

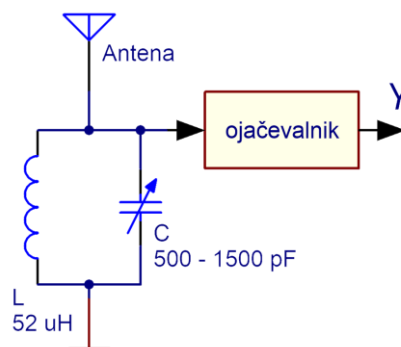
Sledenje amplitudi signala približno znane frekvence – radijski sprejemnik za AM postajo

V tokratnem eksperimentu bomo sproti sledili amplitudi visokofrekvenčnega signala Y , katerega frekvenca je precej dobro znana, faza pa ne. Dodatno nimamo referenčnega signala, ki bi bil po frekvenci enak opazovanemu. Amplituda tega signala se spreminja hitro, njegova frekvenca pa je nad Nyquistovo mejo. Tak signal na primer prihaja iz radijske antene, ki je prirejena za poslušanje radijske postaje na srednjem valu (500 kHz do 1500 kHz). Amplituda signala se spreminja v ritmu modulacijskega signala (glasbe, ki jo poslušamo) in frekvenčno sega do 4,5 kHz.

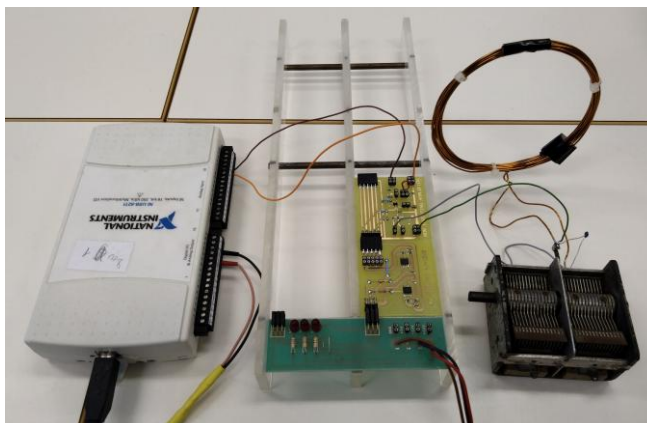
Radijska postaja, ki ji bomo prisluhnili, oddaja na frekvenci približno 620 kHz in oddaja glasbo iz MP3 predvajalnika v mobilni telefon; radijska postaja minimalne moči je improvizirana v sosednji sobi, frekvenco in moč njenega oddajanja je mogoče nastaviti, njen doseg pa je nekaj deset metrov. V dodatku ob koncu tega besedila je taka postaja opisana.

Sprejemnik signala radijske postaje sestavlja antena (ni nujno potrebna), nihajni krog s spremenljivim kondenzatorjem C in veliko zračno tuljavo L . Signal z nihajnega kroga ojačuje modul ojačevalnika. Shema vezave je na sliki 1, na sliki 2 pa je fotografija te postavitve. Nihajni krog poskrbi, da iz antene do ojačevalnika prihaja signal tiste frekvence, ki ji želimo prisluhniti. V ta namen je treba nastaviti kapacitivnost kondenzatorja C tako, da je na osciloskopu signal naše radijske postaje največji. Izhodni signal ojačevalnika Y vodimo na analogni vhod NI USB-6211 vmesnika.

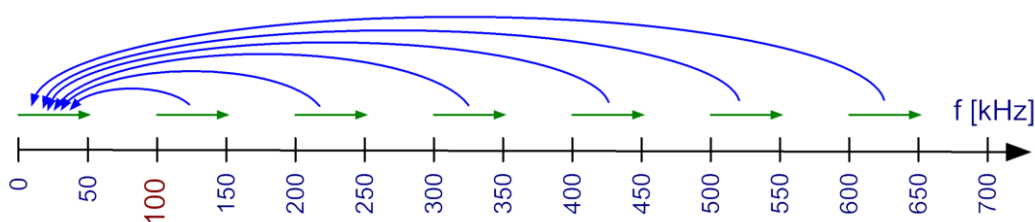
Frekvenca opazovanega signala je približno 630 kHz, vmesnik pa zmore zajemanje do največ 250 kHz. Zato bomo uporabili trik, ki smo mu pri predavanjih rekli »pod-vzorčenje« (»undersampling«). Po Nyquistu moramo vzorčiti s frekvenco, ki je vsaj dvakratnik frekvence opazovanega signala. Če to pravilo zanemarimo, se frekvenca opazovanega signala zrcali preko Nyquistove meje (polovica frekvence vzorčenja) v notranjost Nyquistovega pasu. Situacijo prikazuje slika 3.



Slika 1: Nihajni krog in ojačevalnik za sprejem radijskega signala



Slika 1: Nihajni krog in ojačevalnik za sprejem radijskega signala



Slika 3: Zrcaljenje signalov v frekvenčnem prostoru

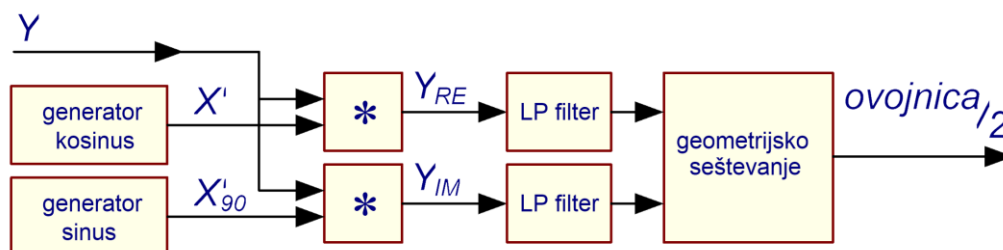
Vzemimo, da znaša frekvenca vzorčenja 100 kHz (rdeča oznaka na sliki 3). potem je Nyquistova meja pri 50 kHz in signali s frekvenco med 0 Hz in 50 kHz so pravilno vzorčeni. Signali, ki imajo frekvenco malo nad 50 kHz, se preslikajo malo pod Nyquistovo mejo (za primer 60 kHz se preslika v 40 kHz, signal 70 kHz se preslika k 30 kHz...). Ko signali preseže frekvenco 100 kHz, se spet preslika k majhnim frekvencam nad 0 Hz, signal s frekvenco na primer 120 kHz se preslika k 20 kHz. Ves pas, ki ga označuje zelena puščica med 100 kHz in 150 kHz se preslika v Nyquistovo področje od 0 Hz do 50 kHz. Enako velja tudi za ostala področja, ki so označena z zelenimi puščicami; vsa se preslikajo v osnovno Nyquistovo področje.

Opazovani signal običajno zaseda pas frekvenc; amplitudno modulirani, na primer, zaseda pas okoli nosilne frekvence, katerega širina je dva-kratnik modulatorske frekvence. Za AM signal v našem primeru to pomeni, da postaja zaseda frekvenčni pas od $(620 - 4,5)$ kHz do $(620 + 4,5)$ kHz. Tak pas frekvenc ne sme segati preko mnogokratnika Nyquistovega področja; če sega, je informacija, ki jo tak signal prenaša, popačena. Zato je vedno treba uporabiti pasovno-prepustni analogni filter pred enoto za vzorčenje in tak filter sme prepuščati signale s frekvencami, ki so znotraj enega od mnogokratnikov Nyquistovega področja.

Pri vzorčenju s premajhno frekvenco mora biti enota za vzorčenje vseeno zadosti hitra in omogočati sicer ne tako pogosto, ampak v času točno določeno vzorčenje.

Če torej sestavimo merilni sistem, ki vzorči s frekvenco 100 kHz, bo ta sistem našo radijsko postajo videl pri frekvenci $f_{radio} = 20$ kHz (+/- frekvenca modulatorskega signala).

Zdaj lahko uporabimo standardno shemo za sinhrono demodulacijo (detekcijo ovojnice) signala, slika 4. Za demodulacijo potrebujemo referenčni signal s frekvenco f_{ref} , ki je čimbolj podobna nosilni frekvenci opazovanega signala f_{radio} . Zato v programu generiramo potrebna kvadratura signala X' in X'_{90} s to frekvenco.



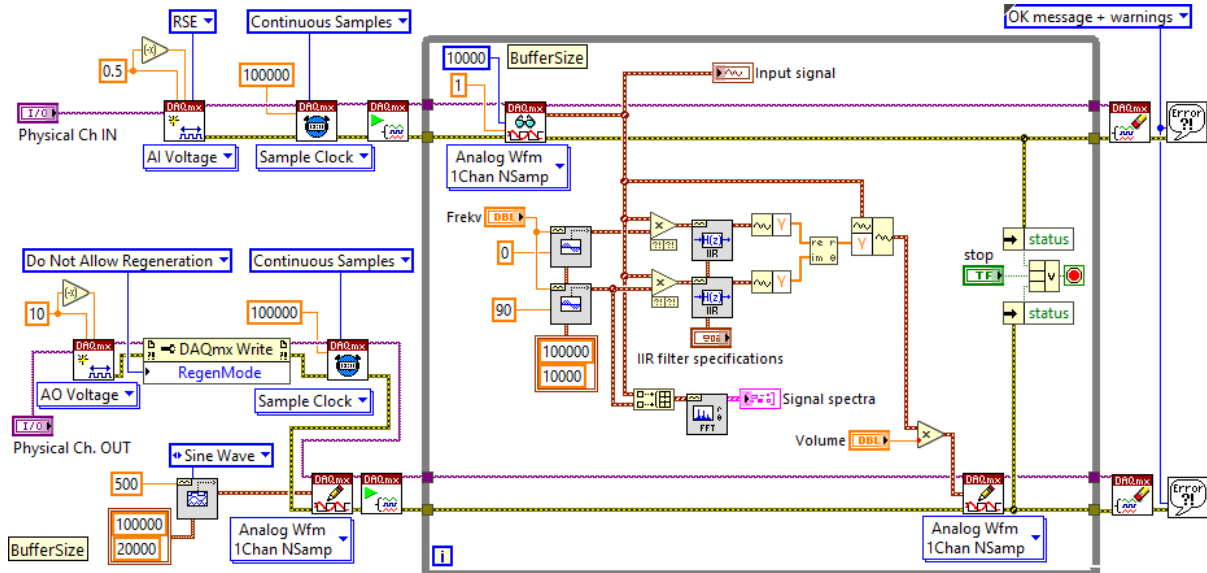
Slika 4: Bločna shema za demodulacijo signala radijske postaje

Frekvenčni pas signala z radijske postaje je tokrat širši in ga diktira modulatorski signal. Za verno reprodukcijo glasbe morata tokrat LP filtra v zgornji bločni shemi prepuščati komponente do frekvence, ki je še vsebovana v modulatorskem signalu. Prelomna frekvenca LP filtrov mora torej biti pri vsaj nekaj kHz, najraje pri 4500 Hz.

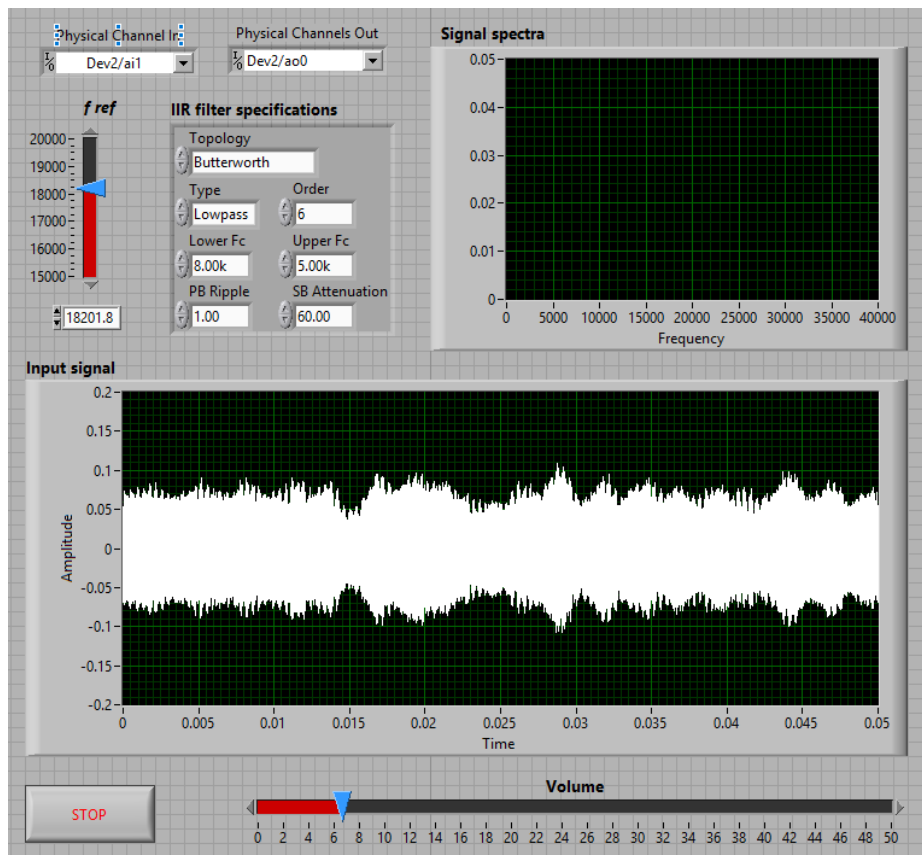
Program v okolju Labview vsebuje dve verigi. Zgornja je namenjena zajemanju signala Y, spodnja pa generiranju signala za zvočnik. Pred zanko »while« konfiguriramo obe verigi, frekvenca vzorčenja je 100 kHz, signal zajemamo na enem analognem vhodu in generiramo na enem analognem izhodu. V zanki »while« zajemamo nize po 10000 vzorcev, jih obdelamo po stalnem algoritmu za sinhrono detekcijo, prilagodimo po velikosti in pošljemo na zvočnik. V isti zanki generiramo tudi potrebna signala X' in X'_{90} , uporabimo kar standardna bloka za generiranje sinusnih signalov, ki pa sta premaknjena za 90 stopinj, njuna frekvenca pa je nastavljena preko uporabniškega vmesnika. S to

nastavitvijo poiščemo pravo frekvenco za demodulacijo radijske postaje. Frekvenca vzorčenja za ta dva bloka je enaka: 100 kHz.

Demodulirani signal $\frac{\text{ovojnica}}{2}$ vodimo na zvočnik, še prej pa mu nastavimo velikost (glasnost). Predlog programa je na sliki 5, predlog uporabniškega vmesnika pa na sliki 6.



Slika 5: Zgled programa za poslušanje radijske postaje

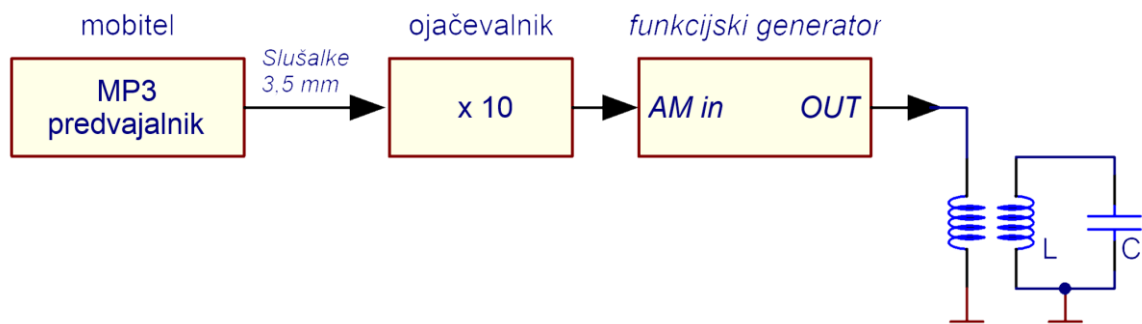


Slika 6: Zgled uporabniškega vmesnika za program s slike 5

Dodatek: generiranje amplitudno moduliranega signala

Modulacijski signal lahko dobimo iz MP3 predvajalnika, ki ga ima vsak mobilni telefon. Uporabimo izhodni priključek za slušalke (3.5 mm) in enega od dveh signalov (leva ali desna slušalka, vseeno je). Ta signal je premajhen, zato ga z ojačevalnikom povečamo na desetkratno velikost 10 in vodimo na vhodni priključek funkcijskega generatorja, ki omogoča amplitudno modulacijo (v laboratoriju so na razpolago funkcijski generatorji firm Siglent in Keysight); vhodni priključek za modulacijski signal je navadno na zadnji strani generatorja. V meniju generatorja izberemo zunanjo amplitudno modulacijo in na izhodne sponke generatorja priključimo nihajni krog. Tega obesimo dovolj visoko in s tem povečamo domet oddajanja, signal pa sproti opazujemo z osciloskopom. Na funkcijskem generatorju izberemo frekvenco, ki da največjo amplitudo signala na nihajnem krogu.

Na sliki 7 je bločna shema vezave oddajnika, na sliki 8 pa fotografija nihajnega kroga oddajnika



Slika 7: Bločna shema vezave za oddajnik



Slika 8: Nihajni krog oddajnika