A blue and silver logo

Description automatically generated

Sistem za merenje rastojanja do prepreke korišćenjem mmWave Texas Instruments radar senzora

|  |  |
| --- | --- |
| Autor:  Luka Marković 97-2018 | Mentor:  Dr. Aleksandar Peulić |

5. Septembar 2023.

Sadržaj

[Uvod 3](#_Toc144781474)

[Komponente koje su korišćene pri izvođenju projekta: 3](#_Toc144781475)

[Dijagram kola: 3](#_Toc144781476)

[Kratak opis projekta: 4](#_Toc144781477)

[mmWave TI radarski senzori: 4](#_Toc144781478)

[Principi funkcionisanja mmWave TI radarskih senzora: 4](#_Toc144781479)

[Pretpostavke koje su korišćene pri simulaciji: 5](#_Toc144781480)

[Softver u kom je simulacija izrađena: 5](#_Toc144781481)

[Detaljan opis simulacije: 6](#_Toc144781482)

[Literatura: 9](#_Toc144781483)

# Uvod

Osnovni zadatak ovog projekta je simuliranje korišćenja mmWave Texas Instruments radarskog senzora radi dobijanja informacije o distanci do prepreke. Sama informacija udaljenosti može se koristiti u različitim primenama i okruženjima, u vozilima, u industriji i u drugim primenama. mmWave senzori su posebno pogodni u situacijama gde je potreban mali utrošak energije, gde su dimenzije ugradnje ograničene i gde je potrebna velika preciznost merenja.

# Komponente koje su korišćene pri izvođenju projekta:

1. STM32F103C6 mikrokontroler
2. Potenciometar 1kΩ
3. LM016L LCD displej
4. LED sijalica
5. Otpornik 150Ω

# Dijagram kola:

A computer diagram of a circuit board

Description automatically generated

# Kratak opis projekta:

Sistem meri distancu do objekta korišćenjem mmWave TI radar senzora, a pošto nije moguće koristiti pravi radarski senzor u Proteus programu za simulaciju, koristimo potenciometar da dobijemo distancu (o pravom načinu fukncionisanja radarskog senzora će biti reči u daljem tekstu). Izmerena distanca se ispisuje na LCD, a ako je ona manja od 5 metara na LCD-u se ispisuje upozorenje a LED lampica počinje da trepti.

# mmWave TI radarski senzori:

Ovi senzori rade u milimetarskom talasnom opsegu, što im omogućava veliku preciznost i rezoluciju (mogućnost razaznavanja bliskih objekata) i mogućnost osmatranja manjih objekata na srednjim distancama. Pogodnosti koje pružaju su mogućnost funkcionisanja pri različitim vremenskim uslovima, mala potrošnja energije, male dimenzije.

# Principi funkcionisanja mmWave TI radarskih senzora:

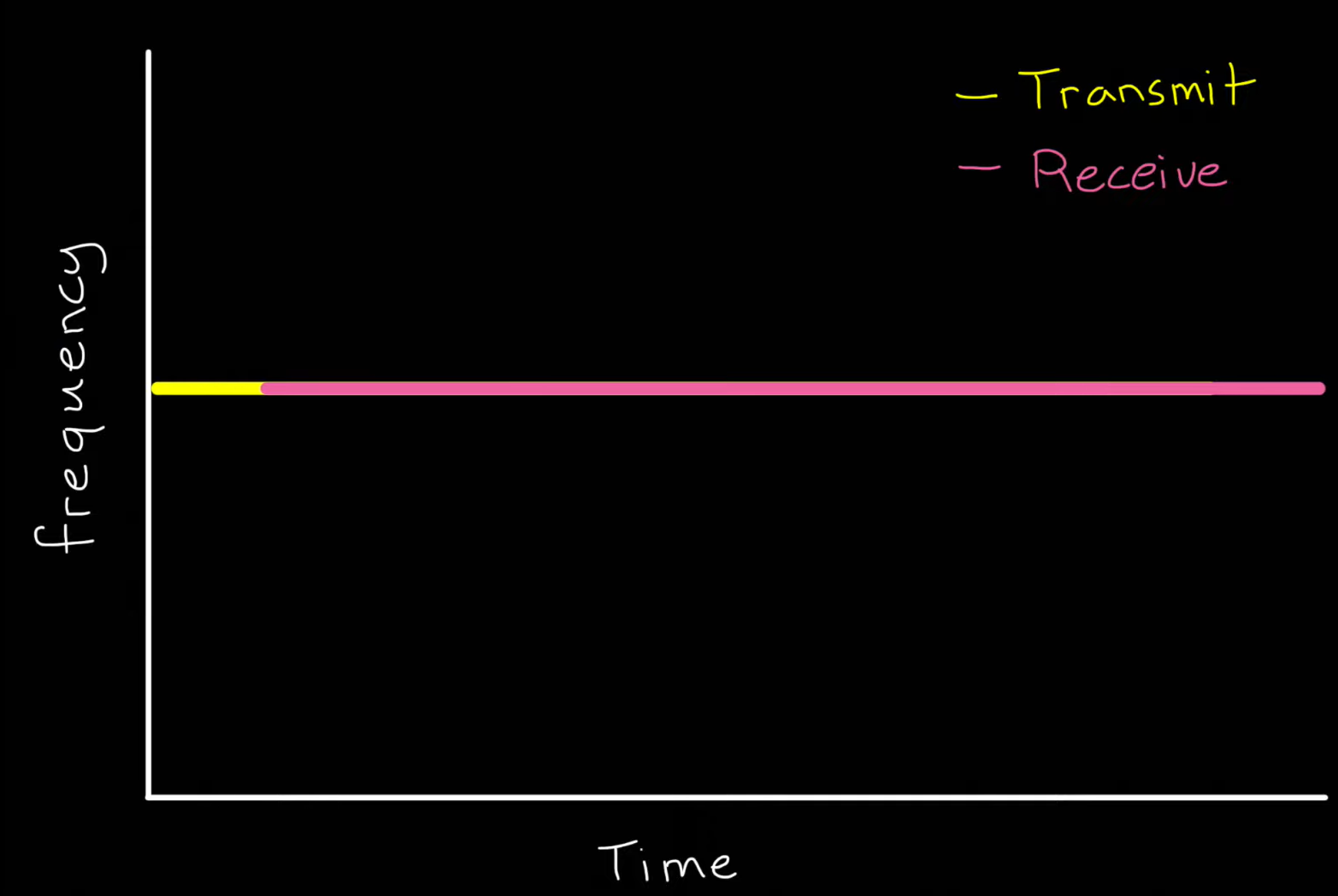
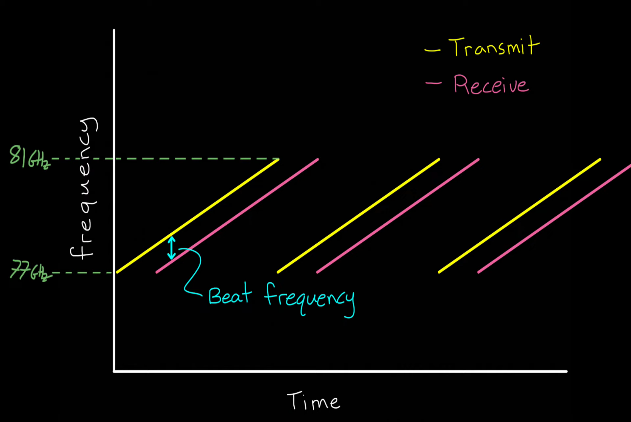
Ovi senzori su FMCW (Frequency Modulated Continous Wave) senzori, što znači da koriste konstantno emitovanje radio talasa uz konstantne promene frekvencije naspram pulsnih radara koji šalju pulseve radio talasa kojima mere distance do objekta.

Pošto koriste FMCW ovi radari konstantno odašilju „chirp“ signal, sinusoid čija se frekvencija linearno menja sa vremenom, ali bi se mogli zapitati kako zapravo možemo da dobijemo distancu do objekta ako nemamo nikakav prekid u slanju talasa nakon kog bi mogli da merimo koliko je talasu bilo potrebno da ode do objekta i da se odbije nazad do senzora, kao što rade pulsni radari.

Da bi rešili taj problem potrebno je da uvedemo pojam „beat“ frekvencije, tj. razilke u frekvencijama početno poslatog signala i signala koji se odbio od objekta. Da bi dobili tu razliku potrebno je „pomešati“ ova dva signala. Ova „beat“ frekvencija direktno zavisi od distance do objekta i njegove brzine. U slučaju da se objekat pomera ka radaru, zbog Doplerovog efekta odbijeni signali će imati manje ili veće frekvencije u zavisnosi od toga da li se približavaju ili udaljavaju od senzora i u tom slučaju možemo merenjem „beat“ frekvencije dobiti kojom se brzinom objekat kreće, ali to nam ne rešava direktno problem distance do objekta.

Zamislimo da se objekat ne pomera, i zavisnost frekvencije i vremena koje je bilo potrebno da se signal vrati. U slučaju statičnog objekta frekvencija ostaje ista kroz promenu vremena i ne postoji način da se napravi „beat“ frekvencija tj. razilka u frekvencijama. Ali šta ako mi sami menjamo frekvenciju talasa (Frequency Modulated)? U tom slučaju kako vreme prolazi imamćemo promenu frekvencije u bilo kom slučaju i kada se talas odbije od objekta nakon nekog vremena možemo da dobijemo razliku između ta dva talasa na osnovu koje dobijamo distancu do objekta.

**Signali pre i posle modulacije**



Dalji problem u ovome je razaznati da li razlika u talasima nastaje zbog modulacije talasa(vremenskog kašnjenja) ili zbog Doplerovog efekta, jer objekat i dalje može da se kreće i da bude na nekoj distanci, tj. jedan deo izmene signala može biti vezan za Doplerov efekat a drugi deo za daljinu objekta od senzora.

Jedan način da se taj problem reši jeste da u prvoj fazi slanja signala linearno povećavamo frekvenciju signala, a u drugoj je linearno smanjujemo i tako dobijamo trouglasti oblik na grafiku frekvencije i vremena i samim tim imamo dve „beat“ frekvencije.

Na primer u slučaju da je promena signala vezana samo za Doplerov efekat

A diagram of a diagram

Description automatically generated with medium confidence

Tada imamo dve promene u kašnjenju signala koje se medjusobno poništavaju i vidimo da promenu u signalu proizvodi samo Doplerov efekat.

A u suprotnom slučaju, tj. ako je objekat nepomičan u odnosu na radar:

A diagram of a diagram

Description automatically generated with medium confidence

Takođe imamo dve različite „beat“ frekvencije koje se poništavaju i možemo da zaključimo da je razlika u signalima zavisna samo od distance objekta.

U slučaju da se objekat pomera na nekoj distanci od radara pomoću ove dve „beat“ frekvencije možemo iskoristiti da razdovjimo Dopler od distance objekta tj. da dobijemo i brzinu objekta i koliko je on daleko od senzora.

A graph on a blackboard

Description automatically generated

U pravom smislu funkcionisanja mmWave TI radaraskih senzora, imamo više koraka:

1. Proizvodi se sinusoid koji ima linearnu modulaciju.
2. Taj signal se odašilje sa TX antene senzora
3. Signal se odbija od objekta i izmenjen vraća na RX antenu senzora
4. U „mikseru“ senzora se početni i odbijeni signal „mešaju“ i dobija se IF (intermediate frequency) signal
5. IF signal se propušta kroz low pass filter
6. Kako bi se signal digitalizovao odvodi se na ADC
7. Takav digitalizovan signal se obradjuje korišćenjem FFT (Fast Fourier Transform) algoritma
8. Kada se signal obradi iz vremenskog domena u domen frekvencije možemo dobiti podatke o distancama i brzinama objekata koje radar detektuje

A diagram of a computer

Description automatically generated

# Pretpostavke koje su korišćene pri simulaciji:

1. Objekat do kog merimo distancu radarom se pomera u samo jednoj dimenziji, tj. ka ili od radara.
2. Ne postoje drugi objekti izmedju radara i objekta merenja.
3. Maksimalna distanca na kojoj će se objekat naći je 60 metara.
4. Objekat je uvek dovoljno velike veličine (RCS – Radar Cross Section je dovoljno veliki) i načinjen od materijala koji reflektuje radarske talase.
5. Pri povratku signala nema nikakvih interferencija.

# Softver u kom je simulacija izrađena:

* STM32CubeIDE 1.10.1
* Proteus 8 Proffesional

# Detaljan opis simulacije:

Prva i najosnovnija stvar koju je potrebno dobiti za funkcionisanje sistema je distanca do objekta, pretpostavljamo da imamo mmWave TI radarski senzor povezan sa STM32 mikrokontrolerom, ali pošto u programu za simulaciju to nije izvodljivo taj ulaz ćemo simulirati sa jednim potenciometrom.

Da bi iskoristili ceo opseg ADC-a, napajanje potenciometra će imati napon od 5 volti. U šemi u Proteusu to izgleda ovako:

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Ovaj potenciometar je povezan na GPIOB pin 0, a u STM32 IDE postavljamo ovaj pin da bude ADC i preuzimamo vrednost na ovaj način:

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

Korišćenjem pomoćnih funkcija **adcToDistance** i **floatToString** uzimamo meru sa ADC i pretvaramo je u string kako bi mogli da je štampamo na LCD-u.

Nakon što smo dobili ulaz, možemo dalje razvijati logiku simulacije. Zamisao je bila da se distanca ispisuje na LCD i da se korisnik upozori ako je ta distanca manja od 5 metara.

Funkcionalnost štampanja na LCD je omogućena na isti način kao na mini projektu 5, LCD je povezan na 8-bitni način, tj. korišćenjem 8 žica, karakter po karakter se štampa ispisivanjem na Output Data Register(ODR) GPIOA. Jedina izmena su RS i E pinovi i povezivanje u Proteusu je izmenjeno korišćenjem labela za žice, tj. dve žice koje imaju isti label se smatraju jednom istom tako da je moguć uredniji dizajn šeme.

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

Koristimo pomoćnu promenljivu **writeAgain** kako bi kontrolisali ispis na LCD, ova promenljiva zavisi od prethodno očitanog stanja ADC-a, ako se očitavanje na ADC izmeni ispisuje se nova vrednost distance. Pri tome ako je ova vrednost manja od 5, u prvu liniju LCD-a se ispisuje poruka „COLLISION\_WARN“, u drugu liniju se spuštamo slanjem 0xC0 komande LCD-u i štampamo distancu, pored toga postavljamo globalnu promenljivu **flashWarning** koja kontroliše blinkanje LED sijalice upozorenja.

Za blinkanje sijalice koristimo pomoćnu funkciju **warningFlash** kojoj prosledjujemo da li koristi GPIOA ili GPIOB port i pin na kome se nalazi LED sijalica.

A screen shot of a computer code

Description automatically generated

Komponente za obaveštavanje korisnika su povezane na ovaj način:

A diagram of a warning

Description automatically generated

Na kraju svega pozivamo pomoćnu funkciju za blinkanje LED sijalice, i ako se vrednost ADC izmeni u odnosu na onu prethodnu postavljamo pomoćnu **writeAgain** promenljivu na TRUE

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Sve ovo funkcioniše u beskonačnoj petlji što treba da predstavi konstanta merenja radara i vraćanje distance nekom sistemu (npr. collision warning sistem u automobilu ili nekakav parking senzor).

# Literatura:

<https://www.ti.com/content/dam/videos/external-videos/2/3816841626001/5415528961001.mp4/subassets/mmwaveSensing-FMCW-offlineviewing_0.pdf> - flowchart fukcionisanja radarskog senzora

<https://www.youtube.com/watch?v=-N7A5CIi0sg> – funkcionisanje FMCW radara i grafici