

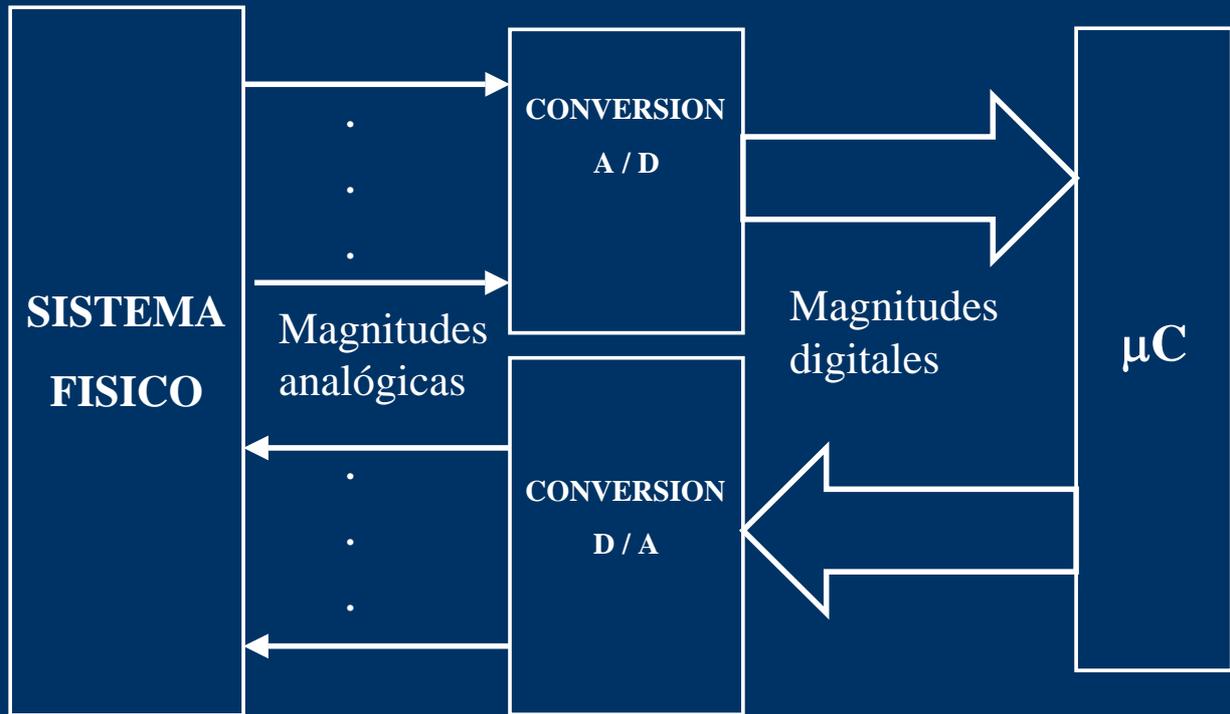


IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL POR COMPUTADOR

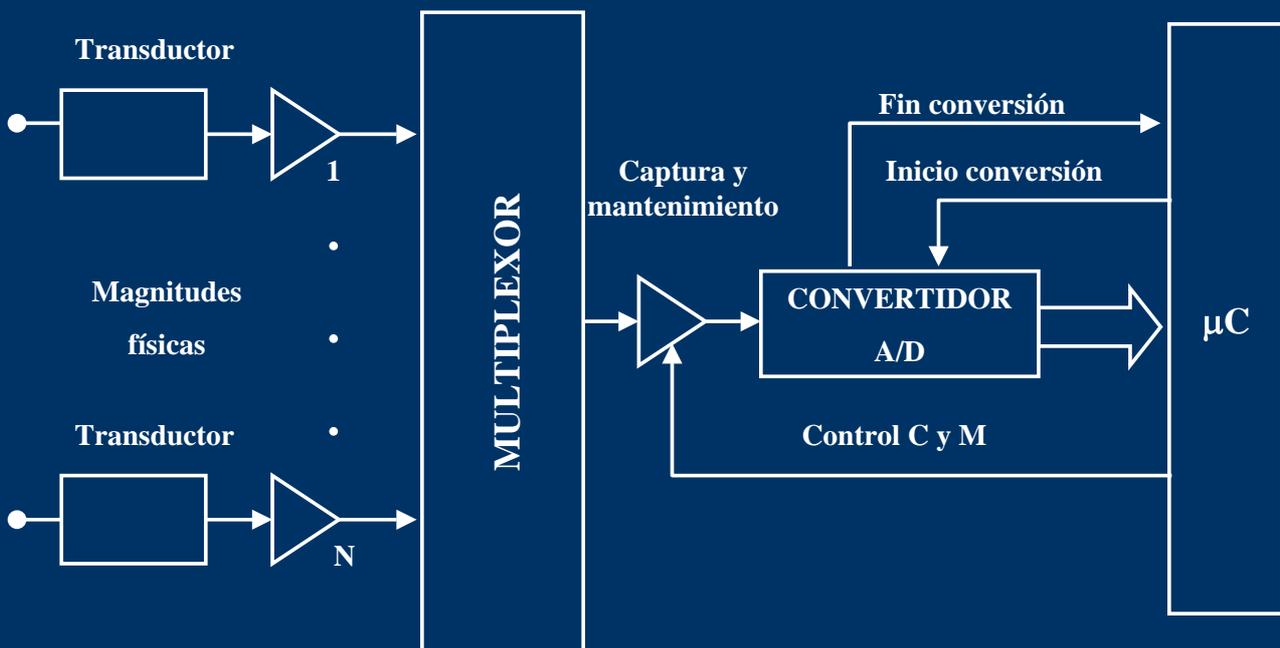
MODULOS DE UN SISTEMA DE CONTROL EN TIEMPO REAL

- MODULOS DE CONTROL
- MODULOS DE INTERFACE CON EL USUARIO
- MODULOS DE INTERFACE CON EL PROCESO
- MODULOS DE GESTION DE DISPOSITIVOS

INTERFACE CON EL PROCESO



ADQUISICION DE DATOS



SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

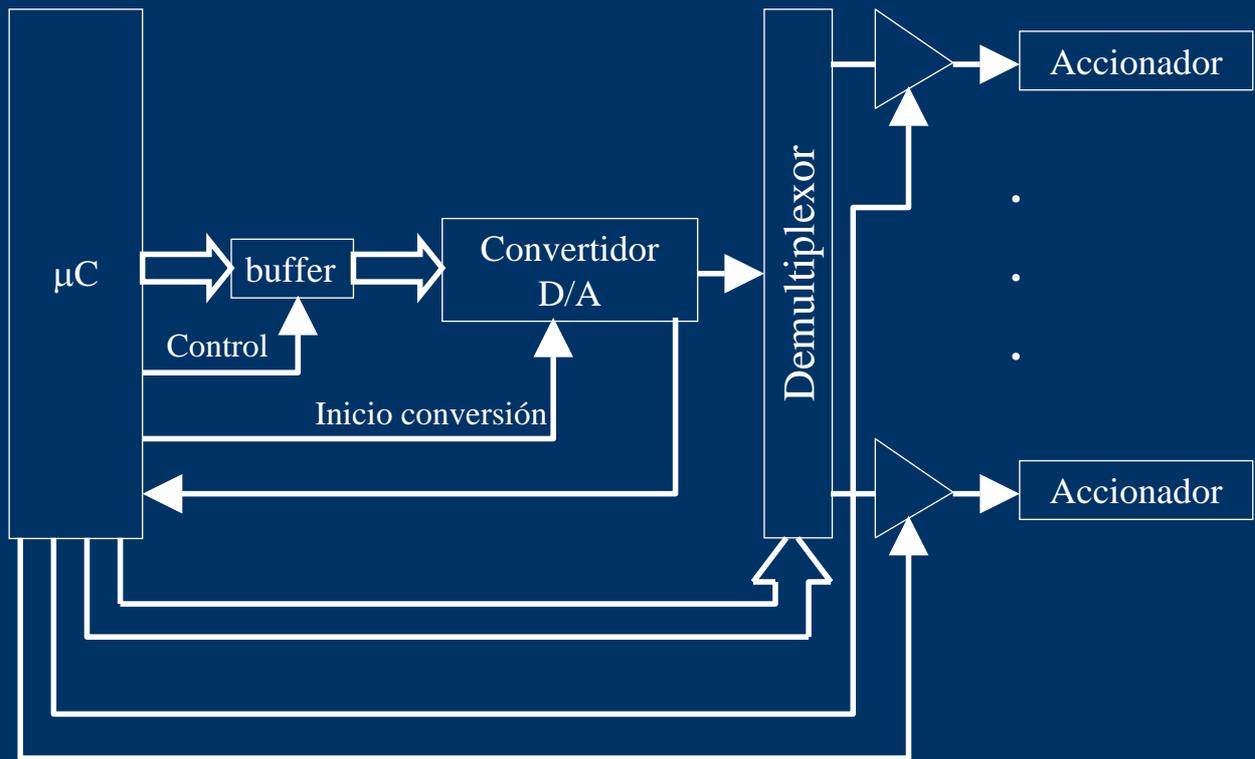
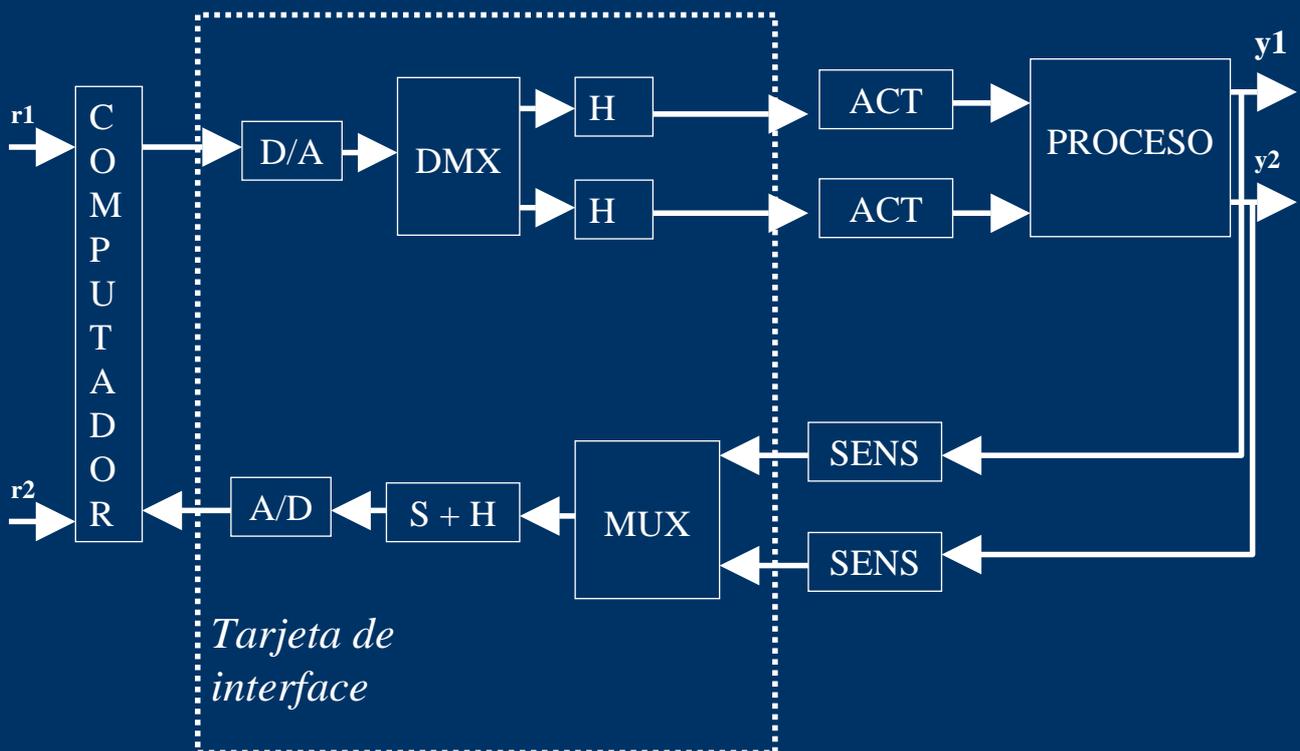
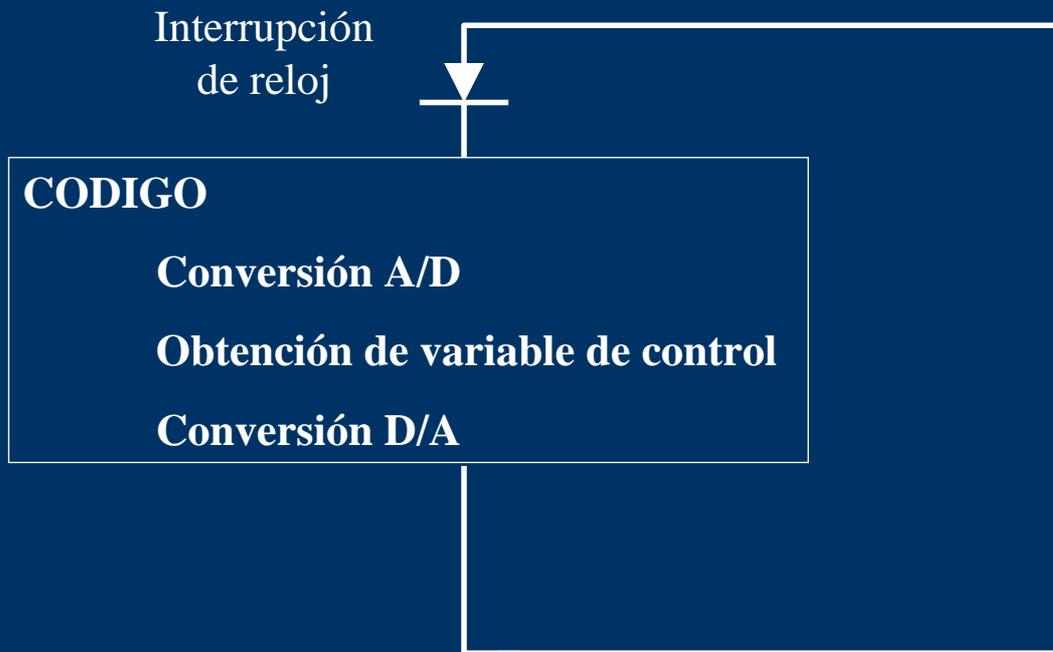


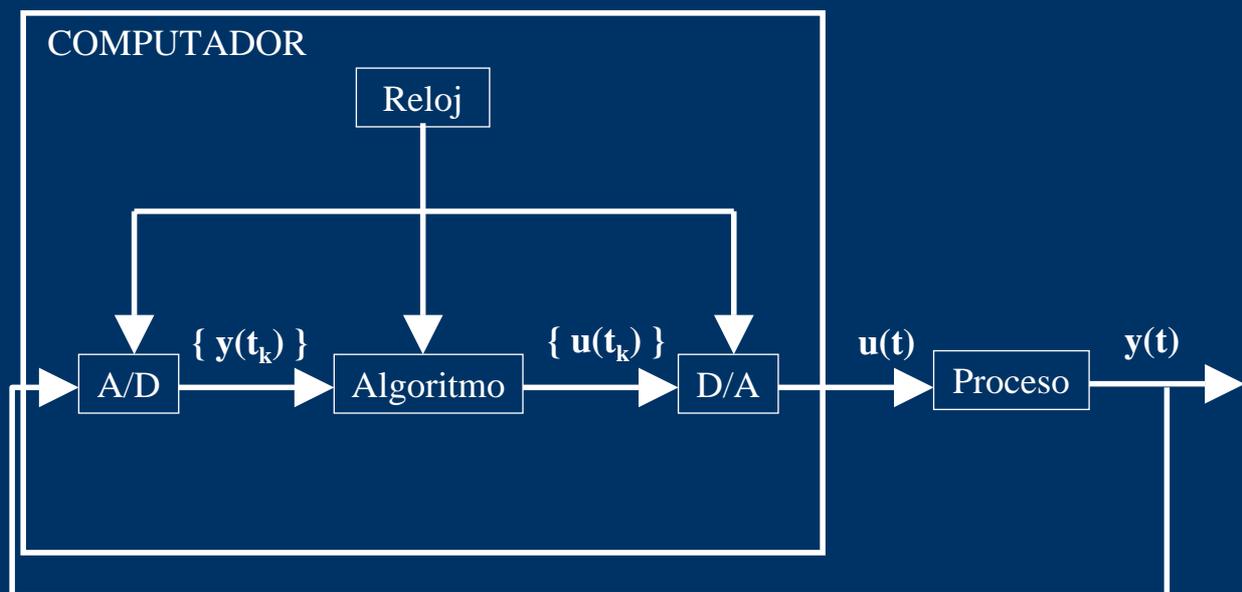
DIAGRAMA DE BLOQUES CONJUNTO



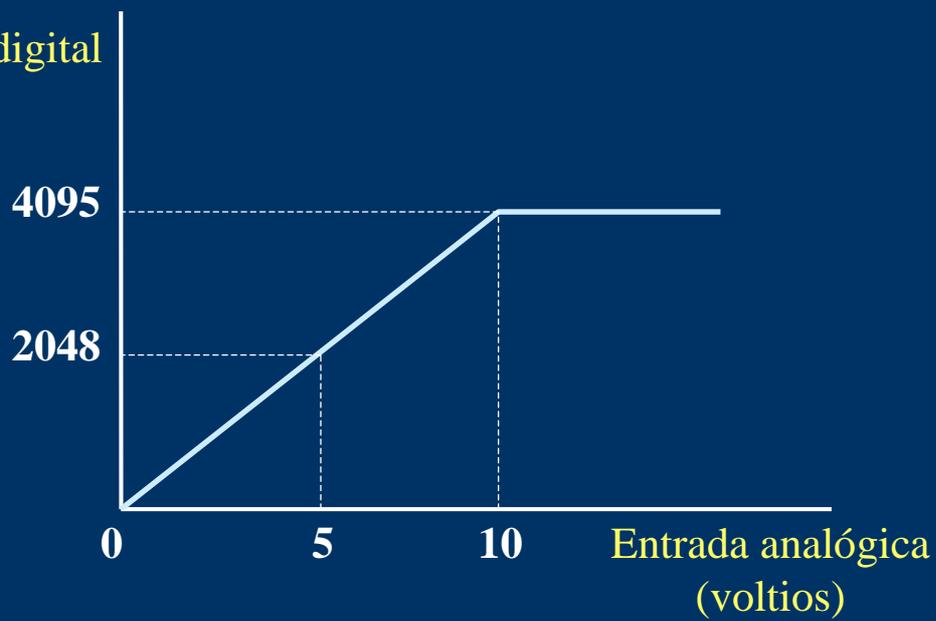
IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS



ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE CONTROL EN TIEMPO REAL

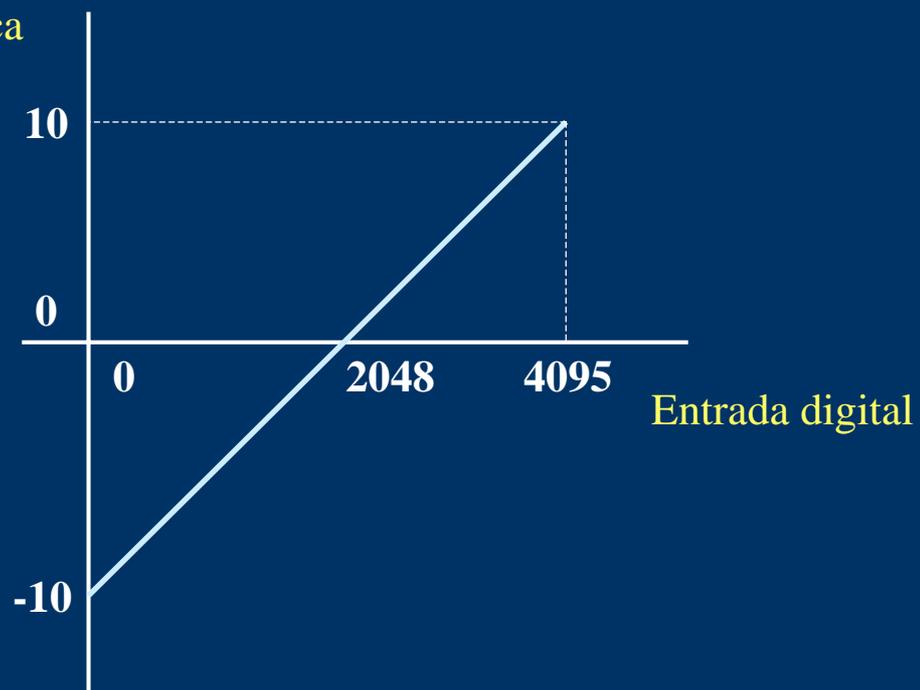


Salida digital



Salida analógica

(voltios)



Pin	Signal	Pin	Signal	Pin	Signal
1	GND	9	A/D CH4	17	A/D CH15
2	D/A OUT	10	A/D CH5	18	A/D CH14
3	5 V	11	A/D CH6	19	A/D CH13
4	GND	12	A/D CH7	20	A/D CH12
5	A/D CH0	13	12 V	21	A/D CH11
6	A/D CH1	14	GND	22	A/D CH10
7	A/D CH2	15	5 V	23	A/D CH9
8	A/D CH3	16	GND	24	A/D CH8
				25	12 V

CARACTERISTICAS DE LA TARJETA IBM A/D-D/A

•D/A: 1 CANAL, 12 BITS

SALIDA 0-10V AJUSTABLE POR POTENCIOMETRO VR1

UNIPOLAR O BIPOLAR AJUSTABLE POR JP2 (ABIERTO-CERRADO)

TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO DE 500ns

NO-LINEALIDAD DEL 0.2%

•A/D: 16 CANALES, 12 BITS

ENTRADA 0-10V AJUSTABLE POR POTENCIOMETRO VR1 UNIPOLAR OPERACIÓN

METODO DE APROXIMACION SUCESIVAS

TIEMPO DE CONVERSION 60µs POR CANAL

•DIRECCION DEL PUERTO I/O:

270-277 ó 2F0-2F7 (SELECCIÓN POR JP1: 1-2 ó 2-3)

•CONSUMO DE POTENCIA: 2.2 W

PROCEDIMIENTO DE CONVERSION D/A

- SALIDA DE LOS 4 BITS MAS SIGNIFICATIVOS POR PUERTO+7**
- SALIDA DE LOS 8 BITS MENOS SIGNIFICATIVOS POR PUERTO+6**

PROCEDIMIENTO DE CONVERSION A/D

- ESCRIBIR EL NUMERO DEL CANAL DE ENTRADA (DEL 0 AL 15) DEL QUE SE VA A REALIZAR LA CONVERSION EN LOS 4 BITS MENOS SIGNIFICATIVOS DE PUERTO+0**
- INICIALIZAR EL REGISTRO A/D DEL CANAL DE ENTRADA SELECCIONADO, BORRANDO LOS DATOS PREVIOS ESCRIBIENDO \$00 EN PUERTO+3**
- INICIAR LA CONVERSION CON UN BUCLE INDIVIDUAL PARA PUERTO+4 Y PUERTO+5 DE EXACTAMENTE 7 VECES**
- LECTURA DEL RESULTADO DE LA CONVERSION A/D EN PUERTO+2 (4 BITS MAS SIGNIFICATIVOS) Y PUERTO+1 (8 BITS MENOS SIGNIFICATIVOS)**

INFLUENCIA DEL ACTUADOR

- **TRANSFORMA SEÑAL DE CONTROL SEGÚN REQUERIMIENTOS DE PROCESO**

- **NO ES ELEMENTO IDEAL. INCORPORA NO LINEALIDADES: SATURACION**

- **RESET WINDUP (SATURACION DEL INTEGRADOR): LA SALIDA LLEGA AL LIMITE Y EL CONTROLADOR CONTINUA INTEGRANDO EL ERROR**

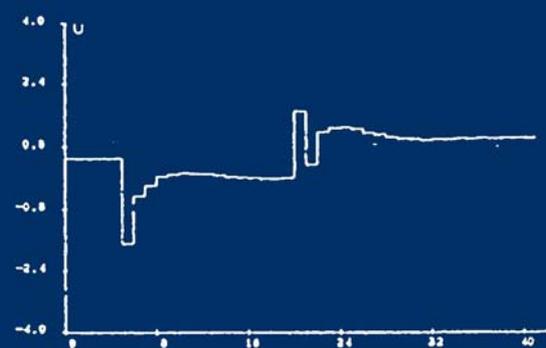
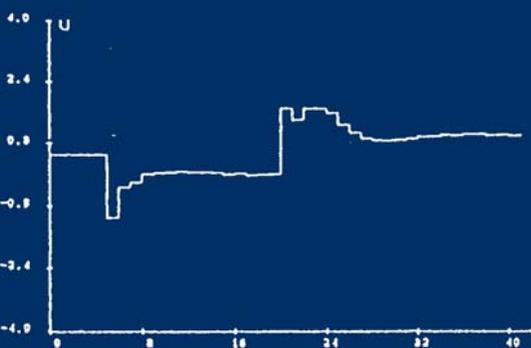
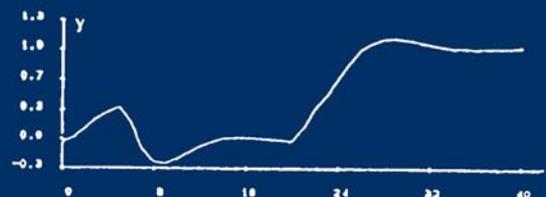
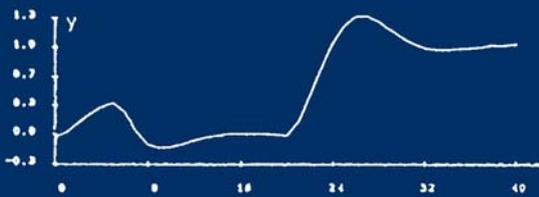
SOLUCIONES:

- **DETECCION DE LA SATURACION Y PARAR INTEGRACION**

- **OBTENCION DEL VALOR REAL POSICION ACTUADOR**

- **AL ESTIMADOR DEBE LLEGARLE LA POSICION REAL**

SATURACION DEL ACTUADOR SIN/CON ANTI-RESET WINDUP



FILTRADO DE PERTURBACIONES

FUENTES DE PERTURBACIONES:

- EN LA PLANTA A CONTROLAR
- EN EL PROCESO DE MEDIDA

RUIDO DE LOS SENSORES

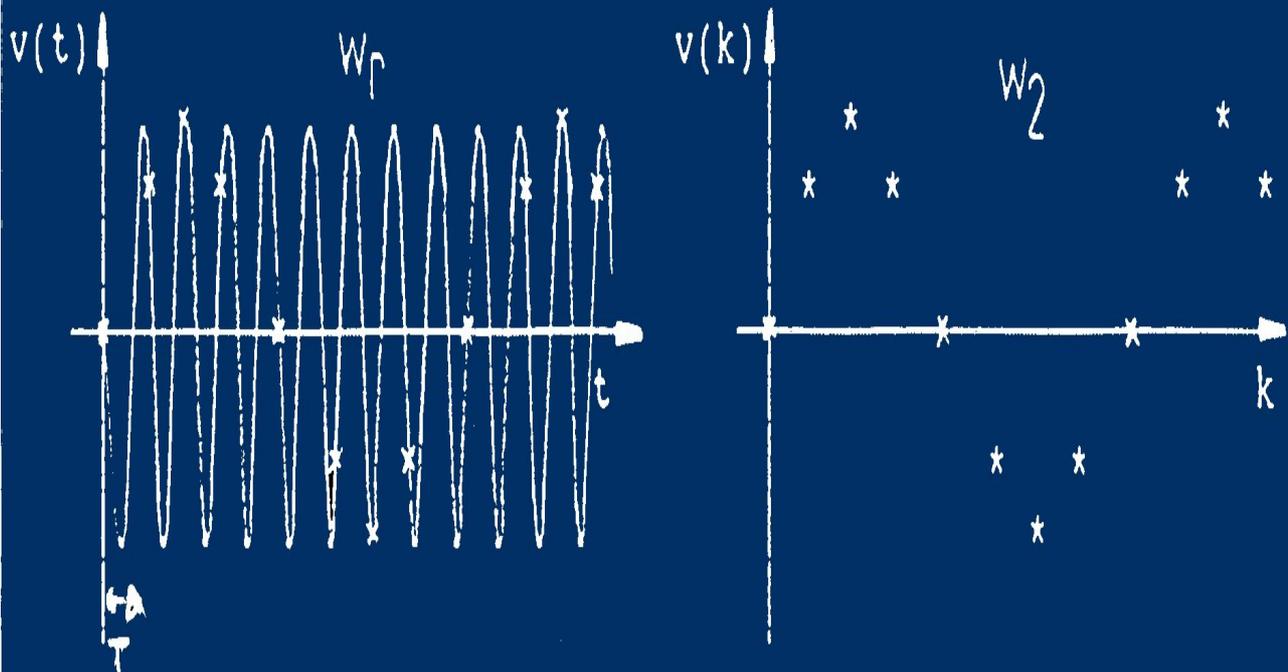
VIBRACIONES

INTERFERENCIAS EN LA TRANSMISION

FILTRADO DE PERTURBACIONES

- PRODUCIDAS EN LA PLANTA A CONTROLAR/EN EL PROCESO DE MEDIDA
- EL FILTRADO PREVIO AL MUESTREO ES NECESARIO PARA SEÑAL CONTAMINADA POR RUIDO CON $\omega > \pi / T_m$ PARA EVITAR EFECTO ALIASING
- EMPLEO DE FILTRO ANALOGICO
- INCONVENIENTE: CAMBIO DE FILTRO CADA VEZ QUE SE VARIE T_m
- SOLUCION: UTILIZACION DE T_m' FIJO $\leq 1s$ Y POSTERIOR FILTRADO DIGITAL PARA OBTENER T_m SELECCIONADO SOLO CAMBIO SOFTWARE

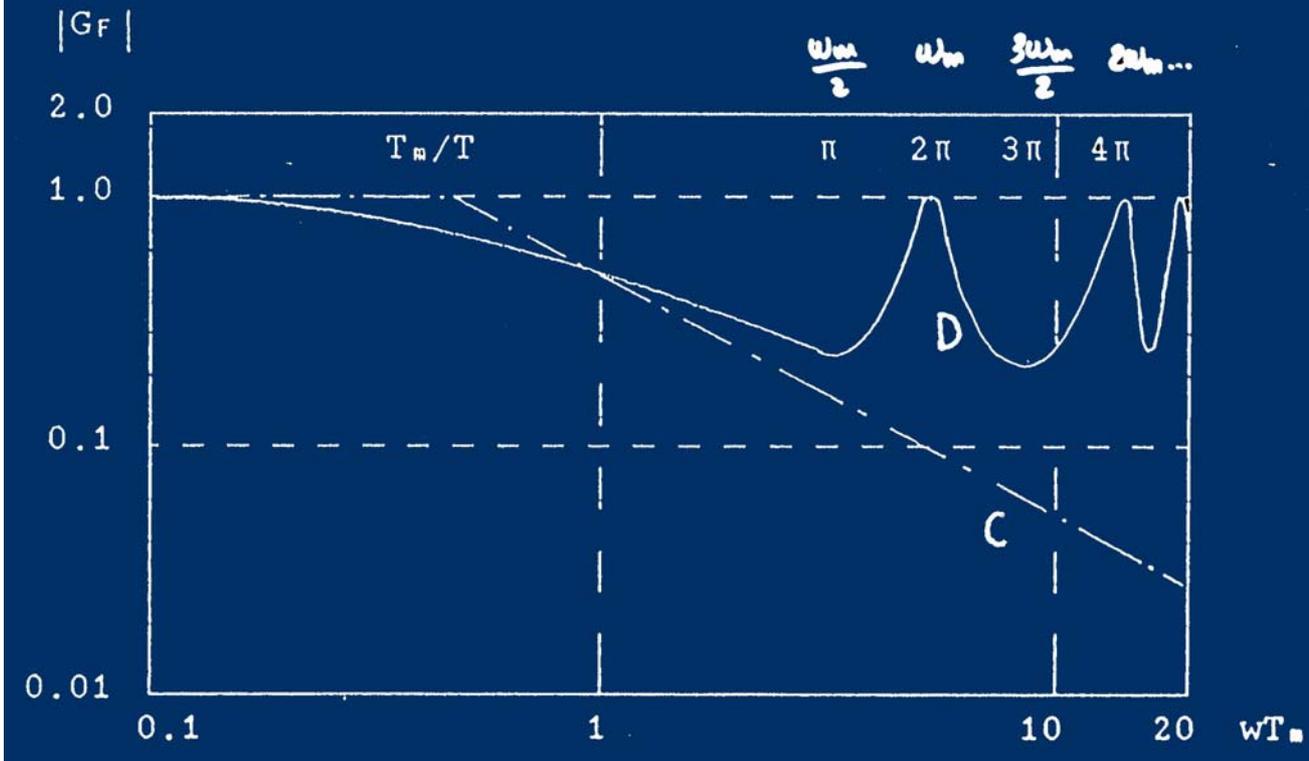
EFEECTO ALIASING



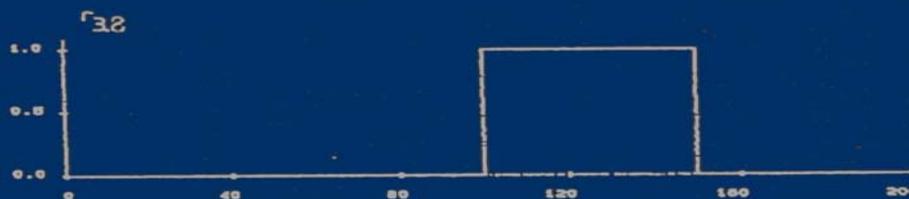
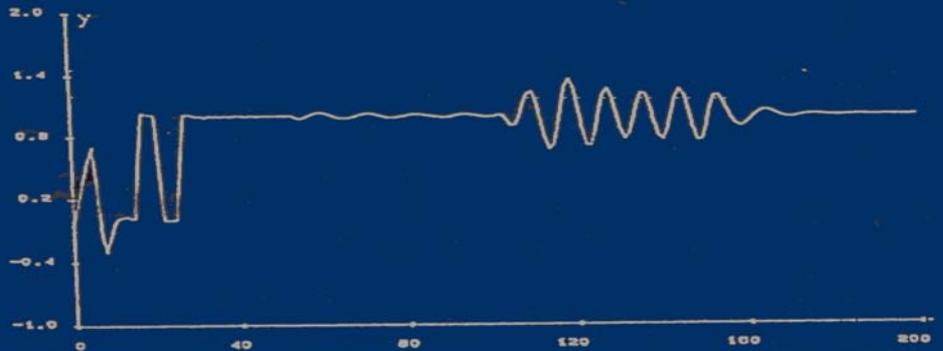
FILTRADO ANALOGICO Y DIGITAL

- **COMPORTAMIENTO PASO BAJO CON SUFICIENTE ATENUACION EN $\omega = \omega_m/2$**
- **FILTROS ESPECIALES: BUTTERWORTH, BESSEL, ITAE, TSCHEBYSCHIEFF**
- **PASIVOS: INDICADOS EN EL RANGO DE ALTAS FRECUENCIAS $f > 5$ Hz**
- **ACTIVOS: PARA FRECUENCIAS INFERIORES $0.1\text{Hz} < f < 5\text{Hz}$**
- **FILTRADO DIGITAL ES NECESARIO PARA BAJA FRECUENCIA**
- **NO PUEDE TRABAJAR A FRECUENCIAS SUPERIORES A $\omega_m/2$**

FILTRADO ANALOGICO Y DIGITAL



FILTRADO DIGITAL



ACORTAR T_c

$$\mathbf{u}(k) = \mathbf{C} \mathbf{x}(k) + \mathbf{D} \mathbf{y}(k) + \mathbf{E} \mathbf{w}(k)$$

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{F} \mathbf{x}(k) + \mathbf{G} \mathbf{y}(k) + \mathbf{H} \mathbf{w}(k)$$

PROCEDIMIENTO REGULADOR (1)

PRINCIPIO

ENTRADA A/D (y,w)

$$\mathbf{u} := \mathbf{C} * \mathbf{x} + \mathbf{D} * \mathbf{y} + \mathbf{E} * \mathbf{w}$$

$$\mathbf{x} := \mathbf{F} * \mathbf{x} + \mathbf{G} * \mathbf{y} + \mathbf{H} * \mathbf{w}$$

SALIDA D/A (u)

FIN

ACORTAR T_c (2)

PROCEDIMIENTO REGULADOR (2)

PRINCIPIO

ENTRADA A/D (y,w)

$$\mathbf{u} := \mathbf{u}_1 + \mathbf{D} * \mathbf{y} + \mathbf{E} * \mathbf{w}$$

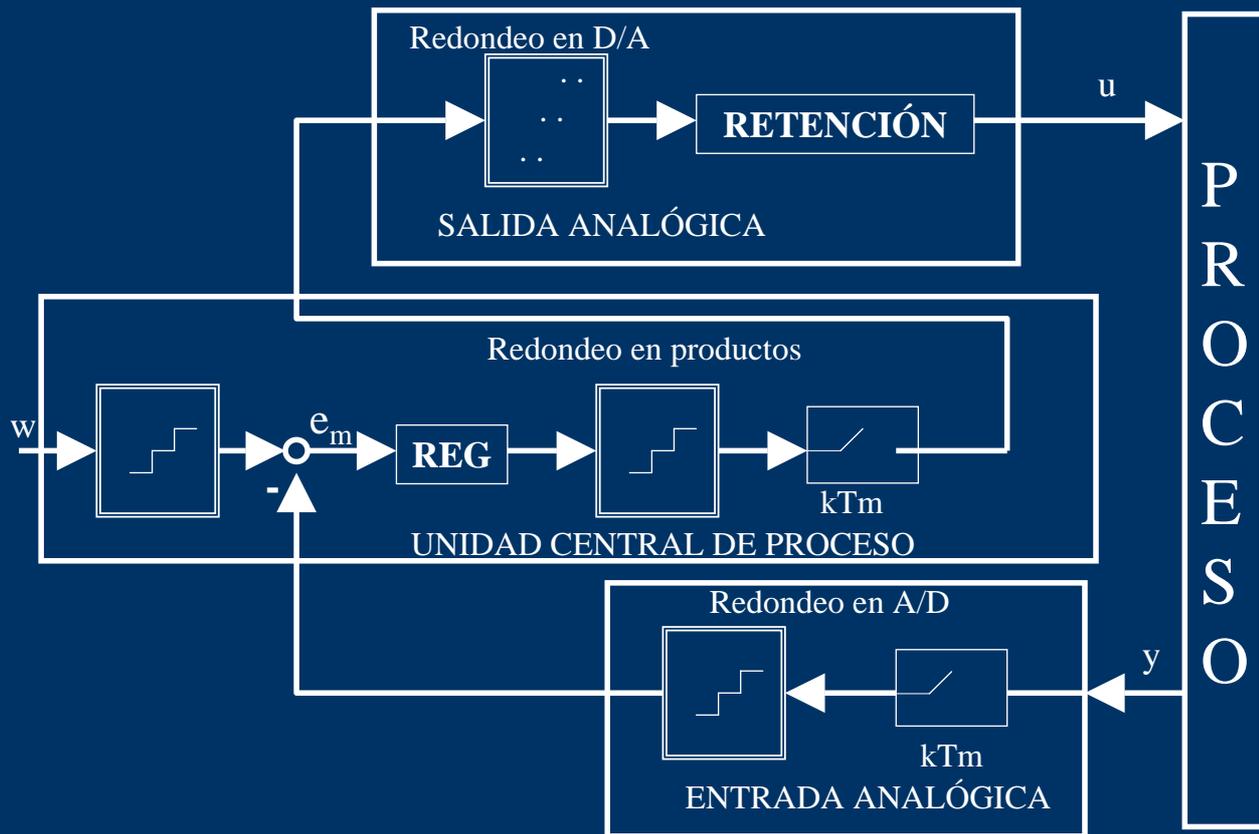
SALIDA D/A (u)

$$\mathbf{x} := \mathbf{F} * \mathbf{x} + \mathbf{G} * \mathbf{y} + \mathbf{H} * \mathbf{w}$$

$$\mathbf{u}_1 := \mathbf{C} * \mathbf{x}$$

FIN

IMPLICACIONES ARITMÉTICAS



ARITMETICA DE COMA FIJA

MAYOR VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO

MENOR ESPACIO DE MEMORIA

UNIDADES ARITMETICAS SIMPLES

ES NECESARIO UN APROPIADO ESCALADO DE LOS DATOS

ERROR PRODUCIDO POR LA CUANTIZACION ES ABSOLUTO

ARITMETICA DE COMA FLOTANTE

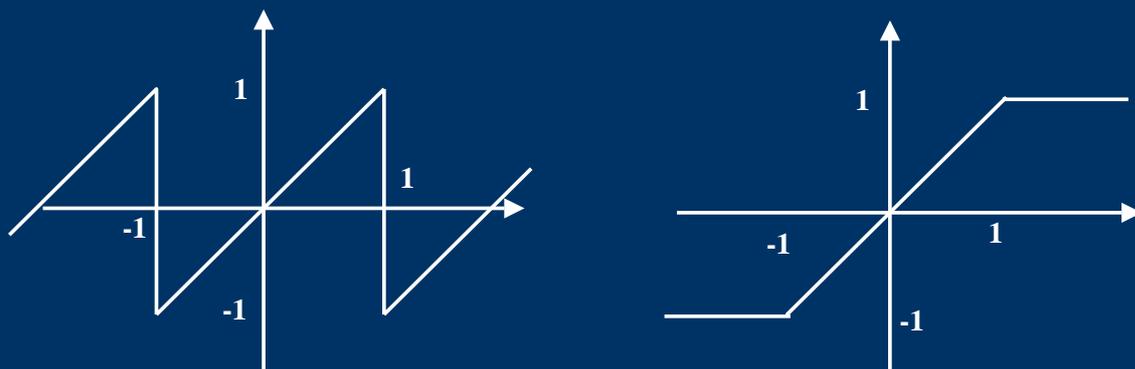
ERROR RELATIVO, DEPENDIENDO DE LA AMPLITUD DE LA SEÑAL

VALORES NUMERICOS DE LOS DATOS EN UN RANGO APROPIADO

CON PRECISION DOBLE (64 BITS): LSB VALE $3 \cdot 10^{-17}$

REBOSAMIENTO

- Es necesario que las variables estén dentro de un rango limitado sino se produce un efecto indeseable con el rebosamiento
- Con saturación se reducen los efectos negativos



CUANTIZACION DE AMPLITUD

SI ACUMULADOR DE DOBLE DE LONGITUD QUE LOS DATOS:

CUANTIZACION SE PRODUCE SOLO CON RESULTADO FINAL

LA CUANTIZACION OCASIONA TRES EFECTOS:

- SESGO DE LOS DATOS
- RUIDO
- CICLOS LIMITES

EL SESGO ES INTRODUCIDO POR LA TRUNCACION:

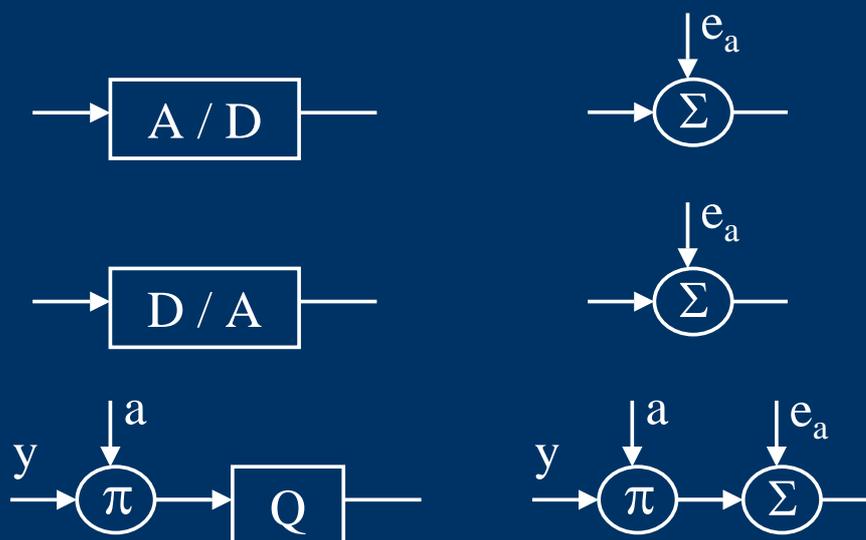
$$\text{TRUNC}(X) < X$$

ASI ES MAS RECOMENDABLE:

REDONDEO QUE TRUNCACION

MODELO DE RUIDO

UNA APROXIMACION MUY USADA ES REEMPLAZAR OPERACIONES POR SUS MODELOS IDEALES MAS UNA PERTURBACION ADITIVA



CICLOS LIMITE

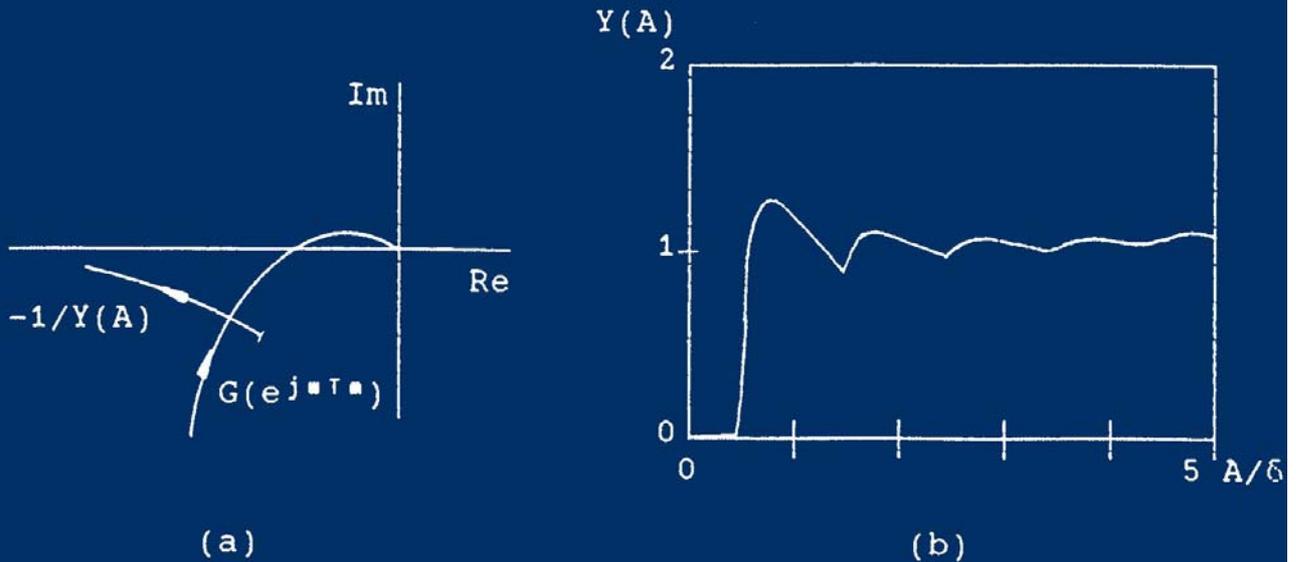
PEQUEÑAS VARIACIONES DE LAS SEÑALES

CERCA DE REGIMEN PERMANENTE

SI SOLO EXISTE UNA NO-LINEALIDAD EN EL BUCLE

METODO DE LA FUNCION DESCRIPTIVA

EXISTENCIA DE UN CICLO LIMITE CUANDO: $G(e^{j\omega T_m}) = -1/Y(A)$

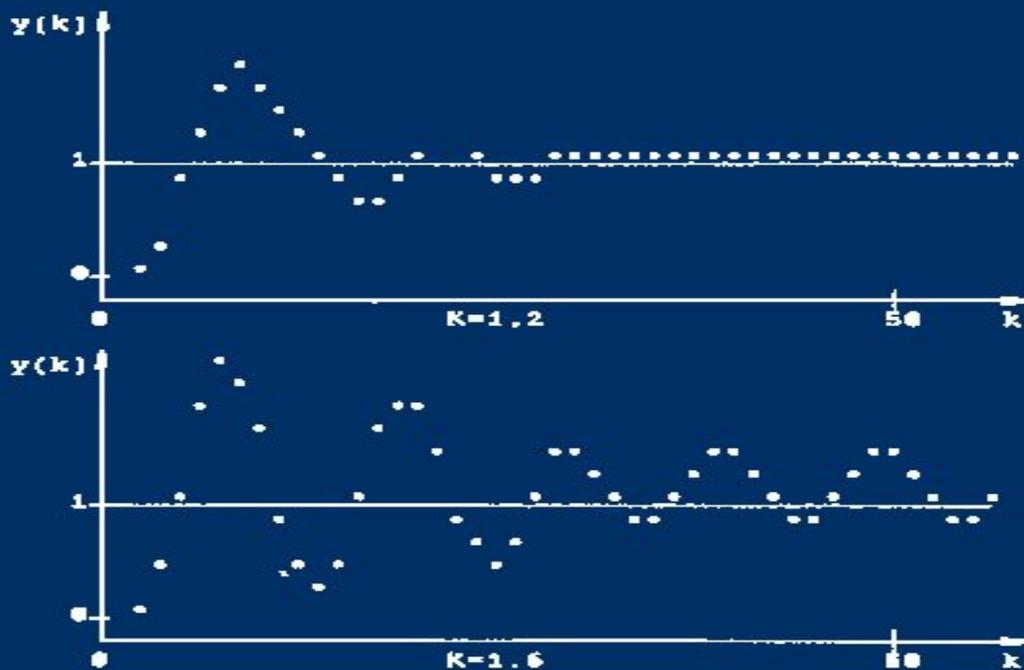


ANALISIS POR SIMULACION

SI EXISTEN DIVERSAS FUENTES AL MISMO TIEMPO ANALISIS COMPLEJO

$$G(z) = 0.25 K / (z - 1) (z - 0.5)$$

NIVEL DE CUANTIZACION = 0.2, K = 1.2 - 1.6



CONCLUSIONES

WL DEL CA/D, CD/A Y CPU:

- SUFICIENTEMENTE GRANDES
- COORDINADOS

WL DEL CA/D:

- ERROR DE CUANTIZACIÓN MENOR QUE EL DE LOS SENSORES
- RESOLUCIÓN = 0.1 % SI WL = 10 BITS

WL DE LA CPU:

MAYOR QUE LA DE CA/D Y CD/A PARA EVITAR GRANDES ERRORES DE CUANTIZACION EN PRODUCTOS

VARIABLES:

REALIZACION DE UN ESCALADO DE LAS MISMAS ADECUADO

SI APARECE UN CICLO LIMITE:

MODIFICAR LOS PARÁMETROS DEL CONTROLADOR DIGITAL

CONSIDERACIONES SOBRE LA PROGRAMACION

IMPORTANTE EN LA IMPLEMENTACION:

- EFICIENCIA DEL SISTEMA
- TIEMPO EMPLEADO

LENGUAJES DE ALTO NIVEL

REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA TIEMPO REAL

PROGRAMACION CONCURRENTENTE

LENGUAJES Y S.O. VALIDOS

CRITERIOS BASICOS DE PROGRAMACION

/LEGIBILIDAD/ /MANTENIBILIDAD/ /SENCILLEZ/ /PORTABILIDAD/

EXIGENCIAS ESPECIFICAS EN CONTROL EN TIEMPO REAL

- ORGANIZACIÓN SOFTWARE EN MULTIPROCESO.
CONCURRENCIA**
- PROGRAMACION DIRECTA DE DISPOSITIVOS DE BAJO NIVEL**
- RECUPERACION DE LAS CONDICIONES DE ERROR,
RESTAURANDO EL SISTEMA A UN ESTADO CONSISTENTE**
- ALTO GRADO DE EFICIENCIA**
- POSIBILIDAD DE DISEÑO MODULAR, DE FORMA DESCENDENTE**