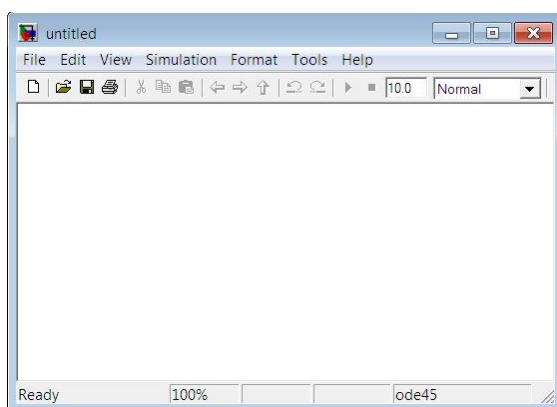


آموزش سیمولینک (قسمت اول)

سیمولینک نرم افزاریه که شما برای شبیه سازی سیستم های دینامیکی، می تونید از اون استفاده کنید این نرم افزار زیرمجموعه نرم افزار متلبه که دارای کتابخانه های زیادی در زمینه رشته های مختلف از جمله برق و مکانیکه. اگه ما نرم افزار متلب رو فصل مشترک رشته های مهندسی در محاسبات عددی بدونیم نرم افزار سیمولینک رو می تونیم فصل مشترک رشته های مهندسی در زمینه نرم افزارهای شبیه ساز قرار بدیم.

برای شروع کار با سیمولیک ابتدا از مسیر **File << New << Model** یک مدل جدید ایجاد کنید. این مدل رو در شکل زیر مشاهده می کنید.



حالا شما باید در این مدل برحسب مساله ای که می خواهید حل کنید عناصر مورد احتیاج رو از کتابخانه سیمولینک به مدل مورد نظر انتقال دهید. برای بازکردن کتابخانه سیمولینک، رو صفحه متلب عبارت **simulink** رو وارد کنید و یا به روی دگمه نشان داده شده در شکل زیر که هم در صفحه اصلی متلب و هم در مدل ایجاد شده قرار دارد کلیک کنید.



همون طور که در کتابخانه سیمونیک مشاهده می کنید کتابخانه های زیادی وجود داره که هرکس بنا به رشته ای که داره با این کتابخانه ها کار می کنه مثلا کسی که مکانیک خونده با قسمت مخابرات اون کاری نداره ولی آنچه که مشترک بین کلیه کاربران هستش یادگیری بلوک های کتابخانه اصلی سیمولیکه که من تا جائیکه بتونم سعی می کنم با مثال های متنوع، بلوک هایی رو که بیشتر به کار میان برای شما شرح بدم.

برای اولین مثال می خواهیم از یک پالس، مشتق و انتگرال گرفته و روی یک اسکوپ به همراه سیگنال اصلی نمایش بدیم بلوک هایی رو که احتیاج داریم عبارتند از: مولد پالس، انتگرالگیر، مشتقگیر، تسهیم کننده و بلوکی بسیار معروف به نام اسکوپ.

این بلوک ها را در مسیرهای زیر می تونید بیابید:

Simulink >> Sources >> Pulse Generator

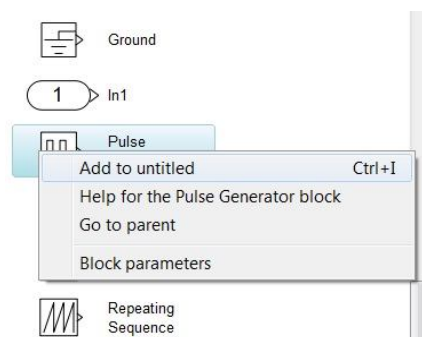
Simulink >> Continuous >> Integrator

Simulink >> Continuous >> Derivative

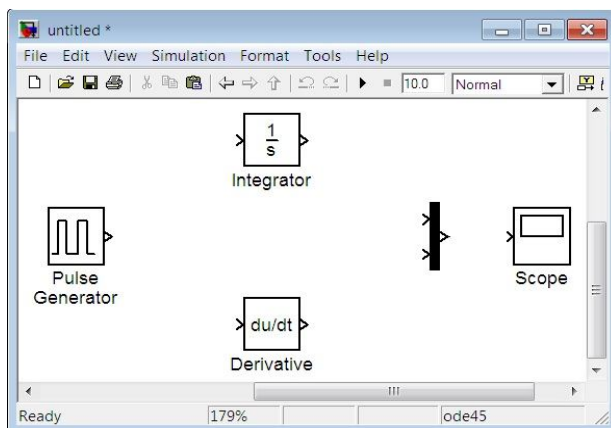
Simulink >> Signal Routing >> Mux

Simulink >> Sinks >> Scope

نحوه آوردن بلوک ها هم بسیار سادس شما می تونید روی بلوک مورد نظر کلیک چپ کرده و بدون رها کردن آن، موس رو به درون مدل مربوطه ببرید و در جائیکه می خواهید بلوک رو قرار دهید، موس رو رها کنید (Drag and Drop) و یا اینکه روی بلوک مورد نظر کلیک راست کرده و گزینه Add to untitled رو انتخاب کنید به صورت زیر:



در واقع **untitled** نام پیش فرض مدل شماسست که می‌تونید اون رو تغییر بدهید، پس از اینکه تمامی بلوک‌ها رو به مدل خودتون اضافه کردید بلوک‌ها رو به صورت زیر دربیارید:



برای مرتب کردن بلوک‌ها، هم با موس می‌تونید جای اون‌ها رو عوض کنید هم با کیبورد به این صورت که بلوک موردنظر رو انتخاب می‌کنید و با کلیدهای جهتی بر روی کیبورد، جای بلوک رو تغییر می‌دید. برای بزرگ کردن اندازه بلوک‌ها از کلید **R** و برای کوچک کردن آنها از کلید **V** استفاده کنید. حالا باید تنظیمات لازم رو بر بلوک‌ها انجام دهیم به روی بلوک مولد پالس دوبار کلیک کنید و مانند شکل زیر تغییرات لازم رو اعمال کنید:

Amplitude:
1
Period (secs):
1.5
Pulse Width (% of period):
50
Phase delay (secs):
0
☒ Interpret vector parameters as 1-D

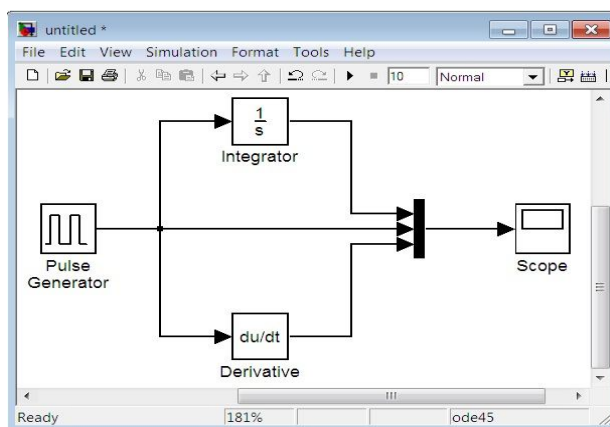
خروجی این بلوک یک پالس با اندازه 1 و دوره تناوب 1.5 ثانیه و بدون تأخیر و با پهنای پالس معادل 50 درصد دامنه هست.

(Duty Cycle =50%)

به روی بلوک تسهیم کننده دوبار کلیک کرده و تعداد ورودی‌های اون رو به 3 تغییر بدید.

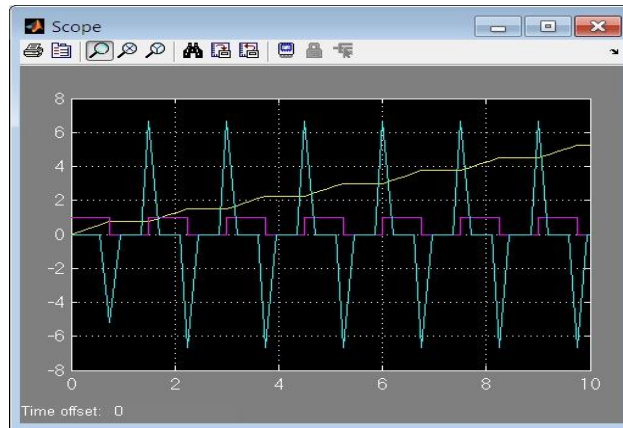
در تنظیمات بلوک‌های انتگرالگیر و مشتقگیر و اسکوپ تغییری ایجاد نکنید.

حال باید بلوک‌ها رو به یکدیگر متصل کنیم برای اینکار ماوس رو به سمت خروجی مولد پالس برده و زمانی که ماوس به شکل + در اومد کلیک چپ رو فشار داده و بدون ول کردن آن به سمت ورودی دومی تسهیم کننده حرکت کنید و زمانی که اشاره‌گر ماوس بصورت یک بعلاوه دوخط درآمد آن را ول کنید تا اتصال ایجاد شود اگر می‌خواهید از یک سیگنال انشعابی بگیرید از کلیک راست ماوس باید استفاده کنید مثلا در مورد اتصال ورودی انتگرالگیر باید ماوس را به سمت سیگنال خروجی مولد پالس برده و با فشردن کلیک راست به سمت ورودی انتگرالگیر حرکت کنید و زمانی که اشاره‌گر ماوس بصورت یک بعلاوه دوخط درآمد آن را ول کنید تا اتصال ایجاد شود باقی اتصالات را دقیقا به همین صورت و مطابق شکل زیر انجام دهید:



حالا مدل شما آماده شده و می‌تونید اون رو اجرا کنید البته قبل از اجرا کردن باید تنظیمات شبیه‌سازی (زمان اجرا، گام حرکت، نوع حلگر و ...) رو انجام بدید که فعلا برای این مثال نیازی نیست پس مدل‌تون رو با فشار دادن دگمه استارت، ران کنید سپس به روی اسکوپ دوبار کلیک کنید شما قاعدتا باید شکل موج‌های زیر رو ببینید:

(یادتان باشد که حتما روی دگمه Autoscale کلیک کنید تا شکل موج‌ها را کامل ببینید)



آموزش سیمولینک (قسمت دوم)

در قسمت اول آموزش با یک مثال بسیار ساده نحوه ایجاد مدل، آوردن قطعات از کتابخانه، اتصال قطعات به یکدیگر و در نهایت شبیه‌سازی مدل مورد نظر بیان شد. اکنون در قسمت دوم با ذکر چند مثال کاربردی، آموزش Simulink رو ادامه می‌دهیم. در این قسمت فرض بر آن است که دوستان یا قسمت اول آموزش را خوانده‌اند و یا اینکه اطلاعات اولیه را دارند پس از ذکر جزئیات صرفه می‌کنیم.

مثال اول را می‌خواهیم با رسم نمودار یک تابع آغاز کنیم ضابطه این تابع به صورت زیر است:

$$y = 2x^3 - x^2 + 3x - 1$$

ابتدا یک پنجره جدید را باز کرده و بلوک‌های مورد نیاز را از مسیرهای زیر وارد می‌کنید:

Simulink >> Sources >> Clock

Simulink >> Sources >> Constant

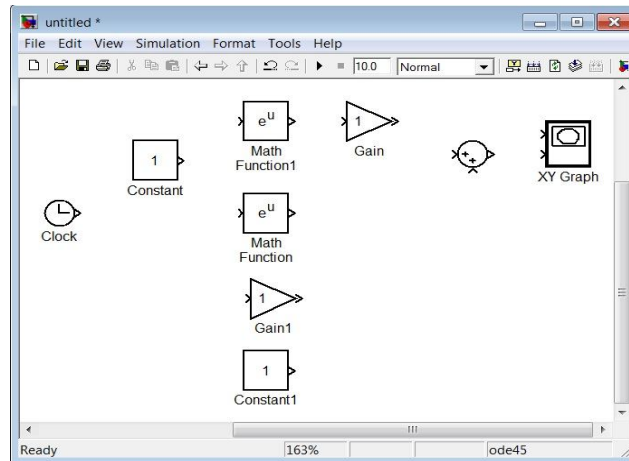
Simulink >> Math Operations >> Sum

Simulink >> Math Operations >> Gain

Simulink >> Math Operations >> Math Function

Simulink >> Sinks >> XY Graph

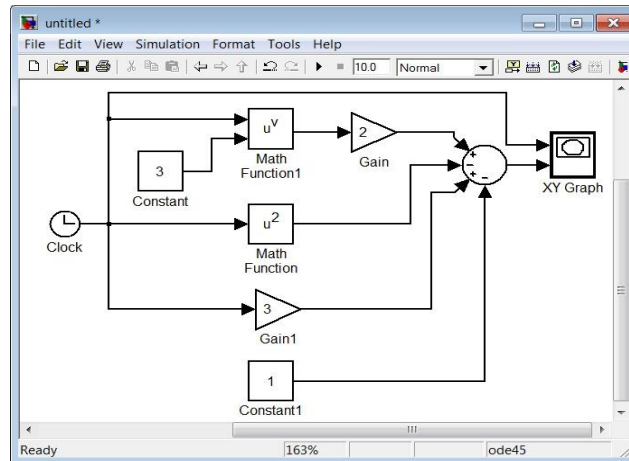
بلوک‌های خواسته شده را به تعدادی که در شکل زیر مشاهده می‌کنید آورده و مانند شکل آنها را مرتب کنید:



حالا تنظیمات زیر را انجام دهید:

- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 3 قرار دهید
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 2 قرار دهید
- روی بلوک Gain1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 3 قرار دهید
- روی بلوک Math Function دوبار کلیک نموده و در پنجره تنظیمات باز شده نوع تابع را square انتخاب کنید
- روی بلوک Math Function1 دوبار کلیک نموده و در پنجره تنظیمات باز شده نوع تابع را pow انتخاب کنید
- روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت‌های + - + - را وارد کنید
- روی بلوک XY Graph دوبار کلیک نموده و حد پائین x را -5 و حد بالای آن را 5 و حد پائین y را -150 و حد بالای آن را 150 قرار دهید

اکنون بقیه بلوک‌ها را مانند شکل زیر به یکدیگر وصل کنید:

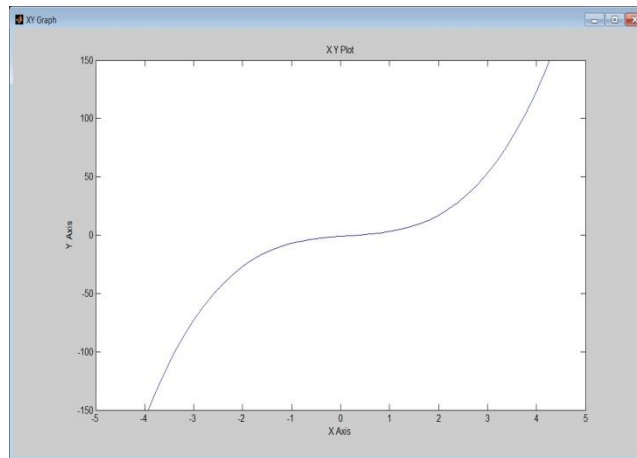


این کلاکی که می‌بینید در واقع همان زمان شبیه‌سازی شماست که اینجا نقش متغیر X را بازی می‌کند و از این جهت است که به اولین ورودی بلوک **XY Graph** (محور افقی صفحه مختصات) وصل شده است خروجی جمع‌کننده نیز برابر با متغیر y است که به دومین ورودی بلوک **XY Graph** (محور عمودی صفحه مختصات) وصل شده است نقش باقی بلوک‌ها را اگر به صورت معادله توجه کنید خواهید فهمید.

احتمالا می‌دانید که زمان شبیه‌سازی سیمولینک از صفر تا ده ثانیه (بطور پیش فرض) می‌باشد پس اگر ما بخواهیم تابع را در بازه $[-5, 5]$ رسم کنیم، باید بازه زمانی شبیه‌سازی را تغییر دهیم. برای این منظور از مسیر **Configuration Parameters << Simulation...** وارد تنظیمات مدل خود می‌شوید حالا مانند شکل زیر، زمان شروع و پایان شبیه‌سازی را وارد کنید:

Simulation time	
Start time: -5	Stop time: 5
Solver options	
Type: Variable-step	Solver: ode45 (Dormand-Prince)
Max step size: auto	Relative tolerance: 1e-3
Min step size: auto	Absolute tolerance: auto
Initial step size: auto	Shape preservation: Disable all

اکنون مدل شما آماده شده و می‌توانید آن را Run کنید پس از اجراکردن بطور خودکار نمودار نمایش داده می‌شود:



برای مثال دوم می‌خواهیم یک معادله غیرخطی را حل کنیم صورت معادله به شرح زیر است:

$$y = -x^3 - \sin(2x) - x \cos(x) + 5e^{|x-1|} - 3$$

بلوک‌های مورد نیاز برای حل این معادله را از مسیرهای زیر وارد یک مدل جدید کنید:

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Sinks >> Display

Simulink >> Math Operations >> Sum

Simulink >> Math Operations >> Gain

Simulink >> Math Operations >> Math Function

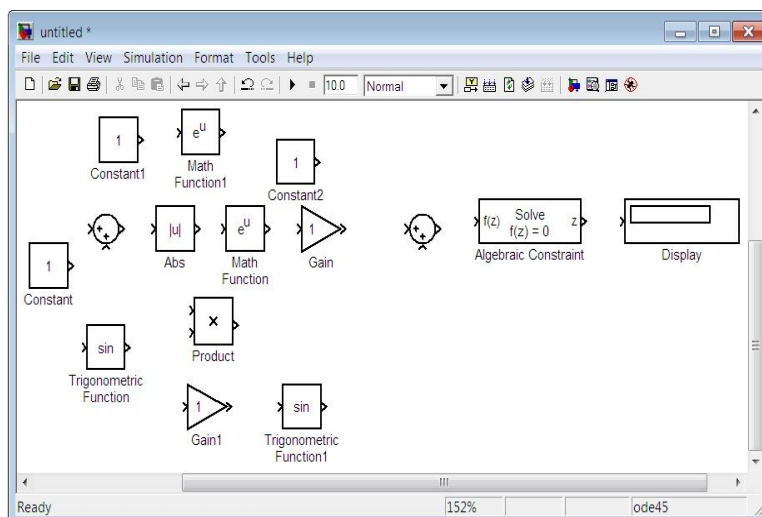
Simulink >> Math Operations >> Algebraic Constraint

Simulink >> Math Operations >> Trigonometric Function

Simulink >> Math Operations >> Product

Simulink >> Math Operations >> Abs

بلوک‌های خواسته شده را به تعدادی که در شکل زیر مشاهده می‌کنید آورده و مانند شکل آنها را مرتب کنید:



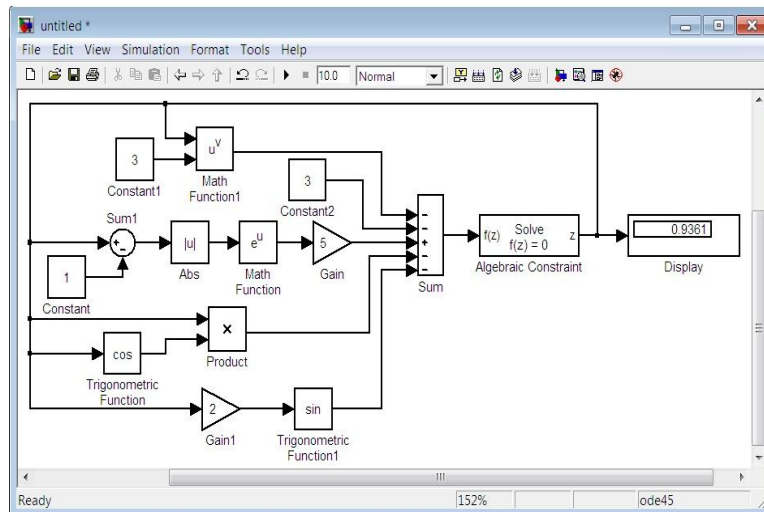
تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 3 قرار دهید
- روی بلوک Constant2 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 3 قرار دهید
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 5 قرار دهید
- روی بلوک Gain1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 2 قرار دهید
- روی بلوک Math Function1 دوبار کلیک نموده و در پنجره تنظیمات باز شده نوع تابع را pow انتخاب کنید
- روی بلوک Trigonometric Function دوبار کلیک نموده و در پنجره تنظیمات باز شده نوع تابع را cos انتخاب کنید
- روی بلوک Sum (توجه کنید که نام بلوک Sum بطور پیش فرض مخفی است و شما می‌توانید روی بلوک راست کلیک کرده و از مسیر Format << Show Name نام بلوک را آشکار کنید) دوبار

کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های --+-- را وارد کنید و در قسمت Icon shape نوع نمایش را rectangular برگزینید

• روی بلوک Sum1 دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های +- را وارد کنید

حالا مانند شکل زیر بلوک ها را به یکدیگر متصل کرده و Run کنید:



توجه کنید که ورودی بلوک Algebraic Constraint تابع و خروجی آن مقداری است که به ازای آن تابع ورودی صفر خواهد شد و به همین دلیل است که از خروجی این بلوک برای تغذیه آرگومان های تابع ورودی استفاده شده است.

برای مثال آخر در قسمت دوم آموزش می خواهیم دستگاه معادلات زیر را حل کنیم:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 3 \\ -7x_1 + 5x_2 + x_3 = 2 \\ -3x_1 + 4x_2 + 4x_3 = 1 \end{cases}$$

بلوک های مورد نیاز:

Simulink >> Sources >> Constant

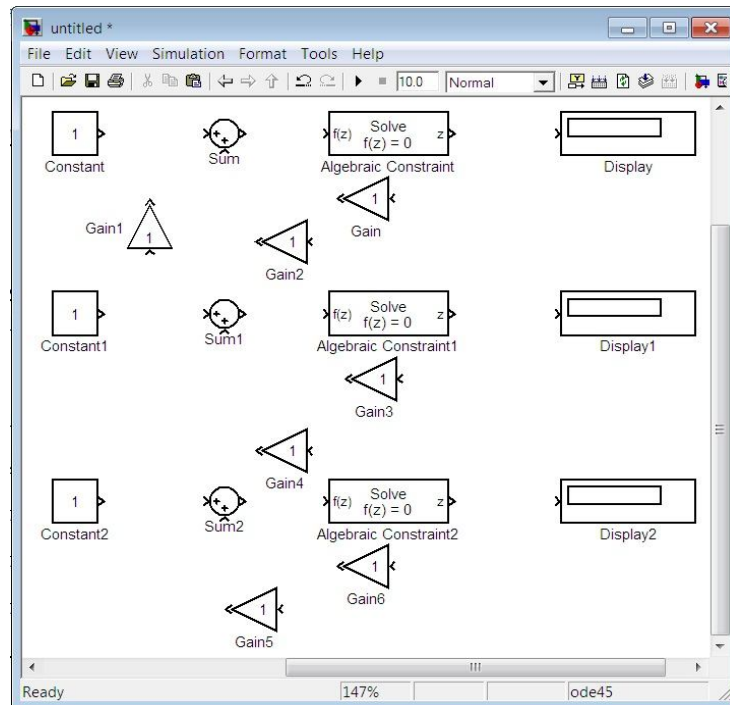
Simulink >> Sinks >> Display

Simulink >> Math Operations >> Sum

Simulink >> Math Operations >> Gain

Simulink >> Math Operations >> Algebraic Constraint

بلوک‌های خواسته شده را به تعدادی که در شکل زیر مشاهده می‌کنید آورده و مانند شکل آنها را مرتب کنید:

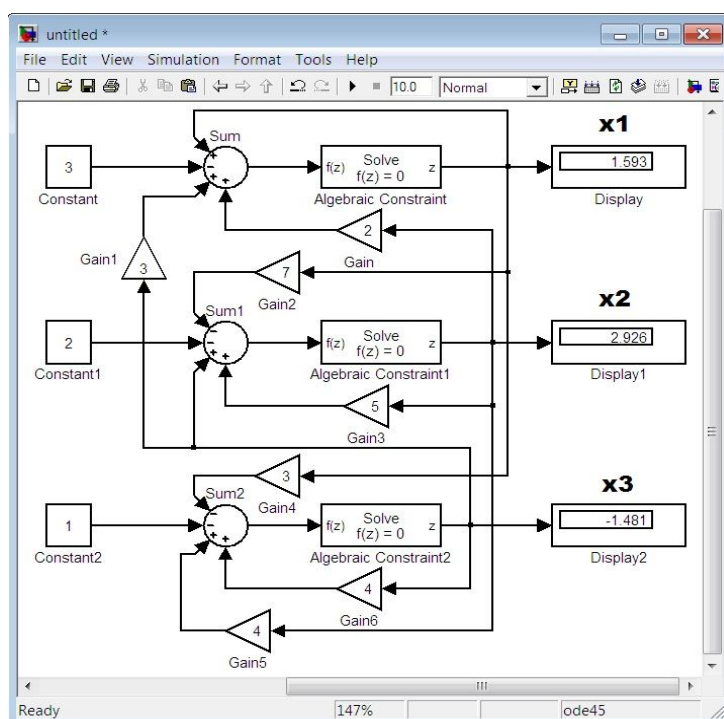


نکته: بلوک‌ها را می‌توانید به وسیله فشردن کلیدهای **Ctrl+R** بچرخانید.

تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک **Constant** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **3** قرار دهید
- روی بلوک **Constant1** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **2** قرار دهید
- روی بلوک **Gain** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **2** قرار دهید
- روی بلوک **Gain1** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **3** قرار دهید
- روی بلوک **Gain2** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **7** قرار دهید
- روی بلوک **Gain3** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **5** قرار دهید
- روی بلوک **Gain4** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **3** قرار دهید

- روی بلوک Gain5 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 4 قرار دهید
 - روی بلوک Gain6 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 4 قرار دهید
 - روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های ++- را وارد کنید
 - روی بلوک Sum1 دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های ++- را وارد کنید
 - روی بلوک Sum2 دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های ++- را وارد کنید
 - اگر می‌خواهید خروجی را با دقت بالاتری ببینید، روی بلوک‌های Display Display دوبار کلیک کرده و فرمت نمایش آنها را long انتخاب کنید
- حالا می‌توانید مدلتان را Run کرده و جواب دستگاه معادلات مربوطه را مشاهده کنید:

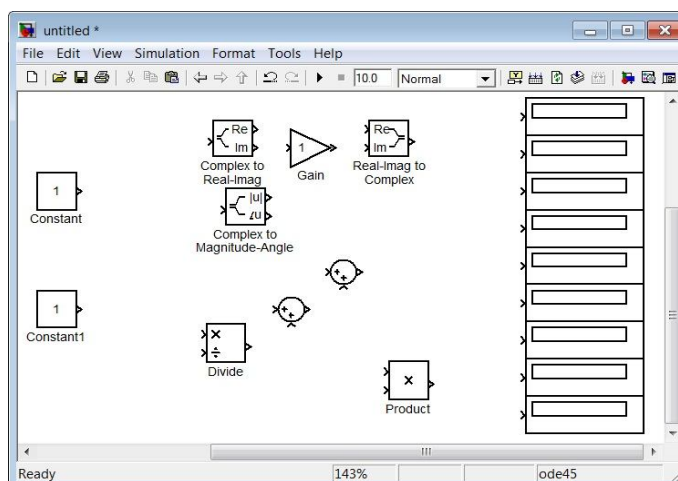


آموزش سیمولینک (قسمت سوم)

قسمت سوم آموزش رو با مثالی از اعداد مختلط شروع می‌کنیم می‌خواهیم سیستمی طراحی کنیم که دو عدد مختلط را گرفته و چهار عمل اصلی ریاضی (جمع، تفریق، ضرب، تقسیم) را روی آن دو انجام دهد و همچنین قسمت حقیقی، قسمت موهومی، اندازه، فاز و مزدوج یکی از آن دو عدد را محاسبه کند توجه داشته باشید که هدف از این مثال یادگیری کار با اعداد مختلط و نحوه ایجاد زیر سیستم است.

طبق معمول ابتدا یک پنجره جدید باز کرده و بلوک‌های مورد نیاز را از مسیرهای زیر وارد می‌کنید:

Simulink >> Sources >> Constant
 Simulink >> Sinks >> Display
 Simulink >> Math Operations >> Sum
 Simulink >> Math Operations >> Gain
 Simulink >> Math Operations >> Product
 Simulink >> Math Operations >> Divide
 Simulink >> Math Operations >> Complex to Real-Imag
 Simulink >> Math Operations >> Real-Imag to Complex
 Simulink >> Math Operations >> Complex to Magnitude-Angle
 بلوک‌ها را مانند شکل زیر مرتب کنید:



تنظیمات بلوک‌ها:

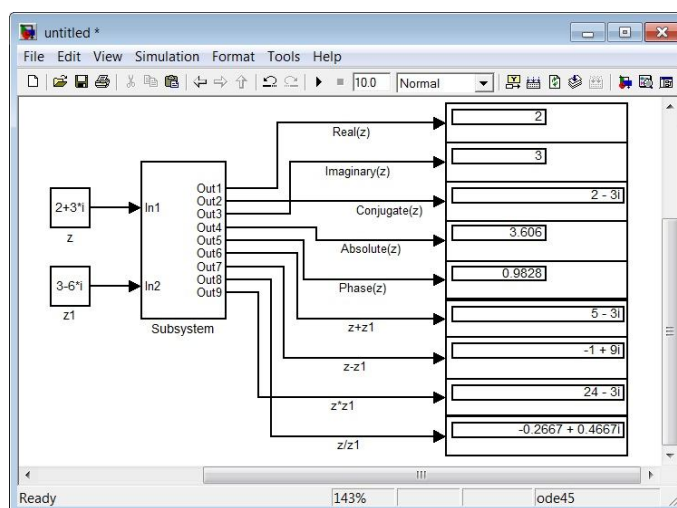
- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را $i3+2$ و نام آن را Z قرار دهید
- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را $i6-3$ و نام آن را z1 قرار دهید
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را -1 قرار دهید
- روی بلوک Sum1 دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت‌های + و - را وارد کنید
- روی بلوک‌های Display کلیک راست نموده و از مسیر Format << Hide Name نام بلوک‌ها را پنهان کنید

حالا مانند شکل بلوک‌ها را به یکدیگر متصل کنید:

سپس تمامی بلوک‌ها به جزء بلوک‌های Constant و Display را انتخاب و کلیک راست کنید و از منوی باز شده Create Subsystem را انتخاب کنید حالا مدلتان احتمالا کمی بهم‌ریخته شده است کمی آن را مرتب کنید و بلوک Subsystem را از دو طرف بکشید تا بزرگتر شود برخی از بلوک‌های Display نیز احتیاج به بزرگتر شدن دارند که این را بعد از شبیه‌سازی خواهید فهمید.

نکته: شما می‌توانید با دوبار کلیک کردن در هر جایی از مدلتان، متنی دلخواه وارد کنید مثلا کنار هر کدام از بلوک‌های Display بنویسید که چه عددی را قرار است نشان دهند ضمنا می‌توانید با دوبار کلیک کردن به روی هر سیگنالی، آن را نام‌گذاری کنید.

اکنون سیستم شما آماده شده و می‌توانید آن را Run کنید:



در این مثال با نحوه‌ی ایجاد زیرسیستم آشنا شدید شما می‌توانید زیر سیستم‌های مختلفی در یک مدل(حتی زیرسیستم‌های تودرتو) ایجاد کنید زیرسیستم‌ها را معمولا برای مدل‌های پیچیده و شلوغ به کار می‌برند و با دوبار کلیک کردن به روی هر کدام از آنها، محتویات آن مشاهده خواهد شد.

در مثال بعدی می‌خواهیم پاسخ پله و پاسخ ضربه یک سیستم کنترلی را مشاهده کنیم تابع تبدیل سیستم به شرح زیر است:

$$G(s) = \frac{1}{2s^3 + 3s^2 + s + 1}$$

این سیستم درجه 3 است و اگر پاسخ پله آن را رسم کنیم خواهیم دید که پاسخ زیرمیرا (سینوسی میراشونده) می باشد ضمناً می خواهیم خروجی را در دو حالت (پاسخ پله و ضربه) به فضای کاری MATLAB انتقال دهیم. بلوک های مورد نیاز:

Simulink >> Sources >> Step

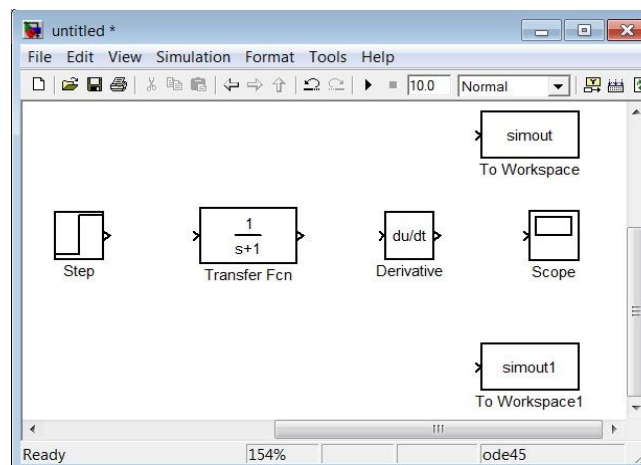
Simulink >> Sinks >> Scope

Simulink >> Sinks >> To Workspace

Simulink >> Continuous >> Derivative

Simulink >> Continuous >> Transfer Fcn

بلوک ها را مانند شکل زیر مرتب کنید:



تنظیمات بلوک‌ها:

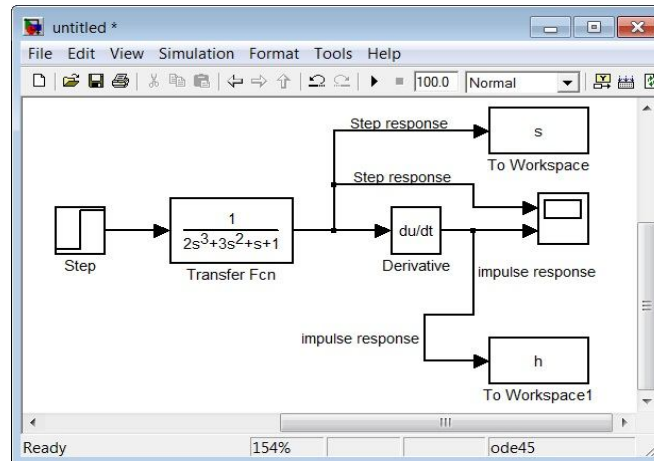
- روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار Step time را 0 قرار دهید
- روی بلوک Transfer Fcn دوبار کلیک نموده و مقدار Denominator coefficients را [1 1 2 3] قرار دهید
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر 2 قرار دهید
- روی بلوک To Workspace دوبار کلیک نموده و در قسمت Variable name عبارت s را وارد کرده و در قسمت Save format حالت Array را انتخاب کنید
- روی بلوک To Workspace1 دوبار کلیک نموده و در قسمت Variable name عبارت h را وارد کرده و در قسمت Save format حالت Array را انتخاب کنید

تنظیمات مدل:

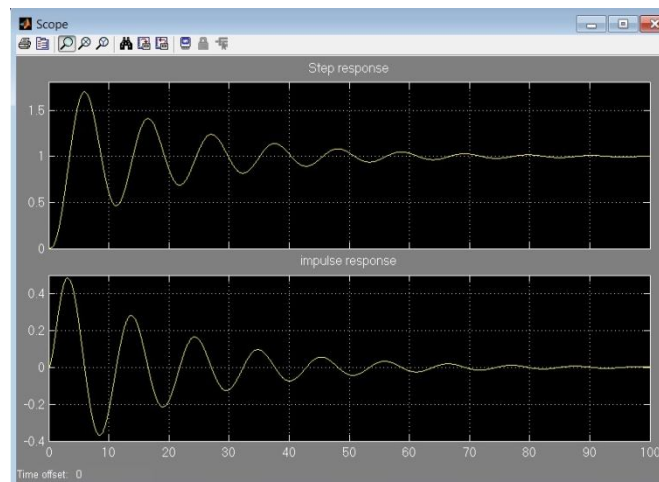
با فشردن کلید Ctrl+E به صفحه تنظیمات رفته و مانند شکل زیر عمل کنید:

Simulation time			
Start time: 0.0		Stop time: 100.0	
Solver options			
Type:	Variable-step	Solver:	ode45 (Dormand-Prince)
Max step size:	0.02	Relative tolerance:	1e-3
Min step size:	auto	Absolute tolerance:	auto
Initial step size:	auto	Shape preservation:	Disable all

اتصالات را به صورت زیر انجام دهید:

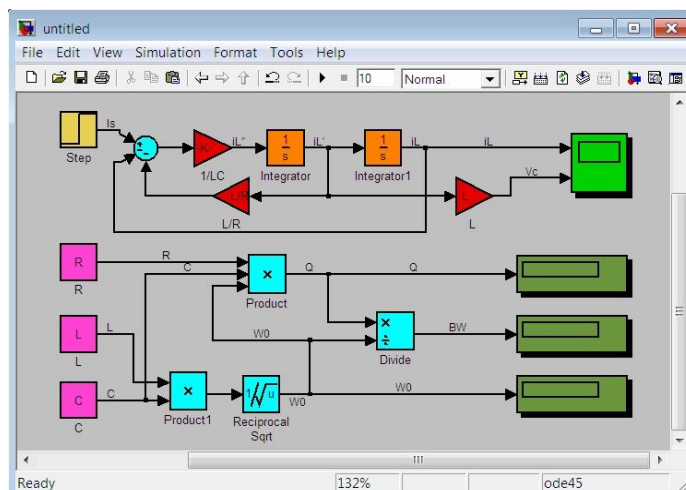


حالا Run کنید:



یادتان باشد که حتما روی دگمه Autoscale کلیک کنید تا شکل موج‌ها را کامل ببینید.

در مثال بعد می‌خواهیم با نحوه‌ی ماسک کردن آشنا شویم برای این منظور سیستمی طراحی می‌کنیم که با گرفتن پارامترهای یک مدار RLC موازی، شکل موج جریان سلف و ولتاژ خازن را نشان داده و همچنین فرکانس تشدید، ضریب کیفیت و پهنای باند مدار را محاسبه و نمایش دهد. مدلی مانند آنچه که در شکل زیر مشاهده می‌کنید، ایجاد کنید:



نکته: رنگ بلوک‌ها را می‌توانید با راست کلیک کردن به روی آن‌ها و از مسیر Background Color و رنگ پس‌زمینه را با راست کلیک کردن به روی صفحه مدل و از مسیر Screen Color تغییر دهید. تمامی بلوک‌ها قبلا گفته شده که در کجا قرار دارند بجزء بلوک Reciprocal Sqrt که آن‌هم در کتابخانه Math Operations قرار دارد.

توجه: بلوک‌های به رنگ قرمز، Gain و بلوک‌های به رنگ صورتی، Constant هستند.

تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک R دوبار کلیک نموده و مقدار آن را R قرار دهید
- روی بلوک‌های L دوبار کلیک نموده و مقدار آن‌ها را L قرار دهید
- روی بلوک C دوبار کلیک نموده و مقدار آن را C قرار دهید
- روی بلوک L/R دوبار کلیک نموده و مقدار آن را L/R قرار دهید
- روی بلوک LC\1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را LC\1 قرار دهید

- بلوک Sum هم مشخص است که چه تنظیماتی دارد
- روی بلوک Product دوبار کلیک نموده و تعداد ورودی‌های آن را 3 قرار دهید
- روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار Step time را D و مقدار Final value را A قرار دهید
- روی بلوک Scope و بلوک‌های Display کلیک راست نموده و از مسیر **Format << Hide** نام بلوک‌ها را پنهان کنید
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر 2 قرار دهید

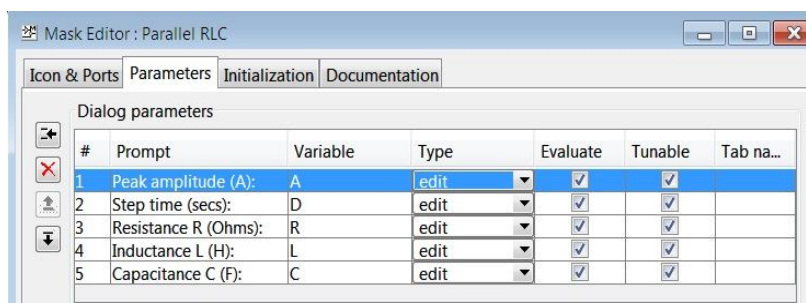
حالا تمامی بلوک‌ها را بجزء بلوک Scope و بلوک‌های Display انتخاب و کلیک راست کنید و از منوی باز شده **Create Subsystem** را انتخاب کنید پس اندکی مرتب کردن مدل، روی بلوک Subsystem کلیک راست کرده و گزینه **Mask Subsystem...** را انتخاب کنید حالا همان‌طور که می‌بینید پنجره Mask Editor به نمایش درآمده است.

تنظیمات Mask Editor:

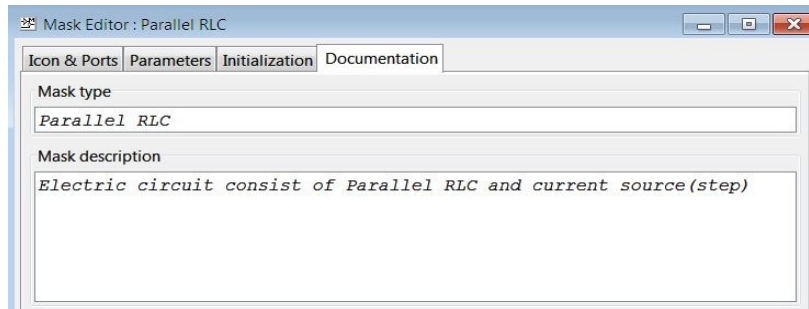
ابتدا به تب Ports & Icon بروید و Command را در حالت image قرار داده و در قسمت Icon Drawing commands کد زیر را وارد کنید:

```
(('image(imread('RLC.jpg
```

«RLC.jpg» عکسی است که من می‌خواهم پس‌زمینه‌ی مدل قرار بدم توجه کنید که این عکس باید در مسیر متلب باشد تا آپلود شود بعد از وارد کردن کد، Apply کرده و به تب Parameters بروید و مانند شکل زیر عمل کنید:

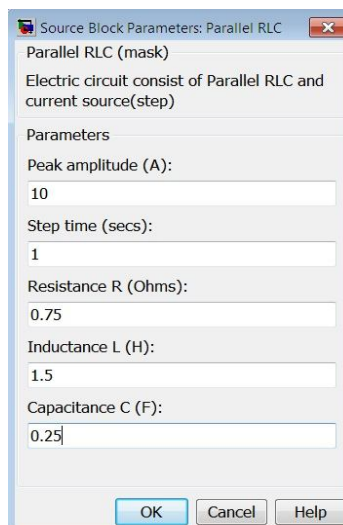


Apply کرده و به تب Documentation بروید و مانند شکل زیر عمل کنید:

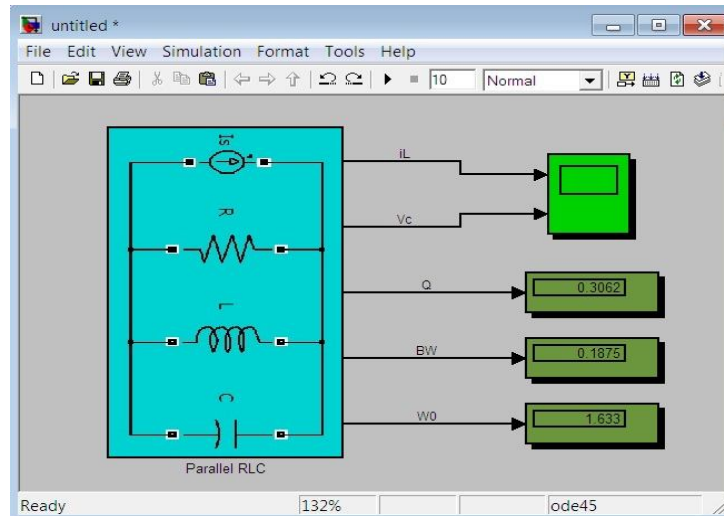


حالا دیگر OK کنید.

حالا اگر روی بلوک دوبار کلیک کنید، دیالوگی برای شما باز می شود تا پارامترهای مدار را وارد کنید. مانند شکل زیر عمل کنید:



سپس Run کنید:



برای دیدن شکل موج‌ها به روی اسکوپ دوبار کلیک کرده و دگمه Autoscale را بفشارید:



قسمت چهارم

در این قسمت از آموزش سیمولینک، ابتدا با نحوه‌ی درون‌یابی و برون‌یابی (Interpolation-Extrapolation) در محیط Simulink آشنا می‌شویم. فرض کنید در آزمایشگاه، سیستمی (سیستمی)

الکتریکی، مکانیکی و یا هر سیستم دیگری) با یک ورودی را مورد آزمایش قرار داده‌اید و با دادن ورودی‌های مختلف، خروجی‌های متناظر را بدست آورده‌اید بصورت زیر:

$$X = [1, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9]$$
$$y = [2.434, 2.667, 2.738, 2.956, 2.904, 2.819, 2.708]$$

حال می‌خواهید منحنی تغییرات این سیستم را به ازای بازه‌ای پیوسته از ورودی، با کمک درونیابی و برون‌یابی بدست آورید، بصورت زیر عمل کنید:

بلوک‌های مورد نیاز:

Simulink >> Sources >> Clock

Simulink >> Lookup Tables >> Lookup Table

Simulink >> Sinks >> Scope

تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Lookup Table دوبار کلیک کرده و در قسمت Vector of input values بردار x و در قسمت Table data بردار y را قرار داده و OK کنید. حال باید نمودار داده‌ها را روی بلوک مشاهده کنید

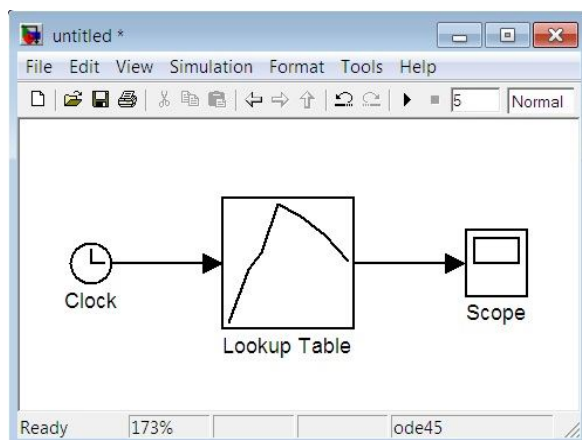
تنظیمات مدل:

با فشردن کلید Ctrl+E به صفحه تنظیمات مدل رفته و مانند شکل زیر عمل کنید:

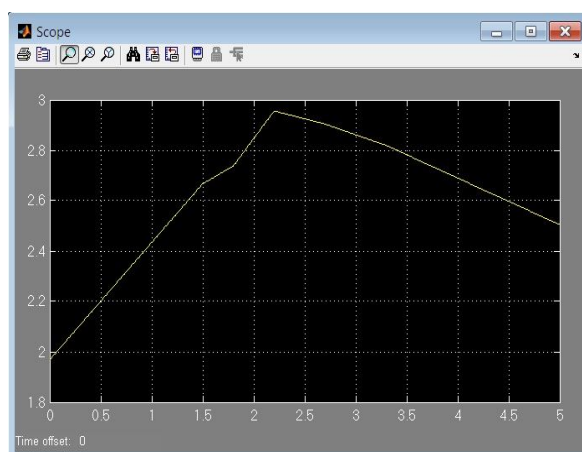
Simulation time			
Start time:	0	Stop time:	5
Solver options			
Type:	Variable-step	Solver:	ode45 (Dormand-Prince)
Max step size:	0.01	Relative tolerance:	1e-3
Min step size:	auto	Absolute tolerance:	auto
Initial step size:	auto	Shape preservation:	Disable all

در نحوه‌ی تنظیمات، احتمالا متوجه شده‌اید که می‌خواهیم منحنی را در بازه [0 5] رسم کنیم و برای افزایش تعداد نقاط منحنی، از حداکثر گام 0.01 استفاده کرده‌ایم.

حالا مانند شکل بلوک‌ها را به یکدیگر متصل کرده و Run کنید:



خروجی به صورت زیر است:



اگر سیستم شما دو ورودی داشته باشد، از بلوک **Lookup Table (2-D)** و در صورت داشتن بیش از دو ورودی، می‌توانید از بلوکی به‌نام **Lookup Table (n-D)** استفاده کنید. همچنین برای ویرایش نمودن، تغییر نوع و رسم نمودار داده‌ها، می‌توانید با کلیک کردن به روی **Edit** در پنجره‌ی تنظیمات این بلوک‌ها، به پنجره‌ی **Lookup Table Editor** وارد شوید.

در بخش بعدی می‌خواهیم تعداد پیک‌های مثبت و منفی یک موج سینوسی را شمارش کرده و نمایش دهیم. البته شاید این مثال، اصلا کاربردی نباشد ولی نکات موجود در آن و نیز بلوک‌های معرفی شده، قطعا در مثال‌های کاربردی، به کار می‌آید.

بلوک‌های مورد نیاز:

Simulink >> Sources >> Clock

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Sources >> Sine Wave

Simulink >> Math Operations >> Gain

Simulink >> Math Operations >> Product

Simulink >> Continuous >> Derivative

Simulink >> Math Operations >> Math Function

Simulink >> Signal Routing >> Mux

Simulink >> Signal Attributes >> Data Type Conversion

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Relational Operator

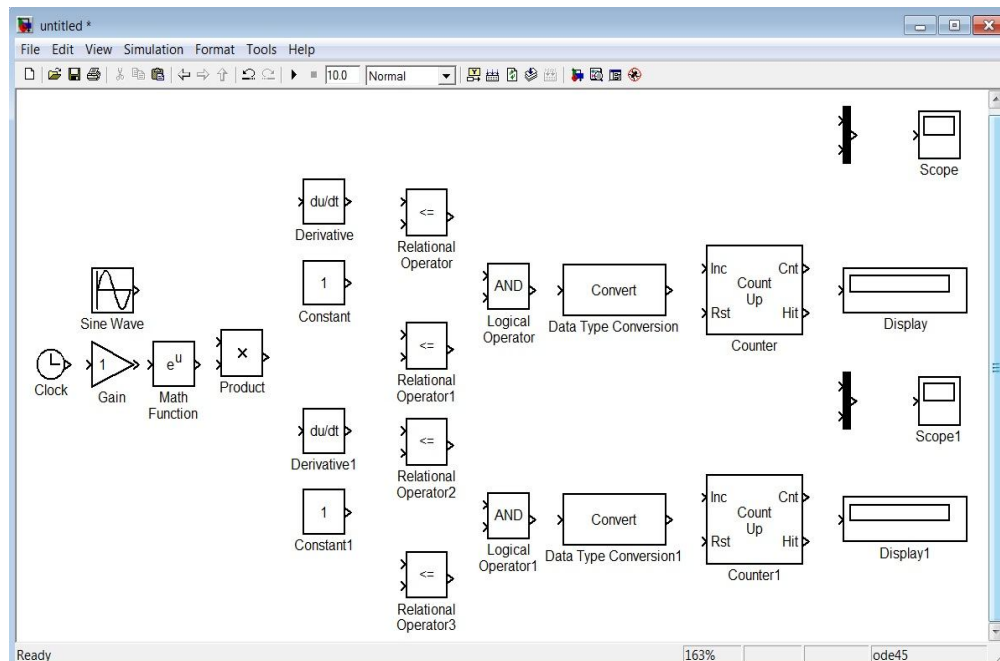
Simulink >> Logic and Bit Operations >> Logical Operator

Signal Processing Blockset >> Signal Management >> Switches and
Counters >> Counter

Simulink >> Sinks >> Display

Simulink >> Sinks >> Scope

بصورت زیر بلوک‌ها را مرتب کنید:



تنظیمات بلوک‌ها:

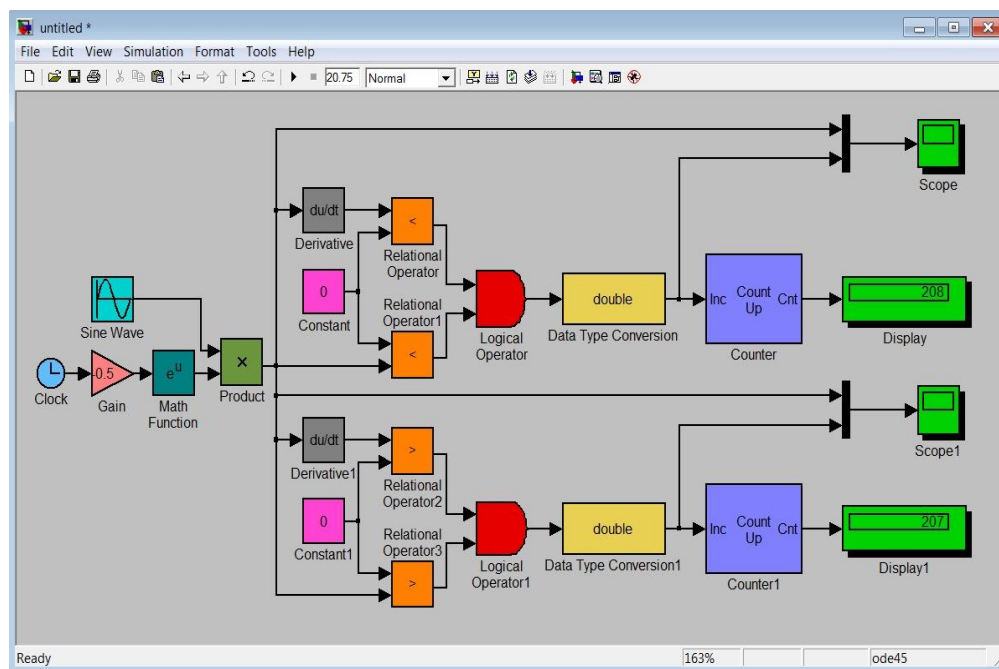
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 0.5- قرار دهید
- روی بلوک Sine Wave دوبار کلیک نموده و مقدار فرکانس آن را $20 \times \pi$ قرار دهید
- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 0 قرار دهید
- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 0 قرار دهید
- روی بلوک Relational Operator دوبار کلیک نموده و در قسمت Relational operator عملگر > را انتخاب کنید
- روی بلوک Relational Operator1 دوبار کلیک نموده و در قسمت Relational operator عملگر > را انتخاب کنید
- روی بلوک Relational Operator2 دوبار کلیک نموده و در قسمت Relational operator عملگر < را انتخاب کنید
- روی بلوک Relational Operator3 دوبار کلیک نموده و در قسمت Relational operator عملگر < را انتخاب کنید
- روی بلوک Logical Operator دوبار کلیک نموده و در قسمت Icon shape نوع نمایش را distinctive انتخاب کنید
- روی بلوک Logical Operator1 دوبار کلیک نموده و در قسمت Icon shape نوع نمایش را distinctive انتخاب کنید
- روی بلوک Data Type Conversion دوبار کلیک نموده و در قسمت Output data type نوع داده‌ی خروجی را double انتخاب کنید
- روی بلوک Data Type Conversion1 دوبار کلیک نموده و در قسمت Output data type نوع داده‌ی خروجی را double انتخاب کنید
- روی بلوک Counter دوبار کلیک نموده و در قسمت Maximum count عدد 1001e و در قسمت Output حالت Count و Reset input را غیرفعال کنید
- روی بلوک Counter1 دوبار کلیک نموده و در قسمت Maximum count عدد 1001e و در قسمت Output حالت Count و Reset input را غیرفعال کنید

تنظیمات مدل:

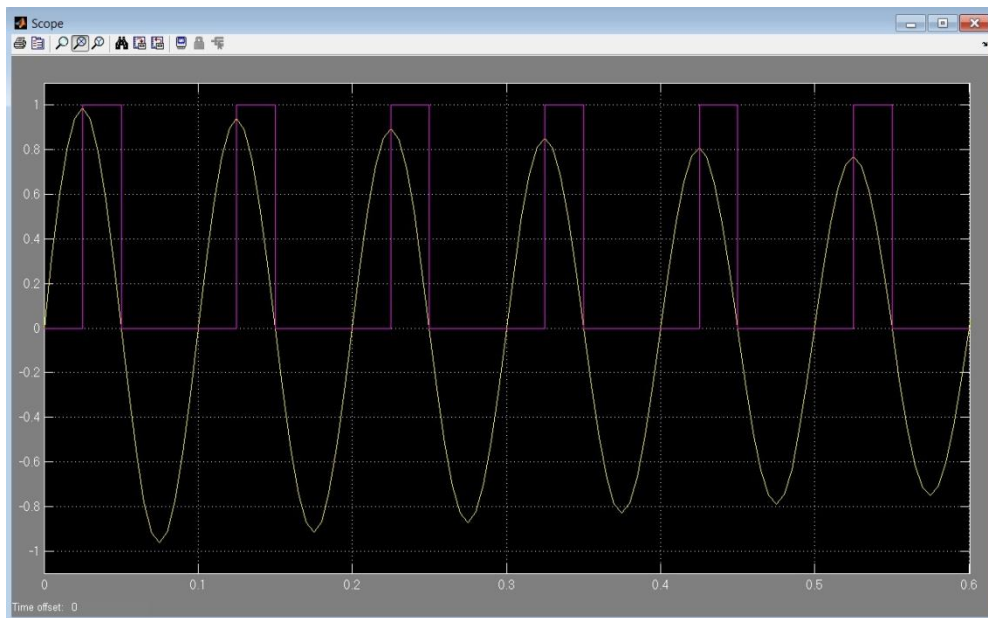
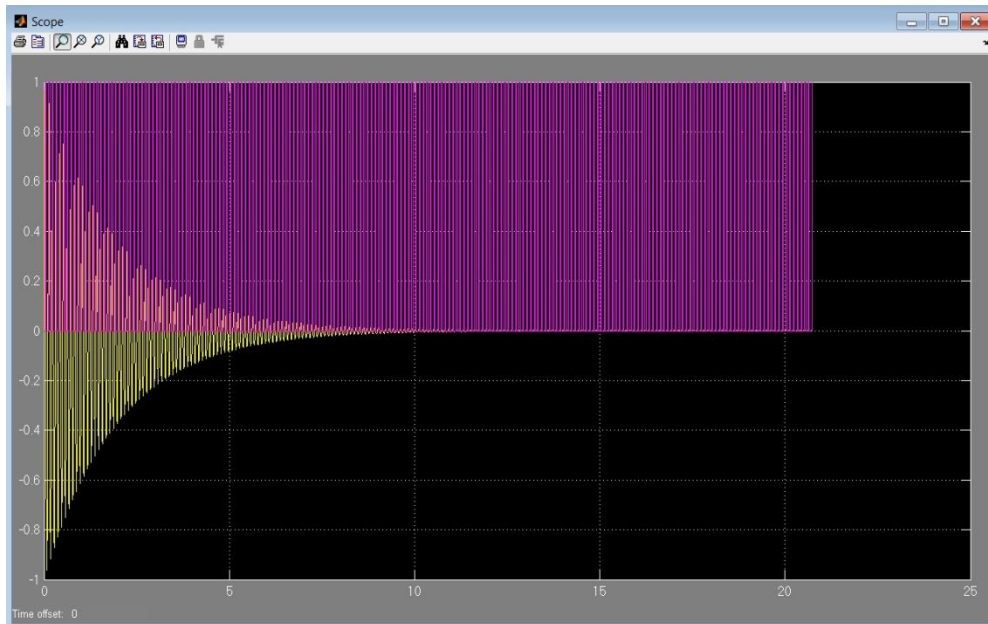
با فشردن کلید Ctrl+E به صفحه تنظیمات مدل رفته و مانند شکل زیر عمل کنید:

Simulation time	
Start time: 0.0	Stop time: 20.75
Solver options	
Type: Variable-step	Solver: ode45 (Dormand-Prince)
Max step size: 0.00001	Relative tolerance: 1e-3
Min step size: auto	Absolute tolerance: auto
Initial step size: auto	Shape preservation: Disable all

سپس بلوک‌ها را مانند شکل زیر به یکدیگر متصل کرده و Run کنید:



در شکل زیر همان‌طور که مشاهده می‌کنید نمودار زرد رنگ، تابع ورودی و نمودار صورتی رنگ، آشکارساز پیک مثبت می‌باشد.



توضیح مدل:

در طراحی این مدل، از این نکته استفاده شده است که مشتق تابع سینوسی در پیک آن برابر صفر است. در نتیجه می‌توان بوسیله‌ی عملگرهای رابطه‌ای و منطقی، یک آشکارساز پیک طراحی کرده و سپس بوسیله‌ی یک شمارنده، تعداد پیک‌ها را شمارش کرد.

توجه: در صورتی که بخواهید فرکانس موج ورودی را تا حد زیادی (مثلا 1GHz) افزایش دهید، حتما باید حداکثر گام حرکت را کاهش دهید که در غیر این صورت جواب نادرست خواهید گرفت. (چرا؟)

در مثال بعد می‌خواهیم یک مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) بسیار ساده طراحی کنیم. همان‌طور که احتمالا می‌دانید، یکی از پارامترهای مهم در یک ADC، تعداد بیت‌های آن است که در واقع مشخص کننده‌ی قدرت تفکیک‌پذیری آن می‌باشد. بطور مثال یک ADC هشت بیت، می‌تواند 256 حالت مختلف را ایجاد کند. حال فرض کنید که ما می‌خواهیم یک مبدل چهار بیت طراحی کنیم (این مبدل 16 حالت مختلف را ایجاد می‌کند). برای شروع کار ابتدا بلوک‌های زیر را در یک مدل قرار دهید:

Simulink >> Sinks >> Scope

Simulink >> Sinks >> Display

Simulink >> Math Operations >> Sum

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Relational Operator

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Logical Operator

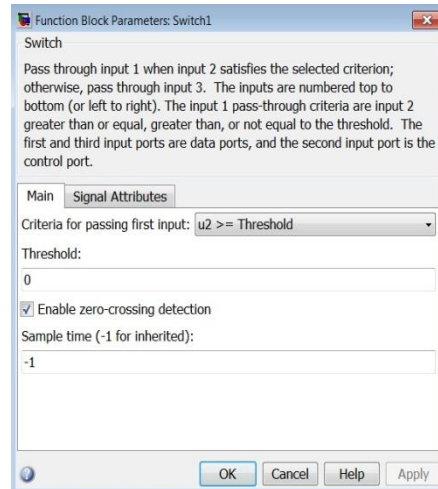
Simulink >> Sources >> Ground

Simulink >> Sources >> Constant

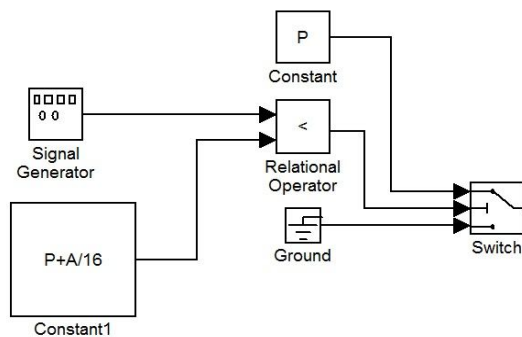
Simulink >> Sources >> Signal Generator

Simulink >> Signal Routing >> Switch

ابتدا باید سیگنال ورودی را به 16 قسمت مساوی تقسیم کنیم در نتیجه به بعضی از پارامترهای سیگنال ورودی احتیاج داریم (البته شاید بتوان به روش‌هایی این پارامترها را محاسبه کرد ولی در این مثال هدف چیز دیگری است). مثلا فرض کنید که دامنه پیک تا پیک و همچنین مینیمم سیگنال را داریم حالا باید از مقدار مینیمم شروع کرده و به نسبت $A/15$ به مقدار مینیمم اضافه کرده تا به مقدار ماکزیمم سیگنال برسیم این مقادیر را بصورت پارامتری، درون 16 عدد بلوک Constant قرار می‌دهیم سپس سیگنال ورودی را به 17 قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم تا بتوانیم از عملگرهای مقایسه‌ای استفاده کنیم (برای تشخیص لحظه‌ای دامنه سیگنال ورودی) پس از آن از مقدار مینیمم شروع کرده و به نسبت $A/16$ به مقدار مینیمم اضافه کرده تا به مقدار ماکزیمم سیگنال برسیم این مقادیر را بصورت پارامتری، درون 17 عدد بلوک Constant قرار می‌دهیم. تنظیمات تمام بلوک‌های سوئیچ را بصورت زیر قرار می‌دهیم:

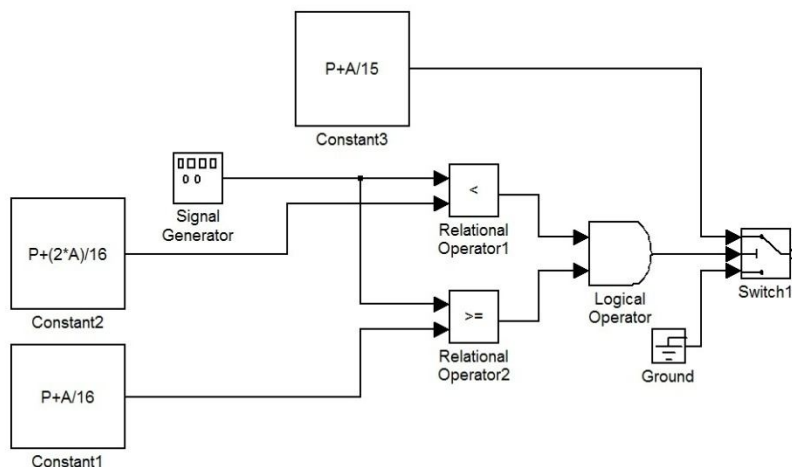


حال بصورت زیر عمل می کنیم:

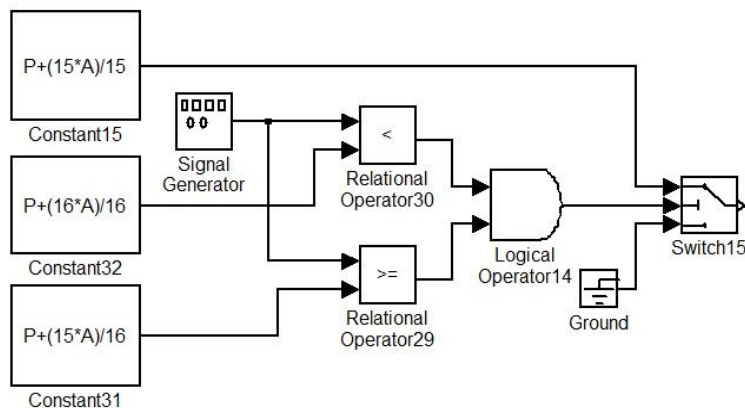


زمانی که خروجی بلوک عملگر رابطه‌ای، 1 باشد (دامنه سیگنال از مقدار $P+A/16$ کمتر باشد) بلوک سوئیچ، عدد P (مقدار اولیه) و در غیر این صورت این بلوک مقدار صفر را عبور می‌دهد.

سپس بلوک‌هایی مانند شکل زیر درست می‌کنیم:

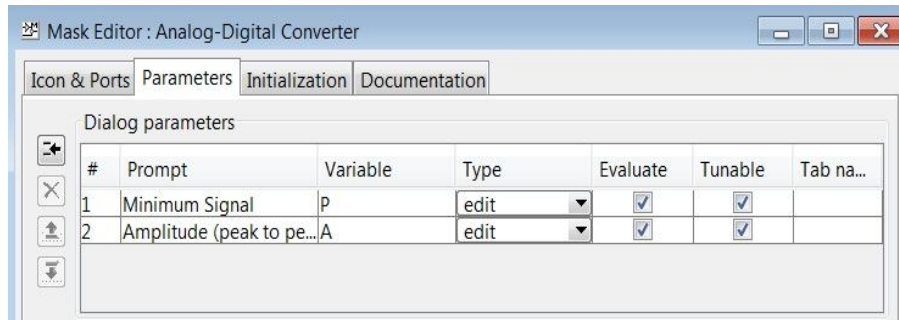


در این شکل همان‌طور که ملاحظه می‌شود، زمانی که دامنه سیگنال ورودی از مقدار $P + (2 \cdot A)/16$ کوچکتر و بزرگتر و یا مساوی مقدار $P + A/16$ باشد، خروجی بلوک AND یک شده و بلوک سوئیچ مقدار $P + A/15$ را از خود عبور می‌دهد و در دیگر حالات زمین در مسیر خروجی قرار می‌گیرد. سپس به‌همین ترتیب ادامه می‌دهیم تا نهایتاً به مدل زیر می‌رسیم:

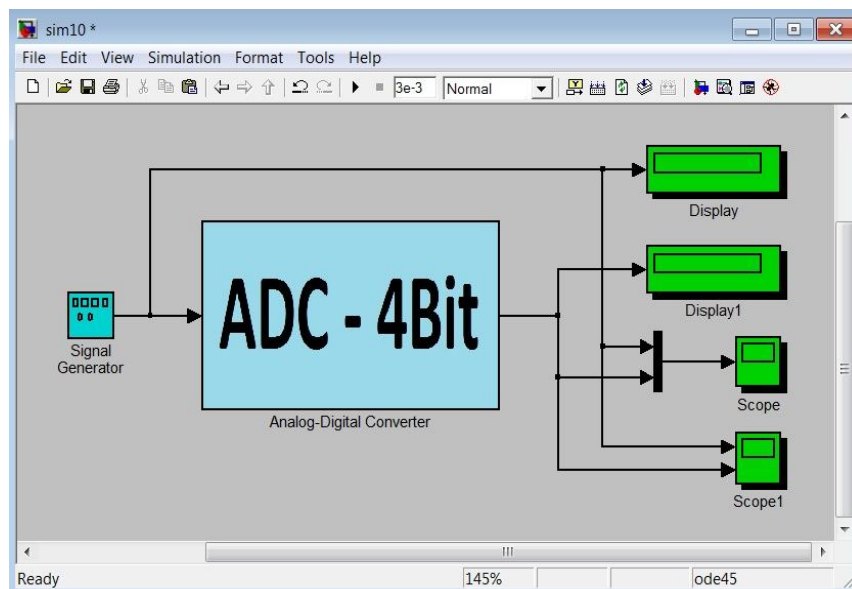


نکته: می‌توان یک سیگنال ژنراتور و یک زمین به کار برد و برای استفاده در مکان‌های دیگر از آن‌ها انشعاب گرفت (در واقع هیچ‌گونه اثر بارگذاری روی یکدیگر ندارند)

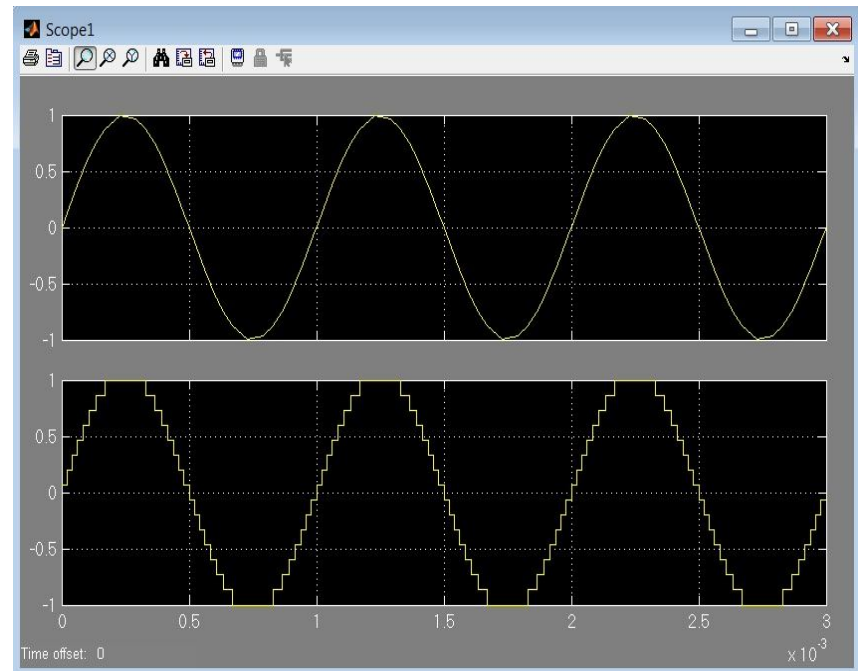
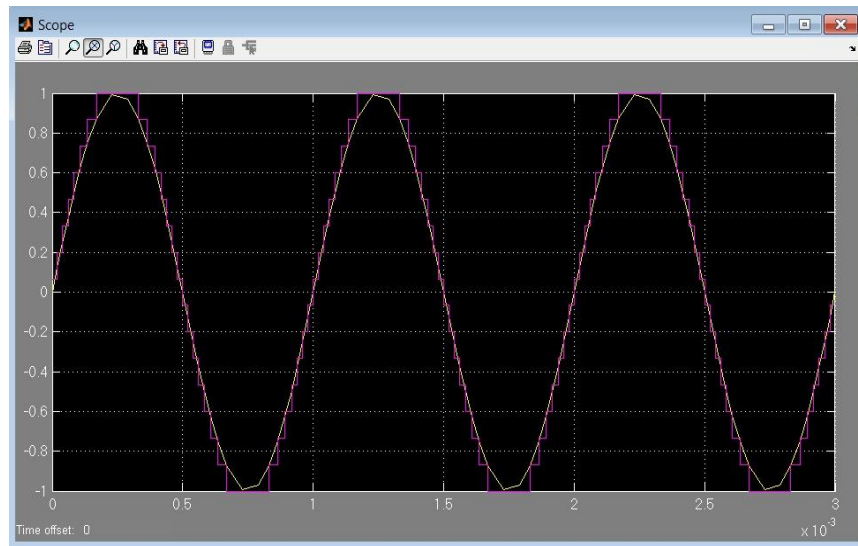
حال خروجی 16 بلوک سوئیچ را به یک جمع‌کننده با 16 ورودی می‌دهیم تا سیگنال دیجیتال شده را به ما تحویل دهد. سپس خروجی جمع‌کننده را به یک بلوک اسکوپ داده و نهایتاً از کل سیستم، یک زیرسیستم تهیه کرده و آن را ماسک می‌کنیم و تنظیمات ماسک را بصورت زیر قرار می‌دهیم:



مدل نهایی با اندکی تغییرات اضافی بصورت زیر است:



حال مدل را به‌ازای یک ورودی سینوسی با فرکانس 1 KHz و دامنه 1 و مقدار dc برابر 0 شبیه‌سازی می‌کنیم (مقدار مینیمم سیگنال 1- و دامنه پیک تا پیک آن برابر 2 است):
خروجی بصورت زیر است:



قسمت پنجم:

در ادامه‌ی آموزش Simulink ، مثالی رو مطرح می‌کنم که بیشتر با دقایق و ظرایف این نرم افزار آشنا شوید. فرض کنید سیستمی کنترلی دارید که تابع تبدیل آن در دسترس نیست و می‌خواهید مقدار ثابت‌زمانی این سیستم را بدست آورید. برای این منظور به ورودی سیستم، پله داده و ثابت‌زمانی را از روی خروجی سیستم اندازه می‌گیریم.

حال پنجره‌ای جدید باز کرده و بلوک‌های زیر را وارد آن کنید:

Simulink >> Sources >> Step

Simulink >> Sources >> Clock

Simulink >> Sinks >> Stop Simulation

Simulink >> Sinks >> Scope

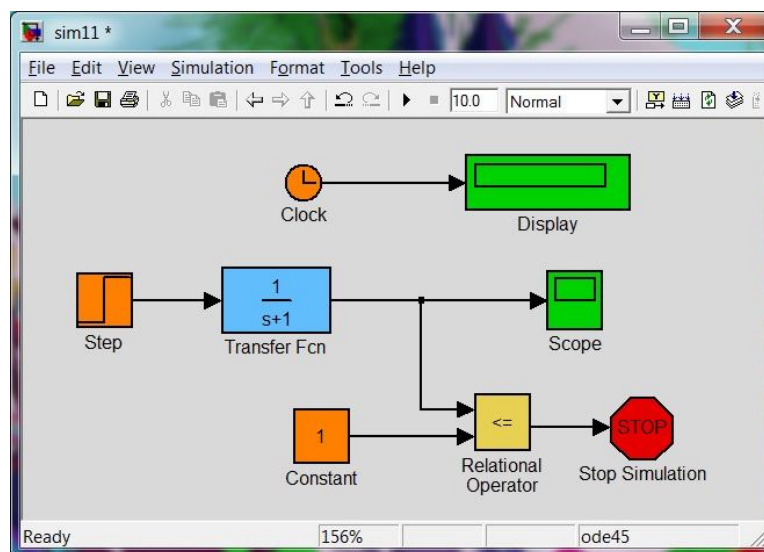
Simulink >> Continuous >> Transfer Fcn

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Sinks >> Display

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Relational Operator

حال بلوک‌ها را مانند شکل زیر مرتب کرده و سیم کشی کنید:



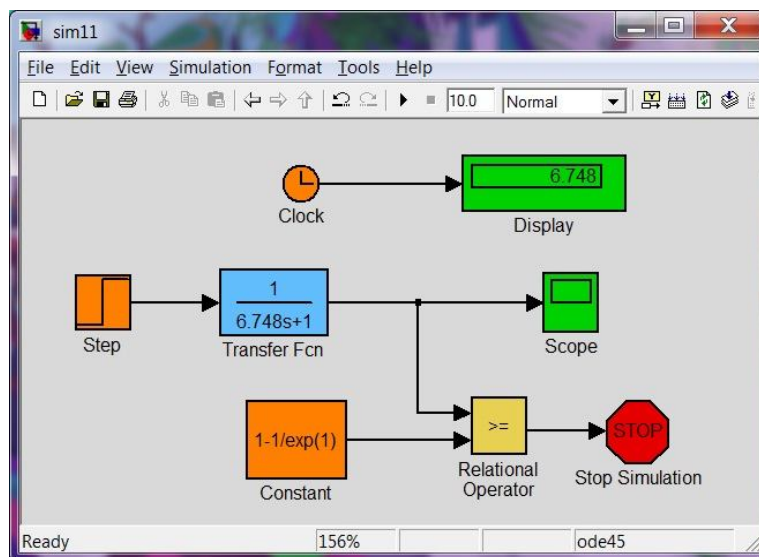
تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را $1 - \frac{1}{e^1}$ قرار دهید
- روی بلوک Relational Operator دوبار کلیک نموده و در قسمت Relational operator عملگر $\geq$ را انتخاب کنید
- روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار Step time را 0 قرار دهید
- روی بلوک Transfer Fcn دوبار کلیک نموده و مقدار Denominator coefficients را [1 6.748] قرار دهید

تنظیمات مدل:

- مقدار Max step size را 0.001 قرار دهید

حال می‌توانید مدلتان را Run کنید:



توضیح مدل:

در واقع ما خروجی این سیستم را با مقدار $1 - \frac{1}{e^1}$ مقایسه کرده‌ایم و هرگاه که خروجی به این مقدار رسید، خروجی بلوک مقایسه‌گر 1 شده و بلوک Stop Simulation شبیه‌سازی را متوقف می‌کند. حال قطعا مقدار زمان شبیه‌سازی، برابر مقدار ثابت‌زمانی سیستم خواهد بود.

در مثال بعدی می‌خواهم یک مدار مقسم فرکانس با فلیپ فلاپ T ایجاد کنم. آنطوری که من در کتابخانه سیمولینک گشتم، این FF وجود نداشت. پس مجبوریم از فلیپ فلاپ JK استفاده و دو پایه آن را به هم وصل کنیم. در این مدار ما از چهار عدد FF استفاده کرده‌ایم در نتیجه در خروجی FFها به ترتیب سیگنال‌هایی با فرکانس‌های $1/2$ ، $1/4$ ، $1/8$ و $1/16$ فرکانس ورودی خواهیم داشت.

بلوک‌ها:

Simulink >> Sinks >> Scope

Simulink >> Sinks >> Terminator

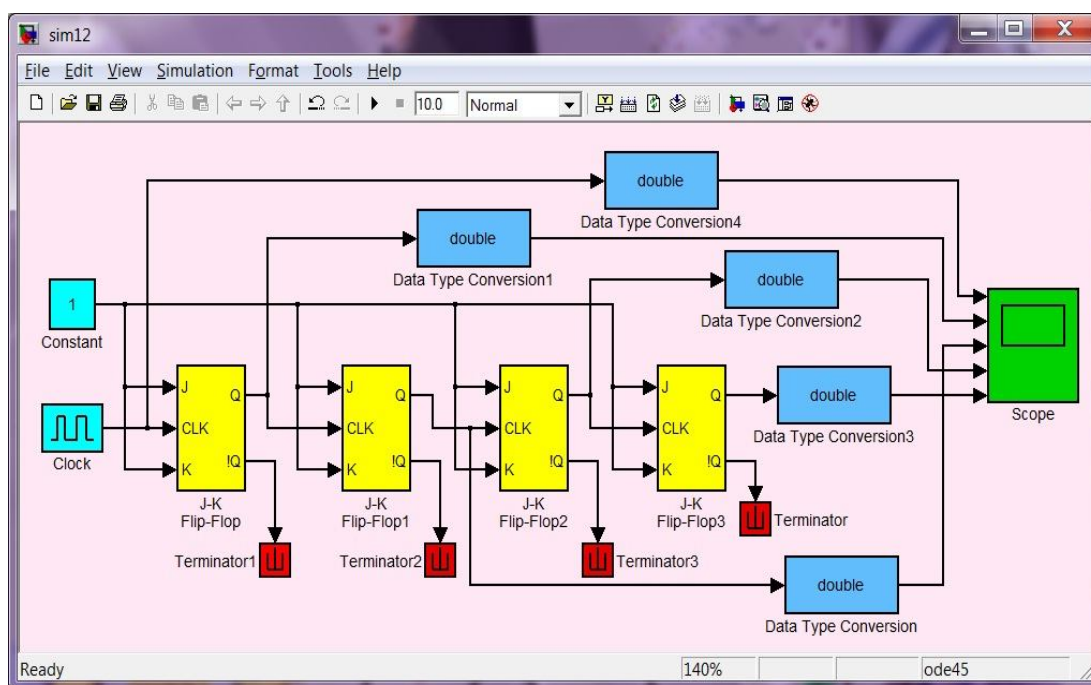
Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Signal Attributes >> Data Type Conversion

Simulink >> Simulink Extras >> Flip Flops >> Clock

Simulink >> Simulink Extras >> Flip Flops >> J-K Flip-Flop

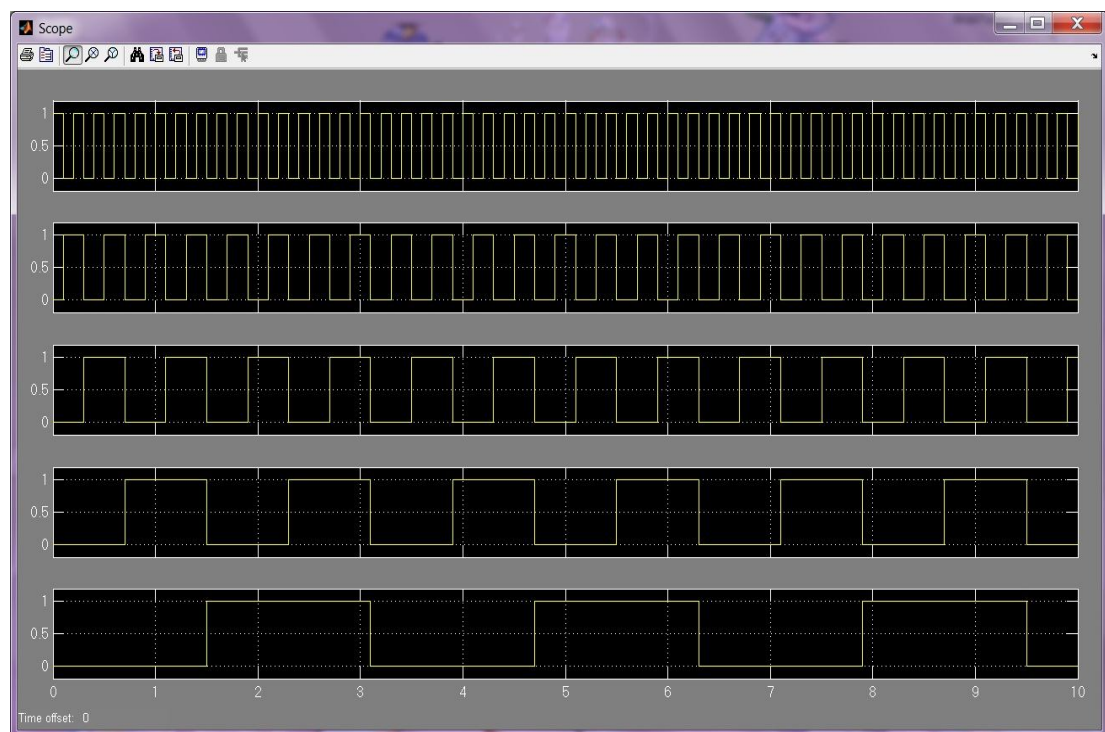
حال بلوک‌ها را مانند شکل مرتب کرده و سیم‌کشی کنید و تنظیمات لازمه را بر مبنای آنچه که در ادامه آمده است، اعمال کنید:



تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و در تب Signal Attributes نوع داده خروجی را boolean برگزینید
- روی بلوک Clock دوبار کلیک نموده و مقدار پریود آن را 0.2 قرار دهید
- روی تمامی بلوک‌های Data Type Conversion دوبار کلیک نموده و در قسمت Output data type نوع داده‌ی خروجی را double انتخاب کنید
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورهای برابر 5 قرار دهید

اینک می‌توانید مدلتان را اجرا کنید:



توجه:

جهت اینکه نمودارها را بطور کامل و واضح ببینید، روی تمامی نمودارها راست کلیک کرده و گزینه Axes properties را انتخاب و سپس تغییرات شکل زیر اعمال کنید:



در مثال بعدی می‌خواهم یک مالتی پلکسر 4 به 1 را با استفاده از بلوک‌های شرطی، پیاده‌سازی کنم. همان‌طور که می‌دانید این عنصر (مالتی پلکسر 4 به 1) دارای دو پایه کنترلی می‌باشد که بسته به وضعیت منطقی این دو پایه، یکی از 4 سیگنال ورودی، در خروجی قرار می‌گیرد. آنطوری که من کتابخانه سیمولینک را جستجو کردم، بلوکی با نام مالتی پلکسر و با خصوصیات مذکور پیدا نکردم.

بلوک‌ها:

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Sources >> Ground

Simulink >> Sinks >> Display

Simulink >> Math Operations >> Sum

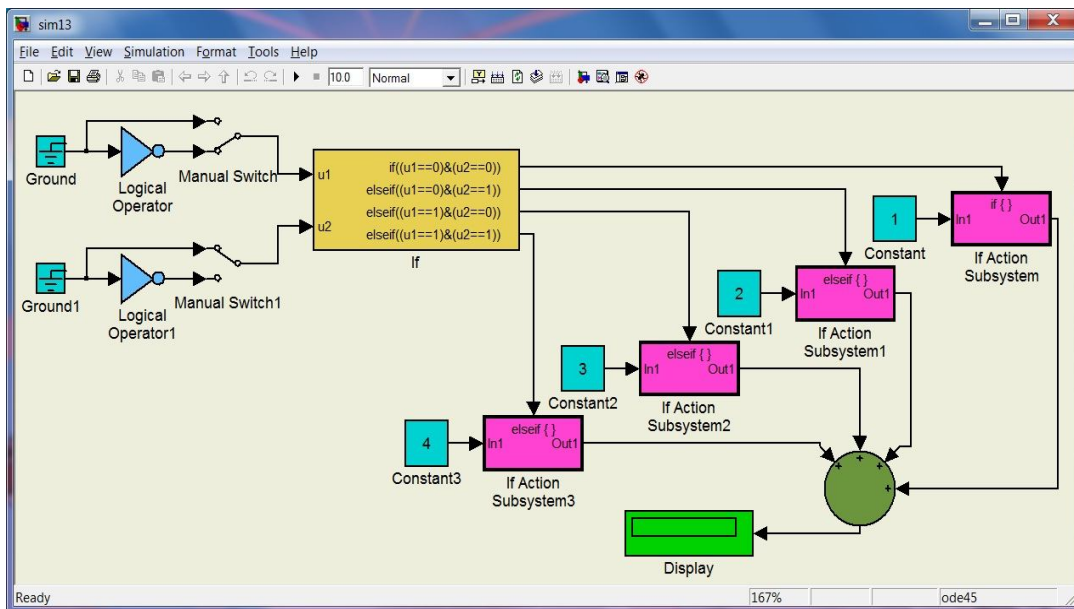
Simulink >> Signal Routing >> Manual Switch

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Logical Operator

Simulink >> Ports & Subsystems >> If

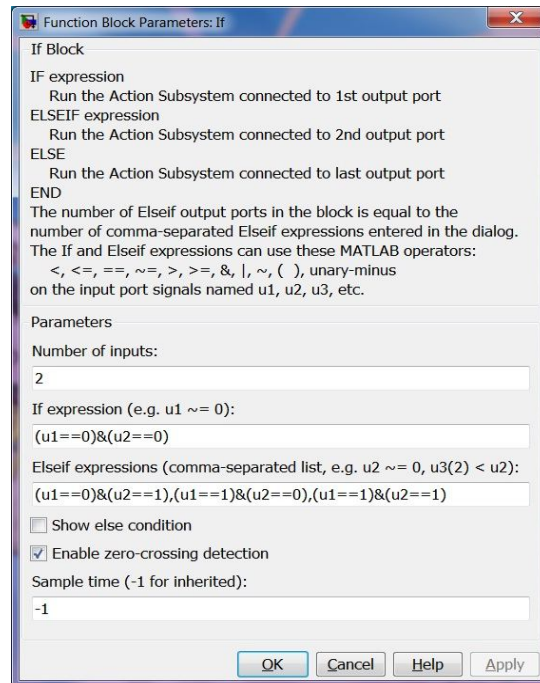
Simulink >> Ports & Subsystems >> If Action Subsystem

حال بلوک‌ها را مانند شکل مرتب کرده و سیم‌کشی کنید و تنظیمات لازمه را بر مبنای آنچه که در ادامه آمده است، اعمال کنید:

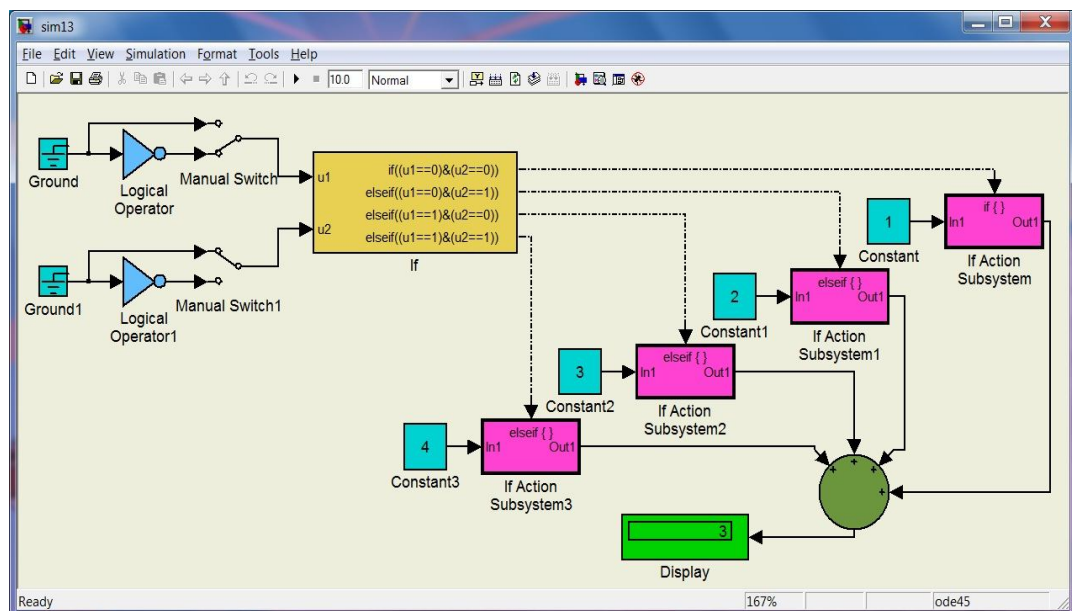


تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 2 قرار دهید
- روی بلوک Constant2 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 3 قرار دهید
- روی بلوک Constant3 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 4 قرار دهید
- روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت‌های ++++ را وارد کنید
- روی بلوک Logical Operator دوبار کلیک نموده و نوع عملگر آن را NOT قرار دهید سپس در قسمت Icon shape نوع نمایش را distinctive انتخاب کنید
- روی بلوک Logical Operator1 دوبار کلیک نموده و نوع عملگر آن را NOT قرار دهید سپس در قسمت Icon shape نوع نمایش را distinctive انتخاب کنید
- روی بلوک If دوبار کلیک نموده و مانند شکل زیر عمل کنید:



حال می‌توانید مدلتان را اجرا کنید:



آموزش سیمولینک (قسمت ششم)

در این قسمت از آموزش سیمولینک ابتدا بنا به درخواست برخی از دوستان، یک معادله‌ی دیفرانسیل رو شبیه‌سازی می‌کنیم. این معادله‌ی دیفرانسیل ممکن است معادله‌ی هر نوع سیستمی باشد. حال فرض کنید معادله‌ی سیستم ما به شرح زیر باشد:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 0.5 \frac{dy}{dt} + y(t) = 3u(t)$$
$$y'(0) = 0 \quad , \quad y(0) = 0.5$$

همان‌طور که می‌بینید این معادله از نوع درجه دو، و ورودی آن نیز پله است. شرایط اولیه برای متغیر خروجی، غیر صفر می‌باشد. حال برای شبیه‌سازی این معادله‌ی دیفرانسیل به صورت بلوکی، و بدست آوردن خروجی، به صورت زیر عمل کنید:

طبق معمول ابتدا یک مدل جدید باز کرده و بلوک‌های مورد نیاز را از مسیرهای زیر وارد آن می‌کنید:

Simulink >> Sources >> Step

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Math Operations >> Sum

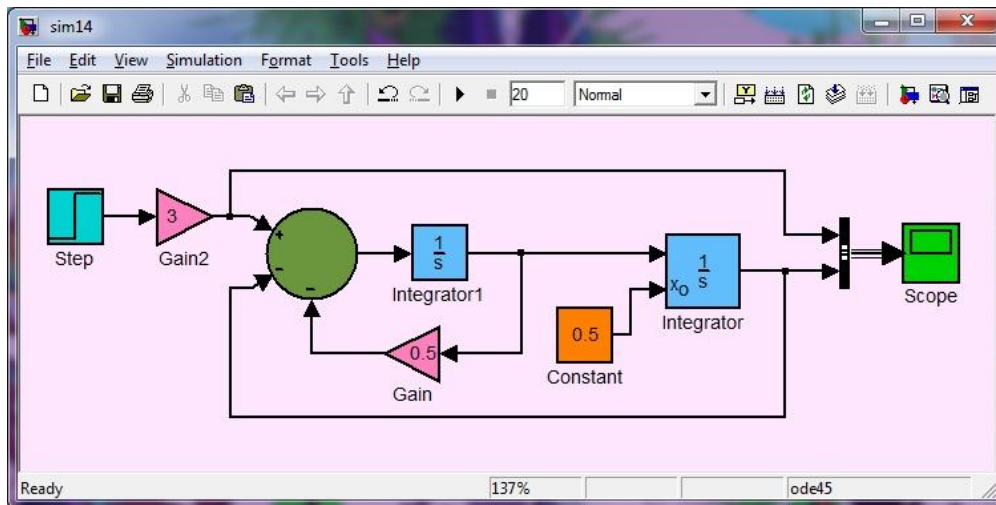
Simulink >> Math Operations >> Gain

Simulink >> Continuous >> Integrator

Simulink >> Signal Routing >> Bus Creator

Simulink >> Sinks >> Scope

حال بلوک‌ها را مانند شکل زیر مرتب کرده و بعد از اعمال تنظیمات لازم، بلوک‌ها را سیم کشی کنید:

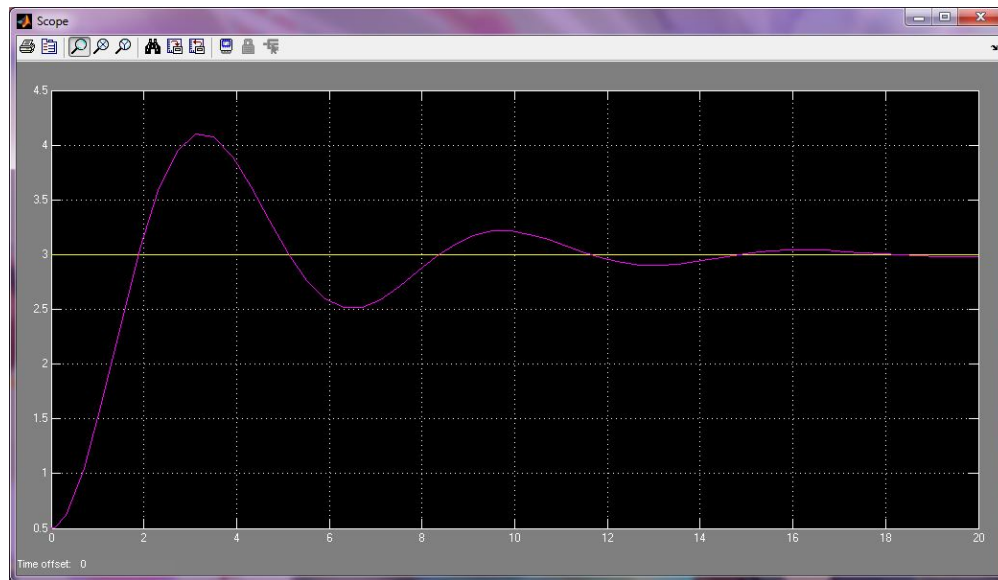


تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار Step time را 0 قرار دهید.
- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 0.5 قرار دهید.
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 0.5 قرار دهید.
- روی بلوک Gain2 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 3 قرار دهید.
- روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های $+-$ را وارد کنید.
- روی بلوک Integrator دوبار کلیک نموده و در قسمت Initial condition source حالت external را برگزینید.

تنظیمات مدل:

- مقدار Stop time را 20 ثانیه قرار دهید.
- حال مدل‌تان را Run کنید تا ورودی و خروجی را مشاهده کنید:



در مثال بعدی مدار بلوکی جالبی رو بهتون معرفی می‌کنم که بوسیله‌ی آن قادر خواهید بود، میزان تغییرات گام زمانی حل‌گر سیمولینک را مشاهده کنید. همان‌طور که احتمالاً می‌دانید، سیمولینک دو نوع حل‌گر گام‌ثابت و گام‌متغیر دارد که پیش‌فرض آن بر روی گام‌متغیر قرار داده شده است. هر کدام از این حل‌گرها درجای خودشان کاربرد دارند، اما برای اکثر مدل‌ها پیشنهاد می‌شود که از حل‌گر گام‌متغیر استفاده شود. این حل‌گر بنا به نیاز، میزان گام زمانی را بطور اتوماتیک تغییر می‌دهد. حال برای پیاده‌سازی این مدار به‌صورت زیر عمل کنید:

Simulink >> Sources >> Clock

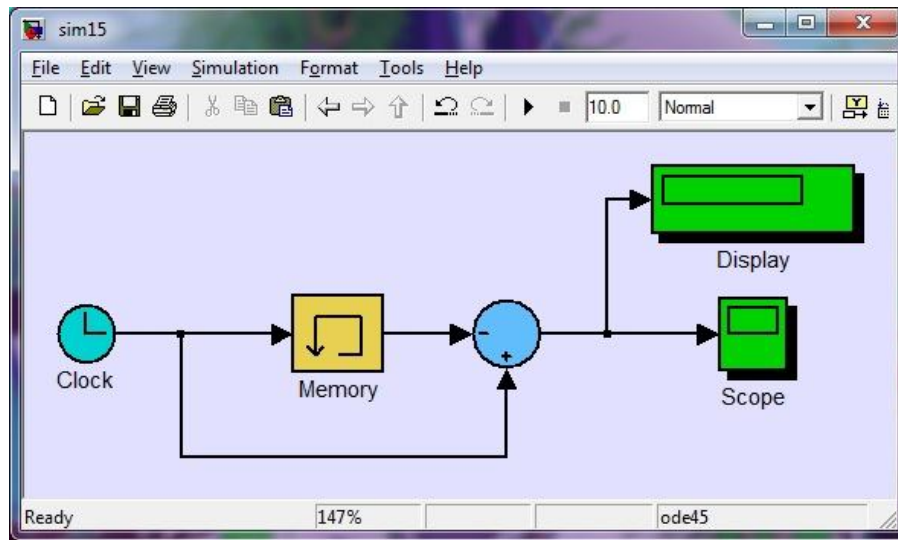
Simulink >> Math Operations >> Sum

Simulink >> Discrete >> Memory

Simulink >> Sinks >> Scope

Simulink >> Sinks >> Display

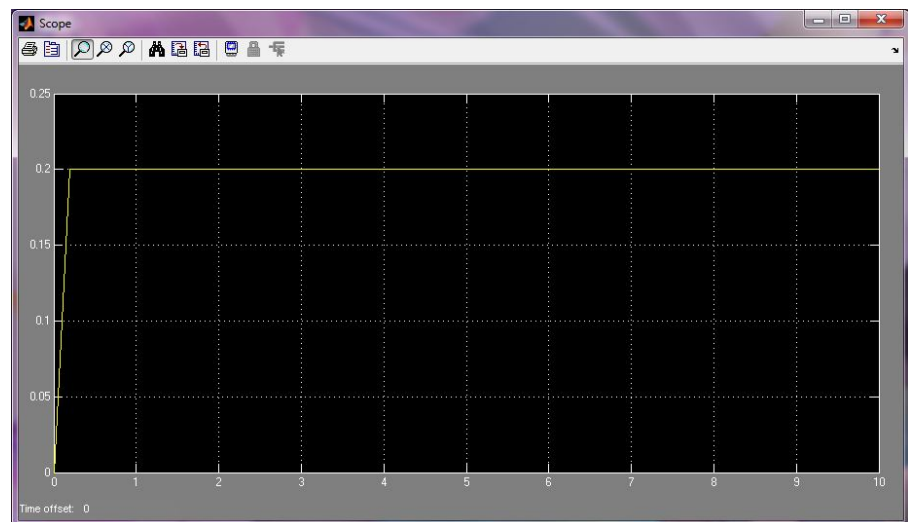
حال بلوک‌ها را مانند شکل زیر مرتب کرده و بعد از اعمال تنظیمات لازم، بلوک‌ها را سیم‌کشی کنید:



تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های $-$ یا $+$ را وارد کنید.

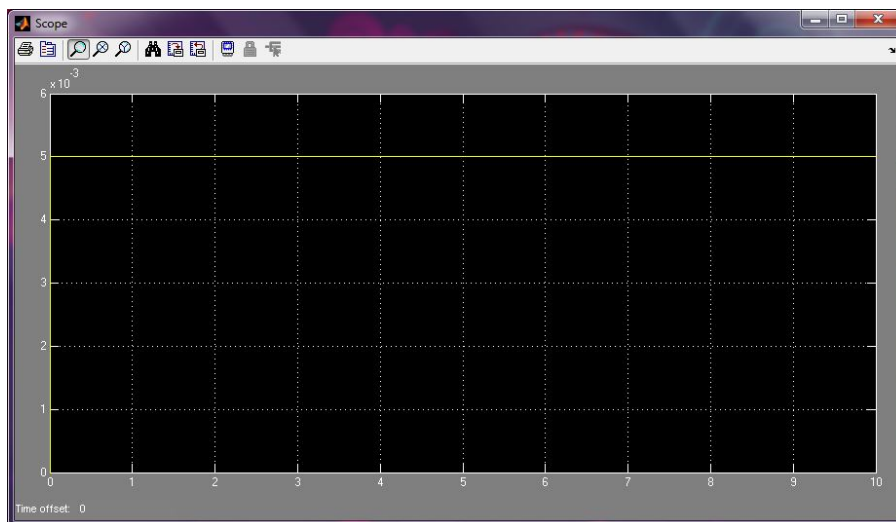
حال مدل‌تان را Run کنید:



همان‌طور که مشاهده می‌شود، حل‌گر سیمولینک این مدل را با گام زمانی ثابت 0.2 حل کرده است، در حالی که نوع حل‌گر در حالت گام‌متغیر قرار دارد. (چرا؟)

اکنون با فشردن کلید **Ctrl+E** به صفحه تنظیمات مدل رفته و نوع حل‌گر را گام‌ثابت انتخاب کرده و مقدار **Fixed-step size** را 0.005 قرار داده و **OK** کنید.

حال مدل‌تان را مجدد **Run** کنید:



بله در این حالت از همان ابتدا تا انتها، گام زمانی ثابت و برابر 0.005 می‌باشد. (چرا؟ اینکه معلومه دیگه کلک!) در مثال بعدی مدار یک اسیلاتور موج مربعی رو بهتون نشون می‌دم که بچه‌های برق به اون نوسان‌ساز حلقوی می‌گن (ring oscillator). البته هدف من از معرفی این مدار تولید موج مربعی نیست، چرا که همان‌طور که می‌دانید مولدهای متنوعی در کتابخانه‌ی سورس سیمولینک وجود دارد در واقع نکته‌ای در این مدار هست که فهمیدن آن خالی از لطف نیست.

بلوک‌ها:

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Logical Operator

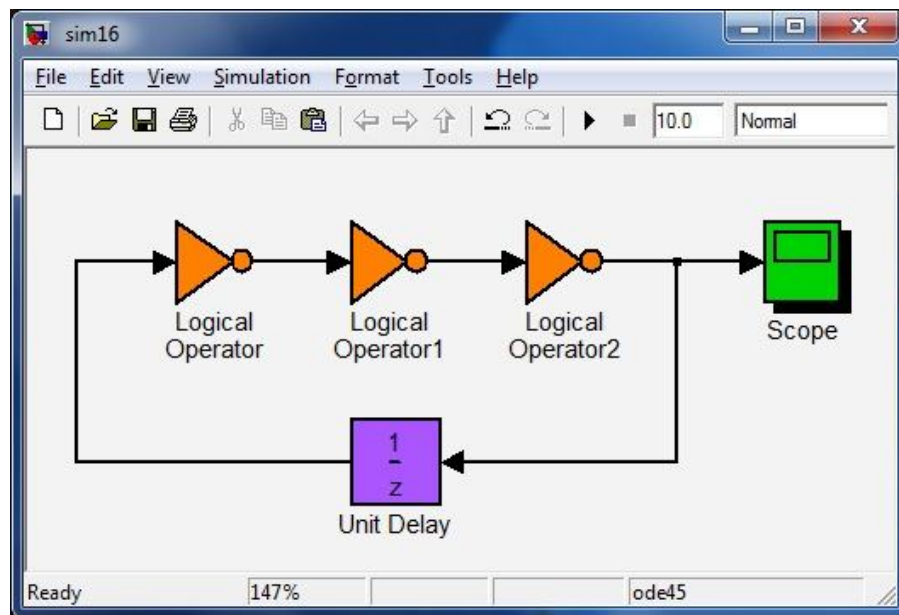
Simulink >> Discrete >> Unit Delay

Simulink >> Sinks >> Scope

تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک‌های Logical Operator دوبار کلیک نموده و نوع عملگر را NOT انتخاب کرده و سپس در قسمت Icon shape نوع نمایش را distinctive انتخاب کنید.

حال بلوک‌ها را مانند شکل زیر مرتب کرده و سیم‌کشی کنید:



مدلتان را Run کنید:



توضیح مدل:

اگر تعداد فرد گیت معکوس‌کننده را پشت سر هم ببندیم و خروجی آخرین گیت را به ورودی اولین گیت وصل کنیم، یک تناقض منطقی بوجود می‌آید. این تناقض منطقی سبب ناپایدار شدن مدار شده و مدار شروع به نوسان می‌کند. فرکانس نوسانات این مدار بستگی به تاخیر در انتشار گیت‌ها دارد که مسلماً هرچه این تاخیر بالاتر

باشد، فرکانس پایین تر است. اما گیت‌های NOT موجود در سیمولینک، تاخیر ندارند و باید تاخیر بیرونی به مدار اعمال کنیم، در غیر این صورت سیمولینک نمی‌تواند مدل را حل کند(چرا؟).

در مثال آخر شما را با بلوکی آشنا می‌کنم که شما می‌توانید به راحتی آن را با کدهای متلب برنامه‌ریزی کنید. این بلوک مانند یک بلوک FPGA است که با یک زبان توصیف سخت‌افزاری مثل VHDL، پیکربندی می‌شود. از جمله مزایای استفاده از این بلوک انعطاف‌پذیری آن است، بدین معنی که شما با وجود این بلوک به گستره‌ی عظیم توابع متلب دسترسی پیدا خواهید کرد. حالا یک مثال ساده مخابراتی رو برای معرفی این بلوک بررسی می‌کنیم. این مثال مدولاسیون AM است. می‌خواهیم با داشتن دو موج پیام و حامل، موج مدوله شده AM را بدست آوریم.

بلوک‌ها:

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Sources >> Signal Generator

Simulink >> User-Defined Functions >> Embedded MATLAB Function

Simulink >> Sinks >> Scope

تنظیمات بلوک‌ها:

- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را 0.5 قرار دهید.
- روی بلوک Signal Generator دوبار کلیک نموده و مقدار فرکانس آن را 1000 هرتز وارد کنید.
- روی بلوک Signal Generator1 دوبار کلیک نموده و مقدار فرکانس آن را 10000 هرتز وارد کنید.
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر 3 قرار دهید.
- روی بلوک Embedded MATLAB Function دوبار کلیک نموده و در ویرایشگر باز شده، کد زیر را وارد کنید:

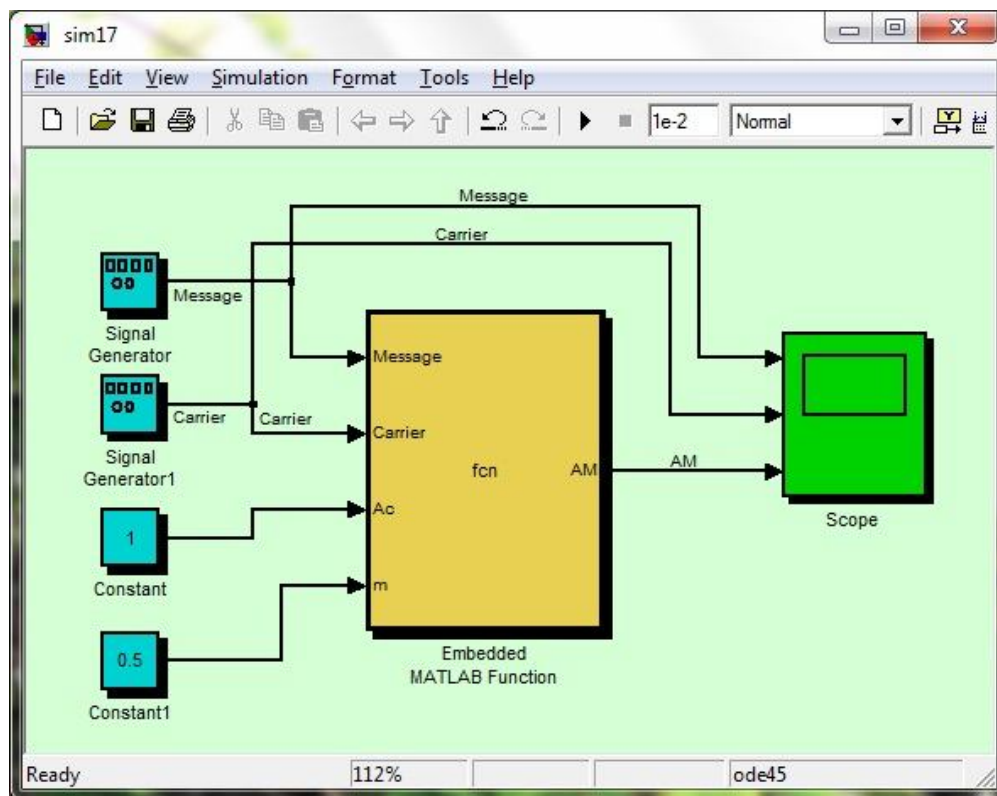
```
function AM = fcn(Message,Carrier,Ac,m)
% Modulation AM
AM = Ac*(1+m*Message)*Carrier;
```

تنظیمات مدل:

- مقدار Stop time را 10 میلی ثانیه قرار دهید.

• مقدار Max step size را 10 میکرو ثانیه قرار دهید.

حال بلوک‌ها را مانند شکل زیر مرتب کرده و سیم‌کشی کنید:



Run کنید:

