



基于MBD的控制仿真的开发尝试

Johnson Tian, Midea Building Technologies Division



MATLAB EXPO

目录

- 业务介绍
 - 美的业务板块
 - 全球研发中心
 - 楼宇科技及产品
- 产品软件开发面临挑战
 - 产品简介
 - 产品软件设计挑战
- 基于MBD开发模式的实践
 - 前期模型需求管理阶段的实践
 - 中期基于MBD的开发模型的设计实践
 - 后期基于MBD的SIL测试的实践
- 未来的挑战
 - 持续集成(CI)开发环境的实践
 - 实践的总结与思考

业务板块

从1968年创立，经过54年发展，成长为一家集合五大板块业务的科技集团



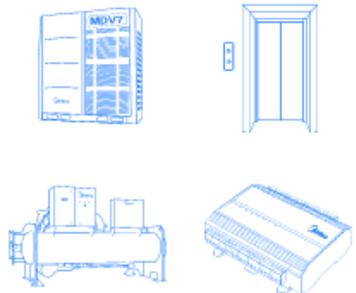
智能家居

提供最佳体验的全屋智能家居及服务



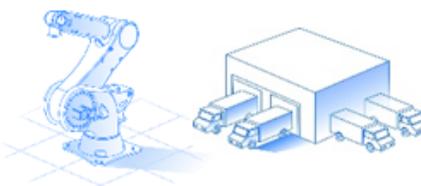

工业技术

为智慧交通、工业自动化、绿色能源、家用电器领域提供核心部件解决方案与服务

楼宇科技

为楼宇建筑提供整体解决方案和服务

机器人与自动化

智能制造的基石
基于机器人的自动化解决方案




数字化创新

企业在数字化转型变革中孵化的新型业务



战略主轴 - 全球突破

构建“2+4+N”全球化研发网络，建立研发规模优势

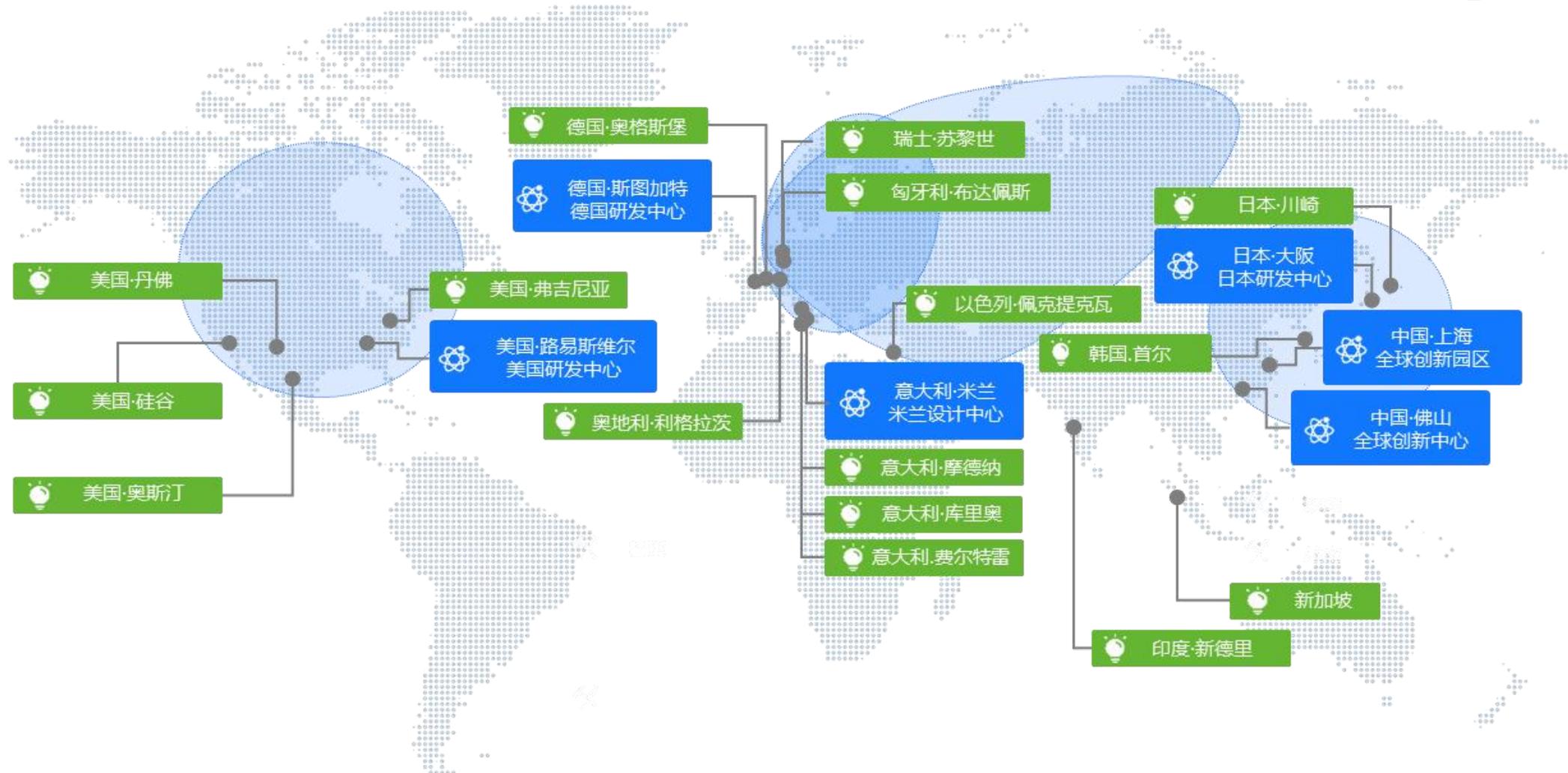
构建“2+4+N”全球化研发网络



2+4 全品类研发中心



产品研发中心



业务板块 – 楼宇科技

Smart in one —— 聚焦楼宇产品、服务及相关产业



楼宇生态

开启平台搭建



绿色低碳

双碳践行者，以楼宇科技为社会创造价值
为人类可持续发展提供解决方案



智能用户体验

智慧空间的锻造者
提供更优的用户体验

共建可持续的智慧空间



设备

暖通 |   

电梯 |  

楼宇自控 |  美控智慧建筑



系统

 高效机房

 智能环控系统

 楼宇管理平台



低碳

 碳咨询服务

 综合节能减排服务

 柔性建筑节能服务



智能

iBUILDING
数字化平台

 智慧建筑顶层设计

 智慧运维

从定频到全变频到智能化


楼宇科技

生而破界 预见未见




无界多联

智能中央空调系统
MDV 8 All DC Inverter VRF System

> 全要素的PADE智慧学习控制——实现预见“未见”

PADE 智能化控制：MDV8 的多种算法都通过 PADE 的学习循环，通过运行表象监控设备运转，及时维保，让设备在全生命周期内，始终运行在最佳状态

E



进化：设备是具有进化能力的智慧体
在不断的分析和决断的学习下，新一代多联机能够逐步逼近建筑实际情况，进化到更加节能、更加稳定的运行中。

D



决断：始终精准业务，提高决策精准度
通过建筑特征、人员活动、运行状态等全要素，进行快速的综合决断，向甲方输出能源报表，提供服务决策的节能建议。

A



分析：美的独有的算法引擎
建筑模型预测（Meta）、能耗模拟（C-C）、衰减检测、故障诊断，四大标配的算法，让新一代多联具有思考的能力。

P



感知：全要素的数字化，实现全生命周期管理
全价值链数字化销售工具：BIM、Energy Plus、MSSP 行业最全冷媒状态传感器。

> 全层级智控系统——多种应用场景的控制器方案

针对办公室、楼宇、运维中心、商铺等多种使用场景，MDV8 无界多联配备多种形式的终端控制器、协议网关、集控平台全层级智控系统。为运维人员提供设备的状态信息与各区域的状态信息，便捷管理与高效运维。



IP55
防尘防水
整个电控盒没有散热开孔

55°C↑
高温酷暑
全冷媒微通道散热器

-30°C↓
极寒天气
热管理系统

第三代多联机电控管理SEM3.0
ShieldBox with Intelligent Thermal Management System





实体传感器发生故障
Failure of a physical sensor



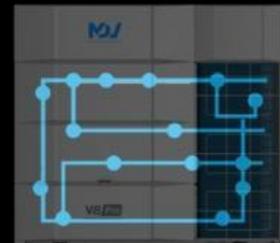
实时生成虚拟传感器
Real-time generation of virtual sensors



最强多联机通讯芯片
The strongest VRF communication chip

百台内机接线时间缩短50%
50% reduction in wiring time for 100 IDUs

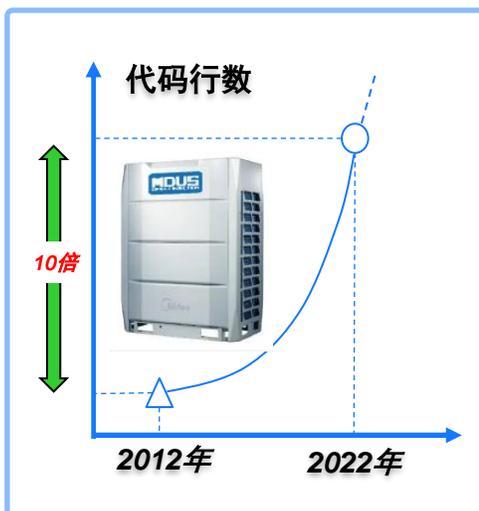
线材费用降低10%以上
Wire cost reduced by more than 10%



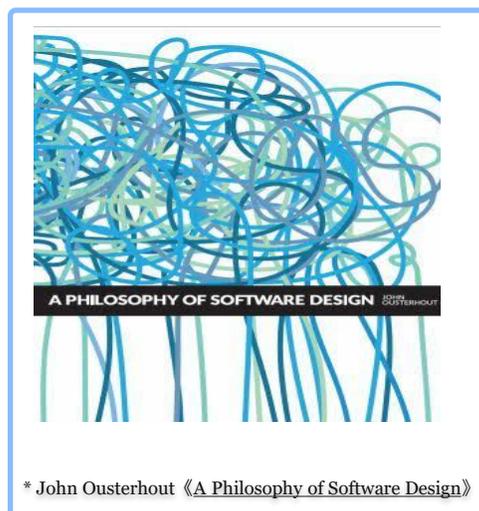
多联机行业最全传感器
V8 has the most complete sensors in the VRF industry

室外机传感器多达19枚
Total 19 sensors in single unit

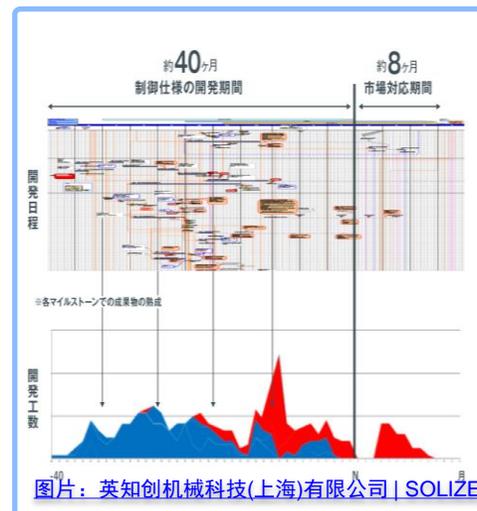
商用空调嵌入式软件开发的挑战



代码量的痛点



代码复杂度痛点



代码测试的痛点



软件成本的痛点

- ✘ 快速不停迭代的需求
- ✘ 需求变更和代码之间不确定性
- ✘ 低效的测试环境配置
- ✘ 开发延期的直接成本
- ✘ 确保需求代码一致性
- ✘ 战略变更与战术变更的平衡点
- ✘ 低覆盖率测试手段
- ✘ 功能欠缺下的客户成本
- ✘ 编码过程中的低级错误
- ✘ 系统设计和代码设计的意图不一致
- ✘ 回归测试与缺陷复现
- ✘ 软件质量的回收成本

应对上述越来越凸显的软件开发瓶颈，我们选择使用MBD的手段进行尝试

基于MBD开发模型的实践



模型验证

在设计阶段发现设计缺陷

代码验证

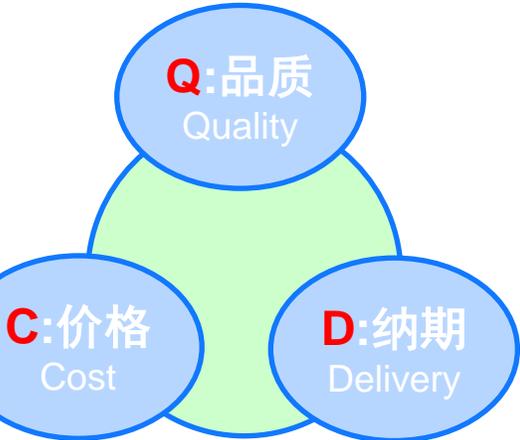
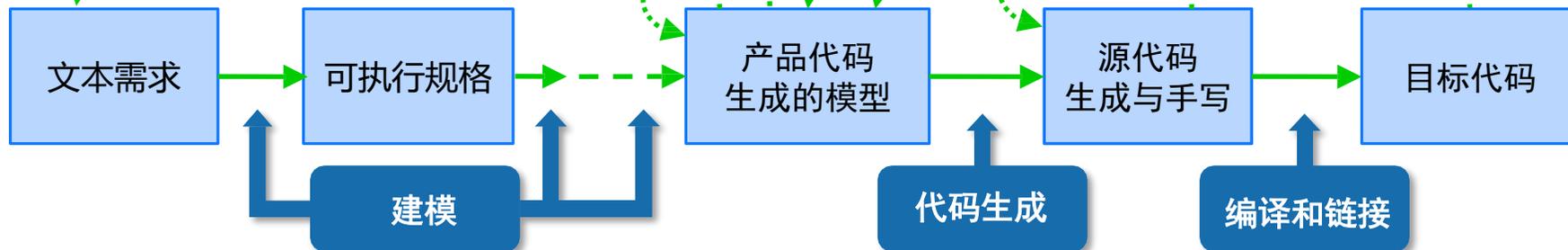
在代码层面提高可靠度

模型的单元和集成测试

背靠背测试

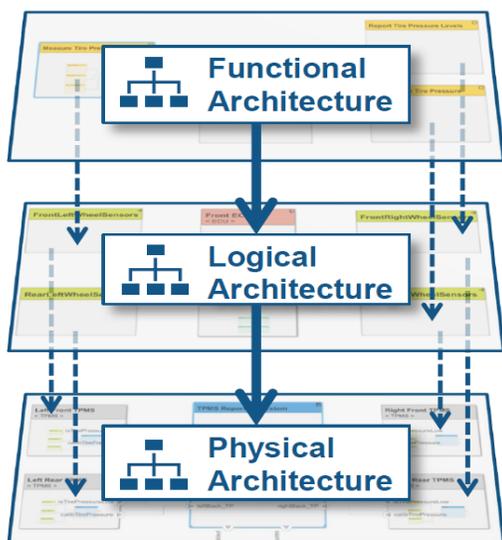
模型评审和分析

需求之外功能移除
安全证明



选择合适家电企业自身特点的开发模型，并合理裁剪，取得QCD的最大公约数

前期模型需求管理阶段的实践



基于MBSE的顶层设计

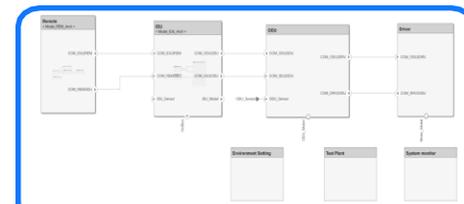
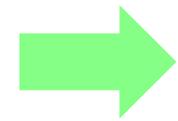


需求管理工具

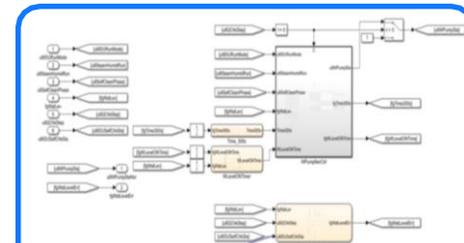


Simulink Requirements

Index		Summary
Import1	电子驱网控制	References to 电子驱网控制
1.1	1.1 输入与输出参数列表	输入与输出参数列表
1.2	1.2 电子驱网虚拟与实际开度换算	电子驱网虚拟与实际开度换算
1.3	1.3 电子驱网控制中各种定义	电子驱网控制中各种定义
1.3.1	1.3.1 电子驱网控制方式	电子驱网控制方式
1.3.2	1.3.2 冷/热开启、均压的定义	冷/热开启、均压的定义
1.3.3	1.3.3 各种特殊开度定义	各种特殊开度定义
1.3.4	1.3.4 均压时间	均压时间
1.4	1.4 电子驱网控制总体框架	电子驱网控制总体框架
1.5	1.5 电子驱网归零控制	电子驱网归零控制
1.6	1.6 电子驱网启动控制	电子驱网启动控制
1.7	1.7 电子驱网调节控制	电子驱网调节控制
1.7.1	1.7.1 调节控制总体框架说明	调节控制总体框架说明
1.7.2	1.7.2 开度调节初始化流程图	开度调节初始化流程图
1.7.3	1.7.3 外机制冷、内机制冷或除湿模式时EXV调节控制	外机制冷、内机制冷或除湿模式时EXV调节控制
1.7.4	1.7.4 外机制冷、内机制冷或除湿模式时EXV调节控制	外机制冷、内机制冷或除湿模式时EXV调节控制
1.7.5	1.7.5 外机制冷、内机制冷或除湿模式时EXV调节控制	外机制冷、内机制冷或除湿模式时EXV调节控制
1.7.6	1.7.6 外机制热、内机制热模式时EXV调节控制-T2	外机制热、内机制热模式时EXV调节控制-T2
1.7.7	1.7.7 外机制热、内机制热模式时EXV调节控制-SC	外机制热、内机制热模式时EXV调节控制-SC
1.7.7.1	1.7.7.1 SC控制调节方法	SC控制调节方法
1.7.7.2	1.7.7.2 PI控制各参数取值	PI控制各参数取值
1.7.7.3	1.7.7.3 ΔEV与ΔEXVP1换算关系表	ΔEV与ΔEXVP1换算关系表
1.7.7.4	1.7.7.4 目标过冷度SCS的确定及修正	目标过冷度SCS的确定及修正
1.7.8	1.7.8 电子驱网PI调节标志位状态图	电子驱网PI调节标志位状态图
1.7.9	1.7.9 电子驱网最大开度标志位状态图	电子驱网最大开度标志位状态图



System Architecture



Simulink Model Design

Test Manager

TESTS

Filter tests by name or tags, e

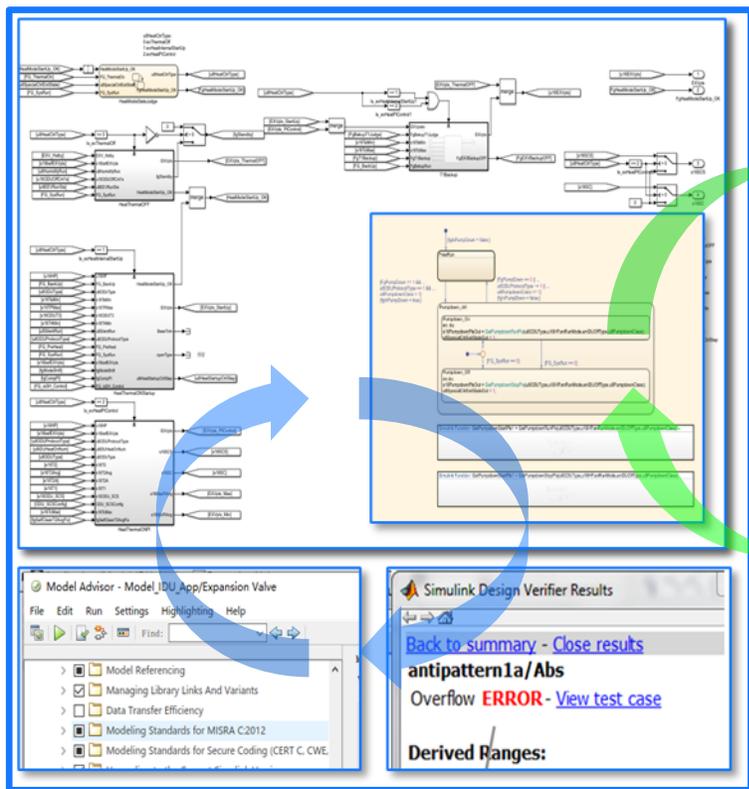
- AHRS_voter_REQ_Base
- AHRS Voting Test Su
- Mid Value Voting
- Average Value Vo

Unit/Integrated Test

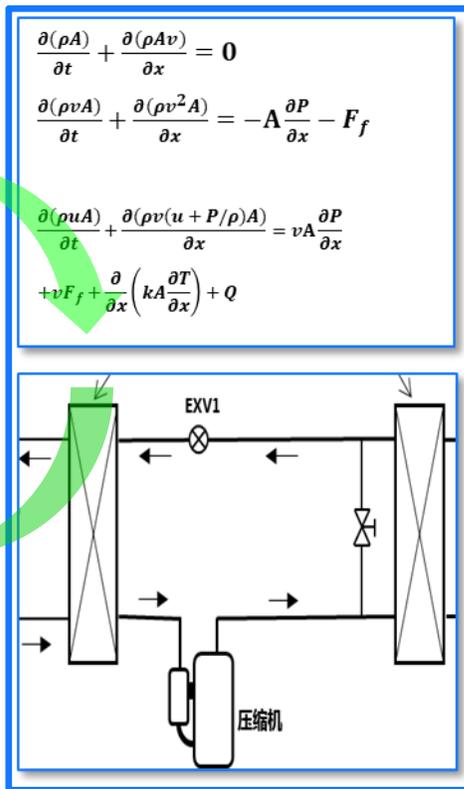
利用Requirements功能，真正的将需求、模型、测试自动无缝链接起来

中期基于MBD的开发模型的设计实践

控制模型

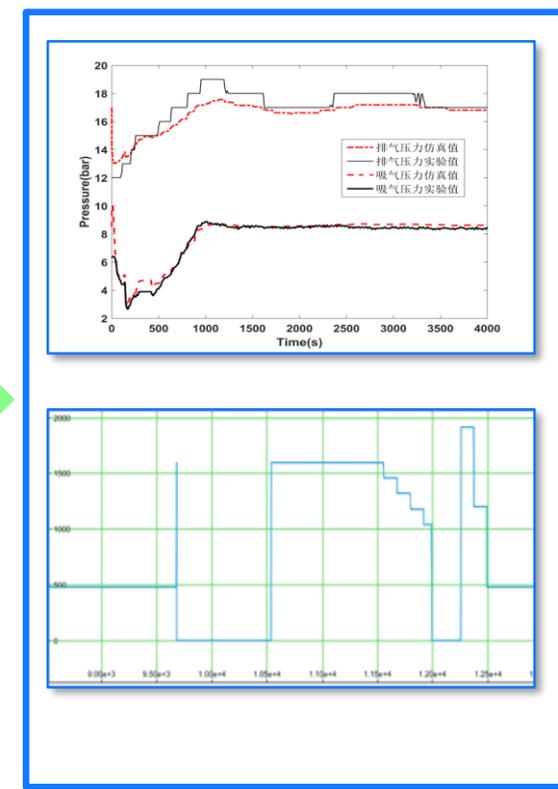


物理模型



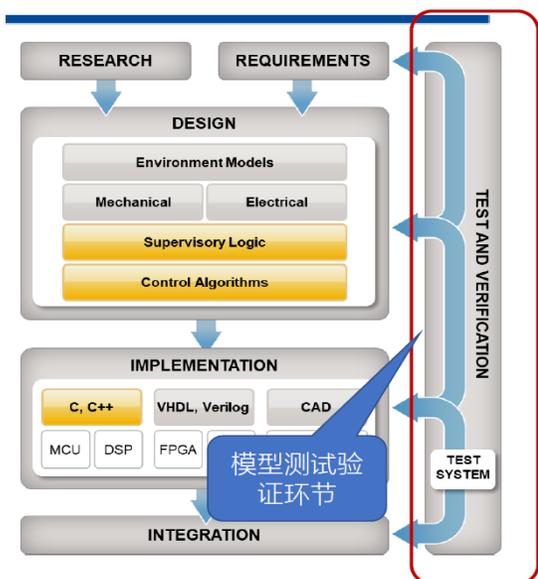
优化

预期结果



挑战传统手写代码手段，利用MBD等联合仿真等手段，问题解决在交付之前

后期基于MBD的SIL测试的实践



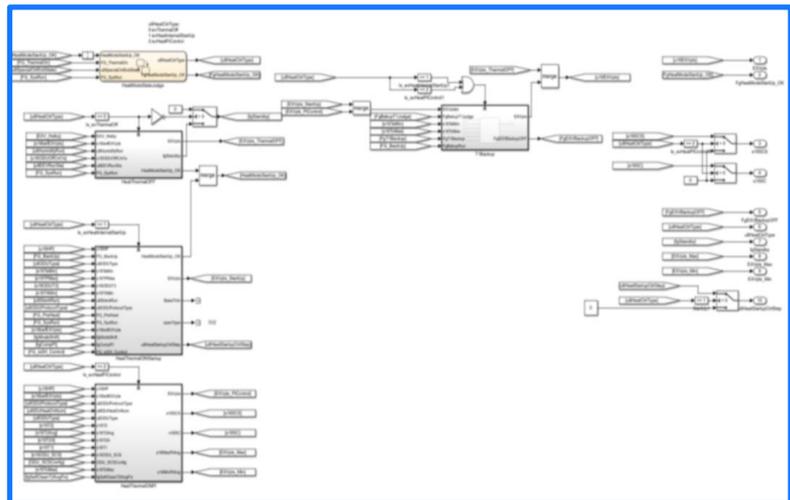
Inputs

Control Panel(Ver1)

Data file

Test Sequence

自动测试脚本



被测试的模型

输入信号

输出信号

time	enFanSet	FG_ThermalON	time	AbsTol: 0	AbsTol: 0
	Enum: EN_MBD_FanSet_T	Type: uint8		Type: boolean	Type: boolean
	Interp: zoh	Source: Input		BlockPath: NormalStateJudge/FG_FanCtrlType	BlockPath: NormalStateJudge/FG_ThermalONCtrl
	Interp: zoh	Source: Output		Interp: zoh	Interp: zoh
0	MBD_FanSet_Lev1	0	0	0	0
1	MBD_FanSet_Lev1	0	1	0	0
2	MBD_FanSet_Lev1	1	2	0	1
3	MBD_FanSet_Auto	1	3	1	1
4	MBD_FanSet_Lev1	1	4	0	1
5	MBD_FanSet_Lev1	0	5	0	0
6	MBD_FanSet_Auto	1	6	1	1
7	MBD_FanSet_Auto	0	7	1	0

Assessments

Sequence Diagram

Data file

baseline

Test Manager Report



注重早期的监测、中期测试资源和覆盖度的平衡、后期的回归测试的高复用率

持续集成(CI)开发环境的实践



* 自动生成

模型开发环境

- 控制模型
- 算法模型
- 模型验证测试
- 命名规范*
- I/O接口规范*
- 资源使用表*
- 模型规范*
- 合规性检查*
- 配置规则*
- 测试报告*
- 交付报告*

模型制作
工作流程



需求管理库

控制模型库

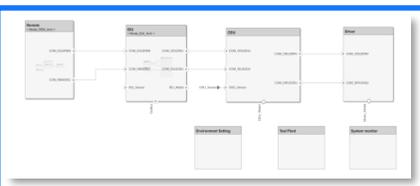
测试用例库

机型设置库

Build Platform
Server



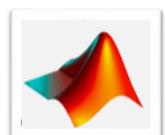
模型仿真及测试
工作流程



模型管理功能

自动验证功能

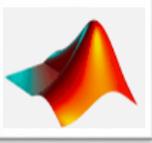
环境部署功能



硬件仿真库

仿真环境库

Simulation Server



Developer

概念验证实施
前期构架形成
模块制作验证



项目需求



Team Lead/
Manager

项目进度显示
开发资源分配
风险管理提示



项目日程

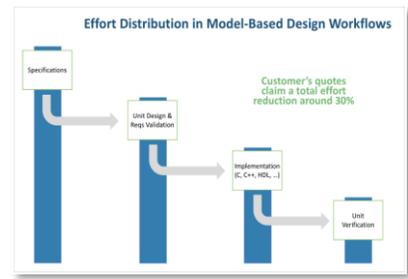


QA
Engineer

质量数据追踪
快速复现问题
自动回归测试



品质分析



模型成果交付
工作流程

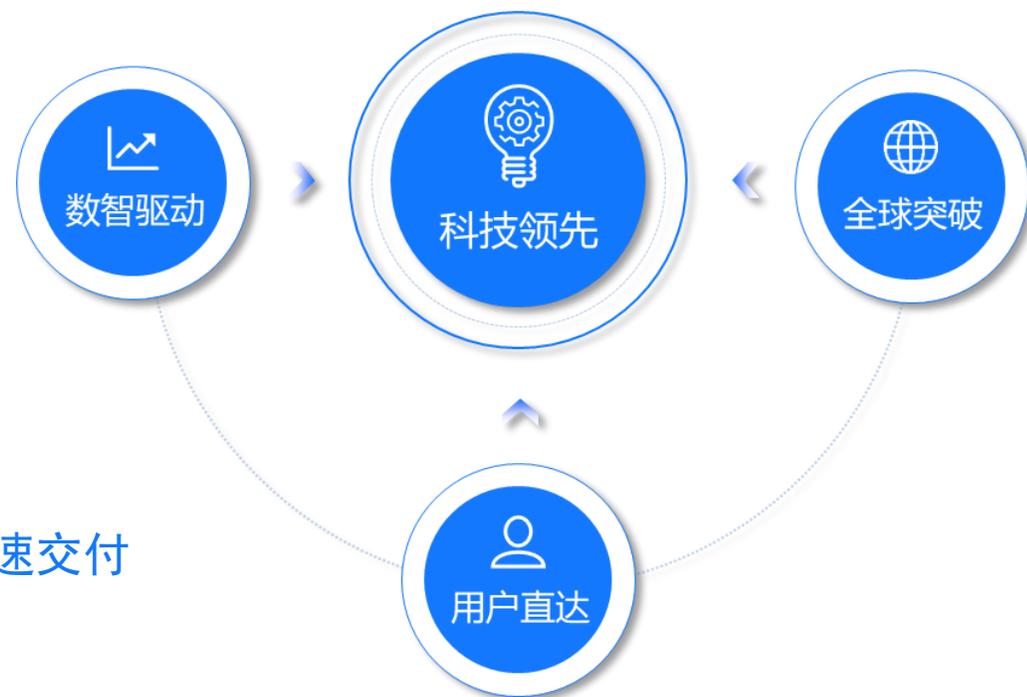


生而破界 预见未见

挑战传统手写代码手段，利用MBD等联合仿真等手段，问题解决在交付之前

实践的总结与思考

- 持续集成的自动化控制仿真工具链建设
 - ✓ 合适家电业嵌入式软件自身特点
 - ✓ 跨部门跨专业、早期发现问题、验证问题、解决问题
 - ✓ 约束模型标准化、自动化、与集成化带来大幅提供人工效率
 - ✓ 打入前端，依据定制需求定义硬件、快速产生并验证系统，急速交付



挑战传统嵌入式开发手段，积极利用MBD等联合仿真技术，问题解决在交付之前

MATLAB EXPO

Thank you



© 2022 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [mathworks.com/trademarks](https://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.