



南京邮电大学  
Nanjing University of Posts and Telecommunications

# 电工电子实验报告

课程名称： 电工电子基础实验 A

实验项目： 周期信号的频谱分析

连续时间系统的模拟

学 院： 自动化学院、人工智能学院

班 级： B210416

学 号： B21080526

姓 名： 单家俊

指导教师： 陈建飞

学 期： 2022-2023 学年第 1 学期

# 周期信号的频谱分析、连续时间系统模拟

## 一、 实验目的

- 1、了解和掌握周期信号频谱分析的基本概念
- 2、掌握用软件进行频谱分析的基本方法
- 3、深入理解周期信号时域参数变化对其谐波分量的影响及变化趋势
- 4、学习如何依据系统传递函数，用基本运算单元组成模拟装置
- 5、学习掌握 Multisim 进行系统模拟的方法

## 二、 主要仪器设备及软件

硬件：无

软件：Multisim 14 软件

## 三、 实验原理（或设计过程）

由信号与系统课程可知，一个非正弦周期信号，运用傅里叶级数总可分解为直流分量与许多正弦分量之线性叠加。这些正弦分量的频率必定是基波频率的整数(n)倍，称之为谐波分量。各谐波分量的振幅和相位不尽相同，取决于原周期信号的波形。周期信号的频谱分为幅度谱、相位谱和功率谱三种，分别是信号各频率分量的振幅、初相和功率按频率由低到高排列构成的谱线图。周期信号为  $f(t)$ ，展开为三角形式的傅里叶级数。

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \varphi_n)$$

$$\text{其中: } A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad \varphi_n = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{-b_n}{a_n}\right)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \cos n\omega_1 t dt \quad (n = 1, 2, \dots)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \sin n\omega_1 t dt \quad (n = 1, 2, \dots)$$

系统传递函数：

$$H(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_n}{s^n + b_1 s^{n-1} + \dots + b_n}$$

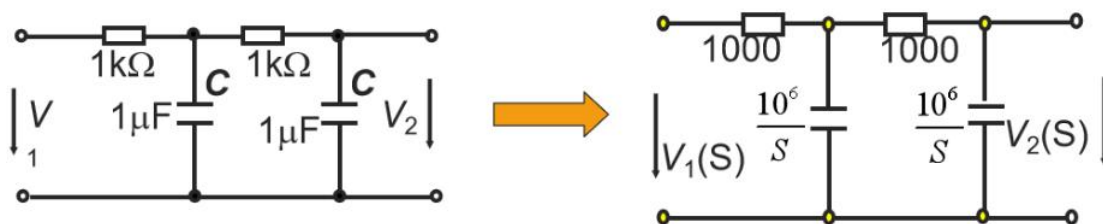
分子分母同乘  $s^{-n}$ ，得

$$H(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{a_0 + a_1 s^{-1} + \dots + a_n s^{-n}}{1 + b_1 s^{-1} + \dots + b_n s^{-n}} = \frac{P(s^{-1})}{Q(s^{-1})}$$

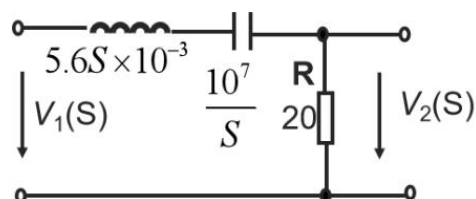
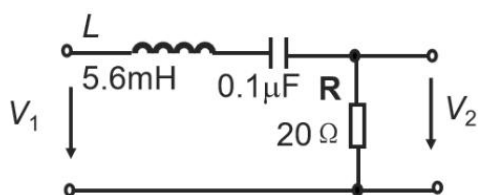
(A) 真分式: 算子  $S$  在分子的幂次不高于分母的幂次。

(B) 实验中需用积分器仿真，算子  $S$  应化成  $S^{-1}$  形式。

(C) 分母的常数项化成 1。

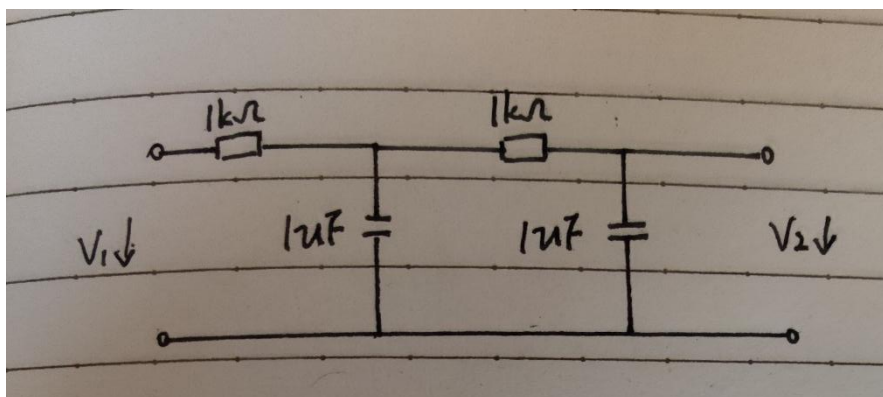


$$\text{二阶低通电路 } H(s) = \frac{10^6 S^{-2}}{10^6 S^{-2} + 3000 S^{-1} + 1}$$

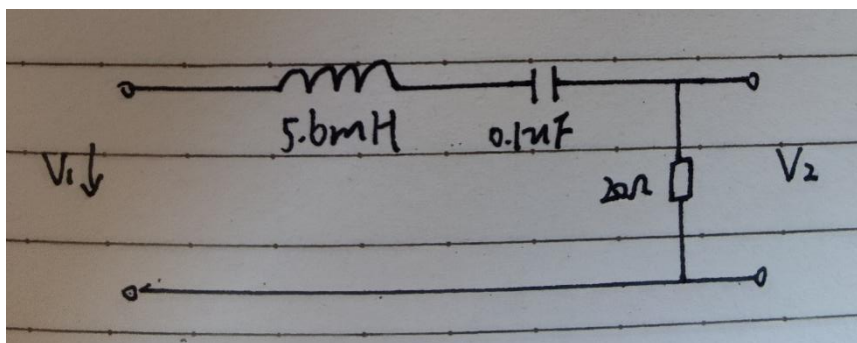


$$\text{二阶带通电路 } H(s) = \frac{3571.4 S^{-1}}{1.7857 S^{-2} \times 10^9 + 3571.4 S^{-1} + 1}$$

#### 四、 实验电路图



图一. RC 低通电路



图二. 二阶带通电路

## 五、 实验数据分析和实验结果

1 按实验要求搭建仿真电路图.

2 按实验要求记录数据

	谐波n=0	谐波n=1	谐波n=2	谐波n=3	谐波n=4	谐波n=5	谐波n=6	谐波n=7	谐波n=8	谐波n=9	谐波n=10
谐波频率 (KHz)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
矩形波10%	-4.02	1.92	1.83	1.69	1.50	1.27	1.02	0.76	0.51	0.26	0.05
矩形波30%	-2.03	5.11	3.05	0.72	0.88	1.27	0.67	0.22	0.74	0.61	0.06
矩形波50%	0	6.37	0	2.12	0	1.27	0	0.91	0	0.71	0
正弦波	0	5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
三角波50%	0	4.05	0	0.45	0	0.16	0	0.08	0	0.05	0
三角波70%	0	3.90	1.15	0.17	0.18	0.20	0.08	0.03	0.07	0.05	0
三角波90%	0	3.48	1.65	1.01	0.67	0.45	0.30	0.19	0.10	0.04	0

3 按图 5.56 图搭建模拟电路图，测量其半功率点频率  $f_o=59.5381\text{Hz}$

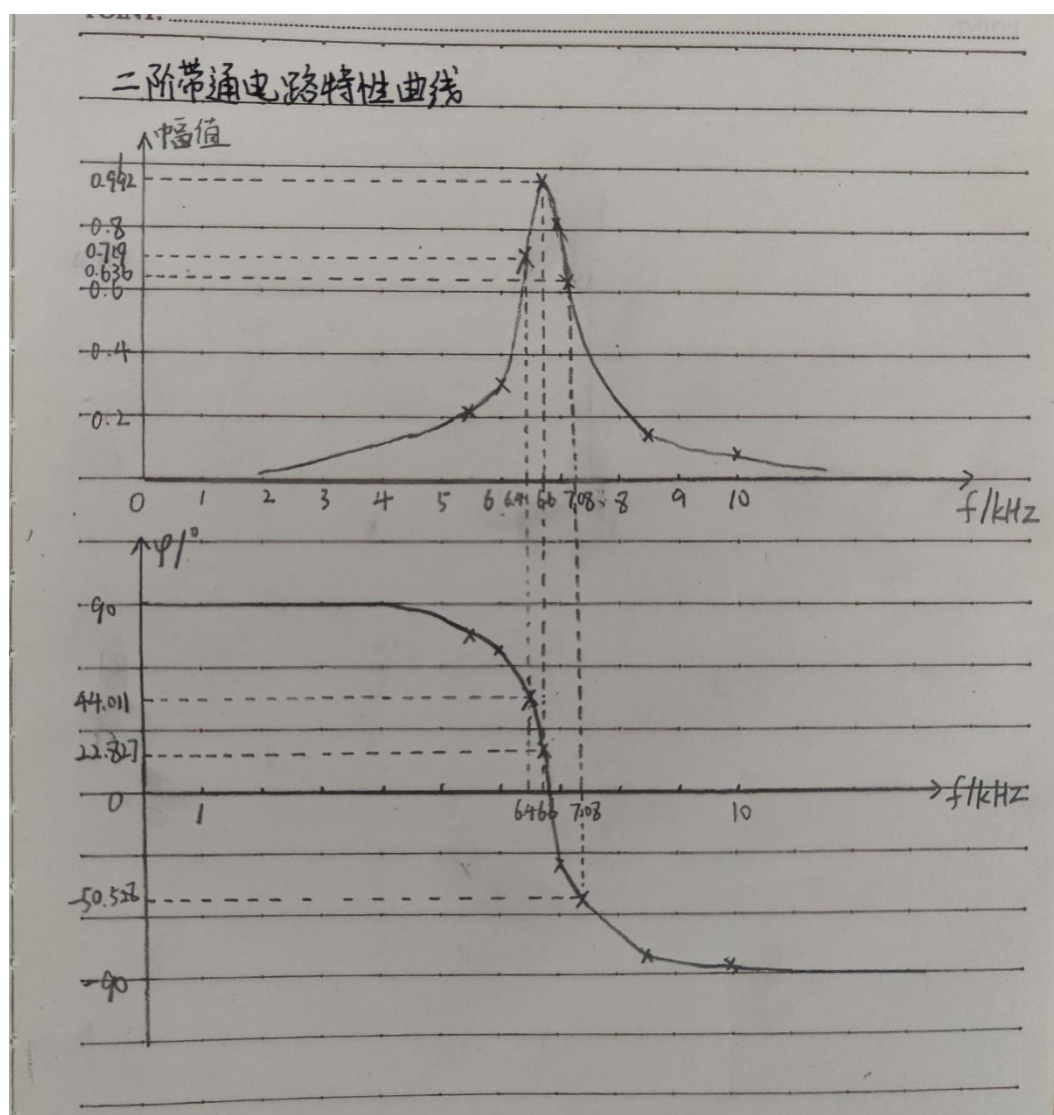
按图 5.57 图搭建模拟电路图，测量其谐振频率点频率  $f_0=6761\text{Hz}$ ，半功率点  $f_L=6446\text{Hz}$ 、 $f_H=7021\text{Hz}$ 。

4 按预习要求计算的传递函数  $H(S)$  分别搭建两个电路的系统模拟测试电路，分别测量其幅频、相频传输特性。并按直接测量时选的测量点对半功率点和谐振点进行测量。

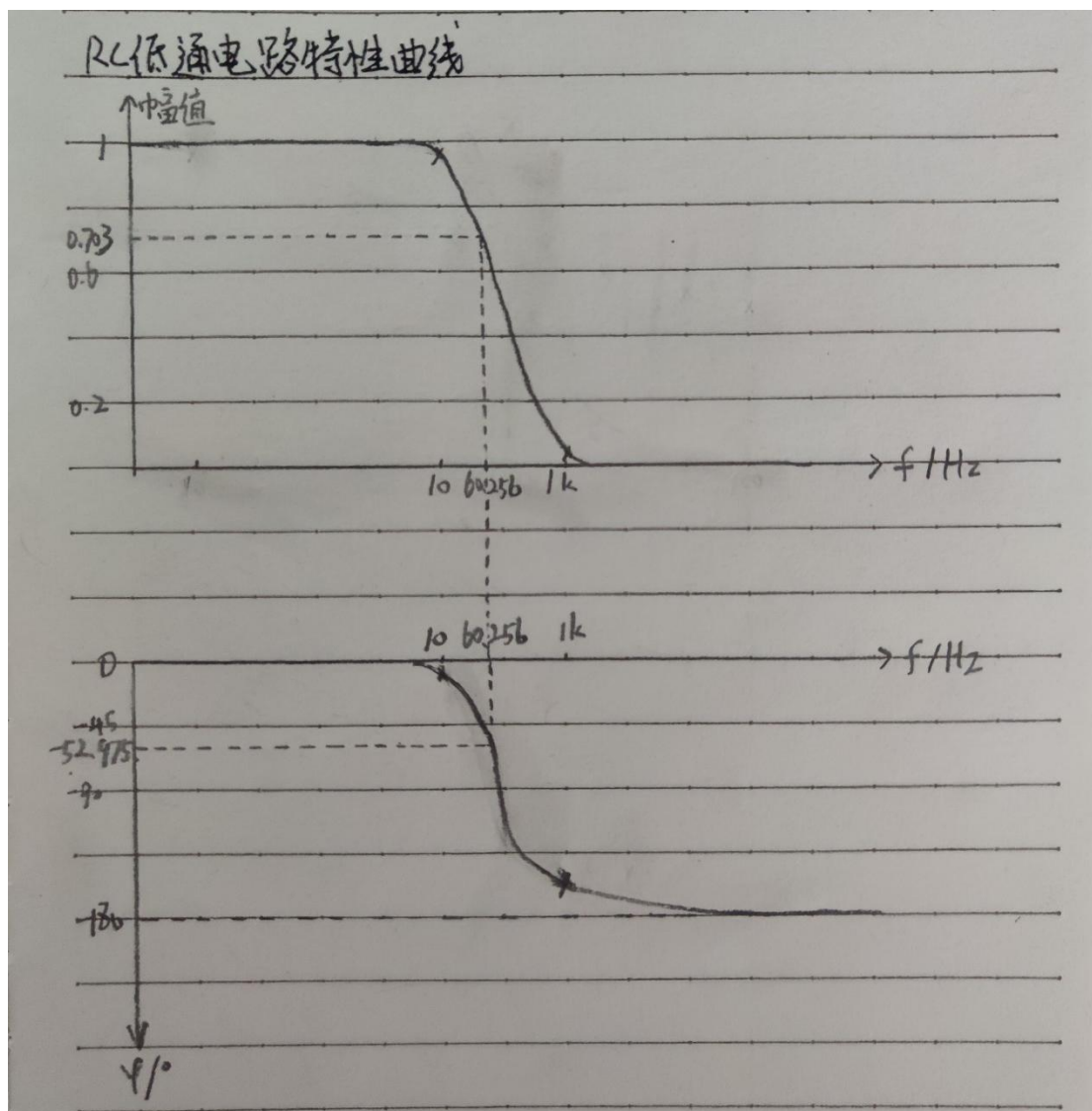
5 依据系统模拟框图测量图 5.56 的半功率点频率  $f_o=59.581\text{Hz}$

依据系统模拟框图测量图 5.57 的谐振频率点频率  $f_0=6761\text{Hz}$ ，半功率点  $f_L=6447\text{Hz}$ 、 $f_H=7021\text{Hz}$ 。

6 按实验内容 3 的要求，对实验内容 1 和实验内容 2 进行幅频、相频传输特性测量，上传自制的数据表格（两张数据记录表）。



图三. 二阶带通电路特性曲线



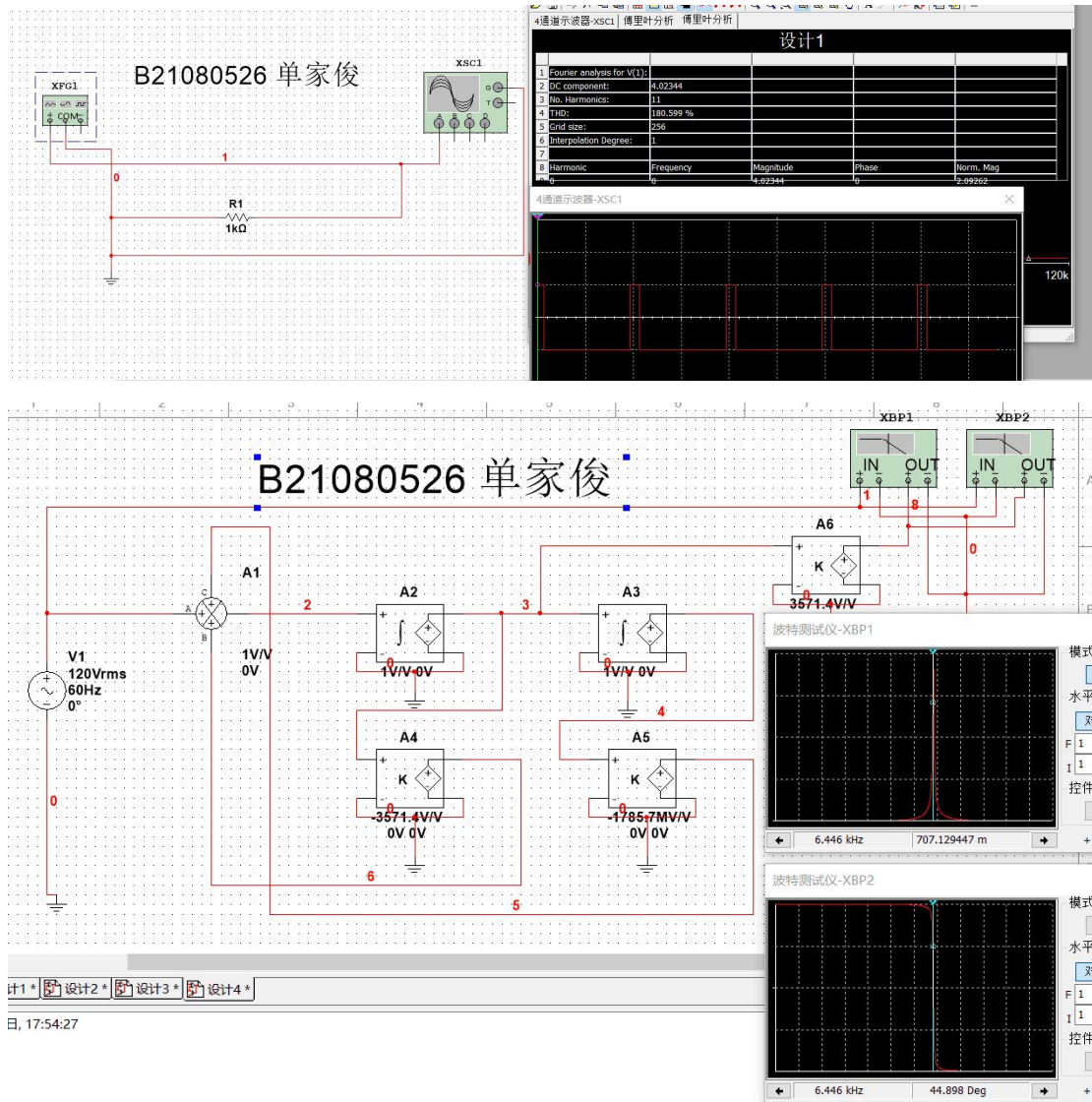
图四. RC 低通电路特性曲线

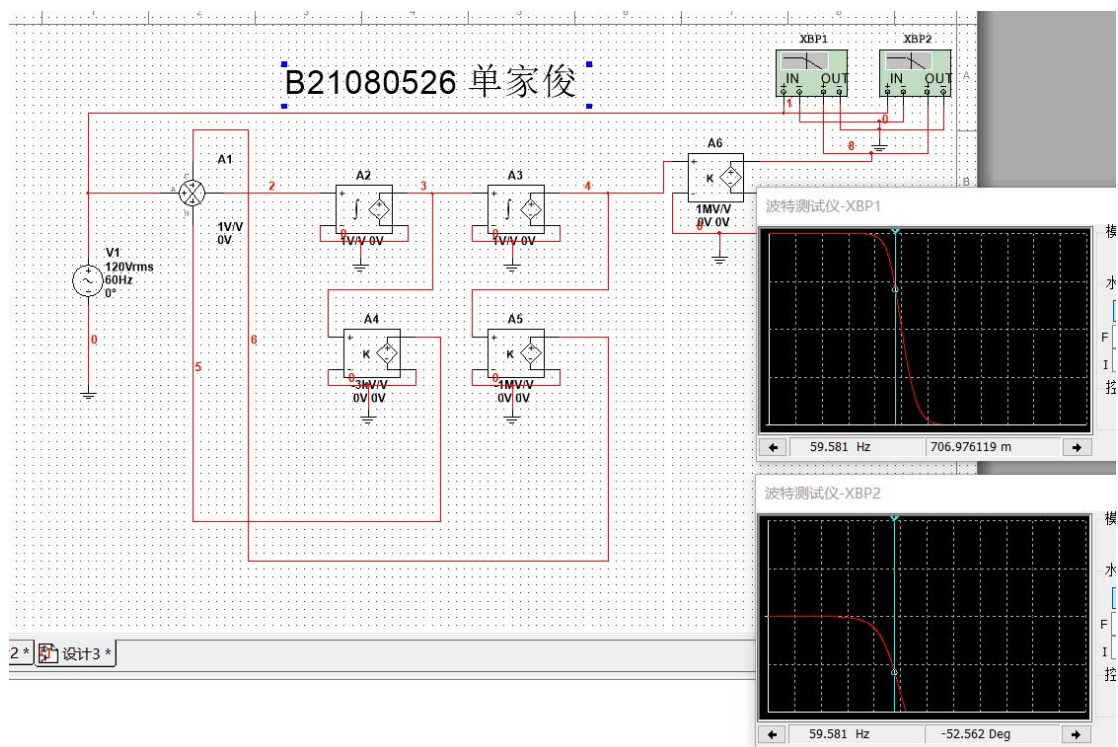
## 六、 实验小结

了解和掌握了周期信号频谱分析的基本概念, 掌握了用软件进行频谱分析的基本方法学会了通过 Multisim 软件对信号进行傅里叶分析。  
学会了如何根据给定的连续系统的传输函数用基本运算单元组成模拟装置, 以及 Multisim 软件用于系统模拟的基本方法。



## 七、 附录





思考题：

- 1、非正弦周期信号的谱线是离散的，其角频率间隔为基波频率，且只存在于基波频率的整数倍上。（设周期信号的周期为  $T$ ）
- 2、大多数非正弦信号的幅度谱包含无数条谱线，但其主要能量集中在谱线幅度包络线的第一个零点以内，这段包络线称为主峰，其频率范围称为有效频带宽度。
- 3、矩形周期信号的直流、基波和各谐波分量的幅值与矩形脉冲幅度成正比。
- 4、矩形周期信号的幅度和周期保持不变，随着占空比的增加 ( $< 50\%$ )，主峰高度增大，主峰宽度减小，各谱线宽度不变，主峰内含的谱线数量减小，有效频带宽度减小，主峰内各高次谐波分量减小。
- 5、理想的正弦波的幅度谱包含一条谱线，证明其只有基波，而无谐波分量，如果能测出谐波分量，说明该正弦波已有失真。