

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система «Аналізатор аудіо спектру»*

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи СІс-44
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Трач Р.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Ясній О.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тиш Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Млинко Б.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Трачу Роману Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система «Аналізатор аудіо спектру»

Керівник роботи Ясній Олег Петрович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» лютого 2021 року № 4/7-97

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2021 р

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Аналіз технічного завдання; 2) проектна частина;
3) практична частина; 4) Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І, професор</i>		

7. Дата видачі
завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>05.02.2021</i>	
2	<i>Проектна частина</i>	<i>14.02.2021</i>	
3	<i>Практична частина</i>	<i>10.06.2021</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>15.06.2021</i>	
5	<i>Оформлення додатків</i>	<i>18.06.2021</i>	
6	<i>Графічна частина</i>	<i>18.06.2021</i>	
	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>26.06.2021</i>	

Студент _____

(підпис)

Трач Роман Русланович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Ясній Олег Петрович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризована система "Аналізатор аудіоспектру" // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Трач Роман Русланович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія» // Тернопіль, 2021 // 52 с. , рис. - 18 , табл. - 8 , аркушів А1 - 4, бібліогр.- 13 .

Ключові слова: аналізатор спектру, перетворення Хартлі; мікроконтролер; алгоритм; програма.

У кваліфікаційній роботі бакалавра було створено пристрій для аналізу аудіо спектру засобами Arduino. Працюючи над проектом, було зроблено аналіз предметної області, продуктів аналогів та проаналізовано їхні переваги та недоліки.

Дана робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, списку використаної літератури та додатків.

У першому розділі було проведено пошук і дослідження аналогів пристрою. Визначено їхні переваги та недоліки а також проаналізовано їхній функціонал.

У другому розділі було описано компонентну і технологічну базу, що використовувалась при створенні пристрою.

У третьому розділі були створені принципова, структурна та функціональна схеми пристрою, продумано алгоритм його роботи, а також описано результати тестування.

Четвертий розділ висвітлює питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ABSTRACT

Computerized system "Audio Spectrum Analyzer" // Qualification work for obtaining a bachelor's degree // Trach Roman Ruslanovych // TNTU, specialty 123 "Computer Engineering" // Ternopil, 2021 // p. - 52 , fig. - 18 , table - 8 , sheets A1 - 4, bibliogr - 13

Keywords: spectrum analyzer, Hartley transform; microcontroller; algorithm; program.

In this graduate work, a device for analyzing the audio spectrum by Arduino was created. Working on the projects, the analysis of the subject of the region, the analysis of analogues and their transportation and shortcomings were done.

This work consists of an annotation, introduction, four chapters, list of references and appendices.

In the first section, a search and study of similar data was conducted. Identified their advantages and disadvantages, as well as analyzed their functionality.

The second section described the component base and technologies, used to create the device.

The fourth section covers issues of labor protection and safety.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1. Призначення аналізатора аудіо спектра.....	10
1.2. Принципи роботи аудіо аналізаторів.....	11
1.3. Опис існуючих аудіо аналізаторів.....	12
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	18
2.1. Швидке перетворення Хартлі.....	18
2.2. Компоненти Arduino.....	23
2.3. Обґрунтування використаних засобів.....	28
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	30
3.1. Принцип роботи пристрою	30
3.2. Розробка алгоритму роботи та програмного забезпечення	30
3.3. Тестування.....	39
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ... 43	43
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів	43
4.2. Розробка заходів з охорони праці	46
4.3. Безпека життєдіяльності	47
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
Додаток А. Технічне завдання.....

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ						
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ						
Розроб.		Грач Р.Р.							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Ясній О.П								6	
Рецензен		Млинко Б.							ТНТУ, ФІС, СІс-44		
Н.Контр.		Тиш Є. В.									
Затв.		Осухівська									

ВСТУП

Цифрова обробка сигналів (ЦОС) (digital signal processing) – це область обчислювальної техніки, що динамічно розвивається та охоплює як технічні, так і програмні засоби. Спорідненими областями для цифрової обробки сигналів є теорія інформації, зокрема, теорія оптимального прийому сигналів і теорія розпізнавання образів. При цьому в першому випадку основним завданням є виділення сигналу на фоні шумів і перешкод різної фізичної природи, а в другому – автоматичне розпізнавання, тобто класифікація та ідентифікація сигналу.

Цифрова обробка сигналів є альтернативою традиційній аналоговій. До її найважливіших якісних переваг відносять можливість реалізації будь-яких, як завгодно складних (оптимальних), алгоритмів обробки з гарантованою і незалежною від дестабілізуючих факторів точністю; програмованість та функціональна гнучкість; можливість адаптації до сигналів що обробляються; технологічність.

Методами ЦОС є математичні співвідношення або алгоритми, відповідно до яких виконуються обчислювальні операції над цифровими сигналами. До них належать алгоритми цифрової фільтрації, спектрально-кореляційного аналізу, модуляції та демодуляції сигналів, адаптивної обробки та ін.

Засобами реалізації ЦОС є жорстка логіка, програмовані логічні інтегральні схеми, мікропроцесори загального призначення, мікроконтролери, персональні комп'ютери (комп'ютерна обробка сигналів) та цифрові сигнальні процесори.

У технічних галузях знань термін "сигнал" (signal, від лат. signum – знак) часто використовується в широкому діапазоні значень, без дотримання строгої термінології. Під ним розуміють і технічний засіб (матеріальний носій) для передачі, обігу і використання інформації – електричний, магнітний, оптичний сигнал; і фізичний процес, що представляє собою матеріальне відображення інформаційного повідомлення – зміна певного параметра носія інформації

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

(напруги, частоти, потужності електромагнітних коливань, інтенсивності світлового потоку тощо) у часі, у просторі або залежно від зміни значень будь-яких інших аргументів (незалежних змінних).

Всі ці поняття можна об'єднати одним технічним терміном: сигнал – це фізична величина, що містить у собі певні відомості про певний об'єкт або процес.

Обробка сигналів широко застосовується у найрізноманітніших областях:

- при вимірюванні частотних характеристик в мікрохвильовій і радіохвильовій областях;
- під час тестування кабельного телебачення, радіо;
- для вирішення вузькоспеціалізованих завдань, спрямованих на підвищення сумісності двох радіоприладів, перевірки стійкості готової техніки до перешкод і т.д.;
- для калібрування генераторів;
- під час контролю, випробувань, тестування якості електронних виробів;
- для вивчення спектральних показників;
- для перевірки відповідності пристроїв мобільного і радіозв'язку чинним стандартам;
- в процесі діагностики імпульсної відповідності та роботи генераторів.

Тим не менше, аналізатори аудіо спектру не використовуються в побуті в міру їхньої високої вартості і об'ємі знань, необхідному для роботи з ними. До того ж, вони досить громіздкі. Для звичайних радіолюбителів, на відміну від великих фірм, такий пристрій це розкіш.

Метою даної кваліфікаційної роботи є створення простого в експлуатації і доступного по вартості аудіо аналізатора, який зможе використовувати кожен охочий.

В ході проектування на основі плати Arduino було створено пристрій, що дозволяє оцінювати «вагу» діапазону частот у різних звуках (від музичих композицій до звичайного шуму) та виводити їх на екран у вигляді стовпців.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Він з досить з високою точністю оцифровує сигнал і використовує для цього дискретне перетворення Хартлі. Головними перевагами цього аналізатора є його низька вартість, простота використання, компактність та портативність.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення аналізатора аудіо спектра

Традиційно в цифровому звукозаписі аудіо доріжка представляється у вигляді осцилограми, що відображає форму звукової хвилі (waveform), тобто залежність амплітуди звуку від часу. Таке уявлення є досить наочним для досвідченого звукорежисера: осцилограма дозволяє побачити основні події в звуці, такі як зміни гучності, паузи між частинами композиції і часто навіть окремі ноти в сольному записі інструменту. Але одночасне звучання декількох інструментів на осцилограмі "змішується" і візуальний аналіз сигналу стає проблемним. Проте, наше вухо без великих проблем розрізняє окремі інструменти в невеликому ансамблі. Як же це відбувається?

Коли складне звукове коливання потрапляє на барабанну перетинку вуха, воно за допомогою серії слухових кісточок передається на орган, званий равликом. Равлик являє собою закручену в спіраль еластичну трубочку. Товщина і жорсткість равлика плавно змінюються від краю до центру спіралі. Коли складне коливання надходить на край равлика, це викликає відповідні коливання різних частин равлика. При цьому резонансна частота у кожній частині равлика своя. Таким чином равлик розкладає складне звукове коливання на окремі частотні складові. До кожної частини равлика підходять окремі групи слухових нервів, що передають інформацію про коливання равлика в головний мозок (детальніше про це можна почитати із статті [2]). В результаті в мозок надходить інформація про звук, вже розкладена по частотах, і людина легко відрізняє високі звуки від низьких. Крім того, як ми незабаром побачимо, розкладання звуку на частоти допомагає розрізнити окремі інструменти в

10					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Грач Р.Р.				РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Ясній О.П.						10	
Рецензен	Млинко Б.					ТНТУ, ФІС, СІс-44		
Н.Контр.	Тиш Є. В.							
Затв.	Осухівська							

поліфонічні записи, що значно розширює можливості редагування.

Серед досвідчених звукорежисерів старої школи поширена думка, що аналізувати і редагувати сигнали слід виключно на слух, не покладаючись на індикатори і аналізатори. Зрозуміло, аналізатори - не панацея в разі відсутності слуху. Навряд чи хтось серйозно сприймає ідею зведення композиції "по приладам".

Не заперечуючи важливості критичного прослуховування звуку на кожній стадії редагування, все ж пропонується використовувати аналізатори спектра в тих завданнях, де це може привести до більш точних результатів. Звичайно, можна визначити на слух паразитний тон на частоті 15 кГц і підібрати режекторний фільтр підходящої добротності для його видалення. Але набагато простіше побачити цей тон на спектроаналізі та відразу більш точно оцінити його властивості: чи "пливе" частота, чи є бічні піки. В результаті, це дозволить більш акуратно видалити перешкоду. Аналогічна ситуація і з багатьма іншими завданнями редагування, особливо - в реставрації звуку.

Спектр і спектрограма - способи представлення звуку, ближчі до слухового сприйняття, ніж осцилограма.

1.2 Принципи роботи аудіо аналізаторів

Сигнал надходить безпосередньо на вхід аналізатора спектра. Він також може надходити через спеціальний кабель або вловлюватись приймальною антеною. Далі цей сигнал обробляється, і інформація про нього виводиться на дисплей у вигляді частотного спектру.

Зазвичай використовується дисплей з каліброваною сіткою. Вертикальна шкала показує амплітуду кожного компонента, горизонтальна демонструє смугу частот. Сучасні пристрої дозволяють зберігати спектрограму сигналу у вбудованій пам'яті.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Основне призначення аналізатора спектра - спостереження і вимір коливань енергії в частотній смузі. Ці процедури потрібно проводити для того, щоб радіоприлади працювали виключно в своїй смузі, не створюючи один для одного перешкод. За результатами отриманих за допомогою аналізатора вимірювань здійснюється подальше налаштування техніки. Принцип дії аналізатора спектра залежить від його типу. В основі роботи приладів лежить супергетеродинний радіоприймач:

1. Вхідний радіочастотний сигнал змішується з частотою локального осцилятора. Результатом цього процесу стає сигнал з більш низькою проміжною частотою (ПЧ).

2. Новий сигнал проходить через кілька каскадів.

У сучасному обладнанні використовують цифрові компоненти (сигнальні процесори, мікропроцесори і т.д.). Принципи роботи аналізатора спектра в реальному часі будуть сильно відрізнятися:

1. Пристрій збирає інформацію в тимчасовій області, а після за допомогою перетворення Фур'є переводить її в частотну область.

2. Прийняті приладом радіочастотні сигнали перетворюються далі.

3. Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) оцифровує останню ПЧ.

Подальша обробка проводиться цифровими процесорами.

У деяких моделях цифрових аналізаторів існують режими демодуляції. При їх активації вхідний сигнал оцифровується без частотного перетворення. Модулюючі сигнали обробляються, як і радіочастотні.

1.3 Опис існуючих аудіо аналізаторів

Аудіо аналізатори є інструментами тестування і вимірювання, які використовуються для об'єктивної кількісної оцінки якості звуку електронних і електро-акустичних пристроїв. Метрики якості звуку охоплюють широкий діапазон параметрів, в тому числі амплітуда, посилення шуму, гармонійного і інтермодуляційних спотворень, частотної

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

характеристики, відносної фази сигналів, між каналних перехресних перешкод, і багато іншого. Крім того, багато виробників мають вимоги до поведінки і підключення звукових пристроїв, які вимагають спеціальних випробувань і підтвердження.

Аудіо аналіз вимагає, щоб пристрій відповідно до випробування отримував сигнал стимулу відомих характеристик, за допомогою якого вихідний сигнал (відповідь) може бути порівняний за допомогою аналізатора з метою визначення відмінностей, виражених в конкретних вимірах. Цей сигнал може бути сформований або під контролем самого аналізатора або може надходити з іншого джерела (наприклад, запис) до тих пір, як характеристики по відношенню до необхідного виміру визначені.

Аудіо аналізатори високої якості повинні демонструвати зникаючий низький рівень шуму, спотворень і перешкод, і повинні робити це послідовно і надійно. Наприклад, в той час, як комерційний програвач компакт - дисків може досягти повного гармонійного спотворення плюс шум (THD + N) при співвідношенні приблизно -98 дБ на частоті 1 кГц, аналізатор аудіо високої якості може проявляти THD + N ціною від -121 дБ (це зазначений типова продуктивність Audio Precision APx555).

Сучасні популярні моделі аудіо аналізаторів включають в себе: APx585 і APx555 (від Audio Precision), dScope Series III (від Prism Sound), AverLAB (від Avermetrics), U8903A (від Agilent) і аналізатори УПП і УПВ (від Rohde & Schwarz).

SIGLENT SSA3021X [3] - аналізатор спектру серії SSA3000X (рис. 1.1) з частотним діапазоном від 9 кГц до 2,1 ГГц. Це легкий і компактний прилад з зручним інтерфейсом і відображенням даних, точний в вимірах, а також володіє різними функціями для вимірювання РЧ. Може бути використаний для розробки і досліджень, в навчальних цілях, у виробництві, обслуговуванні та інших подібних областях, відповідає сучасним вимогам (табл. 1.1).

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.1- Аналізатор аудіо спектра SIGLENT SSA3021X

Таблиця 1. 1 - Технічні характеристики

Діапазон частот	від 9 кГц до 2,1 ГГц
Похибка при вимірюванні рівня	0,71 дБ
Власний рівень	-161 дБм/Гц
Вхідний імпеданс	50 Ом номінально
Напруга живлення	50 В
Дисплей	25,65 см (10,1") TFT кольоровий(1024x600 пікс)
Розмір	393x207x116,5 мм
Маса	4,6 кг
Ціна	58800 грн

Behringer FBQ1502 [4] - професійний, ультра музикальний 15-смуговий графічний стерео еквайзер, який знайде собі місце, як на концертному майданчику так і в студії (рис. 1.2). У приладі використана революційна, заявлена на отримання патенту система виявлення зворотного зв'язку FBQ, яка не тільки миттєво визначить критичні частоти, але і може бути використана як аналізатор спектру, що робить FBQ1502 бажаним доповненням в будь-якому гастрольному реле. Іншою характерною особливістю FBQ1502 є окремий моновихід на саббуфер з регульованою частотою кросовера, що дозволяє додати звучанню додатковий панч.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.2 - Еквалайзер Behringer FBQ1502

Вбудований обрізний НЧ фільтр видаляє з сигналу такі артефакти, як сценічний гул, а точний 4-сегментний світлодіодний індикатор вихідного сигналу і регулятор посилення забезпечують просту установку рівня. Розробники еквалайзера не економили на високоякісних компонентах, включивши в прилад операційні підсилювачі, що забезпечують виняткову якість звуку і серво-збалансовані входи і виходи на 1/4 TRS- і позолочених XLR-роз'ємах. Запорукою надійності елементів управління є високоякісні підсвічуються фейдери, растрові потенціометри ALPS® і підсвічуються перемикачі. Такий вражаючий набір характеристик ULTRAGRAPH PRO FBQ1502 (табл. 1.2) дозволяє повністю розкрити творчий потенціал.

Аналізатор спектру Judith B (рис. 1.3) призначений для використання в складі аудіокомплексу, і дозволяє відобразити в графічному вигляді спектр відтвореного аудіо сигналу. Хоча при розробці аналізатора і була поставлена задача максимально точного відображення спектру, слід пам'ятати, що цей аналізатор не є вимірювальним приладом, а виконує в основному декоративні функції.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики

Діапазон частот	20 Гц - 16 кГц, 15 полос
Похибка при вимірюванні рівня	0,79 дБ
Власний рівень	-140 дБм/Гц
Вхідний імпеданс	40 Ом
Напруга живлення	220 В
Дисплей	-
Розмір	483x45x215 мм
Маса	2,34 кг
Ціна	12039 грн

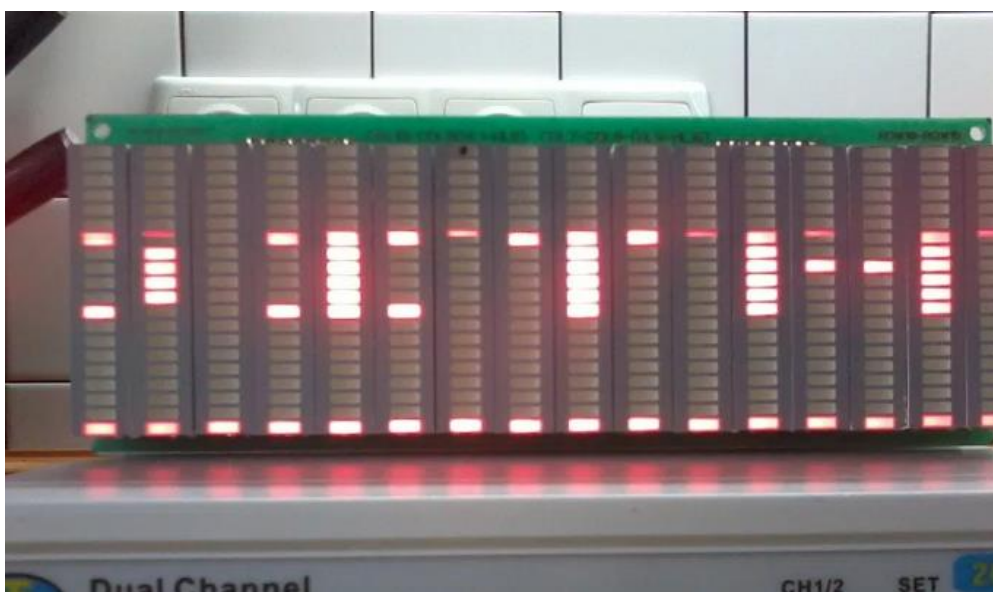


Рисунок 1.3 - Аудіо аналізатор спектра "Judith B"

Конструктивно складається з 2 блоків - блоку обробки сигналу (БОС) і дисплея. Без зміни схеми БОС і прошивання мікроконтролера, можна зробити аналізатор з числом смуг від 11 до 31 і числом поділів по вертикалі від 8 до 30. Дисплей - світлодіодна матриця, VGA-монітор або газорозрядні індикатори ІН-13 (ІН-9) (табл. 1.3). При виході нових версій прошивки, можливе оновлення з SD-карти.

З недоліків аналізатора спектра "Judith B" можна зазначити дороговизну деяких комплектуючих, розробки і виготовлення плат.

Отже, пристрої для спектрального аналізу звуку потрібні, як контрольно-вимірювальна апаратура. Вони є інструментами тестування і вимірювання, які використовуються для об'єктивної кількісної оцінки якості звуку електронних і електро-акустичних пристроїв. Пристрої для спектрального аналізу звуку необхідні в музичній індустрії, для кращого контролю над якістю композицій, у радіотехніці при вимірюванні частотних характеристик в мікрохвильовій і радіохвильовій областях, під час тестування кабельного телебачення та радіо, під час контролю, випробувань, тестування якості електронних виробів і т.д.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики

Діапазон частот	20 Гц – 20 кГц
Похибка при вимірюванні рівня	0,91 дБ
Власний рівень	-100 дБм/Гц
Вхідний імпеданс	8 Ом
Напруга живлення	5 В
Дисплей	Світлодіодна матриця 24x16
Розмір	75x75x16 мм
Маса	<1 кг
Ціна	3000 грн

Є немала кількість промислових аудіо аналізаторів, але їхня ціна, зазвичай, досить велика, вони складні у використанні і є доволі громіздкими. Такі недоліки можуть бути критичними для радіолюбителів (особливо перший), які працюють з радіотехнікою для саморозвитку і в якості хобі. Саме у вирішенні цих проблем і буде полягати дана кваліфікаційна робота.

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Швидке перетворення Хартлі

Перетворення серії вибірок, взятих у часовому проміжку, при представленні частотної області є корисним у широкому спектрі застосувань для обробки сигналів. Сюди входить прямий аналіз частотного спектру, а також такі операції, як згортки, які використовуються в цифровій фільтрації. Звичайним інструментом для здійснення цієї трансформації є перетворення Фур'є або, якщо бути конкретнішим, швидке перетворенням Фур'є (FFT). Але для більшості застосунків існує ще більш швидкий метод, який називається перетворення Хартлі (FHT).

Типова програма FFT починається з серії зразків, взятих на певному часовому проміжку. Наприклад, припустимо, що треба визначити вібраційні характеристики автомобільного двигуна. Можна приєднати акселерометр до блоку двигуна і вибирати вихід акселерометра через рівні проміжки часу. Припустимо, береться 4096 проб протягом однієї секунди. Ці 4096 зразків потім будуть перетворені, використовуючи FFT, у масив із 4096 елементів, де кожен елемент задає коливальну енергію з певною частотою. Частоти, представлені в масиві FFT, працюють від 0 Гц до 4095 Гц з кроками 1 Гц. Отже, якщо потрібно було визначити загальну енергію в діапазоні частот від 200 Гц до 300 ГГц, можна скласти амплітуди записів FFT від 200 до 300. Хоча цей приклад описаний за допомогою FFT, FHT працює так само добре.

Перетворення Хартлі вперше було запропоноване в 1942 році Ральфом Хартлі [6], який також винайшов відому схему генераторів Хартлі. Так само, як і при перетворенні Фур'є, перетворення Хартлі починається з послідовності зразків у часовому проміжку.

18					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Грач Р.Р.				РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Ясній О.П.						18	
Рецензен	Млинко Б.					ТНТУ, ФІС, СІс-44		
Н.Контр.	Тиш Є.В.							
Затв.	Осухівська							

Нехай $X(t)$ при $t = 0 \dots N - 1$ є такою послідовністю. Перетворення Хартлі цієї послідовності - інша послідовність, $H(f)$ для $f = 0 \dots N - 1$, задана:

$$H(f) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} X(t) \text{cas} \left(\frac{2\pi ft}{N} \right) \quad (2.1)$$

де: $\text{cas } x = \cos x + \sin x$.

Якщо треба виконати зворотнє перетворення, формула майже ідентична, за винятком відсутності коефіцієнта $1 / N$:

$$X(t) = \sum_{f=0}^{N-1} H(f) \text{cas} \left(\frac{2\pi ft}{N} \right) \quad (2.2)$$

У 1988 році в журналі Byte [7] було дано формули, подібні до наведених вище. Окрім впровадження перетворень Хартлі, учені продовжували удосконалювати швидке перетворення Хартлі, що базувалося на статті Роберта Скотта [8]. Коли перетворення Фур'є працює в повній спільності складних цілей, перетворення Хартлі працює лише з реально оціненими послідовностями. Це не повинно бути проблемою для більшості реальних програм, які так чи інакше обмежуються зразками конкретного часового проміжку в реальному значенні. Щоб показати, що при використанні перетворення Хартлі нічого не втрачається, Скотт дав наступні формули для реальних і уявних частин перетворення Фур'є з точки зору перетворення Хартлі:

$$F_{\text{real}}(f) = H(f) + H(N-f), \quad (2.3)$$

$$F_{\text{imaginary}}(f) = H(f) - H(N-f). \quad (2.4)$$

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Виявляється, використання перетворення Хартлі для обчислення перетворення Фур'є швидше, ніж обчислення перетворення Фур'є. Це важливе використання перетворення Хартлі, оскільки перетворення Фур'є має миттєву природну інтерпретацію, в той час як, перетворення Хартлі не має. Кожне комплексне значення в перетворенні Фур'є представляє амплітуду і фазу конкретного частотного компонента в частотному спектрі послідовності часової області. Часто цікава лише амплітуда, тому додатки формуватимуть масив величин складного ряду Фур'є. Реалізація описаної тут трансформації Хартлі передбачає прямий розрахунок цього масиву амплітуд.

Варто зауважити, що рівняння 2.3 і 2.4 призводять до показників за межами діапазону, коли $f = 0$, оскільки немає $N(N)$. Отже, тлумачення індексів повинно бути розширений модуль- N . Тому $N(N)$ приймає значення $N(0)$. І насправді ця модуль- N інтерпретація індексів підтримується формулами, що визначають перетворення Хартлі, які дають однакові значення, якщо додати N до індексів.

Не рідко при використанні перетворення Фур'є для обробки даних, що оцінюються в реальному масштабі, могло виникати відчуття марних зусиль. Для початку викладається дійсна послідовність у реальні частини масиву складних чисел і нульові частини. Потім, коли було здійснено перетворення Фур'є, отриманий масив складних чисел мав багато надмірності. Зокрема, ніколи не доводиться оглядати середину масиву (так звана частота Nyquist), оскільки дані частотної області у другій половині масиву були своєрідним дзеркальним зображенням першої половини. Складне значення $F(N - f)$ - це лише складний кон'югат $F(f)$. (Це справедливо лише для перетворення Фур'є в реально оцінених послідовностях). Саме при такому порівнянні можна спостерігати, як сила перетворення Фур'є "витрачається" на послідовності з реальною цінністю. А фоні цього перетворення Хартлі може бути більш ефективним.

Тепер можна розглянути, як перетворення Хартлі може бути ефективно впроваджене як ФНТ. Розробка подібна до розробки FFT, яка тут не

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

представлена, але її можна знайти в будь-якому підручнику з цифрової обробки сигналів.

Серцем алгоритму є обчислення, яка діаграма потоку даних схожа на метелика. Але на відміну від симетричного метелика FFT, метелик FHT, як показано на рисунку 2.1, трохи некрасивий. Він має третє крило.

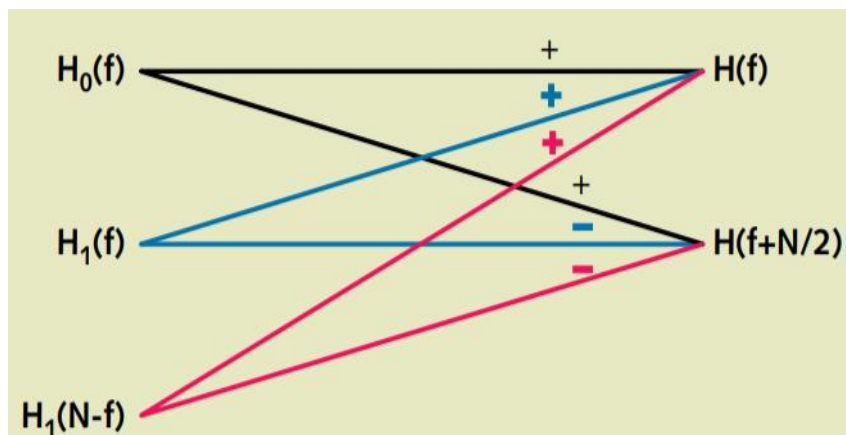


Рисунок 2.1 - Одинарний метелик з FHT

Відтепер будемо вважати, що N - сила двох. Оскільки N є парним, часову послідовність $X(t)$, яка відображається у визначенні перетворення Хартлі (див. рівняння 2.1) можна розділити на дві переплетені послідовності, X_0 і X_1 , задані як:

$$X_0(t) = X(2t); \quad (2.5)$$

$$X_1(t) = X(2t + 1). \quad (2.6)$$

Тобто послідовність X_0 складається з парних значень з послідовності X , а послідовність X_1 складається з непарних індексованих значень. Як і раніше, будемо вважати всі індекси інтерпретованими по модулю- N . Але оскільки X_0 і X_1 визначені через $2t$, вони фактично повторюють модуль $N/2$. Тому можна розглядати X_0 і X_1 як послідовності довжини $N/2$, а H_0 і H_1 будуть їх перетвореннями Хартлі. Нехай M рівне $N/2$. Тоді за визначенням перетворення Хартлі із рівняння 2.1 маємо:

$$H_0(f) = \frac{1}{M} \sum_{t=0}^{M-1} X_0 \cos\left(\frac{2\pi ft}{M}\right), \quad (2.7)$$

$$H_1(f) = \frac{1}{M} \sum_{t=0}^{M-1} X_1 \cos\left(\frac{2\pi ft}{M}\right). \quad (2.8)$$

Звідси можна отримати, що:

$$H(f) = \frac{1}{2} \left(H_0(f) + H_1(f) \cos\left(\frac{2\pi f}{N}\right) + H_1(N-f) \sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \right).$$

Тримаючи в пам'яті, що перетворення Хартлі в правій частині рівняння 2.7 повторюється по модулю $N/2$, можна розпізнати таку симетрію:

$$H\left(f + \frac{N}{2}\right) = \frac{1}{2} \left(H_0(f) - H_1(f) \cos\left(\frac{2\pi f}{N}\right) - H_1(N-f) \sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \right) \quad (2.9)$$

Рівняння 2.8 і 2.9, взяті разом визначають повне обчислення метеликів ФНТ, як це показано на рисунку 2.1. Ці два рівняння виражають перетворення Хартлі довжиною N у вигляді двох менших (напів довжини) перетворень Хартлі. Це початок рекурсивного процесу. На кожному етапі рекурсії мається на увазі, що всі перетворення Хартлі з попереднього кроку можуть бути далі розбиті на перетворення Хартлі на половину довжини. Процес триває до тих пір, поки не буде лише перетворення Хартлі довжиною 1, яке можна тривіально обчислити з рівняння 2.1.

Зазвичай, ефективність FFT оцінюється шляхом підрахунку кількості множин, додавань та віднімань. У цьому плані ФНТ працює дуже добре. Якщо ми нехтуємо простотою перших двох раундів, для кожного раунду потрібно N множення та $2N$ додавання чи віднімання. Кількість раундів - $\log_2 N$. Для порівняння, FFT вимагає множення $2N$ та додавання або віднімання $7N/2$ у кожному раунді. В обох випадках ці цифри припускають, через що не виконуються зайві операції. Але це не вся історія. Для сучасних процесорів з

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

плаваючою комою час, необхідний для виконання арифметики, може не домінувати над загальним часом роботи. Час, витрачений на обчислення індексів та інших «накладних» операцій, може насправді зайняти більше часу, ніж усі множення, особливо в деяких демонстраційних програмах.

2.2 Компоненти Arduino

В ході виконання цієї роботи при створенні пристрою для аналізу аудіо спектру використовувалася елементна база Arduino (рис. 2.2 та 2.3).

Arduino Uno - це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328 (datasheet). У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів / виходів, 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з платою досить просто подати живлення від AC / DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю (рис. 2.4).

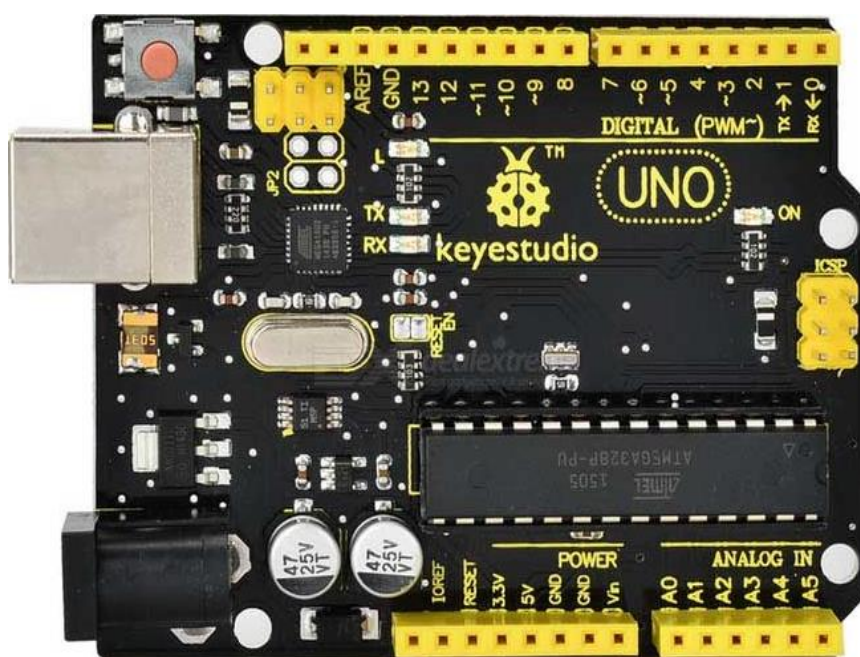
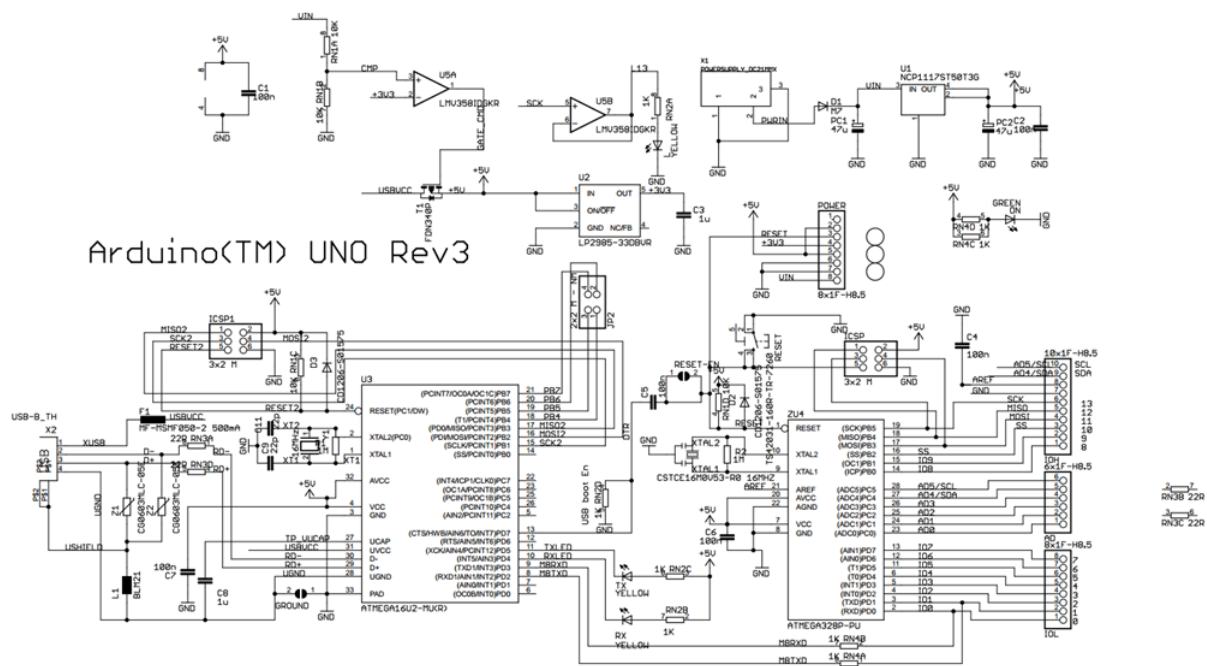


Рисунок 2.2 - Arduino UNO r3

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Arduino(TM) UNO Rev3

Рисунок 2.3 - Принципова схема Arduino UNO r3

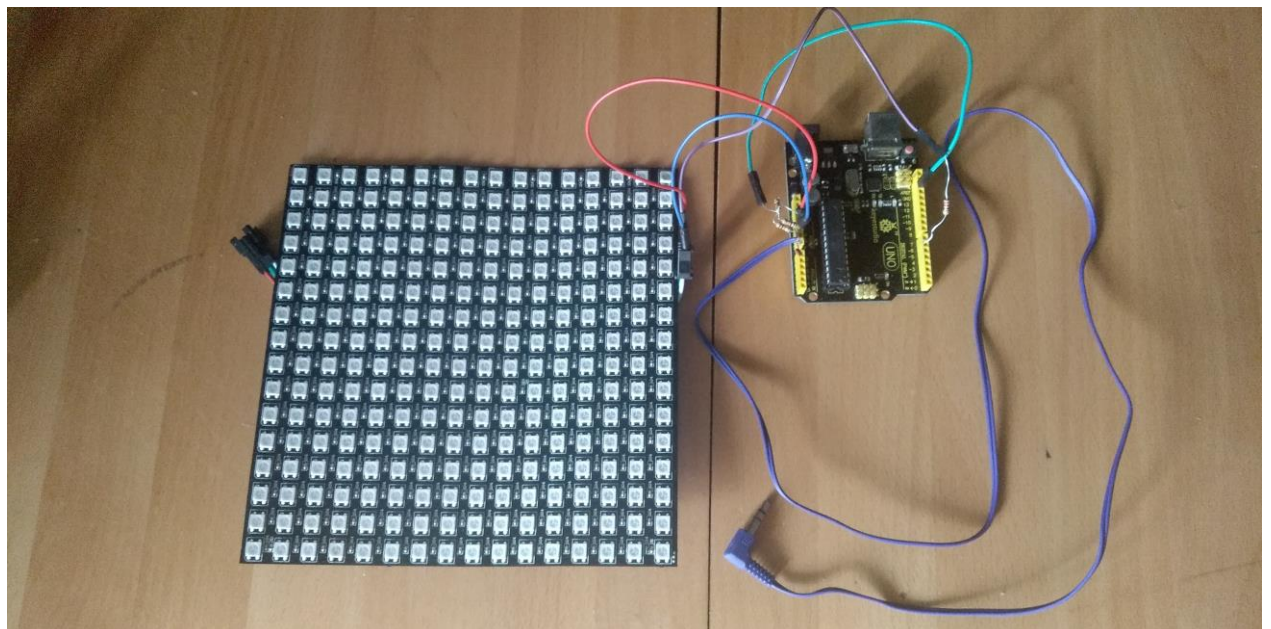


Рисунок 2.4 - Схема проекту

На відміну від всіх попередніх плат Arduino, Uno в якості перетворювача інтерфейсів USB-UART використовує мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 до версії R2) замість мікросхеми FTDI. Технічні характеристики плати представлені в таблиці 2.1, а цифрові та аналогові піни на платі представлені в таблицях 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.1- Характеристики плати

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (максимальна)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можна використовувати в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Максимальна вихідна напруга виводу	3.3В
Flash-пам'ять	32 КБ (ATmega328) із них 0.5 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

Таблиця 2.2 - Цифрові піни на платі

Пін Arduino	Адресація в скетчі	Спеціальне призначення	ШИМ
Цифровий пін 0	0	RX	
Цифровий пін 1	1	TX	
Цифровий пін 2	2	Вхід для переривань	
Цифровий пін 3	3	Вхід для переривань	ШИМ
Цифровий пін 4	4		
Цифровий пін 5	5		ШИМ
Цифровий пін 6	6		ШИМ
Цифровий пін 7	7		
Цифровий пін 8	8		
Цифровий пін 9	9		ШИМ
Цифровий пін 10	10	SPI (SS)	ШИМ
Цифровий пін 11	11	SPI (MOSI)	ШИМ
Цифровий пін 12	12	SPI (MISO)	
Цифровий пін 13	13	SPI (SCK) До виходу приєднаний вбудований світлодіод	

Таблиця 2.3- Аналогові піни на платі

Пін	Адресація в скетчі	Спеціальне призначення
Аналоговий пін 0	A0 або 14	
Аналоговий пін 1	A1 або 15	
Аналоговий пін 2	A2 або 16	
Аналоговий пін 3	A3 або 17	
Аналоговий пін 4	A4 або 18	I2C (SCA)
Аналоговий пін 5	A5 або 19	I2C (SCL)

Додаткові піни на платі:

AREF - видає опорну напругу для вбудованого АЦП. Може управлятися функцією analogReference ().

RESET - подача низького сигналу на цьому вході призведе до перезавантаження пристрою.

Матриця WS2812b – матриця розміром 16x16 пікселів, містить 256 WS2812 RGB діодів на гнучкій підкладці. Вхідна напруга – 5В. Управляється мікросхемою IC WS2812B (рис.2.5).

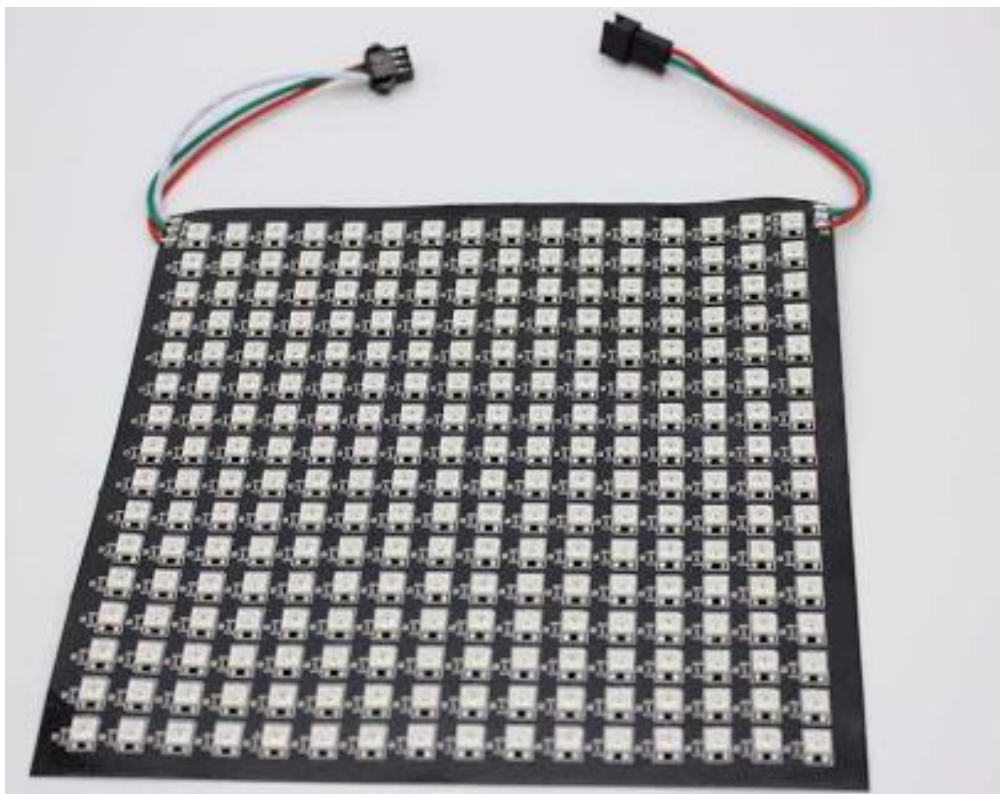


Рисунок 2.5 - Матриця WS2812b

Матриця WS2812b – матриця розміром 16x16 пікселів, містить 256 WS2812 RGB діодів на гнучкій підкладці. Вхідна напруга – 5В. Управляється мікросхемою IC WS2812B.

У схемі використовується керамічний конденсатор ємністю 10нФ для того, щоб згладити шуми (рис.2.6).

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Рисунок 2.6 - Конденсатор

Було використано 3 резистори опором 10 кОм і 1 резистор опором 220 Ом. Arduino по замовчуванню оцифровує напругу від 0 В до 5 В. Для того, щоб понизити максимальну напругу і збільшити точність оцифровування при низькій гучності звуку і використовуються резистори (рис.2.7).



Рисунок 2.7 - Резистор

Також було використано різні проводи для складання схеми, джерело живлення, напругою 5 В для діодної матриці, та провід від навушників для підключення пристрою до джерела звуку.

2.3 Обґрунтування використаних засобів

Для створення аналізатора аудіо спектра плата Arduino прекрасно підходить. Перш за все, з нею легко працювати, як в принципі, і з усією продукцією Arduino. У неї досить низька ціна, мале енергоспоживання, хороша швидкодія, відкритий код і її легко роздобути. До плюсів також можна віднести її здатність до реконфігурації і гнучкість у використанні. У будь який момент можна модифікувати код і додати чи забрати якісь деталі. Також для Arduino існує безліч бібліотек, які спрощують роботу з нею, у тому числі і використана тут бібліотека Arduino FHT Library, яка працює на основі швидкого перетворення Хартлі. Що стосується останнього, він став доволі

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

приємним відкриттям. Швидкий алгоритм Хартлі показав себе, як більш оптимізоване швидке перетворення Фур'є, для невеликих задач.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Принцип роботи пристрою

Для роботи аудіо спектра достатньо мати джерело живлення в 5В і джерело звуку. У ролі першого може виступати, як звичайний блок живлення, так і батарейки, що дозволяє зробити пристрій портативним. В якості останнього може виступати будь-який пристрій із роз'ємом для AUX кабеля (аудіо-плеєр, смартфон, комп'ютер, ноутбук, тощо).

Далі необхідно включити будь-яке джерело звуку, аналізатор почне виконувати свою роботу в реальному часі згідно із заданою програмою. При цьому можна не перейматися зміною гучності музичної композиції, оскільки в коді програми прописано автоматичний потенціометр.

3.2 Розробка алгоритму роботи та програмного забезпечення

Алгоритм розробленого пристрою включає наступні етапи:

1. відбувається аналіз спектру, на виході отримуємо масив величин смуг спектра (128 смуг);
2. масив фільтрується за нижнім значенням для кожної смуги;
3. використовуючи отримані дані, програма переходить від 128 смуг до 16 смуг зі збереженням міжполосних значень по лінійній залежності;
4. для корекції висоти стовпчиків на матриці шукаються максимуми в сигналі;
5. чиста "вага" смуги перетворюється на висоту матриці і далі відправляється для відображення на саму матрицю;
6. в процесі ще відбувається фільтрація верхніх піків та корекція висоти стовпчиків від гучності.

Блок - схема алгоритму роботи пристрою зображена на рисунку 3.1.

30					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Грач Р.Р.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Ясній О.П.					30	
Рецензен	Млинко Б.				ТНТУ, ФІС, СІс-44		
Н.Контр.	Тиш Є.В.						
Затв.	Осухівська						



Рисунок 3.1 - Блок - схема алгоритму роботи пристрою

Для реалізації блок- схеми алгоритму (рис.3.2) створюємо наступний лістинг програми:

```
// Налаштування матриці
#define WIDTH 16 // ширина матриці (число діодів)
#define HEIGHT 16 // висота матриці (число діодів)
#define BRIGHTNESS 255 // яскравість (0 - 255)

// кольору висоти смуг спектра
#define COLOR1 CRGB :: Yellow
#define COLOR2 CRGB :: Orange
#define COLOR3 CRGB :: Red
#define COLOR4 CRGB :: Green

// сигнал
#define INPUT_LOUD 1.5 // коефіцієнт посилення вхідного сигналу
#define LOW_PASS 30 // нижній поріг чутливості шумів (немає стрибків при відсутності звуку)
#define MAX_COEF 1.1 // коефіцієнт, який робить "максимальні" піки трохи менше максимуму, для більш приємного сприйняття
#define NORMALIZE 0 // нормалізувати піки (стовпчики низьких і високих частот будуть однакової довжини при однаковій гучності) (1 вкл, 0 викл)

// анімація
#define SMOOTH 0.4 // плавність руху стовпчиків (0 - 1)
#define DELAY 4 // затримка між оновленнями матриці (періодичність основного циклу), мілісекунди

// гучність
```

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32


```

#define DEF_LOUD 60 // максимальний поріг за замовчуванням (при
MANUAL_LOUD або AUTO_LOUD ігнорується)
#define AUTO_LOUD 1 // автоналаштування по гучності (1 вкл, 0 викл)

// точки максимуму
#define MAX_DOTS 1 // включити / вимкнути промальовку точок максимуму
(1 вкл, 0 викл)
#define MAX_COLOR CRGB :: Red // колір точок максимуму
#define FALL_DELAY 50 // швидкість падіння точок максимуму (затримка,
мілісекунди)
#define FALL_PAUSE 700 // пауза перед падінням точок максимуму,
мілісекунди

// масив тонів, розташовані приблизно по параболі. Від 80 Гц до 16 кГц
byte posOffset [17] = {2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 35, 60, 80, 100, 120};

// Налаштування пінів
// для збільшення точності зменшуємо опорну напруга,
// виставивши EXTERNAL і підключивши Aref до виходу 3.3V на платі через
дільник
// GND --- [10-20 кОм] --- REF --- [10 кОм] --- 3V3

#define AUDIO_IN 0 // пін, куди підключений звук
#define DIN_PIN 6 // пін Din стрічки (через резистор!)
#define POT_PIN 7 // пін потенціометра настройки (якщо потрібен
MANUAL_LOUD)

// Код програми
#define NUM_LEDS WIDTH * HEIGHT
#define FHT_N 256 // ширина спектра x2
#define LOG_OUT 1

```

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

```

#include <FHT.h> // перетворення Хартлі
#include <FastLED.h>

CRGB leds [NUM_LEDS];

#define cbi (sfr, bit) (_SFR_BYTE (sfr) & = ~ _BV (bit))
#define sbi (sfr, bit) (_SFR_BYTE (sfr) | = _BV (bit))

int loud = DEF_LOUD; // посилення за замовчуванням
unsigned long loudTimer, fallTimer;

byte maxValue;

float k = 0.05, maxValue_f = 0,0;

int maxLevel [16];

byte posLevel_old [16];

unsigned long timeLevel [16], mainDelay;

boolean fallFlag;

void setup () {
    // піднімаємо частоту опитування аналогового порту до 38.4 кГц, по теоремі
    // Котельникова (Найквіста) максимальна частота дискретизації буде 19 кГц
    // http://yaab-arduino.blogspot.ru/2015/02/fast-sampling-from-analog-input.html
    sbi (ADCSRA, ADPS2);
    cbi (ADCSRA, ADPS1);
    sbi (ADCSRA, ADPS0);

    analogReference (EXTERNAL);

    Serial.begin (9600);
    FastLED.setBrightness (BRIGHTNESS);
    FastLED.addLeds <WS2812B, DIN_PIN, GRB> (leds, NUM_LEDS);
}

```

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

```

void loop () {
// ітерація головного циклу
if (millis () - mainDelay > DELAY) {
    mainDelay = millis ();

    analyzeAudio (); // функція FHT, забиває масив fht_log_out [] величинами по
спектру

    for (int i = 0; i < 128; i++) {
        // ось тут відразу фільтруємо весь спектр за мінімальним LOW_PASS
        if (fht_log_out [i] < LOW_PASS) fht_log_out [i] = 0;

        // посилювати сигнал
        fht_log_out [i] = (float) fht_log_out [i] * INPUT_LOUD;

        // зменшуємо гучність високих частот (пропорційно частоті) якщо
включено
        if (NORMALIZE) fht_log_out [i] = (float) fht_log_out [i] / ((float) 1 + (float) i /
128);
    }

    maxValue = 0;
    FastLED.clear (); // очистити матрицю
    for (byte pos = 0; pos < WIDTH; pos++) { // для кожного стовпця матриці
        int posLevel = fht_log_out [posOffset [pos]];
        byte linesBetween;
        if (pos > 0 && pos < WIDTH) {
            linesBetween = posOffset [pos] - posOffset [pos - 1];
            for (byte i = 0; i < linesBetween; i++) { // від попередньої смуги до поточної
                posLevel += (float) ((float) i / linesBetween) * fht_log_out [posOffset [pos] -
linesBetween + i];
            }
        }
    }
}

```

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

```

    }
    linesBetween = posOffset [pos + 1] - posOffset [pos];
    for (byte i = 0; i < linesBetween; i++) { // від попередньої смуги до поточної
        posLevel += (float) ((float) i / linesBetween) * fht_log_out [posOffset [pos] +
linesBetween - i];
    }
}

// знайти максимум з пачки тонів
if (posLevel > maxValue) maxValue = posLevel;

// фільтрація довжини стовпчиків, для їх плавного руху
posLevel = posLevel * SMOOTH + posLevel_old [pos] * (1 - SMOOTH);
posLevel_old [pos] = posLevel;

// перетворити значення величини спектра в діапазон 0..HEIGHT з
урахуванням налаштувань
posLevel = map (posLevel, LOW_PASS, loud, 0, HEIGHT);
posLevel = constrain (posLevel, 0, HEIGHT);

if (posLevel > 0) {
    for (int j = 0; j < posLevel; j++) { // стовпці
        uint32_t color;
        if (j < 5) color = COLOR4;
        else if (j < 10) color = COLOR1;
        else if (j < 13) color = COLOR2;
        else if (j < 15) color = COLOR3;

        if (pos % 2 != 0) // якщо парний рядок
            leds [pos * WIDTH + j] = color; // заливаємо в прямому порядку
        else // якщо непарна

```

```

        leds [pos * WIDTH + WIDTH - j - 1] = color; // заливаємо в зворотному
порядку
    }
}

    if (posLevel > 0 && posLevel > maxLevel [pos]) { // якщо для цієї смуги є
максимум, який більше попереднього
        maxLevel [pos] = posLevel; // запам'ятати його
        timeLevel [pos] = millis (); // запам'ятати час
    }

    // якщо точка максимуму вище нуля (або дорівнює йому) - включити
піксель
    if (maxLevel [pos] >= 0 && MAX_DOTS) {
        if (pos % 2 != 0) // якщо парна рядок
            leds [pos * WIDTH + maxLevel [pos]] = MAX_COLOR; // заливаємо в
прямому порядку
        else // якщо непарна
            leds [pos * WIDTH + WIDTH - maxLevel [pos] - 1] = MAX_COLOR; //
заливаємо в зворотному порядку
    }

    if (fallFlag) { // якщо падаємо на крок
        if ((long) millis () - timeLevel [pos] > FALL_PAUSE) { // якщо максимум
тримався на своїй висоті довше FALL_PAUSE
            if (maxLevel [pos] >= 0) maxLevel [pos]--; // зменшити висоту точки на 1
            // увага! Приймає мінімальне значення -1!
        }
    }
}

FastLED.show (); // відправити на матрицю

```

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

```

fallFlag = 0; // скинути прапор падіння
if (millis () - fallTimer > FALL_DELAY) { // якщо настав час наступного
падіння
    fallFlag = 1; // підняти прапор
    fallTimer = millis ();
}

// якщо дозволена ручна настройка рівня гучності
if (MANUAL_LOUD) loud = map (analogRead (POT_PIN), 0, 1023, 0, 150);

// якщо дозволена авто настройка рівня гучності
if (AUTO_LOUD) {
    if (millis () - loudTimer > 10) { // кожні 10 мс
        maxValue_f = maxValue * k + maxValue_f * (1 - k);
        // якщо максимальне значення більше порога, взяти його як максимум для
відображення
        if (maxValue_f > LOW_PASS) loud = (float) MAX_COEF * maxValue_f;
        // якщо немає, то взяти поріг побільше, щоб шуми взагалі не проходили
        else loud = 100;
        loudTimer = millis ();
    }
}
}

void analyzeAudio () {
    for (int i = 0; i < FHT_N; i++) {
        int sample = analogRead (AUDIO_IN);
        fht_input [i] = sample; // put real data into bins
    }
}

```

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

```

fht_window (); // window the data for better frequency response
fht_reorder (); // reorder the data before doing the fht
fht_run (); // process the data in the fht
fht_mag_log (); // take the output of the fht
}

```

3.3 Тестування

Спочатку для перевірки чи пристрій взагалі працює він був під'єднаний до джерела живлення через блок із напругою 5В і підключений до ноутбука через AUX кабель. Далі була включена композиція You're mine сучасного композитора із псевдонімом Carpenter Brut. Результат цього можна побачити на рисунку 3.2.

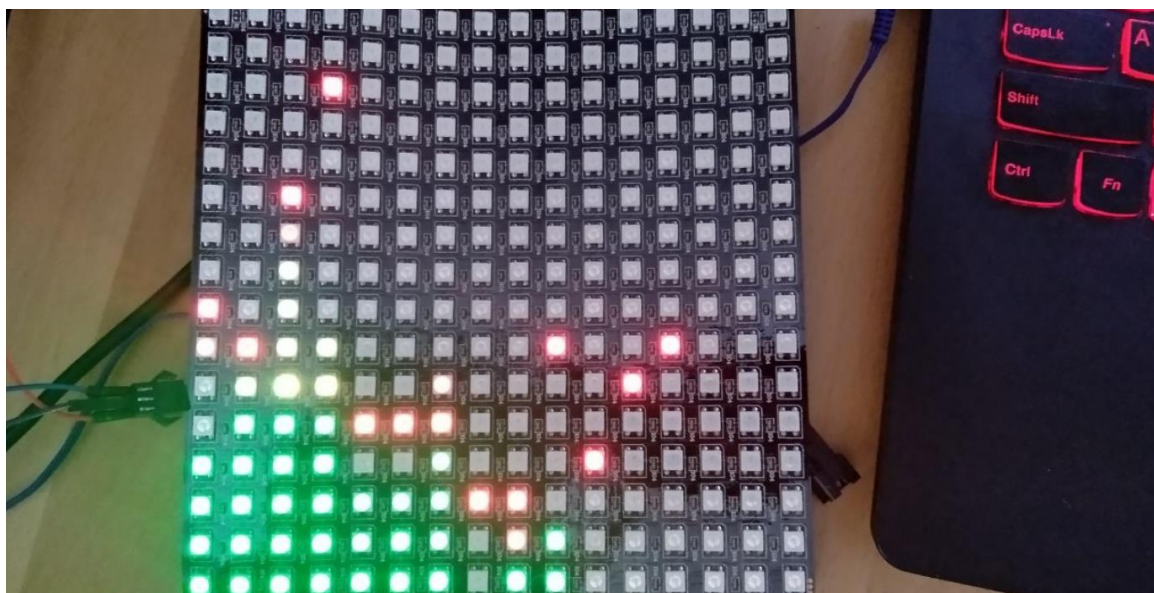


Рисунок 3.2 - Демонстрація роботи пристрою

Далі, щоб переконатися у правильності роботи пристрою було запущено онлайн генератор частот у трьох різних ітераціях:

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

1. В цьому випадку онлайн генератор не працює (рис. 3.3).
Перевіряється, як буде вести себе підключений пристрій при повній тишині
(рис. 3.4).

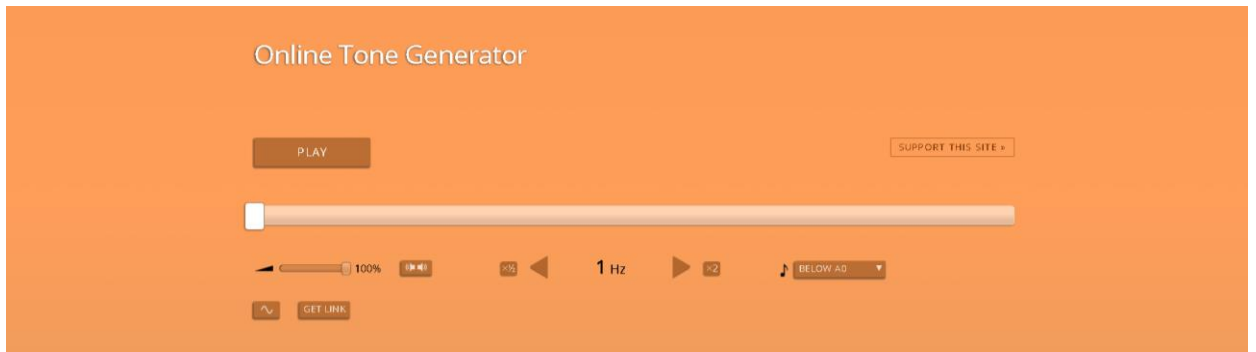


Рисунок 3.3 - Генератор частот “мовчить”

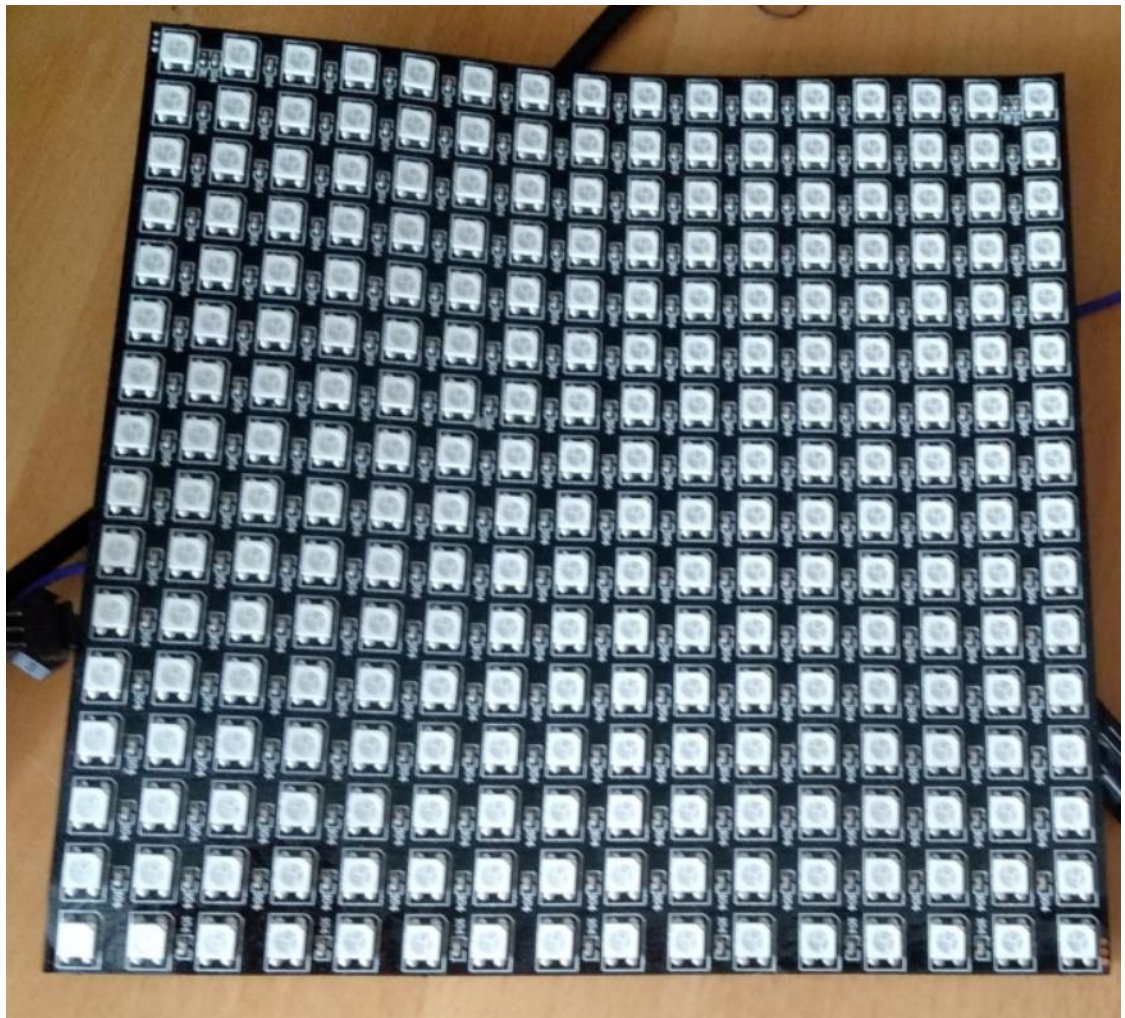


Рисунок 3.4 - Робота пристрою без частот

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

2. В цьому випадку перевіряється робота пристрою на досить низьких частотах (рис. 3.5 та 3.6).

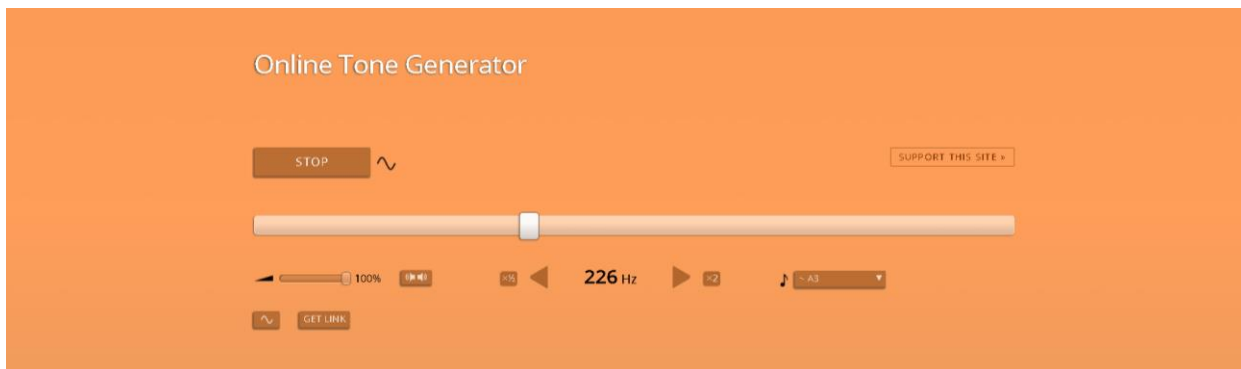


Рисунок 3.5 - Генератор працює на низьких частотах

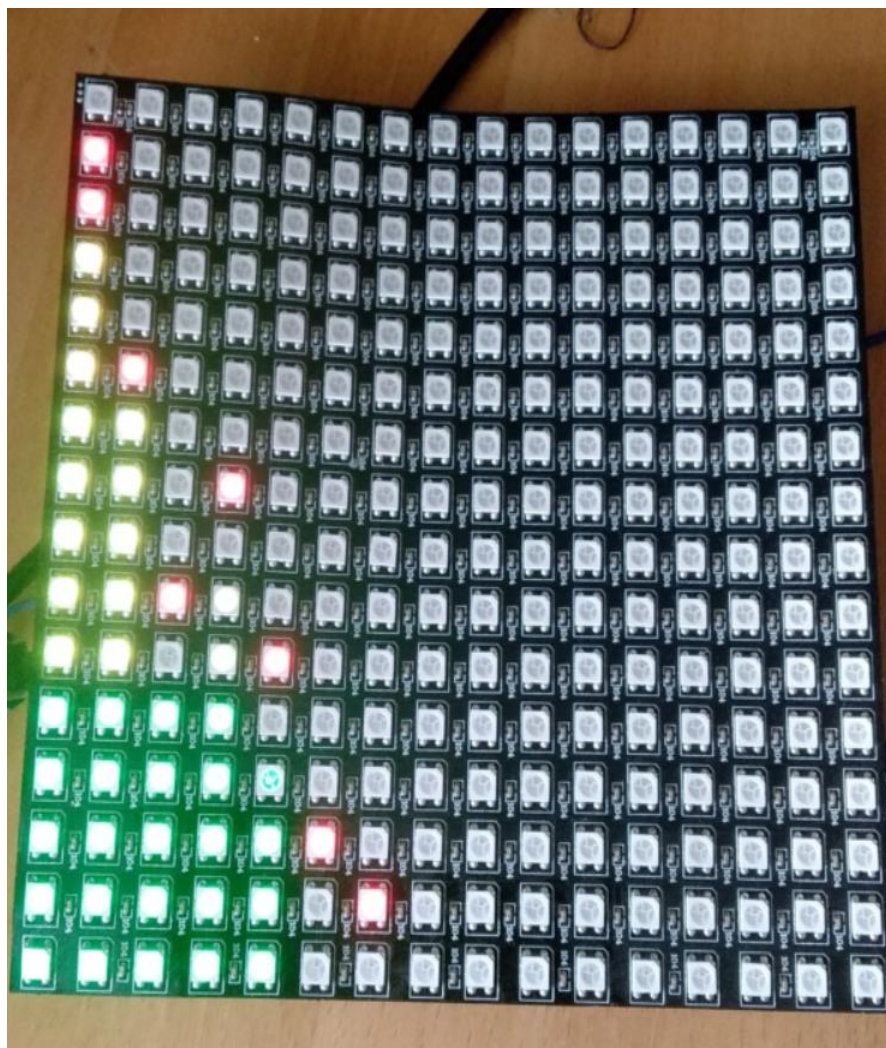


Рисунок 3.6 - Робота пристрою при низьких частотах

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3. В цьому випадку перевіряється робота пристрою при досить високих частотах (рис. 3.7 та 3.8).

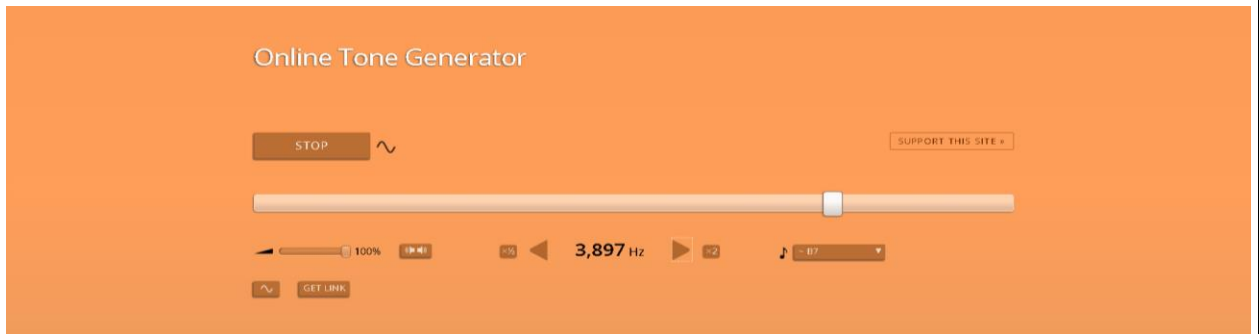


Рисунок 3.7 - Генератор працює на високих частотах

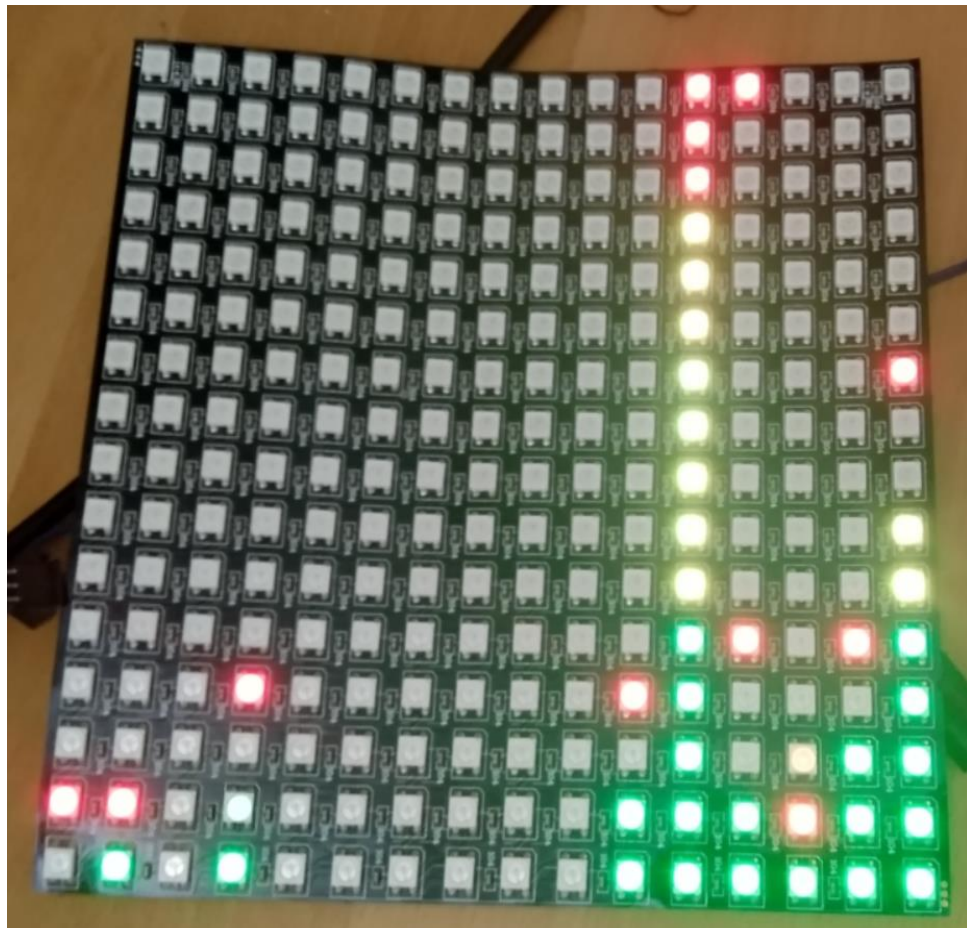


Рисунок 3.8 - Робота пристрою при високих частотах

Як можна побачити із рисунків, пристрій працює правильно, хоч і з малими погрішностями, які можна списати на нестабільність подачі живлення від розетки.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Охорона праці – це діюча на підставі відповідних законодавчих та інших нормативних актів система соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Тематика кваліфікаційної роботи орієнтована на розробку програмного забезпечення, тож основна робота пов'язана із написанням програмного коду за комп'ютером. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 № 65. Загальна площа приміщення, де працює програміст складає 15 м², висота стелі складає 3 м. Робоче місце програміста обладнане столом площею 1,1 м², а також системним блоком, клавіатурою, принтером, мишкою та іншими периферійними пристроями. Площа робочого місця не повинна бути меншою за 6м², а об'єм не менший за 20м³. Площі та об'єму даного приміщення вистачає для розташування двох робочих місць. Небезпечними для програміста під час роботи можуть бути такі чинники, як неоптимальна температура повітря, високий рівень електромагнітного випромінювання, розумове перенавантаження, недостатня освітленість робочого місця.

До основних параметрів за якими визначають мікроклімат у приміщенні відносять такі: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря. Виміряні за допомогою приладів (психрометр Августа) дані наступні: температура повітря – 22°C, відносна вологість – 50% Отримані результати дослідження відповідають нормам, наведених у таблиці 4.1.

43					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Трач Р.Р.				РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Ясній О.П.						43	
Консульт	Пилипець М					ТНТУ, ФІС, СІс-44		
Н.Контр.	Тиш С.В.							
Затв.	Осухівська							

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату у робочій зоні

Тип	Температура, С	Відносна вологість повітря, %	Шкідливість руху повітря, м/с
Внутрішнє приміщення	22 – 25	45 – 60	0,1

Нормованим параметром природного освітлення згідно ДБН В. 2.5 –28: 2018 є коефіцієнт природного освітлення (КПО). Робота програмістів належить до IV рівня зорових робіт, де мінімальний розмір об'єкту розрізнення являє собою 0,5-1,0мм. Для даного типу робіт мінімальна освітленість повинна становити від 300 до 500 лк. У результаті вимірювання люксометром Ю-116 рівень освітленості робочої зони складає 310 лк, що відповідає нормам. Штучне освітлення повинно здійснюватись у формі світильників, розміщених збоку від працівника. Для того, щоб визначити кількість світильників у приміщенні, потрібно визначити світловий потік за формулою 4.1.

$$F = \frac{ESKZ}{n}, \quad (4.1)$$

де E – мінімальна освітленість, складає 300 лк;

S – площа приміщення;

K – коефіцієнт запасу, котрий враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації, K=1,5;

n – коефіцієнт використання світлового потоку.

Індекс приміщення обчислюється за формулою 4.2.

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (4.2)$$

де S-площа приміщення, $S=15\text{м}^2$;

h–висота стелі, $h = 3 \text{ м}$,

A – ширина приміщення, $A= 3\text{м}$,

B – довжина приміщення, $B = 5\text{м}$.

В результаті обчислень отримаємо $i=0,63$. Тоді $n = 0,37$. Підставивши всі значення отримаємо формулу 4.3.

$$F = \frac{300 * 15 * 1.5 * 1.1}{0.37} = 20\ 067 \text{ Лм}. \quad (4.3)$$

Для штучного освітлення використаємо люмінесцентні лампи типу ЛБ-36. Світловий потік даного типу ламп становить $F = 2800 \text{ Лм}$. У результаті розрахунків знадобиться 7 ламп для забезпечення нормального освітлення у приміщенні.

У робочому приміщенні існують шуми аеродинамічного та механічного походження. Окрім ПК рівень шуму збільшують периферійні пристрої, котрі знаходяться в приміщенні. Допустимий рівень шуму на робочому місці програміста дорівнює 50 дБА. Рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, котрі увімкнені одночасно, підраховується на основі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел і визначається за формулою 4.4:

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$L=10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 \cdot L_i}, \quad (4.4)$$

де L_i – рівень звукового тиску i -го джерела шуму; n – кількість джерел шуму.

У таблиці 4.2 наведено рівні звукового тиску від різних джерел.

Таблиця 4.2 – Рівні звукового тиску від різних джерел.

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Жорсткий диск	45
Вентилятор	45
Принтер матричний	55

Рівень шуму для даної лабораторії в якій працює програміст наведено у розрахунку (4.5).

$$L= 10\lg(10^{4,5}+10^{4,5}+10^{5,5} +10^{5,0})=44,2 \text{ дБ.} \quad (4.5)$$

Отже, рівень шуму в лабораторії, відповідає санітарним нормам приміщень.

4.2 Розробка заходів з охорони праці

Для підтримання належних мікрокліматичних умов у приміщенні потрібно використовувати водяне опалення у холодну пору року та забезпечити кондиціонування повітря в теплу пору року.

Під час аналізу освітлення на робочому місті програміста було встановлено, що воно відповідає встановленим нормам, однак, для покращення умов праці рекомендується скласти графік, де передбачити очищення віконних блоків і світильників не менше 2 разів на рік.

Для зниження рівня шуму рекомендується використовувати звукопоглинаючі матеріали, екранувати робочі місця, раціонально планувати приміщення, а також встановити сучасне обладнання із меншим шумовим забрудненням навколишнього середовища.

Для захисту від електричного ураження струмом рекомендується проводити інструктаж по техніці безпеки для персоналу, а також провести заземлення корпусу ПК та забезпечити діелектричними щитами заземлені конструкції, що знаходяться на робочому місці, наприклад водопровідні труби. Також потрібно забезпечити приєднання металевих корпусів устаткування до жили, що заземлює. Заземлення корпусу ПК забезпечити підведенням жили, що заземлює, до розеток. Опір заземлення 4 Ом, згідно (ПУЕ) для електроустановок з напругою до 1000 В. Для зменшення накопичення статичної електрики застосовувати зволожувачі та спеціальні нейтралізатори, а також нанести на підлогу антистатичне покриття [15].

Будівля та приміщення, де розміщені комп'ютери, ЕОМ, монітори, периферійні пристрої, повинні відповідати вимогам пожежної безпеки, встановленими Державними будівельними нормами «Пожежна безпека об'єктів будівництва», затвердженими наказом Держбуду України від 03.12.2002 № 88 (ДБН В.1.1.7-2002). У електророзетках і штепсельних з'єднаннях, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, повинні знаходитись спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника [15]. По конструктивних характеристиках будинок можна віднести до будинків з несучими і огорожуючими конструкціями із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону. Для недопущення виникнення пожежі рекомендується:

- періодично проводити огляд електропроводки, розеток, вимикачів;
- дотримуватись правил пожежної безпеки.

4.3 Безпека життєдіяльності

Виробничі аварії можуть бути різноманітними. Причинами їх можуть бути: стихійні лиха (землетруси, зсуви, повені, пожежі тощо). а також порушення технології виробництва і правил техніки безпеки.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Найбільш типовими наслідками аварій можуть бути: вибухи, пожежі, затоплення, завали шахт, зараження навколишнього середовища сильнодіючими отруйними речовинами.

Під стихійним лихом розуміють таке явище природи, яке не може бути відвернуте і характеризується порушенням нормальної життєдіяльності значної групи населення, загрози для їх життя, руйнуванням чи затопленням та знищенням матеріальних цінностей. До них відносяться: повені; потоки; урагани; зсуви; землетруси та інші.

До стихійних лих відносяться також масові лісові пожежі по тим втратам, які вони завдають народному господарству і великій небезпеці для населення, що проживає у районах, охоплених пожежами.

Крупними аваріями на промислових підприємствах вважаються надзвичайні пригоди, які викликають раптову зупинку роботи. створюють небезпеку для життя людей і можуть призвести до руйнування виробничих будівель, ушкодження чи знищення устаткування, сировини і готової продукції, а також до зараження місцевості отруйними речовинами і загазованості атмосфери. Наслідком аварій, а іноді і причиною їх можуть бути вибухи і пожежі.

Такі стихійні явища природи, крупні аварії у промисловості і на транспорті, які спричинили загибель людей, великі руйнування і знищення матеріальних цінностей, відносяться до категорії катастроф.

Крупні виробничі аварії і катастрофи можуть призводити до загибелі людей і завдавати відчутних втрат народному господарству.

Тому забезпечення безаварійної роботи підприємств слід розглядати як важливу державну справу, яка потребує повсякденної уваги керівництва. інженерно-технічних працівників. Аварії можуть трапитися на будь-яких промислових підприємствах і на транспорті, унаслідок безвідповідального відношення до своїх обов'язків усіх посадових осіб. а також робітників і службовців підприємства і недодержання ними правил техніки безпеки.

Однак, найбільшу небезпеку являють собою об'єкти. що виробляють чи застосовують у технології сильнодіючі отруйні речовини, вибухо і пожежонебезпечні матеріали і продукти. Небезпечними об'єктами є також

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

склади, бази, залізничні станції і порти, де зберігаються чи маються запаси цих матеріалів і продуктів. Аварії можуть трапитися унаслідок:

- стихійних лих;
- допущення прорахунків у проектуванні будівництві і обладнанні підприємства;
- введення в експлуатацію промислових об'єктів з великими недоробками і відступами від проектів;
- прийняттям в експлуатацію вентиляційних систем без випробування на ефективність їх роботи;
- недоробок по техніці безпеки і охороні праці.

Вони можуть бути також наслідком порушення технологічного процесу, несправності електропроводки і недостатнього впровадження надійних систем пожежогасіння.

Аварії виникають і унаслідок необачного поводження з вогнем.

Крім того, причинами аварії можуть бути: порушення вимог і правил техніки безпеки: низька трудова і технологічна дисципліна, відсутність належного контролю за процесом виробництва.

Аналіз причин аварій показує, що вони виникають головним чином унаслідок поганої навченості персоналу, допущеної халатності, порушень технологічного процесу виробництва і правил техніки безпеки.

Для запобігання аваріям на промислових підприємствах і транспорті заздалегідь розробляються і здійснюються організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості і безаварійності роботи.

Вивчення причин виникнення аварій і всебічна оцінка ступеня їх небезпечності дасть можливість правильно визначити заходи, що до їх попередження, передбачити необхідні дії по захисту людей і зниженню втрат.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ВИСНОВКИ

Метою цієї роботи є створення пристрою для аналізу аудіо спектру на Arduino з використанням швидкого перетворення Хартлі. В цьому розділі було описано всі задіяні компоненти Arduino, а також розкрито принцип роботи швидкого алгоритму перетворення Хартлі і його перевагу над швидким перетворенням Фур'є. Використані засоби ідеально підходять для виконання поставленої задачі.

В ході виконання роботи було розроблено структурну та функціональну схеми аналізатора аудіо спектру, принципи, а також алгоритм його роботи. На основі цього було створено пристрій, а також протестовано його правильність його роботи.

					КС КРБ 123.180.00.00 ПЗ	Арк
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельник А.О., Ахмад Аль-Кхатіб, Апаратно-орієнтовані процесори швидких ортогональних перетворень. *Вісник львівської політехніки: Комп'ютерні системи та мережі*, 2000, С. 61-68. URL: <http://science.lpnu.ua/csn/all-volumes-and-issues/number-385-2000/aparatno-oriientovani-procesori-shvidkih-ortogonalnih>
2. Алдошина І.А. Основы психоакустики, 1999. URL: https://nsk.jagannath.ru/users_files/books/Osnovy_psihoakustiki.pdf
3. User Manual UM0101X-E02A 2016 SIGLENT TECHNOLOGIES CO., LTD. URL: https://siglentna.com/USA_website_2014/Documents/UserManual/SSA3000X_User%20Manual_UM0703X_E02B.pdf
4. Аналізатор спектра Judith B, 2014. URL: <http://robocua.blogspot.com/2014/04/judith-b.html>
5. Hou. The Fast Hartley Transform Algorithm. In *IEEE Transactions on Computers*, vol. C36, no. 2, pp. 147156, Feb. 1987. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1676877>
6. The ALR 20MHz FlexCache 20386 proves that you don't have to be based in Texas to build the world's fastest PCs, 2018. URL: <https://archive.org/details/byte-magazine-1988-08/page/n111/mode/2up>
7. Implementation of Parallel Fast Hartley Transform (FHT) Using Cuda, *Journal of Computer Sciences and Applications*, 2014. URL: <http://www.sciepub.com/JCSA/abstract/1701>.
8. Барсуков А.Н., Безкоровайний П.Ю., Клименко А.М., Любченко Н.Ю., Мирко Е.К. та інші, «Системи обробки інформації», 2016 URL:
9. Аналізатор спектру SIGLENT SSA3021X. URL: https://itrgroup.com.ua/siglent-ssa3021x?gclid=EAiaIQobChMI-c3Avf2a6QIVAhUYCh1NWw42EAQYAiABEgKFEfD_BwE

10: Эквалайзер Behringer FBQ1502HD.URL: https://upsound.com.ua/behringer-fbq1502?gclid=EAIaIQobChMIjPPWvICb6QIVjpQYCh2M5gWoEAQYCCABEGK4APD_BwE

11. FBQ1502 BEHRINGER Эквалайзер.URL: <http://audio-video.ru/catalog/zvukovoe-oborudovanie/pribory-obrabotki-zvuka/ekvalayzery/pribor-obrabotki-zvuka-behringer-fbq1502>

12. Кит анализатора спектра Judith B. SMF © 2006-2009, Simple Machines LLC.URL: <http://www.diyaudio.ru/forum/index.php?topic=1396.0>

13.Arduino FHT Library 2016

.URL:<http://wiki.openmusiclabs.com/wiki/ArduinoFHT>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“___” _____ 2021 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА «АНАЛІЗАТОР АУДІОСПЕКТРУ»

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 6 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ д.т.н., проф. Ясній О.П.

«___» _____ 2021 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-44

_____ Трач Р.Р.

«___» _____ 2021 р.

Тернопіль 2021

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система «Аналізатор аудіоспектру».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.180.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІс-44, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Трач Роман Русланович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4.7-97 від 10.02.2021 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 10.02.2021 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2021 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ІСО, ГОСТ, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система «Аналізатор аудіоспектру» призначена для візуального контролю аудіоспектру звукового сигналу.

2.2 Мета створення системи

Мета створення є створення пристрою для аналізу аудіоспектру на Arduino з використанням швидкого перетворення Хартлі.

Основні задачі, які потрібно вирішити при реалізації інтелектуального асистента полягають в наступному:

- провести аналіз предметної області;
- розробити електричну принципову схему аналізатора;
- вибір алгоритму реалізації програми;

- протестувати функціональність стенду.

2.3 Характеристика об'єкту

2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

До основних задач і функцій, які повинен вирішувати аналізатор спектру:

- забезпечити неперервний процес контролю аудіосигналу в спектральній формі.

Основними функціями комп'ютеризованої системи є автоматизація та емуляція роботи спектрометра, а також зменшення видатків на його виготовлення.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

В цілому, вимоги до комп'ютеризованої системи «Аналізатор аудіоспектру» можна поділити на декілька категорій, до складу яких входять такі їхні екземпляри:

- функціональність інтерфейсу користувача;
- можливість адекватної реакції на отриманий сигнал;
- ефективність використання апаратних ресурсів проектованої комп'ютеризованої системи;
- надійність системи.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Вимоги до комп'ютеризованої системи «Аналізатор аудіоспектру» включають такі характеристики її якості як.

1. Функціональність системи:

- можливість перестроювання на різні рівні вхідного сигналу;
- можливість налаштування параметрів.

2. Продуктивність роботи:

- час безперервної роботи інтелектуального асистента повинен становити 24/7;
- час реакції системи на рівні до 1-ї секунди;
- час одержання результату не повинен перевищувати 2-ох секунд.

3. Надійність комп'ютеризованої системи:

- функціональна завершеність системи;
- надійність безвідмовної роботи.

4. Зручність використання:

- стандартизація елементів керування комп'ютеризованої системи;
- наявність довідкових матеріалів щодо використання системи;
- доступне вікно користувача.

Наведені вище вимоги повинні реалізуватись за допомогою як програмного, так і апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи.

3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностування комп'ютеризованої системи повинно проводитись у відповідності до визначеного графіку.

3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

Модернізація і перспективи розвитку полягають у використанні новітніх мікропроцесорів. Окрім цього, можливе розширення функціональності – додавання додаткових елементів керування.

3.1.4 Вимоги до надійності системи

Комп'ютеризована система повинна відповідати вимогам частини 3 п.

3.1.1.

3.1.5 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Основними вимогами до функцій і задач, які виконує комп'ютеризована система належить:

- можливість контролю різних рівнів та форм сигналів;
- адекватність реакції на вхідний сигнал;
- висока продуктивність функціонування;
- авторизований доступ до ресурсів комп'ютеризованої системи;
- зручність та звичність використання.

3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

- на основі плати Arduino;
- роз'єм для AUX кабеля.

3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

- програма на C++.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 1. Структурна схема.
 2. Функціональна схема.
 3. Електрична принципова схема.
 4. Електрична принципова схема.

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка та аналіз технічного завдання	10.02-21.02.2021
2	Призначення аналізатора аудіоспектра	21.02-07.03.2021
3	Принципи роботи аудіо аналізаторів	08.03-20.03.2021
4	Вибір компонентів системи	20.03-26.03.2021
5	Розробка алгоритму та програми	27.03-10.04.2021
6	Тестування системи	04.05-20.05.2021
7	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	20.05-27.05.2021
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	27.05-10.06.2021
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.06-20.06.2021
10	Захист кваліфікаційної роботи	22.06-27.06.2021

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Познач.	Найменування	К-сть.	Примітка
A1	Матриця WS2812b	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1, C3	КМ4 МПО 100n ±5%	2	
C2	КМ4 МПО 10n ±5%	1	
	<u>Резистори</u>		
R1, R2, R3	МЛТ- 0,125 -10кОм ГОСТ 7113-83	4	
R4			
R5	МЛТ- 0,125 220Ом ГОСТ 7113-83м	1	
VD1	Діод CD 206. S01575	1	
XTAL	Кварцовий осцилятор CSTOE 16М. 16 МГц	1	
DA1	Мікросхема ATMEGA 328P - PU	1	
D1	Динамік	1	

КС КРБ 123.180.00.01 ЕЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Грач Р.Р.			
Перев.	Ясній О.П			
Реценз.	Млинко Б			
Н.контр.	Тиш Є. В			
Затв.	Осухівська			
Принципова електрична схема пристрою на основі ATMEGA 328P - PU. Перелік елементів.				Літ. н
				Аркуш
				Аркушів 1
				ТНТУ, ФІС, СІс-44