

A Simple Guide to Analog Electronic Circuits, Devices, and Applications

实例解读模拟电子技术

完全学习与应用(配教学视频)

杨 欣 胡文锦 张延强 编著
Yang X Hu W J Zhang Y Q

莱·诺克斯 王玉凤 刘湘黔 主审
Nokes L Wang Y F Liu X Q

“模电”，是电类学生绕不开的一道坎，其重要性不言而喻。

它的难学，也让所有正在学习和学过的人都深有体会。

本书力图将枯燥理论生动化，将复杂问题简单化。

为想要学好这门课程的读者提供一点帮助。



本书附送光盘，内含：

- 各章PPT课件。
- 各实例电路图原文件。
- 全书知识及实例的教学与演示录像。



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

实例解读模拟电子技术 完全学习与应用（配教学视频）

杨 欣 胡文锦 张延强 编著
Yang X Hu W J Zhang Y Q

莱·诺克斯 王玉凤 刘湘黔 主审
Nokes L Wang Y F Liu X Q

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书通过丰富多彩的应用实例,由浅入深地剖析模拟电子电路各方面的知识。例如,通过电子地动仪的介绍带领读者进入电子学的殿堂,通过 USB 充电器和电池保护器介绍有关直流电源的知识,通过电子听诊器介绍电容的基本功能,通过地下宝藏探测仪和手机来电闪光坠介绍电感器的知识,通过耳机放大器生动地介绍三极管的知识,通过温度监测仪与昆虫搜索器让读者理解三极管的偏置,通过吉他哑音器和手持式扩音器说明小信号放大与功率放大,通过倒车雷达引入场效应管的知识,通过 CT 诊断探索集成电路的使用,通过运放双电源和光电话介绍运放的使用与设计,通过人体运动检测仪、触摸屏等实例展示了多种传感器的功能和应用,通过电子冷酒器等展示丰富的电子元器件。通过本书的学习,读者不仅能更好地理解枯燥的模拟电子技术知识,还能达到学以致用目的。

本书的附赠光盘中含有作者精心制作的 440 多个教学录像,详细地讲解、演示了全书的重要知识点和实验操作。电路飞翔网(www.circuitfly.com)为本书的学习提供支持,并提供了 C1201 面包板实验套件的详细资料。

本书适合所有正在学习“模拟电子技术”课程的高校学生;对于学过该门课程却仍是一知半解或不知如何运用的读者,本书也会是其回头重拾模拟电子技术知识并能消化应用的有益参考。

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

实例解读模拟电子技术完全学习与应用:配教学视频/杨欣,胡文锦,张延强编著. —北京:电子工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-121-18817-6

I. ①实… II. ①杨…②胡…③张… III. ①模拟电路—电子技术 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 254534 号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:徐 萍

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:36.75 字数:941 千字

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

册 数:4 000 册 定价:65.00 元(含 DVD 光盘 1 张)

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 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

本书编写及立体式教学互动平台建设委员会

主任委员：

杨 欣 胡文锦 张延强

莱·诺克斯 王玉凤 刘湘黔

委员（排名不分先后）：

刘 杰 刘 文 张铠麟 李哲谦 刘长焕

赵兴东 傅予嘉 陈 伟 赵东旭 张浩翔

容春霞 王正浩 陈 新 昌文婷 何 帅

陆 丽 孙 超 王晓霖 梁东方 梁延宁

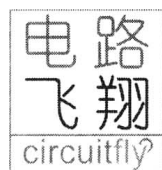
立体式网络教学互动平台：www.circuitfly.com

新浪微博：@电路飞翔（www.weibo.com/circuitfly）

腾讯微博：@电路飞翔（t.qq.com/circuitfly）

作者邮箱：yangVxin@gmail.com

QQ 群：214926972



Foreword



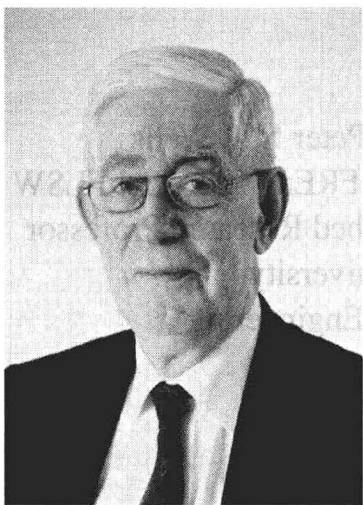
Professor Peter N.T. Wells
CBE FRS FREng FMedSci FLSW
Distinguished Research Professor
Cardiff University
School of Engineering
United Kingdom

Nowadays, students and amateurs of electronic engineering need handy access to a comprehensive textbook covering all the important aspects of analog circuits, devices and applications. This new work, with Xin Yang as the principal author, completely satisfies this requirement.

A particularly valuable feature of the text is that almost every chapter ends with sections on relevant experience and practice. The first chapter sets the scene by introducing the fundamentals of electronic circuits. This is followed by a chapter on electrical power sources, ranging from batteries to the ubiquitous USB socket. The next three chapters deal with the three passive circuit components – resistors, capacitors and inductors. RLC circuits are then discussed, including complex numbers and quality factor. Following two chapters on diodes and transistors, the topics of biasing, small signal and power amplifiers are covered in three chapters. Then, there are eight chapters on field effect transistors and amplifiers, frequency response, operational amplifiers and circuits, negative feedback, active filters, and practical circuits using operational amplifiers. The book ends with five more chapters: these are on impedance matching, sensors, oscillations, more electronic components – such as thyristors and motors – DC power supplies, and several appendices. All this is covered in 650 pages of closely-packed practical information.

This book is the most recent of the series of which Xin Yang is the principal author. It maintains the high standard for which he now enjoys a very well-deserved reputation. It promises to be of very great value to those who turn to it as a source of reference and practical guidance in the up-to-date application of analog electronic circuits, devices, and applications.

序



皮特·维尔斯 教授

英国最高级巴思爵士
英国皇家学会会员
英国皇家工程院院士
英国医学科学院院士
英国加的夫大学特聘教授
英国威尔士学会会员

今天，电类专业的学生和电子技术的爱好者迫切需要一本能全方位覆盖模拟电子技术、元器件及应用精华的立体式综合性参考书。而这本以杨欣为第一作者的新书，将彻底迎合广大读者朋友的需求。

本书尤其难能可贵的是在几乎每一章都以与知识点相关的应用体验和实例解读进行推进。第1章通过介绍电子电路基础拉开了学习的大幕。随之介绍的是电源，覆盖了从电池到利用今天无处不在的USB端口供电。之后的3章重点阐述了3种无源器件——电阻器、电容器、电感器。RLC电路随后讨论，其中还用复数进行分析并讨论了品质因数。接下来还有2章集中介绍二极管和三极管，随后的3章重点学习了偏置电路、小信号放大器、功率放大器。场效应管及其放大电路、频率特性、运算放大器及其应用电路、负反馈、有源滤波器、运算放大器的实际应用等都有淋漓尽致的介绍。本书的后5章涉及阻抗匹配、传感器、振荡器、更多的元器件包括晶闸管和电动机、直流稳压电源，最后是非常实用的附录。所有这些翔实的内容都在650页内纷纷精彩呈现。

本书是杨欣等作者所出版的系列图书中最新的一本，它发扬了作者向来高质量写作的优点。也因如此，他们所出版的图书受到了广大读者的追捧和喜爱。我敢保证，本书对于那些寻找电子技术参考书和实践指南的朋友来说，特别是渴望掌握模拟电子技术、元器件、应用前沿知识的读者朋友来说，将是一笔巨大的财富。

前言

模拟电子技术是一门艺术，与生活息息相关，如影随形。它具有完美的表象和生动的外在，我们实在很难让一本介绍模拟电子技术的书枯燥起来。

我们在近 7 年以来出版的多部有关电子电路、单片机方面的畅销书成为了本书的基石。本书凝结了清华大学、北京大学、中国科学技术大学、北京交通大学、北京航空航天大学、深圳职业技术学院等多位一线教师、博士研究生的教学和实践体会，也得到了英国剑桥大学、牛津大学、帝国理工学院、爱丁堡大学、加的夫大学、伦敦大学玛丽女皇学院等世界一流大学中多位教授、博士生导师的指导意见。同时，《电子制作》、《电子测试》、《家电维修》、《家庭影院技术》等行业杂志社中多位老师也参与了本书的策划。

经过诸多业内专家、老师的精心裁剪和沉淀，本书的内容、布局、脉络、实例等都非常符合模拟电子技术的学习规律，广大读者朋友可以从本书另辟一条学习模拟电子技术的蹊径。

特色一 —— 无与伦比的立体式学习

本书开辟世界首创的电子技术学习的崭新形式：如图 A 所示，以本书为依托，通过实验套件、电路飞翔网站、教学视频、PPT 课件插图、微博、二维码学习检索、QQ 群讨论、作者 E-mail 答疑、手机 App 在线学习（在建）、技术手册等学习资源，打造一个全新的立体式电子技术学习平台，一改过去单一、枯燥的学习方式，助力广大读者朋友迅速、准确、有效地掌握电子技术的精华。

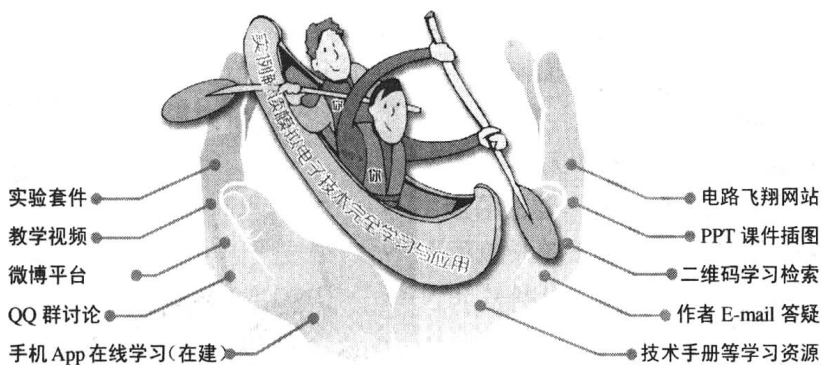


图 A 立体式学习电子技术的模式

- **实验套件。**电子技术的学习贵在实践，动手实验是迈向成功的必经之路。每一章的“应用体验”环节都安排了一个面包板实验，这些实验成本低廉，操作简便，在家就可以做。为了解决零散元器件不易寻找、不易购买的困难，电路飞翔网提供的 C1201 面包板实验套件包括了本书“应用体验”所需的元器件，如图 B 所示。这个套件的详细说明可参考附录 A 及光盘中的《C1201 面包板实验套件》文档。包括每个实验在内的全书每个章节都有视频一一进行讲解。

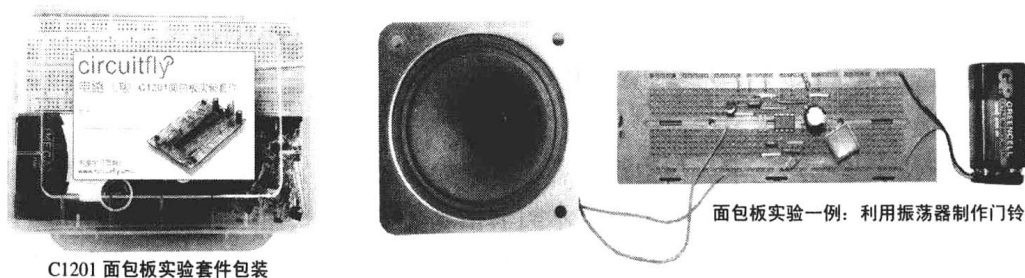


图 B 本书配套的学习实验工具——C1201 面包板实验套件（图片仅供参考，外观以实物为准）

- **电路飞翔网站 (www.circuitfly.com)。**网站由本书的作者设计和维护，是我们已出版和即将出版的图书的官方网站。电路飞翔网提供包括本书在内的大量翔实的电子技术学习资源，可扩展学习的视野并获得网上学习的帮助。
- **教学视频。**教学视频覆盖全书，达到 440 多个，由作者杨欣亲自录制，精心为本书量身打造一个生动而准确的多媒体学习资源，让学习电子技术的形式不再单一。
- **PPT 课件插图。**方便课堂教学使用，归纳了本书的要点。全书的彩色插图都插入 PPT 课件中，在不提高书价的前提下让广大读者朋友获得丰富多彩的内容。
- **微博平台 (新浪和腾讯微博@电路飞翔)。**电路飞翔的微博由本书作者维护，即时发布电子技术学习的相关信息、电子创意点子等，欢迎广大读者朋友更加关注并与作者互动。
- **二维码学习检索。**我们提供了手机、网站两种学习检索形式。全书的每一章都附有二维码，光盘中还提供了 440 多个二维码可直达每一个知识点的视频。在 iPhone 或安卓等智能手机上安装一个二维码扫描软件（可到 91 手机、机锋网、itunes、Google Play 等上搜索“二维码”或“QR code”），如图 C 所示，用手机的相机扫描光盘中的二维码，就可以打开相应的学习资源。还可以直接在电路飞翔网上的检索栏中输入标题名称或章节号，同样可以打开学习资源。



二维码：用手机扫描可打开电路飞翔网站 在安装了二维码扫描软件的智能手机上用摄像头扫描二维码

图 C 二维码检索学习资源

- **QQ 群讨论 (QQ 群号 214926972)。**如果读者朋友需要互动，可以加入我们为本书开辟的 QQ 群，本书的作者会适时在 QQ 群中上线回答大家的问题和发布信息。
- **作者 E-mail 答疑 (yangVxin@gmail.com)。**这是我们专为本书开通的邮箱，如果读者朋友有关于本书的任何疑问、建议、意见，非常欢迎与作者通过电子邮件取得联系，我们将尽量、尽快为广大读者朋友解答。

- **技术手册等学习资源。**本书中标记“”的技术手册可从电路飞翔网下载，网站上还有许多其他电子类图书和资源供大家学习时参考。
- **手机 App 在线学习（在建）。**为了方便广大读者朋友在智能手机、平板电脑等移动终端上学习电子技术，我们正在研发一个在线学习的 App，在本书出版后不久就会推出。大家可以关注我们的微博、网站等获得最新的信息。

特色二 —— 包罗万象且生动平实

这是一本真正集模拟电路知识点、电子元器件、电路设计、Proteus 电路仿真演示、面包板电路实验演示、电路应用解读、模拟电路完整设计实例等于一体的立体式学习参考书。

全书把包罗万象、体系庞大的模拟电路巧妙地分解到上百个实例中，知识点穿插于元器件应用、电路设计、电路仿真、电路实验、完整实例之中，生动的语言和丰富而精美的插图可以帮助大家不费吹灰之力潜移默化地消化和吸收。全书的讲解过程力求前呼后应，相互穿插巩固。有许多地方适时地提示书中前、后的相关内容。

我们深谙模拟电子技术内容多、难度大，为了让读者朋友在学习过程中避开这些问题，我们把模拟电子技术进行了全新的通俗解读。全书深入浅出、平实易懂。一改以往的“传教”式，以简单的白话与读者朋友娓娓道来。没有生涩的大理论，没有读不懂的操作过程，也没有庞杂的计算。

全书集电路知识、元器件、仿真、实验、体验、设计等，浑然一体，既授读者朋友以鱼，也授之以渔。

特色三 —— 标准化的结构

本书分为上、下两篇：上篇为基础篇，下篇为深入篇。

每一篇下有若干章，其中还穿插了几个专门讲难点问题的章节，称为“难点突破系列”。每一章都由以下几个固定的模块组成：

- **实例引入。**通过一个生活中的实例，让大家感性认识某一章的知识点，体会这个知识点并不只是在死板的书里，而是活生生地存在着。
- **元器件。**电子元器件是电子技术学习中不可或缺的部分，元器件介绍中的第一节必定有一个该元器件应用的实例，以便拉近元器件与生活的距离。还可通过视频教学认识元器件及其应用。
- **电路与应用。**展现每一章核心的电路知识点，并详细介绍如何把元器件、电子技术应用在实际当中。其中仍然用生动的实例引导学习。视频教学将详细介绍每一个电路知识点和应用技能。
- **设计与仿真。**通过 Proteus 对电路进行仿真学习，既强化了知识点，也训练了技能。在仿真过程中还能学习到电路设计的思路。视频教学中将有截屏演示仿真电路的搭建、注意事项、仿真结果等。
- **应用体验。**电子技术的最大价值就是实践设计，每一章都安排一个精巧的实例，可用面包板动手进行实验。致力于透彻掌握模拟电子技术和想亲自动手实践的读者朋

友可以到电路飞翔网上找到优质的实验元器件套件，它覆盖本书的所有实验及相关知识。视频教学中还将演示利用这个元器件套件在面包板上实验的过程。

- **实例解读。**在整章实例讲解知识点的最后，再解读一个完整的应用实例，该实例紧扣本章的主要知识点，既扩展视野，也便于感性认识知识点的应用。

适用对象

- **进入模拟电子技术无门的人。**有的朋友正准备开始或已经开始学习模拟电子技术，但是陷于市面上琳琅满目的教材的选择中。不回避地说，有些教材就连我们拿上手阅读都没有办法轻松地学习到其中的内容。所以，我们剪裁出本书，为的是用独特、新颖的手法，让读者能够轻装上阵学习模拟电子技术。加上图 A 所示的强大立体式辅助学习工具，通过视频+实验套件，完全可以自学并掌握模拟电子技术。
- **广大的学生朋友。**我们国内非常缺少原创的生动解读模拟电子技术的书籍，所以比起欧美的学生学习起来要吃力许多。不管大家手上是否已经有了教材，都可以从本书一开始就发觉模拟电子技术的魅力和吸引力，从而由兴趣带领着以崭新的形式上手学习。本书从头到尾都是生动的过程讲解和贴近生活的实例，既可单独作为教材使用，也可作为一本参考书。加之立体的资源如网站、视频教学、实验套件、微博和邮件与作者互动等，都将使模拟电子技术的学习事半功倍。
- **老师们。**如果能在课堂上使用一本深入浅出的教材，利用本书附赠光盘中已经制作好的精良 PPT 课件，加上立体的资源，与学生之间将不再重蹈枯燥、犯困的传授方法，取而代之的是精彩的实例互动和崭新的模电学习方式，加上现成的视频、实验素材，岂不是皆大欢喜？
- **电子电路爱好者。**本书绝大部分的内容学生都可以自学并理解，所以不管哪个层次的爱好者，如果你们需要学习一些模拟电子技术的知识，或者是为了实施具体的项目而补充一些知识，还是找一些有趣的制作实例来 DIY，那本书及其立体的学习资源将成为爱好者们的福音。

内容布局

- **基础篇（1~14 章）。**交给读者朋友一把钥匙，开启模拟电子技术的学习之门。其中介绍电路中一些基本定理、公式，以及围绕无源元器件如电源、电阻、电容、电感等展开基础知识和设计技能的介绍，接着开启半导体元器件二极管的话题，随后围绕着半导体晶体管叙述，包括三极管、场效应管的相关知识。这一部分打破传统的讲解形式，把以往枯燥的内容形象化、简单化，引导读者学习。
- **深入篇（15~24 章）。**运算放大器是这一篇的主角，介绍了与之相关的电路、设计、计算、难点等问题。难能可贵的是第 18 章提供了滤波器学习和设计的许多清晰思路。之后的传感器、振荡器、更多的元器件、直流稳压电源都是模拟电子技术不可或缺的部分，均通过实例引导读者学习本篇还谈到许多热点知识和系统设计的问题。

特别感谢

全书由杨欣统筹和主笔，由胡文锦、张延强、张铠麟、傅予嘉、刘杰、刘文、崔捷、李哲谦、刘长焕、赵兴东、赵东旭、陈伟、张浩翔、王正浩、金石等共同参与编写而完成。期间，还得到许多国内外专家的帮助和指导。

首先，我们感到极大的荣幸，再次邀请到 Peter Wells 教授为本书作序，他是世界公认的人类医用超声之父。早在 1964 年他就与 Ken Evans 和 Frank Ross 发明了第一台关节臂 B 超，连同后来他发明的世界第一台自动水浴超声乳腺扫描仪、导管内窥镜探头、多普勒超声传感器、灰阶图像超声等不胜枚举的开创性研究，为今天临床中普遍应用的 B 超、彩超、3D 超声、弹性超声等的出现奠定了基础。他作为英国最高级巴思爵士获得者、英国皇家学会会员、英国皇家工程院院士、英国医学科学院院士、英国加的夫大学特聘教授、英国威尔士学会会员，仍然工作在教学、科研的第一线，亲力亲为指导医学工程专业的本科生、研究生。

其次，要感谢英国加的夫大学工程学院电子和物理医学研究所主任 Len Nokes 教授对本书框架、内容的审定。他是国际足联（FIFA）及欧洲足联（UEFA）的高级顾问医生、运动损伤研究员。他作为笔者的博士生导师，在运动损伤的诊断及治疗等医学工程研究中给予了大量的思路和精心的指导，并持续不断地关注和帮助我们出版更多的电子类图书。

要特别感谢本书的另外两位主审——北京交通大学的王玉凤和刘湘黔教授，他们十多年来倾尽全力的帮助与支持，都沉淀在我们所出版的 8 本书中。他们事无巨细的指导还将继续成为我们出版电子类著作的动力。希望用我们相继出版的图书，感谢他们在教书育人、科研探索中所倾注的精力，以及过去和未来为社会创造的平凡而伟大的财富。

感谢北京交通大学生物医学工程系主任刘杰教授和北京军区总医院计量科主任刘文教授，他们近十年来在电子物理医学研究中给予的精心指导，成为我们多部图书的基石。我们正是在他们所指导的诸多医学工程项目中迅速成长起来的。

感谢英国帝国勋章获得者、英国皇家物理学家和科学家、英国加的夫大学特聘教授 John Woodcock 对本书诸多内容的精心指导及对笔者科研、论文的帮助。同时，感谢英国加的夫大学临床医院的 Dr. Neil Pugh 和 Dr. Declan Coleman、英国帝国理工学院的 Dr. Roy Clement、英国伦敦大学玛丽女皇学院的 Dr. Deric Jones 和 Dr. Hazel Screen 等的帮助。另外，对英国爱丁堡大学的 Peter Hoskins 教授、Tom Anderson 及英国布里斯托总医院的 Dr. Haidong Liang 对编纂工作的肯定与指导表示感谢。

感谢北京交通大学计算机学院院长韩臻教授、党委书记杨晓晖教授、党委副书记余亚光教授给予的支持与帮助。另外，对北京交通大学国家级物理实验教学示范中心的成正维、牛原、杨甦、蔡天芳、滕永平等几位教授表示诚挚的谢意。

感谢深圳职业技术学院副校长温希东教授对本书内容的指导和肯定。还要感谢宋荣、贾方亮老师在具体电路、设计思路上的给予的大力帮助。

感谢英国剑桥大学的梁东方和王晓霖夫妇的鼎力帮助。并对《电子制作》、《电子测试》、《家庭影院技术》和《家电维修》杂志社的主编陈忠、社长陈晓筱、副主编杨来英、编务王雪珍等老师表示最大的感谢。此外，还要感谢清华大学的韦思健教授和中国科学技术大学的赵文教授及夫人对内容的指导。感谢北京城市学院的汪仁里教授及夫人、北京航空航天大学

的张国华教授。同时，对为本书提供了许多宝贵建议的王淑兰老师表示感谢。

感谢梁丽丽、张晟、周萍、赵少云和雷丽明几位老师，他们对笔者的成长起了至关重要的作用。

最后，要感谢我的父母等家人；另外，还要感谢挚友崔捷十多年来给予的莫大帮助。

万分不幸的是，《电子制作》杂志的陈忠主编因病离开了爱他的读者，他所创办的杂志伴随着我的成长，未来也将影响新一代中国电子爱好者。

令我悲痛欲绝的是，在本书持续编写的1年多里，我的阿公和阿姆——两位从小就溺爱呵护着我的至爱亲人，还未等本书的出版就相继离开了人世。

谨以此书纪念逝去的他们！

杨 欣

The Queen's Medical Research Institute
Edinburgh University
United Kingdom
2012-10

上篇 基础篇



第1章

打开电子学的大门——电路基础知识 3

- 1.1 ■实例引入——电子地动仪..... 3
 - 1.1.1 地震波如何被测量..... 3
 - 1.1.2 从电路图到电路板..... 4
- 1.2 ■元器件——外观及电路符号..... 6
 - 1.2.1 身边的电子元器件..... 6
 - 1.2.2 元器件电路符号..... 6
- 1.3 ■电路与应用——电压与电流..... 7
 - 1.3.1 电压 (V) 7
 - 1.3.2 电流 (I) 8
 - 1.3.3 功率 (P) 9
 - 1.3.4 欧姆定律..... 9
 - 1.3.5 串联与并联..... 9
- 1.4 ■设计与仿真——电流的流入与流出 ... 9
 - 1.4.1 基尔霍夫电流定律..... 10
 - 1.4.2 电动机与灯泡的电流..... 10
- 1.5 ■应用体验——常用实验工具..... 11
 - 1.5.1 面包板 11
 - 1.5.2 万用表 12
 - 1.5.3 信号发生器和示波器..... 12
 - 1.5.4 PC 信号发生器与 PC 示波器..... 13
 - 1.5.5 制作 PC 信号发生器和 PC 示波器..... 14
 - 1.5.6 学习使用 PC 信号发生器和 PC 示波器 16
- 1.6 ■实例解读——完成地动仪的制作 17
 - 1.6.1 霍尔传感器如何获得地震波..... 17
 - 1.6.2 电路板的设计与制作..... 18
 - 1.6.3 安装与调试..... 19



第2章

电路工作的源动力——电源 20

- 2.1 ■实例引入——太阳能飞机的 14 天 ... 20
 - 2.1.1 电源的种类..... 20
 - 2.1.2 电源的电气参数 21
- 2.2 ■元器件 A——电池 22
 - 2.2.1 原电池 22
 - 2.2.2 蓄电池 23
 - 2.2.3 电池的容量..... 23
 - 2.2.4 电池的选择..... 24
- 2.3 ■元器件 B——电源适配器 25
 - 2.3.1 电源适配器的功率..... 25
 - 2.3.2 电源适配器的选择..... 26
- 2.4 ■元器件 C——绿色电池 26
 - 2.4.1 太阳能电池..... 26
 - 2.4.2 燃料电池..... 26
- 2.5 ■元器件 D——接插件和开关..... 27
 - 2.5.1 接插件 27
 - 2.5.2 开关..... 28
- 2.6 ■电路与应用——USB 口电池充电器 29
 - 2.6.1 镍镉蓄电池的充电原理..... 29
 - 2.6.2 USB 充电器..... 29
- 2.7 ■设计与仿真——双极性电源..... 30
 - 2.7.1 什么是双极性电源..... 30
 - 2.7.2 放大器的双极性电源 31
- 2.8 ■应用体验——万用表测量电源输出功率 31
 - 2.8.1 万用表测量电压和电流 32
 - 2.8.2 振荡器工作电压和电流 32
- 2.9 ■实例解读——电池保护器..... 33
 - 2.9.1 电路及制作..... 33
 - 2.9.2 电路调试..... 35



第3章



电压、电流的改变——电阻.....36

3.1	■实例引入——电视机的音量调节.....36
3.1.1	电压的改变.....36
3.1.2	电压改变带来功率的变化.....37
3.2	■元器件 A——固定电阻器.....37
3.2.1	发热的电阻.....37
3.2.2	电阻的阻值.....38
3.2.3	电阻的额定功率.....40
3.2.4	电阻的种类.....41
3.3	■元器件 B——电位器.....42
3.3.1	电位器的结构.....42
3.3.2	电位器的滑轨电阻.....42
3.3.3	电位器的种类.....43
3.3.4	电位器的额定功率.....43
3.4	■元器件 C——敏感电阻.....44
3.4.1	热敏电阻.....44
3.4.2	光敏电阻.....45
3.5	■电路与应用——分压和分流.....46
3.5.1	电阻的串联和并联.....46
3.5.2	电阻的分压.....46
3.5.3	电阻的分流.....47
3.6	■设计与仿真——光控报警器.....47
3.6.1	光控报警器的工作原理.....47
3.6.2	光控报警器的报警.....48
3.7	■应用体验——反映光线的电压.....48
3.7.1	电位器的影响.....49
3.7.2	光敏电阻分压器的输出电压.....49
3.8	■实例解读——倾斜度测量仪.....50
3.8.1	倾斜度的测量原理.....50
3.8.2	倾斜度测量电路.....51



第4章

直流的隔离与电能的储备——电容.....52

4.1	■实例引入——多媒体音箱的 均衡调节.....52
4.1.1	信号的频率和幅度.....53

4.1.2	信号的幅频变化.....53
4.2	■元器件 A——无极性电容器.....55
4.2.1	收音机的选台旋钮.....56
4.2.2	隔直通交.....56
4.2.3	电容的容量.....57
4.2.4	电容的额定电压和漏电流.....59
4.2.5	无极性电容的种类.....59
4.3	■元器件 B——极性电容器.....60
4.3.1	极性电容的特点.....60
4.3.2	极性电容的种类.....60
4.4	■电路与应用 A——电容的 应用基础.....61
4.4.1	电容的并联与串联.....61
4.4.2	电荷与能量的存储.....62
4.4.3	容抗.....63
4.4.4	相移.....63
4.5	■电路与应用 B——RC 电路与 时间常数.....64
4.5.1	电容充电.....64
4.5.2	电容放电.....65
4.5.3	RC 电路的延时应用.....66
4.6	■设计与仿真——电阻耦合与 电容耦合.....66
4.6.1	电阻耦合.....67
4.6.2	电容耦合.....68
4.7	■应用体验——无源滤波器.....69
4.7.1	无源滤波器.....70
4.7.2	滤波器实验.....71
4.8	■实例解读——电子听诊器.....72
4.8.1	听诊器原理.....72
4.8.2	电子听诊器电路.....72



第5章

电与磁的转换——电感.....75

5.1	■实例引入——地下宝藏探测仪.....75
5.1.1	电生磁.....76
5.1.2	磁生电.....76
5.2	■元器件 A——电感器.....77
5.2.1	铁氧体磁环.....77



5.2.2	阻交通直	78
5.2.3	电感的电感量	78
5.2.4	电感的种类	80
5.2.5	电感的芯	80
5.2.6	电感两端的电压与能量存储	81
5.3	■电路与应用 A——电感的	
	应用基础	82
5.3.1	感抗	82
5.3.2	相移	82
5.3.3	电感的品质因数 (Q)	82
5.3.4	电感的串联与并联	83
5.4	■电路与应用 B——LC 电路	83
5.4.1	LC 并联电路	83
5.4.2	LC 串联电路	85
5.5	■设计与仿真——RLC 滤波器	85
5.5.1	RL 低通滤波器	85
5.5.2	RL 高通滤波器	86
5.5.3	其他 RLC 电路	87
5.6	■元器件 B——变压器	88
5.6.1	电源适配器	88
5.6.2	电压变换与阻抗匹配	88
5.6.3	变压器的种类	89
5.7	■应用体验——手机来电闪光坠	91
5.7.1	自制电感	92
5.7.2	手机来电闪光坠电路	93
5.8	■实例解读——微型无线麦克风	93
5.8.1	无线发射和接收的原理	94
5.8.2	微型无线麦克风电路	95
第 6 章	难点突破系列 1——RLC 电路	97
6.1	■阻值、阻抗、容抗、感抗	97
6.1.1	阻值	97
6.1.2	阻抗	98
6.1.3	容抗	98
6.1.4	感抗	99
6.2	■用复数分析 RLC 电路	100
6.2.1	线性电路	100
6.2.2	复数	101
6.2.3	复数与阻抗	103
6.2.4	万能的欧姆定律	104
6.2.5	视在功率、实功率、无效功率、 功率因数	106

6.3	■RLC 电路的品质因数	107
6.3.1	RLC 电路的谐振	107
6.3.2	RLC 电路的品质因数 (Q)	109
6.3.3	RLC 电路的带宽 (BW)	109



第 7 章

单向流动的电流——二极管 110

7.1	■实例引入——节能的照明	110
7.1.1	发光二极管的结构	110
7.1.2	点亮发光二极管	111
7.2	■元器件 A——二极管	112
7.2.1	二极管检波	112
7.2.2	单向导通	113
7.2.3	整流二极管	114
7.2.4	整流二极管的偏置	115
7.2.5	整流二极管的伏安特性	116
7.3	■电路与应用 A——电源反接 保护电路	119
7.3.1	利用二极管的偏置	119
7.3.2	如何寻找二极管型号	120
7.4	■设计与仿真——半波与全波整流	120
7.4.1	半波整流	121
7.4.2	桥式全波整流	122
7.4.3	整流全桥	124
7.4.4	电源滤波	125
7.5	■元器件 B——稳压二极管	127
7.5.1	为什么要稳压	127
7.5.2	稳压二极管的稳压值	128
7.5.3	稳压二极管的伏安特性	129
7.6	■电路与应用 B——稳压二极管 稳压电路	130
7.6.1	稳压二极管稳压电路	130
7.6.2	稳压二极管限幅电路	131
7.7	■应用体验——简易直流电源	132
7.7.1	简易直流电源	132
7.7.2	滤波电容的容量	132
7.8	■实例解读——二极管应用电路	133



7.8.1 双电源电路.....	134
7.8.2 供电门.....	134
7.8.3 信号整流器.....	135
7.8.4 限幅电路.....	135
7.8.5 分压器偏置限幅电路.....	136
7.8.6 钳位电路.....	137
7.8.7 倍压电路.....	138



第8章

放大的电流——三极管基础.....139

8.1 ■实例引入——肌电信号的放大.....	139
8.1.1 放大器模型.....	140
8.1.2 耳机放大器.....	140
8.2 ■元器件——三极管.....	141
8.2.1 音频信号的功率放大.....	142
8.2.2 种类繁多的三极管.....	142
8.3 ■电路与应用——三极管如何放大电流.....	144
8.3.1 三极管像一个水槽.....	145
8.3.2 谁来打开“阀门”.....	145
8.3.3 小电流“撬动”大电流.....	146
8.3.4 基本电压、电流关系.....	147
8.3.5 输入参数.....	148
8.3.6 输出参数.....	149
8.3.7 技术手册告诉我们什么.....	152
8.3.8 直流负载线.....	154
8.4 ■设计与仿真——三极管开关.....	155
8.4.1 什么是三极管开关.....	155
8.4.2 设计三极管开关.....	156
8.5 ■应用体验——小电流控制大电流.....	158
8.5.1 三极管的选择.....	159
8.5.2 三极管开关与发光二极管.....	159
8.6 ■实例解读——光控报警器.....	160
8.6.1 三极管开关的应用.....	160
8.6.2 光控报警器的扩展.....	161



第9章

为放大做准备——三极管偏置电路.....163

9.1 ■实例引入——温度监测系统.....	163
9.1.1 热敏电阻与分压器.....	164
9.1.2 初识三极管放大器.....	164
9.2 ■元器件——互补三极管 BC546 和 BC556.....	165
9.2.1 多媒体音箱.....	165
9.2.2 相似的电气参数.....	166
9.3 ■电路与应用——静态工作点.....	167
9.3.1 直流负载线与静态工作点.....	167
9.3.2 静态工作点与放大.....	168
9.3.3 静态工作点与失真.....	170
9.3.4 分压器偏置.....	171
9.3.5 C 极负反馈偏置.....	174
9.4 ■设计与仿真——偏置电路.....	175
9.4.1 分压器偏置设计.....	176
9.4.2 C 极负反馈偏置设计.....	177
9.5 ■应用体验——准备就绪的三极管.....	179
9.5.1 直流放大.....	179
9.5.2 测量静态工作点.....	179
9.6 ■实例解读——昆虫搜索器.....	180
9.6.1 声音的放大.....	180
9.6.2 昆虫搜索器电路.....	181



第10章

电压的放大——三极管小信号放大器.....182

10.1 ■实例引入——肌电假肢.....	182
10.1.1 小信号放大与功率放大.....	183
10.1.2 电压放大不是一切.....	183
10.2 ■元器件 A——话筒.....	184
10.2.1 声控楼道灯.....	184
10.2.2 声电转换.....	185
10.2.3 话筒的种类.....	186



10.2.4	驻极体话筒的电气参数	187
10.2.5	小信号的放大	187
10.3	■电路与应用 A——放大器基础	188
10.3.1	参数的表示方法	188
10.3.2	为什么三极管可以放大信号	188
10.3.3	交流增益	189
10.3.4	三极管的交流内阻	190
10.4	■电路与应用 B——共 E 极放大器	191
10.4.1	共 E 极放大器实例	191
10.4.2	静态工作点（直流分析）	192
10.4.3	电压增益（交流分析）	193
10.5	■电路与应用 C——共 E 极放大器 深层问题	194
10.5.1	前级电路阻抗对电压增益 的影响	194
10.5.2	什么是旁路电容	196
10.5.3	旁路电容对电压增益 的影响	196
10.5.4	稳定电压增益	197
10.5.5	旁路电容的选择	199
10.5.6	后级电路阻抗对电压增益 的影响	200
10.5.7	共 E 极放大器的电流增益	202
10.6	■元器件 B——达林顿管	203
10.6.1	“双胞胎”三极管	203
10.6.2	增益的极大提高	203
10.7	■电路与应用 D——共 C 极电流 放大器	204
10.7.1	共 C 极电流放大器实例	204
10.7.2	共 C 极电流放大器 （E 极跟随器）	204
10.7.3	达林顿管 E 极跟随器实现 阻抗匹配	207
10.8	■电路与应用 E——共 B 极 放大器	208
10.8.1	共 B 极放大器实例	209
10.8.2	共 B 极放大器	209
10.9	■设计与仿真——小信号放大器	211

10.9.1	设计需求	211
10.9.2	放大器设计	211
10.10	■应用体验——吉他哑音器	213
10.10.1	什么是哑音器	213
10.10.2	哑音器电路	214
10.11	■实例解读——收音机中的 多级放大器	215
10.11.1	多级放大	215
10.11.2	多级放大器的参数	216



第 11 章

电流的放大——三极管功率放大器 219

11.1	■实例引入——海啸预警系统	219
11.1.1	电压放大与电流放大	220
11.1.2	扬声器功率放大器	221
11.2	■元器件——扬声器	221
11.2.1	数字投音器	221
11.2.2	电声转换	222
11.2.3	扬声器的种类	222
11.2.4	扬声器的电气参数	223
11.3	■电路与应用 A——Class A 放大器	224
11.3.1	Class A 放大器实例	224
11.3.2	小信号放大器与 Class A 放大器	224
11.3.3	交流负载线	225
11.3.4	让 Class A 放大器获得 最大输出	227
11.3.5	Class A 放大器的电压增益	228
11.3.6	Class A 放大器的静态功耗	229
11.3.7	Class A 放大器的输出 功率及效率	229
11.4	■电路与应用 B——Class AB 放大器	231
11.4.1	Class AB 放大器实例	231
11.4.2	Class B 放大器	231
11.4.3	推挽 Class B 放大器	233
11.4.4	Class AB 放大器的分析	233