



中国科学技术大学

实验报告

学院：物理学院

姓名：黄阅迅，李秋阳

学号：PB18020631, PB18020567

组号：20

日期：2020 年 10 月 21 日

课程名称：电子线路实验 (1)

实验题目：一阶电路的研究

1 实验目的

参见预习报告。

2 实验原理

参见预习报告。

3 实验内容与步骤

3.1 实验内容

- 利用示波器测量一阶电路中零状态响应和零输入响应的时间常数；
- 利用 RC 电路搭建微分和积分运算电路，并测量波形；
- 搭建脉冲分压电路，并测量波形。

3.2 实验步骤

3.2.1 RC 一阶电路零输入和零状态响应

- 1) 搭建如图 1 所示的电路，调节电路参数为 $R_1 = 200\Omega$, $R = 1k\Omega$, $C = 0.1\mu F$ 。
- 2) 调整整流后 $U_p = 5V$ ，观察阶跃响应和零输入响应。
- 3) 定量画出波形图并分析。

3.3 RC 积分电路

- 1) 搭建如图 2 所示的电路，调节电路参数为 $R_1 = 200\Omega$, $R = 10k\Omega$, $C = 1\mu F$ 。
- 2) 画出波形图，并测出有关的波形参数。

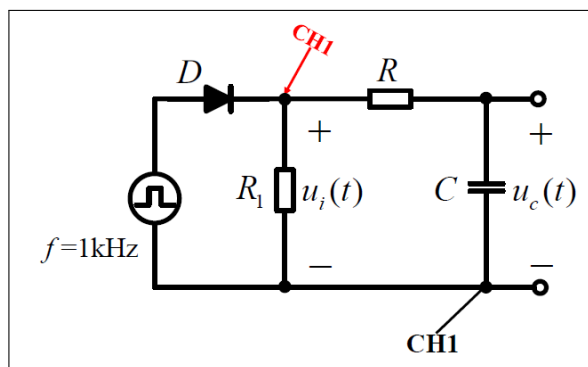


图 1: 一阶电路零输入和零状态响应测量图

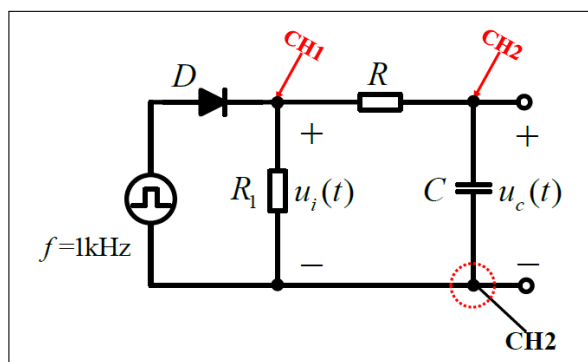


图 2: RC 积分电路示意图

3.4 RC 微分电路

- 1) 搭建如图 3 所示的电路, 调节电路参数为 $R_1 = 200\Omega$, $R = 1k\Omega$, $C = 0.05\mu F$ 。
- 2) 画出波形图, 并测出有关的波形参数。

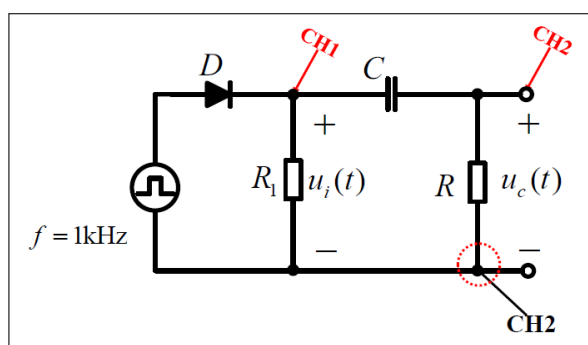


图 3: RC 微分电路示意图

3.5 脉冲分压电路

- 1) 搭建如图 4 所示的电路, 调节电路参数为 $R_1 = 20k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$, $C_1 = 0.005\mu F$, $C_2 = 0.01\mu F$ 。

2) 测量输入和输出波形，画出波形图，并测出有关的波形参数。

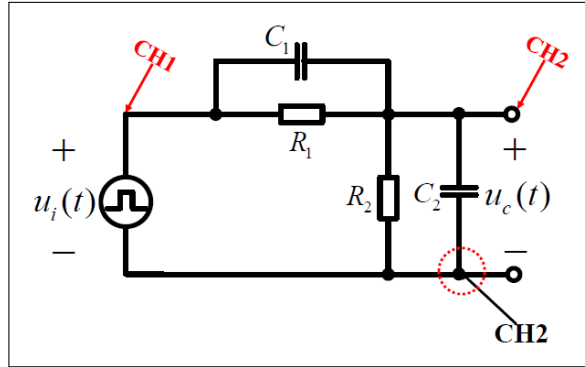


图 4: 脉冲分压电路示意图

4 实验数据处理与分析

4.1 RC 一阶电路零输入和零状态响应

实验所测得波形图如附图一所示。所测得零状态与零输入响应的时间常数分别为

$$\tau_1 = 0.109ms; \tau_2 = 0.116ms; \quad (1)$$

可见相差不大，而理论上给出时间常数为

$$\tau_{theory} = RC = 0.1ms \quad (2)$$

对比可见与理论值吻合得较好。

4.2 误差分析 1

对零状态和零输入的均方根相对误差为

$$RE_1 = \left| \frac{0.109 - 0.1}{0.1} \right| \times 100\% = 9\%; RE_2 = \left| \frac{0.116 - 0.1}{0.1} \right| \times 100\% = 16\%; \quad (3)$$

可见百分比误差略大，而在零输入响应的误差与理论值相差更大。这应该是测量的误差造成的，示波器的最小分度值为 $0.2V$ ，因此在测量时间常数对应的电压点时无法与格线对其，有较大的读数误差。同时，零输入状态下曲线为凹函数，因此判断的误差更大。

4.3 RC 积分电路

RC 积分电路测得波形图如附图一所示。则从图中可根据积分电路电压关系求出被积电压

$$P(t) = \tau \frac{du_c}{dt} = 1\mu F \times 10k\Omega \times \frac{2.645V - 2.415V}{0.5ms} \approx 5V \quad (4)$$

波形图在稳定时上下端峰值几乎维持不变。

4.4 误差分析 2

可见在当前有效数字下，计算预测结果与实际结果 $5V$ 完全吻合。说明在当前精度下，与理论吻合得相当好。但实际上考虑多一位有效数字时， $\Delta V = 0.4V$ 。实验误差主要来自示波器读数，但电容箱的电容可能并不准确，导致理论值可能出现一定偏差。

4.5 RC 微分电路

实验测得波形图中的上峰值为 $U_{p+} = 4.76V$ ，下峰值为 $U_{p-} = -4.04V$ 。波形在峰后 $0.2ms$ 后降至 $0V$ 并保持稳定。波形图如附图三所示。理论给出

$$u_R(0+) \rightarrow +\infty V; u_R(t) = 0V, t \in (0, 0.5) \quad (5)$$

4.6 误差分析 3

可见理论预测与实际相差较大，但也有一定的吻合段。这是因为函数信号发生器产生方波，实际上有一定的上升时间，因此斜率实际上不会达到狄拉克函数预测的正负无穷。同时示波器的时间取样有一定的区间，电压的读取范围也有一定区间，因此读出的上下峰值是较为不准的。基本波形图上暗示了电压可能趋向正无穷的趋势。因此可以认为在实验误差允许范围内，结果可以接受。

4.7 脉冲分压电路

实验测得的波形图如附图四所示。测得的输出稳定电压值为 $u_o = 1.00V$ 。理论计算所得为

$$u_{oTheory} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times u_i = 1V \quad (6)$$

可见理论与实验测得值较为吻合。但实际图像上，输出电压在上峰值时表现出先下降后稳定的图像，而保持较好的稳定时需要将电容 C_2 校准至 $0.014\mu F$ ，否则出现过补偿现象。

4.8 误差分析 4

最终稳定值与理论符合得相当好，但实际波形有差异。这可能由两个原因造成，一个是电容箱的电容值可能不准，第二是电阻箱的电阻可能本身带有一定容性，这也造成了如此得实验现象。实际观察输入电压，也有细微的先下降后平稳的现象，这应该是电阻带容性造成的。

5 实验总结

在本次实验中，我们利用示波器搭建与测量了 RC 一阶电路的响应电路、微分和积分电路以及脉冲分压电路虽然有一定的误差，但在实验设计允许范围内，和理论吻合得较好，成果较为令人满意。通过这次实验也学习到了一阶电路的一些特性，熟悉了时间常数有关的概念，锻炼了实验能力和误差分析能力。

6 实验思考题

6.1 本次实验电路中，电阻 R_1 在电路中起何作用？

答：起负载作用。因为在实验中，函数信号发生器给出的信号特性是不准确的，需要用示波器测量经过二极管后的信号特性。而函数信号发生器存在内阻，所以开路和带负载时测量的结果也是不一样的。所以要在等效电源（信号函数发生器与二极管的串联）两端接一个负载，这样才能比较准确地测量出等效电源输出信号的特性。

6.2 本次实验中，能用毫伏表测量电阻 R_1 两端的矩形波电压么，为什么？

答：不能。万用表毫伏表可能是直流电压档或者交流电压档。如果用直流电压档，那么因为电压值一直在变化，而且频率对于直流档来说太大，因此无法测准；如果用交流电压档，那么万用表给出的是正弦交流电的有效值，但是 R_1 两端是矩形电压，因此也无法测准。

6.3 根据本次实验说明 RC 电路分别用作积分电路和微分电路必须具备的条件？

答：用作积分电路的条件： $t_p \ll \tau = RC$ ，也即电源电压变化时间远小于时间常数。
用作微分电路的条件： $t_p \gg \tau = RC$ ，也即电源电压变化时间远大于时间常数。

6.4 脉冲分压器电路中，有两个贮能元件电容 C_1 和 C_2 ，为何是一阶电路？

答：二阶电路的真正定义是：电压/电流满足的关系式是二阶常微分方程。这里虽然有两个电容，但由于电容满足的关系式为： $i_c = C \frac{du_c}{dt}$ ，所以电路方程最后一定还是一阶常微分方程，所以电路还是一阶电路。