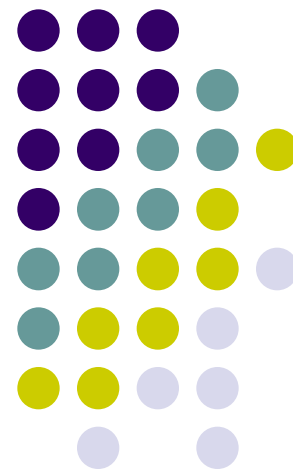


第10章 SIMULINK

动态仿真集成环境

- 10.1 Simulink操作基础
- 10.2 系统仿真模型
- 10.3 系统的仿真
- 10.4 使用命令操作对系统进行仿真
- 10.5 子系统及其封装技术
- 10.6 S函数的设计与应用

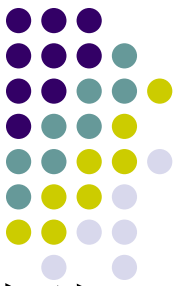


10.1 Simulink操作基础

10.1.1 Simulink简介

Simulink是MATLAB的主要构成部分，提供建立系统模型、选择仿真参数和数值算法、开启仿真程序对该系统进行仿真、设置不同的输出方式来观察仿真成果等功能。

在SIMULINK环境中，顾客将摆脱理论演绎时需做理想化假设的无奈，观察到现实世界中摩擦、风阻、齿隙、饱和、死区等非线性原因和多种随机原因对系统行为的影响。在SIMULINK环境中，顾客能够在仿真进程中变化感爱好的参数，实时地观察系统行为的变化。因为SIMULINK环境使顾客摆脱了深奥数学推演的压力和啰嗦编程的困扰，所以顾客在此环境中会产生浓厚的探索爱好，引起活跃的思维。





10.1.2 Simulink的开启与退出

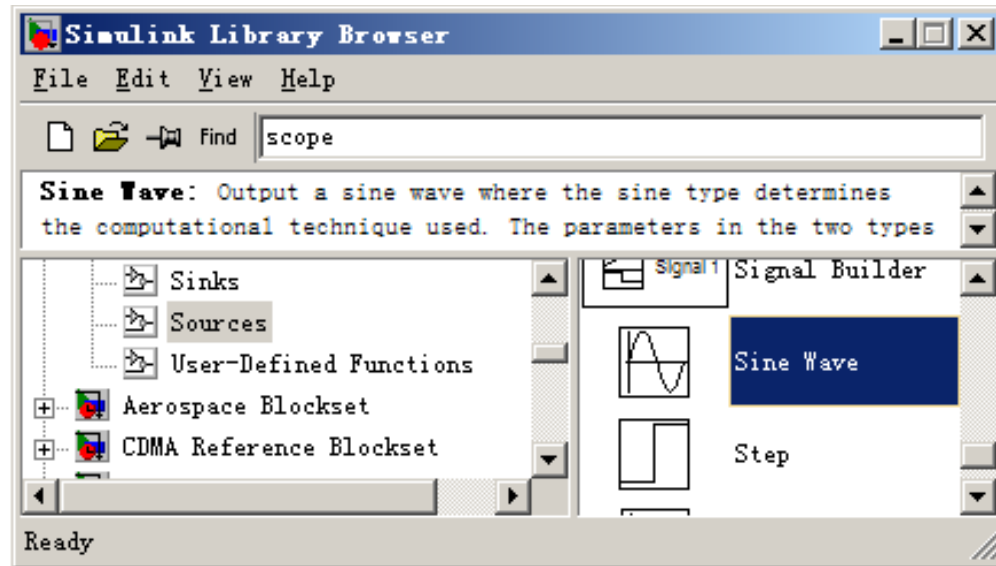
1. Simulink的开启

在MATLAB的命令窗口输入simulink或单击MATLAB主窗口工具栏上的Simulink命令按钮即可开启Simulink。Simulink开启后会显示Simulink模块库浏览器(Simulink Library Browser)窗口。



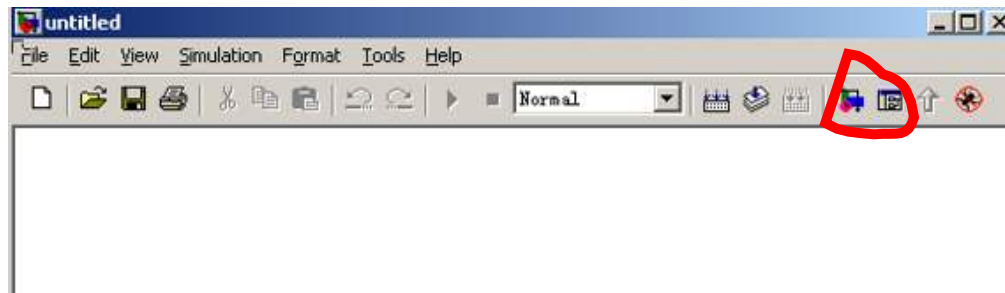
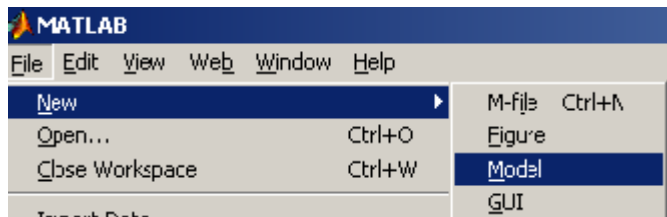
工具条
所选对象
文字说明

模块和
模块库
总览表

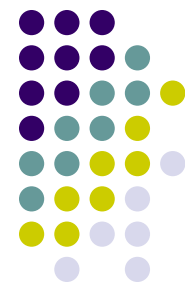


待查关键
词填写栏

在MATLAB主窗口File菜单中选择New菜单项下的Model命令，在出现Simulink模块库浏览器的同步，还会出现一种名字为untitled的模型编辑窗口。在开启Simulink模块库浏览器后再单击其工具栏中的Create a new model命令按钮，也会弹出模型编辑窗口。利用模型编辑窗口，能够经过鼠标的拖放操作创建一种模型。



模型创建完毕后，从模型编辑窗口的**File**菜单项中选择**Save**或**Save As**命令，能够将模型以模型文件的格式(扩展名为.mdl)存入磁盘。



假如要对一种已经存在的模型文件进行编辑修改，需要打开该模型文件，其措施是，在**MATLAB**命令窗口直接输入模型文件名(不要加扩展名.mdl)。在模块库浏览器窗口或模型编辑窗口的**File**菜单中选择**Open**命令，然后选择或输入欲编辑模型的名字，也能打开已经存在的模型文件。另外，单击模块库浏览器窗口工具栏上的**Open a model**命令按钮或模型编辑窗口工具栏上的**Open model**命令按钮，也能打开已经存在的模型文件。

2. Simulink的退出

为了退出**Simulink**，只要关闭全部模型编辑窗口和**Simulink**模块库浏览器窗口即可。



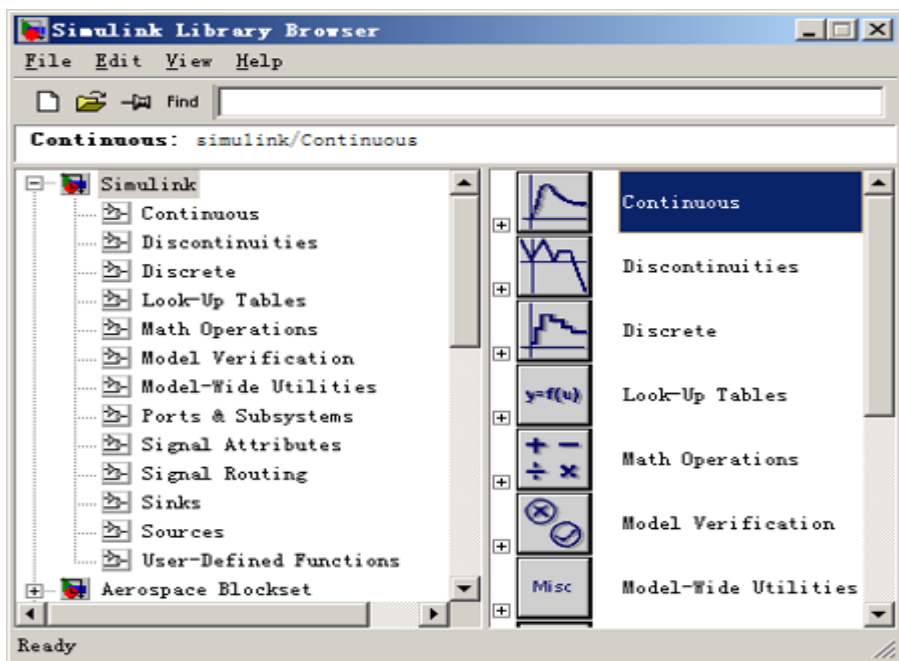
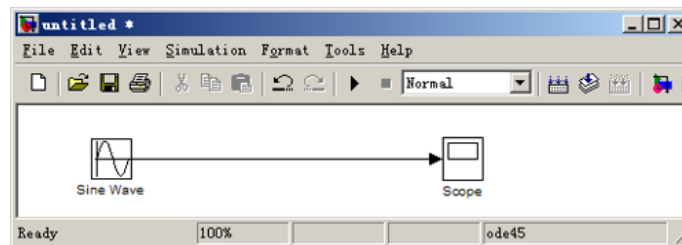
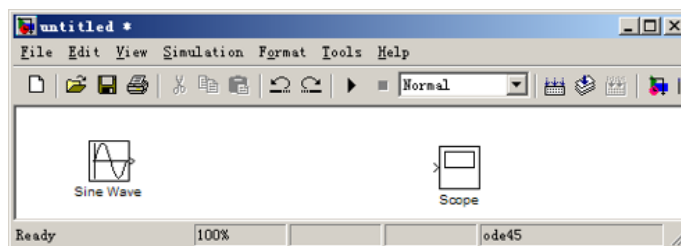
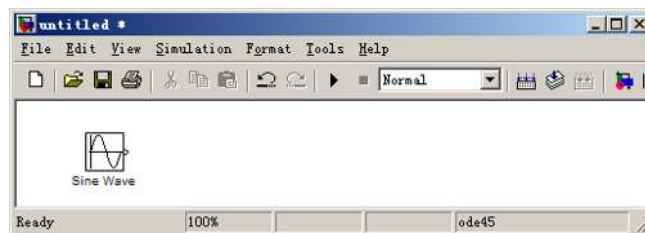
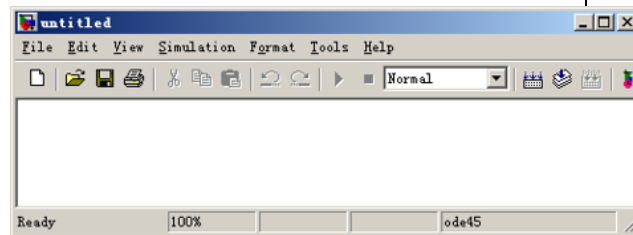
10.2 系统仿真模型

10.2.1 Simulink的基本模块

Simulink的模块库提供了大量模块。单击模块库浏览器中Simulink前面的“+”号，将看到Simulink模块库中包括的子模块库，单击所需要的子模块库，在右边的窗口中将看到相应的基本模块，选择所需基本模块，可用鼠标将其拖到模型编辑窗口。一样，在模块库浏览器左侧的Simulink栏上单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中单击Open the ‘Simulink’ Libray 命令，将打开Simulink基本模块库窗口。单击其中的子模块库图标，打开子模块库，找到仿真所需要的基本模块。

10.2.2 模块的编辑

1. 添加模块
2. 选用模块
3. 模块外形的调整
4. 复制与删除模块
5. 模块名的处理



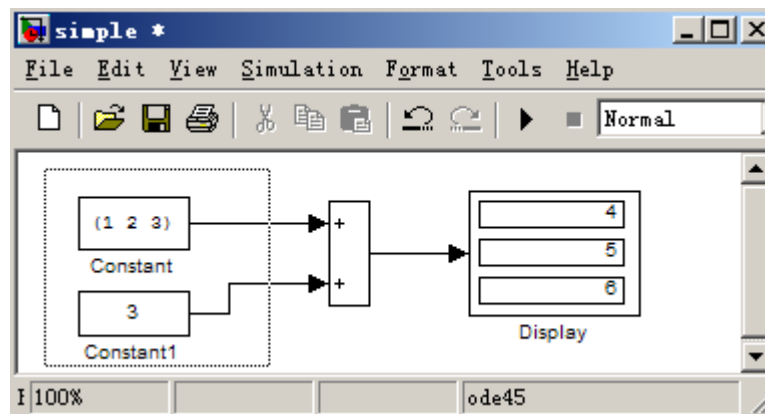
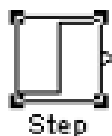


1. 添加模块

在library Browser窗口直接点击需要的模块，拖动到model文件中。

2. 选用模块

只要用鼠标在模块上单击，模块角上出现黑色小方块。若选择多种模块，则鼠标大框选中即可。



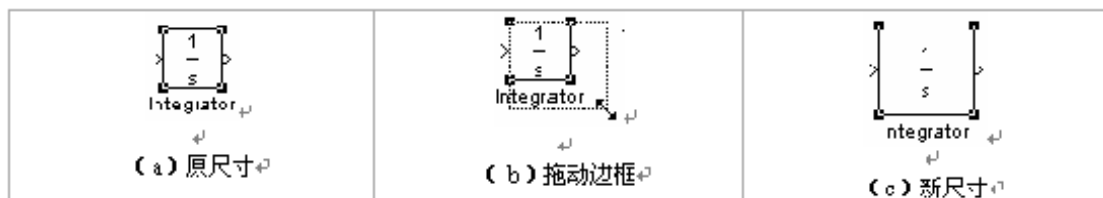


3. 模块外形的调整

(1) 变化大小：选定模块，用鼠标左键点住其周围的4个黑方块中的任何一种并拖动。

(2) 调整方向。选定模块，选择format菜单中的 Rotate Block命令使模块按顺时针方向旋转90度，Filp Block命令使模块旋转180度。（主要是接口变化）

(3) 给模块加阴影。选定模块，选择Format菜单中的 show Drop Shadow命令使模块产生阴影效果。





4. 复制与删除模块

(1) 在不同窗口，用鼠标左键点住要复制的模块，按住左键移动到相应窗口，释放。

(2) 同一窗口，用鼠标左键点住要复制的模块，按住左键，同步按住**ctrl**键，到合适位置松开鼠标。

(3) 删除模块，选中模块，选择**cut**或**clear**命令。

5. 模块名的处理

(1) 模块名的显示：选定模块，**Format**菜单中的**Hide Name**命令，模块名字被隐藏，同步**Hide name**变为**Show name**。

(2) 修改模块名：鼠标单击模块名的区域。

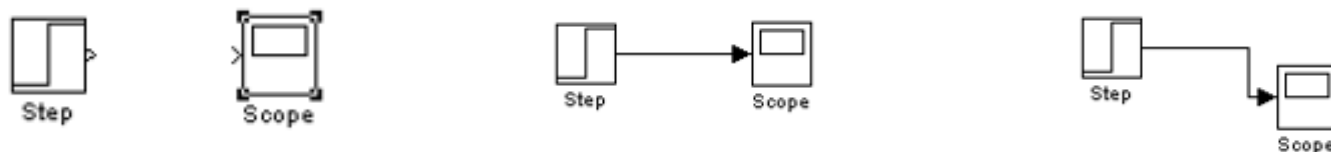
(3) 变化模块名位置：当模块接口在上下侧，模块名只能在左右；接口在左右侧，名只能在上下侧，**Format**中的**Flip name**。

10.2.3 模块的连接

1. 连接两个模块

移动鼠标到输出端，鼠标箭头会变成十字光标，点住鼠标左键，移动鼠标到另一种模块的输入点，当十字光标出现‘重影’时，释放鼠标完毕连接。

假如两模块不在同一水平线上，连线是折线。



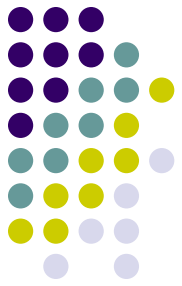
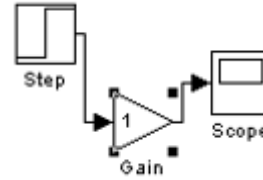
2. 模块间连线的调整

把鼠标移动到需要移动的线段位置，按住鼠标左键，移动鼠标到达目的位置，释放鼠标。

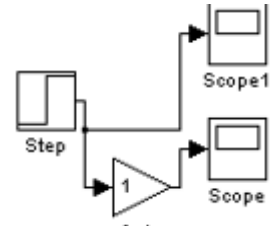


3. 连线之间插入模块

把该模块用鼠标拖到连线上，
然后释放鼠标即可。



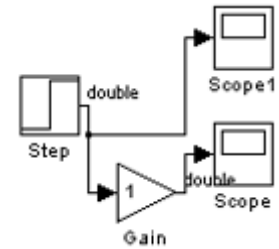
4. 连线的分支。连好一条线后，把鼠标移动到分支点的位置，先按下**ctrl**键，然后按住鼠标拖动到目的模块的输入端，释放鼠标和**Ctrl**键。



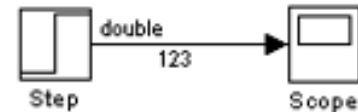
5. 删除连线。右键**cut**命令。

6. 连线信息

(1) 显示数据类型。Format中的Port data type
显示前一种模块的数据类型。



(2) 信号标识。双击要做标识的线段，出现一种
小文本编辑器，在里面输入标识的文本。



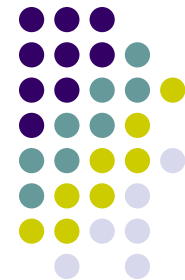
10.2.4 simulink的基本模块



- (1) 输入源模块 (SOURCE)
- (2) 接受模块 (Sinks)
- (3) 连续系统模块 (Continuous)
- (4) 离散系统模块 (Discrete)
- (5) 信号与系统模块 (Signals and systems)
- (6) 数学运算模块 (Math)

见课本260~264

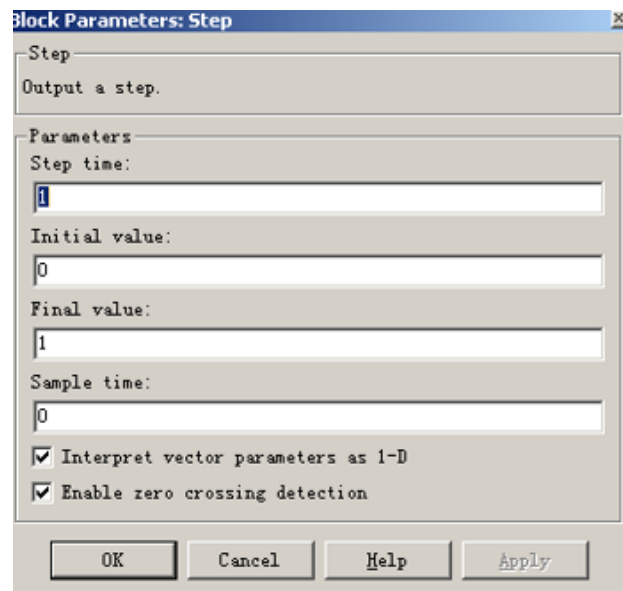
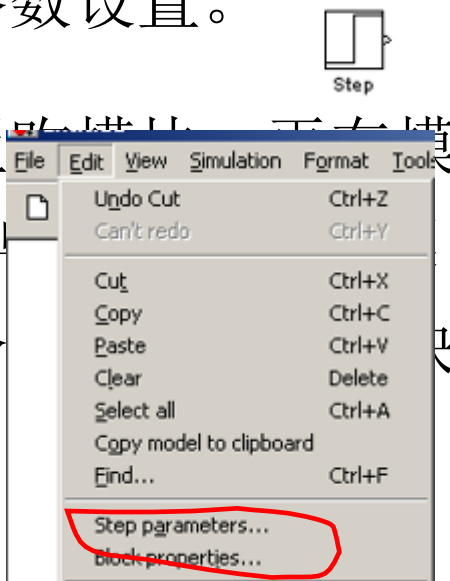
10.2.5 模块的参数和属性设置

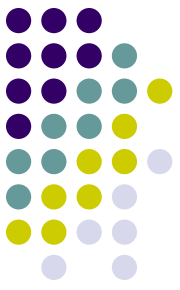


1. 模块的参数设置

Simulink中几乎全部模块的参数都允许顾客进行设置，只要双击要设置的模块或在模块上按鼠标右键并在弹出的快捷菜单中选择相应模块的参数设置命令就会弹出模块参数对话框。该对话框分为两部分，上面一部分是模块功能阐明，下面一部分用来进行模块参数设置。

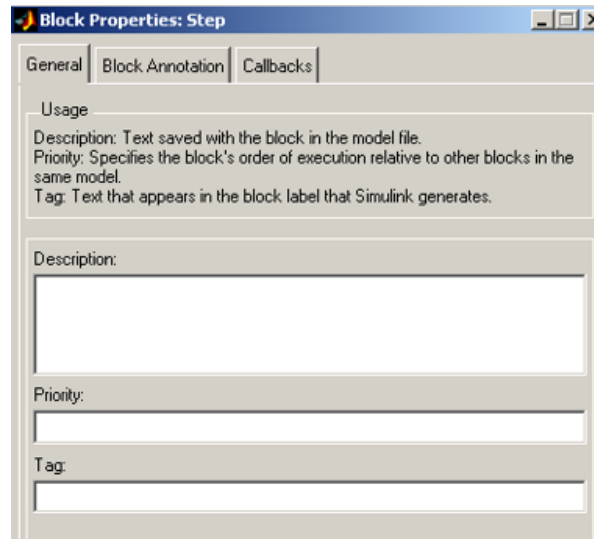
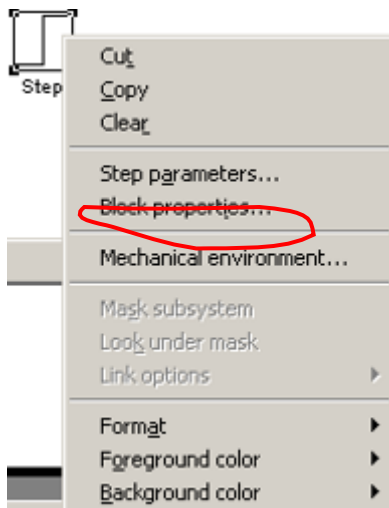
或者先选择要设置的模块，然后在模型编辑窗口Edit菜单中选择相应模块的参数设置命令，就会弹出模块参数对话框。





2. 模块的属性设置

选定要设置属性的模块，然后在模块上按鼠标右键并在弹出的快捷菜单中选择**Block properties**，或先选择要设置的模块，再在模型编辑窗口的**Edit**菜单下选择**Block properties**命令，将打开模块属性对话框。该对话框涉及**General**、**Block annotation**和**Callbacks** 3个能够相互切换的选项卡。其中选项卡中能够设置3个基本属性：**Description**(阐明)、**Priority**(优先级)、**Tag**(标识)。





例10-1 已知某系统的传递函数，求其阶跃响应，拟定模块，并储存。

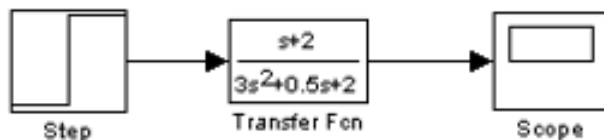
操作过程如下：

(1) 在MATLAB主菜单中，选择File菜单中New菜单项的Model命令，打开一种模型编辑窗口。

(2) 将所需模块添加到模型中。

(3) 设置模块参数并连接各个模块构成仿真模型。

设置模块参数后，用连线将各个模块连接起来构成系统仿真模型。模型建好后，从模型编辑窗口的File菜单中选择Save或Save as命令将它存盘。

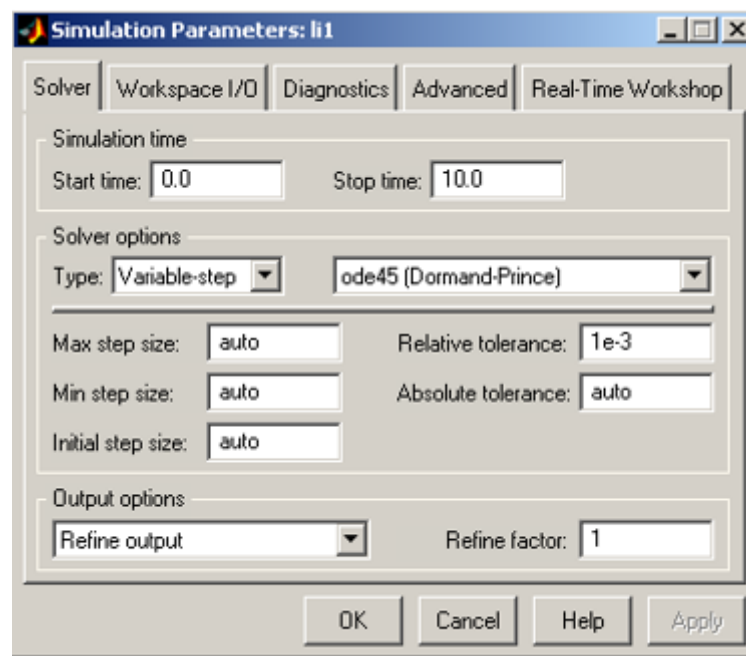
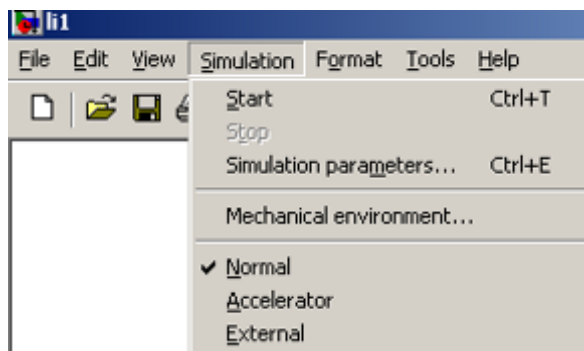


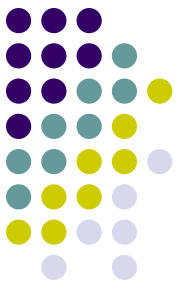


10.3 系统的仿真

10.3.1 设置仿真参数

打开系统仿真模型，从模型编辑窗口的**Simulation**菜单中选择**Simulation parameters**命令，打开一种仿真参数对话框，在其中能够设置仿真参数。仿真参数对话框包括**5**个能够相互切换的选项卡：





(1) **Solver**选项卡：用于设置仿真起始和停止时间，选择微分方程求解算法并为其要求参数，以及选择某些输出选项。

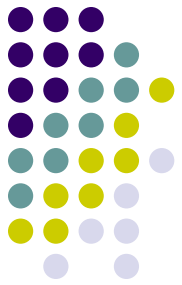
(2) **Workspace I/O**选项卡：用于管理对MATLAB工作空间的输入和输出。

(3) **Diagnostics**选项卡：用于设置在仿真过程中出现各类错误时发出警告的等级。

(4) **Advanced**选项卡：用于设置某些高级仿真属性，更加好地控制仿真过程。

(5) **Real-time Workshop**选项卡：用于设置若干实时工具中的参数。假如没有安装实时工具箱，则将不出现该选项卡。

见课本P266



Simulation Parameters: li1 [] [] [X]

Solver | **Workspace I/O** | Diagnostics | Advanced | Real-Time Workshop

Simulation time

Start time: Stop time:

Solver options

Type:

Max step size: Relative tolerance:

Min step size: Absolute tolerance:

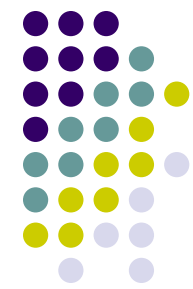
Initial step size:

Output options

Refine factor:

OK Cancel Help Apply

Simulation Parameters: li1



Solver

Workspace I/O

Diagnostics

Advanced

Real-Time Workshop

Load from workspace

Input: [t, u]

Initial state: xInitial

Save to workspace

Time: tout

States: xout

Output: yout

Final state: xFinal

Save options

Limit data points to last: 1000

Decimation: 1

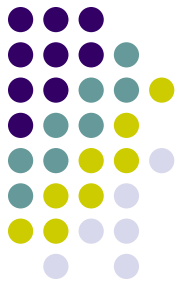
Format: Array

OK

Cancel

Help

Apply



Simulation Parameters: li1

Solver | **Workspace I/O** | Diagnostics | Advanced | Real-Time Workshop

Simulation options

Consistency checking: Bounds checking:

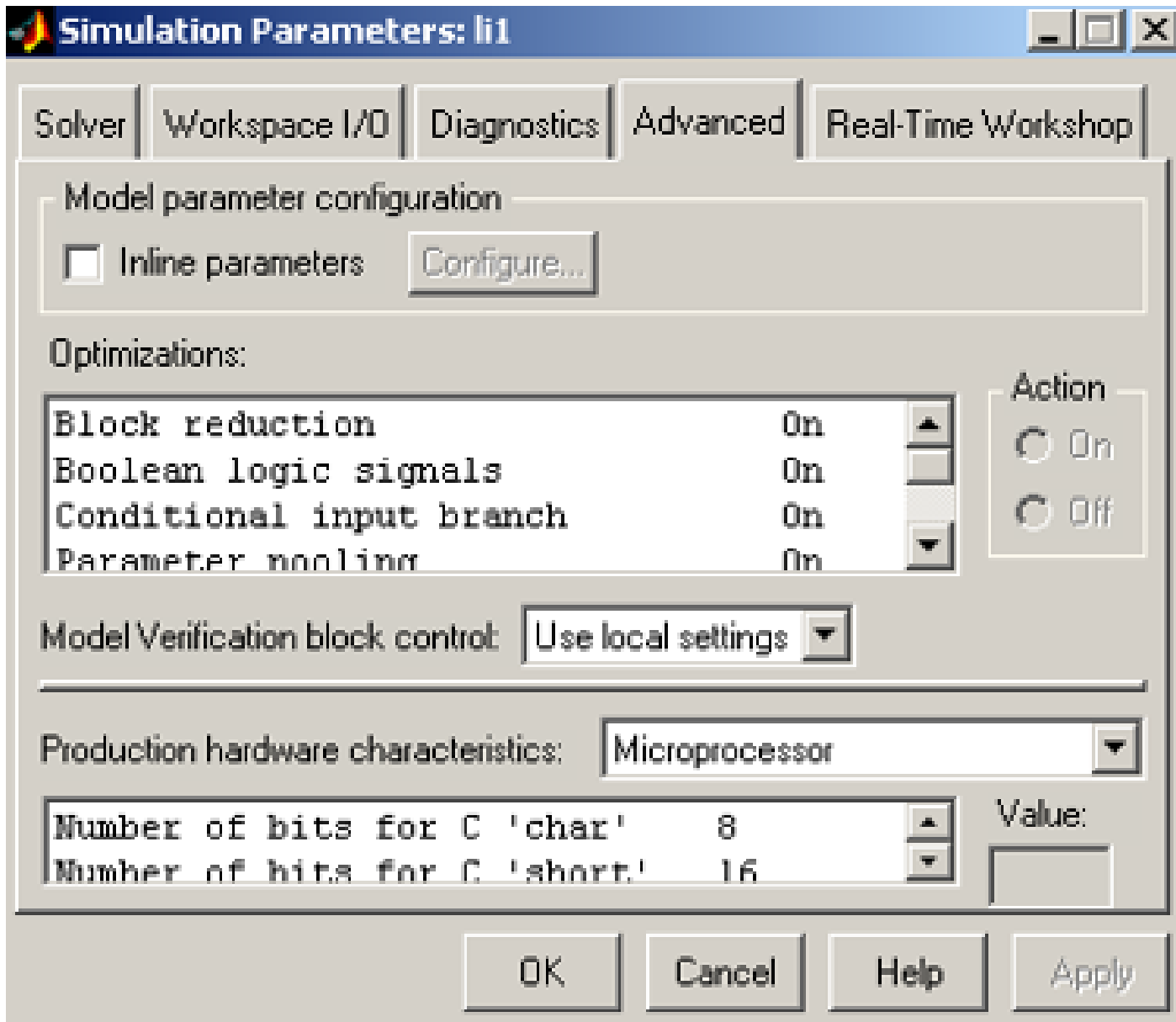
Configuration options:

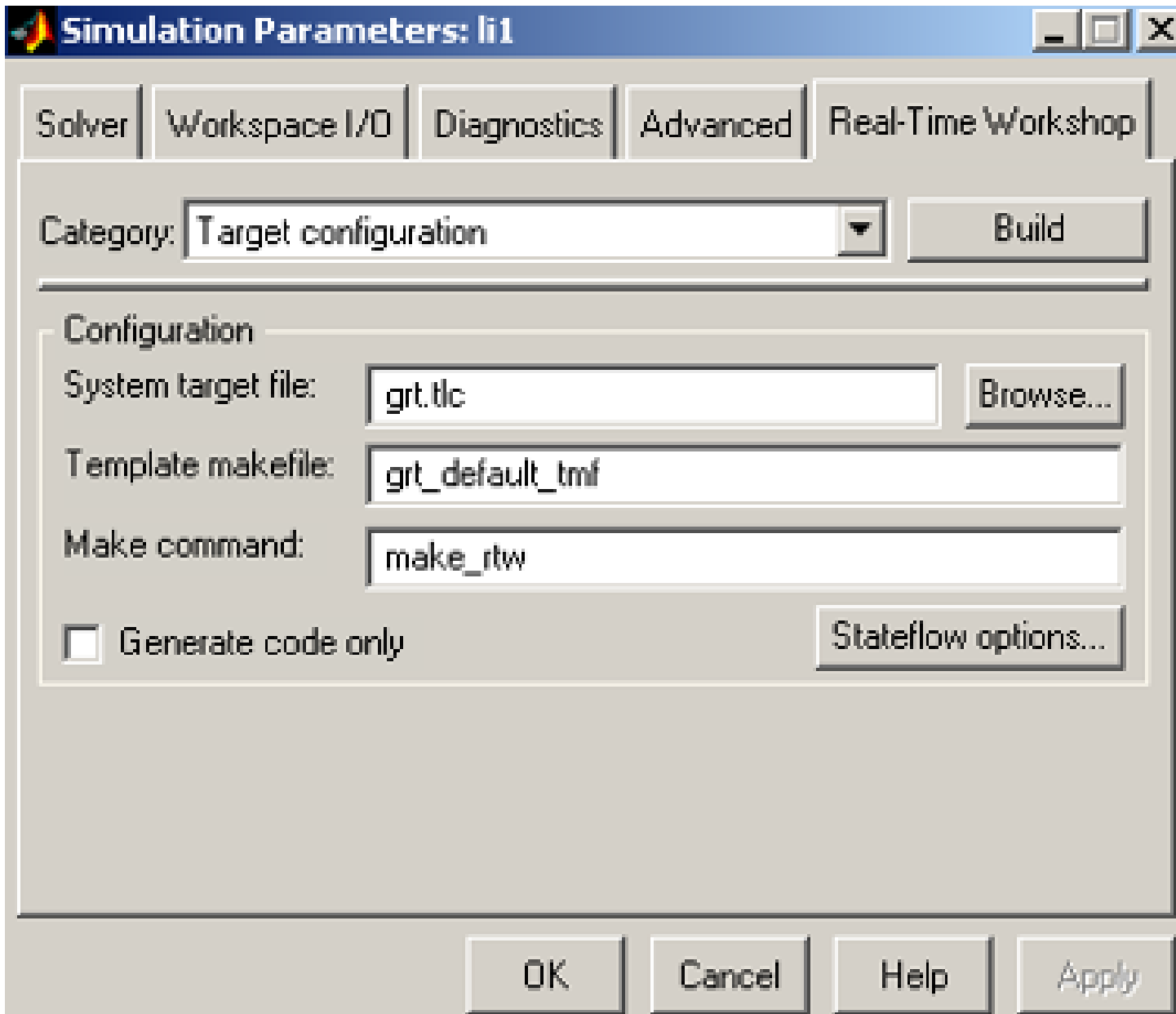
----Solver Performance-----	
Algebraic loop	Warning
Block priority violation	Warning
Min step size violation	Warning
-----Sample Time-----	
-1 sample time in source	Warning
Discrete used as continuous	Warning
MultiTask rate transition	Error
SingleTask rate transition	None
-----Data Checking-----	

Action

None
 Warning
 Error

OK Cancel Help Apply

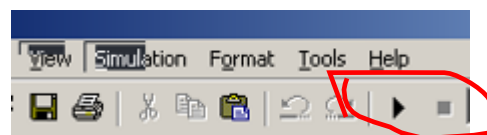
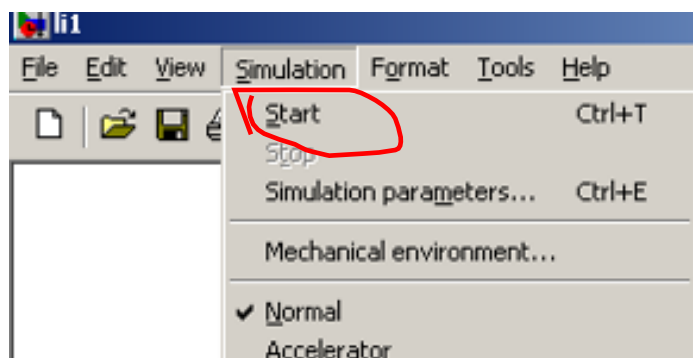






10.3.2 开启系统仿真与仿真成果分析

设置完仿真参数之后，从Simulation中选择Start菜单项或单击模型编辑窗口中的Start Simulation命令按钮，便可开启对目前模型的仿真。此时，Start菜单项变成不可选，而Stop菜单项变成可选，以供半途停止仿真使用。从Simulation菜单中选择Stop项停止仿真后，Start项又变成可选。





为了观察仿真成果的变化轨迹能够采用3种措施：

(1) 把输出成果送给**Scope**模块或者**XY Graph**模块。

(2) 把仿真成果送到输出端口并作为返回变量，然后使用**MATLAB**命令画出该变量的变化曲线。

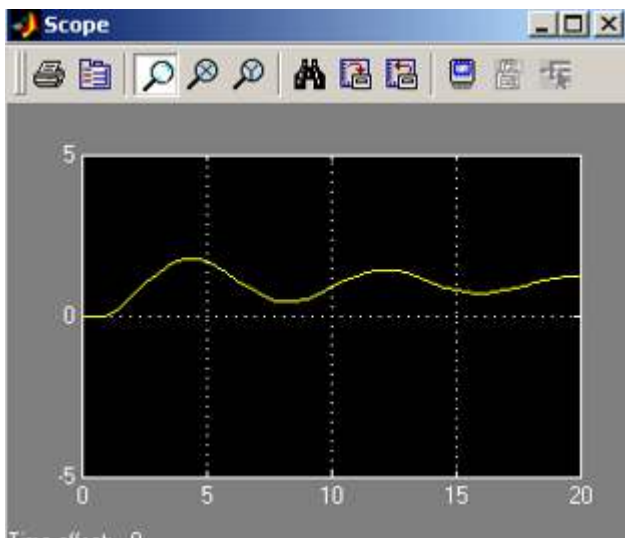
(3) 把输出成果送到**To Workspace**模块，从而将成果直接存入工作空间，然后用**MATLAB**命令画出该变量的变化曲线。



例10-2 已知某系统的传递函数，求其阶跃响应图形。

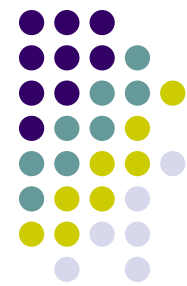
操作过程如下：ii

- (1) 在MATLAB主菜单中，选择File菜单中New菜单项的Model命令，打开一种模型编辑窗口。
- (2) 将所需模块添加到模型中。
- (3) 设置模块参数并连接各个模块构成仿真模型。
- (4) 设置Simulation parameters中的属性。



Workspace window showing the variable 'tout'.

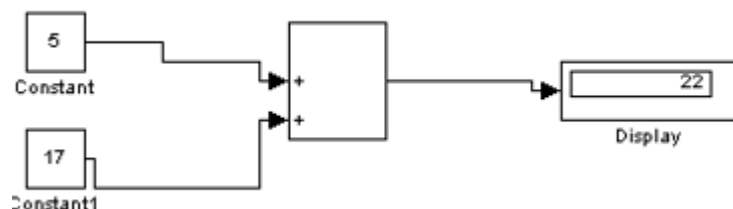
Name	Size	Bytes	Class
tout	53x1	424	double array



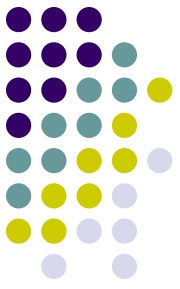
例10-3 利用Simulink仿真求和。

仿真过程如下：li2

- (1) 打开一种模型编辑窗口。
- (2) 将所需模块添加到模型中。
- (3) 设置模块参数并连接各个模块构成仿真模型。
- (4) 设置系统仿真参数。
- (5) 开始系统仿真。
- (6) 观察仿真成果。



10.3.3 系统仿真实例



至此，能够总结出利用**Simulink**进行系统仿真的环节如下：

- (1) 建立系统仿真模型，这涉及添加模块、设置模块参数以及进行模块连接等操作。
- (2) 设置仿真参数。
- (3) 开启仿真并分析仿真成果。

例12-4 有初始状态为0的二阶微分方程 $x''+0.2x'+0.4x=0.2u(t)$ ，其中 $u(t)$ 是单位阶跃函数，试建立系统模型并仿真。

措施1：用积分器直接构造求解微分方程的模型。

措施2：利用传递函数模块建模。

用积分器

(1) 改写微分方程:

$$X'' = 0.2u(t) - 0.2x' - 0.4x$$

(2) 用积分模块构造微分方程求解模型

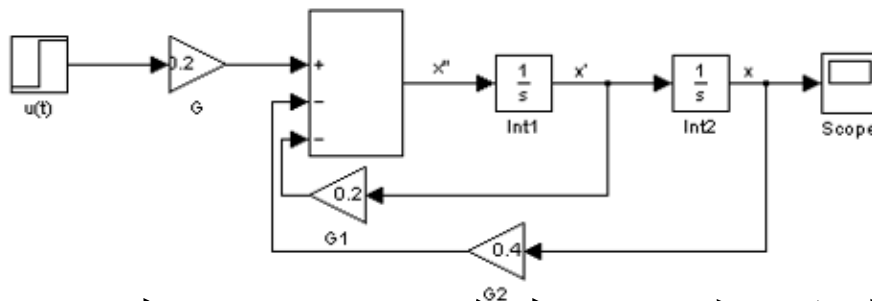
(3) 配置: $u(t)$ step time 设为0, 模块名改为 $u(t)$

G_s 增益模块设置为0.2

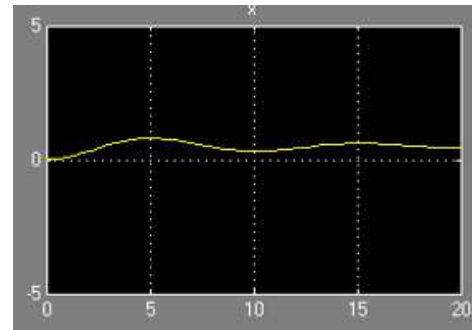
求和模块变为矩形, List of signs 设置为+--

积分模块 名字分别改为Int1 Int2

G_1G_2 增益旋转并更名, 设置为0.2, 0.4



(4) 仿真 Solver 中 stop time 改为20, 打开试波窗, 演示



用传递函数，假设初始状态是0

(1)拉氏变换： $x''+0.2x'+0.4x=0.2u(t)$,

$$s^2 X(s) + 0.2sX(s) + 0.4X(s) = 0.2u(s) \quad G(s) = \frac{0.2}{s^2 + 0.2s + 0.4}$$

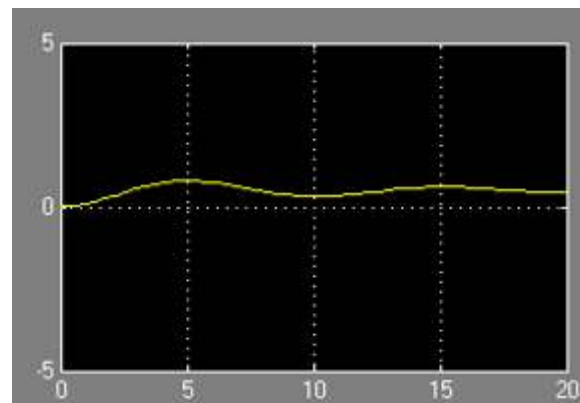
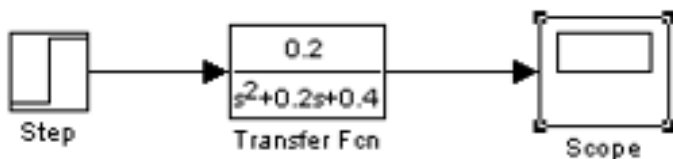


(2)用积分模块构造微分方程求解模型

(3)配置： $u(t)$ step time 设为0，模块名改为 $u(t)$

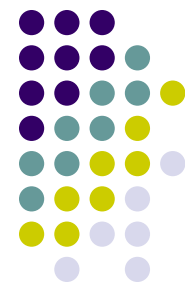
$G(s)$ 模块设置系数

(4)Solver中stop time设置为20，初始状态设为(0, 0)



10.4 使用命令操作对系统进行仿真

从命令窗口运营仿真的函数有4个，即sim、simset、simget和set_param。



1. sim函数

sim函数的作用是运营一种由Simulink建立的模型，其调用格式为：

```
[t, x, y] = sim(modname, timespan, options, data);
```

t: 仿真时间向量

x: 状态模块的状态矩阵

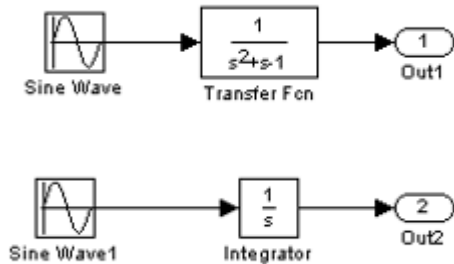
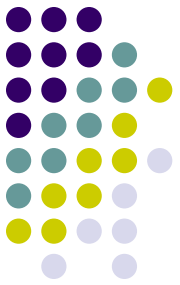
y: 仿真输出矩阵，每一列相应一种输出端口的输出数据。

Modname: 指定模型名字

Timespan: 仿真时间区域

Options: 仿真参数

这些参数中，只有Modname是必须的。



仿真模型Simul

X有三列表达模型中具有3个状态向量，其中Integrator中有一种，TransferFcn中有两个。
输出y有两列，相应与out1和out2

```
>> [t, x, y]=sim('Simul');
```

```
>> whos
```

Name	Size	Bytes	Class
t	52x1	416	double array
x	52x3	1248	double array
y	52x2	832	double array

```
>> [t, x, y]=sim('Simul', [2, 8]);
```

```
>> [t, x, y]=sim('Simul', [2, 4, 6, 8]);
```

时间范围为2s到8s

只在4个指定时刻有值

2. simset函数

`simset` 函数用来为`sim`函数建立或编辑仿真参数或要求算法，并把设置成果保存在一种构造变量中。它有如下4种使用方法：



- (1) `options=simset(property,value,...)`: 把`property`代表的参数赋值为`value`，成果保存在构造`options`中。
- (2) `options=simset(old_opstruct,property,value,...)`: 把已经有的构造`old_opstruct`(由`simset`产生)中的参数`property`重新赋值为`value`，成果保存在新构造`options`中。
- (3) `options=simset(old_opstruct,new_opstruct)`: 用构造`new_opstruct`的值替代已经存在的构造`old_opstruct`的值。
- (4) `simset`: 显示全部的参数名和它们可能的值。

3. simget函数

simget函数用来取得模型的参数设置值。假如参数值是用一种变量名定义的，simget返回的也是该变量的值而不是变量名。假如该变量在工作空间中不存在(即变量未被赋值)，则Simulink给出一种犯错信息。该函数有如下3种使用方法：

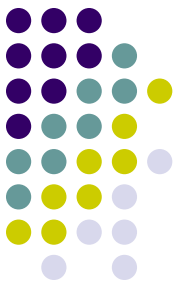
- (1) `struct=simget(modname)`: 返回指定模型model的参数设置的options构造。
- (2) `value=simget(modname,property)`: 返回指定模型model的参数property的值。
- (3) `value=simget(options,property)`: 获取options构造中的参数property的值。假如在该构造中未指定该参数，则返回一种空阵。

顾客只需输入能够唯一辨认它的那个参数名称的前几种字符即可，对参数名称中字母的大小写不作区别。



4. set_param函数

set_param函数的功能诸多，这里只简介怎样用set_param函数设置Simulink仿真参数以及怎样开始、暂停、终止仿真进程或者更新显示一种仿真模型。

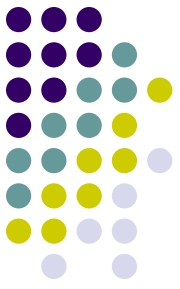


(1) 设置仿真参数

调用格式为：

```
set_param(modname,property,value,...)
```

其中modname为设置的模型名，property为要设置的参数，value是设置值。这里设置的参数能够有诸多种，而且和用simset设置的内容不尽相同，有关参数的设置能够参照有关资料。



(2) 控制仿真进程

调用格式为：

```
set_param(modname,'SimulationCommand','cmd')
```

其中mode为仿真模型名称，而cmd是控制仿真进程的各个命令，涉及start、stop、pause、comtinue或update。在使用这两个函数的时候，需要注意必须先把模型打开

10.5 子系统及其封装技术



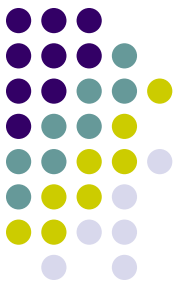
10.5.1 子系统的建立

建立子系统有两种措施：经过**Subsystem**模块建立子系统和经过已经有的模块建立子系统。两者的区别是：前者先建立子系统，再为其添加功能模块；后者先选择模块，再建立子系统。

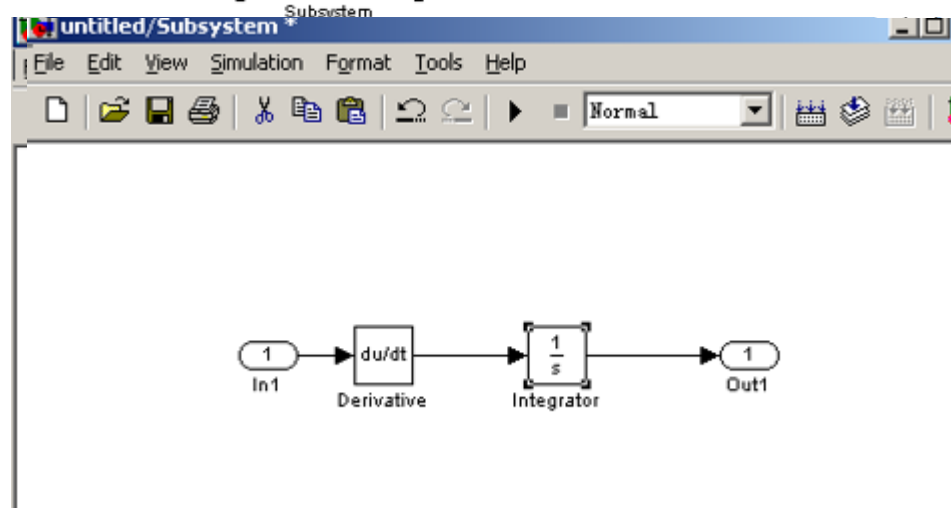
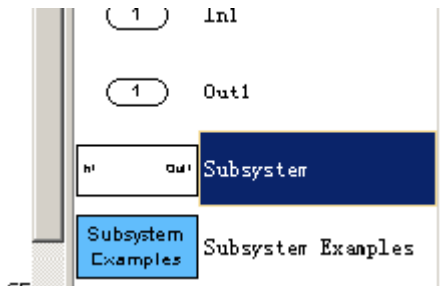
1. 经过**Subsystem**模块建立子系统

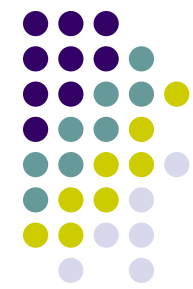
操作环节为：

- (1) 先打开**Simulink**模块库浏览器，新建一种仿真模型。
- (2) 打开**Simulink**模块库中的**Ports & Subsystems**模块库，将**Subsystem**模块添加到模型编辑窗口中。



(3) 双击Subsystem模块打开一种空白的Subsystem窗口，将要组合的模块添加到该窗口中，另外还要根据需要添加输入模块和输出模块，表达子系统的输入端口和输出端口。这么，一种子系统就建好了

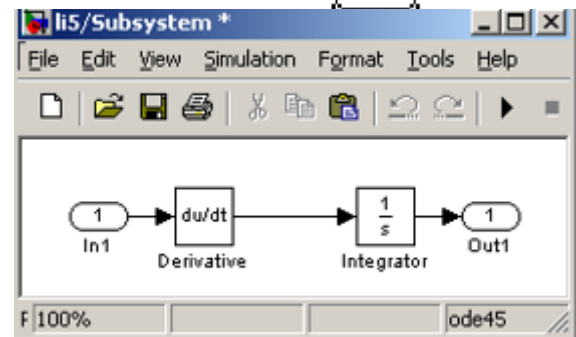
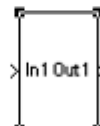
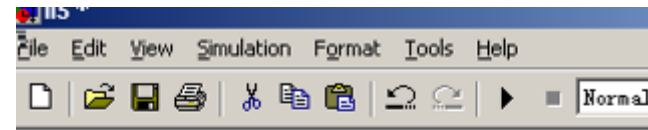
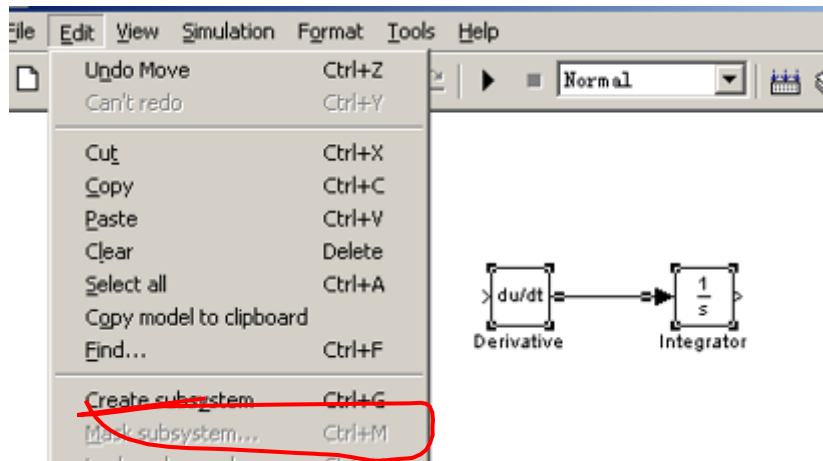




2. 经过已经有的模块建立子系统

操作环节为：

- (1) 先选择要建立子系统的模块，不涉及输入端口和输出端口。
- (2) 选择模型编辑窗口Edit菜单中的Create Subsystem 命令，这么，子系统就建好了。在这种情况下，系统会自动把输入模块和输出模块添加到子系统中，并把原来的模块变为子系统的图标。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/818005003131006132>