**实验报告**

专业： 自动化（控制）

姓名： 先野孤寡蛙

学号： 114514

日期： 2024/05/28

地点： 东三409

课程名称： 信号分析与处理实验 指导老师： 季瑞松 实验名称： 无源滤波器和有源滤波器

1. 实验目的

• 熟悉模拟滤波器的构成及其特性

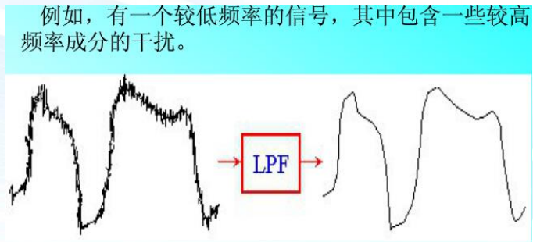
• 掌握测量模拟滤波器幅频特性的方法

1. 实验设备
2. 数字示波器和信号发生器
3. PC机及MyDAQ
4. 信号分析与处理实验板1、DG02
5. 导线若干
6. 实验原理

（一）基本概念

1. **滤波**：根据有用信号与噪声或干扰的不同特性，从含有噪声或干扰的信号中消除或减弱干扰噪声，强化有用信号的过程。

2. **滤波器**：实现滤波功能的系统，该系统对输入信号的频率具有选择性，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。



3. **滤波器分类**：模拟滤波器、数字滤波器。

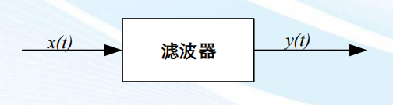
模拟滤波器：利用模拟电路直接对模拟信号进行滤波处理，是连续线性时不变系统。RLC元件或RC元件构成无源滤波器 ；RC元件和有源器件构成有源滤波器。

数字滤波器：硬件（延迟器、乘法器和加法器）实现，也可以由相应的软件实现，还可以用软硬件结合来实现。

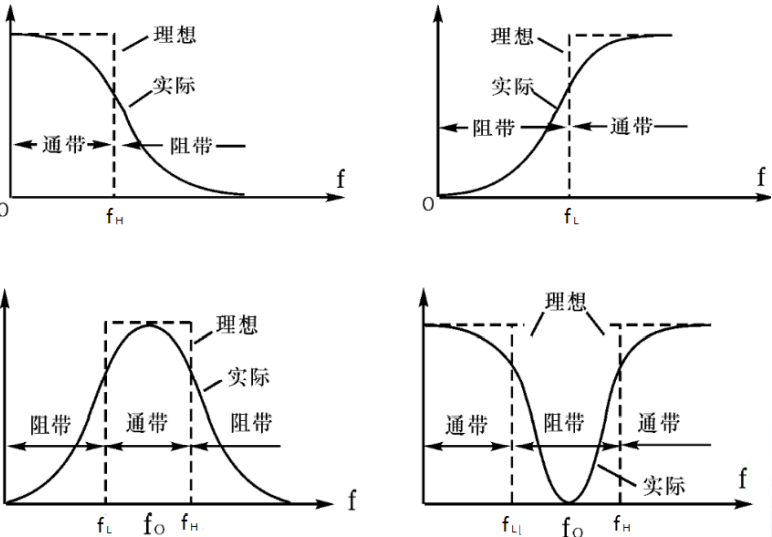
4. 设输入为，输出为,滤波器的脉冲响应函数为。转换到频域则输入为，输出为。

传递函数为

与构成幅频特性曲线；与构成相频特性曲线

**

5. **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

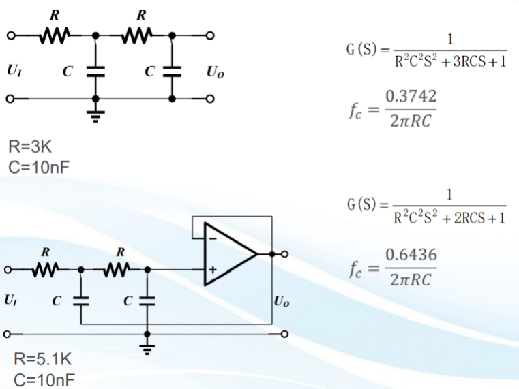
中心频率：f0 截止频率：fH，fL

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

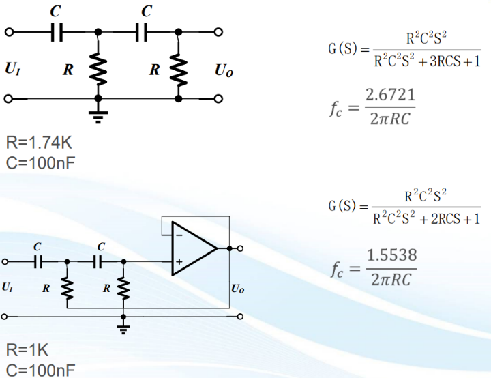
度为0.707时对应的频率，该频率对应的点为半功率点）

（二）幅频特性

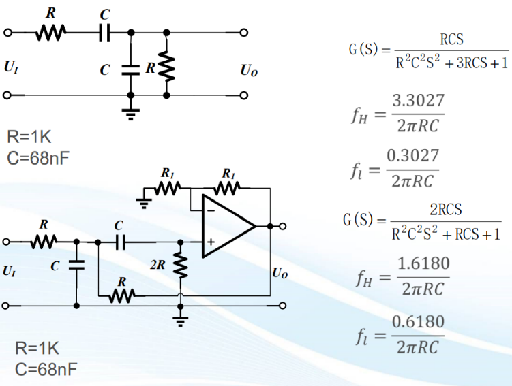
1. 低通滤波器的幅频特性



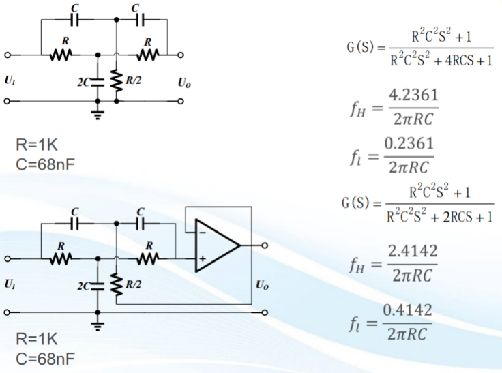
2. 高通滤波器的幅频特性



3. 带通滤波器的幅频特性



4. 带阻滤波器的幅频特性



（三）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。

1. 实验步骤

1. 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0连接滤波器输入信号，用示波器 的通道1连接滤波器的输出信号。

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。

* 1. 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。

2. 滤波器应用

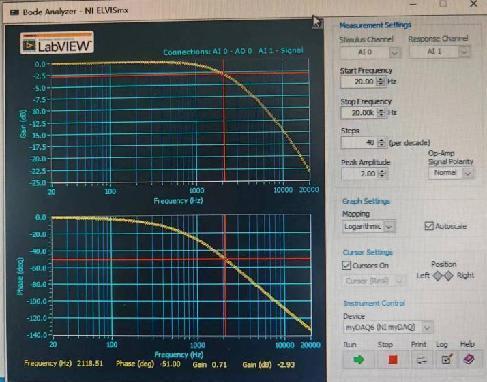
1）根据实验板上有源低通滤波器的幅频特性，使用myDAQ任意波形发生器生成由两个不同频率的正弦波相叠加的信号。（建议信号峰值1V）

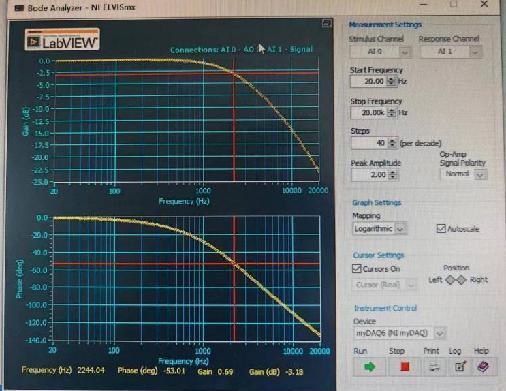
2）将该信号输入有源低通滤波器，综合应用MyDAQ示波器、动态信号分析仪等工具，体会实际模拟低通滤波器的使用条件。

1. 数据处理与分析

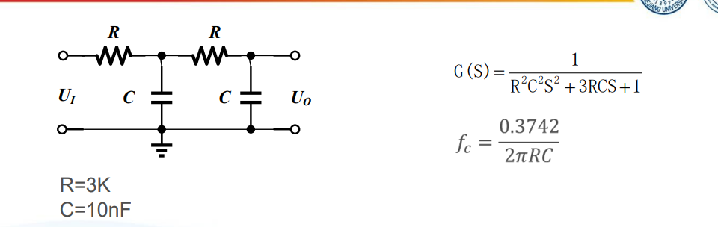
1. 用图示法测量滤波器的幅频特性

（1）无源低通滤波





由实验结果可知，实际的无源低通滤波器的截至频率在2118.51Hz到2244.04Hz之间。



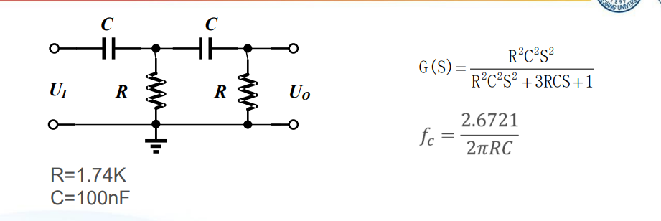
通过公式可以计算得理论的fc=1985.2Hz，这与我们实际测得的截止频率有一定差距，这可能是因为理论计算没有考虑到实际情况中的很多因素，以及测量会有误差等。

（2）无源高通滤波



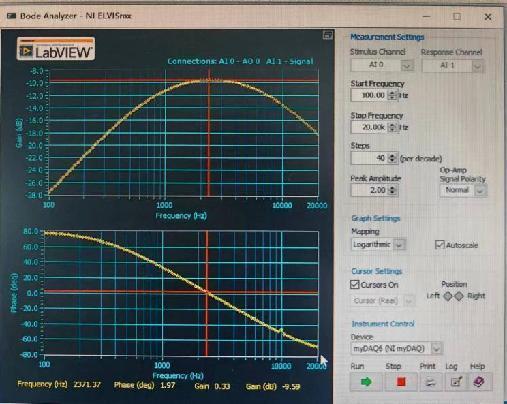


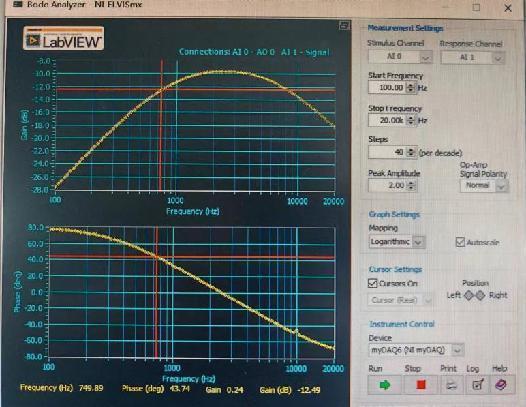
由实验结果可知，实际的无源高通滤波器的截至频率在2511.89Hz到2660.73Hz之间，这与我们通过逐点分析法得到的结论是一致的。

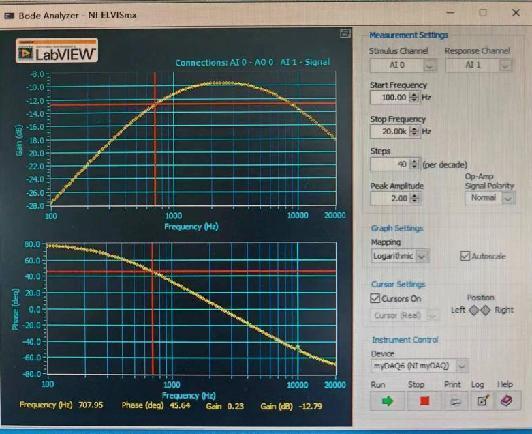


通过公式可以计算得理论的fc=2444.12Hz，这与我们实际测得的截止频率有一定差距，这可能是因为理论计算没有考虑到实际情况中的很多因素，以及测量会有误差等。

1. 无源带通滤波



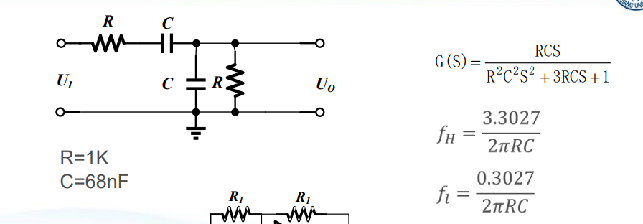






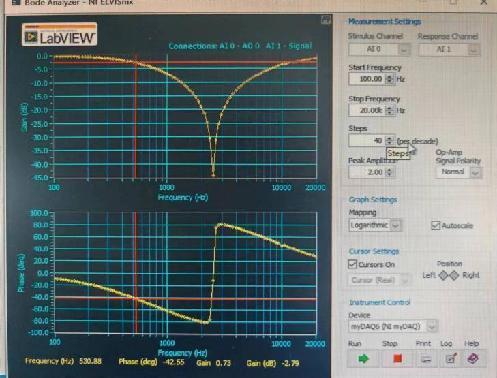


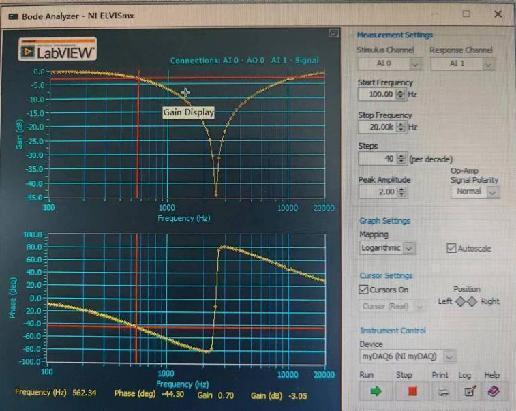
带通滤波器的表现不一样，由于其幅频特性图不是单调曲线，因此会出现两个截至频率。我们找到其中最大的分贝点在2371.37Hz处能够取到，为 -9.59dB，我们减去3dB就是 -12.59dB，得到较低的截至频率在707.95Hz到749.89Hz之间，较高的截止频率在8413.95Hz到8912.51Hz之间。



通过公式可以计算得理论的fH=7723.69Hz，fL=708.473Hz，这与我们实际测得的截止频率有一定差距，这可能是因为理论计算没有考虑到实际情况中的很多因素，以及测量会有误差等。

1. 无源带阻滤波

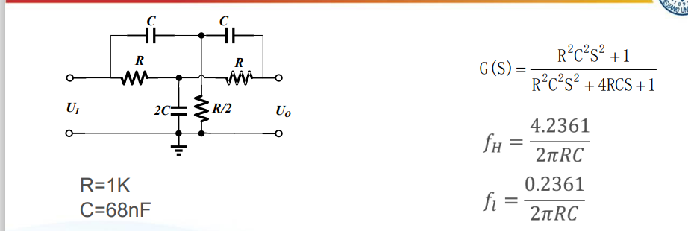
****

****

****

****

带阻滤波器的表现不一样，由于其幅频特性图不是单调曲线，因此会出现两个截至频率。我们需要寻找-3.01dB的点，得到较低的截至频率在530.88Hz到562.34Hz之间，较高的截止频率在11220.18Hz到11885.02Hz之间。



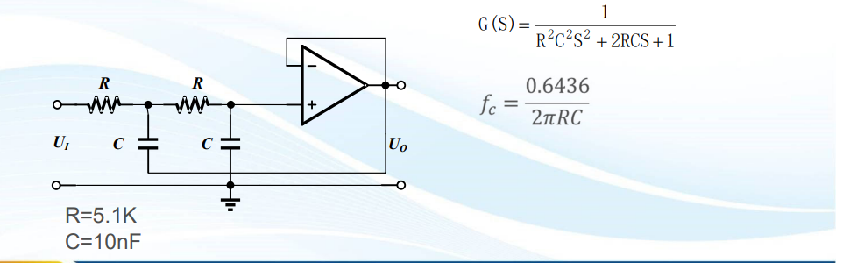
通过公式可以计算得理论的fH=9914.65Hz，fL=552.595Hz，这与我们实际测得的截止频率有一定差距，这可能是因为理论计算没有考虑到实际情况中的很多因素，以及测量会有误差等。

1. 有源低通滤波





由实验结果可知，实际的有源低通滤波器的截至频率在1995.26Hz到2113.49Hz之间。



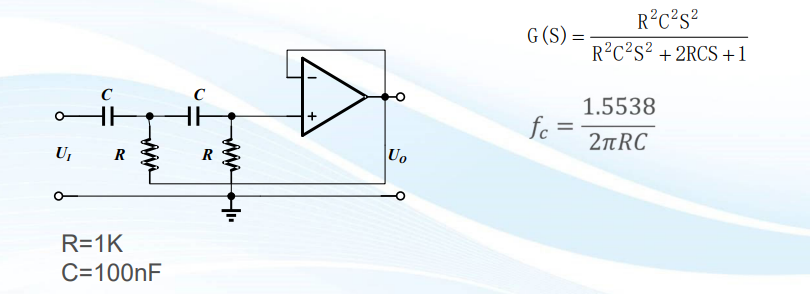
通过公式可以计算得理论的fc=2008.47Hz，这与我们实际测得的截止频率相符。

1. 有源高通滤波



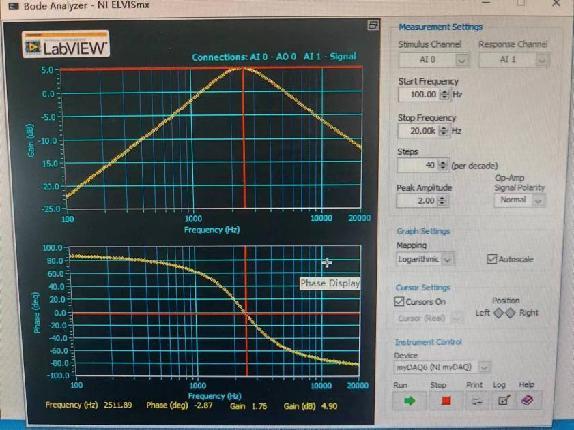


由实验结果可知，实际的有源高通滤波器的截至频率在2371.37Hz到2511.89Hz之间。



通过公式可以计算得理论的fc=2472.95Hz，这与我们实际测得的截止频率相符。

1. 有源带通滤波器



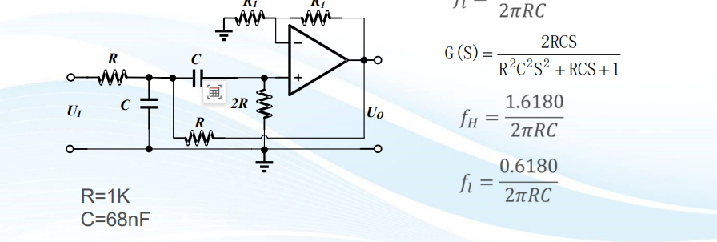








带通滤波器的表现不一样，由于其幅频特性图不是单调曲线，因此会出现两个截至频率。我们找到其中最大的分贝点在2511.89Hz处取到，为4.90dB，我们减去3dB就是1.90dB，得到较低的截至频率在1412.54Hz到1496.24Hz之间，较高的截止频率在3981.07Hz到4216.97Hz之间。



通过公式可以计算得理论的fH=3787Hz，fL=1446Hz，这与我们实际测得的截止频率有一定差距，这可能是因为理论计算没有考虑到实际情况中的很多因素，以及测量会有误差等。

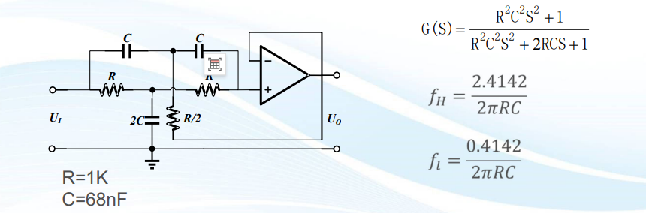
1. 有源带阻滤波器







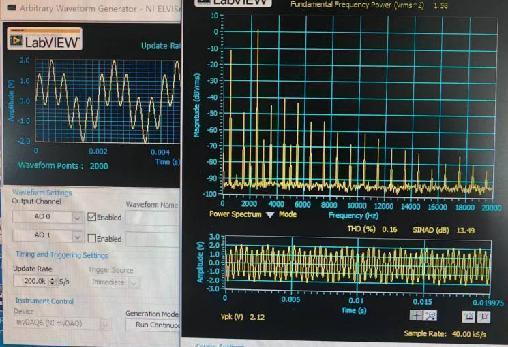
带阻滤波器的表现不一样，由于其幅频特性图不是单调曲线，因此会出现两个截至频率。我们需要寻找-3.01dB的点，得到较低的截至频率在944.06Hz到1000.00Hz之间，较高的截止频率在5956.62Hz到6309.57Hz之间。

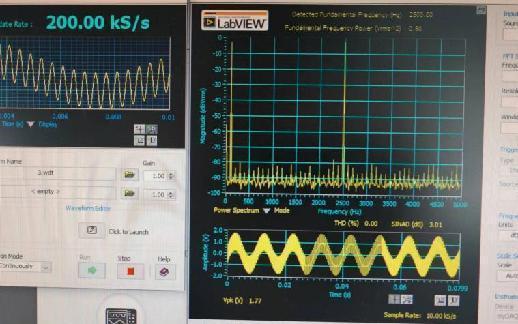


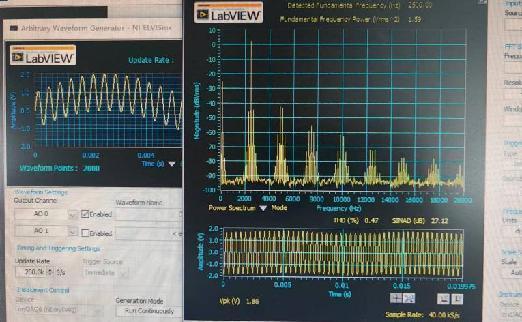
通过公式可以计算得理论的fH=5650Hz，fL=969Hz，这与我们实际测得的截止频率有一定差距，这可能是因为理论计算没有考虑到实际情况中的很多因素，以及测量会有误差等。

2. 滤波器的应用









这两组分别是500Hz + 2500Hz和100Hz + 2500Hz使用有源带通滤波器的滤波结果。可以看到基本符合有源滤波器的幅频特性图。相差越大，其滤波效果越好。

六、思考题

1.分析各类无源滤波器和有源滤波器的滤波特性

（1）对比有源无源滤波器的区别

1. 组件：无源滤波器由无源元件（如电阻、电容和电感）构成，而有源滤波器除了包含这些无源元件外，还包含至少一个主动元件（如晶体管或运算放大器），并且需要有电源。
2. 增益：无源滤波器无法提供信号增益，只能衰减信号。但有源滤波器可以提供信号增益。
3. 阻抗：有源滤波器通常具有高输入阻抗和低输出阻抗，这使得它们更易于与其他电路组件配合使用。
4. 复杂性和灵活性：有源滤波器可以实现更复杂的滤波特性，如更陡峭的滤波曲线或更准确的控制带宽。但无源滤波器通常结构更简单。
5. 频率范围：无源滤波器适用于高频应用，因为无源元件在高频范围内表现良好。相反，有源滤波器在高频下性能可能下降，因为主动元件在高频时可能无法提供足够的增益。

（2）横向比较

无源滤波器和有源滤波器都可以实现以下四种基本类型的滤波器：

1. 低通滤波器：只允许低于某一切止频率的信号通过，同时阻止高于该频率的信号。无源低通滤波器的一个主要缺点是在切止频率附近的滤波特性可能不够陡峭，而有源低通滤波器可以提供更大的选择余地，例如可以实现更陡峭的滤波特性。
2. 高通滤波器：只允许高于某一切止频率的信号通过，同时阻止低于该频率的信号。无源高通滤波器和有源高通滤波器的差异与低通滤波器相似。
3. 带通滤波器：只允许处于两个特定频率（称为带通区间）之间的信号通过，同时阻止区间之外的信号。无源带通滤波器通常由低通和高通滤波器的组合实现，而有源带通滤波器可以实现更复杂的滤波特性。
4. 带阻滤波器（或陷波滤波器）：只阻止处于两个特定频率之间的信号，同时允许区间之外的信号通过。无源带阻滤波器和有源带阻滤波器的差异与带通滤波器相似。

2. 实际模拟滤波器对信号的要求

信号的频率应该尽可能在滤波器最大增益频率范围内（±3dB也可以），而需要滤除的信号频率应该尽可能远离增益频率带。需要的信号频率和不需要的信号频率对应的增益差越大越好，具体频率要求不同滤波器有所差异。例如带通滤波器，则需要被滤除的信号频率应该尽可能大或尽可能小。

七、实验心得体会

在本次实验中，我深入研究了多种类型滤波器的使用，这使我更深入地理解了模拟滤波器的基本结构及其工作原理。

通过实际操作，我掌握了测量滤波器幅频特性的技术，明白了幅频特性与滤波器设计和性能的密切关系。通过对不同滤波器幅频响应的测量和比较，我认识到了理论与实际结果之间的联系和差异。

此外，我还利用这个实验的机会进一步学习和巩固了示波器软件的使用。我使用示波器观察和分析滤波器的输入和输出信号，以便更好地理解滤波器的工作方式以及它们对信号频率成分的影响。

这次实验不仅增强了我对滤波器的直观理解和感受，也让我对信号处理课程的内容有了更深入的理解。