المحاضرة : الخامسة | د. توفيق أبوشديد

نمذجة الدارات الكهربائية ومحاكاتها باستخدام برنامج Matlab\Simulink

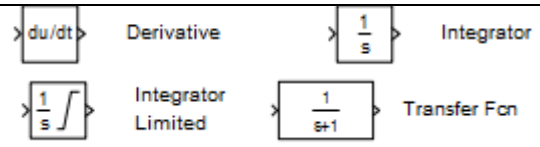
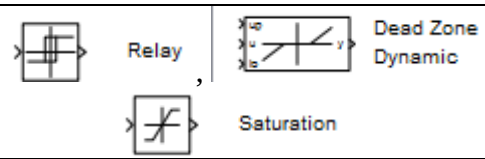
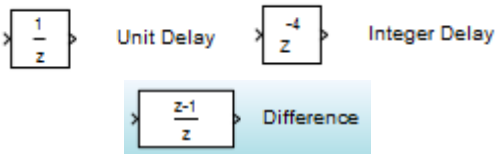
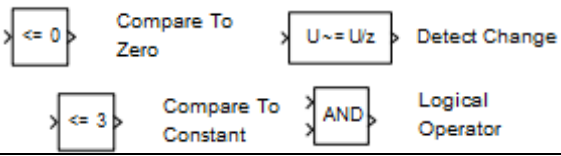
مقدمة في الـ Simulink Introduction to Simulink

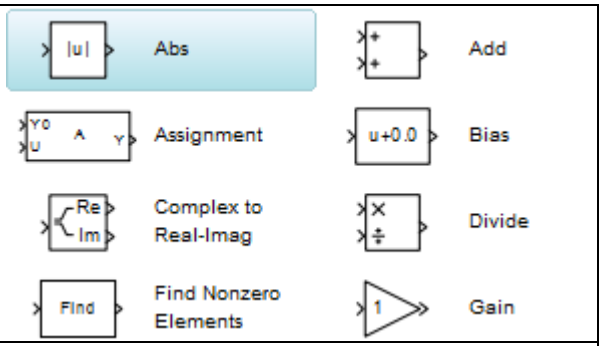
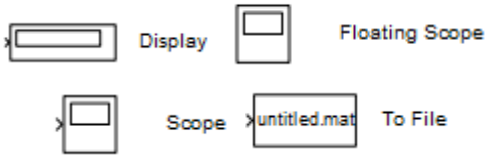
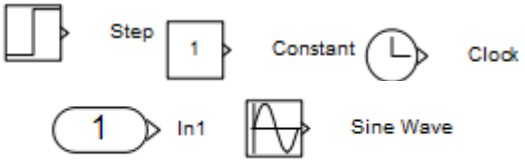
هي عبارة عن منهج برمجي نستطيع بواسطته نمذجة ومحاكاة وتحليل الأنظمة الديناميكية سواء الخطية وبزمن مستمر أو متقطع، توفر هذه الأداة إمكانية البرمجة البيانية الصندوقية باستخدام الفأرة وبناء التوابع المناسبة، بالتالي بناء مخطط يعبر عن المسألة المطروحة، ويمكن أخذ تلك الصناديق من مكتبات الأداة Simulink الشاملة 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 Simulink Standard Block Libraries

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

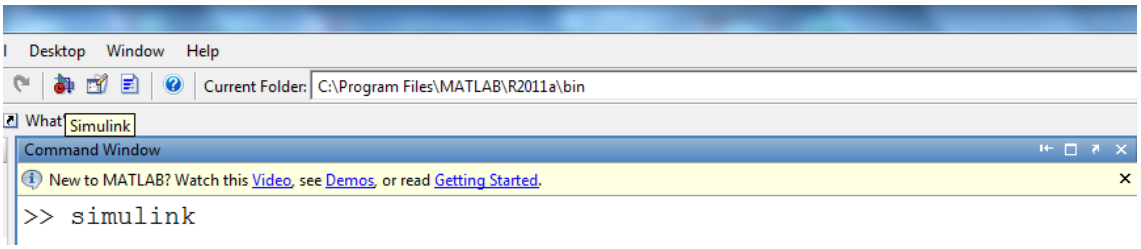
Block Library	Description	
Commonly Used Blocks	تحوي العناصر الأكثر استخداماً، وهذه العناصر موجودة أيضاً في مكتبات أخرى	
Continuous	تحوي دوال نموذجية مستمرة، مثل التفاضل، التكامل، تابع الانتقال...	
Discontinuities	تحوي عناصر بدوال خرج متقطعة نسبة للدخل، مثل Relay,...	
Discrete	تحوي عناصر تمثل دوال زمنية متقطعة، مثل عنصر التأخير Unit Delay,...	
Logic and Bit operations	تحوي عناصر العلاقات المنطقية وعلاقات المقارنة	

Math Operations	عناصر تمثيل العلاقات الرياضية، Divide, Abs, Add,….	
Signal Routing	تحوي عناصر خاصة بتحويل الإشارة من نقطة لأخرى، مثل Switch, Mux,….	
Sinks	تحوي عناصر إظهار وتصدير الخرج الناتج عن الدارة، مثل، Out1 , Scope,…	
Sources	تحوي العناصر اللازمة لتوليد أو استيراد إشارة الدخل للدارة، مثل، In1, Clock, Sine Wave,…	

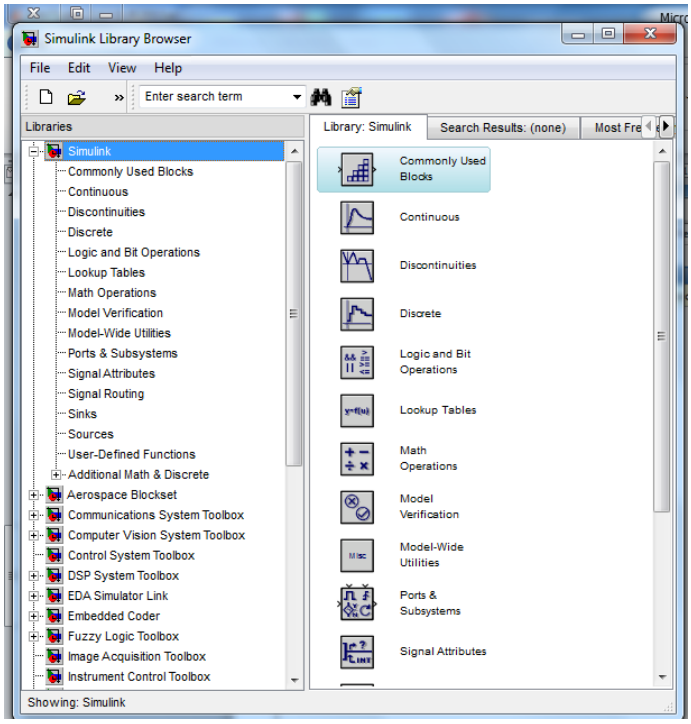
الشروع باستخدام الأداة Simulink

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.

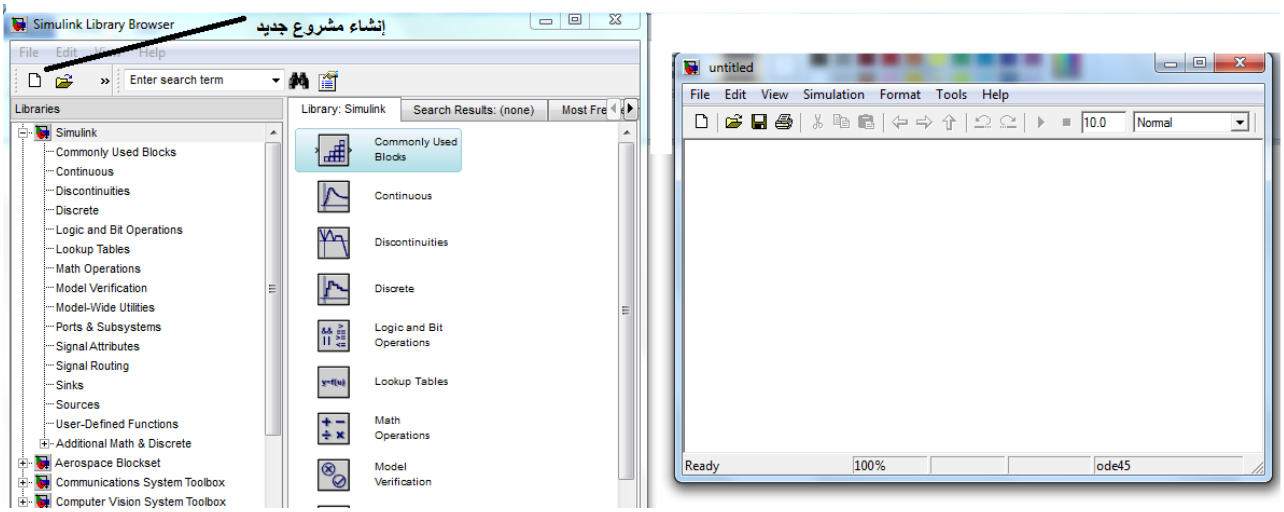


تظهر لدينا النافذة التالية:

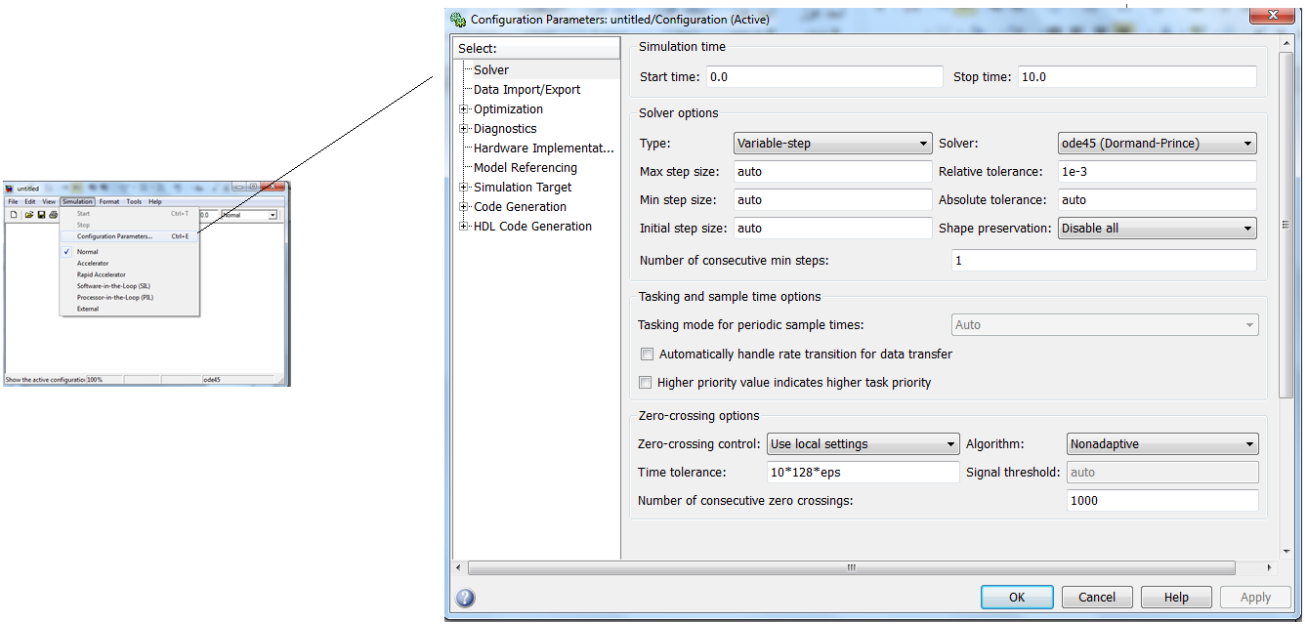


تحتوي هذه النافذة على مكتبات الـ Simulink، بمجرد الضغط على اسم واحدة من هذه المكتبات الرئيسية ستظهر قائمة شجرية بأسماء المكتبات الفرعية المتضمنة ضمن المكتبة الرئيسية.

للبدء بمشروع جديد، نضغط على الأيقونة New في أعلى نافذة Simulink Library Browser لتفتح نافذة جديدة أو نموذج جديد غير معنون لإنشاء المشروع.



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

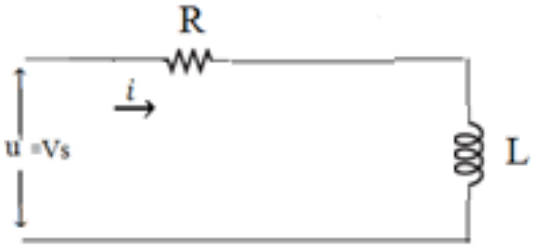


ستظهر نافذة جديدة تحوي بارامترات المحاكاة، نوع المُحِل Solver ، بداية ونهاية زمن المحاكاة Start/Stop time، نوع الخطوة المستخدمة (ثابتة، أو متغيرة) .....الخ.

وعند اختيارنا حجم خطوة متغير variable-step من الضروري أن يكون حجم الخطوة الصغرى Min step size أقل من حجم الخطوة العظمى Max step size.

- **أمثلة على نمذجة الدارات الكهربائية ومحاكاتها باستخدام** Matlab\Simulink

في الشكل دارة كهربائية تتكون من مقاومة وملف على التسلسل:



حيث معطيات الدارة:

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

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

u_1: التوتر الهابط على المقاومة R ويساوي $\text{u}_1 = iR$،

u_2: التوتر الهابط على المحارضة L ويساوي $\text{u}_2 = L\frac{di}{dt}$

الخطوة الأولى: استنتاج المعادلة التفاضلية للدارة (النموذج الرياضي):

$$u = \text{u}_1 + \text{u}_2 = iR + L\frac{di}{dt}$$

نعيد كتابة المعادلة التفاضلية لتصبح على الشكل:

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

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

الشكل الأول:

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

الشكل الثاني:

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

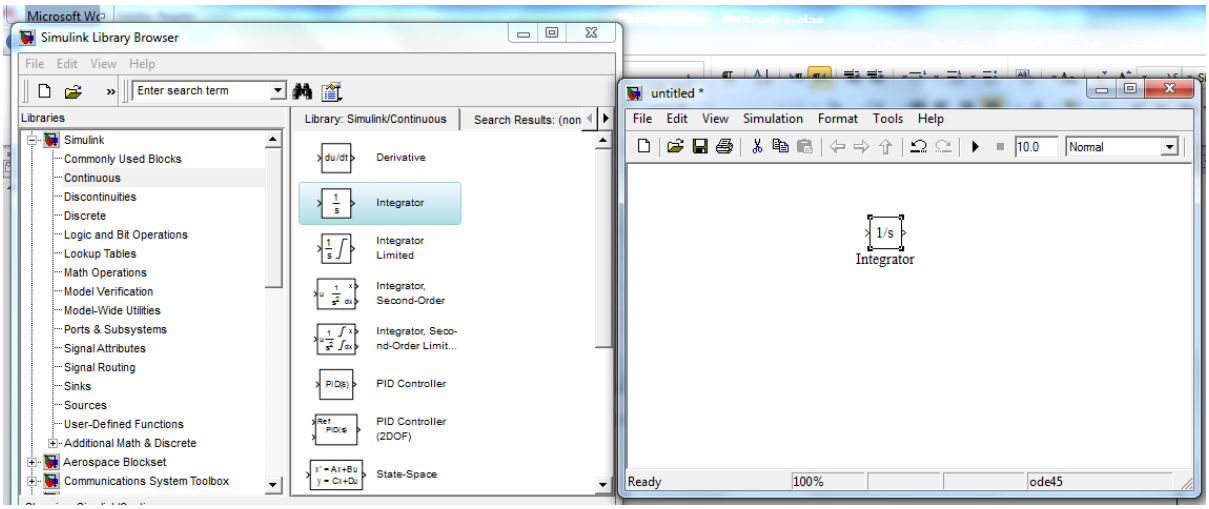
سواء استخدم الشكل الأول أو الثاني في المحاكاة، فإن النتائج تبقى نفسها.

الخطوة الثانية: رسم المخطط الصندوقي اللازم لإجراء المحاكاة:

نستنهض برنامج الماتلاب ومن ثم الأداة Simulink إما بالضغط على الأيقونة الموجودة في شريط الادوات أعلى نافذة الأوامر، أو من خلال كتابة Simulink ضمن نافذة الأوامر والضغط على enter ستظهر عندها نافذة مستعرض مكتبات الـ Simulink Simulink Library Browser

ننشئ مشروع جديد New ونضيف إليه عنصر التكامل Integrator وذلك بسحب العنصر من مكتبة الـ Simulink وإفلاته ضمن المساحة البيضاء للمشروع الجديد، نضيف إليه عنصر التكامل Integrator للتعبير عن حد التكامل في المعادلة (1).

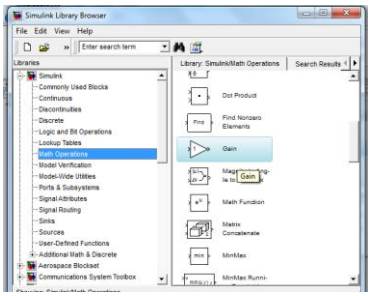
Simulink> Continuous> Integrator.

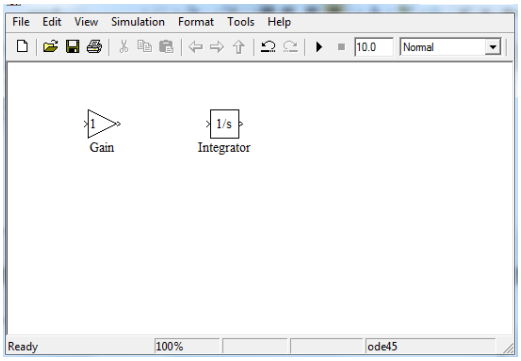


يتم التعبير عن الحد $\frac{1}{L}$ من المعادلة (1) بواسطة العنصر Gain الموجود ضمن المكتبة Math Operations:

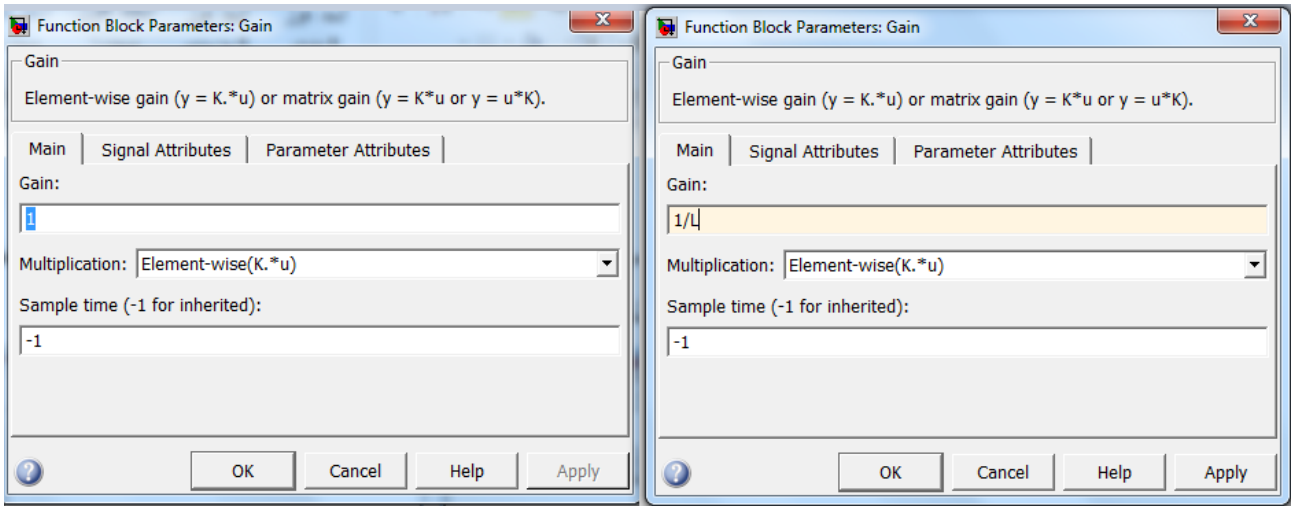
Simulink> Math Operations> Gain.

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





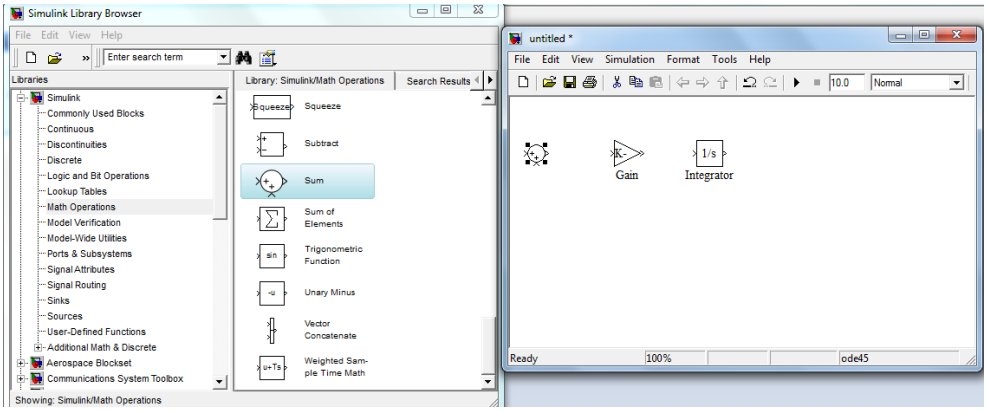
نضبط قيمة العنصر Gain بالضغط عليه مرتين متتاليتين بزر الماوس الأيسر ونعدل قيمته الافتراضية (1) إلى القيمة الجديدة 1/L :



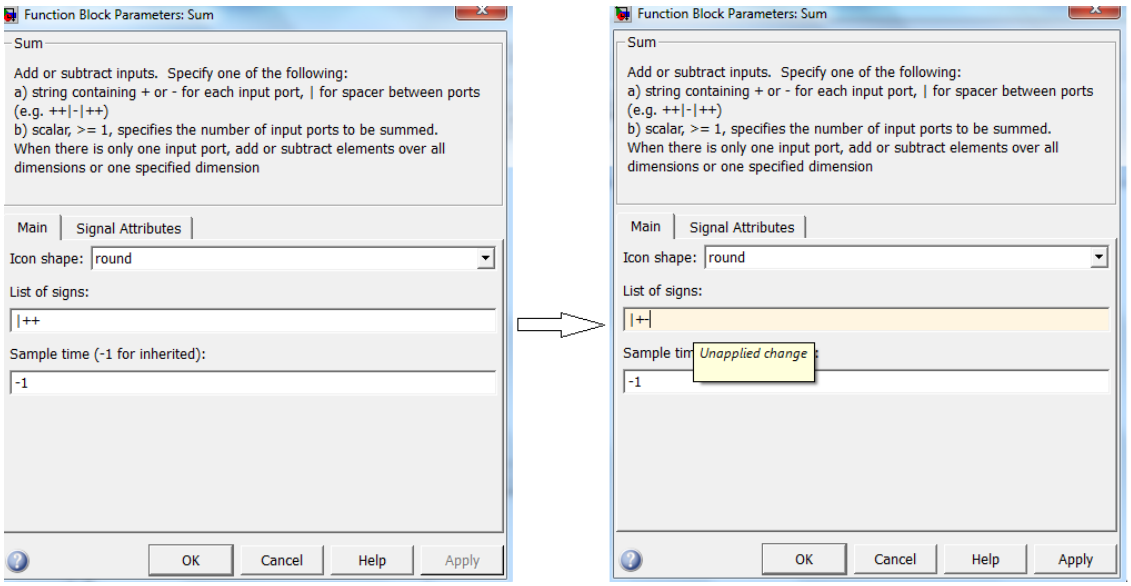
نعبر عن الحد $u - i.R$ من المعادلة(1) الذي يمثل الفرق بين جهد التغذية والجهد على طرفي المقاومة بواسطة عنصر التجميع Sum من المكتبة الرياضية Math Operations:

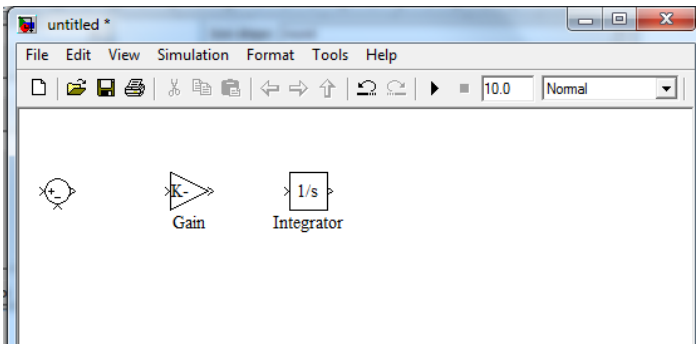
Simulink> Math Operations> Sum

يتم سحب العنصر Sum بزر الماوس الأيسر وإضافته إلى المشروع السابق

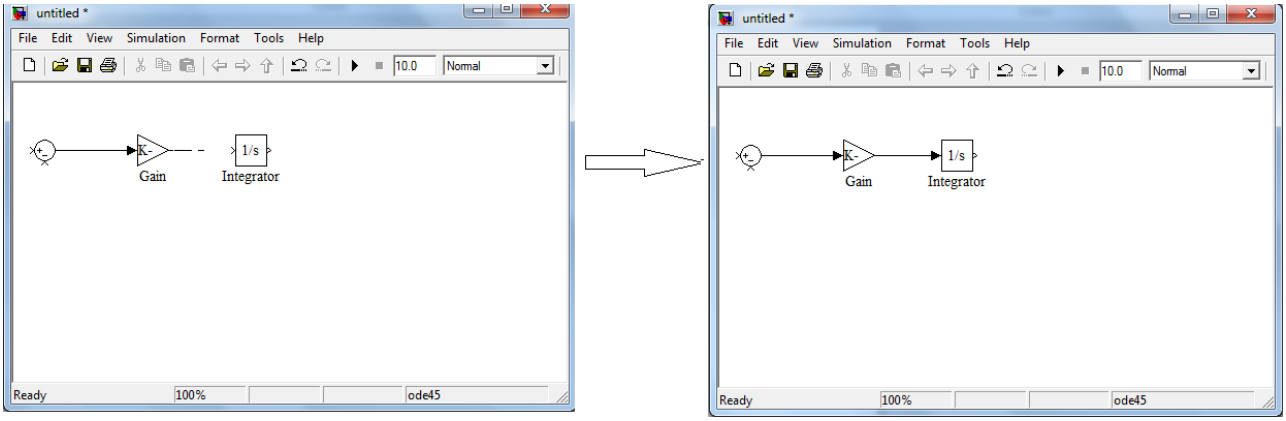


لكن عنصر التجميع بشكله الافتراضي يمثل مجموع اشارتين + + ، وفي المثال لدينا جهد التغذية u بإشارة موجبة بينما الجهد على طرفي المقاومة $i.R$ بإشارة سالبة، لتغيير إشارتي دخل العنصر إلى − + ، نضغط مرتين متتاليتين على عنصر التجميع ونعدل إشارتي الدخل من ++ إلى −+ ثم نضغط Ok لتثبيت التغيرات:





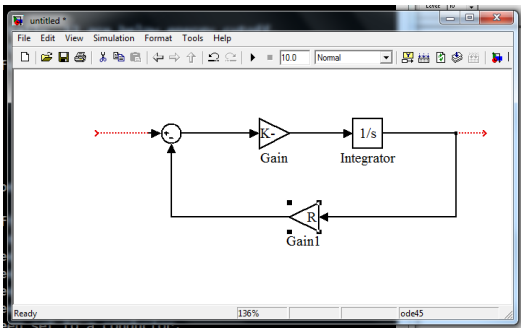
نضغط بزر الماوس الأيسر على سهم الخرج للعنصر Gain ثم نسحب مع الاستمرار بالضغط على زر الماوس الأيسر حتى نصله بدخل عنصر التكامل Integrator، وبنفس الطريقة نصل خرج عنصر التجميع بدخل Gain .



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

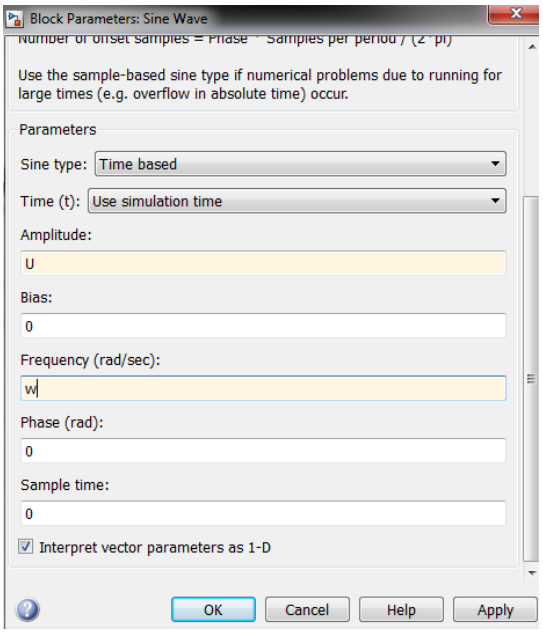


نضيف عنصر جديد للمشروع يمثل جهد التغذية، سنعبر عنه بمنبع جيبي sine wave

نضغط عليه بزر الماوس الأيسر ونعدل قيم الطويلة amplitude إلى U، والتردد $frequency = 2\pi f = w\, rad/s$

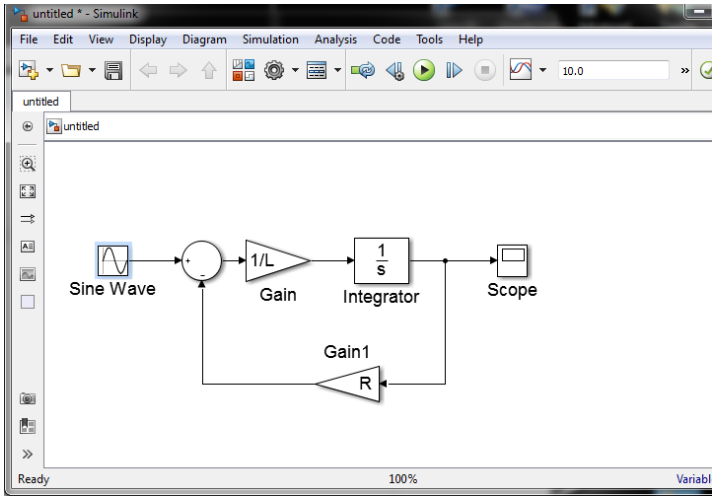
يمكن الوصول إليه من خلال مكتبة المصادر Sources :

Simulink> Sources> sine wave

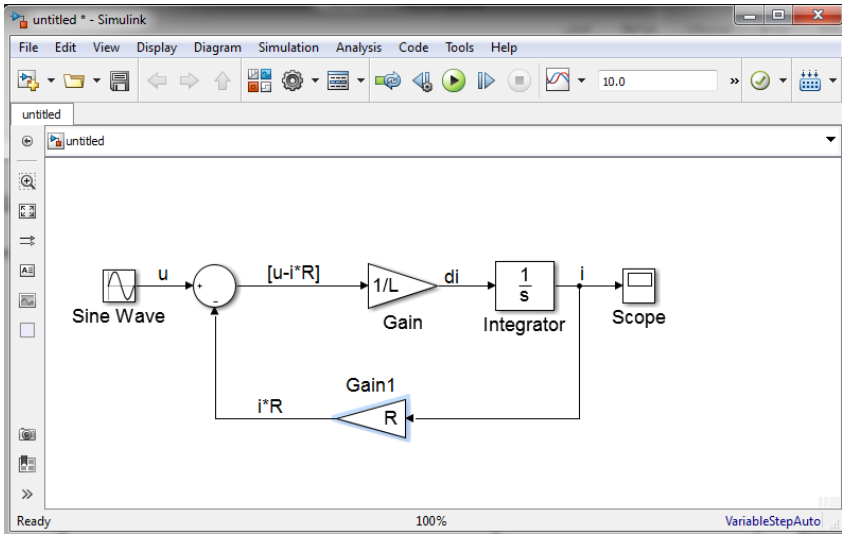


ولإظهار النتائج نضيف عنصر إظهار للخرج Scope من المكتبة Sinks :

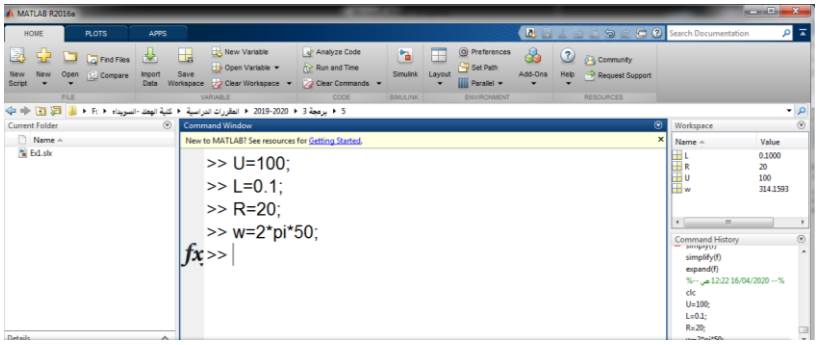
Simulink> Sinks> Scope.



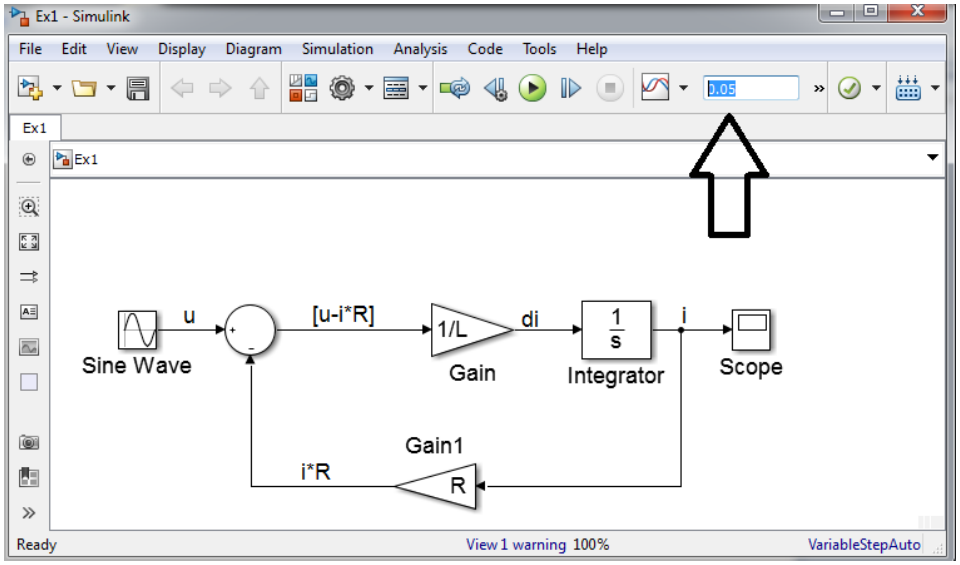
يمكن إضافة نصوص توضيحية على خطوط الوصل للدارة وذلك بالضغط مرتين متتاليتين على خط الوصل ليظهر مربع نص نكتب النص التوضيحي ضمنه.



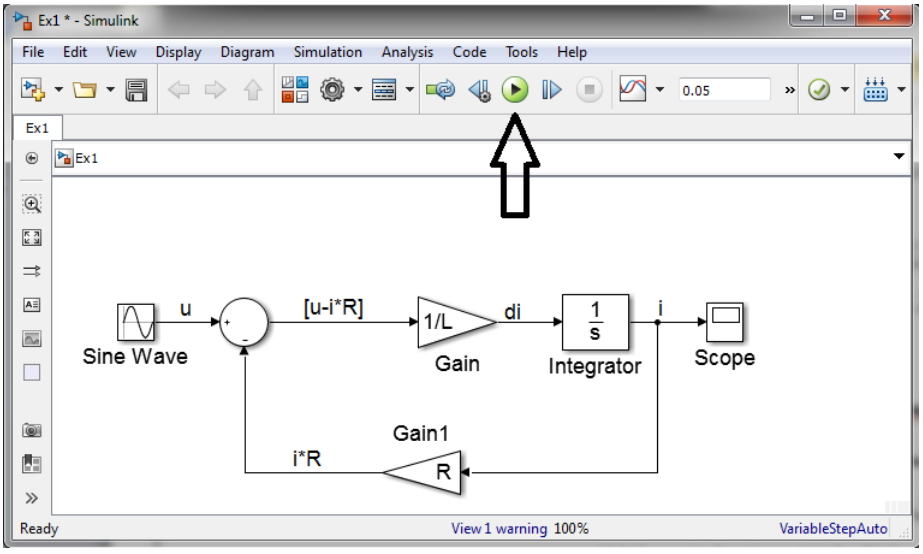
قبل التنفيذ يجب إعطاء قيم للمقاومة R والوشيعة L والجهد U و التردد الزاوي w، ويتم ذلك من خلال نافذة الأوامر وذلك بإسناد القيم للمتغيرات R, L, U, w التي تمت إضافتها للعناصر في المخطط الصندوقي:



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



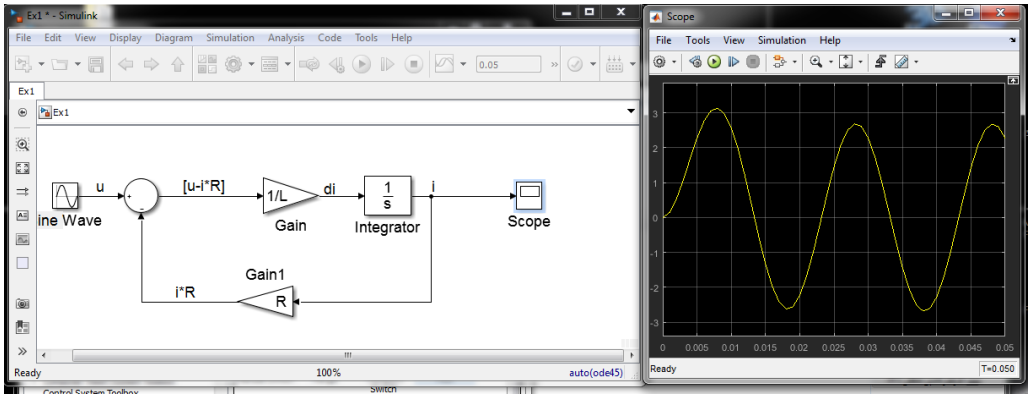
للبدء بالمحاكاة نضغط على زر الإجراء Start Simulation الموجود أعلى النافذة



الخطوة الثالثة: عرض النتائج:

1) الإظهار مباشرة على عنصر الـ scope

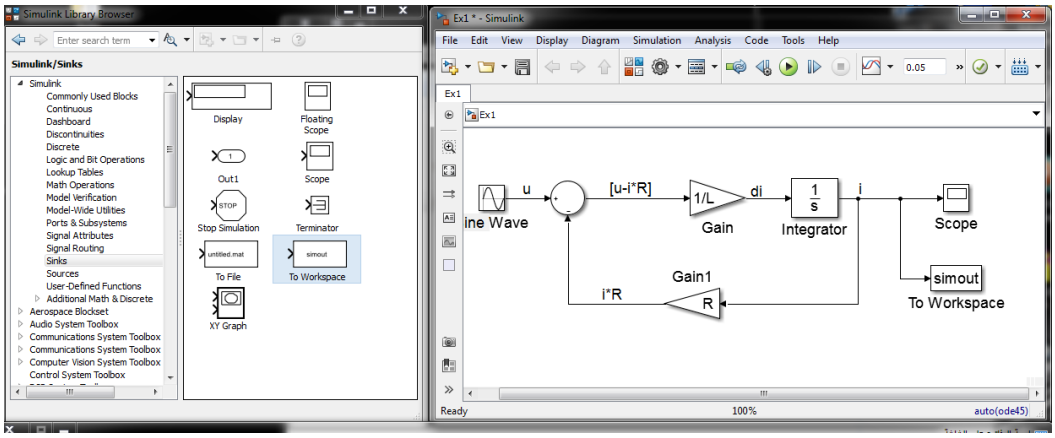
هذه الطريقة قد لا توضح النتائج بكافة التفاصيل خاصة عندما يكون المطلوب إظهار مجموعة من الإشارات على الشكل نفسه، إنما تعطي تصوراً مبدئياً عن تغير الإشارات. يتم إظهار النتائج بهذه الطريقة بعد انتهاء عملية المحاكاة بالضغط المزدوج على عنصر الـ scope :



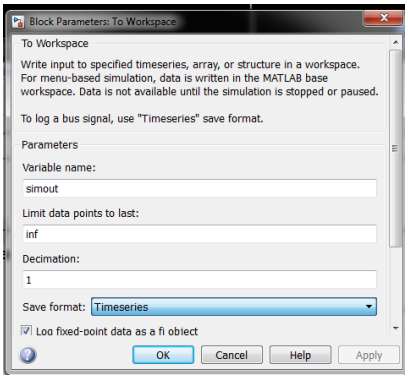
2) إرسال النتائج إلى نافذة العمل والأوامر من خلال العنصر To Workspace:

يتم إضافته للمخطط الصندوقي من المكتبة Sinks :

Simulink> Sinks> To Workspace.

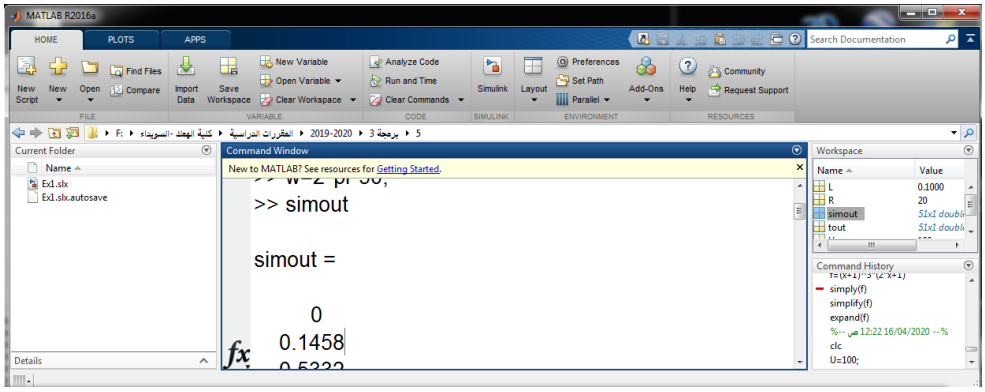


الاسم الافتراضي له simout، بالضغط المزدوج على هذا العنصر يمكن تغيير اسم العنصر وطريقة حفظ وإظهار المتحولات.



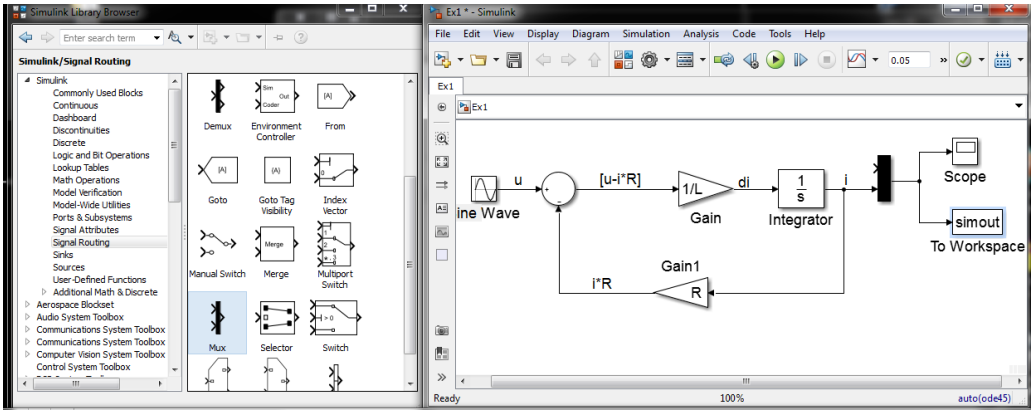
بعد فتح مربع الحوار الخاص بالعنصر To Workspace يمكن تعديل طريقة حفظ وعرض النتائج من خلال سهم الإسدال الموجود بجانب الخانة Save format، نختار طريقة العرض arrays لعرض النتائج على شكل مصفوفة.

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:



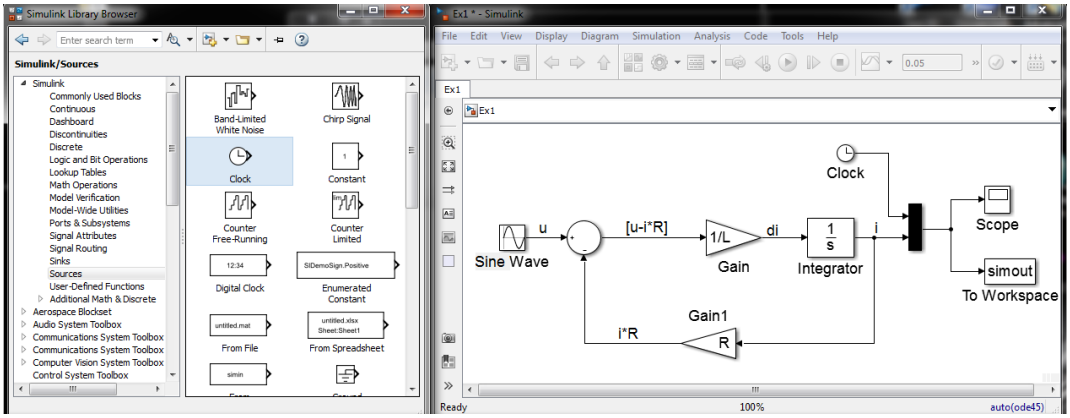
إذا كان المطلوب عرض أكثر من إشارة نستخدم العنصر MUX مازج الإشارة ويمكن التحكم في عدد مداخل هذا العنصر بحسب عدد الإشارات المراد إظهارها وعرضها، يؤخذ العنصر MUX من المكتبة Signal Routing

Simulink> Signal Routing> MUX



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

Simulink> Sources > Clock



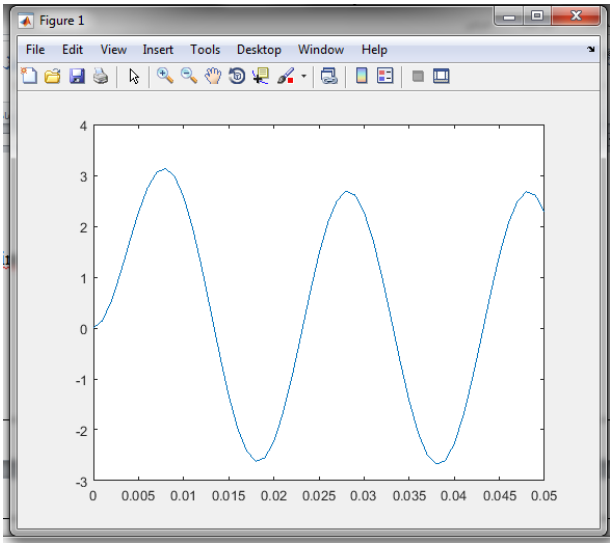
بعد انتهاء المحاكاة نعود إلى نافذة الأوامر command Window، ونكتب الاسم الافتراضي simout وذلك لعرض قيم التيار بدلالة زمن المحاكاة:

```
>> simout   <Enter>
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
>>
```

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))     <Enter>
>>
```



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 :

Simulink> Sinks> Display.