

嵌入式系统译丛

模拟电路

Analog Circuits: World Class Designs

[美] Robert A. Pease 著
刘波文 译



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

014057414

TN710.4
09

嵌入式系统译丛

模拟电路

Analog Circuits: World Class Designs

[美] Robert A. Pease 著

刘波文 译



TN710.4

09

北京航空航天大学出版社



北航

C1742775

内 容 简 介

本书是“世界级设计”丛书之模拟电路,全书的每章均系精挑细选的应用精粹,内容全面覆盖:反馈系统、运算放大器、模拟低通滤波器、模拟高通滤波器、噪声类型与消除技术、模拟带通滤波器、陷波器、电流反馈运算放大器、A/D转换器以及模拟/数字接口等,并精选了几位原作者的经验总结,理论结合实际,突出实践应用,一切均从实例出发引导读者深入了解模拟电路设计。

本书的实用性强,可供从事模拟电路设计、自动化控制技术和计量测量等涉及模拟电路设计领域的科技人员参考,也可作为高校通信、电子、电气、仪器仪表和其他信息应用等相关专业高年级学生或研究生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路 / (美) Robert A. Pease 著. 刘波文译. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5124-1359-7

I. ①模… II. ①罗… ②刘… III. ①模拟电路 IV.

①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 007830 号

版权所有,侵权必究。

模拟电路

Analog Circuits: World Class Designs

[美] Robert A. Pease 著

刘波文 译

责任编辑 苗长江 王 彤

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:23 字数:490 千字

2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-1359-7 定价:59.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

版 权 声 明

北京市版权局著作权登记号:图字:01-2012-3397

Analog Circuits; World Class Designs

Robert A. Pease

ISBN-13: 978-0-7506-8627-3

Copyright © 2008 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

ISBN: 978-981-272-176-1

Copyright © 2014 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road

#08-01 Winsland House I

Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200

Fax: (65) 6733-1817

First Published 2013

2014年初版

Printed in China by Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. . This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由北京航空航天大学出版社与 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 在中国大陆境内合作出版。本版仅限在中国境内(不包括香港和澳门特别行政区及台湾)出版及标价销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

译者序

初次接触本书原著应该是在 2012 年 3 月中旬,当时我正忙于 Cortex-M4/F 内核微控制器 LM4F232H5QD 的数据手册和驱动库函数,以及 STM32F4 系列的 RM0090 参考手册等三千多页的翻译,并着手准备针对这两大处理器编写几本从入门到进阶的阶梯段书籍。北京航空航天大学出版社的胡晓柏主任邀请我翻译《Analog Circuits: World Class Designs》,稍微犹豫了一会,但也没有多想就答应下来。

这一点自信心主要来自于人生经历和工作经历。大致在 20 年前,少年时代的我就开始摆弄家里的老式分立元件黑白电视机,几乎是反复地拆下和重焊每个元件,小到每一个调谐电感都未曾逃脱过我的蹂躏,这些事情占据了少年时代大部分记忆。老家的壁柜里至今还摆放着那些家电维修合订本、黑白电视机原理、彩色电视机线路图之类布满密密麻麻电子元件的书籍。即使是在嵌入式领域工作了十多年后的今天,个人最大的业余爱好仍然是电子电器维修,小到遥控器、充电器、手机、笔记本电脑,大到冰箱、液晶电视、洗衣机、电脑主板等,涵盖凡是能在家庭中看得见的电子电器。一到周末,免费帮忙维修朋友家的或者邻居家的坏电器,几乎成了我最主要的消遣和娱乐。最初的工作主要从事硬件设计、后面涉及 CE、FCC、EMI 等,得益于当时在硅谷的工作及和来自不同国家的研发团队合作,让我逐步深入到软件设计、Firmware 设计、Driver 设计等领域,慢慢较好地适应于各种软硬件一体化的工程实践,让我的工程师生涯能够逐步延伸。

好了,言归正传。本书是关于模拟电路设计的专著,由模拟电路设计界的传奇人物 Bob Pease 统稿,各章节的作者均来自模拟领域顶级专家和资深工程师。细心的读者兴许还可以由作者名字搜索出他们各自出版的模拟电路领域相关的专著。书的内容涵盖了反馈系统、运算放大器、电流反馈放大器、模拟滤波器、A/D 转换器、模拟/数字电路接口等。除此之外的电路板布局与元器件选择、噪声类型及消除技巧、A/D 转换器应用选择、晶体管 V_{BE} 状态分析、电压/频率转换器设计等部分章节系各位作者多年工作经验、技术及方法的总结。

本书理论结合实际、实际推导理论,内容精炼、信息量大、行文风格简练平实,从实例出发引导读者深入了解模拟设计。总的来说,本书的实际应用心得多于系统的理论,无论是初学者还是资深的模拟电路设计师和工程师,都可以从本书中挑选章节阅读而获得重要的参考信息,解决实际工作中的疑难问题。

由于书中少数章节略过了最基本的理论,建议部分读者阅读前参阅一些其他的模拟电路、数字电路、电子滤波器、电子测量、电子元器件实用技术等相关技术书籍以及微积分、概率论等基础课程,稍微了解一些晶体管特性、集成电路、低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器的基础知识,以加深理解和消化。

因为模拟电路设计的实践性很强,在这一方面,希望读者不要只被动地看书上怎么说的,而要主动针对例子,进行分析,找出规律,从感性认知提升到理性认识,这样才能够深刻体会,更好地用来指导自己的电路实践!

我首先要感谢原书的作者们,精选了这么多理论结合实践的应用精粹;再次感谢北京航空航天大学出版社的胡晓柏主任第一时间给我提供了原著,并为我提供了大量帮助;感谢我的家人能为我腾出足够的时间;感谢我的实验室团队在最初的翻译和资料搜集过程中提供的帮助;这里还要特别感谢熊尉、陈章星等人参与附录的翻译工作。

翻译过程中,译者对原书中一些笔误和明显错误做了纠正;对于原著中个别不易理解处加了译者注,以方便国内读者学习、阅读。由于中英文习俗差异,或多或少受原文的影响,部分专业术语、词汇及其译法尚无统一标准,加之水平有限,翻译若有不妥乃至错漏之处,敬请读者通过 E-mail 不吝指正。我的联系邮箱是 powenliu@yeah.net。

衷心希望每一位想在模拟电路深入发展的读者喜欢这本书。

刘波文

于深圳

2014年5月25日

前言

“世界级”模拟设计的评论

要取得优秀的模拟电路设计始终是一项挑战,现今仍旧不是那么容易,所以我们为大家概述了一些基础性的设计理念。在这些章节中,作者们所提供的针对各种各样优秀模拟电路的设计理念,一定会让你最终设计出优秀的电路。

现在,大量的模拟电路设计采用运算放大器以及少量离散的电阻和电容,通常很容易直接运用电阻使电路正常工作。然而,这仍不是最为关键的,你可能必须增设相应的匹配电阻或微调电位器。甚至到现在,一些年轻的工程师还是要问“因此,我应该做一个 $1\ \Omega/1\ \Omega$ 单位增益反相器?”一些人真的不知道如何去计算适合的电阻值,他们没有任何实际工作或实验室工作的经验。所以,我们必须讲授实际的电路,还得讲授误差预估。有时候,1%精度的电阻非常适合,某些时候 5%、10%、0.1%、0.01% 精度可能更恰当。理查德·伯温在电阻方面有一些很好的建议,有关于误差预算的更多内容请阅读本书对应章节。

前段时间,有人拿着用 8 个精密运算放大器和 16 个精密电阻的设计给我看。后来我做了些精减,减少到 2 个精密电阻和 1 个精密运算放大器,这大大地提高了误差预算。

追溯到 19 世纪 50 年代,那时你根本没有运算放大器可买。布里克研究中心的工程师们针对八插件运算放大器编写了足足 28 页应用指南(如 K2-W,见图 P-1)。从这个小册子上你可以得到一些模拟运算电路设计及一些简单仪器仪表设计的小建议。大约是 1960 年,我来到布里克研究中心工作,在电子管的基础上我研究了运算放大器,接着又研究了高性能固态放大器。

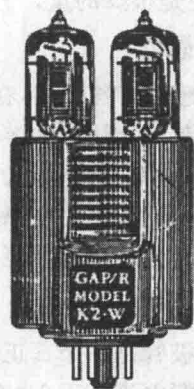


图 P-1 布里克产品 K2-W
(1952—1992 年)

应用笔记

1965 年,那时新的工艺和应用有采用晶体管运算放大器的趋势,这需要针对运算放大器建模、测量、操作以及很多其他的特征做一个全面的应用指南。丹·谢恩戈尔德、乔治·布里克、布鲁斯·塞登及其他几位作者针对这些方面编写了很多内容,

而我只贡献了一点点。这本书非常的实用。我的想法就是,当鲍勃·维德拉推出 μ A709 而不可能再将它从市场上撤回的时候,此时布里克也已经恰到好处地销售及推出数千本这样的书籍,并能为这类集成电路型运算放大器的运用提供有效帮助,使它们的运用更合理、简单。该书以仅 3 美元的售价维持了好些年。最近,一份较好的复印本在 E-bay 上已卖到了 300 美元以上,它值这个价。离开网络你能得到基本的资讯么?我不得不去模拟器件的网站查找一些信息。

其他的一些公司,如伯尔布朗公司(Burr Brown)、亚德诺半导体(ADI)和德州仪器编写了很多运算放大器相关的应用笔记和书籍,但我对这些都没什么印象,他们讲解得不好。国家半导体也发行了很多应用笔记,虽然并非所有的都算得上好的著作,但它们确实是很不错的电路。

如何选择运算放大器?

即使是经验丰富的工程师,也认为这是个让人困惑的问题。运算放大器种类繁多,有各种低压和高压类运算放大器、低压噪声和高压噪声类运算放大器、低功率和高速放大器,还有价格低廉和昂贵的放大器。让我们一起看下邦妮·贝克的一些建议。

精密电容?

有多少年轻工程师知道 1% 精度电容的价格呢?精密电容很少有符合实际的,然而并不是所有的 1% 电容都非常昂贵,有时候 10 美分你就可以买到;某些时候可能就要花一两美元,而且有时候电路上确实就需要这种 1% 的电容。日前我得到一本厚厚的 Digikey 目录。其中 2% 和 1% 误差的聚丙烯电容有着令人惊讶的合理价格,即使是很少的量。

电感?

电感是特殊元件,在滤波器和开关模式稳压器中可能有这种元件需求。通常由开关电源设计师提供详尽的购买建议。否则的话,就得设计电感、调整电感类型(或电感值)重新设计电路。这算是一个特定的专业知识领域,大多数的院校都不讲授这方面的知识。开关电源设计可以说是高科技专长,也可以说是依葫芦画瓢、有样学样地应用。后者可能不便宜,但通常可应付。

二极管

二极管是一个真正令人眼花缭乱的领域。有些二极管通过很小的 mA 级电流,有的泄漏电流小于 1 pA,有的整流器能通过安培级电流而不会过热。但大点的二极管(如 1N4005)常常不能用于高频。2N5819 肖特基整流器能通过几安培电流,但它会有一点漏电流。即使如此,它能够在 1 MHz 时整流而无不良状况。谁来教各位如何选择二极管?

尤其棘手的是,事实上有些好的快速小信号二极管(1N4148/1N914)可以迅速开/关,有时甚至比 1 ns 还短,但开关的重复速率很低。其中的一些类型忘记了如何开启,并且有一个很差的过冲。这点很烦人!

晶体管及其设计

目前,你接触到晶体管时会觉得复杂,采用晶体管设计又是个全新的挑战。即使是经验丰富的模拟设计师都尝试尽量地少使用它们,但有时又必须用到晶体管。有时晶体管固有的记录特性非常重要。你会买一个记录仪吗?那好,很多公司生产、销售记录仪,但记录仪可以设计用于特殊情况,在商店购买的记录仪不能运行在类似的情况下,比如低电压环境。在去年,我设计过不少模拟电路。我仍采用低噪声、高速运算放大器设计,偶尔还会选择晶体管,如 2N3904 和 LM394。我经常应用“ V_{BE} 状态分析”章节提及的曲线,或者你只不过是需要将一个晶体管作为一个开关——一个简单的开关或一个精密的开关。

滤波器

当你需要用到一个滤波器时,计算出你所需要的参数可能并不难,某些时候需要更多的研究。你能避免用电感么?可以避免昂贵的运算放大器?可避免高阻抗或大电容?在所有的模拟设计领域中,这些问题覆盖了一个很宽的动态范围,而且通常一点也不简单。但是,这是能做到的。

SPICE

我经常试着去避免运用 SPICE。我用笔和纸,我称之为“不精确的 SPICE”。我大多进行手工计算,尽量近似,运用计算尺或在脑海中计算。你可能会说,我与伯温所编章节中所提的观念一致。“如何在没有计算机的情况下设计模拟电路?”其他人会认为 SPICE 可以承受一个大范围的应用,这让我紧张。我认为,你可以在一个月中运用 SPICE 为你每天节省 1 小时的运算时间,接下来发现 SPICE 所带来的严重错误,再花掉你节省的这些时间来纠正。相信有些人会同意我的说法。

同样,当人们运用单极性晶体管模型(如同单极性阵列模型中的一种,LM3046)时,它与采用分立式晶体管的设计方式有区别。我的意思是,谁会给你一个 2N3904 免费模型,它值得你付出么?在什么情况下,你会相信它?我只相信简单的、非关键的应用。

有些人说他们愿意相信 SPICE,如果他们有好的模型,以及他们知道做什么,那得祝他们好运。

我将提到几个特定的地方,SPICE 模型通常不能工作:

- V_{ce} (或 V_{ds})为低值,晶体管刚开始饱和。
- V_{ce} (或 V_{ds})处高频段的低值,晶体管的频率响应不那么稳定。
- 一旦衬底电流大后,单极性晶体管在饱和状态(或开始进入饱和时)往往被严重模型化。
- 有时,当一个运算放大器的输入反相时,运算放大器呈现的状态仍然像是不饱和状态。某些类型的 SPICE 在这种情形下可以正常工作,但不是所有的都能正常运行。

前言

- 如果有人给了你一个错误的模型,你可能会碰到许多问题。即使是自己建模也一样,也会碰到问题。
- 有时,SPICE 收敛(汇集)失败,会浪费你大量的时间。
- 有时,SPICE 会得到荒谬的答案,如一个 10^{-25} A 电流阶跃有一个真正的上升时间。一个由 1 电子/天构成的“电流”如何显示一个“上升时间”?
- 通常在一个带隙基准中,你会发现一个温度特性不朝正确方向发展的详尽细节。SPICE 不能给你指引一个更好的答案。从 1977 年,我的旧 LM131 具有一个不错的温度系数(现在仍是),因为它基于很棒的电路试验板。许多年后,当我尝试将它在 SPICE 中运行时,SPICE 的反馈是不工作,也无法工作。这么好的东西,在 1977 年,我却无法尝试把它运用到 SPICE 中,SPICE 出错了。
- 许多电路中的晶体管被加热或自热,这些晶体管的温升很难建立模型,特别是在一个分布式布局中。
- 有时,SPICE 仅是假象,有时它仅给出不正确的答案。

我与许多“SPICE 专家”辩论过,他们试图证明我是错的。但我经历过的许多例子证明我才是对的,而 SPICE 是错的。我说这些是因为很多人的电路不工作时向我请教一些问题,我能够发现 SPICE 的错误。我采用特殊的测试技巧(大多在时域或思维实验)来展示为什么一个电路运行失常。SPICE 不仅没有帮助,它还导致了“计算机阻碍设计”。

多少?

你要去构建多少呢?若你以大量的或小量的来构建模块,这在你以最小总体成本和最大输出来考虑如何设计时有差异的。

低噪声?

许多通用型运算放大器是十分安静的,但有些在低阻抗时安静,在高阻抗时嘈杂。其他一些则正好相反。让我们来看看邦妮·贝克在此论题上的建议。

故障诊断?

一旦你的电路完成构建,输入电源,它可能正确地工作或者不工作。你要如何进行故障诊断?最好的主意是,你如何提前计划一个方案让你很容易地进行所需的故障诊断。

调查发现鲍伯·皮兹的书《模拟电路故障诊断》以 6 种语言发行了 39 000 本。根本原因是模拟电路的问题不会如你所愿地消失,甚至不会随工程设计而消失。有时问题只能通过实际的故障诊断才能解决,但预先的计划可以帮助你分析和预计这些问题。请参阅 www.national.com/rap/book/0,1565,0,00.html。

未来?

人们常问我:“你会鼓励你的儿女成为工程师么?”我的回答:“是的,如果是模拟电路设计。”他们要我说明原由。

我说：“我的朋友和我掌握了许多模拟设计技术、技巧以及诀窍。他们可以不用从 SPICE 学起。每年有 200 000 中国工程师毕业，而且他们不知道我们所掌握的知识，我们可以解决他们所解决不了的问题。”我无需多说，相信大家能明白！

罗伯特·皮兹(Robert A. Pease)

美国国家半导体公司首席科学家

加利福尼亚州，圣克拉拉市

2007 年 8 月

rap@galaxy.nsc.com

备注

有位作者在本书的某章节中说到，他将一个“精心设计”的系统和一个好的模型运用到 SPICE 中，当他操作时，非常惊讶地发现了一个暗藏的抽样误差。所以，并不是说 SPICE 没有作用，我们只是要在使用 SPICE 时尽量谨慎，凡事都有正反两面。

编者简介

Robert A. Pease(第 16 章、17 章及附录 B)

罗伯特·皮兹(1940—2011),经常被称为鲍伯·皮兹(Bob Pease),曾就读于野山中学,1961年毕业于麻省理工学院,获电子工程学士学位。一直到1975年均就职于菲尔布里克研究中心(Philbrick Researches),设计过很多运算放大器及模拟运算模块。

于1976年加入美国国家半导体(目前已被德州仪器收购),他设计过近24款涵盖电源稳压器、基准电压源以及温度传感器在内的模拟集成电路,发表过65篇以上的杂志文章,持有约21项美国专利。自1986年以来,皮兹自称带隙专家。他喜欢远足和在尼泊尔徒步旅行,在美国国家半导体任职首席科学家,同时也是IEEE资深会员。

皮兹编著的《模拟电路故障诊断》目前已再版18次,并经翻译为法语、德语、荷兰语、俄语以及波兰语等版本。他也是电子设计杂志的一位专栏作家,发表超过240期专栏,专栏“Pease Porridge”涵盖了很广的技术主题。

皮兹还在其个人网站(<http://www.national.com/rap>)发表过很多技术性和半技术性的文章,很多文章均可以在那里浏览。

皮兹入选2002年电子工程名人榜,还自称是校对专家,近20年已校对过很多著作和技术文章。如果没有他的慧眼,本书可能很难提供完全准确的资料,因为这种规格的技术著作出现纰漏的机率也相对较高。

作者简介

邦妮·贝克(Bonnie Baker)编写本书第4章、8章、13章、14章、15章以及附录A,她为EDN杂志的月刊供稿,从事模拟/数字及系统设计超过20年。最初在Burr-Brown公司(已被德州仪器收购),她是一名负责模拟产品的产品制造工程师。从那之后,邦妮职业生涯转入集成电路设计、模拟产品战略营销以及企业应用工程部经理等。1998年,她加入Microchip Technology,担任模拟事业部模拟混合信号应用部经理以及PICMicro产品部资深架构工程师,她的个人履历不仅包括模拟应用,而且包括微控制器。现在她已经回到Burr-Brown,在德州仪器的精密模拟产品部工作。

邦妮基于她在模拟设计方面的专业知识分享知识和经验,并且编写了250篇以上的文章、设计笔记以及应用笔记。此外,她也是EDN的一位专栏作家,还经常出席技术会议和展览。

理查德·伯温(Richard S. Burwen)编写本书第9章他于1949年获得物理学专业的理学学士学位,1950年获得哈佛工程科学与应用物理专业硕士学位。他是Analog Devices公司三位创始人之一,担任该公司的顾问,为公司最初的产品线设计一些电路。其他公司的创办阶段与他有关的还包括Mark Levinson音响系统/大提琴公司、Novamatrix医疗系统公司以及KLH伯温研究公司等。1984年成为Copley Controls公司的一位创始人,设计过很多的公司产品。在理查德帮助下启动的这些公司中,他均保持独立性,仅作为自己实验室的一名顾问。1965年他在马萨诸塞州的列克星敦建造了他的家庭实验室——一个20000 W、169个扬声器、5通道记录和重现工作室。在2002年从电路设计咨询/顾问退休以来,他一直积极地为持续了63年的音频开发提升音频数字信号处理软件能力(详见www.burwenaudio.com和www.burwenbobcat.com介绍)。

塞尔吉奥·弗朗哥(Sergio Franco)编写本书第12章。他是旧金山州立大学的一位电气工程教授,讲授微电子学课程,也是一位行业顾问。在做教授之前,他在意大利东北部的乌迪内市Zeltron的一家Zanussi电子研究所工作。他分别获得罗马大学物理专业的理学学士学位、克拉克大学物理专业硕士学位、伊利诺伊大学的计算机科学博士学位,也是IEEE会员,业余爱好包括古典音乐、园艺和登山。

菲尔·帕金斯(Phil Perkins)编写本书第2章。他是马萨诸塞州诺伍德LTX公司的一位元老,1976年共同创办了LTX公司。在此之前,他是马萨诸塞州波士顿的泰瑞达公司的一名工程师。他的主要工作是为LTX公司的半导体测试系统设计模

作者简介

拟仪器仪表。他的设计包括 V/I 源、测试探头及数字信号处理器测量仪器,持有一个“混合信号测试设备接口板,Mixed signal device under test board interface”设计专利。他先后获得麻省理工学院的学士、硕士、电气电子工程师学位。

菲尔的爱好主要包括野外踏青、教会活动、为朋友做家庭电脑处理和咨询。目前和他心爱的妻子 Laurie 生活在马萨诸塞州的 Needham, 可以通过电子邮件 phil_perkins@ltx.com 联系。

马克·汤普森(Marc Thompson)博士编写本书第 1 章、3 章、5 章。他出生在缅因州韦纳尔黑文岛,在马萨诸塞州哈佛他的工程设计顾问公司——汤普森咨询公司,专门从事客户研发、分析以及电气、电磁、电子系统的多学科故障调查。他也是伍斯特理工学院电气与计算机工程系的一名副教授,负责讲授高级模拟电路设计、电源电子、电动机、配电等研究生课程。

汤普森博士是一本教材《直观模拟电路设计》的作者,于 2006 年由爱思唯尔科学/纽恩斯出版。另一本教材《电子系统的电能质量》则与 Alexander Kusko 博士合编,于 2007 年由 McGraw-Hill 出版。

汤普森博士持有 7 项美国专利,并是马萨诸塞州消防局在哈佛的一名消防员,获得麻省理工学院电气工程学士、硕士、博士学位。业余时间他喜欢骑自行车、旅游以及修缮在缅因州的老房子。

吉姆·威廉姆斯(Jim Williams, 1948—2011)编写本书第 18 章。他从 1968 年至 1979 年在麻省理工学院,专注于模拟电路设计。他的教学和研究涉及模拟电路技术应用、生物化学及生物医学问题。

同时,威廉姆斯是美国、涉外以及政府的模拟电路领域顾问。1979 年,他进入美国国家半导体公司,继续从事模拟领域线性集成电路的研究工作。1982 年,他加入凌力尔特公司担任首席科学家,一直工作到现在。工作重心主要包括产品的定义、研发、支持。他发表了 350 篇以上的模拟电路设计相关出版作品,荣获 EDN 杂志 1992 年度创新奖,2002 年入选电子设计名人榜。

威廉姆斯的业余爱好主要包括赛车、收集科学仪器古董、演出以及修复与使用老式泰克示波器。他与他的妻子、儿子以及 84 台泰克示波器生活在加利福尼亚州的帕罗奥图。

史蒂夫·温德尔(Steve Winder)编写本书第 6 章、7 章、10 章、11 章,现为 Supertex 公司(一家总部设在美国的高压 MOSFET 和 CMOS 集成电路制造商)的一名欧洲现场应用工程师,史蒂夫和遍及欧洲的设计工程师的主要工作是采用 Supertex 公司的元件器设计电路。

温德尔在 2002 年加入 Supertex 公司之前,在英国电信研究实验室领导一个团队多年,他曾为宽带传输系统、甚高频设计模拟电路,还设计过很多有源滤波器、无源滤波器。

目 录

第 1 章 反馈系统回顾	1
1.1 反馈控制的介绍和早期历史	1
1.2 负反馈放大器的发明	1
1.3 控制系统基础	3
1.4 环路传输和干扰抑制	4
1.5 稳定性	5
1.6 劳斯稳定判据	6
1.7 相位容限(裕度)和增益容限测试	9
1.8 阻尼比和相位容限之间的关系	9
1.9 环路补偿技术——超前和滞后网络	9
1.10 一些令人关注的反馈回路的附加评论	11
例 1-1 +1 增益放大器	14
例 1-2 +10 的增益放大器	15
例 1-3 无功负载的积分控制	16
例 1-4 光电二极管放大器	20
例 1-5 MOSFET 电流源	23
例 1-6 磁悬浮列车实例	27
附录 MATLAB 程序	29
参考文献	34
第 2 章 我对于反馈电路的设计方法	36
2.1 我的设计方法	37
2.2 什么是 V/I 电源?	38
2.3 一个理想的 V/I 电源	39
2.4 设计一个 V/I 电源	39
2.5 容性负载补偿	42
2.6 用于研究过冲的模型	44

目 录

2.7	回到频域.....	46
2.8	补偿范围要求.....	48
2.9	环路补偿的相位容限方法.....	48
2.10	LTX 的设备电源(DPS)性能	49
	方法总结	50
第 3 章 基本运算放大器的拓扑结构及案例研究		51
3.1	本章内容.....	51
3.2	器件操作基础.....	51
例 3-1	案例研究离散运算放大器的设计、分析、仿真	55
3.3	LM741 运算放大器原理图的简单回顾	60
3.4	运算放大器的一些实际限制.....	61
例 3-2	运算放大器驱动容性负载	65
	参考文献	67
第 4 章 为完备的电路寻找完美的运算放大器		70
4.1	明智地选择技术.....	71
4.2	运算放大器的基本电路.....	72
4.3	电压输出放大器(电压跟随器).....	72
4.4	模拟信号放大.....	74
4.5	应用基础.....	78
4.6	放大器的设计隐患.....	80
	参考文献	81
第 5 章 无源元件的回顾和印制电路板个案研究		82
5.1	本章内容.....	82
5.2	电 阻.....	82
5.3	表面贴装电阻的评论.....	84
5.4	电阻类型的评价.....	85
5.5	电 容.....	85
5.6	电 感.....	88
5.7	印制电路板布局问题.....	89
5.8	印制电路板线路在接地层上的近似电感.....	91
例 5-1	设计个案研究——高速半导体激光二极管驱动器(激光器)	92
	参考文献	98

第 6 章 模拟低通滤波器	100
6.1 本章内容	100
6.2 模拟滤波器的快速入门	100
6.3 无源滤波器	101
6.4 归一化和去归一化	102
6.5 极点和零点	103
6.6 有源低通滤波器	103
6.7 一阶滤波器单元	103
6.8 Sallen - Key 低通滤波器	104
6.9 Sallen - Key 衰减的缺陷	104
6.10 去归一化 Sallen - Key 滤波器的设计	108
6.11 状态变量低通滤波器	108
6.12 考尔和逆切比雪夫有源滤波器	109
6.13 去归一化状态变量或双二阶的设计	110
6.14 频变负阻滤波器	112
6.15 频变负阻滤波器的去归一化	114
参考文献	116
第 7 章 高通滤波器	117
7.1 本章内容	117
7.2 无源滤波器	117
7.3 有源高通滤波器	119
7.4 一阶滤波器单元	120
7.5 采样差分电路	121
7.6 Sallen - Key 高通滤波器	121
7.7 运用低通极点查找元件值	122
7.8 运用高通极点查找元件值	123
7.9 运算放大器要求	123
7.10 去归一化 Sallen - Key 或者一阶的设计	124
7.11 状态变量高通滤波器	125
7.12 考尔和逆向切比雪夫有源滤波器	126
7.13 去归一化状态变量或者双二阶单元的设计	128
7.14 回转滤波器	130
参考文献	132