

بسم تعالی



سیستم های مخابراتی

تمرین سری ۴ کامپیوتری

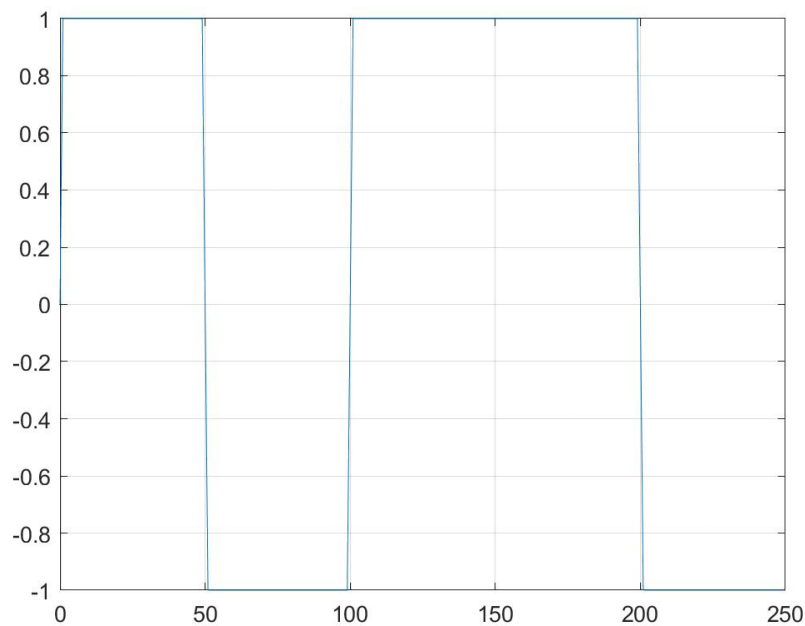
امیرحسین زاهدی ۹۹۱۰۱۷۰۵

۱- شبیه سازی مدولاسیون دیجیتال BPSK

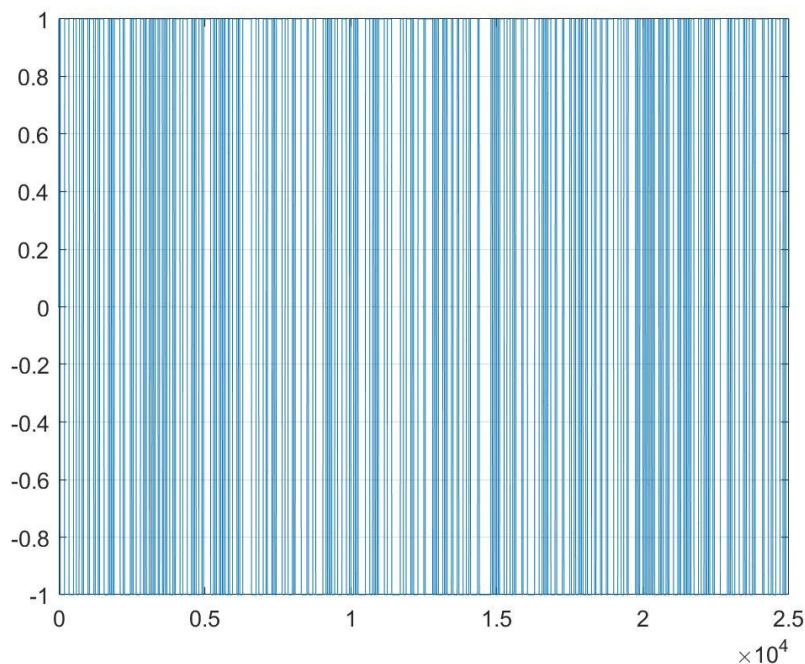
بخش اول:

با استفاده از تابع randi توالی ۵۰۰ تایی از بیت های ۰ یا ۱ تولید می کنیم. سپس با توجه به ۰ یا ۱ بودن هر کدام یک پالس مستطیلی با دامنه ۱+ یا ۱- با عرض T_b ثانیه که برابر $N \cdot T_s$ که T_s برابر ۱ است تولید می کنیم. پالس های شیفته یافته تشکیل توالی پالس هایی با دامنه های ۱+ یا ۱- را می دهند که به عنوان ورودی می توانیم به مدولاتور بدهیم.

برای مثال توالی ۵ تایی این سیگنال به شکل زیر است: (با دیتا باینری رندوم ۱۰۱۱۰)



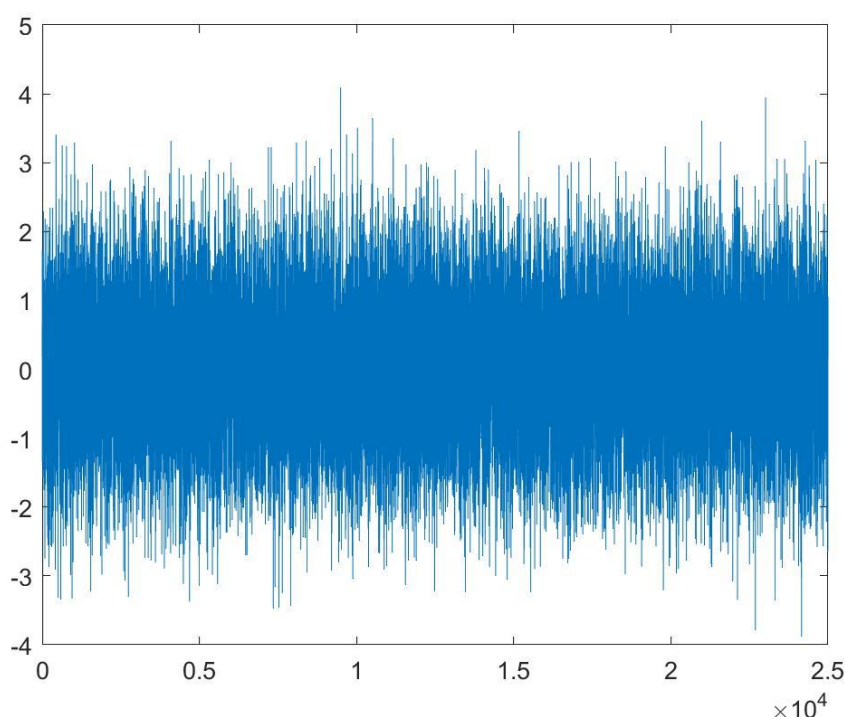
دیتا ۵۰۰ تایی هم طبق گفته سوال به شکل زیر است:



سیگنال ورودی حاوی ۵۰۰ پالس مربعی شیفیت یافته است که به عبارتی حاصل کانولوشن پالس مربعی در قطار ضربه با دامنه های $1+$ یا $1-$ است. پس به عبارتی در حوزه فرکانس نیز قطار ضربه در پاسخ ضربه پالس مربعی که سینک باشد ضرب می شود. پس با توجه به فرکانس نمونه برداری، پهنای باند سیگنال برابر است با $V \cdot f_s$ که V برابر تعداد بیت بر ثانیه است. اگر هر T_b ثانیه یک بیت ارسال شود، V برابر $1/T_b$ است. در این سوال فرکانس نمونه برداری ۱ تعیین شده است و همچنین V برابر ۰.۰۲ است. پس پهنای باند سیگنال برابر با ۰.۰۲ است! کوچکی پهنای باند به این دلیل است که با مقادیر داده شده هر پالس ورودی که نشان دهنده یک عدد باینری است ۵۰ ثانیه طول می کشد!!

بخش دوم:

ابتدا سیگنال نویز سفید را به صورت رندوم تولید می کنیم که در شکل زیر می توان دید:



می دانیم که سیگنال نویز چگالی طیف توان ثابتی در همه فرکانس ها دارد. به همین دلیل توان آن را باید در بازه های محدود حساب کنیم وگرنه توان آن بی نهایت است. همچنین می دانیم که توان سیگنال نویز سفید برابر واریانس آن است.

اگر سیگنال نویز را نمونه برداری کنیم، واریانس آن تغییر می کند که می شود $f_s \cdot \text{Variance}$ پس واریانس آن و توان آن f_s برابر می شود.

در این سوال که چگالی طیف توان ۱ قرار داده شده است و این عدد خیلی بزرگ است!! در صورتی که باید در اردر ده به توان منفی ۱۴ باشد. به همین دلیل است که دامنه نویز بسیار بزرگ شده است.

بخش سوم: کاری برای انجام ندارد.

بخش چهارم:

در این بخش با توجه به مقادیر داده شده، فرمول داده شده و بازه SNR داده شده دامنه A را به دلخواه تعیین می کنیم به شرطی که بازه را رعایت کند:

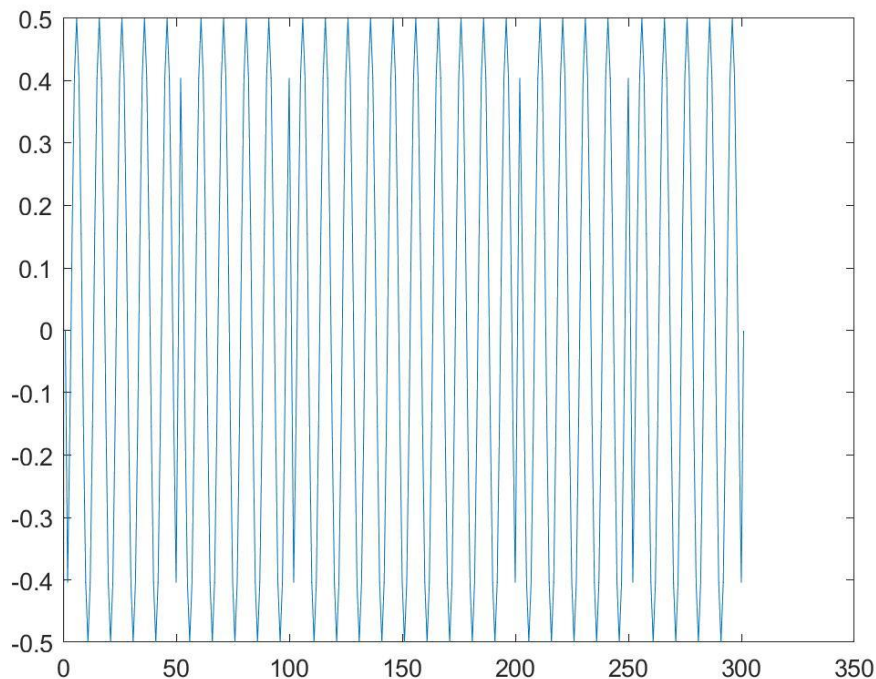
$$\begin{aligned} & \log\left(\frac{A^2 T_b}{2\eta}\right) < 1 \Rightarrow \log\left(\frac{A^2 T_b}{2\eta}\right) < 1.0 \Rightarrow \\ & \Rightarrow T_b = 40 T_s = 40, \quad \eta = 1 \Rightarrow \log(25A^2) < 1 \Rightarrow \\ & \Rightarrow 0.1 < 25A^2 < 1.0 \Rightarrow \frac{\sqrt{0.1}}{5} < A < \frac{\sqrt{1.0}}{5} \Rightarrow \boxed{A = \frac{1}{5}} \end{aligned}$$

انتخاب

$$S(t) = \begin{cases} A \cos\left(\frac{10\pi t}{T_b}\right) & , b_k = 0 \\ -A \cos\left(\frac{10\pi t}{T_b}\right) & , b_k = 1 \end{cases}$$

سپس با استفاده از فرمول روبرو سیگنال S(t) را تولید می کنیم.

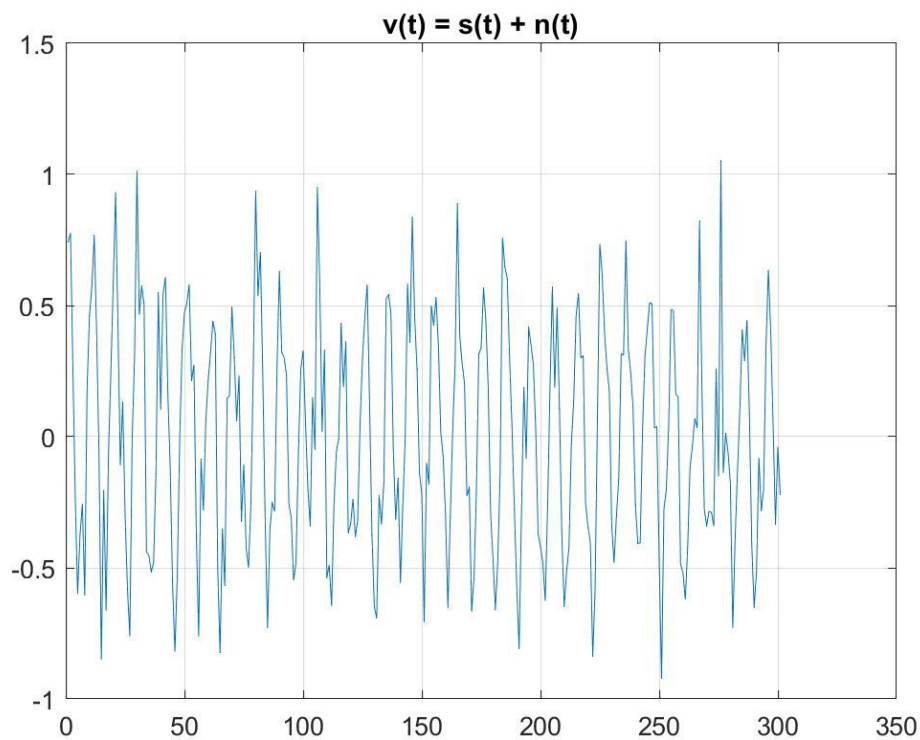
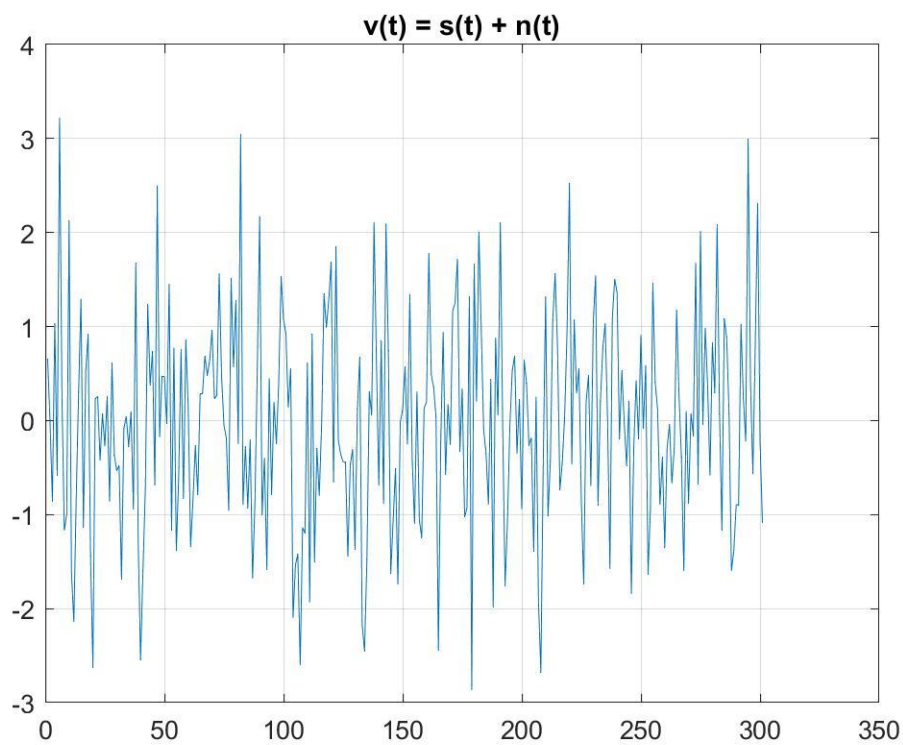
بخش از سیگنال مدوله شده به شکل زیر است:



بخش پنجم:

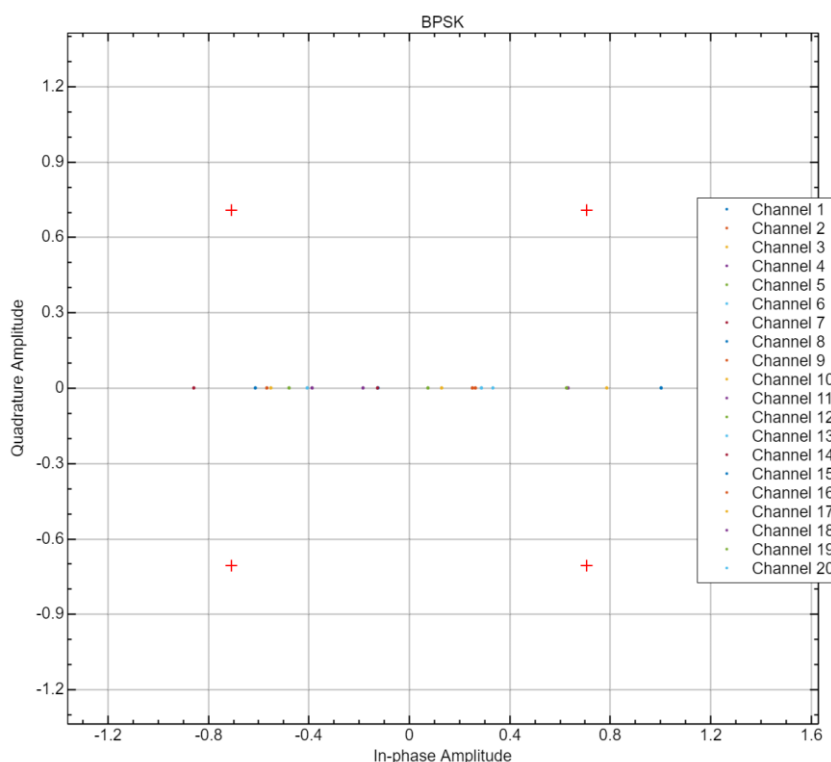
حال نویز را به سیگنال قبلی اضافه می کنیم. در حالتی که گفته شده نویز تا دامنه +۵ و -۵ می رود که غیر منطقی و اشتباه است. مقدار نویز را تا +۱ و -۱ پایین می آوریم و سپس نویز را با سیگنال مدوله شده جمع می کنیم.

نمودار اول $v(t)$ با نویز دامنه بزرگ و سپس با نویز با دامنه کوچک:



بخش ششم:

در این بخش ابتدا ضرب های داخلی پایه ها و $v(t)$ را بدست می آوریم.

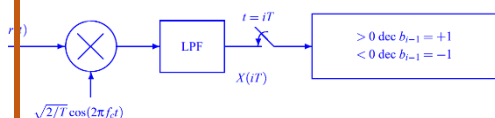


بخش هفتم:

برای این بخش از ساختار روبرو برای دمدولاسیون و فیلتر منطبق استفاده می کنیم.

در مدولاسیون BPSK فیلتر منطبق بهینه قطار پالس مربعی با طول T_b که همان

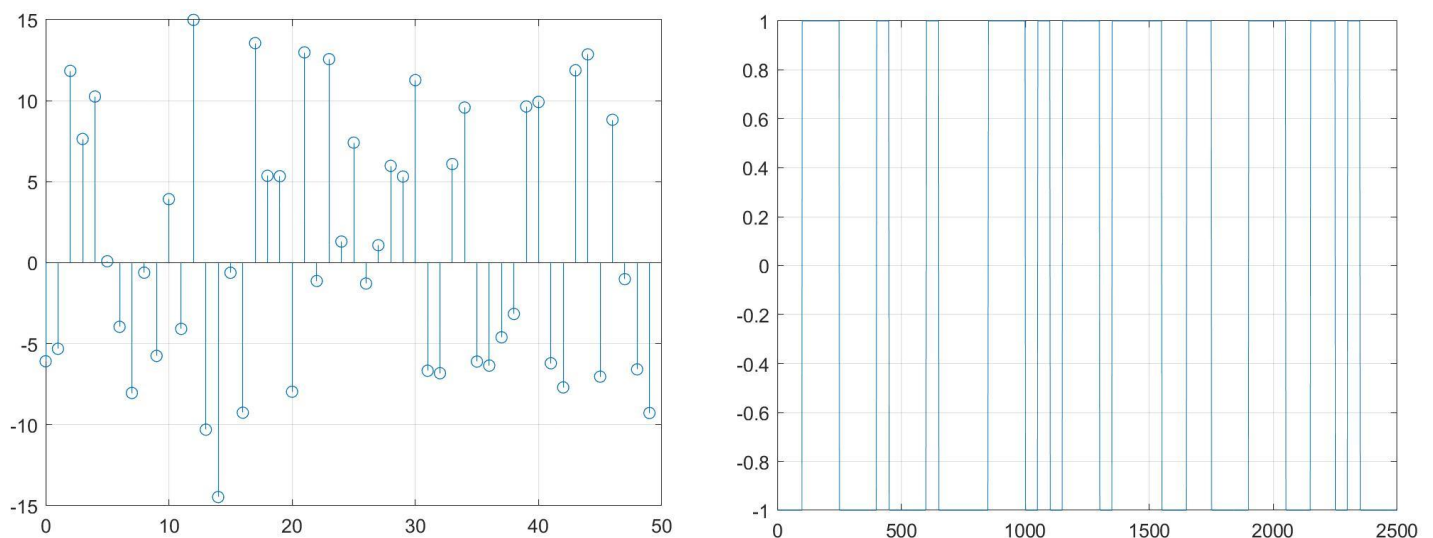
طول پالس های اولیه است می باشد. روابط:



$$\begin{aligned}
 v(t) &= A b_i \cos\left(\frac{1.5\pi t}{T_b}\right) + n(t) \Rightarrow v_o(t) = \left[v(t) \times A \cos\left(\frac{1.5\pi t}{T_b}\right) \right] * h(t) \\
 \Rightarrow v_o(iT) &= \int_{-\infty}^{\infty} A \cos\left(\frac{1.5\pi \tau}{T_b}\right) P_T(iT - \tau) v(\tau) d\tau \xrightarrow{\text{rect}} \int_{(i-1)T}^{iT} A \cos\left(\frac{1.5\pi \tau}{T_b}\right) \left[A b_i \cos\left(\frac{1.5\pi \tau}{T_b}\right) + n(\tau) \right] d\tau \\
 &= \int_{(i-1)T}^{iT} A^2 \cos^2\left(\frac{1.5\pi \tau}{T_b}\right) b_i + n_i(\tau) d\tau \\
 \Rightarrow n_i(\tau) &\sim \left(0, \frac{N_0}{T}\right) \Rightarrow v_o(iT) = \frac{A^2}{T} b_i + n_i
 \end{aligned}$$

پس از عبور از فیلتر نیز با فرکانس T_b نمونه برداری می کنیم.

برای مثال سیگنال ۵۰ بیتی تولید شده به همراه سیگنال نویزی دمدوله شده و نمونه برداری شده در زیر قابل مشاهده هستند:

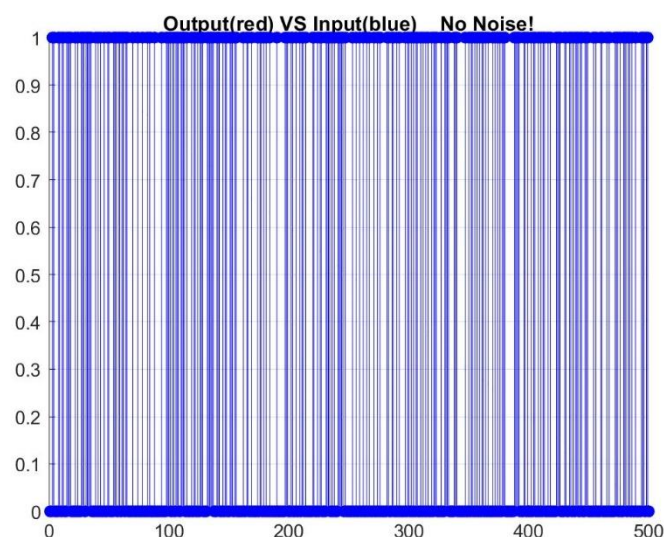


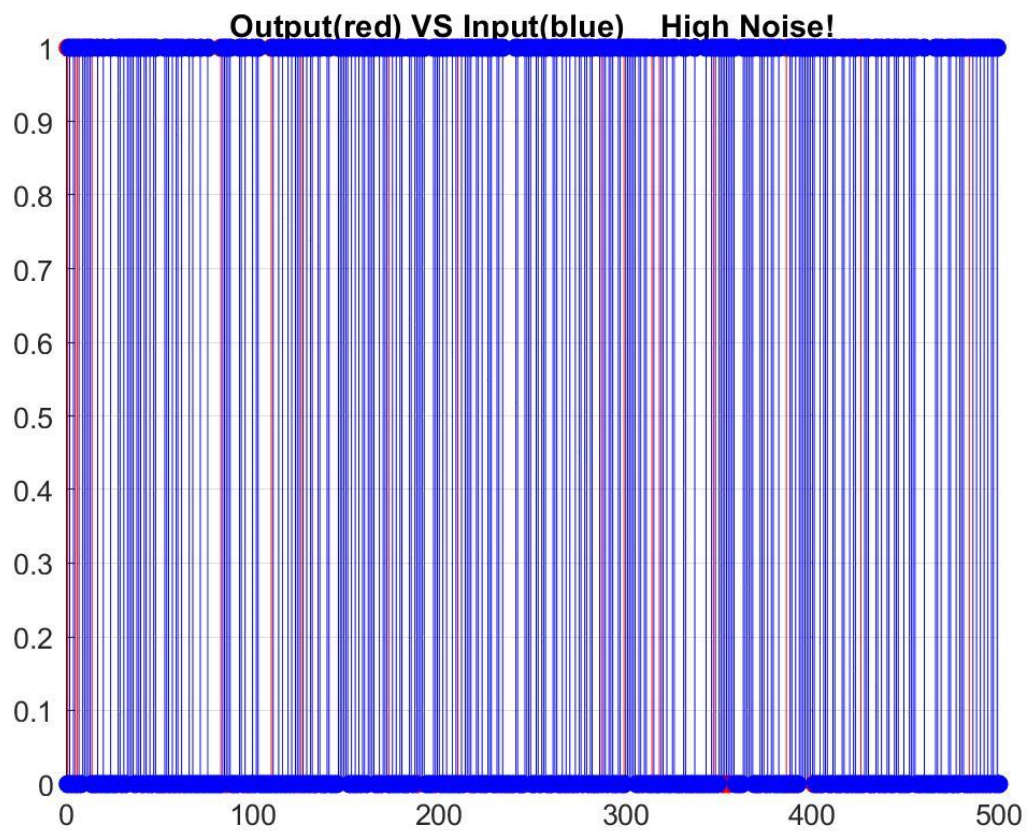
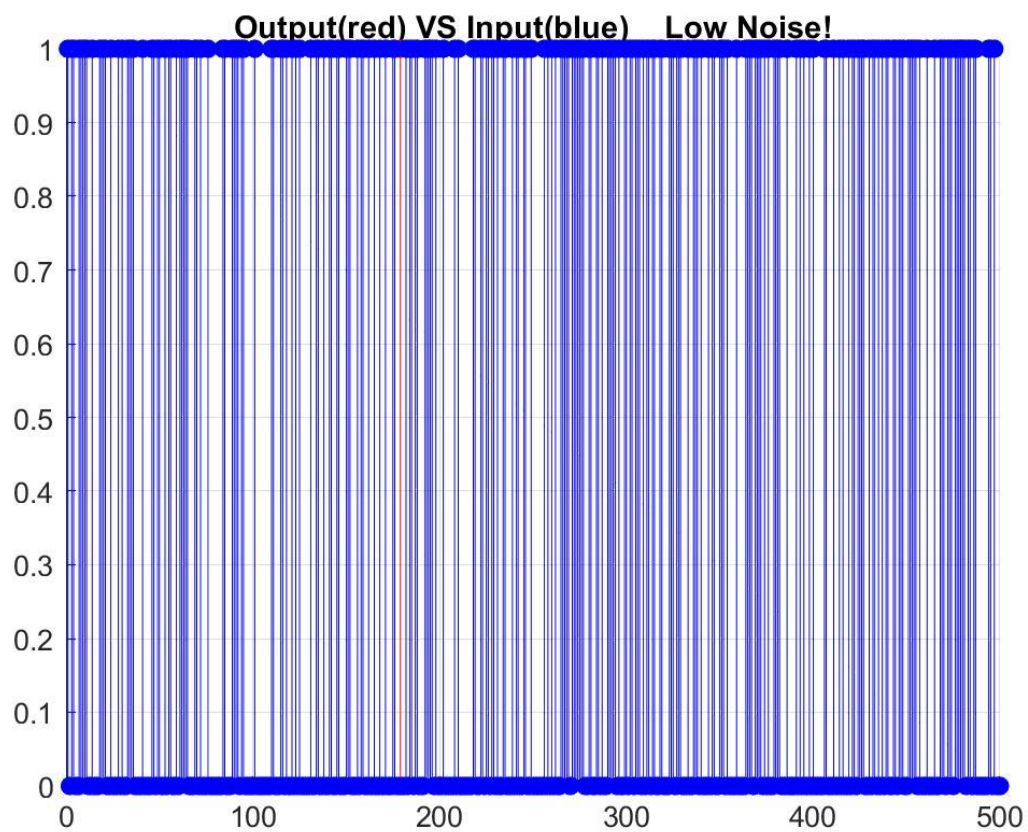
بخش هشتم:

برای تعیین حد آستانه با توجه به مثبت یا منفی بودن سگنال نمونه برداری شده از سیگنال ارسال شده، می توان از $V_t=0$ استفاده کرد تا هر نمونه ای که مثبت بود نشون دهنده بیت ۱ و هر نمونه ای که منفی بود نشان دهنده بیت ۰ باشد.

برای نمونه یک سیگنال ۵۰۰ بیتی را تولید، ارسال، دمدوله، نمونه برداری و با توجه به ولتاژ آستانه $V_t=0$ مجدداً کد باینری ۵۰۰ تایی را تولید می کنیم. سپس میزان اختلاف دو توالی باینری را می سنجیم.

سیگنالی که خودمان بدست آوردیم را با قرمز رسم می کنیم و دیتای اولیه را با آبی. این دو نمودار را روی هم رسم می کنیم، اگر نمودار کاملاً آبی باشد یعنی که خطا ۰ است و هرچه بیشتر قرمز باشد خطا بیشتر است. قیاس ها به ترتیب بدون نویز، با نویز کم و با نویز زیاد:





بخش نهم:

نرخ خطای بیت به میزان تفاوت بیت های توالی های ارسال شده و دریافت شده، تقسیم بر تعداد کل بیت ها می گویند.

در این بخش با تغییر A ، SNR های مختلف که گفته شده ۶ تا را تست می کنیم و خطا را می سنجیم.

۶ مقدار A به ترتیب 0.07 ، 0.18 ، 0.29 ، 0.40 ، 0.52 ، 0.63

A	0.07	0.18	0.29	0.40	0.52	0.63
BER	0.6600	0.1620	0.0540	0.9800	0.0040	0

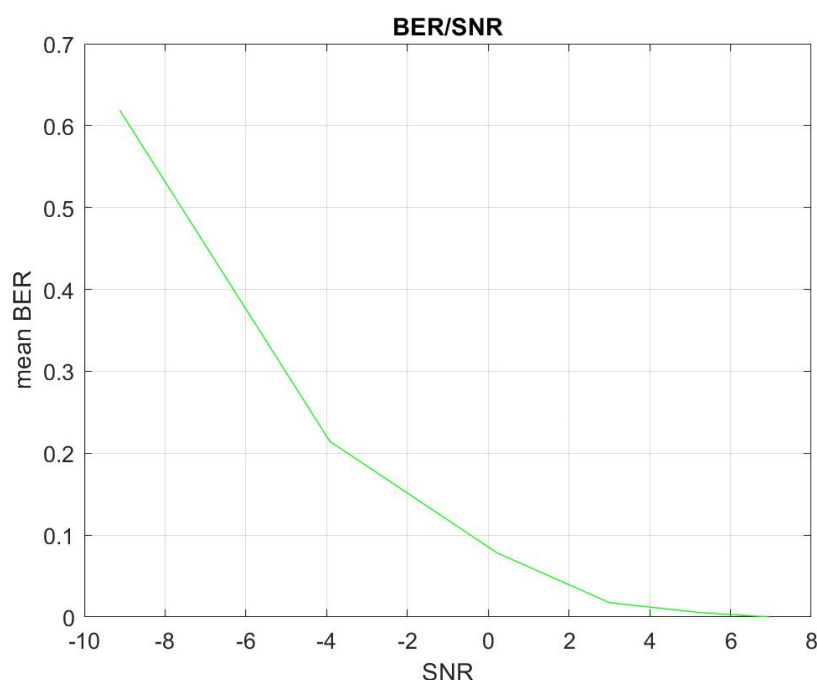
مشاهده می کنیم که هر چه دامنه را بالاتر ببریم یا به عبارتی SNR را بزرگتر کنیم، نرخ خطای بیت پایین تر می آید و حتی می تواند به ۰ برسد. مشاهده می شود که در اس ان ارهای پایین خطا زیاد است. منتها در $A=0.4$ نمی دانم چرا اینقدر میزان خطا بالاست و انگار که کاملاً برعکس عمل کرده است یعنی اگر مکمل ۱ عدد را حساب کنیم خطا 0.0200 می شود!

بخش دهم:

میانگین ۵۰ مرتبه تکرار مرحله قبل را برای هر SNR بدست می آوریم.

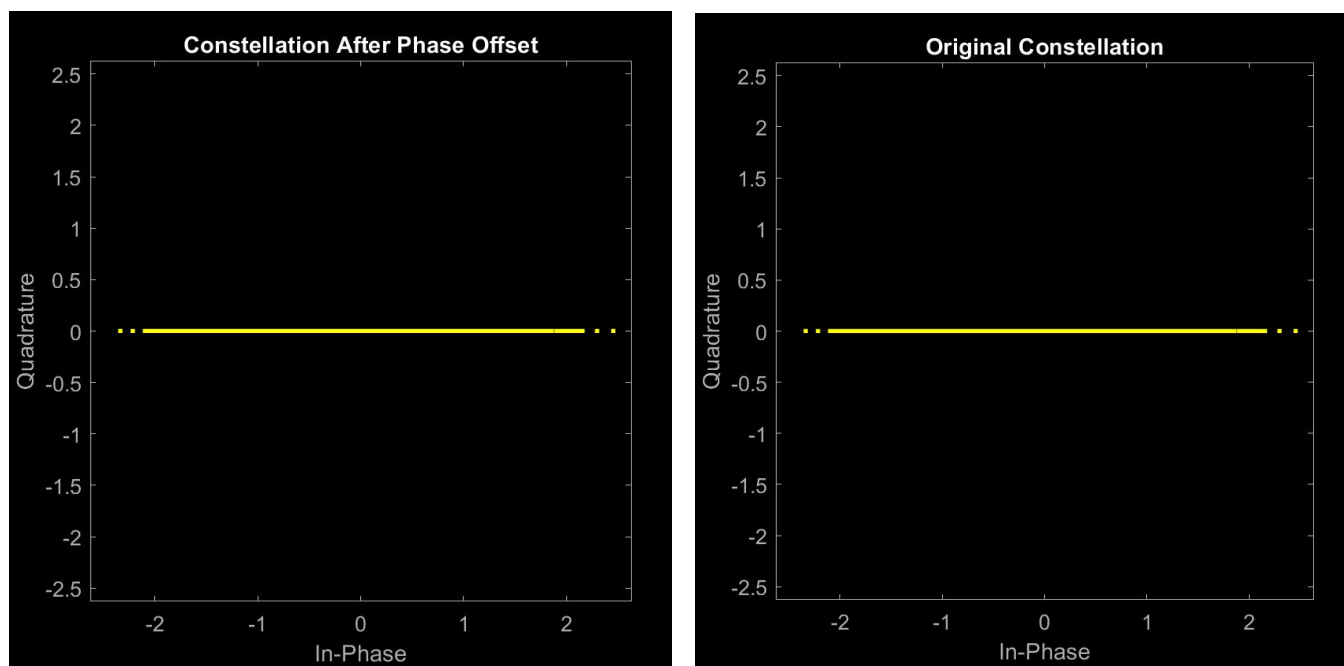
A	0.07	0.18	0.29	0.40	0.52	0.63
BER	0.6187	0.2145	0.0783	0.0174	0.0052	0.0001

نمودار میانگین ۵۰ سیگنال هر SNR را که بدست آوردیم به صورت نموداری نشان می دهیم. طبیعی است که هرچه SNR بالاتر برود، توان سیگنال در مقابل نویز بالا تر می رود و احتمالاً بزرگ بودن نویز در مقابل سیگنال به جهت خطا در دمدولاسیون باینری کاهش می یابد.



بخش یازدهم:

مراحلی که گفته شد انجام شد اما در نهایت نمودارها به شکل زیر هستند.



تغییر فاز و فرکانس برای زمانی قابل اعمال و مشاهده است که سیگنال و سمبل ها مختلط باشند. در این مدولاسیون و مراحل گفته شده اصلا عدد مختلطی وجود ندارد که در این نوع نمودارها چیزی مشخص باشد و همه چیز حقیقی است!! طبیعتا بخش دوازدهم نیز قابل انجام نیست.

بخش سیزدهم:

اگر با توجه به راهنمایی سوال که اشاره به درس سیگنال ها و سیستم ها کرده است فیلتری را بگوییم که نسبت به آفست فرکانسی پایدار است، تنها چیزی که به ذهنم می آید تبدیل هیلبرت است.

توجه! بخش دهم ممکن است برای متلب طولانی باشد، می توان آن را کامنت کرد و سپس برنامه را اجرا کرد یا اینکه صبر کرد!

ممنون از شما