



应用型本科机电类专业“十二五”规划精品教材

电工电子技术

贾建平 刘 辉 主 编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

应用型本科机电类专业“十二五”规划精品教材

电工电子技术

主 编	贾建平	刘 辉	
副主编	蔡 丽	谢 丹	
参 编	左小琼	蔡金萍	熊小琴
	王妍玮	韩彦勇	

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书分上、下两篇,共14章。上篇为电工技术部分,内容包括电路基础、电路的基本定律与分析方法、正弦交流电路、三相电路、变压器、电动机、常用控制电器与电气控制技术等共7章内容;下篇为电子技术部分,内容包括半导体器件、基本放大电路、集成运算放大电路、数字电路基础、组合逻辑电路的分析与设计、时序逻辑电路、模拟量和数字量的转换等共7章内容。每章配有一定数量的习题,书后有部分习题参考答案。

本书内容深入浅出,可根据具体教学要求进行相应调整,并配有相应的多媒体课件,适合作为高等院校非电类专业电工学、电工电子技术等本专科课程教材或教学参考书,也可供技术人员和一般读者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/贾建平 刘 辉 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.9

ISBN 978-7-5609-9389-8

I. ①电… II. ①贾… ②刘… III. ①电工技术-高等学校-教材 ②电子技术-高等学校-教材
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233870 号

电工电子技术

贾建平 刘 辉 主编

策划编辑:袁 冲

责任编辑:狄宝珠

封面设计:潘 群

责任校对:封力焯

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市宏隆印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:20

字 数:508千字

版 次:2014年2月第1版第1次印刷

定 价:42.00元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

应用型本科机电类专业“十二五”规划精品教材

编 委 会

总策划：袁 冲

顾 问：文友先

成 员（排名不分先后）：

容一鸣	潘 笑	李家伟	卢帆兴	孙立鹏
杨玉蓓	胡均安	叶大萌	冯德强	张胜利
李立慧	张 荣	贾建平	严小黑	王 伟
石从继	邓拥军	桂 伟	姜存学	蒋慧琼
李启友	赵 燕	张 融	李如钢	江晓明
徐汉斌	熊才高	肖书浩	王 琨	卢 霞

应用型本科机电类专业“十二五”规划精品教材

鸣谢学校名单

(排名不分先后)

华中科技大学武昌分校

武汉东湖学院

海军工程大学

武昌工学院

武汉工程大学邮电信息学院

湖北工业大学工程技术学院

武汉生物工程学院

中国地质大学江城学院

湖北工业大学商贸学院

武汉理工大学华夏学院

江汉大学文理学院

江西理工大学应用科学学院

河海大学文天学院

北京化工大学北方学院

华东交通大学理工学院

广州技术师范学院天河学院

大连工业大学艺术与信息工程学院

北京交通大学海滨学院

广西工学院鹿山学院

燕山大学里仁学院

长春理工大学光电信息学院

广州大学松田学院

沈阳航空航天大学北方科技学院

大连理工大学城市学院

武汉科技大学城市学院

电子科技大学中山学院

吉林大学珠海学院

北京理工大学珠海学院

东莞理工学院城市学院

集美大学诚毅学院

河南理工大学万方科技学院

浙江大学城市学院

安徽工程大学机电学院

长沙理工大学城南学院

青岛滨海学院

南京航空航天大学金城学院

总

序

2010年12月,我们邀请十多所二本和三本层次院校的机电学科教学负责人和骨干教师,召开了应用型本科院校机电类专业的教学研讨和教材建设会议。会议重点研讨了当前应用型本科机电专业建设、课程设置、招生就业、教材使用、实验实训课程改革等情况。大家一致认为,教材建设是专业建设发展的重要环节,配合教学改革进行教材改革已迫在眉睫。尤其是独立学院面临脱离母体学校独立发展的紧迫形势,编写适合自身特点的教材,也是水到渠成。大家认为,编写应用型本科教材,切合市场的需要,也切合各个学院内涵提升的需要,会议决定开发一套应用型本科机电类专业“十二五”规划精品教材,它以独立学院为主体,广泛吸纳民办院校(包括二类本科院校)。

这套教材定位在应用型本科的层次。应用型本科终究还是本科,绝不等同于高职,因此,教材编写首先要力求摒弃传统本科压缩版,也要避免陷入高职提高版的误区,必须围绕本科生所要掌握的基础理论展开,体现理论够用的原则,并要融入新知识、新技术、新内容、新材料,体现最新发展动态,具有一定的前瞻性。其次,我们希望每种教材最好是由一名教师和一名有企业实际岗位工作经验的工程师来联合主编,要求案例和实训方案来源于生产一线,具有代表性和典型性,突出实用性。在体例编排和内容组织上,建议主编根据课程实际情况,借鉴高职教材以职业活动为导向,以职业技能为核心,突出任务驱动的特点,在形式上能有所创新,达到编写体例新颖、主次分明的目的,有条件的可配上相应的习题和教学课件。

总之,我们希望这套教材能够体现“层次适用、理论够用、案例实用、体例创新”的“三用一新”的特点,并达到思想性、科学性和方法论相统一,先进性和基础性相统一,理论知识和实践知识相统一,综合性和针对性相统一,以及教材内容与实际工作岗位对接。

需要特别说明的是,由于时间关系我们没有邀请更多的院校参加会议,但是并不影响我们博采众长,我们通过电话、邮件、网络等,得到了很多有价值的信息。有的老师推荐兄弟院校教师参与,有的老师热情地提供了人才培养方案,有的老师提供精品课程建设的经验,有的老师提供从企业获取的案例资料等,这些都极大地扩充了我们的编写团队,丰富了写作素材,为教材编写提供了强有力的支撑。这些老师及其所在学校直接或间接地为本套教材的出版作出了贡献,因此,我们特意收录了这些院校的名单,以示鸣谢!

本系列教材的主编和其他编写人员都是我们精选的,都是富有教学和教学改革实践经验并有一定的精品课程建设经验的教师或生产一线经验丰富的工程师。为了确保教材的编写质量,我们还邀请了当前国内一流的机电专业教学与研究方面的权威专家,他们对个别教



材进行了认真的审稿。专家们普遍给予了高度的肯定,同时也提出了很多宝贵的意见和建议,使这套教材更加完善。相信这是一套便于学生学习实践、教师教学指导的好教材。也希望各院校老师在使用 的过程中,给我们提出宝贵的意见和建议,便于我们修订和完善!同时,也欢迎更多的老师参与到编写修订的团队中来!

我们的联系方式如下。

联系人	QQ 号	QQ 群	E-MAIL
袁冲	151211854	126692072	yingxiao2995@yahoo.com.cn
地址	武汉市珞瑜路 1037 号华中科技大学出版社(430074)		

编委会
2011 年 6 月

前



“电工电子技术”是高等院校非电类专业的一门专业基础课程。它的任务是让学生学习熟练掌握和运用电工电子技术的基本知识和基本技能,启发和培养学生自身专业领域中应用电类技术的意识和兴趣,树立理论联系实际的工程观点和提高学生分析问题、解决问题的能力,为后续专业课程的学习奠定基础。

本书分上、下两篇,共14章。上篇为电工技术部分,共七章:第1章电路基础,第2章电路的基本定律与分析方法,第3章正弦交流电路,第4章三相电路,第5章变压器,第6章电动机,第7章常用控制电器与电气控制技术。下篇为电子技术部分,共七章:第8章半导体器件,第9章基本放大电路,第10章集成运算放大电路,第11章数字电路基础,第12章组合逻辑电路的分析与设计,第13章时序逻辑电路,第14章模拟量和数字量的转换。每章配有一定数量的习题,书后有部分习题参考答案。

本书具有如下一些特点:

- (1) 好懂易学,深入浅出,读者易于理解和掌握;
- (2) 教学内容明确,易于教师引导和教学;
- (3) 设有*标章节,供不同院校、不同专业根据大纲差异灵活选择教学内容;
- (4) 配套有相应的习题及部分习题答案,易于培养读者的实际分析能力;
- (5) 配有完整、系统的多媒体课件,易于教师教学及读者自学。

本书由贾建平(武汉东湖学院)、刘辉(湖北工业大学商贸学院)任主编,蔡丽(武汉东湖学院)、谢丹(武汉生物工程学院)任副主编,左小琼(武汉东湖学院)、蔡金萍(武汉生物工程学院)、熊小琴(武汉生物工程学院)、王妍玮(哈尔滨石油学院)、韩彦勇(哈尔滨石油学院)参与编写工作。具体分工如下:第1章、第8章、第13章由贾建平编写,第2章由刘辉编写,第3章由蔡金萍编写,第4章、第9章、第12章由蔡丽编写,第5章、第11章由谢丹编写,第6章、第14章由左小琼编写,第7章由王妍玮、韩彦勇合编,第10章由刘辉、熊小琴合编。全书由贾建平负责组织、统稿和制作多媒体课件等工作。

由于编者水平有限,时间紧迫,书中难免有不足之处,殷切恳请各位读者批评指正!

编者

2013年9月

电工学部分

第 1 章 电路基础	(3)
1.1 电路的基本概念	(3)
1.2 电路的基本物理量	(6)
1.3 电路中的参考方向	(9)
1.4 理想电路元件.....	(11)
1.5 电路中各点电位的计算.....	(21)
习题	(23)
第 2 章 电路的基本定律与分析方法	(26)
2.1 基尔霍夫定律.....	(26)
2.2 基尔霍夫定律的应用.....	(29)
2.3 叠加定理.....	(36)
2.4 电源等效定理.....	(38)
* 2.5 非线性电阻电路分析(选学)	(41)
习题	(42)
第 3 章 正弦交流电路	(46)
3.1 正弦交流电的基本概念.....	(46)
3.2 单一参数的正弦交流电路分析.....	(51)
3.3 电阻、电感和电容元件串联交流电路分析	(57)
3.4 阻抗串并联交流电路分析.....	(61)
* 3.5 谐振电路及其应用(选学)	(63)
* 3.6 功率因素的提高(选学)	(69)
* 3.7 非正弦周期电路分析(选学)	(70)
习题	(74)
第 4 章 三相电路	(78)
4.1 三相电源.....	(78)
4.2 三相负载.....	(82)
4.3 三相功率.....	(85)



4.4 安全用电	(87)
习题	(92)
第5章 变压器	(94)
5.1 磁路及其分析方法	(94)
5.2 变压器的基本结构	(97)
5.3 变压器的工作原理	(98)
5.4 变压器的外特性及效率	(100)
5.5 三相变压器	(101)
* 5.6 特殊用途变压器(选学)	(103)
习题	(105)
第6章 电动机	(107)
6.1 电机概述	(107)
6.2 三相异步电动机的构造	(107)
6.3 三相异步电动机的工作原理	(110)
6.4 三相异步电动机的电磁转矩和功率平衡	(113)
6.5 三相异步电动机的机械特性	(115)
6.6 三相异步电动机的起动、调速和制动	(117)
6.7 三相异步电动机的铭牌参数	(121)
* 6.8 三相异步电动机的选择(选学)	(122)
习题	(123)
第7章 常用控制电器与电气控制技术	(125)
7.1 常用控制电器	(125)
7.2 电气控制技术	(137)
习题	(143)

电子学部分

第8章 半导体器件	(147)
8.1 半导体基础知识	(147)
8.2 普通二极管	(151)
8.3 特殊用途二极管	(156)
8.4 晶体管	(159)
* 8.5 绝缘栅场效应管(选学)	(164)
习题	(168)
第9章 基本放大电路	(171)
9.1 共射极放大电路	(171)
9.2 共集电极放大电路	(182)
* 9.3 共基极放大电路(选学)	(185)
9.4 多级放大电路	(188)
9.5 差分放大电路	(191)



9.6 功率放大电路	(196)
* 9.7 场效晶体管放大电路(选学)	(198)
习题	(201)
第 10 章 集成运算放大电路	(206)
10.1 集成运算放大电路概述	(206)
10.2 理想运算放大器	(209)
10.3 电子电路中的反馈	(210)
10.4 基本运算电路	(219)
* 10.5 集成运算放大器的选择和使用(选学)	(224)
习题	(226)
第 11 章 数字电路基础	(230)
11.1 基本逻辑门电路及其组合	(230)
11.2 逻辑代数	(236)
习题	(239)
第 12 章 组合逻辑电路的分析与设计	(241)
12.1 组合逻辑电路分析	(241)
12.2 组合逻辑电路设计	(245)
* 12.3 常见组合逻辑电路(选学)	(248)
习题	(258)
第 13 章 时序逻辑电路	(261)
13.1 双稳态触发器	(261)
13.2 常见时序逻辑电路	(271)
13.3 555 集成定时器	(280)
习题	(289)
* 第 14 章 模拟量和数字量的转换	(293)
14.1 D/A 转换器	(293)
14.2 A/D 转换器	(297)
习题	(300)
部分习题参考答案	(302)
参考文献	(307)

电工学部分

第 1 章 电路基础

本章内容为电子电路的基础,介绍了电路的基本概念,电路中的基本物理量及其参考方向,理想电路元件,以及电位的概念与计算等,这些概念是电路分析和计算的基础。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成与作用

电路(electrical circuit)或称电子回路,是由电气设备和元器件(又称电器件)按一定方式连接起来,为电荷流通提供路径的总体,也叫电子线路或称电气回路,简称网络或回路。

电路由电源、负载、连接导线和辅助设备四大部分组成,其中连接导线和辅助设备合称为中间环节。实际应用的电路都比较复杂,因此,为了便于分析电路的实质,通常用符号表示组成电路的实际原件及其连接线,即画成电路图,如图 1.1.1(b)所示。

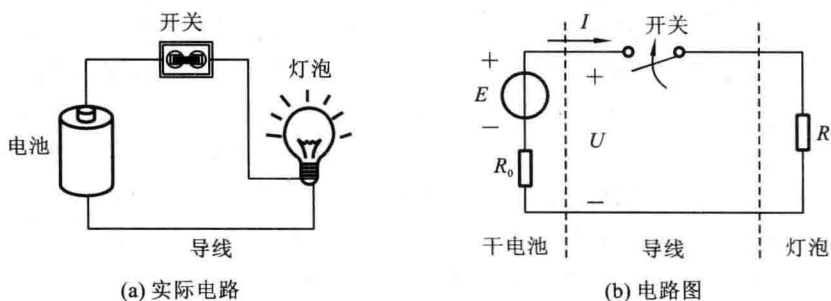


图 1.1.1 实际电路和电路图

1. 电源

电源(electric source)是提供电能的设备。电源的功能是把非电能转变成电能,例如,电池是把化学能转变成电能,发电机是把机械能转变成电能。由于非电能的种类很多,转变成电能的方式也很多,所以目前使用的电源类型也很多,最常用的电源是固态电池、蓄电池和发电机等。



2. 负载

在电路中使用电能的各种设备统称为负载(load)。负载的功能是把电能转变为其他形式的能。例如,电炉把电能转变为热能,电动机把电能转变为机械能,等等。通常使用的照明器具、家用电器、机床等都可称为负载。

3. 连接导线

连接导线(conductor)用来把电源、负载和辅助设备连接成一个闭合回路,起着传输电能的作用。

4. 辅助设备

辅助设备(supplemental equipment)是用来实现对电路的控制、分配、保护及测量等作用的设备。辅助设备包括各种开关、熔断器、电流表、电压表及测量仪表等。

电路是为实现某种目的而设计的,它的形式多种多样,但就其作用而言可以归为以下两类。

(1)进行能量的转换、传输与分配。如电力系统中的输电线路是发电机组将其他形式的能量转换成电能,通过变压器、输电线等输送给各用户,再把电能转换成机械能、光能、热能等。

(2)实现信息的传递与处理。如收音机是把收到的电磁波信号,通过电路变换或处理为扬声器所需要的输出信号,还原为声音。

1.1.2 电路模型(circuit model)

电路理论是研究电路普遍规律的一门科学,它讨论的对象不是实际的电路和电气设备或电器件,而是它们的模型。由实际电路的定义可知,要建立电路的模型,首先要建立构成电路最基本的电气设备和电器件的模型。

所谓电气设备和电器件的模型,是指在一定条件下能准确地反映电气设备或电器件的主要电磁性能,而从中抽象出来的一种理想化的电路元件。电路元件与电气设备或电器件在概念上是不同的,前者是模型,并有其严格的数学定义,后者是实物。模型只是在一定程度上反映电气设备和电器件的电磁性能,它不等于实物,但是它可以逼近实物。显然要得到一个最佳逼近电气设备和电器件的实际效果,就得抽象出最佳的元件模型。电路元件模型是唯一的,它只能反映一种电磁性能,用一种特定的函数关系来表示,它并非与电气设备和电器件一一对应。仅有的几种电路元件,就能描述诸多电气设备和电器件的电磁性能。在某种情况下,一些电气设备和电器件的电磁性能用一个模型不能足以最佳逼近时,可以用多个或多种模型的组合来逼近,以准确地反映其电磁性能。

电路元件相互连接构成电路模型。图 1.1.1(b)所示的电路是图 1.1.1(a)的电路模型。这个模型是由三个元件和无电阻的导线组合而成的。在图 1.1.1(a)中,干电池具有提供电能的电磁特性,所以可以将其抽象为一个提供电能的电源元件,如图 1.1.1(b)所示的电源。白炽灯的主要电磁性能是消耗电能,可用一个电阻元件表示。诸如此类,各种电气设备和电器件及实际电路均有各自的模型。电路理论基础中所研究的对象就是这种电路模型,习惯上称为电路。大规模的电路又称为电网络,简称为网络。

模型一般都是理想的,比如开关,其导通时电阻为零,关断时电阻为无穷大,导线模型也被认为其电阻为零。如要考虑实际情况,只要将所考虑的元件因素加进来就可以了,如导线

中分散的电阻可以集中成一个电阻来分析,开关接通时会有一定的小电阻,断开时会有相当大的漏电阻等。在以后的分析中,可以根据需要考考虑许多非理想的参数,使计算结果更为精确。

1.1.3 电路的工作状态

电路在不同的工作条件下会处于不同的状态,并具有不同的特点。电路的工作状态主要有以下三种。

1. 通路

当电源与负载接通,如图 1.1.2 中的开关 K 闭合时,电路中有电流及能量的输送和转换。电路的这一状态称为通路(closed circuit),此时电源向负载输出电功率,电源这时的状态称为有载(load),或称为负载状态。

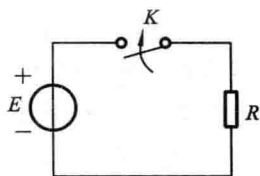


图 1.1.2 通路

通路时,电源产生的电功率应该等于电路各部分消耗的电功率之和,电源输出的电功率应等于外电路中各部分消耗的电功率之和,即功率应该是平衡的。

各种电气设备在工作时,其电压、电流和功率都有一定的限额,这些限额是用来表示它们的正常工作条件和工作能力的,称为电器设备的额定值(rated value)。额定值通常在铭牌上标出,也可以从产品目录中找到,使用时必须遵守这些规定。如果实际值超过额定值,将会引起电气设备的损坏或使用寿命的缩短;如果实际值低于额定值,某些电气设备也会损坏或缩短使用寿命,或者不能发挥正常的功能。通常,当实际值等于额定值时,电器设备的工作状态称为额定状态(rated state)。

2. 开路

当某一部分电路与电源断开,该部分电路中没有电流,也无能量的输送和转换,这部分电路所处的状态称为开路(open circuit)。如图 1.1.3 所示,当开关 K_1 单独断开时,照明灯 EL_1 所在的支路为开路;当开关 K_2 单独断开时, EL_2 所在的支路为开路。开路的一般特点如图 1.1.4 所示,开路处的电流等于零,开路处的电压应视电路情况而定。

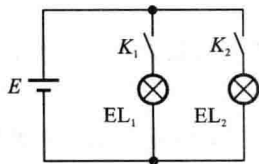


图 1.1.3 开路

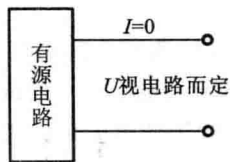


图 1.1.4 开路的特点

如果开关 K_1 和 K_2 全部断开,电源既不产生也不输出电功率,电源这时所处的状态称为空载(no-load)。

3. 短路

某一部分电路的两端用电阻可以忽略不计的导线或开关连接起来,使得该部分电路中的电流全部被导线或开关所旁路,这一部分电路所处的状态称为短路(short circuit)或短接。如图 1.1.5 所示,当开关 K_1 单独闭合时,照明灯 EL_1 被短路;当开关 K_2 单独闭合时,照明灯 EL_2 被短路。短路的一般特点如图 1.1.6 所示,短路处的电压等于零,短路处的电流视



电路而定。

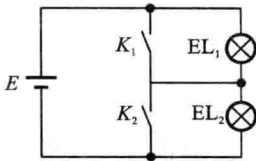


图 1.1.5 短路

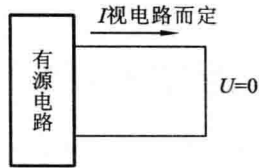


图 1.1.6 短路的特点

如果图 1.1.5 中的开关 K_1 和 K_2 全部闭合,即所有负载全部被短路,电源所产生的电功率将全部消耗在电源的内电阻和连接导线的电阻上,这时电源所处的状态称为电源短路。电源短路时,电流比正常工作电流大得多,时间稍长,便会使供电系统中的设备烧毁和引起火灾。因此,图 1.1.5 所示的电路接线方式是不妥的,它容易造成电源短路,工作中应尽量避免发生这种情况,而且还必须在电路中接入熔断器等短路保护装置,以便在电源短路时能迅速将电源与电路的短路部分断开。

1.2 电路的基本物理量

一、电流

1. 电流的基本概念

电路中电荷沿着导体的定向运动形成电流,其方向规定为正电荷流动的方向(或负电荷流动的反方向),其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量,称为电流强度(简称电流),用符号 I 或 $i(t)$ 表示,讨论一般电流时可用符号 i 来表示。

设在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内,通过导体横截面的电荷量为 $\Delta q = q_2 - q_1$,则在 Δt 时间内的电流强度可用数学公式表示为

$$i(t) = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1.2.1)$$

式中, Δt 为很小的时间间隔,时间的国际单位制单位为秒(s);电量 Δq 的国际单位制单位为库仑(C);电流 $i(t)$ 的国际单位制单位为安培(A)。

常用的电流单位还有毫安 mA、微安 μA 、千安 kA 等,它们与安培的换算关系分别为

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}, \quad 1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

2. 直流电流和交流电流

1) 直流电流

如果电流的大小及方向都不随时间变化,即在单位时间内通过导体横截面的电量相等,则称之为直流电流、稳恒电流或恒定电流,简称为直流(direct current),记为 DC 或 dc,直流电流要用大写字母 I 表示,用公式表示为

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Q}{t} = \text{常数} \quad (1.2.2)$$

直流电流 I 与时间 t 的关系在 $I-t$ 坐标系中为一条与时间轴平行的直线。