

# ОЗМ (Звукові формати)

## Цифрові звукові формати

# Зміст

<b>1</b>	<b>Цифрові звукові формати</b>	<b>1</b>
1.1	Типи файлів . . . . .	1
1.2	Деякі формати аудіофайлів у порівнянні . . . . .	1
1.2.1	Порівняння звукових форматів без стиснення . . . . .	1
1.2.2	Порівняння звукових форматів без втрат . . . . .	1
1.3	Див. також . . . . .	1
1.3.1	Примітки . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Стиснення звуку</b>	<b>2</b>
2.1	Стиснення без втрат . . . . .	2
2.2	Стиснення з втратами . . . . .	2
2.3	Посилання . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Стиснення з втратами</b>	<b>4</b>
3.1	Типи стиску із втратами . . . . .	4
3.2	Стиснення із втратами та стиснення без втрат . . . . .	4
3.3	Перелік стиснених форматів файлів . . . . .	4
3.4	Див. також . . . . .	4
3.5	Посилання . . . . .	4
<b>4</b>	<b>MP3</b>	<b>5</b>
4.1	Історія . . . . .	5
4.2	Опис формату . . . . .	5
4.3	MP3 і «якість AUDIO-CD» . . . . .	5
4.4	Режими кодування і опції . . . . .	5
4.5	Режими управління кодуванням звукових каналів . . . . .	6
4.6	CBR, VBR, ABR . . . . .	6
4.7	Теги . . . . .	6
4.8	Переваги і недоліки . . . . .	7
4.9	Див. також . . . . .	7
4.10	Посилання . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Ogg Vorbis</b>	<b>8</b>
5.1	Див. також . . . . .	8

5.2	Виноски	8
5.3	Джерела	8
<b>6</b>	<b>Компакт-диск</b>	<b>9</b>
6.1	Україна й оптичні носії даних	9
6.2	Історія	11
6.2.1	Джеймс Рассел	11
6.2.2	Philips і Sony	11
6.3	Конструктивні особливості	12
6.4	Примітки	12
<b>7</b>	<b>Dolby Digital EX</b>	<b>14</b>
7.1	Історія	14
7.2	Див. також	14
7.3	Джерела	14
<b>8</b>	<b>DTS</b>	<b>15</b>
8.1	Різновиди DTS	15
8.2	Див. також	15
8.3	Посилання	15
<b>9</b>	<b>DVD-Audio</b>	<b>16</b>
9.1	Див. також	16
<b>10</b>	<b>AAC</b>	<b>17</b>
10.1	Принцип роботи	17
10.2	Переваги AAC над MP3	17
10.3	Профілі	17
10.4	Розширення файлів	17
<b>11</b>	<b>WMA</b>	<b>18</b>
<b>12</b>	<b>AIFF</b>	<b>19</b>
12.1	Історія	19
12.2	Опис	19
12.3	AIFF Apple Loops	19
12.4	Примітки	19
12.5	Посилання	19
<b>13</b>	<b>WAV</b>	<b>20</b>
13.1	Канонічний формат файлу	20
13.2	Програми редактори	20
13.3	Програми відтворювачі	20
13.4	Посилання	20

<b>14 DSD</b>	<b>21</b>
14.1 Однорозрядне квантування	21
14.2 Формати	21
14.3 Примітки	22
<b>15 Shorten</b>	<b>23</b>
<b>16 WavPack</b>	<b>24</b>
16.1 Можливості	24
16.2 Апаратна підтримка	24
16.3 Примітки	24
16.4 Посилання	24
<b>17 Meridian Lossless Packing</b>	<b>25</b>
17.1 MLP в медіаформатах	25
17.2 Див. також	25
<b>18 FLAC</b>	<b>26</b>
18.1 Відомості про формат	26
18.1.1 Аудіопотік	26
18.1.2 Метадані	26
18.1.3 Аудіодані	26
18.1.4 Розбиття на блоки	26
18.1.5 Міжканальна декореляція	27
18.1.6 Моделювання	27
18.1.7 Залишкове кодування	27
18.1.8 Складання фреймів	27
18.1.9 Різне	27
18.1.10 Підтримка FLAC	27
18.2 Примітки	28
18.3 Посилання	28
<b>19 Monkey's Audio</b>	<b>29</b>
19.1 Переваги	29
19.2 Недоліки	29
19.3 Примітки	29
19.4 Джерела	29
19.5 Посилання	29
<b>20 Windows Media Audio 9 Lossless</b>	<b>30</b>
20.1 Посилання	30
<b>21 Apple Lossless</b>	<b>31</b>
21.1 Історія	31

21.2	Огляд	31
21.3	Виноски	32
21.4	Див. також	32
<b>22</b>	<b>TTA</b>	<b>33</b>
22.1	Основні переваги TTA аудіокодека	33
22.2	Примітки	33
22.3	Див. також	33
<b>23</b>	<b>Dolby TrueHD</b>	<b>34</b>
23.1	Примітки	34
<b>24</b>	<b>ATRAC</b>	<b>35</b>
24.1	Див. також	35
24.2	Джерела, дописувачі та ліцензії тексту і зображень	36
24.2.1	Текст	36
24.2.2	Зображення	37
24.2.3	Ліцензія вмісту	38

# Розділ 1

## Цифрові звукові формати

**Цифрові звукові формати** — формати файлів для збереження звукових даних у комп'ютерних системах. Файли таких форматів називають також **аудіо-файлами**, або звуковими файлами.

Загальний принцип збереження аудіо на цифрових носіях полягає у послідовній фіксації значень амплітуди звукових коливань, які при відтворенні звуку відповідатимуть положенню мембран у гучномовцях. Ці значення записуються з певною частотою дискретизації та певним амплітудним розділенням. Для зменшення обсягів, ці дані можуть бути стиснені з втратами або без втрат.

### 1.1 Типи файлів

Існує три основні групи аудіофайлів.

- нестиснені формати — такі як **WAV**, **AIFF**, **AU** або **PCM**;
- формати із стисненням без втрат — **FLAC**, **Monkey's Audio** (розширення **APE**), **Shorten**, **Tom's lossless Audio Kompressor (TAK)**, **TTA**, **ATRAC Advanced Lossless**, **Apple Lossless**, **MPEG-4 SLS**, **MPEG-4 ALS**, **MPEG-4 DST**, **Windows Media Audio Lossless (WMA Lossless)**.
- формати із стисненням з втратами, як наприклад **MP3**, **Ogg Vorbis**, **Musepack**, **AAC**, **ATRAC** чи **lossy Windows Media Audio (WMA)**.

Слід мати на увазі, що до аудіофайлів не відносяться такі музичні формати як **MIDI**, або файли нотних редакторів, які являють собою лише послідовність команд для музичного інструменту, однак не містять інформації власне про звук.

Формат аудіофайлу також слід відрізнити від аудіокодеку. Кодек здійснює кодування чи розкодування звукових даних, тоді як самі дані зберігаються у файлі відповідного звукового формату. Більшість форматів підтримують лише один тип кодування звукових даних, проте мультимедійні контейнери (напр. **MKV** або **AVI**) можуть підтримувати різні типи аудіо і відео даних.

### 1.2 Деякі формати аудіофайлів у порівнянні

#### 1.2.1 Порівняння звукових форматів без стиснення

#### 1.2.2 Порівняння звукових форматів без втрат

### 1.3 Див. також

- Список форматів аудіофайлів

#### 1.3.1 Примітки

- [1] Розробка формату і кодеків зупинена.
- [2] В англійській версії Wikipedia заявлені непідтверджені частоти дискретизації 1 Гц - 16.777216 МГц
- [3] Непідтверджені дані, взяті з англійської версії Wikipedia
- [4] Число каналів обмежено носієм. Теоретично формат підтримує понад 2000

## Розділ 2

# Стиснення звуку

**Стиснення звукових даних** (*стиснення audio*) — тип стиснення даних, кодування, що застосовується для зменшення обсягу аудіофайлів або заради можливості зменшення смуги пропускання для потокового аудіо. Алгоритми стиснення звукових файлів реалізуються у комп'ютерних програмах, що називаються аудіокодеками. Винайдення спеціальних алгоритмів стиснення звукових даних вмотивовано тим, що загальні алгоритми стиснення неефективні для роботи зі звуком і унеможливають роботу у реальному часі.

Як і в загальному випадку, розрізняють стиснення звуку без втрат (англ. *lossless*), що уможливає відновлення вихідних даних без спотворень, та стиснення з втратами (англ. *lossy*), при якому таке відновлення неможливе. Алгоритми стиснення з втратами дають більшу ступінь стиснення, наприклад **audio CD** може вмістити трохи більше години «нестисненої» музики, при стисненні без втрат CD вмістить майже 2 години музики, а при стисненні із втратами при середньому бітрейті — 7-10 годин.

### 2.1 Стиснення без втрат

Складність стиснення звуку без втрат полягає в тому, що записи звуку є надзвичайно складними у своїй структурі. Одним із методів стиснення є пошук взірців і їх повторень, проте цей метод не ефективний для більш хаотичних даних, якими є, наприклад оцифрований звук чи фотографії. Цікаво, що якщо згенерована комп'ютером графіка значно легше піддається стисненню без втрат, то синтезований звук в цьому відношенні не має переваг. Це пояснюється тим, що навіть згенерований комп'ютером звук зазвичай має дуже складну форму, яка представляє складне завдання для винайдення алгоритму.

Інша складність полягає в тому, що звучання зазвичай змінюється дуже швидко і це також є причиною того, що впорядковані послідовності байтів з'являються дуже рідко.

Найпоширенішими форматами стиснення без втрат є:

Free Lossless Audio Codec (FLAC), Apple Lossless, MPEG-4 ALS, Monkey's Audio, та TTA.

### 2.2 Стиснення з втратами

Стиснення із втратами має надзвичайно широке застосування. Окрім комп'ютерних програм, стиснення з втратами використовується в потоковому аудіо в DVD, цифровому телебаченні і радіо та потоковому медіа в інтернеті.

Новацією цього методу стиснення було використання психоакустики для виявлення компонентів звучання, що не сприймаються слухом людини. Прикладом можуть слугувати або високі частоти, які сприймаються лише при достатній їх потужності, або тихі звуки, що виникають одночасно або одразу після глоснішних звуків і тому маскуються ними — такі компоненти звучання можуть бути передані менш точно, або і взагалі не передані.

Для здійснення маскування сигнал із часової послідовності відліків амплітуди перетворюється на послідовність спектрів звуків, в яких кожен компонент спектру кодується окремо. Для здійснення такого перетворення використовуються методи Швидкого перетворення Фур'є, МДКП, квадратурно-дзеркальних фільтрів або інші. Загальний обсяг інформації при такому перекодуванні лишається незмінним. Стиснення в певній частотній області може полягати в тому, що замасковані або нульові компоненти не запам'ятовуються взагалі, або кодуються з меншим розділенням. Наприклад, частотні компоненти у до 200 Гц та понад 14 кГц можуть бути закодовані з 4-бітною розрядністю, тоді як компоненти в середньому діапазоні — з 16 бітною. Результатом такої операції стане кодування із середньою розрядністю 8-біт, проте результат буде значно кращим ніж при кодуванні усього діапазону частот з 8-бітною розрядністю. Проте очевидно, що перекодовані з низькою роздільністю фрагменти спектру вже не можуть бути відновлені в точності, і, таким чином, втрачаються безповоротно.

Головним параметром стиснення з утратами є бітрейт, що визначає ступінь стиснення файлу

та, відповідно, якість. Розрізняють стиснення з постійним бітрейтом (англ. *Constant BitRate* — CBR), змінним бітрейтом (англ. *Variable BitRate* — VBR) та усередненим бітрейтом (англ. *Average BitRate* — ABR).

Найпоширенішими форматами стиснення з втратами є: AAC, ADPCM, ATRAC, Dolby AC-3, MP2, MP3, Musepack Ogg Vorbis, WMA та інші.

## 2.3 Посилання

- EBU subjective listening tests on low-bitrate audio codecs
- Interactive blind listening tests of audio codecs over the internet
- For comparisons of lossless audio codecs, see [hydrogenaudio.org wiki comparison](http://hydrogenaudio.org/wiki/comparison); [Speak's comparison](#) (note the other links as well); this [graph](#) from Hans Heiden's site and [Robin Whittle's 2003 comparison](#) of several algorithms and discussion of Rice coding.
- [Techgag: Audio Archiving Guide: Music Formats](#) (Guide for helping a user pick out the right codec)



## Розділ 3

# Стиснення з втратами

**Стиснення з втратами** (англ. *Lossy compression*) — метод стиснення даних, при якому розпакований файл відрізняється від оригіналу, проте може бути корисним для використання. Стиснення із втратами найчастіше використовується для мультимедіа-даних (аудіо, відео, зображення), особливо для потокової передачі даних та в телефонії. В цьому контексті такі методи часто називаються **кодеками**. Альтернативою є стиснення без втрат.

### 3.1 Типи стиску із втратами

Існують дві основних схеми стиску із втратами:

- У трансформуючих **кодеках** стиснення (англ. *lossy transform codecs*) беруться фрейми зображень або звуку, розрізаються на невеликі сегменти, трансформуються в новий базисний простір і здійснюється квантування. Результат потім стискається ентропійними методами.
- У **предиктивних** **кодеках** стиснення (англ. *lossy predictive codecs*) попередні і/або наступні дані використовуються для того, щоб пророчити поточний фрейм зображення або звуку. Помилка між передбаченими даними і реальними разом з додатковою інформацією, необхідною для здійснення предикту, потім квантизується і кодується.

У деяких системах ці дві техніки комбінуються шляхом використання трансформуючих кодеків для стиску помилкових сигналів, згенерованих на стадії прокування.

### 3.2 Стиснення із втратами та стиснення без втрат

Перевага методів стиснення із втратами над методами стиску без втрат полягає в тому, що перші істотно перевершують по ступені стиску, продовжуючи задовольняти поставленим вимогам. Методи стиску

із втратами часто використовуються для стиску звуку або зображень. У таких випадках розпакований файл може дуже сильно відрізнятися від оригіналу на рівні порівняння «біт у біт», але практично не відрізняється для людського вуха або ока в більшості практичних застосувань.

Багато методів фокусуються на особливостях будови органів почуттів людини. **Психоакустична модель** визначає те, наскільки сильно звук може бути стиснений без погіршення сприйманої якості звуку. Помітні для людського вуха або ока недоліки, що виникли через стиснення із втратами, відомі як **артефакти** стиску.

### 3.3 Перелік стиснених форматів файлів

### 3.4 Див. також

Стиснення без втрат

### 3.5 Посилання

- [Аудіо формати стиснення з втратами](#),
- [lossy PNG image compression \(research\)](#)
- [using lossy GIF/PNG compression for the web \(article\)](#)

## Розділ 4

# MP3

**MP3** — ліцензований формат файлу для зберігання аудіо-інформації. Розроблений наприкінці 1980-тих років Карлхайнц Бранденбургом, аспірантом Університету Ерлангена—Нюрнберга, Німеччина. Широко використовується в файлообмінних мережах для передачі музичних творів. Базується на теоремі Котельникова-Шеннона. Є форматом стиснення з втратами, тобто частина звукової інформації, яку вухо людини майже не сприймає, безповоротно видаляється з запису. Розробка формату була пов'язана з тим, що формат Audio-CD — дуже великий за розміром файл (1 хвилина ~ 10-15 Мб інформації), і для пересилання в інтернеті був дуже незручним. Тому треба було зменшити розмір файла та зберегти якість звучання.

### 4.1 Історія

MP3 розроблений робочою групою інституту Франгофера MPEG (англ. *Motion Pictures Expert Group* — група експертів в галузі кінематографу), на чолі з Карлхайнцом Бранденбургом. Основою розробки MP3 став експериментальний кодек ASPEC (Adaptive Spectral Perceptual Entropy Coding). Першим кодувальником у формат MP3 стала програма L3Enc, випущена влітку 1994 року. Через один рік з'явився перший програмний MP3-плеєр — Winplay3.

При розробці алгоритму тести проводилися на цілком конкретних популярних композиціях. Основною піддослідною стала пісня Сюзани Веги — Tom's Dinner. Звідси виник жарт, що «MP3 був створений виключно заради комфортного прослуховування улюбленої пісні Бранденбурга».

### 4.2 Опис формату

У цьому форматі звуки кодується частотним чином (без дискретних партій); є підтримка стерео. MP3 є форматом стиснення з втратами, тобто частина звукової інформації, яку (згідно з психоакустичною моделлю) вухо людини сприйняти не може або сприйма-

ється не всіма людьми, знижується. Ступінь стиснення можна варіювати, зокрема в межах одного файлу. Інтервал можливих значень бітрейту становить 8 — 320 кбіт/с. Для порівняння, потік даних із звичайного компакт-диска формату AUDIO-CD дорівнює 1411,2 кбіт/с при частоті дискретизації 44100 Гц.

### 4.3 MP3 і «якість AUDIO-CD»

Поширена думка, що запис з бітрейтом 128 кбіт/с підходить для музичних творів, призначених для прослуховування більшістю людей, забезпечуючи якість звучання AUDIO-CD. Насправді все набагато складніше. По-перше, якість отриманого MP3 залежить не тільки від бітрейту, але і від кодувальної програми (кодеку). По-друге, крім превалюючого режиму CBR (у якому, простіше кажучи, кожна секунда аудіо кодується однаковим числом бітів) існують режими ABR і VBR (у яких бітрейт варіюється, забезпечуючи вищу якість звучання). По-третє, межа 128 кбіт/с є умовною, оскільки її було «винайдено» в епоху становлення формату, коли на неякісних аудіокартах і колонках було практично неможливо відрізнити MP3 від оригіналу.

У наш час вважається, що звучання, яке годі відрізнити від оригінального (при правильно вибраному і налаштованому кодеку) як *правило* можна досягти при бітрейті від 160 кбіт/с і вище — залежно від початкового аудіофайлу, слухача і його аудіосистеми. Деякі аудіофіли вважають за найкраще стискати музику з «максимальною якістю» — 320 кбіт/с. Проте існують семпли (фрагменти аудіозапису), які не піддаються якісному стисненню з втратами: на *всіх* можливих бітрейтах не складає особливих труднощів відрізнити стиснене аудіо від оригіналу.

### 4.4 Режими кодування і опції

Існує три версії MP3 кодека для різних потреб: MPEG-1, MPEG-2 і MPEG-2.5. Відрізняються вони можливими діапазонами бітрейту і частоти дискретизації:

- 32 — 320 кбіт/с при частотах дискретизації 32000 Гц, 44100 Гц і 48000 Гц для MPEG-1 Layer 3;
- 8 — 160 кбіт/с при частотах дискретизації 16000 Гц, 22050 Гц і 24000 Гц для MPEG-2 Layer 3;
- 8 — 160 кбіт/с при частотах дискретизації 8000 Гц і 11025 Гц для MPEG-2.5 Layer 3.

## 4.5 Режими управління кодуванням звукових каналів

Оскільки формат МР3 підтримує двохканальне кодування (стерео), існує 3 режими:

- **Стерео** — двохканальне кодування, при якому канали кодуються незалежно один від одного. Таким чином, заданий бітрейт ділиться на два канали. Наприклад, якщо заданий бітрейт 192 кбіт/с, то для кожного каналу він буде рівний тільки 96 кбіт/с.
- **Моно** — одноканальне кодування. Якщо закодувати двохканальний матеріал в цей спосіб, відмінності між каналами будуть повністю стерті, оскільки два канали змішуються в один, він кодується і він же відтворюється в обох каналах стереосистеми. Єдиним плюсом даного режиму може бути тільки вихідна якість в порівнянні з режимом Стерео при однаковому бітрейті, оскільки на один канал припадає удвічі більша кількість бітів, ніж в режимі Стерео. Але відмінностей між каналами ви не почувете, оскільки канал тут тільки один.
- **Об'єднане стерео (Joint Stereo)** — оптимальний спосіб двохканального кодування, при якому лівий і правий канали перетворюються в їх суму і різницю. Для більшості звукових файлів канал з різницею виходить набагато тихіше за канал з сумою, тому на суму відводиться більша частина бітрейта. Таким чином, якість вихідного файлу різко відрізняється в кращу сторону від режиму Стерео при однаковому бітрейті, особливо при низькому. Існує думка, що даний режим не підходить для звукового стереоматеріалу, в якому в двох каналах відтворюється суб'єктивно абсолютно різний матеріал, оскільки він стирає відмінності між каналами. Це помилкова думка, оскільки насправді МР3-кодек оперує частотами, а певні частоти в більшості випадків перетинаються в обох каналах, тобто ідентична інформація все ж таки присутня, а різні кодуються окремо. Особливо ефективний цей спосіб двохканального кодування при використанні змінного бітрейта.

## 4.6 CBR, VBR, ABR

**CBR** розшифровується як *Constant Bit Rate*, тобто *Постійний Бітрейт*, який задається користувачем і не змінюється при кодуванні твору, таким чином кожній секунді твору відповідає однакова кількість закодованих біт даних. Насправді даний режим кодування не є оптимальним, оскільки він не годиться для більшості динамічних музичних творів при бітрейті нижче 256 кбіт/с.

**VBR** розшифровується як *Variable Bit Rate*, тобто *Вітрейт, що варіюється* або *Змінний Бітрейт*, який динамічно змінюється програмою-кодером при кодуванні, в залежності від насиченості кодованого аудіоматеріалу і встановленої користувачем якості кодування. Цей метод МР3-кодування є найпрогресивнішим і досі розвивається і поліпшується, оскільки аудіоматеріал різної насиченості може бути закодований з певною якістю, яка звичайно вище, ніж при встановленні середнього значення в методі CBR. Плюс до того, розмір файлу зменшується за рахунок фрагментів, що не вимагають високого бітрейта. Єдиним мінусом даного методу кодування є повна неможливість передбачити розмір вихідного файлу.

**ABR** розшифровується як *Average Bit Rate*, тобто *Усереднений Бітрейт*, який є гібридом VBR і CBR: бітрейт в кбіт/с задається користувачем, а програма варіює його, постійно підганяючи під заданий бітрейт. Таким чином, кодер не може задати максимально і мінімально можливі значення бітрейта, оскільки ризикує не вписатися в заданий користувачем бітрейт. Це є явним мінусом даного методу, оскільки позначається на якості вихідного файлу, яка буде ненабагато краща, ніж при використанні CBR, але набагато гірше, ніж при використанні VBR. З іншого боку, цей метод дозволяє найгнучкіше задавати бітрейт (може бути будь-яким числом між 8 і 320, проти виключно кратних 16 чисел методу CBR) і обчислювати розмір вихідного файлу.

## 4.7 Теги

Теги (від англ. tag — ярлик, мітка, бірка) — мітки у межах МР3-файла (на початку і в кінці). У них може бути записана інформація про авторство, альбом, році випуску і інша інформація про трек. У пізніших версіях тегів можливе зберігання обкладинок альбомів і тексти пісні. Існують різні версії тегів.

**ID3** — формат метаданих. Найчастіше використовується разом з аудіоформатом МР3. Містить дані про назву трека, альбому, ім'я виконавця тощо. Ця інформація може використовуватись, наприклад, програвачами мультимедіа для відображення відомостей про трек чи автоматичного сортування. Назва «ID3» — це скорочення «Identify a MP3». Існує дві несумісних

версії ID3: ID3v1 та ID3v2. Хоч ID3 розроблявся для MP3, розробникам немає перешкод вбудувати його також і в інші формати.

#### ID3v1

Після створення формату MP3 виникла проблема зберігання метаданих. MP3 цього не реалізовував. У 1996 році Еріку Кемпу прийшла ідея як вирішити цю проблему: додати маленький шматочок даних до файлу. Стандарт, тепер відомий як ID3v1 швидко став стандартом де-факто зберігання метаданих у MP3-файлі.

#### ID3v2

У відповідь на критику стандарту ID3v1 у 1998 році був розроблений стандарт ID3v2. Він мало схожий на першу версію.

Існує три версії ID3v2: ID3v2.2 — перша публічна версія ID3v2. Використовує 3-символьний ідентифікатор кадру замість 4-символьного. Наприклад, TT2, а не TIT2. Тепер вважається застарілим. ID3v2.3 має 4-символьні ідентифікатори кадру. Кадр може мати кілька значень, розділених символом «/». На даний час, це найпопулярніший стандарт. ID3v2.4 — найновіша версія стандарту, представлена у листопаді 2000. Дозволяє зберігати текст у кодуванні UTF-8, замість UTF-16. Для розділення значень використовується нульовий байт, тому символ «/» можна вільно використовувати в тексті. Також додана можливість розміщати тег у кінці файлу, як у версії ID3v1.

## 4.8 Переваги і недоліки

MP3 є лідером за поширеністю, але при цьому не є найкращим за технічними параметрами. Наприклад, існують формати, що дозволяють отримати порівнянну якість (суб'єктивно) при меншій щільності. Також у форматі MP3 відсутній режим кодування без втрат англ. *lossless*, придатний для професіоналів. Для домашньої музичної колекції (коли немає необхідності програвати композиції на музичному центрі або поширювати їх через інтернет) можна скористатися конкуруючими форматами.

MP3 непридатний для професійного використання музикантами вже через те, що дані стискаються з втратами, і при кожному редагуванні файлу якість погіршується. При цьому формат цілком підходить (з професійної точки зору) для розповсюдження демонстраційних композицій або інших способів «роздачі» своєї музики завдяки повсюдній поширеності програвачів.

Формат розвивається і зараз вже є формат MP3 Pro — більш вдосконалений, який підтримує технологію Dolby Surround.

## 4.9 Див. також

- aac, m4a — file quality is better and file sizes smaller compared to MP3 files.
- mp3HD
- Ogg vorbis
- WMA
- Цифрові звукові формати

## 4.10 Посилання

- Домашня сторінка MPEG
- LAME — популярний безкоштовний mp3 кодек LAME
- Домашня сторінка EncSpot — утиліти для визначення якості mp3 файлів
- Audiophile's Webpage — набір утиліт для кодування
- Термін дії патентів на технологію закінчується в 2010 році (англ.) [bbc.co.uk](http://bbc.co.uk) (6 січня 2006)

## Розділ 5

# Ogg Vorbis

**Ogg Vorbis** — вільний формат стиснення звуку, що розроблявся компанією Xiph.Org Foundation 1998 року і офіційно випущений 19 липня 2002 року. Формат призначений для зберігання аудіо-інформації, подібно до MP3, однак його поява була зумовлена тим, що MP3 захищений патентом.

Ogg Vorbis використовує власну психоакустичну модель при стисненні з втратами (т. зв. *lossy*) для досягнення високих ступенів стиснення інформації. Ogg Vorbis типово використовує змінний бітрейт, при цьому його значення необмежені і можуть варіюватися при мінімальних налаштуваннях на 1 kbps, а при максимальних — від 400 kbps до 700 kbps. Гнучкою є і частота дискретизації — користувачам надається будь-який вибір у межах від 2 кгц до 192 кгц. На думку деяких, така модель дозволяє отримати кращу якість відтворення при рівному ступені стиснення.

На відміну від інших, цей формат не обмежує користувача тільки двома аудіоканалами (стерео — лівий і правий). Він підтримує до 255 окремих каналів із частотою дискретизації до 192 кгц і розрядністю до 32 біт, тому Vorbis чудово підходить для кодування 6-канального звуку DVD-Audio.

До того ж, формат Vorbis — «sample accurate» (з англ. «точний зразок»). Це гарантує, що звукові дані перед кодуванням і після декодування не матимуть зсувів, додаткових або загублених семплів. Це легко оцінити, коли ви кодуєте pop-stop музику (коли один трек поступово переходить в інший) — у підсумку збережеться цілісність звуку.

На сьогодні Ogg Vorbis вважається другим за популярністю форматом стиснення звуку після mp3. Він широко використовується в файлообмінних мережах для передачі музичних творів.

Файли цього формату мають розширення *.ogg* і відкриваються і підтримуються усіма відомими платформами (Windows, Linux, MacOS, PocketPC, Palm, Symbian, DOS, FreeBSD, BeOS).

Якість стиснення цього формату задається в умовних одиницях, що мають наступну відповідність з бітрейтом:

### 5.1 Див. також

- Tremor — альтернативна програмна бібліотека для декодування звуку формату Vorbis.
- Opus — звуковий кодек, який має замінити Vorbis<sup>[1][2]</sup>.

### 5.2 Виноски

- [1] Does Opus make all those other lossy codecs obsolete?. *OpusFAQ* (англ.). Архів оригіналу за 3 березня 2016. Прочитовано 1 травня 2016.
- [2] vorbis.com (англ.). Архів оригіналу за 22 квітня 2016. Прочитовано 1 травня 2016.

### 5.3 Джерела

- vorbis.com (англ.)
- Xiph.Org Foundation (англ.)
- RFC стандарт на використання Ogg в інтернеті

## Розділ 6

# Компакт-диск



Компакт-диски

**Компакт-диск**<sup>[1]</sup> (англ. *compact disc*) (CD) — переносний оптичний диск для збереження інформації (даних) у цифровому вигляді, тобто формату зберігання даних. Цей формат було спочатку розроблено для записування та відтворення лише звукозаписів, але пізніше, його було пристосовано для зберігання даних: (CD-ROM). Пізніше, були додатково отримані кілька інших форматів дисків, у тому числі: одnorазового запису аудіо та збереження даних (CD-R), перезаписуваний носій (CD-RW), відео компакт-диск (VCD), супер-відео компакт-диск (SVCD), Photo CD, Picture CD, Enhanced Music CD. Аудіо CD та аудіо програвачі компакт-дисків, стали комерційно досту-

пними, починаючи з жовтня 1982 року.

Стандартні компакт-диски мають діаметр 120 мм та можуть вмістити близько 80 хвилин нестисненого аудіо або близько 700 Мбайт даних. Mini CD має різні діаметри в інтервалі від 60 до 80 мм; вони іноді використовуються для CD—синглів, запису до 24 хвилин аудіо-файлів, або використовуються для установок драйверів пристроїв.

Під час впровадження цієї технології 1982 року, компакт-диск мав більшу ємність, ніж жорсткий диск персонального комп'ютера. До 2010 року, жорсткі диски вже перевершували можливості компакт-дисків у кілька тисяч разів.

2004 року у всьому світі, продажі аудіо компакт-дисків, CD-ROM і CD-R склали близько 30 мільярдів штук. До 2007 року вже 200 мільярдів компакт-дисків було продано по всьому світу. Зараз компакт-диски все частіше замінюються іншими формами цифрового зберігання та розподілу, через що, темпи продажів CD, наприклад у США, знизилися приблизно на 50 % від свого піку. Проте, вони залишаються одним з основних засобів розповсюдження для музичної індустрії. У стосунку до музики, компакт-диск, принципово відрізняється від довгограючої грамофонної платівки. Виготовляються з поліакрилату із прозорим

пластиковим покриттям. Металевий диск знаходиться під ним. З поверхні диска з мікроскопічних канавок зчитується лазерним променем цифровий код, яким закодовано звуки та створюється аудіо-сигнал, що практично не відрізняється від звучання оригіналу. Подальшим розвитком компакт-дисків стали DVD і Blu-ray.

### 6.1 Україна й оптичні носії даних

Відома легенда про те, що десять заповідей царя Соломона було вигравірувано на поверхні його сапфірового персня. У такий оригінальний спосіб, якщо вірити переказу, майже за тисячоліття до на-



*Поверхня компакт-диску, на яку/з якої записується/зчитуються дані.*

шої ери намагалися (або мріяли) розв'язати завдання тривалого зберігання інформації. Історичні факти свідчать, що це питання хвилювало людей із незапам'ятних часів. Для запису даних, наші предки використовували різні матеріали: камінь, глину (таблички шумерів), папірус, кераміку, залізо, пізніше — папір, фотоплівки. Потім настала епоха так званих машинних носіїв інформації — циліндри Едісона, грамофонні платівки, нікелеві матриці, магнітні стрічки й диски, оптичні диски, твердотільні накопичувачі.

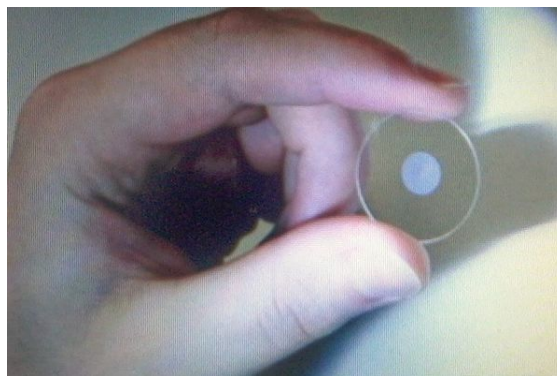
Перший прообраз сучасного компакт-диску було розроблено у середині 60-х років XX століття, аспірантом Київського інституту кібернетики Петровим В'ячеславом Васильовичем на основі скляної підкладки.<sup>[2][3]</sup>

Скло це багатокомпонентний силікатний матеріал із температурою плавлення близько 600—700 °С, і досить хімічно активний. Тому на його поверхні реєструвальний матеріал не може довго зберігати дані високої щільності.

В Україні<sup>[4]</sup> виробництво компакт-дисків почало розгортатися у середині 90-х років минулого століття. Активну участь у цьому процесі взяли компанії, які входили до складу АК «Росток». Організація випуску нового виду продукції, вимагала вибору таких технологічних рішень, які-б забезпечували як виготовлення компакт-дисків високої якості та можливості переходу до випуску нових видів компакт-дисків, так і виробництво конкурентно-здатної, доступної за ціною для мешканців України, продукції. Випуск вітчизняних компакт-дисків було розпочато з освоєння технології інжекційного лиття підкладок компакт-дисків та пристосування її до наявних умов виготовлення виробів з полімерних матеріалів.

2014 року вчені Інституту проблем реєстрації інформації при Національній академії наук України, у співпраці з Інститутом монокристалів НАНУ, розробили сапфірові оптичні диски, інформація на яких може зберігатися десятки тисяч років. Сапфір має унікальні фізико-хімічні властивості: високу температуру плавлення (понад 2000 °С), твердість, що поступається лише твердості алмазу, витривалість. Він чудово підходить для оптичних вікон, що використовуються в екстремальних умовах у військовій, науковій та цивільній сферах, де матеріал працює тривалий час, не змінюючи своїх властивостей. Завдяки таким властивостям інформація на його поверхні може зберігатися набагато довше, ніж на будь-яких інших носіях.<sup>[5]</sup>

Підкладкою лівової частки усіх сучасних носіїв інформації слугує полікарбонат. Цей матеріал — пластмаса — з температурою плавлення, що трохи перевищує 200 °С, і має термін зберігання (оскільки використовуються не дуже якісні реєструвальні середовища) — від 1 до 15 років. Тому у широкому вжитку сьогодні носії інформації, котрі не можуть похвалитися тривалим терміном зберігання даних. Наприклад, звичайний CD / DVD диск теоретично придатний до використання лише 30 років. USB-флешки здатні зберігати дані до 5-10 років. Твердотільний накопичувач SSD — до 40 років. Звичайні жорсткі диски, теоретично, до 100 років, але містять у собі рухомі механічні частини, які можуть не витримати випробування і набагато меншим часом.



*Сапфіровий компакт-диск*

Українським науковцям вдалося створити оптику, яка компенсує поляризаційні спотворення сапфіру та дає можливість, крізь сапфірову підкладку, записувати і зчитувати інформацію з максимальною допустимою для оптики щільністю. Для реалізації цієї ідеї, не потрібно було створювати нові технології, тому вдалося за короткий термін випустити перший оптичний диск на сапфірі. Його діаметр 80 мм, щільність запису відповідає стандартному диску CD-ROM і на його поверхні записується 210 Мбайт даних. Планується здійснити запис і зберігання інформації на дисках діаметром не лише 80 мм, а й 120 мм (стандарт CD). Також є можливість виготовляти оптичні диски

діаметром до 200—300 міліметрів.

Не лише, наукові знання потребують надійного довготривалого зберігання. Дуже важливі для національної безпеки технічна й технологічна документація, дані про радіоактивні відходи, екологічно-небезпечні об'єкти тощо. Ще один пласт для дбайливого зберігання — культурна спадщина. До речі, збереження та відтворення скарбів народної творчості, пам'яток писемної й художньої культури України — не менш цікавий напрямок діяльності Інституту проблем реєстрації інформації. У січні 2014 року у стінах НАНУ, де проходило засідання президії Академії наук, звучала фонограма виступу Віктора Михайловича Глушкова на засіданні президії АН УРСР, записана на першому у світі сапфіровому оптичному дискуві, розробленому і виготовленому Інститутом проблем реєстрації інформації та НТК «Інститут монокристалів». У цьому виступі геніальний кібернетик передбачав воістину фантастичні перспективи розвитку оптичного запису інформації для комп'ютерної техніки та інформаційних технологій. Його учні та послідовники виявилися гідними свого Вчителя.

## 6.2 Історія

### 6.2.1 Джеймс Рассел

Існує думка про те, що компакт-диск винайшли, зовсім не Philips і Sony, а американський фізик Джеймс Рассел. Винахідник компакт-диска, який працював у компанії Optical Recording, не заробив на ньому ні цента. Вже 1971 року він продемонстрував свій винахід для зберігання даних. Робив він це з «особистою» метою, бажаючи запобігти дряпанню своїх вінілових платівок голками звукознімачів. За вісім років, подібний пристрій було «незалежно» винайдено компаніями Philips і Sony.

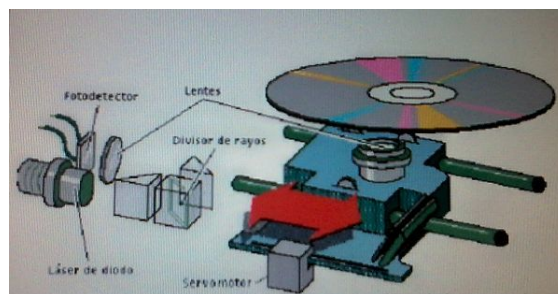
### 6.2.2 Philips і Sony

Прототипи компакт-дисків було розроблено компаніями Philips і Sony незалежно одна від одної, наприкінці 1970-х років. 1979 року, Sony і Philips створили спільну робочу групу інженерів для розробки нового цифрового аудіо диску. Після року експериментів і обговорення, стандарт Red Book CD-DA було опубліковано 1980 року. Коли почався комерційний випуск 1982 року, компакт-диски та їх програвачі, були надзвичайно популярні. Незважаючи на вартість до \$ 1000, понад 400 тисяч програвачів компакт-дисків було продано, наприклад, лише у США у проміжок з 1983 по 1984 роки. Успіх компакт-дисків було зараховано на користь співпраці між Philips і Sony, які прийшли разом, щоб узгодити і розробити сумі-

сні апаратні забезпечення. Уніфікована конструкція компактного диска, дозволила споживачам придбати будь-який диск або плеєр від будь-якої компанії.

1974 року Л. Оттенс, директор аудіо підрозділу Philips, заснував невелику групу задля розробки аналога оптичного аудіо диска з діаметром 20 см, щоби якість звуку перевершувала вінілову платівку. Тим не менш, через незадовільну роботу аналогового формату, два інженери Philips, рекомендували цифровий формат тож 1977 року у Philips створили лабораторію з завданням створення цифрового аудіо диска. Діаметр прототипу компакт-диска Philips було встановлено на рівні 11,5 см.

Хейтаро Накадзіма, який розробив ранній цифровий аудіо-рекордер, у рамках національної організації суспільного мовлення Японії, 1970 року став генеральним директором аудіо відділу компанії Sony. 1971 року, його команда розробила цифровий PCM адаптер аудіо магнітофона. У вересні 1976 року, Sony показала пресі 30 см диск, який може зіграти 60 хвилин цифрового звуку (частота дискретизації 44100 Гц і дозволом 16 біт). У вересні 1978 року, компанія продемонструвала оптичний цифровий аудіо диск з 150 хвилинами ігрового часу, з частотою дискретизації 44056 Гц.



Принцип зняття даних з CD

1979 року, Sony і Philips створили спільну робочу групу інженерів для розробки нового цифрового аудіо диска. Під керівництвом інженерів Кеес Схаухамер Іммінк і Тошітада Дої, відбувалися дослідження з просування лазера для технології оптичних дисків. Після року експериментів та обговорення, цільова група підготувала стандарт Red Book CD-DA. Цей стандарт було офіційно прийнято MEK як міжнародний стандарт 1987 року.

Philips ввів термін компакт-диск, відповідно до іншої аудіо продукції, компакт-касети, та зробив внесок у загальний виробничий процес, заснований на технології відео Laser Disc. Philips також, внесли свій вклад у технологію модуляції (EFM), яка надає певну стійкість до дефектів, таких як подрапини і відбитки пальців, у той час як Sony, сприяв просуванню методу корекції помилок, CIRC.



### 6.3 Конструктивні особливості



Компакт-диск CD-ROM під мікроскопом

Компакт-диск виготовляється з 1,2 мм, полікарбонатного пластику та важить 15-20 грам. Площа внутрішньої програми посідає радіус від 25 до 58 мм.

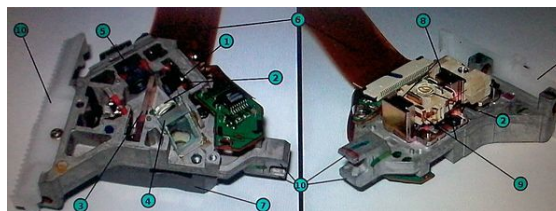
Тонкий шар алюмінію або, рідше, золото наноситься на поверхню, що робить її відбивальною для світлових променів. Метал захищено плівкою лаку, зазвичай, з покриттям безпосередньо на відбивному шарі. Етикетка друкується на лаковому шарі, як правило, за допомогою трафаретного або офсетного друку.

Для зберігання даних, компакт-диск має крихітні заглиблення (ямки), у вигляді спіралі у шарі полікарбонату. Кожна ямка є, приблизно 100 нм завглибшки та від 500 нм завширшки, і досягає від 850 нм до 3,5 мкм у довжину. Відстань між доріжками, становить 1,6 мкм (простір).

Двигун усередині програвача компакт-дисків, розкручує диск до швидкості сканування 1,2-1,4 метри на секунду (постійна лінійна швидкість) — еквівалент приблизно 500 обертів за хвилину для внутрішньої частини диска, а також приблизно 200 обертів за хвилину, для зовнішнього краю. Диск, який відтворюється з початку до кінця, поступово уповільнює швидкість обертання під час відтворення.

Компакт-диск зчитується за фокусування 780 нм (у ближній інфрачервоній області) напівпровідникового лазера, що розміщується усередині програвача компакт-дисків, через дно полікарбонатного шару. Зміна висоти між ямками і просторами, призводить до різниці на шляху світла, котре відбивається. Шляхом вимірювання зміни інтенсивності за допомогою фотодіода, дані може бути знято з диска. Для того, щоби пристосуватися до спіральної структури даних, напівпровідниковий лазер поміщається на поворотний кронштейн у лоток для дисків будь-якого програвача компакт-дисків. Цей поворотний кронштейн дозволяє лазеру зчитувати інформацію від центру до краю диска, без потреби переривання.

Ямки та простори, самі по собі, безпосередньо, не являють нулі й одиниці вихідних даних. Замість цього, для повернення до нуля, використовується перевернуте кодування: зміна від ямки до простору і навпаки, вказує на одиницю, у той час як відсутність змін вказує на низку нулів. Там повинно бути не менше двох і не більше десяти нулів між кожною канавкою (ямкою), і це визначається довжиною заглиблення. Ці дані, у свою чергу, декодують заднім ходом модуляції від восьми до чотирнадцяти, яку використано у форматі (конструкції) диска.



Привод CD-ROM: 1. діодний лазер, 2. фокусувальний об'єктив, 3. дільник променя, 4. Дзеркало (направляє промінь лазера вгору), 5. фотодавачі (фотодіоди), 6. Шина передавання даних, 7. пластикова кришка, 8. Магніт, 9. катушка (використовується для переміщення фокусної лінзи).

#### Збереження

Компакт-диски схильні до пошкоджень під час використання та від впливу навколишнього середовища. Ямки знаходяться набагато ближче до боку диска з етикеткою, що може призвести до дефектів та забруднень, які можуть бути у фокусі лазерного променя під час відтворення. Отже, компакт-диски більш імовірно пошкодити з боку етикетки. Подряпини на прозорому боці можна усунути шляхом повторного заповнення пластиком з аналогічним показником заломлення або шляхом ретельного полірування. Краї компакт-дисків іноді не повністю закрито, що дозволяє газам і рідинам, викликати корозію металу відбивного шару. У Белізії було виявлено грибок *Geotrichum candidum*, що споживає полікарбонатний пластик та алюміній, з яких складається компакт-диск.

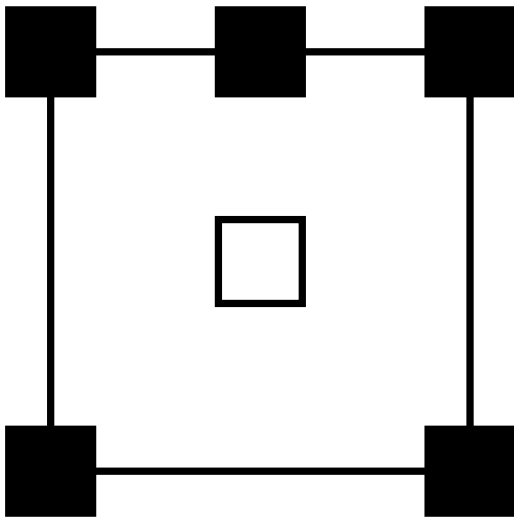
### 6.4 Примітки

- [1] Compact disc. *Wikipedia, the free encyclopedia* (en). Процитовано 2016-03-04.
- [2] Чулуєнко М. В. Моя Україна. Ілюстрована енциклопедія для дітей. — Харків: Веста: Видавництво «Ранок», 2006. — 128 с. іл.
- [3] CD, прообраз которого разработали киевские ученые, пришел в Украину с опозданием почти на четверть века dpravda.org(рос.)

- [4] Становление и перспективы развития производства компакт-дисков в Украине.
- [5] Всесвіт — на сапфірі. *Зеркало недели* | *Дзеркало тижня* | *Mirror Weekly*. Прочитовано 2016-03-05.

## Розділ 7

# Dolby Digital EX



Акустична система 5.1. Цифра до точки позначає кількість сателітів, а після - сабвуферів.

**Формат Dolby Digital EX** (розширений цифровий Dolby) є розвитком формату Dolby Digital, до якого додано ще один звуковий канал для центральної задньої колонки, розміщений безпосередньо за слухачем. Цей формат реалізується за допомогою акустичної системи 6.1.

Альтернативні формати для Dolby Digital і Dolby Digital EX — формат DTS (Digital Theater Sound — цифровий звук для театру) на базі акустичної системи 5.1 і формат DTS ES на базі акустичної системи 6.1.

### 7.1 Історія

Dolby Stereo принесла в фільми 4 звукових канали, з трьома спереду (лівий і правий для музики і ефектів і центральний для діалогів) і четвертим «оточуючим» (Surround) для створення загальної звукової атмосфери.

Наприкінці 80-х - початку 90-х років компанія Dolby революціонізувала побутові пристрої розваг шляхом

впровадження систем «домашнього театру» Dolby Surround, а пізніше і Dolby Pro Logic. У побутових пристроях в основному використовується технологія Dolby Stereo для відтворення з відео стрічок і лазерних дисків (під лазерними дисками маються на увазі LaserDisc, тобто «великі» відео лазерні диски). Ці системи дозволяли глядачам використовувати вдома ту ж саму 4-х канальну конфігурацію, що і в кінотеатрах.

Системи Dolby Digital (AC-3) вийшли на новий рівень, надаючи шість каналів кришталеву чистого об'ємного цифрового звуку. Лівий, центральний і правий фронтальні канали дозволяють точно визначити позицію джерела звуку на екрані. Окремі лівий і правий задні бічні канали втягують у фільм своїми оточуючими і обтічними звуками. А додатковий низькочастотний канал додає напруження дії на екрані.

### 7.2 Див. також

- DTS
- Акустична система
- Об'ємний звук
- Звукові технології

### 7.3 Джерела

- Сайт «dolby.com»

## Розділ 8

# DTS



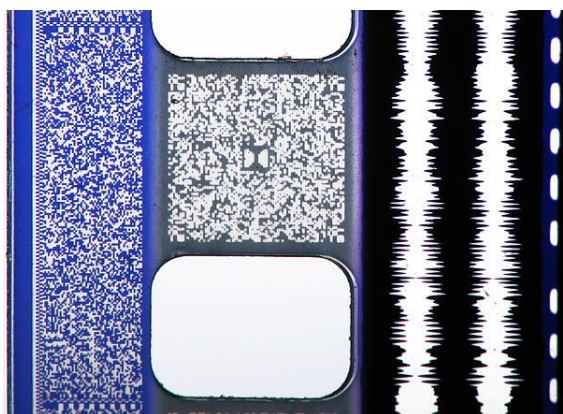
### 8.1 Різновиди DTS

### 8.2 Див. також

- [Dolby Digital EX](#)

### 8.3 Посилання

- [DTS technologies \(англ.\)](#).
- [Что такое DTS. Портал О многоканальной музыке.](#)



Звукові доріжки на тасьмі 35 мм: зліва: SDDS, Dolby Digital, Dolby Stereo, часовий код DTS

**Digital Theatre Systems (DTS) Digital Surround** — система стиснення звуку для DVD. Технологія DTS дозволяє записувати 6 звукових доріжок. DTS було впроваджено до специфікації DVD в 1996.

Система DTS пропонує кращу якість порівняно з Dolby Digital завдяки більшій швидкості пересилання даних (максимум — 1,5 Мб/с; Dolby Digital — 640 кб/с), а також меншого коефіцієнта стиснення (4:1 на відміну від 11:1 для Dolby Digital).

Спираючись на DTS в 1999 році з'явився формат DTS-ES, що уможливив розширення плану локалізації звуків до 360 градусів завдяки тильним динамікам. Він сумісний зі стандартним форматом DTS.

## Розділ 9

# DVD-Audio

### 9.1 Див. також



**DVD-Audio** — цифровий формат DVD, створений спеціально для високоякісного відтворення звукової інформації. Диск формату DVD-Audio дозволяє записувати фонограми з різною кількістю звукових каналів (від моно до 5.1).

Підтримка багатоканального звуку є важливою перевагою DVD-Audio перед попередніми форматами. Наявність 5 динаміків дозволяє позиціювати звуки в тривимірному просторі, що дає дві нові можливості: точне відтворення акустики приміщення і нових звукових образів за рахунок змішування спецефектів безпосередньо з музичним змістом. Людський слуховий апарат розрізняє напрямки звуків не тільки з боків, але й попереду (так само, але у меншій мірі, знизу), саме тому двох аудіоканалів недостатньо для імітації об'єму.

Звук на диску може мати 16-, 20- або 24-х бітове квантування, а також частоти дискретизації 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4 або 192 кГц. (Із частотою дискретизації 176.4 або 192 кГц може бути записано не більше двох звукових каналів.)

Існують дві версії формату DVD-Audio: просто DVD-Audio — тільки для звукового змісту й DVD-Audio — для звуку з додатковою інформацією.

звукові доріжки у форматі DVD-Audio розташовуються в каталозі AUDIO\_TS диска.

# Розділ 10

## ААС

**ААС** (англ. *Advanced Audio Coding*) — стандартна схема стиснення із втратами для аудіоданих. ААС розроблена як альтернатива форматам mp3 його розробником, Fraunhofer IIS. На 2007 рік поширений менше ніж mp3 і ogg vorbis. З'явився у 1997 році.

### 10.1 Принцип роботи

ААС використовує два основних принципи кодування для сильного зменшення кількості даних необхідних для передачі високоякісного цифрового аудіо.

1. Вилучаються неінформативні (такі, що не сприймаються) складові сигналу.
2. Вилучаються надлишковість у кодованому аудіо сигналі.
3. Потім сигнал обробляється за методом **MDCT** (англ. *modified discrete cosine transform* — модифіковане дискретне косинусне перетворення, метод близький до віконного перетворення Фур'є) відповідно до його складності.
4. Додаються коди корекції внутрішніх помилок.
5. Сигнал зберігається або передається.

### 10.2 Переваги ААС над MP3

- Підтримка частоти дискретизації від 8 кГц до 96 кГц (**MP3**: 8 кГц — 48 кГц)
- До 48 звукових каналів
- Більша ефективність кодування при постійному звуковому потоці
- Більша ефективність кодування при змінюваному звуковому потоці
- Гнучкіший Joint stereo

Все це означає, що слухач одержує поліпшену й стабільнішу якість звуку, ніж при MP3 з таким самим або меншим бітрейтом.

### 10.3 Профілі

- Low Complexity (MPEG-2/MPEG-4 AAC-LC)
- Main Profile
- High Efficiency AAC (MPEG-4 HE-AAC)
- Scalable Sample Rate (SSR)
- Long Term Prediction (LTP)

### 10.4 Розширення файлів

- .m4a — незахищений файл ААС
- .m4b — файл ААС, що підтримує закладки. Використовується для аудіокниг.
- .m4p — захищений файл ААС. Використається для захисту файлу від копіювання при завантаженні легальної музики в онлайн-магазинах, подібних iTunes Store

# Розділ 11

## WMA

**Windows Media Audio** (WMA) — ліцензований формат файла, розроблений компанією Microsoft для зберігання і трансляції аудіо-інформації.

З самого початку формат WMA позиціювався як альтернатива MP3, але сьогодні Microsoft протиставляє йому формат AAC (використається в популярному на Заході онлайн-музичному магазині iTunes).

Номінально формат WMA характеризується гарною здатністю стиснення даних, що дозволяє йому «обходити» формат MP3 і конкурувати по цих параметрах з форматами Ogg vorbis і AAC. Але як було показано незалежними тестами, а також при суб'єктивній оцінці якості форматів все таки не є однозначною, а в перевазі навіть над mp3 є також сумніви, незважаючи на заперечення компанією Microsoft. Особливо варто відзначити, що ранні версії формату (або його реалізації) мали проблеми на низьких швидкостях потоку. Однак даний формат постійно розвивається, тож можна припустити, що якість оптимізуватиметься.

# Розділ 12

## AIFF

**Audio Interchange File Format (AIFF)** — формат аудіо файлів, що застосовується для зберігання звукових даних на персональних комп'ютерах і на інших електронних аудіопристроях.

### 12.1 Історія

AIFF був розроблений компанією Apple Computer в 1988 році, на основі формату IFF компанії Electronic Arts, і найчастіше використовується в комп'ютерах Apple Macintosh.

### 12.2 Опис

Звукові дані в стандартному файлі формату AIFF представляють із себе нестиснутих імпульсно-кодову модуляцію. Також існує і стисла версія формату AIFF, яку називають **AIFC** (звідка AIFF-C), в якій для стиснення можуть бути використані різні кодеки.

AIFF, поряд з SDII і WAV, є одним з форматів який використовується у професійних аудіо і відео додатках, оскільки на відміну від популярнішого формату mp3 в ньому звук не має втрат якості. Як і будь-які нестиснені файли, файли AIFF займають набагато більше дискового простору ніж їх стиснені аналоги: одна хвилина стерео звуку з частотою дискретизації 44,1 кГц і розміром вибірки 16 біт займає близько 10МБ.

Стандартне розширення файлів: .AIFF або .AIF, для стисненого варіанти повинно застосовуватися розширення .AIFC.

### 12.3 AIFF Apple Loops

Кілька років тому Apple, на основі AIFF, створила формат Apple Loops<sup>[1]</sup>, який використовується в GarageBand і Logic Audio.

Apple Loops використовує ті ж розширення, що й AIFF: .aif і .aiff, незважаючи на свій тип.

### 12.4 Примітки

[1] Apple — Logic Studio — Plug-ins & Sounds

### 12.5 Посилання

- Деталі про AIFF
- Формат файлів AIFF - Byte order: Big-endian
- Audio Interchange File Format AIFF-C - Проект 08/26/91 - Apple Computer, Inc. - AIFC специфікація
- AIFF Tagging



# Розділ 13

## WAV

**WAV** (англ. *waveform audio format*) — формат аудіофайла розроблений компаніями Microsoft та IBM. **WAVE** базується на форматі RIFF, поширюючи його на інформацію про такі параметри аудіо, як застосований кодек, частота дискретизації та кількість каналів. **WAV** як і RIFF передбачався для комп'ютерів IBM PC, тому всі змінні записані у форматі little endian. Відповідником **WAV** для комп'ютерів PowerPC є AIFF.

Хоча файли **WAVE** можуть бути записані за допомогою будь-яких кодеків аудіо, зазвичай використовується нестиснений PCM, який призводить до великих обсягів файлу (близько 172 кБ на секунду для CD-якості). Іншим недоліком файлу є обмеження обсягу до 4 ГБ, через 32-бітну змінну. Формат **WAV** був частково витіснений стисненими форматами, проте, завдяки своїй простоті, надалі знаходить широке використання в процесі редагування звуку та на переносних аудіопристроях, як програвачі та цифрові диктофони.

### 13.1 Канонічний формат файлу

WAVE файл складається з двох частин: заголовку файлу і області даних.

Канонічний формат WAVE файлу починається з RIFF заголовку і двох підсекцій: "fmt " і "data". Підсекція "fmt " описує параметри даних звукозапису. У підсекції даних "data" міститься розмір даних і фактичні дані звукозапису.

### 13.2 Програми редактори

- Sound Forge

### 13.3 Програми відтворювачі

- Winamp
- Aimp

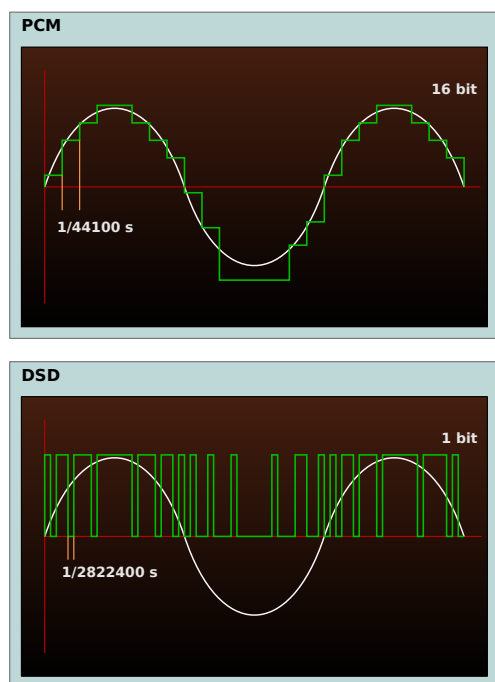
- foobar2000

### 13.4 Посилання

- Opis budowy pliku (En)
- Список зареєстрованих кодеків звуку
- codenet (Rus)
- kazu (Rus)
- wav-pcm.narod.ru (Rus)
- Структура WAV файла (Rus)
- WAVE PCM soundfile format (En)
- WAV & BWF Metadata Guide (En)

## Розділ 14

# DSD



Порівняння з Імпульсно-кодовою модуляцією (PCM).

Формат **DSD** (англ. *Direct Stream Digital*) використовується для запису **SACD** (Super Audio CD).

### 14.1 Однорозрядне квантування

Аналоговий звуковий сигнал конвертується в цифровий за допомогою дельта-сигма-модуляції при частоті дискретизації 2 822,4 кГц (у 64 рази більше, ніж у CD Audio), але з роздільною здатністю всього 1 біт, на відміну від використовуваних у форматі CD 16 біт при частоті 44,1 кГц. Таке перетворення, при якому відліки аналогового сигналу беруться з частотою, що багаторазово перевищує верхню граничну частоту сигналу, називається семплюванням з передискретизацією (англ. *oversampling*).

Oversampling має велике значення при усуненні шумів квантування, що вносяться квантувачем. Оскільки

ки сигнал передискретизований, сусідні відліки корелюють один з одним. У підсумку так званого «мережевого ефекту» потужність шуму в частотному діапазоні, займаному корисним сигналом, зменшується пропорційно підвищенню частоти дискретизації. Таким чином, відношення сигнал/шум збільшується, коли частота дискретизації стає більше. Передискретизація дозволяє уникнути необхідності попереднього фільтрування і зберігає гармоніки в їх первинному стані (хоча вони можуть виявитися задувленими шумом квантування, особливо на високих частотах). Фазова характеристика стає більш схожою з високо-частотною характеристикою аналогових систем.

Щоб мати менший рівень шумів в межах частотного діапазону корисного сигналу застосовується технологія формування шуму (англ. *noise shaping*), яка переміщує шуми за межі чутного діапазону. Потім однорозрядні імпульси записуються напряму на носій.

Позитивна зміна амплітуди буде представлено усіма «1». Негативне — всіма «0». Нульова точка буде представлена зміною двійкового числа. Оскільки значення амплітуди аналогового сигналу в кожен момент представлено у вигляді щільності імпульсів, цей метод іноді називають модуляцією за тривалістю імпульсів або імпульсною модуляцією по щільності (англ. *Pulse Density Modulation, PDM*).

Цифро-аналогове перетворення полягає в простому відфільтруванні однорозрядного представлення для видалення надзвукових шумів.

### 14.2 Формати

Для можливості запису, редагування, мастерингу і авторингу у форматі DSD (без перетворення в ІКМ) у 2000 році був розроблений файловий формат DSDIFF (англ. *Direct Stream Digital Interchange File Format*).

Для зниження займаного дискового простору і для зменшення смуги передачі, необхідної для DSD, застосовується стиснення звуку без втрат DST (англ. *Direct Stream Transfer*). У 2005 році DST стандарти-

зований як MPEG-4 Аудіо стандарт (ISO/IEC 14496-3:2001 - Кодування без втрат звуку з передискретизацією). У 2007 році була опублікована еталонна реалізація MPEG-4 DST як ISO/IEC 14496-5:2001.

Для вирішення деяких проблем був розроблений новий студійний формат, його називають «DSD - wide», який зберігає високу частоту дискретизації стандартного DSD, але використовує 8-бітовий, а не однобітовий digital word length, при цьому значною мірою спирається на принцип «формування шуму». Він стає майже таким же, як PCM (його іноді зневажливо називають PCM - narrow), але має додаткові переваги і більш практичний при DSP-операціях у студії. Головна відмінність у тому, що DSD - Wide як і раніше зберігає частоту дискретизації 2,8224 МГц (64Fs) в той час як найвища частота PCM - 352,8 кГц (8Fs). Потім сигнал DSD - Wide перетворюється з пониженням в звичайний DSD для мастерингу SACD. В результаті цієї технології та інших поліпшень існує декілька цифрових аудіо робочих станцій (DAW), які працюють або можуть працювати в області DSD, зокрема Pyramix і деякі системи SADiE<sup>[1]</sup>.

Інший формат для редагування DSD — це DXD (Digital eXtreme Definition), формат PCM з 24-бітовим дозволом дискретизації 352,8 кГц (або, як варіант, 384 кГц).

### 14.3 Примітки

[1] Що таке аудіо формат DSD(рос.)

## Розділ 15

# Shorten

**Shorten** (SHN) - формат файлу, який використовується для стиснення аудіоданих. Це форма стиснення без втрат аудіо файлів CD-якості (44.1 кГц 16-бітний стереозвук PCM). Shorten більше не розробляється, і більш популярними стали інші аудіо кодеки, такі як **FLAC**, **Monkey's Audio (APE)**, **TTA** і **WavPack (WV)**. Однак Shorten досі використовується деякими людьми, бо є концертні записи в обігу, які закодовані як Shorten файли. Shorten файли використовують розширення файлу `.shn`.

## Розділ 16

# WavPack

**WavPack** — вільний аудіо кодек з відкритими вихідними кодами для стиснення аудіо-сигналу без втрати якості.

### 16.1 Можливості

- Сумісність з усіма рівнями квантування імпульсно-кодової модуляції (англ. *PCM*): 8, 16, 24 та 32-бітні цілі; 32-бітні з плаваючою крапкою; моно, стерео та багатоканального звуку; частота дискретизації від 6 до 192 kHz (та всі інші нестандартні в цьому проміжку)
- Підтримка багатьох платформ, зокрема: **Windows**, **Linux** і **MacOS X**; окрім цього, можливість відтворення у флеш-плеєрі<sup>[1]</sup> (на будь-якій ОС, що повністю підтримує Flash 9)
- Миттєве переміщення по треку і здатність до потокової трансляції
- **ReplayGain**
- Використання **ID3v1** та **APEv2** тегів для зберігання метаданих (включаючи **ReplayGain**)
- Податливий до пропускання помилок формат блоків
- Спеціальний додатковий «асиметричний» режим для збільшення рівня компресії
- MD5 контрольні суми для перевірки аудіо- та метаданих
- Унікальний гібридний режим (створюються два файли, один з втратою якості невеликого розміру, інший — корекція до «безвтратного»)
- Використання «en:Dynamic Noise Shaping» для кращої якості на малих бітрейтах в гібридному режимі
- Безкоштовні та повністю відкриті бібліотеки під ліцензією **BSD**
- Інтуїтивний інтерфейс командного рядка
- Невеликий розмір застосунків
- Наявна спеціальна низько-латентна версія для особливих задач (інтернет-телефонія і т.д.)
- Повна зворотна сумісність з початковою реалізацією WavPack версії 1.0
- Наявні **Java** декодер та енкодер

### 16.2 Апаратна підтримка

Наразі невелика кількість апаратних пристроїв відтворення звуку підтримують кодек WavPack, однак це можна виправити спеціальними неофіційними «прошивками», такими як **RockBox** (як в «гібридному», так і в варіанті без втрат). Пристрої з «рідною» підтримкою формату:

- Cowon A3 PMP
- Skydigital Venice V38 HD Combo
- DViCO TViX HD M-6500A та HD M-7000A
- Slim Devices Squeezebox

### 16.3 Примітки

[1] <http://www.wavpack.com/flash/wavpack.htm>

### 16.4 Посилання

- англ. *Офіційна сторінка*
- Гілка форуму **Hydrogenaudio** присвячена WavPack
- англ. *Historical versions at ReallyRareWares*
- Порівняння деяких енкодерів на **Hydrogenaudio Wiki**
- WavPack на **MultimediaWiki**
- англ. *WavPack-фронтенд*

## Розділ 17

# Meridian Lossless Packing

**Meridian Lossless Packing, MLP Lossless** (скор. MLP) - алгоритм стиснення без втрат.

Цей алгоритм розроблений англійською компанією MERIDIAN, ліцензія належить Dolby Laboratories, є основним стандартом для формату DVD-Audio Advanced Resolution, дозволяє відтворювати в режимі моно 1.0, стерео 2.0 (з частотою дискретизації 192 кГц і рівнем квантування 24 біта) або багатоканальний 8.0 (5.1 / 6.0) **Surround Sound** (24 біти/96 кГц) високоякісний аудіоматеріал. Основою компресії є PCM, через обмеження пропускної здатності і для зменшення обсягу необхідно застосувати алгоритм, який дозволив би при розпакуванні не втрачати вихідної інформації, з чим MLP і справляється. {{{}}

### 17.1 MLP в медіаформатах

MLP є основою для розширень **Dolby TrueHD**, який в свою чергу є одним з основних стандартів для носіїв HDTV-контенту (HD DVD / Blu-ray)

DVD-Audio в структурі диска містить директорію AUDIO\_TS, в якій міститься мультимедіаконтейнер DVD Audio Object Files (розширення. aob), де і міститься MLP-потік (. mlp).

### 17.2 Див. також

- Цифрові звукові формати

## Розділ 18

# FLAC

**FLAC** (англ. *Free Lossless Audio Codec* — вільний аудіокодек без втрат) — аудіокодек для стиснення аудіо при 100% збереженні оригінального звукового потоку. На відміну від таких кодеків, як MP3, WMA чи Ogg Vorbis, FLAC забезпечує т.зв. стиснення без втрат (англ. *lossless*), тобто при розпакуванні звукові дані залишаються повністю ідентичним до початкового файлу перед стисненням. FLAC також включає можливість перевірки точності даних завдяки збереженню у файлі відбитку MD5 оригінальних даних<sup>[1]</sup>.

FLAC є вільним форматом: його використання не вимагає виплат роялті, специфікації є відкритими та його основна реалізація є вільним програмним забезпеченням<sup>[2]</sup>.

Розвиває цей кодек Xiph.Org Foundation.

### 18.1 Відомості про формат

#### 18.1.1 Аудіопотік

Основними частинами потоку є:

- Рядок з чотирьох байтів «fLaC»
- Блок метаданих STREAMINFO
- Інші необов'язкові блоки метаданих
- Аудіофрейми

Перші чотири байти ідентифікують потік FLAC. Наступні за ними **метадані** містять інформацію про потік, потім йдуть стиснуті звукові дані.

#### 18.1.2 Метадані

Станом на 10.03.2010 в libflac-1.2.1 визначені наступні типи блоків: StreamInfo, Padding, Application, SeekTable, VorbisComment, CueSheet, Picture, Unknown. Блоки метаданих можуть бути будь-якого розміру, додавання нових блоків не викликає труднощів. Невідомі блоки метаданих декодер пропускає.

Блок STREAMINFO — обов'язковий. У ньому містяться дані, що дозволяють декодеру налаштувати буфер, дискретизації, кількість каналів, кількість біт на семпл і кількість семплів. Також в блок записується підпис MD5 не стиснених аудіоданих. Це корисно для перевірки всього потоку після його передачі.

Інші блоки призначені для резервування місця, зберігання таблиць точок пошуку, тегів, список розмітки аудіодисків, а також даних для конкретних додатків. Опції для додавання блоків PADDING або точок пошуку наведені нижче. FLAC не потребує точок пошуку, проте вони дозволяють значно збільшити швидкість доступу, а також можуть бути використані для розміщення міток в аудіоредакторах.

Точний опис структур стандартних блоків можна знайти в файлі format.h бібліотеки libflac, доступною на сайті формату.

#### 18.1.3 Аудіодані

За метаданими слідує стислі аудіодані. Метадані та аудіо не чергуються. Як і більшість кодеків, FLAC ділить вхідний потік на блоки і кодує їх незалежно один від одного. Блок запаковується у фрейм і додається до потоку. Базовий кодер використовує блоки постійного розміру для всього потоку, однак формат передбачає наявність блоків різної довжини в потоці.

#### 18.1.4 Розбиття на блоки

Розмір блоку - дуже важливий параметр для кодування. Якщо він занадто малий, то в потоці буде надто багато заголовків фреймів, що зменшить рівень стиснення. Якщо ж розмір великий, то кодер не зможе підібрати ефективну модель стиснення. Розуміння процесу моделювання допоможе вам збільшити рівень стиснення для деяких типів вхідних даних. Зазвичай при використанні лінійного прогнозування на аудіо з частотою дискретизації 44,1 кГц оптимальний розмір блоку лежить в діапазоні 2-6 тис. семплів.

### 18.1.5 Міжканальна декорреляція

Якщо на вхід надходять стереоаудіодані, вони можуть пройти через стадію міжканальної декорреляції. Правий і лівий канал перетворюються до середнього і різницевого за формулами: середній = (лівий + правий) / 2, різницевий = лівий - правий. На відміну від **joint stereo**, що використовується в lossy-кодерах, в lossless-кодуванні цей процес не призводить до втрат. Для даних з аудіодисків це зазвичай призводить до значного збільшення рівня стиснення.

### 18.1.6 Моделювання

На наступному етапі кодер намагається апроксимувати сигнал такою функцією, щоб отриманий після її вирахування з оригіналу результат (званий різницею, залишком, помилкою) можна було закодувати мінімальною кількістю бітів. Параметри функцій теж повинні записуватися, тому вони не повинні займати багато місця. FLAC використовує два методи формування апроксимацій:

- підгонка простого полінома до сигналу
- загальне кодування з лінійними предикторами (LPC).

По-перше, постійне поліноміальне проорокування (-1 0) працює значно швидше, але менш точно, ніж LPC. Чим вище порядок LPC, тим повільніше, але краще буде модель. Однак зі збільшенням порядку вираш буде все менш значним. В деякій точці (зазвичай близько 9) процедура кодера, що визначає найкращий порядок, починає помилятися і розмір одержуваних фреймів зростає. Щоб подолати це, можна використовувати повний перебір, що призведе до значного збільшення часу кодування.

По-друге, параметри для постійних предикторів можуть бути описані трьома бітами, а параметри для моделі LPC залежать від кількості біт на семпл і порядку LPC. Це означає, що розмір заголовка фрейму залежить від обраного методу і порядку і може вплинути на оптимальний розмір блоку.

### 18.1.7 Залишкове кодування

Коли модель підібрана, кодер віднімає наближення з оригіналу, щоб отримати залишковий (помилковий) сигнал, який потім кодується без втрат. Для цього використовується та обставина, що різницевий сигнал зазвичай має розподіл Лапласа і є набір ентропійних кодів, що має назву кодування Райса, що дозволяє ефективно і швидко кодувати ці сигнали без використання словника.

Кодування Райса складається з знаходження одного параметра, що відповідає розподілу сигналу, а потім використання його для складання кодів. При зміні розподілу змінюється і оптимальний параметр, тому є метод, що дозволяє перераховувати його в разі потреби. Залишок може бути розбитий на контексти або розділи, у кожного з яких буде свій параметр Райса. FLAC дозволяє вказати, як потрібно проводити розбиття. Залишок може бути розбитий на  $2^n$  розділів.

### 18.1.8 Складання фреймів

Аудіофрейму передують заголовок, який починається з коду синхронізації і містить мінімум інформації, необхідної декодеру для відтворення потоку. Сюди також записується номер блоку або семпла і восьмібітна контрольна сума самого заголовку. Код синхронізації, CRC заголовку фрейма і номер блоку/семпла дозволяють виконувати пересинхронізацію і пошук навіть під час відсутності точок пошуку. В кінці фрейма записується його шістнадцятибітна контрольна сума. Якщо базовий декодер виявить помилку, то буде згенерований блок тиші.

### 18.1.9 Різні

Щоб підтримувати основні типи метаданих, базовий декодер вміє пропускати теги ID3v1 і ID3v2, тому їх можна вільно додавати. Теги ID3v2 повинні розташовуватися перед маркером «fLaC», а теги ID3v1 - в кінці файлу.

Існують модифікації FLAC кодера: Improved FLAC encoder і Flake.

### 18.1.10 Підтримка FLAC

Файли з розширенням .flac можна відкрити на комп'ютері, серед інших, за допомогою таких програм:

- Roxio Easy Media Creator
- Jet Audio
- AIMP
- Adobe Audition
- VLC Media Player
- VUPlayer
- Winamp з підключеним модулем FLAC
- Windows Media Player з фільтрами Illiminable або CoreFLAC
- Sound Normalizer



Апаратно підтримується, зокрема, такими пристроями (список не повний):

- DUNE HD
- Weiss Minerva
- Blackberry
- Blacknote DSS 30
- Cowon
- DIGMA (Insomnia 5)
- Rio Karma
- ICONBIT HD390DVD; HD400L; HD400DVD
- iRiver, Gigabeat (Toshiba) (через прошивку RockBox)
- iAudio (Cowan)
- Ritmix (Meizu)
- SANSA
- TeXet (T-900, T-890, T-860, T-790, T-660, T-589, T-590, T-560)
- Transcend (MP 870, MP 860, MP 330)
- iPod (через прошивку RockBox)
- Networked Media Tank (Popcorn Hour — A100, A110, B110, C200)
- Explay
- Nationite S:Flo 2 (Teclast T51)
- Philips Xenium K700
- Hifiman HM-801
- Sony Ericsson W20i Zyl0
- Samsung Galaxy S
- Samsung Galaxy S II
- Samsung Galaxy R
- Samsung Wave
- Samsung Wave II
- Sony Ericsson W20(Zylo)
- Sony Ericsson Xperia x10i
- Sony Ericsson Xperia Arc
- Oysters PMP-200
- Sony Ericsson Xperia Play
- Nokia N900 з пакетом OGG support

- Meizu M8
- Mystery MMD-584U
- Nokia N8, C7, C6-01, E7 (смартфони на Symbian3, використовуючи FolderPlay 1.8)
- Nokia 5800 (смартфони на S60, використовуючи FolderPlay 1.8)

## 18.2 Примітки

[1] [Flac Features](#). Прочитовано 11 липня 2013.

[2] [FLAC - license](#).

## 18.3 Посилання

- [FLAC \(ru\)](#).
- [Xiph.Org: QuickTime Components \(en\)](#).

## Розділ 19

# Monkey's Audio

**Monkey's Audio** або **APE** <sup>[1]</sup> — популярний формат кодування цифрового звуку без втрат. Поширюється безкоштовно разом з відкритим вихідним кодом і набором програмного забезпечення для кодування і відтворення, а також плагінами до популярних плеєрів. Файли Monkey's Audio використовують такі розширення: **.ape**<sup>[2]</sup> для зберігання аудіо і **.apl**<sup>[3]</sup> для зберігання метаданих. Незважаючи на відкритий вихідний код, Monkey's Audio не є вільним, тому що його ліцензія накладає значні обмеження на використання.

Офіційно кодек Monkey's Audio випускається тільки для платформи Windows, хоча існує ряд неофіційних кодеків для GNU/Linux й Mac OS X, які в більшості випадків дозволяють лише стискати файли, перетворюючи їх в інший формат.

Підтримує «APL image link» файли (подібні до «Cue sheet»).

### 19.1 Переваги

- Висока ефективність
- Хороша підтримка програмного забезпечення
- Версія Java (працює на багатьох платформах, multiplatform)
- Підтримує теги (ID3v1, APE tags)
- Підтримка високороздільне аудіо (High resolution)
- Підтримка RIFF чанків (Тільки в енкодері з графічним інтерфейсом GUI)
- Pipe support (тільки в спеціальній версії)

### 19.2 Недоліки

- Немає підтримки мультиканалів
- Немає гібридного режиму з кодеками з втратою якості (типу mp3)

- Немає підтримки hardware (технічних засобів)
- Не завадостійке
- Немає підтримки ReplayGain

### 19.3 Примітки

[1] англ. *Monkey's Audio* дослівно — мавпячий звук

[2] англ. *ape* дослівно — людиноподібна мавпа

[3] англ. *apl* дослівно — схвалення, затвердження

### 19.4 Джерела

- Документація на «Українська шара»

### 19.5 Посилання

- Офіційний сайт(англ.)
- RadLight APE DirectShow filter

## Розділ 20

# Windows Media Audio 9 Lossless

**Windows Media Audio 9 Lossless** — аудіо кодек для стиснення без втрат фірми Microsoft, представлений на початку 2003 року. Остання версія на 2008 рік — 9.2.

Стиснутий цим кодеком аудіо компакт-диск займає від 206 до 411 Мб, при бітрейті звукових файлів від 470 кбіт/с до 1.08 Мбіт/с. Кодек входить до складу пакету Windows Media, використовує розширення файлу .Wma, підтримує 6 дискретних каналів. Офіційно випущений тільки для Windows і Mac OS X.

### 20.1 Посилання

- [Офіційна сторінка](#)
- [Обзор Windows Media 9](#)

## Розділ 21

# Apple Lossless

**Apple Lossless** (також відомий як **Apple Lossless Encoder**, **ALE**, або **Apple Lossless Audio Codec**, **ALAC**) — відкритий аудіокодек для стиснення цифрової музики без втрат якості, розроблений Apple Inc., цей формат повсюдно використовується в продуктах Apple.

В Apple Lossless дані зберігаються в контейнері MP4 з розширенням .m4a. Хоча Apple Lossless має таке ж розширення файлу, як AAC, це не AAC: цей кодек схожий з іншими lossless-кодеками, такими, як FLAC тощо. Плеєри iPod з док-роз'ємами (не iPod shuffle) і свіжої прошивкою можуть відтворювати звук формату Apple Lossless. У кодеку не використовуються будь-які специфічні засоби цифрового керування правами (DRM), але використання DRM можливо, оскільки передбачено форматом контейнера.

Тести показали, що стиснуті ALAC файли виходять розміром приблизно від 40% до 60% розміру оригіналів залежно від виду музики, подібно до інших lossless-форматів, при дуже високій швидкості декодування, але досить повільному кодуванні. Швидкість, з якою він може бути видобутий, робить його корисним для пристроїв з низькою продуктивністю, таких, як iPod і подібних.

### 21.1 Історія

Apple Lossless Encoder був представлений як один з компонентів QuickTime 6.5.1 28 квітня 2004 і як функція iTunes 4.5. Кодек використовується також в AirPort Express у застосунку AirTunes. 27 жовтня 2011 Apple відкрила сирцеві коди Apple Lossless Audio Codec (ALAC) на Mac OS Forge під ліцензією Apache 2.0<sup>[1]</sup>, що передбачає передачу прав на використання всіх пов'язаних з кодеком патентів.

Відкритий компанією Apple пакет включає повний код декодувальника і кодувальника для кодека ALAC, а також утиліту alaconvert, яка надає функції запису і читання звукових потоків у форматах CAF (Core Audio Format) і WAVE. Утиліта одночасно виступає як приклад щодо інтеграції підтримки ALAC в сторонні програми. У комплект також вклю-

чено керівництво з даними для Вашого кодека з різними медіа-контейнерами, такими як MP4 і M4A.

### 21.2 Огляд

Представлена реалізація ALAC підтримує довільний вибір частоти дискретизації в діапазоні від 1 до 384000 Гц (у теорії до 4,294,967,295 Гц) і використання від одного до восьми звукових каналів (MPEG 7.1 В). За замовчуванням дані кодується пакетами по 4096 вибірок. Розмір пакета при бажанні може бути змінений, але тоді може бути порушена сумісність з усіма апаратними пристроями Apple. З інших особливостей ALAC можна згадати наявність засобів апаратної акселерації декодування в iPod і AirPort Express, підтримка потокової передачі, можливість прив'язки тегів (QT tags) і підтримка багатоканального звуку.

При виконанні тестового стиснення ALAC забезпечив стиснення з коефіцієнтом 54.96% (результат 414.45 Мб), при цьому на кодування було витрачено 19 хвилин 53 секунди, а на декодування 10 хвилин 1 секунда.<sup>[2]</sup> У цих же тестах FLAC забезпечив в трьох різних режимах стиснення з коефіцієнтом 53.67%, 54.57%, 56.97% (406.25 Мб, 412.42 Мб, 431.72 Мб), при цьому на кодування було витрачено 10:07, 7:23 і 6:24, що в 2-3 рази швидше ALAC. FLAC виконав декодування за 5:23, 5:31, 5:26.8, що також значно швидше ALAC. Попри те, що за своїми характеристиками ALAC трохи відстає від FLAC, перевагою ALAC є повна сумісність з сервісами Apple, такими як iTunes і AirTunes, які не підтримують FLAC.

Слід зазначити, що в рамках проекту FFmpeg незалежними ентузіастами раніше вже був створений відкритий декодер та кодер для формату ALAC, який досить давно входить до складу бібліотеки libavcodec. Це означає, що будь-який мультимедійний програвач на основі цієї бібліотеки, включаючи VLC media player і MPlayer, може програвати файли Apple Lossless.

### 21.3 Виноски

- [1] Офіційна сторінка Apple Lossless Audio Codec
- [2] Компанія Apple перевела аудіокодек ALAC в разряд открытых проектов

### 21.4 Див. також

- FLAC
- Monkey's Audio

## Розділ 22

# TTA

**The True Audio (TTA) кодек** - аудіокодек, що здійснює стиснення аудіофайлів без втрат, здатний працювати в режимі реального часу. Кодек заснований на адаптивних фільтрах і має такі ж або кращі характеристики, як і більшість сучасних кодер-декодерів без втрат. Основними вимогами до розробки компресора були прийнятна ступінь стиснення і висока швидкість роботи.

### 22.1 Основні переваги TTA аудіокодека

- Компресія аудіо до 30% без втрат
- Алгоритм кодування-декодування в режимі реального часу
- Мінімальні системні вимоги
- Безкоштовний і відкритий вихідний код і документація
- Може бути скомпільований на великій кількості різних платформ
- Простий і відкритий формат даних
- Плагіни для більшості популярних програвачів
- Графічний інтерфейс (GUI) для Windows
- Підтримка технології DirectShow
- апаратна підтримка<sup>[1]</sup>

Показники стиснення TTA-кодека залежать від змісту стиснуваного музичного файлу, але стислий розмір в основному буде в межах від 30 до 70% від оригінального.

TTA-кодек дозволяє зберігати до 20 звукових компакт-дисків (CD-Audio) на одному DVD-R, з підтримкою тегів ID3 і APEv2.

Вихідні коди TTA-аудіокодека без втрат і дистрибутив проекту вільно доступні і поширюються під універсальною загальнодоступною ліцензією LGPL.

### 22.2 Примітки

[1] TTA АУДИОКОДЕК БЕЗ ПОТЕРЬ - САМЫЙ БЫСТРЫЙ АУДИО КОМПРЕССОР(рос.)

### 22.3 Див. також

## Розділ 23

# Dolby TrueHD

**Dolby TrueHD** - розширений формат багатоканального аудіо без втрат, розроблена Dolby Laboratories по алгоритму Meridian Lossless Packing (MLP).

Намір авторів було використовувати кодек для високоякісних домашніх мультимедійних систем, на підставі сигналу, що надходить з джерела дисків Blu-Ray і HD DVD. Він є наступником AC-3, який був стандартом для запису звуку на DVD.

Це дозволяє записувати до 8 каналів (7.1) аудіо на 96 кГц і 24 біт. Для 6-канальної акустичної системи (5.1) дозволяє записувати з якістю 192 кГц і 24 біт.

Пошук доступних фільмів у форматі Dolby TrueHD на дисках Blu-ray показав, що на сьогодні можна знайти тільки половинної якості: 6 каналів з частотою дискретизації 96 кГц і глибиною 24 біт (що відповідає стиснутому потоку 13,5 Мбіт/с і стиснутому 9 Мбіт/с)<sup>[1]</sup>.

### 23.1 Примітки

[1] Керівництво по HD-звуку. Частина I(рос.)

## Розділ 24

# ATRAC

**ATRAC** (англ. *Adaptive Transform Acoustic Coding*, *Адаптивне кодування електроакустики*) - сімейство пропріетарних аудіо алгоритмів стиснення, розроблених Sony. MiniDisc в 1992 році був першим комерційним продуктом, який використовував ATRAC, що дозволило на порівняно невеликому диску мати той же час роботи, як на CD при зберіганні аудіоінформації з мінімальною втратою якості. Удосконалення кодека у вигляді ATRAC3 (1999), ATRAC3plus (2002) і ATRAC Advanced Lossless (2006) не допомогло Sony в конкурентній боротьбі з форматом MP3.

Інші виробники MiniDisc, такі як Sharp і Panasonic також реалізували свої власні версії кодека ATRAC.

Sony Dynamic Digital Sound використовує систему ATRAC для кінотеатрів.

### 24.1 Див. також

- OpenMG
- Перелік торгових марок Sony



## 24.2 Джерела, дописувачі та ліцензії тексту і зображень

### 24.2.1 Текст

- **Цифрові звукові формати** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96\\_%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96\\_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8?oldid=19223509](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8?oldid=19223509) *Дописувачі:* Gutsul, Albedo, Amakuha, Temporary, Oleksii0, Nickispeak1, A1, Thijs!bot, SieBot, Loveless, AlleborgoBot, Yakiv Gluck, Ptbotgourou, DirlBot, Xqbot, MerlIwBot, Shynkar, Green Zero, Addbot і Аноніми: 4
- **Стиснення звуку** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D1%83?oldid=19409488](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D1%83?oldid=19409488) *Дописувачі:* Albedo, A1, VolkovBot, TXiKiBoT, SieBot, Luckas-bot, Amirobot, Ptbotgourou, Olexa Riznyk, Іванко1, WikitanvirBot, Addbot, Glovacki і Аноніми: 3
- **Стиснення з втратами** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D0%B7\\_%D0%B2%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B8?oldid=19409565](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B7_%D0%B2%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B8?oldid=19409565) *Дописувачі:* Brabadu, A1, JAnDbot, Dim Grits, Aibot, Friend, TXiKiBoT, Arkony, AntOnLine, Luckas-bot, Antanana, Olexa Riznyk, EmausBot, ZéroBot, IvanBot, CocuBot, MerlIwBot, Vagobot, YFdyh-bot, Shynkar, Addbot, Glovacki і Аноніми: 2
- **MP3** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/MP3?oldid=17894690> *Дописувачі:* Gutsul, U-Bot, Ілля, Yurik, Albedo, Brabadu, Sz-ibot, YurikBot, Ahonc, A1, VictorAnyakin, Escarbot, Movses, Sfajrat, Thijs!bot, JAnDbot, Galkovsky, Aibot, VolkovBot, TXiKiBoT, Іван Болгар, VVVBot, SieBot, AlleborgoBot, Deineka, Yakiv Gluck, StripedM, DragonBot, BodhisattvaBot, Alexbot, BOTarate, WikiDreamer Bot, Luckas-bot, Erud, Rubinbot, Obersachsebot, Xqbot, RedBot, TobeBot, FoxBot, Svick, MastiBot, TjBot, EmausBot, ZéroBot, JackieBot, Іванко1, IvanBot, WikitanvirBot, RLutsBot, BackFire, MerlIwBot, Ahatanhel, Fletcher L.S., JYBot, Дядько Микола і Аноніми: 16
- **Ogg Vorbis** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ogg\\_Vorbis?oldid=19054578](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ogg_Vorbis?oldid=19054578) *Дописувачі:* Gutsul, Robbot, U-Bot, Ілля, Brabadu, YurikBot, A1, Escarbot, Thijs!bot, JAnDbot, VolkovBot, Movses-bot, Begemot-Bot, Іван Болгар, SieBot, Deineka, Flame, Yakiv Gluck, MathWay, Юрій Булка, PixelBot, Alexbot, NickK, Чугайстр, Luckas-bot, Bot Gluck, DixonDBot, Binc, Роман Рябенко, RLutsBot, Minsbot, Ser GoDo, Shynkar, Фурашев Олексій і Аноніми: 2
- **Компакт-диск** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D1%82-%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA?oldid=18665014> *Дописувачі:* Gutsul, Albedo, YurikBot, Advbot, ReAl, Steel archer, A1, Escarbot, Thijs!bot, JAnDbot, Звірі, Dim Grits, Aibot, VolkovBot, TXiKiBoT, Viol-ukwiki, Riwnodennyk, SieBot, Loveless, AlleborgoBot, Deineka, Yakiv Gluck, DragonBot, BodhisattvaBot, Alexbot, BOTarate, MelancholieBot, Luckas-bot, SilvononBot, Zxabot, ArthurBot, Nallimbot, Rubinbot, Xqbot, DSisyphBot, Ink, Khodakov Pavel, FoxBot, KamikazeBot, Olexdj, Vovchuck, UeArtemis, MastiBot, EmausBot, ZéroBot, Sanya3, Pavlo1, ChuispastonBot, WikitanvirBot, BackFire, Vanjel, AvocadoBot, Minsbot, Dexbot, BezosisnyjUA, Shynkar, Addbot, Діско Дансер, Олег Граченко і Аноніми: 10
- **Dolby Digital EX** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Digital\\_EX?oldid=17472623](https://uk.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital_EX?oldid=17472623) *Дописувачі:* VictorAnyakin, Tigga, JAnDbot, Roman Z, VolkovBot, Andrijko Z., Author23, Budelberger, Luckas-bot, Xqbot, DixonDBot, EmausBot, RLutsBot, Shynkar і Аноніми: 1
- **DTS** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/DTS?oldid=17069677> *Дописувачі:* Chobot, A1, AS, Author23, Luckas-bot, RLutsBot, Teodret і Shynkar
- **DVD-Audio** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/DVD-Audio?oldid=14284154> *Дописувачі:* Albedo, A1, Thijs!bot, Aibot, VolkovBot, Movses-bot, Begemot-Bot, SieBot, Юрій Булка, Alexbot, Luckas-bot, ArthurBot, WikitanvirBot, RLutsBot, Justincheng12345-bot, Shynkar і Аноніми: 1
- **AAC** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/AAC?oldid=13110562> *Дописувачі:* Temporary, A1, Escarbot, JAnDbot, Aibot, VolkovBot, Movses-bot, Begemot-Bot, SieBot, Deineka, Yakiv Gluck, Alecs.bot, Nallimbot, Darkicebot, Xqbot, Netavek, RedBot, KamikazeBot, EmausBot, RLutsBot, AvocadoBot і Green Zero
- **WMA** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/WMA?oldid=12064071> *Дописувачі:* Gutsul, U-Bot, Ілля, OlegMarchuk, Albedo, Amakuha, YurikBot, A1, TuvicBot, Thijs!bot, JAnDbot, AndrewKachalo, VolkovBot, TXiKiBoT, Іван Болгар, Deineka, Yakiv Gluck, Alexbot, ButkoBot, Mercy, Sparrov, Luckas-bot, Ptbotgourou, Lyra, EmausBot, KLBot2 і Аноніми: 2
- **AIFF** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/AIFF?oldid=18807843> *Дописувачі:* A1, Author23, Luckas-bot, IvanBot, ChuispastonBot, WikitanvirBot, RLutsBot, Evjilanin, MobyVan і Аноніми: 3
- **WAV** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/WAV?oldid=15871095> *Дописувачі:* Butko, A1, JAnDbot, VolkovBot, Begemot-Bot, TXiKiBoT, Іван Болгар, SieBot, BotMultichill, Deineka, Yakiv Gluck, ButkoBot, Dominica-ukwiki, Luckas-bot, Xqbot, KamikazeBot, Іванко1, IvanBot, JaffaMan, WikitanvirBot, Patriot333, RLutsBot, MerlIwBot, Inna Z, Qatbequ і Аноніми: 4
- **DSD** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/DSD?oldid=16644489> *Дописувачі:* Albedo, Tigga, VolkovBot, Loveless, Luckas-bot, TuHan-Bot, RLutsBot, Stas000D і Shynkar
- **Shorten** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/Shorten?oldid=19132108> *Дописувачі:* Shynkar і Glovacki
- **WavPack** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/WavPack?oldid=17069726> *Дописувачі:* VolkovBot, Іван Болгар, Author23, Erud, IvanBot, Maverick і RLutsBot
- **Meridian Lossless Packing** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/Meridian\\_Lossless\\_Packing?oldid=17503262](https://uk.wikipedia.org/wiki/Meridian_Lossless_Packing?oldid=17503262) *Дописувачі:* Shynkar
- **FLAC** *Джерело:* <https://uk.wikipedia.org/wiki/FLAC?oldid=19525374> *Дописувачі:* Albedo, VolkovBot, Idioma-bot, Deineka, Юрій Булка, BodhisattvaBot, Author23, Ptbotgourou, Panturion, DSisyphBot, RedBot, D'ohBot, Dinamik-bot, Igor Yalovecky, EmausBot, Іванко1, WikitanvirBot, Rocksolan, Binc, RLutsBot, Berkovskyy, The Iron Addict, Sangfei ua, Kantsler і Аноніми: 4
- **Monkey's Audio** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/Monkey%7Ds\\_Audio?oldid=12030907](https://uk.wikipedia.org/wiki/Monkey%7Ds_Audio?oldid=12030907) *Дописувачі:* YurikBot, Ahonc, A1, JAnDbot, Aibot, VolkovBot, Movses-bot, Begemot-Bot, SieBot, Deineka, Yakiv Gluck, Lionetto, StripedM, Pemakhov, Ptbotgourou, EmausBot, Іванко1, KLBot2 і Аноніми: 2
- **Windows Media Audio 9 Lossless** *Джерело:* [https://uk.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Media\\_Audio\\_9\\_Lossless?oldid=16859059](https://uk.wikipedia.org/wiki/Windows_Media_Audio_9_Lossless?oldid=16859059) *Дописувачі:* A1, Luckas-bot, RLutsBot і ТеоBot

- **Apple Lossless** Джерело: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Apple\\_Lossless?oldid=18843895](https://uk.wikipedia.org/wiki/Apple_Lossless?oldid=18843895) Дописувачі: Deineka, Luckas-bot, MastiBot, IvanBot, RLutsBot, MobyVan і Аноніми: 1
- **ТТА** Джерело: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ТТА?oldid=17069673> Дописувачі: Author23, EmausBot і Shynkar
- **Dolby TrueHD** Джерело: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_TrueHD?oldid=18948980](https://uk.wikipedia.org/wiki/Dolby_TrueHD?oldid=18948980) Дописувачі: Shynkar, Fessor і MobyVan
- **АТРАС** Джерело: <https://uk.wikipedia.org/wiki/АТРАС?oldid=16767262> Дописувачі: Shynkar і Fessor

## 24.2.2 Зображення

- **Файл:35mm\_film\_audio\_macro.jpg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/35mm\\_film\\_audio\\_macro.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/35mm_film_audio_macro.jpg) Ліцензія: CC-BY-SA-3.0 Дописувачі: en:Image:35mm\_film\_audio\_macro.jpg Художник: Rotareneg
- **Файл:5\_1\_channels\_(surround\_sound)\_label.svg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/5\\_1\\_channels\\_%28surround\\_sound%29\\_label.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/5_1_channels_%28surround_sound%29_label.svg) Ліцензія: Public domain Дописувачі: Власна робота Художник: jynus
- **Файл:Commons-logo.svg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg> Ліцензія: Public domain Дописувачі: This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) Художник: SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.
- **Файл:Compact\_disc.svg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Compact\\_disc.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Compact_disc.svg) Ліцензія: CC BY-SA 2.5 Дописувачі: ? Художник: ?
- **Файл:Crystal\_Clear\_app\_korganizer.png** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Crystal\\_Clear\\_app\\_korganizer.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Crystal_Clear_app_korganizer.png) Ліцензія: LGPL Дописувачі: All Crystal Clear icons were posted by the author as LGPL on kde-look; Художник: Everaldo Coelho and YellowIcon;
- **Файл:DVD-Audio\_Logo\_Black.png** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/c/c3/DVD-Audio\\_Logo\\_Black.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/c/c3/DVD-Audio_Logo_Black.png) Ліцензія: Добропорядне використання Дописувачі: ? Художник: ?
- **Файл:Dts\_D.E.\_logo.svg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Dts\\_D.E.\\_logo.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Dts_D.E._logo.svg) Ліцензія: Public domain Дописувачі: Перенесено з en.wikipedia на Вікісховище. Художник: DTS
- **Файл:Emoji\_u1f4bb.svg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Emoji\\_u1f4bb.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Emoji_u1f4bb.svg) Ліцензія: Apache License 2.0 Дописувачі: <https://code.google.com/p/noto/> Художник: Google
- **Файл:Fish\_xiph\_org.png** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/6/69/Fish\\_xiph\\_org.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/6/69/Fish_xiph_org.png) Ліцензія: Добропорядне використання Дописувачі: ? Художник: ?
- **Файл:Flac\_logo\_vector.svg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Flac\\_logo\\_vector.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Flac_logo_vector.svg) Ліцензія: Public domain Дописувачі: File:FLAC logo.png, <https://wiki.xiph.org/Logos> Художник: Mike Wren [1]
- **Файл:LossyDemonstration-84less.jpg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/LossyDemonstration-84less.jpg> Ліцензія: CC-BY-SA-3.0 Дописувачі: File:LossyDemonstration-Original.png Художник: Shlomi Tal
- **Файл:LossyDemonstration-92less.jpg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/LossyDemonstration-92less.jpg> Ліцензія: CC-BY-SA-3.0 Дописувачі: File:LossyDemonstration-Original.png Художник: Shlomi Tal
- **Файл:LossyDemonstration-98less.jpg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/LossyDemonstration-98less.jpg> Ліцензія: CC-BY-SA-3.0 Дописувачі: File:LossyDemonstration-Original.png Художник: Shlomi Tal
- **Файл:LossyDemonstration-Original.png** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/LossyDemonstration-Original.png> Ліцензія: CC-BY-SA-3.0 Дописувачі: Власна робота ("By Shlomi Tal, taken on his digital camera.") Художник: Shlomi Tal
- **Файл:Monkeys\_audio\_logo.png** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/4/46/Monkeys\\_audio\\_logo.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/4/46/Monkeys_audio_logo.png) Ліцензія: Добропорядне використання Дописувачі: ? Художник: ?
- **Файл:PCM-vs-DSD.svg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/PCM-vs-DSD.svg> Ліцензія: CC BY 2.5 Дописувачі: ? Художник: Paweł Zdziarski
- **Файл:Symbol\_template\_class.svg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Symbol\\_template\\_class.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Symbol_template_class.svg) Ліцензія: Public domain Дописувачі: Власна робота (Original text: *I created this work entirely by myself.*) Художник: <a href='https://en.wikipedia.org/wiki/User:Killervogel5' class='extiw' title='en:User:Killervogel5'>KV5</a> &#x26a0; <a href='https://en.wikipedia.org/wiki/User\_talk:Killervogel5' class='extiw' title='en:User talk:Killervogel5'>Squawk box</a> &#x26a0; <a href='https://en.wikipedia.org/wiki/WP:PHILLIES' class='extiw' title='en:WP:PHILLIES'>Fight on!</a>
- **Файл:System-installer.svg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/System-installer.svg> Ліцензія: Public domain Дописувачі: The Tango! Desktop Project Художник: The people from the Tango! project
- **Файл:VistaWMAIcon.PNG** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/uk/3/3c/VistaWMAIcon.PNG> Ліцензія: Добропорядне використання Дописувачі: ? Художник: ?
- **Файл:Диск\_під\_мікроскопом.jpg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA\\_%D0%BF%D1%96%D0%B4\\_%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA_%D0%BF%D1%96%D0%B4_%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC.jpg) Ліцензія: CC BY-SA 4.0 Дописувачі: Власна робота Художник: Олег Граченко
- **Файл:Компакт-дискни.jpg** Джерело: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D1%82-%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B8.jpg> Ліцензія: CC BY-SA 4.0 Дописувачі: Власна робота Художник: Олег Граченко
- **Файл:Привод\_СД.jpg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B4\\_%D0%A1%D0%94.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B4_%D0%A1%D0%94.jpg) Ліцензія: CC BY-SA 4.0 Дописувачі: Власна робота Художник: Олег Граченко
- **Файл:Принцип\_СД.jpg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF\\_%D0%A1%D0%94.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D0%A1%D0%94.jpg) Ліцензія: CC BY-SA 4.0 Дописувачі: Власна робота Художник: Олег Граченко
- **Файл:Сапфіровий\_диск.jpg** Джерело: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/%D0%A1%D0%B0%D0%BF%D1%84%D1%96%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/%D0%A1%D0%B0%D0%BF%D1%84%D1%96%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA.jpg) Ліцензія: CC BY-SA 4.0 Дописувачі: Власна робота Художник: Олег Граченко

### **24.2.3 Ліцензія вмісту**

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0