

Domače naloge 1. in 2. (samostojno reševanje):

1. Sintetizator zvoka različnih instrumentov

1.1 Uvod in pregled področja

Tudi svet glasbe postaja vse bolj "digitalen". Digitalni sintetizatorji zvoka so v široki uporabi. Njihova glavna naloga je, da čimbolje posnemajo zvok "pravih" instrumentov.

Obstaja več različnih pristopov za generiranje zvoka posameznih instrumentov. Naj izpostavimo le nekatere glavne skupine :

- ***manipulacije s posnetki*** "pravih" instrumentov (angl. "wavetable synthesis" ali "sample-based synthesis")

Osnovo predstavlja več digitaliziranih posnetkov instrumenta, ki jih potem spreminjamo v časovnem prostoru na različne višine osnovnih tonov (angl. "resample") in trajanje.

- ***aditivna sinteza***

Pri (Fourierovi) frekvenčni analizi zvoka lahko pridemo do podatkov o posameznih sestavinah signala, ki jih nato uporabimo pri ponovni sintezi signala. Metoda je lahko časovno bolj kompleksna, ker so zvoki nekaterih instrumentov sestavljeni iz velikega števila komponent. Večinoma so zvoki t.i. harmoničnih instrumentov sestavljeni iz osnovne in višje harmonskih komponent, katerih amplituda z naraščanjem frekvence pada. Podoben rezultat z nekaj prednostmi je mogoče doseči tudi s t.i. FM sintezo, predstavljeno v naslednjem podpoglavju (1.2)

(<http://www.lumanmagnum.net/physics/index.html>,
http://en.wikipedia.org/wiki/Additive_synthesis)

- ***modeliranje procesa*** tvorbe zvoka pri instrumentih

Pri nekaterih instrumentih se v praksi lahko izkaže, da je njihova sinteza lažja s pomočjo modela, ki posnema proces nastajanja zvoka v realnem instrumentu. Parametre modela lahko spreminjamo in tako na izhodu dobimo boljši ali slabši približek zvoka instrumenta. Ta pristop je zelo znan tudi v primeru "strunskih" instrumentov, kjer bi druge metode lahko bile precej bolj časovno in prostorsko zahtevne
(http://en.wikipedia.org/wiki/Karplus-Strong_string_synthesis) .

1.2 Primer FM sinteze: klarinet

FM sinteza bi se lahko prištel kot izvedenka aditivne sinteze. Za praktično implementacijo FM sinteze bomo poskušali sintetizirati zvok klarineta. Najprej si podrobneje pogledjmo značilnosti FM sinteze. Osnovni izraz za FM sintezo oziroma modulacijo osnovnega tona s frekvenco F_c z modulatorjem s frekvenco F_m je :

$$y(n) = A_c \sin(\omega_c n + A_m \sin(\omega_m n)),$$

pri čemer je $\omega = 2\pi F / F_s$, F pa v prvem primeru frekvenca osnovnega tona F_c in v drugem primeru frekvenca modulatornega tona F_m .

Pri frekvenčni analizi dobljenega signala $y(n)$ ugotovimo, da poleg osnovnega tona vsebuje še tone, katerih frekvence se razlikujejo od osnovne za celi večkratnik modulatorne frekvence F_m . Na amplitudo teh "stranskih" tonov lahko vplivamo s spreminjanjem A_m in tudi drugimi možnostmi – npr. z rekurzivno implementacijo modulatornega operatorja.

Ker vemo, da so pri klarinetu zelo izraziti le osnovna frekvenca in njeni lihi večkratniki, je običajna izbira za modulatorno frekvenco enaka dvakratniku osnovne frekvence (primer za ton D4: osn. frekv. je 293.66Hz, modulatorna $2 * 293.66\text{Hz}$ in velja $A_m = 0.5$; klic funkcije : `"/x_rek,x_fm,x/=FM_sinteza(293.66,2*293.66,0.5,8000,8192,5);"`. Drugačne parametre predlaga avtor Chowning v svojem članku (glejte vire).

Podrobnejše informacije o implementaciji modulacije s pomočjo Scilaba najdete tukaj : http://www.lumanmagnum.net/physics/sci_fm.html¹, potrebne funkcije pa na e-učilnici (envelope.sci, FM_sinteza.sci)

Naloga 1.

1.1 Uporabite funkcijo v Scilabu ("FM_sinteza.sci") na nekaj primerih; zvok klarineta bo sintetiziran z uporabo FM sinteze na dva načina:

- z uporabo dveh operatorjev :
$$y_m = A_c * \sin(F_c * x + A_m * \sin(F_m * x))$$
- z uporabo dveh operatorjev in nato še z rekurzivno uporabo drugega operatorja :
$$\begin{aligned} \text{op2} &= A_m * \sin(F_m * x); \\ \text{op2} &= A_m * \sin(F_m * x + \text{op2}); \quad \dots \text{večkrat izvedemo} \\ y_m &= A_c * \sin(F_c * x + \text{op2}); \end{aligned}$$

1.2 primerjajte in komentirajte dobljene rezultate obeh izvedb FM sinteze. Pri tem uporabite tudi frekvenčne predstavitve signalov (uporabite lahko katerikoli program, npr. Audacity->Analiziraj-Izriši spekter)).

```
function
[y_fmrek,y_fm,y]=ton_FM(f,fmod,d,fs,
nsamp)
// f    ... frekvenca osnovnega tona
// fmod ... frekvenca modulacije
// d    ... amplituda modulacije
// fs   ... vzorčevalna frekvenca
// nsamp ... stevilo vzorcev
// y    ... osnovni ton
// y_fm ... osnovni ton z FM sintezo
// y_fmrek... osnovni ton z rekurzivno
FM sintezo
```

¹ V izrazu za x je napaka in sicer $x = 2 * \pi / F_s * N$;

I.3 Kratko opišite in razložite glavne prednosti in slabosti FM sinteze v primerjavi z aditivno sintezo.

Ostali viri :

- http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_modulation_synthesis
- Izvirni članek z razlago FM sinteze (za podrobnejše branje):
 - <http://users.ece.gatech.edu/~mccllella/2025/labs-s05/Chowning.pdf>
- Programsko orodje za aditivno sintezo :
 - <http://www.klingbeil.com/spear/>

Naloga 2.

Imamo sistem za računanje kumulativnega povprečja vhodnega signala $x(n)$ v intervalu $0 \leq k \leq n$:

$$y(n) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n x(k) \quad n = 0, 1, \dots$$

- a) Opišite delovanje sistema v praksi. Katere so njegove slabosti?
- b) Koliko spomina in računanja potrebujemo za realizacijo tega sistema?
- c) Kako bi sistem uporabili v praksi – npr. za kolesarski števec, ki beleži prevoženo razdaljo? Kakšni bi bili praktični problemi, na katere bi naleteli ?
- d) Ali bi lahko sistem realizirali učinkoviteje (*Namig: »rekurzivnost«, poskušajte izraziti nov izhodni vzorec sistema s prejšnjim...*)? Če da, potem realizacijo tudi opišite in določite diferenčno enačbo sistema. Opišite izboljšave oz. kako bi jih lahko uporabili pri že prej omenjenem kolesarskem števcu?