



# Direto ao **Ponto**

**PID Operation com FX5U e IQ-R  
com GXWorks 3  
Nº. DAP-iQF-03 Instrução de  
Controle PID**

*Rev. A*





## Revisões

Data da Revisão	Nome do Arquivo	Revisão
Set/2017 (A)	DAP-iQF-03_Instrução de Controle PID	Primeira edição



## 1. Objetivo

O objetivo desse documento é explicar como funciona a instrução PID do GX Works 3,

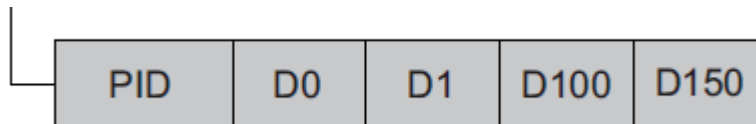
## 2. Software

- GX Works 3

## 3. Hardware

- CPU, Rack e Fonte da série R (ou FX5U)

## 4. Instrução PID



Onde, no exemplo:

(s1) D0 = Set Point

(s2) D1 = Valor de entrada, normalmente vindo de uma entrada analógica.

(s3) D100 = Data Control, esse campo é onde todos os parâmetros do PID serão ajustados, ele utiliza 29 words que serão descritas mais pra frente, por tanto nesse exemplo D100 ao D128 serão o Data Control

(s4) D150 = Output value, nessa word estará o valor de saída do PID, normalmente passado para algum dispositivo analógico para controle.



O (s3) Data Control é responsável por todo controle da função de PID, os detalhes serão descritos na tabela a seguir

Operand: (s3)				
Device	Item	Description	Remarks	
+0	Sampling time ( $T_S$ )	1 to 32767 [ms]	The sampling time must be longer than the operation cycle of the programmable controller.	
+1	Action setting (ACT)	Bit 0	0: Direct action 1: Reverse action	Action direction specification
		Bit 1	0: Input variation alarm disabled 1: Input variation alarm enabled	—
		Bit 2	0: Output variation alarm disabled 1: Output variation alarm enabled	Do not turn on bit 2 and bit 5 at the same time.
		Bit 3	Reserved	—
		Bit 4	0: Auto tuning disabled 1: Auto tuning enabled	—
		Bit 5	0: No output upper/lower limit value setting 1: Output upper/lower limit value setting enabled	Do not turn on bit 2 and bit 5 at the same time.
		Bit 6	0: Step response method 1: Limit cycle method	Auto tuning mode selection
		Bits 7 to 15	Reserved	—
+2	Input filter constant ( $\alpha$ )	0 to 99 [%]	0 = No input filter	
+3	Proportional gain ( $K_P$ )	1 to 32767 [%]	—	
+4	Integral time ( $T_I$ )	1 to 32767 [ $\times$ 100ms]	0 = $\infty$ (No integration)	
+5	Derivative gain ( $K_D$ )	0 to 200 [%]	0 = No derivative gain	
+6	Derivative time ( $T_D$ )	1 to 32767 [ $\times$ 10ms]	0 = No derivation	
+7 to +19	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.			
+20 <sup>*1</sup>	Input variation (increase) alarm setting value	0 to 32767	Enabled when the bit 1 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1.	
+21 <sup>*1</sup>	Input variation (decrease) alarm setting value	0 to 32767	Enabled when the bit 1 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1.	
+22 <sup>*1</sup>	Output variation (increase) alarm setting value	0 to 32767	Enabled when the bit 2 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1, and the bit 5 is 0.	
	Output upper limit setting value	-32768 to 32767	Enabled when the bit 2 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 0, and the bit 5 is 1.	



Operand: (s3)				
Device	Item	Description	Remarks	
+23 <sup>*1</sup>	Output variation (decrease) alarm setting value	0 to 32767	Enabled when the bit 2 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1, and the bit 5 is 0.	
	Output lower limit setting value	-32768 to 32767	Enabled when the bit 2 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 0, and the bit 5 is 1.	
+24 <sup>*1</sup>	Alarm output	Bit 0	0: Input variation (increase) not exceeded 1: Input variation (increase) exceeded	Enabled when the bit 1 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1, or the bit 2 is 1.
		Bit 1	0: Input variation (decrease) not exceeded 1: Input variation (decrease) exceeded	—
		Bit 2	0: Output variation (increase) not exceeded 1: Output variation (increase) exceeded	—
		Bit 3	0: Output variation (decrease) not exceeded 1: Output variation (decrease) exceeded	—
+25 <sup>*2</sup>	PV value threshold (hysteresis) width (SHPV)	Set according to the fluctuation of the process value (PV).	Occupied when the bit 6 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1 (limit cycle method).	
+26 <sup>*2</sup>	Output upper limit value (ULV)	Upper limit (ULV) of the manipulated value (MV)		
+27 <sup>*2</sup>	Output lower limit value (LLV)	Lower limit (LLV) of the manipulated value (MV)		
+28 <sup>*2</sup>	Wait time setting parameter from the end of tuning cycle to the start of PID control (K <sub>w</sub> )	-5 to 32717 [%]		

\*1 Occupied when the bit 1 of (s3)+1 (Action direction (ACT)) is 1, the bit 2 is 1, or the bit 5 is 1.

Parâmetros mais usados:

Número	Função	
+0	Definir o tempo de amostragem do PID, quando utilizada a função de auto tuning para ajustar os ganhos, esse valor não pode ser inferior a 1000ms	
+1	b0	Define a direção de atuação do PID, na direta quando a entrada está acima do set point a saída aumenta, na reversa a saída diminui para a mesma condição
+1	b4	Habilita função de auto tuning, essa função vai calcular todos os ganhos da malha PID baseados na variação do valor de entrada, assim que o auto tuning terminar esse bit desligará automaticamente. Mais detalhes de como utilizar o auto tuning nos próximos tópicos
+1	b5	Habilita limite para a saída do PID em operação normal, sem essa função habilitada os valores da saída estarão entre -32762 e +32761, gerando um alarme quando um dos limites forem alcançados. Quando habilitada os limites da saída do PID deve estar nos parâmetros +22 e +23
+1	b6	Modo de auto tuning, com esse bit habilitado o auto tuning será calculado baseado em uma variação controlada do PID (recomendado) inserir os limites do auto tuning em +26 e +27, se não habilitado ele irá calcular baseado em uma resposta degrau inserida manualmente.
+3	Ganho Proporcional K <sub>p</sub> , após o auto tuning um valor será preenchido nesse parâmetro, que pode futuramente ser alterado usuário, se esse parâmetro estiver em 0 o PID não funcionará	



+4	Tempo Integral Ti, tempo do ganho integral, após o auto tuning um valor será preenchido nesse parâmetro, que pode futuramente ser alterado usuário, se esse parâmetro estiver em 0 o controle integral será desabilitado
+5	Ganho Derivativo Kd, após o auto tuning um valor será preenchido nesse parâmetro, que pode futuramente ser alterado usuário.
+6	Tempo Derivativo Td, após o auto tuning um valor será preenchido nesse parâmetro, que pode futuramente ser alterado usuário, se esse parâmetro estiver em 0 o controle derivativo será desabilitado
+22	Quando o +1.b5 estiver habilitado, esse é o limite superior para a saída do PID em seu ciclo normal de operação
+23	Quando o +1.b5 estiver habilitado, esse é o limite inferior para a saída do PID em seu ciclo normal de operação
+26	Se o +1.b6 estiver habilitado, e o auto tuning for iniciado (+1.b4 = 1) esse é o limite superior para a saída do PID durante o auto tuning
+27	Se o +1.b6 estiver habilitado, e o auto tuning for iniciado (+1.b4 = 1) esse é o limite inferior para a saída do PID durante o auto tuning

### 5. Funcionamento do Auto Tuning

O Auto tuning serve para calcular os ganhos (proporcional, integral e derivativo) do PID automaticamente baseado em uma variação da entrada (s1), no modo limit cycle, que é o recomendado, quando o valor de entrada ultrapassar o set point a saída irá para o valor máximo, até o valor de entrada ficar menor que o set point, quando isso acontecer, a saída irá para o valor mínimo.

Tendo isso ocorrido algumas vezes os ganhos serão calculados baseados nessas variações.

A seguir o passo a passo para executar o auto tuning corretamente

Auto Tuning procedimento:

1. Definir direção de operação do PID, direta ou reversa (s3) +1.b0
2. Ligar o limit cycle (s3) +1.b6, e definir os limites de saída durante o PID, no limite superior +26 e inferior +27.
3. Definir um tempo de amostragem no (s3) +0, de no mínimo 1000ms
4. Definir um set point no (s2)
5. Ligar a função de auto tuning (s3) +1.b4

Feitos os passos a cima, assim que a entrada sofrer variação para cima ou baixo do set point o PID irá começar a responder, assim que os valores forem calculados o (s3)+1.b4 e b6 serão desligados automaticamente e os valores de ganho preenchidos do (s3)+3 a +6, com os ganhos preenchidos o PID imediatamente começará a funcionar.

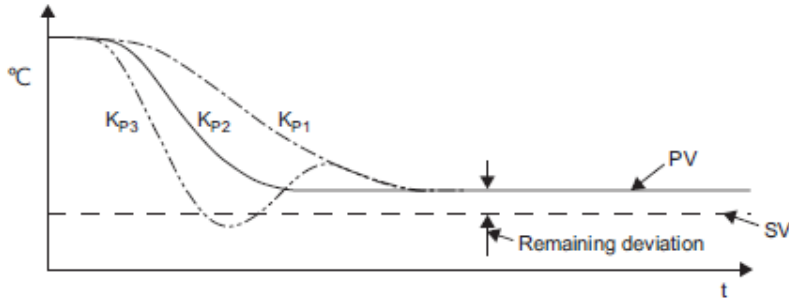
É possível fazer um ajuste fino dos ganhos alterando-os manualmente.



É recomendado usar variáveis retentivas no (s3) para que os ganhos fiquem salvos mesmo quando o clp desligar.

6. Exemplos alteração de ganhos

a) Ganho Proporcional (s3)+3



Sendo que:  $K_{p3} > K_{p2} > K_{p1}$

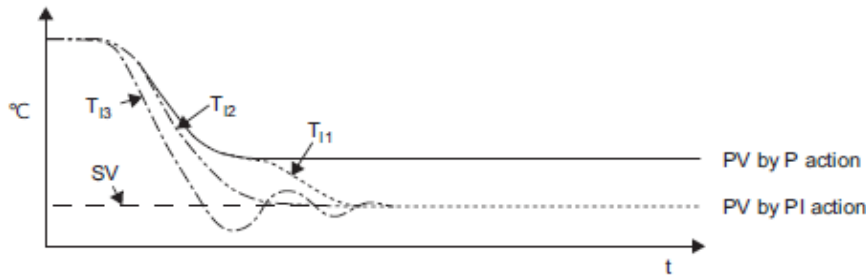
SV – Set Point

PV – Variável de processo (entrada)

MV – Valor de saída

T - Tempo

b) Ganho Integral (s3)+4



Sendo que:  $0 < T_{i3} < T_{i2} < T_{i1}$

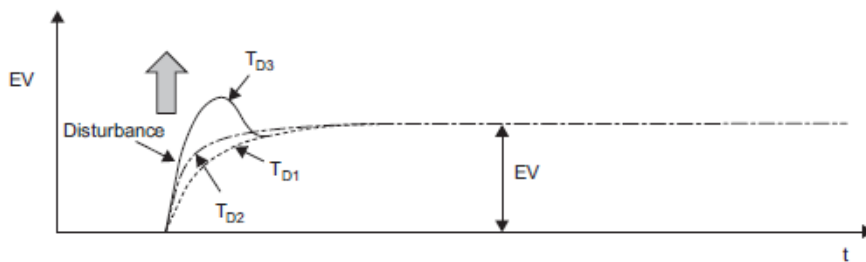
SV – Set Point

PV – Variável de processo (entrada)

MV – Valor de saída

T – Tempo

c) Ganho Derivativo (s3)+6



Sendo que:  $T_{d3} > T_{d2} > T_{d1}$



### 7. Exemplo Programação Ladder

No exemplo abaixo foi utilizado a instrução de PID combinado com uma tabela de variáveis criada (datatype) para facilitar o uso.

Instrução:



Onde:

	Label Name	Data Type	Class	Assign (Device/Label)
1	PID_SetPoint	Word [Signed]	VAR_GLOBAL_RETAIN	
2	PID_InValue	Word [Signed]	VAR_GLOBAL	
3	PID_ControlData_1	PID_CD	VAR_GLOBAL_RETAIN	Detailed Setting
4	PID_Output	Word [Signed]	VAR_GLOBAL	
5				

PID\_CD (não incluso, solicitar o arquivo com a Mitsubishi Electric do Brasil):

Label Name	Data Type	Comment
1 SamplingTime_00	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	The sampling time must be longer than the operation
2 ACT_01	Word [Signed]	b0 - PID dection; b1 - input variation alarm; b2 - output variation alarm (do not turn on bit 2 and 3 at the same time); b3 - Reserved; b4 - Start Auto Tuning; b5 - Enable Output limit during
3 InputFilterConstant_02	Word [Signed]	Smoothing function for PID control 0 - 99%, 0 = no filter
4 ProportionalGain_Kp_03	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Proportional Gain, 1 to 32767%
5 IntegralTime_Ti_04	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Integral Time, 1 to 32767 (-100ms) 0 = infinite (No integration)
6 DerivativeGain_Kd_05	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Derivative Gain, 0 to 200 (%), 0 = No derivative gain
7 DerivativeTime_Td_06	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Derivative Time, 1 to 32767 (-10ms), 0 = No derivation
8 Reserved_07	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
9 Reserved_08	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
10 Reserved_09	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
11 Reserved_10	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
12 Reserved_11	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
13 Reserved_12	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
14 Reserved_13	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
15 Reserved_14	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
16 Reserved_15	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
17 Reserved_16	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
18 Reserved_17	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
19 Reserved_18	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
20 Reserved_19	Word [Signed]	These areas are used for internal processing of PID operation, and therefore data cannot be changed.
21 InputVarInSet_Inc_20	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Enabled when the bit 1 of (a3)=1 (Action dection)
22 InputVarInSet_Dec_21	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Enabled when the bit 1 of (a3)=1 (Action dection)
23 OutputUpperLimit_22	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Output Upper Limit value for PID operation, valid when ACT b5 = 1
24 OutputLowerLimit_23	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Output Lower Limit value for PID operation, valid when ACT b5 = 1
25 AlarmOutput_24	Word [Unsigned] Bit String (16-bit)	Enabled when (ACT) bit 1 is 1, or the bit 2 is 1. b0 - Input Variation increase exceeded; b1 - Input Variation decrease exceeded; b2 - output Variation increase exceeded; b3 - Output
26 InputValueHysteresis_25	Word [Signed]	Input Hysteresis value during Auto Tuning (ACT b6 must be 1)
27 OutputUpperLimit_AT_26	Word [Signed]	Output Upper Limit value during Auto Tuning (ACT b6 must be 1)
28 OutputLowerLimit_AT_27	Word [Signed]	Output Lower Limit value during Auto Tuning (ACT b6 must be 1)
29 DelayAT_PID_Start_28	Word [Signed]	Delay time from the end of tuning cycle to the start of PID control

Tendo isto, basta inicializar os valores desejados do PID, por exemplo:

