

三自由度书写机器人

1551298 曲锴贤

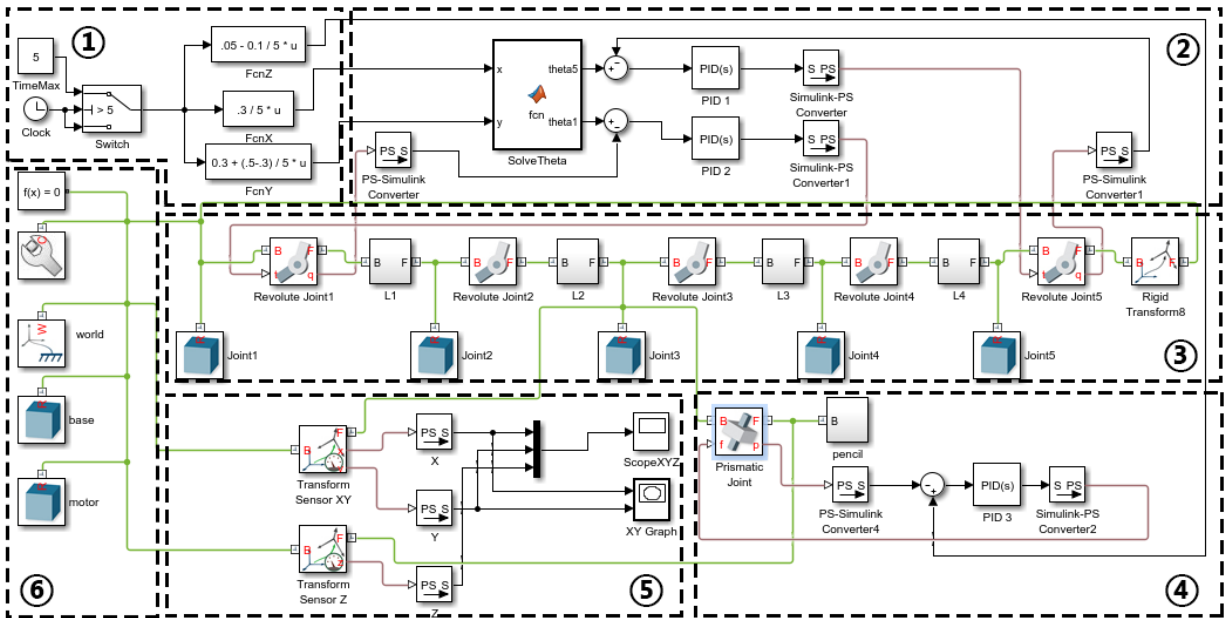
1. 模型展示

1.1 模型介绍

本机器人由平面 2 自由度并联机械臂和 1 自由度串联机械臂（铅笔模型）构成。2 自由度并联机械臂由两个电机驱动，通过函数控制使铅笔按既定路线移动，并且铅笔上有螺纹，可以使其上下运动，从而实现书写的功能。

并联机械臂的杆长均为 0.35m，两个固定电机之间的距离为 0.6m。本模型实现了书写机器人在 5s 的时间内从(0, 0.3, 0.05)沿直线运动到(0.3, 0.5, -0.05)的功能。

1.2 Simulink 总体模型展示

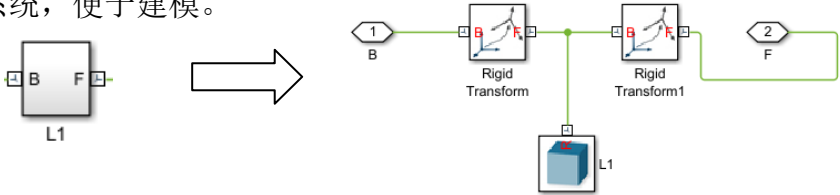


（图中六个模块的序号对应下表）

| 模块名称 | 模块功能 |
|--------------|--------------------------|
| ① 时间模块 | 通过时间设定 X, Y, Z 的位置 |
| ② XY 方向控制模块 | 由 PID 控制关节 1 和关节 5 的角度 |
| ③ 并联机械臂模型 | 构造出平面 2 自由度并联机械臂 |
| ④ 铅笔模型及其控制模块 | 构造出 1 自由度串联机械臂（铅笔）并实现其控制 |
| ⑤ XYZ 显示模块 | 显示 XYZ 方向的运动特性 |
| ⑥ 模型基础 | 实现了整个物理模型的基础 |

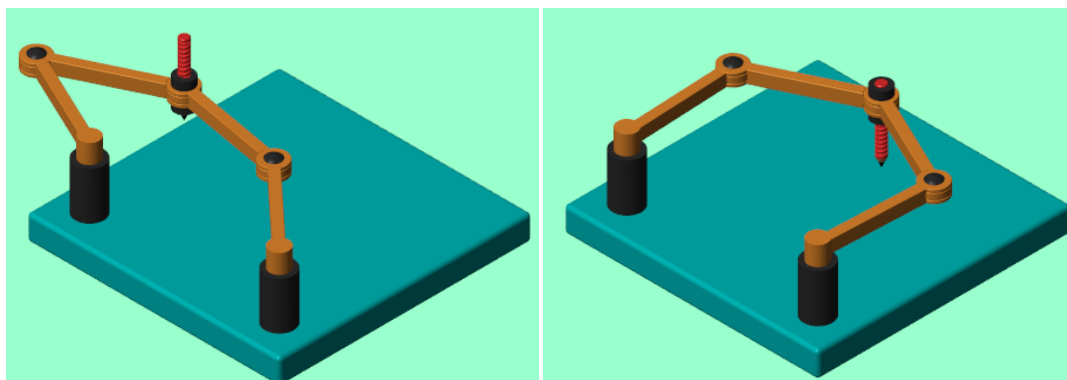
1.3 Simulink 杆件子系统展示

因为每个杆件都需要 1 个 solid 模块以及 2 个 Rigid Transform 模块，所以将其放入子系统，便于建模。

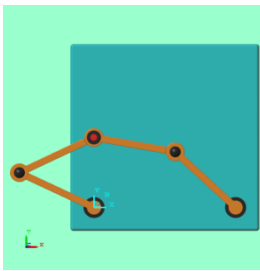
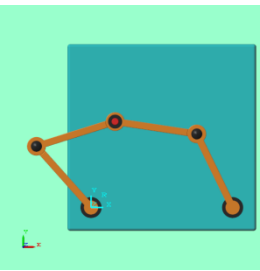
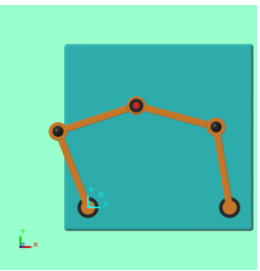
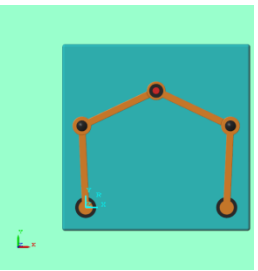
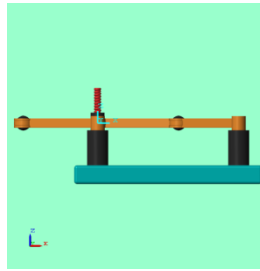
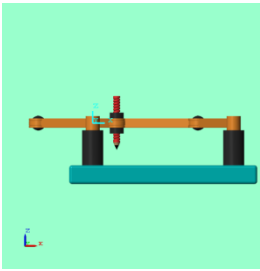
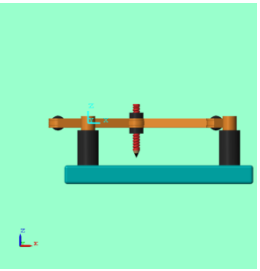
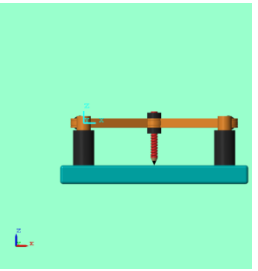


2. 运动展示

2.1 初态末态展示

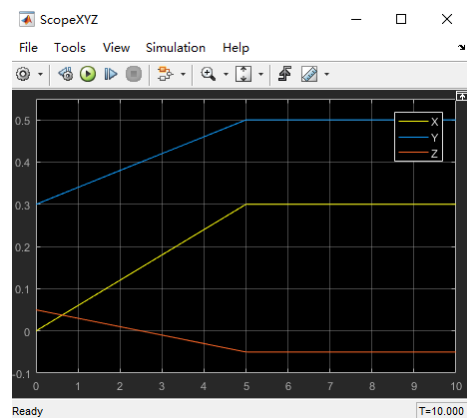


2.2 运动过程展示

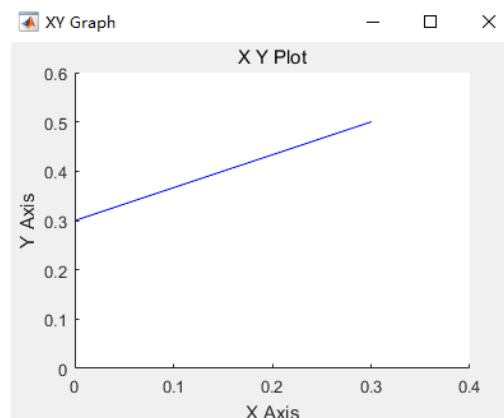
| 0s | 1.7s | 3.4s | 5s |
|---|---|--|---|
| 平面 2 自由度机器人的 X-Y 方向运动 | | | |
|  |  |  |  |
| 1 自由度串联机器人的 Z 方向运动 | | | |
|  |  |  |  |

2.3 运动过程的观测

示波器观察铅笔模型的坐标系变化



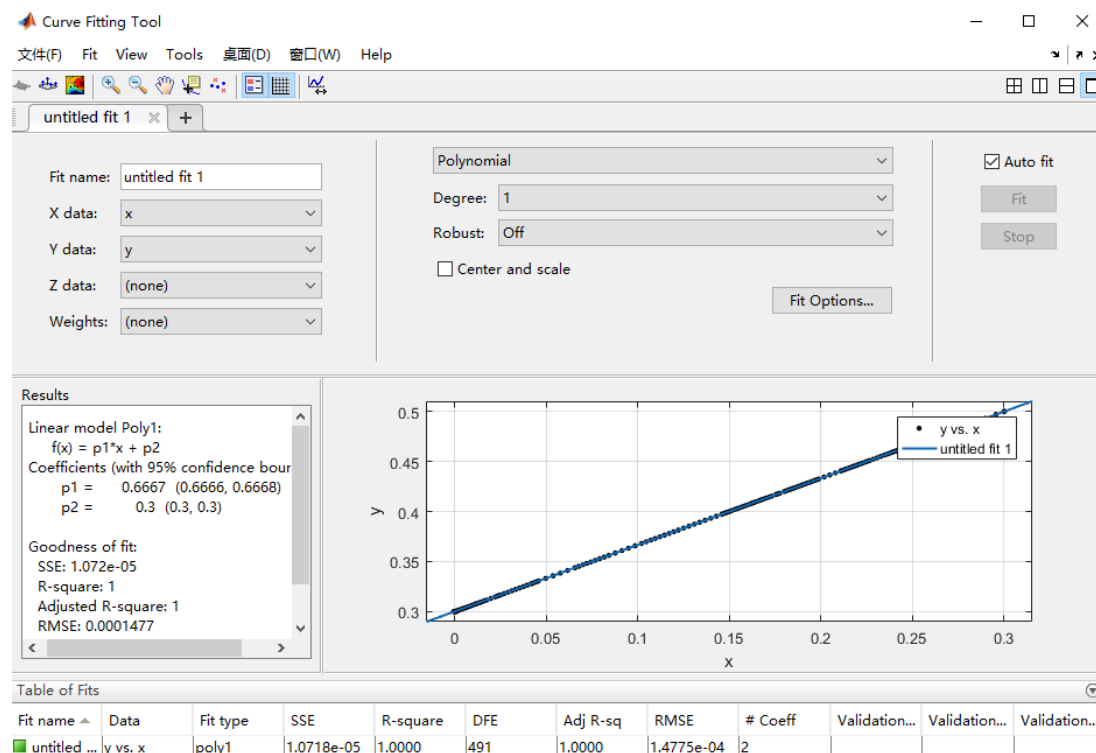
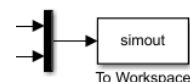
铅笔坐标系的原点在 XY 平面的轨迹



2.4 运动轨迹的线性关系

我们期望得到的轨迹是线性的，尽管直观看上去确实是线性运动的，但是缺少数据支撑，因此将得到的 X, Y 值输出到 MATLAB 工作空间，并通过曲线拟合工具箱确认该直线的线性关系。

曲线拟合结果展示



通过一次多项式拟合，我们可以看到 R^2 似然值竟然达到了 1，因此可以确定我们的铅笔是按照完美的直线运行的。

3. 模块③中 SolveTheta 反解函数

通过输入期望的 X, Y 值，输出与关节 1（与电机 1 相连）以及关节 5（与电机 5 相连）的期望角度值。因函数代码较长，使用...将代码分行展示，下图中注释部分为求解本函数的代码。

```
function [theta5, theta1] = fcn(x, y)
% following comments shows how do I get this function
% len1 = .35; len2 = .35; len3 = .35; len4 = .35; l = .6;
% syms x y theta1 theta2 theta4 theta5
% eqy1 = (len1 * sin(theta1) + len2 * sin(theta1 + theta2)) == y;
% eqy2 = (len3 * sin(theta4 + theta5) + len4 * sin(theta5)) == y;
% eqx1 = (len1 * cos(theta1) + len2 * cos(theta1 + theta2)) == x;
% eqx2 = (len3 * cos(theta4 + theta5) + len4 * cos(theta5)) == l - x;
% [theta1, theta2, theta4, theta5] = solve(eqx1, eqy1, eqx2, eqy2, ...
% theta1, theta2, theta4, theta5);
theta1 = 2*atan((7*y + (x^2*(-(x^2 + y^2)*(100*x^2 + 100*y^2 - 49))^(1/2)) ...
/(x^2 + y^2) + (y^2*(-(x^2 + y^2)*(100*x^2 + 100*y^2 - 49))^(1/2))...
/(x^2 + y^2))/(10*x^2 + 7*x + 10*y^2));
theta5 = 2*atan((35*y + ((25*x^2 - 30*x + 25*y^2 + 9)*...
(- 100*x^2 + 120*x - 100*y^2 + 13))^(1/2))/(50*x^2 - 95*x + 50*y^2 + 39));
end
```