

Ім'я користувача: Кафедра академічного естрадного вокалу та звукор... ID перевірки: 1009350122

Дата перевірки: 25.11.2021 15:42:30 EET Тип перевірки: Doc vs Internet

Дата звіту: 25.11.2021 15:48:06 EET ID користувача: 100004420

Назва документа: Маринін МММ-23-20 перевірка на плагіат

Кількість сторінок: 77 Кількість слів: 20003 Кількість символів: 143592 Розмір файлу: 108.20 KB ID файлу: 1009372520

## 0.25% Схожість

Найбільша схожість: 0.13% з Інтернет-джерелом ([https://znaimo.com.ua/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD\\_\(%..](https://znaimo.com.ua/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD_(%..))

0.25% Джерела з Інтернету

4

Сторінка 79

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

## 1.67% Цитат

Цитати

9

Сторінка 80

Не знайдено жодних посилань

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

4

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** За останні 20 років світ сильно змінився, і обсяг інформації, яку людина споживає за рік сьогодні, може дорівнювати половині життя або всього життя людини, яка жила до техногенного століття. Куди б ми не пішли, де б ми не опинилися, нас майже скрізь оточуватиме інформація у тому чи іншому вигляді. Швидкість дійшла до таких показників, що кількох життів не вистачить, щоб спожити весь обсяг вивантажений за день. І безумовно, прогрес не оминув мистецтво та музику зокрема.

Як уже було сказано, майже в будь-якій точці, великих і маленьких міст так точно, нас переслідуватиме інформація, і нерідко це музика. Торгові центри, ресторани та інші місця, скрізь і звідусіль чути різноманітну музику. Звідки береться така кількість? Невже з настанням технологій стало настільки багато композиторів? В 2021 році стрімінговий сервіс Spotify (Шведська інтернет платформа для розміщення музики, з можливістю заробляти на своїй творчості) опублікував статистику, де було сказано, що щодня в мережу, тільки на цю платформу завантажуються понад 60.000 нових пісень. Кожен день. І ця статистика підтверджена цифрами. Якби подібні дані представили пару десятків років тому, навряд чи хтось повірив би, але сьогодні це реальність. І лише завдяки технологіям та розвитку інтернету це стало можливо. Якщо в минулому столітті, щоб пробитися на сцену і постати перед публікою зі своєю творчістю необхідно було мати хоч якісь навички і пройти шлях, то сьогодні, щоб почати випускати музику, загалом достатньо середнього ноутбука, навушників, виходу в інтернет і ти вже підключен до спільної мережі, куди вивантажують десятки тисяч пісень.

Не останню роль в цьому відіграли електронні музичні пристрої, а саме синтезатори. Ще років 30 тому всі інструменти для обробки запису та написання музики були аналоговими, сьогодні ж всі ці прилади переведені в цифровий формат, і коштують на порядок дешевше. Але з чого все почалося? Хто були ці люди, які створили найскладніші апарати, з удосконаленням

котрих сьогодні може розібратися навіть школяр. Як виглядали ці пристрої, і чи залишилося від них щось у сучасних інструментах?

Дана робота актуальна з погляду занурення до першоджерел електронних музичних інструментів, вивчення шляху розвитку музичних технологій, що докорінно змінили ставлення, сприйняття та розвиток музики як такової.

**Мета дослідження** – визначити розвиток та особливості синтезу звуку.

**Об'єкт дослідження** – технології синтезу звуку.

**Предмет дослідження** – особливості роботи сучасних інструментів-синтезаторів та творчої діяльності сучасних музикантів, що працюють із синтезом звуку.

**Задачі дослідження:**

1. вивчити джерела з теми дослідження;
2. дослідити історію розвитку розуміння людиною явлення звуку;
3. виявити процеси розвитку електронних інструментів;
4. дослідити види синтезу звуку та структуру сучасних синтезаторів;
5. вивчити можливості сучасних синтезаторів;
6. проаналізувати творчу діяльність музикантів з використанням синтезу звуку.

**Методологія та методи дослідження:**

- теоретичні: аналіз, систематизація та узагальнення літератури з проблем дослідження;
- емпіричні: практична діяльність з синтезом звуку.

**Теоретична база дослідження:**

Теоретичною базою дослідження стали:

- праці з музичної акустики Алдошиної І. І., Притца Р., М. А. Сапожкова, Ананьєва А. Б., Носуленко В. Н.;

- дослідження зі звукорежисури Белявіної, Н. Д., Белявіна В. Ф., Дьяченко В. В. Бут О. В., Ігнатова П. В., Рязанцева Л. В.;
- роботи з музичної інформатики та композиції Бондаренка А.І., Шулґіної В. Д., Гайдєнка І.А., Козліна В.Й., Грищенко В.І., Харуто А. В. ;
- праці з інструментознавства та синтезу звуку Когоутєка Ц., Куша Є. В. С.Г.Лазарева, Ужинського М. Ю., Черєвко К.П., Шустова С.Л., Стецюк І.В., Шипа В. С. ;
- праці з естетики, історії мистецтв та музики: Безклубєнка С. Д, Борєва Ю.Б., Грубера Р.И., Конєн В.Д., Костюка Е.Б. , Левчук Л.Т., Ливанової Т.Н., Корній Л., Машєнка І. Г. Розєншильдє К.К.

**Наукова новизна:**

Уперєше:

- Систематизовано інформацію щодо дослідження синтезу звуку;
- Описано роботу синтезатора Xfer Serum та авторську діяльність Соні Мур (Skrillex) та твору «First of the year»
- Уточнено :
- Історію розвитку синтезу звуку.

**Джерельна база дослідження:** теоретичні праці сучасних учєних, матеріали з Інтернет сайтів.

**Практична база дослідження:** практичні заняття з дисципліни, «Звукорежисура», «Студійна звукорежисура», «Аналіз аудіовізуальних творів», практична авторська робота.

**Теоретичне і практичне значєння** роботи полягає в можливості подальшого застосування представлєних матеріалів під час творчої діяльності в сучасних рок музикантів, а також при викладанні дисциплін «Звукорежисура», «Концертна звукорежисура», «Студійна звукорежисура», «Комп'ютерне аранжування» тощо.

**Апробація результатів дослідження:**

Основні результати дослідження обговорювались:

**Публікації:**

**Структура дипломної роботи** обумовлена логікою розкриття теми, метою і завданням дослідження. Вона складається зі вступу, основної частини (з трьох розділів, восьми підрозділів), висновків, списку використаних джерел (92 позицій) та додатків. Загальний обсяг роботи 88 сторінок, з них, основний текст складає 82 сторінок.

**ОЗДІЛ 1. ІСТОРИКО-ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ****1.1. Огляд джерельної бази**

Джерельною базою дослідження стали праці:

- з музичної акустики Алдошина И. И., Притц Р. «Музыкальная акустика», довідник М.А.Сапожкова «Акустика : справочник», підручники А.Б.Ананьев « Акустика для звукорежиссеров» та «Элементы музыкальной акустики»; дослідження Носуленко В. Н. «Психология слухового восприятия»;
- зі звукорежисури – посібник групи авторів Белявіна Н. Д., Белявін В. Ф., Бондарець Н. Л. , Дьяченко В. В. «Основы звукорежисури», дисертаційне дослідження Бут О. В. «Звук як компонент образної структури фільму», дослідження Дьяченко В. В. «Творча діяльність українських звукорежисерів другої половини ХХ – початку ХХІ століття: теорія, історія, практика»; дисертація Игнатов П. В. «Эволюция средств художественной выразительности в творчестве звукорежиссера»; підручник Рязанцев Л. В. «Звукорежисура»;

- праці з музичної інформатики та композиції – підручник Бондаренко А.І., Шульгіної В. Д «Музична інформатика» дисертаційне дослідження Гайденко И.А. «Роль музыкальных компьютерных технологий в современной композиторской практике»; підручник Грищенко В.І. «Композиція та комп'ютерне аранжування»; підручник Харуто А. В. «Музыкальная информатика»;
- праці з інструментознавства та синтезу звуку – монографія Когоутек Ц. «Техника композиции в музыке XX века»; монографія Куца Є. В. «Електромюзичний інструментарій як еволюційний фактор музичної культури Х – початку ХХІ століття»; дисертація С.Г.Лазарева «Електронна музика як соціокультурне явище (друга половина ХХ - початок ХХІ століть)»; підручник Ужинського М. Ю. «Цифрові технології і засоби мультимедіа»; дисертація Черевко К.П.» Електронна музика як феномен культурно-цивілізаційних процесів ХХ – початку ХХІ століття»; дослідження Шустова С.Л. «Електронна музика в системі студійних жанрів»; стаття Стецюка І. «Історія електронних синтезаторів»; монографія Шипа В. С. «Музична форма від звуку до СТИЛЮ»;
- енциклопедії та словники - Машенко І. Г. «Енциклопедія електронних масмедіа», Безклубенко С. Д. «Український енциклопедичний кінословник»
- праці з естетики та історії мистецтв та музики: Борев Ю.Б., Грубер Р.И., Конен В.Д., Костюк Е.Б. Левчук Л.Т., Ливанова Т.Н., Корній Л., Розеншильд К.К.

Крім паперових джерел використано Інтернет ресурси та сайти.

Огляд джерельної бази засвідчив, що тема синтезу звуку, синтезаторів та використання їх у композиторській практиці ще не достатньо вивчена.

## 1.2. Історія формування розуміння звуку як явища

Для того щоб зрозуміти що таке синтез, перш за все необхідно мати певне уявлення з чого почалось вивчення та дослідження людством такого явлення як звук, та визначити значення термінів. Звук - це механічне коливання, що поширюється в повітрі, твердому тілі або рідині в вигляді хвиль. Для нас, в більшості випадків, це коливання частинок повітря в повітряній оболонці Землі, які йдуть від джерела звуку до приймача. Ця формула єдина як для первісних людей, так і в сьогоденні. Отже звук завжди сприймався, як зв'язок між джерелом та тим, хто його приймає.

Проте, коли ми звернемося до синтезу, зрозуміємо, що в даному випадку обставини складаються декілька інакше. Термін синтез можна визначити в двох значеннях: більш обширно і спеціалізовано. Перше - в більш широкому значенні, синтезувати можна в будь якій сфері будь що - це цілеспрямований процес схрещування, поєднання двох відмінних, в тій чи іншій мірі, об'єктів. В музиці - це електронне створення механічного коливання без безпосередньо джерела, а точніше, створення електричного сигналу, який є прототипом звукової хвилі будь яким способом; тобто коливання напруги в сигналі є коливання бажаної зміни звукового тиску. Коли цей сигнал подається на, спочатку підсилювач, а потім динамік, звук стає акустичним сигналом, який веде себе як будь-який інший звук. Отже виходить, що будь який звук, інструмент, голос або тембр можна створити за допомогою електронного пристрою, а саме синтезатора. Чи насправді це так?

Для повного розуміння необхідно заглибитись в історію музики.

Перші спроби зрозуміти природу цього явлення починаються в Давній Греції, проте і до цього етапу музика супроводжувала людство в тих чи інших сферах. Процес становлення, який був пройдений, починається десятки тисяч років тому. Перші спроби урізноманітнити звукову палітру можна віднести до первісного суспільства. У тогочасних людей особливого вибору не було: ударні, в вигляді паличків, та інших предметів якими можна було відстукувати ритм (який по зрозумілим причинам був основним елементом первісної музики), і голосу, імітація звуків якого мала велике соціальне

значення та емоційний вплив, що був пов'язаний із повсякденним життям: жінки наспівували заколисуючи дітей, войовничі вигуки жахали ворогів. За допомогою різних інтонацій давня людина подавала сигнали та видавала звуки, які передавали різний настрій і почуття. Згодом, поступово, почали з'являтися примітивні музичні інструменти. Відомо, що перша спроба створити новий інструмент (і відповідно нове звучання) була в вигляді флейти, приблизно 40 тисяч років тому. Інструмент виготовлявся з кістяних або очеретяних трубочок, і в залежності від довжини, структури та кількості отворів, була можливість отримувати той чи інший тембр та звук. Можна заперечити та зазначити, що до синтезу це не має ніякого значення, проте, не обмежуючи себе, слід пам'ятати, що для первісної людини це був аналогічний спосіб, який використовує людина з технологіями ХХІ століття, винаходячи щось нове [87].

В Давньому Єгипті зустрічається вже більш широкий список струнних, духових, ударних інструментів: арфи, лютні, ліри, танбур, сопілки, труби та інші. Оскільки життя сприймалось через призму поклоніння богам та виконання ритуалів, музика виконувала важливу роль та супроводжувала усі **дійства**.

Давня Греція. Високорозвинена цивілізація, спадщину якої відроджували з початку XV століття. Музика займає одну з основних сфер життя жителя поліса. Інструменти, на яких грали греки: формінга, кіфара, псалтерій, ліра, самбіка (щипкові); авлос, флейта Пана (духові) та літаври, кротани та кімвали (ударні). Саме в цей час відбуваються перші спроби більш проникливо зрозуміти таємничість звуків. Це відкриття було зроблено відомим грецьким математиком Піфагором, 2.500 тисяч років тому.

VI століття до н.е., на узбережжі сучасної Турції, в місті Мілет, грецької колонії, одна відома людина за іменем Фалес (філософ, астроном, математик, політичний діяч) самотужки закладає основи того, що ми називаємо науковою думкою та грецькою філософією, до Сократичною. Він фактично був першим, хто задався питанням із чого власне складається все? Що являє



собою природу явлень? З чого складається все, що ми споглядаємо навколо? Саме він вперше виділив чотири елемента: воду, вогонь, землю, повітря. Фалес був не сам, він заснував свою школу, названу на честь засновника. Одні з представників цієї школи були Демокрит та Левкіпп, котрі розвили ідеї Фалеса та запропонували концепцію атомів, тобто маленьких частинок з яких створена вся різноманітність матерії, що існує навколо нас. В ряду представників цієї школи також вважається вищеназваний Піфагор. Він був настільки вражений математичними закономірностями, які споглядав всюди, що навіть заснував, якби сьогодні ми назвали, секту математиків. Цікавий епізод стався в городі Кротоні в 531 році на узбіччі Італії (Грецька колонія). Піфагор задався питанням, він намагався зрозуміти: чому музика працює? Його зацікавило три питання: чому, якщо взяти три висушені жили якоїсь великої рогатої худоби, зробити з них довгі тонкі струни, закріпити ці струни, на цих струнах можна грати. Збудження цих струн, не має значення яким способом, відтягуючи та відпускаючи, вдарив по ним рукою чи молоточком, породжує звук. Видно, що струна починає якимось рухатись та вібрувати, зрозуміло що вона якимось чином збуджує звук, який оточує струну. Проте чому більш відчутний низький звук залежить від довжини струни? Чому чим більше ви відтягуєте струну, тим вище буде звук? І як висота цього звуку залежить від матеріалу струни [87; 88]?

Піфагор вчинив як сучасний вчений, і зробив дослідження. Він взяв дві однакові струни, одного матеріалу, щільності, довжини та діаметру, розтягнув та закріпив їх. Вийшло те, що сучасники назвали б монохорд, тобто два пристрої, в состав яких входить по одній струні. Не дуже цікавий музичний інструмент, багато на ньому не зіграєш, проте цього було достатньо для поставленої мети. Піфагор продемонстрував, що якщо ви закриєте очі та зіграєте на першій струні, а згодом на другій, ви не почувете різниці, тобто в залежності від того, як і в якому місці ви збуджуєте вашу струну, звук трохи змінюється, набуває іншого окрасу, проте фундаментально він не змінився. Отже виходить, що як тільки ви зафіксуєте довжину струни, матеріал та

натяжіння, ви можете точно спрогнозувати який звук вийде в результаті. Це вже було достатньо великим проривом. Зрозуміло, що детально Піфагор не міг пояснити чому саме так виходить. На цьому етапі він просто зафіксував результати [87; 88].

В період середньовіччя відношення до музики було особливим, навіть можна сказати виключне, в порівнянні з іншими видами мистецтв. Ми можемо так судити по численним філософським та спеціальним музично-естетичним творам відомих мислителів того часу. Оскільки ця епоха розвивалася в повній інтелектуальній монополії попів в усіх сферах життя, суттєвих змін на той період бути не могло. Для мистецтва це означало, що усі художні професіонали працюють під егідою церкви: найкращі архітектори будують собори, художники прикрашають ці будівлі скульптурою та живописом, музиканти створюють музику для богослужіння.

З самого початку виникнення середньовічної ідеології володарі дум намагались підкорити та зробити музику служницею, хоча в античний період вона була вільним мистецтвом, а точніше наукою. Оскільки в тій обстановці мистецтво не могло бути самостійним, воно існувало виключно в зовнішньо прикладному напрямку. Саме так утворюється певна ієрархія мистецтв, і архітектура якби об'єднувала під своїм крилом всю художню діяльність. Велике значення архітектура середньовіччя надавала акустиці, і всіляким парадоксам і фокусам, які можна було отримати за допомогою спеціально створених будівель та приміщень. Коли ви можете шепотіти в одному кутку якоїсь будівлі, і в іншій частині цієї будівлі шепіт доноситься до вас більш ясно, ніж якби стояли поряд з тим, хто шепоче. І не дивлячись на повну несвободу, ми бачимо як в скрутні часи прагнення до експериментів було органічним відчуттям для людини.

Далі історія нас переносить в XV-XVII століття, і мова піде про такий інструмент, як орган. Чому саме в цей час? Тому що в цей період орган набуває тих звукових можливостей, які ми звикли відносити до його звичного представлення. І якщо вам здається, що 500-600 років це дуже далеко, ви

будете враженні: перші його представники з'явилися аж в Давній Греції в III столітті до н.е.. Він називався «Hydralilus», і уявляв собою винахід із труб, де повітря регулювалося тиском води. Тиск води змушував повітря проходити по трубам, що утворювало звук. Пізніше, майже 400 років потому, механізм був змінений на повітря, котрий використовував сільфони для створення того самого звучання.

Великих розмірів інструмент набув в IV столітті, проте еталонної якості очікувати не приходилося. Більш менш удосконаленні органи почали будувати в VII та VIII століттях. В той же період інструмент був введений в католицьку церкву Папою Віталіаном. Органи перетворилися на камерні інструменти і часто використовувалися для церковних служб. Інший тип органу, що використовувався на той час, називався переносним органом - меншою моделлю, яку можна було носити із собою. Портативні органи мали менші звукові та октавні можливості, але музиканти використовували їх для супроводу співу під час урочистостей або в суді [86].

Мистецтво будівництва органу спочатку розвилось в IX столітті в Італії, звідки вони попадали у Францію, а пізніше і у Франції. Найбільше розповсюдження орган отримав в XIV столітті. Було удосконалено його конструкцію, з'явилася педаль, а саме клавіатура для ніг. Середньовічні органи, порівняно з пізнішими, були грубими; ручна клавіатура, наприклад, складалася з клавіш шириною від 5 до 7 см, відстань між клавішами досягала півтора см. Вдаряли по клавішах не пальцями, як тепер, а кулаками. У XV столітті було зменшено клавіші та збільшено число трубок.

Протягом п'ятнадцятого століття органи перетворилися на ті, які використовували хутра для подачі повітря. На одному органі можна було знайти кілька кнопкових, також педальні дошки для керування звуком. Ще одним аспектом, який розвинувся в цей час, був початок зупинок, що дозволяло гравцеві обмежувати кількість повітря, що потрапляє до труб, контролюючи звучання музики [86].

Органи продовжували розвиватися у шістнадцятому столітті, і деякі з перших артефактів органів та музики можна знайти саме з цього періоду. У трубок стали різні позиції, і багато органів могли грати гармонії та створювати приспиви. У цей час у Європі найчастіше використовувалися органи.

Протягом сімнадцятого століття релігійні поділи у Європі вплинули музику. Використання органів у церквах було дозволено, а потім скасовано кілька разів, що зрештою знову стабілізувалося наприкінці сімнадцятого століття. У той же час органи почали прибувати до Сполучених Штатів із Франції та Іспанії [86].

XV та XVI століття відзначилися значними досягненнями у галузі звуку та механіки. В цій ж роки з'являються національні школи органного мистецтва. На початку XVII століття основні елементи були складені, і подальші розробки відносились до технологічних вдосконалень, або тональних змін.

Насправді, орган можна представляти, в певній мірі, як давній синтезатор. Завдяки багатофункціональній системі регістрів, його тембральні можливості нічим не гірше, ніж в електронного інструмента, з поправкою на те, в які роки він був створений. В сучасних синтезаторах процес керування відбувається за допомогою різноманітних ручок, ідентична система і в інструменті, створеному кілька сотні років тому. Коли граєш на електронних інструментах, зазвичай, стоїть дві-три клавіатури, кожна з яких видає свій особливий звук — на органі те саме [86].

Як ви вважаєте, коли вперше з'явилась ідея, або фантазія, відносно контролю звукових хвиль (синтезу, якби ми сказали сьогодні)? В XVIII, XIX столітті? Ні! Хто б міг подумати, але вперше сучасний образ діяльності зі звуком описав англійський філософ, історик, політик, Френсіс Бекон, який написав і випустив в 1624 році свою художню книгу в жанрі утопія, під назвою «Нова Атлантида». В сюжеті йдеться історія про так звані будинки звуку та світла. Це фантастичні інституції, які існували в межах цієї утопії, в

яких люди займалися якимись абсолютно відірваними від прагматичної діяльності експериментами. У будинках звуку люди створювали звук, досліджували як він виникає, народжується, вони вчилися його синтезувати, вчилися його передавати та трансформувати. Все це компактно описано у творі. Це була безпосередньо ідея синтезу звуку і певний рід діяльності, який передбачає, що люди займаються звуком заради якоїсь абстрактної мети, заради мистецтва, ніж якоїсь дуже конкретної пропозиції. Почитавши, ми знаходимо там згадки дуже зрозумілих і знайомих нам технологій, які зараз оточують усіх, хто займається електронною комп'ютерною музикою. І оскільки спочатку було слово, Френк Бекон сформулював дуже цікаву ідею [7].

«Є у нас дома звуків для дослідів із всілякими звуками та отримання їх. Нам відомі невідомі вам гармонії, створюванні чвертями тонів і ще меншими інтервалами, і різні музичні інструменти, також вам не відомі і звучать приємніше, ніж будь-який з ваших; є у нас дзвони та дзвіночки з найприємнішим звуком. Слабкий звук ми вміємо робити сильним і густим, а густий - ослабленим або пронизливим; і можемо змусити тремтіти і тремолювати звук, який зароджується цілісним. Ми відтворюємо всі звуки мови та голоси всіх птахів та звірів. Є у нас прилади, які прикладені до вуха, дуже покращують слух. Є також різні дивовижні штучні ехо, які повторюють звук багаторазово і як би відкидають його, або ж повторюють його голосніше, ніж він був виданий, вищим або нижчим тоном; а то ще замінюють один звук іншим. Нам відомі також способи передавати звуки по трубах різних форм і на різні відстані.» [7].

В цьому ж столітті було вперше відкрито закони Н'ютона, і як виявилось, є можливість описати природу та явлення за допомогою математичних законів. На відмінну від Піфагора, виявилось що ці закони більш складні, вони не потребують використання тільки цілих чисел, там необхідні цілі та дрібні числа, а головне нові математичні операції, котрі пізніше назвали диференціювання та інтегрування. Виходячи з цих

принципів, засновник сучасної науки Н'ютон, сформулював свої закони, які вперше були використані щодо планет. Через два століття математики спробували використати ці закони к більш складним системам, наприклад к струнам.

Бажання винаходити нові звуки було завжди. Музиканти грали на музичних інструментах, які звучали відповідно тій музичній культурі, в котрій ці інструменти створювались, проте завжди були виключення серед людей, що прагнули відтворити новий звук, і новий механізм контролю над ним. Іноді на цьому шляху зустрічаються досить дивні спроби, які ми знаходимо в найнесподіваніших місцях.

Слід зазначити, що ймовірність існування наступного, так скажімо, інструменту, дуже мала. Фактичних підтверджень його існування немає, проте є записи, котрі інформують нас про наявність самої ідеї. Інструмент називався «Cat organ» або «Katzenclavier», що в точному перекладі звучить як «котяче піаніно». Концепція такого «піаніно» полягала в тому, що воно зібрано в ряд з групи восьми котів, щільно упакованих в окремі клітини, затиснуті вздовж клавіатури. Щільно натягнуті хвости тримались на місці, та одним натиском клавіши механізм вбивав гострий предмет в хвіст. Тому, коли піаніст грав мелодію, коти, що розташовані відповідно по висоті їх голосу, разом виють від болі, крича в гармонії музики. Історики не знають, коли було винайдено клавіатуру жорстокого кошения. Багато хто приписує оригінальний дизайн Афанасію Кірхеру. Вчений Афанасіус Кірхер вперше написав про «котяче» піаніно у своїй книзі в 1650 році, кажучи, що він був зроблений для похмурого монарха, щоб підняти настрій італійському принцу, обтяженому турботами про своє становище. Музикант вибрав котів, чії природні голоси лунали на різній висоті, і розташував їх у клітинах пліч-о-пліч, щоб при натисканні клавіші на піаніно якийсь механізм встромив гострий шип у хвіст відповідної кішки. В результаті вийшла мелодія нявкання, яка ставала все більш енергійною у міру того, як кішки приходили у відчай. Хто міг не посміятися з такої музики? Таким чином принц вийшов із меланхолії. Хоча

зараз це здається жорстоким та неетичним поняттям, невідомо, чи вважатимуть це кумедним представники європейської історії [58].

Проте записи інструменту існували ще до народження Кірхера. У 16 столітті історик Хуан Кальвете де Естрелла описав, як його бачив, коли король Філіп II перейшов у Брюссель. Парад був галасливим і включав котячий орган, на якому грав ведмідь, що їхав на колісниці. Саме так, відмідь. Французький письменник Жан-Батіст Векерлін так описав цю сцену: «Найцікавіше було на колісниці, в якій їхала найнезвичайніша музика, яку тільки можна уявити. У ньому сидів ведмідь, який грав на органі; замість труб було шістнадцять котячих голів, кожна із замкненим тілом; хвости стирчали і стирчали. вважалося, що на ньому грають як на струнах піаніно... відповідний хвіст буде сильно тягнути, і щоразу він видаватиме сумне нявкання» [58].

У 1803 році німецький психіатр Йоганн Крістіан Рейл (що винайшов слово «психіатрія») сповістив про медичний потенціал катценклавіра. Він писав, що «Katzenklavier» використовувався, щоб повернути душевнохворих пацієнтів до «свідомого стану». Пацієнти спостерігали за обличчям кішок, поки психіатр грав на цьому інструменті. По суті, Рейл вважав, що катценклавір - єдине, що досить шалено, щоб привернути увагу божевільних. Незважаючи на розповіді та легенди протягом усієї історії, вчені не впевнені, чи дійсно хтось колись будовав катценклавіри. Швидше за все, це був лише гіпотетичний інструмент. (У будь-якому випадку з цього вийшла б жахлива музика. Кішки не мякають на фіксованій висоті.) [58].

## РОЗДІЛ 2. РОЗВИТОК СИНТЕЗУ ЗВУКУ

### 2.1. Формування синтезу звуку в першій половині ХХ століття

Світ суттєво змінився з розвитком технологій. Це торкнулось майже будь-якої сфери людського життя, і мистецтво, а саме музика, почала розглядатись конче в іншому векторі. Початком цього послужив розвиток електронних інструментів в цілому, та зокрема синтезаторів. Однак перш ніж синтезатори набули сучасного вигляду та можливостей, існував цілий список інших цікавих інструментів та пристроїв, котрі генерували звук електрично, а не механічно.

Початком нової епохи став кінець ХІХ століття, 1897 року. Видатний американський вчений Таддеус Кехілл (1867 року народження) патентує винахід під назвою «Телгармоніум» (англ. Telharmonium), котрий був представлений в 1906 році. Цей пристрій вважається одним з ранніх музичних прабатьків сучасних синтезаторів, інструмент, що генерує звук електрично. Телгармоніум, чи динамофон (як ще називали його), величезний двухсот тонний пристрій, зібраний з динамо-машин, який обертами електромагнітних генераторів генерував електричні імпульси, що перетворювались в звук по телефонним трубкам. Динамо-машини, попередники тонових колес, котрі згодом будуть використовуватись в Хаммонд органі, оснащенні особливими зубчатими валами і індукаторами, виробляли змінний ток різних звукових частот, що керувались чуттєвим до швидкості натисканням клавіш [85].

Приблизно в той же час, в 1899 році, відбулась подія, яка має безпосереднє відношення до розвитку електронних інструментів, а саме з'єднанню електрики та звуку. В Великобританії, в Лондоні, існувала проблема: до винаходу ламп розжарювання вулиці висвітлювалися за допомогою гальванічних дугових ламп. У момент роботи, ці лампи видавали дратівливі звуки. Їх гул та скрегіт розносився по всіх вулицях. Лондонська



адміністрація доручила розібратися з цією проблемою, і це завдання успішно вирішив інженер-електрик та фізик Вільям Дюбуа Дуддель (William Du Bois Duddell). Шляхом експериментів, Дуддель відчув, що змінюючи напругу, що подається на електроди, можна контролювати звукові частоти, які випромінюються лампами. Підключивши контролер клавіатури і спеціальні схеми к дуговим лампам, у оператора була можливість змінювати частоту пульсації дуги, створюючи виразні музичні ноти [84].

«Співаюча арка» (англ. Singing Arc) - саме так називався електричний інструмент. Концепція його схеми була прототипом клавіатурних синтезаторів, де керуюча електрична напруга підвищується або знижується в відношенні одного вольту на октаву. І хоч для створення тонів чи музики цей винахід не вважається першим електричним пристроєм, проте як інструмент, на якому можна було грати, не використовуючи телефонну систему як приймач, як це робив не маленьких розмірів Телгармоніум, він є одним з передових. Через деякий час інструмент був представлений в Лондоні перед групою інженерів-електриків, де відзначили ще одну особливість пристрою: дугові лампи, що споживають те саме джерело енергії, що і пристрій, та знаходяться поблизу, теж програють музику. Пізніше було виявлено, коли до «Співочої дуги» прикріпили антену, яка дозволяла їй співати на радіочастотах, а не на звукових частотах, цей ефект став більш кориснішим. Попри все, здійснивши поїздку по Англії зі своїм винаходом, інструмент не став комерційно успішним, та чимось більше, ніж проста новинка в світі технологій [59].

Як мовиться в прислів'ї «Зі світу по нитці», так поступово і складові сучасного синтезатора формувалися на тривалому відрізку часу, що у сумі призвело до значного інструменту, який змінив історію. Хоча варто зауважити, що складові відкриття окремо анітрохи не менше, ніж їхня сума.

Тріод, винайдений в 1906 році, є наступним важливим кроком в історії становлення електронних інструментів. У 1904 році англійський вчений Джон Амброуз Флемінг запатентував двоелектродну вакуумну лампу, яку

можна було використовувати як випрямляч току і детектор радіохвиль. Незважаючи на її здатність перетворювати радіосигнали, що надходять у форму, придатну для вібрації діафрагми навушника, прийняті сигнали були недостатньо сильними, щоб зробити пристрій Флемінга практичним для цієї мети. Проте завдяки цій геніальній ідеї Флемінга, американський винахідник Лі де Форест, зміг створити тріод. Коли Де Форест створив першу триелектродну вакуумну лампу, яку він назвав Audion або термоемісійний клапан, через свої властивості осцилятора в звуковому діапазоні, ця проблема була вирішена, тому що новий пристрій посилював сигнали на додаток до дії як детектор та випрямляч. Тож, якщо діод дозволяв керувати струмом, тріод міг посилювати електричні сигнали на вході або генерувати стійкі коливання. Запатентувавши Audion у 1907 році, Де Форест мало розумів, як і чому це працює, і більш того, знадобиться кілька років, поки весь потенціал тріода буде реалізовано. Приблизно в 1912 році Де Форест створив схему каскадного підсилювача, подаючи вихід одного тріода на вхід іншого, а через кілька років він розробив рекуперативну схему, в якій вихід тріода подався назад у пристрій як вхід [60; 61].

Наступні винаходи, без яких історія синтезу не може обійтися, полягає у створенні двох інструментів 1928 року – терменвокс та Ondes Martenot. Терменвокс, або ж етерон (як спочатку назвав його винахідник) - унікальний інструмент, винайдений радянським вченим Левом Терменим. Процес гри відбувався в вигляді зміни музикантом відстанні між своїми руками та антенами, тобто буквально у повітрі, без участі будь-яких струн чи клавіш. Це чистий електронний музичний інструмент. Пристрій складається з коробки з радіолампами, що виробляють коливання на двох частотах звукових хвиль вище від діапазону чутності; разом вони виробляють нижчу чутну частоту, що дорівнює різниці в їх швидкостях вібрацій. Науковою мовою це явлення називається гетеродинування. Дві антени - права, вертикальна, відповідає за висоту звуку - чим ближче рука, тим вище звук;

ліва, горизонтальна, відповідає за гучність - чим ближче рука, тим тихіше гучність [62; 63].

Гетеродинаючі генератори або принцип биття частот були відкриті випадково в перші десятиліття двадцятого століття радіоінженерами, що експериментували з радіовакуумними лампами. Гетеродинавання - це ефект, коли дві високочастотні звукові хвилі об'єднуються, виробляючи третій чутний звуковий тон, нижчий по частоті, який є різницею двох високих частот (приблизно від 20 Гц до 20 000 Гц).. Цей ефект був основою багатьох електронних інструментів з урахуванням електронних ламп.

Існувала одна проблема з використанням цього ефекту: коли тіло наближалось до електронних ламп, ємність тіла викликала коливання частоти. Щоб позбавитись цієї проблеми, Леон Термен зрозумів, що ємність тіла могла б бути використана як механізм управління інструментом і, нарешті, звільненням виконавця від клавіатури та фіксованої інтонації.

Перша машина Термена, побудована в СРСР в 1917 році, отримала назву Терменвокс (на честь нього самого) або Етерофон (звук з ефіру) і була першим інструментом, що використовує принцип гетеродинавання [62; 63].

В оригінальному терменвоксі була педаль для ноги, яка використовувалася для управління гучністю, та механізм перемикання, що був для зміни висоти звуку. Цей прототип перетворився на серійну модель терменвоксу в 1920 році. Унікальна конструкція нагадувала шафу грамофона на 4 ніжках з металевими антенами, що виступають, і металевою петлею. На інструменті грали, переміщуючи руки навколо металевої петлі для збільшення гучності та навколо антен для збільшення висоти звуку. Приблизна відстань рук одна від одної складала 70-90 сантиметрів, як у диригента, і позиція в різних площинах не давала можливості будь-яким негараздам. На виході лунав монофонічний безперервний тон, модульований синхронною грою обома руками, включаючи плече, передпліччя, кисті та навіть пальців. Тембр інструменту був фіксований і нагадував звук струни скрипки. Звук створювався безпосередньо гетеродинаючою комбінацією двох

радіочастотних генераторів: один працював на фіксованій частоті 170 000 Гц, інший - зі змінною частотою між 168 000 та 170 000 Гц.. Частота другого генератора визначалась наближенням руки музиканта до антени основного тону. Пізніші моделі додавали підсилювач і великий трикутний гучномовець. Ця модель Терменвоксу була вперше показана публіці на Московському промисловому ярмарку в 1920 році, і її засвідчив Ленін, який попросив уроки гри на цьому інструменті. Пізніше Ленін замовив 600 моделей терменвоксу, які були побудовані та гастролювали по Радянському Союзу.

У 1927 році залишивши Радянський Союз, Термін перебрався до Сполучених Штатів, а вже 1928 року отримує патент на свій винахід. Терменвокс продавався і поширювався у США компанією RCA у 1930-х роках у вигляді набору для самостійного виготовлення чи готового інструменту. Гетеродінуючий ламповий генератор став стандартним методом отримання електронного звуку до появи транзистора в 1960-х роках і широко використовувався в конструкціях музичних електронних інструментів того часу. «Домашній новий інструмент» - під такою назвою він став відомим у США, і використовувався у багатьох саундтреках до фільмів 1940-50-х років. Він також з'являвся у кількох поп-записах 1960-х, але так і не подолав своєї привабливості більш ніж новизна. Використаний для ефекту, а не як «серйозний інструмент», у більшості записів терменвокс використовується як заміна струнного інструменту, а не для використання мікротональних і висотних характеристик інструменту. Леон Сергійович Термен розробив варіації оригінального терменвоксу, які включали "Терпситон", "Рітмікон", "Клавішний терменвокс" та "Електронну віолончель" [62; 63].

Другий інструмент, винайдений того ж року, називається Ondes Martenot, він же Ondes Musicales (французькою «музичні хвилі»), електронний музичний інструмент, продемонстрований у Франції винахідником Морісом Мартено [64].

Моріс Мартено, віолончеліст і радіотелеграфіст, познайомився з російським інженером-електриком Леоном Терменом у 1923 році. Ця зустріч

привела його до розробки інструмента, що базується на ідеях Термена. Як і Леон Термен, він був зачарований випадковим накладенням тонів від військових радіо-генераторів, які він вважав музичними, і ставив питання, чи зможе він розробити інструмент, який міг би відтворити їх, але з тим самим тональним звуком, що і його улюблена віолончель.

Коливання радіолампи генерують електричні імпульси на двох надзвукових частотах звукових хвиль. Вони, своєю чергою, виробляють нижчу частоту в межах чутного діапазону, рівну різниці у швидкості їх вібрації, яка посилюється і перетворюється на звук з допомогою гучномовця. Багато тембрів або кольорів тону можуть бути створені шляхом фільтрації верхніх гармонік або складових чутних нот. У ранній версії рука виконавця, наближаючись до дроту або віддаляючись від нього, змінювала одну з високих частот, тим самим змінюючи нижчу частоту і змінюючи висоту звуку. Пізніше через модельну клавіатуру було протягнуто провід; гравець торкався дроту, щоб змінити частоту. В іншій версії зміни частоти управляються з діючої клавіатури.

Перша модель «Ондес-Мартено» була запатентована 2 квітня 1928 року, під назвою "Perfectionnements aux instruments de musique électriques" (удосконалення електронних музичних інструментів). Його метою було створення універсального електронного інструменту, який одразу був би знайомий оркестровим музикантам. Перші версії мало схожі на пізніші виробничі моделі: вони склалися з двох встановлених на столі пристроїв, керованих виконавцем, який маніпулював струною, прикріпленою до кільця для пальця (використовуючи ємність тіла для керування звуковими характеристиками, дуже схоже на терменвокс), накладанням грифа над клавіатурою. Протягом десятиліть *ondes martenot* еволюціонувала через різні конструкції, хоча найбільш знайома модель нагадує щось середнє між органом та терменвоксом [64].

У пізніших версіях використовувалася стандартна клавіатура. *Ondes-Martenot* став першим успішним електронним інструментом та єдиним із

його покоління, який досі використовується оркестрами. Сам Мартено через 20 років після його винаходу став професором Паризької консерваторії, викладаючи уроки в Ондес-Мартено. Успіх Ondes-Martenot перевершив за популярністю терменвокс, хоча обидва використовували ламповий генератор як джерело звуку і обидва були монофонічними. У терменвоксу була несистемна шкала і не було фіксованих встановлених нот, а у Ondes-Martenot була клавіатура і смуга управління для гліссандо і вібрато, органні упори для встановлених тембрів та зовнішній вигляд, знайомий будь-якому клавішнику. Також, пізніше, у цікавому ящику ondes martenot було кілька перемикачів, які керували тембром. Вони визначали характер імпульсної хвилі:

Onde (O): простий тембр синусоїдальної хвилі. За звучанням схожий на флейту чи окарину;

Steux (C): трикутна хвиля з обмеженням піків. По звуку схожий на кларнет у високих регістрах;

Gambe (G): тембр, який дещо нагадує прямокутну хвилю. За звучанням він має бути схожим на струнні інструменти, як впливає з французької назви (Виола да гамба);

Petit Gambe (g): схожий, але менш гармонійно багатий тембр, ніж у Gambe. Виконавець може контролювати кількість гармонік, які є у сигналі, за допомогою повзунка, розташованого в панелі управління;

Насиллард (N): тембр, що нагадує пульсову хвилю. За звучанням схожий на фагот у нижніх регістрах;

Octaviant (8): тембр з посиленою першою гармонікою, інтенсивність якої у сигналі можна регулювати за допомогою повзунка. Цей параметр аналогічний зупинці на 4 фути в термінології органів;

Суфле (S): тембр, що часто описується як білий шум, але насправді рожевий шум невизначеної висоти.

Також, звук від інструменту можна було виводити на кілька динаміків або «дифузорів», фізичні властивості яких додатково фарбували звук, а саме:

«Principal» - традиційний великий гучномовець;

«Résonance»- гучномовець, у якому використовуються пружини для створення механічного ефекту реверберації;

«Métallique» - маленький гонг використовується як діафрагма гучномовця для створення ефекту «ореолу», багатого гармоніками;

«Palme» - культовий гучномовець у формі ліри, в якому струни використовуються для створення симпатичних резонансів [64].

Коли машини стали більш людськими, а зображення та звук стали інтегрованішими, відкрилися нові можливості для «авто-музики». До 1930-х років стало можливим сфотографувати звукову хвилю за допомогою фотооптики і, змінивши цей метод, також створити звук із його графічним аналогом. Деякі винахідники, такі як Євген Шолпо, Арсеній Авраамов та Борис Янковський, досліджували цю нову область «графічного звуку», досліджуючи відносини між людиною, машиною, звуком та зображенням у прагненні розкрити універсальні істини геометрії, мистецтва та музики. Їх Веллсіанські твори - всі гвинтики, що обертаються, смуги плівки, що біжить, і симетричні візерунки на паперових дисках - зовсім не примітивні. Концептуально сміливі, хоча структурно тендітні, вони наважилися поглянути в незвідане та надихнути культурну революцію нової доби. Проте на той час існувало лише кілька типів музичних інструментів, які справді можна було назвати «електронними»; Жанр загалом був авангардним з безладдям серед моноклей у паризьких концертних залах, його ентузіасти вважалися дещо підозрілими чи сумнівними особистостями [65].

Євген Олександрович Мурзін – інженер, винахід якого став наступним кроком в розвитку синтезуванні звуку. АНС – назва синтезатора, походить від відомого російського композитора Олександра Миколайовича Скрябіна, чиїм великим шанувальником був Євгеній. Скрябін розробив свою власну атональну музичну систему, засновану на теософії та містицизмі. Його містичні теорії єдиного мистецтва звуку і світла, дослідження синестизії звуків, пов'язаних із кольорами, що розташовані по колу п'ятих кольорів у

видимому спектрі світла, вплинули на композиторів-авангардистів і теоретиків у ранній радянський період Росії. Мурзін намагався створити пристрій, що поєднує звук зі світлом та формами, завдяки якому композитор мав би необмежену звукову палітру та звільнився б від обмежень інструментування та музикантів; інструмент робот-музикант, котрий «грає сам», посилаючись на фізичний малюнок. Мало хто міг, і може сьогодні зрозуміти, як це працює – як зображення на аркуші скла замінюють ручки та клавіші піаніно майбутніх синтезаторів у створенні цих неземних звуків. ANS став результатом кількох десятиліть досліджень у галузі звуку та світла композиторами та художниками [65].

Мрія про фотоелектричний синтезатор музики з'явилась задовго до її реалізації, початок якої починається в 1939 році, і більш того, навіть не в оточенні музики. Під час Другої світової війни та одразу після неї молодий лейтенант брав активну участь у плануванні та проектуванні передових військових систем: створення військових радарів та систем перехоплення винищувачів, які настільки далекі від світу музики, наскільки це можливо у середині 20-го століття. Мурзину не вистачало досвіду в консерваторії (він навчався в Московському інженерному інституті), але зумів заручитися деякою офіційною підтримкою свого проекту.

Реалізація проекту просувалась непросто. Як зазначає Андрій Смірнов, директор Московського терменвокс-центру, у серіалі BBC «Мисливець за звуками»: «Тільки в кількох випадках такого роду дослідження нових музичних інструментів було підтримано державою. Все приватне було заборонено. Здавалося, що вся країна працює під землею, щоб винайти щось нове чи цікаве. Створення цих інструментів вважалося злочинним. Електронні компоненти не можна було купувати, їх доводилося красти в установах. Отже, кожен винахідник був злочинцем, інакше вони нічого не могли б винайти. Євген Мурзін не чекав державної підтримки, він просто героїчно робив свою справу, він сам та його дружина. Інакше йому довелося б чекати на десятки років державної підтримки, але безуспішно». Тому не



дивно, що універсальний синтезатор Мурзіна народився в аурі не мистецтва, а містики. ANS – рідкий в своєму роді пристрій. Мурзін побудував лише одну версію, а єдина робоча друга модель, що збереглася, зараз знаходиться в Музеї музичної культури імені Глінки в Москві [65].

Уявіть звукову хвилю, що створюється музичним програмним забезпеченням з музичного уривка. Тепер уявіть, що спочатку малюєте звукову хвилю, а програма читає і програє її. Для генерації звуку використовується установлена фотооптична технологія запису звуку, що використовується у кінематографії. Цей прийом дозволяє отримати видиме зображення звукової хвилі, а також реалізувати протилежну мету – синтез звуку зі штучно намальованої звукової хвилі. Для «читання» звукової хвилі необхідні були величезні ресурси за 50 років до того, як програмне забезпечення мало б можливість якісно зчитувати літери та цифри. Синтезатор Мурзіна мав не просто читати обмежену кількість форм символів, а й будь-який малюнок, який користувач хотів би намалювати. Втілення цієї концепції у життя зайняло у Мурзіна понад десять років, а потім він зневірився, що машина коли-небудь буде правильно використана правильним композитором [65].

Однією з основних особливостей ANS, розробленої Мурзіним, є фотооптичний генератор. П'ять обертових скляних дисків містять 144 оптичні фонограми чистих тонів, або звукові доріжки (крихітні графічні зображення звукових хвиль, що були намальовані вручну на кожному диску). Яскравий світловий промінь проєктується через диски, що обертаються, на фотоелектричні елементи, які перетворювали світло в електрику і посилали сигнали на підсилювачі і смугові фільтри ANS. В результаті виникає тон напруги, еквівалентний частоті, намальованій на диску. Композитор вибирає тони, використовуючи поле кодування («партитура»), яке по суті є скляною пластиною, покритою непрозорою невисихаючою чорною мастикою. Вертикальна вісь поля кодування є висотою звуку, а горизонтальна - час, що дуже схоже на стандартний нотний запис. Найближча до центру диска

доріжка має найнижчу частоту; найближча до краю доріжка має найбільшу висоту. За наявності п'яти однакових дисків з різною швидкістю обертання ANS при необхідності генеруватиме всі 720 тонів - і, на відміну від людини-музиканта, він може відтворювати їх всі одночасно - це зробить вертикальна подряпина, що генерує білий шум. Традиційні 12-тональні шкали було відкинуто. Мінімальний інтервал між кожним із тонів становить 1/72 октави або 1/6 півтони, що ледве помітно на слух. Це дозволяє оцінювати природні ефекти глісандо, мікротональні композиції та композиції не західного масштабу. Для додаткового контролю є набір фільтрів на основі фотоелементів. В результаті звуки, що проходять між стандартними позначеннями, часто мають моторошний, чужий тон, створюючи враження звуків із незнайомого світу. Невисихаючий аспект мастики означав, що композитор міг швидко розмазати її і негайно коригувати або змінювати отримані звуки: ділянки пластини, які генерують зайві звуки, можуть бути розмазані, а звуки, що відсутні, можуть бути додані. Швидкість партитури – темп п'єси – також можна було плавно регулювати, аж до повної зупинки, за допомогою ручки на передній частині верстата [65].

Це інженерний подвиг, що стоїть на перехресті мистецтва, музики, психології та навіть окультизму. З появою ANS наприкінці 50-х багато найкращих авангардних музикантів і композиторів Радянського Союзу почали працювати над ним. В 60-70х рока свою музику створювало за допомогою синтезаторів такі композитори: Альфред Шнітке, Станіслав Крейчі, Софія Губайдуліна та Едуард Артем'єв. Мабуть, найвідоміші композиції - це саундтреки Едуарда Артем'єва до ранніх фільмів Тарковського, таких як «Соляріс», «Дзеркало» та «Сталкер».

Цікаво порівняти, як бачення Євгена Мурзіна синтезованого звуку так сильно розгалужилося зі шляху західного синтезу, який почався з корпусів, схожих на суперкомп'ютери, і поступово перетворився на деки, які можна було приблизно ототожнити з органами та фортепіано. Фотооптичний звукозапис у кінематографі й раніше існував, але до цього рівня його ще ніхто

не довів. Машина Мурзіна була заснована на «малюванні» музики стилусом та створення звуку зі світла [65].

Паралельно з тим, як в Радянському союзі розробляється синтезатор ANS, в той самий час в Канаді, фізик-винахідник та композитор Х'ю Ле Кейн розробляє свій інноваційний інструмент, котрий згодом буде вважатися першим синтезатором в світі, що керується напруженням.

Х'ю Ле Кейн був виробником інноваційних інструментів, технологій, новаторських робіт з багатодорожковими магнітофонами, виготовляв багато електронних інструментів на замовлення і підтримував авангардну течію студій електронної музики. Він був одним з перших прихильників «дружніх» підходів до нових технологій. На відміну від більш відомих сучасників, Ле Кейн ніколи не бачив, щоб його головні винаходи розвивалися безпосередньо в закінчені комерційні продукти. Більшість з них були одноразовими пристроями, які, хоча ніколи не мали комерційного успіху, надихнули та передбачили майбутні розробки комерційних синтезаторів 1960-х та 70-х років. Саме його різні методи електронної обробки сигналів, у тому числі генерація, поділ, фільтрація, модуляція та змішування форм хвиль, створюваних електронним способом, щоб відкривати нові способи створення та управління музичним звуком, зробили Electronic Sackbut важливим раннім внеском в історію електронних музичних інструментів [66; 67].

Electronic Sackbut був розроблений Х'ю Ле Кейном у його домашній студії. Проект був розпочатий у 1945 році та завершений у 1948 році. У 1945 році, коли перший Sackbut був побудований всередині столу, Ле Кейн візуалізував інструмент, в якому оператор міг би керувати трьома аспектами звуку за допомогою операцій на клавіатурі у трьох координатах простору: вертикальний тиск має відповідати гучності; бічний тиск зміну висоти тону; та тиск від виконавця на тембр. При розробці Ле Кейн адаптував технології, вже знайомі в атомній фізиці, радарах та радіотехніці, у всіх галузях, в яких він працював спочатку в Королівському університеті, а потім як науковець у NRC (Національна дослідницька рада Канади). Ле Кейн використовував такі

пристрої, як генератори сигналів, частотні модулятори, фільтри, і амплітуди, і переносив сигнали в слуховий діапазон людини. У конструкції Sackbut виділяються дві інноваційні технології: використання регульованих хвильових форм в вигляді тембрів та розробка регулятора напруги. Саме в цьому плані Sackbut визнаний попередником синтезаторів 1970-х років. На відміну від електромеханічних інструментів, таких як орган Hammond (з яким був ознайомлений Ле Кейн), Sackbut використовував зовсім інший метод генерації звуку та управління, відомий як контроль напруги, який пізніше став стандартним у електронних пристроях. Оскільки Sackbut вперше застосував цю техніку, він вважається першим синтезатором [66; 67].

Electronic Sackbut – це монофонічний синтезатор, тобто він може відтворювати один тон за раз, але його системи керування цим звуком були незвичайними: пристрої керування були чутливими до зусилля. Вони змінювали звук у відповідь зміну тиску, що оператор міг відчувати, не уважно стежачи за органами управління. Клавіатура мала 49 клавіш і чутлива у двох площинах: вертикальній, що керується правою рукою, де зміна тиску призводила до змін висоти та гучності; і горизонтальної, де рух із боку в бік виробляв легкі (чи драматичні) ковзаючі зміни висоти звуку. Сильніше або м'якше вертикальне натискання клавіші дає більш гучний або м'який тон. Більш сильне або м'яке натискання на горизонталі викликає більш сильне або слабке відхилення основного тону клавіші: або трохи знижуючи висоту (натискання вліво), або підвищуючи висоту (натискання вправо). Швидке регулювання тиску пальцями (з боку в бік) дає ефект вібрата, аналогічний тому, що досягається у скрипалі. У той час, як права рука грала на клавіатурі, вибираючи ноти та регулюючи гучність і вібрата, ліва рука керувала інноваційним пристроєм управління формою хвилі. Кожен палець керував окремим чутливим до тиску регулятором, який міг постійно змінювати чотири різні аспекти текстури звуку. Пристрій для безперервної зміни форми хвилі призводився до дії вказівним пальцем лівої руки. Однак регулятори тембру незабаром більше не могли керуватися одним пристроєм, оскільки

були значно розширені. За допомогою набору ручних елементів керування на головній консолі інструменту, стали можливими інші налаштування висоти тону та тембру, й додаткові виразні елементи, такі як темпоральність (наприклад, час атаки, ковзання) [66; 67].

Через універсальність висоти тону та тембру Ле Кейн назвав свій інструмент мішковина (на честь предка сучасного тромбону, що відноситься до епох Відродження та Бароко). У 1954 році, силами Національної дослідницької ради Канади (NRC), була створена одна з перших на Півночі Америки студія електронної музики, завдяки успішній демонстрації інструментом нових можливостей для створення звуку за допомогою електроніки. Прототип 1948 залишався в будинку Ле Кейна до 1954, поки він не перевіз його в NRC, щоб відзначити початок лабораторії ELMUS і проінформувати про наступні версії приладу. У 1975 році прототип Electronic Sackbut був подарований NRC Національному музею науки та технологій в Оттаві, Канада (нині Ingenium – Канадські музеї науки та інновацій). В даний час інструмент виставлений у галереї «Sound by Design» Канадського музею науки та техніки у Оттаві [66; 67].

Складний шлях музичних інновацій, таких як Терменвокс, Ondes Martenot і Electric Sackbut, приводить нас до звукового синтезатора RCA Mark II, пристрою, придбаного Колумбійським університетом в Нью-Йорку в 1957 році і побудованого з 1951 інженерами Гербертом Беларом і Гаррі Олсоном з Лабораторії. У 1950-х роках Radio Corporation of America (RCA) була одним із найбільших виробників побутових розважальних пристроїв та військової електроніки у Сполучених Штатах. Ділові інтереси включали виробництво програвачів, радіо та електронного обладнання (військового та побутового, включаючи американську версію терменвоксу), а також запис музики та виготовлення платівок. Протягом короткого часу RCA також був місцем проведення передових досліджень у галузі музичних інструментів [68; 69; 70].

На початку 50-х RCA був ініційований незвичайний дослідницький проект, який мав на меті автоматичне створення поп-хітів шляхом аналізу тисяч музичних записів. План полягав у створенні власної популярної поп-музики за допомогою певної формули, яку б можна була повторно використовувати, зрозумівши що зробило хіт хітом. Можливість скорочення витрат на запис сесій за рахунок автоматизації була додатковою перевагою проекту. Аранжувати та використовувати звуки, що генеруються електронікою, замість дорогих (і об'єднаних у профспілки) оркестрів, було очевидно вигідніше; в основному, створення музики прямо від партитури на диск без помилок та повторних дублів.

У 1940-х Гаррі Ф. Олсон, провідний експерт RCA в галузі акустики, зацікавився створенням електронної музики, і він разом з іншим інженером RCA Гербертом Белларом були призначені для розробки інструменту, здатного вирішити це складне завдання, і при цьому ненавмисно (як це часто буває в історії електронної музики) створили один із перших програмованих синтезаторів. Проект було профінансовано за рахунок великого гранту Фонду Рокфеллера.

RCA Synthesizer (Mark 1) став першим справжнім програмованим синтезатором електронної музики у сучасному розумінні. Він був представлений у 1955 році і називався звуковим синтезатором Олсона-Белара на честь його винахідників. Машина, що вийшла в результаті, являла собою закінчену модульну систему, що складається з жахливого масиву взаємопов'язаних компонентів звукового синтезу розміром з кімнату, що практично заповнює всю студію, яка могла генерувати, змінювати, обробляти, записувати і відтворювати складні звуки. Спочатку RCA передбачала комерційне застосування цього інструменту, сподіваючись використати його для імітації традиційних інструментів для виробництва популярної музики. Проте такі композитори, як Мілтон Беббіт, Отто Луенінг та Володимир Усачевський, побачили потенціал серйозної електронної та

експериментальної музичної композиції. Це спричинило створення Центру електронної музики Колумбія-Принстон у Нью-Йорку [68; 69; 70].

"Інструмент" по суті являв собою аналоговий комп'ютер. Єдиним входом в машину була клавіатура в стилі машинки, на якій музикант записував партитуру у вигляді двійкового коду. Електронні інструменти початку 20 століття, такі як терменвокс, керувалися вручну. RCA поєднав різноманітну генерацію електронного звуку з музичним секвенсором. Функції секвенсора RCA особливо залучали модерністських композиторів того часу, хто цікавився написанням додекафонної музики з високим рівнем точності, багато з яких втомилися створювати електронні твори, поєднуючи разом окремі звуки, записані на відрізки магнітної стрічки. Фактично, RCA цитується композиторами того часу як фактор, що сприяє зростанню музичної складності, оскільки він давав композиторам свободу писати музику, використовуючи ритми та темпи, які було непрактично, якщо неможливо, реалізувати на акустичних інструментах. Ця привабливість точності як ознака естетичного прогресу (яка виявляється навіть сьогодні з сучасними комп'ютерними секвенсорами) породила великі надії на Mark II і сприяла підвищенню інформованості про електронну музику як життєздатний новий вид мистецтва.

RCA Mark I був набагато складнішим, ніж його попередники. Синтезатор мав 4-нотну змінну поліфонію, використовував групу з 12 схем генераторів, які використовували електронні лампи для генерації 12 основних тонів музичної гами. Звук вручну прямував на різні компоненти – метод, який був прийнятий у модульних синтезаторах 1960-х та 1970-х років. Кінцевий результат роботи машини відстежувався через динаміки та записувався на лакований диск, де повторно, використовуючи та повертаючи записи диска, можна було отримати загалом 216 звукових доріжок. Ці базові звуки можна формувати практично безмежними способами, пропускаючи їх через інші електронні схеми, включаючи фільтри верхніх частот, фільтри нижніх частот, фільтри обгинальної, дільники частоти, модулятори та резонатори.

Клавіатура проробляла отвори в паперовій ролі типу піанолі, щоб визначити висоту звуку, тембр, гучність для кожної ноти. Здається, що метод введення був достатньо грубим, проте техніка паперових рулонів дозволяла створювати складні композиції. Паперова роль мала чотири стовпці отворів для кожного параметра, що давало діапазон з шістнадцяти параметрів для кожного аспекту звуку. Паперовий рулон переміщався зі швидкістю 10 см/сек – максимальна швидкість 240 ударів за хвилину. Довшіші ноти склалися з окремих отворів, але з механізмом, який змушував банкнота протриматися до останнього отвору. Час атаки варіювався від 1 мс до 2 с, а час загасання від 4 мс до 19 с.. Зрештою Mark I міг взяти ці 12 основних нот і перетворити їх на будь-який уявний звук. Принаймні теоретично. На практиці було легко створювати дивні, неземні звуки та імітувати певні види існуючих музичних інструментів, але майже неможливо імітувати інші звуки, такі як людські голоси чи плавні переходи між нотами на скрипці чи тромбоні. Синтезатор було дуже складно налаштувати, потрібно було виправити аналогову схему перед запуском партитури. Проте, Mark I, продемонстрований 1955 року, справив враження. Його «грали» шляхом кропіткого програмування послідовності нот, які мають бути зіграні, разом з інформацією про те, як повинен формуватися звук кожної ноти, шляхом пробивання отворів у довгому рулоні паперу, подібному до того, що використовується на фортепіано. Коли все це було підготовлено, рулон завантажували в машину, зчитували отвори та відтворювали музику. Фурор Mark I призвів до створення Mark II, який мав удвічі більше від генераторів тону і давав композитору більшу гнучкість. У 1957 році RCA надала Mark II новоспеченому консорціуму між університетами Принстона та Колумбії для створення Центру електронної музики Колумбія-Принстон (цей Центр на довгі роки залишиться місцем збору музикантів та композиторів, які цікавляться синтезаторами) [68; 69; 70].

Синтезатор RCA Mark II, покращена версія інструменту, був профінансований RCA та встановлений у студії Columbia-Princeton у 1959



році. Як і його попередник, він не працював у режимі реального часу; тобто виконавець не міг просто сісти та грати на інструменті. RCA Mark II мав повністю автоматизований двійковий секвенсор, який використовує пристрій для читання з паперової стрічки, аналогічне піаніно програвача, яке відправляло інструкції на синтезатор, автоматизуючи відтворення на машині. Потім синтезатор виводив звук на синхронізований токарний верстат для запису шелаку, розташований поряд з машиною. Після, отриманий запис порівнюватиметься з результатом на перфострічці, і процес повторюватиметься до тих пір, поки не будуть отримані бажані результати. Була додана фільтрація високих та низьких частот, а також шум, глісандо, вібрато та резонанс, що дало загалом мільйони можливих налаштувань. Це був перший інструмент, який насправді називали синтезатором.

Новаторський синтезатор RCA застарів і вийшов з використання на початку 1960-х років. Створений відповідно до специфікацій ВПС США (і навіть оснащений осцилографом USAF), його операційна електроніка була побудована повністю з електронних ламп, що зробило машину застарілою до десятирічного ювілею, поступившись місцем більш надійним (і доступним) твердотілим модулям і менш складним програмним інтерфейсам інструментів, таким, як лінійки синтезаторів Buchla та Moog. Копіювати його було дуже дорого, і RCA Mark III, хоч і був придуманий Белларом і Олсеном, так і не був побудований. Жодна з машин на сьогоднішній день не збереглася в робочому стані. Mark I був розібраний у 1960-х роках (деталі від нього було розібрано для ремонту Mark II). Mark II все ще знаходиться в Центрі комп'ютерної музики Колумбійського університету, де він прикручений до підлоги в кабінеті професора Бреда Гартона, але не обслуговується і перебуває в поганому стані. Хоча RCA є частиною історії електронної музики, вона майже ніколи не використовувалася [68; 69; 70].

## 2.2. Розвиток інструментів синтезу в другій половині XX століття

Технологічний прогрес транзисторів і регуляторів напруги дозволив зменшити розміри синтезаторів. Контролери напруги можуть використовуватися для керування коливаннями (тобто частотою) та амплітудою звукової хвилі. Транзистори замінили громіздкі електронні лампи як засіб посилення та перемикання електронних сигналів. Серед перших, хто скористався перевагами нової технології при створенні аналогових синтезаторів, були Дон Бухла та Роберт Муг. Музична скринька Buchla та синтезатор Моог, розроблені у 1960-х роках, використовували контролери напруги та транзистори. Одна з основних відмінностей полягала в тому, що синтезатор Моог допускав стандартне введення з клавіатури, а Music Box використовували сенсорні металеві педи, поміщені в дерев'яні ящики. Обидва, однак, були аналоговими пристроями, тому їх було складно налаштувати і використовувати.

Це було на початку 1960-х років. Засновники San Francisco Tape Music Центру (SFTMC), авангардні композитори-музиканти Мортон Суботник та Рамон Сендерс, які створили інструмент для виробництва електронної музики, який дозволяє керувати різними процесами на одному пристрої, хотіли створити новий інструмент, що перевершує застарілі уявлення про дизайн та характеристики, на якому була б можливість грати наживо. Вони шукали заміну для великих складних студій електронної музики того часу, де складалася та записувалася найсерйозніша авангардна музика: наприклад, RAI studio Milan, WDR Studio Köln в Німеччині та GRM Paris, Франція. Ці студії склалися з кількох окремих генераторів, процесорів, фільтрів та мікшерів, які за допомогою технічних фахівців (кожна зі студій мала свою власну унікальну систему), можна було вручну з'єднати разом. Сендер і Суботник були більшими, ніж просто працюючими музикантами та композиторами. Вони також були провидцями. Вони мали безліч ідей про те, як вони хочуть додати свою студію, в тому числі з технічної точки зору [71; 72; 73].

Електронна музика, породження технології, якій вже півстоліття, перебувала у зародковому стані. Інструменти, спеціально розроблені для її виробництва, були недосконалі і зазвичай були відсутні. Таким чином, основними цілями розвитку модульної електронної музичної системи були:

1. Досягнення прямого, негайного керування музичними параметрами. На інструментах слід грати в режимі реального часу, за винятком таких процедур формування нот, як: установка частоти - запуск рекордера - зупинка рекордера - вимір - вирізання - склеювання - повтор і т. д..

2. Сумісність всього обладнання. Правила підключення обладнання мають бути простими та послідовними. Зв'язок із зовнішнім обладнанням (пристроями, що записують, тюнерами, мікрофонами і т. д.) повинен бути легко здійснений.

3. Повністю транзисторна схема, що використовує консервативний дизайн та високоякісні компоненти. Повинна бути реалізована надійна робота із мінімальним обслуговуванням.

4. Особлива вимога до системи полягала в тому, щоб обладнання було легким і портативним, що уможливило його використання в будинку композитора, у концертному залі та в турне.

5. Без шкоди для інших цілей проектування, вартість повинна бути низькою. Джерела живлення та шафи повинні бути спільними для кількох одиниць, і слід використовувати модульну конструкцію, щоб забезпечити економічне розширення системи [71; 72; 73].

Вони не мали технічних знань, щоб досягти цього самостійно, але мали значний грант від Фонду Рокфеллера. Виділивши невелику частину грошей на цей, ще не збудований інструмент, вони розмістили в газеті рекламу з пошуком когось із інженерною майстерністю, щоб втілити свою мрію у реальність.

Бухла про це нічого не знав. Йому подобалися концерти, що проводилися в Стрічковому Центрі, і особливо йому подобалося грати з диктофонами, які були там на той час. Однак, коли він з'явився на одній із

таких сесій, у Суботника склалося враження, що Бухла прийшов саме у відповідь на їхню рекламу. Він почав довгу балаканину про їхні наміри і в результаті, в особі Бухли, знайшов інженера, з його великими музичними та технічними знаннями, який міг би реалізувати їхні ідеї та вимоги [71; 72; 73].

Перші їх синтезатори були експериментальними за конструкцією, відбиваючи експериментальну музику, яку вони мали створювати. Прототип серії Buchla 100 був спочатку зроблений у 1963 році, Суботник та Бухла працювали разом майже рік, перш ніж дизайн був завершений у 1964 році. Це був перший аналоговий синтезатор у серії дорогих, нестійких, захоплюючих та красивих альтернативних інструментів, які Бухла створював упродовж наступних півстоліття. Це назавжди змінило електронну музику.

100-а серія є епохальним зрушенням у дизайні інструментів, відмовившись від традиційних символів грабельності. Не було явного секвенсора або клавіатури, лише велика кількість яскравих ручок і чутливих до тиску металевих сенсорних панелей. «Це була суперечка, яка у нас із Доном була з першого дня, - сказав Мортон Суботник в інтерв'ю RBMA у 2016 році. «Він хотів зробити музичний інструмент. Я сказав: "Це не музичний інструмент. У кращому випадку це інструмент виготовлення інструментів." Він не розумів природи інструмента. "Ось чому мені не потрібна була клавіатура", - додав Суботник. "Я не хотів відтворювати старий спосіб створення музики, орієнтований на висоту звуку. Я хотів, щоб це було засноване на жестах"» [71; 72; 73].

Синтезатор складався з кількох «модульних» блоків, які генерували або змінювали музичну подію. Електронна та функціональна складність окремих модулів у поєднанні з можливістю з'єднувати їх разом у будь-який спосіб, який забажає користувач, дали музикантам та композиторам величезні можливості для створення унікальних, ніколи раніше не чутих звуків. У цьому дусі варто відзначити, що Бухла не схильний називати свої інструменти синтезаторами, оскільки ця назва має на увазі імітацію існуючих звуків або інструментів. Скоріше, його намір – створювати інструменти для

створення нових звуків. Нестримне художнє самовираження – у порядку речей. Мета дизайну Buchla проявляється у багатьох відношеннях, включаючи відмову від стандартної клавіатури у стилі фортепіано та додавання унікального контролера «багатомірною кінестетичного вхідного порту». Його метод генерації тембру (тону) також не є загальноприйнятим, оскільки він часто використовує складні генератори форми хвилі (складні в звуках, які вони виробляють, а не в роботі), а не більш традиційну комбінацію осцилятор/фільтр, звичайну для більшості синтезаторів [71; 72; 73].

Series 100 був інноваційним електронним приладом з логічно продуманою, інтуїтивно зрозумілою передньою панеллю, що дозволяє користувачеві підключати та маршрутизувати модулі за допомогою патч-кордів, розроблених насамперед для композиторів електронної музики. Встановлюваний в блокові дерев'яні шафи, які практично неможливо транспортувати, 100-а була модульна система з декількох блоків, які утворюють іноді непроникний клубок комутаційних шнурів, що з'єднують фільтри, пілкоподібні генератори, кільцеві модулятори і занадто багато інших блоків, щоб перерахувати їх тут повністю. Всі ці елементи можна було підключати через кабелі, щоб створювати нескінченні комбінації неземних звуків. Ручне керування інструментом відображало проблеми часу навколо мікротональності та обмеження темперованої клавіатури. Бухла, який брав активну участь у «серйозному» експериментальному музичному таборі, розробив інструмент, який потрібно налаштувати і використовувати для створення безперервної п'єси; більше схоже на студію електронної музики, ніж інструмент як такий. Композитор міг запускати і маніпулювати кількома параметрами, використовуючи масив сенсорних панелей, чутливих до тиску, або порти введення кінестетики, щоб звільнитися від обмежень стандартної клавіатури [71; 72; 73].

Найбільшою відмінністю від Moog, який був розроблений приблизно в той же час на Східному узбережжі в Нью-Йорку, є те, що Buchla не має клавіатури. Натомість він управляється за допомогою сенсорних панелей і

циферблатів, що робить його справді інтуїтивно зрозумілим. Включення одного з перших модулів аналогового секвенсора було одним з головних новаторських винаходів Бухли серії 100. У перший синтезатор вмістилися три секвенсори, два з 8 кроками і третій з 16, а також AFG, або генератор довільних функцій, який можна було використовувати як форму управління заввишки тону. Продуктивність обробки в реальному часі була безпрецедентною для електронних інструментів на той час, але використовувати цю машину було непросто навіть для її творця [71; 72; 73].

Але є ще одна різниця між Moog і Buchla, крім клавіатури: Minimoog складається з п'яти чи шести компонентів, які з'єднані разом у фіксованому порядку. Є осцилятор, який йде на фільтр, а потім від фільтра до невеликого підсилювача. Ланцюжок функцій фіксований. За допомогою модульного синтезатора у вас є ті ж модулі, є осцилятор, фільтр, підсилювач та ряд інших модулів, але ви можете комбінувати їх як вам подобається. В результаті виходить інший звук. Серія Buchla 100 не обов'язково призначалася для виконання або навіть композиції, але була скоріше інструментом для нестримних експериментів.

За **сотю** серією в 1970 році пішла електронна музична скринька Buchla Series 200, оригінал якої фінансувався CBS і зараз перебуває у коледжі Міллс. Це була ще одна модульна система, але з кожним потенційним параметром, керованим зовнішньою керуючою напругою. Менш загадковою, але не менш довгоочікуваною зміною стало колірне кодування кабелів для полегшення використання.

Приблизно в цей же час стали доступні міні-комп'ютери, і Бухла створив перший аналоговий синтезатор з можливістю цифрового управління 500 серії, та Buchla Music Easel, випущений у 1972 році. Music Easel був портативною модульною системою, яку можна було перевозити на концерті. Music Easel також може зберігати патчі для подальшого виклику, вперше для цих інструментів, відстежуючи положення перемикача та регуляторів на окремих картах кожного патчу [71; 72; 73].

Іноді, знаходячись на межі нормальності, пристрій важко контролювати. Однак для багатьох прихильників Бухли це було позитивною рисою. Дон Бухла провів чітку відмінність між своїми винаходами та іншими: у його модульному синтезаторі аудіосигнали відокремлені сигналами управління. Між ними немає жодної плутанини. Аудіосигнали біполярні, а сигнали керування - однополярні, рознімання різні, для них використовуються різні кабелі.

Повільно, але вірно електронні музичні автомати Бухли набули певної популярності, особливо в авангардних спільнотах. Тим не менш, деякі конструкції залишалися до божевілля рідкістю, і машину постійно затьмарювала Моог, чия порівняльна популярність робила її робочою конячкою для складного прог-року та важкого фанку протягом 70-х років. Тим не менш, культ продовжує зростати разом з випуском Buchla 400 у 1982 році (з екраном дисплея) та MIDI-сумісної Buchla 700 у 1987 році.

У 2004 році Бухла оновив серію 200, тепер відому як 200e, зробивши версію того, що Мортон Суботник колись називав «Страдіварі» Бухли, доступною новому поколінню музикантів, хоч і обмеженому колу осіб з особливо глибокими кишнями [71; 72; 73].

Синтезатори Моог, мабуть, найвідоміші електронні музичні інструменти всіх часів. Роберт Муг почав працювати з електронними інструментами у віці 19 років. Разом зі своїм батьком, із підвалу його сімейного будинку, він заснував першу власну компанію R.A. Moog Co., з наміром стати повноцінним виробником та постачальником гітарних підсилювачів та наборів терменвоксів (названих «Терменвокс-мелодія», дизайн яких збігався з дизайном терменвоксу Леона Термена, але з додатковим пристроєм для клавіатури). Він досить довго працював із терменвоксами і помітив, яке враження справила на музику нова електрогітара. Комбінація гітари та підсилювача по суті зміцнила створення рок-н-ролу в тому вигляді, як ми його знаємо. Муг вирішив зробити те ж саме з фортепіано, забезпечивши його електричним зарядом і деякими ефектами,

що налаштовуються. Пара почала з продажу елементів терменвоксу, а потім і самих інструментів, як повністю завершених моделей, так і наборів. У 1961 році компанія Моог почала виготовляти першу транзисторну версію терменвоксу, яка до того часу була заснована на технології вакуумних ламп. У 1963 році Муг переніс свій бізнес із підвалу свого будинку до магазину [74; 75; 76].

У тому ж році відбулася музична конференція, де музиканти-експериментатори представляли свої інструменти, сконструйовані з різних генераторів, фільтрів та інших рудиментарних деталей, виявлених на стаціонарних телефонних лініях. За допомогою цих інструментів створювалися моторошні та незвичайні звуки електричного струму, які ніхто раніше не чув, - перше гуркотіння того, чим стануть синтезатори. Все, що тільки можна було записати, було знято за допомогою магнітофонів.

На цій конференції відбувається перше знайомство з молодим композитором експериментальної музики на ім'я Герберт Дойч. Дойч любив терменвокс (на конференції Муг продавав свої терменвокси), але йому потрібен був інструмент, який дозволив би видавати «звуки з висотою, що рухається». Муг завжди уважно ставився до потреб музикантів протягом усієї своєї кар'єри, тому він розпочав роботу над пристроєм, описаним Дойчем. Наступного року його запросили виставити свої схеми на з'їзді Товариства звукорежисерів. Під час виступу у жовтні 1964 року Муг представив свій початковий результат у статті для Товариства інженерів аудіо під назвою «Електронні музичні модулі з управлінням напруги». У ньому описані перші результати програми, спрямованої на розробку системи створення електронної музики. Це був один із найперших інструментів.

В 1964 був представлений синтезатор зовсім іншого типу. Названий Moog Modular, він вважається одним з перших інструментів, що здійснив перехід від авангарду до популярної музики і став першим синтезатором електронної музики, що широко використовується. Хоча Муг офіційно не рекламував своє творіння як синтезатор до 1966 року, це було саме те, що він



розробив - набір електронних модулів, які часто керуються з клавіатури і з'єднані один з одним за допомогою пташиного гнізда кабелів, який якимось чином видавав дивні музичні звуки, не схожі ні на що почуте раніше. Зважаючи на все, у перші дні Муг і компанія тільки розважалися, відзначаючи збентежені обличчя тих, хто був у межах чутності [74; 75; 76].

Спочатку Боб Муг не думав про свого синтезатора як єдине рішення для музиканта. Він навіть казав, що ніколи не було думки, що синтезатор буде використовуватися сам по собі для чогось. Він представив це як ще одне обладнання у традиційній студії електронної музики. Однак як тільки з'явилися перші модульні системи, музиканти з багатьох жанрів почали думати про Моог як про самостійний музичний інструмент для музики, від комерційних джінглів до експериментальної класичної музики. Врешті-решт їм вдалося створити вражаючий інструмент, який не давав шансу залишитися байдужим будь-кому, хто хоч раз зіткнувся з ним [74; 75; 76].

Як вже було згадано, інструмент був модульною спорудою, і деякі його компоненти, прийшли з менш очікуваних місць. Модуль конвертера, який враховує поступову появу та зникнення окремих нот, був змодельований на зразок дверного дзвінка. У пошуках ідей для фільтрації експериментатори звернулися до педалі вау-вау гітари (яка значною мірою виконує ту ж дію, що й звучить). Спочатку кожен компонент був розміщений в окремому модулі, а модулі були просто коробками, їх нічого не пов'язувало. Модулі необхідно було з'єднати разом кабелями один з одним, перш ніж синтезатор зможе відтворювати та змінювати будь-який звук. Це були і непрактичні, і лякаючі величезні розподільні щити, вкриті ручками, циферблатами та кабелями: частково інструмент, частково керований хаос. Генератори відтворювали основні тони у вигляді синусоїдальних, прямокутних або трикутних «пилкоподібних» хвиль. Синусоїдальна хвиля дає чистий звук, щось на зразок свистка, тоді як прямокутна хвиля більше схожа на язичковий інструмент, наприклад, кларнет. Форма хвилі трикутника знаходиться між синусом і квадратом і звучить як орган, тоді як форма хвилі пилкоподібної

форми має яскраве, схоже на саксофон, звучання. Клавіатура контролювала висоту звуку, посилюючи на осцилятор напругу сигналу, яке змінювалося в залежності від того, яка клавіша була натиснута. Потім тони були сформовані через інший банк схем "фільтра", щоб налаштувати звук або "тембр" тону. Робота фільтра полягає у видаленні або відніманні певних частот, вироблених осцилятором, для створення нових унікальних звуків. Він значною мірою відповідає формуванню всіх різних голосів, які може видавати синтезатор. Ці тони досить хороші самі по собі, але що дійсно надає аналоговому синтезатору його характеру і душі, - це коли ви поміщаєте фільтр поверх. Фільтр надав синтезатору його темброву складність та темброву лексику, унікальні характеристики, що відрізняють один звук чи голос від іншого. І так само, як існують різні типи сигналів осцилятора, з яких формуються ці звуки, існують різні типи фільтрів. Фільтр нижніх частот пропускає низькі частоти, послаблюючи - чи пом'якшуючи - вищі частоти. Високі частоти роблять протилежне, тоді як смуговий фільтр послаблює як високі, і низькі частоти, пропускаючи лише середні частоти. Після того, як вихідний сигнал генератора проходить через фільтр, кінцевий результат надходить у підсилювач, щоб підсилити його для прослуховування. Цей модуль визначає гучність вихідного сигналу синтезатора – звук, який ви справді чуєте. Але тут важливо згадати фундаментальну особливість ранньої конструкції синтезатора Моог: керування напругою. У той час управління напругою не було новою концепцією, але спосіб, яким Муг застосував його до роботи електронного інструмента, був таким. По суті, Муг визначив стандарт, згідно з яким замість того, щоб керувати висотою тону осцилятора вручну за допомогою ручки або рухом рук, як із терменвоксом, осцилятором можна керувати за допомогою електричного керування. Щоб переміщатися між октавами, ви повинні або збільшувати, або зменшувати струм, що подається на один вольт [74; 75; 76].

Ще одним із перших досягнень Муга був так званий низькочастотний генератор, або LFO. По суті це був низькочастотний генератор, який не

виробляв чутного звуку, але його повільна модуляція напруги могла повертатися в генератор, фільтр і підсилювач, як ще одне джерело управління напругою. Подавши LFO на осцилятор, в результаті виходив ефект трелі вібрато, при якому висота основного звукового осцилятора синтезатора могла бути зроблена треллю, багато в чому як голос оперного співака. Замість цього, якщо ви підключите LFO до підсилювача, ви зможете створити ефект тремоло, подібний до того, як хтось постійно збільшує та зменшує гучність знову і знову. Подайте LFO у фільтр, і ви зможете «переміщати» точку відсічення або загасання фільтра взад і вперед, пропускаючи більше частот, потім менше і назад, постійно змінюючи звук [74; 75; 76].

Завдяки модуляторам, осциляторам, підсилювачам, генераторам шуму та багато іншого, стало можливим згинати, збільшувати, крутити і видозмінювати типові фортепіанні ноти. Коли він уперше з'явився на ринку, нічого схожого на нього не було. RCA мав аналогічний пристрій, але він був повільнішим і залежав від попередньо запрограмованих карт. На синтезаторі Moog можна було грати в режимі реального часу, він був відносно невеликим за розміром і коштував лише частину вартості будь-якого з нижчих пристроїв-братів - близько 10 000 доларів.

Коли про це стало відомо, почали надходити замовлення спочатку від інтелектуальних композиторів і музикантів-авангардистів, а потім і від основних каналів. До кінця музично багатих 60-х, синтезатор зайняв чільне місце у популярному звучанні таких гуртів, як The Doors, The Monkees та Beatles. Через кілька років покоління прог-року повністю прийняло цей інструмент, і такі групи, як Yes, повністю використовували його церебральні звуки. Триповий характер синтезатора сподобався і джазовим музикантам [74; 75; 76].

Однак Moog Modular був не єдиним синтезатором, який перебував у розробці на той час. На протилежному кінці континенту, у штаті Каліфорнія, людина на ім'я Дон Бухла незалежно розробила схожий пристрій, але він відрізнявся докорінно. У синтезаторі Бухли не використовувалася клавіатура

для запуску нот для сенсорних панелей, які відтворювали незнайому атональну музику, не пов'язану із традиційною музичною гамою. В обох були свої прихильники, але для більшості музикантів знайомство з клавішною парадигмою зрештою перемогло.

Потім у 1970 році з'явився 40-фунтовий Minimoog, флагманський синтезатор Moog Music, на якому використовувалася адаптована електрична клавіатура. Музиканти відразу ж зрозуміли, що розробив Moog: інструмент із практично нескінченною кількістю можливих звуків. «Я відчуваю [синтезатор Moog] - це інструмент і спосіб безпосередньо висловити те, що спадає на думку. Це дає вам так багато звуку у ширшому сенсі», - сказав Стіві Вандер у 1972 році в інтерв'ю журналу Sounds. «Те, що ви насправді робите з осцилятором, це берете звук і перетворюєте його в будь-яку форму, яку ви хочете. Можливо, півтора роки тому я не міг би записати такі треки». [Источник, откуда взял] Протягом наступного десятиліття Муг створив багато клавішних синтезаторів, модульних компонентів, вокодерів, басових педалей, гітарних синтезаторів і іншого [74; 75; 76].

Поки популярність Moog зростала, конкуренти уважно стежили за розвитком компанії та відзначали сильні та слабкі сторони їхньої продукції. Наступний синтезатор, що вплинув на історію електронних інструментів, має назву ARP 2500. Його творець Алан Перлман народився в сім'ї інженерів: дід робив деталі для фонографів, батько проектував для кінотеатрів проектори. З раннього дитинства, як і в його сучасників Дона Бухла та Роберта Муга, сягає його захоплення електронікою. У чотири роки він любив конструювати аматорські радіоприймачі, паралельно освоюючи гру на фортепіано, а в студентські роки в 1948 році, написав статтю про електронну музику (за 20 років до появи на ринку комерційних електронних інструментів), в якій передбачав, як незабаром у ноу-хау з'явиться можливість зайняти своє місце як незалежний, універсальний, потужний інструмент [77; 78].

Першу частину своєї кар'єри Алан займався розробкою твердо тілих аналогових модулів для підсилювачів в дослідницькій лабораторії Nexus, для

цілей, не пов'язаних з музичною індустрією, проте в 1969 році, почувши новаторський запис «Switched on Bach» Венді Карлос (одна з найбільш проданих записів класичної музики свого часу, котра повністю записана за допомогою синтезатора Moog), надихнувшись, вирішив розробити власний електронний інструмент, який мав назву Тонус. Дещо пізніше назва буде змінена на ARP, на честь його дитячої прізвиська (Alan R. Pearlman) [77; 78].

15 модулів синтезатора охоплювали всі основи: VCO, фільтри, генератори огинаючої, модулятори, схеми вибірки та зберігання, навіть секвенсор. Дерев'яна шафа мала місце для 15 модулів, а менші шафи Wing на 8 місць дозволяли встановлювати розширені або переносні системи. Як і всі модульні системи того часу, покупці могли замовляти свою систему на індивідуальне замовлення з будь-якою комбінацією модулів, шаф та опцій клавіатури [77; 78].

Перша розробка компанії не мала комерційного успіху, а тому вважається рідкістю, проте це не завадило їй отримати візуальне визнання у великому голлівудському фільмі. На той момент, Moog був незаперечним лідером на ринку за рахунок високої якості звуку, проте це не відміняло двох основних недоліків: синтезатор використовував різні модулі, які генерують, модифікують та впливають на звук у різний спосіб, тим самим змінюючи характеристики звуку. Ви керували різними аспектами цих модулів, кожен із яких унікальним чином змінює звук. Це те, що зазвичай роблять регулятори та повзунки на синтезаторній панелі. Свого часу кожен з цих модулів був шматком електричної схеми з вхідними та вихідними роз'ємами. Ви можете визначити, як модулі живитимуть один одного, з'єднавши їх патч-кордами. Завдяки великій панелі та безлічі входів та виходів це, по суті, зробило вас оператором комутатора, коли ви експериментували з новими звуками [77; 78].

Унікальна матрична система комутаційної панелі для керування маршрутизацією сигналу, розроблена Перлманом, вирішила цю проблему. Незважаючи на те, що інтерфейс першого ARP-2500 був не особливо привабливим, це позбавило музикантів необхідності сполучних кабелів і

використання синтезатора стало простіше. Не менш важливою особливістю нового інструменту була здатність залишатися в гармонії. Термостабільні компоненти з регульованою напругою ставили даний винахід окремо від синтезаторів Moog і Buchla [77; 78].

Критичним модулем у синтезаторі є осцилятор - схема, що виробляє сигнал, такий як синусоїдальна або прямокутна хвиля. По суті, це звуковий тон-генератор, який інші модулі синтезатора перетворюють для створення цікавих звуків. Moog був відомий своєю нездатністю підтримувати працездатність цих осциляторів при зміні температури. Перлман знайшов просте інженерне рішення: «Боб Муг вигадав генератор логарифмічної функції та експоненційної функції у різних місцях. Вони мали різну температуру, вони розходилися і засмучувалися один з одним. Я бачив документи інших інженерів, де були показані способи стабілізації цих функцій шляхом створення пристроїв з постійною температурою. Було набагато простіше просто помістити їх в той самий чіп. Іноді потрібний свіжий погляд, щоб поглянути на складну проблему і знайти для неї найпростіше рішення» [77; 78].

Першими покупцями компанії ARP Instruments були лише університети та акустичні лабораторії. Пристрій швидше представляли в контексті освіти, у ряді експериментальних інструментів, ніж повноцінним музичним інструментом. Проте це не завадило знаючим музикантам роздвигати звукові можливості та почати використовувати їх у своїй творчості. Широке поширення ARP-2500 отримав після фільму Стівена Спілберга «Близькі контакти третього роду», 1977 року, де він використовувався для зв'язку з інопланетними істотами. В одному з ключових моментів з'являється не тільки ARP-2500, а й його оператор – віце-президент ARP Instruments. І, незважаючи на колосальні звукові можливості інструменту, популярність принесла найпростіша послідовність із п'яти нот. Усього було виготовлено близько 100 систем ARP 2500, з яких близько 50 перебувають у робочому стані на сьогоднішній день [77; 78].

На початку 70-х модульні синтезатори відзначили ювілей у 10 років, проте через великий ціник, багато музикантів не могли собі дозволити випробувати нові інструменти. Наступна лінійка синтезаторів, про яку **йтиметься** мова, була випущена в 1974 році. Її творець, дизайнер електроніки, музикант, композитор, Серж Черепнін, був знайомий з Доном Бухлою і композитором Мортоном Суботником, які на той час працювали над Buchla 100. Після їхньої зустрічі, Сержу прийшла думка: потужні, музичні та аналогові модульні системи, що чудово звучать, на відміну від Buchlas, Moog та ARP того часу, можуть бути меншими, компактнішими, і що найголовніше: можуть бути набагато доступнішими за ціною для любителів, студентів та музикантів, які бажають створювати електронну музику. Його бажанням було створити не менш гнучку систему, ніж у передових синтезаторах, яка була б низькою вартістю та компактною [79; 80; 81].

Спочатку спроектовані системи були зроблені на кухні у його будинку. Незабаром, робота продовжилася в університеті CalArts (Інститут мистецтв Каліфорнії, де він викладав), на імпровізованій складальній лінії, запропонованій студентам, для створення своїх власних систем. Матеріальні витрати Серж пропонціював зі своєї кишені.

Масове виробництво почалося 1975 року, коли Черепнін залишив педагогічну діяльність, повністю присвятивши себе комерційному просуванню своїх синтезаторів. Багато в чому його пристрій був більше натхненний синтезатором Buchla 100, ніж Moog, вплив якого простежується в сенсорних панелях замість традиційних клавіатур, секвенсорів і генераторів випадкової напруги. Тим не менш, незважаючи на деяку спадкоємність, є ряд відмінних рис цього синтезатора: його фільтри мають незвичайне звучання завдяки модулю Wave Multiplier, який дійсно відрізняє Serge, оскільки це унікальна секція синтезатора, що знаходиться між секціями Oscillator і Filter, що дозволяє використовувати зовнішні звукові сигнали або сигнали напруги для модуляції звуку. тембр тонів осцилятора. Дотримуючись своєї мети, Черепнін також прийняв ряд інноваційних рішень для зниження витрат, таких

як «облицьовування папером» панелей його синтезатора, щоб алюміній можна було попередньо просвердлити в сітці незалежно від конфігурації модуля замовником. Використання більш дешевих 4-х міліметрових бананових роз'ємів замість аудіороз'ємів для всіх підключень патч-кордів із загальним заземленням, що використовується для всіх модулів у системі. Використання одножильних проводів означає, що при з'єднанні з Serge ви підключаєте лише позитивний провід. Це контрастує з більшістю інших модульних систем, у яких для підключення використовуються дво жильні аудіокабелі, такі як 1/4" або 3,5-міліметрові телефонні роз'єми, що використовуються на більшості сучасних синтезаторів. Модулі Serge (та інші синтезатори, що використовують бананові роз'єми), як правило, працюють із сигналами з нижчим імпедансом, щоб зменшити перехресні перешкоди, що виникають від аудіосхем модулів, що використовують одну й ту саму поверхню, що заземлює.

Крім того, на відміну від своїх конкурентів, Черепнін також продавав свої системи у вигляді комплектів, де замовник отримував друковану плату, лицьову панель та наклейку, пакет Ziploc з дискретними електронними компонентами та докладні інструкції зі збирання. Такий підхід "зроби сам" - дозволяв купувати синтезатори Serge за невелику частину вартості системи Buchla, якщо покупець не заперечував проти паяння. Багато ліцензованих систем Serge сьогодні все ще продаються у вигляді комплектів [79; 80; 81].

Конструкції Черепніна знайшли комерційний успіх як недорогою альтернативою іншим модульним системам синтезу, доступним на той час. Його компанія, Serge Modular Music Systems, продавала синтезатори під маркою Serge до 1986 року. Потім Черепнін передав свої розробки кільком виробникам.

Технічний прогрес синтезаторів не стояв місці, і поступово можливості синтезу розширювалися, і ставали доступнішими. Однак, був один нюанс, який поєднував їх усіх: монофонічність. Вони могли грати лише одну ноту за раз, і навіть володіючи двома, трьома осциляторами, винятків не було,



оскільки за умовчанням, висота цих осциляторів безпосередньо прив'язувалась до клавіатури, а клавіатура видає лише один сигнал CV для відправки на осцилятори. Таким чином, навіть якби генератори були налаштовані на різну висоту звуку, всі вони слідували б одному мелодійному малюнку. Крім того, ці генератори об'єднуються воедино і трактом відправляються на один фільтр, а потім на один підсилювач. Монофонічні синтезатори мають єдину структуру генерації звуку та єдину структуру артикуляції. Якщо ви підійдете до нього, очікуючи, що зможете грати акорди або навіть утримувати клавіші при відтворенні нових нот, ви зіткнетеся з несподіваною поведінкою. Багато інструменталістів підходили до синтезатора, очікуючи грати на ньому так, як вони грали на органі чи піаніно, тільки щоб виявити, що їм потрібно розробити взагалі іншу техніку гри.

Ідея дуофонічного клавішного синтезатора виникла наприкінці 1960-х – на початку 1970-х років. Зазвичай інструменти, здатні до дуофонії, були переважно монофонічними - вони містили набір осциляторів, які змішувалися разом і мали єдину структуру артикуляції. Тим не менш, вони пропонували (шляхом клацання перемикача або за допомогою з'єднувальних кабелів) можливість формувати з клавіатури два нотні CV-сигнали, які потім можна було направити на окремі генератори. Дуофонія була простим, лаконічним і ефективним способом вгамувати частину загальної спраги, що оточувала поліфонію, і багато дизайнерів адаптували свої інструменти або побудували нові інструменти повністю, щоб скористатися перевагами цієї концепції.

Відсутність незалежної структури артикуляції для кожної відтворюваної ноти на клавіатурі була (і залишається) дивним досвідом для гравця, звиклого до фортепіано, де артикуляція кожної ноти повністю незалежна. Але створення «повністю поліфонічного» синтезатора, в якому кожна нота одночасно доступна і пропонує індивідуальну артикуляцію, трудомісткий процес. У 1970-х роках багато виробників почали застосовувати інший метод, який знаходив компроміс між внутрішніми аналоговими

ресурсами інструменту та кількістю окремих нот, які можна було вимовляти одночасно.

Рішення включало створення інструмента, який міг би розумно оцінювати, які ноти відтворюються на клавіатурі, та динамічно призначати ці натискання клавіш окремим синтезаторним голосам. У цей момент виробнику потрібно буде лише визначити кількість аналогових голосів, які він хоче у своєму інструменті, та вирішити, як оброблятиметься розподіл/пріоритет нот. Одним із перших чудових прикладів подібного типу інструментів стала система з кількома голосами Оберхейма: двоголосна, чотириголосна та восьмиголосна.

Компанія була заснована в 1969 році Томом Оберхеймом, який раніше працював на виробництві гітарних ефектів фірми Maestro. Oberheim випустив свій перший синтезатор, відомий як SEM (Synthesizer Expander Module) у 1975 році, ідею та електроніку якого взяв від синтезатора Minimoog і помістив їх у невелику коробку, внісши кілька змін. Він був настільний модуль без клавіатури, і призначався на той час, як розширення можливостей інших аналогових синтезаторів, підключаючись через інтерфейс CV / Gate. SEM мав двополосний фільтр, який міг працювати як фільтр нижніх частот, верхніх частот, смуговий або режекторний, надаючи йому звук, відмінний від популярних тоді фільтрів Моог або ARP [82; 83].

Оберхейм невдовзі зрозумів, що об'єднавши модулі SEM (кожен - повний голос з осциляторами, фільтром, LFO, VCA) з клавіатурою з цифровим скануванням, яка відповідним чином розподіляла б нові ноти для кожного, вони можуть стати будівельним блоком його поліфонічних синтезаторів. Звичайно, це не зовсім «повна поліфонія», оскільки максимальна кількість нот, які ви можете грати одночасно, обмежена кількістю голосів, включених до інструменту, але це досить практичний компроміс у тому, що вам рідко потрібно грати одночасно більше восьми нот, наприклад, і зазвичай ви можете адаптувати свою гру, щоб ефективно використовувати будь-яку кількість голосів, які здатні відтворити цей

інструмент. Це, звичайно, природніше, ніж пристосовуватися до гри на інструменті з більш високою поліфонією, але з єдиною структурою артикуляції [82; 83].

Одним з цікавих аспектів цих інструментів Oberheim було те, що кожен SEM, як і раніше, мав індивідуальний тембр: кожен голос мав свій власний набір регуляторів тембру. Таким чином, ви можете робити ряд дійсно чудових речей - кожне нове натискання клавіші може звертатися до абсолютно нового тембру, створюючи мелодії, тембр яких циклічно змінюється нота за нотою. Однак багато музикантів використовували їх таким чином, що кожен із SEM відтворював один і той же звук, оминаючи потенційно досить цікавий спосіб взаємодії з поліфонічним електронним інструментом [82; 83].

Отже, 1976 року стартувала лінійка поліфонічних синтезаторів Oberheim Four Voice і Two Voice, які вироблялися до 1979 року. Версія Eight Voice з'явилася 1977 року. Це були перші виробничі широко доступні програмовані синтезатори, здатні грати акорди, в яких використовувалася сучасна концепція наявності обмеженої кількості голосів та використання розподілу голосу для призначення голосів (в даному випадку окремих SEM) нотам, що виконуються. Однак для музиканта у випадку з Four Voice, було практично зробити всі налаштування патча на кожному SEM індивідуально, щоб відтворювати один патч поліфонічно, тому вони представили пристрій, званий програматором. Програматор був додатковим модулем поліфонічного синтезатора (PSP-1) для чотирьох- та восьмиголосних моделей з 16 пам'яттю, який дозволяв користувачеві зберігати та викликати деякі звукові налаштування SEM, і ви могли плавно переходити від однієї ноти або акорду до іншого за допомогою портаменту [82; 83].

Оберхейм зрозумів, що особливо у випадку з Four Voice, це було непрактично для музикантів. Це дублювало всі елементи управління, пов'язані з усіма параметрами керованих напругою SEM, і відправляло напругу керування на всі SEM одночасно. Він мав пам'ять на вісім патчів - новаторська функція в той час. Однак, оскільки не всі параметри на SEM

керувалися напругою, виконавцю, як і раніше, необхідно було індивідуально виконати деякі налаштування на кожному SEM [82; 83].

Двоголосний синтезатор Oberheim був створений як інструментальний клавішний інструмент із використанням двох модулів розширення синтезатора та класичного аналогового секвенсора, з'єднаного з 37-нотною клавіатурою. Включення двох SEM та двоголосного секвенсора дозволило використовувати інструмент у трьох робочих режимах: - режим 2-голосної поліфонічної клавіатури - режим 2-голосного секвенсора - один режим треку SEM та один секвенсор Третій режим дозволяв треку секвенсора відтворювати один SEM, а другий SEM міг відтворюватися з клавіатури. Крім того, можна використовувати клавіатуру для транспонування одного або обох треків секвенсора. Джерела модуляції включали два генератори огинаючої, два LFO, генератор шуму і схему вибірки / зберігання [82; 83].

Oberheim Four Voice був першим комерційно доступним поліфонічним синтезатором. Завдяки використанню кількох SEM та цифрової скануючої клавіатури цей інструмент дозволяв музикантові грати до чотирьох клавіш одночасно, причому кожна клавіша керувала повноцінним аналоговим синтезатором. Кожен голос був повністю незалежним і міг бути запрограмований на те саме налаштування або різні налаштування, що дозволяло створювати масивні, реалістичні оркестрові звуки [82; 83].

Призначення натискання клавіш на голоси SEM контролювалося шляхом вибору різних режимів секції електроніки клавіатури інструменту. Це дозволяло працювати як у поліфонічному режимі, так і в унісонну гру всіх SEM. Ще однією унікальною особливістю електроніки клавіатури була можливість вибору справжнього поліфонічного портаменту. Щоб покращити здатність музиканта змінювати загальне звучання інструменту, також був доступний запатентований програматор поліфонічного синтезатора. Додаткові функції включали можливість керування рівнем вихідного сигналу та панорамуванням зліва направо кожного SEM для створення потужного

стереозвукового поля та касетного інтерфейсу для зберігання різних налаштувань.

Пізніше Oberheim Polyphonic застаріла. Новою лінійкою керованих мікропроцесором синтезаторів Oberheim, починаючи з OB-X. OB-X був повністю програмованим і значно компактнішим, ніж Oberheim Polyphonic [82; 83].

### РОЗДІЛ 3. ВИДИ СИНТЕЗУ ЗВУКУ ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СИНТЕЗАТОРІВ

#### 3.1. Різновиди синтезу звуку

##### 1. Субтрактивний синтез.

Субтрактивний синтез, мабуть, найпоширеніша форма. Ви починаєте з гармонійно багатого звуку (осцилятор), а потім вичитаєте з нього гармоніки за допомогою фільтра та гучності за допомогою огинаючої. Ви можете думати про це як про ліплення. Скульптор починає з великого шматка матеріалу і відрізає його до того часу, поки він стане схожий щось інше. Так само формується необроблений звук до того часу, поки він стане нагадувати інший інструмент, наприклад валторну, скрипку чи ще.

Вичитуючий синтез зазвичай розглядається як аналог, хоча він також може бути представлений у цифровому вигляді у формі аналогового моделювання. Субтрактивний синтез також відомий як синтез Східного

узбережжя завдяки роботі його творця Боба Муга, який жив у Нью-Йорку. Це контрастує з Доном Бухлою, який жив у Каліфорнії, та його більш експериментальним синтезом на Західному узбережжі. Хоча деякі можуть відкинути поділ на східне та західне узбережжя, ця відмінність корисна, тому що кінцевий результат відрізняється: західне узбережжя набагато експериментальніше за своєю природою, тоді як синтез Східного узбережжя робить ставку на традиційну гармонійну музичність [89].

## 2. FM-синтез.

FM, що означає частотна модуляція, є цифровою формою синтезу, при якій одна форма хвилі модулює іншу. Хоча існує аналоговий FM-синтез (також відомий як "експоненційний FM-синтез" або іноді "крос-модуляція"), зазвичай, коли люди говорять про FM, вони говорять про цифровий вигляд. Зокрема, вони, ймовірно, мають на увазі запатентовану форму лінійного FM-синтезу, що використовується Yamaha у її DX7 та інших подібних синтезаторах.

Замість того, щоб починати з гармонійно багатой форми хвилі, як у субтрактивному синтезі, FM починається з чистої синусоїдальної хвилі, яка називається несучою, і модулює її іншою (нечутною) синусоїдальною хвилею, яка називається модулятором. Ця модуляція створює гармоніки у чутній несучій хвилі. Комбінації кількох несучих і модуляторів, звані алгоритмами, створюють складніші звуки. Пізніші пристрої Yamaha, такі як TX81Z, можуть мати не тільки синусоїдальні хвилі.

Хоча Yamaha має патент на FM, інші компанії випустили свої власні версії. Фазове спотворення (PD), вперше представлене у CZ-101, було версією FM від Casio. Він включає гармонійно багату форму хвилі, що модулює іншу. Модуляція зі змінною фазою (VPM) – це власна версія Korg,

яка, як і PD, використовує різні форми сигналів. Його можна знайти в Multi-Engine Oscillator у Прологах та Minilogue XD, серед інших інструментів [89].

### 3. Синтез на основі зразків (Sample-Based).

Синтез на основі семплів включає запис (або семплювання) звуку в цифрову пам'ять. Хоча зараз це стало звичайним явищем, наприкінці 70-х – на початку 80-х років це була нова і найчастіше дорога форма синтезу. Одними з перших були Fairlight CMI та New England Digital Synclavier, які на той час були надзвичайно дорогими.

Пізніші семплери, особливо стійкові серії S і MPC від Akai, поряд з Ensoniq Mirage, принесли доступний семпл у маси. Нижче визначимо декілька різних типів машин, призначених для синтезу на основі семплів.

Семплери можуть перетворювати безперервний аналоговий звук у цифрову область, дозволяючи обробляти та відтворювати його. У наші дні є безліч доступних апаратних семплерів: Elektron Octatrack і Digitakt, Korg Electribe 2 Sampler та інші. Їх також можна знайти в будь-якій кількості DAW, які дозволяють імпортувати звуки, а потім використовувати інструменти синтезу для їхнього перетворення, такі як Sampler Ableton Live, EXS24 від Logic та інші.

Тим часом, ROMplers, такі як драм-машини та синтезатори, такі як Roland JV-8080, пропонують аналогічні можливості звукового дизайну, але тільки із попередньо завантаженими семплами. Популярні програмні ROMplers - Kontakt від Native Instruments, reFX Nexus та IK Multimedia SampleTank. Для тих, хто шукає готові звуки, які можна додатково налаштувати на свій смак, такі сучасні ROMplers надають у ваше розпорядження величезні бібліотеки звуків без необхідності робити будь-які семпли самостійно.

Гібридні синтезатори пропонують деяку комбінацію цифрових дискретизованих форм хвилі та аналогового субтрактивного синтезу, часто

цифровий генератор, що містить дискретизовані форми хвилі поряд з аналоговими фільтрами та огинають. DW-8000 від Korg є старішим прикладом цього, а Prophet XL від Sequential – сучасним еквівалентом. Іншими новими гібридними синтезаторами є Arturia MicroFreak, Novation Peak і навіть, за певних налаштувань, новий Minilogue XD, який додає цифровий звуковий двигун до двох аналогових генераторів оригіналу.

Тим часом, «семпл та синтез» - це широкий термін, що охоплює тип цифрового синтезу на основі семплів, який набув популярності наприкінці 80-х з Roland D-50 та його лінійно-арифметичним синтезом, або синтезом LA. Це поєднує дуже короткий дискретизований перехідний процес із цифровим генератором субтрактивного стилю для створення унікального типу звуку. Аналогічні методи використовувалися в SQ-80 Cross Wave від Ensoniq, SY55 Advanced Wave Memory 2 від Yamaha і M1 від Korg [89].

#### 4. Хвильовий синтез (Wavetable).

Вперше розроблений Вольфгангом Пальмом наприкінці 70-х, хвильовий синтез став надзвичайно популярним останнім часом, багато в чому завдяки своїй гнучкості і здатності створювати звуки, що розвиваються. У його основі лежать цифрові генератори, які використовують таблиці чи групи сигналів з періодом.

Відтворення може переміщатися впоперек форми хвилі, що призводить до унікальних виразів руху та зміни звуку. Цим рухом можна керувати за допомогою огибаючих, як і гучність можна регулювати в субтрактивних синтезаторах.

Першим успішним синтезатором з апаратною хвильовою таблицею був Palm PPG Wave, і стиль синтезу лежить в основі сучасних потужних програмних синтезаторів, таких як Native Instruments Massive, Xfer Records 'Serum, Ableton's Wavetable та Arturia's Pigments [89].



## 5. Векторний синтез.

На відміну від синтезу хвильових таблиць, який інтерполує між хвильовими формами, складеними пліч-о-пліч, векторний синтез дає користувачеві контроль над балансом гучності чотирьох дискретизованих хвильових форм, розташованих так, ніби вони займали чотири кути двомірної площини, з джойстиком для переходу між ними .

Векторний синтез дебютував з Sequential Circuits 'Prophet VS, а також з'явився в синтезаторах Yamaha SY22, SY35 і TG33, а також Wavestation Korg, всі з яких були розроблені основною командою SCI.

Хоча векторний синтез був чимось на зразок еволюційного глухого кута, він продовжує з'являтися в сучасних машинах, таких як Korg Kronos [89].

## 6. Аддитивний синтез.

Якщо субтрактивний синтез включає початок з гармонійно багатих звуків і зворотне об'єднання, адитивний синтез протилежний, використовуючи ряд гармонійних складових синусоїдальних хвиль, які при додаванні (звідси і назва) створюють гармонійно багаті звуки. Орган Hammond з його дишлами є прикладом свого роду адитивного синтезу.

24-гармонічний осцилятор в Mutable Instruments 'Plaits – набагато свіжіший приклад адитивного синтезу, а Razor від Native Instruments – ще один дуже потужний приклад. Будь-хто, хто використовував Razor, може бачити (і чути), адитивний синтез може бути потужним способом генерації практично будь-якої форми хвилі (і навіть характеристик фільтра) з використанням тільки синусоїдальних хвиль.

Якщо ви шукаєте певні, точні звуки, адитивний синтез – чудовий спосіб.

Ресинтез - це процес, пов'язаний з адитивним синтезом, при якому записаний звук аналізується і відтворюється з використанням гармонійних синусоїдальних складових. Замість починати з синусоїдальних хвиль і намагатися описати нову форму хвилі, ресинтез починається з форми хвилі і відтворюється. Synclavier від New England Digital був здатний до ресинтезу. Синтезатор Hartmann Neuron використовував запатентовану техніку ресинтезу нейронної мережі для створення звуків. У цілому нині, за загальним визнанням, дуже поширена форма синтезу [89].

#### 7. Спектральний синтез.

Спектральний синтез - це своєрідний ресинтез, який перетворює звук на ряд спектральних інтервалів, де кожен " інтервал " є уявленням своїх частот. Також відображається шумова складова звуку. Потім цей вміст відображається на спектрограмі, яка представляє частоти з точки зору висоти тону, а також густини. Це дозволяє унікально та цілеспрямовано формувати звук на частотному рівні. Він є основою таких програм, як iZotope RX, а також його синтезатора семплера Iris 2.

Хоча Iris 2, як і будь-який інший семплер, починає з традиційних семплів, він дозволяє вибирати смуги частот, які ви хочете чути. Це досягається за рахунок побудови спектрограми, візуального подання частотного змісту аудіофайлу. Потім він може бути накладений на інші, аналогічно відфільтровані семпли, а потім пропущений через традиційні фільтри, що обгинають і модульовано [89].

#### 8. Фізичне моделювання.

Там, де базовий субтрактивний синтез може імітувати звук фізичних акустичних інструментів, фізичне моделювання йде далі і відтворює у

цифровому вигляді процеси, з яких створюється звук. Це включає використання цифрової обробки сигналів (DSP) для відтворення різних властивостей, складових звук, зазвичай збудника (наприклад, змичка на струнному інструменті або дихання для дерев'яних духових інструментів), резонансного корпусу інструменту і часто властивостей з якого він зроблений (дерево, метал і т.д.).

Існує низка різних видів синтезу фізичного моделювання. Найпростіший це струнний синтез Karplus-Strong, при якому коротка хвиля проходить через фільтровану лінію затримки. Це можна почути у деяких частинах MicroFreak Артурії. Синтез резонатора - як це чути в синтезаторі Laplace для iOS від Waldorf Quantum та IceGear Instruments - і модальний синтез, як у Mutable Instruments 'Elements, використовує смугові фільтри для відтворення звуку фізичних інструментів.

Фізичне моделювання складне. Якщо ви хочете вивчити його більше, перегляньте Sculpture, яка постачається в комплекті з Logic Pro, Korg Prophecy та Yamaha VL1 [89].

## 9. Гранулярний синтез.

Гранулярний синтез - це свого роду синтез зразка, але той, який діє на зразок майже мікроскопічно, розбиваючи його на крихітні частини чи зерна та дозволяючи відтворити перехід до різних зерен у зразку. Розмір зерна, гучність, становище тощо. буд. Можна змінювати, що зумовлює появу нових звуків. Tasty Chips GR-1 – це спеціальна машина для гранульованого синтезу, в той час як Waldorf Quantum включає цю функцію серед інших типів синтезу. Семплер Bitwig Studio 2 також дозволяє виконувати детальний синтез.

Оскільки гранульований синтез може бути потужним способом створення нечуваних звуків та текстур, його часто використовують звукорежисери для телебачення, фільмів та відеоігор. Spectrasonics

Omnisphere – це класичний VST, що включає гранульований синтез. Сучасне програмне забезпечення включає Reason's Grain Sample Manipulator, Quanta from Audio Damage та Alchemy, включену до Logic Pro X [89].

### 3.2. Структура сучасних інструментів – синтезаторів

У наш час рахунок винайдених моделей синтезаторів йде на десятки, сотні, а то й тисячі видів. Їхня присутність у музичній індустрії стала настільки буденною, що сприймати сучасну музику без синтезу просто неможливо. І незважаючи на таке значне число, не можна сказати, що всі вони абсолютно різні, хоча і зворотне стверджувати не варто, оскільки безсумнівно, існують і складніші структури. Тим не менш, з моменту розвитку модуляційних систем, базисна частина апаратів і концепції синтезу не зазнали істотних змін, і в середньому всі вони за своєю суттю влаштовані приблизно однаково.

Нижче будуть наведені приклади різних видів синтезу, проте відправною точкою для системи переважно служить субтрактивний синтез (метод, при якому частини аудіосигналу, багатого гармоніками, послаблюються фільтром для зміни тембру звуку), його ми і розглянемо докладніше.

Синтезатор починається з тон-генератора, функція якого полягає у створенні звуку. На аналогових синтезаторах цей генератор є простою схемою генератора, яка може генерувати кілька основних сигналів, таких як імпульс, пила або синусоїда. Тому на аналогових синтезаторах частіше використовується термін "генератор", ніж "генератор звуку". У цифрових синтезаторах використовуються такі терміни: генератор хвилі, генератор тону, інколи ж навіть осцилятор (хоча це справжній осцилятор всередині) [90; 91].

Потім йде фільтр, який визначає тембр звуку та додає/видаляє гармоніки з вихідного звуку, створеного в осциляторі. За фільтром слідує підсилювач, в якому ви налаштуєте зміну гучності звуку. Оригінальні та LFO використовуються для керування різними налаштуваннями. Наприклад, в осциляторі можуть керувати його висотою тону. У фільтрах можуть визначати зміни фільтра з часом.

Осцилятор. Цей модуль можна назвати серцем синтезаторів. Він виробляє чисту звукову хвилю, яку ви пізніше обробите за допомогою фільтра та підсилювача. В аналоговому синтезаторі осцилятор генерує пилкоподібну хвилю, прямокутну хвилю, синусоїдальну хвилю, трикутну хвилю або шум. У цифрових синтезаторах ядром генератора може бути записаний семпл або будь-яка хвильова таблиця. Як тільки ви натискаєте клавішу на клавіатурі, ви активуєте осцилятор (в аналоговому синтезаторі він фактично завжди включений). Осцилятор (OSC) – відправна точка будь-якого синтезатора. Це місце, де створюється форма хвилі. В аналоговому синтезаторі осцилятор може керуватися цифровим (DCO) або напругою (VCO), і він зазвичай генерує імпульсну або пилкоподібну хвилю, шириною якої можна керувати і навіть модулювати (PWM). Усі осцилятори, незалежно від застосування, працюють однаково. Якщо ми подивимося на їхнє серце, то виявимо, що воно виглядає приблизно так [90; 91].

Простіше кажучи, осцилятор – це підсилювач та фільтр, які працюють у контурі. Основою роботи є налаштований резонансний контур - наприклад, LC-контур, що складається з котушки індуктивності (L) та конденсатора (C). У цьому ланцюзі напруга і струм змінюються синусоїдально з часом і зрушені фазою на 90 градусів. Бувають моменти, коли струм нульовий, тому енергія, запасена в котушці індуктивності, дорівнює нулю, але в той же час напруга на конденсаторі знаходиться на піку, в той час як вся енергія схеми зберігається в електричному полі між пластинами конденсатора. Також бувають моменти, коли напруга дорівнює нулю, а струм досягає піку, а в конденсаторі відсутня енергія. Потім вся енергія схеми накопичується у

магнітному полі індуктора. Як бачите, енергія, що зберігається в цій електричній системі, коливається між двома формами. На жаль, це «розгойдування» не триватиме вічно через втрати в ланцюзі. Провідники мають деякий опір, а також конденсатор та котушка індуктивності. Ось чому нам потрібне посилення. Метою цього посилення є не додавання деякого високого посилення, а просто компенсація втрат, які ми маємо в ланцюзі LC. Ви можете уявити осцилятор у вигляді маятника, який через опір і тертя втрачає енергію руху, тому вам потрібно час від часу його штовхати [90; 91].

На виході осцилятора ми можемо мати різні форми хвилі, залежно від типу осцилятора, який ми збудували. Наприклад, якщо наш осцилятор генерує синусоїдальну хвилю, ми називаємо це синусоїдальним осцилятором. Існує багато типів осциляторів, найбільш відомі з яких показані на зображенні вище, і це (зліва направо): синус, трикутник, квадрат та пилка. Квадрат насправді є пульсовою хвилею шириною 50%.

Генератор хвиль. В основі цифрових синтезаторів лежить інший генератор. Не класичний генератор, а пристрій, що використовує сигнали РСМ. Імпульсно-кодова модуляція (ІКМ) - це цифрове уявлення аналогового сигналу, в якому величина сигналу регулярно дискретизується з однаковими інтервалами, а потім квантується до послідовності символів у двійковому коді. Якщо на вашому комп'ютері є файли WAV, це сигнали РСМ, такі ж, як у цифровому синтезаторі. Перевага цифрового генератора хвиль у тому, що не обмежується основними формами сигналу (синусоїдальний, пилкоподібний, квадратний тощо. буд.), але може містити будь-які дані, які були оцифровані. У вас можуть бути справжні семпли фортепіано, гітари, ударних і т. д. Звичайно, якщо ви хочете, ви можете мати і базові хвильові форми. Більшість цифрових синтезаторів мають як мінімум синусоїдальний та пилкоподібний семпли у своїй пам'яті форми хвилі, так що ви також можете створювати деякі аналогові звукові тони [90; 91].

Тепер ви можете запитати, навіщо потрібний аналоговий синтезатор, коли такий тип хвиль можна створити за допомогою цифрового генератора

хвиль РСМ. Насправді відповідь була щойно сказана у попередньому міркуванні, це генератор слова РСМ. Щоразу, коли ви запускаєте цей тип генератора, він буде відтворювати таку саму звукову хвилю. Результат – однорідний тон, який залишається незмінним. Навпаки, аналогові синтезатори мають недосконалі генератори, які призводять до різних типів флуктуацій, які різняться щоразу, коли ви натискаєте клавішу. У певному сенсі вони звучать непередбачувано та відрізняються один від одного за тональністю. Але це лише початок історії. Як тільки ви увімкнете широтно-імпульсну модуляцію, цифровий синтезатор РСМ не зможе увійти до цієї області. Потім слідує аналоговий фільтр, який знову додає свій характер. Коротше кажучи, це одна з причин, через яку синтезатори 30-річної давності зазвичай коштують більше, ніж останній «сучасний» цифровий синтезатор РСМ із 9000 патчами [90; 91].

Важливо розуміти, що тут ми говоримо про два різні світи. Було б досить наївно звинувачувати якийсь цифровий синтезатор та називати його поганим, бо він не може відтворювати добрі аналогові звуки. Якщо хтось запитає, чому синтезатор РСМ не може видавати супер-гуркітний звук басу Моог, найпростіша відповідь - він ніколи не був для цього призначений.

Фільтр. Найбільш драматична зміна вашого звуку відбувається в ланцюзі фільтра. Чим багатша гармонійна складова сигналу, тим сильніша зміна. Прикладом багатих гармонійних сигналів може бути прямокутна та пилкоподібна хвиля. Якщо у вашому синтезаторі немає резонансного фільтра, вам справді не вистачає одного дійсно важливого та чарівного аспекту синтезатора. Якщо ми подивимося на частотну область звуку, наприклад прямокутну хвилю, яка багата на гармоніки і зіграємо низьку ноту, скажімо, з частотою 20 Гц, ми побачимо, що ці гармонійні компоненти поширюються по всьому звуковому діапазону (від 20 Гц до 20 кГц). . Що робитиме фільтр, так це ізолювати деякі частини цього діапазону, щоб виділити інші частоти [90; 91].

Типи фільтрів. Найвідоміший фільтр – це фільтр низьких частот – LPF. Зменшує гучність усіх частот вище за частоту зрізу. Ви можете вказати частоту зрізу в налаштуваннях фільтра. Як тільки ви вимкнете високочастотний діапазон, звук стане м'якшим. Наступним широко відомим типом фільтрів є фільтр високих частот – HPF. Він робить прямо протилежне від LPF. Він обрізає частину спектра, яка знаходиться нижче за частоту зрізу. Це може бути корисним для перкусійних звуків (з його допомогою можна робити приємні аналогові хай-хети). Фільтр високих частот також може бути резонансним, але насправді не так багато синтезаторів, у яких він є. Korg MS-20 - один із небагатьох аналогових синтезаторів з аналоговим резонансним фільтром верхніх частот [90; 91].

Одним із найбільш специфічних звукових фільтрів, ймовірно, є смуговий фільтр BPF. Цей фільтр залишає лише область поблизу частоти зрізу та обрізає інше. З налаштуванням резонансу ви фактично формуєте ширину цього фільтра. Чим більший резонанс, тим вузьчим буде цей фільтр. На малюнку нижче показані частотні характеристики трьох основних типів фільтрів, які ми щойно описали.

Резонанс. Як тільки ви активуєте резонанс на фільтрі нижніх частот, нові гармоніки з'являться в нижньому діапазоні, створюючи нові звукові компоненти, яких у вихідному звуку. Високий рівень резонансу може спричинити автоколивання.

Стовпи/схили фільтрів. Іноді ви можете прочитати, що чотириполосний фільтр. Це просто ще один термін для характеристики крутості фільтра 24 дБ, який є найпоширенішим типом фільтра у світі аналогових синтезаторів. Кількість полюсів визначає різкість фільтра. Чим більше фільтра полюсів, тим різкіше буде його частотна характеристика. Це також впливає на резонанс, оскільки різкіший фільтр призводить до більш потужного звукового резонансу. Roland TB-303 використовує не дуже поширений нахил фільтра 18 дБ. Тепер ви можете поставити запитання, що в будь-якому випадку означає ці 18 дБ. Це одиниця, яка повідомляє вам,



скільки фільтр блокуватиме на октаву. Що у разі становить 18 дБ. Якщо ви встановите точку відсічення фільтра на 440 Гц, на одну октаву вище за 880 Гц сигнал буде ослаблений на 18 дБ (що приблизно в 63 рази) [90; 91].

Якщо фільтр 4-полюсний, сигнал буде ослаблений на 24 дБ, що для точки відсічення 440 Гц означає, що сигнал на 880 Гц буде приблизно 255 разів слабше. На зображенні вище показані криві згасання для чотирьох типів фільтрів: 6 дБ, 12 дБ, 18 дБ та 24 дБ.

Який фільтр використати? Вибір залишається за вами. Якщо ви віддаєте перевагу приємним звукам з плавною розгорткою фільтра, вам слід використовувати фільтр 12 дБ з хорошим значенням резонансу. Для гуркітливих басів або різких звуків із високим резонансом слід використовувати фільтр 24 дБ (повний резонанс для різких звуків). Хоча фільтр на 6 дБ зазвичай не використовується, він підходить для відтворення семплів, щоб м'яко видалити високі частоти з семплів, що жорстко звучать, не спотворюючи при цьому повністю фазу семпла v.

Підсилювач і огинаюча. Останній етап звукової маніпуляції, що відбувається у синтезаторі, відбувається у секції підсилювача. Його мета – контролювати зміни гучності звуку. На аналогових синтезаторах підсилювач зазвичай називається VCA (якщо він управляється напругою) або DCA (якщо він управляється цифровим способом). На цифрових синтезаторах підсилювач зазвичай називається AMP або у випадку Roland TVA, що означає підсилювач з тимчасовою варіацією. Основна частина підсилювача - це загальна ADSR.

Конверт ADSR. Це означає: Attack, Decay, Sustain, Release і представляє чотири точки. Як тільки ви натиснете клавішу, ви опинитеся в точці атаки. За допомогою Attack ви встановлюєте кількість часу, який знадобиться для переходу звуку від початкового рівня до точки, в якій ви натискаєте клавішу. Потім слід Decay, в якому звук може перейти на інший рівень, який ви встановите. Далі слідує точка сустейна. Поки ви утримуєте клавішу, ви перебуваєте в точці сустейна, і рівень, встановлений вами в точці сустейна,

буде рівнем звуку протягом утримування клавіші. Як тільки ви відпустите клавішу, звук згасне. Щоб звук не пішов найближчим часом, можна встановити точку згасання. Release встановлює час, необхідний досягнення нульового рівня звуку після того, як ви відпустите клавішу [90; 91].

Є конверти з більш ніж чотирма точками, які ми описали, але вони працюють однаково. Типова Роланда, що обгинає, складається з двох рівнів згасання. Деякі синтезатори Yamaha серії SY, такі як SY-77 та SY-99, мають точки петлі, які ви можете встановити на огинаючу, що є досить цікавою функцією.

LFO та контроль. Ціль LFO - циклічно змінювати різні налаштування звуку. Зазвичай LFO може змінювати висоту тону генератора, частоту зрізу фільтра та рівень підсилювача. Якщо ви застосуєте LFO до висоті звуку, ви отримаєте вібрато, якщо ви застосуєте його до фільтра, ви отримаєте широкий звук (наприклад, вау-вау), якщо ви застосуєте його до рівня підсилювача, ви отримаєте тремоло.

Як впливає з назви, LFO – це низькочастотний осцилятор. Зазвичай він складається з кількох основних типів осциляторів, таких як синус, пилка або квадрат. Ви можете представити LFO як допоміжний пристрій, який допомагає позбавитися необхідності вручну змінювати висоту або рівень звуку. Натомість ви програмуєте на це LFO. Однак, якщо ви дійсно хочете змінити деякі налаштування вручну, вам необхідно вказати їх у розділі контролера.

Контроль. Більшість цифрових синтезаторів пропонують вам застосовувати різні контролери, такі як колесо модуляції, післяторкання або швидкість до деяких параметрів звуку, таких як точка зрізу фільтра або резонанс, рівень звуку і т. д. Деякі синтезатори називають цю функцію матрицею модуляції. Це виглядає приблизно так. Спочатку ви вказуєте джерело контролера – наприклад, колесо модуляції на клавіатурі. Потім ви вказуєте призначення, наприклад частоту зрізу фільтра. Тепер ви встановлюєте кількість і ви готові модулювати фільтр за допомогою колеса

модуляції. Якщо параметри фільтра звуку знаходяться у максимальному відкритому положенні, вам необхідно застосувати негативне значення до контролера, щоб, коли ви починаєте переміщувати колесо, фільтр закривається на вказану величину. Деякі покращені системи матриць модуляції дозволять вам застосувати практично будь-яку функцію синтезатора як джерело для модуляції призначення - наприклад, LFO1 для модуляції швидкості LFO2, що може призвести до дуже складних і непередбачуваних результатів (це у випадку, якщо синтезатор має два LFO). Це область, де потрібно багато експериментувати, але результати завжди позитивні [90; 91].

### 3.3. Аналіз синтезатора «Serum»

Головна панель синтезатора має 4 вкладки [Малюнок Панели]

- 1 - OSC - робота з тембрами
- 2 - FX – ефекти
- 3 - Matrix - модуляційний список
- 4 - Global - інші параметри

OSC – робота з тембрами [Малюнок OSC]

Вікно, з якого все починається. Це основна робоча станція, де генерується головний тембр та звук. Будь яка маніпуляція на цій вкладці призведе до кардинально іншого звучання. В своєму розпорядженні ми маємо такі інструменти:

1. Чотири осцилятора: два головних: OSC A та OSC B; та два додаткових, які працюють як семплер: SUB та Noise;
2. Filter
3. Envelope
4. LFO
5. Voicing

## 5. Macros

### OSC A

Осцилятор A та B повністю ідентичні, тому ми розглянемо тільки перший. Для початку ми бачимо візуалізатор, де відображено звукову хвилю. Натискаючи, є можливість переключати режим с 2D в 3D, для того, щоб бачити, як хвиля змінюється з часом [Малюнок 2D 3D].

Осцилятор має зовнішнє меню управління, та внутрішнє.

Зовнішнє меню складається з:

Default - меню пресетів хвильових таблиць. Можна використовувати як базові хвилі, так і зберігати та завантажувати власні. Хвилі поділяються на статичні та нестатичні. За переміщення положення по голограмі відповідає параметр WT Pos, про який буде йти мова нижче. Послідовність індивідуальних звукових хвиль. Група параметрів, що відповідає за висоту тона.

OCT - переміщення звуку на октаву вверх або вниз. Максимальне та мінімальне значення 4 октави в обидві сторони.

SEM - півтони. Максимальне та мінімальне значення до однієї октави.

FIN та CRS - параметри, для визначення максимально точної висоти тону.

### Голосова секція

Unison - додаткові голоси до головного звуку. Це ефект, коли ви складаєте майже схожі версії початкового голосу, подібно хору. Максимальна кількість становить 16 додаткових голосів.

Detune - розбіг по висоті тону. Чим більше значення, тим більше та ширше буде розбіжність додаткових голосів від основного.

Blend - сила додавання додаткових голосів до основного. Параметр визначає наскільки голоси унісону будуть виділятися на фоні базового голосу.

Є можливість зробити додаткові голоси як ледь чутними, так і більш виразними, ніж основний.

Phase – визначає положення хвильової таблиці, в якому фактично розпочнеться відтворюватись звук.

Rand – цей параметр дозволяє серуму відтворювати хвильовий малюнок з випадкової точки в вказаному відрізку.

WT Pos – серум дозволяє повільно переміщуватись по обраному хвильовому малюнку завдяки цьому параметру, редакуючи тембр і тон звуку.

Warp - редакція параметрів звукової хвилі по її формі, а не по її задіяності. Ця ручка спочатку приймає сигнал хвилі, а потім вигинає її.

Pan - панорама. В якій точці простору буде лунає звук.

Lvl - рівень гучності.

Внутрішнє меню складається з [Малюнок Внутрішнього Меню]:

Верхньої панелі керування

Single - з однією хвилею

Process - з усіма хвилями

Month –

Add/Remove - додати або видалити, наприклад вибрану звукову хвилю, або всю секцію.

SUB осцилятор. [Малюнок SUB]

Зроблений для додаткової гармоніки до основного звуку. Є вибір з шести базових синусоїд сигналу. Також присутня кнопка “Direct Out”. Її необхідно використовувати, коли ви не хочете, щоб осцилятор SUB проходив через усі ефекти обробки, які будуть надалі.

NOISE осцилятор [Малюнок Noise]

Цей осцилятор використовується для підфарбувати основний тембр. Ми можемо використовувати як запропоновані шуми зі стандартного списку, так і завантажувати власні звуки.

Клавіші - функція активує можливість використання семпла по висоті звуку.

#### FILTER [Малюнок фільтра]

В серумі встановлено два фільтри, один на головній панелі, інший в ефектах. Фільтр головної панелі більш функціональний та практичний, оскільки має візуальне відображення усіх змін, які відбуваються. Якщо ви не знайомі з типами фільтрації, вам буде дуже зручно працювати з цим модулем. Серум має ряд базових і унікальних попередньо встановлених типів фільтрації, які відсортовані відповідно по класу. Крім того, нижче від візуалізатора фільтра, ви можете бачити параметри, які легко регулюються та налаштовуються для необхідного результату.

#### ENVELOPE [Малюнок ADSR]

Знаходиться в лівому нижньому кутку головної панелі OSC. Серум має 3 envelope вікна: перший, як основний, і два допоміжних, які ми можемо призначати на будь-які функції. В цьому модуляторі у нас є можливість повністю контролювати динамічну складову звуку, що зазвичай називається ADSR – Attack, Decay, Sustain, Release, в перекладі атака, спадання, підтримка, затухання. Крім стандартних елементів керування ADSR, встановлена додаткова функція Hold, яка дозволяє сигналу залишатися на максимальній амплітуді після стадії Attack протягом певного періоду часу, перш ніж знову знизитися до будь-якого встановленого рівня.

#### LFO [Малюнок LFO]

Знаходиться в центральній нижній частині синтезатора. Ми можемо намалювати або завантажити будь-яку криву для використання, як джерело модуляції, що надає абсолютний контроль над нашим звуком і допомагає створювати патчі, які прорізають мікс саме так, як заманеться.

#### FX – ефекти [Малюнок FX]

в ефектах є можливість на ваш вибір використовувати інструменти в послідовності, яка вам необхідна.

Ефекти Serum настільки потужні в порівнянні з іншими синтезаторами, що можна створювати відмінні звуки, просто використовуючи Serum без постобробки. Є 10 блоків ефектів, які ми можемо використовувати в будь-якому порядку, якби додавали плагіни в свою DAW. Тобто ланцюг ефектів ми можемо повністю формувати в тому порядку, в якому необхідно. Їх також можна вмикати та вимикати на свій розсуд, щоб вони не займали місце, якщо вони не використовуються.

#### Hyper/Dimension

Цей перший ефект розбитий на дві частини: Hyper та Dimension. Ефект Hyper - це свого роду додатковий ефект розладу, який бере звук та дублює його з різною висотою тону. Регулятор розладу змінює величину різниці у висоті тону, а швидкість визначає, наскільки швидко ці висоти тону змінюються. Це дає широкий, пафосний звук і чудово підходить для додавання ширини та товщини.

Dimension діє як свого роду коротка затримка/реверберація, надаючи звукам негайну, але контрольовану ехо.

#### Distortion

Секція дісторшна дуже потужна та ідеально підходить для легкого забруднення надчистих генераторів Serum. Багато типів спотворень дають безліч варіантів для додавання зернистості до звуку, і вони варіюються від тонкої теплоти, такої як алгоритми лампового, м'якого кліпу та стрічкової насиченості, до шалених алгоритмів синусоїдального формувача та діодних алгоритмів. Також є можливість відфільтрувати звук до або після спотворення.

#### Flanger

Фленджер - це тип затримки, який відтворює копії вашого звуку з невеликим зміщенням у часі, що створює ефект гребінчастого фільтра. Одна цікава особливість фленджера Serum полягає в тому, що, якщо ви встановите

частоту на 0 Гц, ви можете керувати LFO вручну за допомогою ручки «Depth».

#### Phaser

Фейзер схожий на фленджер, але має ефект гойдання, що виникає через те, що частоти двох сигналів фазують і компенсують один одного.

#### Chorus

Хорус копіює звук і відтворює його з невеликою затримкою та варіаціями висоти звуку для повнішого звучання - як хор. Можна досягти звуку, аналогічного ефекту Нурер, але з більш металевим ефектом та ефектом затримки. Також можна використовувати хорус, щоб зробити будь-який звук щільнішим або краще вписати в мікс.

#### Delay

Ефект затримки повторює звук, імітуючи простір. Serum дозволяє встановлювати різні таймінги для лівої та правої затримки та має фільтр, щоб формувати її. Затримку можна використовувати, щоб додати глибини або ритму та грав.

#### Compressor

Компресія - це спосіб посилити партії з нижчою гучністю, одночасно пригнічуючи піки вищої гучності звуку. Його використовують для керування амплітудою або гучністю для досягнення балансу в міксі.

#### Reverb

Реверберація – це дифузна затримка, призначена для додавання глибини та імітації простору. У Serum є два типи реверберації, plate та hall, з елементами управління для регулювання розміру, згасання, низьких та високих частот, обертання та глибини обертання.

#### EQ

Еквалайзер регулює частоту звуку. Двосмуговий еквалайзер у Serum дуже простий у використанні. Необхідно обрати криву, відрегулювати частоту, добротність та посилення і звук готовий до роботи.

#### Filter



Цей фільтр виконує таку ж дію, як і фільтр у головному вікні Serum. Не вистачає лише візуального інтерфейсу. Крім цього, можна використовувати ті ж типи фільтрів, вибрати обрізку, резонанс, драйв, жирність та панорамування.

#### Matrix - модуляційний список [Малюнок Matrix]

Зазвичай, це меню використовують більш професійні користувачі синтезатора, коли ви глибше розумієте програмне забезпечення Serum і те, як все це пов'язане один з одним. Але, попросту кажучи, вкладка Matrix дає список різних маршрутів та їх кількість для кожного з'єднання модуляції, створеного в Serum. Багато програмних синтезаторів мають матрицю модуляції, і вони є дуже зручним способом перегляду всіх підключень модуляції одночасно, тому всі пов'язані параметри не стають занадто складними. В матриці ми бачемо всю послідовність зроблених нами модуляцій. Тут є джерело модуляції - крива - задіяння модуляції - назначення модуляції (що ми модулюємо) - тип модуляції (полярний / біполярний) - пряма/зворотня модуляції чи bypass - додаткове джерело модуляції.

#### Global - інші параметри [Малюнок Global]

Остання та фінальна зупинка у Serum – це глобальні налаштування, в яких є кілька цікавих речей, у тому числі два LFO під назвою CHAOS 1 та CHAOS 2. У верхньому лівому куті вікна Global можна побачити два низькочастотні осцилятори, так званих CHAOS 1 і CHAOS 2. Chaos LFO працює в наступному порядку: Chaos 1 більше повторюється, з двома різними тенденціями: вгору або вниз. Природа Chaos 2 більш хаотична та непередбачувана.

Unison: у глобальному меню знаходяться додаткові налаштування для управління унісоном, який є під двома основними осциляторами.

Range – діапазон, дозволяє встановити кількість півтонів, яке охоплюватиме ручка розладу унісона осцилятора.

Width – ширина, контролює величину стерефонічного поширення між кожним унісонним голосом. Чим вище число, тим більше стереозвук.

Warp - встановлює зміщення деформації для унісонних голосів і вимагає увімкнення режиму унісона та деформації (наприклад, FM або синхронізації) для осцилятора.

WT Pos - аналогічна функції Warp, але зміщується на унісон із WT Pos.

### 3.3. Аналіз твору Соні Мур (Skrillex) «First of the year»

Твір «First of the year» був написаний сучасним продюсером електронної музики Соні Мур, який виступає під псевдонімом Skrillex. Композиція була представлена сьомого червня в 2011 році, а десятого серпня вийшов кліп для підтримки синглу. Реліз зайняв перші місця в чартах США (ринок США вважається найбільш конкурентним), Норвегії, Австралії, Швеції та Канади, а музичний кліп брав участь в двох номінаціях на премії MTV VMA, за кращий електронний танцювальний кліп і кращі візуальні ефекти в відео. Друга номінація принесла нагороду проекту на церемонії 2012 MTV Video Music Awards (слід зазначити, що ця нагорода була створена як альтернатива «Греммі» в області музичних відео, і користувалась шаленою популярністю серед молоді публіки). Тож, з впевненістю можна затвердити, що успіх був вражаючий.

Соні Мур, більш відомий як Skrillex, американський музикант, продюсер, діджей та автор пісень. В 2004 році приєднався до інструментального музичного гурту From First to Last, які грали в жанрі пост-хардкор року (на той момент Скриллексу було 16 років). За два роки група записала два альбоми, в 2004 та 2006 році. В 2007 майбутня зірка вирішує відокремитись та розпочати сольну кар'єру, змінивши концерти в якості сольного співака, на діджей-пульт та танцпол. В 2008 його вже знали як відомого клубного діджея, і в цей період він виступав тільки в такій ролі. В

2009 проект переміщується в студію, де Соні Мур пише два ремікси на пісні популярних артистів, Lady Gaga та Snoop Dogg [92].

На той час в інтернеті не було багато платформ, для того щоб заявити про себе. Одним з популярних на американському ринку сервісів був myspace, куди Скриллекс виклав свій перший цифровий EP (міні альбом) під назвою “My Name is Skrillex” в 2009 році, для безкоштовного прослуховування та завантаження. Твори з цієї збірки за звучанням представляли собою щось середнє, між тодішніми відомими іменами електронної сцени, такі як Benny Benassi, Fatboy Slim, Deadmau5 и Chemical Brothers. Завдяки цьому альбому зірка електронної сцени Deadmau5 підписує Скриллекса на свій лейбл, на якому в 2010 та 2011 роках виходять два EP “Scary Monsters and Nice Sprites” та “More Monsters and Sprites”. Оба релізи досягають комерційного успіху. Більш того, на 54-й церемонії премії «Греммі» 2011 року, проект потрапляє в п’ять номінацій, одна з яких кращий новий виконавець, і виграє наступні три «Найкращий неklasичний запис з реміксом», «Найкраща танцювальна пісня», «Найкращий танцювальний / електронний альбом». В 2011 році Skrillex був названий артистом року в області електронної танцювальної музики MTV. За свою кар’єру Skrillex отримав вісім премій «Греммі» та є світовим рекордсменом за кількістю отриманим виконавцем електронної танцювальної музики. Творчість Соні Мура вплинуло на наступне десятиліття та сформувало звук популярної музики цього періоду. Він був одним з найбільш відомих артистів на фестивальной та електронній сцені західної музичної індустрії [92].

Пісня «First of the year» написана в жанрі Dubstep. Це направлення зародилось на рубежі 2000-х років, в Лондоні, і було піджанром і гібридом з британських музичних стилів, таких як гараж, даб-реггі, брейк-біт та грайм. Характерними рисами дабстепу є двоступінчастий динамічний ритм міцної бочки в тандемі з малим барабаном, та насиченні, агресивні, так би мовити

“розмовні” (що в електронній музиці називається wobblе (wobble англ.) синтез) низькі частоти, які заповнюють основний простір композицій.

Пісня написана в класичній формі, як для електронної музики: Intro > Theme (куплет) > Buildup (розгін, або частина, в якій наростає напруга перед “приспівом”) > Drop (приспів в електронній музиці) > Theme 2 (яма, або другий куплет) > Buildup 2 > Drop 2 > Outro (заключна частина). В електронній музиці прийнято між частинами, а конкретно між Buildup і Drop вставляти певні фрази, або перехідні елементи. В даному випадку, це шалені крики. Вступна частина починається з прямого ударного ритму, синкопійованого фортепіано, що грає акорди, та головної мелодії семплованого вокалу. По тембру чути, що бочка ударної секції це акустичний бас барабан, а от снейр, котрий грає на слабкі долі, поєднання малого барабану та сипучої тарілки, з великою кількістю реверберації, що створює ефект великого приміщення. В другому квадраті вступу плавно на задньому плані з’являється, схожий на гру струнних інструментів, лід (назва протяжного синтезованого звуку в електронній музиці), який готує нас до наступної частини. В частині Theme (перший куплет) на фоні імітованого шуму концертного натовпу, фортепіано грає провідну тему твору, в супроводі акустичних барабанів, що акцентує сильні долі. В наступній частині Buildup знов з’являється семплований голос, який замість фортепіано виконує туж саму тему, тільки тепер, в тандемі з низькочастотним басовим синтезованим звуком, що точно дублює верхній голос. Ритм секція поступово більш інтенсивною грою готує нас до кульмінаційної частини. В дропі (приспіві) ми чітко чуємо синтезовані звуки зроблені формантним методом. За рахунок модуляцій в голосних частотах, створюється ефект вигуків мовного апарату. Подібні звуки головним чином відрізняють жанр дабстеп від інших. Приспів можна поділити на два квадрати: в першому, гроули (голосний синтез) та мелодійна складова, написані в формі питання-відповідь; в другому квадраті ідентична форма, проте коли один з голосів грає, інший супроводжує його, динамічно поступаючись. Друга частина пісні починаючи з Theme 2 майже не

відрізняється від першої, окрім більш енергійної ритм секції в другому приспіві.

Тож, чому ця, і подібні пісні написані в цьому жанрі, принесли шалену популярність їх творцю? Саме завдяки методу синтеза, який використовується. Слухаючи електрону музику інших напрямлень, в 95% випадків, а необізнана людина мабуть в 99%, не зможе відповісти, завдяки якому методу було досягнуто того чи іншого звучання. І на той момент, ніхто настільки професійно, гармонічно та точно артикуляційно, не досягав подібного результату в формантному синтезі. Це було абсолютно новий рівень, ноу-хау в електронній музиці.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленої мети та визначених задач ми можемо зробити наступні **ВИСНОВКИ**:

1. В роботі проаналізовано джерельну базу теми роботи та встановлено основні дослідження з питання синтезу звуку. Це праці з інструментознавства та синтезу звуку – монографія Когоутек Ц. «Техника композиции в музыке XX века»; монографія Куца Є. В. «Електромюзичний інструментарій як еволюційний фактор музичної культури Х – початку ХХІ століття»; дисертація С.Г.Лазарева «Електронна музика як соціокультурне явище (друга половина ХХ - початок ХХІ століть)»; підручник Ужинського М. Ю. «Цифрові технології і засоби мультимедіа»; дисертація Черевко К.П.» Електронна музика як феномен культурно-цивілізаційних процесів **XX**

- початку ХХІ століття»; дослідження Шустова С.Л. «Електронна музика в системі студійних жанрів»; стаття Стецюка І. «Історія електронних синтезаторів»; монографія Шипа В. С. «Музична форма від звуку до стилю» тощо;
2. Здійснено історичний огляд розвитку розуміння людиною уявлення про звук на підставі матеріалів з історії музики та енциклопедичних даних;
  3. Простежено процеси розвитку електронних інструментів на прикладі: «Телгармоніум» Таддеуса Кехілла, «Співаюча арка» Вільяма Дюбуа Дудделя, «Терменвокс» Льва Сергійовича Термена, «Ondes Martenot» Моріса Мартено, «АНС» Євгена Олександровича Мурзіна, «Electronic Sackbut» Х'ю Ле Кейна, «RCA Mark» та «RCA Mark II» Гаррі Ф. Олсона та Герберта Беллара, «Buchla 100», «Buchla 500» та «Buchla Music Easel» Дональда Бухла, «Moog Modular», «Minimoog» Роберта Муга, «ARP-2500» Алана Перлмана, «Serge» Сержа Черепніна, «SEM», «Oberheim Two Voice» та «Oberheim Four Voice» Тома Оберхейма.
  4. Досліджено види синтезу звуку (субтрактивний, аддитивний, FM, Sample-Based, Wavetable, векторний, спектральний, фізичне моделювання, гранулярний) та структуру сучасних синтезаторів (Xfer Serum, Native Instruments Massive, Ableton Wavetable, Reveal Sound Spire).
  5. Розглянуто можливості сучасних синтезаторів, таких як (Xfer Serum)
  6. Проаналізовано творчу діяльність Соні Мур (Skrillex) та твору «First of the year»

## Схожість

Джерела з Інтернету

4

1	<a href="https://znaimo.com.ua/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD_(%D0%BC%D1%83%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%...">https://znaimo.com.ua/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD_(%D0%BC%D1%83%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%...</a>	0.13%
2	<a href="http://elib.nakkkim.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1861/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%84.%D0%A5%D0%BE%D1%8...">http://elib.nakkkim.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1861/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%84.%D0%A5%D0%BE%D1%8...</a>	0.07%
3	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/pervaya-dzhazovaya-gramplastinka-muzyka-momenta-stavshaya-vnevremennoy">https://cyberleninka.ru/article/n/pervaya-dzhazovaya-gramplastinka-muzyka-momenta-stavshaya-vnevremennoy</a>	2 джерела 0.04%

## Цитати

Цитати

9

1 (Skrillex) «First of the year»

2 «Є у нас дома звуків для дослідів із всілякими звуками та отримання їх. Нам відомі невідомі вам гармонії, створюванні чвертями тонів і ще меншими інтервалами, і різні музичні інструменти, також вам не відомі і звучать приємніше, ніж будь-який з ваших; є у нас дзвони та дзвіночки з найприємнішим звуком. Слабкий звук ми вміємо робити сильним і густим, а густий - ослабленим або пронизливим; і можемо змусити тремтіти і тремолювати звук, який зароджується цілісним. Ми відтворюємо всі звуки мови та голоси всіх птахів та звірів. Є у нас прилади, які прикладені до вуха, дуже покращують слух. Є також різні дивовижні штучні ехо, які повторюють звук багаторазово і як би відкидають його, або ж повторюють його голосніше, ніж він був виданий, вищим або нижчим тоном; а то ще заміняють один звук іншим. Нам відомі також способи передавати звуки по трубах різних форм і на різні відстані.»

3 «Найцікавіше було на колісниці, в якій їхала найнезвичайніша музика, яку тільки можна уявити. У ньому сидів ведмідь, який грав на органі; замість труб було шістнадцять котячих голів, кожна із замкненим тілом; хвости стирчали і стирчали. вважалось, що на ньому грають як на струнах піаніно... відповідний хвіст буде сильно тягнути, і щоразу він видаватиме сумне нявкання»

4 "Електронну віолончель"

5 "Це не музичний інструмент. У кращому випадку це інструмент виготовлення інструментів."

6 "Ось чому мені не потрібна була клавіатура"

7 "Я не хотів відтворювати старий спосіб створення музики, орієнтований на висоту звуку. Я хотів, щоб це було засноване на жестах"»

8 «Я відчуваю [синтезатор Moog] - це інструмент і спосіб безпосередньо висловити те, що спадає на думку. Це дає вам так багато звуку у ширшому сенсі»

9 «Боб Муг вигадав генератор логарифмічної функції та експоненційної функції у різних місцях. Вони мали різну температуру, вони розходилися і засмучувалися один з одним. Я бачив документи інших інженерів, де були показані способи стабілізації цих функцій шляхом створення пристроїв з постійною температурою. Було набагато простіше просто помістити їх в той самий чіп. Іноді потрібний свіжий погляд, щоб поглянути на складну проблему і знайти для неї найпростіше рішення»