

۱) کد بارکر چه ویژگی های ممتازی دارد؟

یک کد بارکر دارای حداکثر توالی خود همبستگی است که دارای لبه های جانبی بزرگتر از ۱ نیست. به طور کلی پذیرفته شده است که هیچ کد فاز باینری کامل دیگری وجود ندارد. (ثابت شده است که هیچ کد دیگری با طول فرد یا کدهای زوج با طول 10^{22} $N <$ وجود ندارد.)

کد بارکر نوعی مدولاسیون کد فاز باینری است که در رادار، ارتباطات و کاربردهای طیف گسترده استفاده می شود. این یک نوع خاص از توالی با ویژگی های متعادل است، به ویژه به دلیل خواص همبستگی کم آن شناخته شده است.

ویژگی های ویژه کد بارکر عبارتند از:

همبستگی متقاطع کم: کدهای بارکر دارای سطوح جانبی بسیار پایین در تابع همبستگی خودکار هستند که آنها را برای برنامه هایی که نیاز به زمان دقیق و تداخل کم دارند مطلوب می کند.

خاصیت متعادل: کدهای بارکر دارای تعداد یک و صفر مساوی هستند که توزیع انرژی متعادل را تضمین می کند و اثرات بایاس جریان مستقیم (DC) را به حداقل می رساند.

۲) آیا برای هر طولی موجود است؟

کدهای بارکر با طول N برابر با $N = 2, 3, 5, 7, 11, 13$ در سیستم های رادار فشرده سازی پالس و طیف گسترده توالی مستقیم به دلیل ویژگی های همبستگی کم خود استفاده می شوند (سطح دامنه لوب جانبی کدهای بارکر $\frac{1}{N}$ نسبت سیگنال پیک است). یک کد بارکر شبیه یک نسخه گسسته از یک صدای جیر جیر پیوسته است، یکی دیگر از سیگنال های همبستگی کم که در دیگر رادارهای فشرده سازی پالس استفاده می شود.

۳) آیا می توان به جای کد بارکر که یک کد دو حالتی است از کدهای چند حالتی استفاده کرد؟

این را می دانیم کدهای چند حالتی می توانند بیش از دو حالت داشته باشند. در حالی که کدهای بارکر دنباله های باینری هستند، کدهای چند حالتی می توانند چندین سطح یا نماد داشته باشند. آنها می توانند نسبت به کدهای بارکر مزایایی مانند افزایش توان داده و مقاومت بهتر در برابر تداخل ارائه دهند. با این حال، آنها همچنین دارای مجموعه ای از مزایا و معایب خود هستند.

۴) چند حالتی چه مزایا و معایبی دارد؟

• مزایای کدهای چند حالتی:

۱. **توان داده بالاتر:** کدهای چند حالتی می توانند اطلاعات بیشتری را در هر نماد منتقل کنند، که به طور بالقوه منجر به افزایش نرخ داده می شود.

۲. **بهبود مقاومت در برابر تداخل:** با استفاده از حالت ها یا سطوح چندگانه، کدهای چند حالتی می توانند از طرح های مدولاسیون پیشرفته تر و تکنیک های تصحیح خطا استفاده کنند و مقاومت در برابر نویز و تداخل را افزایش دهند.

۳. **تطبیق پذیری:** کدهای چند حالتی انعطاف پذیری را در انطباق با سناریوهای ارتباطی مختلف و محیط های سیگنال را فراهم می کنند.

- **معایب کدهای چند حالتی:**

۱. **پیچیدگی:** کدهای چند حالتی به طور کلی در مقایسه با کدهای ساده تر مانند کدهای بارکر، برای طراحی، تغییر مدوله و رمزگشایی پیچیده تر هستند.

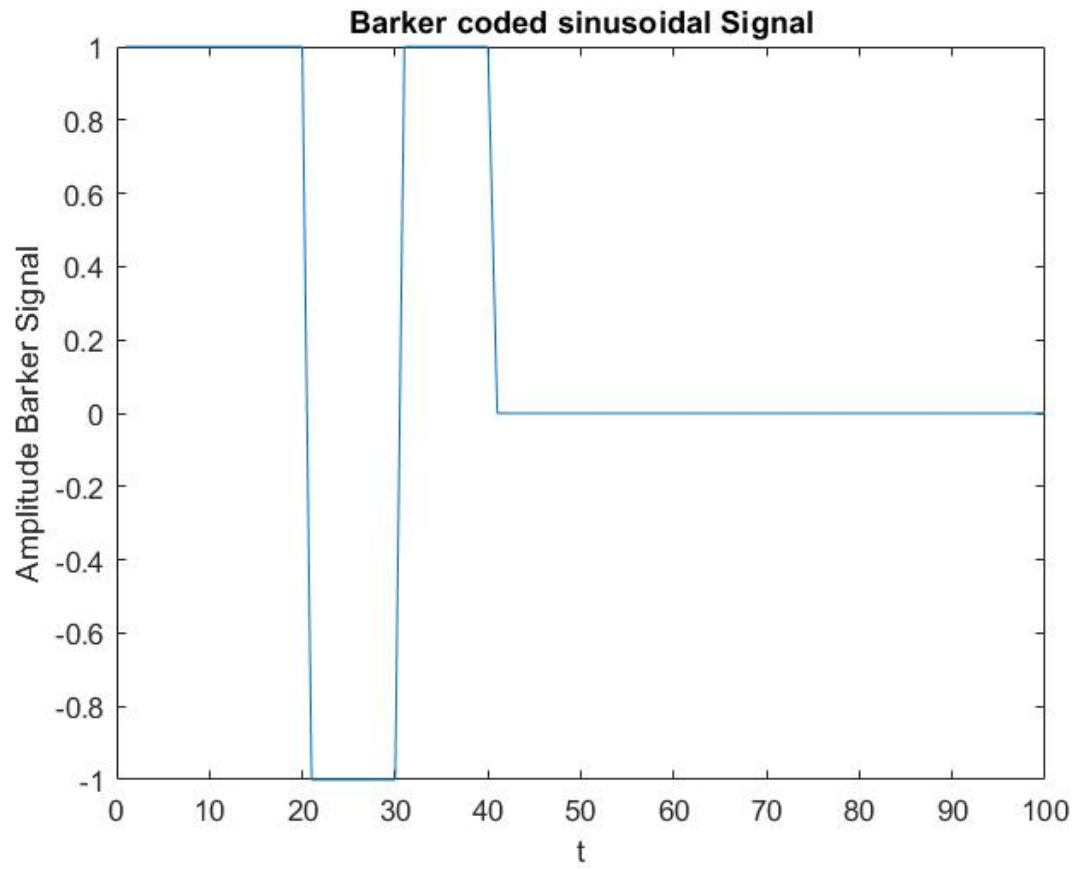
۲. **افزایش پهنای باند:** توان عملیاتی بالاتر داده اغلب به قیمت استفاده از پهنای باند گسترده تر است، که ممکن است در برخی برنامه ها محدودیت داشته باشد.

مشخصات سیگنال سینوسی کد شده بارکر:

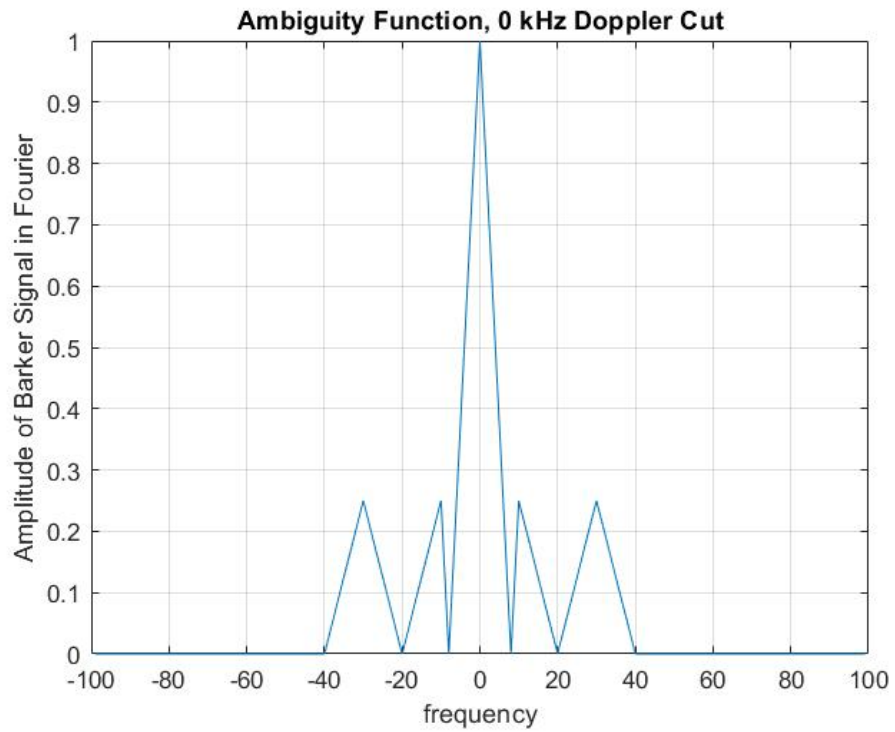
سیگنال بارکر را به وسیله تابع `phased.PhaseCodedWaveform('Code', 'Barker')` تولید میکنیم:

```
myWav =  
  
phased.PhaseCodedWaveform with properties:  
  
    SampleRate: 1000000  
        Code: 'Barker'  
    ChipWidth: 1.0000e-05  
    NumChips: 4  
        PRF: 10000  
PRFSelectionInputPort: false  
    OutputFormat: 'Pulses'  
    NumPulses: 1  
PRFOutputPort: false
```

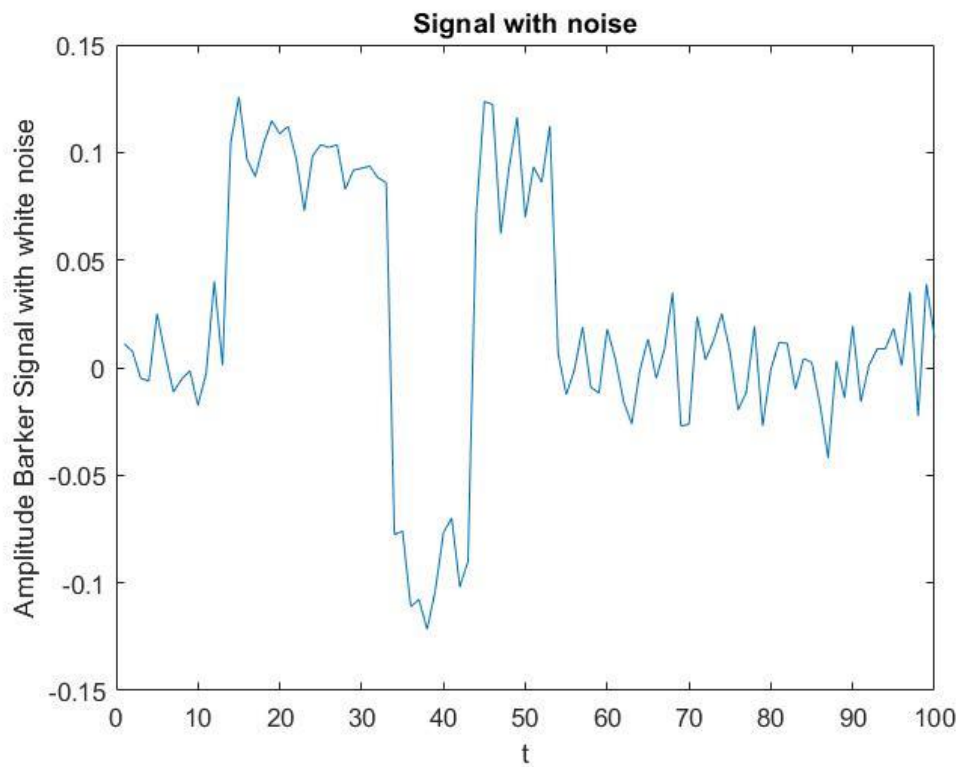
شکل سیگنال فرستنده در حوزه زمان



شکل سیگنال بارکر در حوزه فرکانس:



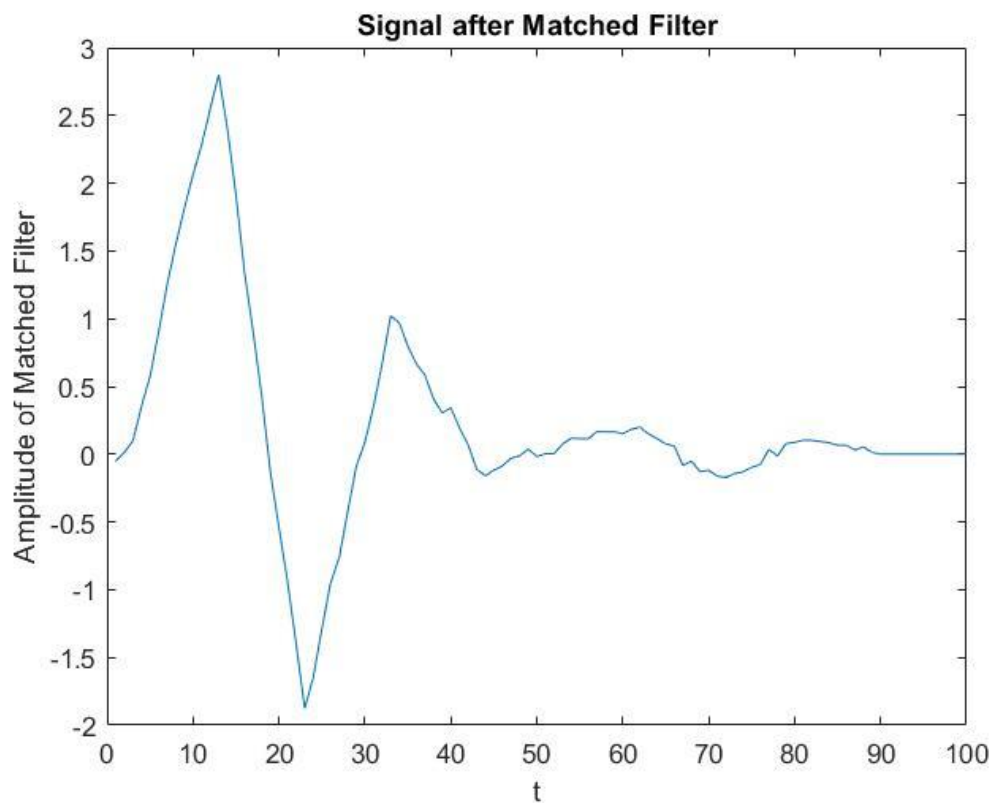
شکل سیگنال بعد از برخورد به مانع در فاصله ۱۰ هزار کیلومتری و آغشته به نویز سفید (سیگنال رسیده به گیرنده):



توان نویز سفید

```
noise pwer is:  
4.0000e-04
```

سیگنال بعد از عبور از فیلتر منطبق:



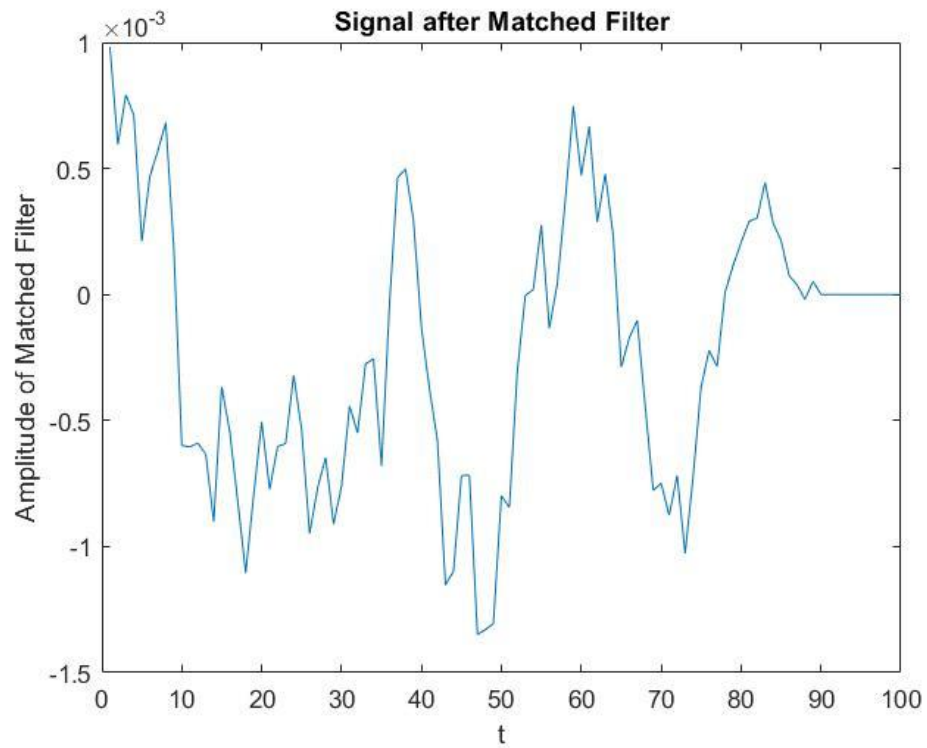
و SNR پایانی در حالت برخورد به مانع و برگشت:

```
output SNR is:  
31.9164
```

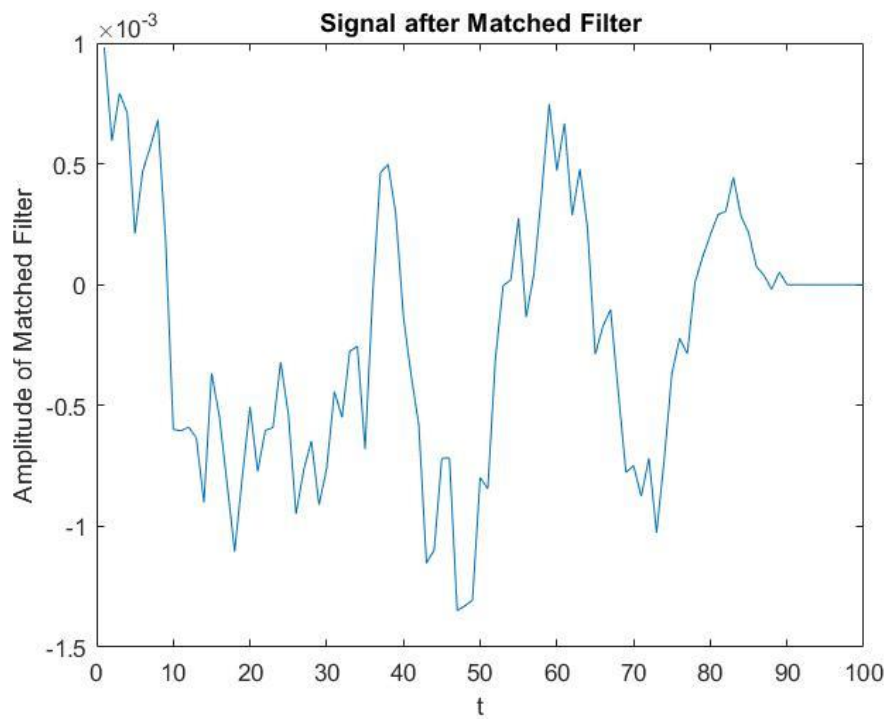
میبینیم SNR ای که همون اول کار برابر ۱۰ بود(در واقع نویز را جوری تولید کردیم که SNR ورودی برابر ۱۰ باشد) بعد از گذر از فیلتر منطبق ۱۰۰ برابر شد.

در حالت بدون مانع ما فقط نویزی (نویز سفید با توان حالت قبلی) که داریم را از فیلتر باید رد کنیم:

سیگنال دریافتی توسط گیرنده:



سیگنال بعد از عبور از فیلتر منطبق:



و در آخر SNR در گیرنده بعد از فیلتر منطبق:

```
output SNR is:  
-30.4402
```

و مشاهده می‌شود که در این حالت SNR به شدت کوچک هست و مساوی این هست که سیگنال به جایی برخورد نداشته است.

در صورتی که از موج سینوسی خالص استفاده کنیم، آیا امکان اظهار نظر درباره مکان جسم ممکن است؟ اگر هدف متحرک نباشد چه اتفاقی رخ میدهد؟

به طور کلی خیر

صرفاً در یک حالت است که میتوانیم مکان جسم را تشخیص دهیم، آن هم در لحظه شروع به کار رادار است. چون بعد از روشن شدن فرستنده، گیرنده بلافاصله چیزی دریافت نمیکند و اندکی تأخیر وجود دارد. این تأخیر به فاصله هدف تا رادار بستگی دارد.

اما بعد از شروع به کار رادار با موج سینوسی خالص، دیگر امکان تشخیص فاصله هدف وجود ندارد، چون مستقل از فاصله رادار تا هدف، گیرنده همواره یک سینوسی مشابه موج ارسالی دریافت میکند (به شرط سکون هدف) و اگر هدف در حال حرکت باشد، صرفاً فرکانس سیگنال دریافتی تغییر کرده است و راجع به فاصله هدف نظری نمیتوان داد.

آیا LFM ورژن غیر خطی هم دارد؟ چه مزایا و معایبی نسبت به همدیگر دارند؟

به طور کلی LFM یکی از روش‌های مارک دار کردن سیگنال رادار با مدلاسیون فرکانسی است. انواع مختلفی از روش‌های مدلاسیون فرکانسی با هدف مارک دار کردن زمانی وجود دارد. به طور کلی، به مدلاسیون فرکانسی برای رادار موج پیوسته، FMCW میگویند. در ادامه، انواع ورژن‌های مختلف اینکار شرح داده شده اند:

مدلاسیون دندان اره ای (sawtooth):

در این روش، برای تشخیص فاصله با هدف، فرکانس ارسالی با فرکانس دریافتی مقایسه میشود (در واقع به جز در ناپیوستگی‌های دندان اره ای، همیشه فرکانس دریافتی کمتر است). سپس با توجه به نرخ تغییر فرکانس، محاسبه میگردد که چه زمانی لازم است تا این تغییر فرکانس ایجاد شود. بر همین اساس و با توجه به اینکه موج با سرعت نور حرکت میکند، فاصله تا هدف بدست می‌آید.

مشکل این روش: در صورتی که جسم در حرکت باشد، یک اختلاف فرکانسی هم به خاطر اثر داپلر داریم، در گیرنده، اختلاف فرکانس ناشی از فاصله با هدف و اختلاف فرکانس ناشی از اثر داپلر قابل تفکیک نیستند و نمی‌توان درباره سرعت و مکان نظر قطعی داد.

این روش در کاربرد ها با رنج بالا و اثر داپلر کم استفاده میشود (مثل دریانوردی)

مدلاسیون مثلثی (Triangular): در این روش، دو حالت وجود دارد، در حالت اول که فرکانس در حال افزایش است، فرکانس دریافتی کمتر از ارسالی است و در حالت دوم که فرکانس در حال کاهش است، فرکانس دریافتی بیشتر از کاهش است. که با توجه به اینکه شیب تغییرات فرکانس در هر دو حالت یکسان است، قدر مطلق این اختلاف به ازای فاصله مشخصی تا هدف ثابت است.

بررسی این روش در حالتی که هدف در حرکت باشد: حالتی را در نظر بگیرید که جسم به سمت رادار حرکت داشته باشد. به دلیل اثر داپلر، فرکانس دریافتی نسبت به حالت سکون بیشتر است. پس اگر اندازه‌گیری در لبه بالا رونده فرکانس باشد، اختلاف فرکانس گیرنده و فرستنده به اندازه فرکانس داپلر، کمتر میشود و در حالت لبه پایین رونده، اختلاف فرکانس به اندازه اثر داپلر بیشتر میشود.

در صورتی که هر دو حالت را اندازه گیری کنیم و قدرمطلق دو اختلاف فرکانس به دست آمده را میانگین گیری کنیم، اثر داپلر حذف میشود و مکان دقیق هدف بدست می آید. در صورتی هم که تفاضل قدر مطلق دو اختلاف فرکانس را بدست آوریم و تقسیم بر دو کنیم، فرکانس داپلر بدست می آید.

$$f(R) = \frac{\Delta(f_1) + \Delta(f_2)}{2}$$

$$f(D) = \frac{|\Delta(f_1) - \Delta(f_2)|}{2}$$

- $f(R)$ = frequency as a measure of distance determination
- f_D = Doppler frequency as a measure of the speed measurement
- Δf_1 = frequency difference at the rising edge
- Δf_2 = frequency difference at the falling edge



مدلاسیون مربعی (Square-wave): این روش برای سنجش دقیق فاصله هدف های نزدیک کاربرد دارد. نقطه ضعف این روش این است در صورتی که هدف های متعددی باشد، سیگنال اکو شده از هر یک با هم جمع میشود و قابل تفکیک نخواهند بود.



مدلاسیون پلکانی (Stepped): در این روش، رنجی که بدون ابهام میتوانیم فاصله سنجی کنیم بیشتر است.



مدلاسیون سینوسی (Sinusoidal): پیاده سازی این روش راحت تر است، میتوانیم صفحه های یک خازن را به یک موتور وصل کنیم تا آن را دچار حرکت هارمونیک کنند. بنابر این، ظرفیت خازن و در نتیجه فرکانس اسیلاتور به صورت سینوسی تغییر میکند. برای فاصله سنجی در این روش، ناحیه ای سینوس برسی میشود که رفتار تقریباً خط دارد (نزدیک صفر)



توضیح کد:

در ابتدا، مقادیر فرکانس شروع و پایان سوییپ فرکانسی، مدت زمان سوییپ، فرکانس واحد های زمانی و فاصله تا هدف فرضی، تعیین شده اند.

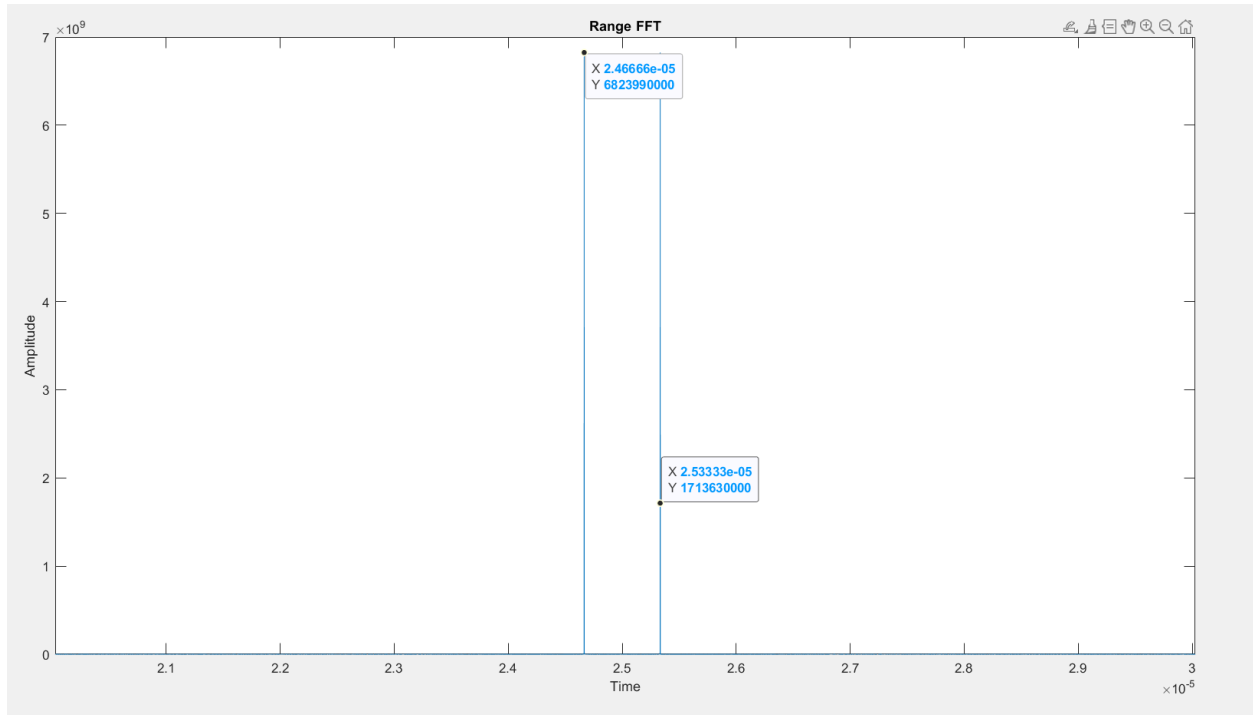
سپس سیگنال ارسالی به عنوان Tx تولید شده است. برای تولید سیگنال دریافتی، ابتدا سیگنال تولید شده را شیفت زمانی میدهیم که نشاند دهنده تاخیر ارسال و بازگشت سیگنال از هدف است، و سپس به آن نویز گوسی جمع شونده سفید اضافه میشود.

در گیرنده ابتدا سیگنال دریافتی را از یک Matched filter عبور میدهیم.

سپس در یک میکسر با سیگنال ورودی ضرب میکنیم و از حاصل فوریه میگیریم. چون دو سیگنال در حوزه زمان با هم ضرب میشوند، حاصل آنها یک مولفه خواهد داشت که تفاضل فرکانس دو سیگنال است. با استفاده از این تفاضل فرکانس، تخمین فاصله را انجام میدهیم.

در نهایت کد در کنسول متلب، فاصله ای را که تخمین زده چاپ میکند:

```
>> LFM
Estimated Range: -99.994 meters
^^
```

فاصله زمانی این دو پیک، مدت زمان دپلی بین ارسال و دریافت سیگنال است.