

Lección 8: Sistemas con 2 señales

Resumen

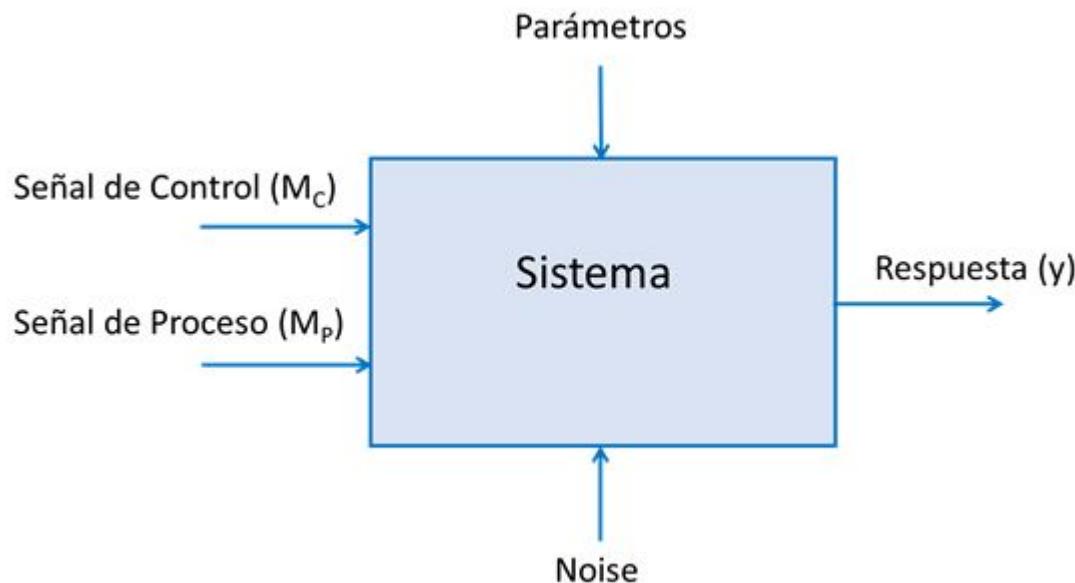
Los sistemas dinámicos se caracterizan por una señal de entrada. A veces 2 o más señales son ventajosas para realizar tareas adicionales. En el caso de 2 señales, una asume la función de control del sistema, la otra se utiliza con fines de ajuste para mantener un determinado modo o rango de funcionamiento. Para un análisis del sistema, hay que utilizar los niveles de ambas señales.

Tabla de contenidos

- Folio 2: Descripción del sistema
- Folio 3: Relación de las señales de entrada
- Folio 4: Sistemas con 2 señales
- Folio 5: Ejemplo numérico con 2 señales de entrada
- Folio 6: Transmisión de variación continua
- Folio 7: Datos experimentales
- Folio 8: Redistribución de los datos
- Folio 9: Transformación de los datos
- Folio 10: Evaluación del array ortogonal
- Folio 11: Interpretación de los resultados
- Folio 12: Desarrollo de un modelo

Descripción del sistema

Para aplicaciones técnicas puede ser ventajoso un sistema dinámico que pueda procesar 2 señales de entrada independientemente. La señal que está relacionada causalmente con la función se llama señal de control M_C . El otro afecta a la sensibilidad, es decir, modifica la pendiente o el factor de amplificación y se denomina señal de proceso M_P .



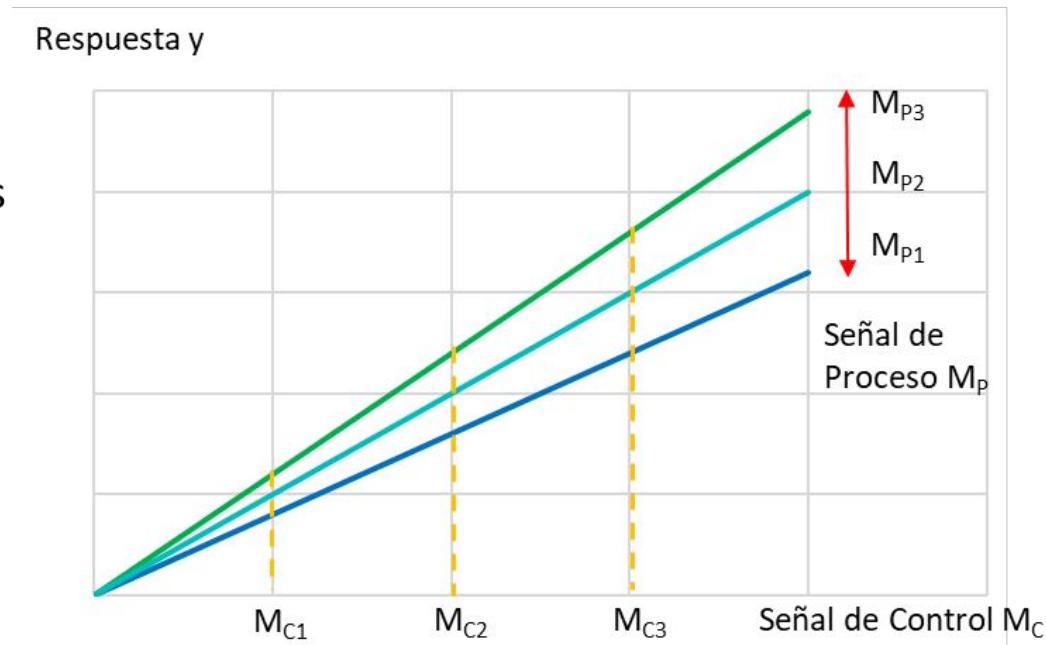
Relación de las señales de entrada

Si hay varias señales de entrada, la relación entre las señales de entrada y la respuesta del sistema tiene que ser comprobada previamente. Si la respuesta es proporcional tanto a la señal de control como a la señal de proceso, lo siguiente se aplica a la función de transferencia del sistema:

$$y = \beta M_C M_P$$

Si los efectos de las señales sobre la respuesta son opuestos, la función de transferencia es:

$$y = \beta \frac{M_C}{M_P}$$



Sistemas con 2 señales

Un ejemplo de comportamiento proporcional de las señales de entrada es el freno en los vehículos. La fuerza de frenado aumenta con la fuerza sobre el pedal. Esta es la señal M_c para controlar el vehículo. El área del disco de freno ajusta el efecto dentro de un cierto rango, representando así M_p .

Con una construcción de rejilla, por ejemplo un reflector parabólico para la transmisión de datos, la deformación es directamente proporcional a la carga del peso pero indirectamente proporcional a la perfil del material, su sección transversal. Los perfiles metálicos se pueden utilizar como señal de proceso M_p , de modo que la construcción bajo la carga cede, pero aproximadamente conserva su forma. Esto es extremadamente importante para los sistemas ópticos, ya que el punto focal puede ser fácilmente reenfocado.



Ejemplo numérico con 2 señales de entrada

El nivel de revoluciones de un motor de gasolina sólo se puede variar dentro de un determinado rango, por ejemplo, desde 1000 rpm hasta 6000 rpm. Por lo tanto, las cajas de cambios mecánicas se utilizan para cubrir un rango de la velocidad de 0 km/h a unos 140 km/h. En lugar de una caja de cambios manual, también se puede utilizar una transmisión de variación continua.

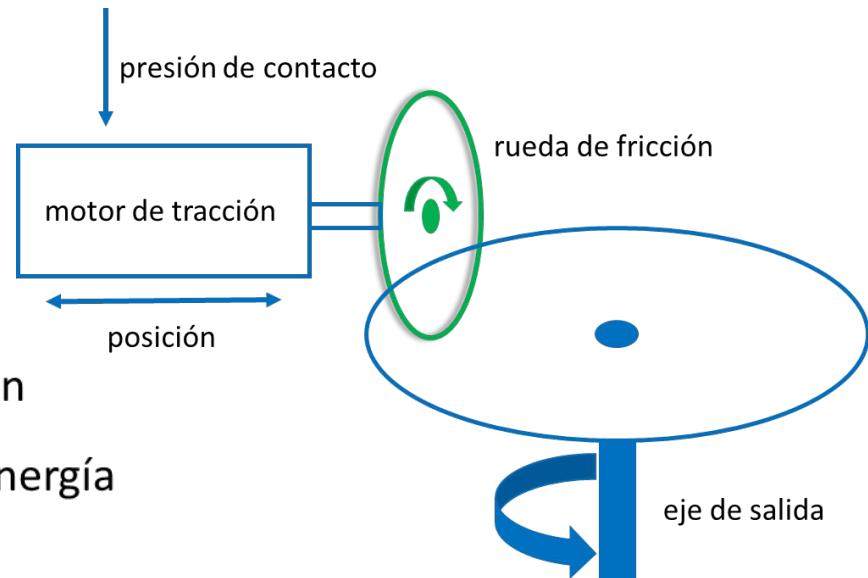
$$y = \beta M_C M_P$$

y = velocidad del eje de salida

β = factor de ganancia

M_C = velocidad de la rueda de fricción

M_P = posición de la transmisión de energía



Transmisión de variación continua

La aplicación de una transmisión continua requiere un comportamiento lineal de alta fiabilidad y precisión. Para el análisis del sistema se aplica un diseño de experimentos.

Parámetros	Niveles		
	1	2	3
A: Rueda de fricción superficial	lisa	estriada	---
B: Material de la rueda de fricción	caucho	plástico suave	---
C: Presión de contacto del motor	baja	alta	---
N: Fuentes de ruido (noise)	material nuevo, temperatura del ambiente	material usado, temperatura del refrigerador	---

M_C : Transmisión de velocidad (rpm)	16	24	32
M_P : Ratio de transmisión	1 : 4	1 : 1	4 : 1

Datos experimentales

Con 3 parámetros de 2 niveles cada uno, se utiliza el array ortogonal L4. Con 2 señales de 3 niveles cada una, hay 9 repeticiones a diferentes velocidades. Se mide la velocidad (revoluciones por minuto, rpm) del eje de salida.

Test #	L4			M _c 1						M _c 2						M _c 3					
	A	B	C	M _p 1		M _p 2		M _p 3		M _p 1		M _p 2		M _p 3		M _p 1		M _p 2		M _p 3	
				N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
1	1	1	1	3.9	3.5	14.5	13.0	58	55	5.8	5.4	22	21	79	74	7.5	6.5	27	26	105	101
2	1	2	2	3.9	3.6	14.0	12.0	52	51	5.7	5.2	20	19	71	68	6.5	6.0	22	21	97	91
3	2	1	2	3.9	3.4	13.0	12.0	54	53	5.8	5.1	20	18	83	76	7.0	6.5	26	24	109	105
4	2	2	1	3.5	3.0	12.0	11.0	49	48	5.0	4.0	18	17	69	67	6.0	5.0	22	20	88	79

Redistribución de los datos

Arreglo de los datos de acuerdo con las velocidades crecientes sólo por razones de claridad.

Test #	Señal doble M																SNR	SEN			
	M ₁ M _C M _P 1 4 RPM		M ₂ M _C M _P 2 6 RPM		M ₃ M _C M _P 3 8 RPM		M ₄ M _C M _P 4 16 RPM		M ₅ M _C M _P 5 24 RPM		M ₆ M _C M _P 6 32 RPM		M ₇ M _C M _P 7 64 RPM		M ₈ M _C M _P 8 96 RPM						
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2					
1	3.9	3.5	5.8	5.4	7.5	6.5	14.5	13.0	22	21	27	26	58	55	79	74	105	101			
2	3.9	3.6	5.7	5.2	6.5	6.0	14.0	12.0	20	19	22	21	52	51	71	68	97	91			
3	3.9	3.4	5.8	5.1	7.0	6.5	13.0	12.0	20	18	26	24	54	53	83	76	109	105			
4	3.5	3.0	5.0	4.0	6.0	5.0	12.0	11.0	18	17	22	20	49	48	69	67	88	79			

Transformación de los datos

El primer experimento se evalúa paso a paso.

$$S_2 = \frac{1}{9}(4^2 + 6^2 + 8^2 + 16^2 + 24^2 + 32^2 + 64^2 + 96^2 + 128^2) = 3518.667$$

$$\beta_1 = \frac{(3.9+3.5)4+(5.8+5.4)6+(7.5+6.5)8+\dots+(105+101)128}{2(4^2+6^2+8^2+\dots+128^2)} = 0.815$$

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{18}((3.9 - 0.8157 * 4)^2 + (3.5 - 0.8157 * 4)^2 + \dots + (101 - 0.8157 * 128)^2)$$

$$\sigma_1^2 = 4.7615$$

$$SNR_1 = 10 \log \left(\frac{0.6654}{4.7615} \right) 3518.667 = 26.9172 \text{ [dB]}$$

$$SEN_1 = 10 \log \left(\frac{0.6654}{1^2} \right) = -1.7691$$

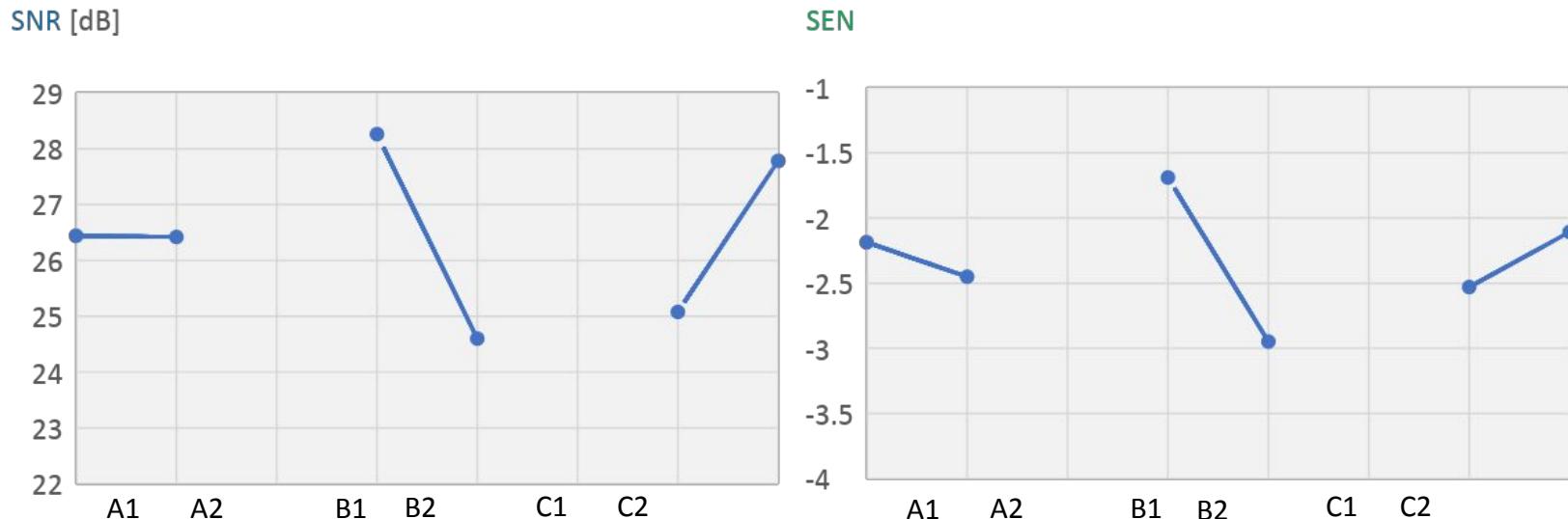
Evaluación del array ortogonal

De todos los experimentos, la pendiente, la dispersión (= desviación estándar cuadrada), el SNR y el SEN se calculan. De acuerdo con las configuraciones del array ortogonal, los efectos de los parámetros se derivan de esto.

Parámetros	Efectos	SNR [dB]	SEN
A1	$A1 = (SNR_1 + SNR_2)/2$	26.4403	-2.1872
A2	$A2 = (SNR_3 + SNR_4)/2$	26.4188	-2.4507
B1	$B1 = (SNR_1 + SNR_3)/2$	28.2589	-1.6897
B2	$B2 = (SNR_2 + SNR_4)/2$	24.6001	-2.9482
C1	$C1 = (SNR_1 + SNR_4)/2$	25.0771	-2.5302
C2	$C2 = (SNR_2 + SNR_3)/2$	27.7820	-2.1077
Promedio	$(SNR_1 + SNR_2 + SNR_3 + SNR_4)/4$	26.4295	-2.3189

Interpretación de los resultados

La visualización de los efectos de los parámetros de los índices SNR y SEN facilita la selección de la mejor configuración posible.



El aspecto más ventajoso es la configuración **B1 + C2**.

$$SNR = B1 + C2 - SNR_{\text{promedio}} = 29.6114 \text{ [dB]}$$

$$SEN = B1 + C2 - SEN_{\text{promedio}} = -1.4784$$

Desarrollo de un modelo

La pendiente y la dispersión se calculan a partir de SNR y SEN. Con la tolerancia del valor de dispersión triple se obtiene el valor límite inferior (β_{\min}) y superior (β_{\max}) para la pendiente. Dado que el mejor ajuste posible corresponde esencialmente al experimento # 3, los experimentos de confirmación no son necesarios.

