

به نام خدا



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آزمایشگاه سیستم‌های کنترل خطی

گزارشکار آزمایش شماره ۳

محیا شهشهانی -- شیرین جمشیدی

۸۱۰۱۹۹۵۷۰ -- ۸۱۰۱۹۹۵۹۸

گروه ۵

فروردین ماه ۱۴۰۲

فهرست

شماره صفحه

عنوان

۳

چکیده

۴

بخش ۱

۵

بخش ۲

۷

بخش ۳

بخش ۴

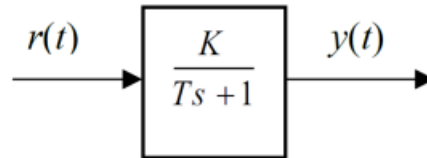
پیوست

چکیده

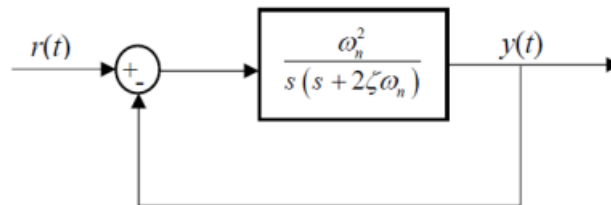
در این آزمایش به بررسی پاسخ زمانی سیستم‌های مرتبه اول و دوم می‌پردازیم. برای این منظور ابتدا یک سیستم مرتبه یک را با استفاده از ادوات الکتریکی پیاده‌سازی و در حوزه زمان شناسایی می‌کنیم. در ادامه به نحوه پیاده‌سازی آنالوگ سیستم‌های مرتبه دو و تحلیل پاسخ آنها در حوزه زمان می‌پردازیم.

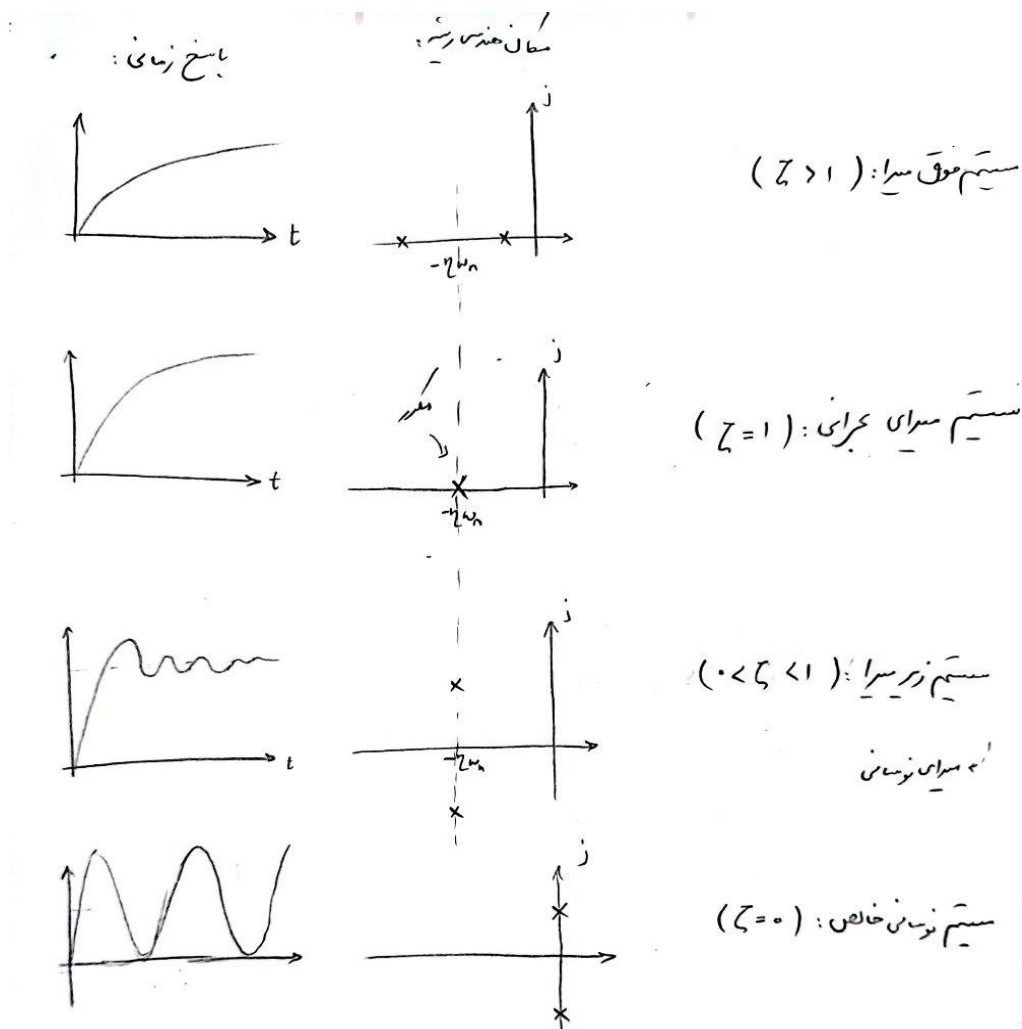
بخش ۱) معرفی سیستم‌های مرتبه اول و دوم

برای یک سیستم مرتبه اول $\frac{k}{Ts+1}$ ، بهره‌ی حالت ماندگار و T ثابت زمانی سیستم می‌باشد.



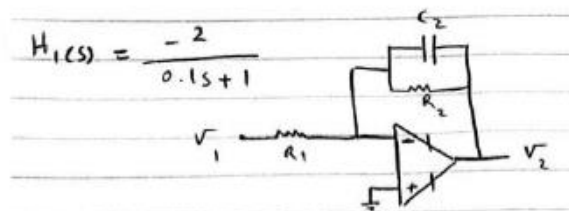
برای یک سیستم مرتبه دوم $\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ ، دو پارامتر ω_n و ζ ، تعیین کننده رفتار سیستم‌اند.





بخش ۲) پیاده سازی سیستم های مرتبه اول

این تابع تبدیل، همان سیستم H_1 در بخش چهارم پیش گزارش می باشد:



مقدار سلف و خازن بدین شرح می باشد:

$$C_2 = 0.1 \mu F, R_1 = 500 k\Omega, R_2 = 1 M\Omega$$

ورودی این سیستم را سیگنال مربعی دادیم که در یک نیم سیکل مانند تابع پله و در نیم سیکل بعدی مانند تابع پله‌ی معکوس نسبت به محور زمان عمل میکند.

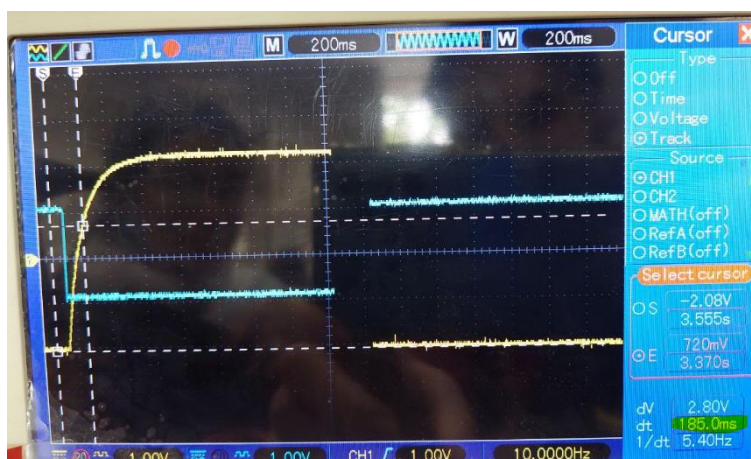
برای یک سیستم مرتبه اول $\frac{k}{T_s+1}$ ، بهره‌ی حالت ماندگار و T ثابت زمانی سیستم میباشد.

ثابت زمانی:

پس مقدار نظری ثابت زمانی برای این سیستم، ۰.۱ میباشد. برای اندازه‌گیری عملی، باید 65% کل بازه‌ی شکل موج خروجی (4.32V) را محاسبه کرده (از پایین‌ترین ولتاژ تا بالاترین ولتاژ) و سپس این مقدار را با پایین‌ترین مقدار ولتاژ شکل موج خروجی (-2.08V) جمع کنیم. حال زمان مقدار بدست آمده را میخوانیم.

$$0.65 \times 4.32 = 2.8, \quad 2.8 + (-2.08) = 0.72$$

حال، اختلاف t خوانده شده از لبه‌ی بالارونده‌ی موج مربعی تا ولتاژ 720mV، ثابت زمانی ماست:



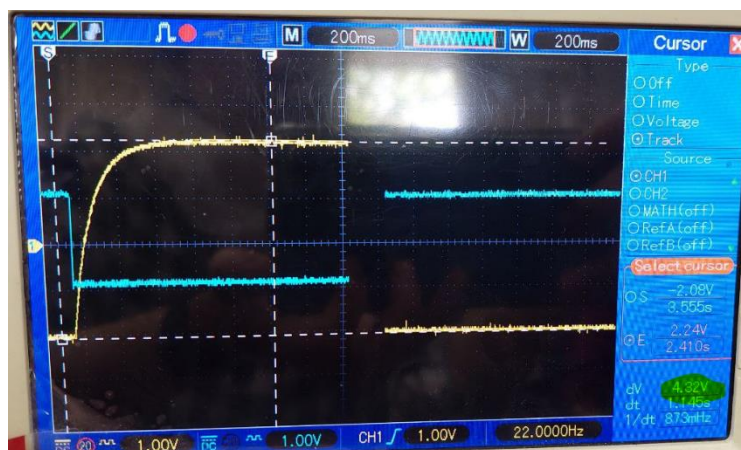
بهره‌ی حالت ماندگار:

طبق توضیحات بالا، مقدار نظری بهره‌ی حالت ماندگار برای این سیستم، ۲ میباشد.

برای اندازه‌گیری عملی، باید مقدار کل بازه (4.32V) را تقسیم بر دو کرد:

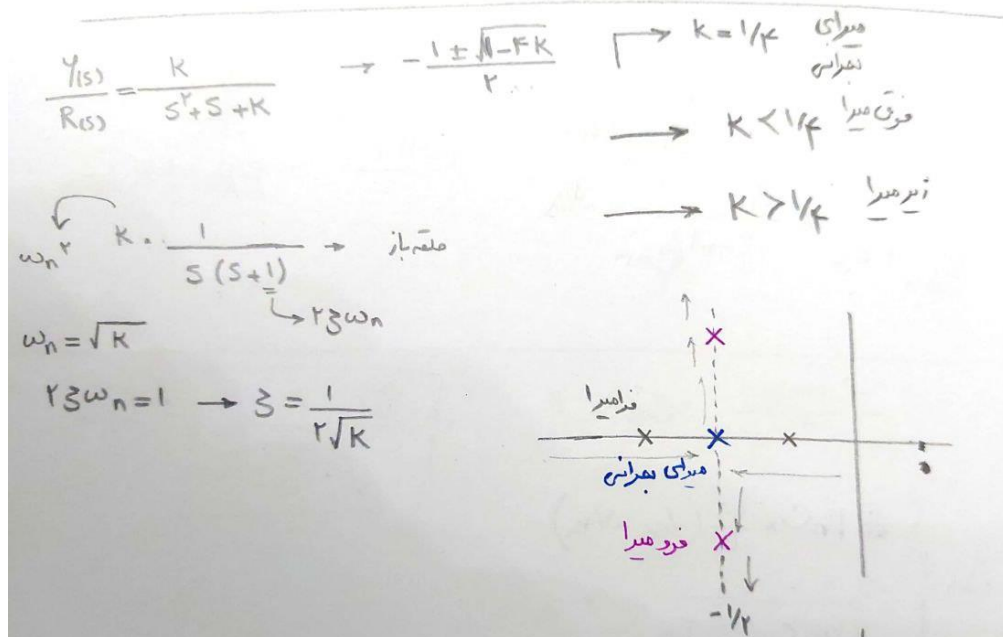
$$k = \frac{4.32}{2} = 2.16$$

مقدار کل بازه:



اندازه گیری عملی	مقدار نظری	
۰.۱۸	۰.۱	ثابت زمانی (ثانیه) - T
۲.۱۶	۲	بهره حالت ماندگار - K

بخش ۳) پیاده‌سازی سیستم‌های مرتبه دوم



نظری:

درصد فراجش	زمان نشست	زمان خیز	قطب‌های سیستم	
-	*۸	۱۵	-۰.۸۸ و -۰.۱۱	K=0.1
-	۸	۶.۹۶	-۰.۶۲۲ و -۰.۳۷۷	K=0.235
۵۰٪	۸	۰.۵۵	-۰.۵ ± ۳.۱۲۲j	K=10

عملی:

درصد فراجش	زمان نشست	زمان خیز	قطب‌های سیستم	
-	۲۲.۶	۲۱.۶	-۰.۸۸ و -۰.۱۱	K=0.1
-	۱۰.۵	۸.۲	-۰.۶۲۲ و -۰.۳۷۷	K=0.235
۵۶٪	۶	۰.۵	-۰.۵ ± ۳.۱۲۲j	K=10

سیستم اندر دمپد هست و در حالت نظری، هرگز به مقدار نهایی نمی‌رسد در نتیجه عملاً زمان نشست صحیح نیست.

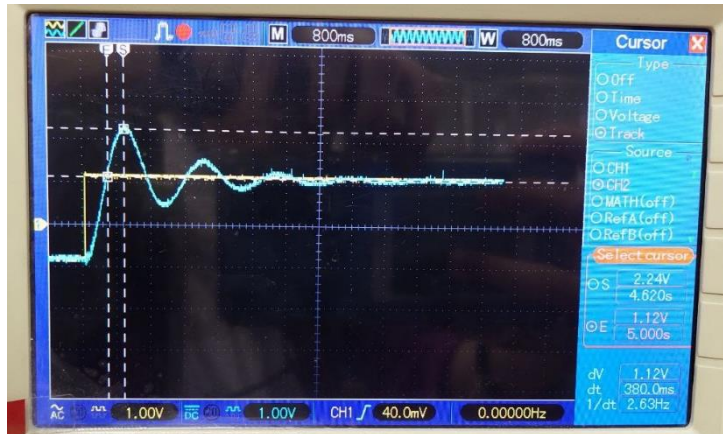
زمان صعود (Rise Time) را به عنوان مدت زمانی تعریف می‌کنیم که طول می‌کشد تا پاسخ سیستم از 10% به 90% مقدار حالت ماندگار (پاسخ پله) برسد.

زمان نشست t_s : نخستین باری است که پاسخ گذرا به محدوده مشخص کوچکی از $y(\infty)$ می‌رسد و در آن محدوده باقی می‌ماند.

در حالت $k=10$:

درصد فراجهش:

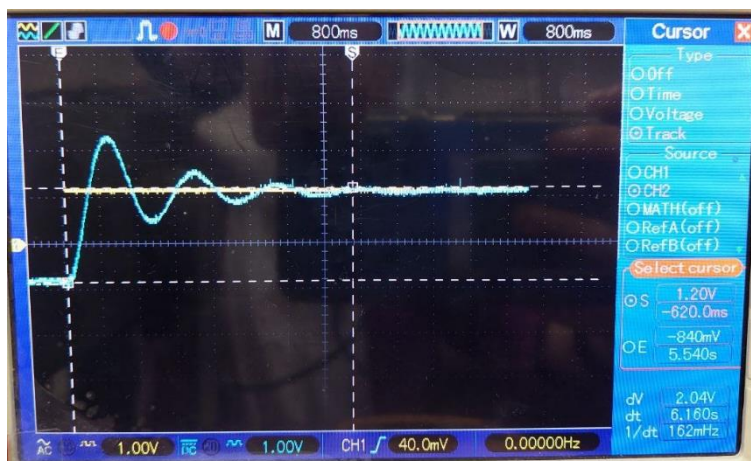
$$\frac{1.12}{2} = 0.56 = 56\%$$



زمان نشست:

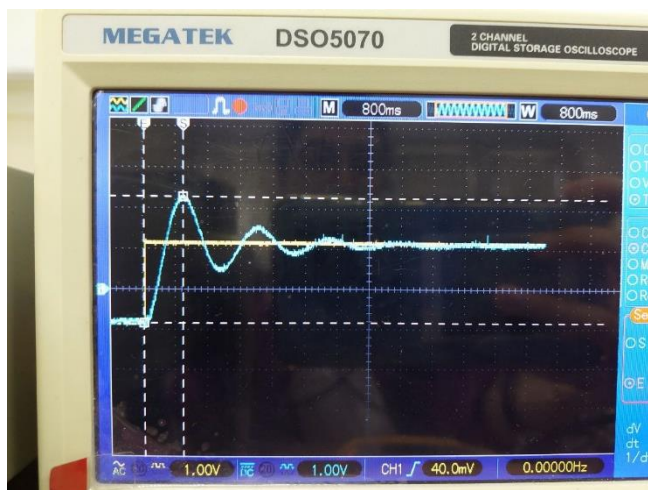
با معیار دو درصد، وقتی که به ۰.۹۸ دامنه رسیده است.

$$\pm 0.04$$

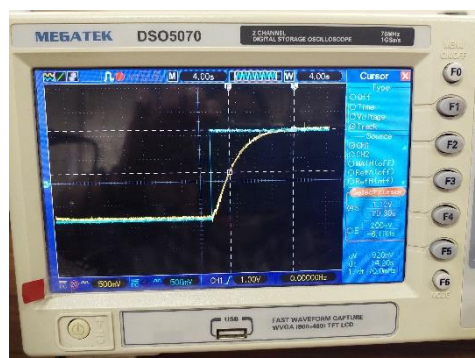
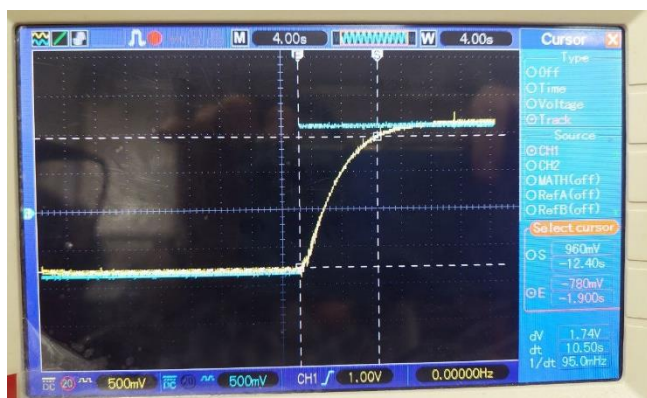


زمان خیز:

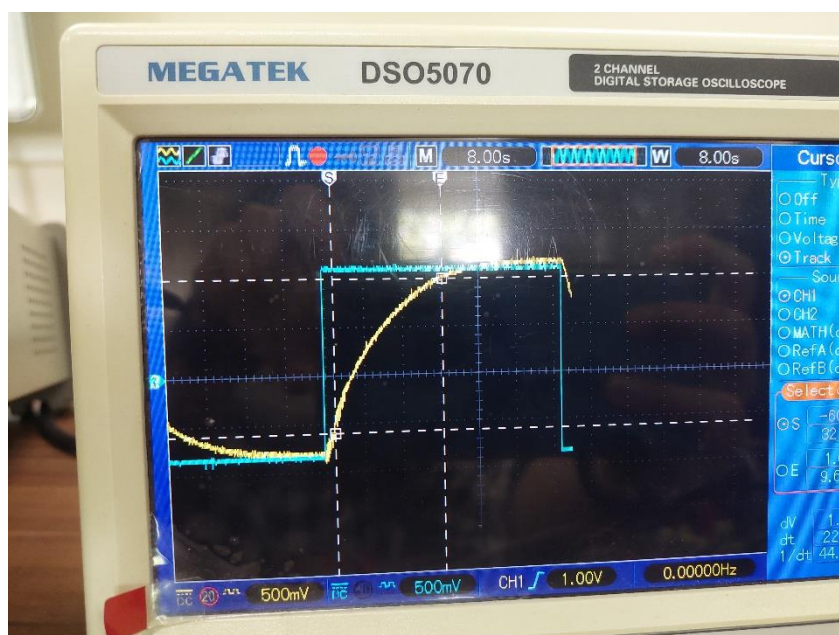
اولین باری که به مقدار نهایی می‌رسد.



در حالت $k=0.235$



در حالت $k=0.1$



$$\frac{K}{s(s + \frac{1}{2\zeta\omega_n})} \quad \omega_n = \sqrt{K}$$

$$2\zeta\omega_n = 1 \rightarrow \zeta = \frac{1}{2\sqrt{K}}$$

$K = 0,1 \rightarrow \omega_n = \sqrt{0,1} = 0,314$ و $\zeta = 1,58$ میرای ^د (فرق میرای) _{میرای}

$K = 0,235 \rightarrow \omega_n = \sqrt{0,235} = 0,484$ و $\zeta = 1,03$ تقریباً میرای میرانی

$K = 10 \rightarrow \omega_n = \sqrt{10} = 3,142$ و $\zeta = 0,158$ میرای ضعیف

$T_r \rightarrow$ زمان صعود $\triangleq T_{90\%} - T_{10\%}$ و $T_r = \frac{0,1 + 2,5\zeta}{\omega_n}$

$K = 0,1 \rightarrow 15S$ $K = 0,235 \rightarrow 4,94S$

$$T_r \rightarrow \frac{\pi - \theta}{\omega_d} = \frac{\pi - \cos^{-1}\zeta}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} = \frac{\pi - 1,112}{3,142 \times 0,91} = 0,55S$$

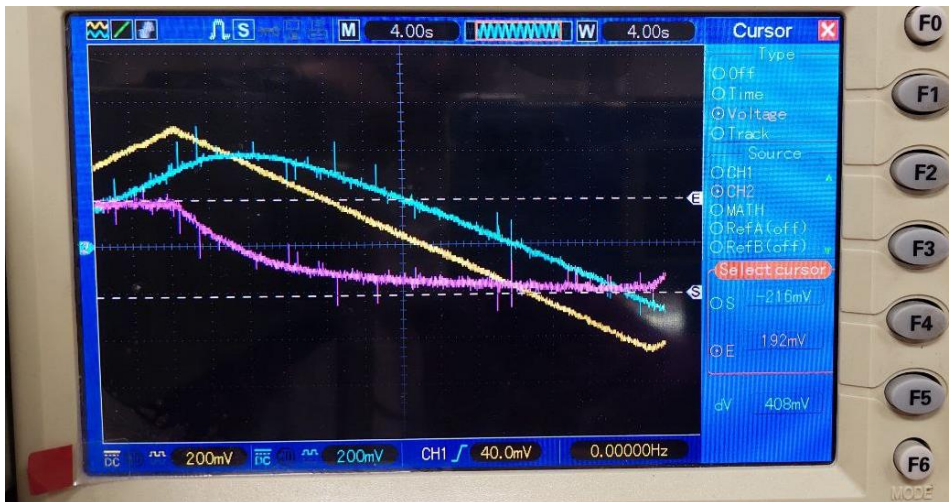
$T_s \rightarrow$ زمان ^د _{نشان} $\frac{4}{\zeta\omega_n}$

$K = 0,1 \rightarrow 15S$ $K = 0,235 \rightarrow 15S$ $K = 10 \rightarrow 15S$

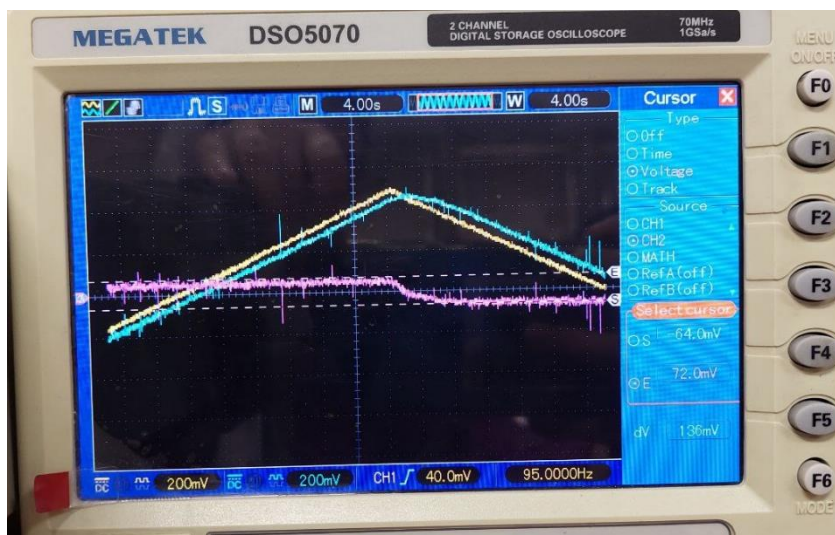
$M_p = e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}} \times 100 = 4\%$
درصد فراجه

انتخاب ورودی مثلی

برای $k=0.1$:



: $k=0.33$



با افزایش k ، خطای حالت ماندگار کاهش می یابد. با یکدیگر رابطه عکس دارند.

سیستم حلقه باز: $\frac{k}{s(s+1)}$ ← نوع ۱

خطای ورودی
نوع ۱: $\rightarrow q=1 \Rightarrow e_{ss} = \frac{1}{k}$

$\rightarrow k=0.1 \rightarrow e_{ss}=10$
 $\rightarrow k=0.33 \rightarrow e_{ss}=3.03$

خطای اندازه گیری شده: $0.33 \rightarrow 0.134V$
 $0.1 \rightarrow 0.408V$

$$\frac{K}{s(s + \frac{1}{2\zeta\omega_n})} \quad \omega_n = \sqrt{K}$$

$$2\zeta\omega_n = 1 \rightarrow \zeta = \frac{1}{2\sqrt{K}}$$

$K = 0,1 \rightarrow \omega_n = \sqrt{0,1} = 0,314$ و $\zeta = 1,58$ میرای ^د (فرق میرای) _{میرای}

$K = 0,235 \rightarrow \omega_n = \sqrt{0,235} = 0,484$ و $\zeta = 1,03$ تقریباً میرای میرانی

$K = 10 \rightarrow \omega_n = \sqrt{10} = 3,142$ و $\zeta = 0,158$ میرای ضعیف

$T_r \rightarrow$ زمان صعود $\triangleq T_{90\%} - T_{10\%}$ و $T_r = \frac{0,1 + 2,5\zeta}{\omega_n}$

$K = 0,1 \rightarrow 15S$ $K = 0,235 \rightarrow 49,9S$

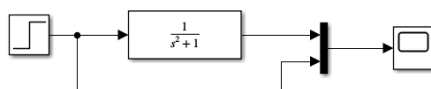
$T_r \rightarrow \frac{\pi - \theta}{\omega_d} = \frac{\pi - \cos^{-1}\zeta}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} = \frac{\pi - 1,112}{3,142 \times 0,91} = 0,55S$

$T_s \rightarrow$ زمان ^د _{توقف} $\frac{4}{\zeta\omega_n}$

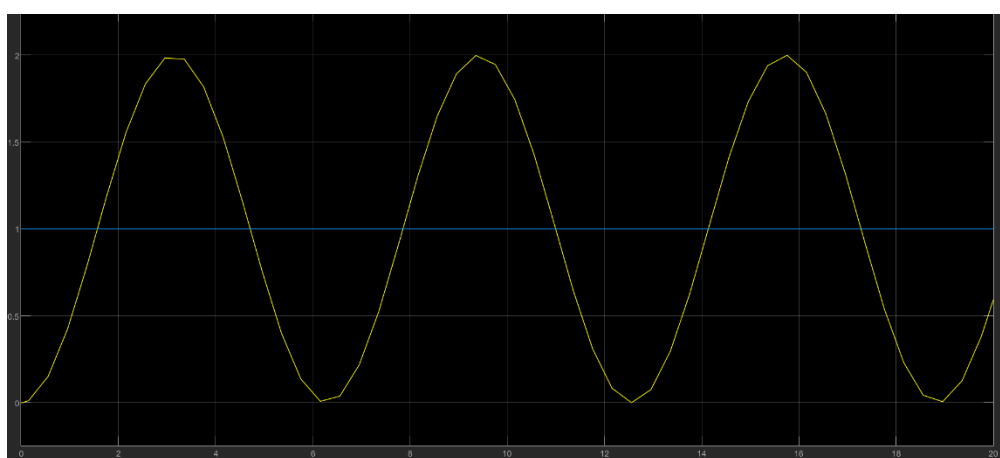
$K = 0,1 \rightarrow 1S$ $K = 0,235 \rightarrow 1S$ $K = 10 \rightarrow 1S$

$M_p = e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}} \times 100 = 4\%$
درصد فراجه

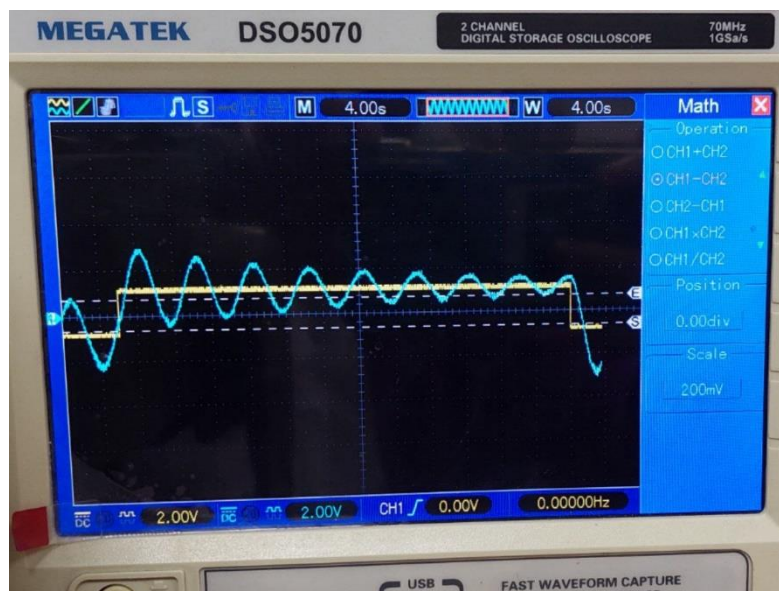
بخش ۴) نوسان ساز خطی



در حالت نظری خروجی به حالت زیر میشود:



خروجی عملی:



در حالت عملی با گذشت زمان کاهش دامنه را شاهد هستیم که به دلیل تلفات ناشی از مقاومت‌های موجود میباشد. با بستن دو انتگرالگیر پشت سر هم.

پیوست: روند اجرای برنامه

فایل‌های مربوط به هر بخش داخل فولدري با شماره همان بخش موجود است.

– بخش دو: اجرای فایل شبیه سازی سیمولینک به همراه فایل متلب متغیرها که منجر به ذخیره