

# Ласкаво просимо до «Introduction to computer game audio engineering» !



**Інформаційні матеріали**

**Лекційні слайди**

**Лекції:**

*Віктор Ровінський*

**Лабораторні заняття:**

*Віктор Ровінський*

## Зміст курсу

- **Основи звукоакустики.** – Основні фізичні та фізіологічні явища, які враховуються при створенні звукового матеріалу на електронних носіях, моно, стерео.
- **Типи акустичних і музичних пристроїв і принципи їх використання** – MIDI-контролери, підсилювачі мікрофони, гучномовці, навушники.
- **Типи пристроїв звукосинтезу і обробки** – Механічні музичні інструменти, синтезатори, еквалайзери, хоруси, ревербератори, компресори, гейти, лімітери.
- **Пристрій комутування електричних сигналів** – Мікшерний пульт
- **Вивчення цифрової робочої станції (Logic Pro)**

- Принципи побудови музичної композиції.
- **Основи методології формування аудіо матеріалу**

## Лабораторні: практичне вивчення

- **Лаб 1 Налаштування DAW(digital audio workstation) Logic Pro**
  - Вибір звукової карти, робочої розрядності та частоти дискретизації
  - DAW як емуляція мікшерного пульта. Типи треків системи: (midi, audio, automation).
  - Поняття аудіо шин і способи їх використання
- **Лаб 2 Вивчення основних інструментів DAW**
  - Вивчення прийомів редагування midi & audio в Logic Pro
  - Побудова аудіо треку методом нарізки. (...Вступ в...)
- **Лаб 3 Робота з аудіофрагментами. Автоматизація треків.**
  - Визначення темпу, розміру, тональності

- Способи корекції частоти, та швидкості аудіо фрагментів
- **Лаб 4 Робота з MIDI**
  - Поняття midi інтерфейсу. Команди.
  - Режими роботи midi інтерфейсу. Редагування нот.
- **Лаб 5 Робота з ритмічною секцією.**
  - Склад ударної установки. Підбір звуків, усунення частотних конфліктів.
  - Сумісність партії бас-гітари з ударними. Побудова ритм секції.
- **Лаб 6 Основи звукового синтезу.**
  - Основні принципи роботи синтезаторів (адитивний, субтрактивний, частотно-модульований, гранулярний).
  - Тембри ведучої партії. (Lead...).
  - Способи одержання необхідного тембру за допомогою субтрактивного синтезу
- **Лаб 7 Використання класичних інструментів.**

- Фортепіано. Клавесин. Скрипка. Група духових інструментів. Орган.
- **Лаб 8 Основи процесу зведення #1. (Амплітуда...)**
  - Пошук балансу амплітуд.
  - Зведення тестового фрагменту шляхом видалення несумісних тембрів.
  - Пошук часового розділення.
- **Лаб 9 Основи процесу зведення #2. (Панорама...)**
  - Пошук оптимальної панорами.
  - Формування простору звукової картини.
  - Використання техніки Mid-Side
  - Зведення тестового фрагменту шляхом панорамування.
- **Лаб 10 Основи процесу зведення #3. (Реверберація...)**
  - Відлуння та реверберація.
  - Досягнення природного звучання шляхом додавання відлуння та реверберації.

- Використання хорусу
- Лаб 11 Основи процесу зведення #4. (Компресування ...)
  - Компресування та лімітування.
  - Усунення шиплячих звуків. Де-есер.
- Лаб 12 Основи процесу зведення #5. (Side-chain...)
  - Налаштування компресора у режимі сайд-чейн.
  - Налаштувати сумісну гру бас-гітари і ударної секції.
- Лаб 13 Фінальна обробка треку - #1.
  - Вихідні ефекти. Типові налаштування вихідних ефектів.
  - Емуляція аналогового аудіотракту.
  - Робота над фінальним проектом
- Лаб 14 Фінальна обробка треку - #2.
  - Типові налаштування мультисмугових ефектів.
  - Елементи мастерингу.
  - Робота над фінальним проектом

- **Лаб 15 Фінальна обробка треку – #3.**
  - Робота над фінальним проектом

## Фінальний проект

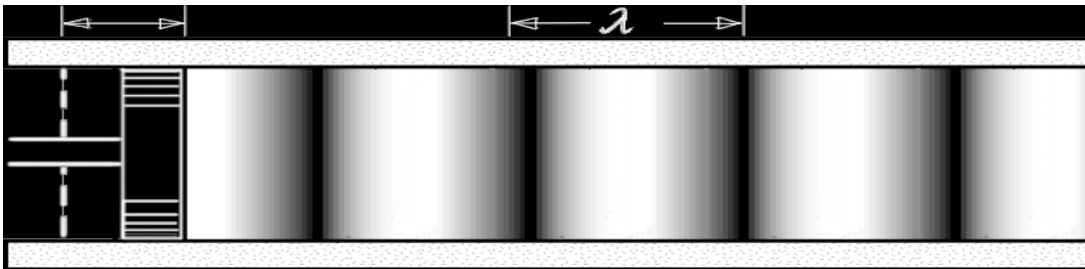
- Виконується групами по 2-3-4
- Відкритий для обговорення
- Ви і команда обговорюють проектні пропозиції
  - Пропозиції до реалізації.
  - Огляди рішень.
  - Вибір найкращих рішень.
- Презентація реалізованого проекту
- Оцінювання проекту шляхом випадкового прослуховування

# Оцінювання

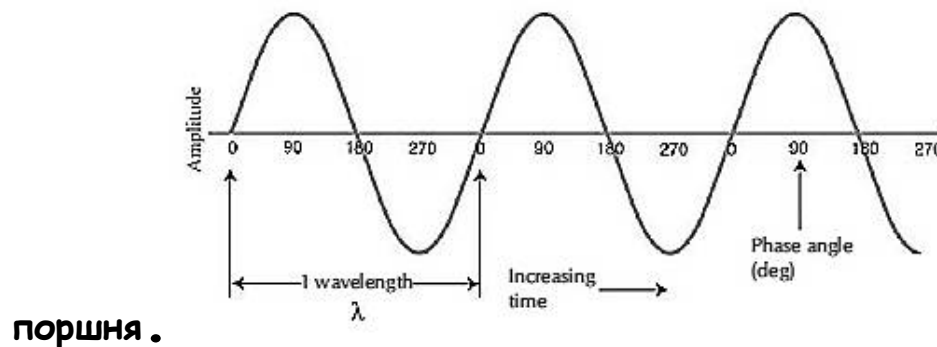
- **Теоретичний матеріал** : 18%
- **Лабораторні**: 42%
  - Кожна лабораторна: 3%,
- **Фінальний проект**: 40%
  - Вчасне завершення і активність: 5%
  - Якість та організація презентації: 5%
  - Складність, новизна та ризик: 3%
  - Визначення проблем при вирішенні завдання: 2%
  - Експертна оцінка: 10%
  - Слухачька оцінка: 15%



# Звукові коливання



Формування звукових коливань в трубі за допомогою **коливного**



**Амплітуда, довжина хвилі/період коливання, фаза.**

Гармонічні коливання:

$$S(t) = A \cdot \sin(2\pi ft + \varphi)$$

Зв'язок періоду і частоти:

$$T = \frac{1}{f}$$

Довжина хвилі:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

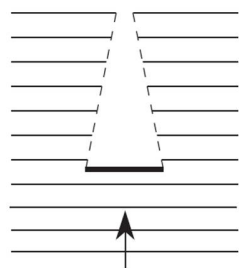
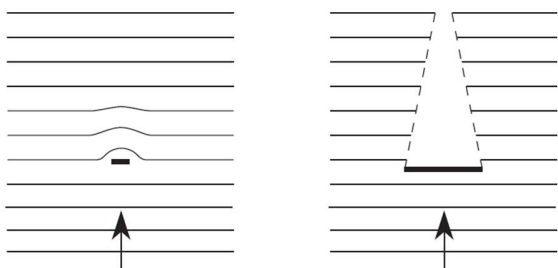
Швидкість звуку в повітрі:

$$c = 340,29 \text{ м/сек}$$

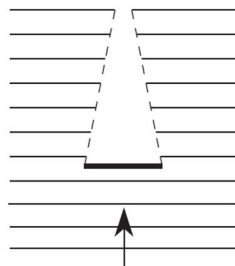
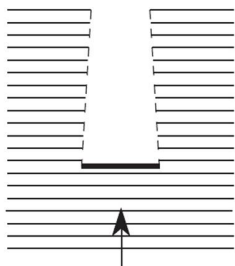
Швидкість звуку в повітрі  
необхідно враховувати  
при імітації відлуння у  
великих приміщеннях

# Дифракція звуку

Дифракція звуку з об'єктами різної величини

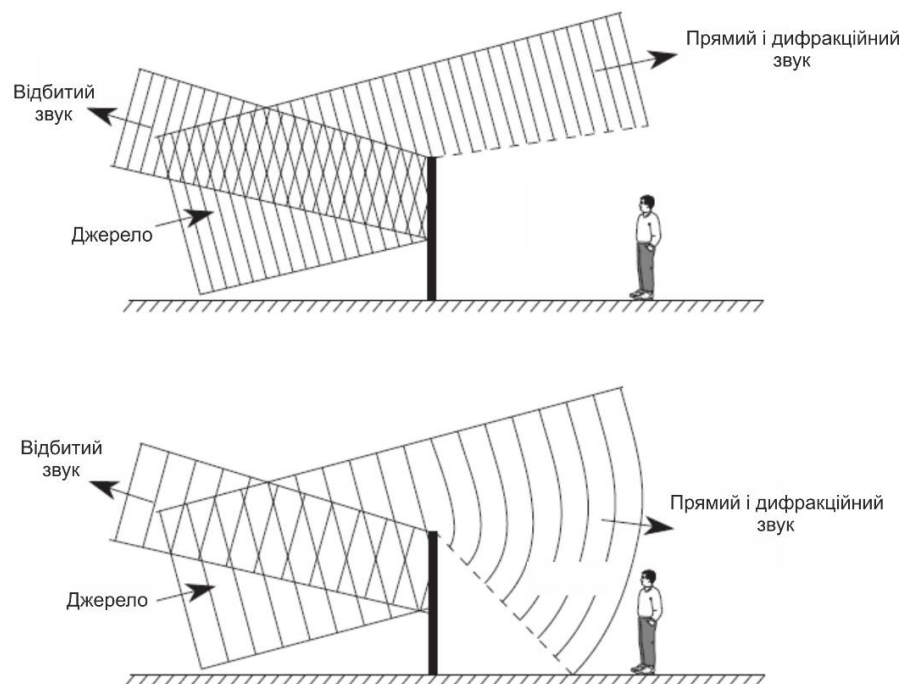


Дифракція звуку різних частот з рівними об'єктами



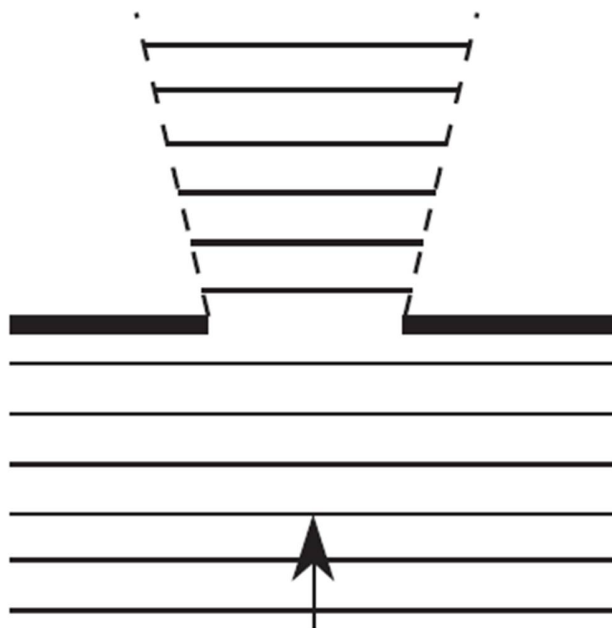
Великі об'єкти формують **акустичну тінь** - зону зменшення гучності джерела, що закрита перешкодою. **Низькочастотні** складові сигналу - краще огинають перешкоди. (3D ігри).

# Дифракційна зміна напрямку руху звуку на границях твердих тіл

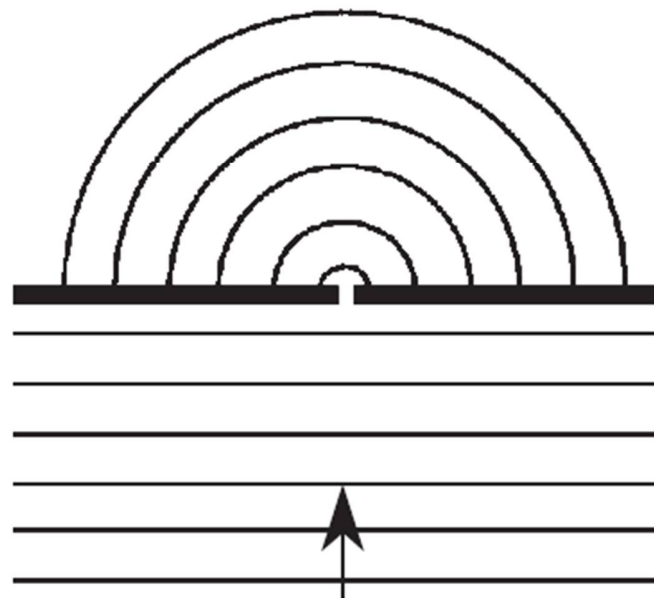


«Загинання променів» на границях лабіринтів призводить, до того, що **НИЗЬКОЧАСТОТНІ** дифракційні складові звуку стають чутними. (3D ігри).

# Дифракція на отворах

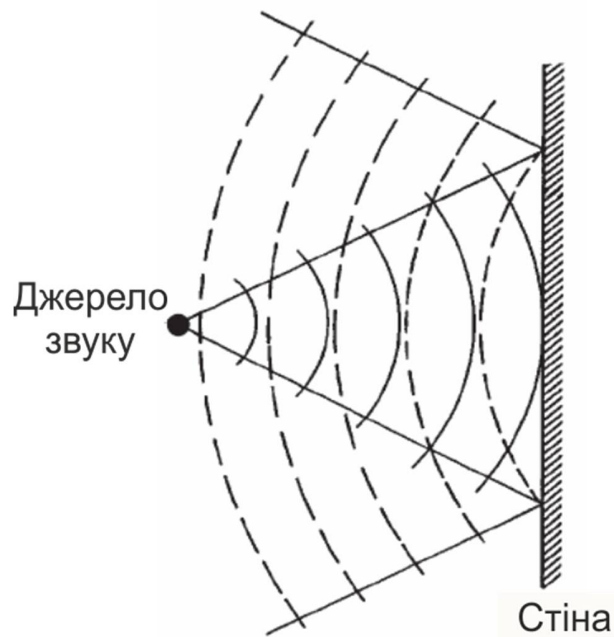


**Великі отвори формують розширювані «трубки звуку». Форма фронту хвиль слабо змінна**

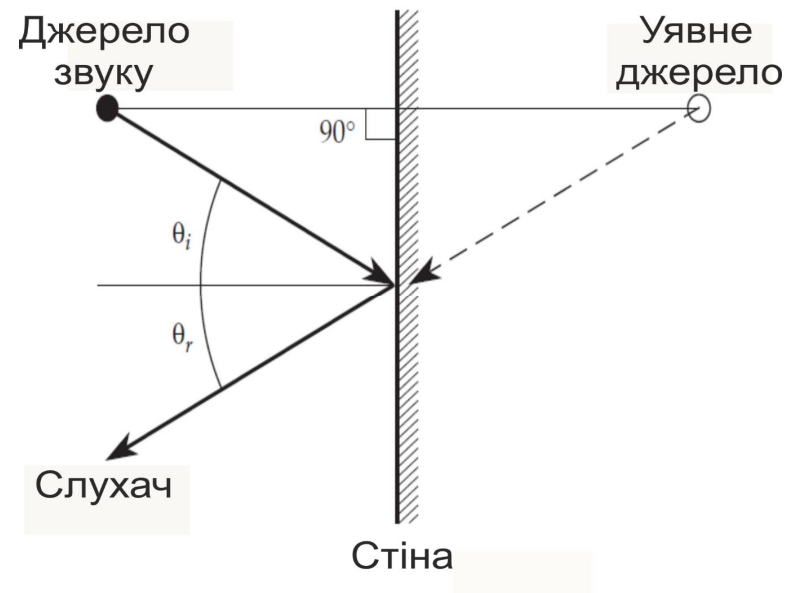


**Малі отвори призводять до перетворення форми фронту акустичних хвиль в сферичні**

# Відбиття звукових хвиль



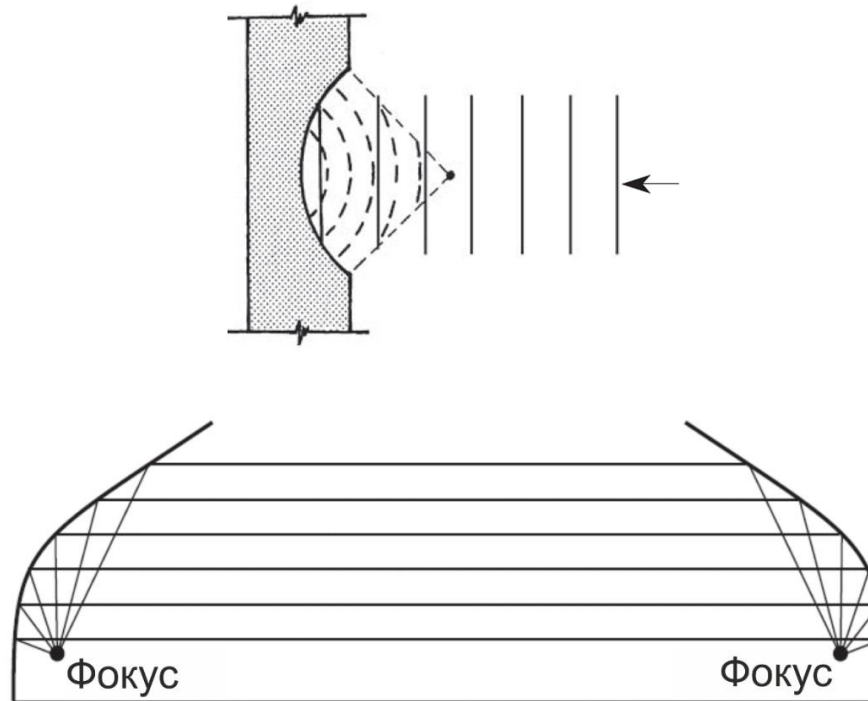
Прямі неспотворені відбивання  
точкового джерела



Уявне джерело звуку при відбитті

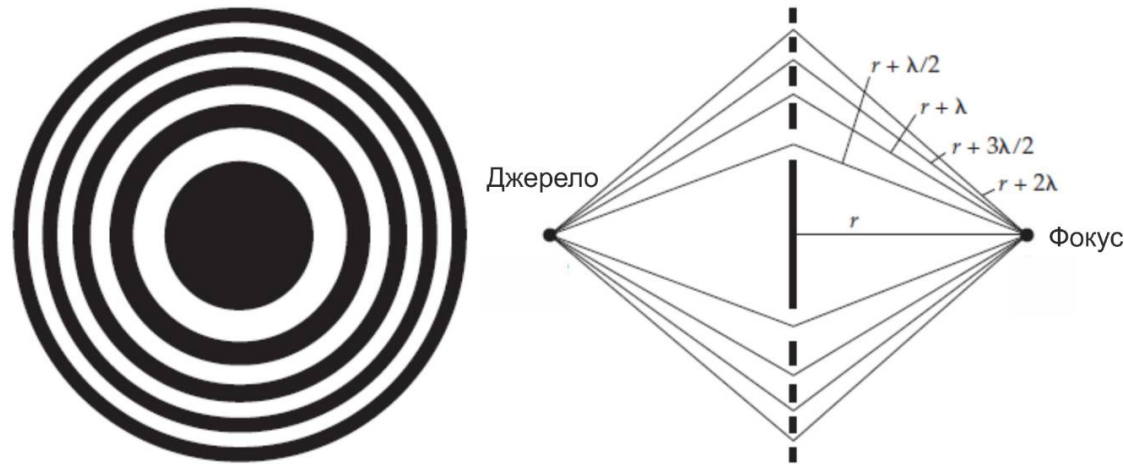
Уявні джерела звуку формують **дзеркальні відображення** реального джерела, на границях коридорів, відкритих дверей, і т. д. (3D ігри).

# Фокусування звукових хвиль



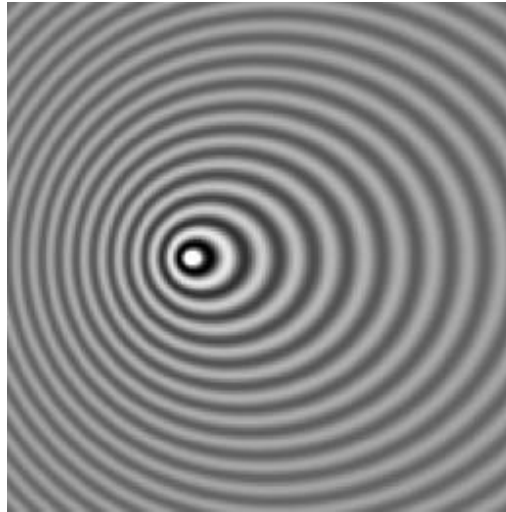
**Галереї шепотіння** (існують в St. Paul's Cathedral в Лондоні, St. Peter's Basilica в Ватикані та ін.). Ввігнуті об'єкти спричиняють збільшення рівня звуку в точках **фокусу**, і це необхідно враховувати, коли діючий персонаж заходить в приміщення з ввігнутостями (палаці, культові споруди).

# Фокусування звукових хвиль за допомогою дифракції (акустична лінза Френеля)



Якщо з конструктивних міркувань необхідна плоска конструкція акустичної лінзи, використовують лінзу Френеля

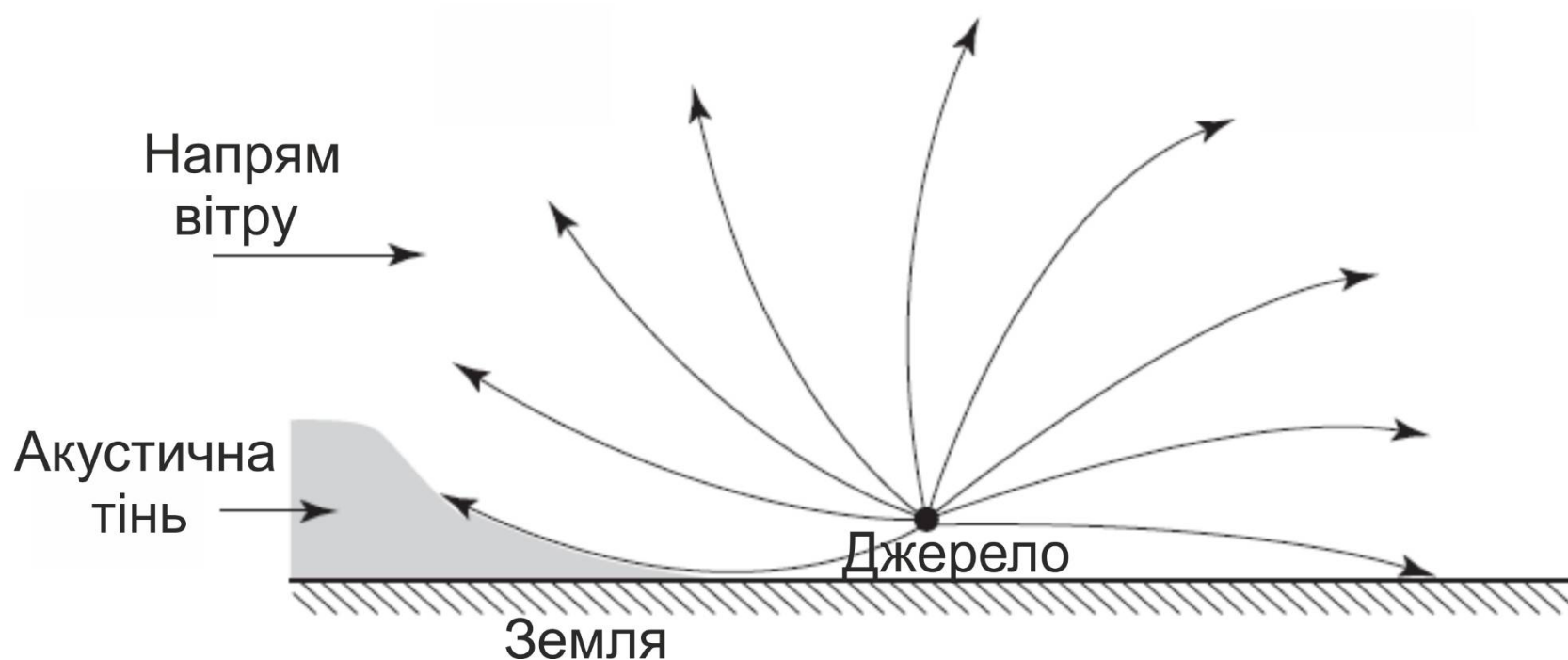
# Ефект Доплера для рухомих джерел



Рух джерела акустичного сигналу призводить до **зниження** частоти коливань, якщо слухач знаходиться позаду такого джерела. Ефект Доплера необхідно враховувати при озвучуванні швидкісних об'єктів в іграх (машини із сиренами, літальні об'єкти, тощо)

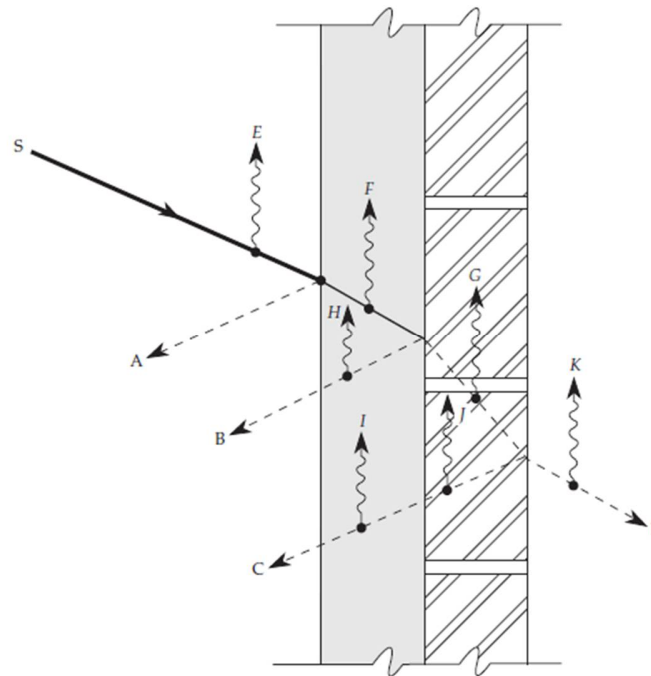


# Вплив вітру на поширення звуку



Поривчаста зміна швидкості **вітру** може призводити до **мерехтіння амплітуди** чутного звукового сигналу, при напрямі вітру від слухача до джерела звуку.

# Проходження звуку через складну стіну з 2х різнорідних матеріалів

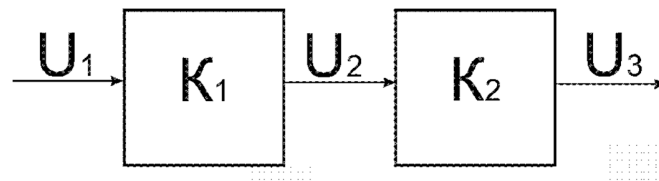


Проходження акустичного сигналу через матеріали **різної** густини.  
Наявні **заломлення** наскрізного променя.

# Передавальний тракт, та каскадування його елементів.

Коефіцієнт передачі (підсилення, якщо він  $>1$ ) визначається як

$$K_u = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} [\text{в.о.}]$$



Для заданого випадку  $K_1 = \frac{U_2}{U_1}$ ,  $K_2 = \frac{U_3}{U_2}$ ,  $K_{12} = \frac{U_3}{U_1} = K_1 \cdot K_2 [\text{в.о.}]$

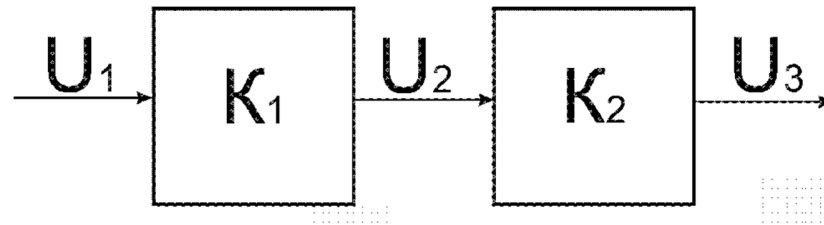
У випадку, якщо необхідно визначити коефіцієнт передачі за потужністю, то вимірюють не напруги, а потужності на входах і виходах каскадів:

$$K_p = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} [\text{в.о.}]$$

# Децибели.

Коефіцієнт передачі (в **децибелах**) визначається як

$$K_u = 20 \lg \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} [\text{дБ}]$$

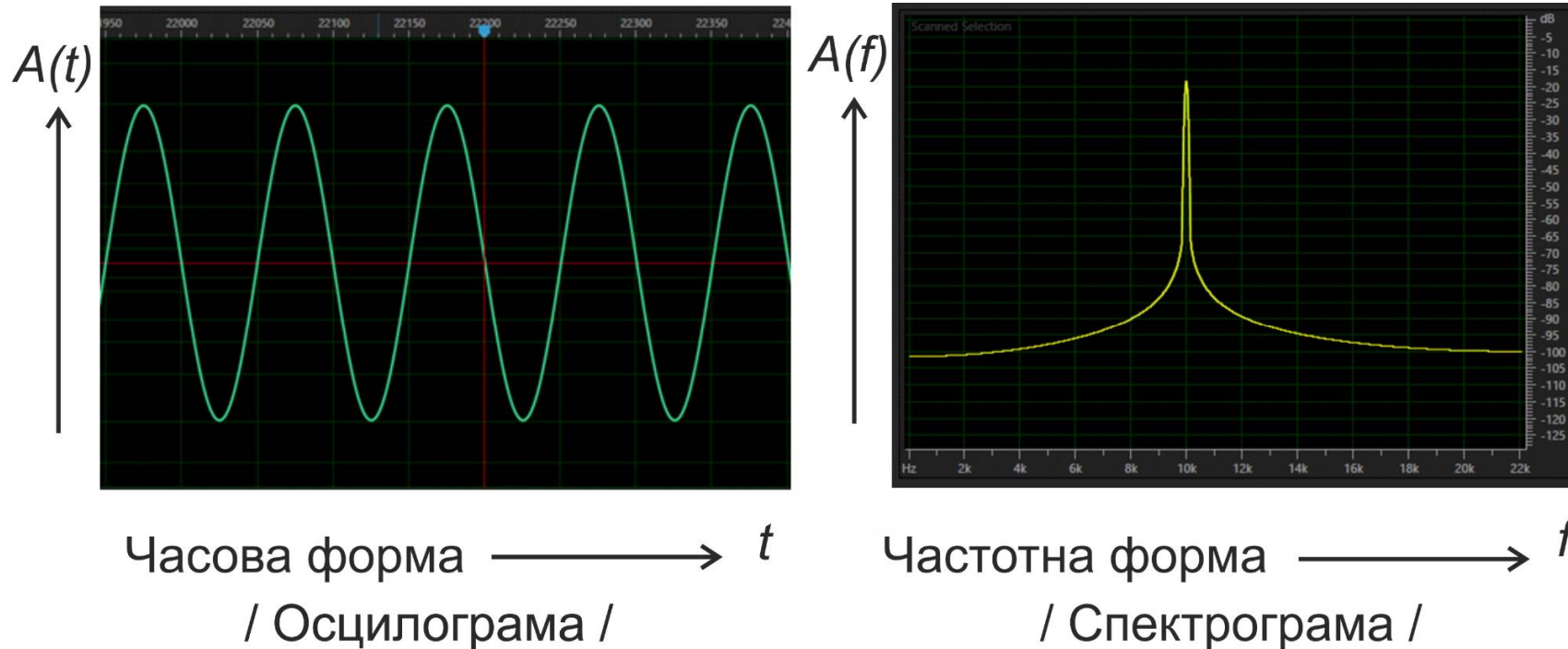


В цьому випадку  $K_1 = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$ ,  $K_2 = 20 \lg \frac{U_3}{U_2}$ ,  $K_{12} = 20 \lg \frac{U_3}{U_1} = K_1 + K_2$  [дБ]

У випадку, якщо необхідно визначити коефіцієнт передачі за потужністю, то вимірюють не напруги, а потужності на входах і

виходах каскадів:  $K_p = 10 \lg \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} [\text{дБ}]$

# Час і частота. Різна форма, одна суть

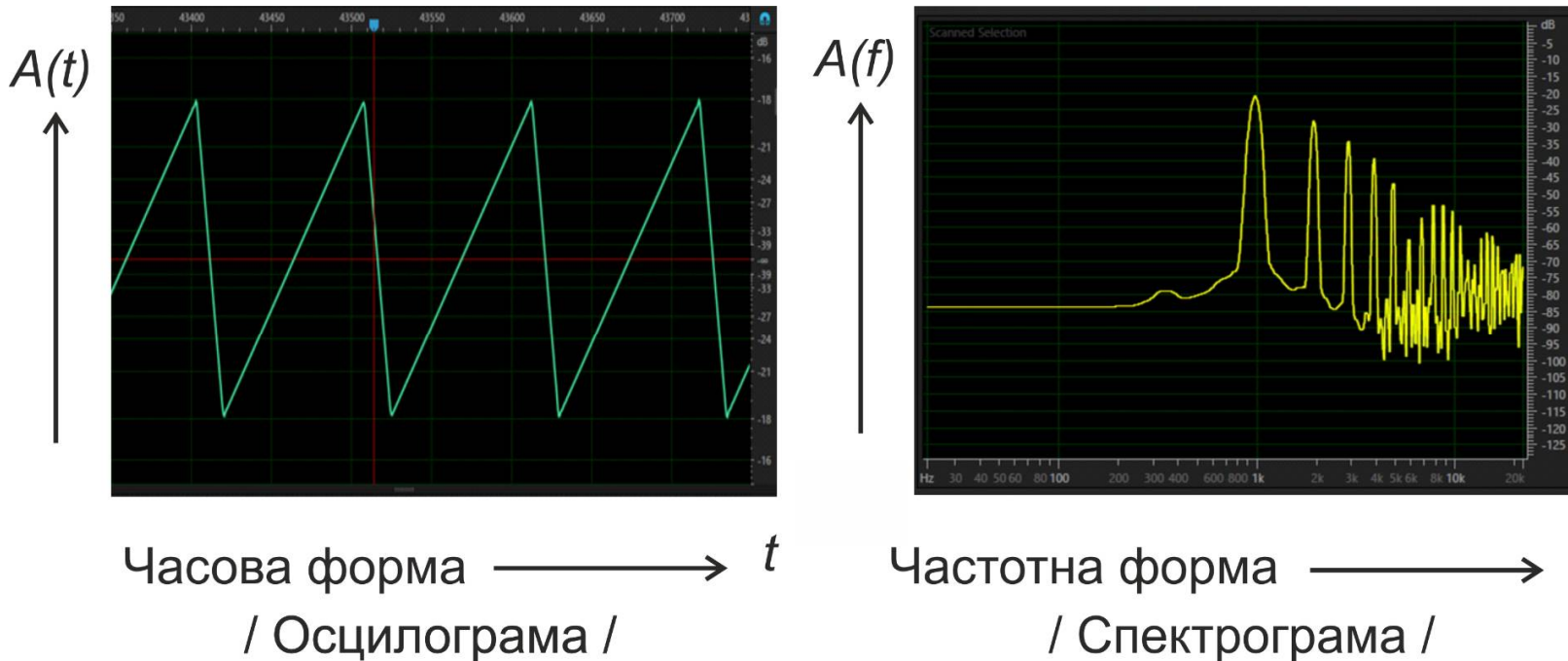


Довільний періодичний сигнал можна розкласти в ряд Фур'є - суму гармонічних коливань:

$$f(t) = a_0/2 + a_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + a_2 \cos(2\omega t + \varphi_2) + a_3 \cos(3\omega t + \varphi_3) + \dots$$

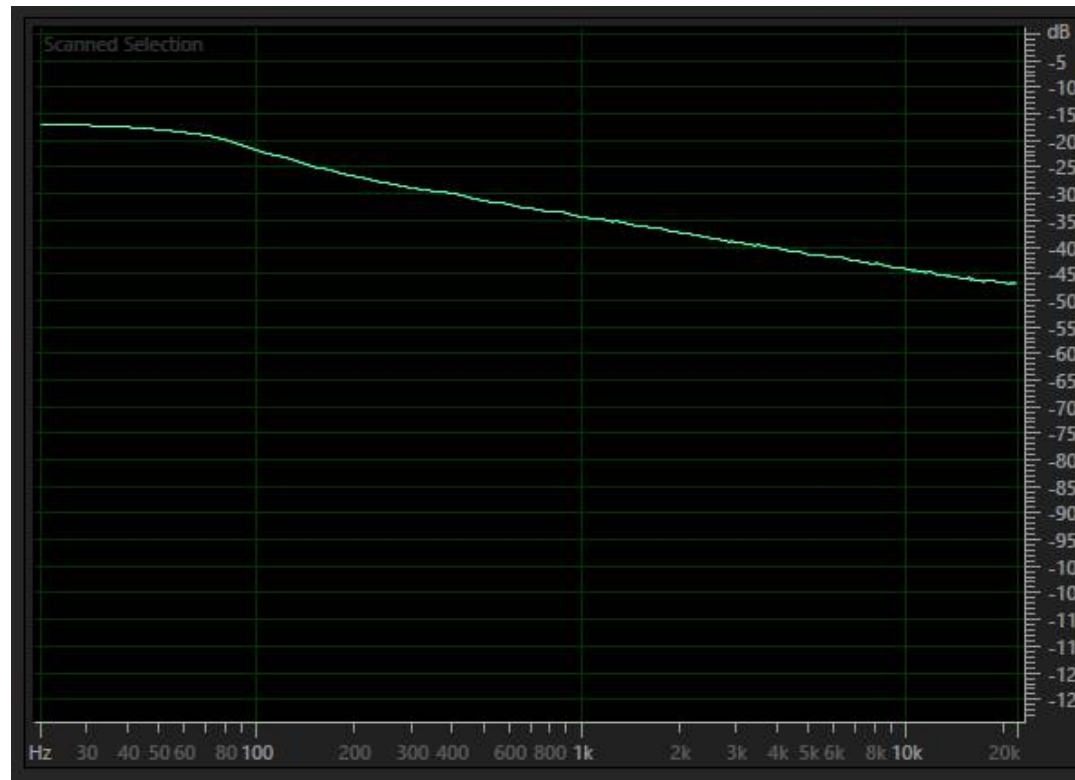
$$= a_0/2 + \sum_n a_n \cos(n\omega t + \varphi_n)$$

# Представлення негармонічних періодичних коливань



Негармонічним коливанням притаманна велика кількість гармонік (обертонів). Для музичних звуків, ці обертона змінюють свою амплітуду і частоту протягом часу звучання (Фортепіано, цимбали, щипкові інструменти і т. д.), однак для деяких **тембрів** обертона майже незмінні в часі (орган, труби, флейти, скрипки які грають довгі звуки, голос людини на голосних звуках («А», «О», «У»...), тощо.

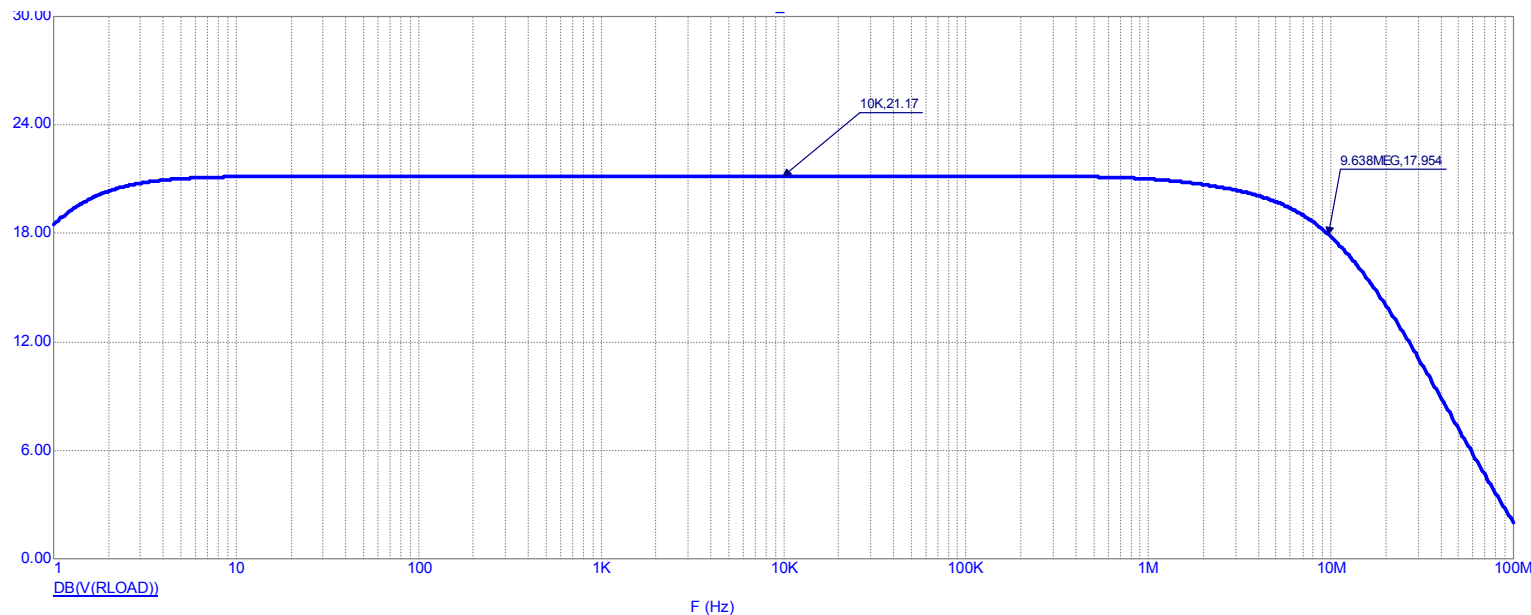
# Спектр шумових сигналів



На рисунку наведений «**Рожевий шум**» Шумові сигнали займають весь частотний діапазон. «Рожевий», «**Коричневий**» шум, мають спад амплітуд на високих частотах. Такі шуми зазвичай, ми чуємо в природі: водоспад, вітер, море. «**Білим**» називається шум – який має рівномірний спектр – всі спектральні складові в ньому однакові по амплітуді.

# Амплітудо-частотна характеристика

Пристрої передачі і відтворення електричних та акустичних сигналів мають різний коефіцієнт підсилення для різних частот і тому не можуть передати всіх нюансів природного звуку. Для опису такої нерівномірності застосовують **АЧХ**. АЧХ- це залежність модуля комплексного коефіцієнта передачі системи від частоти:

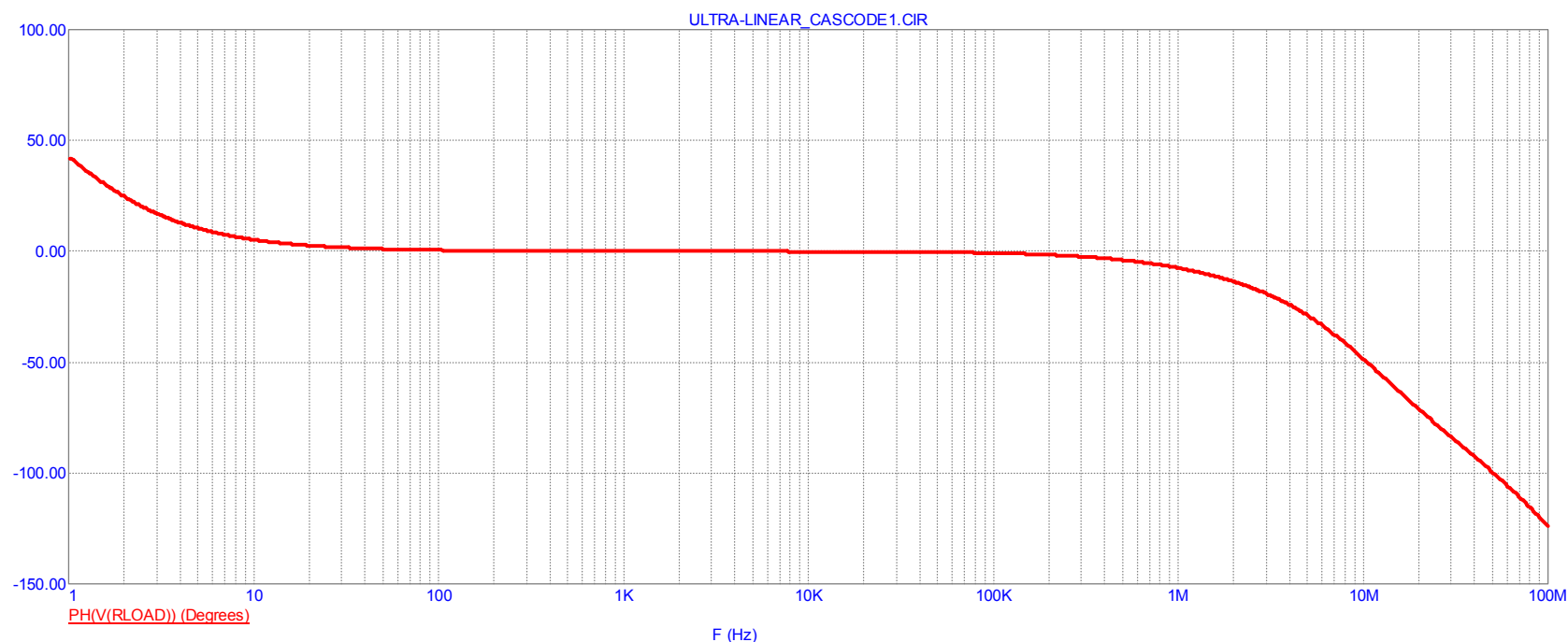


Визначають «**смугу пропускання**» на рівні спадання коефіцієнта передачі на рівні «**Ки-3 dB**». Вважається, що смуга пропускання 20Гц..20кГц є достатньою для якісного звуковідтворення. АЧХ можна одержати шляхом пропускання білого шуму через підсилювач і відображенні результату у вигляді спектра.



# Фазо-частотна характеристика

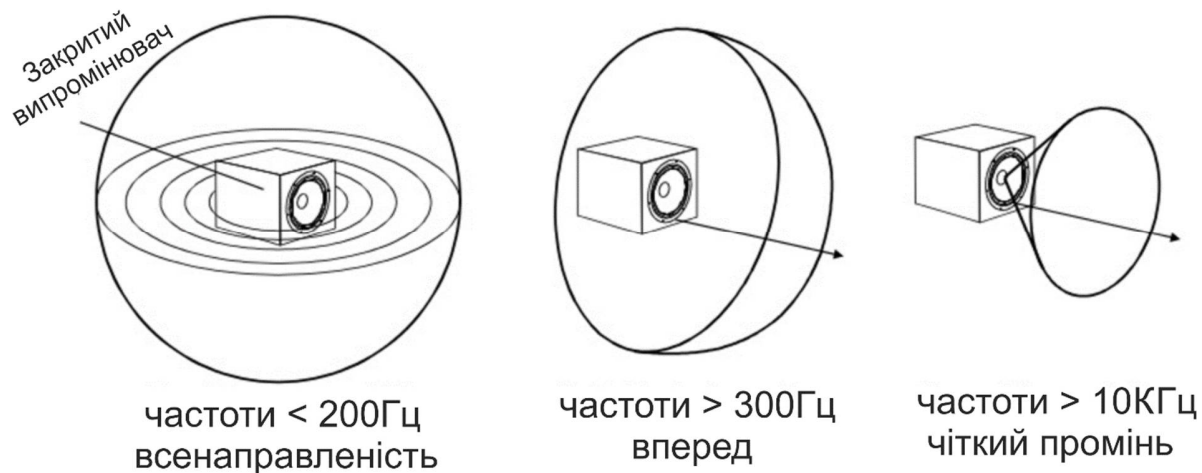
Пристрої передачі і відтворення електричних та акустичних сигналів мають різний фазовий зсув для різних частотних складових сигналу. Для опису такої нерівномірності застосовують **ФЧХ**. ФЧХ показує настільки сигнал набуває додаткового фазового зсуву після проходження через підсилювач.



**Зміна фазового зсуву може призвести до повного інвертування фази (на 180 градусів), що призводить до паразитного ефекту самозбудження системи – появи свисту.**

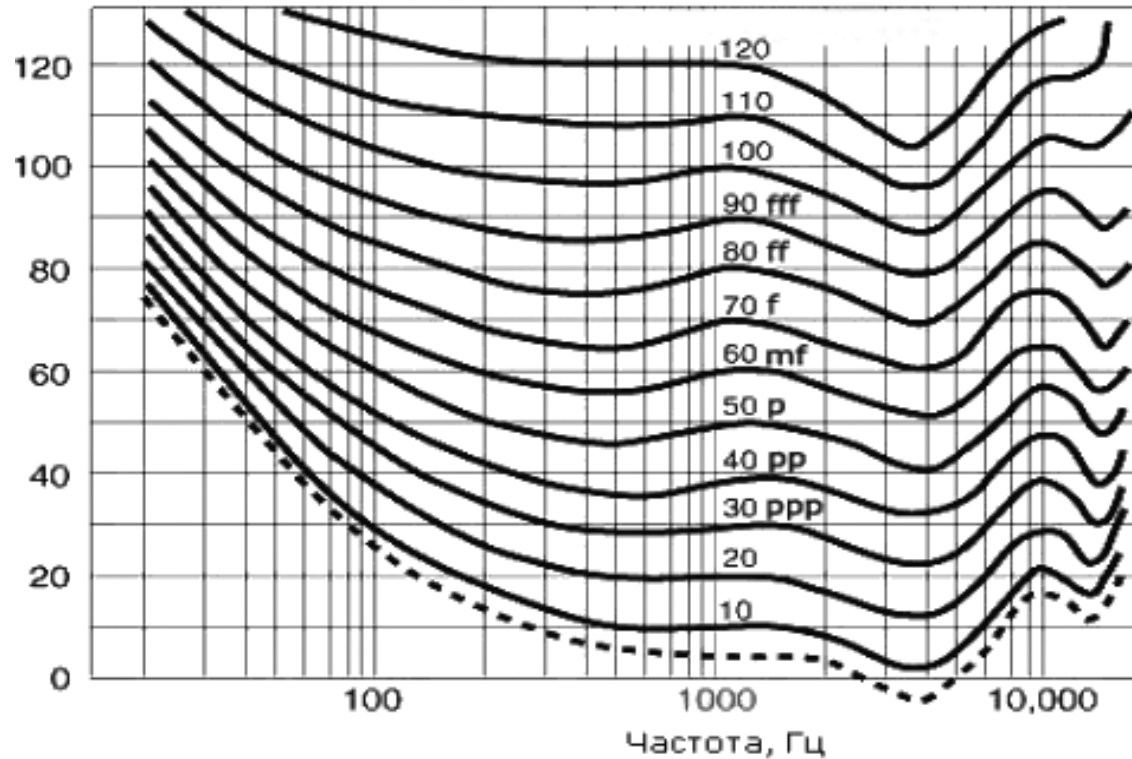
# Діаграми направленості

Яка різниця між лампочкою, яка вільно світить під стелею без будь-яких абажурів, і ліхтариком? Ліхтарик дає **направлений** промінь світла, а лампочка світить **рівномірно** у всі боки. Подібна ситуація спостерігається і в акустичних приладах: гучномовцях та мікрофонах. Є тільки одна відмінність: **ширина звукового променя** для акустичних приладів **залежить від частоти**. Графічно це можна зобразити так:



Об'ємні зображення діаграм незручно використовувати для вимірювань, тому користуються їх проекціями на горизонтальну і вертикальну площини, із нанесеними шкалами.

## Криві чутливості вуха



- Лінії на графіках – криві однакової гучності
- На частотах 1-2кГц спостерігається підвищена чутливість до звукових сигналів.

# Маскування звуку

У певних випадках один звук може бути **прихований** іншим звуком. Розмова поруч із залізничними коліями може бути неможлива, якщо повз проїжджає поїзд. Розрізняють декілька видів **маскування**:

За часом приходу маскуючого і замаскованого звуку:

- одночасне (моноуральне) маскування
- тимчасове (неодночасне) маскування

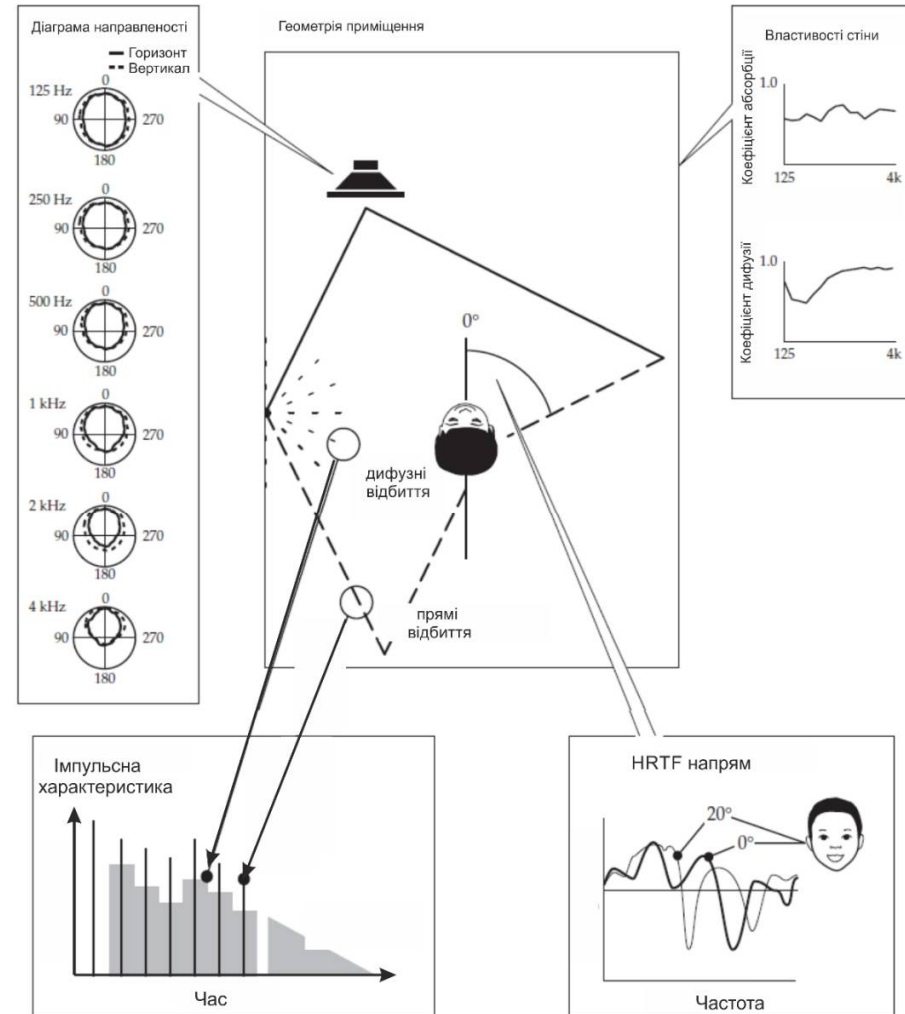
За типом маскуючого і замаскованого звуків:

- чистого тону чистим тоном різної частоти
- чистого тону шумом
- мови чистими тонами, імпульсними звуками
- мови монотонним шумом і т.д.

Явище маскування звуку слід враховувати при складанні музичних треків. Якщо хочемо, щоб звук був чітко почутим, він не повинен накладатись в часі (йти «перед» або зразу «після» в межах **40-100** мс), з іншим звуком і в частотному діапазоні (основні енергії 2х сигналів не повинні накладатись)

# Ауралізація

Ауралізація – процес акустичної імітації знаходження у певному приміщенні. Здійснюється за допомогою навушників і спеціального програмного забезпечення, яке враховує **імпульсні характеристики (IX)** приміщення (затухання звуку, його розсіювання), діаграми направленості випромінювача, і стерео діаграми направленості голови людини (**HRTF**). За допомогою операції **згортки (convolution)** з IX приміщення і HRTF, довільний звук набуває характеристик подібних на ті, які б він набув, поширюючись в реальному приміщенні. IX можуть вимірюватись в реальному приміщенні, або розраховуватись в результаті комп'ютерного моделювання.



# Бінауральний запис

Запис 3D звуку (бінауральний запис) здійснюється за допомогою «**імітатора ГОЛОВИ**», у якого якісно відтворені форми вушної раковини, в які вставляються мікрофони. Такий запис відтворюють через навушники, при цьому вдається правильно визначити напрям до джерела звуку. Звук може знаходитись зверху, позад, збоку. Запис ІХ за допомогою імітатора голови призводить до можливості розрахунку **HRTF**.



**Neumann KU 100**  
бінауральний  
стерео мікрофон



# Мінімально достатнє обладнання для звукозапису



Для створення звукового матеріалу необхідне спеціальне акустичне оформлення студії, проте у випадку створення ігор, в більшості випадків ці вимоги можна мінімізувати, враховуючи той факт, що більшість ігор виконуються на мобільних платформах (телефони, планшети), які не можуть забезпечити високу якість звуковідтворення.

# MIDI-клавіатури

Для створення звукових партій для ігор, достатньо 2х-октавної найпростішої MIDI-клавіатури, без врахування сили натискання клавіш (динаміка) і т. д. З цією метою можна використати будь-який інструмент, що має MIDI-вихід. Проте, якщо виконавець має достатню кваліфікацію, потрібні додаткові властивості клавіатур - (динаміка, імітація фортепіанної механіки, спеціальні можливості для створення звукової вібрації). Приклади:



**M-Audio Oxygen 25 MK IV**



## «М'яка» MIDI клавіатура



### ROLI Seaboard RISE-25

Даний тип клавіатури дозволяє змінювати частоту (висоту тону) звуків, реагуючи на силу і на місце натискання «клавіш», що дозволяє записувати динамічні партії духових і смичкових інструментів. Наявність рельєфних «клавіш», суттєво полегшує гру, на відміну від повністю сенсорних клавіатур.

З цього приводу не рекомендовано застосовувати програмні імітатори сенсорних клавіатур на iPad чи інших планшетних комп'ютерах.

# Монітори звукового поля

Монітори ближнього поля, мають максимально лінійну АЧХ і необхідні для забезпечення процесу **зведення** звукового матеріалу. Без акустичних моніторів, процес зведення стає практично неможливим – трек, що звучить збалансовано на одних засобах звуковідтворення, може звучати «викривлено» на інших, і це стає помітним для непідготованого слухача.



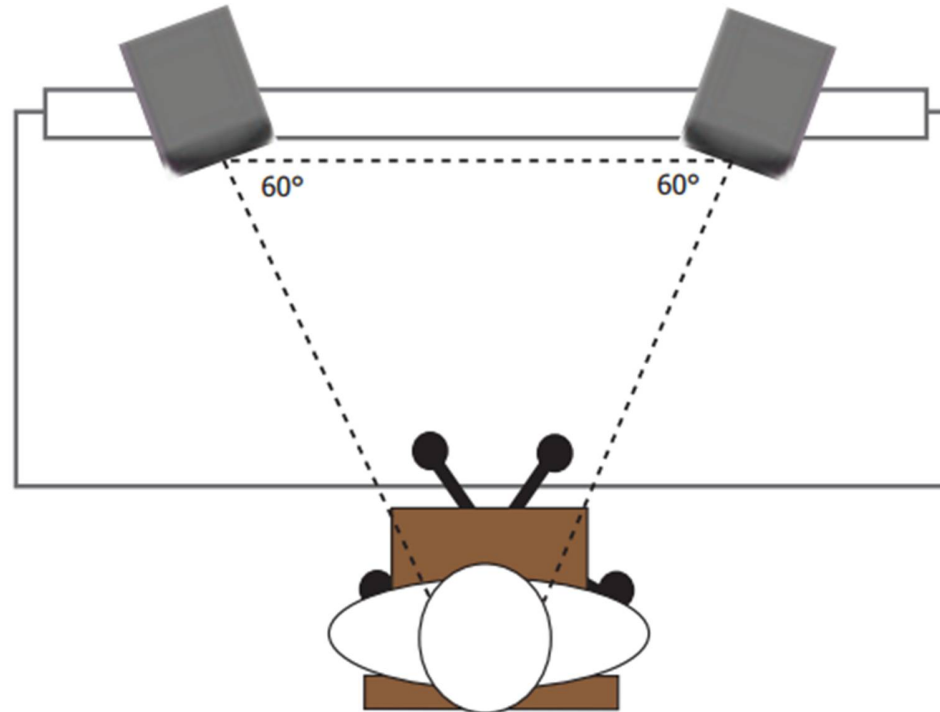
В якості акустичних моніторів можуть бути рекомендовані вироби наступних виробників: **KRK systems** (на фото: **Rokit-5** частотний діапазон **45Гц-35кГц**), **Yamaha** (серії **HS, NS**), **Genelec**, **Neumann** (**KH 120**).

При цьому слід мати на увазі, що **правильне розташування** моніторів і «**заглушення**» студії забезпечує коректність результатів. В іншому разі навіть із дорогими звуковідтворювальними пристроями – результат може бути поганим.

# Розташування моніторів

Монітори ближнього поля, розташовують за висотою **на рівні голови** слухача таким чином, щоб утворювався **рівносторонній трикутник** «монітори-голова» з довжиною сторони **>1,5м**. Голова слухача повинна бути розміщена на відстані від передньої стінки приміщення, і ця відстань розраховується як **38% довжини кімнати**.

Бічні стіни (стеля та підлога), на які падають 1і звукові промені повинні мати покращені звукопоглинальні та звукорозсіювальні властивості. Допускається розташування моніторів вище голови слухача, але так, щоб вертикальний кут «зору» на гучномовці не перевищував 15 град.



# Моніторні навушники



Навушники використовуються для зведення **бінаурального 3D звуку**, і для контролю над **балансом низьких частот** фонограми, яка призначена для виконання на довільних акустичних системах, оскільки можуть відтворювати частотний діапазон **5-35000Гц**.

Зведення небінауральних треків в навушниках **не рекомендується!**

В разі крайньої необхідності це можна зробити з **використанням спеціального програмного забезпечення**, яке імітує поширення звуку в приміщенні – до L-каналу додає звуковий сигнал з R-каналу, і навпаки, з врахуванням HRTF – функцій, імпульсних характеристик приміщення та ІХ акустичних систем.

Рекомендовано до використання – **Beyerdynamic DT-770Pro, DT-990Pro**

**Використання навушників протягом довгого часу може бути шкідливим для слуху!**

# Синтезатори (додатково)

Використання синтезаторів для продукування музики має ту перевагу, що набір звуків, запрограмованих в таких пристроях, є збалансований, тобто вони природно звучать один з одним, і немає потреби займатись їх добором. Рекомендовано використовувати інструменти із вбудованим секвенсером і цифровим виходом, які входять до категорії «цифрові робочі станції - DAW» (Yamaha, Korg, Roland, Kurzweil):



Yamaha Motif XF6

# Синтезатори – RACK версії

Такі пристрої не містять музичної клавіатури, тому потребують її окремо.  
Проте ціна таких синтезаторів суттєво нижча за їх «клавішний» аналог:



**Roland V-**  
**Synth XT**

Недоліки використання цифрових синтезаторів – гірша якість звуку і постійне «відставання від моди», у порівнянні із комп'ютерними системами.

«Аналогові» синтезатори (**Alesis Andromeda**, **Nord Lead**) забезпечують високу якість звуку, проте невелику кількість тембрів, і мають високу ціну, тому **не рекомендуються** до використання в мало бюджетних студіях. Вони можуть використовуватись тільки **як доповнення** до існуючої цифрової системи.



# Аудіоінтерфейси

Вбудовані в комп'ютер звукові плати (за винятком продукції корпорації Apple), переважно не забезпечують «професійних» параметрів запису звуку, основним з яких є часова затримка між початком надходження сигналу на вхід звукової плати і появою його в комп'ютері. Для нормальної роботи, така затримка **не повинна перевищувати 20мс**. В іншому разі після натискання клавіші на MIDI-клавіатурі, **звук з'явиться із затримкою > 40мс**, що буде сприйматись як відлуння, і виконувати музичну партію стане неможливо. (**Натискаємо наступну ноту а звучить попередня!**) Корекція затримки здійснюється в **налаштуванні буфера звукової плати**. Рекомендоване значення **256** відліків для частоти дискретизації 44100Гц. Менші значення буфера спричиняють збільшення навантаження на процесор комп'ютера, більші значення утруднюють гру. В разі, якщо ваша комп'ютерна система перевантажена (що проявляється у короткочасних паузах у відтворенні), треба записувати окремі треки, відключивши надлишкові, а після того, можна збільшити розмір буферу до 512-1024 відліків і займатись процесом зведення.

# Зовнішні аудіоінтерфейси

Вирішити проблему аудіоінтерфейсів (особливо для ноутбуків), можна використанням зовнішніх пристроїв, які під'єднуються до ЕОМ за допомогою інтерфейсів FireWire (IEEE1394), або USB, які забезпечують як аналогові та цифрові (SPDIF) входи/виходи, так і підсилення для навушників:



**Native instruments** **Komplete Audio 6**



# Програмні DAW. FL Studio

При виборі програмних цифрових робочих станцій (DAW) слід віддавати перевагу тим, які забезпечують повний робочий цикл, і не потребують додаткового підбору програмних інструментів, ефектів і т.д. Один з найпростіших інструментів для одержання результату: **Image-Line FL Studio**.



## Image-Line FL Studio

# Програмні DAW. Reason

Як і FL Studio, **Propellerhead Reason** Забезпечує повний комплекс засобів для продукування музики, є легким для вивчення.



## Propellerhead Reason

# Програмні DAW. Ableton Live

**Ableton Live** забезпечує повний комплекс засобів для продукування музики, дозволяє «живе» виконання – мікшування попередньо записаних фрагментів в реальному часі.



## Ableton Live

# Програмні DAW. **Apple Logic Pro**

**Apple Logic Pro** наближений за інтерфейсом до систем **Steinberg Cubase**, та **AVID ProTools**. Програмний комплекс забезпечує якісний звук. Особливістю системи є її робота тільки на ПЕОМ типу **Apple Macintosh**.





## Підсумки

**Мінімальний набір обладнання для виробництва аудіо супроводу:**

- ПЕОМ, аудіоінтерфейс, навушники, аудіомонітори, MIDI-клавіатура, мікрофон, програмне забезпечення.

**Встановлення музичної системи**

- Вибрати місце в кімнаті для прослуховування
- Встановити аудіомонітори на рівні вух, так щоб утворювався рівносторонній трикутник із моніторами і слухачем.
- Налаштувати програмне забезпечення ПЕОМ, встановивши частоту дискретизації, міді- та аудіо порти.

## Базові теоретичні відомості

- Сигнал може бути представлено як сума гармонічних коливань (ряд Фур'є)
- Система по-різному пропускає/підсилює коливання на різних частотах, що відображається АЧХ
- Система по-різному зсуває початок коливання на різних частотах, що відображається ФЧХ
- Ауралізація – процес «оживлення» сухого музичного сигналу, надання йому властивостей, що імітують його проходження в тривимірному просторі (відлуння, напрям, відбиття, тощо)

## Список використаних джерел:

- 1.) Everest, F.A., Ken C. Pohlmann., Master Handbook of Acoustics , 5<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill, 2009
- 2.) <http://europe.beyerdynamic.com/shop/hah/headphones-and-headsets.html>
- 3.) <https://www.native-instruments.com/en/products/komplete/audio-interfaces/komplete-audio-6/>
- 4.) [https://ru.yamaha.com/ru/products/music\\_production/synthesizers/motif\\_xf/](https://ru.yamaha.com/ru/products/music_production/synthesizers/motif_xf/)
- 5.) <https://roli.com/products/seaboard/rise-25>
- 6.) <http://www.krksys.com/krk-studio-monitor-speakers/rokit/rokit-5.html>
- 7.) [https://www.roland.com/us/products/v-synth\\_xt/](https://www.roland.com/us/products/v-synth_xt/)
- 8.) <https://www.ableton.com/>
- 9.) <https://www.propellerheads.se/en/reason>

- 10.) <https://www.apple.com/logic-pro/>
- 11.) <https://www.image-line.com/flstudio/>
- 12.) <http://www.m-audio.com/products/view/oxygen-iv-25>
- 13.) [http://www.neumann.com/?cid=ku100\\_description&i\\_d=current\\_microphones&lang=en](http://www.neumann.com/?cid=ku100_description&i_d=current_microphones&lang=en)
- 14.) <https://netricia.us/collections/voice-recording-room.asp>



# Лекція 2

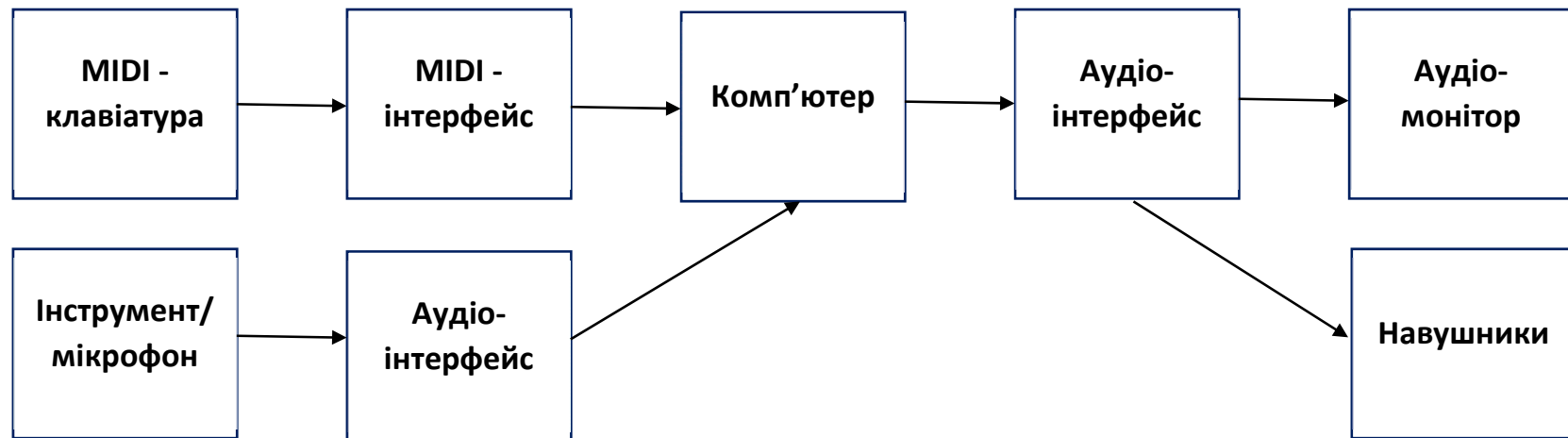
## «Вступ до Apple Logic Pro»



## Зміст лекції

- **Побудова звукозаписувальної системи.** – Основні структурні складові. Мінімальний необхідний комплект.
- **Налаштування Logic Pro** – MIDI-контролери, аудіо-інтерфейси, метроном.
- **Панелі управління середовища** – призначення, способи використання.
- **Типи пристроїв звукосинтезу і обробки** – Механічні музичні інструменти, синтезатори, еквайзери, хоруси, ревербератори, компресори, гейти, лімітери.

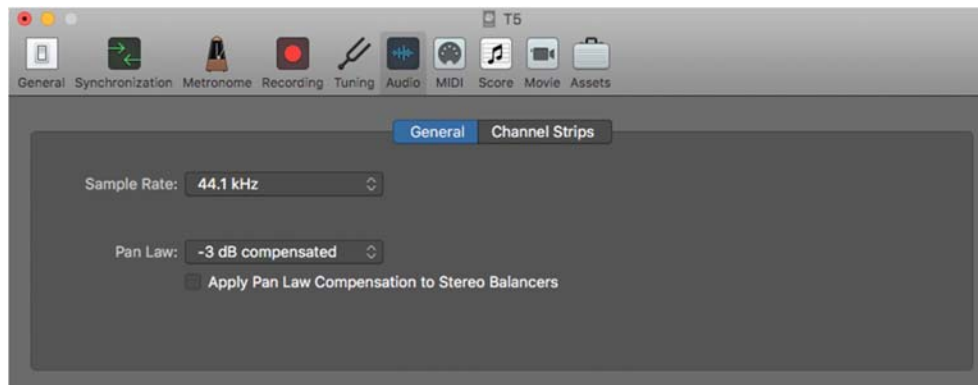
# Структура звукової системи



**MIDI** клавіатура підключається до комп'ютера через **MIDI** інтерфейс, або використовуючи інтерфейс **USB**. Мікрофони/електроінструменти підключаються через **аудіоінтерфейс**. Відтворення звуку здійснюється за допомогою **аудіомоніторів**. Контроль частотного балансу здійснюється за допомогою **навушників**.

# Налаштування звукової системи

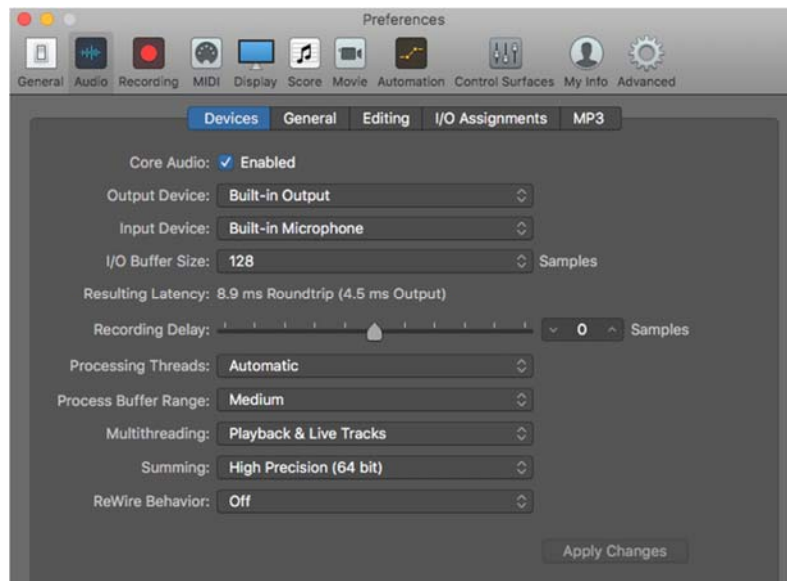
## Встановлення частоти дискретизації аудіо (sample rate)



Доступ до панелі  
налаштувань: **Project  
settings/Audio**

Вибір частоти  
дискретизації: 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4, 192 кГц Найоптимальніше  
вибирати **44.1** кГц. Більша частота дискретизації призводить до  
підвищення навантаження на процесор при використанні  
віртуальних інструментів, і вам може не вистачити продуктивності  
комп'ютера для заданої кількості треків.

## Встановлення розрядності та розміру буфера (I/O Buffer Size)



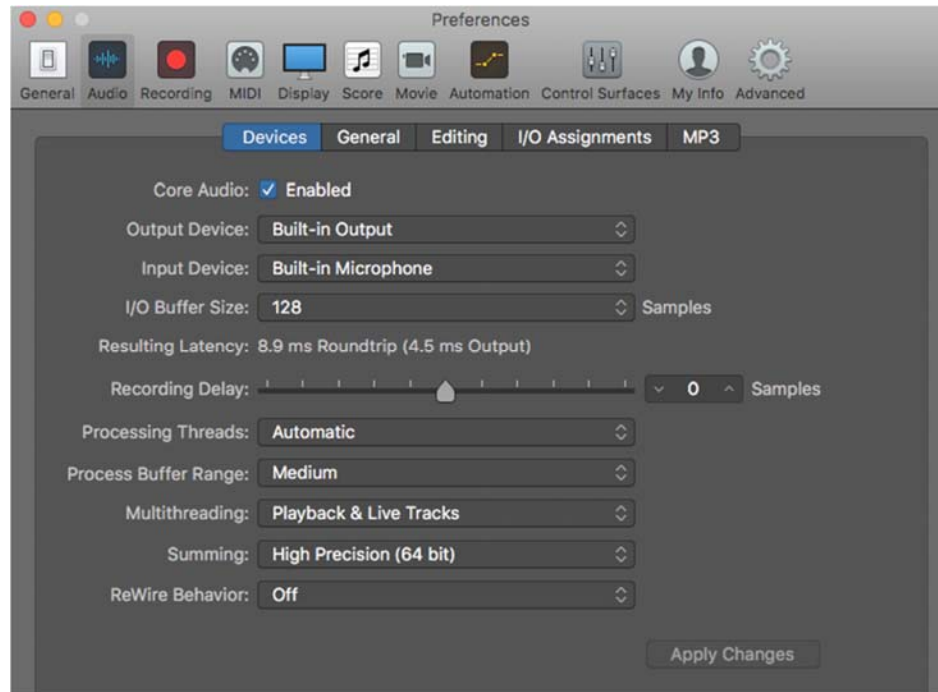
Доступ до панелі налаштувань:

Logic  
Pro/Preferences/Audio/Devices  
Tab/

Вибір розрядності запису: 24/16  
біт. Рекомендовано **24** біти. Розмір  
буферу визначає швидкість реакції  
від натискання MIDI-клавіші до

появи звуку. Рекомендовані значення для частоти 44.1кГц < **256**  
відліків. Менші значення підвищують навантаження на процесор.  
Якщо запис MIDI-партій вже проведений і здійснюється тільки  
обробка всіх партій, розмір буферу можна збільшити до 1024-  
2048. Це суттєво зменшить навантаження на процесор.

## Моніторинг звуку при запису

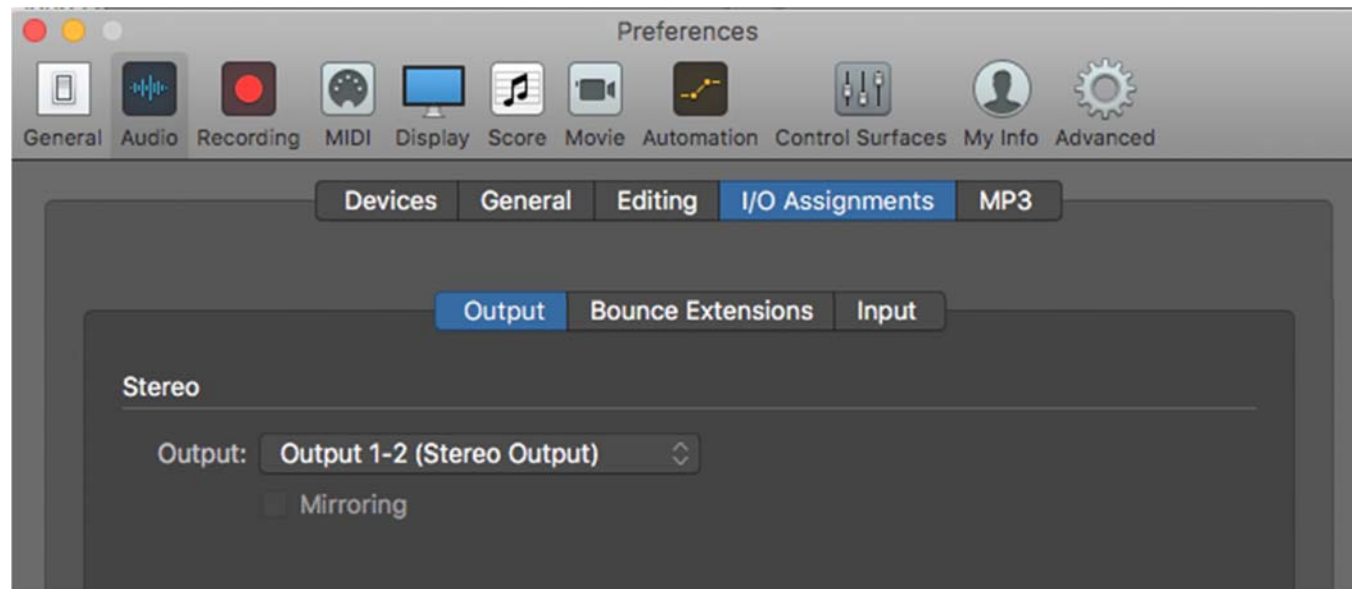


Доступ до панелі  
налаштувань: **Logic  
Pro/Preferences/Audio/Devices  
Tab/**

Деякі аудіоінтерфейси мають  
вбудований моніторинг. Це  
значить, що ви можете  
слухати те, що ви записуєте,  
напрямку, без участі  
комп'ютера. Якщо така

можливість є, то внутрішні можливості моніторингу Logic Pro, які  
за замовчуванням включені, **необхідно відключити**.

## Вибір аудіоінтерфейсу



Доступ до панелі налаштувань: **Logic Pro/Preferences/Audio/IO assignment/**

Аудіосистема може мати декілька аудіоінтерфейсів. Конфігурація вбудованого аудіоінтерфейсу для виводу аудіоданих здійснюється вибором обції: **Output 1-2 (Stereo Output)**



## MIDI налаштування

Доступ до панелі налаштувань: **Logic Pro/Preferences/MIDI/**

Основні рекомендації при роботі з MIDI.

1. Якщо маєте комунікаційні проблеми з MIDI (після підключення контролерів або після їх зависання) натисніть кнопку **Reset All MIDI Driver**
2. Якщо ви натиснули клавішу на клавіатурі і ця клавіша «залипла» - звук постійно звучить і не вимикається - виберіть «зависший» контролер і зробіть **reset** контролера.
3. У випадку використання додаткових синтезаторів, можна використати загальну MIDI синхронізацію - **SYNC**
4. **Вхідний фільтр повідомлень**: якщо ви не використовуєте певні функції MIDI або не хочете, щоб ці функції повинні бути відправлені або отримані, ви можете вибрати їх на цій вкладці, і їх буде відфільтровано.



## Налаштування метронома



Доступ до панелі налаштувань: **File/Project settings/Metronome/**

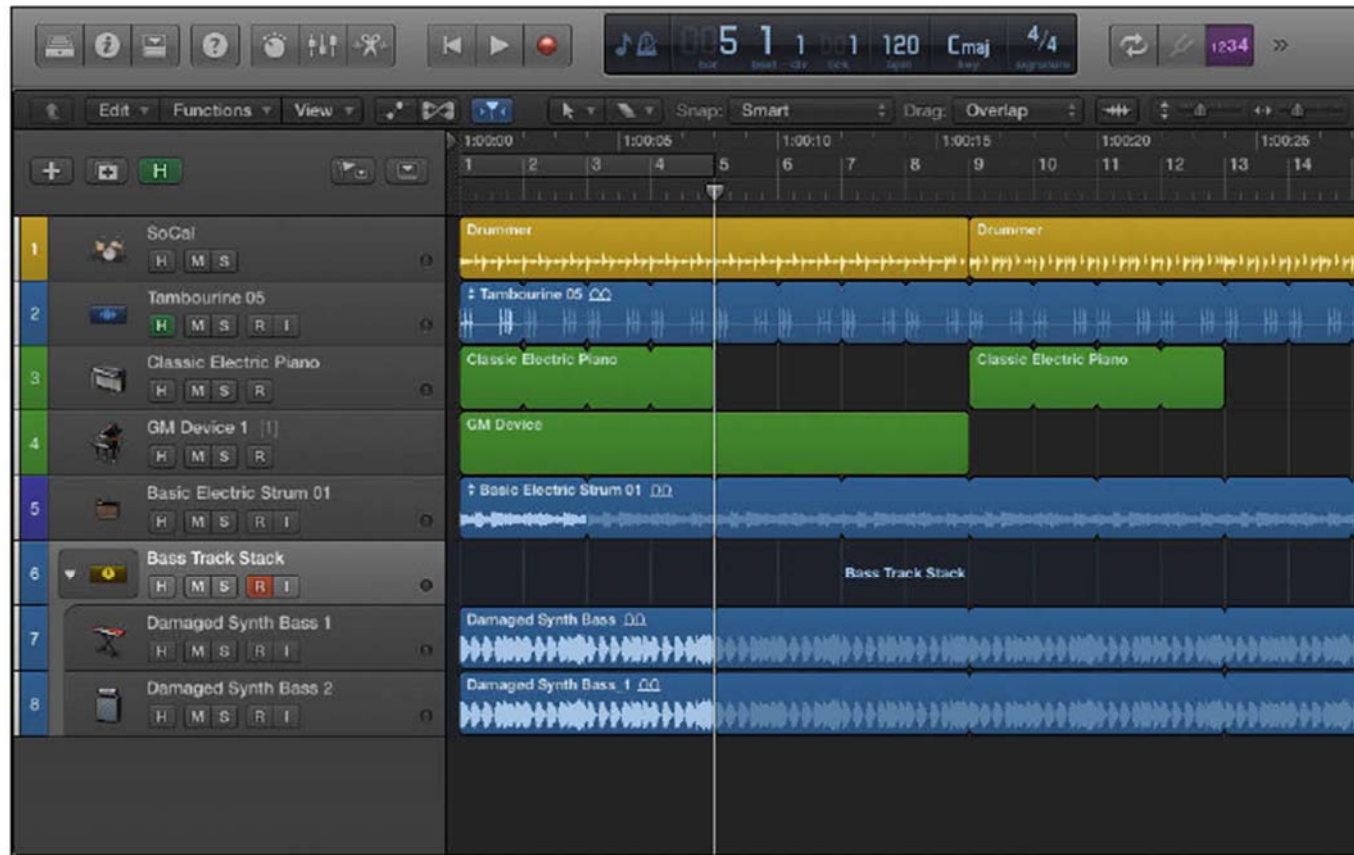
Для даного прикладу, сигнал метронома передається по MIDI каналу №10, який часто застосовують для керування ударними інструментами (драм-машинами)

## Панель керування



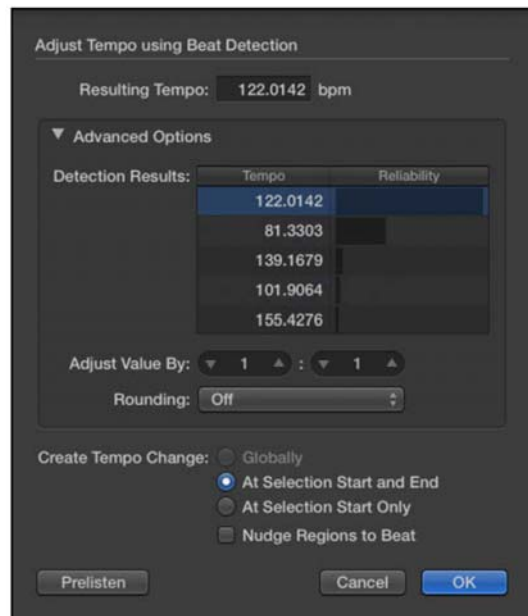
Панель керування розташована зверху екрана. Ви можете налаштувати панель керування, клацнувши **Control**, натиснувши порожню область і вибравши опцію "Налаштувати панель керування/ **Customize Control**". Оскільки не можна бачити всі елементи панелі керування за замовчуванням, тому слід показувати тільки те, що потрібно.

## Основне вікно Logic Pro



Основне вікно,  
 містить три  
 основні типи  
 треків:  
 аудіотреки,  
 MIDI-треки, та  
 ударні треки.  
 MIDI-треки  
 можуть бути  
 використані для  
 роботи з  
 віртуальними  
 інструментами.

## Визначення темпу завантаженого аудіофрагменту



Якщо ви завантажили якийсь ритмічний аудіофрагмент, який збираєтесь використати в своєму проєкті, необхідно точно визначити його темп. **Визначення «на слух» може бути неточним** (+/- 1 удар/хв)

і в подальшому призвести до того, що через деякий час (наприклад, через 1хв) інші партії будуть звучати відчутно дуже неритмічно у порівнянні із завантаженим аудіофрагментом.

Доступ до форми визначення темпу:

**Edit/Tempo/Adjust Tempo using Beat Detection (Option-⌘-T)**

## Нерівномірна зміна темпу проекту



В більшості випадків проект має однаковий темп. Проте у разі, якщо протягом композиції потрібна зміна темпу, це можна зробити за допомогою треку зміни темпу. Доступ до треку зміни темпу: **Track/Global Tracks/Show Tempo Track (Shift-⌘-T).**

Далі за допомогою інструменту «Олівець» можна змінити темп протягом часу відтворення композиції.

## Виділення частини треку та інструменти редагування інформації



Треки можна редагувати. Виділення треку або його частини здійснюється за допомогою інструменту **"Pointer tool"** (або натискання англ. клавіші **T**).

Щоб виділити декілька частин треку(/ів) потрібно утримуючи клавішу **Shift** клацати лівою клавішою миші по необхідних для вибору частинах.

Виклик меню інструментів – права (**«інша»** 😊) клавіша миші. За

допомогою цих інструментів можна: 1) розрізати трек на частини **"Scissors Tool"** 2) Склеювати їх назад **"Glue Tool"** 3) припиняти звучання фрагменту без знищення інформації **"Mute Tool"** 4) визначати фрагмент як солюючий (звучить тільки він!) **"Solo Tool"** 5) Визначати затухання/наростання треку **"Fade Tool"** 6) Збільшувати масштаб перегляду трекової інформації **"Zoom Tool"** 7) Стирати інформацію фрагменту – **"Eraser Tool"**

## Інспектор треку



Інспектор MIDI-треку дозволяє виставити амплітуду сигналу, тип віртуального інструменту (в секції **Instrument**). Вихідний сигнал має аудіоформат, тому в секції **AudioFX** можна додати аудіоефекти. Записаний MIDI-трек можна модифікувати в секції **MIDI FX**. В цю секцію можна додати MIDI-ефекти, з метою додавання наприклад арпеджіо. В секції **Send** можна надсилати дані на додаткові аудіо шини, відмінні від **Stereo Out**, і дозволяє регулювати рівень надісланого сигналу окремо від основного фейдера.



## Розтягування регіонів по часу

Якщо ви імпортуєте MIDI файл або аудіофайл, який **не відповідає** вашому темпу проекту, ви можете **розтягнути** або **стиснути** регіон, **без зміни висоти** звуку, так, щоб він відповідав темпу. Щоб розтягнути MIDI - регіон в часі, перетягніть нижній - лівий край області. Регіон буде стиснутий або розширений.

Якщо час розтягування аудіо регіону, ви можете вибрати **Edit /TimeStretch**  
**/Time Stretching Algorithm** і вибрати один з наступних варіантів:

- ✓ Універсальний (**Universal**): алгоритм за замовчуванням і хороший вибір для більшості випадків розтягування
- ✓ Комплексний(**Complex**): хороший вибір для повністю міксованих композицій та складних звуків - у випадку здійснення реміксів готових композицій
- ✓ Ударний (**Percussive**): хороший вибір для барабанів і ударних звуків

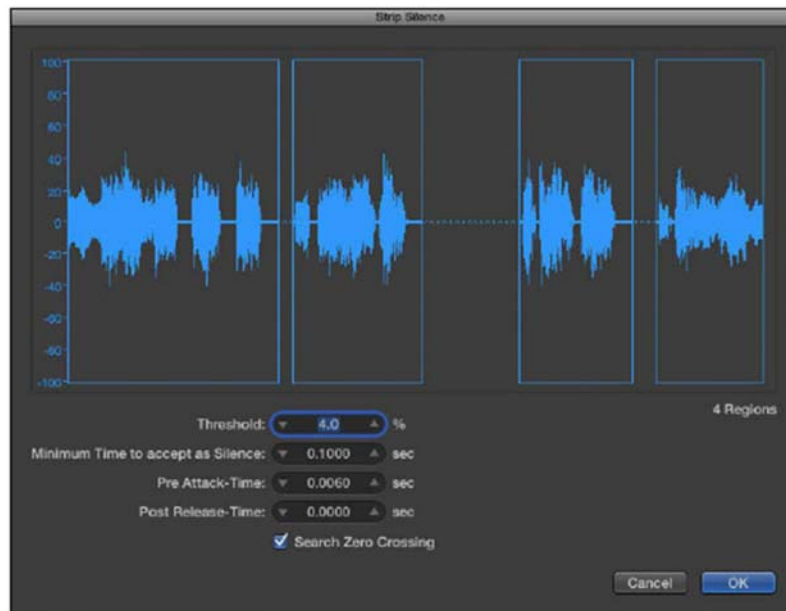
Слід пам'ятати, що не можна розтягувати аудіоінформацію до нескінченності.

Починаючи з деяких значень, стануть відчутними спотворення сигналу, які в більшості випадків будуть неприємними. Тому розтягувати/стискати аудіо можна в діапазоні до 5-7%, від довжини треку, і чим менше - тим краще.



## Виділення корисного сигналу з записаного аудіо

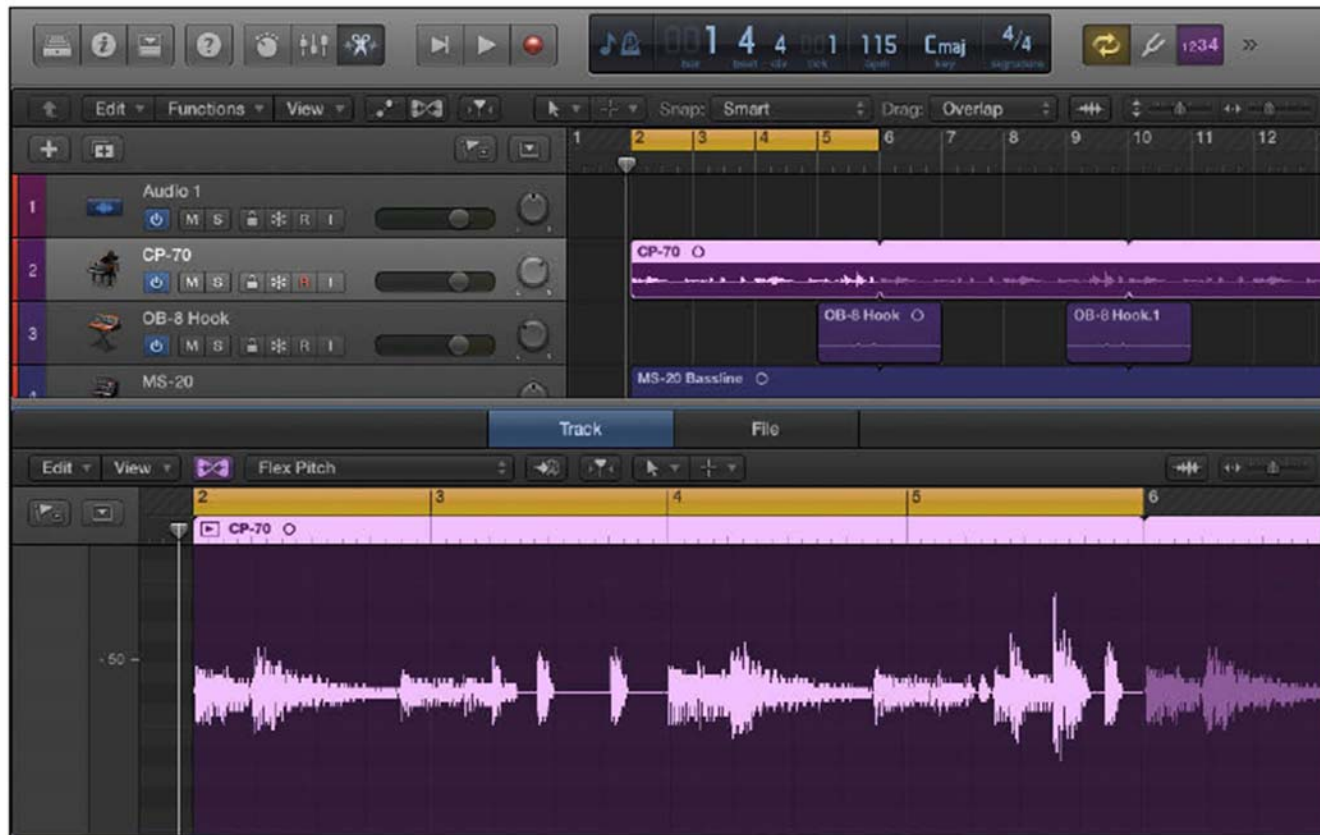
Якщо ви маєте записаний аудіофайл, який **має багато пауз**, з нього можна виділити тільки корисну інформацію (наприклад мову), а довготривалі паузи (дихання, легкі шуми) видалити. Зазвичай такі операції робляться вручну, проте Logic Pro пропонує для цього автоматичний інструмент.



Доступ до нього: Control-клік по заданому регіону і вибір з випадаючого меню: **Split/Strip silence**. Налаштування дозволяють вибрати поріг чутливості (**Threshold**), мінімальний час до початку тиші після сигналу і т.д.

## Редагування аудіо

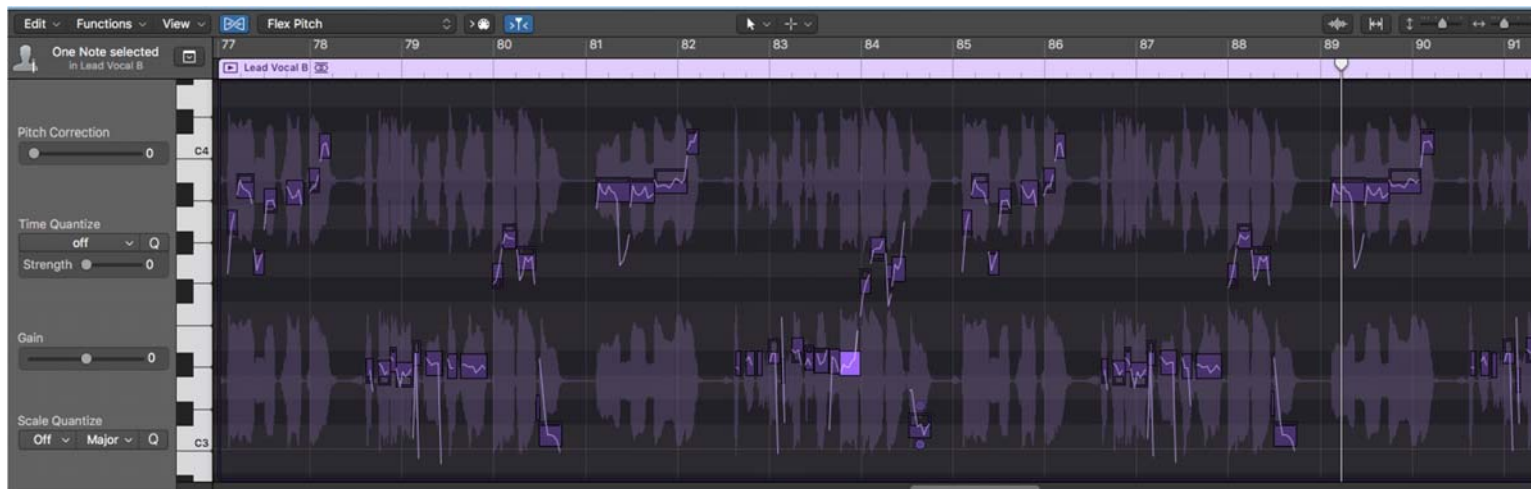
Редагування аудіо здійснюється у вікні редактора редагування аудіо.



Доступ до  
 нього:  
 подвійний  
 клік по  
 заданому  
 аудіо регіону  
 або  
**View/Show  
 Editor** (або  
 натискання  
 кнопки E).

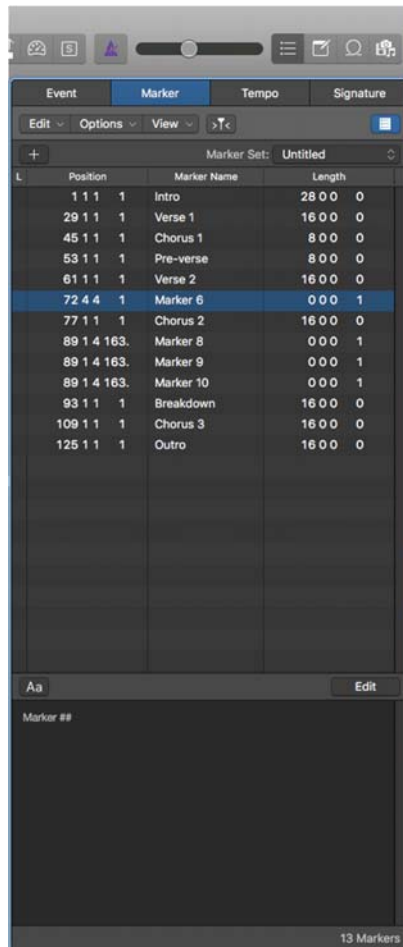
## Локальне редагування висоти аудіо (pitch)

За допомогою режиму flex pitch можна редагувати висоту локальних аудіофрагментів, при цьому графіки зміни висоти накладаються на візуальне зображення осцилограми сигналу, що зручно, оскільки з циклічним програванням матеріалу стає очевидно, де необхідно змінити висоту тону. За допомогою такого інструменту можна робити деякі спеціальні ефекти для ігор (наприклад дуже «дитячі» голоси, та голоси «велетнів»).



Доступ до флекс-режиму: 1) **Edit/Show Flex Pitch/Time** (⌘-F) 2) Натиснути кнопку Flex на заголовку треку, який ви хочете редагувати 3) У меню «Флекс режиму (Flex mode)» вибрати **"Flex Pitch"**

## Створення маркерів



Для навігації по проекту, який має тривалість звучання більше 1хв, буває зручно використовувати маркери. Маркери дозволяють переходити до вибраних фрагментів проекту шляхом натискання коротких клавіш. При цьому не потрібно змінювати масштаб проекту (перехід від одного фрагменту до іншого виглядає так: **зменшити масштаб** – **перейти до наступного фрагменту** – **деталізувати його, збільшивши масштаб**), що як правило буває, якщо не користуватись маркерами. Для створення та редагування маркерів необхідно виконати одне з наступних дій:

- 1) В списку маркерів вибрати **Options/Create**
- 2) В будь-якому випадку, поставивши позицію відтворення в необхідну вам позицію, натисніть **Option-апостроф** " ' " Для того, щоб перейти до списку маркерів виберіть наступне: **View/Show List Editors**. Щоб рухатись по маркерам, слід мати розширену клавіатуру (з додатковим номеронабирачем). Тоді команда «**Наступний маркер**» – **⌘-крапка (.)** а команда «**Попередній маркер**» – **⌘-кома (,)**

## Режим мікшера



Режим мікшера  
 зручний у  
 випадку  
 кінцевого  
 процесу  
 зведення  
 записаного і  
 відредагованого  
 матеріалу.  
 Відкрити мікшер  
 можна у зоні  
 треків  
**View/Show**  
**Mixer (X)** або в  
 окремому вікні  
**Window/ Open**  
**Mixer. (⌘-2)** На

панелі меню мікшера натисніть кнопку **All**, щоб відобразити всі каналні смуги.

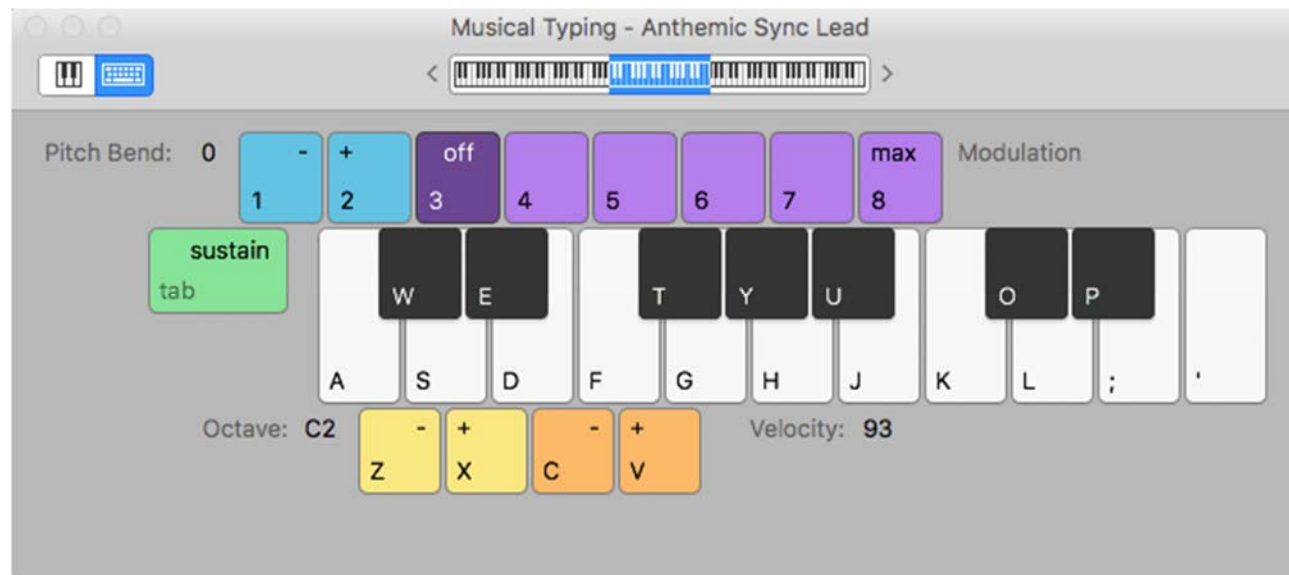


## Вікно редагування MIDI даних



Вікно редагування MIDI викликається подвійним кліком по будь-якому з основних MIDI-треків. За замовчуванням викликається "Piano Roll", де ноти зображені у вигляді прямокутників різної тривалості. Колір прямокутника визначає силу удару, **червоний** колір – максимальні значення, **зелений** – середні. Для тих, хто володіє нотною грамотою – можна використовувати режим "Score". Подібним чином можна викликати редагування аудіо- та ударні треки.

## Віртуальна **MIDI**-клавіатура



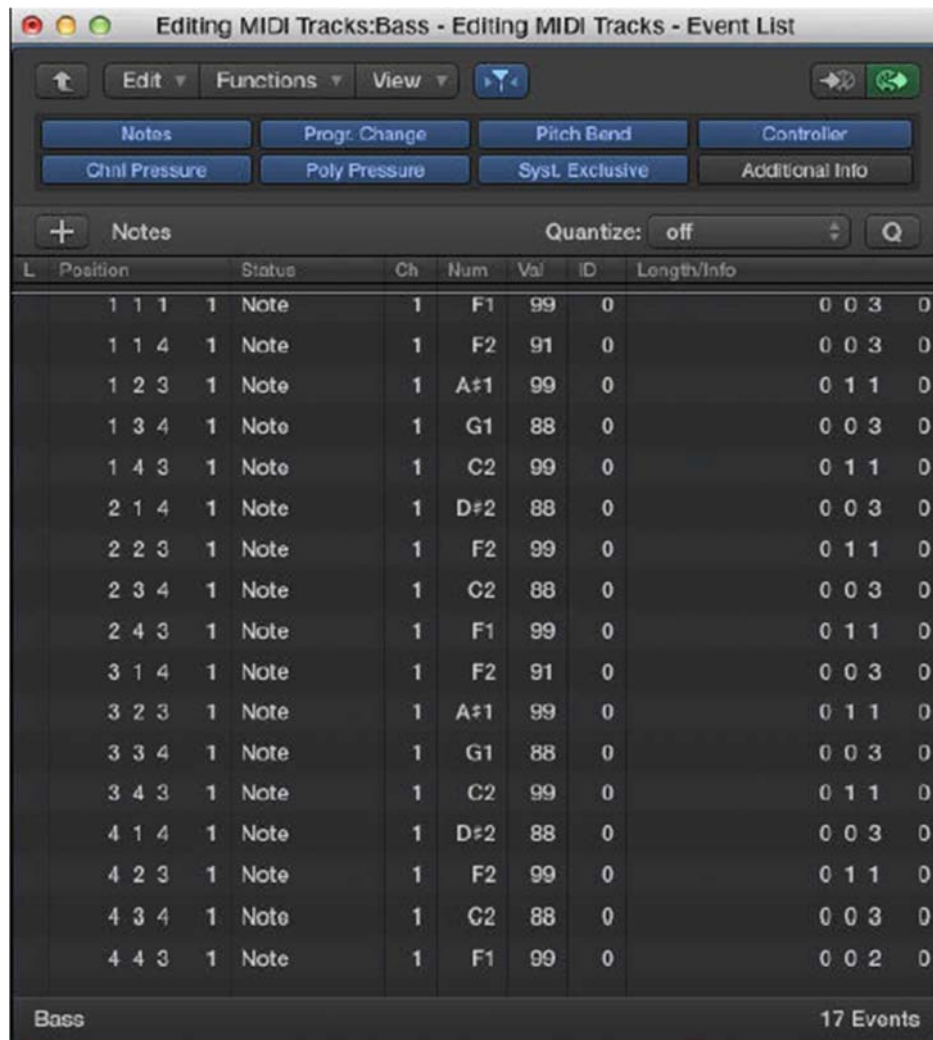
Доступ до  
 віртуальної  
 клавіатури:  
**Window/Show  
 Musical Typing  
 (або натиснути  
 ⌘-K).**

Вікно  
 віртуальної  
**MIDI-**

клавіатури може бути використане у разі, коли немає реальної MIDI-клавіатури. Вона дозволяє записувати MIDI-треки, шляхом програвання на клавіатурі комп'ютера. Літера A (англ.) відповідає ноті «До», літера S – ноті «Ре» і т. д. Звичайно якість такої «клавіатури» бажає бути кращою, однак це краще, ніж нічого.



## Перегляд MIDI-подій



Доступ до списку подій: натиснути кнопки **List Editors /Event** (або D).

Кнопки **“Notes”**, **“Prog Change”** і т.д. використовуються як фільтри **MIDI**-подій. Ви можете залишати тільки ті події, які для вас цікаві. За допомогою такого списку можна перевіряти потік **MIDI**-команд на наявність **«сміття»** (наприклад тут видно рух ручки керування **висотою** звука, для інструмента, який **не підтримує** цей параметр – напр. ударна установка)

## Квантування нот

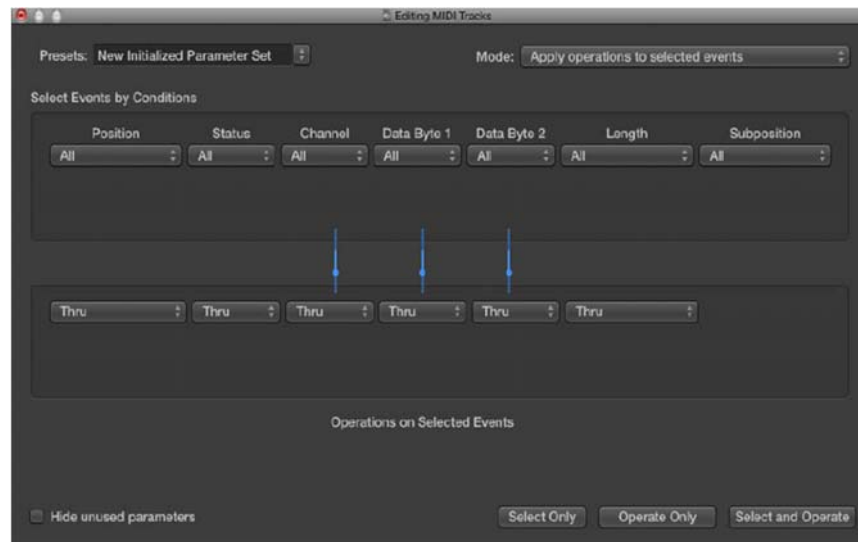
Квантування нот здійснюється в разі, коли виконавець не може ритмічно зіграти свою партію. Проте абсолютної точності людина не може досягнути ніколи. Тому в разі коли необхідна природна реалістичність гри, квантування здійснюють з деякою похибкою. Функції на зразок


“**Humanize**” допомагають в цьому. Для 2D ігор можна застосовувати абсолютну часову прив'язку нот. В такому разі одержана музика звучить як повністю механічна (програна на шарманці, музичній скриньці, тощо). 3D ігри вимагають більшої реалістичності, тому квантизацію слід проводити не абсолютно. **Logic Pro** забезпечує наступні способи квантування MIDI даних: 1) Виберіть ноти, які ви хочете вирівняти, і використайте параметр “**Time Quantize**” на **piano roll** локальному інспекторі. Регулювання точності квантизації можна здійснювати за допомогою повзунків “**Strength**” “**Swing**”.

2) Виберіть ноти, які ви хочете квантизувати і використайте **Functions/Quantize Notes** (або натисніть **Q**).

## Редагування MIDI-подій в вікні MIDI Transform Window

Редагування даних може здійснюватись і за допомогою пресетів MIDI Transform Window.



Робота з вікном: 1) виберіть регіон або трек з MIDI-даними 2) Натисніть -9 – з'явиться вікно. 3) Виберіть пресет який вам потрібний 4) Натисніть "Operate only"

Типи пресетів: 1) **Humanize** – перетворює точно введені по часовій сітці ноти в ілюзію «живого виконання». Додаються випадкові зміщення нот по силі, часу і тривалості.

2) **Crescendo** – муз. «Крецендо», поступове, переважно з кожною наступною нотою, наростання сили звуку – збільшення MIDI параметру **Velocity**. Зворотня операція – **decrescendo**, (муз. «Димінуендо») – поступове зменшення сили звуку. Деякі інструменти (клавесин, орган) – не можуть змінювати силу свого звуку через технічні особливості своєї будови. 3) **Velocity Limiter** – дозволяє змінювати силу звуку, задаючи її в заданих межах. 4) **Maximum Note Length** – можна задавати максимальну довжину нот. Пресети також можна створювати і самостійно.

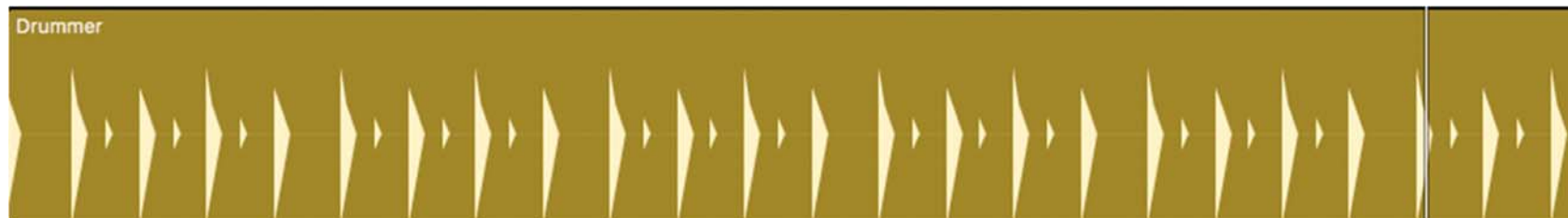
## Ударні треки

Ударні треки – спеціальний вид треків, які насправді є комбінованими аудіо-міді регіонами. Вони виглядають як аудіотреки, проте містять **MIDI**-дані.

Відмінною особливістю таких треків є те, що ви не можете безпосередньо редагувати **MIDI**-дані в таких треках, натомість ви мусите використовувати спеціальний редактор ударних партій.

В разі необхідності, **MIDI**-дані можуть бути експортовані в звичайний **MIDI**-редактор.

Також ударні треки не дозволяють здійснювати запис партій із зовнішніх **MIDI**-контролерів.



## Автоматизація треків

Автоматизація треків, це спеціальний механізм, який дозволяє здійснювати запис, відтворення і редагування подій, які впливають на характер звучання інформації, яка записана в інших видах треків (інструментальні, аудіо-, **MIDI-**) і т.д. Події, які можуть потребувати автоматизації - рух повзунків, регуляторів панорами і т.д. в часі.

Під час «живих» виступів, цю функцію виконує звукооператор на мікшерному пульті.

Комп'ютерна система, як правило, не має такої кількості одночасно доступних для регулювання механічних регуляторів, і для їх пошуку потрібно гортати численні сторінки форм управління. Тому простіше це зробити послідовно - параметр за параметром.

Крім того, рух регуляторів в процесі виконання є теж відносно складним завданням, що вимагає вправності і досвіду. Тому можна записати рух повзунка приблизно («як вийде»!) а потім відредагувати з необхідною точністю.

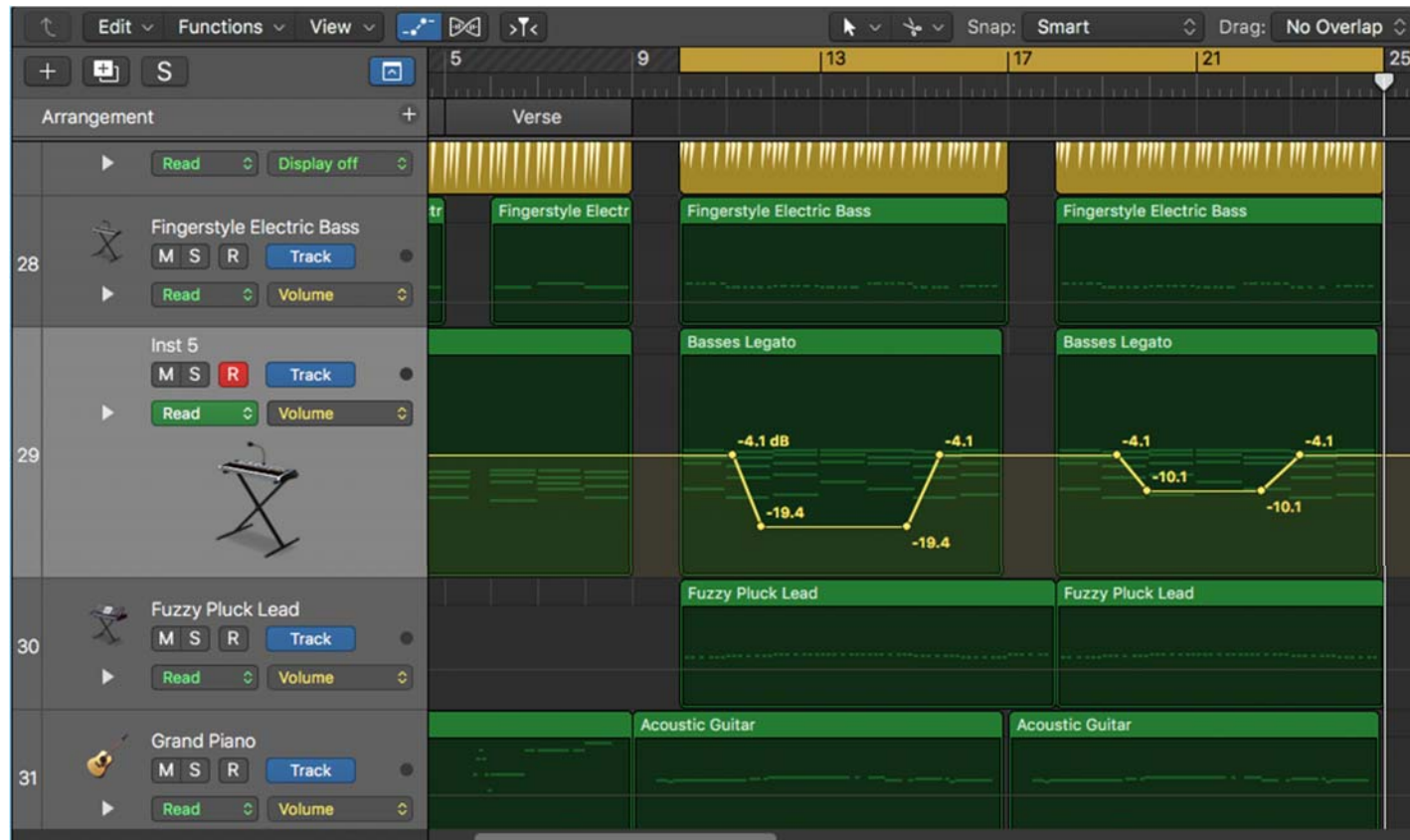
## Переключення в режим автоматизації

Щоб розпочати роботу над автоматизацією проекту, необхідно переключитись в режим автоматизації: **Mix/Show Automation** (або натиснути A). В заголовках треку будуть відображатись додаткові значки автоматизації. Після того, як ви включили автоматизацію на доріжці, ви можете вибрати один з чотирьох режимів автоматизації в меню:

- ✓ **Read (Читання)**: автоматизація відтворюється, але не записується.
- ✓ **Touch (Сенсорний)**: автоматизація записується під час відтворення у час користування параметром; Коли параметр відпускається, він повертається до попередньої величини. Сенсорний режим корисний, коли ви автоматизуєте тимчасові зміни параметра, який ви хочете повернути до попередньої значення.
- ✓ **Latch: (Фіксація)**: автоматизація записується під час відтворення при початку зміни параметра; Після відпускання параметра автоматизація зупиняється на останньому значенні.
- ✓ **Write: (Запис)**: автоматизація записується під час відтворення, а існуюча автоматизація стирається, коли контрольна точка проходить над ним. Режим запису корисний, коли необхідно записувати нову автоматизацію



## Робота в режимі автоматизації



Автоматизований параметр вибирається в випадаючому меню параметрів автоматизації в заголовку доріжки. Ви можете відобразити кілька смуг автоматизації, клацнувши трикутник розкриття зліва від параметрів автоматизації. Також можна швидко додати точку автоматизації в позицію відтворення: **Mix/Create Automation/Create 1 Automation Point**



## Підсумки

- **Музична звукозаписувальна система.**
  - повинна бути складена згідно наведеної структурної схеми у приміщенні, яке мінімально відповідає акустичним студійним вимогам
- **Налаштування Logic Pro.**
  - Повинні бути встановлені частота дискретизації у відповідності до потрібної якості і допустимого об'єму пам'яті ігрового пристрою.
  - Правильно вибрані вхідні і вихідні звукові плати, та налаштовані MIDI - контролери
- **Запис вхідних аудіосигналів.**

- Під час запису слід звертати увагу на можливість обрізання сигналу по амплітуді і не допускати такого. З іншого боку сигнал не повинен бути дуже слабким. Необхідно прагнути, щоб рівень запису вписувався в діапазон **(-6дБ...-3дБ)**
- **Темп проекту.**
  - Для роботи на базі аудіофрагментів («лупами»), слід точно визначити їх темп.
  - Темп проекту може змінюватись
- **Висота аудіофрагментів (їх частота).**
  - Визначити і змінити за необхідності висоту аудіофрагментів в межах  $\frac{1}{2}$  октави.
  - Можна змінити висоту декількох нот у аудіофрагменті

- **Робота з MIDI.**
  - В разі відсутності клавіатури, зіграти можна на клавіатурі ПЕОМ
  - У разі 2D ігор допускається абсолютна квантизація нот по часу з однаковою силою (**velocity**), що забезпечує **«механічне» звучання.**
- **Автоматизація відтворення треків.**
  - Автоматизуються процеси які є нечастими (і/або) нерівномірними. Часті і рівномірні процеси модулюються за допомогою вбудованих або додаткових MIDI- та аудіоефектів.

## Список використаних джерел:

- 1.) English, Graham, Logic Pro X For Dummies, John Wiley & Sons, 2014
- 2.) <https://www.apple.com/logic-pro/>
- 3.) <http://help.apple.com/logicpro/mac/10.3/>

# Лекція 3

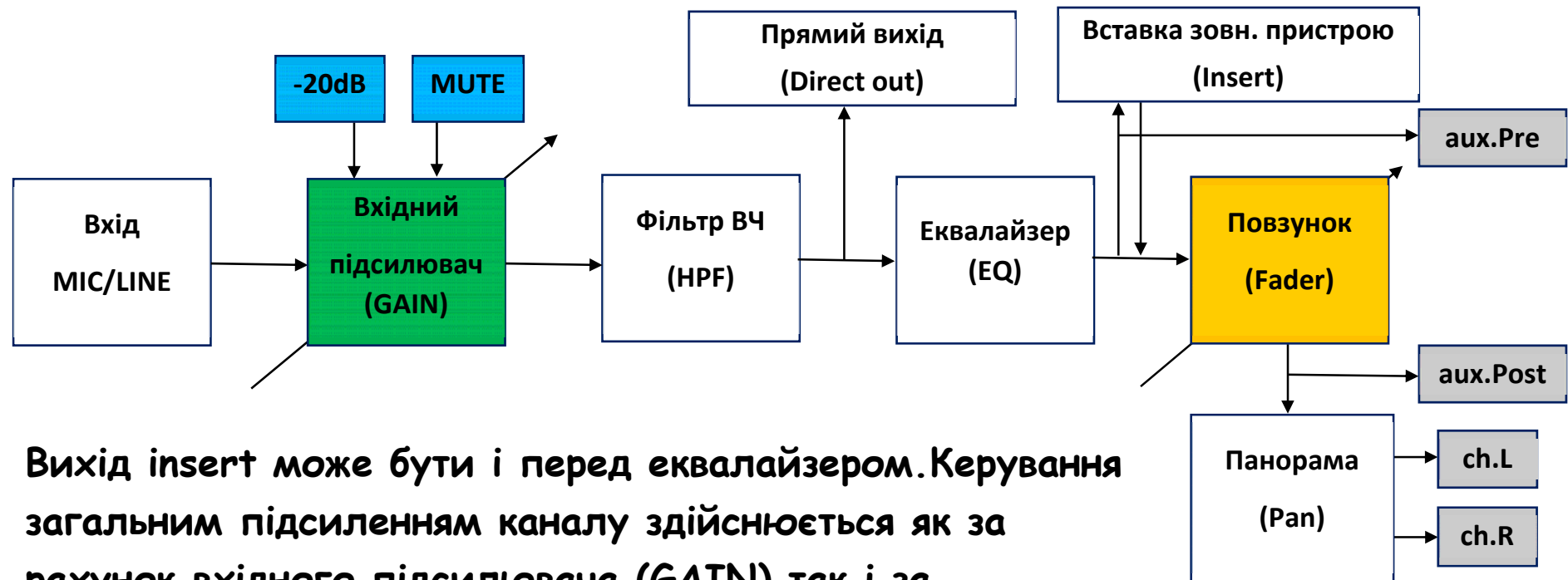
## «Основи формування і зведення звукового матеріалу»



## Зміст лекції

- **Мікшерний пульт** – Призначення. Структурна схема. Будова його складових частин.
- **Основи формування звукового матеріалу** – Використання готового звукового матеріалу. Аплікаційний метод. Метод повної композиції.
- **Звуковий баланс** – амплітудний, панорамний, частотний.

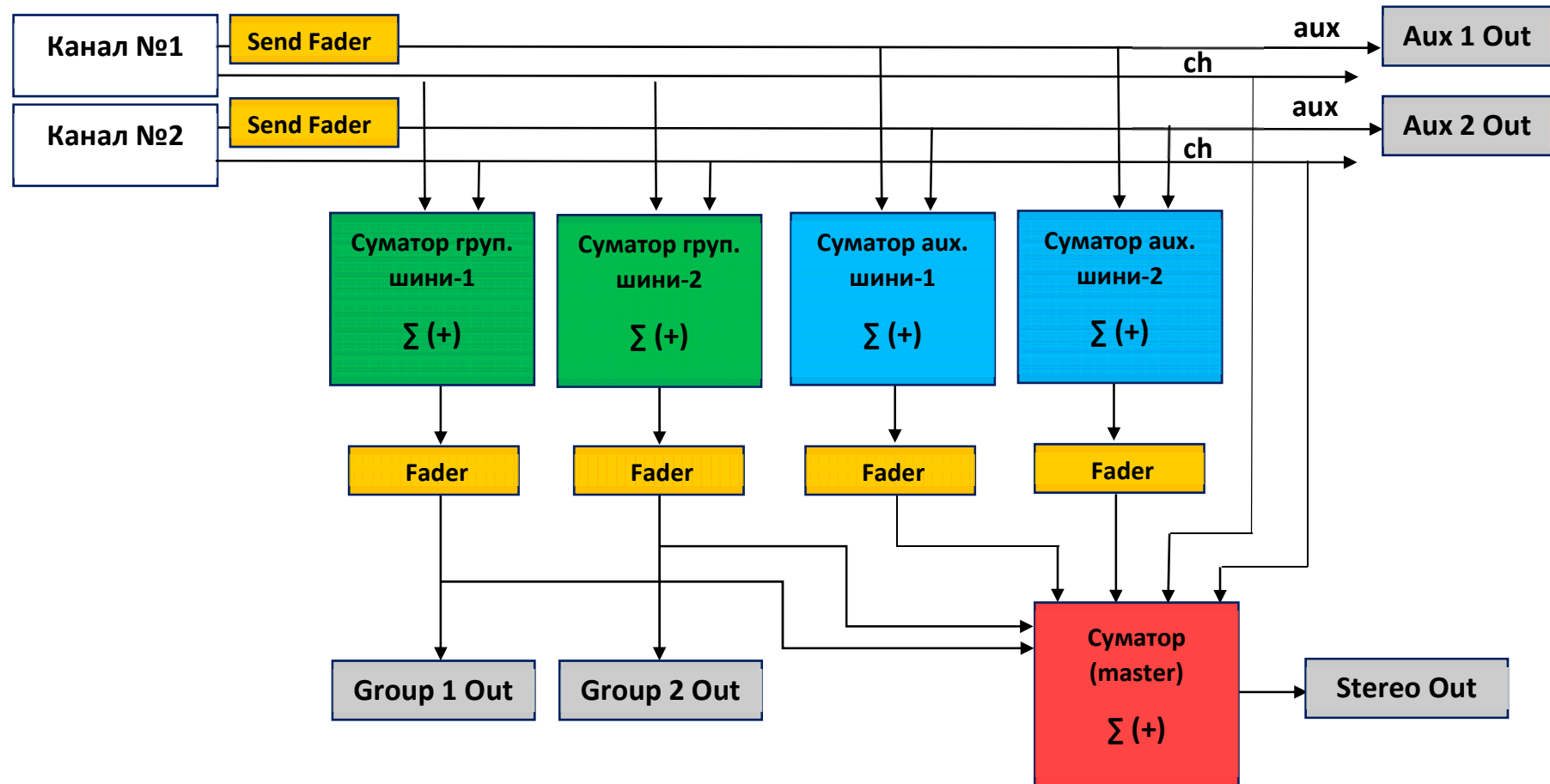
# Структура каналу мікшерного пульта



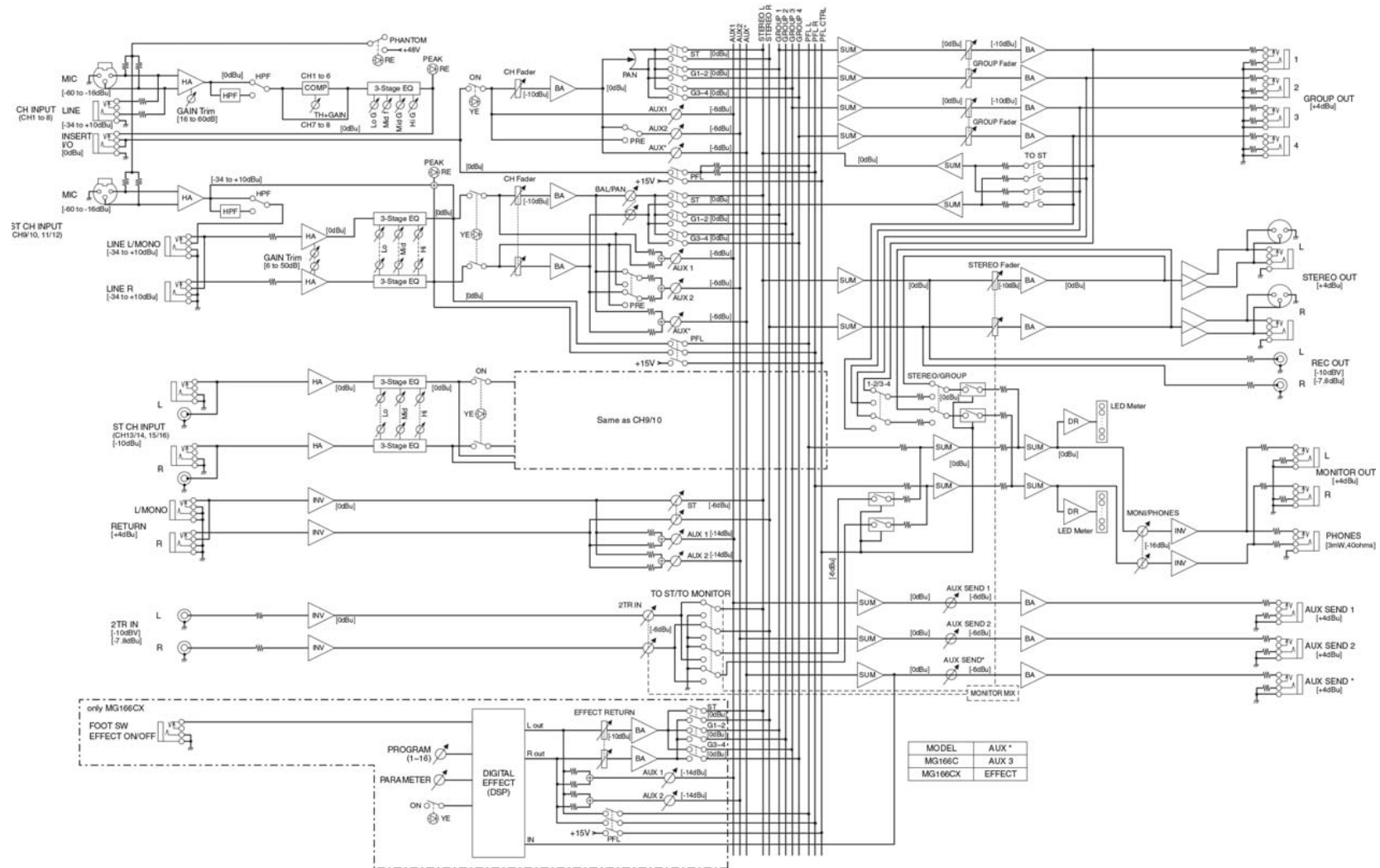
Вихід insert може бути і перед еквалайзером. Керування загальним підсиленням каналу здійснюється як за рахунок вхідного підсилювача (GAIN) так і за допомогою фрейдера. Кнопка -20дБ зменшує підсилення. Кнопка MUTE – вимикає вхідний канал повністю.



# Спрощена структура 2 кан.мікшера



# Повна структура Yamaha MG166CX/MG166C



# Шини

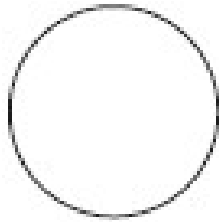
Мікшування сигналу відбувається в збірній шині (**mixing bus**). Кожна з шин, в свою чергу, на виході також має свій регулятор рівня вже підсумованого сигналу. Такі шини можуть бути 1-, 2- і багатоканальними. Шина, що формує сигнал, який надходить на головні виходи пульта (**main outs, master outs**), називається головною (**main bus, master bus**).

У **групових шин** три призначення: **1) групування вхідних каналів з можливістю регулювання рівня сигналу всієї групи одним регулятором, при цьому збережеться взаємний баланс рівнів каналів, що входять в групу** **2) обробка сигналів, що входять в групу одним пристроєм, так як у всіх шин пульта є розриви тракта вставки** **3) комутація виходів групових шин на пристрої багатоканального запису.**

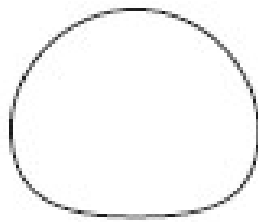
## Додаткові (AUX) шини

Відмінність AUX-шин полягає в тому, що рівень сигналу, який віддається на шину з каналу, визначається спеціальним регулятором SEND AUX в каналі пульта. Додаткові шини AUX використовуються для двох цілей – підключення до їх виходів пристроїв обробки сигналу і створення допоміжного міксу з альтернативним балансом для моніторингу виконавцю. У першому випадку, при підключенні до виходу шини AUX зовнішнього пристрою ефектів, рівень сигналу, що посилається на додаткову шину, крім регулятора AUX повинен регулюватися ще і каналним фейдером. Таким чином, відбір сигналу на шину AUX відбувається після фейдера каналу, (post fader), а сам регулятор AUX визначає співвідношення прямого сигналу і ефекту. У другому випадку, при створенні альтернативного міксу, рівні сигналу, що подається на шину AUX, не повинні змінюватися при зміні положення каналного фейдера, і відбір сигналу на шину AUX відбувається до фейдера каналу, таке підключення носить назву pre fader.

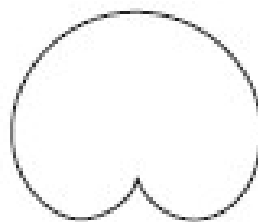
## Типові діаграми направленості мікрофонів:



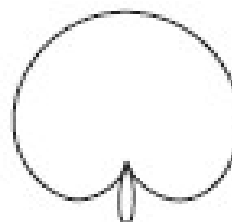
Колова



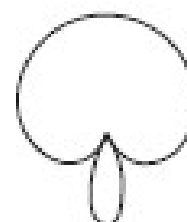
Субкардіоїда



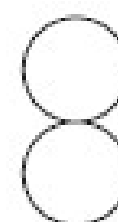
Кардіоїда



Супер-



Гіпер-



тип «8»

кардіоїда    кардіоїда

**Колова** (всенаправлена) діаграма направленості (ДН) мікрофона забезпечує йому рівномірну чутливість з усіх сторін. **Кардиоїдна** – має погану чутливість для сигналів від джерел, що розміщені позади мікрофону. **Тип «8»** однаково добре сприймає задні та фронтальні коливання.

Деякі мікрофони мають перемикачі, які дозволяють змінювати їх тип діаграми направленості. (Як правило переключення відбувається між двома типами ДН). ДН – частото-залежні, тому детальніше потрібно дивитись у інструкції для кожного мікрофона.

# Формування аудіо для ігор на базі готових рішень

За запитом «**free audio for games**» можна знайти деяку кількість інтернет ресурсів, які можуть задовільнити потреби формування аудіоматеріалу для ігор. Деякі результати такого пошуку, наведені нижче. Перед тим, як взяти треки до роботи, **слід уважно ознайомитись із ліцензійними умовами** використання музичного матеріалу, представленого на таких ресурсах.

// [Freesound.org](https://freesound.org), [99Sounds.org](https://99sounds.org), [NoiseForFun.com](https://noiseforfun.com), [Incompetech.com](https://incompetech.com),  
[OpenGameArt.org](https://opengameart.org), [RaisedBeaches.com](https://raisedbeaches.com), [Musopen.org](https://musopen.org), [PlayonLoop.com](https://playonloop.com),  
[Bensound.com](https://bensound.com), [SoundJay.com](https://soundjay.com), [Dig.ccmixer.org](https://dig.ccmixer.org), [Soundgator.com](https://soundgator.com),  
[Pacdv.com](https://pacdv.com), [Freesfx.co.uk](https://freesfx.co.uk), [Soundtrack.imphenzia.com](https://soundtrack.imphenzia.com), [Bxfr.net](https://bxfre.net) //

## Музична композиція

Побудова музичних партій подібна на складання регулярних орнаментальних візерунків у графіці/вишивці. Періодичні орнаменти на писанках і вишиванках або рушниках, при бажанні могли б бути перетворені в ритмічні музичні групи. Загальна теорія музичної композиції є досить складною, проте для 2D ігор нас рятує той факт, **що музика, як і масова культура в цілому, змагає до спрощення.**

Суперскладні опери, фуги і симфонії, мало цікавлять широку аудиторію. Це стосується і образотворчого мистецтва – сучасні картини і скульптури мало нагадують Мону Лізу і роботи Мікеланджело. В даному руслі **вже сформований смак споживацької аудиторії.** Тому: **чим простіше – тим краще!** В музиці це пояснюється тим, що сучасні електронні інструменти мають ширші тембальні можливості ніж симфонічний оркестр, а приваблювати увагу слухача можна не тільки віртуозними партіями, але і просто звуками, які «кидаються в вухо».



# Правила музичної композиції #1

- 1) Музика - супровід до гри. Вона не повинна суттєво «виділятися». Якщо ви напишете мегахіт, який потрапить в TOP-20 MTV - це не найкращий варіант для бекграунду 2D гри.
- 2) Музика має бути простою. Чим складніша музика, тим більше проблем аранжування та зведення. Звідси наслідок: спрощувати все, наскільки можливо. Якщо є вибір «одна нота» або «багато нот» - слід вибрати одну ноту, і можливо розглянути 3й варіант - «зробити там паузу» 😊
- 3) Музика має бути ритмічною до дій гравця. Тоді виникає ефект «затягування в гру», і гра та музична композиція виглядають як одне ціле - збалансовано, органічно, коли «все в міру» (міра - одне з основних понять філософії 😊 )

## Правила музичної композиції #2

- 4) Якщо у Вас ще немає сформованої мелодії «в голові», музичну композицію найпростіше розпочинати з треку ударних інструментів. Можна використати вже зроблену ударну заготовку, вибравши з доступних в Logic Pro, або використати готовий аудіо «Loop». Це зекономить час, оскільки запис ударних партій може бути складним завданням.
- 5) Після того, як трек ударних готовий, слід додати трек бас-гітари - при цьому треба вирішити питання послідовності акордів супроводу (напр. тризвуки Ля-Фа-Соль-Ля). (Прим. Якщо використовуються аудіо loop-и з готовою партією баса - потрібно pitch-ом змінити партію баса по висоті в loop-і у відповідності до вашої акордової послідовності. При цьому міняти частоти барабанів і інших шумових інструментів не слід.)

## Правила музичної композиції #3

- 6) З точки зору психологічного сприйняття, якщо два звуки (різних чи однакових тембрів) генеруються з однієї точки простору – це один звук. (Інакшими словами: якщо скласти багато різних звуків в одній точці простору, і в один момент часу, то ми синтезуємо новий звук!) Інакше – це 2 різні звуки. Тому для корекції тембрів інструментів – можна додавати подібні інструменти, які грають однакові ноти у різних пропорціях. (Наприклад: 2 або 3 барабани одночасно в одній точці простору – вийде новий барабан, із можливо кращим звучанням).

## Правила музичної композиції #4

- 7) При композиційному формуванні партій – рекомендовано всі інструменти розставляти **в центрі або близько до центра** аудіопанорами. **Низькочастотні (ударні, бас-гітара) і солюючі інструменти (голоси, ліди) – майже завжди розташовані в центрі.**
- 8) Після того, як записані партії ударних і баса, можна добирати звуки різних інструментів **«за смаком»**, запуститивши партію ударних і баса на циклічне відтворення і грати з ними. За деякий час ви інтуїтивно сформуєте партії наступних інструментів, **які будуть гармоніювати з ударними.**

## Правила музичної композиції #5

- 9) Для формування орнаментального тла композиції, **широко використовуйте арпеджіатори, або подібні до них ефекти.**
- 10) Коли «**закінчилась фантазія**» і ви не можете придумати нову мелодію, **послухайте музику яка вам подобається** і яка могла б бути основою для вашої нової композиції. Нові мелодії не з'являються на порожньому місці, **нові мелодії – це модифікації вже існуючих.** Спробуйте частково змінити існуючі мелодії. **Пам'ятайте, що плагіат – це 7 співпадаючих посліп з оригіналом нот, інакше – це вже новий твір.**

# Поради для зведення аудіоматеріалу #1

1) **Нажче наведена рекомендована послідовність дій для зведення, починаючи з п.2, проте перед тим порада №1: Відпочивайте!** Робіть перерви (45 кожні - 60 хвилин), щоб дати вухам відпочити. Навіть декілька хвилин відпочинку відключить ефект «звикання» і відновить об'єктивність вашого сприйняття звуку. Ви почуєте «очевидні» помилки, до яких ваш мозок вже звик.

2) **Підпишіть всі треки і канали.** Організуйте та впорядкуйте їх логічно. Це заощадить час і зробить процес зведення більш комфортним. Якщо треків багато, правильність і зручність впорядкування - це критично важливий етап.

3) **Оптимізуйте всі джерела звуку.** Якщо у вашому треку використовуються синтезатори, постарайтеся налаштувати їх звучання на якомога більш ранньому етапі. **Наприклад, не варто підключати зовнішні фільтри, якщо досить підкрутити Resonance на синтезаторі.**

## Поради для зведення аудіоматеріалу #2

4) **Баланс амплітуд.** Не треба додавати ніяких ефектів і обробки, поки не налаштований загальний баланс амплітуд!

**Спробуйте включити моно режим** для всіх треків. Якщо інструменти звучать добре збалансовано в моно- все ок. Якщо ви будете відразу працювати в стерео, ви можете не помітити частотні і амплітудні конфлікти між інструментами.

5) **Еквалайзер.** Якщо ви хочете підкреслити якийсь звук - спробуйте підняти його в районі від 1 до 3 кГц. Якщо хочете відсунути звук подалі - слід понизити його високі частоти. **У разі якщо інструменти звучать одночасно** - є сенс вирізати або знизити низькі частоти інструментів, в яких вони не потрібні, щоб звільнити місце для бас-гітари і великого барабана. Мета всього процесу - щоб кожен інструмент було чути окремо.



## Поради для зведення аудіоматеріалу #3

6) **Сильні зміни треку.** На цьому етапі на трек слід додати ефекти, які кардинально змінюють звучання треку. (фазз, дістрошн, грануляторний процесор, глибоке відлуння, тощо).

7) **Сtereo картина.** Звукова картина повинна відповідати положенню інструментів на сцені, для випадку, якщо ви займаєте найбільш зручне положення в залі (уявно, це центр, 3-5 ряд). Панорама інструментів повинна бути незначною, тому **крайні положення регуляторів – це в більшості випадків – помилка.** Великий барабан і бас-гітару залишається в центрі: в низьких частотах міститься максимум енергії, тому її потрібно розподілити рівномірно. **Солуючі інструменти теж залишаються в центрі.** При панорамуванні інших інструментів має зберігатись баланс. Якщо щось звучить справа, значить, щось інше має звучати зліва. **Проте 2D ігри виконуються на телефонах – тому стерео має бути близьким до моно 😊.**

## Поради для зведення аудіоматеріалу #4

**8) Корекція аранжування.** Процес створення аудіосупроводу ітераційний, і взагалі кажучи - нескінченний. Крок за кроком можна вносити зміни і вдосконалення, проходячи всі вищеописані пункти знову. Проте на якомусь етапі необхідно зупинитись, пам'ятаючи, що «**краще - ворог хорошого**». На початкових етапах також можна застосовувати еволюційний алгоритм - зводити в різних незначних варіаціях, і **записувати проміжні результати** за допомогою системи контролю версій. За тиждень або більше часу, можна прослухати результати і вибрати найкращий. (**Статистично - 1й дубль запису, найчастіше є найвдалишим. 😊**) В якості признаку завершення процесу зведення може бути той факт, що при певному положенні фейдерів, зміна більшості з них на +/- ЗдБ призводить до суттєвого погіршення звукової картини.

## Поради для зведення аудіоматеріалу #5

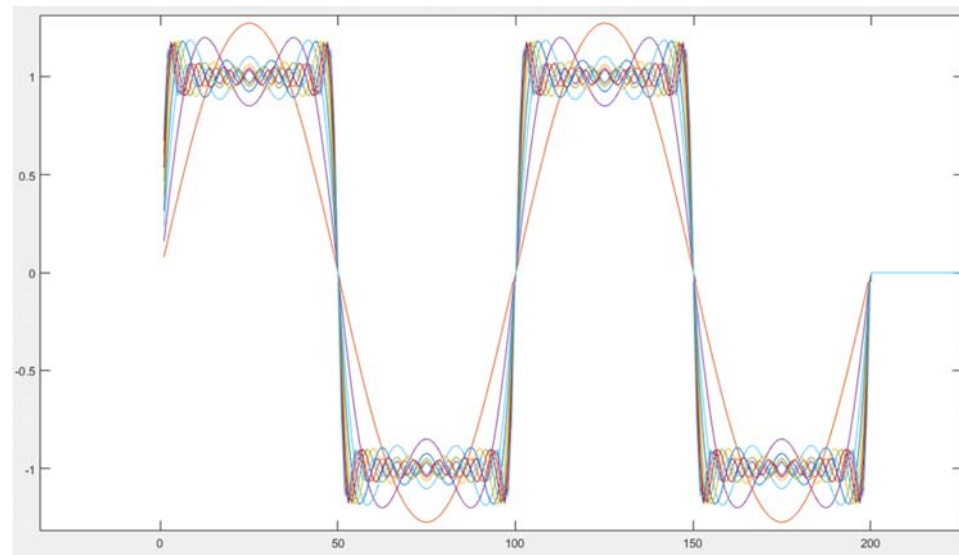
- 9) **Об'єм.** Інструменти знаходяться не прямо біля слухача, а на деякій відстані, при чому вони і слухач знаходяться в приміщенні. Це додає відлуння. Тому на даному етапі слід акуратно додавати до звуків затримки і реверберацію. Уникайте неприродньої багатопросторовості. Крім того, не намагайтеся поліпшити звук за допомогою реверберації: краще повернутися назад і підкрутити настройки синтезатора або еквайзера.
- 10) **Перевірка.** Перевірте налаштування всіх треків: амплітуди, настройки еквайзерів, ефектів, і внесіть необхідні корективи. Не перестарайтеся – музика далеко не завжди виграє від мегаточності звучання, а також, не варто вносити непомітні 90% слухачам зміни. В разі «якщо все не так» – повторіть все починаючи з пункту 1. Але вже завтра 😊.

## Синтез сигналів.

Синтез музичних сигналів необхідний для створення нових тембрів.

Нові тембри для електронних музичних інструментів переважно створюються на базі існуючих природних звуків. Шум вітру, спів птахів, звуки фортепіано – ось прототипи для синтезу. Як правило, абсолютно точно ресинтезувати з допомогою набору генераторів електричних сигналів природний звук – неможливо, проте створити дещо, що нагадує бажаний звук – можна. При цьому результат синтезу може мати власну художню цінність. Існує декілька типів синтезу: адитивний, субтрактивний, частотно-модульований (FM), гранулярний. На них ґрунтується робота апаратних (аналогових) чи програмних (виконані у вигляді комп'ютера, або окремого пристрою з вбудованим комп'ютером) синтезаторів. Окремо слід виділити семплери – пристрої, які відтворюють записані у них звуки. Семплери можуть мати можливості деякої зміни звуку, проте щоб отримати від них звук, його потрібно спочатку в них записати.

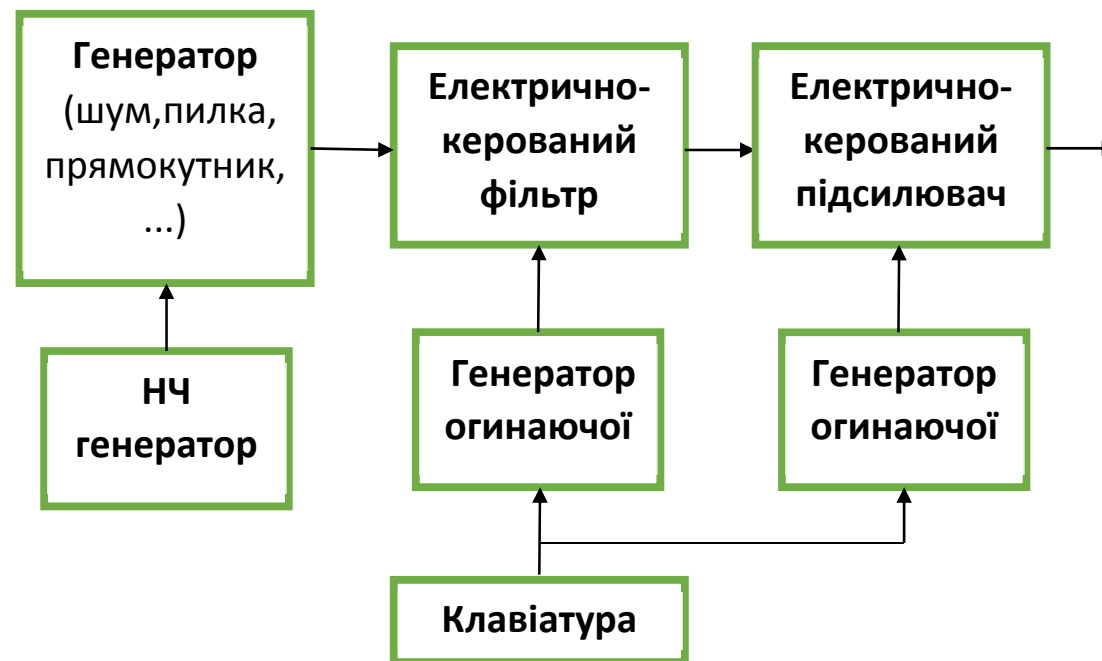
# АДИТИВНИЙ СИНТЕЗ



- Чим більша кількість гармонік береться для відновлення сигналу, тим більше відновлений сигнал подібний на оригінальний.
- Тембр сигналу поступово змінюється від синусоїди до заданого.
- Недоліком методу є потреба в окремому керуванні синусоїдами, що ускладнює реалізацію (потрібно >16 окремих керованих генераторів). Це потребує довгого програмування їх поведінки.

## Субтрактивний синтез

Принцип роботи базується на імітації голосового апарату тварин і людей - джерело сигналу генерує значну кількість гармонік (генерує шум або пилкоподібний сигнал, прямокутник, тощо.). Після цього сигнал проходить через керований фільтр та амплітудний модулятор:



## Аналоговий синтезатор

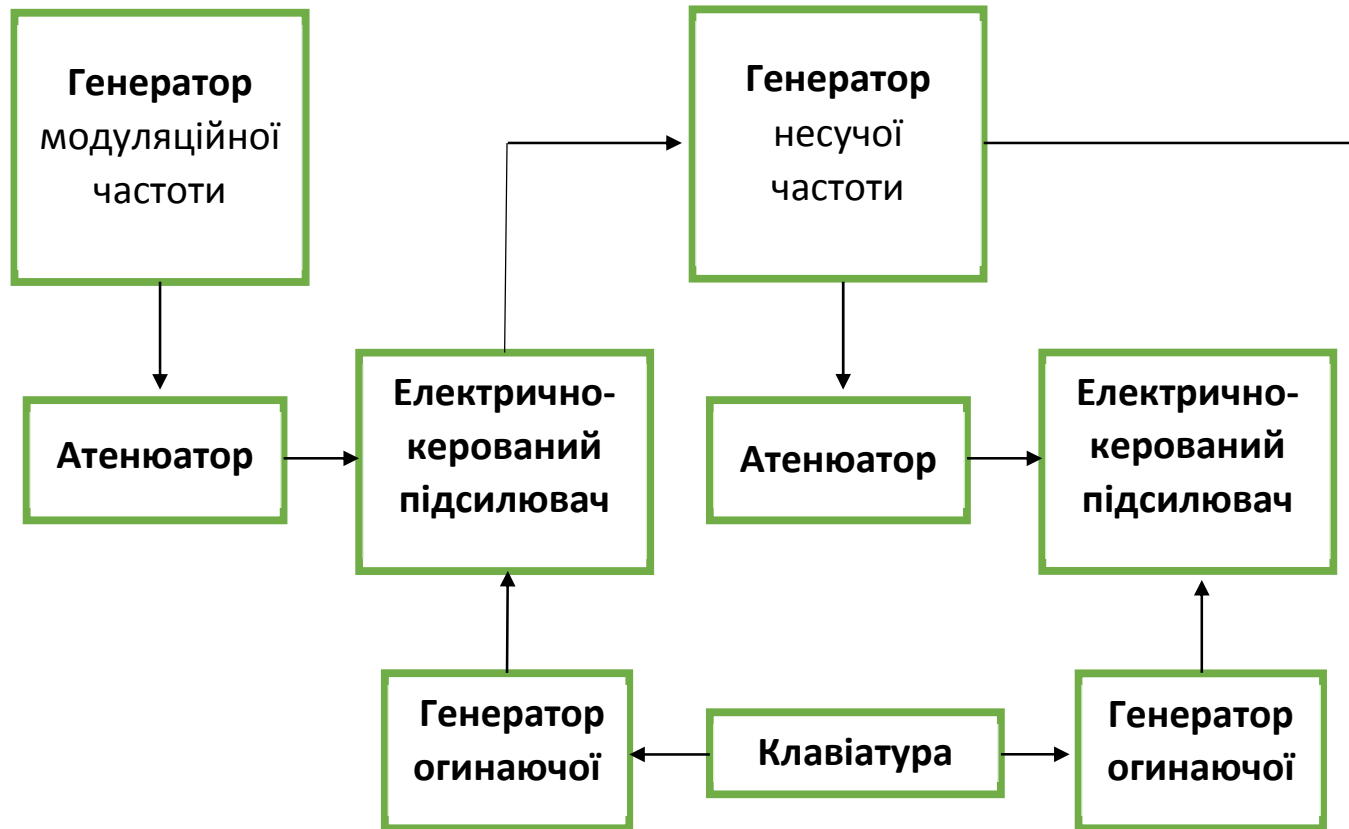
... як правило реалізує адитивно-субтрактивний синтез. Додаються не чисті синусоїди, а більш складні за формою коливання, які потім фільтруються і модулюються по амплітуді. Результат синтезу – однозначний, проте характер звуків має обмеження.





## Частотно-модульований (FM) синтез

... одержується за допомогою частотної модуляції одного генератора іншим. Форма коливань може бути довільною. Частоти генераторів сильно не відрізняються. Результат синтезу наперед важко передбачуваний. Приклади: **Yamaha FM7, NI FM8**



## Гранулярний синтез

... одержується за допомогою розбиття оцифрованих звукових фрагментів на фрагменти (гранули) тривалістю 1-50мс. Ці гранули можуть перемішуватись в часі, окремо обробляться – відтворюватись з різною швидкістю, фазою, амплітудою, тощо. Таким чином утворюється сигнал який використовується як основа для подальшої обробки за допомогою субтрактивного синтезу. Результат таких маніпуляцій корисний для синтезу дисонансних звукових структур, які викликають неприємні відчуття: скрипи, хрипіння, булькання, гарчання. Такі результати одержуються легко. Одержати консонансні звукові структури за допомогою такого синтезу важче – результат синтезу непередбачуваний.

## MID / SIDE – техніка запису та обробки

На відміну від традиційного стереозапису де є лівий (**L**) і правий канал (**R**), стереосигнал може бути представлений у вигляді монофонічної (**M**) та панорамної (**S**) складових. Це здійснюється за допомогою наступних перетворень сигналів:

$$M = (L + R) / 2, \quad S = (L - R) / 2$$

Зворотне перетворення потрібне для того, щоб сформувати нормальний стереосигнал.

$$L = M + S, \quad R = M - S;$$

При запису **M** сигнал одержується за допомогою односторонньо направленного (кардіоїда) мікрофону спрямованого на джерело сигналу, а **S** – за допомогою іншого мікрофона який має спрямованість типу «8», зони чутливості якого спрямовані по сторонам, а до джерела сигналу такий мікрофон – нечутливий. Регулювання звуку у форматі **M/S** дозволяє окремо регулювати центральний і просторовий баланс звукової картини.

## Підсумки

- **Мікшерний пульт**
  - призначений для сумування всіх сигналів в музичній системі, їх панорамування, фільтрації і обробки зовнішніми ефектами
  - має основну вихідну шину, може мати декілька групових шин з окремими виходами, декілька додаткових (AUX) шин
  - містить в своєму складі електронні компоненти (транзистори, мікросхеми), тому незначно спотворює звук, що в більшості випадків сприймається як позитив. Такі спотворення можуть частково емулюватись за допомогою спеціального програмного забезпечення

- **Композиція.**
  - У випадку, якщо ви не фахівець у створенні ударних партій, починати композицію потрібно з готового ударного треку.
  - Після цього - вигадати послідовність акордів. Зміна акордів викликає зміну емоційного стану слухача, тому час такої зміни і її результат повинен залежати від часового розгортки сюжету гри.
  - Далі потрібно накладати основну та допоміжні мелодійні лінії.
- **Зведення.**
  - Налаштувати синтезатори в треках
  - Амплітуда треків
  - Частота (еквалайзер) треку

- Спотворення треку
  - Панорама
  - Корекція аранжування і в разі необхідності повтор всього циклу зведення ще раз
  - Додавання реверберації (об'єму)
  - Перевірка правильності роботи. Повторну перевірку доцільно провести через тиждень, (якщо дозволяє час!) після завершення роботи. В разі виявлення недоліків, можна провести наступну ітерацію зведення.
- Рекомендовано проміжні версії проектів зберігати, для того, щоб потім можна було вибрати найоптимальніший.

## Список використаних джерел:

- 1.) <https://www.shutterstock.com/>
- 2.) <http://help.apple.com/logicpro/mac/10.3/>
- 3.) [http://www.yamahaproaudio.com/global/en/products/mixers/mg\\_standard/index.jsp](http://www.yamahaproaudio.com/global/en/products/mixers/mg_standard/index.jsp)



## Лекція 4

# «Частотні та нелінійні ефекти»

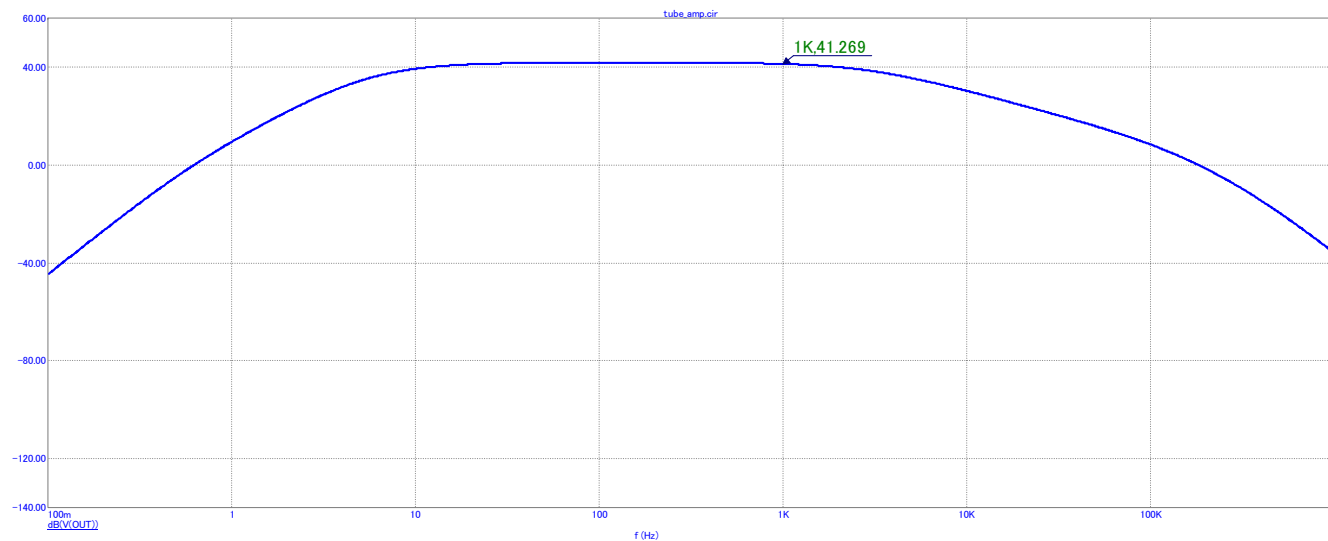


## Зміст лекції

- **Поняття АЧХ і ФЧХ.** Фільтрування. Типи фільтрів. **Еквалізація.**
- **Симуляція відлуння.** Реверберація і способи її використання. Поняття згортки. Використання згортки як фільтра. **Конволюційні процесори.**
- **Ефекти, базовані на затримці:** хорус, флейнжер, фейзер, вібратор і їх використання.
- **Художні спотворювачі сигналів.** **Дісторшн.** **Овердрайв.** **Фазз-ефект.** Програмна емуляція спотворень гітарних звуко-акустичних випромінювачів. Способи досягнення «хард-рокового» звучання гітари.

# Амплітудно-частотна характеристика

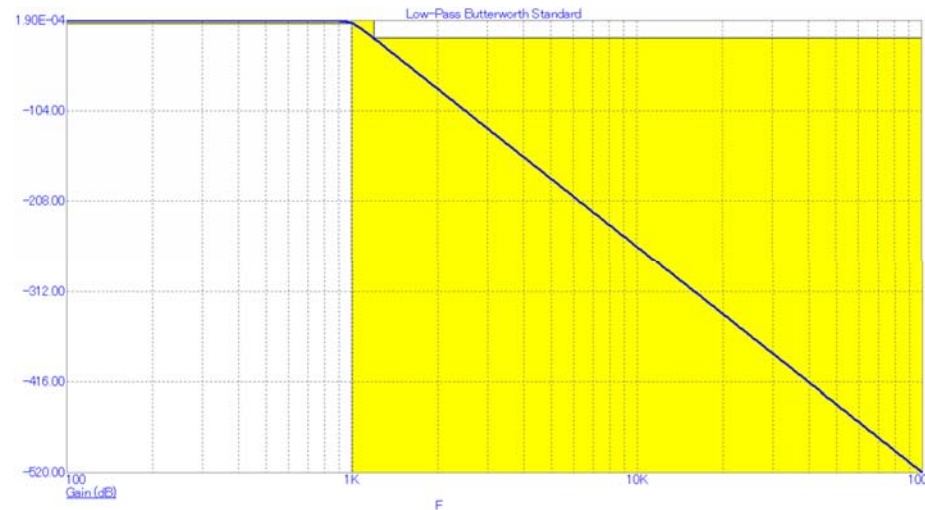
**Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ), це частотна залежність зміни коефіцієнта підсилення системи. Зображають цю характеристику у вигляді графіка:**



**Смуга пропускання системи визначається на рівні -3дБ по відношенню до середнього значення АЧХ, якщо не вказано інакше.**

# Типи фільтрів. Фільтри ФНЧ

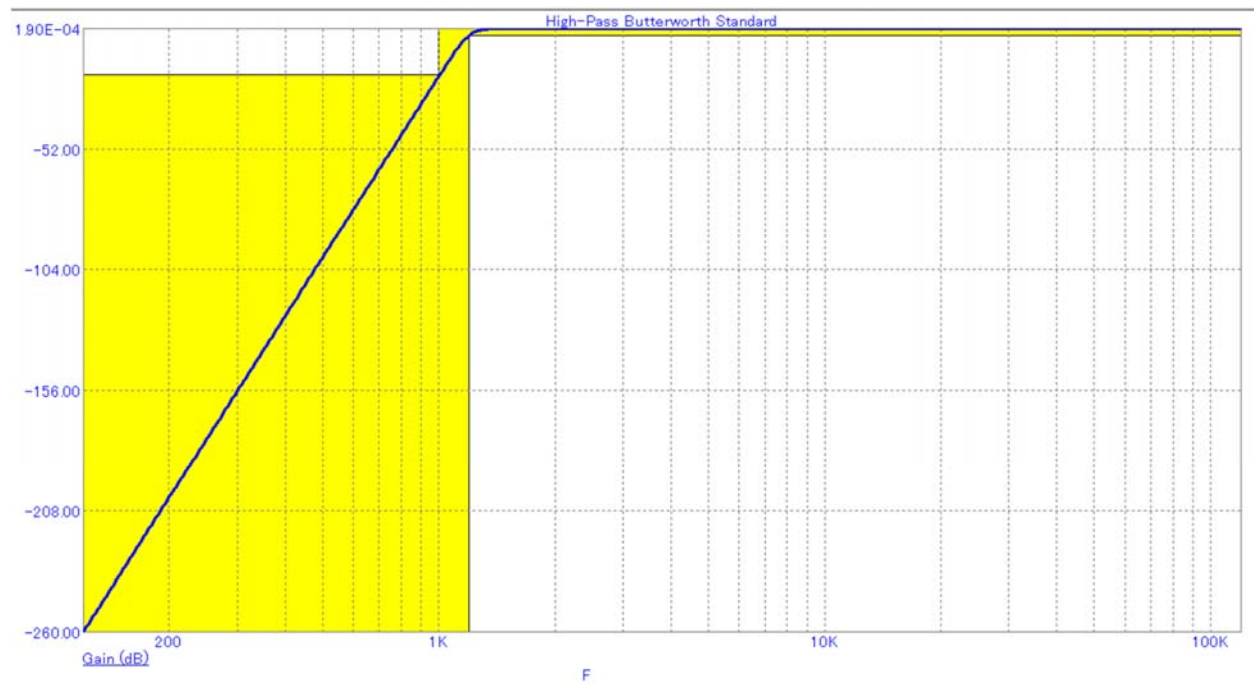
По типу **АЧХ** фільтри поділяються на **фільтри низьких частот – ФНЧ (low pass filters-LPF)**. Такі фільтри пропускають низькі частоти **до деякої частоти зрізу**, і суттєво послаблюють їх **після** цієї частоти. АЧХ такого фільтра на 1кГц виглядає наступним чином:



**Порядок** фільтра визначає **нахил** його АЧХ (**дб/окт**, **дб/дек**). Чим більший порядок фільтра, тим крутіший нахил його АЧХ.

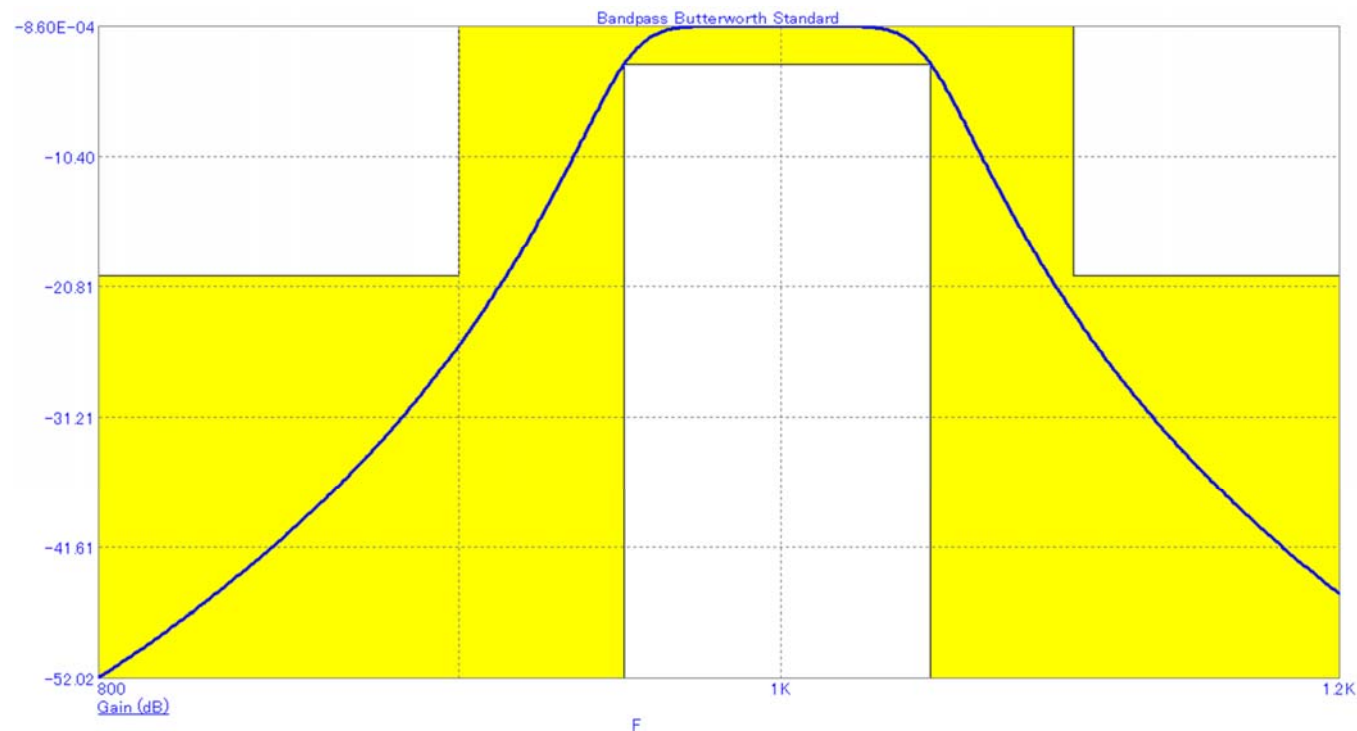
# Типи фільтрів. Фільтри ФВЧ

По типу АЧХ фільтри поділяються також і на **фільтри високих частот** - **ФВЧ (high pass filters-HPF)**. Такі фільтри пропускають високі частоти **вище** деякої **частоти зрізу**, і суттєво послаблюють їх **до** цієї частоти. АЧХ такого фільтра на 1кГц виглядає наступним чином:



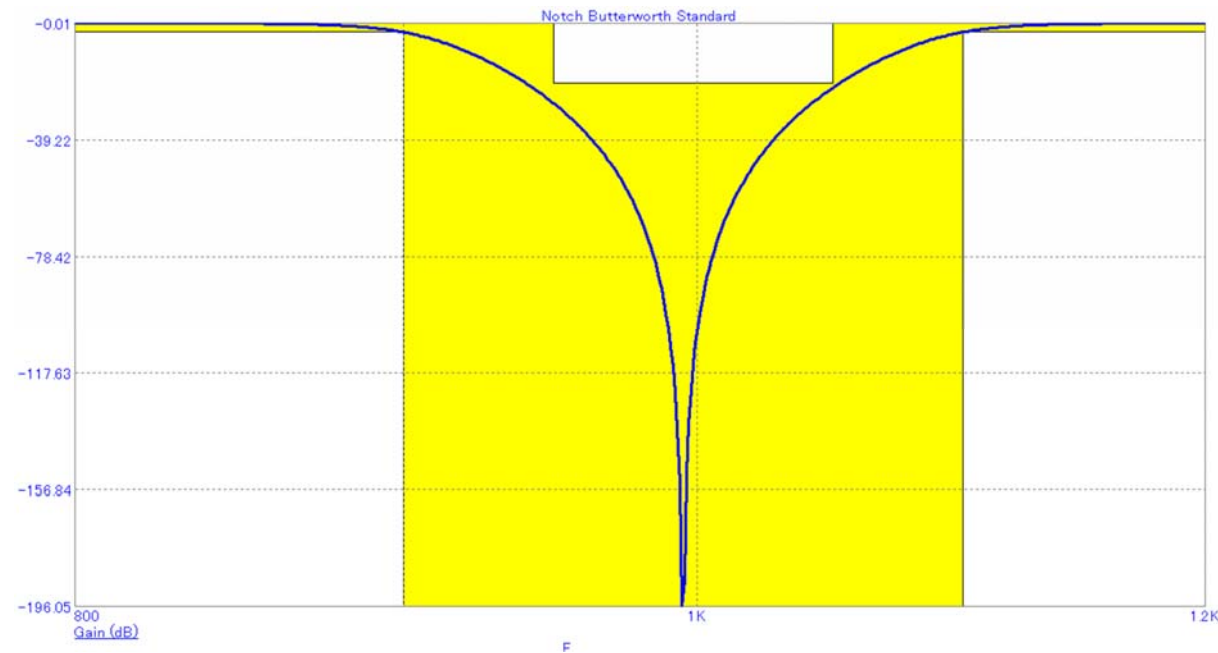
# Типи фільтрів. Смугопропускні

**Смугопропускні фільтри СТФ (band pass filters-BPF).** Такі фільтри пропускають частоти **в середині** деякої **смуги пропускання**, і суттєво послаблюють їх **поза межами** цієї частоти. АЧХ такого фільтра на центральну частоту 1кГц і смугу пропускання 100Гц виглядає наступним чином:



# Типи фільтрів. Смугозатримні

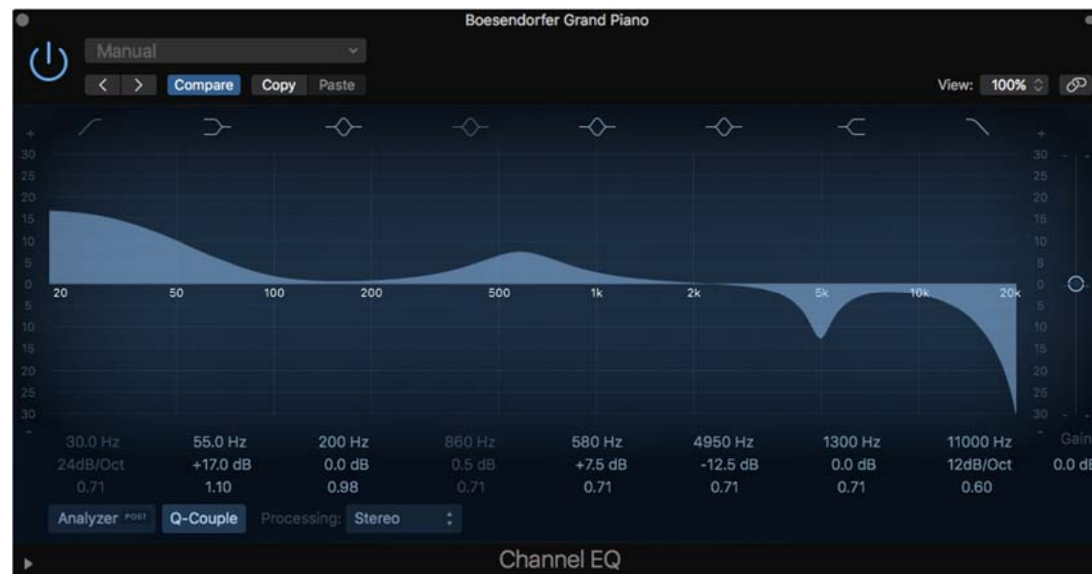
**Смугозатримні (режекторні) фільтри СЗФ (Notch filters).** Такі фільтри пропускають частоти **поза межами** деякої **смуги пропускання**, і суттєво послаблюють їх **на цій** частоті. АЧХ такого фільтра на центральну частоту 1кГц і смугу пропускання 100Гц виглядає наступним чином:





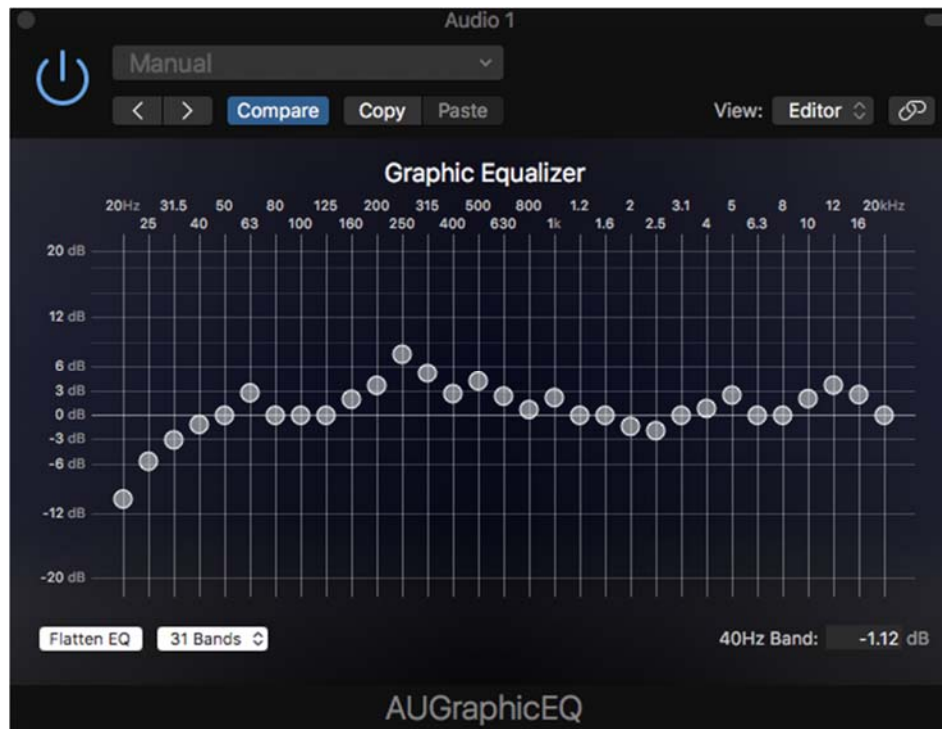
# Еквалайзер #1

**Фільтри** входять до складу **еквалайзерів**. Основні типи еквалайзерів – параметричний та графічний. В **параметричному** еквалайзері для кожної смуги здійснюється незалежна один від одного установка всіх параметрів, а саме **центральної частоти**, **ширини смуги** і величини **підйому/завалу АЧХ**, **порядку** фільтра (або величини нахилу його АЧХ). У ряді моделей існує можливість зміни для кожної зі смуг тип фільтра:



## Еквалайзер #2

Графічний еквалайзер - це набір смугопрпускних/смугозатримних фільтрів. В **графічному** еквалайзері кожна смуга має свою фіксовану робочу частоту, проте самих смуг може бути значна кількість, типово 10, 25, 31:



31-смуговий графічний еквалайзер Logic Pro.

Доступний як плагін з розширенням AU

# Симуляція відлуння

**Відлуння (луна)** – це природний процес однократного, або багатократного надходження (із значним запізненням) звукових хвиль, відбитих від перешкод (стін, та ін. твердих поверхонь), в точку прослуховування, після надходження первинної звукової хвилі. Час запізнення відлуння по відношенню до первинного сигналу має складати більше 40-50мсек.(відстань >14..16метрів). Якщо час запізнення складає менше ніж 40мс, то **стає неможливим відрізнити окремі звукові хвилі** проте для слухача звук **набуває об'ємності приміщення**. В такому разі говорять про **реверберацію**. Якщо записати не будь-який сигнал з відлунням чи реверберацією, а результат короткої імпульсної дії (постріл, іскровий розряд, вибух), то результатом такого запису є **імпульсна характеристика (ІХ)**. ІХ може бути використана для відтворення акустики приміщення, в якому вона була записана за допомогою математичної операції **згортки (convolution)**, і **конволюційних процесорів** які виконують її в реальному часі (наприклад: Xenium audio XR-1).

# Конволюційний ефект Space Designer



**Space Designer** має можливість «неруйнівного» редагування ІХ: **зміна частоти дискретизації ІХ**, формування **огинаючої** по **амплітуді**, **частоті** та **густині** сигналу. Можна змінювати **довжину ІХ**, формувати затримку **передзвучання (PreDly)**. Слід зауважити, що обробка ІХ може займати час до

**1сек, тому при автоматизації цього ефекту в реальному часі, слід зважати на це, щоб не одержати перебої в звуковідтворенні.**

## Фільтрація на основі згортки

**Конволюційні процесори** – також можуть бути використані для проведення фільтрації. Якщо на вхід еквайзера подати короткий одиничний імпульс, то запис його вихідного сигналу вже є імпульсною характеристикою. При цьому згортка такої ІХ з довільним сигналом призведе до фільтрації цього сигналу, так, ніби цей сигнал пройшов через еквайзер. Навіть при симуляції реверберації приміщення, ІХ враховує частотну залежність поглинання звукових хвиль різними матеріалами. Таким чином лунки металеві приміщення на слух будуть відрізнятись від глухих дерев'яних. Проте згортка це лінійна операція – вона не буде спотворювати форму гармонічного коливання, тому спроба відтворити нелінійний ефект на основі згортки з ІХ (наприклад гітарний дисторшн) не буде мати успіху.

# Ревербератор EnVerb



**EnVerb** має дозволяє  
моделювати тільки  
ревербераційний «хвіст» і має  
часові параметри: затримка  
передзвучання (**Predelay**), час  
атаки (**Attack**), час спаду до  
постійного рівня (**Decay**),  
постійний рівень (**Sustain**).

Параметри сигналу: густина  
(**Density**), ширина стерео поля  
(**Spread**), видалення високих частот понад задане значення (**High Cut**), точка розбиття частотної смуги на 2 для незалежної обробки (**Crossover**), відносний рівень ревербераційного сигналу в частотах нижчих за частоту Crossover (**Low freq. level**)



# Імітація відлуння Delay Designer



**Delay Designer** дозволяє моделювати тільки перші відбиття звукової хвилі. Для кожного відбиття можна налаштовувати наступні параметри: **Рівень** і **панорамна позиція**, **НЧ** і **ВЧ фільтрація**, **пітч** **транспозиція вверх і вниз**.

Інші параметри налаштувань включають **синхронізацію**, **квантування** та **зворотній зв'язок**. Ви можете використовувати його для побудови базових **ехо-ефектів** або складних схем аудіовідгуків. Крім того, ви можете встановити численні точки відбиття як повторення інших точок відбиття, але з індивідуальним контролем за кожною точкою відбиття.



## Імітація відлуння Echo



**Echo** дозволяє моделювати тільки перші відбиття звукової хвилі. Це простий ефект, синхронізований з темпом проекту, що дозволяє зручно моделювати повтори і не дуже зважати на темп проекту. В разі необхідності змінювати темп проекту можна в будь-який час.

Регулятор **Color** визначає гармонічний вміст затримуваного сигналу

# Посемплова затримка **Sample Delay**

**Sample Delay** дозволяє здійснити затримку сигналу в звуковому каналі на задану кількість відліків (семплів), починаючи з одного. Це дозволяє усувати проблеми синхронізації, які можуть виникати при роботі з багатоканальними мікрофонами. Для розрахунку можна вважати, що швидкість звуку 340м/с, що відповідає кількості відліків, яка співпадає з частотою дискретизації (частота семплювання) Наприклад 44100. Тоді 0,34м буде наближено відповідати 44 відліку і т.д.



# Імітація відлуння **Tape Delay**



**Tape Delay** дозволяє моделювати відлуння, сформовані за допомогою лінії затримки на магнітній стрічці, яка містила в собі механічний стрічкопротяжний механізм. Такий пристрій додає до звукових коливань додаткові гармонічні складові, що в ряді випадків підвищує художню цінність одержаного звуку. Це явище

емулюється програмно. Ефект синхронізований із темпом проекту, тому зміна темпу проекту не змінює розстановку відгуків. Ефект містить ФНЧ та ФВЧ в колі зворотного зв'язку, що збільшує природність створюваного ефекту.

# Імітація відлуння Stereo Delay

**Stereo Delay** – ефект подібний до Tape Delay, проте дозволяє встановлювати параметри затримки (**Delay**), зворотного зв'язку

(**Feedback**), та загальні

параметри (**Global**) окремо для кожного каналу. Параметр

**Crossfield** визначає яка

частина сигналу зворотного зв'язку потрапляє в сусідній канал. Ефект синхронізований

із темпом проекту, тому зміна темпу проекту не змінює

розстановку відгуків. Ефект

Можна застосовувати для

перетворення «**Моно-Стере**».



# Ревербератор PlatinumVerb



**PlatinumVerb** дозволяє моделювати приміщення заданих геометричних форм і має можливість редагування окремо параметрів ранніх відбивань (1,2,3 – **Early reflections**) і «хвоста» (**Reverb**). **Параметри**: затримка

передзвучання 1х променів (**Predelay**), форма кімнати (**Room Shape**), відстань між 2-ма віртуальними мікрофонами які є «приймачами» звуку в віртуальній кімнаті (**Stereo Base**), розмір кімнати (**Room Size**). Затримка появи «хвоста» (**Initial Delay**). Інші параметри збігаються з **EnVerb**.

# Ревербератор SilverVerb



**SilverVerb** має простий ревербераційний алгоритм, тому цей ефект - не найкращий вибір для моделювання реальних приміщень. Проте він має генератор низькочастотних модуляцій ревербераційного сигналу, що дозволяє одержати цікаві в художньому сенсі ефекти.

## Ефект хорус (Chorus).

**Хорус (Chorus)** - звуковий ефект, який мав би імітувати хорове звучання музичних інструментів. Ефект реалізується шляхом додавання до вихідного сигналу його власної копії або копій, зсунутих за часом на величини порядку 20-30 мілісекунд, причому час зсуву безперервно змінюється. Ефект використовується для керування насиченістю звуку і панорамування його по стереопанорамі.





# Ефект ансамбль (Ensemble).

**Ансамбль** - звуковий ефект Logic Pro, який є комбінацією 8-ми хорус ефектів. Два стандартних LFO і один LFO, який генерує випадкові коливання, дозволяють створювати складні модуляції сигналу. Ефект



"Ансамбль" може суттєво покращити звук і створити віртуальне розташування звуків по панорамі (перетворення моно-стерео). Проте є певне значення оптимуму налаштувань, перехід через який призводить до зниження якості оброблюваного звуку.

## Ефект флейнжер (Flanger).

**Фленжер (англ. Flanger)** - звуковий ефект, що нагадує політ реактивного літака. За принципом роботи схожий з хорусом, і відрізняється від нього часом затримки (5-15 мс) і наявністю зворотного зв'язку. Спочатку вхідний сигнал розділяється на два



незалежних сигнали, один з яких залишається без змін, а інший надходить на лінію затримки. У лінії затримки здійснюється затримка сигналу на 5-15 мс, причому час затримки змінюється відповідно до сигналу генератора низьких частот.

Змінюючи частоту, форму і амплітуду коливальних

низькочастотного генератора, можна отримувати різний вихідний сигнал. На виході затриманий сигнал змішується з вихідним.

# Ефект фейзер (Phaser).#1

**Фейзер** – звуковий ефект, який досягається фільтрацією звукового сигналу зі створенням серії максимумів і мінімумів в його спектрі. Положення цих максимумів і мінімумів варіюється протягом звучання, що створює специфічний ефект свисту (англ. *Sweeping*). За принципом роботи схожий з хорусом і відрізняється від нього часом затримки (1–5 мс). Крім цього затримка сигналу у фейзері на різних



частотах неоднакова і змінюється за певним законом. В програмі Logic Pro фейзер представлено двома варіантами. **Мікрофейзер** – найпростіша версія, проте достатня для більшості випадків.

## Ефект фейзер (Phaser).#2

**Фейзер** – повна версія ефекту. Різниця часу між двома сигналами модулюється двома незалежними низькочастотними генераторами огибаючих (LFO). Крім того, фейзер містить фільтри зворотного зв'язку та детектор огибаючої, який відстежує зміну амплітуди вхідного сигналу, створюючи динамічний сигнал керування, який



змінює  
діапазон  
sweep.

**Фейзер** –  
ефект добре  
підходить  
для  
формування  
звуку соло-  
гітари.

## Ефект Леслі (Leslie).

**Ефект Леслі** – імітує механічне обертання гучномовця в органі Хамонда. Він імітує динамік, що обертається, разом з відбивачами, а

також мікрофони, які знімають звук. В процесі роботи утворюється просторовий ефект Доплера.

Кнопки управління обертання ротора: вони змінюють швидкість ротора таким чином:

- 1) **slow** – повільний рух.
- 2) **fast** – швидкий рух.
- 3) **brake** – зупиняє обертання.



# Ефект стереорозширювач (Spreader).

**Ефект стереорозширювач** – розширює стереобазу сигналу. Він періодично (за LFO) зсуває його спектр, розширюючи частотний діапазон сприйняття сигналу. Додатково можна ввести постійний зсув (**Channel delay**) між каналами в семплах, додаючи об'єм стереокартині, і розділення стереосигналу.





## Ефект тремола (Tremolo).

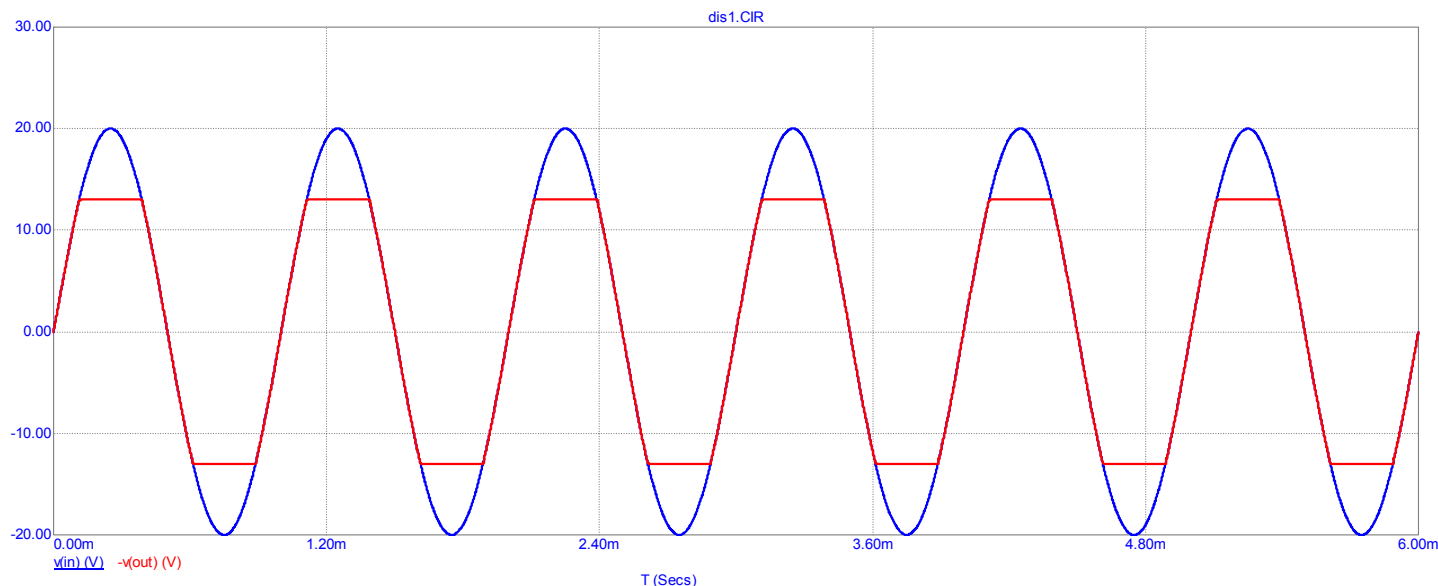
**Ефект тремола** – модулює (за LFO) амплітуду вхідного сигналу, що призводить до ритмічної пульсації гучності. Він забезпечує окрему модуляцію лівого та правого каналів, регулювання глибини модуляції, частоти модуляції, і згладжування модулюючих коливань. Фактично ефект формує **амплітудну огинаючу сигналу**.





# Нелінійні ефекти. Distortion

**Дисторшн (Distortion)** – звуковий спотворюючий ефект ґрунтований на «зрізанні» вершин синусоїди вхідного сигналу (clipping), починаючи з деякого порогового значення. Якщо відбувається «різке» зрізання вершин, говорять про **hard clipping**. У спектральному представленні, зрізання вершин призводить до генерації вищих гармонік, що призводить до зміни тембру сигналу.



# Distortion #1 в Logic Pro

**Ефект дисторшн** – має регулятор **Drive**, який здійснює підсилення вхідного сигналу перед подачею його на нелінійний елемент



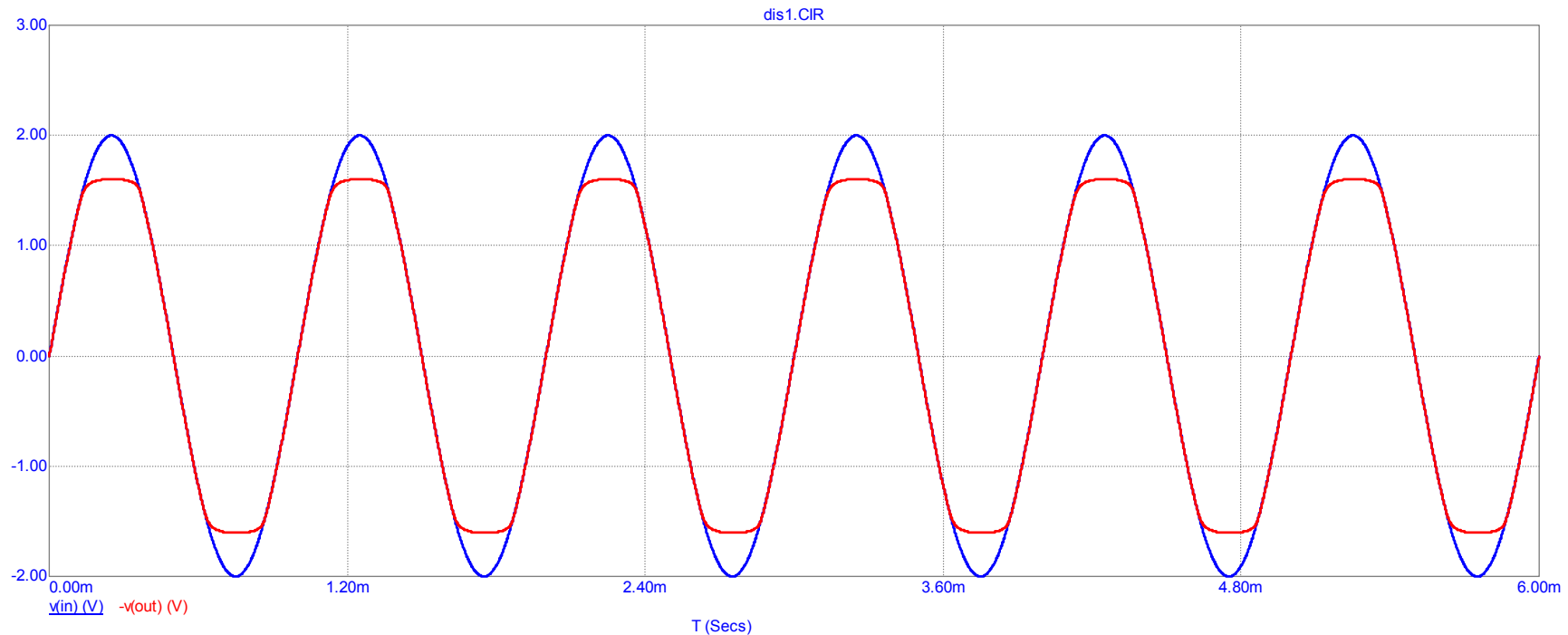
(представлений на графіку **зеленою сходиною**). Вихідний регулятор **Output**, формує рівень вихідного сигналу.

Додатково ефект має вихідний фільтр низьких частот, частота якого визначається регулятором **Tone**. Оскільки після нелінійної обробки

суттєво деформується амплітуда сигналу, крім регулятора **Output**, можна застосовувати автоматичний компенсатор гучності **Level Compensation**.

## Види ефекту distortion.

Якщо відбувається «плавне» зрізання вершин із заокругленням кутів, говорять про soft clipping. Soft clipping має вищу художню цінність тому більше використовується в музиці, оскільки має меншу звукову «різкість». Спектрально, при цьому кількість дуже високих гармонік зменшується.



## Distortion #2 в Logic Pro

**Ефект Distortion II** – Реалізація «м'якого дисторшна». Емулює



спотворюючу схему органа Hammond B3, тому цю схему добре використовувати для спотворення звуків електронного органу. Для гітарних тембрів такий тип спотворення не дасть достатньо жорсткого звуку, придатного для хард-року, однак у легких блюзових композиціях в стилі 60х-70х, цей ефект буде виглядати

чудово.

## Distortion #3 в Logic Pro

**Phase Distortion** – нетрадиційна реалізація ефекту, базована на модульованих лініях затримки, як і хорус, проте значення затримки не визначається LFO, а одержується в результаті низькочастотної фільтрації вхідного сигналу. Тобто частина сигналу впливає на затримку всього сигналу, що призводить до спотворень, подібних на класичний дисторшн.



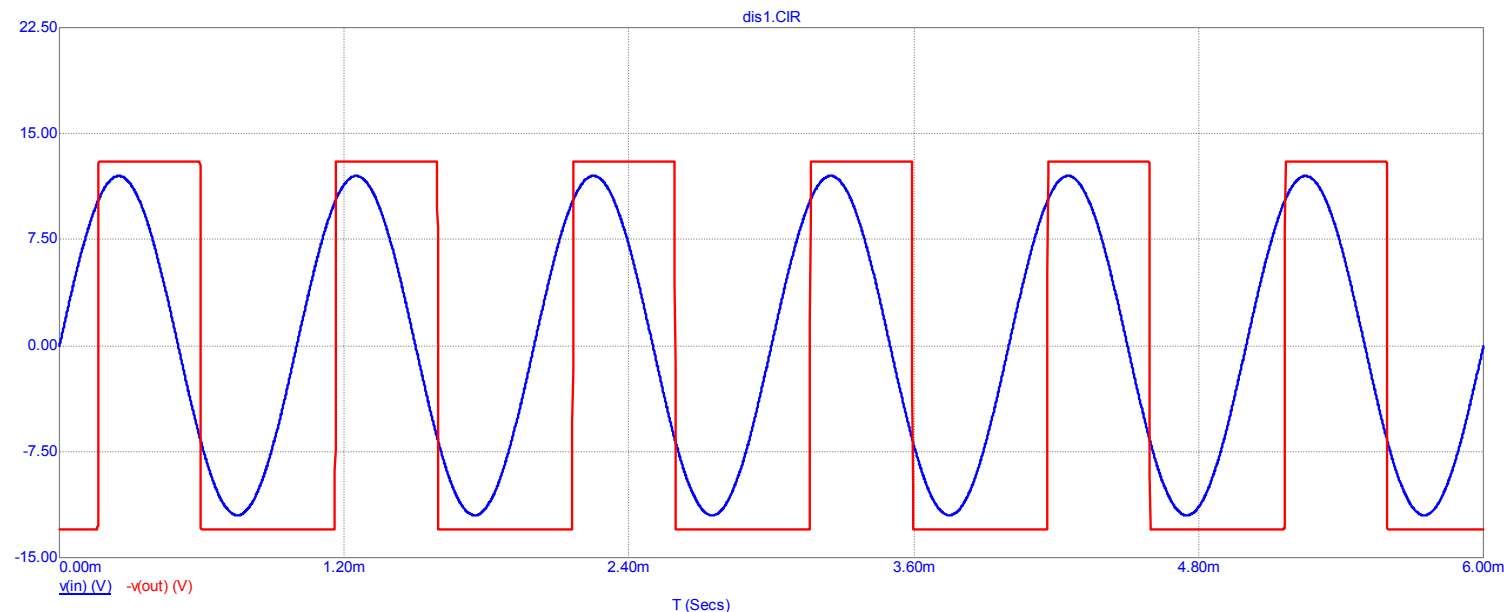
# Bitcrusher

**Bitcrusher** – ефект, який ґрунтується на переквантуванні цифрового сигналу. Для прикладу, звуковий сигнал, який обробляється в Logic Pro з розрядністю 16 біт (що забезпечує сітку 65536 рівнів амплітуди), перетворюється в 4 біти (16 рівнів амплітуди). Після чого відбувається повторне перетворення до 16біт вже спотвореного сигналу. При цьому, в результаті втрати частини інформації, замість вхідної синусоїди одержуються «сходинки», які призводять до появи вищих гармонік у спектрі:



# Fuzz - ефект

Подібний до дісторшну. Найбільш «жорсткий» ефект. Відрізняється повною втратою огинаючої сигналу. Будується з використанням тригера Шмітта. Тригер Шмітта характеризується т.зв. гістререзисом – переключення відбувається не в момент переходу сигналу через 0, а в момент переходу через деякий верхній та нижній пороги. Вихідний сигнал має практично прямокутну форму.





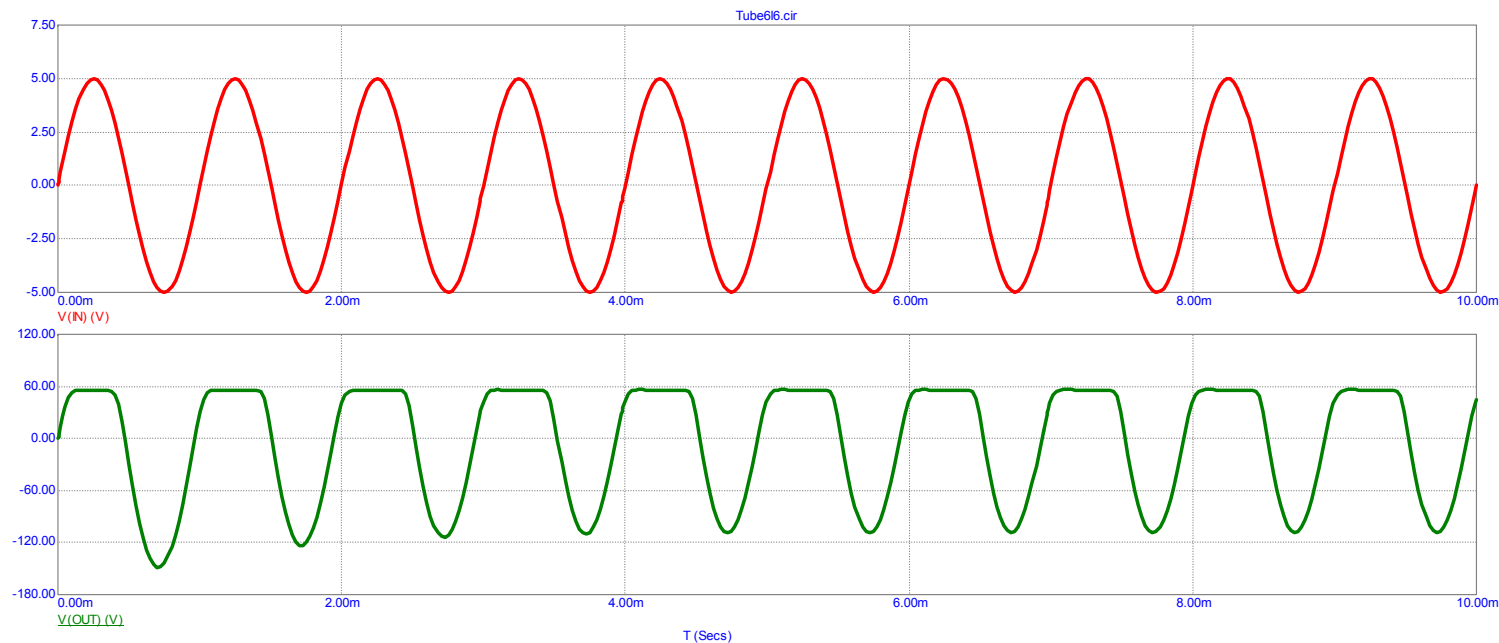
# Fuzz - ефект в Logic Pro

В Logic Pro Fuzz об'єднаний з ефектом «Bay-wah».



# Overdrive - ефект

Подібний до дістрошну. Найбільш «м'який» ефект. Такий ефект можна одержати, якщо подавати на вхід лампового підсилювача сигнал з амплітудою, більшою за допустиму. Тоді крім обмеження по амплітуді, можемо мати й різні спотворення для позитивної і негативної півхвиль сигналу:



# Overdrive в Logic Pro

**Ефект Overdrive** – аналогічний до ефекту дисторшн за органами управління. Проте видно, що нелінійна характеристика не є такою прямокутною як у дисторшна, а більше нагадує S-подібну криву із згладженими кутами.



## «Хард-рокове» звучання гітари



Типове хард-рокове звучання гітари (подібний на звук «ЖЖ-Ж-Ж...»)

можна одержати пропустивши чистий звук гітари через послідовність ефектів

«компресор-дисторшн-підсилювач-

гучномовець-мікрофон - ревербератор». Схема «підсилювач-гучномовець-мікрофон» симулюється одним ефектом. При цьому рекомендовано в підсилювачі відключити його внутрішній ревербератор.

## Підсумки

- **Типи фільтрів** відрізняються один від одного формою АЧХ і впливом на звук. Входять до складу еквалайзерів і практично кожного з ефектів існують:
  - ФНЧ,
  - ФВЧ,
  - смугопропускний фільтр,
  - смугозатримний фільтр.
- **Згортка (конволюція)** – математична операція, яка забезпечує реалізацію фільтрації сигналів, та симуляції відлуння та реверберації.
  - Згортка проводиться між довільним вхідним сигналом, та ІХ (ядром фільтра).

- Імпульсна характеристика (ІХ) – це реакція досліджуваної системи на дію короткого імпульса значної амплітуди.
- Для того, щоб одержати ІХ еквалайзера – слід подати 1 семпл максимальної амплітуди на вхід еквалайзера.
- Для того, щоб одержати ІХ ревербератора – слід подати 1 семпл максимальної амплітуди на його вхід
- **Імітація відлуння.**
  - Відлуння і реверберацію можна симулювати за допомогою конволюційних процесорів з відповідними ІХ.
  - Для симуляції відлуння зручно використовувати відповідні ефекти: **delay designer**, **echo**, **sample delay**, **stereo delay**, **tape delay**.



- **Імітація реверберації.**
  - Відлуння і реверберацію можна також симулювати за допомогою конволюційних процесорів з відповідними ІХ.
  - Для симуляції відлуння зручно використовувати відповідні ефекти: **AVerb**, **EnVerb**, **PlatinumVerb**, **SilverVerb**.
- **Спектральну трансформацію тембрів**  
Можна здійснювати за допомогою ефектів **хорус**, **фейзер**, **флейнжер**.



- **Сильні спотворення тембрів**  
Можна здійснювати за допомогою ефектів **дисторшн**,  
**овердрайв**, **фейзер**, **біткрашер**

## Список використаних джерел:

- 1.) English, Graham, Logic Pro X For Dummies, John Wiley & Sons, 2014
- 2.) <https://www.apple.com/logic-pro/>
- 3.) <http://help.apple.com/logicpro/mac/10.3/>

# Лекція 5

## «Динамічні ефекти. Фінальна обробка»



## Зміст лекції

- **Динамічні ефекти.** Компресор. Принцип функціонування компресора. Лімітинг. Нойс-гейт.
- **Багатосмугова обробка сигналів.** Багатосмугова компресія і способи її використання.
- **Керована багатосмугова обробка сигналів:** вокодер.

# Компресор

**Компресор звукового сигналу** - пристрій, який здійснює **автоматичне регулювання амплітудного рівня сигналу**, на основі поточного аналізу його параметрів. В першому наближенні компресор - це один із різновидів систем автоматичного регулювання підсилення (АРТТ). Він містить також і часові регулятори: час атаки (час після якого включається коректор підсилення) і час релізу (час після якого коректор підсилення відключається). Одне з призначень компресора - виконувати роботу звукооператора з постійної корекції підсилення за допомогою мікшерного пульта, під час концертних виступів. **Коли інструмент звучить занадто тихо - оператор збільшує гучність, а коли занадто гучно - зменшує її.** Оператор здійснює цю операцію **не миттєво** - йому потрібен час на усвідомлення події і проведення рухів. Все це імітується за допомогою компресора. Крім того, компресор може приймати участь в побудові художніх звукових ефектів.

# Структура компресора #1

**Схема із зворотним зв'язком.** Така схема детектує значення амплітуди вихідного сигналу пристрою, і формує основний управляючий сигнал, який проходячи через схему управління (яка враховує параметри Attack, Release, і т.д.) змінює коефіцієнт підсилення основного підсилювача компресора.



## Структура компресора #2

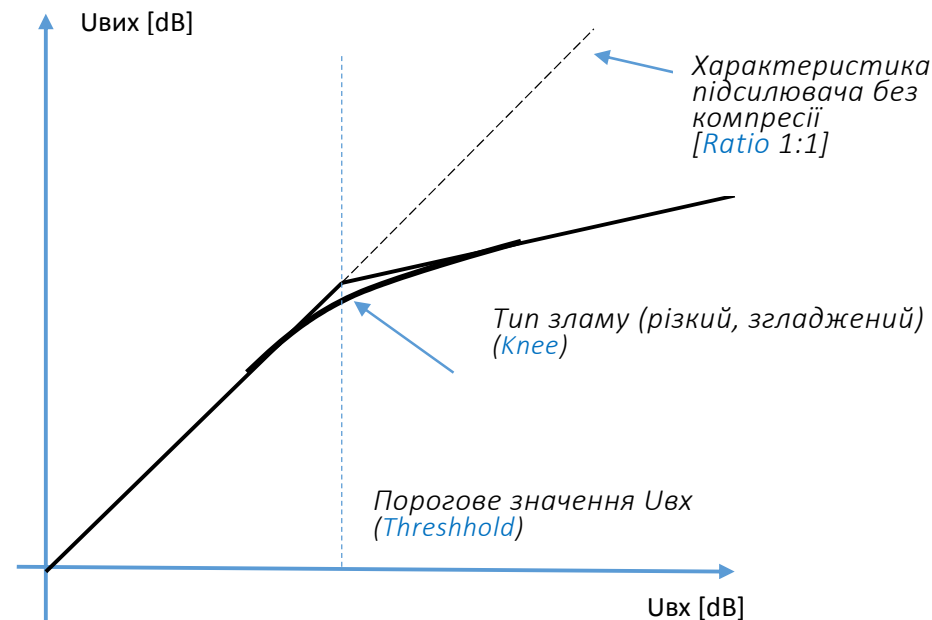
**Схема з прямим управлінням.** Така схема детектує значення амплітуди вхідного сигналу, і формує основний управляючий сигнал, який проходячи через схему управління (яка враховує параметри Attack, Release, і т.д.) змінює коефіцієнт підсилення основного підсилювача компресора.





# Амплітудна характеристика компресора

**Амплітудна характеристика** визначає залежність значень амплітуд вихідного до вхідного сигналів без врахування часових параметрів компресора. Після переходу через точку зламу, коефіцієнт підсилення змінюється.



# Параметр **Ratio** компресора

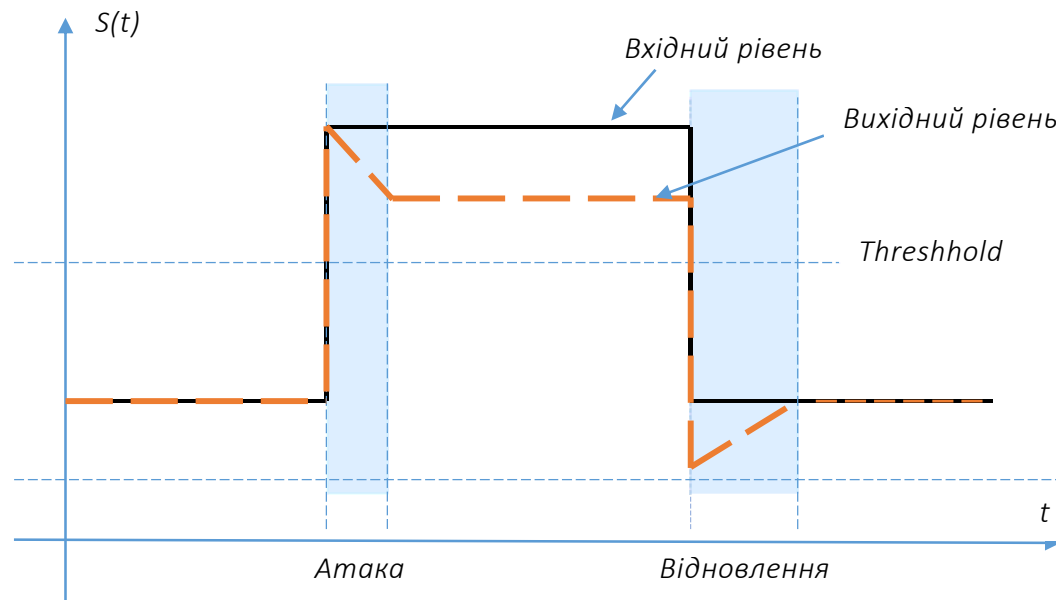
**Параметр Ratio** визначає співвідношення вхідного до вихідного сигналів, що перевищують поріг (Threshold).

Наприклад, співвідношення  $4 : 1$  означає, що сигнал перевищує поріг на 4 дБ, - стиснеться до рівня 1 дБ вище порогового значення. Найвище співвідношення  $\infty : 1$  зазвичай досягається за допомогою співвідношення  $60 : 1$ , і фактично означає, що будь-який сигнал, що перевищує поріг буде знижено до порогового рівня.

Збільшення параметра Ratio призводить до збільшення нахилу амплітудної характеристики після точки зламу (коли значення напруги на вході перевищує точку зламу).

# Параметри Attack i Release

**Часові параметри** визначають час до повного включення і виключення компресора після проходження вхідним сигналом порогове значення **Threshold**. Протягом цих часів здійснюється зміна коефіцієнта підсилення компресора. Дію компресора можна описати реакцією на прямокутний імпульс. Аналогічно все працює і у випадку, якщо це огибаюча сигналу:



# Компресор Logic Pro



Параметр **MAKE UP** визначає вихідний рівень компресора, оскільки оброблений сигнал компресора є меншим по амплітуді ніж вхідний. **AUTO GAIN** автоматично виставляє вихідний рівень так, щоб гучність сигналу, що пройшов через компресор не зменшувалась. Схема ефекту

імітує функціонування різних типів аналогових і цифрових компресорів, що може призводити до додавання вищих гармонік до оброблюваного сигналу. Параметр **AUTO** намагається виставити більшість параметрів компресора у відповідності до оброблюваного сигналу.

# Лімітер

**Лімітер** працює подібно до компресора, проте має важливу відмінність: коли компресор пропорційно зменшує сигнал коли він перетнув порогову межу (Threshold), лімітер зменшує будь-який пік (викид), до рівня порога, ефективно обмежуючи сигнал до цього рівня. **Типово лімітер використовується для мастеринга і його можна поставити в останню ланку обробки сигналу.**

Лімітер сконструйований таким чином, що, якщо він встановлений на 0 дБ, а рівень виходу 0 дБ, він не впливає на сигнал. Якщо сигнал перевищує поріг - обмежувач зменшує рівень. Однак лімітер не може виправити звук, який сам по собі обрізаний під час запису.

# Лімітер Logic Pro



На відміну від компресора, лімітер спрацьовує миттєво, тому параметра Attack не має. Параметр **Lookahead** визначає як далеко (в мілісекундах) ефект аналізує сигнал, який незабаром буде звучати. Це дозволяє швидше реагувати на різкі викиди сигналу.

# Деесер #1

**Деесер** це частотно-залежний компресор, спроектований для того, щоб компресувати вибрану смугу всередині повного сигналу. Він використовується для того, щоб зменшити різкі акцентовані звуки «**с-сс-ссс...**», «**ц-цц-ццц...**» в записаній мові. В побуті ми не помічаємо таких явищ, тому, що наше вухо переважно не спрямоване прямо на обличчя персони яка говорить/співає, а знаходиться від неї на значній відстані. При цьому високі частоти звукового сигналу мають тенденцію до швидкого затухання при розповсюдженні у просторі. Під час запису обличчя виконавця спрямовано прямо в мікрофон, який знаходиться на відстані 20-30см, тому ВЧ складові дуже добре записуються і при прослуховуванні виглядають неприродно. Дуже рідко за допомогою деесера можна спробувати позбавити ВЧ складових довгі «мутуючі» синтезаторні звуки.



## Деесер #2

Перевага використання DeEsser, а не еквайзера для зменшення високих частот полягає в тому, що він **стискає сигнал динамічно**, а не статично. **Це запобігає погіршенню звуку, коли шиплячі складові в сигналі відсутні**. DeEsser має надзвичайно швидку атаку та час відключення.

Використовуючи DeEsser, ви можете встановити спектральний діапазон частот незалежно від аналізованого частотного діапазону, налаштувавшись на той спектральний діапазон, який є найбільш небажаним.

Сигнал в вибраному діапазоні частот зменшується по рівню доти, доки перевищено порогове значення детектора.

# Деесер Logic Pro



Параметри DeEsser: **Detector Frequency** – визначає частотний діапазон для аналізу (детектування). **Detector Sensitivity** – визначає ступінь реагування на вхідний сигнал. **Suppressor Frequency** – визначає смугу частот, в якій здійснюється зменшення сигналу, коли спрацьовує детектор. **Strength** – встановлює величину послаблення сигналу в околі частоти, заданої **Suppressor frequency**.

**Smoothing** – (згладжування) встановлює швидкість реакції початку і закінчення фаз зменшення коефіцієнта підсилення. Згладжування контролює як час атаки, так і час релізу.

## Формувач огинаючої Enveloper

**Enveloper** – ефект дозволяє формувати початкову і кінцеві фази сигналу, іншими словами, формувати його огинаючу. Це робить його унікальним інструментом, який можна використовувати для досягнення результатів, які відрізняються від інших динамічних процесорів. Підсилення фази атаки може додати різкості до звуку барабана, або струнного інструменту. Знижуючи атаку, звуки починаються більш плавно. Творче використання цього ефекту – це зміна перехідних атак для маскування поганого часу записуваних інструментів. Підсилення фази релізу також підкреслює будь-яку реверберацію. І навпаки, послаблення фази релізу робить ревербераційний трек більш «сухим». Це особливо корисно при роботі з барабанными циклічними фрагментами.

# Enveloper в Logic Pro

Параметри: **Threshold** – встановлює пороговий рівень. **Lookahead** – встановлює попередній час перегляду для вхідного сигналу. Це дає можливість заздалегідь знати, який сигнал наближається, що дає можливість його точної та швидкої обробки. За допомогою параметрів **Time** та **Gain** визначаються параметри форми огинаючої.



# Expander в Logic Pro

**Expander** – ефект подібний до компресора, проте він працює навпаки, тобто при переході через **threshold** сигнал не зменшується, а збільшується. Параметр **Peak/RMS** – визначає тип детектора (піковий або середньоквадратичний).



# Noise Gate

**Noise Gate** – ефект призначений для зменшення шуму в паузах між звуком, у випадку, коли рівень корисного сигналу зменшується нижче порогового рівня (Threshold). У деяких випадках можна виявити, що рівень сигналу, який необхідно зберегти, і рівень шумового сигналу близькі, що ускладнює їх відокремлення. Наприклад, при запису набору барабанів можна використати **Noise Gate**, щоб виділити звук малого барабана, проте який-небудь сильний звук, наприклад хай-хет, може відкрити гейт в непотрібний момент. Для того, щоб це виправити, можна використовувати **side-chain** (зовнішнє коло керування), щоб виділити бажаний сигнал тригера за допомогою фільтрів ВЧ та НЧ. За допомогою **Gate** можна створювати різноманітні ефекти пульсації звуку, якщо керувати ефектом за допомогою зовнішнього сигналу в режимі Side Chain.

# Noise Gate в Logic Pro

**Hysteresis** – параметр який забезпечує уникнення багатократного хибного переключення гейта. Встановлює різницю (у дБ) між пороговими значеннями, які відкривають та закривають гейт. Це запобігає швидкому відкриванню та закриттю гейта, коли вхідний сигнал близький до порогового значення. **Ducker** – режим, який дозволяє приглушувати один музичний сигнал, у час, коли звучить інший. Інші значення співпадають з регуляторами налаштування компресора.





## Gate ефекти

Пульсації в звуках широко застосовуються в сучасній музиці. Багато віртуальних інструментів містять вже готові пульсуючі звуки, проте в разі необхідності можна створити пульсуючий звук з будь-якого довготривалого звуку, пропустивши його через гейт або компресор із зовнішнім керуванням (side-chain). В якості сигналу зовнішнього керування можна застосувати звук великого барабана (бочки, kick-drum), який слід включати на додаткову AUX шину, яка в свою чергу **не під'єднана на загальний вихід** – таким чином, **звук додаткового барабана не чути**. Замість ударів барабана будуть чутні пульсації інструмента, модульованого барабаном.

# Багатосмуговий компресор

**Багатосмугові ефекти** – відносно новий вид ефектів, суть яких полягає в розбитті частотної смуги сигналу на 4 (зрідка – більше), після чого подальша обробка виконується окремо для цих смуг. Після обробки сигнал із кожної смуг знову об'єднується в один. Перевагою такого способу обробки є те, що ви можете компресувати ті частотні частини сигналу, які більше потребують компресії, не впливаючи на інші. За допомогою такої техніки обробки сигналів можна одержати більшу усереднену гучність фонограми без небажаних спотворень. Підвищення загального рівня гучності може призвести до відповідного збільшення рівня шуму. Кожна частотна смуга має параметри налаштування, за допомогою яких можна зменшити цей шум.

# Multipressor в Logic Pro



**Багатосмуговий  
компресор Multipressor**

**- в основному  
використовується для  
мастерингу - фінальної  
обробки треку (процесу  
остаточного його  
«полірування»).**

**Регулювання ширини  
смуг, і амплітуди в  
кожній смузі  
здійснюється графічно.**

# «Покращувач» (Exciter)

**Exciter** – ефект, який генерує додаткові високочастотні гармоніки до сигналу, який надходить на його вхід. Це здійснюється за

допомогою нелінійних спотворень.

Результат впливу цього ефекту подібний на **дісторшн та овердрайв**, проте спотворення які вносить ексайтер – є **значно меншими** ніж у них.



Ви можете використовувати ексайтер для додавання «життя» до записів. Це особливо добре підходить для аудіо треків з вузьким частотним діапазоном. Ексайтер також корисний, як загальний інструмент для підсилення гітарних композицій.

# Особливості зведення в навушниках-1

Навушники **мають переваги** перед прослуховуванням за допомогою гучномовців. Вони можуть відтворювати ширший частотний діапазон (наприклад 5-35000 [Гц] проти 70-22000[Гц]), ніж більшість акустичних систем, вносять в звук менше спотворень і мають значно меншу вартість. Проте **балансування звукового міксу в навушниках проводити важко**, через те, що навушники забезпечують повну ізоляцію лівого і правого сигналів. Таким чином у ліве вухо потрапляє тільки лівий сигнал, а у праве – тільки правий – стає важко формувати просторове розміщення інструментів – джерел звуку. При звуковідтворенні з акустичних систем сигнал з правого гучномовця потрапляє в праве вухо і з деяким фазовим зміщенням (затримкою) в ліве. Для лівого гучномовця маємо симетричний аналогічний процес.

## Особливості зведення в навушниках-2

Для того, щоб **імітувати віртуальні акустичні системи** використовують **згортку сигналу з HRTF ІХ**, які одержують шляхом **запису імпульсів на мікрофони**, які встановлені в **вухах емулятора голови людини**. Вуха такого емулятора мають природну людську форму. Це дозволяє імітувати стереокартину, яка одержується при прослуховуванні нормального звукового середовища. Існують плагіни, які дозволяють здійснювати бінауральне прослуховування.

Проте такий спосіб містить і недоліки – неможливість імітації спотворень, які вносять до сигналу самі акустичні системи. Тому такий спосіб досить наближено може відтворити реальне звуковідтворення за допомогою акустичних систем, проте за деякої практики, його можна рекомендувати для зведення ігрових звукових композицій.

## Особливості зведення в навушниках-3



**Redline monitor** – додатковий ефект фірми "112dB", доступний у форматі AU, який можна застосувати в випадку повної відсутності аудіомоніторів. Він замінює повне звукове розділення лівого і правого каналу в

наушниках на детальну стереокартину ближнього поля. Використання психоакустичних алгоритмів дозволяє моделювати положення віртуальних акустичних систем на дистанціях 0.5, 1, 1.5, 2м, та кут їх розташування по відношенню до голови слухача. Також можна корегувати підсилення фантомного джерела сигналу в межах 3дБ.



# Налаштування еквалайзера

**Остаточне завершення роботи над композицією** передбачає налаштування вихідного еквалайзера. Можна це робити вручну, за наявного досвіду і музичного слуху, а можна використати властивість спектральної подібності композицій. Деякі еквалайзери мають функцію «автонавчання» відносно до еталонного трека. Працюють вони наступним чином: користувач завантажує музичну композицію-прототипний еталон, яка скомпонована і зведена професійно. **Виділяється фрагмент аудіо і натискається кнопка “Learn”**. Після чого форма АЧХ еквалайзера змінюється таким чином, щоб наблизити звучання вашого трека до еталонного. При цьому аранжування вашої композиції повинно наближатись до еталонної (подібні інструменти і їх баланс, та приблизно подібна їх кількість).

## Підсумки

- **Компресор** пристрій, який здійснює автоматичне регулювання амплітудного рівня сигналу, на основі поточного аналізу його параметрів. Основні параметри компресора:
  - час атаки (attack) , час затухання (release)
  - порогове значення вхідного рівня (threshold)
  - тип зламу амплітудної характеристики (knee)Компресор може бути багато смуговим.
- **Лімітер** здійснює швидку компресію до заданого рівня, тому параметр «attack» в ньому відсутнє. Лімітер найчастіше використовується як кінцева ланка обробки сигналу (вихідна Master-шина)

- **Гейт** ефект призначений для зменшення шуму в паузах між звуком, у випадку, коли рівень корисного сигналу зменшується нижче порогового рівня (Threshold). За допомогою нього можна створювати пульсуючі звуки, якщо використати зовнішнє управління (side-chain)
- **Деесер** це частотно-залежний компресор, який можна налаштувати на ефективне подавлення високочастотних шиплячих звуків «с-сс-ссс», «з-зз-ззз»
- **Експандер** – діє зворотно до компресора
- **Енвелопер** – дозволяє формувати більш чіткий/розмитий фронт і затухання звука, якщо власні можливості синтезатора не дають змоги легко змінити такі налаштування

- **Енхансер** – динамічно збільшує кількість високих частот в звуковому сигналі, що дозволяє частково виправити «глухо» записаний сигнал.
- **HRTF техніка ауралізації** дозволяє проводити процес аранжування та зведення музичних композицій, призначених для озвучення 2D ігор, у випадку відсутності акустичних моніторів та в достатній мірі «заглушеного» приміщення.

## Список використаних джерел:

- 1.) <https://www.apple.com/logic-pro/>
- 2.) <http://help.apple.com/logicpro/mac/10.3/>
- 3.) <https://www.112db.com/redline/monitor/>