

به نام خدا



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

سیستم‌های مخابراتی - دکتر بهروزی - گروه ۳ و ۲

نیم‌سال اول ۹۹-۹۸

سری دوم تمرین‌های کامپیوتری

تاریخ تحویل: ۱۷ آذر ۹۸

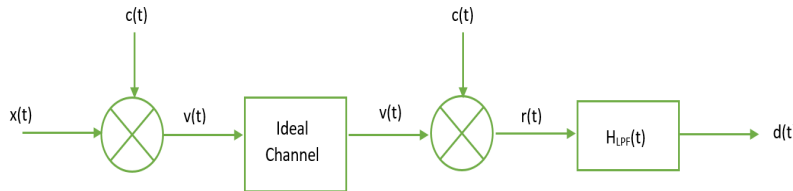
نکات قابل توجه و مواردی که باید رعایت شود:

- تحویل تمرین در سامانه CW انجام می‌شود. تاریخ تحویل به هیچ وجه تمدید نخواهد شد؛ برای $d \leq 7$ روز تاخیر، نمره شما در ضریب تاخیر $q = 1/4 - 0/4 \times 1/15^d$ ضرب خواهد شد و با بیشتر از ۷ روز تاخیر تحویل گرفته نخواهد شد.
- فایل تحویلی باید به فرمت zip یا rar. و حاوی موارد زیر باشد:
 - یک فایل m. شامل کدهای تمام سوالات
 - فایل‌های تمام توابعی که نوشته‌اید و در کد خود استفاده کرده‌اید
 - فایل گزارش به فرمت pdf. شامل پاسخ به تمام سوالات، نمودارها، نتایج خواسته شده، اثبات‌ها و محاسبات دستی (در صورت لزوم)
- نام فایلی که آپلود می‌کنید به صورت HW#_Name_StudentID باشد.
- نمودارها باید عنوان مناسب داشته باشند.
- سعی کنید گزارشتان مختصر و کامل باشد، از توضیحات اضافی اجتناب کنید.
- کد خود را کامنت گذاری کنید و بخش‌های مختلف آن را توسط % جدا کنید.
- از کپی کردن تمرین دیگران و یا قراردادن تمرین خود در اختیار دیگران بپرهیزید؛ در صورت مشاهده برخورد جدی خواهد شد.
- ۴۵٪ نمره مربوط به اجرای بدون خطای کد و عملکرد درست آن است. ۴۵٪ نمره به پاسخ به سوالات و نتایج درست گزارش تعلق دارد. خوانا بودن کد و تمیز بودن گزارش نیز هر کدام ۵٪ نمره را تشکیل می‌دهند.
- جهت رفع ابهام و اشکالات خود می‌توانید از طریق آدرس ایمیل matlab.comsys@gmail.com آن‌ها را مطرح کنید.

۱ شبیه‌سازی یک سیستم مخابراتی DSB (۲۰ نمره)

در این قسمت می‌خواهیم ابتدا یک سیستم را به صورت دستی تحلیل کنیم و سپس صحت تحلیل را به کمک MATLAB تایید کنیم. برای این منظور از Symbolic Math Toolbox استفاده کنید (یعنی تمام سیگنال‌ها به صورت پیوسته هستند نه به صورت بردار و نمونه‌برداری شده).

الف) سیستم مخابراتی زیر را به صورت دستی تحلیل کنید. هر کدام از سیگنال‌های مشخص شده را در حوزه زمان و فرکانس بدست آورید و طیف فرکانسی آن را رسم کنید. $H_{LPF}(t)$ پاسخ ضربه فیلتر پایین گذر ایده‌آل برای بازیابی سیگنال است.



شکل ۱: بلوک دیاگرام سیستم مورد نظر

$$x(t) = e^{-t^2}$$

$$c(t) = \cos(2\pi f_c t), \quad f_c = 10 \text{ Hz}$$

ب) حال این سیستم را به کمک Symbolic Math Toolbox شبیه‌سازی کنید. در هر مرحله سیگنال در حوزه زمان و فرکانس را با نام‌گذاری مناسب رسم نمایید. آیا نتایج بخش قبل تکرار می‌شوند؟

راهنمایی: از دستورات `syms`, `fourier`, `fplot`, `int` استفاده کنید.
مثال:

```
syms t w c(t) x(t)
fc = 10;
x(t) = exp(-t^2);
c(t) = cos(2*pi*fc*t);
v(t) = x(t)*c(t)
```

۲ ارسال پیام با مدولاسیون دامنه (۴۵ نمره)

فرض کنید می‌خواهیم پیامی را در یک کانال اختصاص یافته ارسال کنیم. پهنای باند کانالی که در اختیار داریم 4 KHz و فرکانس مرکزی آن 10.2 KHz می‌باشد. پیامی که می‌خواهیم ارسال کنیم در فایل `message.wav` ذخیره شده است. در این سوال می‌توانید از `simulink` هم استفاده کنید و بلوک‌های مختلف را نیز با ابزارهای طراحی فیلتر بسازید.

الف) چگالی طیفی سیگنال پیام را رسم کرده و پهنای باند آن را تا فرکانسی که 99% انرژی سیگنال در آن قرار دارد در نظر بگیرید و گزارش کنید.

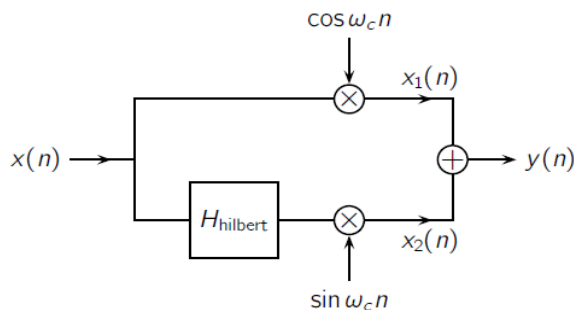
ب) با توجه به پهنای باند سیگنال پیام و پهنای باند در اختیار ما از کدام یک از مدولاسیون‌های دامنه می‌توانیم استفاده کنیم. توضیح دهید.

پ) برای ساختن سیگنال موج حامل شما به فرکانس نمونه‌برداری بزرگتری نسبت به فرکانس نمونه‌برداری پیام ($F_s = 16\text{KHz}$) نیاز دارید (طبق قضیه Nyquist) پس باید سیگنال پیام خود را upsample کنید. در مورد نحوه انجام این کار مطالعه کرده، توضیح دهید و به اندازه لازم آن را upsample کنید.

ت) مدولاتور USSB را فرض در اختیار داشتن میکسر (ضرب کننده) و فیلتر با باند گذر • طراحی کنید. فیلتر مورد استفاده خود را توسط fdatool یا filterDesigner طراحی کنید (باند گذر آن را ۵٪ فرکانس قطع در نظر بگیرید). ناسازگاری فرض باند گذر صفر و فیلتر طراحی شده چه اشکالی به وجود می‌آورد؟

ث) در واقعیت فیلترهای با باند گذر • نمی‌توانیم داشته باشیم پس مجبوریم از چند طبقه فیلتر/میکسر استفاده کنیم. در این قسمت محتوای انرژی سیگنال پیام در فرکانس‌های کوچک‌تر از ۱۵۰Hz را صفر فرض کرده و طبقات فیلتر/میکسر مورد نیاز و فیلترهای آن را به طور کامل طراحی کنید؛ محدودیت باند گذر فیلترها ۵٪ است. ابتدا بلوک دیاگرام مدولاتور خود را رسم کنید و سپس آن را پیاده‌سازی کنید.

ج) این بار مدولاتور USSB را طبق بلوک دیاگرام شکل زیر و به کمک فیلتر هیلبرت پیاده‌سازی می‌کنیم. ابتدا به صورت دستی نشان دهید که این بلوک دیاگرام چگونه سیگنال را به صورت USSB مدوله می‌کند. حال آن را پیاده‌سازی کرده و سیگنال پیام را مدوله کنید (برای تحقق فیلتر هیلبرت مانند تمرین سری اول از تکنیک windowing استفاده کنید و برای راحتی می‌توانید این کار را با fdatool یا filterDesigner انجام دهید).



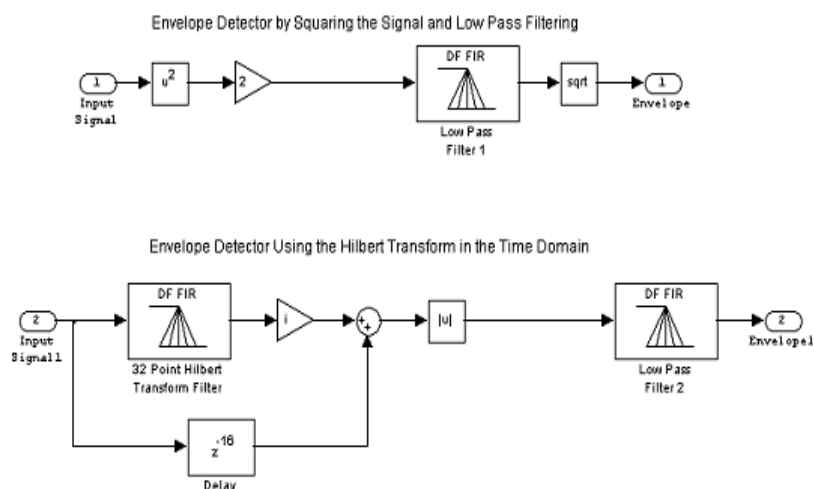
شکل ۲: بلوک دیاگرام مدولاتور

چ) برای هر کدام از قسمت‌های قبل چگالی طیفی سیگنال مدوله شده خود را رسم کنید و نشان دهید که با مقررّات کانال سازگار است (در محدوده فرکانسی مجاز است). نتایج را مقایسه کنید.

۳ دمدولاتورهای مدولاسیون دامنه (۳۵ نمره)

۱.۳ آشکارسازهای پوش

در شکل زیر بلوک دیاگرام دو آشکارساز پوش را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳: بلوک دیاگرام دو آشکارساز پوش

الف) با نوشتن روابط توضیح دهید چگونه از طریق این بلوک دیاگرام‌ها پوش سیگنال استخراج می‌شود.

ب) بلوک دیاگرام‌ها را پیاده‌سازی کرده و عملکرد آن‌ها را روی سیگنال‌های مدوله NAM و DSB که به صورت دلخواه تولید می‌کنید آزمایش کنید. نتایج، مزایا و معایب آن‌ها را گزارش کنید.

راهنمایی: صفحه Envelope Detection در documentation متلب مفید است.

۲.۳ آشکارساز سنکرون

الف) یک سیگنال مدوله DSB تولید کنید و آن را توسط آشکارساز سنکرون دمدوله کنید.

ب) به نوسان‌ساز آشکارساز قسمت قبل یک فاز تصادفی در بازه $[0, 2\pi]$ این اختلاف فاز تصادفی چه اشکالی ایجاد می‌کند؟

پ) برای حل این مشکل چه راه‌هایی وجود دارد؟

۴ بررسی تداخل در مدولاسیون دامنه (امتیازی)

الف) دو فایل صوتی Goodbye.mp3 و Hello.mp3 را بخوانید و آن‌ها را در حوزه زمان و فرکانس رسم نمایید.

ب) با توجه به اینکه این دو صوت متعلق به دو فرستنده متفاوت هستند، می‌خواهیم آن‌ها را با فرکانس‌های حامل متفاوت 100 kHz و 130 kHz به روش DSB مدوله کنیم. برای این منظور سیگنال‌ها را ابتدا به طور مناسب upsample کنید و سپس سیگنال حاصل از مدولاسیون را در حوزه زمان و فرکانس با نام‌گذاری مناسب رسم نمایید.

پ) مجموع دو سیگنال دریافتی در گیرنده دریافت می‌شود. اگر فرض کنیم گیرنده سیگنال مربوط به "Hello" را بخواهد، سیگنال دیگر، سیگنال تداخلی خواهد بود. دمدولاتور DSB برای بازیابی سیگنال مطلوب را تشکیل دهید. فیلتر پایین‌گذر butterworth مرتبه ۱ با پهنای باند مناسب را در گیرنده قرار دهید. سیگنال حاصل از هر مرحله را در حوزه زمان و فرکانس با نام‌گذاری مناسب رسم نمایید.

ت) سیگنال دمدوله شده را downsample کنید و MSE را محاسبه کنید. به صوت حاصل گوش کنید.

ث) حال مرتبه فیلتر را افزایش دهید و قسمت ج و د را تکرار کنید. علت را توضیح دهید.

راهنمایی: از دستورات interp، butter، filter، downsample استفاده کنید.