

Mikroelektronski sistemi

Laboratorijske vaje

Cikel 2: ALIASING, VZORČENJE IN REKONSTRUKCIJA

Cikel 2: Namen vaj je spoznati se z:

- Anti-Aliasing filtrom;
- Rekonstrukcijskim filtrom D/A pretvornika;
- Splošnim pravilom vzorčenja;

Vaja1: Anti-Aliasing filter

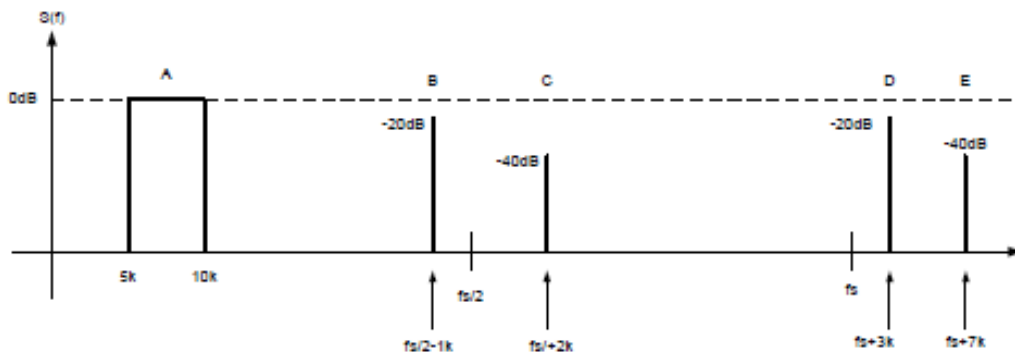
Določite približno pol frekvenco in najmanjši možni red anti-aliasing filtra s strmino $S=N*20\text{dB/dek}$ (N je red filtra). Dovoljeno razmerje signal šum po vzorčenju je: $(S/N) \geq 100\text{dB}$. Ostali podatki so:

- $f_s=1\text{MHz}$.
- Zanimiva pasovna širina po vzorčenju je od 5kHz do 10kHz .
- vse komponente ki po vzorčenju padejo izven tega pasu lahko odstranimo z digitalnim filtriranjem.

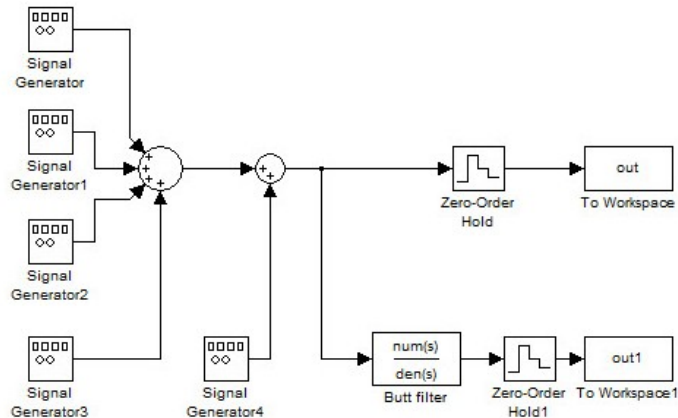
Navodila:

Pripravite .m datoteko in simulink model, kjer generirate signale s frekvencami $f_s/2-1\text{kHz}$, $f_s/2+2\text{kHz}$, $f_s+3\text{kHz}$ in $f_s+7\text{kHz}$, s pripadajočimi amplitudami. Primer realizacije modela predstavlja Slika 2. Primerjajte spektra med nefiltriranim in filtriranim signalom po vzorčenju

Kot anti-aliasing filter uporabite funkcijo $[\text{num,den}]=\text{butter}(\text{ord},\text{wp})$, kjer je potrebno določite red filtra in mejno frekvenco filtra wp v rad/s. Rezultat je prevajalna funkcija filtra v obliki racionalne funkcije, ki jo uporabite v simulink bloku "transfer function" Slika 4.

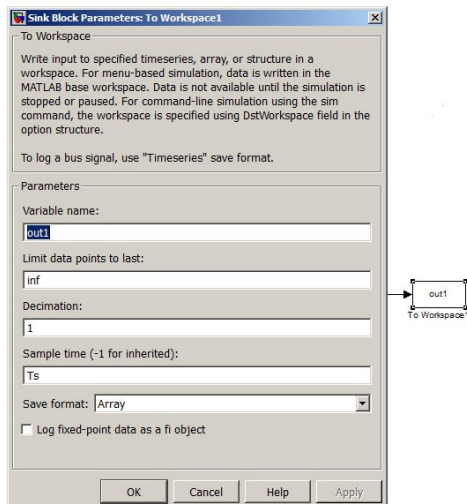


Slika 1: Spekter vhodnih signalov

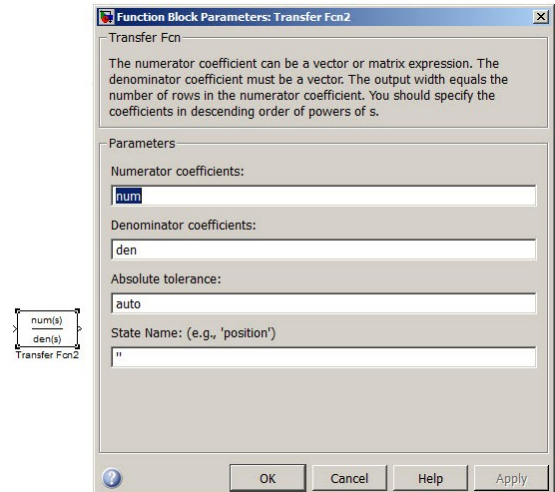


Slika 2: Primer vzorčenja in anti-aliasing filtra

Časovno zvezni signal v okolju simulink vzorčimo s pomočjo bloka "To Workspace", kjer je potrebno določiti vzorčevalno periodo (Slika 3). Model realiziran v simulink okolju zaženemo s pomočjo funkcije `sim()`. Primer zagona modela z imenom "sim_model" `sim('sim_model')`. Maksimalni časovni korak "Max step size" v okolju simulink mora biti nekaj krat višji od časovne koraka vzorčenja.

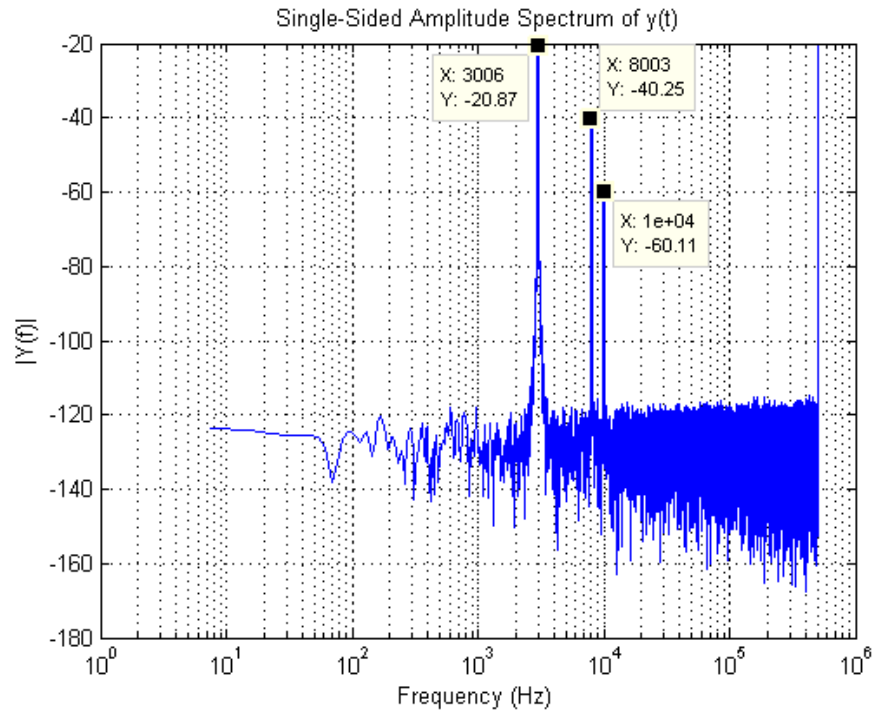


Slika 3: Vzorčenje v simulink okolju

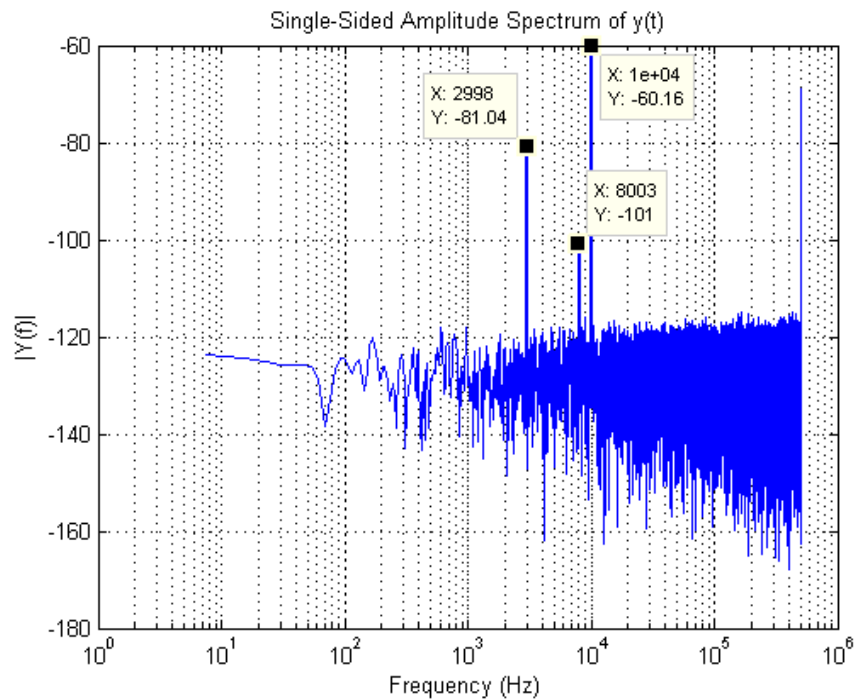


Slika 4: Priprava anti-aliasing filtra

Rezultat: Nezaželena spektralna komponenta s 8 kHz, ki se zaradi narave vzorčenja ($f_s + 8 \text{ kHz}$) pojavi v pasu med 5 in 10 kHz (Slika 5). S pomočjo Anti-aliasing filtra amplitudo te komponente znižamo pod zahtevano vrednost (Slika 6).



Slika 5: Vzorčenje brez anti-aliasing filtra z vzorčevalno frekvenco 1MHz



Slika 6: Vzorčenje z anti-aliasing filtra z vzorčevalno frekvenco 1MHz

Vaja 2: Rekonstrukcijski filter

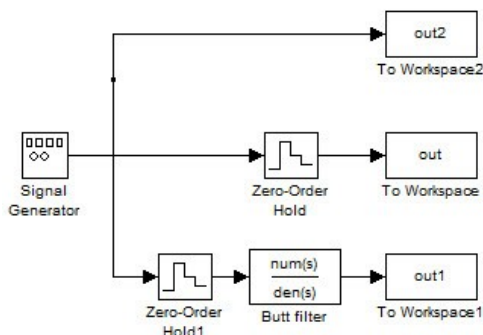
12 bitni D/A pretvornik pretvarja digitalni sinusni signal z $f_0=100\text{kHz}$ v analogni sinusni signal z vzorčno frekvenco $f_s=1\text{MHz}$ in amplitudo $A=1\text{V}$.

- Narišite spekter signala na izhodu DA pretvornika v področju 0 to $3f_s$,
- Izračunajte red (N) in pol frekvenco f_p gladilnega filtra ($S=-N*20\text{dB/dec}$), če je dovoljeno razmerje (S/N) v pasu 0 do $2f_s$ boljše kot 40dB (sinx/x efekt)

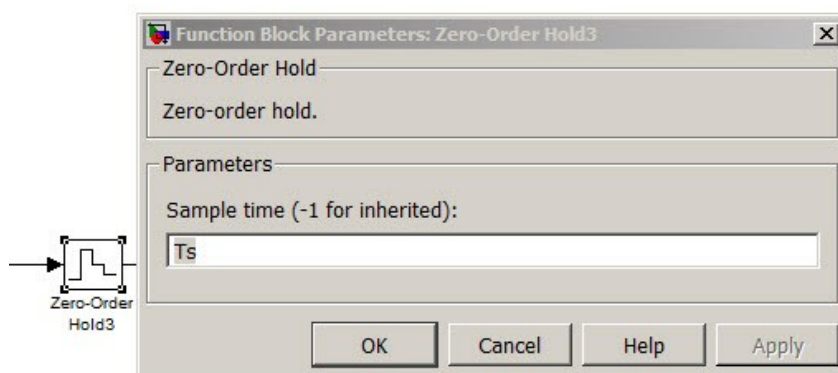
Navodila:

Pripravite .m datoteko in simulink model, kjer boste preverili delovanje S/H vezja in rekonstrukcijskega filtra.

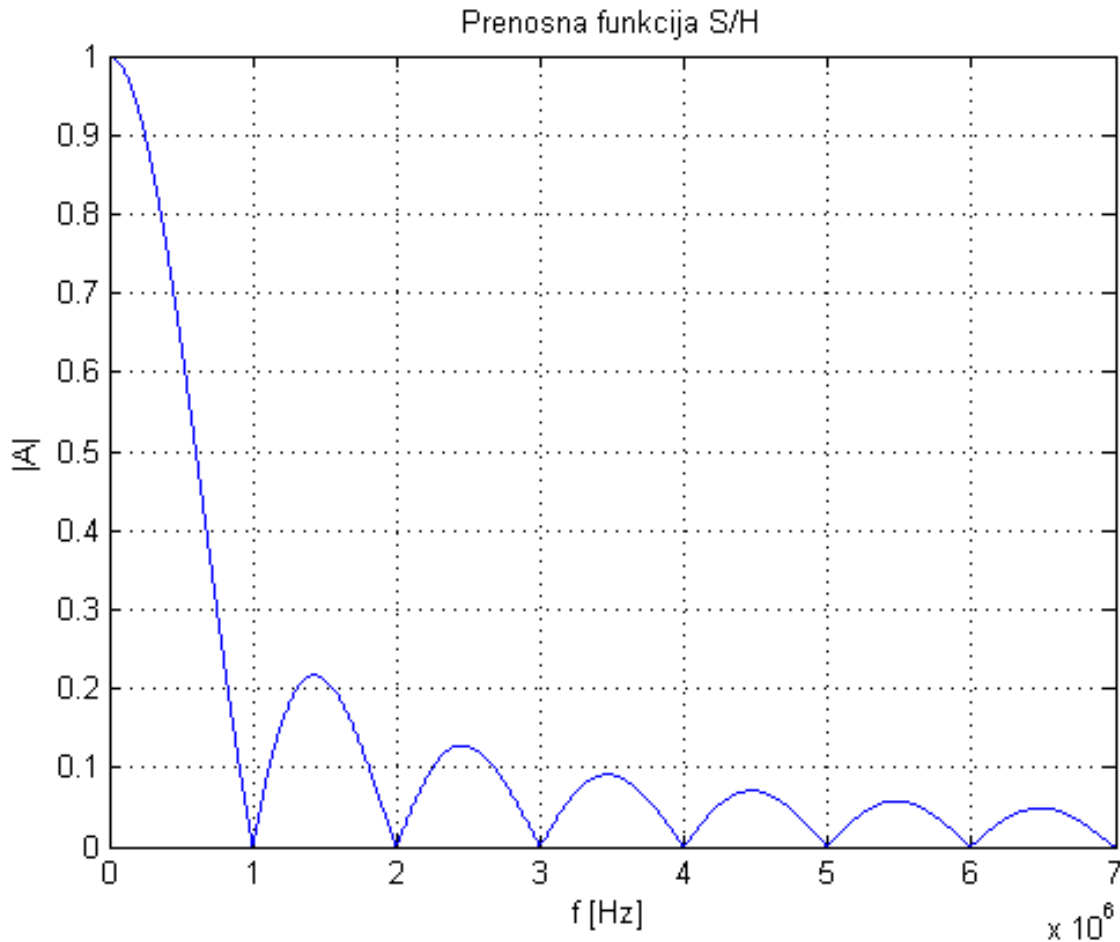
Primer realizacije S/H vezja in rekonstrukcijskega filtra prikazuje Slika 7. Model je sestavljen iz signalnega generatorja, S/H in analognega filtra. Slika 10 prikazuje spekter brez S/H vezja. Na sliki so vidni osnovni signal s frekvenco f_0 in slike okoli f_s in njenih večkratnikov. S/H vezje v okolju simulink opišemo z "Zero-Order Hold" Slika 8, kateremu je potrebno določiti vzorčevalni čas, ki je enak $T_s=1/f_s$.



Slika 7: Simulink model uporabe rekonstrukcijskega filtra



Slika 8: S/H blok in nastavitve

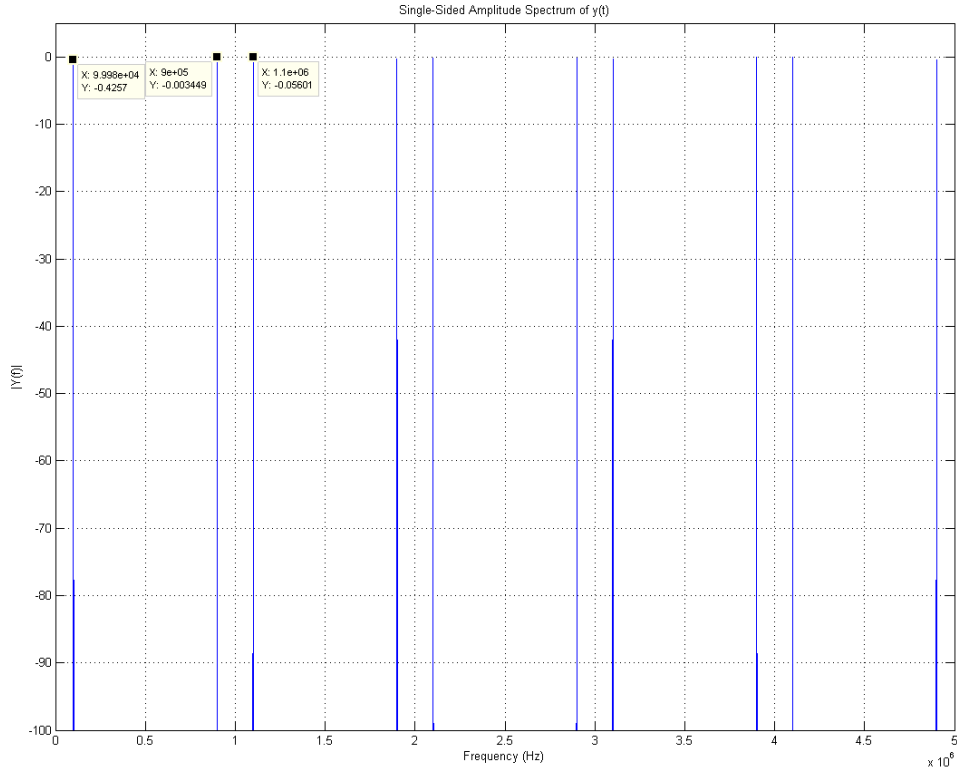


Slika 9: Prevajalna funkcija S/H vezja pri vzorčni frekvenci 1 MHz

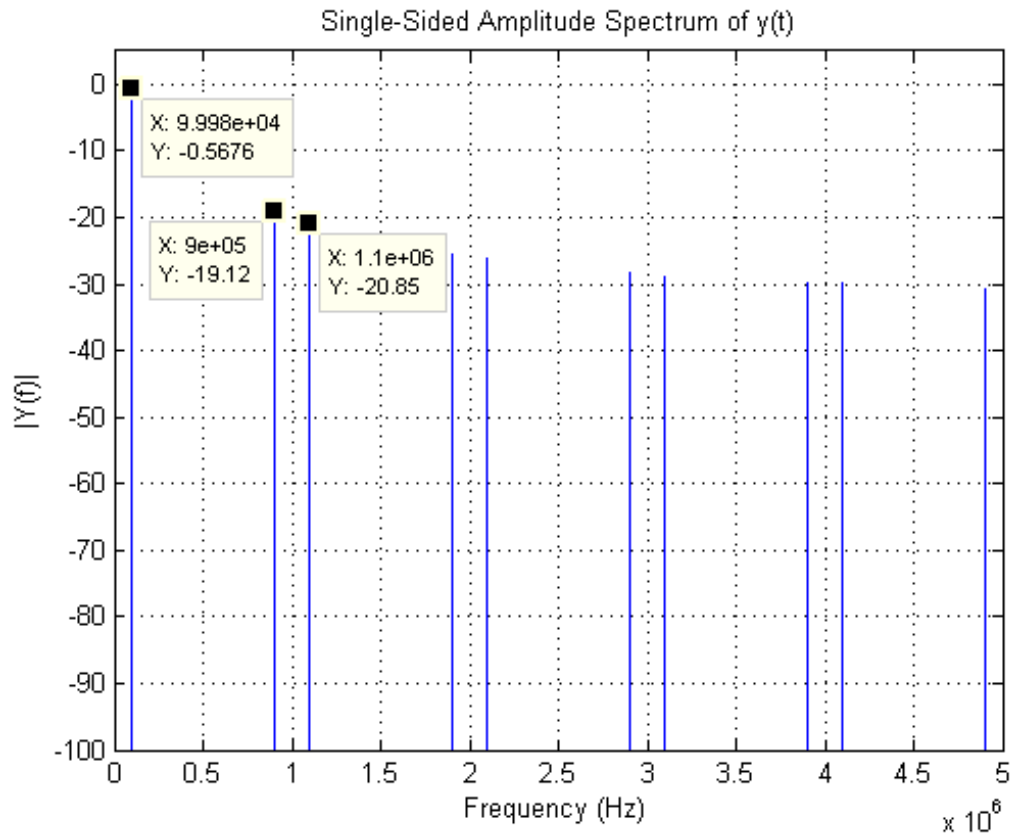
Prikaz spektra D/A signala brez S/H vezja od 0 – 3fs:

Ker `fft()` funkcija v okolju matlab računa diskretni Fourierov transform v območju med 0 in $f_s/2$ je potrebno za prikaz spektra D/A signala brez S/H vezja, potrebno uporabiti funkcijo `upsample`. Funkcija doda ničle med vzorce prvotnega vektorja primer: $y_{up} = \text{upsample}(y, N)$, kjer je y prvotni vektor in N število ničel, ki jih želimo dodati med dva zaporedna vzorca. S pomočjo funkcije `upsample()` umetno povečamo vzorčevalno frekvenco in ohranimo prvotni spekter signala. Za pravilen rezultat je potrebno prirediti tudi vzorčevalno frekvenco v $f_{s_{new}} = N * f_s$ za izračun `fft()`. Več informacij glede funkcije `upsample()` si oglejte s pomočjo ukaza `help`.

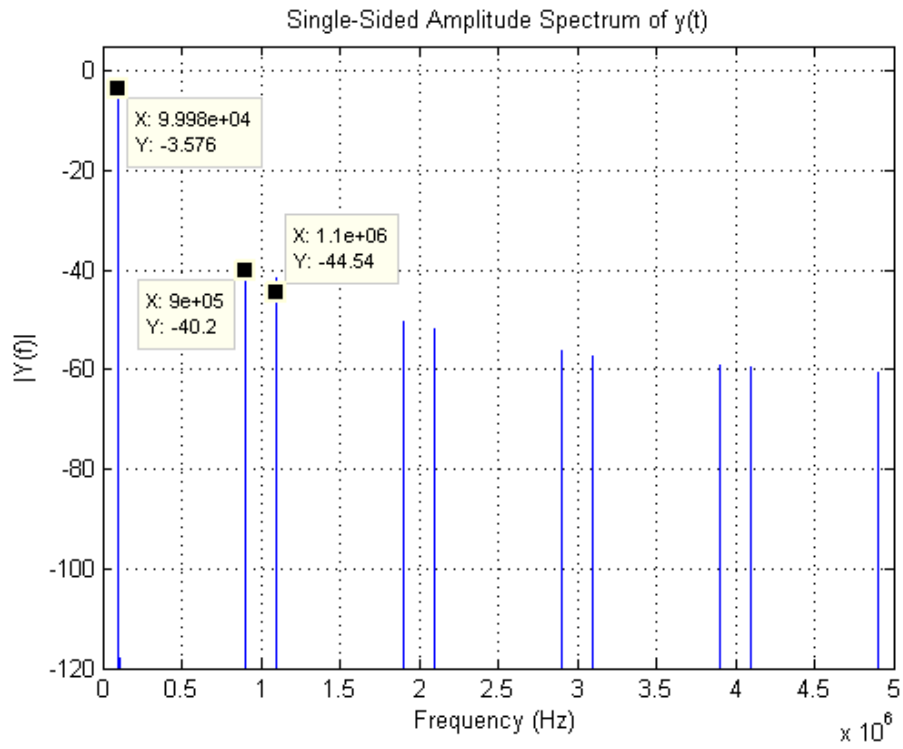
Rezultat: Slika 10, Slika 11 in Slika 12 prikazujejo spektre signala D/A pretvornika brez S/H vezja, s S/H vezjem in dodanim rekonstrukcijskim filtrom. Slika 12 prikazuje vpliv rekonstrukcijskega filtra na amplitudo spektralne komponente pri 1,1 MHz, ki amplitudo dodatno zniža.



Slika 10: Spekter D/A signala brez S/H vezja



Slika 11: D/A spekter S/H vezja, brez rekonstrukcijskega filtra

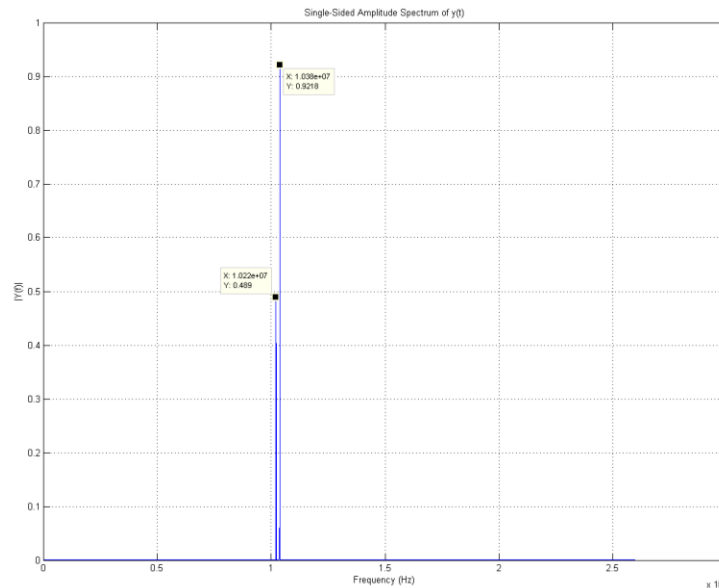


Slika 12: D/A spekter S/H vezja, z rekonstrukcijskim filter

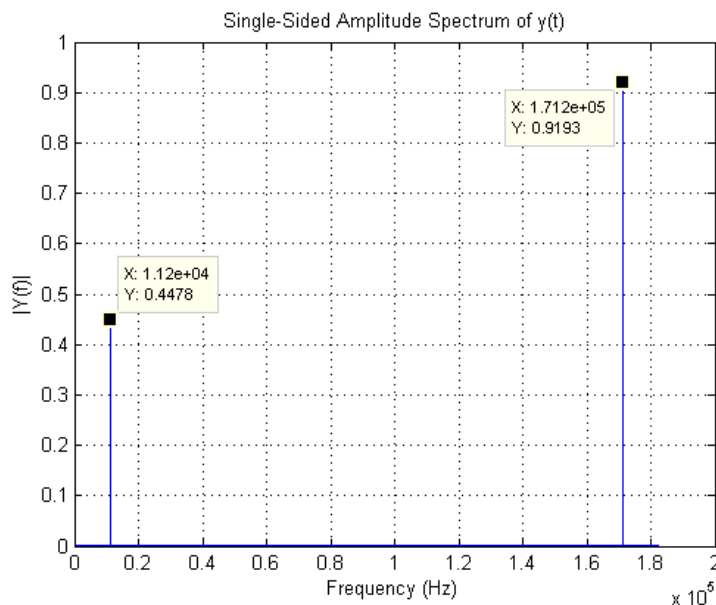
Vaja 3: Splošno pravilo vzorčenja

Spekter signala pred vzorčenjem se nahaja v področju od $f_l=10.21$ MHz do $f_h=10.39$ MHz. Pripravite .m datoteko kjer, izračunate najmanjšo možno vzorčevalno frekvenco in cono v kateri se nahaja signal pred vzorčenjem. Narišite spekter pred in po vzorčenju.

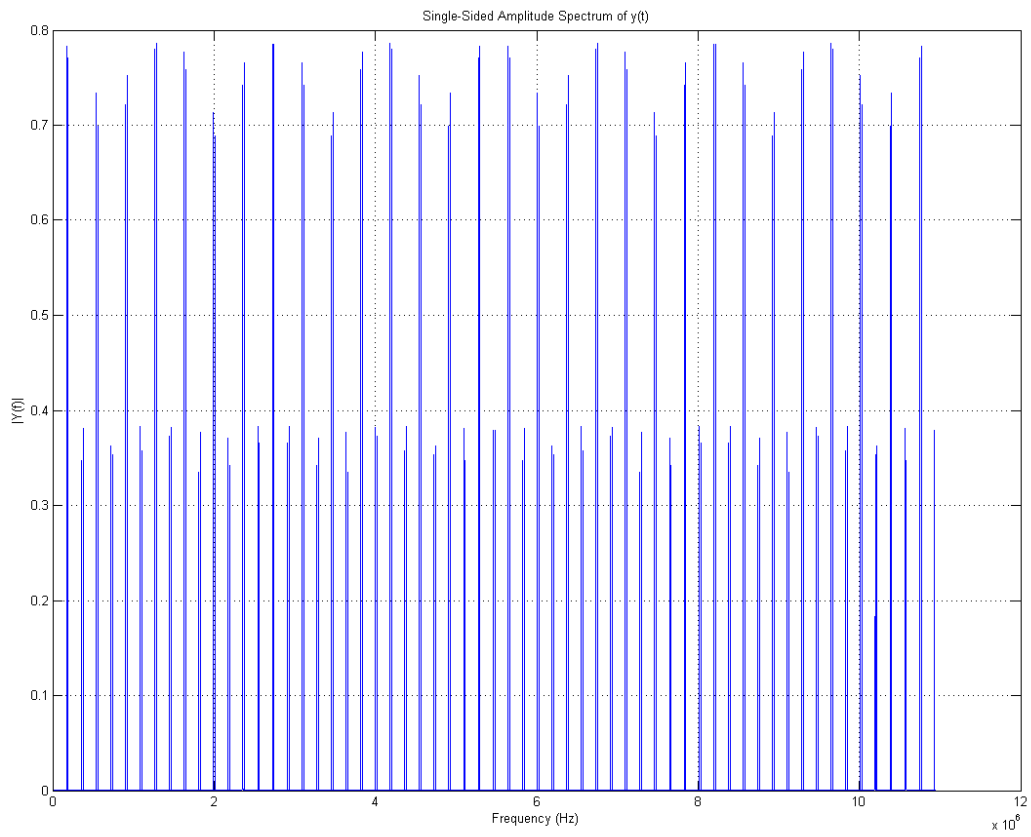
Rezultat: Primer vzorčenja dveh signalov s frekvencama 10,22 MHz in 10.38 MHz ter amplitudama 0.5 in 1V. Vzorčevalna frekvenca $f_s=364,600$ kHz.



Slika 13: Spekter signala pred vzorčenjem



Slika 14: Spekter signala po vzorčenju, kjer je $f_s=364600$ Hz



Slika 15: Spekter vzorčenega signala pri večkratnikih f_s