

КОДУВАННЯ ЗВУКОВИХ ДАНИХ

Жугастрова Олена Вікторівна,

відповідальний секретар журналу «Комп'ютер у школі та сім'ї».

Анотація. У статті розглянута сутність аналогової і дискретної форми подання звуку, методи перетворення аналогової форми звуку в цифрову й навпаки, склад звукової системи комп'ютера і формати звукових файлів.

Ключові слова: звук, звукова плата, дискретна форма, амплітуда, частота, дискретизація, квантування.

Аналогова й дискретна форма звуку

Звукові дані нині зберігаються й опрацьовуються практично у будь-якому комп'ютері. Звук виникає внаслідок зміни тиску повітря з певною частотою. Частота вимірюється в герцах (гц), кілогерцах (Кгц) та інших одиницях (один гц дорівнює одному коливанню за секунду). Найкраща частота для сприйняття звуку людиною знаходиться в діапазоні від 20 гц до 4 Кгц, а максимальна частота відчуження звуку людиною досягає 20 Кгц. Звукові сигнали сприймаються й опрацьовуються мозком людини, на основі чого формуються певні поняття.

У комп'ютері звукова інформація представляється в аналоговій і дискретній формах за допомогою електричних сигналів. Для цього звукові хвилі перетворюються в електричні, наприклад за допомогою мікрофона, а електричні коливання перетворюються у звукові хвилі, наприклад, за допомогою звукових колонок. **Аналогова** форма — це така форма, коли електричні коливання з часом змінюються безперервно і має безліч значень. **Дискретна** форма — це форма, за якої електричний сигнал змінюється ступінчато і має кінцеву кількість значень. На рис. 1 наведена аналогова і дискретна форма електричного сигналу відповідного звуку. Аналогова форма подана у вигляді безперервної кривої лінії, а дискретна у ступінчатому вигляді.

Об'єкти природи, у тому числі людина, подають звук у вигляді аналогової (неперервної) хвилі. Такій хвилі відповідає коливання електричного сигналу, приклад якого наведено на рис. 2.

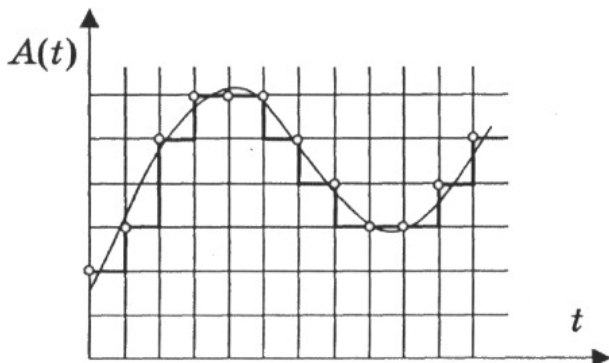


Рис. 1

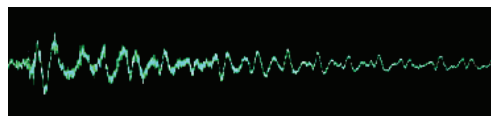


Рис. 2

Електричний сигнал звукової хвилі характеризується багатьма параметрами, основними з яких є такі.

1. Амплітуда. Визначає гучність звуку. Чим більша амплітуда, тим більша гучність. На рис. 3 наведені звукові хвилі трьох різних амплітуд. Найбільшою є амплітуда на рис. 3в.

2. Частота коливань. Цієї фізичної характеристики звуку відповідає фізіологічна характеристика висоти тону. На рис. 4 наведені три хвилі різних частот. Найбільшою є частота хвилі, зображеної на рис. 4в.

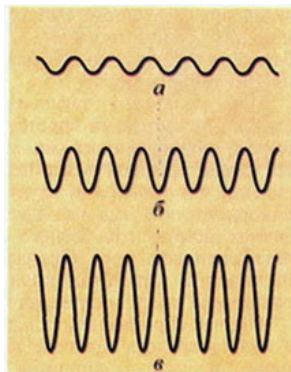


Рис. 3

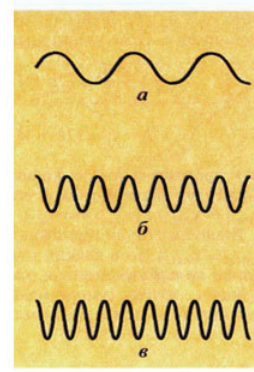


Рис. 4

3. Тембр (окраска звуку), визначається нотами різних інструментів.

Перетворення аналогового сигналу в цифрову форму й навпаки

Для збереження й опрацьовання звуку в комп'ютері його необхідно перетворити з аналогової форми в цифрову, тобто у певну сукупність двійкових чисел. Процес перетворення аналогового сигналу в цифрову форму називається **аналого-цифровим перетворенням** (оцифруванням). Алгоритм такого перетворення полягає у виконанні двох основних дій.

1. Виміри величини амплітуди аналогового сигналу через рівні проміжки часу. На рис. 5 наведено приклад виділення рівних проміжків часу сигналу певної форми. Процес такого перетворення називається

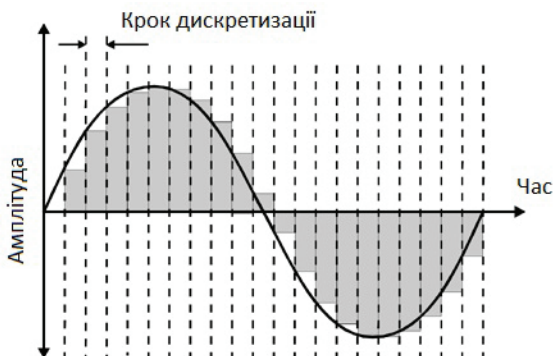


Рис. 5

дискретизацією, а проміжок часу, через який здійснюється вимір величини (амплітуди) сигналу, — кроком або частотою дискретизації.

2. Записування отриманих значень амплітуди в числовій формі. Цей процес називається квантуванням. Приклад квантування сигналу наведено на рис. 6.

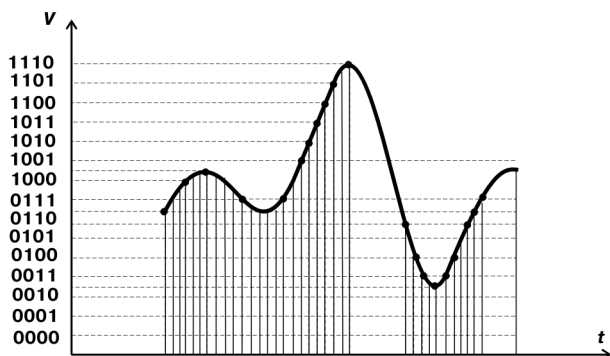


Рис. 6

З рисунка видно, що точність перетворення (квантування) амплітуди аналогового сигналу у цифрову форму залежить від двох основних факторів.

а) Від частоти дискретизації. Чим частіше вимірюється величина сигналу, тим точність квантування вища. У комп'ютерах поширеною є частота дискретизації 44 КГц, тобто амплітуда сигналу вимірюється 44000 разів за секунду. Така частота використовується, зокрема, для аудіо компакт-дисків. У сучасних комп'ютерах вона досягає 128 КГц і більше.

б) Від кількості двійкових розрядів, відведених для запису амплітуди сигналу. Чим більше використовується двійкових розрядів, тим точність квантування більша. На рис. 6 для квантування амплітуди сигналу відведено 4 двійкових розряди. Реально в комп'ютерах використовується 16 розрядів, що дозволяє фіксувати $2^{16}=65536$ рівнів квантування, або 24 розряди. Кожний біт кодового слова відповідає приблизно 6 дБ. У разі 16-розрядного квантування можна отримати діапазон гучності до 96 дБ.

Перетворення сигналу з цифрової форми в аналогову полягає в тому, що на основі цифрових даних здійснюється інтерполяція (згладжування) сигналу, за рахунок чого формується неперервний сигнал.

Технічна реалізація

Перетворення сигналу з аналогової форми у цифрову й навпаки здійснюється за допомогою звукових

карт, які виготовляються у вигляді окремих модулів, або розміщуються в чипсеті системної плати. Аналого-цифрові перетворювачі разом з цифро-аналоговими перетворювачами називають кодеками. Перша звукова карта була розроблена у 1989 році. Зовнішній вигляд однієї з них наведено на рис. 7.

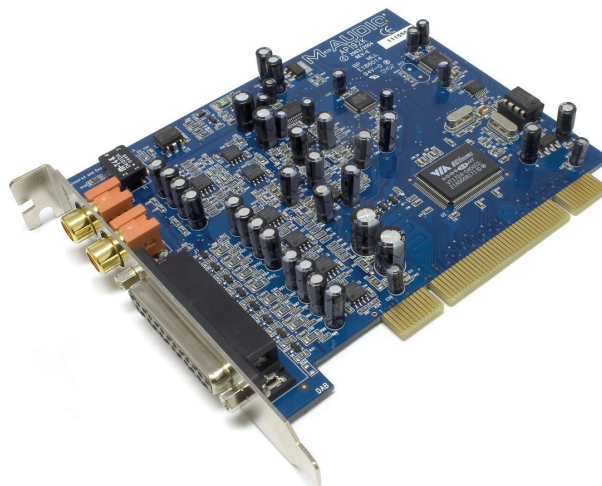


Рис. 7

Крім звукової карти для відтворення звуку в комп'ютері застосовується мікрофон, звукові колонки, навушники та інші пристрої, які безпосередньо перетворюють звукові хвилі в електричні сигнали й навпаки. Ці пристрої входять до складу акустичної системи, які разом зі звуковою картою називають звуковою системою комп'ютера. Роз'єми звукової системи виведені на задню стінку системного блоку, приклад яких наведено на рис. 8.

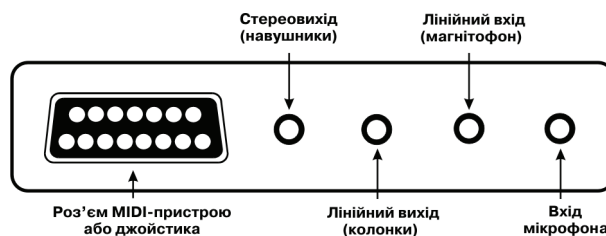


Рис. 8

До лінійного входу може підключатися будь-яке джерело звукових сигналів, а до лінійного виходу — будь-який приймач звукових сигналів.

Зв'язки між основними пристроями звукової системи наведені на рис. 9.

Сигнали ступінчастої форми — це цифрові сигнали, а інші — аналогові. З рисунка видно, що з аку-

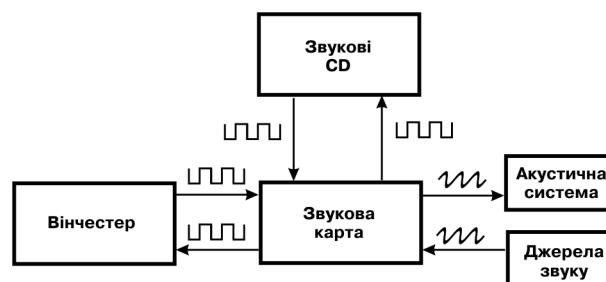


Рис. 9

стичної системи і в акустичну систему надходять аналогові сигнали. Наприклад, з мікрофона у звукову карту надходять аналогові електричні сигнали. Так само із звукової карти на колонки надходять електричні аналогові сигнали. Обмін звуковими даними між звуковою картою і вінчестером, а також між вінчестером і звуковими CD або DVD здійснюється тільки у цифровій формі.

Отже, у процесі функціонування звукової системи комп'ютера виникає постійна потреба у перетворенні електричних сигналів з аналогової форми у цифрову й навпаки. Цю функцію виконує звукова карта.

Формати звукових файлів

Для збереження звукових файлів потрібні великі обсяги пам'яті. Наприклад, для збереження файлу з 24-розрядною глибиною квантування і дискретизацією 44 КГц звучанням протягом 3 хвилин потрібно $44000 \times 3 \times 60 \times 4$ байти = 31680000 байти = 31,68 МБ. Для зменшення обсягу пам'яті використовуються спеціальні програми, що здійснюють стиснення (компресію) звукових даних, за рахунок чого обсяг потрібної пам'яті можна зменшити до 12 разів. Однак стиснення даних з великим коефіцієнтом компресії може призвести до деякої втрати якості звуку. Спосіб стиснення даних визначає формат звукових файлів. Нині існує три основних типи форматів звукових файлів.

1. Формати без стиснення або з невеликим коефіцієнтом стиснення даних. Типовими форматами цього типу для ОС Windows є формат WAV, для ОС Mac — формат AIFF, а також внутрішні формати звукових редакторів, наприклад, Audacity. Перевага файлів цього формату полягає у високій якості збереження й відтворення звуку. Однак, цей формат потребує для збереження файлів великих обсягів пам'яті. Наприклад, для збереження стереозапису пісні протягом 6-ти хвилин з дискретизацією 44 КГц і глибиною 16 біт потрібно приблизно 60 МБ.

2. Формати стиснення даних із втратами якості звуку. Це один з основних форматів звукових файлів. Окрім комп'ютерів стиснення з втратами використовується у потоковому аудіо в DVD, цифровому телебаченні й радіо, а також потоковому медіа в Інтернеті.

У файлах цього формату стиснення здійснюється, перш за все, тих компонентів звуку, що слабо сприймаються слухом людини. Мова йдеться про високі частоти або тихі звуки, що виникають одночасно або одразу після голосніших звуків. Такі компоненти звуку можуть зберігатися менш точно, або взагалі відкинуті.

Наприклад, компоненти звуку на частотах до 400 Гц і більше 14 КГц можуть бути закодовані 4-ма бітами, а компоненти звуку від 400 Гц до 14 КГц, які краще сприймає людина, — 16 бітами. У цьому випадку в середньому може бути потрібно 8 біт. Але це набагато краще, ніж кодувати увесь діапазон 16-ма бітами.

Основним параметром стиснення файлів цього типу є бітрейт, тобто ступінь стиснення файлу і якість його звучання. Розрізняють стиснення з постійним бітрейтом (CBR), змінним бітрейтом (VBR) і усередненим бітрейтом (ABR).

Одним із самих популярних форматів файлів цього типу є формат MP3 і WMA.

3. MIDI-формат. Незважаючи на те, що термін MIDI-формат звукових файлів розповсюджений в літературних джерелах, фактично він означає інтерфейс музичних інструментів. MIDI-програма забезпечує керування вбудованими синтезаторами й обмін даними між пристроями з цим інтерфейсом. MIDI-файли містять інформацію про довжину й гучність програвання нот, а також про інструменти, на яких необхідно виконувати ноти. Музичні інструменти оснащені спеціальними роз'ємами: MIDI IN, MIDI OUT, MIDI TRU. MIDI IN одного інструмента або звукової карти з'єднується з MIDI OUT іншого інструмента або мобільного телефону. Через роз'єм MIDI TRU здійснюється трансляція отриманих повідомлень.

Для відтворення MIDI-файлів використовуються два основних апаратних методи: метод частотної модуляції (FM-синтез) і метод таблиці хвиль (WT-синтез). Обидва методи реалізуються у звуковій карті. Назва методу синтезу співпадає з назвою синтезатора (FM-синтезатор, WT-синтезатор). Найчастіше для відтворення звуку використовуються програвачі Windows Media (рис. 10) і Winamp (рис. 11).

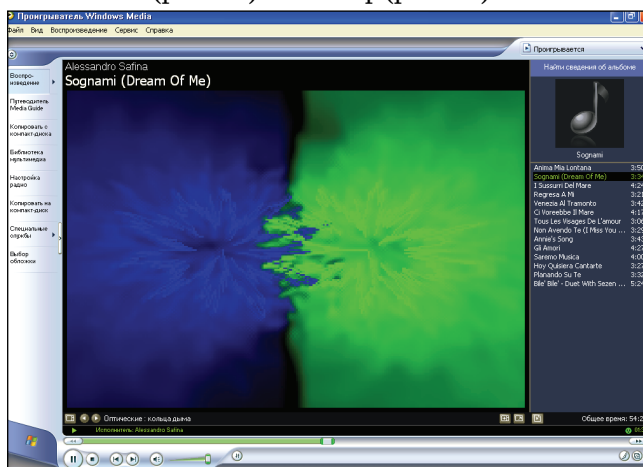


Рис. 10



Рис. 11

Література

1. Технология передачи данных. 7-е изд. /Г. Хелд. — СПб.: Питер, К.: Издательская группа ВНУ, 2003. — 720 с.: ил. — (Серия «Классика computer science»).
2. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия — СПб: Издательство «Питер», 2000. — 816 с.