



- 1、签到（人数较多可课中签，不要忘记，计分）**
- 2、2人一组，自由组队**
- 3、请在1-42号桌选择，
本次实验32号桌避开。**

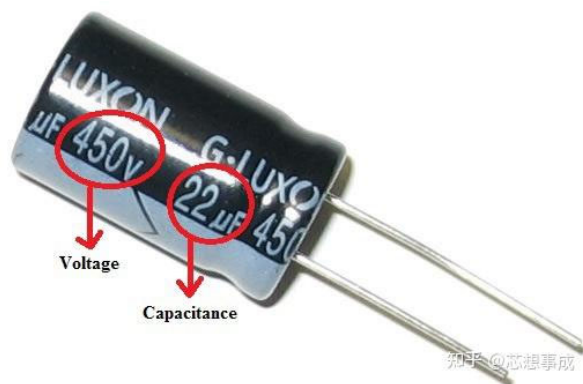
2024/11/6

实验三、一阶电路响应的研究

电容：

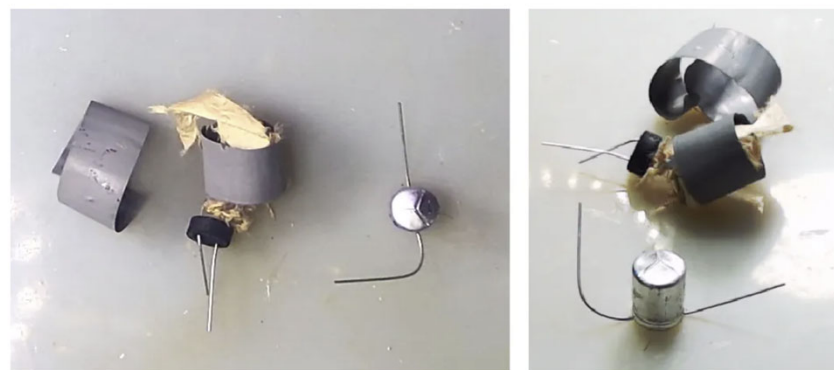
当电容施加的电压**超过其耐压**时，或者对于有极性电解电容电压**极性加反**时，都会引起电容漏电流急剧上升，造成电容内部热量增加，电解液会产生大量的气体。

为了防止电容爆炸，在电容外壳的顶部压制有三条凹槽，这样便于电容顶部在高压下率先破裂，释放内部的压力。



实验三、一阶电路响应的研究

电容



(过压爆破之后的电解电容)

严谨、认真、仔细、规范

实验三、一阶电路响应的研究

一. 实验目的

1. 掌握 一阶RC电路零状态响应、零输入响应的概念和基本规律。
2. 掌握 一阶RC电路时间常数的测量方法。
3. 熟悉示波器的基本操作，初步掌握利用示波器监测电信号参数的方法。
4. 掌握Multisim使用用法
5. 基于Multisim 进行二阶电路的响应仿真（实验报告）

二. 实验设备

1. 示波器
2. 函数发生器
3. 直流电源

实验三、一阶电路响应的研究

注意事项

1. 开始实验操作前，务必先熟悉示波器的各项基本操作，调节仪器各旋钮、按钮时，不要过快、过猛。
2. 示波器测量参数时，需根据测量需要，选择适当的横、纵坐标，以使信号以最好的形态显示，从而实现减少测量误差的目的。
3. 脉冲信号源的接地端必须与示波器的接地端连在一起（称共地），以防外界干扰而影响测量准确性。
4. 熟练掌握函数发生器、示波器的使用。

实验三、一阶电路响应的研究

三. 实验原理 (预习)

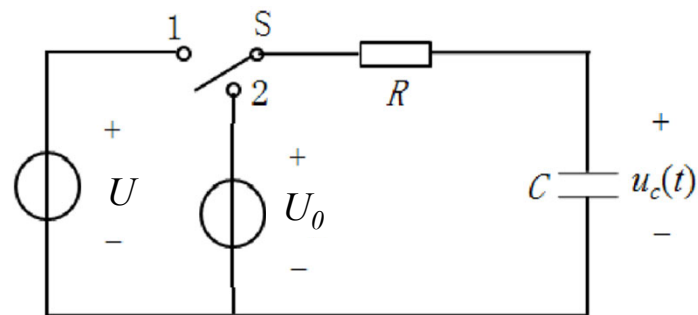
一阶电路通常是由一个动态元件（储能元件）以及若干电阻元件组成，由于从动态元件两端看进去，若干电阻可以用一个等效电阻来表征，因此为研究方便，我们取简单的 **一阶电路RC**形式作为本次实验的研究对象。

在一阶RC电路中，由于电容是一种储能元件，它在电路的通断时，其储能不可能突变，电路中的电压和电流随时间变化，这个过程通常称为瞬态过程，工程上也称为过渡过程。

零输入响应

零状态响应

全响应=零输入响应+零状态响应



实验三、一阶电路响应的研究

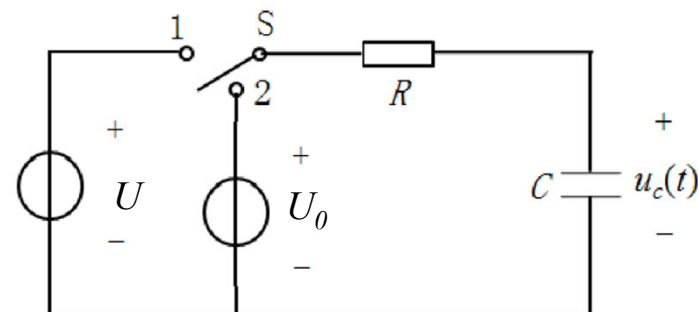
三. 实验原理 (预习)

RC电路的响应

$$u_c = U + (U_0 - U) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$\tau = RC$ 单位是秒, 称为**时间常数**。

U 是外加的输入激励, U_0 是初始状态



零状态响应 $u_c = U - Ue^{-\frac{t}{\tau}} = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

初始储能为零, 由外加电源激励产生的响应。

初始状态 $U_0 = 0$

电容的充电过程

零输入响应 $u_c = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

外加激励为零, 由电容的初始储能引起的响应。

外加的输入激励 $U = 0$

电容的放电过程

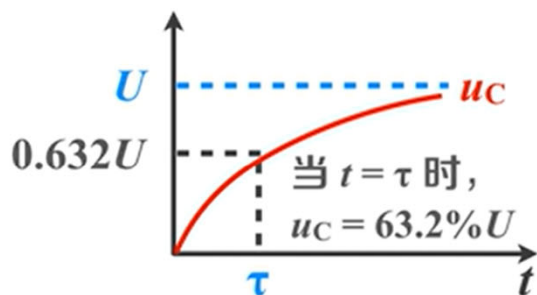
实验三、一阶电路响应的研究

三. 实验原理 (预习)

u_C 随时间变化曲线

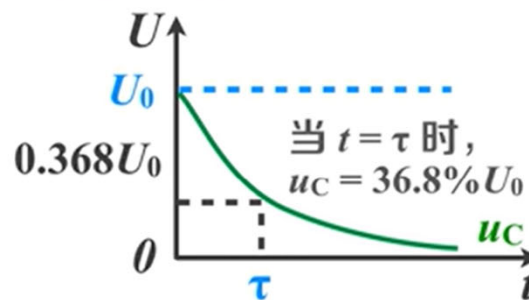
$U_C(t)$ 当 $t = \tau$ 时就是 $U_C(\tau)$

零状态响应 $u_C = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$



电容的**充电过程**

零输入响应 $u_C = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$



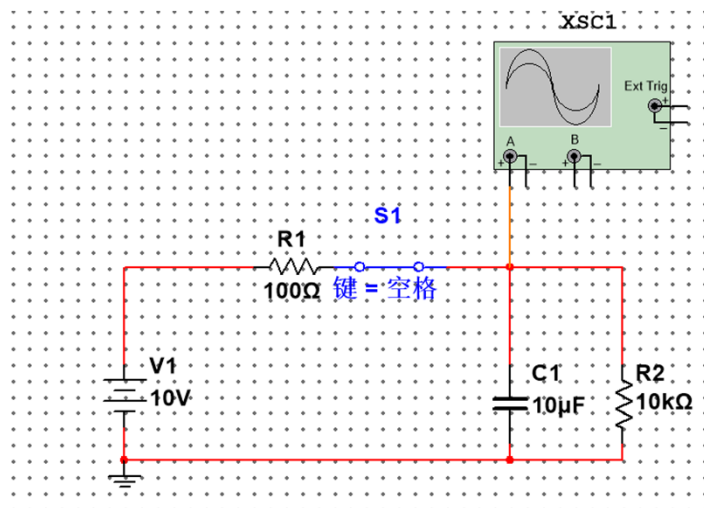
电容的**放电过程**

$\tau = RC$ 单位是秒, 称为**时间常数**。

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

1. 一阶RC电路的零输入响应的仿真与实验验证



1. 预习：计算时间常数 τ 和 $U_c(\tau)$

注意 $U_c(\tau)$

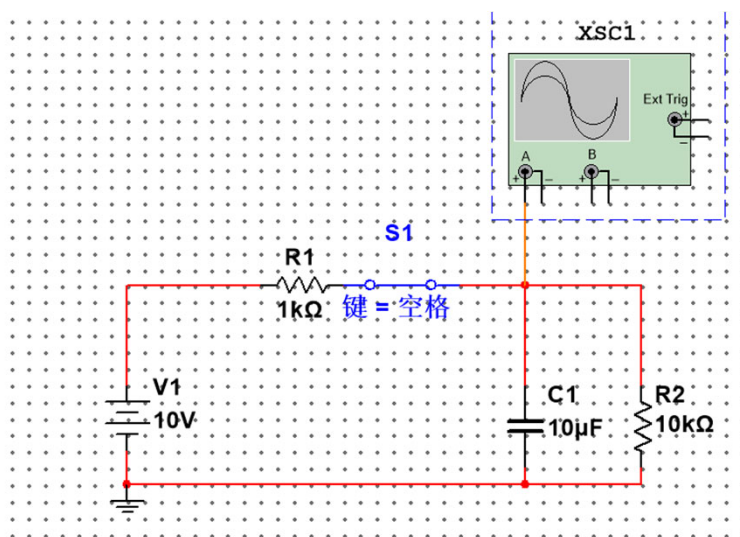
2. 预习：基于Multisim搭建仿真电路，开关初始状态为闭合，**根据 $U_c(\tau)$ 确定 τ** ，截图并填表1

3. 实验室：搭建实际电路验证，电路搭建情况与示波器结果界面拍照并填表1

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

1. 一阶RC电路的零输入响应的仿真与实验验证

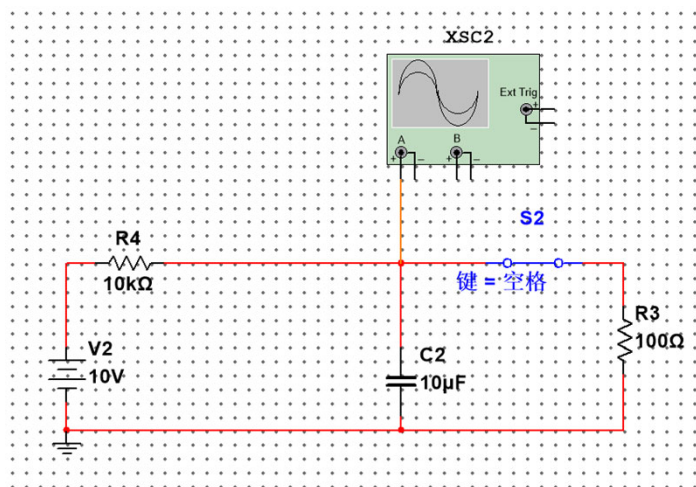


也可以在仿真中交换电阻位置，验证结果，不用拍照不用在实验报告中体现，只是为了促进大家理解

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

2. 一阶RC电路的零状态响应 仿真与实验验证



1. 预习：计算时间常数 τ 和 $U_c(\tau)$

注意 $U_c(\tau)$

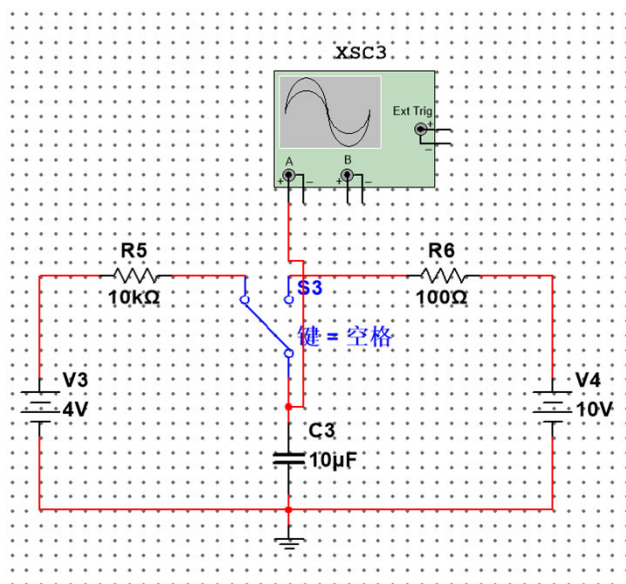
2. 预习：基于Multisim搭建仿真电路，开关初始状态为闭合，**根据 $U_c(\tau)$ 确定 τ** ，截图并填表1

3. 实验室：搭建实际电路验证，电路搭建情况与示波器结果界面拍照并填表1

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

3. 一阶RC电路的全响应 仿真与实验验证



1. 预习：根据开关初始状态确定计算时间常数 τ 和 $U_c(\tau)$

注意 $U_c(\tau)$

1. 预习：基于Multisim搭建仿真电路，**根据 $U_c(\tau)$ 确定 τ** ，截图并填表1
2. 实验室：搭建实际电路验证，电路搭建情况与示波器结果界面拍照并填表1

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

表1 一阶电路响应结果

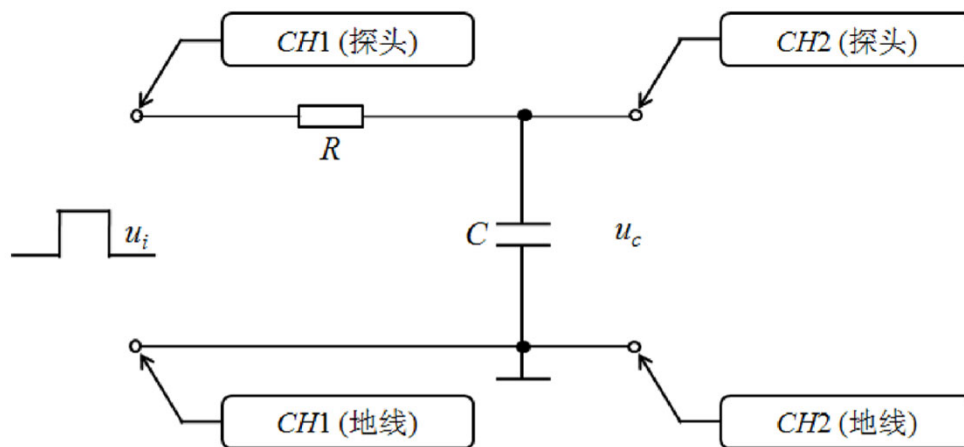
电路形式		零输入响应	零状态响应	全响应
元件参数		R=10kΩ, C=10uF		预习时根据仿真电路中开关初始状态确定RC, 实际测试时保持状态一致。
Uc (τ)		预习填写	预习填写	预习填写
时间常数 τ	理论值	预习填写	预习填写	预习填写
	仿真值	预习填写	预习填写	预习填写
	实际测量值	实验室测试后填写	实验室测试后填写	实验室测试后填写

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

4. 基于函数发生器的一阶RC电路的零状态响应

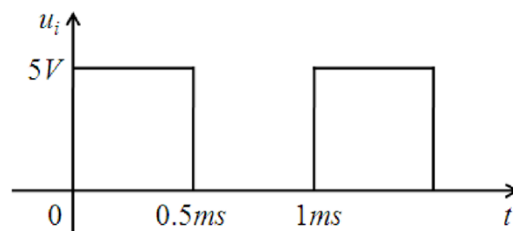
4.1) 测试电路如图所示，图中 u_i 为脉冲，使用的是函数发生器提供的输入信号，电阻 $R=2\text{k}\Omega$ ， $C=0.01\mu\text{F}$ 。用示波器的 1 通道(CH1)测输入信号，2 通道(CH2)测响应波形。



实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

4.2) 零状态响应的输入信号如图所示，幅度为 $5V$ ，周期为 $1ms$ ，脉宽为 $0.5ms$ 。调节脉冲函数发生器输出调节旋钮，使输入信号满足实验参数要求。设置好后，注意通道对应关系、输出使能。



4.3) 利用示波器的测量功能测试 1 通道输入信号的相关参数：
幅度、周期和脉宽。

(示波器结果拍照放入实验报告，数据列表放入实验报告)

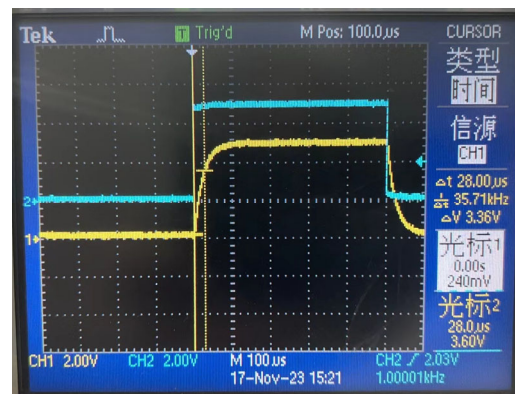
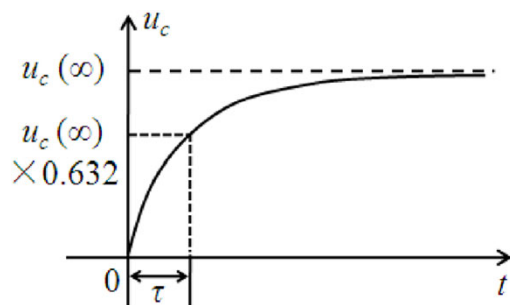
目的：熟悉示波器操作。

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

4.4) 由零状态响应的函数式可知：当 $t = \tau$ 时， $U_c(t) \approx 0.632U_c(\infty)$

由此可知时间常数 τ 可用零状态响应波形增加到 $0.632U_c(\infty)$ 所对应的时间来测得，见图。



利用示波器的光标Cursors测量功能测试 2 通道响应波形的稳态值 $u_c(\infty)$ 和时间常数 τ ，示波器结果拍照放入实验报告，拍照要求能体现测量差值，数据列表放入实验报告。

(示波器可选择ROLL模式捕捉信号)

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

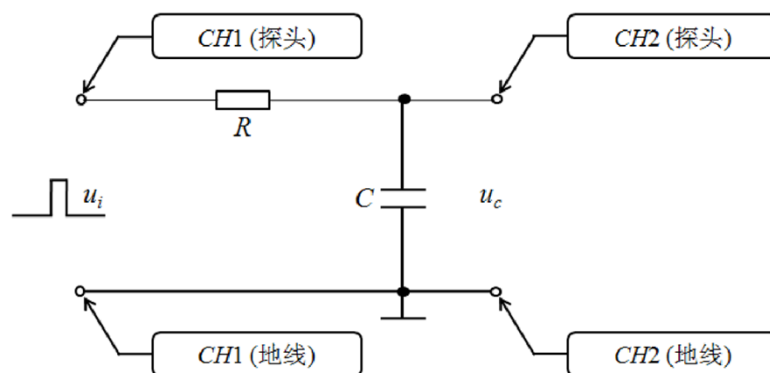
- 4.5) 将观测到的输入信号、响应波形及测量时间常数的放大图拍照，附在实验报告上。
- 4.6) 在实验报告中写明 $U_c(\tau)$ 与 τ 值的计算过程，理论值、实际结果比对。

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

5. 基于函数发生器的一阶RC电路的零输入响应

5.1) 测试电路如图所示，图中 u_i 为函数发生器提供的 脉冲 输入信号，输入信号与前相同。电阻 $R=2\text{k}\Omega$ ，电容 $C=0.01\mu\text{F}$ 。用示波器的 1 通道(CH1)测输入信号，2 通道(CH2)测响应波形。

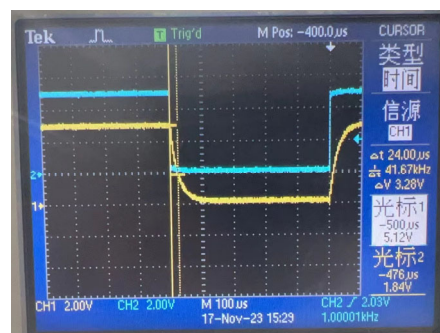
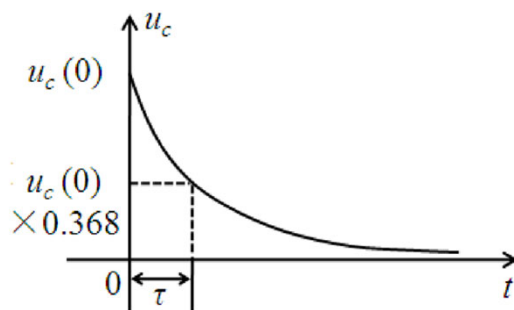


实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

5.2) 由零状态响应的函数式可知：当 $t = \tau$ 时， $U_c(t) \approx 0.368U_c(0)$

由此可知当零输入响应的幅度衰减到初始值的0.368 倍时所需要的时间即为时间常数 τ ，见图。



利用示波器的光标测量功能测试 2 通道响应波形的稳态值 $u_C(\infty)$ 和时间常数 τ 。
(示波器结果拍照放入实验报告，数据列表放入实验报告)。

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

5.3) 将观测到的输入信号、响应波形及测量时间常数的放大图拍照，课后附在实验报告上。

5.4) 在实验报告中写明 $U_c(\tau)$ 与 τ 值的计算过程，理论值、实际结果比对。

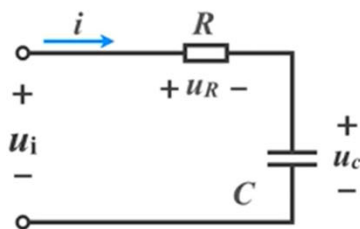
实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

补充：一阶RC电路的响应（有兴趣的同学可以自行进行仿真实验，上课不作要求）

RC 微分电路

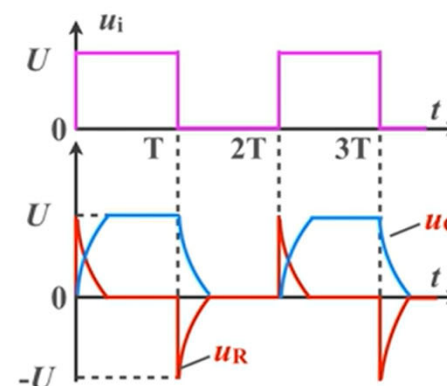
$$T \gg RC$$



由于 $\tau = RC \ll t_p$, 所以 $u_C \approx u_i$

$$u_o = u_R = iR = RC \frac{du_C}{dt} \approx RC \frac{du_i}{dt}$$

RC微分电路条件：（1） $\tau \ll t_p = T$ （一般 $\tau < 0.2t_p$ ）；
（2）从电阻 R 两端输出电压。

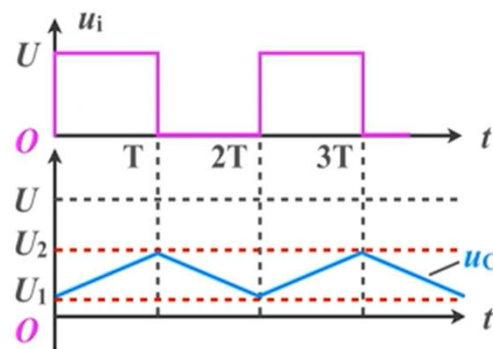
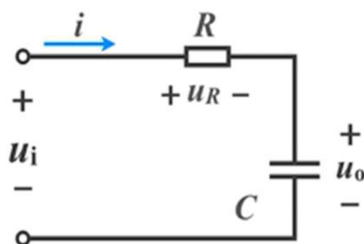


实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

补充：一阶RC电路的响应（有兴趣的同学可以自行进行仿真实验，上课不作要求）

RC 积分电路



由于 $T(t_p) \ll \tau$, 电容电压很小, 可近似认为有 $u_i \approx u_R$

$$u_o = u_C = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int \frac{u_R}{R} dt = \frac{1}{RC} \int u_R dt \approx \frac{1}{RC} \int u_i dt$$

RC积分电路条件: (1) $\tau \gg t_p = T$;
(2) 从电容C两端输出电压。

输出电压与输入电压的积分成正比

实验三、一阶电路响应的研究

四. 实验内容与步骤

补充： 一阶RC电路的响应 （有兴趣的同学可以自行进行仿真实验，上课不作要求）

观察在方波信号激励下，RC电路的时间常数对输出波形的影响

项 目	参 数	电路及波形	参 数	电路及波形
电路图	从电阻两端取输出电压		从电容两端取输出电压	
输 入	方波 $f = 400\text{Hz}$ $U_{\text{ipp}} = 4\text{V}$		方波 $f = 400\text{Hz}$ $U_{\text{ipp}} = 4\text{V}$	
输 出	$R = 510\Omega$ $C = 0.22\mu\text{F}$		$R = 510\Omega$ $C = 0.22\mu\text{F}$	
	$R = 1\text{k}\Omega$ $C = 0.47\mu\text{F}$		$R = 1\text{k}\Omega$ $C = 0.47\mu\text{F}$	
	$R = 1\text{k}\Omega$ $C = 33\mu\text{F}$		$R = 1\text{k}\Omega$ $C = 33\mu\text{F}$	

实验三、一阶电路响应的研究

五. 实验要求

- (1) 实验必须认真预习，完成表格中要求得理论值的计算。
- (2) 实验完成后必须写出实验报告，实验报告为电子版，在乐学平台上提交。

对结果进行比较得出结论。内容要求参见第一节课ppt的要求。

一定要进行预习，否则实验没有任何效果

实验报告只提交电子版文档，在乐学平台上提交；

- 文档格式为 “.pdf”，文件命名为 “编号-姓名-实验 x 实验报告.pdf”；请注意报告格式要符合规范。
- 公式书写要求用公式编辑器录入，word有自带或者mathtype；
- 实验原理图用绘图软件（建议Multisim或者Altium Designer）或手绘图片；
- 数据波形要求用绘图软件或手绘图片。**表格请自行绘制，不能用手画后的截图，可以word插入表格。**

实验三、一阶电路响应的研究

六. 思考题

1. 改变输入信号的幅度，是否会改变电路过渡过程的快慢？为什么？
2. 二阶电路零状态响应(基于Multisim的仿真)
 - 1) 测试电路如下图6.1所示，图中 u_i 为脉冲信号发生器提供的输入信号，其中 R 为可变电阻器（电位器）， $C=0.01\mu\text{F}$ ， $L=2.7\text{mH}$ ，。用示波器的 1 通道(CH1)测输入信号，2 通道(CH2)测响应波形。
 - 2) 零状态响应的输入信号如图 6.2 所示，幅度为 5V，周期为 1ms，脉宽为 0.5ms。
 - 3) 调节变阻器 R ，利用示波器的 2 通道观察 RLC 二阶电路零状态响应的三种状态波形（欠阻尼、临界阻尼和过阻尼），将波形截图附在实验报告上，并记录临界阻尼状态下的临界阻值。

实验三、一阶电路响应的研究

六. 思考题

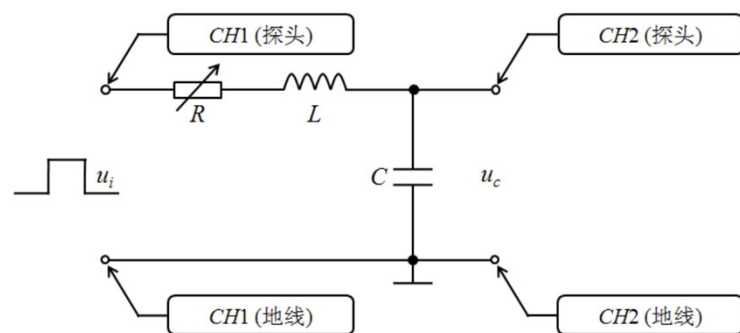


图3.5.1

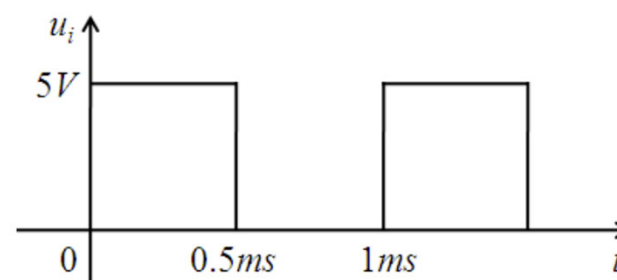


图 3.5.2

实验三、一阶电路响应的研究

- 1、实验结束后，请老师、助教老师检查数据是否都填写完毕，确认实验都完成后方能拆掉电路离开实验室，报编号；
- 2、**电源线用完放在原位。小面包板用完请放在原位。灰色插线盒放在原位。**
- 4、**实验结束清单 交回讲台。**请大家不要忘记桌号与小组同学姓名。
- 4、元器件请放回元器件袋中，编号与桌号对应，**元器件袋放到原位即可**，不要交回，方便下一组同学使用。

元器件袋中应包含：

开关1个，电阻100、2k、10k 电阻各1，电容0.01u、16V10u各1
如有多余的仍放回袋中，不要放到蓝盒子中。