

به نام نور



تمرین شماره 8 رباتیک

دانشجو: ریحانه نیکوبیان

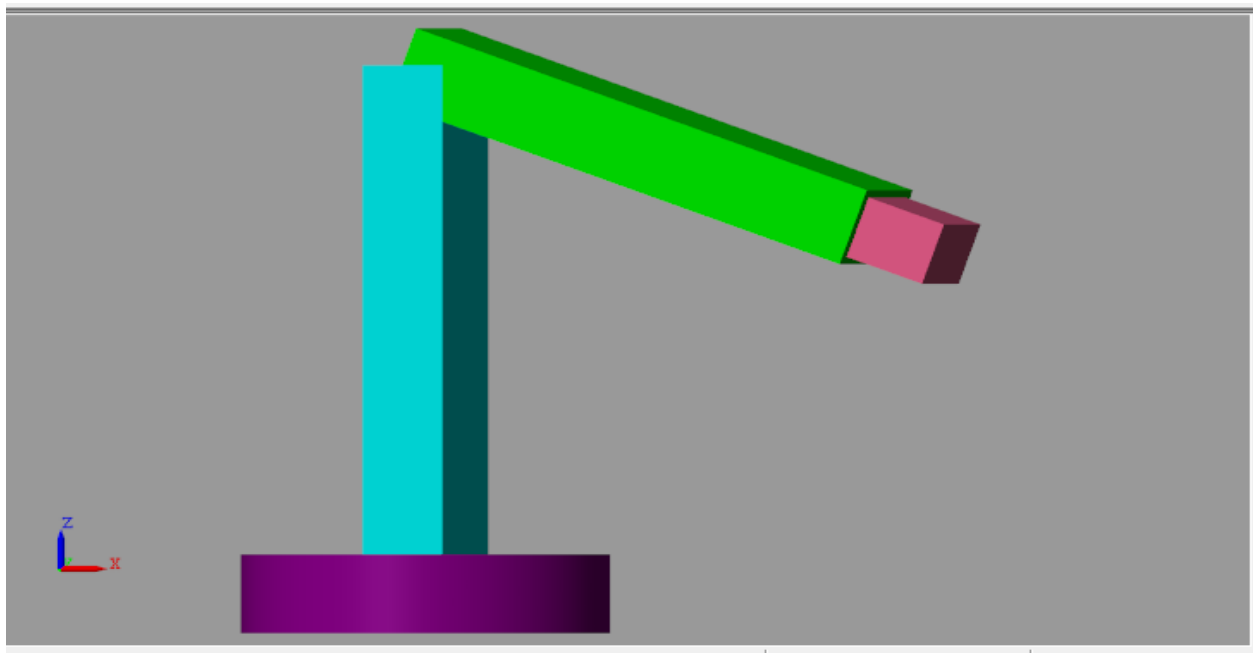
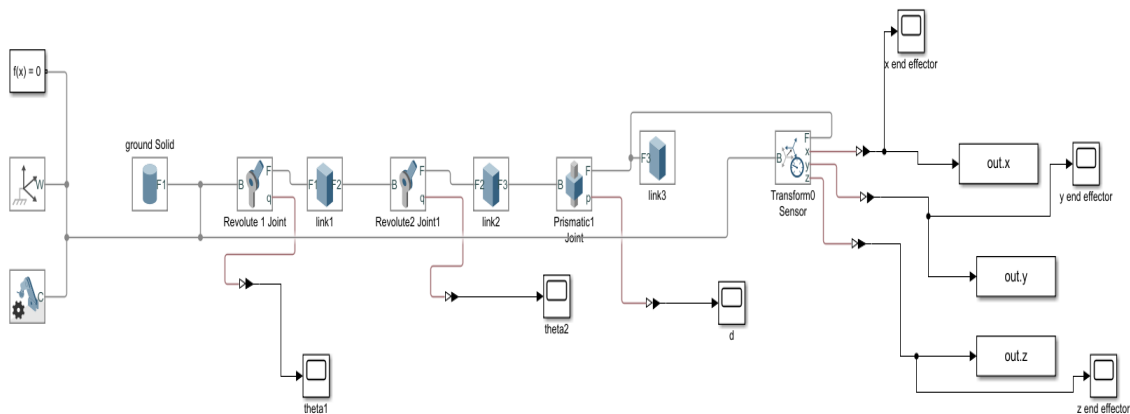
شماره دانشجویی: 99106747

سال تحصیلی: 1402

(1)

۱. یک مدل از مکانیک ربات را با در نظر گرفتن سه لینک به صورت میله یکنواخت (با استفاده از قطعات پیشفرض) در Simscape بسازید. جرم میله‌ها را به ترتیب برای لینک‌های ۱، ۲ و ۳ برابر چهار، دو و یک کیلوگرم در نظر بگیرید. طول لینک سه را برابر ۳۰ سانتی متر در نظر بگیرید. (باقی ابعاد و مختصات صفر را مطابق تمرین پنجم در نظر بگیرید.)

مدلی که در تمرین ۵ طراحی کردم نیز بلوک‌های پیش فرض یکنواخت است، تنها با تغییر این ابعاد و اضافه کردن جرم مدل طراحی می‌شود. تغییرات را اعمال کردم. نام این مدل hw8_0 است.



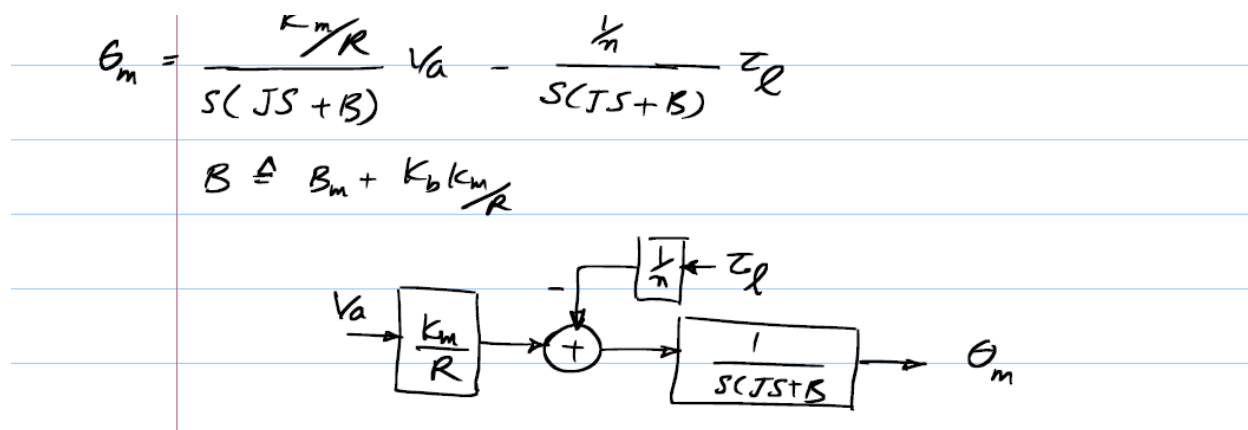
(2)

۲. به کمک روابط ارائه شده برای موتور DC و جدول زیر مدلی از موتور مربوطه ساخته و به مفصل ربات متصل نمائید. ربات را در موقعیت اولیه معادل:

$$\theta_1 = 0, \theta_2 = 0, d = 0$$

قرار دهید و ولتاژ ۴۸ ولت را به هر سه موتور به مدت ۳ ثانیه اعمال کنید. زاویه هر مفصل را بر حسب زمان رسم کنید. (در همرفتگی لینکها اهمیتی ندارد.)

مدل موتور ربات قبلا طراحی کردیم و به شکل زیر است:



$$J = J_g + J_m = 0.15$$

$$B = B_m + K_m \cdot K_b / R_a = 1.135$$

$$R_a = 50;$$

$$J_m = 0.1;$$

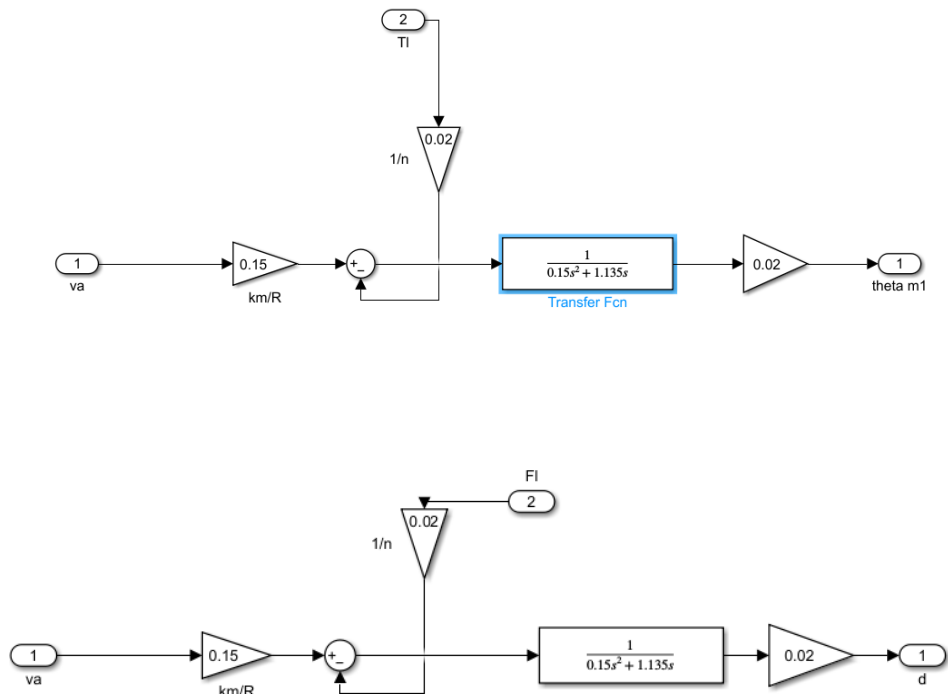
$$J_g = 0.05;$$

$$n = 50;$$

$$B_m = 0.01;$$

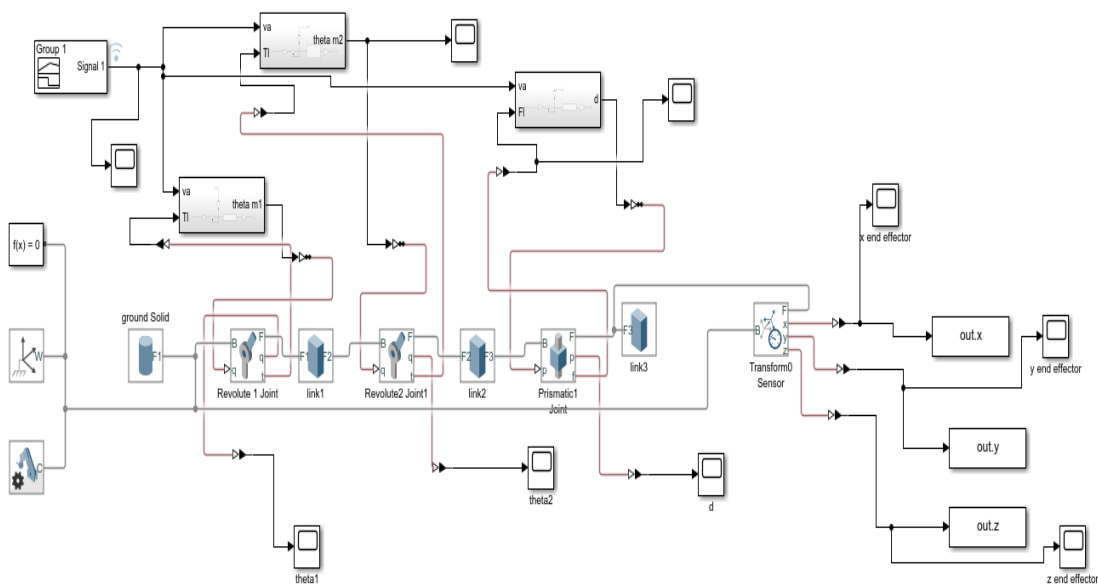
$$K_m = 7.5; K_b = K_m;$$

با استفاده از این پارامترها و مدل ربات ، موتور ربات را در سیمولینک به شکل زیر طراحی می کنیم:



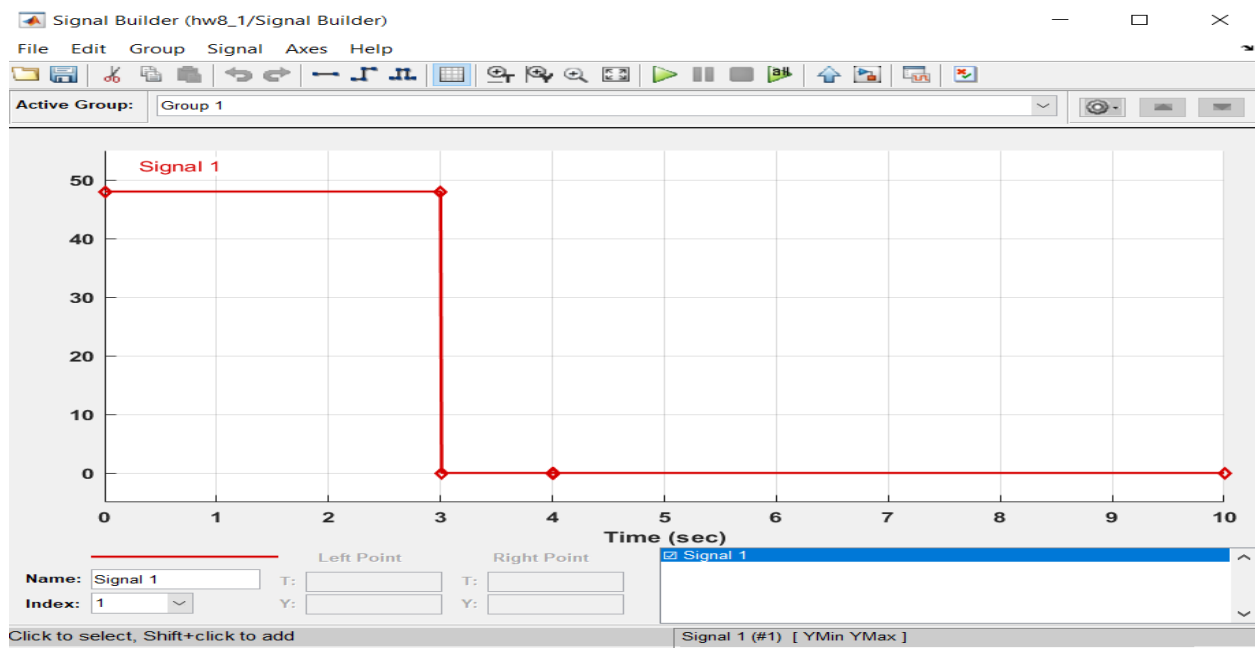
V_a ورودی ولتاژ است. از آنجا که به مفصل θ_L وارد می شود ، θ_m را با نسبت تبدیل به θ_I تبدیل می کنیم (0.02). و این موقعیت ورودی به مفاصل است. همچنین از مفاصل خروجی گشتاور یا نیرو می گیریم که همان گشتاور یا نیروی لود است و در TI به موتور وارد می شود.

برای اینکه از معادلات موتور استفاده کنیم باید نیرو و موقعیت با مکانیزم چرخنده و شانه از خطی به دورانی تبدیل شود ولی چون این نسبت تبدیل طبق گفته تی ای یک است من دیگر گین یک را نداشتم و مستقیم اعمال کردم.

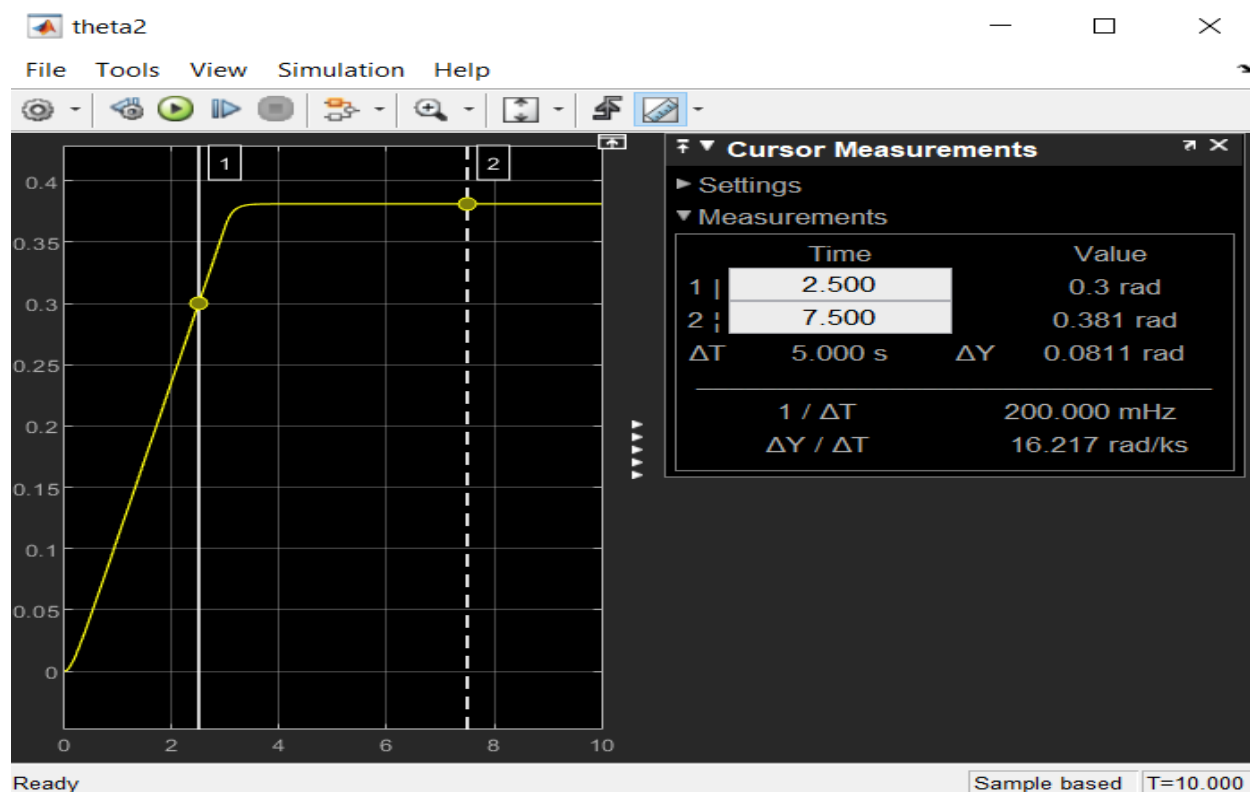
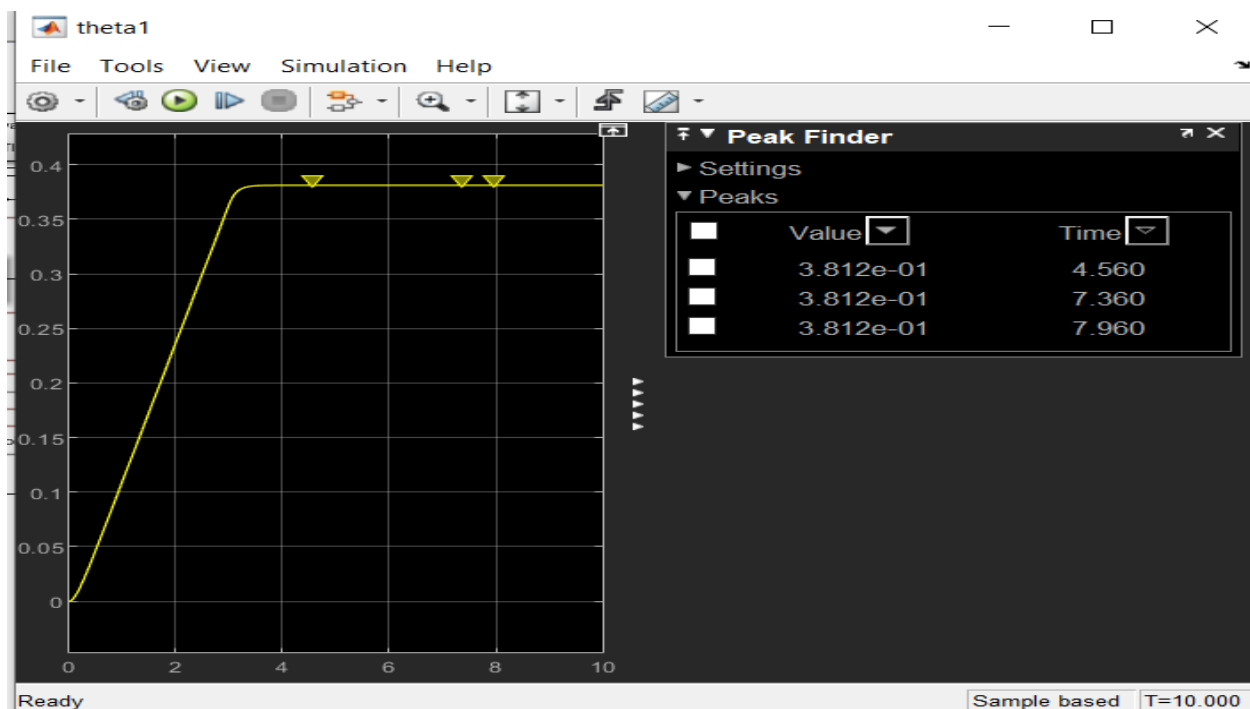


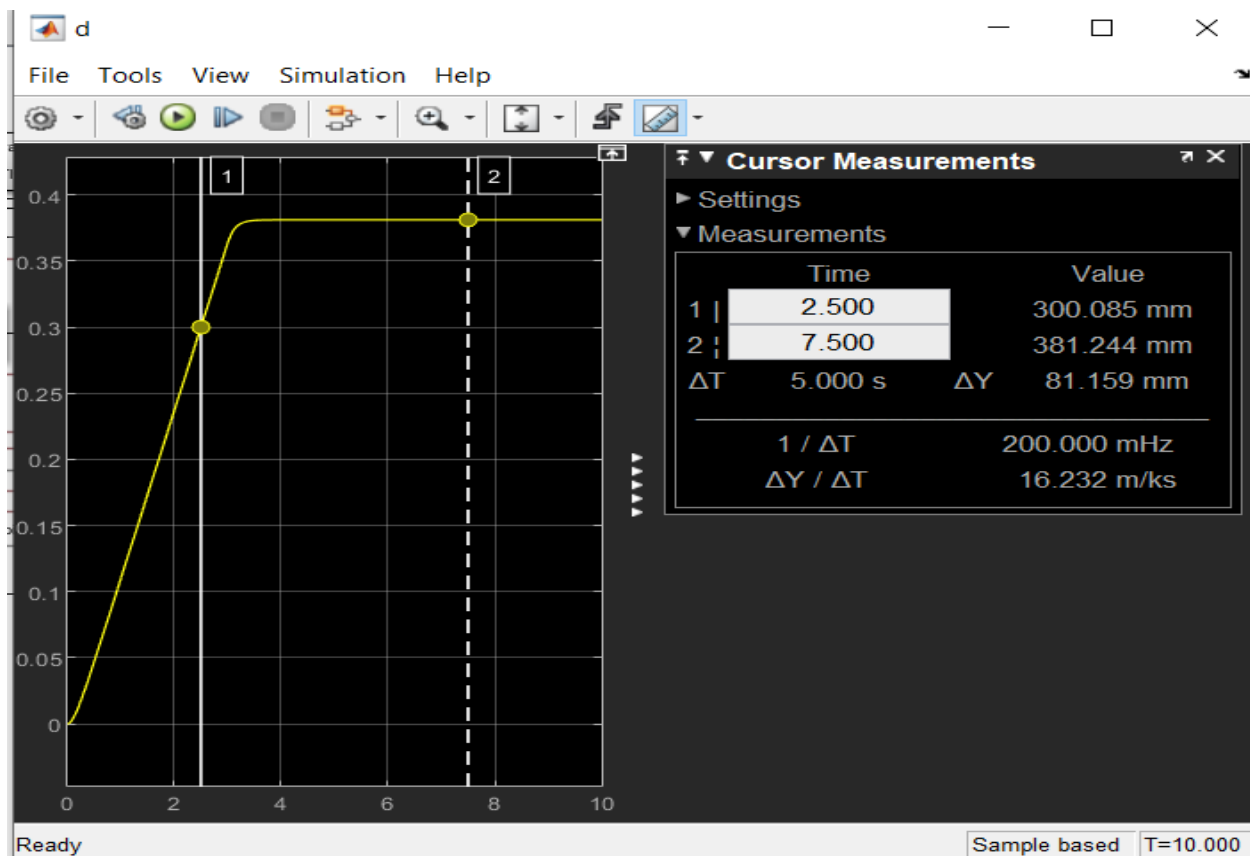
به هر مفصل یک ورودی موقعیت اعمال می شود که خروجی مفاصل است و از مفصل خروجی گشتاور یا نیرو گرفته شده و به عنوان ورودی به موتور وارد می شود.

ولتاژ اعمالی موتور هم 48 ولت به مدت سه ثانیه است که با مولد سیگنال به شکل زیر ساختم:



حال خواسته مسئله یعنی رسم نمودار زاویه و موقعیت هر مفصل را انجام می دهیم:





زاویه ها بر حسب رادیان و d بر حسب متر است. همانطور که می بینید جدای واحد نمودارها تقریباً یکسان هستند چرا گشتاور یا نیروی لود مقدار کمی دارد و در یک ضریب 0.02 هم ضرب می شود که تأثیرش را کمتر هم میکند. و از آنجا که در بقیه موتور پارامترها مشابه اند خروجی ها تقریباً یکسان می شود.

مدل hw8_1

۳. برای هر یک از مفاصل سه گانه ربات، یک کنترلر PID طراحی کنید که زمان نشست ربات حدود ۱ ثانیه و فراجهش آن کمتر از ۵٪ باشد. برای این منظور تابع تبدیل حلقه بسته هر مفصل را بدست آورید و از روابط زیر برای تخمین ضرایب استفاده کنید. (البته نهایتاً ممکن است مجبور به تنظیم نهایی ضرایب با سعی و خطا باشید).

$$M_p = e^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}} t_s = \frac{4.6}{\xi\omega_n}$$

کنترلر خود را برای بردن از موقعیت اولیه به

$$\theta_1 = 50, \theta_2 = 35, d = 15 \text{ cm}$$

(3)

برای طراحی کنترلر پی ای دی یکی از روش ها این است که ابتدا کنترلر پی دی طراحی کنیم و بعد برای ضریب I از حوالی صفر شروع کنیم و تغییر بدهیم تا ضرایب دلخواهمان تیون شوند. برای ضرایب پی دی هم داریم:

$$K_d = 9.2 \cdot J / t_s \cdot B = 0.245$$

$$K_p = \frac{J}{(A \cdot t_s / 4.6)^2}$$

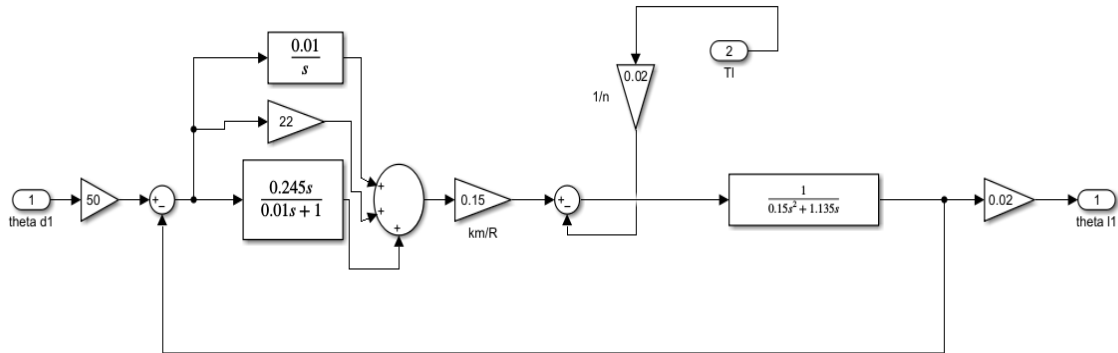
$$A = \sqrt{\frac{(\ln M_p)^2}{(\ln M_p)^2 + \pi^2}}$$

$$K_p = 6.67$$

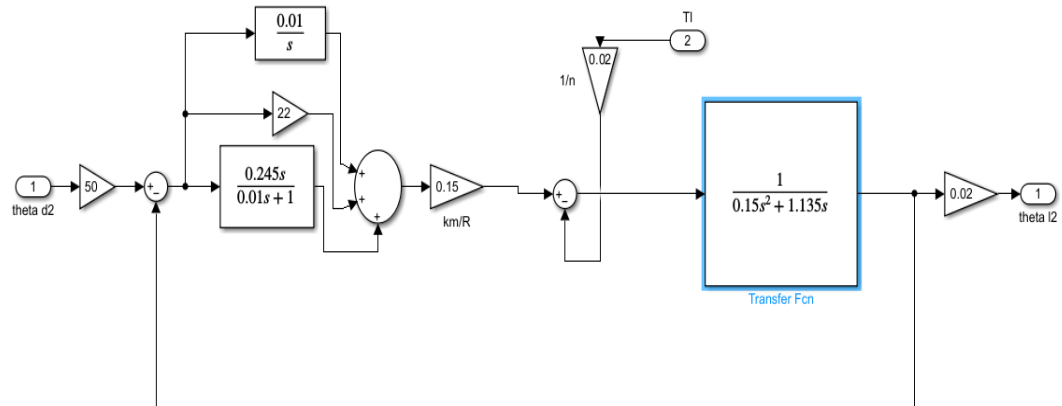
و برای ضریب I هم مقدار اولیه 0.01 را در نظر می گیریم.

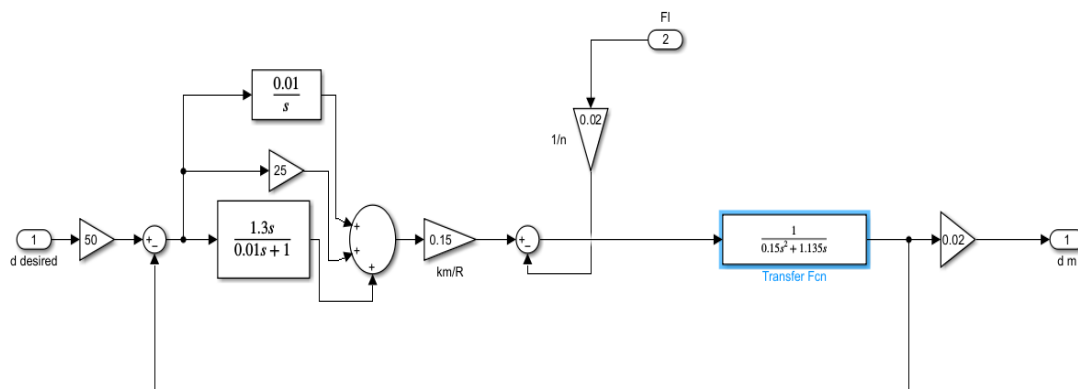
کنترلر مشتقی به یک فیلتر پایین گذر نیاز دارد که با $(0.01 \cdot s + 1)$ فیلتر را قرار می دهیم. مدار بسته ربات به شکل زیر می شود:

مفصل اول



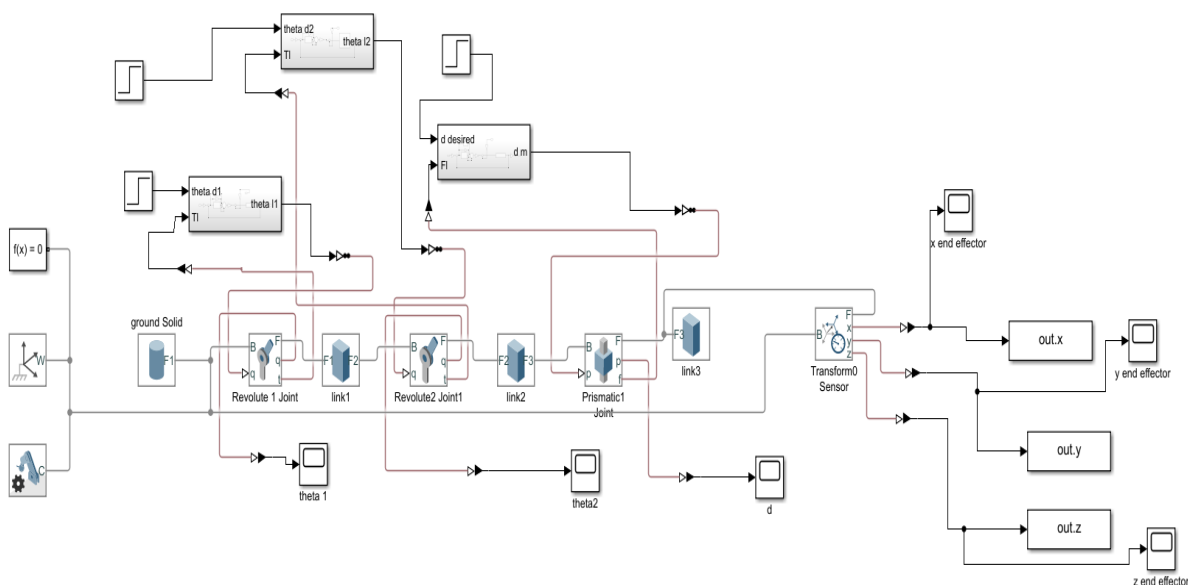
مفصل دوم





اون ضرایب اولیه بودند و باتوجه به شکل پاسخ برای هرکنترلر ضرایب تیون شدند و کمی تغییر داشتند.

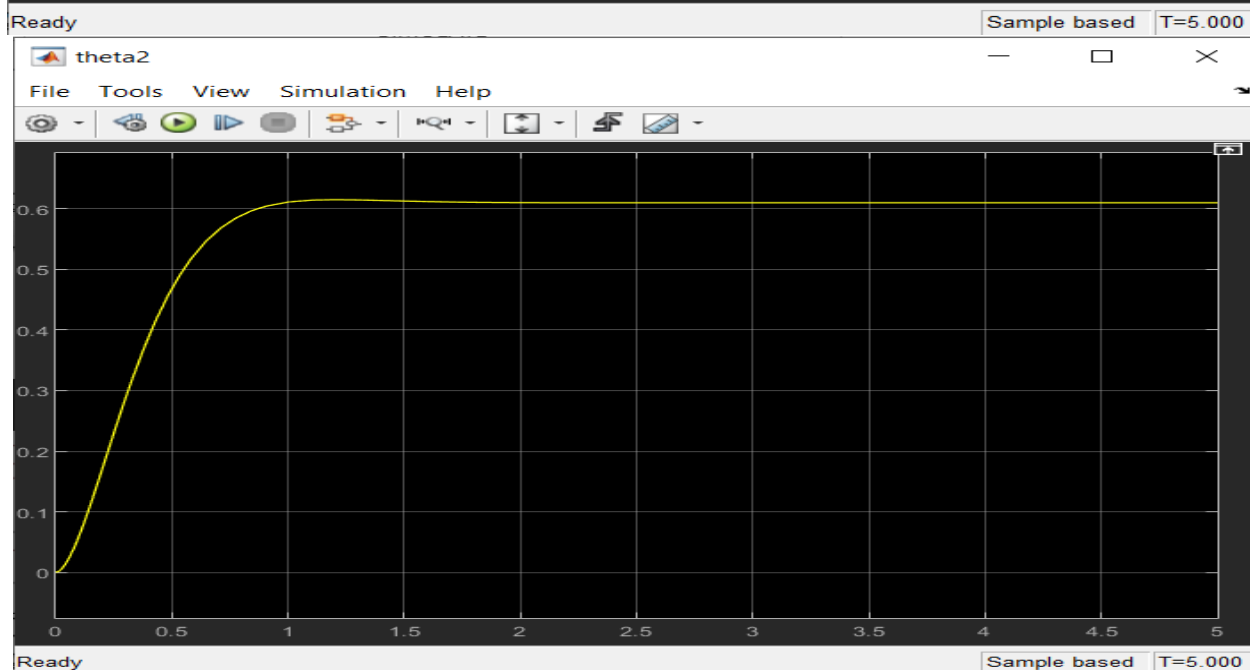
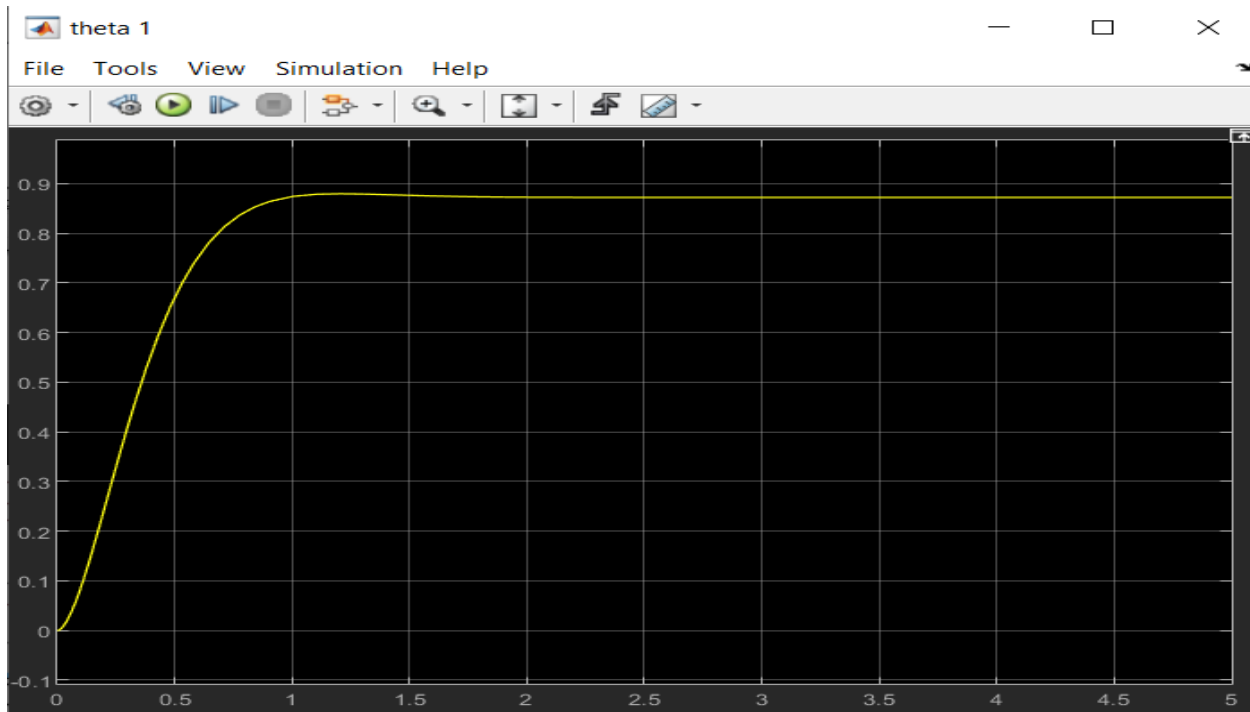
همچنین می دانیم این کنترلر و ضرایب برای θm است ولی ما باید به هر مفصل ورودی θ بدهیم. از آنجا که این دو با یک ضریب به هم مرتبط می شوند $\theta m = n * \theta l$ ، حلقه ای که برای θm طراحی می کنیم را با ضرب ورودی مطلوب در n و تقسیم خروجی مطلوب به n در مفاصل ربات می توانیم استفاده کنیم.

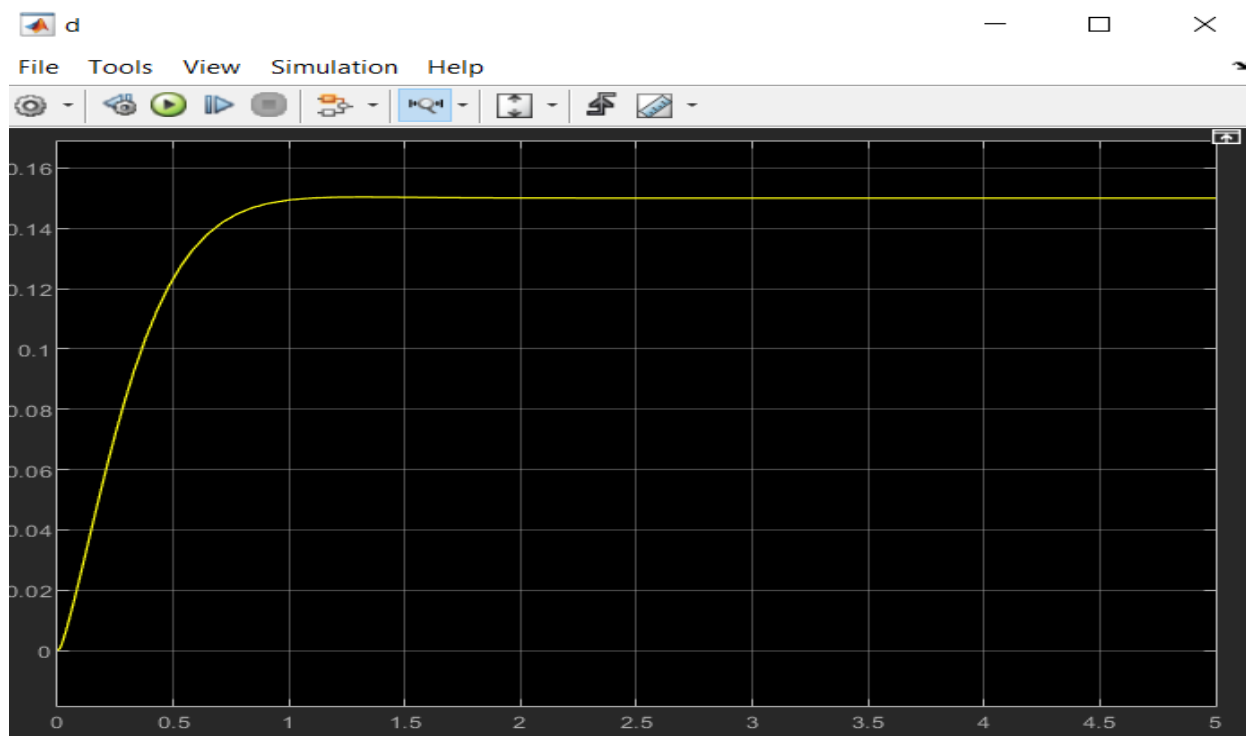


از ما خواسته شده این کنترلر را برای بردن مفاصل ربات به موقعیت خاصی استفاده کنیم. به این منظور ورودی مطلوب ما برای هر مفصل پله ای به اندازه گفته شده است و بعد که به کنترلر ورودی مطلوب دادیم خروجی هر ربات را به عنوان ورودی به مفاصل می دهیم. گشتاور و نیروی هر مفصل هم مطابق قبل به ربات متصل می شود.

50 درجه معادل 0.872 رادیان و 35 درجه معادل 0.61 رادیان است.

منحنی مفاصل بر حسب زمان بعد از اعمال ورودی مطلوب پله و کنترلر:



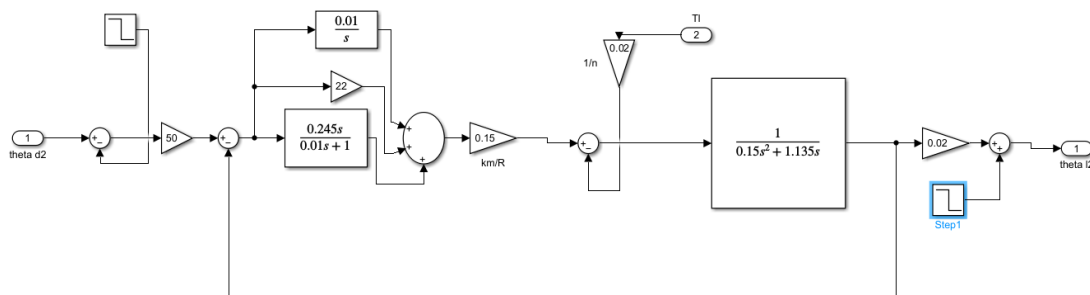


و همانطور که مشاهده می کنید زمان نشست حدود یک ثانیه و اورشوت کمتر از 5 درصد است.

مدل hw8_2

۴. تراژکتوری طراحی شده در قسمت الف تکلیف ۵ را روی ربات پیاده کنید و خطای آرام اس مسیر، نسبت به سوال ۳ را گزارش کنید. (موقعیت اولیه و پایانی مسیر را مختصات تکلیف ۵ در نظر بگیرید). (امتیازی ۲.۵٪)

برای این منظور می دانیم باید تراژکتوری هایی که در تمرین ۵ طراحی کردیم را به عنوان ورودی مطلوب به حلقه اعمال می کنیم. اما از آنجا که حلقه بسته همیشه از ورودی صفر شروع می کند اما در این تراژکتوری ها ما مقدار اولیه داریم. برای اینکه از صفر شروع نشود ایده زیر را پیاده می کنیم:



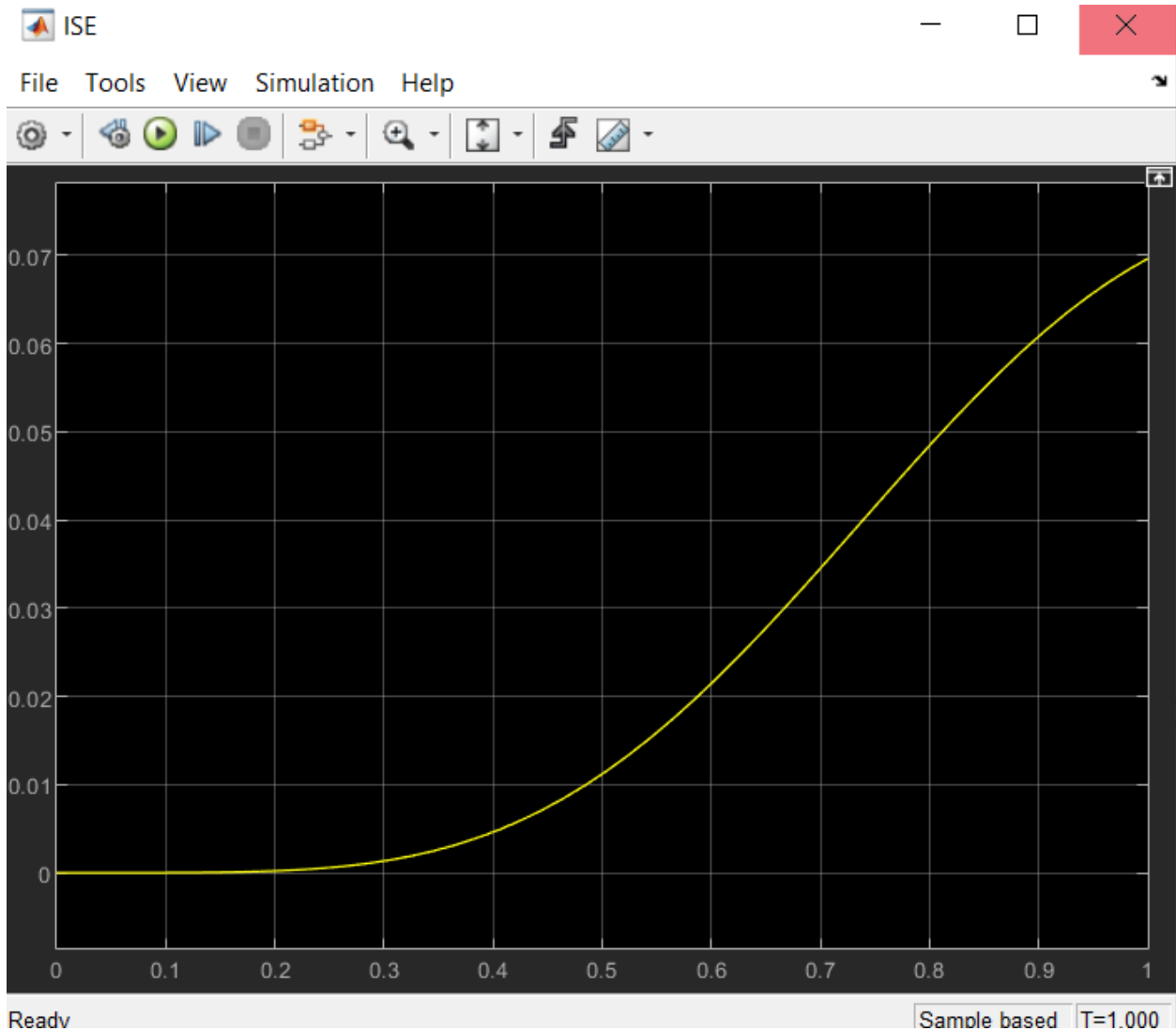
در هر مفصل مقدار اولیه را از خطا کم می کنیم و در خروجی مقدار اولیه مفصل را دوباره اضافه می کنیم. به این ترتیب وقتی کاربر در موقعیت خود است خطایی مشاهده نمی شود ولی در انتها اضافه می شود تا موقعیت واقعی به مقصد ها اعمال شود.

تنها مطلوب ورودی همان تراژکتوری های تمرین ۵ است. موقعیت خروجی به مفاصل اعمال می شود. و در واقع بقیه اش مثل سوال قبل است فقط به جای ورودی پله ورودی تراژکتوری هاست. حال باید اختلاف این مسیر را با مسیری که در سوال ۵ داشتیم حساب کنیم. برای همین منظور مدل تمرین ۵ را هم به مدل اضافه می کنیم و در واقع هر دو حالت مسیر حساب می شود. خروجی هر دو حالت به صورت بردار است که اختلاف این دو بردار را حساب می کنیم، در function طول بردار خطا را حساب می کنیم، این خطا به توان دو می رسد و انتگرال می گیریم تا معیار ISE به دست بیاید. داریم:

$$Y_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt}$$

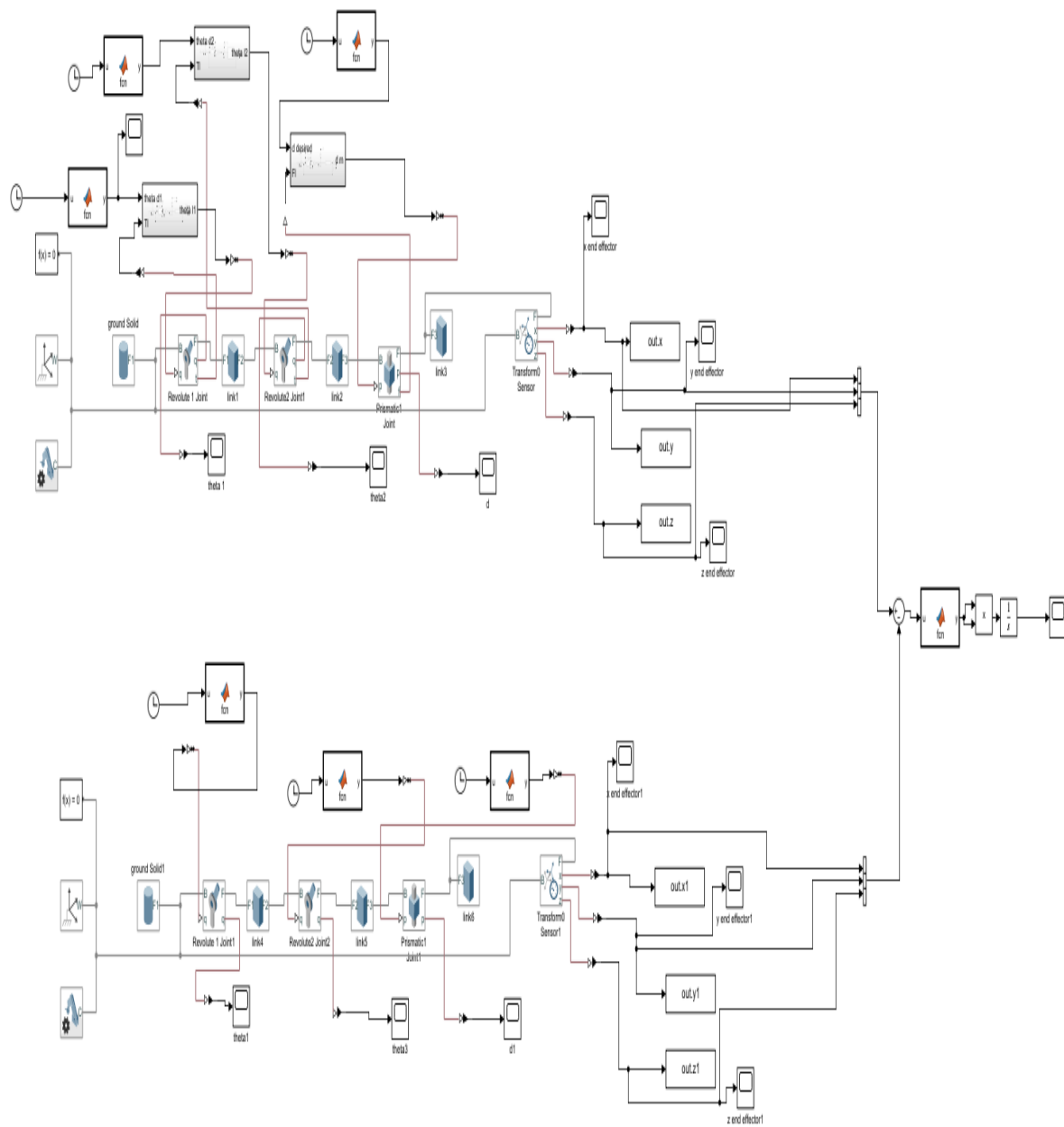
$$Erms = (ISE/T)^2$$

مقداری که نمودار در یک ثانیه می ایستد را مجذور بگیریم خطا محاسبه می شود

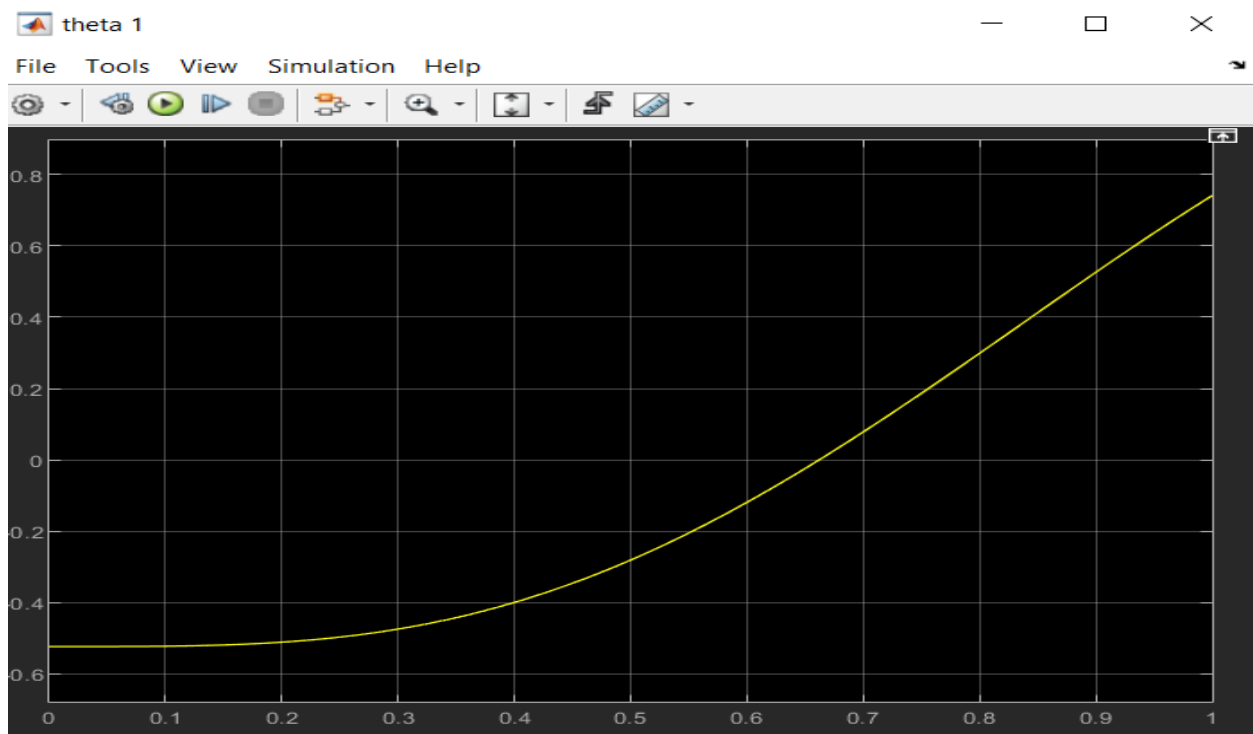


$$Rms = 0.07^{0.5} = 0.26$$

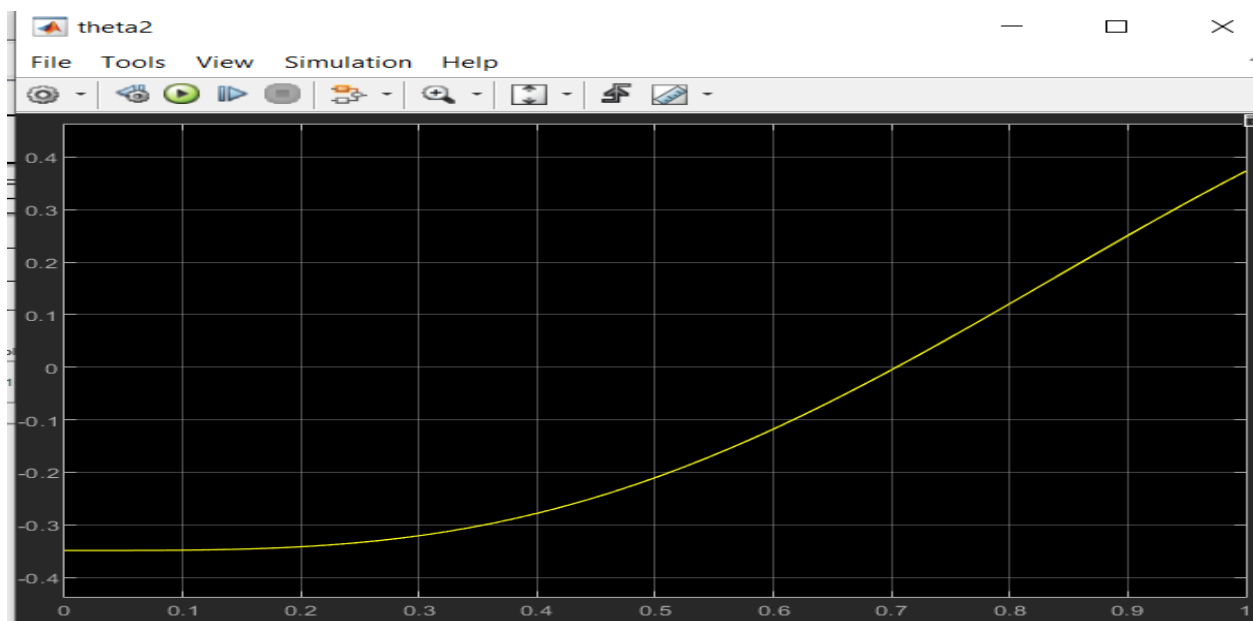
و این خطای قابل توجهی است که به این دلیل ایجاد می شود که کنترلر ما زمان نشست حدود یک ثانیه دارد و برای تعقیب فرمان به زمان نیاز دارد. در حالی که در تمرین 5 ورودی مطلوب در لحظه اعمال میشد.



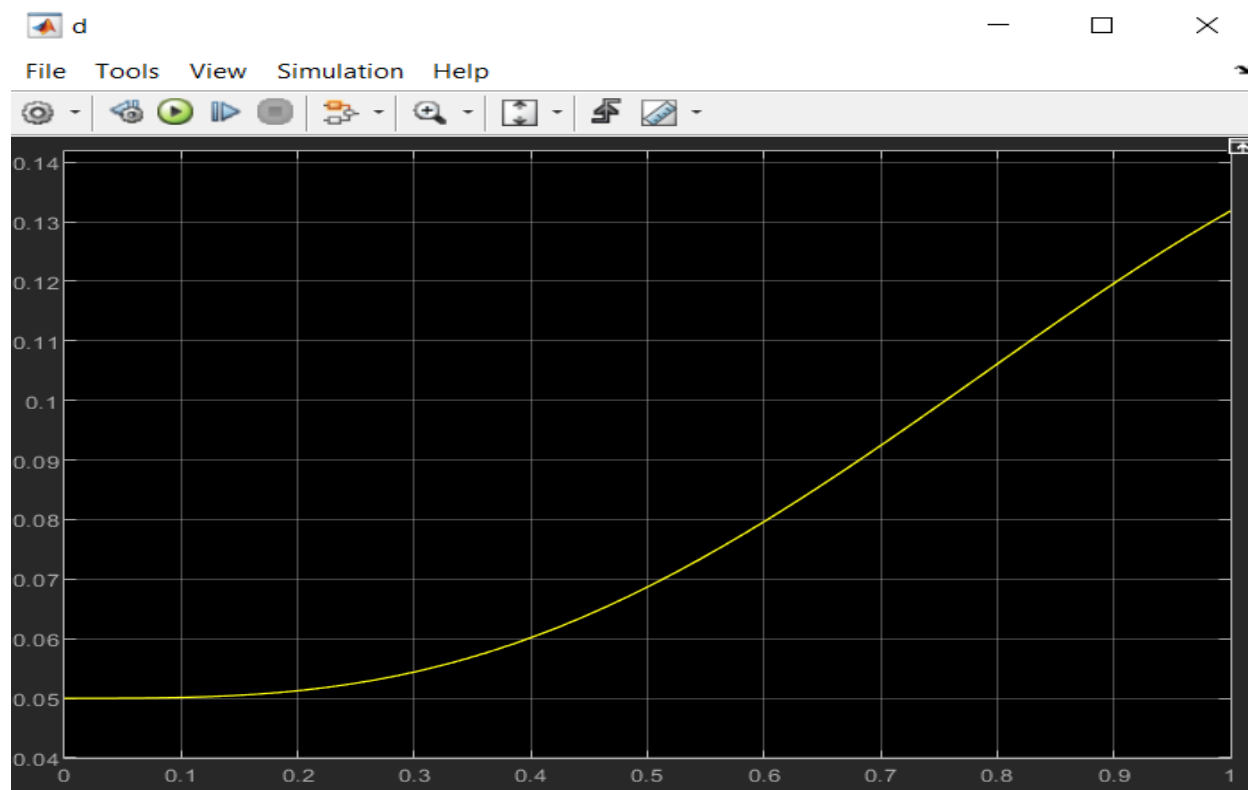
نمودارهای مفصل با وجود ترژکتوری و کنترلر:
مفصل اول



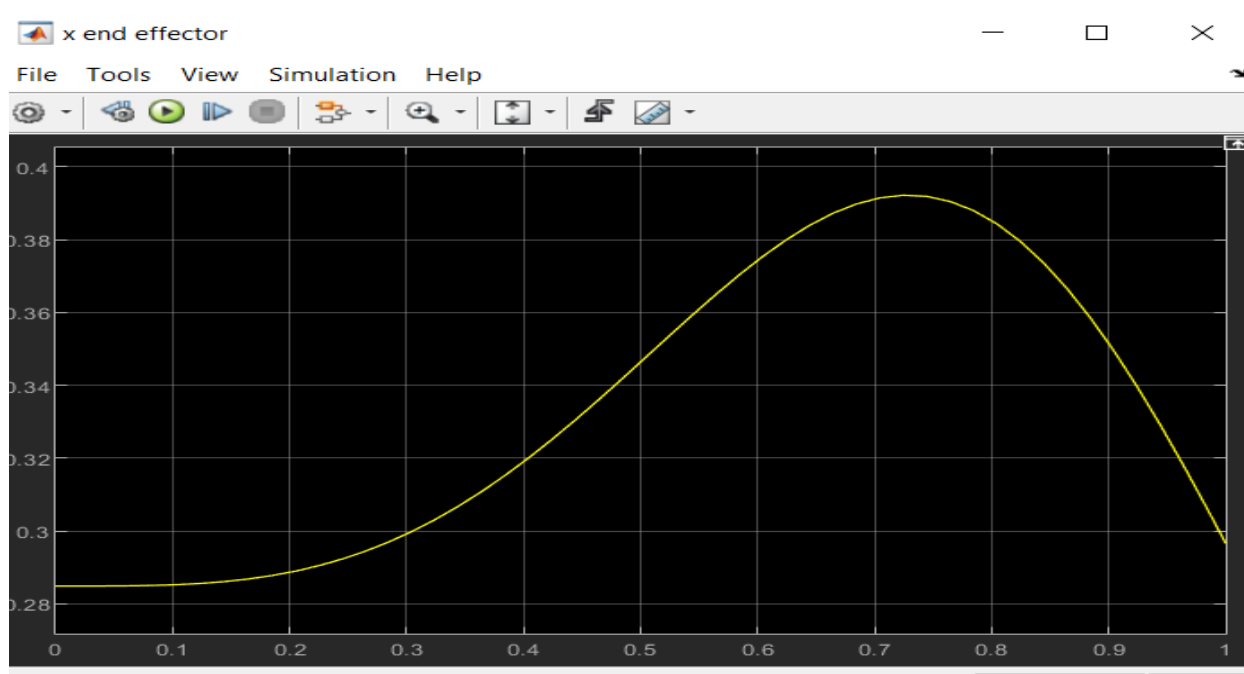
مفصل دوم

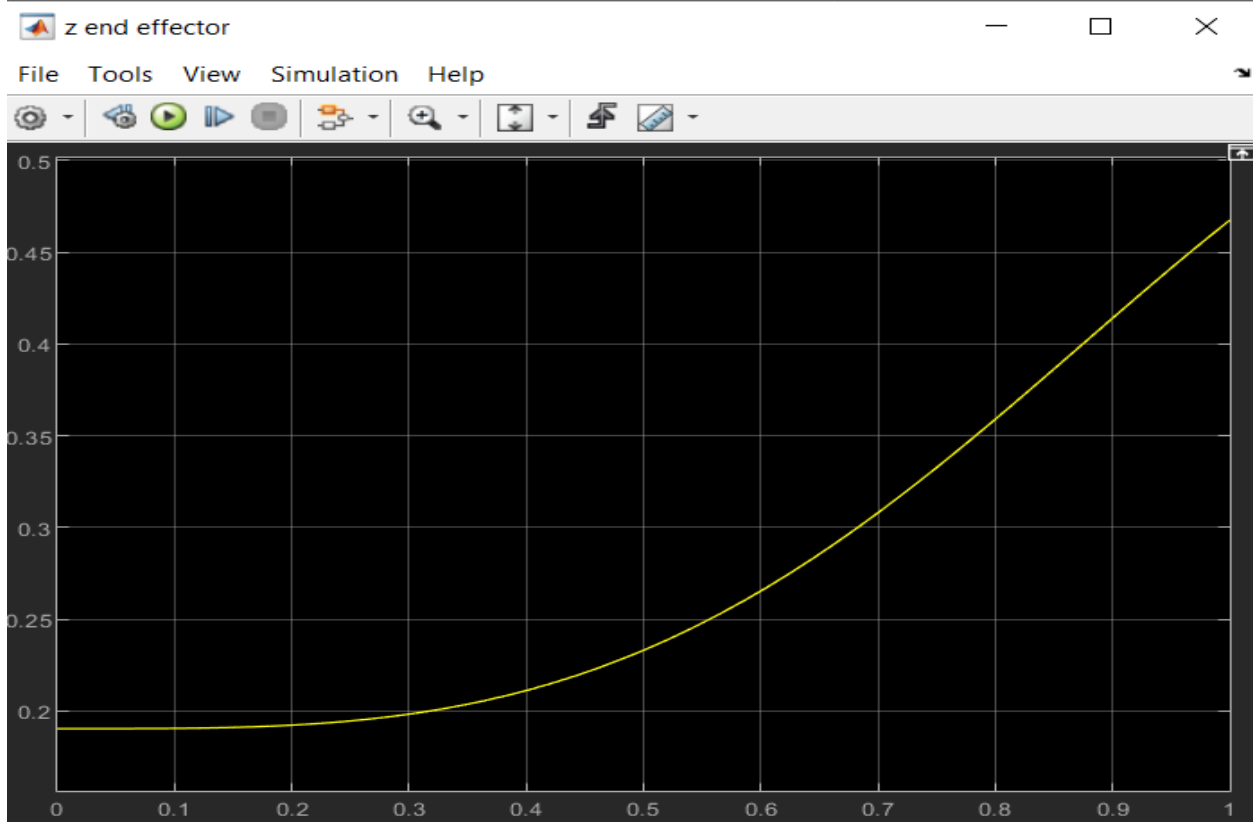
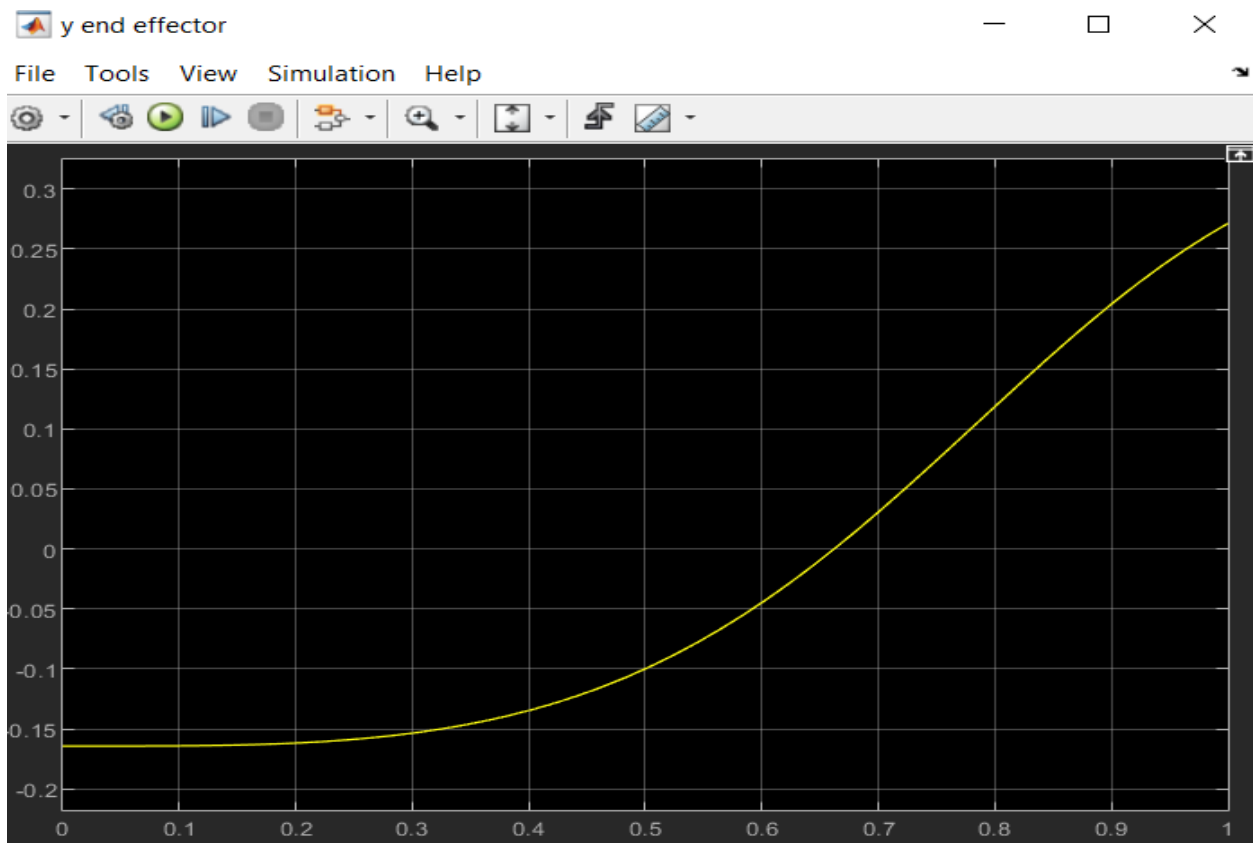


مفصل سوم



مسیر طی شده توسط end effector با ترژکتوری و کنترلر





مسیر طراحی شده و نمودارهای مفصل برای تمرین 5 هم که قبل تر آورده شده است.

مدل hw8_3