

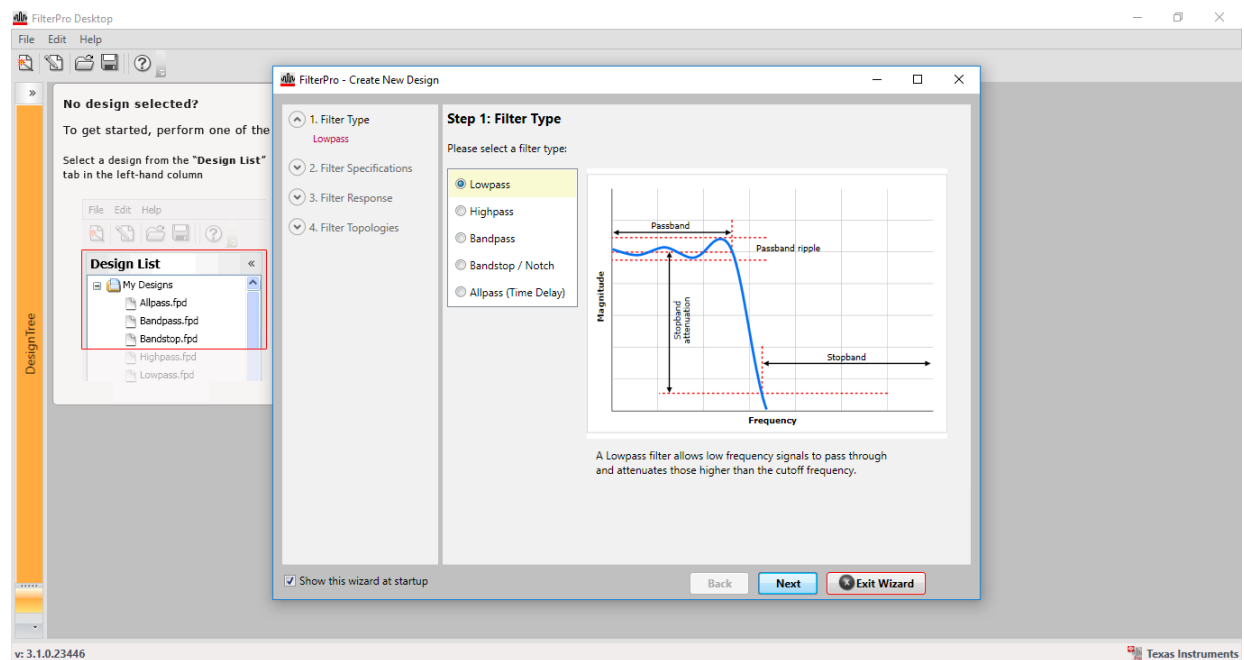
**Cilj vežbi:** Cilj vežbe je upoznavanje sa projektovanjem filtara kroz programe Filter Wizard i FilterPRO.

## 1 Razvoj filtera

Filtiri su neophodni stepen svakog kola za akviziciju signala. Uloga filtara je da potisnu frekvencije signala koji nisu od interesa, kako bi do izražaja došli samo korisni signali. Kroz ovu vežbu biće prikazan rad sa dva programska okruženja za projektovanje filtara. U jednom će biti napravljen filter propusnik niskih učestanosti ispod 100 Hz, dok će u drugom biti dizajniran filter propusnik visokih učestanosti iznad 100 mHz. Spajanjem ova dva filtra redno funkcionalno se dobija filter propusnik opsega frekvencija od 0,1 Hz do 100 Hz.

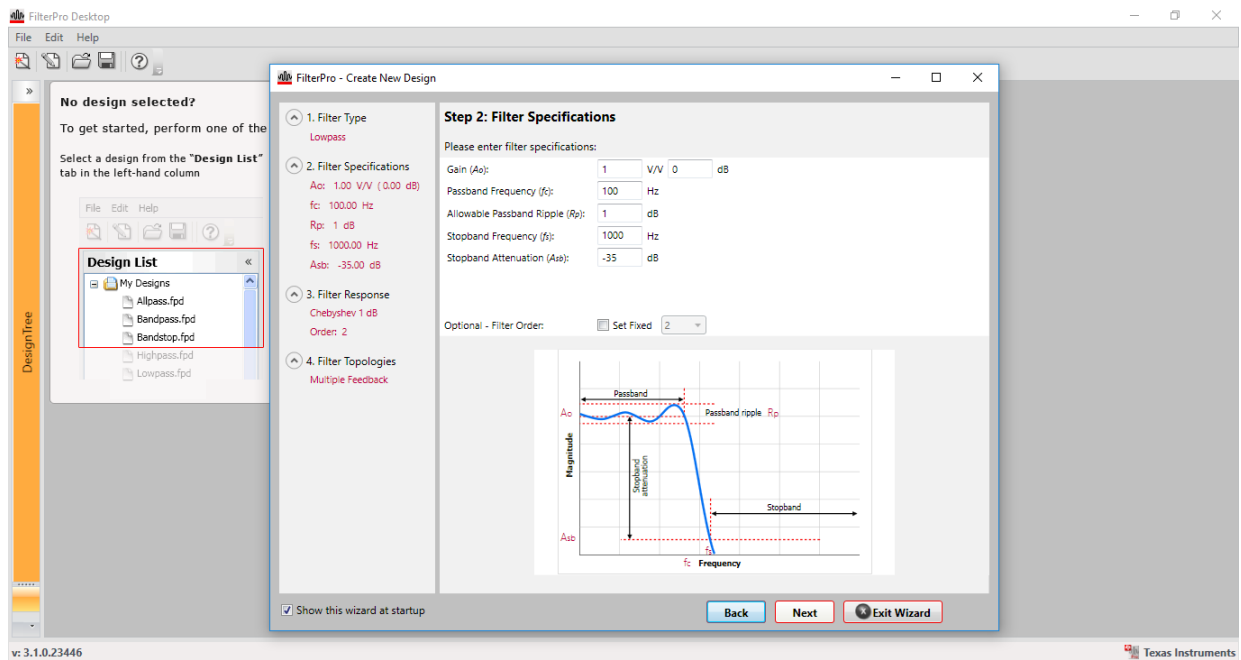
### 1.1 FilterPRO

FilterPRO je desktop aplikacija razvijena od kompanije Texas Instruments. Na slici 1, prikazan je prozor koji se pojavljuje prilikom pokretanja programa.



Slika 1: FilterPRO početni ekran

Na slici 1 možemo uočiti meni za odabir filtra. Odabrati *Lowpass* filter, a zatim preći na sledeći korak klikom na *Next*. U prozoru se sada pojavljuje novi panel sa podešavanjima kao na slici 2.



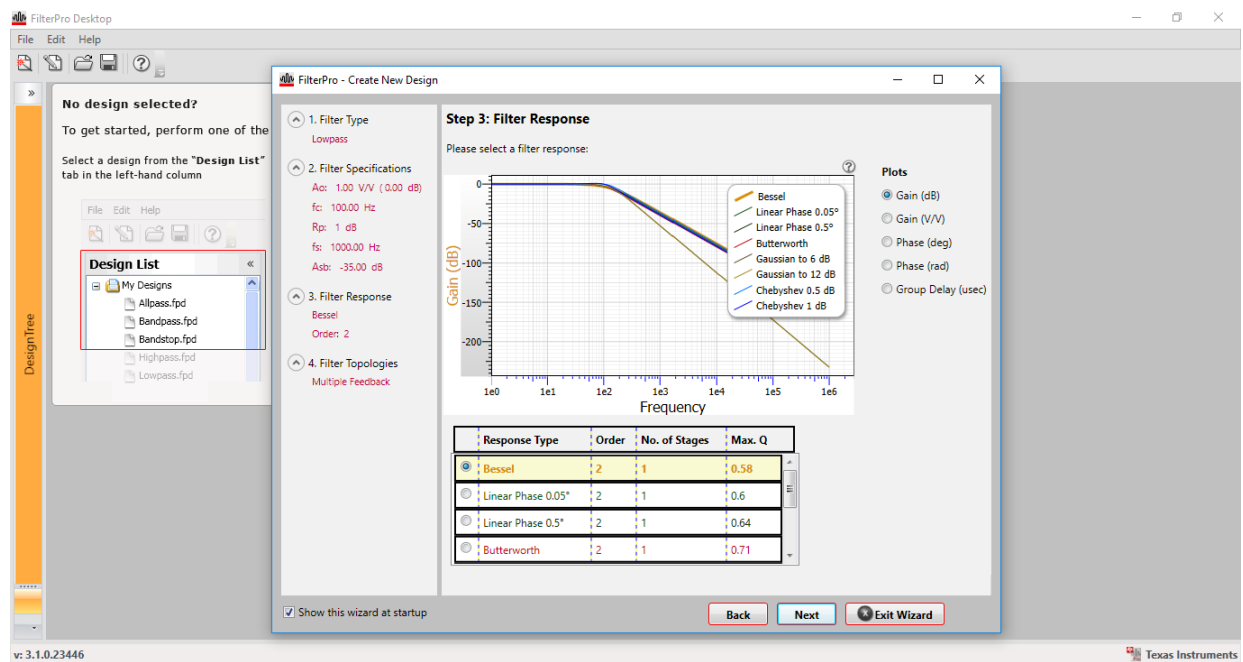
Slika 2: Podešavanje parametara filtra

Neophodno je podesiti sledeće parametre:

- *Gain* - Predstavlja pojačanje filtra na slici označen kao  $A_0$ , unosi se ili u dB ili u polje V/V, a program će ga automatski preračunati u drugo polje. U ovom slučaju podesićemo pojačanje da iznosi 1 odn. 0 dB.
- *Passband Frequency* - odnosno frekvencijski opseg tj. frekvencija do koje se podrazumeva da je naš signal neoslabljen. U našem slučaju to je 100 Hz.
- *Allowable Passband Ripple* - predstavlja maksimalno oscilovanje filtra prilikom provođenja. Ovaj faktor je karakteristika vrste filtra i neće biti razmatran u ovom slučaju. U dodatnom materijalu na dnu stranice može se pronaći detaljniji opis ovog parametra. U ovom slučaju podesićemo ga na 1 dB.
- *Stopband Frequency* - frekvenciju od koje smatramo da je signal oslabljen određeni broj puta (određeno sledećim parametrom). Podesiti na 1000 Hz.
- *Stopband Attenuation* - predstavlja parametar koliko minimalno mora iznositi slabljenje na *Stopband Frequency*. Ova dva parametra zajedno određuju slabljenje filtra (filter prvog reda  $-20 \frac{dB}{dec}$ , drugog reda  $-40 \frac{dB}{dec}$  itd.). Podesiti ovaj parametar na -35 dB.

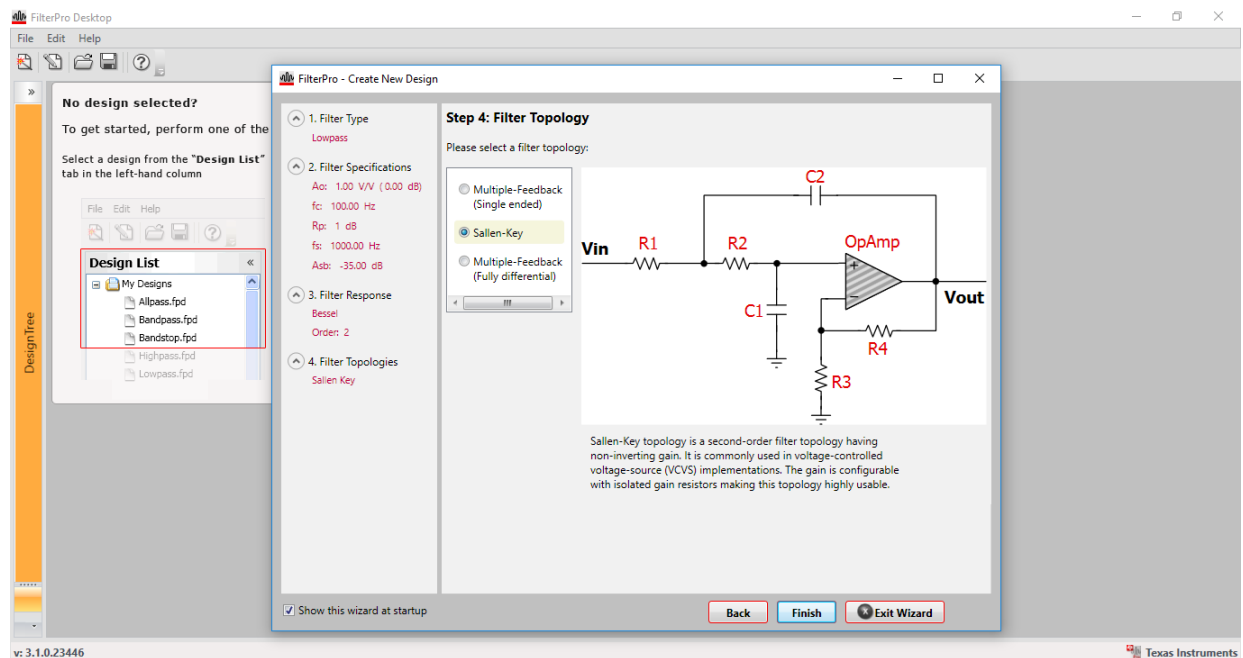
Obratiti pažnju na slici 2, prilikom klika na unos parametra biće podebljana i vrednost koja se podešava na grafičkom panelu.

Nakon podešavanja ovih parametara odabрати sledeći korak klikom na taster *Next*. Kao rezultat dobija se prozor prikazan na slici 3.



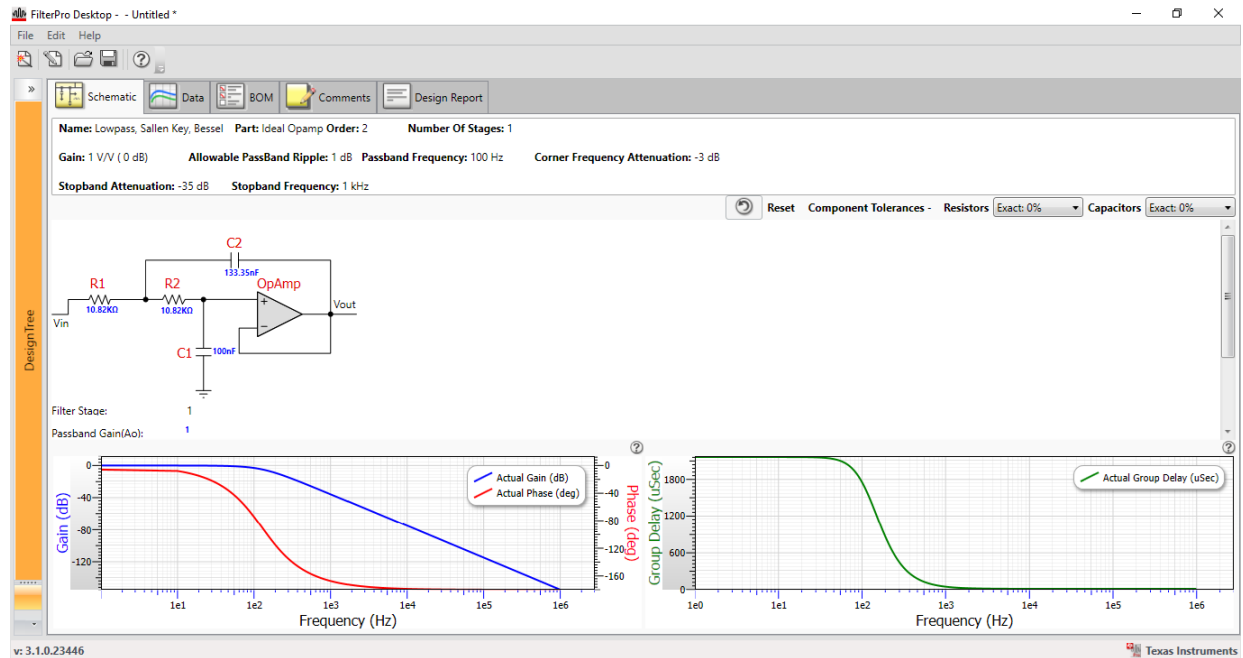
Slika 3: Odabir filtra

Na slici 3, prikazan je grafik sa odzivima pojedinih filtera. Moguće je menjati prikaz ovog grafika, pa se na njemu može prikazati pojačanje, faza itd. U ovoj vežbi nam je od interesa pojačanje u dB u odnosu na frekvenciju. Takođe, u dnu se može odabrati vrsta filtra (Čebišev, Besel, Batervort itd.). Svaka vrsta filtra ima svoje karakteristike kao što su oscilovanje, promena faze, kašnjenje i sl. Detaljnije ovi parametri za odgovarajuće filtre mogu se pronaći u dodatnom materijalu. U ovom slučaju mi ćemo odabrati Beselov filter. Kliknuti na taster *Next*. Ovo dovodi do pojave sledećeg ekrana prikazanog na slici 4.



Slika 4: Odabir topologije filtra

*Multiple-Feedback* topologija omogućuje implementaciju filtra sa malo komponenata, ali on će signal biti invertovan. *Sallen-Key* topologija omogućuje pojačanje signala, izolovanim parom otpornika na slici  $R_3$  i  $R_4$ . U ovom slučaju odabrati *Sallen-Key* topologiju i odabrati *Finish*. Na slici 5 prikazana je rezultujuća šema, kao i Bodeov dijagram.

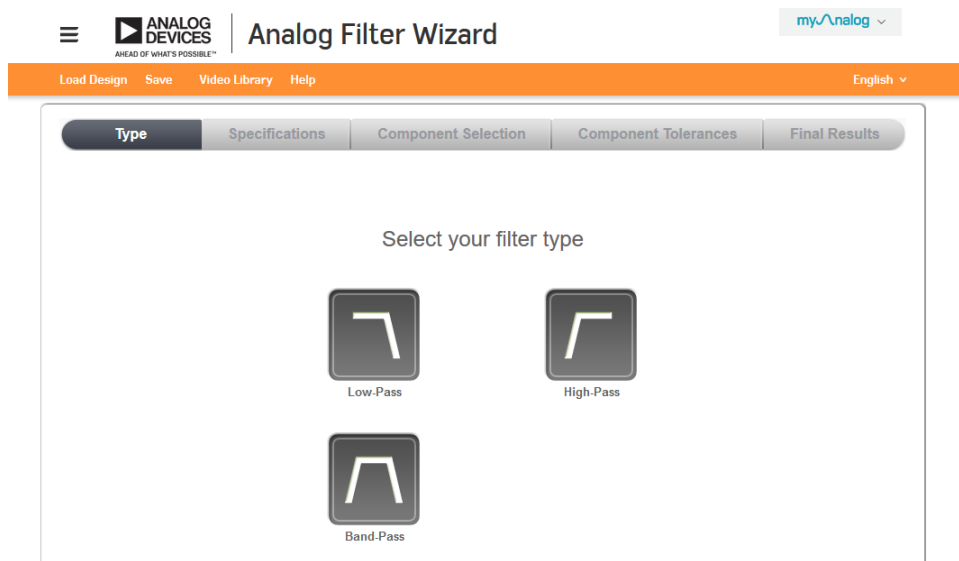


Slika 5: Izgled projektovanog filtra

Precrtati ovu šemu u LTSpice.

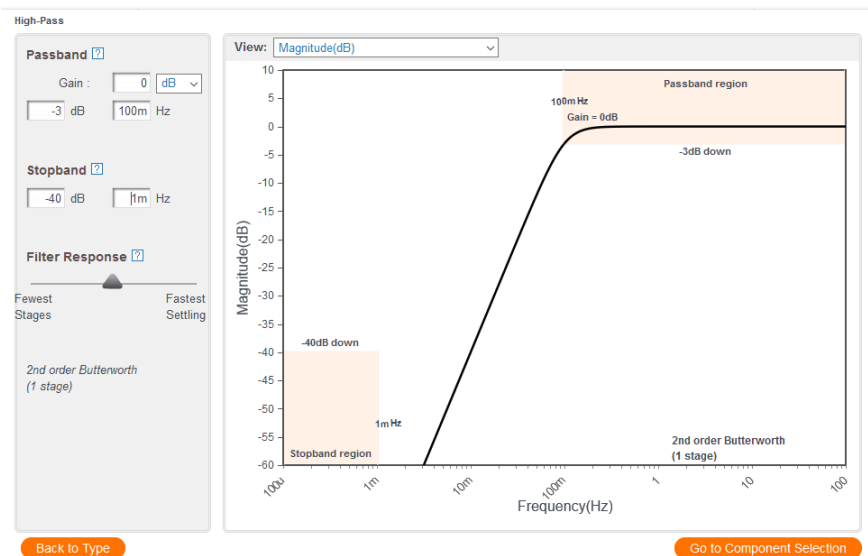
## 1.2 Filter Wizard

Filter Wizard je online aplikacija za kreiranje filtara, razvijena od strane Analog Devices kompanije. U ovom segmentu će biti dizajniran filter propusnik visokih frekvencija. Na 6 prikazan je izgled početnog panela.



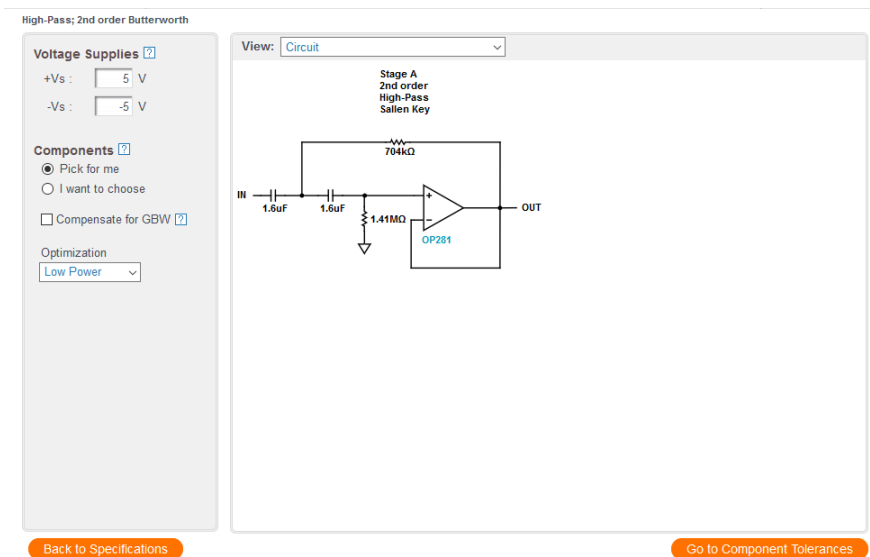
Slika 6: Inicijalni panel

Neophodno je odabrati High-Pass filter, a zatim će se automatski pojaviti panel na slici 7.



Slika 7: Podešavanje parametara filtra

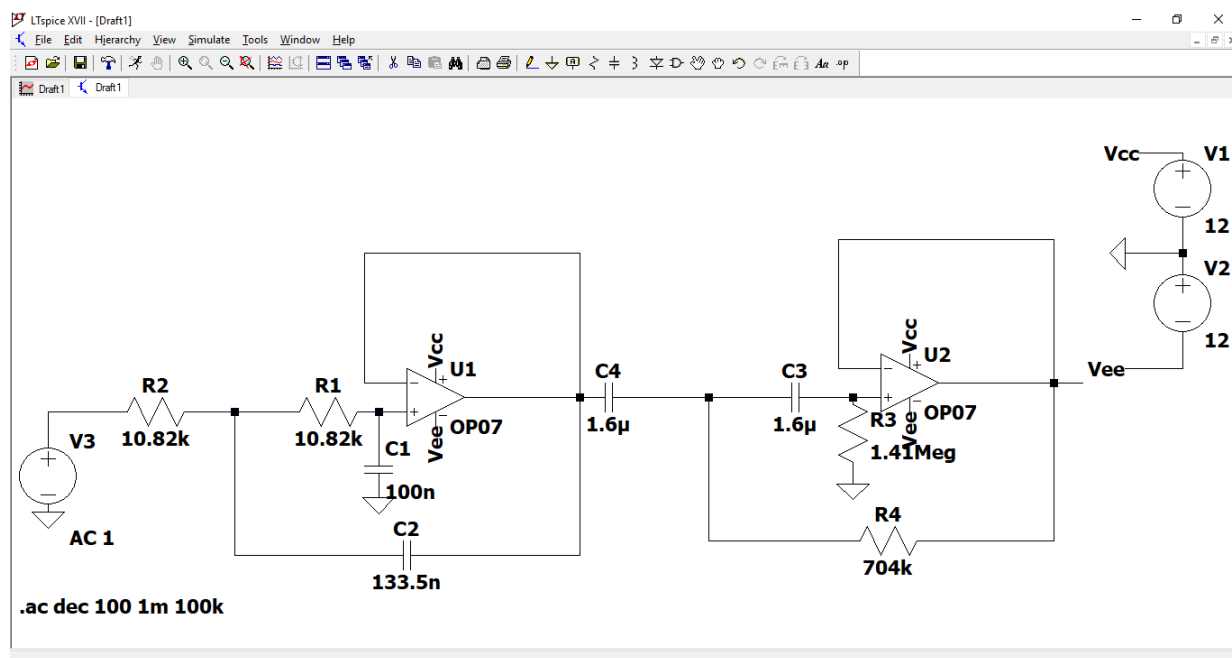
Podesiti parametre kao na slici 7. Svaki od ovih parametara identičan je kao i kod podešavanja parametara filtra u FilterPRO aplikaciji. *Passband* postaviti na 100 mHz tj. da sve iznad te frekvencije ne bude oslabljeno. Slabljenje od -40 dB treba da bude do 1 mHz i to je definisano u parametru *Stopband*. Praktično će signali na 1 mHz biti 100 puta manje amplitude nego signali na 0.1 Hz. U ovoj aplikaciji se uz pomoć klizača *Filter Response* praktično vrši vrsta izvedbe filtra (pomeranjem ovog klizača mogu se videti prenosne karakteristike za neke od filtara). Ovaj klizač ostaviti na sredini, a zatim kliknuti na *Go To Component Selection*. Dobija se šema dizajniranog kola, kao što je prikazano na slici 8. Precrtati šemu u LTSpice.



Slika 8: Šema filtra propusnika visokih frekvencija

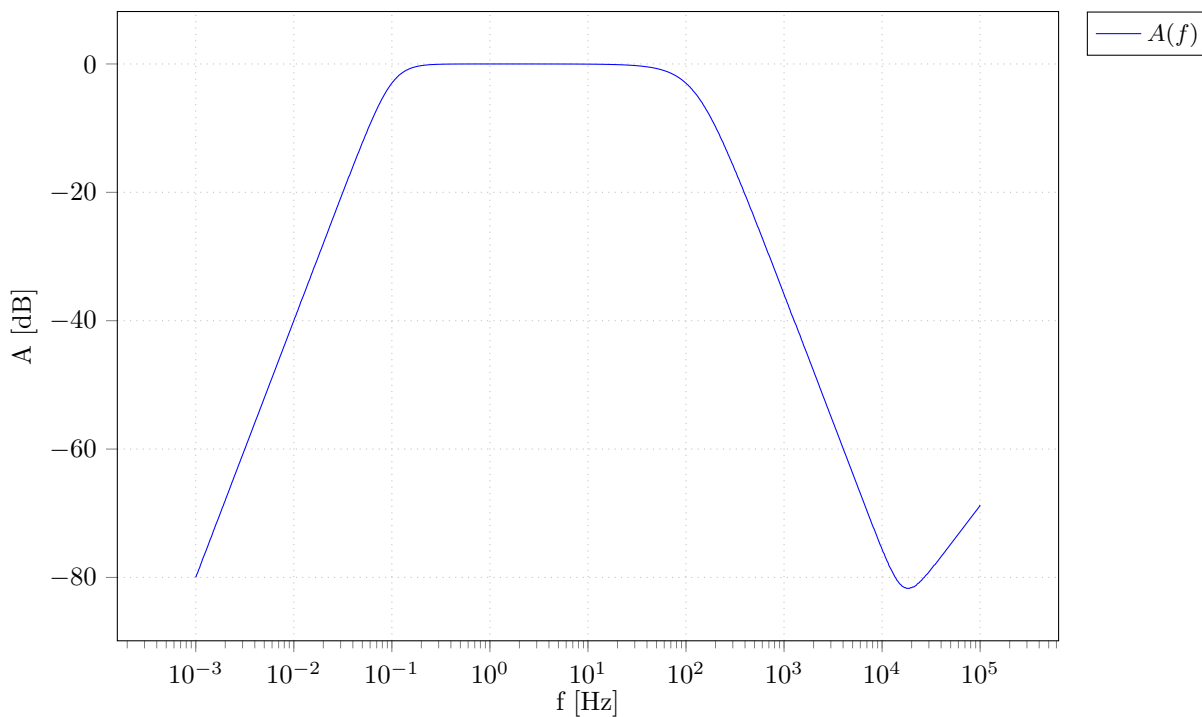
### 1.3 LTSpice simulacija

Rezultujuća šema prikazana je na slici 9.



Slika 9: Šema filtra propusnika opsega frekvencija

Primetiti da su filteri iz prethodna dva poglavlja povezani na red. Rezultujući Bodeov dijagram prikazan je na grafiku 10.



Slika 10: Propusnik opsega (HP filter + LP filter)

Dobijeni grafik predstavlja prenosnu karakteristiku *bandpass* filtra.

---

---

**Dodatne napomene:**

- Dizajn analognih filtera:  
<https://www.analog.com/media/en/training-seminars/design-handbooks/Basic-Linear-Design/Chapter8.pdf>  
[http://www.ivt.ntnu.no/imt/courses/tmr7/resources/PaarMann2001-Design\\_and\\_Analysis\\_of\\_Analog\\_Filters.pdf](http://www.ivt.ntnu.no/imt/courses/tmr7/resources/PaarMann2001-Design_and_Analysis_of_Analog_Filters.pdf) .
- 
-