



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: 线性系统瞬态响应及系统冲激响应的测量

实验台号: 20 实验地点: 实验楼 B301

实验日期: 2025 年 10 月 28 日

一、 实验目的:

1. 研究一阶系统的零输入响应，零状态响应和完全响应
2. 线性系统的阶跃响应和冲激响应的测量

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	510、10k、1k、1.2k、5.1k	若干	
电容	0.01u、0.047u、0.1u、0.47u、1000u	若干	
开关	/	1	

三、 实验原理:

1. 线性系统的响应可以分为零输入响应和零状态响应，当系统的初始状态为零，而仅由系统的输入信号激励而引起的响应，称为系统的“零状态响应”。当系统的输入（激励）为零，仅由系统的初始状态而引起的响应称为系统的“零输入响应”。系统的完全响应是由系统的初始状态和输入（激励）信号共同作用而引起的系统响应（输出）。
2. 零输入响应仅取决于系统的结构及元件参数，改变电路中元件参数可以改变其零输入响应。
3. 零状态响应除了取决于系统的结构和元件参数外，还取决于系统的激励。
4. 线性系统在零状态条件下，由单位冲激信号 $\delta(t)$ 引起的响应称为系统的单位冲激响应，记为 $h(t)$ ，可用它来描述一个线性系统。
5. 线性系统在零状态条件下，由单位阶跃信号 $\varepsilon(t)$ 引起的响应称为单位阶跃响应，记为 $s(t)$ 。因为冲激函数 $\delta(t)$ 是单位阶跃函数 $\varepsilon(t)$ 的导数，所以线性非时变系统的冲激响应 $h(t)$ 是阶跃响应 $s(t)$ 的导数， $h(t)$ 可以由 $s(t)$ 通过一个微分电路得到。
6. 系统的瞬态响应是一个十分短暂的变化过程，对于时间常数较小的系统必须使系统的暂态响应过程能周期性重复出现，以便能用示波器来观察周期性重复的暂态过程。用方波的上升沿代替阶跃信号，只要保证方波半个周期（平顶）持续时间远大于暂态过程（一般可取大于 3 至 5 倍的时间常数），在第一个方波还未结束，响应的暂态过程已结束，当方波周期性的激励一线性系统时，就可以观察到周期性的系统的阶跃响应波形。测量线性系统的冲激响应可用一个周期性极窄的脉冲序列 $P_\tau(t)$ 代替冲激信号，要保证窄脉冲重复周期远大于系统的冲激响应的暂态过程。

四、实验内容及步骤:

1. 观察一阶线性系统的零输入、零状态和完全响应

- A) 按实验图 3-1 接线, 用示波器观察系统输出 V_0 变化的规律, 要求能观察到零输入, 零状态和完全响应, 记录 K1, K2 操作次序和观察到的光点移动轨迹。
- B) 将输入信号源 V_{s1} 增加一倍, 按 A) 步骤重复一遍, 记录观察到的零状态, 零输入和完全响应与 A) 所观察的结果比较。

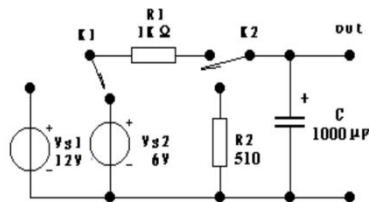


图 3-1 系统零输入响应, 零状态响应

2. 测量线性时不变系统的冲激响应和阶跃响应

- A) 按实验图 3-2 接线。
- B) 调节函数信号发生器输出幅度为 1V, 输出频率为 1KHz 的对称方波, 把它作为周期性出现的阶跃信号作用于实验图 3-2, 用示波器观察系统的阶跃响应波形并记录之。
- C) 调节函数信号发生器: 输出幅度为 1V, 脉宽为 0.05~0.1ms, 重复频率为 1KHz 的窄脉冲序列信号, 把它作为冲激信号序列, 作用于实验图 3-2, 用示波器观察系统的输出(响应)波形, 并记录之。
- D) 将图 3-2 的输出信号经过的微分电路组成如图 3-4 所示, 观察微分电路的输出波形, 与由 (C) 所得冲激响应相比较。

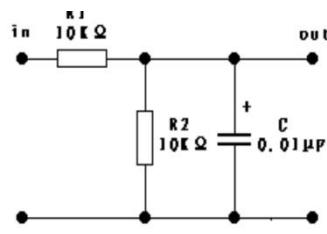


图 3-2 系统单位阶跃和冲激响应测试

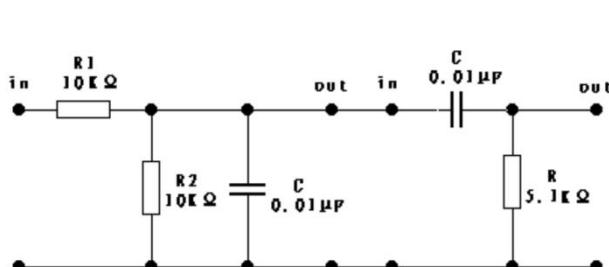


图 3-4 信号经微分电路后的响应

3. 观察一阶线性系统中，时间常数对系统响应的影响。

A) 如实验图（3-3）连接电路

B) 调节函数信号发生器，输出幅度为 5V，频率为 500Hz 的对称方波，去激励实验图（3-3）所示系统，用示波器观察电阻R和电容C两端的波形 V_R, V_C 改变开关K的位置，记录三种不同电容值时观察到的波形。

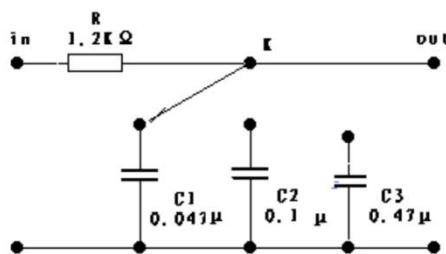


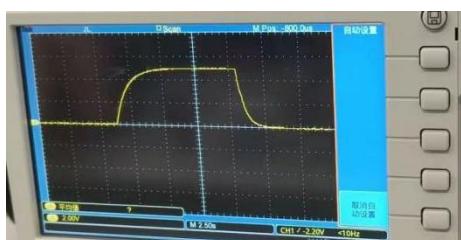
图 3-3 电路时间常数对系统响应影响

五、实验结果：（包括曲线、图形、测量数据表格）

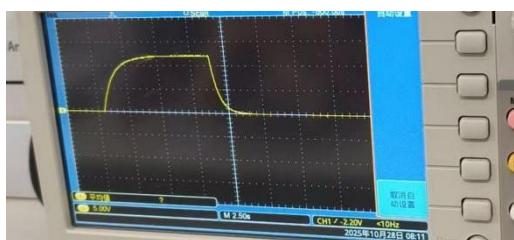
1、根据 3-1 电路连线：

- (1) 电路初始状态, K1 接 Vs2, K2 接 R1, 获取 5V 零状态响应;
- (2) 保持 (1) 状态不变, K2 接 R2, 获取 5V 零输入响应;
- (3) 电路初始状态, K1 接 Vs1, K2 接 R1, 获取 12V 零状态响应;
- (4) 保持 (3) 状态不变, K2 接 R2, 获取 12V 零输入响应;
- (5) 重复 (1), 等待电路稳定, K1 接 Vs1, 获取 5V 到 12V 全响应;
- (6) 重复 (3), 等待电路稳定, K1 接 Vs2, 获取 5V 到 12V 全响应;

分别获取以下图像：



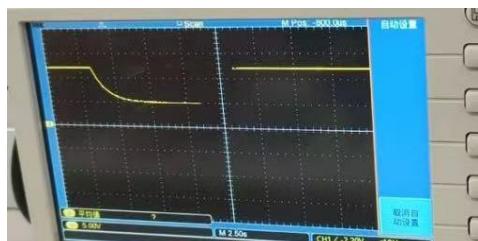
5V 零状态响应与零输入响应



12V 零状态响应与零输入响应



5V 到 12V 全响应

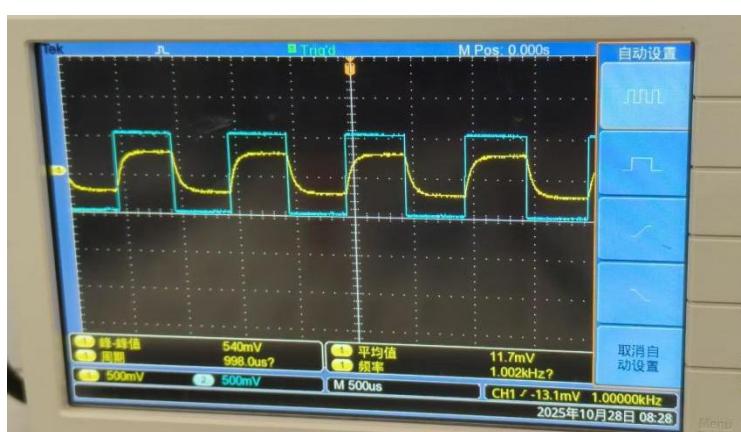


12V 到 5V 全响应

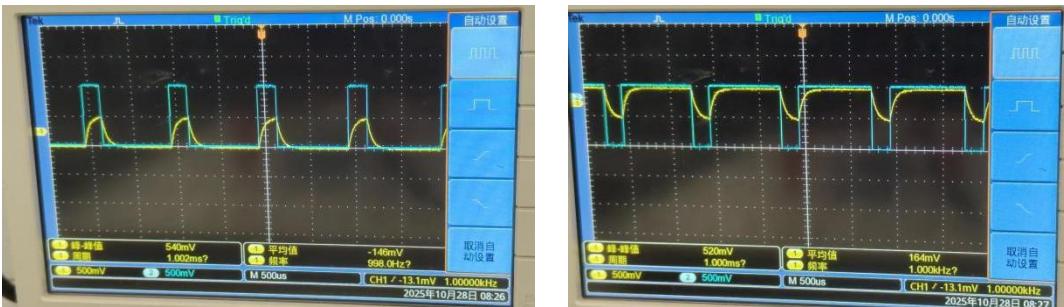
2、根据 3-2 和 3-4 电路连线：

- (1) 输入 1V、1kHz 对称方波, 观察输出;
- (2) 分别输入 1V、1kHz, 占空比为 20% 和 80% 的方波, 观察输出;
- (3) 再将 (2) 的输出通过 3-4 的微分电路, 观察输出;

分别获取以下图像：

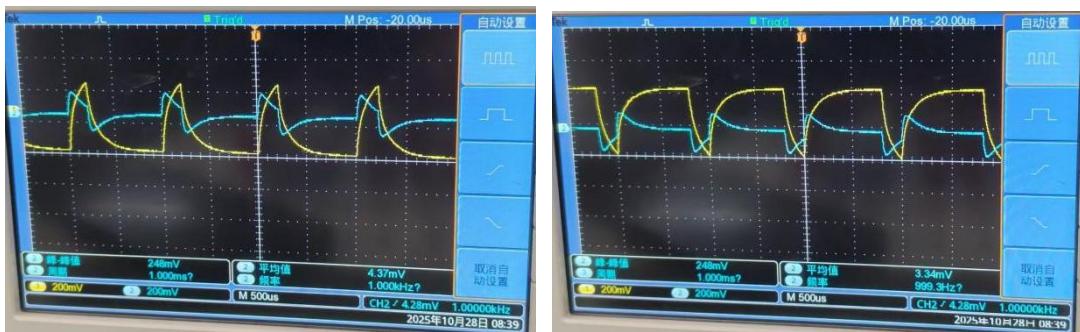


1V、1kHz 对称方波通过 3-2 电路



1V、1kHz、占空比 20%方波通过 3-2 电路

1V、1kHz、占空比 80%方波通过 3-2 电路



占空比 20%方波通过 3-2、3-4 电路

占空比 80%方波通过 3-2、3-4 电路

3、根据 3-3 电路连线:

(1) 输入 5V、500Hz 对称方波, 改变开关位置, 观察输出; 分别获取以下图像:



接入电容 0.047uF

接入电容 0.1uF

接入电容 0.47uF

根据图像得:

0.047uF 对应时间常数 0.06ms

0.1uF 对应时间常数 0.15ms

0.47uF 对应时间常数 0.6ms

六、 试验思考题:

1、一阶线性系统的零输入、零状态和完全响应

- (1) 由 5V 到 12V 全响应和 12V 到 5V 全响应图像可以观察到，全响应等于零输入响应与零状态响应之和；
- (2) 对比 5V 和 12V 的零状态响应，可以观察到，零状态响应对激励具有线性响应；
- (3) 由结果分析可知，在非零初始条件下，全响应不具有齐次性，因此不具有线性性质。

2、线性时不变系统的冲激响应和阶跃响应

20%窄脉冲通过现行时不变系统，对比 80%占空比方波时不变系统后再通过微分电路的波形，观察到其具有高度相似性。分析可知，冲激响应是阶跃响应的导数，因此 20%窄脉冲通过现行时不变系统，与 80%占空比方波时不变系统后再通过微分电路的波形高度相似。

3、时间常数对系统响应的影响

由波形所得时间常数与实际时间常数大致相同。时间常数越大，充电时间越长，到达稳态的时间越长；同时放电时间长，暂态时间长；时间常数越小，充电时间越短，到达稳态的时间越短；同时放电时间短，暂态时间短。