

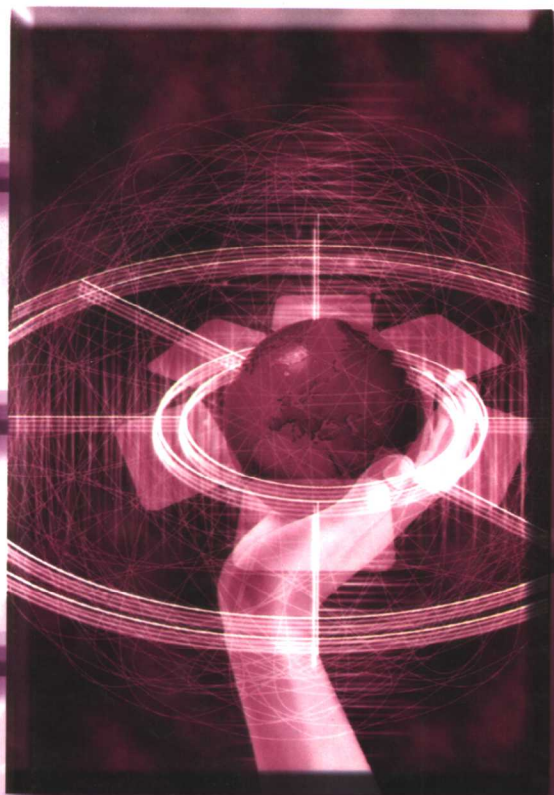
经典教材辅导用书



电路理论学习指导书(修订版)

杨传谱 黄冠斌

孙亲锡 孙 敏



华中科技大学出版社

电路理论学习指导书

(修订版)

杨传谱 黄冠斌 孙亲锡 孙 敏

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路理论学习指导书(修订版)/杨传谱 等.-2版
武汉:华中科技大学出版社, 2004年1月
ISBN 7-5609-1734-8

I. 电…

II. ①杨… ②黄… ③孙… ④孙…

III. 电路理论-高等学校-教学参考资料

IV. TM13

电路理论学习指导书(修订版)

杨传谱 黄冠斌
孙亲锡 孙 敏

责任编辑:李 德
责任校对:封春英

封面设计:潘 群
责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87542624

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:湖北省京山县印刷厂

开本:850×1168 1/32

印张:18.625

字数:450 000

版次:2004年1月第2版

印次:2004年1月第5次印刷

定价:22.00元

ISBN 7-5609-1734-8/TM·71

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是为适应广大读者,特别是高校电类专业本、专科生学习电路理论的需要而编写的,可作为同步学习或期末复习时的参考书。

全书共分十七章,每章均由三部分组成:内容提要、例题分析和自测题。内容提要扼要叙述每章所应掌握的基本内容、要点及应注意的问题;例题分析列举了许多典型例题,有的还给出了多种解法;自测题便于读者自我检查对本章内容掌握的情况。本书内容精练、叙述流畅、例题典型丰富,有助于培养学生分析和解决电路理论问题的能力。

本书修订时又增添了许多高校考研题,如清华大学,西安交通大学,哈尔滨工业大学,华中科技大学等,对从事理论电工教学的教师及准备报考研究生的读者具有一定的参考价值。

修订版序言

《电路理论学习指导书》自1997年出版以来,得到了广大读者的厚爱,虽经四次重印,仍不能满足需求。多少莘莘学子在本书的陪伴下,领会和掌握了电路理论课的基本内容,顺利完成了电路理论课的学习并为后续课的学习打下了坚实的基础;更有不少年轻志士以本书为伴,在各科考研成绩中电路理论的成绩特别优秀,因而圆了自己的硕士梦;还有不少读者,潜读本书后解决了自己在工程实际中遇到的许多电路问题;也有许多读者,把本书作为自己的教学参考书,在大学讲台上尽展一个教师的风采……对于本书所获得的这些社会效益作者感到十分欣慰和高兴。然而,由于书中的一些不足和错误,也给广大读者在学习中带来许多不便,这令作者深感歉意和不安。

本书出版两年多来,电路理论的内容在不断发展,教学方法和手段也发生着巨大的变革,加上第一版存在的天然不足。因此,修订《电路理论学习指导书》已是势在必行。和第一版相比,本版主要在以下几个方面作了修订:

1. 对第一版有关章节的“内容提要”作了适当的增删,使之更加完善、充实,更加符合和体现电路理论课程教学大纲的要求。
2. 对第一版中有些叙述不恰当的地方作了修订,使之更加明晰、贴切。
3. 对第一版中存在的明显的文字或印刷错误及部分自测题的答案错误进行了订正。
4. 从近几年各院校电路理论的考试试题和研究生入学考试试题中,挑选出部分比较有代表性的试题充实到有关章节的“例题分析”或“自测题”中,对部分不适宜的例题作了删减。

5. 电路图上的符号均按新规范绘制。

通过以上工作,《电路理论学习指导书》修订版将以新的面貌展现在广大读者面前。相信它一定更加符合教学实际,更加符合广大读者的学习实际,一定会陪伴更多的读者在为理想而拼搏的征程上一步一步走向成功。

本书修订版得到华中科技大学出版社的大力支持,有关工作人员为修订版付出了不少心血,在此深表谢意。书中仍存在的不足之处,敬请广大读者批评指正。

主编 杨传谱
2003 年 10 月

前 言

《电路理论学习指导书》是为适应广大读者,特别是在校本、专科学学生学习电路理论课程的需要而编写的。电路理论是电类专业的一门技术基础课,由于它本身毋庸置疑的重要性,学好电路理论已成为广大初学者的迫切愿望和要求。多年的教学实践表明,电路理论具有较强的理论性、系统性和灵活性,使广大初学者感到有相当的难度。为帮助广大初学者克服学习上的困难,掌握好电路理论的基本概念、基本定理和基本的分析方法,具有比较坚实的电路理论功底,特编写《电路理论学习指导书》。本书在一定程度上体现了作者对电路理论体系的认识和理解,以及作者多年从事电路理论教学实践的经验。期望本书能对广大读者学习电路理论有所帮助,成为广大读者身边的“辅导教师”。

编写本书参照了高等工业学校《电路》课程教学基本要求,参考了目前国内多数院校使用的多种电路理论教材的版本,尽量做到具有广泛的适用性。全书共分十七章(详见目录),每章的结构均由三部分组成。第一部分为内容提要,扼要叙述本章所应掌握的基本内容、要点及应注意的问题;第二部分为例题分析,列举了许多典型例题,不少例题还给出了多种解法;第三部分为自测题,便于读者自我检查对本章内容掌握的情况。本书第一、七、八、十四、十五章由杨传谱编写,第二、三、四、五章由黄冠斌编写,第六、十二、十六、十七章由孙亲锡编写,第九、十、十一、十三章由孙敏编写,杨传谱任主编。陈崇源教授对全书进行了认真审阅,提出了许多宝贵意见。编写本书时,参考了许多电路理论教材版本及相关的教学参考书,在此一并对这些书的作者表示诚挚的谢意。本书中的不当之处,恳请广大读者批评指正。

本书对从事理论电工教学的教师及准备报考研究生的读者具有一定的参考价值。

编 者

1997. 6. 于华工

目 录

第一章 电路变量及波形表示	(1)
1-1 内容提要	(1)
1-2 例题分析	(9)
1-3 自测题	(18)
第二章 基尔霍夫定律与电路元件	(20)
2-1 内容提要	(20)
2-2 例题分析	(27)
2-3 自测题	(50)
第三章 网络图论的基本概念	(55)
3-1 内容提要	(55)
3-2 例题分析	(59)
3-3 自测题	(72)
第四章 等效变换	(76)
4-1 内容提要	(76)
4-2 例题分析	(85)
4-3 自测题	(106)
第五章 网络的一般分析方法	(109)
5-1 内容提要	(109)
5-2 例题分析	(114)
5-3 自测题	(133)
第六章 网络定理	(137)
6-1 内容提要	(137)
6-2 例题分析	(142)
6-3 自测题	(180)

第七章 一阶电路	(187)
7-1 内容提要	(187)
7-2 例题分析	(192)
7-3 自测题	(238)
第八章 二阶电路	(241)
8-1 内容提要	(241)
8-2 例题分析	(243)
8-3 自测题	(267)
第九章 正弦稳态电路	(269)
9-1 内容提要	(269)
9-2 例题分析	(277)
9-3 自测题	(313)
第十章 谐振电路	(317)
10-1 内容提要	(317)
10-2 例题分析	(322)
10-3 自测题	(344)
第十一章 耦合电感电路	(347)
11-1 内容提要	(347)
11-2 例题分析	(353)
11-3 自测题	(382)
第十二章 三相电路	(385)
12-1 内容提要	(385)
12-2 例题分析	(390)
12-3 自测题	(418)
第十三章 周期性非正弦稳态电路	(420)
13-1 内容提要	(420)
13-2 例题分析	(424)
13-3 自测题	(452)
第十四章 运算法	(455)

14-1	内容提要	(455)
14-2	例题分析	(460)
14-3	自测题	(485)
第十五章	状态方程	(488)
15-1	内容提要	(488)
15-2	例题分析	(490)
15-3	自测题	(512)
第十六章	双口网络	(514)
16-1	内容提要	(514)
16-2	例题分析	(519)
16-3	自测题	(552)
第十七章	均匀传输线	(554)
17-1	内容提要	(554)
17-2	例题分析	(561)
17-3	自测题	(575)
附录	自测题答案	(576)

第一章 电路变量及波形表示

1-1 内 容 提 要

一、电路变量

描述电路中电磁现象的物理量称为电路变量。在集中参数电路中,电路变量仅为时间 t 的函数,在分布参数电路中,为时间 t 和空间坐标 x 的函数。一个实际电路,只有当电路的几何尺寸 d 远小于电路最高工作频率所对应的波长 λ 时才能用集中参数电路来模拟,用式子表示这一条件即

$$d \ll \lambda$$

本书一~十六章所讨论的电路均属集中参数电路,十七章为分布参数电路。

电路变量可分为基本变量和复合变量。

1. 基本变量

电路的基本变量有四个:电荷 q 、磁链 ψ 、电流 i 和电压 u^* 。

学习基本变量时,特别要掌握好电流、电压的参考方向。参考方向是电路理论中最重要、最基本但又最容易出错的重要概念之一。为此,特强调以下几点。

(1) 论及电流、电压时必须指定其参考方向。不标参考方向谈电流、电压的正负是没有意义的。

(2) 电流、电压的参考方向可以任意指定。

(3) 电流、电压的参考方向与真实方向是两个不同的概念。若电流、电压为正值,说明它们的真实方向与参考方向相同;若电流、

* 电压 u 包含了电位的概念,电位即电路中任一点到参考点之间的电压。

电压为负值,说明它们的真实方向与参考方向相反。

(4) 关联参考方向和非关联参考方向。对任一二端元件(或二端电路),当标定电流、电压的参考方向后,若电流从电压“+”极性端指向“-”极性端,则称此为关联参考方向,否则称为非关联参考方向。

2. 复合变量

功率 P 和能量 W 均为复合变量。

对任一二端元件(或电路),设端口电压为 u , 电流为 i , 则功率的表达式为

$$P = \pm ui$$

当 u, i 采用关联参考方向时, $P = ui$; 当 u, i 采用非关联参考方向时, $P = -ui$ 。无论端口电压、电流采用关联还是非关联参考方向,按上述表达式求解功率,当 $P > 0$ 时,称此二端元件吸收功率;当 $P < 0$ 时,称此元件发出(或产生)功率。需要说明的是,有的作者采用其他符号规则,读者可参考比较,本书则均按上述符号规则讨论功率。

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

能量 对任一二端元件,设其功率为 P , 则从 t_0 到 t 其所吸收的能量为

$$W = \int_{t_0}^t P d\tau = \int_{t_0}^t \pm uid\tau$$

能量守恒是一个自然法则,也是电路理论中一个最重要的基本公设。需要强调指出:上述功率和能量的表达式与二端元件的性质无关。本书在运算中,为简便起见,对某些物理量作了无量纲处理,特此说明。

二、常用函数及其波形

1. 正弦函数

正弦函数表达式为

$$f(t) = A_m \sin(\omega t + \varphi)$$

式中, A_m 称为振幅, ω 为角频率, 它与频率 f 、周期 T 的关系为

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T}$$

φ 为初相位。 A_m 、 ω 和 φ 称为正弦函数的三要素。正弦函数的波形示于图 1-1 中。

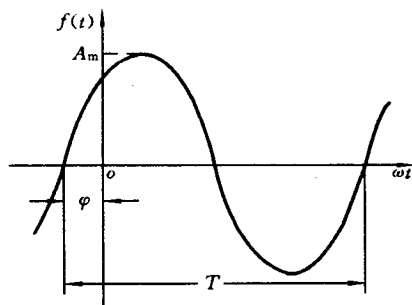


图 1-1

2. 常量

常量表达式为

$$f(t) = K$$

其波形如图 1-2 所示。式中 K 为常量。

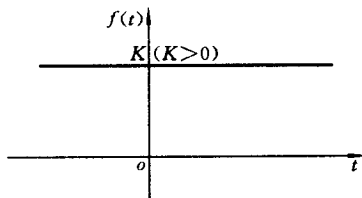


图 1-2

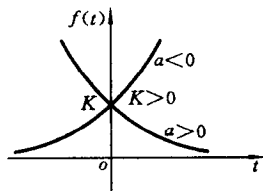


图 1-3

3. 指数函数

指数函数表达式为

$$f(t) = Ke^{-at}$$

其波形如图 1-3 所示。式中 K 、 a 为常量。

4. 单位阶跃函数 $1(t)$

单位阶跃函数定义为

$$1(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t > 0 \end{cases}$$

其波形如图 1-4(a)所示。

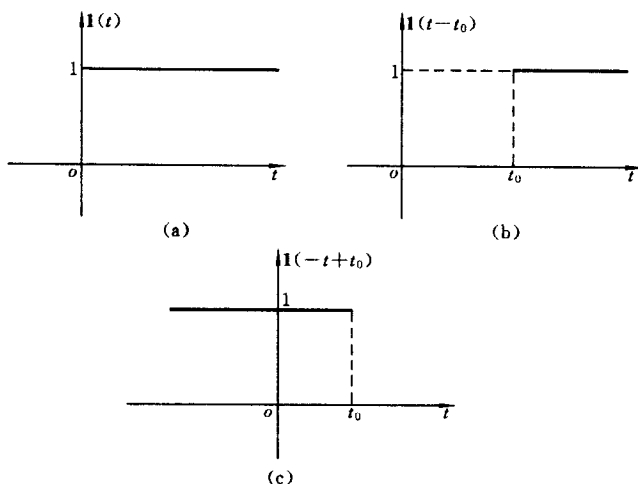


图 1-4

$1(t-t_0)$ 称为延迟单位阶跃函数,其波形如图 1-4(b)所示。一般地,可定义

$$1(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases}$$

为延迟单位阶跃函数,式中 x 称为宗量,原则上可以是 t 的任意函数。当 $x = -t + t_0$ 时, $1(x)$ 的波形如图 1-4(c)所示。

单位阶跃函数的重要功能是截取波形。设 $f(t)$ 为任意连续函

数,将 $f(t)$ 与 $1(t)$ 相乘可截取 $t > 0$ 的波形,即

$$f(t) \cdot 1(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ f(t) & t > 0 \end{cases}$$

5. 脉冲函数 $p_{\Delta}(t)$

脉冲函数定义为

$$p_{\Delta}(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ \frac{1}{\Delta} & 0 < t < \Delta \\ 0 & t > \Delta \end{cases}$$

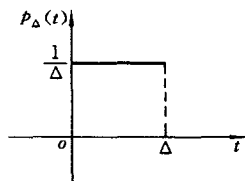


图 1-5

其波形如图 1-5 所示。 $p_{\Delta}(t)$ 函数的显著特征是其波形与时间轴所围的面积为 1, 即

$$\int_0^{\Delta} p_{\Delta}(t) dt = \Delta \cdot \frac{1}{\Delta} = 1$$

$p_{\Delta}(t)$ 可用阶跃函数表示, 即有

$$p_{\Delta}(t) = \frac{1}{\Delta} [1(t) - 1(t - \Delta)]$$

6. 单位冲击函数 $\delta(t)$

单位冲击函数定义为

$$\delta(t) = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \text{奇异} & t = 0 \end{cases}$$

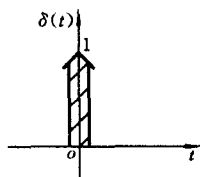


图 1-6

其波形示意如图 1-6 所示。 $t = 0$ 时奇异, 系指该奇异性必须满足

$$\int_{0-}^{0+} \delta(t) dt = 1$$

即从 0_- 到 0_+ , $\delta(t)$ 波形所围的面积为 1。 $\delta(t)$ 可用 $p_{\Delta}(t)$ 当 $\Delta \rightarrow 0$ 时的极限加以表示, 即

$$\delta(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} p_{\Delta}(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta} [1(t) - 1(t - \Delta)]$$

设 $f(t)$ 为任意连续且处处有界函数, 显然,

$$f(t) \cdot \delta(t) = f(0) \delta(t)$$

$$f(t)\delta(t-t_0) = f(t_0)\delta(t-t_0)$$

$\delta(t)$ 的一个重要性质是筛分性,即

$$\int_{0-}^{0+} f(t)\delta(t)dt = f(0)$$

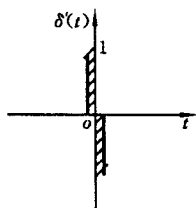
一般地

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\delta(t-t_0)dt = f(t_0)$$

7. 单位对偶冲击函数 $\delta'(t)$

单位对偶冲击函数定义为

$$\delta'(t) = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \text{奇异} & t = 0 \end{cases}$$



在 $t=0$ 的奇异性必须满足 $\int_{-\infty}^t \delta'(\tau)d\tau = \delta(t)$,

其波形示意如图 1-7 所示。值得指出的是

$$\int_{0-}^{0+} \delta'(t)dt = 0$$

图 1-7

$$f(t)\delta'(t) = \delta'(t)f(0) - f'(0)\delta(t) \neq \delta'(t) \cdot f(0)$$

这点在使用时应予注意。

8. 单位斜坡函数 $r(t)$

单位斜坡函数定义为

$$r(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & t \geq 0 \end{cases}$$

其波形如图 1-8(a) 所示。显然

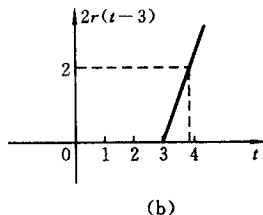
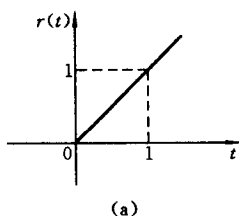


图 1-8