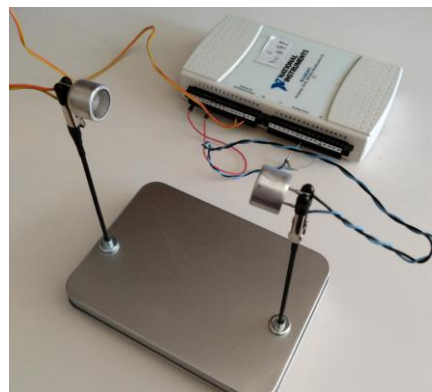


Merjenje razdalje z ultrazvokom – »chirp« - korelacija

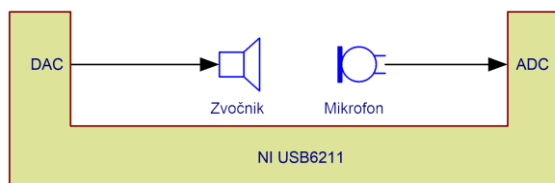
Razdaljo lahko merimo na veliko različnih načinov, a pri tej vaji bomo uporabili ultrazvok in dejstvo, da se zvok razširja po prostoru s hitrostjo približno 330 ms^{-1} . Pri prejšnjem eksperimentu je zvočnik oddal kratek pisk, ta potuje od zvočnika do mikrofona ter prispe do njega z zamudo, ki je sorazmerna razdalji med zvočnikom in mikrofonom. Na sliki 1 je postavitve poskusa. Pomeriti bo torej treba čas potovanja piska, v času je skrita informacija o razdalji.



Slika 1: Postavitve eksperimenta z zvočnikom in mikrofonom

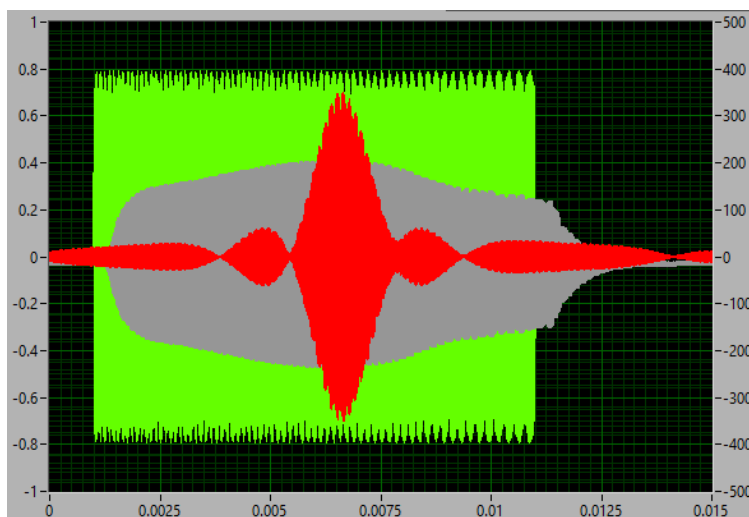
Ultrazvočni oddajnik in sprejemnik sta prirejena za frekvenco med 40 in 41 kHz. Pri prejšnjem eksperimentu je zaradi vnihanja in iznihanja zvočnika z mikrofonom ovojnica zaznanega piska popačena in s pomočjo matematike je bilo treba najti na eksponentno usihajočem robu detektiranega piska primeren odčitek ter iz njega izračunati čas potovanja. Poskusimo tokrat drugače.

Tudi tokrat bomo pisk za poganjanje zvočnika generirali z osebnim računalnikom in ga posredovali zvočniku preko NI vmesnika. Upornost zvočnika je velika, zato ga lahko poganjamo z vmesnikom brez dodatnega ojačevalnika. Mikrofon daje signal, ki je pri majhni razdalji relativno velik (do nekaj 100 mV) in ga lahko vzorčimo z istim vmesnikom, dodaten ojačevalnik ni potreben. Bločna shema postavitve poskusa je spet na sliki 2.



Slika 2: Shema povezav med bloki za ta eksperiment

V vsaki ponovitvi meritve razdalje bomo generirali kratek pisk in prisluhnili odzivu mikrofona. Pisk naj se začne s frekvenco blizu spodnje meje delovanja zvočnika (pri 40 kHz), nato naj frekvenca enakomerno narašča do zgornje meje delovanja zvočnika (pri 41 kHz). Takšen pisk s tujko imenujemo »chirp«. Pisku sledi nekaj tišine, ki jo izrabimo za preračunavanje. Kasnitev sprejetega piska napram oddanemu določimo z računanjem korelacije med oddanim in prejetim signalom. Korelacijska funkcija dveh



Slika 3: Signali: oddani (zeleno) in detektirani (sivo) pisk ter korelacijska funkcija (rdeče); horizontalna skala v sekundah, vertikalna v voltih; razdalja 80 mm

harmonskih signalov je spet harmonske oblike, a ima njena ovojnica maksimum pri argumentu, ki je enak kasnitvi med obema signaloma. Ta maksimum je izrazit prav zaradi narave »chirp« piska.

Za merjenje kasnitve s pomočjo »chirp« piska in korelacije je potrebno:

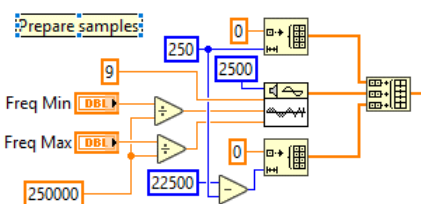
- Pripraviti paket vzorcev, ki vsebuje »chirp« pisk.
- Za vsako ponovitev meritve sproti računati korelacijsko funkcijo med oddanim in sprejetim piskom.
- Določiti ovojnico korelacijske funkcije in poiskati časovno značko njenega ekstrema.
- Preračunati časovno značko v razdaljo med zvočnikom in mikrofonom.

Izvedba

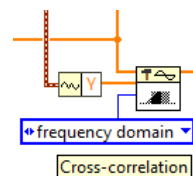
Z vmesnikom NI USB6211 bomo generirali signal za pogon zvočnika in zajemali signal z mikrofona. Signala imata frekvenco približno 40 kHz, zato je po Nyquistu najmanjša dopustna frekvenca vzorčenja nad 80 kHz. Žal pri taki frekvenci vzorčenja signal za pogon zvočnika ni niti najmanj sinusne oblike; izberimo raje precej večjo frekvenco vzorčenja. Vmesnik zmore do 250 kHz po merilnem kanalu. Zajemamo le en signal (z mikrofona), zato izberimo kar to.

Ker meritev ponavljamo, je treba v vsaki ponovitvi generirati enak signal za zvočnik, slika 2, zelena sled. Zdi se smiselno, da paket vzorcev za tak signal izračunamo enkrat ob zagonu programa in ga pošljemo v vmesnik, nato pa od vmesnika zahtevamo le ponavljanje tega paketa; ni potrebe po spreminjanju oblike, amplitude ali frekvence signala v paketu med ponavljanimi meritvami. To implementiramo po shemi, ki je opisana v »Zgledi programov za zajemanje in generiranje signalov v Labview«, slika 5, stran 9, s pripadajočim besedilom. Za potrebe tega eksperimenta paket vzorcev sestavimo iz treh delov (Labview, slika 4):

- tišine (same ničle), 1 ms, 250 vzorcev pri frekvenci vzorčenja 250 kHz,
- piska »chirp« (sinusni signal) z mejnima frekvencama, ki ju nastavimo z drsnikoma in znaša na primer 40 in 41 kHz , 10 ms, 2500 vzorcev pri frekvenci vzorčenja 250 kHz in
- tišine (same ničle), 89 ms, 22500-250 vzorcev pri frekvenci vzorčenja 250 kHz.



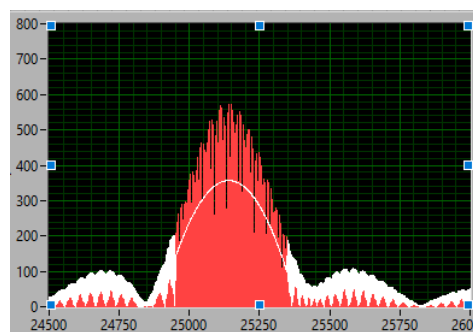
Slika 4: Tako sestavimo paket vzorcev za zvočnik



Slika 5: Računanje korelacijske funkcije; oranžna linija na levi je oddajani pisk, »waveform« linija zgoraj je prejeti pisk, oranžna linija desno je korelacijska funkcija

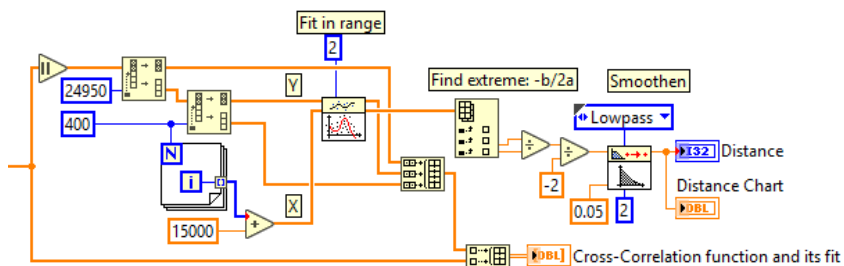
Korelacijsko funkcijo računamo s pomočjo v Labview vgrajenega modula, slika 5. Izbiramo lahko med računanjem v frekvenčnem prostoru (to je za daljše nize vhodnih signalov hitrejše) in direktnim načinom po definiciji korelacijske funkcije; na sliki 5 je izbrano računanje v frekvenčnem prostoru. Na sliki 6 je graf absolutne vrednosti izračunane korelacijske funkcije (rdeča sled).

Namesto računanja ovojnice absolutne vrednosti korelacijske funkcije poskusimo tokrat poiskati najboljši približek kvadratne funkcije, ki ustreza delu korelacijske funkcije okoli največje vrednosti. Iz celotne korelacijske funkcije najprej izrežemo opazovani del in mu prilagodimo kvadratno funkcijo. Iz parametrov kvadratne funkcije



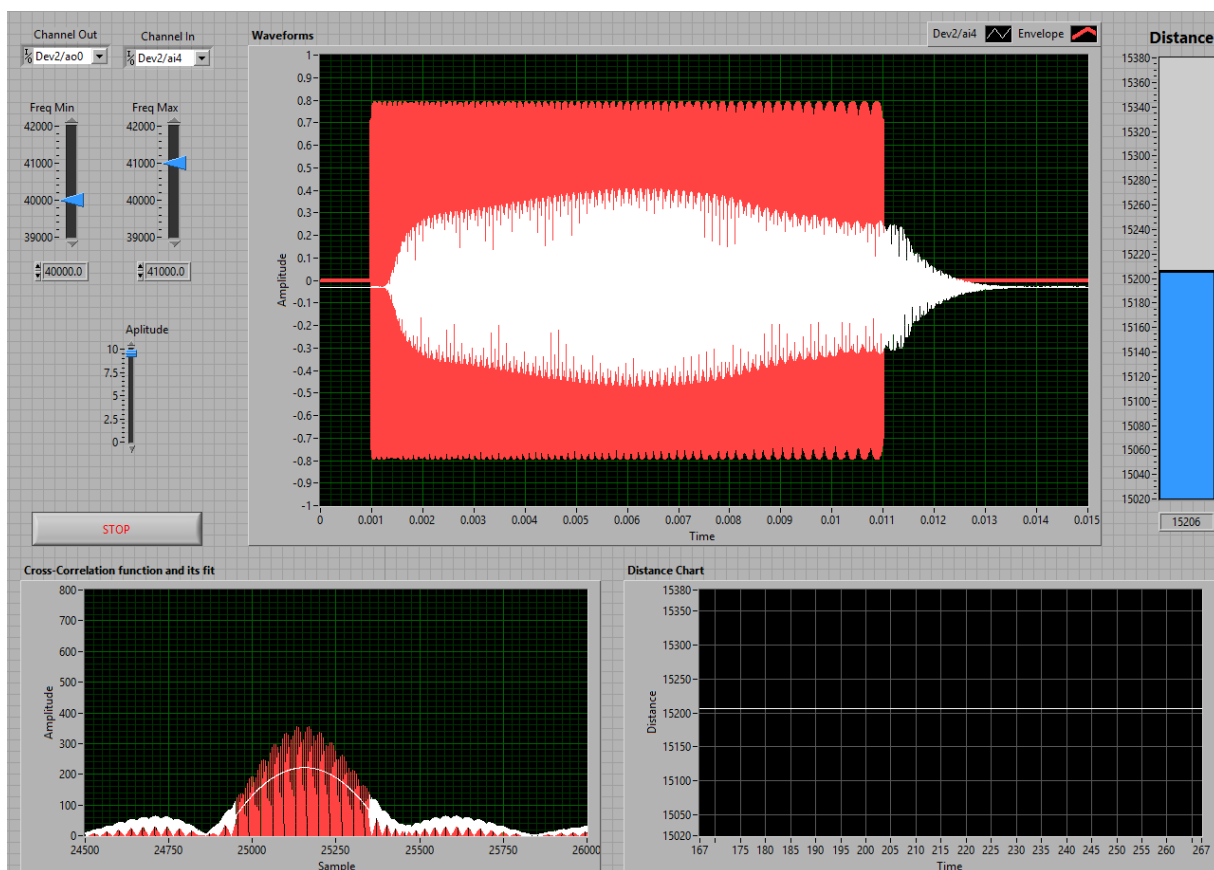
Slika 6: Absolutna vrednost korelacijske funkcije (rdeče in njen »fit« (bela sled v sredini)

izračunamo časovno značko ekstrema, zaporedne časovne značke pa zgladimo z nizkoprepustnim filtrom, slika 7. Dobljeno vrednost bi po potrebi še preračunali v razdaljo, kar pa pri tem zgledu ni narejeno.

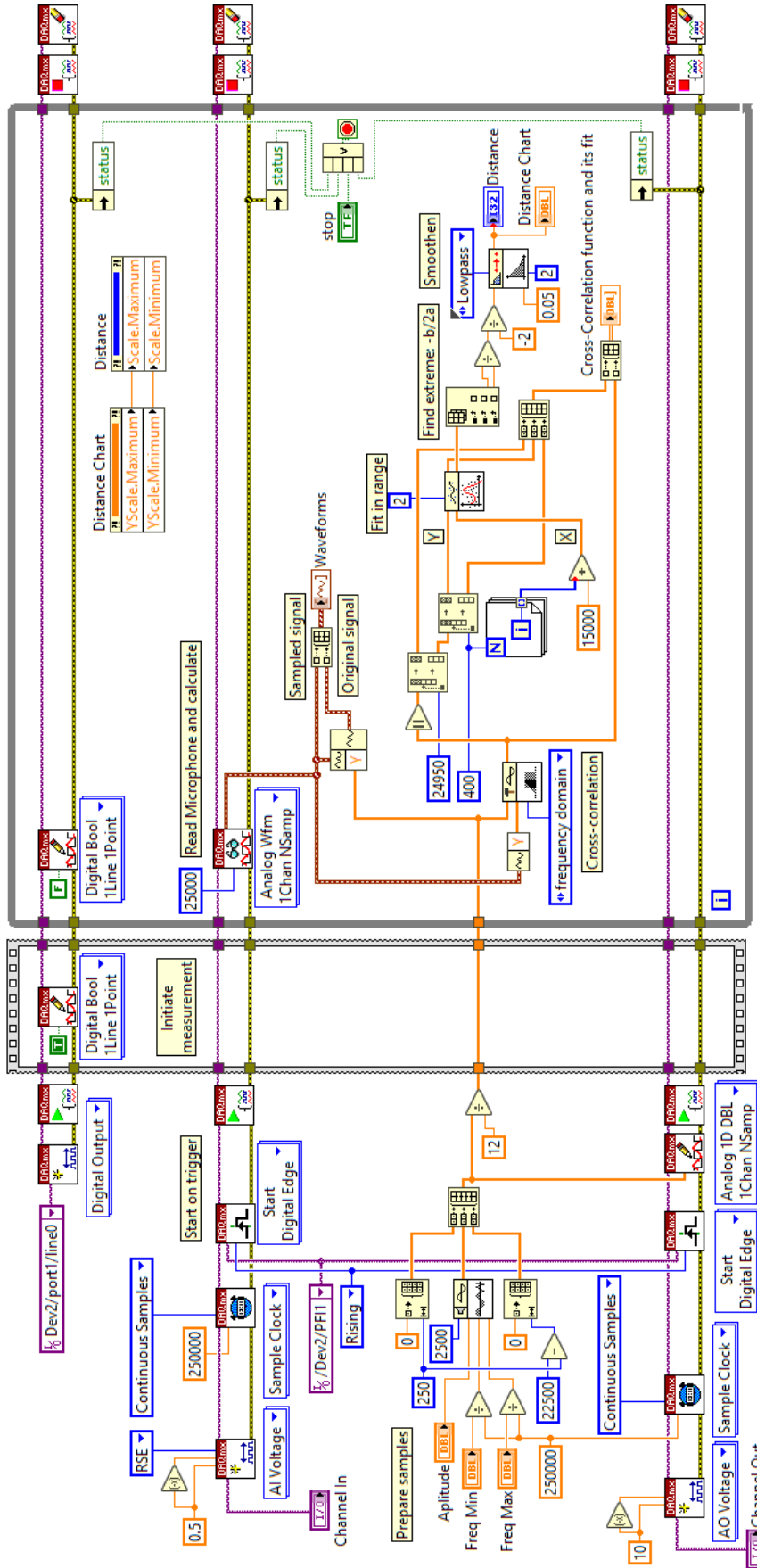


Slika 7: Iskanje ekstrema korelacijske funkcije

Če naj bo preračunavanje natančno in točno, morata verigi za generiranje signala za zvočnik in zajemanje signala z mikrofona teči usklajeno. Obe verigi morata startati istočasno, zato ju umestimo v prototip za sinhroni start obeh verig, ki je opisan v »Zgledi programov za zajemanje in generiranje signalov v Labview«, slika 11, stran 15, skupaj s pripadajočim besedilom. Celoten program je na sliki 9, primer uporabniškega vmesnika pa na sliki 8.



Slika 8: Primer uporabniškega vmesnika



Slika 9: Program Labview