

# 学子专区—2018年7月 ADALM1000 SMU培训 主题7：RLC电路中的谐振

共享    

在《模拟对话》2017年12月文章中介绍SMU ADALM1000之后，我们希望进行一些小的基本测量，这是ADALM1000系列的第七部分。如需参阅之前的ADALM1000文章，请点击[此处](#)。

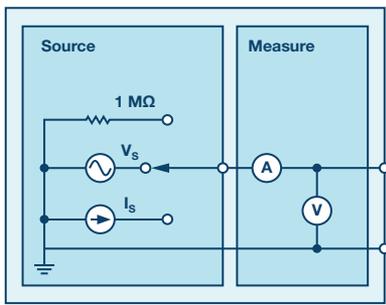


图1. ADALM1000原理图。

## 目标：

本实验活动的目标是研究RLC电路中的谐振现象。通过对正弦波电源的幅度响应来确定给定网络的谐振频率和带宽。

## 背景：

谐振电路也称为调谐电路，由电感、电容以及电压或电流源组成。它是电子产品中最重要的电路之一。例如，许多形式的谐振电路可以随时从周围大量的信号中调谐到所需的无线电台或电视台。

当网络输入端的电压和电流同相并且网络的输入阻抗为纯阻性时，网络处于谐振状态。

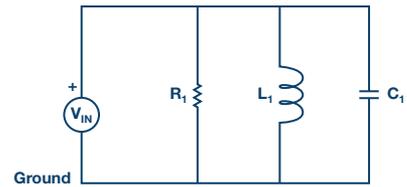


图2. 并联谐振电路。

考虑图2所示的并联RLC电路。这个电路提供的稳态导纳为：

$$Y = \frac{1}{R} + j \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad (1)$$

当输入端的电压和电流同相时，产生谐振。这相当于一个实际的纯导纳，因此该必要条件的表示如下

$$\omega C - \frac{1}{\omega} L = 0 \quad (2)$$

谐振条件可以通过调节L、C或 $\omega$ 来实现。若保持L和C不变，谐振频率 $\omega_0$ 的计算公式如下：

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ rad/s} \quad (3)$$

或：

$$f_0 = \frac{1}{(2\pi\sqrt{LC})} \text{ Hertz} \quad (4)$$

频率响应是谐振电路输出电压幅度与频率成函数关系的曲线图。响应当然从零开始，在自然谐振频率附近达到最大值，当 $\omega$ 变为无穷大时再次下降至零。频率响应如图3所示。

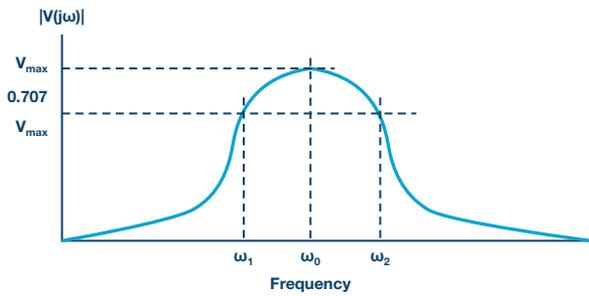


图3. 并联谐振电路的频率响应。

▶ 图中还标识了两个附加频率 $\omega_1$ 和 $\omega_2$ ；它们被称为半功率频率。这两个频率点位于曲线上电压响应值为最大值的 $1/\sqrt{2}$ （即0.707）倍处。它们用来衡量响应曲线的带宽。这被称为谐振电路的半功率带宽，其定义如下：

$$\beta = \omega_2 - \omega_1 \quad (5)$$

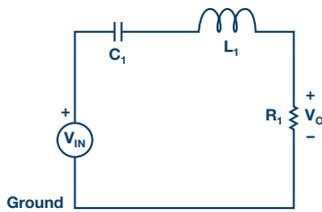


图4. 串联谐振电路。

### 材料：

- ▶ ADALM1000硬件模块
- ▶ 电阻：100  $\Omega$ ，1 k $\Omega$
- ▶ 电容：1  $\mu\text{F}$ ，0.01  $\mu\text{F}$
- ▶ 电感：20 mH

### 步骤：

- ▶ 1. 在无焊试验板上搭建如图5所示的RLC电路，使用的元件为 $R_s = 100 \Omega$ ， $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ， $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ， $L_1 = 20 \text{ mH}$ 。

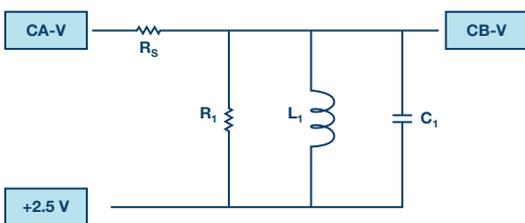


图5. 连接至电源、带有一个串联电阻的并联谐振电路。

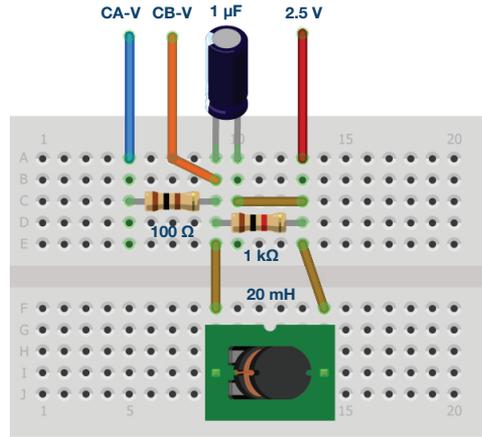


图6. 并联谐振试验板电路。

- ▶ 2. 将通道A AWG最小值设为0.5 V，AWG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SVM1模式。在AWG A波形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Hold Off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. 在AWG A菜单中改变正弦波频率，以100 Hz步进从500 Hz增至2.5 kHz。针对每个频率，记下通道A和通道B以及A-B相位的峰峰值电压。请注意通道B的电路输出端的电压值最大时的频率。这个频率接近电路的谐振频率。请注意，在这个频率下的相位应该接近 $0^\circ$ 。在CB峰峰值电压达到最大值的频率附近以10 Hz的增量调整频率，直到A-B相位正好为零。

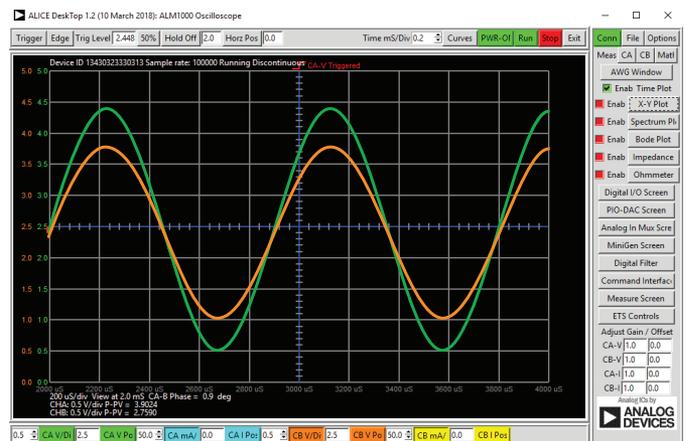


图7. 谐振频率附近的输入和输出波形。

- ▶ 5.使用图4所示的串联谐振电路重复实验,使用的元件为 $L_1 = 20\text{ mH}$ ,  $C_1 = 0.01\text{ }\mu\text{F}$ ,  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ 。电阻上的电压 $V_0$ 与串联RLC电路的电流成正比。

### 利用ALICE-波特图绘图仪绘制频率响应曲线

ALICE-波特图绘图仪软件大大简化了频率和相位响应曲线的生成。使用图5所示的并联谐振RLC电路,我们可以从10 Hz到5000 Hz扫描输入频率,并绘制通道A和通道B的信号幅度以及通道B和通道A之间的相对相位角度。

- ▶ 将电路连接到ALM1000,如图5所示,从ALICE主界面启动ALICE-波特图绘图仪。
- ▶ 在Curves下拉菜单中选择CA-dBV、CB-dBV和Phase B-A。
- ▶ 选择Lin F作为扫描的线性表示。
- ▶ 在Options下拉菜单中点击Cut-DC。
- ▶ 将AWG Channel A Min值设为1.086, Max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模式设为SVMI, Shape设为Sine。将AWG Channel B设为Hi-Z Mode。确保选中Sync AWG复选框。
- ▶ 在Sweep Gen菜单下,使用Startfreq将扫描开始频率设为10 Hz,并使用Stopfreq将扫描停止频率设为5000 Hz。选择CH-A作为扫描通道。同时可通过Sweep Steps来输入频率步进数值,在这里应当设为100。
- ▶ 您现在可以按下绿色Run按钮进行频率扫描。扫描完成后,您将会看到类似于图8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。

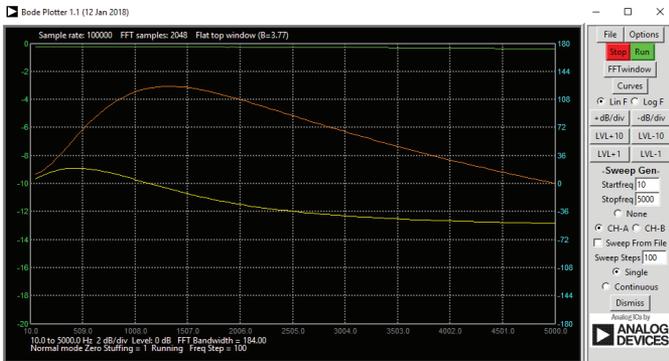


图8. 频率扫描: 10 Hz至5000 Hz

### 问题:

- ▶ 在两种电路下分别利用公式1找出谐振频率 $\omega_0$ ,并将其与实验值进行比较。
- ▶ 绘制电路的电压响应曲线,并利用公式3从半功率频率获得带宽。

### 附录:

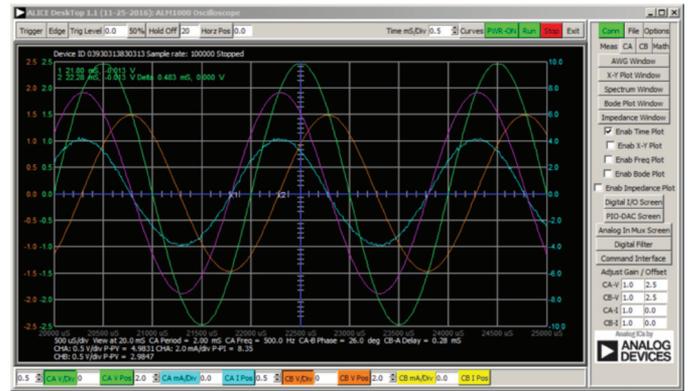


图9. 将Time/Div设为0.5 ms时的步骤5截图。

您可以在StudentZone blog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。请下载[此处](#)。

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。

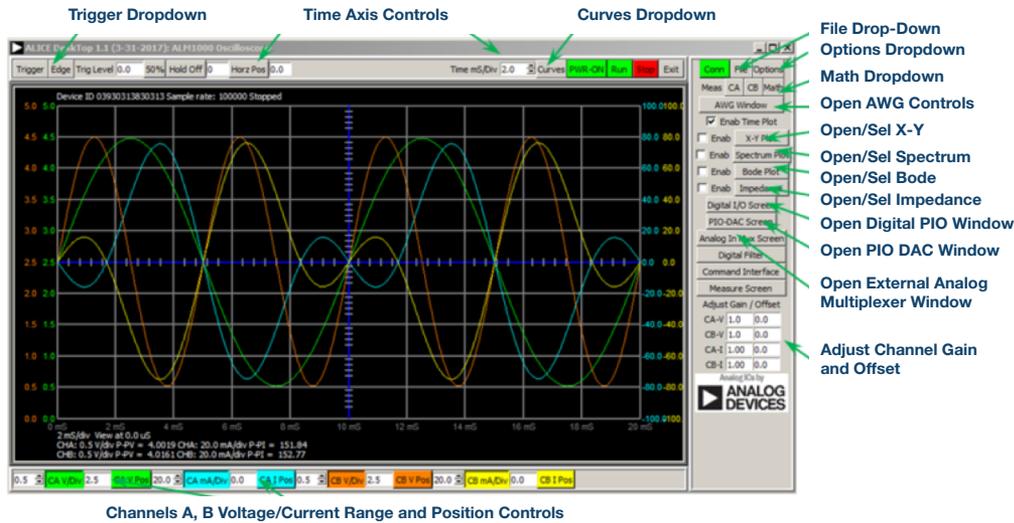


图10. ALICE桌面1.1菜单。

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, 他为30多种数据转换产品做出直接或间接贡献, 并拥有13项专利。1995年, 他被任命为ADI公司院士。2009年, 他从全职转为ADI公司荣誉退休院士, 继续提供咨询服务, 致力于主动学习项目。2016年, 他被RPI ECSE系授予“社区工程师” (Engineer in Residence) 称号。



Doug Mercer

该作者的其他文章:

[ADALM1000 SMU培训主题6: 什么是相位, 我们为何要关心相位?](#)

学子专区—2018年6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®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。



Antoniu Miclaus

该作者的其他文章:

[ADALM1000 SMU培训主题6: 什么是相位, 我们为何要关心相位?](#)

学子专区—2018年6月

他目前是巴比什-波雅依大学软件工程专业理学硕士的研究生。他拥有克卢日-纳波卡技术大学电子和电信工程学士学位。