Содержание

[Аннотация 5](#_Toc92400728)

[Лист технического задания 6](#_Toc92400729)

[Введение 7](#_Toc92400730)

[1. Обзор рынка 8](#_Toc92400731)

[2. Разработка устройства 10](#_Toc92400732)

[2.1. Последовательность действий 10](#_Toc92400733)

[3.2. Структурная схема прибора и ее описание 11](#_Toc92400734)

[2.3. Структура алгоритма программы и описание основных функций 12](#_Toc92400735)

[3. Конструкторская глава 13](#_Toc92400736)

[3.1. Выбор источника питания 13](#_Toc92400737)

[3.2. Микропроцессорный блок 13](#_Toc92400738)

[3.3. Цепи подключения датчика 14](#_Toc92400739)

[3.4. Устройства управления и индикации 14](#_Toc92400740)

[3.5. Связь микроконтроллера и микросхемы АЦП 15](#_Toc92400741)

[4. Расчет стоимости 17](#_Toc92400742)

[Заключение 20](#_Toc92400743)

# Аннотация

В данной работе рассматривается задача разработки датчика для замера температуры и влажности с последующей отправкой данных по Wi-Fi с помощью модуля ESP-01S, либо отображении этих данных на встроенном OLED дисплее.

Составляется структурная и принципиальная схема устройства, производится подбор элементной базы, трассировка, размещение элементов на плате, создание прототипа корпуса прибора, а также сравнение с уже имеющимися прототипами на рынке и с серийными аналогами.

# Лист технического задания

1. Прибор – устройство для замера температуры и влажности;

2. Назначение – измерение температуры и влажности окружающей среды;

3. Тип датчика или сенсора – датчик измерения температуры и влажности;

4. Тип микроконтроллера – MSP430F2112;

5. АЦП – измерение напряжения аккумулятора для контроля разряда;

6. Устройство ввода – кнопки;

7. Устройство вывода – OLED дисплей;

8. Интерфейс связи с ПК – Wi-Fi;

9. Тип питания – автономное;

10. Габариты устройства не должны превышать 80 мм х 36 мм х 27 мм (ШВГ);

# Введение

С помощью датчика температуры и влажности можно обеспечить комфортные условия в доме, потому что его показатели помогут вовремя проветривать комнаты, регулировать отопительную систему. В настоящее такие датчики используются в жилых и нежилых помещениях. Под целевым назначением нежилого помещения обычно понимается вид деятельности, для ведения которой будет использовано данное помещение, например: торговые, производственные, складские, офисные, медицинские, образовательные и спортивные помещения. К жилым помещениям относятся: жилой дом, квартира или комната.

Датчик – небольшая микросхема, которая оснащена термистором и емкостным определителем влажности. Эти элементы и определяют влажность и температуру воздуха.

Датчики температуры и влажности широко применяются на различных промышленных предприятиях. Этот прибор используются для автоматизации и диспетчеризации, различного рода помещений и теплиц, а также технологических процессов. В настоящее время часто используется в системе «Умный дом». С их помощью происходит измерение температуры и влажности в системах автоматического контроля и регулировка технологических процессов. Их задача состоит в получении данных об измеряемой величине, преобразовании и передаче полученных сигналов.

В рамках данного курсового проекта разрабатывается устройство измерения температуры и влажности с возможностью передачи данных по беспроводному каналу связи и возможностью индикации текущих показаний на встроенном OLED дисплее, выполненном на основе модулей AHT20 (датчик температуры и влажности), ESP-01S (Wi-Fi модуль) и WEA012864MX (дисплейный модуль фирмы «Winstar»).

# 1. Обзор рынка

Существует широкий спектр приборов для измерения температуры и влажности как проводных, так и работающих от батареек или аккумуляторов. Некоторые модели имеют особенности, такие как: беспроводное подключение к автоматическому регулированию климата в помещении, оповещение о изменении микроклимата на телефон или с помощью звукового сигнала, отображение даты и времени. Для сравнения с разработанным устройством были выбраны три модели датчиков, которые приведены в таблице 1. Модели подобраны по следующим характеристикам: имеют низкую стоимость, обладают базовым функционалом.

**Таблица 1 – Сравнение приборов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Xiaomi Mijia Bluetooth Hygrothermograph 2 | Xiaomi MiJia Miaomiaoce E-Ink | Thermo TA318 |
| Цена, руб. | 565 | 1140 | 970 |
| Диапазон измерения температуры | -9-60° C | -0 - 60° C | -50 +70 |
| Диапазон измерения влажности | 0-99.9% | - | - |
| Питание | автономное | автономное | автономное |
| Тип элемента питания | CR2032 | CR2032 | AAA |
| Расположение датчика | Внутреннее | Внутреннее | Выносной |
| Точность измерения температуры | - | 0.3° C | - |
| Точность измерения влажности | - | 3% | - |
| Беспроводной интерфейс | Bluetooth 4.2 BLE | Отсутствует | Отсутствует |
| Дополнительные функции | синхронизация со смартфоном | - | - |

Большинство моделей на рынке представлены с дополнительными функциями. Прибор, разработанный в данном проекте, обладает только функциями измерения температуры и влажности и их дальнейшей отправкой по беспроводному каналу связи. Из-за того, что данное устройство будет являться штучным или мелкосерийным изделием, то стоимость будет гораздо выше, чем у массовых приборов такого же функционала.

# 2. Разработка устройства

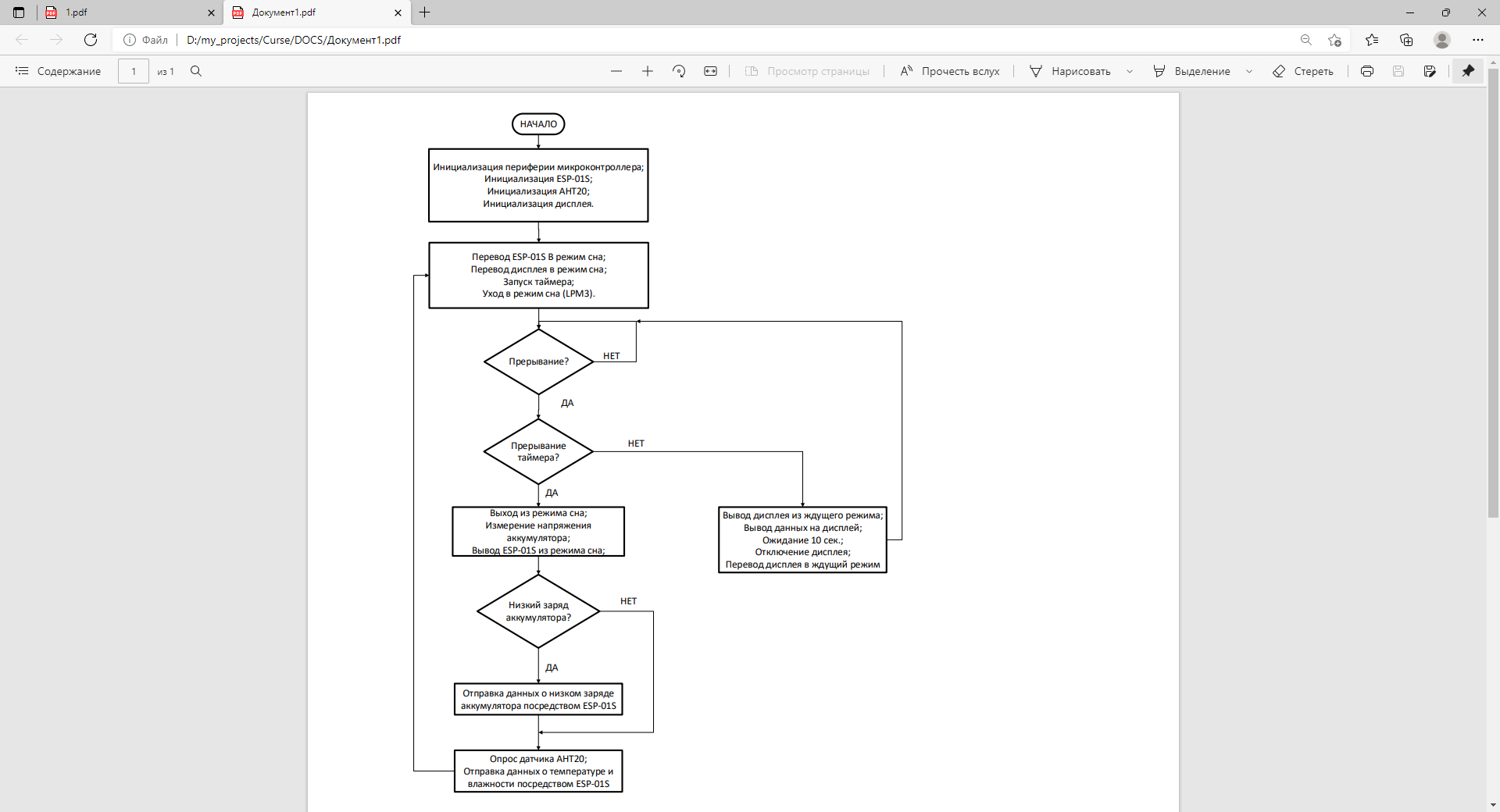
# 2.1. Последовательность действий

Следующим шагом после получения технического задания являлось составление структурной схемы устройства с описанием основных узлов.

Далее была составлена укрупненная блок-схема требуемого кода и имена основных функций. После были произведены расчеты и подобраны компоненты по основным узлам устройства. Финальным шагом являлся расчет производства единичного и серийного экземпляров.

# 3.2. Структурная схема прибора и ее описание

# 2.3. Структура алгоритма программы и описание основных функций



# 3. Конструкторская глава

# 3.1. Выбор источника питания

Основные потребители энергии:

1. Микроконтроллер MSP430F2112;
2. Дисплейный модуль WEA012864MX;
3. Wi-Fi модуль ESP-01S;
4. Модуль измерения температуры и влажности AHT20.

**Потребление MSP430F2112.** Основную часть времени контроллер находится в режиме энергосбережения (LPM3), в котором потребление составляет примерно 0,8 мкА при напряжении питания 3,3 В, с периодическим выходом в активный режим, в котором потребление составляет 450 мкА при напряжении питания 3,3 В. Среднее потребление при нахождении в активном режиме 10 секунд каждую минуту составит 45,72 мкА при напряжении питания 3,3 В.

**Потребление модуля ESP-01S.** По аналогии с MSP430 модуль ESP-01S находится в режиме сна, выходя из него только для передачи данных. В режиме сна потребление составляет 20 мкА при напряжении питания 3,3 В. В активном режиме при мощности передатчика 20 мВт (13 дБм) потребление составляет 120 мА при напряжении питания 3,3 В. В активный режим передатчик переходит раз в минуту и находится в нём в среднем одну секунду благодаря чему среднее потребление составит 2,05 мА при напряжении питания 3,3 В.

**Потребление модуля AHT20.** В режиме бездействия потребление составляет не более 250 нА при напряжении питания 3,3 В. В режиме измерения потребление составляет 23 мкА при напряжении питания 3,3 В. Режим измерения длится 80 мс и производится один раз в минуту. Среднее потребление при этом составит примерно 280 нА при напряжении питания 3,3 В.

**Потребление дисплейного модуля WEA012864MX.** В режиме ожидания драйвер дисплея SSD1306 потребляет не более 10 мкА при напряжении питания 3,3 В. В активном режиме дисплейный модуль потребляет 15 мА при напряжении питания 3,3 В при 50% заполнении дисплея. Так как периодическое включение дисплея отсутствует, то среднее потребление составляет 10 мкА при напряжении питания 3,3 В.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Потребитель** | **Потребление в ждущем режиме при напряжении 3,3 В, мА** | **Потребление в активном режиме при напряжении 3,3 В, мА** | **Среднее потребление при напряжении 3,3 В, мА** | **Среднее потребление, мВт** |
| MSP430F2112 | 0,0008 | 0,45 | 0,0457 | 0,151 |
| ESP-01S | 0,02 | 120 | 2,02 | 6,7 |
| AHT20 | 0,00025 | 0,023 | 0,0003 | 0,0008 |
| WEA012864MX | 0,01 | 15 | 0,01 | 0,033 |

Таким образом примерное среднее потребление устройства составляет примерно 6,85 мВт.

Предполагается использование литий-полимерного аккумулятора 803040-950 ёмкостью 950 мА/ч и номинальным напряжением 3.7 В, или 3,515 Вт/ч. Без учёта саморазряда аккумулятора и в случае соответствия номинальной ёмкости время автономной работы устройства от одного заряда составит примерно 513 часов или 21 день и 9 часов в случае измерения и передачи данных один раз в минуту. Время автономной работы можно увеличить путём увеличения интервала измерения и передачи данных.

При этом максимальное потребление тока может составить примерно 136 мА при напряжении питания 3,3 В.

Рисунок 5 – Литий-полимерный аккумулятор

Блок питания литий-полимерного аккумулятора LP383450 с номинальным напряжением 3.7 В, изображенный на рисунке 5, является источником постоянного напряжения. Напряжение с блока поступает на линейный регулятор с малым падением. Стабилизатор состоит из самой микросхемы стабилизатора напряжения DA2, выполненной в пластиковом корпусе LM317, а также двух электролитических конденсаторов в корпусе CAPPR-2.54/3.81, номиналами 0.33мкФ и 0.1мкФ соответственно. Емкости призваны снабдить устройство стабилизированным напряжением, для предотвращения возможных всплесков напряжения питания от источника, а также исключение просадки напряжения при кратковременных переходных процессах.

# 3.2. Микропроцессорный блок

В качестве микроконтроллера для реализации проекта используется PIC18F442. На печатной плате данная микросхема представлена в корпусе DIP-28. Использование корпуса для ручного монтажа оправдано высокой плотностью монтажа поверхностных элементов и простотой устройства, не представляющего высоких требований к индуктивности линий.

Тактирование микроконтроллера осуществляется от внешнего кварцевого резонатора на 8 Мгц с использованием фазовращающих конденсаторов, номинал которых определяется согласно частоте генерации. Схема блока тактирования микроконтроллера изображена на рисунке 6.

Рисунок 6 - Схема генератора тактовых импульсов

К микроконтроллеру также подключены кнопки, с помощью которых осуществляется включение, настройка режима работы и измерений устройства.

# 3.3. Цепи подключения датчика

В качестве датчика для аускультаций используется электретный микрофон, подключенный к микросхеме аудиокодека BU26154MUV.

Микрофон подключается к соответствующим пинам микросхемы (SPOUT+ для положительного напряжения и SPOT- для отрицательного напряжения) через RC-фильтр, снижающий наложение шумовых составляющих на полезный спектр сигнала при его дискретизации. Размах сигнала задается связкой из резистора и двух параллельно включенных конденсаторов к портам MIN1, MIN2. На входах питания между линиями питания и земли стоят керамические конденсаторы, снижающие пульсации напряжения.

# 3.4. Устройства управления и индикации

В качестве устройства беспроводного ввода и вывода используется Blueetoth-модуль, принципиальная схема которого изображена на рисунке 7.

Рисунок 7 – Схема bluetooth-модуля

Для интерфейса связи с ПК используется Bluetooth-модуль HC-05 (DD1). На плате расположен чип BC417 от компании Cambridge Silicon Radio, который обеспечивает аппаратную поддержку Bluetooth 2.0+EDR, а также флэш-память ES29LV800DB-70WGI от Excel Semiconductor на 8 Мбит (1 МБ), хранящая прошивку и настройки. Передача данных идет по протоколу UART, выводы CTS и RTS в данном случае не используются.

Вывод PIO8 — для светодиода, показывающего состояние модуля: светодиод мигает с разной скоростью в зависимости от того, чем занят модуль — опросом Bluetooth-устройств, ожиданием или чем-то ещё. Резистор R3 используется для ограничения тока через светодиод VD4. Вывод PIO9 — для светодиода, показывающего статус соединения: горит, если установлено соединение с другим Bluetooth-устройством. Резистор R2 используется для ограничения тока через светодиод VD5. На плате установлен стабилизатор напряжения MC33269ST-3.3T3 на 3.3В, чтобы можно было запитать модуль стандартным напряжением 5В. подключив питание к выводу, обозначенному +5В. Электролитические конденсаторы C1, C2 играют корректирующую роль. C2 предназначена для сглаживания пульсации, а С1 – для защиты от вероятного высокочастотного возбуждения микросхемы.

Резистор R1 используется для ограничения тока через светодиод VD2, который показывает статус питания устройства.

# 3.5. Связь микроконтроллера и микросхемы АЦП

Передача данных между аудиокодеком и микроконтроллером PIC18F442 осуществляется через интерфейс I2C. Резисторы R5, R6 подтягивают линии к питанию и их номинал влияет на крутизну фронтов сигнала.

Тактирование микросхемы АЦП осуществляется от микроконтроллера через специализированный вывод T1CKL, также выходы микроконтроллера, имеющие настраиваемый таймер, подключены к тактовым портам микросхемы SAI\_LRCLK, SAI\_BCLK.

# 4. Расчет стоимости

Одним из важнейших компонентов конкурентоспособности и вероятности попадания в серию устройства является его стоимость.

Поскольку полученная печатная плата является двуслойной односторонней, то можно ожидать невысокой стоимости самой печатной платы, по сравнению с файлами гербера, по которым будет осуществляться подготовка к производству, и нанесением пасты. Произведем расчеты стоимости для единичных выпусков для компонентов, печатной платы, упаковки, монтажа и сборки, а также корпуса. Затем приведем цены с учетом серийности производства.

Таблица 2 Стоимость компонентов

№ Наименование Цена

SB1-SB4 Кнопка smd EVQ-11 10

GB1 Аккумулятор LP383450 350

C14

CAPPR-2.54/3.81-0,33

мкФ

14

C4

CAPPR-2.54/3.81-0,1

мкФ

13

ZQ1 Резонатор HC49-U 16

R1-R6, R9 Резистор 0603 4k7 1

C1,C2 Конденсатор 0603 20 pF 2

R8 Резистор 0603 2k 1

C12, C13

Конденсатор 0603 0.47

uF

1.5

C3,C5-C8, C14,C15 Конденсатор 0603 1 uF 1.5

C3 Конденсатор 0603 2.2 uF 1.5

C11 Конденсатор 0603 4.7 uF 1.5

U1 Микросхема PIC18F442 650

DA1 LM317 37

HC-05 890

U2 PLD-4 3

BM1 HMO0603A-60 92

U3 BU26154MUV 170

17

При разработке корпуса основными требованиями для него являлись жесткость и малая шероховатость. Также необходимо учитывать малые габариты устройства и наличие отверстия, через которое осуществляется связь электретного микрофона и звуковода. Корпус было решено напечатать на 3Д принтере.

Таблица 3 Стоимость корпуса

Единица Стоимость

Пластик 1750 р

Печать 2800 р

Таблица 4 Стоимость упаковки

Единица Стоимость

Гофрокорб 400х400х400 мм 570 р

Ложемент из пенопласта 670 р

Таблица 5 Стоимость монтажа

Единица Стоимость

Поверхностный монтаж 490 р

Ручной монтаж 250 р

Итоговая стоимость компонентов составляет: 1182 р.

Согласно данным с сайта Резонит стоимость производства данной двуслойной печатной платы с односторонним монтажом с учетом двустороннего нанесения маски и шелкографии, а также пасты для поверхностного монтажа пасты и самого монтажа составит 7327.4 р, из которых 1800 р это стоимость нанесения пасты, 2300 р это трафарет и 740 р это стоимость монтажа [3]. В качестве упаковочной коробки используется гофрокорб из картона с габаритами 400х400х400 мм стоимостью 570 р и заказной пенопластовый ложемент стоимостью 670 р. Корпус стетоскопа было решено напечатать на 3Д принтере из ударопрочного пластика.

Стоимость данного корпуса ввиду его технической сложности с учетом печати составляет 4550 р.

Итоговая стоимость для единичного производства составляет 14999,4 р, что значительно больше чем стоимость аналогов схожей технической сложности конкурентов. Однако, при введении в серию данного устройства можно ожидать снижения цены до 80% до 2999,88 р. Такая цена уже может конкурировать на рынке.

# Заключение

В ходе работы был разработан стетоскоп и оценена его стоимость как при единичном, так и при серийном исполнении. Полученные результаты позволяют предположить о возможности конкуренции с аналогами при серийном производстве. Стоит отметить, что при разработке не учитывалась стоимость звуковода и головок.

Приложение А............................................................................................................................................19

Приложение Б............................................................................................................................................22

Приложение В............................................................................................................................................24

Приложение В............................................................................................................................................25

Библиография ............................................................................................................................................33

