

# 学子专区—2019年1月 ADALM1000 SMU培训 主题13:带阻滤波器

# 作者: Doug Mercer和Antoniu Miclaus

在《模拟对话》2017年12月文章中介绍SMU ADALM1000之后, 我们希望继续介绍一些小的基本测量。如需参阅之前的 ADALM1000文章,请点击此处。



图1. ADALM1000原理图。

## 目标

本实验活动的目标是:

- ▶ 1.将低通滤波器和高通滤波器结合在一起,构成带阻滤波器。将会使用一个串联LC电路。
- ▶ 2. 使用波特图绘图仪软件工具,获得滤波器频率响应。

## 背景知识

带阻滤波器,也称为陷波或带拒滤波器,可阻止特定范围的频率信号通过,同时允许更低和更高频率信号以较低衰减通过。 它去除或截除两个截止频率之间的信号,同时让截止频率之外的信号通过。

带阻滤波器的一个典型应用是音频信号处理,用于去除特定范 围内不需要的频率,例如噪声或杂声,但不衰减余下的频率。 另一个应用是通信系统中从某一信号范围摒除特定信号。

带阻滤波器可以通过滚降频率为f\_的高通RL滤波器和滚降频率为 f<sub>\*</sub>的低通RC滤波器构建而成,因此:

 $f_L < f_H$ 

高端截止频率的计算公式为:

$$f_L = \frac{R}{(2 \pi L)}$$

低端截止频率的计算公式为:

$$f_H = \frac{1}{(2 \ \pi \ RC)}$$

抑制频率的带宽计算公式为:

$$f_{BW} = f_H - f_L$$

滤波器允许所有低于f<sub>L</sub>和高于f<sub>H</sub>频率的信号通过,只衰减这两 个频率之间的信号。图2所示的L和C系列组合就是这样一个滤 波器。



图2. 带阻滤波器电路。

根据前一篇关于并联LC谐振的文章,我们也可以使用LC谐振公 式来计算带通滤波器的中心频率,谐振频率ω。通过下式计算:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad [rad/s]$$

或

$$f_o = \frac{1}{(2 \pi \sqrt{LC})} \quad [\text{Hertz}]$$

## 频率响应

为了显示电路如何响应一定的频率范围,可以绘制滤波器输 出电压幅度(振幅)随频率变化的曲线图。它通常用于表征 滤波器的正常工作频率范围。图2显示了带通滤波器的典型频 率响应。



图3.带阻滤波器频率响应。

#### 材料

- ▶ ADALM1000硬件模块
- 电阻R1 1.0 kΩ
- ▶ 电容C1 0.1 µF (标记104)
- ▶ 电感L1 (一个20 mH, 或者两个10 mH串联)

## 步骤

 1. 在无焊试验板上搭建如图2所示的滤波器电路,使用的元件 为R1 = 1 kΩ, C1 = 0.1 μF, L1 = 20 mH。



图4.带阻滤波器试验板连接。

- 2. 将通道A AWG最小值设为0.5 V,最大值设为4.5V,从而生成一个峰峰值为4 V,中心为2.5 V的正弦波,作为输入电压施加于电路。在AWG A模式下拉菜单中选择SVMI模式。在AWG A Shape下拉菜单中选择正弦波。在AWG B模式下拉菜单中选择高阻抗模式。
- ▶ 3. 在ALICE曲线下拉菜单中选择显示CA-V和CB-V。在触发器下 拉菜单中选择CA-V和自动电平。将迟缓设为2(ms)。调节时间 基准,直到显示屏方格上大约可显示两个周期的正弦波信 号。在Meas CA下拉菜单中选择CA-V下的峰峰值,并对CB执 行同样操作。同样,在 Meas CA菜单中选择A-B相位。
- ▶ 4. 从低频(100 Hz)开始,在示波器屏幕上测量输出电压CB-V的 峰峰值。它应当与通道A的输出相同。小幅逐步增加通道A的

频率,直到通道B的峰峰值电压大约为通道A的峰峰值电压的 0.7倍。计算70% V p-p的值并在示波器上获得达到这一电压值 时的频率。这样就得到了构建的滤波器RL时间常量的截止( 滚降)频率。

5. 继续增加通道A的频率,直到通道B的峰峰值电压降至最小值。测量在示波器上获得达到这一电压值时的频率。这得到 了构建的滤波器串联LC谐振部分的中心频率。请注意,这个 70%幅值点在带阻滤波器上出现两次:分别在低端截止频率 和高端截止频率上。

## 利用ALICE波特图绘图仪绘制频率响应曲线

ALICE桌面软件可以显示波特图,它是给定网络的幅度和相位与 频率的关系图。步骤如下:

- 使用图2中的带通电路,设置R1 = 1.0 kΩ, C1 = 0.1 μF和L1 = 20 mH,这样我们可以扫描500 Hz到12,000 Hz的输入频率,并绘制 通道A和B的信号幅度以及通道B和A之间的相对相位角度。
- ▶ 将电路连接到ALM1000(如图2所示),启动ALICE桌面软件。
- ▶ 打开波特图绘图工具。在曲线菜单中选择CA-dBV、CB-dBV和 相位B-A。
- ▶ 在选项菜单中,将填充零的设置更改为2。
- 将AWG通道A最小值设为1.086,最大值设为3.914。这个范围 是以模拟输入范围中间值2.5 V为中心的1 V rms (0 dBV)幅度。 将AWG A模式设置为SVMI,将波形设置为正弦波。将AWG通 道B设置为高阻抗模式。确保选中同步AWG复选框。
- 在开始频率选项下将扫描开始频率设为100 Hz,在停止频率 选项下将扫描停止频率设为20,000 Hz。在Sweep Gen下,选择 CHA作为扫描通道。同时在扫描步进选项下输入频率步进的 数值,在这里将其设为200。

您现在将可以按下绿色的运行按钮进行频率扫描。扫描完成 后(扫描200个点需要几秒钟的时间),您将会看到类似于图5 所示的屏幕截图。您也许想使用LVL和dB/div按钮来优化曲线, 使之与屏幕网格的适配度最佳。

记录结果,并截屏保存波特图。



图5.带阻滤波器波特图分析仪设置。

#### 问题

使用公式1和公式2计算构建的每个带阻滤波器的截止频率。
将这些理论值与实验值进行比较,并对任何可能的差异做出合理的解释。

您可以在学子专区博客上找到问题答案。

# 注释

与所有ALM实验室一样,当涉及与ALM1000连接器的连接和配置 硬件时,我们使用以下术语。绿色阴影矩形表示与ADALM1000 模拟I/O连接器的连接。模拟I/O通道引脚被称为CA和CB。当配置 为驱动电压/测量电流时,添加-V,例如CA-V,当配置为驱动电 流/测量电压时,添加-I,例如CA-I。当通道配置为高阻态模式以 仅测量电压时,添加-H,例如CA-H。

示波器迹线同样按照通道和电压/电流来指称,例如: CA-V和 CB-V指电压波形, CA-I和CB-I指电流波形。

对于本文示例,我们使用的是ALICE 1.1版软件。

文件: alice-desktop-1.1-setup.zip。请点击此处下载。

ALICE桌面软件提供如下功能:

- ▶ 双通道示波器,用于时域显示和电压/电流波形分析。
- ▶ 双通道任意波形发生器(AWG)控制。

- ▶ X和Y显示,用于绘制捕捉的电压/电流与电压/电流数据,以 及电压波形直方图。
- ▶ 双通道频谱分析仪,用于频域显示和电压波形分析。
- ▶ 波特图绘图仪和内置扫描发生器的网络分析仪。
- 阻抗分析仪,用于分析复杂RLC网络,以及用作RLC仪和矢量 电压表。
- 一个直流欧姆表相对于已知外部电阻或已知内部50 Ω电阻测 量未知电阻。
- ▶ 使用ADALP2000模拟器件套件中的AD584精密2.5 V基准电压源 进行电路板自校准。
- ▶ ALICE M1K电压表。
- ▶ ALICE M1K表源。
- ALICE M1K桌面工具。
- 欲了解更多信息,请点击此处。
- 注:需要将ADALM1000连接到你的PC才能使用该软件。



图6.ALICE桌面1.1菜单。

Doug Mercer [doug.mercer@analog.com]于1977年获得伦斯勒理工学院 (RPI)电气工程学士学位。自1977年加入ADI公司以来,他直接或间接贡 献了30多款数据转换器产品,并拥有13项专利。他于1995年被任命为 ADI研究员。2009年,他从全职工作转型,并继续以名誉研究员身份担 任ADI顾问,为"主动学习计划"撰稿。2016年,他被任命为RPI ECSE 系的驻校工程师。

Antoniu Miclaus [antoniu.miclaus@analog.com]是ADI公司的系统应用工程师,从事ADI学术项目、Circuits from the Lab<sup>®</sup>嵌入式软件和QA过程管理工作。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡开始在ADI公司工作。

他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生,拥有克卢 日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。





#### **Doug Mercer**

该作者的其他文章: ADALM1000 SMU 培训主题12: 带通滤波器

学子专区—— 2018年11月

#### Antoniu Miclaus

该作者的其他文章:

ADALM1000 SMU 培训主题12: 带通滤波器

学子专区—— 2018年11月