

教育部高职高专推荐教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Tuijian Jiaocai

电路基础

胡翔骏 主编
胡翔骏 陆忠亮 王爱英 编

高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS



图书在版编目(CIP)数据

电路基础/胡翔骏主编.-北京:高等教育出版社,1996
(2001重印)

高等学校工程专科教材

ISBN 7-04-005677-1

I. 电… II. 胡… III. 电路基础 - 高等学校 - 教材 IV. T

M13

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第09283号

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街55号	邮政编码	100009
电 话	010 - 64054588	传 真	010 - 64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
排 版	高等教育出版社照排中心		
印 刷	北京天河印刷厂		
开 本	850×1168 1/32	版 次	1966年12月第1版
印 张	17.125	印 次	2001年5月第6次印刷
字 数	440 000	定 价	16.30元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书是根据国家教育委员会 1991 年颁布的《高等学校工程专科电路及磁路课程教学基本要求(90~108 学时)》编写的,经国家教委高等学校工程专科电工基础课程教材编审小组审定,作为高等学校工程专科电子、通信等类专业教材出版。

本书包含电路的基本概念和定律,线性电阻电路分析,网络定理,多端元件和双口网络,简单非线性电阻电路分析,动态电路的时域分析,正弦稳态电路的相量分析,网络函数和频率特性,含耦合电感的电路分析,磁路和铁心线圈电路等十章及附录:线性电阻电路的计算机辅助分析。本书有较多的例题、思考练习题和习题。书末附有部分习题答案。

本书可作为高等学校工程专科电子、通信等类专业的教材使用,也可供职工大学、广播电视大学、函授大学有关专业使用并供工程技术人员参考。

前 言

本教材是根据国家教育委员会 1991 年颁布的《高等学校工程专科电路及磁路课程教学基本要求》编写的,供高等学校工程专科电子、通信等类专业使用,参考学时为 90~108 学时(含实践环节)。

本书包含有关电路及磁路的基本内容,由电阻电路分析、动态电路分析、磁路和铁心线圈电路三部分组成。在选材上以“必需够用”为度,选择那些长期起作用和学习新技术必须掌握的基本内容,在编写中,力求讲清楚基本概念和基本分析方法,注重实用而不强调过多的理论证明。书中编入较多的例题和习题以及有关计算机分析电路的附录,以利于提高分析和解决电路问题的能力以及使用各种计算工具进行运算的能力。书中打“*”号的章节及例题是供选用的内容。

本书的编审工作是在国家教委高等学校工程专科电工基础课程教材编审小组的主持下进行的。教材初稿经过试用后,于 1994 年 10 月对书稿进行了审定。全书由俞大光教授主审,参加审稿会的还有编审组成员蔡元宇、张洪让、杨其允、陈永祥、韩继生和高等教育出版社电工编辑室的楼史进、刘激扬等同志。与会专家对书稿逐章逐节地推敲,提出了许多宝贵意见,对提高本书质量作出了贡献。在此表示衷心的感谢。

在本书编写和试用过程中,得到电子科技大学教务处和电子工程学院领导的大力支持和热情帮助,在此一并表示感谢。

参加本书编写工作的有:电子科技大学胡翔骏(第 1,2,3,4,8,9 章及附录),南京建筑工程学院陆忠亮(第 5,7 章),中国计量

学院王爱英(第6,10章),胡翔骏任主编。由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1995年7月

责任编辑	刘激扬
封面设计	王 睢
责任绘图	潘曙光
版式设计	焦东立
责任校对	王 超
责任印制	陈伟光

目 录

第一部分 电阻电路分析

第一章 电路的基本概念和定律	2
§ 1-1 电路和电路模型	2
§ 1-2 电路的基本物理量	8
§ 1-3 基尔霍夫定律	14
§ 1-4 电阻元件	19
§ 1-5 独立电压源和独立电流源	26
§ 1-6 两类约束和电路方程	35
§ 1-7 支路电流法	40
§ 1-8 分压电路和分流电路	42
习题一	47
第二章 线性电阻电路分析	55
§ 2-1 电阻单口网络	55
§ 2-2 电阻的星形联接与三角形联接	69
§ 2-3 网孔分析法	74
§ 2-4 节点分析法	82
§ 2-5 含受控源的电路分析	91
习题二	102
第三章 网络定理	112
§ 3-1 叠加定理	112
§ 3-2 戴维南定理	118
§ 3-3 诺顿定理和含源单口的等效电路	130
§ 3-4 最大功率传输定理	140
§ 3-5 替代定理	145
习题三	148

第四章 多端元件和双口网络	157
§ 4-1 理想变压器	157
*§ 4-2 运算放大器的电路模型	164
*§ 4-3 含运放的电阻电路分析	169
§ 4-4 双口网络的电压电流关系	180
§ 4-5 双口网络参数的计算	184
§ 4-6 互易双口和互易定理	197
*§ 4-7 含双口网络的电路分析	201
习题四	206
第五章 简单非线性电阻电路分析	213
§ 5-1 非线性电阻元件	213
§ 5-2 非线性电阻的串联与并联	216
§ 5-3 简单非线性电阻电路的分析	221
*§ 5-4 小信号分析	225
习题五	231

第二部分 动态电路分析

第六章 动态电路的时域分析	234
§ 6-1 电容元件与电感元件	234
§ 6-2 一阶电路的零输入响应	247
§ 6-3 一阶电路的零状态响应	255
§ 6-4 一阶电路的全响应	265
§ 6-5 三要素法	274
*§ 6-6 阶跃响应和冲激响应	282
§ 6-7 RLC 串联电路的零输入响应	292
习题六	305
第七章 正弦稳态电路的相量分析	313
§ 7-1 正弦电压和电流	314
§ 7-2 相量法的基本概念	321
§ 7-3 两类约束的相量形式	326
§ 7-4 阻抗与导纳	336

§ 7-5 串并联电路分析	345
§ 7-6 一般电路分析	349
§ 7-7 正弦稳态电路的功率	353
§ 7-8 最大功率传输定理	358
§ 7-9 三相电路	361
§ 7-10 正弦稳态响应的叠加	371
习题七	381
第八章 网络函数和频率特性	387
§ 8-1 网络函数	387
§ 8-2 RC 电路的频率特性	393
§ 8-3 谐振电路	406
§ 8-4 谐振电路的频率特性	416
习题八	422
第九章 含耦合电感的电路分析	427
§ 9-1 耦合电感的电压电流关系	427
§ 9-2 耦合电感的串联与并联	433
§ 9-3 耦合电感的去耦等效电路	436
§ 9-4 空心变压器电路的分析	440
§ 9-5 耦合电感与理想变压器的关系	447
习题九	451

第三部分 磁路和铁心线圈电路

第十章 磁路和铁心线圈电路	458
§ 10-1 磁场的基本物理量和主要定律	458
§ 10-2 铁磁物质的磁化曲线	462
§ 10-3 磁路和磁路定律	468
§ 10-4 恒定磁通磁路的计算	473
§ 10-5 交变磁通下的磁损耗和波形畸变	481
§ 10-6 铁心线圈的电路模型	487
§ 10-7 铁心变压器的电路模型	495
习题十	508

附录 线性电阻电路的计算机辅助分析	512
§1 电路的矩阵表示法.....	512
§2 表格分析法.....	514
§3 高斯消去法.....	515
§4 直流电路的计算机分析程序.....	516
部分习题答案	523

第 一 部 分

电 阻 电 路 分 析

第一章 电路的基本概念和定律

本章介绍电路的基本概念和基本变量,阐述集总参数电路的基本定律——基尔霍夫定律。定义三种常用的电路元件:电阻、独立电压源和独立电流源。最后讨论集中参数电路中,电压和电流必须满足的两类约束。这些内容是全书的基础。

§ 1-1 电路和电路模型

一、电路

电在日常生活、生产和科研工作中得到了广泛应用。在收录机、电视机、录像机、音响设备、计算机、通信系统和电力网络中可以看到各种各样的电路。这些电路的特性和作用各不相同。电路的一种作用是实现电能的传输和转换。例如电力网络将电能从各发电厂输送到各工厂、农村和千家万户,供各种电气设备使用。电路的另一种作用是实现电信号的传输、处理和存储。例如电视接收天线将含有声音和图像信息的高频电视信号通过高频传输线送到电视机中,这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理,恢复出原来的声音和图像信息,在扬声器中发出声音并在显像管屏幕上呈现图像。

由电阻器、电容器、线圈、变压器、晶体管、运算放大器、传输线、电池、发电机和信号发生器等电气器件和设备连接而成的电路,称为实际电路。根据实际电路的几何尺寸(d)与其工作信号

波长(λ)的关系,可以将它们分为两大类:满足 $d \ll \lambda$ 条件的电路称为集总参数电路,其特点是电路中任两端点的电压和流入任一器件端钮的电流是完全确定的,与器件的几何尺寸和空间位置无关。不满足 $d \ll \lambda$ 条件的另一类电路称为分布参数电路,其特点是电路中的电压和电流不仅是时间的函数,也与器件的几何尺寸和空间位置有关。由波导和高频传输线组成的电路,是分布参数电路的典型例子。本书只讨论集总参数电路,为叙述方便起见,今后常简称为电路。

例如,一个音频放大电路的最高工作频率为 $f = 25 \text{ kHz}$,其波长为

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{25 \times 10^3 \text{ s}^{-1}} = 12 \times 10^3 \text{ m} = 12 \text{ km}$$

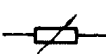
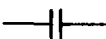
一般的音频放大电路和音响设备的几何尺寸远比这个波长为小,应视为集中参数电路。

表 1-1 列举了我国国家标准中的部分图形符号。采用这些图形符号,可绘出表明实际电路中各器件相互连接关系的电原理图。例如图 1-1(a)表示日常生活中所用的手电筒电路,它由干电池、灯泡、开关和手电筒壳(连接导体)组成。图 1-1(b)是用电气图形符号表示的手电筒电路的电原理图。又如图 1-2(a)表示一个最简单的晶体管放大电路,它由传声器、晶体管、电阻器、电池、变压器和扬声器等组成,其电原理图如图 1-2(b)所示。

二、电路模型

研究集总参数电路的一种方法是用电气仪表对实际电路进行测量。另一种更重要的方法是将实际电路抽象为电路模型,用电路理论的方法分析计算出电路的特性。运用现代电路理论,借助于计算机,可以模拟各种实际电路的特性和设计出性能良好的大规模集成电路。

表 1-1 部分电气图用图形符号
(根据国家标准 GB 4728)

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
导 线		传 声 器		电 阻 器	
连接的导线		扬 声 器		可变电阻器	
接 地		二 极 管		电 容 器	
接 机 壳		稳压二极管		线圈, 绕组	
开 关		隧道二极管		变 压 器	
熔 断 器		晶 体 管		铁心变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电 压 表		电 池		直流电动机	

如何将实际电路抽象为电路模型呢？实际电路中发生的物理过程是十分复杂的，电磁现象发生在各器件和导线之中，相互交织在一起。对于集总参数电路，当不关心器件内部的情况，只关心器件端钮上的电压和电流时，可以定义一些理想化的电路元件来近似模拟器件端钮上的电气特性。例如定义电阻元件是一种只吸收电能（转换为热能或其它形式的能量）的元件，电容元件是一种只存储电场能量的元件，电感元件是一种只存储磁场能量的元件。

用这些电阻、电感和电容等理想化的电路元件近似模拟实际电路中每个电气器件和设备,再根据这些器件的连接方式,用理想导线将这些电路元件连接起来,就得到该电路的电路模型。例如图 1-1(c)是图 1-1(a)电路的电路模型。图 1-2(c)是图 1-2(a)电路的电路模型。它们是用电路元件的图形符号表示的,常称为电路图。表 1-2 列举了本书采用的部分电路元件的图形符号,其中有一些与电气图用图形符号相同。这些电路元件的定义和特性将在以后陆续介绍。

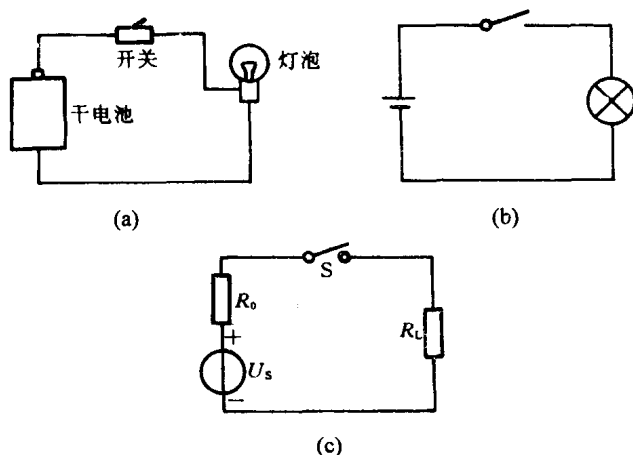


图 1-1 手电筒电路
(a)实际电路 (b)电原理图 (c)电路模型

电路模型近似地描述实际电路的电气特性。根据实际电路的不同工作条件以及对模型精确度的不同要求,应当用不同的电路模型模拟同一实际电路。例如图 1-3(a)所示线圈,在低频交流工作条件下,用一个电阻和电感的串联模拟,如图(b)所示;在高频交流工作条件下,则要再并联一个电容模拟,如图(c)所示。

将实际电路抽象为一个简单而精确的电路模型的工作,有时

是非常复杂和困难的。本课程只涉及一些极简单的情况,其目的

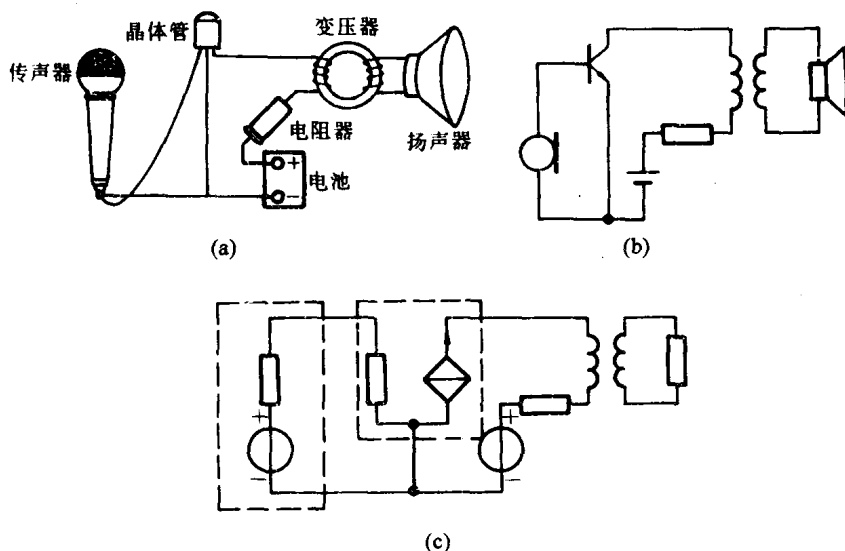


图 1-2 晶体管放大电路
(a)实际电路 (b)电原理图 (c)电路模型

是为了牢固地树立“电路模型”的概念。本课程的主要任务是研究电路模型(简称为电路)的各种分析计算方法,其目的是通过对电路(模型)的分析研究来预测实际电路的电气特性,以便指导改进实际电路的电气特性和设计制造出新的实际电路。电路的研究分为两类。一类是电路分析:已知电路结构和元件特性,分析电路的特性;另一类是网络^①综合:根据电路特性的要求来设计电路的结构和元件参数。本课程是电路理论的入门课程,主要讨论电路分析。

^① 本书中网络(network)与电路(circuit)同义。

表 1-2 部分电路元件的图形符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
独立电流源		理想导线		电 容	
独立电压源		连接的导线		电 感	
受控电流源		电位参考点		理想变压器 耦合电感	
受控电压源		理想开关		回 转 器	
电 阻		开 路		理想运放	
可变电阻		短 路		二端元件	
非线性电阻		理想二极管			

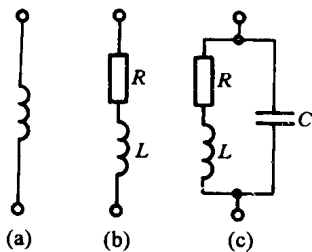


图 1-3 线圈的几种电路模型

(a)线圈的图形符号

(b)线圈通过低频交流模型

(c)线圈通过高频交流模型