

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

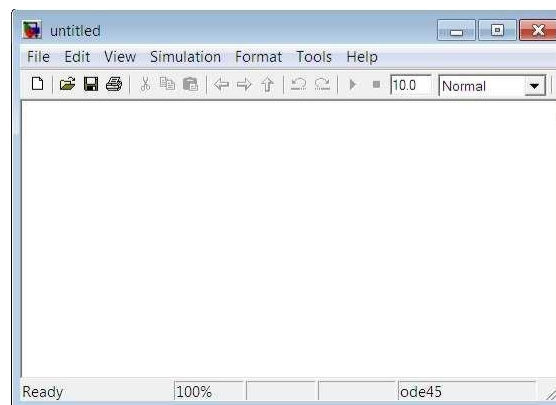


با عرض سلام خدمت دوستان عزیز

قصدم دارم در چند قسمت، نحوه کار کردن با **Simulink** رو به شما آموزش بدم پس اگه تا حالا با **Simulink** کار نکردید و یا مشکلاتی در کار کردن با اون دارید میتونید با من همراه باشید در صورتیکه پاسخ مشکلاتتون رو دریافت نکردید میتونید در قسمت نظرات اون مشکل رو مطرح کنید، اگه بلد بودم پاسختون رو میدم .

سیمولینک نرم افزاریه که شما برای شبیهسازی سیستمهای دینامیکی، میتونید از اون استفاده کنید این نرمافزار زیرمجموعه نرمافزار متلبه که دارای کتابخانههای زیادی در زمینه رشتههای مختلف از جمله برق و مکانیکه. اگه ما نرمافزار 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 مسالهای که میخواهید حل کنید عناصر مورد احتیاج رو از کتابخانه سیمولینک به مدل مورد نظر انتقال دهید. برای باز کردن کتابخانه سیمولینک، رو صفحه متلب عبارت **simulink** رو وارد کنید و یا به روی دکمه 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 مخبرات 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

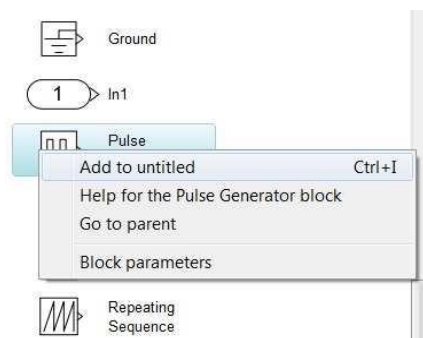
>> Continuous >> Integrator

Simulink >> Continuous >> Derivative

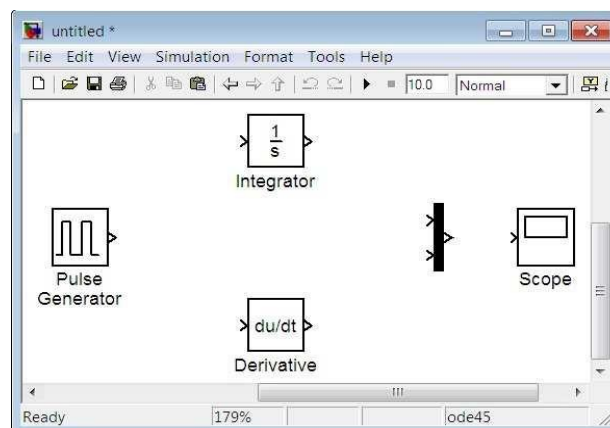
Simulink >> Signal Routing >> Mux

Scope << Sinks << Simulink

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 جاییکه می خواهید بلوک رو قرار دهید، موس رو رها کنید (Drop Drag and) 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 بلوک ها، هم با موس می تونید جای اون ها رو عوض کنید هم با کیبورد به این صورت که بلوک مورد نظر رو انتخاب میکنید و با کلیدهای جهتی بر روی کیبورد، جای بلوک رو تغییر میدید. برای بزرگ کردن اندازه بلوک ها از کلید **R** و برای کوچک کردن آنها از کلید **V** استفاده کنید.

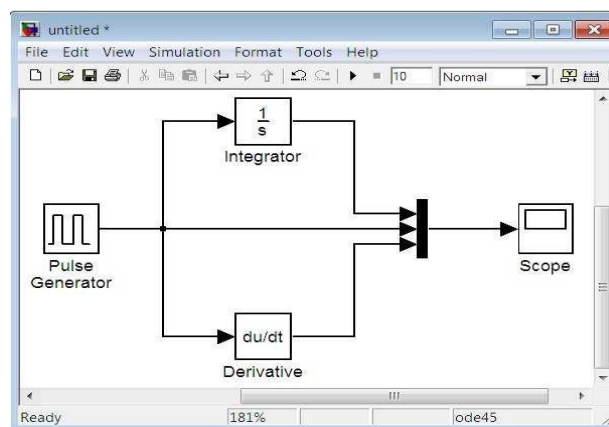
حالا باید تنظیمات لازم رو بر بلوک ها انجام دهیم به روی بلوک مولد پالس دوبار کلیک کنید و مانند شکل زیر تغییرات لازم رو اعمال کنید:

Amplitude:	1
Period (secs):	1.5
Pulse Width (% of period):	50
Phase delay (secs):	0
<input checked="" type="checkbox"/> Interpret vector parameters as 1-D	

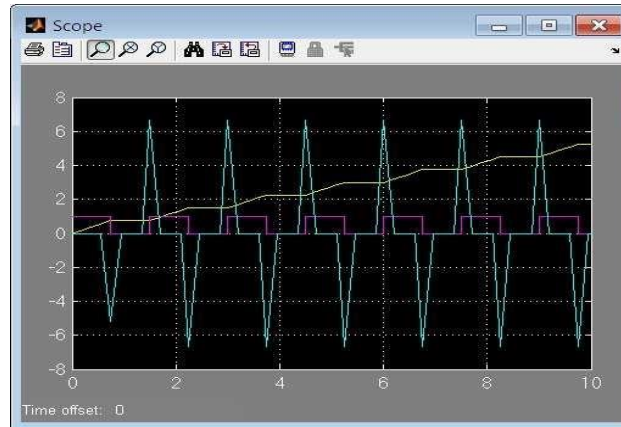
خروجی این بلوک یک پالس با اندازه ۱ و دوره تناوب ۱.۵ ثانیه و بدون تأخیر و با پهنای پالس معادل ۰.۵ درصد دامنه هست.
(Duty Cycle = 50%)

به روی بلوک تسهیم کننده دوبار کلیک کرده و تعداد ورودیهای اون رو به ۳ 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 اشاره گر ماوس بصورت یک بعلاوه دوخط درآمد آن را ول کنید تا اتصال ایجاد شود اگر میخواهید از یک سیگنال انشعایی 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 همینصورت و مطابق شکل زیر انجام دهید:



حالا مدل شما آماده شده و می تونید 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 فشردادن 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 موج ها را کامل ببینید)



در قسمت اول آموزش با یک مثال بسیار ساده نحوه ایجاد مدل، آوردن قطعات از کتابخانه، اتصال قطعات به یکدیگر و در نهایت شبیه سازی مدل مورد نظر بیان شد. اکنون در قسمت دوم با ذکر چند مثال کاربردی، آموزش **Simulink** رو ادامه م ی دهیم. در این قسمت فرض بر آن است که دوستان یا آموزش را خوانده اند و یا اینکه اطلاعات اولیه را دارند پس از ذکر جزئیات صرفه می کنیم.

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

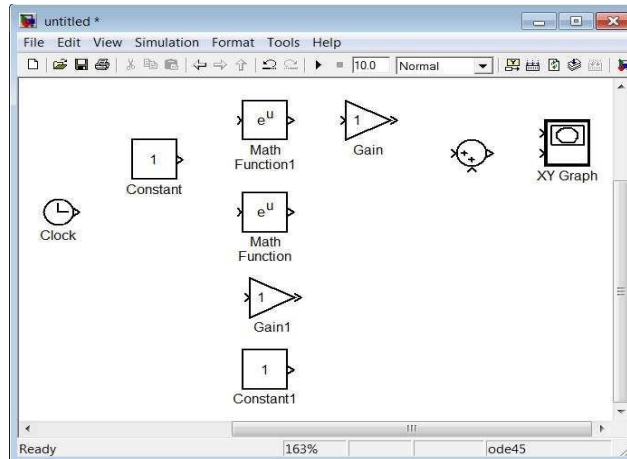
$$y = 2x^3 - x^2 + 3x - 1$$

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

- Simulink >> Sources >> Clock Simulink
- >> Sources >> Constant
- Simulink >> Math Operations >> Sum
- Simulink >> Math Operations >> Gain
- Simulink >> Math Operations >> Math Function
- Simulink >> Sinks >> XY Graph

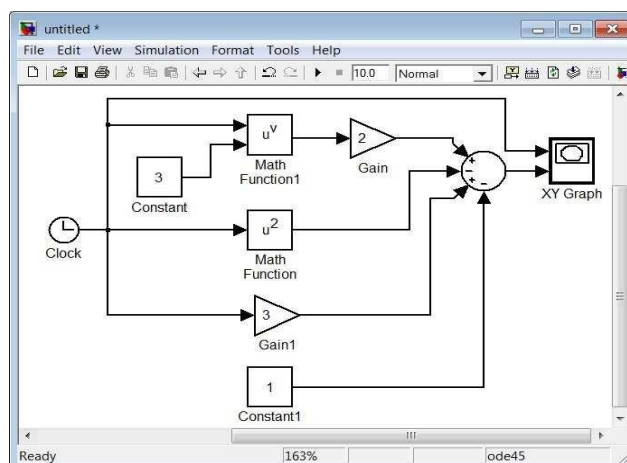
بلوک های خواسته شده را به تعدادی که در شکل زیر مشاهده می کنید آورده و مانند شکل آنها را مرتب کنید:





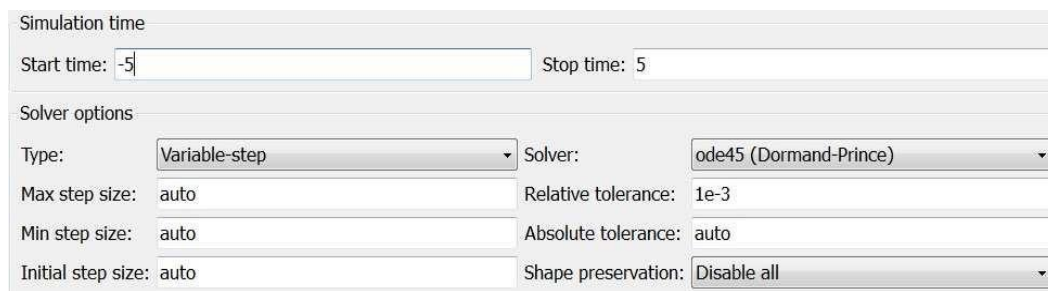
حالا تنظیمات زیر را انجام دهید:

- روی بلوک **Constant** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ قرار دهید
 - روی بلوک **Gain** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۲ قرار دهید
 - روی بلوک **Gain1** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ 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 **signs List of** علامت های $+-$ 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:

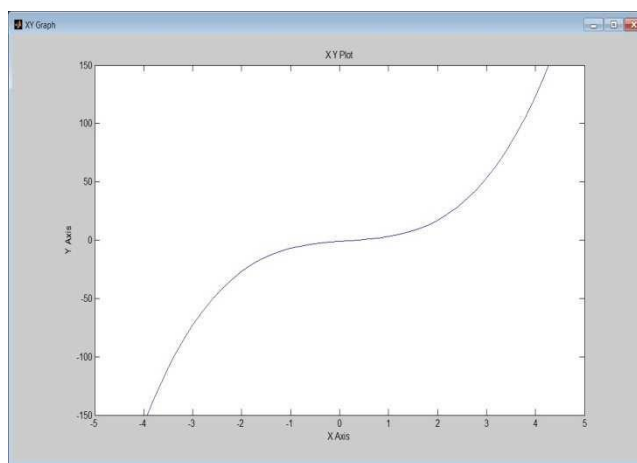


این کلاکی که میبینید در واقع همان زمان شبیهسازی شماست که اینجا نقش متغیر X را بازی میکند و از این جهت است که به اولین ورودی بلوک XY Graph (محور افقی صفحه مختصات) وصل شده است خروجی جمع کننده نیز برابر با متغیر Y است که به دومین ورودی بلوک XY Graph (محور عمودی صفحه مختصات) وصل شده است نقش باقی بلوکها را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

احتمالا میدانید که زمان شبیهسازی سیمولینک از صفر تا ده ثانیه (بطور پیش فرض) می باشد پس اگر ما بخواهیم تابع را در بازه ۵ [-۵] رسم کنیم، باید بازه زمانی شبیهسازی را تغییر دهیم. برای این منظور از مسیر **Simulation... >> Configuration Parameters** وارد تنظیمات مدل خود می شوید حالا مانند شکل زیر، زمان شروع و پایان شبیه سازی را وارد کنید:



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



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

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

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

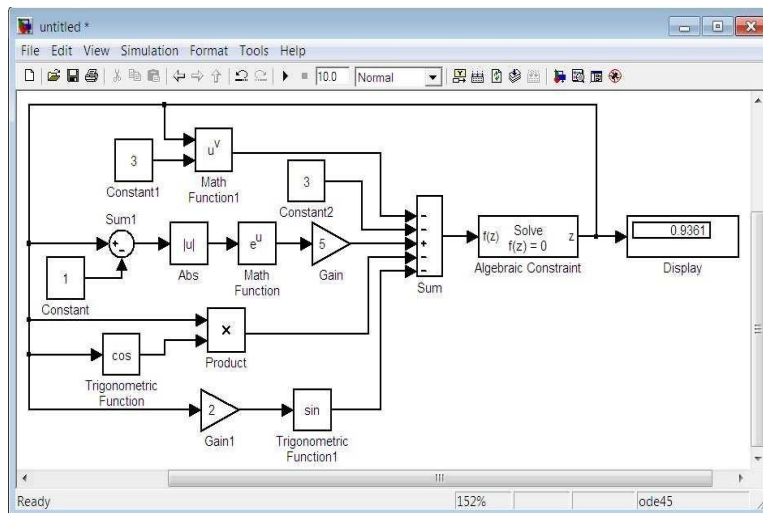
Simulink >> Sources >> Constant Simulink

>> Sinks >> Display

Simulink >> Math Operations >> Sum

Simulink >> Math Operations >> Gain

Simulink >> Math Operations >> Math Function



توجه کنید که ورودی بلوک **Constraint Algebraic** 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 آرگومانهای تابع ورودی استفاده شده است. برای مثال آخر در قسمت دوم آموزش می‌خواهیم دستگاه معادلات زیر را حل کنیم:

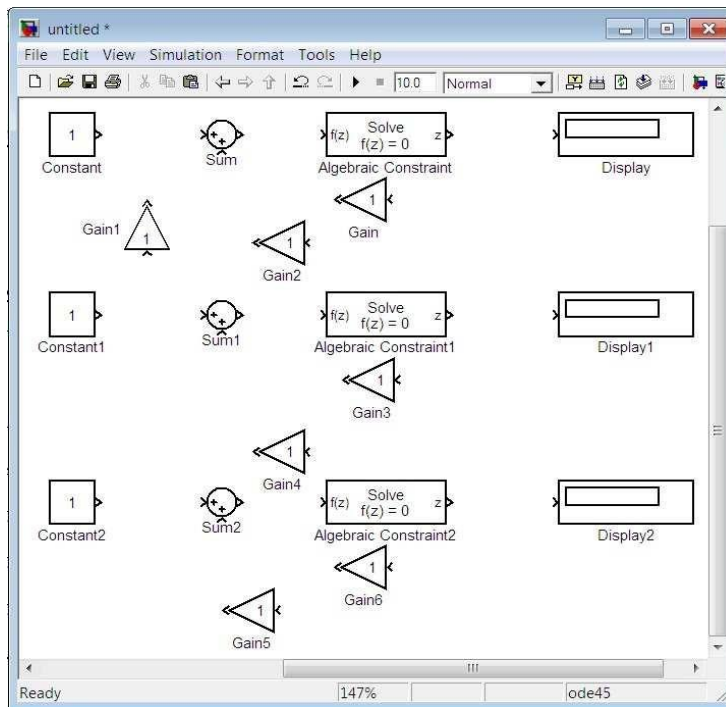
$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 3 \\ -7x_1 + 5x_2 + x_3 = 2 \\ -3x_1 + 4x_2 + 4x_3 = 1 \end{cases}$$

بلوک های مورد
نیاز:

- Simulink >> Sources >> Constant Simulink
- >> Sinks >> Display
- Simulink >> Math Operations >> Sum
- Simulink >> Math Operations >> Gain
- Simulink >> Math Operations >> Algebraic Constraint

بلوک های خواسته شده را به تعدادی که در شکل زیر مشاهده می کنید آورده و مانند شکل آنها را مرتب کنید:



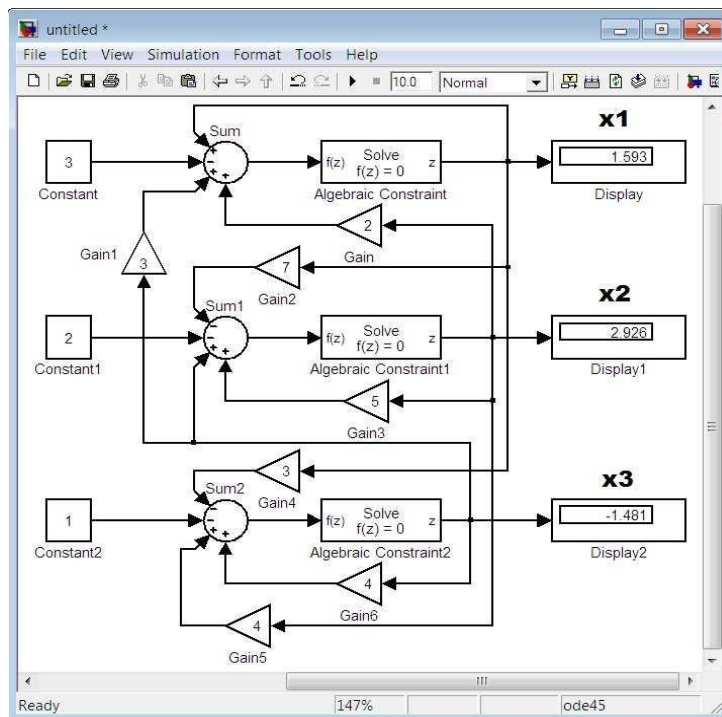


نکته: بلوک ها را می‌توانید به وسیله فشردن کلیدهای **Ctrl+R** بچرخانید.

تنظیمات بلوک ها:

- روی بلوک **Constant** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ قرار دهید
- روی بلوک **Constant1** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۲ قرار دهید
- روی بلوک **Gain** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۲ قرار دهید
- روی بلوک **Gain1** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ قرار دهید
- روی بلوک **Gain2** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۷ قرار دهید
- روی بلوک **Gain3** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۵ قرار دهید
- روی بلوک **Gain4** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ قرار دهید
- روی بلوک **Gain5** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۴ قرار دهید
- روی بلوک **Gain6** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۴ 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 بلوک های **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:



اگر سؤالی داشتید میتوانید در بخش نظرات آن را مطرح کنید.

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:

Constant << Sources << Simulink

Display << Sinks << Simulink

Sum << Math Operations << Simulink

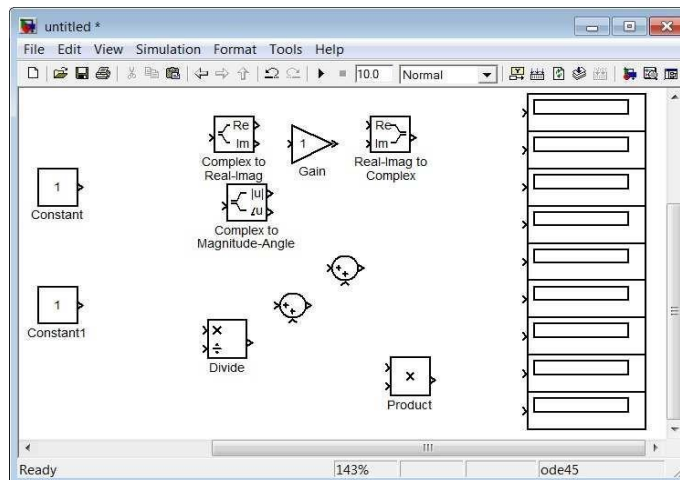
Gain << Math Operations << Simulink

Product << Math Operations << Simulink Divide << Math Operations << Simulink to

Real-Imag Complex << Math Operations << Simulink to Complex Real-Imag << Math

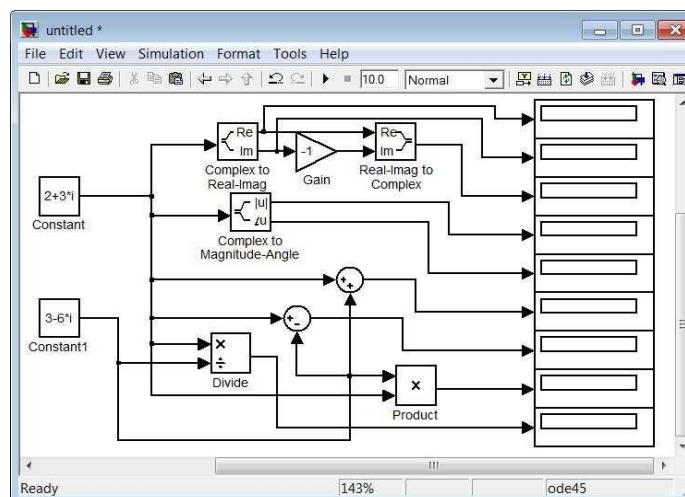
Operations << Simulink to Magnitude-Angle Complex << Math Operations << Simulink

بلوک ها را مانند شکل زیر مرتب کنید:



تنظیمات بلوک ها:

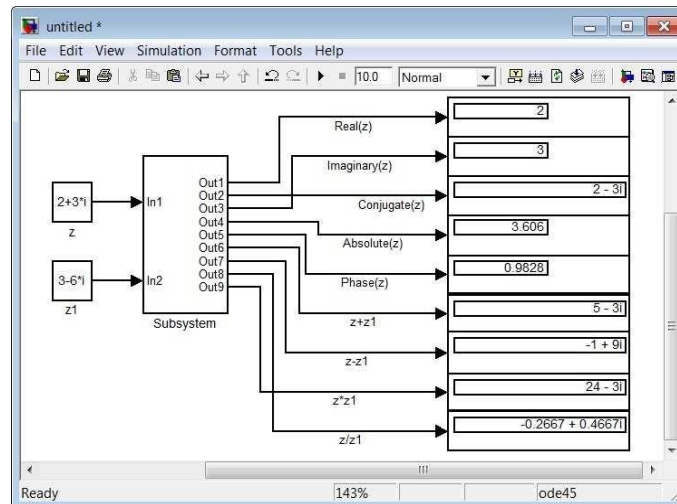
- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را $2+3i$ و نام آن را Z قرار دهید
- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را $3i-6$ و نام آن را z1 قرار دهید
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را -1 قرار دهید
- روی بلوک Sum1 دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های + و - را 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 بهجز بلوکهای Constant و Display را انتخاب و کلیک راست کنید و از منوی باز شده Create Subsystem را انتخاب کنید حالا مدلتان احتمالا کمی بهم ریخته شده است کمی آن را مرتب کنید و بلوک Subsystem را از دو طرف بکشید تا بزرگتر شود برخی از بلوک های Display نیز احتیاج به بزرگتر شدن دارند که این را بعد از شبیه سازی خواهید فهمید.

نکته: شما میتوانید با دوبار کلیک کردن در هر جایی از مدلتان، متنی دلخواه وارد کنید مثلا کنار هر کدام از بلوک های 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 نحوه ایجاد زیرسیستم آشنا شدید شما می توانید زیر سیستمهای مختلفی در یک مدل (حتی زیرسیستمهای تودرتو) ایجاد کنید زیرسیستمها را معمولا برای مدل های 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 می خواهیم پاسخ پله و پاسخ ضربه یک سیستم کنترلی را مشاهده کنیم تابع تبدیل سیستم به شرح زیر است:

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

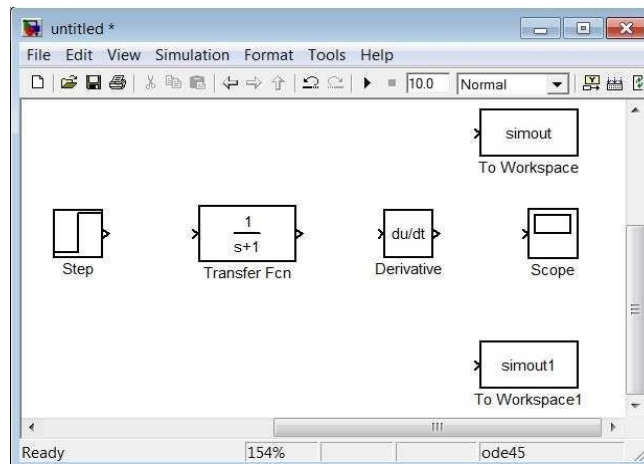
این سیستم درجه ۳ است و اگر پاسخ پله آن را رسم کنیم خواهیم دید که پاسخ زیرمیرا (سینوسی میراشونده) م یباشد ضمنا می خواهیم خروجی را در دو حالت (پاسخ پله و ضربه) به فضای کاری MATLAB انتقال دهیم.

بلوک های مورد نیاز:

- Step << Sources << Simulink
- Scope << Sinks << Simulink To
- Workspace << Sinks << Simulink
- Derivative << Continuous << Simulink
- Fcn Transfer << Continuous << Simulink

بلوک ها را مانند شکل زیر مرتب کنید:



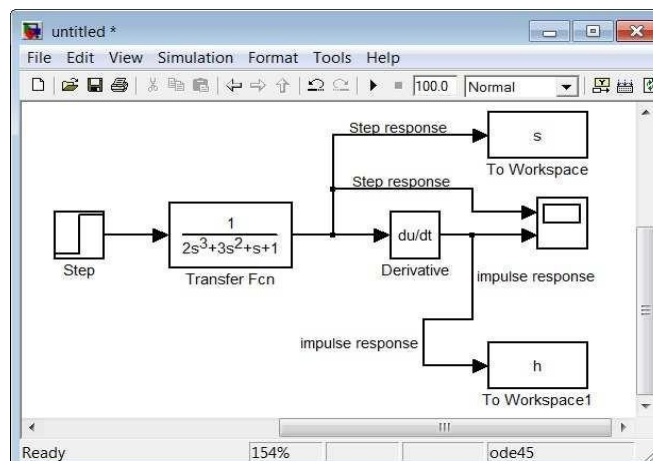


تنظیمات بلوک ها:

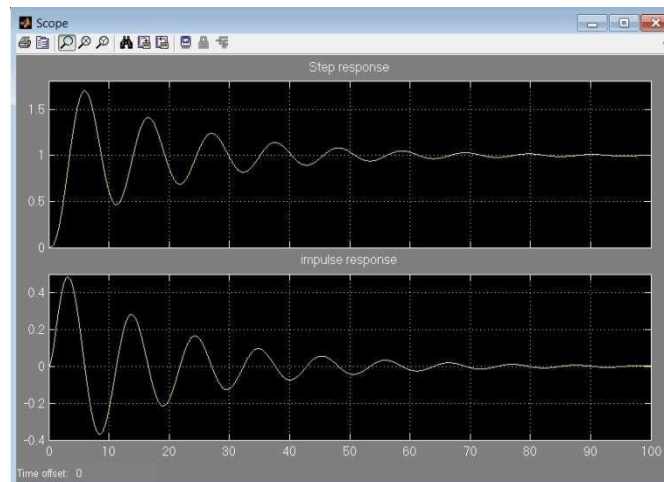
- روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار time Step را ۰ قرار دهید
- روی بلوک Transfer Fcn دوبار کلیک نموده و مقدار Denominator coefficients را ۱ ۱ ۳ ۲ قرار دهید
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر ۲ قرار دهید
- روی بلوک To Workspace دوبار کلیک نموده 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:

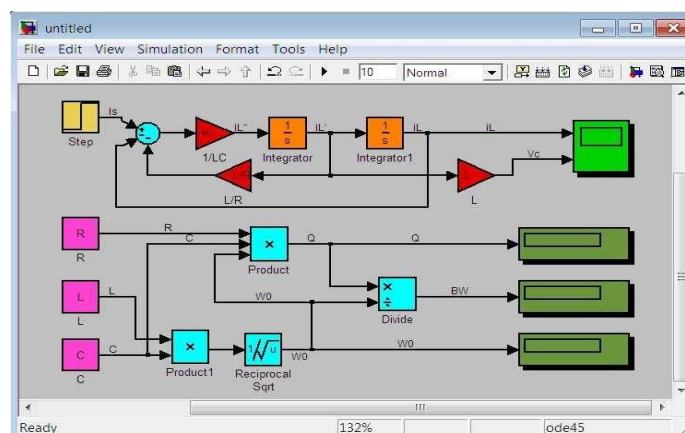


حالا Run کنید:



یادتان باشد که حتما روی دگمه **Autoscale** کلیک کنید تا شکل موج ها را کامل ببینید.

در مثال بعد می خواهیم با نحوه ی 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 پهنایباند 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: بلوک های به رنگ قرمز، **Gain** و بلوک های به رنگ صورتی، **Constant** هستند. تنظیمات بلوک ها:

- روی بلوک **R** دوبار کلیک نموده و مقدار آن را **R** قرار دهید
- روی بلوک های **L** دوبار کلیک نموده و مقدار آن ها را **L** قرار دهید

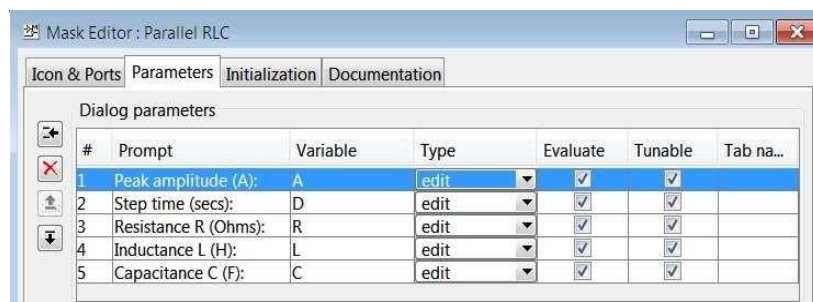
- روی بلوک C دوبار کلیک نموده و مقدار آن را C قرار دهید
- روی بلوک L/R دوبار کلیک نموده و مقدار آن را L/R قرار دهید
- روی بلوک LC\1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را LC\1 قرار دهید
- بلوک Sum هم مشخص است که چه تنظیماتی دارد
- روی بلوک Product دوبار کلیک نموده و تعداد ورودیهای آن را ۳ قرار دهید
- روی بلوک 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 Name نام بلوک ها را پنهان کنید
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر ۲ قرار دهید
حالا تمامی بلوک ها را بجزء بلوک Scope و بلوک های 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 می بینید 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:

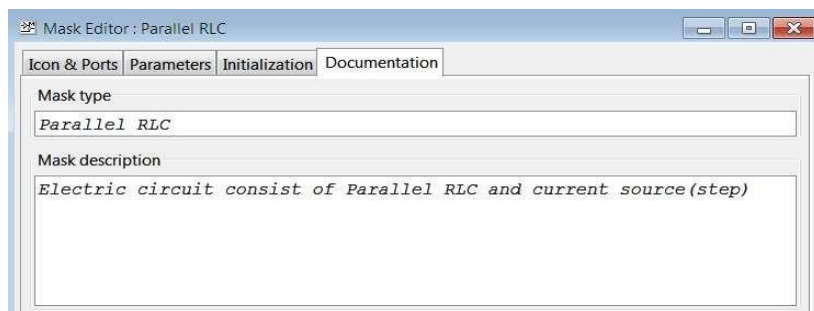
```
image(imread('RLC.jpg'))
```

«RLC.jpg» عکسی است که من می خواهم پس زمینه ی 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:



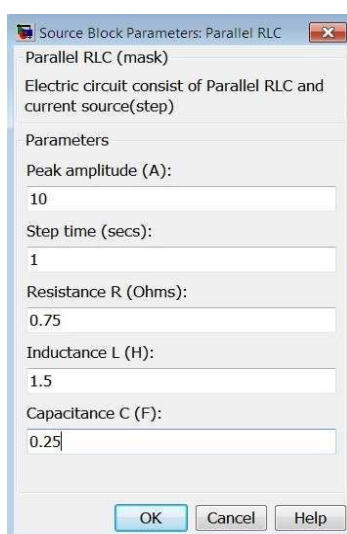
Apply کرده و به تب Documentation بروید و مانند شکل زیر عمل

کنید:

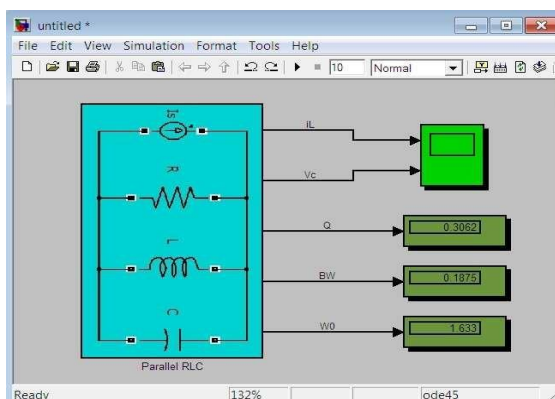


حالا دیگر OK کنید.

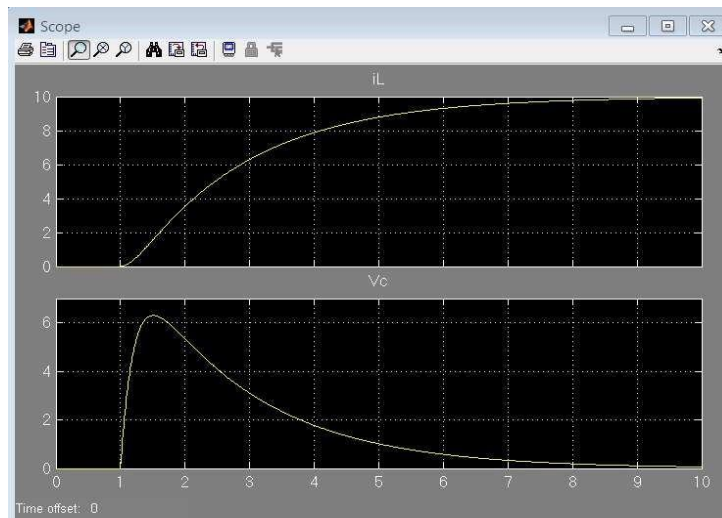
حالا اگر روی بلوک دوبار کلیک کنید، دیالوگی برای شما باز میشود تا پارامترهای مدار را وارد کنید. مانند شکل زیر عمل کنید:



سپس Run کنید:



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



اگر سؤالی داشتید در بخش نظرات آنرا مطرح کنید.

در این قسمت از آموزش سیمولینک، ابتدا با نحوه 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 داده اید و با دادن ورودی های مختلف، خروجی های متناظر را بدست آورده اید بصورت زیر:

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

حال می خواهید منحنی تغییرات این سیستم را به ازای بازه ای پیوسته از ورودی، با کمک درون یابی و برون یابی بدست آورید. بصورت زیر عمل کنید:

بلوک های مورد نیاز:

Simulink >> Sources >> Clock Simulink >>
Lookup Tables >> Lookup Table
Simulink >> Sinks >> Scope

تنظیمات بلوک ها:

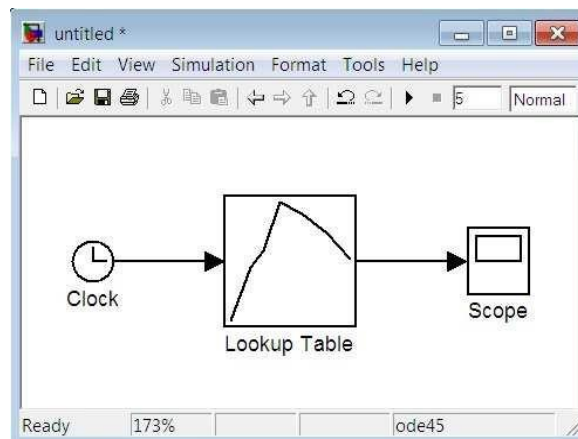
- روی بلوک Lookup Table دوبار کلیک کرده و در قسمت Vector of input values بردار x و در قسمت Table data بردار y را قرار داده و OK کنید. حال باید نمودار داده ها را روی بلوک مشاهده کنید تنظیمات مدل: با فشردن کلید Ctrl+E به صفحه تنظیمات مدل رفته و مانند شکل زیر عمل کنید:

Simulation time
Start time: 0 Stop time: 5

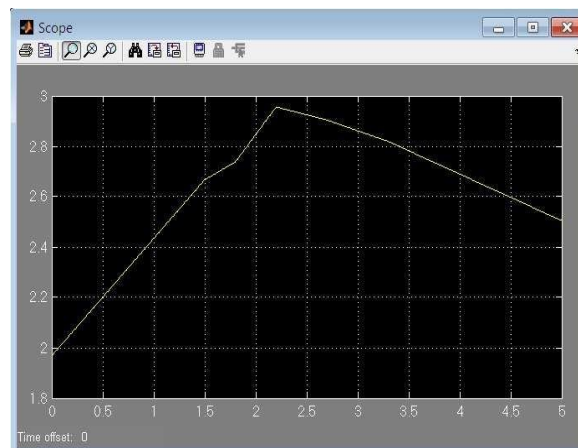
Solver options
Type: Variable-step Solver: ode45 (Dormand-Prince)
Max step size: 0.01 Relative tolerance: 1e-3
Min step size: auto Absolute tolerance: auto
Initial step size: auto Shape preservation: Disable all

در نحوه ی تنظیمات، احتمالا متوجه شده اید که می خواهیم منحنی را در بازه $[0, 5]$ رسم کنیم و برای افزایش تعداد نقاط منحنی، از حداکثر گام 0.01 استفاده کرده ایم .

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



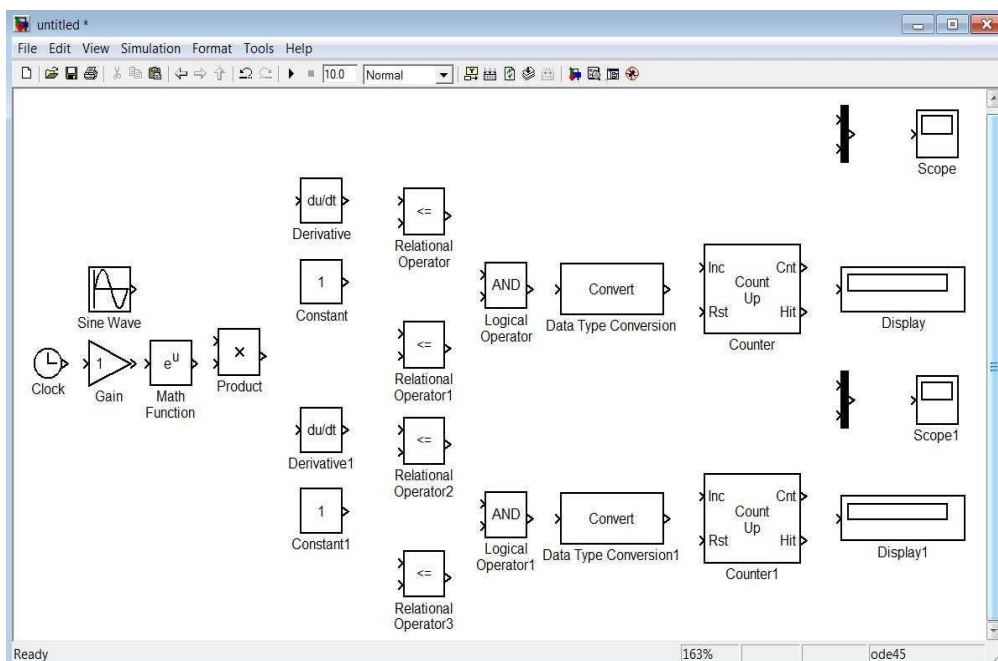
خروجی به صورت زیر است:



اگر سیستم شما دو ورودی داشته باشد، از بلوک **Lookup Table (2-D)** و در صورت داشتن بیش از دو ورودی، می توانید از بلوکی به نام **Lookup Table (n-D)** استفاده کنید. همچنین برای ویرایش نمودن، تغییر نوع و رسم نمودار دادهها، م ی توانید با کلیک کردن به روی **Edit** در پنجره ی تنظیمات این بلوک ها، به پنجره ی **Lookup Table Editor** وارد شوید. در بخش بعدی می خواهیم تعداد پیک های 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 بلوک های معرفی شده، قطعا در مثال های کاربردی، به کار می آید. بلوک های 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 بلوک ها:

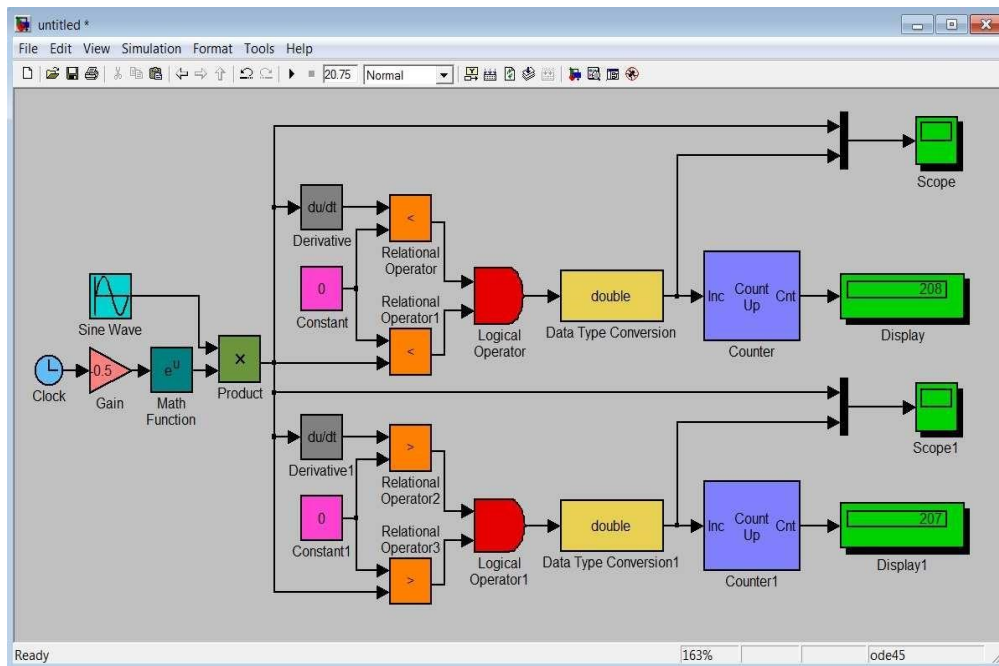
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۵.۰- قرار دهید
- روی بلوک Sine Wave دوبار کلیک نموده و مقدار فرکانس آن را 2π قرار دهید
- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۰ قرار دهید
- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۰ قرار دهید

- 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 **operator Relational** عملگر $<$ را انتخاب کنید • روی بلوک **Relational Operator2** دوبار کلیک نموده و در قسمت **operator Relational** عملگر $>$ را انتخاب کنید
- روی بلوک **Relational Operator3** دوبار کلیک نموده و در قسمت **operator Relational** 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 **1e100** و در قسمت **Output** حالت **Count** و **Reset input** را غیرفعال کنید • روی بلوک **Counter1** دوبار کلیک نموده و در قسمت **Maximum count** عدد **1e100** و در قسمت **Output** حالت **Count** و **Reset input** را غیرفعال کنید تنظیمات مدل:

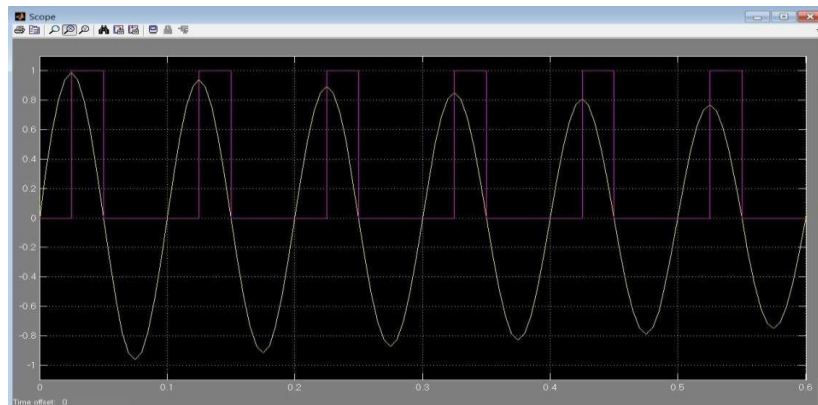
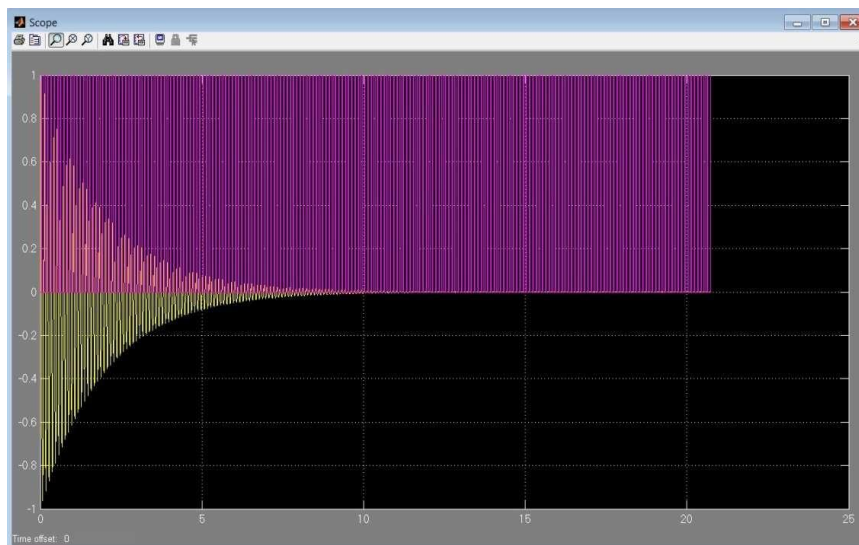
با فشردن کلید **Ctrl+E** به صفحه تنظیمات مدل رفته و مانند شکل زیر عمل کنید:

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:



همانطور که مشاهده میکنید نمودار زرد رنگ، تابع ورودی و نمودار صورتی رنگ، آشکارساز پیک مثبت م
 در شکل زیر
 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 بوسیله ی عملگرهای رابطهای و منطقی، یک آشکارساز پیک طراحی کرده و سپس بوسیله ی 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 می خواهیم یک مبدل آنالوگ به دیجیتال(ADC) بسیار ساده طراحی کنیم. همان طور که احتمالا می دانید، یکی از پارامترهای مهم در یک ADC، تعداد بیت های آن است که در واقع مشخص کننده ی قدرت تفکیک پذیری آن می باشد. بطور مثال یک ADC هشت بیت، م میتواند ۲۵۶ حالت مختلف را ایجاد کند. حال فرض کنید که ما میخواهیم یک مبدل چهار بیت طراحی کنیم(این مبدل ۶۱ حالت مختلف را ایجاد می کند).

برای شروع کار ابتدا بلوک های 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

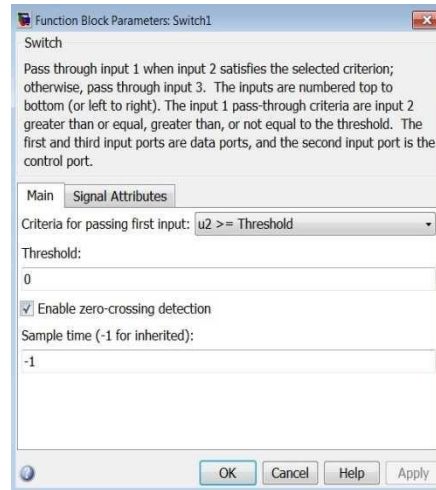
Simulink >> Sources >> Ground

Simulink >> Sources >> Constant

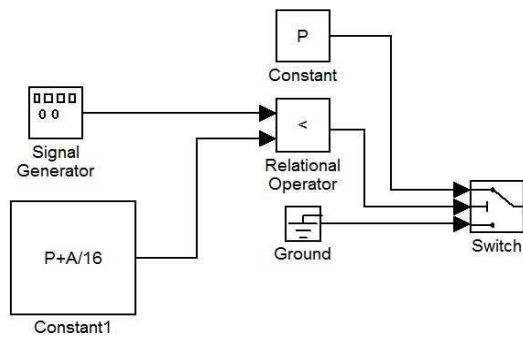
Simulink >> Sources >> Signal Generator Simulink

>> Signal Routing >> Switch

ابتدا باید سیگنال ورودی را به ۶۱ قسمت مساوی تقسیم کنیم در نتیجه به بعضی از پارامترهای سیگنال ورودی احتیاج داریم(البته شاید بتوان به روش هایی 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 ۶۱ عدد بلوک **Constant** قرار می دهیم سپس سیگنال ورودی را به ۷۱ قسمت مساوی تقسیم می کنیم تا بتوانیم از عملگرهای مقایسه ای 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 ۷۱ عدد بلوک **Constant** قرار می دهیم. تنظیمات تمام بلوک های سوئیچ را بصورت زیر قرار می دهیم:

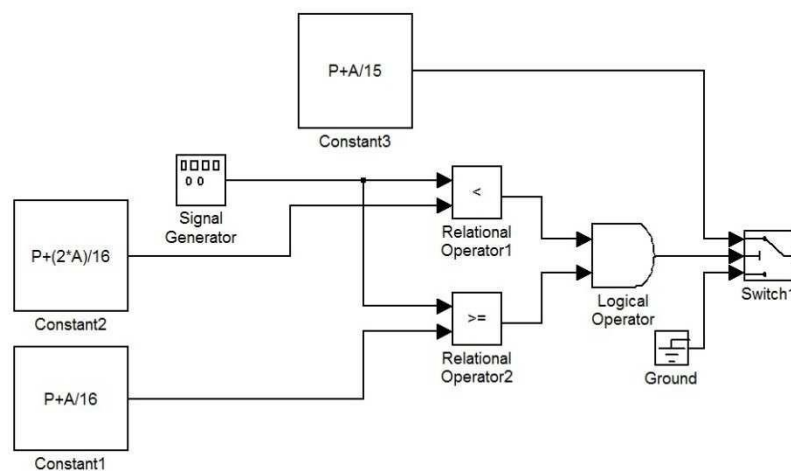


حال بصورت زیر عمل میکنیم:



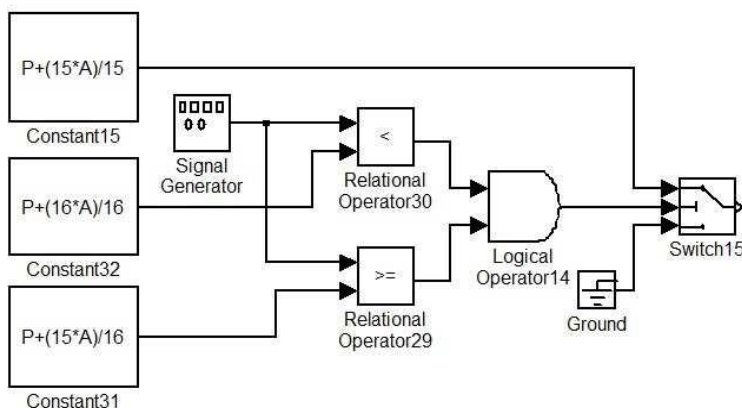
زمانی که خروجی بلوک عملگر رابطهای ۱، باشد (دامنه سیگنال از مقدار $P+A/16$ کمتر باشد) بلوک سوئیچ، عدد P (مقدار اولیه) و در غیر این صورت این بلوک مقدار صفر را عبور میدهد.

سپس بلوک هایی مانند شکل زیر درست می کنیم:



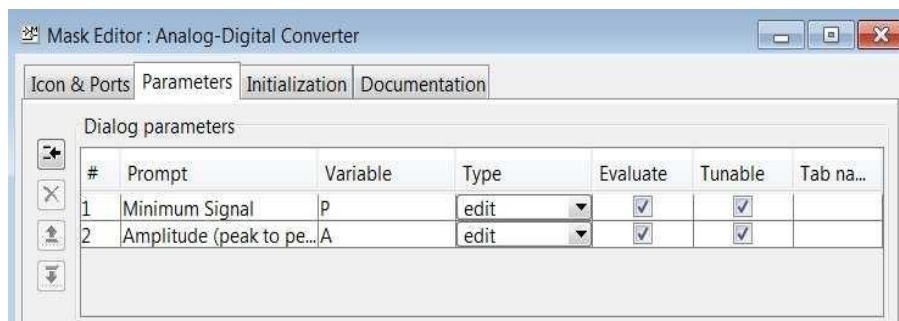
در این شکل همانطور که ملاحظه میشود، زمانی که دامنه سیگنال ورودی از مقدار $P+(2*A)/16$ کوچکتر و بزرگتر و یا مساوی مقدار $P+A/16$ باشد، خروجی بلوک AND یک شده و بلوک سوئیچ مقدار $P+A/15$ را از خود عبور میدهد و در دیگر حالات زمین در مسیر خروجی قرار می گیرد.

سپس بهمین ترتیب ادامه میدهیم تا نهایتاً به مدل زیر میرسیم:



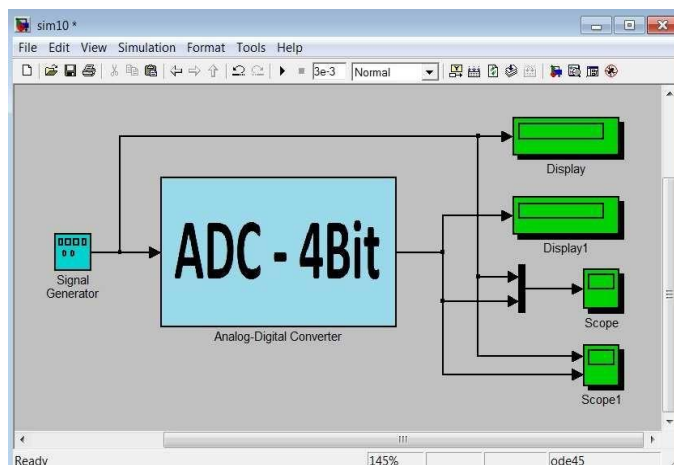
نکته: م میتوان یک سیگنال ژنراتور و یک زمین ب ه کار برد و برای استفاده در مکانهای دیگر از آنها انشعاب گرفت(درواقع هی چگونه اثر بارگذاری روی یکدیگر ندارند)

حال خروجی ۶۱ بلوک سوئیچ را به یک جمعکننده با ۶۱ ورودی می دهیم 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 آنرا ماسک م یکنیم و تنظیمات ماسک را بصورت زیر قرار میدهیم:



مدل نهایی با اندکی تغییرات اضافی بصورت زیر

است:

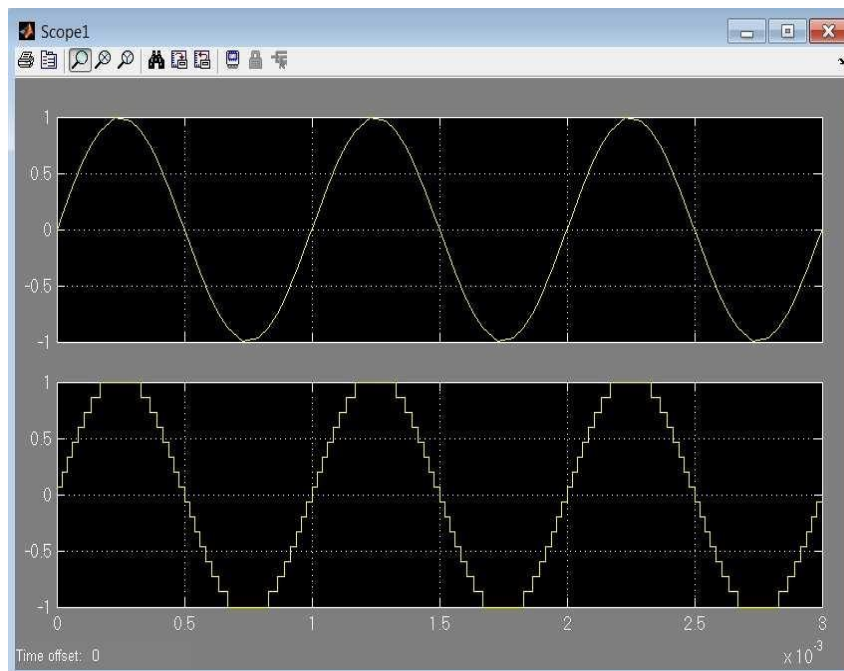
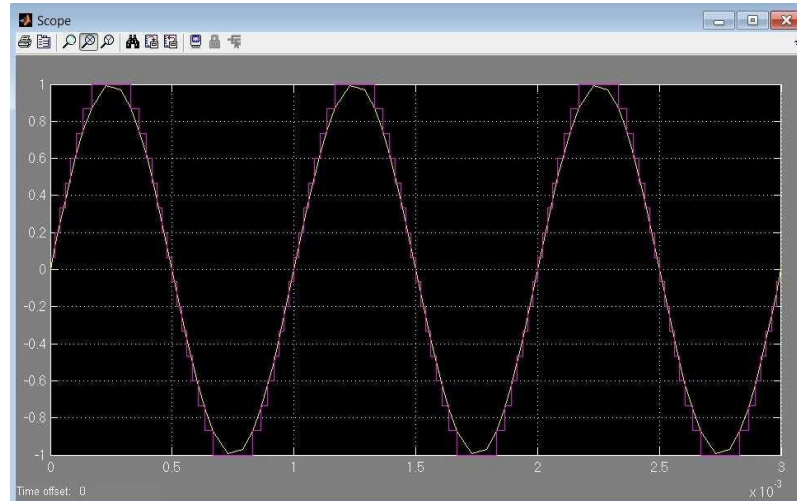




PowerEn.ir

حال مدل را بهازای یک ورودی سینوسی با فرکانس ۱KHZ و دامنه ۱ و مقدار dc برابر ۰ شبیه سازی میکنیم (مقدار مینیمم سیگنال ۱- و دامنه پیک تا پیک آن برابر ۲ است):

خروجی بصورت زیر است:



POWEREN.IR

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 پنجره‌های جدید باز کرده و بلوکهای زیر را وارد آن کنید:

Simulink >> Sources >> Step Simulink

>> Sources >> Clock

Simulink >> Sinks >> Stop Simulation

Simulink >> Sinks >> Scope

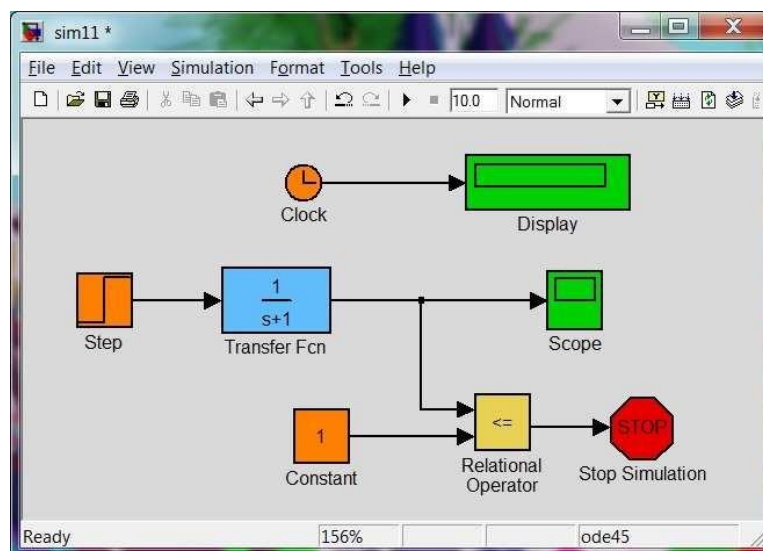
Simulink >> Continuous >> Transfer Fcn

Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Sinks >> Display

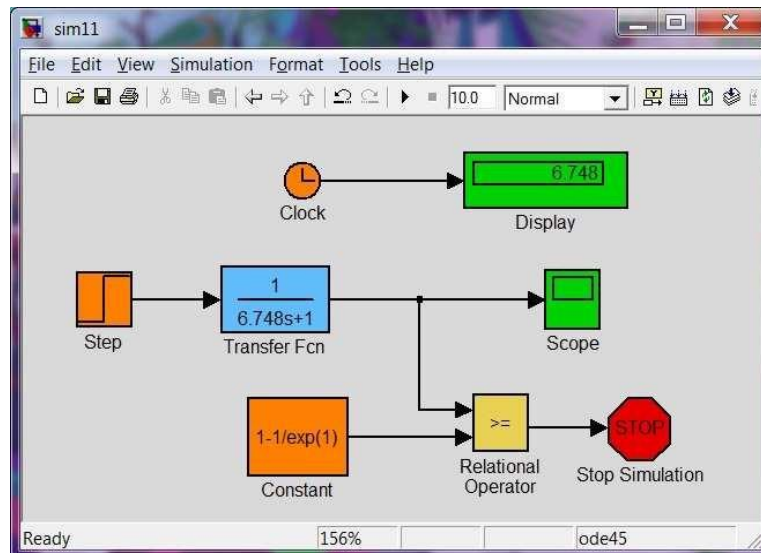
Simulink >> Logic and Bit Operations >> Relational Operator : حال بلوکها را مانند شکل زیر :

مرتب کرده و سیم کشی کنید



تنظیمات بلوک ها:

- 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 \leq را انتخاب کنید
 - روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار Step time را ۰ قرار دهید
 - روی بلوک Transfer Fcn دوبار کلیک نموده و مقدار Denominator coefficients را [۱ ۷۴۸.۶] قرار دهید
- تنظیمات مدل:
- مقدار Max step size را ۰.۰۱.۰ 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 مقایسه گر ۱ شده و بلوک **Stop Simulation** شبیه‌سازی را متوقف می‌کند. حال قطعا مقدار زمان شبیه‌سازی، برابر مقدار ثابت زمانی 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 بهترین سیگنالهایی با فرکانس های ۱/۲، ۱/۴، ۱/۸ و ۱/۱۶ فرکانس ورودی خواهیم داشت.

بلوک ها:

Simulink >> Sinks >> Scope Simulink

>> Sinks >> Terminator

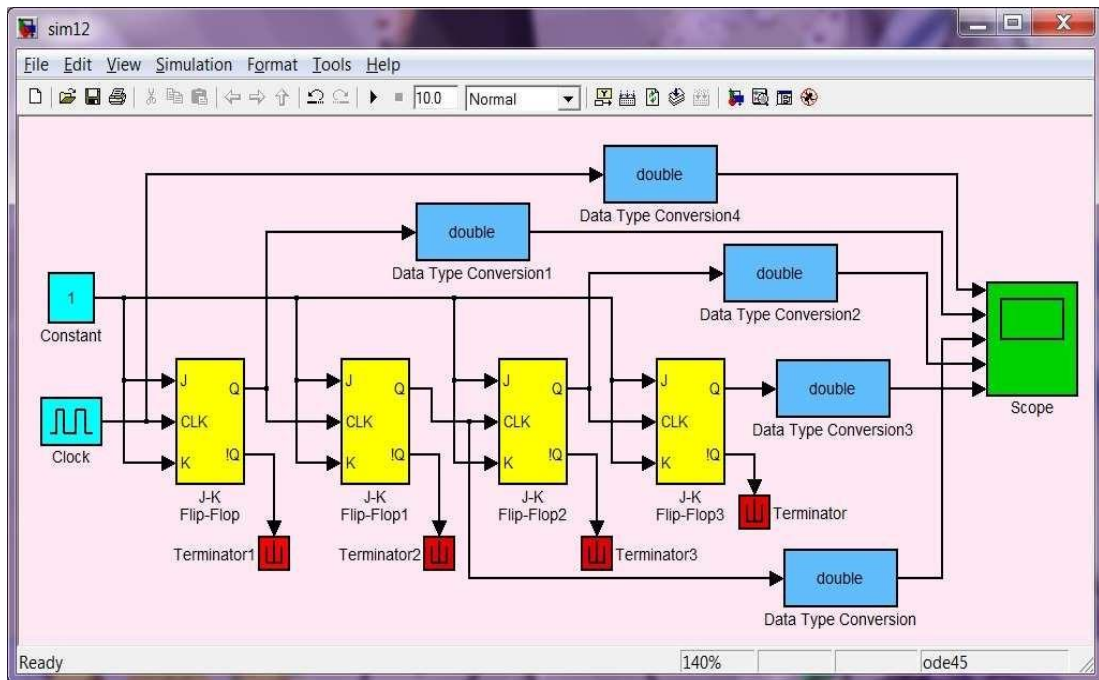
Simulink >> Sources >> Constant

Simulink >> Signal Attributes >> Data Type Conversion

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

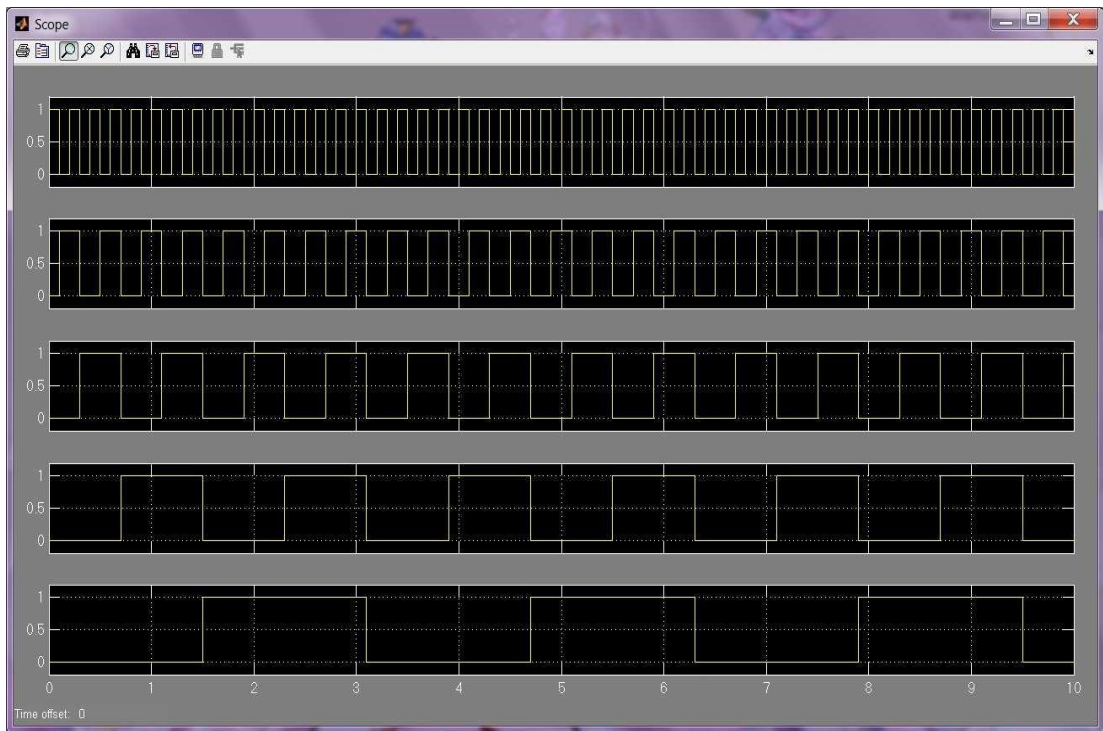
>> Simulink Extras >> Flip Flops >> J-K Flip-Flop

حال بلوک ها را مانند شکل مرتب کرده و سیم کشی کنید و تنظیمات لازمه را بر مبنای آنچه که در ادامه آمده است، اعمال کنید:



تنظیمات بلوک ها:

- 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 ۰.۲ قرار دهید
- روی تمامی بلوک های Data Type Conversion دوبار کلیک نموده و در قسمت data type Output داده‌ی خروجی را double انتخاب کنید
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر ۵ 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 ۴ به ۱ را با استفاده از بلوکهای شرطی، پیادهسازی کنم. همان طور که میدانید این عنصر (مالتی پلکسر ۴ به ۱) دارای دو پایه کنترلی میباشد که بسته به وضعیت منطقی این دو پایه، یکی از ۴ 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.

بلوک ها:

Simulink >> Sources >> Constant Simulink
>> Sources >> Ground
Simulink >> Sinks >> Display
Simulink >> Math Operations >> Sum

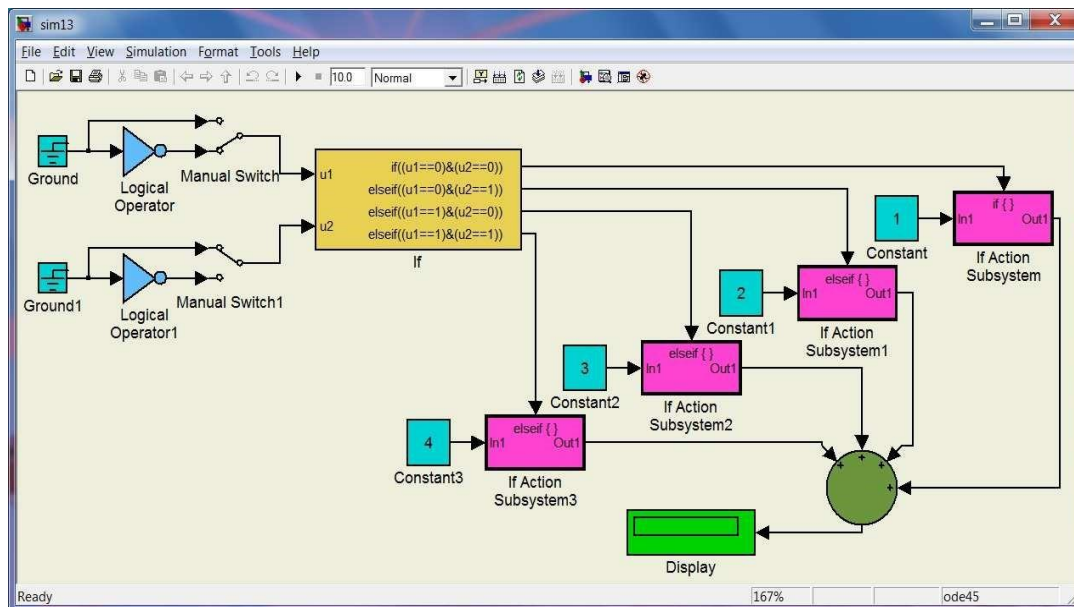
Simulink >> Signal Routing >> Manual Switch

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Logical Operator

Simulink >> Ports & Subsystems >> If Simulink >>

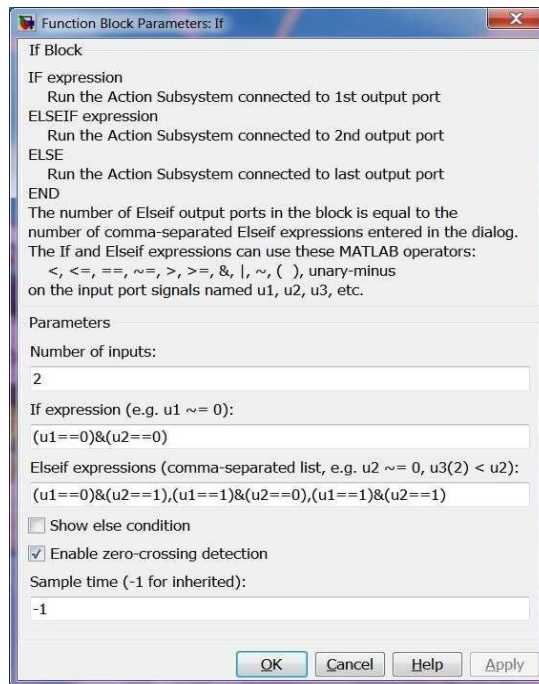
Ports & Subsystems >> If Action Subsystem

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

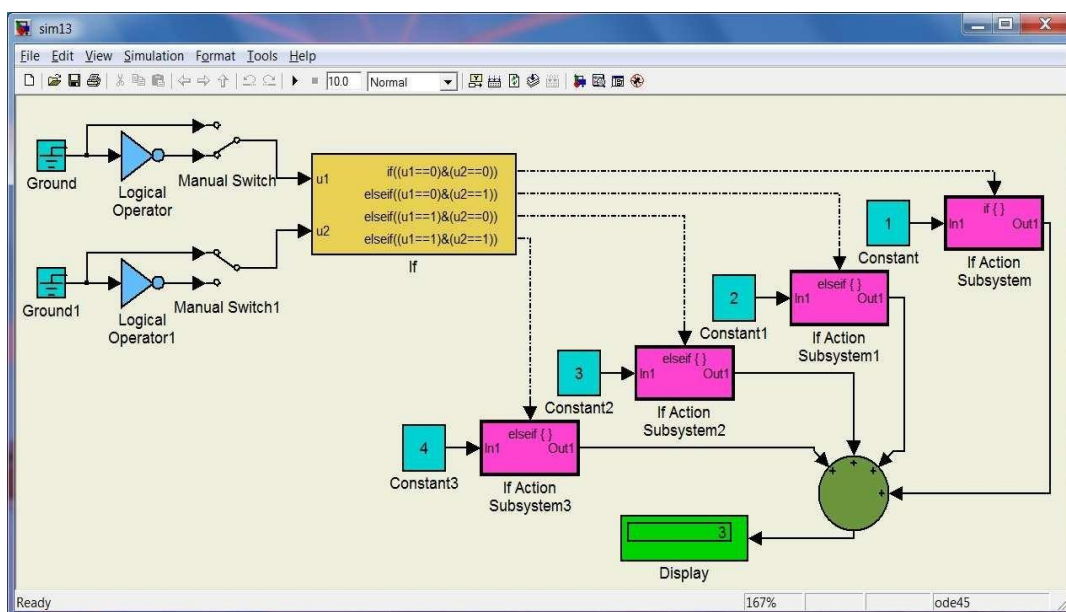


تنظیمات بلوک ها:

- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۲ قرار دهید
- روی بلوک Constant2 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ قرار دهید
- روی بلوک Constant3 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۴ قرار دهید
- روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List of signs علامت های ++++ 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 می توانید مدلتان را اجرا کنید:



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

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 0.5 \frac{dy}{dt} + y(t) = 3u(t)$$

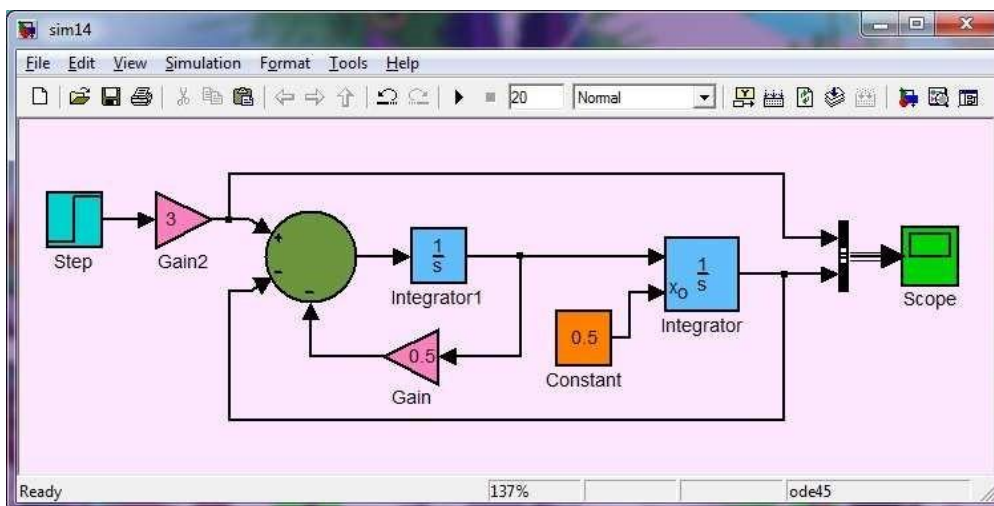
$$y'(0) = 0 \quad , \quad y(0) = 0.5$$

همان طور که می بینید این معادله از نوع درجه دو، و ورودی آن نیز پله است. شرایط اولیه برای متغیر خروجی، غیر صفر م یباشد. حال برای شبیه سازی این معادله 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، بلوک ها را سیم کشی کنید:

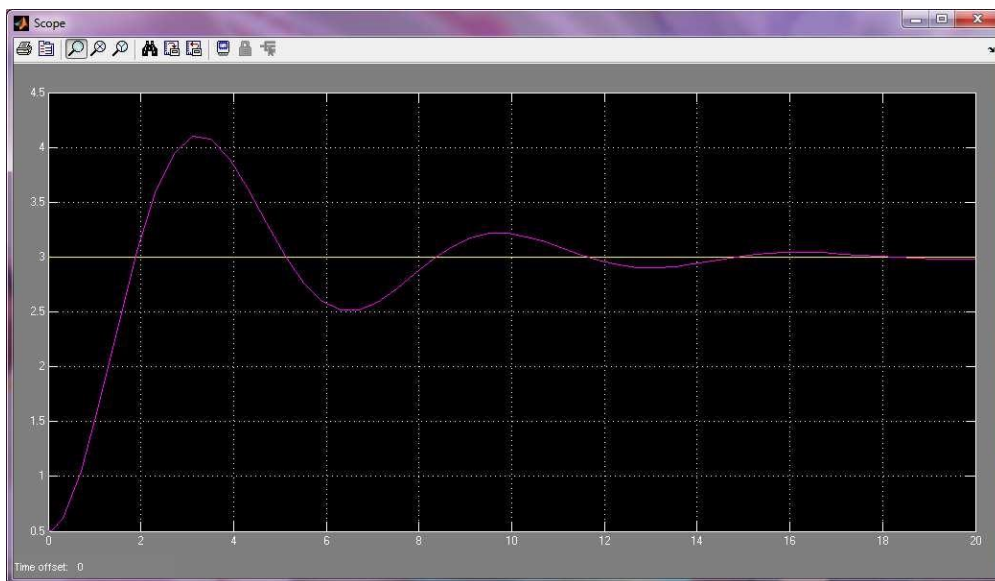


- روی بلوک Step دوبار کلیک نموده و مقدار Step time را ۰ قرار دهید.
- روی بلوک Constant دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۰.۵ قرار دهید.
- روی بلوک Gain دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۰.۵ قرار دهید.
- روی بلوک Gain2 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۳ قرار دهید.
- روی بلوک Sum دوبار کلیک نموده و در قسمت List 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 ۰.۲ ثانیه قرار دهید.

حال مدلتان را Run کنید تا ورودی و خروجی را مشاهده کنید:



در مثال بعدی مدار بلوکی جالبی رو بهتون معرفی می کنم که بوسیله ی آن قادر خواهید بود، میزان تغییرات گام زمانی حل گر سیمولینک را مشاهده کنید. همان طور که احتمالا می دانید، سیمولینک دو نوع حل گر گام ثابت و گام متغییر دارد که پیش فرض آن بر روی گام متغییر قرار داده شده است. هر کدام از این حل گر ها در جای خودشان کاربرد دارند، اما برای اکثر مدل ها پیشنهاد می شود که از حل گر گام متغییر استفاده شود. این حل گر بنا به نیاز، میزان گام زمانی را بطور اتوماتیک تغییر م ی دهد. حال برای پیاده سازی این مدار به صورت زیر عمل کنید:

Simulink >> Sources >> Clock Simulink

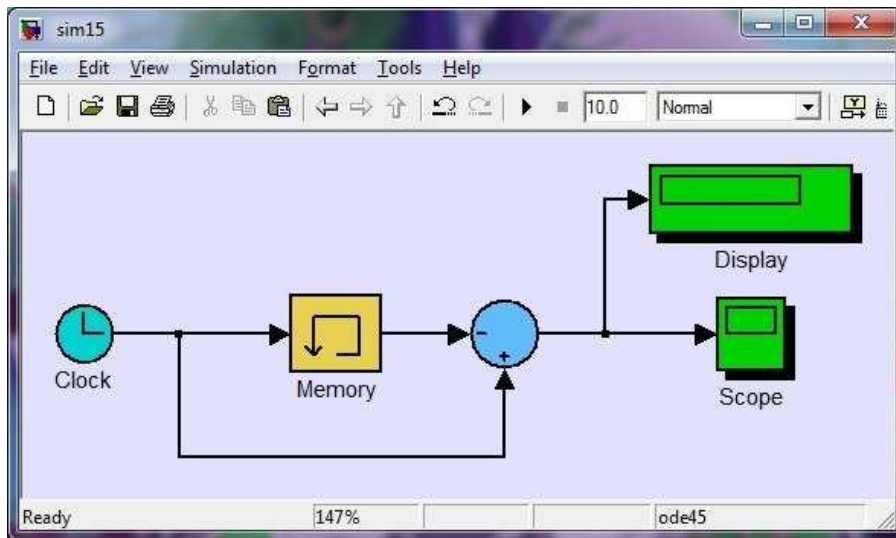
>> Math Operations >> Sum

Simulink >> Discrete >> Memory

Simulink >> Sinks >> Scope

Simulink >> Sinks >> Display

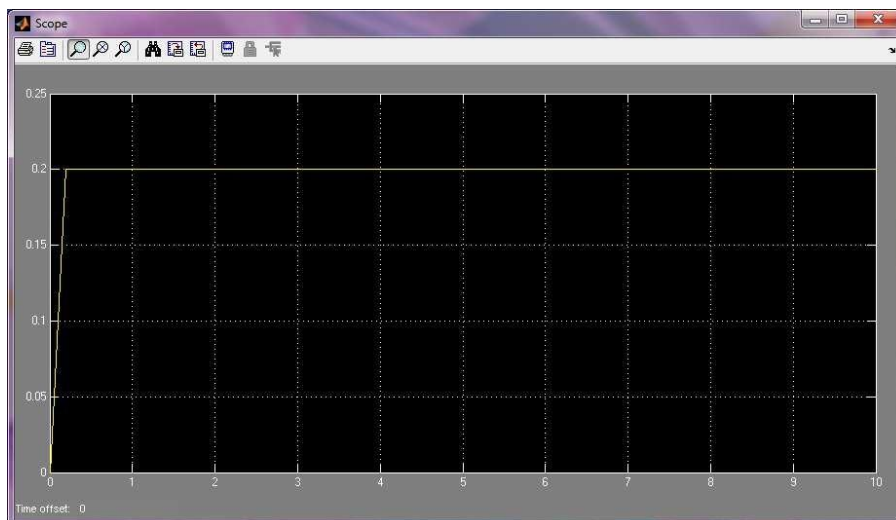
حال بلوکها را مانند شکل زیر مرتب کرده و بعد از اعمال تنظیمات لازم، بلوک ها را سیم کشی کنید:



تنظیمات بلوک ها:

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

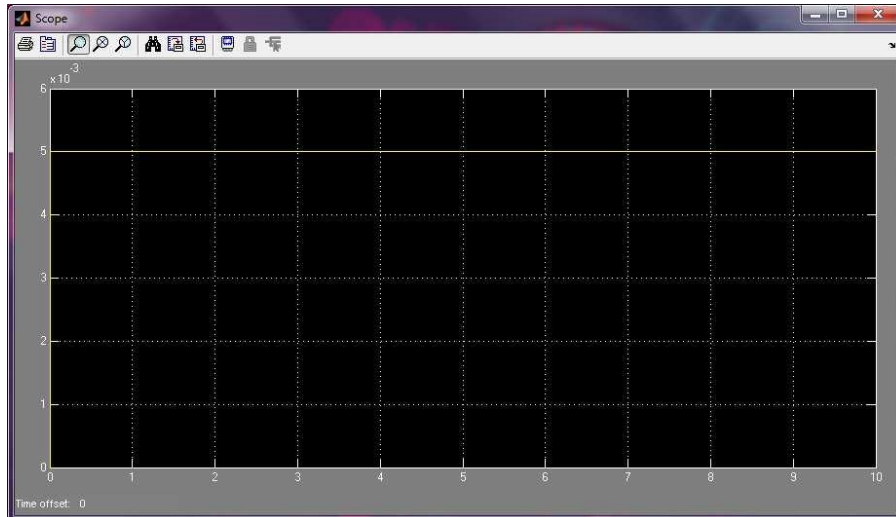
حال مدلتان را Run کنید:



همان طور که مشاهده می شود، حل گر سیمولینک این مدل را با گام زمانی ثابت 0.2 حل کرده است، در حالی که نوع حل گر در حالت گام متغییر قرار دارد. (چرا؟)

اکنون با فشردن کلید Ctrl+E به صفحه تنظیمات مدل رفته و نوع حل گر را گام ثابت انتخاب کرده و مقدار Fixed-step size را 0.05 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 0.05×10^{-3} م باشد. (چرا؟ اینکه معلومه دیگه کلیک!) در مثال بعدی مدار یک اسیلاتور موج مربعی رو بهتون نشون میدم که بچههای برق به اون نوسان ساز حلقوی میگویند (ring oscillator). البته هدف من از معرفی این مدار تولید موج مربعی نیست، چرا که همانطور که میدانید مولدهای متنوعی در کتابخانه ی سورس سیمولینک وجود دارد در واقع نکته ای در این مدار هست که فهمیدن آن خالی از لطف نیست.

بلوک ها:

Simulink >> Logic and Bit Operations >> Logical Operator

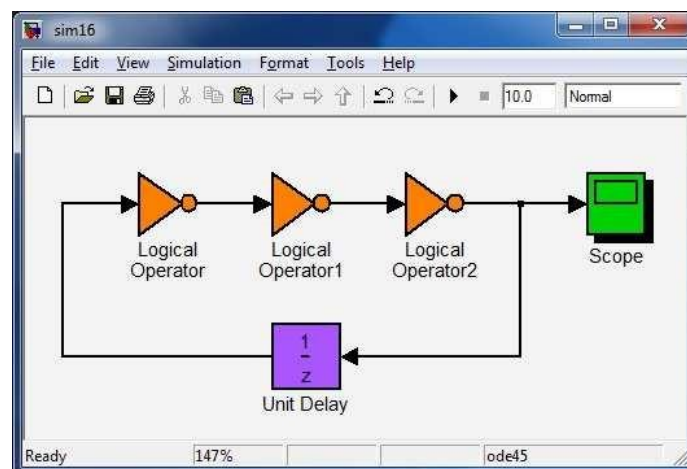
Simulink >> Discrete >> Unit Delay

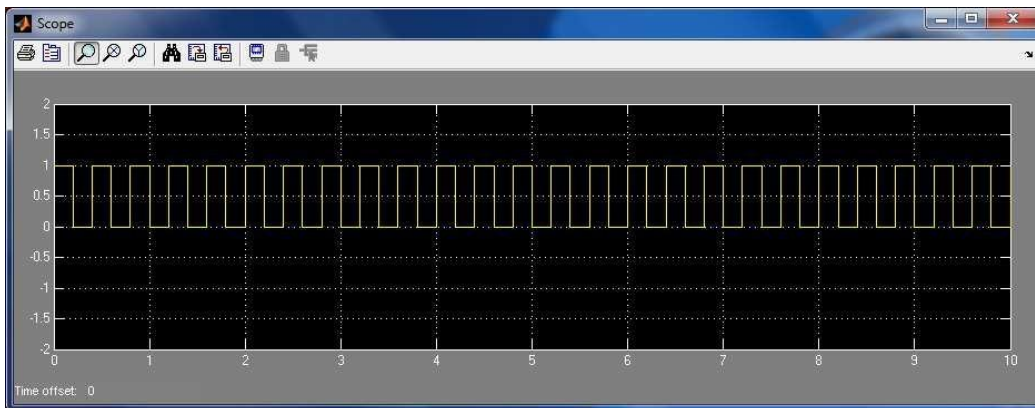
Simulink >> Sinks >> Scope

تنظیمات بلوک ها:

• 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 بلوک ها را مانند شکل زیر مرتب کرده و سیم کشی 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 پایینتر است. اما گیت های NOT موجود در سیمولینک، تاخیر ندارند و باید تاخیر بیرونی به مدار اعمال کنیم، در غیر این صورت سیمولینک نمی تواند مدل را حل کند(چرا؟).

در مثال آخر شما را با بلوکی آشنا میکنم که شما میتوانید به راحتی آن را با کدهای متلب برنامه ریزی 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 انعطاف پذیری 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. م یخواهیم با داشتن دو موج پیام و حامل، موج مدوله شده AM را بدست آوریم.

بلوک ها:

Simulink >> Sources >> Constant Simulink

>> Sources >> Signal Generator

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

Simulink >> Sinks >> Scope

تنظیمات بلوک ها:

- روی بلوک Constant1 دوبار کلیک نموده و مقدار آن را ۰.۵ قرار دهید.
- روی بلوک Signal Generator دوبار کلیک نموده و مقدار فرکانس آن را ۱۰۰۰ هرتز وارد کنید.
- روی بلوک Signal Generator1 دوبار کلیک نموده و مقدار فرکانس آن را ۱۰۰۰۰ هرتز وارد کنید.
- روی بلوک Scope دوبار کلیک نموده و سپس به منوی Parameters رفته و تعداد محورها را برابر ۳ قرار دهید.
- روی بلوک Embedded MATLAB Function دوبار کلیک نموده و در ویرایشگر باز شده، کد زیر را وارد کنید:

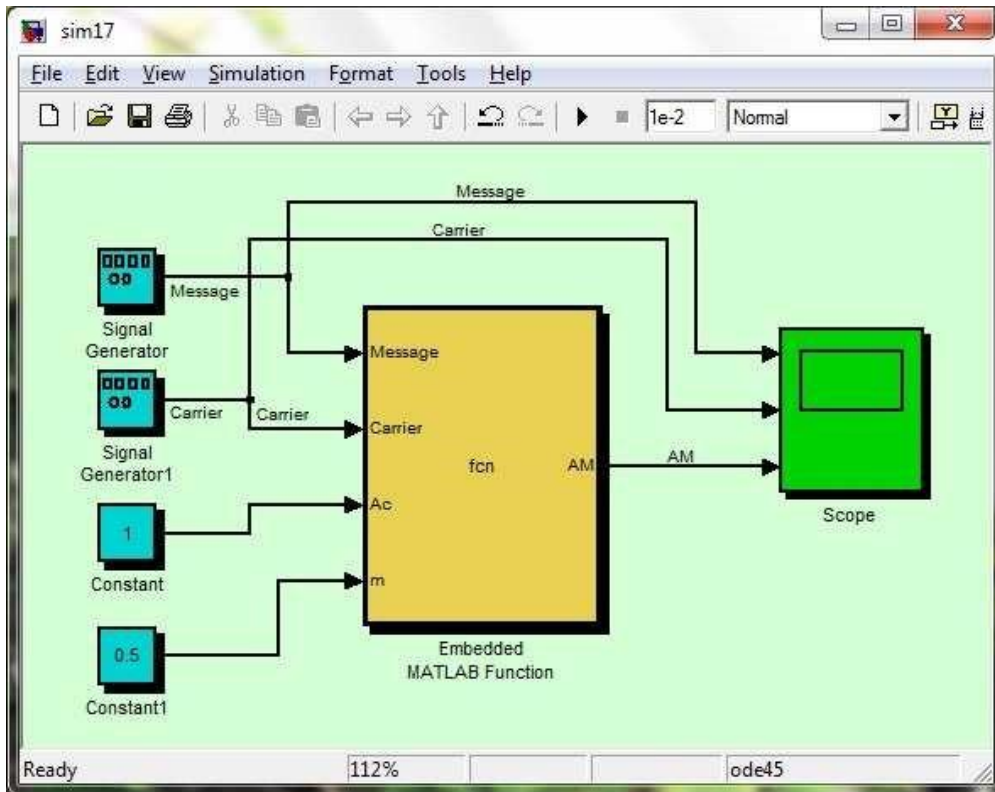
function AM = fcn(Message,Carrier,Ac,m)

% Modulation AM

$$AM = A_c * (1 + m * Message) * Carrier;$$

تنظیمات مدل:

- مقدار Stop time را ۰.۱ میلی ثانیه قرار دهید.
 - مقدار Max step size را ۰.۱ میکرو ثانیه قرار دهید.
- حال بلوکها را مانند شکل زیر مرتب کرده و سیم کشی کنید:



Run کنید:

