



北京控制工程研究所  
Beijing Institute of Control Engineering

# 基于模型设计在航天GN&C 系统开发中的应用探索

主讲人:范松涛

2016年6月15日



# 目录

- 1 基本情况介绍
- 2 航天工作特点
- 3 MATLAB解决方案
- 4 MATLAB应用实效
- 5 经验与总结

# 1 基本情况介绍

3/23



## 北京控制工程研究所

始建于1956年,前身为中国科学院自动化研究所,隶属中国航天科技集团公司第五研究院,是最早从事卫星控制系统研制的单位之一。



## 载人航天GNC(制导、导航与控制)分系统技术总体室

成立于1994年,是载人航天GNC分系统技术总体研制任务抓总单位,承担载人航天工程和探月工程等型号的GNC分系统设计、研制、测试和发射、飞控等各项工作。



## 主讲人简介

范松涛,载人航天GNC分系统技术总体室主任,研究员。

# 目录

- 1 基本情况介绍
- 2 航天工作特点
- 3 MATLAB解决方案
- 4 MATLAB应用实效
- 5 经验与总结

## 2 航天工作特点

5/23



### 现阶段特点：

要求高 验证难 耗资大 周期长  
子样少  
性能先进 结构复杂 规模庞大  
系统环节多



### 今后发展趋势：

周期缩短 经费缩减 少量批产  
但同时要求高可靠 高性能

### 传统工作流程：

先设计 再实现 后测试  
根据测试问题迭代设计直  
至系统满足各项要求



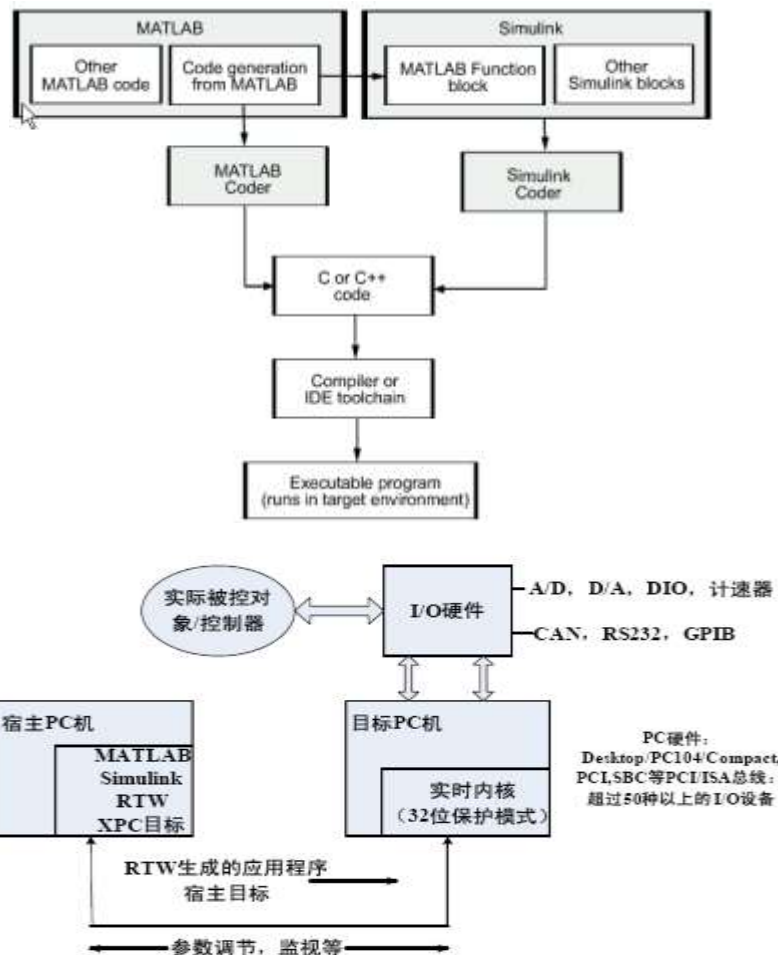
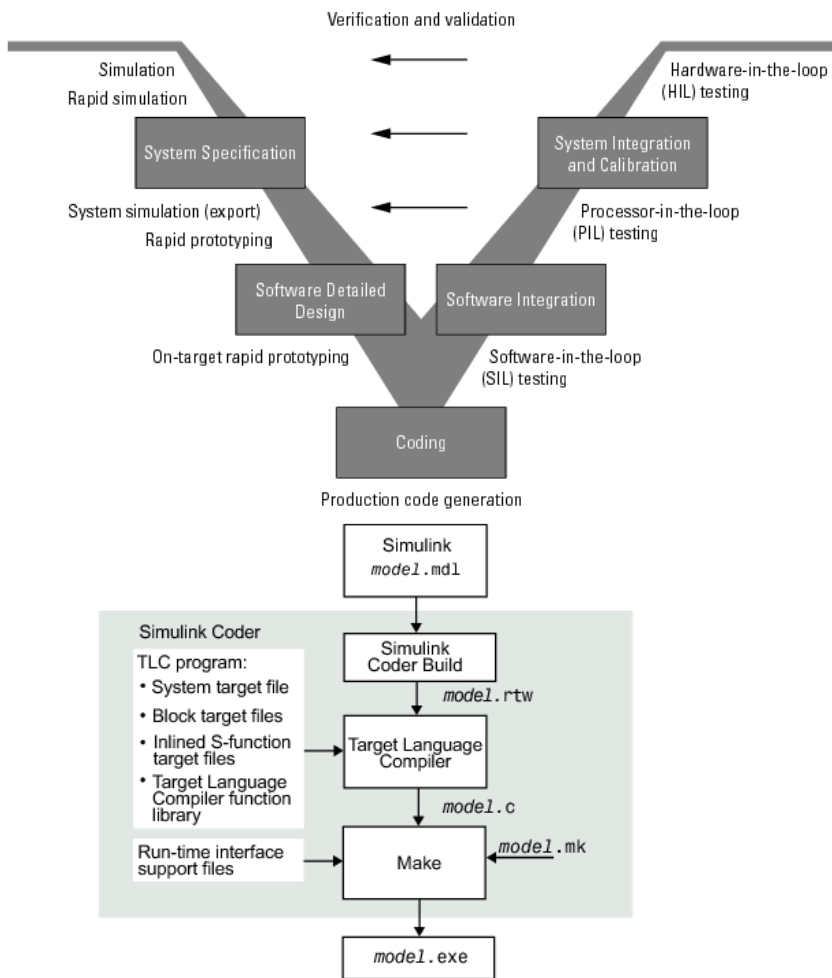
### 需求：

在设计阶段开展测试验证  
减少设计迭代

# 目录

- 1 基本情况介绍
- 2 航天工作特点
- 3 MATLAB解决方案**
- 4 MATLAB应用实效
- 5 经验与总结

# 3 MATLAB解决方案



# 目录

- 1 基本情况介绍
- 2 航天工作特点
- 3 MATLAB解决方案
- 4 **MATLAB应用实效**
- 5 经验与总结

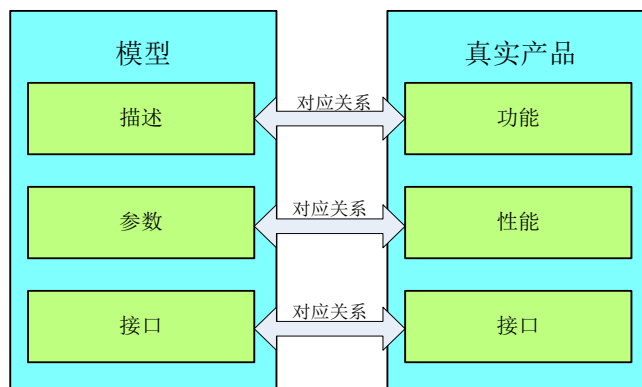


- >> 某型号分系统设计与仿真(Simulink-Stateflow)
- >> 某型号分系统快速原型(Simulink-Embedded Coder)
- >> 某型号分系统硬件在环(Simulink-HIL)



## 某型号分系统设计与仿真(Simulink-Stateflow)

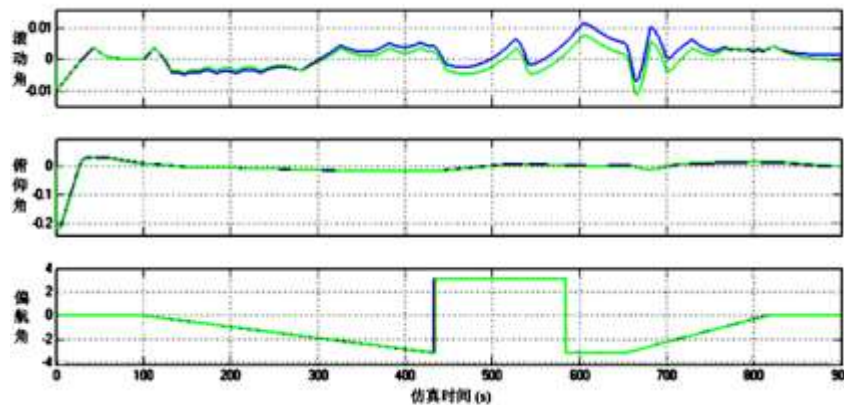
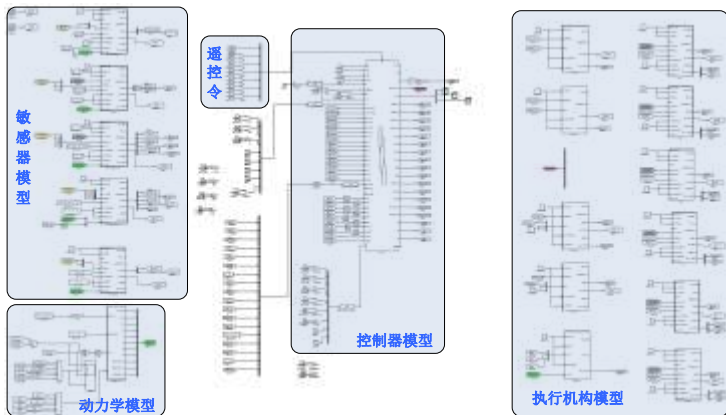
- 对产品的功能、性能、时序、接口、供电逻辑等进行了细致地描述，能够以数字化手段实现对系统的近似半物理的建模。





## 某型号分系统设计与仿真(Simulink-Stateflow)

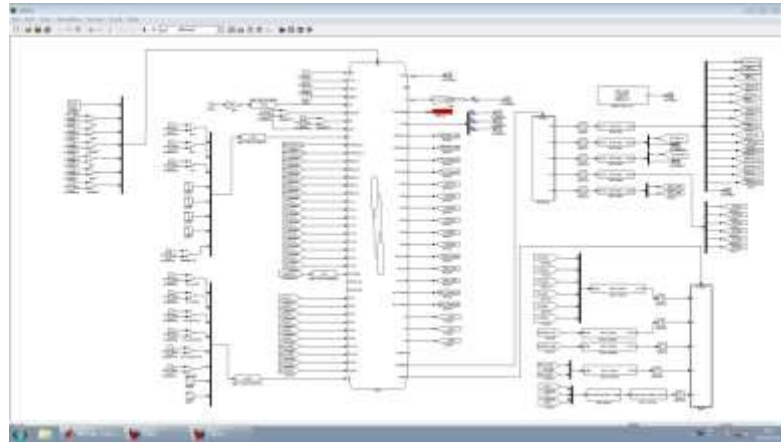
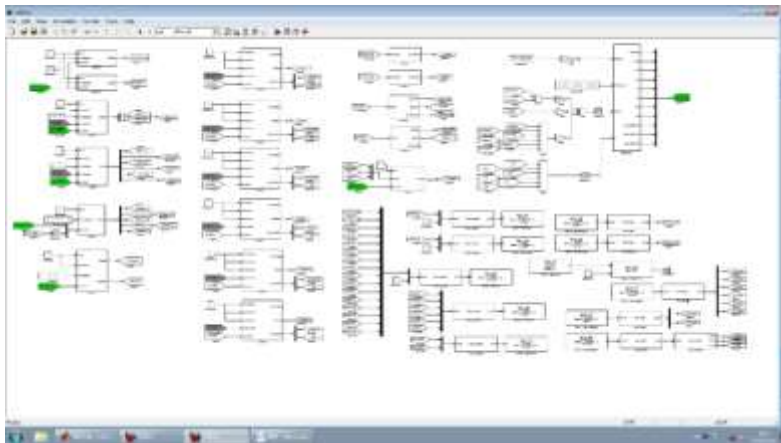
- 以控制器模型为例,其包括了：
  - ✓ 上电、复位流程；
  - ✓ 切机容错逻辑；
  - ✓ 输入输出接口及时序、指令接收、数据发送逻辑；
  - ✓ 算法、软件处理流程。



## 02

### 某型号分系统快速原型(Simulink-Embedded Coder)

- 1 将相关的硬件接口驱动等包装成模型库，添加到模型中;
- 2 完成模型的自动代码生成并将代码与VxWorks相关文件联合编译，生成下位机可执行程序;
- 3 下载到目标机，运行目标代码，目标机成为产品的快速原型;





## 某型号分系统快速原型(Simulink-Embedded Coder)

- 4 控制器模型下载在一个下位机中;
- 5 除控制器以外的模型下载在另外一个下位机中;
- 6 两者通过1553B链路进行数据通信;
- 7 上位机对下位机的运行进行控制，对产生的数据进行监视。



# 4 MATLAB应用实效



## 某型号分系统硬件在环(Simulink-HIL)

针对AT697/BM3803等航天用处理器的硬件在环开发



操作系统

VxWorks for SPARC

通信接口

处理器片上串口

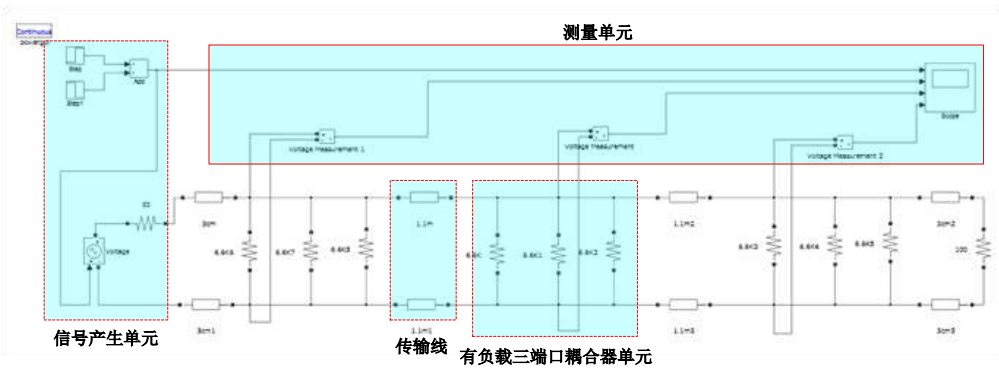
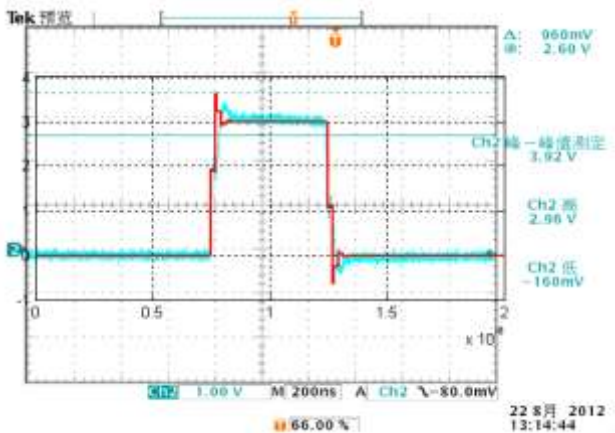
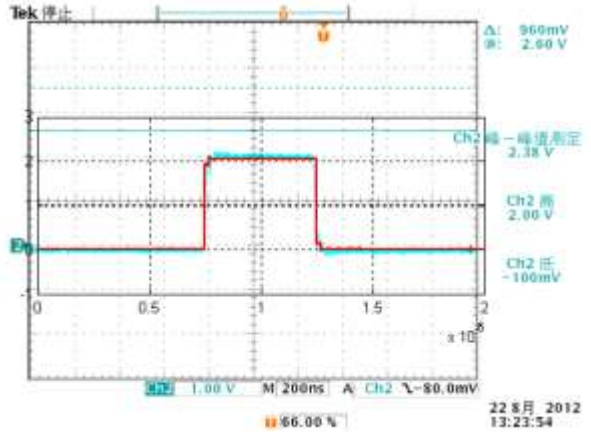
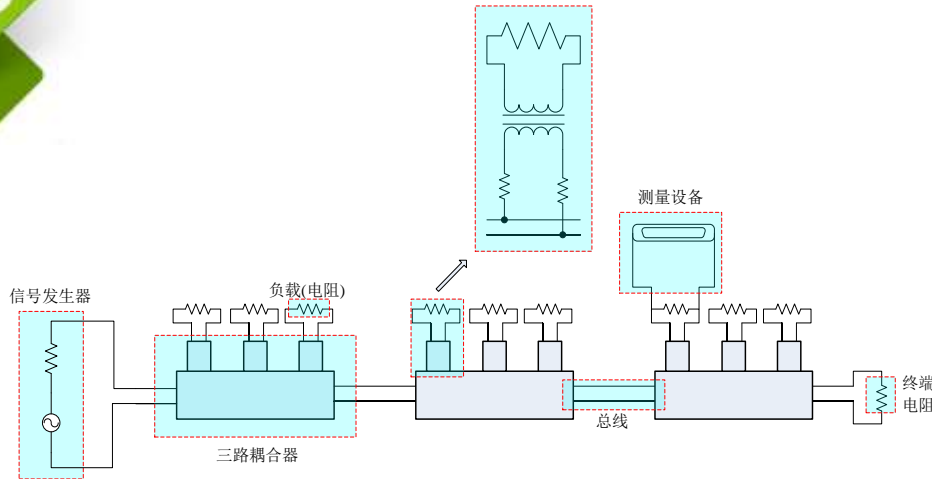
资源封装

GPIO 串口 定时器等

# 4 MATLAB应用实效

04

## 奉送：1553B总线电气性能仿真(Simulink-Simscape)



# 目录

- 1 基本情况介绍
- 2 航天工作特点
- 3 MATLAB解决方案
- 4 MATLAB应用实效
- 5 **经验与总结**



# 5 经验与总结

利用  
MATLAB/  
Simulink  
进行数字仿  
真验证

- 具有强大的科学运算、数据分析功能
- 具有丰富多样的模型和库函数
- 具有良好的人机交互界面,支持拖拽式建模
- 能够从力 热 光 机 电各个层面对设计进行建模验证
- 能够嵌入已有C代码
- 能够实现自动测试和验证
- 能够支持后续的半物理仿真验证
- 能够支持基于模型的设计

# 5 经验与总结

利用  
MATLAB/  
Simulink  
进行快速原  
型验证&  
硬件在环

- 能够利用MATLAB丰富的模型库
- 简便: 不用编写代码, 仅需模块拖拽参数设置
- 快捷: 能够一键完成模型C代码转换 编译 链接, 并下载到目标机中运行
- 运算数据实时返回MATLAB环境, 高效数据显示分析
- 硬件驱动库一次开发, 整体重用, 减少重复开发
- 下位机种类丰富, IO功能多样

# 5 经验与总结

## 基于模型 的系统开 发方式

- 使用模型进行仿真有助于深入了解系统的行为
- 在模型搭建过程就能发现需求中的问题
- 可执行实际硬件上不可行的测试用例：可破坏性测试
- 通过在设计的同时进行测试,可尽早检测出潜在问题,并可显著减少修复这些问题的成本和时间
- 通过在开发模型时考虑测试,可使设计更适于进行测试,从而确保可对设计进行完整测试
- 随模型一起开发的测试用例可在实物系统上重复使用

# 5 经验与总结

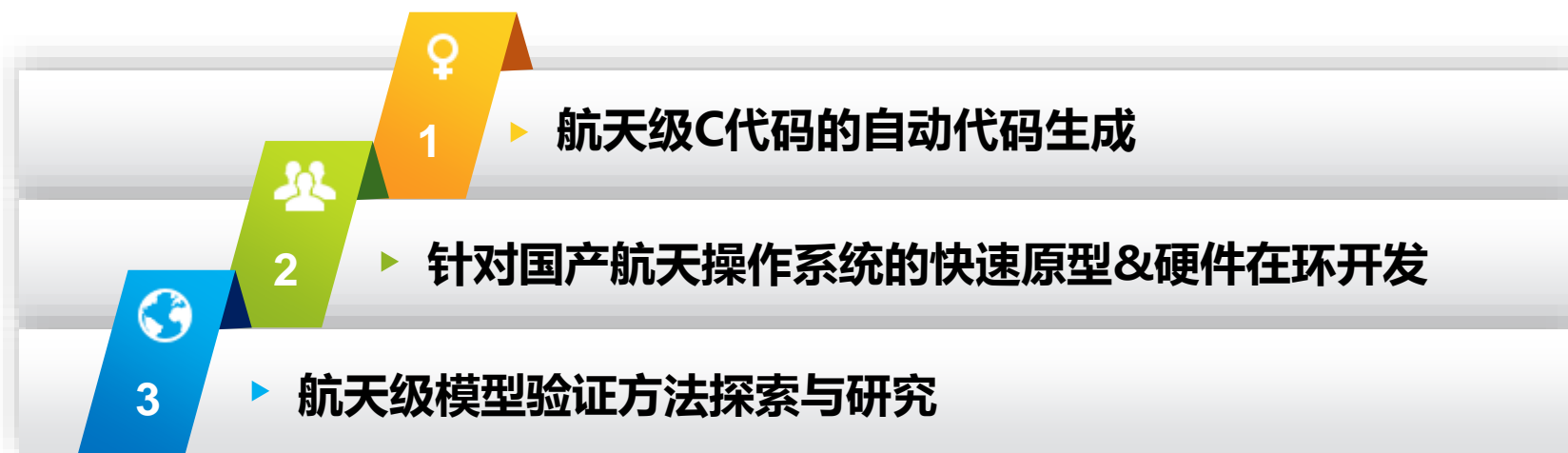
- ✦ **标准制定**: 流程标准、建模标准、代码生成标准、快速原型标准
- ✦ **接口统一**: 硬件封装模型接口、数据接口、参数接口
- ✦ **MBD流程梳理**: 职责分工、模型流转、质量控制点、过程关键点
- ✦ **HIL航天化**: 航天级C代码自动生成、航天级国产操作系统编译链接、航天处理器快速原型开发、航天级模型验证确认

- ✦ **思维方式**: 文字描述→模型; 实物→模型
- ✦ **工作流程**: 着眼设计 尽早测试
- ✦ **测试方法**: 贯穿整个开发过程 模型测试
- ✦ **工作分工**: 模型流转 协同工作 有效统一
- ✦ **工作管理**: 统一环境 建立标准 版本控制



技术探索与积累

对现有工作模式的冲击



**前途光明 道路曲折**

# 特此鸣谢！

**MathWorks公司**

**精航伟泰测控仪器(北京)有限公司**



北京控制工程研究所  
Beijing Institute of Control Engineering

# 谢谢!

求实 / 求是 / 创新 / 超越

联系方式: [tigerfanst@hotmail.com](mailto:tigerfanst@hotmail.com)

电话: 18600207334

欢迎一起交流探讨

