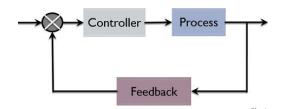


# Ch. 4 ระบบควบคุมในการเกษตร

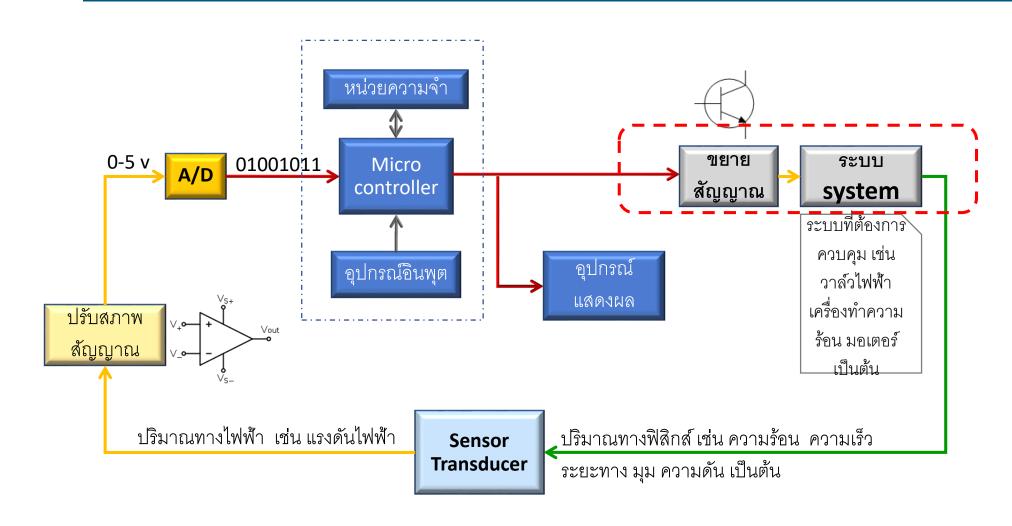


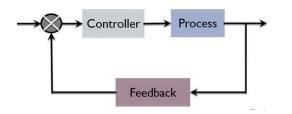


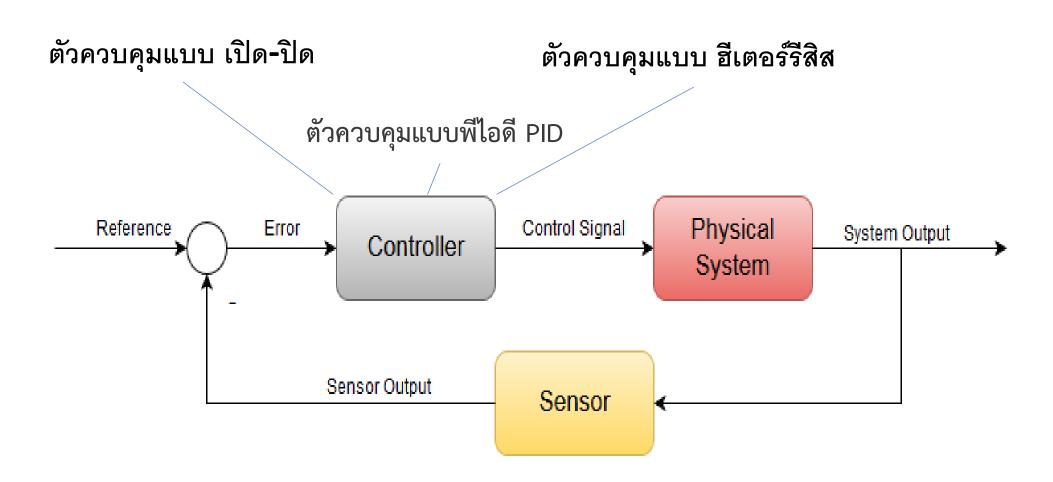


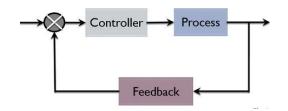


#### ระบบควบคุมแบบปิด



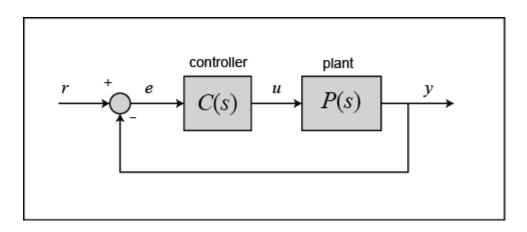


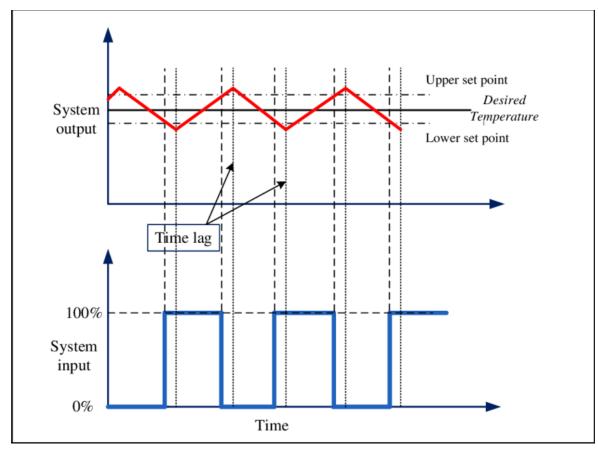


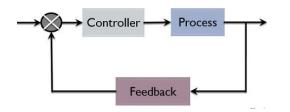


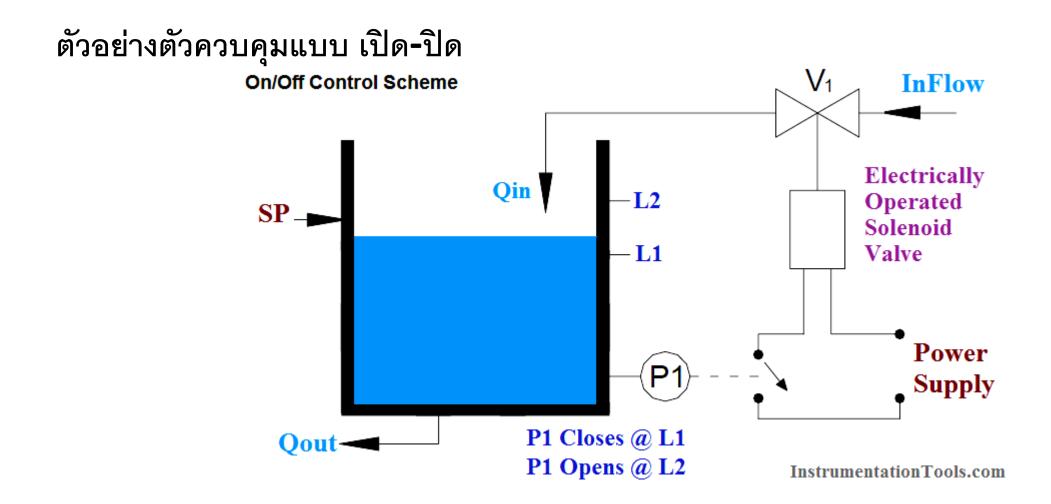
#### ตัวควบคุมแบบ เปิด-ปิด

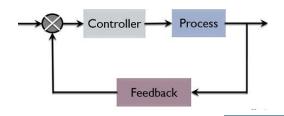
ลักษณะการทำงานคือ ตัวควบคุมจะ สั่งเปิดหรือปิด เมื่อผลตอบสนองมีค่า มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้

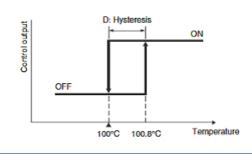












#### ตัวควบคุมแบบ ฮีเตอร์รีสิส ( Hysteresis Control)

ลักษณะการทำงานคือ ตัวควบคุมจะสั่งเปิดหรือปิด เมื่อผลตอบสนองมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า ค่าที่ตั้งไว้อยู่ในช่วงที่กำหนด

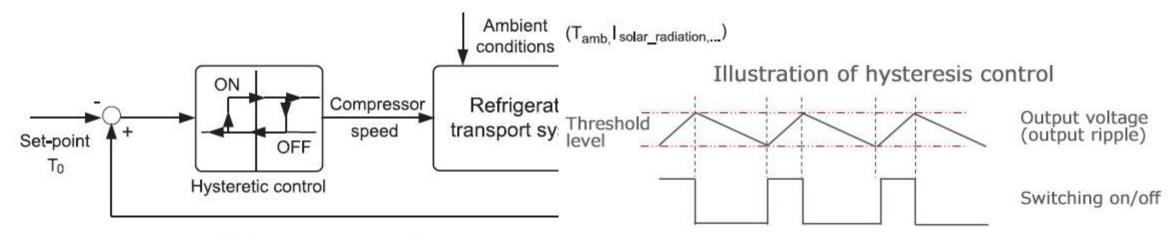
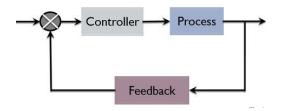
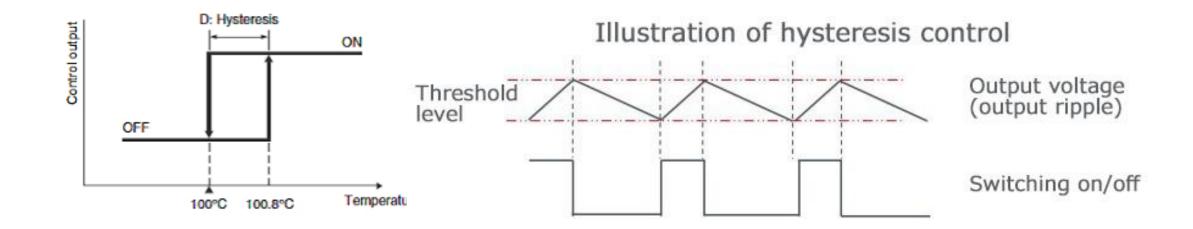
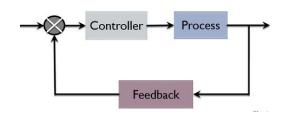


Fig. 6. Basic hysteretic on-off feedback control system.



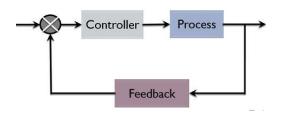
#### ตัวควบคุมแบบ ฮีเตอร์รีสิส ( Hysteresis Control)

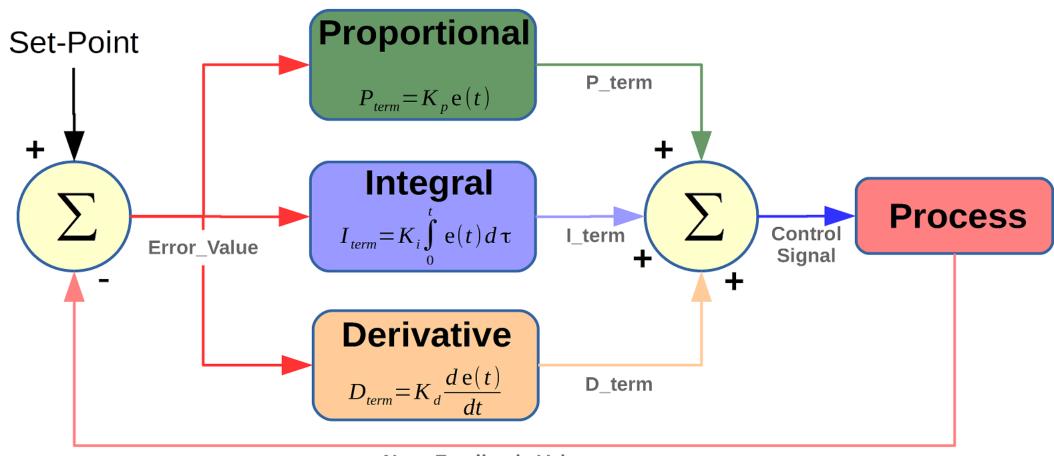




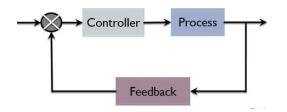
**ตัวควบคุมแบบพีไอดี PID** เปนตัวควบคุมที่พบมากในงานอุตสาหกรรมทั่วไป เพราะเป็นตัวควบคุมที่ใชงานงาย ออกแบบง่าย การปรับคา Gain ไม่ซับซอนแต่ ใหผลตอบสนองที่ยอมรับได ระบบควบคุมแบบพีไอดีมีตัวควบคุมยอย 3 ตัว คือ

- 1) ตัวควบคุมแบบสัดสวนหรือตัวควบคุม P
- 2) ตัวควบคุมแบบปริพันธหรือตัวควบคุม I
- 3) ตัวควบคมุแบบปริพันธหอรือตัวควบคมุ D ตัวควบคุมสามารถใช้งานรวมกันหรือแยกกันได้ เชน การควบคุมแบบพี่ไอ การ ควบคุมแบบพี่ดี และการควบคุมแบบพี่ไอดี รายละเอียดการทำงานของตัว ควบคุมแตละแบบมีดังนี้





New\_Feedback\_Value

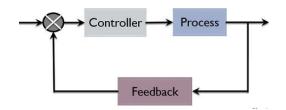


#### สมการตัวควบคุมแบบพีไอดี PID

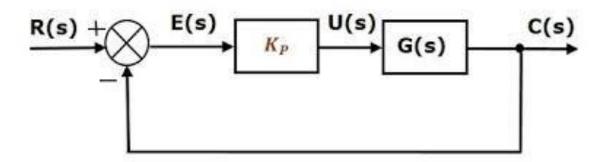
$$\mathbf{u} = K_p e + K_i \int_0^t e \, dt + K_d \frac{d}{dt} e$$
 Proportional Integral Differential Term Term

สมการตัวควบคุมแบบพีไอดี PID แบบดิจิตอล

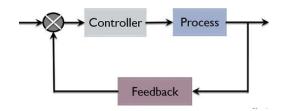
$$u[n] = Kp*e[n] + Ki*\sum_{k=0}^{n} e[k] T + Kd* \frac{(e[n] - e[n-1])}{T}$$



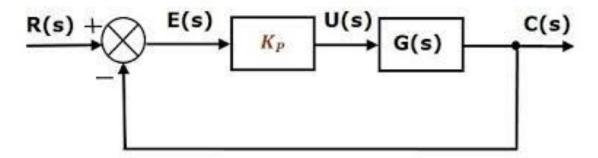
ตัวควบคุมแบบพี่ไอดี PID : ตัวควบคมุแบบพี่



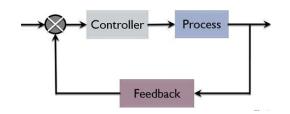
ตัวควบคมุแบบพี จะนำเอาสัญญาณคาความผิดพลาดระหวาง สัญญาณอางอิง R(s) กับสัญญาณเอาทพุต C(s) ที่วัดได้ มาเปนอินพุต E(s) ของตัวควบคุม ตัวควบคุม Kp จะให้สัญญาณ U(s) เพื่อไปควบคุมระบบต่อไป



ตัวควบคุมแบบพีไอดี PID : ตัวควบคมุแบบพี



ข้อดีของตัวควบคุมแบบนี้ คือ ถ้าปรับคา gain Kp สูงขึ้น จะทำให้ระบบมี
ผลตอบสนองที่เร็วขึ้น ข้อเสียคือ เมื่อใช้ควบคุมระบบอันดับหนึ่งทั่วไป ตัวควบคุม
จะไมสามารถขจัดคาผิดพลาดในสภาวะคงตัวให้หมดไปได



ตัวควบคุมแบบพี่ไอดี PID : ตัวควบคมุแบบไอ

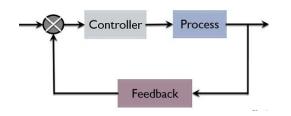
$$c(t) = K_I \int e(t)dt$$

$$R(s) + K_I/S \longrightarrow G(s)$$

$$K_I/S \longrightarrow G(s)$$

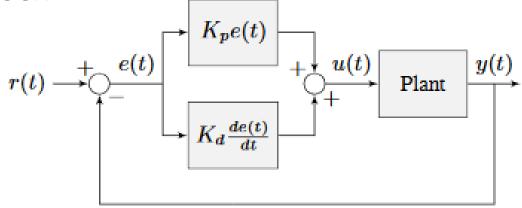
$$K_I/S \longrightarrow G(s)$$

ตัวควบคมุแบบไอ การทำงาน คือ สัญญาณค่าผิดผลาดที่เข้าสู่ตัวควบคุม จะถูก อินทิเกรต ได้เป็นสัญญาณเอาทพุตออกไปควบคุมระบบต่อไป บล็อกไดอะแกรมและฟงก์ ชั่นการทำงานเปนดังรูป ข้อดี คือ เมื่อใชกับระบบชนิดอันดับหนึ่ง ตัวควบคุมจะสามารถ ขจัดคาความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได แต่ไม่ลดการเกิดโอเวอร์ชูต

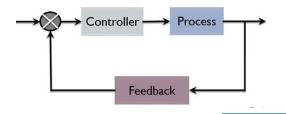


ตัวควบคุมแบบพีไอดี PID : ตัวควบคมุแบบดี

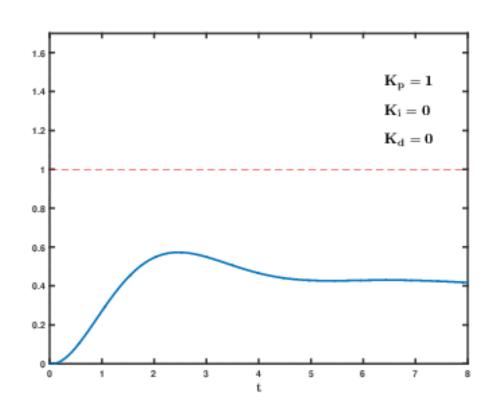
$$c(t) = K_P de(t) / dt$$

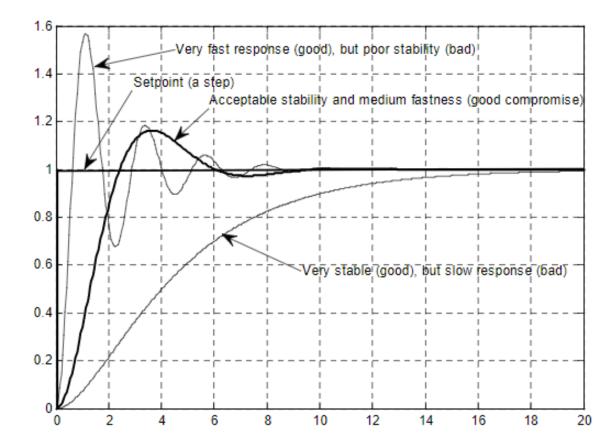


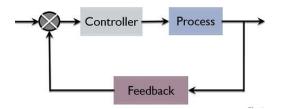
สัญญาณเอาทพุตออกมาจากระบบควบคุมแบบดี คือการอนุพันธสัญญาณคา ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ข้อดีของตัวควบคุมแบบนี้ คือ ช่วยลดลดโอเวอร์ชูตหรือ การพุงเกินของผลตอบสนองได ข้อเสียคือ ตัวควบคุมนี้อาจจะทำใหไดผล ตอบสนองชาลงได



#### ลักษณะผลตอบสนองของตัวควบคุมแบบพีไอดี PID



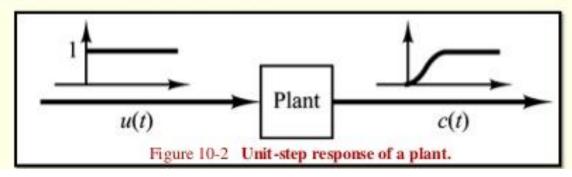


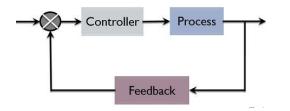


#### การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID

#### Ziegler-Nichols First-Method of Tuning Rule

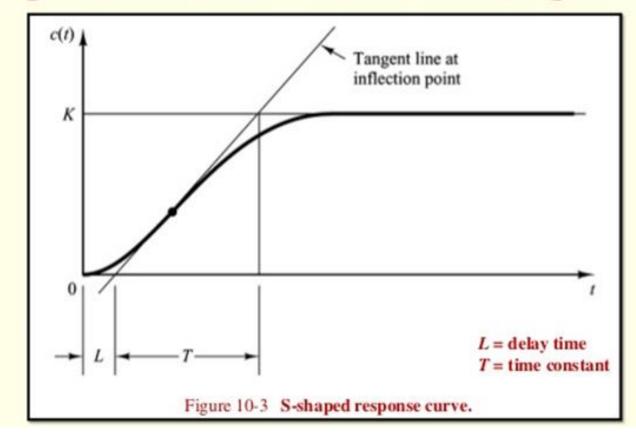
- We obtain experimentally the response of the plant to a unit-step input, as shown in Figure 10-2.
- The plant involves neither integrator(s) nor dominant complexconjugate poles.
- This method applies if the response to a step input exhibits an S-shaped curve.
- Such step-response curves may be generated experimentally or from a dynamic simulation of the plant.





## การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID

#### Ziegler-Nichols First-Method of Tuning Rule



#### การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID

#### Ziegler-Nichols First-Method of Tuning Rule

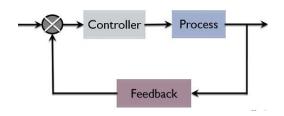
 $\square$  The transfer function C(s)/U(s) may then be approximated by a first-order system with a transport lag as follows:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1}$$

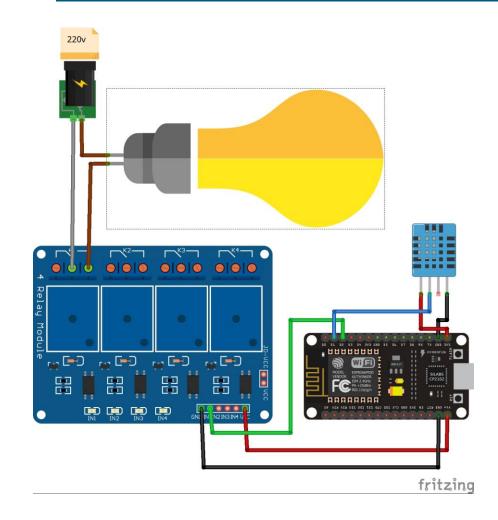
 $\square$  Ziegler and Nichols suggested to set the values of  $K_p$ ,  $T_i$ , and  $T_d$  according to the formula shown in Table 10-1.

Table 10-1 Ziegler-Nichols Tuning Rule Based on Step Response of Plant (First Method)

Type of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	L 0.3	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	2L	0.5L

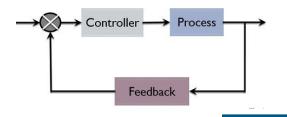


#### การทดลองควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุม Hysteresis

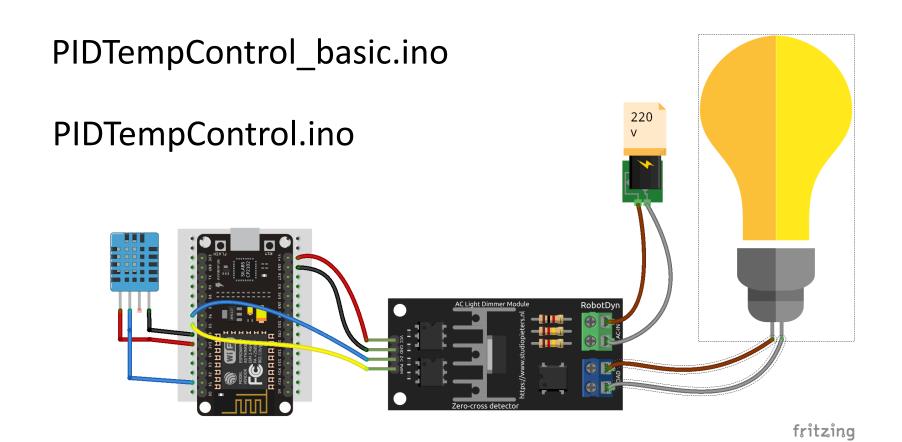


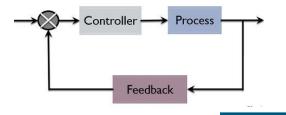
bangbang\_heater.ino

Fopdt.ino

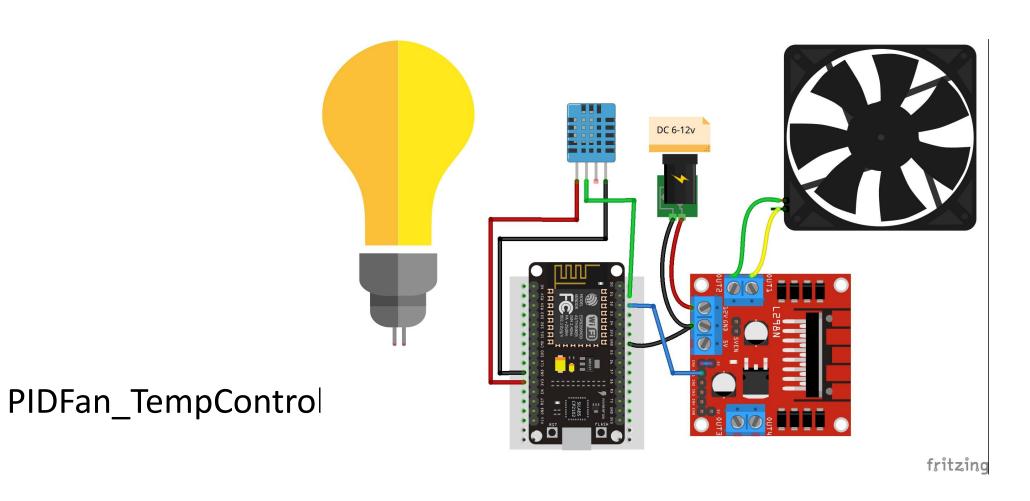


#### การทดลองควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุม PID





### การทดลองควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุมด้วยพัดลม





# เอกสารอ้างอิง

1. Control Systems Engineering, 7th Ed. Norman S. Nise, WILEY, 2015.

2.Modern Control Engineering, 12th Ed. Richard C. Dorf and Robert H. Bishop, Prentice-Hall, 2011.

3.ระบบควบคุม Control Systems, ปรับปรุง: 19 ก.ย. 2555, สุชาติ จันทร์จรมานิตย์

