



آزمایشگاه کنترل خطی

پیش‌گزارش آزمایش سوم

هدف: در این آزمایش به پیاده‌سازی سیستم‌ها به کمک ادوات و ابزارهای آنالوگ (حسابگرهای آنالوگ) می‌پردازیم. هدف از این آزمایش آشنایی دانشجویان با مدارات آنالوگ جهت پیاده‌سازی و شبیه‌سازی کنترل‌کننده‌هایی است که قرار است برای کنترل موتورهای DC در جلسات آتی استفاده شوند.

پرسش‌های زیر به این منظور طرح شده‌اند که دانشجویان با پاسخ دادن به آنها برخی مفاهیم اولیه را یادآوری کنند. دانستن این مفاهیم به برگزاری بهتر و سریع‌تر جلسات آتی کمک می‌کند.

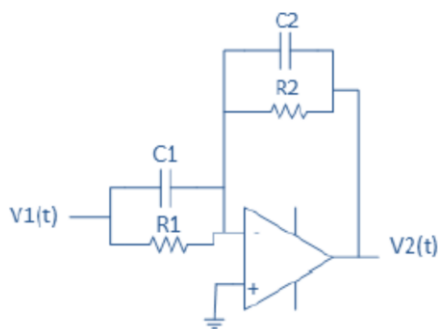
پرسش‌ها:

۱. در این آزمایش از تقویت‌کننده عملیاتی چهارتایی LM324N استفاده خواهیم کرد. برگه داده^۱ این مدار مجتمع را پیدا کنید و به کمک آن به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

- شکل کلی و ترتیب پایه‌های مدار مجتمع را رسم کنید.
- پارامترهای «حداکثر ولتاژ تغذیه قابل اعمال»، «حداکثر ولتاژ قابل اعمال به پایه‌های ورودی» و «جریان ورودی» را به کمک برگه داده پیدا کنید.
- چه محدودیت‌هایی در عملکرد این مدار مجتمع وجود دارد؟ آیا می‌توان هر ورودی با هر دامنه و فرکانس دلخواهی به این مدار مجتمع داد؟

۲. هدف ما این است که به کمک این مدار مجتمع توابع تبدیل سیستم‌های مختلف فیزیکی را در حوزه فرکانس مختلط پیاده‌سازی کنیم. با توجه به مطالبی که در درس‌های مدارهای الکتریکی و الکترونیک آموخته‌اید نشان دهید که مدار شکل ۱، تابع تبدیل زیر را پیاده‌سازی می‌کند:

$$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1+R_1C_1s}{1+R_2C_2s}$$



شکل ۱: مدار مورد استفاده در سیستم‌های مرتبه ۱

۳. آیا می‌توان سیستم پیاده شده در پرسش ۲ را تنها با یک منبع تغذیه راه‌اندازی کرد؟ چرا؟

۴. به کمک مدار شکل ۱، مدار آنالوگ معادل سیستم‌های زیر را پیاده‌سازی و مقادیر مقاومت‌ها و خازن‌های مورد نیاز را بدست آورید و مدار آن را رسم کنید.

$$H_1(s) = \frac{-2}{0.1s + 1}$$

$$H_2(s) = \frac{1}{s}$$

$$H_3(s) = K$$

$$H_4(s) = \frac{0.1}{s + 1}$$

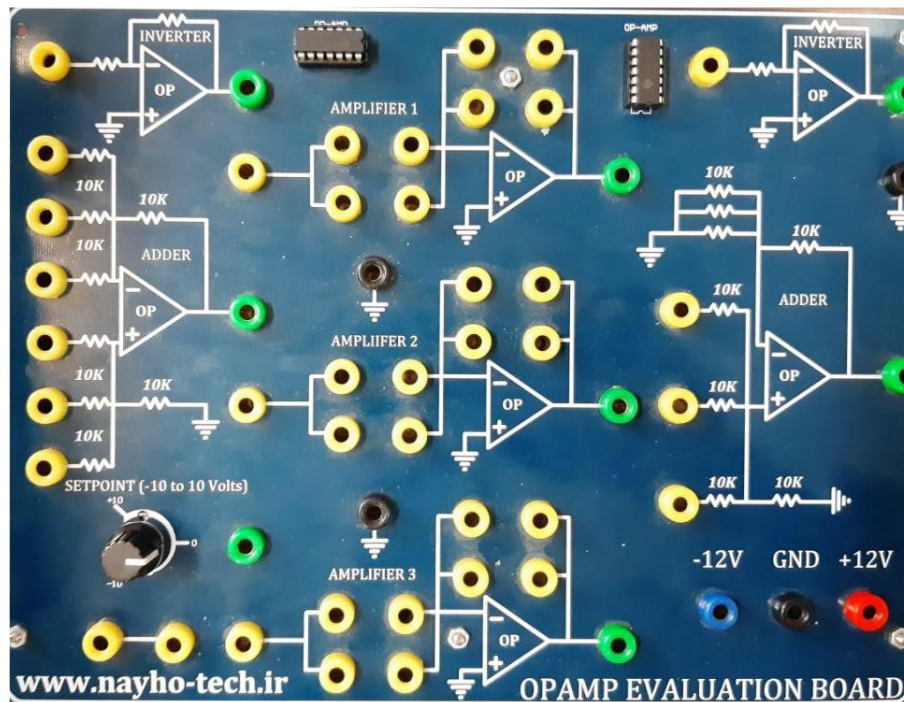
$$H_5(s) = \frac{0.235}{s + 1}$$

$$H_6(s) = \frac{0.33}{s + 1}$$

توجه کنید که خازن‌های و مقاومت‌های موجود در آزمایشگاه در جدول زیر آورده شده است و طراحی شما باید بر اساس این مقادیر انجام شود. توابع تبدیل H_1 ، H_2 ، H_3 و H_4 باید به صورت دقیق و بقیه توابع با تقریب مناسب به دست بیایند. حداکثر چهار المان (مقاومت و خازن) در هر یک از مدارهای طراحی شده توسط شما باید استفاده شود یعنی نباید پیچیدگی مدار شما از شکل ۱ بیشتر باشد (بورد موجود در آزمایشگاه در شکل ۲ نشان داده شده است. شما نیز از این بورد برای پیاده‌سازی توابع تبدیل خود استفاده خواهید کرد).

جدول ۱: المان‌های موجود در آزمایشگاه کنترل خطی

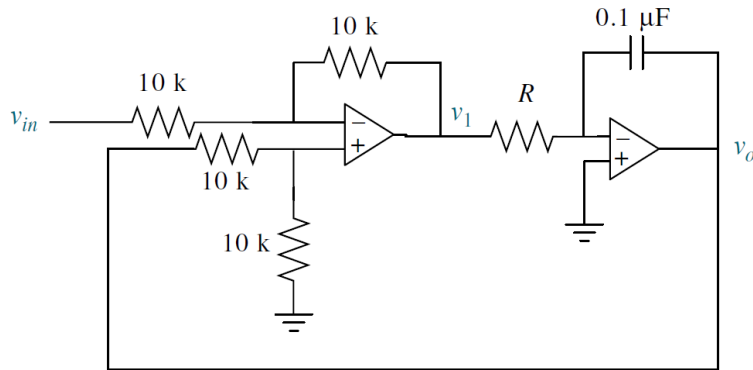
R	10kΩ	100kΩ	330kΩ	470kΩ	820kΩ	1MΩ	2.2MΩ	5.6MΩ	10MΩ
C	10nF	0.1μF	1μF	10μF					



شکل ۲: بورد آپامپی موجود در آزمایشگاه سیستم‌های کنترل خطی

۵. مدار الکتریکی شکل ۳ را با آپامپ ایده‌آل در نظر بگیرید.

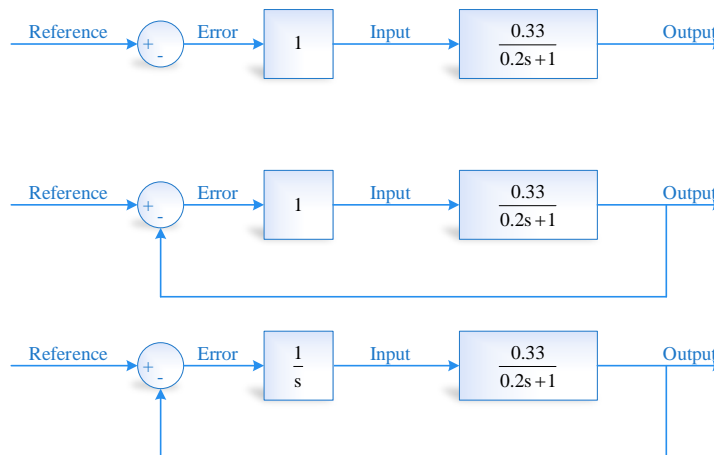
- نشان دهید که تقویت‌کننده‌ی عملیاتی سمت چپ شکل مانند یک ماژول تفریق‌کننده عمل می‌کند: $v_1 = v_o - v_{in}$
- بلوک دیاگرام کلی سیستم را رسم کنید. در بلوک دیاگرام رسم شده، تقویت‌کننده عملیاتی سمت چپ را بصورت یک تفریق‌کننده و تقویت‌کننده سمت راست را بصورت یک تابع تبدیل در نظر بگیرید.
- در سیستم بدست آمده، مقدار مقاومت R را طوری بیابید، که خروجی سیستم به ازای یک ورودی پله واحد زمان نشست $t_s = 1s$ داشته باشد.



شکل ۳: مدار آپامپی پرسش ۵

۶. فرض کنید تابع تبدیل سیستمی به شکل $H(s) = \frac{0.33}{0.2s+1}$ باشد. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، پاسخ تابع تبدیل موتور به ورودی پله واحد را ترسیم کنید و با استفاده از آن (از روی شکل پاسخ) ثابت زمانی، بهره حالت ماندگار و خطای حالت دائمی سیستم را بدست آورید.

۷. سیستم‌های نشان‌داده شده در شکل ۴ را در محیط سیمولینک MATLAB پیاده‌سازی کنید و خطای حالت ماندگار سیستم را مقایسه کنید. شکل موج ورودی، خروجی و خطای ردیابی را برای همه سیستم‌ها ترسیم کنید و علت تغییر خطا را در سه حالت نشان‌داده شده توضیح دهید.



شکل ۴: نمایش بلوک دیاگرام مدار پرسش ۷