

# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: RLC串联电路的暂态效应 实验日期: 2023 年 10 月 28 日 晚上  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_ 21号

## 一、实验目的

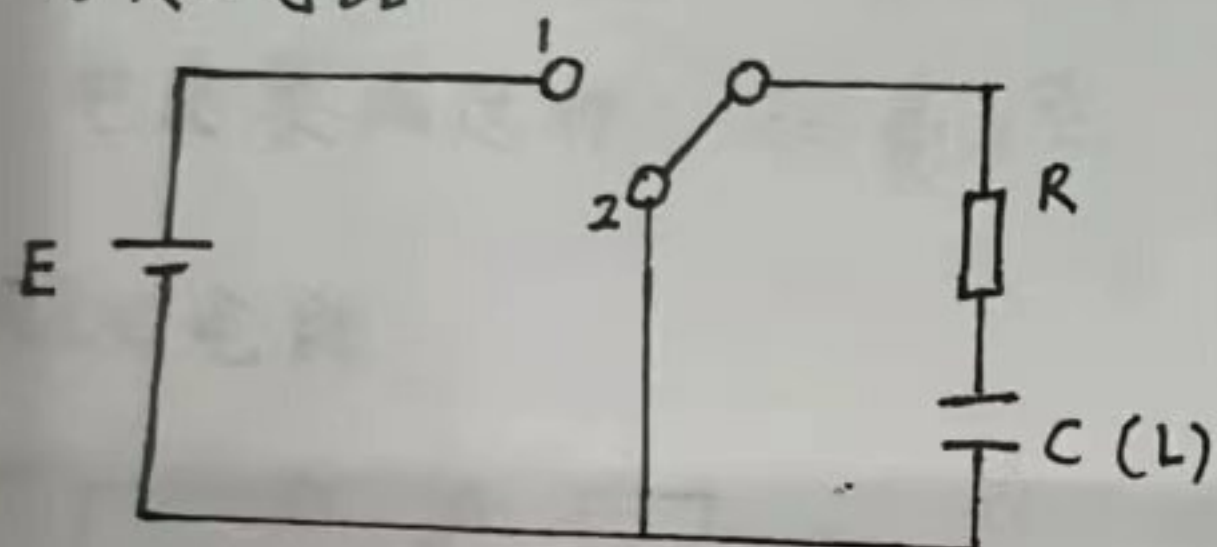
- (1) 研究RC, RL, RLC电路的暂态过程
- (2) 理解时间常数的物理意义, 学会其测量方法

## 二、实验仪器

THMJ-1型交流物理实验仪, 数字式示波器, 导线等

## 三、实验原理

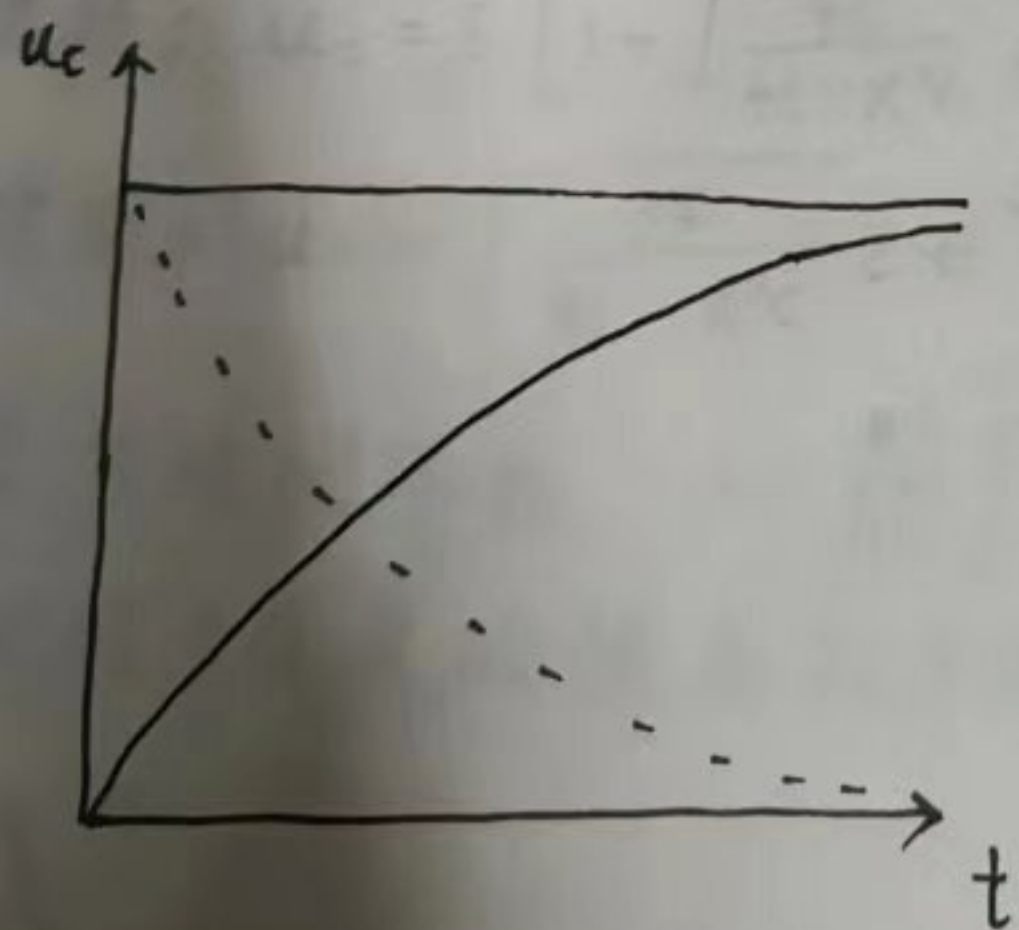
### 1. RC电路



当开关K打向位置1时, 电源对电容器C开始一个充电过程, 这时回路方程和初始条件可表示为

$$\begin{cases} \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{RC} u_c = \frac{E}{RC} \\ u_c(t)|_{t=0} = 0 \end{cases}$$

$$u_c = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad [\text{图中实线}]$$



当电压  $u_c$  上升到  $0.63E$  时, 所对应的时间  $\tau = RC$  定义为电路的时间常数, 是表暂态过程进行快慢的一个物理量

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

当开关  $k$  打向位置 2 时, 电容器  $C$  通过电阻放电,

$$\begin{cases} \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{RC} u_c = 0 \\ u_c(t) |_{t=0} = E \end{cases}$$

$$u_c = E e^{-\frac{t}{RC}} \quad [\text{图中虚线}]$$

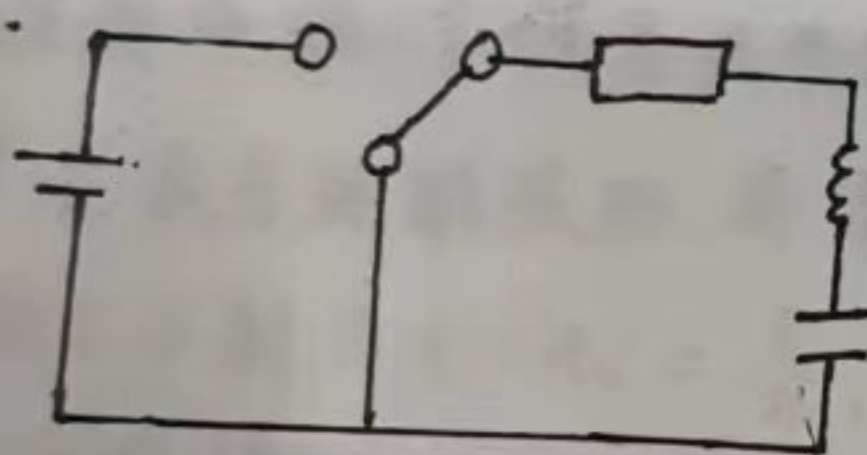
## 2. RL 电阻

将 7-1 中的  $C$  换为电感  $L$ 。当开关置于 1 时, 电流逐渐增大到  $\frac{E}{R}$ , 当开关  $k$  置于 2 时, 电流  $i$  从  $i = \frac{E}{R}$  逐渐衰减到 0

$$\text{电流增加过程 } i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{L/R}})$$

$$\text{电流衰减过程: } i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{L/R}} \quad T = \frac{L}{R}$$

## 3. RLC 电路



$$\text{定义阻尼系数 } \lambda = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

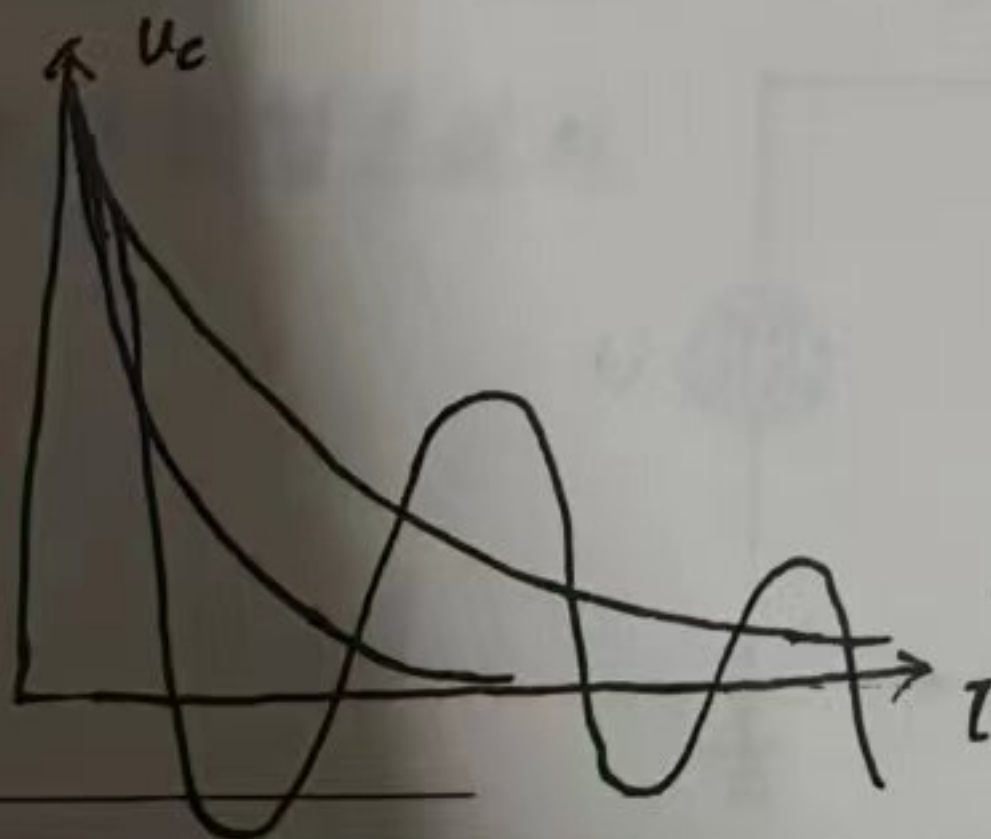
(1) 阻尼较小时,  $\lambda < 1$ ,  $R^2 < \frac{L}{4C}$

$$\text{充电过程: } u_c = E \left[ 1 - \sqrt{\frac{4L}{4L - R^2C}} e^{-\frac{t}{2L/R}} \right] \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{放电过程: } u_c = \sqrt{\frac{4L}{4L - R^2C}} E \cdot e^{-\frac{t}{2L/R}} \cos(\omega t + \varphi)$$

$T = \frac{2L}{R}$  为时间常数,  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{R^2C}{4L}}$  为衰减振荡的角频率

$u_c$  随时间  $t$  以衰减振荡的方式逐渐衰减至零, 如图所示



(7-4)

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

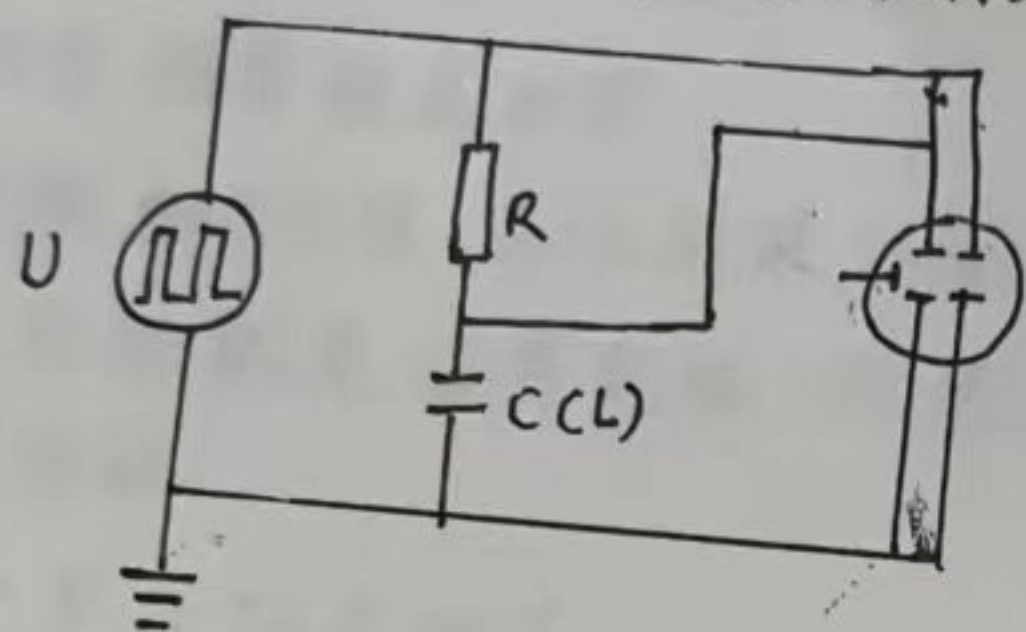
课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

- (2) 临界阻尼状态, 即  $R^2 = \frac{4L}{C}$ , 此时  $U_C$  的变化过程不再具有周期性, 如 7-4 所示  
(3) 过阻尼状态, 即  $R^2 > \frac{4L}{C}$ , 此时已不再振荡, 缓慢衰减到 0, 如 7-4 所示

## 四. 实验内容及数据处理

### 1. RC 电路的暂态过程

- (1) 观测电容器上电压随时间的变化关系



(7-5)

按图连线, 令信号发生器输出频率  $f = 500 \text{ Hz}$  的方波, 并接入示波器  $Y_1$  输入端, 观察记录方波的波形, 再将  $U_C$  接到示波器  $Y_2$  输入端,  $C$  取  $0.47 \mu\text{F}$ . 改变  $R$  的阻值, 使  $\tau$  分别为  $\tau = RC = \frac{T}{2}$ ,  $\tau \ll \frac{T}{2}$ ,  $\tau \gg \frac{T}{2}$ ,  $T$  是输入方波信号的周期, 观察记录这三种情况下  $U_C$  的波形, 并解释  $U_C$  的规律

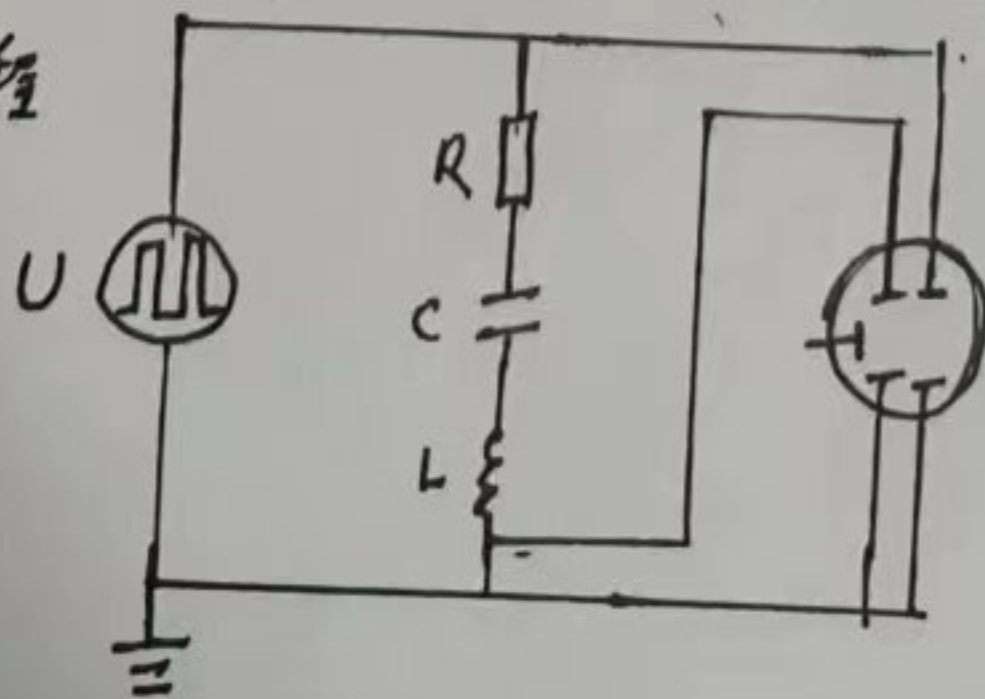
- (2) 测量时间常数  $\tau$ .

改变  $R$  的阻值, 分别使  $\frac{T}{2} = 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau, 6\tau, 7\tau$ , 利用示波器测量每种情况下的  $\tau$  值, 作出  $R-\tau$  关系曲线, 并与  $\tau$  的定义  $\tau = RC$  进行比较

### 2. RL 电路的暂态过程

把 7-5 中电容用  $10 \text{ mH}$  的电感  $L$  代替, 参照 1 中的步骤, 观测三种不同  $\tau$  值情况下,  $U_R$  和  $U_L$  的波形, 并任意改变  $R$  值, 作  $R-\tau$  关系曲线, 并与理论公式比较

### 3. RLC 电路的暂态过程



联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

(1) 按图连线, 取电感  $L$  为  $10\text{mH}$ , 电容  $C$  为  $0.047\mu\text{F}$ , 计算三种不同阻尼状态所对应的电阻值范围

(2) 选择合适的  $R$  值, 使示波器上出现完整的阻尼振荡波形

1) 测量周期  $T$  及衰减时间常数  $\tau$

2) 改变  $R$  的阻值, 观察振荡波形的变化情况

(3) 观察临界阻尼状态

逐渐加大  $R$  值, 当  $U_C$  的波形刚刚不出现振荡时, 即处于临界状态, 此时回路的总电阻就是临界电阻. 把该临界电阻与用公式  $R^2 = \frac{4L}{C}$  计算出来的总阻值进行比较,

(4) 观察过阻尼状态

继续加大  $R$  值, 即电路处于过阻尼状态, 观察不同  $R$  对  $U_C$  波形的影响.

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

2130Ω

$$U = 9.44V \quad \Delta V = U \times 0.63 = 5.95V$$

$$\Delta t = 1.080ms$$

20Ω

$$U = 9.44V \quad \Delta V = U \times 0.63 = 5.95V$$

$$\Delta t = \frac{18.00}{18.00} \mu s$$

6000Ω

$$U = 9.328V \quad \Delta V = U \times 0.63 = 5.84V$$

$$\Delta t = 2.900ms$$

临界阻尼 740Ω

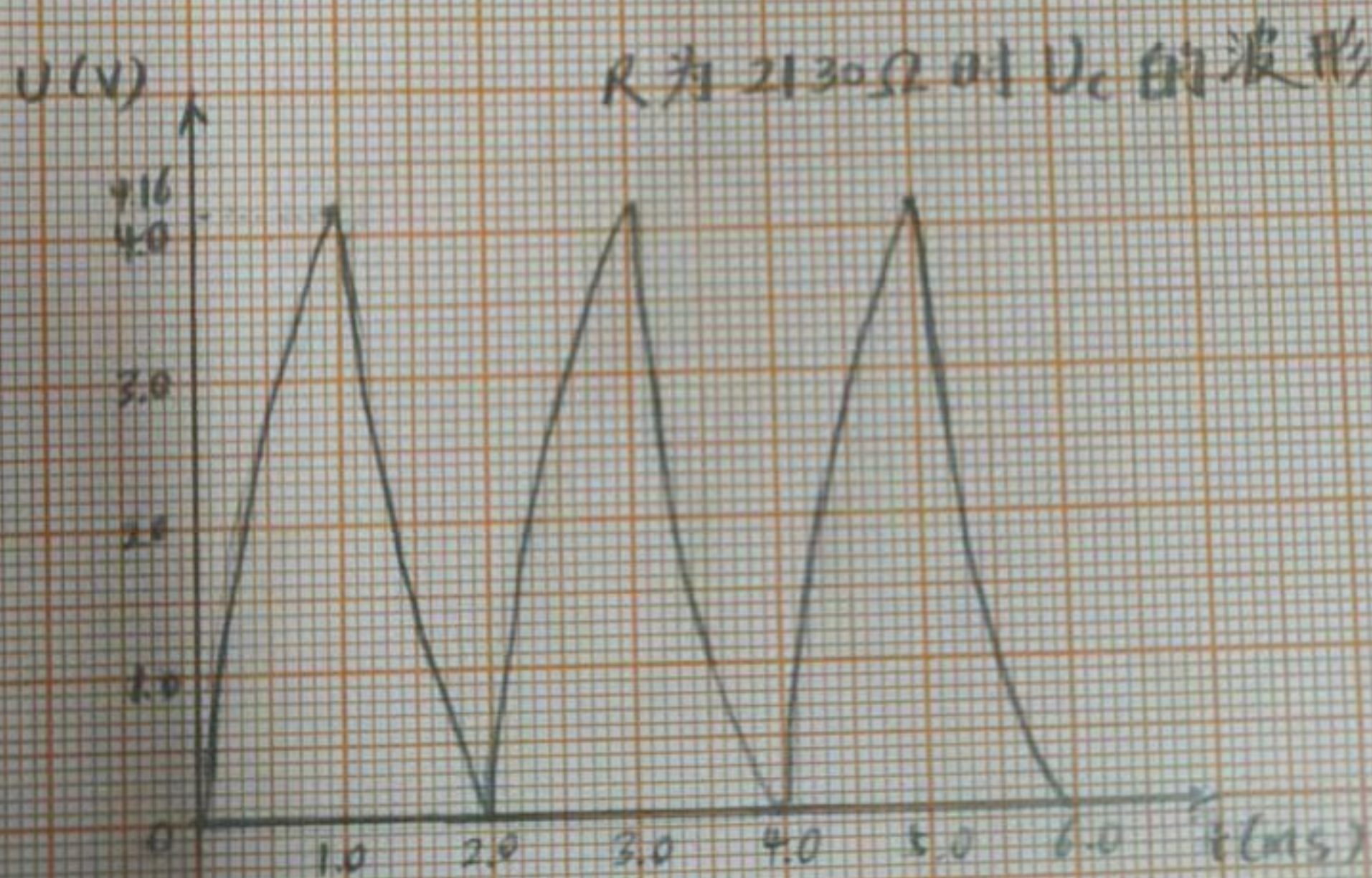
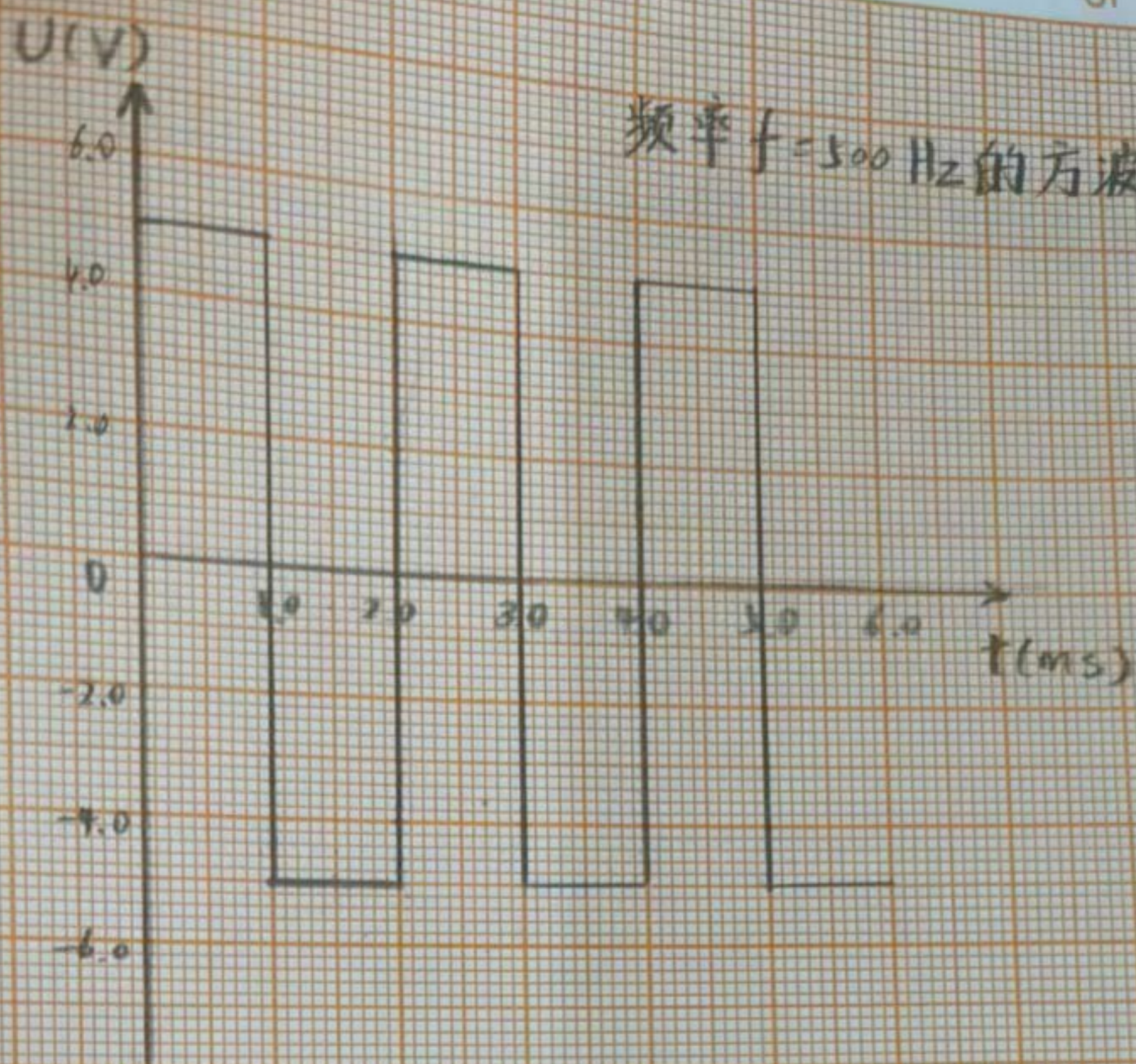
$$T = \Delta T = 152.0 \mu s$$

$$A_1 = 6.64V$$

$$A_2 = 2.96V$$

指导教师签字: \_\_\_\_\_

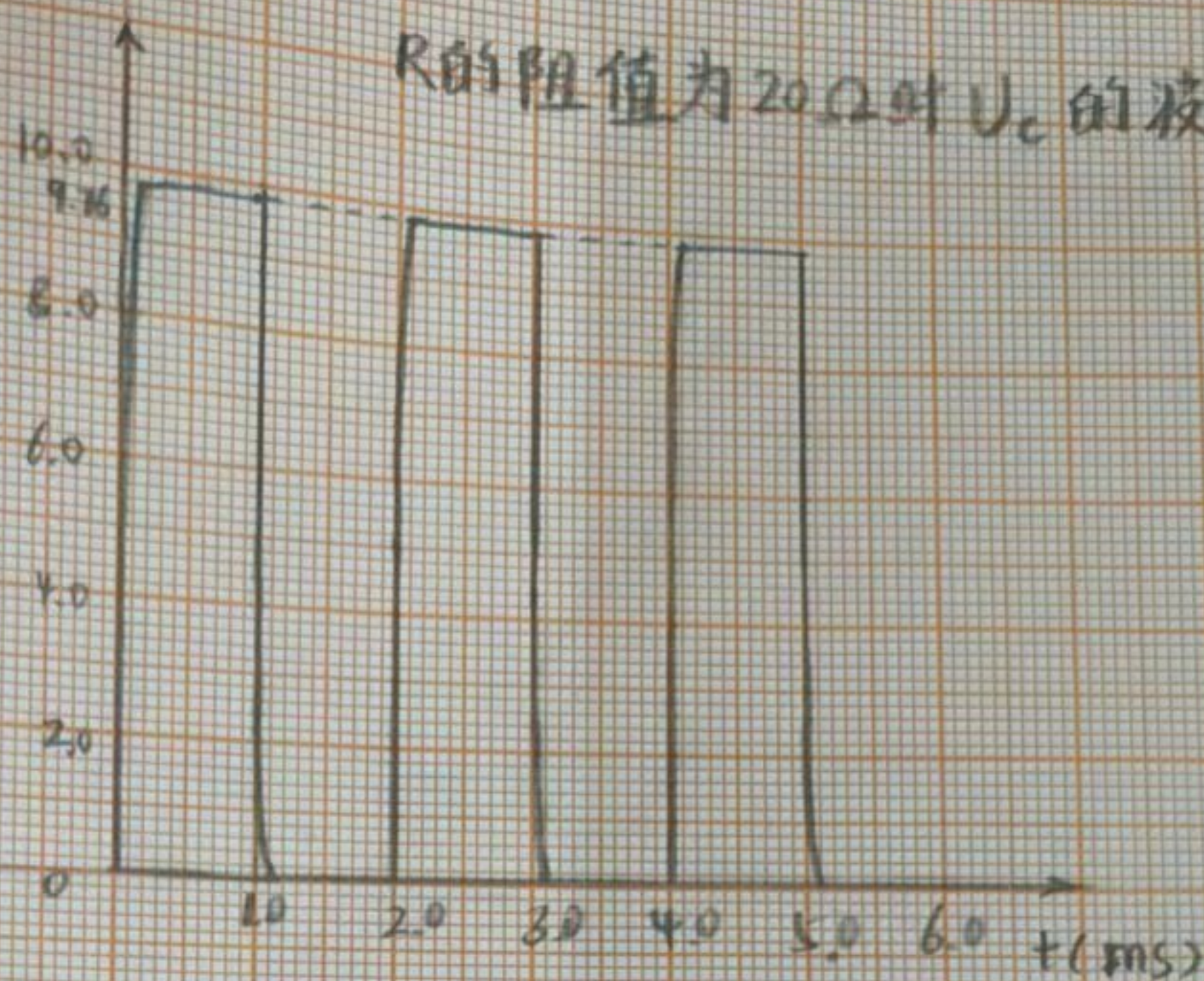






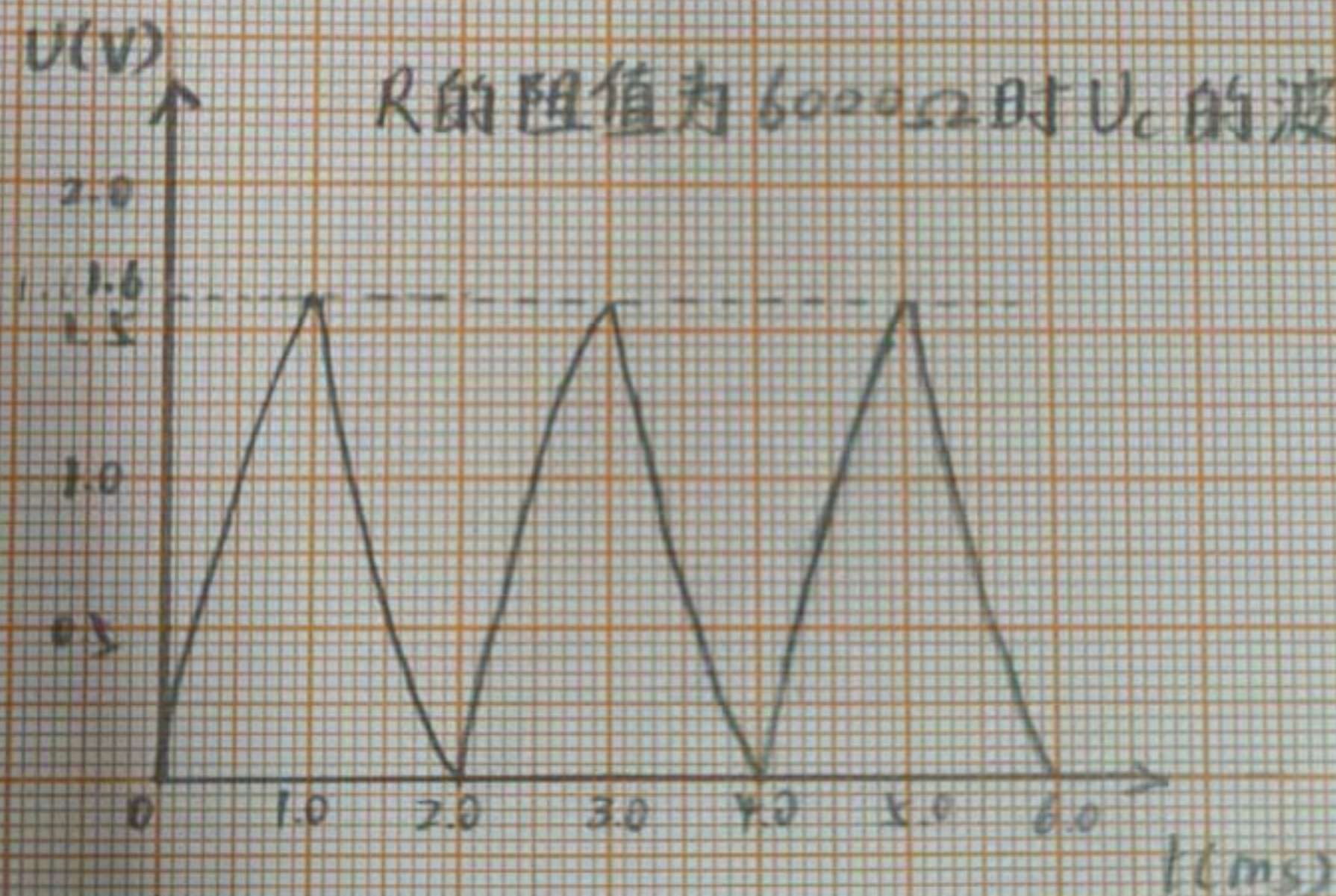
$U(V)$

$R$  的阻值为  $20\Omega$  时  $U_c$  的波形



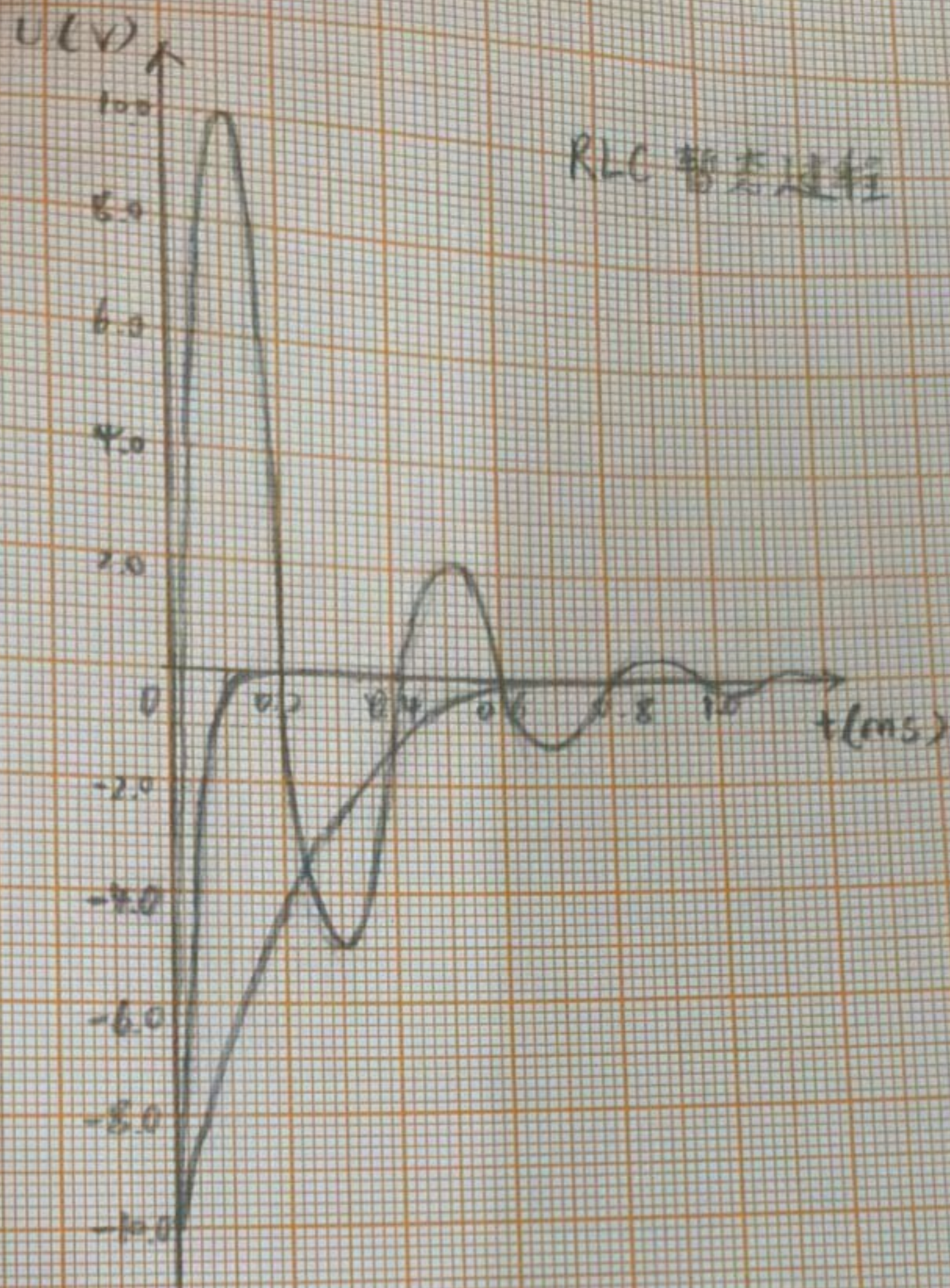
$U(V)$

$R$  的阻值为  $6000\Omega$  时  $U_c$  的波形





# RLC 暂态过程





# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

$\phi$	$\tau$		
		$1.080ms$	$18.00\mu s$
			$2.900ms$
$R$		$2130\Omega$	$20\Omega$
			$6000\Omega$

$$\Delta t = 152.0\mu s$$

$$A_1 = 6.64V, \quad A_2 = 2.96V$$

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)} = 188.14\mu s$$

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

1. ① 电阻  $R$  改变, 时间常数改变, 零输入响应速度变化, 衰减时速度改变, 齐次方程的特征根改变, 产生不同的波形

② \* 改变频率, 系统的时间常数不变, 会得到类似的结果

2. ① 不能观察到完整的波形,  $\omega$  过高, 波形不完整, 高于此谐振频率时, 看不到波阻尼振荡波形。而  $\omega$  很低时, 会出现类似锥形的振荡波形

② 不会发生变化,  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{4L}}$ ,  ~~$T$  与  $\omega$  的关系~~,  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ,  
所以  $T$  与  $\omega$  与方波频率无关, 不因方波频率变化而变化

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_