

信号与系统实验报告 (四) ——卷积 (卷积和)

姓名: 杨承翰 学号 210210226 班级: 通信 2 班

实验日期: 4.8 实验台号: K405-21 原始数据审核: _____

一、实验预习

1、写出卷积积分的计算步骤和公式:

$$f(t)=f_1(t)*f_2(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau)f_2(t-\tau)d\tau$$

2、 $f(t)$ 与冲激函数的卷积如何表示:

$$f(t)*\delta(t)=f(t)=f_1(t)*f_2(t)$$

$$=\int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)\delta(t-\tau)d\tau$$

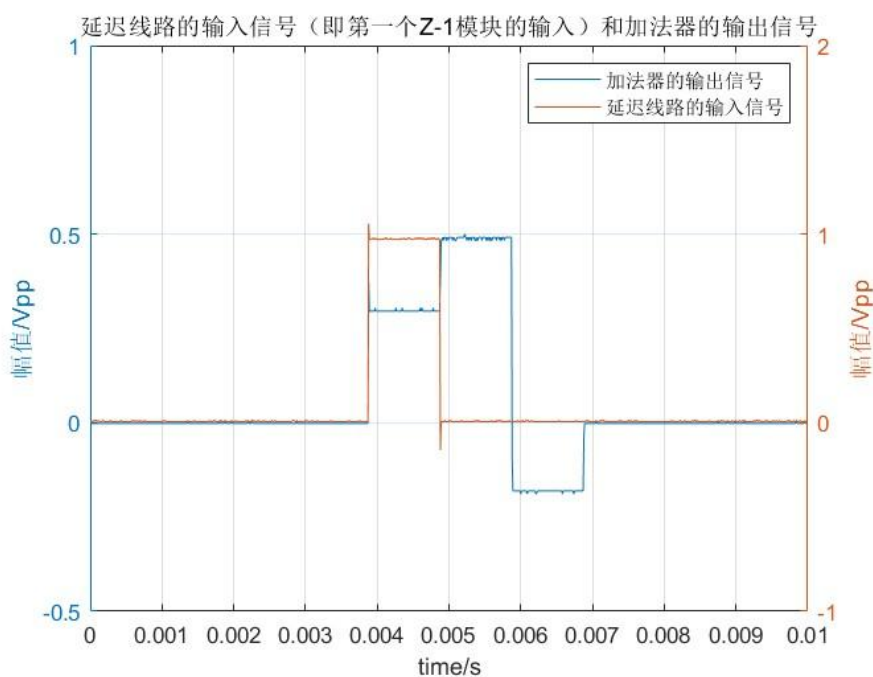
$$=f(t)$$

二、实验记录

1.单位脉冲响应

调节 a_0 的增益值, 结合示波器观察, 使脉冲的幅值 (即加法器 a 的输出) 精确地达到 1V, 记录 a_0 的值为 0.2。

图 1 延迟线路的输入信号 (即第一个 Z^{-1} 模块的输入) 和加法器的输出信号



输出序列中各个脉冲的幅值分别是: 0.2947, 0.4915, -0.1831

2.输入脉冲对

($h(0)$ 、 $h(1)$ 、 $h(2)$ 、 $h(3)$) 的幅值分别为: 0.2859, 0.7919, 0.3028, -0.1920

验证输出序列是否仅为两个偏置单位脉冲响应的和, 并说明你是如何进行验证的。要求: 验证时, 不能只通过图形观察, 必须给出测量数据。

是

因为 ($h(0)$ 、 $h(1)$ 、 $h(2)$ 、 $h(3)$) 的幅值分别为: 0.2859 0.7919 0.3028 -0.1920

$$h_0 = x_1 \times b_0$$

$$h_1 = x_1 \times b_1 + x_2 \times b_0$$

$$h_2 = x_1 \times b_2 + x_2 \times b_1$$

$$h_3 = x_2 \times b_2$$

第一个输出的时候, 输入 1 没有延时所以 $\times b_0$

第二个输出, 输入 1 延时一次, 输入 2 刚加入没有延时

所以前者 $\times b_1$, 后者 $\times b_0$

3.正弦波整流输入

图 2 采样保持器的输入和输出

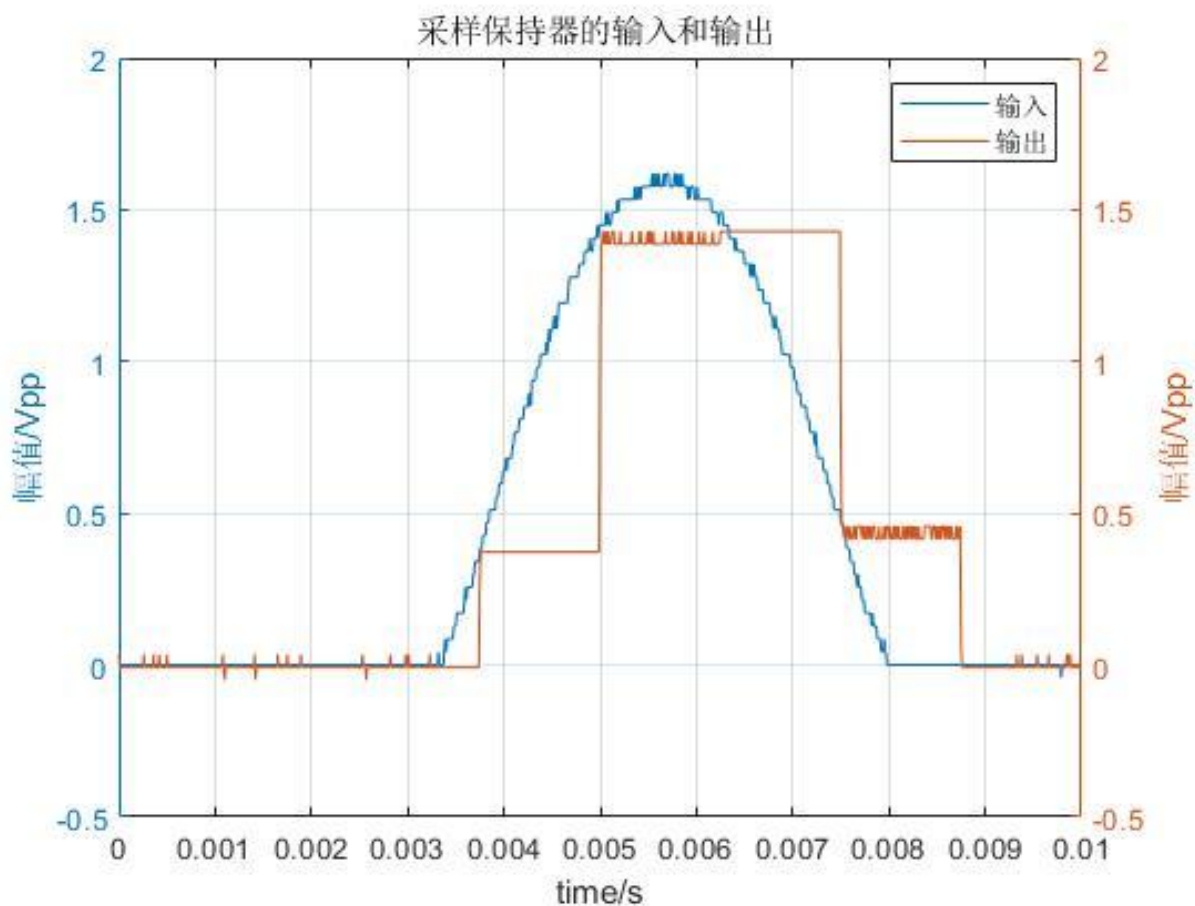


表 4.1 系统叠加性验证

幅值 序号	输入 (V)	输出 (V)			
		$b_0 = 0.3,$ $b_1 = 0.5,$ $b_2 = -0.2$	$b_0 = 0.3,$ $b_1 = 0,$ $b_2 = 0$	$b_0 = 0,$ $b_1 = 0.5,$ $b_2 = 0$	$b_0 = 0,$ $b_1 = 0,$ $b_2 = -0.2$
0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1	0.34	0.07	0.07	0.16	-0.16
2	1.40	0.59	0.41	0.71	-0.52
3	1.45	1.05	0.43	0.73	-0.16
4	0.47	0.59	0.17	0.25	0.12
5	0.00	-0.05	0.02	0.01	0.00
6	0.00	-0.09	0.00	0.01	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.正弦输入

图 3 系统输入（即 S/H 的输出）和系统输出（即加法器的输出 Y）

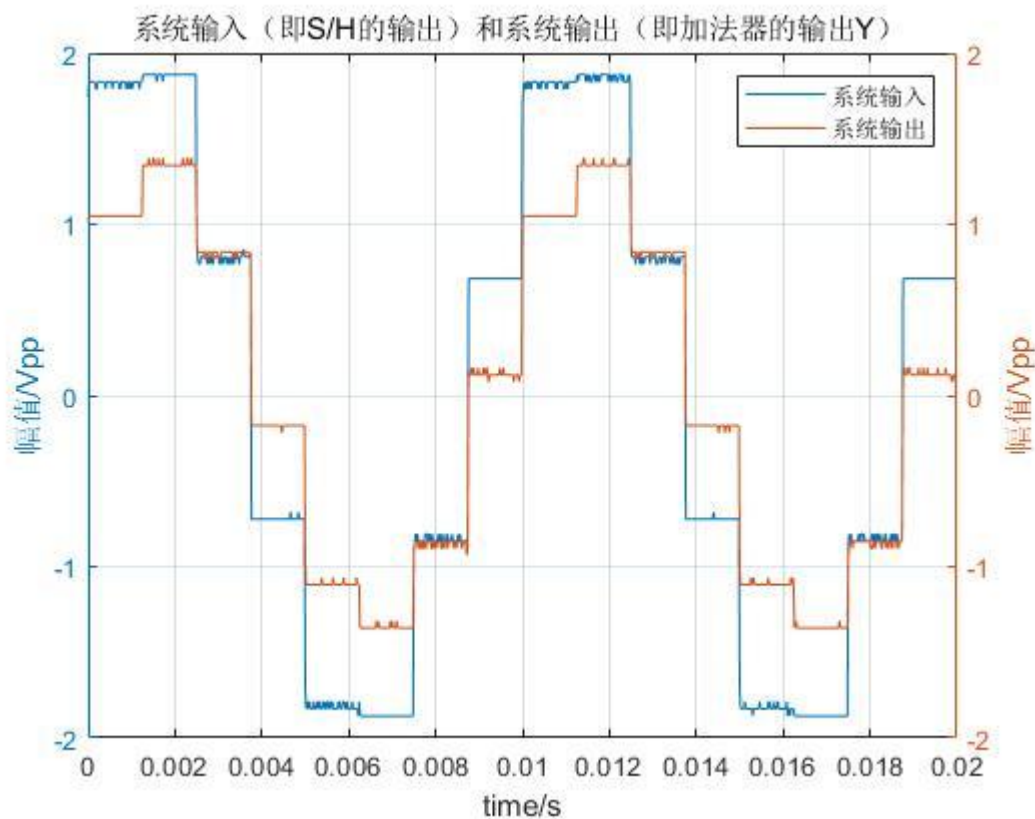
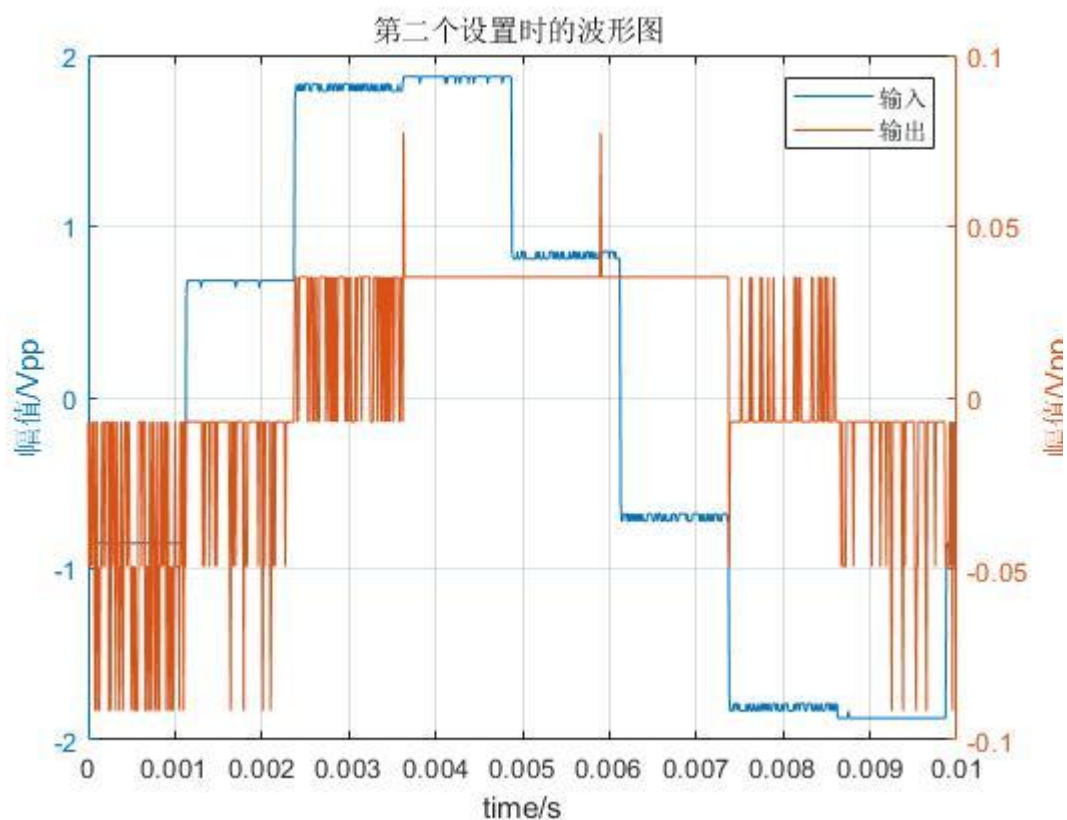
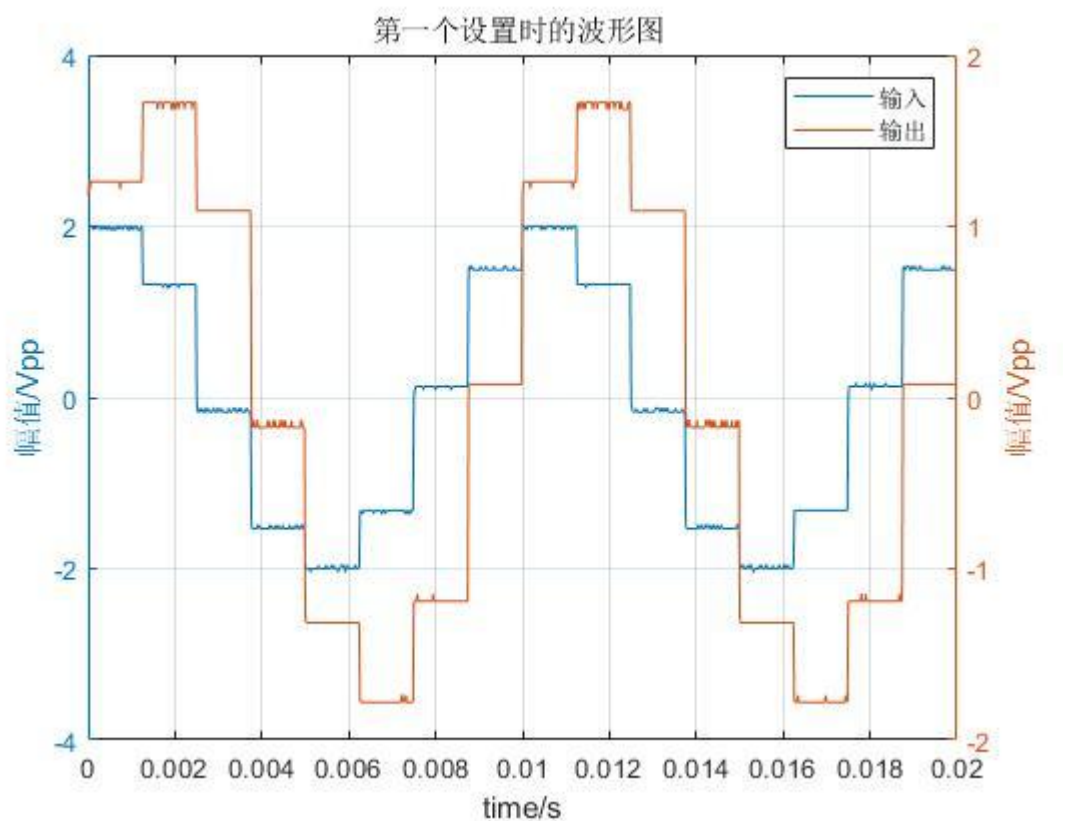


表 4.2 正弦波作为输入的输出

幅值 序号	输入 (V)	输出 (V)			
		$b_0 = 0.3,$ $b_1 = 0.5,$ $b_2 = -0.2$	$b_0 = 0.3,$ $b_1 = 0,$ $b_2 = 0$	$b_0 = 0,$ $b_1 = 0.5,$ $b_2 = 0$	$b_0 = 0,$ $b_1 = 0,$ $b_2 = -0.2$
0	-1.87	-1.37	-0.62	-0.99	0.09
1	-0.83	-0.89	-0.28	-0.49	0.31
2	0.70	0.10	0.17	0.38	0.37
3	1.83	1.05	0.52	0.90	0.17
4	1.87	1.33	0.60	0.92	-0.09
5	0.83	0.85	0.27	0.41	-0.28
6	-0.75	-0.15	-0.23	-0.39	-0.32
7	-1.83	-1.09	-0.59	-0.95	-0.17
8	-1.87	-1.37	-0.62	-1.00	0.08

5.特殊应用（选做）：

图4 分别记录第一个、第二个设置时的波形图（选做）



三、实验思考题

问题 1

“叠加性”指什么？根据实验结果，如何体现叠加性与可加性原理的。

$$f(x_1+x_2) = f(x_1) + f(x_2)$$

加法器的输出信号中 $0.2947+0.1831$ 大约= 0.4915

问题 2

若本实验拓展到更多的连续脉冲，你认为会看到什么现象？请加以说明。

一个周期内输出的脉冲更多

因为根据叠加性原理，输出序列中会有更多脉冲产生。

问题 3

测量并记录正弦波经过半波整流后的幅值，并解释其幅值减少是为什么。

1.45V

因为采样频率太低，采样次数太少，无法精确采样到峰值，

采样点的电压实际上小于峰值。

问题 4

脉冲发生器设置为其他频率时，采样会发生什么变化？是否频率越大越好，为什么？

采样频率越高，信号间隔越小，信号越精确，对信号还原度越高，

理论上讲频率高采样效果好，但是增大频率可能增加成本，

频率应当设定到某个合适范围内，既能还原信号又能不过分增大采样频率。

问题 5

这个过程与叠加原理有何关系？（可以用数学的方式来表示实验现象）

$$y=b_0x_1+b_1x_2+b_2x_3$$

满足叠加性原理，三个相加等于 y

问题 6

写出 $y(2)$ 和 $y(1)$ 的表达式，讨论它们有何不同点。

$$y(2)=b_0x(2)+b_1x(1)+b_2x(8)$$

$$y(1)=b_0x(1)+b_1x(8)+b_2x(1)$$

$y(2)$ 比 $y(1)$ 延时一个单位，所以后面的也要相应延迟一个单位

问题 7（选做）

列出平方和计算的结果，并计算标准差和均值。

问题 8 (选做)

适当地改变正弦信号的频率，当正弦输入的频率在 100Hz 附近变化时，其振幅将会发生什么变化？

四、实验过程与数据分析

(可以写实验中遇到的问题及解决方式，以及叙述具体实验过程，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验记录见表 2-*)

1. 单位脉冲响应

打开 SIGEx 程序 (Lab5 选项卡)，按照图 4.2 接线，各项参数的设置如下：

①脉冲发生器：频率设为 1kHz，占空比设为 0.5(50%)；

②序列发生器：两个拨码开关都向上拨；

③示波器：时基根据需要自主调节，建议使用双通道同时观察系统输入与输出，并且以系统输入作为触发源，即 CH0 上升沿触发，触发电平为 1V。

序列发生器同步输出信号 (SEQUENCE GENERATOR SYNC) 的幅值为 5V，需要利用增益放大器 o 减小其幅值。调节 o 的增益值，结合示波器观察，使脉冲的幅值 (即加法器 a 的输出) 精确地达到 1V，记录 o 的值。

设置 $o = 0.3$ ， $1 = 0.5$ ， $2 = -0.2$ ，在示波器上显示出延迟线路的输入信号 (即第一个 -1 模块的输入) 和加法器的输出信号，并将波形记录下来 (Matlab 作图，实验报告中图 1)。同时，测量并记录输出序列中每个脉冲的幅值。由实验可以看出，输入的单个脉冲传送到延时线路中时，生成了延时且幅值变化的样本，最后这些样本在加法器中求和。因此就有了一个单独脉冲的系统响应，可以将其定义单位脉冲响应 h (为输入脉冲的幅值为单位值时的响应)。

2. 输入脉冲对

(1) 两个连续脉冲。

调整序列发生器的拨码开关位置为上：下 (UP: DOWN)，以选择两个连续脉冲的序列。使用与第 1 步实验相同的增益，选择合适的示波器时基和触发电平，观察输出信号，测量并记录每个脉冲 ($h(0)$ 、 $h(1)$ 、 $h(2)$ 、 $h(3)$) 的幅值。

(2) 验证叠加性。

验证输出序列是否仅为两个偏置单位脉冲响应的和，并说明你是如何进行验证的。要求：验证时，不能只通过图形观察，必须给出测量数据。

3. 正弦波整流输入

从模拟输出 DAC-0 中得到一个正弦信号，然后让这个模拟信号整流后通过采样/保持 (SAMPLE/HOLD, S/H) 模块进行采样，使之成为离散的脉冲序列。注意脉冲发生器和采样保持器共用相同的内部时钟，因此示波器的显示结果是没有延时的。原理图和具体接线图如图 4.3 和图 4.4。

设置如下 (Lab5 选项卡)：

①脉冲发生器：频率设为 800Hz；占空比设为 0.5(50%)；

②示波器：时基设为 10ms/div；CH0 通道上升沿触发；触发电平为 1V。

使用示波器 CH0 通道观察 DAC-0 输出，确认正弦波在进入到整流器

(RECTIFIER) 前的频率为 100Hz，峰值为 2V。用示波器观察采样保持器的输

入和输出，并将波形记录下来（Matlab 作图，实验报告中图 2）

保持增益 b 不变，即 $0 = 0.3$, $1 = 0.5$, $2 = -0.2$ ，将采样保持（S/H）后的输出作为系统的输入，加法器输出 Y 作为系统输出，用示波器观察输入输出信号，记录每个脉冲的幅值，并将记录填入表 4.1。其中，序号表示脉冲的序号，并且以每个周期脉冲的第一个脉冲为序号 0。观察其中有几个非零输出，并在记录的波形中标出。改变增益 b 的值，并将相应的幅值填入表 4.1。

4.正弦输入

移除实验步骤 3 中的整流器，使用 DAC-0 的完整正弦波输出作为采样保持器（S/H）的输入，其余设置与实验步骤 3 一致，观察系统输入（即 S/H 的输出）和系统输出（即加法器的输出 Y ），并将波形记录下来（Matlab 作图，实验报告中图 3）。观察并记录设置相应 b 值的输出序列，并将数据记录到表 4.2 中。要确保组成一个周期输出序列的八个脉冲代表了正弦波的采样信号，一个简单明了的方法是利用平方和恒等式。由于每个周期中有八个采样值，可以将相隔 90 度的两个采样值配对，注意，这里不需要知道峰值处幅值（所需要的仅是每一对的平方和相等）。

五、实验体会与建议

本实验让我收获很大，动手能力增强的同时理论基础更加扎实。