



计算机与控制工程学院

《信号与系统》课程实验报告

系（所）： 自动化，学号： 2313672 姓名： 王一博

系（所）： 自动化，学号： 2312566 姓名： 生士博

系（所）： 自动化，学号： 2313770 姓名： 刘何祥

实验名称： 信号的合成与分解

实验台号： 20 实验地点： 实验楼 B301

实验日期： 2025 年 11 月 18 日

一、 实验目的：

观察方波信号的分解及合成，学习和掌握用傅里叶级数进行谐波分析的方法。

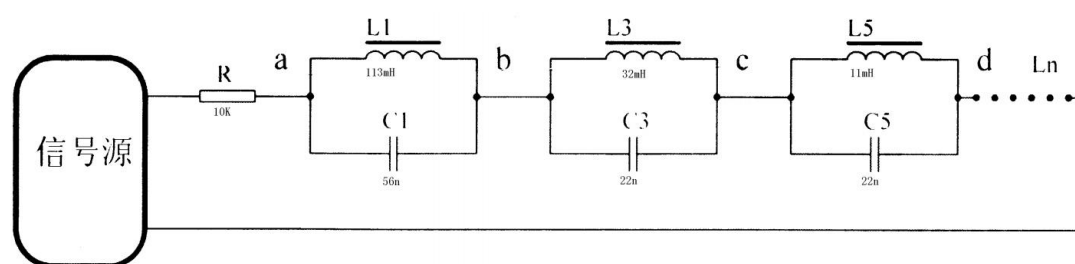
二、 实验仪器：

| 名称类别 | 规格/型号 | 数量 | 备注 |
|--------|---------------------|----|----|
| 示波器 | / | 1 | |
| 直流稳压电源 | / | 1 | |
| 信号发生器 | / | 1 | |
| 电阻 | 10k、20k、150k | 若干 | |
| 电容 | 0.022u、0.056u、1000p | 若干 | |
| 开关 | / | 1 | |
| 双运算放大器 | / | 1 | |
| 电位器 | 100k | 1 | |
| | | | |

三、 实验原理：

任何电信号都是由各种不同频率、幅度和初相的正弦波叠加而成的。对于周期信号由它的傅里叶级数的展开式可知，各次谐波为基波频率的整数倍。而非周期信号包含了从零到无穷大的所有频率成分，每一频率成分的幅度趋向无穷小，但其相对大小是不同的。

通过一个选频网可以将电信号的所包含的某一频率成分提取出来。本实验采用最简单的选频网络，是一个 LC 谐振回路。对周期信号波形分解的实验方案如图 1 所示。



将被测的方波信号加到分别调谐于基波和各次谐波频率的一系列并联谐振回路。从每一个谐振回路二端可以用示波器观察到被取出的各种正弦波。若被测信号是 2KHz 的方波，由傅里叶级数展开式可知，应使 L1C1 谐振于 2KHz、L3C3 谐振于 6KHz、L5C5 谐振于 10KHz、.....，那么，一定能从各谐振回路两端观察到基波和各次谐波。在理想的情况下各次谐波的比例为 1: (1/3): (1/5):。

被测信号采用 2KHz、峰峰值 6V 的方波。R=10K 欧姆、L1C1 谐振于 2KHz、L3C3 谐振于 6KHz、 L5C5 谐振于 10KHz。其 LC 满足

$$f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

| C | L | f | 线圈 |
|--------|---------|--------|------------|
| 0.056u | 113.1mH | 2000.9 | 1500 圈+硅钢芯 |
| 0.022u | 30 mH | 5992.1 | 1000 圈+硅钢芯 |
| 0.022u | 10.5 mH | 9967.8 | 500 圈+硅钢芯 |

电容可选用靠近以上值的，电感的值可通过内插的芯（不要用纯铁芯）调节插入深度来改变电感值，最终获得满意的波形。

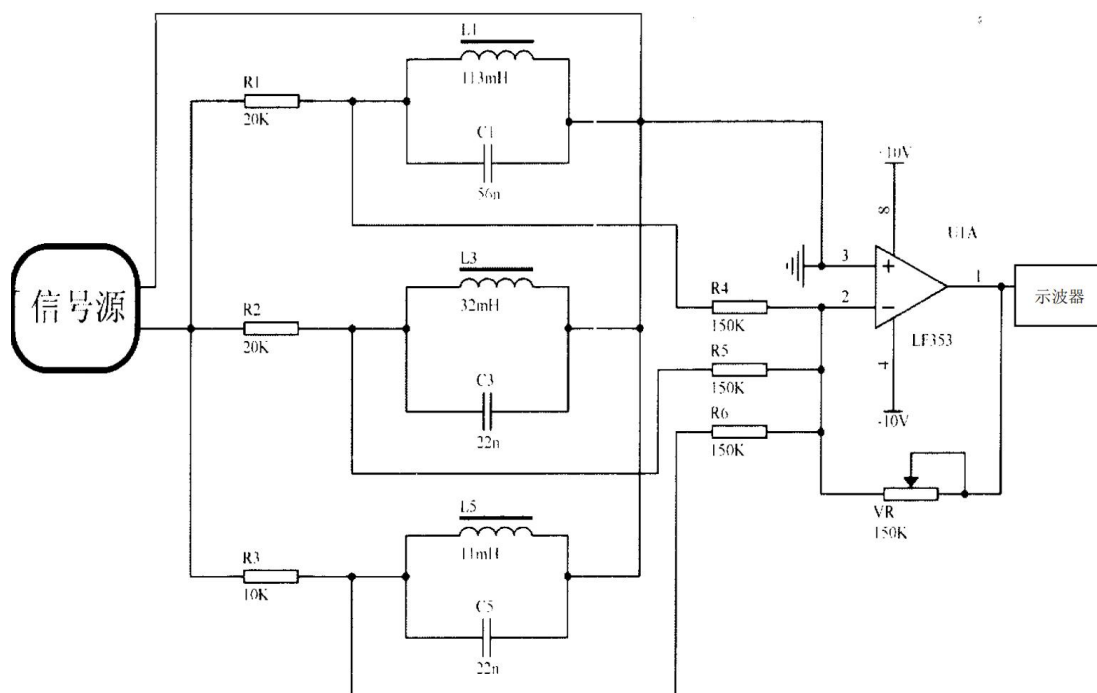
实际获得的波形基波较接近理想值，3 次和 5 次谐波的波形与理想值有一些变化，主要是有不等幅现象，越是高次谐波越为严重。提高谐振 Q 值能减少这种现象。

根据谐振电路的品质因数公式：

$$Q \approx \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

可自制高品质的谐振回路，设计回路参数，加深理解。

波形的合成实验电路如图 2 所示。方波信号通过选频网络（电路接法和图 1 有变化），L1C1 谐振于 2KHz，产生波形合成所需的基波；L3C3 谐振于 6KHz，产生波形合成所需的 3 次谐波；L5C5 谐振于 10KHz，产生波形合成所需的 5 次谐波。电阻 R1、R2、R3 通过变换其电阻值，可调整其幅度，使其高次谐波幅度分别为基波的 1/3、1/5。波形的合成最终由加法器来完成。



用示波器观察合成的波形，接近理想值。如在 R5 边串一个 1000pF 电容，它相当与初相发生了变化，此时合成的波形发生了变化，这种由于谐波相位变化而使波形变化产生的失真称为“相位失真”；如移去 R5，合成的波形中缺少了一种频率成分，合成的波形发生了变化，这种由于缺少某种谐波而使波形变化产生的失真称为“频率失真”。

四、 实验内容及步骤:

1, 波形的分解

- a, 按照图 1 在九孔方板上排好器件, 调节信号源, 使其置为方波档、幅度峰峰值 6V、频率 2KHz。
- b, 频率 2KHz, 用导线短接 bd, 用示波器测 ab 点波形, 调节电感值使谐振于 2KHz
- c, 改变频率, 调节到 6KHz, 用导线短接 ab、cd, 用示波器测 bc 点波形, 调节电感值使谐振于 6KHz
- d, 去掉短接, 改变频率, 调节到 10KHz, 用导线短接 ac, 用示波器测 cd 点波形, 调节电感值使谐振于 10KHz
- e, 去掉短接, 回调频率到 2KHz, 观察 ab、bc、cd 处的波形, 记录、分析。

2, 波形的合成

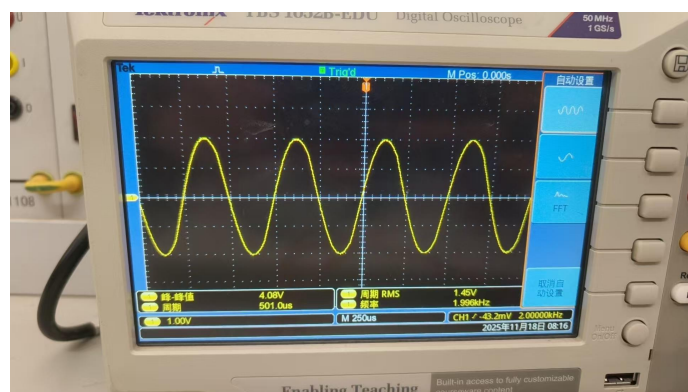
- a, 按照图 2 在九孔方板 (2 块) 上排好器件, 调节信号源, 使其置为方波档、幅度峰峰值 6V、频率 2KHz。
- b, 频率 2KHz, 用示波器测 L1 两端波形, 调节电感值使谐振于 2KHz,。
- c, 改变频率, 调节到 6KHz, 用示波器测 L2 两端波形, 调节电感值使谐振于 6KHz。
- d, 改变频率, 调节到 10KHz, 用示波器测 L3 两端波形, 调节电感值使谐振于 10KHz,
- e, 回调频率到 2KHz, 分别测 L1、L2、L3 波形, 调节 R1、R2、R3 值, 使其波形幅度接近 1: 1/3: 1/5。
- f, 用示波器观察加法器输出点的波形记录、分析。
- g, 在 R5 边串一个 1000pF 电容, 观察 “相位失真”。
- h, 拔去电阻 R5, 观察 “频率失真”。

五、 实验结果：（包括曲线、图形、测量数据表格）

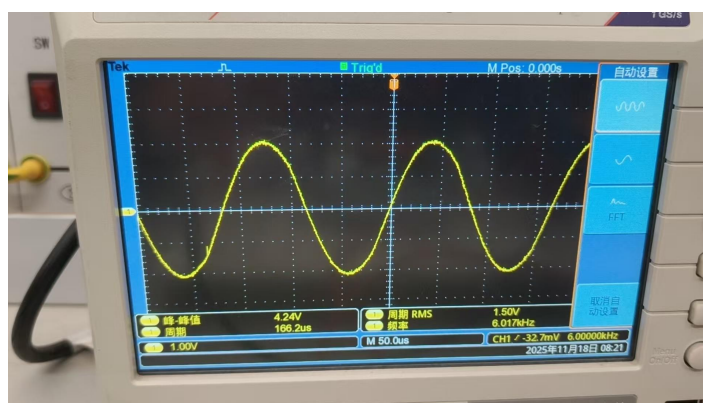
1、波形的分解

(1) 按图一连接电路，调节方波峰峰值 6V

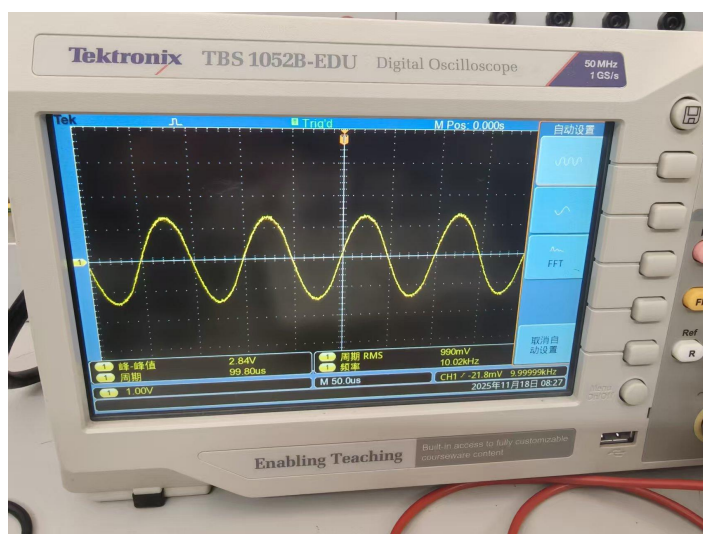
(2) 调节方波频率 2kHz，导线短接 bd，测量 ab 波形，调节电感使得谐振频率为 2kHz，此时幅度为 4.08V



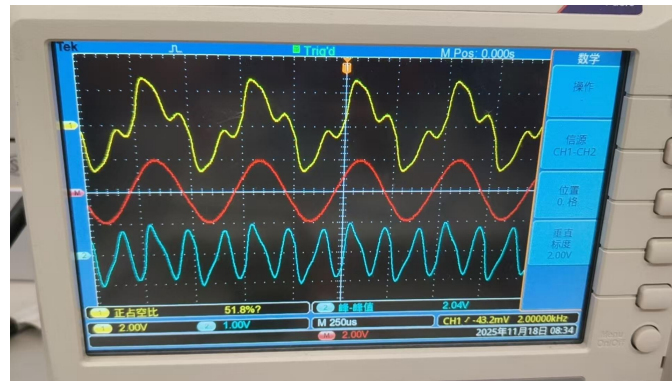
(3) 调节方波频率 6kHz，导线短接 ab、cd，测量 bc 波形，调节电感使得谐振频率为 6kHz，此时幅度为 4.24V



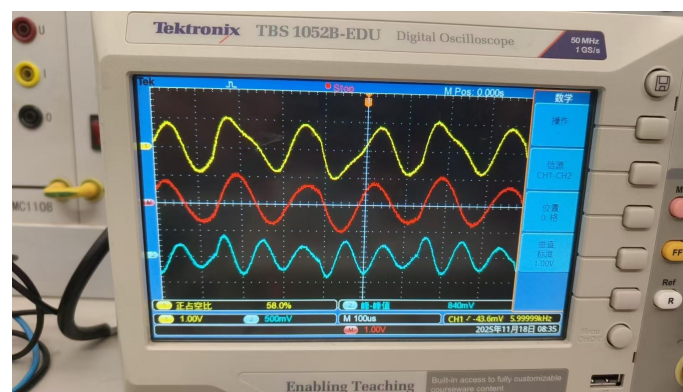
(4) 调节方波频率 6kHz，导线短接 ac，测量 cd 波形，调节电感使得谐振频率为 10kHz，此时幅度为 2.84V



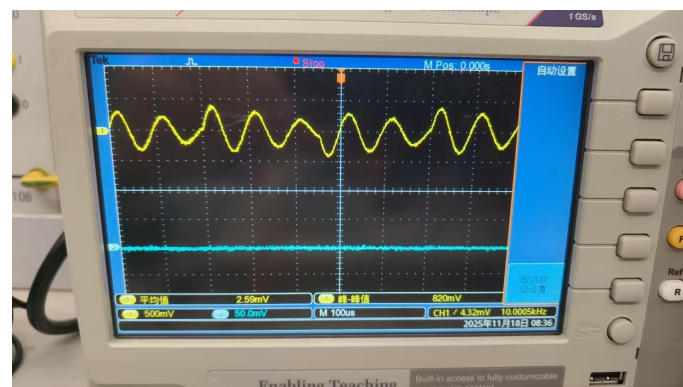
(5) 去掉短接，调节频率 2kHz，观察 ab、bc、cd 波形



ab 波形 (红色)



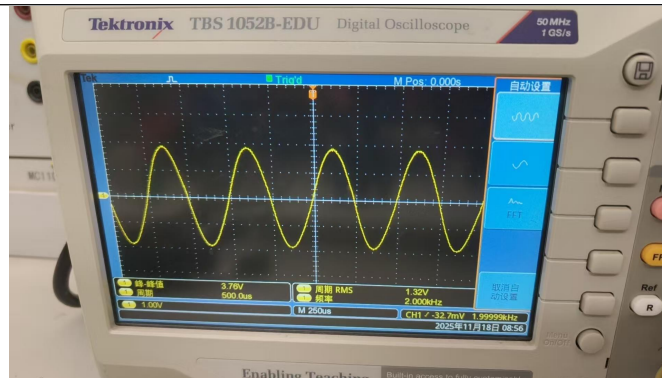
bc 波形 (红色)



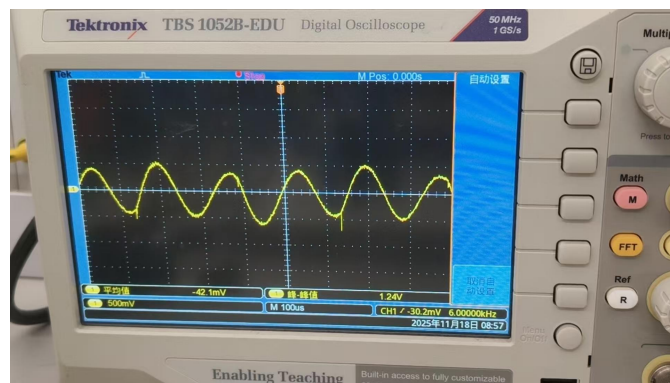
cd 波形 (黄色)

2、波形的合成

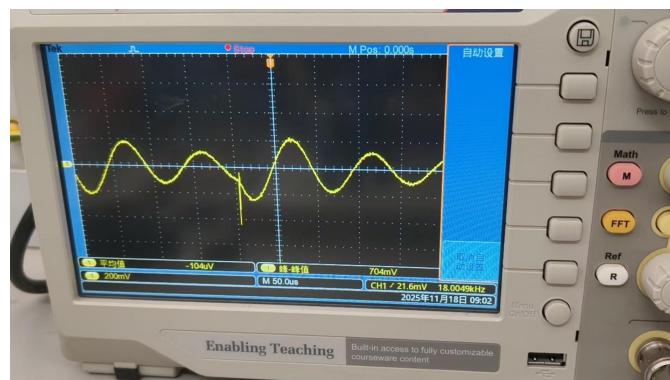
- (1) 按图二连接电路，调节方波峰峰值 6V
- (2) 依照实验 1 的方法，调节电感使其分别谐振于 2kHz、6kHz、10kHz
- (3) 回调频率 2kHz，分别测 L1、L2、L3 两侧的波形，调节 R1、R2、R3，使得波形幅度接近 1 : 1/3 : 1/5
- (4) 观察波形如下



L1 两侧

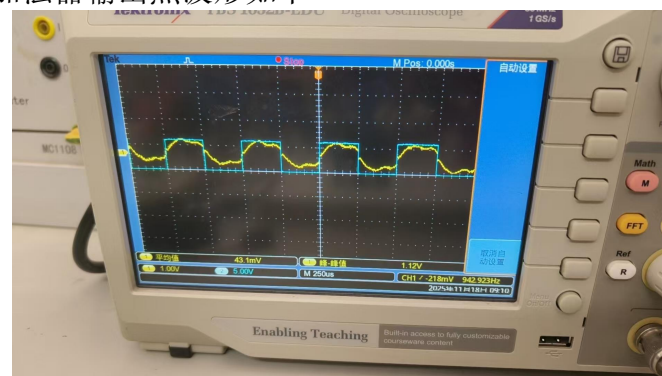


L2 两侧



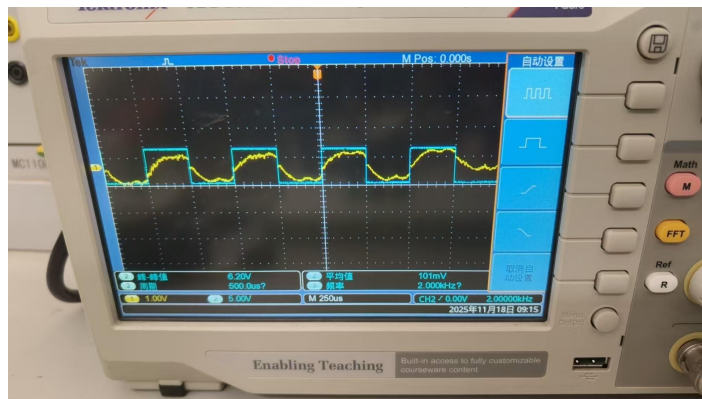
L3 两侧

(5) 观察加法器输出点波形如下



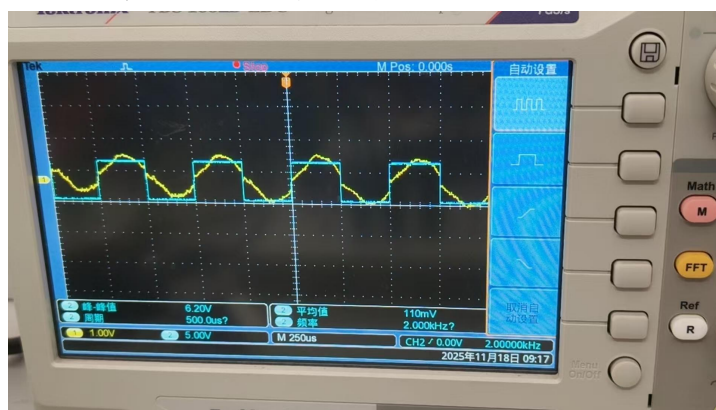
加法器输出点波形

(6) R5 边串接 1000pF 电容，观察到相位失真如下



相位失真波形

(7) 拔去电阻 R5，观察到频率失真



频率失真波形

六、 试验思考题:

观察到 3 次、5 次谐波为什么会出现不等幅现象?

通带滤波器的 Q 一般在 20 左右, 二价滤波器离中心频率较远处的斜率为 $-40\text{dB}/10$ 倍频, 非中心频率的谐波不可避免地进入该带通滤波器, 因而造成一定失真