قسم: الطاقة الكهربائية	كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية الثانية
السنة: الثانية	مقرر : برمجة 3
د. توفيق أبوشديد	المحاضرة : الخامسة

د. توفيق أبوشديد

نمذجة الدارات الكهربائية ومحاكاتها باستخدام برنامج Matlab\Simulink

Introduction to Simulink 📣 مقدمة في الـ Simulink

هي عبارة عن منهج برمجي نستطيع بواسطته نمذجة ومحاكاة وتحليل الأنظمة الديناميكية سواء الخطية وبزمن مستمر أو متقطع، توفر هذه الأداة إمكانية البرمجة البيانية الصندوقية باستخدام الفأرة وبناء التوابع المناسبة، بالتالي بناء مخطط يعبر عن المسألة المطروحة، ويمكن أخذ تلك الصناديق من مكتبات الأداة Simulink الشاملة لكل النماذج الممكنة، سواء مكتبة المصادر أو مكتبة الخرج أو الكتل المعبرة عن الحالات الخطية أو اللاخطية، أو أدوات الوصل بين تلك الكتل. ويمكن الولوج إلى داخل الكتلة بالنقر عليها نقراً مزدوجاً للتحكم بمتغيرات كل كتلة.

يمكن إظهار النتائج ومراقبتها أثناء المحاكاة باستخدام صناديق الخرج مثل scope وغيرها.

📣 مكتبات العناصر القياسية في Simulink Standard Block Libraries Simulink

Block Library	Description	
Commonly Used Blocks	تحوي العناصر الأكثر استخداماً، و هذه العناصر موجودة أيضاً في مكتبات أخرى	
Continuous	تحوي دوال نموذجية مستمرة، مثل التفاضل، التكامل، تابع الانتقال	$\begin{array}{c c} & & & \\ &$
Discontinuities	تحوي عناصر بدوال خرج متقطعة نسبة للدخل، مثل Relay,	Relay Relay Dead Zone Dynamic
Discrete	تحوي عناصر تمثل دوال زمنية متقطعة، مثل عنصر التأخيرUnit Delay	$\begin{array}{c c} & 1 \\ \hline z \end{array} & Unit Delay \end{array} \xrightarrow{-4} & Integer Delay \\ \hline z \end{array} & \hline z \end{array} \\ \hline z \end{array} & Difference \end{array}$
Logic and Bit operations	تحوي عناصر العلاقات المنطقية وعلاقات المقارنة	Compare To Zero U~= U/z Detect Change Logical Compare To Compare To Compare To Operator

يحتوي البرنامج مجموعة من المكتبات الفرعية ضمن مكتبة السيمولينك الرئيسية، ومن هذه المكتبات :

		Iul Abs Iul Add				
Math Operations	عناصر تمثيل العلاقات الدياضية، Divide Abs	> <mark>Y0 ∧ y</mark> Assignment > u+0.0 > Bias				
inum operations	Add,	Real-Imag				
		Find Nonzero				
Signal Routing	تحوي عناصر خاصة بتحويل الإشارة من نقطة لأخرى، مثل Switch, Mux,	Switch Selector Mux				
Sinka	تحوي عناصر إظهار وتصدير المنه حالات من الدار توريثان	Display Floating Scope				
Sliks	Out1, Scope,	Scope Suntitled.mat To File				
Sources	تحوي العناصر اللازمة لتوليد أو استيراد إشارة الدخل للدارة،	Step 1 Constant Clock				
	ملل، In1, Clock, Sine Wave,	1 In1 Sine Wave				

Simulink الشروع باستخدام الأداة

من أجل تمثيل دارة محددة في Simulink، من الضروري بداية تمثيل الدارة بشكلها الرياضي وبعد ذلك إضافة العناصر الموافقة للعمليات الرياضية من مكتبات السيمولينك ثم إجراء المحاكاة. في البداية يتم بدء برنامج السيمولينك إما من نافذة الأوامر بكتابة الاسم Simulink ثم الضغط على مفتاح الإدخال Enter أو من خلال الضغط على الأيقونة الموجود في شريط القوائم في الأعلى. ويعد الإدخال Desktop Window Help (Current Folder, C\Program Files\MATLAB\R2011a\bin (Command Window) (Chrogram Files\MatLAB\R2011a\bin) (Chrogram Files\M2) (Chro

تظهر لدينا النافذة التالية:





بالضغط على القائمة Simulation في أعلى النافذة نختار منها Configuration Parameters:

🎭 Configuration Parameters: un Select:	titled/Configuration (Active)
Source Source	Start time: 0.0 Stop time: 10.0 Solver options Type: Variable-step Max step size: auto Relative tolerance: 1e-3 Min step size: auto Absolute tolerance: auto Initial step size: auto Shape preservation: Disable all Number of consecutive min steps: 1 Tasking and sample time options Tasking mode for periodic sample times: Automatically handle rate transition for data transfer Higher priority value indicates higher task priority
۲	Zero-crossing options Zero-crossing control: Use local settings Algorithm: Nonadaptive Time tolerance: 10*128*eps Signal threshold: auto Number of consecutive zero crossings: 1000

ستظهر نافذة جديدة تحوي بارامترات المحاكاة، نوع المُحِل Solver ، بداية ونهاية زمن المحاكاة Start/Stop ، نوع الخطوة المستخدمة (ثابتة، أو متغيرة)الخ. وعند اختيارنا حجم خطوة متغير variable-step من الضروري أن يكون حجم الخطوة الصغرى Min step size أقل من حجم الخطوة العظمى step size.

امثلة على نمذجة الدارات الكهربائية ومحاكاتها باستخدام Matlab\Simulink

في الشكل دارة كهربائية تتكون من مقاومة وملف على التسلسل:



حيث معطيات الدارة:

 $R=20\ \Omega\,,\qquad L=0.1\ H$

$$f = 50 \text{ Hz}$$
, $\omega_e = 2\pi f$, $u = \text{Usin}(\omega_e t)$, $U = 100 V$

 $u_1 = iR$ ويساوي $u_1 = iR$ ، $u_1 = iR$ التوتر الهابط على المحارضة R ويساوي $u_2 = L \frac{di}{dt}$ $u_2 :$ التوتر الهابط على المحارضة L ويساوي u_2 u_2 : المعادلة المعادلة التفاضلية للدارة (النموذج الرياضي): $u = u_1 + u_2 = iR + L \frac{di}{dt}$

نعيد كتابة المعادلة التفاضلية لتصبح على الشكل:

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{L} u - \frac{R}{L} i \dots (*)$$

نحصل على قيمة شدة التيار المار في الدارة بمكاملة المعادلة التفاضلية (*) وفرض القيمة الابتدائية للتيار (الشروط الابتدائية) تساوي الصفر $0 = i_0$ ، نحصل على النموذج النهائي اللازم لإنشاء مخطط المحاكاة للدارة بأحد الشكلين التاليين:

الشكل الأول:

$$i = \frac{1}{L} \int (u - Ri) dt \dots (1)$$

الشكل الثاني:

$$i = \int \left(\frac{1}{L}u - \frac{R}{L}i\right) dt \dots (2)$$

سواء استخدم الشكل الأول أو الثاني في المحاكاة، فإن النتائج تبقى نفسها. الخطوة الثانية: رسم المخطط الصندوقي اللازم لإجراء المحاكاة:

Simulink> Continuous> Integrator.

Microsoft We		محاضرة المكالية - طاهد المكالية - محاضرة المحاضرة - محاضرة المكالية - محاضرة المكالية - محاضرة المكالية - محاضرة المكالية - محاضرة المحاضرة - محاضرة - محاضرة محاضرة - محاضرة محاضرة - محاضرة محاضرة - محاضرة - محاضرة محاضرة - محاضرة
Simulink Library Browser		وبالبلا الالبادية مراجع مراجباتها مراجبه عروني
File Edit View Help		
📗 🗅 🚅 🔹 🖉 Enter search term	I M 📺	Untitled *
Libraries	Library: Simulink/Continuous Search Results: (non 4	File Edit View Simulation Format Tools Help
Simulink Commonly Used Blocks	duidt Derivative	□ 🕼 🖬 🚳 👗 🗞 🛍 🛍 수 수 介 으 으 ▶ = 100 Normal 💽
Discontinuities Discrete	> 1/s Integrator	
Logic and Bit Operations Lookup Tables Math Operations	$\frac{1}{s}$ Integrator Limited	1/5 } Integrator
Model Verification Model-Wide Utilities	u 1 × Integrator,	
	$\left \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{1} \int_{-\infty}^{\infty} \right $ Integrator, Seco- nd-Order Limit	1
Signal Routing Sinks Sources	PID(5) PID Controller	
User-Defined Functions Additional Math & Discrete	PID Controller (2DOF)	
Communications System Toolbox	▼ X [*] -AI+BU y - CX+DU State-Space	Ready 100% ode45

Math يتم التعبير عن الحد $\frac{1}{L}$ من المعادلة (1) بواسطة العنصر Gain (1) الموجود ضمن المكتبة Operations: Operations

Simulink> Math Operations> Gain.

Dot Product

 Ima
 Find Notaero
Elements

 Det Product

 Find Notaero

 Math
 Screatemate

 Math
 Math
 Math
 Math
 Math
 Math

نضيف العنصر Gain إلى المشروع الجديد وذلك بسحب العنصر من مكتبة Math Operations ضمن مكتبة Math Operations ضمن مكتبات المعنات الد Simulink وإفلاته ضمن المساحة البيضاء للمشروع الجديد.



نضبط قيمة العنصر Gain بالضغط عليه مرتين متتاليتين بزر الماوس الأيسر ونعدل قيمته الافتراضية (1)

إلى القيمة الجديدة 1/L :

Function Block Parameters: Gain	Function Block Parameters: Gain
Gain	Gain
Element-wise gain (y = K.*u) or matrix gain (y = K*u or y = u*K).	Element-wise gain ($y = K$.*u) or matrix gain ($y = K$ *u or $y = u$ *K).
Main Signal Attributes Parameter Attributes	Main Signal Attributes Parameter Attributes
Gain:	Gain:
1	1/Ц
Multiplication: Element-wise(K.*u)	Multiplication: Element-wise(K.*u)
Sample time (-1 for inherited):	Sample time (-1 for inherited):
-1	-1
OK Cancel Help Apply	OK Cancel Help Apply

نعبر عن الحد u - i.R من المعادلة (1) الذي يمثل الفرق بين جهد التغذية والجهد على طرفي المقاومة بواسطة عنصر التجميع سن Sum أن ي من المكتبة الرياضية Math Operations من Simulink من المكتبة الرياضية يتم سحب العنصر Sum بزر الماوس الأيسر واضافته إلى المشروع السابق

File Edit View Help				🙀 untitled *					• ×
🗋 😅 🔹 Enter search term	•	M 📺		File Edit View	Simulation	Format Tools	Help		
ibraries		Library: Simulink/Math Open	rations Search Results	D 🖻 🖬 🚳) 🐰 🖻 🖻	(2 => 1	ລ⊆∣▶ = 10	.0 Normal	
- We Simulink	-)Bqueeze) Squeeze	-					,	_
Continuous Discontinuities Discrete		>+ Subtract		\odot	₩->>>	> 1/s >			
Logic and Bit Operations Lookup Tables		X++ Sum		-*-	Gain	Integrator			
Math Operations Model Verification		Sum of Elements							
Model-Wide Utilities Ports & Subsystems Signal Attributes		sin Function	ic						
Signal Routing Sinks		-u Dhary Minus							
		Vector Concatenate							
Aerospace Blockset Gommunications System Toolbox	-1	v+Ts Weighted Sa ple Time Ma	im- th	Ready	1009	6		ode45	_

Function Block Parameters: Sum) 💽 I	unction Block Parameters: Sum	
Sum		-Su	m	
Add or subtract inputs. Specify one of the following a) string containing + or - for each input port, for (e.g. ++ - ++) b) scalar, >= 1, specifies the number of input ports When there is only one input port, add or subtract dimensions or one specified dimension	g: spacer between ports to be summed. elements over all	Ad a) (e b) W di	d or subtract inputs. Specify one string containing + or - for each $g, ++ - ++\rangle$ scalar, >= 1, specifies the numbe nen there is only one input port, a nensions or one specified dimens	of the following: nput port, for spacer between p er of input ports to be summed. idd or subtract elements over all ion
Main Signal Attributes	1	M	ain Signal Attributes	
Icon shape: round	•	Ico	n shape: round	
List of signs:		Lis	of signs:	
++			-	
Sample time (-1 for inherited):		Sa	mple tim Unapplied change :	
-1		-1		
GK Cancel	mulation Format Tool	ls Help		
	K Alls Gain Integrator	, <u> </u>		

. Gain بدخل



نضيف عنصر Gain آخر من أجل تمثيل المقاومة

Simulink> Math Operations> Gain.

نصل مخرجه بعنصر التجميع بإشارة سالبة، ونصل مدخله بمخرج عنصر التكامل ونعدل قيمته إلى R



نضيف عنصر جديد للمشروع يمثل جهد التغذية، سنعبر عنه بمنبع جيبي sine wave نضيف عليه $frequency = 2\pi f = w \, rad/s$ بزر الماوس الأيسر ونعدل قيم الطويلة amplitude إلى U، والتردد Sources : يمكن الوصول إليه من خلال مكتبة المصادر Sources :

Simulink> Sources> sine wave

Number of	onset samples = Phase · Samples per period / (z · pi)
Use the sai large times	nple-based sine type if numerical problems due to running for (e.g. overflow in absolute time) occur.
Parameter	5
Sine type:	Time based 🔹
Time (t):	Use simulation time
Amplitude:	
U	
Bias:	
0	
Frequency	(rad/sec):
w	
Phase (rad):
0	
Sample tin	ne:
0	
🔽 Interpre	t vector parameters as 1-D

ولإظهار النتائج نضيف عنصر إظهار للخرج Scope من المكتبة Sinks :

Simulink> Sinks> Scope.



يمكن إضافة نصوص توضيحية على خطوط الوصل للدارة وذلك بالضغط مرتين متتاليتين على خط



قبل التنفيذ يجب إعطاء قيم للمقاومة R والوشيعة L والجهد U و التردد الزاوي w، ويتم ذلك من خلال نافذة الأوامر وذلك بإسناد القيم للمتغيرات R, L, U, w التي تمت إضافتها للعناصر في المخطط الصندوقي:

NOTE Arts Commentation Commentation <thcommentation< th=""> <thc< th=""><th>NOTE Arts Late Commendation <thcommend< th=""><th>MATLAS R2016a</th><th></th><th></th><th>_</th><th></th><th></th><th></th><th></th></thcommend<></th></thc<></thcommentation<>	NOTE Arts Late Commendation Commendation <thcommend< th=""><th>MATLAS R2016a</th><th></th><th></th><th>_</th><th></th><th></th><th></th><th></th></thcommend<>	MATLAS R2016a			_				
	Image:	HOME PLOTS	APPS				6 6 9 6 6 0	Search Documentation	م ا
Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Product of Later Image: Prod	♦ (1) (2) (2) (2) (4) + 5 + coupled 2019 + 2019 + 2029 + 2 day, + 5 • (1) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2	New New Open Compare	Bata Workspace VAriable Workspace VAriable VAriable VAriable VAriable VAriable VAriable VAriable	Analyze Code	Cayout	Add-Ons Help	Community		
Comment Mindsee Comment Mindsee O Vortugate O New to MAILABTS extraores for Gatting Statuted.	Interer Command Value O Name = New to Mail ANT Servoyces for Gatings Status New to Mail ANT Servoyces for Gatings Status<	السريناه 🗧 + 😹 🖾 🔁 🔄 🕈	· 2019-2020 ♦ المقررات الدراسية ♦ كلية الهط:	5 برمجة 3 ا					- ,
Name Name Value Name Value Statut >> U=100; 1 0.000 1 0.000 >> L=0.1; >> R=20; 100; 100 100 100 100 \$\overline{x}\$ x=0; >> w=2*pi*50; \$\overline{x}\$ x=0; \$x	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Current Folder	Command Window				۲	Workspace	
Image: Second	$ \begin{array}{c} \mathbb{S} \ bd.dx \\ >> U=100; \\ >> L=0.1; \\ >> R=20; \\ \mathcal{fx} >> \\ \begin{array}{c} \mathbb{S} \ bd.dx \\ \mathbb{S} $	Name 🔺	New to MATLAB? See resources	s for <u>Getting Started</u> ,			,	Name 🛎	Value
	U=100; L=01:	in CLIN	>> U=100; >> L=0.1; >> R=20; >> w=2*pi*	50;				L R U U w w Command History simplify(f) expand(f) %li2:2216/04 clc U=100; L=0.1:	0.1000 20 100 314.1593

بالعودة إلى المشروع نعدل زمن المحاكاة من القيمة الافتراضية s 10 إلى القيمة s 0.05 وذلك ضمن الخانة Simulation stop time الموجودة أعلى نافذة المخطط:



للبدء بالمحاكاة نضغط على زر الإجراء 🕑 Start Simulation الموجود أعلى النافذة



الخطوة الثالثة: عرض النتائج:

1) الإظهار مباشرة على عنصر الـ scope

هذه الطريقة قد لا توضح النتائج بكافة النفاصيل خاصة عندما يكون المطلوب إظهار مجموعة من الإشارات على الشكل نفسه، إنما تعطي تصوراً مبدئياً عن تغير الإشارات. يتم إظهار النتائج بهذه الطريقة بعد انتهاء عملية المحاكاة بالضغط المزدوج على عنصر اله scope :



- 2) إرسال النتائج إلى نافذة العمل والأوامر من خلال العنصر To Workspace:
 - يتم إضافته للمخطط الصندوقي من المكتبة Sinks :

Simulink> Sinks> To Workspace.

Simulink Library Browser	Ex1*- Simulink	x
💠 🌩 Enter search term 🔹 🗛 🔹 🖄 👻 🗁 🖛 🥝	File Edit View Display Diagram Simulation Analysis Code Tools Help	
Simulink/Sinks	📲 🗞 + 🔄 + 拱 🧅 🔶 🔐 🏟 + 🧱 + 📫 🔩 💊 🕪 💷 🖉 + 0.05 🛛 » 🥥 + 🛔	<u></u>
 Smithic Continuous Dischard Discontinuities Outit Scope Outit Scope <li< th=""><th>Ext $u \rightarrow (u-i^*R) \rightarrow 1/L di \rightarrow 1$ ine Wave Gain Integrator Gain1 i^*R $R \rightarrow$ i To Workspace</th><th>•</th></li<>	Ext $u \rightarrow (u-i^*R) \rightarrow 1/L di \rightarrow 1$ ine Wave Gain Integrator Gain1 i^*R $R \rightarrow$ i To Workspace	•
X R	Ready 100% auto(ode	45) _{ad}

الاسم الافتراضي له simout، بالضغط المزدوج على هذا العنصر يمكن تغيير اسم العنصر وطريقة حفظ

وإظهار المتحولات.

🜇 Block Parameters: To Workspace 🧮	x
To Workspace	^
Write input to specified timeseries, array, or structure in a workspace. For menu-based simulation, data is written in the MATLAB base workspace. Data is not available until the simulation is stopped or paused.	
To log a bus signal, use "Timeseries" save format.	
Parameters	Ξ
Variable name:	
simout	
Limit data points to last:	
inf	
Decimation:	
1	
Save format: Timeseries	
☑ Log fixed-point data as a fi object	-
OK Cancel Help Apply	

بعد فتح مربع الحوار الخاص بالعنصر To Workspace يمكن تعديل طريقة حفظ وعرض النتائج من خلال سهم الإسدال الموجود بجانب الخانة Save format، نختار طريقة العرض arrays لعرض النتائج على شكل مصفوفة. بعد انتهاء المحاكاة نعود إلى نافذة الأوامر command Window، ونكتب اسم العنصر To Workspace الذي تم إدخاله سابقاً ضمن خانة العنصر إذا تم تعديله، وإذا لم يتم تعديل اسم العنصر نكتب الاسم الافتراضي simout وذلك لعرض قيم التيار:

- MATLAB R2016a		
HOME PLOTS APPS		Search Documentation P T
New New Open Data Worksp	Were Variable Ada/zec Code Image: Analyze Code I	rt
يه + كلية الهمك -السويداء + : + • ال الله الله الله	۲۰ پرمچه ۶ ♦ 2019-2020 ♦ المعتررات الدراد منابع	• P
Name A No	w to MATLAB? See resources for <u>Getting Started</u> .	× Name A Value
Ex1.sk.autosave	>> simout	R 20 simout 51x1 double
	simout =	Command History T=(X+1)^*3*(2*X+1) simply(f) simplify(f)
	0 1458	expand(f) % م- 12:22 16/04/2020%
Details ^ f	0.1430 0.5222	← U=100; ←

إذا كان المطلوب عرض أكثر من إشارة نستخدم العنصر MUX مازج الإشارة ويمكن التحكم في عدد مداخل هذا العنصر بحسب عدد الإشارات المراد إظهارها وعرضها، يؤخذ العنصر MUX من المكتبة Signal Routing

Simulink> Signal Routing> MUX



نستخدم معه عداد الزمن clock يؤخذ من المكتبة sources وذلك بهدف عرض قيم التيار بدلالة زمن المحاكاة:

ink Library • \land • 🖏 • 🗂 • 😐 🍞 Enter search te » 🖉 🕶 🚻 ղեւ **^**\} Ex1 🛞 🎦 Ext hboard Band-Limite White Noise Chirp Signa Clock () 1 --nd Bit Ope 53 *///* "7l/l AE Scope Sine Wave $\frac{1}{s}$ Counter Free-Running 1/L 24 12:34 Gain Integrato simout Digital Clock Enumerated Constant To Workspac Gain1 untitled mat From File untitled.xlsx Sheet:Sheet1 i*R ۲ R 81 simin -» 1009 auto(ode45)

Simulink> Sources > Clock

بعد انتهاء المحاكاة نعود إلى نافذة الأوامر command Window، ونكتب الاسم الافتراضي simout وذلك لعرض قيم التيار بدلالة زمن المحاكاة:

>> simout	<enter></enter>
simout =	
0	0
0.0010	0.1458
0.0020	0.5332
0.0030	1.0779
0.0040	1.6886
0.0050	2.2747
0.0060	2.7533
0.0170	-2.4208
0.0180	-2.6187
0.0190	-2.5520
0.0200	-2.2287
0.0210	-1.6817
0.0220	-0.9656
0.0230	-0.1513
0.0240	0.6810
0.0250	1.4493
0.0400	-2.2740
0.0410	-1.7216
0.0420	-1.0009
0.0430	-0.1822
0.0440	0.6544
0.0450	1.4270
0.0460	2.0602
0.0470	2.4919
0.0480	2.6799
0.0490	2.6059
0.0500	2.2771
>>	
لعمود الثاني) بينما يمثل ال

يمثل العمود الأول قيم الزمن (الإشارة الأولى التي تدخل إلى العنصر Mux) بينما يمثل العمود الثاني قيم شدة التيار (الإشارة الثانية التي تدخل إلى العنصر Mux) بدلالة الزمن. لرسم النتائج من خلال نافذة الأوامر نكتب التعليمة:

```
>> plot(simout(:,1),simout(:,2)) <= Center>
>>
```



3) إظهار النتائج باستخدام العنصر Display:

يستخدم العنصر Display لإظهار القيم أثناء عملية المحاكاة بشكل أرقام على شاشة العنصر، ومراقبة التغيرات في قيم الإشارة. يتم الحصول على العنصر Display من المكتبة Sinks :

