

电路

(第2版)

单潮龙 主 编
王向军 嵇斗 何芳 汪小娜 卢晓林 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

014033108

TM13
178-2

电 路

(第2版)

主编 单潮龙

副主编 王向军 嵇斗 何芳 汪小娜 卢晓林



TM13
178-2

国防工业出版社

·北京·



北航

C1721301

201280410

图书在版编目(CIP)数据

电路/单潮龙主编.—2版.—北京:国防工业出版社,
2014.2

ISBN 978-7-118-09360-5

I. ①电... II. ①单... III. ①电路 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 039374 号



※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 31 字数 713 千字

2014 年 2 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 65.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

本书是为适应 21 世纪军队高等教育教学内容和课程体系改革的需要而编写的,力求继承传统性、增强应用性和反映先进性。教材内容的编写特点是:科学安排内容体系,优化内容。如将电路化简、电路系统分析和电路定理单独一章论述,内容由浅入深,循序渐进,体系完整,便于读者学习。将以往内容分散的交流电路内容集中为正弦稳态交流电路分析基础和复杂正弦交流电路分析两章,内容完整紧凑。在论述传统基本电路理论的基础上,注重理论与实际应用的结合,加强 EWB 和 Matlab 应用于电路分析的内容。每章均含有与之内容相适应的 EWB 和 Matlab 电路分析应用的实例,为理论和方法的学习运用于实际电路分析打下基础。这不仅有利于提高学生的学习兴趣,扩大学习视野,而且有利于提高学生分析问题和解决问题的能力;将解题思路融于例题中,以取代过多的文字描述。在使用 EWB 和 Matlab 进行电路分析的内容中,除了用 EWB 直接分析电路外,还通过例题介绍 Matlab 编程的电路分析,使学生能对于计算机如何进行电路分析有具体的了解,而不是简单地用现有软件解题,这对培养学生的创新能力是有益的。

本书结构和体系设计的特点是:第 1 章的电路模型和基尔霍夫定律为全书奠定基础;电阻电路分为三章,第 2 章为电阻电路的等效化简,第 3 章为电路的系统分析方法,第 4 章为电路定理;交流电路分为两章,即第 5 章的正弦稳态交流电路分析基础和第 6 章的复杂正弦交流电路分析,第 6 章包含了耦合电感电路、谐振电路和三相电路三大内容,这样组合可以使交流电路的内容显得完整紧凑;二端口网络和运算放大器、非正弦周期电流电路各为一章,分别为第 7 章和第 8 章;第 9 章为动态电路的时域分析,介绍了动态电路的经典分析方法;考虑到独立性和完整性,将动态电路的复频域分析法和状态变量分析法编为第 10 章,这也是目前两种较为常用的动态电路分析方法;最后一章是电路理论一些分支介绍,包括非线性电路分析、滤波器设计和分布参数电路,以拓宽读者视野。附录中介绍了当前国际流行的电路分析软件 EWB 和 Matlab 的使用方法,进一步拓宽学生电路分析的思路和手段。

本书共 11 章,覆盖了电路分析的主要内容,书中打“*”号部分作为扩展内容供选修。各章课内教学参考学时为:第 1 章 8 学时,第 2 章 8 学时,第 3 章 8 学时,第 4 章 10 学时,第 5 章 10 学时,第 6 章 18 学时,第 7 章 10 学时,第 8 章 8 学时,第 9 章 10 学时,第 10 章 14 学时,第 11 章 6 学时,全书在 110 学时以内。弱电各专业为避免与后续课程的内容重复,可选择第 1、2、3、4、5、6、7 和 9 章作为基本教学内容,约 82 学时。

为帮助读者学习,每章的开始概述了该章的内容和要点,每章后均附有习题,书后配有习题参考答案。为便于教师教学和采用新的教学手段,本教材配有电子课件,军队院校读者可登录军网 <http://www.haigongda.mil> 索取。

本书写作分工为:单潮龙编写第2、3、4、10、11章,王向军编写第7、8、9章,嵇斗编写第5、6章,汪小娜编写第1章和附录,卢晓林编写第7章,何芳编写各章习题,并收集修改了第1版教材各章节和习题中的误漏,全书由单潮龙统稿。华中科技大学汪建教授审阅了全书的初稿,并提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

第2版保持第1版的体系不变,针对第1版的编写错误做了修改,并根据目前新的弱电专业教学需要增加了部分内容,如增加了双电感并联谐振电路、双电容并联谐振电路、互感耦合谐振电路、应用卷积分法计算零状态响应、二阶动态电路的响应分析,考虑到功率因数的重要性,把功率因数的提高单独列为一节,补充了参考文献等。

在本书的编写过程中吸取了参考文献中各位专家、学者的许多经验,受益匪浅,海军工程大学吴正国教授对本书的编写提供了许多宝贵意见,国防工业出版社崔晓莉编辑对本书的出版给予了大力支持,在此一并表示谢意。

由于作者水平所限,本书结构和体系的安排、内容的取舍和叙述等方面多有疏漏和不当之处,恳请读者指正。

目 录

第1章 电路模型和基尔霍夫定律	1
1.1 电路与电路模型	1
1.1.1 电路的功能和电路的构成	1
1.1.2 电路模型	1
1.1.3 线性非时变集总参数电路	2
1.2 电流、电压及其参考方向	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压	4
1.2.3 功率和能量	5
1.3 基尔霍夫定律	5
1.3.1 基尔霍夫电流定律	6
1.3.2 基尔霍夫电压定律	7
1.4 无源电路元件	8
1.4.1 电阻元件	8
1.4.2 电容元件	9
1.4.3 电感元件	13
1.5 有源电路元件	14
1.5.1 独立电源	14
1.5.2 受控源	18
1.6 利用计算机分析简单电路	19
第2章 电阻电路的等效化简	25
2.1 单口网络等效化简的概念	25
2.1.1 端口	25
2.1.2 单口网络	26
2.1.3 单口网络的伏安特性	27
2.1.4 单口网络的等效电路	28
2.2 无源单口网络的等效化简	29
2.2.1 电阻串联的等效化简	29
2.2.2 电阻并联的等效化简	31
2.2.3 电阻混联的等效化简	33

2.3	电阻的 Y 形连接和 Δ 形连接的等效变换	36
2.3.1	Y 形和 Δ 形连接	36
2.3.2	Y 形和 Δ 形连接的等效互换	37
2.3.3	电桥电路以及电桥平衡	39
2.4	有源单口网络的等效化简	43
2.4.1	独立电源串并联的等效化简	43
2.4.2	多余元件的概念	43
2.4.3	实际电源的两种模型及其等效变换	44
2.4.4	电源转移法等效化简	47
2.5	含受控源电路的等效化简	48
2.5.1	含受控源单口网络的等效电路	48
2.5.2	受控源单口网络两种电源形式的等效变换	50
2.6	计算机辅助分析简单电路举例	51
2.6.1	用 EWB 软件分析简单直流电路	51
2.6.2	用 Matlab 软件分析简单直流电路	52
第 3 章	电路的系统分析方法	55
3.1	网络图论的基本概念	55
3.1.1	电路的拓扑图	56
3.1.2	树、树枝与连支	58
3.1.3	回路、网孔和基本回路	59
3.1.4	割集和基本割集	60
3.2	2b 法和支路法	61
3.2.1	两类约束和电路方程	62
3.2.2	2b 法	62
3.2.3	支路电流法	64
3.2.4	支路电压法	65
3.2.5	独立方程的选取	66
3.2.6	支路电流法的基本步骤	67
3.3	网孔法和回路法	69
3.3.1	网孔电流	69
3.3.2	网孔电流方程的列写	69
3.3.3	回路法	72
3.3.4	含有受控源的电阻电路回路方程列写法	74
3.4	节点法和改进的节点法	75
3.4.1	节点电压	75
3.4.2	节点法	75
3.4.3	改进的节点法	79

3.4.4	含有受控源的电阻电路节点方程列写法	79
3.4.5	节点法与其他方法比较	81
3.5	计算机辅助电路分析举例	82
3.5.1	利用 Matlab 分析直流电阻电路举例	82
3.5.2	利用 EWB 分析电路举例	85
第4章	电路定理	90
4.1	叠加定理	90
4.1.1	叠加定理的内容	90
4.1.2	叠加定理的应用	92
4.1.3	齐次性定理	95
4.1.4	叠加原理应用于具有对称性质的网络	96
4.2	替代定理	99
4.2.1	替代定理的内容	99
4.2.2	替代定理的证明	100
4.2.3	替代定理的要求	101
4.2.4	替代定理的应用	102
4.3	戴维南定理和诺顿定理	103
4.3.1	戴维南定理	103
4.3.2	诺顿定理	107
4.3.3	有源线性电阻单口网络的等效电路	109
4.3.4	最大功率传输定理	111
4.4	特勒根定理和互易定理	113
4.4.1	特勒根定理	113
4.4.2	互易定理	116
*4.5	补偿定理	121
*4.6	对偶原理	122
4.7	计算机辅助分析简单电路举例	126
第5章	正弦稳态交流电路分析基础	132
5.1	正弦量的基本概念	132
5.1.1	正弦量的三要素	132
5.1.2	正弦量的相位差	133
5.1.3	正弦量的有效值	135
5.2	正弦量的相量表示	136
5.2.1	复数的表示形式及运算	136
5.2.2	正弦量和相量	138
5.2.3	同频率正弦量的运算	140
5.3	基尔霍夫定律和元件特性的相量形式	141

5.3.1	基尔霍夫定律的相量形式	141
5.3.2	元件特性方程的相量形式	143
5.4	阻抗与导纳	146
5.4.1	阻抗	146
5.4.2	导纳	148
5.4.3	阻抗和导纳的关系	150
5.5	正弦交流电路的分析	152
5.6	正弦交流电路的功率	158
5.6.1	正弦交流电路的功率	158
5.6.2	最大功率传输	161
5.7	功率因数的提高	163
5.8	计算机辅助电路分析举例	166
第6章	复杂正弦交流电路分析	174
6.1	互感现象和耦合电感的伏安特性	174
6.1.1	互感现象和耦合系数	174
6.1.2	同名端与耦合电感的伏安特性	176
6.1.3	正弦稳态条件下耦合电感元件的伏安特性	177
6.2	含耦合电感电路的分析	179
6.2.1	耦合电感的串联	180
6.2.2	耦合电感的并联	182
6.2.3	耦合电感的T形等效	183
6.2.4	含耦合电感元件一般电路的分析	184
6.2.5	应用——互感式电工仪表	184
6.3	空心变压器和理想变压器	186
6.3.1	空心变压器	186
6.3.2	全耦合变压器	189
6.3.3	理想变压器	191
6.4	串联谐振电路	196
6.4.1	rLC 串联谐振电路	196
6.4.2	频率响应	199
6.4.3	通频带	200
6.5	并联谐振电路	201
6.5.1	GCL 并联谐振电路	201
6.5.2	实用的并联谐振电路	203
*6.5.3	双电感、双电容并联谐振电路	205
*6.6	互感耦合谐振电路	208
6.6.1	部分谐振	209

6.6.2	复谐振	210
6.6.3	全谐振	211
6.6.4	谐振曲线	213
6.6.5	耦合谐振电路的通频带	216
6.7	对称三相电路	217
6.7.1	对称三相电源	217
6.7.2	对称三相负载	220
6.7.3	对称三相电路的计算	221
6.8	不对称三相电路	223
6.8.1	不对称三相电路	223
6.8.2	不对称三相电路的一般计算方法	224
6.9	三相电路的功率及测量方法	226
6.9.1	三相电路的功率	226
6.9.2	三相电路功率的测量方法	227
6.10	计算机辅助电路分析举例	230
6.10.1	互感电路的 Matlab 仿真分析	230
6.10.2	谐振电路的 EWB 辅助分析	231
第7章	二端口网络和运算放大器	239
7.1	二端口网络的方程与参数	239
7.1.1	二端口网络参数与方程	239
7.1.2	各组参数间的互换	245
7.2	二端口网络的等效与组合	247
7.2.1	二端口网络的等效电路	247
7.2.2	二端口网络的连接方式	248
7.3	接负载的二端口网络	249
7.3.1	策动点阻抗	250
7.3.2	转移函数	251
7.4	回转器和负阻抗变换器	252
7.4.1	回转器	252
7.4.2	负阻抗变换器	253
7.5	运算放大器	255
7.5.1	多端元件	255
7.5.2	运算放大器电路模型	255
7.5.3	含理想运算放大器电路的分析	257
*7.5.4	RC 有源滤波器	259
7.6	计算机辅助电路分析举例	261
7.6.1	利用 Matlab 分析电路举例	261

7.6.2	利用 EWB 分析电路举例	262
第 8 章	非正弦周期电流电路	268
8.1	非正弦周期信号的傅里叶分解	268
8.1.1	傅里叶级数的三角形形式	268
8.1.2	对称性的应用	270
8.1.3	频谱图	272
8.2	非正弦周期信号的有效值、平均值和功率	273
8.2.1	有效值	273
8.2.2	平均功率	274
8.3	非正弦周期电流电路的分析	275
*8.4	对称三相电路的高次谐波	278
8.5	傅里叶级数的复数形式	281
8.6	计算机辅助电路分析举例	283
8.6.1	利用 Matlab 分析电路举例	283
8.6.2	利用 EWB 分析电路举例	284
第 9 章	动态电路的时域分析	288
9.1	一阶电路的基本概念和换路定则	288
9.1.1	一阶电路的基本概念	288
9.1.2	换路定则与初始值的确定	289
9.2	一阶电路的零输入响应和零状态响应	291
9.2.1	RC 和 RL 电路的零输入响应	291
9.2.2	RC 和 RL 电路的零状态响应	296
*9.2.3	一阶电路在正弦激励作用下的响应	298
9.3	一阶电路全响应和三要素法	300
9.3.1	全响应	300
9.3.2	三要素法	301
9.4	阶跃响应和冲激响应	303
9.4.1	阶跃函数与冲激函数	303
9.4.2	阶跃响应	305
9.4.3	冲激响应	306
*9.5	应用卷积积分法计算零状态响应	308
*9.6	二阶动态电路的响应	313
9.6.1	二阶电路的零输入响应	313
9.6.2	二阶电路的零状态响应和全响应	323
9.7	计算机辅助电路分析举例	327
9.7.1	利用 Matlab 分析电路举例	327
9.7.2	利用 EWB 分析电路举例	328

第 10 章 动态电路的复频域分析法和状态变量分析法	335
10.1 拉普拉斯变换	335
10.1.1 傅里叶变换在应用上的局限性	335
10.1.2 从傅里叶变换到拉普拉斯变换	336
10.1.3 拉普拉斯变换存在的条件与收敛域	338
10.2 拉普拉斯变换的基本性质	339
10.2.1 线性性质	339
10.2.2 延时性质	340
10.2.3 时域微分性质	340
10.2.4 时域积分性质	341
10.2.5 时域卷积定理	342
10.2.6 尺度变换(时频展缩)性质	342
10.2.7 复频移性质	343
10.3 拉普拉斯反变换	344
10.3.1 象函数的两种形式	344
10.3.2 部分分式展开法求拉普拉斯反变换	346
10.4 应用拉普拉斯变换分析线性时不变电路	352
10.4.1 基尔霍夫定律的复频域形式	352
10.4.2 电路元件伏安关系的复频域形式	352
10.4.3 复频域阻抗与复频域导纳	356
10.4.4 线性时不变电路的复频域分析法	357
10.4.5 网络定理在复频域分析中的应用	365
*10.5 网络函数	368
10.5.1 网络函数的定义	368
10.5.2 网络函数的分类	368
10.5.3 网络函数的性质	372
10.5.4 网络的频率响应	372
*10.6 网络函数的零极点	373
10.6.1 零极点的定义	373
10.6.2 零极点图	373
10.6.3 极点与冲激响应	374
10.6.4 零点在冲激响应中的作用	375
10.6.5 极点与频率响应	376
*10.7 用状态变量法分析线性时不变动态电路	378
10.7.1 概述	378
10.7.2 状态和状态变量	379
10.7.3 状态方程的列写方法	382

10.7.4	状态方程的解法	389
10.7.5	冲激响应矩阵与网络函数矩阵的关系	393
10.7.6	矩阵 A 的特征值与网络固有频率的关系	395
10.8	计算机辅助电路分析举例	396
10.8.1	利用 Matlab 分析电路举例	396
10.8.2	利用 EWB 分析电路举例	399
* 第 11 章	电路理论一些分支介绍	403
11.1	非线性电路分析简介	403
11.1.1	非线性电阻元件	403
11.1.2	非线性电阻的串联与并联	406
11.1.3	非线性电阻电路的图解法分析	409
11.1.4	非线性电阻电路的小信号分析	411
11.2	滤波器简介	416
11.2.1	滤波器的发展历程	416
11.2.2	滤波器分类	417
11.2.3	理想滤波器和实际滤波器	420
11.2.4	RC 滤波器	422
11.2.5	常用集总滤波网络拓扑形式	429
11.2.6	模拟滤波器的应用	430
11.2.7	几种近年来发展较快的滤波器介绍	433
11.3	传输线理论简介	436
11.3.1	典型的分布参数系统——传输线	436
11.3.2	传输线的物理模型和电报方程	438
11.3.3	有限长无损耗传输线方程解的物理意义	442
11.3.4	信号在传输线多次反射过程	446
附录 A	法定单位	450
附录 B	EWB 软件的使用	451
附录 C	Matlab 软件的使用	459
附录 D	拉普拉斯变换表	472
附录 E	部分习题参考答案	473
参考文献		481

第1章 电路模型和基尔霍夫定律

本章主要介绍电路模型的概念、电压和电流的参考方向、基尔霍夫定律(包括基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律)和基本电路元件(包括电阻、电感、电容、电压源、电流源以及受控源)。电路模型是电路研究的对象,要了解实际电路与电路模型的内在联系和区别;电压和电流的参考方向是电路分析中重要的概念;基尔霍夫定律和电路的元件特性是电路分析的基本依据,要熟练掌握和运用。

1.1 电路与电路模型

1.1.1 电路的功能和电路的构成

电路也称电网络,它是电流的通路,是由一些电器元件相互连接而成的。每个电路都有其特定的功能。

电路的结构形式和所能完成的任务多种多样,但其功能可以归结为两类:一类是实现电能的传输和转换,典型的例子是电力系统;另一类是传递和处理信号,常见的例子如测量炉温的热电偶温度计、收音机、电视机等。不论电路的结构多么复杂,它们都由三大部分组成:电源或信号源、中间环节和负载。在传输和转换电能的电路里,电源是发电机或电池等,它们把其他形式的能量转换成电能;负载是电动机、电灯或电炉等,它们把电能转换成其他形式的能量;变压器和输电线是中间环节,是连接电源和负载的部分,起传输和分配电能的作用。在传递和处理信号的电路中,信号源是电偶、接收天线等,它们把温度、电磁波等信息转变成电压信号,而后通过中间环节(放大、调谐、检波、变频等各种电路)对信号进行传递和处理,最后送到负载(如毫伏计、扬声器、显像管等)还原为原始信息。

不论是用于电能的传输和转换,还是传递和处理信号,通常把电源或信号源的电压或电流称为激励,它推动电路工作;由激励在电路各部分产生的电压和电流称为响应。根据激励与响应之间的因果关系,有时又把激励称为输入,响应称为输出。

1.1.2 电路模型

实际电路都是由一些起不同作用的实际电路元件或器件所组成,如电阻器、电容器、线圈、开关、发电机、变压器、电动机、晶体管等,它们的电磁性质较为复杂。为了便于对实际电路进行分析和用数学描述,将实际元件理想化(或称模型化),即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略次要因素,把它近似地看作理想电路元件(简称电路元件或元件)。如一个器件的主要效应表现为电能损耗,就可以用电阻元件来表示;对于主要效应表现为磁场能量储存的器件,可以用电感元件来表示;而对于主要效应表现为电场能量储存的器件,就可以用电容元件来表示。这样,电阻元件、电感元件和电容元件就是抽象化

了的理想电路元件。

由一些理想电路元件所组成的电路,就是实际电路的电路模型。例如,图 1.1.1(a) 是一个蓄电池通过连接导线向一白炽灯供电的装置,它是一个实际的电路,可以用图 1.1.1(b)所示的电路作为它的电路模型。在这个模型中,蓄电池用一个电压为 U_s 的电源和一个与它串联的内阻 R_i 表示,白炽灯由一个电阻 R 表示。

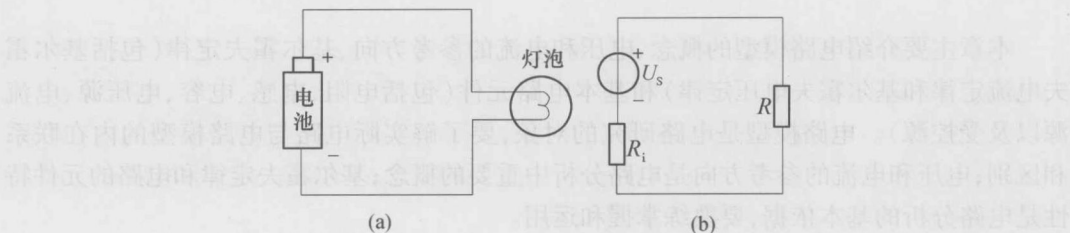


图 1.1.1 电路和电路模型图

(a) 实际电路; (b) 电路模型。

1.1.3 线性非时变集总参数电路

1. 线性电路

仅由线性元件组成的电路称为线性电路。线性电路最基本的特性是它具有叠加性(可加性)和均匀性(齐次性)。叠加性和均匀性的含义可以用图 1.1.2 来说明。

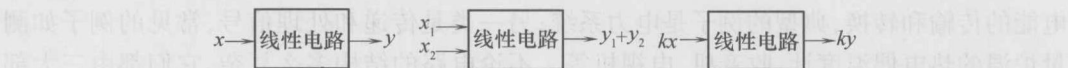


图 1.1.2 叠加性和均匀性说明图

图 1.1.2 中的方框表示电路, x 表示加在电路上的输入信号(或称激励), y 表示电路对该输入信号产生的输出(或称响应)。叠加性的含义是:若激励 x_1 产生的激励为 y_1 , 激励 x_2 产生的激励为 y_2 , 则当 x_1 与 x_2 共同作用于电路时产生的响应为 $y_1 + y_2$ 。均匀性的含义是:若激励 x 作用于电路产生的响应为 y , 则激励 kx 作用于电路产生的响应必为 ky , k 为一常数。换句话说,线性电路在各个激励共同作用下的响应是各个激励所产生响应的加权和。

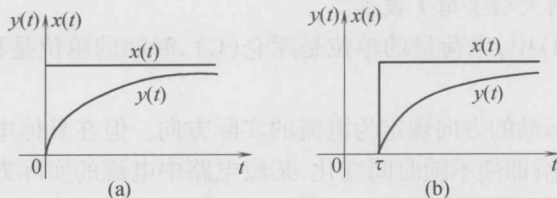
严格地说,真正的线性电路在实际中是不存在的。但是大量的实际电路在一定条件下都可以近似视为线性电路。在电路理论中,对线性电路的研究已经有了相当长的历史,有了成熟的理论和方法。本课程作为电路理论的入门课程,主要研究线性电路。

2. 非时变电路

组成电路的元件参数不随时间变化的电路称为非时变电路,或者称为具有非时变特性的电路。所谓元件的非时变特性,是指函数 $y = f(x)$ 在 $y-x$ 平面上的特性曲线的位置不随时间而改变。对于非时变线性电路,若激励 $x(t)$ 的波形延迟一段时间 τ , 则响应 $y(t)$ 的波形也只是延迟了一段时间 τ , 如图 1.1.3 所示。

3. 集总参数电路

电路理论主要研究电路中发生的电磁现象,用电流、电压(有时还用电荷、磁通)等电量来描述其中的过程。我们通常只关心各器件上流过的电流和端子间的电压,而不涉及



1.1.3 非时变特性说明图

器件内部的物理过程。这只有在满足集总化假设的条件下才是合理的。

实际器件、连接导线以及由它们连接成的实际电路都有一定的尺寸,占有一定的空间,而电磁能量的传播速度($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)是有限的,如果电路尺寸 l 远小于电路最高工作频率 f 所对应的波长 λ ($\lambda = c/f$),可以认为传送到实际电路各处的电磁能量是同时到达的。这时,与电磁波的波长相比,电路尺寸可以忽略不计。在这种假定条件下,可以证明在任意时刻流入各器件任一端子的电流和任意两个端子之间的电压都将是单值的量。在这种近似条件下,我们用足以反映其电磁性质但几何尺寸又可忽略不计的理想电路元件或它们的组合来模拟实际电路中的器件。这种理想化的电路元件称为集总参数元件。

由集总参数元件连接组成的电路称为集总参数电路。通常所说的电路图是用“理想导线”将一些电路元件符号按一定规律连接组成的图形。电路图中元件符号的大小、连线的长短和形状都是无关紧要的,只要能正确地表明各电路元件之间的连接关系即可。

实际电路的几何尺寸相差甚大。对于电力输电线,其工作频率为 50Hz ,相应的波长为 6000km ,因而 30km 长的输电线只有波长的 $1/200$,可以看作集总参数电路,而远距离输电线可长达数百乃至数千千米,就不能看作集总参数电路。对于电视天线及其传输线来说,其工作频率为 10^8Hz 的数量级,譬如电视的 10 频道,其工作频率约为 200MHz ,其相应的工作波长为 1.5m ,这时 0.2m 长的输电线也不能看作集总参数电路。对于非集总参数电路,需要用分布参数电路理论或电磁场理论来研究。

综合起来,具有线性非时变集总参数元件,并用理想导线连接的电路模型称为线性非时变集总参数电路。

本书只讨论集总参数电路。

1.2 电流、电压及其参考方向

电路的电性能通常用一组可表示为时间函数的变量来描述,这些变量中最常用的是电流、电压和功率。在学习本节内容时要注意弄清楚电流和电压的参考方向,这是一个重要概念。

1.2.1 电流

单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度,简称电流,用符号 i 表示,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2.1)$$

式中: q 为通过导体横截面的电荷量。当电流的大小和方向不随时间变化时,称为直流

(恒定)电流,习惯上用大写字母 I 表示。

在国际单位制(SI)中,电荷量的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s),电流的单位是安培(A)。

习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的实际方向。但在具体电路中,电流的实际方向常常随时间不断变化;即使不随时间变化,某段电路中电流的实际方向也很难预先断定,因此,往往很难在电路中表明电流的实际方向。这就有必要引入电流“参考方向”的概念。

参考方向是任意假设的方向,也称为正方向。在电路图中以带箭头的实线表示电流的参考方向,如图 1.2.1 所示。参考方向选定后,电流就成为代数量。当参考方向与电流的实际方向(图 1.2.1 中带箭头的虚线)一致时,电流取正值($i > 0$);反之,则电流取负值($i < 0$)。这样,在指定电流参考方向下,通过电流值的正或负,就可判断出电流的实际方向。显然,在未指定参考方向的情况下,电流值的正或负是没有意义的。表示电流参考方向的箭头通常标示于导线上,如图 1.2.1(c)所示。

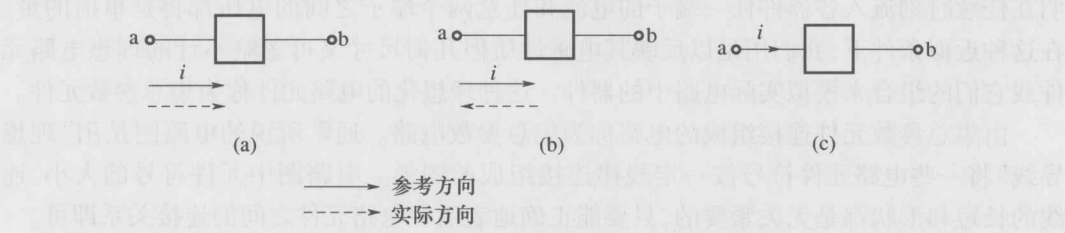


图 1.2.1 电流的参考方向图
(a) $i > 0$; (b) $i < 0$ 。

电流的参考方向也可用双下标表示,如 i_{ab} ,表示其参考方向为 a 指向 b。今后在电路图中只标明参考方向。

1.2.2 电压

电路中,电场力将单位正电荷从某点移动到另一点所做的功定义为该两点之间的电压,也称电位差,用 u 表示,即

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1.2.2)$$

当电压的大小和方向不随时间变化时,称为直流(恒定)电压,通常用大写字母 U 表示。

如同电流一样,在分析电路时,也要预先假定电压的参考方向。在电路图中常用参考极性符号“+”“-”表示,电压的参考方向由“+”极端指向“-”极端,电压的参考方向也可用带箭头的实线表示,如图 1.2.2 所示。参考方向一旦选定,电压也就成为代数量,有正负之分。当参考方向与电压的实际方向一致时,电压取正值($u > 0$);反之,则电压取负值($u < 0$)。电压的参考方向也可用双下标表示,如 u_{ab} ,表示 a 点为“+”极,b 点为

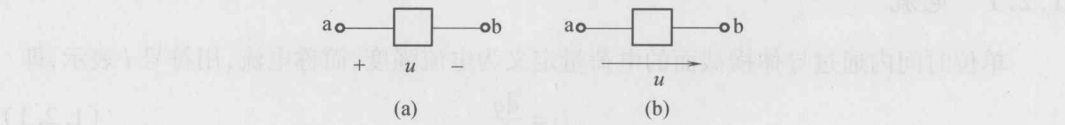


图 1.2.2 电压的参考方向图