

南开大学电子信息与光学工程学院

电路基础实验五实验名称 一阶电路的响应

一. 实验目的

- 1、测定 RC 一阶电路的零输入响应，零状态响应及完全响应。
- 2、学习电路时间常数的测定方法。
- 3、掌握有关微分电路和积分电路的概念。
- 4、学会用示波器测绘图形。

二. 实验原理

动态网络的过渡过程是十分短暂的单次变化过程。要用普通示波器观察过渡过程和测量有关的参数，就必须使这种单次变化的过程重复出现。为此，我们利用信号发生器输出的方波来模拟激励信号，即利用方波输出的上升沿作为零状态响应的起始时刻；利用方波的下降沿作为零输入响应的起始时刻。只要选择方波的重复周期远大于电路的时间常数 τ ，那么电路在这样的方波序列脉冲信号的激励下，它的响应就和直流电路中开关的接通与断开的过渡过程是基本相同的。

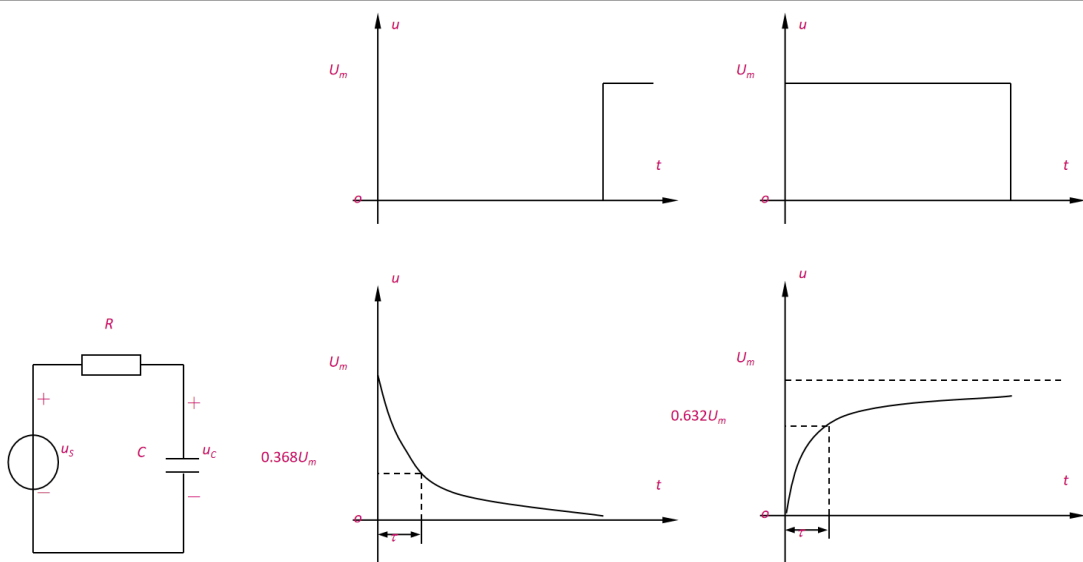
图(1)所示的 RC 一阶电路，零输入响应如图(2)，零状态响应如图(3)，分别按指数规律进行衰减和增长，其变化的快慢决定于电路的时间常数 τ 。

根据一阶微分方程的求解得知：
$$u_C = U_m e^{-t/RC} = U_m e^{-t/\tau}$$

当 $t=\tau$ 时， $u_C(\tau) = 0.368U_m$ 。此时所对应的时间就等于 τ ，如图(2)所示。

τ 亦可用零状态响应波形来测得，即由 0 增加到 $0.632U_m$

所对应的时间，如图(3)所示。



(1) RC一阶电路

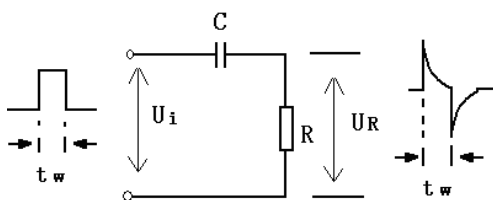
(2) 零输入响应

(3) 零状态响应

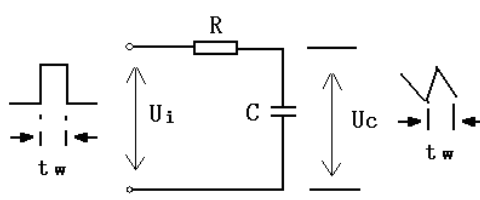
微分电路和积分电路是 RC 一阶电路中较典型的电路，它对电路元件参数和输入信号的周期有着特定的要求。一个简单的 RC 串联电路，在方波序列脉冲的重复激励下，若满足 $\tau = RC \ll \frac{T}{2}$ 时（ T 为方波脉冲的重复周期），且由 R 两端的电压作为响应输出，则该电路就是一个微分电路。

此时电路的输出电压 u_R 与输入电压 u_i 的微分成正比。如图(4)所示。利用微分电路可以将方波转变成尖脉冲。

若将 R 与 C 位置调换一下，如图(5)所示，由电容 C 两端的电压作为输出，且当电路的参数满足 $\tau = RC \gg \frac{T}{2}$ ，则该 RC 电路称为积分电路。因为此时电路的输出电压 u_C 与输入电压 u_i 的积分成正比。利用积分电路可以将方波转变成三角波。



(4)微分电路在方波激励下的响应



(5)积分电路在方波激励下的响应

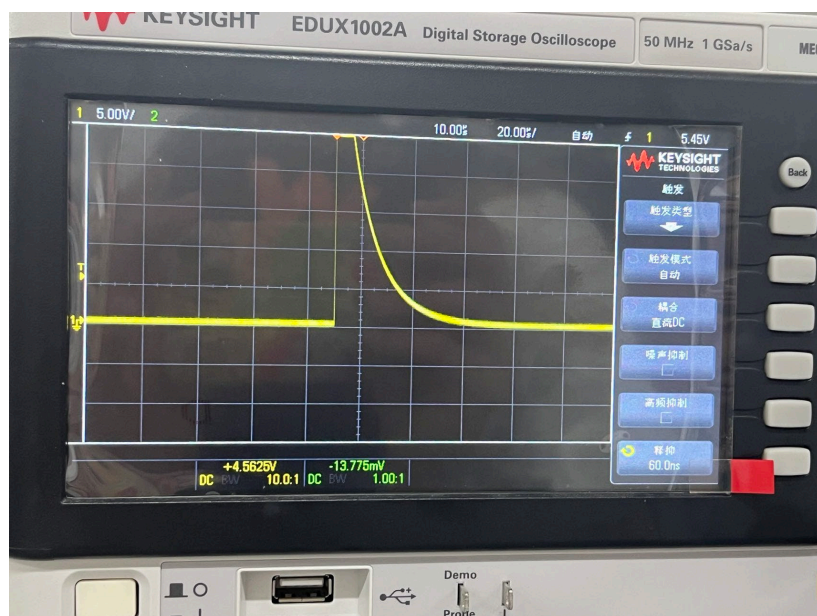
三. 实验设备

示波器，函数发生器，电容器，电阻箱，导线

四. 实验内容及数据

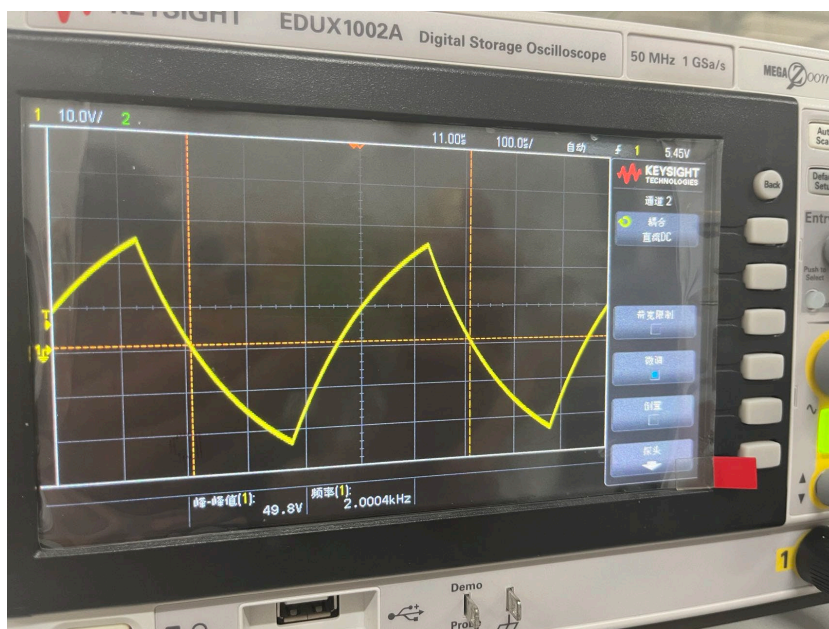
1、调节示波器输出电压为 $5V_{pp}$ 、 $f=2KHz$ 的方波。

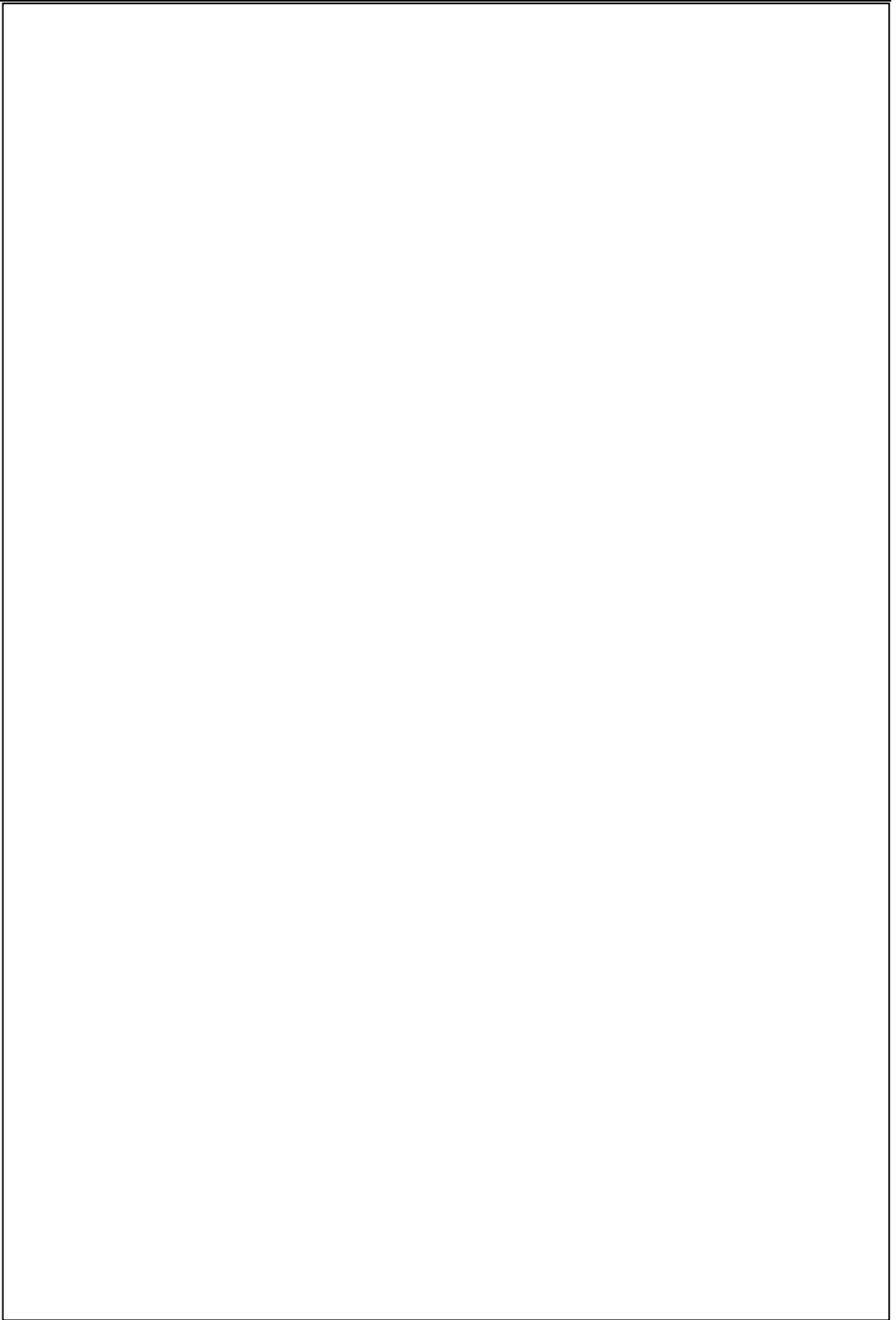
2、令 $R=1K\Omega$ ， $C=0.01\mu F$ ，组成如图(4)所示的微分电路。在同样的方波激励信号作用下，观测并描绘响应的波形。分别减小 R 或 C 的值，定性地观察对响应的影响。



3、令 $R=1\text{K}\Omega$ ， $C=0.033\mu\text{F}$ ，组成如图(5)所示的积分电路，观察并描绘响应的波形。分别增大 R 或 C 的值，定性地观察对响应的影响。

$R=1\text{K}\Omega$ ， $C=0.033\mu\text{F}$ ， $U_m=5.15\text{V}$





五. 思考题

1、为何本实验中激励信号必须采用方波信号。

观察 RC 一阶电路时要求加载一个恒稳电流,而且要一个周期内可以相互抵消的激励输入才可以。而方波信号正好满足这两个条件,而且方波信号是多种不同频率的正弦波的叠加,比较有代表性,比较好处理。

2、根据实验内容分析,在方波激励信号周期不发生变化时,微分电路和积分电路中 R、C 的值的改变,对于响应波形的影响。

当积分电路输入的阶跃信号(方波信号)的周期 T 小于积分电路的时间常数时,积分电路实现了方波到三角波的变换, T 越小于时间常数,三角波的线性度越好。

当微分电路输入的阶跃信号(方波信号)的周期 T 大于微分电路的时间常数时,微分电路实现了方波到窄脉冲(常作为触发信号使用)的变换,当 C 一定时, R 愈小,脉冲宽度越窄,当 R 一定时, C 愈小脉冲宽度越窄。

微分电路可把矩形波转换为尖脉冲波,此电路的输出波形只反映输入波形的突变部分,即只有输入波形发生突变的瞬间才有输出。而对恒定部分则没有输出。输出的尖脉冲波形的宽度与 RC 有关(即电路的时间常数), RC 越小,尖脉冲波形越尖,反之则宽。

3、给定一阶 RC 电路,其中, $R=10K\Omega$, $C=0.1\mu F$, 试计算时间常数 τ 的理论值,并根据 τ 值的物理意义,拟定测定 τ 的实验方案。

$$\tau=RC=10*0.1=1*10^{-3}$$

测量方法就是用 RC 一阶电路的电路图,加入输入信号,将输出信号的波形画出来,再根据下降的波形,找到 $U=0.368U_m$ 的那点,再对应到横坐标的时间,就是时间常数了。

4、总结微分电路和积分电路需要具备的条件,查阅相关资料,阐述这两种电路通常能够实现哪些功能。

积分电路定义: 输出信号与输入信号的积分成正比的电路,称为积分电路

微分电路定义: 输出电压与输入电压的变化率成正比的电路,称为微分电路

5、实验中测定的两个时间常数 τ 值与理论值之间存在多大的误差？试分析误差的可能来源。

由于所提供的测量仪器精度不高，R 的阻值有偏差，而且电阻也有等效的电感和一些其他的分布参数。测量仪器在采样与处理到显示的过程中都会产生误差，特别是对数据的采样，多高频率的数据据采样率都避免不了误差。其它还有很多造成误差的因素，如：电源内阻、线路损耗等。