MapleSim 3.0 用户手册



High-Performance Multi-Domain Modeling and Simulation

西希安工程模拟软件(上海)有限公司版权所有,2009

目录:

介绍	4
MapleSim 介绍	4
MAPLESIM 的主要功能	5
客户支持和意见反馈	6
1. MAPLESIM 入门	7
	-
I.I MAPLESIM 建楔	······/
1.1.1 <i>因未冲非因未建快</i>	
1.2 MAPLESIM 使用齐国	10
1.3 基础教程: RLC 电路和直流电机的建模仿具	
1.3.1 构建一个 RLC 电路楔型	
1.3.2 <i>正义切具余</i> 件	
1.3.3 浴川伏轩(Probe)	
1.3.4 KLC 电路楔型初具	
1.3.5 构建一个间半的且流电机模型	
1.3.6 直流电机模型仿具	17
2. 构建一个模型	18
2.1 MapleSim 元件库	18
2.2 模型导航	19
2.3 定义系统中的元件如何相互作用	20
2.4 定义建模元件属性	22
2.4.1 定义参数单位	22
2.4.2 定义初始条件	23
2.5 创建和管理子系统	23
2.5.1 范例 - 创建子系统	24
2.5.2 子系统导航	24
2.5.3 <i>管理子系统</i>	25
2.5.4 添加一个子系统的多个拷贝(copy)到模型中	26
2.5.4 <i>编辑子系统拷贝(copy)</i>	27
2.6 全局和子系统参数	30
2.6.1 全局参数	
2.6.2 子系统参数	32
2.6.3 创建参数块	32
2.7 创建和管理自定义库	36
2.8 添加模型注释	38
2.9 输入 2-D 数学符号	40
2.10 MAPLESIM 附属文件夹(MAPLESIM DOCUMENT FOLDER)	40
2.11 创建一个用于插值表元件的数据集	41
2.12 练习	42
3. 创建自定义建模元件	43
3.1 概述	44

3.3 范例: 非线性弹簧 - 阻尼器元件	
	45
3.3.1 打开自定义元件模板	46
3.3.2 定义元件名和方程	46
3.3.3 定义元件端口	47
3.3.4 生成自定义元件	49
3.4 示例: 在 MAPLESIM 中使用自定义模型元件	49
3.5 编辑自定义模型元件	49
4. 仿真和可视化模型	51
4.1 MAPLESIM 如何进行模型仿真	51
4.2 模型仿真	53
4.2.1 仿真参数	54
4.2.2 仿真过程信息	56
4.2.3 储存参数集,对比仿真结果	56
4.3 管理仿真结果	56
4.4 设置仿真图形	57
4.5 可视化多体模型	61
4.5.1 3-D 可视化窗口	62
4.5.2 浏览和导航 3-D 模型	63
4.5.3 添加形状到 3-D 模型	63
4.5.4 示例: 添加附加几何体到双摆模型	64
	65
4.6 练习: 模型仿具和可视化	
4.6 练习: 模型仿具和可视化5. 分析和操作模型	67
 4.6 练习:模型仿具和可视化	67
 4.6 练习:模型仿具和可视化	67 67
 4.6 练习:模型仿真和可视化	67 67 68 69
 4.6 练习:模型仿具和可视化	67 67 68 69 70
 4.6 练习:模型仿具和可视化 5.分析和操作模型 5.1 概述 5.2 从模型中提取方程和属性 5.3 分析线性系统 5.4 优化参数 5.5 从模型生成 C 代码 	67 67 68 69 70 71
 4.6 练习:模型仿真和可视化 5.分析和操作模型 5.1 概述 5.2 从模型中提取方程和属性 5.3 分析线性系统 5.4 优化参数 5.5 从模型生成 C 代码 5.6 使用 MAPLE 内嵌元件工作 	
 4.6 练习:模型仿具和可视化 5.分析和操作模型	
 4.6 练习:模型仿真和可视化 5.分析和操作模型 5.1 概述 5.2 从模型中提取方程和属性 5.3 分析线性系统 5.4 优化参数 5.5 从模型生成 C 代码 5.5 从模型生成 C 代码 5.6 使用 MAPLE 内嵌元件工作 5.7 示例:在 MAPLE 中操作模型 5.7.1 在内嵌图元件中打开 MapleSim 模型 	
 4.6 练习:模型仿具和可视化 5. 分析和操作模型 5.1 概述 5.2 从模型中提取方程和属性 5.3 分析线性系统 5.4 优化参数 5.4 优化参数 5.5 从模型生成 C 代码 5.6 使用 MAPLE 内嵌元件工作 5.7 示例:在 MAPLE 中操作模型 5.7.1 在内嵌图元件中打开 MapleSim 模型 5.7.2 库程序 	
 4.6 练习:模型仿具和可视化 5. 分析和操作模型	
 4.6 练习: 模型仿具和可视化	
 4.6 练习:模型仿具和可视化 5. 分析和操作模型 5.1 概述 5.2 从模型中提取方程和属性 5.3 分析线性系统 5.4 优化参数 5.4 优化参数 5.5 从模型生成 C 代码 5.6 使用 MAPLE 内嵌元件工作 5.7 示例:在 MAPLE 中操作模型 5.7.1 在内嵌图元件中打开 MapleSim 模型 5.7.2 库程序 5.7.3 从模型提取方程 6. MAPLESIM 练习教程	
 4.6 练习: 模型仿具和可视化	
 4.6 练习:模型仿具和可视化	
 4.6 练习: 模型仿具和可视化 5. 分析和操作模型	

介绍

MapleSim 介绍



MapleSim是一个多领域复杂系统建模和仿真工具,在单一的设计环境中 组合物理建模和信号流元件,让用户直观和快速地完成各种系统的建模、 分析和仿真。通过直观的模型库,自动生成系统方程,多阶段高级符号 简化,以及强大的分析、优化、代码生成工具,MapleSim让你能够更容

易地开发复杂系统的高保真模型。独特的高级符号技术能够有效地管理和简化所有的复杂数学模型, 突破传统数值建模工具的局限,获得速度更快、结果更精确的仿真。

MapleSim 的建模范围十分广泛,预定义的模型库包括机械、电子、液压、多体、气动、控制等 十多个领域。此外,MapleSim 基于著名的科学计算软件 Maple,你可以快速地将理论转变为 MapleSim 自定义模型元件,减少开发新模型所需的时间。在 Maple 中你可以对 MapleSim 模型完成任意的数 学分析工作,专业工具箱系列提供了与其他程序的连接,如 Simulink 和 LabVIEW,或硬件在环回 路的实时仿真。



MapleSim 的主要功能

1. 用户界面和建模

- 在单一的环境中完成控制器设计和设备建模:在单一的环境中快速使用预定义模型库对设备建模,以及使用信号流元件建立控制器样机。
- 模型直接映射实际系统:模型直接映射实际系统,可以快速验证模型,提高模型的重用性。
- 拖-放模块图的方式建模环境。
- 创建子系统,管理复杂的设计。
- 高级单位管理。
- 子系统浏览器方便有层次地导航模型
- 可共享的自定义模块库。
- 数据输入和输出,多维数据表。
- 预置的多领域模型库,来自10多个不同领域。
- 参数管理器,管理模型参数、局部/全局/自定义参数。

2. 仿真

- 刚度/非刚度、固定/自适应数值求解器。
- 指数消减方法用于高指数 DAE 求解。
- 代数环的解析解,无需用户干预。
- 详细的错误分析用于仿真过程诊断。
- **独特的多体机械系统建模技术**:多体库采用了线图理论,自动生成简洁的动力学和运行学 方程,降低系统方程的复杂度,提高数值计算效率。
- 自动生成系统方程:模型系统或子系统的方程被自动生成,你可以在 Maple 中浏览、文档 化和分析模型方程,如模型分析、控制设计和优化。
- 多个阶段模型简化加速仿真速度: 高级符号技术简化系统方程(如避免代数环、DAE 降阶处理、消去冗余量等),内置的编译器加速数值计算,仿真速度比现有工具显著提高。多个模拟运行时,模型缓存释放高速模拟。
- 线性、非线性、连续和离散时间、SISO、MIMO、和混合计算系统。
- C代码生成,用于实时应用。
- 批处理仿真。
- 结果管理和存储工具。

3. 分析和文档化

- 强大的分析和文件处理工具。 MapleSim 与 Maple 紧密集成,在 Maple 中可以对 MapleSim 模型完成任意的数学分析。交互式的设计文件确保过程和设计条件文档化。
- 连接到模型的电子设计文件。

- 附加任意类型的文件到 MapleSim 模型。
- 在 Maple 中提取、分析、和文档化系统生成的方程。
- 可以完全利用 Maple 的数学引擎用于仿真分析、可视化、和设计文件。
- 无需编写脚本就可以将数学方程转变为自定义模型元件。
- 参数优化,参数扫描。
- 频域和控制系统分析。
- Maple 模板用于控制系统分析、将数学方程转化为自定义模型、生成数据集、方程生成和操作、优化、Monte-Carlo 模拟、灵敏度分析等。

4. 可视化

- 自动生成多体系统的 3-D 动画,导入 CAD 模型,以及预览系统的 CAD。
- 动画播放器,平移、缩放、探针,和图形输出。
- 可自定义的 2-D 图形,包含所有的 Maple 图形。
- 多 y 轴图, 和相图。
- Log, semi-log, 和线性轴缩放。
- 直接从一个图形拖放轨迹线到另一个图形中,比较分析结果。

客户支持和意见反馈

联系我们: Maplesoft 中国总代理: 西希安工程模拟软件(上海)有限公司 电话: 021-64716031 主页: www.cca-es.com 技术支持: maple@cca-es.com

1. MapleSim 入门

本章内容包括:

- ♦ MapleSim 建模
- ◆ MapleSim 使用界面
- ◆ 基础教程: RLC 电路和直流电机的建模仿真

1.1 MapleSim 建模

物理建模,或基于物理对象的建模,是结合数学和物理学规律描述一个工程元件或多个元件连接组成的系统的行为。由于大部分工程系统含有相关的动力学特征,通常其行为可以用微分方程(ODEs)定义。

为了帮助你快速和容易地开发模型, MapleSim 提供以下功能:

拓扑或"非因果"系统表示

传统的信号流建模方法需要明确定义输入和输出,与之不同,拓扑表示允许你连接相关的元件, 而无需考虑他们之间的信号流。

数学模型公式和简化

拓扑表示可以方便地影射到数学表达式, MapleSim 的高级符号处理技术能够自动生成系统的方程。

同样,当 MapleSim 公式化显示方程时,多个数学简化工具将移除冗余方程或零方程。这些简化工具合并和减少系统表达式,从而获得系统最小数量的方程,但不会损失任何保真度。

高级微分代数方程求解器

代数约束被引入模型定义的拓扑方法,常微分方程与这些代数约束组成的问题称为微分代数方程(DAEs)。由于这些约束的属性不同,DAEs问题的复杂性也有所不同。DAEs的指数通常衡量问题的复杂性,复杂程度随着 DAEs 指数值的增加而增加。

开发求解复杂 DAEs 问题的通用求解器是符号计算领域中的一个重要课题。基于 Maple 数学引擎, MapleSim 使用高级 DAE 求解器, 整合了世界前沿的符号和数值技术求解高指数微分代数方程。

1.1.1 因果和非因果建模

实际的工程装配,例如电机和动力传动系统,是由相互作用的物理元件组成的网络体。它们通 常在软件里使用块图建模,两个块之间的连线表明它们通过物理规律耦合在一起。

当使用软件建模时,方块图可以是因果或非因果的。许多建模工具限制在因果(或信号流)建模技术。在这些工具里,一个单向的信号,基本上是一个随时间变化的量,流过一个block。这个block 然后完成一个预先定义好的数学操作,结果从另一个端口流出。对于纯粹的信号(单一方向)的建模系统,例如控制系统和数字滤波器,这种方法比较合适。



这种方法类似于一个赋值语句,完成对右边部分已知变量或一组变量的计算,结果赋值给左边 部分的其他变量:

y := f(x)

对实际物理元件如何相互作用建模需要一个不同的方法。在非因果建模中,一个信号在两个连接块双向流动。类似于程序设计中的等于赋值语句:

y = f(x)

信号含有物理量的信息,例如能量、电流、扭矩、热和质量流等必须守恒。各个 block 含有必须遵守的物理定律的信息,表示为方程。



MapleSim 让你使用任一种方法建模。这意味着你可以对物理系统建模(使用非因果建模),同时使用相关的逻辑或控制环(使用因果建模),通过最合适的方法完成建模任务。

备注:关于因果(信号流)和非因果(物理建模)的详细信息,另见文件。

贯通变量(Through Variables)和跨接变量(Across Variables)

当使用非因果建模方法,有必要识别你说建模元件中的跨接变量和贯通变量。概括地讲,一个 跨接变量表示在系统中的驱动力,贯通变量表示守恒量的流:



例如,在一个电路子中,贯通变量 i 是电流,跨接变量 V 是压降:



下面表格列出了其他领域中的一些通量和跨量的例子:

领域	通量	跨量
电子	电流 (A)	电压 (V)
平移机械	力 (N)	速度 (m/s)
旋转机械	扭矩 (N.m)	角速度 (rad/s)
液压	流动 (m ^{3/s)}	压力 (N/m ²)
热流	热流 (W)	温度 (K)

举一个例子, 电阻器的控制方程是:

 $V = R \cdot i$

这个方程,结合电流的 Kirchhoff 守恒定律,组成电路的完整表达式。

 $R \cdot i_b = V_b - V_a \quad \text{for } i_b + i_a = 0$

为了拓展这个例子,下面的原理图描述了一个 RLC 电路,一个由电阻、感应器、和电容组成 能够的电路:



如果你想手工对这个电路建模和仿真,可以用下面的方程式分别表示电阻器,感应器,和电容器:

$$R \cdot i_{R} = V_{a} - V_{b}$$
$$L \frac{d}{dt} i_{L} = \left(V_{b} - V_{c}\right)$$
$$i_{c} = C \cdot \frac{d}{dt} V_{c}$$

通过应用 Kirchhoff's 定律,下面分别是点 a, b,和 c 上的守恒方程:

$$i_V - i_R = 0$$
$$i_R - i_L = 0$$
$$i_L - i_C = 0$$

这些方程,与输入电压的定义一起(定义为从0到1伏的瞬态量,仿真开始后1秒)

$$V_a = \begin{cases} 0.0 \ 0.0 \le t < 1.0 \\ 1.0 \ t \ge 1.0 \end{cases}$$

提供足够的信息定义模型,并可求解通过电路的电压和电流。

在 MapleSim 中,所有这些的计算可自动完成;你仅需要画出电路和提供元件的参数值。这些 原理同样被应用到 MapleSim 中所有的工程领域,并让你能够非常容易地连接同一个领域中的各个 元件。

在本章中的 基础教程: RLC 电路和直流电机的建模仿真, 你将对上面描述的 RLC 电路建模。 下面的图片是 MapleSim 中建立的 RLC 电路框图。



1.2 MapleSim 使用界面

MapleSim 使用界面包含下面的面板和部件:

A REAL PROPERTY AND A REAL		
Angletine (United)		
PROPERTY PROPERTY AND A	Televice segart Televice and the	Contraction () ()
	ATTOR AS INCOMENTS OF THE	1 Charles Inc.
13	Contraction of the state of the second state of the second state of the second state of the second state of the	* Man
tryation in the second		and the second sec
BTyvellas B		Pleaneters
b lap d Moha		N 0. 1 2
#Octa#		off but *
B10Heterod		status for
p-tddady		19107
b Harted		
et and		**** 1.010**
		pick 200
		ports
		Santane Line
		stran. stores
		1 I I I I I I I I I I I I I I I I I I I
3		
1	argenetic Talasters	
I I I		
	1748	
	1	
	5	

部件	描述
1. Main toolbar	主要工具栏,包含的工具有:运行仿真,查看附属在模型中的
	文档,完成其他常用任务。
2. Model workspace	模型工作区:建立和编辑物理模型的区域。
3. Drawing and layout toolbar	绘图和布局工具栏:含有对模型空间中对象进行各种布局的工
	具,并可以添加注释和说明到物理模型。
4. Palettes	面板:可展开的菜单包含样本模型和特定领域的元件,你可以
	通过鼠标拖放操作加入物理模型。
5. Components pane	元件面板:让你管理子系统,分层导航模型工作空间中的模型。
6. Parameters pane	参数面板:允许你浏览和改变参数值和物理模型元件的名称。
	这个区域改变的内容取决于你在模型区域内的选择对象。

1.3 基础教程: RLC 电路和直流电机的建模仿真

这个教程目的是让你熟悉 MapleSim 元件库和基础的模型开发工具。通过一些简单的例子演示如何混合因果模型和非因果模型。

在这个教程中,你将完成下列任务:

- 1.3.1 建立一个 RLC 电路模型
- 1.3.2 设置元件参数定义仿真条件
- 1.3.3 添加探针指定仿真结果中需要显示的值
- 1.3.4 RLC 电路模型仿真
- 1.3.5 修改 RLC 电路创建一个简单的直流电机模型
- 1.3.6 在不同参数条件下的直流电机模型仿真

1.3.1 构建一个RLC电路模型

为了建立一个物理模型,你添加元件到模型工作空间,然后连接它们组成系统。这个例子中, RLC 电路模型包括电子库中的接地、电阻器、感应器、和信号电压元件。 它还含有一个阶跃信号 源,信号发生器驱动源内的电压等级。

1. 在屏幕左侧,点击 Electrical 旁边的三角标志展开面板。同样方式,展开 Analog 采菜单,然 后展开 Passive 子菜单。



2. 从 Electrical → Analog → Passive 菜单,点击并拖动 Ground 图标到模型工作区。



提示:如果想浏览一个建模元件相关的帮助信息,可以在面板上的元件图标上右击鼠标,选择 Help。你也可以在模型工作区选取一个元件,按下 F2 键。

3. 使用步骤1和2描述的过程,添加其余的电子元件到模型工作区:

- ◆ 从 Electrical → Analog → Passive→ Resistors 菜单, 添加 Resistor 元件。
- ◆ 从 Electrical → Analog → Passive → Inductors 菜单, 添加 Inductor 元件。
- ◆ 从 Electrical → Analog → Passive → Capacitors 菜单, 添加 Capacitor 元件。
- ◆ 从 Electrical → Analog → Sources → Voltage 菜单, 添加 Signal Voltage 元件。

4. 为了放置建模元件在模型工作区中的位置,点击并拖动元件到如下图所示位置。



5. 为了顺时针方向旋转 Signal Voltage 元件,然后水平翻转它,右击模型工作区中的 Signal Voltage 图标,选择顺时旋转 Rotate Clockwise 。

6. 为了水平翻转,再次右击元件,选择水平翻转 Flip Horizontal。确保正极(蓝色)端口在顶部。

7. 为了顺时针方向旋转 Capacitor 元件,右击模型工作区中的 Capacitor 图标并选择顺时针旋转 Rotate Clockwise。

你现在可以连接模型中的建模元件,定义系统之间相互作用。

8. 将鼠标指针移到 Ground 元件端口的上方,端口将高亮显示为绿色。



9. 单击 Ground 输入端口开始连接线。

10. 将鼠标指针移到 Signal Voltage 元件的负极端口。



11. 点击信号电压 Signal Voltage 输入端口。接地 Ground 元件被连接到信号电压 Signal Voltage 元件。

12. 按照下图所示连接其余元件。



你现在可以添加一个源到你的物理模型中。

13. 展开信号块 Signal Blocks 面板。展开源 Sources 菜单, 然后展开 Real 子菜单。

14. 在模型工作区中从面板点击并拖动 Step 源到信号电压 Signal Voltage 元件的左侧。

阶跃电压是一个特别的信号流,通过连接箭头表示。这个信号流引起电路对输入信号做出响应。

15. 连接 Step 源到信号电压 Signal Voltage 元件。完整的 RLC 电路模型显示在下图中。



1.3.2 定义仿真条件

为了定义仿真条件,你需要设置模型中元件的参数值。

1. 在模型工作区,点击电阻器 Resistor 元件,参数面板出现在屏幕的右侧,显示电阻器的名称和参数值。

2. 在 R 区域, 输入 24, 并按下回车键。电阻改变为 24Ω。

Subs	ystem		
Res	istor		
Com	ponent		
R_1			
Para	motore		
raid	interers		11.14
2.2.2		and the second se	

- 3. 使用步骤1和2的过程,定义其他元件的下列参数值:
- ◆ 定义 Inductor 的感应系数为_{160·10}⁻³ H.
- ◆ 定义 Capacitor 的电容为200·10⁻⁶ F.
- ◆ 定义阶跃源 Step 中 $^{T}_{0}$ 的值为 0.1 s.

1.3.3添加探针(Probe)

为了显示包含在仿真图形中的量值,你需要在物理模型的连接线或端口上附加一个探针(Probe)。 在这里,你需要测出 RLC 电路的电压。

2. 移动你的鼠标指针到连接感应器 Inductor 和电容器 Capacitor 元件之间的连线,这条连线将高亮显示。

3. 单击连线, Select probe properties 对话框将弹出。

4. 为了在仿真图形中显示电压值,选择 Voltage 复选框。

5. 为了赋予模型工作区中这个量一个自定义名称,在 Voltage 区域,输入 Voltage。

🔛 Select probe properties 🔀		
Name	Probe1	
🔽 Voltage	Voltage	
📃 Current	i	
OK Cancel		

6. 点击 OK, 探针被添加到连线上。



7. 点击探针放置它到连线上。

1.3.4 RLC电路模型仿真

对模型仿真时,需要定义仿真的运行时间周期。

- 1. 点击工作空间的任一空(自区域。
- 2. 在参数面板中,设置 ^f 参数值为 0.5 秒,按回车键确定。
- 3. 点击工具栏上仿真按钮 ▶。MapleSim 首先生成系统方程,然后仿真获得阶跃输入的响应。

当仿真结束后, 电压响应显示在图形中。



4. 用文件名 RLC_Circuit1.msim 保存物理模型,探针和修改后的参数值将被保存到你的模型中。

1.3.5 构建一个简单的直流电机模型

你现在添加电动势 (EMF) 和一个机械惯量到 RLC 电路模型中创建一个简单的直流电机。在这 个示例中,你将使用搜索功能添加元件到 RLC 电路模型。

1. 在面板上部的搜索区,在搜索 Search 区域,键入 EMF,一个下拉菜单显示你的搜索结果:

Search:	1
EMF	
EMF	

2. 从下拉菜单中选择电动势 EMF, 电动势 EMF 元件搜索区域旁边方框区域中。

Search:	
EMF	(~
	4
	EMF

3. 从搜索区域中的方框区域,点击并拖动电动势 EMF 图标到建模工作区,放置它到电容器 Capacitor 的右侧,现在电动器 EMF 元件已被添加到物理模型中。

4. 在搜索区域中,搜索 Inertia。

5. 添加惯量 Inertia 元件到模型工作区,放置它到电动势 EMF 元件右侧。

6. 如下图所示连接各个元件。



为了连接电动势元件的正极(蓝色)端口,点击端口,拖动鼠标指针到连接电容器和电感器之间的连线,并点击连线。

7. 在模型工作区,点击电动势元件,修改参数值 k 为 10。

8. 点击阶跃 Step 元件并修改参数值, T_0 为 1。

1.3.6 直流电机模型仿真

1. 在模型工作区, 删除探针 Probe1。

2. 从绘图和布局工具条中,点击探针图标 (/)。

- 3. 移动你的鼠标指针到连接电动势 EMF 和惯量 Inertia 元件之间的连线上方。
- 4. 鼠标左键点一下连线。
- 5. Select probe properties 对话框将弹出。选择速度 Speed 和扭矩 Torque 复选框。

6. 点击 OK。探针已被添加到模型中,箭头指示守恒量的方向。

7. 点击模型工作空间的空白区域,

8. 在 Parameters 面板内,设置 t_{t} 参数值为 5 秒,然后点击工具栏上仿真按钮 \triangleright 。

下面的图形将被显示。



9. 使用文件名 DC_Motor1.msim 保存模型。

2. 构建一个模型

本章内容包括:

- ♦ MapleSim 元件库
- ◆ 模型导航
- ◆ 定义系统中的元件如何相互作用
- ◆ 定义建模元件属性
- ◆ 创建和管理子系统
- ◆ 全局和子系统参数
- ◆ 创建和管理自定义库
- ◆ 添加模型注释
- ♦ MapleSim 附属文件夹
- ◆ 创建一个用于插值表元件的数据集
- ◆ 练习:建模

2.1 MapleSim 元件库

MapleSim 元件库内置超过 350 个预定义元件,方便你构建模型。这些元件大部分是基于 Modelica® 标准库,依据各自所属的领域分类组织在面板:电子,1-D 和多体机械,热,液压、和 信号块等。

电子	建模元件包括电子仿真电路、单相和多相系统、机器。	
液压	包含对液压系统建模的元件,如体动力系统,汽缸,和执行器。	
1-D 机械	建模元件包括 1-D 平移和旋转系统。	
多体机械	对多体机械系统的元件,包括力、运动、和节点等。	
信号块	建模元件包括操作或生成输入和输出信号。	
热	建模元件包括热流和热传导等。	

这些库还包括一些模型示例,你可以浏览和仿真,例如,电子电路和滤波器。关于 MapleSim 库结构和建模元件的更多信息,参见帮助系统中的 MapleSim Library Reference Guide。

如果需要扩展预定义的模型元件,你也可以利用数学模型创建自定义元件,并添加到自定义库中。更多帮助信息,参考 Creating Custom Modeling Components。

查看元件相关的帮助主题

通过位于模型工作区下方的帮助面板,你可以查看 MapleSim 模型库中元件的帮助主题。下列 方式可以打开帮助页:

- 鼠标右键点击任意面板中的一个建模元件,从弹出的右键菜单中选择帮助。
- 对于模型工作区中的模型, 鼠标单击这个元件, 然后按下 F2 键。

或者,你可以打开 MapleSim 帮助系统,通过搜索关键词查看元件的帮助页。

2.2 模型导航

使用**模型树(Model Tree)**面板或模型导航控制,你可以浏览模型,查看模型工作区中各层模型元件。你可以从顶层浏览整体模型系统。顶层是模型的最高层:它代表模型整体,包括建模元件和子系统模块。你也可以浏览各层模型,查看单个子系统中的内容或元件。

模型树

打开模型工作区左侧的 Project 选项卡,使用模型树面板浏览模型的层次结构。模型树中的每个 节点分别代表一个建模元件、子系统、或模型中的连接端口。例如,下图是一个直流电机的模型树。

▼ Model Tree		
Main		
i −DC Motor1		
⊡R1		
⊡G1		
RealInput1		
Flange_b1		

展开或双击模型树中的节点,浏览模型和查看特定元件或子系统的参数。你也可以双击主节点 查看顶层模型,或双击子节点查看元件或子系统的内容。

模型导航控制

模型导航控制工具位于绘图和布局工具栏的上方,你可以使用这个导航工具在建模元件、子系 统、各层模型之间导航。



从下拉菜单中,选择想要查看的子系统或建模元件。你可以点击Main按钮返回到模型的顶层。 如果模型包含子系统,你可以使用这些控制直接浏览特定的子系统(例如,点击上面视图中的 DC Motor,按钮,可以浏览模型工作区中的直流电机元件)。

模型树和模型导航控制都可以帮助你创建分层的模型。例如,你可以导航到子系统节点,然后 在该层上添加和连接建模元件

2.3 定义系统中的元件如何相互作用

连接元件组成一个系统,定义元件之间的相互作用。你可以使用鼠标在两个连接端口间拖出一 条连接线。



或者连接一个端口和另一条连接线。

•	
•	.

MapleSim 只允许在可兼容的领域中建立连接关系。默认情况下,每条线的类型显示特定的颜色。

领域	颜色
1-D 旋转机械	黑色
1-D 平移机械	绿色
多体机械	黑色
模拟电子	蓝色
多相电子	蓝色
逻辑数字	紫色
布尔信号	粉红色
因果信号	深蓝色
整数信号	橙色
热	红色

各个领域的连接端口以不同的颜色和形状显示。

领域	正向连接口/输入	反向连接口/输出
模拟电子	蓝色实心方块	蓝色方框
多相电子	蓝色实心圆	蓝色圆圈
1-D 旋转机械	灰色实心圆	灰色圆圈
1-D 平移机械	绿色实心方块	绿色方框
多体机械	灰色实心长方块	灰色长方框
液压	红色方框中蓝色实心圆	红色方框中蓝色圆圈
实信号	蓝色实心三角	蓝色空心三角形
热	红色方块	红色方框
数字信号 Digital signal	紫色实心方块或长方块	紫色空心三角形
布尔信号	粉红色实心三角	粉红色空心三角形

关于连接端口的更多信息,参考帮助系统中的 MapleSim Library Reference → Connectors Overview 主题。

2.4 定义建模元件属性

为了定义建模元件的属性,你需要设置模型中各个建模元件的参数值。当你选择了模型工作区中的一个元件后,相关可配置参数将显示在**检查器(Inspector)**面板上。注意:并不是所有的建模元件都提供可编辑的参数值。

你可以以 2-D 符号输入参数值,另外,你在添加数学元素时也可使用其他的一些格式选项,例 如上标、下标、和希腊字符。更多信息,参考输入 <u>2-D 数学符号</u>。

2.4.1 定义参数单位

你可以使用参数区域旁的下拉菜单定义参数值的单位。例如,下面的图片显示了 Sliding Mass 元件的可配置参数区域。你可以定义质量的单位为 kg, lb *m*, *g*, 或 slug, 可选的长度有 m, cm, mm, ft, 或 in。

Para	Parameters			
mas	mass of the sliding mass			
m	1	kg 🚬		
L	0	kg ^h		
v_0		lb _m		
		g		
<i>г</i> 0		slug		

模型仿真时, MapleSim 自动转换所有的参数单位到国际单位制(SI)。因此, 你可以在一个物理 模型中选择不同的单位制。

如果你希望转换一个信号的单位,使用 Signal Blocks → Signal Converters 菜单中的 Conversion Block 元件。这个元件让你可以完成量纲转换,例如时间、温度、速度、压力、体积等。在下面的 示例中,一个 Unit Conversion Block 元件连接在一个平移位置传感器 Position Sensor 和 Feedback 元件之间,转换输出信号的单位。



如果在模型中包含了电子、1-D 机械、液压、或热的传感器,你也可以选择输出信号的单位。

2.4.2 定义初始条件

为了定义元件的初始条件,你可以设置参数值。当你选择的元件包含状态变量时,可用的初始 条件区域显示在 **Inspector** 参数面板内,同时还显示了该元件其他的可配置参数值。

Slic `omi	ling N	lass nt	
SM	1		
Para	mete	rs	
1000	1	kg	-
m			
m L	0	m	-
n L V ₀	0	$\frac{m}{s}$	•

你可以对 Electrical 和 1-D Mechanical 库中的许多元件设置初始条件值,包括电容、弹簧、和阻 尼器。

2.5 创建和管理子系统

一个子系统(或组合元件)是由一组建模元件组合形成的单个块元件。下图显示的是一个简单的直流电机子系统。



在模型中可以使用子系统组合元件,构成一个完整的系统,例如一个轮胎或直流电机。也可以 通过创建子系统提高模型图的布局,添加多个功能模块到模型中,或者在 Maple 分析模板中对子系 统进行分析。

2.5.1 范例 - 创建子系统

在下面的示例中,你将直流电机模型中的电子元件组成一个子系统块。

- 1. 从 Examples → Tutorial 菜单中, 打开 Simple DC Motor 例子。
- 2. 使用选择工具 (), 在电子元件周围拖出一个方块。



- 3. 从 Edit 菜单,选择 Create Subsystem.
- 4. 在 Create Subsystem 对话框中, 输入 DC motor.
- 5. 点击 OK. 一个白色的方块将显示在模型工作区内, 代表直流电机。



2.5.2 子系统导航

为了查看一个子系统中的内容,双击模型工作区中的子系统图标。子系统的详细视图将显示。



在上面的视图中,一个破折线代表子系统的边界。你可以编辑边界线内的连接线和元件,添加 和连接边界线以外的元件,以及添加子系统端口用于连接子系统与其他的元件。如果你希望调整编 辑线的大小,点击破折线,并拖动破折线改变边界的位置。

除了模型树外,你也可以使用导航工具栏上的模型导航工具切换浏览顶层模型或子系统。



2.5.3 管理子系统

当你添加元件到模型工作区和创建子系统时,Library Models 面板内将增加相应的项。这个面 板位于模型工作区左侧的 Project 面板内。

👿 Librar	y Models	
🐨 User	r	
	DC Motor	Gearbox
🐨 Libra	ary	
	Step	•
	EMF	Ground

Library Models 面板包含两个菜单:

- ◆ User 菜单:显示创建在当前 MapleSim 模型中子系统的历史。
- ◆ Library 菜单:显示加到当前模型中各个元件的历史,包括子系统中的元件。

你可以使用这个面板跟踪子系统。如果你删除模型工作区中的子系统,User 面板对应的项将保 留,除非你关闭该文件,或用选择右键菜单中的 Remove 删除它们。

注意**:**

- 如果子系统使用在模型工作区中,那么相应的项不能从 User 菜单删除。
- 不能删除 Library 中的项。

2.5.4 添加一个子系统的多个拷贝(copy)到模型中

你可以通过拖动 Library Models 面板中的项到模型工作区,添加多个子系统实例到模型中。



当创建一个新的子系统或添加子系统的拷贝(copy)时,一个唯一的下标号将添加到子系统名 上。如上图所示,唯一下标号被附加到直流电机子系统复制上。这些号码可以帮助你区分模型中不 同的子系统拷贝。

也可以将 MapleSim 子系统从一个文件复制和粘帖到另一个文件中。

2.5.4 编辑子系统拷贝 (copy)

当你编辑模型工作区中子系统拷贝时(例如,编辑参数值或添加一个形状到子系统图标上), 需要注意以下方面:

- 如果你编辑模型工作区内的子系统项,那么所有你从 Library Models 面板拖入的子系统拷贝将继承这些修改。
- 当子系统拷贝已经存在于模型工作区,如果你编辑子系统拷贝,模型工作区中的所有相应 的子系统拷贝都将继承这些修改。
- 如果你编辑的子系统拷贝已经存在在另一个文件中,那么对子系统的修改将仅反映在当前 编辑的文件中;其他文件中相应的子系统拷贝不受影响。

范例:编辑子系统拷贝

在这个范例中,你将修改电阻值,以及包含多个直流电机子系统的 RobotMotor 的子系统图标。 在修改 RobotMotor 子系统中的电阻值时,其他的 RobotMotor 子系统和新加入的子系统实例都将继 承这个修改。

在这个模型中的两个 RobotMotor 子系统都有一个电阻值 30Ω 。

- 1. 从 Examples → Multidomain 菜单中, 打开 Sumobot 例子。
- 2. 在模型工作区,双击其中一个 RobotMotor 子系统,显示子系统的详细视图。
- 3. 在 Inspector 面板内,选择 Resistor 元件 (R₁)将电阻值修改为 50Ω。

Subsy	ystem		
Res	sistor		
Comp	onent	t	
R_1			
Para <i>R</i>	meter 50	s Ω	Ŧ

- 4. 从导航工具栏,点击 2按钮切换到图标视图。
- 5. 使用模型工作区上方的 工具,用鼠标点击并拖出一个正方形。



6. 从导航工具栏,点击 建按钮返回到框图视图。

7. 点击导航工具栏上的 Main 浏览模型顶层。RobotMotor 子系统拷贝现在显示你刚才画的方块。



8. 在模型工作区左侧的 Project 选项卡中,展开 Library Models 面板,然后展开 User 菜单。如下图,前面所做的修改将反映在 RobotMotor 中。

TLibrary Models	
W User	
Microcontroller	RobotMotor
▶ Library	

如果双击模型工作区内的 RobotMotor 子系统实例,选择它们的 Resistor 元件,你将看到两个实例都有一个电阻值 50Ω。

8. 从 Subsystems 面板,拖入一个新的 RobotMotor 实例,并放置到模型工作区的任一位置。新的实例将显示方块以及它的电阻值同样也是 50Ω。

范例:编辑指定的子系统拷贝

如果你的模型含有多个子系统拷贝,你仅希望修改其中指定的子系统拷贝,你可以复制 Library Models 面板中的子系统项,然后添加子系统复制项到模型中。你可以修改模型工作区中的子系统, 而不影响其他的子系统项。

- 1. 从 Examples → Multidomain 菜单中, 打开 Sumobot 示例。
- 2. 找到模型工作区左侧的 Project 面板,展开其中的 Library Models 面板,然后展开 User 菜单。
- 3. 鼠标右击 RobotMotor 子系统。
- 4. 选择 Duplicate.

5. 在 Rename Subsystem 对话框内,输入 RobotMotor2 并点击确认。一个子系统拷贝出现在面 板内。

🖤 Librat	y Models
🐨 Use	r
N	licrocontroller RobotMotor
	<u>r</u>
	+ +
	RobotMotor2
► Libr	ary

6. 从 Library Models 面板内,拖入 RobotMotor2 子系统实例到模型工作区内。

7. 从导航工具栏,点击 2按钮切换到图标视图。

8. 使用模型工作区上的 工具,用鼠标点击并拖出一个方块。

9. 返回到模型的顶层。可以发现这种修改并没有作用到 RobotMotor 子系统实例。

你可以用 RobotMotor2 子系统替换模型工作区中已存在的 RobotMotor 子系统,包含刚才所作的 修改。

2.6 全局和子系统参数

2.6.1 全局参数

全局参数是一个常用的参数值,你可以定义和分配到多个元件中。这个特征让你在一个集中表 格中编辑多个元件共享的参数值。首先,在模型的顶层,你编辑一个全局参数值,在下面的示例中, 一个全局的电阻值将被定义。

为了查看一个示例,参见本教程第六章的教程1:带变速箱的直流电机模型。

范例:顶一个分配全局参数

如果模型包含多个有相同电阻值的电阻元件,你可以在参数编辑器窗口中定义一个关于电阻值 的全局优化参数。

1. 在 Components 选项卡中, 展开 Electrical > Analog > Passive > Resistors 菜单。

2. 从面板中拖入三个 Resistor 元件的拷贝到模型工作区中。

••••••	•	•

3. 点击导航工具栏上的 按钮, 切换到参数编辑器窗口。在这个窗口中, 你可以定义全局优化参数, 并赋值给模型中的电阻元件。

Main subsystem default settings

Name	Default Value	Description	
New Parameter	1		

Subsystem Composition

R₁ component

A CONTRACTOR OF A DESCRIPTION				
Name	Value	Units	Description	
R	1	۵	Resistance	
R ₂ component				
Name	Value	Units	Description	
R	1	a	Resistance	

R₃ component

Name	Value	Units	Description	
R	1.	۵	Resistance	

4. 点击 Main subsystem default settings 表格下的 New Parameter。

5. 输入 GlobalResistance 作为全局参数名,按回车键确认。

6. 定义一个默认值 2, 并输入 Global resistance variable 作为描述文字。

Main subsystem default settings

Name		Default Value	Description
GlobalResistance	2		Global resistance variable

上面已经定义了电阻值的全局参数值,现在你可以将一个公用的 GlobalResistance 参数值赋值 给模型中的各个电阻元件。

7. 在 R1和 R2元件表格中输入 GlobalResistance 作为电阻值。

R ₁ component			
Name	Value	Units	Description
R	GlobalResistance	a	Resistance
R ₂ component			
Name	Value	Units	Description
R	GlobalResistance	۵	Resistance
R ₃ component			
Name	Value	Units	Description
R	1	۵	Resistance

参数 GlobalResistance (2, 定义在 Main subsystem default settings 表格中)的电阻值被赋值给 R_1 和 R_2 元件。

R₁和**R**₂元件继承了 Main subsystem default settings 表格中 GlobalResistance 参数值的所有变化。 例如,如果你修改 Main subsystem default settings 表格中 GlobalResistance 参数值为 5,那么 **R**₁和**R**₂ 元件中的电阻值也将变为 5。GlobalResistance 参数值的改变不会影响**R**₃元件,这是因为我们并没有 将 GlobalResistance 作为参数值赋值给**R**₃元件。

2.6.2 子系统参数

子系统参数是你定义的,然后赋值给子系统中建模元件的自定义参数。如果你希望创建一个在 子系统内部多个元件共用的参数值,你可以创建一个子系统参数。类似于全局参数,子系统参数也 是在参数编辑器窗口中定义和赋值给元件的。

但是,子系统参数只能赋值给当前子系统的建模元件。双击模型工作区中的子系统块,点击工 具栏上的 图标,在参数编辑器窗口中定义一个参数,你定义的参数值能赋值给双击子系统中的 建模元件或内嵌子系统。

提示:如果你定义一个子系统参数值,并赋值给顶层模型,那么顶层模型将不会继承子系统参数值。

参考示例,教程 3: Modeling a Non-linear Damper。

2.6.3 创建参数块

你可以创建一个参数块用于定义一组子系统参数,并将它们映射为一个符号名。当一个元件的 多个例程或重用其他模型中的一组参数值时,这种定义参数值的方法特别方便。

除了用上面的方法定义子系统参数外,你也创建一个参数块定义一组子系统参数,然后赋值给 模型中的元件。参数块让你可以多个模型中重用参数集。

下图是模型工作区中创建的一个参数块。

==]	

当你双击这个参数块时,会打开 Parameter Editor 窗口。在这个窗口中你可以定义块中包含的参数值。

SlidingMassParams subsy	/stem default settings		
Name	Default Value	Description	
New Parameter 1	L		

完成定义完参数值后,你就可以将它们作为一个变量或一个变量的函数赋值给模型中的元件参数。

为了在其他模型中使用参数值,你可以添加一个参数块到自定义库中。关于自定义库的更多信息,请参考"创建和管理自定义库"

提示:

- 参数块必须放置在被赋值元件所在的子系统中。
- 模型中同一层中的参数块不能有相同的参数名。例如,在同一个子系统中不能有两个不同 的参数块都有 mass 参数。

范例: 创建和使用一个参数块

在这个示例中,你将创建一组参数,模型中的多个元件可以共享这个参数块。通过创建一个参数块,当你运行多个仿真时,你仅需要在一个地方编辑参数值就可以对比结果。

- 1. 从 Examples → Mechanical 菜单, 打开 PreLoad 示例。
- 2. 从工具栏,点击 🛄 按钮。
- 3. 点击模型工作区中的任意位置。Create Parameter Block 对话框将将弹出。
- 4. 定义一个名为 SlidingMassParams 参数块,点击确认键。

Create Parameter Block 🛛 🛛 🔀
Name
SlidingMassParams
OK Cancel

5. 双击模型工作区中的 SlidingMassParams 参数块。Parameter Editor 窗口将显示。

SlidingMassParams subsystem default settings

Name	Default Value	Description	
New Parameter	1		

- 6. 点击 New Parameter 区域, 定义命名 MASS 的参数。
- 7. 回车键确认。
- 8. 定义默认值为 5, 输入对于参数的文字描述 Mass of the sliding mass.
- 9. 用同样的方法, 定义下列参数和值。

命名	默认值	描述
LENGTH	2	Length of the sliding mass.
v ₀	1	Initial velocity of the sliding mass.
<i>s</i> ₀	1	Initial position of the sliding mass.

当定义参数值时,出现如下的参数编辑器:

SlidingMassParams subsystem default settings

Name	Default Value	Description
MASS	5	Mass of the sliding mass.
LENGTH	2	Length of the sliding mass.
ν ₀	1	Initial velocity of the sliding mass.
<i>s</i> ₀	1	Initial position of the sliding mass.

10. 如果你想切换回模块图窗口,点击导航工具栏上 Main。当你点击模型工作区中的参数块时,你定义的参数将显示在左侧的 Inspector 选项卡中。

Siluingivia	ssP	arams
Component	2	
SlidingMa	iss Pc	arams ₁
Parameter MASS	s 5	
Parameter MASS LENGTH	s 5 2	
Parameter MASS LENGTH v ₀	s 5 2 1	

- 11. 在模型工作区,选择框图中的 Sliding Mass 元件。
- 12. 在 Inspector 选项卡中,定义下列值。

Oild	ang mass		
Com	ponent		
SM	1		
Parz	ameters		
m	MASS	kg	•
m L	MASS LENGTH	kg m	•
m L V ₀	MASS LENGTH ^V 0	kg m <u>m</u> s	*

现在 Sliding Mass 元件的参数继承了刚才在参数块中定义的数值。

- 13. 用同样的方式,将同样的值赋给模型中的其他 Sliding Mass 元件。
- 14. 在模型工作区, 删除 Probe1.
- 15. 鼠标右击 Probe2 然后选择 Edit Probe.
- 16. 清除 Speed 旁边的选择框。
- 17. 点击工具栏上的运行仿真按钮 (▶)。仿真结束后显示下图。



18. 在模型工作区,点击参数块。

19. 在 Inspector 选项卡中,将 mass 的值改为 25, length 的值改为 10, 初始速度为 5。这些修改 将应用到所有赋值符号参数值的 Sliding Mass 元件。

20. 再次运行仿真。一个新的仿真图形将显示,你可以与第一个图形结果对比。在这个示例中, 新的参数值仿真后曲线垂直移动。



2.7 创建和管理自定义库

你可以创建一个自定义库收藏子系统、自定义建模元件、或模型附件,方便以后在多个文件中 重用。自定义库显示在 Example 面板的下方自定义自定义面板中,在计算机中保存为.msimlib 文件。

下面是一个包含子系统的自定义面板示意图。


示例:添加子系统和附件到自定义库

任务: 添加一个子系统和一个.mw 附件到自定义库中,以便将来可以在 MapleSim 程序中使用。

- 1. 从 Components 选项卡下面的 Examples → Multidomain 菜单, 打开 Sliding Table 示例。
- 2. 从 File 菜单,选择 Create Library...
- 3. 选择路径,并定义文件名为 Sliding Table.msimlib。

提示:这个文件将存储自定义库,定义的文件名将作为自定义面板名显示在 MapleSim 界面上。

4. 点击保存按钮。弹出 Add to User Library 对话框。

Add to User Library 🛛 🛛		
Optionally select any of the following subsystems to include in the library		
Motor	Subsystems:	
	Select All	
	Select None	
AdvancedAnalysis.mw	Attachments:	
	Select All	
	Select None	
04	Cancel	

- 6. 选中 Motor 旁边的复选框,添加子系统到自定义库。
- 6. 选中 AdvancedAnalysis.mw 旁边的复选框,添加附件到自定义库。
- 8. 点击确认按钮。可以注意到,一个新的自定义库添加到 MapleSim 窗口的左侧。



这个面板将在你下次启动 MapleSim 时出现。这个面板和包含的内容将在你下次启动 MapleSim 后显示在 Components 选项卡下面。

8. 在 Linear Table 面板内,点击 Attachments。弹出 Library Attachments 对话框,对话框列出 了所有已经添加到自定义库的附件。

Library Attachments	
AdvancedAnalysis.mw.mw	Add to Untitled1
	Open
	Remove from Library
	Rename
	Close

你也可以使用这个对话框添加附件到其他模型的文件夹中,或者用对应的程序打开附件。 10. 关闭对话框。

2.8 添加模型注释

你可以使用绘图和布局工具栏上的工具在工作空间上绘制线、箭头、和各种形状。MapleSim 还 提供了许多工具用于自定义颜色、线的样式、填充线和形状、对模型工作区的对象布局。



你可用绘图和布局工具栏上的 工具添加文字注释到模型中。在文字注释中,你可以使用 2-D 格式的数学符号,或者修改样式、颜色、字体等。关于 2-D 数学符号的更多信息,参考 Entering Text in 2-D Math Notation.

示例:添加文字注释到模型中

1. 在 Components 选项卡中展开 Examples → Tutorial 菜单,打开 Simple DC Motor 示例。

2. 从绘图和布局工具,点击文字工具图标 ()。

3. 在模型工作区中,在 Step 元件的下面添加一个文字框。



当你放开鼠标左键后,模型工作区上面的工具栏切换到 text 格式。



4. 输入注释文字"This block generates a step signal with a height of 1."

5. 选择刚才输入的文字,将字体改为 Arial。

- 6. 点击文本框外的任意地方。
- 7. 在 Inertia 元件下方拖出一个新的文本框。
- 8. 输入文字 "Inertia with a ⁴ value of 0 rad."

提示:为了输入 omega 字符 (**0**),按 F5 键切换 2-D 数学格式,输入 "omega",按 Ctrl + Space 键。输入下标值时,输入下划线字符 (_) 然后输入 0. 按下向右箭头键离开下标位置。

9. 点击文本框外的任意地方。

10. 选择刚才输入的文字,将字体修改为 Arial.



2.9 输入 2-D 数学符号

在参数值和注释中,你可以输入 2-D 格式的文字,有助于添加一些数学内容,如上标、下标、希腊字母等。与 Maple 一样, MapleSim 同样也提供了命令和符号补全功能,列表显示与输入字符匹配的 Maple 命令或数学符号。

任务	组合键	示例
在文字和2-D数学模式间切换	F5键	-
命令和符号补全(参数值和注 释)	 输入一个符号名、或希腊字符、或Maple 命令的开头几个字符。 按下ESC键。 从下拉菜单,选择希望插入的符号或命令。 	-
输入下标	下划线 (_)	x_a
输入上标	caret (^)	x^2
输入平方根	输入 sqrt 然后按下 ESC 键。	\sqrt{x}
输入根号	输入 nthroot 然后按下 ESC 键。	$\sqrt[n]{x}$
输入一个分数	反斜线 (/)	$\frac{1}{8}$
输入一个分段函数、矩阵、或 向量行	Ctrl (or Command) + Shift + R	[38]
输入一个表格列	Ctrl (or Command) + Shift + C	[6]

更多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的 Using MapleSim → Building a Model → Annotating a Model → Key Combinations for 2-D Math Notation.

2.10 MapleSim 附属文件夹(MapleSim Document Folder)

你可以使用 MapleSim document folder 附加任意格式的文件到模型中(例如电子表格或用其他 程序创建的设计文件)。当你附加这些文件到 MapleSim document folder 后,这些文件将与当前的 MapleSim 模型关联在一起。你可以将 document folder 中的文件作为当前模型的一部分保存,可以 在以后的使用。 下面是 MapleSim document folder (附属文件夹)的示意图,附属了一个包含名为 DamperCurve.csv 文件。

amperCurve.csv	New: Analysis
	More Templates
	Open Selected
	Remove Selected
	Rename Selected
	Attach
	Save Selected As

如果需要打开当前文件的附属文件夹,点击窗口顶部的 / 按钮。你也可以用 MapleSim document folder 对话框附加模板,用于完成分析任务、创建自定义建模元件、生成模型使用的数据 集等。更多关于完成分析任务的信息,参见本教程中的分析和操作模型。

2.11 创建一个用于插值表元件的数据集

你可以创建一个数据集,为物理模型的插值表元件提供数值。例如,你可以提供为输入信号提供自定义值,以及电子 Current Table 和 Voltage Table 源。为了创建一个数据集,你可以附加一个 Microsoft® Excel® 电子表或者逗号分隔值.csv 文件,或者你也可以使用 MapleSim 附属文件夹中的 数据生成模版创建一个数据集。

关于插值表元件的更多信息,请参考 MapleSim 帮助系统中的 MapleSim Library Reference -> Signal Blocks -> Interpolation Tables -> Overview 主题。

范例:在 Maple 中创建一个数据集

在这个例子中,你将使用数据生成模版(Data Generation Template)为 MapleSim 创建一个数据 集,用于 MapleSim 的 1D 插值表(1D Lookup Table)元件。为了创建一个数据集,你可以使用任 意的 Maple 命令(例如 Matrix)。但是出于演示的目的,这里你将使用一个预定义的计算创建一个 数据集。

- 1. 打开一个新的 MapleSim 文件。
- 2. 在 Components 选项卡中, 打开 Signal Blocks → Interpolation Tables 菜单。
- 3. 拖入一个 1D Lookup Table 元件到模型工作区。

4 点击工具栏上的 图标,打开附属文件夹对话框。

5. 从下拉菜单,选择 Data Generation。

6. 点击 New。

7. 键入 My First Data Set 并点击确认。

8. 从文件列表中,选择 My First Data Set 并点击 Open Selected。数据生成模版将被打开在 Maple 中。

9. 为了执行完整的工作表,点击窗口工具栏上的 🛄 按钮。

10. 在模版的底部,在 Data set name 区域,键入 TestDataSet。

11. 为了让数据集可在 MapleSim 使用,点击 Attach Data in MapleSim 按钮。

12. 在 MapleSim 中,点击工具栏上的附属文件夹按钮

你现在可以分配这个数据集到模型工作区中的插值表元件。

13. 关闭附属文件夹对话框。

14. 在模型工作区中选择 1D Lookup Table 元件。

15. 在 Inspector 选项卡下,从 data 下拉菜单中选择 TestDataSet.mpld 文件。现在这个数据集被 赋值给了 1D Lookup Table 元件。

16. 保存 Maple 中的数据生成模版,然后保存 MapleSim 模型。

2.12 练习

本节通过几个练习介绍如何规划、布局、和构建 MapleSim 模型。

练习1: 布局和创建子系统

从面板中拖到建模元件到模型工作区,如果需要可以改变它们的方向和位置,完成后连接它们。 将元件组成子系统,确保组合的元件匹配屏幕大小,让你在一定程度上无需滚动滑动条就可以看到 所有子系统元件。

创建希望重用的子系统

考虑创建一个打算在整个系统或多个文件中使用的子系统。例如,如果你希望在单摆模型中加入多个平面连杆模型,可以考虑创建一个连杆子系统,这样你就可以直接从库模型面板中添加这个子系统。如果你希望添加这个连杆子系统到其他单摆模型中,可以创建一个自定义库以便在其他文件中重用这个子系统。

创建希望用于分析的子系统

你可以创建一个子系统,用于深度分析、实验、或转化为源代码。MapleSim document folder 内置多个模板让你提取方程,完成对系统顶层模型和各个子系统的分析任务;代码生成模板让你可以 仅生成子系统的代码。

关于完成分析任务的更多信息,参考本教程第五章"分析和操作模型"。

练习 2: 构建一个电气模型

Include a Ground Component in Electrical Circuits

In each electrical circuit model, you must add and connect a Ground component to provide a reference for the voltage signals.

Verify the Connections of Current and Voltage Sources

Simulation results can be affected by the way in which a current or voltage source is connected in your model. If you receive unexpected simulation results, verify the connections between electrical sources and other components in your model. All of the current sources in the MapleSim component library display an arrow that indicates the direction of the positive current.

3. 创建自定义建模元件

本章内容包括:

- ◆ 概述
- ◆ 打开自定义模型元件范例
- ◆ 范例: 非线性弹簧-阻尼器元件
- ◆ 在 MapleSim 中使用自定义模型元件
- ◆ 编辑自定义模型元件

3.1 概述

为了拓展 MapleSim 的模型元件库,你可以创建基于数学模型的建模元件。例如,你可以创建 一个包含特定子系统的自定义元件,提供特定的功能。你可以创建一个自定义组件,包含一个子系 统,提供特定的功能。

点击工具栏上的附属文件夹按钮,使用 MapleSim 中内置的自定义元件模版,你在 Maple 中完成下列任务创建一个自定义组件:

- 定义决定元件行为的方程和属性(例如,参数和端口变量)
- 试验和分析数学模型
- 定义端口,并添加到元件
- 生成元件,并使其在 MapleSim 中可用

自定义元件模板含有预定义的内嵌图元件帮助你完成建模任务,每个生成的自定义模型元件与 一个特定的模板关联,同时每个模板与一个.msim 文件连接。

3.2 打开自定义模型元件范例

为了拓展 MapleSim 的模型元件库,你可以创建基于数学模型的建模元件。例如,你可以创建 一个包含特定子系统的自定义元件,提供特定的功能。你可以创建一个自定义组件,包含一个子系 统,提供特定的功能。

MapleSim 内置以下的自定义模型元件模板:

- 代数方程定义的自定义模型元件
- 元件范例:通过微分方程定义的直流电机元件
- 元件范例: 非线性弹簧-阻尼器元件
- 通过转换函数定义的自定义模型元件

打开一个范例:

- 1. 点击 MapleSim 窗口工具栏上的 Document Folder 按钮(🖉)。
- 2. 点击 More Templates...
- 3. 在 Browse Templates 对话框中, 打开 Component Templates 文件夹。
- 4. 选择你希望打开的示例,并点击 Attach Template...
- 5. 在 Enter Document Name 对话框中,输入模板名。
- 6. 点击确认按钮。

7. 在左侧的文件列表中,选择模板项,并点击按钮 Open Selected。现在可以看到,自定义模型 元件模板的文件打开在 Maple 中。

3.3 范例: 非线性弹簧 - 阻尼器元件

在这个范例中,你将使用自定义元件模板创建一个**非线性弹簧阻尼器元件**。这个示例中的方程 基于 MapleSim 元件库中 Translational Spring Damper 元件,这里刚度和阻尼系数用一个函数代替, 作为模型元件的输入。

为了获得控制关系,我们现在从示意图开始。下面是弹簧阻尼系统的示意图:



节点, a 和 b, 可以定义为元件的端口; 方程是相对于这些端口推导获得的。因此, 一般的运动方程是:

$$d \cdot \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d} t} s_{rel}(t) + c \cdot s_{rel}(t) = F(t)$$

这里, d是阻尼系数, c是弹簧的刚度, s_{rel} 是两个端口 s_a 和 s_b 之间的相对位移, 表示为: $s_{rel}(t) = s_b(t) - s_a(t)$

同样,作用在系统上的净力可以表示为 $F(t) = F_b(t)$,这里,

 $F_a(t) + F_b(t) = 0$

所有的上述方程定义了系统的行为。

3.3.1 打开自定义元件模板

从 MapleSim Document Folder 打开自定义元件模板:

- 1. 在 MapleSim 中, 打开你想添加自定义元件的模型。
- 2. 点击工具栏上的 Document Folder 按钮 ()。
- 3. 从下拉菜单,选择 Custom Component。



- 4. 点击 New.
- 5. 输入 Non-linear Spring-Damper 作为模板名, 然后点击确认按钮。

Enter Document Name: 🛛 🔀
Non-linear Spring-Damper
OK Cancel

6. 在文件列表中,选择模板项,并点击 Open Selected,自定义元件模板被打开在 Maple 中。

3.3.2定义元件名和方程

你现在可以定义显示在 MapleSim 中的元件名,也就是一个存储方程的变量。

使用 DynamicSystems 命令包中的命令创建系统模型,定义元件方程。了解更多信息,常见 Maple 帮助系统中的?DynamicSystems 帮助主题。

- 1. 在模板中的 Component Description 段落中, 定义一个元件名为 NonLinearSpringDamper。
- 2. 删除下面默认的方程。
- 3. 输入下面的方程, 定义非线性系统。

eq := [d(t) * (diff(s[rel](t), t)) + c(t) * s[rel](t) = F(t), s[rel](t)= s[b](t) - s[a](t), v[rel](t) = diff(s[rel](t), t), F(t) = F[b](t),F[a](t) + F[b](t) = 0];

params := []:

initialconditions := []:

注意到方程是作为一个列输入的。常数d(阻尼)和c(N)度)用函数d(t)和c(t)代替,定义它们为系统的输入量。

4. 将方程, 输入和输出的定义赋值给系统对象变量(sys), 输入下面的方程:

```
sys := DynamicSystems[DiffEquation](eq, inputvariable \\ = [F[a](t), F[b](t), c(t), d(t)], outputvariable = [s[a](t), \\ s[b](t)]);
```

 $sys := \begin{bmatrix} \text{Diff. Equation} \\ \text{continuous} \\ 2 \text{ output(s); 4 input(s)} \\ \text{inputvariable} = \begin{bmatrix} F_a(t), F_b(t), c(t), d(t) \end{bmatrix} \\ \text{outputvariable} = \begin{bmatrix} s_a(t), s_b(t) \end{bmatrix}$

5. 点击工具栏上 /// 按钮执行整个工作表。

你现在可以分配这些输入和输出变量到端口,这些端口将出现在生成的自定义元件上。

3.3.3 定义元件端口

在模板中的 Component Ports 段落,分配输入和输出变量。

- 1. 要移去框图中的样本端口,点击 Clear All Ports.
- 2. 点四次 Add Port 按钮。框图边界将出现是个方块,代表你将定义的端口。



3. 点击框图左侧的端口。

4. 从框图下面的 Port Type 下拉菜单,选择 Translational Flange。

5. 在 Port Components 表格中,在 Position 行,从下拉菜单选择 sb(t);在 Force 行,从下拉菜单选择 Fb(t)。左边的端口现在定义为一个平移法兰,与位置变量 s[b](t)和力变量 F[b](t)关联。 6. 选择框图右侧的端口。

7. 从 Port Type 下拉菜单,选择 Translational Flange。

8. 在 Position 行,从下拉菜单选择 sa(t);在 Force 行,从下拉菜单选择 Fa(t)。右边的端口现在 定义为一个平移法兰,与位置变量 s[a](t)和力变量 F[a](t)关联。

9. 选择框图顶部的端口。

10. 从 Port Type 下拉菜单,选择 Signal Input。

11. 在 Value 行,从下拉菜单选择 c(t)。这个端口现在定义为一个信号输入,与刚度变量 c(t)关联。

12. 选择框图底部的端口。

13. 从 Port Type 下拉菜单,选择 Signal Input。

14. 在 Value 行,从下拉菜单选择 d(t)。这个端口现在定义为一个信号输入,与阻尼变量 d(t)关联。

15. 拖动你刚才在第14步中定义的端口,放到框图的顶部。你也可以类似的方式定位其他端口。



当你生成 MapleSim 中的自定义元件时,端口的排列位置与上图相同。

3.3.4 生成自定义元件

点击位于模板文件底部的 Generate MapleSim Component 按钮,生成自定义元件。完成后,自定 义元件将显示在 MapleSim 中 Project 选项卡的 Library Models 面板内。

V User	, models	
	₩.	
	NonLinearSpringDamper	
► Libra	ary	

你现在可以在 MapleSim 中添加自定义元件 NonLinearSpringDamper 到模型工作区中。

3.4 示例:在 MapleSim 中使用自定义模型元件

在 MapleSim 中,你可以用如下方式操作自定义元件:

添加文字和说明到自定义元件

为了客户化自定义元件的外观,你可以修改默认显示在元件图标上的图片。在模型工作区选择自定义元件,点击导航工具栏上的 🗾 图标,使用绘图和注释工具添加文字和说明。

保存一个自定义元件作为当前模型的一部分

为了保存一个自定义元件作为当前模型的一部分,通过拖动它到模型工作区的方式添加元件, 然后保存模型。当你下一次打开文件时,自定义元件将显示在模型工作区 Subsystems 面板内。

添加一个自定义元件到自定义元件库

如果你希望不仅在当前模型中,而是在一个文件中使用自定义元件,你可以添加元件到自定义 元件库。更多的信息,参考第二章"创建和管理自定义库"。

3.5 编辑自定义模型元件

如果你希望编辑一个已生成的自定义元件,在对应的 Maple 工作表中做修改,并重新生成元件。

1. 在模型工作区,双击该自定义元件。对应的自定义元件模板将打开在 Maple 中。

2. 在 Maple 工作表中,编辑方程、属性、或端口的值等。

3. 在工作表的底部,点击 Generate MapleSim Component。你所做的修改将更新在 MapleSim 显示的自定义元件中。

4. 保存你在.mw 和.msim 文件中所做的修改。

4. 仿真和可视化模型

本章内容包括:

- ♦ MapleSim 如何进行模型仿真
- ◆ 模型仿真
- ◆ 管理仿真结果
- ◆ 设置仿真图形
- ◆ 可视化多体模型
- ◆ 练习:模型仿真和可视化

4.1 MapleSim 如何进行模型仿真

模型描述

模型中的每个元件都包含一组描述行为的方程:这些系统方程可以是纯粹的代数方程或微分方程。当然,一个元件也可以定义任意数量的事情,在仿真过程中通过启动或取消方程的一部分,或者是改变状态值,从而改变元件的行为。在两个或多个元件之间的连接产生附加方程,描述这些元件之间如何相互作用。

Modelica 描述

MapleSim 元件库中许多元件的模型方程是通过 Modelica 物理建模语言描述的。不同的是,多体模型库使用了特殊的引擎,利用独特的高级数学技术确保方程及可能的简洁和高效。这些方程也可以转换为 Modelica.

MapleSim 将在 4.0 版本中提供 Modelica Import 功能,支持所有第三方 Modelica 模型库。关于 Modelica 的更多信息,请访问 <u>www.modelica.org</u>。

系统方程

仿真过程接下来的一步是收集所有的方程到一个大的系统,在这个阶段参数值同时被替换。现 在,MapleSim 仿真引擎需要处理一个可能很大的混合微分代数方程组。本质上讲,系统表示为一组 含有代数约束或离散事件的微分方程组。

简化方程

接着是简化方程组,一个名为"Index Reduction"的过程将尽可能地减少代数约束。其他的一些符号简化技术也将减少方程和变量的数量。注意经过这一步后,代数约束仍有可能存在于方程中。注意,简化过程不会损失任何信息,所有的精度将得到保留。在这一点上,系统方程组中保留变量

51 / 102

的初始值必须被计算。这是一个重要的环节,因为通常只有少数的初始方程在系统模型中是固定的。 其余的初始条件需要以这种方式计算,使得整个系统方程相容。

通过定义 Inspector 选项卡内元件的一些参数值,设置初始值。如果提供的初始条件不相容,仿 真过程将检测到错误并返回信息。

初始化

当所有这些预处理步骤完成后,数值求解过程开始。一个基于 Rosenbrock 积分(适用于刚度系统),或者基于 rkf45 积分(适用于非刚度系统)的高级微分代数方程求解器被用于数值求解系统方程。代数约束不断被检查,避免可能会影响结果精度的约束漂移。Stiff 求解器是默认的求解器,通常情况下 Stiff 求解器是一个很好的选择。在某些情况下,非刚度求解器能够提供更好的性能;对所有量以相差不大的速率变化的模型是一个好的选择。

数值积分和事情处理

在数值求解中(或积分),模型中的不等式条件被监视,当一个或多个条件变化时,事情就会 被检测。在这个过程中遇到事件时,数值求解器就会停止,仿真引擎计算一个新的基于事件条件的 系统方程配置。这一步包括重新计算新方程组的初始条件。这个求解器重新开始,继续数值求解直 至另一个事件触发或者到达仿真终止时间。

仿真结果

在仿真过程中的最后一步,生成结果并通过图形显示感兴趣的量,对于多体机械系统,你可以选择是否显示 3-D 可视化窗口:



注意,本节中的信息是对仿真过程的简要描述。关于仿真引擎中使用的 DAE 求解器的更多信息,参考 Maple 帮助系统中的?dsolve,numeric 主题。

4.2 模型仿真

为了观察物理属性的行为或响应,你可以添加探针到连接线、端口、或模型元件。在 MapleSim 中,探针可以识别关联连接端口的变量。

如果你想添加一个探针测量一个过量。箭头显示表明正流向的方向。



你可以定义运行仿真的时间、求解器类型、求解器的其他参数值、仿真引擎、以及 3-D 可视化 窗口。运行仿真后,每个指定的量将通过独立的图形显示。如果是多体机械系统,那么仿真结束后 会显示一个 3-D 可视化窗口。

你可以改变初始的探针或参数值,然后运行仿真比较结果。你也可以设置 MapleSim 隐藏多体 模型的 3-D 可视化窗口。

4.2.1 仿真参数

回到模型顶层,在 Inspector 选项卡中定义仿真的时间,或者求解器、仿真引擎、或 3-D 可视化 窗口的其他参数值。

参数	默认值	描述
t	10	仿真的结束时间。你可以定义一个任意的正值,包括浮点数值。 提示,对所有的仿真,初始起始时间为0
J	40000	
sun solver	true	
		◆ true: 使用刚度 DAE 求解器 (Rosenbrock 方法)。
		◆ false: 使用非刚度 DAE 求解器 (rkf45 方法)。
		如果你的物理模型比较复杂, 推荐你使用刚度 DAE 求解器减
		少仿真所需的时间。
Adaptive	true	选择自适应求解器或定步长求解器,用于确定仿真的取样周 期。
		◆ true: 使用自适应求解器。由求解器确定取样周期,在仿 真过程中变化。
		◆ false:使用固定步长求解器。仿真过程中采用统一的步长。 你可以在步长区域定义步长。
		如果模型状态变化比较快,你可以使用固定步长求解器减少运 行仿真所需的时间。
		提示:当使用固定步长求解器时,仿真结果的取样周期会比较 小,如果需要较高精度的结果,使用白话应求解器运行仿真。
sten size	0.0010	加里你使田固定先长求解器运行仿真,先长是一致的,当
step size	0.0010	adaptive区域设置为false 时,你可以为这个项定义一个浮点数值。
ϵ_{abs}	$1 \cdot 10^{-7}$	当选择自适应求解器运行仿真时,积分步的绝对误差限制。当 adaptive 区域设置为true时,你可以为这个项定义一个浮点数
		<u>国。</u> 业选择自关点式研究完全方面,和八正的担动理关照地。业
ϵ_{rol}	$1 \cdot 10^{-7}$	国远洋日边 巡水腁畚运仃切具时,积分步的相对误差限制。当
rei		adaptive 区域反直为true时,你可以为这个坝正又一个浮点数 店
nlot points	200	^{国。} 估直结甲图由的是小图形占粉 粉据占相据估直国期估扮勾公
piot points	200	[[[]具知木图中的取小图形品数。数据品侬据切具同别阻均为为]

		布在图形中。你可以定义一个正整数值。
		提示: 这个选项仅让你定义显示图形的点数, 仿真过程中使用
		的实际点数可能与显示在仿真图形中的点数不同。
compiler	false	定义在仿真过程中是否使用原生的C编译器。但这个选项设置
		为true,由仿真引擎生成的Maple程序将通过一个外部的C编辑
		器转化为C代码。
		如果物理模型比较复杂,你可以设置这个选项为true,减少运
		行仿真所需的时间。
max. steps	400000	在仿真自动停止前的最大积分步,你可以定义一个正值,或零
		或无穷大。
		如果物理模型比较复杂,你可以增加这个值,预防在仿真完成
		前停止仿真。

对于包含多体机械元件的模型,你可以定义下面的参数值

参数	默认值	描述
ê g	[0, -1, 0]	重力方向。
g	9.81	地球引力的加速度。默认单位是 $\frac{m}{s}$ 。
3-D animation	true	定义当仿真运行后是否显示3-D可视化窗口。但这个选项设置
		为 false 时,可视化窗口将不显示。
3-D playback	-	定义 3-D 动画的播放时间。这个值不同于前面的仿真周期时
time		间 t 值。当 3-D animation 区域设置为 true 时,你可以在这个 f
		选项中定义一个浮点数。
		你可以在这个区域定义一个值,增大或减小动画的播放速度。
		如果仿真周期时间 t 的值比较小,例如0.5秒,你可以设置 3-D f
		playback time 时间值为 10 秒,降低动画的速度,在 10 秒的时 间跨度上播放 0.5 秒的仿真。
		如果这个区域没有定义值, 3-D playback time value 默认等同于
		t 区域内的值。动画的帧数由定义在 plot points 区域的值确定, f
		也就是 3-D playback time 时间值乘以 3-D sampling rate 采样率 值。
3-D sampling	30	3-D动画播放的每秒帧数值。你可以增加这个值生成更加平滑
rate		的图像。当3-D animation区域设置为true时,你可以在该区域定
		义一个正整数值。
		动画中的帧数是由 plot points 区域的数值决定的,或者是 3-D
		playback time 时间值乘以3-D sampling rate采样率值。
Base Radius	-	定义3-D可视化窗口中所有自带球形几何体的半径。圆柱体会
		与球体等比例显示。但所有外部附加的几何体尺寸不受这个值

的影响。例如,你可以使用这个选项让动画中的某部分3-D模
型更清晰地显示。
如果这个区域没有定义值,MapleSim自动使用默认值。

4.2.2 仿真过程信息

在仿真过程中,你可以通过模型工作区下方的 Console 面板了解过程信息。这些信息显示了 MapleSim 引擎的状态,你也可以通过这些信息调试仿真中可能存在的错误。



可选操作: 在运行仿真前,你可以选择窗口上面的 Message 下拉菜单中的等级,定义在过程信息中显示细节的级别。



4.2.3 储存参数集,对比仿真结果

你可以将赋值给模型的参数值保存为一组参数集。你可以分别使用几组参数集运行仿真,然后 比较结果。

更多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的 Using MapleSim → Building a Model → Saving and Managing Parameter Sets 主题。

4.3 管理仿真结果

在仿真过程中,过程信息显示在 Result Manager 结果管理器窗口中。通过这些信息,你将了解 MapleSim 引擎生成数学模型时的运行状况,帮助你解决潜在的仿真错误。Stored Results 面板位于 Project 选项卡中,让你可以浏览、保存、输出多个仿真的结果。不管你何时对模型进行仿真,该模 型最后一次没有保存的仿真结果会显示在 Stored Results 面板中:你可以点击这一项浏览该仿真的图

形、过程信息、(如果有)3-D 可视化窗口。当然,你也可以将当前的仿真结果与以前的几个仿真 结果进行比较。



如果你希望在将来的 MapleSim 模型中使用一组仿真结果,可以将模型相关的图形、过程信息、和 3-D 可视化窗口作为模型的一部分保存下来。当你将来在 MapleSim 中打开该模型,仿真结果项将显示在 Stored Results 面板中。

如果你希望在其他程序中使用仿真结果数据,你也可以输出仿真数据为 Microsoft Excel (.xls)或 逗号分隔值(.csv)文件。

更多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的 Building a Model -> Managing Simulation Results 主题。

4.4 设置仿真图形

在默认图形窗口中,探针对应的量分别显示在独立的图形中,按照探针和属性量名称的字母顺 序排列显示。在图形中,物理属性量的值沿着 y 轴显示, x 轴显示仿真时间。

你也可以创建一个自定义图形布局:选择探针量对应的坐标轴,定义图形中显示哪些探针量, 定义图形标题,添加第二个垂直轴到图形中,设置图形窗口中图形列数。例如,你可以设置在同一 个图形中显示和对比多个量。

在运行仿真前,你可以使用 MapleSim 窗口右侧的 Plots 面板配置仿真图形的不同选项。

Inspector Plots	
New window 🔹	
[Rename] [Delete]	
Empty	
Columns: 1	
🗹 Show Window	
Title	
X-Axis	
t 💌	
Primary Y-axis	
~	
[Add Variable]	
Secondary Y-axis	
[Add Variable]	

当你从下拉菜单中选择自定义图形窗口布局后,选中 Show Windows 复选框,然后运行仿真, 仿真结束后会同时同时显示自定义图形窗口和默认的图形窗口。你可以保存多个图形窗口布局,当 运行仿真时选择其中的一个使用。

示例: 在单个图形中显示多个量

在这个示例中,你将创建一个图形窗口布局,在生成的仿真图形中显示多个曲线。

- 1. 从 Examples → Multidomain 菜单,打开 Controlled 2 Link Robot 示例。
- 2. 在 Parameters 面板,点击 Plots 标签。显示所有探针量的表格将显示,如下图所示:

Joint1: Angle	Joint1: Torque
Joint2: Angle	Joint2: Torque
Probe1:	Probe2:
Motion1	Motion2
Probe3: r_0	Probe3: r_0
[1]	[2]

Columns: 2

🗹 Show Window

这个表格显示了图形窗口的默认布局。例如,这个表格表明在运行仿真后,Joint1:Angle 的值 将显示在图形窗口的左上角,Joint1:Torque 的值将显示在图形窗口的右上角等,以此可以类推 其他值的位置。

你现在可以创建一个自定义图形窗口,在一个图形中显示两个角度值,在另一个图形中显示两 个扭矩值。

- 3. 从面板顶部的下拉列中,选择 Add Window。
- 4. 在 Create Plot Window 对话框中,将图形窗口布局命名为 Angle and Torque Comparison.

5. 在 Columns 区域,输入 2,然后按回车键。面板中的表格现在包含两个单元,每个单元代表 一个你可以配置的图形窗口区域。

Angle and Torque comparison 🔻			
[Rename] [Delete]			
Empty	Empty		
Columns: 2			
Show Wind	ow		

- 6. 点击左侧单元的 Empty。
- 7. 在 Title 区域, 输入 Angle.
- 8. 从 Primary Y-axis 下拉菜单,选择 Joint1: Angle.
- 9. 点击下拉菜单下面的[Add Variable]。
- 10. 从下拉菜单的第二个 Primary Y-axis,选择 Joint2: Angle.
- 11. 在面板顶部的表格中,点击右上侧单元中的 Empty.
- 12. 在 Title 区域, 输入 Torque.
- 13. 从 Primary Y-axis 下拉菜单,选择 Joint1: Torque.
- 14. 点击下拉菜单中的 [Add Variable].

15. 从下拉菜单的第二个 Primary Y-axis,选择 Joint2: Torque。现在你可以新的图形窗口布局仿 真模型。

16. 确认表格下面的 Show Window 复选框被选中。

17. 点击工具栏上的运行仿真按钮▶。下面的图形将与默认图形一起显示,在一个图形中对比
 角度值,另一个图形对比扭矩值。



如果你希望仅显示默认图形窗口,清除 Plots 面板内的 Show Windows 复选框,然后重新运行仿真。

示例:绘制多个量的对比图

在这个示例中,你将创建一个自定义图形窗口布局,显示双摆中各个连杆 X 轴和 Y 轴的位置。

1. 从 Examples → Multidomain 菜单, 打开 Controlled 2 Link Robot 示例。在 Components 选项 卡中, 展开 Examples 面板, 展开 Multibody 菜单, 然后打开 Double Pendulu 例子。

- 2. 点击绘图和布局工具栏上的探针图标 (🖊)。
- 3. 点击子系统 L₁右侧的端口。
- 4. 在 Select probe properties 对话框中,选择 Length[1]和 Length[2],然后点击确认按钮。
- 5. 再点一下探针, 定位其在模型工作区中的位置。

6. 类似的方式添加探针测量子系统 L_2 右侧端口 Length[1]和 Length[2]的值。

- 7. 点击模型工作区右侧的 Plot 选项卡。
- 8. 从顶部面板下拉列表中选择 Add Window。
- 9. 在 Create Plot Window 对话框中, 定义图形窗口的名称 X versus Y。
- 10. 点击面板顶部的 Empty。
- 11. 在 Title 区域, 输入 Bottom Link。
- 12. 从 X-axis 下拉菜单中选择 Probe4: r_0[1]。
- 13. 从 Primary Y-axis 下拉菜单中选择 Probe4:r_0[2]。
- 14. 在面板顶部的表格中,点击 Probe4: r_0[2](t)单元下面的 Empty。
- 15. 在 Title 区域, 输入 Top Link。
- 16. 从 X-axis 下拉菜单中选择 Probe3: r_0[1]。
- 17. 从 Primary Y-axis 下拉菜单中选择 Probe3:r_0[2]。
- 18. 确认 Show Window 复选框被选中。
- 19. 点击工具栏上的运行仿真按钮 >。下面的图形将与默认图形一起显示。



上面的图形显示了钟摆中各个连杆端点的运动。下面的连杆由于与顶部连杆的相互作用,运动 路径比较混乱。

绘图窗口工具栏和菜单

运行仿真后,你可以使用绘图窗口上的工具和菜单设置曲线、坐标轴、网格线等;浏览仿真结 果图;用多种图片格式输出仿真图形。下图是图形窗口的菜单和工具栏。

ACS	ynclo	tor -	4 Poles,	10Hz							
图形符	묵(<u>S</u>)	线(L)	颜色(C)	透明度	轴(A)	操作器(M)	输出(2)				
3			59.12	, 220.23			⊞ + + +	1:1	🔄 💐 🖉 💷	田田	Resize

将鼠标移到任意一个图形的上方,查看相关的描述信息。

关于这些工具的更多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的 Using MapleSim → Simulating a Model → Working with Simulation Graphs。

4.5 可视化多体模型

在 MapleSim 中,可以在 3-D 可视化环境中观察多体机械系统的 3-D 动画。模型中的元件显示为 3-D 图形对象,仿真结果以动画的形式描述系统的行为。通过构建模型并修改它的参数值,你可以验证各个元件的 3-D 结构和,并直观地分析不同工况下的系统行为。

在 3-D 可视化环境中,你可以在 3-D 空间内从任意角度参看你的模型,控制动画的播放,聚焦 在特定的元件和动画帧上。当然,你也可以附加 3-D 形状到模型中,生成系统的虚拟图。3-D 形状 可以是外部输入的 CAD 几何文件,也可以是多体库 Visualization 面板中的预置可视化元件。你也可 以在模型中加入轨迹线元件,在仿真结果动画中显示元件的位置变化。

关于添加 3-D 形状和使用 3-D 可视化环境的更多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的 Using MapleSim → Visualizing a Model 主题。

4.5.1 3-D可视化窗口

多体机械系统仿真时,会生成仿真结果图形,同时显示 3-D 可视化窗口。这个窗口包含下面的操作选项:



部件	描述
1. 工具条	包含工具用于隐藏和显示窗口中的元件,改变 3-D 模型视角,定义相机
	的跟踪选项。
2. 视图区	在这个区域,你可以观察和动画显示 3-D 模型。箭头表示世界坐标轴的 方向,通过下列不同的颜色显示:
	◆ X- 红色
	◆ Y - 绿色
	◆ Z - 蓝色

你可以移动你的鼠标指针到按钮上方,查看相关的功能描述。

4.5.2 浏览和导航3-D模型

在视图区,你可以观察和导航 3-D 模型的立体图 (perspective view) 或正投影视图 (orthographic views.)。立体图让你在 3-D 空间内从任意角度检查和导航模型。立体图能更加贴切地显示对象,让你能够模型中各个元件之间的空间关系。

正投影视图让你能够从特定的垂直于模型显示平面的方向(顶部、前面、侧面)检查模型。在 这个视图中,由于组成模型的线平行于投影面,你的模型将显示为一个平面的、两维的对象。在这 个视图中,对象的比例得到了保护,你可以使用这种视图分析 2-D 空间中对象的关系。

在播放动画时,你可以导航模型和改变模型视图。在这两种类型的视图中,你可以平移和缩放 模型。在立体图中,你也可以移动相机从上面、底部、或任意角度观察模型。

4.5.3 添加形状到3-D模型

默认情况下,称为"隐式几何"的球和杆图形将显示在视图区,表示模型中的物理元件。例如,考虑下面 MapleSim 中创建的双摆模型。



这个模型包含两个旋转节点和代表平面连杆的两个子系统。

当你运行仿真后,双摆模型的隐式几何图将显示在视图区中,如下:



为了创建更逼真的模型表示,你可以添加几何形状和线,称为 attached shapes 到模型中。首先 从 Multibody 面板中添加和连接几何形状元件到模型框图中。

仿真模型时,附加的几何形状将和隐式几何图同时显示在视图区。在下面的图形中,几何形状 被加入表示摆杆和振子锤。另外,轨迹线,在图形中表示为红色曲线,用于预测模型某点的轨迹点。



你可以在运行仿真前设置 Parameters 面板上的参数值,自定义附加几何体的颜色、大小、缩放、 其他视觉项等。

如果你仅希望查看 3-D 可视化窗口的隐式几何体,你可以点击工具栏上 按钮隐藏附加几何体。同样,如果你仅希望查看附加几何体,你可以点击 按钮隐藏隐式几何体。

关于附加几何体元件的更多信息,参考帮助系统中的 MapleSim Library Reference → Multibody → Visualization。

注意:如果多体模型中包含柔性梁,预置的 3-D 模型梁的挠度不会反映梁的挠度。

4.5.4 示例:添加附加几何体到双摆模型

在下面的示例中,你将添加柱状几何体表示摆杆,以及一个球元件表示振子锤。此外,你将添加一个 Path Trace 元件显示动画中旋转节点的移动路径。

1. 在 Components 选项卡中,展开 Examples 面板,展开 Multibody 菜单,然后打开 Double Pendulum 例子。

2. 展开 Multibody 面板,然后展开 Visualization 菜单。

3. 从这个菜单中,在平面连杆子系统下方添加两个 Cylindrical Geometry 元件。

4. 按照下图的方式连接元件:



5. 从相同的菜单,添加 Sphere Geometry 元件,放在 L_2 子系统的右边。

6. 鼠标右击 Sphere Geometry 元件,选择 Flip Horizontal。

7. 添加一个 Path Trace 元件,并放置在两个 Cylindrical Geometry 元件之间。
 8. 按照下图的方式连接元件:



- 9. 选择模型工作区中的第一个 Cylindrical Geometry 元件 (C1)。
- 10. 在窗口右侧的 Inspector 选项卡中,修改圆柱的半径为 0.3 m。
- 11. 为了定义圆柱的颜色,点击 color 区域旁边的方块。颜色选择对话框将显示。
- 12. 点击其中一个颜色样本。
- 13. 选择模型工作区中的第二个 Cylindrical Geometry 元件 (C2)。
- 14. 将半径修改为 0.3 m, 并改变它的颜色。
- 15. 点击工具栏上运行仿真按钮 🕨。仿真结束后,显示仿真结果图和 3-D 可视化窗口。



16. 点击窗口底部的 > 按钮,播放动画。

4.6 练习:模型仿真和可视化

使用外部C编译器运行时间比较长的仿真

如果将 Inspector 选项卡中的 compile 参数设置为 true, 仿真引擎生成的 Maple 程序会被转换为 C 代码, 然后由一个外部 C 编译器编译。这样的好处是, 可以缩短仿真运行所需的时间。总体而言, 当你使用 C 编译器对模型仿真时, 仿真的编译编译过程会变快。

对比模型选中部分对结果的影响

作为调试的目的,你可能希望观察模型中指定部分或子系统对整个系统的影响。首先选择部分 模型,然后点击工具栏上的按钮 ²⁰,在下次仿真中排除这部分模型。这个功能让你能够观察由于 模型中指定部分产生的仿真结果,并且在无需删除模型元件或创建多个文件的情况下对比结果。 更多信息,参考帮助系统中的 Using MapleSim -> Simulating a Model -> Comparing Results Generated By Sections of Your Model 主题。

在运行仿真前预览多体模型

在运行多体模型前,可以在无需生成仿真数据的条件下预览 3-D 模型。点击工具栏上的预览按 钮 ³,预览和检查模型元件位置,例如刚体和刚体坐标、坐标轴的初始位置等。这个功能有助于 你检验是否正确建立了模型,以及初始条件是否正确。

更多信息,请敞开帮助系统中的 Using MapleSim -> Visualizing a Model -> Previewing the 3-D Configuration of a Multibody Model 主题。

5. 分析和操作模型

本章内容包括:

- ◆ 概述
- ◆ 从模型中提取方程和属性
- ◆ 分析线性系统
- ◆ 优化参数
- ◆ 从模型生成 C 代码
- ◆ 使用 Maple 内嵌元件工作
- ◆ 例子:在 Maple 中操作模型

5.1 概述

MapleSim 完全集成 Maple 环境,因此你可以使用 Maple 的命令、图形工具、内嵌元件、技术 文件等分析和操作 MapleSim 模型或子系统的力学行为。例如,你可以创建可以在 Maple 工作表中 查看模型方程,试验输入和输出值,使用画图工具可视化可能的仿真结果。例如,你可以使用 Maple 提取和操作模型的方程,测试输入和输出值,转换模型到 C 代码,完成大量的高级分析任务。

你可以使用 MapleSim 附属文件夹中的模板,在 Maple 中对模型完成分析和操作。Maple 工作 表模板包含预置的工具用于模型创建和分析任务:首先创建一个 MapleSim 模型,然后打开一个可 用的模板在 Maple 中完成分析任务。

模版名称	目的
Code Generation Template	转换模型到C代码。
Custom Component Template	创建一个基于数学模型的自定义建模元件。更多信息,参考第三章《创建自定义建模元件》。
Data Generation Template	定义和生成一个使用在MapleSim中的数据文件,例 如用于插值表的数据。
Equation Analysis Template	从线性或非线性模型中提取方程。
Linear System Equation Template	查看和分析线性系统的方程。
Monte-Carlo Simulation Template	定义一个参数的随机分布,并使用随机分布参数对 模型仿真。
Parameter Optimization Template	分析和编辑模型的参数,查看可能的仿真结果。

下面是预置的模板:

Random Data Template	定义和生成一组随机数据点,例如,生成一组用于 插值表元件的数据集。
Sensitivity Analysis	完成参数的灵敏度分析。

另一个编辑和分析模型的方式是,你可以插入一个 MapleSim 模型内嵌元件到 Maple 工作表中, 在该元件中打开一个已有的 MapleSim 模型。关于 MapleSim 模型元件的更多信息,参考 Working with Maple Embedded Components。

上述两种完成分析任务的方式都让你可以使用任意 Maple 程序包中的命令通过编程方式对模型 工作,例如 MapleSim 和 DynamicSystems 程序包。

注意:当使用这些文件模版后,保存.mw 文件,然后保存.msim 文件,因为.mw 文件已被附属。

提示:模板中的预置分析工具是通过 Maple 内嵌元件实现的,通过交互式的图形元件完成 Maple 代码的功能。与图元件关联的代码来自于 Maple 的程序包,例如 MapleSim 和 DynamicSystems 程序 包。

为了浏览内嵌元件关联的代码,鼠标右击 Maple 工作表中的图形工具,从右键菜单中选择 Component Properties,然后点击 Edit。关于内嵌元件的更多信息,参考 Maple 帮助系统中 的?EmbeddedComponents 主题。

在 Maple 工作表中操作方程和属性

当在 Maple 工作表中查看系统方程或属性时,注意以下几点:

- 显示在 Maple 工作表中的某些参数、变量、和连接器的名称,可能不同于 MapleSim 界面 下相应元件的显示名称。例如,如果模型中包含一个惯量元件,角速度初始值的参数在 MapleSim 界面下显示为⁶⁰,但在 Maple 工作表中显示为显示为 w_start。关于元件映射的更 多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的 MapleSim Library Reference Guide 主题。
- 上标和下标在 MapleSim 界面和 Maple 工作表内显示不同。MapleSim 界面内的下标在 Maple 工作表中显示时,会以含下划线的形式显示。例如,MapleSim 中一个名为 $flange_a$ 的法兰, 在 Maple 工作表中会显示为 flange_a。同样,上标的格式也不一样。例如,MapleSim 中一个名为 a^2 的变量,在 Maple 工作表中显示为a2。

5.2 从模型中提取方程和属性

你可以使用 Equation Analysis Template 提取和分析方程和属性,例如模型的参数,初始方程,和变量。

1. 在 MapleSim 中, 打开你想提取方程或属性的模型。

2. 点击工具栏上的附属文件夹按钮 🖉。

3. 从下拉菜单,选择 Equations。

4. 点击 New。

5. 输入模版的名称,并点击确认键。

6. 在文件列表中,选择模版条目,点击 Open Selected。你的模型被打开在 Maple 的方程分析模版。

7. 在方程分析模版中,点击 System Update。

8. 如果需要,你可从下拉菜单中选择希望查看方程的子系统。默认情况下,下拉菜单设置为 Main,让你查看完整系统的方程。

9. 为了提取模型的方程,点击 Get Equations。系统方程将被显示出来。



可选操作:可以点击其他按钮,查看模型属性。

10. 如果你希望操作显示的方程组或属性,通过点击按钮 Assign to variable,把它们赋值给一个 变量名。

你现在可以使用 Maple 中的任意程序包操作方程,例如 DynamicSystems 和 MapleSim 程序包。 更多信息参见?DynamicSystems 和?MapleSim 帮助。

5.3 分析线性系统

你可以使用 Linear System analysis Template 查看和分析系统方程、试验系统输入和输出值、通过 Bode 图或根轨迹图查看仿真结果。

- 1. 在 MapleSim 中,打开需要分析的线性系统模型。
- 2. 点击工具栏上的附属文件夹按钮 🖉。
- 3. 从下拉菜单中选择 Analysis。

4. 点击 New。

5. 给模版输入一个命名,点击确认键。

6. 在文件列表中,选择模版条目,并点击 Open Selected。你的物理模型将被打开在 Maple 线性系统分析模版中。

7. 在线性系统分析模版中,点击 System Update。

8. 从下拉菜单中选择需要完成线性分析的子系统。

提示:下拉菜单默认设置为 Main,方便你分析整个系统的方程。你可以使用工作表中 Model Equations 段落中的工具浏览整个系统的方程和属性。在使用模板中 Analysis and Simulation 段 落的工具完成线性分析时,你必须选择子系统;不能直接对整个系统使用线性分析。

9. 为了提取模型方程,点击 Get Equations,方程将显示在方框内。

可选操作:可以点击其他按钮,查看模型属性。

10. 点击 Assign to variable 按钮,将显示的方程或属性赋值给一个变量。现在你可以使用模板中 Analysis and Simulation 段落的工具完成分析任务。

11. 定义系统输入和输出值。为了添加一个值,从 System IO and probes 菜单选择相关条目,点 击 >>> 添加所有值。

12. 点击 Build System Object。

现在你可以从列表中选择一个参数,修改参数的值,使用工作表中的绘图工具查看可能的仿真结果。

5.4 优化参数

你可以在 Parameter Optimization Template 工作表模板中的工具试验不同的条件,在图形中显示可能的仿真结果。

提示:你也可以使用全局优化工具箱 (Global Optimization Toolbox)中的命令完成参数优化分析。关于全局优化工具箱的更多信息,请访问 http://www.cca-es.com/cn/maple/got/。

- 1. 在 MapleSim 中,打开需要分析的线性系统模型。
- 2. 点击工具栏上的附属文件夹按钮 🖉。
- 3. 从下拉菜单,选择 Optimization。
- 4. 点击 New。
- 5. 给模版输入一个名称,点击确认键。
- 6. 在文件列表中,选择模版条目,点击 Open Selected。物理模型将被打开在参数优化模版中。
- 7. 在 Parameter Optimization Template 模板中的 Parameter Investigation 段落,点击 Retrieve

System Parameters.

8. 指定模型时间、求解器、以及图形点数。

Retrieve System Parameters	
Simulation time:	10 s
Solver:	non-stiff 💌
Time Step:	fixed 💌
€ abs	1e-7
€ rel	1e-7
Maximum Steps:	400000
Number of points:	200

9. 在 Number of points 区域下面的表格,从第一个下拉菜单中选择希望试验的参数。



提示: 当参数选择后, 它被分配的值显示在滑动条旁边的文本区域。



10. 在滑动条和参数值旁边的 Range 区域,指定滑动条的范围。默认范围是 0 到 10,除非选择的参数值超过这个范围。

11. 使用第9和第10步描述的过程,指定其他需要试验的参数。

定义完所有的参数后,你可以移动滑动条试验不同的参数值,并观察图形中显示的可能的仿真结果。你也在 Parameter Optimizationa 段落中使用 Maple 程序对参数完成进一步的分析。

5.5 从模型生成 C 代码

如果你希望在一个支持 C 程序语言的应用程序中使用或试验你的模型,你可以使用 Code Generation Template 将模型中的子系统转换为源代码。

1. 在 MapleSim 中,打开你希望生成代码的模型。

- 2. 确认你希望转换为代码的模型元件,已经组合在子系统中。
- 3. 点击工具栏上的附属文件夹按钮 🖉。
- 4. 从下拉菜单,选择 Code Generation。
- 5. 点击 New。
- 6. 为模版输入一个名称,并点击 OK。

7. 在文件列表中,选择模版条目,并点击 Open Selected。模型将被打开在 Maple 中的 Code Generation Template 模板中。

- 8. 在模板中, 点击 System Update。
- 9. 从下拉菜单中,选择需要生成代码的子系统。

10. (可选)如果你希望提取模型方程,点击 Get Equations。方程将显示出来。你也可以点击 其他按钮获取模型的相关属性。

11. 点击 Assign to variable 按钮分配方程到变量 eq。

- 12. 在工作表中的 Code Generation Setting 段落,选择输入和输出值,点击 Build System Object。
- 13. 在工作表中的 Generating Code 段落, 点击 Code Generation。
- 14. 点击 Save C Function Library。一个对话框将弹出,允许你保存模型代码到一个 C 文件。

5.6 使用 Maple 内嵌元件工作

在 Maple 中,你可以在内嵌图元件写入特定功能的程序代码,查看、编辑和分析 MapleSim 模型的属性。例如,你可以使用 DocumentTools 程序包中的命令查看和修改参数值。使用 MapleSim 程序包中的命令提取模型或子系统的方程,你也可以将模型作为 DynamicSystems 对象来操作,使用任意的输入函数分析模型或子系统。

你也可以将模型属性与其内嵌图元件关联起来,例如滑动条和图形,创建自定义分析工具。

关于高级分析任务的更多信息,从 Components 选项卡中的 Examples -> Multidomain 面板内打 开 Sliding Table 示例,然后打开附属文件夹中的 Advanced Analysis Worksheet。

关于 MapleSim 模型元件的更多信息,参见 Maple 帮助系统中的?MapleSimModel 主题。

5.7 示例: 在 Maple 中操作模型

使用无摩擦滑块模型作为例子,下面的内容描述了在 Maple 中使用一些命令分析 MapleSim 模型。

在下面的图形中,无摩擦滑块模型的顶层显示在 MapleSim 内嵌图元件。


顶层是 MapleSim 模型的最高层次的模型显示:显示完整的系统,包括单个建模元件和组成子系统块的元件。使用 MapleSim 中的程序,你可以提取整个系统或子系统模型提取方程。

这些方程可以被操作,创建一个 DynamicSystems 对象,从模型中提取分析信息。关于高级分析任务的更多信息,从 Examples → Multidomain 面板中打开 Sliding Table 模型,然后从附属文件 夹中打开 Advanced Analysis Worksheet.

5.7.1 在内嵌图元件中打开 MapleSim 模型

- 1. 打开一个新的 Maple 工作表。
- 2. 从图元件面板中,点击下面的按钮在工作表中插入一个 MapleSim 模型元件:



3. 鼠标右击 MapleSim 模型元件的任意位置,选择右键菜单中的 Component Properties.

- 4. 在文件区域,点击 Select...
- 5. 找到并选择文件

\$MAPLE_ROOT/Maple13/toolbox/MapleSim/data/examples/FrictionlessSlidingTable.msim, 这里 \$MAPLE_ROOT 是本机 Maple 的安装目录。

- 6. 点击 Open.
- 7. 点击确认。无摩擦滑块模型打开在内嵌图元件中。

你现在可以编程方式操作模型

5.7.2 库程序

restart 命令清除 Maple 内核内存。with(MapleSim) 命令将 MapleSim 命令包加载到内存中,让你可以在工作表中使用其中的命令。

在 Maple 工作表命令行输入下面的命令: restart; with(MapleSim);

5.7.3 从模型提取方程

从模型提取方程:

1. 使用内嵌元件从 MapleSim 模型提取模型记录(也就是内部的表示)。

2. 从模型记录提取方程。

在这个例子中,内嵌元件的名称为 Simulation0.

步骤 1: 使用 DocumentTool 命令包提取模型记录

DocumentTools 命令包提命令操作内嵌图元件, 输入下面的命令加载命令包:

with(DocumentTools);

SetProperty 和 GetProperty 命令用于从 MapleSim 模型提取顶层模型记录。记录是系统的内部表示,储存在 mysys 变量,不能直接操作。关于这些命令的更多信息,参考帮助系统中的 DocumentTools 主题。

```
在工作表中输入下列命令,提取记录:
```

SetProperty("Simulation0", "activesubsys",""):
mysys := GetPropery t("Simulation0", 'system');

步骤 2: 从模型记录提取方程

命令用于从模型记录中提取系统方程,返回七个参数项:

参数项	描述
eqs	系统的 "core" 方程
ics	初始条件
constrs	约束方程
params	符号参数
vars	变量名
aux	"辅助"方程
probes	探针名

从顶层模型提取方程,在工作表中输入下面的命令:

OutDefault := GetEquations(mysys);

更多信息,参考 MapleSim 帮助系统中的?MapleSim[GetEquations]主题。

GetEquations 命令的选项

关键词选项控制在返回之前的操作程度。

有三个不同程度的简化:

- ◆ simplify = false (或 none): 返回底层系统描述的原始方程。通常将显示一些冗余方程。
- ◆ simplify = true: 应用消去算法一处大部分冗余 (线性) 方程。这个选项是默认值。
- ◆ simplify = tryhard:应用进一步的简化技术,例如指数消减,降低系统方程的大小。

在工作表中输入下面的命令,指定简化的程度为 tryhard:

eOut := GetEquations(mysys, simplify = tryhard);

symbolicname 关键词参数指定一组参数名作为返回方程的符号名。

eOutParams := GetEquations(mysys, symbolicname = all);

模型仿真

顶层模型可以在 Maple 中使用 RunSimulation 命令运行仿真。

输入下面的命令,显示仿真结果图形:

RunSimulation(*mysys*, 500);

这个命令返回与在 MapleSim 中点击工具栏上仿真按钮 > 后返回的图形相同。



更多信息,参考 Maple 帮助系统中的?MapleSim[RunSimulation]主题。

6. MapleSim 练习教程

本章内容包括:

- ◆ 练习教程 1: 带变速箱的直流电机建模
- ◆ 练习教程 2: 缆索拉力控制器建模
- ◆ 练习教程 3: 非线性阻尼器建模
- ◆ 练习教程 4: 平面滑块曲柄机构建模

6.1 练习教程 1: 带变速箱的直流电机建模

在这个教程中,你将利用基本教程中创建的模型完成下面的任务:

- 1. 添加变速箱到直流电机模型。
- 2. 带变速箱的直流电机仿真。
- 3. 组合直流电机组件创建一个子系统。
- 4. 分配全局参数到模型中。
- 5. 添加信号块组件和一个 PI 控制器到模型中。
- 6. 对不同参数条件下的模型仿真

添加变速箱到直流电机模型

在这个建模任务中,你将从 1-D Mechanical 库中添加和连接一个 ideal gearbox,一个含线性弹簧和阻尼器的齿隙,以及一个惯性元件。

1. 打开你在前面创建的 DC_Motor1.msim 文件。或者,从 Examples → Tutorial 面板中打开 Simple DC Motor 例子。

2. 完成下面的任务:

- ◆ 从 1-D Mechanical → Rotational → Bearings and Gears 菜单,添加一个 Ideal Gear 元件到 模型工作区,并放置在 Inertia 元件的右侧。
- ◆ 从 1-D Mechanical → Rotational → Springs and Dampers 菜单, 添加一个 ElastoBacklash 元 件到模型工作区, 并放置在 Ideal Gear 元件的右侧。
- ◆ 从 1-D Mechanical → Rotational → Common 菜单,添加另一个 Inertia 元件到模型工作区, 并放置在 ElastoBacklash 元件的右侧。

提示:使用工具栏上的选择工具()将模型元件拖动定位在模型工作区。

3. 如下图连接元件。



- 4. 在模型工作区,点击 Ideal Gear 元件。
- 5. 在右侧的 Parameters 面板,改变两个法兰之间的传动比,在r 区域,输 10 后按回车键。
- 6. 对其他元件定义下面的参数值:
- ◆ 对 ElastoBacklash 元件,在b区域,定义总的间隙为0.3 rad。在d区域,定义阻尼常量为 10^{4 <u>Nms</u> rad}
- ◆ 对第一个 Inertia 元件 (I_2) , 在 J 区域, 定义转动惯量 (惯性矩) 为 10 $kg \cdot m^2$
- ◆ 对 Step 源,在 height 区域,定义高度为 100。

带变速箱的直流电机仿真

- 1. 从模型工作区中删除 Probe1。
- 2. 从工具栏点击探针图标(🥂)。

3. 移动你的鼠标指针到连接 ElastoBacklash 元件和第二个 Inertia 元件(I_3)的线上,此时这条连接线将高亮显示。

- 4. 点击以下连接线, Select probe properties 对话框将显示出来。
- 5. 为了在仿真图形中显示角度 (φ),速度 (w),加速度 (a),和力矩 (τ)的值,选择 Angle, Speed, Acceleration,和 Torque。
- 6. 点击 OK。
- 7. 通过鼠标点击定位连接线上的探针位置。
- 8. 在 Parameters 面板上,设置参数 $_{1}^{t}$ 值为 10 秒,并按回车键。
- 9. 点击工具栏上的仿真按钮 🕨。仿真运行完成后,下面的图形将显示出来。



组合直流电机元件创建一个子系统

1. 使用选择工具 (),在电子元件和第一个旋转惯性元件周围拖出一个方框。



2. 从 Edit 菜单,选择 Create Subsystem。

3. 在 Create Subsystem 对话框中输入 DC motor。

4. 点击 OK。一个代表直流电机的白色方块显示在模型工作区内。

提示:为了查看子系统中的元件,鼠标双击 DC motor 子系统。若想返回到顶层系统模型,点击导航工具栏上 Main 按钮。。

分配全局参数到一个模型

Main subsystem default settings

你可以定义一个全局参数,并分配值作为变量在模型中的多个元件中使用。

- 1. 点击导航工具栏上的 Main 按钮浏览顶层模型。
- 2. 点击导航工具栏上的 5 按钮, 切换到参数编辑器窗口。
- 3. 在 Main subsystem default settings 表格的第一行,定义参数 R 并按回车键。
- 4. 定义默认值为 24 , 输入 Global resistance variable 作为描述语句。
- 5. 在表格的第二行,定义一个名为J的参数,并按回车键。
- 6. 定义默认值为 10, 输入 Global moment of inertia value 作为描述语句。

mani oabojotoni aoraa	rooungo	
Name	Default Value	Description
R	24	Global resistance variable
J	10	Global moment of inertia variable
New Parameter	1	

7. 点击导航工具栏上的[™]按钮,切换到模型视图。新的参数 R 和 J 将显示在 Inspector 选项卡中的 max. steps 的下方区域。

max. steps	400000
R	24
J	10

现在你可以分配这些值到模型中的元件。

8. 点击导航工具栏上的 5 按钮, 切换到参数编辑器窗口。

9. 在 I_3 component 表格中的转动惯量值区域输入 J, 按回车键确认。

转动惯量参数现在可以继承全局参数(J)的数值,这里的值是10。

10. 切换到模型视图,双击 DC Motor 子系统。

11. 点击导航工具栏上的 🗾 按钮, 切换到图标视图。

12. 在 EMF_1 component 表格中的转换系数值区域, 输入R·J, 按回车键确认。

注意: 这个值是转换系数的近似值。

13. 在 $^{R}_{l}$ component 表格中电阻参数值区域,输入 R,按回车键确认。

14. 切换到模型视图, 浏览顶层模型。

15. 保存物理模型到 DC_Motor2.msim 文件。

对不同参数条件下的模型仿真

在这个例子中,你可以改变模型的输入值和输出值,对不同的参数条件下的模型仿真。

1. 从 1-D Mechanical → Rotational → Sensors 菜单, 添加 Angular Velocity Sensor 元件到模型工 作区中,并放置在变速箱的后面。

2. 鼠标右击 Angular Velocity Sensor 元件,选择 Flip Horizontal。

3. 删除在 Step 源和 DC Motor 子系统之间的连接线。

4. 从 Signal Blocks → Controllers 菜单,添加 PI 元件到模型工作区,并将它放置在 DC Motor 子系统的左边。

5. 从 Signal Blocks → Mathematical → Operators 菜单,添加 Feedback 元件到模型工作区,并将 它放置在 PI 元件的左边。

6. 如下图连接各个模型元件。



- 7. 点击模型工作区中的 PI 元件。
- 8. 在 Parameters 面板上,在 k 区域定义一个 20 的增益,在 T 区域定义一个时间常数 3 秒。
- 9. 再次运行仿真。仿真完成后,下面的图形将显示。



10. 保存物理模型到 DC_Motor3.msim 文件。

6.2 练习教程 2: 缆索牵力控制器建模

在这个教程中,你将延伸直流电机的例子,仿真一个缆索在预给牵力作用下伸展的模型。牵力的定义通过 Constant 源和 PI 控制器提供电压驱动电机。你将完成下面的任务:

- 1. 建立一个缆索牵力控制器模型。
- 2. 指定仿真条件。
- 3. 缆索牵力控制器模型仿真。

建立一个缆索拉力控制器模型

在这个任务中,你将使用一个1维旋转和平移机械元件的组合建立缆索牵力模型控制器。你将 组合模型元件到一个名为 Gear 子系统,并添加子系统端口。

- 1. 打开你前面创建的 DC_Motor3.msim 文件,并另存为 Cable_Tension.msim 文件。可选,从面
- 板 Examples → Tutorial 打开 DC Motor with PI Control 例子。
- 2. 删除附加在 ElastoBacklash 和 Inertia 元件之间的连接线上的探针 Probe3。
- 3. 删除 Angular Velocity Sensor 元件和它的连接线。
- 4. 选择 ElastoBacklash, Ideal Gear, 和 Inertia 元件,并将它们组合到一个名为 Gear Components 的子系统。
- 5. 添加下面的元件到模型工作区:
- ◇ 从 1-D Mechanical → Rotational → Bearings and Gears 菜单, 添加 Ideal Rotation to Translation Gear 元件,并把它放置到 Gear Components 子系统的右边。
- ◇ 从 1-D Mechanical → Translational → Sensors 菜单,选择 Force Sensor 元件,并把它放置到 Ideal Rotation to Translation Gear 元件的右边。
- ◆ 从 1-D Mechanical → Translational → Springs and Dampers 菜单,添加 Translational Spring 元件,并把它放置在 Force Sensor 元件。
- ◆ 从 1-D Mechanical → Translational → Common 菜单,添加 Translational Fixed 元件,并把它 放置到 Translational Spring 元件的右边。
- 6. 鼠标右击 Translational Fixed 元件,并选择 Rotate Counterclockwise。
- 7. 删除 Step 源, 并从 Signal Blocks → Sources → Real 菜单选择用 Constant 源代替。

提示:你可以用鼠标把它拖到没有附属线的终端连接 Constant 源。

8. 双击 Gear Components 子系统。你现在可以添加一个端口连接这个子系统和其他元件。 9. 点击 Inertia 元件的负(白色)法兰,移动鼠标指针到子系统元件的边界。

Ì
•

10. 点击连线时,子系统端口被添加到线。



11. 点击导航工具栏上的 Main 按钮,浏览顶层模型。

12. 如下图连接元件。



定义仿真条件

在这个任务中,你将使用一个1维旋转和平移机械元件的组合建立缆索牵力模型控制器。你将 组合模型元件到一个名为 Gear 子系统,并添加子系统端口。

- 1. 在模型工作区,鼠标双击 Gear Components 子系统。
- 2. 对子系统元件,指定下面的参数值:
- ◆ 对 Ideal Gear 元件,指定一个传动比 0.01。
- ◆ 对 Inertia 元件,指定转动惯量 0.1 $kg \cdot m^2$ 。

3. 点击导航工具栏上的 Main 按钮,浏览顶层模型。

- 4. 在模型工作区对其他元件指定下面的参数值:
- ◆ 对 Translational Spring 元件,在 k 区域中定义一个弹簧 [刚度] 常数值 $_{210\cdot10}^{9}\frac{N}{m}$
- ◆ 对 PI 控制器,指定 T 的值 0.1 s。
- ◆ 对 Constant 源,在 k 区域,指定一个常数输出值 77.448。

缆索拉力控制器仿真

- 1. 点击探针图标(/),并点击 Feedback 和 PI 元件之间的连接线。
- 2. 在 Probe Properties 对话框,选择 Real,修改量的名称为 Error,点击 OK。
- 3. 单击探针定位在连接线上。

4. 添加探针到连接 PI 元件和 DC 电机子系统之间连线上测量 Real 量。修改量的名称 Controller。



6. 在 Parameters 面板上,定义^t 的值为5秒,并确认 Stiff Solver 选项设置为 true.
7. 点击工具栏上仿真按钮 ▶。仿真完成后,下面的图形将显示。

	~	· 🛛 • 州	\$ \$ 01	- ## P	esize	
1	Probel Error	- 1	1600+	Probe2 Contro	iller:	_
10			1400-			
10						
40			1200			
10			1000-			
201			800			-

8. 保存文件到 CableTension.msim.

6.3 练习教程 3: 非线性阻尼器建模

在这个教程中,你将对一个包含线性弹簧的非线性阻尼器进行仿真。这个教程体现了上个教程 中说明的概念。你将完成下列任务:

- 1. 生成一个用微分方程定义的自定义弹簧阻尼器。
- 2. 提供自定义阻尼系数作为输入信号。
- 3. 建立一个含线性弹簧模型的非线性阻尼器。
- 4. 分配一个参数到子系统。
- 5. 包含线性弹簧模型的非线性阻尼器仿真。

生成一个自定义的弹簧阻尼器

在 MapleSim 中,你可以创建一个基于数学模型的自定义元件。通常,你可以在 MapleSim 使用 该元件之前定义元件的方程组和端口。然而,出于本教程是学习的目的,你将使用预定义的微分方 程生成一个样本自定义元件。

- 1. 打开一个新的 MapleSim 文件。
- 2. 点击工具栏上的附属文件夹按钮 🦉。
- 3. 点击 More Templates...
- 4. 在 Browse Templates 对话框中找到 Component Templates 文件。
- 5. 选择 NonLinearMSD.mw 文件,并点击 Attach Template...
- 6. 在 Enter Document Name 对话框中输入 NonLinearMSD。
- 7. 按回车键确认。一个模版的实例将被附属到 MapleSim 附属文件夹中。
- 8. 选择你创建的文件,点击 Open Selected。自定义元件模版将打开在 Maple 系统中。
- 9. 为了生成元件,点击工作表底部的 Generate MapleSim Component 按钮。

在 MapleSim 中, NonLinearMSD 元件显示窗口左侧的 Project 选项卡中的 Library Models 面板内。

V User		
	, E	

在本教程的后面部分,你将使用这个自定义元件。

提供阻尼系数值

你可以通过插值表为物理模型提供自定义值。在这个例子中,你将在一个外部文件中提供阻尼 系数值。

1. 创建一个 Microsoft Excel 电子表或逗号分隔的值文件(.csv),包含下列值:

	А	В
1	0	750
2	0.05	500
3	0.1	250
4	0.2	75
5	0.25	250
6	0.3	650

第一列包含阻尼器的相对位移, 第二列包含阻尼系数。

2. 以 DamperCurve.xls 或 DamperCurve.csv 文件名保存到你的硬盘中。

3. 在 MapleSim 中,点击工具栏上的附属文件夹按钮 🥙。

4. 点击 Attach...

5. 找到并选择刚才创建的 Excel 电子表或 .csv 文件,点击 Attach...,文件包含的数据集被附属到你的物理模型中。你将可以在下一个任务中使用这个文件。

6. 关闭对话框。

生成非线性弹簧阻尼器模型

1. 从 Subsystems 面板,将 NonLinearMSD 元件拖到模型工作区。

2. 添加下面的元件到模型工作区:

- ♦ 从 Signal Blocks → Mathematical → Operators 菜单,添加 Gain 元件,并放置在 NonLinearMSD 元件的上方。
- ♦ 从 Signal Blocks → Sources → Real 菜单, 添加 Constant 元件, 并放置在 NonLinearMSD 和 Gain 元件之间。
- ♦ 从 Signal Blocks → Interpolation Tables 菜单,添加 1D Lookup Table 元件,并放置在 Gain 元件的左边。
- ♦ 从 1-D Mechanical → Translational → Sensors 菜单, 添加 Position Sensor 元件, 并放置在 1D Lookup Table 元件的左边。
- 3. 如下图连接各个元件。



- 4. 添加下面的元件到模型工作区:
- ◇ 从 1-D Mechanical → Translational → Common 菜单,添加 Translational Fixed 元件,逆时针 方向旋转它,并放置到 NonLinearMSD 元件的右侧。
- ◆ 从相同的菜单,添加 Sliding Mass 和 Force 元件,并放置它们到 Position Sensor 元件的左边。
- ◆ 从 Signal Blocks → Sources → Real 菜单, 添加一个 Step 源。
- 5. 如下图连接各个元件。



6. 在模型工作区,选择 1D Lookup Table 元件。在 Parameters 面板, data 下拉菜单列出了所有的附加在该物理模型上的数据文件。

7. 选择刚才创建的 DamperCurve.xls 或 DamperCurve.csv 文件。

Parameters	
data	DamperCurve.
column	DamperCurve xls ¹
smoothness	linear segments

你现在可以定义弹簧的刚度。

- 8. 在模型工作区,选择 Constant 元件。
- 9. 在 Parameters 面板上,在 Component 区域,改变元件的名称为 Stiffness。

Subsystem <i>Constant</i>	
Component	
Stiffness	

- 10. 选择 Step 元件,并修改阶跃高度为 100。
- 11. 选择 Sliding Mass 元件,并修改质量为 100kg。
- 12. 使用选择工具(),在非线性阻尼器模型周围用鼠标拖出一个方块区域。



13. 组合所选的元件成为一个子系统,命名为 Non-linear damper。完整的物理模型显示如下。



分配参数到子系统

1. 在模型工作区,鼠标双击 Non-linear damper 子系统。

2. 点击导航工具栏上的 İİ按钮, 切换到参数编辑器视图。

3. 在 Non-linear damper subsystem default settings 表格的第一行,定义名为 Ks 的弹簧常数参数,按回车键确认。

4. 在同一行,指定一个默认值 1000,并输入描述语句 Spring constant。你现在可以分配参数值 到 Non-linear damper 子系统中的其他元件。

5. 点击工具栏上的 建按钮,切换到模型视图。Ks 参数默认值现在显示在 Parameters 区域。

Subsystem <i>Non-linear damper</i>
Component
Non-linear damper ₁
Parameters Ks 1000

6. 在模型工作区,选择 Stiffness 元件,并修改常数输出参数 k, 到 Ks。

Subsystem Constant	
Component	
Stiffness ₁	
Parameters	
k Ks	

这个元件现在继承了 Ks 的数值(在这里是 1000)。因此,如果你编辑子系统中 Ks 的分配数值, 参数 k 也继承同样的改变。

含线性弹簧模型的非线性阻尼器仿真

1. 从绘图和布局工具栏,点击探针按钮 (🥂)。

2. 点击连接 Gain 和 NonLinearMSD 元件之间的连接线。

3. 在 Select probe properties 对话框,选择 Real 量,并改名为 Damping.

4. 点击 OK,将探针(Probe)定位在连接线上。

5. 浏览模型的顶层。

6. 在连接 Sliding Mass 元件和 Non-linear damper 子系统的连接线上,添加一个探针测量长度、 速度、和加速度量。

7. 在 Parameters 面板,设置 $_{1}^{t}$ 参数为 10 秒。

8. 点击工具栏上仿真按钮 >。仿真完成后,下面的图形将出现。

Person Past W	tenderer Transponency Area Managalat	ter expert
	· · · · (0 + - 10	44: 0 10 1. III III Anno
700 000 400 300 102 102 2	hhel/Darquig	Pretaži e 1 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5
	Proteil +	Profit2 > 0.04 0

9. 保存文件为 NonLinearMSD.msim.

6.4 练习教程 4: 平面曲柄-滑块机构建模

使用多体机械库中的元件,你将对平面曲柄滑块机构进行仿真,原理图如下:



这个模型包含4个旋转运动副,A,连接在平面连杆,平面连杆的另一端与连接杆上的第二个 旋转运动副(B)连接。连接杆的另一端与滑动质量上的第三个旋转接点(C)连接。滑动质量通过 滑动运动副与地面连接。实际上,这个机构被用于转换曲柄上的旋转运动为滑动质量上的平移运动, 反之亦然。图形中显示的系统,质量假设是唯一的外力,作用在惯性系Y负方向上。

在本教程中, 你将完成下列任务:

- 1. 创建一个平面连杆系统
- 2. 定义和分配子系统参数
- 3. 创建曲柄和连接杆元件
- 4. 在模型中添加固定架, 滑动质量, 和连接元件
- 5. 定义初始条件
- 6. 仿真平面曲柄滑块机构

创建一个平面连接子系统

从原理图中,你可以看到曲柄一滑块有两个关联的平面连接:曲柄(从A到B的连杆)和连杆(从B到C的连杆)。这两个连杆在局部 x 轴上都有分量(分别是 xl 和 x2)。因此,你将首先创建一个通用的平面连杆,连接两个端口。内侧端口(基座)位于沿着连杆 x 轴的 $-\frac{L}{2}$ 单位上,同时外侧端口(尖端)位于沿着连杆 x 轴的 $\frac{L}{2}$ 单位。在这个例子中, L 指连杆的长度,质心假设位于连杆的中心。

1. 打开一个新的 MapleSim 文件。

2. 从 Multibody → Bodies and Frames 菜单,添加两个 Rigid Body Frame 元件和一个 Rigid Body 元件。

3. 在模型工作区,鼠标右击^{RBF}1元件,然后选择水平旋转 Flip Horizontal。

4. 鼠标右击 Rigid Body 刚体元件,然后选择逆时针旋转 Rotate Counter Clockwise。

5. 拖动元件如下图所示的位置。



你现在可以连接各个元件,将各个元件有效地组合。

当连接 Rigid Body Frame 组件到 Rigid Body 组件时,需要连接 Rigid Body Frame 的内侧端口(也就是有交叉斜线的圆圈)到 Rigid Body 元件的质心。这保证局部参考坐标系用于描述 Rigid Body Frame 元件的位移和旋转,匹配定义在 Rigid Body 元件质心上的参考坐标系。

6. 在 Rigid Body 元件和 RBF_1 元件右侧框之间拖出一个连接线。



7. 在 Rigid Body 元件和 RBF₂元件左侧框之间建立第二个连接线。



8. 使用选择工具 (), 在元件周围拖出一个方框。



9. 从 Edit 菜单,选择 Create Subsystem。
 10. 在 Create Subsystem 对话框,输入 Link 并点击 OK。

你现在将添加端口, 连接其他元件到这个子系统。

11. 双击 Link 子系统。

12. 点击^{RBF}1元件的左边框,并拖动你的鼠标指针到子系统的左边框。



12. 点击一下连线,一个子系统端口就被添加了。

13. 同样方式,使用^{RBF}2元件的右侧框创建另一个端口。



定义和分配参数

在这个建模任务中,你将定义一个子系统参数,L,代表 link 的长度,并将参数值分配给一个 变量,分配给 Rigid Body Frame 元件的参数。Rigid Body Frame 元件将继承定义在模型顶层的 L 的数值。你可以设置任意的参数值给你的模型;这里为了演示目的,长度值将被分别试验。

1. 从工作区下方的 Components 视图中选择子系统中的一个元件,点击导航工具栏上的 整按钮,切换到参数编辑器视图。

2. 在 Link subsystem default settings 表格第一行, 定义一个名为 L 的参数, 并按回车键确认。

3. 定义一个默认值 1,并输入 Length 作为描述。

4. 点击工具栏上的 📰 按钮, 切换到模型视图。

5. 在 Parameters 面板, 定义下面的参数值:

提示: 输入一个分数, 使用斜杠键(/)。

创建曲柄和连接杆元件

在这个任务中,为了创建曲柄和连接杆元件,你将添加另一个 Link 子系统实例到模型中,并重新命名。重新分配一个不同的长度值到连接杆元件。

- 1. 点击导航工具栏上的 Main 按钮,浏览顶层模型。
- 2. 在模型工作区内选择 Link 子系统。
- 3. 在 Parameters 面板上的 Component 区域,修改子系统实例为 Crank。
- 4. 为了显示 Subsystems 面板,点击下方模型工作区内的 Subsystems 按钮。
- 5. 从 Subsystems 面板,拖动 Link 图标到模型工作区,并放置 Crank 子系统的右边。
- 6. 在模型工作区,选择 Link 子系统的第二个实例。
- 7. 在 Parameters 面板上的 Component 区域,将子系统的名称修改为 ConnectingRod。
- 8. 在L区域,修改长度值为2。

添加固定坐标系,滑动质量,和运动副元件

在这个建模任务中,你将添加一个 Fixed Frame 元件,一个 Rigid Body 元件表示滑动质量和 运动副元件。

1. 从 Multibody → Bodies and Frames 菜单, 添加一个 Fixed Frame 元件, 并放置在 Crank 子系 统的左边。

2. 从相同的菜单,添加一个 Rigid Body 元件,并放置略低于 Connecting Rod 子系统的右侧。

- 3. 添加下面的连接:
- ♦ 从 Multibody → Joints and Motions 菜单,在 Fixed Frame 元件和曲柄之间添加一个 Revolute 旋转运动副,曲柄和连接杆之间放入第二个 Revolute 旋转运动副,在连接杆和滑动质量放入第三个 Revolute 旋转运动副。
- ◆ 从同一菜单,添加一个 Prismatic 移动运动副。并放置在 Crank 子系统下方。

- 4. 选择模型工作区内的^{RB}2元件,重新命名为 Sliding Mass。
- 5. 鼠标右击 Sliding Mass 元件选择 Flip Horizontal。用相同的方式水平旋转运动副^R3。



6. 如下图所示连接各个模型元件。



在这个例子中,旋转和棱柱节点排成一行。例如,节点的旋转假设相对于期望的坐标系。例如,旋转节点假设围绕内侧框架的 z 轴旋转,与 XY-平面系统中的 Z 轴一致。滑块与固定节点当创建 非平面模型时,这些坐标轴可能需要改变,以确保他们沿着或围绕着正确的方向运动。

定义初始条件

为了定义初始条件,你需要为模型中一些元件设置参数值。

1. 第一个旋转运动副, 在 θ_0 区域, 设置运动副的初始角为 $\frac{\pi}{4}$ rad。

提示:为了输入 π ,键入Pi,按下Ctrl+Space(或者 ESC 键)从下拉菜单选择 π 符号。

2. 从^{*IC*}_{θ.ω}下拉菜单,选择 Strictly Enforce。

当 MapleSim 求解初始条件时,在设置其他运动副的角度前它将设置第一个角为 $\frac{\pi}{4}$ rad。

平面滑块-曲柄机构仿真

- 1. 从绘图和布局工具栏,点击探针按钮 🥂 。
- 2. 在模型工作区,点击 Prismatic 运动副图标右上方,添加一个探针。
- 3. 在 Select probe properties 对话框,选择 Length 量计算位移。

- 4. 点击 OK 放置探针。
- 5. 同样方式, 在 R_1 运动副图标右上方添加一个探针, 计算 Angle 量。
- 6. 在 Parameters 面板上,设置 $_{1}^{t}$ 参数为 10 秒。
- 7. 点击工具栏上仿真按钮 >。仿真完成后,下面的图形窗口将显示。



8. 保存文件 SliderCrank.msim.

6.5 练习教程: 多体机械系统仿真

下面是演示示例的简洁示意图。添加控制器,将设备部分移到右边,依次在左上侧加入控制元件。现在,看起来就更像一个常规的控制系统。



第一步:建立一个多领域 (刚体机械 + 电子) 设备模型组成控制系统。

建立单摆模型:

1. 用鼠标右键或菜单的命令分别旋转 Rigid Body 和 Mass Rigid body 参数设置为 x=-1.

	57 N
为 # # #	
to make make had a total and a monotive total man. I	3.01
The second secon	
and the state was a second	and the second
Termine and the second s	
artenne a 2	Permittets
a laster	N 10-24
arised	
automa in the second	194
	state no
WINISHING.	es lient
N	and the second
2 2 ···	Sec. 2000
field and	100
	Pro-MP
-ue-	Lonater, Take
1.max	Page Automatic
A DECEMBER OF A DECEMBER OF A DECEMBER OF A DECEMBER OF A DECEMBER OF A DECEMBER OF A DECEMBER OF A DECEMBER OF	there are a second second second second second second second second second second second second second second s
0	 E. 194015
	2 100 B
عتية ا	5.0
and the second s	+ 1400 2.8
Text Design States	
amus entries	12
A DECK DECK DECK DECK DECK DECK DECK DECK	
Providence () and and a second	
# Times	
March 2	0.8

- 2. 找到 electrical 面板:
- ◆ Electrical → Machines → DC Permanent Magnet (直流永磁电机)
- ♦ Electrical \rightarrow Analog \rightarrow Common \rightarrow Ground
- ♦ Electrical \rightarrow Analog \rightarrow Source \rightarrow Singnal Voltage.
- ♦ 1D-Mechanical \rightarrow Rotational \rightarrow Sensors \rightarrow Angle sensor



第二步: 定义控制器

现在完成了受控对象的建模,有两个部分:机械(多体)和电子元件。

1. 进入 signal 库(因果 - 它们有方向)

- ♦ Signal \rightarrow Common \rightarrow Feedback
- ♦ Singnal \rightarrow Common \rightarrow Gain
- ◆ Signal →Common → Constant 水平翻转源.
- 2. 希望机械臂有一个常角度,一直举着臂,负荷为重力。

 $\text{Constant} \not \rightarrow \text{k=}0$

Channel Internet	128
	Name Nam Nam </th

- 3. 在 Revolute Joint angle 上添加一个探针,测量角度。
- 4. 添加探针 🖊 到电路。测量通过直流电机的电流。

E Bastoin 21 Telesee	1.1.10
2 M + M	
Schole New York E. Smither. Ministers. Scholer. 7297	
and the second s	Contraction (Summer
A DESCRIPTION AND A DESCRIPTION	
	1
63 -	and the second second
100	No. of Concession, Name
NW Commence	100
HTM I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	
The second secon	
The second secon	
404	
	14.7

第三步:模型仿真,对比结果。

1. 添加图形

2. 默认的图形是时间响应,但我们可以添加不同的图形用于不同的分析。
 在窗口 右侧的图形面板内添加新的图形 → Current vs. angle



- 3. 结果管理: "保留/Keep" 仿真结果。
- 4. 重命名为 "Gain = 1 Single Link"
- 5. "存档结果/Archive results"



下一个仿真: K=2。

命令存档结果 "Gain = 2 single link"



直接对比两个图形的结果。

鼠标选择图形中曲线,高亮显示两个结果→View

将 K = 2 的图形曲线改为蓝色。使用组合键 Ctl+鼠标左键,将曲线拖到 K = 1 图形上。



你也可以从结果管理器输出结果为 CVS 格式文件,用 Excel 电子表打开。

Contract of		Angeneti Ang		Annes Transfer Transfer Transfer Transfer	
	AL	+ (1	(A +		*
	- A -				2.00
1	t	Probel: pin	Prote2 =	Current us Angle	
3	đ	E		a	
3	0.033445	-0.002527	0.777934	-0.002527	_
4	0.00889	-0.009661	2.330693	-0.009881	_
3	0.100354	-0.021561	4,067769	-0.021561	_
1	0.111779	-0.036997	1.772532	-0.036997	_
7	0.107224	-0.055625	7.300635	-2.055623	_
	0.200669	0.076901	8.832522	4.070951	_
2	0.254134	-0.100304	10.129433	-0.100364	_
24	0.267559	-0.125884	31.333618	-0.125534	
11	0.301003	-0.15291	12.419381	-0.15201	
11	0.354948	-0.17942	15.363448	-0.17941	
13	8.367993	-0.207429	34,192334	41.207429	
19. 4	+ + Galt v	1 Single Link_7	D. COLUMN	Second Second Second	STATES OF
47104	-iverage 4355	REPORT Chart 1	284 Sam 4918	STATE THE COLOR	part of

第四步:进一步的分析

请使用 MapleSim 附属文件夹中的模板完成下列任务:

- 1. 模型参数的 Monte-Carlo 模拟。
- 2. 提取系统参数。

3. 运行 Monte Carlo 模拟仿真:参数 G2.k, Nominal value = 2, Distribution = Normal, mu = 2, sigma = 0.5

- 4. 周期 = 3 seconds, "Plot All Simulations" for "main.probe.phi"
- 5. 分析数据在 .1 和 3.0

	#		the space per	
	¢.		0-	
Atom	1			++++ 8/00 0 kL (88)
Concession in the local division of the loca	E	Personne		Tau
from the second	Ε.	mand to	-	- d time.
210	-	15000		
Arth				
A 100 PT			7	
		-	A	
				The second second second second second second second second second second second second second second second se
				2 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	5	Territory .		
	12	Seattle.	1	the statement is a contact of the
				Pagination and
	14		17.8	
		Techo	Sector II	
	8			-
	E	-1ai	la.r	
	E	10	54.4	
	Ē			
	L.	Summer .		
	E	1.5.		
	116	partic .	346	
	1	market of	1000	
	B	Advision repr	-	
*1-m	-			No. 6 of Sec. 10. Sec.

- 6. 获得模型的方程,将方程转为模型。
- 7. 打开 Equations 模板。
- 8. 获得"Equations"。
- 9. 将提取的系统方程赋值给变量。
- 10. 显示 eq[1]。操作方程,用鼠标右键菜单完成关于电机电阻的微分。

A.1.0	No. No. No.	
1-that Spotter		
The second second	and the board	
LICE DISAN AN AD ADDRESS OF	sector constraints of the constraint of the sector constraints and the sector of the sector constraints of the sector cons	
of a second second second	Concerning and an and a second s	
and it is a second with a	and the second s	
and the Statement	and the second s	
and in the second second	in the second seco	
and the second second	the second damage of the second data is a second data and the seco	
and the second of the		
and it is not a second of the		
and the second		
and the second second	Contraction and a second second second second second second second second second second second second second s	
the second second		
and a second sec		
	and the second second second second	
		_
	and the second se	

第五步: 创建自定义元件

在 MapleSim 中创建自定义元件非常方程,输入模型的数学描述,定义输入和输出量, Maple 自动封装为 MapleSim 可以使用的自定义元件。

- 1. 打开 custom component 模板。
- 2. 打开一个新的 DCMotor 模型。
- 3. 执行工作表中的所有计算命令。

THE REPORT OF THE ACCOUNTS OF	
AND WE AND ALL AND ALL AND ALL AND ALL AND	1.00
the first state of the state of	
T Comment Desidents	
The branched and the second se	
The President Party Statement of Statement	
The second	
Competition Equation	the second second second second second second second second second second second second second second second se
and the second s	
📱 A ferdinishi (non-tas ferdil) bell mer ferdine ment (also expect). To the Castariations tad for a ferdinishi (also	A CONTRACTOR OF A CONTRACTOR OFTA CONTRACTOR OFTA CONTRACTOR OFTA CONTRACTOR O
The second	
And And And The And And And And And And And And And And	
Reserve collect 10 (c)	
1 Annual Andrea Contraction of the Annual An Annual Annual r>Annual Annual Annu	
The second s	
and a final statement and a final set for a set of the	
for a first sector and a first of a first sector and	2.00
a second s	
and a state of the	
and and a second s	
and the second se	
The second statement is an end of the second statement	
the second second second second second second second second second second second second second second second se	
a la company de la company de la company de la company de la company de la company de la company de la company	0.0
The second second second second second second second second second second second second second second second se	
contrasts of a transmission	

- 4. 完成元件的分析。
- 5. 显示端口: 直流电机的正极端子, 负极端子, 旋转法兰。
- 6. 使用默认设备。
- 7. 点击生成一个自定义的直流电机模块。

Annual Littlenson	5755
where have been according better Fig.	
and the second of the second	(Descent day)
	Laboration 1
	T Nor
hand a second se	A MARKAGE AND A MARKAGE AND A MARKAGE AND A MARKAGE AND A MARKAGE AND A MARKAGE AND A MARKAGE AND A MARKAGE AND
and the second s	
A State Section 1	3. (3.7
Part of the second second second second second second second second second second second second second second s	100 0.00
terminant and the second secon	and the second sec
transfer to the second s	and the second second
a statement and st	3a
Pipersella.	- intra-
BTonin	
B Dani	and the second s
without and a second se	complex rese
A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A Long To A	and design
and an and a second second second	10000
	4, 10-141
	a contraction
1992-108	
	441
144 A	41 12 12 12 12
Total Second Second	
and a second sec	
- PCm	10000
the set of the set of	10.1
b-ter	
	344
Print The Print Print Print	

- 8. 移除旧的的电机,用刚才创建的自定义电机元件。
- 9. 运行仿真 → 得到不同的动力学结果。

10. 创建子系统

- ◆ 高亮显 link 和 mass
- ◆ 编辑菜单 → 创建一个子系统, 命名为"Link"



- ♦ 鼠标双击 Link
- ◆ 添加第二个端口到 mass



- 11. 进入"参数查看/Parameter View"面板。
- 12. 添加参数 "Mass", 值为 1, "Mass of Link"。
- 13. 将 m 关联到 Mass。回到系统框图界面, Link 参数 Mass 显示在右侧的参数窗口中。

10					2	12112
			-	• #(+)	htmdpart, methodaltim, hadplonge, Z (+ -	
		- Second			DO TRAND	reverse (black)
	-				2 to famin	Sabryvitere
and a second	COLUMN 1	and and	-		CARANTERS ON STATES	Cre.
Transformer (Contra-					Contraction of the second second second second second second second second second second second second second s
8.010						Sauthound
2100						last,
And a local diversity of the local diversity	1000	1.004		and the second s		
1		1.00		-	Sum!	Contraction of the second second second second second second second second second second second second second s
B		388	100	Anna cos decementos en el citados:	A. R.	Adam 1
Street, B.	44,4		3	Contract of the local division of the local		
Exemple Energie	2	Also.	1.2	And the second s		
Transformer,	- H	- the second		- manual resident for these size of a summary of the fibration		
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 m N		1.1	- Harrison of Arrests of States of Manhood States	1 The second sec	
Passe	A. COLUMN				o ^{mm}	
	10000	_		(man)		
	10			810		
	Ph 16 (6)	the part to show the	of the little	18.0		
			ALL MALE AND	trail trail	and the second se	
P 21	Charles and		and a second	The second second second second second second second second second second second second second second second se		

14. 创建一个新的库:

- ◆ 文件菜单 → Create Library
- ◆ 添加 link 和 motor. Motor 工作表自动附加在 MapleSim 中。

ubsystems to include in the l	oliowing Ibrary
DCMotor	Subsystems:
e lok	Select All
	Select None
Monte Carlo Simulation	Attachments:
Equations	Select All
Custom Component	Select None

更多的自定义元件:从左侧的例子面板中找到 catapult 例子

Element front	E Augusta 2
And the of the second states are all a	the state of the s
and the state of the second se	THE RADIA STATE
	TRUNCION A A W I DIMINI
The second of the second secon	
Cataputt +	
Press	
The second second second second second second second second second second second second second second second se	
And a contract of the contract	
test and the second sec	
and the second sec	
and the second se	
A Section 1	
And a second sec	
And Property and P	
The Annual State of the An	
t man bit	and the sale and the sale of the

看一个接触模型,鼠标双击 Ammo

			Castern Component Terratorie	127
		and the second s		
		Colorador de la color de la color	Contraction and Contraction	
		Congress Invitates		
			and a state of the second second second second second second second second second second second second second s	and and
		Carlot and Concerns		
		A DOWN AND A DOWN TO THE		
		Congregation Supportions	the second state is not a second to	
		the second second second second	the second second second second second second second second second second second second second second second se	
		and the local division of the local division		
a - [-(and the same line of		
	[[]+-[++]+-]			
	[[], **[1-:]]		and the second se	
			A CANADA AND A CANADA AND AND A	
	Aug		and the second s	

一个简单的迟滞接触模型。地面在零处。

第六步:更多的模型开发应用 ...

篇幅有限,如果需要更多的模型和应用示例,请联系西希安公司。