

51单片机 PID 算法程序(一)PID算法

比例，积分，微分的线性组合，构成控制量 $u(t)$ ，称为：比例 (Proportional)、积分 (Integrating)、微分 (Differentiation) 控制，简称 PID 控制

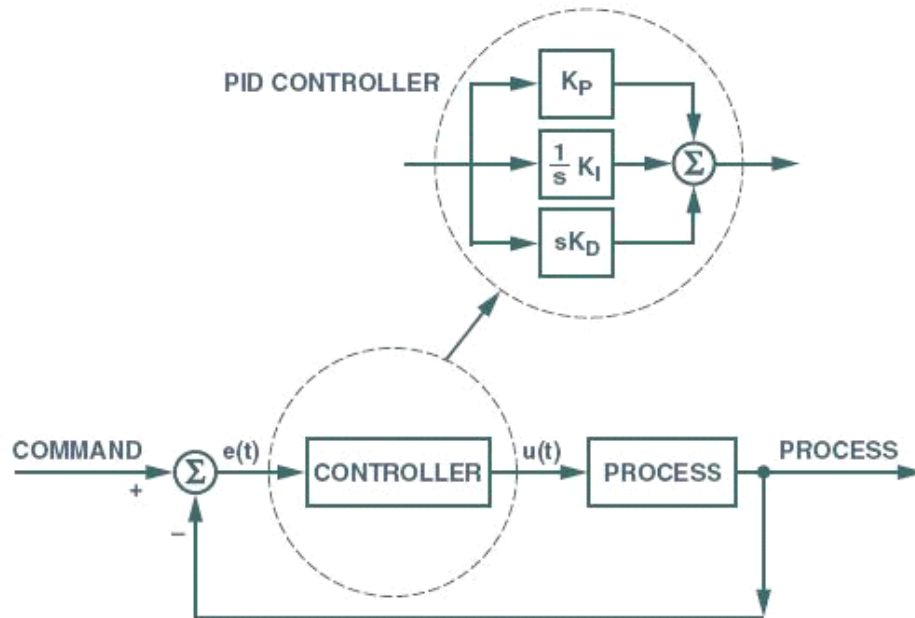


图1

控制器公式

在实际应用中，可以根据受控对象的特性和控制的性能要求，灵活地采用不同的控制组合，构成比例 (P) 控制器

$$u(t) = K_p e(t)$$

比例+积分 (PI) 控制器

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau \right]$$

比例+积分+微分 (PID) 控制器

$$u(t) = K_P[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt}]$$

式中 K_P -比例放大系数; T_I -积分时间; T_D -微分时间。

或

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

式中 K_P -比例放大系数; K_I -积分系数; K_D -微分系数。

控制系统中的应用

在单回路控制系统中，由于扰动作用使被控参数偏离给定值，从而产生偏差。自动控制系统的调节单元将来自变送器的测量值与给定值相比较后产生的偏差进行比例、积分、微分(PID)运算，并输出统一标准信号，去控制执行机构的动作，以实现温度、压力、流量、也为及其他工艺参数的自动控制。

比例作用 P 只与偏差成正比；积分作用 I 是偏差对时间的积累；微分作用 D 是偏差的变化率；

比例(P)控制

比例控制能迅速反应误差，从而减少稳态误差。除了系统控制输入为0和系统过程值等于期望值这两种情况，比例控制都能给出稳态误差。当期望值有一个变化时，系统过程值将产生一个稳态误差。但是，比例控制不能消除稳态误差。比例放大系数的加大，会引起系统的不稳定。

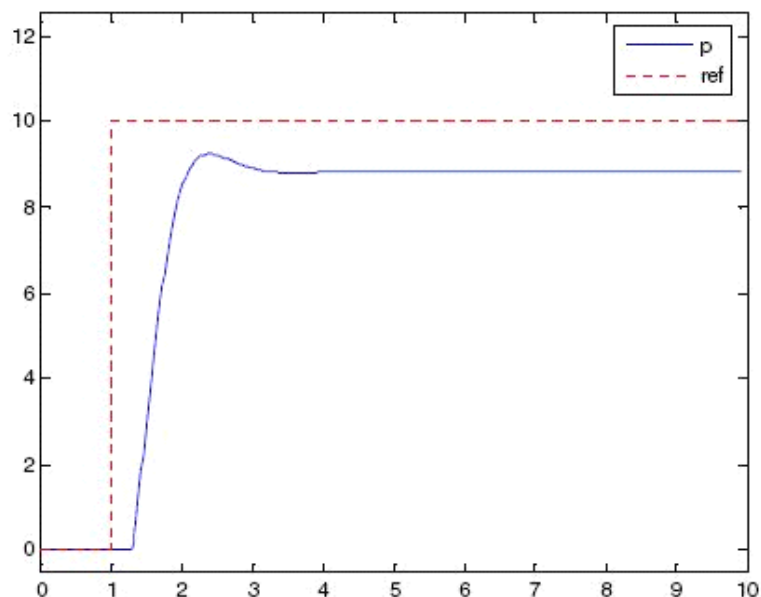


图2比例 (P) 控制阶跃响应

积分(I)控制

在积分控制中，控制器的输出与输入误差信号的积分成正比关系。

为了减小稳态误差，在控制器中加入积分项，积分项对误差取决于时间的积分，随着时间的增加，积分项会增大。这样，即使误差很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减少，直到等于零。

积分(I)和比例(P)通常一起使用，称为比例+积分(PI)控制器，可以使系统在进入稳态后无稳态误差。如果单独用积分(I)的话，由于积分输出随时间积累而逐渐增大，故调节动作缓慢，这样会造成调节不及时，使系统稳定裕度下降。

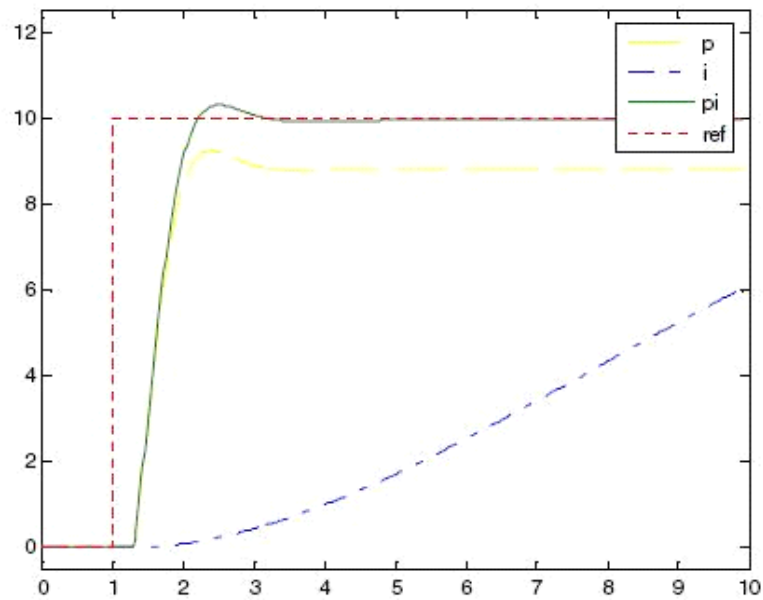


图3积分(I)控制和比例积分(PI)控制阶跃响应

微分(D)控制

在微分控制中，控制器的输出与输入误差信号的微分（即误差的变化率）成正比关系。

由于自动控制系统有较大的惯性组件（环节）或有滞后（delay）组件，在调节过程中可能出现过冲甚至振荡。解决办法是引入微分（D）控制，即在误差很大的时候，抑制误差的作用也很大；在误差接近零时，抑制误差的作用也应该是零。

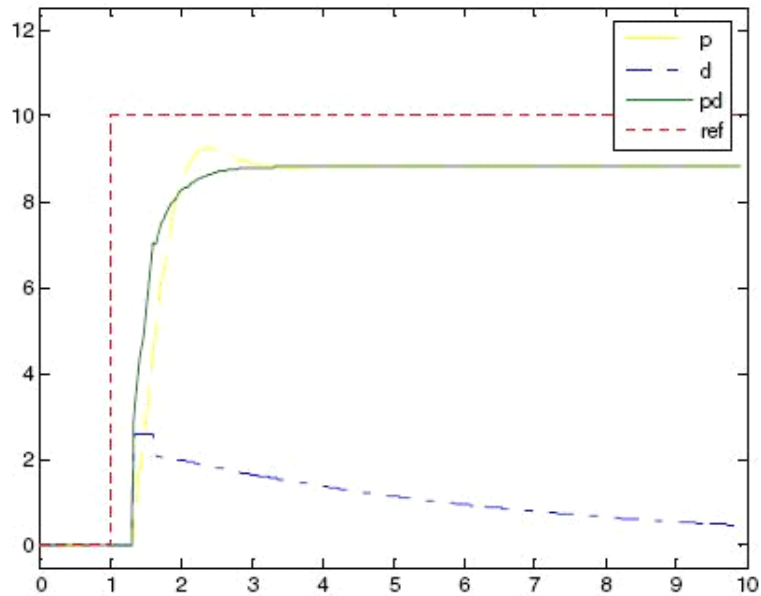


图4微分 (D) 控制和比例微分 (PD) 控制阶跃响应

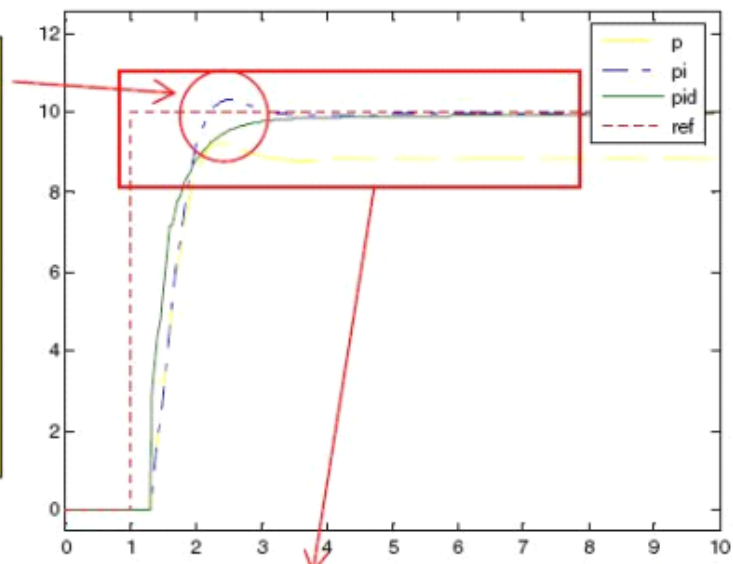
总结:

PI 比 P 少了稳态误差, PID 比 PI 反应速度更快并且没有了过冲。PID 比 PI 有更快的响应和没有了过冲。

什么是过冲(overshoot)和下冲(undershoot)?

过冲就是第一个峰值或谷值超过设定电压——对于上升沿是指最高电压而对于下降沿是指最低电压。
下冲是指下一个谷值或峰值。

过分的过冲能够引起保护二极管工作, 导致过早地失效。
过分的下冲能够引起假的时钟或数据错误(误操作)。



PI比P少了稳态误差, PID比PI反应速度更快并且没有了过冲。

图5

表1

常数（系数）	上升时间	过冲	建立时间	稳态误差
K_p	减少	增大	很小变化	减小
K_I	减少	增大	增加	消除
K_D	很小变化	减小	减少	很小变化

注意，这里的

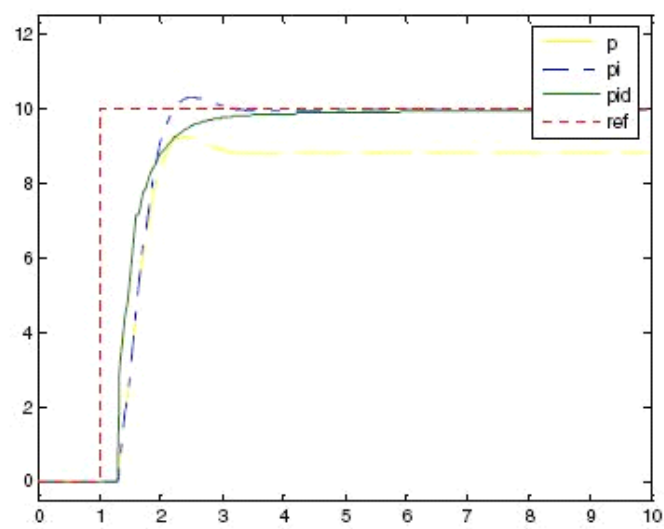


图6 典型的PID 控制器对于阶跃跳变参考输入响应

参数的调整

应用PID 控制，必须适当地调整比例放大系数 K_P ，积分时间 T_I 和微分时间 T_D ，使整个控制系统得到良好的性能。

最好的寻找PID 参数的办法是从系统的数学模型出发，从想要的反应来计算参数。很多时候一个详细的数学描述是不存在的，这时候就需要实际地调节PID 的参数。

Ziegler-Nichols 方法

Ziegler-Nichols 方法是基于系统稳定性分析的 PID 整定方法. 在设计过程中无需考虑任何特性要求，整定方法非常简单，但控制效果却比较理想。

具体整定方法步骤如下：

- 1. 先置 I 和 D 的增益为0, 逐渐增加 KP 直到在输出得到一个持续的稳定的振荡。
- 2. 记录下振荡时的 P 部分的临界增益 K_c , 和振荡周期 P_c , 代到下表计算出 K_P, T_i, T_d 。

Ziegler-Nichols 整定表

表2

Table 2-1. Ziegler-Nichols parameters

Controller	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 * K_c$		
PD	$0.65 * K_c$		$0.12 * P_c$
PI	$0.45 * K_c$	$0.85 * P_c$	
PID	$0.65 * K_c$	$0.5 * P_c$	$0.12 * P_c$

Tyreus-Luyben 整定表：

表3

	K_c	τ_I	τ_D
PI control	$K_u/3.2$	$2.2 P_u$	
PID control	$K_u/2.2$	$2.2 P_u$	$P_u/6.3$

Tyreus-Luyben 的整定值减少了振荡的作用和增强了稳定性。

自动测试方法：

为了确定过程的临界周期 P_c 和临界增益 K_c ，控制器会临时使它的 [PID 算法](#)失效，取

而代之的是一个 ON/OFF 的继电器来让过程变为振荡的。这两个参数很好的将过程行为进行了量化以决定 PID 控制器应该如何整定来得到理想的闭环回路性能。

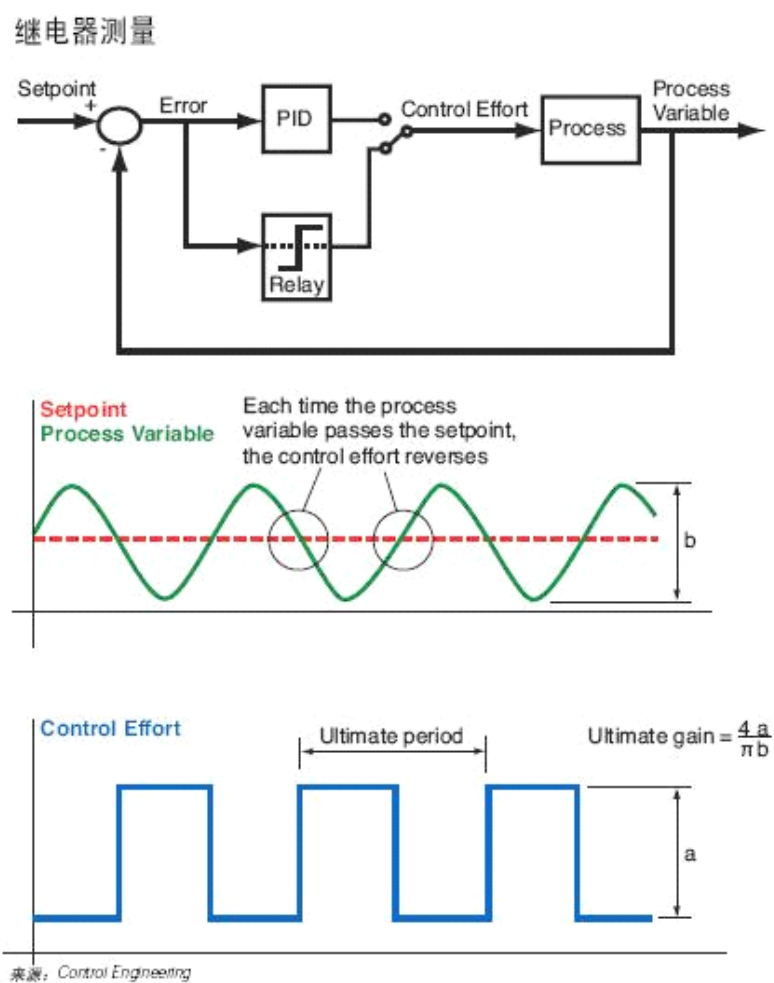


图7