

信号与系统实验 指导书

商丘师范学院物理与信息工程系编

目 录

实验一 基本运算单元基验.....	1
实验二 用同时分析法观测 50Hz 非正弦周期信号的分解与合成.....	5
实验三 无源和有源滤波器.....	7
实验四 阶网络状态轨迹的显示.....	11
实验五 抽样定理.....	14
附录 TKSS—C 型信号与系统实验箱使用说明书.....	16

实验一 基本运算单元

一. 实验目的:

- (1) 熟悉由运算放大器为核心元件组成的基本运算单元。
- (2) 掌握基本运算单元特性的测试方法。

二. 实验仪器:

双踪示波器、信号与系统实验箱

三. 实验原理:

集成运算放大器是一种具有高电压放大倍数, 输入电阻很大, 输出电阻很小的直接耦合多级放大电路。当外部接入不同的线性或非线性元器件组成输入和负反馈电路时, 可以灵活地实现各种特定的函数关系。在线性应用方面, 可组成比例、加法、减法、积分、微分、对数等模拟运算电路。

本实验采用的集成运放型号为 HA17741, 引脚排列如图 1-1 所示, 它是八脚双列直插式组件, ②脚和③脚为反相和同相输入端, ⑥脚为输出端, ⑦脚和④脚为正、负电源端, ①脚和⑤脚为失调调零端, ①⑤脚之间可接入一只几十 $K\Omega$ 的电位器并将滑动触头接到负电源端。⑧脚为空脚。

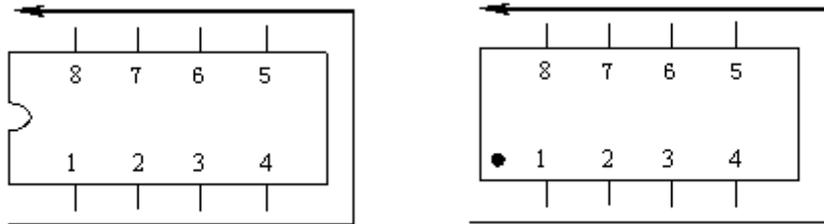


图 1-1 集成运放管脚的排列顺序

理想运算放大器特性

在大多数情况下, 将运放视为理想运放, 就是将运放的各项技术指标理想化, 满足下列条件的运算放大器称为理想运放。

开环电压增益 $A_{ud}=\infty$

输入阻抗 $r_i=\infty$

输出阻抗 $r_o=0$

带宽 $f_{BW}=\infty$

失调与漂移均为零等。

理想运放在线性应用时的两个重要特性:

(1) 输出电压 U_o 与输入电压之间满足关系式 $U_o=A_{ud}(U_+-U_-)$

由于 $A_{ud}=\infty$, 而 U_o 为有限值, 因此, $U_+-U_-\approx 0$ 。即 $U_+\approx U_-$, 称为“虚短”。

(2) 由于 $r_i=\infty$, 故流进运放两个输入端的电流可视为零, 即 $I_{IB}=0$, 称为“虚断”。这说明运放对

其前级吸取电流极小。

上述两个特性是分析理想运放应用电路的基本原则，可简化运放电路的计算

基本运算电路

1) 反相比例运算电路

电路如图 1-2 所示。对于理想运放，该电路的输出电压与输入电压之间的关系为
为了减小输入级偏置电流引起的运算误差，在同相输入端应接入平衡电阻 $R_2=R_1//R_F$ 。

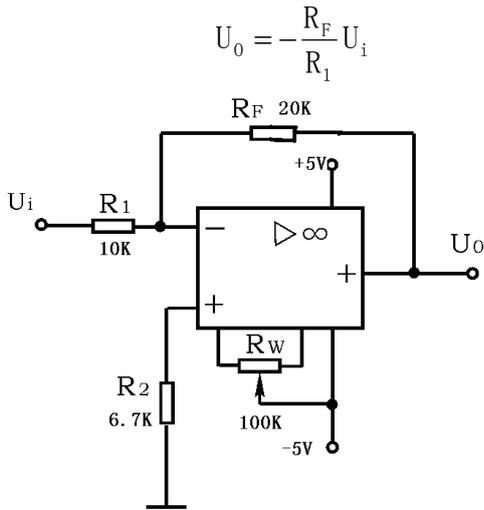


图 1-2 反相比例运算电路

$$U_o = -\frac{R_F}{R_1} U_i$$

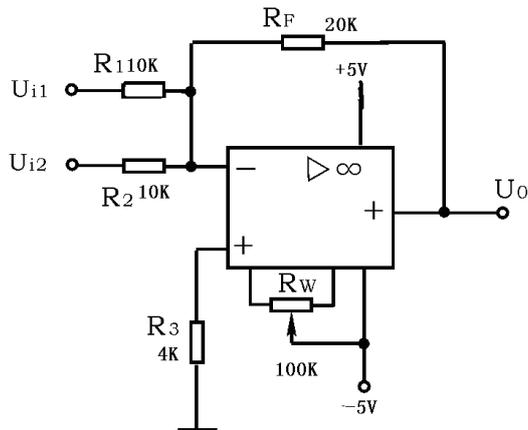


图 1-3 反相加法运算路

2) 反相加法电路

电路如图 1-3 所示，输出电压与输入电压之间的关系为

$$U_o = -\left(\frac{R_F}{R_1} U_{i1} + \frac{R_F}{R_2} U_{i2}\right) \quad R_3 = R_1 // R_2 // R_F$$

3) 积分运算电路

反相积分电路如图 1-4 所示。在理想化条件下，输出电压 u_o 等于

$$u_o(t) = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t u_i dt + u_c(o)$$

式中 $u_c(o)$ 是 $t=0$ 时刻电容 C 两端的电压值，即初始值。

如果 $u_i(t)$ 是幅值为 E 的阶跃电压，并设 $u_c(o)=0$ ，则

$$u_o(t) = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t E dt = -\frac{E}{R_1 C} t$$

即输出电压 $u_o(t)$ 随时间增长而线性下降。显然 RC 的数值越大，达到给定的 U_o 值所需的时间就越长。积分输出电压所能达到的最大值受集成运放最大输出范围的限值。

在进行积分运算之前，首先应对运放调零。为了便于调节，将图中 K_1 闭合，即通过电阻 R_2 的负反馈作用帮助实现调零。但在完成调零后，应将 K_1 打开，以免因 R_2 的接入造成积分误差。 K_2 的设置一方面为积分电容放电提供通路，同时可实现积分电容初始电压 $u_c(o)=0$ ，另一方面，可控制积分起始点，即在加入信号 u_i 后，只要 K_2 一打开，电容就将被恒流充电，电路也就开始进行积分运算。

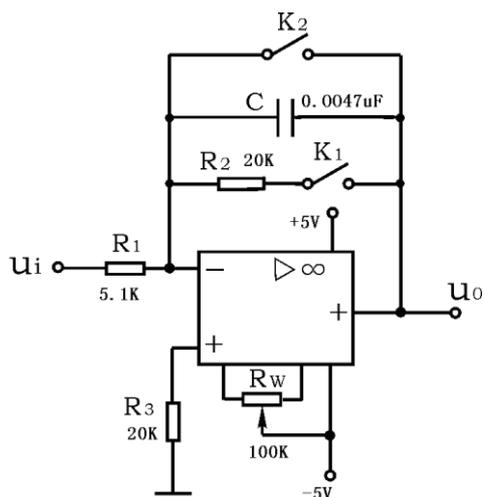


图 1-4 积分运算电路

四. 实验内容与步骤

根据电路原理图和所用运放的管脚分步图，确定实际安装接线图（本实验在实验箱的左上方自由布线区操作。），注意用两组电源构成运放正负电源的接法。

要看清运放组件各管脚的位置；切忌正，负电源极性接反和输出端短路，否则将损坏集成块。

1. (1) 按图 1-2 连接实验电路, 构成反相比例器. $R_1=10K, R_F=20K, R_2=6.7K$

(实际电路用两电阻并联. 即 $R_2=6.7K=10K//20K$) . 将电位器接正确。

(2) 接通 $\pm 5V$ 电源，输入端对地短路，进行调零与消振。

(3) 输入信号采用 1KHz 方波，用示波器观察和测量输入，输出信号波形，并由测量结果计算 K 值。

$$u_o = -\frac{R_2}{R_1} u_i = -k u_i$$

2. (1) 按图 1-3 接电路，构成加法器. $R_1=10K, R_2=10K, R_F=20K, R_3=4K$ (实际电路用三电阻并联. 即 $R_3=4K=10K//10K//20K$)，接好电位器。接通 $\pm 5V$ 电源，输入端对地短路，进行调零与消振。

(2) 令 $U_1=U_2=1KHz$, 幅度均为 20mV 的正弦波。用示波器观察 U_1, U_2, U_o 的波形。

3. (1) 按图 1-4 接电路, $C=0.0047uF, R_1=5.1K, R_2=20K, R_3=20K$. 电位器接正确。

构成积分器

(2) 打开 K_2 ，闭和 K_1 ，对运放输出进行调零。调零完成后，再打开 K_1 ，闭和 K_2 ，使 $U_c=0$ 。

(3) 当 U_1 为方波 ($f=1KHz$, 幅值不要太大，用示波器观察输出 U_o 的波形记录输出信号的波形。改

变输入方波的频率使方波的脉宽 t_p 与时间常数 $T=RC$ 满足下列关系，即 $t_p = T$, $t_p \leq T$, $t_p \geq T$

时，分别观察输入，输出信号的波形，并记录之。

五. 数据处理：

1. 将实验内容与步骤 1 的结果填入下列表格。

U_i (mv)	U_o (mv)	U_i (mv)	U_o (mv)	Av	
				实 测 值	计 算 值

2. 将实验内容与步骤 2 的结果填入下列表格。

U_i (mv)	U_o (mv)	U_i (mv)	U_o (mv)	Av	
				实 测 值	计 算 值

3. 自己设计表格，记录实验内容与步骤 3 不同情况下，积分输出的波形。

六. 问题思考：

1. 积分器输入端加 1KHz 的 TTL 方波，为何输出端没有三角波输出？
2. 实验内容与步骤 3 中，如何确定脉冲宽度和时间常数的关系？

实验二 用同时分析法观测 50Hz 非正弦周期信号的分解与合成

一、实验目的

- (1) 用同时分析法观测方波信号的频谱，并与方波的傅利叶级数各项的频率与系数作比较。
- (2) 观测基波和其谐波的合成。

二、实验仪器

信号与系统实验箱：TKSS-A 型或 TKSS-B 型或 TKSS-C 型、双踪示波

三、实验原理

任何信号都是由各种不同频率、幅度和初相的正弦波迭加而成的。对周期信号由它的傅里叶级数展开式可知，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份，每一频率成份的幅度均趋向无限小，但其相对大小是不同的。按富立叶分析的原理，任何周期信号都可以用一组三角函数 $\{\sin(2\pi n f_0 t), \cos(2\pi n f_0 t)\}$ 的组合表示： $x(t) = a_0/2 + a_1 \sin(2\pi f_0 t) + b_1 \cos(2\pi f_0 t) + a_2 \sin(4\pi f_0 t) + b_2 \cos(4\pi f_0 t) + \dots$ 也就是说，我们可以用一组正弦波和余弦波来合成任意形状的周期信号。对于典型的方波，根据傅立叶变换，其三角函数展开式为：

$$\begin{aligned} X(t) &= \frac{4}{\pi} \left(\sin 2\pi f_0 t + \frac{1}{3} \sin 3 \cdot 2\pi f_0 t + \frac{1}{5} \sin 5 \cdot 2\pi f_0 t + \dots \right) \\ &= \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin 2\pi n f_0 t, \quad n = 1, 3, 5, 7, 9, \dots \end{aligned}$$

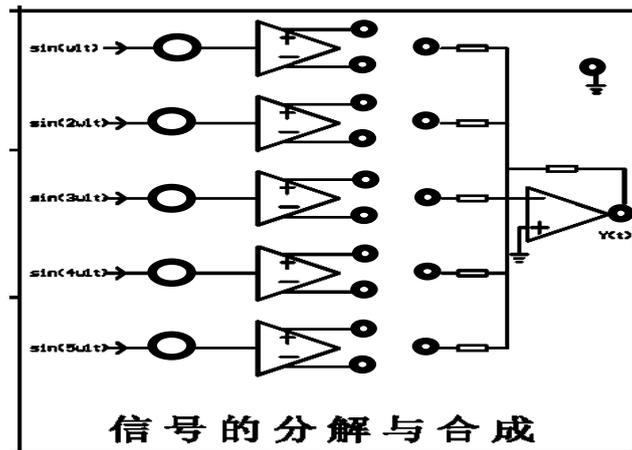
由此可见，周期方波是由一系列频率成分成谐波关系，幅值成一定比例，相位角为 0 的正弦波叠加合成的。

通过一个选频网络可以将信号中所包含的某一频率成份提取出来。本实验采用性能较佳的有源带通滤波器作为选频网络，因此对周期信号波形分解的实验方案如图 1 所示。

将被测方波信号加到分别调谐于其基波和各次奇谐波频率的一系列有源带通滤波器电路上。从每一有源带通滤波器的输出端可以用示波器观察到相应频率的正弦波。本实验所用的被测信号是 ω_1 左右的周期信号，而用作选频网络的五种有源带通滤波器的输出频率分别是 $\omega_1, 2\omega_1, 3\omega_1, 4\omega_1, 5\omega_1$ ，因而能从各有源带通滤波器的两端观察到基波和各次谐波。其中，在理想情况下，如方波的偶次谐波应该无输出信号，始终为零电平，而奇次谐波则具有很好的幅度收敛性，理想情况下奇次谐波中一、三、五、七、九次谐波的幅度比应为 1: (1/3): (1/5): (1/7): (1/9)。但实际上因输入方波的占空比较难控制在 50%，且方波可能有少量失真以及滤波器本身滤波特性的有限性都会使得偶次谐波分量不能达到理想零的情况。

四、实验内容及步骤

本实验模块在实验箱的中上部。



1. 调节函数信号发生器，使其输出 50Hz 的方波信号，并将其接至信号分解模块 BPF 的输入端，然后细调函数信号发生器的输出频率，使该模块的基波 50Hz 成分 BPF 的输出幅度为最大。
2. 将各带通滤波器的输出分别接至示波器，观察各次谐波的频率与幅值，并列表记录之。
3. 将方波分解所得基波和三次谐波分量接至加法器的相应输入端，观测加法器的输出“合成”波形，并记录所得的波形。
4. 在 3 的基础上，再将五次谐波分量加到加法器的输入端，观测相加后的波形，记录之。
5. 选择 50Hz 单相正弦半波，全波，矩形波和三角波的其中两个。将其输出信号接至 50H 电信号分解和合成模块输入端，观测基波及各次谐波的频率与幅值，并记录之。
6. 将上述选择信号的基波和谐波分量接至加法器的相应输入端，观测加法器的输出“合成”波形，并记录所得的波形。

五. 数据处理

- 1、根据实验测量所得的数据，绘制方波及其基波和各次谐波的波形、频率和幅度（注意比例关系）。作图时应该将这些波形绘制在同一坐标平面上。以便比较各波形的频率和幅度。
- 2、将基波和三次谐波及其合成波形一同绘制在同一坐标平面上，并且把实验内容 3 中做观测到的合成波形也绘制在同一坐标纸上。
- 3、将基波、三次谐波、五次谐波及三者合成的波形一同绘画在同一坐标纸上。

六. 问题思考

1. 什么样的周期性函数没有直流分量和余弦项。
2. 分析理论合成的波形与实验观测到的合成波形之间误差产生的原因。

实验三 无源和有源滤波器

一. 实验目的

- (1) 了解 RC 无源和有源滤波器的种类、基本结构及其特性。
- (2) 对比研究无源和有源滤波器的滤波特性。
- (3) 学会列写无源和有源滤波器网络函数的方法。

二. 实验仪器

信号与系统实验箱 TKSS-A 型或 TKSS-B 型或 TKSS-C 型、双踪示波器

三. 实验原理

1. 滤波器是对输入信号的频率具有选择性的一个二端口网络，它允许某些频率（通常是某个频带范围）的信号通过，而其他频率的信号受到衰减或抑制，这些网络可以由 RLC 元件或 RC 元件构成的无源滤波器，也可以是由 RC 元件和有源器件构成的有源滤波器。
2. 根据幅频特性所表示的通过或阻止信号频率范围的不同，滤波器可分为低通滤波器（LPF）、高通滤波器（HPF）、带通滤波器（BPF）和带阻滤波器（BEF）四种。我们把能够通过的信号频率范围定义为通带，把阻止通过或衰减的信号频率范围定义为阻带。而通带与阻带的分界点的频率 f_c 称为截止频率或称转折频率。图 1-1 中的 A_{up} 为通带的电压放大倍数， f_0 为中心频率， f_{cL} 和 f_{cH} 分别为低端和高端截止频率。

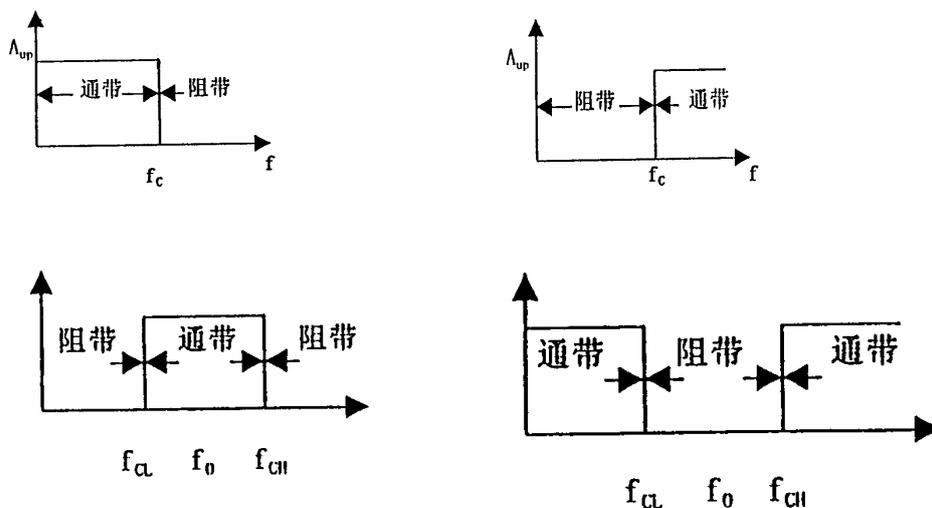
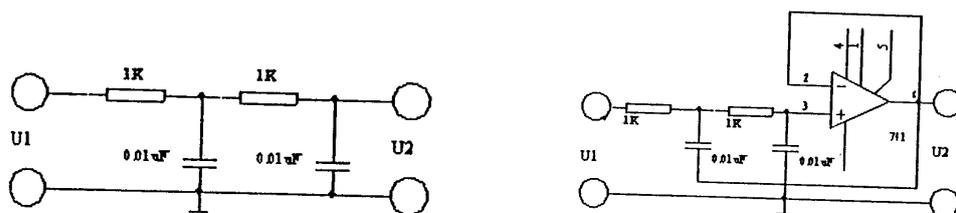


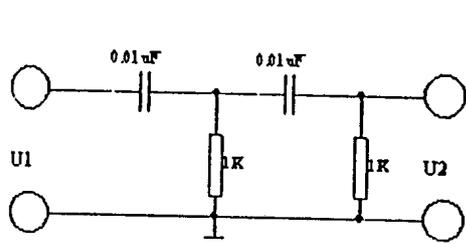
图 1-1 各种滤波器的理想幅频特性

四种滤波器的实验线路如图 1-2 所示：

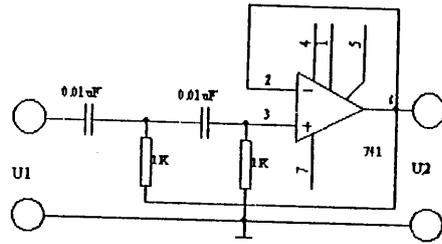


(a) 无源低通滤波器

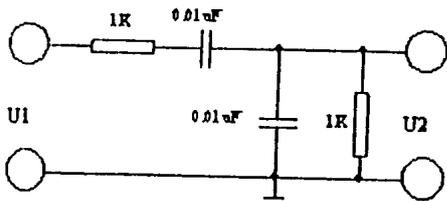
(b) 有源低通滤波器



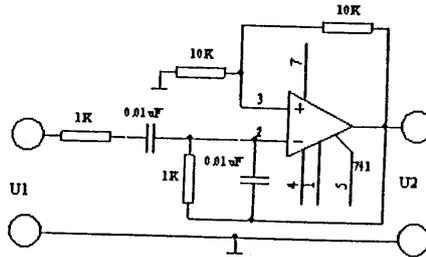
(c) 无源高通滤波器



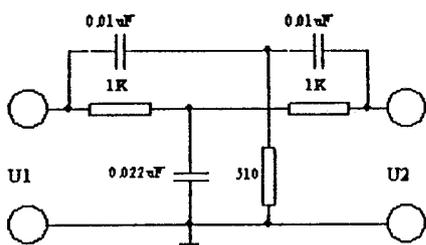
(d) 有源高通滤波器



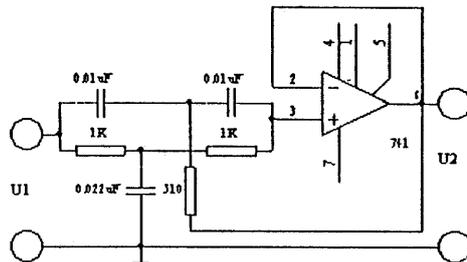
(e) 无源带通滤波器



(f) 有源带通滤波器



(g) 无源带阻滤波器



(h) 有源带阻滤波器

图 1-2 各种滤波器的实验线路图

3. 滤波器 (如图 1-3 所示) 的网络函数 $H(j\omega)$, 又称为传递函数,

$$H(j\omega) = \frac{U_2}{U_1} = A(\omega) \angle \theta(\omega)$$

它全面反映了滤波器的幅频和相频特性。

可以通过实验方法来测量滤波器的上述特性。



图 1-3 滤波器

四. 实验内容及步骤

滤波器的输入接正弦信号发生器或扫频电源，滤波器的输出端接示波器或交流数字电压表。

1. 测试无源和有源低通滤波器的幅频特性。

例 1：测试 RC 无源低通滤波器的幅频特性。

实验线路如图 1-4 所示。

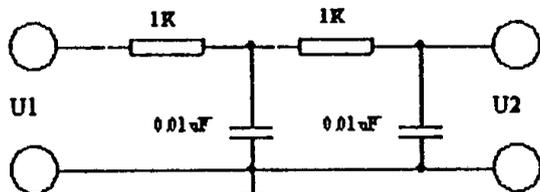


图 1-4 RC 无源滤波低通滤波器

测量低通电路，信号源为正弦波，测量方式，逐点法测量，每改一次信号源频率，测一次输出电压。记录填下表，并绘制幅频特性曲线。

实验时，必须再保持正弦波信号输出电压（U1）不变的情况下，逐渐改变其输出频率，用实验箱提供的数字式真有效值交流电压表（ $10\text{Hz} < f < 1\text{MHz}$ ），测量 RC 滤波器输出端电压 U2 的幅值。当改变信号源频率时，都必须观测一下 U1 是否保持稳定，数据如有改变应及时调整，（注意：在整个实验过程中应保持 U1 恒定不变）将测量数据记入下表。

f(Hz)		$\omega_0=1/RC$	$f_0=\omega_0/2\pi$
U1(V)		(rad/s)	(Hz)
U2(V)			

例 2：测试 RC 有源低通滤波器的幅频特性

实验线路如图 1-5 所示。

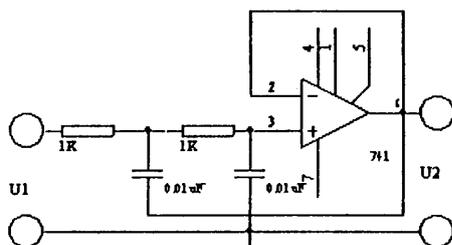


图 1-5 RC 有源低通滤波器

取 $R=1\text{K}$ ， $C=0.01\mu\text{F}$ 、放大系数 $K=1$ 。将实验数据记入如下表的自拟表格中。

f(Hz)		$\omega_0=1/RC$	$f_0=\omega_0/2\pi$
U1(V)		(rad/s)	(Hz)
U2(V)			

上述电路及电阻、电容在实验箱上均已装好，只要接入信号源和交流数字电压表即可进行实验。

2. 对无源、有源 HPF、BPF、BEF 的幅频特性。选做其中的 4 个。实验步骤、数据记录表格及实验内容，自行拟定。

3. 研究各滤波器对方波信号或其它非正弦信号输入响应（选做，实验步骤自拟）。

五. 数据处理

1. 完成实验内容及步骤中的表格。
2. 绘制对应的幅频特性曲线。

六. 问题思考

1. 通过实验，比较无源和有源低通滤波器各自的优缺点。
2. 各类滤波器参数的改变，对滤波器特性有何影响。

实验四 二阶网络状态轨迹的显示

一. 实验目的

- (1) 观察 R-L-C 网络在不同阻尼比 ξ 值时的状态轨迹。
- (2) 掌握同时观察两个无公共接地端电信号的方法。

二. 实验仪器

信号与系统实验箱 TKSS-A 型或 TKSS-B 型或 TKSS-C 型. 双踪示波器。

三. 实验原理

1. 任何变化的物理过程在每一时刻所处的“状态”，都可以概括地用若干被称为“状态变量”的物理量来描述。例如一辆汽车可以用它在不同时刻的运动速度和加速度来描述它是处于停止状态、加速状态或者匀速运动状态；一杯水可以用它的温度来描述它是处于结冰的固态、还是沸腾的开水，这里速度、加速度和温度都可称为状态变量。由于物体所具有的动能等于 $(1/2)mv^2$ 而物体具有的热量等于 $mc(t_2-t_1)$ ，我们常将与物体储能直接有关的物理量作为状态变量。电路也不例外，一个动态网络在不同时刻各支路电压、电流都在变化，所处的状态也都不同。在所有 V_c 、 i_c 、 V_L 、 i_L 、 V_R 、 i_R 六种可能的变量中，由于电容的储能为 $(1/2)Cv_c^2$ ，电感的储能 $(1/2)Li_L^2$ ，所以选电容的电压和电感的电流作为电路的状态变量。了解了电路中 V_c 和 i_L 的变化就可以了解电路的状态变化。

2. “状态变量”较确切的定义是能描述系统动态特性组最少数量的数据。对一个电网络，若选择全部电容电压和电感电流作状态变量，那么根据这些状态变量和激励，就可以确定网络中任一支路的电压或电流。但是在一个电网络中若存在三个电容构成的一个回路，则只有二个电容的电压可选作状态变量。若有三电感共一节点，则只有其中二个电感的电流可选作状态变量。

对 n 阶网络应该用 n 个状态变量来描述。可以设想一个 n 维空间，每一维表示一个状态变量，构成一个“状态空间”。网络在每一时刻所处的状态可以用状态空间中一个点来表示，随着时间的变化，点的移动形成一个轨迹，称为“状态轨迹”。电路参数不同，则状态轨迹也不相同。对三阶网络状态空间可用一个三维空间来表达，而二阶网络可以用一个平面来表达，见实验图 4-1、图 4-2 和图 4-3。

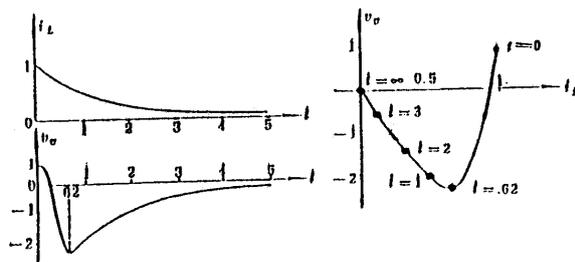


图 4-1 RLC 电路在过阻尼时的状态轨迹

3. 状态变量是一些与储能直接有关的物理量，因为能量是不能突变的，所以状态变量一般也是不能突变的（除非能与可提供无穷大功率的理想能源相接），因而状态轨迹是一根连续的曲线。

4. 用双踪示波器显示二阶网络状态轨迹的原理与显示李萨如图形完全一样。它采用实验图 4-4 的电路，用方波作为激励，使过渡过程能重复出现，以便于用一般示波器观察。示波器 X 轴应接 V_R ，因为它与 i_L 成正比，而 Y 轴应接 V_c ，但是由于这两个电压不是对同一零电位点的（无公共接地端），

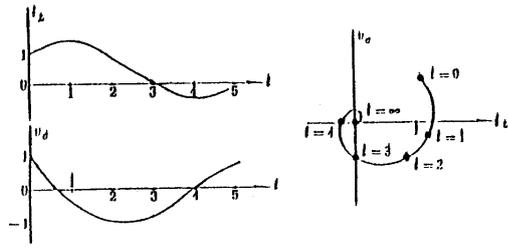


图 4-2 RLC 电路在欠阻尼时的状态轨迹

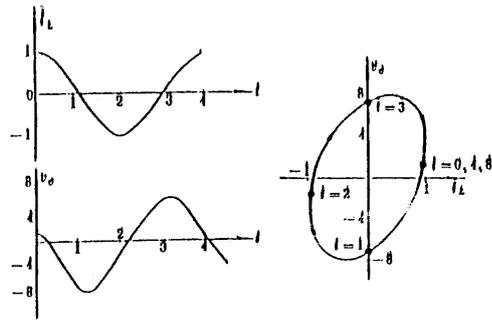


图 4-3 RLC 电路在 $R=0$ 时的状态轨迹

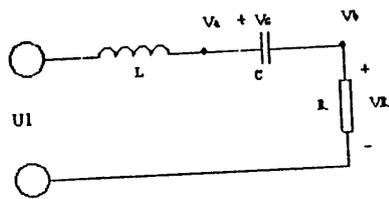


图 4.4 实验原理图

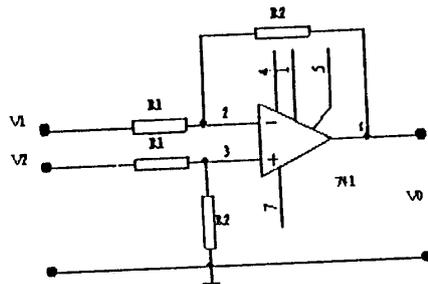


图 4-5 加法器

这就给测试工作带来了困难，为此采用一如实验图 4-5 所示的减法器。其输出电压为： $V_0=R_2/R_1(V_2-V_1)$ 。若将 V_a 、 V_b 分别接至减法器的 V_2 、 V_1 处，则减法器输出 V_0 为 $V_a-V_b=V_c$ ，即电容两端电压，该电压与 V_R 有公共接地端，从而使状态轨迹的观察成为可能。

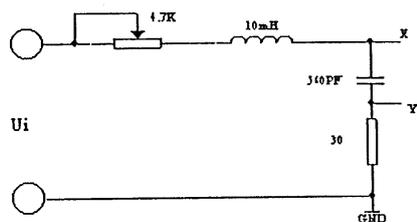


图 4-6 实验线路图

在 TKSS-B 型与 TKSS-C 型实验箱中，观察该状态轨迹则是采用一种简易的方法，如实验图 4-6 所示，由于电阻 R 阻值很小，在 b 点电压仍表现为容性，因此电容两端电压分别引到示波器 X 轴和 Y 轴仍能显示电路的状态轨迹。

四. 实验内容及步骤

1. 在 TASS-A, TASS-B 型与 TASS-C 型实验箱中，观察状态轨迹是采用了一种简易的方法，如图 4-6 所示由于该电路中的电阻值很小，在 b 点电压表现为容性，因此电容两端的电压分别引到示波器 X 族和 Y 族。就能显示电路的状态轨迹。
2. 调节电阻或电位器，观察电路在 $\xi = 0$, $0 < \xi < 1$, $\xi > 1$ 三种情况下的状态轨迹。

五. 数据处理

1. 画出电路在 $\xi = 0$, $0 < \xi < 1$, $\xi > 1$ 三种情况下的状态轨迹图。并加以分析归纳与总结。

六. 问题思考

1. 绘出所观察到的各种状态轨迹，与计算结果相比较，说明产生差别的原因。
2. 为什么状态轨迹能表征系统（网络）瞬态响应的特征。

实验五 抽样定理

一. 实验目的。

- (1) 了解电信号的采样方法与过程以及信号恢复的方法。
- (2) 验证抽样定理。

二. 实验仪器

1. 信号与系统实验箱 TKSS-A 型或 TKSS-B 型或 TKSS-C 型。
2. 双踪示波器。

三. 实验原理

1. 离散时间信号可以从离散信号源获得，也可以从连续时间信号抽样而得。抽样信号 $f_s=1/T_s$ 称抽样频率。

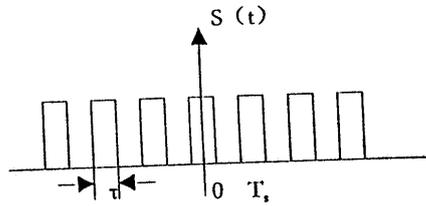
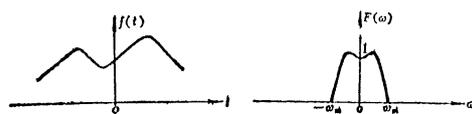
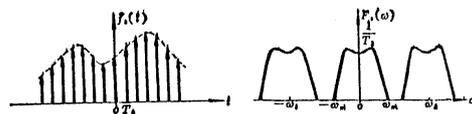


图 6-1 矩形抽样脉冲

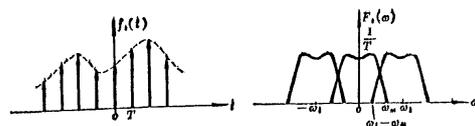
对抽样信号信号进行傅里叶分析可知，抽样信号的频率包括了原连续信号以及无限个经过平移的原信号频率。平移的频率等于抽样频率 f_s 及其谐波频率 $2f_s$ 、 $3f_s$ ……。当抽样信号是周期性窄脉冲时，平移后的频率幅度按 $(\sin x)/x$ 规律衰减。抽样信号的频谱是原信号频谱周期的延拓，它占有的频带要比原信号频谱宽得多。



(a) 连续信号的频谱



(b) 高抽样频率时的抽样信号及频谱（不混叠）



(c) 低抽样频率时的抽样信号及频谱（混叠）

图 6-2 冲激抽样信号的频谱

2 正如测得了足够的实验数据以后, 我们可以在坐标纸上把一系列数据点连起来, 得到一条光滑的曲线一样, 抽样信号在一定条件下也可以恢复到原信号。只要用一截止频率等于原信号频谱中最高频率 f_n 的低通滤波器, 滤除高频分量, 经滤波后得到的信号包含了原信号频谱的全部内容, 故在低通滤波器输出可以得到恢复后的原信号。

3. 但原信号得以恢复的条件是 $f_s \geq 2B$, 其中 f_s 为抽样频率, B 为原信号占有的频带宽度。而 $f_{min}=2B$ 时, 抽样信号的频谱会发生混迭, 从发生混迭后的频谱中我们无法用低通滤波器获得原信号频谱的全部内容。在实际使用中, 仅包含有限频率的信号是极少的, 因此即使 $f_s=2B$, 恢复后的信号失真还是难免的。图 6-2 画出了当抽样频率 $f_s > 2B$ (不混叠时) 及 $f_s < 2B$ (混叠时) 两种情况下冲激抽样信号的频谱。实验中选用 $f_s < 2B$ 、 $f_s = 2B$ 、 $f_s > 2B$ 三种情况抽样频率对连续信号进行抽样以难抽样定理一要使信号采样后能不失真地还原, 抽样频率 f_s 必须大于信号频率中最高频率的两倍。

4 为了实现对连续信号的抽样和抽样信号的复原, 可用实验原理框图 6-3 的方案。除选用足够高的抽样频率外, 常采用前置低通滤波器来防止原信号频谱过宽而造成抽样后信号频谱的混迭。但这也造成失真。如实验选用的信号频带较窄, 则可不设前置低通滤波器。本实验就是如此。

四. 实验内容及步骤

1. 若连续时间信号取频率为 200Hz 到 300Hz 的方波和三角波, 计算其有效的频带度。该信号经频率为 f_s 的周期脉冲抽样后, 若希望通过低通滤波后的信号失真较小, 则抽样频率和低通滤波器的截止频率应取多大, 试设计一个满足上述要求的低通滤波器。
2. 按上述计算的结果将 $f(t)$ 和 $S(t)$ 送入抽样器, 观察经抽样后的方波或三角波信号。
3. 改变抽样频率 $f_s \geq 2B$ 和 $f_s < 2B$, 观察复原后的信号, 比较其失真程度。

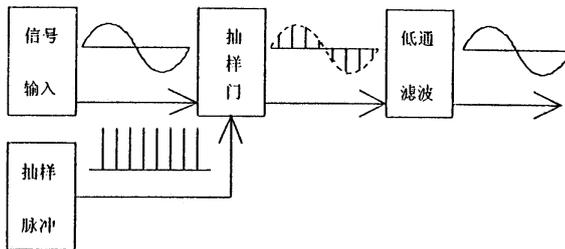


图 6-3 抽样定理实验方框图

五. 数据处理

1. 整理并绘出原信号、抽样信号以及复原信号的波形, 你能得出什么结论?
2. 实验调试中的体会。

六. 问题思考

1. 若原信号为方波或三角波, 可用示波器观察到离散的抽样信号, 本实验为什么无法恢复原信号?

附录:

TKSS—C 型信号与系统实验箱使用说明书

TKSS—C 型信号与系统实验箱是专为信号与系统这门课程而配套设计的。它集实验模块、扫频电源、交流毫伏表、稳压源、信号源、频率计为一体，结构紧凑，性能稳定可靠，实验灵活方便，有利于培养学生的动手能力。

本实验箱主要由一整块单面敷铜印刷电路板构成，其正面（非敷铜面）印有清晰的图形、线条、字符，使其功能一目了然。板上提供实验必须的扫频电源、信号源、频率计、交流毫伏表等。所以，本实验箱具有实验功能强、资源丰富、使用灵活、接线可靠、操作快捷、维护简单等优点。实验箱上所有的元器件均经精心挑选，属于优质产品，可放心让学生进行实验。

整个实验线路板放置并固定在体积为 $0.46\text{m} \times 0.36\text{m} \times 0.14\text{m}$ 的高强度保护箱内，造型美观大方。

1、实验箱的供电

实验箱的后方设有带保险丝管(1A)的 220V 单相交流电源三芯插座，另配有三芯插头电源线一根。箱内设有三只降压变压器，为实验板提供多组低压交流电源。

2、一块大型($430\text{mm} \times 320\text{mm}$)单面敷铜印刷电路板，正面印有清晰的各部件及元器件的图形、线条和字符，并焊有实验所需的元器件。

该实验板包含着以下各部分内容：

(1) 正面左下方装有电源总开关及电源指示灯一只，控制总电源。

(2) 有 60 多个高可靠的自锁紧式、防转、叠插式插座。它们与固定器件、线路的连接已设计在印刷电路板上。

这类锁紧式插件，其插头与插座之间的导电接触面很大，接触电阻极其微小（接触电阻 $\leq 0.003 \Omega$ ，使用寿命 > 10000 次以上），在插头插入时略加旋转后，即可获得极大的轴向锁紧力，拔出时，只要沿反方向略加旋转即可轻松地拔出，无需任何工具便可快捷插拔，同时插头与插头之间可以叠插，从而可形成一个立体布线空间，使用起来极为方便。

(3) 扫频电源（见附录）

(4) 直流稳压电源

提供四路 $\pm 15V$ 和 $\pm 5V$ 直流稳压电源，每路均有短路保护自恢复功能，在电源总开关打开的前提下，只要打开信号源开关，就会有相应的电压输出。

(5) 信号源

本信号发生器是由单片集成函数信号发生器 ICL8038 及外围电路组合而成。其输出频率范围为 15HZ ~90KHZ，输出幅度峰峰值为 0 ~15V_{p-p}。

使用时只要开启“函数信号发生器”处开关，此信号源即进入工作状态。

两个电位器旋钮用于输出信号的“幅度调节”（左）和“频率调节”（右）。

实验板上两个短路帽则用于波形选择（上）和频率选择（下）。

将上面一个短路帽放在 1、2 两脚处，输出信号为正弦波；将其置于 3、4 两脚处，则输出信号为三角波；将其置于 4、5 两脚处，则为方波输出。

将下面一个短路帽放在 1、2 两脚（即“f1”）处，调节右边一个电位器旋钮（“频率调节”），则输出信号的频率范围为 15HZ ~500HZ；将其置于 2、3 两脚（即“f2”）处，调节“频率调节”旋钮，则输出信号的频率范围为 300HZ ~7KHZ；将其置于 4、5 脚（即“f3”）处，则输出信号的频率范围为 5KHZ ~90KHZ。

(6) 频率计

本频率计是由单片机 89C2051 和六位共阴极 LED 数码管设计而成的，分辨率为 1HZ，测频范围为 1HZ ~300KHZ。

只要开启“函数信号发生器”处开关，频率计即进入待测状态。

将频率计处开关（内测/外测）置于“内测”，即可测量“函数信号发生器”本身的信号输出频率。将开关置于“外测”，则频率计显示由“输入”插口输入的被测信号的频率。

在使用过程中，如遇瞬时强干扰，频率计可能出现死锁，此时只要按一下复位“RES”键，即可自动恢复正常工作。

(7) 50Hz 非正弦多波形信号发生器

提供的周期信号有：半波整流、全波整流、方波、矩形波、三角波，共五种 50Hz 的非正弦信号。

(8) 数字式真有效值交流毫伏表

本机采用的交流毫伏表具有频带较宽、精度高、数字显示和“真有效值”的特点，测量范围：

0~20V，分 200mV、2V、20V 三档，直键开关切换，三位半数显，频带范围：10HZ ~1MHZ，基本测量精度 $\pm 0.5\%$ ，即使测试远离正弦波形状的窄脉冲信号，也能测得精确的有效值大小，其适用的波峰因素范围达到 10。

真有效值交流毫伏表由输入衰减器、阻抗变换器、定值放大器、真有效值 AC/DC 转换器、滤波器、A/D 转换器和 LED 显示器组成。

输入衰减器用来将大于 2V 的信号衰减，定值放大器用来将小于 200mV 的信号放大，本机 AC/DC 转换由一块宽频带、高精度的真有效值转换器完成，它能将输入的交流信号—不论是正弦波、三角波、方波、锯齿波、甚至窄脉冲波，精确的转换成与其有效值大小等价的直流信号，再经滤波器滤波后加到 A/D 转换器，变成相应的数字信号，最后由 LED 显示出来。

(9) 本实验箱附有充足的长短不一的实验专用连接导线一套。

(10) 提供的实验模块有：

- ①无源滤波器和有源滤波器特性的观测
- ②50HZ 非正弦周期信号的分解与合成
- ③二阶网络状态轨迹的显示
- ④信号的采样与恢复

3、主板上设有可装、卸固定线路实验小板的固定脚四只，可采用固定线路及灵活组合进行实验。