



院(系): 智能工程学院

学号: 20354027

姓名: 方桂安

日期: 2021.12.2

实验名称: 一阶、二阶动态电路

一、实验目的

1. 加深对 RC 微分电路和积分电路过渡过程的理解。
2. 研究 R、L、C 电路的过渡过程。

二、实验原理

1. 用示波器研究微分电路和积分电路。

(1) 微分电路

微分电路在脉冲技术中有广泛的应用。在图 8-1 电路中，

$$u_{sc} = Ri = RC \frac{du_c}{dt} \quad (1)$$

即输出电压 u_{sc} 与电容电压 u_c 对时间的导数成正比。当电路的时间常数 $\tau = RC$ 很小， $u_c \gg u_{sc}$ 时，输入电压 u_{sr} 与电容电压 u_c 近似相等

$$u_{sr} \approx u_c \quad (2)$$

将 (2) 代入 (1) 得

$$u_{sc} \approx RC \frac{du_{sr}}{dt} \quad (3)$$

即：当 τ 很小时，输出电压 u_{sc} 近似与输入电压 u_{sr} 对时间的导数成正比，所以

称图 8-1 电路为“微分电路”。

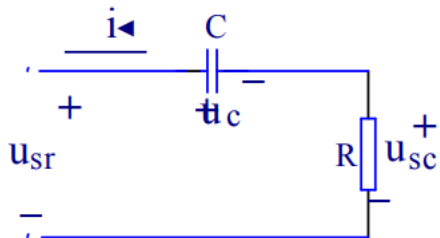


图 8-1

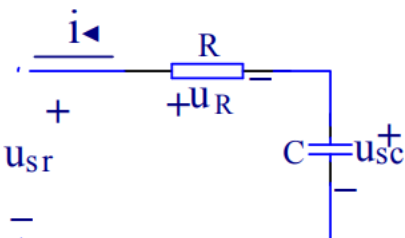


图 8-2

(2) 积分电路

将图 8-1 电路中的 R、C 位置对调，就得到图 8-2 电路。电路中

$$u_{sc} = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int \frac{u_R}{R} dt = \frac{1}{RC} \int u_R dt \quad (4)$$

即输出电压 u_{sc} 与电阻电压 u_R 对时间的积分成正比。

当电路的时间常数 $\tau = RC$ 很大、 $u_R \gg u_{sc}$ 时，输入电压 u_{sc} 与电阻电压 u_R 近似相等，

$$u_{sr} \approx u_R \quad (5)$$

将(5)代入(4)时

$$u_{sc} \approx \frac{1}{RC} \int u_{sr} dt \quad (6)$$

即：当 τ 很大时，输出电压 u_{sc} 近似与输入电压 u_{sr} 对时间的积分成正比，所以称图 8-2 电路为“积分电路”。

2. R、L、C 电路的过渡过程。

(1) 将图 8-3 电路接至直流电压，当电路参数不同时，电路的过渡过程有不同的特点：

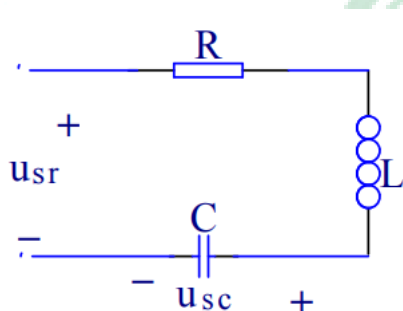


图 8-3

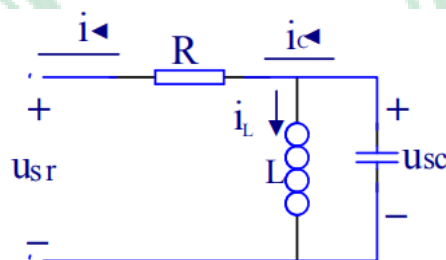


图 8-4

当 $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时，过渡过程中的电压、电流具有非周期振荡的特点。

当 $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时，过渡过程中的电压、电流具有“衰减振荡”的特点：此时

衰减系数 $\delta = \frac{R}{2L}$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 是在 $R = 0$ 情况下的振荡角频率，习惯上称为无阻

尼振荡电路的固有角频率，在 $R \neq 0$ 时，放电电路的固有振荡角频率

$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ 将随 $\delta = \frac{R}{2L}$ 增加而下降，

当电阻 $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时， $\delta = \omega_0$ ， $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = 0$ 过程就变为非振荡性质了。

(2) 将图 8-4 电路接直流电压，当电路参数不同时，其过渡过程也有不同的特点：

当 $R < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时，响应是非振荡性质的。

当 $R > \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时，响应将形成衰减振荡。这时电路的衰减系数 $\delta = \frac{1}{2RC}$ 。

3. 如何用示波器观察电路的过渡过程

电路中的过渡过程，一般经过一般时间后，便达到稳定。由于这一过程不是重复的，所以无法用普通的阴极示波器来观察（因为普通示波器只能显示重复出现的、即周期性的波形）。为了能利用普通示波器研究一个电路接到直流电压时的过渡过程，可以采用下面的方法。

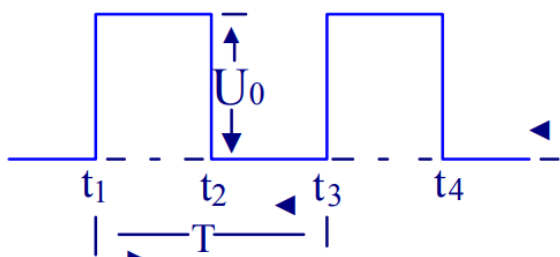


图 8-5

在电路上加一个周期性的“矩形波”电压(图 8-5)。它对电路的作用可以这样来理解：在 t_1 、 t_3 等时刻，输入电压由零跳变为 U_0 ，这相当于使电路突然在与一个直流电压 U_0 接通；在 t_2 、 t_4 等时刻，输入电压又由 U_0 跳变为零，这相当于使电路输入端突然短路。由于不断地使电路接通与短路，电路中便出现重复性的过渡过程，这样就可以用普通示波器来观察了。如果要求在矩形波作用的半个周期内，电路的过渡过程趋于稳态，则矩形波的周期应足够大。

三、实验设备

名称	型号	数量
电路分析实验箱	TPE-DG2L	1
数字万用表	SDM3065	1
示波器	SDS5054X	1
函数信号发生器	SDG6032X-E	1

四、预习内容

1. 图 8-6 中电路设 u_{λ} 为一阶跃电压，其幅度为 $U = 3V$ ； $C = 20\mu F$ 。试分别画出 $R = 100K$ ， $R = 10K$ ， $R = 1K$ 时 $u_{\text{出}}$ 的曲线。

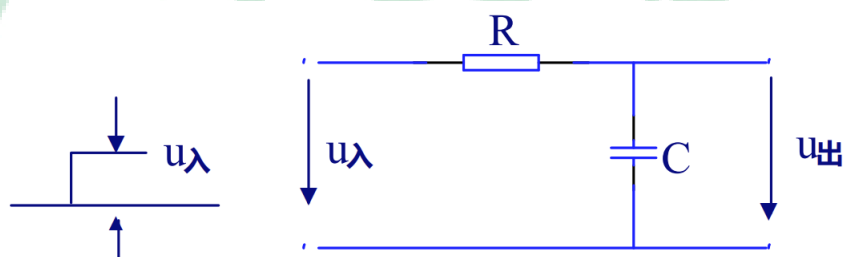


图 8-6

解： $R = 100K\Omega$ 时

$$\tau = RC = 20\mu \times 100k = 2s$$

$R = 10K\Omega$ 时

$$\tau = RC = 20\mu \times 10k = 0.2s$$

$R = 1K\Omega$ 时

$$\tau = RC = 20\mu \times 1k = 0.02s$$

由三要素分析法知：

初始值：

$$u_c(0^+) = u_c(0^-) = 0V$$

稳态值：

$$u_c(\infty) = 3V$$

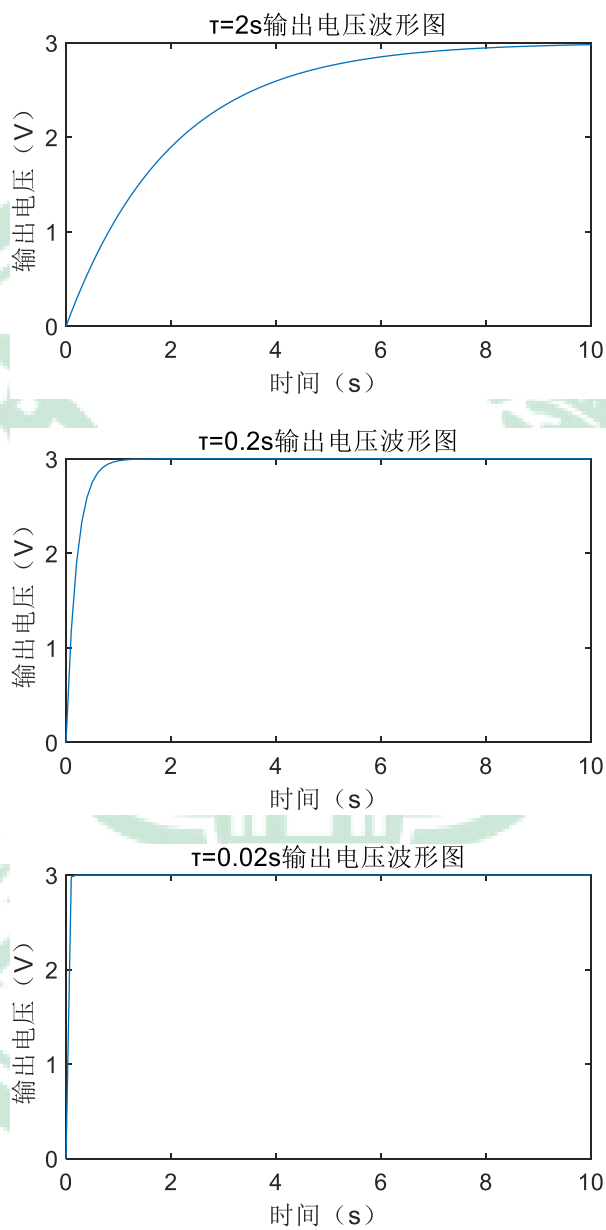
所以

$$u_c(t) = u_c(\infty) + [u_c(0^+) - u_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

综上所述，

$$u_{\text{出}}(t) = u_c(t) = \begin{cases} 3 - 3e^{-\frac{t}{2}}, \tau = 2s \\ 3 - 3e^{-\frac{t}{0.2}}, \tau = 0.2s \\ 3 - 3e^{-\frac{t}{0.02}}, \tau = 0.02s \end{cases}$$

使用 matlab 作图如下：



2. 图 8-7 电路中设 u_{λ} 为一矩形脉冲电压，其幅度为 $U = 6V$ ，频率为 $1KHz$ ，

$C = 0.33\mu F$ ，试分别画出 $R = 100K$ 及 $R = 10K$ 时 $u_{\text{出}}$ 的波形。

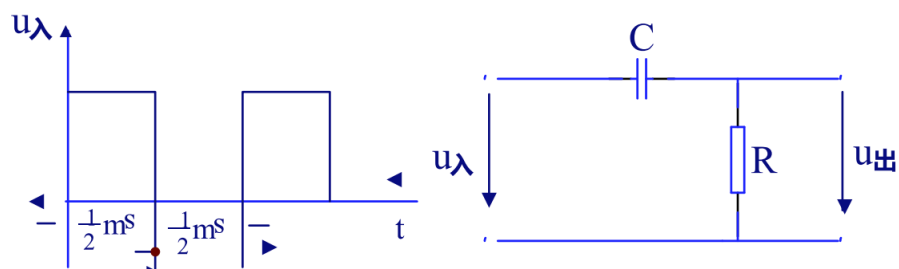
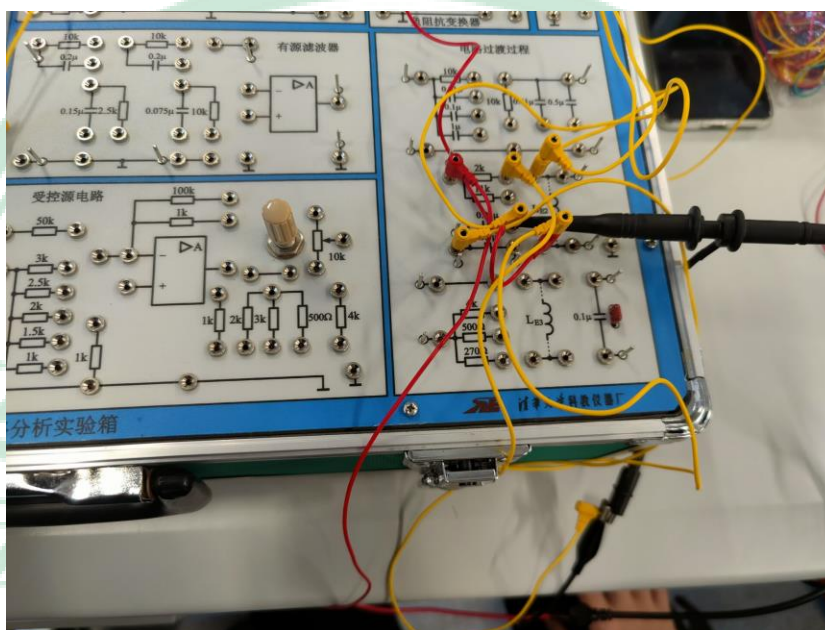
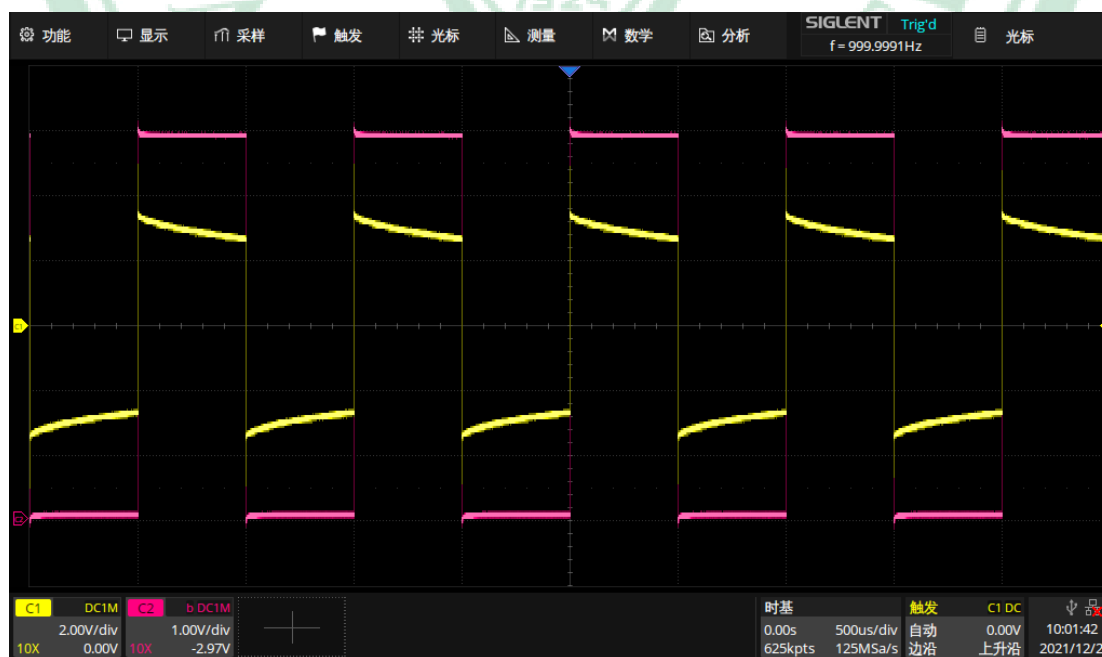


图 8-7

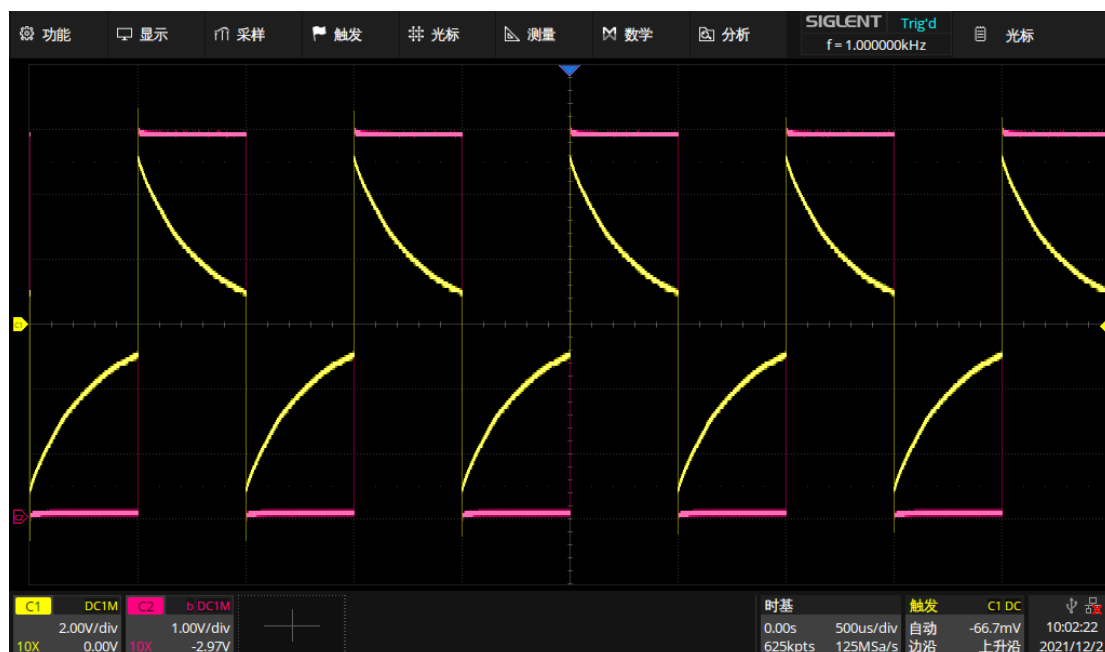
电路图:



$R=100\text{K}$ 时 $u_{\text{出}}$ 的曲线:



$R=10K$ 时 $u_{\#}$ 的曲线:



3. 已知图 8-3, R 、 L 、 C 串联电路中, $L=0.2H$, $C=0.02\mu f$, 定性判断 $R=2K\Omega$ 及 $R=11K\Omega$ 两种情况下 u_C 的波形是否振荡。

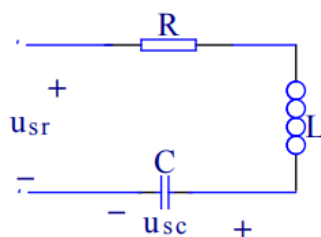
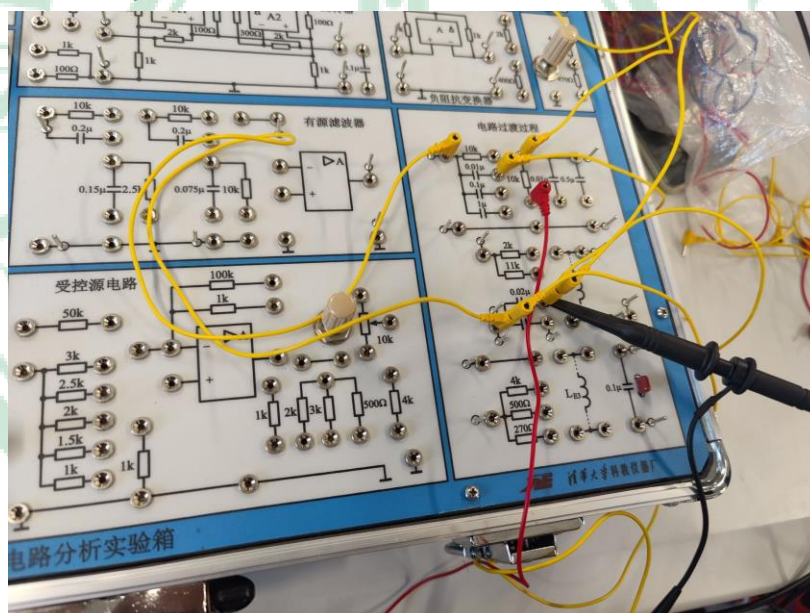


图 8-3

$$2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.2}{0.02 \times 10^{-6}}} = 6325$$

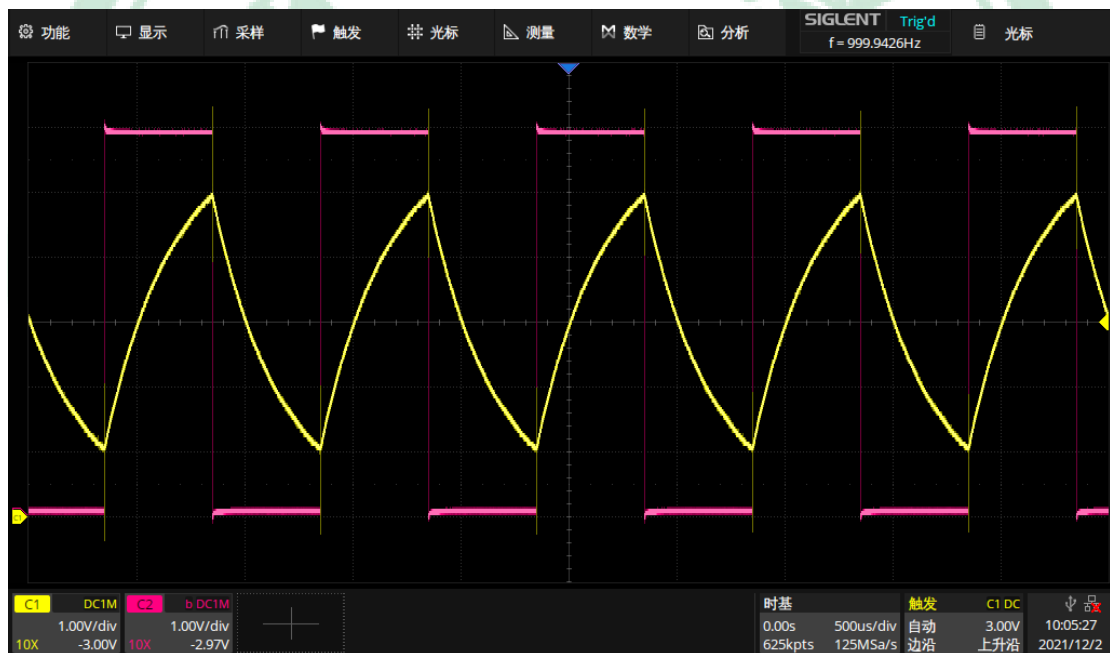
当 $R=2\text{K}\Omega$ 时, $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, 过渡过程中的电压、电流具有非周期振荡的特点。

当 $R=11\text{K}\Omega$ 时, $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, 过渡过程中的电压、电流具有“衰减振荡”的特点:

$$\text{此时衰减系数 } \delta = \frac{R}{2L} = \frac{11000}{2 \times 0.2} = 27500$$

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.2 \times 0.02 \times 10^{-6}}} = 1.581 \times 10^4$ 是在 $R=0$ 情况下的振荡角频率, 习惯上称为无阻尼振荡电路的固有角频率, 在 $R \neq 0$ 时, 放电电路的固有振荡角频率

$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ 将随 $\delta = \frac{R}{2L}$ 增加而下降。





五、实验过程

1. 按图 8-9 接线，用示波器观察作为电源的矩形脉冲电压。周期 $T = 1ms$ 。
2. 按图 8-10 接线，使 R 为 10K，分别观察和记录 $C = 0.01\mu$ 、 0.1μ 、 1μ 荧光屏上显示的波形。

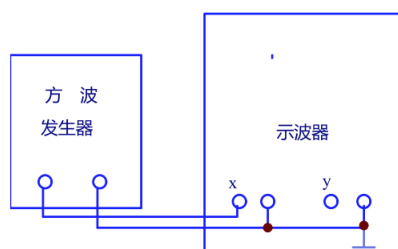


图 8-9

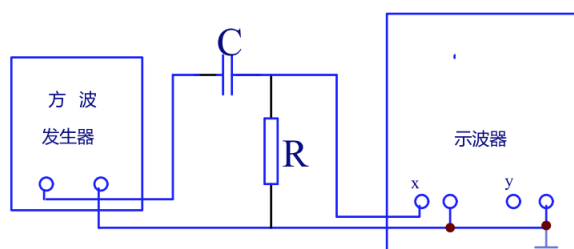
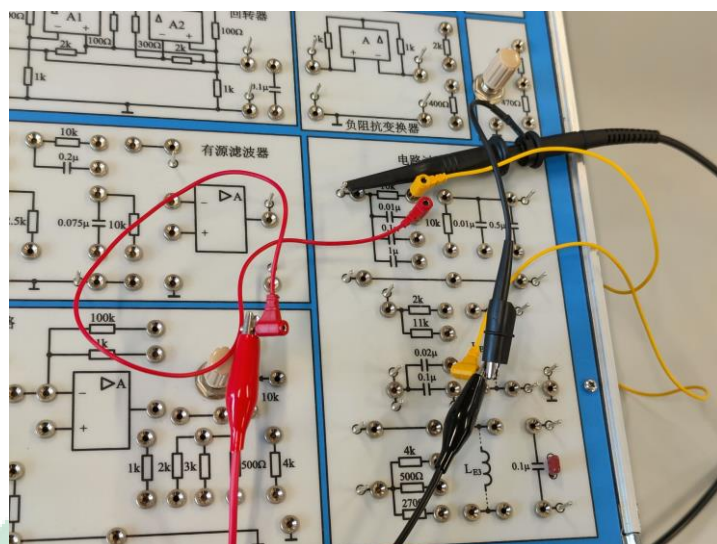


图 8-10



3. 按图 8-11 接线, 使 R 为 $10K$, 分别观察和记录 $C = 0.5\mu$ 、 0.01μ 、 1μ 荧光屏上显示的波形。

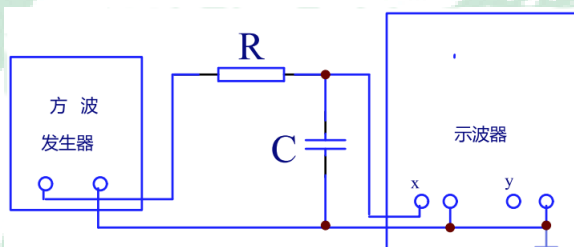
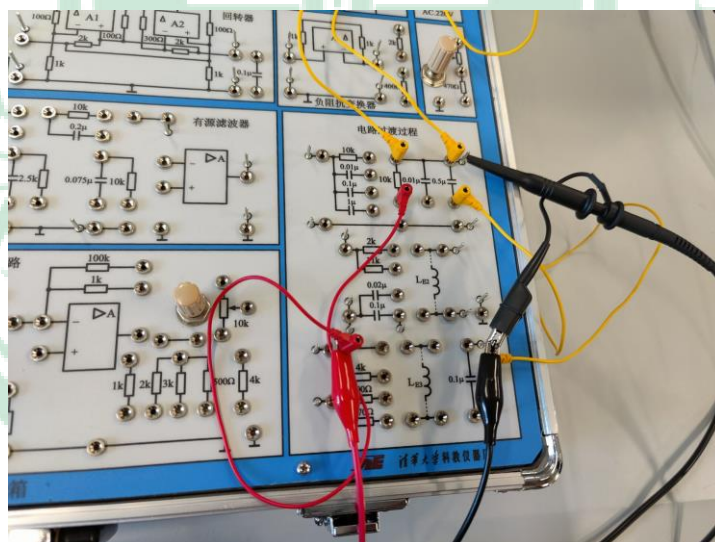
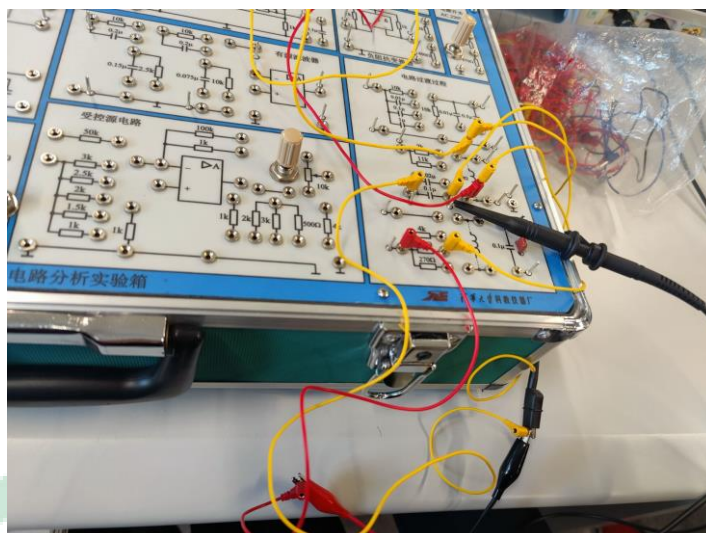


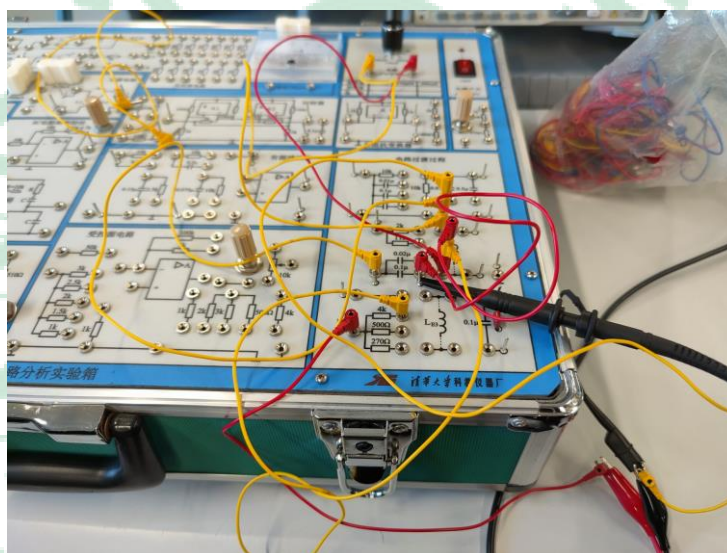
图 8-11



4. 按图 8-3 接线, $L = 0.2H$, $C = 0.1\mu f$ 接入 $T = 10ms$ 的矩形脉冲观察并描绘 $R = 500\Omega$ 以及 $R = 2K\Omega$ 两种情况下的 u_{sc} 波形。记录必要的数。

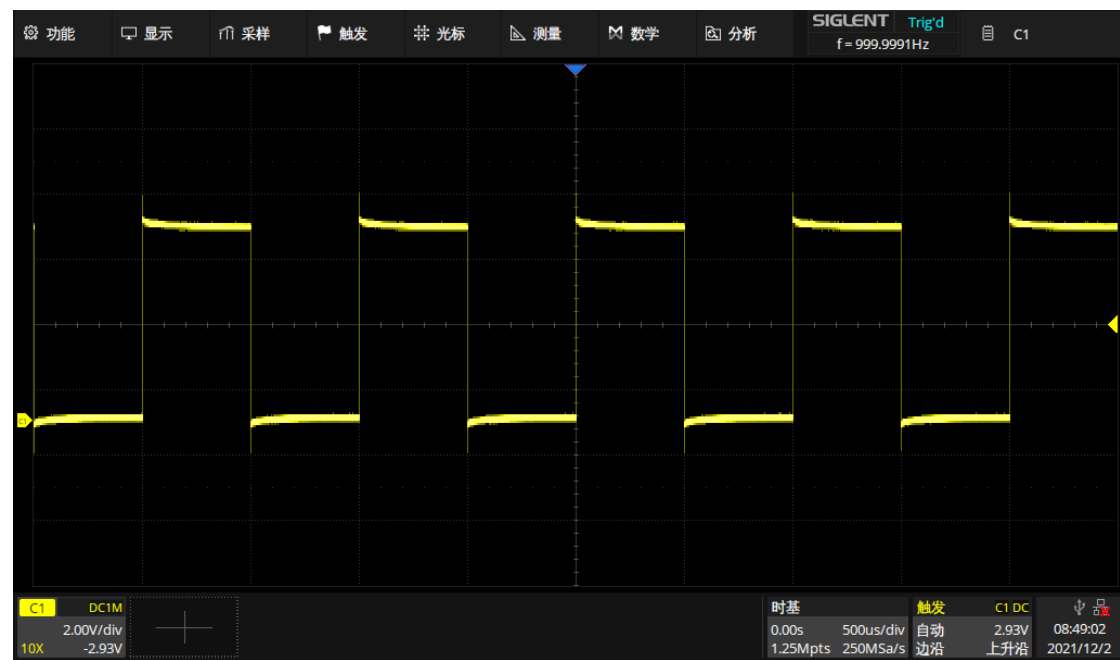


5. 按图 8-4 接线 $L = 0.2H$, $C = 0.1\mu f$ 接入 $T = 10ms$ 的矩形脉冲观察并描绘 $R = 4K\Omega$ 以及 $R = 500\Omega$, $R = 270\Omega$ 三种情况下的 u_{sc} 波形并记录必要的

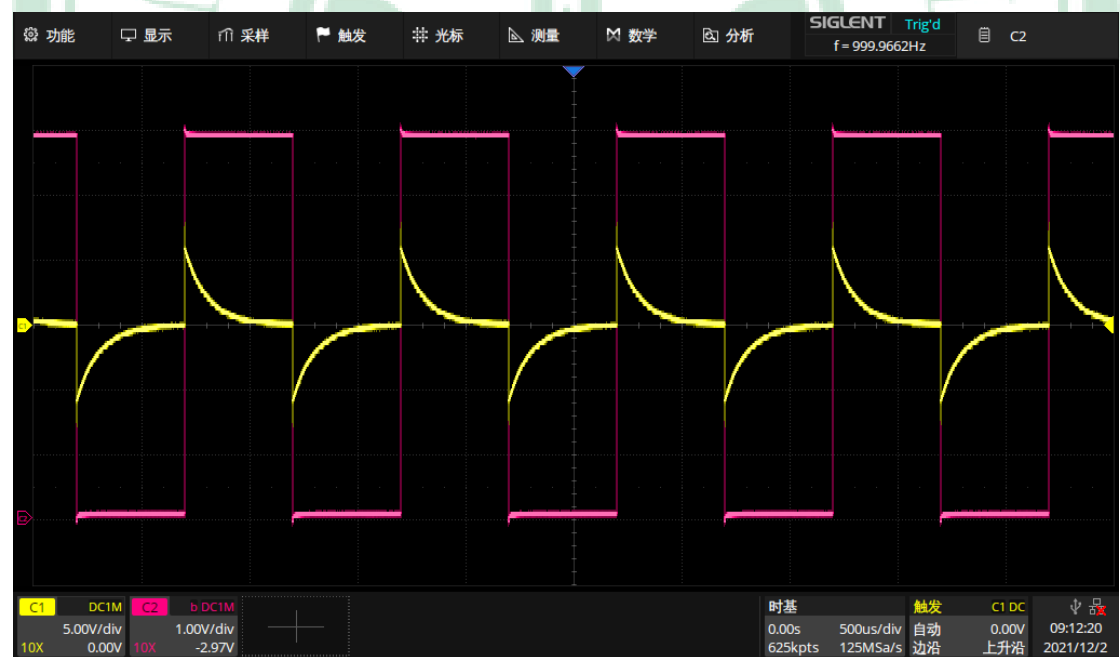


六、实验结果描述与分析

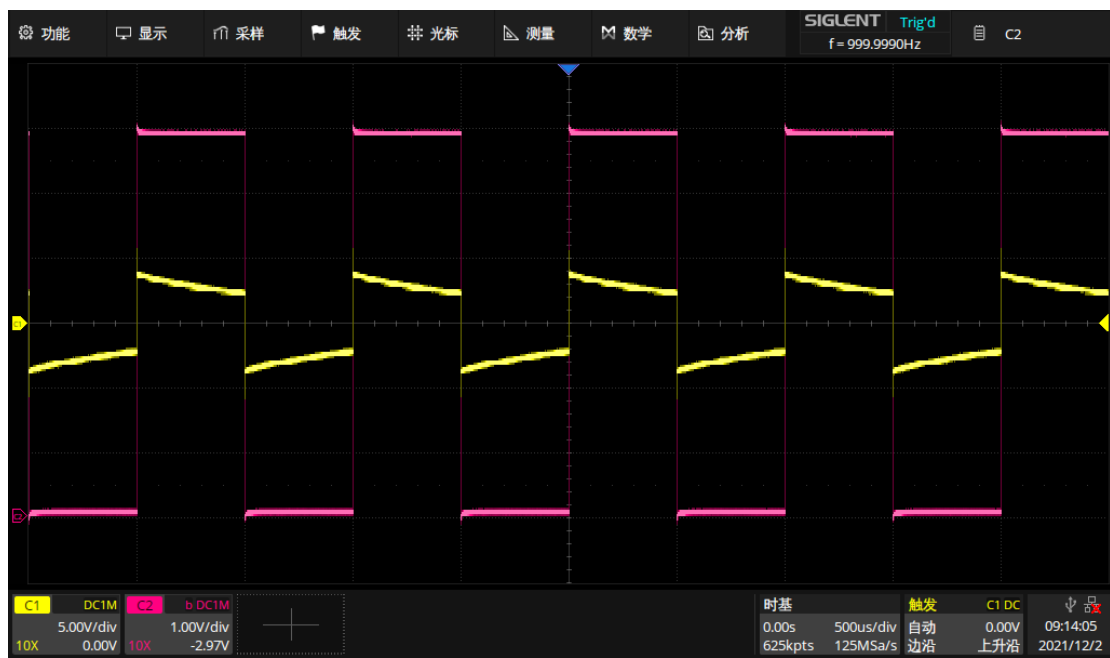
1. 电源的矩形脉冲电压（周期 $T=1\text{ms}$ ）



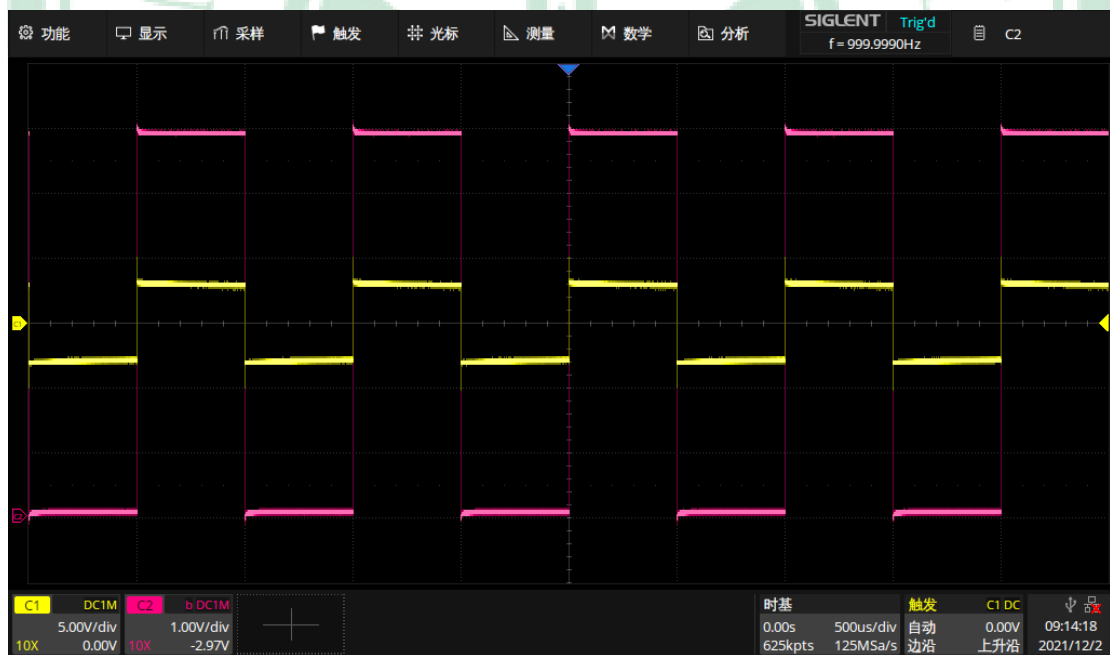
2. 按图 8-10 接线， $R=10\text{K}\Omega$ 时 $C=0.01\mu$ 时的波形：



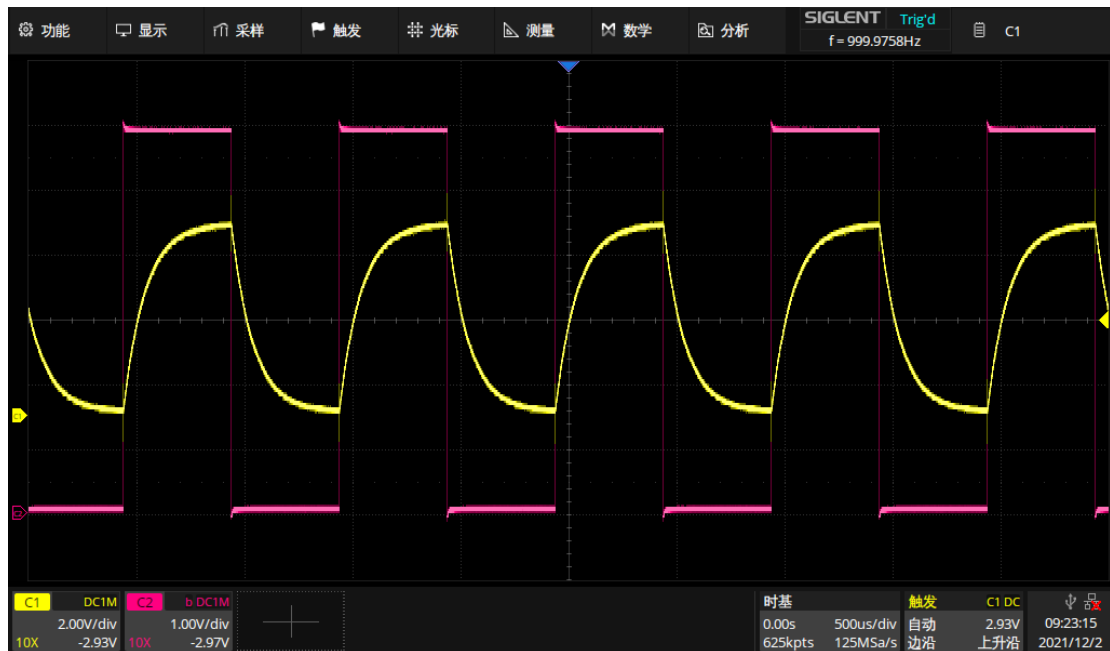
C=0.1 μ 时的波形:



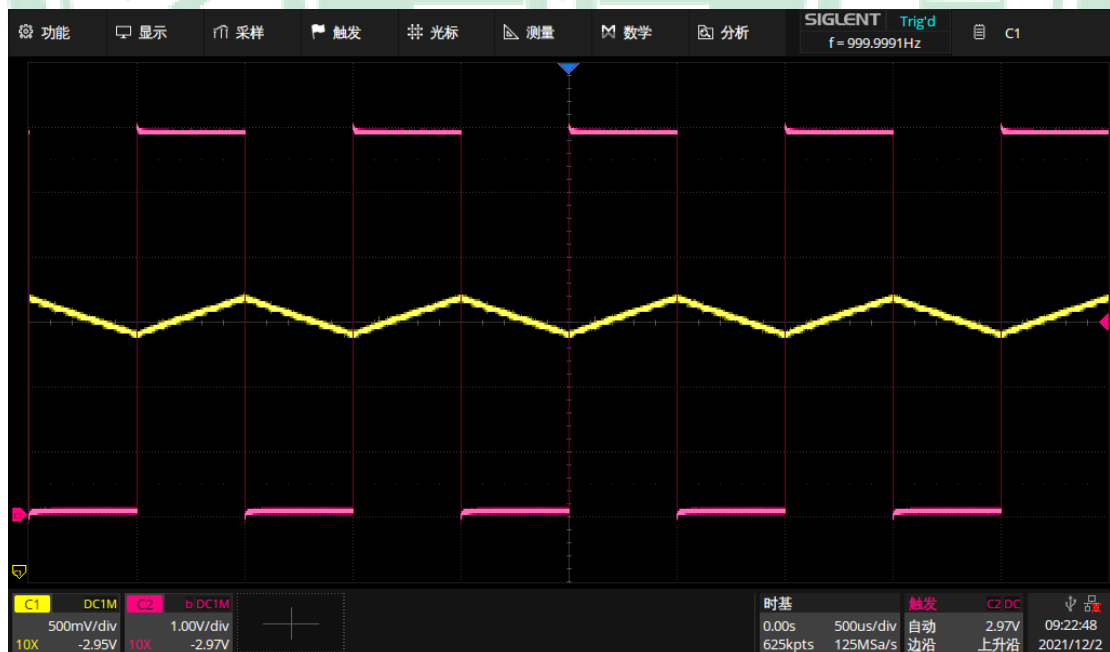
C=1 μ 时的波形:



3. 按图 8-11 接线, $R=10K\ \Omega$ 时
 $C=0.5\ \mu$ 时的波形:



$C=0.01\ \mu$ 时的波形:



4. 按图 8-3 接线， $L=0.2\text{H}$ ， $C=0.1\mu\text{f}$ ，接入 $T=10\text{ms}$ 的矩形脉冲
 $R=500\Omega$ 时 u_{sc} 的波形：



数据记录：

参数	延迟时间	上升时间	峰值时间
	t_d	t_r	t_p
数据 (us)	165	240	455

$R=2\text{K}\Omega$ 时 u_{sc} 的波形：



数据记录:

参数	延迟时间	上升时间	峰值时间
	t_d	t_r	t_p
数据 (us)	202	402	670

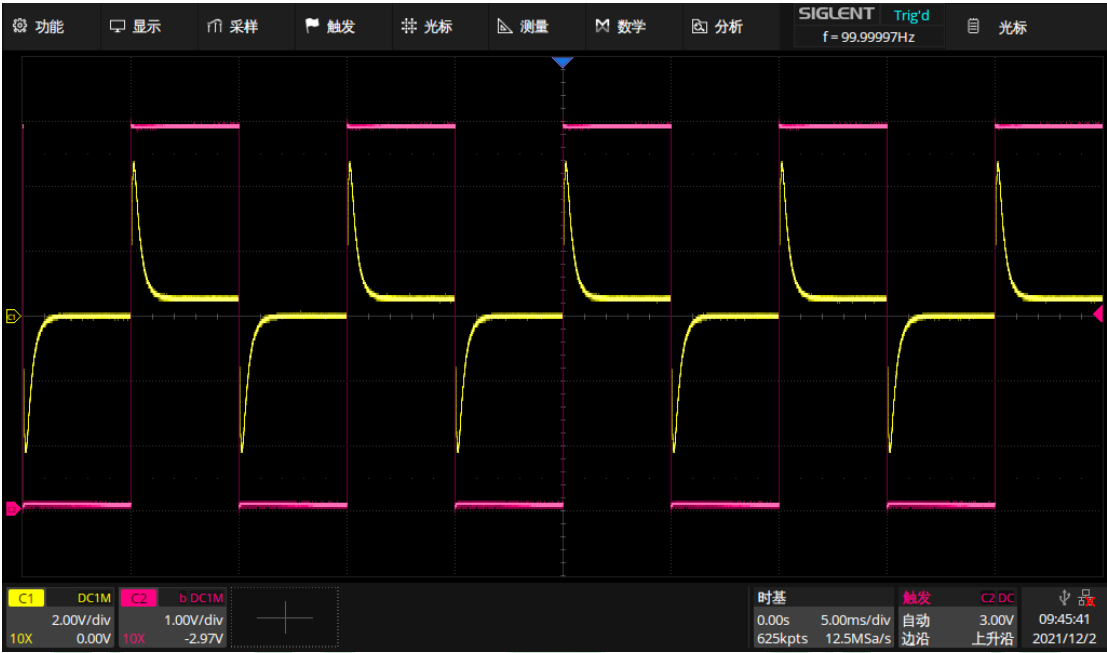
5. 按图 8-4 接线, $L=0.2\text{H}$, $C=0.1\mu\text{f}$ 接入 $T=10\text{ms}$ 的矩形脉冲 $R=4\text{K}\Omega$ 时 u_{sc} 的波形:



数据记录:

参数	延迟时间	上升时间	峰值时间
	t_d	t_r	t_p
数据 (us)	2	4	195

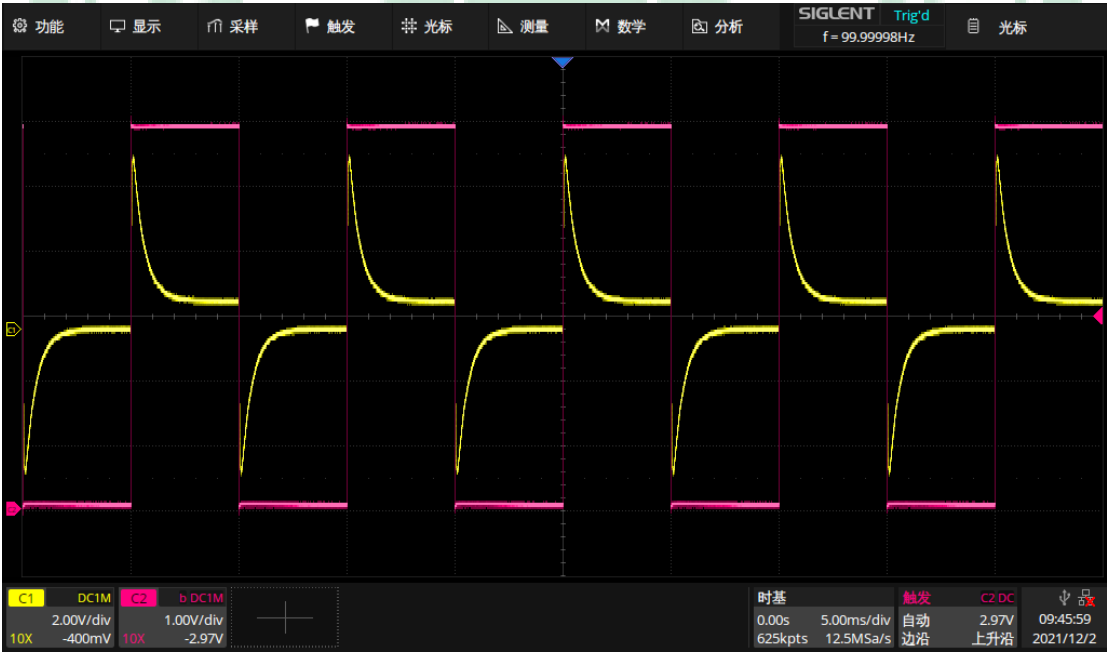
R=500 Ω 时 u_{sc} 的波形:



数据记录:

参数	延迟时间	上升时间	峰值时间
	t_d	t_r	t_p
数据 (us)	2.6	4.6	105

R=270 Ω 时 u_{sc} 的波形:



数据记录:

参数	延迟时间	上升时间	峰值时间
	t_d	t_r	t_p
数据 (us)	2	6	128

七、实验结论

结论：对于一阶动态电路，由于只含一个独立的储能工作原件，可以用三要素法进行暂态分析。在脉冲电路中，一阶电路可以用作微分电路、耦合电路、积分电路使用，其波形图由时间常数 $\tau = RC$ 和脉冲宽度 t_w 共同决定。微分电路要求 $\tau = RC \ll t_w$ ，输出电压从电阻两端输出；积分电路要求 $\tau = RC \gg t_w$ ，输出电压从电容两端输出。

对于二阶动态电路，含有两个独立的储能元件，时间域电路方程是一个二阶线性常微分方程，关键是要根据电路中的元件属性计算临界阻尼状态，判断振荡状态。

误差：本次实验的误差主要出现在连接电路时的系统误差，但是根据实验效果来看，误差对于实验结果的影响极小。

收获：进一步学习了一阶二阶动态电路的计算方法，以及连接电路时实验操作的规范性，对微分电路、积分电路的波形有了进一步的认识。