باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

درس سیستم های مخابراتی

گزارش تمرین شمارهٔ دو

علی محرابیان96102331

استاد: دکتر بهروزی

پاییز 1398

سوال1:

در ابتدا محاسبات به صورت زیر است.

$$\mathcal{F}\{x(t)\} = \mathcal{F}\{e^{-t^2}\} = \sqrt{\pi}\, e^{-\frac{(2\pi f)^2}{4}}$$

$$\mathcal{F}\{c(t)\} = \mathcal{F}\{\cos(2\pi f_c t)\} = \frac{1}{2}\left[\delta(f-f_c) + \delta(f+f_c)\right] \qquad f_c = 10^{Hz}$$

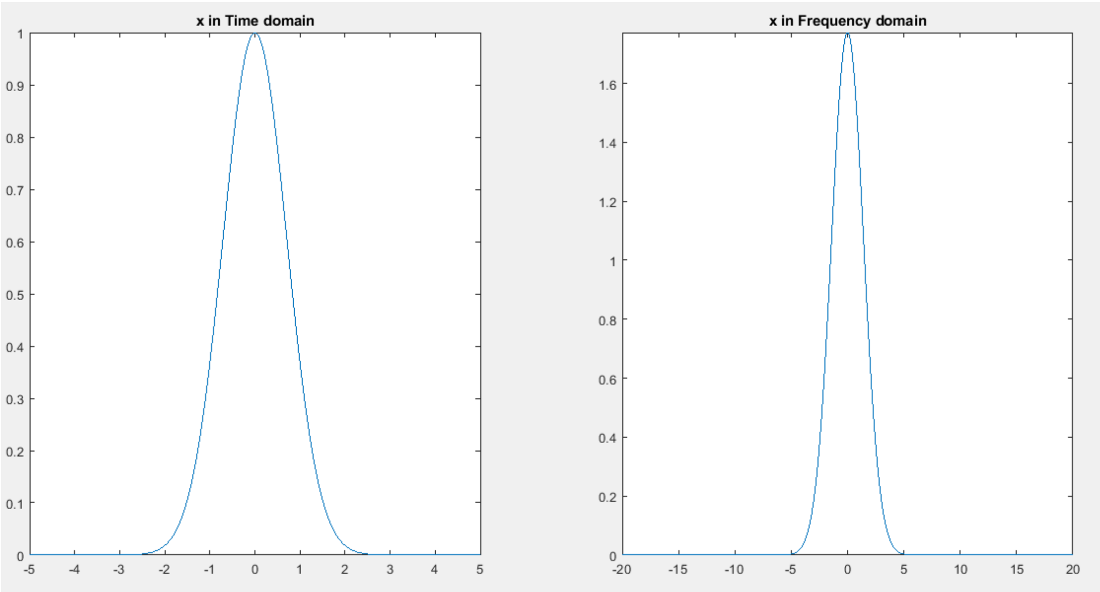
$$v(t) = e^{-t^2}\cos(2\pi f_c t) \Longrightarrow \mathcal{F}\{v(t)\} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\left[\exp\left(-\frac{(2\pi(f-10))^2}{4}\right) + \exp\left(-\frac{(2\pi(f+10))^2}{4}\right)\right]$$

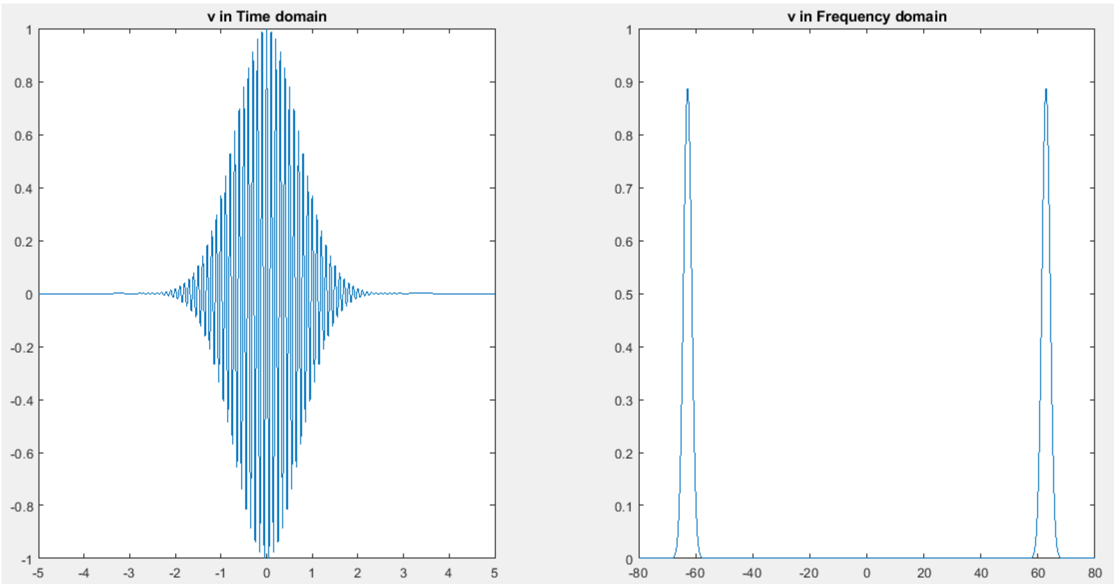
$$r(t) = e^{-t^2} \times \cos^2(2\pi f_c t) = e^{-t^2}\left[\frac{1+\cos(4\pi f_c t)}{4}\right] \Longrightarrow$$

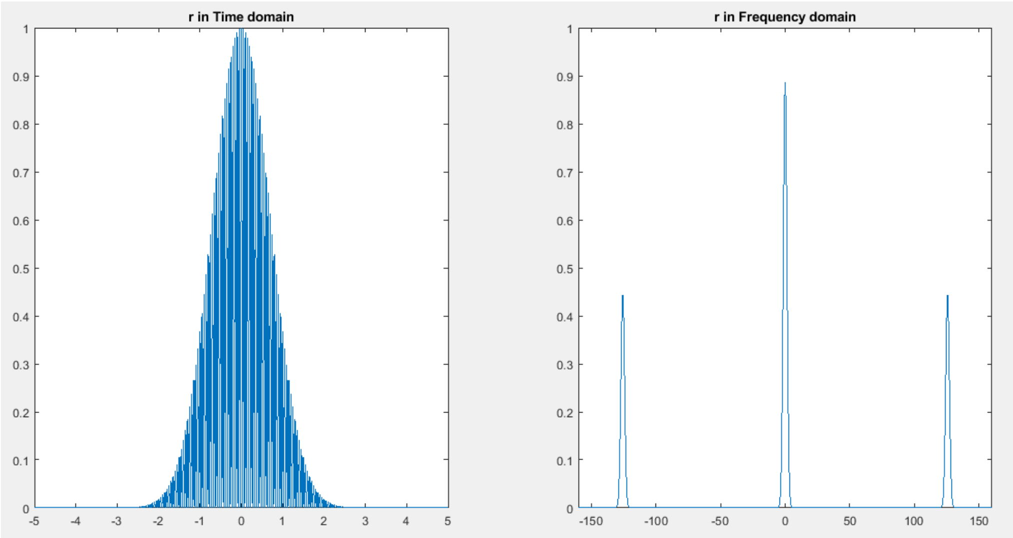
$$\mathcal{F}\{r(t)\} = \frac{\sqrt{\pi}}{4}\left[\exp\left[-\frac{(2\pi(f-20))^2}{4}\right] + \exp\left[-\frac{(2\pi(f+20))^2}{4}\right] + 2\exp\left[-\frac{(2\pi f)^2}{4}\right]\right]$$

$$\xrightarrow[\text{دوترم اول حذف می‌شوند.}]{\text{پس از عبور از LPF}} \mathcal{F}\{d(t)\} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\exp\left(-\frac{(2\pi f)^2}{4}\right) \Longrightarrow d(t) = \frac{1}{2}e^{-t^2}$$

حال هر کدام از سیگنال ها را در حوزه زمان و فرکانس رسم می کنیم.



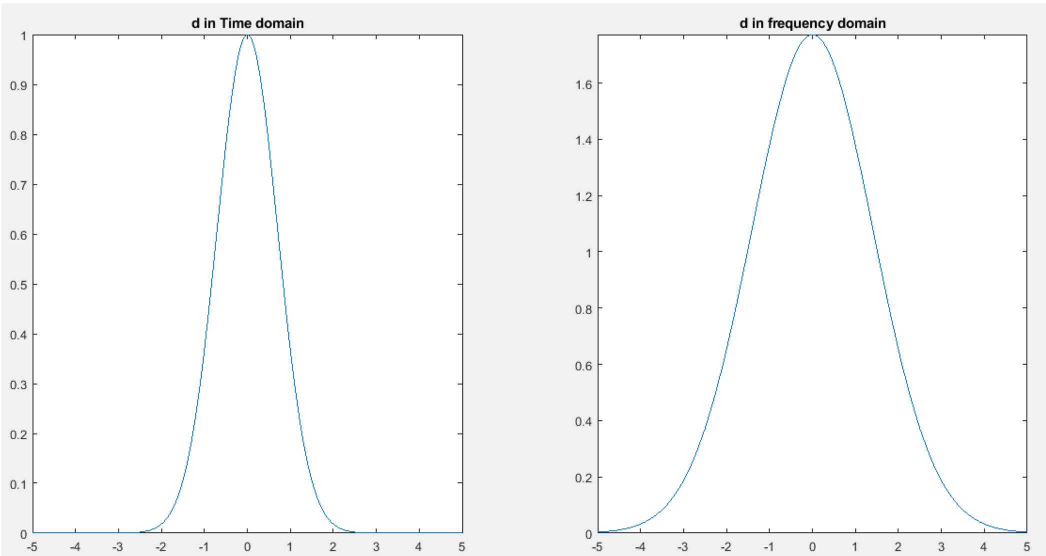




در نهایت برای پیدا کردن خروجی d(t) نیاز به یک فیلتر پایین گذر داریم.با توجه به رابطه زیر:

$$Arect(\frac{t}{T}) \rightarrow ATsinc(fT)$$

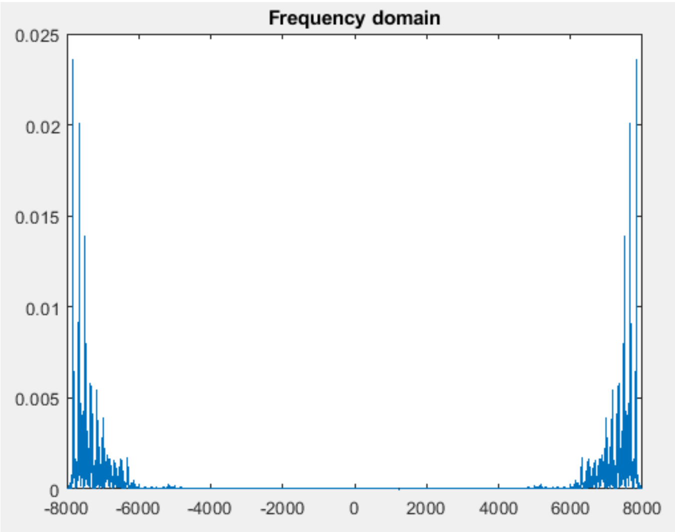
از فیلتر 20sinc(20t) در حوزه زمان استفاده می کنیم.خروجی از کانوولوشن پاسخ فیلتر در r(t) به دست می آید

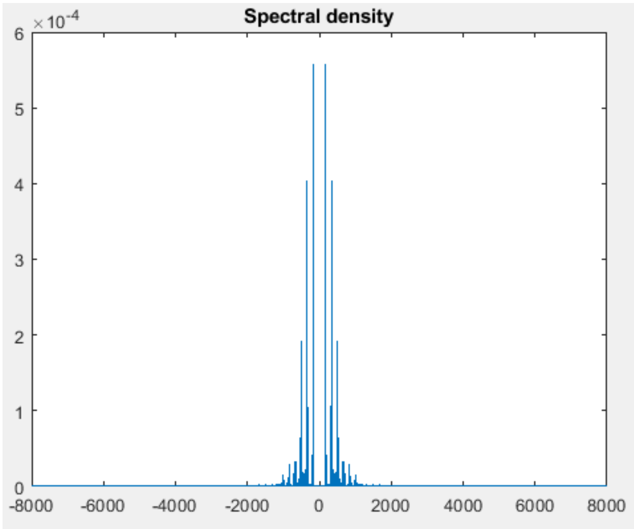


محاسبات و تئوری یکدیگر را تائید می کنند.

سوال 2:

در ابتدا طیف فرکانسی و چگالی طیفی سیگنال را رسم می کنیم.





اندحال پهنای باند سیگنال را تا فرکانسی که 99% انرژی سیگنال در آن باشد،می یابیم.

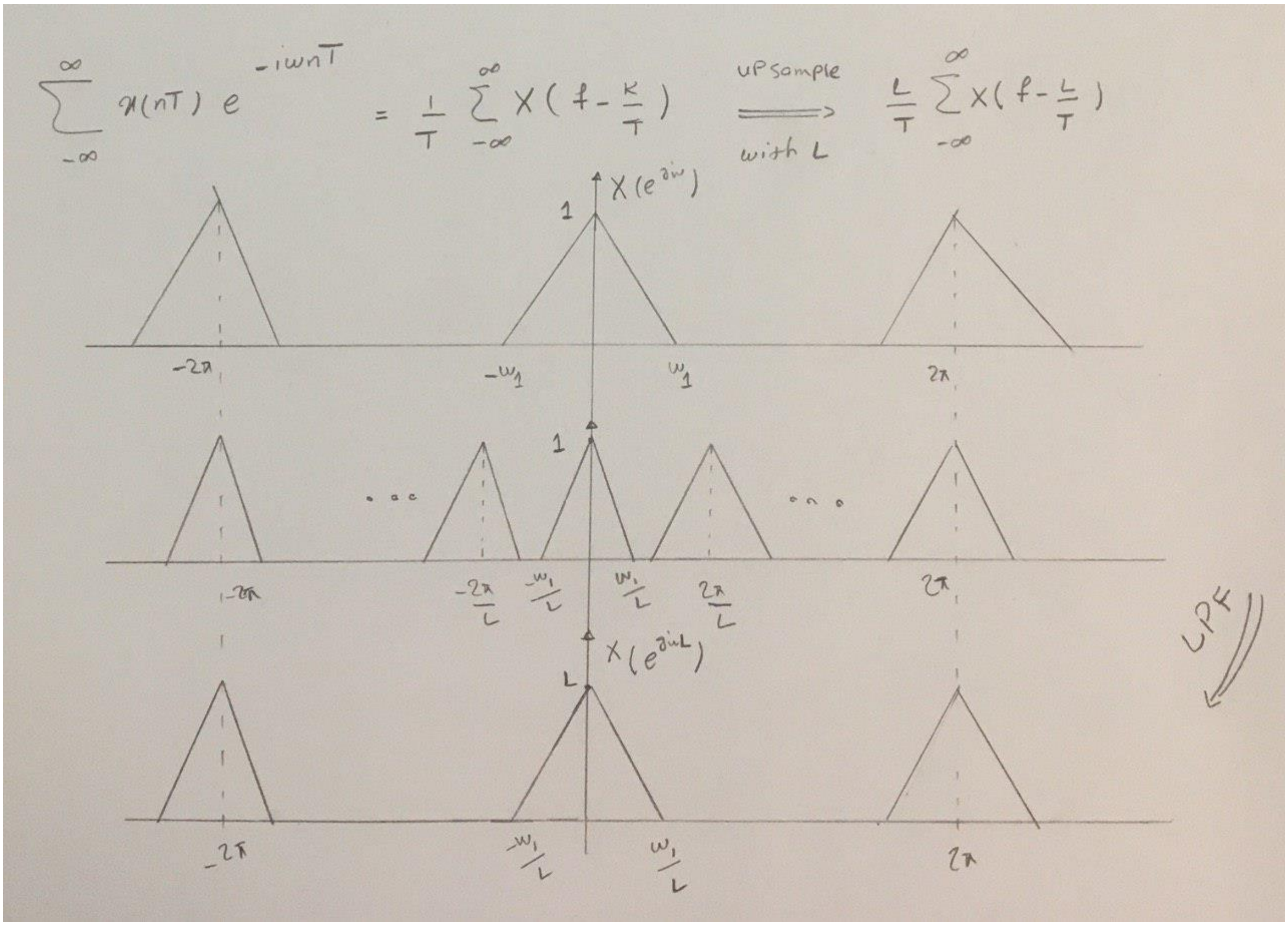
```
>> BW

BW =

   1.5257e+03
```

اگر سیگنال به باند میانی انتقال پیدا کند،پهنای باند آن در حدود 3KHz می شود که از پهنای باند کانال کمتر است.بنابراین هم به صورت DSB وهم به صورت SSB قابل انتقال است.

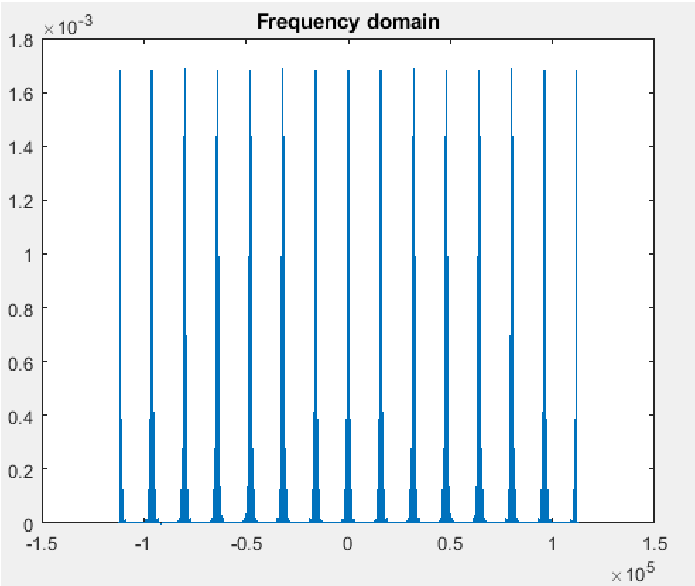
با انتقال سیگنال به فرکانس مرکزی 102KHz و این که خود سیگنال پهنای باند 1.5KHz دارد،طبق قضیه نایکوئیست،فرکانس نمونه برداری باید (103.5)*fs>2 یعنی fs>207KHz باشد.بنابراین باید از upsampling استفاده کنیم.



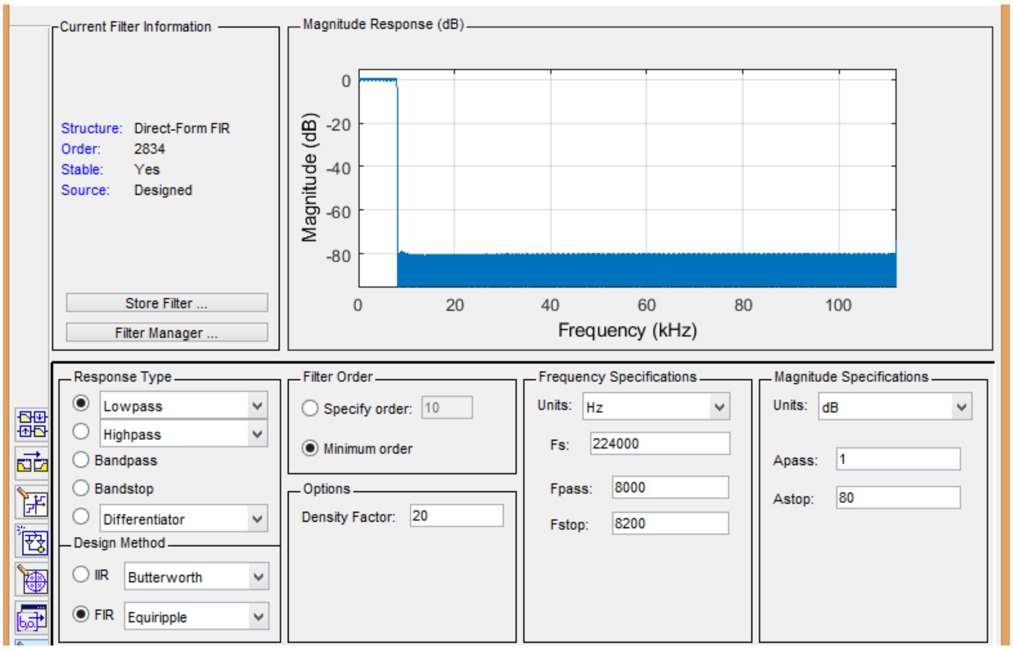
در واقع بین هردو نقطه تعدادی صفر می گذاریم تا فرکانس نمونه برداری افزایش پیدا کند سپس از درون یابی استفاده می کنیم.

حال با 14 برابر کردن fs،شرط نایکوئیست برقرار می شود.پس فرکانس جدید ما 224KHz می باشد.

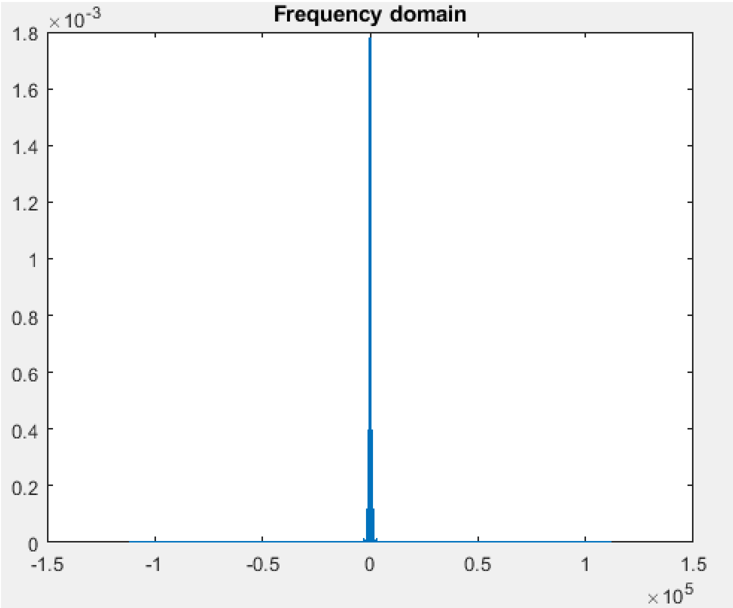
بعد از upsample کردن،محتوای فرکانسی به صورت زیر است.



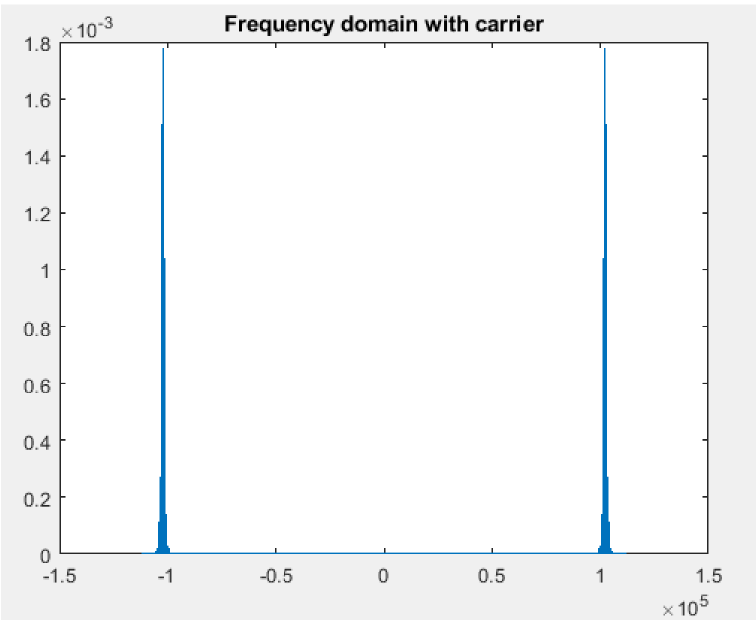
حال به کمک فیلتر زیر،سیگنال را فیلتر می کنیم.



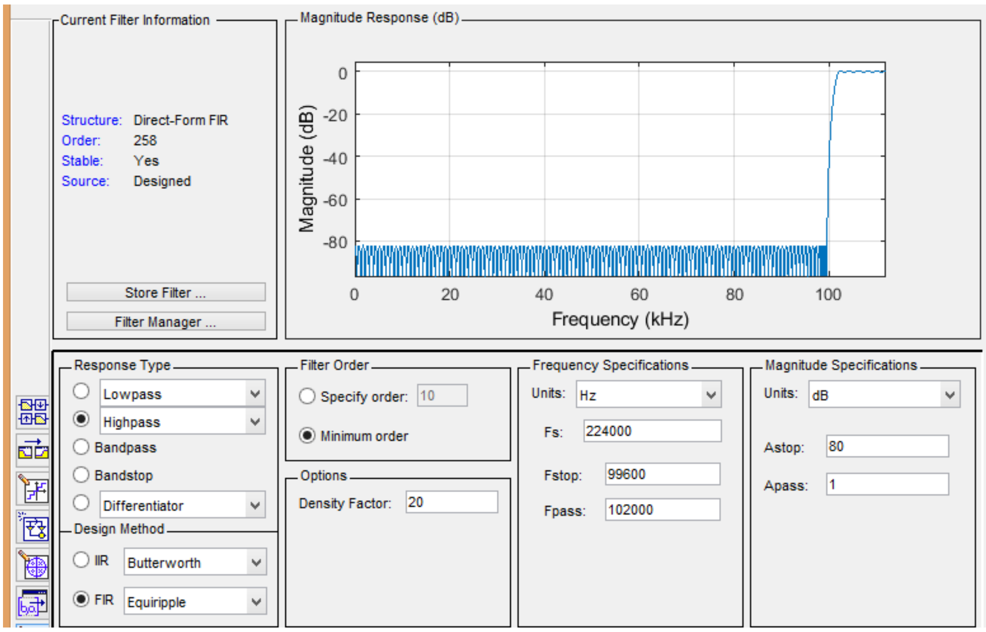
پس از فیلتر سیگنال به صورت زیر است.



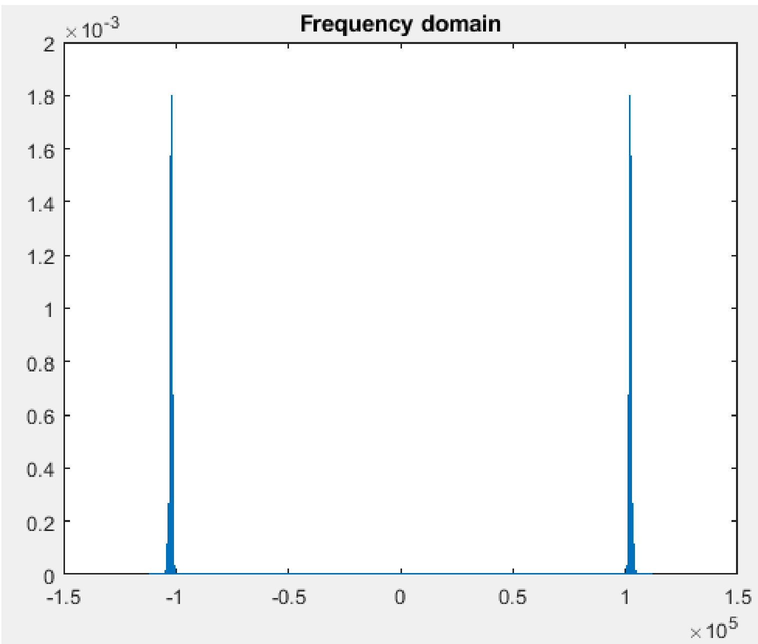
برای قسمت ت،ابتدا سیگنال را در carrier کسینوسی ضرب می کنیم.سپس از یک فیلتر بالا گذر استفاده می کنیم.



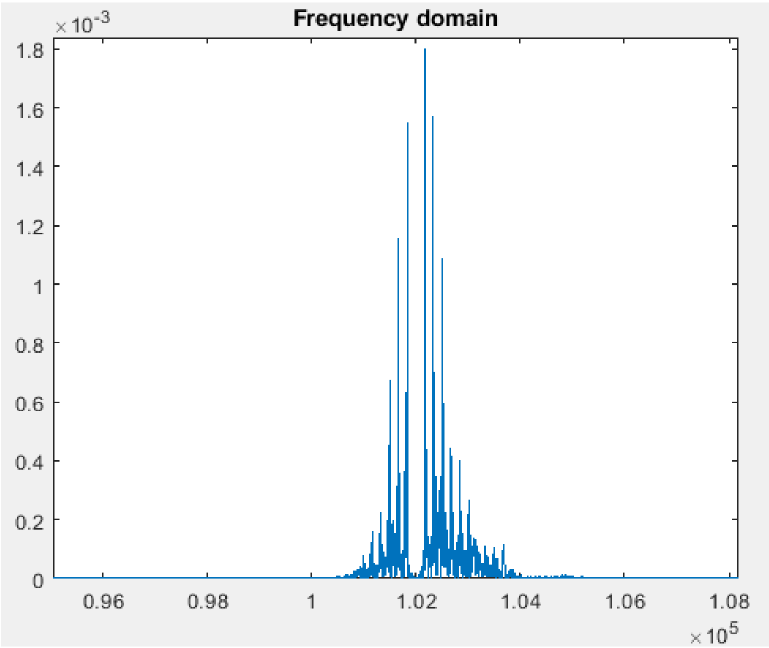
فیلتر بالاگذر را به صورت زیر طراحی می کنیم.



سیگنال نهایی پس از عبور از فیلتر به صورت زیر است.



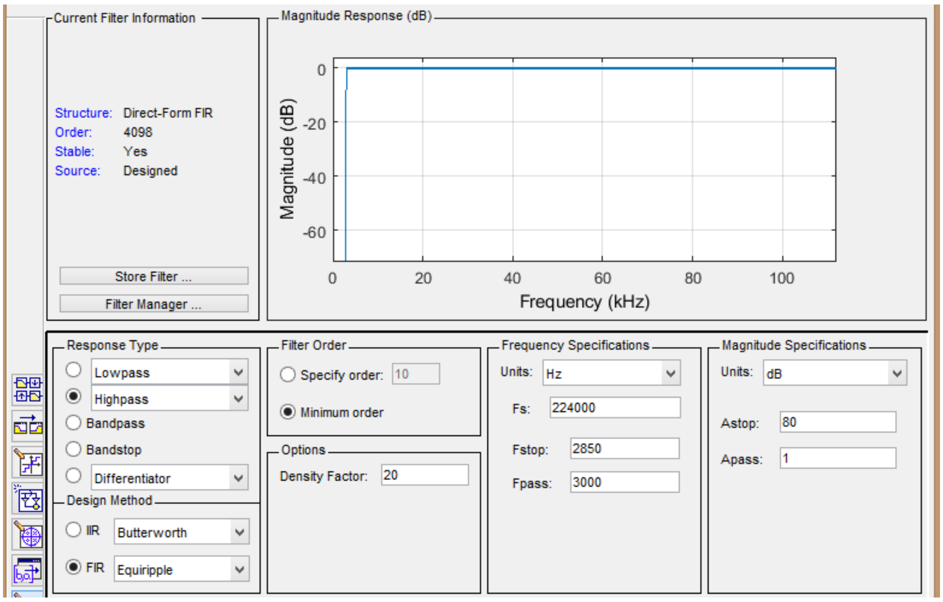
روی محتوای فرکانسی زوم می‌کنیم تا دقیق تر به بررسی بپردازیم.



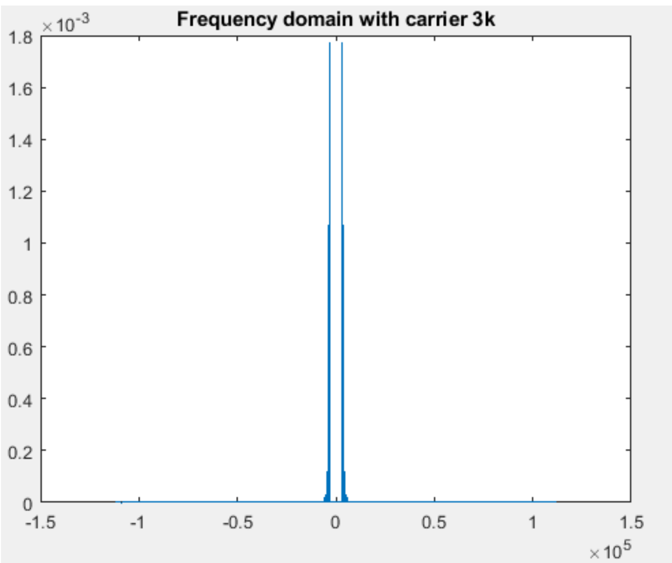
این تصویر نشان می دهد که باند کناری راست کامل حذف نشده و فیلتر عملکرد ضعیفی داشته است.این مورد خلاف انتظار ما است.این به این دلیل است که پهنای باند گذار ما زیاد بوده است.

می توان برای داشتن خروجی بهتر،مراحل قبل را طی دو مرحله انجام داد.

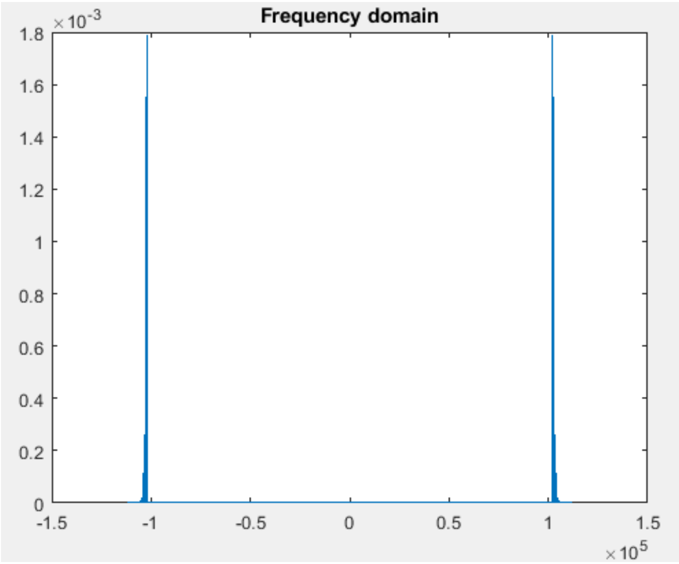
ابتدا سیگنال را به فرکانس 3KHz که باند گذار آن 150Hz منتقل می کنیم.سپس به فرکانس 102KHz منتقل می کنیم. فیلتر اولیه به صورت زیر است.



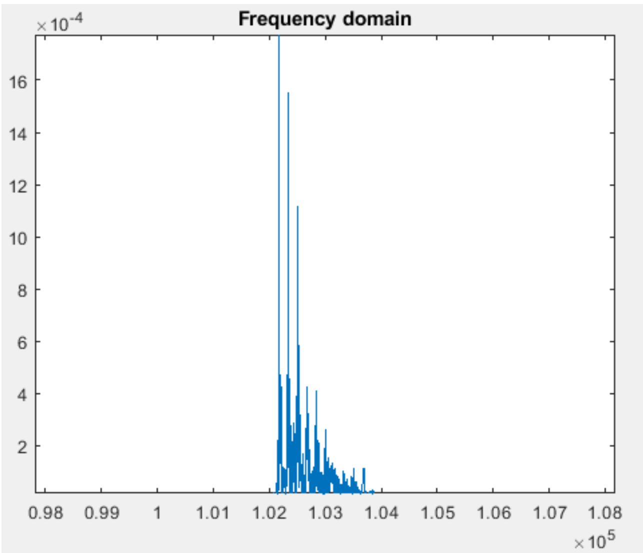
خروجی فیلتر شده به صورت زیر است.



حال به کمک carrier با فرکانس 99KHz،سیگنال نهایی را ساخته و از فیلتر بالاگذری که در قسمت قبل ساختیم،استفاده می کنیم.خروجی نهایی به صورت زیر است.



روی سیگنال زوم می کنیم.



به خروجی خیلی خوبی رسیدیم.

در ابتدا تحلیل تئوری این قسمت به صورت زیر است.

$$x_+(t) = \frac{1}{2}\left[x(t) + j\,\hat{x}(t) \right] \Longrightarrow X_+(f) = \frac{1}{2}\left[X(f) + \mathrm{sgn}(f)\, X(f) \right]$$

$$x_-(t) = \frac{1}{2}\left[x(t) - j\,\hat{x}(t) \right] \Longrightarrow X_-(f) = \frac{1}{2}\left[X(f) - \mathrm{sgn}(f)\, X(f) \right]$$

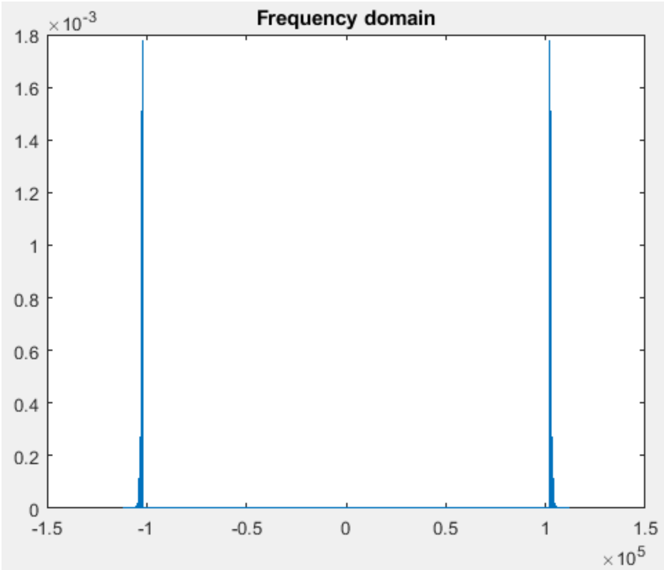
$$\mathrm{USSB} \Longrightarrow X_c(f) = \frac{A_c}{2}\left[X_+(f-f_c) + X_-(f+f_c) \right] \xRightarrow{\mathcal{F}^{-1}}$$

$$x_c(t) = \frac{A_c}{2}\left[\frac{x(t) + j\,\hat{x}(t)}{2}\, e^{j2\pi f_c t} + \frac{x(t) - j\,\hat{x}(t)}{2}\, e^{-j2\pi f_c t} \right] \Longrightarrow$$

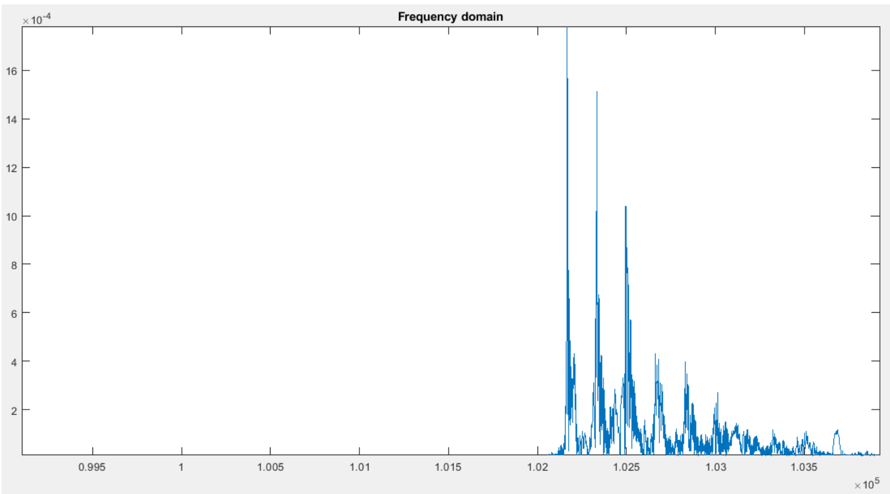
$$x_c(t) = \frac{A_c}{4}\, x(t)\left[e^{j2\pi f_c t} + e^{-j2\pi f_c t} \right] + \frac{\hat{x}(t)}{4} A_c \left[j\,e^{j2\pi f_c t} - j\,e^{-2\pi f_c t} \right] \Longrightarrow$$

$$x_c(t) = \frac{A_c}{2}\, x(t) \cos(2\pi f_c t) - \frac{A_c}{2}\, \hat{x}(t) \sin(2\pi f_c t)$$

حال از فیلتر ایده آل هیلبرت متلب برای حل مسئله استفاده می کنیم.فقط توجه داریم که پس از تبدیل هیلبرت گرفتن از سیگنال باید آن را upsample کنیم.خروجی نهایی به صورت زیر است.



اندکی زوم کرده تا دقیق تر مشاهده کنیم.



خروجی بسیار عالی است.

<u>سوال 3:</u>

در ابتدا روابط تئوری به صورت زیر است.

Squre Env. detector:

$$m(t)\cos(2\pi f_c t) \Longrightarrow m^2(t)\cos^2(2\pi f_c t) = \frac{m^2(t)}{2}\left[1+\cos(4\pi f_c t)\right]$$

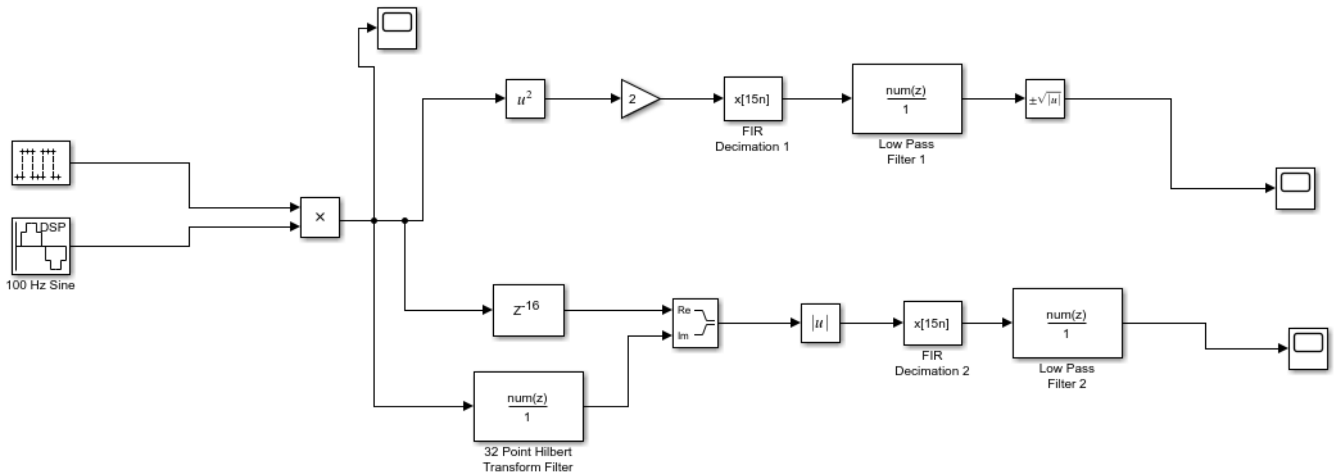
$$\xrightarrow[\text{ترم } \cos \text{ حذف می‌شود.}]{\text{پس از عبور از LPF}} m^2(t) \xrightarrow{\text{sqrt}} \sqrt{m^2(t)} = |m(t)|$$

Env. detector with Hilbert:

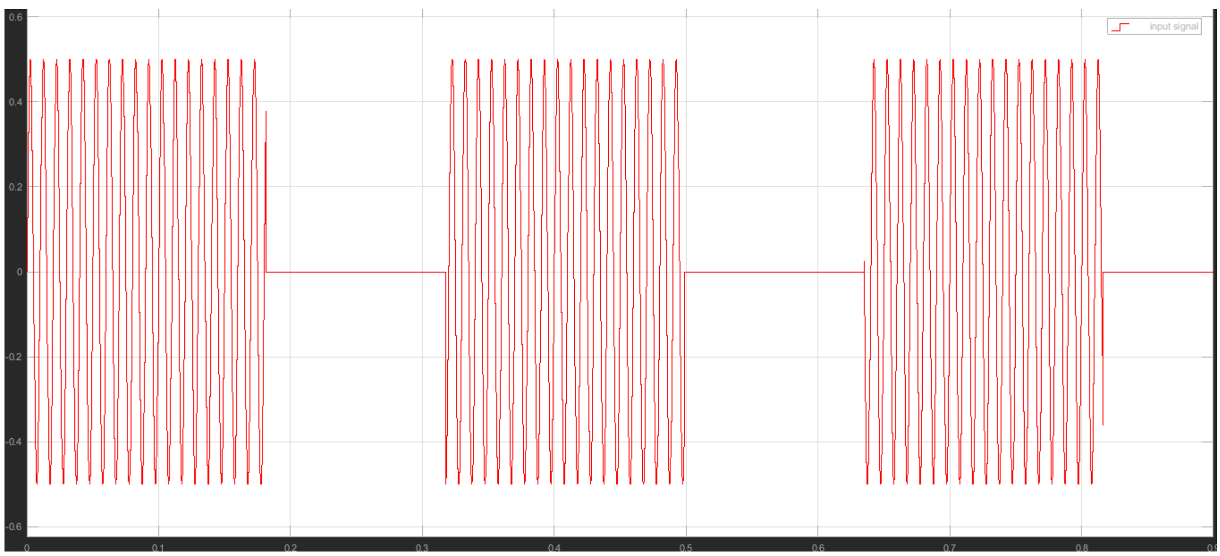
$$\mathcal{H}\left\{m(t)\cos(2\pi f_c t)\right\} = m(t)\sin(2\pi f_c t) \xrightarrow{\text{خروجی}} m(t)\cos(2\pi f_c t) + j\, m(t)\sin(2\pi f_c t)$$

$$\xrightarrow[\text{نرم}]{\text{[illegible]}} \sqrt{m^2(t)} = |m(t)|$$

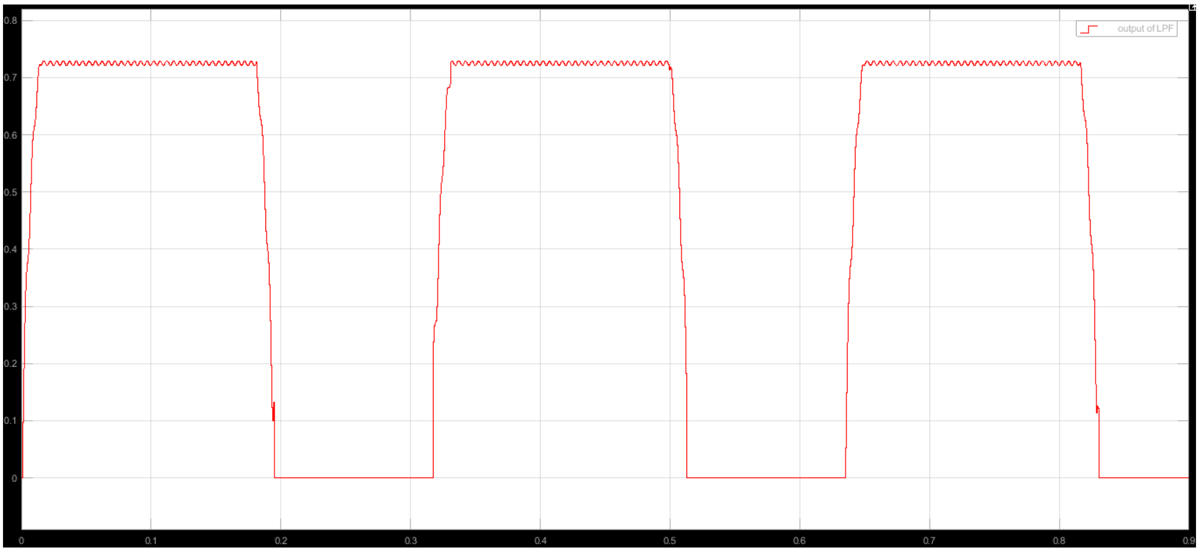
حال مدار زیر را در سیمولینک می بندیم.



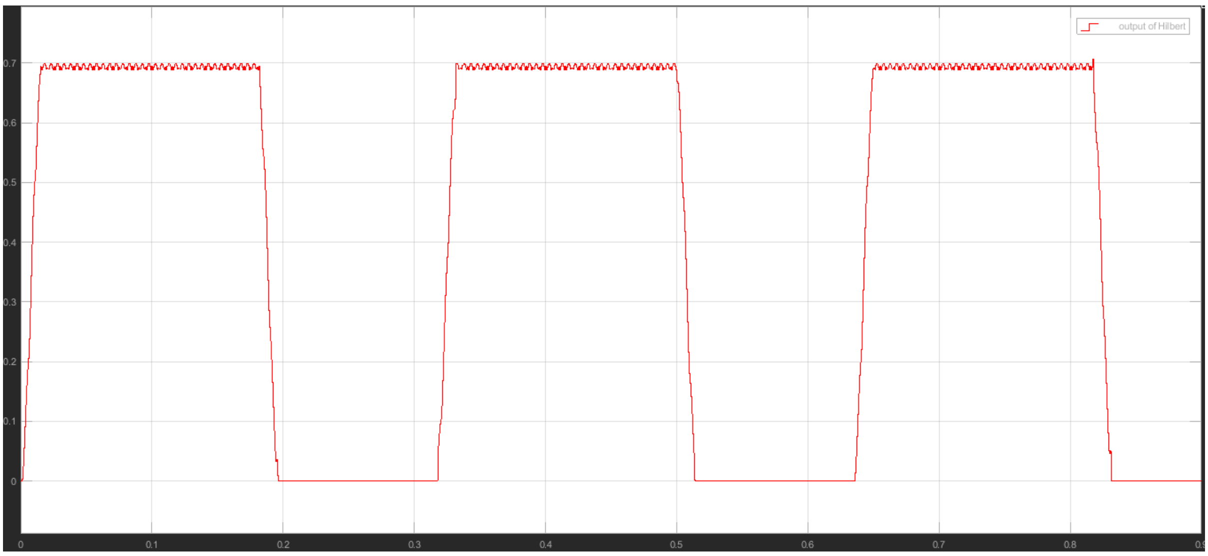
سیگنال ورودی ما یک پالس است که با یک carrier با فرکانس 100Hz مدوله می شود.



خروجی lowpass به صورت زیر است.

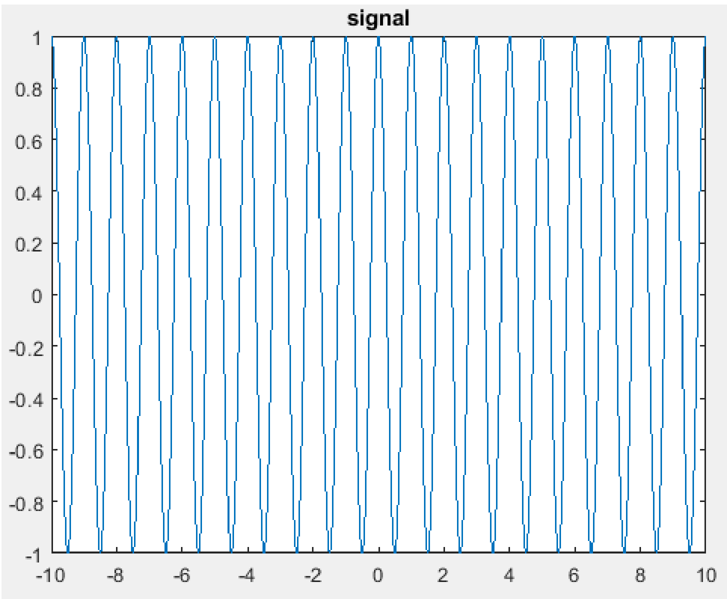


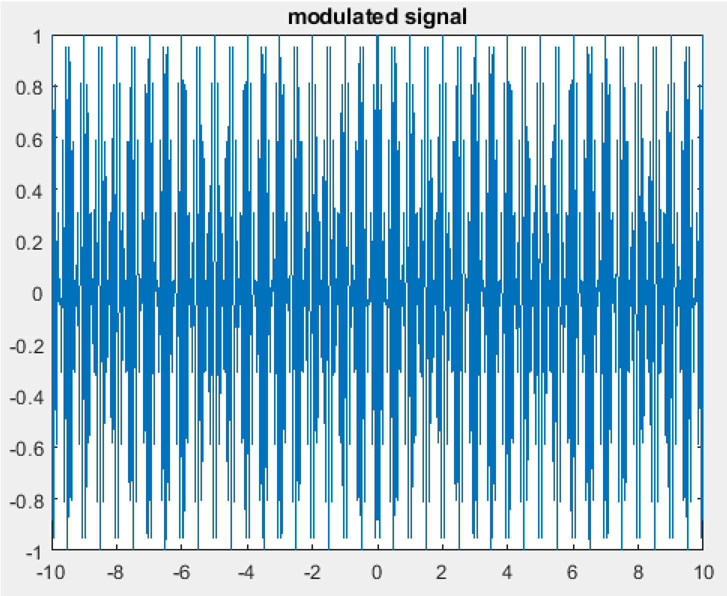
خروجی Hilbert هم به صورت زیر است.

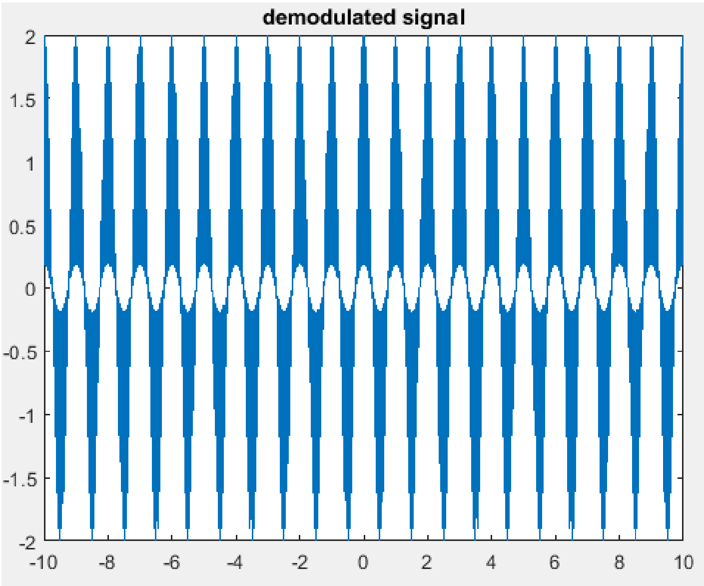


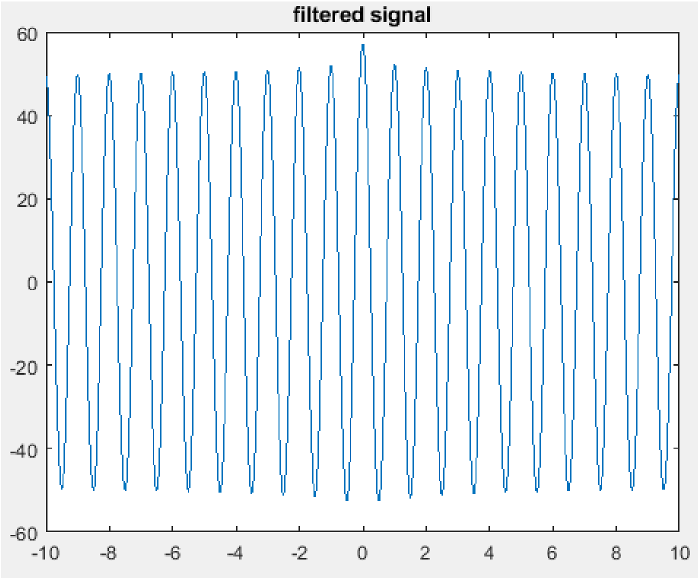
در ابتدا لازم به ذکر است که فیلتر هیلبرت ما دارای تاخیر است و سیگنال ورودی باید به اندازه نصف مولفه های آن(16) شیفت بخورد.برای این که خروجی ما smooth تر باشد،از downsample استفاده می کنیم.همان طور که در خروجی مشاهده می شود،خروجی مربعی نسبت به هیلبرت،دقیق تر است که دلیل آن هم این است که فیلتر هیلبرت به طور ایده آل عمل نمی کند.از طرفی خروجی فیلتر هیلبرت smooth تر می باشد.

در این قسمت در ابتدا یک سیگنال سینوسی با فرکانس 1Hz را توسط carrier با فرکانس 10Hz مدوله می کنیم. خروجی ها به صورت زیر خواهد بود.

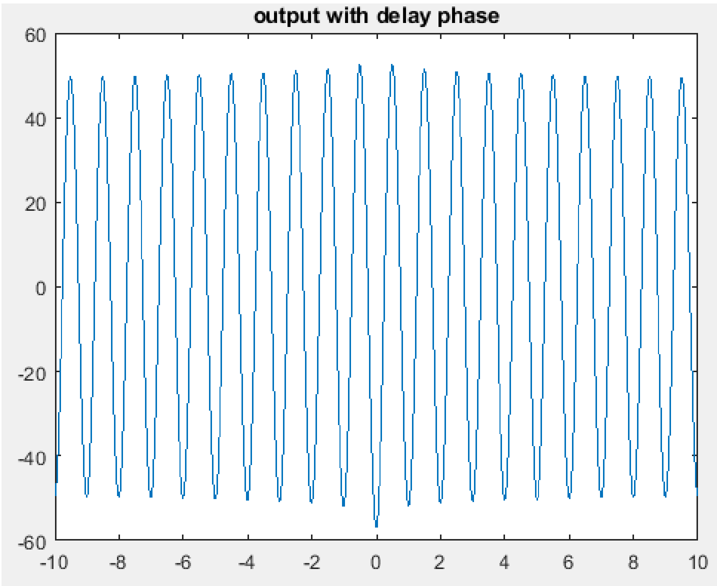



modulated signal
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10


demodulated signal
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10



حال یک فاز رندوم نهایی برای آشکارساز در نظر می گیریم.خروجی نهایی به صورت زیر است.



همان طورکه می دانیم در این حالت در خروجی، $m(t)\cos\varphi$ ظاهر می شود.برای حل این مشکل می توان از مدار حلقه قفل فاز و یا ارسال پایلوت استفاده کرد که هرکدام مزایا و معایب خود را دارند.