



8-маъруза: Товушни синтезлаш модули. Тovuшни синтезлаш усуллари. Тovuш технологияларининг амалий дастурлар пакетининг таснифланиши

Режа:

1. [Товушни синтезлаштириш қурилмаси](#)
2. [Частотали модуляция асосида товушни синтезлаш](#)
3. [Тўлқинли жадвал асосида товушларни синтезлаш](#)

Калит сўзлар: Формант, синтезатор, терменвокс, бировозлик, монофоник, полифоник, кўптембрли, аддитив усул, субтрактив усул, секвенсор, актив акустик тизимлар, пассив акустик тизимлар, реверберация, хорус эффекти, частотали модуляция, жадвалли WT – синтез, жисмоний моделлаштириш, фаза модулятори, асосий тон, оберто́н, операторлар, FM – алгоритмлар, сэмпл, патч, сэмплер

Мультимедиа иловаларининг лойиҳасини яратиш усуллари ва босқичлари

Товушни синтезлаштириш қурилмаси

Кенг диапазонли частотадаги узлуксиз бир текисдаги спектрли сигнални “оқ шовқин” деб аташади. Агар “оқ шовқин”дан тор спетрлар йўлагини ажратиб олсак, товуш тонли “бўёқ” га эга бўлади. Агар йўлак кенглиги товуш қаторининг кейинги нотасигача бўлган масофадан торроқ бўлса, товуш мелодик кўринишга яқинлашади. Асбобларнинг асл товуши мелодик ва шовқин товушининг қоришмасидир.

Муסיкий товушлар осциллограммасининг тахлили уларнинг умумлашган моделини қуриш имконини берди (8.1- расм). Бу ерда гармоника билан тўйдирилган етакчи частота ва унинг эгри чизиғи кўриниб турибди. Товуш 4 та фазага эга:

- атака (attack) — етакчи амплитудасининг тезлик билан ўсиши;
- спад (decay) — спектрнинг аста секинлик билан кузатилиш жараёни;
- удержание (sustain) — нисбатан турғун бўлган, секинлик билан сўнишга яқинлашаётган жараён (масалан, фортепиано клавишининг босиб турилиши);
- затухание (release) — амплитуданинг жуда тез 0 гача камайиши (клавишани қўйиб юборгандаги тебраниш).



8.1- расм. Фортепиано товушининг осциллограммаси.

Фазаларнинг биринчи ҳарфлари билан бундай модель ADSR дейилади. Ҳар бир асбоб учун бу фазаларни кўрсатиб берувчи ўзининг кўрсаткичлар тўплами мавжуд. Кенг диапазонли эшиттиришга эга бўлган асбобларнинг қиймати частота диапазонининг ҳар хил жойларида сезиларли даражада ўзгаришга эга.

Кичик даврдаги тон частотасининг тебраниши вибратор дейилади (“частота” сўзи кўзда тутиляпти). Амплитуда модуляцияси тремоло, ёки амплитудали вибратор дейилади. Агар асосий тоннинг янги частотаси бир нотадан иккинчи нотага сакраш билан эмас, балки тўлқинсимон ўтса, бундай бажарилиш портаменто дейилади. Ўйин жараёнида қаторнинг сурилишига (аккорддаги интервалларни сақлаган ҳолда, аккорд бир вақтнинг ўзида бир нечта клавишани босиш) глиссандо дейилади.

Табиий асбобнинг ҳар қандай акустик тизими ўзининг формантлар тўпламига эга. Формант — амплитуда частотали характеристикаси кўтарилишга эга бўлган резонанслар областидир. Формантлар асбобларга ўзини танитиш хусусиятини беради. Инсон овозида формантлар, масалан унли товушларни ажратиш имконини беради.

Энди товушлар билан танишганимиздан сўнг, товушни синтезлашни кўриб чиқамиз. Товушларни электрон синтезлаш билан 1920-йилдан бери шуғулланиб келадилар. Синтезатор мусикий асбобларнинг овозини ўхшатиш ва турли хил товушларни эшиттиришни таъминлаб беради. Биринчи синтезатор Лев Термен томонидан Россияда яратилган бўлиб, терменвокс деб аталган. Бу асбобда юқори частотали генераторлар ишлатилган бўлиб, оператор генераторларнинг бирида махсус электродга нисбатан қўлини ҳолатини алмаштириш билан частотани бошқарган. Чиқиш (товуш) частотаси генератор жуфтлигининг частоталар фарқи билан аниқланган. 1960 – 80 – йиллар синтезлашнинг аналог усуллари ривожланди, 1990-йилларда асосан рақамли ва гибрид (аналог бўлиб, рақамли бошқарилади) усуллар ривожланди. Синтезаторнинг имкониятларига тегишли бўлган бир нечта аниқлик киритамиз.

Бировозлик, ёки монофоник (monophonic), синтезатор ҳар бир вақт бирлигида фақат битта товуш (нота) эшиттириши мумкин. Бир нечта нотани чиқаришга ҳаракат қилса (аккорд олса), барибир фақат биттаси эшитилади.

Кўповозлик, ёки полифоник (polyphonic), синтезатор бир вақтнинг ўзида бир нечта нотани (овозлар сонидан кўп бўлиши керак эмас) бажариши мумкин.

Кўптембрли (multitimbral) синтезатор бир вақтнинг ўзида ҳар хил тембрли товушларни (бир нечта мусиқа асбобларининг овозини ўхшата олади) эшиттиради.

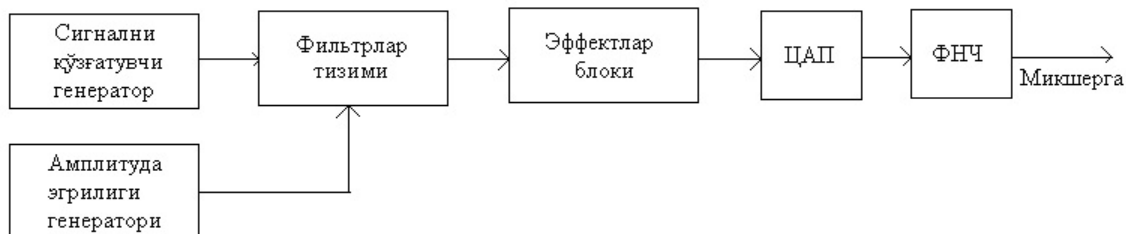
Мукаммал спектрли таркибга эга бўлган сигнални турли хил усуллар билан олиш мумкин. Агар тузувчиларнинг унча катта бўлмаган сони билан чегараланган бўлса, синтезлашнинг аддитив усулидан фойдаланиш мумкин. Маъноси унинг номидан (addition- қўшиш) келиб чиқади: бир неча бошқариладиган генераторларнинг сигнали қўшилади. Генераторлар частотаси бир хил ёки ҳар хил бўлиши мумкин. Аммо спектрларга бой бўлган товуш келишилган ҳолда бошқариладиган генераторлар сонини кўп бўлишини талаб қилади.

Аддитив усулга қарши субтрактив усул (subtraction — айириш) мавжуддир. Бу ерда шовқин сигналдан керакли бўлган жойлари кесиб олинади (масалан, лойдан ҳайкал яшаш). Амалда бу иккала усулни қўшилган ҳолда ишлатилади. Синтезлашнинг имкониятлари модул синтезаторлари томонидан тақдим қилинади. Бу синтезаторларнинг модули кучланиш билан бошқариладиган ҳар хил қурилмалар кўринишида бўлади: генераторлар, филтрлар, кучайтиргичлар ва турли шакллардаги сигналларни бошқарадиган генераторлар. Эркин шаклдаги сигналларни генерациялаш учун секвенсорлардан – потенциометр ва коммутациялайдиган калитлар тўпламидан фойдаланади. Потенциометр ёрдамида шакллар нуқта билан йиғилади, калитлар бу тўпламни вақт бўйича “ёйилишини” очиб беради.

Умумий ҳолда замонавий синтезаторларда товушни (мусиқа асбоблари овози) яратиш технологияси қуйидагича бўлади (8.2- расм): синтезлаш усулларини бирини қўлловчи рақамли қурилмалар ёрдамида берилган товуш баландлиги (нотаси)да қўзғатувчи сигнал (сигнал возбуждения) ишлаб чиқилади (генерация). Қўзғатувчи сигнал ўхшаши керак бўлган мусикий асбобнинг характеристикасига максимал яқин бўлиши керак. Кейин қўзғатувчи сигнал табиий мусиқа асбобини амплитуда – частотали характеристикасини ўхшатадиган филтрнинг киришига берилади. Филтрнинг бошқа тарафига амплитудали эгилиш сигнали келади. Шундан кейин махсус товуш эффектларини олиш мақсадида сигнални қўшимча қайта ишлаш мумкин. Масалан, хонадаги акс садо (реверберация деб аталувчи электрон мусиқавий эффект) ва хор бўлиб эшитилиш (хорус эффекти) эффекти.

Мисоллар (Стоит привести несколько практических примеров использования указанных видов преобразований при создании реальных звуковых эффектов):

- echo (эхо), яъни акс садо деганда - вақтинчалик ўзгартиришлар ёрдамида товуш сигналининг шундай такрорлаш керакки, инсон қулоғи келадиган сигнални акс садо сифатида қабул қилиши тушунилади;
- reverberation (такрорлаш, аксланиши), яъни реверберация деганда - товуш сигналининг катта залларда уч ўлчамли ҳажмда эшиттирилишидир. Бунда ҳар бир товушга мос равишда секинлик билан сўнаётган аксининг мавжудлиги;
- темпнинг ўзгариши, яъни товуш сигналининг эшиттириш тезлигининг секинлашуви ёки тезлашуви;
- товуш баландлигининг ўсиш эффекти - бу товуш сатҳининг фрагмент бошида нол сатҳдан фрагмент охирида максимал сатҳгача ўсишидир;
- товуш баландлигининг сўниш эффекти - бу товуш сатҳининг фрагмент бошида максимал сатҳдан фрагмент охирида нол сатҳгача сўнишидир.



8.2– расм. Замонавий синтезаторларда асбоблар товушини яратиш.

Агар бир вақтнинг ўзида бир неча мусиқий асбобнинг товушини ишлаб чиқариш керак бўлса, қуввати юқорироқ бўлган синтезаторларда бу жараёнлар ҳар бир асбобнинг ҳар бир нотасига алоҳида бажарилади. Натижавий сигнал товушнинг ҳамма компонентини рақамли кўринишда қўшиш натижасида ҳосил қилинади. Кейин ЦАП қурилмасида натижавий товуш сигнали рақамли кўринишдан аналог кўринишга келтирилади. Синтезаторнинг айрим моделларида кўриб ўтилган босқичлар соддалаштирилган ёки умуман бўлмаслиги мумкин.

Одатда синтезаторларнинг номи синтезлаш усулига мувофиқ бўлади. Ҳозирги вақтда товуш карталарида қуйидаги усуллари қўлловчи синтезаторлар ўрнатилади.

Товуш карталарида асосан синтезлаш учун учта усулдан фойдаланилади:

- частотали модуляция (Frequency Modulation Synthesis) ёки FM – синтез;
- тўлқинли жадвал ёрдамида синтез (Wave Table Synthesis), ёки жадвалли WT – синтез;
- жисмоний моделлаштириш.

Частотали модуляция асосида товушни синтезлаш

FM Music Synthesizer — частотали модуляция синтезатори (аббревиатура FM — Frequency Modulation бўлиб — частотали модуляция дегани) — синтезлашнинг пастроқ сифатини таъминлайди. Товуш FM-синтези махсус сигналлар генераторлари ёрдамида амалга оширилади. Улар операторлар деб аталади. Операторда иккита асосий элементларни ажратиш мумкин: фаза модулятори ва генератор огибающей. Фаза модулятори товуш тонининг частотасини (баландлигини) аниқлайди, генератор огибающей эса – товуш амплитудасини (паст-баландлигини) таъминлайди. Сигнал амплитудаси турли мусиқали асбобларда ҳар хил бўлади. Масалан, фортепьянода исталган клавиша босилганда сигнал амплитудаси аввалига тез кўтарилади (attack), кейин эса бироз пасаяди (decay), бундан кейин эса қисқа ўзгармайдиган оралиқ мавжуд бўлиб, охирида сигнал амплитудаси аста секин пасаяди (release). Юқорида айтилган сигнал фазалари генератор огибающей номи қурилма томонидан амалга оширилади. Бу генераторнинг номи ADSR.

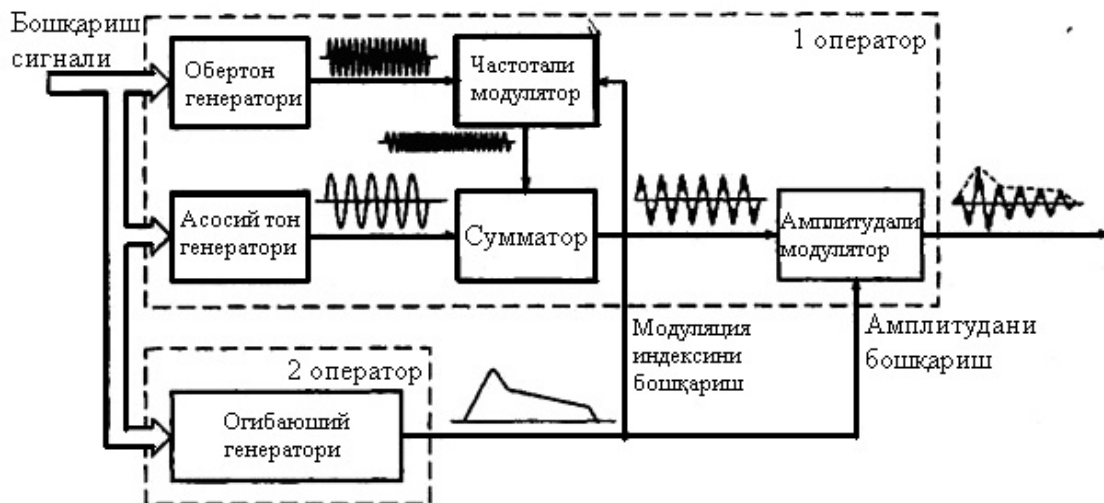
Умумий ҳолатда битта инструментда товушни қайта ишлаш учун иккита оператор етади:

- биринчиси етакловчи частотанинг тебранишларини генерация қилади, яъни асосий тон (высота тона) –товуш баландлиги асосий тоннинг частотасига боғлиқ;
- иккинчиси – модуловчи частотани генерация қилади, яъни обертоналар (дополнительная гармоника) – уларнинг кучи юқори бўлса ҳам товуш баландлигига таъсири йўқ, лекин унга турли бўёқ беради.

Аммо замонавий товуш платалари бир неча хил товушларни қайта ишлай олади, масалан, 18 операторли синтезатор 9 та ҳар хил товушларни ўхшата олади. Кўпинча 16 – разрядлик товуш платаларида 4 та операторлик синтезаторлар ишлатилади (масалан, Yamaha OPL3). FM – усулида синтезлаштирилган товуш «металлический» оттенкага эга, яъни ҳақиқий мусиқий асбобнинг товушига ўхшамайди.

Инсоннинг эшитиш органи товушларни гармоник таркибларга (асосий тон ва обертон) бўлиш қобилиятига эга, масалан, кларнетдаги до нотасини роялдаги до нотасидан фарқлай олади.

Мусиқа асбоби ёрдамида яратилган товуш сигнали амплитудали эгрининг частотасига ва шаклига боғлиқ. Амплитудали эгрининг шаклига обертонларнинг спектр таркиби ҳам боғлиқ. Одатда атака фазасида юқори частотали тузувчиларнинг сони максимал, ушлаб туриш ва сўниш босқичида эса секин пасаяди. Айниқса, клавишли ва симли мусиқа асбобларининг товушига ҳосдир. Хулоса қилиб айтиш мумкинки, мусиқа асбоби товушини яратиш учун иккита мукамал шаклга эга бўлган сигнал генератори етарлидир: етакчи частота генератори ва моделлаштириш генератори (8.3 – расм). Етакчи частота генератори асосий тон сигналининг частотали модуллаштирилган обертонларнинг сигнаliga шакллантиради. Модуллаштирадиган генератор (генератор огибающей) асосий тон сигналининг модуляцияси индексини ва натижавий сигнал амплитудасини бошқаради. Генераторларни бошқариш (частотани соzлаш, амплитуда эгрисини шаклини танлаш, ишлаш режими) унинг киришига рақамли кодларни бериш йўли билан амалга оширилади. Бу генераторлар операторлар дейилади.



8.3 – расм. Частотали модуляция асосида товушни синтезлаш

Бундай усул товуш сигналини кўп спектрли тузувчиларини олиш имконини бермайди. Шунинг учун FM – синтезаторларда иккита эмас, балки олти ва ундан кўп бир бирини модуллаштирувчи операторлар ишлатилади. Бунда янги товушларни яратиш аниқ частоталар нисбатини танлаш йўли ва операторларни улаш схемаси асосида амалга оширилади. Операторларни улаш вариантларини FM – алгоритмлар дейилади.

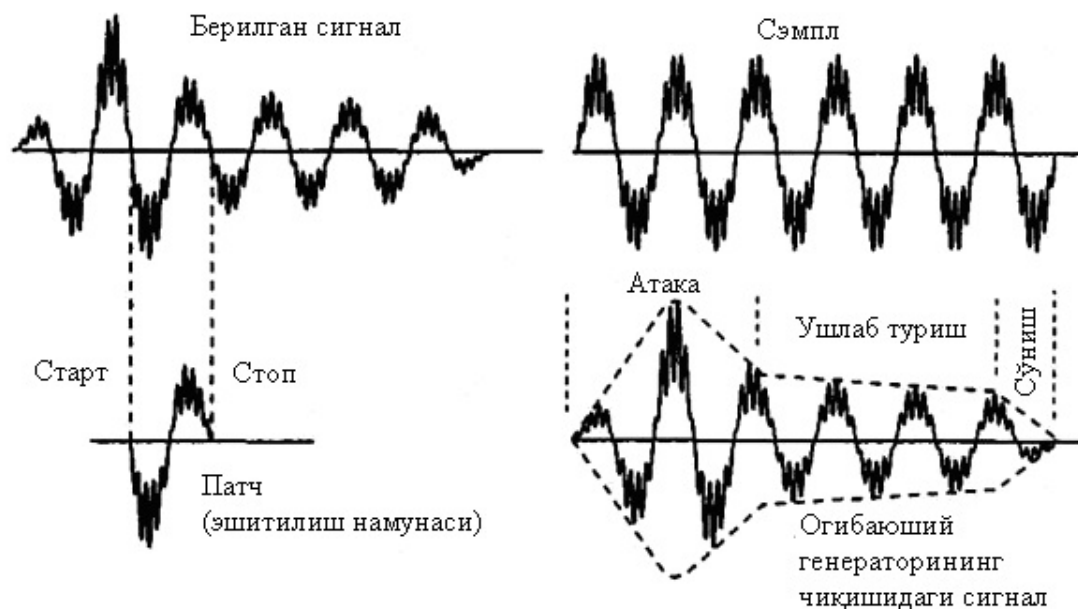
Ҳар бир оператор аниқ шаклли сигнални шакллантириши мумкин. FM – алгоритмга мувофиқ операторлар ҳар хил уланиши мумкин. Масалан, операторларни чиқиш сигналларининг йиғиндиси (аддитив синтез) олиниши мумкин. Қайта уланиш сиртмоғига кетма – кет уланган иккинчи оператор сигналнинг асосий тонини ҳосил қилади (етакчи генератор ролини ўйнайди), биринчиси эса обертонларни (модулятор ролини бажаради) аниқлайди. Бу ҳолатда 1- операторнинг чиқишидаги сигнал, 2 – операторнинг киришига, 2 – операторнинг чиқишидан эса 1- операторнинг киришига боради.

Синтезлаш жараёни мусиқа куйланиш жараёни билан бир вақтга тушгани учун шахсий компьютернинг самарадорлигига ва FM – синтезаторга бўлган талабни кучайтиради. Ҳақиқатдан ҳам, мусиқий асбобнинг товушини аниқ қилиб яратишга талаб қанча катта бўлса, шунча кўп генераторлар ишлатилиши керак. Бунда генераторларни бошқариш алгоритми қийинлашиб кетади. Товуш карталарида ҳисоблаш ҳажмини камайтириш учун соддалаштирилган алгоритмлар ишлатилади, бунда асбоблар товуши кам сонли генераторлар ёрдамида амалга оширилади. Бу ҳол мусиқа асбобларини овозини кўпол ўхшатишга олиб келади.

Тўлқинли жадвал асосида товушларни синтезлаш

WTMusic Synthesizer — жадвал синтезли синтезатор (аббревиатура WT —Wave Table бўлиб — тўлқинли жадвал дегани) ўзининг хотирасида табиий асбоблар сигналининг намунасини сақлайди. Патч (Patch) деб аталадиган ҳар бир намуна ёки асбоб битта ёки бир нечта сэмплларни (Samples) ўз ичига олади. Сэмпл— реал товушнинг рақамлаштирилган фрагменти бўлиб, мусиқа асбобининг бирор – бир тонидир, масалан ўқ узилишдаги товушдир. Тўлқинли синтезаторлар синтезлашнинг юқори сифатини таъминлаб беради. Ичига ўрнатилган кучайтиргичларнинг (встроенный усилитель) ҳар бир каналида 4 Вт қувватга эга. Бу турдаги синтезаторлар (масалан, Yamaha OPL4), товушли намуналарни бошқариш ҳисобидан мусиқа яратишади. Бу товушли намуналар ПЗУ платаларида ёки дискда сақланади. Энг яхши товуш платалари 8 Мбайт гача бўлган файл тўпламларини сақлаши мумкин.

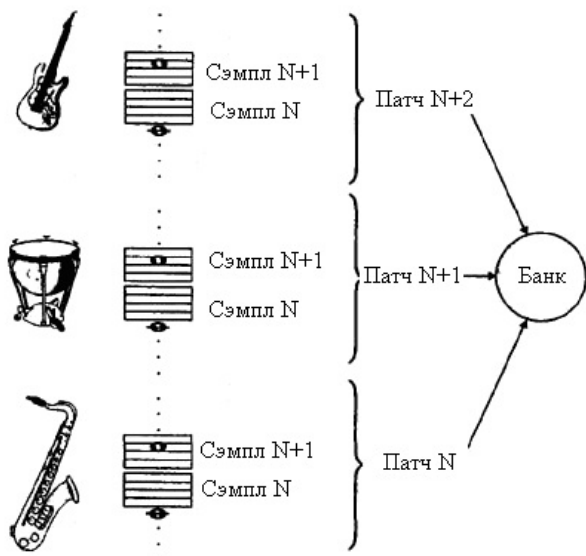
Дискдан файллар юкланаётган пайтда яхши плата 1 Мбайтдан кам бўлмаган ҳажмга эга бўлиши шарт. MIDI – файлларнинг массивларини катталаштириш учун жадвалли кенгайтмалар ҳам ишлатилиши мумкин. Маълумки, махсус алгоритмлар ёрдамида мусиқий асбобнинг битта тони бўйича ишчи частота диапозони бўйлаб асбобнинг товушини тиклаш мумкин (8.4 – расм). Масалан, агар 44,1 кГц частота билан рақамлаштирилган сэмплни иккиланган 88,2 кГц частота билан эшиттирилса, товуш баландлиги октавага ошади. Шундай қилиб, сэмплни ҳар хил тезликда эшиттириш йўли билан ҳар қандай баландликдаги товушни олиш мумкин. Бундай товушни генерациялаш принципи сэмплерларда, яъни WT – синтезаторларда ишлатилади. Сэмплер реал асбобнинг товушини микрофондан ёзиш ва уни ҳар хил тезликда эшиттириш имконини берувчи қурилмадир.



8.4 – расм. WT – синтезатор ёрдамида товушни синтезлаш

Аммо товушни эшиттириш тезлигини ўзгартириш усули билан яратишда унга мувофиқ товуш баландлигини, атаканинг давомийлиги, сигналнинг сўниши ҳам ўзгаради. Бу ҳолат синтезлаштирилаётган асбобнинг тембрини бузилишига олиб келади. Шунинг учун, WT – синтезаторларда товуш баландлигини ўзгартиришнинг бошқа усули қўлланади. Товуш баландлиги ҳар хил бўлган мусиқий асбобларнинг асл товуши рақамлаштирилади. Частота бўйича қадами жуда кичик бўлиши керак, чунки тэмбрни ўзгариши эшитилмаслиги керак. Нисбатан арзон бўлган WT – синтезаторлар учун мусиқа асбобини овозини рақамлаштириш ярим – октава интервал билан етарли ҳисобланади. Рақамлаштиришдан кейин ҳамма сэмпллар (ёки уларнинг бир бўлими) патчга бирлашади, яъни частотанинг ҳамма ишчи диапозонидаги мусиқа асбобининг асл овозини эшиттиришдаги фрагментлар тўпламидир. Шунинг учун патч ва асбоб терминлари синонимдир.

Бирор бир баландликдаги товушни яратишда WT – синтезатор қайси частота диапозонига товуш тегишлилигини аниқлайди, яратилган товушнинг частотасига яқин бўлган сэмплларни танлайди ва бу сэмплларнинг асосий тони частотасини аниқ бир қийматга алмаштиради. Бундан ташқари, баъзи мусиқий асбобларнинг овози бир неча сэмплларнинг бир вақтда эшиттирилиши натижасида нисбатан сифатли чиқади, яъни асбобнинг овози бир неча сэмплларнинг устма – уст қўйилиши натижасида шаклланади. Ўз навбатида асбоблар банкда йиғилади (8.5 – расм). Асбоблар йиғилган банк одатда алоҳида хотира микросхемаси кўринишида бажарилган ёки WT – синтезатор микросхемасига жойлаштирилган махсус ROMда сақланади. Бундан ташқари, асбоблар йиғилган банк PCнинг винчестерида сақланиб, ишга туширилган вақтда WT – синтезаторнинг ёки RAM PC (Downloadable Sample, DLS технологияси) оператив хотирасига юкланади.



8.5 – расм. Мусиқа асбоблари банкни ташкил қилиш

Товуш картасининг WT – синтезатори томонидан синтезланган товушнинг сифати патчларнинг сифатига боғлиқ бўлганлиги учун сэмпллар юқори сифатли бўлиши керак, бу ўз навбатида асбоблар банкнинг

ҳажмини ўсишига олиб келади. Аммо оддий товуш карталарининг WT – синтезаторларининг хотира ҳажми унча катта эмас. Бу товушни рақамлаштириш вақтида асосий тоннинг частота бўйича қадамини қўпайтириш, сэмплларнинг давомийлигини камайтириш ва ниҳоят, сэмплларни компрессиялаш натижасида эришилади. WT – синтезатор учун General MIDI спецификациясига мувофиқ асбоблар банкининг минимал тўплами 128 та мусиқий асбобдир.

8-маърузага доир саволлар:

1. Мусиқий товушлар осциллограммасининг тахлили асосида уларнинг моделини тушунтиринг?
2. Формант деганда нимани тушунаси?
3. Терменфоксининг ишлаш принципини тушунтиринг?
4. Монофониядан полифониянинг фарқи?
5. Синтезлаш усулларига таъриф беринг.
6. Секвенсорлардан қачон фойдаланилади?
7. Реверберация эффектини тушунтириб беринг?
8. Замонавий синтезаторларда асбоблар товуши қандай яратилади?
9. Товуш карталарида асосан синтезлаш учун нечта усулдан фойдаланилади?
10. Частотали модуляция асосида товушни синтезлаш қандай амалга оширилади?
11. Асосий тондан обертоныннинг фарқи нимада?
12. FM – алгоритмларни тушунтиринг?
13. Тўлқинли жадвал асосида товушларни синтезлаш қандай амалга оширилади?
14. Акустик комплексларнинг таркиби ва турлари.
15. Асосий тон деганда нимани тушунаси?
16. Обертон деганда нимани тушунаси?
17. FM – усулидаги синтездан WT-синтез усулининг фарқи?
18. Сэмпл билан патчининг фарқи нимада?