

UNIDAD 6

CONTROL DIGITAL

CONTROL DIGITAL

TC Series PID Controllers



TC-96H
96 x 48 x 80mm

TC-96V
48 x 96 x 80mm

TC-96
96 x 96 x 80mm

TC-72
72 x 72 x 80mm

TC-48
48 x 48 x 100mm

Tema 6

Controlador

Señal de salida

Señal de entrada

Valor deseado $r(t)$

Actuador

Sensor

Por ejemplo de: caudal, presión, temperatura nivel, etc.
Temas 8 y 9

Válvula

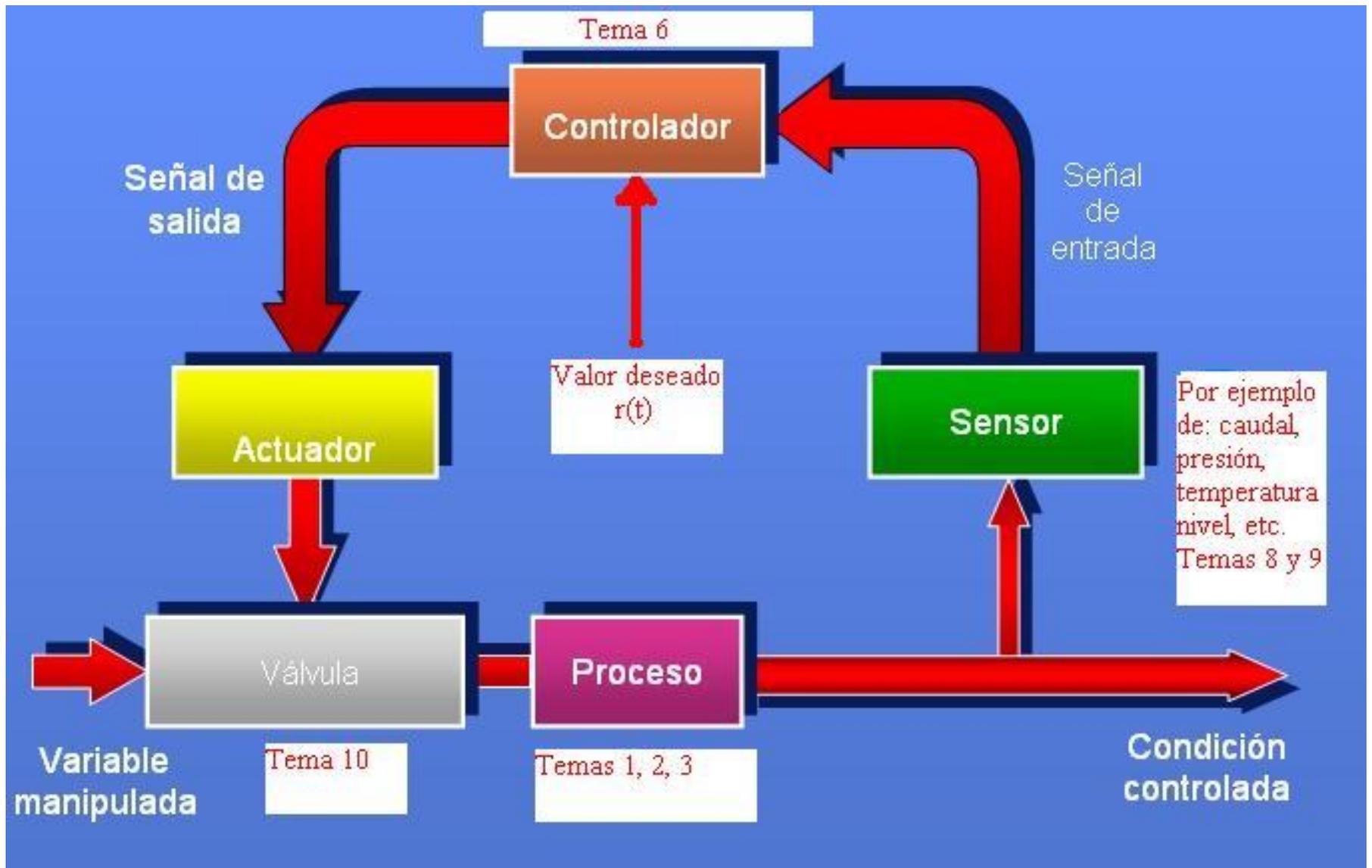
Proceso

Variable manipulada

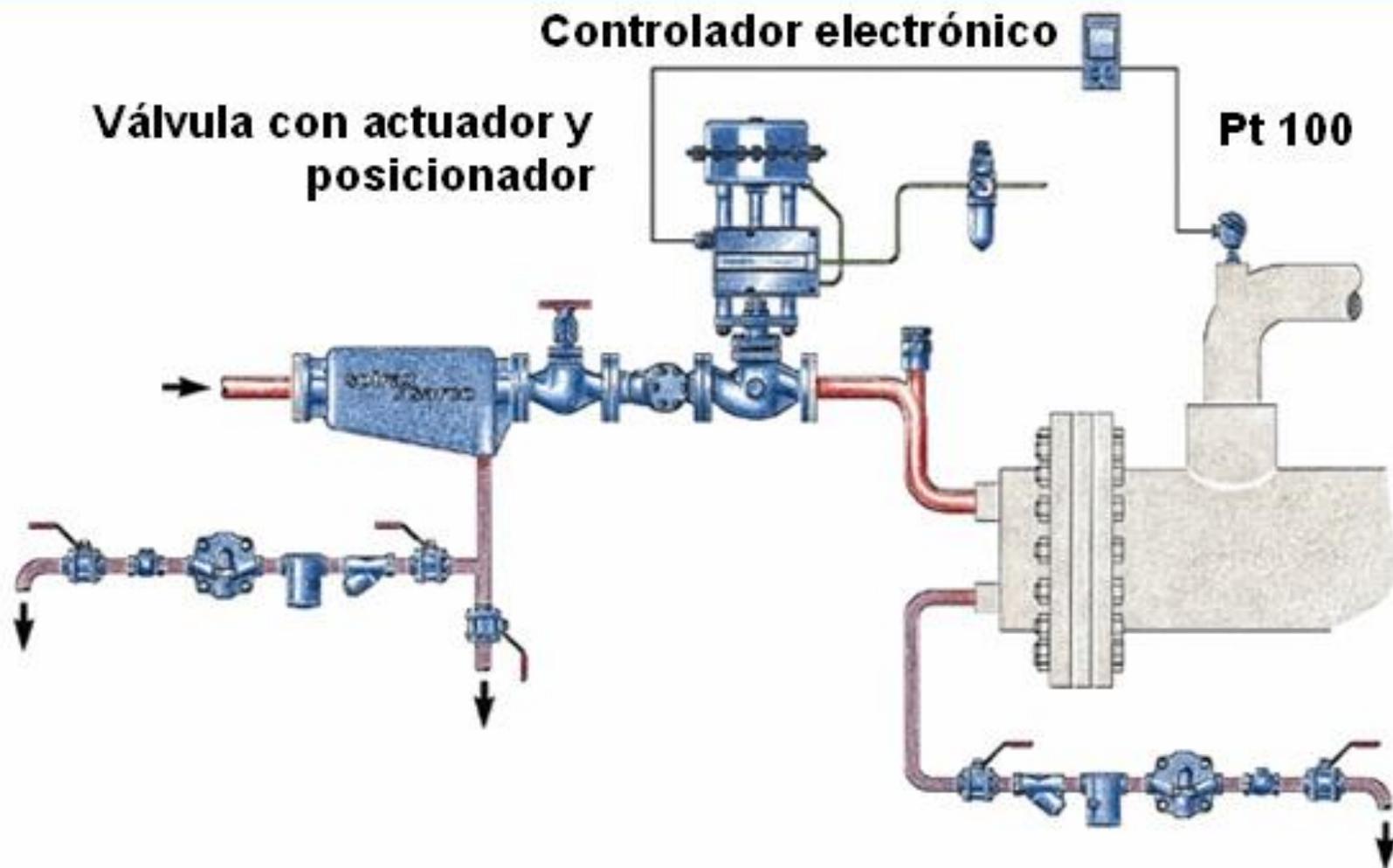
Tema 10

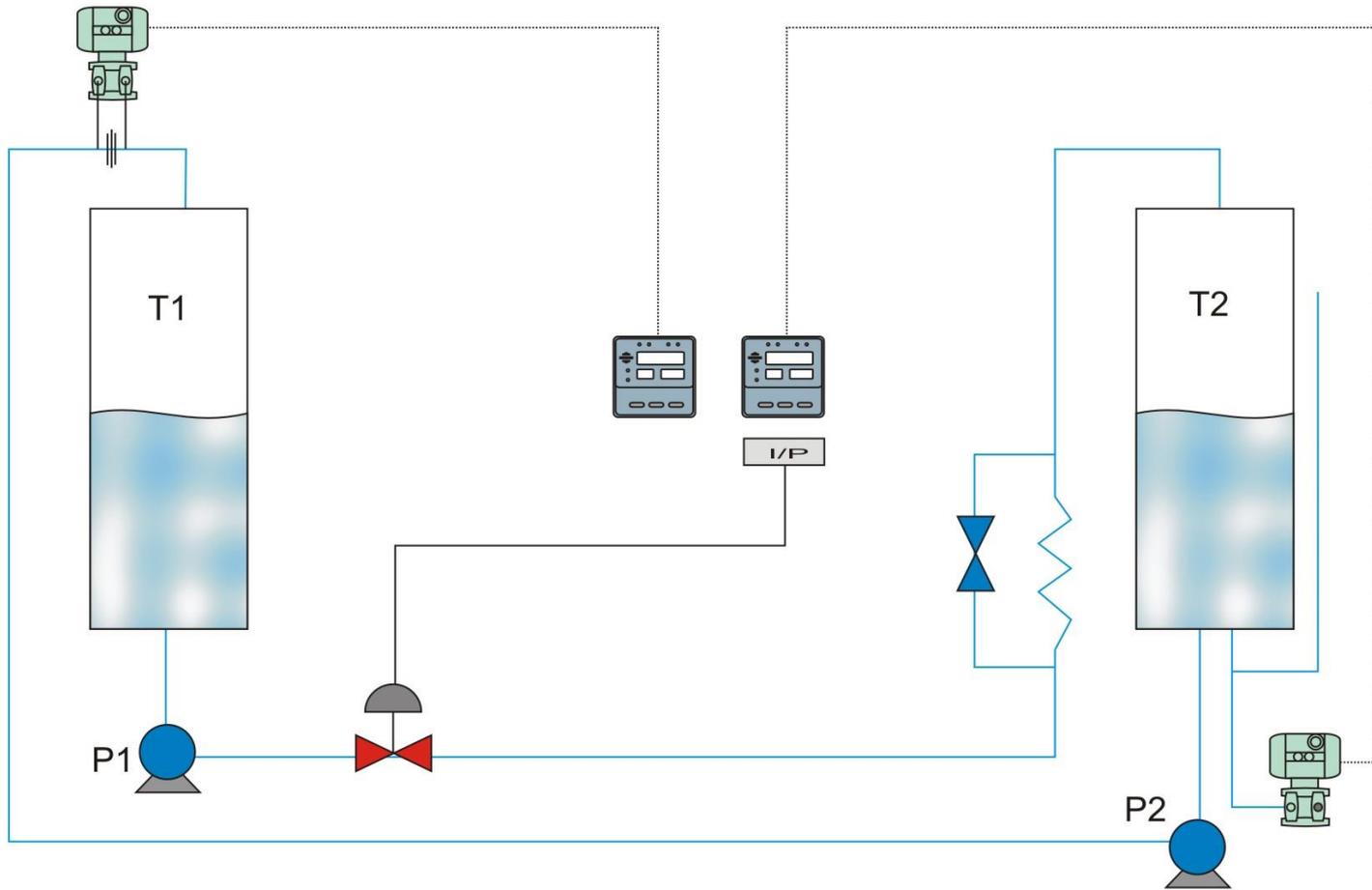
Temas 1, 2, 3

Condición controlada

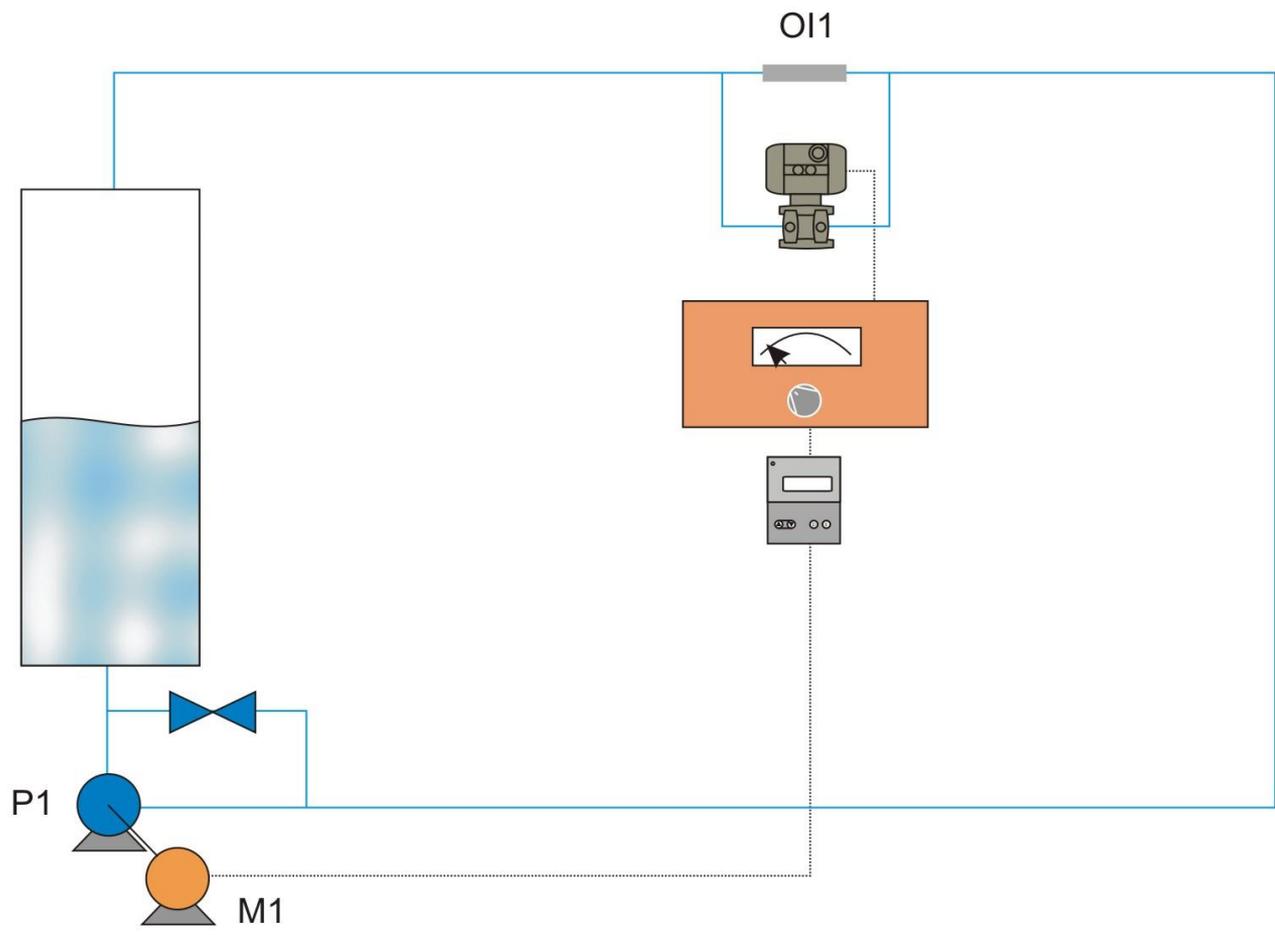


Control de temperatura





— Tubería de Agua
... Señal Eléctrica
— Señal Neumática



— Tubería de Agua
- - - Señal Eléctrica

INSTRUMENTOS y SEÑALES

Transmisor: asociado a un transductor, que sensa la variable de interés, produce una salida en corriente (4 a 20 mA o un protocolo industrial) para ser controlada y/o indicada.

Controlador: Compara la variable controlada proveniente de un transmisor con un valor deseado y de producirse un error este actúa sobre el algoritmo P+I+D produciendo una salida que ejerce una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

Convertidor: recibe una señal de entrada en corriente de 4-20 mA procedente de un controlador y la convierte a una señal neumática de salida estándar de 3 a 15 psig que va a la servoactuador neumático de la válvula de control. Se les denomina convertidor I/P ; entrada de corriente / salida neumática.

Elemento final de control: Recibe la señal del controlador y modifica la variable manipulada.

Receptores: Reciben señales procedentes de los transmisores y las indican o registran.

Señales de transmisión

Actualmente se usan tres tipos principales de señales en la industria de procesos:

Señal neumática: o de presión de aire, normalmente abarca entre 3 y 15 psig. Su representación en los diagramas es :

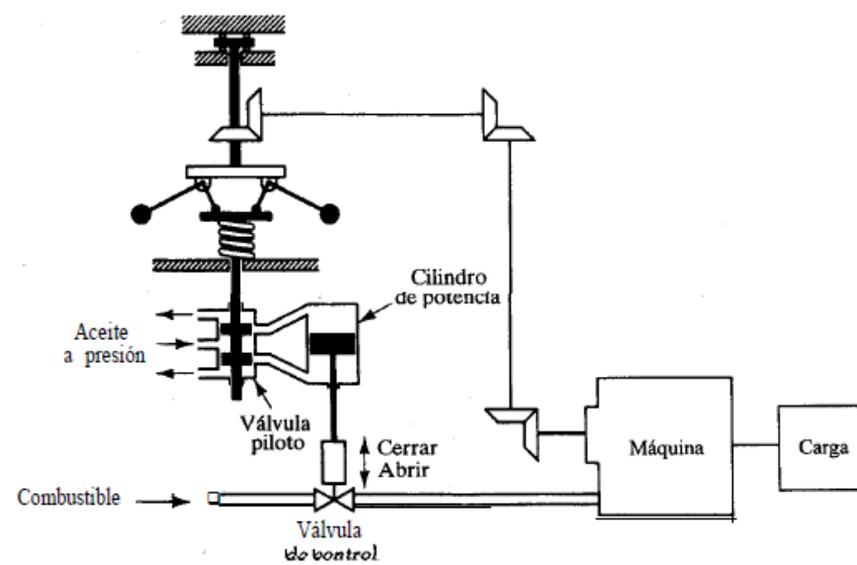


Señal eléctrica: normalmente toma valores entre 4y 20 mA. Su representación es :



Cómo se desarrolló el Control PID

-Siglo XVIII: Dispositivos mecánicos (reguladores centrífugos) empleados para controlar molinos de vientos y maquinas de vapor.

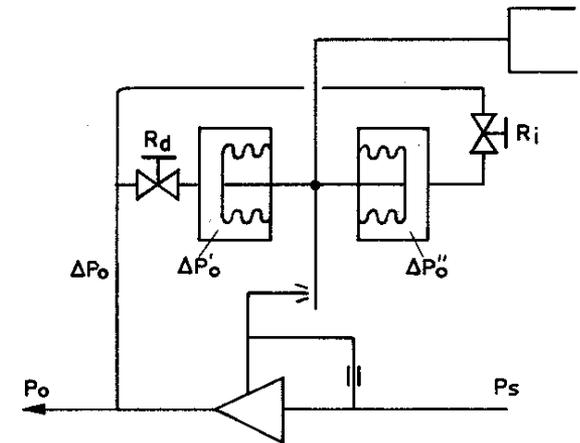


-1900: Aparición de instrumentación neumática (3-15 psi)

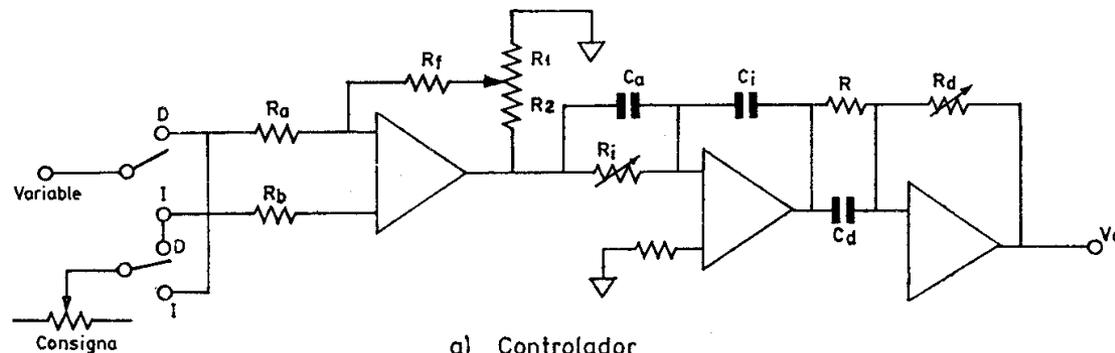
-1930: acción integral neumática

-1940: acción derivativa neumática

-1950: Controladores PID electrónicos basados en amplificadores operacionales. (4-20 mA, 0-10 V)



-1947: transistor



Cómo se desarrolló el Control PID

-1970: microprocesador → primeros PLC

-1995: Norma fieldbus: transmisión digital.

La señal digital consiste en una serie de impulsos en forma de bits. Cada bit corresponde a un 0 o 1. Por ej. En la señal electrónica de 4-20 mA :

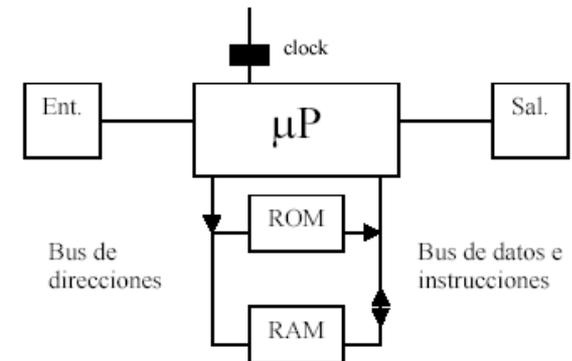
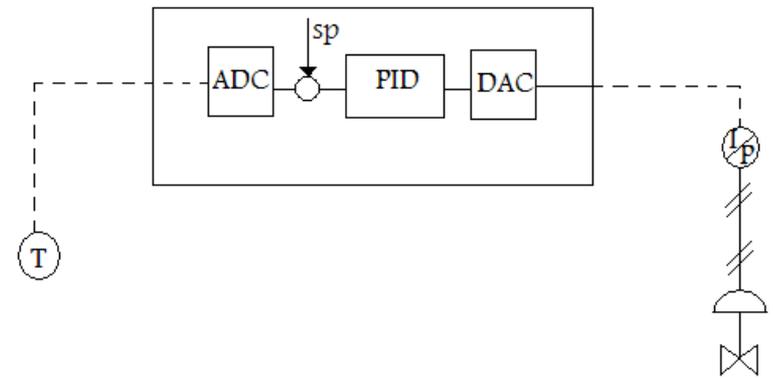
4 mA= 00000000; 12 mA= 01111111 y 20 mA= 11111111

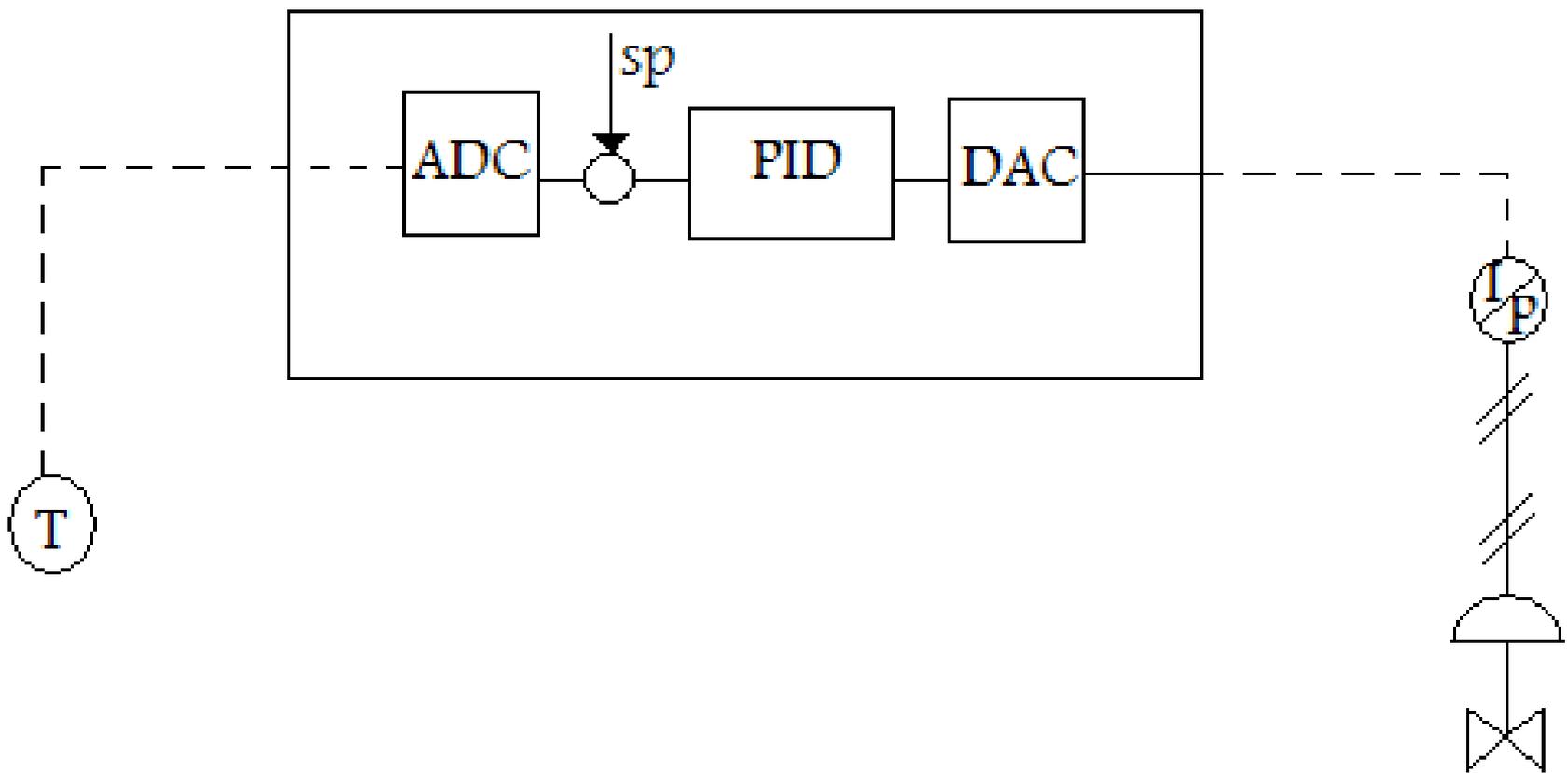
(0-255= 2^8)

$$m_n = K_c \cdot \left[T_d \cdot \frac{(e_n - e_{n-1})}{\Delta t} + e_n + \frac{1}{T_i} \cdot \sum_{k=0}^n e_k \cdot \Delta t \right]$$

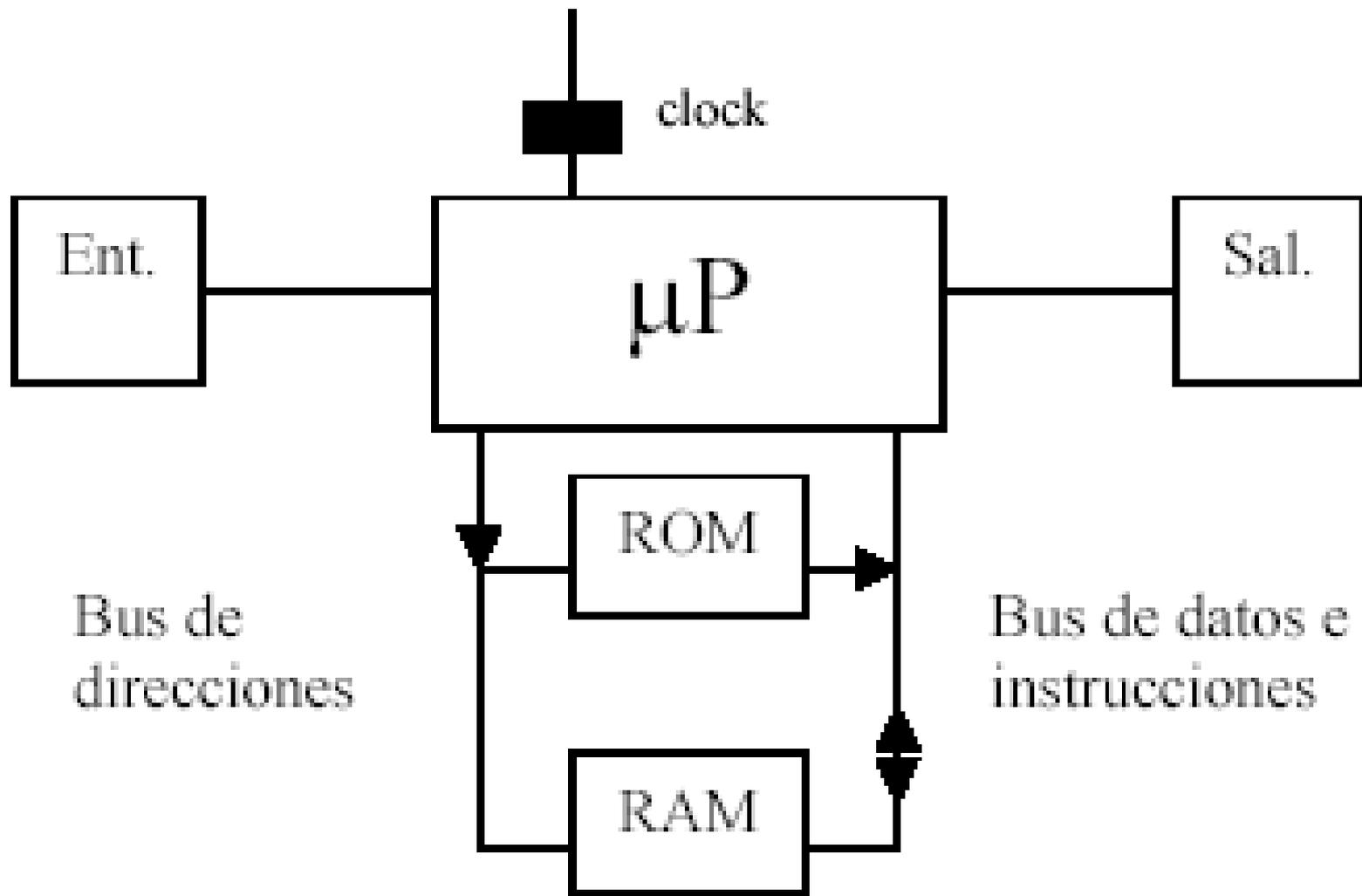
Actualidad: - PID simple lazo, multilazos, implementados en PLC

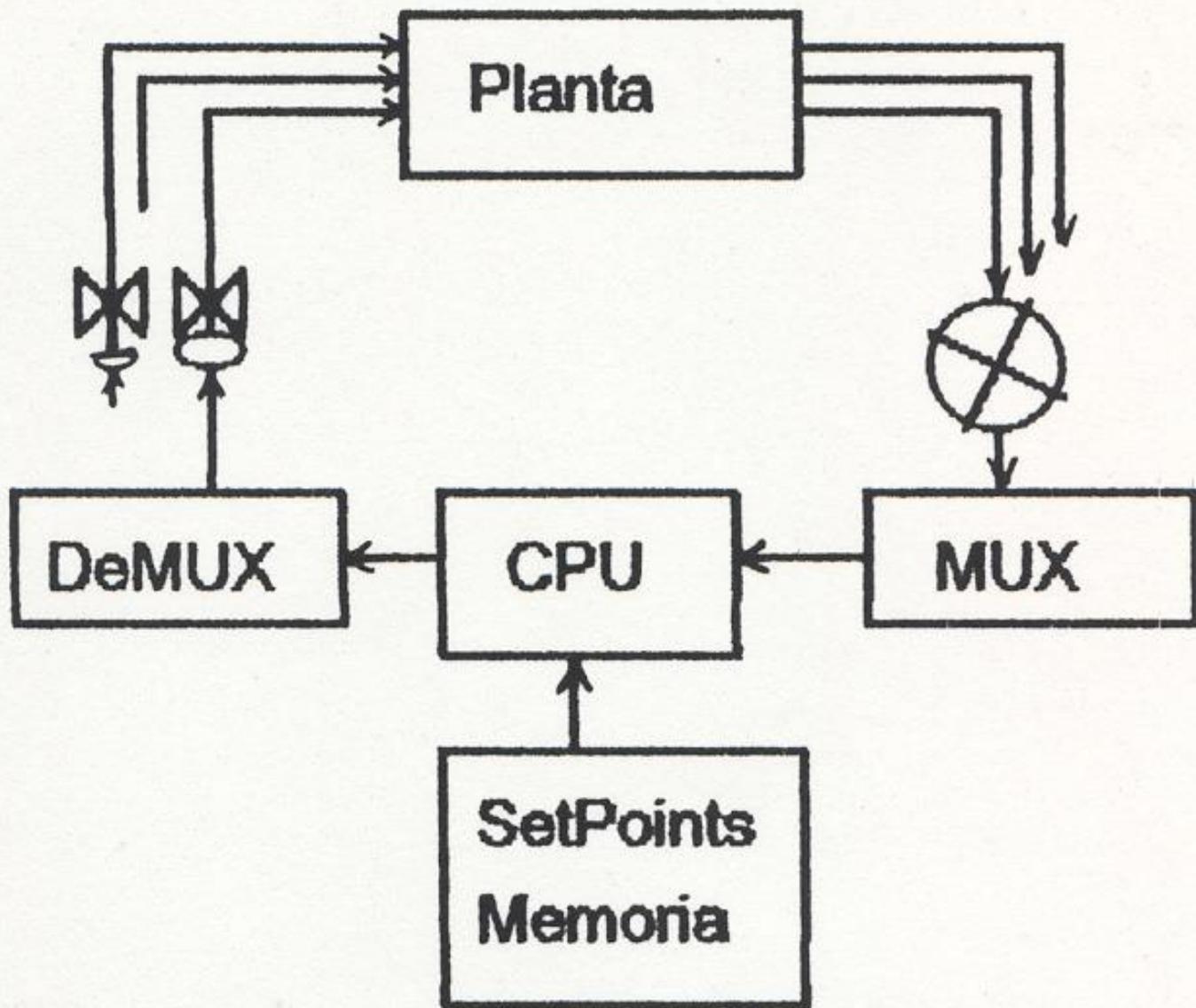
- Control Avanzado y Optimización

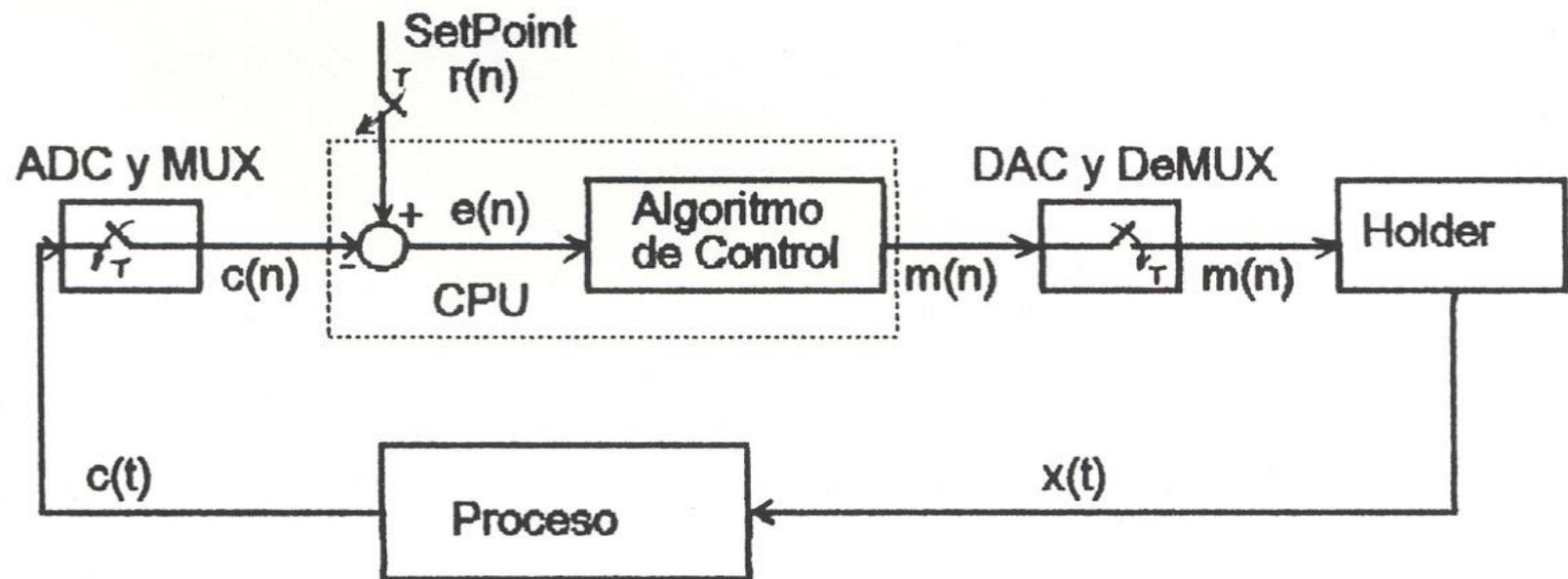




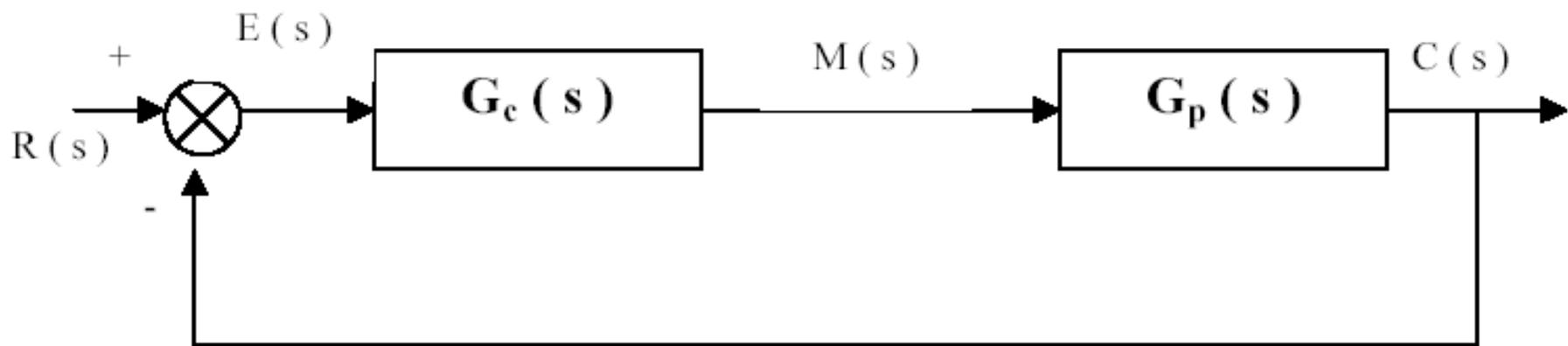
Veremos más adelante que el programa principal *usa una subrutina llamada ADC, como resultado de ello se obtiene el error digitalizado.* Así mismo, la salida digitalizada del programa principal o bloque PID es *entregada a una subrutina DAC que utilizando un conversor digital - analógico entrega una salida que en combinación con un “holder” o mantenedor de señal , colocan una señal continua en 4-20 mA para ir a un convertidor I/P o a la entrada de un variador de frecuencia, como ya se dijo.*







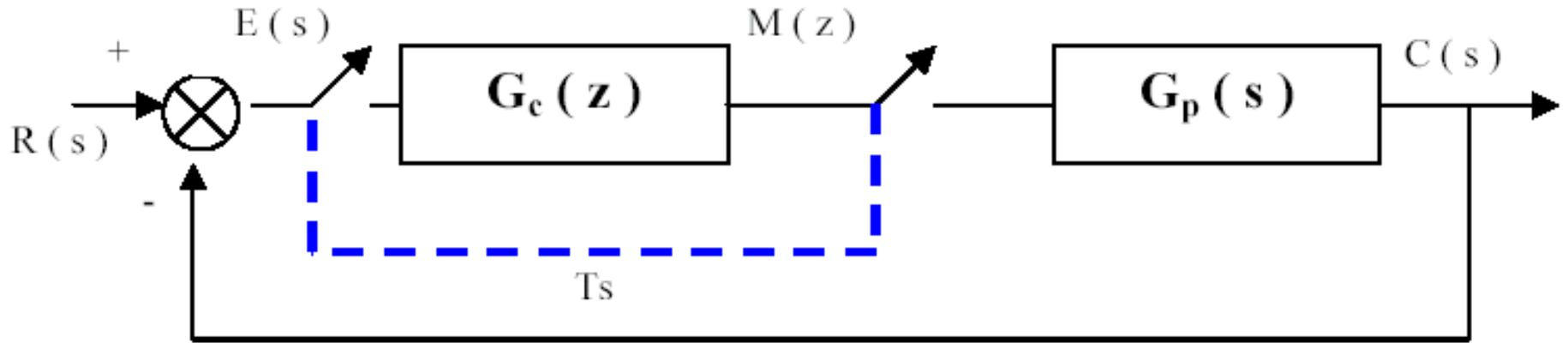
Funciones de transferencias en lazos continuos y muestreados



$$G_c(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = K_C \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right)$$

La FT corresponde a un controlador PID denominado ideal ya que los tres términos que la componen no interactúan entre sí.

Sistema muestreado (variable z)



CONTROL EN TIEMPO REAL

- Si es relevante para nuestros propósitos notar el T_s o tiempo de muestreo (time sample) ya que el desempeño de los lazos de control están estrechamente ligados a la variación de la velocidad de los cambios de las variables a controlar, mientras más rápidos sean los procesos, menor debe ser el T_s , caso contrario no se podría hacer CONTROL en TIEMPO REAL.

Elementos de software

$$m(t) = K_c \cdot T_d \cdot \frac{d e(t)}{dt} + K_c \cdot e(t) + \frac{K_c}{T_i} \cdot \int e(t) dt$$

A los efectos de analizar el software es conveniente recordar algunos métodos numéricos, a partir del mismo algoritmo PID en el **dominio del tiempo**, representado arriba en el siguiente orden: primero la función derivativa, segunda la proporcional y finalmente la integral.

$$\left. \frac{df}{dt} \right|_k = \frac{f_k - f_{k-1}}{\Delta t}$$

$$\int f(t) dt \Big|_k = \sum_{k=0}^n f_k \cdot \Delta t$$

$$m_n = K_c \cdot \left[T_d \cdot \frac{(e_n - e_{n-1})}{\Delta t} + e_n + \frac{1}{T_i} \cdot \sum_{k=0}^n e_k \cdot \Delta t \right]$$

Si asumimos que Δt es igual al T_s y que la variable s es igual a sumatoria Σ de los errores de la función integral y si finalmente hacemos:

- **$K_p = K_c$**
- **$K_i = K_c \cdot T_s / T_i$**
- **$K_d = K_c \cdot T_d / T_s$**

Donde:

- **$T_s = \Delta T$**
- **$S_n = S_{n-1} + e_n$**

Se tiene que:

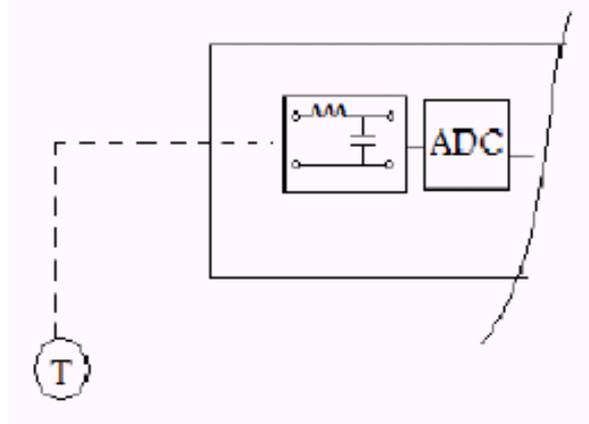
$$m_n = K_p \cdot e_n + K_i \cdot s_n + K_d \cdot (e_n - e_{n-1})$$

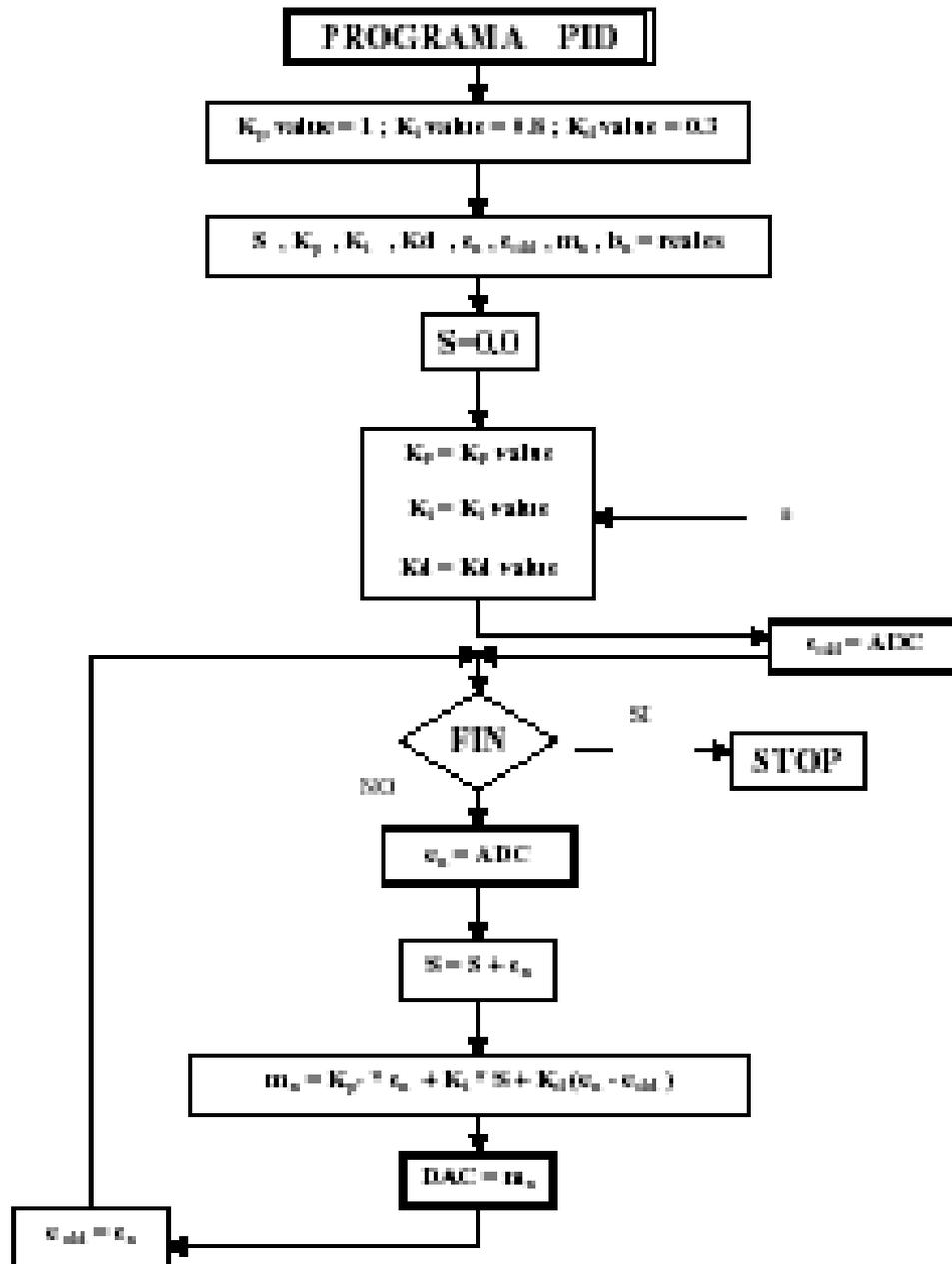
Siendo esta última expresión la digitalizada del algoritmo PID y que analizaremos mediante un diagrama de flujo, al que después le agregaremos subrutinas a fin de comprender las prestaciones más comunes de un controlador digital.

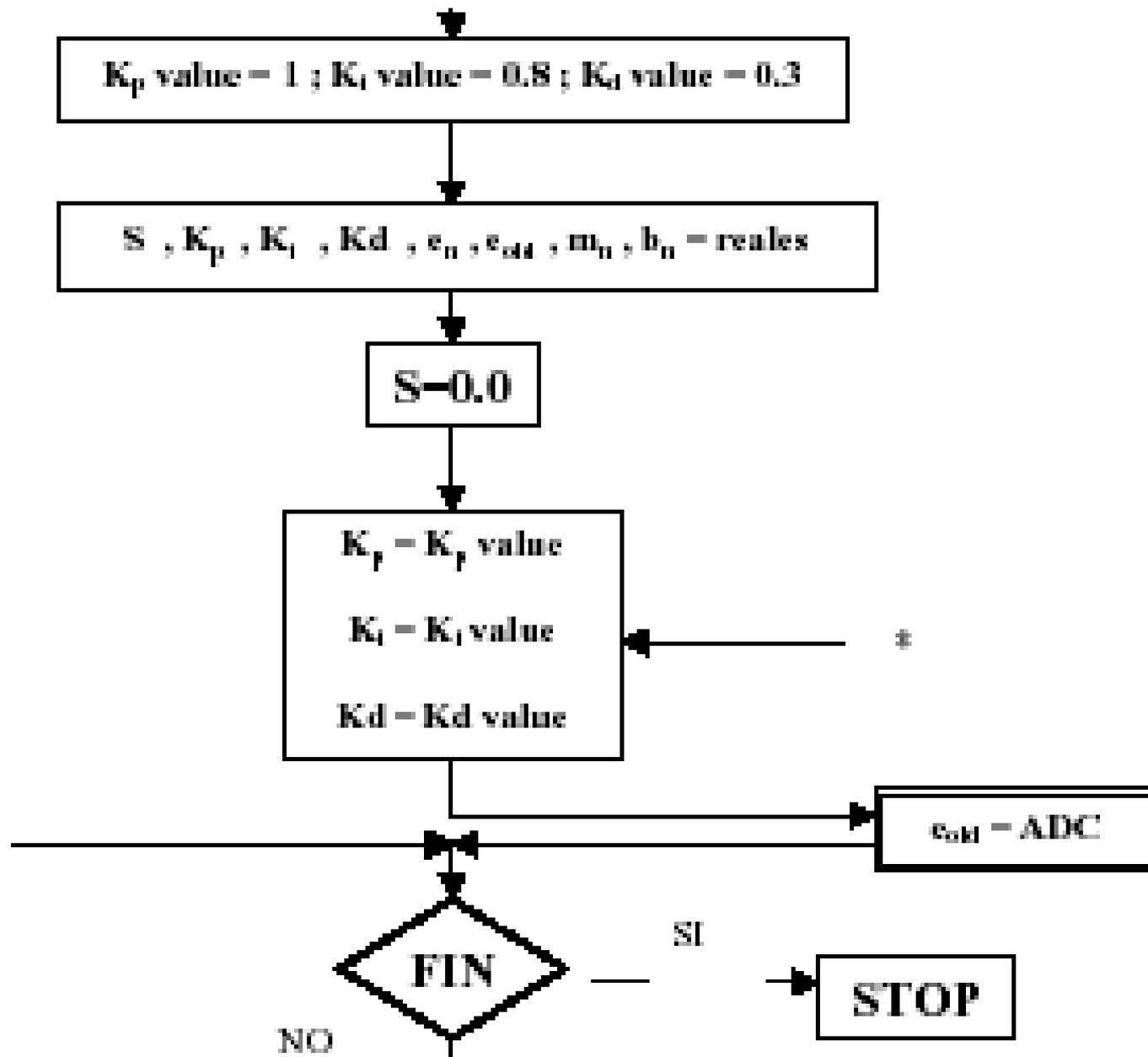
Nota 1: Para sólo acción P

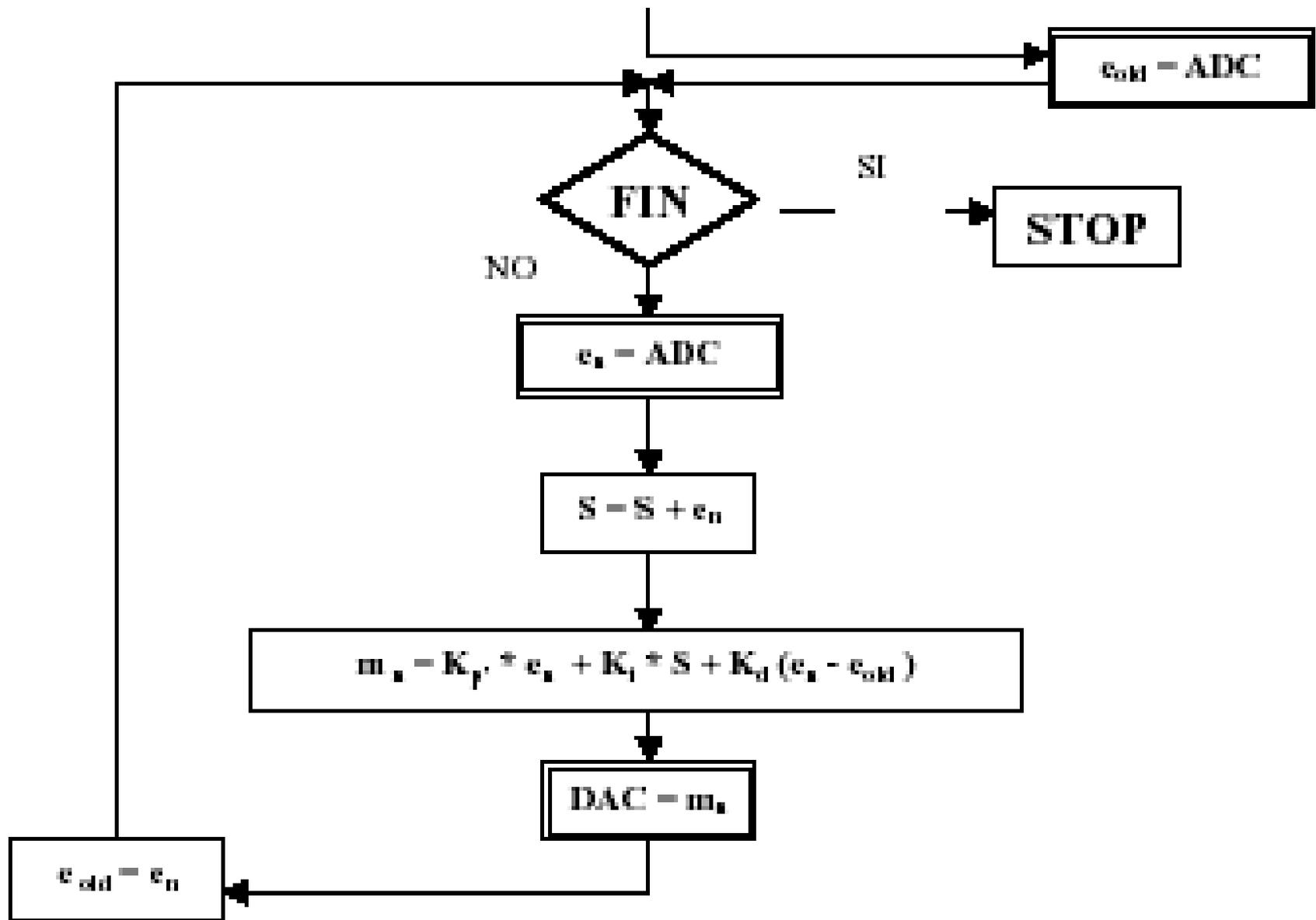
$$m_n = K_p \cdot e_n + b_n$$

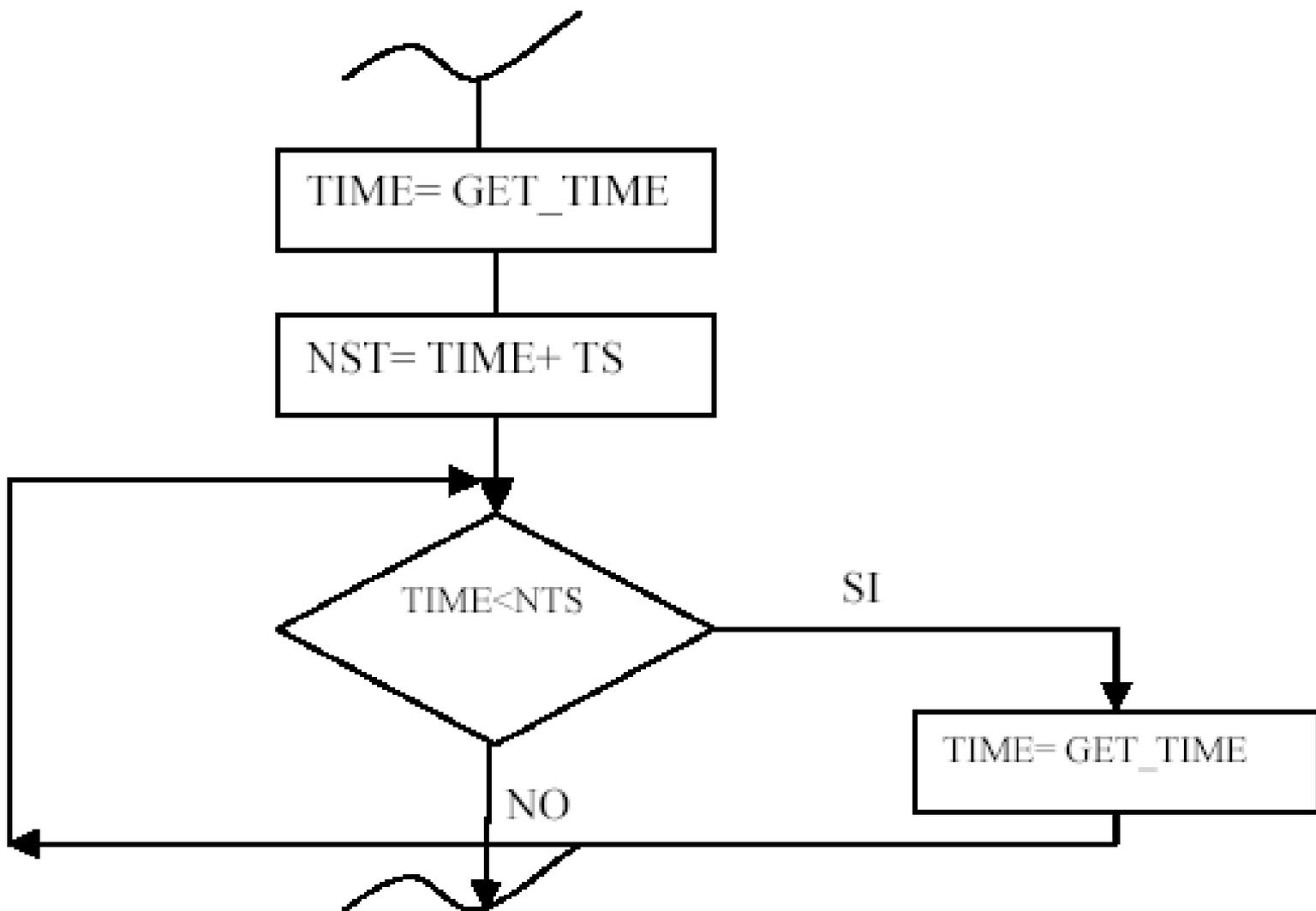
Nota 2: filtro (por soft o por hardware)
para la acción derivativa (acción o
modo de control de excepción)

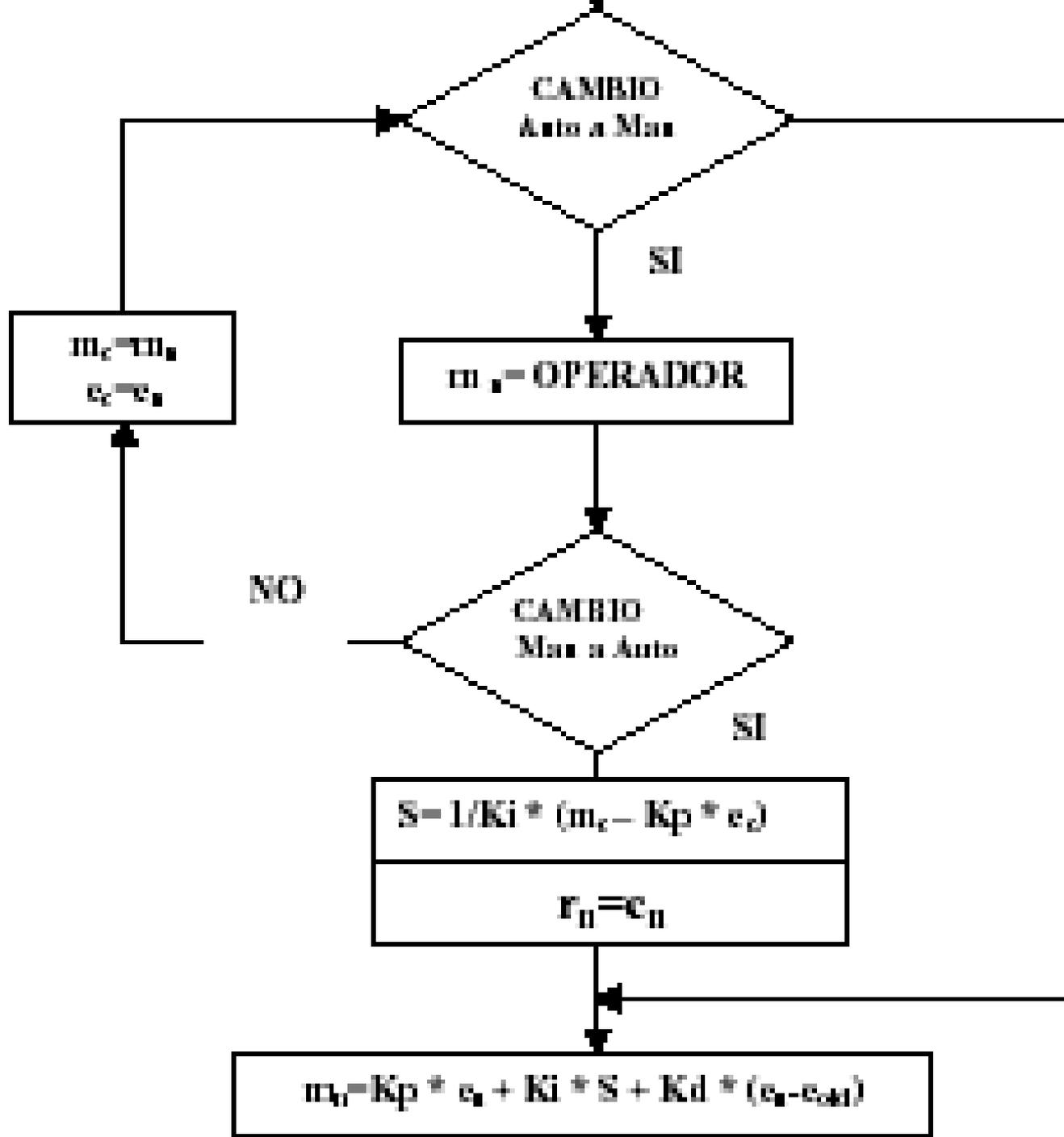


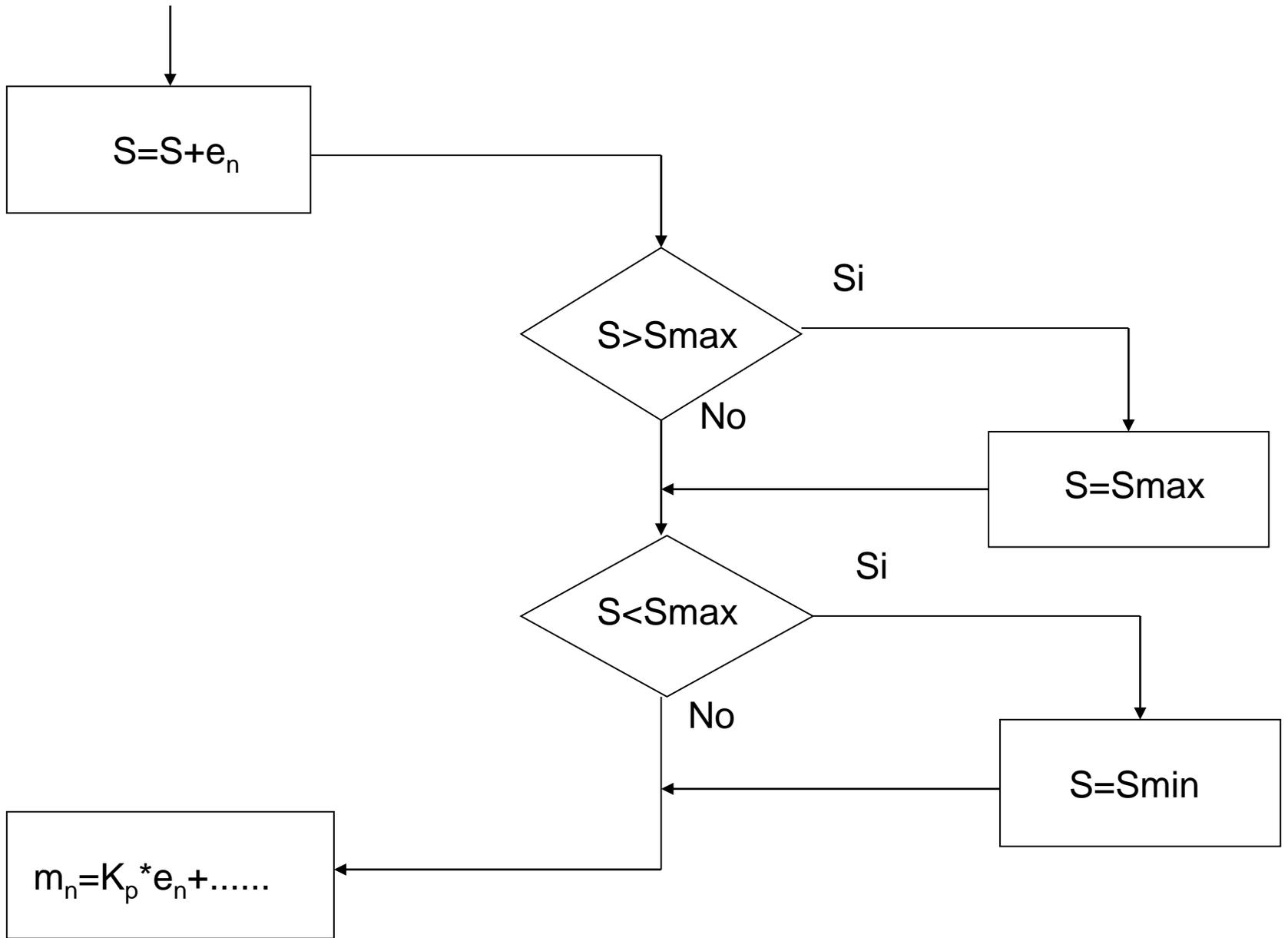




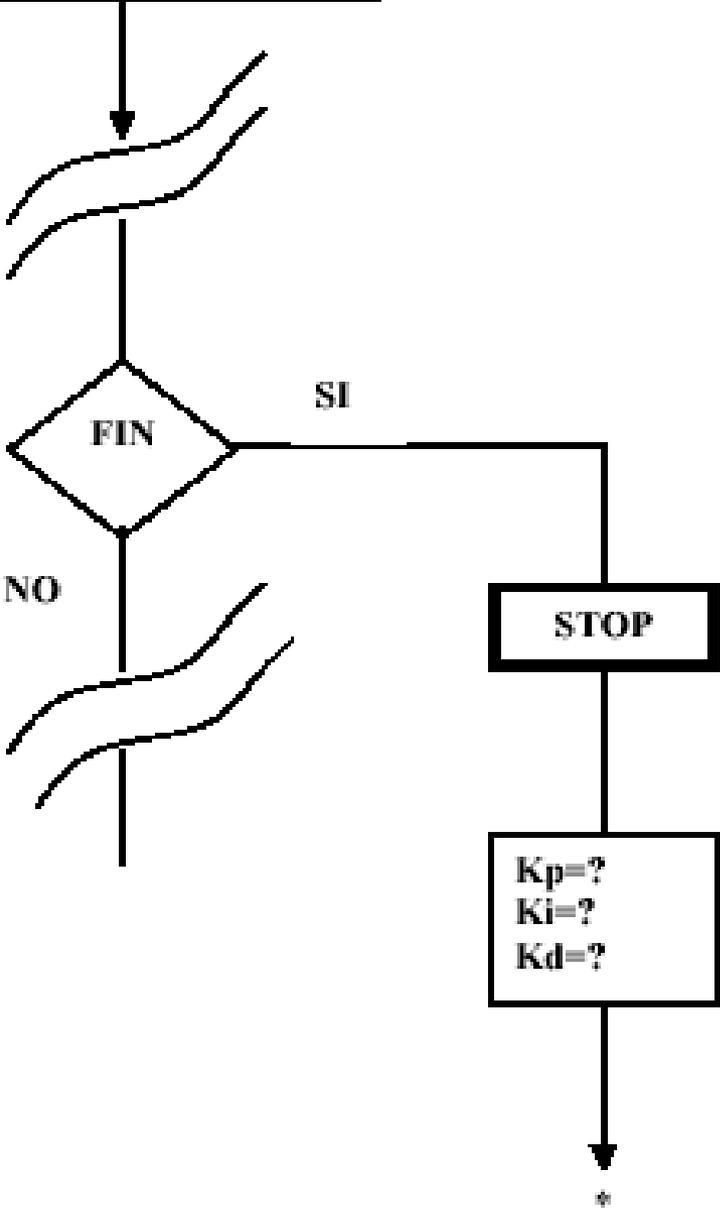








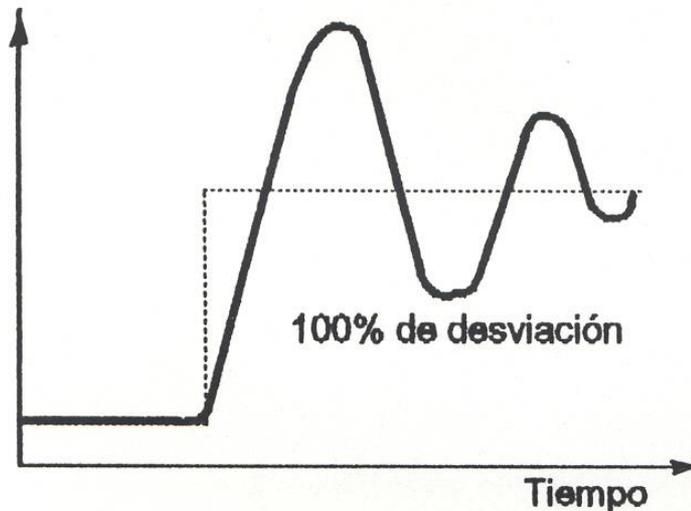
PROGRAMA PID



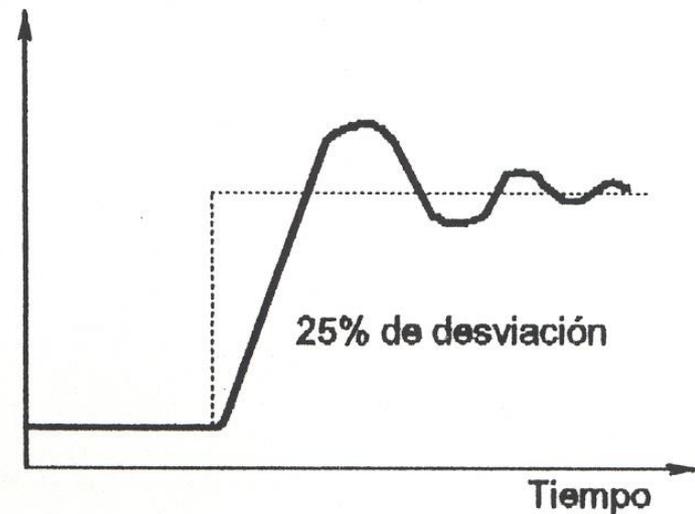
$$m_n = K_p \cdot e_n + K_i \cdot s_n + K_d \cdot (e_n - e_{n-1})$$

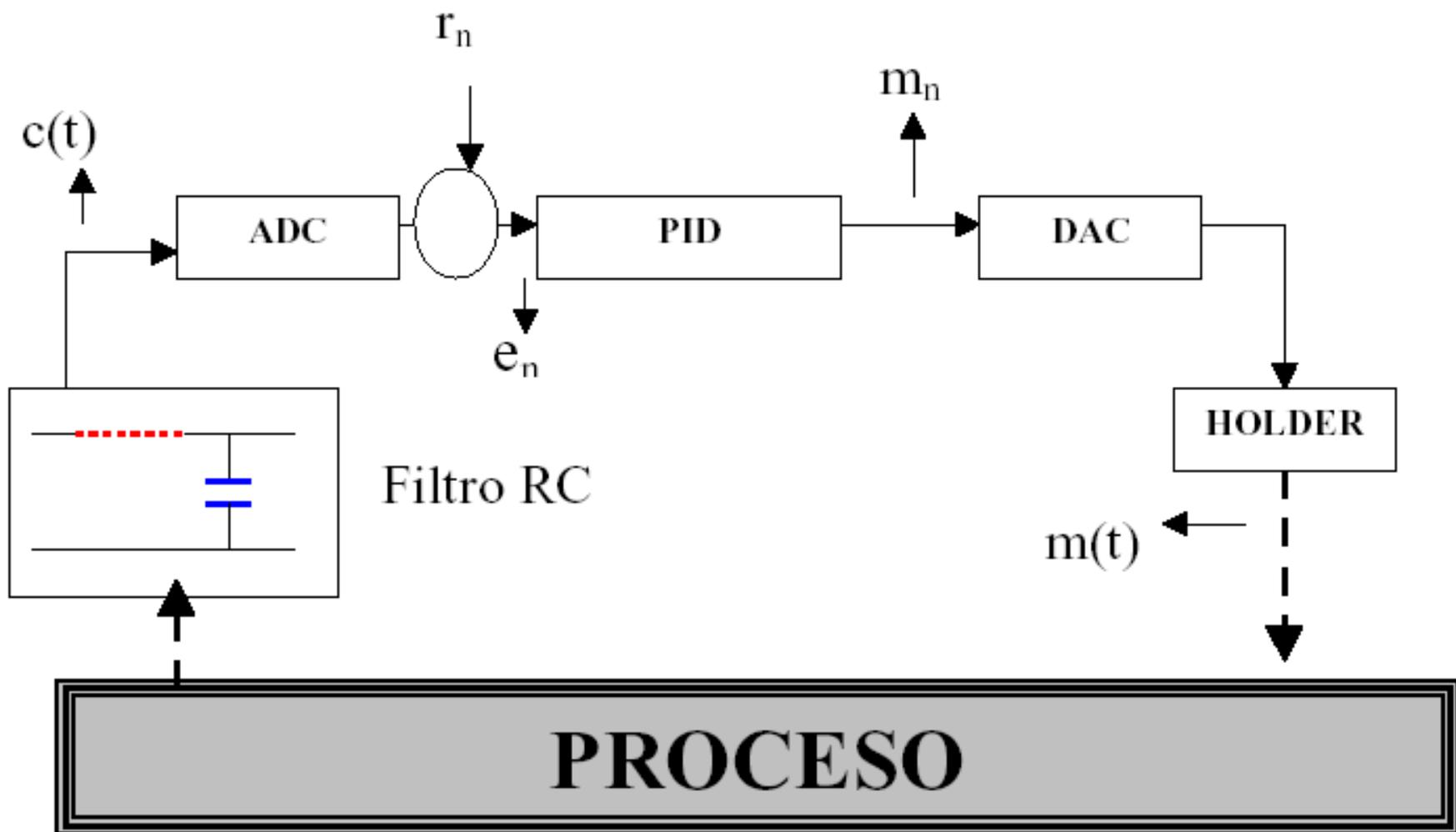
$$m_n = K_p \cdot e_n + K_i \cdot s_n + K_d \cdot (c_n - c_{n-1})$$

Derivativa sobre el Error



Derivativa sobre la Medición





CONTROLLER
DISPLAY

