

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。

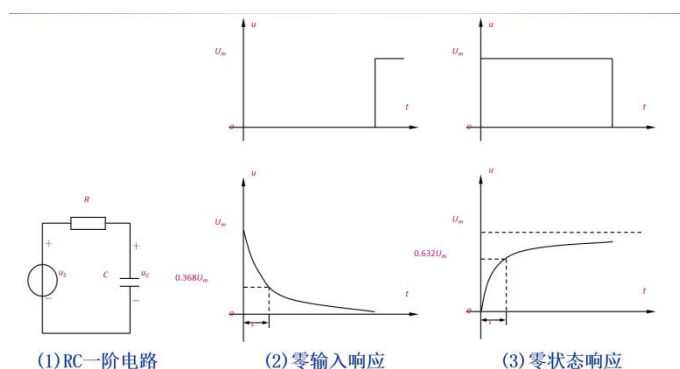
二. 实验原理

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 。

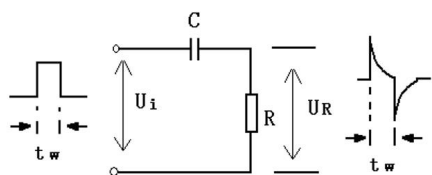
根据一阶微分方程的求解得知: $u_C = U_m e^{-t/RC} = U_m e^{-t/\tau}$ 当 $t = \tau$ 时, $u_C(\tau) = 0.368U_m$ 。此时所

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。

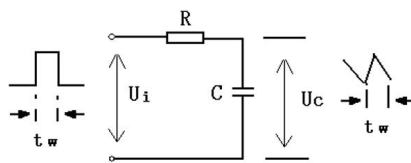


微分电路和积分电路是 RC 一阶电路中较典型的电路, 它对电路元件参数和输入信号的周期有着特定的要求。一个简单的 RC 串联电路, 在方波序列脉冲的重复激励下, 若满足 $\tau = RC \ll \frac{T}{2}$ 时 (T 为方波脉冲的重复周期), 且由 R 两端的电压作为响应输出, 则该电路就是一个微分电路。

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



以及若干导线。

四. 实验内容

- 1、调节示波器输出电压为 5Vpp、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, 测定时间常数 τ 。分别减小 R 或 C 的值, 定性地观察对响应的影响。
- 3、令 $R=1K\Omega$, $C=0.033\mu F$, 组成如图(5)所示的积分电路, 观察并描绘响应的波形, 测定时间常数 τ 。分别增大 R 或 C 的值, 定性地观察对响应的影响。

五. 数据分析

(1) $R=1K\Omega$, $C=0.01\mu F$

$\Delta y=4.36$ $0.368U_m=1.60448$ $\Delta x=10.4\mu s$

分析: 减小 R, 时间常数随之减小

减小 C, 时间常数随之减小

(2) $R=1K\Omega$, $C=0.033\mu F$

$\Delta y=4.61$ $0.368U_m=2.91352$ $\Delta x=35\mu s$

分析: 增大 R, 时间常数随之增大

增大 C, 时间常数随之增大

六. 思考题

1、为何本实验中激励信号必须采用方波信号。

答: 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。

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 的值的变化, 对于响应波形的影响。

增大(减小) R , 时间常数随之增大(减小)

增大(减小) C , 时间常数随之增大(减小)

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。

$$\tau = 1ms$$

实验方案:

①根据 RC 一阶电路的电路图连通电路并输入方波信号

②记录输出信号的波形, 读取 U_m 值, 计算 $0.368U_m$ 值

③沿着波形移动光标, 找到 $U=0.368U_m$ 的点。该点对应的横坐标 Δx 即为时间常数

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。

微分电路: ①时间常数 $\tau = RC \ll \frac{T}{2}$ (T 为方波脉冲的重复周期)

②由 R 两端的电压作为响应输出

积分电路: ① $\tau = RC \gg \frac{T}{2}$

②由电容 C 两端的电压作为输出

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。

微分电路的误差为: $(10.4-10)/10=4\%$

积分电路的误差为: $(35-33)/33=6.06\%$

误差可能的来源有: 仪器的精确度的系统误差, 实验时手动移动光标时的误差等

学号_____姓名_____课程序号 1134 组别 B 实验台号 14 实验时间: 5月8日周六 (上午/下午/晚)