



浙江大学 电气工程学院
COLLEGE OF ELECTRICAL ENGINEERING, ZHEJIANG UNIVERSITY



无源滤波器和有源滤波器

信号课程实验教研组

一、实验目的



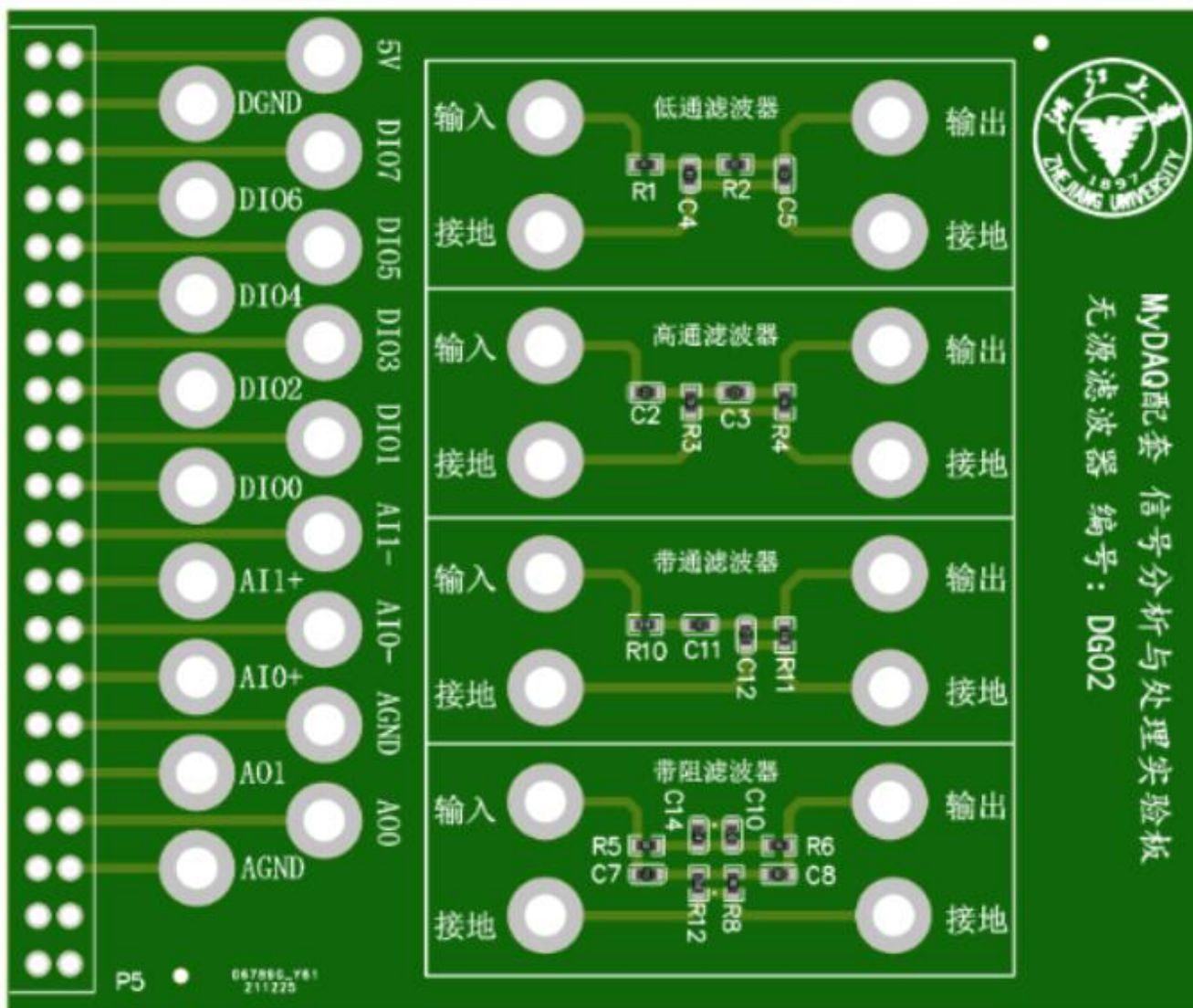
- 熟悉模拟滤波器的构成及其特性
- 学会测量滤波器幅频特性的方法

二、实验设备

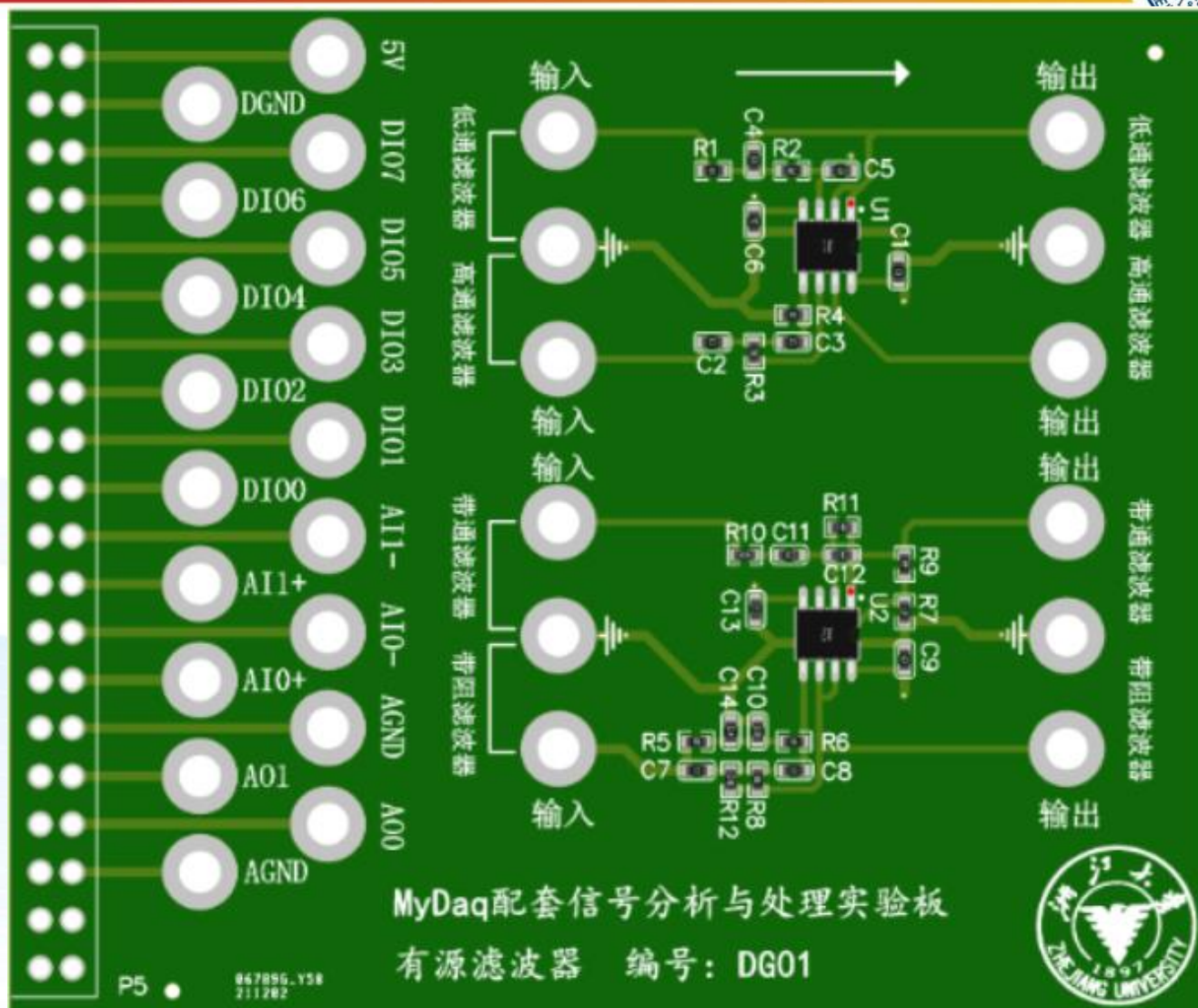


- PC机及MyDAQ
- 信号分析与处理实验板DG01、DG02
- 导线若干

二、实验设备



二、实验设备

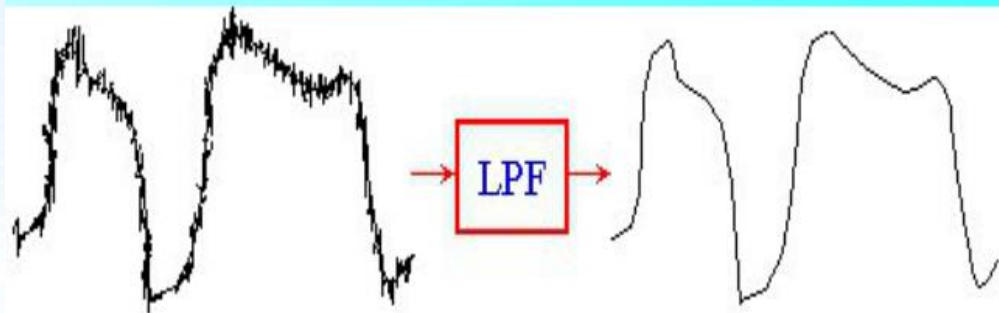


三、实验原理



- 滤波器是对输入信号的频率具有选择性的一个二端口网络，它允许某些频率（通常是某个频率范围）的信号通过，而其它频率的信号幅值均要受到衰减或抑制。这些网络可以由RLC元件或RC元件构成的无源滤波器，也可以是由RC元件和有源器件构成的有源滤波器。

例如，有一个较低频率的信号，其中包含一些较高频率成分的干扰。



三、实验原理

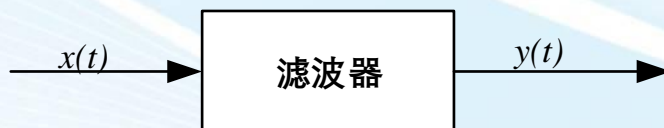


设输入为 $x(t)$,输出 $y(t)$,滤波器的脉冲响应函数为 $h(t)$ 。转换到频域则输入为 $X(j\omega)$,输出为 $Y(j\omega)$ 。

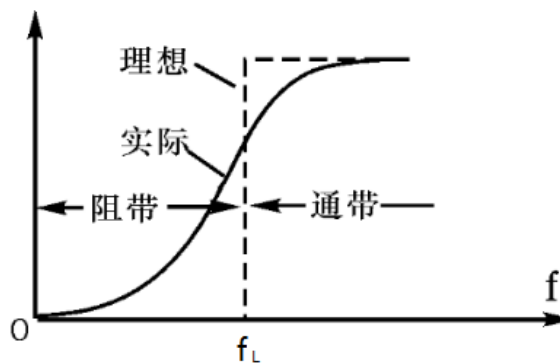
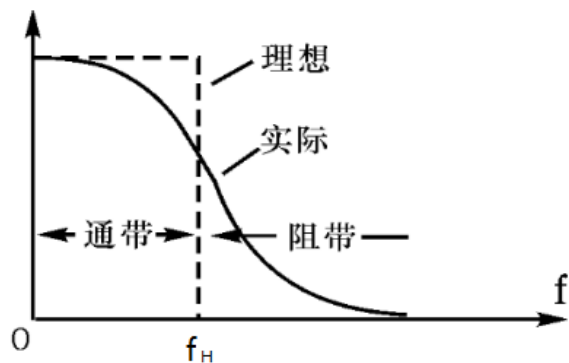
$$\text{传递函数为 } H(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = |H(j\omega)|e^{j\varphi(\omega)}$$

$H(j\omega)$ 与 ω 构成幅频特性曲线

$\varphi(\omega)$ 与 ω 构成相频特性曲线

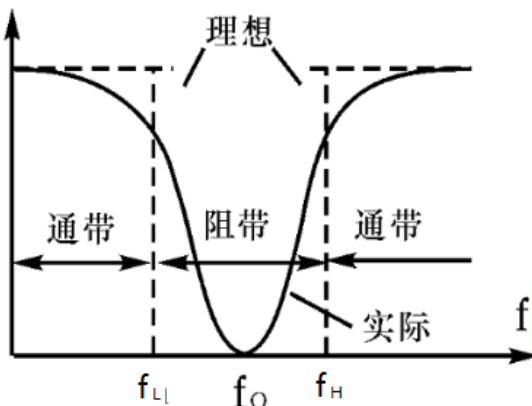
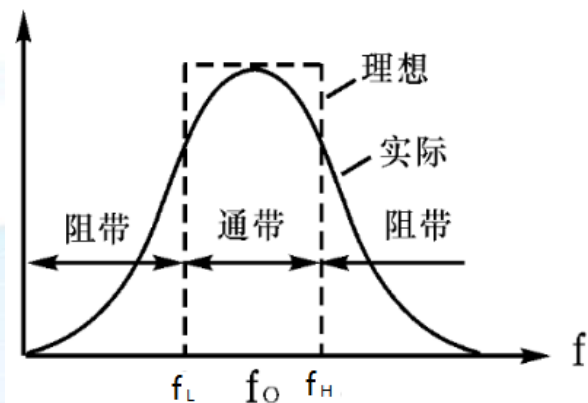


三、实验原理



通带：通过信号频率的范围

阻带：阻止通过或衰减的信号频率范围

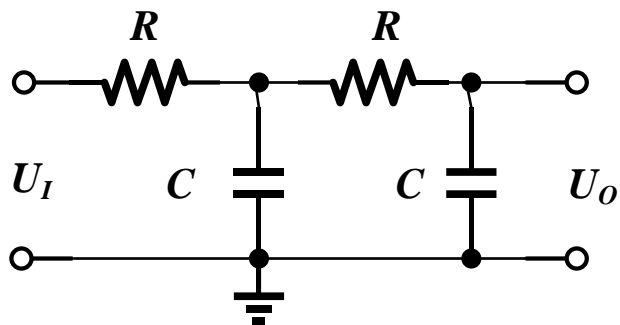


中心频率： f_0

截止频率： f_H, f_L

截止频率：通带或者阻带的分界点的频率，也叫转折频率（归一化幅频特性在幅度为0.707时对应的频率，该频率对应的点为半功率点）

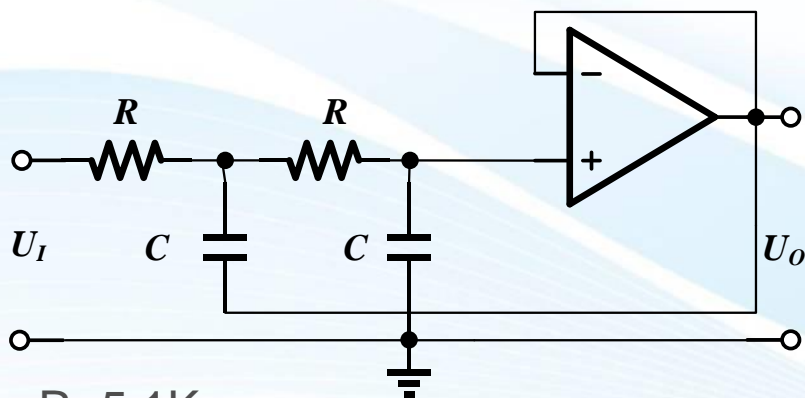
3.1 低通滤波器的幅频特性



$$R=3K$$
$$C=10nF$$

$$G(S)=\frac{1}{R^2C^2S^2+3RCS+1}$$

$$f_c=\frac{0.3742}{2\pi RC}$$

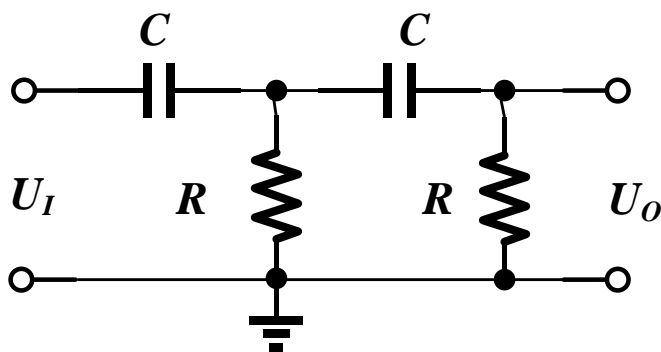


$$R=5.1K$$
$$C=10nF$$

$$G(S)=\frac{1}{R^2C^2S^2+2RCS+1}$$

$$f_c=\frac{0.6436}{2\pi RC}$$

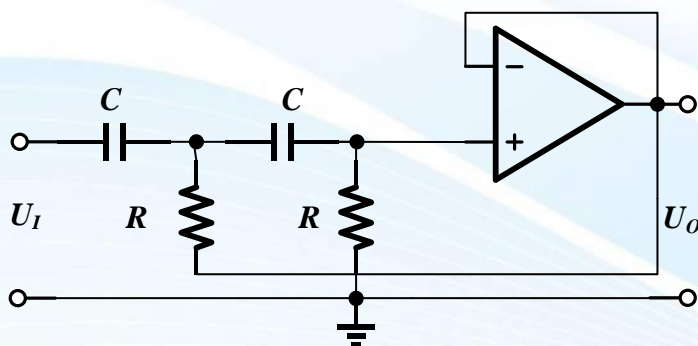
3.2 高通滤波器的幅频特性



$$R=1.74K$$
$$C=100nF$$

$$G(S)=\frac{R^2C^2S^2}{R^2C^2S^2+3RCS+1}$$

$$f_c=\frac{2.6721}{2\pi RC}$$

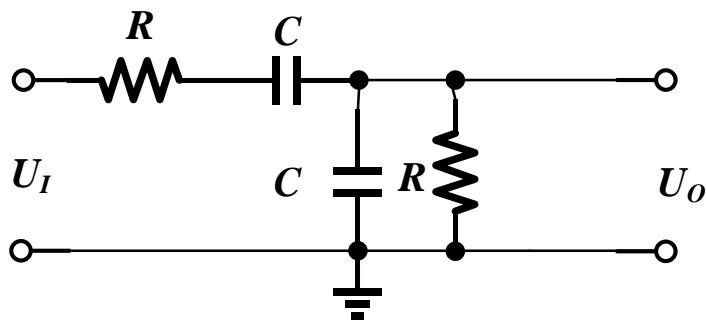


$$R=1K$$
$$C=100nF$$

$$G(S)=\frac{R^2C^2S^2}{R^2C^2S^2+2RCS+1}$$

$$f_c=\frac{1.5538}{2\pi RC}$$

3.3 带通滤波器的幅频特性

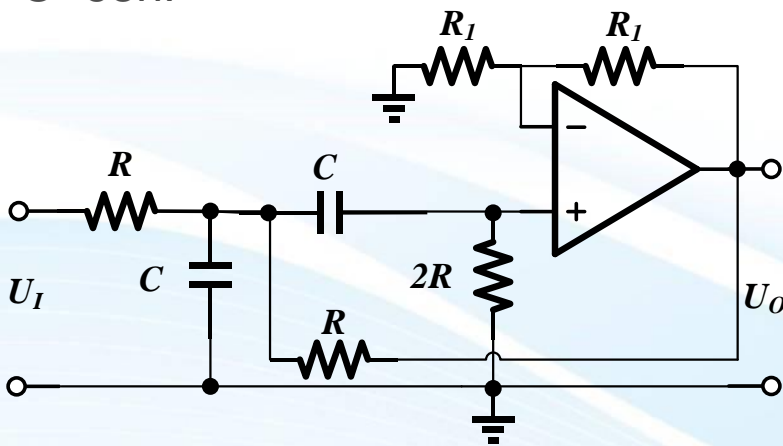


$R=1K$
 $C=68nF$

$$G(S) = \frac{RCS}{R^2C^2S^2 + 3RCS + 1}$$

$$f_H = \frac{3.3027}{2\pi RC}$$

$$f_l = \frac{0.3027}{2\pi RC}$$



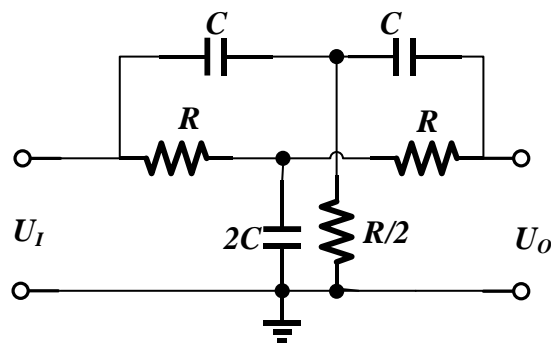
$R=1K$
 $C=68nF$

$$G(S) = \frac{2RCS}{R^2C^2S^2 + RCS + 1}$$

$$f_H = \frac{1.6180}{2\pi RC}$$

$$f_l = \frac{0.6180}{2\pi RC}$$

3.4 带阻滤波器的幅频特性

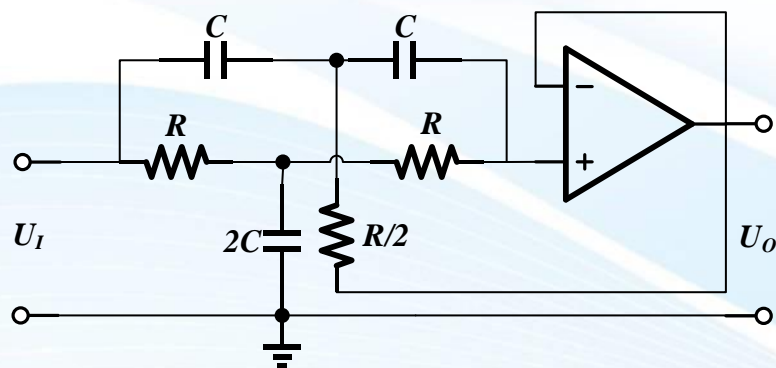


$R=1K$
 $C=68nF$

$$G(S) = \frac{R^2 C^2 S^2 + 1}{R^2 C^2 S^2 + 4RCS + 1}$$

$$f_H = \frac{4.2361}{2\pi RC}$$

$$f_l = \frac{0.2361}{2\pi RC}$$



$R=1K$
 $C=68nF$

$$G(S) = \frac{R^2 C^2 S^2 + 1}{R^2 C^2 S^2 + 2RCS + 1}$$

$$f_H = \frac{2.4142}{2\pi RC}$$

$$f_l = \frac{0.4142}{2\pi RC}$$

3.5 幅频特性的测量方法



1, 逐点分析法

在输入端输入不同频率的信号，然后逐一测出输出信号，根据各测量点的值连成曲线。

2, 图示法

利用扫频仪产生等幅的连续频率的信号，在屏幕上显示一条连续的输出特性曲线。

四、实验内容和方法



1, 用逐点分析法测量无源低通滤波器的幅频特性

1) 根据DG02板载无源低通滤波器的电路参数, 计算截止频率。并根据截止频率, 确定合理的频率测量点。

2) 接线: 将MyDAQ AO0连接至滤波器的输入, MyDAQ示波器的AI0+连接滤波器输入信号, AI0-接地, 示波器的AI1+连接滤波器输出信号, AI1-接地。

四、实验内容和方法



- 3) 生成若干不同频率的正弦波信号。（注意：在持续时间内，应包含数个完整的波形）
- 4) 将正弦波信号输出。
- 5) 自拟表格，测量并记录不同频率下输入信号和输出信号的幅度。用输出信号的幅值除以输入信号幅值，计算归一化输出。
- 6) 绘制频率和归一化输出的曲线图。

四、实验内容和方法



2, 用图示法测量滤波器的幅频特性

1) 接线：将MyDAQ AO0连接至滤波器的输入，用MyDAQ示波器的通道AI0+连接滤波器输入信号，AI0-接地，示波器的通道AI1+连接滤波器的输出信号，AI1-接地。

2) 打开MyDAQ Bode Analyzer工具，设置合适的起始扫描频率点和扫描点数。

3) 点击运行后，即可生成相应的幅频特性和相频特性曲线，截图保存。

四、实验内容和方法



要求：测量DG01实验板上3个有源滤波（有源带通滤波器不测）的幅频特性并截图。测量DG02实验板上4个无源滤波器的幅频特性并截图。

注意事项：

- 1) MyDAQ频率范围为0-20Khz。
- 2) STEPS，可以取大一些。
- 3) Bode Analyzer 的LOG功能可输出各点数据。

五、实验报告要求



- 用逐点分析法所测数据，绘制滤波器的幅频特性曲线，并计算截止频率。
- 整理图示法测得的滤波器数据。
- 分析各类无源滤波器和有源滤波器的滤波特性。
- 写出本实验的心得体会及意见。

DG01\DG02实验板滤波器参考频率

| | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 低通 无源 | 低通 有源 | 高通 无源 | 高通 有源 |
| $f_c = 1.9861K$ | $f_c = 2.008K$ | $f_c = 2.45K$ | $f_c = 1.47K$ |
| | | | |
| 带通 无源 | 带通 有源 | 带阻 无源 | 带阻 有源 |
| $f_h = 7.734K$ | $f_h = 3.787K$ | $f_h = 9.920$ | $f_h = 5.65K$ |
| $f_l = 0.709K$ | $f_l = 1.446K$ | $f_l = 0.553K$ | $f_l = 0.969K$ |