











- Creación de modelos
- Solución de ecuaciones diferenciales
- Subsistemas
- Ejemplos en ingeniería



Creación de nuevo modelo en Simulink

- Para editar un modelo
 - Abrir la ventana de un nuevo modelo
 - Conectar los bloques
 - Añadir bloques
 - Cambiar el tamaño de los bloques
 - Modificar etiquetas y añadir anotaciones
 - Parametrizar los bloques y la simulación
 - Ejecutar y modificar
- Guardar un modelo (formato Simulink y .m) Abrir un modelo desde Matlab



- Un modelo Simulink típico consiste de tres elementos:
 - Entradas, Sources o inputs
 - Constantes, generadores de funciones (ondas senoidales, escalón o señales creadas en Matlab)
 - Sistema modelado, representado por el diagrama de bloques
 - Salidas, Sinks u outputs
 - Gráficos, osciloscopios, ficheros





Abrir ventana de nuevo modelo

 Para crear un modelo en Simulink se pulsa sobre el icono New model □ del Simulink Library Browser o se selecciona File → New → Model

🙀 Simulink Library Browser	4.4
<u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>V</u> iew <u>H</u> elp	
(□)≌ -¤ ₩	
Commonly Used Blocks: simulink/Com Used Blocks	monly
E Simulink 	Comr used k





Espacio de trabajo

• En el espacio de trabajo se colocarán los diagramas de bloque del modelo





Añadir bloques

Hacer click sobre una librería para desplegar los bloques





Arrastrar los bloques deseados dentro de la ventana del modelo Simulink



Añadir bloques

Hacer click sobre una librería para desplegar los bloques





Añadir bloques

Hacer click sobre una librería para desplegar los bloques





Conectar los bloques

Para añadir un conector: Arrastrar, pulsando el botón derecho del ratón y la tecla Ctrl, desde una salida, o desde una entrada, de alguno de los bloques al otro bloque





Tras seleccionar el bloque, aparecen en él los puntos, desde los cuales se puede arrastrar para cambiar el tamaño del bloque



Posteriormente se pueden mover el bloque para que las líneas de conexión queden rectas



Hacer click en la etiqueta y editarla



Hacer dobleclick en el fondo y escribir el texto



Image: state of the state of th	Source Block Parameters: Entrada escalón
<u>File Edit View Simulation Format Tools Help</u> Image: Constrained a state of the sta	Step Output a step. Parameters Step time: Initial value: O
	Final value: 1 Sample time: 0 Interpret vector parameters as 1-D Interpret vector parameters as 1-D Enable zero crossing detection



untitled *	
<u>File Edit View Simulation Format Tools Help</u>	Function Block Parameters: Sistema
Entrada escalón Sistema salida	Transfer Fcn The numerator coefficient can be a vector or matrix expression. The denominator coefficient must be a vector. The output width equals the number of rows in the numerator coefficient. You should specify the coefficients in descending order of powers of s.
simout Salida Sistema de Primer Orden	Parameters Numerator coefficient: Denominator coefficient:
	Absolute tolerance: auto
	State Name: (e.g., 'position') "
	<u>OK</u> <u>Cancel</u> <u>H</u> elp <u>A</u> pply



untitled * File Edit View Simulation Format Tools Help	🛃 'Gráfica salida' parameters
Entrada escalón Sistema Gráfica salida simout Salida	General Data history Tip: try right clicking on axes Axes Number of axes: 1 floating scope Time range: auto Tick labels: bottom axis only
	Sampling Decimation I OK Cancel Help Apply



Juntitled *	Sink Block Parameters: Salida
Eile Edit Yiew Simulation Format Tools Help Image: Constraint of the state of the st	To Workspace Write input to specified array or structure in MATLAB's main workspace. Data is not available until the simulation is stopped or paused. Parameters Variable name: simout Limit data points to last: inf Decimation: 1 Sample time (-1 for inherited): -1 Save format: Structure Log fixed-point data as an fi object



Guardar el modelo

- Para guardar el modelo seleccionar File \rightarrow Save
- El sufijo de los modelos Simulink es .mdl
- Desde la ventana de comandos de Matlab se puede abrir el modelo escribiendo el nombre del fichero

🙀 ur	ntitled *				💓 Save As					×
File	Edit View Simulation	Format	1 <u>T</u> ools	<u>H</u> elp	Guar <u>d</u> ar en:	MATL	AB	•	+ 🗈 💣 📰 →	
	New	•			œ.	Nombre	~		Fecha de modifica	Тіро
	Open	Ctrl+0	1			📕 demo	deploy		03/12/2010 14:03	Carpeta d
	Close	Ctrl+W		▶└─┘│	Sitios recientes	📗 pr_de	ploy		03/12/2010 14:33	Carpeta d
	Save	Ctrl+S		Gráfica						
	Save As			salida	Escritorio					
	Source Control	×		simout						
	Model Properties			Salida	Bibliotecas					
	Preferences		den		Equipo					
4	Export to Web									
	Print	Ctrl+P			Pad					
	Print Details				neu					
	Print Setup							m		,
	Enable Tiled Printing					Nombre:	ejem 1			<u>G</u> uardar
	Exit MATLAB	Ctrl+Q				<u>T</u> ipo:	Simulink Models (*.r	ndl)	-	Cancelar



- Asignar los parámetros de la simulación
- Ejecutar una simulación desde la ventana del modelo
- Poner y sacar valores en/desde los modelos
 - Utilizar en Matlab los valores obtenidos en la simulación
 - Variables definidas en Matlab y Simulink
- Simular desde la línea de comandos



Asignar parámetros de la simulación

🙀 ejem1		_								_
File Edit View	Simulat	tion Format Too	ls	Help						
	Sta	art		Ctrl+T						
	Ste	op		0115						
		onfiguration Parame	ters							
escalón	Ac	ormal ccelerator	6	Configuration Parameters	ejem1/Configuration	n (Active)	-		×	
	Ra Ext	apid Accelerator ternal		Select	Simulation time					1
	Siste	ema de Primer Orden		Solver Data Import/Export	Start time: 0.0		Stop time: 10).0		
<u>l</u>				Optimization ∓ Diagnostics	Solver options					
				Hardware Implementation	Туре:	Variable-step 🗾 👻	Solver:	ode45 (Dormand-Prince)	-	
				····Model Referencing	Max step size:	auto	Relative tolerance:	1e-3		
				⊡-Real-Time Workshop	Min step size:	auto	Absolute tolerance:	auto		
					Initial step size:	auto	1			
					Zero crossing control:	Use local settings				
						ose local settings				
					Automatically han	dle data transfers betw	een tasks			
					🔲 Higher priority valu	ue indicates higher task	< priority			
					- Solver diagnostic con	trols				
					Number of consecutiv	e min step size violatio	ns allowed: 1			-
					Consecutive zero cros	sings relative tolerance	e: 10*128*6	eps		
					Number of consecutiv	e zero crossings allowe	ed: 1000	•		
						-				
			•	al						
			L				<u>O</u> K <u>C</u> an	ncel <u>H</u> elp	Apply	



- Solvers proporcionados:
 - ode45: Método basado en Dormand Prince , un paso Runge Kutta y es recomendado como un primer método
 - ode23: Método basado en Bogacki Shampine, un paso un paso Runge – Kutta y pude ser más eficiente que ode45 cuando la tolerancia es amplia
 - ode113: Este es un multipaso, de orden variable Adams –
 Bashforth Moulton PECE. Es recomendable cuando la función evaluación consume tiempo y la tolerancia es poca
 - ode15s: Es un multipaso, de orden variable basado en la fórmula de diferenciación " backward"
 - ode23: un paso basado en la fórmula de Rosembrock de orden
 2.



Parámetros de la simulación

• Otros parámetos tiene que ver con la entrada/salida de datos al modelo y desde el modelo

Configuration Parameters	ejem1/Configuration (Act	ive)
Select: Solver Data Import/Export Diagnostics Hardware Implementation Model Referencing Real-Time Workshop	ejem1/Configuration (Act Load from workspace Input: [t, u] Initial state: xInitial Save to workspace Time: tout States: xout Output: yout Final states: xFinal Signal logging: logsoul Inspect signal logs whe Save options	ive)
	 Limit data points to last: Format: Output options: 	1000 Decimation: Array ▼ Refine output ▼ Refine factor: 1 III ● OK Cancel Help Apply



Parámetros de la simulación

• Los parámetros y variables de los modelos se pueden acceder desde la ventana de Comandos de Matlab





Parámetros de la simulación

• Los parámetros y variables de los modelos se pueden acceder desde la ventana de Comandos de Matlab





 Tanto desde la ventana de Matlab como la de Simulink se "ve" el mismo Workspace o Espacio de trabajo





Ejecución de la simulación

 Se pulsa el icono Start ► o en el menú Simulation → Start







Comando Matlab sim

[t, x, y] = sim('model', Timespan, Opciones, ut) donde *model* es el nombre del diagrama de bloques. Timespan especifica la salida de los puntos de tiempo Opciones es una estructura que permite asignar los valores de los parámetros en la ventana de diálogo Simulation:Parameters

ut asigna la parte Load de la página Workspace I/O de la ventana Simulation:Parameters

Ejemplo:

- > [t, y] = sim('ejem1_1',5);
- > plot(t, y)



Solución de ecuaciones diferenciales que modelan Sistemas Continuos

• Modelo Simulink que resuelve la ecuación diferencial:

$$\frac{dx}{dt} = 5\sin\left(4t\right)$$

• Condición inicial:

$$x(0) = -2.$$



- Input: función $5\sin(4t)$
- Output: *x(t)* que es la solución de la ecuación diferencial



integrador

• A continuación, se construye el modelo con Simulink



- La siguiente tabla resume el bloque y la librería donde se encuentra para ser inluído en el modelo
 - Se arrastra el bloque de la librería hasta la ventana de trabajo

Modelo	Librería	Bloque
Input	Sources	Sink
Integrador	Continuous	Integrator
Output	Sink	Scope



Selección de bloques para el modelo





Selección de bloques para el modelo





Selección de bloques para el modelo





Conexión de los bloques con líneas de señal

- Colocar el cursor en el puerto de salida (> a la derecha) del bloque "Sine Wave" .El cursor cambia de forma a cruz
- Arrastrar desde el puerto de salida del bloque "Sine Wave" hasta el puerto de entrada (> a la izquierda) del bloque "Integrator". Cuando el cursor se encuentra sobre el puerto de entrada cambia de forma a cruz doble
- Arrastrar desde la salida del bloque "Integrator" hasta la entrada del bloque "Scope"



Las flechas indican la dirección de la señal.



Configurar bloques con datos del modelo

- El input del modelo es:
 5sin(4t)
- Para ello se hace doble click en el bloque "Sine Wave" y en la ventana de diálogo de los parámetros del bloque ingresar:
 - Amplitude = 5

Frequency = 4

Source Block Parameters: Sine Wave
Sine Wave
Output a sine wave:
O(t) = Amp*Sin(Freq*t+Phase) + Bias
Sine type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:
Samples per period = 2*pi / (Frequency * Sample time)
Number of offset samples = Phase * Samples per period / (2*pi)
Use the sample-based sine type if numerical problems due to running for large times (e.g. overflow in absolute time) occur.
Parameters
Sine type: Time based
Time (t): Use simulation time
Amplitude:
5
Bias:
0
Frequency (rad/sec):
4
Phase (rad):
0
Sample time:
<u> </u>



Configurar bloques con datos del modelo

- El valor inicial es: -2
- Para ello se hace doble click en el bloque "Integrator" y se ingresa la condición inicial = -2

Function Block Parameters: Integrator
Integrator
Continuous-time integration of the input signal.
Parameters
External reset: none
Initial condition source: internal
Initial condition:
-2
Eimit output
Upper saturation limit:
Lower saturation limit:
Show saturation port
Show state port
Absolute tolerance:
I anore limit and reset when linearizing
Finable zero crossing detection
State Name: (e.g., 'position')
n and a second s
<u>O</u> K <u>C</u> ancel <u>H</u> elp <u>Apply</u>



Ejecutar la simulación

• En la ventana de trabajo, click en "Simulation" y seleccionar "Start"

icono Start 🕨




Visualizar resultados de la simulación

- Hacer doble click en el bloque "Scope"
- Se visualiza el output x(t) en la ventana Scope
- Se puede mejorar la visualización utilizando los iconos de la ventana. Ej.: Autoscale y Tick labels all





 Ejercicio: Poner en la misma gráfica la señal de entrada y la de salida



Sistema masa-muelle-amortiguador

• Descripción:



• Modelo:

 $m\frac{d^{2}x}{dt^{2}} + c\frac{dx}{dt} + kx = f(t)$ Notación Laplace: $ms^{2}X(s) + csX$ Notación simplificada: $G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{W(s)}{F(s)}$

$$ms^{2}X(s) + csX(s) + kX(s) = F(s)$$

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1/m}{s^2 + \frac{c}{m}s + \frac{k}{m}} \quad \text{FT}$$

- Condiciones iniciales, sistema en equilibrio:"
 - función de la fuerza es un escalón con magnitud 3

– valores de los parámetros: m = 0.25, c = 0.5, k = 1



Diagrama de simulación del sistema continuo de segundo orden

 Si se expresa la ecuación en términos de la derivada de mayor orden

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \longrightarrow \ddot{x} = \frac{1}{m}f(t) - \frac{k}{m}x - \frac{c}{m}\dot{x}$$

• Diagrama de bloques asociado:





Diagrama de bloques Simulink del sistema continuo de segundo orden

- A partir del modelo se identifican los bloques necesarios en las librerías Simulink:
 - Bloque Step (1) Librería Sources
 - Bloque Sum (1) Librería Math Operations
 - Bloque Gain (3) Librería Math Operations
 - Bloques Integrator (2) Librería Continuos
 - Bloque Scope (1) Librería Sink
- Cada bloque requiere ser configurado con las ICs:
 - el sistema inicialmente está en equilibrio: $\dot{x} = 0, x = 0$
 - input: escalón con magnitud 3

– valores de los parámetros: m = 0.25, c = 0.5, k = 1











Arrastrar el bloque "Step"	untitled *
dosdo la libroría "Math Onor"	<u>File Edit View Simulation Format Tools H</u> elp
desue la libreria Matri Oper	D 🗳 🖬 🚭 % 🖻 🖻 🗢 ↔ 순 으 으 🕨 = 10.0 Normal 💽
Simulink Library Browser	
<u>File Edit V</u> iew <u>H</u> elp	
Image: Simulink Image: Simulink Image: Simulink Image: Simulink	Step $1/m$ \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow
Discontinuities Repeating Sequence Discrete	Add
🔁 Logic and Bit Operation Repeating Sequence 🔁 Lookup Tables Interpolated	Step
Math Operations Model Verification Model Wide Unification Model Wide Unification	Output a step.
Model-wide Otlittes Ports & Subsystems Signal 1 Signal Builder	Ready Step time:
····· ➢ Signal Routing Signal Generator Signal Generator	0 Initial value:
Sources Sine Wave	
⊕ Additional Math & Disc	
Uniform Random	Sample time:
Dahla aliak an <i>Charana</i> annahian	Interpret vector parameters as 1-D
Doble click en <i>Step</i> para camplar	Enable zero crossing detection
los parámetros <i>Step time</i> a 0 y	
Final value a 3	



Arrastrar los bloques "*Integrator"* desde la librería "*Continuous"*



El bloque "integrator" tiene por defecto valor inicial 0. No es necesario modificarlo. Se cambian los títulos

Simulink



Arrastrar el bloque "*Scope*" desde la librería "*Sink*"









Conectar todos los bloques. Etiquetar las señales haciendo doble click sobre las líneas.

Para hacer derivaciones de una línea se coloca el cursor sobre la línea y se mantiene pulsada la tecla Ctrl hasta conectar al otro bloque.









Comprobación de resultados

Forma Standard

$$\frac{\ddot{x}}{k/m} + \frac{c}{k}\dot{x} + x = \frac{1}{k}f(t)$$
$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2.0$$

- Frecuencia natural
- Tasa de amortiguamiento

$$\frac{2\zeta}{\omega_n} = \frac{c}{k} \quad \to \quad \zeta = 0.5$$

Ganancia estática

$$K = \frac{1}{k} = 1$$



Uso del bloque de función de transferencia en un scso

- El siguiente sistema muelle-masa-amortiguador se resuelve según la ec. de movimiento (sin fricción): $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$
- Tomando la transformada de Laplace e ignorando las condiciones iniciales

$$ms^{2}X(s) + csX(s) + kX(s) = F(s)$$

• La función de transferencia (output/input X(s)/F(s)) es:

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1/m}{s^2 + \frac{c}{m}s + \frac{k}{m}} \qquad G(s) = \frac{4}{s^2 + 2s + 4}$$



Uso del bloque de función de transferencia en Simulink para un scso



Ajustar el Numerator y Denominator coefficient a [4] y [1 2 4] del bloque "Transfer Fcn"



- El bloque espacio de estado (*state-space*) es una alternativa al bloque función de transferencia
- Las variables de estado para el sistema mma son posición y velocidad

$$\begin{aligned} x_1 &= x\\ x_2 &= \dot{x} \end{aligned}$$

• Las derivada de las variables de estado son

$$\dot{x}_{1} = x_{2}$$
$$\dot{x}_{2} = -\frac{k}{m}x_{1} - \frac{c}{m}x_{2} - \frac{1}{m}F$$



• En notación matricial





Bloque de espacio de estado en Simulink para un scso



Ajustar los valores de las matrices A=[0 1;-4 -2], B=[0; 4], C=[1 0] y D=[0] del bloque "State Space"

Simulink



• Se modela la amortización de un prestámo de dinero:

$$b(k) = rb(k-1) - p(k)$$

donde:

b(k) pago mensual r = i+1 siendo i el interés mensual, y p(k) pago de final de mes.

• Modelo de bloques p(k) z^{-1} b(k-1) k_i



• Si el balance de un préstamo es:

$$b(k) = rb(k-1) - p(k)$$

Considerar como condiciones iniciales: Balance inicial: 15000 Interés: 1% Pago mensual = 200

 Calcular el balance del préstamo despues de 100 pagos



- A partir del modelo se identifican los bloques necesarios en las librerías Simulink:
 - Bloque Constant (1) Librería Sources
 - Bloque Sum (1) Librería Math Operations
 - Bloque Gain (3) Librería Math Operations
 - Bloques Unit delay (1) Librería Discrete
 - Bloque Scope y Display (1) Librería Sink
- Cada bloque requiere ser configurado con las ICs:
 - Bloque Unit Delay, Initial Condition: 15000, Sample Time:
 1
 - Bloque Gain: 1.01



• Modelo Simulink:





En Parameter Configuration de Simulation ajustar a Solver type: Fixed-step Solver: discrete Start time: 0 Stop time: 100

Configuration Parameters	: sistdisc_loan/Configuration (Active)	×
Select:	Simulation time	
Solver Data Import/Export	Start time: 0.0	Stop time: 100
Optimization Diagnostics	Solver options	
	Type: Fixed-step	Solver: discrete (no continuous states)
	Periodic sample time constraint:	Unconstrained 💽
	Fixed-step size (fundamental sample time):	Auto
	Automatically handle data transfers be	ween tasks
	Higher priority value indicates higher ta	sk priority
	<u> </u>	<u>Cancel</u> <u>H</u> elp <u>Apply</u>



Resultado de la simulación de sistema discreto Simulink





Creación de Subsistemas: Encapsulado

Seleccionar todos los bloques y señales a ser incluídos en el subsistema usando una caja envolvente

Seleccionar Edit:Create Subsystem del menu del modelo. Simulink reemplaza los bloques seleccionados por un bloque Subsystem con puertos de entrada y salida según las líneas de señales y les asigna un nombre por defecto

Cambiar el tamaño del bloque Subsystem para que las etiquetas de puertas sean legibles y mover para alinear





Creación de Subsistemas: Encapsulado

Para ver o editar el subsistema, hacer doble-click sobre el bloque. Aparecerá una nueva ventana conteniendo el subsistema.

Además del los bloques, se añade un bloque Inport para la señal que entra al subsistema y un bloque Outport se añade para la señal que sale del subsistema. Si se cambia las etiquetas de esos puertos, cambia las etiquetas en el icono del nuevo bloque.

Nota: Una vez se crea el subsistema no hay operación inversa, por lo que se sugiere guardar el modelo antes de crear el subsistema.





Creación de Subsistemas: bloque subsystem

• Se desea modelar un sistema de masa-resorte:



• El modelo de cada móvil es:





Creación de Subsistemas: bloque subsystem

Se construye el subsistema de un móvil según el modelo. La ganancia del bloque 1/masa se asigna 1/m1.





Creación de Subsistemas: bloque subsystem

Se asignan las constantes de los resortes y masas desde Matlab creando un fichero .m (pe setSubsys) y se ejecuta en Matlab % Asignación de constantes para resortes y masas k1 = 1; k2 = 2; k3 = 4; m1 = 1; m2 = 3; m3 = 2;

Los parámetros de cada bloque subsystem se configura: Móvil 1: valor del bloque Gain del bloque Resorte Izq a k1 y para el bloque Resorte Der a k2. Valor del bloque Gain del bloque 1/masa a 1/m1. Inicializar el bloque Integrator Velocidad a 0 y el Integrator Posicion a 1.

Móvil 2: valor del bloque Gain del bloque Resorte Izq a k2 y para el bloque Resorte Der a k3. Valor del bloque Gain del bloque 1/masa a 1/m2. Inicializar el bloque Integrator Velocidad a 0 y el Integrator Posicion a 0.

Móvil 3: valor del bloque Gain del bloque Resorte Izq a k3 y para el bloque Resorte Der a 0. Valor del bloque Gain del bloque 1/masa a 1/m3. Inicializar el bloque Integrator Velocidad a 0 y el Integrator Posicion a 0.



Creación de Subsistemas: bloque subsystem

Se configura el bloque Scope para almacenar los datos de salida al workspace. Asignar Start time a 0 y Stop time a 100. Se puede obtener la gráfica desde Matlab con el comando simplot. Después de ejecutar las simulación, se obtiene:





Se crea un subsistema. Usamos el desarrollado para el sistema masaresorte copiando en una nueva ventana de modelo el bloque Masa-Resorte1



Seleccionar el bloque y se escoje **Edit:Mask Subsystem** en el menú de la ventana de modelos para obtener la ventana de diálogo del editor Mask. Guardar el modelo (CartMask)

tled *		Mask Editor : Masa-Resorte1
dit <u>V</u> iew <u>S</u> imulation F <u>o</u> rma	t <u>T</u> ools <u>H</u> elp	
Undo Move	Ctrl+Z 🚞	Icon Parameters Initialization Documentation
Can't Redo	Ctrl+Y	
Cut	Ctrl+X	Icon options Drawing commands
Сору	Ctrl+C	Frame
Paste	Ctrl+V	Visible
Paste Duplicate Inport		VISIBLE
Delete	Delete	Transparency
Select All	Ctrl+A	
Copy Model To Clipboard		Opaque
Find	Ctrl+F	Rotation
Open Block		Fixed
Explore		
Mask Parameters		Units
Subsystem Parameters		Autoscale
Block Properties		
Convert to Model Block		
Create Subsystem	Ctrl+G	Examples of drawing commands
Mask Subsystem	Ctrl+M	
Look Under Mask	Ctrl+U	Command port_label (label specific ports)
Link Options	Þ	Syntax port_label('output', 1, 'xy')
Refresh Model Blocks	Ctrl+K	
Update Diagram	Ctrl+D	



El editor Mask tiene cuatro pestañas: Icon, Parameters, Initialization, Documentation.

La página Documentation del editor sirve para establecer un tipo, colocar una descripción del bloque y una descripción más detallada que se mostrará cuando se selecciona el sistema Help de Matlab

Mask Editor : Masa-Resorte1
Icon Parameters Initialization Documentation
Mask type
Masa-Resorte
Mask description
Este bloque modela un carro con un resorte a cada lado.
Mask help
Este bloque modela un carro con un resorte sin amortiguador
a cada lado. La entrada son los desplazamientos desde el equilibrio de cada resorte. La salida del bloque es la posición del carro.
Si sólo hay un resorte añadido al carro, asignar la constante
para el otro resorte a cero. Si un resorte está fijo, asignar la entrada correspondiente a cero usando un bloque constante.
Unmask OK Cancel Help Apply



La página Parameters del editor Mask se usa para definir parámetros para el bloque del Aña susbsistema. Se divide Elin en dos secciones: Una Μο superior en la que se Μο define los campos de diálogo y el orden en que se muestran, asociando una variable Matlab con cada campo. La sección inferior contiene opciones para cada campo definido en la parte superior.

	Mask Editor : Masa-Resorte1							
	Icon	Parameters	Initialization	Docume	ntation			
		Dialog para	ameters					
adir —		Prompt	Variable	Туре	Evaluate	Tunable		
ninar —	××							
ver arriba	->:							
ver abajo	->							
		Options fo	r selected pa	rameter			l	
		Popups (on	e per line):	In dialog:	Show	Enabl		
				Dialog				
				callback:				
	Unm	ask	0	K Can	cel Hel	p Apply		
			<u>i</u>				J	



Mask Editor : Masa-Resorte1

La pestaña Parameters se usa para crear, editar y eliminar campos de diálogo asociado a variables Matlab con cada campo. Para cada campo añadido se asocia un Prompt, Variable, Type, Evaluate y Tunable. Resultado:

Function Block Parameters: Masa-Resorte1

Este bloque modela un carro con un resorte a cada lado.

Cancel

Help

Apply

Masa-Resorte (mask)

Parameters Cons.resorte izg.:

Cons.resorte der.

Posición inicial:

Velocidad inicial:

<u>0</u>K

0

0 Masa: 0

0

X

	-	Prompt	Variable	Туре	Eval	Tun
se , Type,		Cons.resorte izq.:	k_izq	edit 👻		
		Cons.resorte der.:	k_der	edit 👻		V
		Masa:	mass	edit 👻		V
		Posición inicial:	×0	edit 👻		V
		Velocidad inicial:	x_dot0	edit 👻		V
				Show	<u> </u> E	nabl
			callback:			

Parameters Initialization Documentation

х



El campo Type en Dialog parameters puede ser: edit, Checkbox y Popups . El valor asignado a la variable asociada con un campo de diálogo depende del estado de si selecciona el campo Evaluate.

Si Evaluate se selecciona la variable asociada con el campo tendrá el valor de la expresión del campo. El campo Tunable determina si el parámetro se puede modificar durante la ejecución de la simulación.

El campo Callback permite asociar con el parámetro un bloque de código que se ejecuta cuando el parámetro de diálogo se ingresa.

Mask Mask	c Editor : Masa-Resorte1	Annal State	-					
Icon	Parameters Initialization	n Documentation						
	Dialog parameters							
-	Prompt	Variable	Туре	Ev	aluate	Tunable		
	Cons.resorte izq.:	k_izq	edit	-	V			
	Cons.resorte der.:	k_der	edit	-	1			
(1	Masa:	masa	edit	-	1	V		
	Posición inicial:	×0	edit	-	1			Error X
	Velocidad inicial:	x_dot0	edit	-	1			
Unma	Posicion inicial: x0 edit x x Velocidad inicial: x_dot0 edit x x Options for selected parameter y y y Popups (one per line): In dialog: y Show parameter Dialog if str2num(get_param(gcb, 'k_izq')) <0 error('Const. resorte debe ser positiva') end OK Cancel Halp				Enable par 'k_izq' debe s Cancel	ameter)) <0 er positiva') Help Apply	\rightarrow	Error evaluating 'MaskCallback' callback of Masa-Resorte block (mask) 'Masa-Resorte1'. Const. resorte debe ser positiva.


Ejemplo: enmascarado de bloques

La página Initialization proporciona una lista de variables asociados con los parámetros del bloque y un campo de Initialization commands. Los bloques del subsistema se debe configurar para usar las variables definidas en las páginas Initialization y Parameters. Para ello se selecciona el subsistema y se escoge **Edit:Look Under Mask** en el menú de la ventana de modelo. Hacer doble click en el bloque Gain con etiqueta Res.Izq. Y asignar Gain a k_izq. Repetir con Res.Der. Para asignar Gain a k_der. Lo mismo con 1/mass para asignar Gain a masa. Asignar Initial condition del integrador Velocidad a x_dot0 y en Posicion a x0.





Ejemplo: enmascarado de bloques

Las variables definidas en la máscara de un subsistema son locales y no pueden acceder a las variables del workspace de Matlab. Un campo de entrada en el diálogo de un bloque enmascarado puede contener constantes o expresiones usando variables definidas en el workspace de Matlab. El valor del contenido del campo de entrada se asigna a la variable interna del subsistema enmascarado asociado con el campo de entrada. Esta variable se puede usar para inicializar el bloque o puede usarse para definir otras variables internas definidas en el campo **Initialization commands**



X



Ejemplo: enmascarado de bloques

La página Icon permite diseñar iconos propios para los bloques enmascarados. Consiste de seis campos. En el campo Drawing commands se puede poner comandos Matlab para dibujar y etiquetar el icono.

Mask Editor : Masa-Resorte1		
Icon Parameters Initialization Documentation		
Icon options	Drawing commands	
Frame	plot([0.2,0.8,0.8,0.2,0.2],	Masa-Resorte1
Visible 💌		
Transparency	[0.5,0.5,0.6,0.4,0.6,0.5,0.5])	Si en la página Initialization se
Opaque	plot(0.8+[0,0.05,0.075,0.1,0.125,0.15,0.2],	agrega la línea:
Rotation	[0.5,0.5,0.6,0.4,0.6,0.5,0.5])	
Fixed 💌	plot (0.3+0.075*x, 0.1+0.075*y,	m etig=sprintf('%1.1f kg',mass);
Units	text(0.5,0.5,'m')	
Normalized 💌		y en Drawing Commanus:
h	4 III >	text(0.45,0.6,'m')
Examples of drawing commands		text(0.25.0.4 m etia)
Command port label (label specific ports)		
Syntax port_label('output', 1, 'xy')		
Unmask OK Cancel Help Apply		
		Masa-Resorte1



Ejemplo: Uso de bloque enmascarado

Una vez que se crea el bloque enmascarado se puede copiar a una ventana de modelo de forma idéntica cuando se copia de la librería de bloques de Simulink. Para el ejemplo se arrastra tres copias del bloque Masa-Resorte, se conecta y se asignan los parámetros con un fichero .m. El modelo así queda completo.





Ejemplo: Vector de estado del modelo





Ejemplo: linealización de un modelo





- Considérese un coche conducido en línea recta a lo largo de una carretera plana
- La ecuación de movimiento se deduce a partir de los siguientes factores:





• Ecuaciones:

$$F = m.dv/dt + b.v$$

donde:

- -F = fuerza proporcionada por el motor
- m = masa del vehículo
- dv/dt = tasa de cambio de velocidad (aceleración)
- -b = factor de amortiguamiento (resistencia del viento)
- -v = velocidad (velocidad del vehículo)



• Ecuaciones:

F/m - v.b/m = dv/dt

- Subsistemas:
 - La entrada del sistema es el control de combustible (pedal de aceleración), bajo control del conductor
 - El subsistema "Engine Management" convierte la posición del pedal a potencia del motor
 - El subsistema "Vehicle Dynamics" convierte la potencia del motor a velocidad del vehículo
 - La salida se suministra en horsepower (hp)



Modelo del vehículo: Simulink





 Convierte la entrada del pedal de combustible (0-100%) a potencia del motor (0 – 200 hp)





Tablas de interpolación (Lookup Tables)

Lookup

Function Block Parameters: Power Transfer Function

• Convierte rpm a potencia





 Convierte la entrada del pedal de combustible (0-100%) a potencia del motor (0 – 200 hp)





- Cambiar la masa *m* del vehículo entre 1 ton (coche pequeño) y 35 tons (camión).
- Incrementar la resistencia del aire incrementando la variable b.
- Usando datos reales del fabricante para la Lookup Table. Se puede modelar también motores diesel
- Remplazar la entrada Ramp con una entrada Step para simular cambios bruscos en el pedal de aceleración



- Desarrollar el modelo Simulink de un sistema de reducción de ruido utilizando el algoritmo de mínimo cuadrados medio (Least Mean Squares, LMS)
- En audio "ruido" se refiere a cualquier señal junto a las que se desean escuchar
- Se usa un filtro adaptativo



CRA: Filtro adaptativo

• Diagrama de bloques Adaptive Filter Block Diagram



- Es un filtro tipo FIR con N coeficientes variables w

$$\mathbf{y}(\mathbf{n}) = \sum_{k=0}^{N} w_k(n) \cdot \mathbf{x}(n-k)$$



 El algoritmo Least Mean Squares (LMS) actualiza cada coeficiente sobre la base de cada muestra y basado en el error *e(n)*

$$w_k(n+1) = w_k(n) + \mu \cdot e(n) x_k(n)$$

- Esta ecuación minimiza la *potencia* del error e(n)
- El valor de µ (mu) es crítico (compromiso)
 - Si µ es demasiado bajo, el filtro reacciona lentamente
 - Si µ es muy grande, la resolución del filtro es pobre



CRA: Modelo Simulink



Simulink



CRA: Entrada/Salidas

- Entrada: Señal + Ruido
- Salida
- Error

• Evolución de los pesos





Modulación DSB-AM



Simulink



Transformada de Park





Sistema de Control PI





Control de tensión de un generador





Control de tensión de un generador





Control tensión/frecuencia de un generador





Control tensión/frecuencia de un generador



Simulink



Circuito paralelo RLC



Simulink