

## تمرین کامپیوتری ۲ سیستم‌های مخابراتی

نام و نام خانوادگی : امیرمهدی جعفری فشارکی

شماره دانشجویی : ۹۸۱۰۹۶۴۵

تاریخ : ۷ دی ۱۴۰۰

## توضیحات اولیه

کدهای مربوط به سوالات در فولدر Codes قرار دارد و تمامی تصاویر مربوط به سوالات در فولدر pics قرار دارد. همچنین این گزارش با استفاده از  $\text{\LaTeX}$  تهیه شده است و فایل tex مربوط به آن در فولدر Report قرار دارد.

## Envelope Detector ۱

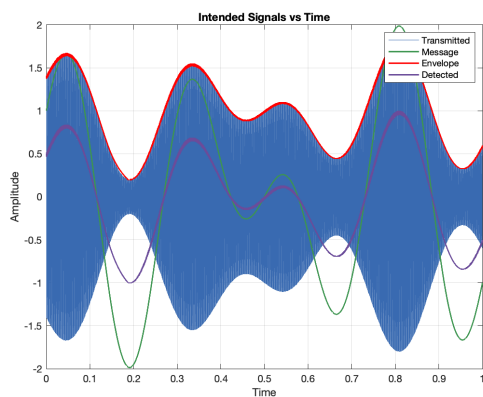
کد مربوط به این سوال در Q1.m قرار داد. همچنین تابع مورد نظر برای بخش دوم در فایل EnvelopeDetector.m قرار دارد و کد آن مطابق زیر می باشد.

```
function [out] = EnvelopeDetector(x, t, r, c)
%This function finds the envelope of a signal for a given R and C
out = zeros(1, length(t));
local_peak = 0;
t_peak = 0;
for i=1:length(t)
    out_exp = local_peak * exp(-(t(i) - t_peak)/(r * c));
    if out_exp < x(i)
        local_peak = x(i);
        t_peak = t(i);
        out(i) = x(i);
    else
        out(i) = out_exp;
    end
end
end
```

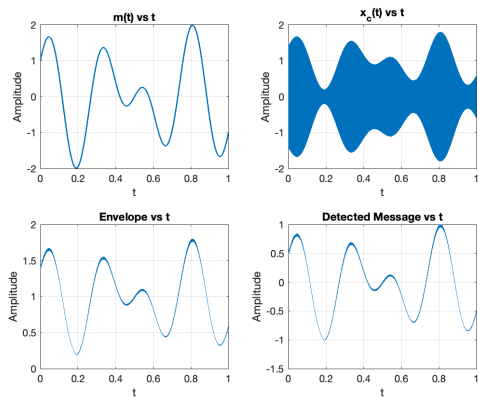
در بخش سوم نیز، از مقادیر زیر به عنوان مقادیر پارامترهای R و C استفاده شده است.

$$R = 1k\Omega \quad C = 42\mu F$$

در ادامه با استفاده از مقادیر ذکر شده، نمودارهای خواسته شده هم در یک نمودار و هم به صورت جداگانه رسم شده است. سیگنال‌های مورد نظر در دو نمودار زیر هم به صورت جداگانه و هم روی هم رسم شده اند.



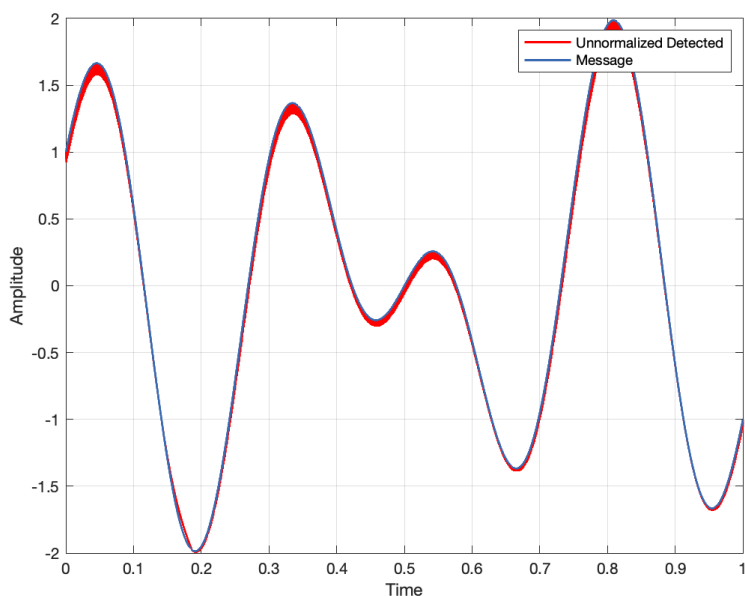
(ب) نمودار سیگنال‌ها روی هم



(آ) نمودار سیگنال‌ها به صورت جداگانه

شکل ۱: نمودار سیگنال‌های خواسته شده

همچنین لازم به ذکر است که سیگنال استخراج شده با سیگنال پیام فقط در اندازه دامنه خود فرق دارند و دلیل این موضوع این است که سیگنال استخراج شده با سیگنال پیام نرمالیزه شده برابر است (چرا که در ابتدا نرمالیزه این سیگنال را به عنوان پیام مدوله کردیم). به همین دلیل در نمودار شکل زیر، ماکسیمم اندازه پیام اصلی در پیام استخراج شده تا این موضوع بهتر مشاهده شود.



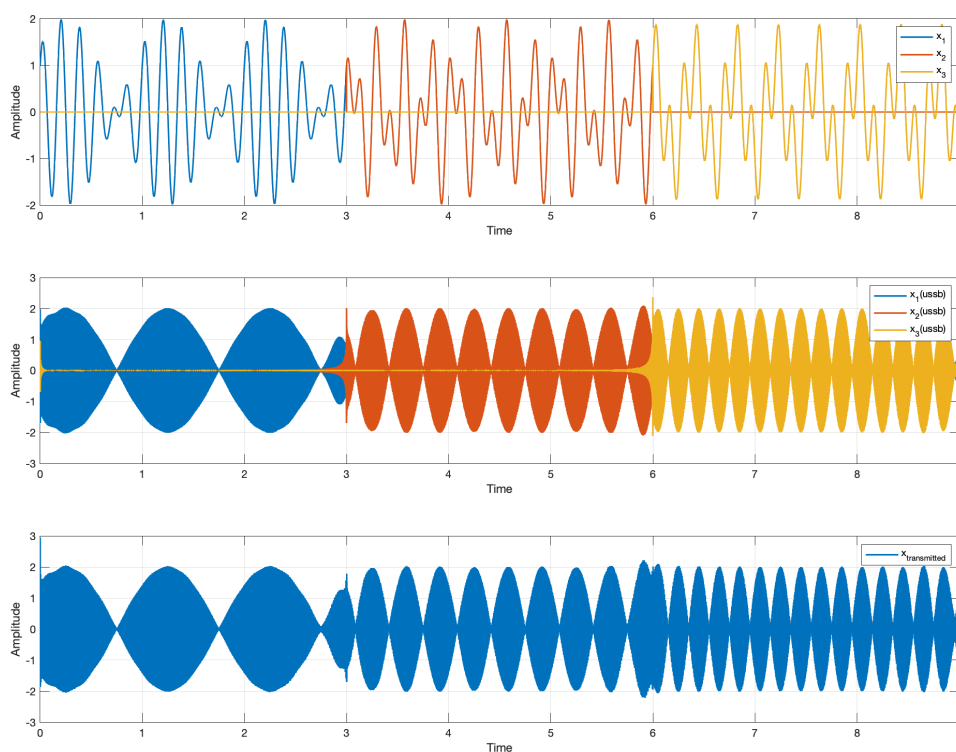
شکل ۲: مقایسه پیام اصلی با پیام استخراج شده ضرب شده در دامنه ماکسیمم پیام اصلی

## ۲ USSB Modulation

کد مربوط به این سوال در فایل Q2.m قرار گرفته است. در بخش اول کد، از سیگنال های گفته شده با فرکانس  $f_s = 10000\text{ Hz}$  نمونه برداری شده است. سپس در بخش دوم با استفاده از دستور ssbmod، سیگنال های بخش قبل با فرکانس های مرکزی مختص خود مدوله شده اند.

سیگنال های پیام، مدوله شده و فرستاده شده بر حسب زمان

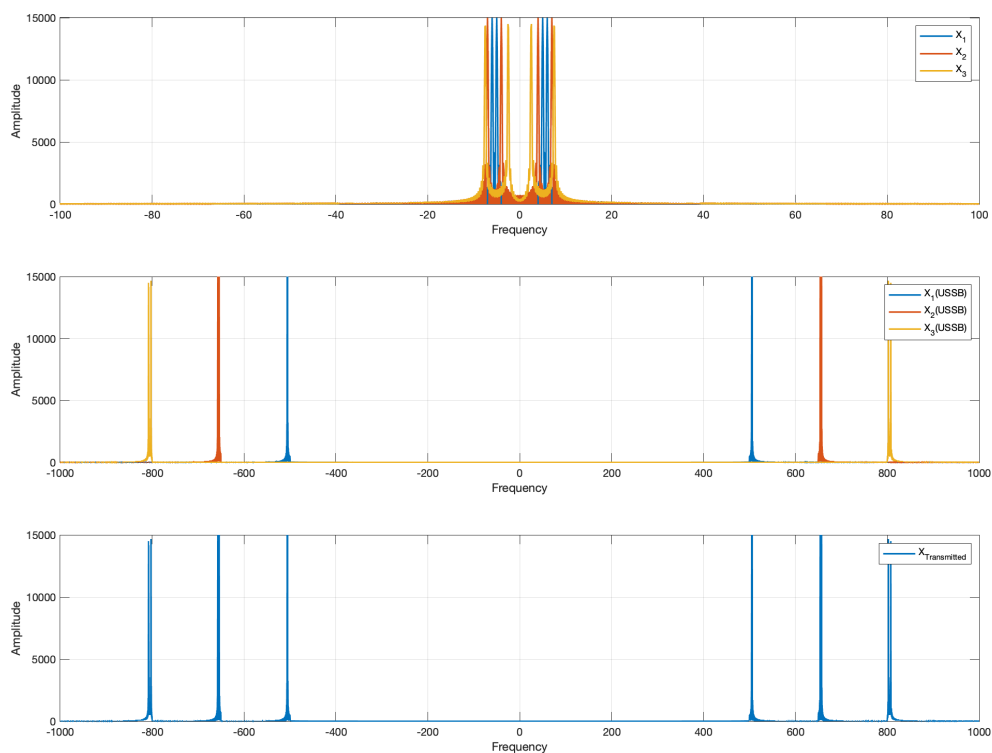
در بخش سوم نمودار پیام ها، سه سیگنال مدوله شده و سیگنال ارسالی که حاصل جمع سه سیگنال مدوله شده است، رسم شده است و در شکل زیر قابل مشاهده است.



شکل ۳: نمودار سیگنال های خواسته شده

## تبدیل فوریه سیگنال‌های پیام، مدوله شده و فرستاده شده

نمودار تبدیل فوریه سیگنال‌های خواسته شده مطابق شکل زیر می‌باشد. لازم به ذکر است که برای مشاهده بهتر سیگنال‌های پیام اصلی، اسکیل نمودار آن‌ها کوچکتر از بقیه نمودارها می‌باشد.



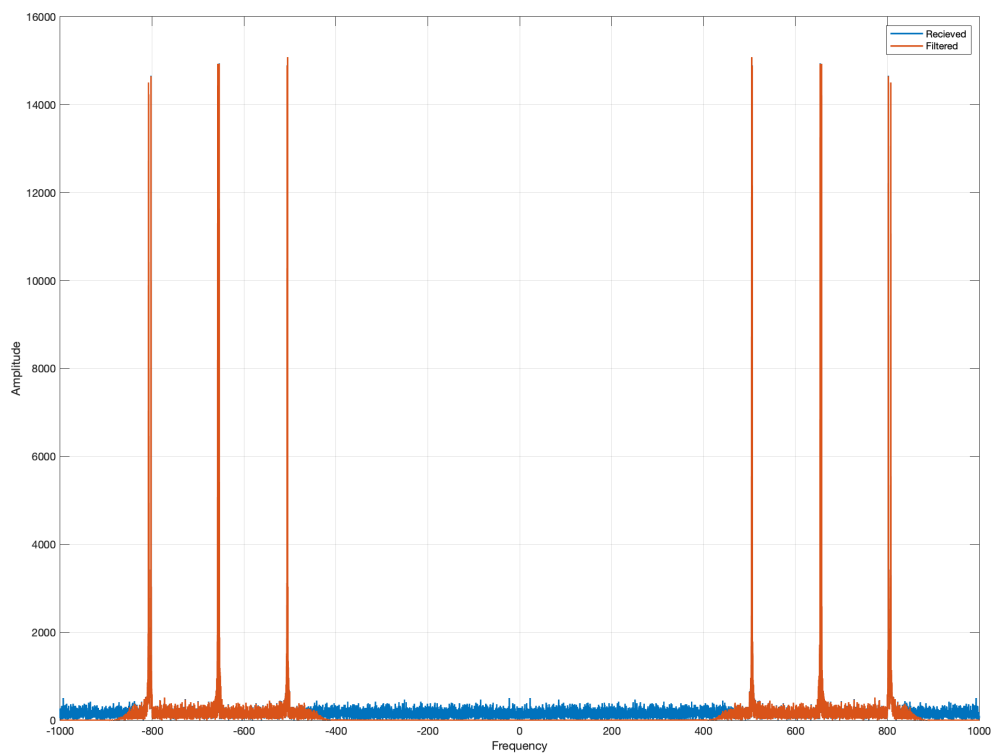
شکل ۴: نمودار تبدیل فوریه سیگنال‌های خواسته شده

در بخش پنجم، برای اضافه کردن نویز با  $\text{SNR} = 5\text{dB}$  از یک نویز گوسی رندوم استفاده شده است که در انحراف معیار سیگنال فرستاده شده ضرب و بر  $\text{SNR}$  مورد نظر تقسیم شده است چرا که انحراف معیار در حقیقت برای این سیگنال گسسته برابر با توان سیگنال تقسیم بر طول سیگنال (تعداد نمونه‌ها) می‌باشد. برای پیاده سازی این نویز ذکر شده از قطعه کد زیر استفاده شده است.

```
SNR = 5;  
noise = randn(size(t)) * std(x_trans)/db2mag(SNR);  
x_channel = x_trans + noise;
```

## تبدیل فوریه سیگنال دریافت شده و سیگنال فیلتر شده

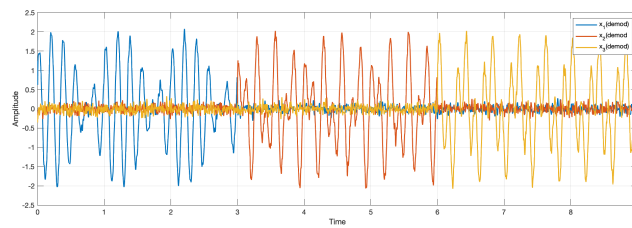
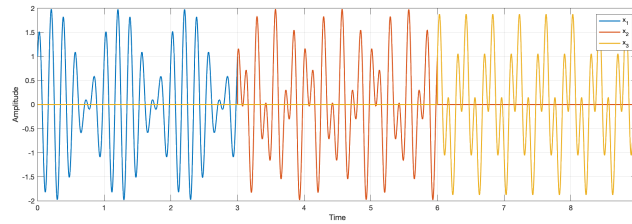
پس از اعمال نویز مورد نظر، با استفاده از یک فیلتر میان‌گذر، نویزهای خارج از باند فرکانسی سیگنال ارسالی حذف شده و در نهایت نمودار تبدیل فوریه سیگنال دریافت شده و سیگنال فیلتر شده مطابق شکل زیر رسم شده است.



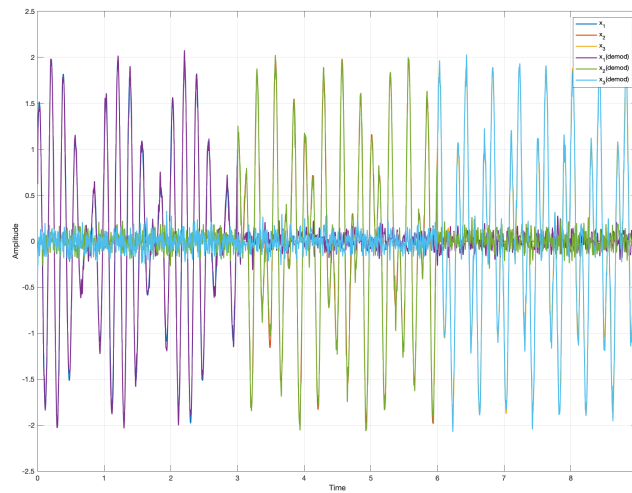
شکل ۵: نمودار اندازه تبدیل فوریه سیگنال نویزی دریافت شده و سیگنال فیلتر شده

## مقایسه سیگنال‌های پیام فرستاده و دریافت شده

در ابتدا برای هر کدام از پیام‌ها، با استفاده از یک فیلتر میان‌گذر، بخش مورد نظر از هر سیگنال انتخاب شده و سپس توسط دستور `ssbdemod` دمدوله شده است. در نهایت پیام‌های ارسالی و دریافتی مطابق شکل زیر هم روی هم و هم برای بررسی بیشتر به صورت جدا از هم رسم شده اند.



(آ) نمودار سیگنال‌ها به صورت جداگانه



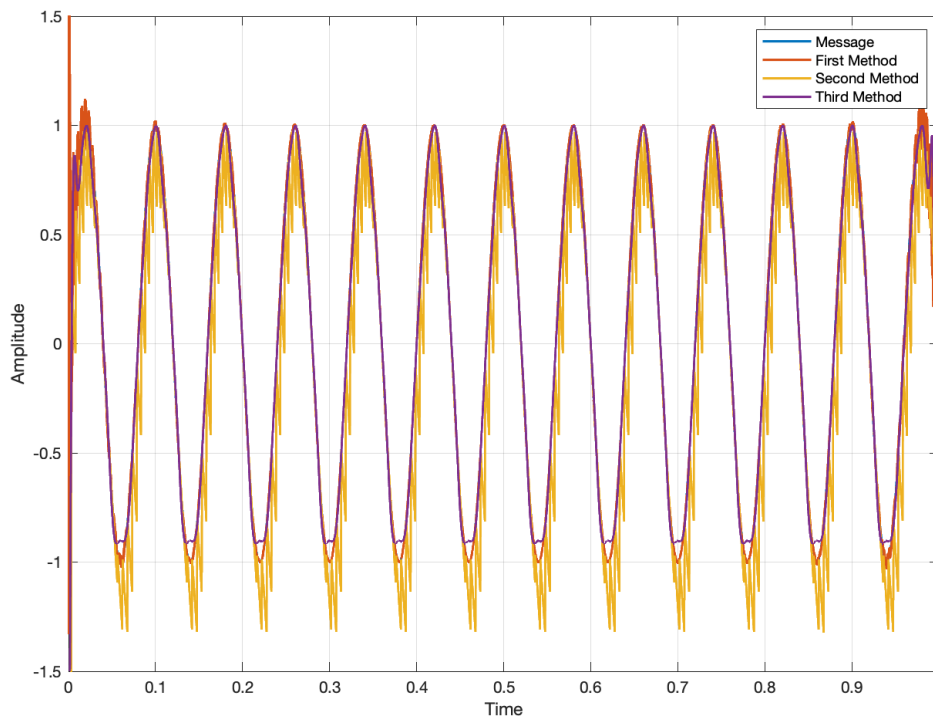
(ب) نمودار سیگنال‌ها روی هم

شکل ۶: نمودار سیگنال‌های پیام فرستاده و دریافت شده

همان‌طور که مشاهده می‌شود، پیام‌های استخراج شده به تقریب خوبی با پیام‌های فرستاده شده اصلی برابر می‌باشند.

## ۳ FM Modulation

کد این سوال در فایل Q3.m قرار گرفته است. در این سوال با استفاده از سه روش، پیام مدوله شده بازیابی شده است. در روش اول از دستور `fmdemod` استفاده شده و به راحتی پیام مورد نظر بازیابی شده است. در روش دوم با استفاده از `Envelope Detector` سوال اول، پیام مورد نظر بازیابی و در نهایت در روش سوم ابتدا از یک `Zero Crossing Detector` استفاده شده و سپس از روی آن پالس‌های مورد نظر تولید شده است. در نهایت با استفاده از دستور `lowpass` یک فیلتر پایین‌گذر با فرکانس عبور ۳۰ هرتز روی این پالس اعمال شده است و با کم کردن میانگین این سیگنال از خودش و نرمالیزه کردن سیگنال نهایی، به سیگنال بازیابی شده نهایی می‌رسیم. در شکل زیر نمودار پیام اولیه و پیام‌های بازیابی شده با روش‌های ذکر شده در بالا قابل مشاهده است.



شکل ۷: نمودار پیام اولیه و پیام‌های بازیابی شده

با توجه به نمودار بالا، روش اول یعنی استفاده از دستور `fmdemod` بهترین عملکرد را به نسبت بقیه روش‌ها دارد. در مقابل، روش دوم عملکرد قابل قبولی دارد اما به نسبت دو روش دیگر ضعیف تر است. همچنین روش سوم نیز عملکرد بسیار خوبی داشته و به حد خوبی سیگنال اصلی را آشکار کرده است.