

# 学子专区——2018年10月 ADALM1000 SMU培训 主题10:低通和高通滤波器

作者: Doug Mercer和Antoniu Miclaus

# 共享 🤁 🔗 🎬 ท

在《模拟对话》2017年12月文章中介绍SMU ADALM1000 之后,我 们希望继续进行一些小的基本测量。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通过获取RC低通滤波器和RL高通滤波器的频 率响应来研究分析无源滤波器的特性。

# 背景

无源滤波器由电阻、电容和电感等无源元件组成,但不包括运算 放大器、晶体管等放大器元件。因为没有信号增益,无源滤波器 的输出电平总是小于输入。

电容和电感的阻抗与频率相关。电感阻抗与频率成正比,电容 阻抗与频率成反比。可利用这些特性来选择或抑制输入信号的 某些频率。这种对频率的选择和抑制称为滤波,执行滤波的电 路称为滤波器。

如果滤波器通过高频并抑制低频,则它是高通滤波器。反之,如果 它通过低频并抑制高频,则它是低通滤波器。与大多数事物一样, 滤波器不可能很完美。它们不可能绝对通过某些频率并绝对抑制其 他频率。如果信号输出幅度(电压幅度)在最大幅度的70%或1/√2 范围内,则认为通过该频率,否则为抑制该频率。70%幅度处的频 率称为截止频率、滚降频率或半功率频率。



图2.低通滤波器。

在低频时,与电阻R的阻值相比,电容阻抗非常大。这意味着电 容两端的电压电位V。将远远大于电阻两端的电压降。在高频时则 正好相反,由于电容阻抗值的变化、V。很小而V<sub>R1</sub>很大。

RC滤波器的截止频率:

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

图3. RL高通滤波器。

在低频时,与电阻R的阻值相比,电感阻抗非常小。这意味着电 感两端的电压电势V。将远远小于电阻两端的电压降。在高频时则 正好相反,由于电感阻抗值的变化、V。变得很大而V<sub>R1</sub>变得很小。

RL滤波器的截止频率:

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

频率响应:滤波器输出电压幅度与频率成函数关系的曲线图。它 通常用于表征滤波器的正常工作频率范围。

# 



# 材料:

- ▶ ADALM1000 硬件模块
- ▶ 电阻 (1 kΩ)
- ▶ 电容 (1 µF)
- ▶ 电感 (20 mH)

# 步骤:

# A. RC低通滤波器:



#### 图5. RC电路试验板连接。

- 1. 在无焊试验板上搭建如图 2 所示的 RC 电路, 使用的元件为 R1 = 1 kΩ, C1 = 1 μF。
- 2. 将 Channel A AWGMin 值设为 0.5 V, Max 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 Mode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 Mode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 50 Hz 低频开始, 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 RC 低通滤波器的截止(滚降)频率。



#### 图6. RL电路试验板连接。

- 1. 在无焊试验板上搭建如图 3 所示的 RL 电路, 使用的元件为 R1 = 1 kΩ, L = 20 mH。
- ▶ 2. 重复A中的步骤 2 和 3, 获得示波器输出。
- 3. 从 20 kHz 高频开始,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。小幅逐步降低通道 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 RL 高通滤波器的截止(滚 降)频率。

# 问题:

使用公式1和公式2计算RC低通和RL高通滤波器的截止频率。将计 算所得的理论值与实验测量值进行比较,并对任何可能的差异做 出合理的解释。

# 附录:

# 使用其他元件值

在指定值不易获得的情况下,可以用其他元件值代替。元件的电抗(XC或XL)随频率而变化。例如,若使用4.7 mH电感,而不是 要求的47 mH电感,那么只需将测试频率从250 Hz提高到2.5 kHz即 可。用1.0μF电容替换指定的10.0μF电容时也是如此。

# 使用RLC阻抗计工具

ALICE Desktop(桌面工具)包括一个阻抗分析仪/RLC仪,可用于测量串联电阻(R)和电抗(X)。作为本实验活动的一部分,使用此工具测量元件R、L和C以确认测试结果可能是有益的。



图7. 步骤5截图, Time/Div设置为0.5 ms。

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8. 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。



Doug Mercer

该作者的其它文章:

ADALM1000 SMU培训 主题9:交流电路中的功 率和功率因数

学子专区——2018年9月

# Antoniu Miclaus

该作者的其它文章:

ADALM1000 SMU培训 主题9:交流电路中的功 率和功率因数

学子专区——2018年9月

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。