

成绩	
教师签字	

通 信 工 程 学 院

实 验 报 告

( 信 号 与 系 统 )

实验题目：离散信号的频谱

专业：	通信工程	年级：	2022 级
姓名：	苏睿杰	学号：	20220826
实验时间：	2023 年 11 月 3 日	班级：	42

# 实验十九 线性系统的频率特性

## 一、实验目的

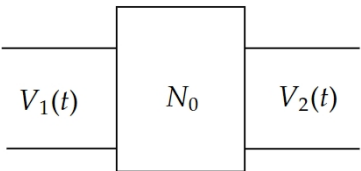
1. 观察离散信号并绘制其频谱，了解离散信号频谱的特点。
2. 验证抽样定理。

## 二、实验设备

1. 信号与系统试验箱。
2. 数字信号发生器。
3. 数字示波器。
4. 选频电平表。

## 三、实验原理

电路用频域表示时，输入和输出信号的关系可用式



$$V_2(\omega) = V_1(\omega)H(\omega) \tag{1}$$

其中  $H_1(t)$  称之为该系统的频率特性，它的幅值  $|H(\omega)|$  称为幅频特性。 $|H(\omega)|$  只与系统的结构组成有关，而与输入信号无关。本次设计就是要研究简单的 RL 低通网络和 RC 高通网络的幅频特性。由上式得  $H(\omega) = \frac{V_2(\omega)}{V_1(\omega)}$ ，两边取对数再乘以 20，则有

$$20\lg H(\omega) = 20\lg V_2(\omega) - 20\lg V_1(\omega),$$

$$N(\omega) = N_2(\omega) - N_1(\omega) \tag{2}$$

图 1

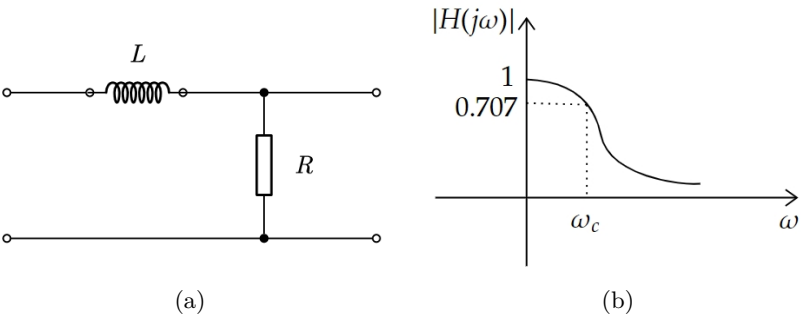


图 2

根据电压电平的定义  $20\lg V_2(\omega)$  和  $20\lg V_1(\omega)$  正好分别与输出，输入电压电平的定义相符。故  $|H(\omega)|$  可由系统的输出信号与输入信号的电平差  $N(\omega)$  求得。这是测量系统的频率特性的另一种方法。在实际工作

中常常直接用  $N(\omega)$  来表征  $H(\omega)$  而不须求出  $H(\omega)$ ，它清楚地表示了如图一线性时不变网络对任一个确定频率的正弦信号具有  $N(\omega)$ dB 的衰减 [ $N(\omega)$  为负值时] 或增益 [ $N(\omega)$  为正值时]。下图 (a) 是一个简单的低通网络，其频率特性：

$$H(\omega) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{1 + j\frac{\omega L}{R}} \quad (3)$$

经过推导变换，可得

$$|H(\omega)| = \left| \frac{V_2}{V_1} \right| = \left| \frac{1}{1 + j\frac{\omega L}{R}} \right| = \left| \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{2\pi f L}{R})^2}} \right| \quad (4)$$

$H(\omega) \sim \omega$  幅频特性曲线如下图 (b) 所示，在半功率频率  $f_c = \frac{1}{\tau} = \frac{R}{2\pi L}$  时， $H(\omega) = 0.707$ 。

下图 (a) 是一个简单的高通网络，其频率特性为：

$$H(\omega) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} \quad (5)$$

经过推导变换，可得

$$|H(\omega)| = \left| \frac{V_2}{V_1} \right| = \left| \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} \right| = \left| \frac{2\pi f RC}{\sqrt{1 + (2\pi f RC)^2}} \right| \quad (6)$$

$H(\omega) \sim \omega$  幅频特性曲线如下图 (b) 所示，在半功率频率  $f_c = \frac{1}{\tau} = \frac{R}{2\pi L}$  时， $H(\omega) = 0.707$ 。

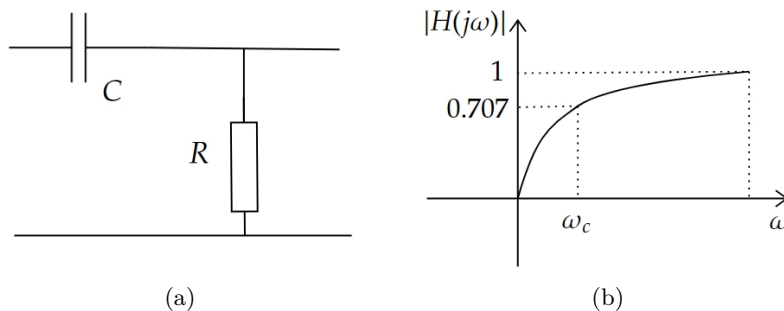


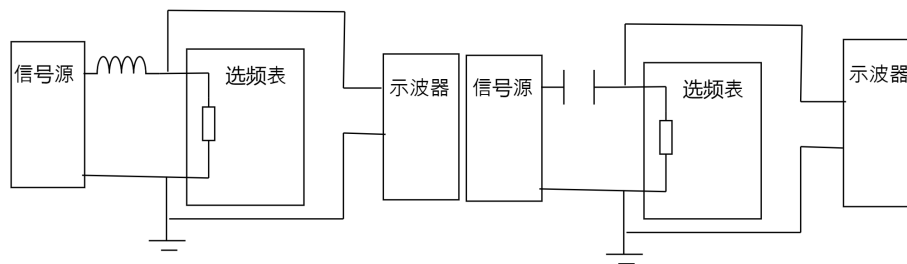
图 3

## 五、说明

本次实验是利用选频电平表分别测出线性网络的输入和输出电平，根据  $N(\omega)$  得到该网络的幅频特性。信号源输出阻抗置  $50\Omega$ 。选频表输入阻抗置  $600\Omega$  输入阻抗代替。

### 1. 测量输入信号频谱。

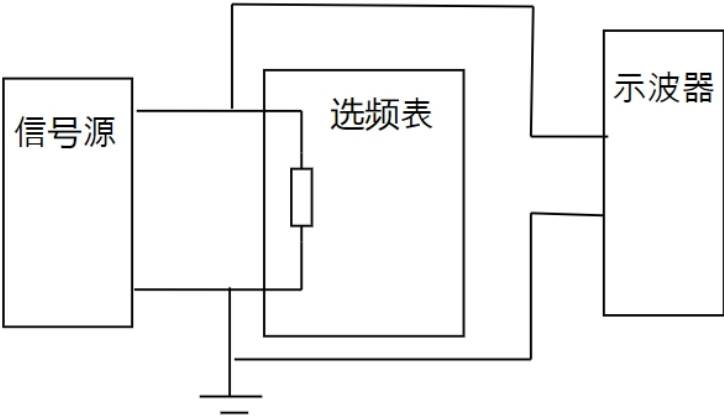
A、 电路图连接。(图 4)



(a)

图 4

- B、用示波器和选频表精确校准信号, 输入信号为: 周期  $7 - 200\mu s$ , 脉宽  $\tau = 60\mu s$ : 幅度  $V = 5V$  的矩形脉冲并画出波形图。
  - C、按表一第二栏的要求测出信号各次谱波的电平值  $N_1$ 。
  - D、观察示波器的波形并画在坐标纸上。
2. 测量低通网络的输出电平。
    - A、电路如图 5 连接。
    - B、按表一第四栏的要求测出低通网络输出电平值  $N_d(\omega)$ 。
    - C、观察示波器的波形并画在坐标纸上。
  3. 测量高通网络的输出电平。
    - A、将图五电路中的电感  $L$  改为  $0.01\mu F$  的电容。
    - B、按表一第七栏的要求测出高通网络输出电平值  $N_d(\omega)$ 。
    - C、观察示波器的波形并画在坐标纸上。
  4. 分别计算高, 低通滤波电路的幅频特性  $N_d(\omega)$ 。画出幅频特性曲线。



(a)

图 5

表 1: 实际值测量

f(KHz)		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
输入信号电平 $N_1$	实 测 值	7.2	2.7	-10.2	-7.6	-4.9	-10.9	-20.5	-9.3	-11.9	-59.5
	实 测 值									-22.7	-30
	$N(\omega)$										
低通滤波电路 $N_d$	$H(\omega)$										
	实 测 值										
	$N(\omega)$										
低通滤波电路 $N_d$	$H(\omega)$										
	实 测 值										
	$N(\omega)$										
	$H(\omega)$										

注：  $H(\omega) = 10^{\frac{N(\omega)}{20}}$

表 2: 理论值计算

f(KHz)		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
RL 电路	$N(f)$	-0.52	-1.78	-3.31	-4.81	-6.20	-7.45	-8.58	-9.60	-10.52	-11.36
	$H(f)$	0.94	0.81	0.68	0.57	0.49	0.42	0.37	0.33	0.30	0.27
RC 电路	$N(f)$	-14.65	-9.05	-6.16	-4.41	-3.28	-2.51	-1.97	-1.58	-1.30	-1.08
	$H(f)$	0.19	0.35	0.49	0.60	0.69	0.75	0.80	0.83	0.86	0.88