



به نام خدا



دانشگاه تهران
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
اصول سیستم های مخابراتی
تمرین کامپیوتری سوم

نام و نام خانوادگی	محمدحیدری
شماره دانشجویی	810197494
تاریخ ارسال گزارش	99.9.29

فهرست گزارش سوالات

سوال 1- Error! Bookmark not defined.	
سوال 2- Error! Bookmark not defined.	
سوال 3- Error! Bookmark not defined.	

همانطور که در صورت سوال اشاره شده است در این قسمت قصد داریم به رسم توابع بسل نوع اول و دوم بپردازیم. برای این منظور از دستور `bessely`, `besselj` برای رسم توابع از مرتبه 1 تا 5 استفاده شده است. که نتایج در بازه $[0, 10]$ مطابق شکل زیر می باشد.

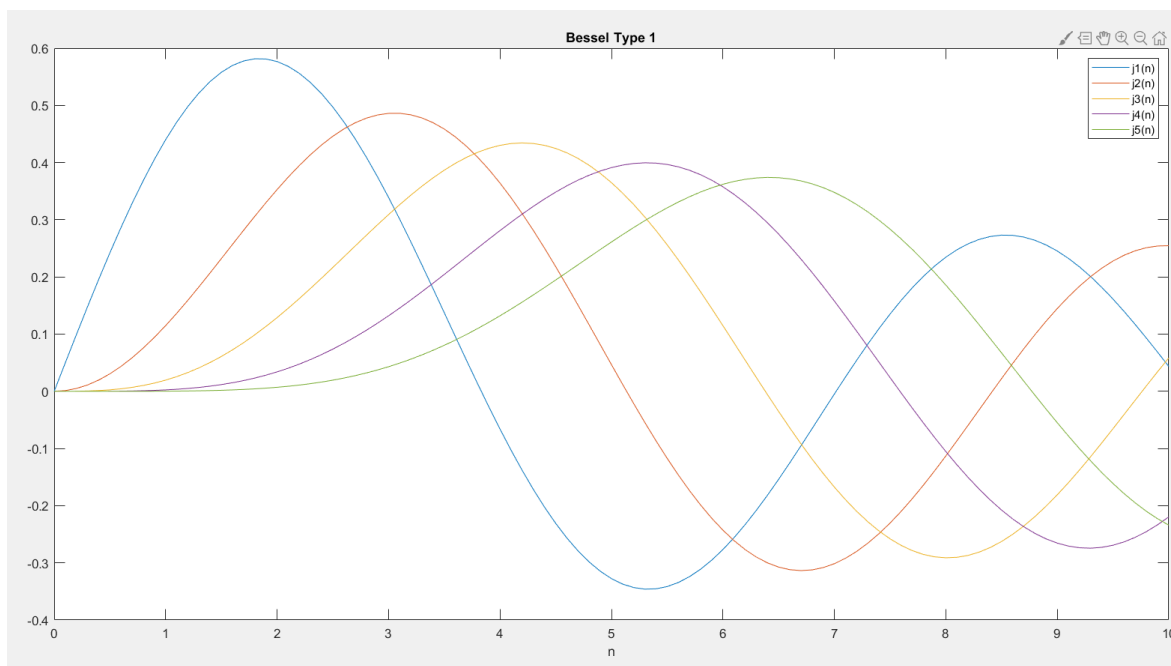


Figure 1

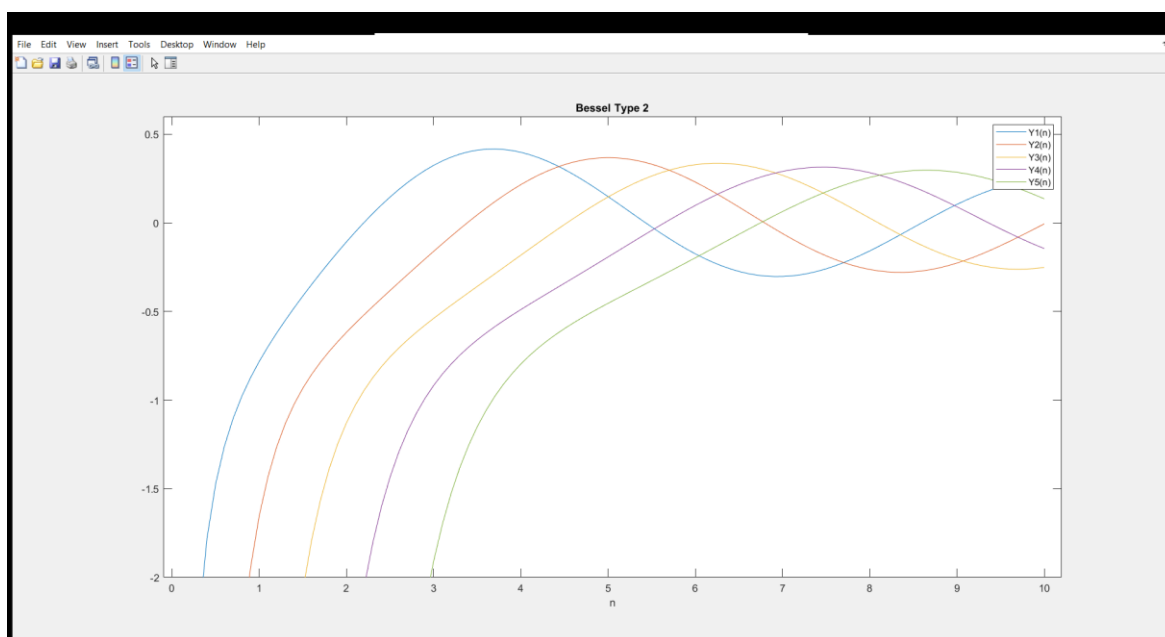


Figure 2

Narrow Band Modulation

(A,B)

در این قسمت قصد داریم با استفاده از متلب به پیاده سازی narrow band pm بپردازیم برای این منظور مطابق خواسته سوال به نوشتن 2 تابع pmm , nb میپردازیم که ترتیب ورودی ها دقیقا مطابق تعریف صورت پروژه میباشد هر دو تابع با پسوند m ضمیمه شده اند.

توجه به این نکته ضروری است که در توابع من سعی بر نوشتن سیمبولیک بوده و در انتهای از سیگنال با فرکانس خواسته شده نمونه برداری شده است.

(C,D,E)

در ادامه برای بررسی عملکرد 2 تابع pmm, nb از سیگنال پیام $\sin(20\pi t)$ استفاده شده است. در بدنه اصلی کد این 2 تابع را با پارامترهای خواسته شده یعنی موج حامل با فرکانس 100k و دامنه 10 با ثابت انحراف فاز 10 در بازه زمانی $t \in [0, 0.2 \text{ s}]$ مدوله میکنیم. توجه شود که فرکانس نمونه برداری برابر 10k میباشد.

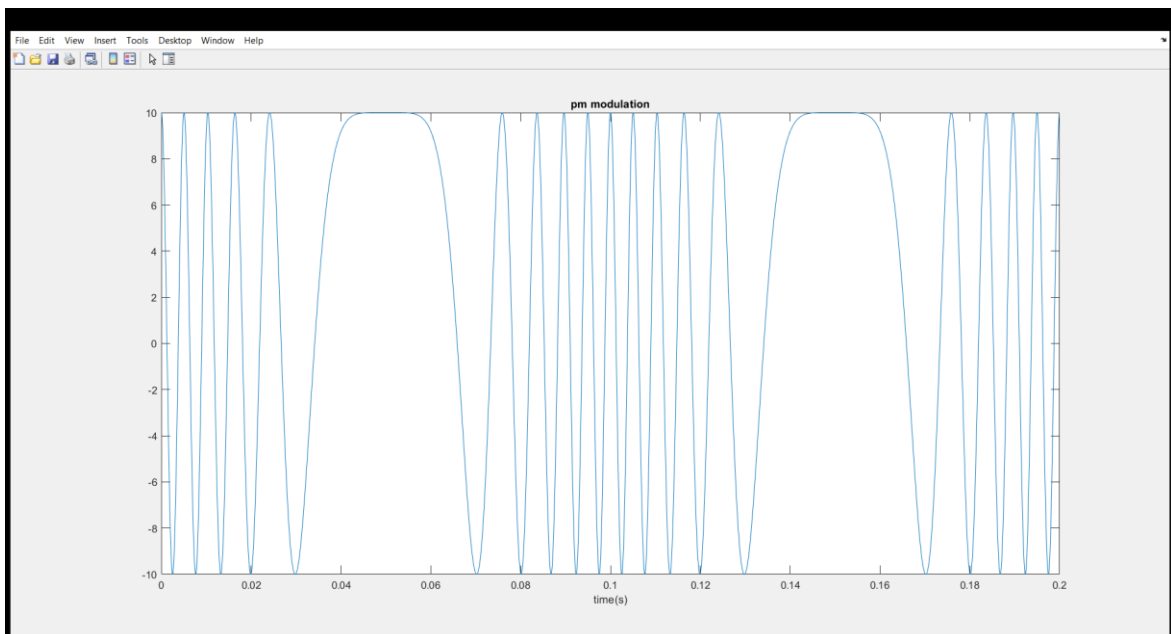


Figure 3

منحنی بالا مودوله شده pmm سیگنال سینوسی میباشد.

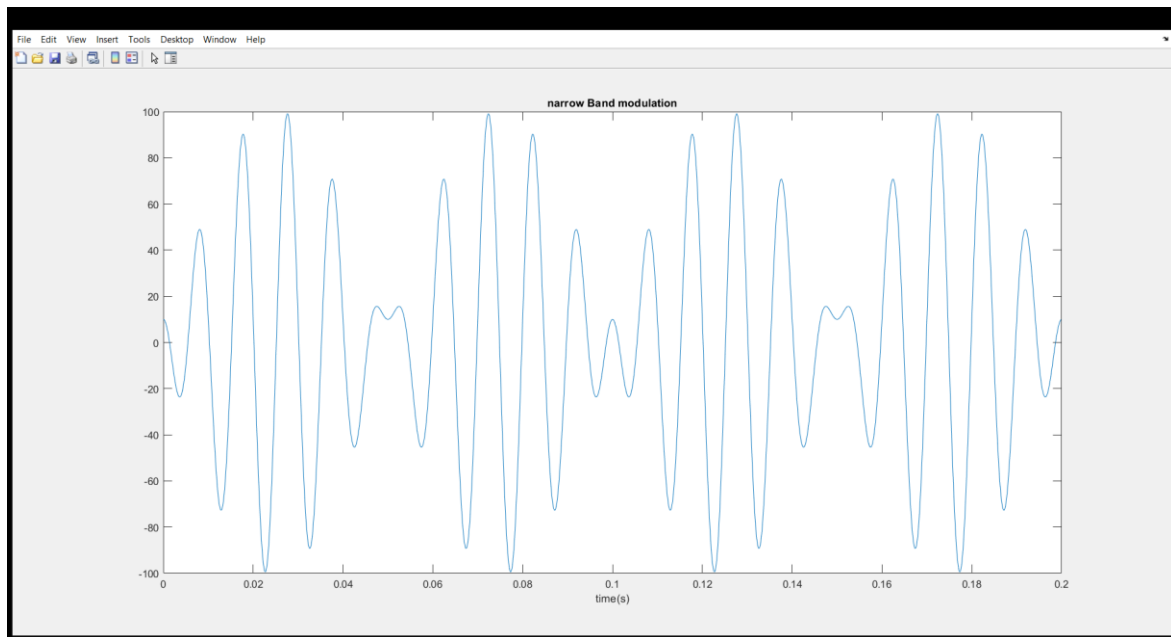


Figure 4

منحنی بالا مودوله شده باندباریک سیگنال سینوسی میباشد.

علت تفاوت ایجاد شده بین سیگنال باندباریک و pm معمولی کاملاً به این مورد مربوط میشود که در باندباریک فقط از 2 جمله اول بسط تبلیور استفاده کردیم و از تمامی جملات بعد از آن صرف نظر کردیم که خود خطایی در سیگنال مودله شده به این روش ایجاد میکند که در قسمت های بعدی با جزئیات کامل این خطا بوسیله تابع immse محاسبه شده است.

(F,G

در این قسمت قصد داریم باپیمایش روی Kp در بازه [-1,1] خطای میانگین مربعات را برای باندباریک و مدولاسیون فاز بدست آوریم.

در این قسمت با استفاده از یک حلقه ی for به ازای kp های مختلف مقادارسیگنال nb و pmm رامحاسبه میکنیم و در نهایت درهر بار پیمایش با استفاده از دستور Immse مقادیر خطاها را درآرایه ای ذخیره میکنیم وهمچنین در صورتی که خطا کمتر از 0.01 بود مقادیر kp را store میکنیم و در نهایت بیشینه مقدار آنرا به عنوان خروجی ثبت میکنیم که در این مثال خاص این مقدار برابر 0.21 یا 0.2 میباشد.

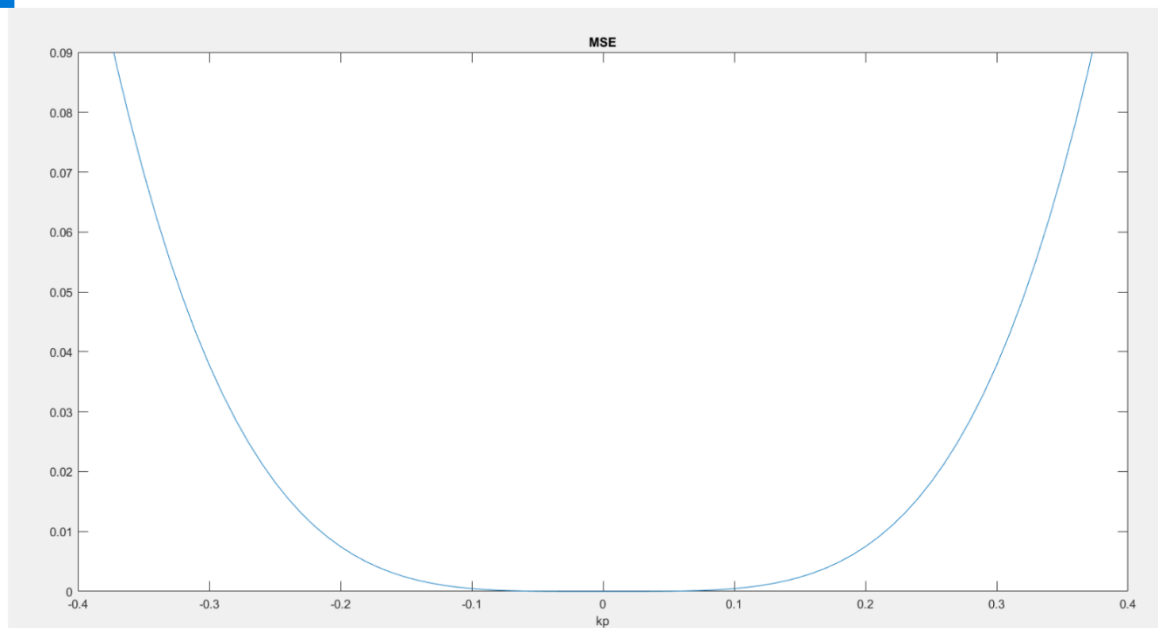


Figure 5

توجه شود که در تابع گام های پیمایش برابر 0.01 گذاشته شده اند که به زمان اجرای زیادی نیاز دارد ولی مقدار دقیق 0.21 را با 2 رقم اعشار به ما میدهد.

```
Command Window
xnb(t) =

10*cos(200*pi*t) - 10*sin(20*pi*t)*sin(200*pi*t)

kp_max =

0.2100

fx >>
```

Single Tone Modulation

در صورتی که سیگنال پیام تنها دارای یک فرکانس خاص باشد و آن را با استفاده از مدولاتورهای فرکانس/فاز مدوله کنیم، خروجی سیگنال مدوله شده ی تک-تن نامیده خواهد شد. برای مثال برای یک پیام سینوسی با اندیس مدولاسیون β

این سیگنال به صورت زیر بدست خواهد آمد. این مدولاسیون را نیز می توان با استفاده از شیفت دهنده های فرکانسی و ضرب کننده های متغیر با فرکانس مطابق بسط تابعی زیر تولید کرد.

$$x_c(t) = A_c \cos(w_c t + \beta \sin(w_m t)) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_c J_n(\beta) \cos(2\pi(f_c + n f_m)t)$$

(A,C

در این قسمت قصد داریم تابا استفاده از توابعی که در ادامه پیاده سازی میکنیم به ترسیم و مقایسه سیگنال single Tone Modulation حاصل از ضابطه اصلی و ضابطه بدست آمده از سیگما همانطور که در روابط بالا اشکاراست پردازیم.

در این قسمت من به پیاده سازی یک تابع با نام tone_modulation_func.m پرداخته ام که به ازای B های مختلف مقادیر سیگنال مودله شده با ضابطه معمولی و همچنین با ضابطه سیگما دار را به همراه تبدیل فوریه آنها به خروجی پاس میدهد.

که در ادامه تمامی خروجی ها به صورت نمودار پیوست خواهند شد.

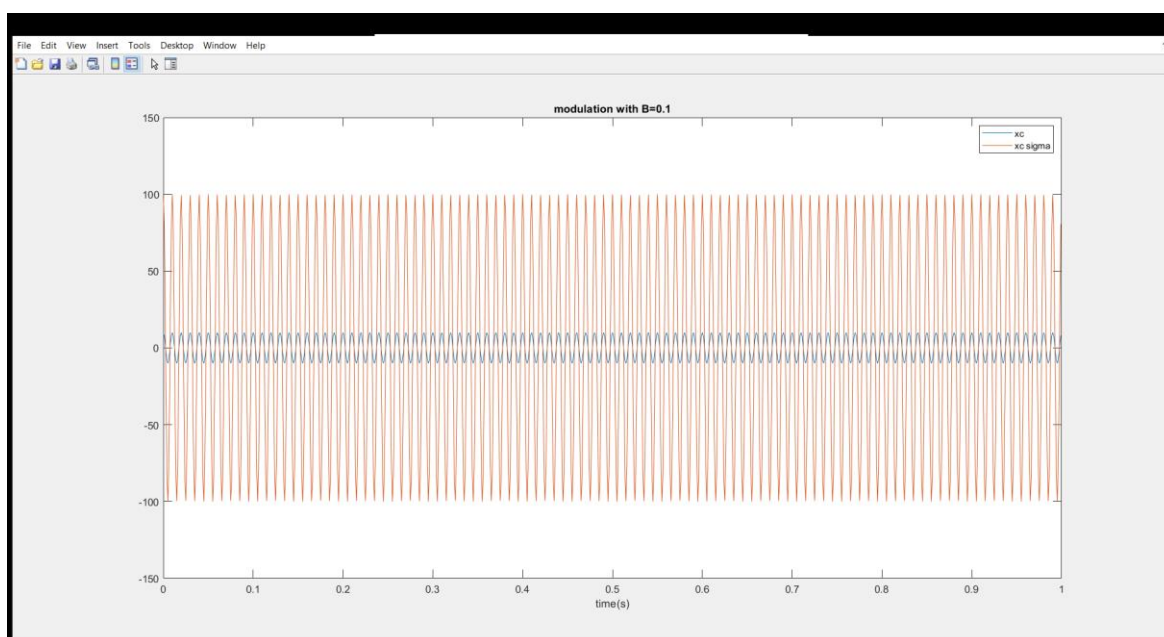


Figure 6

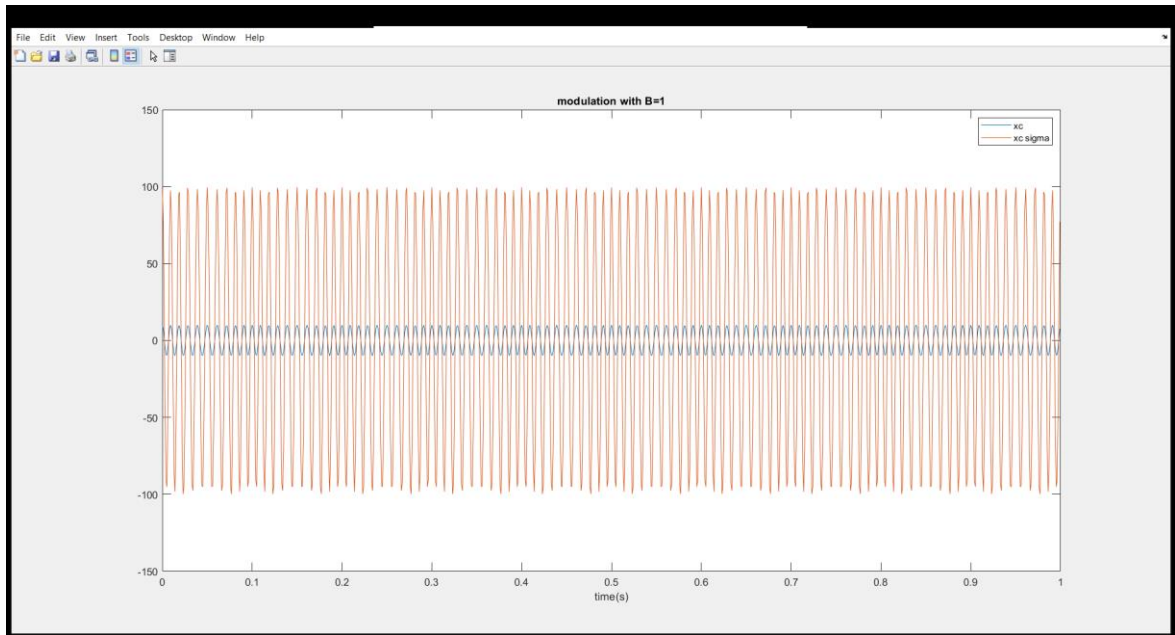


Figure 7

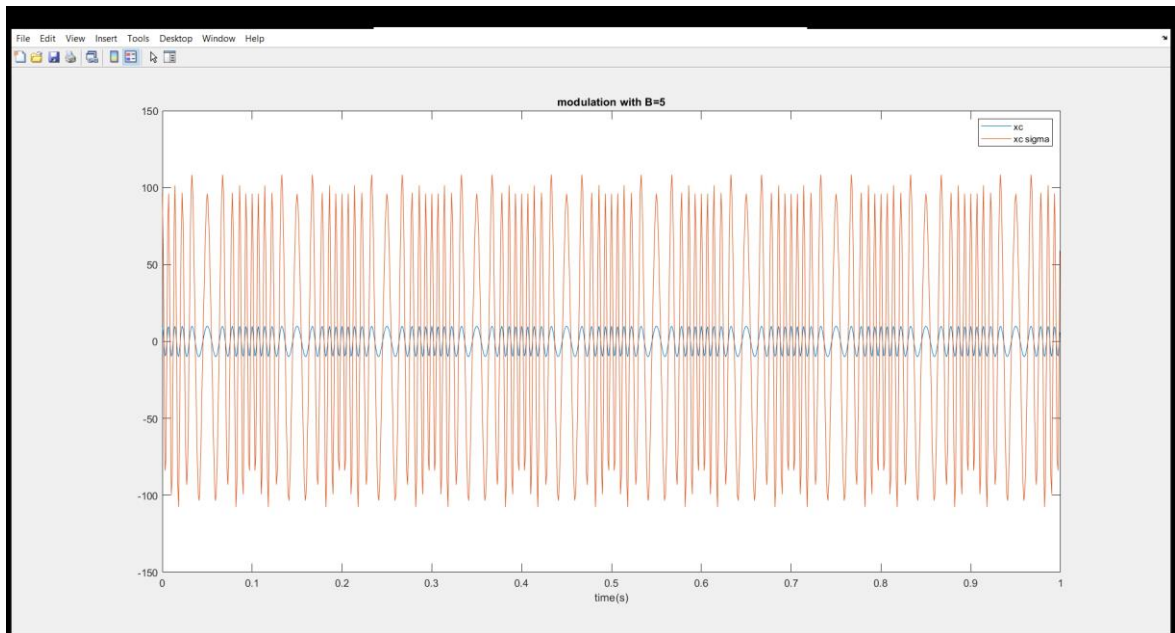


Figure 8

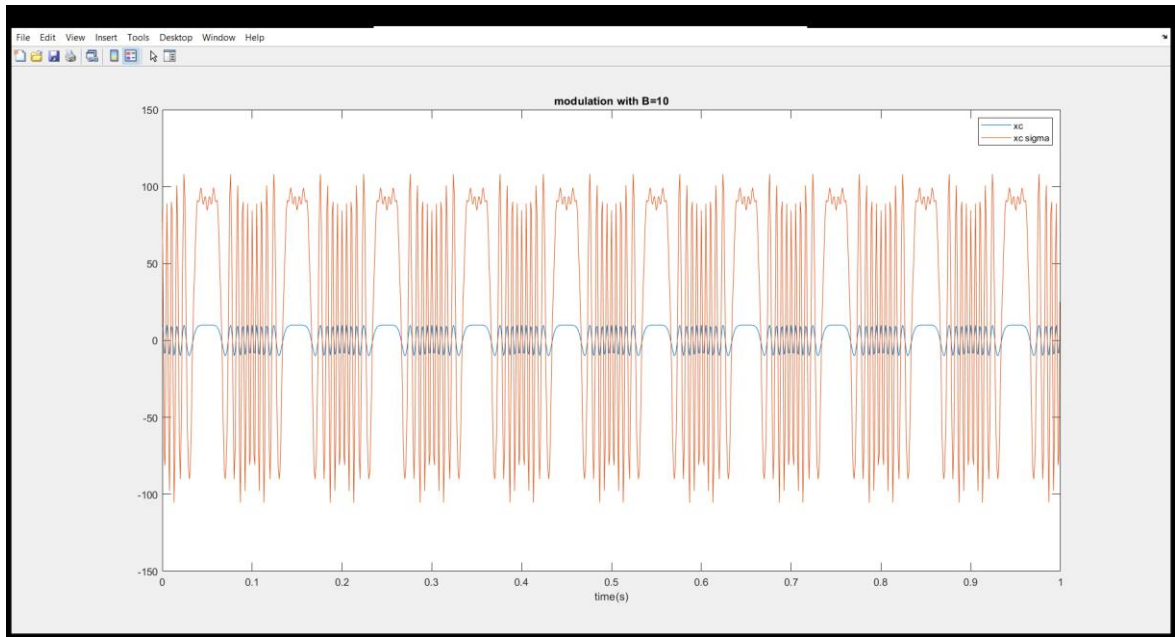


Figure 9

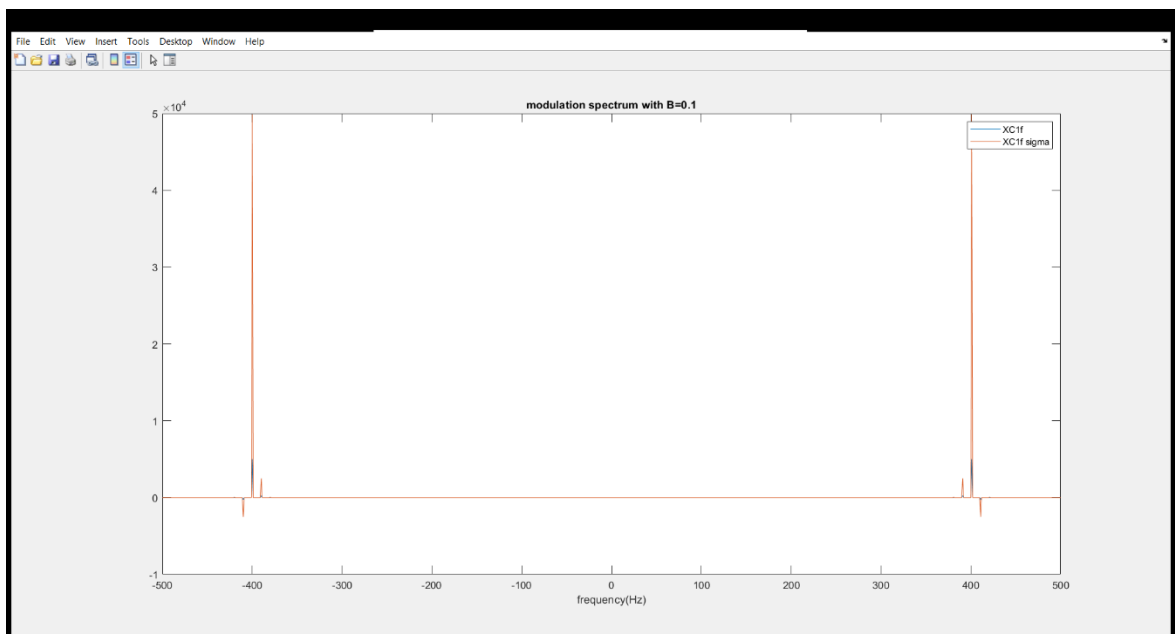


Figure 10

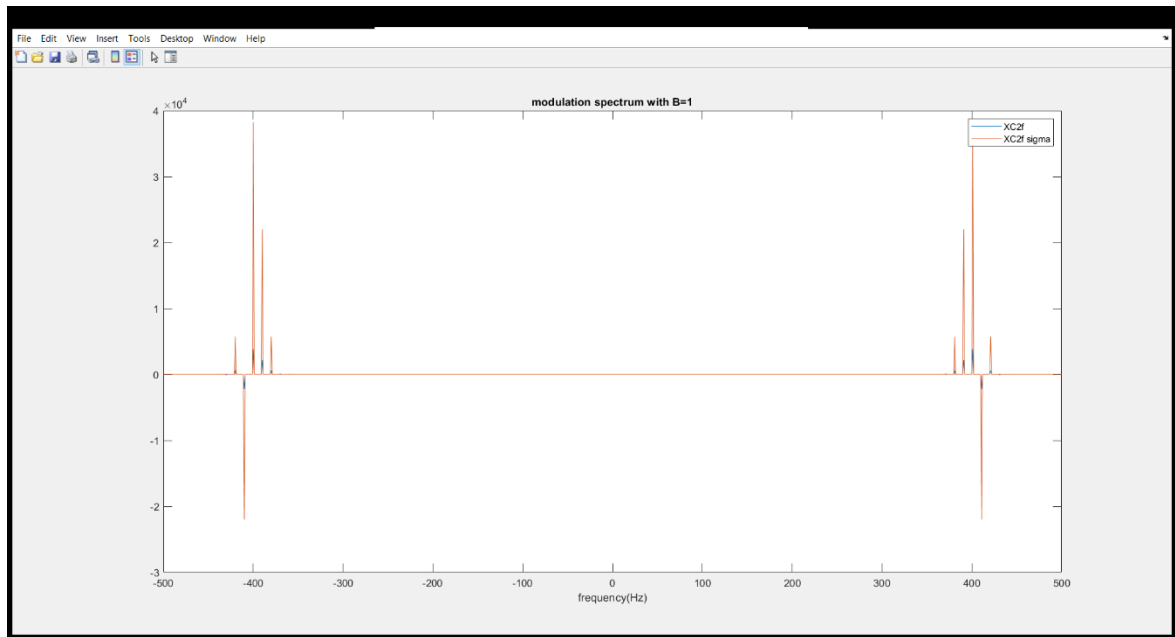


Figure 11

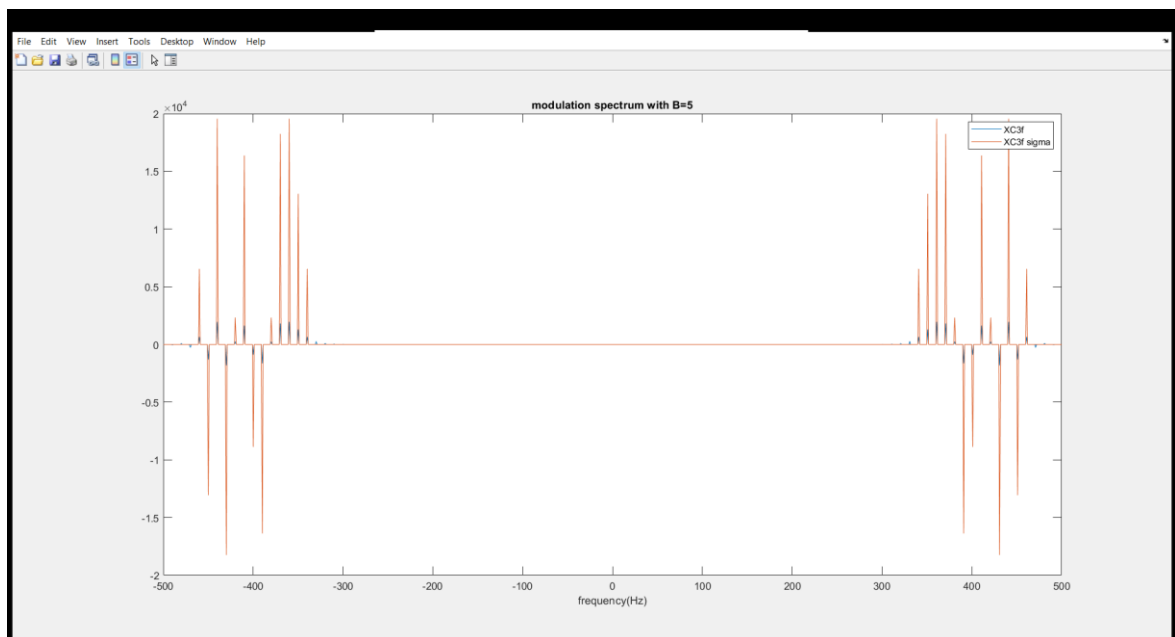


Figure 12

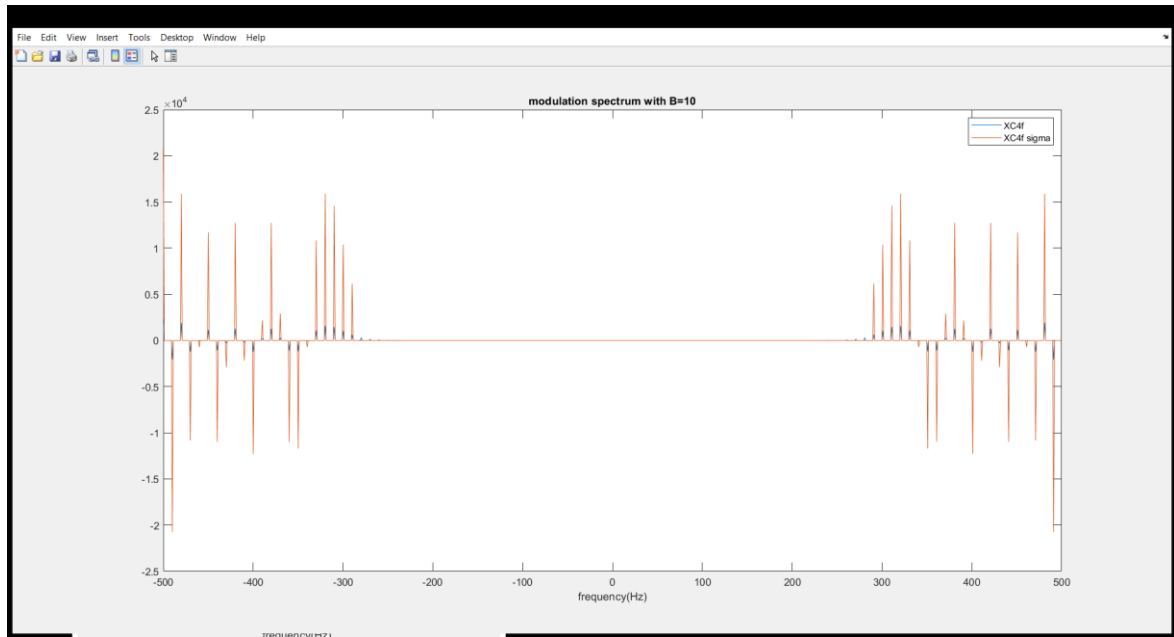


Figure 13

یاسخ به سوالات این بخش:

(A)

همانطور که در نمودارهای بالا دیده میشود با افزایش B پهنای باند افزایش می یابد در این قسمت میخواهیم به علت این امر با استفاده از اطلاعاتی که از درس آموختیم اشاره کنیم :

$$\text{Band} = (B+1) \cdot f_m, \quad B = A_m \cdot k_p \text{ (pm modulation)}$$

مطابق رابطه بالا برای مادلایسون pm با افزایش B تعداد خط های حول f_c زیاد میشود و از آنجا که فاصله بین هر دو خط متوالی یعنی f_m در این قسمت ثابت میباشد در نتیجه با افزایش پهنای باند و گسترده شدن باند فرکانسی روبرو هستیم.

(B)

در این قسمت نیز قصد داریم با استفاده از تئوری به پیدا کردن مقدار درست N دست یابیم . از آنجا که حول f_c مطابق ضابطه سوال به فاصله های $N \cdot f_m$ در طرفین مولفه فرکانسی خواهیم داشت بنابراین با نوشتن رابطه زیر به مقدار صحیح N بر حسب B دست خواهیم یافت .

$$\text{Band} = 2 \cdot (B+1) \cdot f_m = 2 \cdot N \cdot f_m \quad \text{so we have} \quad 2 \cdot (B+1) \cdot f_m = 2 \cdot N \cdot f_m$$

then $N=(B+1)$

مطابق ضابطه بدست آمده مقدار N را مطابق B متناظر به ورودی تابعی که نوشتیم میدهم.

(C)

همانطور که درمنحنی های بالا نیز نشان داده شد طیف سیگنال پیام مودله شده از هردوضابطه بدست آمده یکسان میباشد.

توضیحاتی درمورد پیاده سازی تابع :

درتابعی که نوشته شده است برای پیاده سازی سیگما از symsum استفاده شده است که به تناسب syntax مقدار n به صورت syms تعریف شده است و درنهایت با استفاده از تابع bessellj به پیاده سازی تابع پرداخته شده.

توجه شد که باتوجه به خواسته سوال که رسم نمودارطیف دربازه [-500,500] بوده فرکانس نمونه برداری دراین قسمت برابر $F_s=1000$ تعیین شده است.

FM using PM

(A) دراین قسمت به پیاده سازی تابع Fmm بااستفاده از تابع pmm یعنی سیگنال مودلاسیون pm خواهیم پرداخت در ادامه تیوری انجام این کار گفته شده است.

$$x_c(t) = A_c \cos(w_c t + \phi(t)), \quad \phi(t) = 2\pi k_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau$$

برای پیاده سازی این قسمت تابع fmm را تعریف میکنیم دراین تابع ابتدا با دستور trapz انتگرال گیری عددی بااستفاده از for انجام میشود و درواقع بااستفاده از for سیگنال phi را که درواق ارایه ای از مقادیر بدست آمده بااستفاده از دستور trapz میباشد بدست می آوریم که همان انتگرال از نقطه شروع سیگنال پیام تا نقطه ای است که قصدمحاسبه phi آنرا داریم. باین تعاریف :

دراخر تابع بدست آمده را تحت عنوان x_new به عنوان آرگمان به تابع pmm میدهم و kp را برابر $k_f \cdot \pi \cdot 2$ به عنوان آرگمان تابع میدهم.

(B)

برای برابر بودن B ها در هر دو نوع مادلایسون Fm و Pm شرط تساوی B را مینویسیم :

$$Pm : B = Am * kp$$

$$Fm : B = \frac{Am * kf}{Fm}$$

As we know the value of B must be the same the we have :

$$Am * kp = \frac{Am * kf}{Fm} \quad \text{then} \quad Kp = Kf / Fm \quad \text{so} \quad Fm = 10, Kp = 10 \quad \text{the} \quad \underline{Kf = 10 * 10 = 100}$$

پس در فراخوانی تابع fmm مقدار kp را برابر 100 در نظر میگیریم .

منحنی زیر سیگنال پیام مودله شده با هر دو نوع fm و pm میباشد .

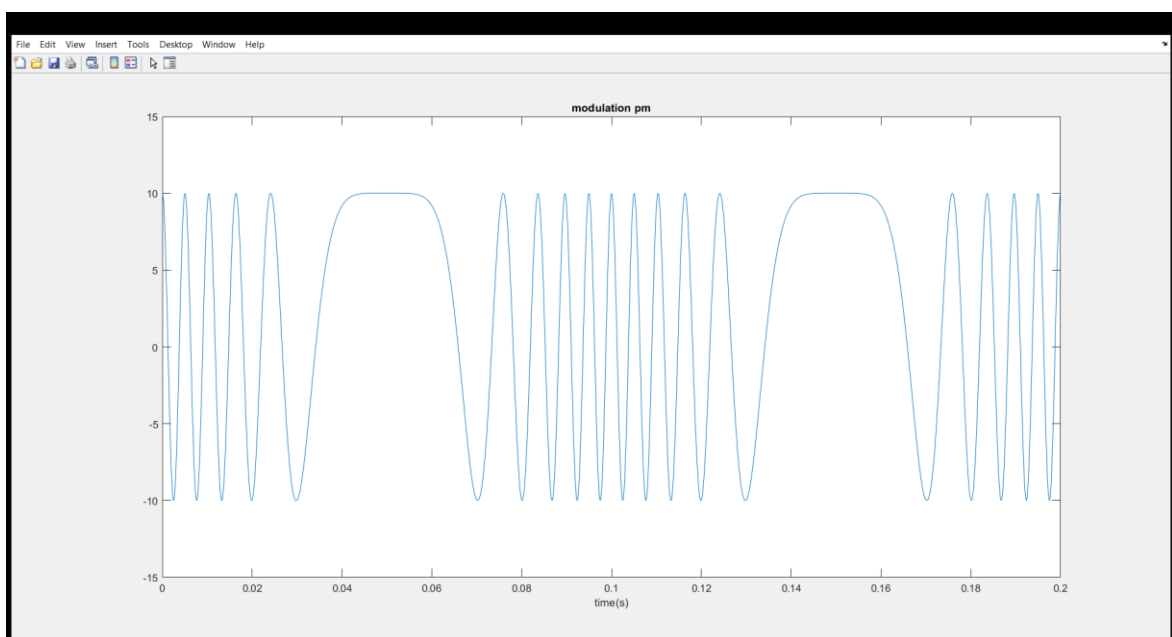


Figure 14

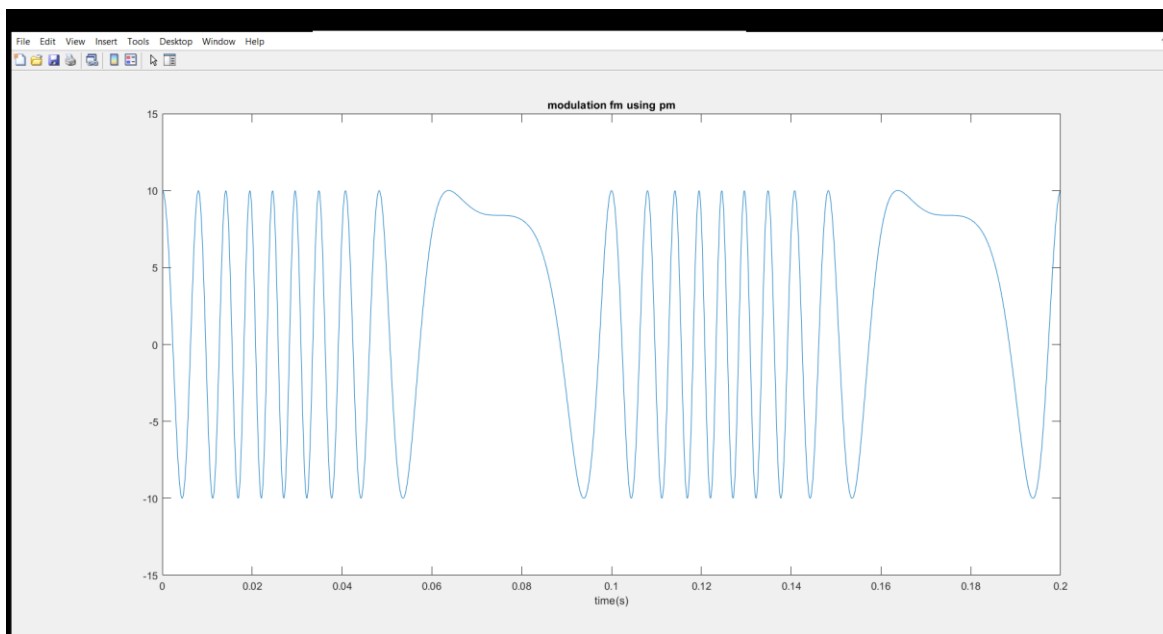
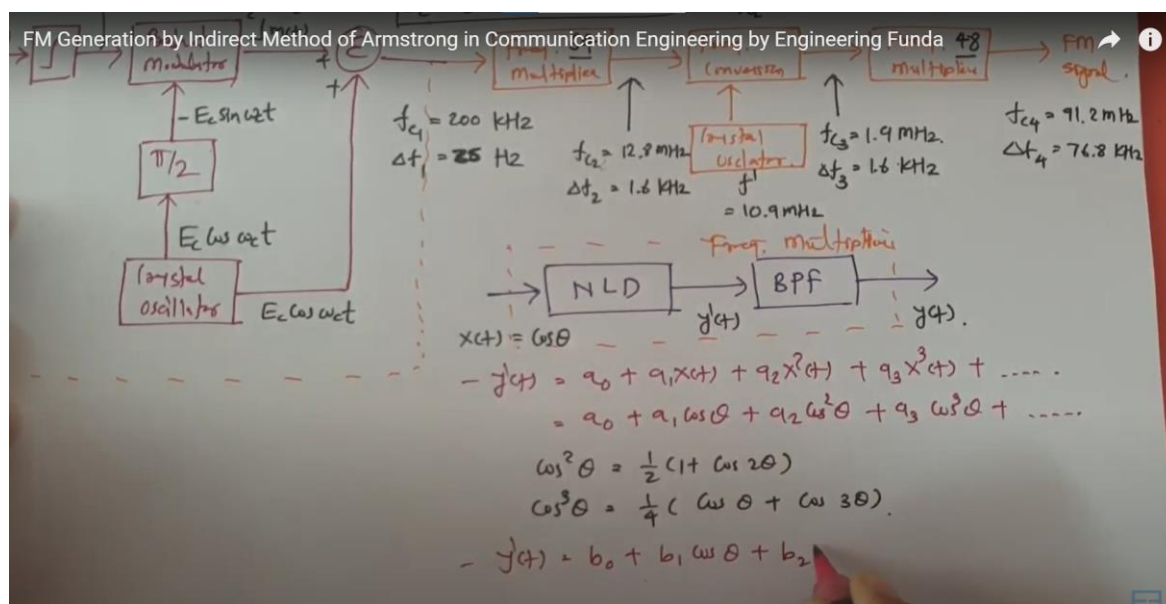


Figure 15

همانطور که انتظار داریم 2 سیگنال مودلاسیون زاویه داریم که یکی رفتار Fm نشان می‌دهد و دیگری دارای رفتار Pm است همانطور که دیده میشود هردو منحنی دارای فرکانس متغیر با سیگنال پیام هستند که همانطور که شکل این قضیه را به تصویر میکشد شاهد فرکانس های نوسان متفاوت در هر کدام هستیم.

در تحلیلات خارج از موضوع من تبدیل فوریه هردو سیگنال را بدست آوردم که به وسیله نمودار آن به سادگی شاهد فرکانس نوسانات مختلف در آن هستیم.

هردو سیگنال بدلیل داشتن دامنه am یکسان دارای دامنه مودله شده یکسان میباشند. در نهایت نیز خروجی تمامی رفتارهای تئوریک قابل انتظار از سیگنال های fm و pm را خواهد داشت.



قبل از شروع در این مورد لازم اشاره کنم که توضیحات این بخش براساس لینک فیلمی است که برای مطالعه گذاشته شد.

سیستم آرمرستراک از یک بلوک nbpm ضرب کننده فرکانسی و یک frequency_converter تشکیل شده است در ادامه به توضیح بخش های مختلف این بلوک خواهیم پرداخت.

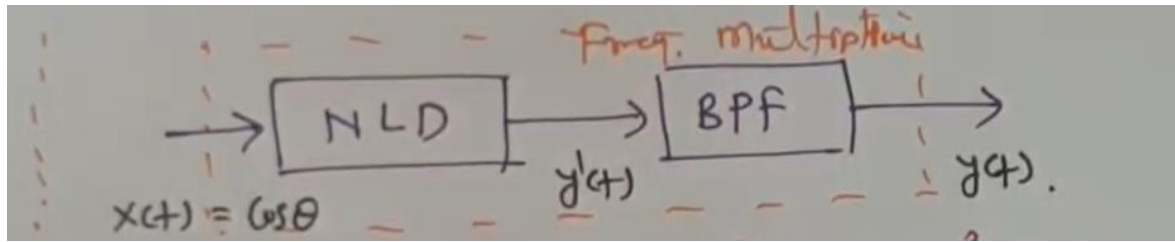
برای تولید nbpm کافی است ضابطه $A_c \cos(\omega_c t) - A_c \sin(\omega_c t) \phi(t)$ را با استفاده از بلوک های نشان داده شده در بالا بدست آوریم. برای این کار سیگنال پیام را ابتدا از انتگرال گیر عبور میدهم و سپس با استفاده از یک اوسیلاتور و شیفتر دهنده $\pi/2$ فاز آنرا به فرم سینوسی درمی آوریم و در نهایت با استفاده از یک بلوک ادر و جمع کردن سیگنال های حامل سیگنال nbpm را بدست می آوریم

حال برای رسیدن به carrier frequency و deviation frequency مورد نظر از دو ضرب کننده و یک مبدل فرکانسی استفاده می شود.

که همانطور که در درس اشاره شد از آنجا که ساخت اسیلاتورهای کریستالی که به صورت مستقیم عمل ضرب کننده ای فرکانس را انجام میدهند به هزینه بسیار زیادی دارد بنابراین استفاده از 2 ضرب کننده فرکانسی هزینه بسیار مقرون بصرفه تری دارد و در عمل از آن استفاده میشود.

برای تعیین مضارب آنها باید deviation ورودی و خروجی را در نظر بگیریم سپس قسمت اضافه ی فرکانس حامل را در مبدل فرکانسی حذف کنیم.

مبدل فرکانسی نیز شامل یک اوسیلاتور کریستالی است که در سیگنال ورودی ضرب میشود و سپس با استفاده از یک فیلتر میان گذر فرکانس پایین تر یعنی $f - f_{\text{prime}}$ را انتخاب میکنیم که برای ورود به ضرب کننده بعدی آماده میشود.



ضرب کننده فرکانس نیز همانطور که در شکل بالا نشان داده شده شامل یک بخش غیر خطی و سپس یک فیلتر میان گذراست که برای استخراج مضرب مورد نظر ωC است.

خروجی قسمت غیر خطی :

$$y = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + a_2 \cos^2(\omega t) + a_3 \cos^3(\omega t) + \dots$$

$$\cos^2(x) = \frac{1}{2} (1 + \cos(2x))$$

$$\cos^3(x) = \frac{1}{4} (\cos(x) + \cos(3x))$$

$$y = b_0 + b_1 \cos(\omega t) + b_2 \cos(2\omega t) + b_3 \cos(3\omega t) + \dots$$

همانطور که در بالا ضابطه های آن را نشان دادیم مدل ریاضی ضرب کننده فرکانسی به صورت بالا است که در نهایت خروجی بصورت مضارب عددی یک سری ترم کسینوسی میشود.

که می توان با انتخاب فیلتر مناسب هر مضربی از سیگنال ورودی را انتخاب کرد.