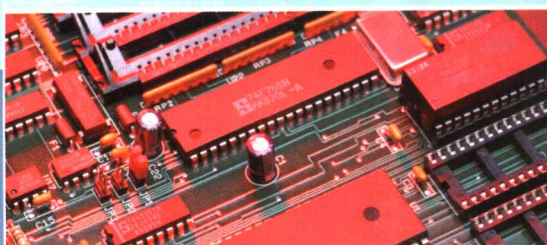
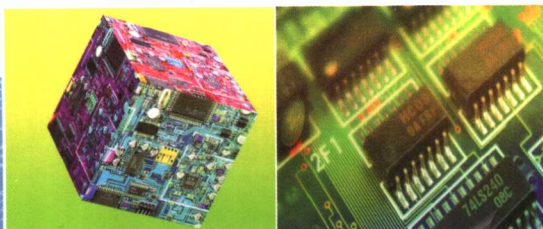




全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

电工基础及实训

孙友 主编 徐红升 宋福岭 副主编
王志民 主审



全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

电工基础及实训

孙 友 主 编
徐红升 副主编
宋福岭
王志民 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书依据教育部《高职高专教育电工技术基础课程教学基本要求》，汲取众多已出版的“十五”规划教材的优点，并结合数位资深教师在教学实践中的心得体会编写而成。

本书的主要内容有：电路的基本概念和基本定律、电路的基本分析方法、一阶动态电路分析、正弦交流电路、三相交流电路、电感元件与理想变压器、非正弦周期电流电路、谐振电路、磁路与铁芯线圈、电工测量、电路分析实训指导等。在编写中，作者针对目前高职高专教学中存在的教学内容多、教学课时数不足的特点，本着重实际应用、轻理论计算及后续够用的原则，精选各章节内容，力求使本书所论述的理论问题的深度和难度，贴近高职高专学生的实际，方便学生学习，同时为学生参加电工证的考核提供资料参考。

本书可作为高职高专自动化类（电类），如电气自动化、生产过程自动化、机电一体化、计算机控制、检测技术及应用、工业网络技术等专业学生的教学用书，亦可以作为工程技术人员的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础及实训/孙友主编. —北京：电子工业出版社，2007.8

（全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材）

ISBN 978-7-121-04926-2

I. 电… II. 孙… III. 电工学—高等学校：技术学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 133093 号

责任编辑：张荣琴 贾晓峰

印 刷：北京季峰印刷有限公司

装 订：三河市万和装订厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：20.5 字数：525 千字

印 次：2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数：5 000 册 定价：28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

本书依据教育部《高职高专教育电工技术基础课程教学基本要求》，为适应 21 世纪高职高专教学内容和课程体系的改革而编写。

编者在编写的过程中，立足教学实际，考察和调研了相关高职高专院校的教学情况，听取了许多一线教师对电工基础及相关内容的教学意见，汲取众多已出版的“十五”规划教材的优点，并参考国内外相关教材，结合数位资深教师在教学实践中的心得体会，考虑到高职高专学生层次多、数学与物理知识不足、课时少等特点编写而成。

本书主要特点如下：

(1) 基于传统理论，以理论必需、够用为原则，淡化复杂理论分析，重视基本概念、基本定律、基本分析方法的论述，注重知识体系的完整性，采用理论与实际相结合的方式，加强实际应用内容，将重点置于培养学生分析和解决实际问题的能力上。

(2) 以实际认识的规律建立模型，详细阐述理想元件的定义与实际器件的辨证关系，立足于培养学生建立清晰的物理模型理念，冀求使其全面地了解和建立电工基础的理论和体系。

(3) 每章均含有与理论相适应的工程应用实例，将解题思路融于例题中，为理论分析与方法的学习打下基础，促使学生分析能力和动手能力的提高。

(4) 附加实用电工的知识和内容，使学生从书中获得较多的实践知识。

全书共分 11 章。第 1 章阐述电路的基本概念和基本定律，主要讨论电路及电路模型，介绍电路中的物理量和电路元件，同时引入参考方向的概念并研究电路元件的约束和拓扑约束，利用等效变换分析有源网络与无源网络的方法等；第 2 章阐述电路的基本分析方法，重点讨论和研究电路的 3 种分析方法（支路分析法、网孔分析法、节点分析法）和 3 个基本定理（叠加定理、戴维南定理、诺顿定理）；第 3 章阐述电感元件与电容元件，叙述与分析这两个动态元件的 VCR 数学模型、在电路中的表现特点及储能作用；第 4 章阐述正弦交流电路，主要研讨正弦量及其相量表示法，以及正弦电路的基本性质和基本规律、功率和正弦稳态电路的计算；第 5 章阐述三相交流电路，介绍三相电源及负载连接、对称三相电路的分析和不对称三相电路的特点；第 6 章阐述一阶动态分析，主要研讨一阶电路的特点及时域分析法的经典分析法；第 7 章阐述互感电路与理想变压器，叙述耦合电感的特点、模型及分析方法、理想变压器的特点与模型等；第 8 章阐述非正弦周期电流电路，介绍傅里叶级数展开式、非正弦周期电流电路中的有效值、平均功率及用谐波分析法计算非正弦周期电流电路的方法；第 9 章阐述谐振电路，介绍串联谐振与并联谐振特性、特点及实际应用；第 10 章阐述磁路和铁芯线圈，主要介绍磁路的基本定理和铁磁性物质的磁化情况及铁芯线圈的模型。

为加强学生对电工实际的认识和动手能力的培养，本书用两章篇幅介绍了这方面的内容，一是第 11 章电工测量；二是附录的电路分析实训指导。为便于读者学习及自学，每章后面都附有小结和习题，每节后面都附有思考与练习题，同时书后附有部分习题参考答案。

全书教学内容的安排可由各学校及各位老师根据学校的教学要求及学生特点，自己选

择，打星号的内容为选修内容。书中第1章由宋福岭老师编写；第2章由李德龙老师编写；第3章由宋福岭和孙友老师编写；第4章由刘月红老师编写；第5章由黄德智老师编写；第8章由李莎和孙友老师编写；第11章及电路分析实训指导由徐红升老师编写；第6、7、9、10章及附录部分由孙友老师编写。全书由孙友老师主编并统稿，由王志民老师担任主审。

本教材可作为高职高专自动化类（电类），如电气自动化、生产过程自动化、机电一体化、计算机控制、检测技术及应用、工业网络技术等专业学生的教学用书，亦可以作为工程技术人员的参考用书。在教学中可视实际教学情况，对全书内容做选择性讲授。

限于作者的水平，错误及不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作者联系方式：slu2n3cn@hotmail.com

目 录

第1章 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 电路及电路模型	(1)
1.1.1 电路及其功能	(1)
1.1.2 实际电路组成	(1)
1.1.3 电路模型	(2)
思考与练习	(2)
1.2 电路的基本物理量	(3)
1.2.1 电流与参考方向	(3)
1.2.2 电压与电位	(4)
1.2.3 电功率	(5)
思考与练习	(6)
1.3 电阻元件	(7)
1.3.1 线性电阻与非线性电阻	(7)
1.3.2 电阻Y形连接和 Δ 形连接等效变换	(7)
1.3.3 电阻元件消耗的能量与功率	(9)
思考与练习	(10)
1.4 电压源与电流源	(10)
1.4.1 电压源	(10)
1.4.2 实际电压源模型	(10)
1.4.3 电流源	(11)
1.4.4 实际电流源模型	(11)
1.4.5 两种电源模型相互转换	(12)
思考与练习	(14)
1.5 基尔霍夫定律	(14)
1.5.1 电流定律(KCL)	(15)
1.5.2 电压定律(KVL)	(15)
思考与练习	(16)
1.6 等效电路概念运用	(17)
1.6.1 等效二端网络的定义	(17)
1.6.2 分压公式与分流公式	(17)
思考与练习	(18)
1.7 受控源	(18)
1.7.1 四种形式受控源	(18)
1.7.2 含受控源电路的等效化简	(19)
思考与练习	(21)

本章小结	(21)
习题一	(22)
第2章 电路的基本分析方法	(25)
2.1 支路电流法	(25)
思考与练习	(27)
2.2 节点电压法	(27)
2.2.1 节点电压方程式一般形式	(27)
2.2.2 含理想电压源支路处理方法	(29)
思考与练习	(30)
2.3 网孔电流法	(31)
2.3.1 网孔电流法的一般形式	(31)
2.3.2 含理想电流源回路处理方法	(33)
思考与练习	(33)
2.4 叠加原理	(34)
思考与练习	(35)
2.5 置换定理	(36)
思考与练习	(37)
2.6 戴维南定理和诺顿定理	(37)
2.6.1 戴维南定理	(38)
2.6.2 诺顿定理	(40)
思考与练习	(41)
本章小结	(41)
习题二	(43)
第3章 电感元件与电容元件	(46)
3.1 电容元件	(46)
3.1.1 电容元件的基本概念	(46)
3.1.2 电容元件的 $u-i$ 关系	(47)
3.1.3 电容元件的储能	(47)
思考与练习	(49)
3.2 电容的串、并联	(49)
3.2.1 电容器的并联	(49)
3.2.2 电容器的串联	(50)
思考与练习	(52)
3.3 电感元件	(52)
3.3.1 电感元件的基本概念	(52)
3.3.2 电感元件的 $u-i$ 关系	(53)
3.3.3 电感元件的储能	(54)
思考与练习	(56)
本章小结	(56)

习题三	(56)
第4章 正弦交流电路	(59)
4.1 正弦量的三要素	(59)
4.1.1 正弦量三要素的基本概念	(59)
4.1.2 交流电有效值	(61)
思考与练习	(62)
4.2 正弦量的相量表示法与相量电路模型	(63)
4.2.1 复数复习	(63)
4.2.2 正弦量相量表示法	(64)
4.2.3 电路元件伏安关系的相量形式	(66)
4.2.4 基尔霍夫定律的相量形式	(71)
4.2.5 正弦交流电路的相量电路模型	(73)
思考与练习	(74)
4.3 RLC 串联电路	(74)
思考与练习	(80)
4.4 阻抗的串联与并联	(80)
4.4.1 阻抗的串联	(80)
4.4.2 阻抗的并联	(82)
思考与练习	(84)
4.5 正弦稳态交流电路一般分析方法	(85)
思考与练习	(87)
4.6 正弦交流电路的功率	(88)
4.6.1 瞬时功率	(88)
4.6.2 平均功率与功率因数	(88)
4.6.3 无功功率	(89)
4.6.4 视在功率与额定容量	(89)
4.6.5 功率因数的提高	(91)
思考与练习	(93)
本章小结	(94)
习题四	(96)
第5章 三相交流电路	(98)
5.1 三相交流电源	(98)
5.1.1 三相交流电源的特点	(98)
5.1.2 三相交流电源连接方法	(101)
思考与练习	(103)
5.2 三相负载的星形连接(Y形负载)	(104)
5.2.1 三相四线制电路	(104)
5.2.2 负载为星形连接三相对称电路计算	(106)
5.2.3 负载为星形连接三相不对称电路	(109)

思考与练习	(111)
5.3 三相负载的三角形连接	(111)
5.3.1 三相 Δ 形负载电路的计算	(112)
5.3.2 三相负载连接方式的选择	(116)
思考与练习	(116)
5.4 三相电路的功率	(117)
5.4.1 不对称负载三相功率的计算	(117)
5.4.2 对称负载三相功率的计算	(117)
思考与练习	(118)
本章小结	(118)
习题五	(119)
第6章 一阶动态电路分析	(122)
6.1 换路定律及初始值确定	(122)
6.1.1 换路定律	(123)
6.1.2 初始值的确定	(124)
思考与练习	(127)
6.2 零输入响应	(127)
6.2.1 RC 电路零输入响应	(127)
6.2.2 RL 电路零输入响应	(130)
思考与练习	(133)
6.3 零状态响应	(133)
6.3.1 RC 电路零状态响应	(133)
6.3.2 RL 电路零状态响应	(136)
6.3.3 单位阶跃响应	(139)
思考与练习	(142)
6.4 全响应	(142)
思考与练习	(147)
6.5 一阶电路三要素分析法	(148)
思考与练习	(154)
本章小结	(154)
习题六	(155)
第7章 互感电路与理想变压器	(159)
7.1 互感与互感电压	(159)
7.1.1 互感现象	(159)
7.1.2 互感系数	(160)
7.1.3 耦合系数	(160)
7.1.4 互感电压	(161)
思考与练习	(162)
7.2 同名端及其判定	(162)

7.2.1 同名端	(162)
7.2.2 同名端的测定	(163)
7.2.3 同名端原则	(164)
思考与练习	(165)
7.3 具有互感线圈的串并联	(165)
7.3.1 互感线圈的串联	(165)
7.3.2 互感线圈的并联	(167)
思考与练习	(168)
7.4 空心变压器电路分析	(169)
思考与练习	(171)
7.5 理想变压器	(171)
思考与练习	(174)
7.6 理想变压器的阻抗变换	(174)
思考与练习	(176)
本章小结	(176)
习题七	(177)
第8章 非正弦周期电流电路	(180)
8.1 非正弦周期电路的产生与分解	(180)
8.1.1 非正弦周期电路的产生	(180)
8.1.2 非正弦周期的分解	(181)
思考与练习	(182)
8.2 非正弦周期信号谐波分析	(182)
8.2.1 对称波形傅里叶级数	(182)
8.2.2 查表求周期函数 $f(t)$ 傅里叶级数展开式	(184)
思考与练习	(186)
8.3 非正弦周期信号的有效值、平均值和功率	(186)
8.3.1 有效值	(186)
8.3.2 平均值	(187)
8.3.3 平均功率	(188)
思考与练习	(189)
8.4 非正弦周期电流电路的计算	(189)
思考与练习	(193)
本章小结	(193)
习题八	(194)
第9章 谐振电路	(197)
9.1 串联谐振电路	(197)
9.1.1 串联谐振	(197)
9.1.2 串联谐振的特点及频率特性	(198)
9.1.3 通频带	(201)

思考与练习	(202)
9.2 并联谐振电路	(202)
9.2.1 RLC 并联谐振	(202)
9.2.2 RL 串联与 C 并联谐振电路	(202)
思考与练习	(204)
本章小结	(204)
习题九	(205)
第 10 章 磁路与铁芯线圈	(206)
10.1 磁场的基本物理量和基本定律	(206)
10.1.1 磁感应强度 B	(206)
10.1.2 磁通	(207)
10.1.3 磁场强度	(207)
10.1.4 磁导率	(207)
思考与练习	(209)
10.2 铁磁性物质	(209)
10.2.1 铁磁性物质的磁化	(209)
10.2.2 磁化曲线	(210)
10.2.3 铁磁性物质的分类	(212)
思考与练习	(213)
10.3 磁路和磁路定律	(213)
10.3.1 磁路	(213)
10.3.2 磁路定律	(214)
10.3.3 磁路的欧姆定律	(216)
思考与练习	(216)
10.4 简单直流磁路的计算	(216)
思考与练习	(218)
10.5 交流铁芯线圈及等效电路	(219)
10.5.1 电压、电流和磁通	(219)
10.5.2 磁滞和涡流的影响	(222)
10.5.3 交流铁芯线圈及等效电路	(223)
10.5.4 伏安特性和等效电感	(224)
思考与练习	(225)
10.6 电磁铁	(225)
10.6.1 直流电磁铁	(226)
10.6.2 交流电磁铁	(227)
10.6.3 交流电磁铁的特点	(227)
思考与练习	(228)
本章小结	(228)
习题十	(230)

第 11 章 电工测量	(232)
11.1 电工仪表的一般知识	(232)
11.1.1 指示仪表的分类和符号	(232)
11.1.2 测量误差和量程选择	(234)
思考与练习	(235)
11.2 常用指示仪表的基本结构和工作原理	(235)
11.2.1 指示仪表的基本结构	(235)
11.2.2 指示仪表的工作原理	(236)
思考与练习	(237)
11.3 电压、电流和电功率的测量	(238)
11.3.1 电流的测量	(237)
11.3.2 电压的测量	(239)
11.3.3 电功率的测量	(240)
思考与练习	(242)
11.4 万用表	(243)
11.4.1 万用表的结构	(243)
11.4.2 万用表的工作原理	(243)
11.4.3 万用表的使用	(247)
思考与练习	(248)
11.5 兆欧表	(248)
11.5.1 兆欧表的结构	(248)
11.5.2 兆欧表的工作原理	(249)
11.5.3 兆欧表的选择、使用	(249)
思考与练习	(251)
11.6 钳形表	(251)
11.6.1 钳形电流表的构造及原理	(251)
11.6.2 钳形电流表的正确使用	(252)
思考与练习	(252)
第 12 章 电路分析实训指导	(253)
实训一 直流电路电位与电压关系测量比较	(253)
一、实训目的	(253)
二、实训原理及说明	(253)
三、实训内容与步骤	(254)
四、注意事项	(254)
五、实训报告要求	(255)
六、实训仪器与设备	(255)
实训二 线性与非线性元件伏安特性的测定	(255)
一、实训目的	(255)
二、实训原理及说明	(255)

三、实训内容与步骤	(256)
四、注意事项	(257)
五、实训报告要求	(257)
六、实训仪器与设备	(257)
实训三 基尔霍夫定律验证	(258)
一、实训目的	(258)
二、实训原理及说明	(258)
三、实训内容与步骤	(258)
四、注意事项	(259)
五、实训报告要求	(259)
六、实训仪器与设备	(260)
实训四 叠加原理验证	(260)
一、实训目的	(260)
二、实训原理及说明	(260)
三、实训内容与步骤	(261)
四、实训注意事项	(261)
五、实训报告要求	(261)
六、实训仪器与设备	(262)
实训五 戴维南定理验证	(262)
一、实训目的	(262)
二、实训原理及说明	(262)
三、实训内容与步骤	(263)
四、注意事项	(264)
五、实训报告要求	(264)
六、实训仪器与设备	(264)
实训六 电压源与电流源等效变换	(264)
一、实训目的	(264)
二、实训原理及说明	(265)
三、实训内容与步骤	(265)
四、注意事项	(266)
五、实训报告要求	(267)
六、实训仪器与设备	(267)
实训七 受控源特性分析	(267)
一、实训目的	(267)
二、实训原理及说明	(267)
三、实训内容与步骤	(268)
四、注意事项	(271)
五、实训报告要求	(271)
六、实训仪器与设备	(271)

实训八 一阶电路响应实验	(271)
一、实训目的	(271)
二、实训原理及说明	(272)
三、实训内容与步骤	(274)
四、注意事项	(275)
五、实训报告要求	(275)
六、实训仪器与设备	(275)
实训九 交流电路参数测量	(276)
一、实训目的	(276)
二、实训原理及说明	(276)
三、实训内容与步骤	(277)
四、注意事项	(278)
五、实训报告要求	(278)
六、实训仪器与设备	(278)
实训十 串联谐振电路实验	(278)
一、实训目的	(278)
二、实训原理及说明	(279)
三、实训内容与步骤	(281)
四、注意事项	(281)
五、实训报告要求	(282)
六、实训仪器与设备	(282)
实训十一 功率因数改善实验	(282)
一、实训目的	(282)
二、实训原理及说明	(282)
三、实训内容与步骤	(283)
四、注意事项	(284)
五、实训报告要求	(284)
六、实训仪器与设备	(284)
实训十二 互感电路实验	(284)
一、实训目的	(284)
二、实训原理及说明	(285)
三、实训内容与步骤	(286)
四、注意事项	(286)
五、实训报告要求	(286)
六、实训仪器与设备	(286)
实训十三 三相交流电路电压和电流的关系	(287)
一、实训目的	(287)
二、实训原理及说明	(287)
三、实训内容与步骤	(288)

四、注意事项	(289)
五、实训报告要求	(289)
六、实训仪器与设备	(289)
实训十四 三相交流电路功率测量	(290)
一、实训目的	(290)
二、实训原理及说明	(290)
三、实训内容与步骤	(290)
四、注意事项	(291)
五、实训报告要求	(291)
六、实训仪器与设备	(291)
附录 A 部分习题解答	(293)
附录 B 常用电气图形的符号和文字符号	(299)
附录 C 电阻及标识	(302)
附录 D 电容及标识	(308)
参考文献	(312)

第1章

电路的基本概念和基本定律

本章将介绍电路和电路模型的概念、理想电路元件及其伏安特性、电路中的基本物理量和基本定律，着重讨论电流、电压参考方向的概念，研究与电路连接方式有关的基本定律，如基尔霍夫定律及电路的等效原理等。通过对本章内容的学习，可了解和掌握电路中的基本概念和定律，为后续内容及复杂电路的分析打下一定的基础。

1.1 电路及电路模型

1.1.1 电路及其功能

人们在生产和生活中使用的电气设备，如电动机、电视机和计算机等，都由实际电路构成，而实际电路的组成结构又包括电源、负载和中间环节。其中，电源为电路提供能量，如发电机利用机械能或核能转化为电能，蓄电池利用化学能转化为电能，光电池利用光能转化为电能等；负载则将电能转化为其他形式的能量并加以利用，如电动机将电能转化为机械能，电炉将电能转化为热能等；中间环节用做电源和负载的连接体，包括导线、开关及控制线路中的保护设备等。

在电力系统、电子通信、自动控制、计算机以及其他各类系统中，电路有着不同的功能和作用。电路的作用可以概括为以下两个方面：一是实现电能的传输和转换，将电能转化为光能、热能和机械能等；二是实现信号的传递和处理。

1.1.2 实际电路组成

实际电路由实际电路元件和实际的连接导线所组成，它们包含如下几种：

(1) 电源。电源是供给电能的设备，它把其他形式的能量转换成电能，如将化学能、热能、光能、机械能、原子能等能量转换成电能；再比如干电池将化学能转变成电能。

(2) 负载。负载是各种用电设备，它的作用是将电能转变成其他形式的能量。例如，电灯将电能转变为光能，电炉将电能转变为热能，电动机将电能转变为机械能。它们都从电源中吸取能量。

(3) 连接导线。它把电源和负载连成一个闭合通路，起着传输和分配电能的作用。

(4) 控制电器。如开关、仪表、控制保护设备等，其作用是对电路进行控制、测量和保护电气设备。

在如图 1.1 所示的照明电路中，电池是电源，灯则是负载，导线和开关作为中间环节将灯和电池连接起来。电池通过导线将电能传递给灯，灯将电能转化为光能和热能。如图 1.2 所示是一个扩音机的工作过程，话筒将声音的振动信号转换为电信号，即相应的电压和电流，经过放大处理后，通过电路传递给扬声器，再由扬声器还原为声音。

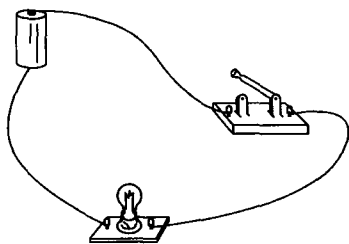


图 1.1 照明电路



图 1.2 扩音机的放大过程

1.1.3 电路模型

实际电路由作用不同的各种电路元件或器件所组成。实际电路元件种类繁多，且电磁性质较为复杂。如图 1.1 所示的白炽灯，它除了具有消耗电能的性质外，当电流通过时，还具有电感性。为便于对实际电路进行分析和数学描述，须将实际电路元件用能够代表其主要电磁特性的理想元件或它们的组合来表示，这被称为实际电路元件模型。反映具有单一电磁性质的实际器件的模型称为理想元件，包括电阻、电感、电容和电源等。如图 1.3 所示是我们在电工技术中经常用到的几种理想元件的电路符号。

由理想元件所组成的电路称为实际电路的电路模型，简称电路。将实际电路模型化是研究电路问题的常用方法。图 1.1 中，电池对外提供电压的同时，内部也有电阻在消耗能量，所以电池用其电动势 E 和内阻 R_0 的串联表示；电灯除了具有消耗电能的性质（电阻性）外，通电时还会产生磁场，因而具有电感性，但由于其电感较微弱，故而可忽略不计，所以可认为灯是一电阻元件，用 R 表示。如图 1.4 所示是图 1.1 的电路模型。

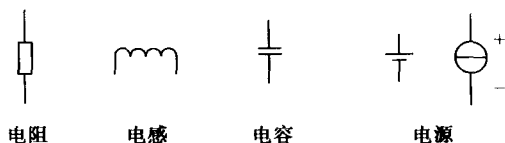


图 1.3 理想元件的电路符号

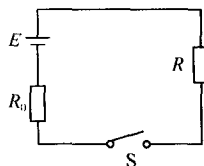


图 1.4 电路模型

将实际电路元件抽象为一种或几种理想元件的组合，需要丰富的电路知识和专业知识。一个实际电路在不同条件下可化为若干个从简单到复杂的模型，如一个电感线圈，在直流电路中，可看做一个小电阻；在低频交流情况下，可看做一个电感和这个电阻的串联；在高频交流情况下，还需要考虑线圈的匝间分布电容和层间分布电容。所以，在建立电路模型时，应能反映电路在实际条件下的真实情况，即所建电路模型的计算结果与实际电路的测量结果的误差在允许范围之内。

思考与练习

1. 电路的作用是什么？用实例说明。
2. 实际电路由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
3. 什么是理想元件？包括哪几种？画出其电路符号。