

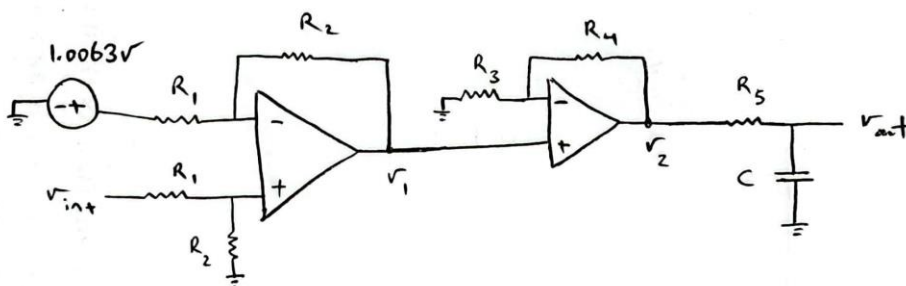
استاد: دکتر نیری
تاریخ تحویل: ۱۴۰۲/۰۲/۲۷

ابزار دقیق
تمرین دوم

شیرین جمشیدی
۸۱۰۱۹۹۵۷۰



۱. ترنسدیوسر مذکور در دمای ۲۰ تا ۶۰ درجه، ولتاژ حدود ۱.۰۰۶۳ تا حدود ۱.۰۰۸۷ ولت دارد. برای مپ کردن این مقدار ولتاژ به ۰ تا ۵ ولت، باید ابتدا از یک تقویت‌کننده تفاضلی استفاده کنیم که V_{in-} آن در همان ولتاژ ۱.۰۰۶۳ ولت ست شود و V_{in+} همان ولتاژ خروجی ترنسدیوسر می‌باشد. این gain تقویت‌کننده برای مپ کردن به ۰ تا ۵ ولت، باید حدود ۲۰۰۰ باشد. اما می‌خواهیم مقدار بهره از ۵۰۰ کمتر باشد. پس gain تقویت‌کننده‌ی تفاضلی را حدود ۴۳۴.۷۸ می‌گذاریم سپس یک تقویت‌کننده‌ی مستقیم به مدار اضافه می‌کنیم که gain حدود ۵ داشته باشد. سپس در آخر یک فیلتر پایین گذر می‌گذاریم تا نویزهای با فرکانس بیشتر از ۲۰۰ هرتز را حذف کند.



$$V_1 = \frac{R_2}{R_1} (V_{in+} - V_{in-}) ; \frac{V_2}{V_1} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) ; V_{out} = \frac{1}{R_5 C s + 1}$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 \approx 4.35 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 400 \Omega$$

$$R_3 = 100 \Omega$$

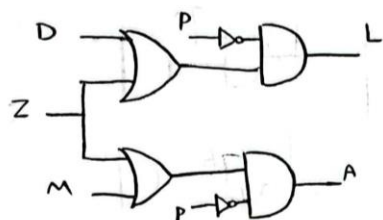
$$f = \frac{1}{2\pi R_5 C} = 200 \text{ Hz}$$

$$R_5 C \approx 7.96 \times 10^{-4}$$

$$C = 1 \mu\text{F}, R_5 \approx 796 \Omega$$

خروجی
 A : سیستم صوتی ; L : روشنایی

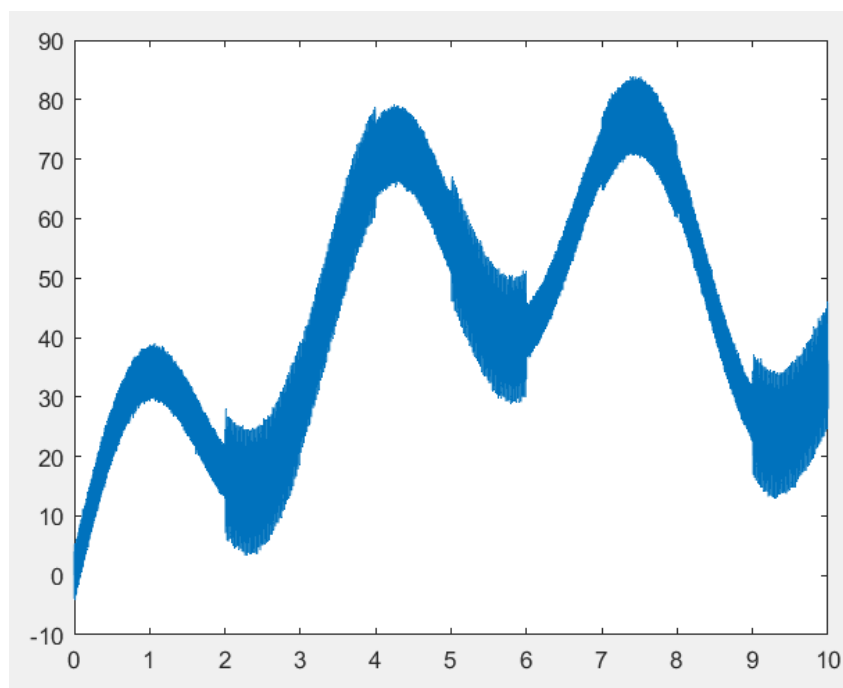
ورودی
 P : پنجره ; Z : آلودگی
 M : حرکت ; D : درب باز



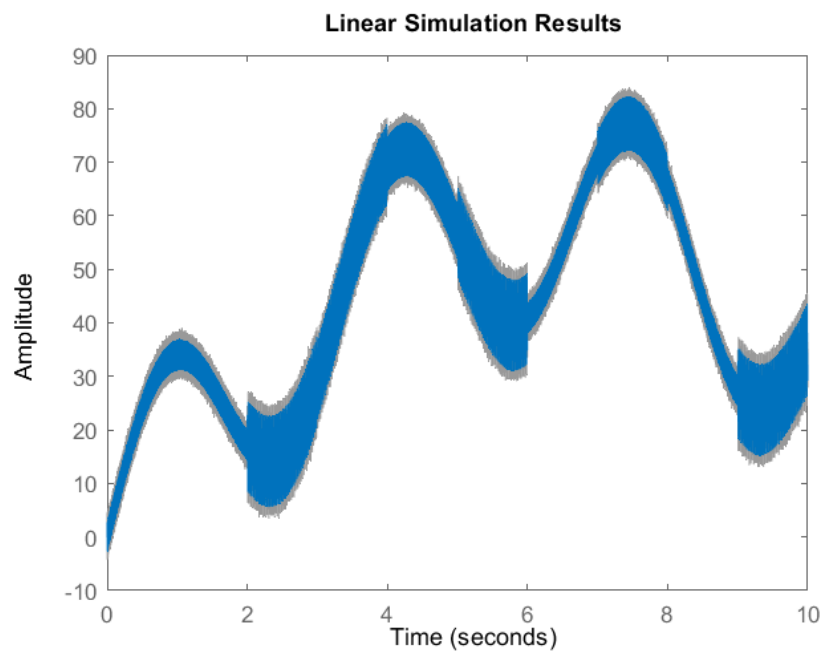
$$L = \sim P \& (D \vee Z)$$

$$A = \sim P \& (M \vee Z)$$

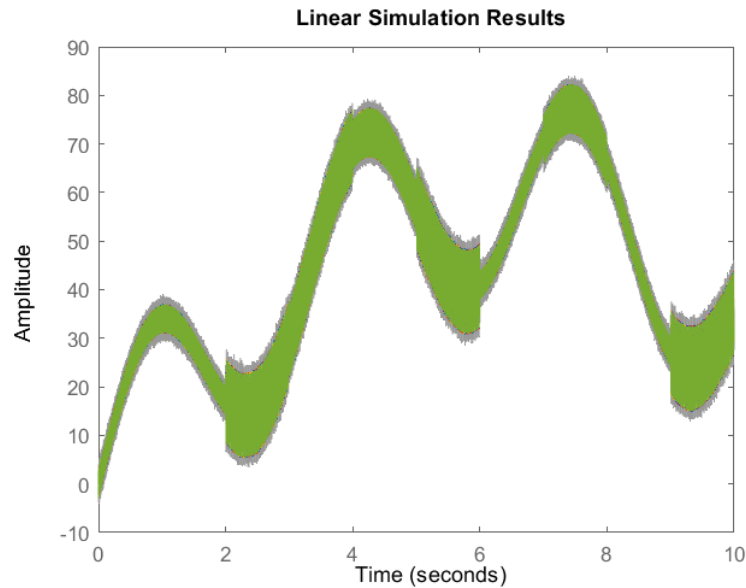
۱. شکل موج y بر حسب t :



۲. بالاترین فرکانس سیگنال انالوگ سوار بر مسیر، ۵۰۰ هرتز میباشد پس فیلتر پایین گذر مد نظر را با فرکانس ۵۰۰ هرتز میسازیم. خواهیم داشت:

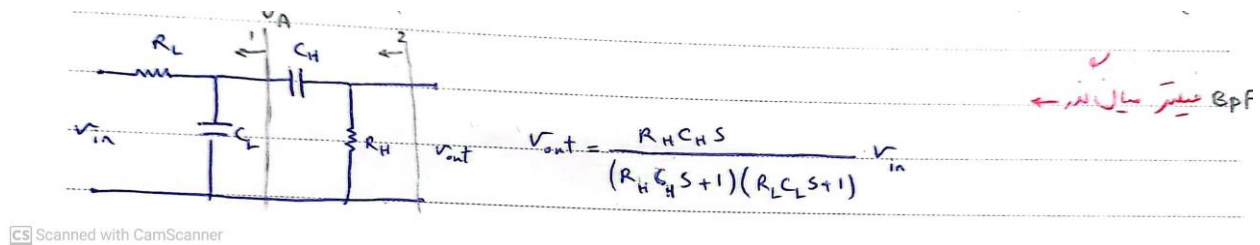


۳. به ازای فرکانس های ۵۰۰، ۵۲۵، ۵۵۰، ۵۷۵ و ۶۰۰ هرتز فیلتر پایین گذر ساخته و در شکل زیر مشاهده میکنیم:

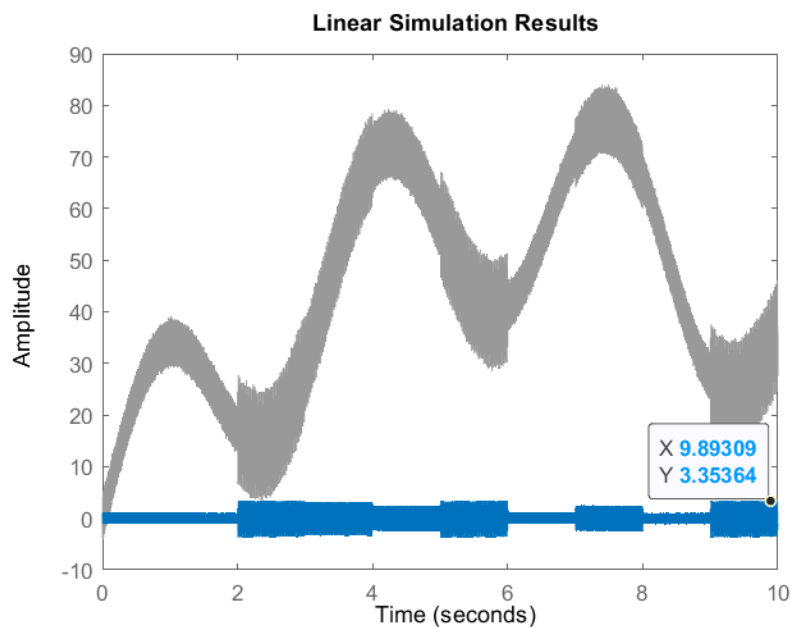


در این شکل تمام شکل موجها روی هم افتاده اند. اگر برای هر فیلتر پایین گذر نموداری به تفکیک ترسیم کنیم، خواهیم دید که با افزایش فرکانس، نویز بیشتری از فیلتر عبور میکند و این مقدار نویز در ۵۰۰ هرتز به کمینه میرسد.

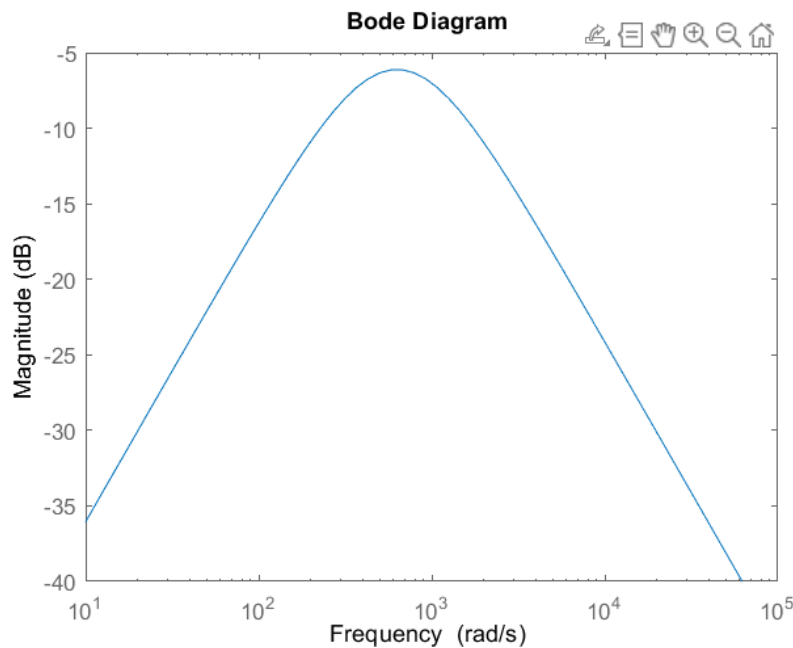
۴. با استفاده از شکل زیر فیلتر میان گذر را طراحی میکنیم. فرکانس بالا و پایین را به ترتیب ۱۰۱ و ۹۹ هرتز میگذاریم.



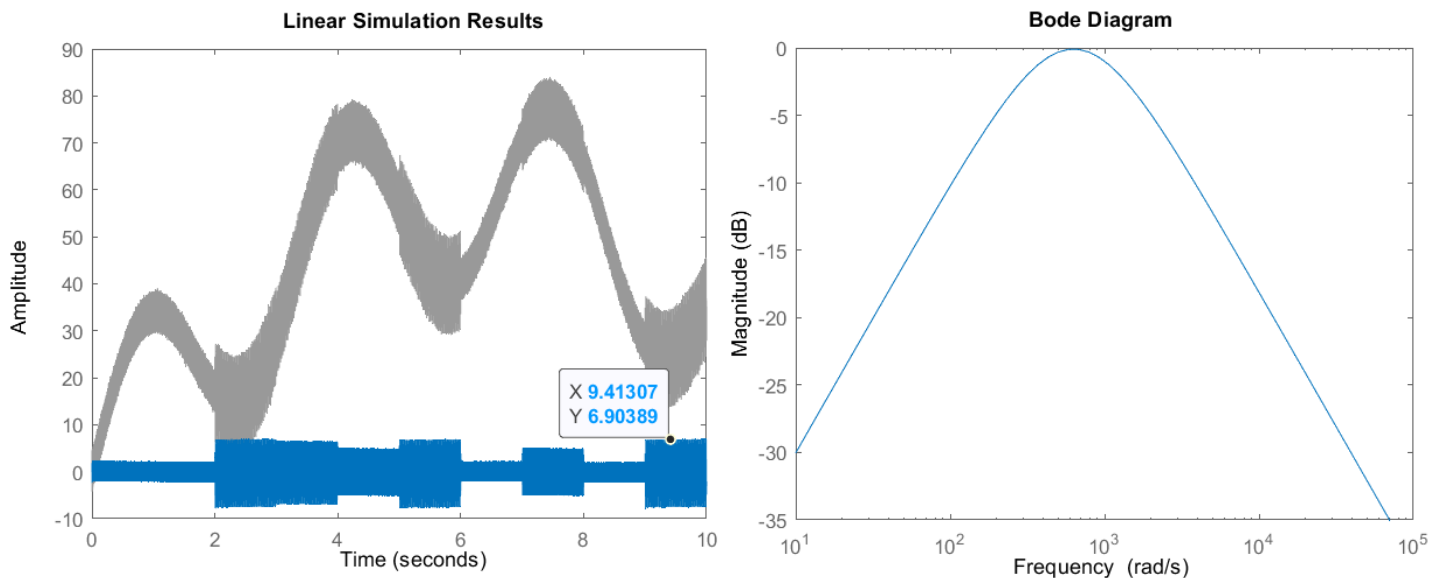
حال با استفاده از دستور Isim خواهیم داشت:



۵. نمودار بود اندازه‌ی G:



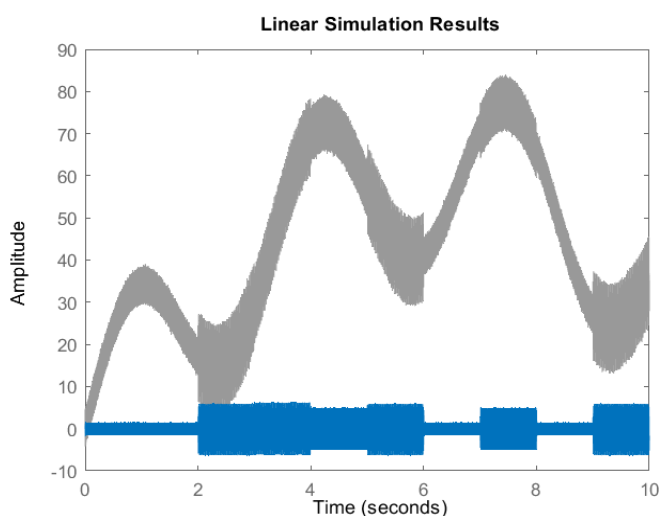
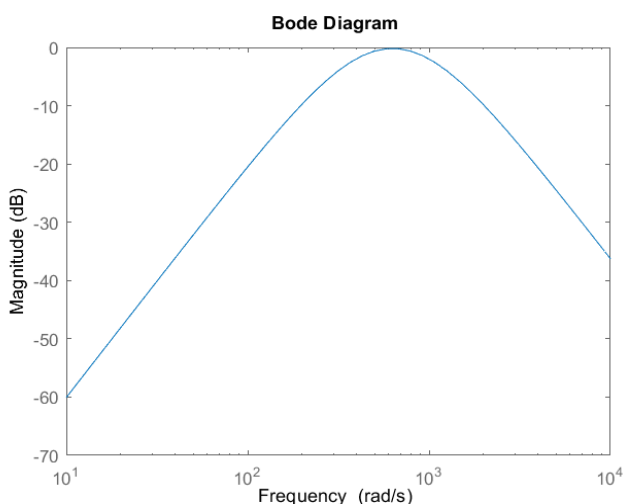
در قسمت قبل، انتظار داشتیم سیگنال پیام استخراج شده، دامنه‌ی ۵ ولت داشته باشد. اما همانطور که در شکل مشخص شده است، دامنه‌ی ولتاژ دریافتی، حدود ۳.۳۵ ولت می‌باشد. همانطور که می‌بینیم نمودار بود ترسیم شده نیز به 0dB نرسیده است. پس باید بهره‌ی k را به گونه‌ای تنظیم کنیم که مقدار پیک دامنه‌ی نمودار بود به 0dB برسد. زیرا می‌خواهیم دامنه همان ۵ ولت بماند پس gain فیلتر باید ۱ بوده که این gain به دسیبل باید 0db باشد. با قرار دادن بهره‌های متفاوت، متوجه می‌شویم $k=2$ ، پاسخ فیلتر kG به ورودی Y ، خواهد شد:



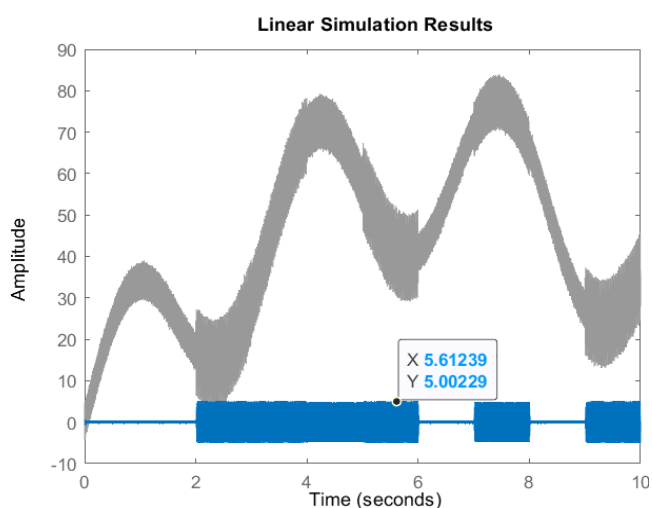
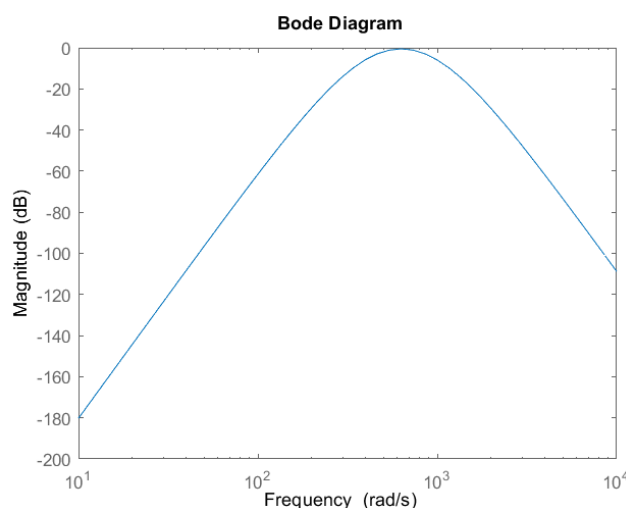
همانطور که می‌بینیم، دامنه‌ی موج استخراج شده، همچنان ۵ نمی‌باشد و بیشتر است. علت این اتفاق این است که سه سیگنال پیام داریم که دامنه‌های مختلفی دارند و دامنه‌هایشان با هم جمع می‌شوند.

۶. با افزایش مقدار n ، خواهیم دید که نمودار اندازه‌ی بود فیلتر F ، شیب صعود و نزول تندتری دارد. پس فیلتر میانگذر ساخته شده، به سیگنال مربعی شبیه‌تر بوده و و فرکانس‌های دیگر به جز فرکانس ۱۰۰ هرتز را بیشتر از $n=1$ تضعیف میکند. پس این فیلتر میتواند سایر سیگنال‌های پیام را حذف کرده و تنها سیگنال ۱۰۰ هرتزی با دامنه‌ی ۵ ولت را بعنوان خروجی به ما بدهد. افزایش بیش از حد n موجب میشود خود شکل موج مد نظر نیز خراب شده و دامنه‌ی کمتری از چیزی که انتظار داشتیم، دریافت کنیم. پس باید یک مقدار مناسب و متوسط برای n پیدا کنیم. با ازمون و خطا میفهمیم این مقدار برای n ، ۶ میباشد.

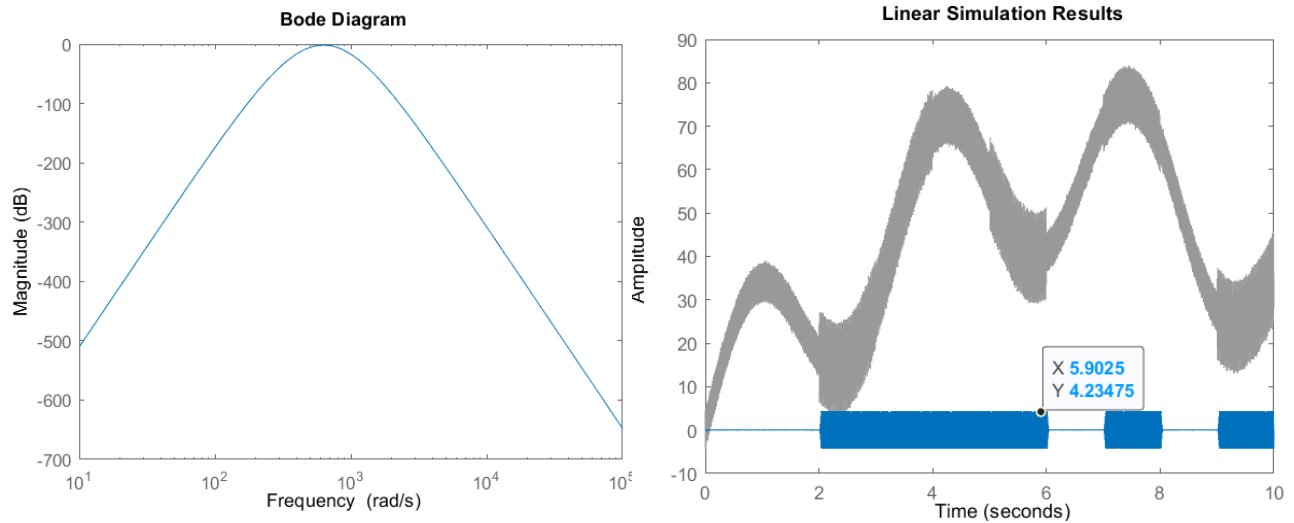
نمودار بود و پاسخ فیلتر به ازای $n=2$:



نمودار بود و پاسخ فیلتر به ازای $n=6$:

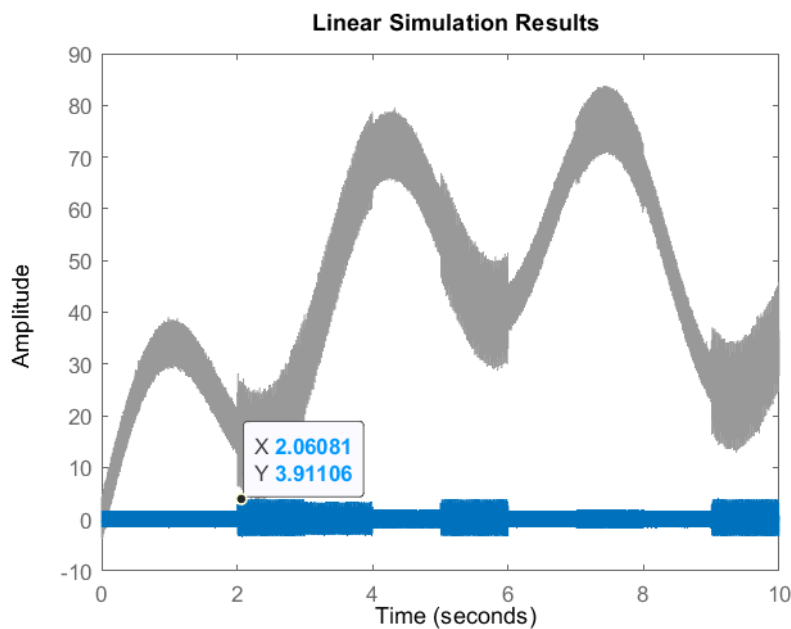


نمودار بود و پاسخ فیلتر به ازای $n=17$:

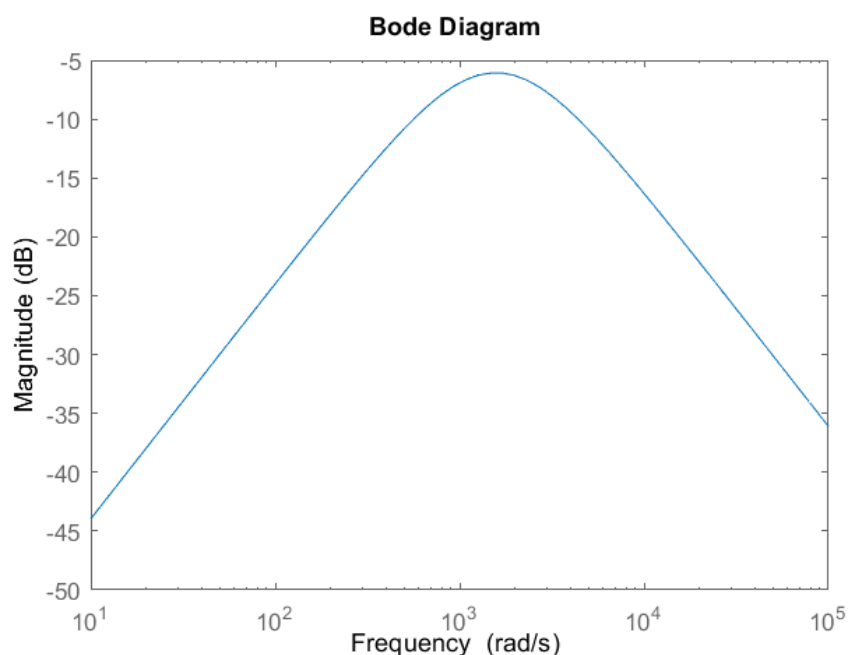


همانطور که گفته شد: شیب نمودار اندازه‌ی $n=17$ از همه بیشتر است و سیگنال اصلی را نیز تحت‌الشعاع قرار داده است و $n=2$ ، توانایی کمتری در حذف سایر سیگنال‌های پیام دارد و $n=6$ ، انتخاب بسیار مناسبی است که هم به سیگنال مد نظر آسیب نزده است و هم سایر سیگنال‌های پیام را حذف کرده است.
۷. برای سیگنال پیام با دامنه ۳ ولت و فرکانس ۲۵۰ هرتز:

پاسخ فیلتر میانگذر با فرکانس بالای ۲۵۱ هرتز و فرکانس پایین ۲۴۹ هرتز:

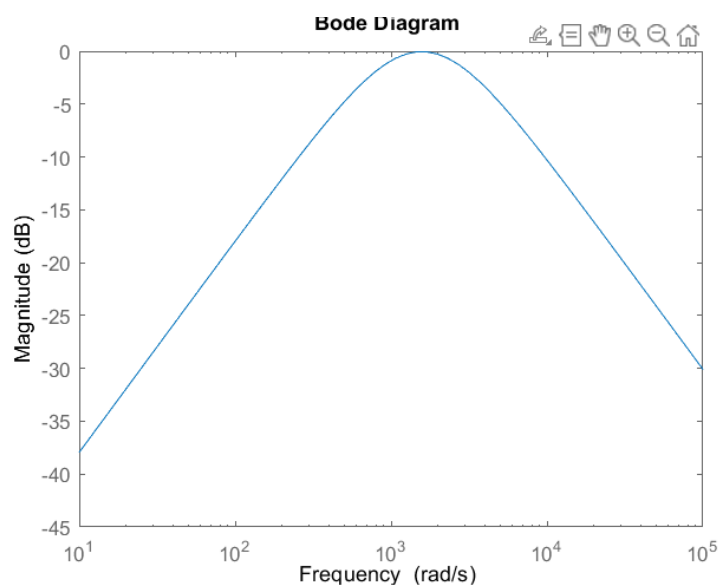
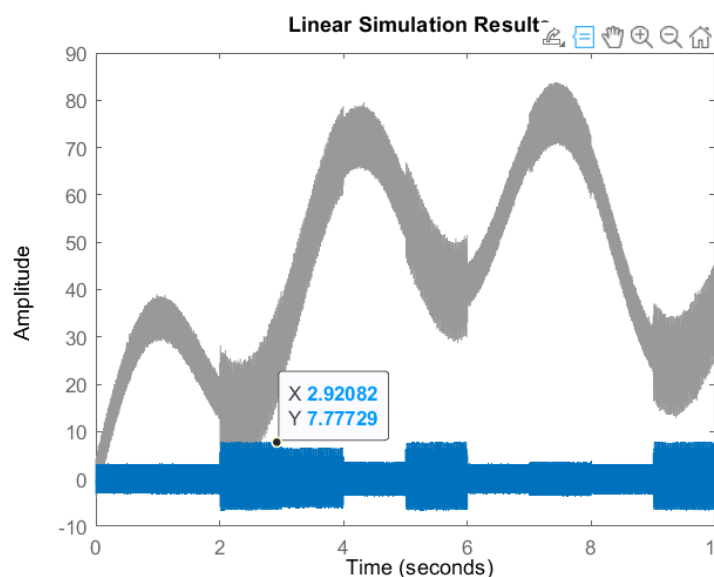


نمودار اندازه‌ی G :



باز هم باید پیک نمودار اندازه را به 0dB برسانیم.

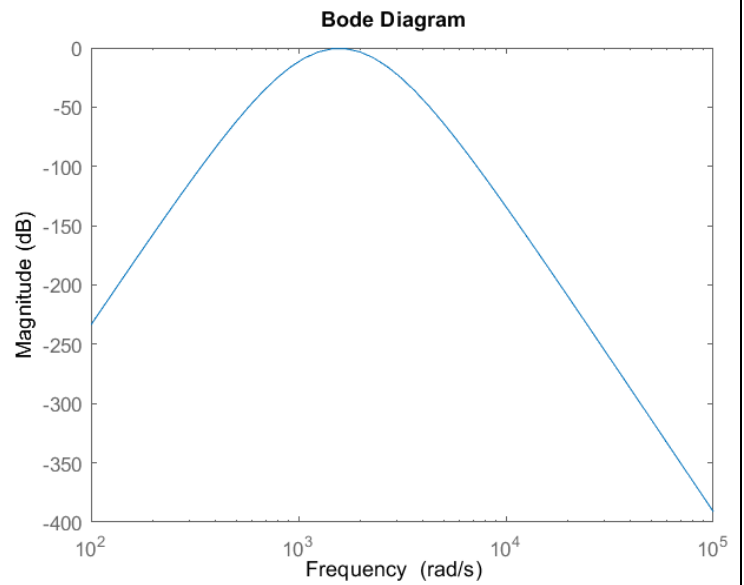
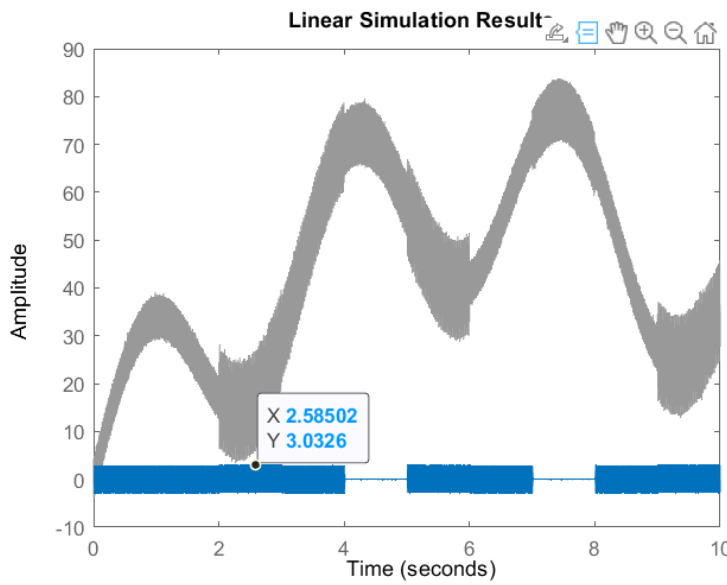
نمودار اندازه kG به ازای $k=2$ و پاسخ فیلتر:



همانطور که میبینیم باز هم بدلیل وجود سایر سیگنال‌های پیام، دامنه‌ای بیشتر از مقداری که انتظار داشتیم داریم.

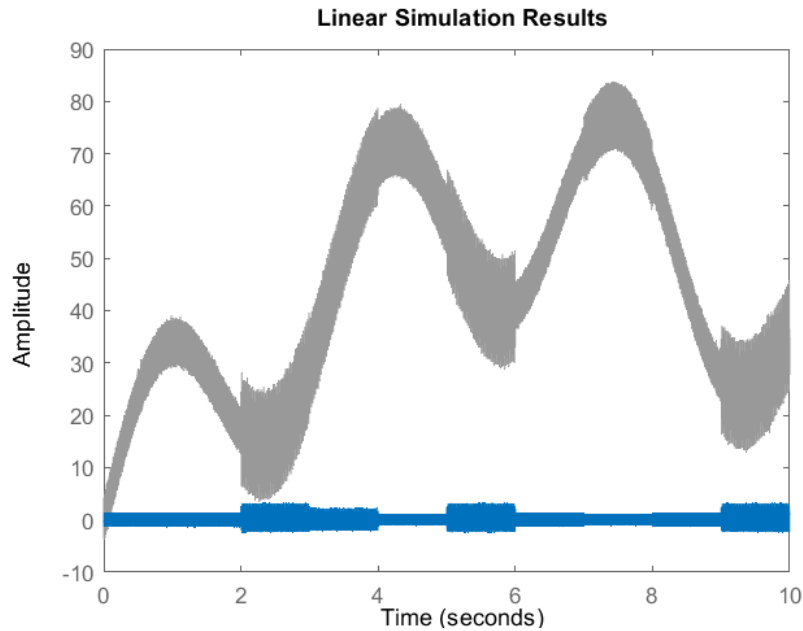
با توضیحات قسمت قبل و قرار دادن n ‌های مختلف، خواهیم دید که n مناسب برای فیلتر F ، ۱۳ میباشد.

نمودار بود و پاسخ فیلتر به ازای $n=13$:

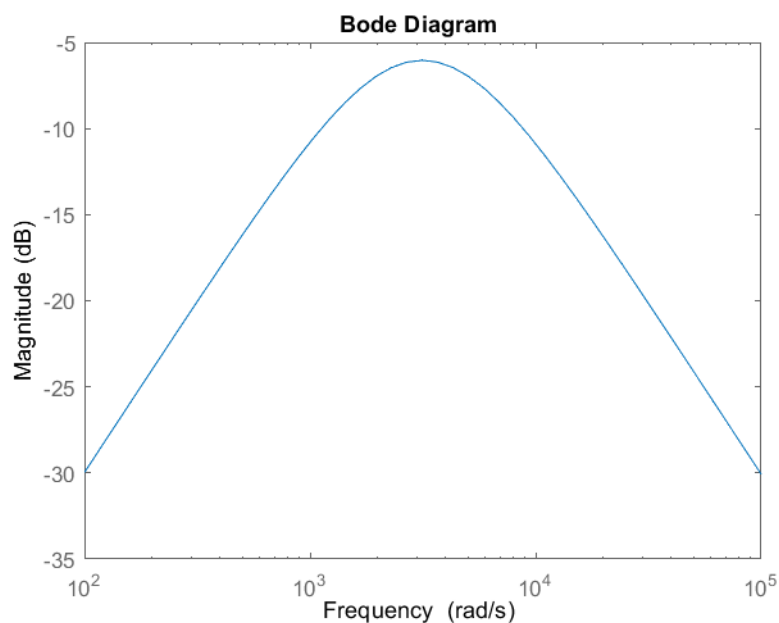


توانستیم به خوبی سیگنال پیام با دامنه ۳ ولت را استخراج کنیم.
برای سیگنال پیام با دامنه ۳ ولت و فرکانس ۵۰۰ هرتز:

پاسخ فیلتر میانگذر با فرکانس بالای ۵۰۱ هرتز و فرکانس پایین ۴۹۹ هرتز:

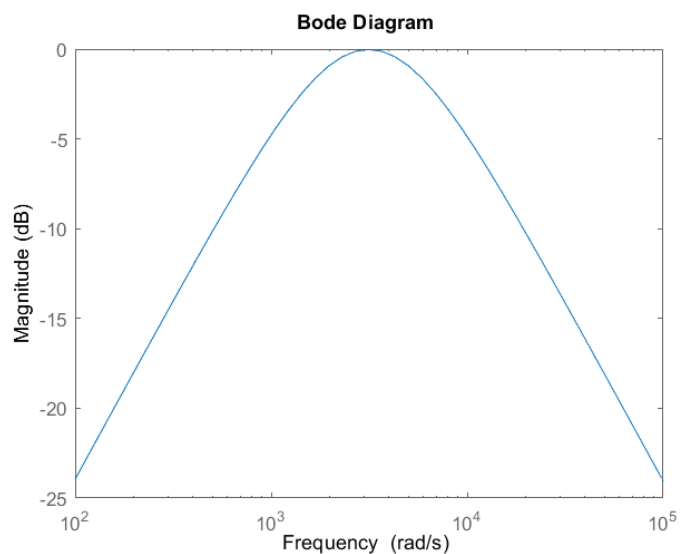
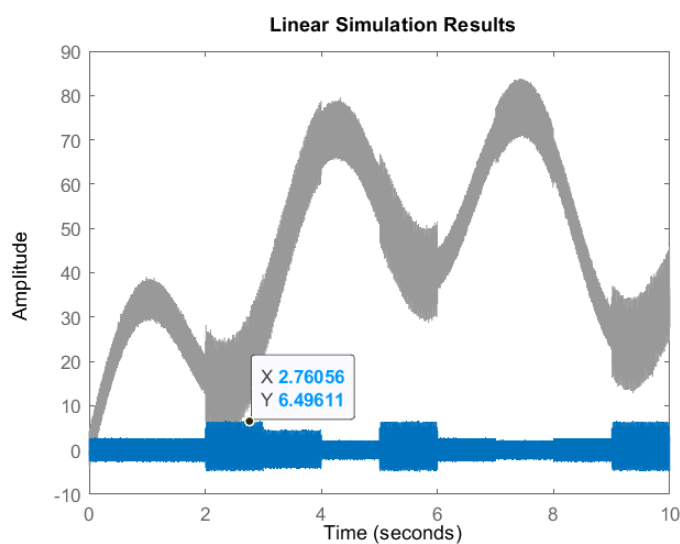


نمودار اندازه‌ی G:



باز هم باید پیک نمودار اندازه را به 0dB برسانیم.

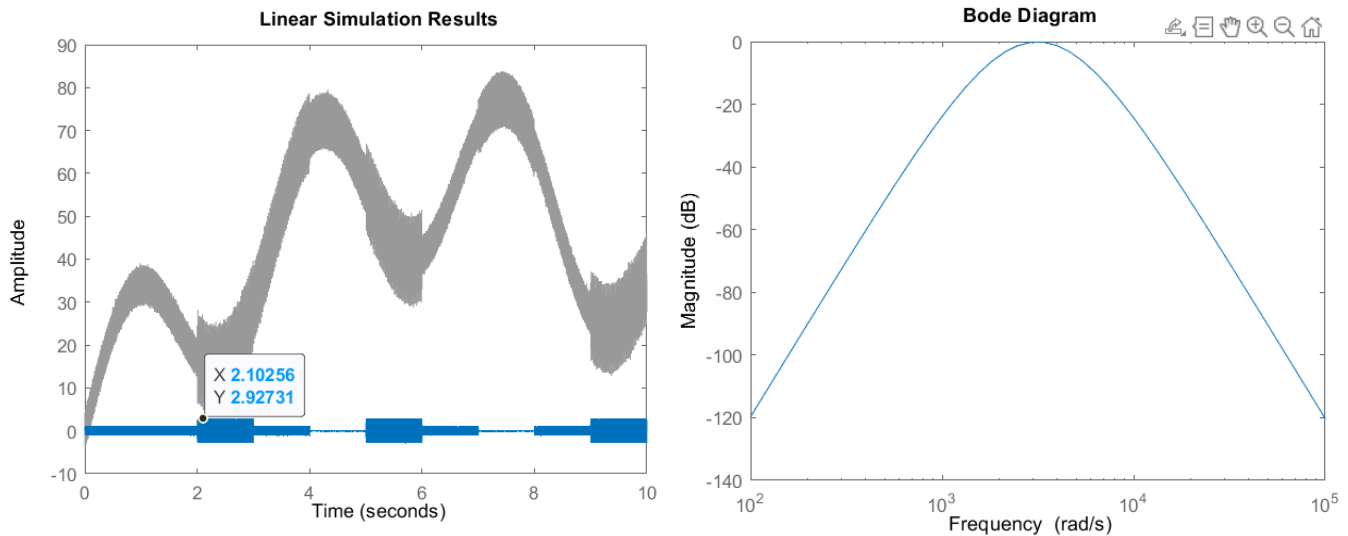
نمودار اندازه kG به ازای $k=2$ و پاسخ فیلتر:



همانطور که میبینیم باز هم بدلیل وجود سایر سیگنال‌های پیام، دامنه‌ای بیشتر از مقداری که انتظار داشتیم داریم.

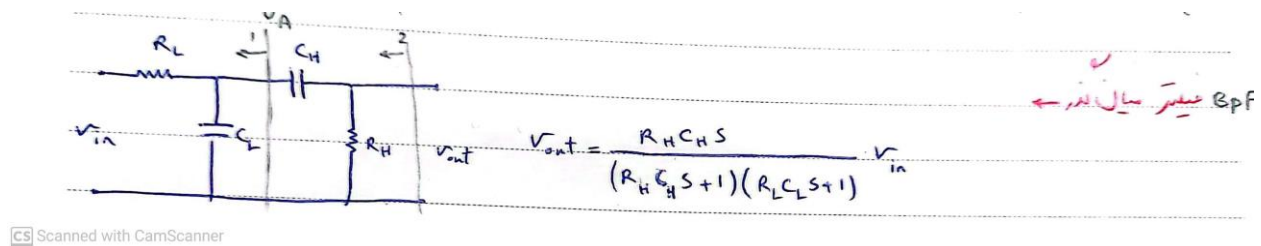
با توضیحات قسمت قبل و قرار دادن n ‌های مختلف، خواهیم دید که n مناسب برای فیلتر F ، ۵ میباشد.

نمودار بود و پاسخ فیلتر به ازای $n=5$:



توانستیم با تقریب خوبی سیگنال پیام مد نظر را از سایر سیگنال‌ها جدا کنیم.

۸. همانطور که در قسمت ۴ ذکر شد، مدار فیلتر میانگذر چنین است:



برای سیگنال ۱۰۰ هرتزی:

$$f_H = 101\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R_H C_H} \rightarrow R_H C_H = \frac{1}{2\pi \times 101} \approx 1.6 \times 10^{-3} \rightarrow R_H = 1.6\text{k}\Omega, C_H = 1\mu\text{F}$$

$$f_L = 99\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R_L C_L} \rightarrow R_L C_L = \frac{1}{2\pi \times 99} = 1.61 \times 10^{-3} \rightarrow R_L = 1.61\text{k}\Omega, C_L = 1\mu\text{F}$$

برای سیگنال ۲۵۰ هرتزی:

$$f_H = 251\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R_H C_H} \rightarrow R_H C_H = \frac{1}{2\pi \times 251} = 6.3 \times 10^{-4} \rightarrow R_H = 0.6\text{k}\Omega, C_H = 1\mu\text{F}$$

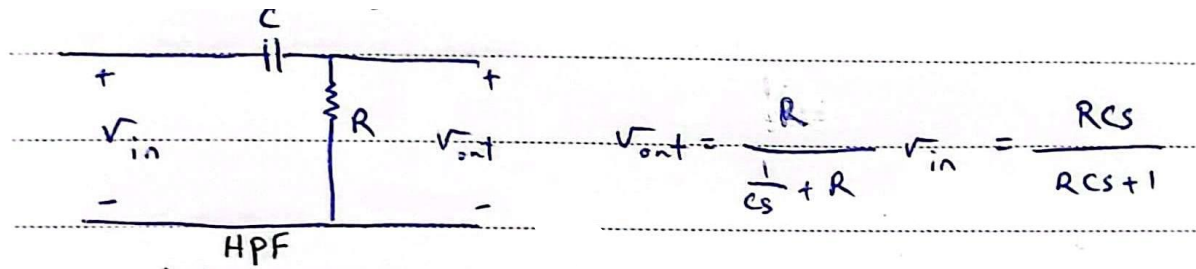
$$f_L = 249\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R_L C_L} \rightarrow R_L C_L = \frac{1}{2\pi \times 249} = 6.4 \times 10^{-4} \rightarrow R_L = 0.64\text{k}\Omega, C_L = 1\mu\text{F}$$

برای سیگنال ۵۰۰ هرتزی:

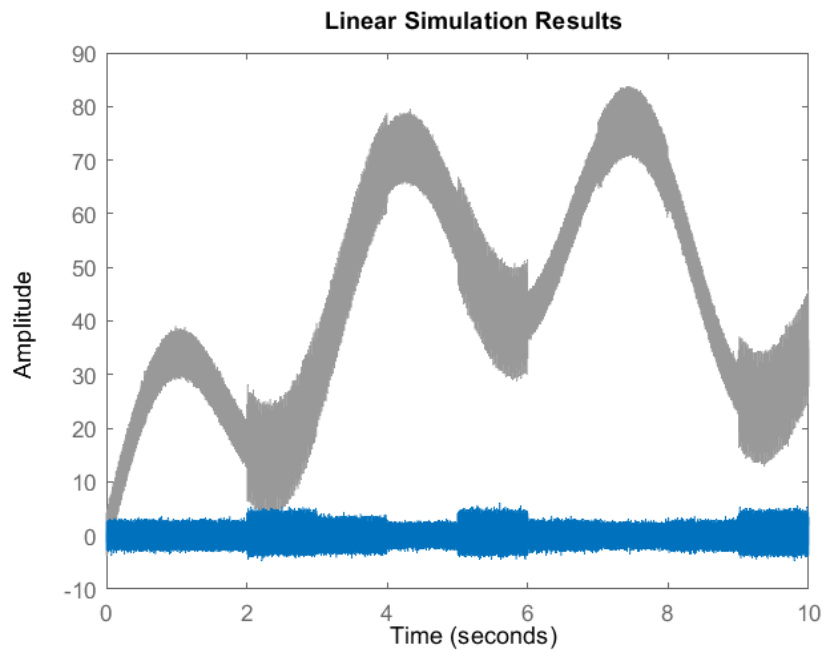
$$f_H = 501\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R_H C_H} \rightarrow R_H C_H = \frac{1}{2\pi \times 501} = 3.2 \times 10^{-4} \rightarrow R_H = 0.3\text{k}\Omega, C_H = 1\mu\text{F}$$

$$f_L = 499\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R_L C_L} \rightarrow R_L C_L = \frac{1}{2\pi \times 499} = 3.2 \times 10^{-4} \rightarrow R_L = 0.32\text{k}\Omega, C_L = 1\mu\text{F}$$

۹. برای طراحی فیلتر بالاگذر داریم:

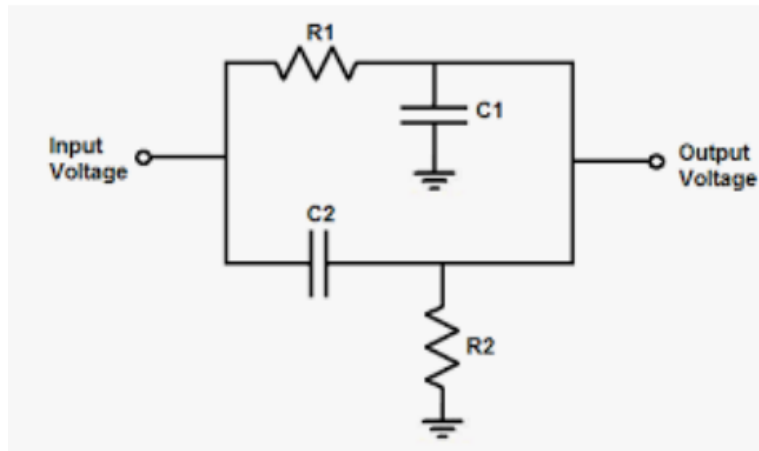


با قرار دادن فرکانس ۵۰۰ هرتز، RC از رابطه‌ی $RC = \frac{1}{2\pi f}$ بدست می‌آید.
پاسخ فیلتر بالاگذرمان خواهد شد:



همانطور که می‌بینیم، با توجه به بخش ۷ و بازه‌هایی که دامنه‌ی نویز بیشتر می‌باشد، می‌فهمیم اثر نویز در فرکانس ۵۰۰ هرتزی بیشتر از سایر سیگنال‌های پیام است و این اثر در سیگنال موج حامل، مینیمم است (سیگنال حامل فرکانس کوچکی دارد). پس نتیجه می‌گیریم با افزایش فرکانس، نویز بیشتری بر روی سیگنال مینشیند و هر چه فرکانس‌مان کوچکتر باشد، تاثیر نویز کمتر خواهد بود.

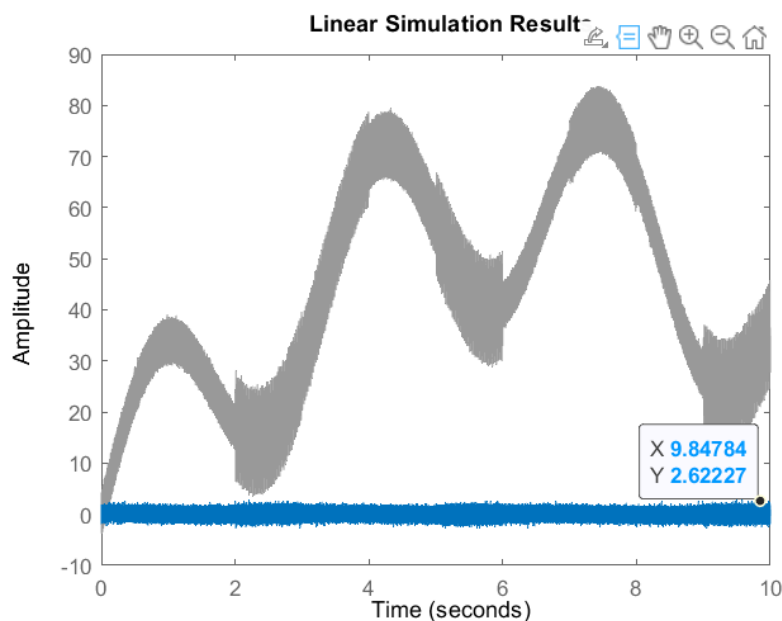
۱۰. با استفاده از دو فیلتر میان‌گذر که یکی فرکانس ۲۵۰ و یکی فرکانس ۱۰۰ هرتز را عبور ندهد، میتوانیم فیلتری بسازیم که تنها فرکانس ۵۰۰ هرتز را عبور دهد.
مدار فیلتر میان‌گذر:



که تابع تبدیل آن خواهد بود:

$$G(s) = \frac{R^2 C^2 s^2 + 1}{R^2 C^2 s^2 + 4RCs + 1}; \quad f = \frac{1}{2\pi RC}$$

پس با سری کردن دو مدار notch، که $f_1=100\text{Hz}$ و $f_2=250\text{Hz}$ ، به مطلوب سوال خواهیم رسید. در انتها یک فیلتر بالاگذر با فرکانس ۵۰ هرتز می‌گذاریم تا فرکانس موج حامل را نیز حذف کنیم. پاسخ فیلتر خواهد شد:



علت تفاوت پاسخ این فیلتر با پاسخ فیلتر میان‌گذر در حضور نویز است. فیلتر میان‌گذر تنها یک فرکانس خاص را نمی‌گذراند که در این مسئله فرکانس ۱۰۰ و ۲۵۰ هرتز می‌باشد. اما سایر فرکانس‌ها را با تمام نویزهایشان عبور می‌دهد. مزیت فیلتر میان‌گذر این بود که نویز فرکانس‌های بالاتر و پایین‌تر از یک بازه‌ی خاص را عبور نمی‌داد و خروجی فیلتر، خالص‌تر بود.