

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНИКИ**

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньою-професійною програмою «Інтелектуальні технології мікро-
системної радіоелектронної техніки»**

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

на тему: «Мп3 плеєр на базі мікроконтролеру AVR»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РІ-п91

Гайдай Артем Вікторович

Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Керівник:

Доц., к.т.н. Дюжаєв Леонід Петрович

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Рецензент:

Доц. к.т.н., Піддубний Володимир Олексійович

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____



Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Гайдай Артем Вікторович

1. Тема проєкту «Мп3 плеєр на базі мікроконтролеру AVR», керівник проєкту Доц., к.т.н. Дюжаєв Леонід Петрович, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 18 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту: Час автономної роботи близько 50 годин, робочі температури -20 до + 40°C, габаритні розміри 100x110x40мм, умови експлуатації на відкритому просторі або в неоплуківних спорудах.
4. Зміст пояснювальної записки Вступ, Огляд існуючих рішень, Опис схематехнічного рішення, Обґрунтування елементної бази, Розробка друкованого вузла, Розробка конструкції пристрою, Висновки, Перелік джерел посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (Схема електрична принципова, Складальне креслення ДП, Складальне креслення пристрою, Друкована плата.)
6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|-------|--|---------------------------------|----------|
| 1 | Розробка та аналіз ТЗ | 16.05.2022-18.05.2022 | виконано |
| 2 | Огляд наявних рішень | 19.05.2022-23.05.2022 | виконано |
| 4 | Опис схемотехнічного рішення | 23.05.2022-26.05.2022 | виконано |
| 5 | Обґрунтування елементної бази | 27.05.2022-30.05.2022 | виконано |
| 6 | Розробка друкованого вузла | 31.05.2022-06.06.2022 | виконано |
| 7 | Розробка конструкції приладу | 07.05.2022-10.06.2022 | виконано |
| 8 | Розрахунки надійності | 11.05.2022-13.06.2022 | виконано |
| 9 | Програмне забезпечення | 13.06.2022-15.06.2022 | виконано |
| 10 | Оформлення текстової та графічної документації | 16.05.2022-18.06.2022 | виконано |

Студент



Гайдай Артем Вікторович

Керівник



Дюжаєв Леонід Петрович

АНОТАЦІЯ

На основі технічного завдання було обрано елементну базу, розроблено схемотехнічне рішення мп3 плеєра на базі мікроконтролеру AVR.

Пристрій здатен відтворювати музичні файли в автономному режимі, має мінімалістичний дизайн та зручне розташування елементів керування приладом.

Загальний обсяг роботи складає 41 сторінок, 25 ілюстрацій, 2 таблиці, 4 додатки та 17 посилань

Ключові слова: Мп3 плеєр, відтворювання звуку, мікроконтроллер.

ANNOTATION

Based on the technical task, the element base was selected, the circuit solution of the mp3 player based on the AVR microcontroller was developed.

The device is able to play music files offline, has a minimalist design and convenient location of the device's controls.

The total volume of the work is 41 pages, 25 illustrations, 2 tables, 4 appendices and 17

Key words: MP3 player, sound reproduction, microcontroller.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Мп3 плеєр на базі мікроконтролеру AVR»

Київ — 2022 року

Зміст

| | |
|---|----|
| Зміст..... | 8 |
| Перелік скорочень..... | 2 |
| Вступ..... | 3 |
| Огляд існуючих рішень | 4 |
| 1.1 Головна ідея мп3-плеєру | 4 |
| 1.2 Існуючі рішення | 4 |
| 1.3 Головна ідея, та мета пристрою..... | 7 |
| 1 Опис схемотехнічного рішення | 8 |
| 2 Обґрунтування елементної бази..... | 11 |
| 2.1 Вибір пасивних елементів | 11 |
| 2.1.1 Вибір резисторів..... | 11 |
| 2.1.2 Вибір конденсаторів | 11 |
| 2.1.3 Вибір кнопок..... | 13 |
| 2.1.4 Вибір роз'ємів на платі..... | 13 |
| 2.1.5 Вибір роз'єму для підключення штекерів mini Jack 3.5 mm ... | 14 |
| 2.1.6 Вибір роз'єму живлення..... | 15 |
| 2.1.7 Вибір роз'єму для мікро SD card | 15 |
| 2.2 Вибір активних елементів | 15 |
| 2.2.1 Вибір керуючої мікросхеми | 15 |
| 2.2.2 Вибір виконавчої мікросхеми..... | 16 |
| 3 Розробка друкованого вузла | 18 |

| | | | | |
|--|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| Ріп91.467539.001 ПЗ | | | | |
| ЗМ. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
| Розробив | | Гайдай А.В. | | |
| Перевірів | | Дюжаев Л.П. | | |
| Н. Контр. | | Попсвй В.І. | | |
| Затвер- | | Дюжаев Л.П. | | |
| Мп3 плеєр на базі мік- роконтролеру AVR | | | | |
| | | Літ. | Лист | Листів |
| | | | 1 | |
| РІ-п91, РТФ | | | | |

| | |
|--|----|
| 3.1 Розрахунок площі друкованої плати..... | 18 |
| 3.2 Розрахунок ширини провідників для сигнальної лінії..... | 19 |
| 3.2.1 Розрахунок мінімального значення ширини друкованого провідника t1, у вузькому місці, мм..... | 19 |
| 3.2.2 Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм..... | 19 |
| 3.2.3 Мінімально допустима ширина провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%)..... | 20 |
| 3.2.4 Мінімально допустима ширина провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому..... | 20 |
| 3.2.5 Розрахунок зазорів S між елементами друкованого монтажу | 20 |
| 3.3 Розрахунок ширини провідників для силової лінії 3,3 В..... | 20 |
| 3.3.1 Розрахунок мінімального значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм..... | 20 |
| 3.3.2 Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм..... | 21 |
| 3.3.3 Мінімально допустима ширина провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%)..... | 21 |
| 3.3.4 Мінімально допустима ширина провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому..... | 21 |
| 3.4 Розрахунок мінімального діаметра перехідного отвора..... | 21 |
| 3.5 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати..... | 22 |
| 3.6 Вибір матеріалу друкованої плати..... | 22 |
| 3.7 Вибір класу точності друкованої плати..... | 22 |

| | | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|---|--|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | | |
| ЗМ. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | МпЗ плеєр на базі мікроконтролеру AVR | | |
| Розробив | | Гайдай А.В. | | | | | |
| Перевірів | | Дюжаєв Л.П. | | | | 1 | |
| Н. Контр. | | Попсвй В.І. | | | РІ-п91, РТФ | | |
| Затвер- | | Дюжаєв Л.П. | | | | | |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.8 | Трасування друкованої плати | 23 |
| 3.9 | Розрахунок резонансної частоти механічних коливань друкованої плати | 25 |
| 4 | Розробка конструкції пристрою | 27 |
| 4.1 | Ідея конструкції та опис конструкції | 27 |
| 4.2 | Розробка конструкції у середі SolidWorks | 28 |
| 4.3 | Розрахунок надійності | 31 |
| 5 | Програмне забезпечення | 34 |
| 5.1 | SPI | 34 |
| 5.1.1 | Загальні відомості | 34 |
| 5.1.2 | Керуючі регістри | 35 |
| 5.1.3 | Програмний код | 36 |
| | Висновки | 38 |
| | Перелік джерел посилання | 39 |
| | Додатки | 41 |
| | Додаток А | 42 |
| 1 | Технічне завдання | 42 |
| 1.1 | Назва та підстава для виконання | 42 |
| 1.2 | Мета виконання і призначення розробки | 42 |
| 1.3 | Технічні вимоги | 42 |
| 1.3.1 | Показники призначення | 42 |
| 1.3.2 | Вимоги до надійності | 42 |
| 1.3.3 | Конструкції та експлуатації | 42 |

| | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------|--|--------------------|-------------|---------------|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | | | |
| <i>ЗМ.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>МпЗ плеєр на базі мікроконтролеру AVR</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Розробив</i> | <i>Гайдай А.В.</i> | | | | | | <i>1</i> | |
| <i>Перевірів</i> | <i>Дюжаєв Л.П.</i> | | | | | РІ-п91, РТФ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Попсвй В.І.</i> | | | | | | | |
| <i>Затвер-</i> | <i>Дюжаєв Л.П.</i> | | | | | | | |

| | |
|--|----|
| 1.3.4 Уніфікації і стандартизації..... | 43 |
| 1.3.5 Вимоги до життєдіяльності та стійкості до зовнішніх умов ... | 43 |
| 1.3.6 Дизайну, ергономіки та технічної естетики | 43 |
| 1.3.7 Експлуатації, зручності технічного обслуговування | 43 |
| 1.4 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля | 43 |
| 1.5 Транспортування і зберігання..... | 43 |
| 1.6 Вимоги до сировини, матеріалів і ПКВ | 43 |
| 1.7 Вимоги до консервації, пакування і маркування..... | 44 |
| 1.8 Вимоги до розроблюваної документації | 44 |
| Додаток Б | 45 |
| Додаток В | 48 |
| Додаток Г | 50 |

| | | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|---|--|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | | |
| ЗМ. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | МпЗ плеєр на базі мік- роконтролеру AVR | | |
| Розробив | | Гайдай А.В. | | | | | |
| Перевірів | | Дюжаєв Л.П. | | | | 1 | |
| Н. Контр. | | Попсвй В.І. | | | РІ-п91, РТФ | | |
| Затвер- | | Дюжаєв Л.П. | | | | | |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

TWI (Two Wire Interface) — двохпровідний інтерфейс

USART (Universal Asynchronus Receiver-Transmitter) — Універсальний асинхронний прийомо-передавач, який перетворює інформацію в двійковий код

SPI (Serial Peripheral Interface) — інтерфейс для послідовного обміну інформацією між мікросхемами.

ЦАП — Цифро-Аналоговий Перетворювач.

MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3) — формат для зберігання аудіоінформації.

DSP (Digital Signal Processor) — Цифровий Сигнальний Процесор

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|-----|
| | | | | | <i>Ріп91.467539.001 ПЗ</i> | Лис |
| | | | | | | 2 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

ВСТУП

У 1979 році презентувала перший плеєр, що миттєво став бестселером. Він був названий Walkman TPS-L2. Пристрій працював на батарейках, мав невеликі розміри і лише одну функцію: відтворення музики.

Головне призначення плеєра було слухати улюблені хіти в дорозі. Можливості запису або копіювання музики в початковому пристрої не були. Щоб переписувати пісні з касети на касету, використовувалися громіздкі магнітофони.

Наступною сходинкою розвитку стали цифрові плеєри. Загалом цифровий аудіоплеєр складається з пристрою зберігання файлів, вбудованого процесора та мікрочіпа для перетворення стисненого звуку з файлу на аналоговий звуковий сигнал.

Більшість аудіоплеєрів розраховані на живлення від акумулятора, деякі з яких не підлягали заміні користувачем. Багато хто має роз'єм 3,5 мм. Музику можна слухати з навушниками або зовнішнім динаміком. Деякі пристрої мають вбудовані динаміки, хоча вони зазвичай дуже низької якості.

Більшість цифрових плеєрів має екран, хоча є винятки, наприклад, iPod shuffle. Також є набір елементів керування, за допомогою яких користувач може переглядати бібліотеку музики, що міститься на пристрої, вибрати файл та відтворити його. Дисплей може бути простим монохромним РК на зразок тих, що зустрічаються на калькуляторах, або великим повнокольоровим дисплеєм, здатним відображати фотографії та відео.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 3 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Головна ідея мп3-плеєру

Навіщо мп3 плеєр в 2022 році? Якщо в заміні у кожної людини є багатофункціональний смартфон, з доступом до інтернету, великою кількістю внутрішньою пам'яті, та можливістю збільшити її в декілька разів за допомогою зовнішніх накопичувачів і звичайно можливістю не тільки прослуховувати музику, а й дивитися відео та грати в ігри. В протигагу всьому цьому постає деяка проблема, а саме час роботи смартфона в автономному режимі (від акумулятору). Оскільки чим більший функціонал має смартфон, тим більше енергоспоживання він має.

За поширеними даними навантаження в звичайному користуванні смартфоном становить приблизно 200 мА. В режимі очікування споживання становить близько 30 мА. В режимі найбільшого навантаження, воно може досягати величини в 900 мА. Якщо взяти до прикладу середній смартфон з ємністю акумулятора в 2500 мА*ч. То виходить, що в режимі очікування смартфон працюватиме $(2500 \text{ мА*ч} / 30 \text{ мА})$ близько 80 годин. В звичайному режимі $(2500 \text{ мА*ч} / 200 \text{ мА})$ близько 12 годин. Та в режимі навантаження $(2500 \text{ мА*ч} / 900 \text{ мА})$ близько 3 годин. А якщо взяти до уваги що ці режими дуже швидко чередуються то можна зробити висновок що такий смартфон буде працювати в середньому 20 годин в автономному режимі.

Мп3 плеєри надають змогу прослуховувати музичні композиції, в кращій якості їх відтворення, та на протязі більшого часу. В додаток до цього вони мають єдину функцію — прослуховування музики. Що впливає на їхні габарити, та зовнішній вигляд, який проповідує дизайн функціональності.

1.2 Існуючі рішення

Існуючі рішення розглянемо на прикладі 3 варіантів конструкції та їхніх характеристик в залежності від цінової категорії.

Першим розглянемо мп3-плеєр Apple iPod Рисунок 1.1, це сучасний багатофункціональний пристрій. В своєму функціоналі має не тільки відтво-

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 4 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

рення музичних файлів, а й наявністю користування месенджерів, підключення до інтернету, блютуз, камера та дозволяє керувати всім цим за допомогою сенсорного екрану.

Головна характеристика, на яку потрібно звернути увагу це час роботи в автономному режимі. Дозволяє відтворювати музичні файли до 40 годин, а відтворення відео файлів до 8 годин.



MP3-плеер Apple iPod touch
7Gen 32GB Space Gray

★★★★★ 5 ОТЗЫВОВ

7 999€



Готов к отправке 

Рисунок 1.1 — Мп3 – плеер фірми Apple (1)

Усіма характеристиками та зовнішнім виглядом дана конструкція нагадує смартфон. Єдиним недоліком в цій перспективі є відсутність дзвінків.

Наступним розглянемо мп3-плеер фірми JNN Рисунок 1.2, має в своєму функціоналі наявність радіо, диктофону, перегляду відео форматів: AMV.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 5 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

AVI. Наявність зовнішнього динаміку. Bluetooth для обміну музичними файлами. Підтримка усіх популярних музичних форматів, та можливість керувати усім цим за допомогою сенсорної клавіатури.

ТОП ПРОДАЖ

Підтримка

MP3 плеєр JNN D1 Bluetooth
Hi-Fi 16Gb с внешним

★★★★★ 3 отзыва

1700€

1 399€

Есть в наличии

Рисунок 1.2 — Мп3-плеєр фірми JNN (2)

Дозволяє слухати музику протягом декількох десятків годин та має ергономічний розмір.

Останнім розглянемо бюджетний варіант Рисунок 1.3, який має підтримку всього лише двох форматів музичних файлів. Це WAV та MP3. Не має внутрішньої пам'яті, та відсутній дисплей. Дозволяє прослуховувати музику близько 10 годин, та має мінімальний розмір .

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 6 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

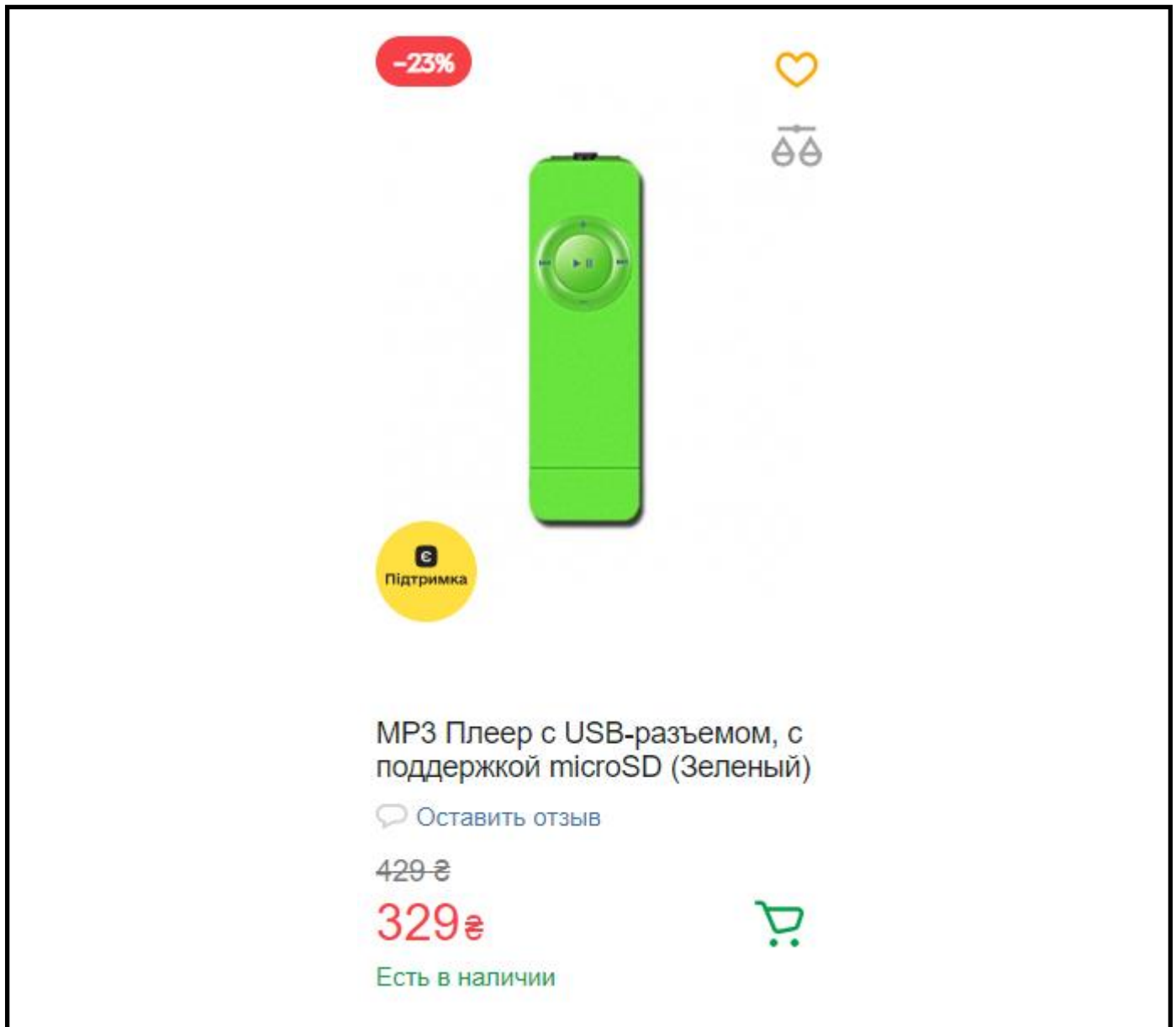


Рисунок 1.3 — Бюджетний варіант mp3 плеєра (3)

1.3 Головна ідея, та мета пристрою

З розглянутих варіантів, очевидним є те що до головної функції mp3 плеєру додають функції (диктофон, сенсорний екран, текстове спілкування, тощо), які уже наявні в смартфонах. Що підвищує енергоспоживання, і не дозволяє використовувати подібний гаджет в умовах недостатнього енергозабезпечення, та відсутністю інтернету та мобільного зв'язку. Хотілося б мати, пристрій який працював би тривалий час, та мав мінімалістичний дизайн.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 7 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

Живлення мікросхеми відбувається за допомогою фіксованого стабілізатору 1p2981-N який здатен видавати 3В стабілізованої напруги, яка є досить стабільною незалежно від діапазону температури -25 до 125°C.

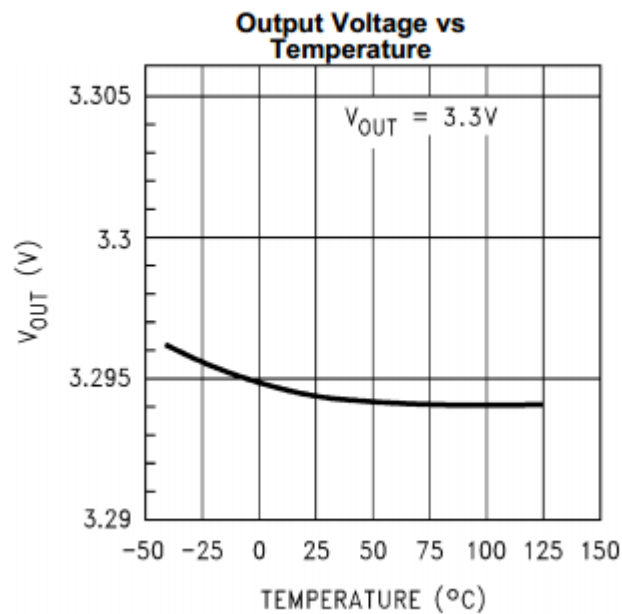


Рисунок 2.2 — Залежність напруги виходу від температури

Конденсатор С1 використовується для стабільності контуру стабілізатора. А Конденсатор С3 використовується в якості стабілізатора вихідних небажаних самозбуджень напруги.

Мікросхема vs1011e має на своєму вході живлення включені між напругою живлення та землею конденсатори електrolітичні С7, С10 та керамічні С9, С12. Включення керамічних конденсаторів дозволяє згладити короткочасні імпульсні шуми спричинені роботою цифрових мікросхем. Керамічні конденсатори в свою чергу згладять більш глибокі шуми напруги живлення.

Вихід мікросхеми під'єднано до інформаційного виходу mini jack 3.5 mm, за конструкцією до пристрою ми під'єднуємо різного роду динаміки для відтворення звуку. Паралельно до виходу підключені резистор з конденсатором що знову ж таки фільтрує сигнал від небажаних наведень які можуть виникати в процесі роботи схеми.

Для керування пристроєм передбачено 6 тактових кнопок, за допомогою яких можна: підвищувати та знижувати гучність, зупиняти програвання, про-

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 9 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

довжувати після зупинки, відмотувати назад програвання музичного файлу, та підвищувати рівень вихідного сигналу близько 15 дБ.

Інформаційним входом слугує роз'єм mmc/micro sd card, який дозволяє зчитувати інформацію з sd карти, після чого вона поступає на мікроконтроллер Atmega128, а після неї на vs1011e.

Для індикації стану програвання передбачений lcd дисплей, подача інформації (в тому числі керувального сигналу) на який відбувається з Atmega128. Для підсвітки дисплею необхідно включати вивід Led до GND.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | <i>Ріп91.467539.001 ПЗ</i> | <i>Лис</i> |
| | | | | | | 10 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

Елементну базу обрано за для забезпечення якомога менших габаритів друкованої плати. Оскільки схема не потребує елементів великої потужності, то можливості де це доступно орієнтувався на вибір елементів поверхневого монтажу. За для підбору елементної бази був використаний електронний ресурс (4).

3.1 Вибір пасивних елементів

3.1.1 Вибір резисторів

Обрані резистори фірми Yageo, в напівпровідниковому виконанні, корпус 0805.



Рисунок 3.1 — Резистор в корпусі 0805

Основні характеристики:

- номінальний ряд: 20 Ом – 1 МОм;
- точність: $\pm 10\%$;
- номінальна потужність: 0,125 Вт;
- максимальна напруга: 50В;
- робоча температура: $-55\dots+155^{\circ}\text{C}$.

3.1.2 Вибір конденсаторів

Конденсатори обрані фірми *Hitano*, та в напівпровідниковому виконанні, корпус 0805. Тип діелектрика кераміка.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 11 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 3.2 — Конденсатор в корпусі 0805

Основні характеристики:

- номінальний ряд: 33 пФ – 3,3 мкФ;
- точність: $\pm 10\%$;
- максимальна напруга: 50В;
- робоча температура: $-55\dots+125^{\circ}\text{C}$.

Електролітичні конденсатори були обрані теж фірми *Hitano*, тип монтажу поверхневий, тип корпусу В, з поміж наявних рішень має досить невеликий розмір і чудово підходить.



Рисунок 3.3 — Електролітичний конденсатор для поверхневого монтажу

Основні характеристики:

- номінальний ряд: 10 мкФ;
- точність: $\pm 20\%$;

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Ріп91.467539.001 ПЗ

Лис
12

- максимальна напруга: 16 В;
- робоча температура: -40...+85°C.

3.1.3 Вибір кнопок

При виборі кнопок орієнтувався на розміри та тип встановлення. Обрано тактову кнопку фірми KLS. Горизонтального типу встановлення. Оскільки корпус передбачає в своєму дизайні необхідні елементи. Попри те модель має посилене металічне кріплення до друкованої плати що підвищить час працездатності та допоможе уникнути будь яких механічних порушень.



Рисунок 3.4 — Кнопка тактова фірми KLS (5)

Основні характеристики:

- Термін експлуатації: 1000000 натискань;
- точність: $\pm 20\%$;
- максимальна напруга: 16 В;
- робоча температура: -20...+70°C.

3.1.4 Вибір роз'ємів на платі

Для з'єднання елементів з друкованою платою, які не розміщені на платі але передбачені конструкцією. Обрано роз'єм ХН2.54. Який безпосере-

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | <i>Лис</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 13 |

дньо розроблений як високо надійне та універсальне з'єднання. Даний тип роз'єму дозволить з'єднати між собою дисплей та акумулятор приладу.

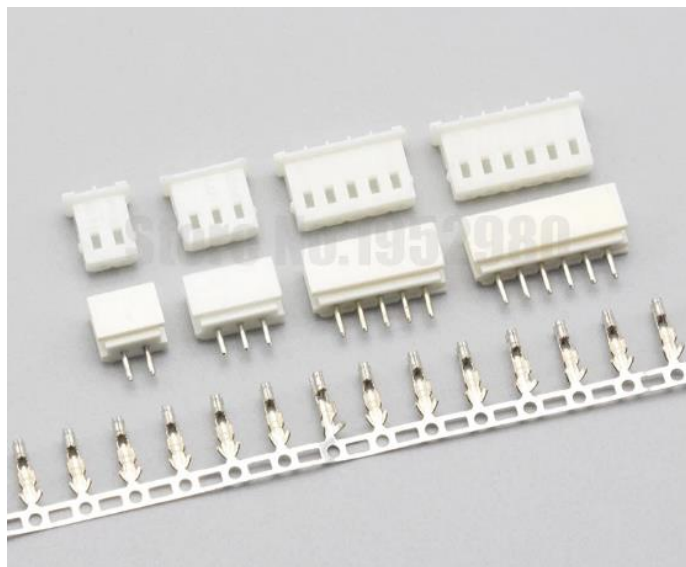


Рисунок 3.5 — Роз'єм ХН2.54 (6)

3.1.5 Вибір роз'єму для підключення штекерів mini Jack 3.5 mm

Для виводу звукової інформації було обрано роз'єм mini Jack 3.5mm фірми KLS. При виборі серед подібних аналогів орієнтувався на розміри. Дана модель має найменші розміри подібних роз'ємів.



Рисунок 3.6 — Роз'єм 3.5mm mini Jack (7)

— Може працювати в температурному діапазоні: -30...+70°C.

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Ріп91.467539.001 ПЗ

Лис
14

3.1.6 Вибір роз'єму живлення

Для підключення живлення обрано роз'єм USB Female Type A. Оскільки є достатньо поширеним, та надійним. Варіант встановлення обрано ТНТ.



Рисунок 3.7 (8)

Можна використовувати при температурі від -55 до +80°C.

3.1.7 Вибір роз'єму для micro SD card

За для отримання інформації для програвання обрано роз'єм під micro sd card. Має невеликі розміри. В своїй конструкції наявна пружина як при натисканні на sd card дозволяє швидко вилучити її та навпаки.



Рисунок 3.8 — Роз'єм для micro sd card (9)

3.2 Вибір активних елементів

3.2.1 Вибір керуючої мікросхеми

За для керування виконавчим блоком обрано мікросхему фірми Atmel Atmega128. Оскільки з поміж усіх варіантів дана мікросхема є доступною. В

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 15 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

додачу до цього всі мікроконтролери фірми Atmel мають подібну архітектуру що значно спрощує перенос коду. Існує безліч програмного забезпечення для програмування та підтримки проектів на її основі.



Рисунок 3.9 — Мікросхема Atmega128 в корпусі TQFP 64 (10)

Основні характеристики:

- 128 Кбайт внутрішньо системної перепрограмованої Flash-пам'яті;
- здатність працювати на частоті 16 МГц;
- два байт-орієтовані TWI;
- подвійно програмований USART;
- можливість працювати з SPI;
- 6 типів режиму очікування;
- Можливість налаштувати програмно частоту на якій працювати.

3.2.2 Вибір виконавчої мікросхеми

VS1011e являє собою однокристальну мікросхему декодера MPEG audio (MP3). Він має високопродуктивне ядро DSP з низьким енергоспоживанням, робочу пам'ять 5 КБайт оперативної пам'яті та 0.5 КБайт оперативної пам'яті для програмних додатків користувача, інтерфейси послідовного управління і виводу інформації, 4 виводи вхід-вивід загального призначення, а також високопродуктивний інтерфейс якісного стерео ЦАП з змінною частотою дискретизації, а також підсилювач для навушників і загальний буфер.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 16 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

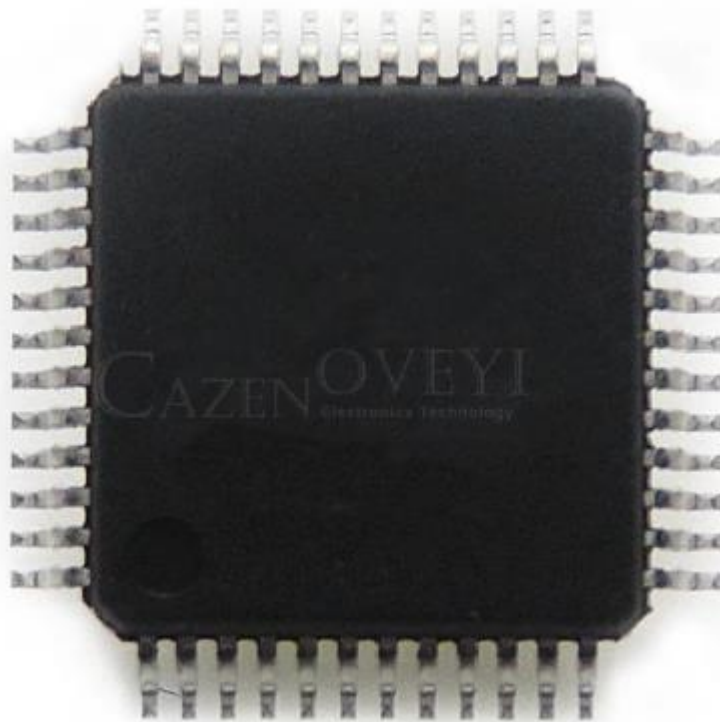


Рисунок 3.10 — Мікросхема VS1011e (11)

VS1011e отримує вхідний бітовий потік за допомогою послідовної шини, до якої підключений, як відомий пристрій. Це означає що VS1011e підпорядковується зовнішнім командам, які надходять від ведучого пристрою. Вхідний потік декодується та проходить через цифровий регулятор гучності на 18-бітний, сигма-дельта ЦАП. Декодування керується через послідовну шину керування, в доповнення є можливість додавання різного роду фільтрів, та еквалайзерів оперативну пам'ять призначену для цього.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 17 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

Описані всі рішення які є попередніми для повноцінної розробки друкованого вузла. Проведено трасування провідного рисунку та здійснені розрахунки на механічну стійкість.

4.1 Розрахунок площі друкованої плати

Таблиця 4.1 — Площа компонентів

| Елементи | Коефіцієнт, К | Ширина мм | Довжина мм | Кількість шт | Площа посадочних місць, мм ² |
|--------------------------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|--|
| Atmega128 | 2 | 16,25 | 16,25 | 1 | 264,1 |
| vs1011e | 2 | 9,2 | 9,2 | 1 | 85 |
| MMC/SD | 1,5 | 14,3 | 15 | 1 | 214,5 |
| lp2981-N | 1,5 | 3,05 | 3 | 1 | 9,15 |
| USB | 1,5 | 14,5 | 12,5 | 1 | 181,25 |
| Display nokia 5110 Роз'єм | 1,5 | 22,4 | 5 | 1 | 112 |
| Mini Jack 3.5mm | 1,5 | 14 | 5,3 | 1 | 74,2 |
| Конденсатор SMD | 1 | 2,2 | 1,5 | 13 | 42,9 |
| Конденсатор електролітичний | 1 | 7,4 | 6,8 | 2 | 100,64 |
| Резистор 0,5Вт SMD | 1 | 2,1 | 1,3 | 12 | 32,76 |
| Резонатор | 1 | 13 | 4,73 | 2 | 123 |
| Кнопка | 1 | 10,2 | 6 | 6 | 367,2 |
| Батерея роз'єм | 1 | 7,4 | 5 | 1 | 37 |

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Ріп91.467539.001 ПЗ

Лис

18

Розрахунок площі плати здійснюється виходячи з розрахунку площі елементів, що виконується за формулою:

$$S_{\text{елем}} = \sum S_{\text{мг}} + 1.5 \sum S_{\text{сг}} + 2 \sum S_{\text{вг}} + S_{\text{кр}}, \quad (1)$$

де

$S_{\text{мг}}$ — Площа малогабаритних елементів(1-2 виводи),

$S_{\text{сг}}$ — Площа середньо-габаритних елементів(3-8 виводів),

$S_{\text{вг}}$ — Площа велико-габаритних елементів(більше 8 виводів),

$S_{\text{кр}}$ — Площа яку займають кріплення.

$$S_{\text{мг}} = 1230 \text{ мм}^2.$$

$$S_{\text{сг}} = 2740 \text{ мм}^2.$$

$$S_{\text{вг}} = 349 \text{ мм}^2.$$

$$S_{\text{кр}} = 4 \cdot (10 \cdot 10) = 400 \text{ мм}^2.$$

$$S_{\text{елем}} = 703,5 + 1,5 \cdot 591,1 + 2 \cdot 349,1 + 400 = 2688 \text{ мм}^2.$$

За результатами розрахунку необхідна мінімальна площа плати становить 2688 мм². Тому для забезпечення трасування, та потреб в розміщенні елементів в зручних для користувача місцях було обрано плату розміром 50x80, площа якої становить 4000 мм².

4.2 Розрахунок ширини провідників для сигнальної лінії

4.2.1 Розрахунок мінімального значення ширини друкованого провідника $t1$, у вузькому місці, мм.

За класом точності $tminD_S = 0.15$ мм.

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta tнос_S = -0.03$ мм.

$$t1V_S = tminD_S + |\Delta tнос_S| = 0.18 \text{ мм.}$$

4.2.2 Мінімальне значення ширини друкованого провідника $t1$ у широкому місці, мм

Вибираємо за класом точності (на один менше) $tminD_S = 0.25$ мм.

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta tнос_S = -0.05$ мм.

$$t1Ш_S = tminD_S + |\Delta tнос_S| = 0.3 \text{ мм.}$$

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 19 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2.3 Мінімально допустима ширина провідника $t2$ з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%)

| | |
|--|---|
| Питомий опір провідників $\frac{(\Omega \cdot \text{мм}^2)}{\text{м}}$ | $\rho = 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ |
| Довжина провідника (м) | $l_S = 0.12 \text{ м}$ |
| Товщина фольги (мм) | $h_S = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ |
| Прикладена напруга (В) | $U_{\text{жив}S} = 5 \text{ В}$ |
| Максимальний струм (А) | $I_{\text{max}S} = 0.2 \text{ А}$ |

$$t2_S = \frac{l_S \cdot I_{\text{max}S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{\text{жив}S} \cdot 0.03} = 0,08 \text{ мм.}$$

4.2.4 Мінімально допустима ширина провідника $t3$ з урахуванням допустимого рівня струму на ньому

| | |
|--|---|
| Максимальний струм (А) | $I_{\text{max}S} = 0,2 \text{ А}$ |
| Товщина фольги (мм) | $h_S = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ |
| Допустима щільність струму в провіднику $(\frac{\text{А}}{\text{мм}^2})$ | $J_S = 20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ |

$$t3_S = \frac{I_{\text{max}S}}{h_S \cdot J_S} = 0.286 \text{ мм.}$$

4.2.5 Розрахунок зазорів S між елементами друкованого монтажу

Найменша номінальна відстань S_m між елементами провідникового рисунку (між двома провідниками):

Мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами (мм)

$$S_m = 0.15 \text{ мм.}$$

Допуск на ширину провідника (верхнє відхилення) (мм) $\Delta t_{\text{во}} = 0.05 \text{ мм}$.

$$S_{\text{min}} = S_m + \Delta t_{\text{во}} = 0.2 \text{ мм.}$$

4.3 Розрахунок ширини провідників для силової лінії 3,3 В

4.3.1 Розрахунок мінімального значення ширини друкованого провідника $t1$ у вузькому місці, мм

За класом точності $t_{\text{min}D_p} = 0.15 \text{ мм}$.

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{\text{но}p} = -0.03 \text{ мм}$.

$$t1V_p = t_{\text{min}D_p} + |\Delta t_{\text{но}p}| = 0.18 \text{ мм.}$$

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 20 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.3.2 Мінімальне значення ширини друкованого провідника $t1$ у широкому місці, мм

Вибираємо за класом точності (на один менше) $tminD_p = 0.25$ мм.

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноp} = -0.05$ мм.

$$t1_{Шp} = tminD_p + |\Delta t_{ноp}| = 0.3 \text{ мм.}$$

4.3.3 Мінімально допустима ширина провідника $t2$ з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%)

Питомий опір провідників $\frac{(\text{Ом}\cdot\text{мм}^2)}{\text{м}}$ $\rho = 0.0175 \frac{\Omega\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$.

Довжина провідника (м) $l_s = 0.12$ м.

Товщина фольги (мм) $h_s = 210 \cdot 10^{-3}$ мм.

Прикладена напруга (В) $U_{живs} = 3,3$ В.

Максимальний струм (А) $I_{maxs} = 150$ мА.

$$t2_p = \frac{l_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{живp} \cdot 0.03} = 0.091 \text{ мм.}$$

4.3.4 Мінімально допустима ширина провідника $t3$ з урахуванням допустимого рівня струму на ньому

Максимальний струм (А) $I_{maxp} = 150$ мА.

Товщина фольги (мм) $h_s = 35 \cdot 10^{-3}$ мм.

Допустима щільність струму в провіднику $(\frac{\text{А}}{\text{мм}^2}) J_s = 20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

$$t2_p = \frac{I_{maxp}}{h_s \cdot J_s} = 0,214 \text{ мм.}$$

4.4 Розрахунок мінімального діаметра перехідного отвору

Розрахунок перехідного отвору виконуємо використовуючи параметри з таблиці класів точності ДП, за формулою:

$$d = H \cdot \gamma, \quad (2)$$

де H — товщина діелектрика, γ — відношення номінального значення діаметра найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати.

$$d = 1.5 \cdot 0.25 = 0.375 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 0.4$ мм.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 21 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.5 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати

Оскільки схема, в своєму складі має мікросхеми з великою кількістю виводів, а саме Atmega128 - 64 виводи, vs1011e - 48 виводів, які необхідно розвести. То дана плата матиме двосторонній монтаж та два шари металізації. В такому випадку для виробництва друкованої плати буде використано комбінований позитивний метод (12). Оскільки травлення рисунку друкованої плати відбувається після металізації отворів, що спрощує складність виробництва.

На відмінну від комбінованого негативного методу де спочатку витравлюють провідники, а потім металізують отвори. Такий метод потребує додаткових етапів виробництва.

4.6 Вибір матеріалу друкованої плати

Матеріалом плати обрано фольгований склотекстоліт FR4 (13). Він має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір.

4.7 Вибір класу точності друкованої плати

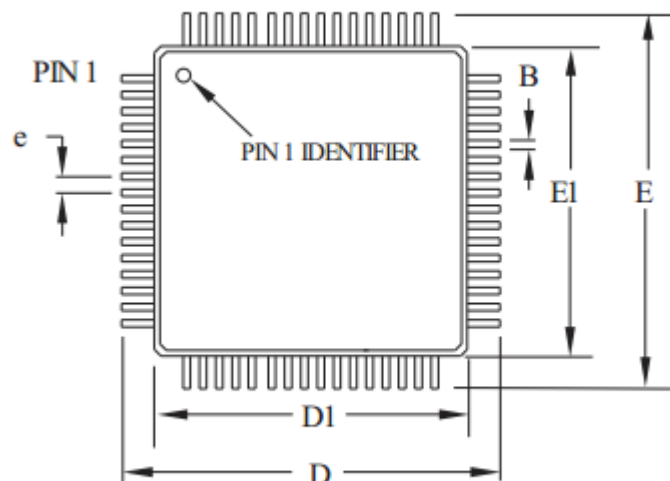


Рисунок 4.1— Вигляд та розміри Atmega128 TQFP

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Плата має мікросхеми (Atmega128, vs1011e) які мають велику кількість виводів та досить малі розміри виводів та контактних майданчиків під них (відстань між сусідніми контактними майданчиками 0,2 мм).

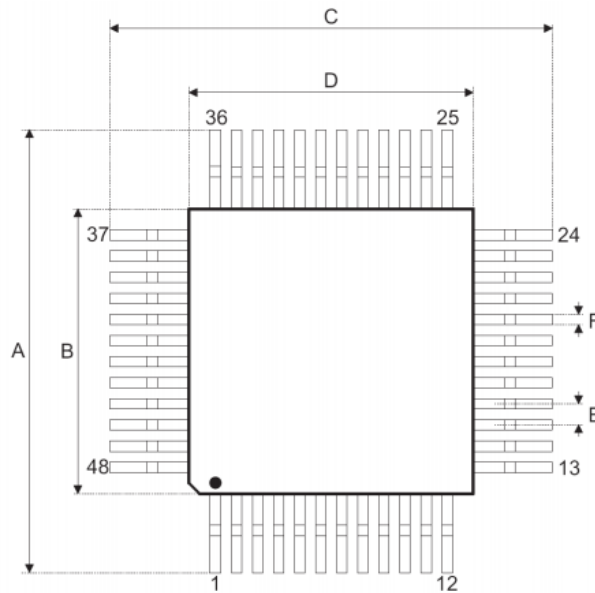


Рисунок 4.2— Вигляд та розміри VS1011e TQFP

Також схема потребує великої щільності розміщення елементів за для подальшої компактності виробу. Тому був вибраний клас точності – 4.

4.8 Трасування друкованої плати

Трасування друкованої плати було проведено в програмному пакеті Altium Designer.

Розміщення роз'ємів та кнопок на друкованій платі відбувалося з огляду на дизайн корпусу. Але попри це, розміщення також відбувалося за для зменшення довжини з'єднання друкованого провідника.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

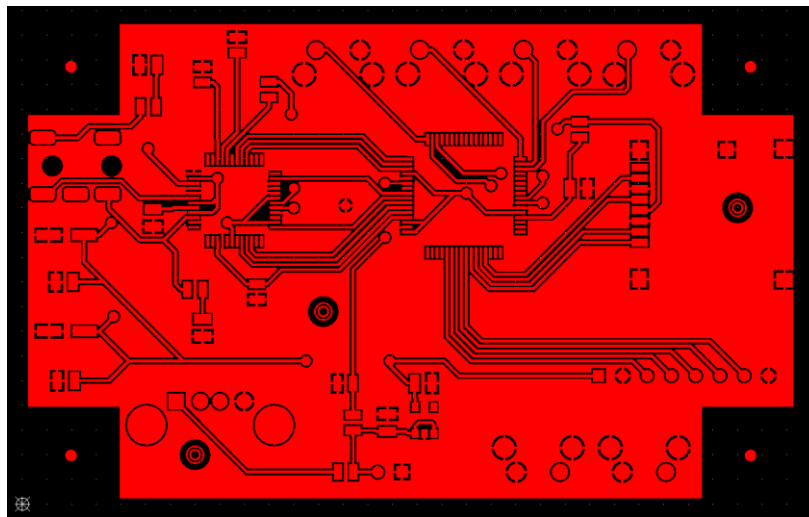


Рисунок 4.3 — Трасування у верхньому шарі

В дизайні друкованої плати передбачені 4 отвори для її кріплення. У верхньому шарі друкованої плати розміщена переважна більшість елементів, та роз'ємів. Пояснюється це дизайном корпусу.

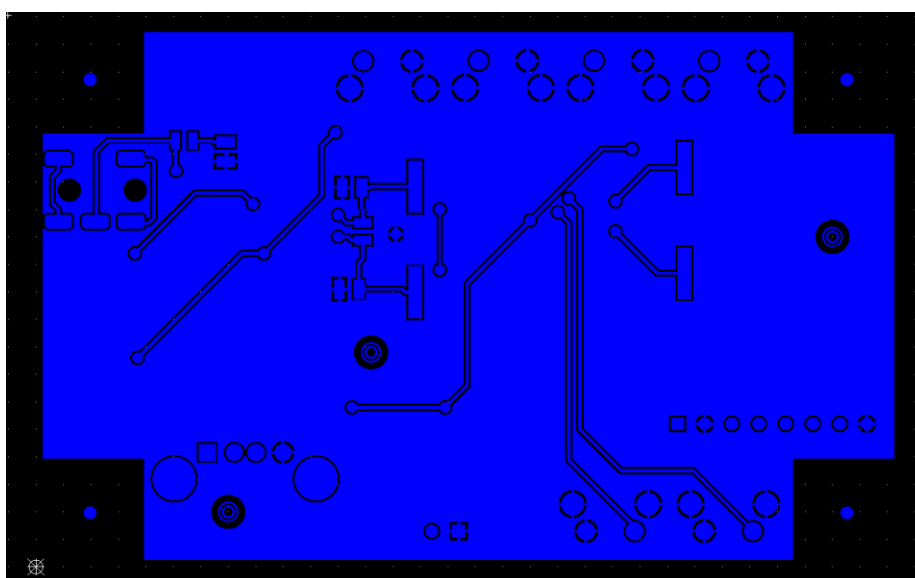


Рисунок 4.4 — Трасування у нижньому шарі

Нижній шар використовується в якості створення перемичок в тих місцях де б це спростило провідний рисунок верхнього шару та розміщення деяких елементів. Зокрема кварцеві резонатори та деяка кількість конденсаторів з резисторами

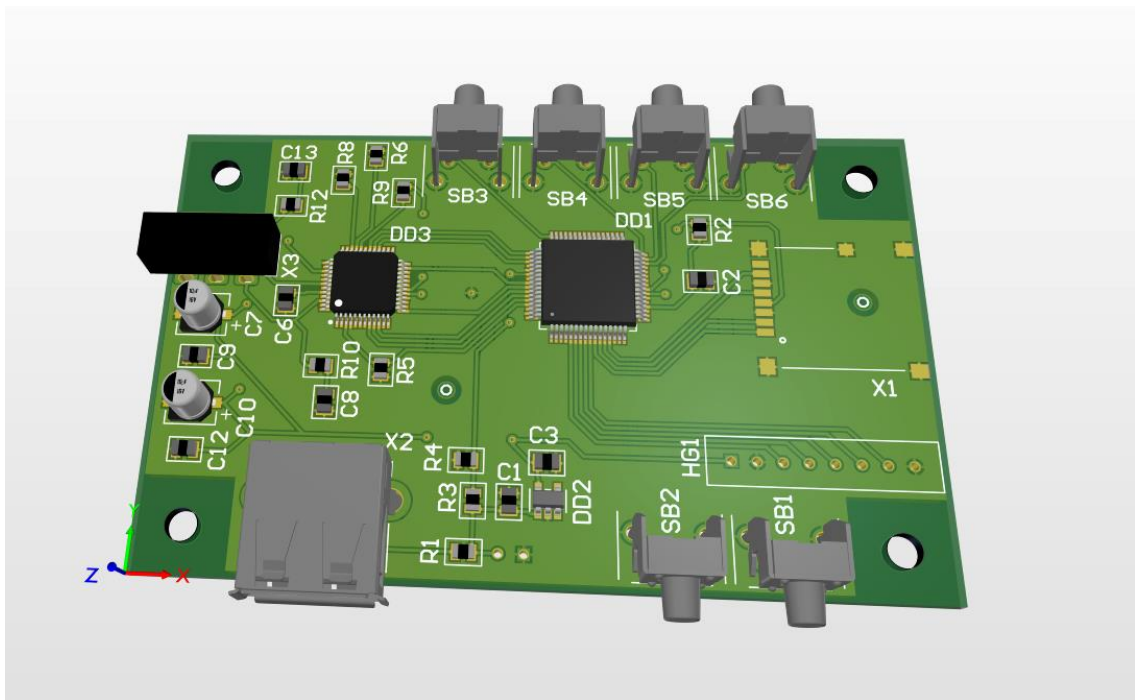


Рисунок 4.5 — Вигляд друкованої плати в середі моделювання

Трасування та розміщення елементів було здійснено дотримуючись деяких правил, а саме:

- Елементи які встановлюють режими роботи мікросхем, були розміщені та розведені як найближче до них;
- Елементи які б могли спричиняти вплив своєю роботою на інші частки схеми. Або ж потребували відстані для доступу до них були розміщені з дотриманням певної відстані (роз'єми ХН2.54 доріжки живлення);

4.9 Розрахунок резонансної частоти механічних коливань друкованої плати

Для підтвердження стійкості до вібрацій проведено розрахунок віброміцності друкованого вузла.

Вихідні дані:

- довжина плати $a = 0,080$ м;
- ширина плати $b = 0,050$ м;
- товщина плати $h = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м.

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Ріп91.467539.001 ПЗ

Лис
25

Матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований текстоліт FR-4 з параметрами:

-Модуль пружності $E = 3,02 \cdot 10^{10} \frac{H}{m^2}$;

-Щільність $\rho = 1,8 \cdot 10^3 \frac{кг}{m^3}$;

-Коефіцієнт Пуассона $\varepsilon = 0,22$;

Маса елементів $M \approx 0,05$ кг.

Приведена маса друкованої плати:

$$m_n = \rho \cdot h = 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 2,7 \frac{кг}{m^2}.$$

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n \cdot m_e = 2,7 + \frac{0,05}{0,080 \cdot 0,050} = 15,2 \frac{кг}{m^2}.$$

Циліндрична жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1-\varepsilon^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12(1-0,22^2)} = 8,926 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо значення функції $\varphi(\beta)$ для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{1+1,621 \cdot \frac{\varepsilon}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1+1,621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}} = \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{1+1,621 \cdot \frac{0,22}{1,571} + \frac{1}{1,571^2}}{1+1,621 \cdot \frac{1}{1,571^3} + \frac{1}{1,571^6}}} = 11.121.$$

Визначимо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{11.059}{2 \cdot \pi \cdot 0,110^2} \sqrt{\frac{11,121}{15,2}} = 212 \text{ Гц}.$$

Так як резонансна частота плати $f_0 = 212$ Гц і в 4 рази перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ($f = 50$ Гц), то обраний варіант кріплення влаштовує вимоги віброміцності.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 26 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

5.1 Ідея конструкції та опис конструкції

Прообраз дизайну пристрою являється касетний mp3-плеер Sony Walkman TPS-L2. Ідея дизайну в зручному розміщенні керуючих кнопок на боковій площині корпусу. Розміщенні таким чином щоб користувач міг зручно тримати пристрій однією рукою, і керувати нею ж.



Рисунок 5.1 — Sony Walkman TPS-L2

Завдання полягає у тому щоб пристосувати дану ідею до цифрового mp3 плеєру. Розмістити на верхній площині до користувача невеликий дисплей, для відображення завантаженої бібліотеки музичних файлів, та відображення поточного стану відтворення музичних файлів.

Матеріалом корпусу вирішено обрати пластик ABS (14). Який є дуже поширеним не тільки в автомобільній промисловості, а й у корпусо будівництві для електронних пристроїв, різного роду роз'ємів електронної техніки, фурнітури розеток. За своїми технічними характеристиками має:

- Експлуатація без погіршення своїх технічних характеристик в температурах від -40 С до +90 С;
- В нормальних умовах матеріал не токсичний;
- Стійкість до впливу вологи.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 27 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

5.2 Розробка конструкції у середовищі SolidWorks

Дизайн корпусу включає в себе дві основні частини прямокутної форми та невеличка кришка для доступу до внутрішнього роз'єму пристрою. Товщина корпусу становить 2 мм, що в додатку з матеріалом ABS забезпечить достатню міцність.

Нижня частина проектувалася з метою забезпечення кріплення для друкованого вузла та можливістю встановлення акумулятора. Тому зазор між дном пристрою та платою становить 14 мм. Що дозволить розмістити там акумулятора великої ємності. В корпусі передбачені отвори для кріплення друкованого вузла, з діаметром 2 мм. Пристрій розрахований на довготривале використання, знімати плату пристрою необхідно лише в разі виходу акумулятора з ладу. Тому плата кріпиться на саморізи 3x8, що повністю влаштовує. Акумулятор в свою чергу кріпиться за допомогою термопластичного клею до дна корпусу, оскільки не передбачає в своєму використанні безпосереднього доступу до нього. Електричне з'єднання відбувається за допомогою джгута, виконаного з ізольованих провідників.

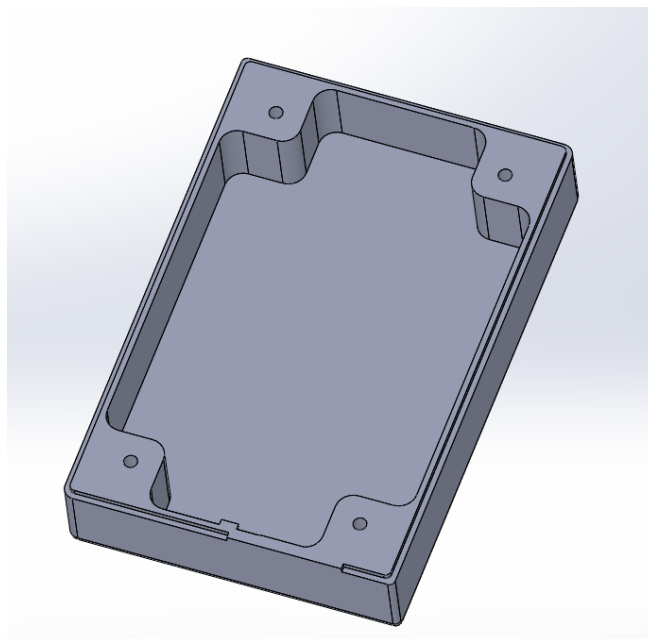


Рисунок 5.2 — Нижня частина корпусу

Верхня частина корпусу має отвори для роз'ємів, керуючих та відображувальних частин пристрою. В нижній частині корпусу знаходиться отвір для роз'єму Mini Jack 3.5mm. Оскільки пристрій передбачений для викорис-

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 28 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

тання однією рукою, на мою думку при такому розташуванні роз'єму, підключенні навушники та наявні в них дроти будуть найменше заважати.

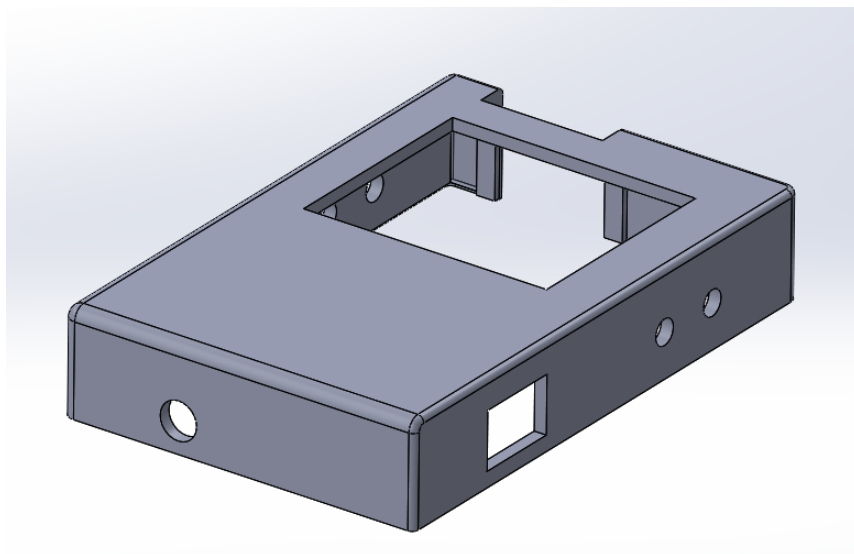


Рисунок 5.3 — Верхня частина корпусу

Отвори для керування пристроєм розташовані по боковим частинам, що дозволяє користувачу керувати пристроєм однією рукою. Розмір активної частини, на яку впливає користувач становить близько 1-2 мм. Для керування гучністю пристрою необхідно користуватися великим пальцем, а за для інших функцій використовувати інші чотири. За для механічного сполучення між кнопками, які знаходяться в середині корпусу, та користувачем передбачені пластмасові вставки.

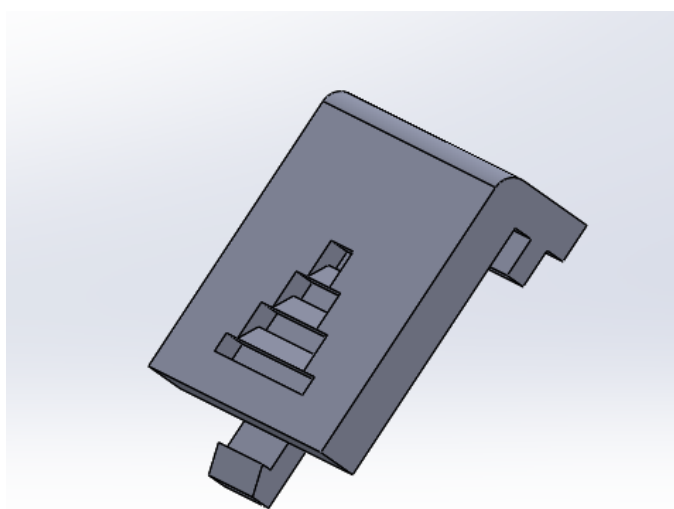


Рисунок 5.4 — Кришка для доступу до micro sd card

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | <i>Лис</i> |
| | | | | | | 29 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Для заряду акумулятора пристрою передбачений отвір для USB роз'єму який розташований в правій нижній частині корпусу. У верхній частині корпусу знаходиться отвір для дисплею.

За для доступу до картки пам'яті передбачена кришка, яка на основі «slider» повзункового типу руху дозволяє закрити конструкцію від зовнішнього впливу.

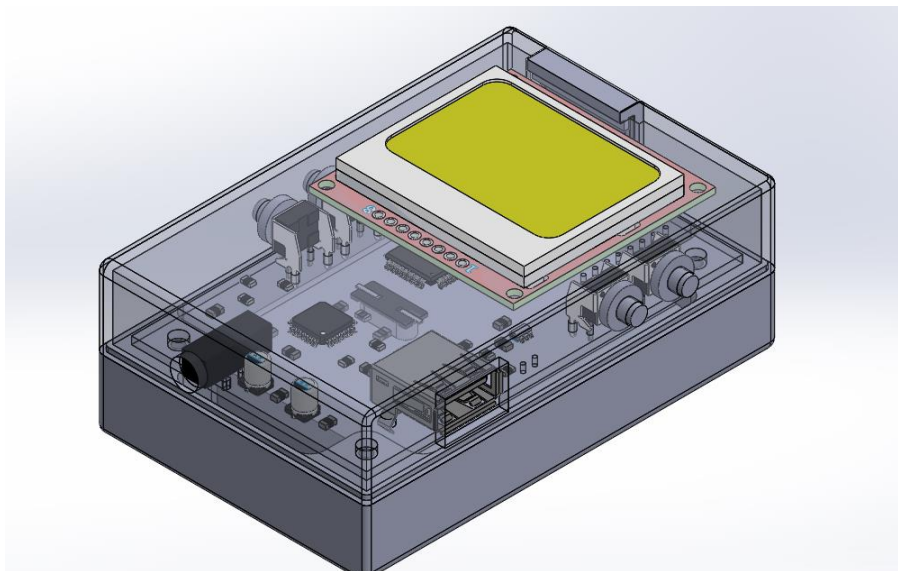


Рисунок 5.5 — Пристрій в зібраному варіанті з прозорою верхньою частиною

Кріплення складових частин корпусу між собою виконується за допомогою силіконового клею герметика Т-8000 (15), який дуже поширений в ремонті мобільної техніки. Що означає його доступність, та характеристики які найбільше підходять для подібного виду пристрою.

Даний вид клею має:

- гарну адгезію до пластмаси та різних пластиків;
- водостійкість;
- вібростійкість;
- легко видаляється при повторному ремонті.

Корпусу пристрою розрахований на виготовлення за допомогою 3d-друку оскільки розрахований на малосерійне виробництво.

В результаті проектування розмір пристрою становить 88x58x33 мм.

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Ріп91.467539.001 ПЗ

Лис
30

5.3 Розрахунок надійності

Розрахунок надійності проведений за «методикою наближеного експоненційного розрахунку надійності» методика розрахунку наведена (16).

Таблиця 5.1 — Розрахунки надійності

| Назва елемента | K1 | K3 | $\lambda_0 \cdot 10^{-6}$, 1/год | λ_p , 1/год | Кіль- кість, шт | λ , 1/год |
|----------------------------------|------|-----|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| Конденсатор керамічний | 0,2 | | 0,7 | 2,8e-7 | 16 | 4,48e-6 |
| Конденсатор електролітичний | 0,5 | | 3 | 3e-6 | 2 | 6e-6 |
| Мікросхеми | 0.28 | | 2 | 0,28e-6 | 4 | 1,12e-6 |
| Індуктивність | 0,4 | | 3 | 2,4e-6 | 3 | 7,2e-6 |
| Резистор smd | 0,2 | | 0,5 | 2e-7 | 13 | 2,6e-6 |
| Резистор 5Вт | 1,1 | | 2 | 4,4e-6 | 1 | 4,4e-6 |
| Кнопки | 0,7 | 0,5 | 9 | 3,78e-5 | 6 | 2,3e-4 |
| Діоди | 0,25 | | 0,7 | 2,45e-6 | 7 | 1,7e-5 |
| Роз'єми | 0,22 | 0,3 | 0,5 | 1,98e-7 | 3 | 5,9e-7 |
| Кварцевий ре- зонатор | | | 3 | 3e-6 | 2 | 6e-6 |
| Міжплатне з'єднання | | 0,3 | 3,2 | 1,32e-7 | 1 | 1,17e-7 |
| Акумулятор | | | | | 1 | 7,2e-6 |
| Плата друкова- на двостороння | | | | | 1 | 0,5e-6 |

Робоче значення інтенсивності відмов λ_{pi} і-го елемента визначається за формулою:

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 31 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\lambda_{pi} = \lambda_0 i * Ke_i, \quad (3)$$

де λ_0 — середньостатистична інтенсивність відмов i -го елемента (16);

Ke_i — поправний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації i -го елемента, взятий рівня 2, що відповідає експлуатації в побутових стаціонарних умовах.

Інтенсивність відмов резисторів λ_r визначається як

$$\lambda_r = \lambda_0 K_1 K_e, \quad (2)$$

де $K_1 = \varphi(K_n, t)$, який визначається в літературі (16);

Інтенсивність відмов конденсаторів λ_r визначається як

$$\lambda_r = \lambda_0 K_1 K_e. \quad (3)$$

Інтенсивність відмов напівпровідникових виробів визначається як

$$\lambda_r = \lambda_0 K_1 K_e. \quad (4)$$

Коефіцієнт $K_1 = \varphi(K_n, t)$, який є функцією коефіцієнта навантаження і температури, в залежності від типу напівпровідникового типу визначається графіками в посібнику (16).

Інтенсивність відмов моточних вузлів визначається, як

$$\lambda_r = \lambda_0 K_1 K_e, \quad (5)$$

де K_1 — визначається з графіків в посібнику (16)

Інтенсивність відмов кнопок визначається, як

$$\lambda_r = \lambda_0 K_1 K_3 K_e. \quad (6)$$

Інтенсивність відмов λ розраховується, як добуток λ_r елемента на його кількість:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} N_i. \quad (7)$$

Розраховане значення інтенсивності відмов є рівним $8,67 \cdot 10^{-5}$.

Тоді час напрацювання пристрою на відмову

$$T_0 = 1/\lambda = 1,153 \cdot 10^4.$$

Проведемо розрахунки ймовірності безвідмовної роботи пристрою при $t=10000$ год:

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | <i>Ріп91.467539.001 ПЗ</i> | Лис |
| | | | | | | 32 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$P(t) = \exp(-\lambda_0 \cdot t) = 0.94.$$

Побудуємо графік ймовірності безвідмовної роботи пристрою в залежності від часу експлуатації:

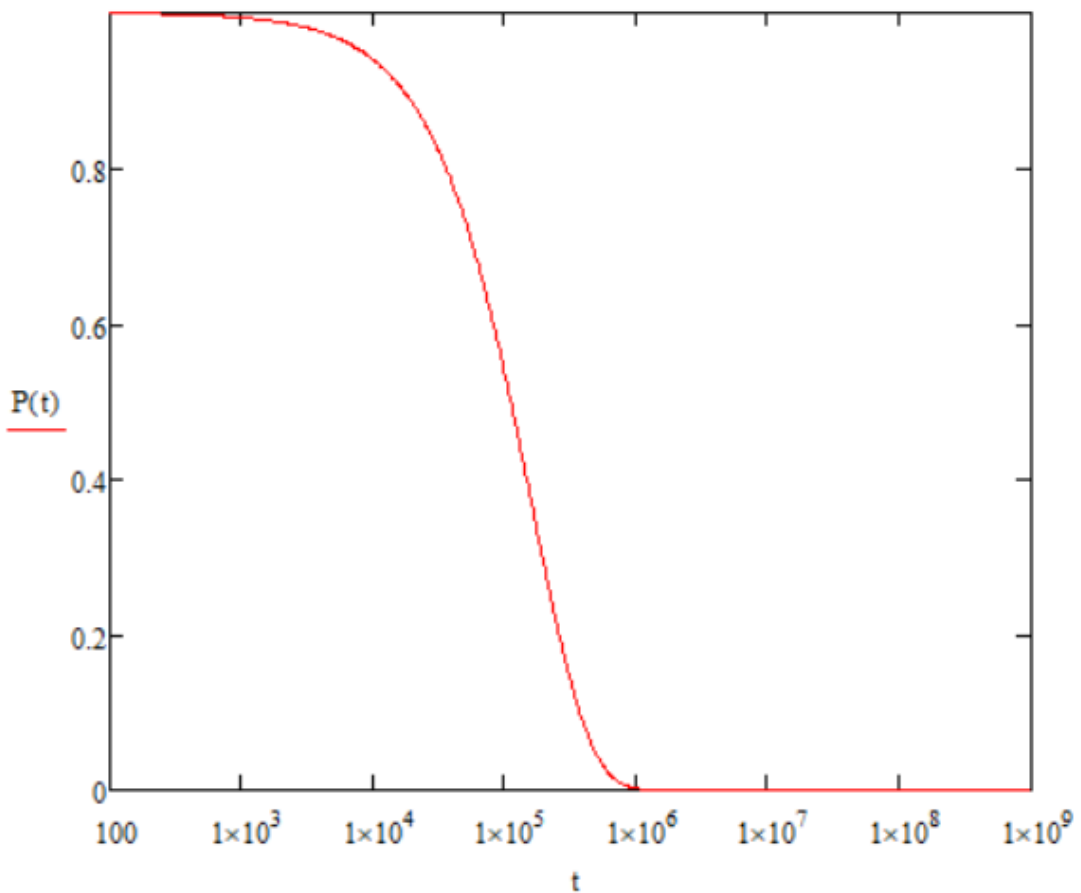


Рисунок 5.6 — Графічне зображення ймовірності безвідмовної роботи

З розрахунків видно що час напрацювання на відмову становить 11530 год, що в нашому випадку достатньо. Ймовірність безвідмовної роботи пристрою на протязі 10000 годин становить 94 %.

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

Сигнал SLK (Serial Clock) — являє собою сигнал синхронізації. За допомогою якого два пристрої синхронізують між собою прийом та передачу інформації.

Сигнал SS (Select Slave) — служить для вибору підпорядкованого пристрою.

Сигнал MOSI (Master Output/Slave Input) — служить для передачі інформації від ведучого пристрою до підпорядкованого.

Сигнал MISO (Master Input/Slave Output) — служить для передачі інформації від підпорядкованого до ведучого.

6.1.2 Керуючі регістри

Налаштування шини відбувається за допомогою регістру SPCR(SPI Control Register) — регістру керування.

| | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| | SPCR | | | | | | | | |
| | SPIE | SPE | DORD | MSTR | CPOL | CPHA | SPR1 | SPR0 | |
| Read/Write | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | |
| Initial Value | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Рисунок 6.2 — Вміст регістру SPCR (17)

Розглянемо деякі можливі налаштування:

SPIE (SPI Interrupt Enable) — якщо встановлена 1 включає переривання, у випадку ж коли встановлений 0 вимикає їх.

SPE (SPI Enable) — якщо встановлена 1 то шина увімкнена, в іншому ж випадку піни шини можна використовувати за для інших потреб.

DORD (Data Order) — встановлює порядок передачі інформації. Якщо 1, то вміст регістра інформації передача починається з молодшого біту, в іншому ж випадку зі старшого біту.

MSTR (Master/Slave Select) — встановлює режим в якому працює мікроконтролер. Якщо 1, працює в режимі ведучого, а якщо 0 то працює в підпорядкованому режимі.

| | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|----|------|
| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| | SPIF WCOL - - - - SPI2X | | | | | | | | SPSR |
| Read/Write | R | R | R | R | R | R | R | RW | |
| Initial Value | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Рисунок 6.3 — Вміст регістру SPSR (17)

Інший регістр являється статусним SPSR (SPI Status Register), який призначений для контролювати стан SPI шини.

SPIF (SPI Interrupt Flag) — сюди встановлюється 1 кожний раз після передачі одного байта інформації. Що допомагає відслідковувати та контролювати передачу інформації.

WCOL (Write Collision Flag) — якщо під час передачі інформації відбувається спроба записати інформацію в регістр даних SPDR.

SPI2X — біт підвищення швидкості обміну інформацією в 2 рази.

Для передачі та прийому інформації призначений регістр SPDR (SPI Data Register). Запис інформації в цей регістр ініціює передачу інформацією.

6.1.3 Програмний код

```
#define SPI_PORTX PORTB
#define SPI_DDRX DDRB

#define SPI_MISO 6
#define SPI_MOSI 5
#define SPI_SCK 7
#define SPI_SS 4

/*ініціалізація SPI шини в режимі master*/

void SPI_Init(void)
{
    /*Налаштування портів входу-вихода
    все виводи, окрім MISO на вихід*/
    SPI_DDRX |= (1<<SPI_MOSI)|(1<<SPI_SCK)|(1<<SPI_SS)|(0<<SPI_MISO);
    SPI_PORTX |= (1<<SPI_MOSI)|(1<<SPI_SCK)|(1<<SPI_SS)|(1<<SPI_MISO);

    /*Включення spi,старший біт вперед,мастер, режим 0*/
    SPCR = (1<<SPE)|(0<<DORD)|(1<<MSTR)|(0<<CPOL)|(0<<CPHA)|(1<<SPR1)|(0<<SPR0);
    SPSR = (0<<SPI2X);
}
```

Рисунок 6.4 — Функція ініціалізації SPI

```

void SPI_WriteByte(uint8_t data)
{
    SPI_PORTX &= ~(1<<SPI_SS); //Встановлюємо SS в 0
    SPDR = data; // Записуємо інформацію в регістр даних
    while(!(SPSR & (1<<SPIF))); // Чекаємо поки не передасться байт
    SPI_PORTX |= (1<<SPI_SS); //Встановлюємо SS в 1
}

```

Рисунок 6.5 — Функція передачі одного байту

```

uint8_t SPI_ReadByte(uint8_t data)
{
    uint8_t report;
    SPI_PORTX &= ~(1<<SPI_SS); //Встановлюємо SS в 0
    SPDR = data; // Записуємо інформацію в регістр даних
    while(!(SPSR & (1<<SPIF))); // Чекаємо на передачу або прийом байту
    report = SPDR;
    SPI_PORTX |= (1<<SPI_SS); //Встановлюємо SS в 1
    return report;
}

```

Рисунок 6.6 — Функція передачі або прийому байта

```

void SPI_ReadArray(uint8_t num, uint8_t *data)
{
    SPI_PORTX &= ~(1<<SPI_SS); //Встановлюємо SS в 0
    while(num--){
        SPDR = *data; // Передаємо вказівник на інформацію
        while(!(SPSR & (1<<SPIF))); // чекаємо на передачу байту
        *data++ = SPDR; // Передаємо наступний байт
    }
    SPI_PORTX |= (1<<SPI_SS); //Встановлюємо SS в 1
}

```

Рисунок 6.7 — Функція передачі або прийому декількох байтів

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

ВИСНОВКИ

В результаті дипломного проектування було створено пристрій для програвання mp3 файлів. Який здатен довготривало працювати в автономному режимі, що дозволяє користуватися ним в тривалих подорожах, відрядженнях тощо.

В аналізі технічного завдання було вирішено забезпечити автономність приладу за допомогою акумулятора достатньо великої ємності 3000 мА·ч, для подібних приладів. При виборі елементної бази орієнтувався на доступність на ринку, розміри за для забезпечення невеликих розмірів приладу та здатність працювати в температурних межах від -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Схему електричну принципову та друковану плату було розроблено в програмному пакеті Altium Designer. За для проектування були проведені розрахунки мінімальної площі друкованої плати, яка становить 2688 мм^2 . Тип друкованої плати був обраний двосторонній, що дозволяє більш ефективно розвести друкований рисунок, та зробити перемички де це необхідно. Розміри плати було обрано $50 \times 80 \text{ мм}$. Кріплення друкованої плати були обрано на чотири точки опори, та проведені розрахунки стійкості до вібрацій. Розрахунки показали, що власна частота друкованої плати становить 212 Гц і перевищує максимальну частоту механічних впливів в 4 рази.

Для проектування корпусу користувався програмним пакетом SolidWorks. В результаті проектування було обрано місце розташування акумулятора (дно нижньої частини корпусу) та кріплення його на термопластичний клей. Друкована плата кріпиться на підготовлене для неї місце, за допомогою саморізів 3×8 . Всі необхідні отвори були передбачені в верхній частині корпусу. Передбачений отвір для доступу до micro sd card який закривається кришкою. Верхня та нижня частина корпусу кріпиться між собою за допомогою силіконового клею.

Були проведені розрахунки надійності пристрою, які показали що середній час напрацювання пристрою на відмову становить близько 11000 годин.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | <i>Ріп91.467539.001 ПЗ</i> | <i>Лис</i> |
| | | | | | | 38 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. MP3-плеер Apple iPod touch 7Gen 32GB Space Gray., Веб сайт URL: https://rozetka.com.ua/apple_ipod_touch_32gb_space_gray_mvhw2rp_a/p242676247/., Дата звернення (16.06.22).

2. Mp3-плеер JNN D1 Bluetooth Hi-Fi 16Gb с внешим динамиком., Веб сайт URL: <https://rozetka.com.ua/309041978/p309041978/>., Дата звернення (16.06.22).

3. MP3 Плеер с USB-разъемом, с поддержкой microSD., Веб сайт URL: <https://rozetka.com.ua/312568855/p312568855/>., Дата звернення (16.06.22).

4. Радиомаг Киев., Веб Сайт URL: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/>., Дата звернення (16.06.22).

5. SWT-3/6 (KLS7-TS6606-6.0-180)., Веб сайт URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/swt-3-6-cls7-ts6606-6-0-180_126849.html., Дата звернення (16.06.22).

6. Connector XH2.54., Веб сайт URL: <https://www.aliexpress.com/item/4001354800378.html>., Дата звернення (16.06.22).

7. Гніздо стерео 3, 5мм на n/n (KLS1-TSJ3.5-009)., Веб сайт URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/gnizdo-stereo-3-5mm-na-p-p-cls1-tsj3-5-009_91852.html., Дата звернення (16.06.22).

8. Разъём USB-A 2.0 Female для DIP-монтажа., Веб сайт URL: https://flymod.net/item/usb_a_socket_20., Дата звернення (16.06.22).

9. Тримач для Micro-SD., Веб сайт URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/trimach-dlya-micro-sd-smd-montazh-mx-502774-0891_23958.html., Дата звернення (16.06.22).

10. ATmega128-16AU., Веб сайт URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/atmega128-16au_18137.html., Дата звернення (16.06.22).

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 39 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

11. *1pcs/lot VS1011E-L VS1011E VS1011 LQFP-48 In Stock., Веб сайт URL: [https://www.aliexpress.com/item/1005002505508083.html?.](https://www.aliexpress.com/item/1005002505508083.html?), Дата звернення (16.06.22).*

12. *Способы изготовления печатных плат., Веб сайт URL: [https://pcbdesigner.ru/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/kombinirovannye-metody-izgotovleniya-pechatnyh-plat.html.](https://pcbdesigner.ru/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/kombinirovannye-metody-izgotovleniya-pechatnyh-plat.html), Дата звернення (16.06.22).*

13. *Технические характеристики стеклотекстолита FR-4., Веб сайт URL: <http://www.pcbpro.ru/materialy-pechatnyh-plat/tech-fr4/?skattemp=1> Дата звернення (16.06.22).*

14. *Свойства и область применения ABS пластика Веб сайт URL: [https://polymery.ru/letter.php?n_id=5138&cat_id=3.](https://polymery.ru/letter.php?n_id=5138&cat_id=3), Дата звернення (16.06.22).*

15. *Клей герметик Т-8000 прозрачный., Веб сайт URL: [https://rozetka.com.ua/124400321/p124400321/.](https://rozetka.com.ua/124400321/p124400321/), Дата звернення (16.06.22).*

16. *Перегудов С.М., Зінченко М.В. ФТОК Методичні рекомендації до виконання розрахункових та контрольних робіт для студентів напряму підготовки 6.050902 "Радіоелектронні апарати".*

17. *Даташит до Atmega128., Веб сайт URL: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2467.pdf.](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2467.pdf), Дата звернення (16.06.22).*

18. *ДСТУ ГОСТ 7.1-2006. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання : чинний з 2007-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с.*

19. *ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення : Чинний від 22.06.2015 — К. : ДП "УкрНДНЦ", 2016. — 26 с. .*

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------|-----|
| | | | | | Ріп91.467539.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 40 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ

Додаток А — Технічне завдання

Додаток Б — Перелік елементів

Додаток В — Специфікація на друкований вузол

Додаток Г — Специфікація на пристрій

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------|------------|
| | | | | | <i>Ріп91.467539.001 ПЗ</i> | <i>Лис</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | <i>41</i> |

ДОДАТОК А

1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Назва та підстава для виконання

Мп3 плеєр на базі мікроконтролера AVR

Підставою для виконання є завдання, видане аферою прикладної радіоелектроніки від 1 травня 2022 року.

1.2 Мета виконання і призначення розробки

Метою роботи є розробка конструкції переносного мп3 плеєра на базі мікроконтролера AVR в мінімалістичному дизайні.

1.3 Технічні вимоги

1.3.1 Показники призначення

Час автономної роботи близько 50 годин.

Здатність програвати музичні файли формату mp3 з носіїв переносної пам'яті таких як SD/MMC/MicroSD

1.3.2 Вимоги до надійності

Повинен задовольняти вимогам надійності за ГОСТ 27.003-90.

Середній час безвідмовної роботи близько 10000 годин.

1.3.3 Конструкції та експлуатації

Пристрій повинен бути відновлюваний та ремонтпридатний згідно ГОСТ 27.002-89.

Прилад повинен вміщатися в габаритні рамки 100x100x40 мм, у конструкції повинні бути передбачені виходи під роз'єми.

Прилад повинен бути стійким до вібрацій, ударів та лінійного прискорення. Що передбачає його використання в умовах переміщення на автомобілі, та в умовах руху людини. Власні частоти пристрою не повинні бути рівними частоті першого періоду коливання (низької частоти) а саме 50 Гц і повинні перевищувати її хоча б у 2 рази.

1.3.4 Уніфікації і стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну та матеріальну базу.

1.3.5 Вимоги до життєдіяльності та стійкості до зовнішніх умов

Кліматичне виконання за ГОСТ 15150-69 УХЛ-4.2 . УХЛ — макрокліматичний район з помірним та холодним кліматом Температурні рамки: -20 до +40 градуси Цельсія. При відносній вологості повітря 80 відсотків при 25 градусах.

1.3.6 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Прилад повинен поміщатися в правій руці. Користувач повинен мати змогу керувати приладом користуючись при цьому тільки однією правою рукою.

1.3.7 Експлуатації, зручності технічного обслуговування

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001, Н7. Переносна, використовується на відкритому повітрі або в не отоплюваних житлових спорудах, та підземних спорудах.

1.4 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

1.5 Транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 16019-2001.

Зберігання: за ГОСТ 15150 за умови 1-Л.

1.6 Вимоги до сировини, матеріалів і ПКВ

Вибір матеріалу для корпусу пластик ABS та матеріал друкованої плати FR 4.

1.7 Вимоги до консервації, пакування і маркування

Маркування: обов'язково нанести логотип з назвою імені розробника на задній панелі.

Пакування: апаратуру необхідно загорнути в бульбашко-повітряну плівку і помістити в картонну коробку.

Консервація: не передбачена.

1.8 Вимоги до розроблюваної документації



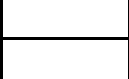

Оформлення документації згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації:


Текстова документація (пояснювальна записка, перелік елементів, специфікація на друкований вузол та специфікація на пристрій);

Графічна документація загальним обсягом не менше 3 аркушів А2 (схема електрична принципова, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованого вузла, складальне креслення корпусу).

ДОДАТОК Б

| Позн. | Найменування | Кіл. | Примітки | |
|--|--|----------|---|---------|
| | <u>Конденсатори</u> | | | |
| C1 | C0805B104K500NU Hitano 100нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C2 | C0805B104K500NU Hitano 100нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C3 | C0805X335K250N3 Hitano 3,3мкФ 25В ±10% | 1 | | |
| C4 | C0805N330J500NU Hitano 33нФ 50В ±5% | 1 | | |
| C5 | C0805N330J500NU Hitano 33нФ 50В ±5% | 1 | | |
| C6 | C0805B104K500NU Hitano 100нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C7 | ECR103M16B Hitano 10мкФ 16В ±20% | 1 | | |
| C8 | C0805B103K500NW Hitano 10нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C9 | C0805B104K500NU Hitano 100нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C10 | ECR103M16B Hitano 10мкФ 16В ±20% | 1 | | |
| C11 | C0805B103K500NWHitano 10нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C12 | C0805B104K500NU Hitano 100нФ 50В ±10% | 1 | | |
| C13 | C0805B103K500NWHitano 10нФ 50В ±10% | 1 | | |
| | <u>Мікросхеми</u> | | | |
| DD1 | Atmega128 | 1 | | |
| DD2 | lp2941-N | 1 | | |
| DD3 | vs1011e | 1 | | |
| Ріп91.467539.001 ПЕ | | | | |
| З м. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| | | |  | |
| Розробив | Гайдай.А.В. | |  | |
| Перевір. | Дюжаєв Л.П./ | |  | |
| Реценз. | | | | |
| Н. Контр | Попсуй В.І | | | |
| Затверд. | Дюжаєв Л.П | |  | |
| Мп3-плеєр на базі AVR Перелік елементів | | | | |
| | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| | | 1 | 2 | |
| НТУУ КПІ РТФ Рі-п91 | | | | |

ДОДАТОК В

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення | Назва | Кіл. | Прим. | | |
|----------|------|-------------|---|-----------------------------|----------------------|---------------------------|------------|---------|
| | | | | Документація | | | | |
| A2 | | | РІп91.467539.001 ЕЗ | Схема електрична принципова | 1 | | | |
| A4 | | | РІп91.467539.001 ПЕ | Перелік елементів | 1 | | | |
| A2 | | | РІп91467539.001 СК | Складальний кресленик | 1 | | | |
| | | | | <u>Деталі</u> | | | | |
| | | 1 | РІ-п91.758725.001 | Друкована плата | 1 | | | |
| | | | | <u>Інші вироби</u> | | | | |
| | | | | Кварцевий резонатор HS 49/S | 2 | ZQ1, ZQ2 | | |
| | | | | <i>Конденсатори:</i> | | | | |
| | | | | 33пФ 50В ±5% | 2 | C4, C5 | | |
| | | | | 100нФ 50В ±10% | 5 | C1, C2, C6, C9, C10 | | |
| | | | | 10нФ 50В ±10% | 3 | C8, C11, C13 | | |
| | | | | 3,3мкФ 50В ±10% | 1 | C3 | | |
| | | | | 10мкФ 16В ±20% | 2 | C10, C7 | | |
| | | | | РІп91.467539.001 | | | | |
| | | | | | | | | |
| Зм. | Арк | № докум | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб.. | | Гайдай А.В. |  | | РІп91.467539.001 | Лит. | Ар- куш | Аркушів |
| Перев. | | Дюжаев Л.П. |  | | | | | |
| Т.конт | | | | | | | | |
| Реценз | | | | | | | | |
| Н.конт | | Попеуй В.І. | | | | | | |
| Затвед. | | Дюжаев Л.П. |  | | | | | |
| | | | | | НТУУ КПІ РТФ РІ- п91 | | | |

