

ДОДАТОК А

Лістинг виконавчої програми мікроконтролеру

```

#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_ILI9341.h>
#define TFT_CS      10
#define TFT_RST     9
#define TFT_DC      8
#define BUTTON_PIN 7
Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(TFT_CS, TFT_DC,
TFT_RST);
RTC_DS1307 rtc;

int sample = 0;
int lastSample = 0;
int maxAmplitude = 0;
int zeroLevel = 512;
unsigned long lastParamUpdate = 0;
unsigned long lastWaveUpdate = 0;
unsigned long lastPeakTime = 0;
unsigned long lastBlinkTime = 0;
float frequency = 0.0;
bool prevCross = false;

#define NUM_PERIODS 5
unsigned long periods[NUM_PERIODS];
int periodIndex = 0;
bool periodBufferFull = false;

String soundType = "Unknown";
bool paused = false;
bool lastButtonState = HIGH;
bool showStatusText = true;

void setup() {
  tft.begin();
  tft.setRotation(4);
  tft.fillScreen(ILI9341_GREEN);
  tft.setTextColor(ILI9341_BLACK);
  tft.setTextSize(3);
  tft.setCursor(20, 80);
  tft.print("Project ECHO v2.0");
  tft.setTextSize(1);
  tft.setCursor(20, 140);
  tft.print("by Andrii Kaliberda");
  delay(4000);

```

```

tft.fillScreen(ILI9341_BLACK);
tft.setTextColor(ILI9341_GREEN);
tft.setTextSize(2);
Serial.begin(115200);
pinMode(13, OUTPUT);
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
}
if (!rtc.isrunning()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
tft.setCursor(10, 40);
tft.print("Amplitude: ");
tft.setCursor(10, 70);
tft.print("Volume: ");
tft.setCursor(10, 100);
tft.print("Freq: ");
tft.setCursor(10, 130);
tft.print("Sound:");
if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
}

if (!rtc.isrunning()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
tft.setCursor(10, 40);
tft.print("Amplitude: ");
tft.setCursor(10, 70);
tft.print("Volume: ");
tft.setCursor(10, 100);
tft.print("Freq: ");
tft.setCursor(10, 130);
tft.print("Sound: ");
}

void loop() {
    bool currentButtonState = digitalRead(BUTTON_PIN);
    if (lastButtonState == HIGH && currentButtonState == LOW) {
        paused = !paused;
    }
    lastButtonState = currentButtonState;
    sample = analogRead(A0);
    int currentAmplitude = abs(sample - zeroLevel);
    if (!paused && currentAmplitude > maxAmplitude) {
        maxAmplitude = currentAmplitude;
    }
}

```

```

    unsigned long currentMicros = micros();
    bool currentCross = (lastSample < zeroLevel) && (sample >=
zeroLevel);
    if (!paused && currentCross && !prevCross) {
        unsigned long period = currentMicros - lastPeakTime;
        lastPeakTime = currentMicros;
        if (period > 100 && period < 1000000) {
            periods[periodIndex++] = period;
            if (periodIndex >= NUM_PERIODS) {
                periodIndex = 0;
                periodBufferFull = true;
            }

            if (periodBufferFull) {
                unsigned long sum = 0;
                for (int i = 0; i < NUM_PERIODS; i++) {
                    sum += periods[i];
                }
                float avgPeriod = sum / (float)NUM_PERIODS;
                frequency = 1000000.0 / avgPeriod;
            }
        }
    }

    prevCross = currentCross;
    lastSample = sample;
    unsigned long currentMillis = millis();

    DateTime now = rtc.now();
    char timeStr[9];
    sprintf(timeStr, "%02d:%02d:%02d", now.hour(), now.minute(),
now.second());
    int x_center = (320 - 160) / 2;
    tft.fillRect(0, 5, 320, 20, ILI9341_BLACK);
    tft.setCursor(x_center, 10);
    tft.setTextColor(ILI9341_GREEN);
    tft.print(timeStr);

    if (!paused && currentMillis - lastParamUpdate >= 1000) {
        lastParamUpdate = currentMillis;

        float voltage = (maxAmplitude / 1023.0) * 5.0;
        if (voltage < 0.05) voltage = 0.05;
        float decibels = 20 * log10(voltage / 0.05);
        soundType = detectSoundType(frequency, maxAmplitude);

        tft.fillRect(150, 40, 160, 20, ILI9341_BLACK);
        tft.setCursor(150, 40);
        tft.println(maxAmplitude);

        tft.fillRect(150, 70, 160, 20, ILI9341_BLACK);
        tft.setCursor(150, 70);
        tft.print(decibels, 1);
    }

```

```

tft.print(" dB");

tft.fillRect(150, 100, 160, 20, ILI9341_BLACK);
tft.setCursor(150, 100);
tft.print(frequency, 1);
tft.println(" Hz");

tft.fillRect(150, 130, 160, 20, ILI9341_BLACK);
tft.setCursor(150, 130);
tft.println(soundType);

Serial.print("Amplitude: ");
Serial.print(maxAmplitude);
Serial.print("\tVolume: ");
Serial.print(decibels);
Serial.print(" dB\tFrequency: ");
Serial.print(frequency, 1);
Serial.print(" Hz\tSound: ");
Serial.println(soundType);
}

if (!paused && currentMillis - lastWaveUpdate >= 1000) {
  lastWaveUpdate = currentMillis;
  drawSineWave(maxAmplitude, frequency);
  maxAmplitude = 0;
}

if (currentMillis - lastBlinkTime >= 500) {
  lastBlinkTime = currentMillis;
  showStatusText = !showStatusText;

  tft.fillRect(0, 160, 320, 20, ILI9341_BLACK);
  if (showStatusText) {
    tft.setCursor(10, 160);
    tft.setTextColor(ILI9341_RED);
    tft.print(paused ? "[PAUSED]" : "[RUNNING]");
  }
}

digitalWrite(13, currentAmplitude > 50);
delay(20);
}

void drawSineWave(int amp, float freq) {
  int startY = 150;
  int screenHeight = 240;
  int drawHeight = screenHeight - startY;
  int centerY = startY + drawHeight / 2;

  tft.fillRect(0, startY, 320, drawHeight, ILI9341_BLACK);

  if (amp < 3 || freq < 2.0) {

```

```

    tft.drawLine(0, centerY, 319, centerY, ILI9341_BLUE);
    return;
}

int waveAmplitude = map(amp, 0, 512, 1, drawHeight / 2 - 5);
waveAmplitude = constrain(waveAmplitude, 1, drawHeight / 2 -
5);

float samplesPerPeriod = 1000000.0 / freq * 0.002;
if (samplesPerPeriod > 320) samplesPerPeriod = 320;

int offsetX = (320 - (int)samplesPerPeriod) / 4;

for (int x = 0; x < (int)samplesPerPeriod; x++) {
    float angle = (2.0 * PI * x) / samplesPerPeriod;
    int y = centerY + waveAmplitude * sin(angle);
    tft.drawPixel(x + offsetX, y, ILI9341_BLUE);
}
}

String detectSoundType(float freq, int amp) {
    if (freq >= 5 && freq < 99 && amp > 20 && amp < 300) {
        return "Voice";
    } else if (freq >= 100 && freq <= 1000 && amp > 50) {
        return "Music";
    } else if (freq > 1000 && amp < 80) {
        return "Machine";
    } else {
        return "Unknown";
    }
}
}

```

Лістинг підключення та взаємодії сенсорів та датчиків:

```

{
    "version": 1,
    "author": "Andrii Kaliberda",
    "editor": "wokwi",
    "parts": [
        { "type": "wokwi-arduino-uno", "id": "uno", "top": 0,
"left": 0, "attrs": {} },
        { "type": "wokwi-microphone", "id": "mic", "top": 146.22,
"left": 292.59, "attrs": {} },
        { "type": "wokwi-ili9341", "id": "lcd1", "top": -325.6,
"left": 47.7, "attrs": {} },
        { "type": "wokwi-ds1307", "id": "rtc1", "top": 225, "left":
326.5, "attrs": {} },
        {
            "type": "wokwi-pushbutton",
            "id": "btn1",
            "top": 6.2,
            "left": 268.8,
            "attrs": { "color": "green", "xray": "1" }
        }
    ]
}

```

```

    }
  ],
  "connections": [
    [ "uno:A0", "mic:1", "blue", [ "v0" ] ],
    [ "uno:GND.3", "mic:2", "black", [ "v29", "h149" ] ],
    [ "lcd1:VCC", "uno:5V", "red", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:GND", "uno:GND.2", "black", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:CS", "uno:10", "green", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:RST", "uno:9", "green", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:D/C", "uno:8", "green", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:MOSI", "uno:11", "green", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:SCK", "uno:13", "green", [ "v0" ] ],
    [ "lcd1:LED", "uno:5V", "yellow", [ "v0" ] ],
    [ "rtc1:SDA", "uno:A4", "green", [ "h0" ] ],
    [ "rtc1:SCL", "uno:A5", "green", [ "h0" ] ],
    [ "rtc1:5V", "uno:5V", "red", [ "h0" ] ],
    [ "rtc1:GND", "uno:GND.3", "black", [ "h0" ] ],
    [ "btn1:1.1", "uno:7", "orange", [ "h0" ] ],
    [ "btn1:2.1", "uno:GND.1", "black", [ "h0" ] ]
  ],
  "serialMonitor": { "display": "plotter" },
  "dependencies": {}
}

```

ДОДАТОК Б

Публікації

МАТЕРІАЛИ

VIII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ

КОНФЕРЕНЦІЇ

18 КВІТНЯ 2025 РІК • М. ЛЬВІВ, УКРАЇНА

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В
КОНТЕКСТІ СУЧАСНОЇ НАУКИISBN 978-617-8440-70-1
DOI 10.62732/liga-ukr-18.04.2025

МОЛОДІЖНА
НАУКОВА
ЛІГА

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

VIII ВСЕУКРАЇНСЬКА СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В
КОНТЕКСТІ СУЧАСНОЇ НАУКИ

📅 **18 КВІТНЯ 2025 РІК**

📍 **М. ЛЬВІВ, УКРАЇНА**

Вінниця, Україна
«UKRLOGOS Group»
2025

**СЕКЦІЯ 17.
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ**

AI-POWERED ANOMALY DETECTION IN ROUTING PROTOCOLS Hrebenuk Ye., <i>Scientific adviser: Makarov V.</i>	134
АНАЛІЗ ЗВУКОВОГО СПЕКТРА ЦИФРОВИМИ МЕТОДАМИ Каліберда А. С., <i>Науковий керівник: Піскарьов О. М.</i>	137
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОРИСТУВАЦЬКОГО ДОСВІДУ У ФІНТЕХ-СЕРВІСАХ З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКОВИХ ДАНИХ Мірошніков Р. Ю., <i>Науковий керівник: Устенко С. В.</i>	140
ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ МАСШТАБУВАННЯ ТА БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ Артюшенко К. А., <i>Науковий керівник: Сердюк Н. М.</i>	143

Каліберда Андрій Сергійович, здобувач РВО бакалавр
Харківський Національний Університет Радіoeлектроніки, Україна

Науковий керівник: Піскар'юв Олексій Миколайович, канд. техн. наук, доцент
Харківський Національний Університет Радіoeлектроніки, Україна

АНАЛІЗ ЗВУКОВОГО СПЕКТРА ЦИФРОВИМИ МЕТОДАМИ

Аналіз звукового спектра є важливим завданням у багатьох сферах науки і техніки, зокрема в акустиці, телекомунікаціях, системах розпізнавання мовлення, медичній діагностиці та електронній музиці. Сучасні цифрові методи аналізу сигналів дозволяють отримувати точну інформацію про частотний склад звуків, що дає змогу проводити їхню обробку, фільтрацію та розпізнавання. Одним із найбільш ефективних підходів до спектрального аналізу є використання швидкого перетворення Фур'є (FFT), яке дає змогу швидко та ефективно розкласти сигнал на його гармонійні складові. Завдяки доступності мікроконтролерних платформ, таких як Arduino, стало можливим створювати компактні та недорогі пристрої для аналізу звуку в реальному часі.

Революційний розвиток комп'ютерної техніки у 1980 – 1990 роках суттєво розширив галузі застосування теорії ЦОС. Зараз цифрова обробка сигналів використовується не тільки для вирішення державних або військових завдань, а й у багатьох комерційних та технічних галузях діяльності людини – мобільна телефонія, електронна пошта, системи автоматичного управління, у тому числі виконаних на базі теорій штучного інтелекту та ін. космічні дослідження – обробка зображень, стиснення даних, створення різноманітних інтелектуальних датчиків; медицина – діагностика (томографія, рентгеноскопія, ультразвук та ін.), аналіз електрокардіограм, зберігання та обробка інформації; комерційні напрями – стиснення звуку та зображення для мультимедіа-додатків, створення спецефектів для відео, проведення відеоконференцій та ін.; телефонія – стиснення голосу та даних, зменшення впливу відбитого сигналу (ефект луни), комутація сигналів, фільтрація; військова техніка – радіолокація, ехолокація (сонари), створення інтелектуальної зброї, кодування систем зв'язку; промисловість – розвідка нафти та корисних копалин, контроль та управління різними процесами, неруйнівний контроль, різні системи проектування; наукові напрями – сейсмографія, аналіз та обробка даних, спектральний аналіз, моделювання різних процесів. Відповідно змінюється і ставлення до теорії ЦОС як до науки. Якщо у 1980 роках це була дисципліна, яку вивчали лише науковці, а в 1990 роках її стали викладати для деяких інженерних спеціальностей, то зараз це базова дисципліна, необхідна для підготовки наукових та інженерних кадрів для більшості галузей людської діяльності [1].

Коли говорять про "аналіз" сигналів, то йдеться не лише про суто математичні перетворення, але й про одержання на основі цих перетворень висновків стосовно специфічних особливостей відповідних процесів та об'єктів. Метою аналізу сигналів зазвичай є:

- визначення або оцінка числових параметрів сигналів (енергія, середня потужність, середньо квадратичне значення та ін.);

- розкладання сигналів на елементарні складові для порівняння властивостей різних сигналів;
- порівняння ступеня близькості, "подібності", "спорідненості" різних сигналів, у тому числі з певними кількісними оцінками [2].

Цифровий аналіз звукового спектра базується на дискретизації аналогового сигналу, його обробці та подальшому математичному аналізі. Основним етапом цього процесу є перетворення звукової хвилі в набір числових значень за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Частота дискретизації визначає точність отриманих даних і має відповідати критерію Найквіста, тобто бути щонайменше вдвічі більшою за максимальну частоту сигналу. Крім того, важливо враховувати глибину квантування, яка впливає на динамічний діапазон та точність відображення амплітуди сигналу.

Для подальшої обробки отриманих цифрових даних застосовуються різні алгоритми спектрального аналізу. Одним із найбільш поширених методів є швидке перетворення Фур'є (рис. 1), яке дозволяє представити сигнал у частотній області.



Рис. 1. Аналіз Фур'є

Цей метод широко використовується завдяки своїй ефективності та відносно низьким обчислювальним витратам. Проте для підвищення точності аналізу часто застосовуються віконні функції, що допомагають зменшити ефект "витоку спектра" та покращити якість частотного представлення сигналу. До найбільш популярних вікон належать вікна Ганна, Хеммінга, Блекмана та Кайзера.

Окрім FFT, існують інші методи спектрального аналізу, зокрема вейвлет-перетворення, яке дозволяє досліджувати спектральні характеристики сигналу з високою роздільною здатністю як у часовій, так і в частотній області. Такий підхід є особливо корисним для аналізу нестационарних сигналів, де частотні компоненти змінюються з часом. Вейвлети забезпечують гнучкий підхід до вивчення локальних особливостей сигналу, що робить їх незамінними в багатьох сучасних дослідженнях.

Застосування цих методів дає змогу ефективно аналізувати звукові сигнали в різних наукових і технічних сферах: від розпізнавання мовлення, музичних та біомедичних сигналів до діагностики стану механізмів за акустичними характеристиками, а також у системах моніторингу навколишнього середовища, зокрема для виявлення джерел шуму або контролю за станом повітряного простору.

Цифрова фільтрація є невід'ємною частиною аналізу звукового спектра, оскільки вона дозволяє виділяти корисні частотні компоненти сигналу, усувати шумові перешкоди та покращувати якість аналізованого звуку. Основні види цифрових фільтрів включають низькочастотні (LPF), високочастотні (HPF), смугові (BPF) та режекторні (BSF) фільтри.

Низькочастотні фільтри застосовуються для придушення високочастотних шумів, що можуть бути викликані електромагнітними перешкодами або цифровими артефактами. Високочастотні фільтри, навпаки, використовуються для усунення низькочастотних складових, які можуть виникати через фоновий шум або небажані вібрації. Смугові та режекторні фільтри дозволяють виокремлювати або пригнічувати певні частотні діапазони, що є корисним для аналізу конкретних акустичних явищ.

Цифрові фільтри реалізуються за допомогою алгоритмів дискретної згортки або рекурсивних методів. Серед найпоширеніших підходів – використання кінцевих імпульсних характеристик (FIR) та нескінченних імпульсних характеристик (IIR). FIR-фільтри забезпечують високу точність, проте вимагають більше обчислювальних ресурсів. IIR-фільтри є більш ефективними з точки зору обчислень, але можуть мати фазові спотворення.

Застосування цифрових фільтрів у спектральному аналізі дозволяє покращити якість отриманих даних та зробити аналіз більш надійним. Це особливо важливо при обробці сигналів у реальному часі, наприклад, у мобільних аудіосистемах, системах активного шумозаглушення або діагностичних пристроях.

Завдяки розвитку мікроконтролерних платформ, таких як Arduino, ESP32 та Raspberry Pi, стало можливим виконувати спектральний аналіз у режимі реального часу навіть на недорогих і малопотужних пристроях.

Одним із найбільш популярних підходів до реалізації спектрального аналізу на мікроконтролерах є використання швидкого перетворення Фур'є (FFT). Багато бібліотек, зокрема ArduinoFFT, дозволяють ефективно виконувати спектральне перетворення навіть на 8-бітних мікроконтролерах, таких як ATmega328p. Однак через обмежену обчислювальну потужність та невеликий обсяг пам'яті доводиться використовувати оптимізовані алгоритми зменшеної розрядності та зменшеного розміру вибірки.

Для точнішого аналізу звукових сигналів доцільно використовувати більш продуктивні контролери, такі як ESP32 або STM32. Вони мають потужніші процесори, розширені можливості АЦП і можуть обробляти складніші алгоритми, включаючи вейвлет-перетворення та адаптивні фільтри. Дисплеї OLED, які підтримують протоколи SPI або I2C, дозволяють візуалізувати спектр у компактному форматі, що зручно для портативних пристроїв.

Розробка спектрального аналізатора на базі мікроконтролерної платформи відкриває широкі можливості для його застосування: від простих побутових аудіоаналізаторів до більш складних систем діагностики технічного стану механізмів та медичних пристроїв для аналізу біоакустичних сигналів.

Перспективи розвитку цифрової фільтрації в спектральному аналізі звукових сигналів зумовлені кількома ключовими напрямками: розвитком обчислювальних потужностей та оптимізації алгоритмів для мікроконтролерних платформ стає можливим реалізувати більш складні методи фільтрації та аналізу в реальному часі, а також інновації в області машинного навчання та штучного інтелекту відкривають нові можливості для адаптивної фільтрації та класифікації звукових сигналів.

Список використаних джерел:

1. О. П. Єгоров, М. О. Рибальченко, М. В. Михайловський, І. О. Маначин Цифрова обробка сигналів. Комп'ютерні методи цифрової обробки сигналів в системах автоматичного управління. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 132 с. – URL: <https://crust.ust.edu.ua/items/1ef639a0-7ce2-4dae-835a-aa8scale2ebc1>
2. Дробик О.В., Кідалов В.В., Коваль В.В., Костік Б.Я., Лазебний В.С., Розорінов Г.М., Сукач Г.О.. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах / Навчальний посібник: Дробик О.В., Кідалов В.В., Коваль В.В., Костік Б.Я., Лазебний В.С., Розорінов Г.М., Сукач Г.О. — Львів: Наукова думка, 2008. — 144 с. — URL: <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/732/view/602?lang=ua&act=view&page=1&category=732&id=602>



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КІБЕРПОРТ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В СУЧАСНОМУ СВІТІ»**

29 квітня 2025 р.
м. Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Сумський державний університет
Національний університет цивільного захисту України
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Національний університет «Львівська політехніка»
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ»
Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка
Одеський державний аграрний університет
Миколаївський національний аграрний університет
Автономний університет Нижньої Каліфорнії (Мексика)
Військовий інститут імені Гейдара Алієва (Азербайджан)
Академія Сілезії (Республіка Польща)
Варшавський університет природничих наук (Республіка Польща)
Естонський університет прикладних наук
для підприємництва (Естонська Республіка)
Університет Марії Кюрі-Склодовської в Любліні (Республіка Польща)
Університет менеджменту безпеки у м. Кошице (Словацька Республіка)

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти і молодих учених

«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ»

29 квітня 2025 року

Харків
ДБТУ
2025

УДК 004.032(06.01)
ББК 32.973(2)
ITSBTU25

Редакційна колегія конференції

Михайлов В.М., д.т.н., проф., головний редактор;
 Кузьменко С.В., к.т.н., доц., заступник редактора;
 Демченко К.В., к.т.н., доц., заступник редактора;
 Тимчук С.О., д.т.н., доц.;
 Сергієнко О.Ю., д.т.н., проф.;
 Левтеров О.А., д.т.н., с.н.с., проф.;
 Брітченко І.Г., д.т.н., проф. (Словацька Республіка);
 Прокопенко О.В., д.е.н., проф. (Естонська Республіка);
 Скурладскі Я., д-р наук, проф. (Республіка Польща);
 Tursa Vera, PhD, prof. (United Mexican States);
 Єфименко О.В., к.т.н., проф.;
 Бекіров А.Ш., к.т.н.;
 Гринченко М.А., к.т.н., доц.;
 Ставерська Т.О., к.е.н., доц.;
 Синявіна Ю.В., к.е.н., доц.;
 Петрова О.І., к.с.-г.н., доц.;
 Шимчишин О.Й., к.т.н., доц.;
 Пługіна Т.В., к.т.н., доц.;
 Нечитайло Ю.А., к.т.н. доц.;
 Колісник М.О., к.т.н., доц.;
 Тютюник О.О., к.т.н., доц.;
 Прядко Н.О., к.псих.н., доц.;
 Наконечна О.А., к.т.н.;
 Костецька І.І., к.е.н., доц. (Республіка Польща);
 Несторенко О., PhD, доц. (Республіка Польща);
 Zakaryayev Zaur Neymat (Azerbaijan Republic);
 Яковлева В.П., керівник відділу організації наукової роботи з науково-педагогічним персоналом та здобувачами освіти ДБТУ.

Друкується відповідно до Переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених Державного біотехнологічного університету у 2025 році та наказу в.о. ректора ДБТУ про проведення Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційні технології в сучасному світі» (№ 01-01/108 від 26.03.2025 р.).

ITSBTU25 Інформаційні технології в сучасному світі [Електронний ресурс]: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 29 квітня 2025 р. / Державний біотехнологічний ун-т. – Харків, 2025. – 538 с. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <https://biotechuniv.edu.ua/nauka/konferentsiy/>

УДК 004.032(06.01)
ББК 32.973(2)

Наведено відомості про результати досліджень, обговорення актуальних питань, викликів і трендів у світі інформаційних технологій; обміну інноваційними ідеями щодо розповсюдження наукового досвіду у сфері застосування інформаційних технологій в умовах євроінтеграції та глобальної цифрової трансформації.

Призначено для науково-педагогічних працівників, здобувачів освіти, науковців, фахівців галузі.

Видано в авторській редакції.

© Державний біотехнологічний університет, 2025

Зміст

Каліберда А.С., Піскарьов О.М. <i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i> РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗВУКОВОГО СПЕКТРА З ГРАФІЧНОЮ ВІЗУАЛІЗАЦІЄЮ	438
Лиходєєв О.С., Бобас О.І. <i>Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба</i> MEMS-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ФАКТОР РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ	440
Свіргун О.А., Свіргун В.В., Чорноног А.Ю. <i>Державний біотехнологічний університет</i> ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ	442
Yevtushenko N., Dzhankian A., Vasilets V. <i>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»</i> MATHEMATICAL MODELING OF VARIATIONS IN PARAMETERS OF CASTING PROCESSES	445
Yevtushenko S., Ponomarenko O., Lukianov I. <i>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»</i> OPTIMIZATION OF FOUNDRY PROCESSES USING RHEOLOGICAL MODELS	447
Зеленський А.П., Мельник В.І. <i>Державний біотехнологічний університет</i> ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ В ПНЕВМАТИЧНІЙ СИСТЕМІ СІВАЛКИ	449
Зеленський О.П., Мельник В.І. <i>Державний біотехнологічний університет</i> ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕОРЕТИЧНИХ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ВИСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ВИСАДЖЕННІ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ	452
Сумець А.Є. <i>Державний біотехнологічний університет</i> Нагасв В.М <i>ГО «Науковий центр дидактики менеджмент-освіти»</i> ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА	456

УДК 621.391:004.43:004.93(045)

**РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ
ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗВУКОВОГО СПЕКТРА
З ГРАФІЧНОЮ ВІЗУАЛІЗАЦІЄЮ**

Піскар'юв О.М., к.т.н., доц.
Каліберда А.С., здобувач РВО бакалавр
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна, andrii.kaliberda@nure.ua

Анотація. У статті представлено процес розробки компактного пристрою для візуалізації спектра звукових сигналів на основі мікроконтролерної платформи Arduino. Обґрунтовано вибір апаратної та програмної частини системи, описано алгоритм спектрального аналізу в реальному часі за допомогою швидкого перетворення Фур'є (FFT). Особливу увагу приділено інтеграції OLED-дисплея для відображення результатів аналізу. Результати демонструють можливість побудови недорогого та ефективного інструмента для базової спектральної діагностики звукового середовища.

Ключові слова: Arduino, звуковий спектр, спектроаналізатор, OLED-дисплей, перетворення Фур'є, цифрова обробка сигналів

Сучасні системи обробки звукової інформації знаходять широке застосування у сфері аудіотехніки, телекомунікацій, музичної інженерії та екологічного моніторингу. Серед них важливу роль відіграють спектроаналізатори — пристрої, здатні відображати амплітудний розподіл частот звукового сигналу в реальному часі. Традиційно такі пристрої реалізуються у вигляді складних і дорогих апаратно-програмних комплексів. Разом з тим, доступність мікроконтролерних платформ, зокрема Arduino, відкриває нові можливості для створення бюджетних і компактних рішень із базовими функціями аналізу сигналів.

Метою цієї роботи є розробка пристрою аналізу звукового спектра з виведенням результатів на OLED-дисплей, що базується на Arduino Uno. Завданням проекту є дослідження можливості використання швидкого перетворення Фур'є для аналізу сигналу, оптимізація ресурсів обчислення в умовах обмежених апаратних можливостей та забезпечення візуалізації результатів у реальному часі. Базова апаратна конфігурація системи включає мікроконтролер Arduino Uno, який здійснює оцифрування аналогового звукового сигналу та обробку даних [1]. Для вловлення звуку використано електретний мікрофонний модуль із вбудованим підсилювачем на базі мікросхеми MAX9814, що забезпечує автоматичне регулювання підсилення (AGC). Після підсилення сигнал надходить на аналоговий вхід A0 Arduino Uno.

Візуалізацію спектра забезпечує OLED-дисплей [2] з роздільною здатністю 128×64 пікселі, який підключено через інтерфейс I²C. Живлення здійснюється від зовнішнього джерела (5 В) через USB або стабілізований блок живлення. На схемі також передбачено фільтрацію шумів живлення за допомогою конденсаторів і обмеження перешкод у сигнальному ланцюзі за допомогою RC-фільтра.

Програмна частина проекту реалізована у середовищі Arduino IDE. Основу алгоритму складає процедура швидкого перетворення Фур'є (FFT), адаптована для роботи на Arduino Uno з обмеженим обсягом оперативної пам'яті. Для цього використовується бібліотека `arduinoFFT`, яка забезпечує ефективне перетворення 64 точок сигналу в частотну область.

Оцифрування здійснюється з використанням внутрішнього таймера, що забезпечує рівномірну частоту дискретизації. Зібрані дані проходять попередню нормалізацію та згладжування за допомогою віконної функції Хеннінга, після чого здійснюється спектральний аналіз [3]. Результати перетворення масштабуються до висоти екрану та виводяться на OLED-дисплей у вигляді спектрограми, де кожен стовпчик відповідає певному діапазону частот.

Для уникнення візуальних артефактів реалізовано згладжування попередніх значень спектра (метод середнього ковзного вікна), а також автоматичне масштабування амплітуд відповідно до пікових значень. Окрема увага приділена синхронізації обчислень і виводу, оскільки одночасне оцифрування і виведення графіки можуть спричинити артефакти або втрату даних [4].

Система характеризується низьким енергоспоживанням: споживання пристрою не перевищує 150 мА при максимальному навантаженні, що дозволяє живлення як від USB-порту, так і від мобільного акумулятора. Надійність функціонування перевірено при зміні навколишнього шумового фону, при цьому спектр реагує динамічно на зміну частотної структури сигналу [5].

Запропонований пристрій можна застосовувати як навчальний засіб у курсах з цифрової обробки сигналів, як засіб для демонстрації принципів спектрального аналізу [6], в аудіоінсталяціях, системах світломузики та навіть у побутових приладах, що реагують на звук [7]. Простота конструкції робить систему придатною для самостійного виготовлення ентузіастами.

Список літератури

1. Arduino official website. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/>
2. Adafruit SSD1306 OLED library. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306
3. Єлісєєв О. О. Системи цифрової обробки сигналів: навчальний посібник. – К.: Наукова думка, 2019. – 248 с.
4. Глущенко В. І., Пархоменко В. О. Мікропроцесорні засоби вбудованих систем. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 312 с.
5. Mitra, S. K. Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach. 4th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2010. – 1104 p.
6. Candelas, F. A., García, G. J., Puente, S. T., Torres, F. Real-time audio spectrum analysis with low-cost microcontrollers // *Sensors*. – 2017. – Vol. 17, No. 3. – P. 655. – DOI: <https://doi.org/10.3390/s17030655>.
7. Suárez, J. P., Pedraza, S. Portable Real-Time Audio Spectrum Analyzer Based on ESP32 and OLED Display // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 18, No. 2. – P. 44–51.

ДОДАТОК В

Графічна частина кваліфікаційної роботи



Розробка пристрою аналізу звукового спектра на базі Arduino з OLED-дисплеєм

Роботу виконав:
Каліберда Андрій Сергійович
КІУКІ-21-1

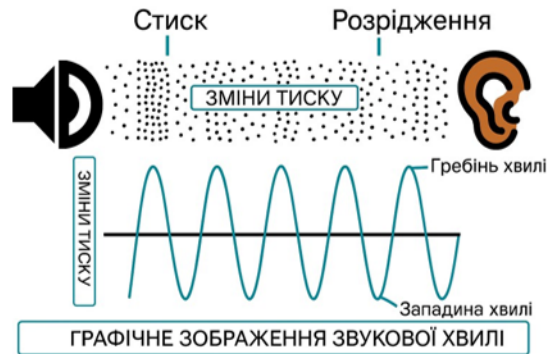
Науковий керівник:
Піскарьов Олексій Миколайович

Мета роботи та перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі

- Аналіз поставленої задачі
- Аналіз існуючих методів вирішення задачі
- Проєктування та розробка структури проєкту
- Аналіз та вибір ключових апаратних та програмних засобів реалізації
- Основна реалізація
- Висновки



Звуковий спектр



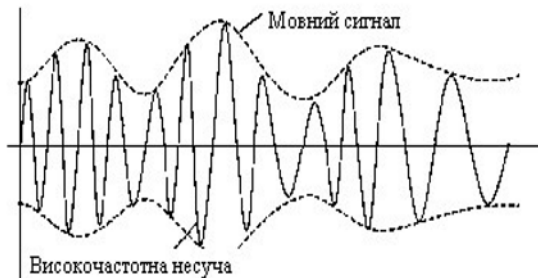
Аналіз звукового спектра є важливим завданням у багатьох галузях науки та техніки, включаючи акустику, телекомунікації, системи розпізнавання мовлення, медичну діагностику, електронну музику, а також моніторинг стану технічних систем.

Завдяки звуковому спектральному аналізу можна отримати глибоке розуміння структури й характеристик сигналів, зокрема виявити приховані гармоніки, шуми та аномальні зміни, що мають критичне значення для наукових досліджень та прикладних задач.

Теоретичні основи спектрального аналізу звукових сигналів

Термін «сигнал» пішов від латинського *signum* – знак.

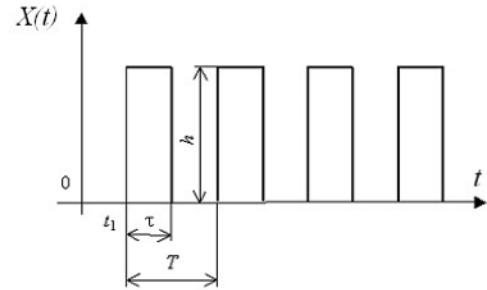
Сигнал – це фізичний процес, характеристики якого несуть інформацію про певне явище чи стан об'єкта, або передають команди управління та оповіщення. Якщо сигнал спеціально створений для передачі повідомлення, то певний параметр цього процесу змінюється відповідно до тої інформації, яку треба передати.



Теоретичні основи спектрального аналізу звукових сигналів

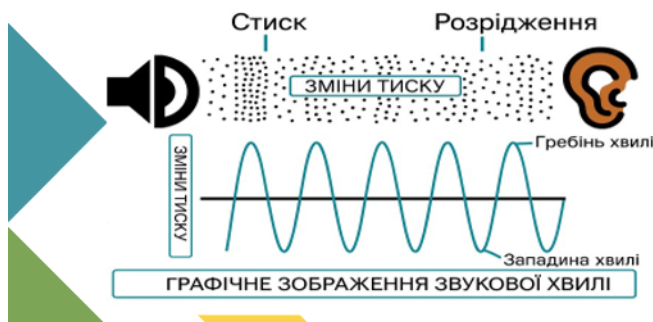
Математична модель сигналу – це створена або обрана дослідником математична функція чи система функцій, яка відображає істотні властивості сигналу, який досліджується.

Серед основних проблем, що входять в сферу сучасної акустики, виділяють такі: - виникнення звуку, що вимагає дослідження фізичної природи звуку, а також методів і засобів його створення.



Теоретичні основи спектрального аналізу звукових сигналів

Звукова хвиля — це процес перенесення енергії механічних коливань у пружному середовищі (наприклад, у повітрі, воді, металі тощо), який супроводжується періодичним стисканням і розрідженням частинок цього середовища.



Звукові хвилі характеризуються кількома фізичними параметрами, серед яких основними є:

- частота (f) — кількість коливань за секунду, вимірюється в герцах (Гц). Визначає висоту звуку;
- амплітуда (A) — максимальне відхилення частинки від положення рівноваги. Визначає гучність звуку;
- довжина хвилі (λ) — відстань між двома послідовними точками середовища, які перебувають у однаковій фазі коливань

Суб'єктивне відчуття звуку - чуттєва копія фізичного явища - може бути розкладено на ряд складових, кожна з яких пов'язана з одним з параметрів роздратування.

Ці складові і прийнято називати параметрами відчуття.

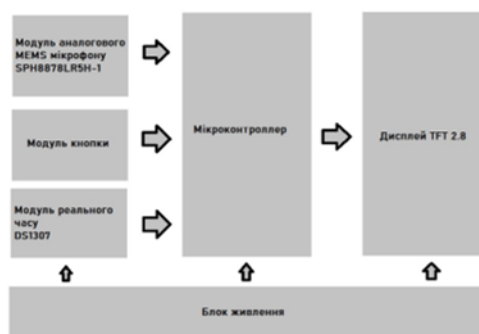
До їх числа відносять: поріг чутності, поріг болювого відчуття, гучність, тон, тембр тощо.

Параметри подразнення	Параметри відчуття
Частота	Висота тону
Частотнийдіапазон,АЧХ	Тембр («сухий», «соковитий», різкий, натуральний)
НерівномірністьАЧХ	Зміна тембру
Амплітуда, рівень сигналу та його інтенсивність	Гучність, рівень гучності
Нестабільністьрівнів	Зміна гучності (коливання гучності)
Динамічнийдіапазон	Відчуття самих тихих і найгучніших звуків
Коефіцієнтнелінійнихспотворень	Помітність спотворення
Зваженийшум	Звукові завади

Параметри подразнення і параметри відчуття

Апаратна та програмна реалізація пристрою

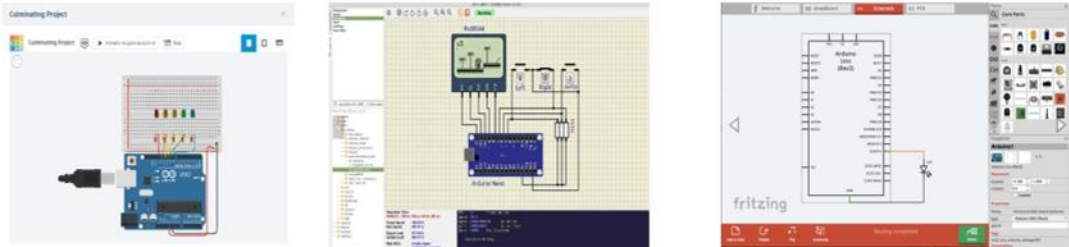
Для успішної реалізації проекту були обрані складові та намальована структурна схема проекту



Принцип роботи пристрою полягає в наступному: звук сприймається мікрофонним модулем, перетворюється на електричний сигнал і подається на вхід АЦП мікроконтролера, де оцифровується і програмно обробляється. Оброблені дані виводяться на індикатор у реальному часі, що дозволяє візуалізувати параметри звуку.

Апаратна та програмна реалізація пристрою

Перед початком розробки була обрана система симуляції для повного занурення у проект. Ось декілька з симуляторів, які були першочергово протестовані та могли бути обрані за для реалізації.

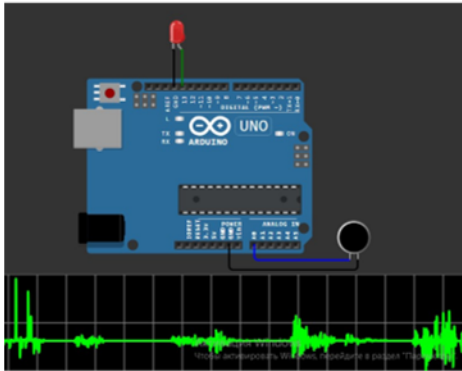


Апаратна та програмна реалізація пристрою

Але за для реалізації ідеально підійшла система Wokwi, яка дозволяє симулювати великий вибір мікроконтролерів, таких як: Arduino, ESP, STM, Pi Pico і т.д.



Симуляція перевірки мікрофону



На зображенні – симуляція у Wokwi, яка демонструє роботу з мікрофонним модулем та плати Arduino Uno. У даній симуляції використовуються такі компоненти:

- мікроконтролер Arduino Uno – основне керування всією схемою;
- аналоговий мікрофонний модуль – модуль, підключений для аналогового входу A0, що зчитує звук з навколишнього середовища;
- світлодіод – вмикається під час виявлення звуку з навколишнього середовища.

Вибір мікроконтролеру

Основоположні мікроконтролери, які спали на думку і були обрані за для тестування і вибору у подальшій роботі були такі.

Arduino Uno



Raspberry Pi

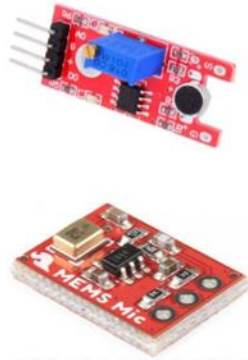


ESP 32.



Вибір датчиків \модулів

Мікрофони



Дисплеї



Датчик реального часу



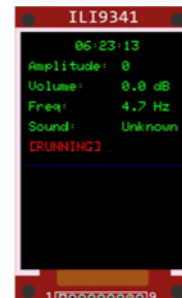
Проект і його реалізація

Під час запуску нас зустрічає екран, вказуючий на назву проекту та його розробника



На основному екрані ми бачимо такі характерні можливості проекту, а саме:

- отримання часу у реальному моменті виконання програми;
- параметр амплітуди звуку;
- гучність у децибелах;
- частота отриманого звукового сигналу;
- стрічка статусу «у роботі \ пауза»;
- синусоїда, яка малюється у режимі реального часу, виходячи з даних, обрахованих системою.



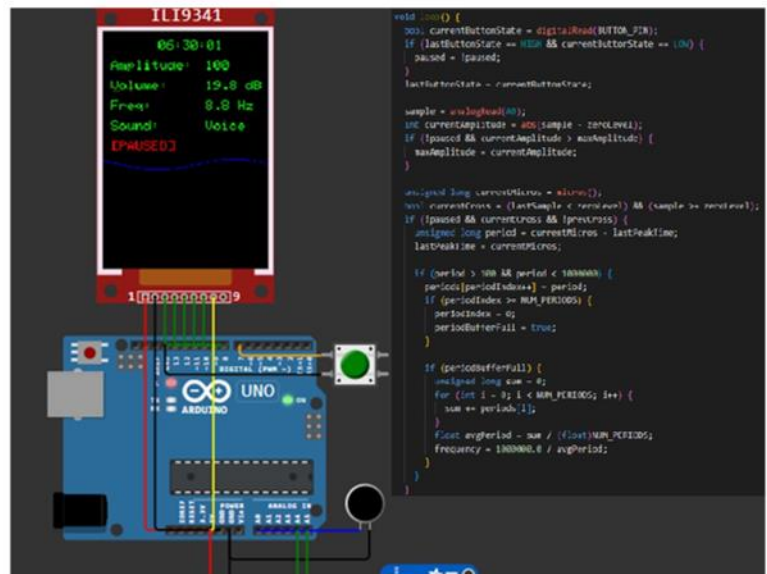
Повна модель проекту

У процесі реалізації проекту було використано кілька сенсорів:

Мікрофонний модуль (аналоговий мікрофон) був використаний для безпосереднього зчитування звукових коливань із навколишнього середовища.

RTC-модуль (годинник реального часу) DS1307 був застосований для отримання точного поточного часу.

Кнопка керування (Pushbutton) використовується як інтерфейс керування користувачем.



Висновки

У процесі роботи було розглянуто застосування кількох ключових компонентів: аналогового мікрофона для зчитування звукових коливань, модуля реального часу, а саме RTC DS1307, для фіксації точного часу подій, а також кнопки керування як елемента взаємодії з користувачем.

Завдяки можливостям Wokwi було проведено всебічне тестування функціоналу пристрою без потреби у фізичному обладнанні, що дозволило значно пришвидшити розробку та налагодження програмної частини. Також було реалізовано зручний інтерфейс виводу даних на дисплей, включаючи відображення амплітуди, гучності, частоти та типу звуку, що дає змогу ефективно класифікувати аудіосигнали.