



综合实验设计-滤波器

电路基础实验



■一. 滤波器的概念与分类

■二. 有源滤波器

■三. 实验内容



一、滤波器的概念与分类



滤波器是通信工程、图像处理、信号处理中常用的重要器件，它对信号具有频率选择性。可以通过或阻断、分开或合成某些频率的信号。

1) 按照所通过信号的频段：

低通滤波器：允许信号中的低频或直流分量通过，抑制高频分量或干扰和噪声。

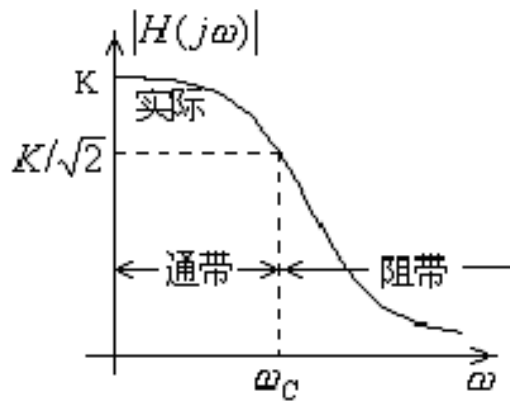
高通滤波器：允许信号中的高频分量通过，抑制低频或直流分量。

带通滤波器：允许一定频段的信号通过，抑制低于或高于该频段的信号、干扰和噪声。

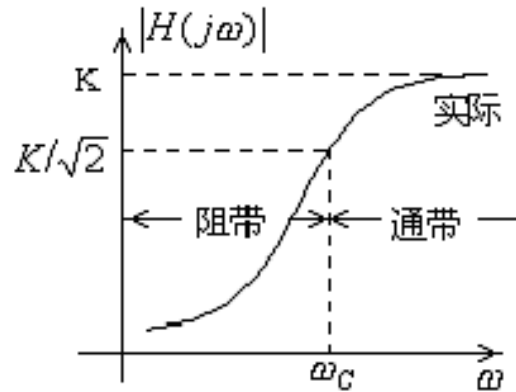
带阻滤波器：抑制一定频段内的信号，允许该频段以外的信号通过。



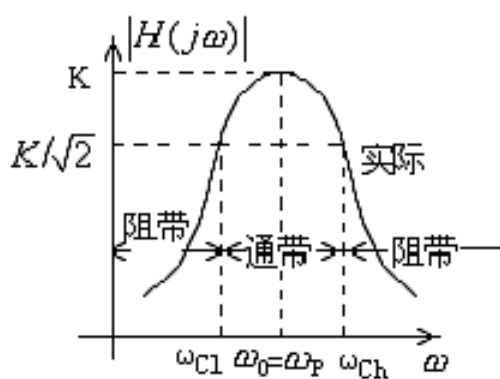
一、滤波器的概念与分类



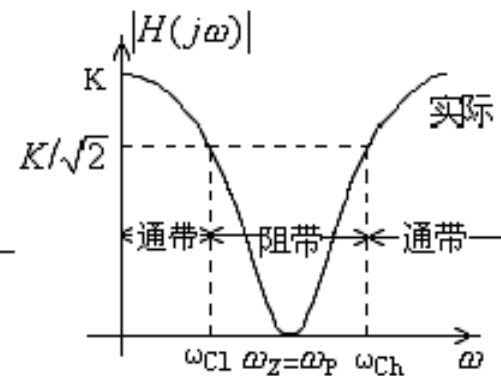
(a)低通滤波电路



(b)高通滤波电路



(c)带通滤波电路



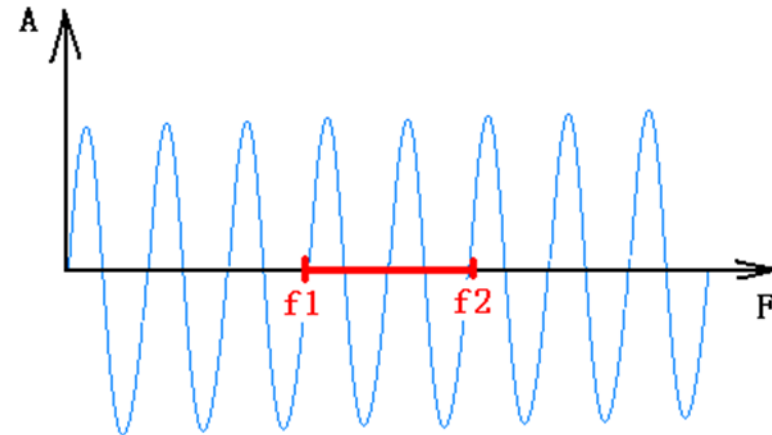
(d)带阻滤波电路



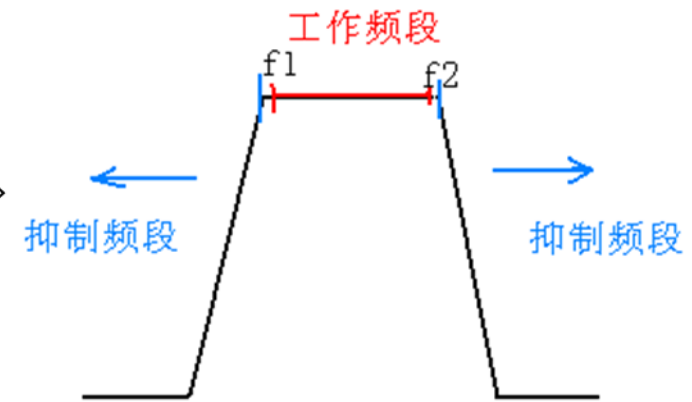
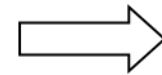
一、滤波器的概念与分类



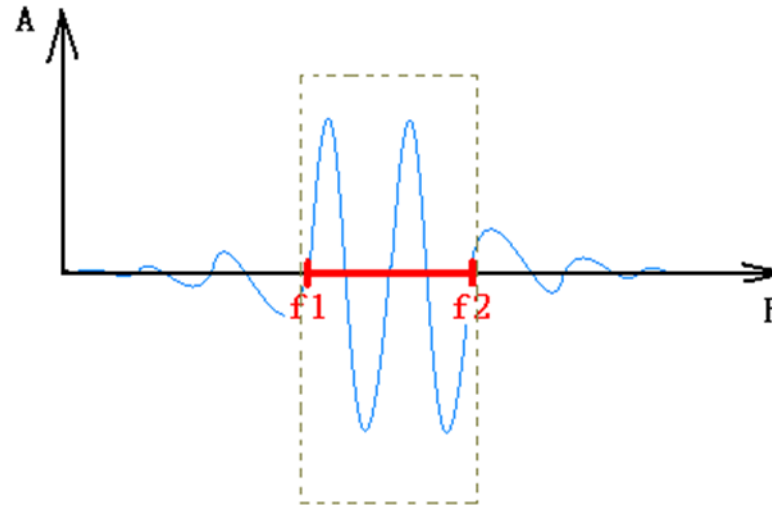
以带通滤波器为例:



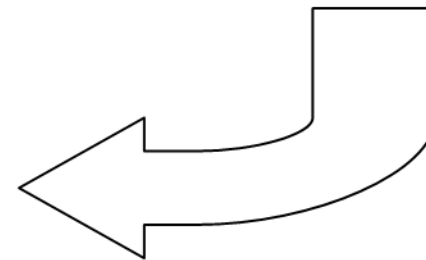
原始信号



滤波器响应



滤波后的信号





一、滤波器的概念与分类

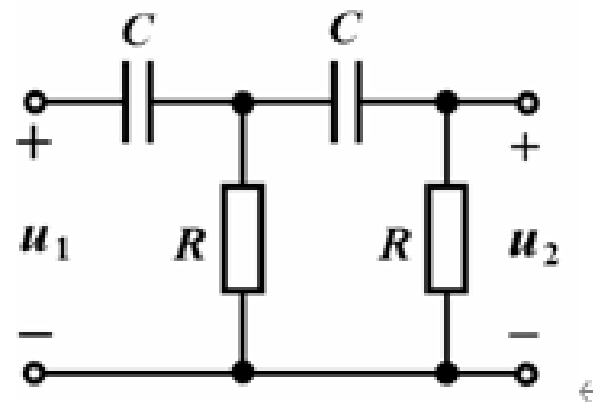
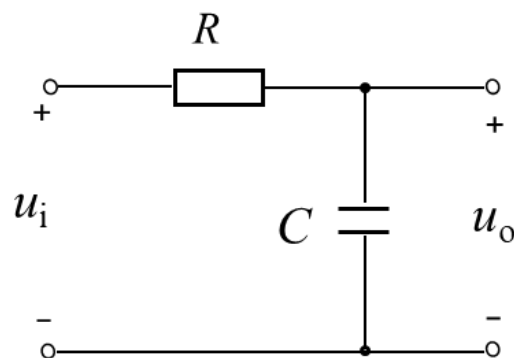


2) 按所采用的元器件:

无源滤波器: 仅由**无源元件**(R 、 L 和 C)组成的滤波器, 它是利用电容和电感元件的**电抗**随频率的变化而变化的**原理**构成的。

优点是: 电路比较简单, 不需要直流电源供电, 可靠性高, 成本低廉;

缺点是: 通带内的信号有能量损耗, 负载效应比较明显, 使用电感元件时容易引起电磁感应, 当电感 L 较大时滤波器的**体积**和重量都比较大, 在低频域不适用。



无源滤波器



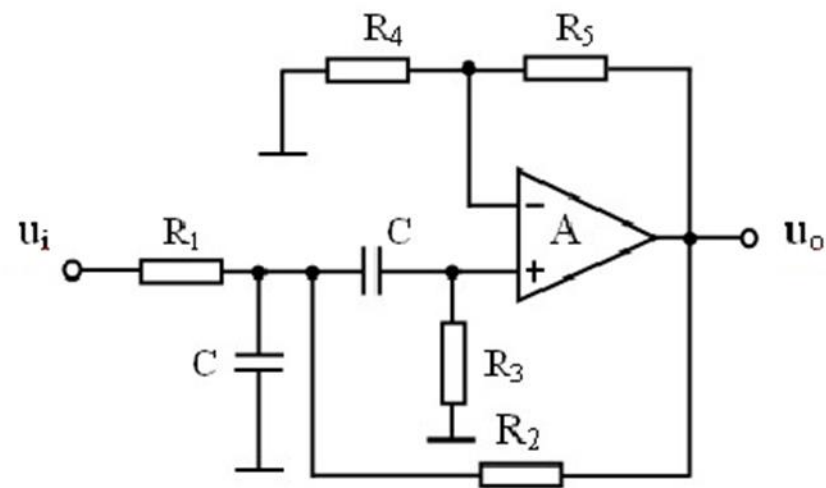
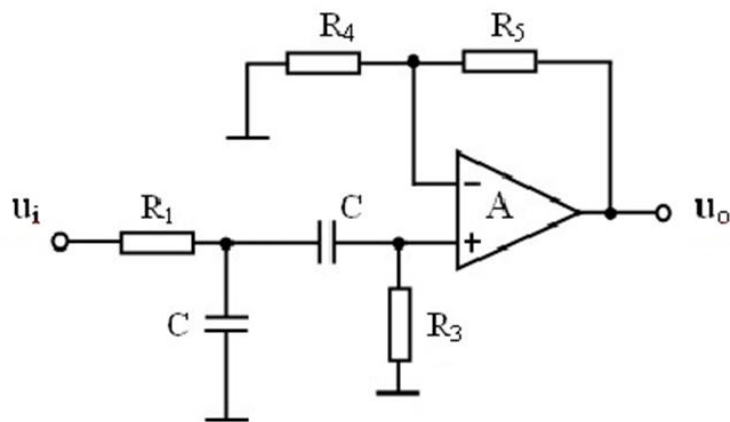
一、滤波器的概念与分类



有源滤波器：由无源元件(一般用R和C)和**有源器件**(如集成运算放大器) 组成。

优点是：通带内的信号不仅没有能量损耗，而且还可以放大，负载效应不明显，多级相联时相互影响很小，利用级联的简单方法很容易构成高阶滤波器，并且滤波器的体积小、重量轻、不需要磁屏蔽(由于不使用电感元件)；

缺点是：通带范围受有源器件(如集成运算放大器) 的带宽限制，需要直流电源供电，可靠性不如无源滤波器高，在**高压**、高频、大功率的场合不适用。



有源滤波器



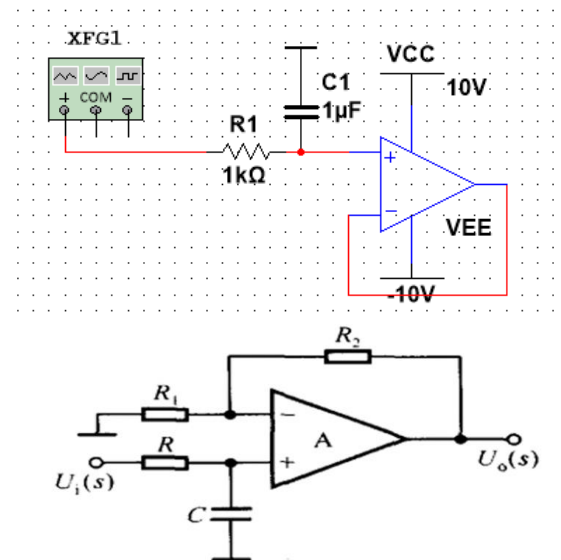
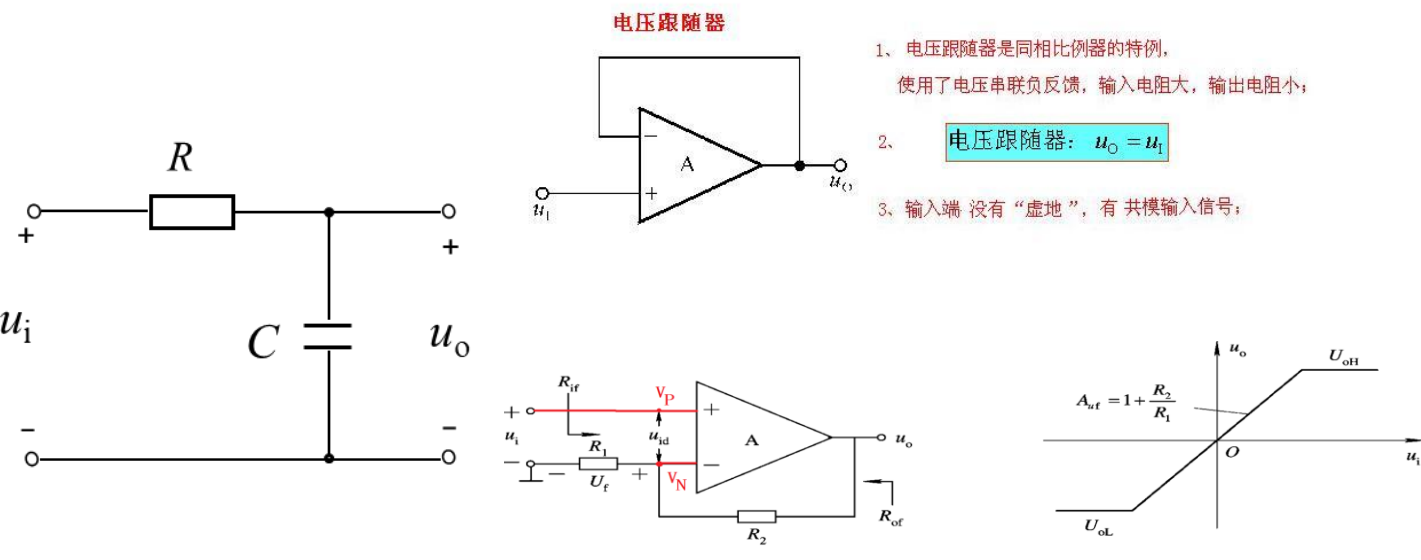
二. 有源滤波器设计



一阶有源低通滤波电路是一个一级RC低通电路的输出端再加上一个电压跟随器（缓冲和隔离作用），使之与负载很好的隔离开来。由于电压跟随器的输入阻抗很高，输出阻抗很低，因此，其带负载的能力得到了加强。若要求此电路不仅有滤波功能，并且可以起到电压放大作用，则只需要将电路中的电压跟随器改为同相比例放大电路即可。

RC低通电路+电压跟随器=有源低通滤波器

RC低通电路+同相比例放大器=有源低通滤波器（放大）





回忆实验六RC无源滤波器:

幅频特性: $|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$;

相频特性: $\phi(\omega) = -\arctan(\omega RC)$;

$$H(j\omega) = \frac{1/j\omega C}{(R + 1/j\omega C)} = \frac{1}{1 + j\omega C R}$$

截止角频率 $\omega_c = \frac{1}{RC}$ 时, 振幅 $|H| = \frac{1}{\sqrt{2}} = -3\text{dB}$

式中为 ω 输入信号的角频率, 令 $\tau = RC$ 为回路的时间常数, 则有

$$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} \quad , \quad f_c \text{ 为截止频率。}$$



二. 有源滤波器设计



一阶有源低通滤波器

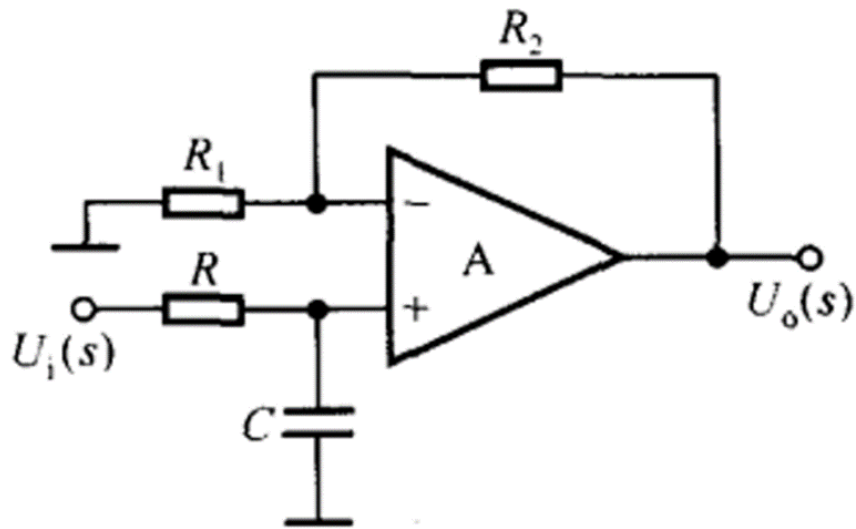
$$A_u(j\omega) = \frac{U_o(j\omega)}{U_i(j\omega)} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} \right) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

所以通带截止频率为：

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

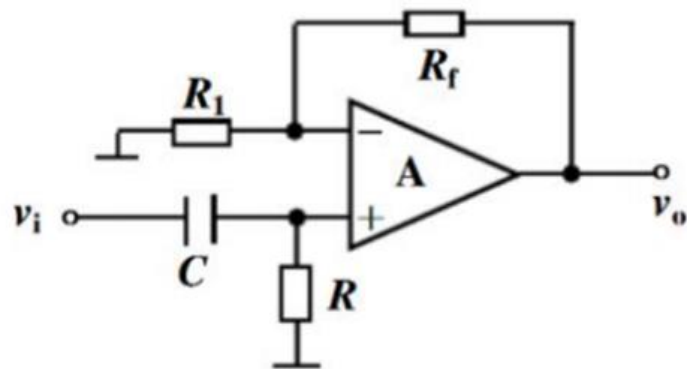
通带电压增益为

$$A_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$





一阶有源高通滤波器



$$A_u(j\omega) = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1 + \frac{R_f}{R_1}}{1 + j\omega RC}$$

所以通带截止频率为：

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

通带电压增益为

$$A_u = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)$$



二. 有源滤波器设计



带通滤波器：

可以看成是一个低通滤波器串联一个高通滤波器

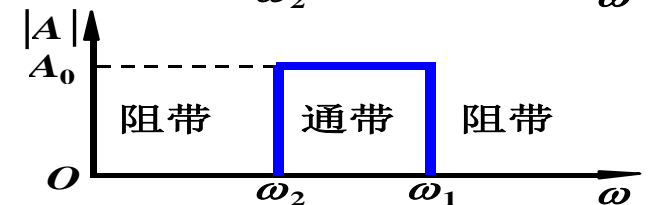
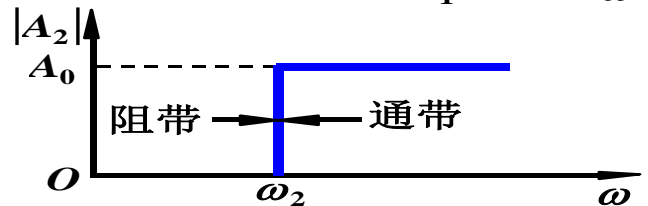
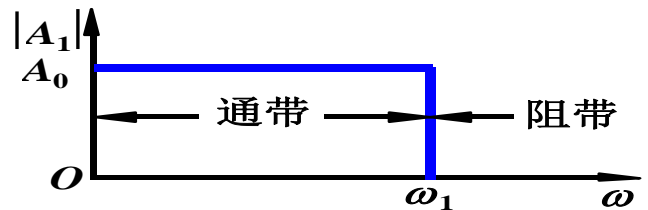


$$\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_1} \quad \text{低通特征角频率}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2} \quad \text{高通特征角频率}$$

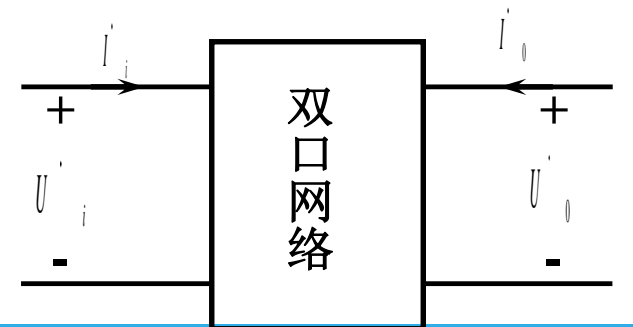
必须满足

$$\omega_2 < \omega_1$$



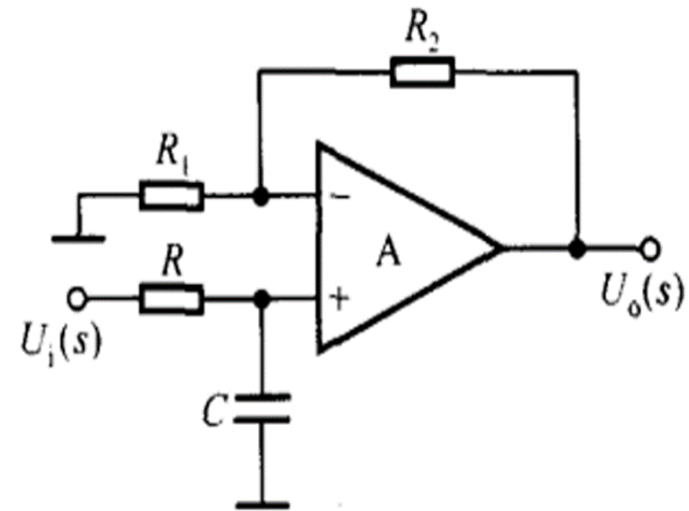
点频法测量幅频特性曲线：

选取一定数量的频率点，改变信号源的频率（输入电压保持恒定），在各频率点处测量输出电压，根据测量数据，可绘出幅频特性曲线。





三. 实验内容



实验内容:

- 1、电路器材故障检查、分析、排除 (4分)
- 2、由所给元器件, 设计一个低通有源滤波器, 截止频率约为159.2Hz, 通带电压增益为2, 函数信号发生器输出正弦波, $V_{pp}=1V$ (3分)
- 3、示波器上显示正确的输入输出波形 (2分) (拍照)
- 4、在2的基础上设计后续电路实现一个带通有源滤波器 (即低通串联高通), 其中函数信号发生器输出正弦波, $V_{pp}=1V$ 。要求通带范围约: 159.2Hz-1592.4Hz 通带电压增益为4) (5分)
- 5、示波器上显示正确的输入输出波形 (2分) (拍照并现场演示验收)

思考: 如何取测试数据才能正确地测出电路的频率特性?

实验报告:

(4分)

- 1、认真记录实验数据
- 2、用坐标纸定量描绘幅频特性曲线, 正确标明相应坐标。 (8个点以上)
- 2、根据测量数据和波形, 分析测试结果总结相关内容。



注意事项:

- 1、到时间按照完成内容酌情给分，全部完成给满分，超过课上时间完成给部分分数。
- 2、完成实验后上交面包板与跳线盒，盒子内的元器件取出。
- 3、6月20日24:00点前提交实验报告，8次实验写在一个WORD里并做好小标题划分后转成PDF格式，提交到<http://10.69.35.194/>对应文件夹,实验报告独立完成，同组之间发现抄袭一律零分。

学号+姓名命名

xxxxxxxxxx-xxx.pdf