



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



基于Simulink的混动/电动汽车 统一模型架构设计与应用

殷承良 教授

Prof. Chengliang YIN

汽车电子控制技术国家工程实验室
上海交通大学

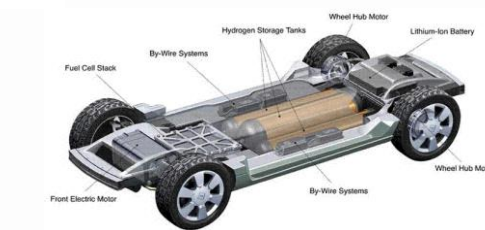
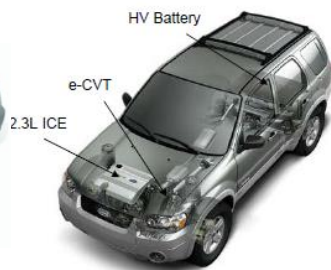
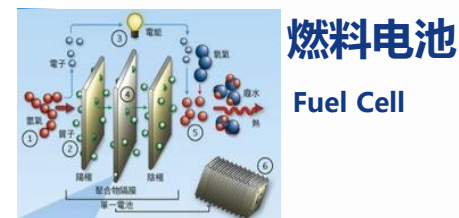


- ④ 开发需求与目标
- ④ 模型介绍
 - 模型的统一架构
 - 信号的灵活交互
 - 适用车型的多样性
 - 测试仿真中的拓展性
- ④ 应用案例
- ④ 总结
- ④ 未来开发工作



开发需求与目标

- 传统车辆与新能源车辆类型丰富
- 统一建模的“平台化”概念，兼顾不同车辆类型





开发需求与目标

- 控制优化复杂程度与模型复杂程度相辅相成
- 控制策略开发与建模仿真在开发过程中集成的需要
- 面向不同开发需求，“模块化”设计提供不同的控制解决方案



即插即用



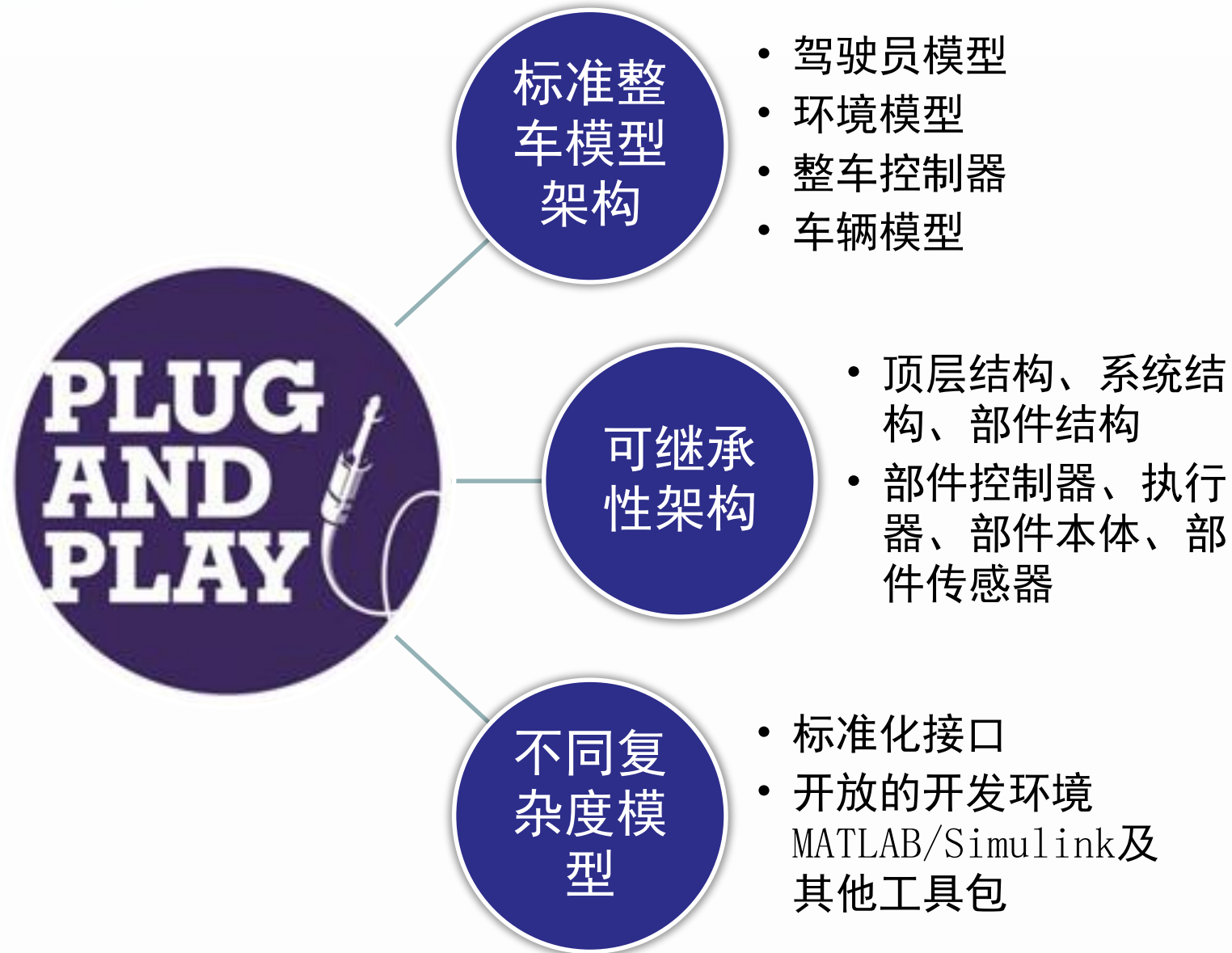
Let's play it !



- ④ 开发需求与目标
- ④ 模型介绍
 - 模型的统一架构
 - 信号的灵活交互
 - 适用车型的多样性
 - 测试仿真中的拓展性
- ④ 应用案例
- ④ 总结
- ④ 未来开发工作



模型的统一架构

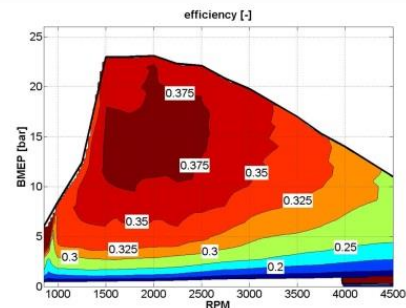




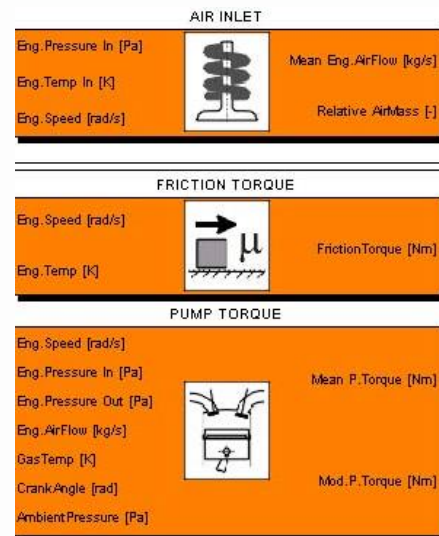
适用车型的多样性

- ④ 用户自定义数据
 - 用户可自定义车辆数据
 - 用户可自定义测试数据
- ④ 根据需求确定模型复杂度
 - 发动机模型：静态Map图模型；基于物理建模
- ④ 模型具有重用性
 - 混合动力系统：单电机混合动力；双电机混合动力；四驱混合动力
- ④ 模型便于修改
 - 基于MATLAB/Simulink 建模环境

不同复杂度的
发动机模型



稳态模型



物理模型

标准化建模要求

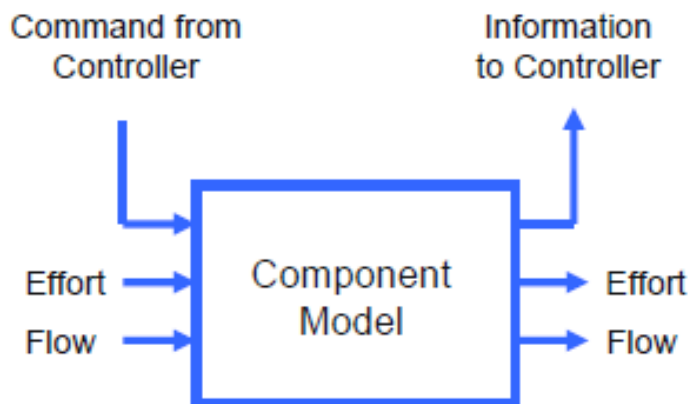
- 各层模型的标准结构
- 标准化接口
- 封装性
- 可重复使用的元件库

标准的三输入三输出模型

Effort=势信号

Flow=流信号

Controller=控制信号



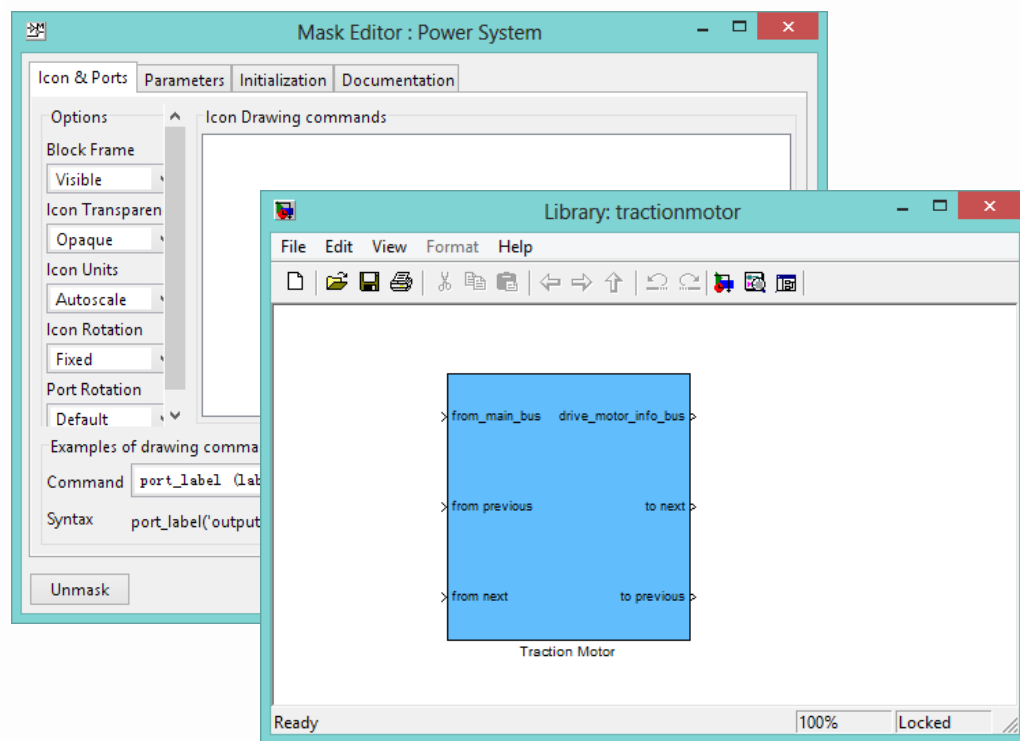
机械动力学部分
势信号=力/力矩
流信号=速度/转速

$$F = M\dot{v}$$

$$T = I\dot{\omega}$$

电学部分
势信号=电压
流信号=电流

$$V = R \times I$$

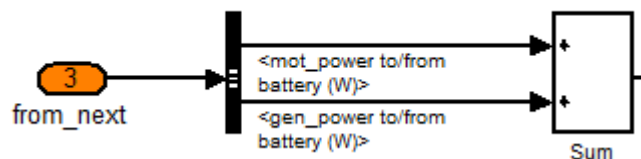
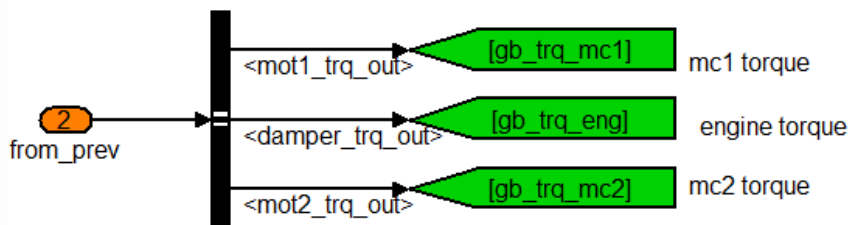
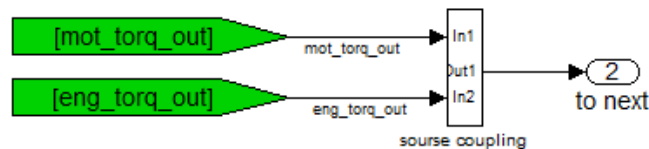
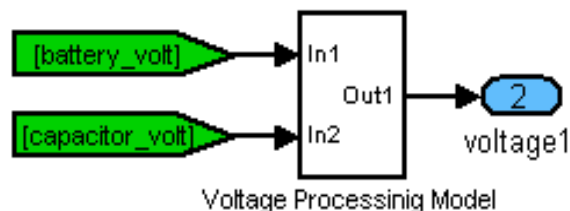


灵活的信号连接方式

- 标准信号的定义（单位制、传递方向）
- 信号总线的使用

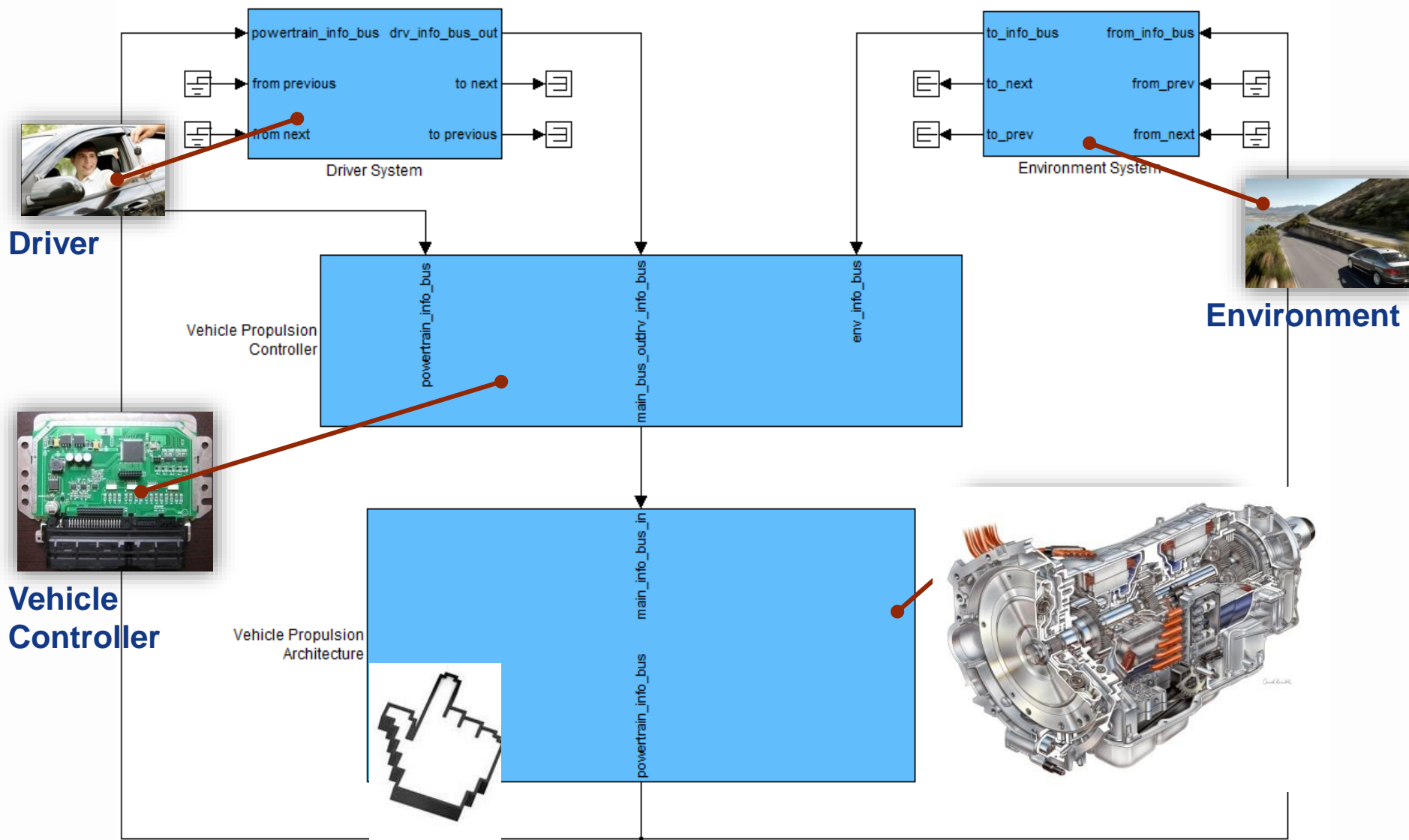
信号总线对信号进行分类和传递

e.g. 力矩信号的总线包括发动机、电机力矩信号





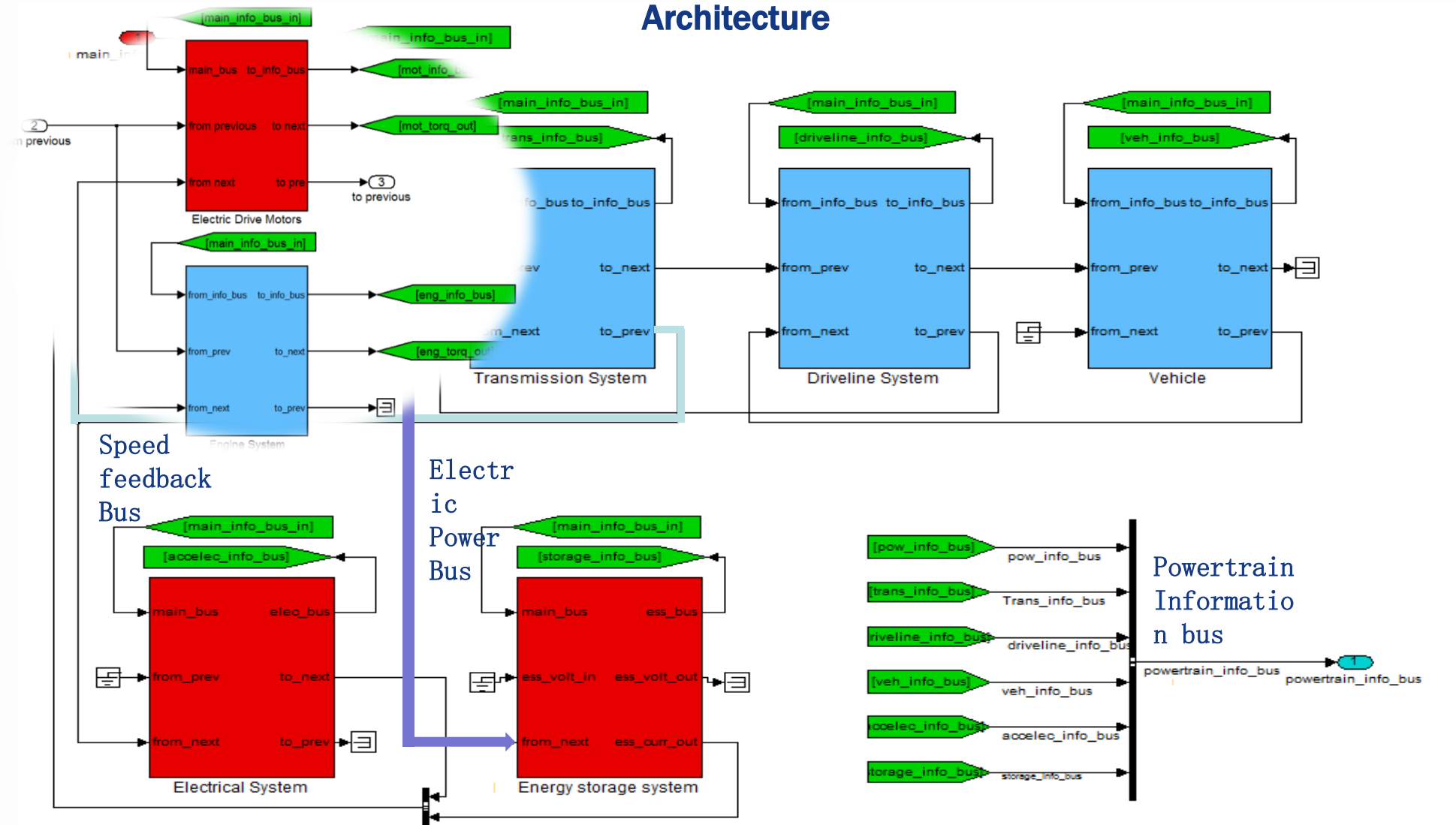
顶层结构——驾驶员-车辆-环境-控制器 闭环系统





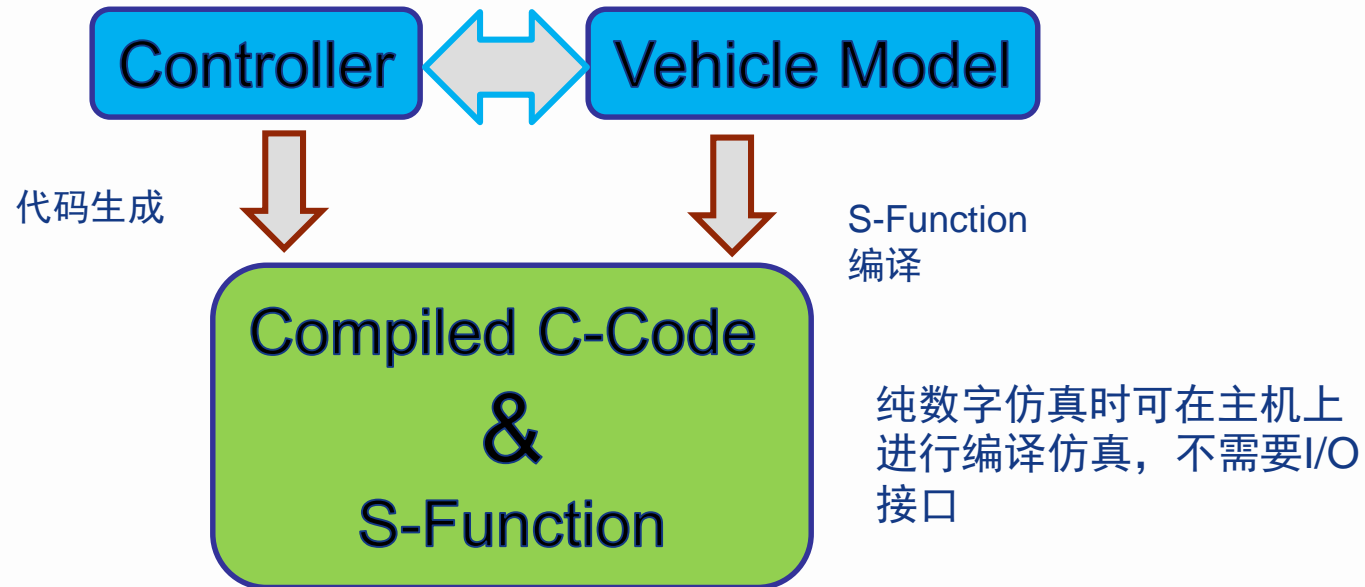
信号的灵活交互

2-Mode Hybrid Electric Vehicle System within Uniform Architecture





- ④ 后向仿真
 - 纯数字仿真
 - 用于验证模型的准确性和控制效果
- ④ 软件在环 (SIL) 测试
 - 实时代码生成

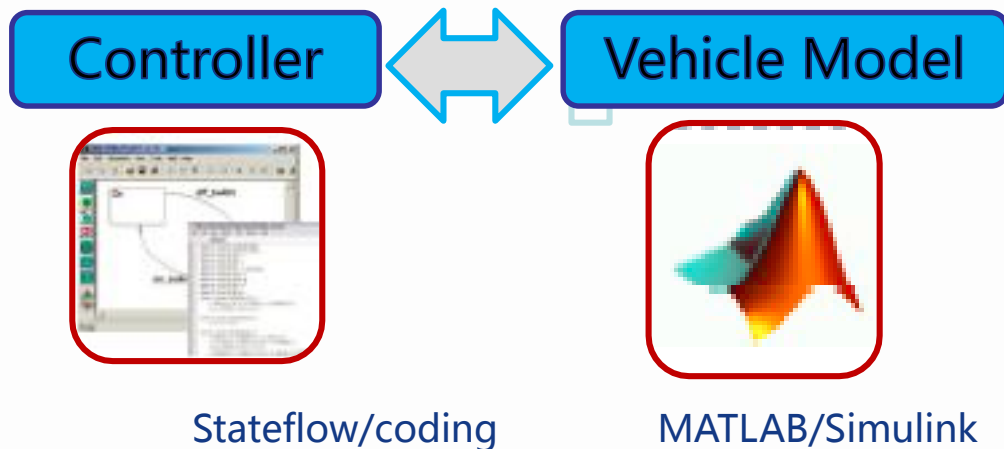




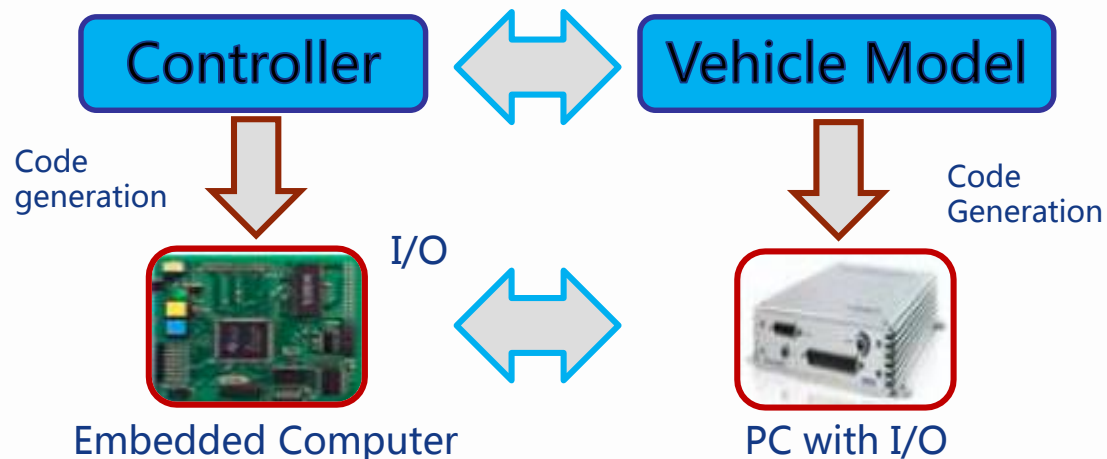
测试仿真中的扩展性

在开发过程的扩展应用

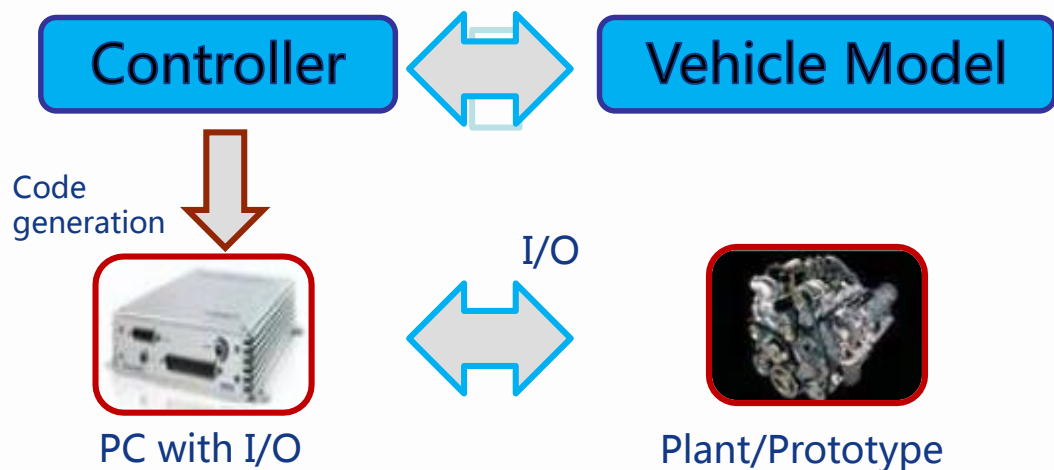
- 数字仿真



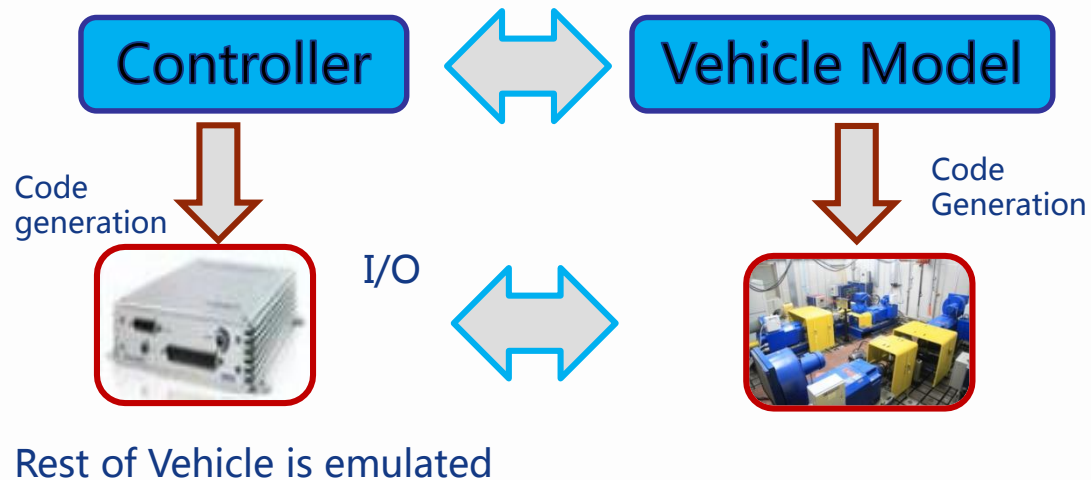
- 硬件在环 (HIL)



- 快速原型



- 台架/实车试验



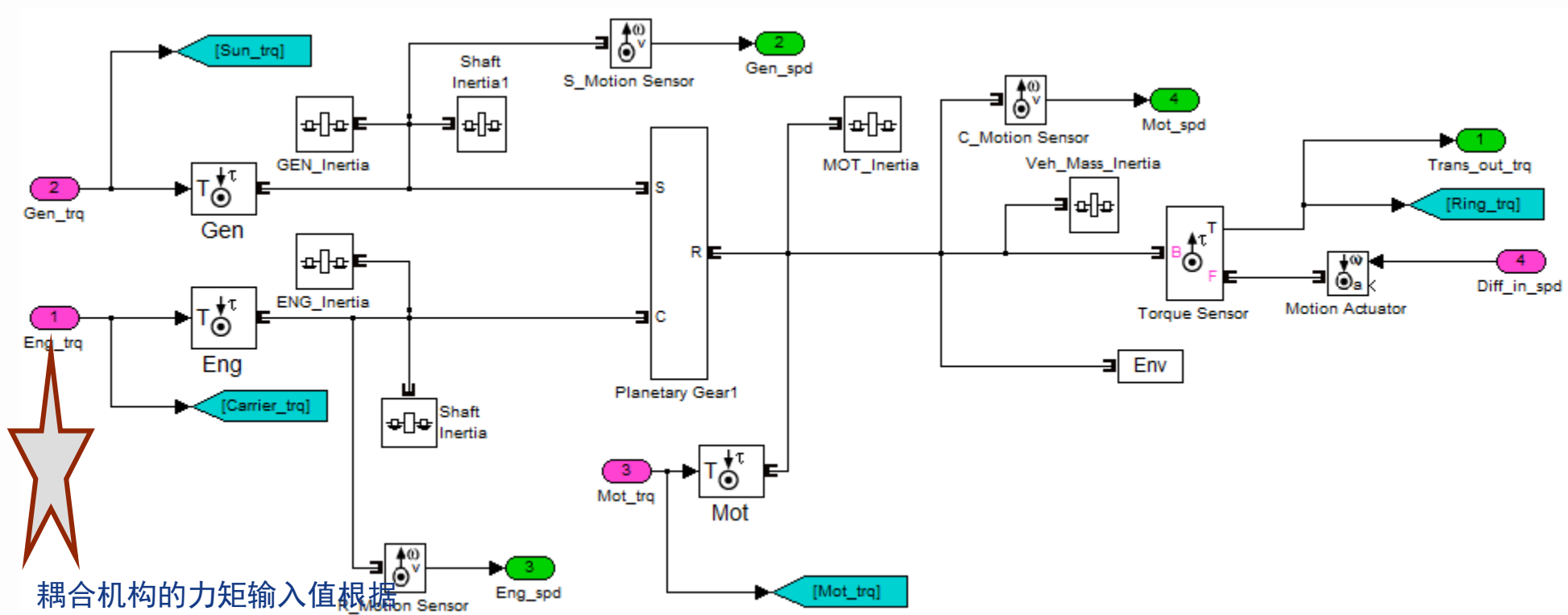


- ④ 开发需求与目标
- ④ 模型介绍
 - 模型的统一架构
 - 信号的灵活交互
 - 适用车型的多样性
 - 测试仿真中的拓展性
- ④ 应用案例
- ④ 总结
- ④ 未来开发工作



丰田混合动力耦合机构 (THS)

➤ 基于MATLAB/SimDriveline建模

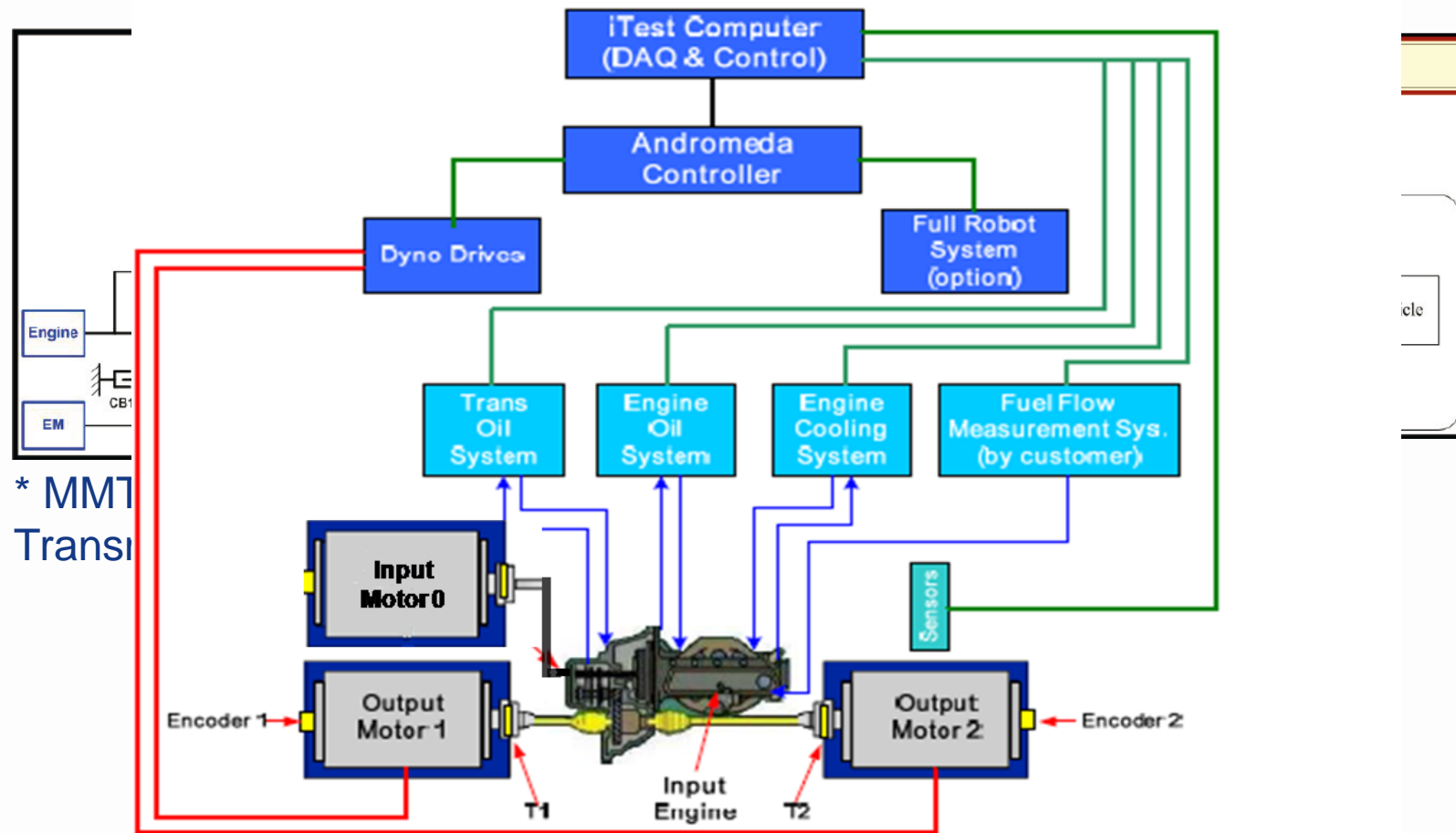


耦合机构的力矩输入值根据实际仿真/测试方案，由仿真模拟或实际传感器信号提供



应用案例 II: MMT 仿真与台架试验

- 一种先进的多模式混合动力变速箱 (Multi-Mode Transmission MMT) 的仿真和台架测试方案



* MMT
Transi

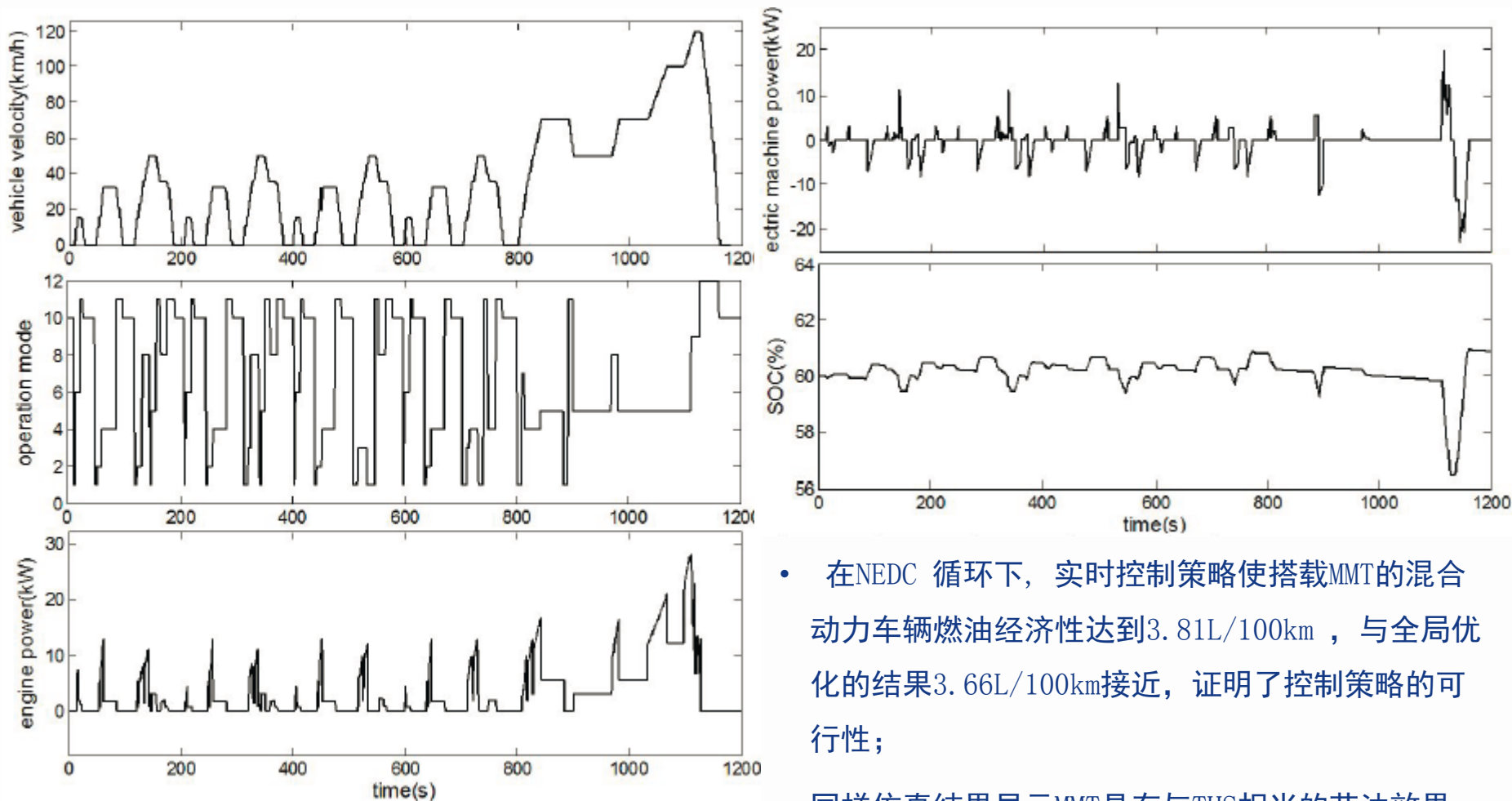
* Zhu F, Chen L, Yin

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2013, 227(1): 1007-1023.

ic vehicle[J].



稳态仿真结果

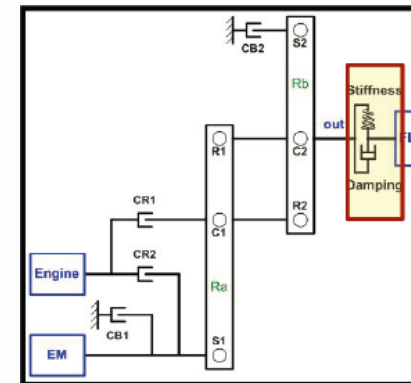
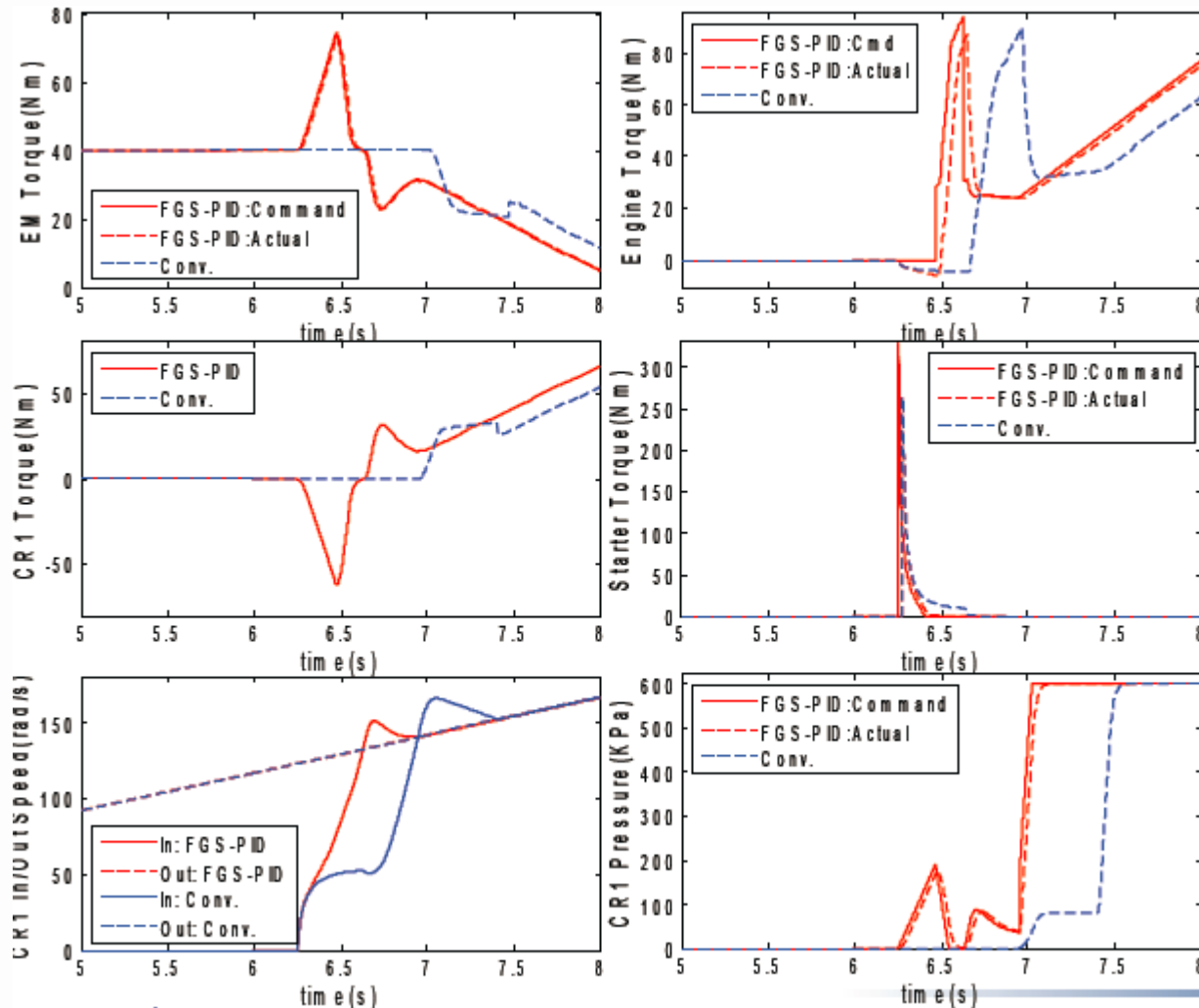


- 在NEDC 循环下，实时控制策略使搭载MMT的混合动力车辆燃油经济性达到3.81L/100km，与全局优化的结果3.66L/100km接近，证明了控制策略的可行性；
- 同样仿真结果显示MMT具有与THS相当的节油效果，并且只采用单电机结构，具有成本较低的优势。

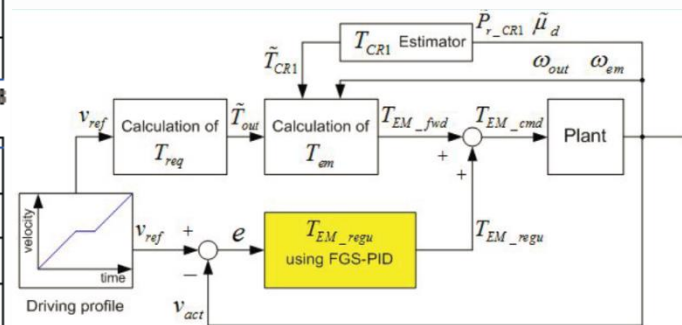


应用案例 II: MMT 仿真与台架试验

瞬态仿真结果



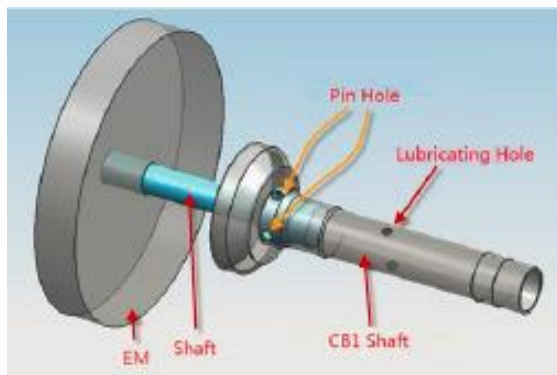
MMT 结构简图



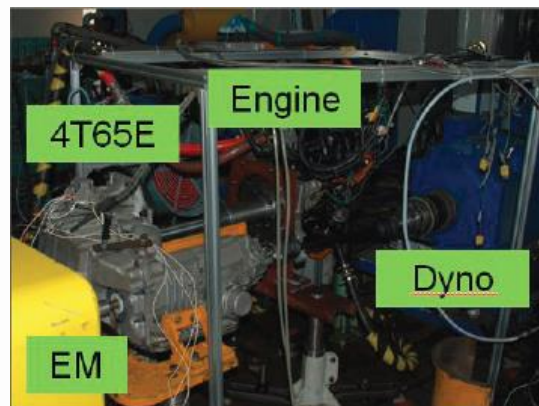
Fuzzy-Gain-Scheduling (FGS) PID 控制原理



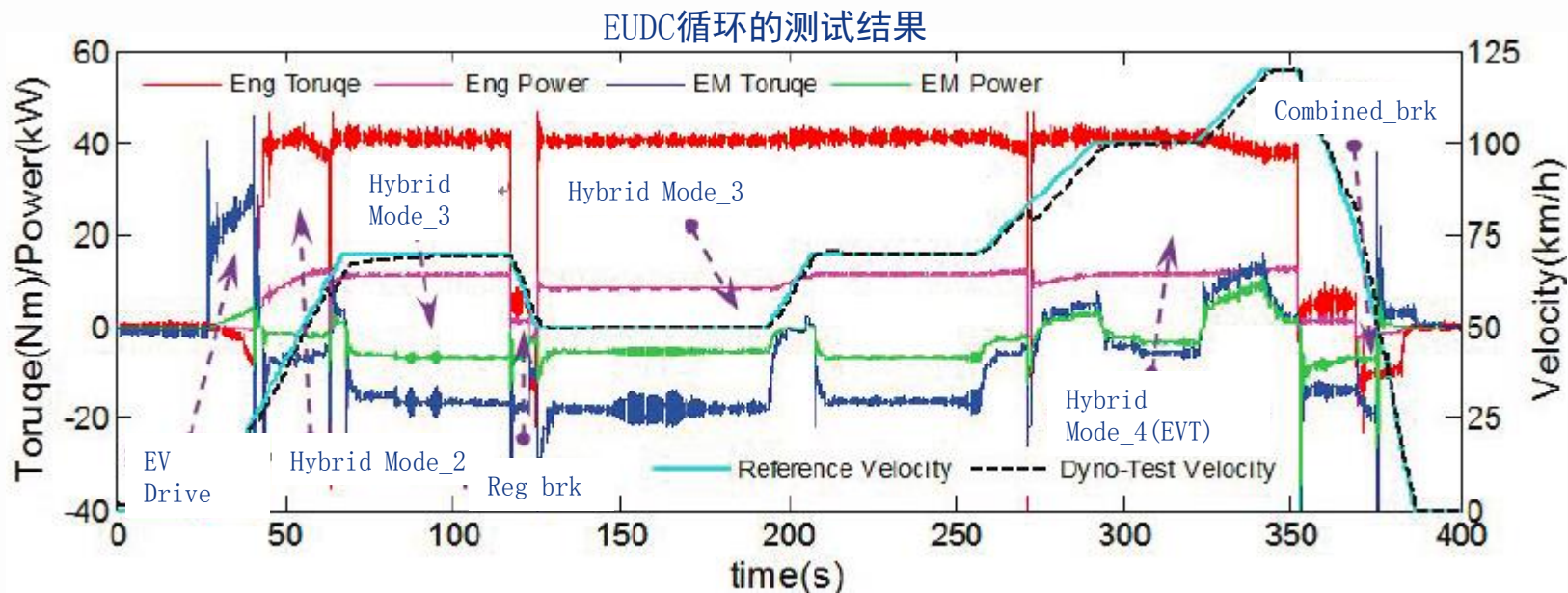
台架测试结果



MMT 基于
4T65E 变速箱
进行机械结构
上的改造



台架试验的
连接方式



台架控制系统模型

- 统一模型架构可以移植到混合动力台架控制系统中
- 用于各种电池/发动机/电机/控制器在环测试
- 非实物部分由仿真模型计算并将响应控制信号输出给台架执行机构
- 台架丰富的传感器信号同样可以作为模型的输入信号





- ④ 开发需求与目标
- ④ 模型介绍
 - 模型的统一架构
 - 信号的灵活交互
 - 适用车型的多样性
 - 测试仿真中的拓展性
- ④ 应用案例
- ④ 总结
- ④ 未来开发工作



总结

- ④ 即插即用的功能使建模平台具有 应对不同车辆架构的 **灵活性**。
- ④ 统一模型架构的**标准化定义**使模型具有更好的**可读性、可修改性和开放性**。
- ④ 统一模型可广泛用于**数字仿真、硬件在环、台架测试方案中**。
- ④ 统一模型在开发过程中节省大量**时间和资源**。
- ④ **MATLAB/Simulink** 及多样的工具链为模型的开发提供了便利的软件环境，便于开发。

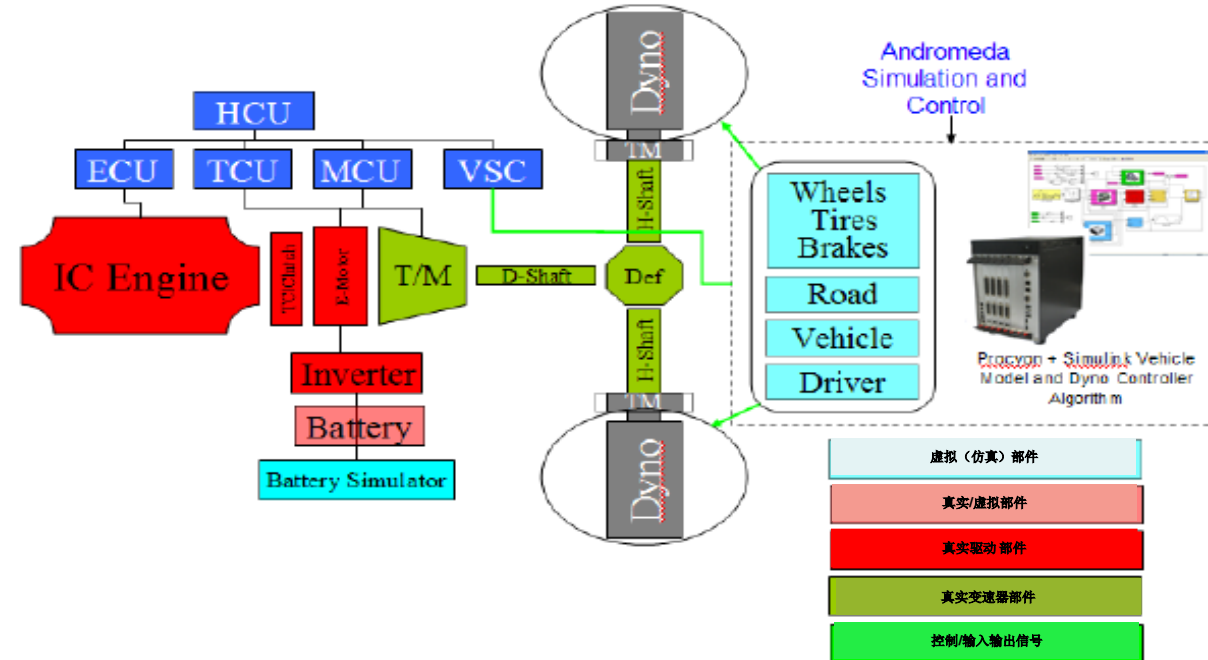


- ④ 开发需求与目标
- ④ 模型介绍
 - 模型的统一架构
 - 信号的灵活交互
 - 适用车型的多样性
 - 测试仿真中的拓展性
- ④ 应用案例
- ④ 总结
- ④ 未来开发工作



未来开发工作

- 丰富不同复杂程度的模型，用于稳态、准稳态、瞬态仿真与优化
- 采用硬件在环等多种测试方案验证模型的准确性
- 完善五测功机混合动力台架控制系统中的仿真模型
- 继续在校企横向合作中完善模型的车辆架构部分和控制部分，形成完整的仿真开发流程，为企业节省开发时间和成本





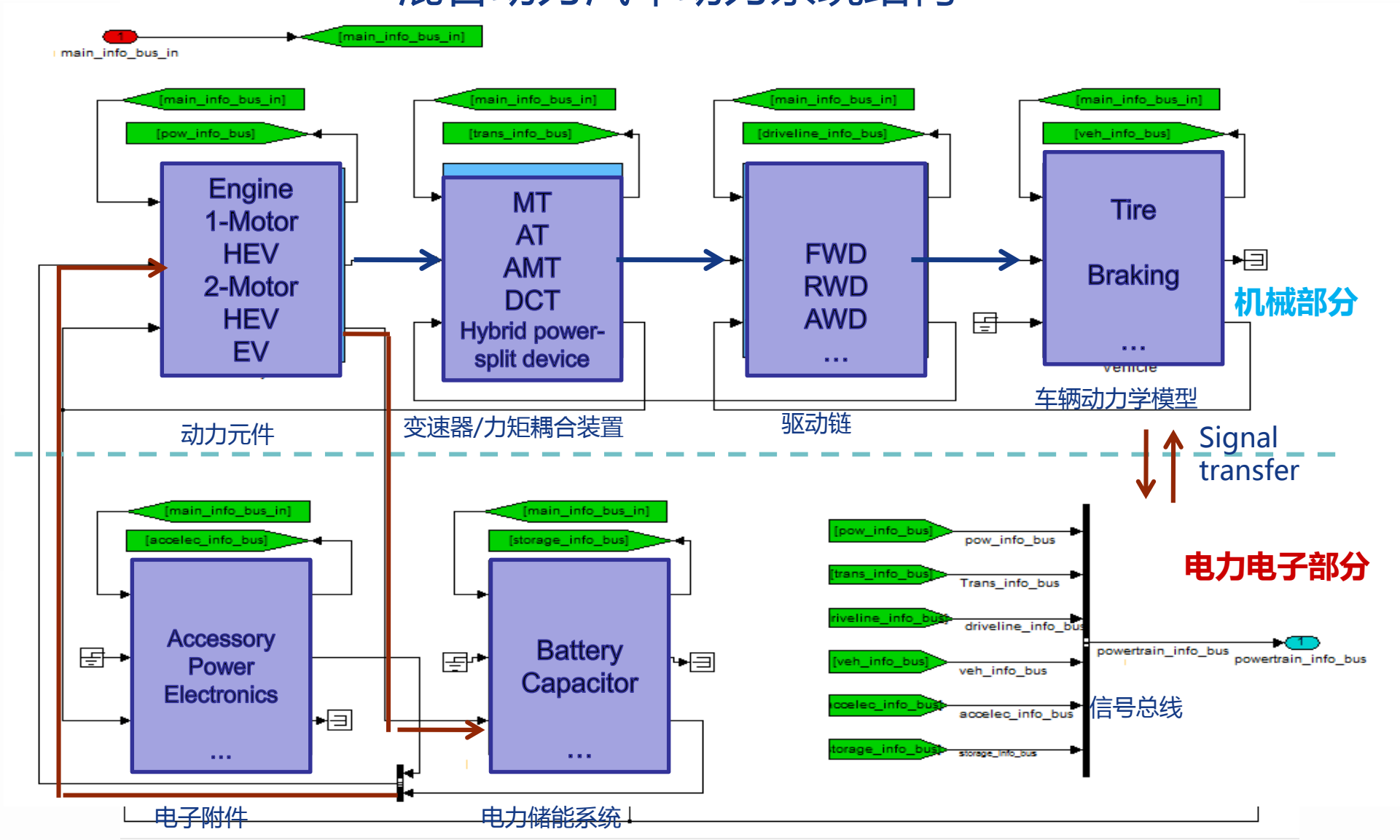
上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

谢谢！



系统结构

混合动力汽车动力系统结构





部件结构

部件结构

- 部件结构设计对应实际车辆上硬件的结构
- 每部分根据仿真精度和速度的要求可进行修改与简化

