

实验 1 控制系统典型环节的模拟

一、实验目的

- 1)、熟悉超低频扫描示波器的使用方法
- 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
- 4)、通过实验了解典型环节中参数的变化对输出动态性能的影响

二、实验仪器

- 1)、控制理论电子模拟试验箱一台
- 2)、超低频慢扫描示波器一台
- 3)、万用表一只

三、实验原理

以运算放大器为核心原件，由其不同的R-C输入网络和反馈网络组成的各种典型环节，如图 1-1 所示。图中 Z_1 和 Z_2 为复数阻抗，它们都是由R、C构成。

基于图中 A 点的点位为虚地，略去流入运放的电流，则由图 1-1 得：

$$G(s) = \frac{-u_o}{u_i} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1)$$

由上式可求得由些列模拟电路组成的典型环节的传递函数及其单位阶跃响应。

1) 比例环节

比例环节的模拟电路如图 1-2 所示：

$$G(s) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{820K}{410K} = 2$$

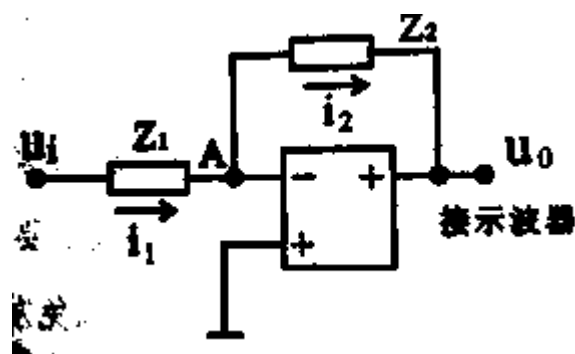


图 1-1 运放的反馈连接

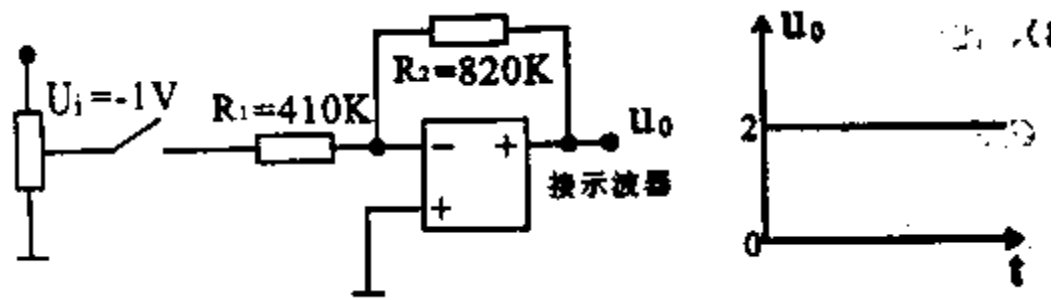


图 1-2 比例环节

2) 惯性环节

$$G(s) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\frac{R_2 / CS}{R_2 + 1 / CS}}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2 CS + 1}$$

$$= \frac{K}{TS + 1} \quad (2)$$

取参考值 $R_1=100K$, $R_2=100K$, $C=1\mu F$

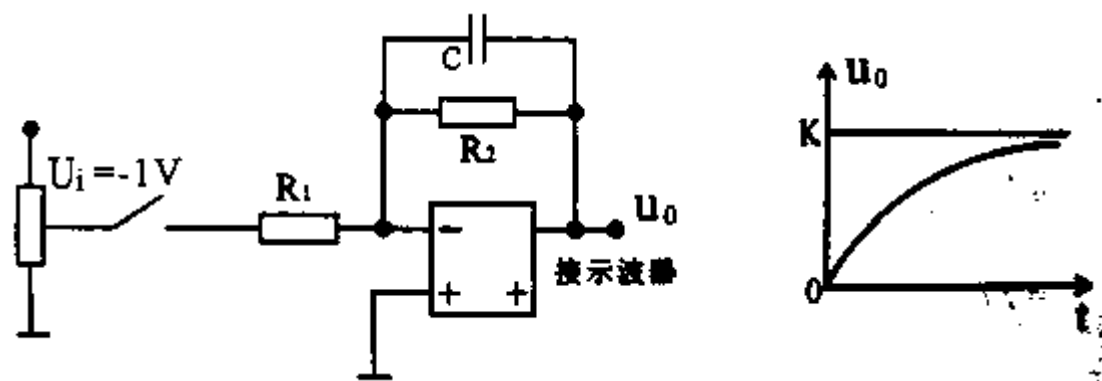


图 1-3 惯性环节

3) 积分环节

$$G(s) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1 / CS}{R}$$

$$= \frac{1}{RCS}$$

$$= \frac{1}{TS} \quad (3)$$

式中积分时间常数 $T=RC$, 取参考值 $R=200K$, $C=1\mu F$

4) 比例微分环节 (PD), 其接线图及阶跃响应如图 1-5 所示。

$$G(s) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{R_2}{\frac{R_1 / CS}{R_1 + 1 / CS}} =$$

$$\frac{R_2}{R_1} \cdot (R_1 CS + 1) = K(T_D S + 1) \quad (4)$$

其中 $K = \frac{R_2}{R_1}$, $T_D = R_1 C$

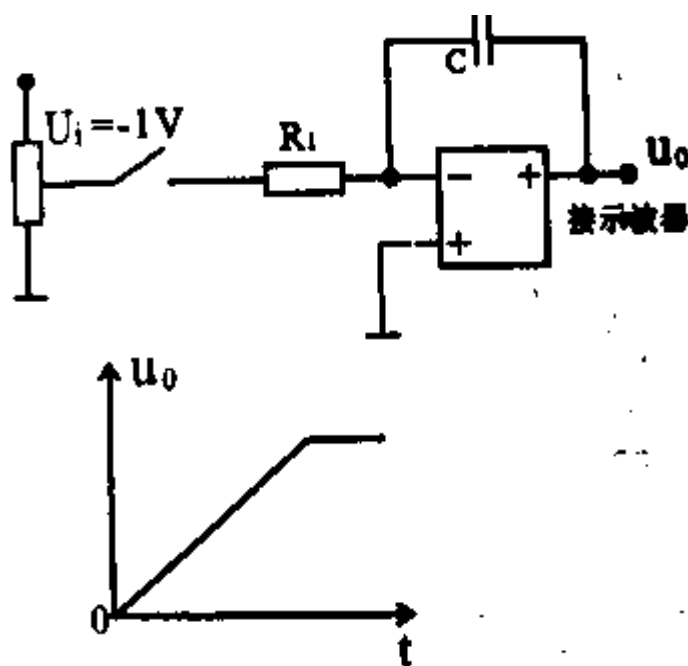


图 1-4 积分环节

参考值 $R_1=200K$, $R_2=410K$, $C=0.1\mu F$

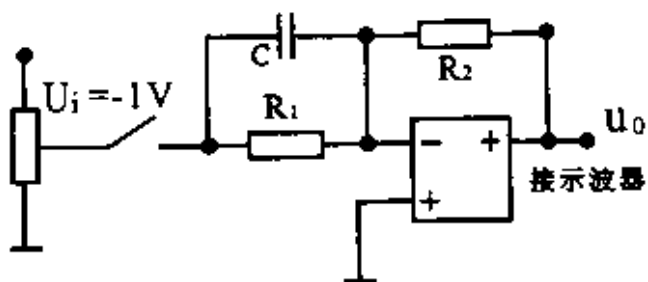


图 1-5 比例微分环节

5)比例积分环节，其接线图及单位阶跃响应如图 1-6 所示。

$$\begin{aligned}
 G(s) &= \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{R_1 + 1/CS}{R_1} = \frac{R_2CS + 1}{R_1CS} \\
 &= \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{R_1CS} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \left(1 + \frac{1}{R_2CS}\right) \\
 &= K \left(1 + \frac{1}{T_2S}\right) \quad (5)
 \end{aligned}$$

式中 $K = \frac{R_2}{R_1}$, $T_2 = R_2C$

参考值 $R_1=200K$, $R_2=410K$, $C=0.1\mu F$

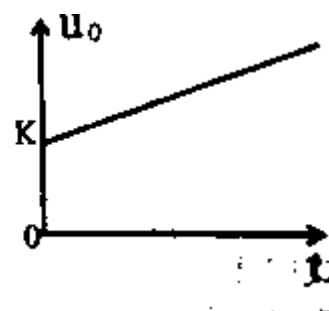
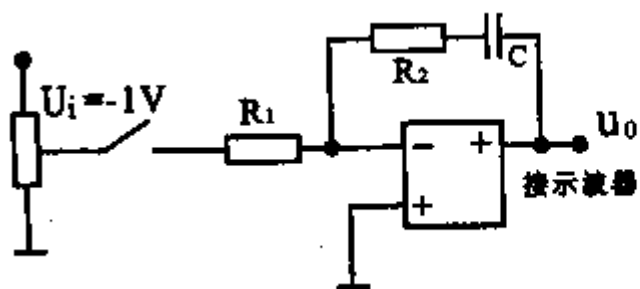


图 1-6 比例积分环节

二、 实验内容与步骤

- 1、 分别画出比例、惯性、积分和微分环节的电子电路图。
- 2、 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。

1)、比例环节 $G_1(S)=1$ 和 $G_2(S)=2$

- 2)、积分环节 $G_1(S)=1/S$ 和 $G_2(S)=1/(0.5S)$
- 3)、比例微分环节 $G_1(S)=2+S$ 和 $G_2(S)=1+2S$
- 4)、惯性环节 $G_1(S)=1/(S+1)$ 和 $G_2(S)=1/(0.5S+1)$
- 5)、比例积分环节 (PI) $G_1(S)=1+1/S$ 和 $G(S)=2(1+1/2S)$

五、注意事项

- 1)、输入的单位阶跃信号取自实验箱中的函数信号发生器。
- 2)、电子电路中的电阻取千欧，电容为微法。

六、实验报告要求

- 1)、画出五种典型环节的实验电路图，并注明相应的参数。
- 2)、画出各典型环节的单位阶跃响应波形，并分析参数对响应曲线的影响。
- 3)、写出实验心得与体会。

七、实验思考题

- 1)、用运放模拟典型环节时，其传递函数是在哪两个假设条件下近似导出的？
- 2)、积分环节和惯性环节主要差别是什么？在什么条件下，惯性环节可以近似地视为积分环节？在什么条件下，又可以视为比例环节？
- 3)、如何根据阶跃响应的波形，确定积分环节和惯性环节的时间常数？