

验证性实验

实验一 典型环节的电路模拟与软件仿真研究

一、实验目的

1. 通过实验熟悉并掌握实验装置和上位机软件的使用方法。
2. 通过实验熟悉各种典型环节的传递函数及其特性，掌握电路模拟和软件仿真研究方法。

二、实验内容

1. 设计各种典型环节的模拟电路。
2. 完成各种典型环节模拟电路的阶跃特性测试，并研究参数变化对典型环节阶跃特性的影响。
3. 利用上位机界面上的软件仿真功能，完成各典型环节阶跃特性的软件仿真研究，并与电路模拟测试的结果作比较。

三、实验步骤

1. 熟悉实验箱，利用实验箱上的模拟电路单元，参考本实验附录设计并连接各种典型环节（包括比例、积分、比例积分、比例微分、比例积分微分以及惯性环节）的模拟电路。注意实验前必须先将实验箱断电，再接线。接线时要注意不同环节、不同测试信号对运放锁零的要求。在输入阶跃信号时，除比例环节运放可不锁零（G可接-15V）也可锁零外，其余环节都需要考虑运放锁零。

2. 利用实验设备完成各典型环节模拟电路的阶跃特性测试，并研究参数变化对典型环节阶跃特性的影响。

在熟悉上位机界面操作的基础上，充分利用上位机提供的虚拟示波器与信号发生器功能。为了利用上位机提供的虚拟示波器与信号发生器功能，接线方式将不同于上述无上位机情况。仍以比例环节为例，此时将 U_i 连到实验箱 U3 单元的 O1（D/A 通道的输出端），将 U_o 连到实验箱 U3 单元的 I1（A/D 通道的输入端），将运放的锁零 G 连到实验箱 U3 单元的 G1（与 O1 同步），并连好 U3 单元至上位机的并口通信线。接线完成，经检查无误，再给实验箱上电后，启动上位机程序，进入主界面。界面上的操作步骤如下：

①按通道接线情况完成“通道设置”：在界面左下方“通道设置”框内，“信号发生通道”选择“通道 01#”，“采样通道 X”选择“通道 I1#”，“采样通道 Y”选择“不采集”。

②进行“系统连接”（见界面左下角），如连接正常即可按动态状态框内的提示（在界面正下方）“进入实验模式”；如连接失败，检查并口连线和实验箱电源后再连接，如再失败则请求指导教师帮助。

③进入实验模式后，先对显示进行设置：选择“显示模式”（在主界面左上角）为“X-t”；选择“量程”（在“显示模式”下方）为 100ms/div；并在界面右方选择“显示”“系统输入

信号”和“采样通道 X”。

④完成实验设置，先选择“实验类别”（在主界面右上角）为“时域”，然后点击“实验参数设置”，在弹出的“系统测试信号设置”框内，选择“输入波形类别”为“周期阶跃信号”，选择“输入波形占空比”为50%，选择“输入波形周期”为“1000ms”，选择“输入持续时间”为“1000ms”，选择波形不“连续”，选择“输入波形幅值”为“1V”，将零位偏移设为“0”。以上除必须选择“周期阶跃信号”外，其余的选择都不是唯一的。要特别注意，除单个比例环节外，对其它环节和系统都必须考虑环节或系统的时间常数，如仍选择“输入波形占空比”为50%，那么“输入波形周期”至少是环节或系统中最大时间常数的6~8倍。这样，实验中才能观测到阶跃响应的整个过程。

⑤以上设置完成后，按“实验启动”启动实验，动态波形得到显示，直至“持续时间”结束，实验也自动结束，如上述参数设置合理就可以在主界面中间得到环节的“阶跃响应”。

⑥利用“红线数值显示”功能（详见软件使用说明书）观测实验结果；改变实验箱上环节参数，重复⑤的操作；如发现实验参数设置不当，看不到“阶跃响应”全过程，可重复④、⑤的操作。

⑦按实验报告需要，将图形结果保存为位图文件，操作方法参阅软件使用说明书。

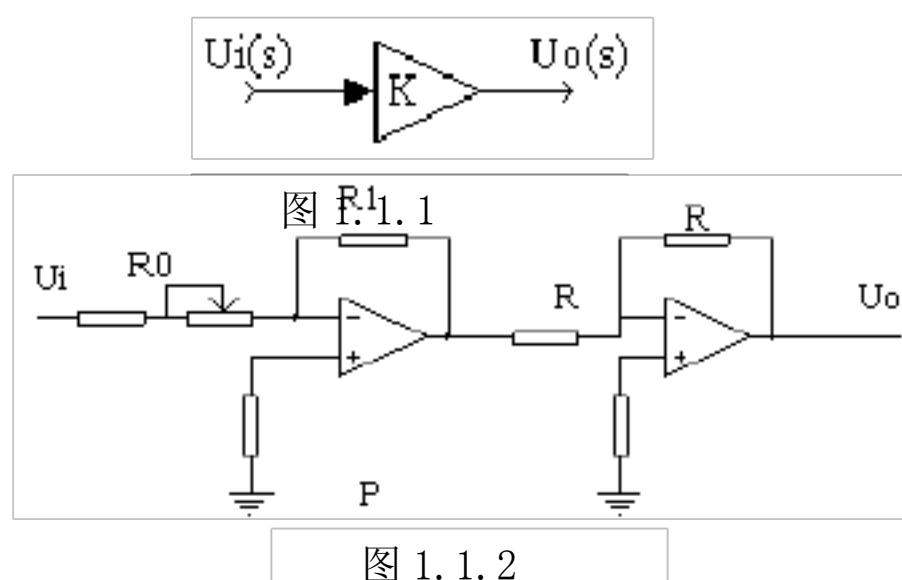
四、实验原理与接线电路

1. 比例(P)环节的传递函数、方块图和模拟电路

比例环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K$$

其方块图和模拟电路，分别如图 1.1.1 图 1.1.2所示，其中 $K = \frac{R}{R_0}$ ，实验参数取 R_0

$=100k$ ， $R_1=200k$ ， $R=10k$ 。



2. 积分(I)环节的传递函数、方块图、模拟电路

积分环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{1}{TS}$$

其方块图和模拟电路，分别如图 1.2.1 图 1.2.2所示，于是 $T = R_0 C$ ，实验参数取 R_0

=200k, C = 1uF, R=10k。

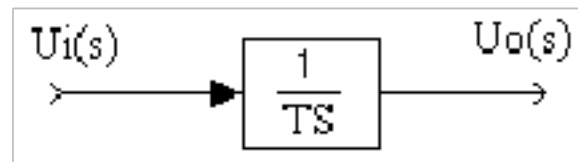


图 1.2.1

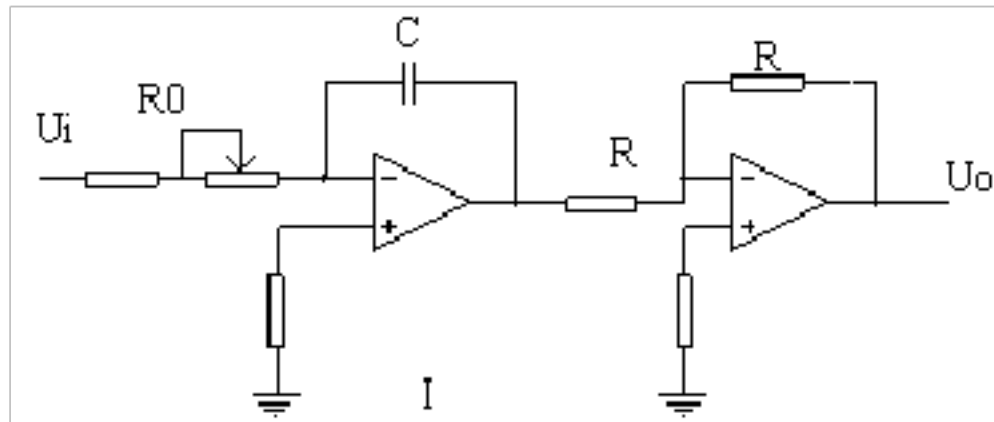


图 1.2.2

3. 比例积分 (PI) 环节的传递函数、方块图和模拟电路

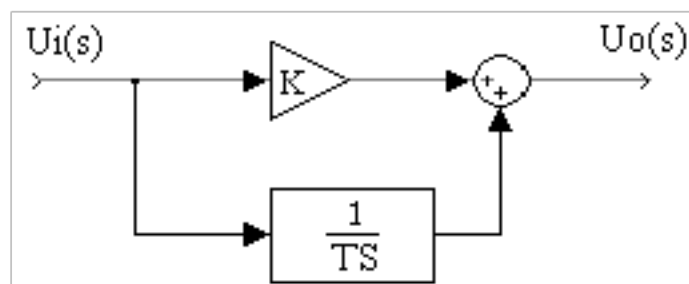


图 1.3.1

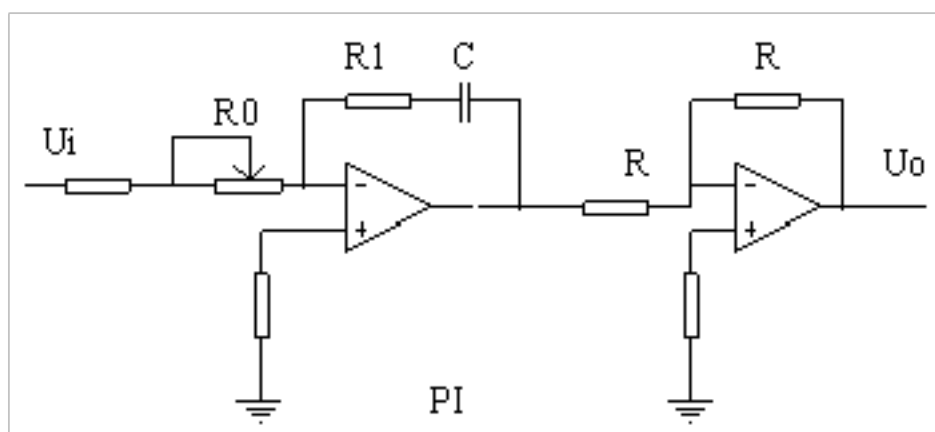
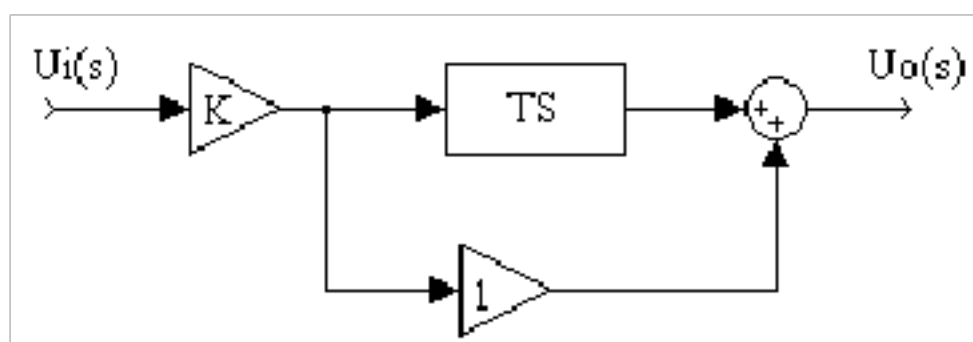


图 1.3.2

比例积分环节的传递函数为： $\frac{U_o}{U_i} = K \frac{1}{TS}$

其方块图和模拟电路，分别如图 1.3.1 和图 1.3.2 所示，于是 $K = \frac{R}{R_0}$ ， $T = R_1 C$ ，实验参数取 $R_0 = 200k$ ， $R_1 = 200k$ ， $C = 1uF$ ， $R = 10k$ 。

4. 比例微分 (PD) 环节的传递函数、方块图和模拟电路



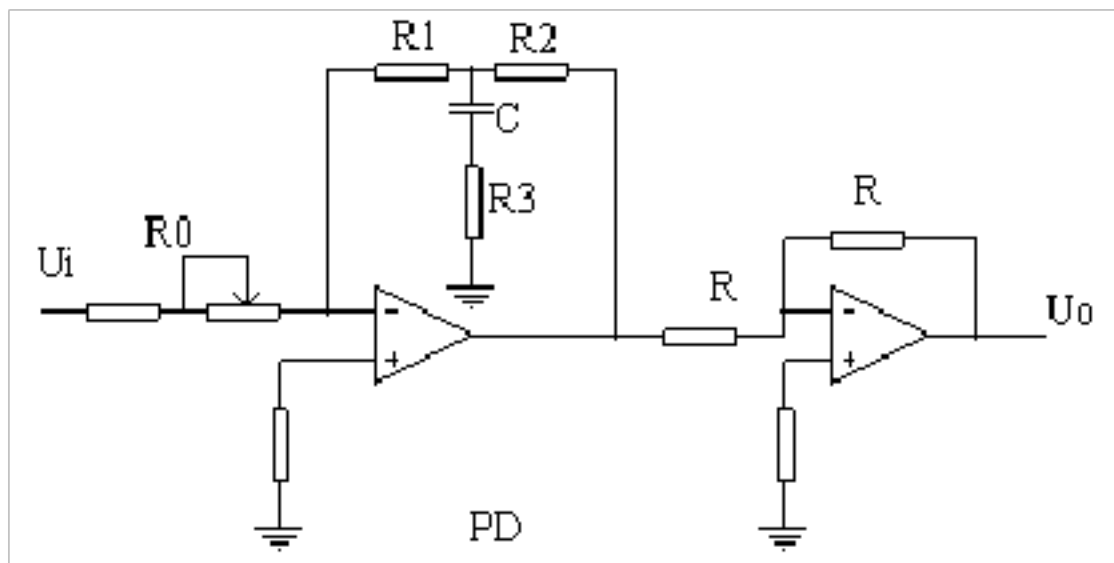


图 1.4.2

比例微分环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K(1 + TS)$$

其方块图和模拟电路分别如图 1.4.1 图 1.4.2所示。其模拟电路是近似的（即实际 PD 环节），当 $R_1, R_2 \ll R_3$ 时，将近似上述理想 PD 环节，有 $K = \frac{R_1 R_2}{R_0}$ ， $T = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2} C$ 。实验时参数取 $R_0 = 10k$ ， $R_1 = 10k$ ， $R_2 = 10k$ ， $R_3 = 200$ ， $C = 10\mu F$ ， $R = 10k$ 。

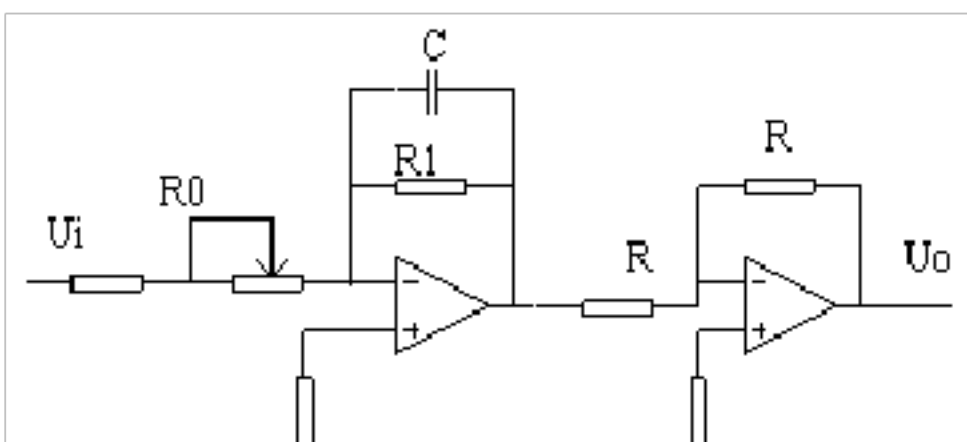
实际 PD 环节的传递函数为：

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_1 R_2}{R_0} \frac{1 + \frac{R_1 R_2 C s}{R_1 R_2}}{(R_1 R_2) (R_3 C s + 1)} \quad (\text{供软件仿真参考})$$

5. 惯性环节的传递函数、方块图和模拟电路

惯性环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{K}{TS + 1}$$

其方块图、模拟电路，分别如图 1.5.1 图 1.5.2所示，其中 $K = \frac{R_1}{R_0}$ ， $T = R_1 C$ ，实验参数取 $R_0 = 200k$ ， $R_1 = 200k$ ， $C = 1\mu F$ ， $R = 10k$ 。



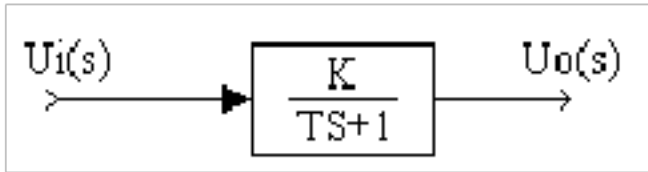


图 1.5.1

6. 比例积分微分 (PID) 环节的传递函数、方块图和模拟电路

比例积分微分环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right)$$

其方块图和模拟电路分别如图 1.6.1 图 1.6.2所示。其模拟电路是近似的（即实际 PID 环节），当 $R_1 = R_2 = R_3$ 时，将近似上述理想 PID 环节有 $K_p = \frac{R}{R_0}$ ， $T_i = R_0 C_1$ ，

$T_d = \frac{R R_2}{R_0 C_2}$ 。实验时参数可取 $R_0 = 200k$ ， $R_1 = 100k$ ， $R_2 = 10k$ ， $R_3 = 1k$ ， $C_1 = 1\mu F$ ， $C_2 = 10\mu F$ ， $R = 10k$ 。

实际 PID 环节的传递函数为：

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_1 R_2}{R_0} \frac{1}{R_0 C_1 S} \frac{R_2 C_2 (R_1 C_2 S + 1)}{R_0 C_2 (R_1 C_2 S + 1)} \quad (\text{供软件仿真参考})$$

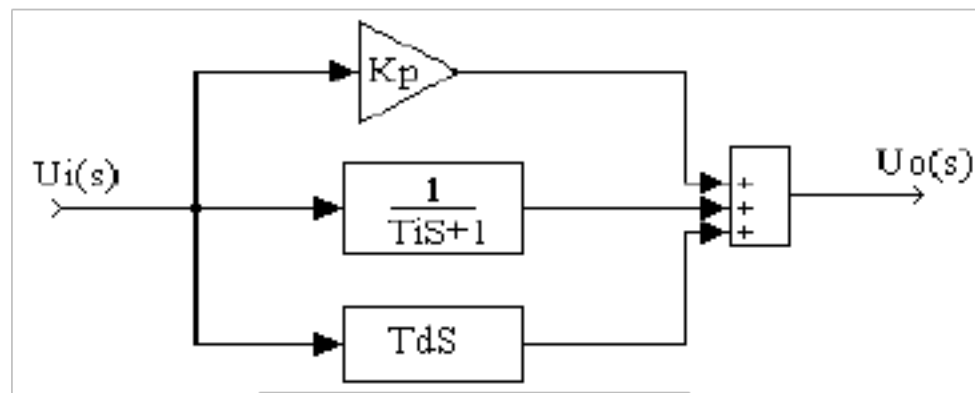


图 1.6.1

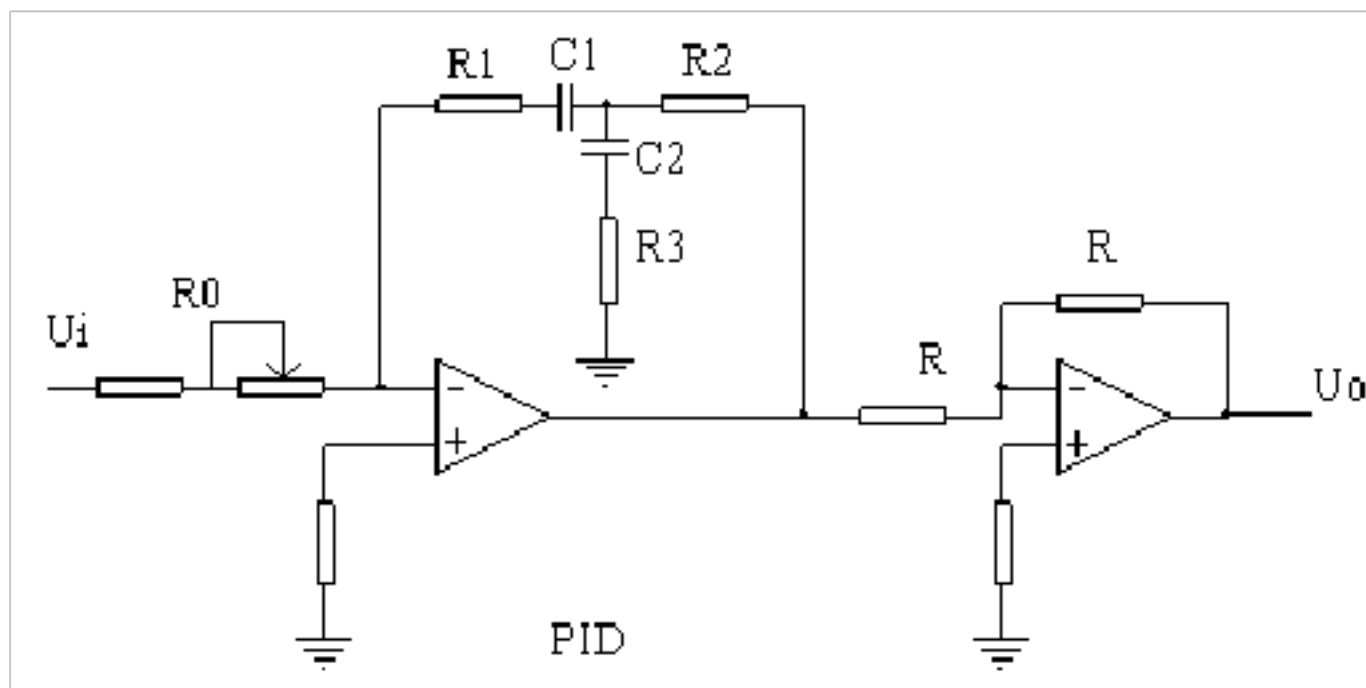
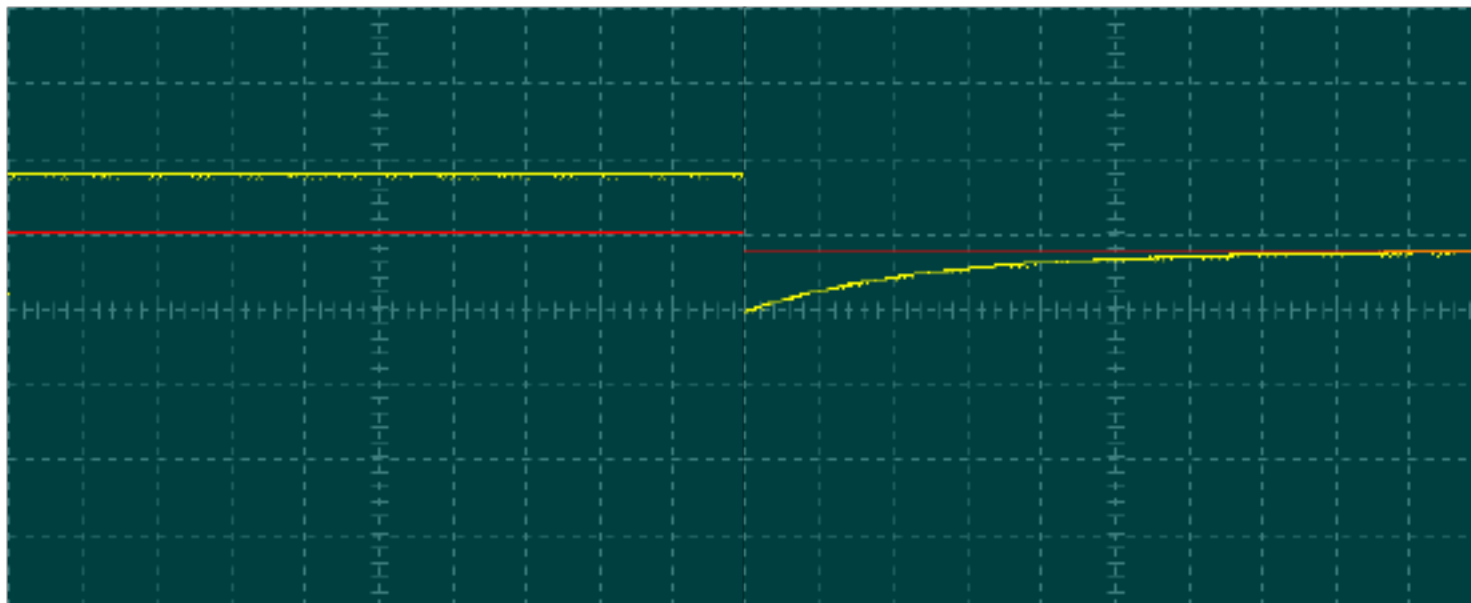


图 1.6.2

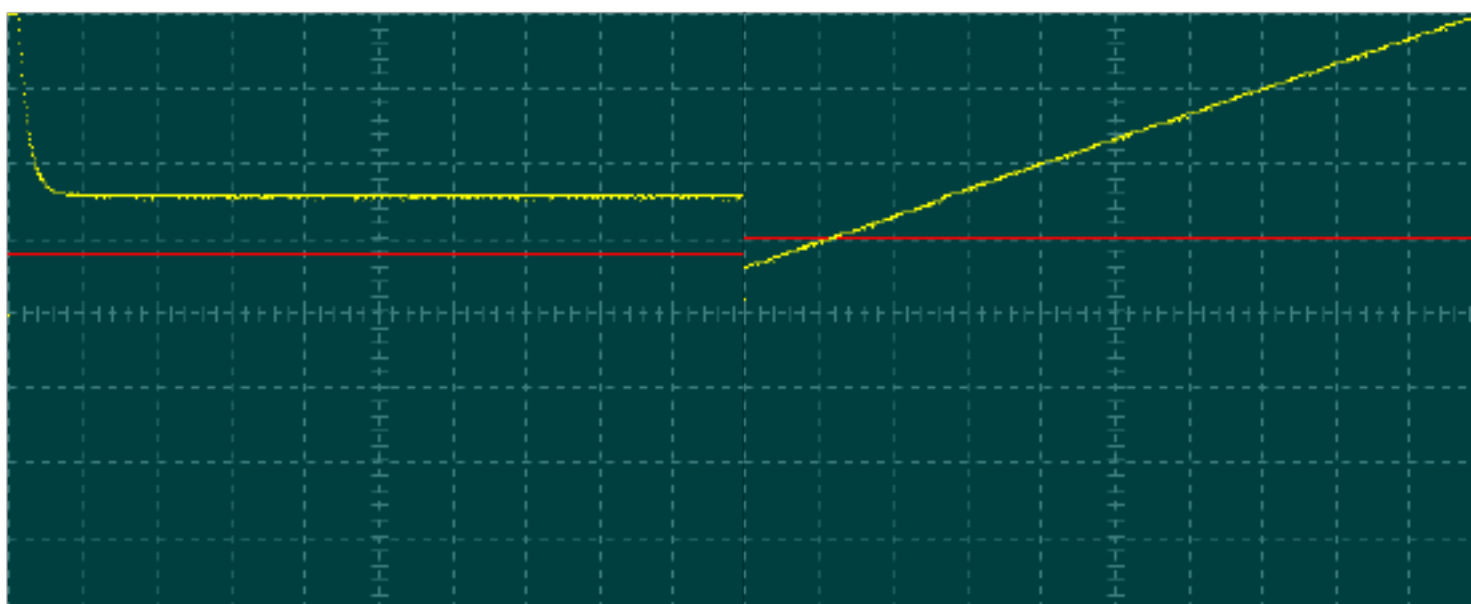
五、实验结果分析及报告

1. 实验得到的各环节的阶跃响应曲线图。



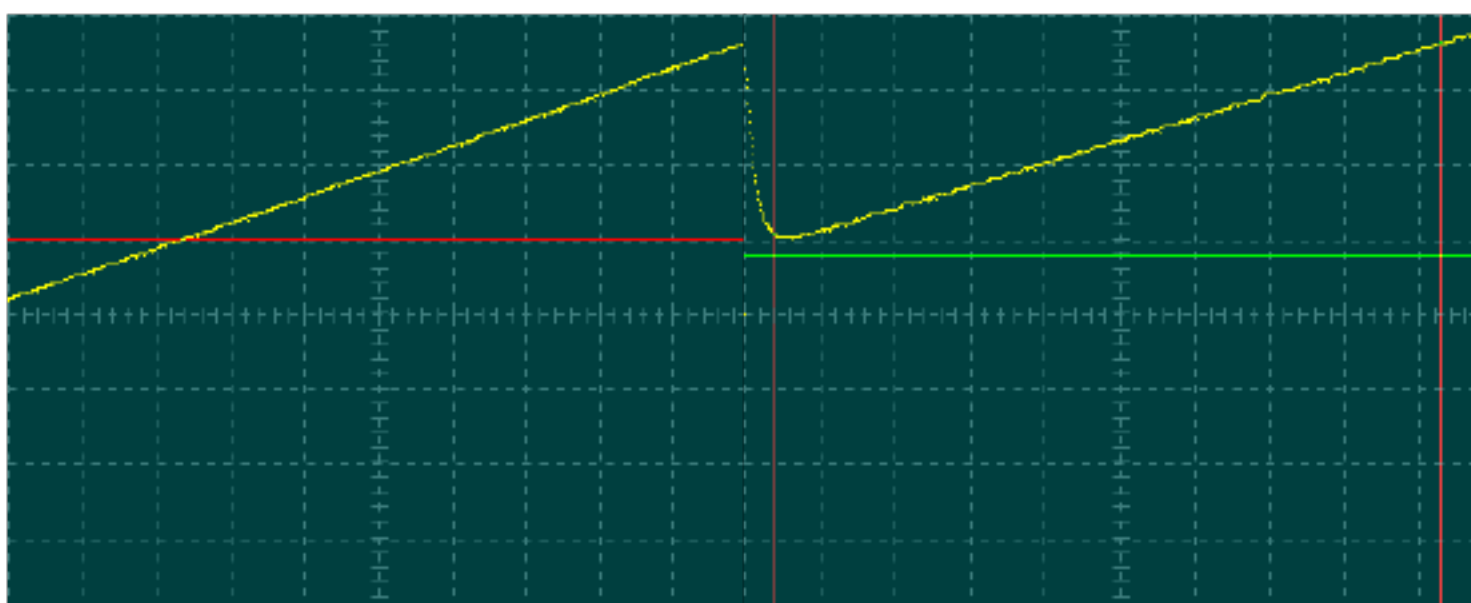
比例(P)环节的阶跃响应曲线图

惯性环节的阶跃响应曲线图



比例微分(PD)环节的阶跃响应曲线图

比例积分(PI)环节阶跃响应曲线图



积分(I)环节的阶跃响应曲线图

比例积分微分(PID)环节的阶跃响应曲线图

2. 和书本上相应的阶跃响应图比较, 分析实验结果是否正确及原因。

比例环节的电路简单, 原理也简单, 不存在越界情况, 因而实验结果与理想的结果非常接近。

积分(I)环节的阶跃响应曲线图可以看出, 积分环节有两个明显的特征: (1) 输出信号是

斜坡信号，对于输入信号为阶跃信号的情况，这种输出信号形式与我们数学上的对某一常数按时间做积分运算的结果是一致的，不同之处是，理论上积分结果会随着时间的推移趋于无穷大，而仿真环境下，由于软件本身有一定的量程限制，因而输出信号值达到某一值之后就不再增加了。(2) 积分常数越大，达到顶峰需要的时间就越长，这也符合理论的结果。

比例积分环节就是把比例环节与积分环节并联，分别取得结果之后再叠加起来，所以从图像上看，施加了阶跃信号以后，输出信号先有一个乘了系数 K 的阶跃，之后则逐渐按斜坡形式增加，形式同比例和积分的加和是相同的，因而验证了这一假设。

微分环节对于阶跃信号的响应，在理论上，由于阶跃信号在施加的一瞬间有跳变，造成其微分结果为无穷大，之后阶跃信号不再变化，微分为 0，表现为输出信号开始衰减。由于系统中带有比例环节，因此输出信号不会衰减为零，而是衰减到值为 KU_i ，之后保持不变。

PID 环节同时具备了比例、积分、微分三个环节的特性，输出图像其实也就是三个环节输出特性的叠加。三个环节在整个系统中的工作实际上是相互独立的，这也与它们是并联关系的事实相符合。

惯性环节的传递函数 $G(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{K}{TS + 1}$ 输出函数：

可以看到，当 t 时，这与图中的曲线是匹配的。

3. 实验心得

通过本实验我更加直观的了解到了自动控制理论的应用和方法，同时也加强了对课本知识的了解。此外，我的实践动手能力也得到了加强。

验证性实验

实验二 典型系统动态性能和稳定性分析

一、实验目的

1. 学习和掌握动态性能指标的测试方法。
2. 研究典型系统参数对系统动态性能和稳定性的影响。

二、实验内容

1. 观测二阶系统的阶跃响应，测出其超调量和调节时间，并研究其参数变化对动态性能和稳定性的影响。
2. 观测三阶系统的阶跃响应，测出其超调量和调节时间，并研究其参数变化对动态性能和稳定性的影响。

三、实验步骤

1. 熟悉实验箱，利用实验箱上的模拟电路单元，参考本实验附录中的图 2.1.1 和图 2.1.2，设计并连接由一个积分环节和一个惯性环节组成的二阶闭环系统的模拟电路（如用 U9、U15、U11 和 U8 连成）。接线时要注意对运放锁零的要求。
2. 利用实验设备观测该二阶系统模拟电路的阶跃特性，并测出其超调量和调节时间。
3. 改变该二阶系统模拟电路的参数，观测参数对系统动态性能的影响。
4. 利用实验箱上的模拟电路单元，参考本实验附录中的图 2.2.1 和图 2.2.2，设计并连接由一个积分环节和两个惯性环节组成的三阶闭环系统的模拟电路（如用 U9、U15、U11、U10 和 U8 连成）。
5. 利用实验设备观测该三阶系统模拟电路的阶跃特性，并测出其超调量和调节时间。
6. 改变该三阶系统模拟电路的参数，观测参数对系统稳定性与动态指标的影响。
7. 利用上位机界面提供的软件仿真功能，完成上述两个典型系统的动态性能研究，并与模拟电路的研究结果相比较。

四、实验原理与接线电路

1. 典型二阶系统

典型二阶系统的方块结构图如图 2.1.1 所示：

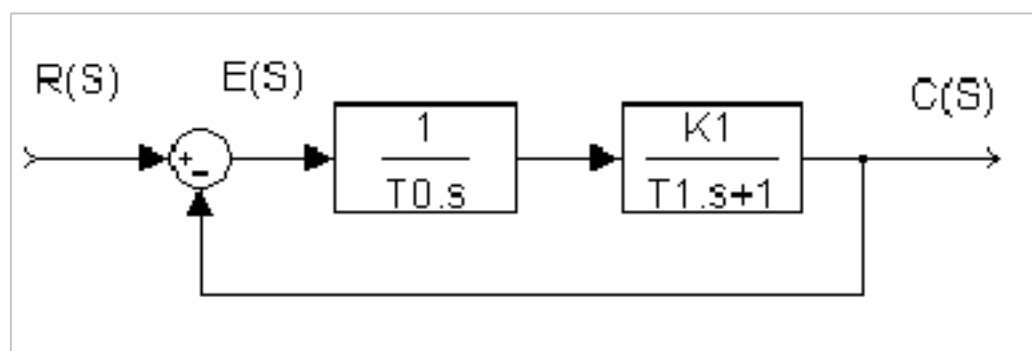


图 2.1.1

其开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(T_1s + 1)}$, $K = \frac{K_1}{T_0}$

其闭环传递函数为 $W(s) = \frac{K}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$, 其中 $\zeta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K}{T_1 T_0}}$, $\omega_n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_0}{K T_1}}$ 。

设计该二阶系统的模拟电路如图 2.1.2 所示:

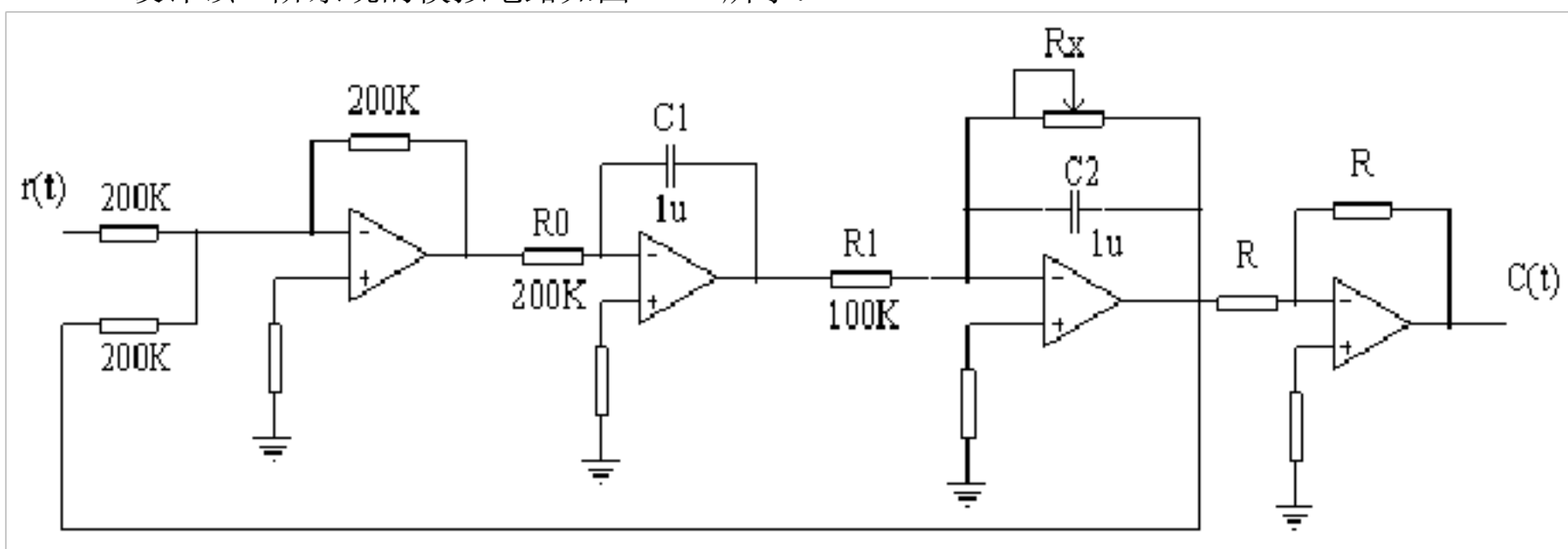


图 2.1.2

2. 典型三阶系统

典型三阶系统的方块结构图如图 2.2.1 所示,

其开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$, 其中 $K = \frac{K_1 K_2}{T_0}$, 取三

阶系统的模拟电路如图 2.2.2 所示:

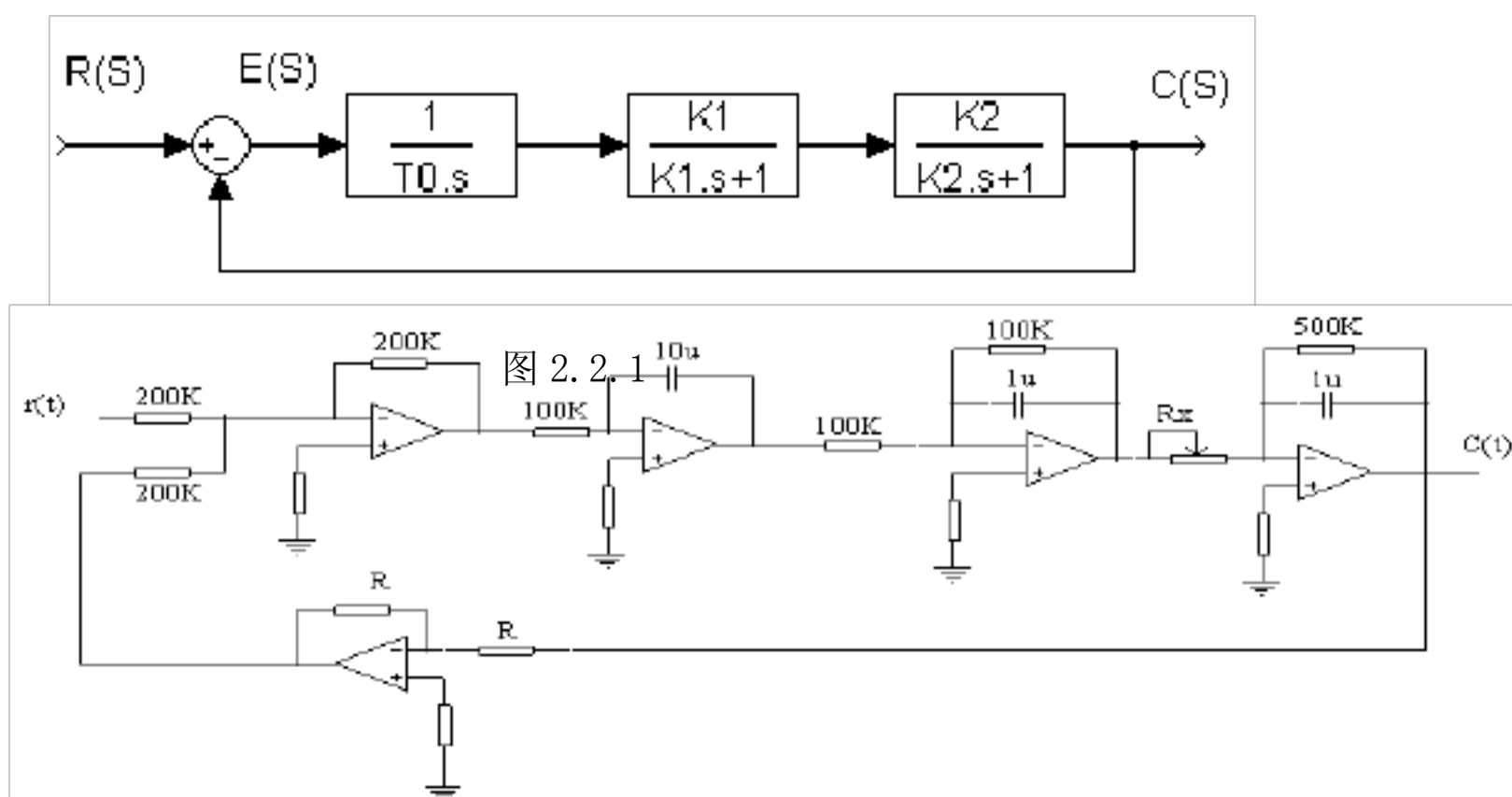


图 2.2.2

该系统开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(0.5s + 1)(0.5s + 1)}$, $K = 500/R_x$, R_x 的单位为 K。

系统特征方程为 $s^3 + 12s^2 + 20s + 20K = 0$ ，根据劳斯判据得到：

系统稳定 $0 < K < 12$

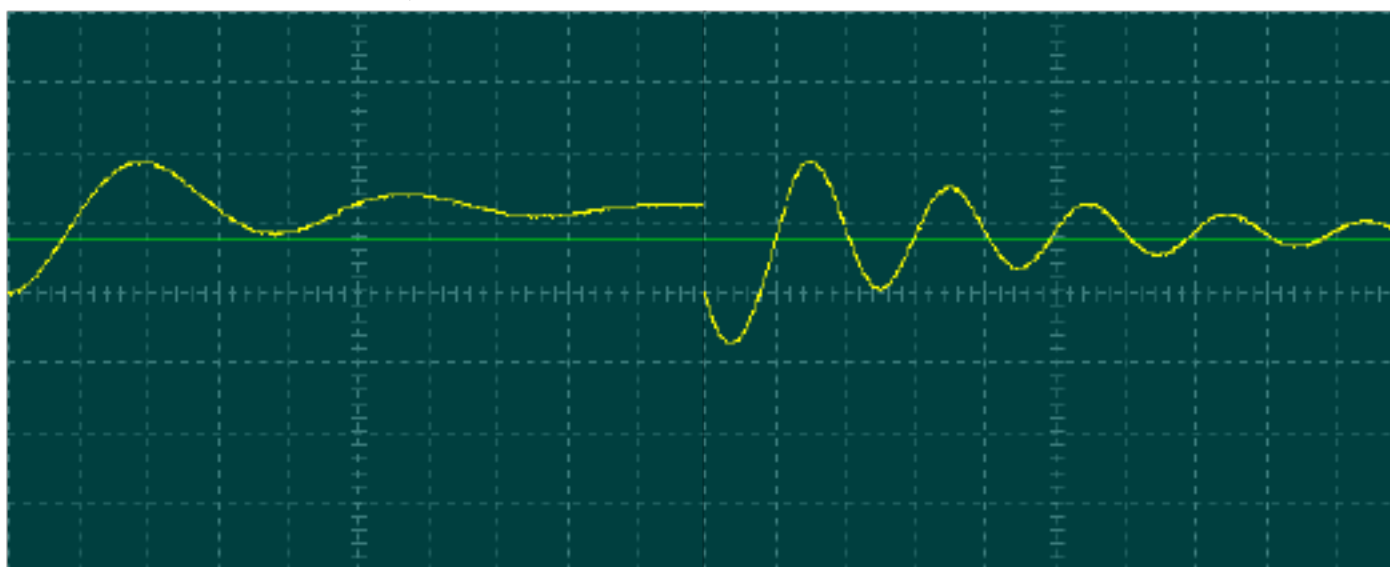
系统临界稳定 $K = 12$

系统不稳定 $K > 12$

根据 K 求取 R_x 。这里的 R_x 可利用模拟电路单元的 220K 电位器，改变 R_x 即可改变 K_2 ，从而改变 K ，得到三种不同情况下的实验结果。

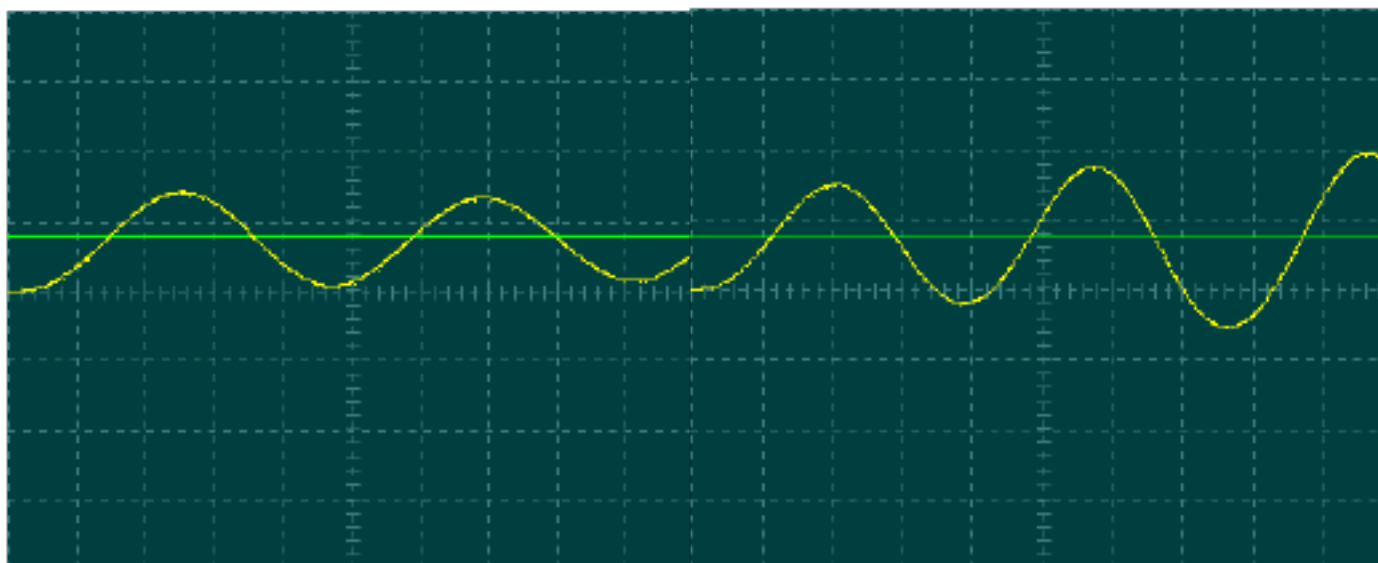
五、实验结果分析及报告

1. 记录实验得到曲线，保存为位图文件。



典型二阶系统单位阶跃响应曲

线稳定状态 此时 $R_x = 52K$



临界状态 此时 $R_x = 41K$

不稳定状态 (发散) 此时 $R_x = 14K$

2. 和书本上相应的阶跃响应图比较，分析实验结果是否正确及原因。

根据实验获得的数据，可得，在 $R_x = 41K$ 时，系统的响应曲线是等幅振荡，当 $R_x > 41K$ 时，系统趋于稳定，当 $R_x < 41K$ 时，系统不稳定，这与理论计算的结果一样。三种状态下的单位阶跃响应曲线与书本上比较大体相同，能够比较准确地反映出典型三阶系统的动态特性。

3. 心得

实验时，我们通过调节二阶系统的电路中的可变电阻，来得到我们想要的图形，因为我们在理论知识学习中知道增大放大系数可以减小稳态误差加快响应速度，但是放大系数过大会影响系统的稳定，所以在这个实验我们验证了这个结论。在该实验的三阶系统中也是一样，一般来讲高阶的系统其实在一定的情况下可以降低近似为二阶系统，所以我们通过改变可调电阻 R_x 的值，可以使系统从不稳定，变化到临界稳定，最后再变化到稳定，可见，系

统的参数对系统的动态响应有很大的影响，结构和参数决定了系统的性能。

实验三 典型环节（或系统）的频率特性测量

一、实验目的

1. 学习和掌握测量典型环节（或系统）频率特性曲线的方法和技能。
2. 学习根据实验所得频率特性曲线求取传递函数的方法。

二、实验内容

1. 用实验方法完成一阶惯性环节的频率特性曲线测试。
2. 用实验方法完成典型二阶系统开环频率特性曲线的测试。
3. 根据测得的频率特性曲线求取各自的传递函数。
4. 用软件仿真方法求取一阶惯性环节频率特性和典型二阶系统开环频率特性，并与实验所得结果比较。

三、实验步骤

1. 利用实验设备完成一阶惯性环节的频率特性曲线测试。

在熟悉上位机界面操作的基础上，充分利用上位机提供的虚拟示波器与信号发生器功能。为了利用上位机提供的虚拟示波器与信号发生器功能，接线方式将不同于上述无上位机情况。仍以一阶惯性环节为例，此时将 U_i 连到实验箱 U3 单元的 O1（D/A 通道的输出端），将 U_o 连到实验箱 U3 单元的 I1（A/D 通道的输入端），并连好 U3 单元至上位机的并口通信线。接线完成，经检查无误，再给实验箱上电后，启动上位机程序，进入主界面。界面上的操作步骤如下：

①按通道接线情况完成“通道设置”：在界面左下方“通道设置”框内，“信号发生通道”选择“通道 01#”，“采样通道 X”选择“通道 I1#”，“采样通道 Y”选择“不采集”。

②进行“系统连接”（见界面左下角），如连接正常即可按动态状态框内的提示（在界面正下方）“进入实验模式”；如连接失败，检查并口连线和实验箱电源后再连接，如再失败则请求指导教师帮助。

③进入实验模式后，先对显示进行设置：选择“显示模式”（在主界面左上角）为“Bode”。

④完成实验设置，先选择“实验类别”（在主界面右上角）为“频域”，然后点击“实验参数设置”，在弹出的“频率特性测试频率点设置”框内，确定实验要测试的频率点。注意设置必须满足 $\omega < 30\text{Rad/sec}$ 。

⑤以上设置完成后，按“实验启动”启动实验。界面中下方的动态提示框将显示实验测试的进展情况，从开始测试直至结束的过程大约需要 2 分钟。实验自动结束，提供数据表格和显示对数频率特性（Bode 图）。

⑥改变显示模式，从“Bode”改为“Polar”，图框内即显示幅相频率特性（Nyquist 图）。

⑦按实验报告需要，将图形结果保存为位图文件，操作方法参阅软件使用说明书

四、实验原理及接线电路

1. 实验用一阶惯性环节传递函数参数、电路设计及其幅相频率特性曲线：

对于 $G(S) = \frac{K}{TS + 1}$ 的一阶惯性环节，其幅相频率特性曲线是一个半圆。

取 $s = j\omega$ 代入, 得 $G(j\omega) = \frac{K}{j\omega T + 1} r(\omega) e^{j\phi(\omega)}$

在实验所得特性曲线上, 从半圆的直径 $r(0)$, 可得到环节的放大倍数 K , $K = r(0)$ 。

在特性曲线上取一点 r_k , 可以确定环节的时间常数 T , $T = \frac{tg(\phi_k)}{\omega_k}$ 。

实验用一阶惯性环节传递函数为 $G(s) = \frac{1}{0.2s + 1}$, 其中参数为 $R_0 = 200 \text{ K}$, $R_1 = 200 \text{ K}$, $C = 1\mu\text{F}$, 其模拟电路设计参阅图 1.5.2

2. 实验用典型二阶系统开环传递函数参数及电路设计:

对于由两个惯性环节组成的二阶系统, 其开环传递函数为:

$$G(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} = \frac{K}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2) s + 1} \quad (1)$$

令上式中 $s = j\omega$, 可以得到对应的频率特性

$$G(j\omega) = \frac{K}{T_1 T_2 \omega^2 - j2T\omega + 1} r(\omega) e^{j\phi(\omega)}$$

根据上述幅相频率特性表达式, 有

$$K = r(0) \quad (3-1)$$

$$r(\omega_k) = \frac{r(0)}{2T\omega_k \sqrt{1 + \frac{1}{tg^2 \phi_k}}} \quad \text{其中} \quad \frac{1}{tg \phi_k} = \frac{1 - T_1 T_2 \omega_k^2}{2T\omega_k} \quad (3-2)$$

$$\text{故有} \quad T_1 T_2 = \frac{1}{\omega_k^2} - \frac{2T}{tg \phi_k} \quad (3-2)$$

$$2T = \frac{r(0)}{r(\omega_k) \sqrt{1 + \frac{1}{tg^2 \phi_k}}} \quad (3-3)$$

如已测得二阶环节的幅相频率特性, 则 $r(0)$ 、 ω_k 、 ϕ_k 和 $r(\omega_k)$ 均可从实验曲线得到, 于是可按式 (3-1)、(3-2) 和 (3-3) 计算 K 、 T 、 ξ , 并可根据计算所得 T 、 ξ 求取 T_1 和 T_2

$$T_1 = T \left(\sqrt{2\xi^2 - 1} \right)$$

$$T_2 = T \left(\sqrt{2\xi^2 - 1} \right)$$

实验用典型二阶系统开环传递函数 ($\xi > 1$) 为:

$$G(s) = \frac{1}{(0.2s + 1)(0.4s + 1)} = \frac{1}{0.02s^2 + 0.3s + 1}$$

其电路设计参阅图 2.2.1

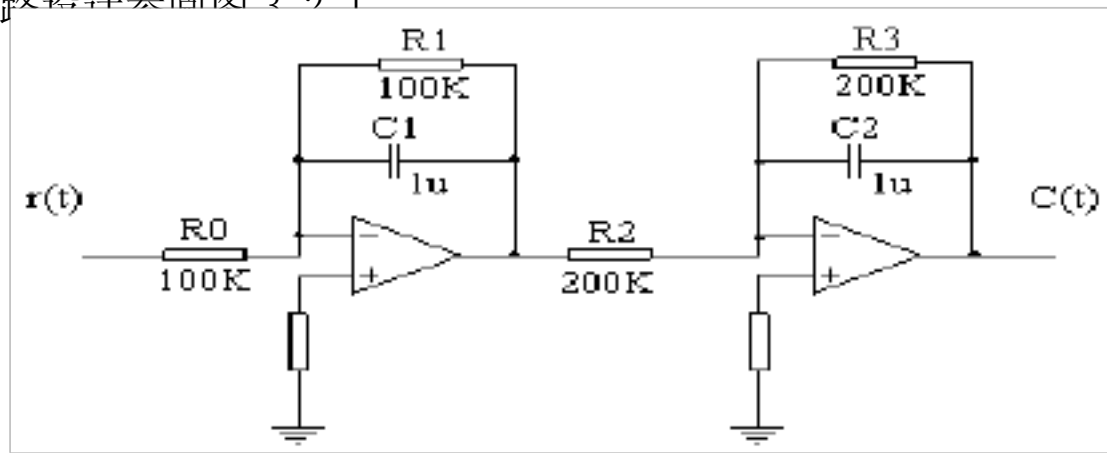


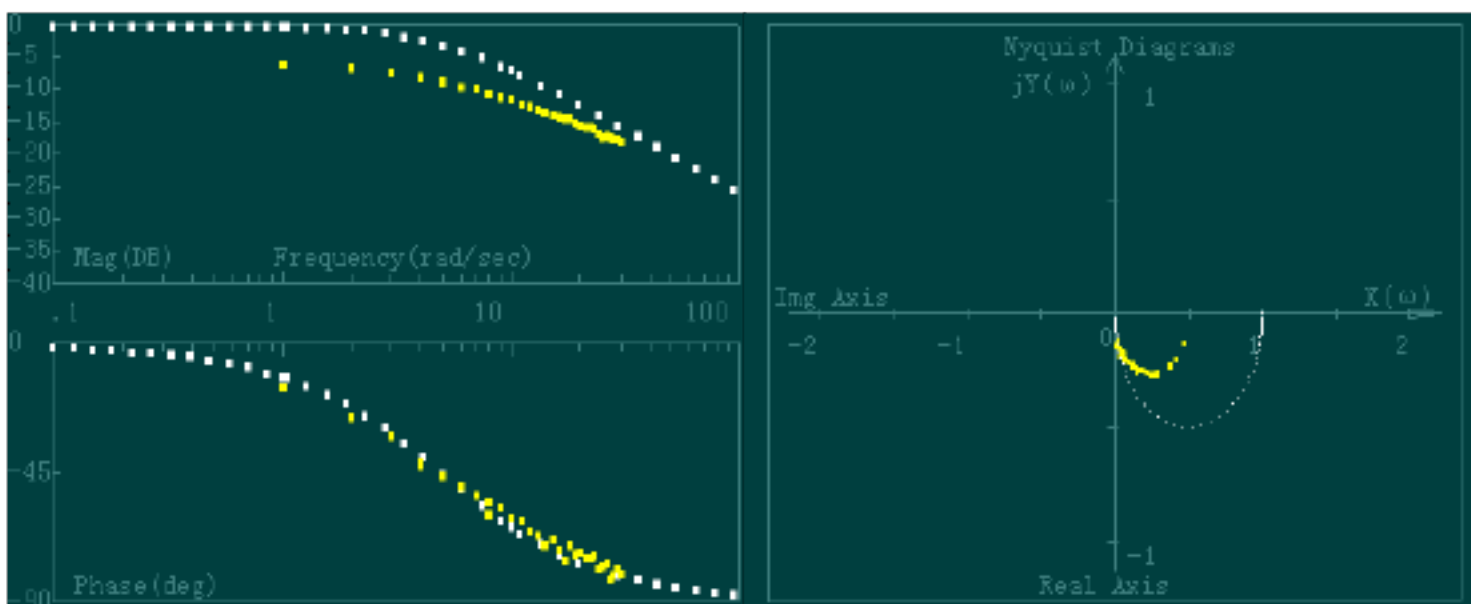
图 3.2.1

3. 对数幅频特性和对数相频特性

上述幅相频率特性也可表达为对数幅频特性和对数相频特性，改变显示模式即可观察到。

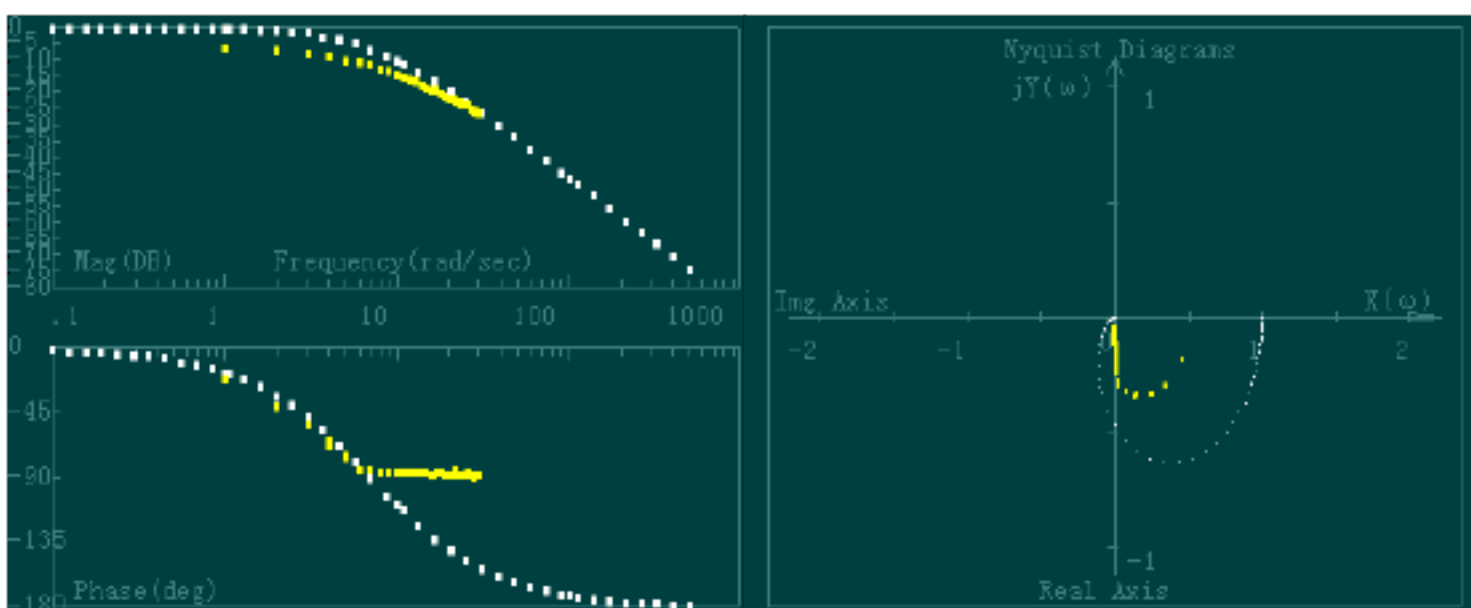
五、实验结果分析及报告

1. 记录实验得到曲线，保存为位图文件。



一阶惯性环节的 Bode 图

一阶惯性环节的 Nyquist 图



典型二阶系统的 Bode 图

典型二阶系统的 Nyquist 图

2. 心得

实验所得的结论是：惯性环节是一个相位滞后环节，在频率低时滞后相角较小，幅值的衰减也较小，频率高时滞后相角越大，幅值衰减的也越大，但是最大的相角也只是 90 度。我们通过调整验证了惯性环节的幅频曲线。而对于由两个惯性环节组成的二阶系统，其相角有一些明显超过了 180 度，不过这可能有误差，主要原因是实验仪器的老化所引起的误差。

验证性实验

实验九 采样控制系统动态性能和稳定性

分析的混合仿真研究

一、实验目的

1. 学习用混合仿真方法研究采样控制系统。
2. 深入理解和掌握采样控制的基本理论。

二、实验内容

1. 利用实验设备设计并实现被控对象为典型二阶连续系统的采样控制混合仿真系统。
2. 改变数字控制器的采样控制周期和放大系数，研究参数变化对采样控制系统的动态性能和稳定性的影响。

三、实验步骤

1. 采样控制系统的混合仿真研究方法

(1) 参阅本实验附录 1 (1) 以及图 9.1.1 和图 9.1.2，利用实验箱上的电模拟单元电路 U9 和 U11，设计并连接已知传递函数的连续被控对象的模拟电路。

(2) 将实验箱上的数据处理单元 U3 模拟量输出端“01”与被控对象的模拟电路的输入端（对应图 9.1.2 的 $r(t)$ 端）相连，同时将该数据处理单元 U3 的模拟量输入端口“I1”与被控对象的模拟电路的输出端（对应图 9.1.2 的 $c(t)$ 端）相连。再将运放的锁零端“G”与电源单元 U1 的“-15V”相连。注意，实验中运放没有锁零，而模拟电路中包含“电容”，故每次实验启动前，必须先将“G”接“0V”，实现对电容短接放电，以免非零初始条件影响实验结果。

(3) 接线完成，经检查无误，再给实验箱上电后，启动上位机程序，进入主界面。界面上的操作步骤如下：

①按通道接线情况完成“通道设置”：在界面左下方“通道设置”框内，“信号发生通道”选择“通道 01#”，“采样通道 X”选择“通道 I1#”，“采样通道 Y”选择“不采集”。

②进行“系统连接”（见界面左下角），如连接正常即可按动态状态框内的提示（在界面正下方）“进入实验模式”；如连接失败，检查并口连线和实验箱电源后再连接，如再失败则请求指导教师帮助。

③进入实验模式后，先对显示进行设置：选择“显示模式”（在主界面左上角）为“X-t”；选择“量程”（在“显示模式”下方）为 400ms/div；并在界面右方选择“显示”“系统输入信号”和“采样通道 X”。

④完成实验设置，先选择“实验类别”（在主界面右上角）为“采样控制”，然后点击“实验参数设置”，在弹出的“采样控制”框内，点击小框“系统测试信号设置”框内的“设置”按钮，即弹出“系统测试信号设置”大框，选择“输入波形类别”为“周期阶跃信号”，选择“输入波形幅值”为“1V”，选择“输入波形占空比”为 100%，选择“输入波形周期”为“4000ms”，选择“输入持续时间”为“4000ms”，选择“连续”为“no”。最后按“确定”退出系统测试信号设置，返回“采样控制”。在“采样控制系统研究”框内，先输入采样周期“2”ms，然后选择“采样控制系统混合仿真研究”，此时数字控制器是一比例放大器，可

先设置 $K_p=1$ 。

注意允许的采样周期最小值为 2ms。小于此值不能保证系统运行正常。

⑤以上设置完成后，按“实验启动”启动实验，动态波形得到显示，直至“持续时间”结束，实验也自动结束，如上述参数设置合理就可以在主界面中间得到系统的“阶跃响应”。

⑥按实验报告需要，将图形结果保存为位图文件，操作方法参阅软件使用说明书。

2. 采样控制系统的动态性能和稳定性研究

(1) 在上位机界面上，重新调用“采样控制”，固定采样控制周期，改变数字控制器的放大系数，观测放大系数变化对采样控制系统的动态性能和稳定性的影响。具体操作方法参照本实验步骤 1 所述。

(2) 在上位机界面上，重新调用“采样控制”，固定放大系数，改变数字控制器的采样控制周期，观测采样控制周期变化对采样控制系统的动态性能和稳定性的影响。具体操作方法参照本实验步骤 1 所述。

3. 对以上实验结果进行分析研究，完成实验报告。

四、实验原理及接线电路

1. 采样控制系统的混合仿真研究方法

(1) 已知的连续被控对象传递函数及其电路模拟

已知连续被控对象系统结构框图如图 9.1.1 所示：

$$\text{此系统传递函数为： } G(S) = \frac{50}{S(S+2)} \quad (9-1)$$

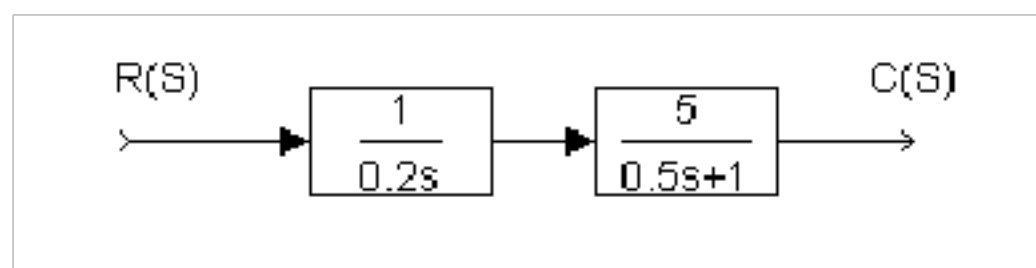


图 9.1.1

此连续被控对象可用图 9.1.2 所示电路模拟：

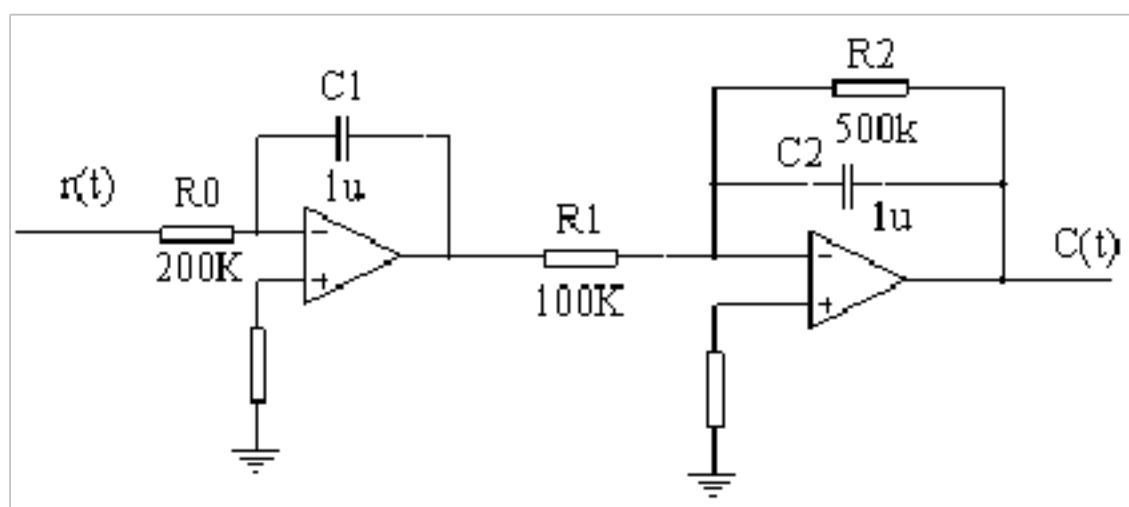


图 9.1.2

(2) 采样控制系统的结构方块图及其实现

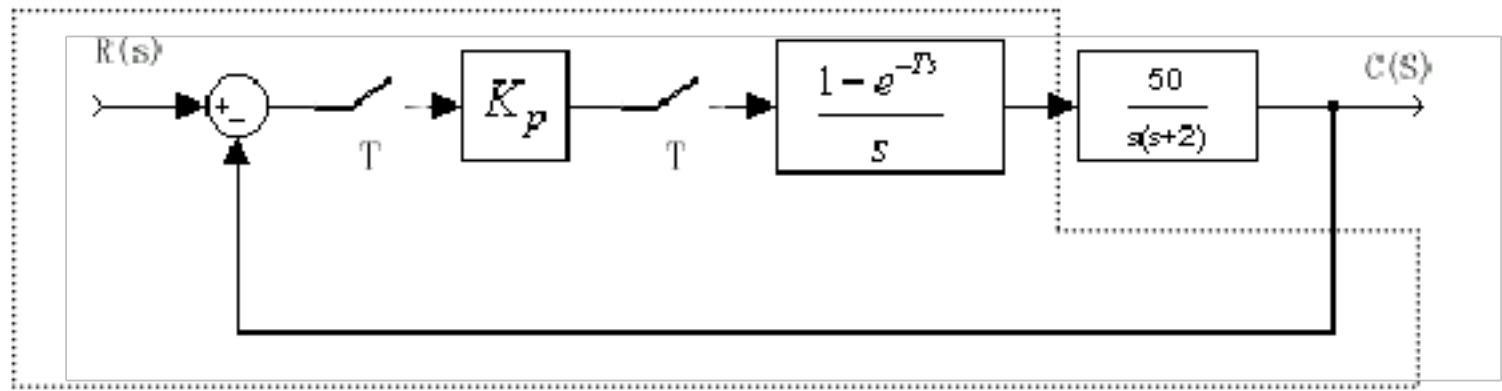


图 9.2.1

采样控制系统的结构方块图如图 9.2.1所示。图中虚线框内部分，包括测试信号、比较器、采样开关、数字控制器和零阶保持器等，由上位机和数据处理系统实现；而框外部分，即连续被控对象则采用电路模拟实现。因为该仿真系统，既有模拟部分，又有数字部分，故称之为“混合仿真系统”。用混合仿真系统研究采样控制系统，比用电路模拟系统或全数字仿真系统都优越，因为它更接近实际系统。其电路连接图如图 9.2.2所示：

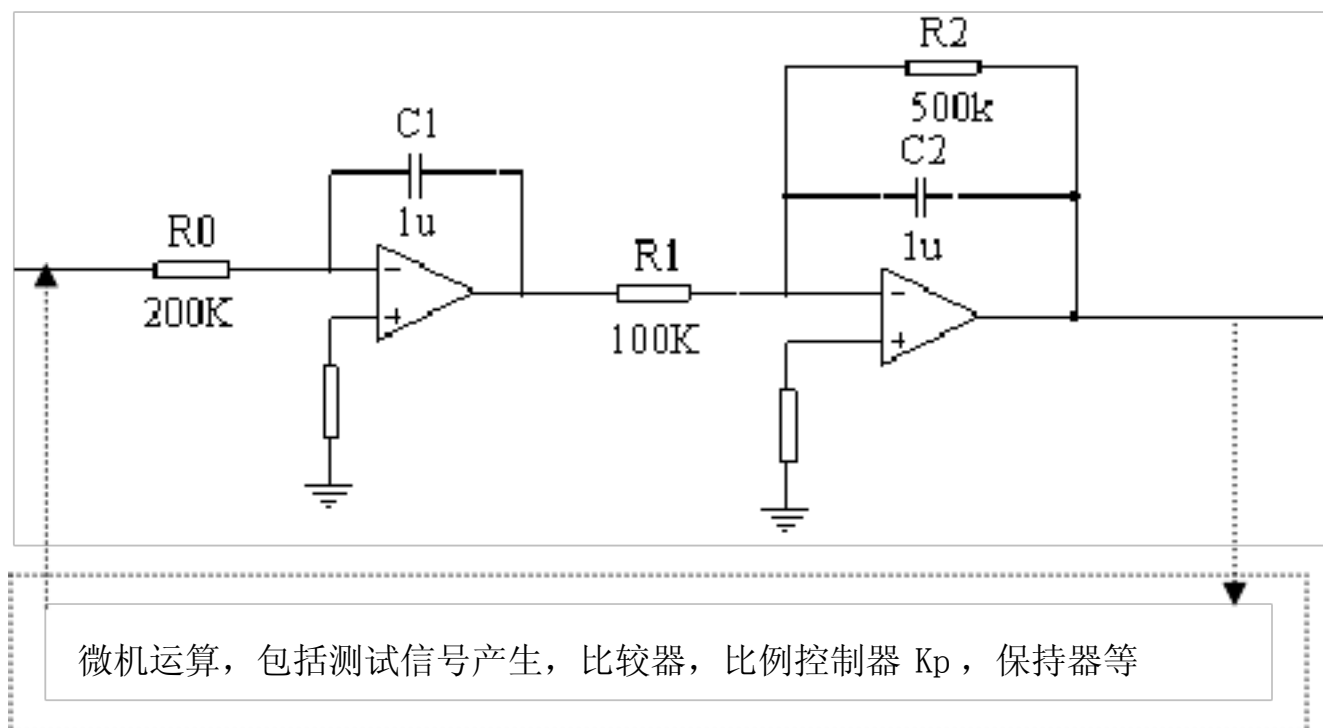


图 9.2.2

2. 采样控制系统的动态性能和稳定性分析

(1) 采样控制系统的稳定性判断

对于图 9.2.1所示采样控制系统，在采样周期和放大系数确定后，可以用离散控制的基本理论来判断闭环控制的稳定性。

先将模拟对象离散化，图 9.2.1所示采样控制系统被控对象的脉冲传递函数为：

$$G(z) = Z\left[\frac{1 - e^{-TS}}{s} \frac{50}{s(s+2)}\right]$$

$$= 50(1 - z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+2)}\right]$$

$$= \frac{12.5[(2 - 1 - e^{-2T})z - (1 - e^{-2T} - 2Te^{-2T})]}{(z - 1)(z - e^{-2T})} \quad (9-2)$$

(9-2)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/575303004210012010>