

پروژه درس سیستم‌های مخابراتی

نام و نام خانوادگی : امیرحسین یاری

شماره دانشجویی : ۹۸۱۰۹۷۱۸

تاریخ : ۲۰ بهمن ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۴	۱	توضیجات اولیه
۴	۲	پیاده سازی بلوک ها به صورت مجزا
۴	۱.۲	Divide, Combine
۴	۲.۲	PulseShaping
۴	۳.۲	AnalogMod
۴	۴.۲	Channel
۴	۵.۲	AnalogDemod
۴	۶.۲	MatchedFilt
۵	۳	انتقال دنباله تصادفی صفر و یک
۵	۱.۳	PAM
۵	۱.۱.۳	no Noise
۸	۲.۱.۳	AWGN for PAM
۱۰	۳.۱.۳	Scatter Plot
۱۱	۲.۳	PSK
۱۱	۱.۲.۳	no Noise
۱۴	۲.۲.۳	AWGN for PSK
۱۶	۳.۲.۳	Scatter Plot
۱۷	۳.۳	FSK
۱۷	۱.۳.۳	no Noise
۲۰	۲.۳.۳	AWGN for FSK
۲۲	۳.۳.۳	Scatter Plot
۲۲	۴.۳	بررسی این سه حالت
۲۳	۴	انتقال دنباله ای از اعداد ۸ بیتی
۲۳	۱.۴	توابع
۲۳	۲.۴	AWGN
۲۵	۳.۴	histogram
۲۶	۴.۴	روش تحلیلی
۲۷	۵	کدینگ منبع
۲۷	۱.۵	بررسی کدها

۲۷	کد های پیشوندی	۲.۵
۲۷	کلمه کد ها	۳.۵
۲۸	طول متوسط کلمه کد	۴.۵
۲۸	کد های این سه بخش	۵.۵

۱ توضیحات اولیه

کدهای هر بخش در فolder Codes قرار دارد و نتایج شبیه سازی در img قرار دارد. همچنین حروف چینی با استفاده از \LaTeX بوده و فایل tex مربوط به آن در فolder Tex قرار دارد.

۲ پیاده سازی بلوک ها به صورت مجزا

توابع مربوطه در فolder Codes قرار داد.

Divide, Combine ۱.۲

تابع Divide به این شکل نوشته شده که نمونه های فرد و زوج سیگنال را جدا میکند که یکی در میان است و نزدیک ترین حالت به سیستم Real-time است. همچنین تابع Combine معکوس ان سیستم است و دو ورودی را یکی در میان با هم ترکیب میکند تا دنباله خروجی را بسازد.

PulseShaping ۲.۲

در این بخش تابع PulseShaping به این شکل نوشته شده است که به ازای یک در دنباله ورودی شکل موج مربوطه به یک را در خروجی میدهد و همینطور برای صفر که در نهایت منجر به خروجی با طول ضرب طول های دو دنباله ورودی و شکل یک میشود.

AnalogMod ۳.۲

این تابع تنها با ضرب ورودی اول در کسینوس و ضرب دومی در سینوس خروجی xc را میدهد.

Channel ۴.۲

این تابع با استفاده از فیلتر bandpass نوشته شده است که پارامتر steepness تابع که میزان تیز بودن فیلتر است برای بخش سوم قسمت سه 0.8 گرفته شده اما در مابقی حالات 0.98 است.

AnalogDemod ۵.۲

این تابع ابتدا ورودی اول را در کسینوس و دومی را در سینوس ضرب میکند و در نهایت از یک فیلتر lowpass عبور میدهد تا به خروجی ها برسد.

MatchedFilt ۶.۲

در این بخش نیز ابتدا پاسخ ضربه هر شکل را که معکوس شده ان است با ورودی کانولوشن میگیریم و سپس با بررسی بزرگ تر بودن کدام نتیجه صفر یا یک بودن بیت خروجی را تخمین میزنیم.

۳ انتقال دنباله تصادفی صفر و یک

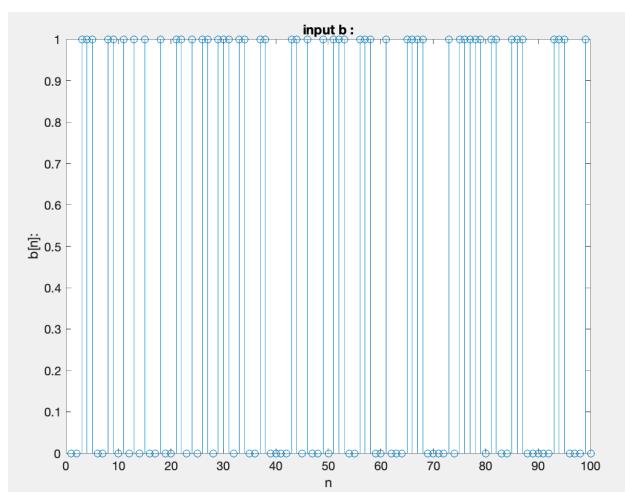
کد مربوط به این سوال در Q3.m قرار داد.

PAM ۱.۳

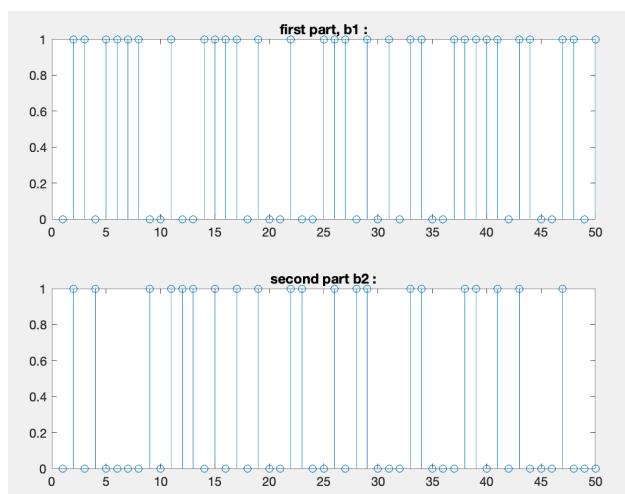
سیگنال های صفر و یک به شکل دنباله ای از یک و منفی یک به طول ده میلی ثانیه است که در نمودار های زیر مشخص است.

no Noise ۱.۱.۳

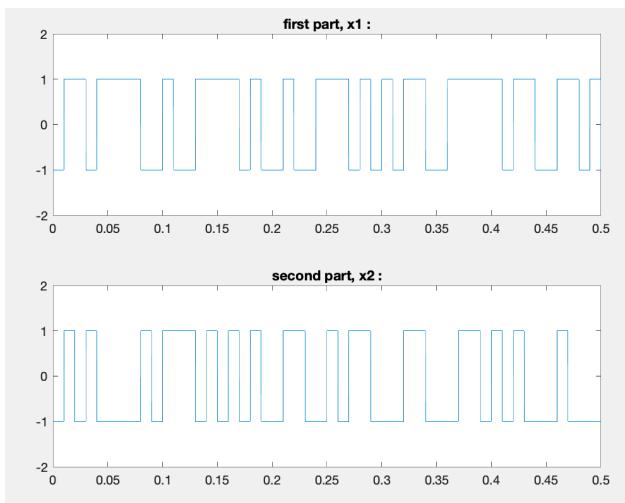
فرایند ارسال شبیه سازی شده و خروجی هر بلوک در ادامه به ترتیب اورده شده است.



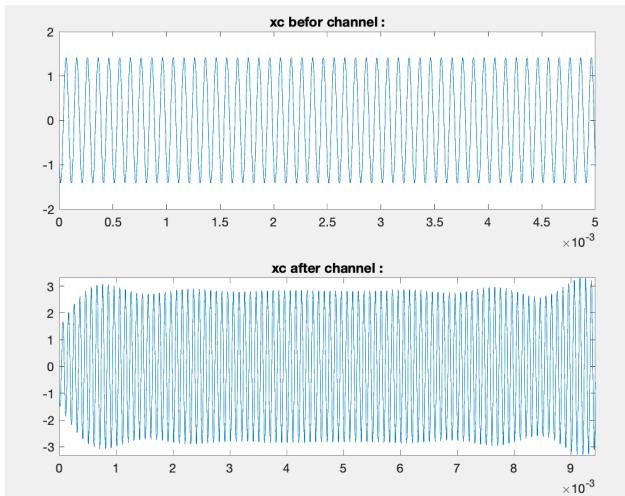
شکل ۱ : پیام ورودی



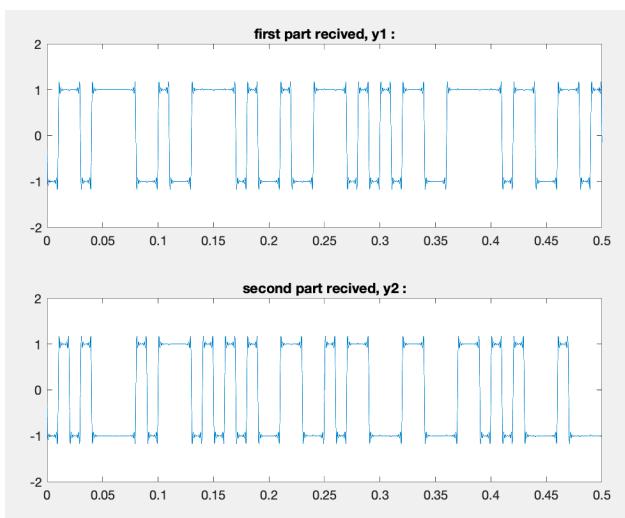
شکل ۲ : سیگنال های تقسیم شده



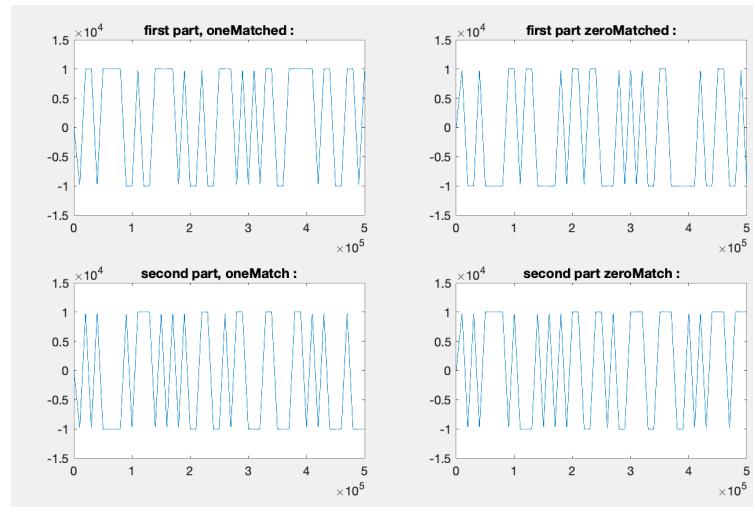
شکل ۳: خروجی های PulseShaping



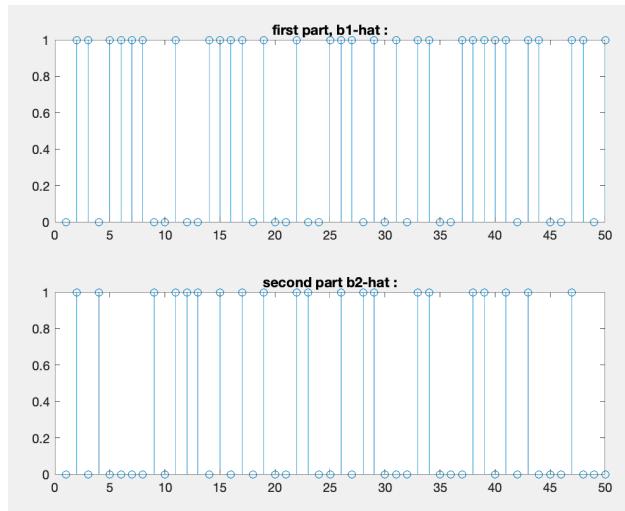
شکل ۴: قبل و بعد از کانال



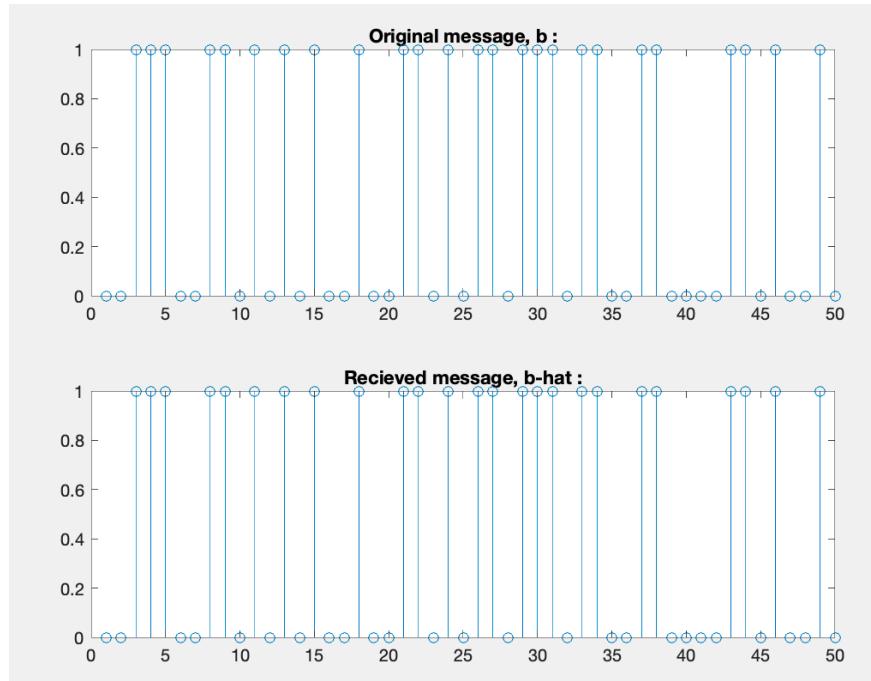
شکل ۵: پس از بلوک AnalogDemod



شکل ۶: خروجی های کانولوشن بلوك MatchedFilt



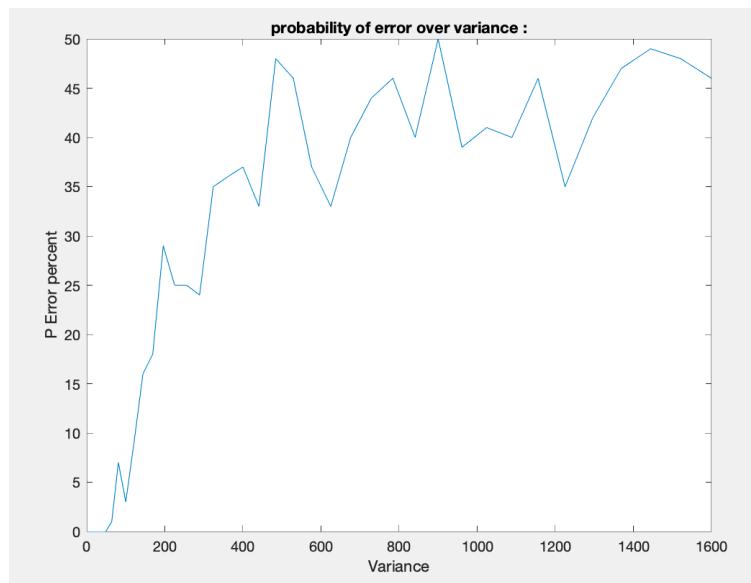
شکل ۷: خروجی دنباله MatchedFilt



شکل ۸: پیام دریافتی و فرستاده شده

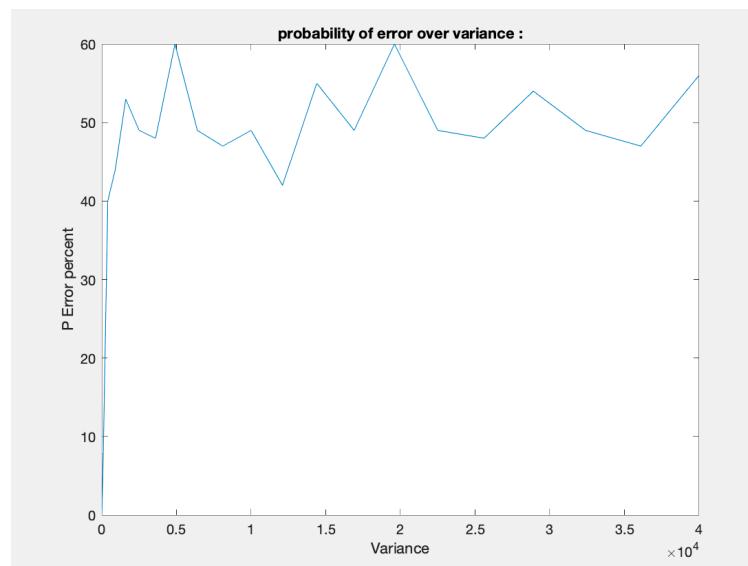
AWGN for PAM ۲.۱.۳

در این بخش واریانس خطای افزایش میدهیم و میزان احتمال خطای نموداری مانند زیر خواهد داشت.



شکل ۹: نمودار خطای حسب واریانس نویز

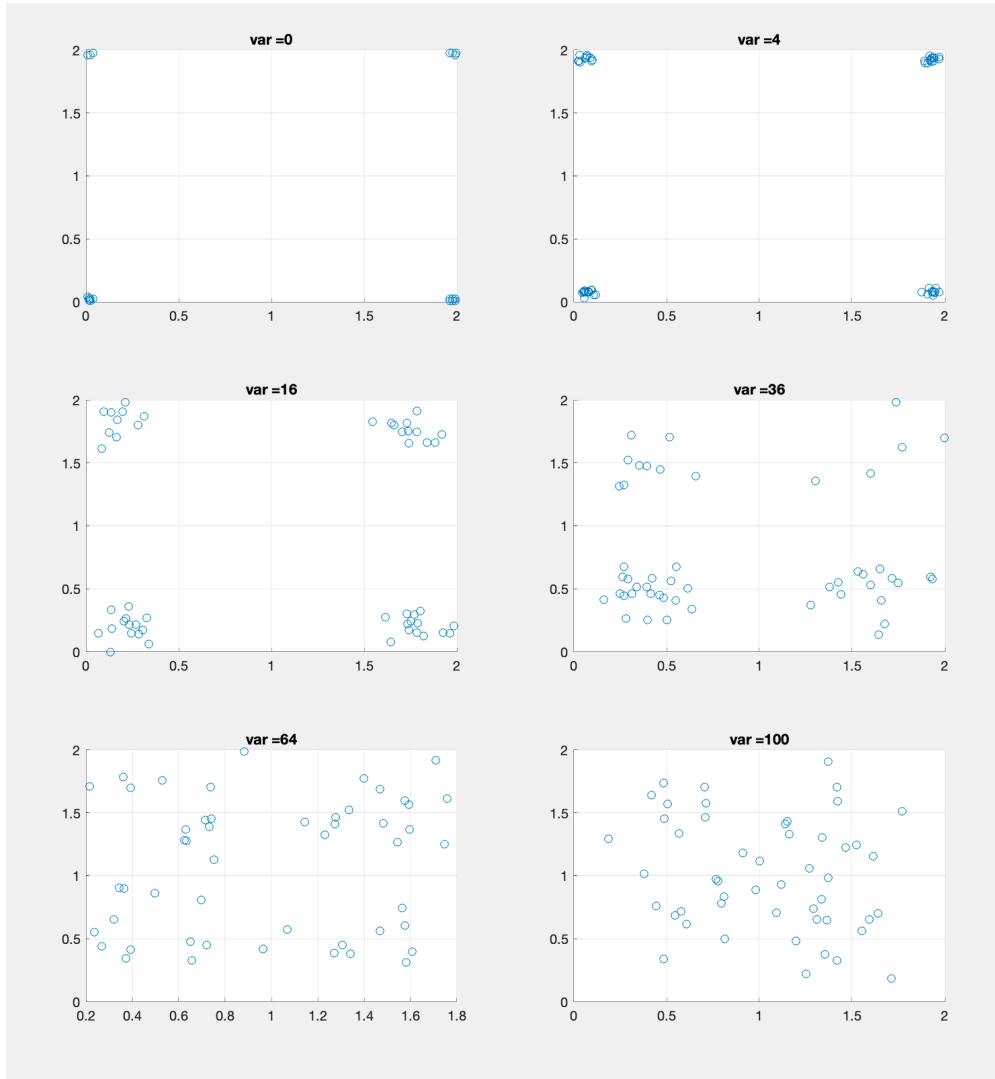
همچنین نمودار در بازه بزرگ تر مانند زیر است که به احتمال پنجاه درصد میل میکند که به دلیل کاملاً رندوم شدن خروجی با توجه به نویز زیاد است.



شکل ۱۰ : نمودار خطأ بر حسب واریانس نویز در بازه بزرگ تر

Scatter Plot ۳.۱.۳

در این بخش نمودار منظومه سیگنال به ازای شش واریانس مختلف مانند زیر رسم شده است که هر چه واریانس افزایش میابد فشردگی نقاط حول نقاط اصلی کم تر و کم تر میشود.



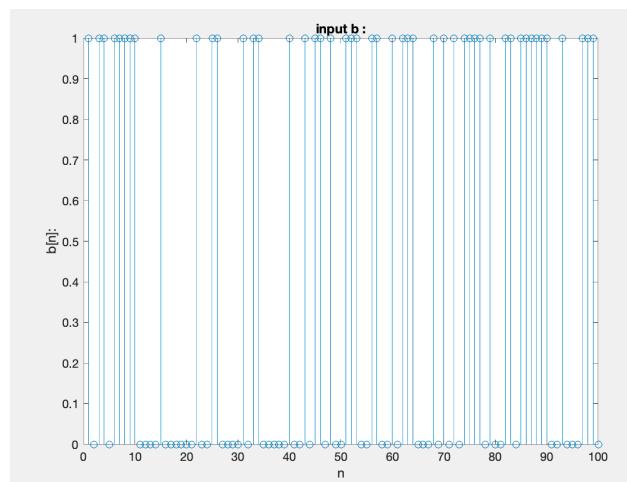
شکل ۱۱ : منظومه سیگنالی

PSK ۲.۳

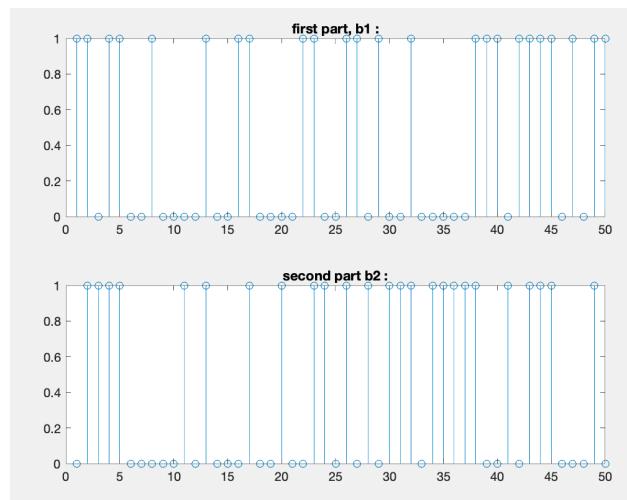
سیگنال های صفر و یک به شکل سینوس و منفی سینوس با فرکانس پانصد هرتز استفاده شده است.

no Noise ۱.۲.۳

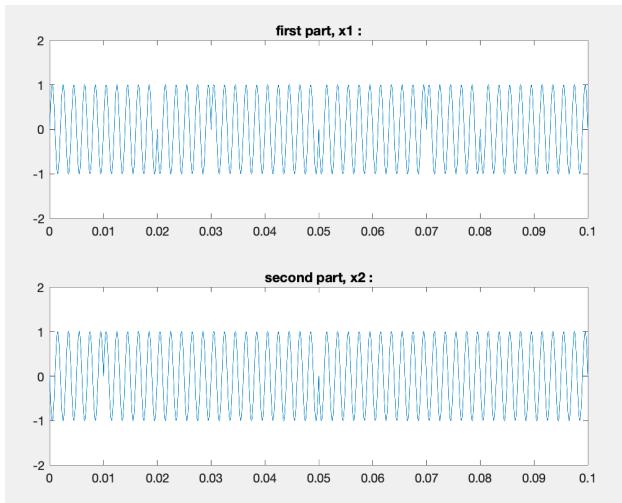
فرایند ارسال شبیه سازی شده و خروجی هر بلوک در ادامه به ترتیب اورده شده است.



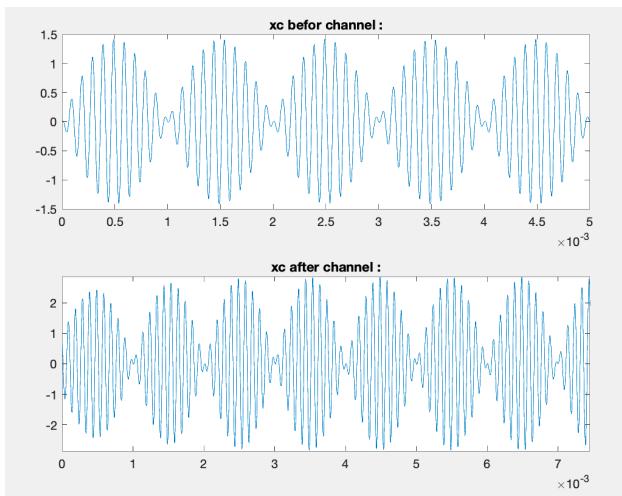
شکل ۱۲: پیام ورودی



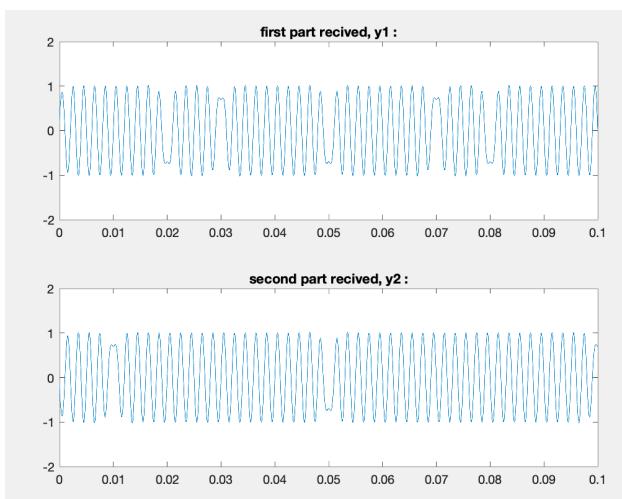
شکل ۱۳: سیگنال های تقسیم شده



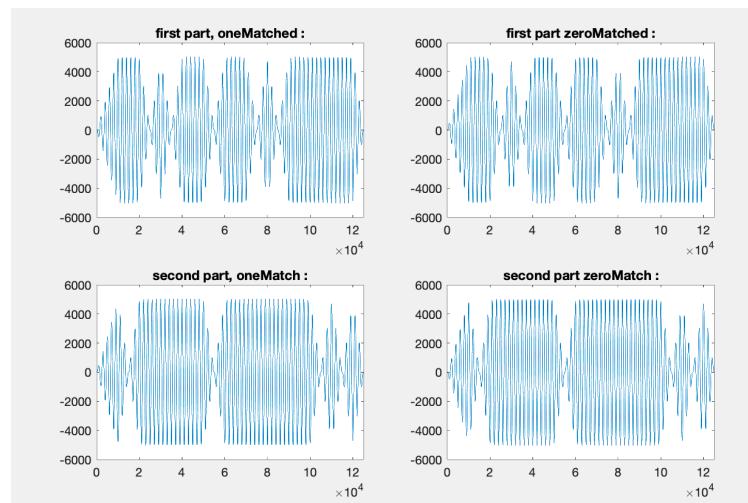
شکل ۱۴ : خروجی های PulseShaping



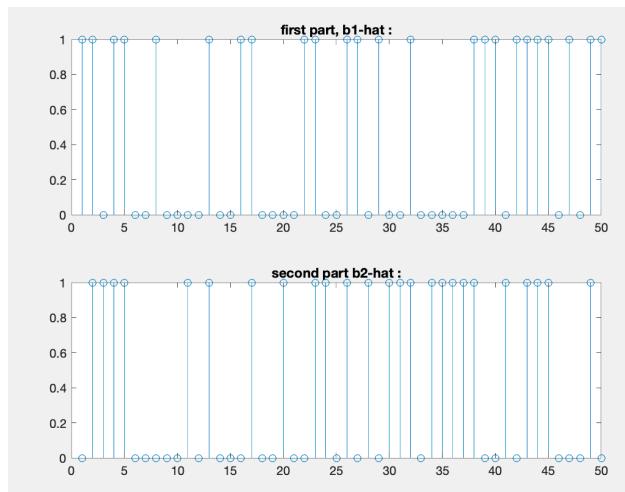
شکل ۱۵ : قبل و بعد از کانال



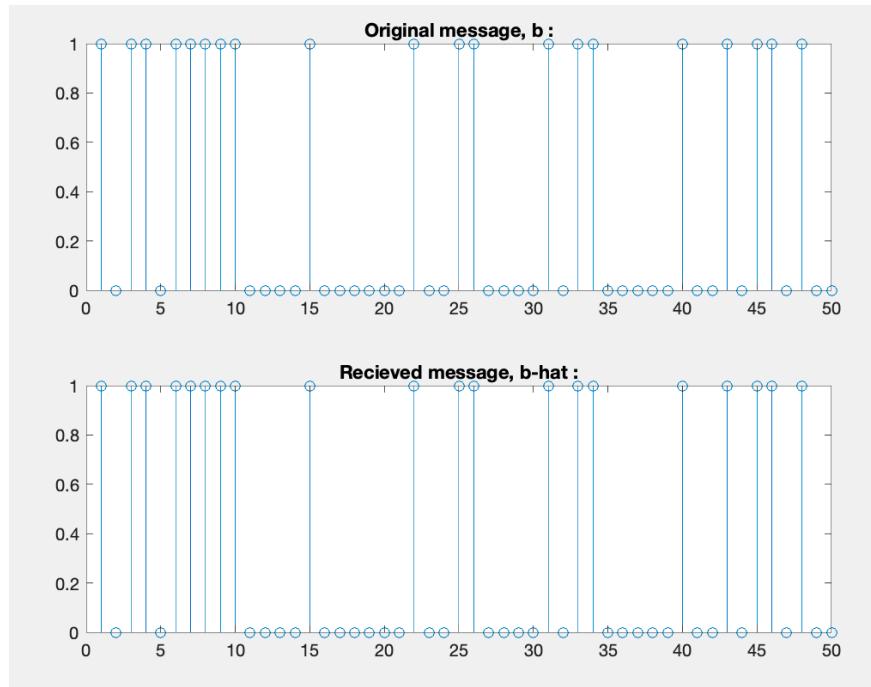
شکل ۱۶ : پس از بلوک AnalogDemod



شکل ۱۷ : خروجی های کانولوشن بلوک MatchedFilt



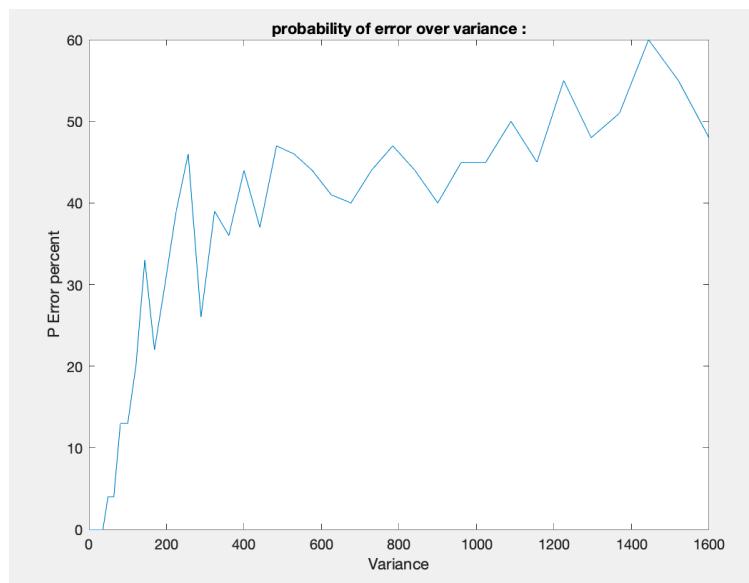
شکل ۱۸ : خروجی دنباله MatchedFilt



شکل ۱۹: پیام دریافتی و فرستاده شده

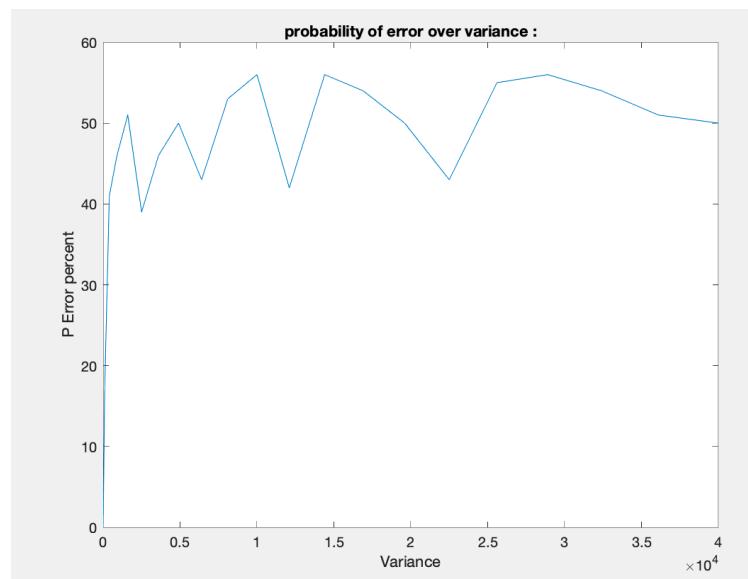
AWGN for PSK ۲.۲.۳

در این بخش واریانس خطای افزایش میدهیم و میزان احتمال خطای نموداری مانند زیر خواهد داشت.



شکل ۲۰: نمودار خطای بر حسب واریانس نویز

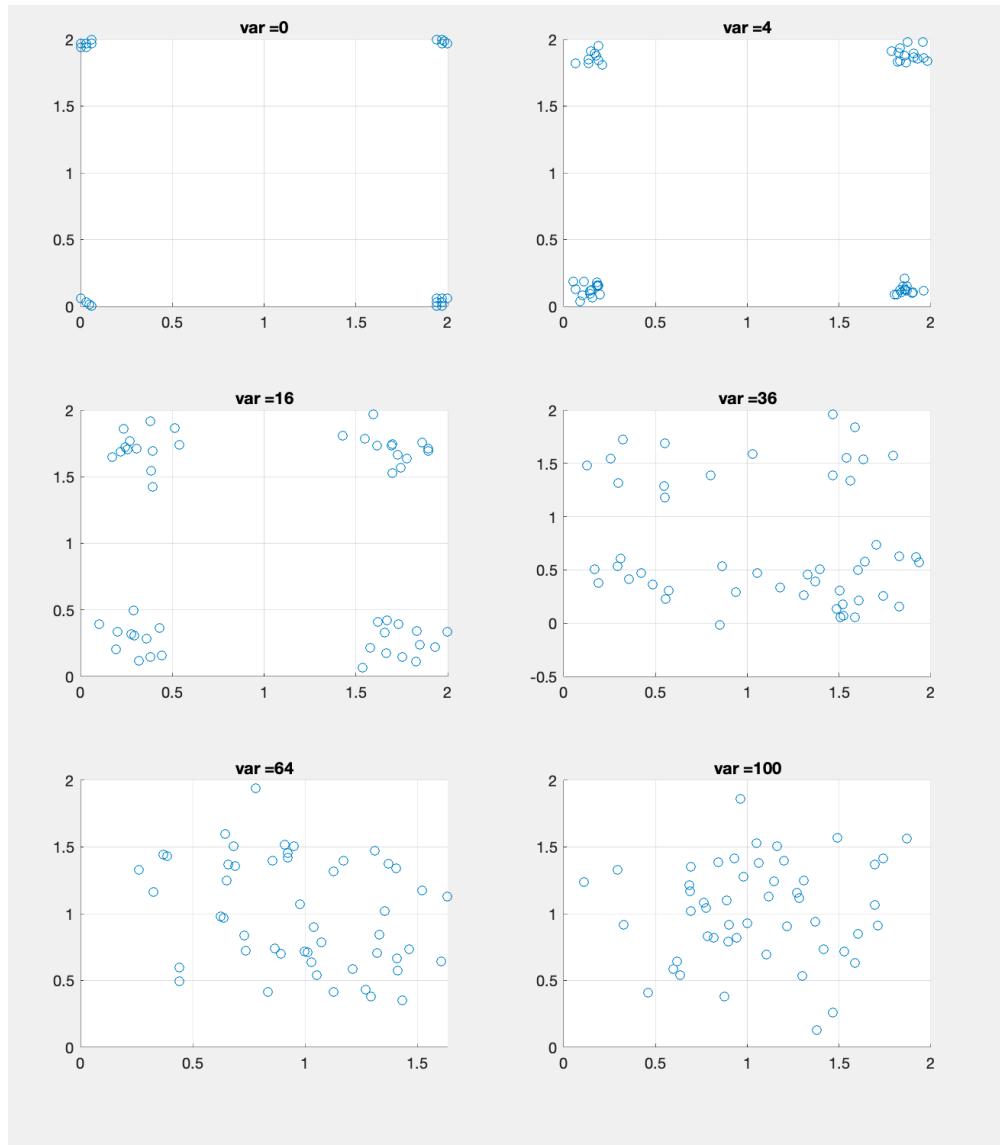
همچنین نمودار در بازه بزرگ تر مانند زیر است که به احتمال پنجاه درصد میل میکند که به دلیل کاملاً رندوم شدن خروجی با توجه به نویز زیاد است.



شکل ۲۱: نمودار خطای بر حسب واریانس نویز در بازه بزرگ تر

Scatter Plot ۳.۲.۳

در این بخش نمودار منظومه سیگنال به ازای شش واریانس مختلف مانند زیر رسم شده است که هر چه واریانس افزایش میابد فشردگی نقاط حول نقاط اصلی کم تر و کم تر میشود.



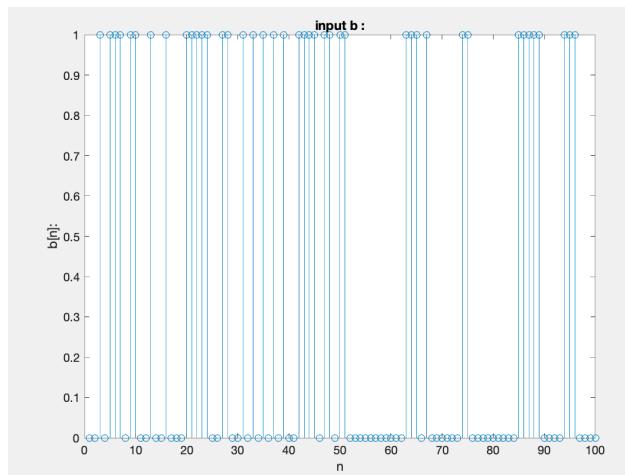
شکل ۲۲: منظومه سیگنالی

FSK ۳.۳

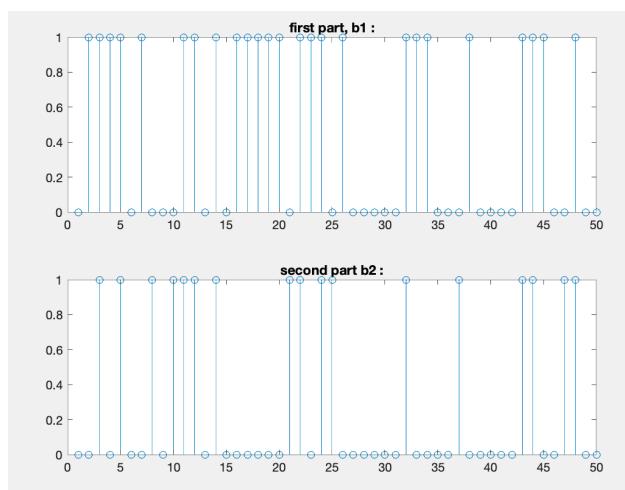
سیگنال های صفر و یک به شکل سینوس با فرکانس یک کیلو نیم کیلو و سینوس با فرکانس یک کیلو هرتز استفاده شده است. که بر هم عمودند و یک سیگنالینگ متعامد میسازد.

no Noise ۱.۳.۳

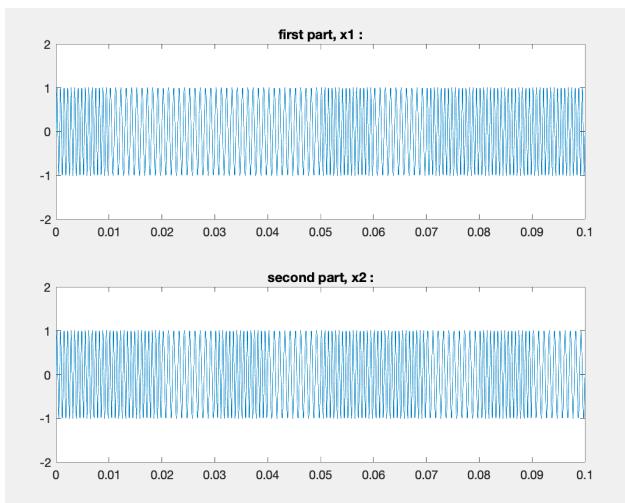
فرایند ارسال شبیه سازی شده و خروجی هر بلوک در ادامه به ترتیب اورده شده است.



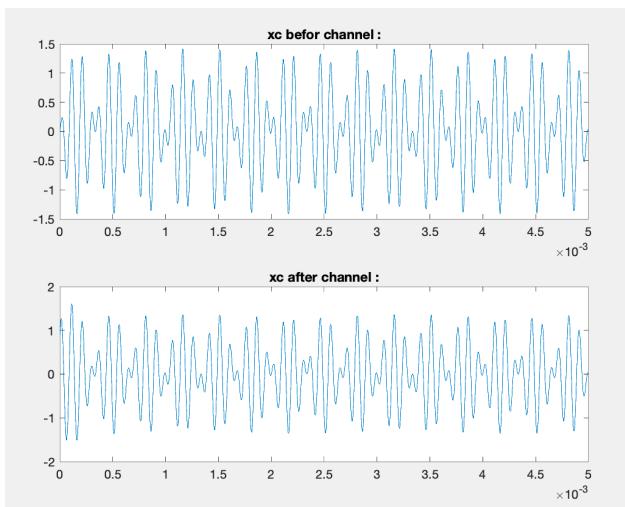
شکل ۲۳: پیام ورودی



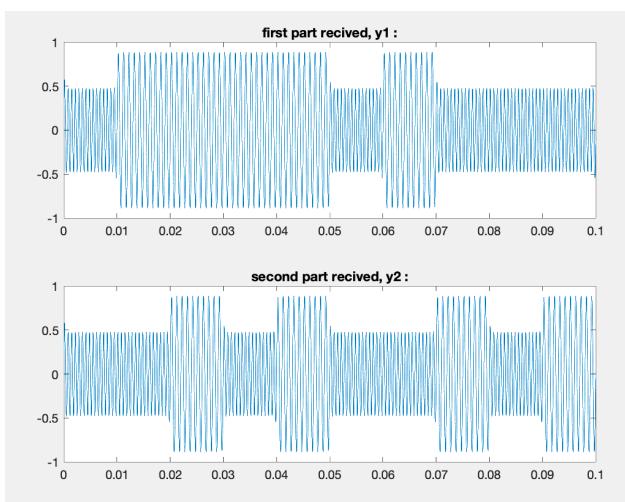
شکل ۲۴: سیگنال های تقسیم شده



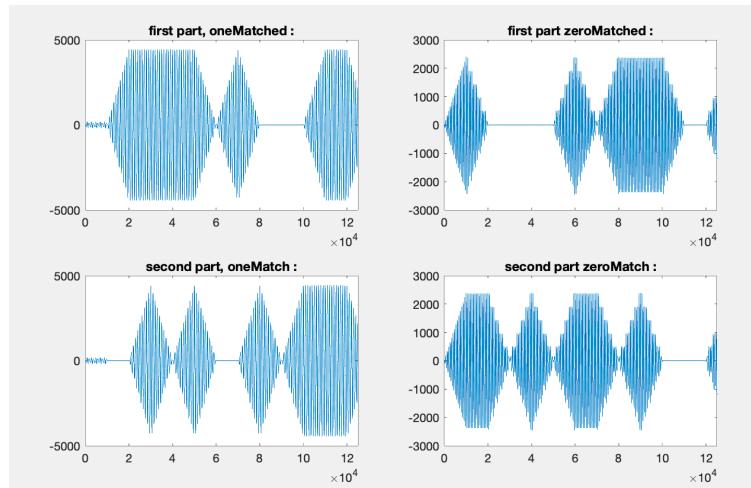
شکل ۲۵: خروجی های PulseShaping



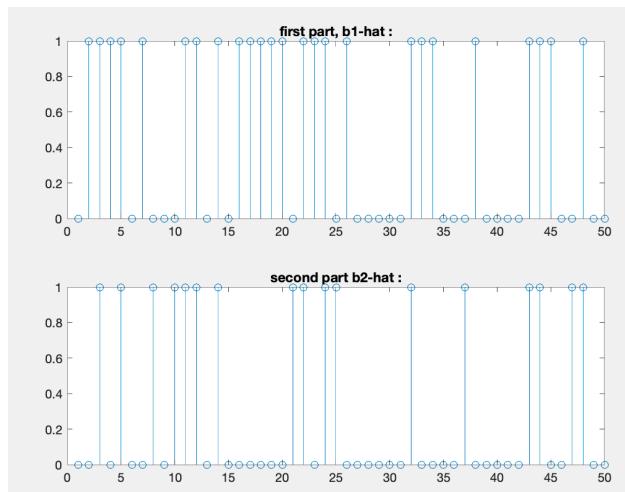
شکل ۲۶: قبل و بعد از کانال



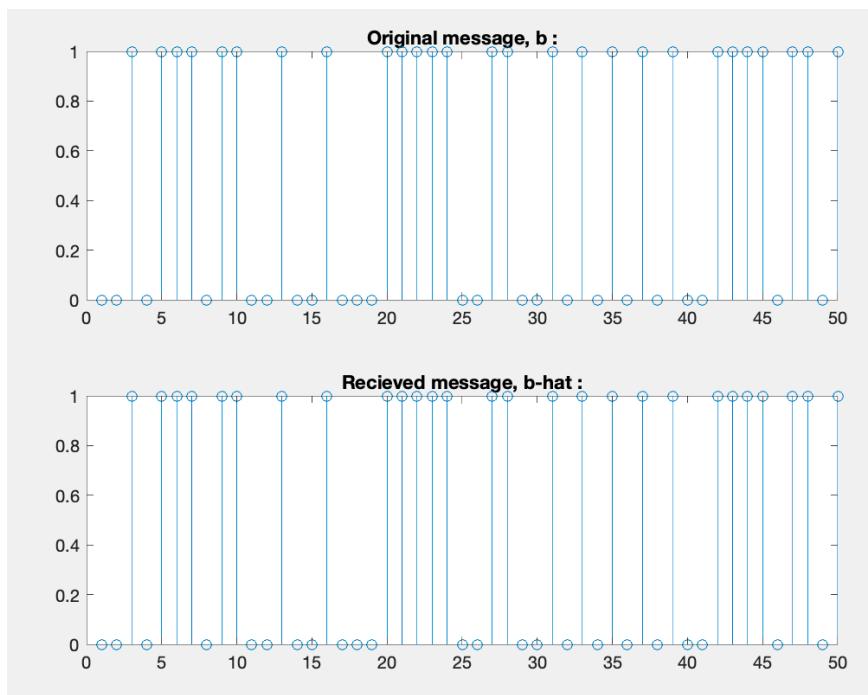
شکل ۲۷: پس از بلوک AnalogDemod



شکل ۲۸ : خروجی های کانولوشن بلوک MatchedFilt



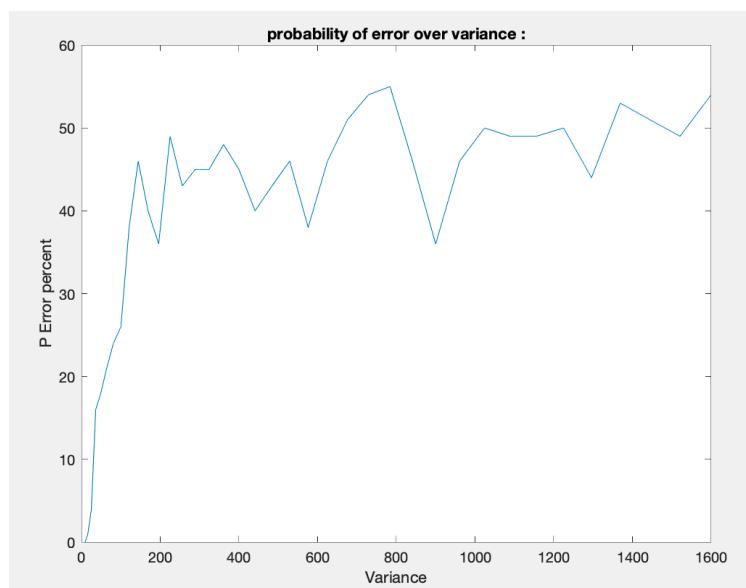
شکل ۲۹ : خروجی دنباله MatchedFilt



شکل ۳۰: پیام دریافتی و فرستاده شده

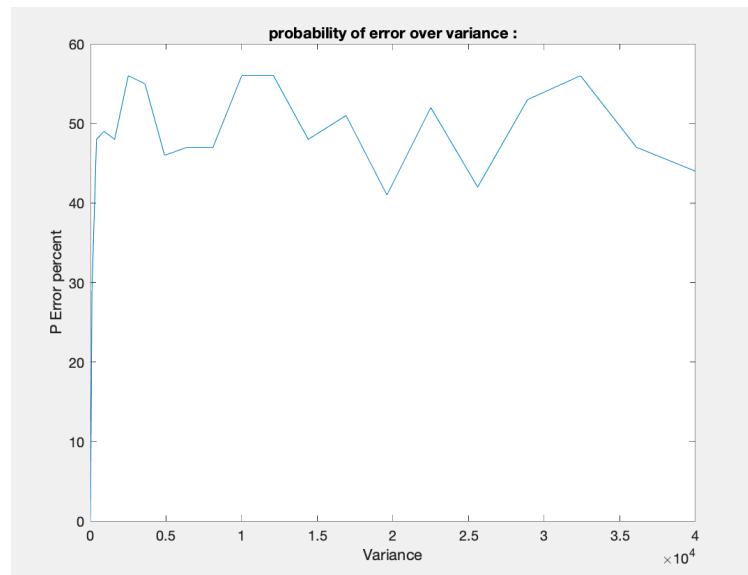
AWGN for FSK ۲.۳.۳

در این بخش واریانس خطای افزایش میدهیم و میزان احتمال خطای نموداری مانند زیر خواهد داشت. همچنین همانطور که میبینید نمودار به شدت تیز است و نشان میدهد برای واریانس نویز یکسان این حالت از مابقی حالات به شدت اسیب پذیرتر است و خطای بیشتری دارد.



شکل ۳۱: نمودار خطای بر حسب واریانس نویز

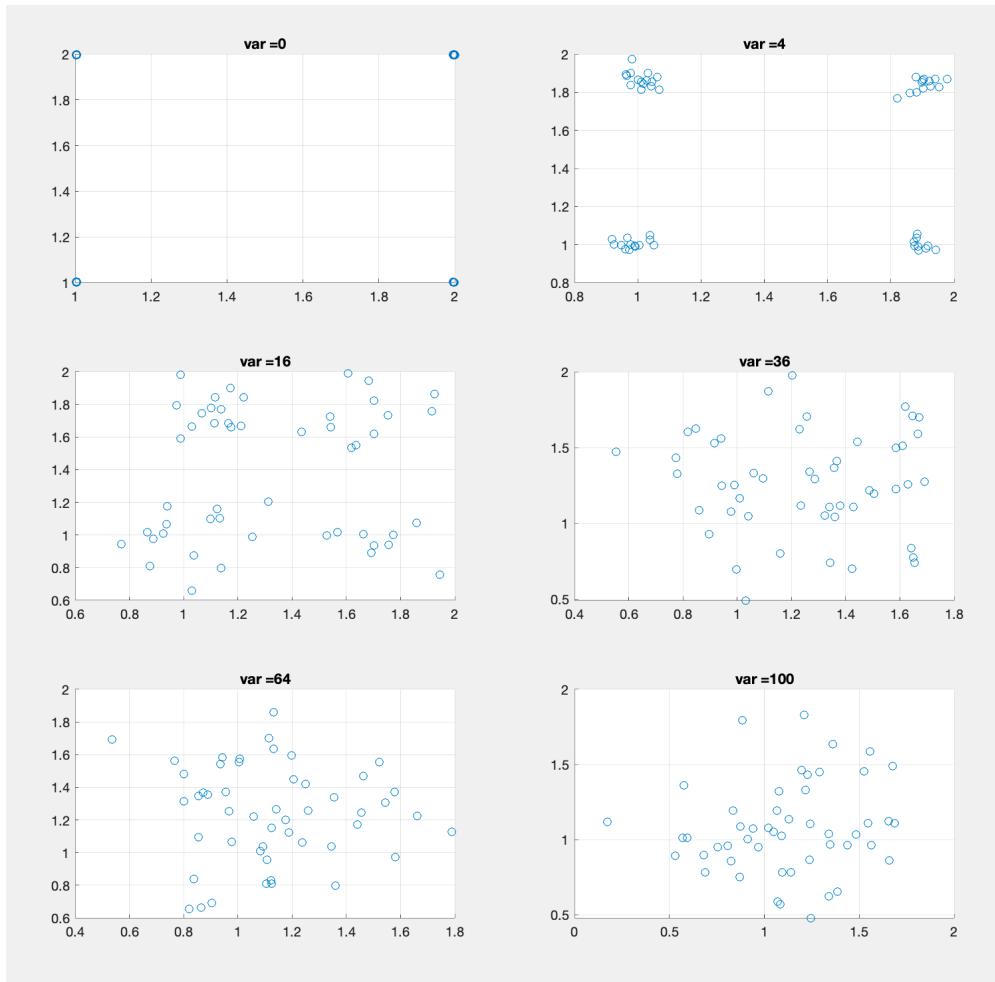
همچنین نمودار در بازه بزرگ تر مانند زیر است که به احتمال پنجاه درصد میل میکند که به دلیل کاملاً رندوم شدن خروجی با توجه به نویز زیاد است.



شکل ۳۲: نمودار خطای بر حسب واریانس نویز در بازه بزرگ تر

Scatter Plot ۳.۳.۳

در این بخش نمودار منظومه سیگنال به ازای شش واریانس مختلف مانند زیر رسم شده است که هر چه واریانس افزایش میابد فشردگی نقاط حول نقاط اصلی کم تر و کم تر میشود.



شکل ۳۳: منظومه سیگنالی

۴.۳ بررسی این سه حالت

همانطور که دیدید در حالت اخیر با توجه به پهنای باند کانال کمی مشکل در دریافت صفر و یک داریم و خطأ بسیار بیشتر و شدید تر نسبت به دو حالت قبلی است و ماژولیشن اول از همگی ساده تر و دقیق تر است.

۴ انتقال دنباله ای از اعداد ۸ بیتی

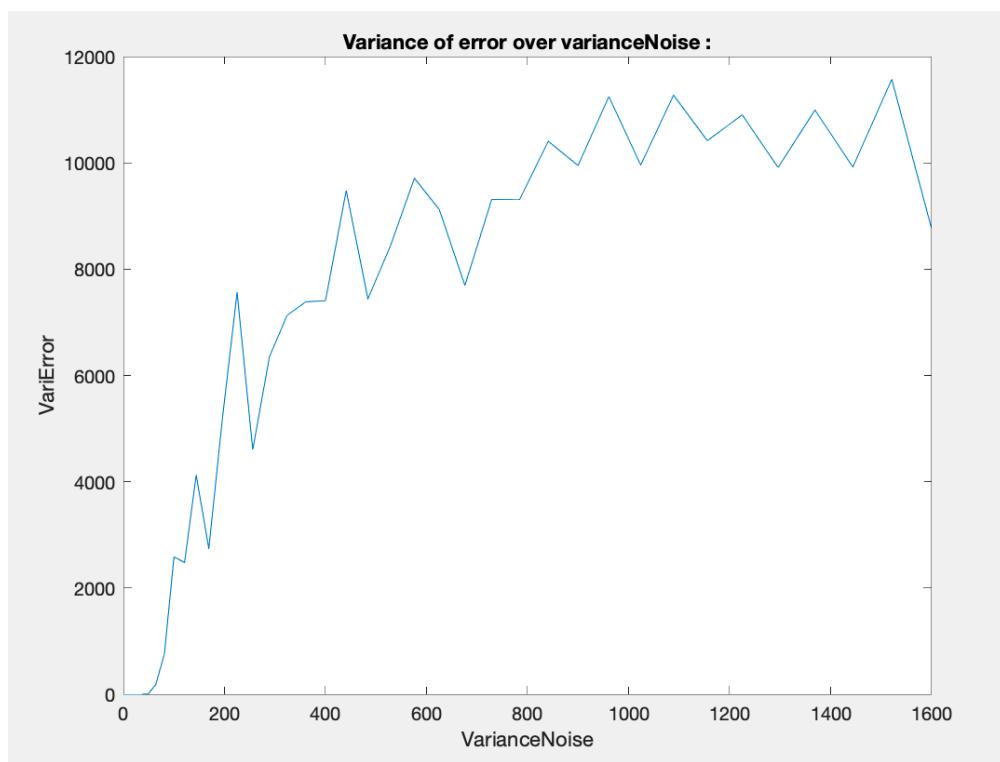
کد این بخش در Q4.m قرار دارد.

۱.۴ توابع

توابع این بخش همانطور که خواسته شده نوشته و تست شده اند و در فolder Codes قرار دارد.

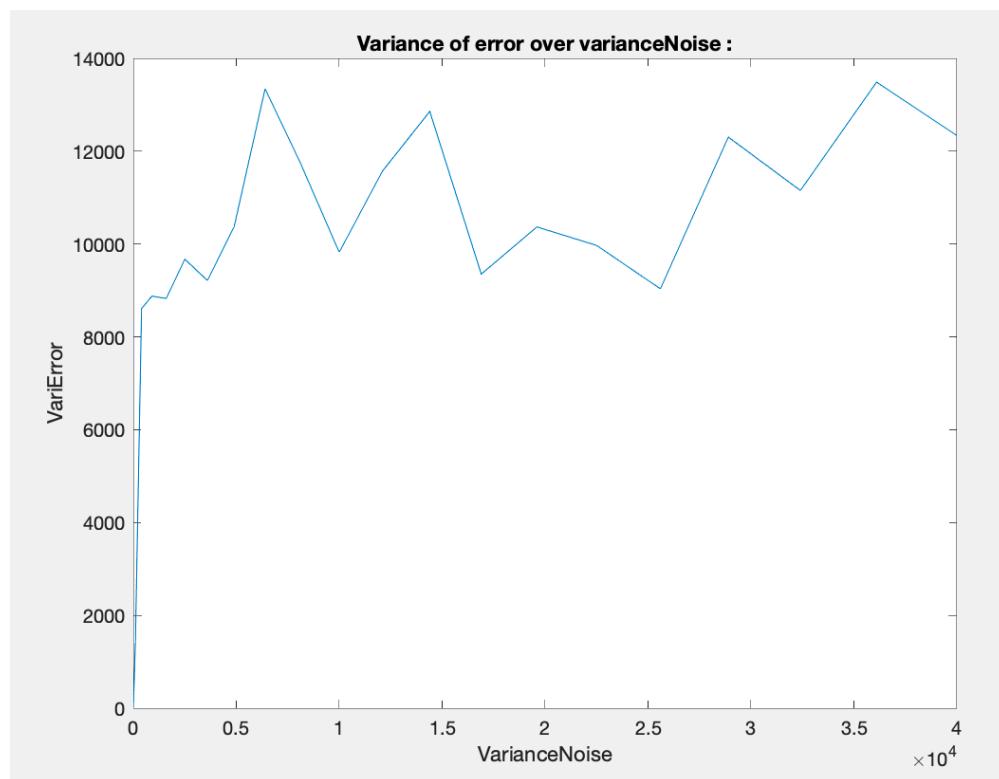
۲.۴ AWGN

در این بخش نیز سیگنال تبدیل شده به باینری و سپس مخابره شده و نمودار واریانس خروجی بر حسب واریانس نویز رسم شده است.



شکل ۳۴: واریانس خطای خروجی بر حسب نویز

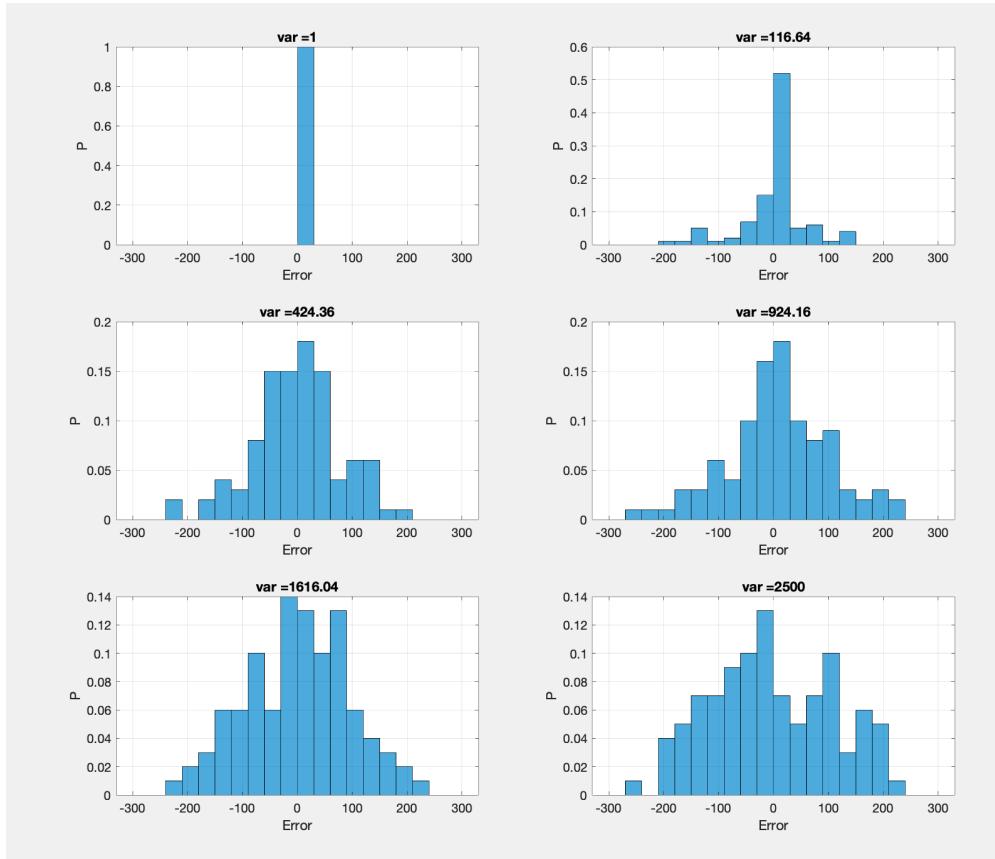
همچنین نمودار با بازه بیشتر برای بخش اخر :



شکل ۳۵: واریانس خطأ بر حسب نویز

histogram ۳.۴

توزع خطأ به ازای واریانس های زیر رسم شده است. که در واریانس نویز کم با احتمال یک بی خطاست و با افزایش نویز به سمت توضیع مثلثی میرود.



شکل ۳۶: واریانس خطأ بر حسب نویز

٤.٤ روش تحلیلی

که محاسبات مانند تصویر زیر است که عدد نهایی به مقدار به دست امده در بخش دوم بسیار نزدیک است. $12000 = 10923.5$

$$\begin{aligned}
 d &= 2^7 b_7 + 2^6 b_6 + \dots + b_0 \\
 \hat{d} &= 2^7 \hat{b}_7 + 2^6 \hat{b}_6 + \dots + \hat{b}_0 \\
 E(\hat{d} - d)^2 &= 2^{14} E((\hat{b}_7 - b_7)^2) + 2^{12} E((\hat{b}_6 - b_6)^2) + \dots + E((\hat{b}_0 - b_0)^2) \\
 E(b_i - \hat{b}_i) &= 1/2 \rightarrow \text{از قسمت علی عمل داشتم.} \\
 \Rightarrow E(\hat{d} - d)^2 &= \frac{1}{2}(2^{14} + 2^{12} + 2^{10} + \dots + 1) = 10923.5
 \end{aligned}$$

شکل ۳۷: روش تحلیلی

۵ کدینگ منبع

۱.۵ بررسی کد ها

- (ا) مشکل کد C1 این است که برای هر دو حرف بی و دی از کد ۱۰ استفاده شده و در گیرنده نمیتوان این دو حرف را از هم تفکیک کرد.
- (ب) مشکل کد C2 نیز این است که حرف d با رشته ab قابل تفکیک نیست.
- (ج) همانطور که در متن امده است اگر یک صفر بگیریم نمیتوانیم بلافصله بگوییم که حرف a را گرفتیم و همانطور برای مابقی حروف اگر طول کد n باشد باید به اندازه $n+1$ بیت صبر کنیم و تأخیر داشته باشیم.

۲.۵ کد های پیشوندی

مسئله بهینه سازی در زیر حل شده و طول کد های منبع بدست امده است.

$$\begin{aligned}
 L &= \sum_{i=1}^M p_i l_i + \lambda \left(1 - \sum_{i=1}^M z^{-l_i} \right) \rightarrow \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \rightarrow \sum_{i=1}^M z^{-l_i} = 1 \quad (\textcircled{I}) \\
 \frac{\partial L}{\partial l_i} &= 0 \rightarrow p_i - \lambda \ln(\frac{1}{z}) z^{-l_i} = 0 \rightarrow z^{-l_i} = \frac{p_i}{\lambda \ln(0.5)} \quad (\textcircled{II}) \\
 \textcircled{I}, \textcircled{II} \rightarrow \sum_{i=1}^M \frac{p_i}{\lambda \ln(0.5)} &= 1 \rightarrow \lambda = \frac{1}{\ln(0.5)} \quad (\textcircled{III}) \rightarrow z^{-l_i} = p_i \rightarrow l_i = \log_z \left(\frac{1}{p_i} \right)
 \end{aligned}$$

شکل ۳۸: لاگرانژ طول کد

۳.۵ کلمه کد ها

کلمه کد ها مانند زیر است که یکتا نیست و موارد ساده تر در کد متلب استفاده شده است.

$$\begin{aligned}
 \overbrace{p_i = \frac{1}{2}}^{\rightarrow l_i = 1} \quad p_i = \frac{1}{4} \rightarrow l_i = 2 \quad \dots \quad p_i = \frac{1}{32} \rightarrow l_i = 5 \\
 \begin{array}{c|cccccc}
 X & a & b & c & d & e & f \\
 \hline
 p_i & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{8} & \frac{1}{16} & \frac{1}{32} & \frac{1}{32} \\
 c_{(2)} & 1 & 01 & 111 & 0011 & 00001 & 00011
 \end{array}
 \end{aligned}$$

شکل ۳۹: کلمه کد ها

٤.٥ طول متوسط کلمه کد

طول متوسط به سادگی مانند زیر محاسبه شده است.

$$T = \sum p_i/l_i = \frac{1}{2} + \frac{2}{4} + \frac{3}{8} + \frac{4}{16} + \frac{5}{32} + \frac{5}{32} = \underline{\underline{1.9375}}$$

شکل ٤٥: متوسط طول کد

٥.٥ کد های این سه بخش

کد ها در فولدر Codes امده است.

٦.٥ بخش اخر

از آنجا که تمامی موارد متقارن هستند کافیست ایکس هت با صفر مقایسه شود.