作业一：内膜控制器的设计：

使用 Simulink 对内模控制器进行设计与仿真：

对纯滞后阶段做一阶 Pade 近似，并：

$$\mathrm{e}^{-\theta} \approx \frac{-0.5\theta s+1}{0.5\theta s+1}$$

设计理想控制器如下：

$$\hat{G}_{\mathrm{IMC}}(s)=\frac{(\tau_{\mathrm{p}} s+1)(0.5\theta s+1)}{K}$$

考虑加入滤波器，其中滤波器参数 α 取 2.3

$$\begin{aligned} G_{\mathrm{IMC}}(s) &= \hat{G}_{\mathrm{IMC}}(s) G_f(s)=\hat{G}_{\mathrm{p}-}^{-1}(s) G_f(s) \\ &= \frac{(\tau_{\mathrm{p}} s+1)(0.5\theta s+1)}{K} \cdot \frac{1}{\alpha s+1} \end{aligned}$$

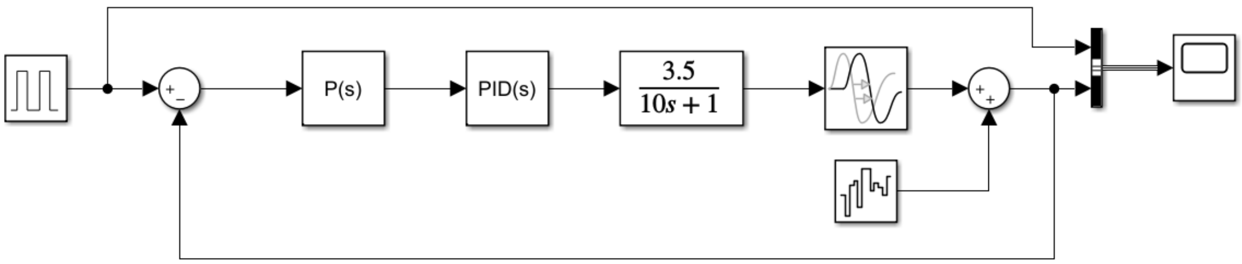
则，对整个控制器进行化简为一个 PID 控制器如下：

$$\begin{aligned} G_{\mathrm{c}}(s) &= \frac{G_{\mathrm{IMC}}(s)}{1-\hat{G}_{\mathrm{p}}(s) G_{\mathrm{IMC}}(s)}=\frac{\hat{G}_{\mathrm{IMC}}(s) G_f(s)}{1-\hat{G}_{\mathrm{p}}(s) \hat{G}_{\mathrm{IMC}}(s) G_f(s)} \\ &= \frac{\hat{G}_{\mathrm{IMC}}(s) G_f(s)}{1-\hat{G}_{\mathrm{p}-}(s) \hat{G}_{\mathrm{p}+}(s) \hat{G}_{\mathrm{p}-}^{-1}(s) G_f(s)} \\ &= \left[\frac{1}{K}\right] \frac{(\tau_{\mathrm{p}} s+1)(0.5\theta s+1)}{(\alpha+0.5\theta) s} \end{aligned}$$

最终设计得到的 PID 控制器具体参数为：

$$G_{\mathrm{c}}(s)=\left[\frac{1}{3.5}\right] \frac{(10 s+1)(1.5 s+1)}{3.8 s}$$

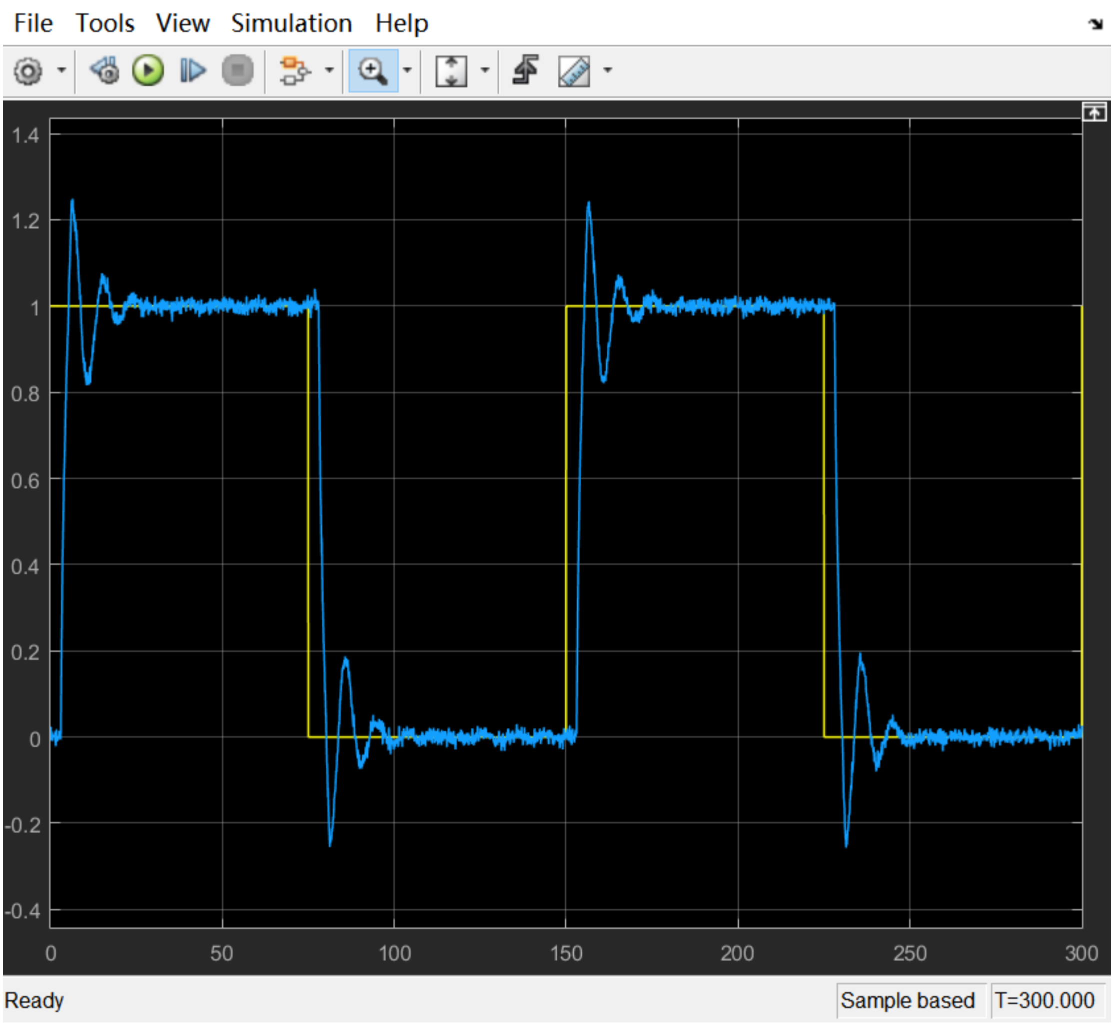
在 Simulink 中仿真框图如下:



其中具体参数如下：

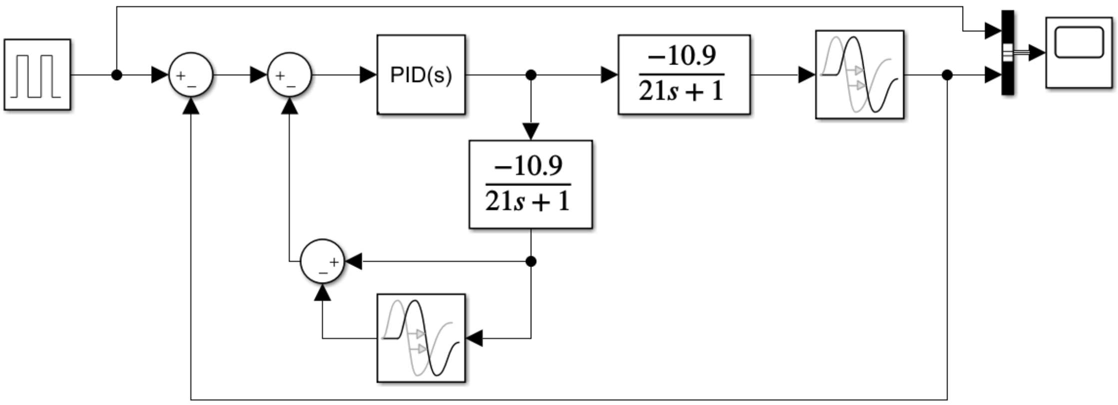
$$Kp_1 = \frac{1}{3.5} \qquad Kp_2 = \frac{11.5}{3.8} \qquad Ki_2 = \frac{1}{3.8} \qquad Kd_2 = \frac{15}{3.8}$$

设计最终效果图（加入白噪声）如下所示：



作业二：Smith 控制系统的设计：

使用 Simulink 对 Smith 控制系统进行设计与仿真，设计框图如下所示：



其中具体参数如下：

$$Kp = -1.2 \qquad Ki = -0.6 \qquad Kd = -2$$

设计效果如下所示：