

有关CMOS工艺中“有源滤波器”的设计研究报告

李瑞平 2000、11、29

本人在此针对 CMOS ASIC 设计中有关“有源滤波器”的设计、结合实际工作经验，做一简单的总结分析，提出个人的观点，为便于理解，尽量采用中文传统的、通俗的术语，避免复杂的理论或公式推导，仅供参考，希望起到“抛砖引玉”的作用。鉴于本人水平有限，难免有错误和不妥的地方，欢迎业界同行批评指正。(Email: webmaster@51ic.net)

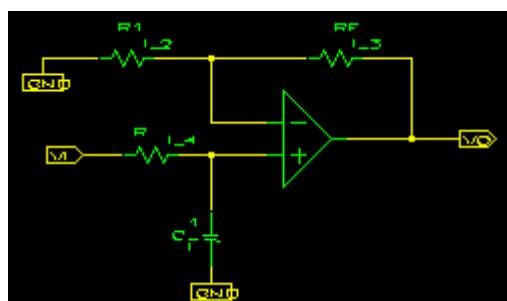
滤波器在电子系统中广泛应用，用于信号处理、数据传送和抑制干扰等，其功能是在制定的频带内，让有用信号通过，同时抑制（衰减）无用信号。

早期的滤波器主要采用 R、L、C 等无源元件，缺点是在低频工作时电感体积大，且滤波效果不明显。

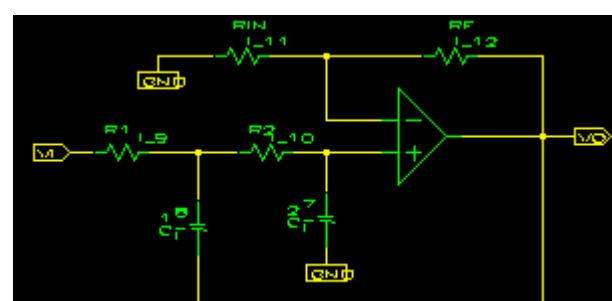
后来，滤波器由 R、C 和运放组成，在体积和重量方面得到显著改善，但有源滤波器在音频范围内要求较大的电容和精确的 RC 时间常数，造成集成电路制造困难，甚至不可能。

MOS集成电路的发展，出现了由MOS开关电容（SC）和MOS运放组成的开关电容滤波器（SCF），其优点是易于集成，时间常数仅取决于电容比，而电容比的精度可达到0.1%。

第一、低通滤波器

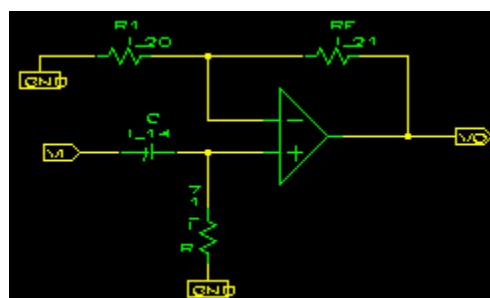


一阶有源低通滤波器

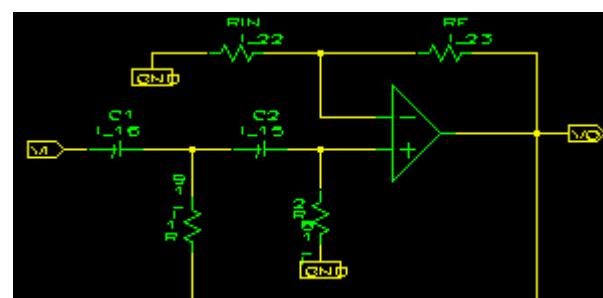


二阶有源低通滤波器

第二、高通滤波器

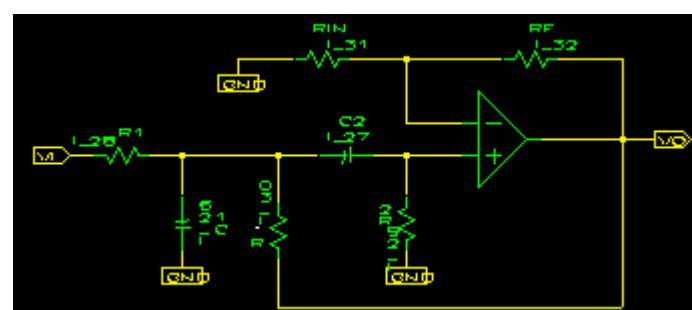


一阶有源高通滤波器



二阶有源高通滤波器

第三、带通滤波器



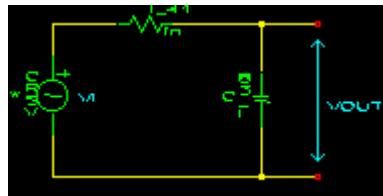
二阶有源带通滤波器

第四、开关电容滤波器

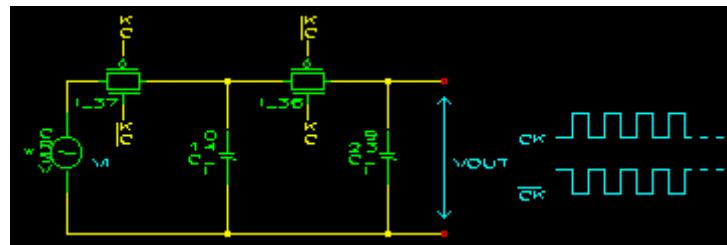
开关电容网络是由MOS开关、MOS电容和MOS运算放大器构成的一种电路，近年来由于MOS集成电路的进步已发展成为新的分支学科，而且在无线电通讯等领域得到了广泛的应用，SC电路已成为处理模拟信号的一种崭新手段，并成为模-数混合集成电路中的一种主导技术。开关电容滤波器是开关电容网络的核心，它与RC有源滤波器、RLC滤波器相比，最突出的优点是：其特性仅取决于网络中的电容比，这在原理上是一个突破。开关电容滤波器（SCF）可以直接处理连续（模拟）信号，而不用A/D和D/A转化器，因而处理速度快。SCF的局限性主要表现在MOS运放的频带不够宽，目前仅在低频范围内运用。

SCF的设计远比模拟滤波器的设计复杂。设计的要求是占用芯片面积尽量小、滤波器特性对寄生电容不灵敏、噪声低和灵敏度高等。目前SCF设计方法的研究正方兴未艾，各种新的设计方法不断出现。其中最基本的设计方法有三种：

(1)、开关电容（SC）替代RC滤波器中的电阻：

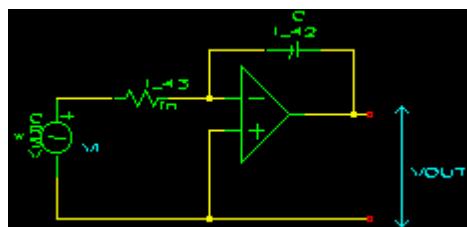


一阶无源RC低通滤波器

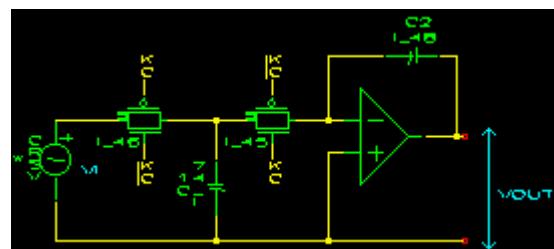


一阶SC低通滤波器（开关时钟频率远远大于输入信号频率）

(2)、开关电容（SC）积分器模拟RLC电路：



反相型模拟积分器



反相型SC积分器（开关时钟频率远远大于输入信号频率）

(3)、由Z域的传递函数直接设计SCF：（略）

射 频 和 天 线 设 计 培 训 课 程 推 荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



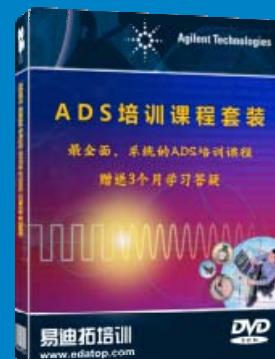
射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材；旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习，能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程，共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解，并多结合设计实例，由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS，迅速提升个人技术能力，把 ADS 真正应用到实际研发工作中去，成为 ADS 设计专家…



课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出，是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装，所有课程都由经验丰富的专家授课，视频教学，可以帮助您从零开始，全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装，还可超值赠送 3 个月免费学习答疑…



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验，
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>