

О.Д. Азаров

С.В. Богомолов

Д. Т. Гріша

Б. О. Ковальчук

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ ЧУТНОГО ДІАПАЗОНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Огляд розробок та впровадження комп'ютерних систем, що базуються на мікропроцесорних технологіях, для ефективного аналізу та розпізнавання сигналів у чутному діапазоні. Дослідження аналізу і моделювання алгоритмів обробки сигналів, що враховують особливості чутних діапазонів. Огляд програмних та апаратних рішень для реалізації систем автоматичного розпізнавання сигналів з високою точністю та швидкодією. Результати досліджень можуть мати практичне застосування у сферах безпеки, медицини, телекомунікацій та інших галузях, де важлива реакція на навколишнє середовище та динамічні сигнали.

Ключові слова: Мікропроцесорна система розпізнавання сигналів чутного діапазону, МСРСЧД, сигнал, аналого-цифровий перетворювач, АЦП, тюнер, мікроконтролер, мікрофон, мікроелектромеханічної системи, MEMS, інформаційні технології.

Abstract

A survey of the development and implementation of computer systems based on microprocessor technology for efficient analysis and recognition of signals in the audible range. Research analysis and modeling of signal processing algorithms that take into account the peculiarities of audible ranges. Overview of software and hardware solutions for the implementation of automatic signal recognition systems with high accuracy and speed. Research results can have practical applications in the fields of security, medicine, telecommunications and other industries where response to the environment and dynamic signals are important.

Keywords: Microprocessor system for recognizing signals in the audible range, MSRSCHD, signal, analog-to-digital converter, ADC, tuner, microcontroller, microphone, microelectromechanical system, MEMS, information technologies.

Вступ

У сучасному світі, де технології використовуються в найрізноманітніших сферах, виникає постійна потреба в розробці і вдосконаленні систем розпізнавання сигналів, особливо в чутних діапазонах. Мікропроцесорні системи виявляються ефективним інструментом для реалізації таких систем завдяки своїм високим обчислювальним можливостям та гнучкості.

Мікропроцесорні системи розпізнавання сигналів чутного діапазону (МСРСЧД), в більшості випадків, є високотехнологічними пристроями, призначеними для аналізу та обробки різноманітних сигналів у широкому спектрі застосувань. Вони використовуються в таких галузях, як медицина, промисловість, автомобільна техніка, обробка звукових сигналів, безпека та багато інших.

Мікропроцесорні системи розпізнавання сигналів чутного діапазону базуються на використанні мікропроцесорів, датчиків, аналогово-цифрових перетворювачів та спеціалізованого програмного забезпечення. Вони отримують сигнали з різних джерел, таких як мікрофони, сенсори руху, камери, й опрацьовують їх, визначаючи певні параметри або реагуючи на певні події.

Перевагами мікропроцесорних системи розпізнавання сигналів чутного діапазону є висока точність, швидкість реакції та можливість автоматизації процесів. Однак їхня ефективність може залежати від якості сигналу та складності алгоритмів обробки.

З розвитком технологій перед МСРСЧД відкриваються нові можливості. Очікується подальше зростання їхньої ефективності та розширення застосування в нових галузях, таких як розумний дім, віртуальна реальність, мобільні додатки тощо [1].

В наступному розділі піде мова про дослідження та огляд програмних й апаратних рішень для реалізації систем подібних до МСРСЧД.

Результат дослідження

Переважає більшість пристроїв, що подібні до мікропроцесорні системи розпізнавання сигналів чутного діапазону, використовують аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

Аналого-цифрове перетворення (АЦП) — це електронний процес, у якому безперервно змінний або аналоговий сигнал перетворюється на багаторівневий цифровий сигнал без зміни його істотного змісту. Аналого-цифровий перетворювач перетворює аналоговий сигнал, який є безперервним як за часом, так і за амплітудою, на цифровий сигнал, дискретний як за часом, так і за амплітудою. Аналоговий вхід перетворювача складається з напруги, яка змінюється серед теоретично нескінченної кількості значень. Прикладом є синусоїда, форма хвилі, що представляє людську мову, і сигнали від звичайної телекамери [2 - 3].

Найбільш вдалим та цікавим прикладом представлення МСРСЧД, як готового пристрою, є розумна колонка (smart speaker). Розумна колонка — це пристрій, який виконує команди на основі голосу користувача. Ці пристрої спочатку могли обробляти базові голосові команди та на основі цього виконувати елементарні дії, але пізніше з'явилися повнофункціональні системи що можуть керувати різного роду приладами, які підключаються до цієї колонки.

Більшість цих пристроїв, розумних колонок, використовують мікрофони з технологією мікроелектромеханічної системи (MEMS) [4]. Мікрофони MEMS працюють як акустичні мікрофони, які мають автономний аналоговий перетворювачі та підсилювачі. Основна особливість полягає в тому, що вони незважаючи на свою універсальність мають низьке енергоспоживання Ці мікрофони отримують аналоговий сигнал від віброуючої мембрани, який потім підсилюється та перетворюється в цифровий сигнал прямо всередині мікрофона [5].

Досить популярними приладами є музичні тюнери, зокрема гітарні. Тюнер (від англійського "tuner" - "настроювач") у музиці є інструментом або програмою, спрямованими на полегшення та прискорення процесу налаштування музичних інструментів згідно з музичним строем. Сутність тюнера полягає в тому, щоб забезпечити точне налаштування кожної струни або звукоутворювача інструменту, щоб вони відтворювали відповідні ноти чи частоти з унісоном.

Камертон часто використовується для налаштування музичних інструментів. Цей пристрій генерує звук певної частоти, який служить еталоном для налаштування. Музикант на слух налаштовує свій інструмент так, щоб його звук збігався зі звуком камертона. Водночас досвідчені музиканти можуть налаштувати інструмент за пам'яттю, не використовуючи камертон [6].

Гітарний тюнер виявляє сигнал через датчик, мікрофон або підключення інструменту. Посилення сигналу та цифрове перетворення є першим кроком, який візуально вказує на найближчу відносну ноту хроматичної гами (хроматичні тюнери) або звичайне налаштування (нехроматичні

тюнери). Оскільки звукові хвилі коливаються, гітарний тюнер аналізує послідовність звукових хвиль і обчислює середнє значення.

Порівняно слабкий сигнал гітари є перешкодою при створенні тюнера. Щоб боротися з цим, пріоритетом є посилення сигналу (збільшення напруги та потужності). Попередній підсилювач використовується для обробки початкового слабого сигналу без погіршення співвідношення сигнал/шум (SNR), таким чином створюючи більш чіткий, посилений сигнал для інтерпретації вашим тюнером [7], [8].

Це не всі приклади схожих пристроїв. Як зазначалося вище, мікропроцесорні системи розпізнавання сигналів чутного діапазону використовуються в таких галузях, як медицина, промисловість, автомобільна техніка тощо. В даному розділі було переглянуто найпопулярніші та цікавіші, для побуту приклади МСРСЧД.

Висновки

Було проведено огляд розробок та впровадження комп'ютерних систем, що базуються на мікропроцесорних технологіях, для ефективного аналізу та розпізнавання сигналів у чутному діапазоні. Аналізовано і проведено огляд моделювання алгоритмів обробки сигналів, що враховують особливості чутних діапазонів. Досліджено програмні та апаратні рішення для реалізації систем автоматичного розпізнавання сигналів з високою точністю та швидкодією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications: John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, Pearson Education / PHI, 2007. [Електронний посібник] - Режим доступу до ресурсу: https://uvcee.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/digital_signal_processing_principles_algorithms_and_applications_third_edition.pdf
2. Теорія сигналів: навч. посіб. для студ. Спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.О. Попов. – Електронні текстові дані (1 файл: 7399 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с. [Електронний посібник] - Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/33e5168f-721f-49e4-b109-3e42bd7b0a64/content>
3. Analog-to-digital conversion (ADC) [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/analog-to-digital-conversion-ADC>
4. Inaudible Attack on Smart Speakers With Intentional Electromagnetic Interference. Zhifei Xu , Member, IEEE, Runbing Hua , Graduate Student Member, IEEE, Jack Juang, Shengxuan Xia, Jun Fan , Fellow, IEEE, and Chulsoon Hwang , Senior Member, IEEE [Електронний посібник] - Режим доступу до ресурсу: <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10313032>
5. Coupling Path Analysis for Smart Speaker Intentional Electromagnetic Interference Attacks. Tanner Fokkens, Shengxuan Xia, Aaron Harmon, Chulsoon Hwang. EMC Laboratory, Missouri University of Science and Technology, Rolla, MO, USA [Електронний посібник] - Режим доступу до ресурсу: https://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6188&context=ele_comeng_facwork
6. Тюнер(музика) [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Тюнер_\(музика\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Тюнер_(музика))
7. Операційний підсилювач [Електронний посібник] - Режим доступу до ресурсу: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/61277/1/%D0%BB%11%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0.pdf>
8. How does a guitar tuner works [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.fwordmag.com/single-post/how-does-a-guitar-tuner-work>

Азаров Олексій Дмитрович – докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Богомолів Сергій Віталійович – канд. техн. наук, дипломований доцент, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Гриша Даніл Тарасович – студент групи 2СП-206, факультету інформаційних технологій та комп’ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: grishadanil0@gmail.com.

Ковальчук Богдан Олегович – студент групи 2СП-206, факультету інформаційних технологій та комп’ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bogdan.smiles.la@gmail.com.

Azarov Oleksiy Dmytrovych – doctor tech sciences, professor, head of the Computer Techniques Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Bohomolov Serhii Vitaliyovych – candidate tech sciences, associate professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Hrisha Danil Tarasovych – student of 2SP-20b group, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grishadanil0@gmail.com

Kovalchuk Bohdan Olegovich – student of 2SP-20b group, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bogdan.smiles.la@gmail.com.