

浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程
姓名： 王涵
学号： 3200104515
日期： 2022.9.27
地点： 教二

课程名称： 控制理论（乙） 指导老师： 韦巍 成绩： _____
实验名称： 典型环节模拟 实验类型： 验证性 同组学生姓名： 无

实验目的

1. 熟悉示波器的性能和使用方法
2. 掌握用运放组成控制系统典型环节的电子电路
3. 测量典型环节的阶跃响应曲线，了解典型环节中参数变化对动态特性的影响。
4. 恰当选择电路变量和参数，提高实验准确度。

实验原理

1. 以运算放大器为核心，放大器的开环放大倍数为无限大；开环输入阻抗为无限大，输出阻抗等于零；通频带为无限大，输入与输出间呈线性特性。

2. 积分环节：如图 1.1 所示，利用运算放大器的虚短、虚断特性，可在复频域下分析得到该积分环节的传递函数

$$G(S) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\frac{1}{CS}}{R} = \frac{1}{RCS} = \frac{1}{TS}$$
$$T = RC$$

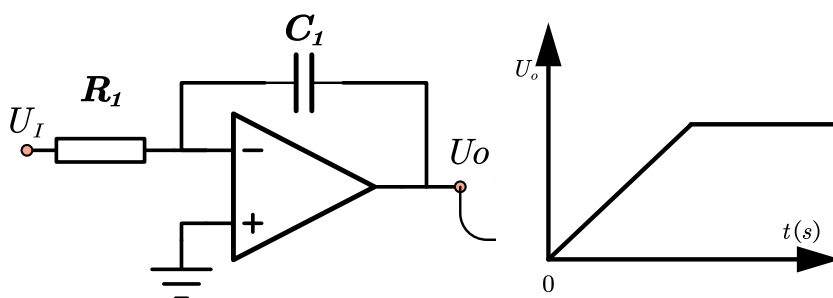


图 1.1 积分环节及其阶跃响应

其阶跃响应如图 1.1 右图所示，输出电压随时间线性增大，但由于工作电源(+15V)限制，输出电压达到最大值后保持恒定。

3. 惯性环节：该环节原理图如图 1.1 所示，在比例环节的基础上在反馈环节并联一个电容，复频域下传递函数

$$G(S) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\frac{R_2/CS}{R_2 + 1/CS}}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2CS + 1} = \frac{K}{TS + 1}$$

此环节的阶跃响应不会立即达到 KU_1 ，而是需要一定的响应时间，从 0 开始逐渐增大到 U_0 。

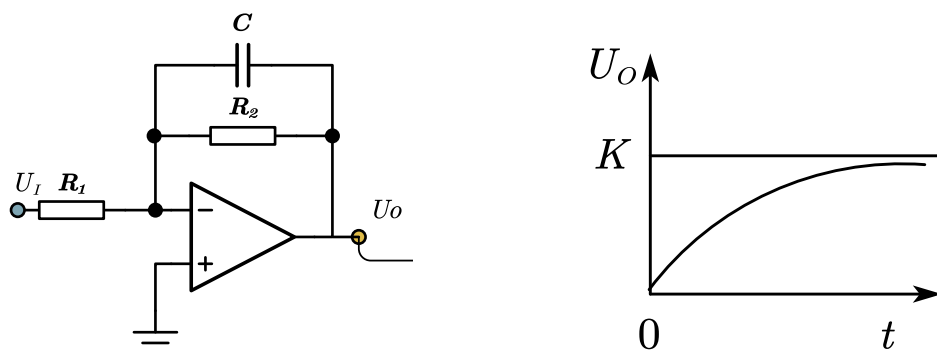


图 1.2 惯性环节及其阶跃响应

4. 比例微分环节：该环节原理图如图 1.3 所示，其传递函数

$$G(s) = Z_2/Z_1 = \frac{R_2}{\frac{R_1/Cs}{R_1 + 1/Cs}} = \frac{R_2}{R_1} (R_1Cs + 1) = K(T_Ds + 1)$$

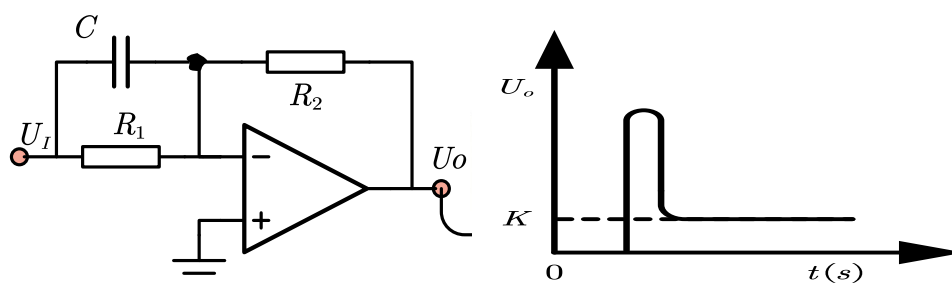


图 1.3 比例微分环节及其阶跃响应

该环节阶跃响应存在过冲现象，输出电压会暂时超过输出电压，一段时间后又恢复为 KU_I 。

实验内容

按下列各典型环节的传递函数，调节相应的模拟电路的参数。观察并记录其单位阶跃响应波形。

积分环节： $G_1(s) = 1/s$, $G_2(s) = 1/(0.5s)$

比例微分环节： $G_1(s) = 2 + s$, $G_2(s) = 1 + 2s$

惯性环节： $G_1(s) = 1/(s + 1)$, $G_2(s) = 1/(0.5s + 1)$

实验数据记录和处理

积分环节：第一组实验选用的响应函数为 $G_1(s) = 1/s$ ，第二组选用的响应函数为 $G_2(s) = 1/(0.5s)$ ，实验电路图如下

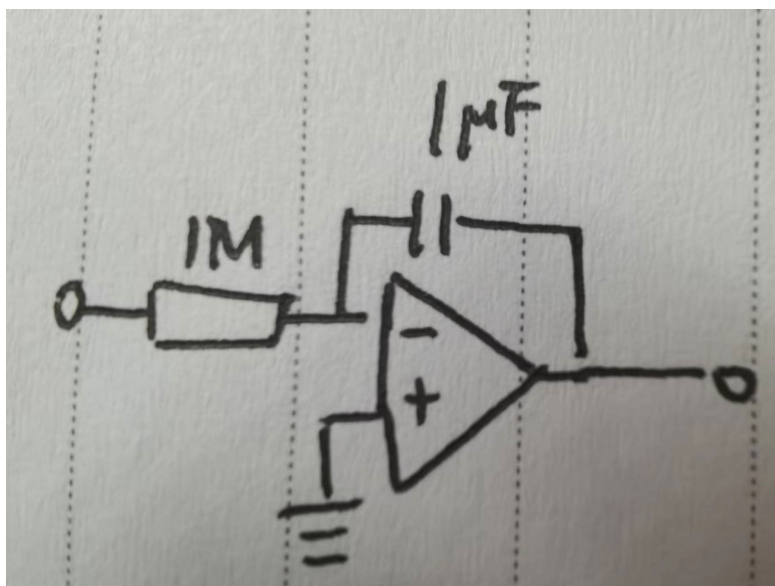


图 2.1 第一组积分环节电路图



图 2.2 第一组积分环节波形图

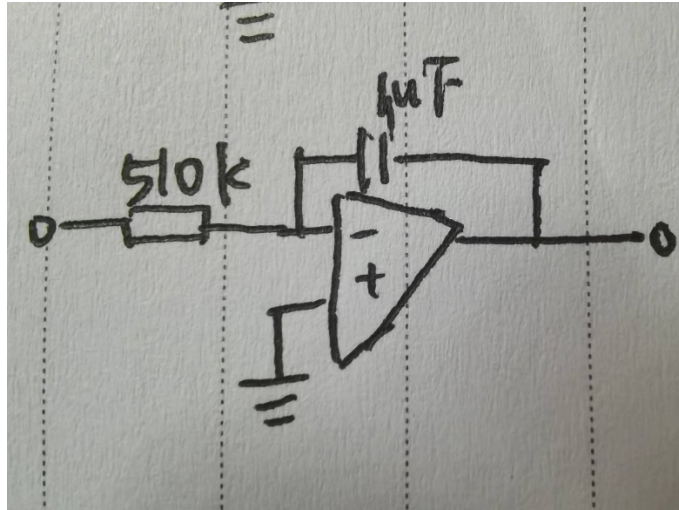


图 2.3 第二组积分环节电路图



图 2.4 第二组积分环节波形图

比例微分环节:第一组采用的响应函数为 $G_1(s) = 2 + s$ ，第二组选用的参数为 $G_2(s) = 1 + 2s$

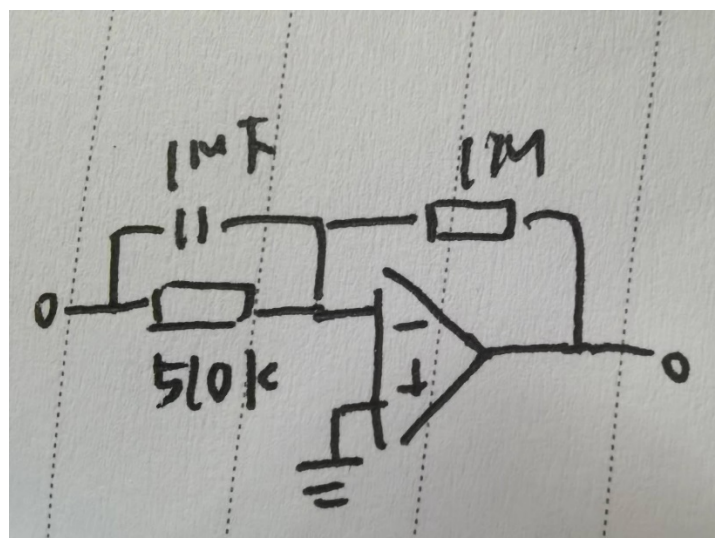


图 3.1 第一组比例微分环节电路图



图 3.2 第一组比例微分环节波形图

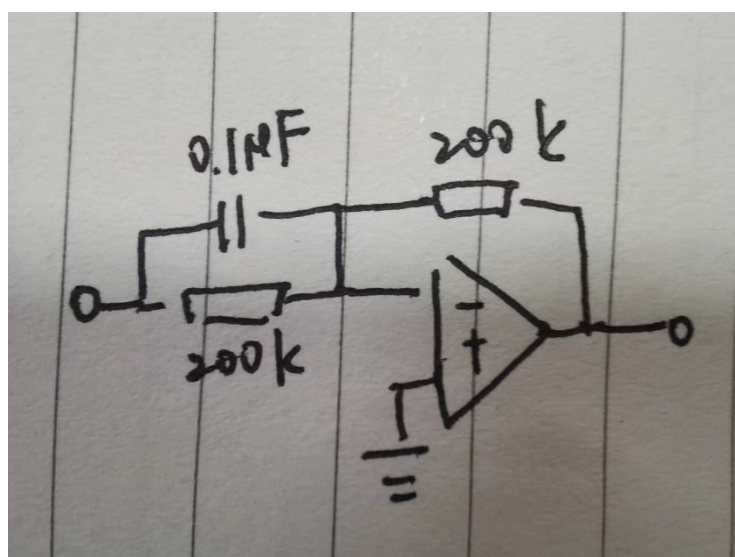


图 3.3 第二组比例微分环节电路图



图 3.4 第二组比例微分环节波形图

惯性环节：第一组选用的响应参数为 $G_1(s) = 1/(s + 1)$ ，第二组选用的响应参数为 $G_2(s) = 1/(0.5s + 1)$

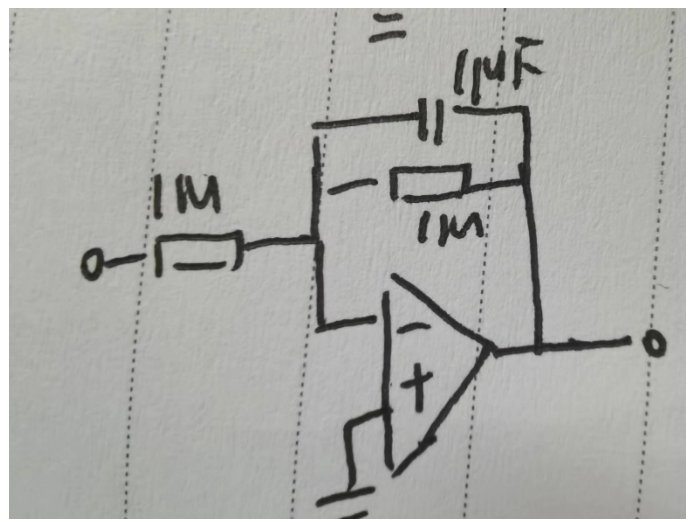


图 4.1 第一组惯性环节电路图

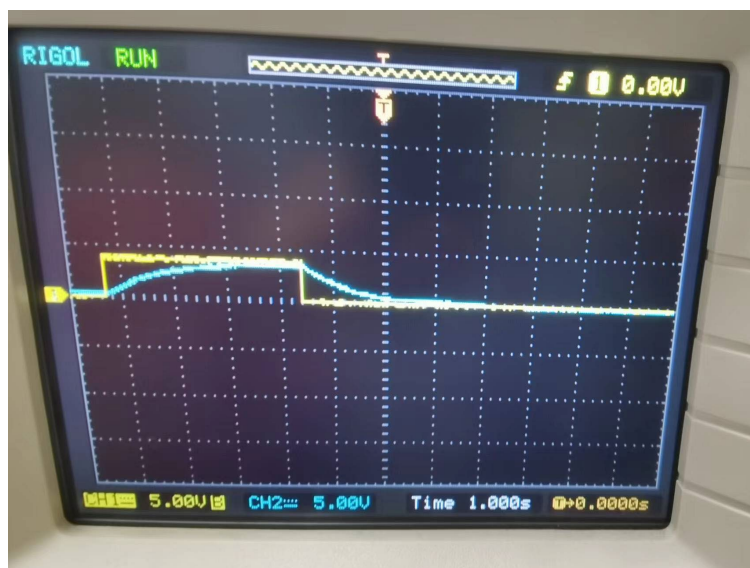


图 4.2 第一组惯性环节波形图

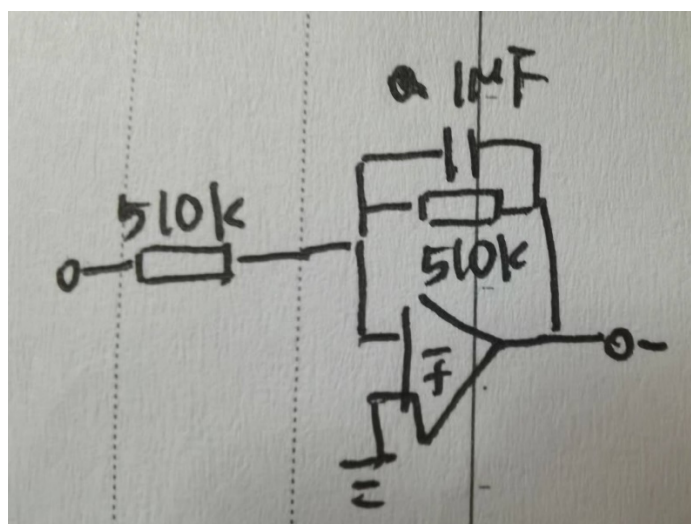


图 4.3 第二组惯性环节电路图

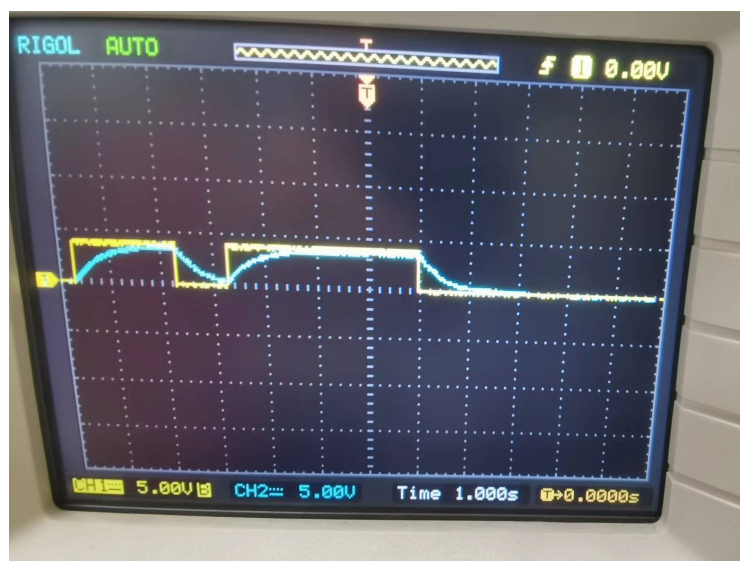


图 4.4 第二组惯性环节波形图

实验结果和分析

积分环节时间常数 $T=RC$ ，随着时间常数的增加，充电的速率会降低，因此发现在积分电路中，第二组充电的速率大于第一组，电压变化的斜率第二组比第一组更大；比例微分环节中，会出现过充的现象，然后电压会迅速降低，直至接近稳态，稳态电压为 $U=R_2C$ ，而且 $T_d=R_1C$ 越大时，达到稳态的速度会越慢，因此发现第一组达到稳态的电压相较第二组更大；惯性环节中， R_2C 越大，则充电的速率会越慢， R_1 越大，充电电流越小，造成充电速度的减慢；因此充电到平稳状态时第一组所需的时间更长

思考题：

1. 假设运放具有理想特性，即满足“虚短”“虚断”特性；运放的动态量为零，输入量、输出量和反馈量都可以用瞬时值表示其动态变化
2. 电路上的差别在于电容上是否并联电阻，积分环节无并联电阻，惯性环节有；但最主要的差别是，积分环节输入阶跃响应后电压会线性的变化，惯性环节输出的电压则会以指数规律缓慢的上升至一个平稳值；当 t 趋近无穷大时，惯性环节可以近似地视为积分环节，当 t 趋近于 0 时，惯性环节可以近似地视为比例环节；

实验心得和体会：

第一次实验时计算错了电阻参数，从而造成电路和要求不符的情况；这让我意识到计算器件参数时一定要注意，不要因为计算错误而重复实验，认识到以后可以通过观察波形，立即在当场根据波形的形状判断正误，保证试验的正确性，本次的实验最后也做了两次，希望以后充分吸取经验教训；最后，本人也在这次的实验中，通过测量波形，巩固了书本知识，对控制理论的典型环节有了更深的理解。