

预习报告		实验记录		分析讨论		总成绩	
25		25		30		80	

年级、专业：	2022 级物理学	组号：	D8
姓名：	黄罗琳、王显	学号：	22344001、22344002
实验时间：	2024/3/27	教师签名：	

ET5 一阶电路暂态过程的研究

【实验报告注意事项】

1. 实验报告由三部分组成：
- (a) 预习报告：课前认真研读实验讲义，弄清实验原理；实验所需的仪器设备、用具及其使用、完成课前预习思考题；了解实验需要测量的物理量，并根据要求提前准备实验记录表格（可以参考实验报告模板，可以打印）。（20 分）

(b) 实验记录：认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名（用铅笔记录的被认为无效）。保持原始记录，包括写错删除部分，如因误记需要修改记录，必须按规范修改。（不得输入电脑打印，但可扫描手记后打印扫描件）；离开前请实验教师检查记录并签名。（30 分）

(c) 数据处理及分析讨论：处理实验原始数据（学习仪器使用类型的实验除外），对数据的可靠性和合理性进行分析；按规范呈现数据和结果（图、表），包括数据、图表按顺序编号及其引用；分析物理现象（含回答实验思考题，写出问题思考过程，必要时按规范引用数据）；最后得出结论。（30 分）
- 实验报告就是将预习报告、实验记录、和数据处理与分析合起来，加上本页封面。（80 分）
2. 每次完成实验后的一周内交实验报告（特殊情况不能超过两周）。
3. 其它注意事项：
- (a) 请认真查看并理解实验讲义第一章内容；

(b) 注意实验器材的合理使用；

(c) 使用结束使用各种仪器之后需要将其放回原位。

【实验安全注意事项】

1. 电路左端为输入端，加方波信号，右端为输出端，接示波器，不要弄错。
2. 用示波器观察波形，一定要将输入信号选择开关置于“AC”位置，随被测信号幅值不同，改变幅值开关的位置，使波形清晰可测。

目录

1	ET5 一阶电路暂态过程的研究 预习报告	3
1.1	实验目的	3
1.2	仪器用具	3
1.3	原理概述	3
1.4	实验预习题	4
2	一阶电路暂态过程的研究 实验记录	5
2.1	实验内容、步骤与结果	5
2.1.1	实验步骤	5
2.1.2	实验结果	6
2.2	实验过程遇到问题及解决办法	9
3	一阶电路暂态过程的研究 分析与讨论	10
3.1	实验数据分析与讨论	10
3.1.1	RC 微分电路	10
3.1.2	RL 微分电路	10
3.1.3	RC 积分电路	10
3.1.4	RL 积分电路	11
4	一阶电路暂态过程的研究 结语	12
4.1	实验心得和体会、意见建议等	12
4.2	附件	12

ET5 一阶电路暂态过程的研究 预习报告

1.1 实验目的

1. 研究一阶电路的零输入响应，零状态响应及全响应的基本规律和特点。
2. 学习一阶电路时间常数 的测量方法。
3. 熟悉微分和积分电路结构，加深对构成微分和积分电路必要条件的理解。
4. 进一步熟悉应用示波器进行电参数测量的方法。

1.2 仪器用具

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	电路原理箱或板	1	一阶电路动态过程的研究
2	示波器	1	
3	2 号实验导线	n	二端 2 号镀金插头

1.3 原理概述

1. **动态电路及响应：**含有 L 、 C 元件的电路称为动态电路，其描述方程为微分方程。线性电路的响应可分为零状态响应、零输入响应及全响应，初始状态为零，仅激励引起的响应叫零状态响应；激励为零，由初始条件引起的响应叫零输入响应；同时同激励和初始条件引起的响应叫全响应。
2. **一阶电路分析：**电路中只含有一个电感或电容元件时称为一阶电路。一阶电路的零输入响应总是按指数规律衰减，零状态响应总是按指数规律递增或递减，衰减和递增速率的快慢，决定于时间常数 τ 。在 RC 电路中， $\tau = RC$ ；在 RL 电路中， $\tau = \frac{L}{R}$ 。
3. **过渡过程：**动态电路的过渡过程是短暂的单次变化过程，难以直接观察，所以使用的实验方法即是本实验所使用的：
 - (a) 使用方波信号作为输入激励。
 - (b) 用示波器观察电路的输出响应。
 - (c) 根据电路的时间常数 τ ，调整方波信号的频率和幅度，以便在示波器上观察到清晰的过渡过程。
4. **微分电路和积分电路：**微分电路和积分电路是脉冲数字电路中常见的波形变换电路。当电路时间常数 τ 远小于或远大于方波脉冲宽度 T_p 时，微分电路可将方波变换成尖脉冲，积分电路可将方波变换成三角波。电容和电感的数学表达式如下：

- 电容: $i = C \frac{du}{dt}$, $u = \frac{1}{C} \int i dt + \text{constant}$
- 电感: $u = L \frac{di}{dt}$, $i = \frac{1}{L} \int u dt + \text{constant}$

1.4 实验预习题

思考题 1.1: 微分电路如图 1 所示, $R = 5.1\text{K}\Omega$, $C_2 = 0.1\text{F}$, 试问对方波脉宽有什么要求?

在微分电路中, 方波脉宽的要求与电路的时间常数 τ 有关。时间常数是由电阻 R 和电容 C 的值决定的, 计算公式为 $\tau = R \times C$ 。对于此电路, $R = 5.1\text{K}\Omega$ 和 $C_1 = 0.1\text{F}$, 时间常数 τ 可以计算如下:

$$\tau = R \times C_1 = 5.1 \times 10^3 \Omega \times 0.1 \times 10^{-6} \text{F} = 5.1 \times 10^{-4} \text{s}$$

在微分电路中, 为了使电路正常工作, 方波的脉宽 T_p 应远大于电路的时间常数, 通常至少是时间常数的 20 倍以上。这样, 电路才能对输入信号进行有效的微分。如果方波脉宽太短, 电容将无法在每个脉冲之间充分放电, 导致输出信号失真。则对于此电路, 方波脉宽的要求大致为:

$$T_p \gg 20\tau = 20 \times 5.1 \times 10^{-4} \text{s} = 10.2 \text{ms}$$

这意味着方波脉宽应远大于 10.2ms 才能确保电路正常工作。

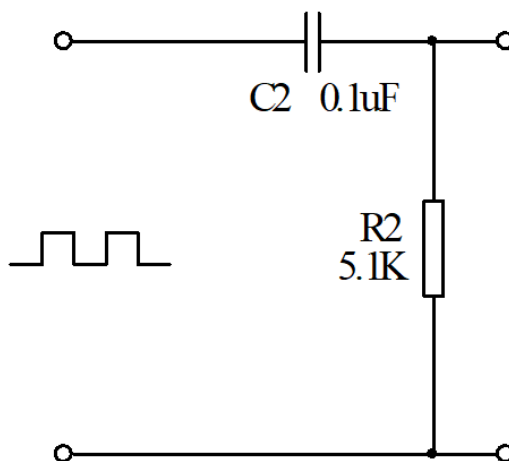


图 1: RC 微分电路

专业：	物理学	年级：	2022 级
姓名：	黄罗琳、王显	学号：	22344001、22344002
室温：	25℃	实验地点：	A522
学生签名：		评分：	
实验时间：	2024/3/27	教师签名：	

一阶电路暂态过程的研究 实验记录

2.1 实验内容、步骤与结果

2.1.1 实验步骤

1. RC 微分电路如图 2 所示，调节方波仪输出频率，使方波脉冲宽度满足微分电路的必要条件，将 R2、R4 分别接入，观察微分电路输出有何不同，并记录相关数据和波形图像。
2. RL 微分电路如图 3 所示，调节方波仪输出频率，使方波脉冲宽度满足微分电路的必要条件，将 R1、R3 分别接入，观察微分电路输出有何不同，并记录相关数据和波形图像。
3. RC 积分电路如图 4 所示，在方波脉冲宽度满足积分电路必要条件下将 R1、R3 分别接入，观察积分电路输出有何不同，并记录相关数据和波形图像。
4. RL 积分电路如图 5 所示，在方波脉冲宽度满足积分电路必要条件下，将 R2、R4 分别接入，观察积分电路输出有何不同，并记录相关数据和波形图像。

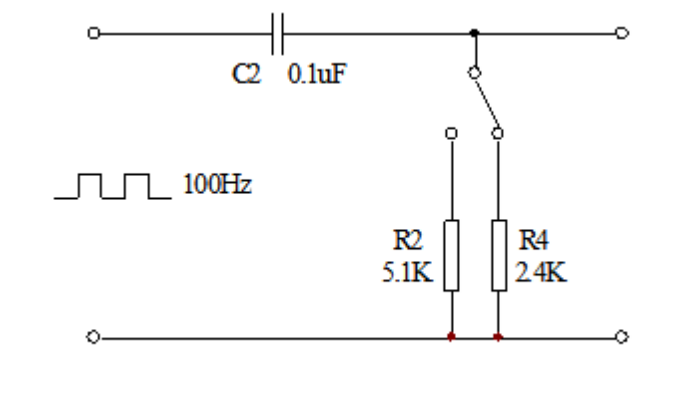


图 2: RC 微分电路（尖脉冲）

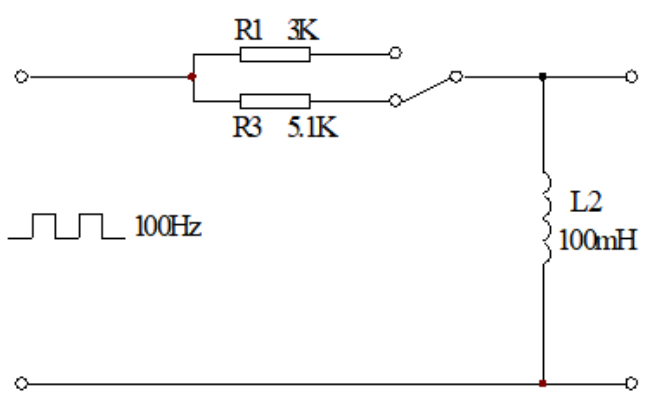


图 3: RL 微分电路（尖脉冲）

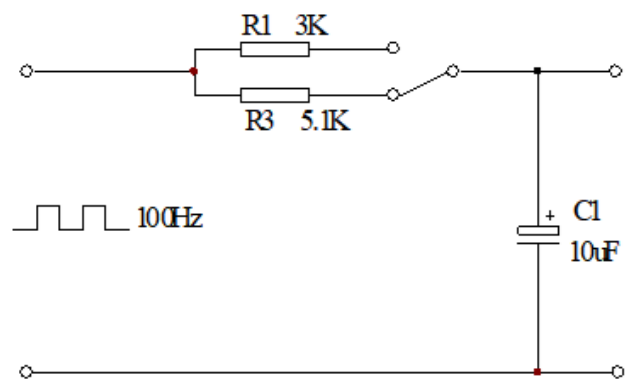


图 4: RC 积分电路

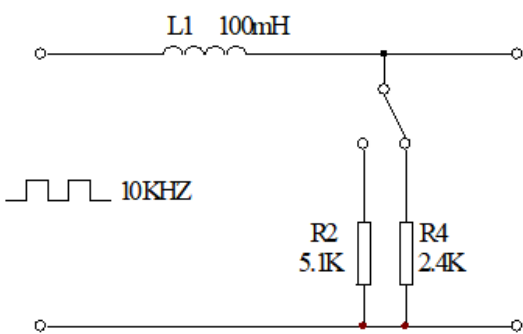


图 5: RL 积分电路（三角波）

2.1.2 实验结果

1. RC 微分电路



图 6: RC 微分电路 5.1KΩ 示波器图像

实验所设参数为 $R_2 = 5.1\text{k}\Omega$, $C_2 = 0.1\mu\text{F}$, $f = 300\text{Hz}$
通过光标测得实验数据，此时实验波形图像为尖脉冲，实验参数和结果可以通过图 6 得知。



图 7: RC 微分电路 2.4KΩ 示波器图像

实验所设参数为 $R_4 = 2.4\text{k}\Omega$, $C_2 = 0.1\mu\text{F}$, $f = 300\text{Hz}$

通过光标测得实验数据，此时实验波形图像为尖脉冲，实验参数和结果可以通过图 7 得知。

2. RL 微分电路



图 8: RL 微分电路 3.0KΩ 示波器图像

实验所设参数为 $R_1 = 3.0k\Omega$, $L_1 = 0.1H$, $f = 100Hz$

通过光标测得实验数据，此时实验波形图像为尖脉冲，实验参数和结果可以通过图 8 得知。

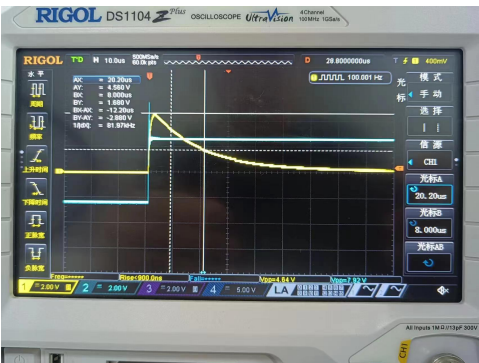


图 9: RL 微分电路 5.1KΩ 示波器图像

实验所设参数为 $R_3 = 5.1k\Omega$, $L_1 = 0.1H$, $f = 100Hz$

通过光标测得实验数据，此时实验波形图像为尖脉冲，实验参数和结果可以通过图 9 得知。

3. RC 积分电路所得实验图像均为三角波。



图 10: RC 积分电路 3.0KΩ 示波器图像

实验所设参数为 $R_1 = 3.0k\Omega$, $C_1 = 10\mu F$, $f = 100Hz$

$V_{pp} = 572 \times 10^{-3}V$ $T = 10ms$



图 11: RC 积分电路 5.1K Ω 示波器图像

实验所设参数为 $R_3 = 5.1k\Omega$, $C_1 = 10\mu F$, $f = 100Hz$

$V_{pp} = 360 \times 10^{-3}V$ $T = 10ms$

4. RL 积分电路



图 12: RL 积分电路 5.1K Ω 示波器图像

实验所设参数为 $R_2 = 5.1k\Omega$, $L_1 = 100mH$, $f = 20KHz$

$V_{pp} = 2.98V$ $T = 50\mu s$



图 13: RL 积分电路 $2.4k\Omega$ 示波器图像

实验所设参数为 $R_4 = 2.4k\Omega$, $L_1 = 100mH$, $f = 20KHz$

$V_{pp} = 1.60V$ $T = 50\mu s$

2.2 实验过程遇到问题及解决办法

1.

专业:	物理学	年级:	2022 级
姓名:	黄罗琳、王显	学号:	22344001、22344002
日期:	2024/3/27	评分:	

一阶电路暂态过程的研究 分析与讨论

3.1 实验数据分析与讨论

3.1.1 RC 微分电路

时间常数 $\tau = RC$

	R2=5.1K Ω	R4=2.4K Ω
理论值	510 μ s	240 μ s
测量值	508 μ s	250 μ s
相对误差	-0.39%	+4.16 %

根据实验数据可知，由于 R2 的电阻比 R4 大，故可以时间常数更大一些，符合实验结果，并且实验数据的相对误差较小，无明显问题。

但是明显看出相对误差出现了变化，这是由于示波器的光标在调整时并不能连续调整，而是以 0.2 μ s 的步长进行调整，如果选用对电压进行调整，则是以 0.04V 的步长进行调整，这些均会导致实验出现误差，不过均在误差允许范围之内，实验成功。

3.1.2 RL 微分电路

时间常数 $\tau = \frac{L}{R}$

	R1=3.0K Ω	R3=5.1K Ω
理论值	33.3 μ s	19.6 μ s
测量值	32.6 μ s	20.2 μ s
相对误差	-2.10%	+3.06%

根据实验数据可知，由于 R3 的电阻比 R1 大，所以时间常数更小，符合公式。此外实验存在一定的误差，可能来源与 RC 微分电路实验中误差来源相同，不过均在误差允许范围之内，实验较为成功。

3.1.3 RC 积分电路

实验数据如下表所示

电阻	值	峰峰值
R_1	$3.0\text{ k}\Omega$	$572 \times 10^{-3}\text{ V}$
R_3	$5.1\text{ k}\Omega$	$360 \times 10^{-3}\text{ V}$

观察数据可知，在电容 C 一定时，电阻 R 越大，则峰峰值越小。

3.1.4 RL 积分电路

实验数据如下表所示

电阻	值	峰峰值
R_2	$5.1\text{ k}\Omega$	2.98 V
R_4	$2.4\text{ k}\Omega$	1.60 V

观察数据可知，在电感 L 一定时，电阻 R 越大，则峰峰值越大。

一阶电路暂态过程的研究 结语

4.1 实验心得和体会、意见建议等

1. 实验总体难度不大，并且实验原理比较简单，需要将所学的知识更深层次理解
2. 此外最后一个实验中对于

4.2 附件



图 14: 实验桌面

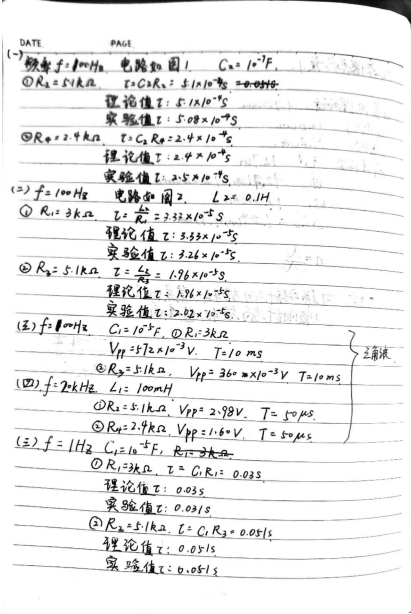


图 15: 实验数据 1

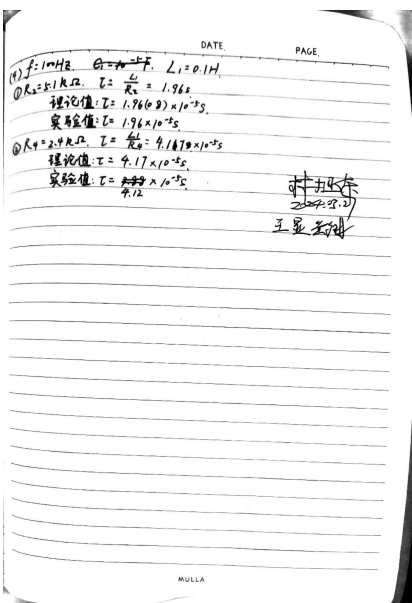


图 16: 实验数据 2 及教师签名