

《电子电路仿真与设计》实验报告

实验名称：CAD 软件基本操作-理解 RC 一阶电路

实验类型：设计性实验

专业班级：电子科学与技术 17 级 3 班

学 号：2420173095

姓 名：罗啸

学 期：2019-2020 年第一学期

指导教师：程铁栋

实验目的	掌握电路 CAD 软件的基本操作。	备注
共同条件	电源电压：5VDC；使用 orCAD 仿真（其它仿真软件也可）；电容器若干。	
条件及结果要求	基本条件：自行设计一个实验方案。 要求：实验方案、过程和实验结果必须体现出对 RC 一阶电路及三要素法的理解。实验报告中要有理论计算和仿真结果的对比分析。	
报告要求	要有过程设计、结果分析的简要说明（包括图表）。如果没有达到部分要求，必须有原因分析。报告篇幅不超过 4 页（含此页），打印装订上交（双面打印），注意排版美观。	
评分基本	无结果，有结果但无设计思路、无分析描述，有分析但文不对题，报告马虎潦草，会给 0 分的。	

实验报告正文

一、 实验方案（电路图和简要文字描述）

实验电路图设计：分析 RC 一阶电路的零状态响应、零输入响应以及全响应。为实验方便又能对 RC 一阶电路进行准确分析，考虑采用矩形脉冲电源供电，在 0 时刻时，电源提供高电平为电容充电，此时分析一阶电路的零状态响应，当矩形脉冲为零时电容放电，分析电路的零输入响应，当电容还存有能量时继续给电容充电，可分析电路的全响应。

实验电路图见图 1，其中电源为矩形脉冲电源，设置起始电压为 0V，脉冲电压为 5V，延迟时间、上升时间、下降时间均为 0，脉冲宽度为 50ms 脉冲周期为 100ms。电路中电阻和电容分别为 $2k\Omega$ 和 $10\mu F$ 。

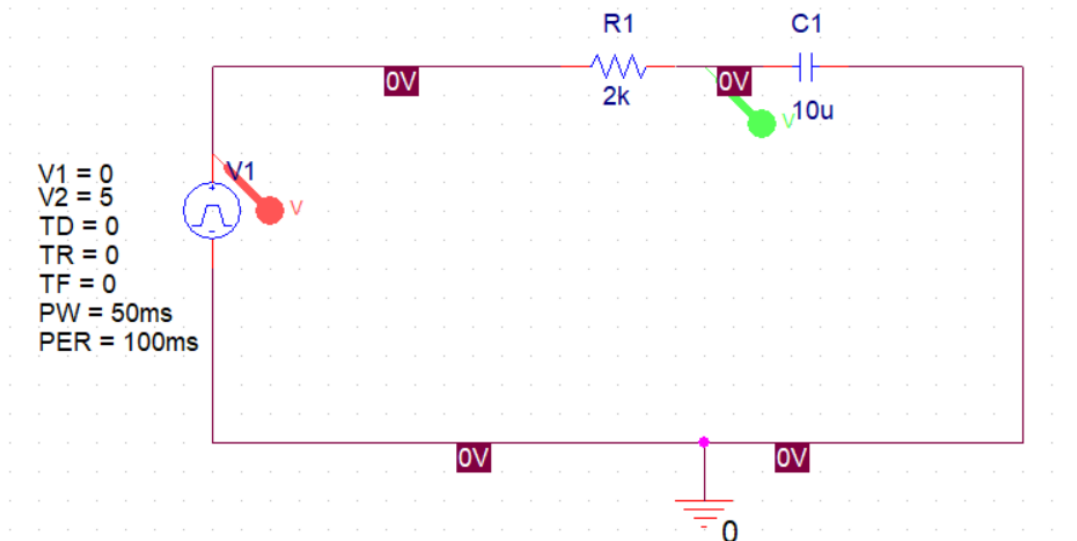


图 1 实验电路图

二、 实验仿真过程（必要的仿真图片和文字说明）

利用 orCAD 软件进行仿真（结果见图 2），这里截取前 100ms 的仿真图形对一阶 RC 电路进行分析。其中红色线条为脉冲信号，绿色为电容两端电压。

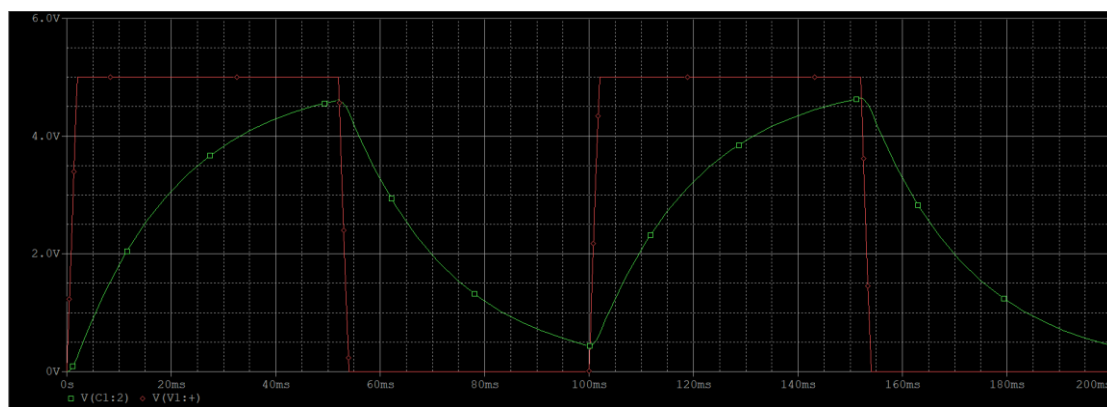


图 2 仿真结果

三、 结果分析

1. 零状态响应：从零时刻开始至第一个脉冲结束(0-50ms)，电容进行充电，此时电路为零状态响应，此时矩形脉冲电源等效为一个 5V 的直流电源。

电容初始电压 $U_C(0)=0$ ，根据 KVL， $U_R + U_C = U_S$ ，将 $U_R = Ri$ ， $i = C \frac{dU_C}{dt}$ 代入，可得 $\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C - U_S}{RC} = 0$ ，解此方程可得： $U_C = (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})U_S$ ，其中 $\tau = RC$ 。将电路参数代入该方程，可得 $U_C = 5(1 - e^{-50t})$ ，带入实际时间 0ms、10ms、20 ms、30ms、40ms、50ms 进行仿真与计算，得到表 1 中数据。

表 1 零状态响应

时间/ms	0	10	20	30	40	50
计算值/V	0	1.96	3.16	3.88	4.32	4.59
仿真值/V	0	1.94	3.13	3.87	4.30	4.59

观察对比表格中 2、3 行数据，发现计算值与仿真值相差微小，可以忽略，仿真结果符合理论推导。

2. 零输入响应：在第一个高电平脉冲结束时，此时电源电压为 0，电容中仍有电量，电路为零输入响应。这里以 50ms 处作为此电路的 0 时刻，在零时刻无电源电压输入， $U_C(0)=4.59\text{V}$ ，与零状态响应类似，可以推导出其电路方程，并代入图 1 中电路参数，可得： $U_C = 4.59e^{-50t}$ ，带入实际时间 0ms、10ms、20 ms、30ms、40ms、50ms 进行仿真与计算，得到表 2 中数据：

表 2 零输入响应

时间/ms	0	10	20	30	40	50
计算值/V	4.59	2.78	1.69	1.02	0.62	0.38
仿真值/V	4.59	3.30	1.91	1.35	0.61	0.38

观察表 2 中 2、3 行，发现放电过程中中间部分的计算值与仿真值误差较大（约 0.3V），而在开始和结束处几乎无误差，考虑到 orCAD 中矩形脉冲源存在发出信号有延迟的现象，0.3V 的误差值可以忽略，故计算结果与仿真相符合。

3. 全响应：在 100ms 处矩形脉冲源再次发出高电平，对电容进行充电，而此时的电容初始电压值不为 0，即电容还保留着部分电量，这时，该电路为全响应。

设 100ms 处为该电路的零时刻，则 $U_C(0)=0.38\text{V}$ ，根据 KVL， $U_R + U_C = U_S$ ，将 $U_R = Ri$ ， $i = C \frac{dU_C}{dt}$ 代入，可得 $\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C - U_S}{RC} = 0$ ，求解该微分方程可得： $U_C = U_S + (U_0 - U_S)e^{-\frac{t}{\tau}}$ ，全响应总是由初始值、特解和时间常数三个要素决定的。将初始值 $U_C(0)=0.38\text{V}$ ， $U_S = 5\text{V}$ 、 $R=2\text{k}$ 、 $C=10\mu$ 代入上式，得到该电路的全响应方程为： $U_C = 5 + (0.38 - 5)e^{-50t}$ ，带入实际时间 0ms、10ms、20 ms、30ms、40ms、50ms 进行仿真与计算，得到表 3 中数据：

表 3 全响应数据

时间/ms	0	10	20	30	40	50
计算值/V	0.38	2.20	3.30	3.97	4.37	4.62
仿真值/V	0.38	2.21	3.33	3.95	4.40	4.62

观察对比表格中 2、3 行数据，发现计算值与仿真值相差微小，可以忽略，仿真结果符合理论推导。

4. 后续观察：对比表 2 和表 50ms 处的数据，发现若电容在一个低电平期间未充分放电（放空），则在后续的充电期间，电容两端电压会高于上一周期充电完成时的电压，对该现象进行仿真验证，得到结果大致符合该趋势。

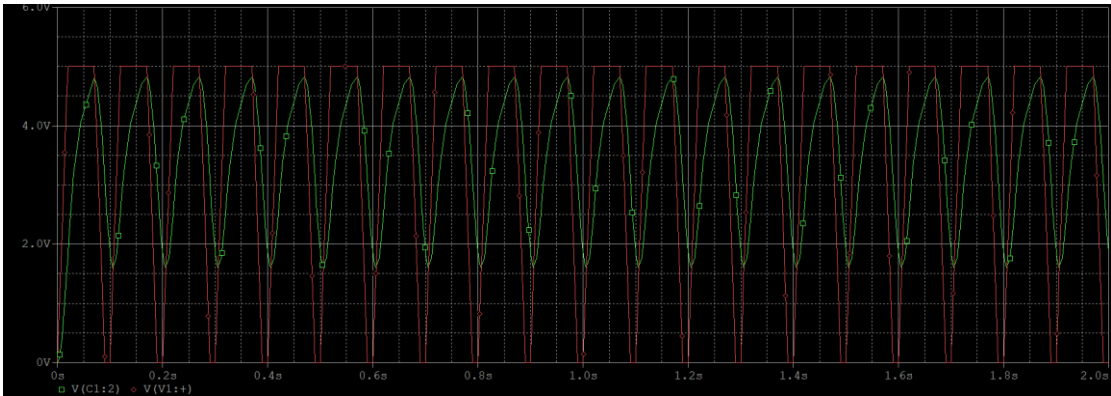


图 4 多个周期仿真图

教师评语：