

## 实验五 直流电机建模与控制

### 一、实验目的

- 1.了解 QUBE-SERVO3 电机与 Simulink 下硬件设备访问基本设置。
- 2.掌握建立电机模型的实验方法。
- 3.掌握利用 Simulink 对直流电机进行转速 PI/PID 与位置 PD/PID 控制方法。

### 二、实验内容与要求

#### 1.电机转速控制

- (1) 实验法获取直流电机的电压-转速模型传递函数。
- (2) 利用实验所得电机模型，搭建仿真反馈控制回路。用试凑法设计直流电机转速控制 PI 与 PID 控制器，要求超调量不超过 3%。
- (3) 构建电机转速反馈控制回路，利用仿真所得 PI 与 PID 进行实际电机转速控制，如不满足控制要求，微调控制器参数，直至最佳控制效果。
- (4) 记录仿真控制曲线与实际控制曲线及所对应控制器参数，超调量与稳态时间，对比分析 PI 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果。

#### 2.电机位置控制

- (1) 在电压-转速模型基础上建立电机电压-位置模型传递函数。
- (2) 搭建仿真反馈控制回路，设计直流电机位置控制 PD 与 PID 控制器，要求超调量不超过 10%。
- (3) 构建电机位置反馈控制回路，利用仿真所得 PD 与 PID 进行实际电机转速控制，如不满足控制要求，微调控制器参数，直至最佳控制效果。
- (4) 记录仿真控制曲线与实际控制曲线及所对应控制器参数，超调量与稳态时间，对比分析 PD 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果。

#### 3.总结 PI、PD、PID 作用与适用对象。

### 三、思考题

- 1.同一激励信号，在开环、转速闭环控制与位置闭环控制中有什么不同？
- 2.相同的控制器参数在仿真与实际控制中效果不同，有哪些因素的影响？

### 四、预习

#### 1.电机系统模型

直流电机电压与速度的系统模型是一阶惯性环节，开环传递函数为

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{Ts + 1}。Y(s) \text{ 是系统输出，是电机转盘的转速； } U(s) \text{ 是系统输入，}$$

是电机电压；  $K$  是模型的稳态增益；  $T$  是模型的时间常数。

直流电机电压与位置的系统模型是二阶系统，开环传递函数为

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{(Ts + 1)s}。Y(s) \text{ 是系统输出，是电机转盘的位置； } U(s) \text{ 是系统输入，}$$

是电机电压；  $K$  是模型的稳态增益（单位是 rad/Vs）；  $T$  是模型的时间常数（单

位是 s)。

## 2. 基于 Simulink 仿真与硬件访问

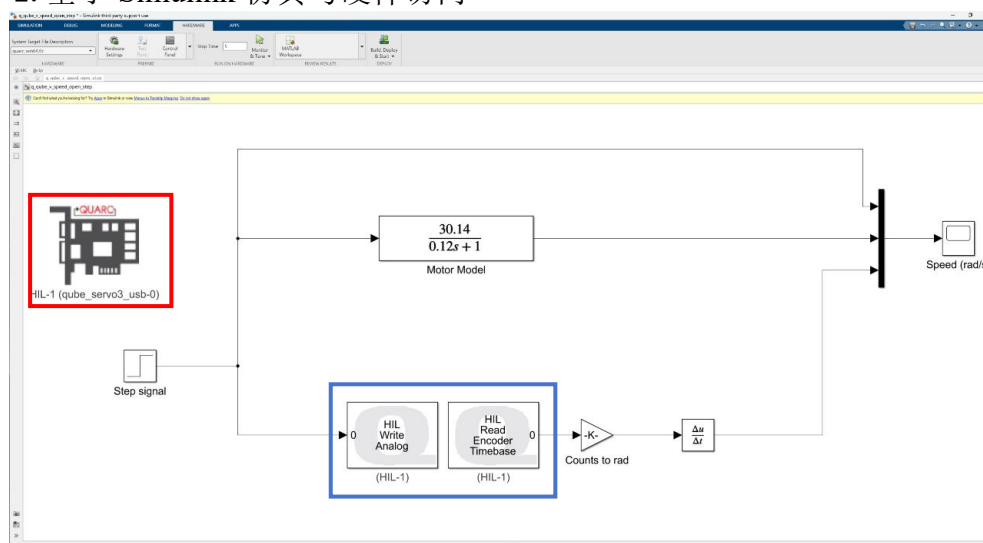


图 1 开环模型仿真与硬件访问 Simulink 模型

如图 1 所示是一个开环模型仿真与硬件访问的例子。在 MATLAB Simulink 中，创建开环模型仿真与硬件访问框图。（保存文件名与路径不可用中文，命名中有数字需下划线连接。）

示波器输出三条波形曲线，分别是：

- 1) 阶跃信号
- 2) 开环模型仿真阶跃响应
- 3) 实际硬件的阶跃响应

与单纯 Simulink 仿真不同的是，必须在程序中增加硬件驱动 QUARC 的“HIL Initialise”硬件在环函数模块，如图 1 中的红色框标记的函数。其作用是对硬件在控制回路内进行初始化定义，允许 QUARC 中的硬件接口访问函数对指定设备进行访问。图 1 蓝色框中的函数是对硬件设备的访问函数，通过函数“HIL Write Analog”对硬件设备输出控制电压，通过函数“HIL Read Encoder Timebase”读取编

码器采样数据，通过比例函数模块设置编码器计数值转换系数  $\frac{2\pi}{512 \times 4}$ ，将编码器计数值转换为弧度 (rad)，再通过微分处理得到所需数据。

## 3. QUARC 实时控制软件

QUARC 支持 Simulink 生产实时代码，用于硬件控制。

HIL Initialise 硬件在环初始化函数位于 QUARC Targets→Data Acquisition→Generic→Configuration 中，如图 2 所示。在 Board type 中选择硬件设备，确定硬件板类型为 qube\_servo3\_usb，并确定硬件连接无误。

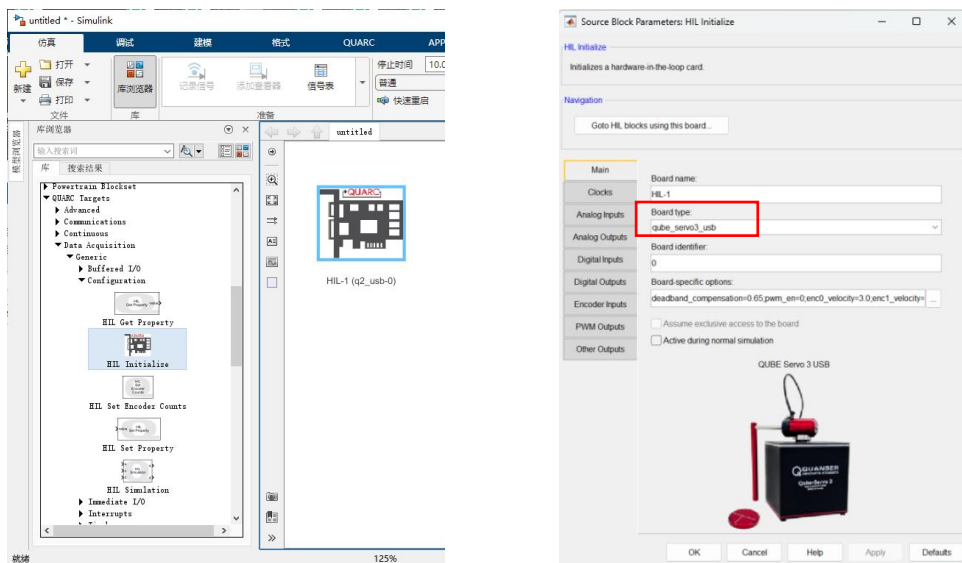


图 2 HIL Initialise 硬件在环初始化函数

HIL Write Analog 输出函数位于 QUARC Targets→Data Acquisition→Generic→Immediate I/O 中，HIL Read Encoder Timebase 读取函数位于 QUARC Targets→Data Acquisition→Generic→Timebases 中，如图 3 所示。

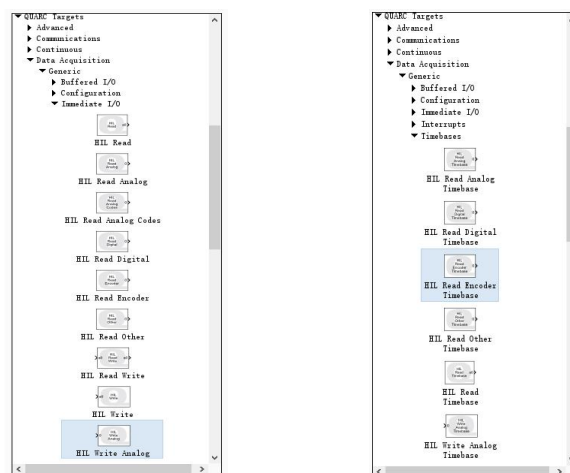


图 3 硬件读写函数位置

#### 4. 调试

##### 1) 配置仿真器参数

首先在 Simulink 窗口的菜单栏中，选择 QUARC 的 QUARC Targets 下拉箭头，点击选择 quarc\_win64.tlc，如图 4 所示。

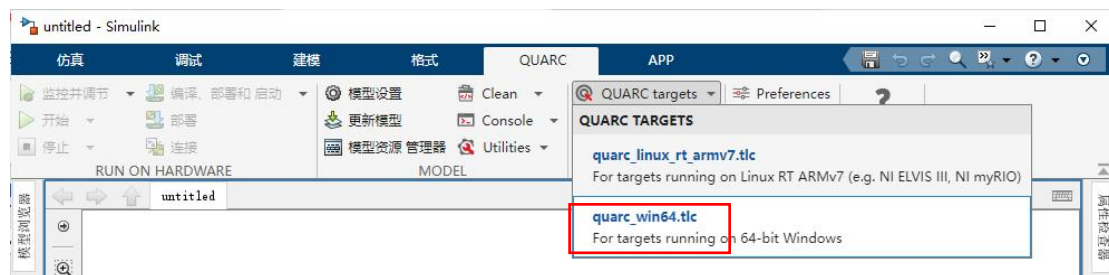


图 4 选 quarc\_win64.tlc

然后选择 QUARC 中单击打开“模型设置”，如图 5 所示。



图 5 选取模型设置

配置求解器参数，设置以下内容，如图 6 所示：

- (1) 仿真时间：开始时间 0，停止时间 10 秒。
- (2) 求解器类型：定步长。求解器：ode1(Euler)。
- (3) 求解器详细信息里，定步长（基础采样时间）：0.002s。
- (4) 周期性采样时间约束：无约束。勾选将每个离散速率视为单独任务。

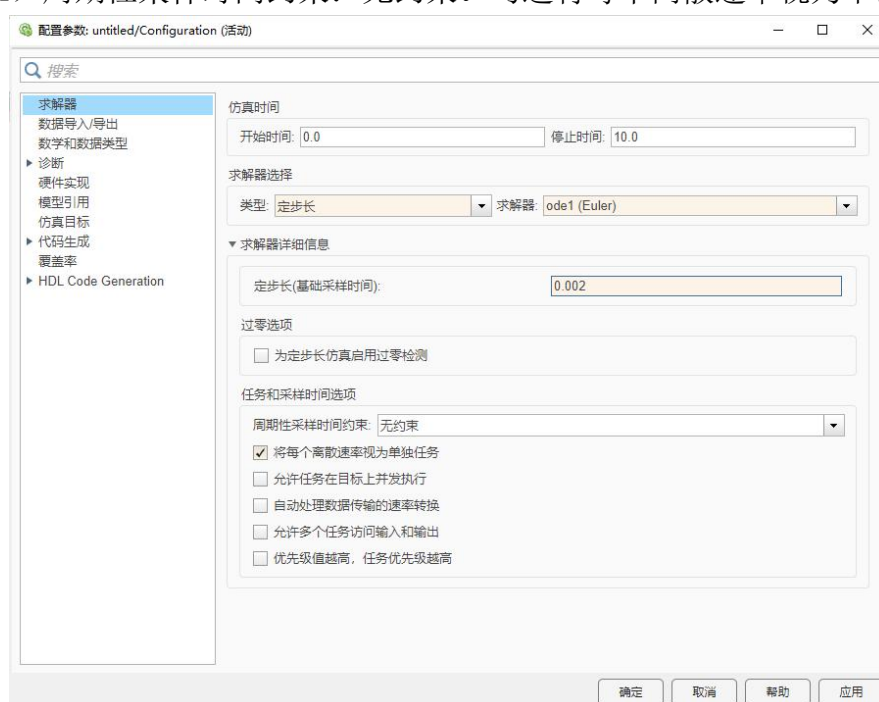


图 6 求解器设置

## 2) 硬件调试运行

以上设置完毕后，选项栏中增加硬件项如图 7 所示，点击监控并调节，硬件随之响应。



图 7 硬件调试