



Tamara Banovac EE30/2018

Realizacija sistema za sintezu zvučnog signala

ISPITNI RAD

- Projektovanje namenskih računarskih struktura u obradi signala -

Mentor: Miloš Pilipović

Novi Sad, 2022.

Sadržaj

1. Uvod.....	4
2. Funkcija za generisanje sinusnog signala	5
3. ADSR funkcija.....	6
4. Sinteza zvuka i rezultati	7
5. Zaključak	10

SPISAK SLIKA

Slika 1. – Prenosna funkcija za ADSR

Slika 2. – Izgled trećeg bloka tona E5 u vremenskom domenu

Slika 3. – Izgled trećeg bloka tona E5 u frekvencijskom domenu

Slika 4. – Signal posle propuštanja kroz ADSR jedinicu u vremenskom domenu

Slika 5. – Signal posle propuštanja kroz ADSR jedinicu u frekvencijskom domenu

Slika 6. – Signal posle kvantizacije i klipovanja u vremenskom domenu

Slika 7. – Signal posle kvantizacije i klipovanja u frekvencijskom domenu

1. Uvod

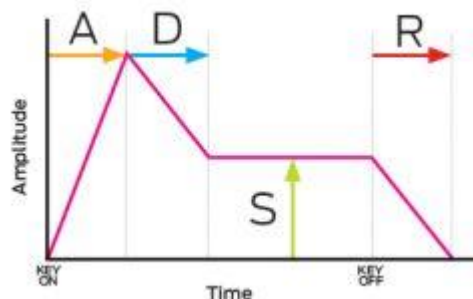
U ovom projektu predstavljeni su algoritmi potrebni za sintezu zvučnog signala. Implementirane su sledeće funkcije. Funkcija za generisanje sinusnog signala pomoću tabele pretraživanja u kojoj se nalaze samo vrednosti iz prvog kvadranta, ADSR funkcija koja služi da modifikuje amplitudu zvučnog signala kako bi podsećao na zvuk akustičnih instrumenata, funkcije za kvantizaciju i klipovanje kao i funkcije za rekonstrukciju signala i za izračunavanje odnosa signal-šum. Pored toga implementiran je i blok za sintezu zvučnog signala koji se sastoji od 5 generatora sinusnog signala. Svaki generator je zadužen da generiše sinusni signal određene frekvencije koja odgovara zadatom tonu koji je potrebno odsvirati.

2. Funkcija za generisanje sinusnog signala

Implementirana je funkcija za generisanje sinusnog signala pomoću tabele pretraživanja. Metoda generisanja sinusnog signala upotrebom tabele pretraživanja (eng. Lookup table) podrazumeva čitanje unapred generisanih vrednosti odbiraka sinusnog signala iz memorije. Vrednosti signala koji se nalazi u memoriji dobijaju se odabiranjem analognog signala, ili su unapred izračunate pomoću određenog matematičkog algoritma. Sinusni signal željene frekvencije se generiše tako što se čitaju vrednosti iz tabele pretraživanja sa konstantnim korakom. Da bi se memorija uštedela, tabela pretraživanja sadrži vrednosti sinusnog signala samo iz prvog kvadranta. Vrednosti iz ostalih kvadranta se mogu generisati pomoću vrednosti iz prvog zbog prostoperiodične prirode sinusnog signala i to na sledeći način. Vrednosti iz drugog kvadranta se dobijaju uzimanjem vrednosti iz prvog kvadranta u obrnutom redosledu. Vrednosti iz trećeg kvadranta su iste kao u prvom samo sa negativnim predznakom i vrednosti iz četvrtog su iste kao vrednosti iz drugog kvadranta sa negativnim predznakom. Ova funkcija je korišćena u bloku za sintezu zvučnog signala.

3. ADSR funkcija

Nakon što se sinusni signal generiše potrebno ga je propustiti kroz ADSR blok. ADSR blok ima 4 faze (attack, decay, sustain, release). Ovaj blok služi da modifikuje amplitudu zvučnog signala kako bi podsećao na zvuk akustičnih instrumenata. Na slici 1 prikazana je prenosna funkcija u vremenskom domenu. X osa označava redni broj odbirka, a Y osa faktor sa kojim je potrebno skalirati amplitudu signala.



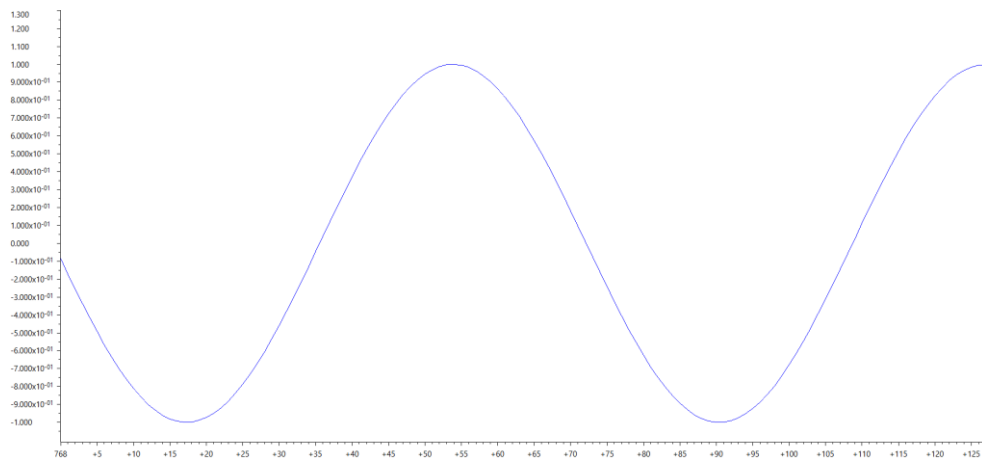
Slika 1. Prenosna funkcija za ADSR

Ova prenosna karakteristika se odnosi na ceo ton koji može trajati nekoliko blokova. Na početku funkcije su zadate vrednosti trajanja svake faze. Svaki blok tona se propušta posebno kroz ovu funkciju. U zavisnosti od trenutne faze koju blok ima, on se množi sa odgovarajućim delom ADSR funkcije.

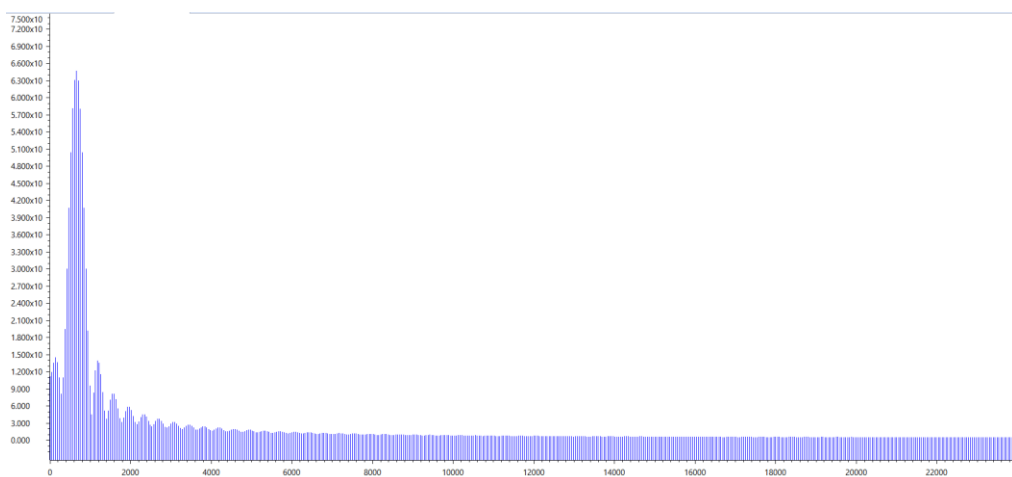
4. Sinteza zvuka i rezultati

Blok je realizovan na sledeći način. Za svaki od 5 generatora proverava se da li je potrebno odsvirati trenutni ton u datom trenutku. Ukoliko je potrebno, generiše se sinusni signal zadate frekvencije, izračunatog faznog pomeraja i amplitude 1 pomoću gore opisane funkcije za generisanje sinusnog signala. Zatim se signal propušta kroz ADSR jedinicu. Izlazni signal iz ADSR jedinice se potom kvantizuje sa 15 bita, pa klipuje sa 14 bita. Dobijeni signal se dodaje na trenutni sadržaj izlaznog bafera. Kada su svi potrebni tonovi generisani, izlazni bafer se upisuje u izlaznu datoteku.

Na slikama 2 i 3 prikazan je izgled trećeg bloka (od njih 48) tona E5 u vremenskom i frekvencijskom domenu odmah nakon njegovog generisanja. Frekvencija tona E5 je 659.25Hz.



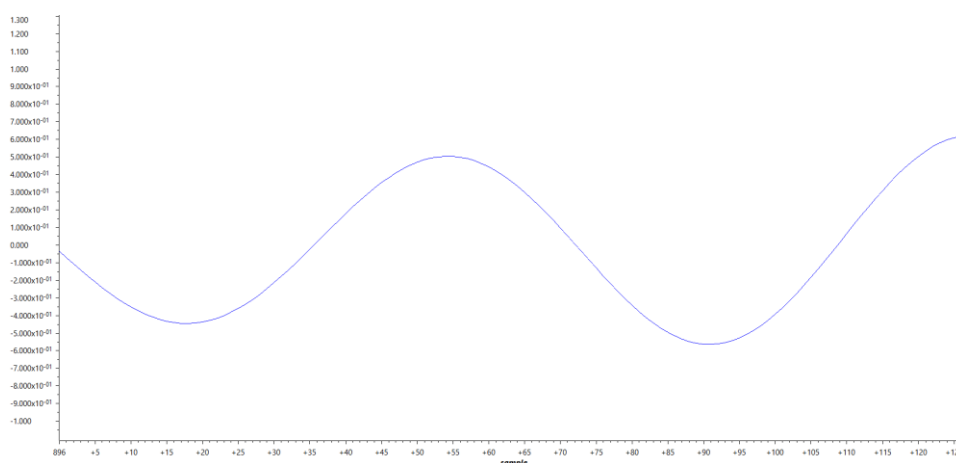
Slika 2. Izgled trećeg bloka tona E5 u vremenskom domenu



Slika 3. Izgled trećeg bloka tona E5 u frekvencijskom domenu

Sledeći korak je propuštanje signala kroz ADSR jedinicu. Na slikama 4 i 5 prikazan je gore navedeni signal posle propuštanja kroz ADSR jedinicu u vremenskom i frekvencijskom domenu.

Posto je ovo tek treći blok tona, on se našao u attack fazi ADSR funkcije. Vidimo da obvojnica signala linearno raste.

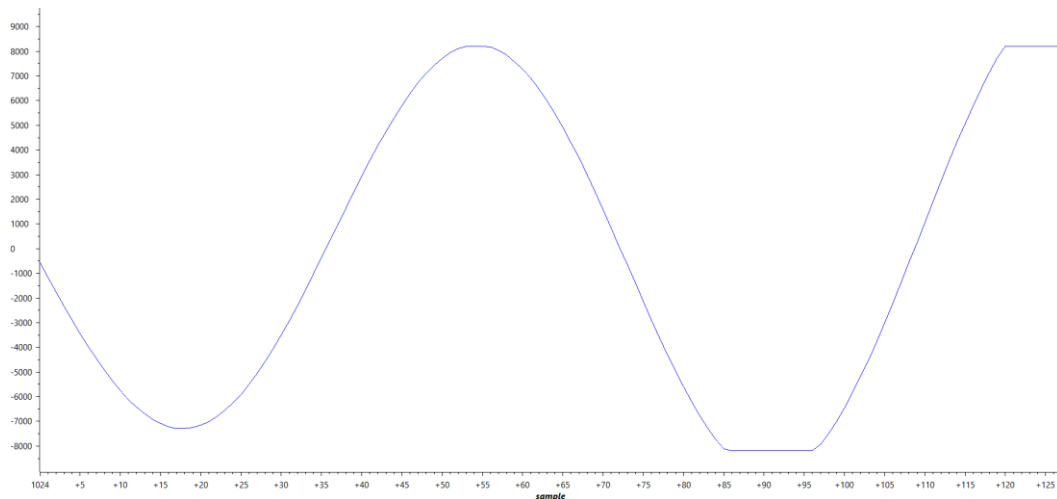


Slika 4. Signal posle propuštanja kroz ADSR jedinicu u vremenskom domenu

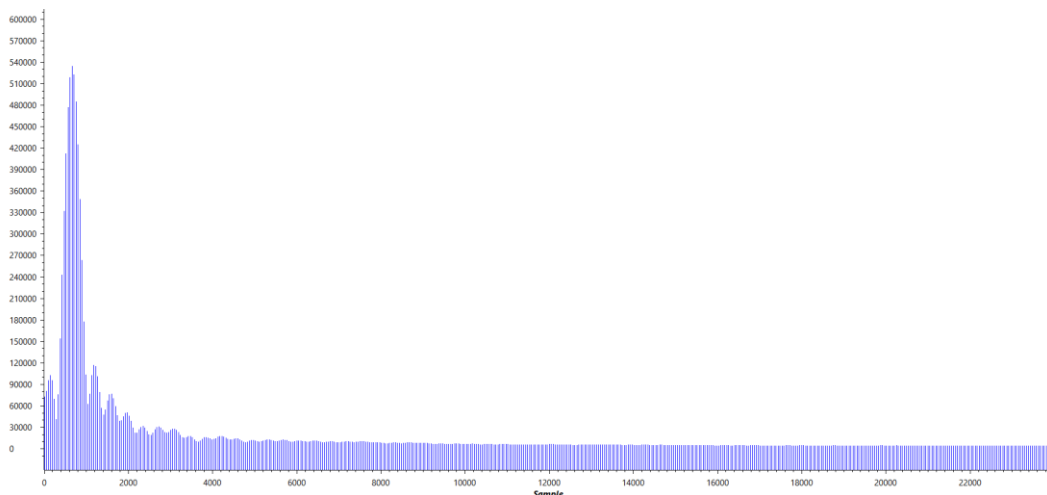


Slika 5. Signal posle propuštanja kroz ADSR jedinicu u frekvencijskom domenu

Sledeći korak je primena kvantizacije i klipovanja. Na slikama 6 i 7 prikazan je signal posle kvantizacije i klipovanja u vremenskom i frekvencijskom domenu. Vidimo da je na pocetku bloka amplituda dovoljno mala (zbog propuštanja kroz attack fazu ADSR funkcije) pa klipovanje nije potrebno. Kasnije je amplituda porasla pa se vidi kako izgleda signal posle klipovanja.



Slika 6. Signal posle kvantizacije i klipovanja u vremenskom domenu



Slika 7. Signal posle kvantizacije i klipovanja u frekvencijskom domenu

Na kraju je za ton E5 izračunata prosečna vrednost odnosa signal-šum kvantizacije. On predstavlja razliku između kvantizovane i kontinualne vrednosti signala u decibelima i izračunava se na sledeći način:

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{P_s}{P_e} dB$$

gde je P_s snaga signala, a P_e snaga šuma.

Ton E5 traje 48 blokova (po 128 odbiraka). Za svaki blok je izračunata vrednost SNR, a zatim su sve vrednosti sabrane i zbir je podeljen sa 48. Dobijena je vrednost od 39.385dB. Vrednosti SNR su veće u onim blokovima gde su vrednosti signala manje jer tu nije doslo do klipovanja (oko 70-80dB). Tamo gde je bilo klipovanja vrednosti SNR-a su manje (oko 12dB).

5. Zaključak

Kao krajnji izlaz generisan je wav fajl koji sadrži melodiju kompozicije Za Elizu. Ovaj sistem se može iskoristiti za generisanje bilo koje druge melodije ukoliko su poznate note. Ovde je dato 5 generatora, što znači da se istovremeno može odsvirati 5 tonova. Sistem se može lako proširiti i na veći broj generatora.