

به نام خدا

## راهنمای حل تمرین سری ۲

### سوال ۱

با توجه به این که در دمای بین ۲۰ تا ۶۰ درجه رابطه‌ی دما-ولتاژ خطی است می‌توانیم یک رابطه‌ی خطی بین ولتاژ خروجی و ولتاژ مطلوب ۰ تا ۵ ولت برقرار کنیم:

$$1.0063 \text{ mV} \rightarrow 0V$$

$$1.0088 \text{ mV} \rightarrow 5 \text{ V}$$

$$\rightarrow v_o - 0 = \frac{5 \text{ V}}{0.0025 \text{ mV}} (v_i - 1.0063 \text{ mV})$$

در نتیجه داریم:

$$v_o \approx 1000 \times (2000v_i - 2.012)$$

پس باید تقویت‌کننده‌ای طراحی کنیم که رابطه‌ی بالا برای ورودی و خروجی آن برقرار باشد. توجه کنید حذف آفست را بعد از تقویت انجام می‌دهیم چون تولید ولتاژ ۲ ولت راحت تر از ۱.۰۰۶۳ میلی‌ولت است! همچنین هر گونه خطایی در حذف آفست پیش از تقویت ضرب در ۲۰۰۰ خواهد شد! بهتر بود حذف آفست را در آخرین مرحله انجام می‌دادیم ولی در آن صورت سطح ولتاژها در مدار خیلی بالا می‌رفت. حذف پس از ۲۰۰۰ مرحله تقویت حالت مناسبی به نظر می‌رسد.

در طراحی فیلتر فرض می‌کنیم که می‌خواهیم سیگنال نویز را ۱۰۰ برابر تضعیف کنیم در نتیجه داریم:

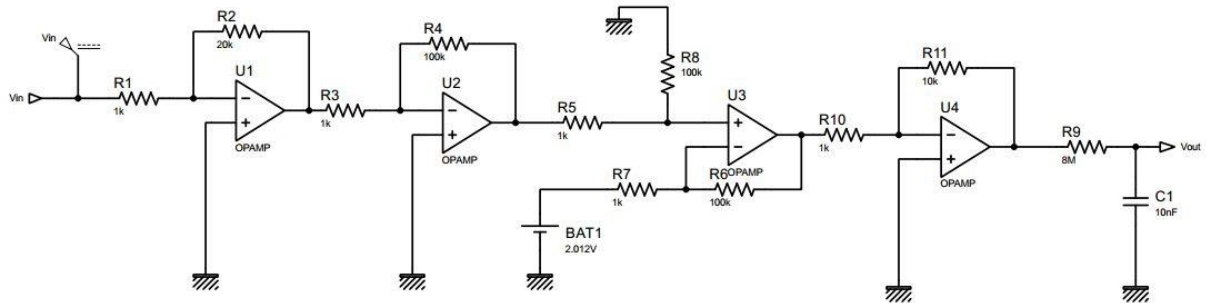
$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{200}{f_c}\right)^2\right)} = 0.01$$

$$f_c = 2 \text{ Hz} \rightarrow C = 10 \text{ nF}, R = 8 \text{ M}\Omega$$

توجه داشته باشید وقتی می‌خواهیم سیگنال‌های بالای ۲۰۰ هرتز را فیلتر کنیم نباید دقیقاً فرکانس قطع فیلتر را روی ۲۰۰ هرتز قرار دهیم چرا که در آن صورت تضعیف فرکانس‌های نزدیک به ۲۰۰ هرتز به خوبی صورت نمی‌گیرد. همانطوری که می‌بینیم، فرکانس قطع مناسب برای فیلتر موثر نویز بیش از ۲۰۰ هرتز، ۲ هرتز به دست آمده است.

در طراحی تقویت‌کننده گفته شده باید بهره‌ی طبقه‌ها کمتر از ۵۰۰ باشد در نتیجه برای ایجاد بهره‌ی ۲۰۰۰ نیاز به دو طبقه تقویت‌کننده داریم که بهره‌ی آن‌ها می‌تواند حالت‌های مختلفی داشته باشد مثلاً یک طبقه با بهره‌ی ۵ و یک طبقه با بهره‌ی ۴۰۰ یا .... در این مساله ما بهره‌ها را ۲۰ و ۱۰۰ در نظر می‌گیریم. پس از کسر آفست، سیگنال را دو مرحله‌ی دیگر هم تقویت می‌کنیم. در عمل با توجه به کاربرد شاید مجبور به استفاده از مدار تطبیق امپدانس هم استفاده کنیم. همچنین با توجه به تقویت زیاد سیگنال مرجع، در صورت لزوم باید از تقویت‌کننده‌های ابزار دقیق به جای تقویت‌کننده‌ی عملیاتی معمولی استفاده کنیم. در این

تقویت‌کننده‌ها حذف نویز مشترک تاثیر چشم‌گیری در پاسخ خواهد داشت. با این تفصیل مدار بهسازی مورد نظر به صورت زیر خواهد بود:



## سوال ۲

برای ورودی‌ها:

A	درب ماشین باز است
B	ماشین در حال حرکت است
C	آژیر روشن است
D	ماشین پنچر است

و برای خروجی‌ها:

F1	سیستم روشنایی روشن است
F2	سیستم صوتی روشن است

این اسامی را در نظر می‌گیریم.

با توجه به داده‌های سوال:

A	B	C	D	F1	F2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0

با رسم جدول کارنو برای  $F1$  داریم:

	$C'$	$C'$	$C$	$C$	
$A'$	.	.	.	۱	$B'$
$A'$	.	.	.	۱	$B$
$A$	۱	.	.	۱	$B$
$A$	۱	.	.	۱	$B'$
	$D'$	$D$	$D$	$D'$	

$$F1 = CD' + AD'C'$$

و برای  $F2$  داریم:

	$C'$	$C'$	$C$	$C$	
$A'$	.	.	.	۱	$B'$
$A'$	۱	.	.	۱	$B$
$A$	۱	.	.	۱	$B$
$A$	.	.	.	۱	$B'$
	$D'$	$D$	$D$	$D'$	

$$F2 = CD' + BC'D'$$

توجه: با توجه به توضیحات سوال، حالت‌های *Don't care* را صفر در نظر گرفته‌ایم. چون سوال اشاره نکرده حالتی که در باز و ماشین در حال حرکت است را مجاز در نظر گرفته‌ایم، می‌توان با در نظر گرفتن ملاحظات مساله، در این حالت هم سیستم صوتی و روشنایی را خاموش کرد تا مانند زمان پنچری به نظر برسد و راننده متوقف شود.

## سوال 3-1

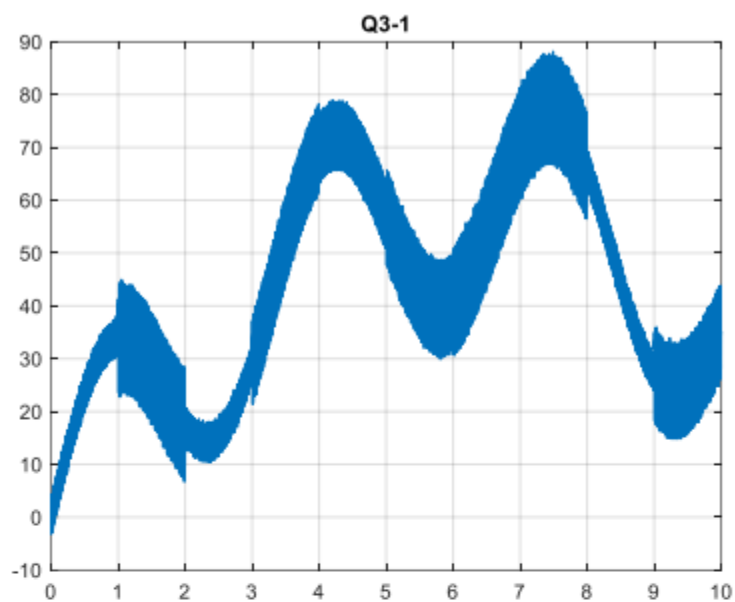


Figure 6

شکل Figure 6 نشان دهنده سیگنال ما می باشد همان طور که از شکل پیداست می توانیم حدس بزنیم که شامل چند تا موج سینوسی می باشد که با هم جمع شده اند.

## سوال 3-2

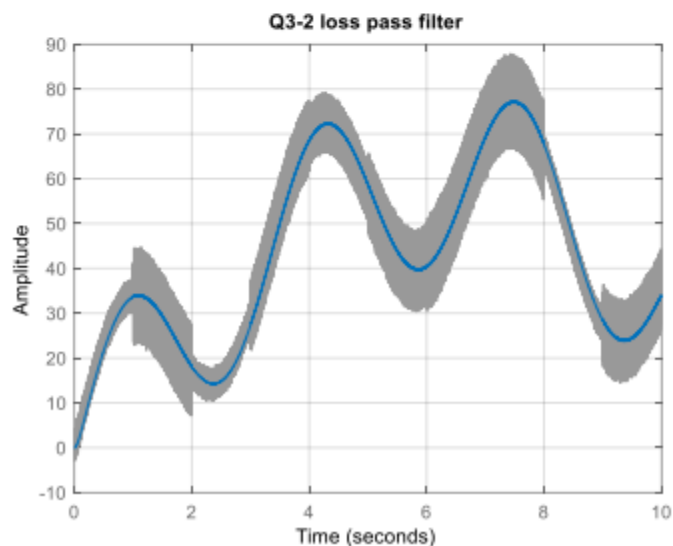


Figure 7

برای اینکه بتوانیم سیگنال حامل را به دست آوریم لازم میشود که چند بار با استفاده از سعی و خطا مقدار مناسب برای ثابت زمانی به دست بیاوریم و در آخر هم به مقدار مطلوب  $\tau = 0.05$  رسیدیم.

حال ما به شمل مجزا هم شکل خروجی را رسم میکنیم.

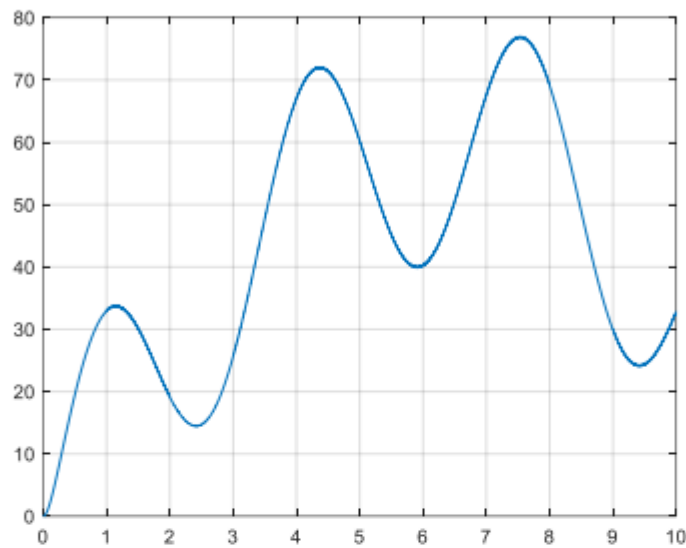


Figure 8

و همین طور ما با استفاده از یک فیلتر بالاگذر سیگنال‌های اضافی را نمایش می‌دهیم.

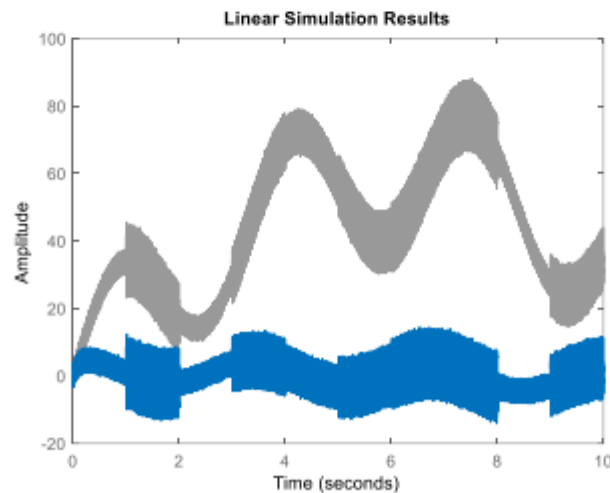


Figure 9

شکل Figure 9 نشان می‌دهد چه سیگنال‌هایی اضافه هستند.

### سوال 3-3

در قسمت از سوال ما به رسم خروجی سیگنال بعد از اعمال فیلتر با ثابت زمانی‌های متفاوت خواهیم

کرد

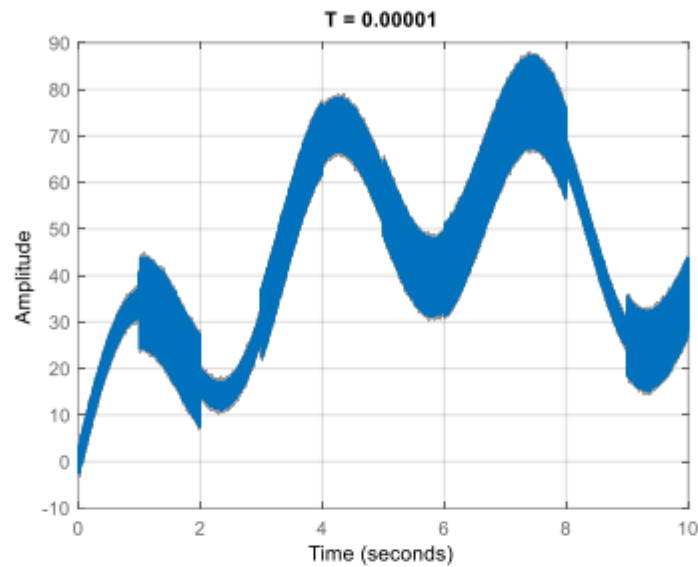


Figure 10

شکل Figure 10 نشان دهنده پاسخ سیستم به فیلتر پایین گذر با ثابت زمانی  $\tau = 0.00001$

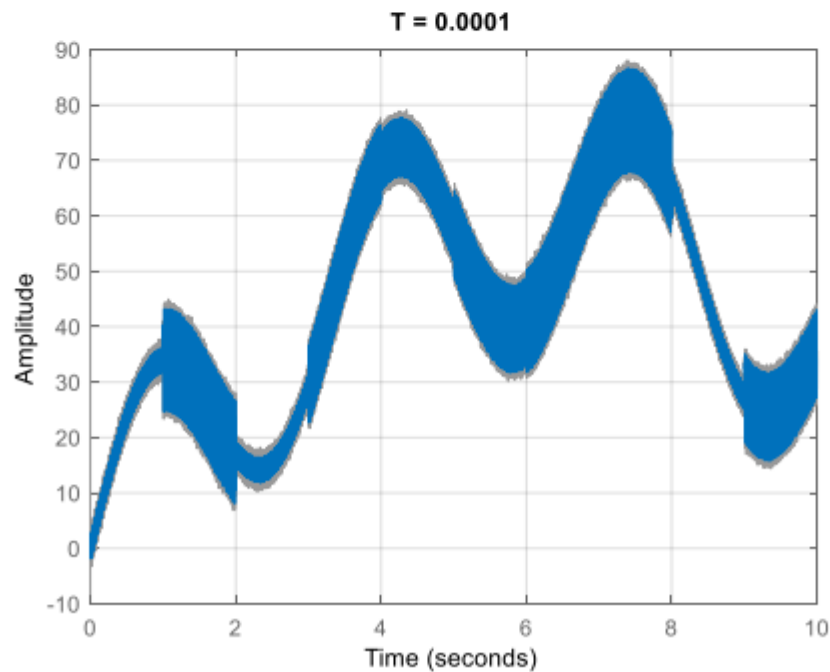


Figure 11

شکل 11 Figure نشان دهنده پاسخ سیستم به فیلتر پایین گذر با ثابت زمانی  $\tau = 0.0001$

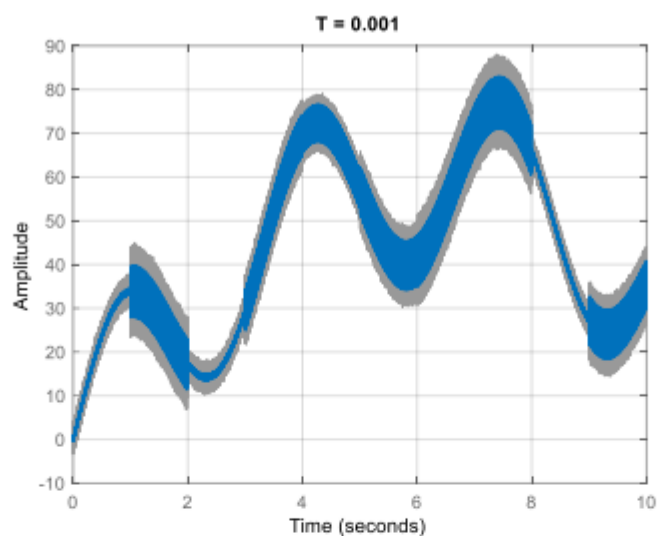


Figure 12

شکل 12 Figure نشان دهنده پاسخ سیستم به فیلتر پایین گذر با ثابت زمانی  $\tau = 0.001$  است به خوبی می توانیم بعضی بخش ها مشاهده کنیم که یک سری نویز حذف شده.

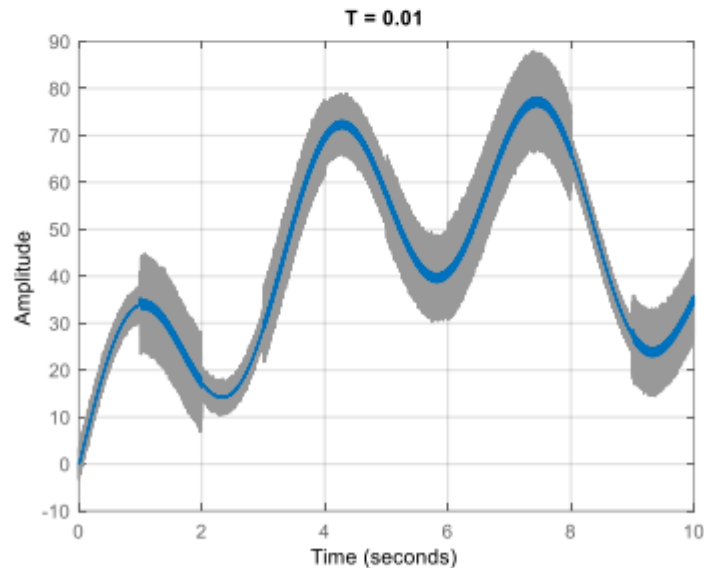


Figure 13

شکل 13 Figure نشان دهنده پاسخ سیستم به فیلتر پایین گذر با ثابت زمانی  $\tau = 0.01$  است. می توانیم به خوبی سیگنال نامربوط سینوسی را مشاهده کنیم که حذف شده.



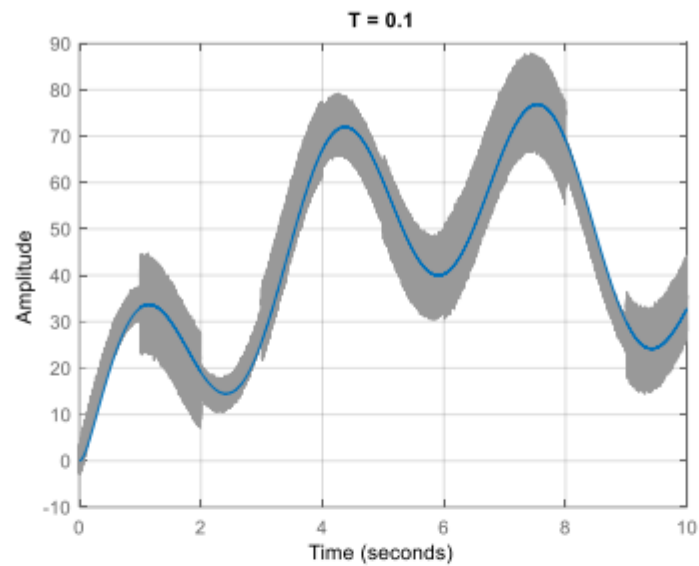


Figure 14

شکل Figure 14 تا حد خوبی سیگنال حامل را نشان می‌دهند هر چند به خاطر حذف یک سری اطلاعات موجب شده است کمی منحرف بشود  $\tau = 0.1$

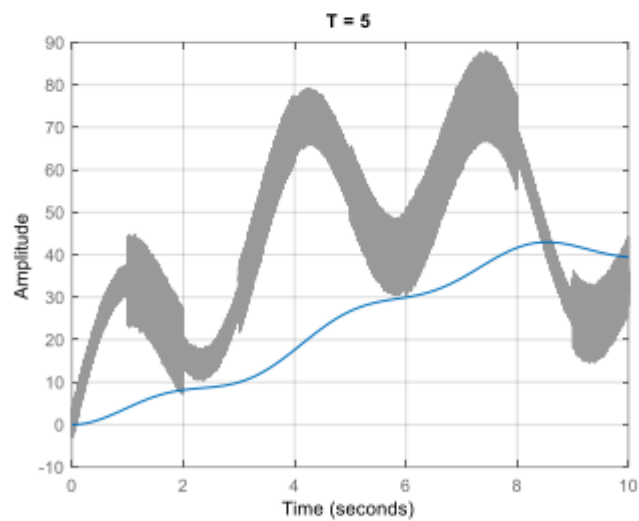


Figure 15

شکل Figure 15 به خوبی نشان می‌دهد اگر ما ثابت زمانی را بیش از حد زیاد کنیم منجر به حذف اطلاعات مفید می‌شود و این امر اصلاً خوب نیست  $\tau = 5$

حال ما در یک شکل همه این سیگنال‌ها را با هم رسم می‌کنیم تا به شکل بهتر بتوانیم تفاوت‌ها را مشاهده کنیم.

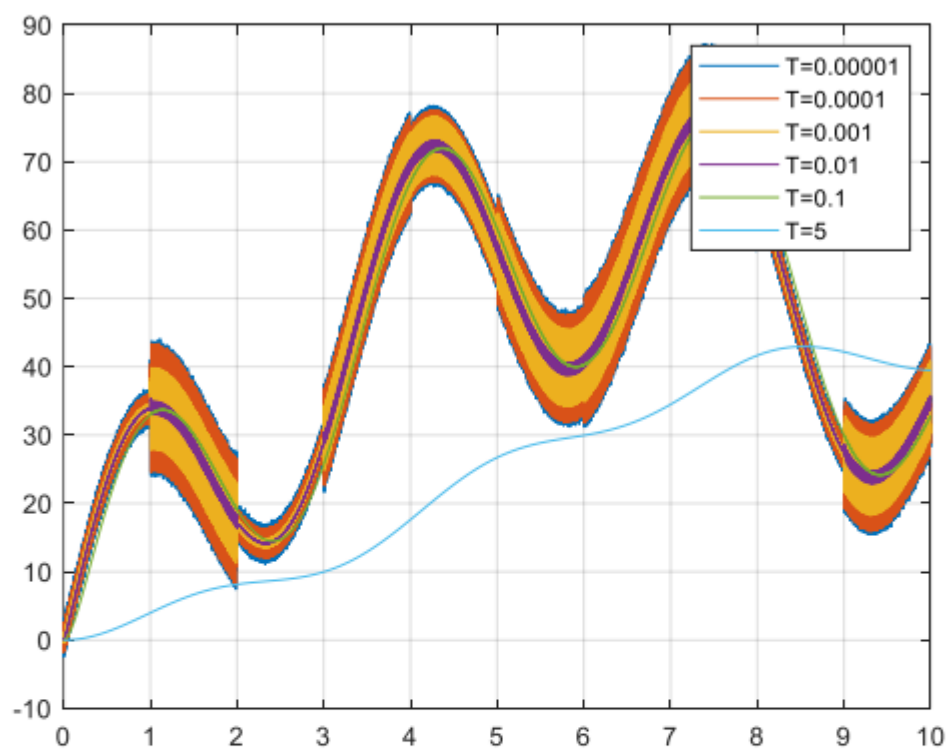


Figure 16

شکل Figure 16 تمامی سیگنال‌های خروجی را نشان می‌دهد و چیزی که مشخص هست اگر مقدار فرکانس را خیلی پایین (یا ثابت زمانی را خیلی بزرگ در نظر بگیریم) در این صورت اطلاعات اصلیمون هم از بین میره باید طوری ثابت زمانی را فرض کنیم که سیگنال مطلوب بهش آسیبی وارد نشه.

از مقایسه این همه فیلتر می‌توانیم به این نتیجه برسیم با افزایش مقدار ثابت زمانی سیگنال‌های با فرکانس کمتر حذف می‌شوند و در صورتی که از حدی بیشتر بشود این مقدار ثابت زمانی باعث از دست رفتن اطلاعات اصلی هم می‌شود.

### سوال 3-4

در این قسمت هدف ما جدا سازی سیگنال سینوسی با فرکانس  $100\text{Hz}$  می باشد به همین منظور برای اینکه سیگنال های نامربوط را هم ارسال نکنیم لازم است از فیلتر میان گذر استفاده کنیم نحوه ساختن این فیلتر به این صورت می باشد.

$$H(s) = \frac{1}{R_1 C_1 s + 1} \times \left( \frac{R_2 C_2 s}{R_2 C_2 s + 1} \right)$$

آنگاه فرکانس عبور برای فرکانس های بیش از  $f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$  و بیشتر از فرکانس های  $f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$  می باشد و می دانیم که  $R_1 C_1 = \tau_1$  و همین طور  $R_2 C_2 = \tau_2$  می باشد.

و از طرفی  $f_{c1}$  باید کمتر از 100 باشد

با استفاده از نرم افزار متلب برای به دست آوردن دو عدد برای تعیین بازه نیاز داشتیم به این صورت که

$$\tau_1 = 0.001 \rightarrow f_{c1} = \frac{1}{2\pi\tau_1} = 159, \tau_2 = 0.003 \rightarrow f_{c2} = \frac{1}{2\pi\tau_2} = 53$$

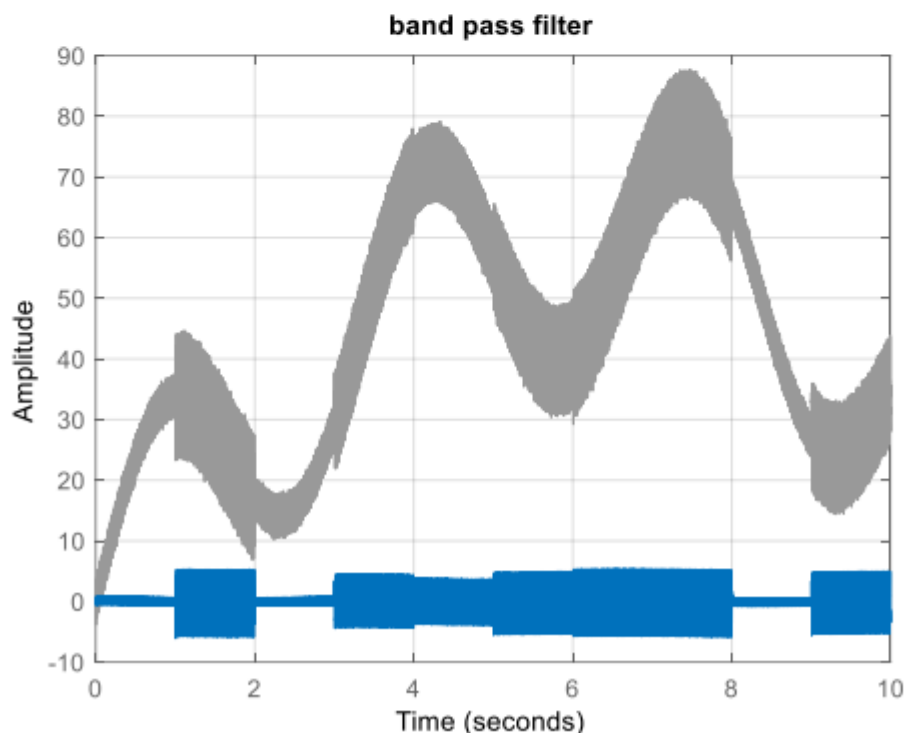


Figure 17

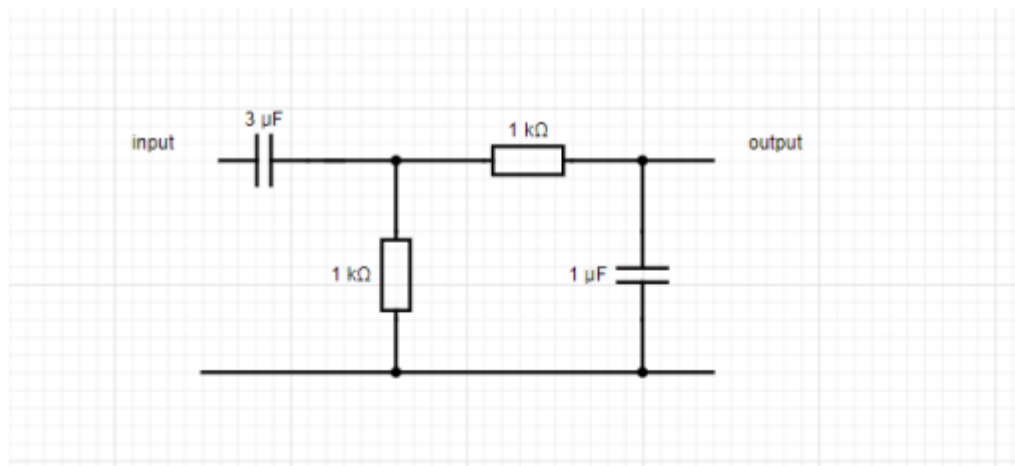


Figure 18

همان طور که از شکل مشخص هست این فیلتر زیاد مناسب نیست چون که این ساختار نمی‌تواند ریشه‌های مختلط را به وجود آورد پس ما باید یک ساختار دیگه برسیم که بتواند به خوبی این هدف را ارضا سازد.

در ساختار جدید ما می‌خواهیم از سلف و خازن و مقاومت استفاده کنیم.

$$H(s) = \frac{RCs}{LCs^2 + RCs + 1}$$

حال فرکانس‌های قطع به این صورت می‌باشد.

$$\omega_{c1} = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}, \quad \omega_{c2} = \frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$

$$f_{c1} = \frac{\omega_{c1}}{2\pi}, f_{c2} = \frac{\omega_{c2}}{2\pi} \rightarrow L = 1, R = \frac{200\pi}{8} = 25\pi, C = 2.5 \times 10^{-6}$$

$$f_{c1} = 94.6024, f_{c2} = 107.1022$$

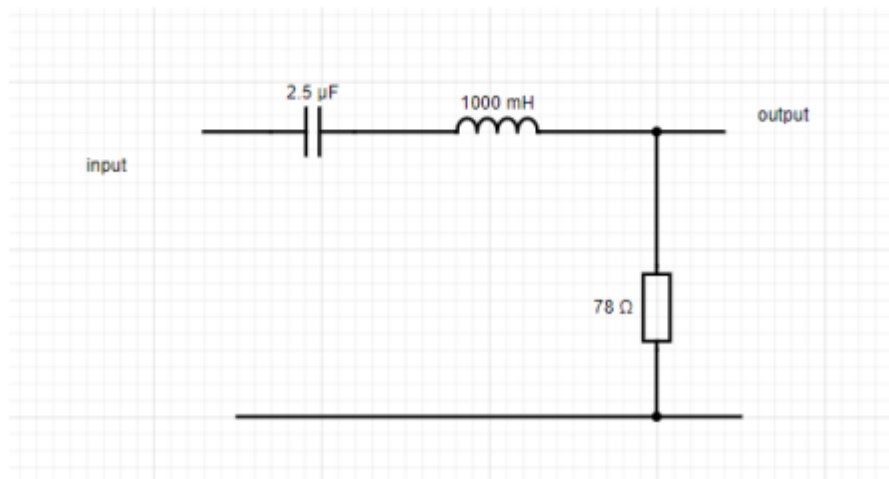


Figure 19

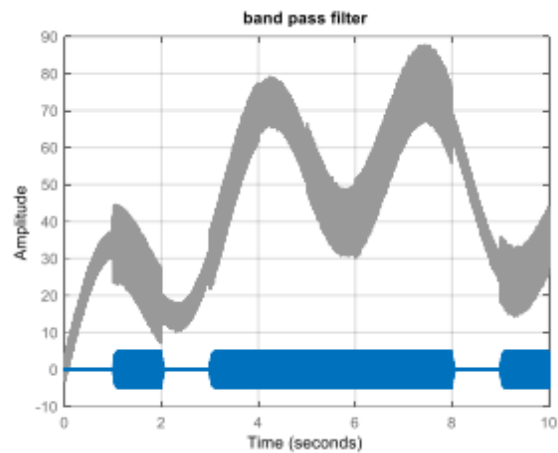


Figure 20

همان طور که در شکل Figure 18 میتوانیم مشاهده کنیم شکل حاصل با استفاده از خازن و سلف و مقاومت خیلی بهتر نتیجه داد استفاده از لایه طبقه مقاومت و خازن و همین طور تابع شبکه به این فرم در می آید.

$$G(s) = \frac{0.0001963s}{2.5 * 10^{-6}s^2 + 0.0001963s + 1}$$

### سوال 3-5

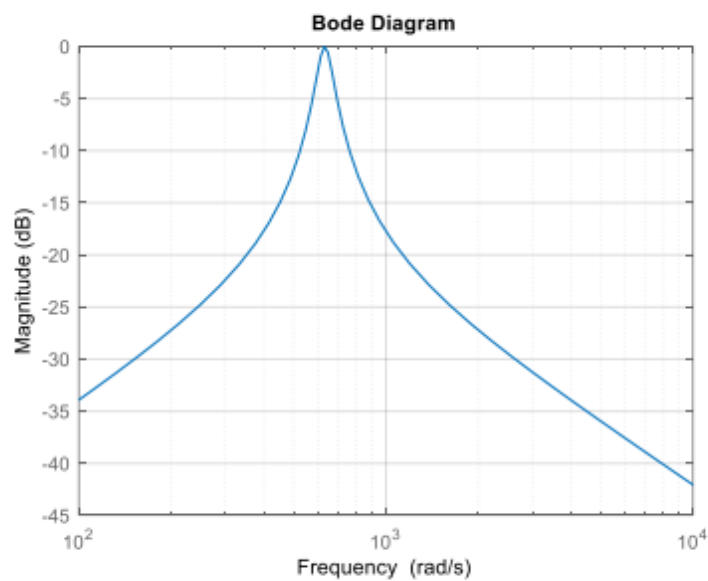


Figure 21

شکل Figure 21 مربوط به فیلتر میانگذر ما می‌باشد که در حالتی می‌باشد که ما فیلتر میان‌گذر را با استفاده از سلف و خازن و مقاومت ساختیم اگر ساختار اولی که نادرست هم بود ادامه می‌دادیم به این نتیجه نمی‌رسیدیم بلکه به احتمال زیادی سیگنال‌های بیشتری انتقال پیدا می‌کردن.

با zoom کردن بر روی مقدار  $100 * 2 * \pi = 628$  مقدار نمودار شکل Figure 21 مقدار 0 به ما نشان می‌دهد.

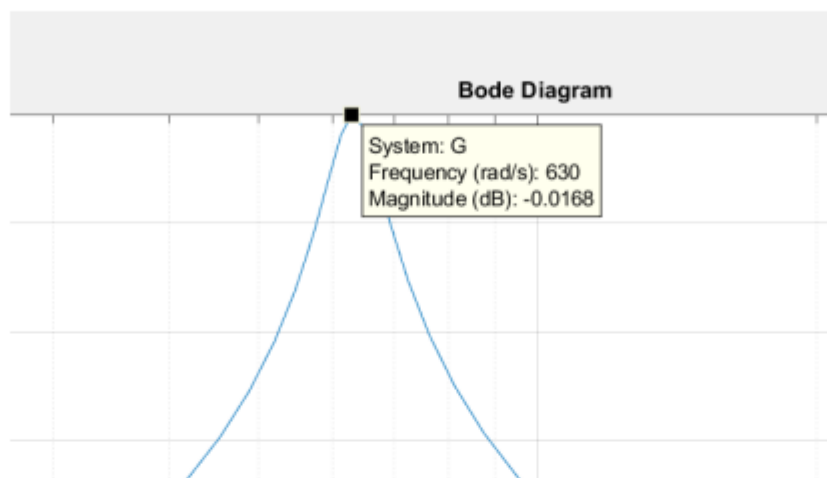


Figure 22

شکل Figure 22 به خوبی نشان می‌دهد که gain برابر ۱ می‌باشد به همین منظور در این فرکانس با همین مقدار (چون که مقدار -0.0168 در مقیاس لگاریتمی به شدت کوچک هست و قابل صرف نظر) همین دلیلی ما نیازی به اعمال gain دیگری نداریم و چیزی که می‌توانیم بگوییم که این فیلتر همان ۵ ولت این موج سینوسی را انتقال می‌دهد و ما نگران نیستیم پس می‌توانیم بگوییم  $k = 1$  می‌باشد.

در مورد اینکه آیا سیگنال‌های دیگر هم عبور می‌دهد باید گفت بلی ولی اندازه‌ی این سیگنال به شدت کم شده است برای مثال برای سیگنال با فرکانس 150Hz به شدت کوچک شده است.

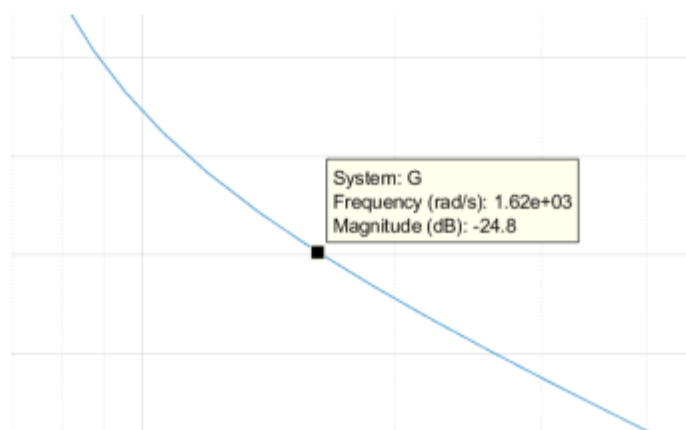


Figure 23

همان طور که از شکل Figure 23 پیداست مقدار اندازه آن  $-24dB$  می باشد و با تبدیل آن به مقیاس آن دامنه آن تقریبا چیزی بیشتر از 100 برابر کاهش یافته است اما به طور کامل حذف نشده است

$$10 \log \left( \frac{A_{new}}{A_{old}} \right) = -24$$

که در این معادله می توان به این موضوع پی برد که اندازه دامنه تقریبا 100 برابر کاهش یافته و همین طور برای سایر فرکانس های این سیگنال که به طور کامل هیچ کدام حذف نمی شوند بلکه با یک ضریب خیلی بزرگ کوچک می شوند پس در جواب به سوالی که در تمرین آمده است نمی توانیم به شکل کامل از سایر سیگنال ها خلاص بشویم تنها با یک gain خیلی بزرگ آن ها را کوچک می کنیم و این تابع bode فیلتر همه این موارد را به خوبی نشان می دهد که سیگنال مورد نظر به خوبی هم انتقال پیدا کرده است ولی سایر سیگنال ها هستن ولی خیلی دامنه فوق العاده کوچکی دارند که برای ما محسوس نیست.

### سوال 3-6

در این سوال ما باید به توان برسائیم تابع فیلتر و باید بدانیم به توان رساندن یک فیلتر به چه معنا می باشد در این صورت لبه های تابع تبدیل تیزتر می شوند.

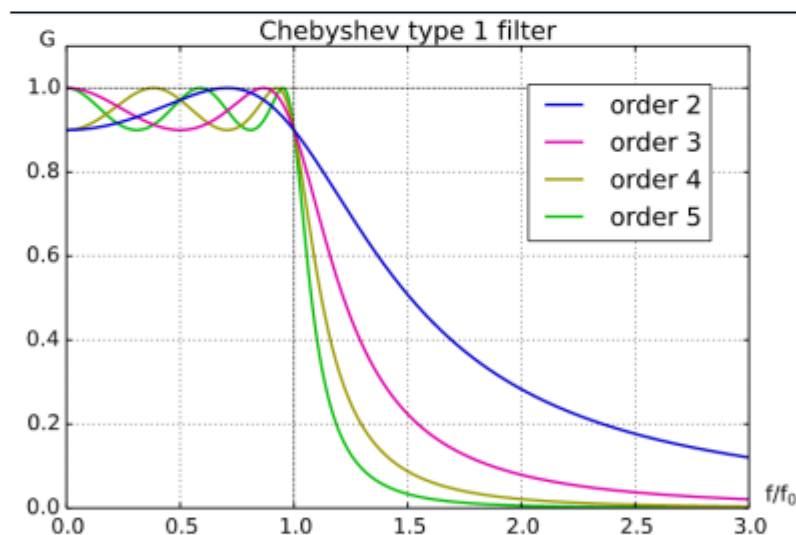


Figure 24

شکل Figure 24 تا حد خوبی نشان می دهد تاثیر به توان رساندن یک تابع تبدیل به چه صورت می شود که نزدیک لبه های آن تیزتر می شود. و این به این معناست که فیلتر ما ایده آل تر می شود و بهتر می تواند معنای فرکانس قطع را تداعی کند به همین دلیل ما با به توان رساندن باید یک فیلتر بهتری را داشته باشیم.

### کار با فیلتر سلف و خازن و مقاومت:

در این فیلتر ما با به توان رساندن به حالت بهتری از فیلتر می‌رسیم اما چون که در قسمت قبل تا حدی خیلی خوبی فیلتر ما کار می‌کرد نمی‌توانیم تفاوت آن را مشاهده کنیم به همین دلیل ما نمودار bode را برای این چند حالت با به توان ۲ و ۳ رساندن نتایج را نشان دهیم.

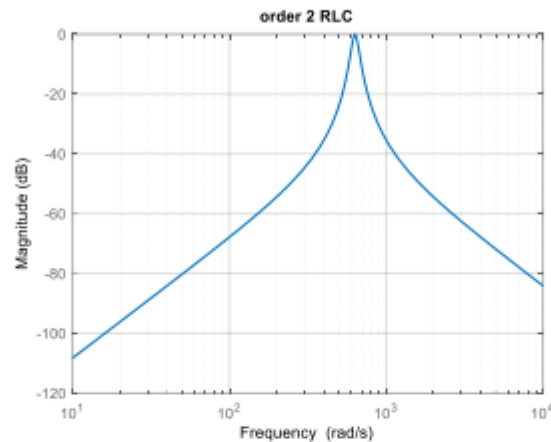


Figure 25

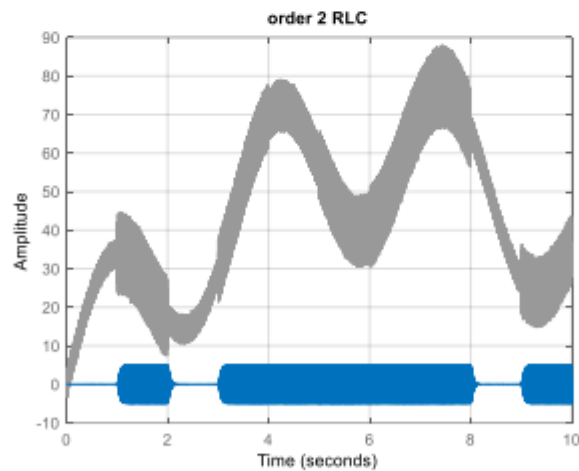


Figure 26

شکل‌های Figure 25, 26 به خوبی نشان می‌دهد که تابع فیلتر با به توان ۲ رسیدن باز هم اثر خوبی دارد ولی با دقت به نمودار Figure 25 می‌توانیم به این نتیجه برسیم که ضریب shrink برای فرکانس‌های دور از 100Hz زیاده‌تر از حالیهست که ما از توان ۱ استفاده کردیم.



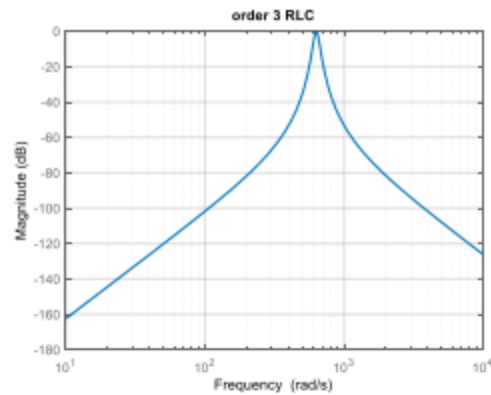


Figure 27

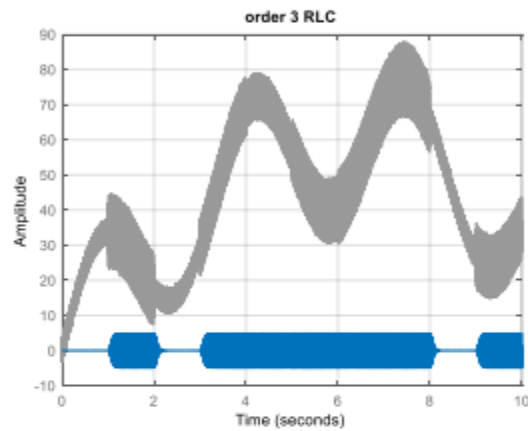


Figure 28

شکل‌های Figure 27,28 به خوبی نشان می‌دهد که این فیلتر با به توان ۳ رسیدن باز هم اثر خوبی در حذف سیگنال‌های نامطلوب دارد و از روی نمودار bode آن می‌توانیم به این موضوع مجدداً پی ببریم که این فیلتر را به توان برسانیم سیگنال‌های با فرکانس خارج از بازه گذر را با شدت بیشتر shrink می‌کند.

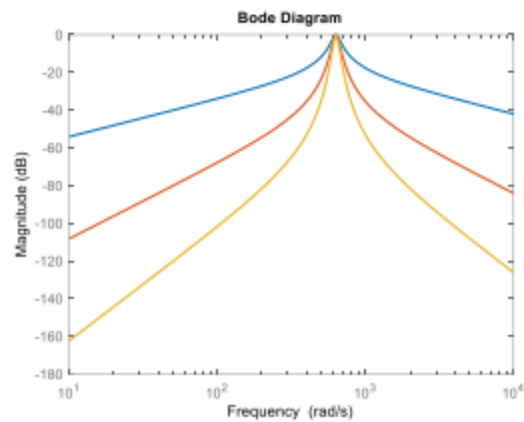


Figure 29

شکل Figure 29 به خوبی اثر توان رساندن تابع تبدیل فیلتر را نشان می‌دهد.

کار با فیلتر دو طبقه خازن و مقاومت:

در این مدل فیلتر به خوبی حالت فیلتر قبلی نیست پس ما میتوانیم راحت‌تر مشاهده کنیم تاثیر به توان رساندن تابع تبدیل فیلتر.

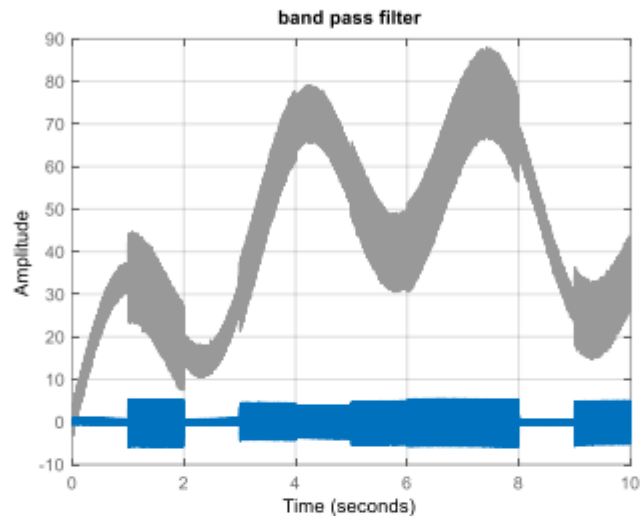


Figure 30

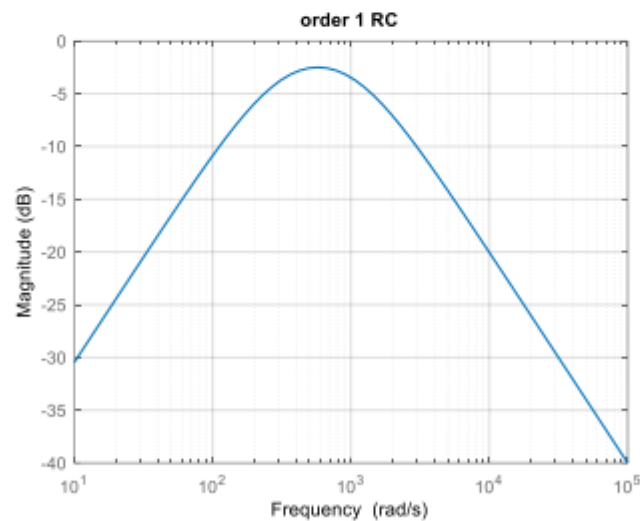


Figure 31

همان طور که در شکل‌های Figure 30,31 می‌توانیم مشاهده کنیم که علاوه بر سیگنال با فرکانس 100Hz سیگنال‌های دیگری هم تا حد خوبی عبور کرده اند که این مطلوب ما نیست.

حال ما با به توان رساندن نشان می‌دهیم که کمتر سایر سیگنال خارج بازه عبور می‌کنند.

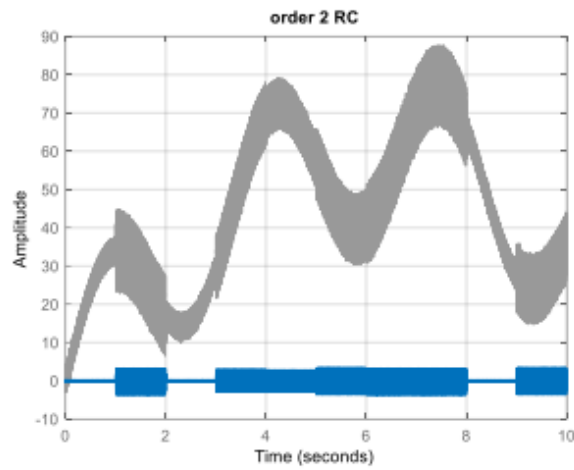


Figure 32

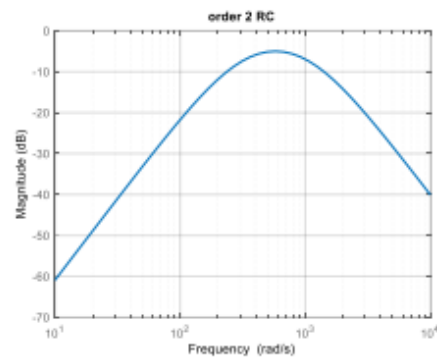


Figure 33

در شکل‌های Figure 32, 33 ما می‌توانیم مشاهده کنیم که با افزایش توان و Order فیلتر فیلتر بیشتر به سمت ایده‌آل بودن می‌رود و می‌توان از دو شکل به این موضوع پی برد هم سرعت نزول در فاصله مشخص از 100Hz بیشتر است در حالت‌های که توان نداشت و همین طور از روی شکل Figure 32 که میزان نویز کمتر شده است.

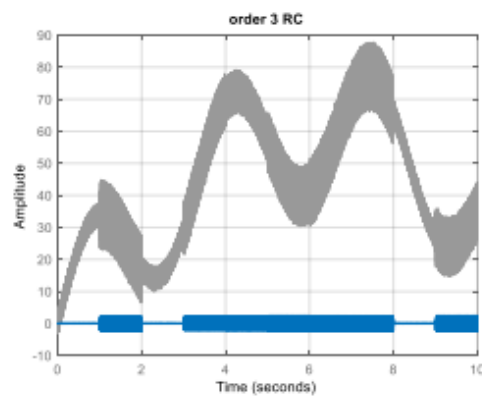


Figure 34

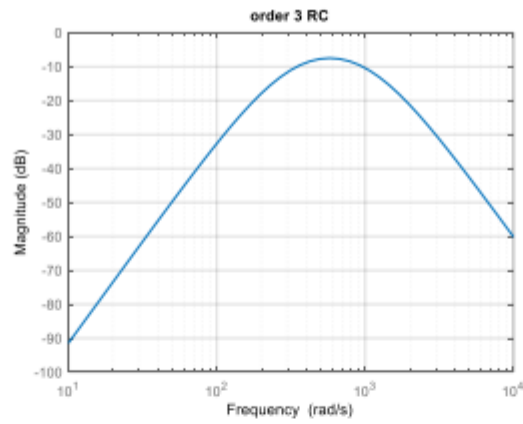


Figure 35

در شکل های 34, 35 Figure ما می توانیم مشاهده کنیم که فیلتر مورد نظر بیشتر به فیلتر ایده آل شبیه شده است به این صورت که در اطراف فرکانس 100Hz و یا  $200\pi \frac{rad}{s}$  میزان افت اندازه بیشتر است خب این باز به این معناست که اگر دور باشی از بازه مورد نظر با شدت خیلی بیشتری shrink می شوی.

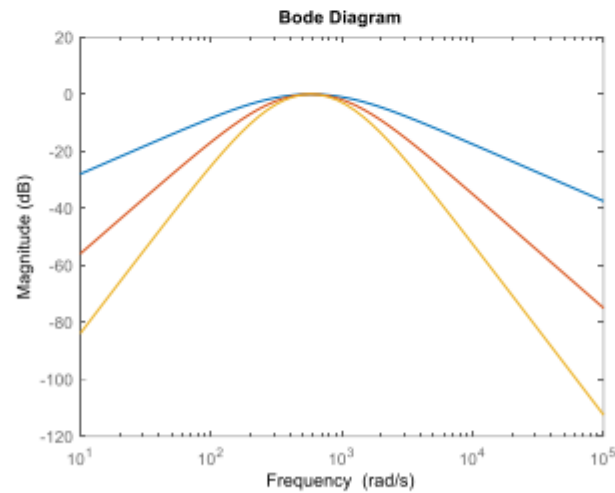


Figure 36

در شکل 36 Figure به خوبی اثر به توان رسوندن را مشاهده می کنیم.

### سوال 3-7

۳ ولت دامنه و فرکانس ۲۵۰:

در این بخش ما با استفاده از یک فیلتر که با سلف و خازن و مقاومت طراحی می شود فیلتری را طراحی کردیم که باند عبور آن بین فرکانس های  $[223, 269]Hz$

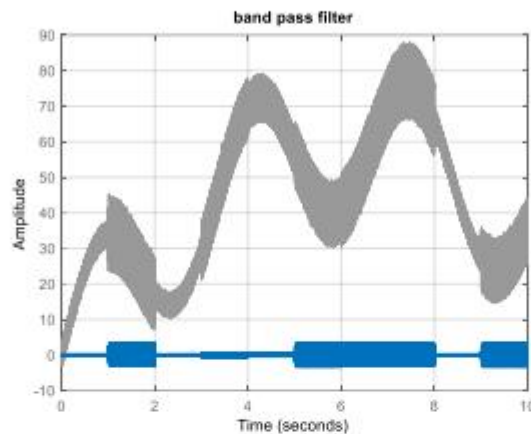


Figure 37

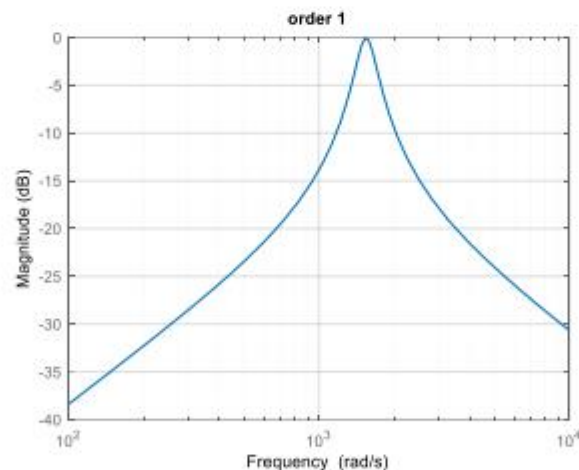


Figure 38

همان طور که می شود از شکل 37, 38 این فیلتر روی فرکانس  $250Hz = 500\pi \frac{rad}{s}$  به شکل خوب عبور می دهد و در فاصله از آن نرخ عبور کاهش پیدا می کند. در این قسمت اندازه دامنه سیگنال را هم می توانیم به دست بیاوریم و ما دامنه را تقریباً 2.98 به دست می آوریم که عدد قابل قبولیست و به شکل کامل انتقال پیدا کرده است.

حال آن را به توان ۲ و ۳ می‌رسانیم تا نتایج حاصل را بررسی کنیم.

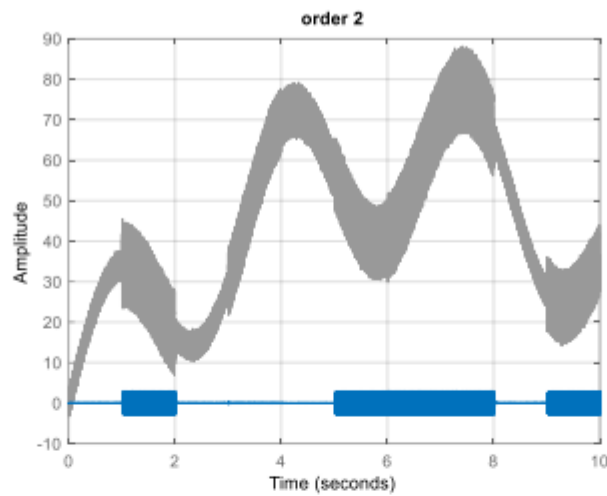


Figure 39

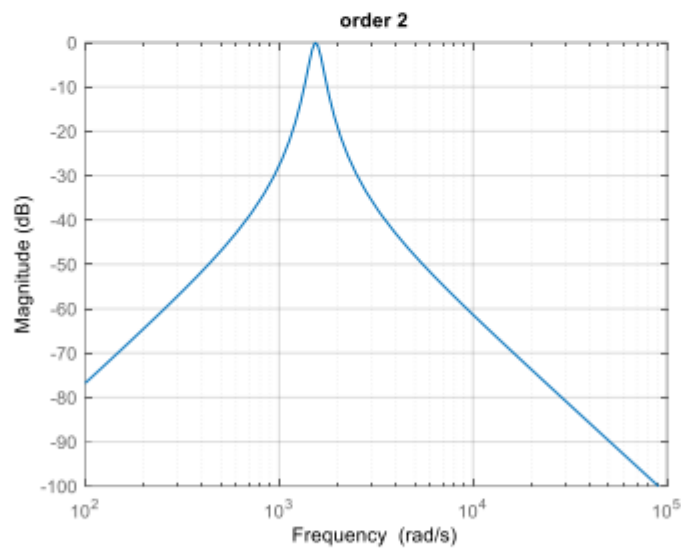


Figure 40

همان طور که از شکل Figure 39, 40 پیداست با به توان رساندن همون نتیجه و اثر را دارد که منجر به این می شود که سیگنال‌های دورتر با نرخ بیشتر shrink بشوند.

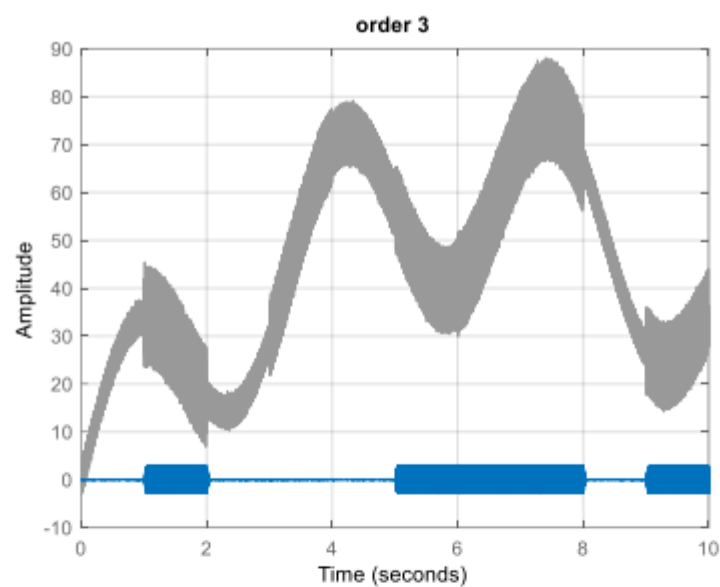


Figure 41

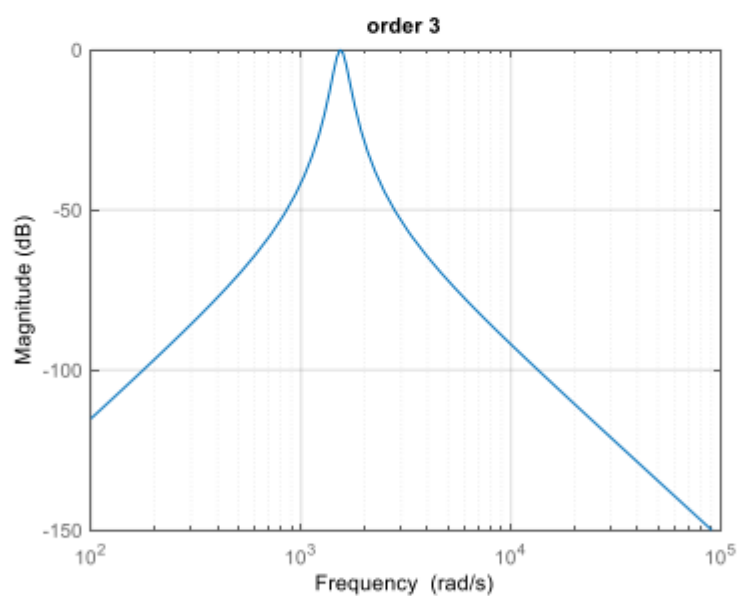


Figure 42

همان طور که از شکل Figure 41, 42 پیداست با به توان رساندن همون نتیجه و اثر را دارد که منجر به این می شود که سیگنال های دورتر با نرخ بیشتر shrink بشوند.

در مورد میان عبور آن هم باز می توانیم حرف قبلی خود را تکرار کنیم به این صورت که سیگنال های دیگر هم عبور می کنند ولی بسته به فاصله مقدار از دامنه آن ها کاهش پیدا می کند

### ۳ ولت دامنه و فرکانس ۵۰۰:

در این بخش ما با استفاده از یک فیلتر که با سلف و خازن و مقاومت طراحی می شود فیلتری را طراحی کردیم که باند عبور آن بین فرکانس های  $[472, 536] \text{Hz}$

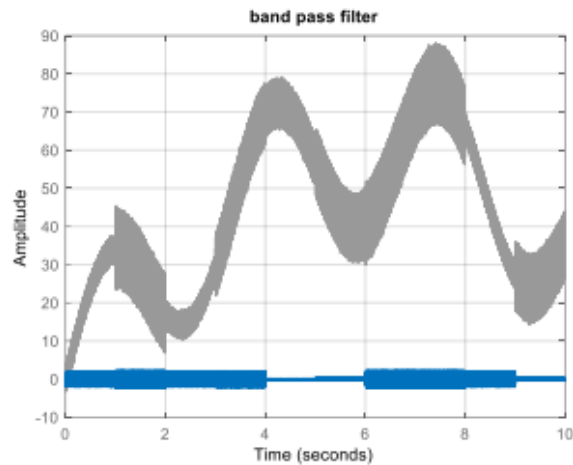


Figure 43

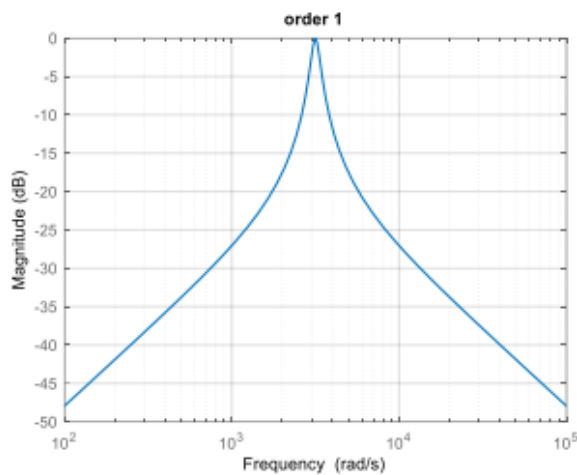


Figure 44

همان طور که از شکل های Figure 43, 44 پیداست این فیلتر در اطراف فرکانس 500Hz و یا  $1000\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  طراحی شده است

در این قسمت اندازه دامنه سیگنال را هم می توانیم به دست بیاوریم و ما دامنه را تقریباً 2.98 به دست می آوریم که عدد قابل قبولیست و به شکل کامل انتقال پیدا کرده است.



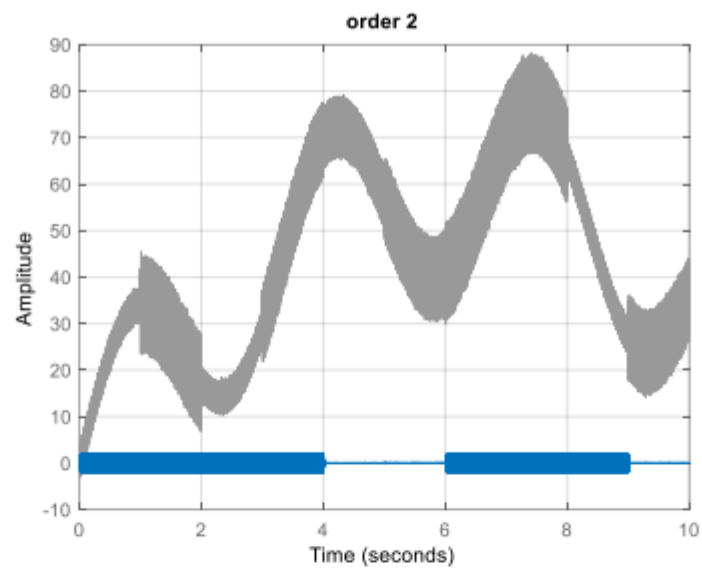


Figure 45

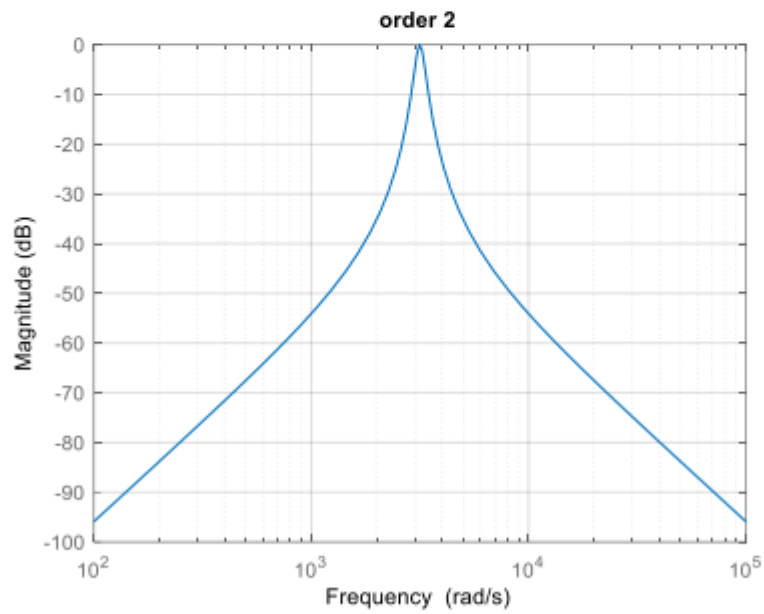


Figure 46

همان طور که از شکل Figure 45, 46 پیداست با به توان رساندن همون نتیجه و اثر را دارد که منجر به این می شود که سیگنال های دورتر با نرخ بیشتر shrink بشوند

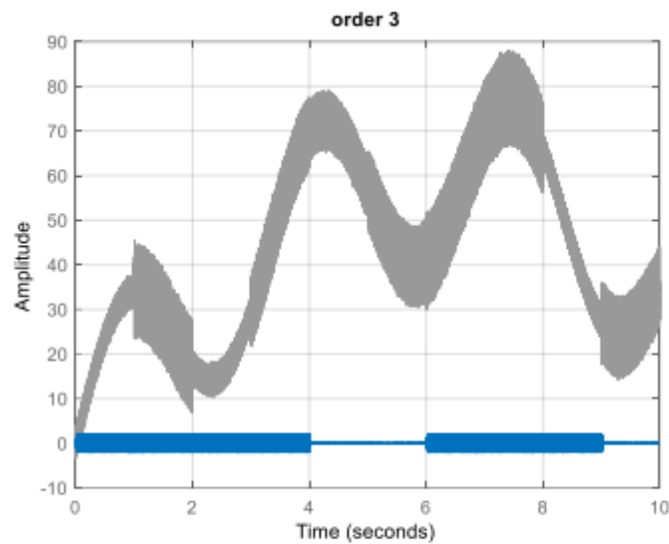


Figure 47

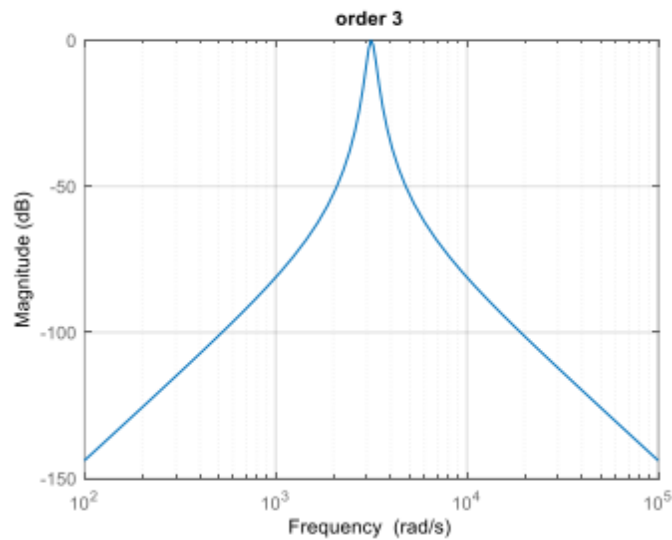


Figure 48

همان طور که از شکل Figure 47, 48 پیداست با به توان رساندن همون نتیجه و اثر را دارد که منجر به این می شود که سیگنال های دورتر با نرخ بیشتر shrink بشوند.

در مورد میان عبور آن هم باز می توانیم حرف قبلی خود را تکرار کنیم به این صورت که سیگنال های دیگر هم عبور می کنند ولی بسته به فاصله مقدار از دامنه آن ها کاهش پیدا می کند با افزایش توان هم با شدت بیشتری کاهش پیدا می کند.

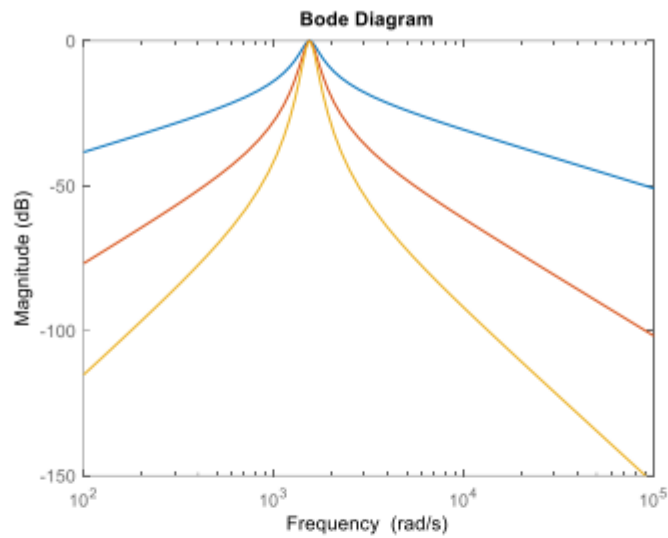


Figure 49 250Hz for different orders

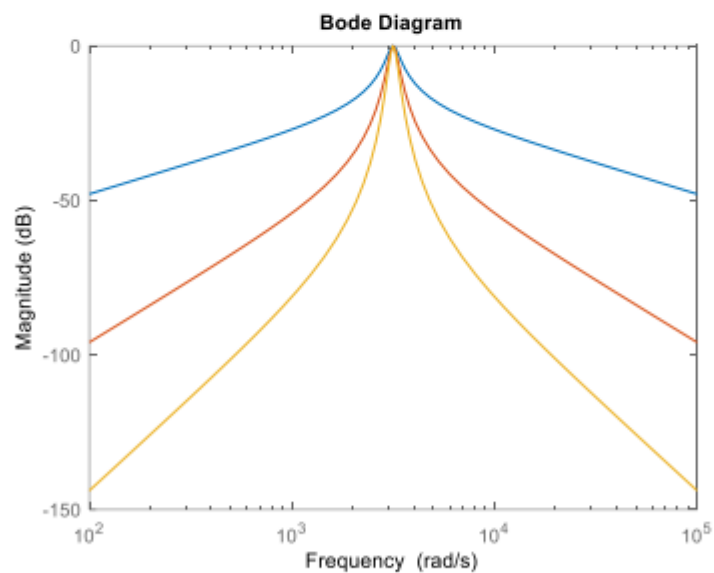


Figure 50 500Hz for different orders

در شکل‌های Figure 49, 50 می‌توانیم اثر به توان رسوندن فیلتر را مشاهده کنیم که چه تاثیری در نمودار bode میزازه همین نمودار bode خودش هم نشان می‌دهد که فرکانس به چه قدرتی باید افت کنند.

## سوال 3-8

برای فرکانس 100:

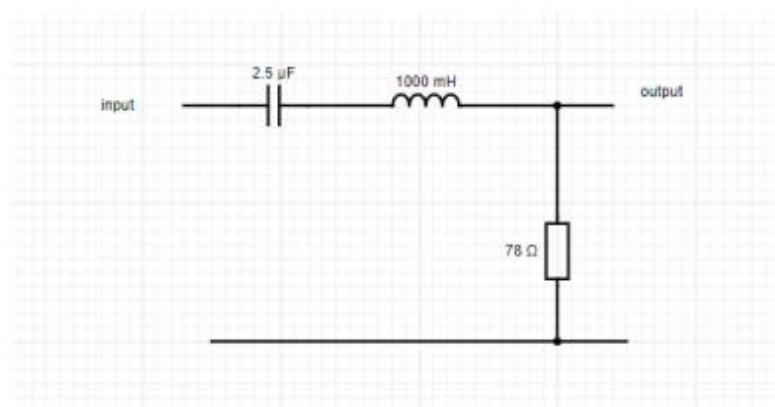


Figure 51 order 1

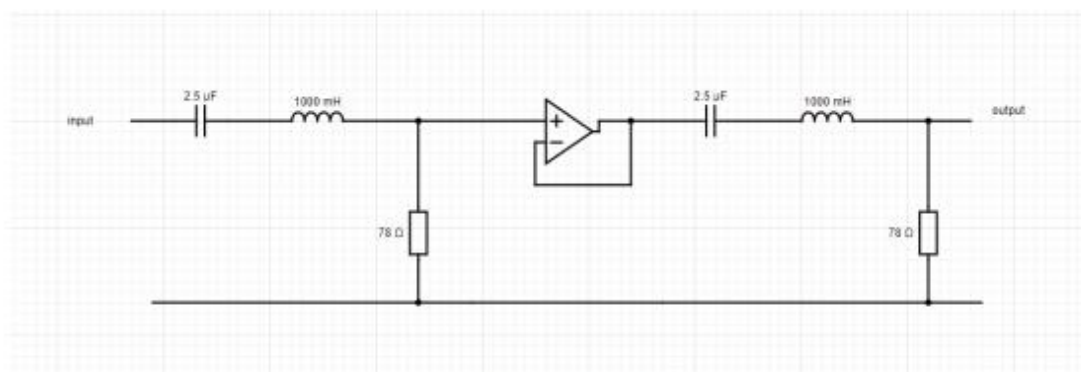


Figure 52 order 2

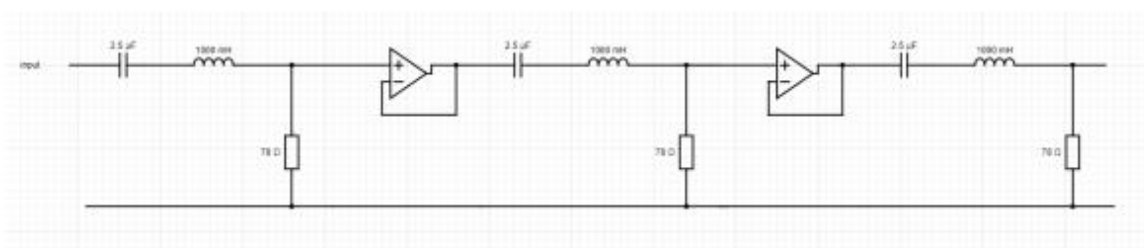


Figure 53 order 3

این 3 مدار هر کدام نشان دهنده‌ی یک فیلتر می‌باشد که Figure 51 از نوع مرتبه اولش هست و دو فیلتر بعد از توان‌های بالاتر آن می‌باشند.

حال به مدل دیگری روی می‌آوریم برای این کار هر چند که نمونه قبلی کیفیت بهتری دارد برای فیلتر میان‌گذر در نظر گرفتن.

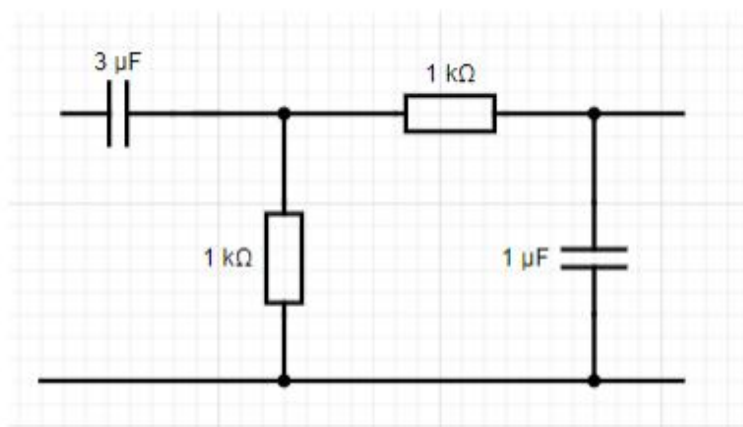


Figure 54

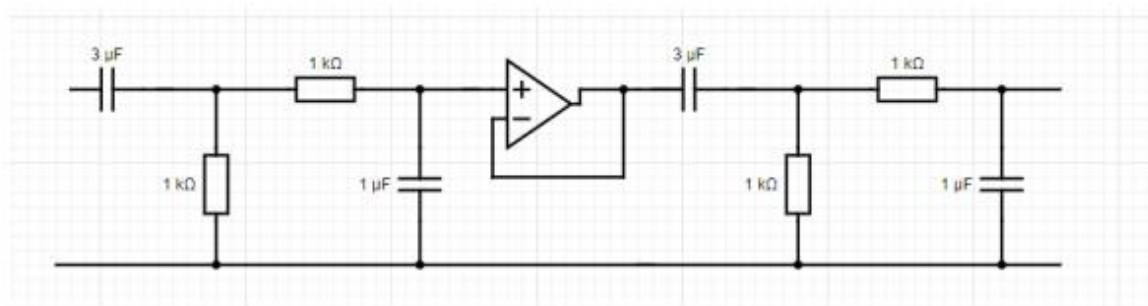


Figure 55

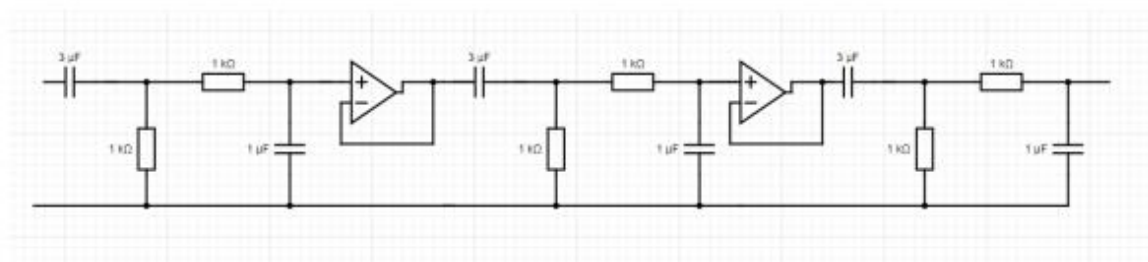


Figure 56

این 3 مدار هر کدام نشان دهنده‌ی یک فیلتر می‌باشد که Figure 54 از نوع مرتبه اولش هست و دو فیلتر بعد از توان‌های بالاتر آن می‌باشند.

برای فرکانس 250:

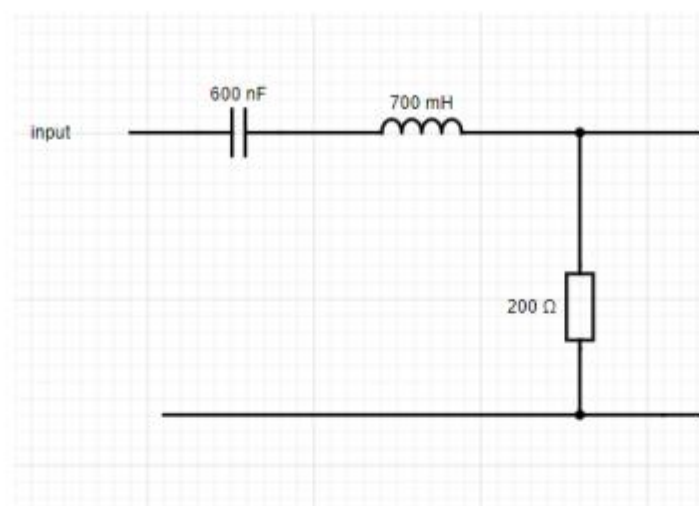


Figure 57

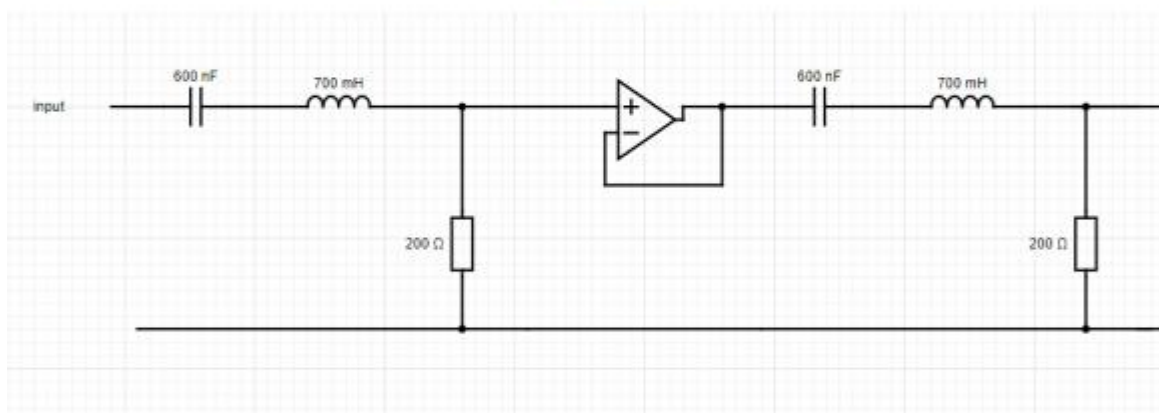


Figure 58

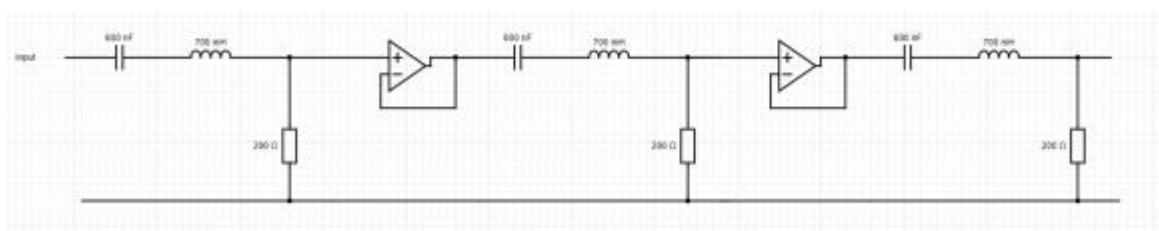


Figure 59

این 3 مدار هر کدام نشان دهنده‌ی یک فیلتر می‌باشد که Figure 57 از نوع مرتبه اولش هست و دو فیلتر بعد از توان‌های بالاتر آن می‌باشند.

برای فرکانس 500:

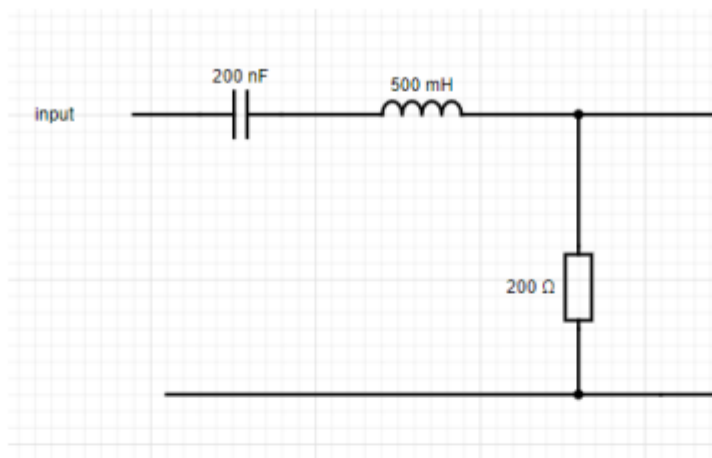


Figure 60

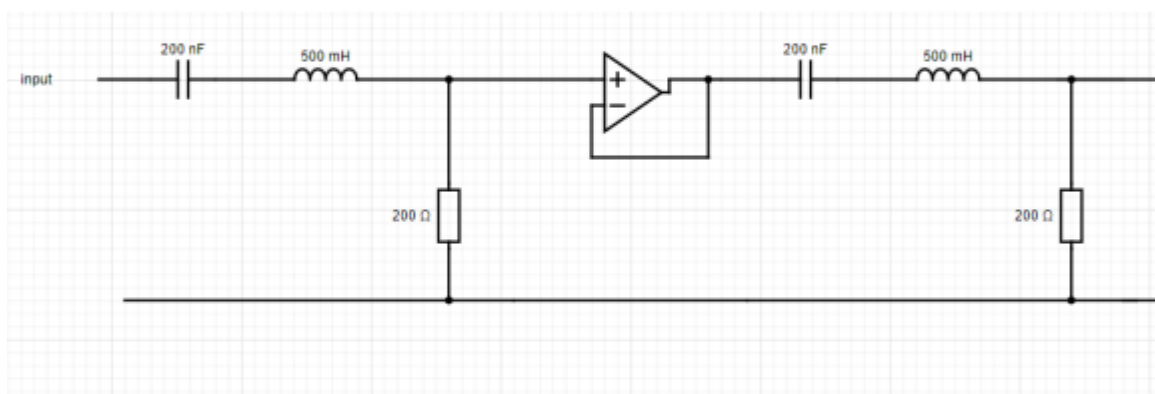


Figure 61

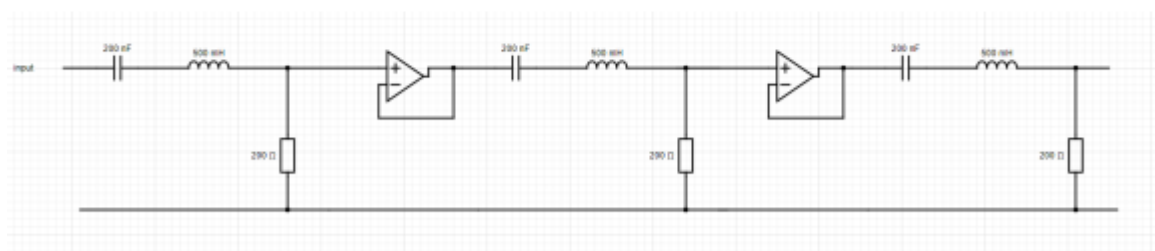


Figure 62

این 3 مدار هر کدام نشان دهنده‌ی یک فیلتر می‌باشد که Figure 60 از نوع مرتبه اولش هست و دو فیلتر بعد از توان‌های بالاتر آن می‌باشند.

برای تمامی مدارها هم ما buffer قرار دادیم که خروجی طبقه بعد تاثیر در طبقه فعلی نداشته باشد.

### سوال 3-9

در این سوال ما یک فیلتر بالاگذر را طراحی کردیم تا بر روی تک تک داده‌های بعد از اعمال فیلتر مجدداً اجرا کنیم و نقایسه کنیم چه قدر از خود نویز عبور می‌دهند این فیلترها.

با شکل عادی یک فیلتر بالاگذر طراحی کردیم با فرکانس قطع 159100Hz و بعد از اعمال شکل حاصل به دست آمد.

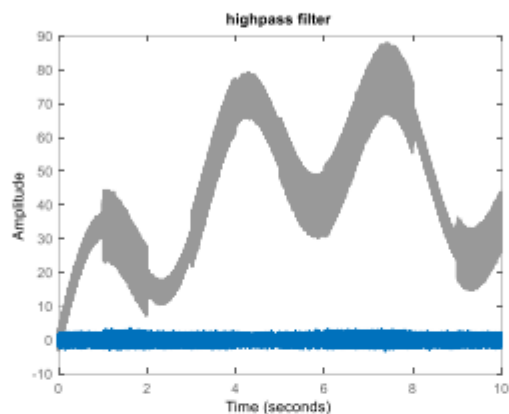


Figure 63

شکل Figure 63 حاصل اعمال فیلتر بالاگذر بر روی داده اصلی می‌باشد.

حال برای تمامی حالت‌ها باید رسم کنیم سیگنال بعد از اعمال فیلتر میان‌گذر و فیلتر بالاگذر

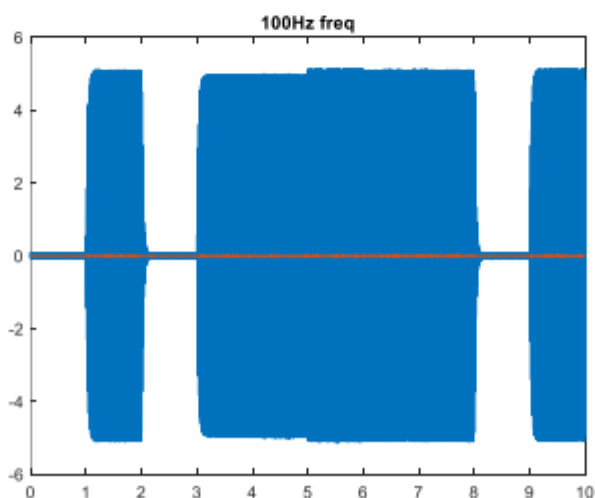


Figure 64



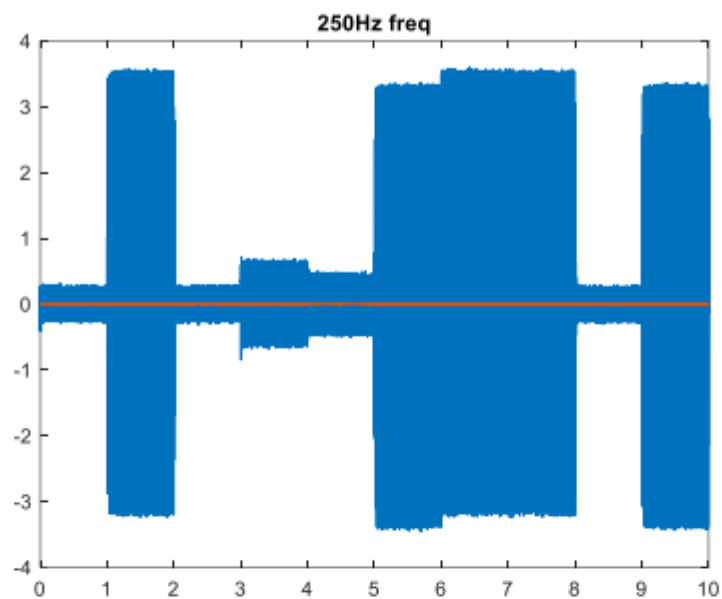


Figure 65

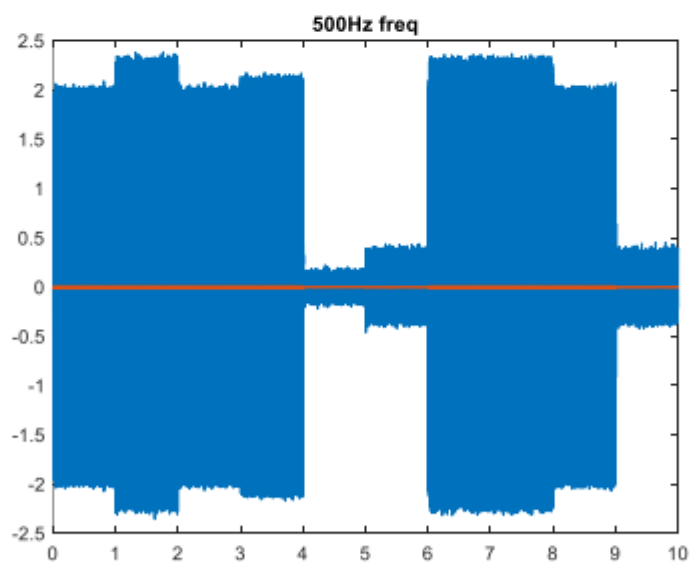


Figure 66

همان طور که از شکل‌های Figure 64,65,66 پیداست که مقدار نویز در سیگنال‌ها وجود دارد ولی مقدار آن به شدت کم هست و می‌توانیم بگوییم اثر آن از بین رفته است تا حد خوبی برای درک بهتر این موضوع به شکل Figure 67 نگاه بندازید.

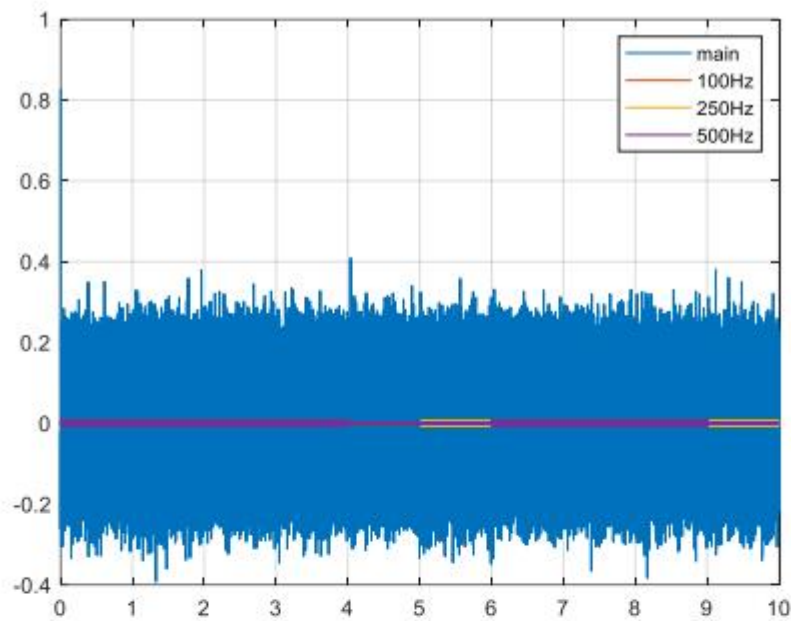


Figure 67

همان طور که پیداست نویز که وجود دارد در سیگنال بعد از اعمال فیلتر میان گذر تا حد خیلی زیادی توانش گرفته می شود و این موضع خوبی می باشد برای بررسی کردم. پس می توانیم در آخر بگوییم که توان نویز به شکل خوبی گرفته شده است چون که ما سیگنال نویز را به صورت در خروجی خود موحود در شکل Figure 67 مشاهده نمی کنیم.

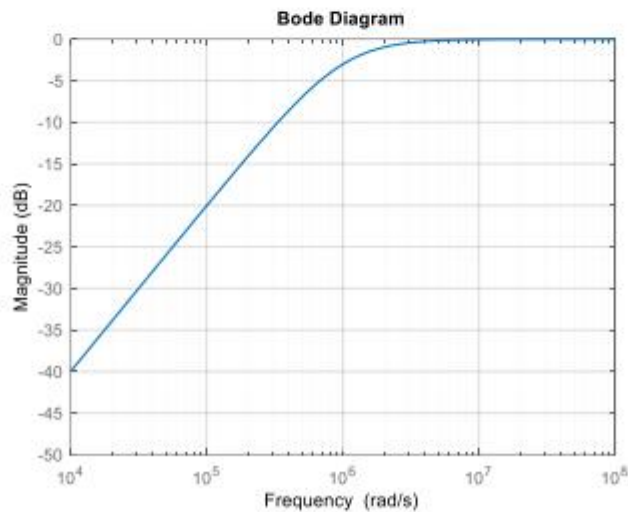


Figure 68

شکل Figure 68 تا حد خوبی نشون می دهد که چه فرکانس های با چه نسبتی shrink می شوند.

### سوال 3-10

در این سوال ما باید به دنبال روشی باشیم تا با استفاده از یک فیلتر میان‌گذر داده‌های مورد نظر در یک بازه را استخراج کنیم.

روش: به این صورت که ما همان که برای میان‌گذر سیگنال با فرکانس 500Hz استفاده کردیم را به میان‌گذر تبدیل می‌کنیم و بعد از اعمال آن سیگنالی را به دست می‌آوریم که باید از سیگنال اصلی کم کنیم و این موجب می‌شود تا سیگنال داخل بازه مورد نظر داشته باشیم.

هر چند این روش یکم مسخره به نظر می‌رسد اما در خیلی جاها کاربرد دارد.

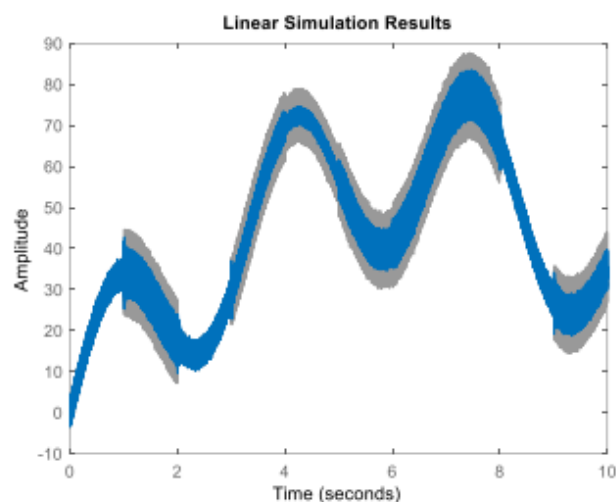


Figure 69

سیگنال شکل Figure 69 نشان دهنده خروجی فیلتر میان‌گذر می‌باشد به همین ترتیب نمودار بعد آن را هم رسم می‌کنیم به شکل Figure 70 در می‌آید.

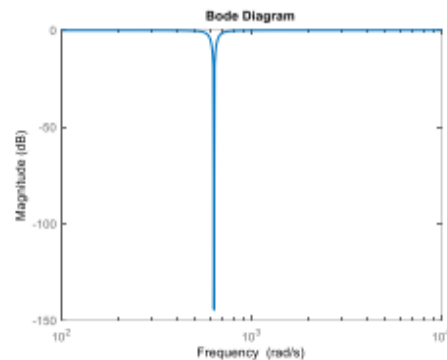


Figure 70

و در آخر ما آن را از سیگنال اصلی کم می کنیم و به شکل Figure 71 می رسم که به این صورت می باشد.

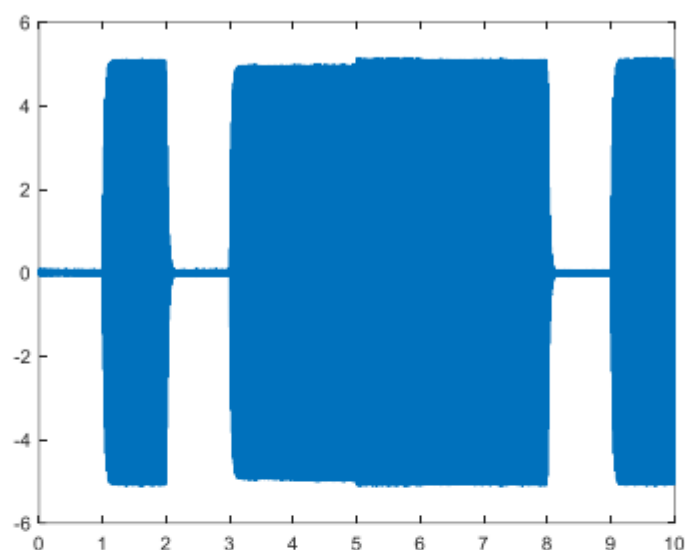


Figure 71

پس نشان دادیم که ما با استفاده از این روش می توانیم از میان گذر استفاده کنیم به سیگنال مورد نظر در یک بازه مشخصی برسیم.

ما می توانیم از روی نمودار bode هم جواب خودمان را تحلیل کنیم به این صورت که در فرکانس 500Hz فیلتر ما اندازه سیگنال را به شدت shrink می کند انگار که هیچی ازش نمانده است و همین طور سایر فرکانس ها از جمله سیگنال حامل و سیگنال 100Hz و همین طور 250Hz را تغییر نمی دهد و انگار خود آن می ماند و به همین دلیل وقتی آن را از سیگنال اصلی کم می کنیم مقدار آن سیگنال های که فرکانس دور از 500Hz را داشته اند تقریباً محو می شوند.