的组成及功能

一、电路的组成

1. 电路的定义及电路的三个组成部分

电路的定义：把一些电器设备或元件，按其所要完成的功能，用一定的方式连接的组合称为电路。

电路的三个组成部分：电路的三个组成部分包括：电源、负载和中间环节。

2. 电路模型的含义

用理想电路元器件及其组合来近似代替实际电器元器件所组成的电路称为电路模型。

3. 电路的两大功能

电路的两大功能是：能量的传输和信号的传递及处理。

二、电流、电压、电动势及其参考方向

电流、电压、电动势及其参考方向要求达到“领会”层次。

1. 电流、电压、电动势的定义及其实际方向

电流的定义、单位及实际方向：

把电荷的定向移动称为电流。

电流强度的定义：单位时间内通过导体横截面的电荷量。在国际单位制（SI）中，电流的单位为安培(A)，简称安。

电流的实际方向：规定正电荷的移动方向为电流的实际方向。

电压的定义、单位及实际方向：

a 、 b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于把单位正电荷从 a 点移到 b 点，电场力所做的功。

在国际单位制（SI）中，电压的单位为伏特（V），简称伏。

电压的实际方向：规定电压降的方向（及高电位指向低单位的方向）为电压的

实际的方向。

电动势的定义、单位及实际方向：

电动势 E_{ba} 在数值上等于电源力把单位正电荷的低电位点 b 点经电源内部移到高位点 a 所做的功。在国际单位制 (SI) 中电动势的单位为伏特，简称伏。

电动势的实际的方向：规定为电源的内部有电源的负极指向电源的正极，即电位升高的方向。

电路中电压和电动势虽然有相同的单位，但是两者的物理概念却截然不同。电压的电动势都是表示在电场中把单位正电荷从一点移到另一点所做的功，所以有相同的单位，伏特 (V)。但物理概念截然不同，电压是电场力在做功，电动势是局外力 (非电场力) 在做功。

2. 电压、电流的参考方向

电流、电压参考方向的定义：

电流、电压参考方向是人为任意假定的电压、电流的方向。

采用参考方向的原因：在分析和计算较复杂的电路时，往往事先难以判断电压或电流的实际方向；在交流电路中，电压或电流的实际方向随时间在不断变化，为分析方便引出了参考方向的概念。

参考方向的含义：参考方向选定后，值为正表明电压或电流的实际方向与参考方向一致；值为负表明电压或电流的实际方向与参考方向相反。

用参考方向解题过程：在求解通路时，必须首先给出解题中涉及的一切电压、电流的参考方向，然后分两步进行，第一步，按参考方向列方程，第二步，带入电压或电流的数值 (可能为正值也可能为负值)。无论怎样选择参考方向，电压和电流计算结果的实际方向都是不变的。既结果的实际方向与选的参考方向没关系。

关联参考方向的定义：某一电路元件或电路部分当电压的参考方向选为一致时为关联参考方向。

非关联参考方向：某一电路元件或电路部分当电压参考方向与电流的参考方向选为相反时为非关联参考方向。

第二节 欧姆定律

欧姆定律、电阻及电导，要求达到“简单应用”层次。

一、电阻元件上的电压和电流的参考方向

根据电阻元件上的电压和电流的参考方向会正确熟练运用欧姆定律。

关联参考方向下的欧姆定律

$$U=I \times R$$

非关联参考方向下的欧姆定律

$$U=-I \times R$$

二、欧姆定律仅适用于线性电阻电路

电阻的倒数可用电导表示,只有线性电阻电路,电压和电流的比值才为一常数,既为电阻值,欧姆定律才成立,对于非线性电阻电路,电压与电流呈现非线性的输出关系。

电导的定义:电阻的倒数称为电导,用 G 表示

$$G=\frac{1}{R}$$

在国际单位制(SI)中,电导的单位为西门子(S),简称西。

第三节 焦耳-楞次定律

焦耳-楞次定律、电功率,要求达到“简单应用”层次。

根据元件上的电压和电流的参考方向会正确和熟练地计算其电功率,从而判断元件产生的电功率。在 t 时间内,电阻上所吸收的电能为

$$W_R=I^2 R t$$

此电能全部转换成热能,在国际单位制(SI)中,电能、热能的单位用焦耳(J)表示,工程中电能的单位用“度”表示。

$$1 \text{ 度}=1\text{kWh}=3.6 \times 10^6 \text{J}$$

根据焦耳和卡之间的换算关系,在时间 t 内电阻 R 中产生的热量为

$$Q_R=0.239 I^2 R t \text{ 卡}$$

这就是焦耳-楞次定律的表达式。

电功率的定义:单位时间内发出或吸收的电能称为电功率。在国际单位制(SI)中,功率的单位用瓦特(W)表示,简称瓦。

吸发功率的计算公式:

当元件或电路某一部分取关联参考方向时

$$P=U \times I$$

当元件或某一部分取非关联参考方向时

$$P = -U \times I$$

吸收或发送功率的判别方法：当采用如上方法计算电功率时，判别元件或电路某一部分吸发功率的方法为

若 $P > 0$ 时，则元器件为吸收功率。

若 $P < 0$ 时，则元器件为发出功率。

功率守恒：在一个系统中，部分电路所产生的功率一定等于其他电路元件所吸收的功率。

第四节 电气设备的额定值及电路的工作状态

电气设备的额定值及电路的工作状态,要求达到“领会”层次。

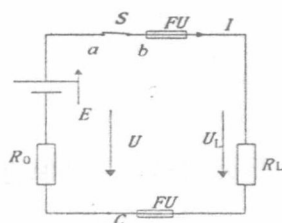
一、电气设备的额定值的意义

额定值的定义：由制造厂家给出的设备各项性能指标和技术数据。按额定值使用设备最为安全、可靠、经济。

注意在计算中，实际电压和实际电流可能和额定电压和电流不相等，对于电阻性元件如日光灯，其电阻值认为是始终不变的。

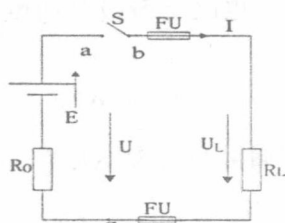
二、电路三种工作状态的特点

电路三种工作状态是通路、开路和短路，如下图所示。



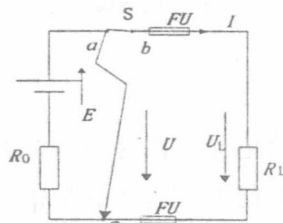
(a)

通路（有载）



(b)

开路（断路）



(c)

短

路

$$I_S = \frac{E}{R_0}, \quad U = U_L = 0, \quad P_{RL} = 0, \quad P_E = EI_S = I_S^2 R_0$$

$$I = \frac{E}{R_L + R_0}, \quad U_L = IR_L = E - IR_0, \quad P_{RL} = U_L I, \quad P_E = EI$$

$$I = 0, \quad U_L = 0, \quad U = E, \quad P_{RL} = 0, \quad P_E = EI_S = I_S^2 R_0$$

第五节 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律要求达到“综合应用”层次。

一、电路中支路、节点和回路的名词术语及含义

支路的定义：两端元件或若干两端元件串联组成的不分岔的一段电路称为支路。

节点的定义：电路中三条或者三条以上的支路联接点称为节点。

回路的定义：电路中任一个闭合的路径称为回路。

二、基尔霍夫电压定律和基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律 (KCL)：任一瞬间流入电路中任一节点的电流总和等于从该节点流出的电流总和，一般形式为

$$\sum I = 0$$

基尔霍夫电压定律 (KVL)：任一时刻，电路中任一回路内，各段电压的代数和等于零，一般形式为

$$\sum U = 0$$

三、基尔霍夫电流定律 (KCL) 的应用

首先在电路图上设定电流的参考方向。

任意规定流入节点的电流为正，流出节点的电流为负，或规定流入节点的电流为负，流出节点的电流为正。列出所有节点的电流，令之为零。

注意，KCL 不仅适用于电路中的节点，也可推广应用到电路中任意假定的封闭面，也叫抽象节点。

四、基尔霍夫电压定律 (KVL) 的应用

首先对电路中各支路设定电流的参考方向及元件两端电压的参考方向。

任意选定一个回路的绕行方向。

任意规定沿绕行方向电压降为正，电压升则为负，或规定沿绕行方向电压降为负，电压升则为正。

由一点出发，绕行一周，按以上规定列出回路中的全部电压，令之为零。

注意：KCL 还可以推广到开口电路，即假想的回路。

第六节 电阻的串并联及等效变换法

电阻的串联和并联，要求达到“简单应用”层次。

一、用等效变换法简化电阻的串联、并联和混联联接

用等效变换法简化电阻的串联、并联和混联联接，并求出等效电阻。

判断是不是串并联可根据电压、电流关系判断，若流经两电阻的电流是同一电流，则为串联；若两电阻上承受的是同一电压，就是并联。

另一种判别方法是：若两电阻首尾相接，中间无分支，则为串联，若两电阻头头相接，尾尾相接则为并联。

不要被电路中的短接线所迷惑，对短接线可做压缩或伸长的灵活处理，要善于将电路变形，变成明显的串、并联形式，通过变形后往往容易求得等效电阻，通过局部化简等效，逐步求得最终的等效电阻。

根据电路的结构特点，如对称性、电桥平衡等，找出等电位点，充分利用等电位点的性质，等电位点间的电阻短路、断开或接电阻，电路的等效电阻不变，利用这一性质有时可大大简化计算步骤。

二、电阻串并联电路及其性质

明确电阻串联电路中电阻两端的电压与电阻值成正比，电阻并联电路中各支路中的电流与电阻值成反比。

串联电路的性质：串联电路各部分电流相等，总电压等于各部分电压之和，即

$$I_1 = I_2 = \dots = I_N = I$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_N$$

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, \dots, U_N = IR_N$$

串联电路，两电阻的电压之比等于两电阻之比，既串联电路中电阻两端的电压与电阻成正比。

并联电路的性质：并联电路各部分电压相等，总电流等于各部分电流之和，即

$$U_1 = U_2 = \dots = U_N$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

$$I_1 = UG_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = UG_2 = \frac{U}{R_2}, \dots, I_N = UG_N = \frac{U}{R_N}$$

并联电路，两电阻中的电流之比等于电导之比，即等于电阻之比的倒数，并联电路中各支路电流与电阻值成反比。

三、两个电阻串联的分压公式和两电阻并联的分流公式

两个电阻串联的分压公式

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

两电阻并联的分流公式

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

两电阻并联的分流公式还可以由电导来计算

$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I$$

三个和三个以上电阻并联的分流的计算可以采用逐步等效变换法利用电阻形式的分流公式计算，最好采用电导的分流公式计算

$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2 + \cdots + G_N} I$$

第七节 电路中的电位及计算

电路中的电位及其计算，要求达到“综合应用”能力。

电路中各点的电位随参考点的改选而变化的概念，以及各点电位的正、负是相对的概念。

一、电位的定义

电位的定义：电路中任一点与参考点之间的电压（即与参考点之间的电位差）就是该点的电位。

电路中各点的电位与参考点的选取有关，参考点选取不同，电路中各点的电位将随之改变。

电路中某点的电位高于参考的电位为正电位，其值为正，低于参考点的电位为负电位，所以电位的正负都是针对参考点而言的。

二、计算电路中各点的电位

将某点的电位即从该点到参考点的电压看成是总电压，利用总电压和局部电压的合成关系求得节点电位。在选定计算支路时，为方便计算应尽量避免开电流源支路。