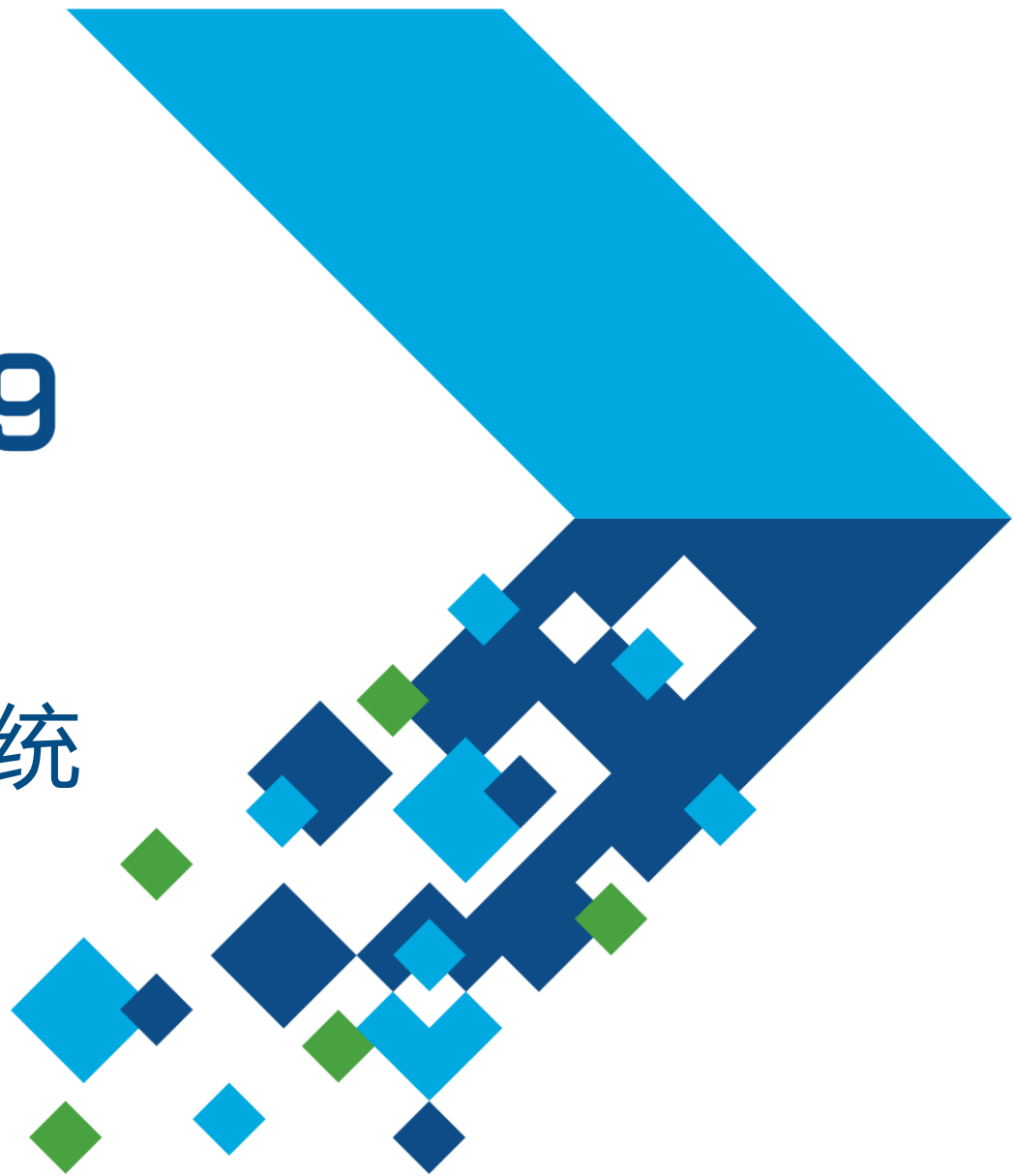


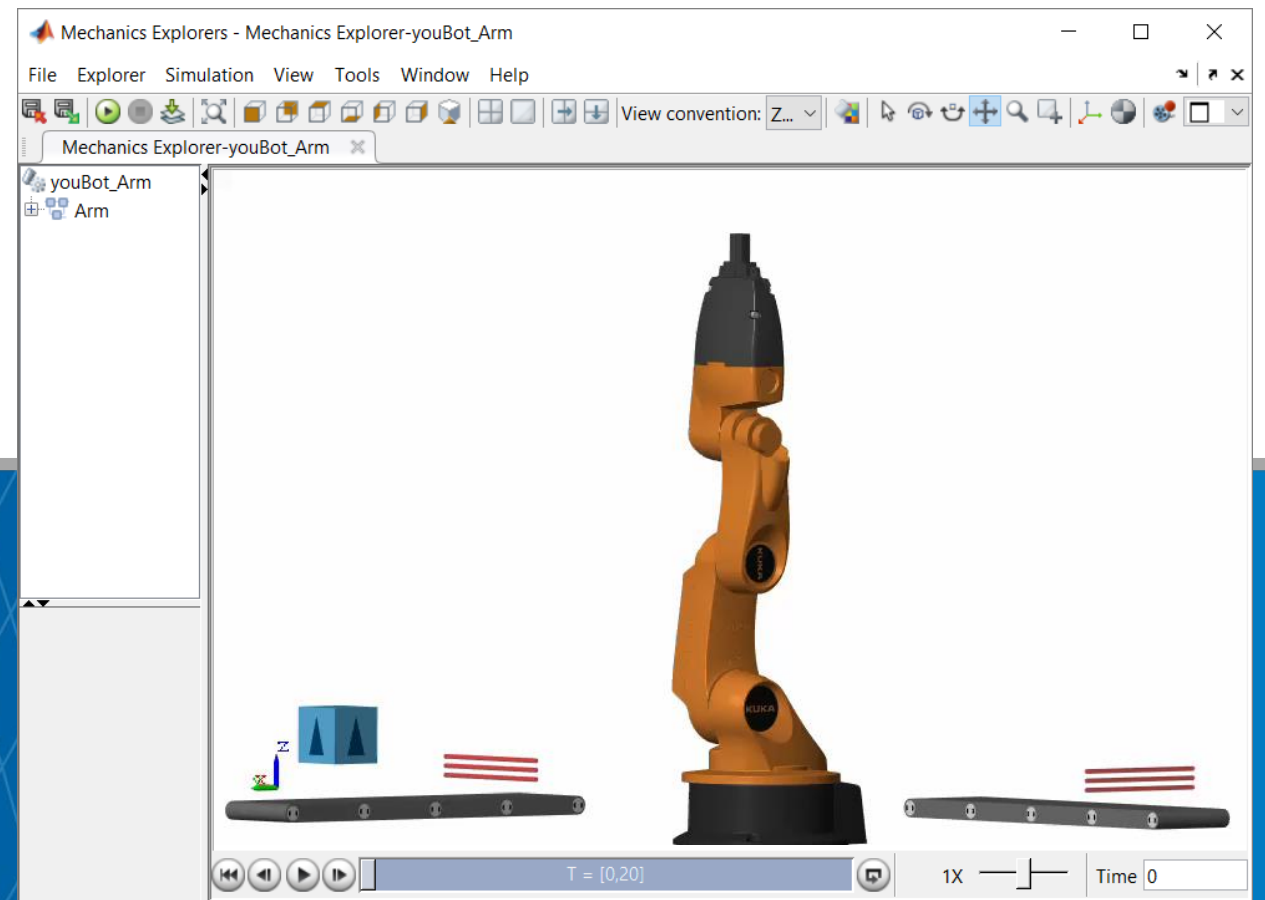
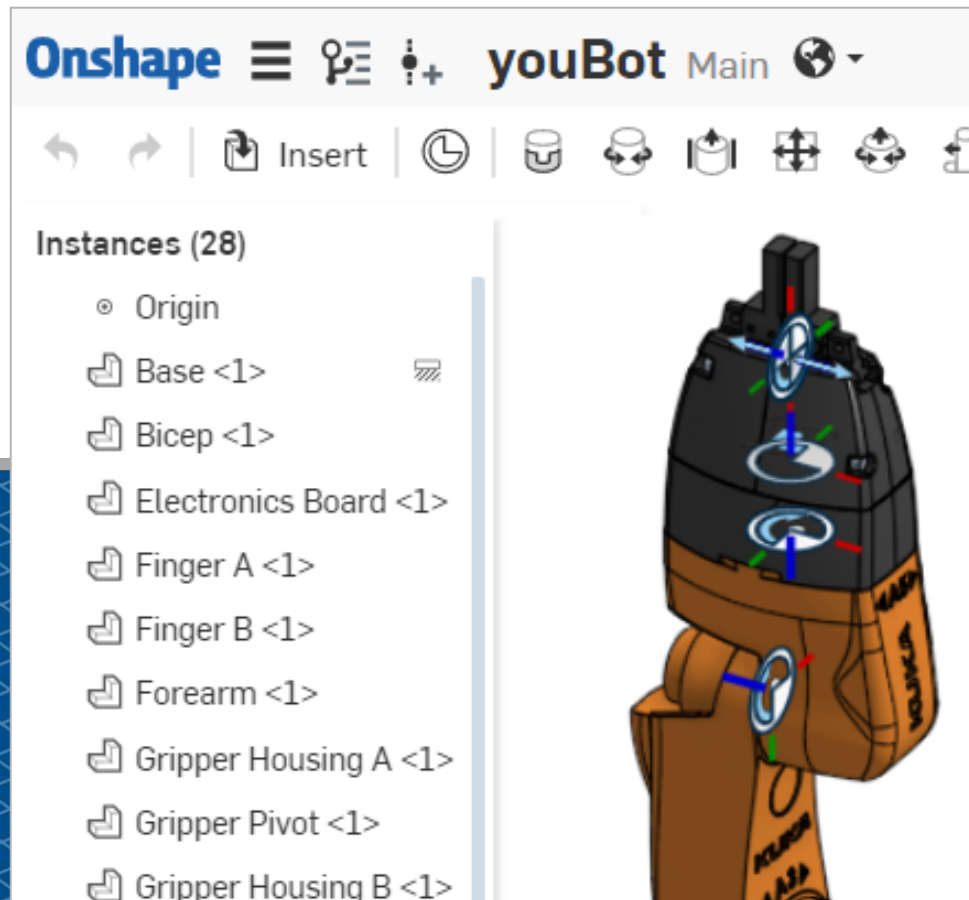
MATLAB EXPO 2019

使用 Simscape 优化机器人系统

胡乐华

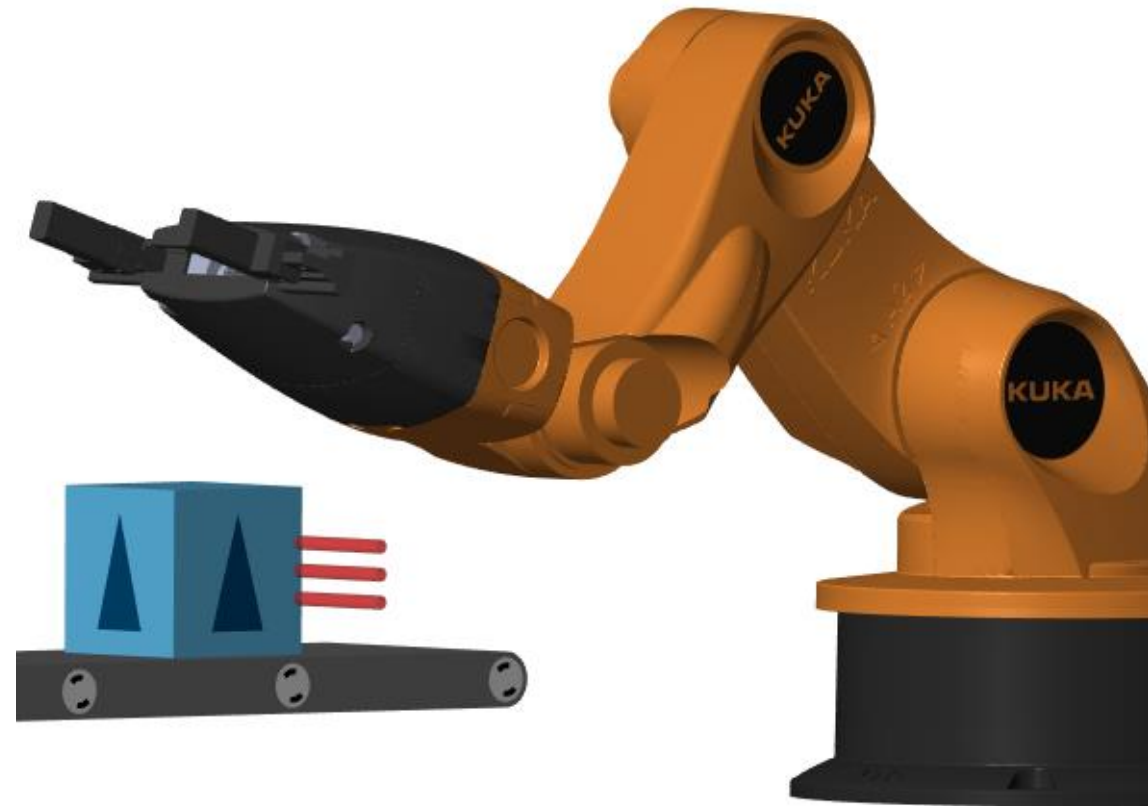


使用 Simscape 优化机器人系统



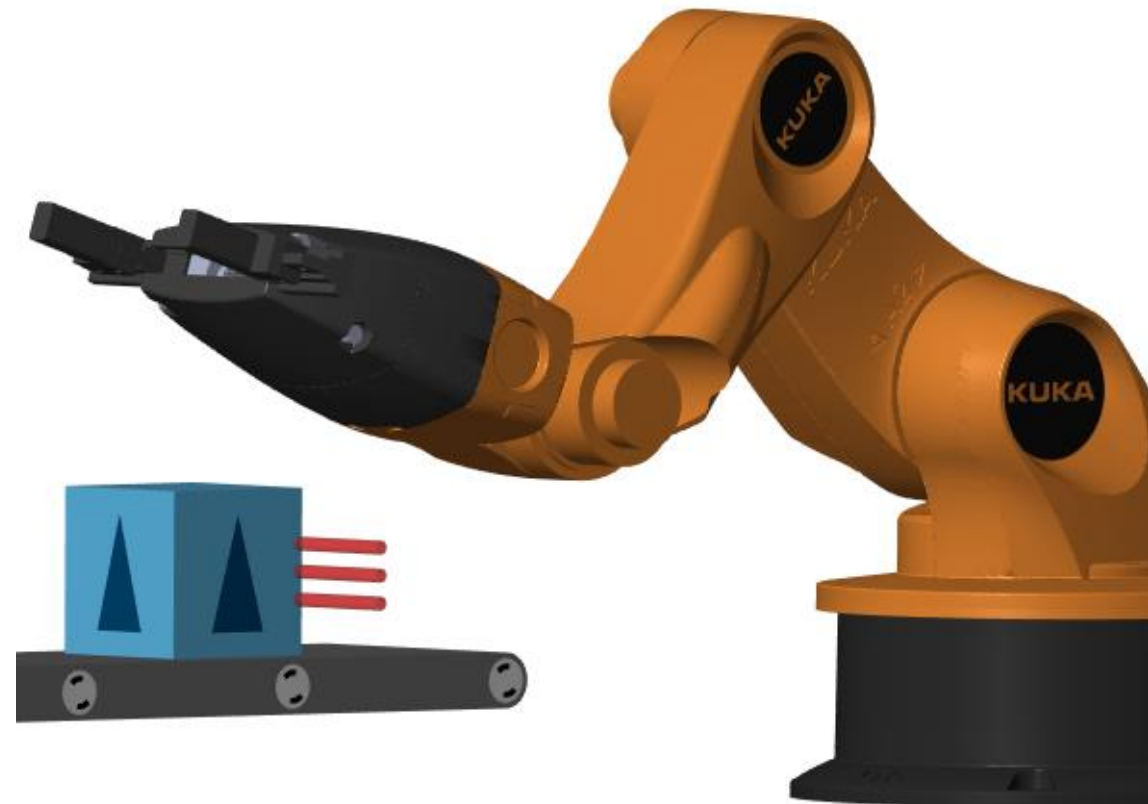
会议内容

- Simscape 和 MATLAB 能让工程师将 CAD 模型和多域系统动态仿真相结合
- 您可以
 1. 优化机械电子系统
 2. 提高系统的整体质量
 3. 缩短开发周期



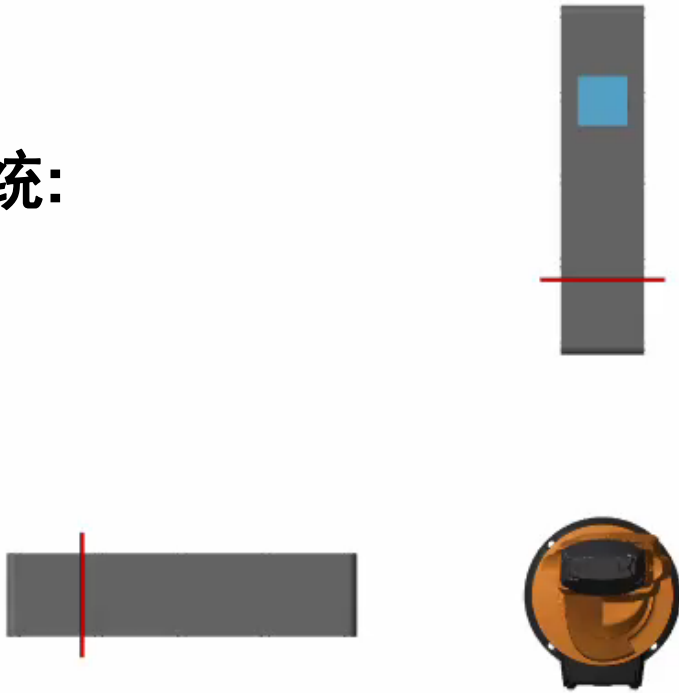
为什么要将 CAD 模型和多域系统动态仿真相结合？

- **更少的机械设计迭代**
因 需求是精确的
- **更少的机械原型**
因 早期发现问题
- **更少的系统费用**
因 虚拟样机设计
- **更少的系统停机时间**
因 系统使用仿真进行调试



设计挑战

系统:

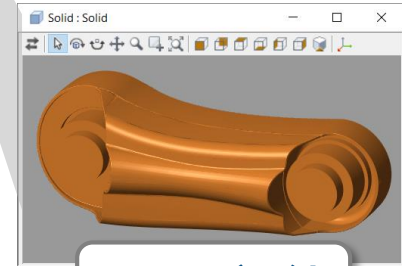
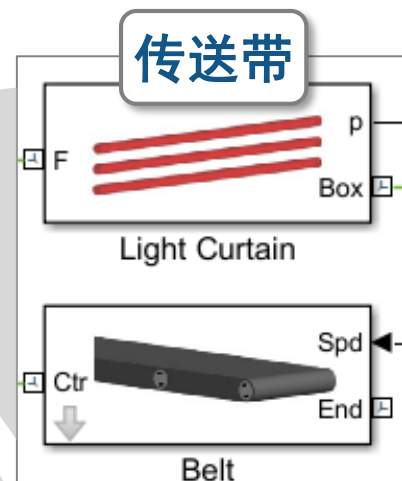
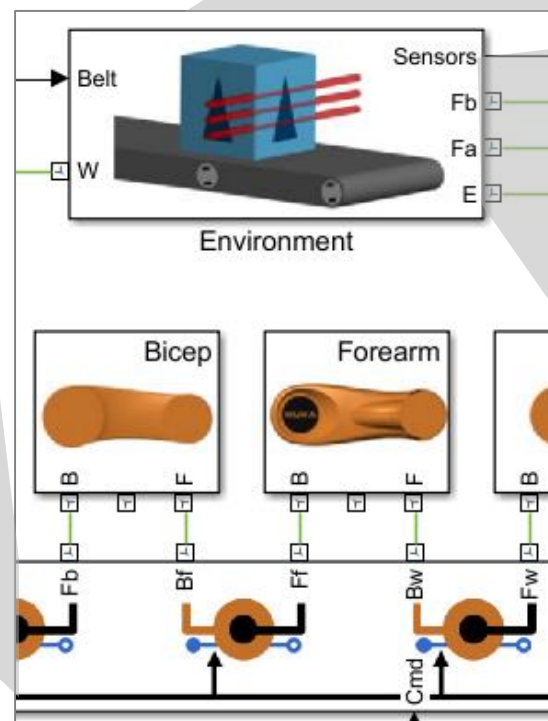
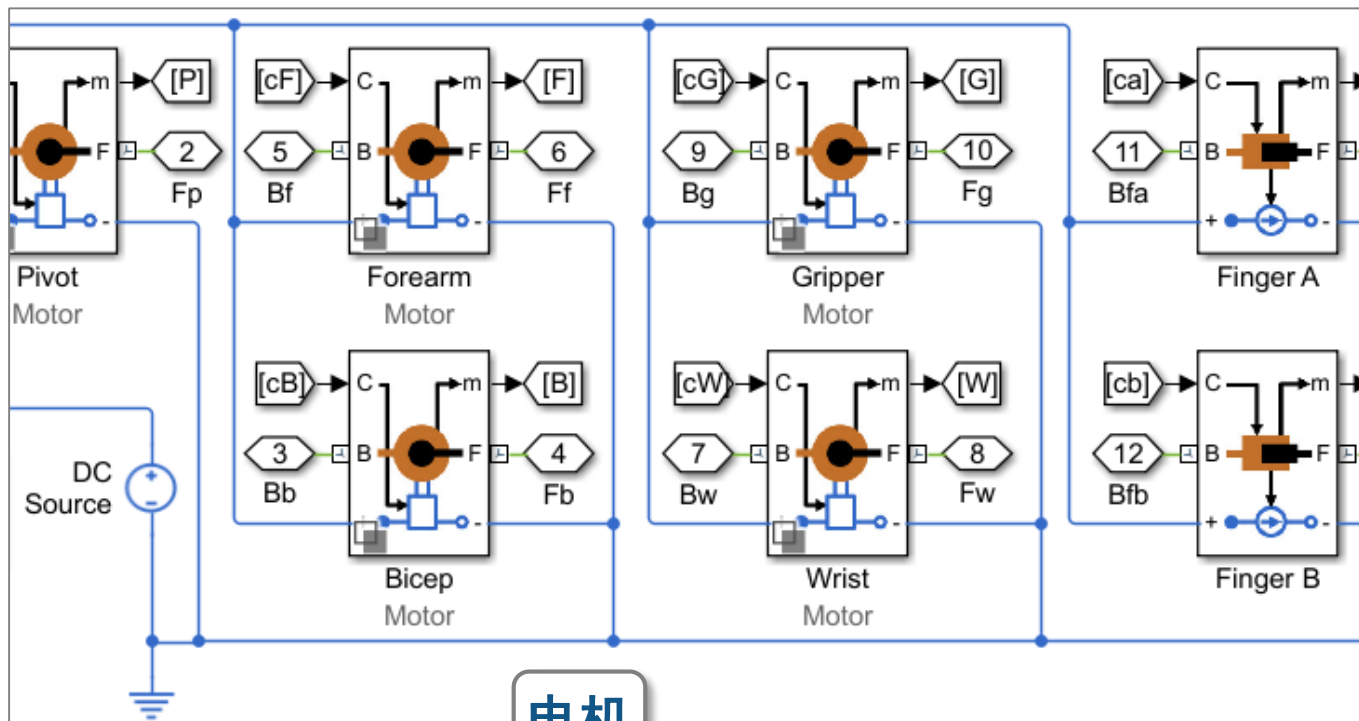
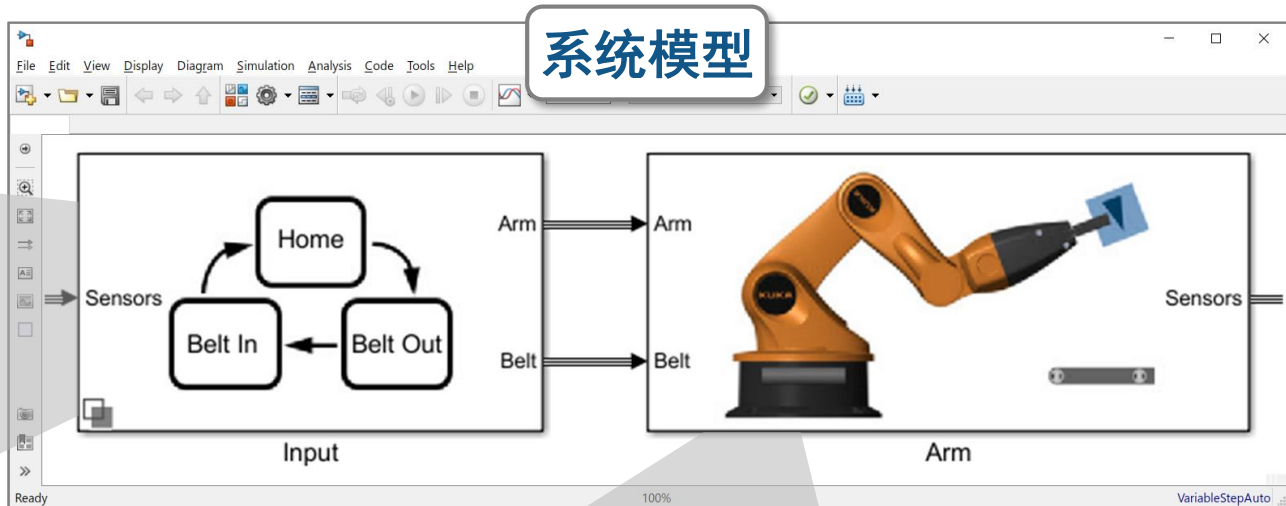
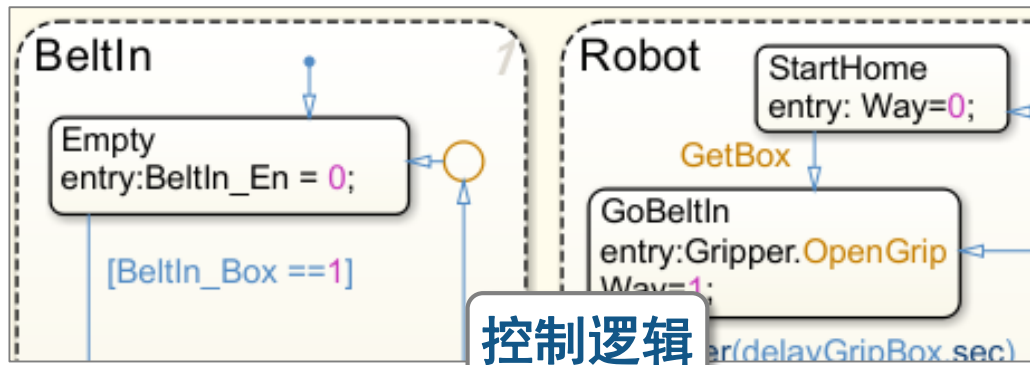


1. 导入 CAD 模型
2. 确定电机需求
3. 集成驱动器
4. 最小化功耗
5. 开发控制逻辑

挑战：选择电机，为机器人和传送带设计控制器。

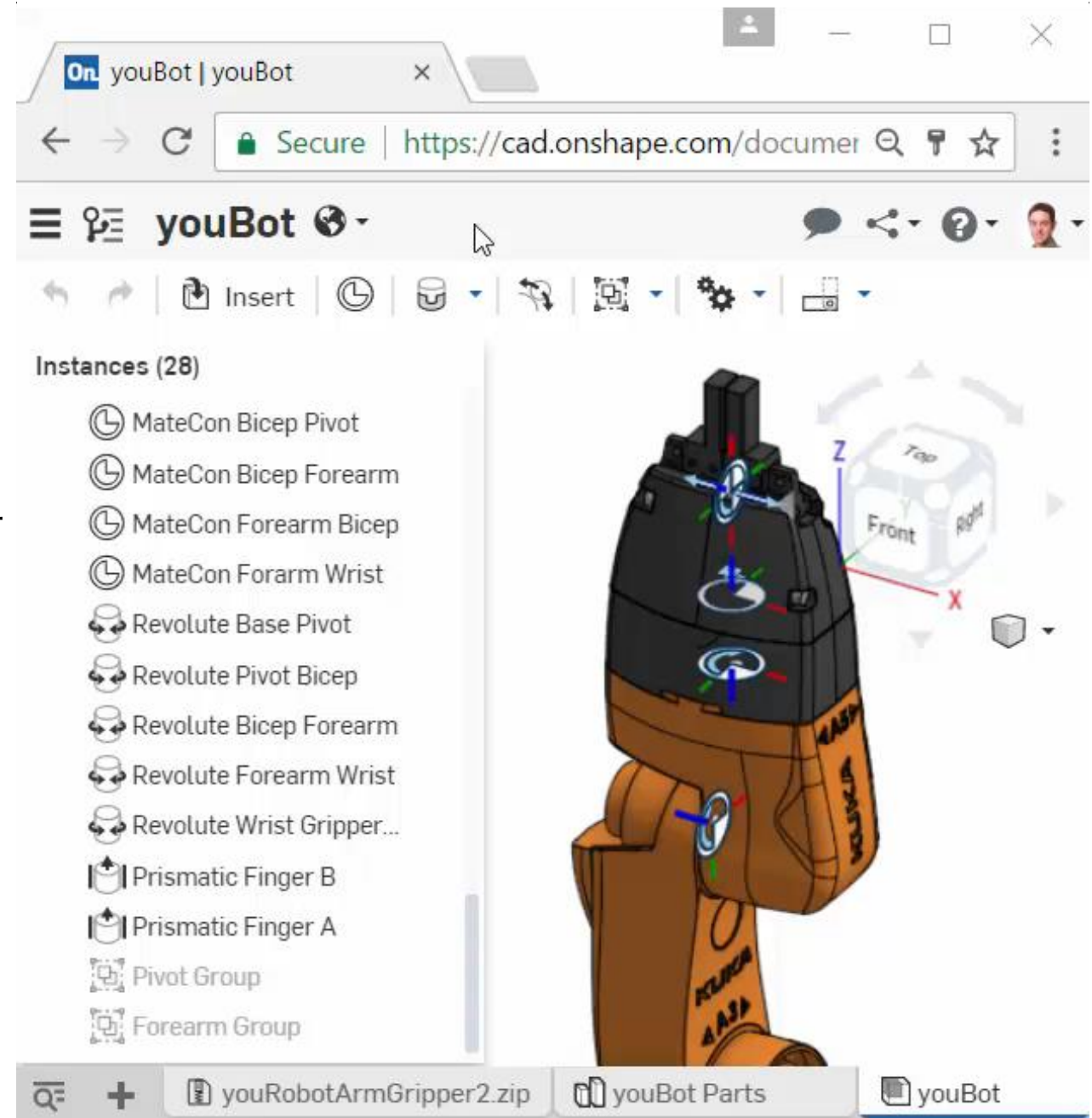
解决方案：将 CAD 模型导入到 Simscape 中，通过仿真来定义驱动器需求和控制逻辑。

系统模型



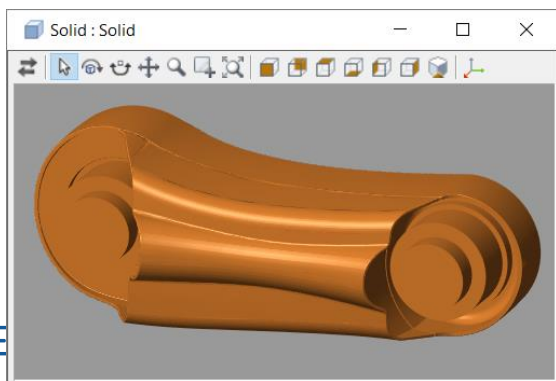
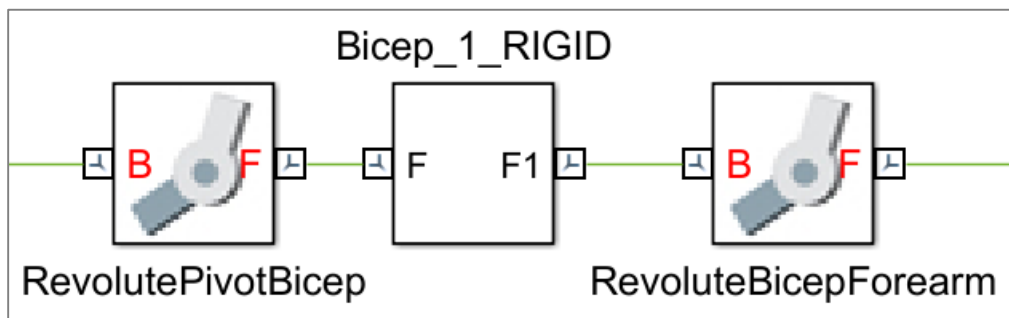
Kuka 机器人

- 5个自由度、1只“手”
- 在机械设计软件中直接定义关节
 - 与Simscape仿真中的约束建立精确映射
- 系统工程师能在动态仿真中重复使用机械设计

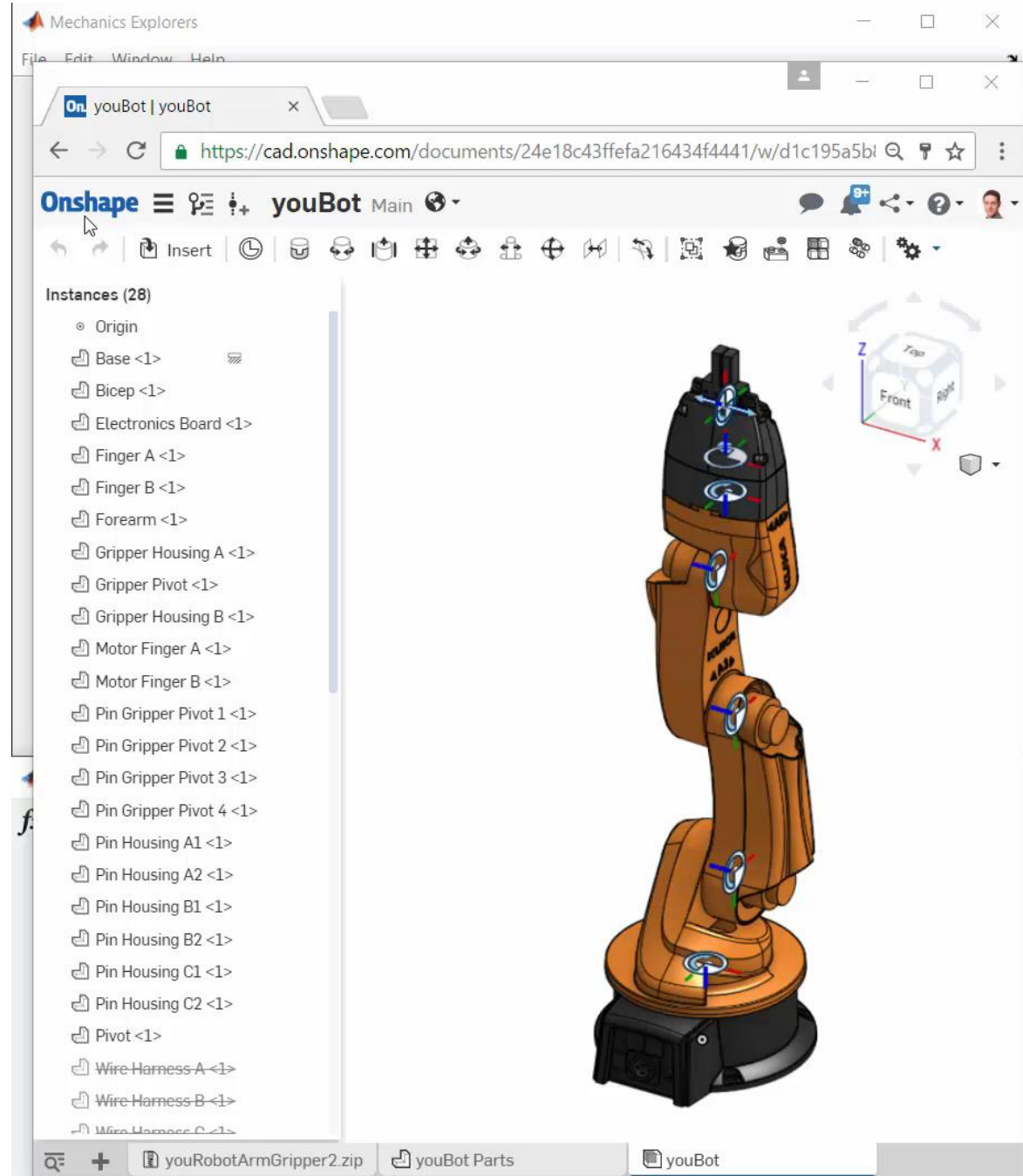


1. 导入 CAD 模型

- 将 CAD 部件转化为 Simulink 中使用的动态仿真模型
 - 质量、转动惯量、几何尺寸和关节

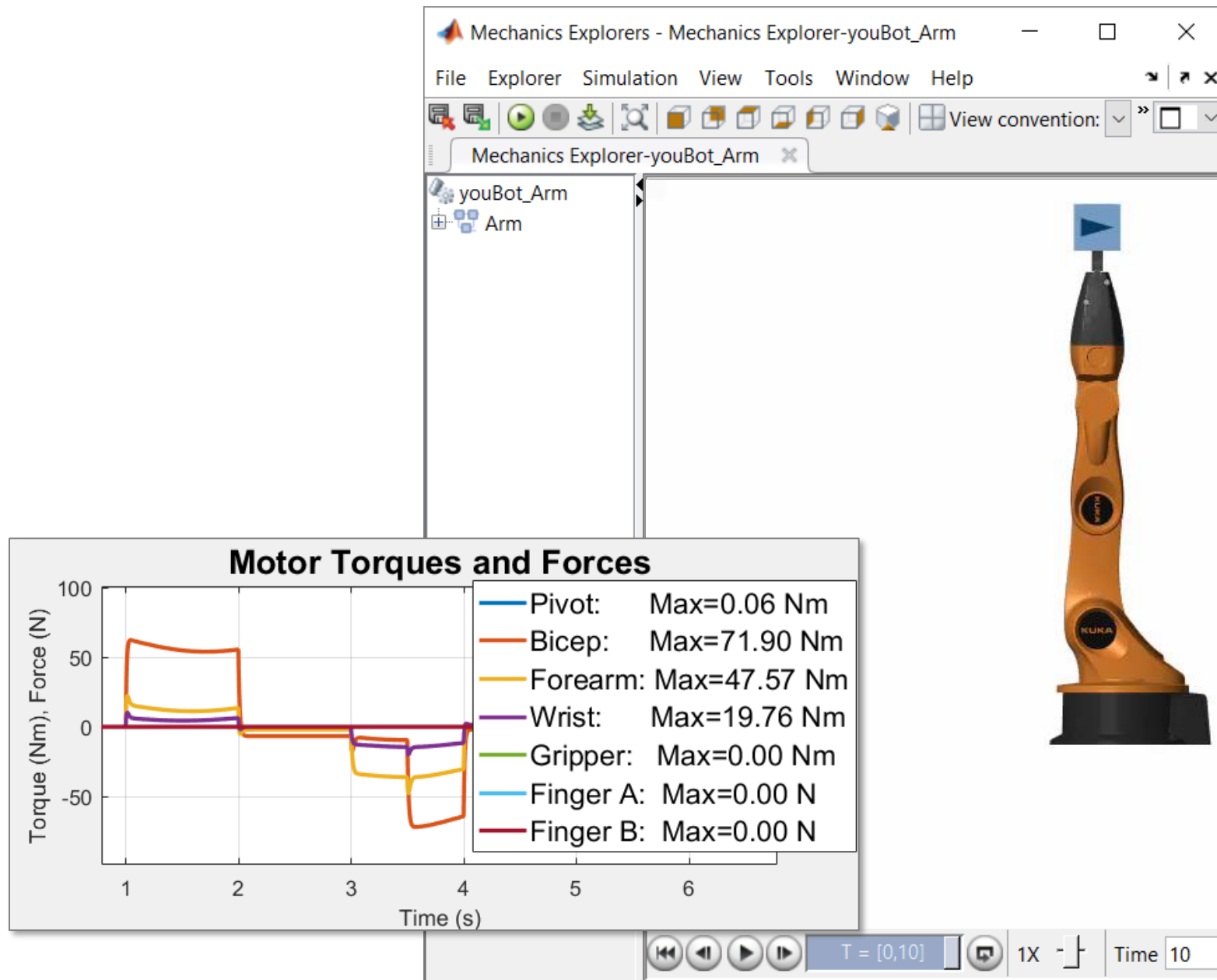


MATLAB E



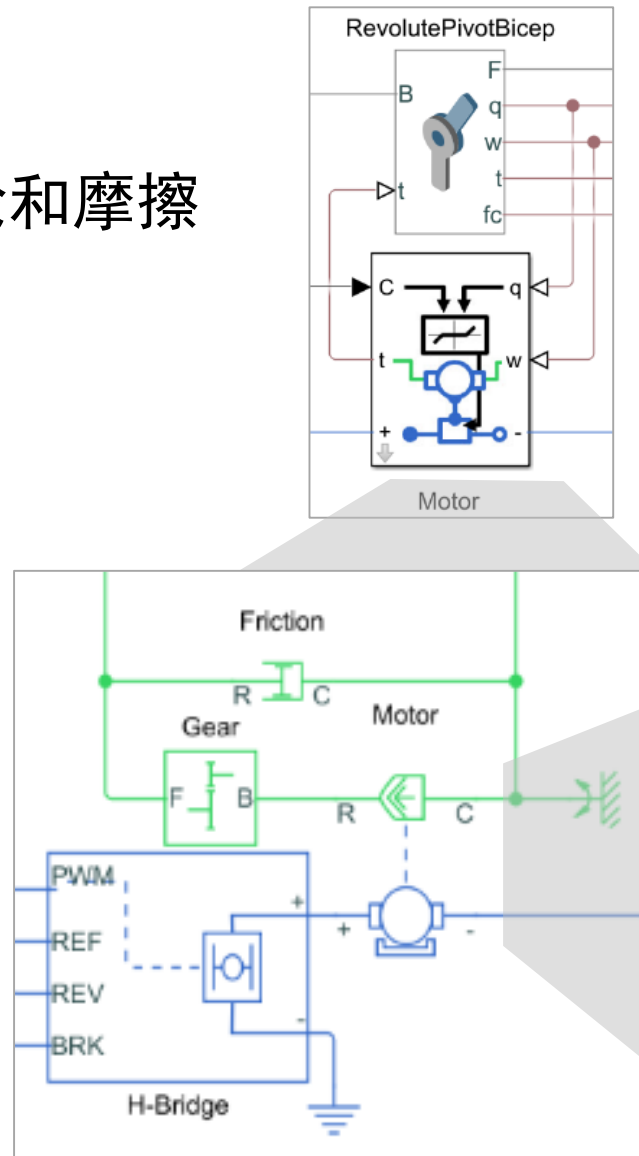
2. 确定电机需求

- 定义并运行一组测试
 - 最大化商载、速度
 - 最差情况下的摩擦级别
 - 全范围运动
- 通过仿真计算需要的力矩和支撑力
- 若有设计变更重新运行测试、评估结果



3.集成驱动器

- 添加电机、驱动电路、齿轮和摩擦
- 根据力矩需求选择电机
- 从数据表中直接选择参数



Motor Data

251601

Characteristics

Terminal resistance	Ω	0.978
Terminal inductance	mH	0.573
Torque constant	mNm / A	33.5
Speed constant	rpm / V	285
Speed / torque gradient	rpm / mNm	8.32
Mechanical time constant	ms	11.8
Rotor inertia	gcm ²	135

Electrical Torque

Mechanical

Model parameterization:	Circuit parameters	
Armature resistance:	0.978	Ohm
Armature inductance:	0.573	mH
Torque constant:	33.5	mN*m/A

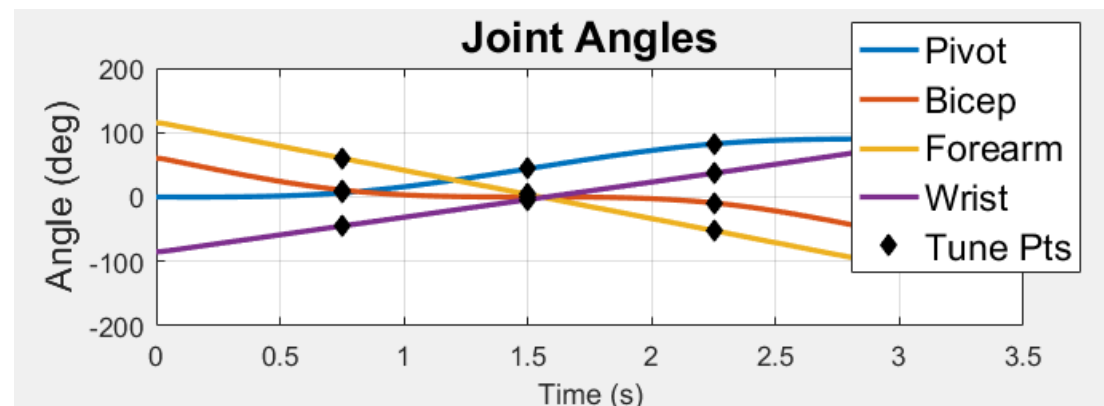
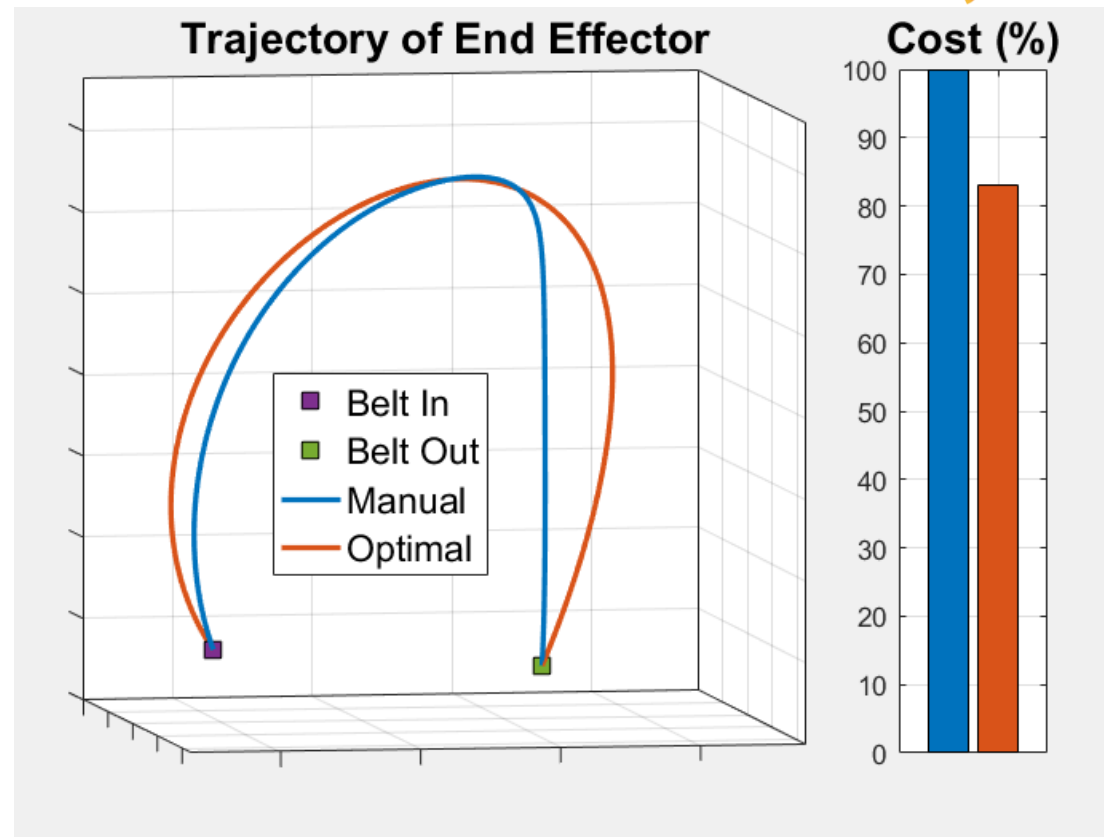
4. 最小化功耗

模型:

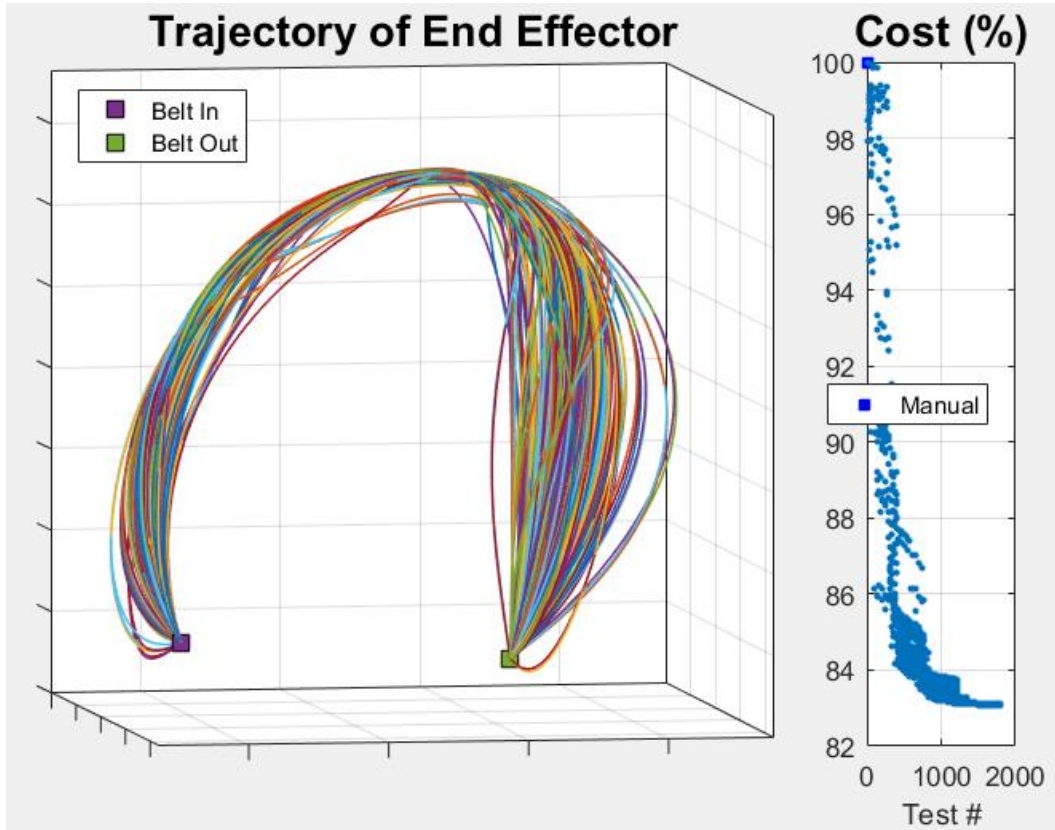


挑战: 确定机械臂的运动路线，达到最小功耗。

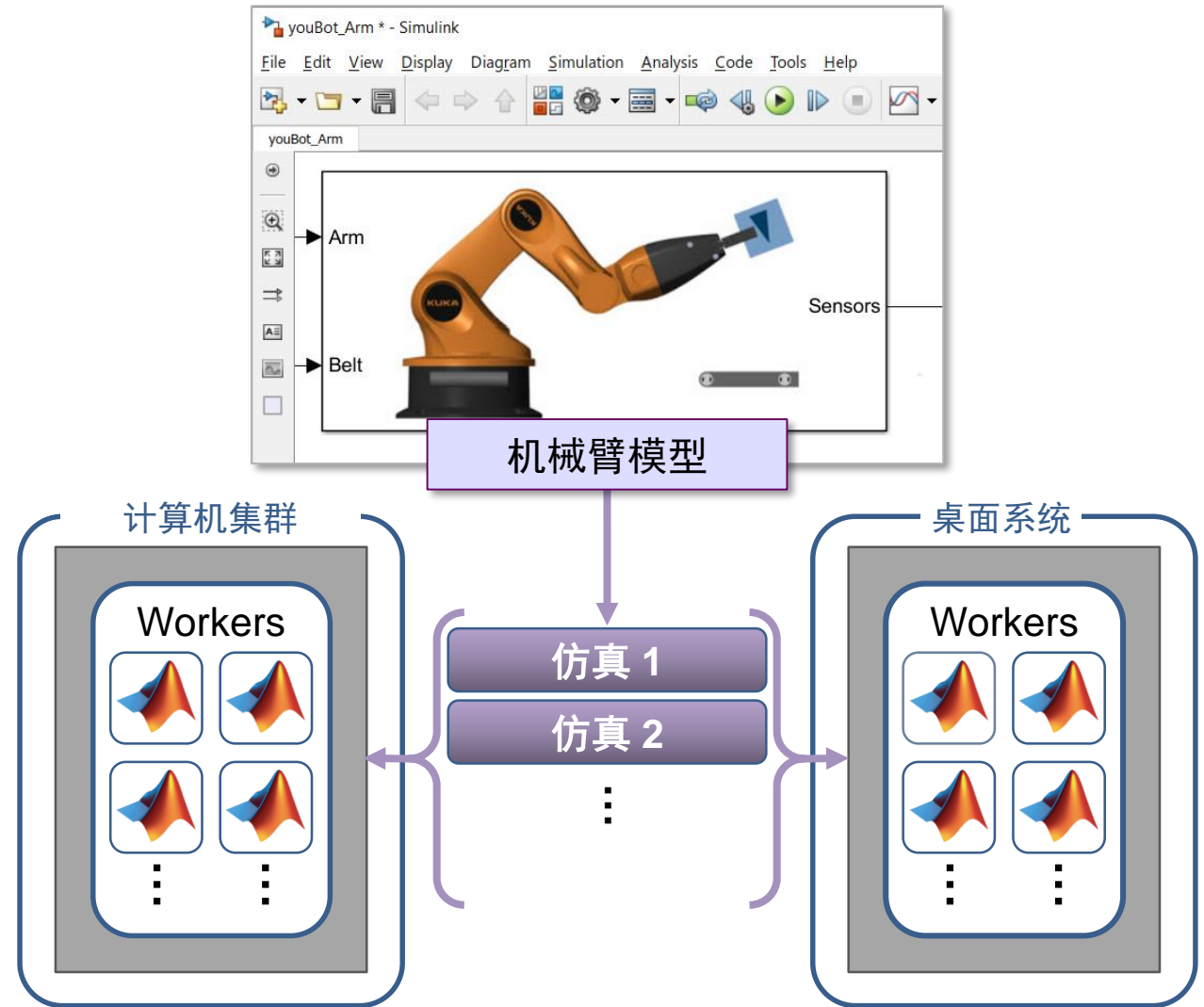
解决方案: 通过动态仿真，计算功耗并使用优化算法调整运动路线。



使用并行计算加速设计迭代



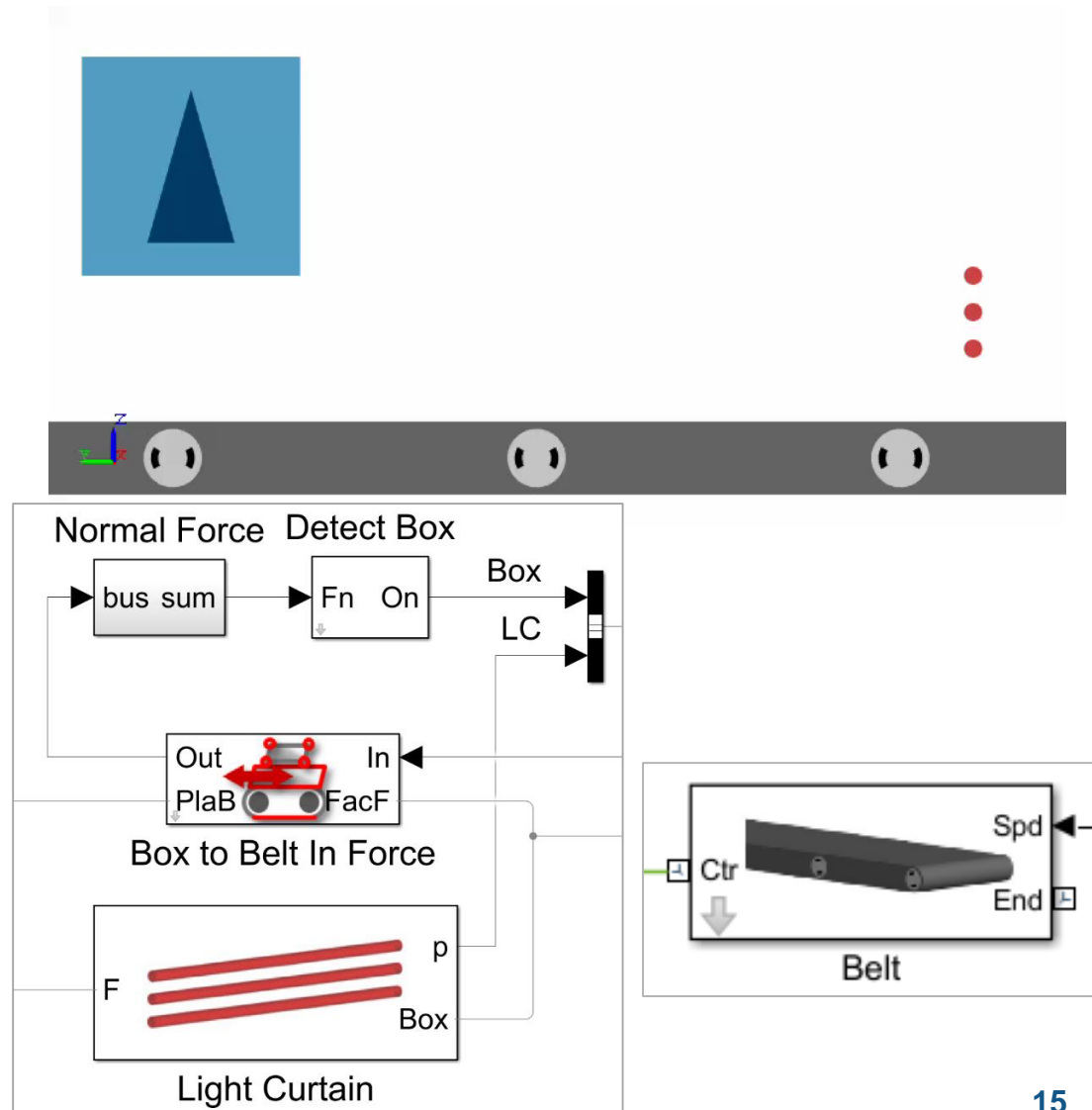
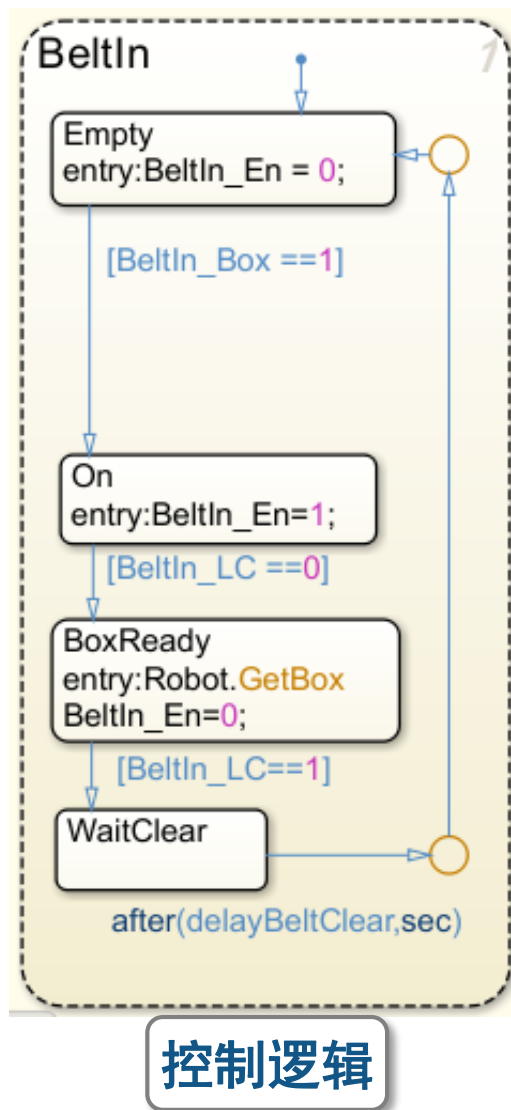
2000次仿真优化



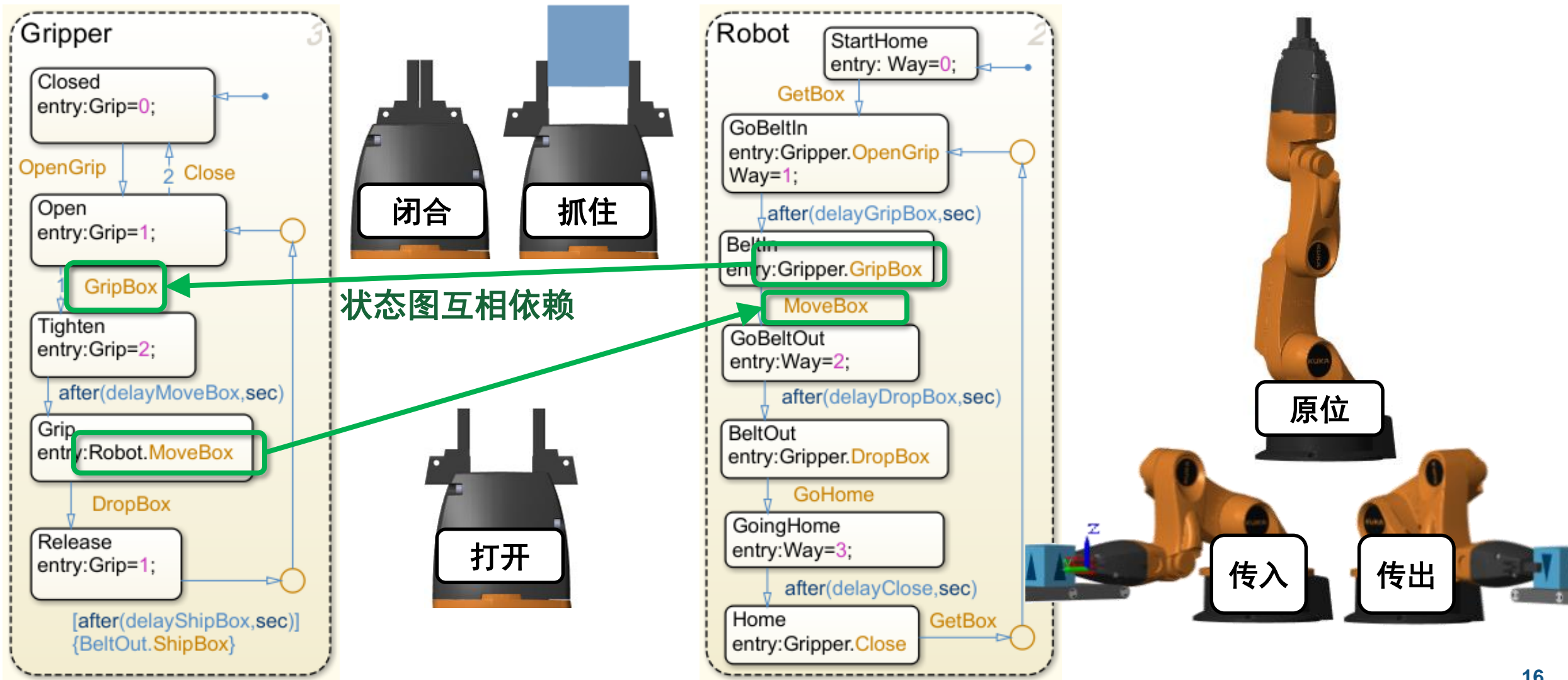
并行运行仿真，加速测试过程

5. 设计机械臂和传送带控制逻辑

- 确定模型中系统事件的数量
- 使用状态机设计逻辑
- 使用逻辑的输出控制系统部件的模型



5. 设计机械臂和传送带控制逻辑



5. 设计机械臂和传送带控制逻辑

Stateflow (chart) youBot_Arm/Input/Control/Logic* - Simulink

File Edit View Display Chart Simulation Analysis Code Tools Help

Logic

BeltIn

- Empty (entry: BeltIn_En = 0;)
- On (entry: BeltIn_En = 1;)
- BoxReady (entry: Robot.GetBox, BeltIn_En = 0;)
- WaitClear (after: delayBeltClear, sec)

Robot

- StartHome (entry: Way = 0;)
- GoBeltIn (entry: Gripper.OpenGrip, Way = 1;)
- BeltIn (entry: Gripper.GripBox)
- GoBeltOut (entry: Way = 2;)
- BeltOut (entry: Gripper.DropBox)
- GoingHome (entry: Way = 3;)
- Home (entry: Gripper.Close)

Gripper

- Closed (entry: Grip = 0;)
- Open (entry: Grip = 1;)
- Tighten (entry: Grip = 2;)
- Grip (entry: Robot.MoveBox)
- Release (entry: Grip = 1;)

BeltOut

- Empty (entry: BeltOut_En = 0;)
- WaitRelease
- On (entry: BeltOut_En = 1;)
- BoxReady (entry: Robot.GoHome, BeltOut_En = 0;)
- WaitClear (after: delayBeltClear, sec)

Mechanics Explorers - Mechanics Explorer-youBot_Arm

File Explorer Simulation View Tools Window Help

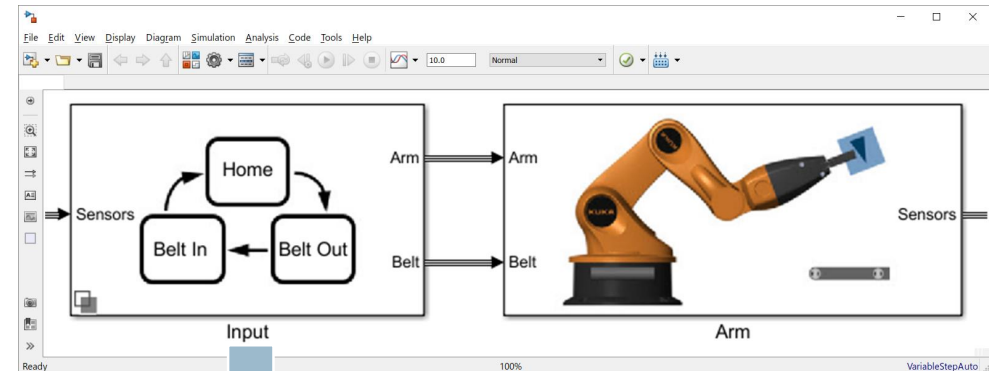
Mechanics Explorer-youBot_Arm

0% 1X Time 0

Running 100% ode15s

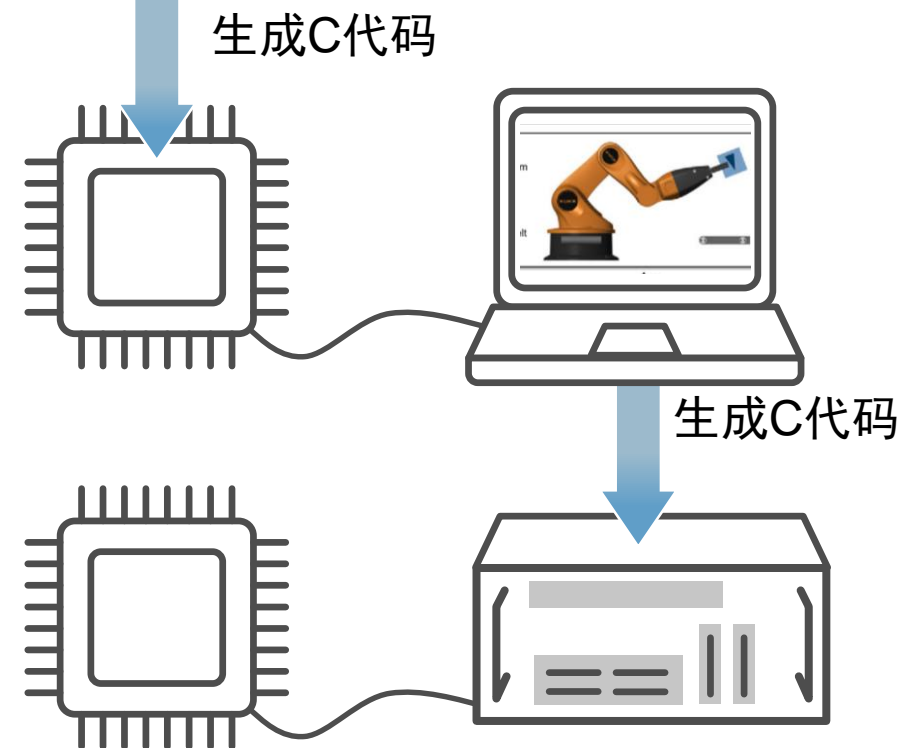
测试产品级控制软件

- 将算法自动生成产品级代码
 - C 代码, 满足IEC 61131-3
- 增量测试每一个转换步骤的影响
 - 定点数计算
 - 控制器定时延迟
- 使用同样的被控对象模型
 - 无需昂贵的硬件样机进行测试



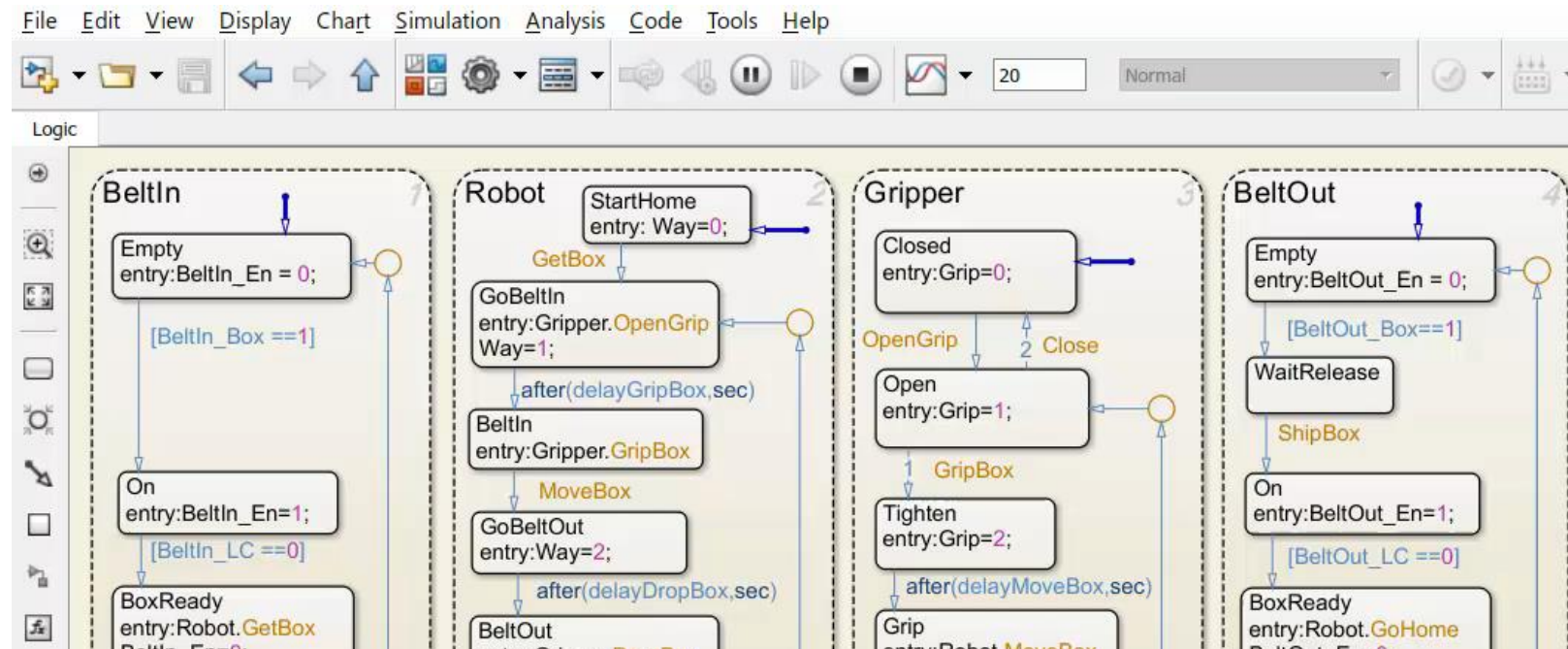
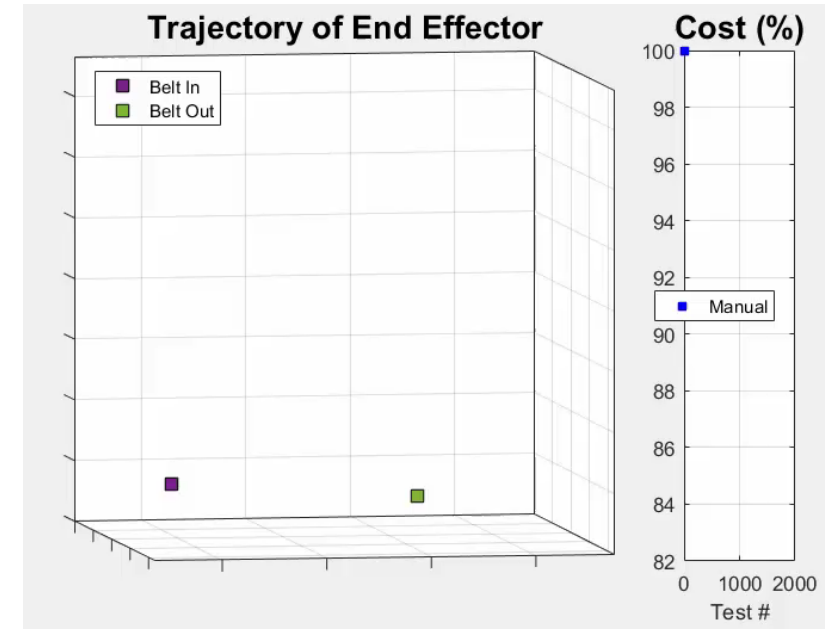
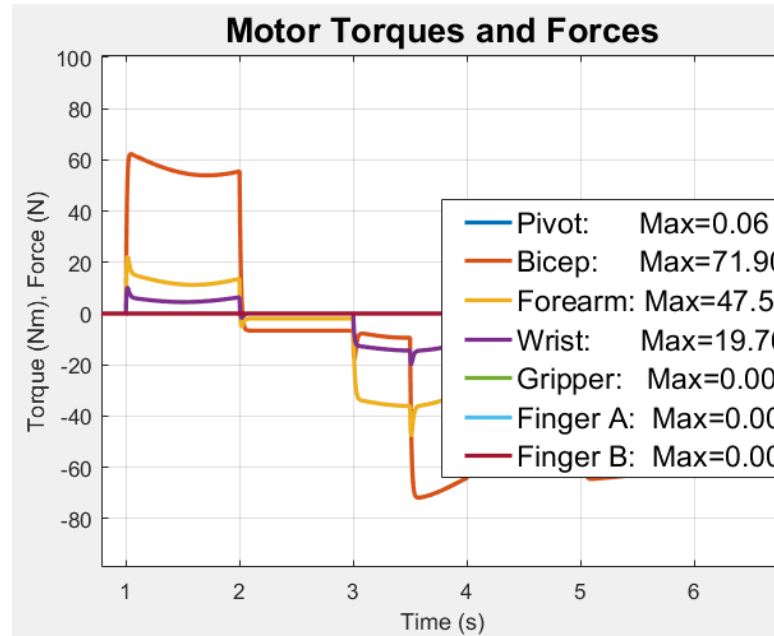
处理器在环
(PIL)

硬件在环
(HIL)



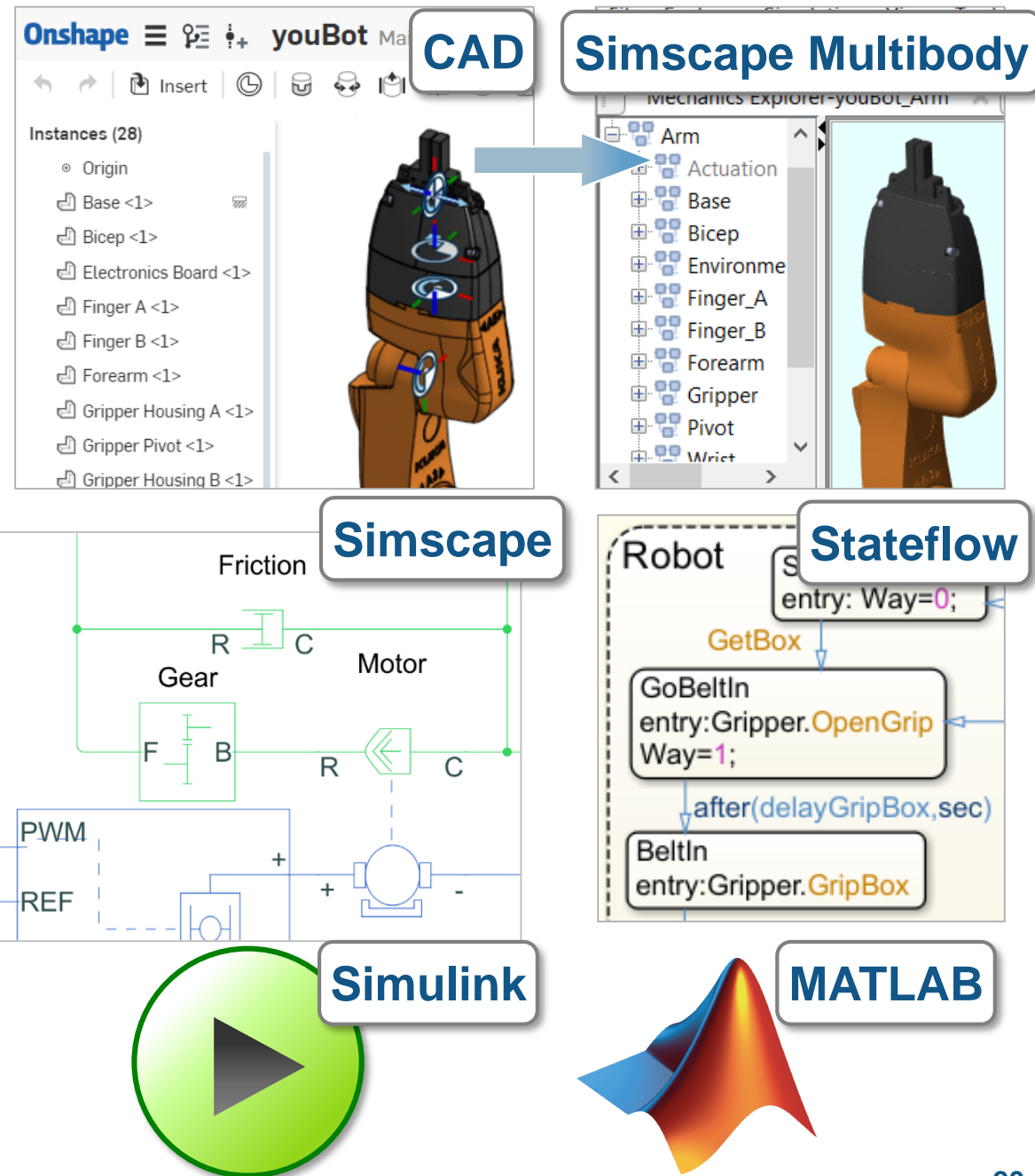
展示内容包括

- 确定驱动系统的需求
- 使用优化算法最小化功耗
- 使用动态仿真设计、测试和验证控制逻辑行为



如何实现

- 使用 Simscape Multibody 将 CAD 模型转换为动态仿真模型
- 使用 Simscape 添加电机模型，使用 Stateflow 添加控制逻辑
- 在 Simulink 中动态仿真
- 使用 MATLAB 优化系统



总结

- Simscape 和 MATLAB 能让工程师将 CAD 模型和多域系统动态仿真相结合
- 您可以得到以下结果:
 1. 优化机械电子系统
 2. 提高系统的整体质量
 3. 缩短开发周期

