

FMCW Arduino radar

Kristjan Komloši, Tomaž Terčič

26. januar 2026

1 Zgradba radarja

Radar, ki smo ga izdelali, je zgrajen kot razširitvena ploščica za Arduino Due. Radar deluje na frekvenčnem področju 2.4 GHz, kar spada pod IEEE S-band.

Razvojni komplet *Arduino Due* z mikrokrmilnikom *Atmel SAM3X8E* z izhodom *DAC0* krmili napetostno krmiljeni lokalni oscilator *MAX2750AUA*, ki omogoča prelet frekvenc $f_{vco} = 2370$ MHz do 2470 MHz. Izhod se nato preko ojačevalnika srednje moči *GVA-63+* ojači in pelje kot signal lokalnega oscilatorja (LO) na delilnik moči. Oddajno pot sestavlja še 7 dB slabilnik in močnostni ojačevalnik *GVA-62+*, katerega izhod je preko SMA konektorja vezan na oddajno anteno.

Povratni signal iz sprejemne antene ojači nizkošumni ojačevalnik *PMA3-362GLN+*. Ojačeni signal se v mešalniku *HMC213BMS8E* skupaj z signalom LO pretvori v osnovni pas.

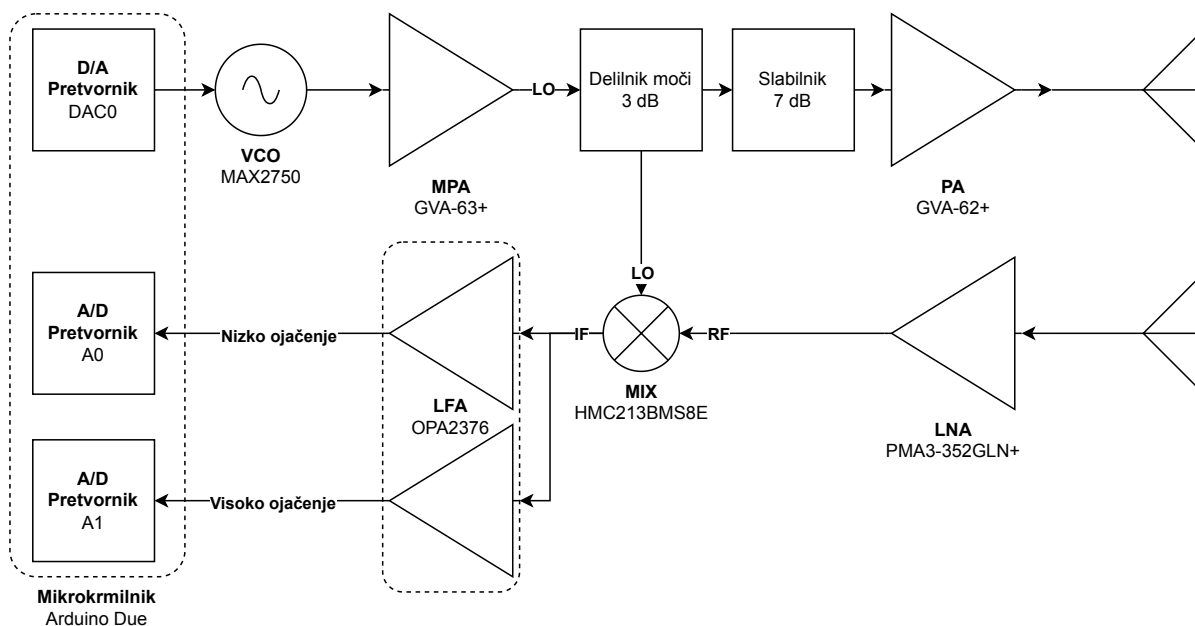
Signal osnovnega pasu dodatno ojačamo z *OPA2376AIDGKR* in pošljemo na vhode *A0* (nizko ojačenje) in *A1* (visoko ojačenje) analognog-digitalnega pretvornika Arduina.

1.1 Antena

Za oddajo in sprejem radarskega signala sta uporabljeni t. i. "coffee can"anteni izdelani iz pločevinke za kavo in sevalnega elementa. Anteni v najinem radarju imata slabljenji -15 in -18 dB. Anteni sta s pomočjo stojal pritrjeni na trdno podlago, kot je miza ali trdo vezana knjiga.

2 Opis delovanja

FMCW (angl. Frequency Modulation Continuous Wave, frekvenčno modulirani neprekinjeni) radar deluje na principu frekvenčne modulacije oddajnega signala in je primeren za merjenje razdalje. Oddajnemu signalu iz



Slika 1: Blokovna shema FMCW radarja

VCO preko analognega izhoda DAC0 neprekinjeno spreminjamo frekvenco z vnaprej določeno hitrostjo preleta $\frac{df}{dt} = 2 \cdot 100 \text{ MHz s}^{-1}$. Radar v trenutku t_1 odda signal s frekvenco f_1 , ki potuje in se odbije od tarče na razdalji d . Odbiti signal potuje z isto frekvenco (če zanemarimo Dopplerjev pojav) nazaj proti radarju, ki ga zazna v trenutku t_2 , ko oddaja frekvenco $f_2 = f_1 + \frac{df}{dt}(t_2 - t_1)$. Odbiti signal f_1 se zmnoži s signalom lokalnega oscilatorja f_2 v mešalniku, zato nastane mešalni produkt $\Delta f = f_1 - f_2$, ki je sorazmeren z razdaljo do tarče po formuli:

$$d = \frac{c_0}{2} \left(\frac{df}{dt} \right)^{-1} \cdot \Delta f$$

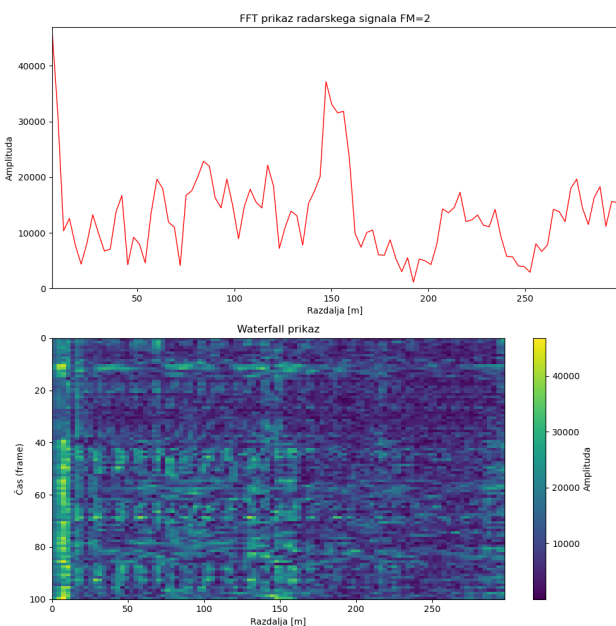
Mešalne produkte zaznavamo s hitro Fourierjevo transformacijo (FFT) nad zajetimi vzorci na analognih vhodih A0 ali A1. Frekvenca vzorčenja je $f_s = 2048 \text{ Hz}$, FFT pa vršimo dvakrat na sekundo (1024 vzorcev). Izračunani spekter signala po serijskem portu pošiljamo na osebni računalnik, kjer spekter prikazujemo.

3 Meritve

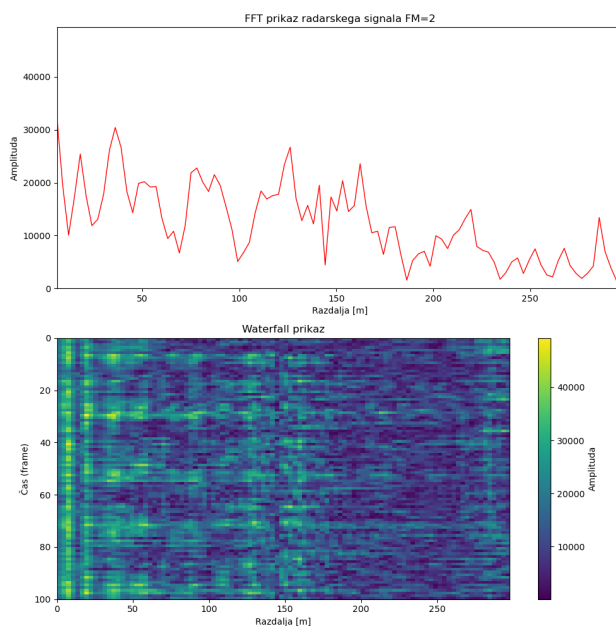
Meritve so zaradi slabega vremena potekale s pokritega balkona. Radar sem usmerjal v ovire na znani razdalji in iskal pripadajoče spektralne komponente na "waterfall" prikazu na prenosnem računalniku.

4 Izvorna koda

Izvorna koda FMCW radarja je na voljo na spletnem repozitoriju <https://git.piskot.si/kristjank/fmcw-kt>



Slika 2: Meritev objekta na 20m razdalje



Slika 3: Meritev objekta na 150m razdalje