# PID控制

* **误差：**
* **定义三个欧拉角：**绕x轴的滚转角，绕y轴的俯仰角，绕z轴的偏航角。
* 对于平衡车：角度环误差，速度环误差
* 串级pid设置：内环角度环，外环速度环（因为串级PID中，内环响应速度更快，为使系统对角度误差反应更灵敏，故将角度设为内环）。

**速度环（外环）PID控制器**：



写为离散形式：  


**角度环（内环）PID控制器**：



写为离散形式：



* **PID各项的作用：**

P：比例项的输出与误差成正比，比例项提供了控制系统对误差的即时反应。P大，则系统快速性大，但过大可能造成系统振荡，且单个P无法消除静态误差

I：积分项可用于消除稳态误差，但积分作用由于依赖于误差的积累，可能造成积分饱和现象，引发系统振荡，常需要采取措施（积分限幅、积分分离等）避免积分饱和现象。

D：微分项的作用是提前预知误差的变化趋势，提前采取措施，可用于避免过度调节，减少超调，但对噪声敏感，引起不必要的波动。

* 在尚硅谷的pid控制中，速度环使用了PI控制（理由是要求尽量保证平衡时速度尽量为0），角度环使用了PD控制（理由是积分滞后性较大），感觉不大合适，角度应该期望平衡时跟踪误差为0较好，且应避免有过大振荡，且由于使用了滤波器，所以应使用PID控制（在实际项目中试一试效果）
* Chatgpt说：通常是将速度环置位内环（速度快速性要求更高），角度环置位外环，在项目中可以试试效果
* **为什么速度环输出可以作为角度环的输入**：一个猜想是在平衡小车中，小车的平衡角度和电机速度有关