

国家精品课程/ 国家精品资源共享课程/ 国家级精品教材

国家级十一(二)五规划教材/ 教育部自动化专业教学指导委员会牵头规划系列教材

控制系统仿真与CAD

第六章 非线性系统的建模与仿真

多领域物理建模概述

Introduction to Multi-domain Physical Modeling



主讲：薛定宇教授



多领域物理建模

- 传统底层建模方法的局限性
- 什么是多领域(multi-domain)物理建模
 - 领域——机械、电力、电子、控制
 - 物理建模——按搭建硬件系统的方式组建仿真模型
 - 为什么需要物理建模？
- 多领域物理建模简介
- 多领域物理建模的工具与实例



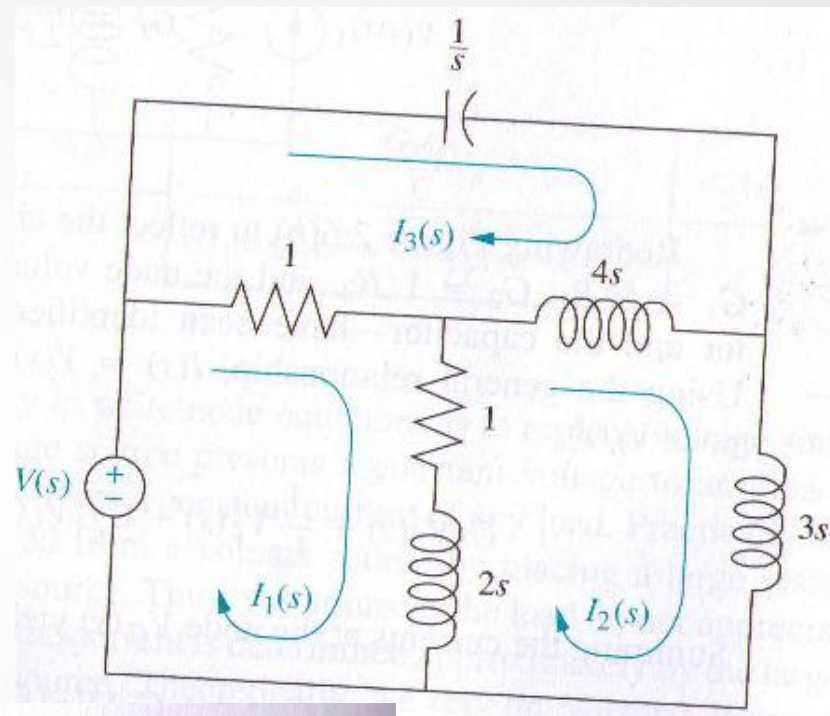
例6-22 电路的建模——传统方法

➤ 电路图举例

(扫描自Nise.

Control Systems Engineering)

➤ 建模



$$\begin{aligned} &+(2s+2)I_1(s) - (2s+1)I_2(s) - I_3(s) = V(s) \\ &-(2s+1)I_1(s) + (9s+1)I_2(s) - 4sI_3(s) = 0 \\ &-I_1(s) - 4sI_2(s) + \left(4s+1+\frac{1}{s}\right)I_3(s) = 0 \end{aligned}$$



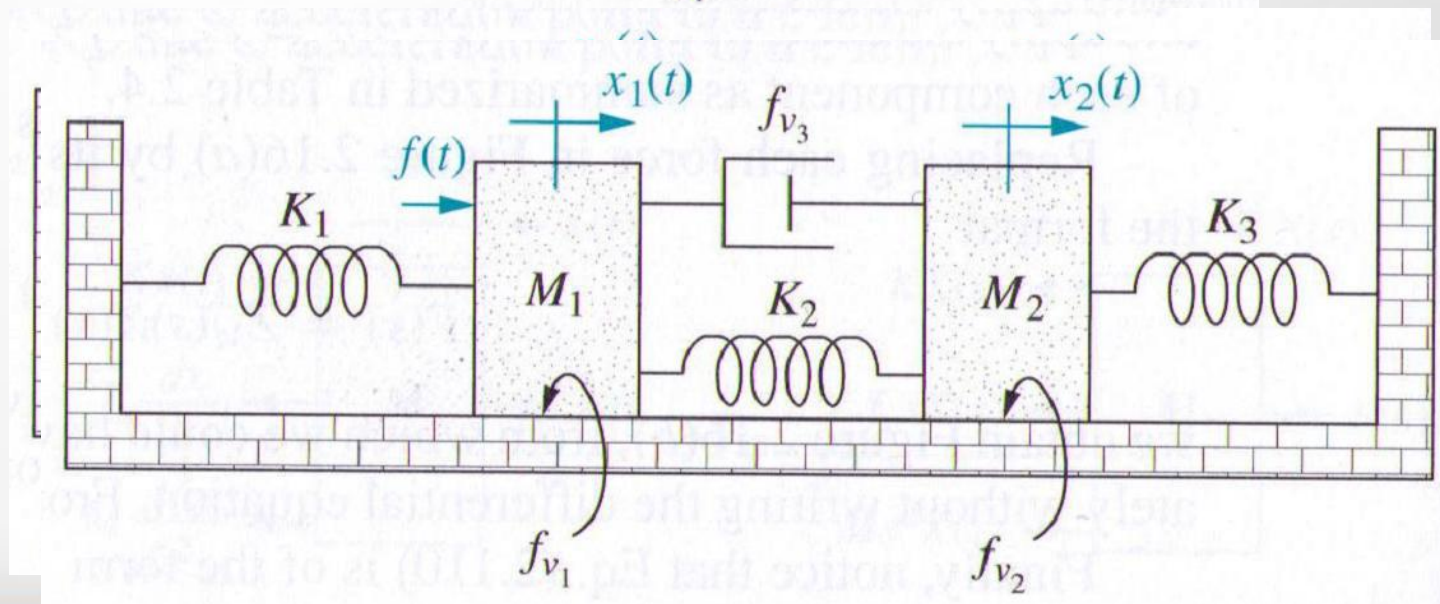
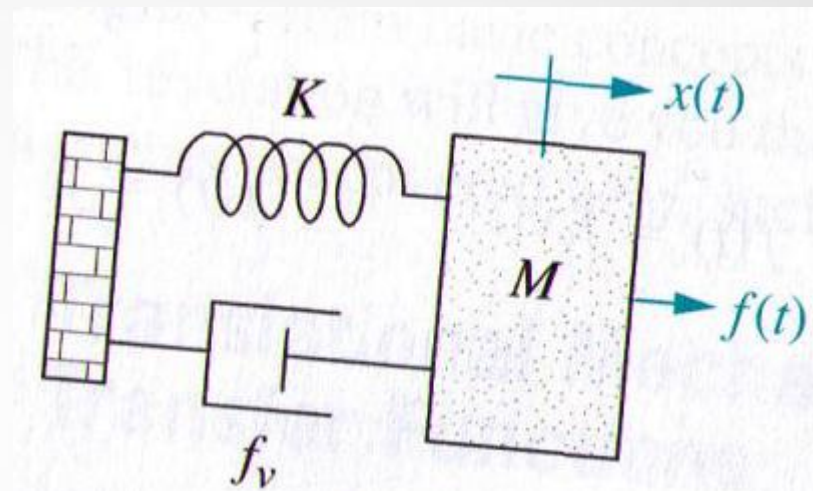
例6-23 力学系统建模——传统方法

➤ 力学系统实例

➤ Newton第二定律 $F = ma$

$$Mx''(t) + f_v x'(t) + Kx(t) = f(t)$$

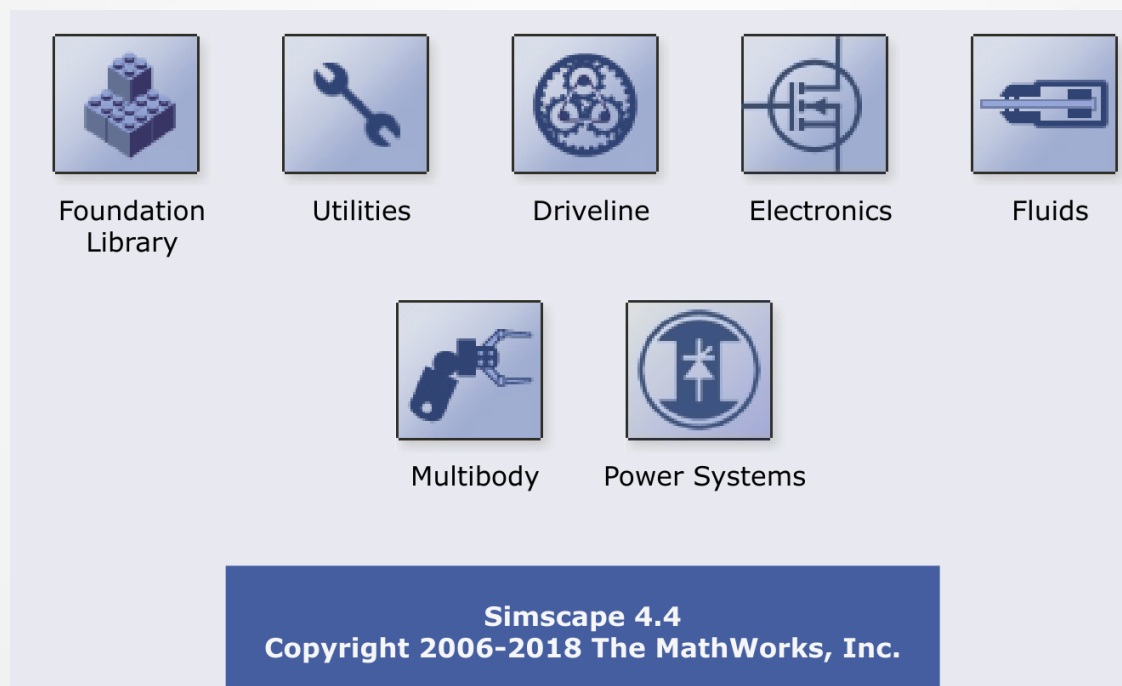
➤ 问题：多模块怎么办？





Simscape模块集

➤ 输入simscape命令打开工具





Foundation Library

Electrical

Gas

Hydraulic

Magnetic

Mechanical

Moist Air

Physical Signals

Thermal

Thermal Liquid

Two-Phase Fluid

Foundation Library
Copyright 2005-2018 The MathWorks, Inc.



机械与力学系统模块

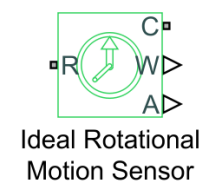
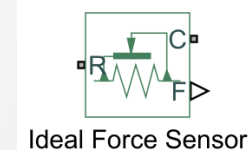
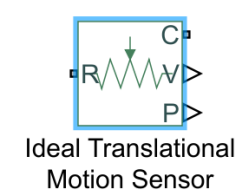
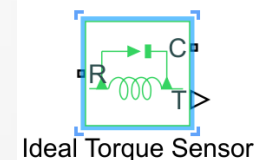
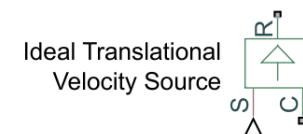
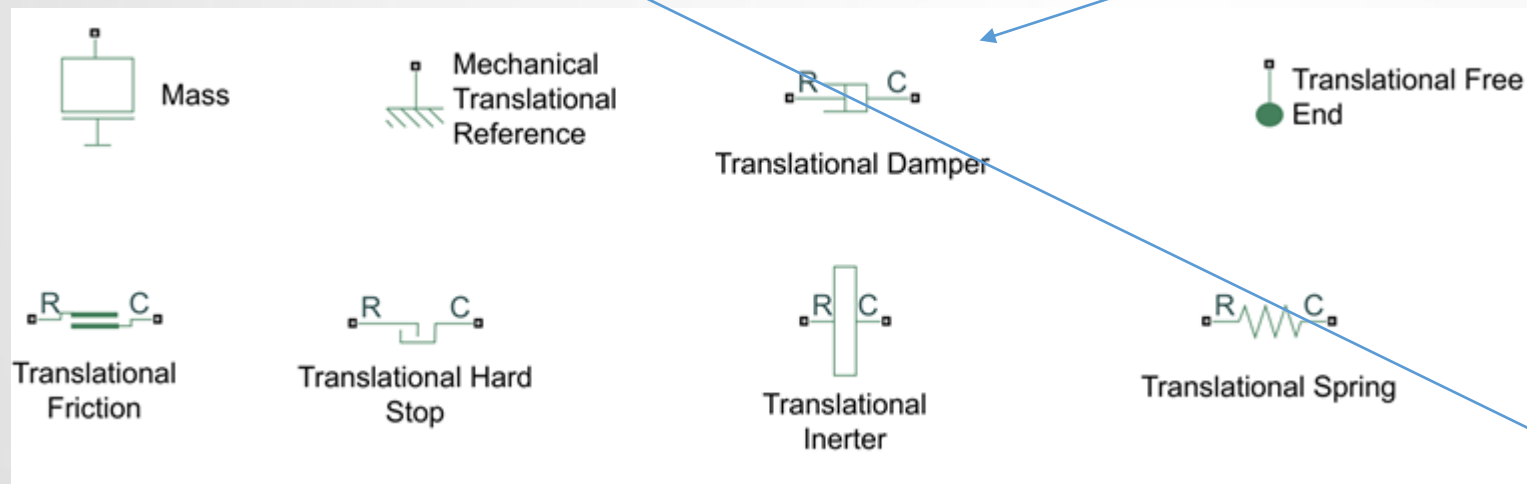
Mechanical Sensors

Mechanical Sources

Mechanisms

Rotational Elements

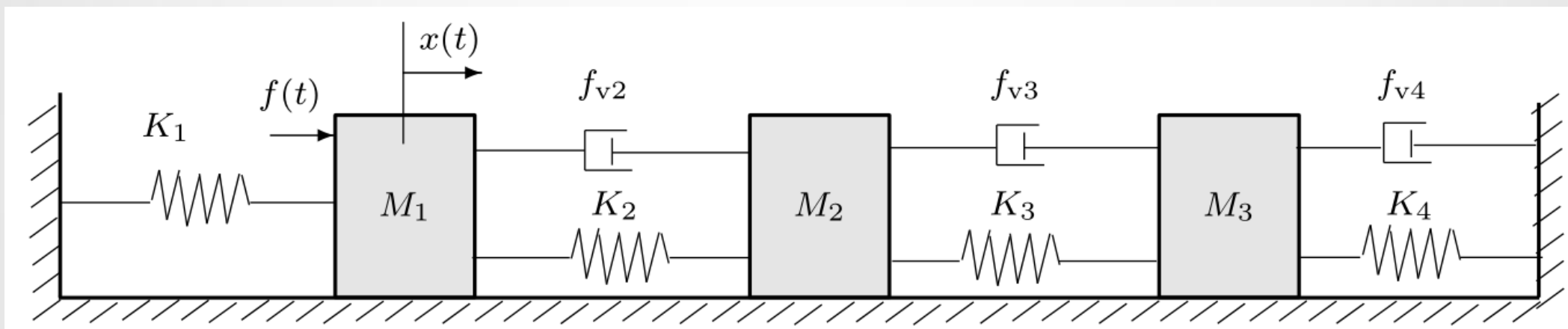
Translational Elements





例6-24 力学系统的实际建模

➤ 系统框图

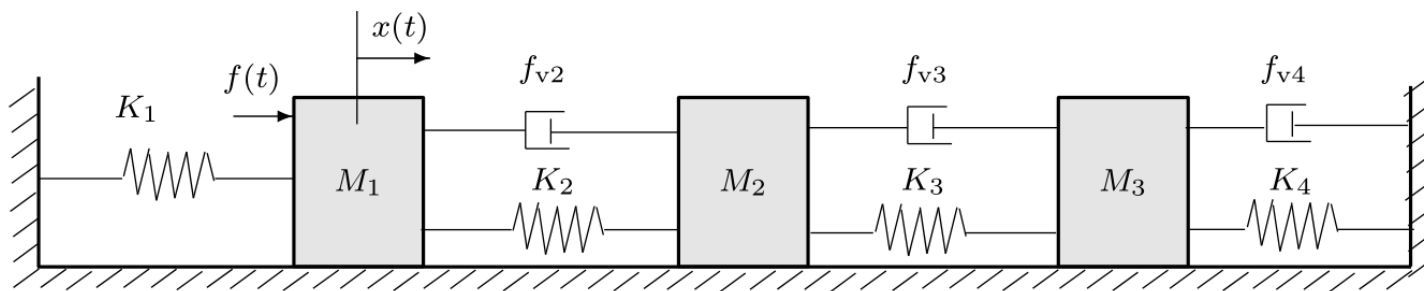


➤ 系统部件

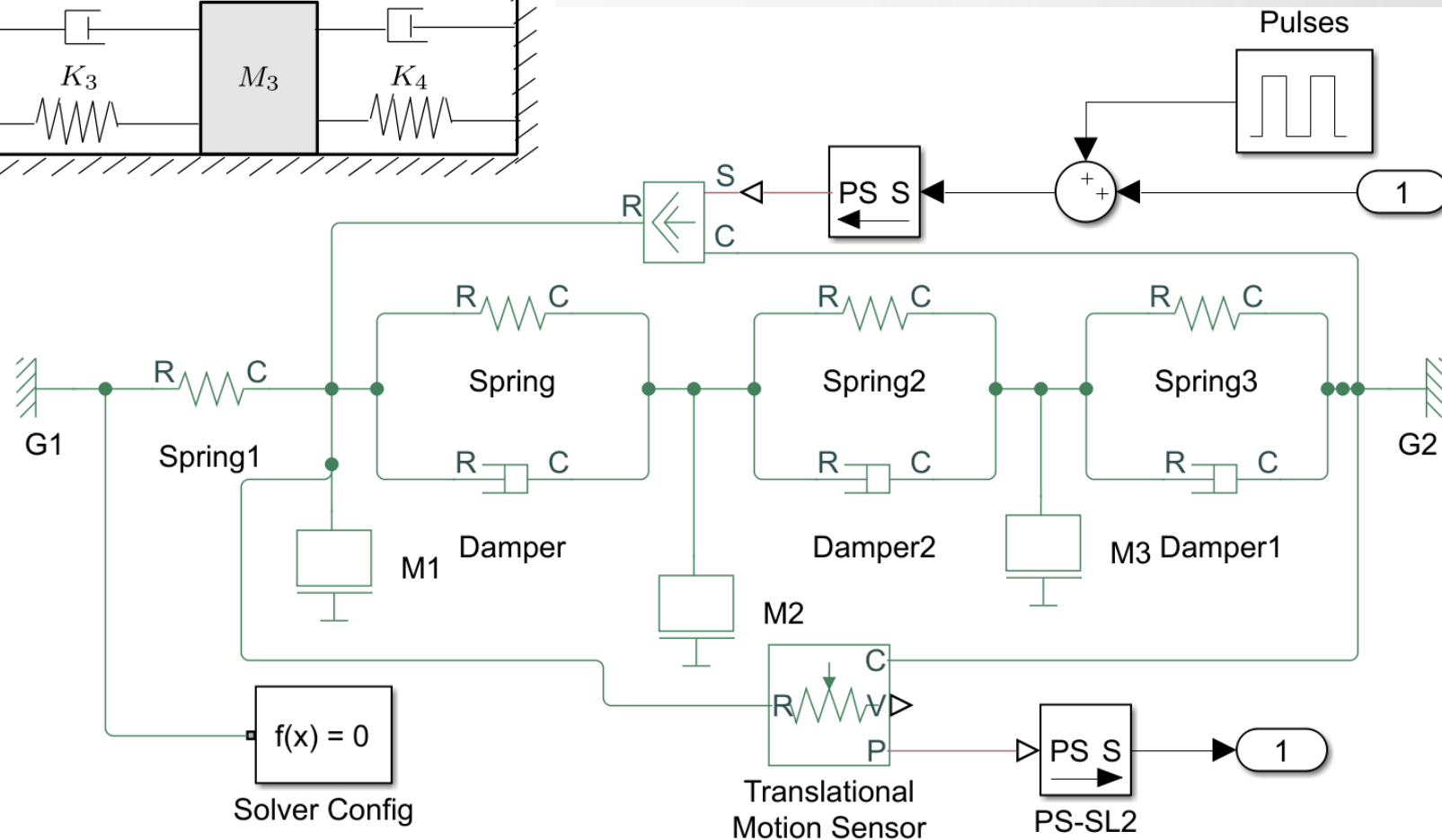
➤ 重物、弹簧、阻尼器、支点、输入与输出



Simulink物理建模



- 物理模型建立
- 元件直接连接
- 外力添加
- 位移检测
- 信号的转换





系统的仿真分析

➤ 系统的仿真模型

- 事先建立的模型：c6mdamp.mdl
- 在方波外力作用下模块 M_1 的位移

➤ 绘制位移曲线



```
>> [t,x,y]=sim('c6mdamp'); plot(t,y)
```

➤ 线性化



```
>> G=linearize('c6mdamp'); G=minreal(G)  
G1=zpk(G)
```



多领域物理建模小结

- 底层建模很麻烦
 - 需要先写出数学模型
 - 写数学模型需要领域的知识
- 多领域物理建模的思想
 - 像搭建硬件系统那样将组件组装起来
 - 自动写出仿真模型，直接仿真
- 进一步阅读
 - 薛定宇、陈阳泉《基于MATLAB/Simulink的系统仿真技术与应用》，清华大学出版社，2011

