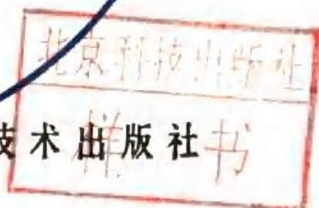


实用电子技术基础

王毓书 张 鹤 编著



北京科学技术出版社



内 容 提 要

本书是为家用录像机原理与维修技术函授班编写的教材。全书共分八章，内容有：电路分析基础；半导体器件的基本知识；基本放大电路；反馈放大器；集成运算放大器及其应用；正弦波振荡器；直流稳压电源；电子器件的简易测量。为便于自学，每章开始均有内容提要，并结合每章要点进行小结和附有适量的习题，书末有习题答案。

本书适合函授学员自学，也可作为家用电器维修和各类电子技术的培训教材。此外，还可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

实 用 电 子 技 术 基 础

王毓书 张 鹤 编著

•

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经售

友联印刷厂印刷

•

850×1168毫米 32开本 5.5印张 130千字

1988年12月第一版 1988年12月第一次印刷

印数1—10000册

ISBN 7-5304-0366-4/T·70

定价：2.30元

编 者 的 话

本书是家用录像机原理与维修技术函授班的基础教材之一。本教材是根据广播电视设备中经常采用的各种电子电路，结合录像机设备的实际情况编写的。

考虑到学员大都从事广播电视设备维护工作的特点，本书在内容安排上，本着以实际工作需要为主，力求突出重点、深入浅出、通俗易懂的原则。通过各种半导体器件及其电路来阐明电子技术中的基本概念、基本原理和基本分析方法。对于常用的典型电路，除定性分析外，还介绍了工程计算方法，其目的在于突出实用性。为了加深对课程内容的理解，每章都配有一定数量的习题。使读者通过作业练习，有助于灵活掌握所讲的内容，便于学以致用。

北京广播学院周铜山同志对全书进行了认真细致的审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此表示深切谢意。

限于编者水平有限，加之写作仓促，缺点、错误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1988.6.12

目 录

第一章 电路分析基础····· (1)

第一节 电的基础知识····· (1)

第二节 直流电路的计算····· (6)

第三节 回路的基本定律····· (12)

第四节 电容器····· (20)

第五节 正弦交流电的基本概念····· (23)

本章小结····· (29)

习题····· (30)

第二章 半导体器件的基本知识····· (33)

第一节 半导体二极管····· (33)

第二节 半导体三极管····· (40)

本章小结····· (50)

习题····· (51)

第三章 基本放大电路····· (53)

第一节 放大电路的工作原理····· (53)

第二节 放大电路的基本分析方法····· (61)

第三节 基本放大电路的三种接法及性能指标····· (70)

第四节 多级放大电路及耦合方式····· (76)

第五节 多级放大电路的估算.....	(79)
本章小结.....	(82)
习题.....	(82)

第四章 反馈放大器..... (85)

第一节 反馈的概念.....	(85)
第二节 负反馈的四种连接方式.....	(88)
第三节 负反馈规律总结.....	(97)
本章小结.....	(101)
习题.....	(102)

第五章 集成运算放大器及其应用..... (104)

第一节 差分放大电路.....	(104)
第二节 集成运算放大器.....	(113)
第三节 集成运算放大器的应用.....	(116)
本章小结.....	(123)
习题.....	(124)

第六章 正弦波振荡器..... (126)

第一节 产生振荡的条件.....	(126)
第二节 正弦波振荡电路.....	(130)
第三节 晶体振荡器.....	(136)
本章小结.....	(139)
习题.....	(140)

第七章 直流稳压电源…………… (142)

第一节 稳压电源的基本概念……………	(142)
第二节 整流电路……………	(144)
第三节 滤波电路……………	(149)
第四节 稳压电路……………	(151)
本章小节……………	(154)
习题……………	(154)

第八章 电子器件的简易测量…………… (155)

第一节 万用表的正确使用……………	(155)
第二节 电路元件的简易测量……………	(156)
第三节 半导体器件的测量……………	(157)
本章小结……………	(160)
附习题解答……………	(160)

第一章 电路分析基础

内容提要

本章作为电气初学者的基础内容，主要介绍了最基本的定律和定理，即欧姆定律、电流定律、电压定律、迭加定理、戴维南定理。然后又介绍了电容和交流电的一些参数及其特点。

第一节 电的基础知识

一、物体导电原理

世界上的各种物质中，本身都含有大量的电荷，但由于其结构的不同，导电性能也就不同。从导电性能来分可以分为导体、半导体和绝缘体三类。例如金、银、铜、铁等金属其导电性能最好，所以称它们为导体。而象玻璃、塑料等物质的导电性非常差，称之为绝缘体。所谓导电性能的好坏，是指物质在电场的作用下能否产生电流。电流强就说明导电性好，这种物质就称为导体，反之，如果不产生电流，则就是绝缘体。

二、电流

什么叫电流呢？在电场作用下，导体内部的电荷有规则的运动就称为电流，图1—1示出了电流的产生及流动方向。从图中看到，导体在电场的作用下，自由电子有规则地逆电场方向运动，从而形成电流。电流方向与电场方向相同。这是因为电流方向代表正电荷运动的方向，而自由电子则为负电荷。通常电流用符号 I 来表示。

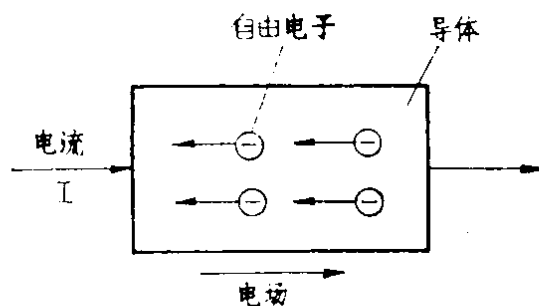


图1—1

电流的大小用电流强度来表征，它取决于在一定时间内通过导体截面的电荷量的多少。其表达式为

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

其中 q 表示电荷量， t 表示时间， $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ 表示单位时间内通过导体横截面的电荷量。

电流的大小以安培为单位计算，用字母 A 表示。1安培的电流表示1秒钟内有1库仑的电荷量通过导体的截面。在视频设备的电路系统中，经常使用千分之几安，甚至更小的电流，这时用较小的电流单位毫安（mA）或微安（ μA ）来计量。它们之间的关系为

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = \frac{1}{1000} \text{ 安 (A)} = 10^{-3} \text{ (A)}$$

$$1 \text{ 微安 (}\mu A\text{)} = \frac{1}{1000} \text{ 毫安 (mA)} = 10^{-3} \text{ (mA)} = 10^{-6} \text{ (A)}$$

三、电阻

电流在通过导体时所呈现的阻力称为电阻，用符号 R 表示。电阻的单位是欧姆，简称为欧，用符号 Ω 表示。计量比较大的电阻可用千欧（ $k\Omega$ ）或兆欧（ $M\Omega$ ）表示，它们之间的关系为

$$1\text{千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^3\text{欧 (}\Omega\text{)}$$

$$1\text{兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega$$

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好坏；二是与导体的尺寸大小有关。实验证明，同一材料的导体，其电阻与导体长度成正比，与导体的横截面积成反比。即

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

其中 R 为导体电阻， l 代表导体的长度， S 代表导体的横截面积， ρ 是由导体材料的导电性能确定的常数，称为电阻率。

在实际应用当中，人们利用导体呈现电阻的属性，制成电阻器件。目前常用的有碳膜电阻，金属膜电阻、金属氧化膜电阻及线绕电阻等。这些电阻均标有额定功率，标称阻值及误差。使用时应注意消耗的功率不能超过额定功率，否则将使电阻器烧坏。

四、电压

前两节我们阐述了电流和电阻的概念，本节要进一步讨论电路中的电源和电压。

电路中两点间的电位差叫电压，它等于电场力在两点间移动单位正电荷所做的功。我们知道，水泵具有维持连续水流的功能，其原因在于它能够保持一处水位和另一处水位之间的水位差。使在水泵外部，水从高水位流向低水位，而在水泵内部，借助于水泵本身的特殊构造功能使水从低水位流向高水位。这样，水就连续不断地流通了。对于电源来讲，也相当于一个水泵，但它维持的不是水流，而是维持连续不断的电流。电源两端具有不同的电位，它以正极和负极的电位来表征。正极电位总是高于负极的电位，两者之间就存在一个电位差。在电位差的作用下，使得在电源外部，电流从高电位的正极流向低电位的负极，在电源

内部依靠电源本身的功能（非电场力）使电流从低电位流向高电位，这样就产生了源源不断的持续电流。

通常电位差又称电压，单位为伏特，以字母V代表。当计量较小或较大的电压时，常用毫伏（mV）或千伏（kV）为单位，它们之间的关系为

$$1\text{毫伏 (mV)} = \frac{1}{1000}\text{伏 (V)} = 10^{-3}\text{伏 (V)}$$

$$1\text{千伏 (kV)} = 1000\text{伏 (V)} = 10^3\text{ (V)} = 10^6\text{ (mV)}$$

由电源和电阻R构成的电路如图1—2所示。图中E代表直流

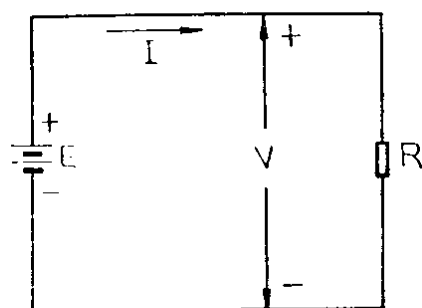


图1—2

电源电压，长线段代表正极，短线段代表负极，分别冠以+、—符号来表示。电阻R为负载电阻，构成回路后，电流I在电阻R两端要产生电压，用V来表示。

电源有理想电源和非理想电源之分，所谓理想电源是指电源本身没有内阻，即电源内阻 $R_s=0$ ；反之就是非理想电源。图1—2所示电源E就是理想电源。

五、欧姆定律

为了表征电流、电阻和电压三者之间的关系，实践证明，它们满足下列公式

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

式中电压V的单位为伏，电阻R的单位为欧，电流I的单位为安。

从式中看到，电流 I 和电压 V 成正比，和电阻 R 成反比。当 V 一定时， R 增加， I 减小， R 减小则 I 增加。这个关系是分析电路的最基本、最重要的关系式，称为欧姆定律。

〔例1—1〕，电路如图1—2所示，设 $E=10V$ ， $R=2k\Omega$ 试求回路电流 I 和电阻两端电压 V

〔解〕根据欧姆定律有

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10}{2} = 5mA$$

$$V = IR = 5mA \times 2k\Omega = 10V$$

计算结果表明， $E=V$ ，原因是电阻 R 直接接在理想电压源的两端。

六、电功率

电功率是单位时间电场力在电路中移动电荷所做的功。也可以理解为电能转换为热、光、声等其它形式能量的变化速率。实验证明：电功率等于电压与电流的乘积即：

$$P = VI$$

式中单位： V ：伏， I ：安， P ：瓦特，简称瓦用字母 W 代表。

上式经过变换还有以下表达式

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

在理想电压源（即内阻 $R_s=0$ ）的情况下，负载电阻得到的功率 P 就等于电源提供的功率，如上面所得到的关系式。实际电路中，电压源包含有内阻 R_s ，这时功率的表达式变为

$$P = I^2 R = \left(\frac{E}{R + R_s} \right)^2 R$$

$$= \frac{E^2}{4R_s + \frac{(R_s - R)^2}{R}}$$

从上式中看到，由于E是固定的，所以负载功率P仅由分母中的两项来决定。当 $R_s = R$ 时，P为最大。因此负载获得最大功率的条件为

$$R = R_s$$

功率的量级同样有大有小，它们之间的关系为

$$1 \text{ 千瓦 (kW)} = 1000 \text{ 瓦 (W)}$$

$$1 \text{ 毫瓦 (mW)} = 10^{-3} \text{ 瓦 (W)}$$

〔例1—2〕 已知一个碳膜电阻的阻值为 $10 \text{ k}\Omega$ ，额定功率为 $\frac{1}{2}$ 瓦，试求允许通过电阻的工作电流及电压。

〔解〕：由 $P = I^2 R$ 可求出允许的工作电流为

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{2 \times 10 \times 10^3}} = 0.007 \text{ A} = 7 \text{ mA}$$

再根据 $P = \frac{V^2}{R}$ ，求出允许工作电压

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{\frac{1}{2} \times 10 \times 10^3} = 70.7 \text{ 伏}$$

计算结果表明，这个电阻所能通过的电流不能超过 7 mA ，两端电压不能超过 70.7 伏 ，否则电阻将烧坏。

第二节 直流电路的计算

一、电阻串联电路

(一) 电阻串联电路的特点

电阻相互联结并且中间无分岔，这种方式称为电阻的串联。

图1—3 (a) 示出了电阻串联电路。串联电路中，电流I是处处

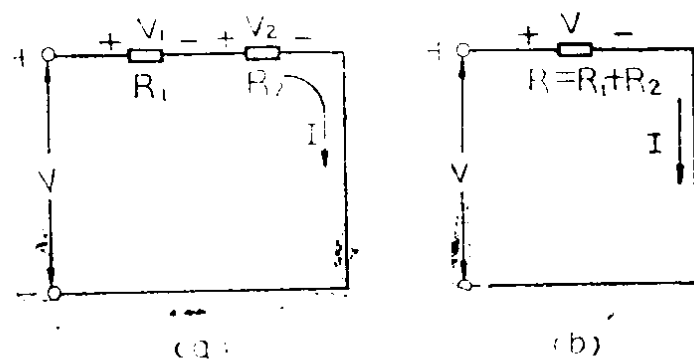


图1—3

相等的,但由于阻值不同,每个电阻上的电压则不相同。由电路得到其关系式为

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

$$V = V_1 + V_2$$

从式中看出,通过回路的电流 I 等于电压 V 作用于两个电阻之和,而电压 V 等于每个电阻上的电压之和。这说明在串联电路中,可以将电阻相加等效于一个电阻,总的电压为各电阻上电压之和。由此得到图1—3(b)的等效电路。其中 $R = R_1 + R_2$ 。

(二) 分压公式

分压电路如图1—4所示,从电路看到,这是一个电阻串联电

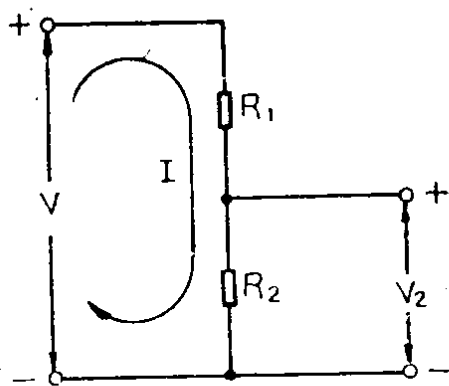


图1—4

路,回路电流 I 是处处相等的,根据欧姆定律有

$$V_1 = R_1 I$$

$$V_2 = R_2 I$$

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

上面三式联立求解就得到

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

这组公式就称为两串联电阻的分压公式。

二、电阻并联电路

(一) 电阻并联电路的特点

几个电阻接在相同的两点之间称为并联，其特点是所有电阻两端的电压相同。图1—5示出了电阻并联电路。从图中看到，两

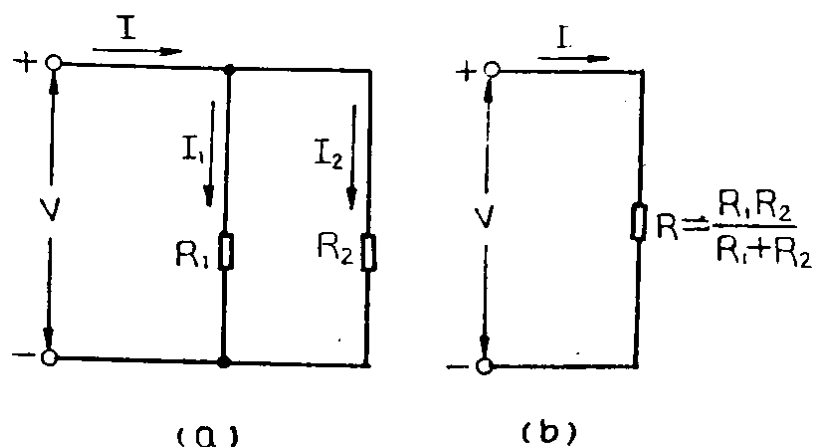


图1—5

个电阻并联后其两端的电压是相同的。但由于电阻值不同，流过的电流也不相同。实验证明，电路的总电流 I 等于每个电阻中的电流之和即

$$I = I_1 + I_2$$

利用欧姆定律，上式也可写成

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

其中 R 为 R_1 和 R_2 并联后的等效电阻，其表达式为

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

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

从上式看出，电阻并联后的总电阻 R 的阻值减小了。当多个电阻并联后，总电阻则更小，这在实际工作中是重要的。比如若电路有一个 $10\text{k}\Omega$ 电阻烧坏，而手头没有 $10\text{k}\Omega$ 的电阻，只有 $20\text{k}\Omega$ 的电阻，利用上面的概念，将两个 $20\text{k}\Omega$ 电阻并联在一起其等效电阻就为 $10\text{k}\Omega$ ，接到电路中就能恢复正常工作。

(二) 分流公式

对于图1—5(a)电路，可求出流过每个电阻的电流为

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

由图(b)可求得

$$V = IR = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

上面三个式子消去 V 得到分流公式为

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

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

它反映了并联电阻电流的分配规律，希望能够记住。

〔例1—3〕 电路如图1—6(a)所示，试求总电流和每个电阻的电流。

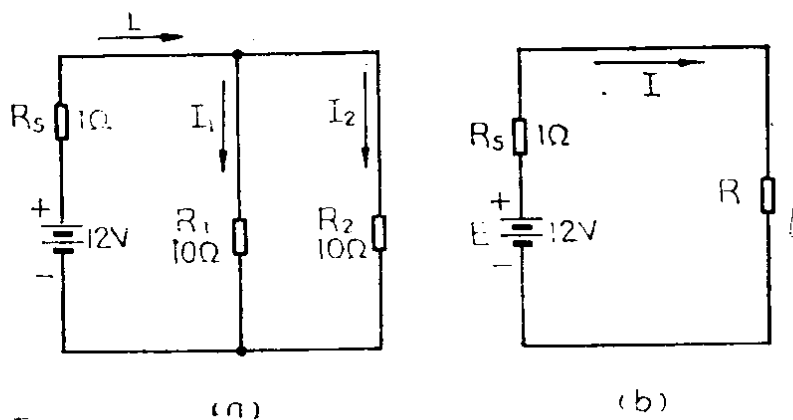


图1—6

〔解〕 (1) 先求总电流 I ，将图(a)等效于图(b)，由欧姆定律得到

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

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

将上面给定数值代入得到

$$R = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = 6.67 \Omega$$

$$I = \frac{12}{1 + 6.67} = 1.56 \text{ A}$$

由分流公式得到

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

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

从得到的结果可以验证 $I = I_1 + I_2$ 。

三、电位的计算

为了方便起见，通常采用电位来进行电路分析。所谓电位是指电路的某一节点与公共点（也称为零电位）之间的电压。原则上零电位的点可以是任意的，但为统一起见，规定大地的电位为零。在电子设备中，机壳就作为电路的公共点即零电位。这样当公共点确定之后，我们就能方便地求出各点的电位数值。

现在，我们以图1—7所示电路来说明电位的计算方法。

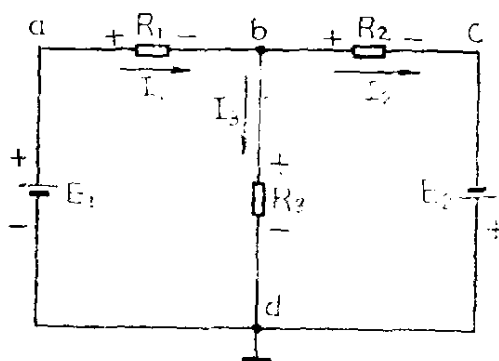


图1—7

图中d点为零电位，用符号“ $\perp$ ”来表示。图中的a点，它与零电位d点之间只差一个电源电压 E_1 。所以a点电位为

$$V_a = E_1$$

对于b点，与d点之间存在一电阻 R_3 ，而电流 I_3 从b点流向d点，因此b点比d点电位高，所以

$$V_b = I_3 \cdot R_3$$

c点与d点之间有一电源 E_2 ，但这里c点接电源的负极，d点接电源的正极，而d点又是零电位，因此c点的电位是负的即

$$V_c = -E_2$$

结论：1. 计算某点电位，只要从该点通过一定路径绕到零电位上，那么该点的电位等于此路径上全部电压的代数和

2. 绕行过程中如果从电源的正极到负极，则此电压为