

“十一五”国家级规划教材

“十三五”电工电子基础课程规划教材

电路与电子技术

● 董毅 主编

第2版



免费
电子课件

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育“十三五”电工电子基础课程规划教材

电路与电子技术

第2版

主 编 董 毅

参 编 李 旻 张 文 赵 静



机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路与电子技术》的修订版。本书根据教育部颁发的“电工技术”“电子技术”课程的教学基本要求进行修订，内容涵盖了课程教学基本要求中规定的教学内容，并结合普通高等院校的课程教学计划对部分教学内容做了适当的调整，强调教学内容的工程性和适用性，并且注重基础知识的讲解和应用。

本书适用于普通高等院校工科非电类专业电工与电子技术基础课程的教学，内容包括直流电路、正弦交流电路、三相电路、一阶电路的暂态分析、二极管及整流电路、晶体管及放大电路、反馈电路、集成运算放大电路、组合逻辑电路与时序逻辑电路、电动机与继电器-接触控制系统。教材中带*号的内容可以由授课教师根据具体授课学时选择讲授。本书亦可供其他工科专业选用，并可供相关领域工程技术人员参考。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的教师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术/董毅主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2017.1
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 普通高等教育“十三五”
电工电子基础课程规划教材
ISBN 978-7-111-57878-9

I. ①电… II. ①董… III. ①电路理论-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM13②TN01

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第213576号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:徐凡 责任编辑:徐凡 路乙达

责任校对:刘志文 封面设计:张静

责任印制:李昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2018年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·20.25印张·493千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57878-9

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

第2版前言

本书第1版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，自出版以来一直服务于普通高等院校工科非电类专业电工与电子技术课程的教学。为了适应电工电子课程的教学改革，在参考课程教学的基本要求和征求对第1版修改意见的基础上对其内容进行了全面的修订。

本书保持了第1版的特色，注重对电工与电子技术的基本概念、基本理论和基本分析方法的介绍，强调电工电子理论的基础性、系统性与应用性，注重讲解基础理论与工程应用之间的关系，重点培养学生的自学能力和实际动手解决问题的能力，并对第1版在使用过程中发现的问题进行了改正。

本次修订，调整了部分教学内容的编排、深度以及书中的部分例题与习题，增加了数/模转换的内容，增强了电工电子理论应用方面的介绍，改进了教学内容的讲述方式，以加强学生对基础理论的理解，帮助学生更好地掌握电工电子理论的应用。

本次修订由北京印刷学院董毅负责第1、2、7、8、12、13章的修订，李旻负责第5、6、9章的修订，西安科技大学张文负责第3、4章的修订，成都大学赵静负责第10、11章的修订，书中的习题由董毅、李旻、张文、赵静编写，董毅任主编并负责全书的统稿。

本书由西安交通大学吴宁教授进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的修改意见。在此向吴宁教授和对本书第1版提出修改意见的教师们致以衷心的感谢。希望使用本书的师生和其他读者积极提出批评和改进意见，以便今后修改提高。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的教师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

编者

第1版前言

本书作为服务于普通高等院校非电类专业的基础课程教材，以国家颁布的高等学校工科本科基础课程“电工技术（电工学Ⅰ）课程教学基本要求”和“电子技术（电工学Ⅱ）课程教学基本要求”作为编写依据，在满足课程教学基本要求的前提下，根据非电类专业的特点，有针对性地筛选内容进行编写。在教材编写中注重电路理论的基本概念、系统性和实际应用，注重培养学生动手解决实际问题的能力。教材在保证基础理论扎实的前提下，强调了知识的运用，力求处理好电路理论的基础性与应用性之间的关系。

“电工技术”“电子技术”课程的教学内容涵盖了电路分析、电机及控制电路、模拟电子技术与数字电子技术4大部分，由于目前普通高等院校“电路与电子技术”课程的授课学时数均较少，一般在70~90学时，所以本书在保证基础教学要求的基础上，对部分授课内容进行了精简。在课程讲授时以电路分析与模拟电子技术为重点讲授内容，数字电子技术与电机及控制电路部分的内容可以根据具体的授课学时选讲，本书内容包含电路分析、模拟电子技术、数字电子技术与电机及控制电路4个部分，全书内容划分为13章。

为加强基础理论教学，在电路分析部分，本书详细介绍了电路的基本概念、基本定律，强调了基础理论的严谨性与系统性，在正弦交流电路中加强了相量运算方法的介绍，删去了二阶电路与非正弦周期电路的内容。在模拟电子技术部分，对电子电路的基础知识、放大电路的动态分析、电子电路中的反馈等内容做了详细的介绍，部分小节作为选讲内容以*号标注。在数字电子技术部分，删去了分立元器件电路，直接介绍集成电路模块的使用。在电机与控制电路部分，主要讲解了三相异步电动机与继电-接触控制系统，教材内容的安排对少学时非电类专业的授课更为适用。

本书由北京印刷学院董毅编写第1、2、7、8、12、13章，王平编写第10、11章及绘出12、13章的部分图稿，李旸编写第5、6、9章，西安科技大学张文编写第3、4章，书中的习题由董毅、李旸、王平、蔡睿直编写，董毅任主编负责全书的统稿。教材编写过程中还吸收了众多教师在长期教学工作中的优秀经验和成果。

本书由西安交通大学闫相国教授、北京信息科技大学李邓化教授担任主审，他们以科学、严谨的态度和高度负责的精神，仔细、认真地审阅了书稿，提出了许多宝贵的修改意见，对提高教材的质量有很大帮助，谨在此对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到了北京印刷学院教务处、信息与机电工程学院及电路教研室的许多教师的关心与支持，在此一并向他们表示诚挚的谢意。

由于编者的学识与能力有限，书中难免存在疏漏，部分内容的编排亦可能不够妥善，望使用本书的广大师生、读者不吝赐教，多提宝贵意见，以便今后修订提高。

本书配有电子课件，请选用本书授课的教师访问出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。

编者

本书常用符号表

$I(i)$	直流（交流）电流	U_B	晶体管基极电位
I_S	电流源发出电流、场效应晶体管源极电流	U_C	晶体管集电极电位
I_l	三相电路线电流	U_{DD}	场效应晶体管漏极电源电压
I_φ	三相电路相电流	U_{th}	增强型场效应晶体管开启电压
I_{FM}	二极管最大整流电流	U_{off}	耗尽型场效应晶体管夹断电压
I_R	二极管反向漏电流	$U_{DS(BR)}$	场效应晶体管漏-源击穿电压
$I_{D(AV)}$	整流二极管正向平均电流	$u_i(u_o)$	放大电路输入（输出）电压瞬时值
I_B	晶体管基极电流	u_{id}	差模输入电压
I_C	晶体管集电极电流	u_{ic}	共模输入电压
I_E	晶体管发射极电流	u_+	集成运算放大器同相输入端电位
I_Z	稳压管稳定电流	u_-	集成运算放大器反相输入端电位
I_{CBO}	晶体管集-基极间反向漏电流	U_{IO}	集成运放输入失调电压
I_{CEO}	晶体管集-射极间反向漏电流	U_T	阈值电压
$i_i(i_o)$	放大电路输入（输出）电流瞬时值	U_{OH}	输出高电平
$I_i(I_o)$	输入（输出）电流有效值	U_{OL}	输出低电平
I_{IO}	集成运放输入失调电流	U_{ON}	开门电平
$I_1(I_O)$	直流输入（输出）电流值	U_{OFF}	关门电平
I_{SC}	二端网络短路电流	p	瞬时功率、极对数
I_{DSS}	场效应晶体管漏极饱和电流	P	平均功率
I_D	场效应晶体管漏极电流	Q	无功功率、品质因数
I_0	电流初始值	$\cos\varphi$	功率因数
I_{st}	电动机起动电流	S	复功率、脉动系数
I_N	额定电流	s	视在功率、电容器极板面积、转差率
$E(e)$	直流（交流）电动势	P_Z	稳压管额定功耗
$U(u)$	直流（交流）电压	P_{CM}	晶体管最大耗散功耗
U_l	三相电路线电压	P_N	额定功率
U_φ	三相电路相电压	R	电阻元件、电阻值
$U_{0'0}$	三相电路零点漂移电压	R_2	电动机转子线圈内阻
U_0	二端网络开路电压	RP	电位器
$U_i(U_o)$	输入（输出）电压有效值	R_0	网络入端电阻
U_j	PN结电压	R_C	晶体管集电极电阻
U_{DRM}	二极管最大反向工作电压	R_E	发射极电阻
U_{BR}	二极管反向击穿电压	R_L	放大电路负载电阻
$U_{O(AV)}$	整流二极管输出电压平均值	R_B	晶体管基极电阻
U_Z	稳压管稳定电压	R_f	反馈电阻
U_{CC}	晶体管集电极电源电压	R'_L	放大电路等效负载电阻
U_{EE}	晶体管发射极电源电压	R_s	信号源内阻
U_{BE}	晶体管基-射极电压	r_i	放大电路等效输入电阻
U_{CE}	晶体管集-射极电压	r_o	放大电路等效输出电阻
$U_{CEO(BR)}$	晶体管集-射极反向击穿电压	r_{be}	晶体管等效输入电阻

r_{ce}	晶体管等效输出电阻	\dot{A}	开环放大倍数
r_Z	稳压管动态电阻	\dot{A}_f	闭环放大倍数
G	电导元件、电导值	\dot{A}_u	电压放大倍数
G_{11}	节点 1 的本导	\dot{A}_{us}	考虑信号源内阻的电压放大倍数
G_{12}	节点 1、2 之间的互导	\dot{A}_{uf}	闭环电压放大倍数
L	电感元件、电感值	\dot{A}_i	电流放大倍数
M	互感、计数器的模 (计数长度)	A_d	差模放大倍数
C	电容元件、电容值	A_c	共模放大倍数
C_j	PN 结电容	α	稳压管电压温度系数
$C_1、C_2$	耦合电容	q	电子电量、矩形脉冲信号的占空比
C_E	旁路电容	l	导线长度、线圈长度
C_0	导线分布电容	$\varepsilon(t)$	阶跃函数
C_b	势垒电容	k	玻尔兹曼常数
C_d	扩散电容	ε	介质介电系数
C_f	反馈电容	μ	介质磁导率
X	电抗	d	电容器极板间距
X_L	感抗	n	转速
X_C	容抗	n_0	同步转速
Z	复阻抗	n_N	额定转速
z	阻抗	λ	过载系数
φ	阻抗角	η	效率
f	频率	K_{CMRR}	共模抑制比
Δf	通频带宽度	S_r	稳压管稳压系数
f_H	通频带上限截止频率	S	开关
f_L	通频带下限截止频率	KM	接触器
f_0	谐振频率	KT	时间继电器
ω	角频率	SB	按钮开关
t	时间	SQ	行程开关
τ	时间常数	M	电动机
T	周期、绝对温度	Q	刀闸开关 组合开关
\bar{T}_d	平均传输延迟时间	KA	继电器
T_{don}	导通延迟时间	T_s	变压器
T_{doff}	截止延迟时间	VD	二极管
T_N	额定转矩	HA	蜂鸣器
T_{max}	最大转矩	VT	晶体管
T_{st}	起动转矩	LED	发光二极管
T_C	阻转矩	G	逻辑门
t_w	脉冲宽度	VF	场效应晶体管
t_{p1}	多谐振荡器的放电时间	OC	集电极开路门
t_{p2}	多谐振荡器的充电时间	IC	集成电路
β	晶体管共射极电流放大倍数	RSFF	RS 触发器
g_m	场效应晶体管跨导		
\dot{F}	反馈系数		

TTL	双极性晶体管逻辑电路	N_0	扇出系数
FR	热继电器	\uparrow	时钟脉冲信号的上升沿
FF	触发器	\downarrow	时钟脉冲信号的下降沿
FU	熔断器	Q^{n+1}	触发器的次态
DFF	D 触发器	Q^n	触发器的现态
JKFF	JK 触发器	\times	触发器的任意状态
CP	时钟脉冲	\overline{LD}	触发器的预置端
TFF	T 触发器	$\overline{R_D}$	触发器置 0 控制端
N	线圈匝数、集成电路闲置管脚	$\overline{S_D}$	触发器置 1 控制端

目 录

第2版前言

第1版前言

本书常用符号表

第1章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 电路与电路图	1
1.2 电路的基本物理量	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压	3
1.2.3 电位	4
1.2.4 电动势	5
1.2.5 电能与电功率	5
1.3 电路元件	6
1.3.1 电阻与电导	6
1.3.2 电感元件	7
1.3.3 电容元件	8
1.3.4 电压源	10
1.3.5 电流源	10
1.3.6 电源的等效互换	11
1.4 电路的基本定律	14
1.4.1 欧姆定律	14
1.4.2 基尔霍夫定律	15
1.5 电路的工作状态	17
1.6 元件的串联与并联	19
1.6.1 电阻的串联与并联	19
1.6.2 电感的串联与并联	20
1.6.3 电容的串联与并联	20
1.7 电位的计算	21
本章小结	23
习题1	24
第2章 电路的分析方法	27
2.1 支路电流法	27
2.2 节点电位法	29
2.2.1 两节点电路	29
*2.2.2 三节点及三节点以上电路	30
2.3 叠加原理	32
2.4 等效电源定理	33
2.4.1 二端网络	34

2.4.2 戴维南定理	34
*2.4.3 诺顿定理	36
*2.5 含受控源电路的分析	37
*2.6 非线性电阻电路	39
本章小结	40
习题2	41
第3章 正弦交流电路	44
3.1 正弦电压与电流	44
3.1.1 频率与周期	44
3.1.2 幅值与有效值	45
3.1.3 相位与相位差	45
3.2 正弦量的相量表示法	46
3.2.1 旋转矢量的建立	47
3.2.2 矢量的复数表示	47
3.2.3 相量与相量图	48
3.3 R 、 L 、 C 元件正弦交流电路	50
3.3.1 R 元件正弦交流电路	50
3.3.2 L 元件正弦交流电路	51
3.3.3 C 元件正弦交流电路	52
3.4 R 、 L 、 C 元件串联正弦交流电路	54
3.4.1 电压三角形	55
3.4.2 阻抗三角形	56
3.4.3 功率三角形	57
3.4.4 R 、 L 、 C 并联电路	58
3.4.5 正弦交流电路的分析	59
3.5 谐振	61
3.5.1 串联谐振	62
*3.5.2 并联谐振	64
3.6 功率因数的提高	65
本章小结	67
习题3	68
第4章 三相电路	71
4.1 三相电压	71
4.1.1 三相感应电动势	71
4.1.2 三相供电系统	72
4.2 三相电路参数的计算	73
4.2.1 负载星形联结三相电路	74
*4.2.2 无中性线不对称负载星形联结三相电路	75
4.2.3 负载三角形联结三相电路	77
4.3 三相功率	78
本章小结	79
习题4	80
第5章 电路的暂态分析	82

5.1 换路定律	82
5.2 RC 电路的暂态分析	84
5.2.1 RC 电路的零输入响应	84
5.2.2 RC 电路的零状态响应	86
5.2.3 RC 电路的全响应	88
5.3 三要素分析法	89
5.4 微分电路与积分电路	91
5.4.1 微分电路	92
5.4.2 积分电路	92
*5.5 RL 电路的暂态分析	93
本章小结	95
习题 5	95
第 6 章 二极管及整流电路	99
6.1 半导体基础	99
6.1.1 半导体	99
6.1.2 本征半导体	100
6.1.3 杂质半导体	100
6.2 PN 结	101
6.2.1 PN 结的形成	101
6.2.2 PN 结的特性	102
6.3 半导体二极管	105
6.3.1 半导体二极管的分类	105
6.3.2 半导体二极管的伏安特性	106
6.3.3 半导体二极管的主要参数	106
6.3.4 半导体二极管的等效电路	106
6.3.5 二极管应用电路	108
6.4 单相整流电路	111
6.4.1 单相半波整流电路	111
6.4.2 单相全波整流电路	112
6.5 滤波电路	115
6.5.1 电容滤波电路	115
6.5.2 电感滤波电路	116
*6.5.3 滤波器网络	116
6.6 稳压管及稳压电路	117
6.6.1 稳压二极管	117
6.6.2 稳压管稳压电路	118
*6.6.3 直流稳压电路	119
本章小结	120
习题 6	121
第 7 章 晶体管及交流放大电路	124
7.1 双极型晶体管	124
7.1.1 晶体管的电流放大原理	124
7.1.2 晶体管的输入-输出特性	126

7.1.3	晶体管的主要参数	129
7.2	基本放大电路	131
7.2.1	放大电路的组成	131
7.2.2	放大电路的直流通路与交流通路	133
*7.3	放大电路的图解分析法	134
7.3.1	静态分析	134
7.3.2	动态分析	135
7.3.3	非线性失真	138
7.4	放大电路的估算分析方法	140
7.4.1	静态分析	140
7.4.2	动态分析	141
7.5	静态工作点的稳定	145
7.5.1	温度对静态工作点的影响	145
7.5.2	分压式偏置放大电路	146
7.6	射极输出器	147
7.6.1	静态分析	148
7.6.2	动态分析	148
7.7	多级放大电路	151
7.7.1	级间耦合方式	151
7.7.2	电路分析	153
7.7.3	放大电路的频率特性	153
7.8	差动放大电路	156
7.8.1	基本差动放大电路	156
7.8.2	长尾差动放大电路	158
7.8.3	共模抑制比	161
7.9	功率放大电路	162
7.9.1	功率放大电路的工作状态	163
7.9.2	互补对称功率放大电路	163
7.9.3	复合管	165
*7.10	场效应晶体管放大电路	166
7.10.1	绝缘栅型场效应晶体管	166
7.10.2	场效应晶体管放大电路	170
	本章小结	172
	习题7	173
第8章	反馈放大电路	177
8.1	反馈的基本概念	177
8.2	反馈类型的判别方法	178
8.2.1	电压反馈与电流反馈的判别	179
8.2.2	并联反馈与串联反馈的判别	180
8.2.3	正反馈与负反馈的判别	181
*8.3	几种类型的负反馈放大电路	182
8.3.1	电流串联负反馈	182
8.3.2	电压并联负反馈	183

8.3.3 其他类型的负反馈放大电路	184
8.4 负反馈对放大电路性能的影响	185
8.5 振荡电路	187
8.5.1 自激振荡的建立	187
8.5.2 LC 振荡电路	189
8.5.3 RC 振荡电路	191
本章小结	192
习题 8	193
第 9 章 集成运算放大电路	196
9.1 集成运算放大器概述	196
9.2 集成运算放大器的信号运算	198
9.2.1 反相比例运算电路	198
9.2.2 同相比例运算电路	200
9.2.3 积分与微分运算电路	202
9.3 集成运算放大器的信号处理	203
9.3.1 有源滤波器	204
9.3.2 电压比较器	206
9.4 非正弦波信号发生器	208
本章小结	209
习题 9	210
第 10 章 门电路与组合逻辑电路	213
10.1 数字电路基本知识	213
10.1.1 常用数制	213
10.1.2 数制的转换	214
10.2 逻辑代数	215
10.2.1 逻辑代数的基本运算	215
10.2.2 逻辑代数的运算法则	218
10.3 逻辑函数的表示方法	219
10.3.1 常用表示方法	219
10.3.2 最小项和最小项表示式	219
10.4 逻辑函数的化简	220
10.4.1 公式化简法	220
10.4.2 卡诺图化简法	221
10.5 组合逻辑电路的分析	223
10.6 组合逻辑电路的设计	224
10.7 常用组合逻辑电路	226
10.7.1 加法器	226
10.7.2 编码器	227
10.7.3 译码器	228
10.7.4 数据选择器	230
10.8 应用举例	231
本章小结	233
习题 10	233

第 11 章 触发器与时序逻辑电路	236
11.1 双稳态触发器	236
11.1.1 基本 RS 触发器	236
11.1.2 同步 RS 触发器	238
11.1.3 主从 JK 触发器	240
11.1.4 维持阻塞 D 触发器	241
11.1.5 T 触发器和 T' 触发器	242
* 11.1.6 触发器逻辑功能的转换	243
11.2 寄存器	245
11.2.1 数码寄存器	245
11.2.2 移位寄存器	246
11.3 计数器	247
11.3.1 二进制计数器	247
11.3.2 十进制计数器	248
11.3.3 N 进制计数器	250
11.4 555 定时器	253
11.4.1 555 定时器的内部结构	253
11.4.2 555 定时器的工作原理	254
11.4.3 555 定时器的应用	254
* 11.5 模拟量与数字量的转换	257
11.5.1 D/A 转换	257
11.5.2 A/D 转换	258
* 11.6 时序逻辑电路的应用举例	259
本章小结	262
习题 11	263
第 12 章 异步电动机	267
12.1 交流铁心线圈	267
12.1.1 铁心线圈的电压 - 电流关系	267
12.1.2 铁心线圈的功率损耗	268
12.1.3 铁心线圈的等效电路	268
12.2 变压器	269
12.2.1 变压器的电磁关系	269
12.2.2 变压器的电压变换	269
12.2.3 变压器的电流变换	270
12.2.4 变压器的阻抗变换	271
12.2.5 变压器的外特性	271
12.2.6 特种变压器	272
12.3 三相异步电动机的结构与转动原理	273
12.3.1 电动机结构	273
12.3.2 电动机转动原理	273
12.4 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	274
12.4.1 电动机的电磁转矩	274
12.4.2 电动机的机械特性	275

12.4.3 电动机的工作区	276
12.4.4 转子回路电阻 R_2 与电源电压 U_1 对驱动转矩的影响	276
12.5 三相异步电动机的使用	277
12.5.1 电动机的起动	277
12.5.2 电动机的调速	279
12.5.3 电动机的制动	279
12.6 三相异步电动机的铭牌数据	280
*12.7 单相异步电动机	282
12.7.1 单相异步电动机的工作原理	282
12.7.2 三相异步电动机的缺相运行	283
本章小结	283
习题 12	284
第 13 章 继电 - 接触控制系统	286
13.1 常用控制电器	286
13.1.1 手动开关	286
13.1.2 接触器与继电器	287
13.1.3 热继电器	287
13.1.4 行程开关	288
13.1.5 熔断器	288
13.2 电动机控制电路	289
13.2.1 电动机的保护	289
13.2.2 电动机的主电路与控制电路	289
13.2.3 电动机的顺序控制	291
13.3 电动机的正、反转控制	291
13.4 行程控制	293
*13.5 时间控制	293
本章小结	295
习题 13	295
附录	297
附录 A 半导体器件命名方法	297
附录 B 部分半导体器件主要参数	298
附录 C 半导体集成器件型号命名与分类	300
附录 D 常用集成芯片引脚图	301
习题参考答案	305
参考文献	310

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

电路分析是现代电工电子理论的基础知识，只有掌握了电路的基本概念，才能对电工电子电路进行分析与运算。本章重点介绍电路的结构、电路的基本物理量及电路的基本定律，这些知识是电路分析与计算的基础，后面章节的理论分析均建立在本章的基础知识上。

1.1 电路与电路图

电路是电工设备的总体，通俗地讲，电路就是电流的通路，将电路元件按照一定的方式连接起来构成电流流动的路径，这就是电路。电路有两个作用：第一，电路能够进行能量的传输和转换，电路可以将发电机提供的电能输送给用户并转换为其他形式的能量使用，这是电路的工业供电及生活用电工作方式；第二，电路能够进行信号的传递及信号的处理，原始信号采集后输入给电子电路进行信号的处理，处理后的信号通过相应的转换器还原为原始信息，这就是电子电路的工作方式。

电路的组成包括三个部分：电源、负载及中间设备。在电路中电源的作用是提供用电器所需的电能，常见的电源有发电机与蓄电池。电路中的负载将电源输送来的能量转换为其他形式的能量，也就是说电路中的负载是取用电能的设备，例如日光灯、电动机、电炉这样的负载就可以将从电路中取来的电能分别转换为光能、机械能和热能。电路的中间设备是指电路中的连接线及开关、继电器等控制器件，中间设备连接着电路中的电源与负载，其作用是在电路中进行电能的输送与分配，上述三个部分就构成了电路的整体。

如图 1-1 所示为照明灯（例如手电筒）的等效电路模型，图中的 E 与 R_0 的组合是普通电源（例如电池）的电路符号，分别表示电压源和电压源的内阻，导线及开关 S 是中间设备，灯泡 H 是负载。电路接通后，灯泡将电源提供的电能转换为光能，而导线与开关则控制着电能的传输。图 1-1 中的电路画出了电源、开关与负载的电路符号，这些符号代表着电路中出现的不同元件。实际电路中使用的元件与画在电路图上的电路元件不一样，画在电路图上的电路元件均为理想电路元件，理想电路元件是指仅包含一种电参数的元件。

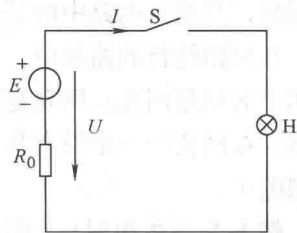


图 1-1 照明灯的电路模型

在实际的电路中，由于制造工艺的原因，使得实际元件在使用时出现的等效电参数不止一种，而当电路中出现多种电参数时，电路的分析就不容易进行了。如图 1-2a 所示为一个实际电感线圈，这样一个线圈是用导线绕制而成的，其目的是为了获得足够的电感量。但是绕制线圈的导线是有电阻的，密绕线圈的每匝之间也存在着等效电容，所以一个实际用导线绕制成的电感线圈就具有三种不同的电路参数：线圈电感 L 、线圈内阻 R 及线圈的匝间等效电容 C ，如图 1-2b 所示。

实际元件中存在的多个电参数对电路的影响并不相同，有些电参数对电路的影响非常

小,在进行电路分析时这些影响很小的电参数可以忽略不计。所以,在进行电路分析时一般只保留实际元件的主要电特性,而将元件中对电路分析影响很小的次要特性忽略不计,这一过程称为元件的理想化过程。对于图 1-2a 中的实际电感线圈,当线圈匝数比较多时,线圈的内阻 R 就不能忽略,在电路作图时应该将线圈内阻 R 用理想电阻元件表示,而线圈的匝间等效电容 C 则是一个很微小的参数,它对电路的影响很小,在电感线圈理想化时可以忽略不计。图 1-2c 画出了一个实际电感线圈理想化后由理想元件构成的电路模型,其中 R 代表线圈的内阻, L 代表线圈的电感。

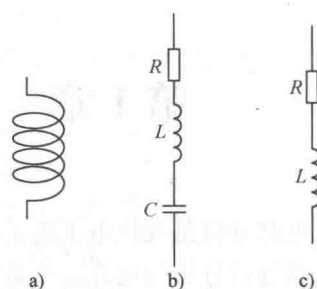


图 1-2 电感线圈的理想化
a) 实际线圈 b) 线圈等效模型
c) 理想化后的电路模型

由理想电路元件连接成的平面或立体图形称为电路图,电路图中包含电路构成的三个要素:电源、负载及导线。出现在电路图中的所有电路元件均应使用规定的图形符号来表示,如图 1-1 中的电阻 R_0 和电压源 E 。在电路图中,导线的连接和跨接如图 1-3 所示,两线的交点处标出黑点,表示两条导线在交点处连接在一起。两线相交而又没有标出黑点,表示这两条导线在交点处是跨接状态。

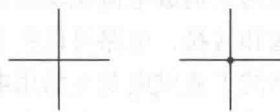


图 1-3 导线连接和跨接的表示方式

在电路读图时应当使用专用名词。第一个名词是支路,支路就是无分支的一段电路,支路中连接的元件个数没有限制,多个元件在支路中首尾相连,流过每个元件中的电流数值相同。按照支路中是否连接有电源,支路分为无源支路与含源支路两种类型。第二个名词是节点,节点是指三条或三条以上支路的连接点。注意,两条支路的连接点只是同一根导线的拐点,而不是电路的节点。第三个名词是回路,回路是由几条支路构成的闭合通路。在回路的定义中对构成回路的支路数没有限制,只要从电路中的某一点出发,沿几条支路绕行一周能够回到出发点,就构成一个回路。在回路绕行的路径中,每次加入一条新的支路,这样的回路就称为电路中的独立回路。第四个名词是网孔,网孔是指中间不包含其他支路的回路,也可以说网孔是具有特殊条件的回路,在网孔中一定没有其他支路从中间穿过。建立了这些基本概念后,就可以正确地解读电路图了。

例 1-1 在如图 1-4 所示电路中,判断电路中的支路数、节点数、回路数及网孔数。

解:按照支路、节点、网孔的定义,可以确定电路图中有六条支路、四个节点和三个网孔,三个网孔均是回路,其中网孔 1 与网孔 2 可以构成第四个回路,网孔 1 与网孔 3 可以构成第五个回路,网孔 2 与网孔 3 可以构成第六个回路,第七个回路是由外围支路构成的大回路。由此可见,电路中的网孔数容易确定,但电路中的回路数不容易确定。

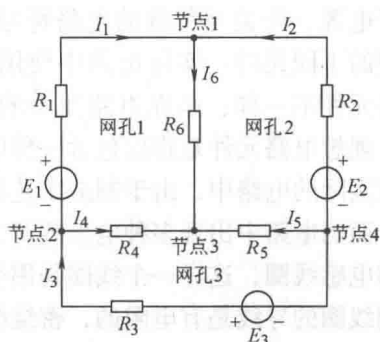


图 1-4 例 1-1 电路