

致敬 Qorvo™

Qorvo 专版

射频滤波器 技术

FOR
DUMMIES®

您将了解：

- 滤波器技术基础知识
- 温度对滤波器性能的影响
- 声表面波 (SAW) 与体声波 (BAW) 滤波器
- Qorvo 主要滤波器封装技术



莱瑞·米勒

关于 Qorvo

Qorvo (纳斯达克股票代码:QRVO) 是为移动、基础设施、空天/国防应用提供核心技术与射频解决方案的主要供应商。Qorvo 是 RFMD 与 TriQuint 两公司合并后成立的公司,在全球拥有超过 6000 名雇员,致力于提供领先的产品和技术,帮助世界领先企业解决最高技术难题。Qorvo 拥有业界范围最广的产品与核心技术,为移动设备、通信和网络基础设施以及航空电子系统、空间系统和国防系统提供全套解决方案和系统级专业技术。本公司还拥有通过 ISO 9001、ISO 14001 和 ISO/TS 16949 认证的世界级生产设施,并且是美国国防部认证的砷化镓和氮化镓代工服务“可信供应商”(类别1A)。关于业界领先的核心射频解决方案,请访问:www.qorvo.com。



射频滤波器技术

FOR
DUMMIES®

Qorvo 专版

作者：莱瑞·米勒

WILEY

射频滤波器技术, For Dummies®, Qorvo 专版

出版商

约翰•威利父子公司

111 River St.

Hoboken, NJ 07030-5774

www.wiley.com

新泽西州霍博肯市约翰•威利父子公司版权所有© 2015

非经出版商事先书面准许, 不得复制本出版物的任何部分, 或将其保存于检索系统, 或以电子、机械、影印、录制、扫描等形式或方式传输, 但根据《1976 年美国版权法》第 107 条或 108 条规定获得准许的情况除外。需要向出版商申请批准的, 应将申请发送至: Permissions Department, John Wiley & Sons, Inc., 地址: 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, 电话: (201) 748-6011, 传真: (201) 748-6008, 也可在线提交, 网址: <http://www.wiley.com/go/permissions>。

以下商标: 威利 (Wiley)、傻瓜版 (For Dummies)、傻瓜版人像标识 (Dummies Man)、傻瓜版之路 (The Dummies Way)、Dummies.com、让一切变得更简单 (Making Everything Easier) 以及相关商业外观均为约翰•威利父子公司和/或其在美国和其他国家关联机构持有的普通商标或注册商标, 未经书面准许, 不得使用。约翰•威利父子公司与书中提及的任何产品或销售商之间不存在任何关系。Qorvo、CuFlip、低温漂 (LowDrift)、零温漂 (NoDrift), 以及 Qorvo、低温漂和零温漂标识和相关商业外观, 均为 Qorvo 公司和/或其在美国和其他国家关联机构持有的普通商标或注册商标, 未经书面准许, 不得使用。

其他所有商标也分别归属其各自所有者。

责任限制/保证内容免责声明: QORVO 公司、本书出版商及作者对于本书内容的准确性或完整性不做任何声明或保证, 并且特别声明免除一切保证责任, 包括但不限于对特定用途的适合性保证。不得因为销售或促销资料而形成或扩展任何保证责任。书中的建议和策略不一定适合所有情况。本书在销售时, 即已理解 QORVO 和出版商均不提供任何法律、会计或其他专业服务。如需专业服务, 应当寻求有资格的专业人士。无论 QORVO、出版商还是作者, 对本书所产生的任何损害均不承担任何赔偿责任。书中提及某个组织或网站作为引证和/或潜在补充信息来源的, 这种情况并不表明作者或出版商认可该组织或网站所提供的信息或建议。此外, 读者应当认识到, 在作品成书与读者读到这段期间, 书中出现的网站可能已经变更或不复存在。

ISBN 978-1-119-09101-1 (pbk); ISBN 978-1-119-09100-4 (ebk)

美国制造

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

关于我们其他产品和服务的一般信息, 或者如何为您的企业或组织定制傻瓜版书籍, 请联系我们在美国的业务发展部, 电话: 877-409-4177, 电子邮件: info@dummies.biz, 网址: www.wiley.com/go/custompub。关于如何为产品或服务申请傻瓜版品牌许可, 请联系: BrandedRights&Licenses@Wiley.com。

出版商鸣谢

为本书上市做出贡献的部分人员有:

开发编辑: 伊丽莎白•库伯尔

项目编辑: 伊丽莎白•库伯尔

购置编辑: 凯蒂•摩尔

编辑经理: 莱夫•门格尔

业务开发代表: 卡伦•哈坦

项目协调: 美利沙•科塞尔

特别援助: 菲利普•沃德、尼古拉斯•拉亚斯、
大卫•施瑙费尔、凯文•加拉格尔、
肯迪斯•克里斯汀森、安•简森

引言

随

随着 4G LTE 网络的快速扩张与 Wi-Fi 的普及,智能手机和其他移动设备必须支持的射频频带数量急剧增加。为避免相互干涉和掉话现象,必须使用滤波器将每台设备内部的射频频带相互隔离。然而,随着各国政府分配的有限频谱越来越靠近已有频带,并且往往只有极少甚至没有保护频带,因此频带隔离的难度越来越大。也因此,滤波器的挑选成为下一代智能手机和移动设备设计者的主要考虑因素之一。

本书介绍了目前解决不同滤波问题的各种滤波技术,以及这些技术方案如何发展成为推动全球 LTE 网络转型的重要因素。

傻瓜式假设

之前提到,大多假设已不再关乎使用,尽管如此,我仍然做出以下假设。

首先,我假设您对无线产业和滤波器技术有一定兴趣。果真如此的话,本书正适合您!如果不是这样,您也要读下去——我会让您改变想法!

再者,我假设您是设计工程人员、经理、销售人员、客户、供应商、投资人,或者只是需要更多了解滤波器技术的某个人。本书同样面向技术读者和非技术读者。

书中符号

在书中,我偶尔会使用一些特殊符号,以引起读者注意一些重要信息。这些符号如下:



这个符号指示的信息可能值得您牢记——就像记住某些周年纪念日 and 某人生日一样重要！



您不会在这里看到人类基因图谱(不过,也许会吧),不过,这个符号解释的是术语中的术语——所谓“技术宅”或“传奇”就是靠它炼成的吧。



感谢您的阅读,希望您能享受本书!严格来说,这个符号所指的是一些有帮助的建议和实用内容。

书本之外

虽然本书信息庞杂,但在短短 24 页内,我只能写出这么多。所以,如果您想:“老天,这本书棒极了——我哪里才能学到更多?”您只需访问网站 www.qorvo.com 和 www.triquint.com。在这些网站,您能更多了解 Qorvo 滤波器解决方案,下载技术资料和数据手册,观看有帮助的视频等等!

从哪里开始

如果您不晓得从哪里开始,随便哪章都可以——但第 1 章可能是不错的选择。尽管如此,如果您觉得哪一章让您兴趣大增,您也可直接跳读该章。每章自成一体,所以从哪里开始都可以。只要您觉得合适,您可按照任何顺序阅读本书(当然,反着或倒着就算了)。

第1章

射频滤波器基础知识

本章提要

- ▶ 初识滤波器
- ▶ 了解品质因子与插入损耗的关系
- ▶ 认识温度变化
- ▶ 解开双工谜团

在本章，您将了解射频滤波器：什么是滤波器、为什么需要滤波器、滤波器的不同类型与设计、重要的性能影响因素以及双工的作用。

什么是滤波器

随着移动无线数据和 4G LTE 网络的快速扩张，为承载无线通信量，对新频带的需求与日俱增。3G 网络使用的频带只有五个，而 4G LTE 频带已超过 20 个，并且在不久的将来，还可能增至 40 个以上。

尽管要在一台智能手机上支持全世界所有的频带是不现实的，但是作为一台功能丰富的国际通用手机，可能需要过滤最多 15 个频带上的 2G、3G 和 4G 收发通路，此外还有 Wi-Fi、蓝牙和全球导航卫星系统 (GNSS)。这样一部手机可能需要最多 30 至 40 个滤波器。下一代智能手机可能需要更多滤波器，因此事情可能变得越发复杂。

滤波器移除信号中不需要的频率分量，同时保留需要的频率分量。按照接收或抑制信号的不同方式，滤波器基本分为四种（参见图 1-1）。这四种类型分别是：

- ✓ **低通滤波器**：允许低于一定频率的所有频率通过，同时抑制其他所有频率（相对于高通滤波器）
- ✓ **高通滤波器**：允许高于一定频率的所有频率通过，同时抑制其他所有频率（相对于低通滤波器）
- ✓ **带通滤波器**：允许位于两个频率之间的所有频率通过，同时抑制其他所有频率（相对于带阻滤波器）
- ✓ **带阻（带拒）滤波器**：抑制位于两个频率之间的全部频率，同时允许其他所有频率通过（相对于带通滤波器）



带阻或带拒滤波器也被称为陷波滤波器。

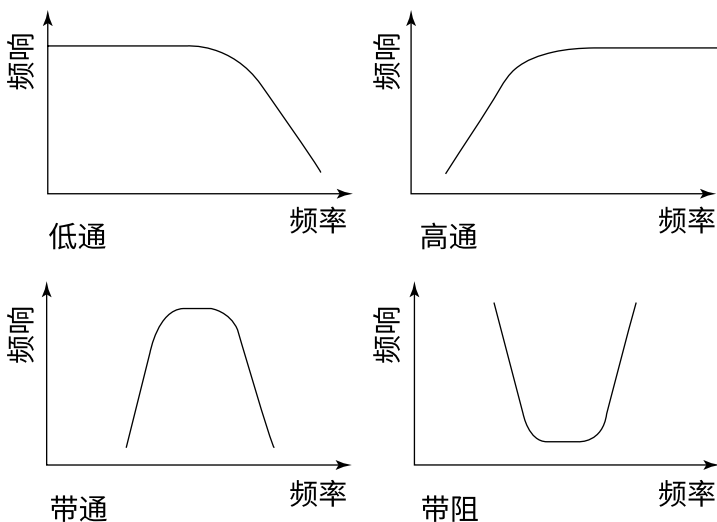


图 1-1: 滤波器基本类型

滤波器的构造根据应用的不同而不同,尺寸、成本和性能是主要的不确定因素。以下是部分滤波器构造:

- ✓ **分立式电感电容型 (LC) 滤波器**, 属于低成本结构, 性能和尺寸中等。电感电容元件有时被封装为衬底印制结构, 称为“集成化无源器件”。
- ✓ **多层陶瓷滤波器**, 属于中低成本滤波器, 性能与电感电容型滤波器相似。其脚印通常合理, 但厚度却成为问题, 这是因为移动设备重视更加轻薄的封装尺寸。
- ✓ **单体式陶瓷滤波器**, 性能高于多层陶瓷滤波器, 但成本也较高。此外, 这种滤波器体积更大, 因此通常不适合移动应用。
- ✓ **声学滤波器**, 能够同时满足高低频率要求(最高 6 GHz), 体积小, 为满足复杂的滤波器需求提供了最佳性能与最优成本。声学滤波器是移动设备上最为常用的滤波器构造。
- ✓ **空腔滤波器**, 仅限基础设施应用。这种滤波器可在合理成本下达到良好性能, 但体积较大。

滤波器经过设计, 可满足多种需求。尽管滤波器的基础电路配置相同, 但在满足不同标准时, 电路参数设计有所不同。带内纹波、向最终衰减的最快速转换以及最高带外抑制等, 这些标准都可能导致电路参数的不同。



滤波器仅允许特定的频率或频带通过, 因此是射频设计工程人员的基本工具之一。

图 1-2 所示为典型的滤波器频响, 以及体声波和声表面波技术(在第 2 章介绍)相应的部分主要设计考虑因素。该图显示了滤波器频响中推导抑制度和插入损耗参数的位置。如图所示, 通带带宽是滤波器让占据所需频带的信号通过的区域。抑制范围是相关频率范围减去通带的区域。

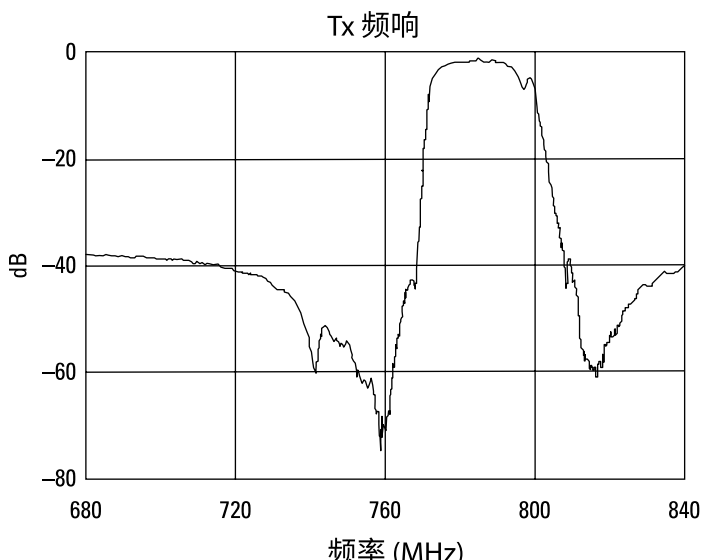


图 1-2: 典型的滤波器频响



要了解更多滤波器参数，请参见侧边栏：“射频滤波器入门：基础知识”。

质量因子与插入损耗的关系

滤波器的插入损耗取决于多个因子。其中包括中心频率对应的滤波器带宽、滤波器的阶梯级数以及构成滤波器的谐振器的质量因子 (Q)。

图 1-3 所示为谐振器的四个不同 Q 值对应的声学滤波器衰减特性。这四个 Q 值分别是 3000、1500、1000 和 700。

射频滤波器入门:基础知识

如果您的电子学知识有些生疏,以下是一些较为重要的术语和概念,可以帮您重新想起。

衰减:一个信号通过射频滤波器后,产生的振幅损耗,通常用分贝(dB)表示。

截止频点:通常认为是滤波器频响下降3 dB的点。

群时延:相对于频率的滤波器相位参数。群时延用时间(秒)来计量,可以认为是当振幅调制信号通过射频滤波器时,信号包络发生的传播时间延迟。

插入损耗:由于分量插入而产生的信号功率损失。

隔离:为防止信号之间发生意外交互(例如,收发交互),将两个信号相互隔离。

质量因子:质量因子是谐振电路选择度的一种计量标准,表示为每个往复周期存储能量与损耗能量的比值。

通带:让信号相对无衰减通过的区域。

纹波:插入损耗在通带区域的变化。

选择性:滤波器通过或抑制特定频率(相对于滤波器的中心频率)能力的一种计量标准。通常,选择度表示为当信号通过滤波器时,在相对于滤波器中心频率的一些特定频差点发生的损耗。

阻带:滤波器达到规定的带外抑制频率所在的频带,表示为分贝。

图中显示了一些明显趋势:

- ✔ 随着质量因子的下降,损耗上升,谐振器的质量因子数值越小,损耗上升的越快。
- ✔ 随着质量因子数值的下降,通带边缘更加圆滑,通带带宽变窄。注意每个连续下降的谐振器质量因子要与之前的谐振器相匹配。
- ✔ 通带边缘的损耗增速大于频带中间的损耗。这造成严重的调制问题,因为某些调制的区域恰好是通带边缘。

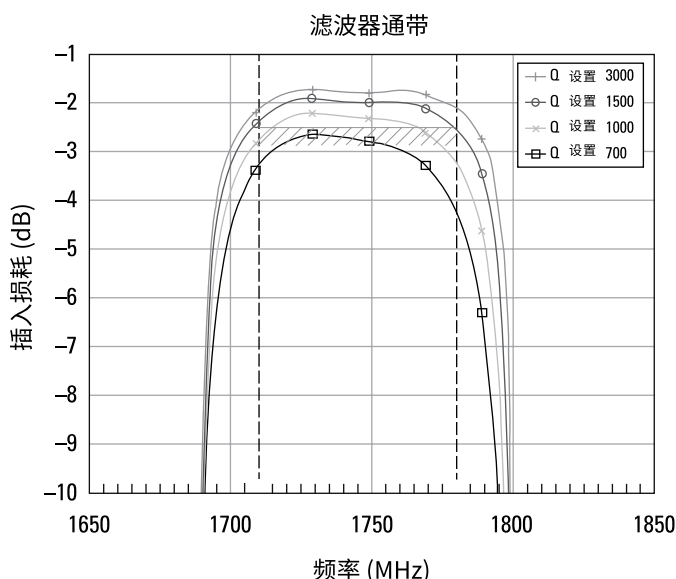


图 1-3: 声学滤波器在不同谐振器质量因子下的衰减特性。

由于这种效应, GSM (200 kHz) 和 CDMA (1.25 MHz) 等窄带调制遭受的灵敏度损耗最大, 而 WCDMA (3.84 MHz) 的灵敏度损耗则较少。LTE 结果取决于系统带宽, 带宽越窄, 影响越大。一直以来, 通带边缘的锐角化需求推动了体声波等高质量因子结构的需求发展。



GSM 是 2G 标准的蜂窝数据网络。CDMA 与 WCDMA 是 2G/3G 标准的蜂窝数据网络。

除非使用 Qorvo 的低温漂或零温漂滤波器等温度补偿技术, 否则温度变化产生的温漂 (本章后文介绍) 将加剧调制信号靠近通带边缘的问题。

为降低插入损耗而加宽低质量因子滤波器的频响曲线, 这种做法虽然不错, 但却会降低对附近干扰的选择度。对于许多严格的滤波器应用而言, 选择度的下降是不可接受的。



本书第2章将更多介绍声表面波和体声波滤波器。另外,《射频滤波器应用傻瓜版》对Qorvo的低温漂和零温漂技术还有更为详细的介绍。

温度对滤波器频响的影响

随着频谱越来越拥挤,温漂已成为越发重要的问题。为尽量减少插入损耗和确保对相邻频带的抑制,需要提供高选择度。

滤波器的两个关键性能参数分别是:通带区域需要信号的低损耗;以及阻带区域不需要干涉信号的充分衰减。大量的环境和生产变量都需满足这两个参数。传统解决方案是在了解工艺变化基础上,在设计中为每个参数加入余量。

对于部分高要求的滤波应用,滤波器的温漂范围可以是通带与阻带之间过渡频带的宽度。这使得通过设计满足滤波需求极为困难,甚至不可能。该问题的解决办法是在设计滤波器时,采用可以极大减少温度变化的先进生产工艺。

双工的作用

双工可在一条信道上实现双向通信。双工运行有两种基本模式:

- ✓ **半双工**: 通信双方轮流收发。当一方发射时,另一方接收。
- ✓ **全双工**: 通信双方同时收发。全双工通过频分双工(FDD)或时分双工(TDD)实现。

频分双工

频分双工使用两个单独的频带或信道实现全双工通信。两个频带在物理上相互分离(称为“双工间隔”),以防止发生干涉。

频分双工的主要优势和劣势：

- ✓ **优势：**时延极低，频带或信道的全部容量都能利用。
- ✓ **劣势：**在需要的收发频带范围内，需要频率对称。另外，频分双工需要的频谱也要大于时分双工。

时分双工

时分双工在半双工链路上模拟全双工通信，使用单频带进行收发。时分双工为通信设备的收发操作分配急速交替的时隙。尽管时分双工是并发传输，而非同时传输，但由于时分双工的高速度，通信双方感觉不到通信的断续。

时分双工的主要优势和劣势：

- ✓ **优势：**时分双工单频运行，收发时隙不需对称。
- ✓ **劣势：**与频分双工相比，收发操作的切换造成一些时延。另外，为确保时隙不发生干涉或重叠，还需要精确计时和同步。



在有些应用中，可以动态分配非对称时隙，以根据收发要求的变化自动调整。

今天，频分双工在 4G LTE 网络中应用更为广泛。然而，随着本已有限的频谱变得更加拥挤，时分双工由于使用单频带，因此可能在将来被采用。

第2章

声学滤波器

本章提要

- ▶ 了解声表面波技术
- ▶ 体声波滤波器在高频应用中的使用

声

波滤波器技术不断演进,迎接全球向 4G 网络迁移过程中遭遇的挑战。在本章,您将了解声表面波和体声波滤波器技术。今天,这两项技术被用于解决移动设备滤波技术的最大难题。

声表面波:虽然成熟,但仍在发展的技术

声表面波滤波器广泛用于 2G 和 3G 接收器前端、双工器以及接收滤波器。声表面波滤波器综合了低插入损耗与良好抑制性能,可以达到大带宽,并且与传统空腔滤波器和陶瓷滤波器(在第 1 章有介绍)相比,其体积只有前者的零头。

由于声表面波滤波器在晶圆上组装,因此可以低成本大批量生产。另外,声表面波技术还可将不同频带的滤波器和双工器集成到一块芯片,并且因此增加的装配工序很少,甚至完全不需要。



在声学滤波器中,具有一定对称性的晶体的压电效应成为“马达”和“发电机”。当对晶体施加一个电压时,晶体将发生机械形变,将电能转化成机械能。当晶体受到机械压缩或拉伸时,情况正好相反。晶体

结构的反面形成电荷,使电流流入端子和/或在端子间形成电压。这种电能与机械能之间的转换只会造成极低的能量损耗,双向都可达到极高效率。

在固体材料中,交替的机械形变产生声波,其传播速度在 3,000 至 12,000 米/秒。在声学滤波器中,声波受限形成驻波,质量因子极高,可以达到数千。这些高质量因子的谐振成为声学滤波器频率选择和降低损耗的基础。

在基本的声表面波滤波器中(参见图 2-1)中,在石英、钽酸锂(LiTaO_3)或铌酸锂(LiNbO_3)等构成的压电衬底上,通过金属叉指换能器将电输入信号转化成声波。由于这种声波的速度较慢,因此能使许多的波长通过超小尺寸器件的内部数字能量转换器。

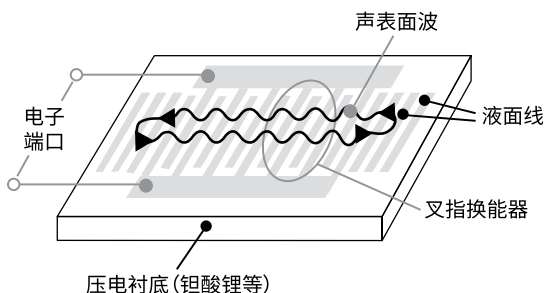


图 2-1: 基本的声表面波滤波器

声表面波的一个主要优势是能够极好地满足最高 1.9 GHz 标准滤波器应用,包括 GSM、CDMA 和 3G 等标准频带,以及部分 4G 频带。另外,目前采用晶圆级封装等技术(在第 3 章介绍)缩小声表面波滤波器的体积,这使得多个频带的滤波器和双工器都可集成到一块芯片上。随着智能手机功能的不断丰富,这一点也越发重要。

不过,声表面波滤波器也有局限性。在频率高于大约 1 GHz 时,这种滤波器的选择度下降;在频率达到大约 2.5 GHz 时,声表面波仅限于中等性能需求的应用。

另外,声表面波对温度非常敏感。在较高温度下,衬底材料的硬度易于下降,声波速度也因此下降。当温度上升时,声表面波滤波器的频响最大可能下降 4 MHz。由于保护频带越来越窄,并且消费设备的指定工作温度范围较大(通常为 -20°C 至 85°C),因此这种局限性的影响越来越严重。



替代方案之一是使用 Qorvo 的低温漂和零温漂声表面波滤波器,包括为数字能量转换器结构增加涂层,以加强高温硬度。无补偿的声表面波滤波器的频率温度系数通常约为 $-45\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$,而低温漂声表面波滤波器可将这一数值降至 -15 至 $-25\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。对于最为严格的应用,零温漂声表面波滤波器可将这一数值基本降至 $0\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。不过,由于所需的掩膜层增加了一倍,因此低温漂和零温漂声表面波滤波器更为复杂,也因此生产成本更加高昂——但仍不及体声波滤波器。笔者在《射频滤波器应用傻瓜版》中,对 Qorvo 的低温漂和零温漂声表面波和体声波滤波器有更详细介绍。

体声波:高性能

虽然声表面波滤波器以及 Qorvo 的低温漂和零温漂声表面波滤波器能够很好的适用于最高约 1.5 GHz 的应用,但通常体声波滤波器能够在更高频率等级,以更低的插入损耗,提供出众的性能(更高质量因子)。

通过使用体声波技术,能够开发边缘斜率极高和抑制能力优秀的窄带滤波器。这使得体声波成为解决许多干涉难题的首选技术。体声波这些优势的工作频率约 1.5 GHz,使其与声表面波技术的互补(后者在较低频率下更为有效)。体声波可以处理的频率高达 6 GHz,在频率高于 1.9 GHz 的新型 LTE 频带中多有使用。另外,对于 LTE/Wi-Fi 共存滤波器,体声波也非常有效。

再者,体声波滤波器的尺寸随着频率的升高而降低,这使得体声波滤波器成为适用于最严格的 3G 和 4G 应用的理想滤波器。此外,即使在宽带宽,体声波的设计对温度变化的敏感性也低得多。

不同于声表面波滤波器, 体声波滤波器的声波纵向传播 (参见图 2-2)。在采用石英晶体作为衬底的体声波谐振器中, 石英上下表面的金属片激励形成声波, 声波从顶面跳跃至底面, 形成驻波。谐振频率取决于板材厚度和电极质量。在体声波滤波器发挥作用的高频率, 压电层必须只有几微米厚, 谐振器结构需要采用薄膜沉积和微加工技术, 在载波衬底上完成。

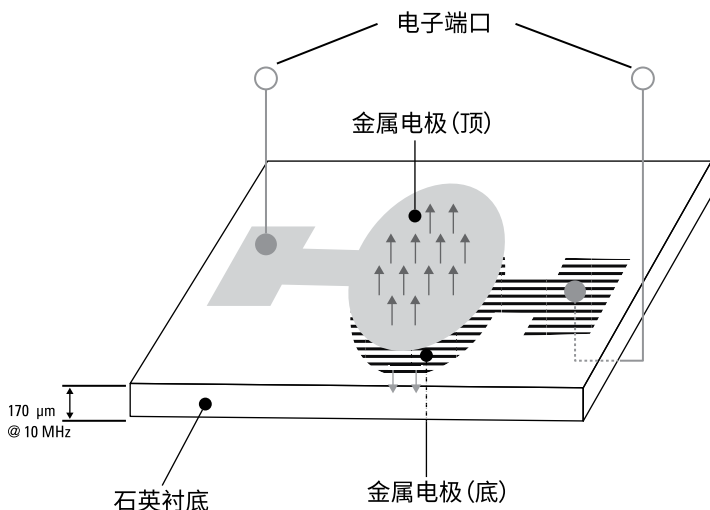


图 2-2: 基本的体声波滤波器

为防止声波逃逸进入衬底, 将不同硬度和密度的薄层交替叠加, 形成布拉格声学反射腔。最终形成的谐振器被称为“固体装配型体声谐振器” (BAW-SMR)。



布拉格反射板是一种由不同折射率的材料交替叠加构成的多层结构。

另外, 还有一种替代方法被称为“薄膜体声波谐振器” (FBAR), 这种方法在有效区域下方蚀刻出一个空腔, 形成悬挂膜结构。图 2-3 是固体装配型体声波谐振器与薄膜体声波的设计对比。

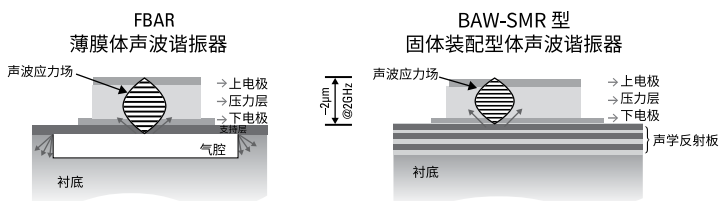


图 2-3: 体声波滤波器技术

这两种类型的体声波滤波器都能达到非常低的损耗,这是因为二者的声能密度都非常高,并且二者的结构都能有效地捕获声波。二者可以达到的质量因子高于微波频率下使用的合理尺寸的其他滤波器类型:在 2 GHz 时高达 2,500。这带来了超高的抑制能力,减少了插入损耗,甚至在临界的通带边缘也不例外。

薄膜体声波谐振器与固体装配型体声波谐振器的基本差别在于声能的捕获方式。对于薄膜体声波谐振器,谐振器双面都存在空气/晶体界面,这确保了主要声能模式被正确捕获。对于固体装配型体声波谐振器,位于谐振器下方的布拉格反射板可以有效地捕获声能模式。

二者之间的另一个主要区别在于设备产生热量的导热通路。在固体装配型体声波谐振器,有一条导热通路通向衬底,并通过衬底散热。在薄膜体声波谐振器,由于谐振器每面都有气隙,因此导热通路较弱。



由于体声波滤波器带来较低的插入损耗,因此有助于补偿单台智能手机支持多频带带来的较高损耗。损耗的降低不仅改善了信号的接收性能,而且有助延长电池寿命。对于上行和下行链路隔离极小的应用,以及相邻频带高度拥挤但又需要衰减的情况,体声波表现优秀。

尽管体声波本身的温漂只有标准声表面波的大约一半,但有时这种优势并不充分。针对这些应用, Qorvo 创立了零温漂体声波技术,可以实现温漂基本达到 0 ppm/°C,与零温漂声表面波达到的性能相似。

16 射频滤波器技术, For Dummies, Qorvo 专版



在《射频滤波器应用傻瓜版》中,对 Qorvo 的低温漂和零温漂声表面波和体声波滤波器有更详细介绍。

第3章

滤波器封装技术

本章提要

- ▶ 晶圆倒装技术简介
- ▶ 晶圆级封装的优势
- ▶ 组件的集成简化

在

本章, 您将了解 Qorvo 的主要滤波器封装技术, 以及战略性差异化因素。

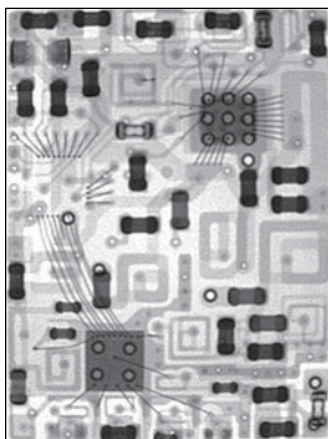
CuFlip: 铜晶圆倒装芯片技术

Qorvo 的 CuFlip 互联技术是一种专属的高级倒装芯片技术, 该技术使用铜柱凸点代替线焊 (参见图 3-1)。相对于将射频能量连接到移动设备印制电路板的其他方法, CuFlip 技术提供了几项优势:

- ✔ **超高射频性能:** CuFlip 技术不需要信号穿过环氧树脂, 因此改善了性能。
- ✔ **设计灵活:** CuFlip 技术可以实现更加紧凑的设计, 并进一步降低高度, 因此减少了整体封装尺寸, 同时还可在较大配置范围内 (包括超薄设计), 为基于 CuFlip 的产品提供即插即用能力。
- ✔ **减少材料:** 由于取消了线焊, 因此减少了整体材料需求, 减少了 CuFlip 产品的体积, 降低了对电路板的空间需求。

- ✓ **提高了制造和装配速度:** 统一铜柱简化了标准表面装配型组件的装配过程, 消除了单个线焊的匹配需要。也因此减少了循环周期, 提高了吞吐量和工作效率。
- ✓ **降低成本:** 与线焊装配相比, 高度重复性工艺极大减少了工序, 提高了产出率。

采用线焊的
竞争产品
(6mm x 8mm)



采用 CuFlip
技术的 Qorvo 产品
(6mm x 6mm)

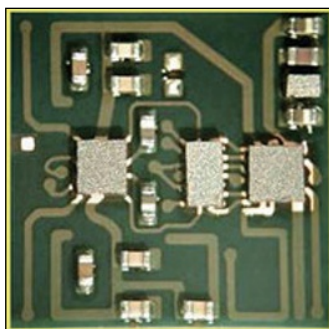


图 3-1: CuFlip 技术相对于线焊的比较优势

晶圆级封装

典型的滤波器封装由滤波器铸模组成, 铸模封包在陶瓷封装内。Qorvo 的晶圆级封装技术取消了体积庞大的陶瓷封装, 极大减少了尺寸, 并提高了性能 (参见图 3-2)。

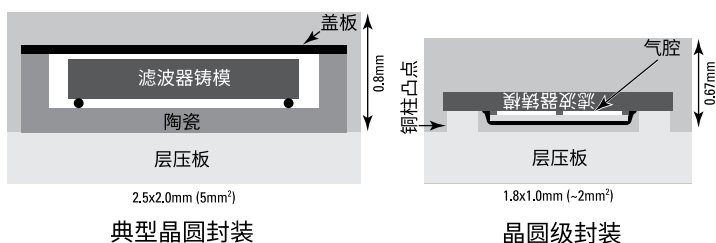


图 3-2: 典型晶圆封装与 Qorvo 晶圆级封装的设计比较

Qorvo 的晶圆级封装技术将铸模封包在聚合物密封件内,在滤波器周围形成保护性气腔。这不仅可以实现高频作业,还为滤波器提供了机械防护。此外,还使用了专属的 CuFlip 技术(本章前文介绍),铸模上下颠倒安装。这样,铜柱凸点可以直接放置在层压板上。这些技术进步共同提高了系统性能,极大减少了封装尺寸,空间需求降低了 50% 以上。

与传统封装方法相比,晶圆级封装的优势包括:

- ✓ **显著减少尺寸:**封装尺寸大幅降低,使得射频设备在印制电路板上所占空间减少 50% 以上。
- ✓ **设计灵活:**由于尺寸的减少,设计人员可在广泛的无线设备配置范围内,为晶圆级封装组件设计即插即用能力。
- ✓ **超高性能:**铸模周围的密封气腔为高频作业提供了必要间隙,以及结构支撑和机械保护。另外,晶圆级封装技术只需极少的寄生元件,延长了电池寿命。
- ✓ **高度更低,设备更轻薄:**晶圆级封装滤波器取消了陶瓷封装,厚度减少了 0.13 mm,这在今天轻薄移动设备的设计中是一个重要考虑因素。

集成化

Qorvo 的高级滤波解决方案与功率放大器、开关和其他前端射频组件集成后,将高性能和小尺寸提升到一个新的高度。随着智能手机频带数量的快速增加,目前的趋势是将包含高级滤波器的模块与高效率宽带放大器集成,以减少射频器件尺寸和降低智能手机的复杂性。

Qorvo 采用密集封装技术——CuFlip 互联服务和晶圆级封装技术(本章前文介绍),将高性能宽带放大器与高级滤波器组合,形成简化的集成解决方案,加快了客户的上市时间(参见图 3-3)。

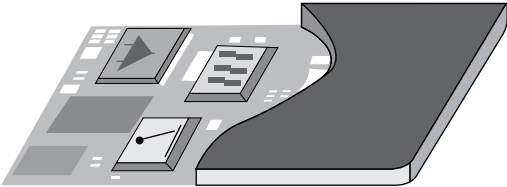


图 3-3: 元件集成消除了复杂性



集成化是 Qorvo 的一个关键差异化因素,这里的集成是指利用广泛的集成技术能力(协调供应链、稳定工艺流程以及射频模块仿真),在滤波器中加入高性能组件(自行设计制造关键模块组件)。

第4章

滤波器市场 十大趋势 (预计)

本章提要

- ▶ 认识滤波器技术
- ▶ 您需要知道的一些事实

以下是您需要知道的有关滤波器技术的十个重要事实：

- ✓ 滤波器移除信号中不需要的频率分量，同时保留需要的频率分量。
- ✓ 质量因子 (Q) 是滤波器损耗的主要决定因素之一。质量因子越低，损耗越高，滤波器边缘越圆滑。对于窄带调制而言，滤波器边缘的圆滑可能成为问题。
- ✓ 带宽越宽，要求的选择度越大，必须牺牲的插入损耗参数越大。设计工程人员必须在这些特性之间保持平衡，以消除功率放大器输出的增加，以及潜在的电流和匹配元器件的增加。
- ✓ 移动设备的最常用滤波器配置是声学滤波器——声表面波和体声波滤波器。
- ✓ 最常见的声学滤波器架构是梯形配置，其中多个谐振器通过串联分流形式连接。
- ✓ 要在用户的无线系统设计中实现高选择度，使用收发频率之间存在高隔离度的双工器是最佳选择。

- ✔ 声表面波设备最适合低于 1.5 GHz 的较低频率, 体声波技术最适合高于 1.5 GHz 的滤波器设计。
- ✔ 在今天的移动环境下, 一台移动设备所需的频带数量极多——并且只会越来越多。对所有这些频带提供支持造成了共存问题, 需要使用滤波器抑制一些频带, 例如, 公共安全频带、全球导航卫星系统 (GNSS) 频带、Wi-Fi 频带等。滤波器对于频带之间的共存起到重要作用。
- ✔ 新频率的频谱分配需要滤波器具有更为严格的温漂性能。Qorvo 的低温漂和零温漂滤波器技术是解决温漂需求的最好办法。零温漂技术能够基本达到 0 ppm/°C 特征。
- ✔ Qorvo 开发的 CuFlip 和晶圆级封装等高级封装技术, 能够实现高性能和高集成水平。随着频带数量的增加以及射频前端复杂程度的不断提高, 这些特性将越来越具有必要性。

利用先进的滤波器技术， 解决 LTE 技术挑战

QorvoTM

