

Zvuk i računalo

1. Razlika između analognog i digitalnog sustava

Analogni sustav – zvuk primljen preko mikrofona se pretvara u kontinuirano promjenjiv električni signal potpuno vjeran tonskoj pobudi. Zvučni valovi se mogu sačuvati zahvaljujući npr. različito jako magnetiziranim česticama praška željeznog oksida nanesenog na plastičnu vrpču ili na gramofonskoj ploči u obliku brazde urezane u plastičnu masu. Na taj se način fizikalni fenomeni mogu konzervirati, čuvati i reproducirati.

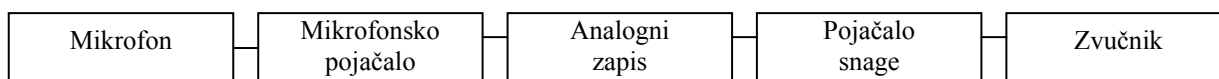
Konzervirana promjena stanja je proporcionalna dojamu stvarnog osjeta i ona se zbiva, korespondentno originalnom događaju, kontinuirano – bez prekida u odnosu na vremenski slijed. Međutim, na vjernost snimke se negativno odražava svojstvo medija na kojem je pohranjena informacija – on sam prouzrokuje dodatne promjene snimljenog fenomena. Korisni signali i signali smetnje se međusobno miješaju, pa ako je koristan signal manji od neke granične vrijednosti – on se više ne može odvojiti od signala smetnje. Za malo poboljšanje kvalitete, u analognoj tehnici su potrebna neproporcionalno velika ulaganja. Postoje relativno velika nelinearna izobličenja koja rastu s pobudom, postoje velike greške vremenske baze (kolebanje broja okretaja, fazna kolebanja) i gubitak kvalitete kod umnožavanja.

Digitalni sustav – koristi se digitalni prikaz korisne informacije pomoću odgovarajućih znakova – stvaranjem nekog koda. Najprikladnije je da su osnova tog koda dva stanja (binarni kod), kojim se pojednostavljuje elektronička obrada signala.

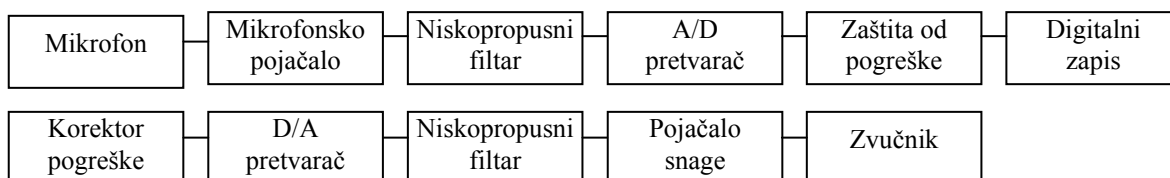
Analogni signal sa mikrofona se pretvara u binarno kodirani signal koji se sastoji od slijeda uskih impulsa. Takav se signal može prenositi ili zapisivati s manje usputnih promjena nego analogni signal. Za pretvaranje analognog u digitalni signal koristi se odgovarajući A/D sklop, dok se reprodukcija odvija pomoću D/A sklopa. Dinamičko područje se proširuje na više od 90 dB, moguća je korekcija grešaka, jednom digitalizirani signal se može obrađivati u procesoru izradom odgovarajuće programske podrške, a ne konstrukcijom posebnog sklopa, mogući su npr. zahvati u dinamičku strukturu (kompresija, limitiranje) bez neželjenih efekata, zapis ne gubi svoje karakteristike višestrukim presnimavanjem, kao ni reprodukcijom.

2. Nacrtaj/objasni blok shemu analognog i digitalnog sustava za snimanje/reprodukciju

Analogna schema

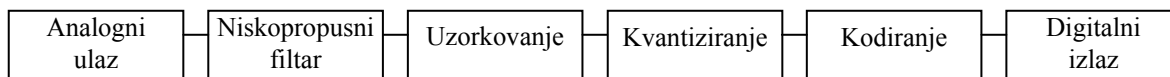


Digitalna schema



Digitalni sustav zahtjeva više faza konverzije signala pri snimanju / reprodukciji, no omogućuje znatno smanjivanje broja pogrešaka uzrokovanih vanjskim faktorima koji utječu na medij sa zapisom. Zajednička osobina ovih dvaju schema je korištenje istovrsnih analognih uređaja na početku i kraju lanca za snimanje / reprodukciju. Razlika se sastoji u manipulaciji izvornim/odredišnim signalom te njegovim zapisom.

3. Nacrtaj i objasni pretvorbu analognog u digitalni signal



Sa analognog ulaza informacija u analognom obliku prvo prolazi kroz niskopropusni filter koji sprečava nastajanje efekta preklapanja (aliasing komponenti). On strmo reže sve komponente iznad gornje granične frekvencije. Sklop za uzorkovanje u periodičnim vremenskim razmacima iz analognog ulaznog signala uzima pulsno-amplitudno modulirane vrijednosti (uzorke) te ih zadržava u kondenzatoru prije kodiranja. Slijedi proces kvantiziranja, tj. vrednovanja signala, koji beskonačni broj mogućih međuvrijednosti reducira na konačan broj. Pri tome se prenosi srednja vrijednost stupnja u čijem intervalu leži točna vrijednost uzorka. Nakon kvantiziranja, dobivanja digitalnog oblika signala, potrebno je rezultat kvantiziranja na određen način kodirati kako bi bila moguća daljnja obrada signala. S obzirom da se kvantiziraju samo izmjenični naponi, upotrebljavaju se samo bipolarni kodovi. U digitalni signal se dodaju i pomoćni kodovi koji imaju regulacijske, sinkronizacijske i slične funkcije.

4. Nabroji, objasni faze A/D pretvorbe

<Isto kao i pitanje 3. >

Sa analognog ulaza informacija u analognom obliku prvo prolazi kroz niskopropusni filter koji sprečava nastajanje efekta preklapanja (aliasing komponenti). On strmo reže sve komponente iznad gornje granične frekvencije. Sklop za uzorkovanje u periodičnim vremenskim razmacima iz analognog ulaznog signala uzima pulsno-amplitudno modulirane vrijednosti (uzorke) te ih zadržava u kondenzatoru prije kodiranja. Slijedi proces kvantiziranja, tj. Vrednovanja signala, koji beskonačni broj mogućih međuvrijednosti reducira na konačan broj. Pri tome se prenosi srednja vrijednost stupnja u čijem intervalu leži točna vrijednost uzorka. Nakon kvantiziranja, dobivanja digitalnog oblika signala, potrebno je rezultat kvantiziranja na određen način kodirati kako bi bila moguća daljnja obrada signala. S obzirom da se kvantiziraju samo izmjenični naponi, upotrebljavaju se samo bipolarni kodovi. U digitalni signal se dodaju i pomoćni kodovi koji imaju regulacijske, sinkronizacijske i slične funkcije.

5. Usporedi analogno i digitalno snimanje zvuka

Pri analognom snimanju postoje: relativno velika nelinearna izobličenja koja rastu s pobudom, ograničena je korisna dinamika, frekvencijska karakteristika je ovisna o pobudi zbog efekata zasićenosti pri malim valnim dužinama, intermodulacija, modulacijski šum, velike greške vremenske baze (kolebanje broja okretaja, fazna kolebanja) zbog transportne mehanike, linearna izobličenja na početku prijenosnog područja, efekt kopiranja, ovisnost elektroakustičke kvalitete o svojstvima medija, pribiranje smetnji kod umnožavanja tonskog nosača.

Kod digitalnog snimanja tonskih signala te smetnje ne postoje – elektroakustičke veličine ovise samo o sklopovskim komponentama.

6. Navedi prednosti digitalne tehnike

Prednosti digitalne tehnike snimanja su: linearna frekvencijska karakteristika unutar predviđenog prijenosnog pojasa, veliko dinamičko područje dovoljno za sve zahtjeve, modulacijski efekti ne postoje, nemjerljivo mala kolebanja broja okretaja (ploče ili koluta), fazna kolebanja između različitih kanala ne postoje, vrlo su mala nelinearna izobličenja, veliko prigušenje preslušavanja, identično s dinamikom, nema efekta kopiranja, digitalni signal se može neograničeno puta umnažati bez ikakvog gubitka kvalitete.

7. Navedi specifične probleme digitalnog snimanja

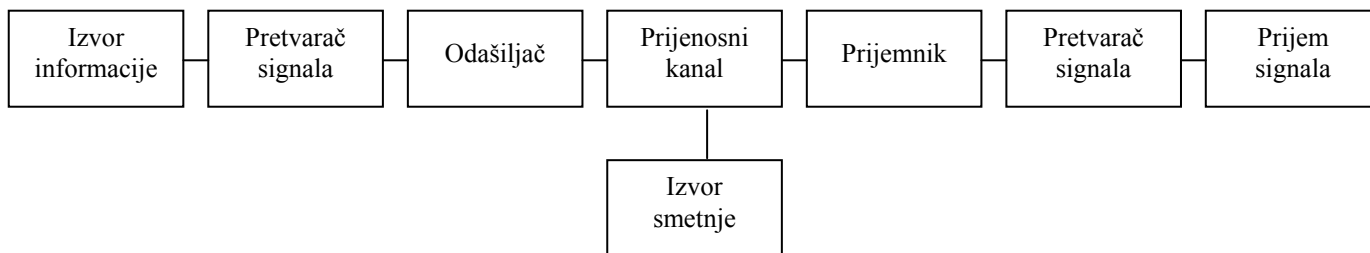
Specifični problemi digitalnog snimanja: pojasna širina mora biti za faktor 40-100 veća, a zbog ekonomične potrošnje vrpce i gustoća zapisa mora biti za nekoliko redova veličina veća nego kod analogne tehnike snimanja, zbog zaštite od pogrešaka te zbog sinkronizacije potrebni su dodatni podaci što povećava broj komponenata, dodatni podaci povećavaju ukupan broj podataka za obradu koji zahtijevaju još veću pojasnu širinu, podaci ne dolaze kontinuirano pa ih treba privremeno memorirati, mehanička montaža je često nemoguća, elektronička montaža daje optimalne mogućnosti obrade ali su tehnički zahtjevi veći, magnetsku vrpcu (DAT) treba dobro zaštititi od vanjskih (pogotovo mehaničkih) utjecaja.

8. Usporedi analogno i digitalno procesiranje zvuka

Prednosti digitalnog procesiranja pred analognim: dinamičko područje se proširuje na više od 90 dB, moguća je korekcija pogrešaka, ubacivanje odjeka, jednom digitalizirani signal može se obrađivati u procesoru na sve moguće načine a da za svaku vrstu obrade nije potrebno konstruirati poseban sklop već se izrađuje odgovarajuća programska podrška, prednosti digitalne tehnike pred analognom postoje i kod procesiranja složenih signala.

Aspekti koji se otvaraju uz digitalnu obradu signala su: zamjena NF-kabela staklenim vlaknima (tijek podataka oko 25 MBit/s) i zbog toga prijenos bez smetnji, direktan priključak digitalne periferije, nove mogućnosti obrade, npr. vremensko kašnjenje s finim ugađanjem u svakom mikrofonskom kanalu za kompenzaciju različitih vremenskih proleta, svi parametri obrade signala mogu se točno memorirati i kasnije ponoviti, mogući su zahvati u dinamičku strukturu (kompresija, limitiranje) bez neželjenih efekata, potpuno daljinsko upravljanje (odvojena polja za upravljanje i elektroniku), memoriranje svih funkcija stola za miješanje (npr. na disketu), velika fleksibilnost prilikom projektiranja uređaja za obradu signala prema željama stranke promjenom programa.

9. Nacrtaj i objasni spoj nekog informacijskog sustava



Zadatak je ovakvog sustava da usprkos smetnjama prenese originalu vjeran signal, tj. željenu informaciju, od izvora do odredišta. Sadržaj i oblik informacije nisu predvidivi kao što je to slučaj sa sinusoidnim naponom. Informacije koje mora prenijeti elektroakustički lanac su npr. govor, glazba, šumovi itd. Takve informacije u obliku zvučnog događaja (izvor informacije) putuju preko mikrofona (pretvarač signala) i pojačala, stola za miješanje (odašiljač) u uređaj za snimanje (prijenosni kanal). Izvor smetnji izobličuje izvorni signal mijenjajući širinu pojasa, dinamiku, prigušnu karakteristiku ili linearnost. U praksi, prijenosni lanac ima mnoge karike, koje se mogu prikazati kao serijski povezani prijenosni modeli s pripadnim kanalima i izvorima smetnji.

10. Navedi i objasni modulacije signala

Modulacije	
<i>Vremenski kontinuirane</i>	<i>Vremenski diskretne</i>
Amplitudna (AM) Frekvencijska (FM) Fazna (PM)	Pulsno-amplitudna modulacija (PAM) Pulsno-širinska modulacija (PDM) Pulsno-poziciona modulacija (PPM)
	Pulsno-kodne modulacije (PCM) Delta modulacije (DM)

Iz osnovne, amplitudne modulacije (AM) pomoću uzorkovanja (koristeći Shannonov teorem) iz analognog signala dobivamo pulsno-amplitudno modulirani (PAM) signal. Uzorkovana (PAM) informacija se pomoću niskopropusnog filtra može opet vratiti natrag u analogni signal. Pretvaranje PAM signala u digitalni kod se naziva «izvorno kodiranje» (source-encoding), a time dobivamo pulsno-kodnu modulaciju (PCM). Digitaliziranje se vrši uzimanjem srednjih vrijednosti stupnja u čijem intervalu leži točna vrijednost uzorka.

Modulacija frekvencijom (FM) – mijenja se frekvencija, ali i dužina trajanja bitovnih impulsa. Binarna jedinica je simbolizirana s dvije promjene stanja, a nula s jednom promjenom stanja unutar jednog bitovnog intervala.

Modulacija fazom (PM, odn. PE – Phase Encoding) – promjena binarnog stanja se uvijek zbiva u sredini bitovnog intervala. Rastući brid označuje binarnu jedinicu a padajući brid nulu. Pojasna širina je gotovo identična pojasnoj širini FM-koda.

Diferencijalno pulsno-kodna modulacija (DPCM) svodi se na prijenos razlike upravo uzorkovane vrijednosti od zadnje prethodne uzorkovane vrijednosti signala. Statistički gledano, razlike između vremenski susjednih uzoraka su najčešće male, pa je potreban manji broj stupnjeva kvantiziranja (tj. bitova) nego kod PCM-a. DPCM je predikativan oblik kodiranja.

Delta modulacija (DM) je također predikativan postupak kodiranja, jer uvijek postoji prethodni podatak o kojem ovisi aktualna vrijednost signala.

11. Objasni teorem uzorkovanja – Shannonov teorem

Shannon je objavio teorem uzorkovanja, kojim je opisao apsolutan odnos između vremenski kontinuiranih i vremenski diskretnih signala, što znači da se neki analogni signal može pretvoriti u slijed vremenski diskretnih impulsa ako ga se u međusobno jednakim vremenskim razmacima (periodima uzorkovanja) mjeri uzimanjem uzoraka. Pri tome moraju biti poštovana 2 uvjeta:

1) Frekvencija f_s kojom se uzimaju uzorci mora biti najmanje 2 puta viša od najviše frekvencije f_n koja se može pojaviti u uzorkovanom signalu; $f_s = 2 * f_n$ i

2) U originalnom signalu ne smije biti više frekvencije nego što je polovica frekvencije uzorkovanja. Ovim teoremom je stvoren dokaz da prilikom pretvorbe analognog u digitalni signal ili obrnuto nema gubitka informacije, usprkos tome što promjene originalnog signala između uzimanja uzoraka nisu uzete u obzir.

12. Objasni postupak uzorkovanja signala

Signal, vremenski promjenjiv prema $A=f(t)$ ima u frekvencijskom području gornju graničnu frekvenciju f_{max} . Signal se uzorkuje u vremenskom području s periodičkim impulsima razmaka t_s , koji u frekvencijskom području imaju spektre $f_s, 2f_s$. Postupak uzorkovanja odgovara multiplikaciji A_t sa S_t , što se u frekvencijskom području prikazuje kao $A_f * S_f$.

Spektar originalnog signala ponavlja se višekratnikom frekvencije uzorkovanja f_s . Pomoću niskopropusnog filtra s graničnom frekvencijom nešto višom od f_{\max} , uzorkovana informacija se opet može pretvoriti u kontinuirani analogni signal bez gubitka kvalitete.

13. Objasni nastanak aliasing komponenti

Po Shannonovom teoremu, frekvencija uzorkovanja (f_s) mora uvijek biti veća od $2 \cdot f_{\max}$. Ako to nije slučaj, dolazi do preklapanja originalnog spektra s moduliranim dijelom spektra koji se ponavlja s frekvencijom f_s .

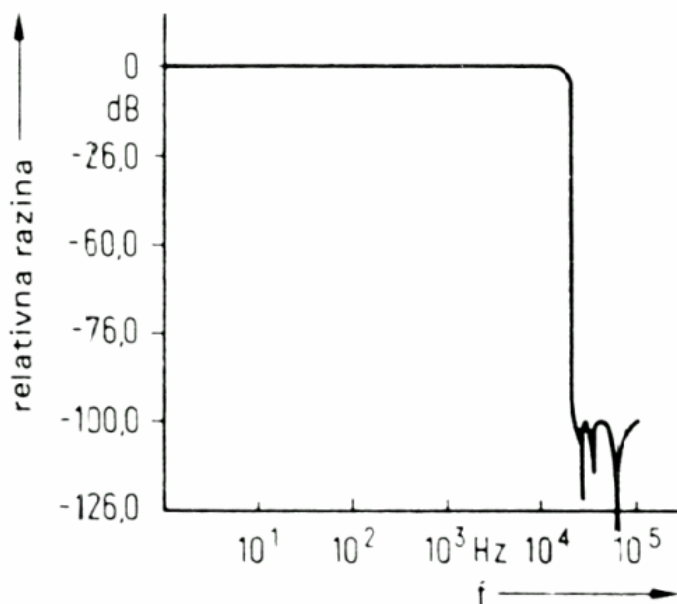
Te nove komponente se ne mogu odstraniti niskopropusnim filtrom, što znači da će npr. frekvencijska komponenta od 39 kHz u sustavu za uzorkovanje od 40 kHz stvoriti novu dodatnu frekvenciju od 1 kHz koja u originalnom signalu ne postoji. Taj se fenomen naziva «aliasing» - efekt preklapanja, a izobličenja nastala na taj način «izobličenjima zbog efekta preklapanja» (aliasing-izobličenjima). Za njegovo sprečavanje upotrebljava se niskopropusni filter koji strmo reže sve komponente iznad gornje granične frekvencije, a spojen je ispred stupnja za uzorkovanje.

14. Objasni ulogu niskopropusnog filtra – antialiasing filtra

Za sprečavanje aliasing-izobličenja upotrebljava se niskopropusni filter koji strmo reže sve komponente iznad gornje granične frekvencije, a spojen je ispred stupnja za uzorkovanje.

Potiskivanje aliasinga treba iznositi oko 100 dB, a i prigušenje između gornje granice prijenosnog područja i polovice vrijednosti frekvencije uzorkovanja mora biti zadovoljavajuće.

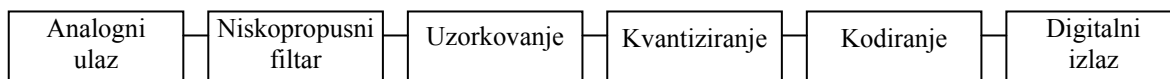
15. Nacrtaj idealnu karakteristiku antialiasing filtra



16. Koje osobine mora imati ulazni niskopropusni filter ?

Ulazni niskopropusni filter mora imati: ravnu frekvencijsku karakteristiku u pojasu propuštanja, sa što manjom valovitosti na gornjem dijelu prijenosnog pojasa, zanemariva istitravanja, malo kolebanje faze u području propuštanja, mala izobličenja uslijed različitih vremena proleta, što manja izobličenja, što veću strminu boka filtra iznad f_{\max} i veliko gušenje u nepropusnom pojasu, smetnje ispod razine šuma cijelog digitalnog sustava.

17. Nacrtaj i objasni blok schemu pretvorbe analogne informacije u digitalne signale

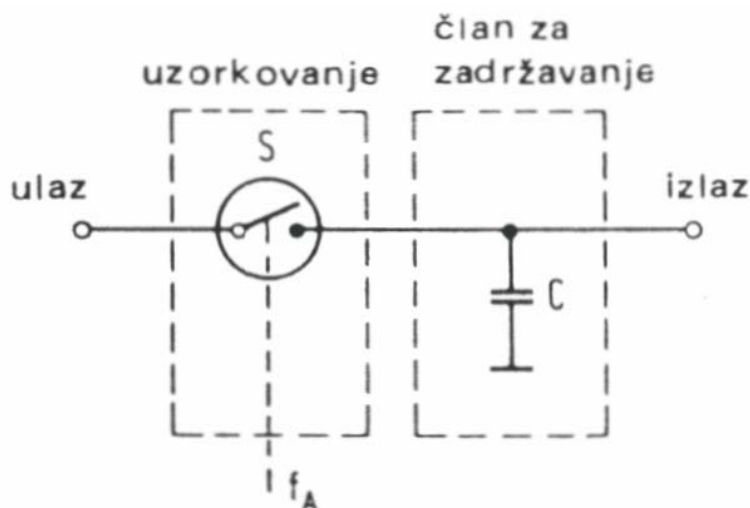


Sa analognog ulaza informacija u analognom obliku prvo prolazi kroz niskopropusni filter koji sprečava nastajanje efekta preklapanja (aliasing komponenti). On strmo reže sve komponente iznad gornje granične frekvencije. Sklop za uzorkovanje u periodičnim vremenskim razmacima iz analognog ulaznog signala uzima pulsno-amplitudno modulirane vrijednosti (uzorke) te ih zadržava u kondenzatoru prije kodiranja. Slijedi proces kvantiziranja, tj. vrednovanja signala, koji beskonačni broj mogućih međuvrijednosti reducira na konačan broj. Pri tome se prenosi srednja vrijednost stupnja u čijem intervalu leži točna vrijednost uzorka. Nakon kvantiziranja, dobivanja digitalnog oblika signala, potrebno je rezultat kvantiziranja na određen način kodirati kako bi bila moguća daljnja obrada signala. S obzirom da se kvantiziraju samo izmjenični naponi, upotrebljavaju se samo bipolarni kodovi. U digitalni signal se dodaju i pomoćni kodovi koji imaju regulacijske, sinkronizacijske i slične funkcije.

18. Razlike u izvedbi niskopropusnog filtra, u diskretnoj, integriranoj i digitalnoj tehnici

Pasivne filterske konstrukcije sastoje se od LC-lanaca sedmog, devetog ili trinaestog reda, koji se međusobno razlikuju samo u prigušenju. LC-filteri su tako vezani da postoji istosmjerna veza između ulaza i izlaza pa se mogu konvertirati i istosmjerni naponi. Nelinearna svojstva, dimenzije i težina zavojnica razlozi su zbog kojih su pasivne filterske konstrukcije zamjenjene u PCM-procesorima i kućnim video-rekorderima sa aktivnim sklopovima. Aktivni niskopropusni filter se sastoji od višestrukih operacijskih pojačala koja pomoću odgovarajuće dimenzionirane povratne reakcije dobivaju željene karakteristike. Takav koncept je prikladan za izvedbe u obliku hibridnih sklopova ili jeftinije masovne proizvodnje visokointegriranih sklopova. Kod tih sklopova pojavljuju se poteškoće kod velike brzine porasta signala i u postizanju velikog omjera signal/smetnja. Digitalni filtri omogućuju ostvarivanje po volji propusna ili prigušna svojstva bez negativnih posljedica (grupno vrijeme proleta, fazna karakteristika) na koristan signal. Ovakve konstrukcije su kompleksne i zahtijevaju veliku brzinu obrade signala.

19. Nacrtaj i objasni principijelnu schemu sklopa za uzorkovanje i zadržavanje



Sklop za uzorkovanje i zadržavanje (U/Z, engl. Sample/Hold) ima dvije međusobno neovisne funkcije: u periodičnim vremenskim razmacima se iz analognog ulaznog signala uzimaju pulsno-amplitudno modulirane vrijednosti (uzorci) i pohranjuju na neko određeno vrijeme u dijelu za zadržavanje. To zadržavanje je potrebno, jer je vrijeme uzimanje uzoraka prekratko za sljedeći postupak, a to je kodiranje. Kao sklop za zadržavanje koristi se kvalitetan kondenzator s vrlo malim gubicima.

Princip rada: prekidač S se kratkotrajno otvara i zatvara u ritmu frekvencije uzorkovanja i dovodi signal na izlaz. Kada je prekidač otvoren, kondenzator C je nabijen na napon koji je vladao na ulazu u sklop upravo u trenutku kada je prekidač bio zatvoren. Time je na neko vrijeme zadržana vrijednost uzorka. Kod sljedećeg uzimanja uzorka, tj. zatvaranja prekidača, kondenzator se nabije na novu vrijednost napona.

20. O čemu ovisi izbor frekvencije uzorkovanja ?

Frekvencija uzorkovanja je u prvom redu određena gornjom graničnom frekvencijom prijenosnog područja prema Shannonovom teoremu, pa je potrebno utvrditi potrebnu širinu pojasa prijenosnog sustava. Kao donja zadovoljavajuća frekvencija, nakon ispitivanja, uzeta je frekvencija od 15 kHz, no cjelokupna audio-industrija zahtijeva širinu propusnog pojasa od 20 kHz. Godine 1979. je prihvaćena standardna frekvencija uzorkovanja za PCM-adaptore od 44056 Hz. Telefunken je za MiniDisc odabrao frekvenciju uzorkovanja 48 kHz, dok su Sony i Philips za CD prihvatili 44,1 kHz. Frekvencija uzorkovanja od 48 kHz se preporučuje za primjenu u profesionalnim uređajima, kod kojih treba digitalni audio-signal smjestiti unutar drugih digitalnih informacija.

21. Objasni postupak kvantiziranja

Kvantiziranje je vrednovanje signala, kojim se beskonačni broj mogućih međuvrijednosti reducira na konačni broj. Pri tome se ne prenosi amplituda konkretnog uzorka nego srednja vrijednost stupnja u čijem intervalu leži točna vrijednost uzorka. S n bitova se može definirati 2^n diskretnih stupnjeva (npr. naponskih vrijednosti). Sustav kvantiziranja je bipolaran, jer ulazni signal može imati pozitivne i negativne vrijednosti, kao što je to i slučaj s tonfrekvencijskim signalom. Intervali na koje je podijeljena amplituda signala nazivaju se «intervali kvantiziranja». Digitalna riječ, koju

određuje neki interval, reprezentira analognu vrijednost napona koji leži točno u sredini tog intervala. Statistički gledano, ta vrijednost ne odgovara uvijek stvarnoj (točnoj) vrijednosti, pa se prilikom kvantiziranja gubi dio originalne informacije. Taj dio se kod dekodiranja ne može više restaurirati, što dovodi do pogreške. Pogreška će biti manja povećavanjem broja diskretnih stupnjeva kvantiziranja, odnosno povećanjem broja bitova digitalne riječi. Omjer maksimalne amplitude signala i pogreške kvantiziranja predstavlja jedan od najvažnijih kriterija prilikom ocjenjivanja nekog digitalnog sustava i ovisi direktno o broju bitova u procesu konverzije.

22. O čemu ovisi dinamika signala kod digitalnih sustava ?

Najveća pogreška kvantiziranja se pojavljuje prilikom takve trenutne vrijednosti analognog signala koja je blizu donje ili gornje granične vrijednosti odgovarajućeg intervala kvantiziranja Q . Tada je pogreška u najgorem slučaju jednaka polovici Q . S obzirom na relativno jednostavan odnos između dinamike i broja kvantiziranih bitova, mogao bi se koristiti velik broj intervala za kvantiziranje, kako bi se povećala korisna dinamika i smanjile pogreške kvantiziranja. Svaki bit poboljšava omjer signal/smetnja za faktor 2 (6 dB). Zbog konačne širine pojasa od 20 kHz dodatni dobitak je gotovo 2 dB (u 16-bitovnom sustavu omjer je 98 dB, a u 18-bitovnom 110 dB). No, svaki dodatni bit kvantizacije povećava broj podataka za oko 90 kbit/s (stereo signal) te zahtjeva višebitovne A/D i D/A konvertore od 16-bitovnih.

Koristi se i stupnjevanje digitalnog lanca od snimanja originalnog signala do reprodukcije u odnosu na dužinu riječi digitalne informacije; na nekim mjestima prijenosnog lanca su predviđene rezerve u dinamici jer nije unaprijed poznato kakve će biti vršne vrijednosti. Nasuprot tome, u pojedinim drugim stupnjevima prijenosnog sustava dovoljna bi bila i manja dinamika. Da bi postojala dovoljna rezerva dinamike, kod kompaktnog diska se redovito koristi jednoliko 16-bitovno kvantiziranje. Dodatan dobitak dinamike od oko 10 dB se postiže upotrebom predakcentuacije s vremenskim konstantama od $50 \mu\text{s} + 15 \mu\text{s}$.

23. Što je šum kvantiziranja ?

Ako analogni signal sadrži širokopojasne dijelove spektra, a amplituda mu se neprestano mijenja, pogreška kvantiziranja je statistički slučajna veličina. Stoga se može s jednakom vjerojatnošću pojaviti bilo koja njena veličina između $-Q/2$ i $+Q/2$. Budući da ne postoji predvidiva povezanost između pogreške u nekom intervalu i pogreške u sljedećem, i spektralna energija signala greške statistički je jednolično raspoređena po cijeloj širini pojasa. Uzevši to u obzir, može se pretpostaviti da će izobličenja nastala uslijed pogreške kvantiziranja ostaviti prilikom slušanja isti čujni dojam kao i bijeli šum, pa se ta pojava naziva «šumom kvantiziranja».

24. Što je šum granulacije ?

Kod malih razina signala iz sinusoidnog valnog oblika nastaje pravokutni valni oblik. Tada, nastali harmonici (u ovisnosti o frekvenciji originalnog signala) mogu pasti (slično aliasing frekvencijama zbog efekta preklapanja) u prijenosni pojas i čak biti ispod frekvencije originalnog signala. U takvom slučaju prirodni harmonici ne mogu maskirati nove frekvencije, pa one jače dolaze do izražaja nego 'klasična' nelinearna izobličenja drugog ili trećeg reda. Takva izobličenja se nazivaju šumom granulacije (granulation noise). Slušni testovi su pokazali da bi se takve smetnje zamjećivale slično kao i bijeli šum, ako bi se omjer signal/smetnja povećao za 10-12 dB (tj. 2 dodatna bita kvantiziranja), što je neprihvatljivo.

25. Što je kolebajući šum ?

Zbog mogućnosti stvaranja šuma granulacije, odn. bijelog šuma ako se omjer signal/smetnja poveća za 10-12 dB, ulaznom signalu se dodaje širokopojasni signal (sa statističkom raspodjelom energije) male razine, čija vršna vrijednost upravo odgovara jednom intervalu kvantiziranja. Taj dodatni signal se zove kolebajući šum (engl. dither), koji neprestano statistički mijenja LSB i time uzrokuje konstantan širokopojasni bijeli šum kvantiziranja koji potpuno maskira šum granulacije. Kao dither-signal (kolebajući šum) često se upotrebljava šum analognih ulaznih i filterskih stupnjeva.

26. Objasni pojam kanalnog kodiranja.

Pretvaranjem analognog ulaznog signala u digitalne podatke pomoću uzorkovanja, kvantiziranja i upotrebom konverzijskog koda, dobivamo tzv. izvorni kod, koji je osnova za digitalno procesiranje signala. U digitalnim audio-sustavima se upotrebljavaju dodatna kodiranja, jer su izvorni kodovi vrlo rijetko prikladni za daljnju obradu. U izvorni kod je potrebno ugraditi informacije za zaštitu od pogrešaka, formirati blokove podataka te prilagoditi osnovni digitalni signal svojstvima kanala kroz koji će putovati (npr. kodiranje podataka za satelitski prijenos se razlikuje od snimanja na magnetofonsku vrpcu). Formiranje podataka prema svojstvima kanala naziva se kanalno kodiranje, odakle potječe i čitav niz kanalnih kodova. Vrlo često su u kanalnim kodovima djelomično ili potpuno integrirani i postupci za otkrivanje, indikaciju i korekciju pogreške. Pretvorbe izvornog koda u kanalni kod nemaju nikakvog utjecaja na gubitak informacije. U digitalnom signalu koji putuje kroz kanal nalaze se i pomoćne informacije – pomoćni kodovi, sa regulacijskim, sinkronizacijskim i sličnim funkcijama. Izborom prikladnog koda se povezuju dva važna, djelomično protuslovna zahtjeva – velika gustoća zapisa uz visoku pouzdanost.

27. Objasni postupak interleavinga

Neku pogrešku je lakše korigirati ako podaci (riječi) nisu snimljeni na tonskom nosaču u onom slijedu kako su nastali, nego su međusobno prostorno i vremenski odvojeni. Takvim postupkom, koji se zove «proširenje koda» (engl. interleaving) snopovi pogrešaka se pretvaraju u pseudoslučajne pogreške. Time se olakšava korekcija i prikriivanje pogreške (pogrešna riječ će nakon sklopa za 'skupljanje' koda biti s velikom vjerojatnošću okružena ispravnim riječima). Proširenje koda se postiže pri snimanju pomoću posmičnih registara, čiji broj odgovara željenom razmaku između pojedinih riječi, ili pomoću RAM-sklopova. Sklopovi za proširenje i skupljanje podataka imaju komplementarne funkcije.

28. Što je jitter ?

Kod prekoračenja neke dozvoljene granice kolebanja medija sa zapisom, smanjuje se točnost očitavanja podataka (engl. Jitter margin). U kojoj će to mjeri utjecati, ovisi o svojstvima kanalnog koda. Pogreška kolebanja faze je slučajna veličina zbog koje se pojavljuju samo pojedinačni pogrešni bitovi, a ne cijeli snopovi pogrešaka, pa je i korekcija pouzdana u slučaju upotrebe odgovarajućeg koda.

29. Navedi i usporedi vrste digitalnog magnetskog snimanja s obzirom na način zapisivanja na traku

Za snimanje digitalizirane informacije na magnetsku vrpcu upotrebljavaju se dvije metode: direktno snimanje i FM snimanje.

Direktno snimanje je postupak longitudinalnog snimanja s čvrsto stojećim glavama, dok se kod FM snimanja upotrebljava video-rekorder s rotirajućim glavama. Svaki od tih dviju metoda zahtijeva različite kanalne kodove.

FM snimanje: neka 16-bitovna riječ na izlazu A/D konvertora sa slijedom bitova je zapravo slijed visokih i niskih naponskih razina. Takav jednostavni slijed binarnih stanja je jedan od najjednostavnijih kanalnih kodova NRZ (Non-Return Zero), te je prikladan za pobudu FM-emulatora, pri čemu je svakom logičkom stanju pridružena po jedna frekvencija. Pretvorba binarnih podataka u frekvencijski modulirani signal naziva se i frekvencijskim uzorkovanjem (FSK= Frequency Shift Keying). Za direktno snimanje na magnetsku vrpcu, pri kojem su binarna stanja reprezentirana promjenom magnetskog zasićenja, NRZ-kod nije prikladan jer nije dana definicija dužine riječi, a i nastaju izobličenja NRZ-impulsa zbog slijeda bitova koji duže vrijeme ne mijenjaju status.

30. Objasni postupak izrade CD-a

CD se dobiva tiskanjem ili uštrcavanjem termoplastičnog materijala u formu u kojoj je s jedne strane niklena matrica. S obzirom da su zahtjevi na mehaničku preciznost diska vrlo veliki, upotrebljava se polikarbonat kao sirovina za disk. Gotov disk je promjera 120 mm, a promjer centralne rupe 15 mm + 0,1 mm. Promjer unutrašnje spirale iznosi 50 mm. Disk se vrti između 50 i 200 okretaja u minuti, da bi se postigla konstantna brzina od 1,25 m/s. Reprodukcijski počinje očitavanjem spirale s najmanjim promjerom (unutrašnja spirala). Debljina reflektirajućeg aluminijskog sloja kojim je presvučen disk iznosi između 50 i 100 nm. Aluminijski sloj je prekriven slojem prozirnog zaštitnog laka. Nakon lakiranja se u disku precizno izbuši centralna rupa centrirana pomoću 4 laserska snopa. Na gotov disk se zbog mogućih mehaničkih utjecaja ne lijepe etikete, nego se obično tiskaju posebnim printerom. Promjer laserskog snopa prije pada na površinu diska iznosi oko 0,8 mm, odnosno 1000x je veći nego u fokusu lasera, pa zrnca prašine i manje ogrebotine ne ometaju očitavanje. Sve veće pogreške (kada je gubitak veći od 4000 bitova), koje se javljaju u snopovima, moraju kompenzirati sklopovi za korekciju greške.

31. Navedi osnovne podatke CD-reproduktora

Kvantizacija po kanalu: 16-bitovna, linearna	Kanalni bitovi za upravljanje i informacije: 14
Kodiranje: dvokomplementno	Kanalni bitovi za korekciju pogreške (8 simbola): 112
Frekvencija uzorkovanja: 44,1 kHz	Kanalni bitovi za 24 izvorna simbola: 336
Kod za korekciju pogrešaka: CIRC	Kanalni bitovi za povezivanje blokova i potiskivanje NF-komponente: 102
Kanalni kod: EFM	Ukupan broj kanalnih bitova u jednom bloku: 588
Tijek kanalnih bitova: 4,3218 Mbit/s	

32. Objasni reprodukciju CD-a

Elektromotor okreće kompaktni disk u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Optoelektrička glava za očitavanje očitava digitaliziranu informaciju sadržanu u veličini, broju i razmješčaju udubina. Izlazni signal iz glave se pojačava. Budući da je taj digitalni signal kodiran, potrebno ga je dekodirati. Upravljačka kontrolna logika ispituje da li se u očitanoj informaciji nalaze pogreške koje

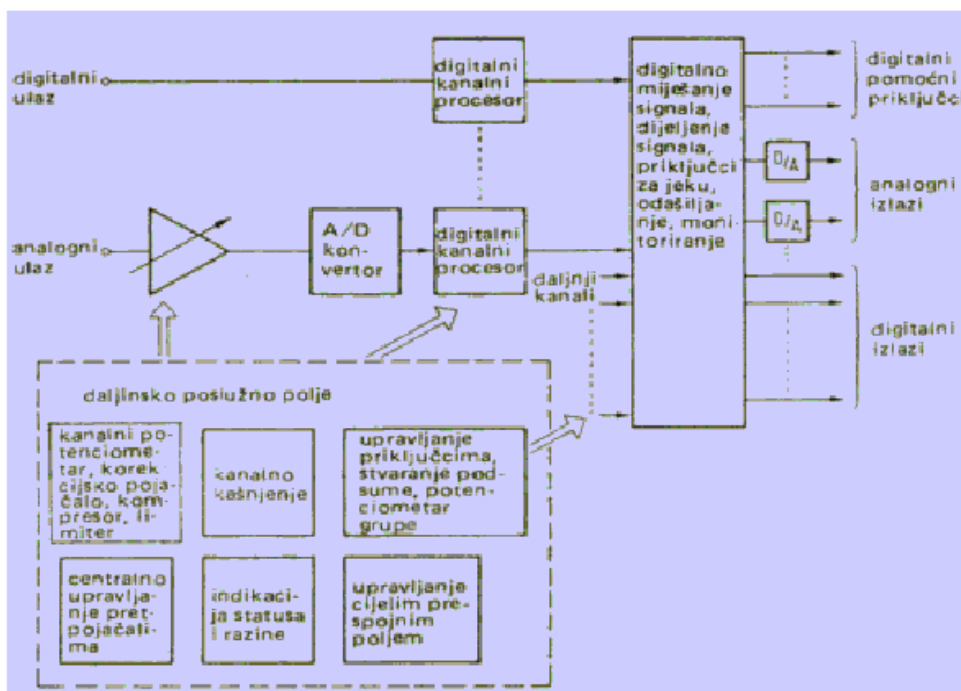
bi mogle nastati uslijed prašine ili manjih oštećenja površine diska. Ako se takve pogreške pojave, sklop za korekciju pogreške će ih ispraviti. Ako je nečitljiv ili oštećen veći broj udubina (više od 4000), pogrešku se više ne može korigirati. Upravljački logički sklop odvaja nakon obrade pogreške audio-informacije od ostalih podataka i proslijeđuje ih sklopovima za pretvaranje digitalnog signala u analogni. Za korektno funkcioniranje CD-reproduktora potrebni su složeni upravljački i regulacijski sklopovi – poseban servo-sustav vodi glavu za očitavanje podataka te neprestano fokusira koherentni svjetlosni snop na površinu diska. Podaci o vremenu reprodukcije, poziciji glave za očitavanje i sl. se dovode mikroprocesoru, čijim posredstvom se preko vanjskih kontrola upravlja uređajem.

33. Navedi i objasni osnovne dijelove CD reproduktora

<Isto kao i 32.>

Elektromotor okreće kompaktni disk u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Optoelektrička glava za očitavanje očitava digitaliziranu informaciju sadržanu u veličini, broju i razmješčaju udubina. Izlazni signal iz glave se pojačava. Budući da je taj digitalni signal kodiran, potrebno ga je dekodirati. Upravljačka kontrolna logika ispituje da li se u očitanoj informaciji nalaze pogreške koje bi mogle nastati uslijed prašine ili manjih oštećenja površine diska. Ako se takve pogreške pojave, sklop za korekciju pogreške će ih ispraviti. Ako je nečitljiv ili oštećen veći broj udubina (više od 4000), pogrešku se više ne može korigirati. Upravljački logički sklop odvaja nakon obrade pogreške audio-informacije od ostalih podataka i proslijeđuje ih sklopovima za pretvaranje digitalnog signala u analogni. Za korektno funkcioniranje CD-reproduktora potrebni su složeni upravljački i regulacijski sklopovi – poseban servo-sustav vodi glavu za očitavanje podataka te neprestano fokusira koherentni svjetlosni snop na površinu diska. Podaci o vremenu reprodukcije, poziciji glave za očitavanje i sl. se dovode mikroprocesoru, čijim posredstvom se preko vanjskih kontrola upravlja uređajem.

34. Nacrtaj i objasni schemu izvedbe digitalnog stroja za mješanje



(no comment...objašnjenje se svodi na opisivanje slike)

35. Što je zvučna kartica ?

Zvučna kartica se sastoji od niza A/D sklopova koji omogućuju snimanje/reprodukciju zvučnih informacija na računalu. Digitalizacijom (sempliranjem) se analogni signal pretvara u digitalne podatke pomoću AD (analogno-digitalnog) konvertera koji u diskretnim vremenskim razmacima mjeri intenzitet analognog signala i dobivenu vrijednost pretvara u digitalni (binarni) kod. Korištenjem dovoljnog broja uzoraka se može rekonstruirati originalni signal. Rekonstrukcija signala se vrši DA (digitalno-analognim) konverterom, koji uzima barem dvostruko više uzoraka nego što je najviša frekvencija analognog signala, pa se za frekvencijski raspon zvukova koje čovjek čuje uzima najmanje $20\,000 \times 2 = 40\,000$ uzoraka, što predstavlja frekvenciju sempliranja od 40 kHz. Tijekom konverzije postoje gubici i nesavršenosti, pa se vrijednost od 40 kHz poveća za 10% te tako dobivamo frekvenciju sempliranja od 44 kHz koja je uvedena kao standard kvalitete potrebne za digitalizaciju svih zvukova koje čovjek može čuti. Standard od 44 kHz je promijenjen kod digitalnih zvučnih medija, pa se u CD produkciji koristi sempliranje od 44.1 kHz, a u DAT jedinicama 48 kHz. Kao početna vrijednost za zvučne sadržaje u PC primjeni je uzet uzorak od 11.025 kHz, a kasnije je prihvaćena vrijednost 22.05 kHz sa 16-bitnim sempliranjem kao dovoljna frekvencija za neprofesionalno snimanje govora i manje zahtjevnih zvučnih datoteka. Razlike između dobivenog digitaliziranog signala u odnosu na izvorni analogni signal predstavlja pretvorbeni šum, koji se smanjuje povećanjem broja bitova za kvantizaciju digitalnog signala, te tako digitalni zvučni sadržaj postaje čišći i jasniji. Taj proces se izvodi u ADC sklopu, a DAC sklop pretvara određene brojeve iz programskog sklopa u električne signale koji se pomoću zvučnika pretvaraju u prirodne (analogne) zvučne signale. Općenito, na zvučnoj kartici se nalazi : sintetizator, pojačalo, DSP procesor, memorija, A/D/A konverter, CD-ROM konektor, CD-ROM audio konektor, wavetable ROM, MIDI port, line in, line out, mic in i speaker out priključci. Najčešći sintetizatori za FM sintezu su Yamaha OPL 3 i OPL 4 čipovi, a za wavetable sintezu Emu Systems EMU 8000. Pojačala su najčešće male snage, od 0.2 W što je dovoljno za slušalice, do 4W dovoljnih za pasivne zvučnike. Najčešće se zato koriste aktivni zvučnici ili audio pojačalo izvan računala. Pomoću CD-ROM i CD-ROM audio konektora je moguće povezati zvučnu karticu direktno sa CD-ROM uređajem. Ti konektori najčešće podržavaju Panasonic, Mitsumi i Sony standarde, a neke kartice imaju i IDE sučelje. CD-ROM audio konektor povezuje mogućnost čitanja audio CD-a u CD-ROM čitaču sa zvučnom karticom koja služi kao pojačalo za dovedeni, najčešće slabi, zvuk koji se bez obrade šalje u zvučnike. Novije kartice podržavaju real-time obradu audio signala dodajući mu 3D efekt (SRS, QSound). Wavetable ROM i dodatna memorija postoje samo na karticama sa wavetable tehnologijom. Zbog prostora, na zvučnim karticama se koriste tzv. mini jackovi (priključnice) za sve audio ulaze i izlaze. Uglavnom su postavljene ulazne priključnice za mikrofona (mic in) i vanjski audio uređaj (line in) te izlazne za vanjski audio uređaj (line out) i izlaz za zvučnike (speaker out). Uz te priključnice je postavljen i ulazno/izlazni 15-polni MIDI/Joystick port. Danas se od svake kartice zahtijeva 16-bitna digitalizacija i reprodukcija stereosignala s frekvencijom od 44 kHz. Osim digitalizacije i reprodukcije signala proizvedenih izvan računala, zvučna kartica mora imati i sposobnost sintetiziranja stotina glazbenih instrumenata, šumova i efekata. Sinteza zvuka je vrlo složen zadatak za zvučne kartice, pa se kvaliteta kartice često određuje po kvaliteti sinteze. Standardizirane su dvije tehnologije sinteze zvuka: FM sinteza i wavetable sinteza.

36. Navedi i objasni priključnice na zvučnoj kartici

Zbog prostora, na zvučnim karticama se koriste tzv. mini jackovi (priključnice) za sve audio ulaze i izlaze. Na zvučnoj kartici su postavljene ulazne priključnice za mikrofona (mic in) i vanjski audio uređaj (line in) te izlazne za vanjski audio uređaj (line out) i izlaz za zvučnike (speaker out). Uz te priključnice je postavljen i ulazno/izlazni 15-polni MIDI/Joystick port

37. Čemu služi MIDI ?

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) je nastao iz potrebe da se veći broj digitalnih glazbala poveže zajedno. MIDI je serijski protokol, a propusnost je mala - 31 250 bitova u sekundi, što je bilo premalo za ozbiljnu komunikaciju između dva sintetizatora i u vrijeme njegovog nastanka 1985. godine. Standard je ostao nepromijenjen sve do danas, a postao je sastavni dio multimedijskog standarda za računala, nalazi se ugrađen i na najjeftinijim zvučnim karticama, no sa druge strane se kao tipični elementi u MIDI lancu nalaze klavijature, sintetizatori zvuka, sekvenceri i efekti koji se koriste u profesionalnoj uporabi. Za unos glazbe se koristi klavijatura. Svaki put kada stisnemo tipku, klavijatura preko MIDI kabela pošalje paket naredbi MIDI protokola koji se obično sastoji od 3 bajta. Osnovne su naredbe NOTE ON i NOTE OFF koji određuju početak i kraj trajanja pojedine note i sadrže po 3 bajta. No, nemaju sve naredbe isti broj bajtova, pa npr. *aftertouch* ima samo dva, a *system exclusive* čak stotine bajtova koji mogu putovati do računala više sekundi ili minuta, pa može doći do zagušenja MIDI mreže i međuspremnik (buffera). U nekim slučajevima se čak preko MIDI-ja šalju sampleovi, pa se često koriste razne metode komprimiranja. Nakon što računalo primi MIDI poruku, sintetizatori zvuka reproduciraju zvuk određenog tona, glasnoće i trajanja. Sekvenceri pamte nizove MIDI poruka, koji se mogu kasnije kombinirati i mijenjati. MIDI priključci se sastoje od MIDI IN, MIDI OUT i MIDI THRU petopolnih DIN priključaka koji se spajaju na klavijature i sintetizator zvuka te omogućuju prenošenje informacija na 16 diskretnih kanala. Uloga računala u MIDI sustavu najčešće nije računski zahtjevnja, zadaća računala se svodi na ulaz/izlaz i pohranjivanje podataka te komunikaciju s korisnikom, što je omogućilo i ATARI kućnim računalima produciranje glazbe preko MIDI sučelja.

38. Navedi i objasni najčešće korištene formate zapisa na računalu

WAV – format koji ne koristi kompresiju. Datoteka u WAV formatu se sastoji od zaglavlja u kojem se nalaze podaci o npr. frekvenciji uzorkovanja i broju bitova, te od glavnog zapisa sa podacima (uzorcima digitalnih signala).

MIDI – datoteka se sastoji od nizova paketa naredbi, na temelju kojih sintetizatori zvuka reproduciraju zvuk određenog tona, glasnoće i trajanja. Koriste se dvije osnovne sinteze: FM (integrirani oscilatori generiraju signal) i wavetable (unaprijed, sa pravih instrumenata, snimljeni uzorci generiraju signal).

MPEG – koristi redukciju i kodiranje signala na bazi psihoakustike. Unutar MPEG-1 standarda postoje tri "sloja" (layers): Layer I (od 32 kbit/s do 448 kbit/s), Layer II (od 32 kbit/s do 384 kbit/s), Layer III (od 32 kbit/s do 320 kbit/s). Najpopularniji je MPEG-1 Layer III, čiji algoritam se sastoji od nekoliko cjelina. Osnovna pretpostavka od koje se polazi jest činjenica da ljudsko uho ni približno ne može čuti cijeli frekvencijski opseg u kojem se nalazi standardna audio datoteka pohranjena u digitalnom obliku. Bilo je potrebno pronaći dijelove frekventnog opsega koji će se moći eliminirati iz audio datoteke u korist smanjenja veličine, a da ljudsko uho ne osjeti razliku. Po istraživanju Fletchera i Munsona došlo se do zaključka da se frekvencijska rupa nalazi između 2 kHz i 5kHz. Druga cjelina je maskiranje dijelova zvučnog zapisa. Naime, otkriveno je da uho za vrijeme trajanja visokih tonova ne može čuti one niske. Tako se ovakvi dijelovi zvučnog zapisa brišu po principu psihoakustičnog modela ponašanja ljudskog uha. U slučaju da se dijelovi zvučnog zapisa ne mogu kodirati na zadani bitrate bez uništavanja zvučne slike, MP3 algoritam posjeduje buffere u kojem sprema dodatne nizove bajtova koji se kod takvih dionica dodaju na osnovno kodirani dio. Četvrta cjelina algoritma za sažimanje zvučnog zapisa MP3 formata se naziva Join Stereo – dio tonova se može prebaciti iz stereo u mono opseg, a opet zbog nesavršenosti ljudskog uha, da se na određenim frekvencijskim opsezima može točno locirati izvor zvuka. Tako se pojedini stereo tonovi pohranjuju kao mono, uz nekoliko kontrolnih bitova koji će

poslije ispraviti zvučnu sliku, da razlika ne bi bila previše očita. Osnovni algoritam za kodiranje je Huffmanov algoritam koji radi na principu ponavljanja istog uzorka, u sprezi s pomoćnim bufferima.

39. Što je multimedijaska prezentacija ?

Multimedijaska prezentacija daje mnoge mogućnosti u izražavanju informacijskih sadržaja – grafičkih i slikovnih prikaza, animiranih i pravih video-događaja, zvuka i govorne poruke. Svaki dio dokumenta zahtijeva odgovarajuću hardversko/softversku podršku, čiji se način prikazivanja mora prilagoditi odredišnom korisniku. Kod izrade multimedijalnog dokumenta koji sadrži opis sustava ili ideju, poželjno je ugraditi što više fotografija, animacija i pokretnog videozapisa, smanjiti tekst u jediničnom prikazu, ugraditi objekte koji najbolje predstavljaju sadržaj ideje te ugraditi tematski opis. Izradi multimedijalnog dokumenta se pristupa nakon utvrđivanja sadržaja, strukture i načina prikazivanja. Za oblikovanje multimedijalnih dokumenata (prezentacija) služe posebni programi koji su sposobni integrirati zvuk, sliku i videosekvence u jednu cjelinu sa dodatnim funkcijama koje unapređuju konačni izgled prezentacije i omogućuju upravljanje prezentacijom. Vrlo je bitna interaktivnost sa korisnikom, koja mu daje mogućnost izbora i utjecaj na daljnji tijek prezentacije. Izbor se obično ostvaruje putem dugmadi i ekranskih prikaza na koje korisnik može kliknuti te tako ostvariti izbor ponuđenih opcija. Krajnji proizvod, prezentacija, se pretvara u izvršnu (executable) datoteku koja se zatim, uz razne dodatke, može snimiti na određeni medij i dati korisniku na uporabu. Najčešće se kao medij koristi CD-ROM, koji ima dovoljno velik kapacitet za smještanje velikog broja slika, tekstova i zvučnih uzoraka. Važno je pri tome paziti da se u prezentaciji ne koriste dijelovi sa interaktivnošću u obliku upisa nekih podataka koji bi se trebali pohraniti, zbog same karakteristike CD-ROM-a kao medija. Neki od najpoznatijih programa za izradu prezentacija su Macromedia Director, Macromedia Flash, Authorware, Scala Multimedia 200, Adobe Acrobat i Corel Lumiere.

40. Navedi i objasni mogućnosti zvučne obrade na računalu

Miješanje (više ulaznih signala se može integrirati u jedan), promjena pojačanja (ako je ulazni signal suviše slab, može se programski pojačati), regulacija panorame (promjena položaja pojedinih kanala), korekcije (moguća je npr. promjena amplitude), filtriranje (pomoću unaprijed definiranih, ili stvarajući svoje filtere, možemo ukloniti pojedine komponente iz zvučnog sadržaja), reverbacija, posebni efekti odjeka (efekti koji se dodaju studijski snimljenim zvučnim sadržajima), kompresija/ekspanzija (smanjivanje/povećavanje frekvencijskog opsega), promjene vremenske baze (npr. kašnjenje lijevog kanala za desnim), promjena visine tona, izobličenje spektra, analiza/sinteza zvuka...

41. Navedi osnovne značajke digitaliziranog zvučnog signala – što o njemu ovisi

Digitalizirani zvučni signal se sastoji od zaglavlja u kojem se nalaze podaci o npr. frekvenciji uzorkovanja i broju bitova, te od glavnog zapisa sa podacima (uzorcima digitalnih signala). O kvaliteti digitaliziranja izvornog signala dosta ovisi daljnja mogućnost obrade i reprodukcije digitaliziranog zapisa.

42. Što je psihoakustički model kompresije zvučnog signala, na čemu se zasniva

Psihoakustika se zasniva na redukciji i kodiranju signala na takav način da se analiziraju audio informacije koje ostaju neprimjećene od strane ljudskog uha, pa se one ne nalaze u završnom, komprimiranom zapisu.

Radi se o tzv. modelu kompresije sa gubitkom (loosy compression). Psihoakustički model koristi MPEG i MiniDisc.

43. U čemu se razlikuju WAV, MPEG i MIDI

Razlikuju se u načinu stvaranja zapisa, a time i reprodukciji, zvučnog signala. WAVE format je najviše vjerodostojan originalnom zvučnom signalu, njegova kvaliteta ovisi uglavnom o frekvenciji kvantiziranja.

MPEG format koristi kompresiju sa gubitkom podataka, pa je kvaliteta uvjetovana i codecom za kompresiju.

MIDI format se zasniva na nizovima paketa naredbi, na temelju kojih sintetizatori zvuka reproduciraju zvuk određenog tona, glasnoće i trajanja. Pogodan je za emuliranje prirodnih instrumenata, ali se ne može koristiti za reproduciranje glasa.

44. Navedi i objasni sintezu zvuka kod MIDI-a

FM Sinteza - Frekvencijska modulacija (FM) razvijena je u institutu Stanford sveučilišta. FM pretvorba se već dugo koristi u izradbi/prijenosu radio-programa. Istraživači su u institutu otkrili mogućnost korištenja kombinacije prijenosnog sustava i frekvencije kako bi proizveli sintetski zvuk. U osnovi, val nosilac jedne frekvencije modulira se valom druge frekvencije, pri čemu su obadva vala u slušnom području za razliku od radiosignala u UKV području. Val nosilac određuje osnovnu visinu tona, a modulator njegovu boju. Rezultat procesa modulacije je generiranje alikvotnog niza (harmonika), pa se promjenom jačine i frekvencije modulacije utječe na alikvotni niz, odnosno na boju zvuka. Sklop nosilac (modulator) se naziva operator, dolazi ih 6 u standardnim modelima DX serije. Način povezivanja operatora je određen sa 32 ili više algoritama - što je više algoritama i operatora, zvuk sintetizatora ima prirodniju boju. Glavninu razvoja sintetizatora je obavila Yamaha, koja je još 1985. ugradila u svoje sintetizatore princip sinteze zvuka frekventnom modulacijom. U eksperimentalnim fazama, Yamaha je izradila i sintetizator sa 12 operatora, Unix podržava čak 32 ili više operatora gdje algoritme može programirati i sam korisnik. No, u komercijalne svrhe, Yamaha je producirala FM čip s 3 i 4 operatora koji se ugrađuju u gotovo sve FM zvučne kartice, a podržana je i emulacija OPL čipa kako bi se ostvarila kompatibilnost sa MPC2 standardom. Nedostatak takvog koncepta je u tome što čip ima premalo operatora i što se na parametre operatora ne može utjecati. Takav je čip u stanju istodobno reproducirati 20 glasova preko 16 MIDI-kanala, a zbog malog upravljačkog koda potrebnog za sintezu glazbe iskoristivost se brzo proširila na igre. No, zbog relativno slične (slabe) kvalitete "mehaničkog" sintetiziranog govora i specijalnih efekata, neki su se proizvođači odlučili za drugačija rješenja, pa je npr. Roland na svoje kartice stavio čip vlastite proizvodnje poznat iz serije sintetizatora MT-32. Sa RAP-10 karticama je stvorena bolja MIDI reprodukcija, a ugrađen je i sklop za digitalni odjek i zazvučavanje kojima je postignut prostorni 3D efekt. U stereoizlaz kartice je moguće miješati dva digitalna audiokanala i šesnaest kanala generiranih MIDI-jem, po kanalu se može izabrati jedan od 128 zvukova, može se utjecati na boju zvuka, veličinu 3D prostora i položaj instrumenata u njemu. Treći proizvođač zvučnih kartica koji se specijalizirao za studijske primjene je Turtle Beach, koristeći u svojim karticama EMU System čipove. Tako je donešen i novi standard sinteze zvuka - sinteza valnog oblika.

Wavetable sinteza - da bi se postigao vjerniji zvuk od FM sintetiziranog, potrebno je preciznije reproducirati njegovu boju (harmoniku). Tih harmonika može biti vrlo mnogo, pa mnoštvo oscilatora ne dolazi u obzir; odlučeno je da se za osnovni izvor zvuka umjesto valnog oblika iz

oscilatora uzme samo jedan valni oblik uzorkovanog zvuka prirodnog instrumenta (sample). Tako su u zvuku sadržane sve bitne karakteristike instrumenta, a njegov dinamički razvoj u vremenu je prepušten standardnim sklopovima poznatima iz analogne tonske tehnike, kojima modificiramo glasnoću i osnovnu frekvenciju te primjenjujemo filtere i efekte. Sampleovi su snimljeni u posebnim, studijskim uvjetima i najčešće su dosta kratki, pa ih je potrebno više puta ponavljati. Svaki sample ima dvije točke kruženja (loop points) koje su prilagođene višestrukom ponavljanju (petlji) sa nezamjetnom spojnom točkom između. Tako je moguće vrlo vjerno reproducirati zvuk glazbala, vjernost reprodukcije ovisi o kvaliteti i broju sampleova. Za reproduciranje zvuka klasičnih glazbala potrebno je simplirati cijelu oktavu. Koncept wavetable-a je postao standard u svim novijim zvučnim karticama, pa se čak proizvode i dodatne ROM pločice sa snimljeni uzorcima instrumenata, iako je praktičnije korištenje sampleova snimljenih na hard disk. Također postoje i prijelazna rješenja, odnosno FM zvučne kartice koje na sebi posjeduju sabirnicu za dodatnu wavetable karticu (daughterboard). Wavetable kartice ne čine samo poboljšanje u kvaliteti zvuka nego i u broju instrumenata na raspolaganju te u broju raspoloživih tehnika sinteze zvuka. Najpoznatiji proizvođač komercijalnih zvučnih kartica, Creative Labs, je izradio nekoliko wavetable zvučnih kartica koje su se po kvaliteti zvuka malo više približile nižim profesionalnim karticama : AWE 32, AWE 32 Value Edition, AWE 64 i AWE 64 Gold. Sve ove kartice posjeduju zvučni čip EMU 8000 tvrtke Emu Systems, koji je "izvađen" iz čuvenih EMU profesionalnih sintetizatora. EMU 8000 simulira elektroničke sklopove karakteristične podjednako za analogne i digitalne sintetizatore; u središtu se nalazi oscilator koji proizvedeni zvuk šalje do rezonantnog filtra niskog propusta, a zatim zvuk odlazi do pojačala. Kada se zvuk pojača, dodaju se informacije o prostoru (jeka, dvorana, panorama) i signal se šalje u zvučnike ili slušalice. AWE 32 serija kartica posjeduje 512 Kb RAM-a integriranih na ploči u kojih je moguće ubaciti vlastite instrumentalne uzorke. Pošto se radi o nedovoljnoj količini memorije za bilo kakav ozbiljniji rad, dodana je mogućnost nadogradnje RAM-a do 28 MB. ASP čip omogućuje download algoritama za baratanje audiopodacima, sintezu govora, moguće je dodati reverb/chorus ili QSound efekt. Osim nadogradivog RAM-a, AWE 32 ima 1 MB ROM-a sa zvukovima uzorkovanih instrumenata visoke kvalitete. AWE 32 Value Editon se od osnovne serije AWE 32 kartica razlikuje samo po nemogućnosti nadograđivanja RAM memorije i mogućnosti nadogradnje ASP čipa. Iako Creative Labs navodi 32-notnu polifoniju, radi se ipak o 28-30 nota. AWE 64 posjeduje poboljšanu verziju EMU 8000 sintetizatora, 1 MB ROM-a sa sampleovima u kojemu se nalazi 128 General MIDI sampleova i 10 bubnjeva te 512 Kb RAM-a proširivo na 8 MB. Također je dodana full-duplex funkcija, koja omogućuje istovremenu dvosmjernu komunikaciju pri korištenju zvučne kartice kao telefona preko Interneta. AWE 64 je dobio naziv po navodnoj 64-glasovnoj polifoniji, no radi se o 32 "prava" hardverska glasa i 32 virtualna, zbog ograničenja 32-bitovnih procesora. AWE 64 Gold posjeduje neka sitna periferna poboljšanja, npr. digitalni izlaz za DAT, čime Creative Labs pokušava prodrijeti u profesionalne vode.