



به نام خدا  
سیستم‌های کنترل دیجیتال  
تمرین سری سوم  
۱۴۰۲-۱۴۰۳-۲



تاریخ بارگذاری: ۱۴۰۳/۰۱/۳۰

تاریخ تحویل: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱

دستیار آموزشی مسئول: سید فرید موسوی (farbodmoosavi@ut.ac.ir)

خواهشمند است جهت تحویل تمرین به نکات زیر توجه داشته باشید:

۱. دانشجویان می‌توانند سوالات خود را پیرامون تمرین، با دستیار آموزشی مسئول از طریق راه‌های ارتباطی در نظر گرفته شده، مطرح کنند.
۲. پاسخ‌های خود را، تا موعد ذکر شده به صورت یک فایل PDF یکپارچه، در سامانه ایلرن بارگذاری نمایید. توجه داشته باشید که فایل ارسالی نیاز به چرخش یا تغییر وضوح نداشته باشد.
۳. در صورتی که در سوالات، شبیه‌سازی از شما خواسته شده بود، صرفاً نتایج را در فایل PDF بیاورید. کد و فایل‌های شبیه‌سازی را به صورت یک فایل zip همراه تمرین ارسال نمایید.

سوال ۱

معادل دیجیتال فیلترهای آنالوگ زیر را به روش‌های گفته شده بیابید.

الف)  $\frac{s+2}{s^2+3s}$ ، روش صفر و قطب تطبیق‌یافته

ب)  $\frac{s}{(s+2)(s+4)}$ ، روش تغییر ناپذیری ضربه

پ)  $\frac{10}{s+10}$ ، تبدیل دوخطی با پیشتاب فرکانسی

ت)  $\frac{1}{(s+2)(s+5)}$ ، تغییر ناپذیری پله

ث)  $\frac{s+1}{(s+3)(s+4)}$ ، تفاضل معکوس

## سوال ۲

سیستم استاندارد مرتبه دو زیر را در نظر بگیرید.

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

الف) معادل دیجیتال این فیلتر را به ازای سه روش تفاضل مستقیم، تفاضل معکوس و قطب و صفر تطبیق یافته بیابید.

ب) در حالات تفاضل مستقیم و معکوس پایداری سیستم حاصل را با در نظر داشتن پایداری سیستم اولیه (آنالوگ) بررسی کنید.

پ) اگر نرخ میرایی برابر با 0.5 و فرکانس طبیعی برابر با  $5\text{rad/sec}$  باشد، تابع تبدیل فیلتر دیجیتال به دست آمده از روش صفر و قطب تطبیق یافته را به ازای دوره نمونه برداری 0.2 ثانیه ای به دست آورید. سپس پاسخ خود را در *MATLAB* چک کرده و پاسخ فرکانسی فیلتر را گزارش کنید.

## سوال ۳

تابع تبدیل  $H(s)$  یک کنترل کننده پیش فاز است و به نحوی طراحی شده است که در فرکانس  $\omega_n = 3\text{rad}$  فازی معادل  $60\text{deg}$  به سیستم تزریق کند.

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

برای هر کدام از روش های زیر سیستم معادل را یافته و مکان صفر و قطب ها را در صفحه  $Z$  مشخص کنید. همچنین محاسبه کنید که فیلتر معادل در  $Z_1 = e^{j\omega_n T}$  به ازای  $T = 0.25\text{sec}$  چه فازی به سیستم تزریق میکند.

الف) روش تفاضل مستقیم

ب) روش تفاضل معکوس

پ) روش صفر و قطب تطبیق یافته

ت) روش تبدیل دوخطی

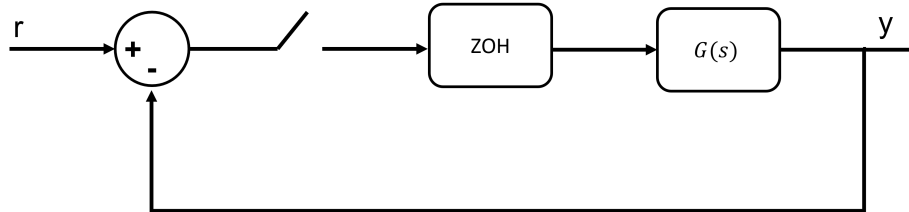
ث) روش تبدیل دوخطی با پیشتاب فرکانسی (از  $\omega_n$  برای فرکانس پیشتاب استفاده کنید)

ج) معادل نگه دار مرتبه صفر

یک سیستم پیوسته در زمان و با فیدبک واحد با تابع تبدیل مسیر مستقیم زیر را در نظر بگیرید:

$$G(s) = \frac{2}{s(s+2)}$$

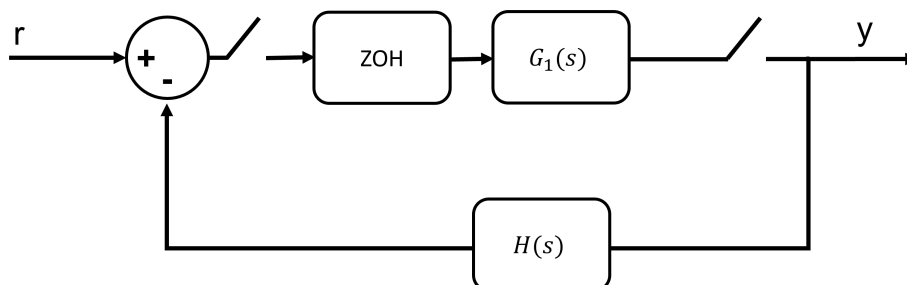
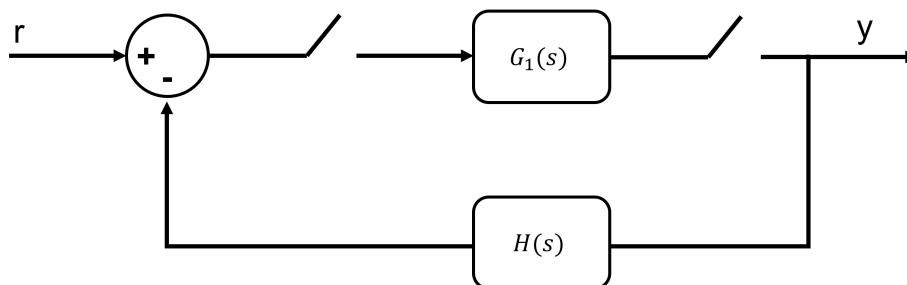
حال این سیستم را به صورت شکل زیر گسسته‌سازی می‌کنیم.



با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و پاسخ پله سیستم پیوسته و همچنین سیستم گسسته را به ازای

دوره نمونه‌برداری  $T = [0.1, 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2]$  بر روی یک نمودار رسم کنید و در یک جدول زمان نشست ۹۸ درصد و بالازدگی این سیستم‌ها را گزارش کنید و روند تغییر آن‌ها را مقایسه کنید.

الف) برای هر یک از بلوک دیاگرام‌های داده شده، ثوابت خطای پله، شیب و سهمی را محاسبه کنید. ( $T = 0.1s$ )

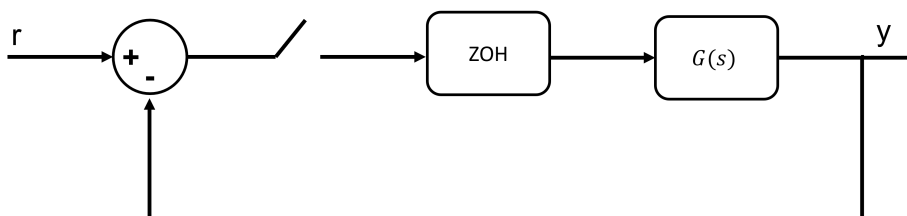


$$G_1(s) = \frac{5}{s(s+3)}$$

$$G_2(s) = \frac{1}{s}$$

$$H(s) = 2$$

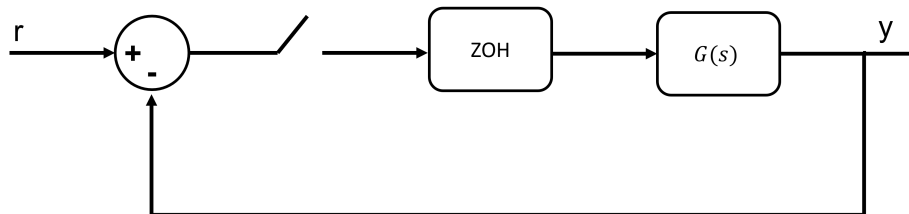
ب) برای سیستم شکل زیر ثابت‌های خطا را به ازای ورودی پله، شیب و سهمی هم در حالت پیوسته و هم در حالت گسسته به ازای دوره‌های نمونه برداری  $T = [0.1, 0.5]$  محاسبه کنید.



$$G(s) = \frac{10}{s(s+1)}$$

سوال ۶

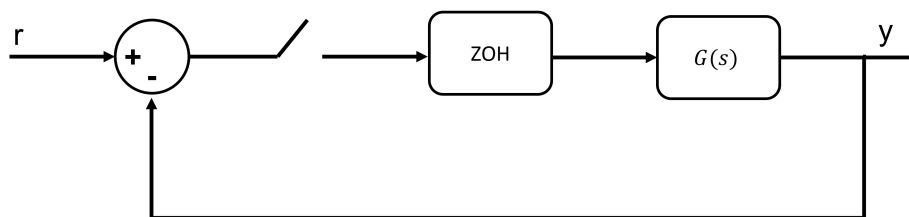
سیستم حلقه بسته شکل زیر را در نظر بگیرید که در آن  $G(s) = \frac{K}{s(0.5s+1)}$  می باشد.



بهره  $K$  و زمان نمونه برداری  $T$  را به نحوی مشخص کنید که سیستم حداکثر بالازدگی 30% داشته باشد و خطای حالت ماندگار آن به ورودی شیب کمتر از 1 باشد.

سوال ۷

سیستم حلقه بسته شکل زیر را در نظر بگیرید:



الف) اگر  $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$  مقدار بالازدگی و زمان نشست سیستم را به ازای  $T = 0.5\text{sec}$  و  $T = 1\text{sec}$  محاسبه کنید و پاسخ خروجی را رسم کرده و مقادیر آن را با مقادیر بدست آمده مقایسه کنید.  
ب) ناحیه معادل  $\zeta \geq 0.5$  و  $\omega_n \leq \omega_s/30$  را در صفحه  $z$  مشخص کنید.