

学子专区一

ADALM2000实验： 测量扬声器阻抗曲线

Doug Mercer, 顾问研究员;
Antoniu Miclaus, 系统应用工程师

目标

本实验活动的目的是测量永磁扬声器的阻抗曲线和谐振频率。

背景知识

动态扬声器的主要电气特性是电阻抗，它与频率具有函数关系。通过绘图可以将其可视化，该图称为阻抗曲线。

最常见类型的扬声器是使用连接到振膜或纸盆的音圈的机电换能器。动圈式扬声器中的音圈悬挂在由永磁体提供的磁场中。当电流从音频放大器流过音圈时，由线圈中的电流产生的电磁场对永磁体的固定场作出反应并移动音圈（和纸盆）。交替电流将来回移动纸盆。纸盆的移动使空气振动，从而产生声音。

扬声器的移动系统（包括纸盆、纸盆支片、弹波和音圈）具有一定的质量和顺序。通常将这种情况模拟成由弹簧悬挂起来的简单质量块，其具有一定的谐振频率，系统在该共振频率下具有最大的振动自由度。

该频率被称为扬声器的自由空间谐振，表示为 F_s 。在该频率下，由于音圈以最大峰值幅度和速度振动，因此磁场中线圈运动产生的反电动势也处于其最大值。这会导致扬声器的有效电阻抗在 F_s 下达到最大值，称为 Z_{MAX} 。对于刚好低于谐振频率的频率，当频率接近 F_s 时，阻抗会迅速上升并且具有电感性。在谐振频率下，阻抗具有纯阻性的特点；在谐振频率以外，随着阻抗下降，就会呈现容性的特点。阻抗在某个频率处达到最小值 Z_{MIN} ，在该频率下，其行为在某些频率范围内主要（但不是完全）具有阻性的特点。扬声器的额定或标称阻抗 Z_{NOM} 来自该 Z_{MIN} 值。

在为多驱动扬声器和用于安装扬声器的物理机箱设计交叉滤波器网络时，了解谐振频率以及最小阻抗和最大阻抗至关重要。

扬声器阻抗模型

为了帮助您理解将要进行的测量，图1中显示了一个简化的扬声器电气模型。

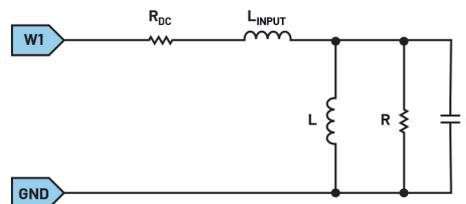


图1. 扬声器阻抗模型。

在图1所示电路中，一个直流电阻与由L、R和C构成的有损并联谐振电路串联，来模拟目标频率范围内扬声器的动态阻抗。

- ▶ R_{DC} 是用直流欧姆表测量的扬声器直流电阻。在扬声器/重低音喇叭数据手册中，该直流电阻通常称为DCR。直流电阻测量值通常小于驱动器的标称阻抗 Z_{NOM} 。 R_{DC} 通常小于扬声器额定阻抗，并且入门级扬声器发烧友可能担心驱动器放大器会过载。但是，由于扬声器的电感(L)会随着频率的增加而增加，因此驱动放大器不太可能将直流电阻视为其负载。
- ▶ L是通常以毫亨(mH)为单位测量的音圈电感。通常，业界标准是在频率为1000 Hz时测量音圈电感。随着频率增加到0Hz以上，阻抗会增加到 R_{DC} 以上。这是因为音圈就如一个电感。因而，扬声器的整体阻抗不是恒定值，不过可以将其表示为随输入频率变化的动态曲线，我们将在进行测量时看到这一点。扬声器的最大阻抗 Z_{MAX} 出现在谐振频率处(F_s)。

- ▶ F_s 是扬声器的谐振频率。扬声器的阻抗在 F_s 达到最大值。谐振频率是指扬声器活动零件的总质量与运动时扬声器悬架的受力达到平衡的频率点。谐振频率信息对于防止扬声器箱出现振铃非常重要。一般而言，影响谐振频率的关键要素是活动零件的质量和扬声器悬架的刚度。我们将通风机箱（低音反射）调到 F_s ，使两者协同工作。通常， F_s 较低的扬声器在低频再现方面优于 F_s 较高的扬声器。
- ▶ R 表示驱动器悬架损耗的机械电阻。

材料:

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊试验板
- ▶ 一个 $100\ \Omega$ 电阻（或其他类似值）
- ▶ 一个扬声器，最好是扬声器的纸盆直径大于4英寸，则其谐振频率相对较低。

RMS电压测量

硬件设置

构建图2所示电路，最好使用无焊试验板。扬声器可以放置在机箱中或机箱外。

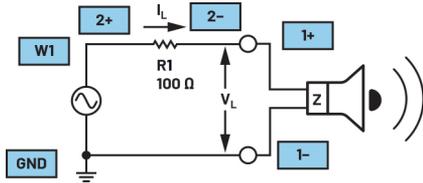


图2. 扬声器测量设置。

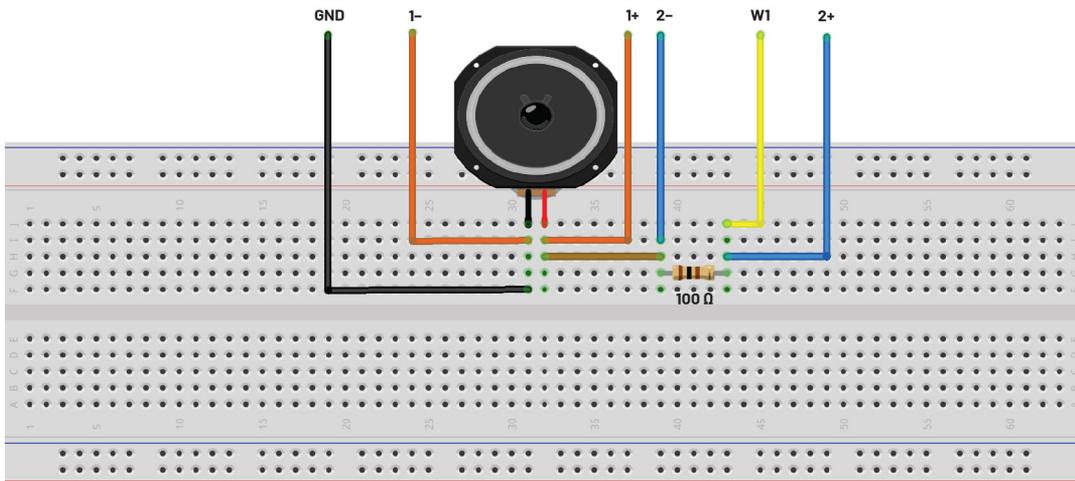


图3. V_L 和 I_L 的扬声器测量设置。

程序步骤

在Scopy中，启动信号发生器，然后生成具有8 V峰值幅度和100 Hz频率的正弦波形。

启动电压表，然后将两个通道均设置为交流（20 Hz至800 Hz）。我们可以使用电压表工具，将扬声器两端的均方根电压（通道1均方根电压）除以通过扬声器的均方根电流（通道2均方根电流），从而计算出单一频率下的扬声器阻抗 Z 。将通道2上的均方根电压除以 $R1$ 电阻或 $100\ \Omega$ 可计算出均方根电流。尝试将信号发生器设置为几个不同的频率，并查看扬声器上的电压以及计算得到的 Z 如何变化。

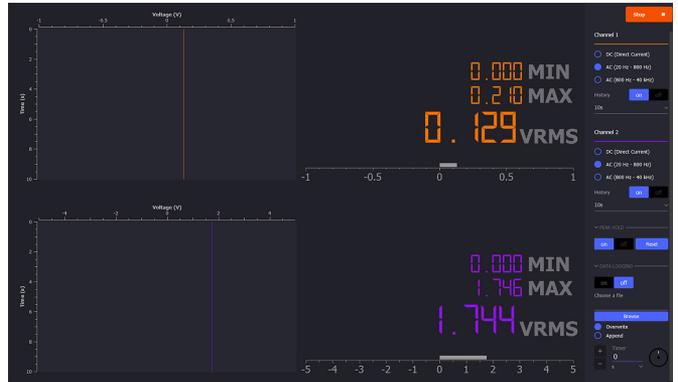


图4. 扬声器上的均方根电压。

您可以绘制计算得到的阻抗 Z 与频率的关系曲线。信号生成器的频率步进设置为100 Hz，可计算每个频率下的阻抗 Z 。扬声器阻抗较小，约等于线性区域中的直流电阻，但其在谐振频率 F_s 处要高得多。曲线图如图5所示。您的扬声器可能与此例有所不同。

频率响应

硬件设置

为了绘制频率响应，按照图5所示进行连接。

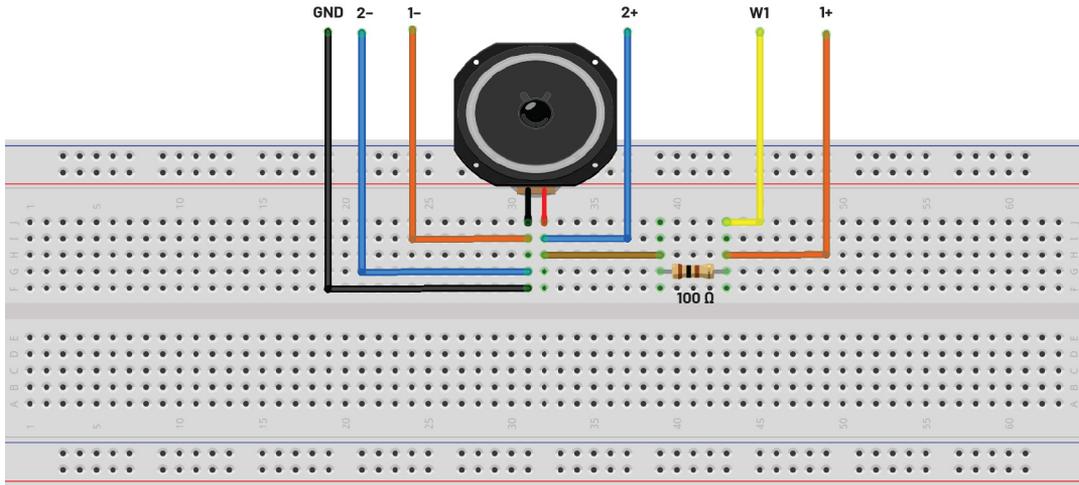


图5. 用于绘制频率响应的试验板连接。

程序步骤

在网络分析仪工具中，您可以进行对数扫描。将开始频率设置为100 Hz，停止频率设置为1 kHz。将相位范围设置为-30°至+30°，将幅度设置为0 dB至10 dB。

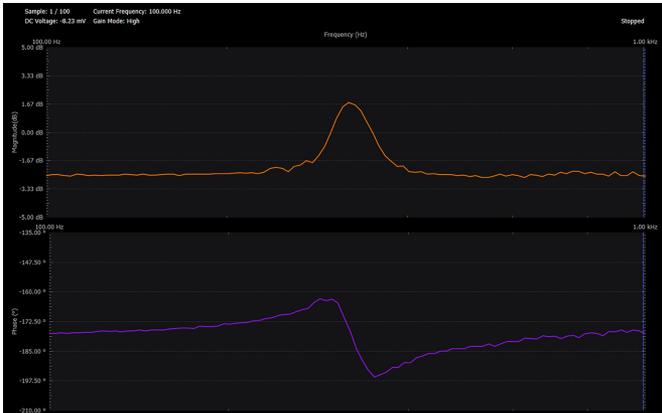


图6. 扬声器电路的频率扫描。

问题：

1. 枚举扬声器阻抗模型中的主要元件。
2. 根据图6中扬声器电路的频率扫描，确定 F_s 和BW值。

您可以在[学子专区论坛](#)上找到问题答案。



作者简介

Doug Mercer于1977年毕业于伦斯勒理工学院(RPI)，获电子工程学士学位。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。



作者简介

Antoni Miclaus现为ADI公司的系统应用工程师，从事ADI教学项目工作，同时为Circuits from the Lab®、QA自动化和流程管理开发嵌入式软件。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡加盟ADI公司。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。

