

## CRIANDO UM CONTROLE PID DE MALHA FECHADA NO PROCESSADOR DE I/Os - SEL-2411

### 1. INTRODUÇÃO:

Controle de processo é a regulação de parâmetros de processo a fim de mantê-los dentro de uma determinada faixa ou um valor especificado, chamado de setpoint. Muitas indústrias usam controle de processo, pois as características de seus produtos (tais como densidade, peso, espessura), precisam ser monitoradas e controladas com precisão para que o produto final atenda às especificações de qualidade e consistência especificadas. Para garantir a qualidade e consistência, os fabricantes analisam dinâmicas variáveis como temperatura, vazão, umidade, pressão e utilizam o controle de processo para monitorar e corrigir dinamicamente os parâmetros do processo.

Pode-se ilustrar e aplicar este conceito, usando Processador de I/Os SEL-2411 como um controlador de nível de um tanque misturador. Conforme mostrado na Figura 1, a nível de um reservatório deve permanecer em um valor determinado, ou setpoint (SP). O nível do líquido medido no tanque é dinâmico e será chamado de variável de processo (PV). A posição da válvula de admissão é chamada de variável de controle (CV). O CV regula o PV, controlando o fluxo de entrada no reservatório. A diferença entre o PV e do SP é o erro (E).

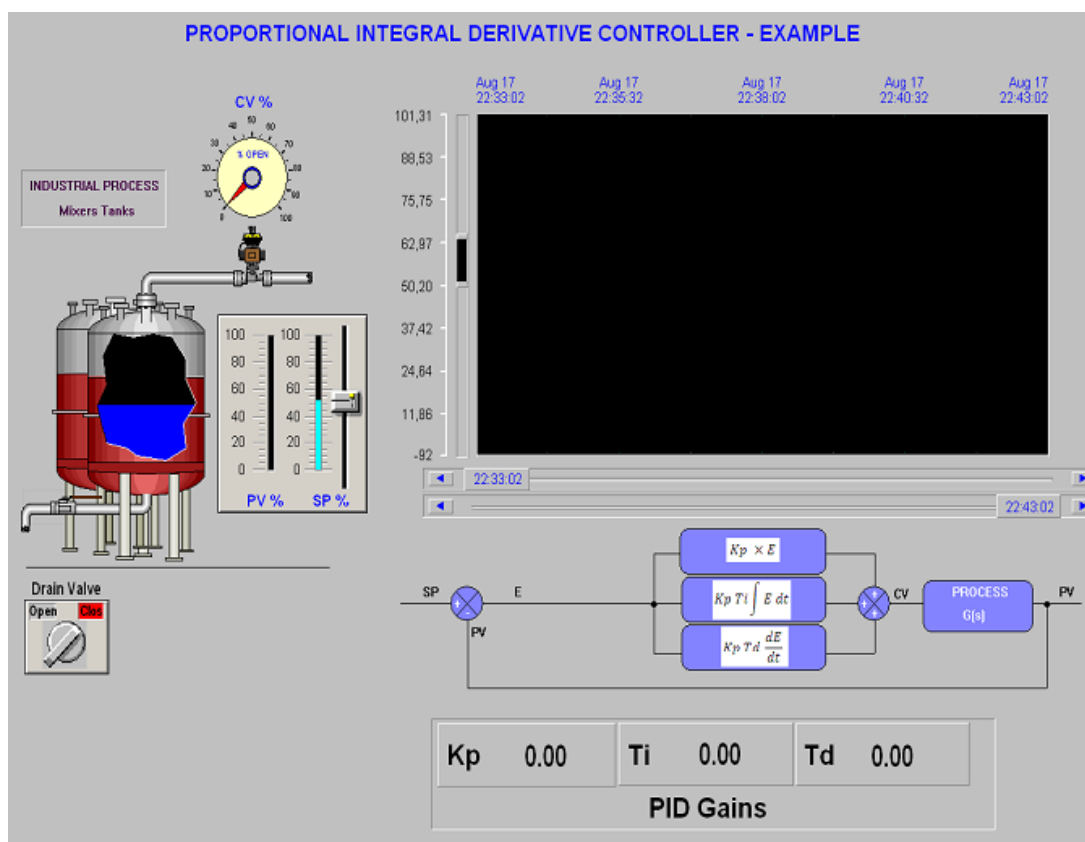


Figura 1 – Exemplo de Tela de IHM para Controle de Nível em Tanque Misturador



## 2. VISÃO GERAL:

O Processador de I/Os SEL-2411 pode ser utilizado como um controlador automático de malha fechada, utilizando-se as equações lógicas SELOGIC® para comparar a o valor efetivo de PV ao valor desejado de SP. O algoritmo controlador irá determinar o erro e produzir um sinal de controle que reduzirá o desvio medido para zero ou próximo de zero.

Tipos de controladores automáticos incluem o seguinte:

1. Controles on/off
2. Controles proporcionais
3. Controles integrais
4. Controles proporcionais e integrais (PI)
5. Controles proporcionais e derivativos (PD)
6. Controles proporcionais, integrais e derivativos (PID)

Um algoritmo de controle automático PID é a base para muitos sistemas de controle de processos industriais.

Cada tipo de algoritmo controle automático algoritmo tem vantagens e desvantagens. Você irá determinar a correta estratégia de controle baseado no processo dinâmico e nas exigências da aplicação.

Controles ON/OFF são relativamente simples e econômicos. Assim, são amplamente usados em sistemas industriais. Neste tipo de controle, a saída oscila dentro de uma banda morta. Reduzindo esta banda morta reduzem-se as amplitudes de oscilações do processo, mas também se aumenta o numero de ciclos de atuação do atuador, reduzindo a vida útil deste.

Em um controlador proporcional, o CV é proporcional ao sinal de erro. Este controlador é um eficaz amplificador com ganho ajustável. Um sistema de malha fechada da responde a a um controlador proporcional criando um erro que não pode ser eliminada. Referimo-nos a este erro como um deslocamento (offset). Uma maneira de reduzir este offset é para aumentar os ganhos. Este método é muito precário, pois o ganho irá fará o sistema a oscilar.

Um controlador integral fornece um CV com uma taxa de variação proporcional ao erro. Um controlador integral irá parar de ajustar a sua saída quando o erro torna-se nulo. Quando usado em conjunto com um controlador proporcional, o controlador integra trarão o erro do sistema a zero. O controlador PI tem uma resposta rápida no tempo (ação proporcional), e elimina o offset (ação integral).

### 3. EQUAÇÕES DO ALGORITMO PARA CONTROLE PID:

#### Erro (Ação Direta):

$$E = SP - PV$$

Onde:

SP = setpoint

PV = variável de processo

E = erro

#### Controle Proporcional:

$$CV = Kp \cdot E + bias$$

Onde:

Kp = ganho proporcional

E = erro

#### Controle Proporcional integral (PI):

$$CV = Kp \cdot ( E + Ti \int E dt )$$

Onde:

Kp = ganho proporcional

Ti = reset integral

E = erro

#### Controle Proporcional integral Derivativo (PID):

$$CV = Kp ( E + Ti \int E dt + Td \frac{dE}{dt} )$$

Onde:

Kp = ganho proporcional

Ti = reset integral

Td = tempo derivativo

Graficamente:

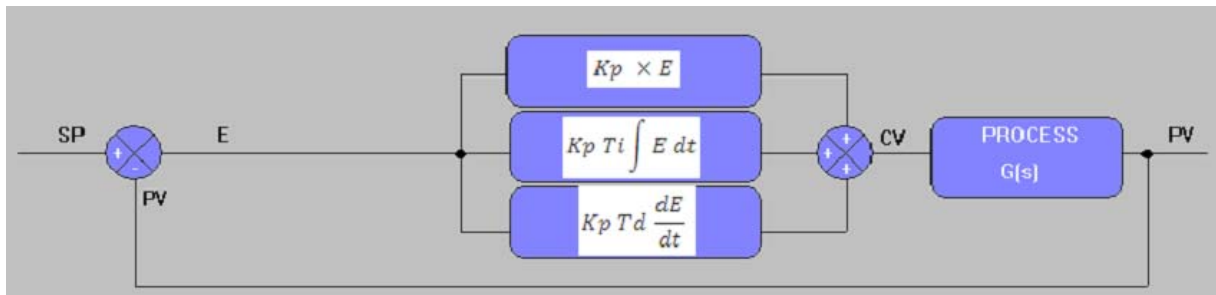


Figura 2 – Ilustração da Equação do PID

### Implementação Digital de um Algoritmo PID (Padrão):

$$CV_n = CV_{(n-1)} + Kp [(E_n - E_{(n-1)}) + Ti E_n + Td (E_n - 2 E_{(n-1)} + E_{(n-2)})]$$

Onde:

$CV_n$  = variável de controle no instante “n”

$CV_{(n-1)}$  = variável de controle no instante “n-1”

$E_n$  = erro no instante “n”

$E_{(n-1)}$  = erro no instante “n-1”

$Kp$  = ganho proporcional

$Ti$  = reset integral

$Td$  = tempo derivativo

#### 4. IMPLEMENTAÇÃO SEL-2411:

Implementando equação padrão para um controle PID sobre o SEL-2411 utilizando-se as equações matemáticas SELOGIC e considerando a variável de processo (PV) sendo mensurada através da entrada analógica AI601, temos:

**MV01** = RA001 • 100 # SETPOINT VIA COMUNICAÇÃO REMOTA

**MV02** = RA002 / 100 # GANHO PROPORCIONAL VIA COMUNICAÇÃO REMOTA

**MV03** = RA003 / 100 # GANHO INTEGRAL KI VIA COMUNICAÇÃO REMOTA

**MV04** = RA004 / 100 # GANHO DERIVATIVO KD VIA COMUNICAÇÃO REMOTA

**MV05** = (MV01 – AI601) # ERRO (SETPOINT – VARIÁVEL DE PROCESSO)

**MV06** = SV01 • (MV06 + MV02 • ((MV05 – MV08) + (MV03 • MV05) + MV04 • (MV05 – 2,00 • MV08 + MV07))) + SV02 • 10000,00 # EQUAÇÃO PID COM LIMITES

**MV07** = MV08 # ANTEPENULTIMO ERRO

**MV08** = MV05 # ULTIMO ERRO

Onde:

RA001 = setpoint (SP)

RA002 = ganho proporcional Kp

RA003 = reset integral Ti

RA004 = tempo derivativo Td

AI601 = entrada analógica 4..20mA ou 0..10Vcc (PV)

MV01 = erro

MV02 = CV

MV03 = erro no instante “n-2”

MV04 = erro no instante “n-1”

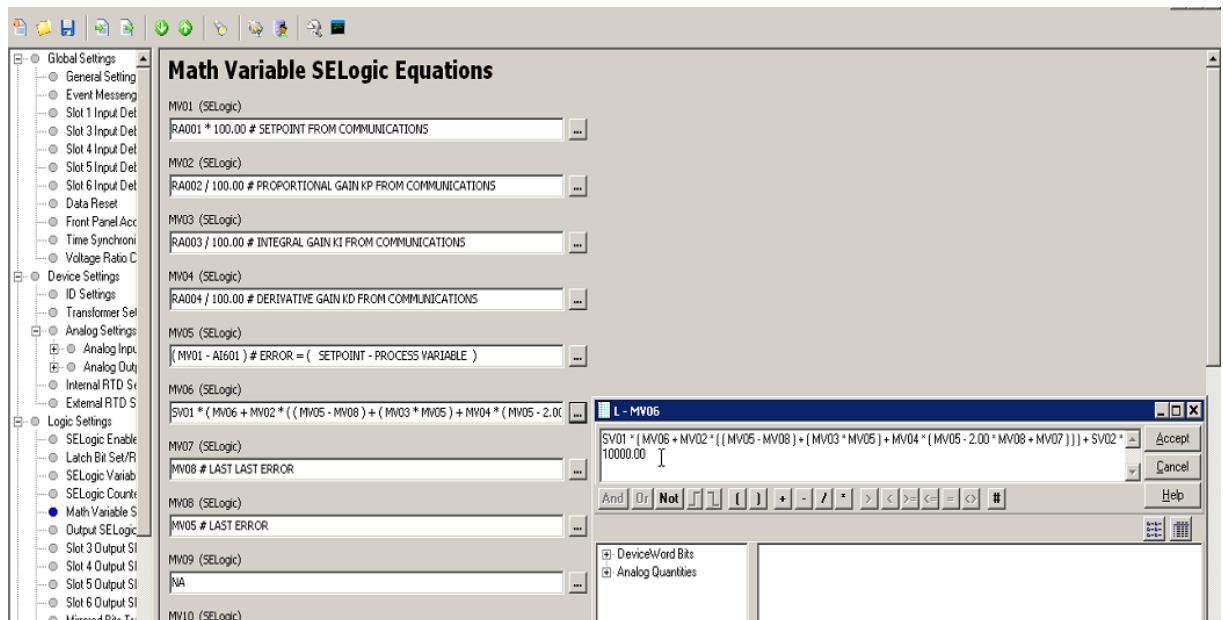


Figura 3 – Ajustes das MV's no SEL-2411

### Configurando a saída analógica para a variável de controle (CV):

Uma saída analógica deverá ser configurada para receber o valor calculado em na equação matemática MV06 e converte-lo em um sinal analógico de 04..20mA ou 0..10Vcc. Para exemplo, utilizou-se a saída analógica AO601 configurada em 0..10Vcc para a variável de controle.

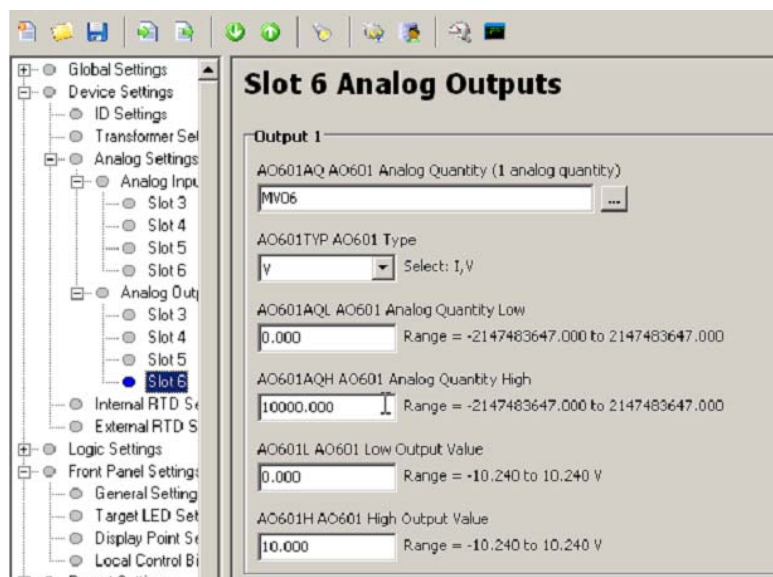


Figura 4 – Ajuste da saída analógica

### Criando os limites para a variável de controle (CV):

Utilizando-se duas variáveis lógicas SELOGIC®, defini-se os limites para a atuação da variável de controle (CV).

$$SV01 = MV06 \geq 0,00 \text{ AND } MV06 \leq 10000,00$$

$$SV02 = MV06 > 10001,00$$

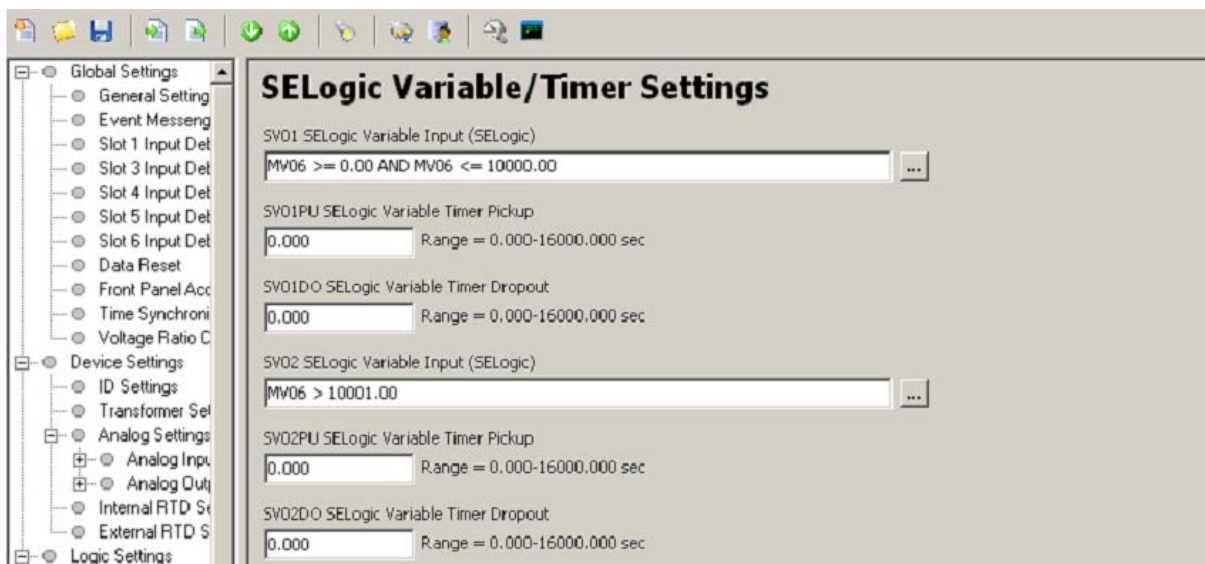


Figura 5 – Ajustes das SV's no SEL-2411