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

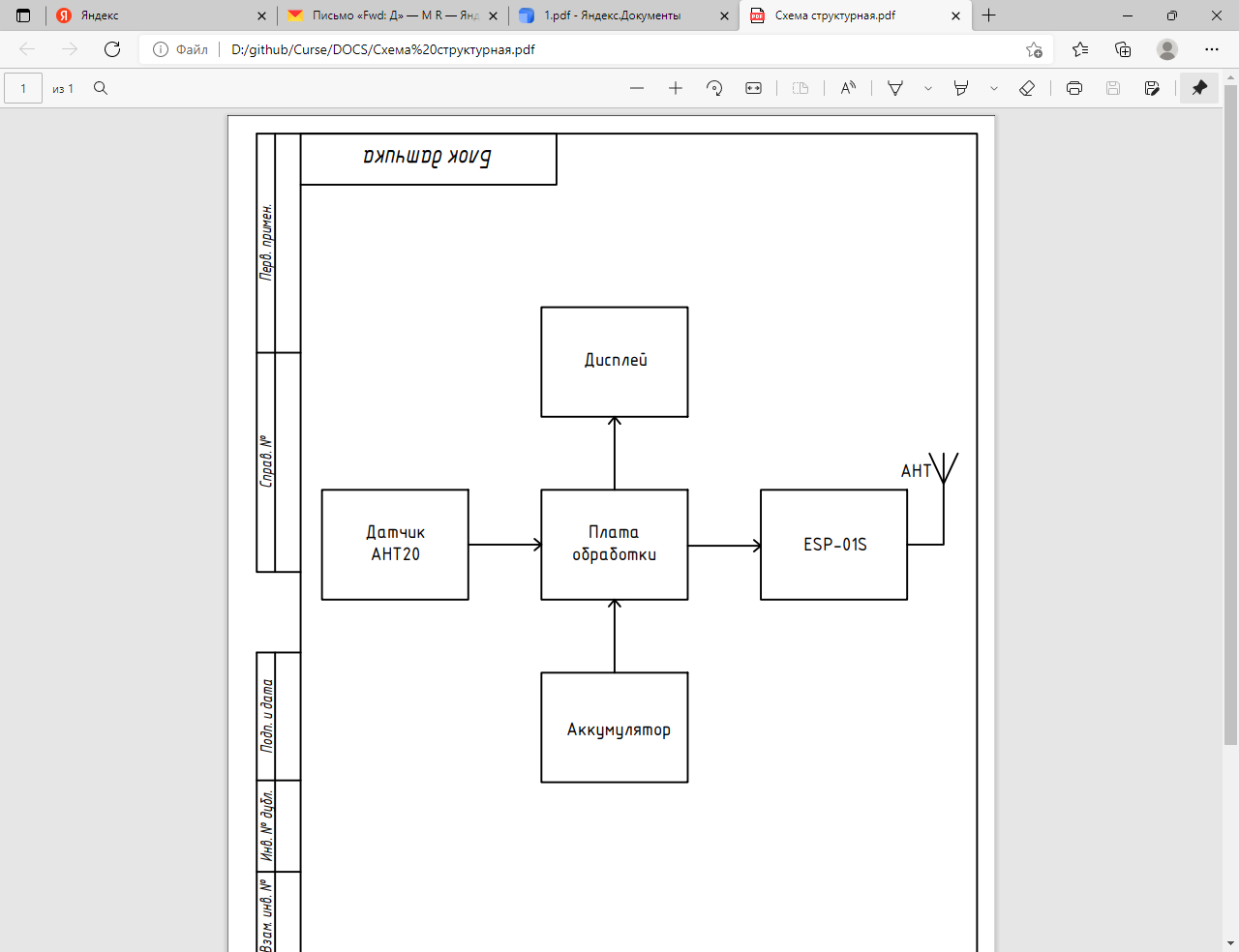
Следующим шагом после получения технического задания являлось составление структурной схемы устройства с описанием основных узлов.

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.

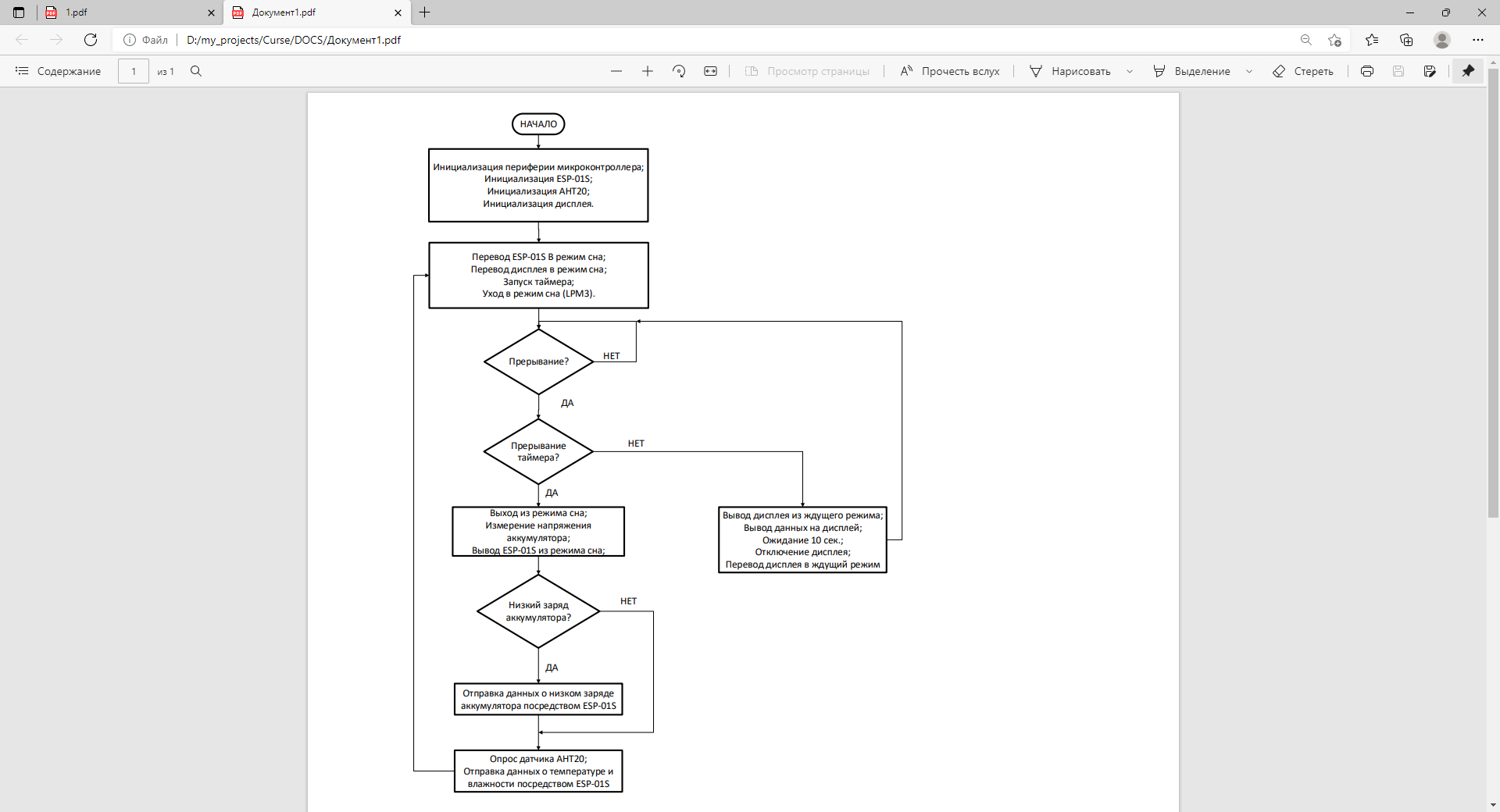
2 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИБОРА

Согласно техническому заданию, датчик температуры и влажности был разработан на базе модуля с датчиком температуры и влажности AHT20, OLED дисплея и модуля ESP-01S, которые подключены к микроконтроллеру MSP430F2112.

2.1 Структурная схема прибора и её описание



2.2 Структура алгоритма программы для прибора



2.3 Источник питания и общее потребление

Устройство питается с помощью литий-полимерного аккумулятора типоразмера 803040. В схеме предусмотрена возможность осуществлять зарядку аккумулятора через USB разъём. Для этого в схеме (Рис. ?) присутствует микросхема для заряда BQ21040 «Texas Instruments» (DA2), а также защита от переразряда и перезаряда с помощью микросхемы BQ29737 «Texas Instruments» (DA1) и транзисторной сборки BUK9K5R1-30E «Nexperia». Микросхема DA1 замеряет напряжение аккумулятора и при слишком низком или слишком высоком напряжении отключает его от цепи для предотвращения нанесения ущербу аккумулятора.

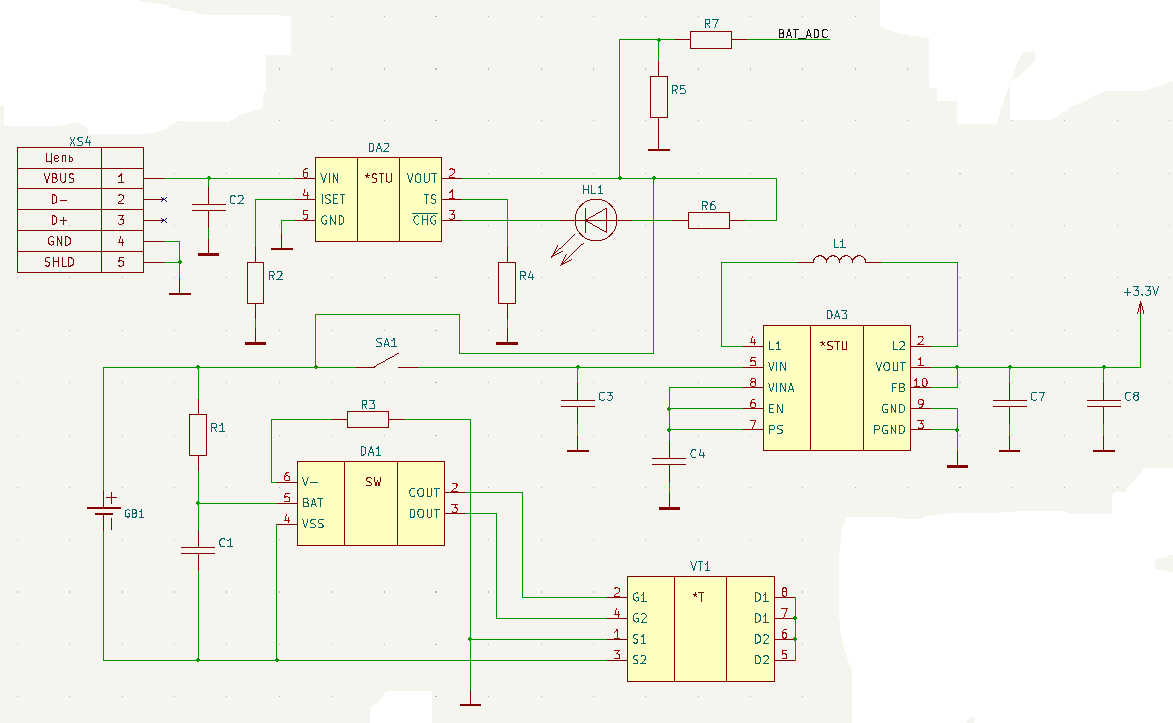


Рис. ?. Схема питания

За формирование рабочего напряжения 3,3 В отвечает микросхема TPS63061 «Texas Instruments» (DA3). TPS63061 представляют собой решение для питания от трех- и шестиэлементных щелочных, никель-кадмиевых или никель-металлгидридных аккумуляторов, а также одноэлементных или двухэлементных литий-ионных или литий-полимерных аккумуляторов. Выходные токи могут достигать 2 А при использовании двухэлементной литий-ионной или литий-полимерной батареи и разряжаться до 5 В или ниже. Понижающе-повышающий преобразователь основан на контроллере с фиксированной частотой и широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), использующем синхронное выпрямление для достижения максимальной эффективности. При низких токах нагрузки преобразователь переходит в режим энергосбережения, чтобы поддерживать высокий КПД в широком диапазоне токов нагрузки. Режим энергосбережения можно отключить, заставив преобразователь работать на фиксированной частоте переключения. Максимальный средний ток в ключах ограничен типичным значением 2,25 А. Выходное напряжение программируется с помощью внешнего резисторного делителя или фиксируется внутри микросхемы.

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 6,85–7 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.

2.4 Дисплей

Символьный дисплей (рисунок 4) построен на базе ЖК дисплея типа

STN (Super Twisted Nematic) под управлением контроллера HD44780 и имеет

синхронный параллельный 8-битный интерфейс подключённый к конвертеру

для преобразования параллельного интерфейса дисплея в шину I2C по

которой он и подключается к микропроцессору [3]. Наличие конвертера

облегчает

подключение

дисплея

к

микропроцессору,

т.к.

шина

I2C

использует всего 2 вывода для передачи данных и 2 вывода питания.

Дисплей оснащён светодиодной подсветкой синего цвета. Дисплей способен

одновременно отображать до 32 символов (16 столбцов, 02 строки) от чего и

произошло название дисплея: LCD1602. Контроллер HD44780 имеет ПЗУ в

которой хранятся цифры, символы латиницы и некоторые иероглифы

японского языка, для их отображения на дисплее.

Выводы GND и VCC дисплея подключаются к напряжению 5 В, а

выводы SDA и SCL к аппаратной шине I2C.

2.5 Модуль датчика влажности и температуры

Плата модуля содержит основные компоненты: датчик температуры и

относительной влажности DHT11 (рисунок 5) в синем корпусе, светодиод

индикации питания и вилка соединителя. Датчик DHT11 состоит из двух

частей

–

емкостного

датчика

температуры

и

гигрометра.

Первый

используется для измерения температуры, второй – для влажности воздуха.

Находящийся

внутри

чип

может

выполнять

аналого-цифровые

преобразования

и

выдавать

цифровой

сигнал,

который

считывается

посредством микроконтроллера.

Технические характеристики:

• Потребляемый ток – 2,5 мА (максимальное значение при

преобразовании данных), в режиме покоя: 100 мкА;

• Напряжение питания: 3,3–5 В;

• Измеряет влажность в диапазоне от 20% до 80%. Погрешность

может составлять до 5%;

• Применяется при измерении температуры в интервале от 0 до 50

градусов (точность – 2%)

• Габаритные размеры: 15,5 мм длина; 12 мм широта; 5,5 мм высота;

• Питание: от 3 до 5 Вольт;

• Одно измерение в единицу времени (секунду). То есть, частота

составляет 1 Гц;

• 4 коннектора. Между соседними расстояние в 0,1";

• Габариты: 25×25 мм.

2.6 Микроконтроллер

Для обработки сигналов, получаемых датчиком температуры и

влажности,

управления

усилением

и

связи

с

ПК,

был

взят

микроконтроллер ATmega 328 (рисунок 6). Выбор производился по

следующим критериям:

• Число разрядов АЦП не менее 10

• Количество входов не менее 18-ти

• Минимальная рабочая частота не менее 3 кГц

• Рабочее напряжение не более 5 В

Технические характеристики:

• Рабочая частота - 20 МГц

• Число разрядов АЦП - 10

• Количество входов - 23

• Рабочее напряжение - от 1.8 В до 5.5 В

Микроконтроллер ATmega 328 имеет низкое энергопотребление,

потребляемый ток – до 0.3 мА в активном режиме, питания от USB

полностью хватает для устойчивой работы микроконтроллера. Также этот

микроконтроллер имеет небольшие размеры: 5,75 мм в ширину и 5,92

мм в длину.

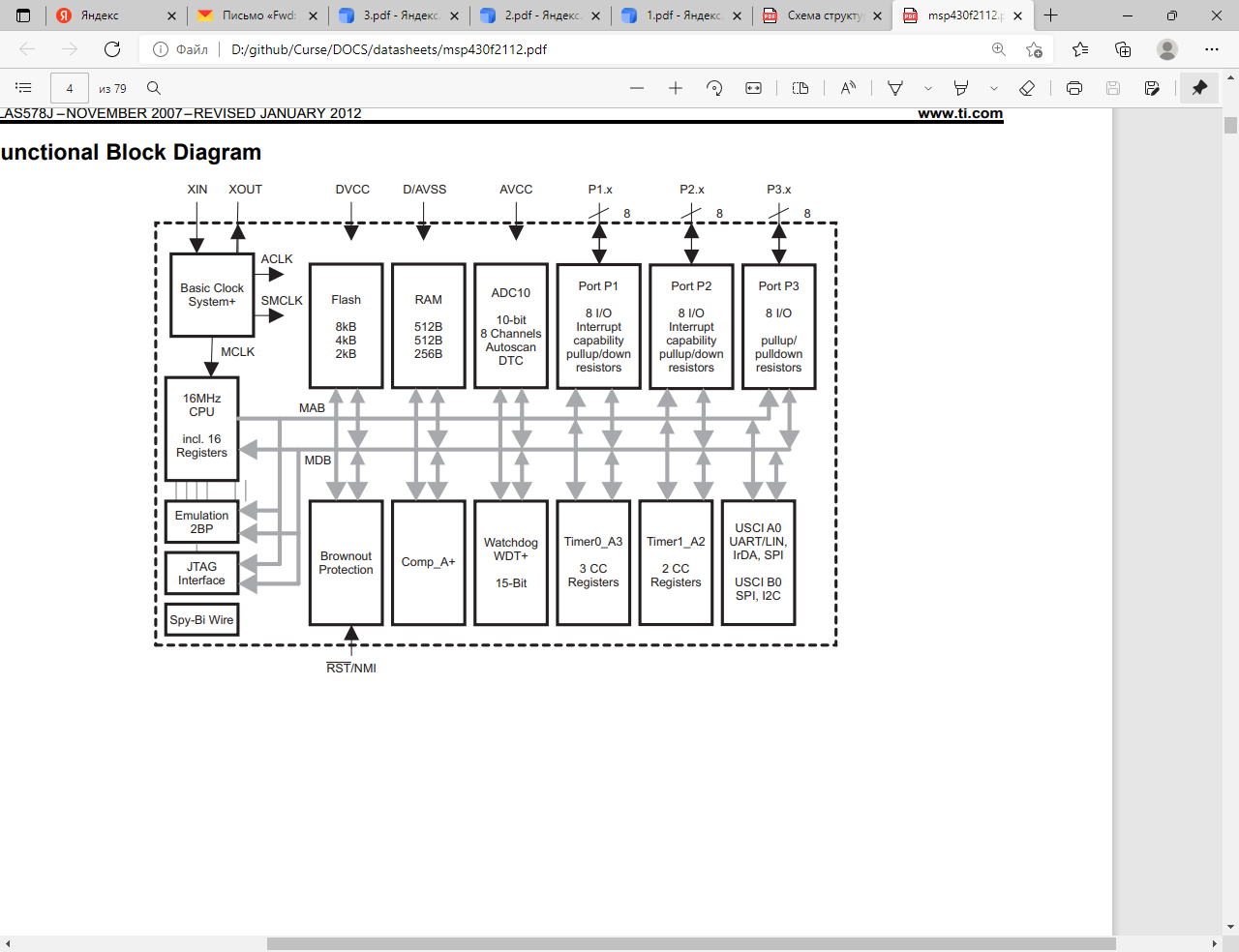


Рисунок 6 – Блок-схема микроконтроллера MSP430F2112

2.7 Модуль ESP-01S

3.5. Разработка конструктива корпуса

Плату с размещенными на ней элементами необходимо поместить в

корпус. Корпус должен быть ударопрочным в связи с возможными падениями

устройства. Поэтому корпус должен быть изготовлен из пластмассы высокого

качества. В нашем случае для изготовления корпуса монитора физической

активности выберем ABS-пластик. ABS-пластик – ударопрочная техническая

термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном

и стиролом. Этот вид пластмассы является нетоксичным и ударостойким.

Предполагается использовать пластмассу белого цвета. Форма корпуса

соответствует форме платы и представляет собой прямоугольный

параллелепипед.

Также необходимо определить расположение необходимых отверстий

на корпусе. На лицевой стороне корпуса будет располагаться отверстие

прямоугольной формы для вывода экрана дисплея. На задней стороне корпуса

будет располагаться прямоугольное отверстие с крышкой в качестве отсека

для батареек.

Печатная плата, на которой располагаются все элементы – это плата

ESP32 которая имеет размеры: длина 68 мм, ширина 53 мм, толщина, с учетом

расположения всех элементов, 60 мм. Размер корпуса подбирается исходя из

габаритов всех элементов и их расположения согласно чертежам.

# 3. Конструкторская глава

# 3.1. Выбор источника питания

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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данного курсового проекта был разработан прибор — монитор

физической активности. Разработана структурная схема устройства,

принципиальная электрическая схема, схема печатной платы, схема

предполагаемого корпуса разработанного устройства. Проведен расчет

стоимости устройства и анализ аналогов, уже существующих на рынке. В

результате, можно сделать вывод, что разработанное в ходе курсового проекта

устройство получилось немного дороже большинства существующих на

рынке аналогов. Помимо стоимости устройства, недостатки наблюдаются и в

сравнительно больших габаритах. На основе чего, можно сделать вывод, что

разработка монитора на основе заданных компонентов не целесообразна для

продажи. Несмотря на существенные недостатки, разработанное устройство

выполняет свою задачу, а именно – отображает параметры физической

активности человека.

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

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

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

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

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

