

一、simulink 在建模中的应用：

提到 simulink 我们会想到仿真

所以首先介绍仿真的概念

1> 仿真

1) 什么是仿真

仿真就是以相似性原理、控制论、信息技术及相关领域的有关知识为基础(进行系统建模或者数学建模),以计算机和各种专用物理设备为工具(仿真建模及仿真试验),借助系统模型对真实系统的进行试验的一种综合性技术。

2) 仿真的分类：实物仿真，数学仿真；而计算机仿真是数学仿真的一种；而 simulink 仿真又是计算机仿真的一种，这点希望大家注意；

3) 联系仿真的三个基本要素的三项基本活动是：模型建立(主要指数学模型和系统模型),仿真模型建立，仿真实验。

4) 仿真的三个基本要素：系统、模型、计算机

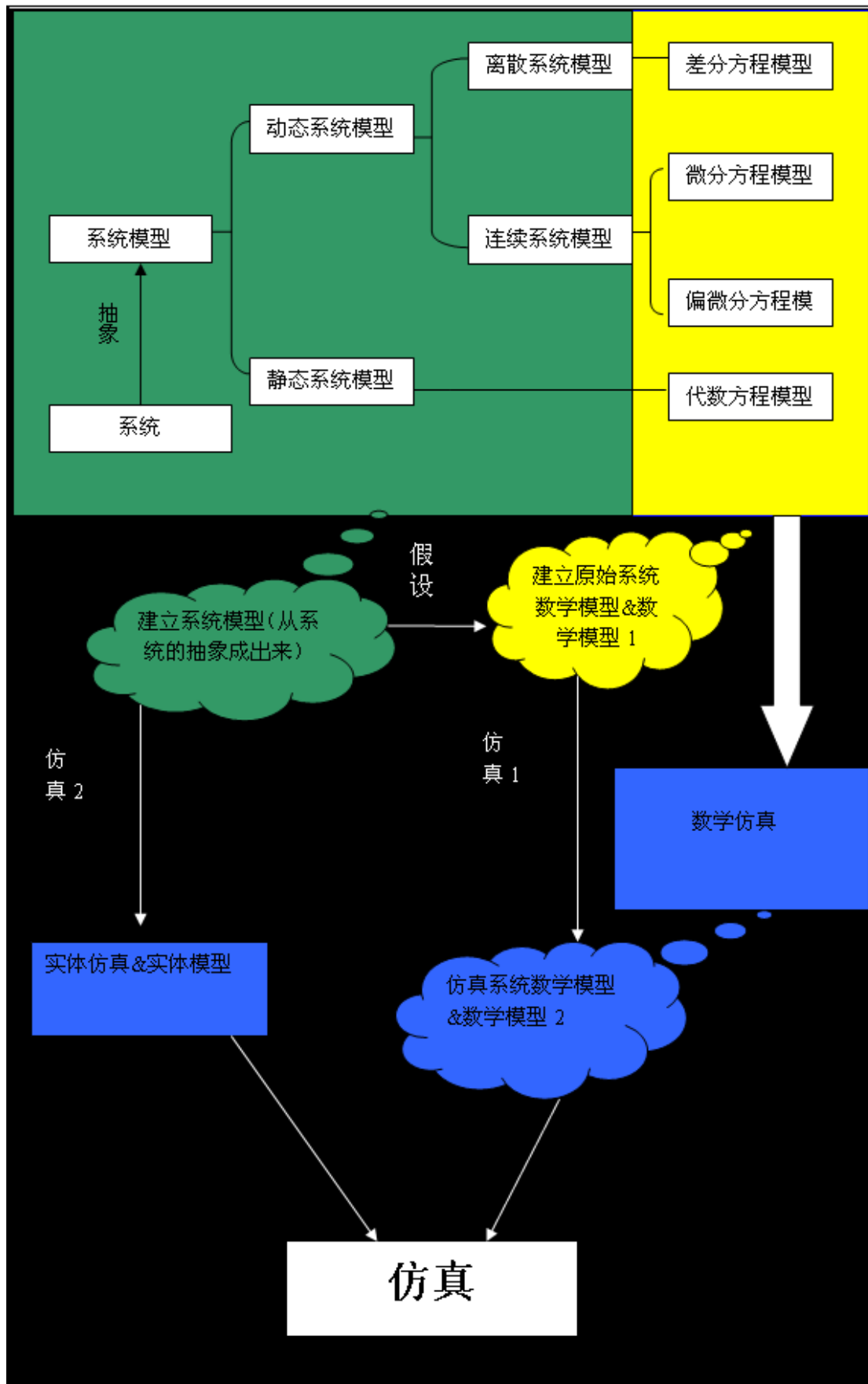
在知道了仿真的三个要素后，我们下面着重阐述：系统和模型

2> 系统：是指具有某些特定的功能、相互联系、相互作用的元素(模块)的集合。

3> a.模型的概念，相信大家已经熟悉了，我在这里就不多说了。

b.我在这里说明下模型的分类，模型可以分为：实物模型和数学模型。而数学模型又可以分为原始数学模型和仿真数学模型。

4>下面请大家把我给大家的“培训预习 1”打开，我们下面准备围绕着那两张图片来讲解 simulink 仿真在建模中的具体地位：



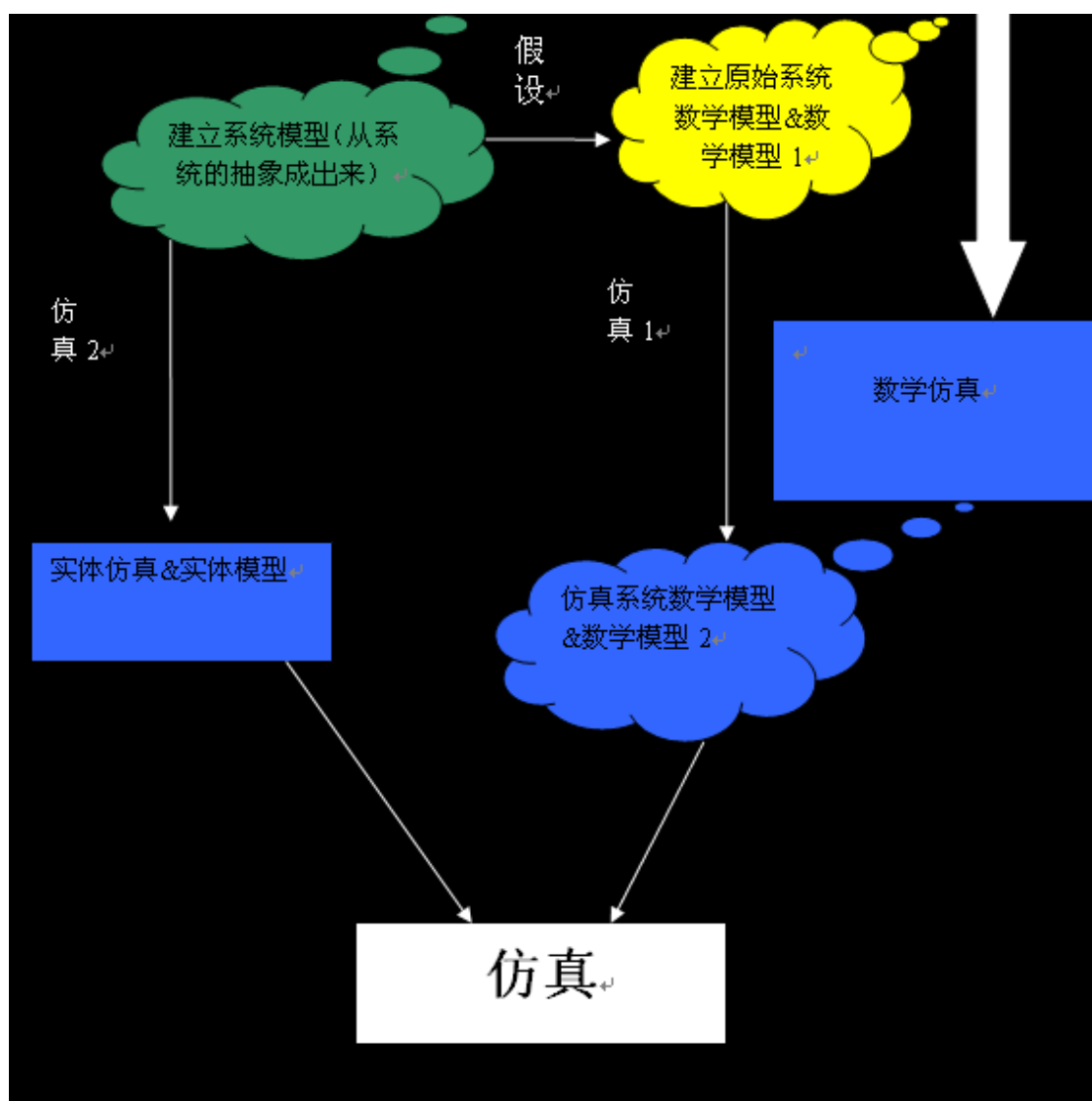
右上角的黄色区域是数学模型，我们可以看到，从系统模型转化成的对应的数学模型分

类。

左上角是系统模型，我们可以清楚的看到，系统模型的分类。

然后往下的就是仿真区域，我们可以得到相应的数学模型对应的仿真数学模型。

具体的三个模型的演化过程，我在黑色区域中，用一个流图表示,具体如下图:



通过上图我们可以直观的指导方针的在建模中的地位

在流图中的‘仿真 1’就是我们要在建模中要讨论的仿真，也就是 simulink 仿真所在的位置。而由‘仿真 2’得到的结果是一些实物模型，例如：飞机模型，建筑模型等。

这样我们就明确了 simulink 在整个建模过程中的地位了。

给大家一分钟时间大家结合图形理解一下。

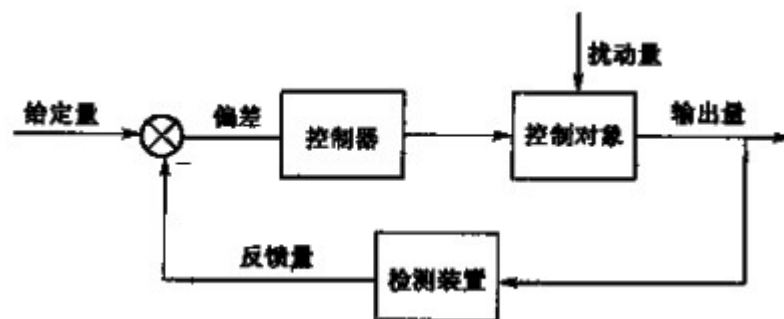
5>上面我们从宏观上把握了 simulink 在建模中的应用,下面我们具体讲一下它在建模中的应用:

实际上,仿真在建模中的应用,主要集中在以下几个方面个地方:

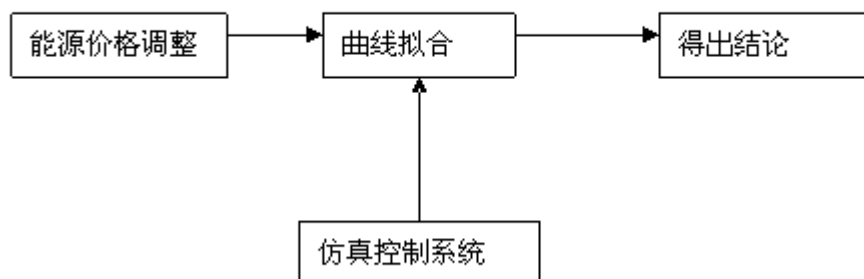
1) **应用于模型的本身**。也就是说我们建立的任何数学模型或者是系统模型,都可以利用 simulink 提供的仿真模块或者是我们自己编写的模块来仿真。

下面我从两个方面来说明

a、对于一个系统模型,如图



我们可以利用 simulink 提供的模块来设计这种系统模型,但是这一块的应用比较专业,涉及到控制论方面的专业知识,所以我们在今天的讲解中就不做强调了。不过这里有个例子大家可以看下:



其中的 simulink 仿真的对象是一个控制系统,这是我们在模型中涉及到的。

b、对于一个数学模型

也可以利用 simulink 提供的模块进行仿真，因为它提供了丰富的数学模块。比如：证明一些复杂的数学问题。

2) 应用于模型求解过程(应用二)

求解过程我们也可以利用仿真来进行求解，具体步骤如下：

- (1) 先利用 simulink 提供的模块，建立和数学模型对应的仿真模型
- (2) 然后进行仿真
- (3) 得到仿真结果，也就是问题的解

这里的解包括包括图形，数值等。

3)应用于模型验证&分析阶段（应用三）

利用 simulink 仿真可以进行模型验证,具体方法如下：

利用求解过程的仿真步骤可以得到你想验证的一些结果，进而可以进行分析。

这里我给大家说些相关的应用：比如：大家可以利用仿真进行稳定性分析、相轨线分析等。

讲到这里可能有人会问：我用 matlab 就可以得到的结果，为什么要利用仿真呢？

下面我说下仿真的好处：

- 1) simulink 可以给你提供动态的求解过程，在此过程中你可能会得到意想不到的收获，所以在模型求解阶段可以使用它，提高你的论文水准
- 2) Simulink 给我们提供了现成的模块，避免了我们花费更多的时间去编程，而且他还是一种求解问题的方法，你可以在模型验证阶段使用它，为你的论文润色

首先对 simulink 做个简要的介绍：

二：simulink 基本知识：

SIMULINK 是 MATLAB 软件的扩展，它是实现动态系统建模和仿真的一个软件包，它与 MATLAB 语言的主要区别在于，其与用户交互接口是基于 Windows 的模型化图形输入，其结果是使得用户可以把更多的精力投入到系统模型的构建，而非语言的编程上。所谓模型化图形输入是指 SIMULINK 提供了一些按功能分类的基本的系统模块，用户只需要知道这些模块的输入输出及模块的功能，而不必考察模块内部是如何实现的，通过对这些基本模块的调用，再将它们连接起来就可以构成所需要的系统模型（以.mdl 文件进行存取），进而进行仿真与分析。

SIMULINK 的最新版本是 SIMULINK4.0（包含在 MATLAB6.0 里），MATLAB5.3 里的版本为 3.0 版，它们的变化不大。

1、simulink 的建模方法：

这里讲述的建立模块的方法，而非建模，希望不要引起大家误会

1) simulink 的启动

在说这部分内容之前，我想强调下和打开模块相关的一个问题：大家一般要打

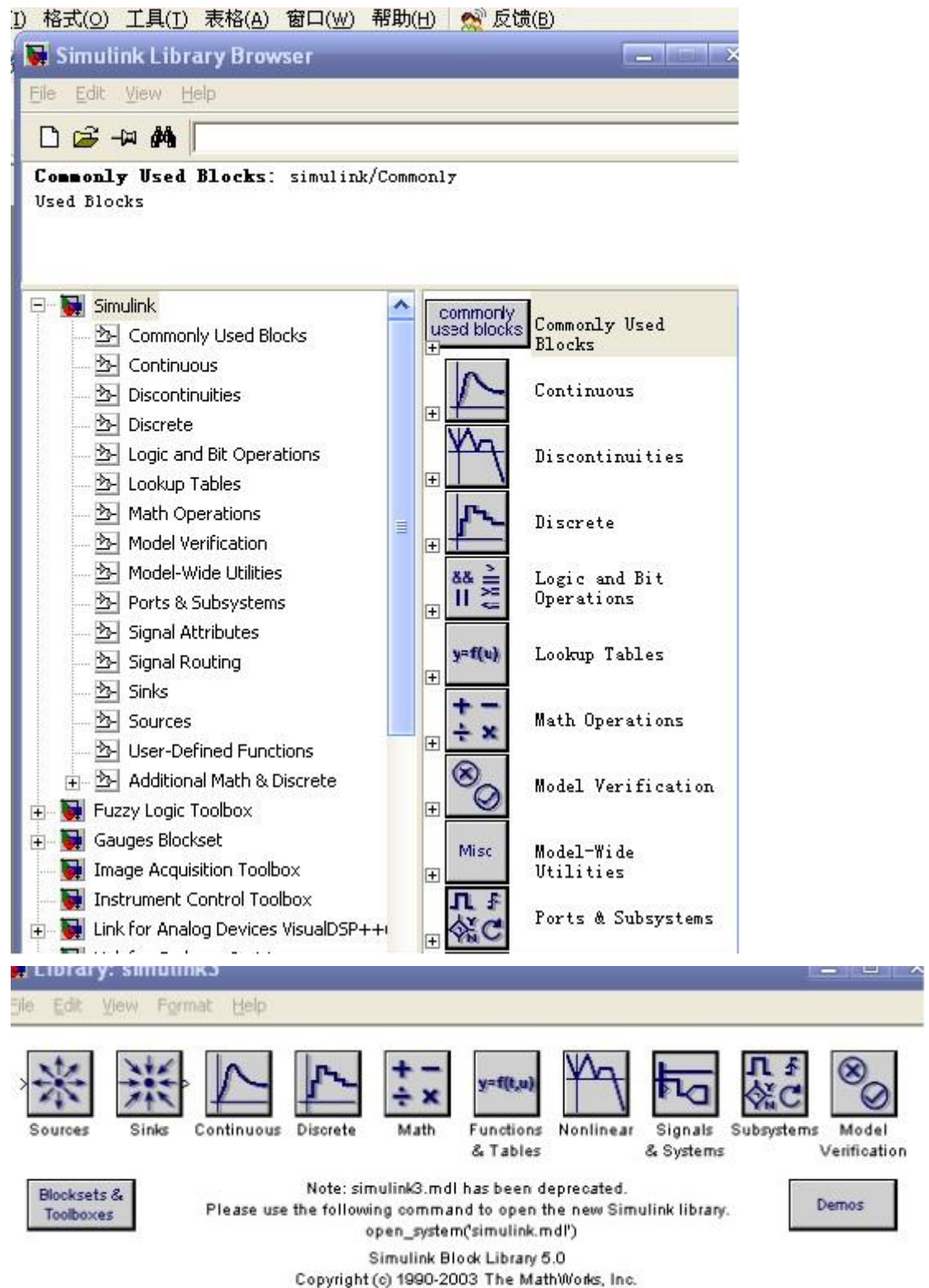


开 simulink 环境，可以直接点击

也可以在命令空间中输入：simulink 得到如下窗口

同时还可也输入：simulink3，这样得到的窗口如下图所示，下面的窗口也

是通常的 simulink 教材中讲解的环境，这一点希望大家注意：



2) SIMULINK 简单模型的建立

简单模型的建立

(1) 建立模型窗口

(2) 将功能模块由模块库窗口复制到模型窗口

(3) 对模块进行连接，从而构成需要的系统模型

模型的特点：

(1) 在 SIMULINK 里提供了许多如 Scope 的接收器模块，这使得用 SIMULINK 进行仿真具有像做实验一般的图形化显示效果。

(2) SIMULINK 的模型具有层次性，通过底层子系统可以构建上层母系统。

(3) SIMULINK 提供了对子系统进行封装的功能，用户可以自定义子系统的图标和设置参数对话框。

3) SIMULINK 功能模块的处理

功能模块的基本操作，包括模块的移动、复制、删除、转向、改变大小、模块命名、颜色设定、参数设定、属性设定、模块输入输出信号等。

模块库中的模块可以直接用鼠标进行拖曳（选中模块，按住鼠标左键不放）而放到模型窗口中进行处理。

在模型窗口中，选中模块，则其 4 个角会出现黑色标记。此时可以对模块进行以下的基本操作。

a 移动：选中模块，按住鼠标左键将其拖曳到所需的位置即可。若要脱离线而移动，可按住 shift 键，再进行拖曳。

b 复制：选中模块，然后按住鼠标右键进行拖曳即可复制同样的一个功能模块。

c 删除：选中模块，按 Delete 键即可。若要删除多个模块，可以同时按住 Shift 键，再用鼠标选中多个模块，按 Delete 键即可。也可以用鼠标选取某区域，再按 Delete 键就可以把该区域中的所有模块和线等全部删除。

d 转向：为了能够顺序连接功能模块的输入和输出端，功能模块有时需要转

向。在菜单 Format 中选择 Flip Block 旋转 180 度，选择 Rotate Block 顺时针旋转 90 度。或者直接按 Ctrl+F 键执行 Flip Block，按 Ctrl+R 键执行 Rotate Block。

e 改变大小：选中模块，对模块出现的 4 个黑色标记进行拖曳即可。

f 模块命名：先用鼠标在需要更改的名称上单击一下，然后直接更改即可。名称在功能模块上的位置也可以变换 180 度，可以用 Format 菜单中的 Flip Name 来实现，也可以直接通过鼠标进行拖曳。Hide Name 可以隐藏模块名称。

注意：命名是不能出现中文字眼

这是许多教程里都忽略的

g 颜色设定：Format 菜单中的 Foreground Color 可以改变模块的前景颜色，Background Color 可以改变模块的背景颜色；而模型窗口的颜色可以通过 Screen Color 来改变。

h 参数设定：用鼠标双击模块，就可以进入模块的参数设定窗口，从而对模块进行参数设定。参数设定窗口包含了该模块的基本功能帮助，为获得更详尽的帮助，可以点击其上的 help 按钮。通过对模块的参数设定，就可以获得需要的功能模块。

i 属性设定：选中模块，打开 Edit 菜单的 Block Properties 可以对模块进行属性设定。包括 Description 属性、Priority 优先级属性、Tag 属性、Open function 属性、Attributes format string 属性。其中 Open function 属性是一个很有用的属性，通过它指定一个函数名，则当该模块被双击之后，Simulink 就会调用该函数执行，这种函数在 MATLAB 中称为回调函数。

j 模块的输入输出信号：模块处理的信号包括标量信号和向量信号；标量信号是一种单一信号，而向量信号为一种复合信号，是多个信号的集合，它对应着系统中几条连线的合成。缺省情况下，大多数模块的输出都为标量信号，对于输入信号，模块都具有一种“智能”的识别功能，能自动进行匹配。某些模块通过对参数的设定，可以使模块输出向量信号。

4) 线处理

SIMULINK 模型的构建是通过用线将各种功能模块进行连接而构成的。用鼠标可以在功能模块的输入与输出端之间直接连线。所画的线可以改变粗细、设定标签，也可以把线折弯、分支。下面具体介绍：

a 改变粗细：线所以有粗细是因为线引出的信号可以是标量信号或向量信号，当选中 Format 菜单下的 Wide Vector Lines 时，线的粗细会根据线所引出的信号是标量还是向量而改变，如果信号为标量则为细线，若为向量则为粗线。选中 Vector Line Widths 则可以显示出向量引出线的宽度，即向量信号由多少个单一信号合成。

b 设定标签：只要在线上双击鼠标，即可输入该线的说明标签。也可以通过选中线，然后打开 Edit 菜单下的 Signal Properties 进行设定，其中 signal name 属性的作用是标明信号的名称，设置这个名称反映在模型上的直接效果就是与该信号有关的端口相连的所有直线附近都会出现写有信号名称的标签。

注意：设置时，不要出现中文字眼，因为这相当于给‘线’命名

c 线的折弯：按住 Shift 键，再用鼠标在要折弯的线处单击一下，就会出现圆圈，表示折点，利用折点就可以改变线的形状。

这里插句话，希望大家在我说的过程中，尽量能和亲手实验一下

d 线的分支：按住鼠标右键，在需要分支的地方拉出即可以。或者按住 Ctrl 键，并在要建立分支的地方用鼠标拉出即可。

上面的内容给大家 5 分钟时间自己亲手做一下

说明：大家打开 simulink 后，新建一个 model

线的生成说明：

大家可以将模块拖到编辑环境以后，各个模块有输入端和输出端

将鼠标对准输入端，然后按住左键进行拖

注意鼠标在输入或者输出端会变成 ‘十字’ 形状

我们进入下一个内容

2、simulink 常用模块

对于这一部分内容，我给大家的《培训预习 2》中已经涵盖了 simulink 库中的所有模块的说明，大家可以结合那个资料看下。

这里我要提一个内容，就是 S 函数

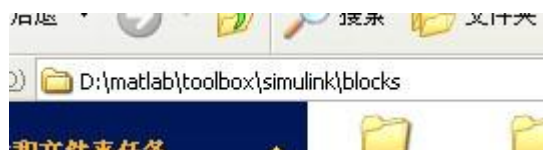
大家可能看过 simulink 的人都知道 S 函数，而对于一个没有接触过 simulink 的人来说，对于 S 函数就比较陌生了

simulink 提供了很多模块，但是它还不足以满足人们的需要

所以它提供了一个设计自定义模块的工具

就是利用 S 函数进行设计自己的模块

matlab 提供了一个 S 函数的模板



具体的路径如上

大家可以打开 blocks



这个 M 文件就是 matlab 提供的 S 函数模板

我们可以通过该函数设计我们想要的模板，由于这里涉及到专业的知识，所以在这里就不对 S 函数进行进一步的阐述了，有兴趣的同学，可以自己下去研究我们可以

通过该函数设计我们想要的模板，由于这里涉及到专业的知识，所以在这里就不对 S 函数进行进一步的阐述了，有兴趣的同学，可以自己下去研究

通过上面的讲解，我们对于 simulink 模块有个一个总体的介绍

3、应用举例

例：这里以种群增长模型为例，假设某种群的出生率和当前种群总数成正比，死亡率和当前种群总数平方成正比。若 x 代表当前种群的总数，则出生率可以表示为：

$$birth_rate = bx$$

死亡率可以表示为：

$$death_rate = px^2$$

那么系统可以表示成微分方程的形式：

$$\dot{x} = bx - px^2$$


假定 $b=1$ ， $p=0.5$ ，当前的种群数为 100，计算一年后的种群数量

具体步骤如下：

步骤一：添加模块

这是一个一阶系统，因此用来解微分方程的积分模块是必要的。积分模块的输入为

$\frac{dx}{dt}$, 输出为 x 。


 Integrator

增益模块：来源于数学模块库 (math) , 用于实现常数与输入数据的乘法运算，如：


$5 \times x$

 Gain
 Product


求和模块，来源于数学模块库 (math) , 用于实现连加

 Sum of Elements

Sum

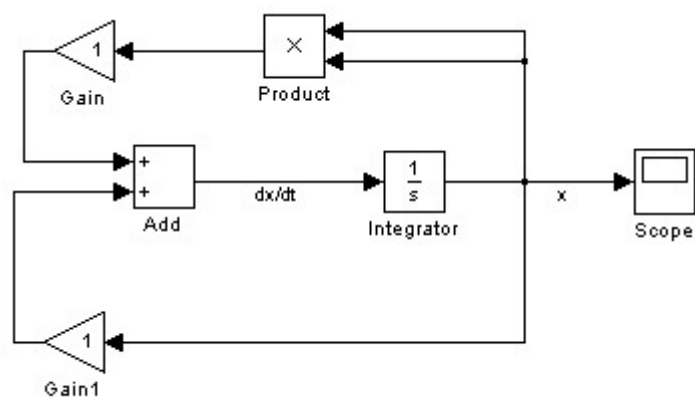
 Add

示波器模块，来源于输出显示模块库 (sink)

 Scope

步骤二：连接模块

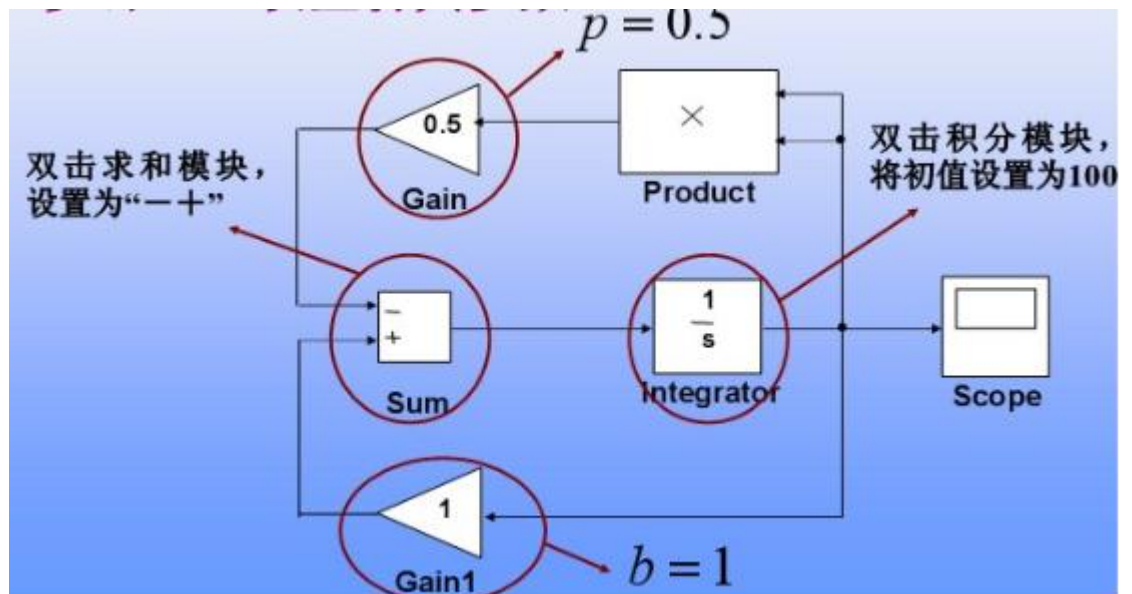
$$\dot{x} = bx - px^2$$



连成的模块如上图所示，

大家在自己的机子上做一下

步骤三：设置仿真参数

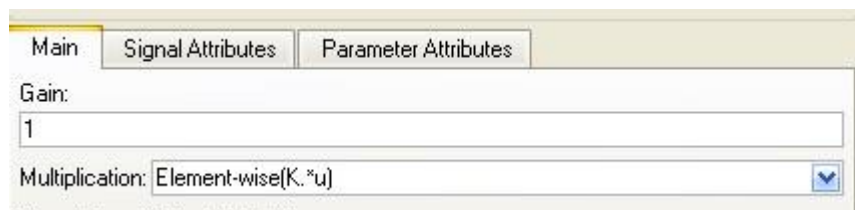


这里我做些说明

对于 gain 模块，参数设置问题

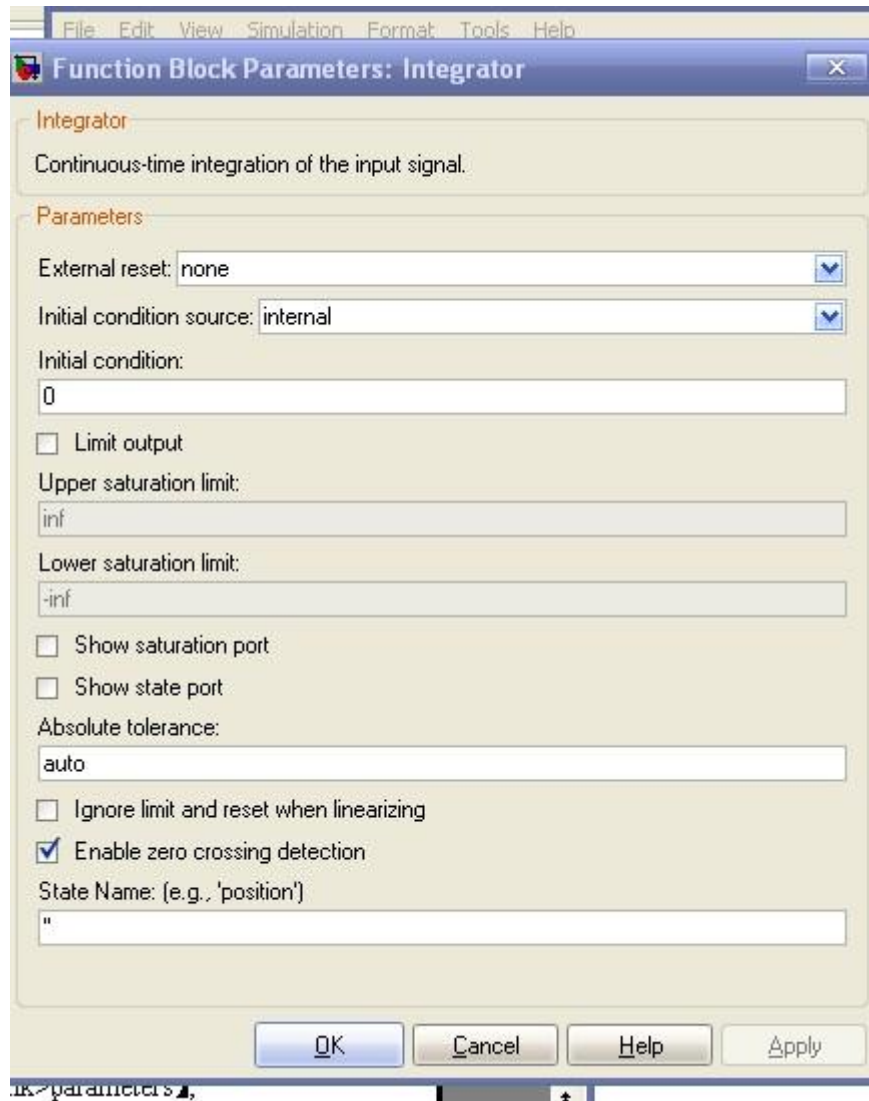
大家首先双击 gain 模块，就可以打开参数设置表

得到一个对话框



大家将 gain : 1 改成 0.5.就完成了对 gain 模块的参数设置了

对于积分器，大家在这里要设置初始条件

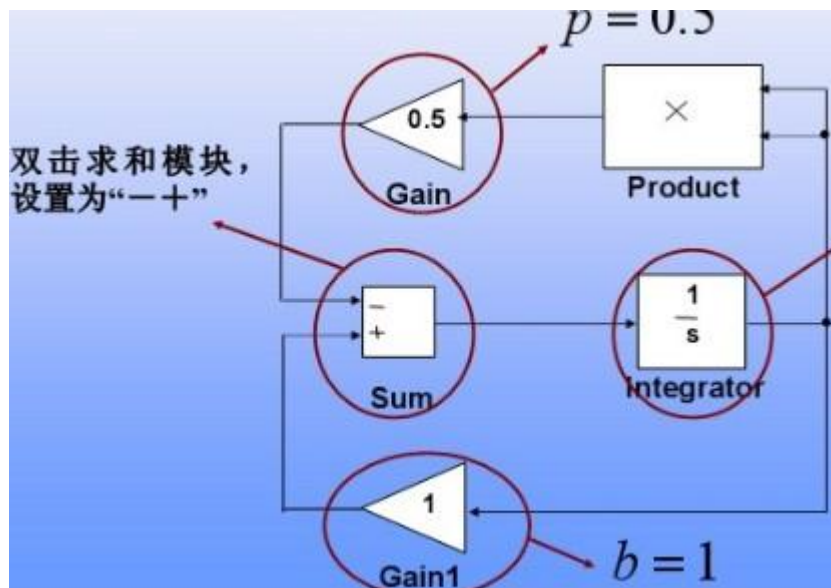


也就是设置：initial conduction：0 改成 100

其代表初始条件

下面我来介绍一下，数学模型是怎样向仿真模型转化的

大家先不要看示波器 scop 模块



向求和模块输入的是： $-0.5x^2$ 和 x

通过求和模块变成了：等式的右边

$$\dot{x} = bx - px^2$$

将由 sum 块输出的部分，也就是等式右边，通过积分器（integrator）

等价于对等式的右边进行求积分，得到了 x 的表达式

积分器输出的是 x

然后将 x 输入到 product 模块，得到 x^2

将得到的有 integrator 输出的 x 输入到 gain1，得到 x

经由 product 得到的 x^2 输入到 gain，gain 输出了 $0.5x^2$

将两个 gain 得到的结果输入到求和（sum）块，就构成了一个仿真模型

下面我来说明一下示波器（scop）的作用

scop 模块可以得到关于 x ， dx/dy 的图形

将它连接到输出为 x 的线上，就得到 x 的变化图形

将它链接到输出为 x 的导数的线上，就得到 y 的变化图形

这样，在研究物理问题时候，我们就可以同时得到速度、位移的图像

下面我们继续进行参数设计

模型的起始时间默认为 10.0，需要改变终止时间时候，旋转模型菜单

【simulink>parameters】,打开模型参数对话框设置【stop time】为 10.0.

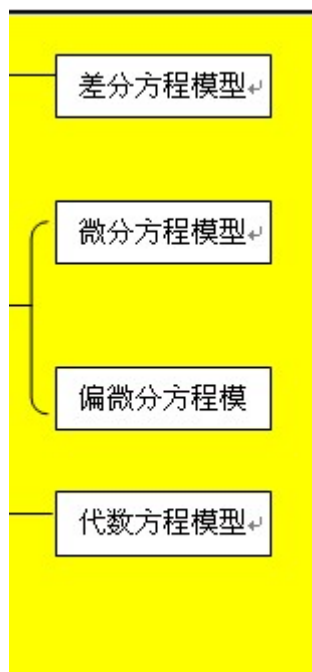
现在模型就全部完成了，选择【file>save】命令保存文件为 example，simulink 将以 example.mdl，保存到指定的位置。

步骤四：运行模型



这样就完成了一个简单的仿真模型。

上面介绍了微分方程系统的一个仿真例子，利用仿真还可以对一下的数学模型仿真



三、模板

一个典型的 simulink 模块应该包括如下三种类型的元素：

1、信号源模块

信号源为系统的输入，它包括常数信号源、函数信号发生器（正弦波和阶跃函数波等）

用户自定义信号。输入模块主要在 sources 库中。

说明：对于信号源这一模块，大家可以从 sources 模块库中选择相应的模块。比如说：我们可以使用 in1 模块，通过结合编程，可以和 matlab 命令空间进行互动，具体的模块说明大家可以参考《培训预习 2》。

2、被模拟的系统模块：

系统模块为中心模块是 simulink 仿真建模需要解决的主要部分，这个模块设计得我们自己设计。

说明：对于系统模块主要和其相应的数学模块对应，也就是与微分方程、差分方程、代数方程等对应，这一块也就是选择模块并连接模块的设计部分。

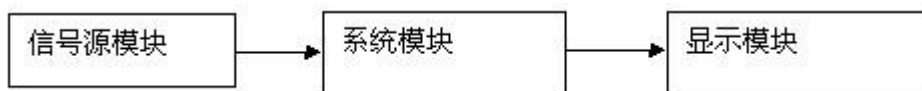
3、输出显示模块：

输出由显示模块接受。输出显示形式包括图形显示、示波器显示和输出到文件或 MATLAB 工作空间中三种。

说明：对于显示模块，有很多可以选择，在这里我就不做细致的介绍了，大家可以参考《培训预习 2》中的 sources 模块库酌情选择。

在这里大家可以记住这个公式

终极模板 == 《培训预习 2》 + outstanding ideas + 下面图形



就可以到你想要的任何仿真模型

最后，我做个小结

今天的培训内容的第一部分和第三部分适合各个层次的人群，对于第二部分是入门者的参考

希望大家对培训内容酌情选择