



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

电子技术基础


模拟部分

第六版

华中科技大学电子技术课程组 编

主 编 康华光

副主编 陈大钦 张 林

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



面向
Textb

电子技术基础

模拟部分

第六版

华中科技大学电子技术课程组 编

主 编 康华光

副主编 陈大钦 张 林

DIANZI JISHU JICHU MONIBUFEN



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING



内容简介

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，上一版为普通高等教育“十五”国家级规划教材，第四版为面向21世纪课程教材，荣获2002年全国普通高等学校优秀教材一等奖。

为适应MOSFET器件在电子产品中已占统治地位这一发展形势，新版教材大力加强了MOSFET的相关内容。

全书共11章，分别是：绪论，运算放大器，二极管及其基本电路，场效应三极管及其放大电路，双极结型三极管及其放大电路，频率响应，模拟集成电路，反馈放大电路，功率放大电路，信号处理与信号产生电路，直流稳压电源，电子电路的计算机辅助分析与设计。附录包含PSpice/SPICE软件简介、电路理论简明复习、电阻的彩色编码和标称阻值。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类、自动化类专业“模拟电子技术基础”课程的教材，也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础. 模拟部分/康华光主编;华中科技大学
大学电子技术课程组编. —6版. —北京:高等教育出
版社,2013.12

ISBN 978-7-04-038480-2

I. ①电… II. ①康…②华… III. ①电子技术-高
等学校-教材②模拟电路-电子技术-高等学校-教材
IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第239719号

策划编辑 韩颖 责任编辑 曲文利 封面设计 王 睢 版式设计 杜微言
插图绘制 宗小梅 责任校对 刘娟娟 责任印制 韩 刚

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		http://www.landraco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	1979年3月第1版
印 张	37.75		2013年12月第6版
字 数	920千字	印 次	2013年12月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	55.00元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 38480-00

作者声明

未经本书作者和高等教育出版社书面许可,任何单位和个人不得以任何形式将《电子技术基础 模拟部分》(第六版)中的习题解答后出版,不得翻印或在出版物中选编、摘录本书的内容;否则,将依照《中华人民共和国著作权法》追究法律责任。

第六版序

《电子技术基础(模拟、数字)》是电子电气类专业的技术基础课程教材,该教材自1979年春由高等教育出版社出版发行以来,深受广大读者的欢迎。根据当前电子技术发展的新形势,在第五版的基础上,推陈出新。如今电子技术发展的现实是,MOSFET器件在电子产品中已占统治地位。为了适应这一发展形势,新版教材大力加强了MOSFET的相关内容。现就模拟和数字两部分提出如下的新思路。

一、模拟部分

1. 运算放大器是模拟部分的核心内容。在第2章中,首先把它理想化,称之为理想运算放大器,实际的运放将在第7章(模拟集成电路)中讲述。这样的安排是为了让学生易于入门,分散难点,也为了让教师根据各专业的要求作相应的选择。讲完第2章后,即可在教师的指导下进行运放的基本实验,可使学生对该课程产生兴趣,并有初步的成就感。

2. 由于半导体材料和器件制造工艺的进步,场效应管(MOSFET)与双极结型三极管(BJT)相比显示出新的优越性而获得较广泛的应用。考虑到历史和现实将第4、5两章写成相互独立的内容,教师可以自由选择其中任一章先讲。不言而喻,后讲的章节可以加快进度。

3. 频率响应一章,除一般知识外,可有选择性地讲述MOSFET和BJT的相关电路。例如重点介绍MOS管及共源放大电路的高低频响应,最后介绍扩展频带的方法。

4. 模拟集成电路一章的内容丰富,可有选择性地讲述MOSFET和BJT的相关电路。至于运算放大器,也可按同样方法处理。

5. 反馈电子电路是电子电路的重要内容,通过大量的例题和习题来阐明负反馈的基本概念与分析方法,对反馈电路的稳定问题也作了简明分析。

二、数字部分

1. 现代数字电路和系统基本上不再使用中规模集成芯片搭建,而是采用CPLD或FPGA实现,甚至将系统集成在单一芯片上。其设计过程是将组合与时序单元电路作为基本模块由高层调用。因此,教材力求在弱化中规模集成芯片应用的同时,将组合与时序单元电路作为宏模型介绍。

2. 便携设备的发展要求CMOS集成电路的电源电压越来越低,导致低电压、超低电压器件的广泛使用。教材加强了低电源电压器件及其接口内容介绍,同时削减了TTL系列的内容。

3. 增加了CMOS通用电路中小逻辑与宽总线内容的介绍。小逻辑芯片是用来修改完善大规模集成芯片之间连线或外围电路的。与中规模器件相比,体积更小,速度更快。宽总线芯片是为满足计算机总线驱动而产生的。

4. 为了便于学生掌握Verilog描述单元电路的方法,加强了Verilog描述组合及时序单元电路的例题。

5. 当用指定器件实现电路设计时,力求成本低、速度快。介绍了EDA工具实现优化设计时,需要用到多乘积项的共用,提取公因子、函数分解等方法。

6. 增加了时钟同步状态机的同步问题。当数字系统的结构复杂、工作速度快时,时钟同步问题也越来越突出。由时钟偏移等问题引起触发器误翻转会造成系统的误动作。因此要在设计上避免这类问题的出现。

在本版修订工作中,重新改编了例题、复习思考题和习题,以利读者深入理解教材内容。SPICE 部分和 Verilog 语言部分的内容,供各校师生灵活选用。

参加本版模拟部分修订工作的有张林(第 1、3、12 章及附录 A、B、C)、王岩(第 2、7、11 章)、陈大钦(第 4、9、10 章)、杨华(第 5、6、8 章)等。

参加数字部分修订工作的有秦臻(第 1、3、4、11 章及附录 B、C)、罗杰(第 2 章及附录 A)、瞿安连(第 5、6 章)、张林(第 7、8 章)、彭容修(第 9、10 章)。康华光为主编,负责全书的策划、组织和定稿。陈大钦、张林为模拟部分的副主编;秦臻、张林为数字部分的副主编,协助主编工作。此外,张林还完成了模拟电路的 SPICE 分析;罗杰还完成了数字电路的 Verilog 的语言描述。

电子技术基础是一门实践性很强的课程,与本教材配套的实验教材是由高等教育出版社出版的,陈大钦、罗杰主编的《电子技术基础实验》。

本书由哈尔滨工业大学蔡惟铮教授主审,参加审阅的还有王淑娟教授、杨春玲教授和王立欣教授。他们认真审阅了本书,提出了不少中肯的修改意见,在此表示衷心的感谢。第五版发行期间,承全国各兄弟院校师生给我们以鼓励,寄来了不少宝贵意见和建议,编者在此一并致以谢忱。

康华光

2013 年 5 月于武汉华中科技大学

第五版序

当代电子技术的迅速发展,为人们的文化、物质生活提供了优越的条件,数码摄像机、家庭影院、空调、电子计算机等,都是典型的电子技术应用实例,可谓琳琅满目、异彩纷呈。至于电子技术在科技领域的应用,更是起着龙头作用,例如通信工程、测控技术、空间科学等比比皆是。而计算机的普及,也为大学生们提供了良好的学习平台。

本版是在前版的基础上修订而成,在修订过程中,参考了教育部组织编写的《电子技术基础(A)课程基本要求》,提出了如下的思路:精选内容,推陈出新;讲清基本概念、基本电路的工作原理和基本分析方法。对于较简单的电路,可用手工的方法进行近似计算;对于较复杂的电路,则可利用计算机及相应的软件进行仿真分析和设计。具体考虑有如下几点:

1. 简述信号与电子系统的概念,为学习模拟电路和数字电路提供引导性的背景知识。

2. 由于微电子学与制造工艺的进步,特别是在数字电路中,与双极型器件的性能相比,MOS器件具有明显的优势。

3. 在模拟电路中增加了器件建模的内容,并利用 SPICE 软件对电路作具体的仿真分析与设计。在数字电路中增加了用 Verilog 语言建模的内容,借助 Quartus II 集成开发软件对电路进行仿真分析与设计。

目前,硬件与软件之间的界限越来越模糊,模拟电路或数字电路均属硬件,在利用软件对电路进行辅助设计时,不能轻视硬件,应引导学生全面发展。

4. 重新改编了例题、复习思考题和习题,以便读者深入理解教材内容。SPICE 部分和 Verilog 语言部分的内容,供各院校师生灵活选用。

参加本版模拟部分修订工作的有张林(第 1、3、11 章及附录 A、B、C)、王岩(第 2、6、10 章)、杨华(第 4、7 章)、陈大钦(第 5、8、9 章)等。参加数字部分修订工作的有秦臻(第 1、3、4、10 章及附录 A、C、D)、罗杰(第 2 章及附录 B)、瞿安连(第 5、6 章)、张林(第 7 章)、彭容修(第 8、9 章)等。康华光为主编,负责全书的策划、组织和定稿。陈大钦、张林为模拟部分的副主编;邹寿彬、秦臻为数字部分的副主编,协助主编工作。此外,张林还完成了模拟电路的 SPICE 分析;罗杰还完成了数字电路的 Verilog 语言描述。

本书由哈尔滨工业大学蔡惟铮教授主审,参加审阅的模拟部分为王淑娟教授,数字部分审阅的为杨春玲教授,在此表示衷心的感谢。第四版发行期间,承全国各兄弟院校师生给我们以鼓励,寄来了不少宝贵意见和建议,编者在此一并致以谢忱。

康华光

2005 年 7 月于武汉华中科技大学

第四版序

在电子技术日新月异的形势下,为了培养跨世纪的电子技术人才,本书在第三版的基础上,经过教学改革与实践,对其内容作了较大的修改和更新,使之更符合电子信息时代的要求。在修订过程中,依照1995年教育部(原国家教委)颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》,提出了如下的总思路:精选内容,推陈出新;讲清基本概念、基本电路的工作原理和基本分析方法。对其主要的技术指标,采用工程近似方法进行计算。至于更全面的分析或设计,则可借助 PSPICE^① 软件来实现,这将有利于读者开拓思路。具体考虑如下:

1. 加强电子系统与信号的概念,为学习模拟电路和数字电路提供了引导性的背景知识。
2. 增加了部分新器件的内容,如砷化镓场效应管(MSFET)、VMOS 功率器件、BiCMOS 门电路、现场可编程门阵列(FPGA)器件等,以适应新技术发展的需要。
3. 将三端有源器件(BJT、FET)的六种电路组态(共射、共集、共基和共源、共漏、共栅)归结为三种通用的电路组态,即反相电压放大器、电压跟随器和电流跟随器,这就有利于电子电路的分析与综合,也为学习和使用 BiFET 和 BiCMOS 等一类新型集成电路器件奠定了基础。
4. 根据当前教学上的需要与设备条件的可能性,模拟部分增设了“电子电路的计算机辅助分析与设计”一章;数字部分增设了数字系统的分析与设计一章,为电子电路的仿真与设计自动化作了入门性的介绍。

5. 为便于读者深入理解教材内容,加强了例题,其中部分电路具有实用性。同时也改编了具有启发意义的复习思考题和习题,并附有少量的 PSPICE 例题及习题供各院校师生灵活选用。

参加本版模拟部分修订工作的有瞿安连(第1章)、康华光(第2、3、7章)、陈大钦(第4、5、8、9章)、王岩(第6、8、10章)、张林(第11章及附录)等同志。参加数字部分修订工作的有康华光(第1章及附录A、B)、邹寿彬(第2、3、4、5章)、杨华(第6、7章)、李玲和张林(第8章)、彭容修(第9、10章)、秦臻和罗杰(第11章及附录C)。康华光同志为主编,负责全书的策划、组织和定稿。陈大钦和邹寿彬同志分别为模拟部分和数字部分的副主编,协助主编工作。此外,杨华同志负责改编模拟部分第2、3、7章的习题和第1章的校订工作;张林同志协助有关各章的编者,完成了 PSPICE 例题及习题的解答工作。

本书由东南大学衣承斌教授主审,参加审阅的,模拟部分为刘京南教授、李桂安副教授;数字部分为皇甫正贤教授、戴义宝副教授。第三版发行期间,承全国各兄弟院校师生给我们以鼓励,寄来了不少宝贵意见和建议,编者谨此一并致以衷心的感谢。

编者

1998年8月于武汉华中理工大学

^① 见附录A。

第三版序

自本书第一版问世以来,已经历了近十年。在这期间,电子技术领域发生了迅猛而巨大的变化。新技术革命和教学改革不断深入,促使本教材不断改进完善,第三版现在与读者见面了。

新版是在第二版的基础上,经过改革试验、总结提高、修改增删而成的。在修订工作中,依照1987年经国家教委批准的《高等工业学校电子技术课程教学基本要求》,在保证基本教学内容的前提下,为适应电子技术不断发展的新形势和教学上的灵活性以及因材施教的需要,本版适当增加了部分加宽加深的选讲内容,具体考虑如下:

1. 新版在体系上作了较大的调整。在模拟部分中,将“模拟集成电路”一章的位置提前,以致有可能在“反馈放大器”以及后续各章中,均以模拟集成电路为对象进行讨论,这就形成了以模拟集成电路为主干的体系。数字部分则直接以小规模数字集成电路引路,逐步向中大规模集成电路深入,几乎大部分内容都纳入“组合逻辑”和“时序逻辑”两大类电路之中。

2. 在保证基本理论完整性的原则下,删去或精简了一些分立元件电路内容,增强了集成电路的应用,并引入模拟乘法器、开关电容滤波器、压控振荡器、锁相环、直流变换器、门阵列、算术逻辑单元、动态存储器、集成A/D与D/A转换器等新技术内容。

3. 为了开拓学生的知识广度,新增了“调制与解调”一章。

4. 本书数字部分的内容安排与讲述方法,注意到了与“微处理器基础”的密切联系,以利于压缩学时,提高教学效果。

5. 为了贯彻理论联系实际的原则,书中以不同的方式,安排了一定数量的电路实例,并注意阅读电子电路图和查阅电子器件手册的训练。

6. 教材正文与例题、习题紧密配合。例题是正文的补充。某些内容则有意地让读者通过习题来掌握,以调节教学节律,利于理解深化。

7. 在编排上,对于加宽加深的内容,均注有*号,以便于教师选讲和读者自学参考。

本版仍沿用从模拟到数字的体系,若有需要,亦可按数字到模拟的体系讲授,只需将模拟部分的“半导体二极管和三极管”一章移到数字部分之前讲授即可。

参加新版模拟部分修订工作的有汤之璋(第1章)、康华光(第1、2、6、7章)、王岩(第5、8、11章)和陈大钦(第3、4、8、9、10章及附录A)等同志。参加数字部分修订工作的有康华光(第1、2章)、邹寿彬(第3、4、7章)和赵德宝(第5、6章及附录A)等同志。康华光同志为主编,负责全书的组织和定稿。陈大钦和邹寿彬同志分别为模拟和数字部分的副主编,协助主编工作。在修订过程中,得到了汤之璋教授的支持与帮助。赵德宝、瞿安连、肖锡湘同志协助校订了模拟部分的原稿。陈大钦、瞿安连同志协助校订了数字部分的原稿。丁素芳、罗杰、杨晓安和汪菊华等同志绘制了全书的插图。教研室的其他同志也参加了部分工作。

本书由南京工学院李士雄教授主审,负责组织审稿工作的为衣承斌副教授,参加审阅的,模拟部分为衣承斌、陈黎明、陈天授副教授,李桂安讲师;数字部分为丁康源副教授,郑虎申、严振祥、皇甫正贤讲师。在第二版发行期间,承全国许多师生给我们以鼓励,寄来了不少宝贵意见和

建议,编者谨此一并致以谢忱。

本版虽有所改进提高,但离教学改革的要求尚远。敬希读者予以批评指正。

编者

1987年8月于武昌华工园

第二版序

本书是在第一版的试用基础上,并按照高等工业学校《电子技术基础教学大纲》(草案)(四年制自动化类和电力类专业试用),总结提高、修改增删而成的。主要做了下列几方面的工作;(1)从本课程的目的和任务出发,在保证打好基础的前提下,精选了内容,例如删去了“电子电路的计算机辅助分析”一章,适当精简了器件内部的物理过程、放大器的频率特性分析、分立元件电路以及设计方面的内容等,在篇幅上有较大的缩减;(2)删繁就简改写了第二、四、六章的大部分内容。同时,将第一版的第九、十章各分为两章,以利于教学;(3)增加了部分新内容,如集成运算放大器的应用电路,中规模数字集成电路等;(4)加强了电路分析方法,如用“虚短”的概念分析集成运算放大器的线性应用电路;在数字电路中,突出了组合逻辑与时序逻辑电路的分析方法;(5)近几年来,由于大规模集成电路的飞速发展,出现了微处理机对各个科学技术领域的渗透,为此,我们充实了“MOS 数字集成电路”一章的内容;(6)重新整理并增删了各章所附的思考题和习题。此外,在编排上,把基本内容排大字,选讲内容排小字,自学参考内容既排小字,又带*号。

本版各章基本上由原编者修订,参加的人员有汤之璋、康华光、陈婉儿、王岩、陈大钦、邹寿彬、朱立群等同志,全书由康华光同志定稿。在修订过程中,得到了汤之璋教授的帮助与指导,陈婉儿同志协助校阅了第一至第六章的书稿,肖锡湘、陈晓天、丘小云、石友惠、罗玉兰以及其他同志参加了许多工作。

本书由南京工学院李士雄教授主审,参加审阅工作的还有陈天授、陈黎明、皇甫正贤、郑虎申等同志;在本书第一版的试用期间,承全国有关兄弟院校的师生寄来不少宝贵意见和建议,编者在此深表谢忱。

本版内容虽有所改进,但离教学要求尚有差距,恳请使用本教材的师生和其他读者予以批评指正,以便不断提高。

编者

1982年10月于武汉

初 版 序

本书是根据高等学校工科基础课电工、无线电类教材编写会议(1977年11月合肥会议)所制订的“电子技术基础”(电力类)教材编写大纲编写的。在编写过程中,我们力图以马列主义、毛泽东思想为指导,运用辩证唯物主义观点和方法来阐明本学科的规律。

“电子技术基础”是电力工程类各专业的一门技术基础课,它是研究各种半导体器件的性能、电路及其应用的学科。从本学科内容大的方面来划分,本书上、中两册属模拟电子技术,下册属数字电子技术;前者主要是讨论线性电路,后者则着重讨论脉冲数字电路。

教材中注意总结我们近年来的教学实践经验,加强了基础理论,如加强了半导体的物理基础和电路的基本分析方法;同时也注意吸取国内外的先进技术,如加强了线性集成电路和数字集成电路(包括中、大规模集成电路)的原理和应用,新增了电子电路的计算机辅助分析等内容。

在内容的安排上,注意贯彻从实际出发,由浅入深、由特殊到一般、从感性上升到理性等原则。通过各种半导体器件及其电路来阐明电子技术中的基本概念、基本原理和基本分析方法。对于基本的和常用的半导体电路(包括脉冲数字电路),除了作定性的分析外,还介绍了工程计算或设计方法。为了加深对课堂知识的理解,列举了若干电路实例,并配有一定数量的例题、思考题和习题。

在使用本教材时,请注意下列几点:

(1)本课程是在学完普通物理学和电工原理的大部分内容之后开设的,课程之间的相互配合和衔接非常重要。例如,在第一章用能带理论来解释半导体内两种载流子——电子和空穴的导电规律时,应以普通物理学中讲的固体能带理论为基础;又如在分析放大器时,既讨论了稳态分析(频域),也介绍了瞬态分析(时域),在“运算放大器”一章中,又有积分、微分电路以及其他应用,这些内容应以电工原理中的无源线性电路的瞬态分析为基础,只有配合得好,才能取得满意的效果。

(2)本教材是按课程总学时数约200(包括实验课等环节)而编写的,除了基本内容之外,还编入了部分较深入的内容,这些内容均在标题前注有星号(*)或用小字排印,自成体系。不同专业可按学时多少,由教师灵活选择,也可供读者自学参考。

(3)课程中各个教学环节的配合十分重要,除了课堂讲授外,还必须通过习题课和实验课等环节加以补充,有些内容可以把这几个环节有机地结合起来。对于实验课,必须予以高度重视,通过实验课,不仅可以验证理论,加深对理论知识的理解,更重要的是,可以学会电子测试技术,使理论紧密结合实践。

参加本书编写工作的有汤之璋(第一章)、陈婉儿(第一、二、九章)、陈大钦(第三、五、十章)、康华光(第四、十一章)、王岩(第六、七、十三章)、林家瑞(第六章)、邹寿彬(第八、十二章)、周劲青(第十一章)和江庚和(第十三章)等同志,最后由康华光同志定稿。在编写过程中,张瑾、朱立群、赵月怀、肖锡湘、杨华、石友惠、汪菊华、罗玉兰以及其他同志参加了许多工作,给予很大支持。

本书由南京工学院李士雄副教授主审,参加主审工作的还有江正战、张志明、衣承斌、陈黎明和丁康源等同志。

在武汉和南京举行的审稿会上,承西安交通大学沈尚贤教授、清华大学童诗白教授、浙江大学邓汉馨副教授、上海交通大学徐俊荣副教授以及重庆大学、山东工学院、沈阳机电学院、合肥工业大学、大连工学院、湖南大学、华南工学院、同济大学、哈尔滨工业大学、天津大学、太原工学院和昆明工学院等兄弟院校的教师代表对初稿进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的意见。

在编写本书第八章(电子电路的计算机辅助分析)的过程中,承中国科学院湖北岩体土力学研究所计算机室协助解题。

对所有为本教材进行审阅并提出宝贵意见以及在编写出版过程中给予热情帮助和支持的同志们,我们在此一并表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,加之时间比较仓促,书中错误和不妥之处,在所难免,殷切希望使用本教材的师生及其他读者,给予批评指正。

编 者

1979年3月

本书常用符号表

A	集成运放器件	f_L	放大器的下限频率
A, \dot{A}	增益	f_H	放大器的上限频率
a	整流元件的阳极(正极)	f_T	特征频率
A_f	反馈放大电路的闭环增益	f_α	BJT的共基极截止频率
A_v, \dot{A}_v	电压增益	G	电导
A_i, \dot{A}_i	电流增益	g	微变电导
A_r, \dot{A}_r	互阻增益	g_m	双口有源器件的互导(跨导)
A_g, \dot{A}_g	互导增益	g	场效应管的栅极
A_{rc}	共模电压增益	H	双口网络的混合参数
A_{vd}	差模电压增益	$h_{ie}, h_{re}, h_{fe}, h_{oe}$	BJT共射接法的 h 参数
A_{vo}	开环电压增益	I, i	电流
A_{vf}	闭环电压增益	I_b, I_c, I_e	BJT的基极、集电极、发射极电流
B	势垒,衬底	I_g, I_d, I_s	FET的栅极、漏极、源极电流
b	BJT的基极	I_s	信号源电流
BW	频谱宽度,带宽	I_i	输入电流
BW_G	单位增益带宽	I_o	输出电流
BW_P	全功率带宽	I_{CC}	空载正电源电流
C	电容	I_{DD}	空载漏电源电流
c	BJT的集电极	I_{EE}	空载负电源电流
C_b	隔直电容(耦合电容)	I_L	负载电流
C_e	发射极旁路电容	I_n	噪声电流
$C_{b'c}$	基极-集电极电容	I_{IB}	输入偏置电流
$C_{b'e}$	基极-发射极电容	I_{IO}	输入失调电流
C_{gb}	栅极-衬底电容	I_{OM}	最大输出电流
C_{gd}	栅极-漏极电容	I_{OO}	输出失调电流
C_{gs}	栅极-源极电容	I_{OS}	输出短路电流
C_{ds}	漏极-源极电容	I_{REF}	参考电流(基准电流)
C_B	势垒电容	i_s	信号源电流
C_D	扩散电容	i_i	输入电流
C_j	结电容	i_o	输出电流
C_f	反馈电容	J	电流密度
C_i	输入电容	K	热力学温度的单位(开尔文)
C_o	输出电容	K_n	电导常数
C_{ox}	栅极(与衬底间)氧化层单位面积电容	K'_n	本征电导因子
C_L	负载电容	k	玻耳兹曼常数
D	扩散系数	k	整流元件的阴极(负极)
D	二极管	K_{CMR}	共模抑制比
d	场效应管的漏极	K_{SVR}	电源电压抑制比
E	能量	L	自感系数,电感,沟道长度
e	BJT的发射极,自然对数的底	L	负载
e	电子的电荷量	l	长度
E	电场强度	M	互感系数
F	反馈系数	N	电子型半导体
F_v	电压反馈系数	N	绕组匝数
f	频率	N_F	噪声系数

P	功率	v_{id}	差模输入电压
P_o	输出功率	v_{ic}	共模输入电压
P_T	管耗	V_{th}	二极管、BJT 的门坎电压
P_V	直流电源供给的功率	V_T	场效应管的开启电压, 门限电压或阈值电压
P	空穴型半导体	V_{TN}	N 沟道增强型 MOS 管的开启电压
Q	静态工作点, 电荷, 品质因数	V_{TP}	P 沟道增强型 MOS 管的开启电压
q	脉冲波形占空比	V_T	温度的电压当量
R	电阻(直流电阻或静态电阻)	V_P	场效应管的夹断电压
R_b, R_c, R_e	BJT 的基极、集电极、发射极电阻	V_{PN}	N 沟道耗尽型 MOS 管的夹断电压
R_g, R_d, R_s	FET 的栅极、漏极、源极电阻	V_{PP}	P 沟道耗尽型 MOS 管的夹断电压
R_{si}	放大电路输入端的信号源内阻	V_{CC}, V_{DD}, V_+	正电源电压
R_L	负载电阻	V_{EE}, V_{SS}, V_-	负电源电压
R_p	电位器(可变电阻)	V_{OO}	输出失调电压
r	电阻(交流电阻或动态电阻)	V_{IO}	输入失调电压
r_{be}	BJT 的输入电阻	V_{REF}	参考电压(基准电压)
r_{ce}	BJT 的输出电阻	$V_{(BR)CBO}$	发射极开路, 集电极-基极反向击穿电压
R_i	放大电路直流输入电阻	$V_{(BR)EBO}$	集电极开路, 发射极-基极反向击穿电压
R_i	放大电路交流输入电阻	$V_{(BR)CEO}$	基极开路, 集电极-发射极反向击穿电压
R_{id}	放大电路差模输入电阻	$V_{(BR)DS}、$ $V_{(BR)GD}、$ $V_{(BR)GS}$	分别为漏源击穿电压、栅漏击穿电压和栅源击穿电压
R_{ic}	放大电路共模输入电阻	W	沟道宽度
R_o	放大电路交流输出电阻	X	电抗
r_o	电流源、运放输出电阻	x	反馈电路中的信号量
R_f	反馈电阻	x_s	源信号
S	面积, 归一化频率, 脉动系数	x_i	输入信号
S	开关	x_{id}	差值信号
s	复频率变量	x_f	反馈信号
s	FET 的源极, 时间的单位(秒)	x_o	输出信号
S/N	信噪比	Y, y	导纳
S_R	转换速率	Z, z	阻抗
S_T	温度系数	α	BJT 共基极接法的电流放大系数
S_V	电压调整率	β	BJT 共射极接法的电流放大系数
S_I	电流调整率	γ	稳压系数
T	温度(热力学温度以 K 为单位)	η	效率
T	三端有源器件①	θ	整流元件的导电角
Tr	变压器	μ	BJT 的内部电压反馈系数
t	时间	ρ	电阻率
t_{on}	导通时间	σ	电导率
t_{off}	截止时间	ϵ_{ox}	氧化物介电常数
V, v	电压	φ	相角
V_A	厄雷电压	ϕ	时钟脉冲
V_n	噪声电压	τ	时间常数
v_s	信号源电压	Ω	电阻的单位(欧[姆])
v_i	输入电压	Ω, ω	角频率
v_e	反馈放大电路中的差值电压	λ	沟道长度调制参数
v_f	反馈电压		

① 三端有源器件指 BJT、FET 等。

在电路原理图中,以 BJT 为例,各电压和电流的符号规定如下表所示。

项目	电源	静态值	交流或随时间变化的分量			总量(直流+交流)
			瞬时值	有效值	相量	瞬时值
集电极电压	V_{CC}	V_C	v_c	V_c	\dot{V}_c	$v_C = V_C + v_c$
集电极电流	I_{CC}	I_C	i_c	I_c	\dot{I}_c	$i_C = I_C + i_c$
基极电压	V_{BB}	V_B	v_b	V_b	\dot{V}_b	$v_B = V_B + v_b$
基极电流	I_{BB}	I_B	i_b	I_b	\dot{I}_b	$i_B = I_B + i_b$
发射极电压	V_{EE}	V_E	v_e	V_e	\dot{V}_e	$v_E = V_E + v_e$
发射极电流	I_{EE}	I_E	i_e	I_e	\dot{I}_e	$i_E = I_E + i_e$

注:在电子电路的交流通路和小信号等效电路中,各元器件的电流、电压均标交流分量;在正弦稳态分析中,各信号量标为相量,如 \dot{V}_c 、 \dot{I}_c 等;对于输入信号为非正弦波的,而且电路在零输入时为零输出,则标为 v_1 、 v_0 等;对于输入为非正弦波信号,而且在电路为零输入时为非零输出,则标为 Δv_1 、 Δv_0 等。

目 录

1 绪论	1	3.2.3 PN结的单向导电性	53
1.1 信号	1	3.2.4 PN结的反向击穿	56
1.2 信号的频谱	2	3.2.5 PN结的电容效应	57
1.3 模拟信号和数字信号	4	3.3 二极管	58
1.4 放大电路模型	5	3.3.1 二极管的结构	58
1.5 放大电路的主要性能指标	9	3.3.2 二极管的 $I-V$ 特性	59
小结	15	3.3.3 二极管的主要参数	60
习题	16	3.4 二极管的基本电路及其分析方法	62
2 运算放大器	18	3.4.1 简单二极管电路的图解分析 方法	62
2.1 集成电路运算放大器	18	3.4.2 二极管电路的简化模型分析 方法	63
2.2 理想运算放大器	21	3.5 特殊二极管	74
2.3 基本线性运放电路	22	3.5.1 齐纳二极管	74
2.3.1 同相放大电路	22	3.5.2 变容二极管	77
2.3.2 反相放大电路	26	3.5.3 肖特基二极管	77
2.4 同相输入和反相输入放大电路的 其他应用	29	3.5.4 光电器件	78
2.4.1 求差电路	29	3.6 SPICE 仿真例题	81
2.4.2 仪用放大器	31	小结	83
2.4.3 求和电路	32	习题	84
2.4.4 积分电路和微分电路	33	4 场效应三极管及其放大电路	89
2.5 SPICE 仿真例题	37	4.1 金属-氧化物-半导体(MOS)场效 应三极管	89
小结	39	4.1.1 N沟道增强型 MOSFET	90
习题	39	4.1.2 N沟道耗尽型 MOSFET	95
3 二极管及其基本电路	47	4.1.3 P沟道 MOSFET	96
3.1 半导体的基本知识	47	4.1.4 沟道长度调制等几种效应	98
3.1.1 半导体材料	47	4.1.5 MOSFET 的主要参数	99
3.1.2 半导体的共价键结构	47	4.2 MOSFET 基本共源极放大电路	103
3.1.3 本征半导体、空穴及其导 电作用	48	4.2.1 基本共源极放大电路的组成	103
3.1.4 杂质半导体	50	4.2.2 基本共源极放大电路的工作 原理	103
3.2 PN结的形成及特性	52	4.2.3 放大电路的习惯画法和主要 分析法	105
3.2.1 载流子的漂移与扩散	52	4.3 图解分析法	106
3.2.2 PN结的形成	52		