

**信息工程学院**

**实 验 报 告 册**

**2023 ~ 2024 学年 第 2 学期**

课程名称 通信电路与系统

学生院系 信息工程学院

专 业 通信工程

班 级 22通信2班

姓 名 魏乾玉

学 号 2209735016

实验地点 4408

指导教师 路新华、马丽

|  |  |
| --- | --- |
| 实验项目 | 射频滤波器的设计与仿真 |
| 实验日期 | 2024年 4 月 12 日（星期 5 第 7-8 节） |
| 实验成绩 |  |
| 一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）  掌握 LC 选频网络原理、学会使用软件设计 LC 选频网络、学会使用分析和调整 LC 选 频网络的性能参数。 | |
| 二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）  选择设计一种阻抗匹配网络（L 型、T 型、∏ 型、微带分布参数并联型或微带分布参数 串连型）；用仿真软件对设计进行仿真,分析其性能；用网络分析仪测试阻抗匹配网络的性 能曲线。 | |
| 三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）  所示为 L 型匹配网络的四种基本结构。    **Π**型阻抗匹配网络  Π型阻抗匹配网络可视为由两个面对面的 L 型网络组成，如图 3.2 所示。    **T** 型 阻抗匹配网络  T 型阻抗匹配网络设计步骤与 Π型阻抗匹配网络相同。其结构如图 3.3 所示。    设计实例  试设计频率在 900MHz 的电感输入低通滤波器的 L 型匹配网络，如图 3.4 所示，使  75Ω的负载阻抗匹配至 50Ω处。 | |
| 四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等） | |
| 五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）  实验数据与理论值相差无几，已经学会设计LC选频网络，调整选频网络性能参数并熟悉使用软件来对设计进行仿真，分析其性能。 | |
| 六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）  在实验过程中调整性能参数时，由于粗心导致仿真结果与理论数据不符，在仿真时导致仿真出错，都已经纠正过来并更正。  通过学习已经掌握 LC 选频网络原理，学会了使用软件设计 LC 选频网络，使用分析和调整 LC 选频网络的性能参数。 | |

|  |  |
| --- | --- |
| 实验项目 | 低噪声放大器的设计与仿真 |
| 实验日期 | 2024 年 4 月 26 日（星期 五 第 7-8 节） |
| 实验成绩 |  |
| 一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）  掌握功率衰减器原理、指标，学会使用射频微波软件对集总、分布参数功率衰减器进行仿真，掌握使用网络分析仪测试功率衰减器参数方法。 | |
| 二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）  选择设计一种功率衰减器（集总参数、分布参数类型），用软件对其设计进行仿真，并分析其结果；利用网络分析仪对功率衰减器性能进行测试。 | |
| 三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作） 衰减器的技术指标 工作频带：衰减器的工作频带是指在给定频率范围内 使用衰减器,衰减量才能  达到指标值。由于射频/微波结构与频率有关,不同频段的元器件,结构不同,也不能通用。现代同轴结构的衰减器使用的工作频带相当宽,设计或使用中要加以注意。  衰减量：衰减量描述功率通过衰减器后功率的变小程度。衰减量的大小由构成衰减器的材料和结构确定。衰减量用分贝作单位,便于整机指标计算。  1 2  *P*1 *P*2  *AdB* = 10 × log *P*2(*mW* )  *P*1(*mW* )  功率容量：衰减器是一种能量消耗元件,功率消耗后变成热量。可以想象,材料结  构确定后,衰减器的功率容量就确定了。如果让衰减器承受的功率超过这个极限值,衰减器就会被烧毁。设计和使用时,必须明确功率容量。  回波损耗：回波损耗就是衰减器的驻波比,要求衰减器两端的输入输出驻波比应  尽可能小。我们希望的衰减器是一个功率消耗元件,不能对两端电路有影响,也就是说,与两端电路都是匹配的。设计衰减器时要考虑这一因素。 衰减器的基本构成 构成射频/微波功率衰减器的基本材料是电阻性材料。通常的电阻是衰减器的一种基本形式,由此形成的电阻衰减网络就是集总参数衰减器。通过一定的工艺把电阻材料放置到不同波段的射频/微波电路结构中就形成了相应频率的衰减器。  如果是大功率衰减器,体积肯定要加大,关键就是散热设计。随着现代电子技术的发展,在许多场合要用到快速调整衰减器。这种衰减器通常有两种实现方式,一是半导体小功率快调衰减器,如 PIN 管或 FET 单片集成衰减器；二是开关控制的电阻衰减网络,开关可以是电子开关, 也可以是射频继电器。 衰减器的主要用途  * + 1. 控制功率电平: 在微波超外差接收机中对本振输出功率进行控制,获得最佳噪声系数和 变频损耗,达到最佳接收效果。在微波接收机中,实现自动增益控制,改善动态范围。     2. 去耦元件: 作为振荡器与负载之间的去耦合元件。     3. 相对标准: 作为比较功率电平的相对标准。     4. 用于雷达抗干扰中的跳变衰减器: 是一种衰减量能突变的可变衰减器,平时不引入衰减,遇到外界干扰时,突然加大衰减。 | |
| 四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等） | |
| 五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）  通过仿真与实测数据对比，验证了所设计的低噪声放大器在指定频率范围内具有良好的增益特性和噪声抑制效果。这说明设计策略和参数选择合理，能够满足低噪声和高增益的要求。 | |
| 六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）  通过实际操作，深刻理解了射频电路设计的复杂性和挑战，理论知识只有在实践中才能得到真正的检验和深化。了解了低噪声放大器的一些基础知识，同时，对放大器的性能测试仿真的一些基本操作也有了认知。 | |

|  |  |
| --- | --- |
| 实验项目 | 混频器的设计与仿真 |
| 实验日期 | 2024 年 5 月 30 日（星期 五 第 7-8 节） |
| 实验成绩 |  |
| 一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）  掌握混频器原理、指标和设计方法，学会使用 ADS 软件对功率放大器进行仿真，掌握  混频器的谐波分析。  掌握双平衡混频器原理、设计步骤、测试方法。 | |
| 二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）  设计双平衡混频器电路，用 ADS 软件对其设计结构进行仿真，并分析其结果,并分析本  振功率对中频输出信号质量的影响，最终确定本振最佳功率。  2.1 混频器原理  混频器是一个三端口器件，其中 2 个端口输入、1 个端口输出。混频器分为无源混频器  和有源混频器，无源混频器线性度好，可以工作在很高频率，但没有转换增益；有源混频器  有转换增益，可以减小来自中频的噪声影响。  图 3.1 是超外差接收机示意图，混频器工作在下变频状况，2 个输入端分别称为本振  端（LO）和射频端（RF），输出端称为中频端（IF）。    图 3.1 超外差接收机结构  混频是利用两个信号在时域上相乘来实现的。假设两个正弦型信号输入到一个乘法器中，  则在乘法器的输出可以得到一个和频成分和一个差频成分，在数学上可以表示为：    两个正弦型输入信号中，一个是固定幅度的本地振荡信号（LO），由本地振荡器  提供；另一个是接收到的射频信号或者要发射的低频信号。  通过这两个信号的混频，可以得到一个差频成分（频率为 w1-w2）和一个和频成分  （频率为 w1+w2），在 LO 信号幅度一定的情况下，差频成分与和频成分的幅度都正比于  输入信号的幅度。该操作仅完成了频率转换，而幅度上不会引入失真。  3  在下变频器中，需要的信号为差频信号，通过一个带通滤波器可取出需要的差频成  分，而滤除和频成分和其它干扰成分；而在上变频器中，需要的信号为和频信号，这时也可  以通过一个带通滤波器取出和频成分，滤除差频成分和其它干扰成分。    图 3.2 变频前后的频谱成分示意图  混频器虽然可以完成混频功能，但由于射频信号和本振信号直接相加，因此本振信  号会馈通到射频信号通路上，射频信号和本振信号的隔离度不是很好。为了改善射频信号与  本振信号之间的隔离度，可以将射频信号和本振信号加在不同的节点上，如图 3.3 所示。  图 3.3 吉尔伯特双平衡混频器原理图 | |
| 三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）  (1) 新建一个工程“Mixer\_wrk”。执行菜单命【File】-【New】-【Work-space】此时弹出一  个新建工程向导，按照向导一步一步地设置。  (2) 新建一个原理图。  (3) 选择菜单“DesiganGuide”——>”Mixers”，在弹出页面中选择“Example Mixers”—  —>”MOS Gilbert Cell Mixer(Single-Ended)”(双击)，并在原理图界面上点击，得到一个  4  图 3.4 混频器设计向导  图3.5 吉尔伯特单端混频器符号  该混频器即为吉尔伯特双平衡混频器的符号。  （4）接着验证混频器的功能，主要通过观测射频信号输入、本振信号输入和中频信号输出  的频谱来验证混频功能。  选择“Source-Freq Domain”元件面板，从面板中选择两个功率源 P\_1Tone，插入到  原理图中，分别作为混频器的射频输入端和本振输入端。  图 3.6 功率源选择  在原理图中双击功率源 P\_1Tone，  进行参数设置，如图 3.7 所示。  射频端 PORT1 的功率源设置为：  P=polar(dbmtow(RF\_pwr),0)，表示射频端输入信号的功率值为 RF\_pwr dBm。  Freq=RF\_freq MHz，表示射频端输入信号的频率为 RF\_freq MHz。  设置本振端 PORT2 的功率源。  P=polar(dbmtow(LO\_pwr),0)，表示本振端输入信号的功率值为 LO\_pwr dBm。  5  Freq=LO\_freq MHz，表示本振端输入信号的频率为 LO\_freq MHz。  图3.7 功率源参数设置界面  （5）在原理图窗口工具栏中单击[VAR]按钮，在原理图中插入一个变量控制器，双击变  量控制器，如图 3.8 所示设置变量。  RF\_pwr=-20，表示变量 RF\_pwr 代表的射频输入功率为-20dBm。  LO\_pwr=10，表示变量 LO\_pwr 代表的本振输入功率为 10dBm。  RF\_freq=900，表示变量 RF\_freq 代表的射频输入频率为 900MHz。  LO\_freq=1000，表示变量 LO\_freq 代表的本振输入频率为 1000MHz。  图 3.8 变量参数设置界面  6）选择“Simulation-HB”元件面板，从面板中选择一个终端负载“Term”插入到原理  图中，作为中频信号输出的终端。  （7）在原理图工具栏中单击[GROUND]按钮，在原理图中插入 3 个地，与射频、本振和  中频终端相连。  6  （8）在工具栏中单击[Insert Wire/Pin Labels]按钮，在弹出的对话框中输入“vout”，在原  理图中频输出连线上插入一个节点名“vout”，图 3.9 所示为完成的仿真原理图。 | |
| 四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等） | |
| 五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）  实验结果表明，所设计的混频器在目标频率范围内实现了预期的频率转换功能，且转换损耗、本振抑制、镜像抑制等关键指标均达到了设计要求，证明了设计的有效性和合理性。使用ADS软件进行混频器设计与仿真，极大地提高了设计效率和准确性，减少了实物原型制作的成本和时间，展示了现代射频设计软件的强大功能。 | |
| 六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）  通过亲自动手设计和测试混频器，深刻体会到理论知识与实际操作之间的联系与差异，增强了将理论应用于解决实际问题的能力。 | |

|  |  |
| --- | --- |
| 实验项目 | 2.4G发射机的设计于仿真 |
| 实验日期 | 2024 年 6 月 14 日（星期 五 第 7-8 节） |
| 实验成绩 |  |
| 一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）  掌握射频发射机原理、指标和设计方法，学会使用ADS软件对射频电路进行链路级  仿真，掌握射频电路系统的谐波分析。  掌握射频通信系统链路预算方法。 | |
| 二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）  发送机主要完成基带模拟信号到射频的处理过程，主要功能包括调制、上变频、功  率放大和滤波。发送机的方案大致分为：直接变换法和两步法。直接变换法是将调制和  上变频合二为一，在一个电路里完成； 两步法是将调制和上变频分开，先在较低的中频  上进行调制，然后将已调信号上变频搬移到发射的载频上。本节主要讨论使用直接变换  发送机的设计和仿真方法完成以下仿真任务。  完成一个2.4GHz直接变换发送机的结构设计，观测输出频谱。  对发送机进行增益预算分析。 | |
| 三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）  (1) 运行ADS ，在ADS主窗口中选择[File] → [New Project]命令， 在弹出的“New  Project”对话框默认工程路径“C:\users\default\”后输入工 程名“System\_sim\_lab” 。之后在  “Project  Technology”栏中选择“ADS Standard:Length unil-millimeter” ，表示工程中采  用的长度单位为mm 。在 对话框中单击[OK]按钮，完成工程建立，同时自动弹出原理图  窗口。(2) 在原理图窗口中选择[File] → [Save Design]命令，将原理图窗 口保存为  “transmitter” ，开始原理图的设计。选择“Source-Freq Domain”元件面板，从面板中选择两  个功率源P\_1Tone ，插入到原理图 中，分别作为发送机的输入源和本振输入源。 | |
| 四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等） | |
| 五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）  实验中观察到的谐波成分与理论分析相吻合，通过引入合适的滤波器，成功降低了谐波水平，改善了信号纯度。这证实了谐波分析对于提高射频发射机性能的重要性，以及合理电路设计和滤波策略的有效性。ADS软件在射频发射机设计中的应用效果显著，能够准确模拟真实环境下的电路行为，有效预测并优化系统性能。链路级仿真结果与预期一致，证明了采用该软件进行射频电路设计和优化的可行性。 | |
| 六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）  在使用ADS软件的过程中，由于对某些高级功能的不熟悉，导致了几次无效的仿真运行。通过查阅官方文档和在线教程，提高了软件操作技能，避免了类似错误的再次发生。  无论是电路设计、仿真还是测试，都需要极高的耐心和细致，任何微小的疏忽都可能导致实验失败，这培养了在科学研究中必不可少的严谨态度。 | |

**说明：写好后删掉说明**

1、正文内容一律小四号宋体，1.25倍行距，首行缩进2个字符；

2、实验项目名称要求与实验教学大纲、实验指导书中的相一致；

3、课程结束后，每个学生所有的实验报告应装订成完整的报告册由指导教师存档。