

实验七 一阶 RC 电路的矩形脉冲响应 (2 学时)

1 实验目的

1. 测定 RC 一阶电路的零输入响应、零状态响应及全响应。
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. 进一步学会用示波器观测图形。

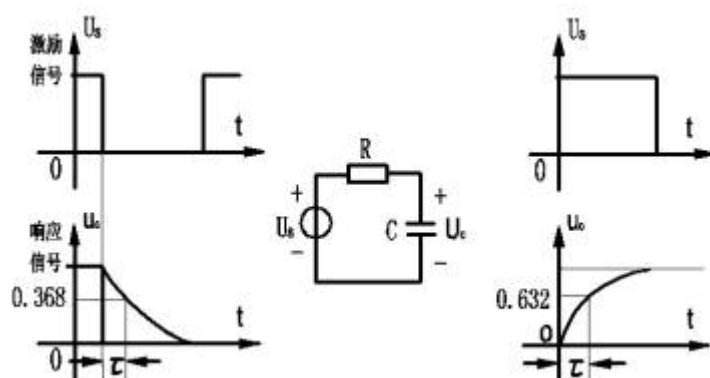
2 实验原理

1. 动态网络的过渡过程是十分短暂的单次变化过程, 对时间常数 τ 较大的电路, 可用慢扫描长余辉示波器观察光点移动的轨迹。然而若能用一般的双踪示波器观察过渡过程和测量有关的参数, 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阶跃激励信号; 即令方波输出的上升沿作为零状态响应的正阶跃激励信号; 方波下降沿作为零输入响应的负阶跃激励信号, 只要选择方波的重复周期远大于电路的时间常数 τ 。电路在这样的方波序列脉冲信号的激励下, 它的影响和直流接通与断开的过渡过程是基本相同的。

2. RC 一阶电路的零输入响应和零状态响应分别按指数规律衰减和增长, 其变化的快慢决定于电路的时间常数 τ 。

3. 时间常数 τ 的测定方法。

用示波器测得零输入响应的波形如图 7-1 (a) 所示。



(a) 零输入响应 (b) RC 一阶电路 (c) 零状态响应

图 7-1 时间常数的确定

根据一阶微分方程的求解方法得 $u_c = U_0 e^{-t/\tau}$

当 $t = \tau$ 时, $u_c(\tau) = 0.368U_0$ 。此时所对应的时间就等于 τ 。

亦可用零状态响应波形增长到 $0.632U_0$ 所对应的时间来测得, 如图 7-1 (c) 所示。

4. 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,当满足 $\tau = RC \ll T/2$ 时 (T 为方波脉冲的重复周期), 且由 R 端作为响应输出, 这就形成了一个微分电路, 因为此时电路的输出信号电压与输入信号电压的微分成正比。如图 7-2 (a) 所示。

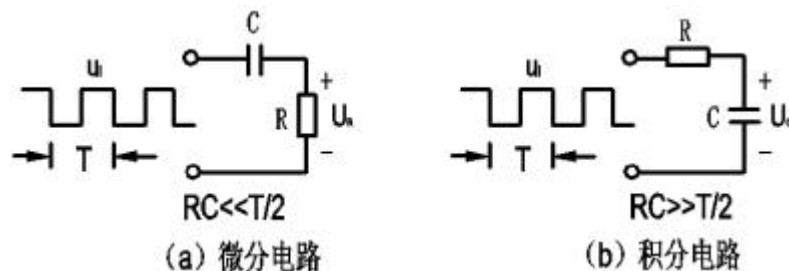


图 7-2 微分与积分电路

若将图 7-2 (a) 中的 R 与 C 位置调换一下, 即由 C 端作为响应输出, 且当电路参数的选择满足 $\tau = RC \gg T/2$ 条件时, 如图 7-2 (b) 所示即称为积分电路, 因为此时电路的输出信号电压与输入信号电压的积分成正比。

从输出波形来看, 上述两个电路均起着波形变换的作用, 请在实验过程中仔细观察与记录。

3 仪器设备

- 双踪示波器 一台
- 电子技术实验箱 一台

4 实验内容与步骤

1. 观察记录图 7-3 所示电路的充放电过程。

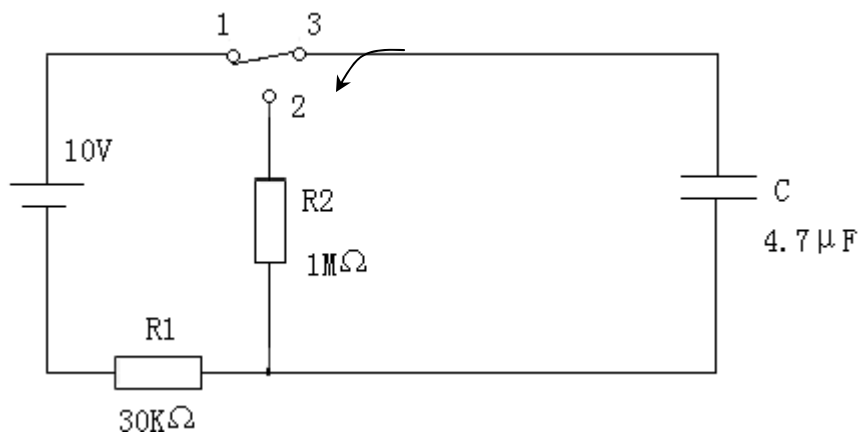


图 7-3 一阶 RC 电路的暂态过程

2. 设计时间常数为 1ms 的 RC 积分电路和微分电路, 用示波器观察在脉冲信号源周期不同(与时间常数相比, 即输入脉冲宽度 $T \ll \tau$ 、 $T = \tau$ 、 $T > \tau$)时的电路输出, 记录输入、输

出曲线。

5 实验报告要求

说明实验方案，写出实验的简要过程与步骤。

完成实验电路图的充放电波形和 τ 的记录，计算 τ 的理论值和实验值的误差。

完成时间常数为 1ms 的 RC 积分电路和微分电路的设计，完成在脉冲信号源周期不同(输入脉冲宽度 $T \ll \tau$ 、 $T = \tau$ 、 $T \gg \tau$)时的输入、输出六对曲线记录。由六对曲线的实验结果得出结论。(每对输入、输出均画在一个坐标系上)

4. 回答思考题：

(1) 什么是电路中的暂态过程？

(2) 电路时间常数的物理意义如何？

(3) RC 积分电路和微分电路的电路结构如何？理想的积分、微分电路的输入输出关系如何？为实现这种关系 RC 积分与微分电路的元件参数有何特点？

(4)若要分析 RC 电路的频率特性，应采用什么实验方法？

5.利用实验方法测量暂态电路时间常数 τ 方法。

一般可利用放电(或充电)过程进行。常用的实验方法如下：

方法一：因为在一个时间常数的时间里放电（充电）电压或电流下降（上升）为其最大值时的 0.368（0.632）。所以实验时只要记录下降（上升）到 0.368（0.632）最大值时的时间即可得到时间常数 τ 。

方法二：测出放电电流的变化曲线 $i(t)$ ，在 $i(t)$ 曲线上选上两点 (i_1, t_1) 和 (i_2, t_2) ，

这两点满足关系式 $i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$ ，故 $\tau = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{i_1}{i_2}}$ 。