

به نام خدا  
سیستم‌های کنترل خطی  
تمرین سری چهارم  
۱۴۰۲-۱۴۰۱



تاریخ بارگذاری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳

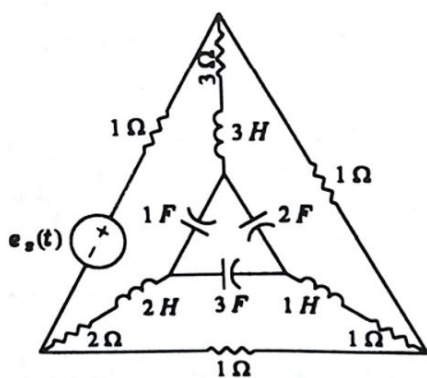
دستیار آموزشی مسئول: علی کسایی نژاد (alikaiaie@ut.ac.ir)

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

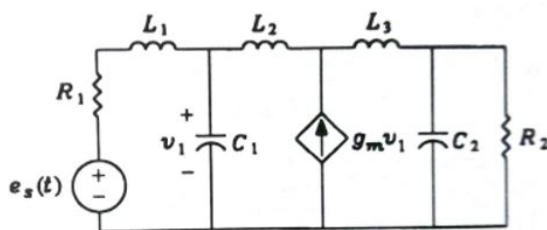
۱. دانشجویان می‌توانند سوالات خود را پیرامون تمرین از طریق راه‌های ارتباطی در نظر گرفته‌شده، با دستیار آموزشی مسئول تمرین مطرح کنند.
۲. پاسخ‌های خود را، تا موعد ذکر شده به صورت یک فایل PDF یکپارچه، در سامانه ایلرن بارگذاری نمایید. توجه داشته باشید که فایل ارسالی نیاز به چرخش یا تغییر وضوح نداشته باشد.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

سوال ۱ (مورد (ب) تحویلی است)

در هر یک از سیستم‌های زیر ابتدا تعداد متغیر حالت مورد نیاز را تعیین کنید، سپس با انتخاب از میان جریان سلف‌ها و ولتاژ خازن‌های قابل قبول، معادلات حالت را بنویسید.



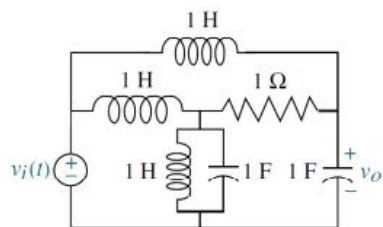
ب) سیستم دوم سوال ۱



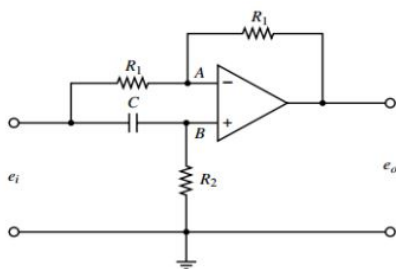
الف) سیستم اول سوال ۱

## سوال ۲

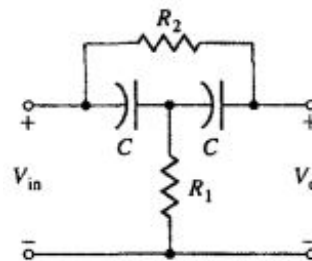
در هر یک از سیستم‌های الکتریکی زیر، تابع تبدیل  $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$  را محاسبه کنید.



پ) سیستم سوم سوال ۲



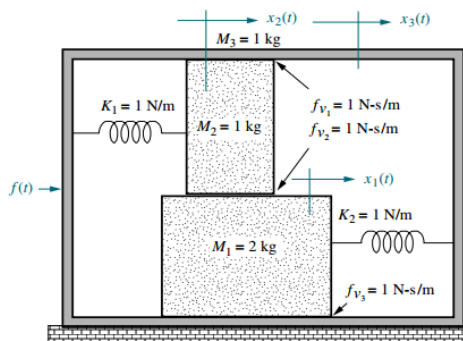
ب) سیستم دوم سوال ۲



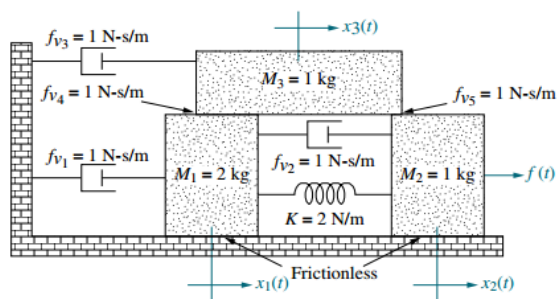
الف) سیستم اول سوال ۲

## سوال ۳

فضای حالت سیستم‌های مکانیکی زیر را با توجه به شرط ذکر شده برای هر کدام به دست بیاورید.



ب)  $x_1$  را خروجی در نظر بگیرید



آ)  $x_3$  را خروجی در نظر بگیرید

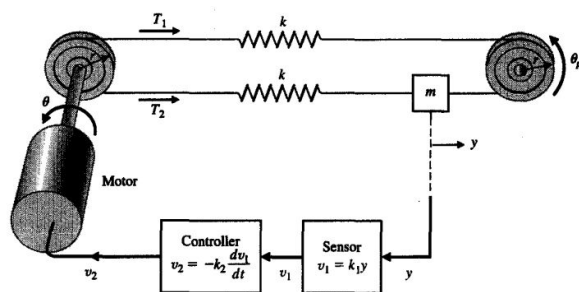
## سوال ۴ (تحویلی)

شکل زیر سیستم یک پرینتر قدیمی را مدل می‌کند.

الف) با استفاده از اطلاعات جدول که شامل اطلاعات موتور نیز می‌باشد، روابط دینامیکی حاکم بر مسئله را بنویسید. برای نوشتن روابط موتور از روابط کنترل میدان استفاده نمایید.

ب) با انتخاب  $x_1 = r\theta - y$ ،  $x_2 = \frac{dy}{dt}$  و  $x_3 = \frac{d\theta}{dt}$  به عنوان متغیرهای حالت، معادلات حالت سیستم را بدست بیاورید.

پ) گراف گذر سیگنال مدل را رسم نمایید.



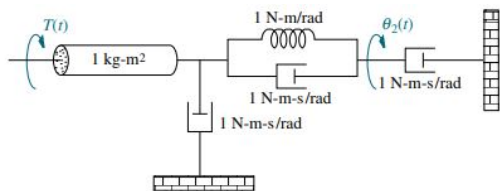
سیستم مکانیکی سوال ۴

Mass	$m = 0.2 \text{ kg}$
Light sensor	$k_1 = 1 \text{ V/m}$
Radius	$r = 0.15 \text{ m}$
Motor	
Inductance	$L \approx 0$
Friction	$b = 0.25 \text{ N-ms/rad}$
Resistance	$R = 2 \Omega$
Constant	$K_m = 2 \text{ N-m/A}$
Inertia	$J = J_{\text{motor}} + J_{\text{pulley}}: J = 0.01 \text{ kg-m}^2$

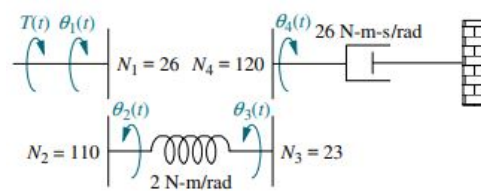
مشخصات مدلسازی سوال ۴

### سوال ۵ (مورد ب) تحویلی است)

تابع تبدیل خروجی به ورودی را با توجه به تعریف خروجی هر شکل بدست آورید. ورودی در هر دو شکل  $T(s)$  می باشد.



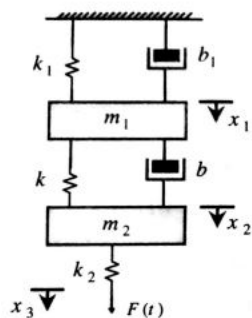
(ب)  $\theta_2$  را خروجی در نظر بگیرید



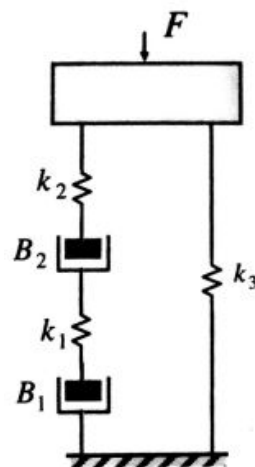
(آ)  $\theta_4$  را خروجی در نظر بگیرید

### سوال ۶

مدار الکتریکی معادل هر یک از سیستم های زیر را رسم نمایید.  $F$  ورودی سیستم می باشد.



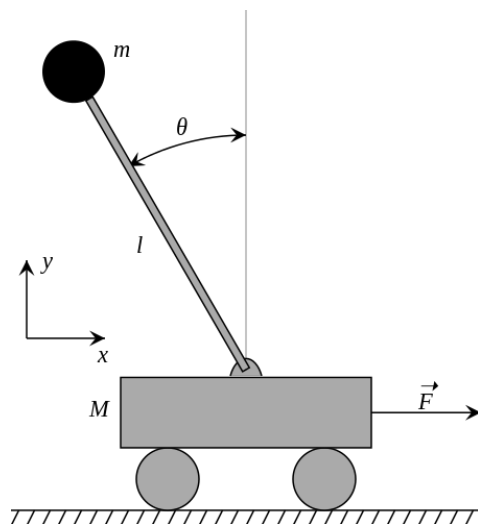
(ب) سیستم دوم سوال ۶



(الف) سیستم اول سوال ۶

## سوال ۷

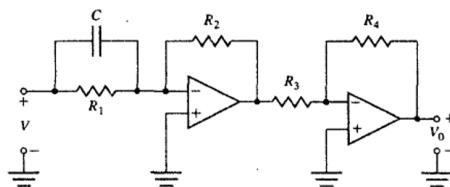
مطابق شکل قصد داریم با حرکت افقی پایه‌ی یک آونگ وارونه، آونگ را در حول نقطه‌ی تعادل خود نگه داریم. روابط را با فرض بسیار کوچک بودن زاویه، خطی در نظر بگیرید یا به صورت غیرخطی نوشته و سپس حول نقطه‌ی تعادل خطی‌سازی کنید. هم‌چنین می‌دانیم  $M \gg m$ .



شکل سوال ۷

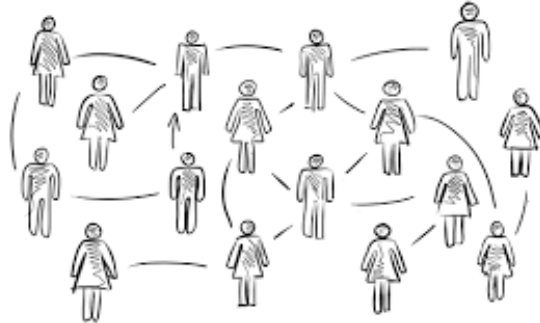
## سوال ۸

برای مدار آپامپی نشان داده شده تابع تبدیل  $G(s) = \frac{V_o(s)}{V(s)}$  را بیابید. فرض کنید آپامپ‌ها ایده‌آل باشند و  $R_1 = 167k\Omega$ ,  $R_2 = 240k\Omega$ ,  $R_3 = 1k\Omega$ ,  $R_4 = 100k\Omega$ ,  $C = 1\mu F$



شکل سوال ۸

مبحث مدل سازی صرفاً محدود به مسائل فیزیکی یا آزمایشگاهی نیست، بلکه در واقعیت برای حل غالب مسائل اعم از بهینه سازی یا تجزیه و تحلیل سیستم های حقیقی به مدل سازی نیاز داریم. برای مثال به شکل نخست سوال ۹ دقت کنید. فرض کنید افراد مشابه شکل با گرافی با یکدیگر در ارتباط باشند و ما بخواهیم دینامیک تغییر نظرات افراد در این جامعه را مدل سازی کنیم. چگونه می توانیم این کار را انجام دهیم؟



شکل اول سوال ۹

حال به مدل سازی ارائه شده در این قسمت توجه کنید. این مدل با تغییرات پارامتر  $K_i$  کدام یک از خصوصیات شخصی فرد را در مدل سازی خود لحاظ کرده است؟ توضیح دهید. آیا ایده ای برای وارد کردن موارد دیگر چون اعتماد یا سوطن به مدل سازی رابطه ی افراد دارید؟ □

$$x_i(t+1) = \frac{1}{d_i + K_i} \sum_{j \in \partial_i} x_j(t) + \frac{K_i}{d_i + K_i} x_i(0)$$

شکل دوم سوال ۹

□ در صورت علاقه ی بیشتر می توانید مقاله ی New opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of both trust and distrust, Akira Ishii را مطالعه بفرمایید

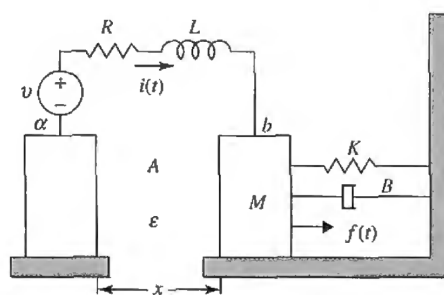
## سوال ۱۰

سیستم الکترومکانیکی در شکل زیر نشان‌دهنده مکانیزم خازن با صفحات موازی و متحرک است. فرض کنید صفحه  $a$  ثابت باشد و صفحه  $b$  با نیروی  $f$  جابه‌جا شود. اگر  $C(x) = \frac{\epsilon A}{d}$  به طوری که  $\epsilon$  ضریب دی‌الکتریک و  $A$  مساحت صفحات خازن باشد، آنگاه میدان الکتریکی، نیرویی مخالف جهت حرکت صفحات وارد می‌کند که با بار روی صفحات متناسب است:  $f_c = \frac{q^2}{2\epsilon A}$

الف) معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم را بیابید.

ب) معادلات را حول نقطه کار خطی‌سازی کنید.

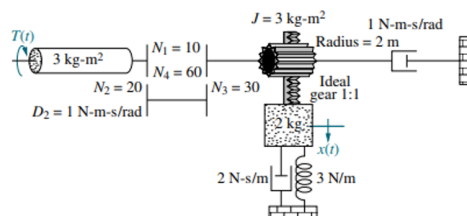
پ) تابع تبدیل  $\frac{X(s)}{C(s)}$  را بیابید.



شکل سوال ۱۰

## سوال ۱۱

شکل زیر ترکیبی از سیستم‌های حرکتی خطی و دورانی است. برای این سیستم تابع تبدیل  $G(s) = \frac{X(s)}{T(s)}$  را بیابید.



شکل سوال ۱۱