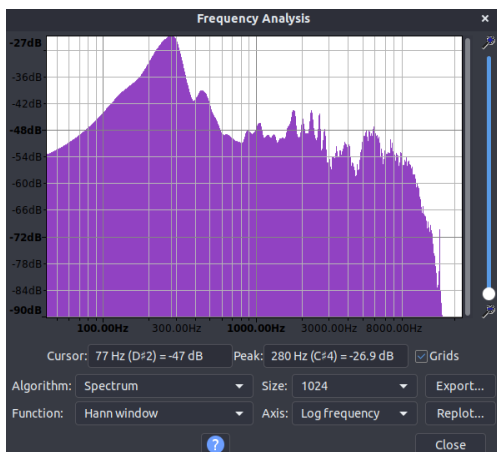


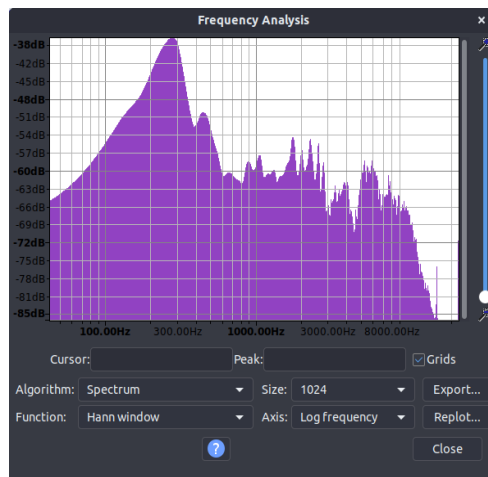
1. Specifikacija

Projekat ima za cilj obradu audio zuka. Za to je neophodno implementirati filter banku i eho efekat. Filter banka se sastoji od 3 FIR filtra koji se implementiraju tako da omogućavaju korisniku da koristi veliki broj koeficijenata, čime se postižu najbolje performanse filtriranog zvuka.

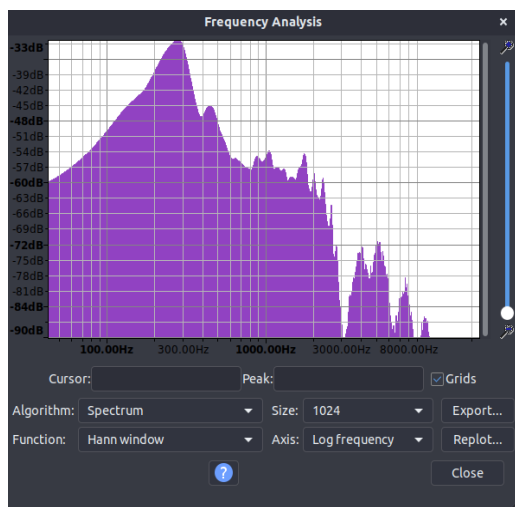
Nakon testiranja algoritma na .wav fajlu dobijene su sledeće frekvencijske karakteristike prikazane na slikama:



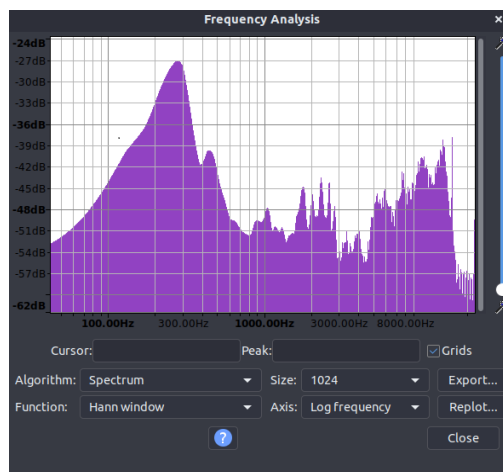
Slika 1. Originalni audio



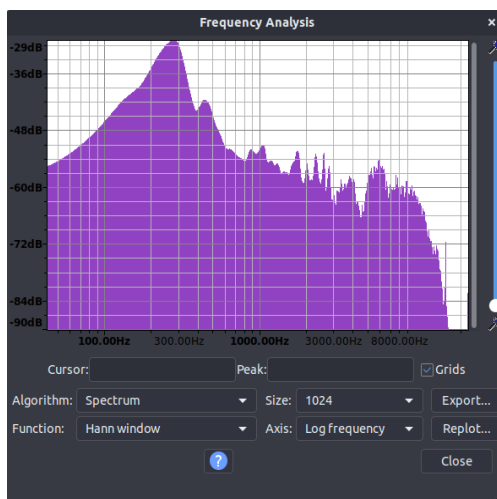
Slika 2. Eho efekat



Slika 3. LPF



Slika 4. HPF



Slika 5. BPF

2. Profajliranje

Nakon profajliranja koda napisanog u C++ korišćenjem callgrind i kcachegrind alata (<https://waterprogramming.wordpress.com/2017/06/08/profiling-c-code-with-callgrind/>) dobijeni su rezultati prikazani na sledećoj tabeli:

Function	Inclusive cost	Self cost	Called	Location	% of total CPU time used
echo	91.74	15	1	main	2.53%
filter	99.57	16.28	1	main	33.36%

gde su parametri sledeći:

Inclusive cost - is the time spent in a function and all child functions that it calls, transitively, represented as a percentage of total time (%)

Self cost - is the time spent in each function (not counting any child functions) represented as a percentage of total time (%).

3. Bitska analiza

Nad funkcijama koje se pojavljuju unutar filter IP modula, neophodno je izvršiti bitsku analizu. Echo funkcija ne zahteva izvršavanje bitske analize iz razloga što echo predstavlja zakašnjenu vraijantu ulaznog originalnog signala.

S druge strane filter funkcija zahteva izvršavanje bitske analize. Prilikom izvršavanja bitske analize nad ovom funkcijom, ulazni parametri su postavljeni da budu širine 16 bita.

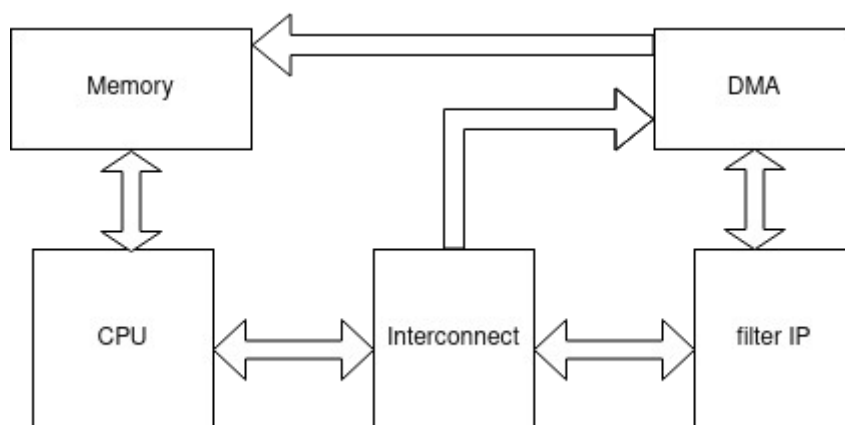
Na osnovu razmatranja sistema i rezultata dobijenih tokom bitske analize, zaključeno je da bi ulazni parametri trebali da imaju širinu 16 bita.

4. Virtualna platforma

Virtualna platforma za projekat "Obrada audio zvuka korišćenjem filtera i echo efekta" se nalazi na slici 1.

Platforma se sastoji od::

- CPU – centralno procesorska jedinica
- DMA – direct memory access
- Memory – memorija
- Filter IP – IP jezgro koje razvijamo
- Interconnect – modul koji omogućava memorijsko mapiranje



Slika 6: Blok dijagram virtualne platforma

CPU predstavlja procesorski sistem pomoću kojeg ćemo da šaljemo koeficijente preko

Interconnect-a ka našem IP-u. Postoje 2 mogućnosti na osnovu kojih je moguće poslati koeficijente:

- preko, predefinisanih tekstualnih fajla, koji će u stvarnosti predstavljati neku memoriju.
- unošenjem koeficijenata preko tastature.

Memorijski blok služi za smestanje podataka koje je potrebno obraditi (tj. audio zapisa koji ćemo obraditi). Uloga DMA-a je da oslobodi procesor od operacija upis->ispis iz memorije i njegova uloga je da na osnovu konfiguracije koja se dobija iz procesora obavlja prenos podataka iz memorije u filter modul i obrnuto iz filter modula u memoriju.

Interkonekt predstavlja blok koji povezuje CPU sa ostalim blokovima na osnovu poznavanja njihovih adresa.

Filter IP je naš IP jezgro koje se sastoji iz filter banke i eho podmodula. Audio podatak koji je potrebno obraditi dolazi iz memorije preko DMA kontrolera dok koeficijenti filtra dolaze iz CPU-a.

Nakon što se audio podatak obradi, preko DMA se šalje u memoriju.

Virtualna platforma je podeljena na hardverski i softverski deo. Hardverski deo su DMA kontroler, memorija i filter IP, dok softverski deo predstavlja program koji se izvršava na procesoru.

5. Filter IP

Deo modula koji obavlja filtriranje ulaznog podatka je predstavljen na sledećoj slici (Slika 2).

```
119 //Filter funkcija koju koristimo za filtriranje podataka
120 void filter(unsigned short &din, unsigned short &dout, unsigned short coeff)
121 {
122     for (int i = 0; i < din.size(); i++)
123     {
124         for (int j = 0; j < coeff.size(); j++)
125         {
126             if (i - j < 0)
127             {
128                 continue;
129             }
130             dout[i] += din[i - j] * coeff[j];
131         }
132     }
133 }
134
135 }
```

Slika 7: Deo algoritma koji obavlja funkciju filtriranja

Ovaj modul se sastoji iz 2 for petlje i jedne relacije ulaz izlaz, pomoću koje obradjujemo ulazni podatak tj audio signal.

Koristeći AXI4-Lite interfejs pomoću softvera ćemo konfigurisati određene registre koji će biti neophodni kako bi se određeni audio signal obradio. Konkretno, imaćemo 4 registra: DATA_IN_R, COEFF_IN_R, STATUS_R. Svi registri su RW (read/write) tipa. Registar mapa je prikazana u narednoj tabeli:

Ime registra	Address offset	Širina registra	Opis	Tip registra (R, W, R/W)
start_done_r	0x00	2-bit	Statusni registar – upisuje informaciju o tome kada se započinje proces filtriranja signala i kada se filtriranje završava . Nulti bit se odnosi na start, a prvi bit na done. Registar je RW(read/write) tipa. Start se dobija od procesora, done se dobija od filter IP-a.	R/W
data_r	0x01	16-bit	Predstavlja registar u koji upisujemo podatak koji želimo da obradimo. Registar je RW tipa.	R/W
filter_r	0x02	16-bit	Predstavlja registar u koji upisujemo koeficijente koji će se koristiti prilikom procesa filtriranja. Registar je RW tipa.	R/W
echo_r	0x04	1-bit	Predstavlja registar kod kojeg vrednost 1 označava da će na ulazni podatak biti primenjen eho efekat, dok vrednost 0 predstavlja da će signal biti direktno prosleđen na filter podmodul	R/W

Tabela 2. Registarska mapa

6. Performanse sistema

6.1 Frekvencija

Frekvencija na kojoj će raditi Filter IP modul je 100 MHz.

Sampling rate = 100MS/s