

“电工电子学实践教程”之

# 一阶 $RC$ 电路瞬态分析的MWORKS仿真及实现

## 5.7 基础实验7

# 一、实验目的

- 熟悉一阶 $RC$ 电路的零状态响应、零输入响应、全响应的原理和特点以及MWORKS仿真及实现。
- 根据响应曲线求出  $RC$  电路的时间常数  $\tau$ 。
- 体会时间常数 $\tau$ 对瞬态过程的影响。
- 掌握积分电路和微分电路的作用和特点。

# 一、实验设备

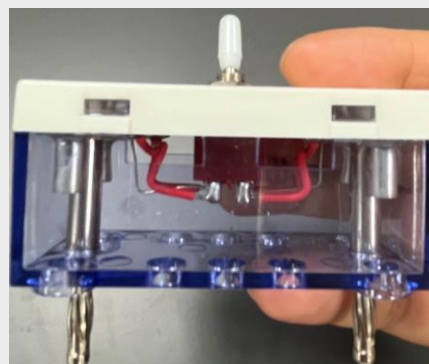
- 电工实验台
- 双踪数字示波器
- 函数信号发生器（通道1还是通道2）
- 数字式万用表

# 一、实验设备



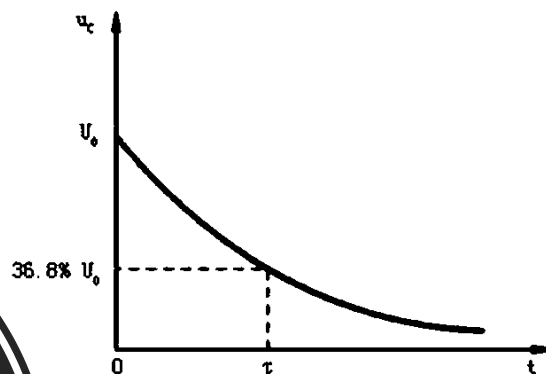
实物图

0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
47uF	1uF	0.22uF	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47uF	1uF	0.22uF	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.47uF	0.1uF	1000uF	6	短接桥1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.47uF	0.1uF	1000uF	7	短接桥2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	8	短接桥3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	9	短接桥4	0	0	0	0	0	0	0
510Ω	510Ω	5.1 kΩ	10	短接桥5	0	0	0	0	0	0	0	0
510Ω	510Ω	1 kΩ	11	短接桥6	10Ω	500 kΩ	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	12	短接桥7	20Ω	750 kΩ	0	0	0	0	0
0	0	0	0	13	短接桥8	100Ω	820 kΩ	0	0	0	0	0
2 kΩ	2 kΩ	100Ω	14	短接桥9	330Ω	1 MΩ	0	0	0	0	0	0
2 kΩ	2 kΩ	1 kΩ	15	短接桥10	620Ω	5.1 MΩ	0	0	0	0	0	0

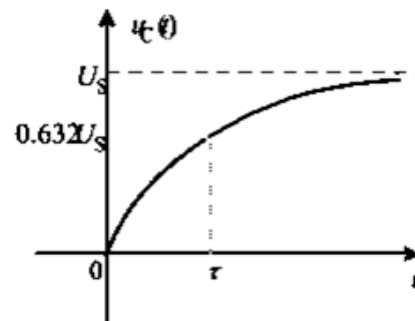


## 二、实验 原理

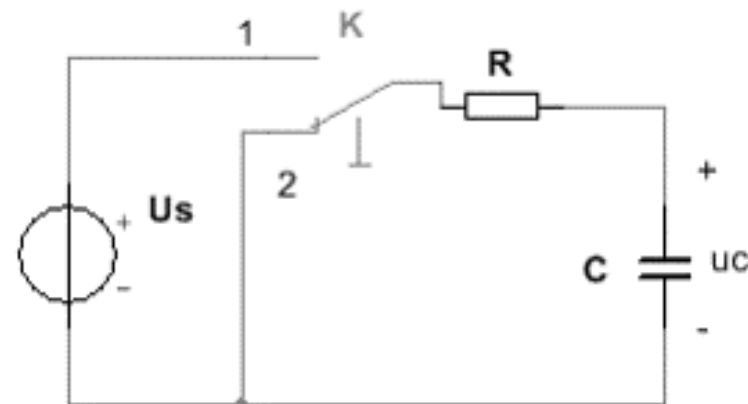
### 1. 一阶RC电路的响应



一阶RC电路零输入响应



一阶RC电路零状态响应



带有开关的一阶RC电路

零输入响应:  $u_C(t) = U_S e^{-\frac{t}{\tau}}$  ( $t \geq 0$ ,  $\tau = RC$ ) 三元素法

零状态响应:  $u_C(t) = U_S (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  ( $t \geq 0$ ,  $\tau = RC$ )

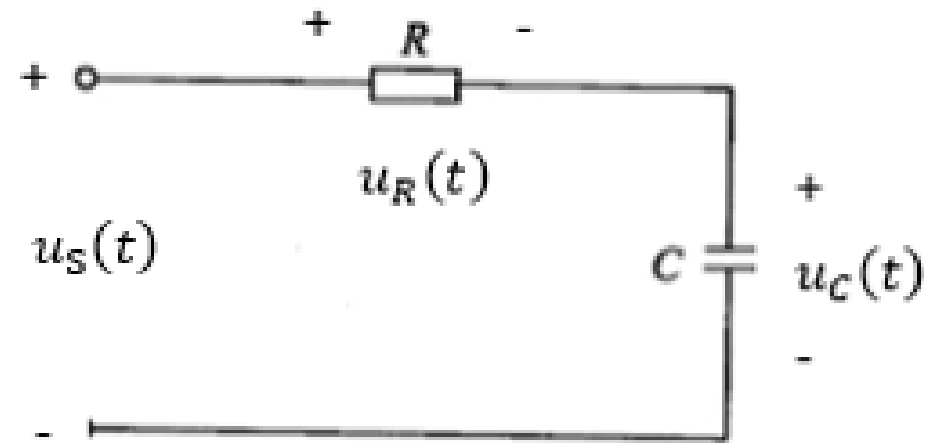
全响应:  $u_C(t) = U_S + [u_C(0+) - U_S] e^{-\frac{t}{\tau}}$  ( $t \geq 0$ ,  $\tau = RC$ )

## 二、实验 原理

### 2. 一阶RC电路的方波响应

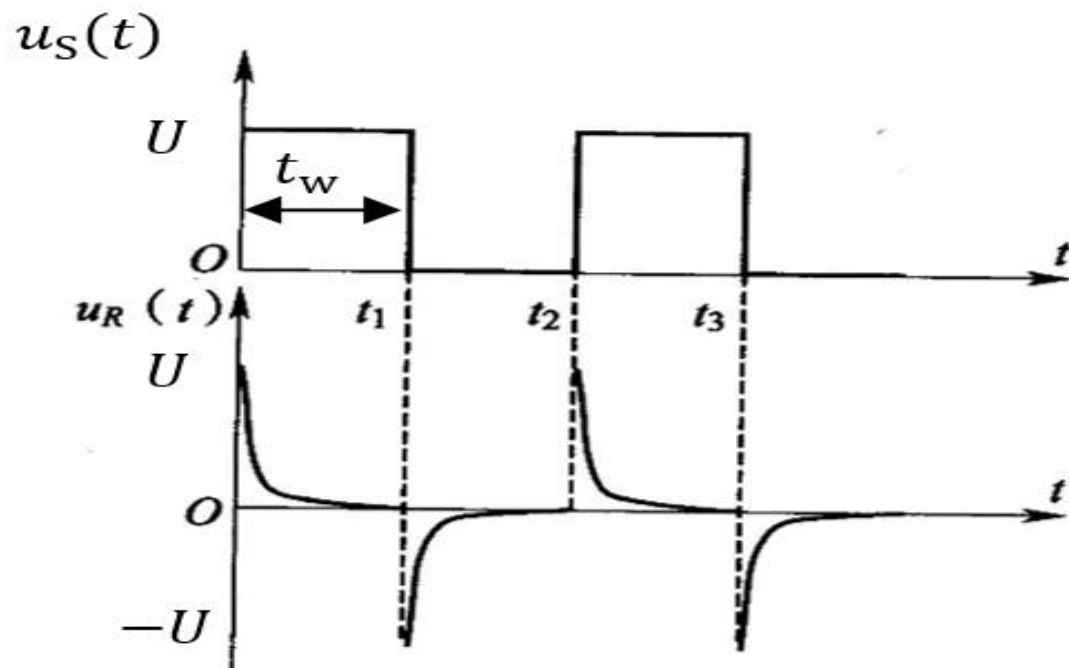
(1) 当  $t_w \gg \tau$  时

$$u_R(t) = RC \frac{du_C(t)}{dt} \approx RC \frac{du_S(t)}{dt}$$



—阶RC电路

对电容来说电压变化产生电流，电流的大小是  $i(t) = C \cdot du/dt$ ，所以对电路中电阻此时的电压必然是  $u(t) = R \cdot i(t)$ ，这种都是瞬态的



微分特性

## 二、实验 原理

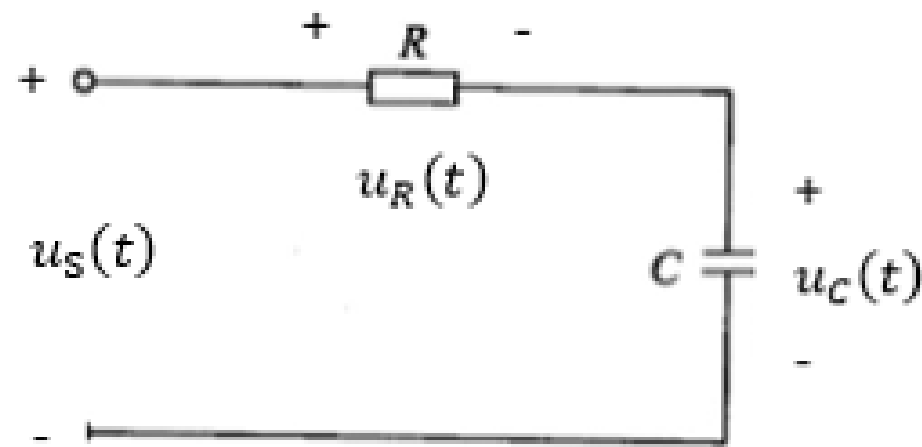
### 2. 一阶 $RC$ 电路的方波响应

(2) 当 $t_w \ll \tau$ 时

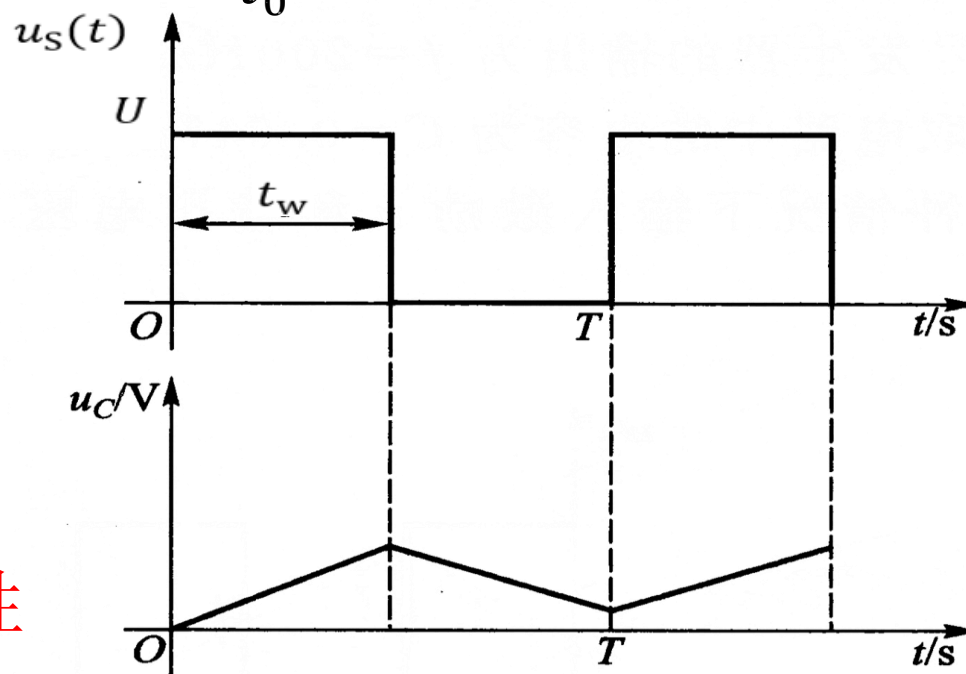
$$u_R(t) = RC \frac{du_C(t)}{dt} \quad \frac{u_R(t)}{RC} = \frac{du_C(t)}{dt}$$

$$u_C(t) \approx \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t u_S(t) dt$$

积分特性



一阶 $RC$ 电路

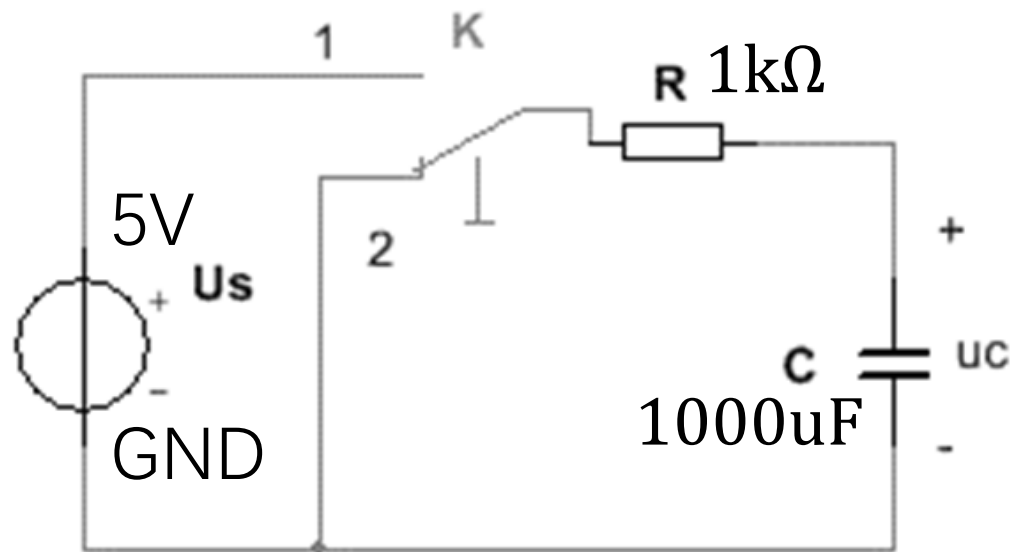


### 三、实验内容

1. 观察并记录一阶 $RC$ 电路 $u_C(t)$ 的零输入响应、零状态响应曲线。测出电路的时间常数  $\tau$  。

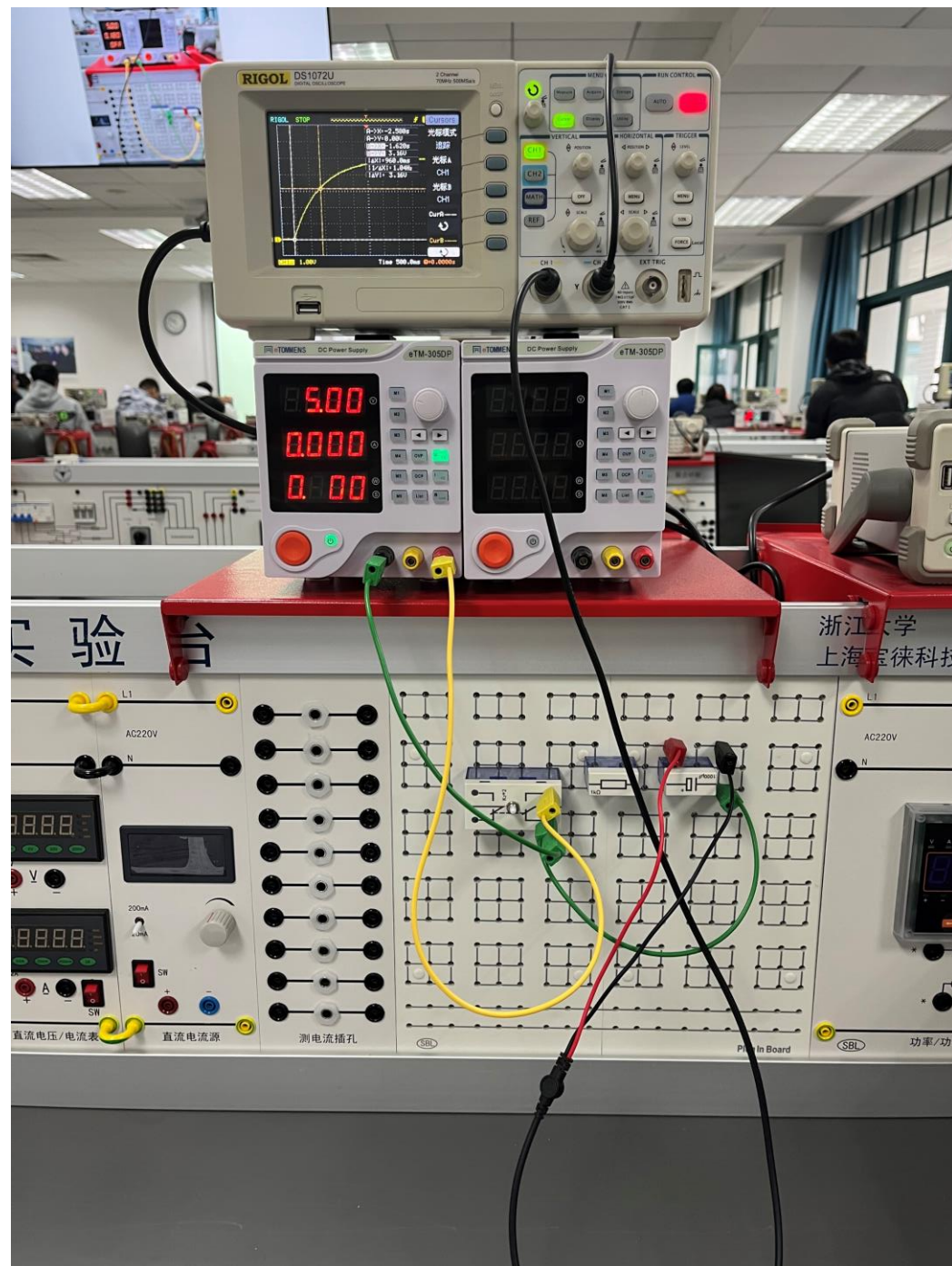
注意：

- 1、1000 $\mu\text{F}$ 的电容是极性电容，接反了会如何？
- 2、1，2切换过程中不要烧电源！
- 3、示波器夹子如何夹？
- 4、示波器需要按stop，其他时候都不要用，学会调波形的稳定；
- 5、示波器横向时间刻度250ms或者500ms，纵向用1V，直流耦合，1倍，关闭反向
- 6、波形拍照或存U盘



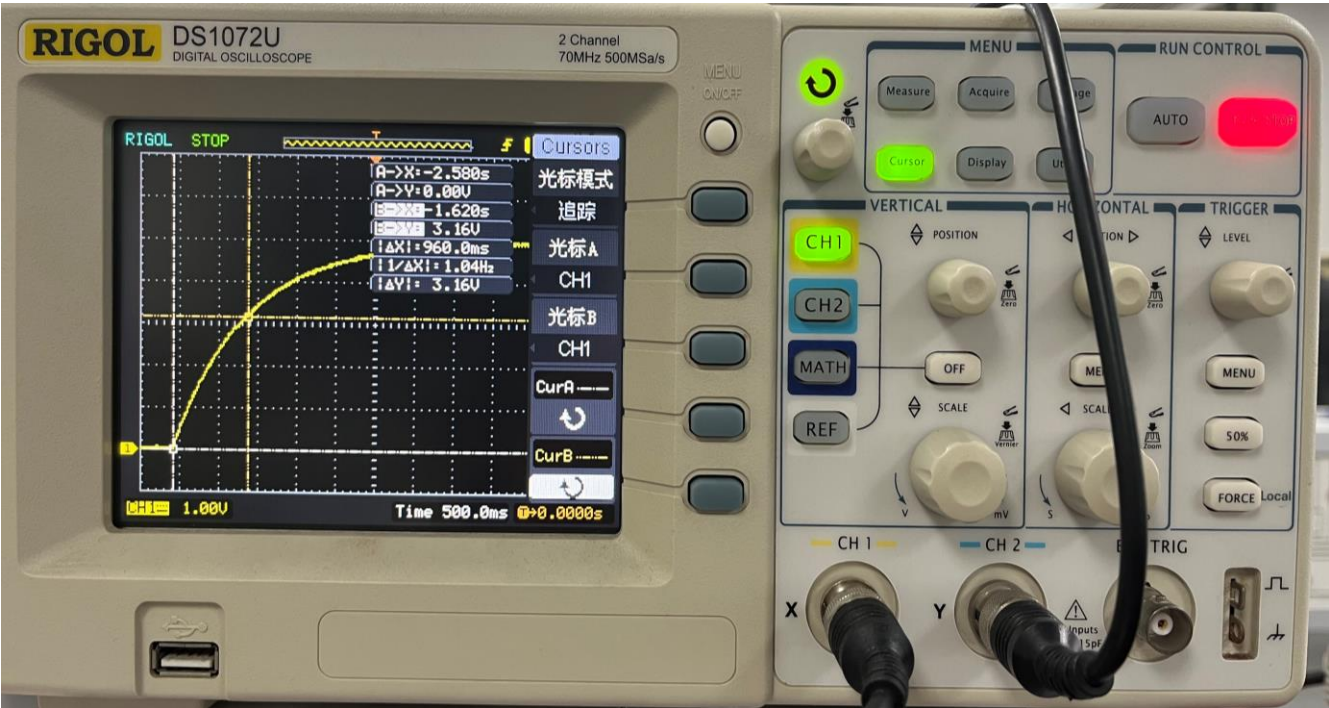
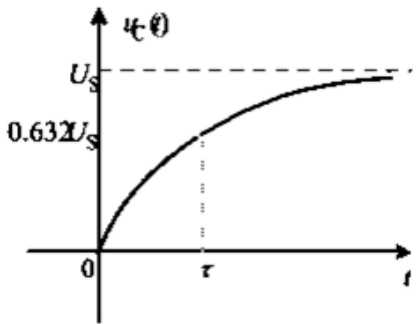
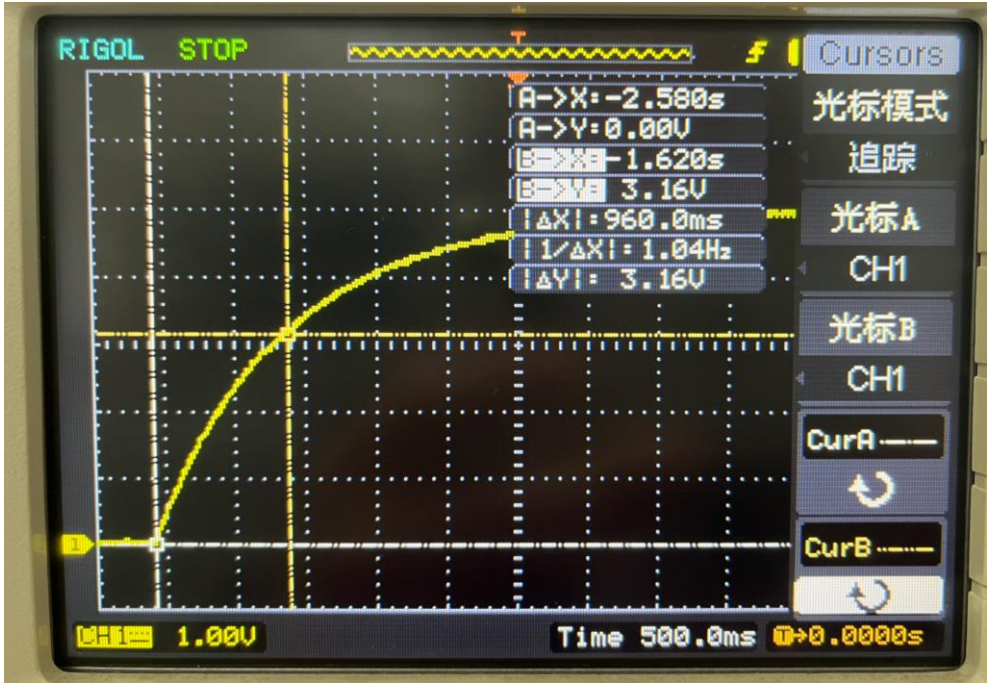
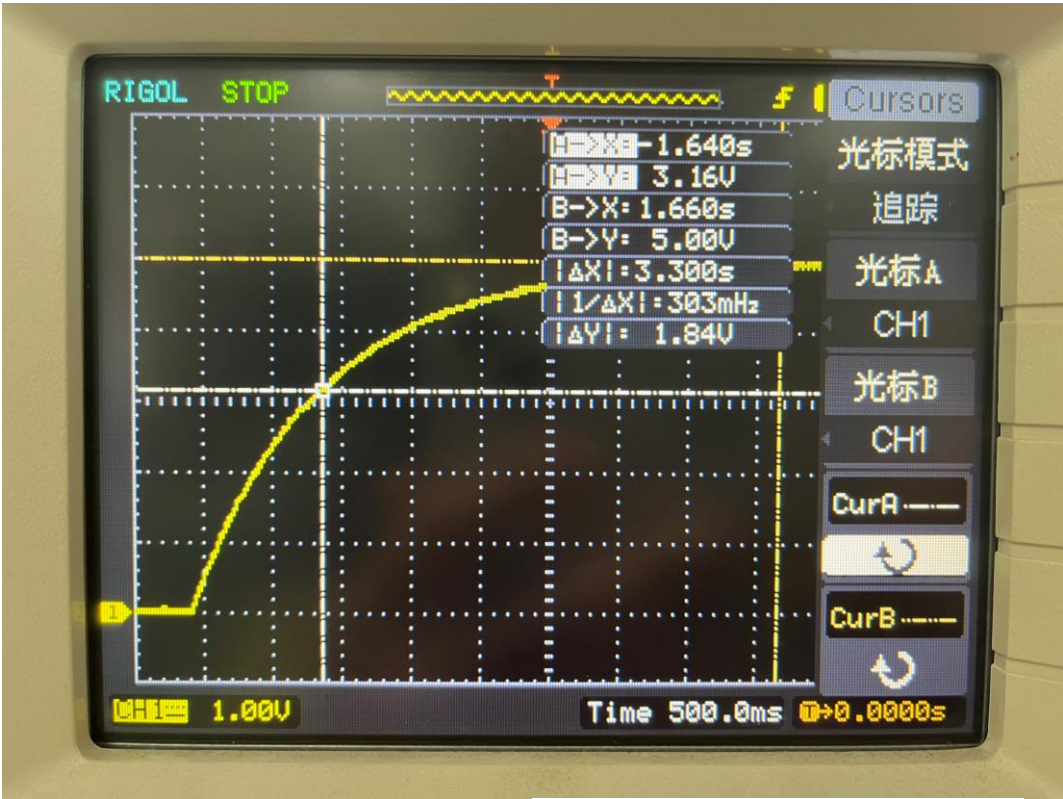


实物连线图（供参考）



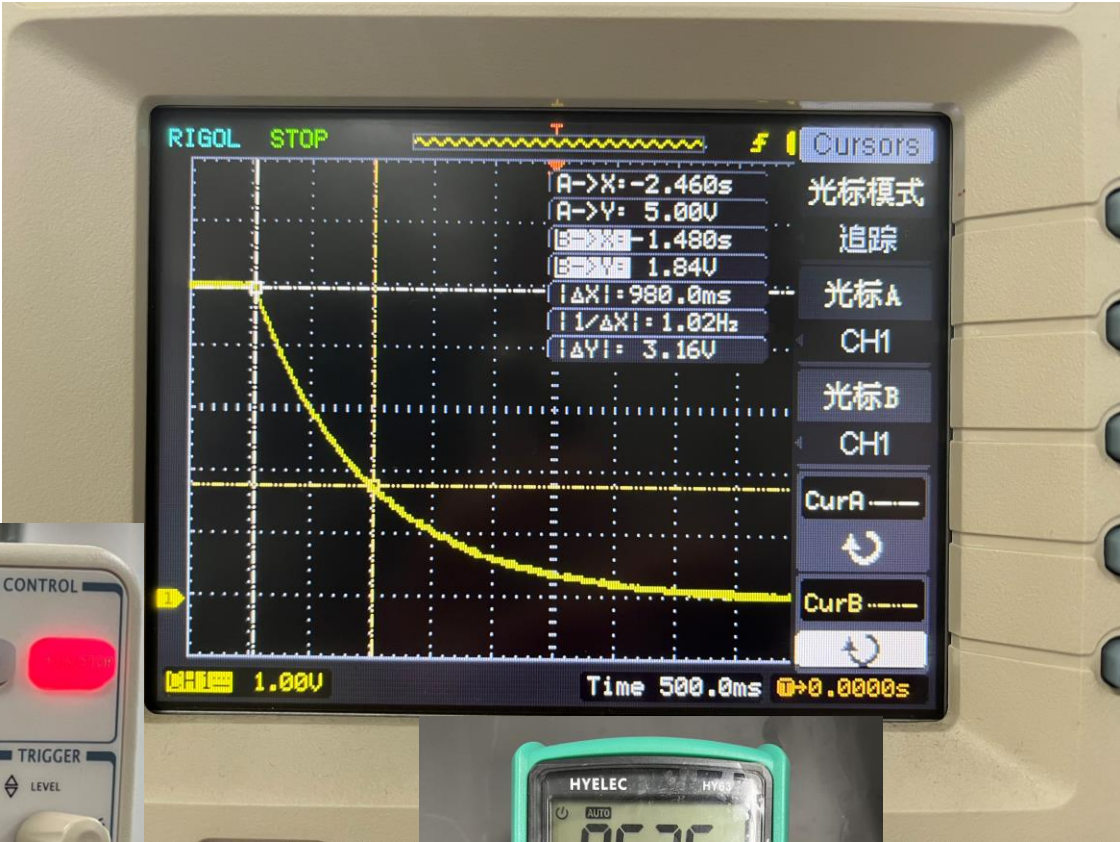
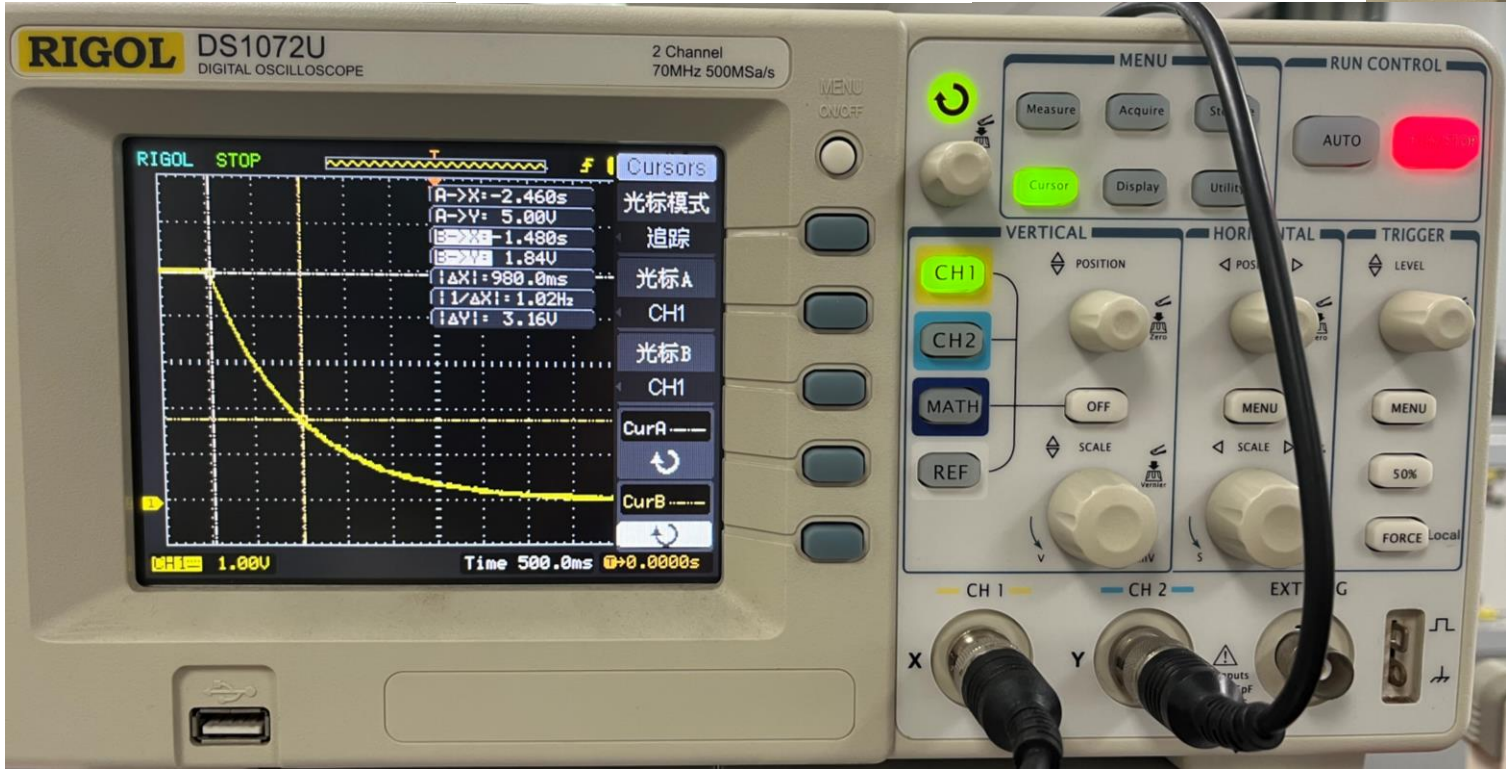
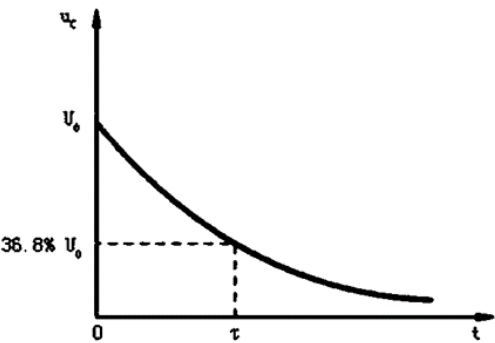


# 零状态响应曲线（供参考）





# 零输入响应曲线（供参考）

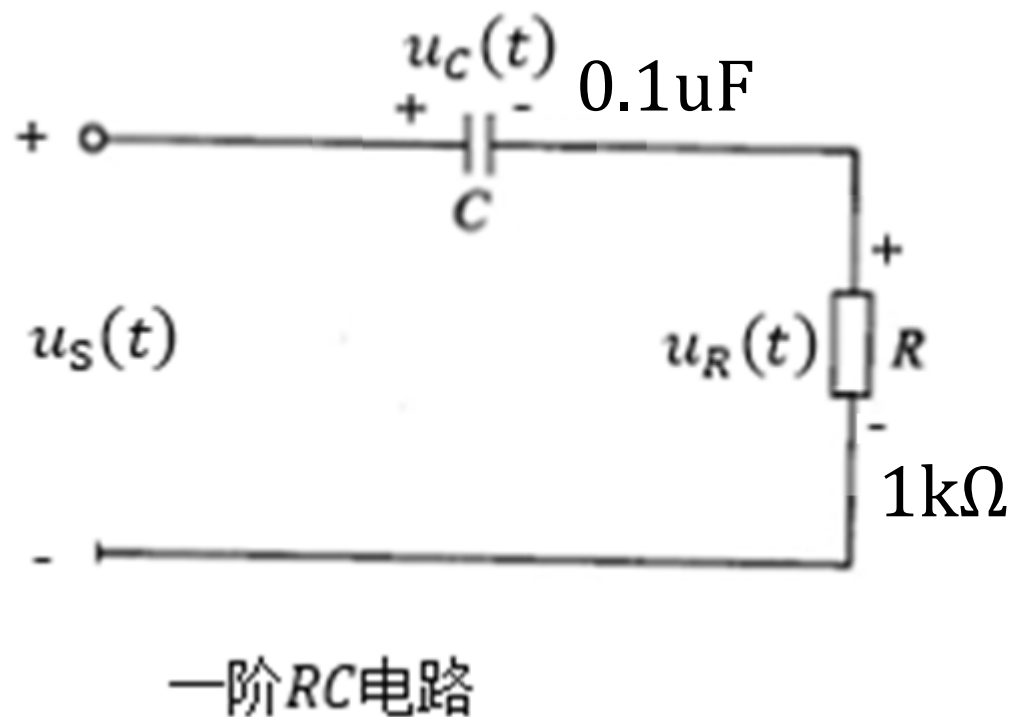


电容实测值



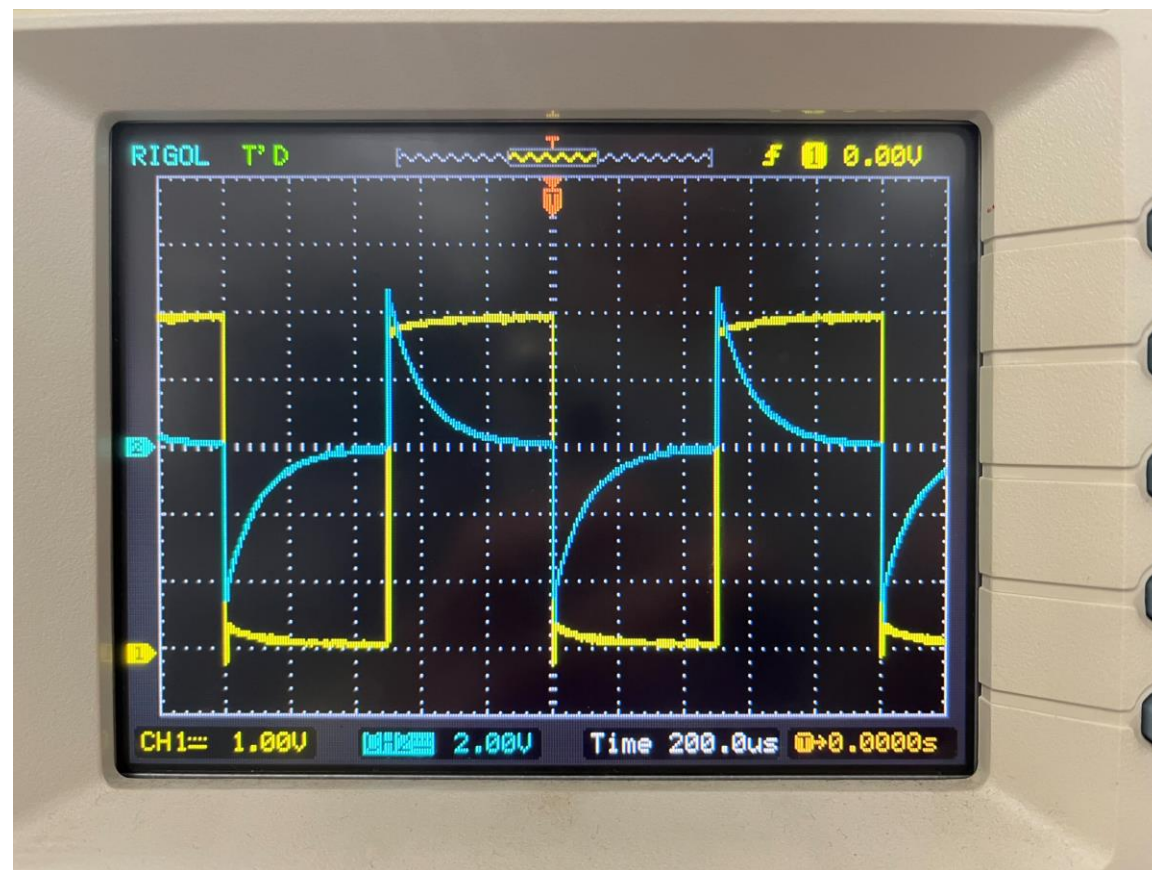
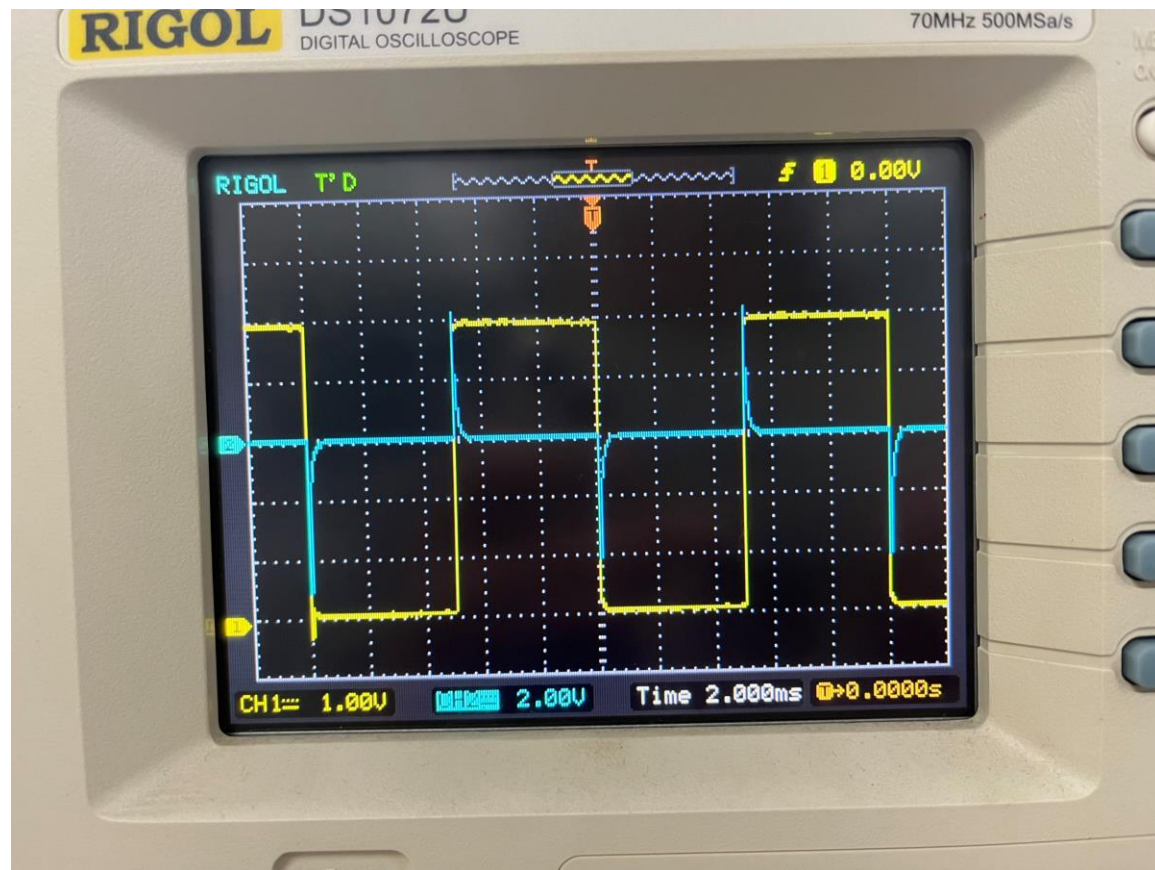
# 三、实验内容

- 2 (1) 输入信号 $u_s(t)$ 为 $U_{P-P} = 5V$ 、100Hz的**单极性**方波，同时观察并记录 $u_s(t)$ 和 $u_R(t)$ 的波形。
- 2 (2) 分别取输入信号 $u_s(t)$ 的频率为1kHz, 10kHz（幅度不变），观察并记录 $u_s(t)$ 和 $u_R(t)$ 的波形，体会微分电路的实现条件。
- **学会用math按钮获取第三个波形**



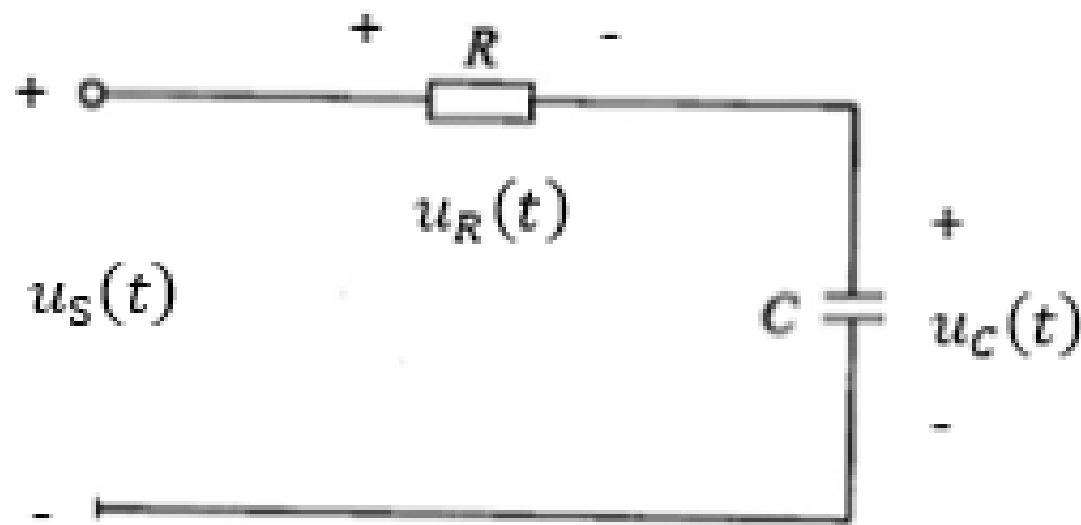


# 微分电路参考波形



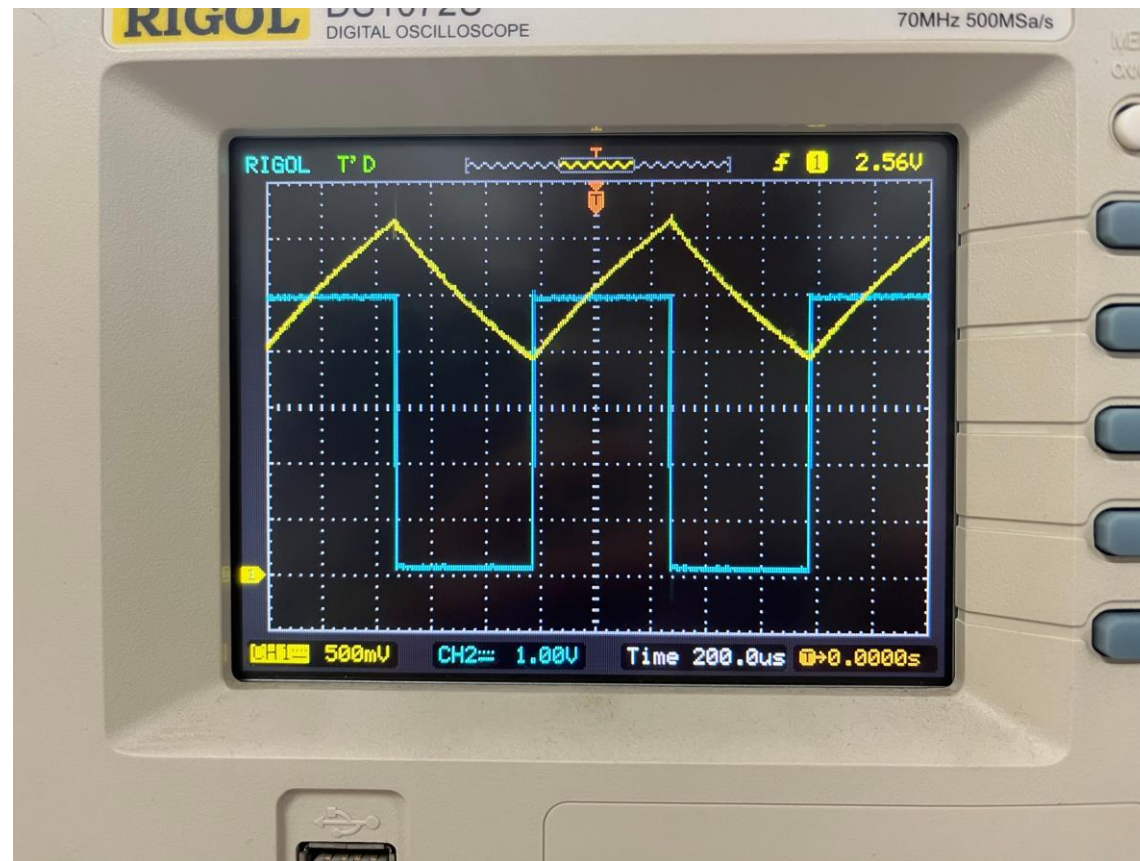
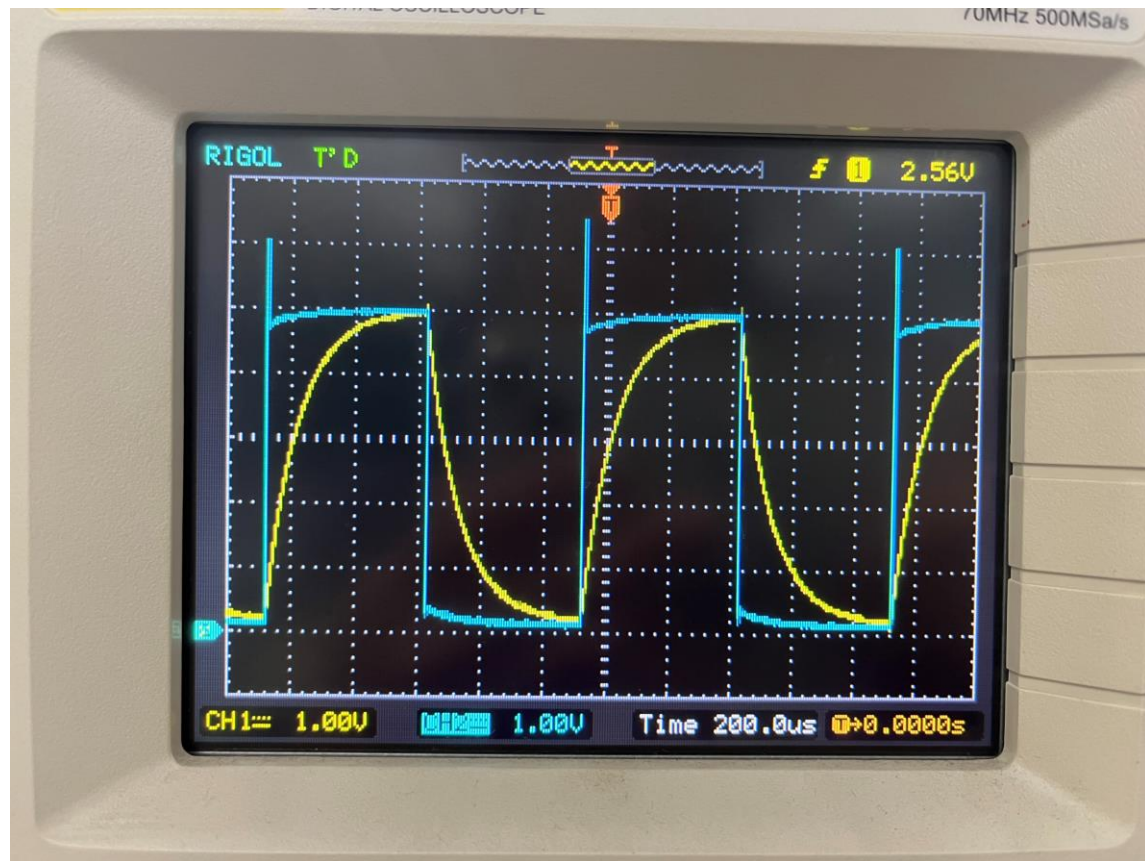
# 三、实验内容

- 3 (1) 输入信号 $u_s$ 为 $U_{P-P} = 5V$ 、 $1kHz$ 的单极性方波，取 $R = 5.1k\Omega$ 、 $C = 0.1\mu F$ ，观察并记录 $u_s(t)$ 和 $u_C(t)$ 的波形。
- 3 (2) 保持输入信号 $u_s(t)$ 和电容 $C$ 不变，分别取 $R = 51k\Omega$ ， **$10k\Omega$** （可不要）和 $R = 1k\Omega$ ，同时观察并记录 $u_s(t)$ 和 $u_C(t)$ 的波形，体会积分电路的实现条件。



一阶RC电路

# 积分电路参考波形

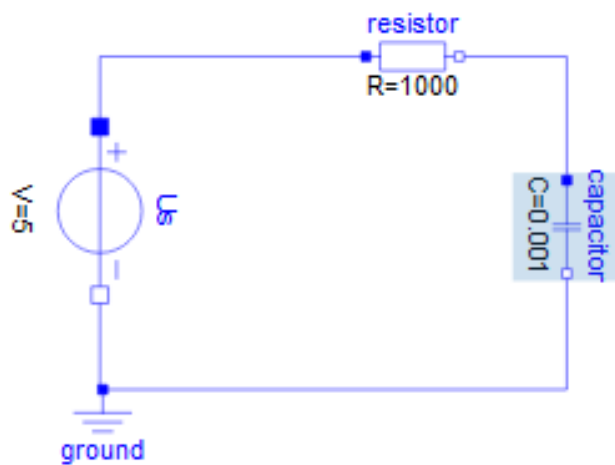


## 四、预习内容

- 1、何谓积分电路、微分电路？他们必须满足的电路条件是什么？
- 2、用双踪数字示波器观察波形时，示波器的接地端应如何连接？



## 五、MWORKS仿真



一阶RC电路零状态响应电路

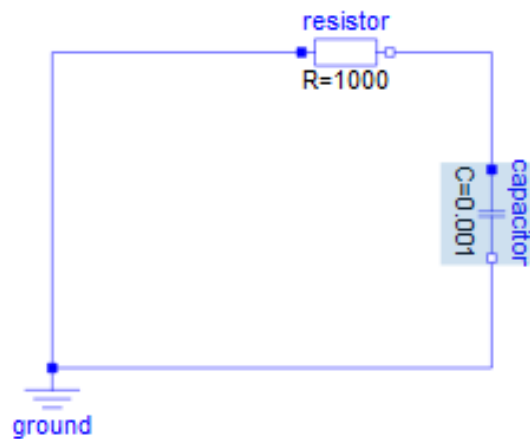
组件参数

常规

参数

v.start	0	V	Voltage drop of the two pins (= p.v - n.v)
C	1000	uF	Capacitance

## 五、MWORKS仿真



一阶RC电路零输入响应电路

组件参数

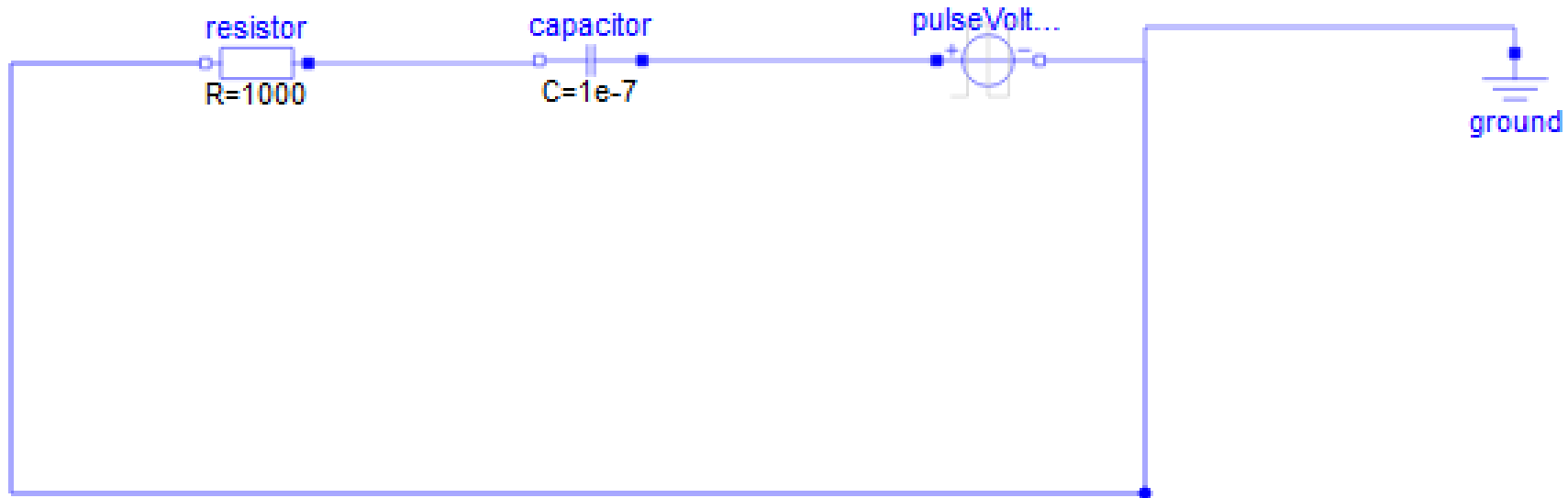
常规

参数

v.start	5	V	Voltage drop of the two pins (= p.v - n.v)
C	1000	uF	Capacitance

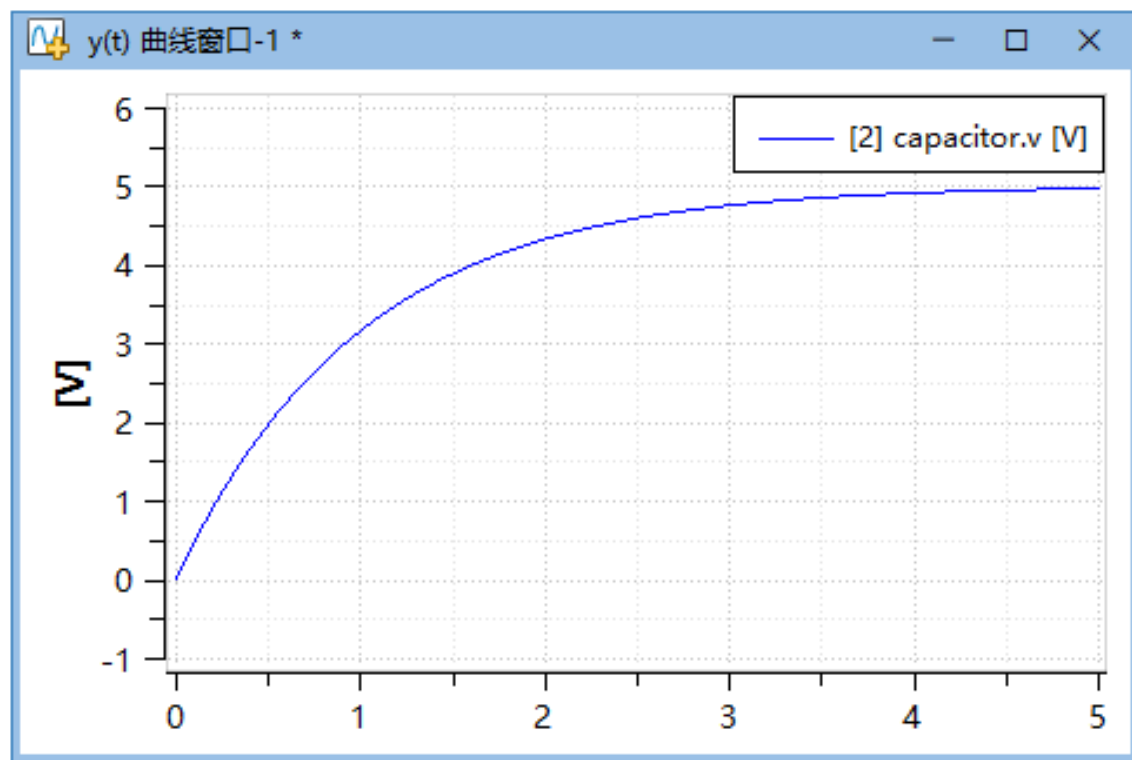
## 五、MWORKS仿真

- 1、Sources下的pulseVoltage，可以得到方波，并设置其幅值是5V,width是50%，period是0.1（0.01波形有点问题）

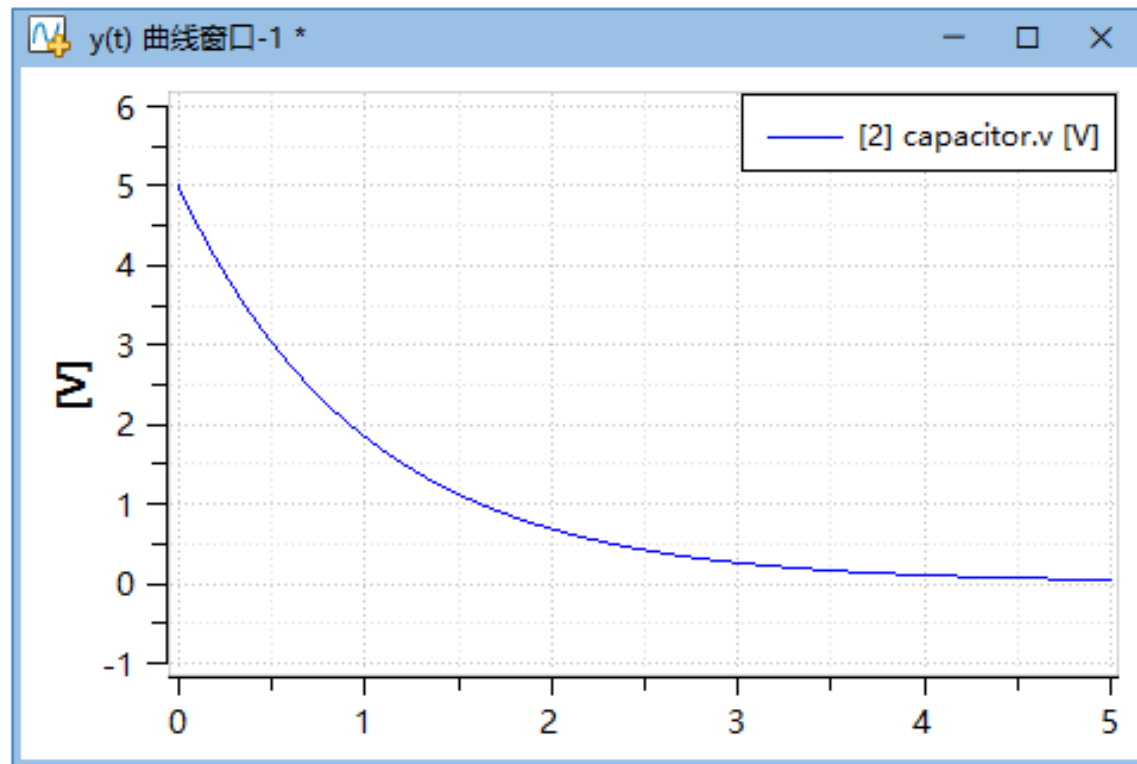


微分电路

## 五、MWORKS仿真结果

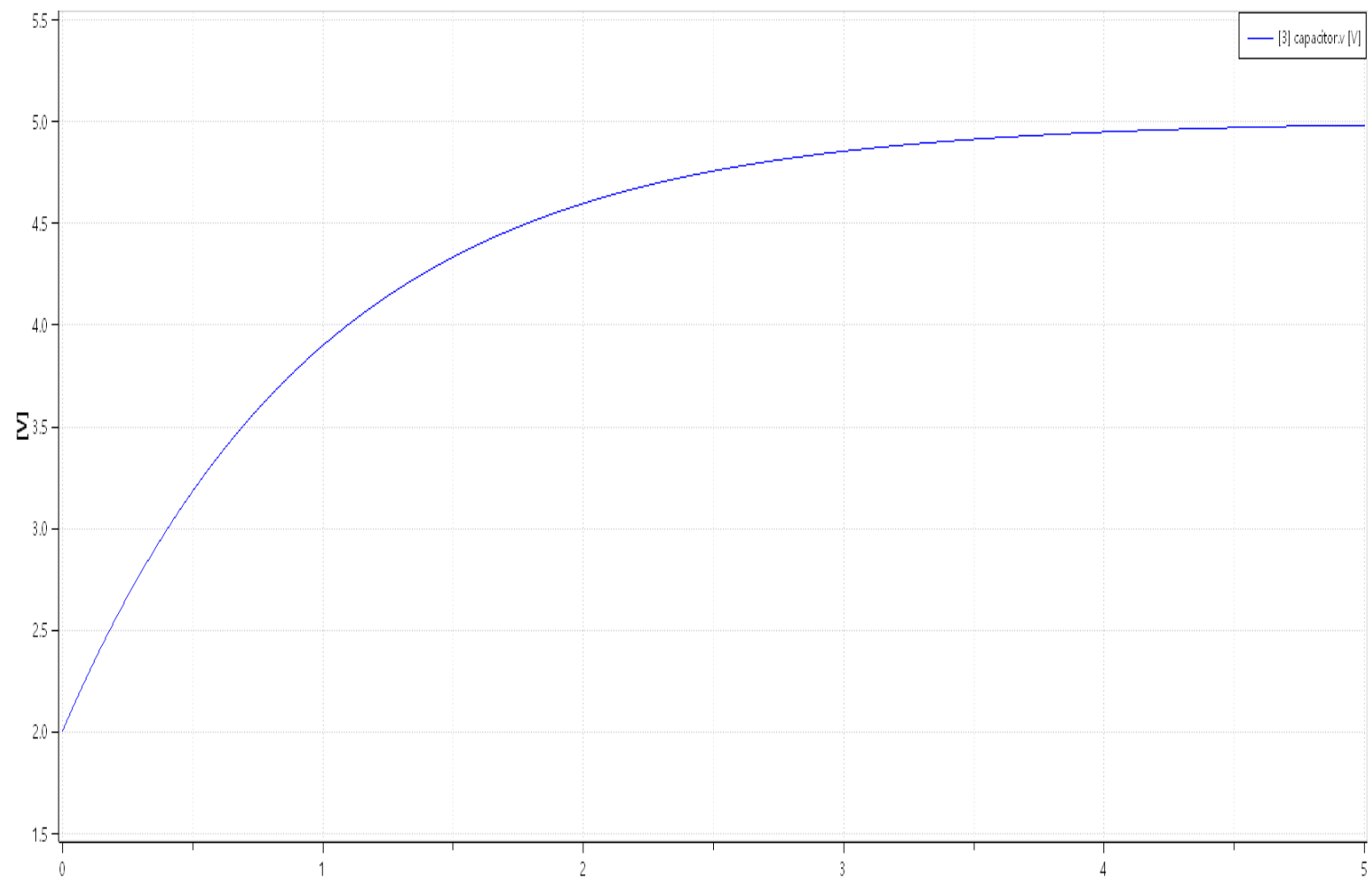


一阶RC电路零状态响应



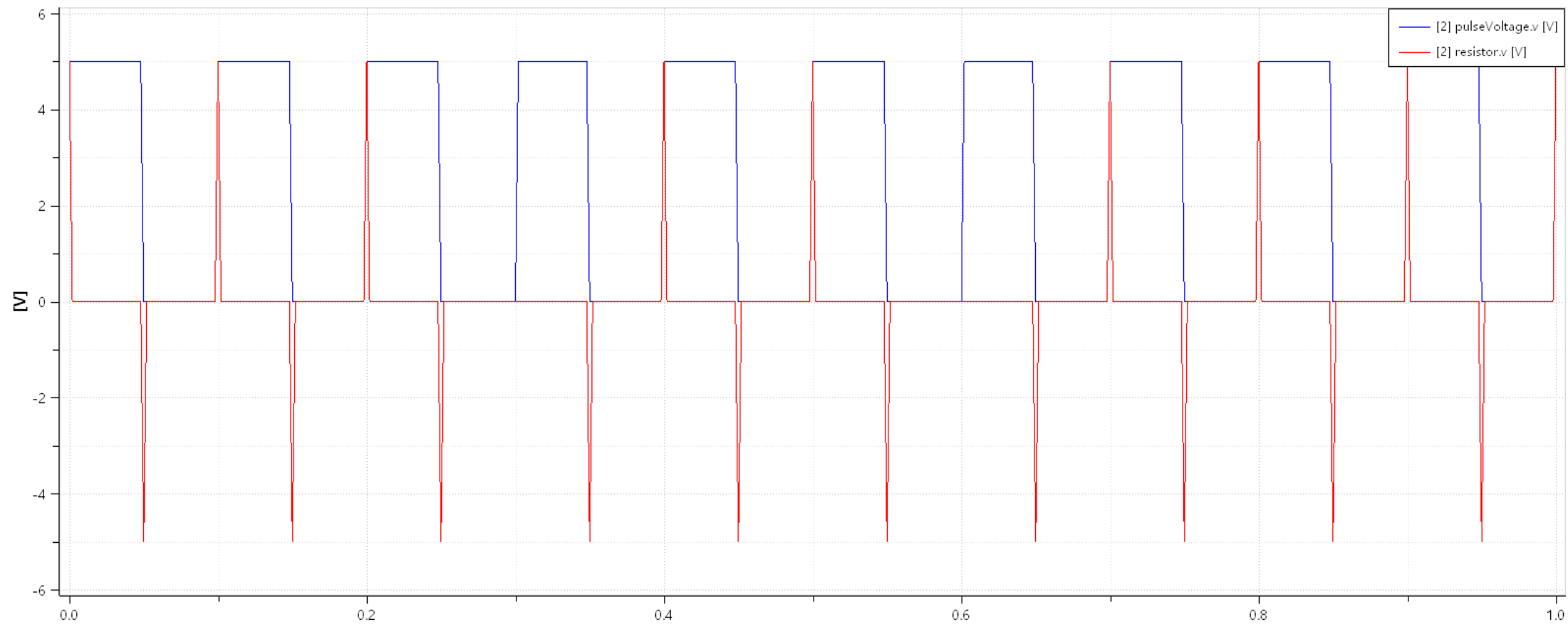
一阶RC电路零输入响应

## 五、MWORKS仿真结果



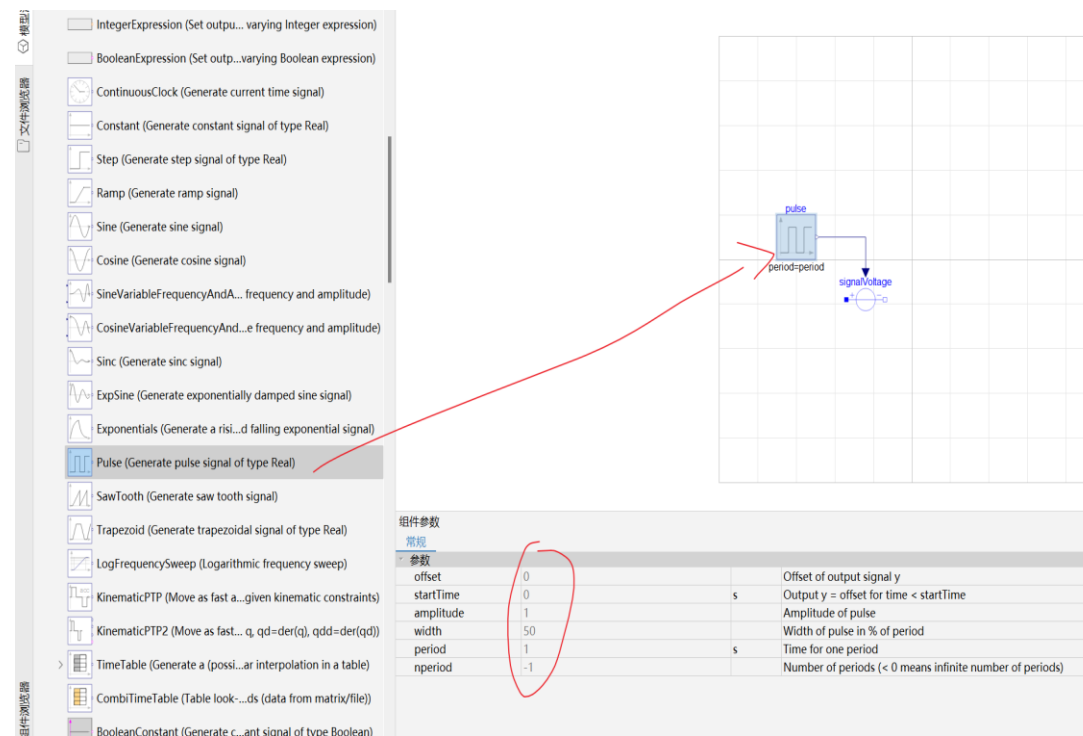
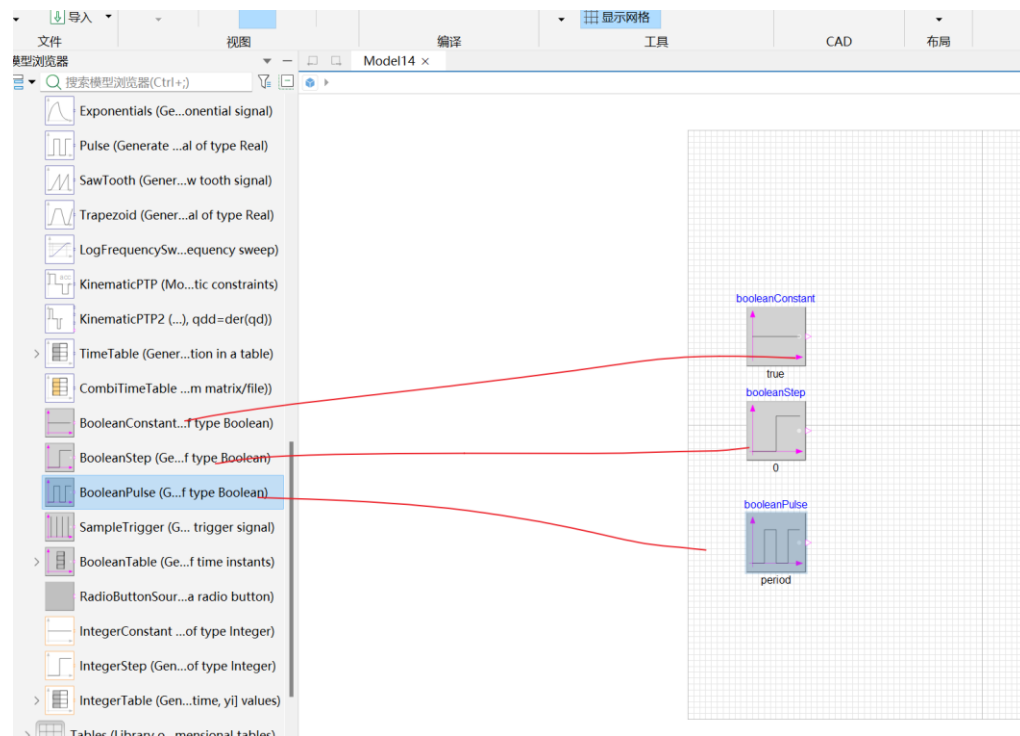
全响应- $V_c$ 从2V开始

## 五、MWORKS仿真结果



微分电路仿真结果

# 五、MWORKS仿真-补充

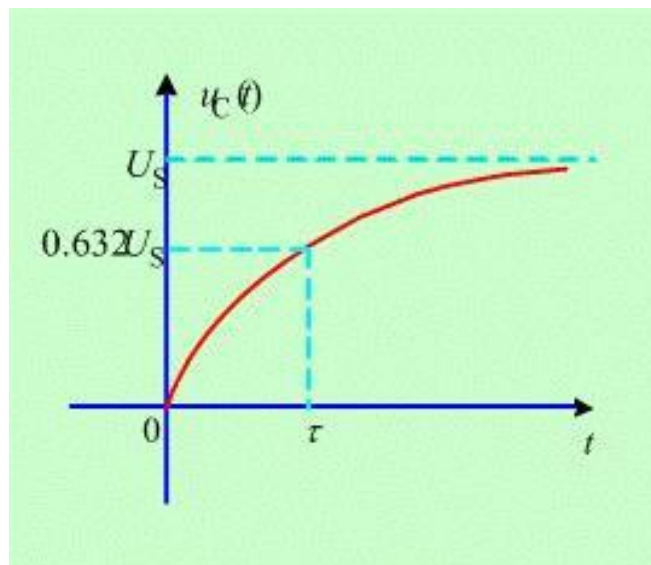


## 六、实验总结

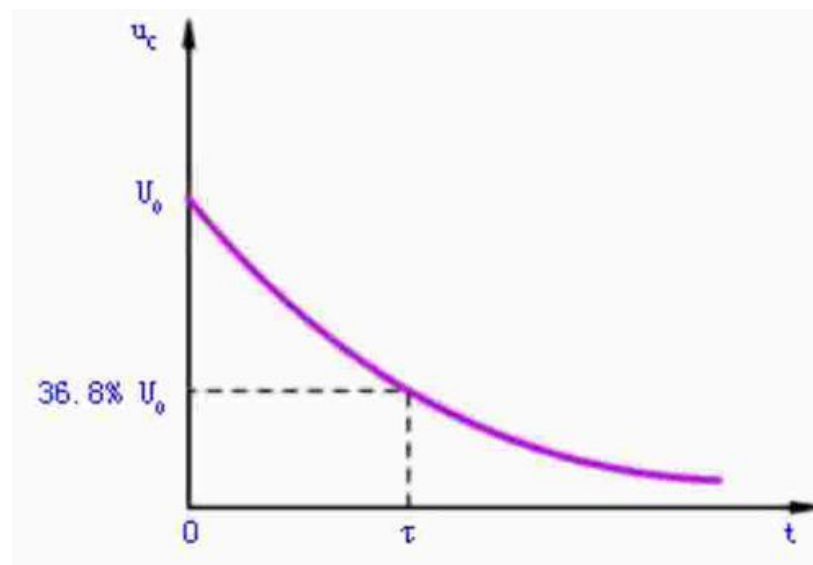
- 1、根据实验结果，绘出各个波形图，并进行比较分析。
- 2、计算时间常数 $\tau$ 和误差，并对误差进行分析。
- 3、总结电路参数改变对电路响应的影响。
- 4、总结积分电路、微分电路的实现条件和功能。



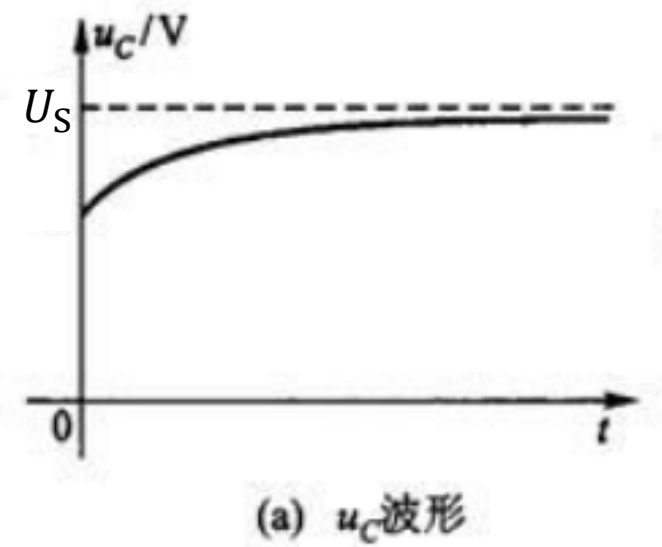
## 七、参考波形



零状态响应



零输入响应



全状态响应

## 八、注意事项

- 1、今天的实验内容1示波器需要按stop，其他时候都不要用，学会调波形的稳定；
- 2、示波器别忘了调零；
- 3、学会用Math按钮；
- 4、信号发生器建议用通道1；

