

上海交通大学

实验报告

姓名

姓名

班级

实验名称

组别

实验指导教师

实验日期

成绩

二阶电路的响应

一. 实验目的

- 观察二阶电路在过阻尼、临界阻尼和欠阻尼、无阻尼四种情况下响应波形，加深对二阶电路响应的认识和理解
- 了解参数对二阶响应的影响
- 进一步掌握示波器的使用

二. 实验原理

- 二阶电路是指由二阶微分方程描述的动态电路，通常包含两个独立储能元件

RLC串联电路

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC} u_c = \frac{1}{LC} u_s$$

$$\text{初始值 } u_c(0-) = u_0, \quad \left. \frac{du_c(t)}{dt} \right|_{t=0-} = \frac{i_L(0-)}{C} = \frac{I_0}{C}$$

$$\text{定义: 阻尼系数 } \alpha = \frac{R}{2L} \quad \text{谐振角频率 } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{则原方程改为 } \frac{d^2 u_c}{dt^2} + 2\alpha \frac{du_c}{dt} + \omega_0^2 u_c = \omega_0^2 u_s$$

$$\text{特征方程 } s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$$

$$\text{特征根 } s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}, \quad s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

类似数学中的方法，讨论特征根的不同情况，将响应分为过阻尼、临界阻尼、欠阻尼和无阻尼响应四种情况

上海交通大学

实验报告

姓名

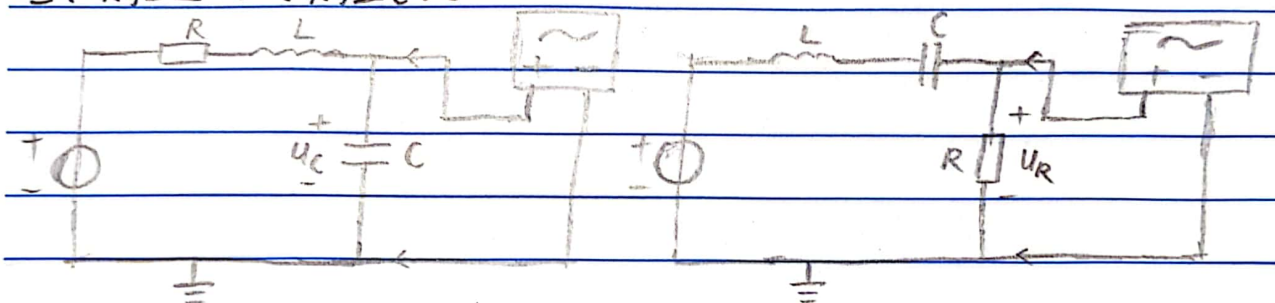
班级
实验名称

组别
实验指导教师

实验日期
成绩

- ① 当 $\alpha > \omega_0$ 时, s_1, s_2 为相异实根, 响应波形非振荡, 称过阻尼响应
- ② 当 $\alpha = \omega_0$ 时, s_1, s_2 为相等实根, 响应波形非振荡, 称临界阻尼
- ③ 当 $0 < \alpha < \omega_0$ 时, s_1, s_2 为共轭复根, 响应波形振荡衰减, 称欠阻尼响应
- ④ 当 $\alpha = 0$ 时, s_1, s_2 为共轭虚根, 响应波形正弦振荡不衰减, 称无阻尼响应

三. 实验过程及实验电路



- 取 $C = 0.01 \mu F$, $L = 0.01 H$, 计算 R , 使暂态过程分别为: 过阻尼、欠阻尼。信号源输出 $\pm 8V$ 的方波, 调节可变电阻箱。取合适的方波频率, 使衰减振荡有足够的时间减小到 0。用示波器记录过阻尼、欠阻尼的电容电压和电流 (电阻电压) 波形
- 欠阻尼组, 测出 $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$ $\omega_{d1} = 87.27 kHz$
- 改变 C, L , 使 $C = 0.1 \mu F$, $L = 0.01 H$, 重复过程 1 $\omega_{d2} = 30.50 kHz$

四. 注意事项

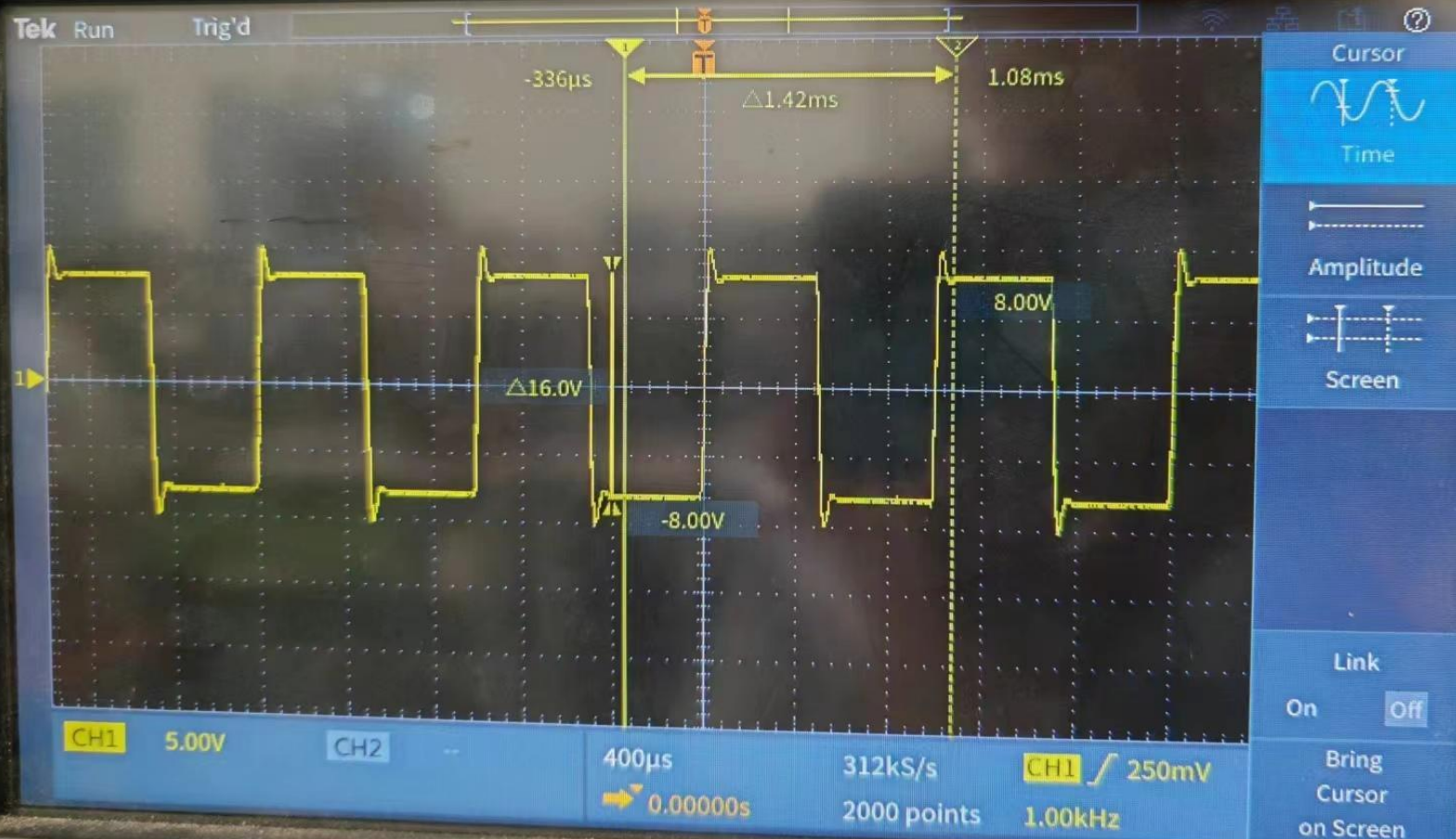
- 示波器观察电压必须注意接地的问题
- 信号源和示波器接地点要相连, 因此二者输入线的黑夹子应夹在同一位置
- 信号源的输出方波信号的周期需大于 2 倍的暂态响应时间

欠阻尼电阻1

Tektronix

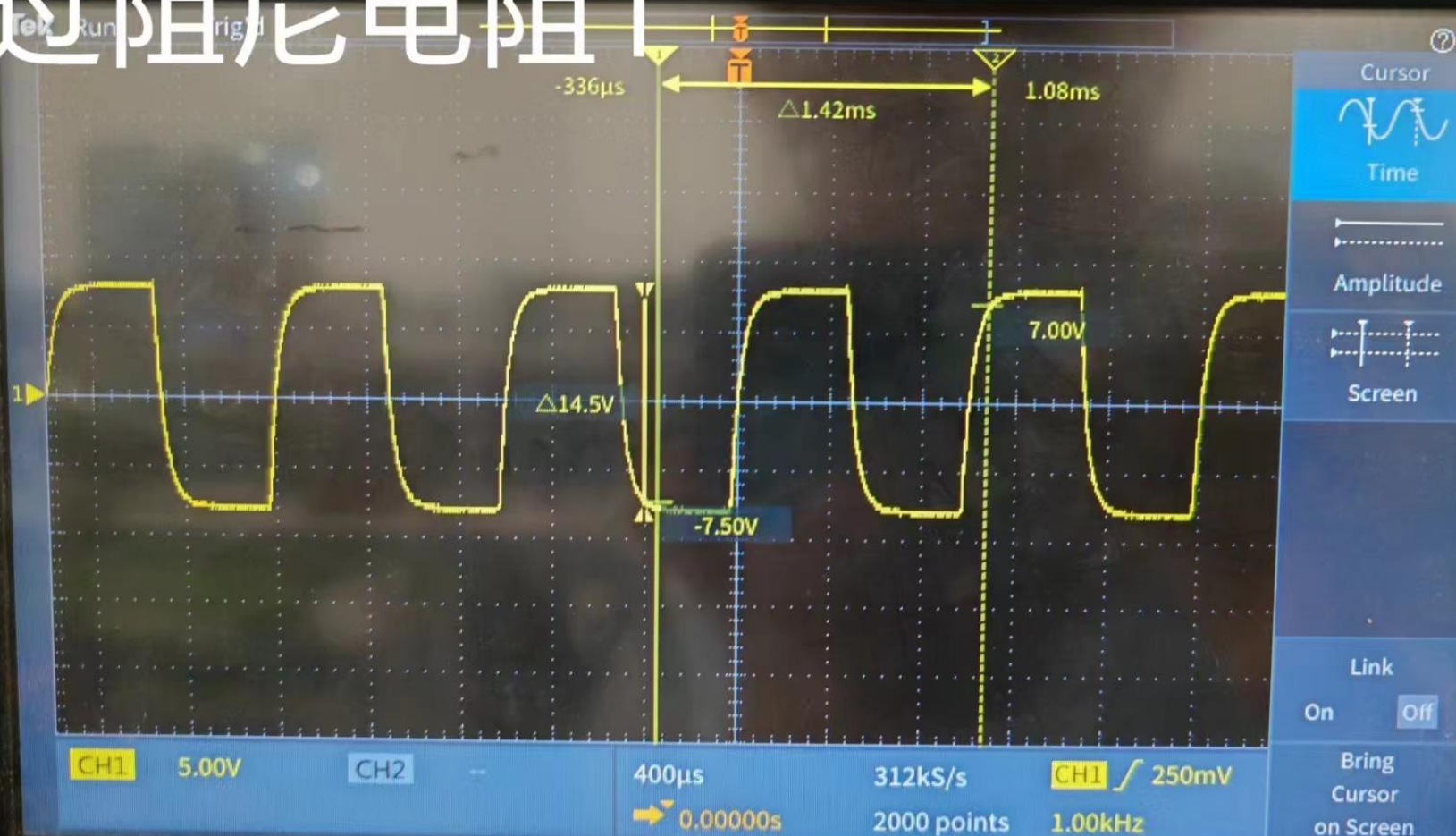
TBS 2000 SERIES DIGITAL OSCILLOSCOPE

100 MHz 1 GS/s



过阻尼电阻1

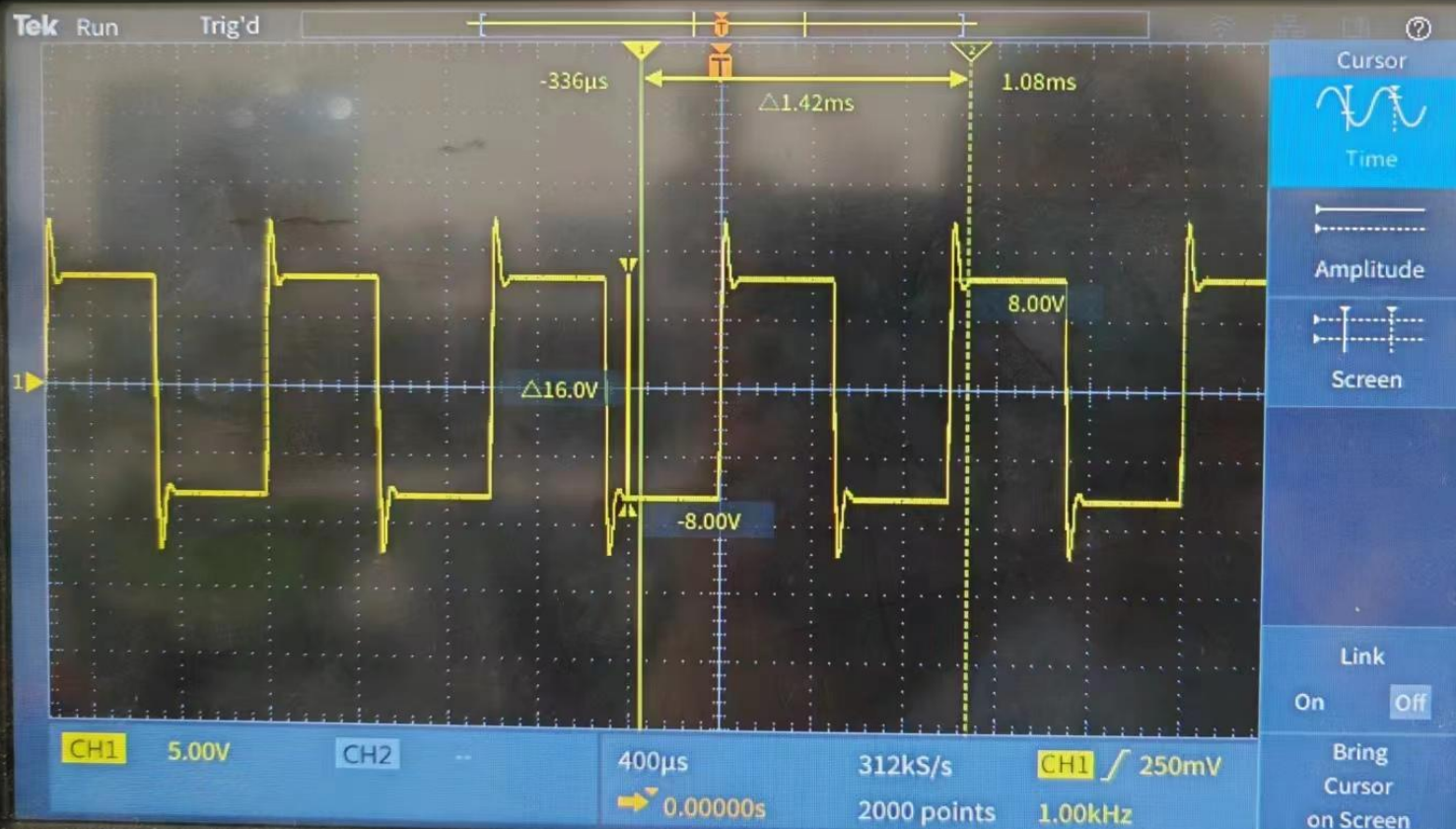
SDH



欠阻尼电容1

Tektronix

TBS 2000 SERIES DIGITAL OSCILLOSCOPE 100 MHz 1 GS/s

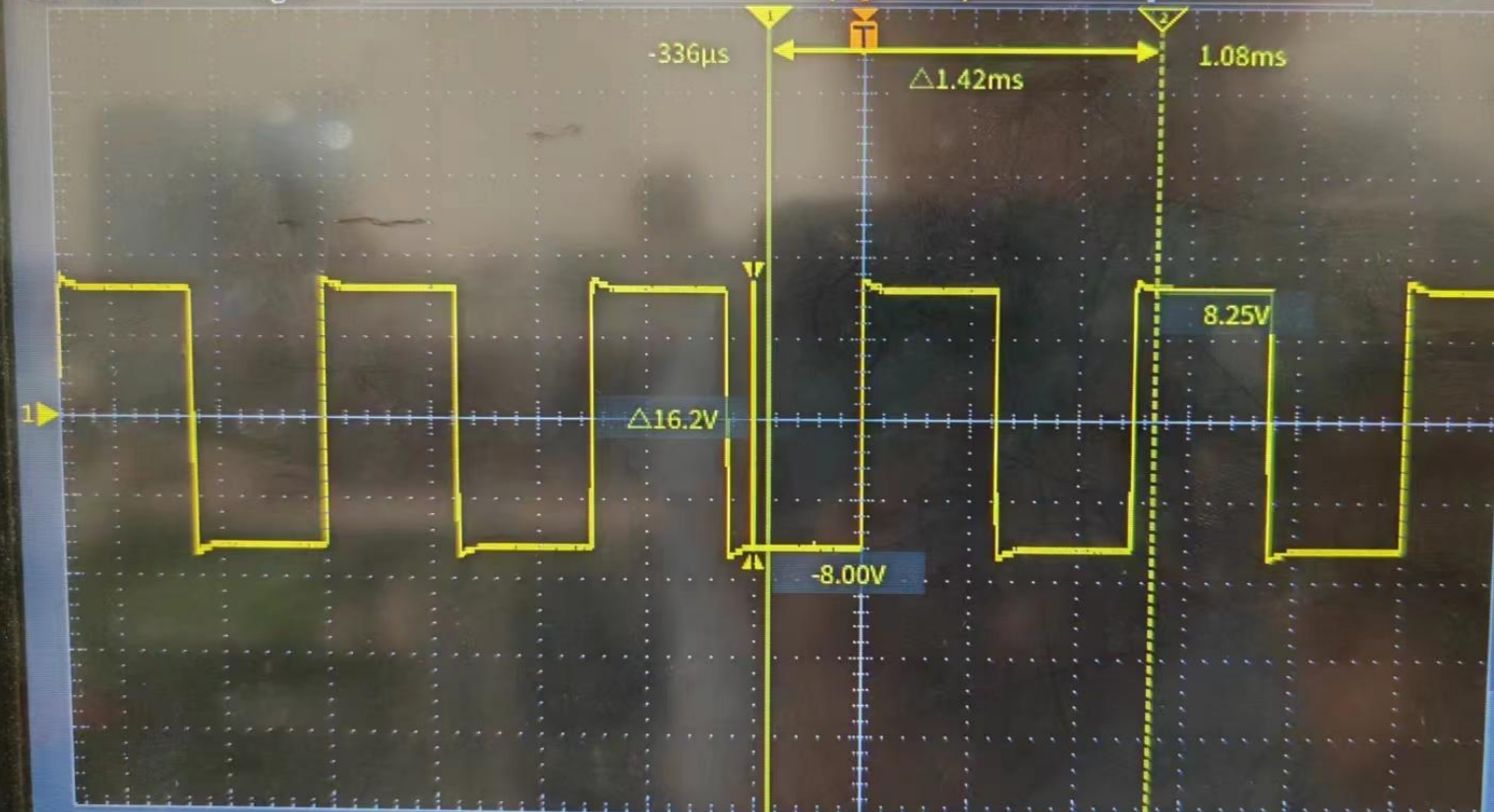


过阻尼电容1

TBS 2000 SERIES DIGITAL OSCILLOSCOPE

100 MHz 1

Tek Run Trig'd



Cursor



Time



Amplitude



Screen

Link

On

Off

Bring
Cursor
on Screen

CH1

5.00V

CH2

400µs

0.00000s

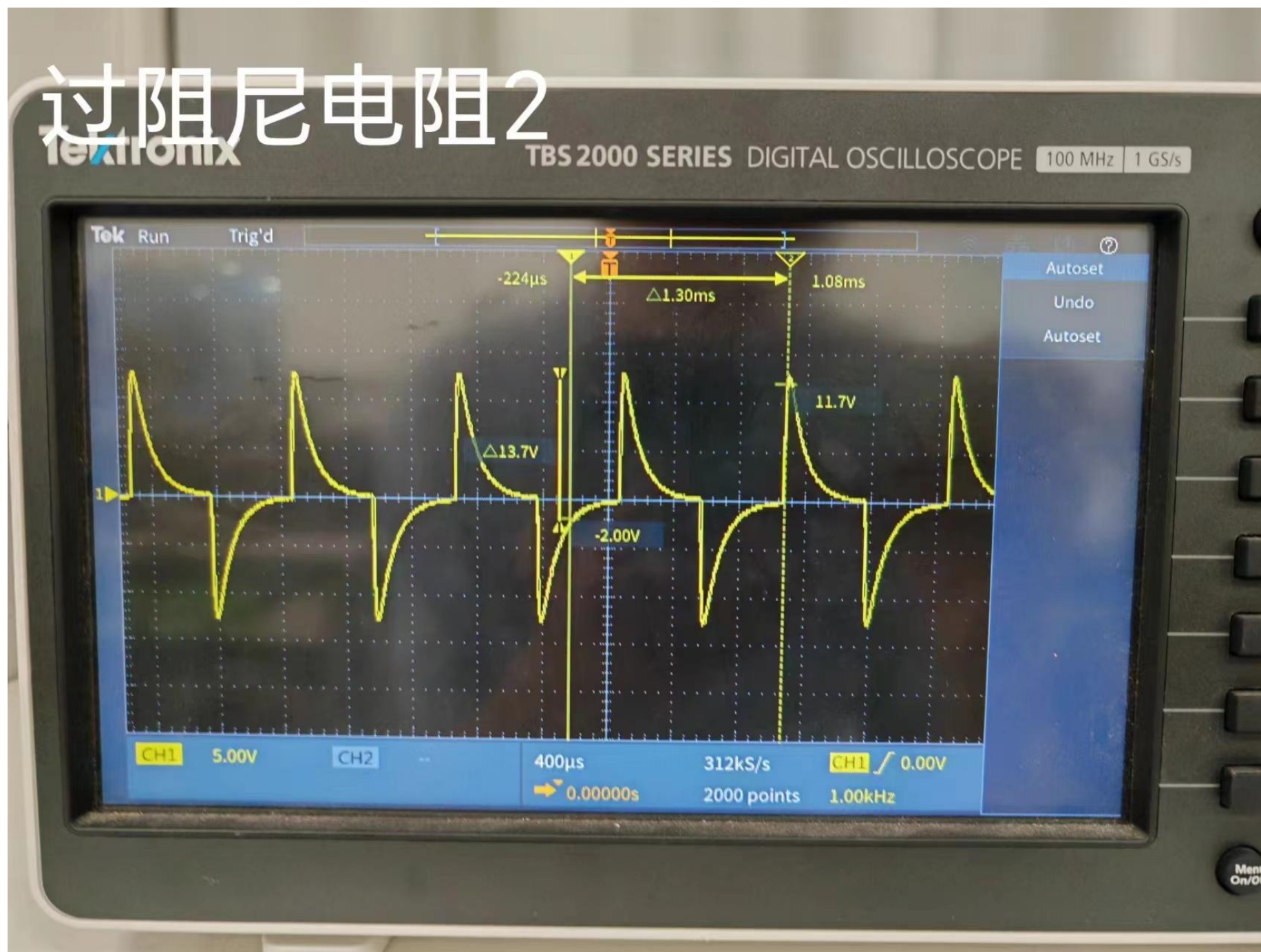
312kS/s

2000 points

CH1 250mV

1.00kHz

过阻尼电阻2

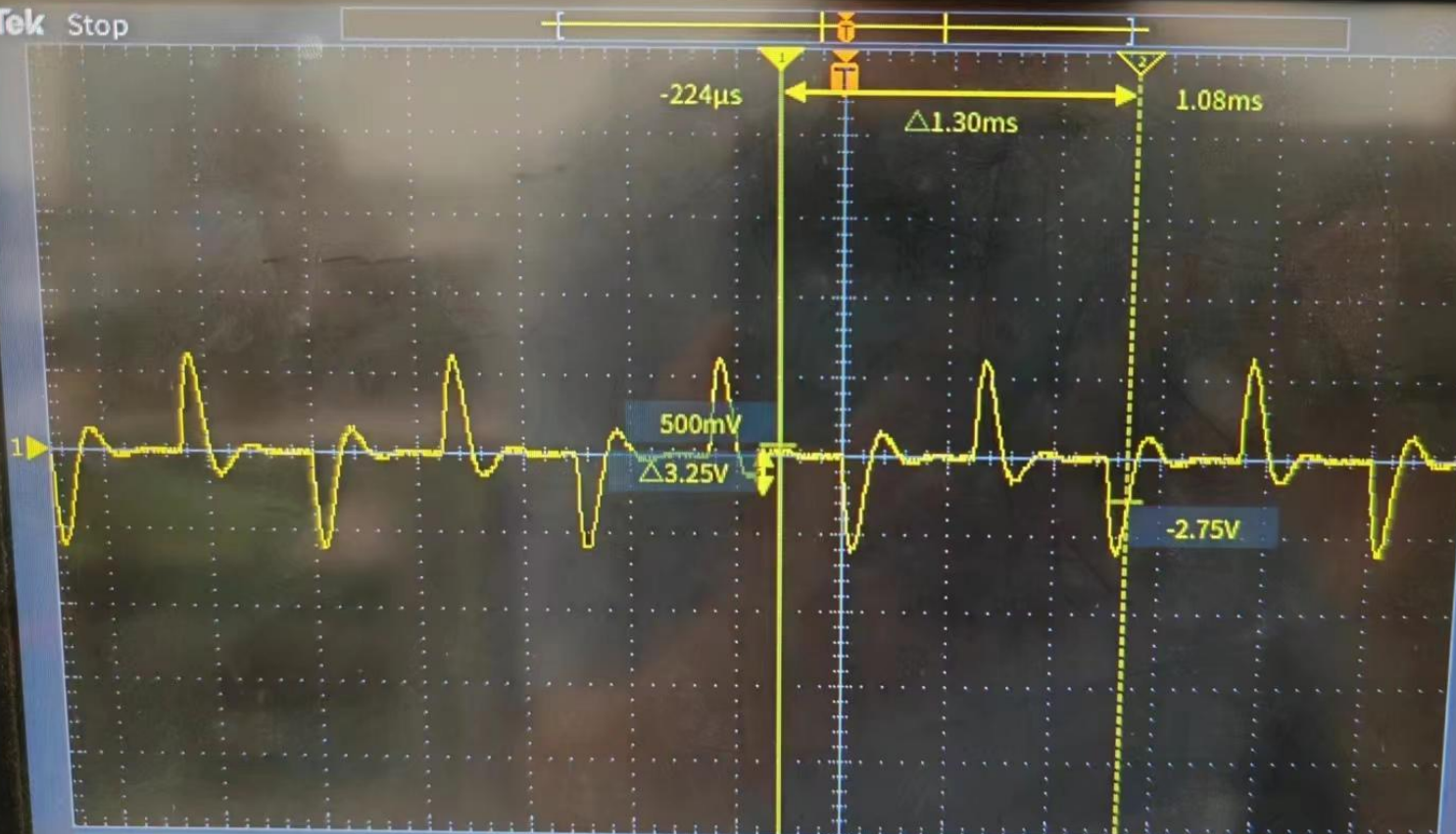


欠阻尼电阻2

TBS 2000 SERIES DIGITAL OSCILLOSCOPE

100 MHz 1 G

Tek Stop



Autoset

Undo

Autoset

CH1

5.00V

CH2

400 μs

312kS/s

CH1 / 0.00V

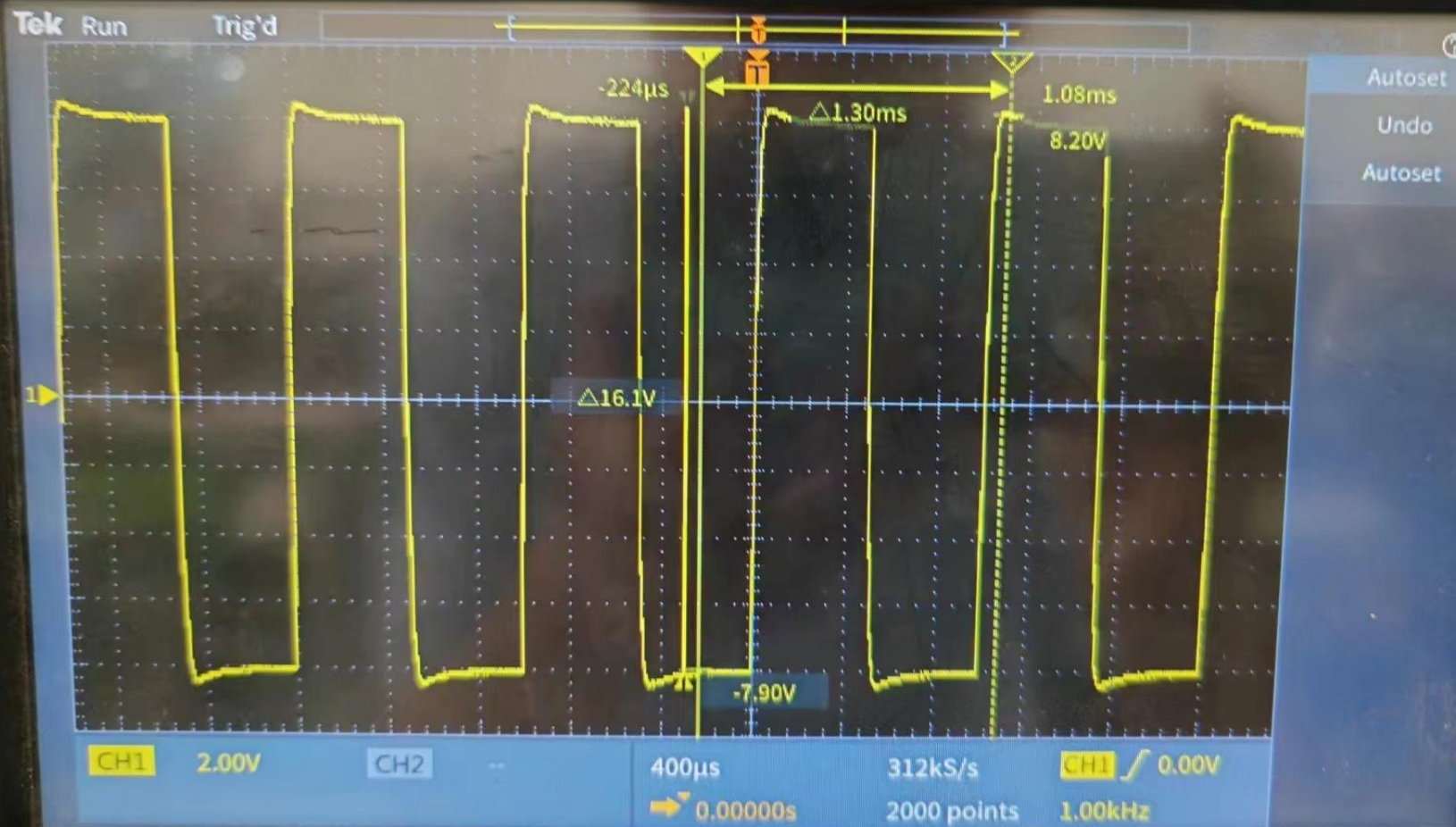
0.00000s

2000 points

5.00kHz

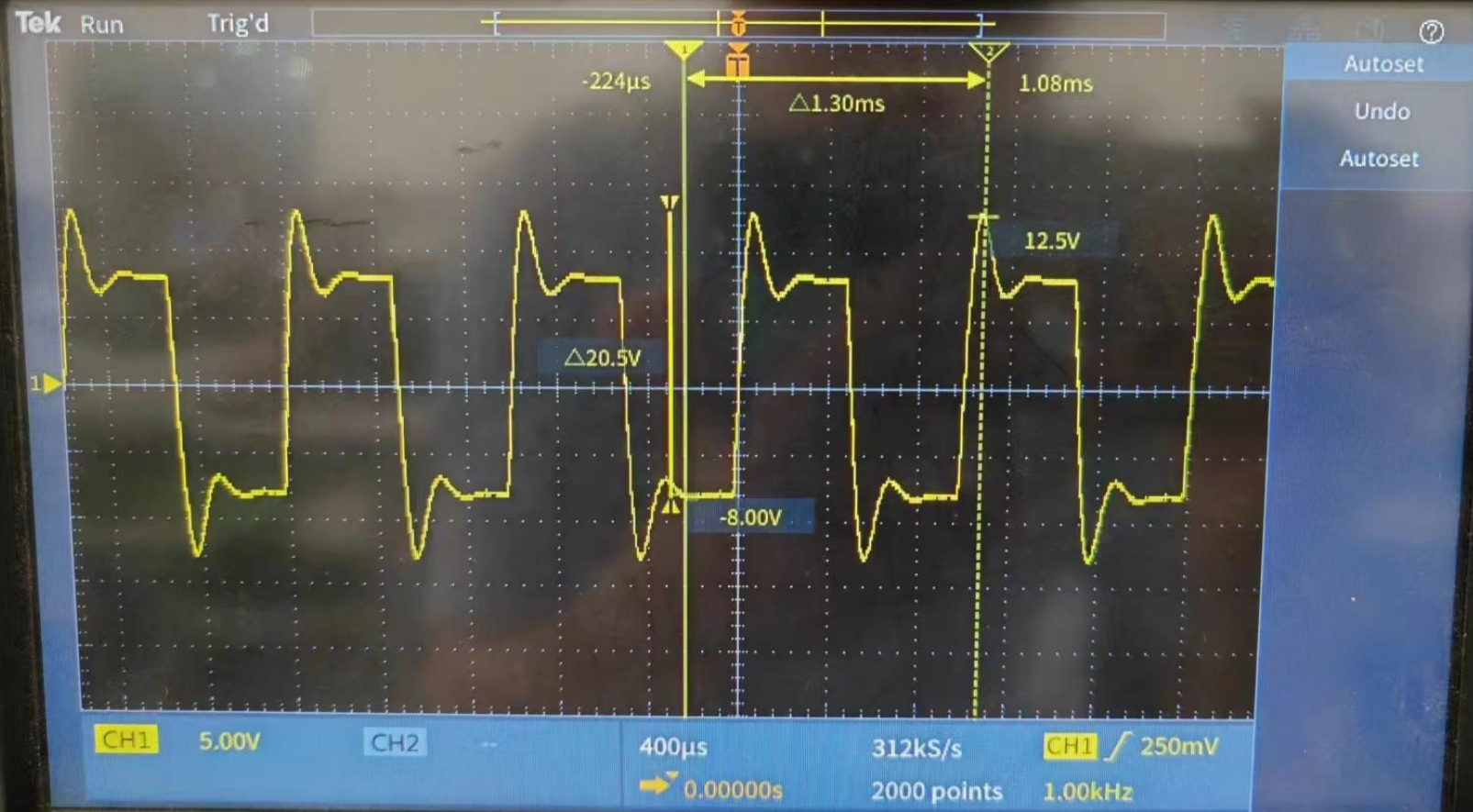
过阻尼电容2

TBS 2000 SERIES DIGITAL OSCILLOSCOPE 100 MHz 1 GS/s



欠阻尼电容2

TBS 2000 SERIES DIGITAL OSCILLOSCOPE 100 MHz 1 GS/s



二阶电路响应课后内容

思考题

1. 当 $\alpha = 0$ 即 $R = 0$ 时即可产生无阻尼振荡；

当 $\alpha < 0$ 即 $R < 0$ 时即可产生放大振荡，但受限于负电阻维持、电容电感结构特性，不能将信号放大到无穷大

2. 不能达到稳定值便进入下一周期，形成连续的 \sin 波形

3. RLC 并联电路 ^{频率只与 C 和 L 有关} ~~为二阶电路~~，增大 R 不会影响 f

4. 通过 STOP 功能截取出 0 放电的图象，通过移动显示线得到波峰波谷值和间距，进而完成计算