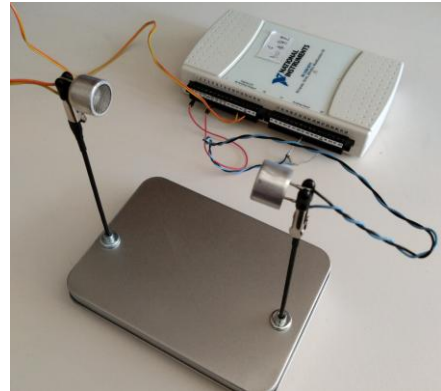


Merjenje razdalje z ultrazvokom – čas preleta

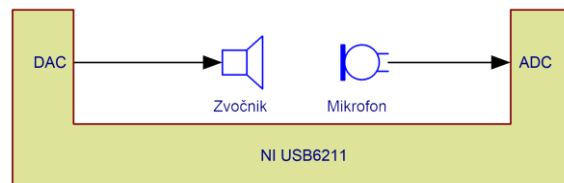
Razdaljo lahko merimo na veliko različnih načinov, a pri tej vaji bomo uporabili ultrazvok in dejstvo, da se zvok razširja po prostoru s hitrostjo približno 330 ms^{-1} . Zvočnik naj odda kratek pisk, ta potuje od zvočnika do mikrofona ter prispe do njega z zamudo, ki je sorazmerna razdalji med zvočnikom 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

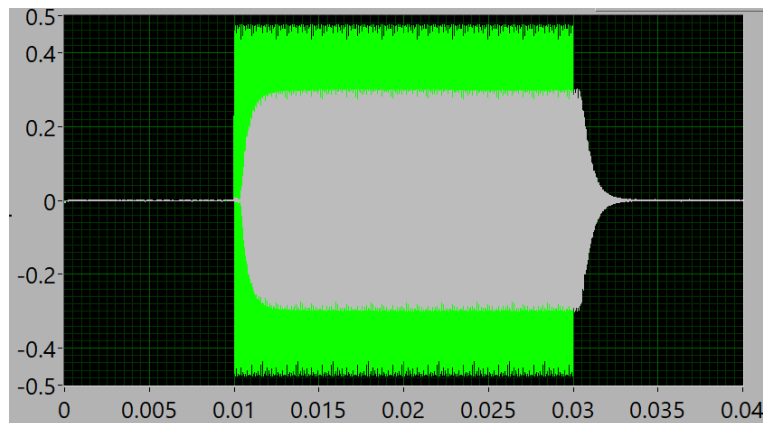
Ultrazvočni oddajnik in sprejemnik sta prirejena za frekvenco med 40 in 41 kHz ter izkazujejo precej ostro resonanco. Najboljšo frekvenco za vzbujanje zvočnika pokaže eksperiment; izberemo tisto frekvenco, pri kateri je odziv mikrofona največji. Pri tem eksperimentu vzbujamo zvočnik s funkcijskim generatorjem in opazujemo odziv mikrofona z osciloskopom.

Med merjenjem razdalje naj signal za zvočnik generira osebni računalnik in ga posreduje zvočniku preko NI vmesnika. Ker uporabljamo zvočnik za ultrazvok, je njegova upornost velika in ga lahko poganjamo z vmesnikom brez dodatnega ojačevalnika. Mikrofona 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 na sliki 2.



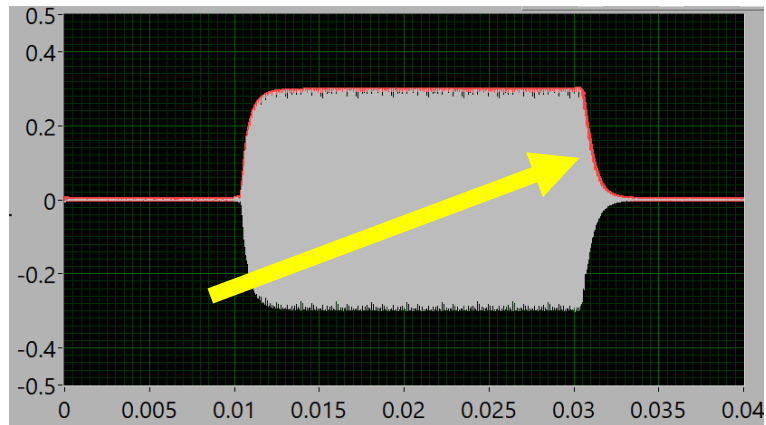
Slika 2: Shema povezav med bloki za ta eksperiment

V vsaki ponovitvi meritve razdalje bomo generirali kratek pisk in prisluhnili odzivu mikrofona ter iz kasnitve detektiranega zvoka za oddanim izračunali razdaljo med zvočnikom in mikrofonom. Za generiranje, vzorčenje in preračunavanje uporabimo programski paket Labview. Na sliki 3 je oscilogram oddanega piska (zelena sled) in detektiranega zvoka (siva sled). Velikost je odvisna od razdalje in usmerjenosti zvočnika ter mikrofona, kasnitev pa pri razdaljah do 300 mm znaša vsega 1 ms. Iz slike je videti, da oddajamo pisk, katerega amplituda v trenutku doseže polno vrednost (pri 10 ms) in popolnoma upade (pri 30 ms). Signal iz mikrofona je bolj lene sorte, njegova amplituda eksponentno narašča do polne vrednosti, prav tako eksponentno usiha. Vzrok za tako obnašanje tiči v resonančnih pojavih v zvočniku in mikrofonom in jih ne moremo obiti.



Slika 3: Signali: oddani in detektirani pisk; horizontalna skala v sekundah, vertikalna v voltih; razdalja 100 mm

Za merjenje kasnitve detektiranega signala za oddanim torej ne bo dovolj poiskati časovno značko, kjer signal preseže izbrano vrednost; ta časovna značka je odvisna od velikosti detektiranega signala in razdalje, zato poskusimo drugače:



Slika 4: Detektirani pisk (sivo) in njegova ovojnica (rdeče); horizontalna skala v sekundah, vertikalna v voltih

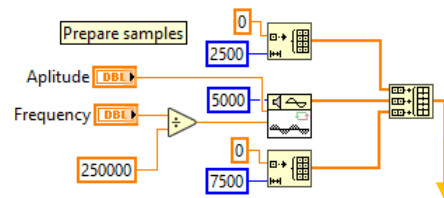
- Izračunajmo ovojnico detektiranega signala, slika 4, rdeča sled. Ovojnica ob koncu vzbujanja eksponentno usiha.
- Zdaj poiščimo časovno značko, pri kateri ovojnica pade na 36% maksimalne velikosti (lahko bi izbrali tudi drug odstotek, ta je izbran zaradi analogije z eksponentnim usihanjem napetosti na RC členu).
- Kasnitev izračunamo kot razliko časovne značke prenehanja vzbujanja (30 ms) in časovne značke, ko ovojnica pade na 36% največje vrednosti. Od tega odštejemo še stalen čas, ki je posledica eksponentnega usihanja ovojnice in dobimo čas potovanja piska med zvočnikom in mikrofonom.

Izvedba

Z vmesnikom NI USB6211 bomo generirali signal za pogon zvočnika in detektirali 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. Merimo 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 5):

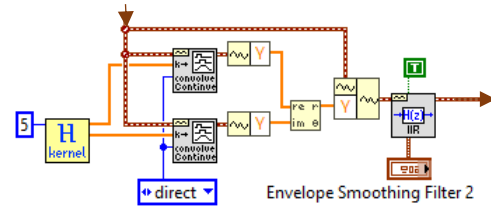
- tišine (same ničle), 10 ms, 2500 vzorcev pri frekvenci vzorčenja 250 kHz,
- piska (sinusni signal) s frekvenco, ki jo nastavimo z drsnikom in znaša med 40 in 41 kHz ter izbrano amplitudo, 20 ms, 5000 vzorcev pri frekvenci vzorčenja 250 kHz in
- tišine (same ničle), 30 ms, 7500 vzorcev pri frekvenci vzorčenja 250 kHz.



Slika 5: Tako sestavimo paket vzorcev za zvočnik

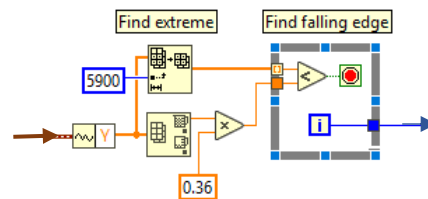
Ovojnico detektiranega signala določimo tako, da s pomočjo Hilbertovega transformata detektiranemu signalu poiščemo za 90 stopinj zasukano verzijo ter nato originalno in zasukano verzijo geometrijsko seštejemo; pri tem ne smemo pozabiti, da Hilbertov transform kasni signal za dolžino filterskega jedra, zato je treba kasniti tudi detektirani signal. Dobljeno ovojnico še pogladimo z blagim nizkoprepustnim

IIR filtrom. Raba Hilbertovega transformata dodatno opravičuje izbrano frekvenco vzorčenja, saj transform s kratkim filterskim jedrom dobro deluje za frekvence na sredini Nyquistovega področja; zadoščalo bi torej vzorčiti s frekvenco okoli 160 kHz, mi smo izbrali še več. Shema tega dela programa je na sliki 6.



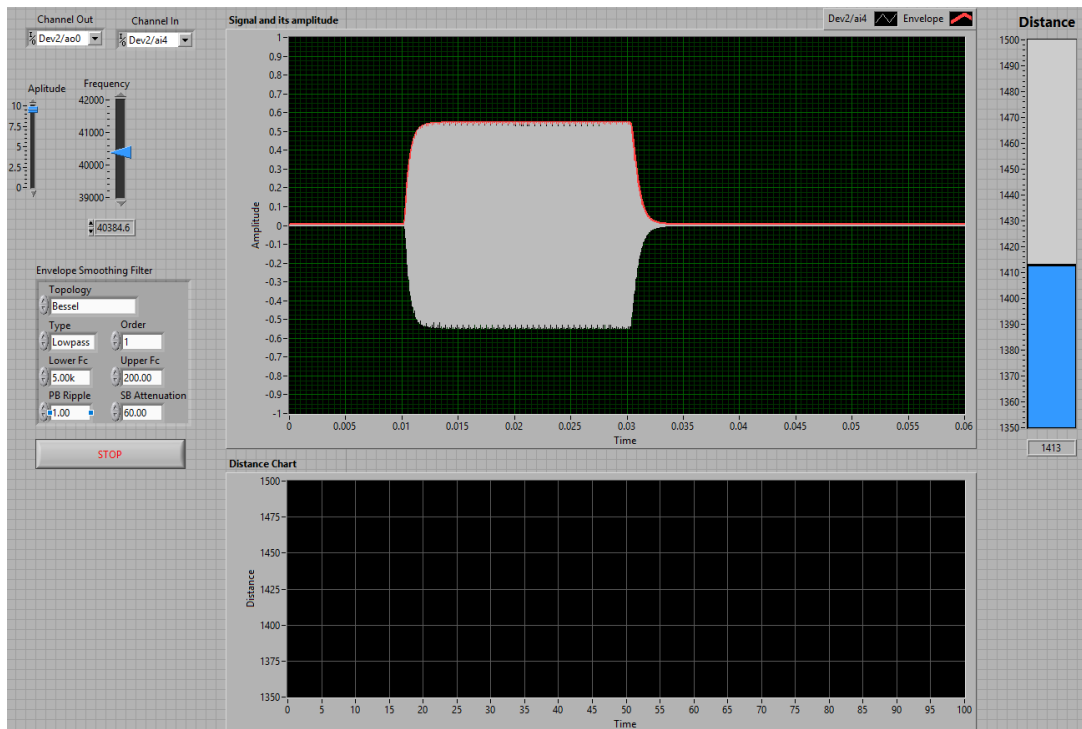
Slika 6: Tako določimo ovojnico detektiranega signala

Časovno značko trenutka, ko ovojnica upade na 36% prvotne vrednosti, računamo po sliki 7. Iz signala tipa »waveform« najprej izluščimo polje izmerkov, nato poiščemo največjo vrednost v tem polju in jo pomnožimo z 0.36 ter tako dobimo referenčno vrednost. Upadanje ovojnice je smiselno preiskovati nekje nekako od 25 ms naprej, v spisanem programu to ustreza vzorcem od 5900-tega naprej. Zato iz polja izmerkov vzamemo le tiste od 5900-tega naprej in jih v zanki »while« primerjamo s prej izračunano referenčno vrednostjo. Zanka se ponavlja dokler trenutno primerjani vzorec ne pade pod referenčno, takrat indeks obhoda zanke »i« kaže na iskani vzorec v polju od 5900 naprej. Ta del programa je na sliki 7.

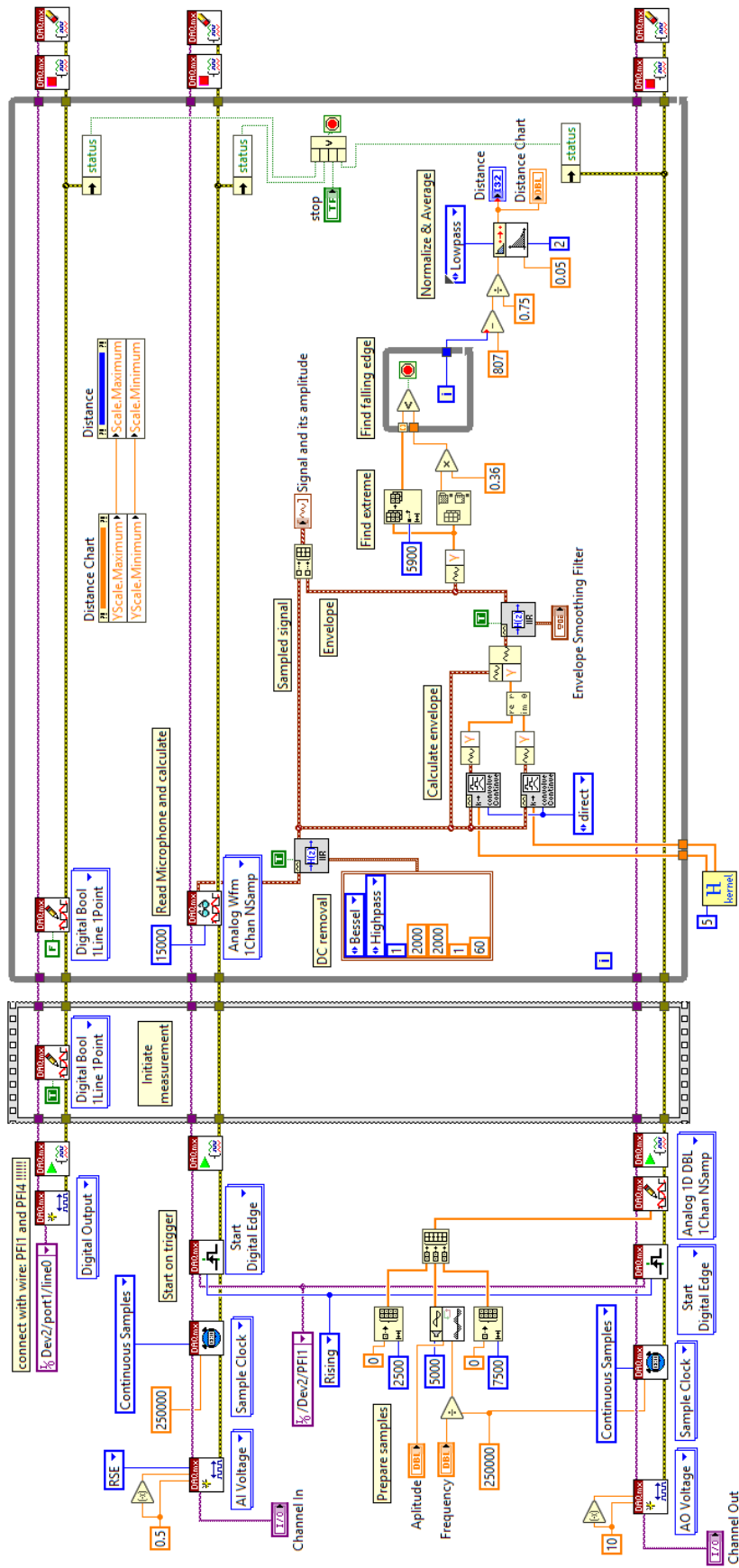


Slika 7: Tako poiščemo kazalec na tisto mesto, kjer ovojnica pade na 36% največje vrednosti

Sledi še nekaj preračunavanja, ki določi razdaljo med zvočnikom in mikrofonom. Če naj bo to 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