Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра проектирования информационно-компьютерных систем

Дисциплина: Мобильные вычислительные системы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

на тему

**МОБИЛЬНЫЙ ТЕПЛОВИЗОР НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОГО ЯДРА ARM CORTEX-M4 С WIFI-КАНАЛОМ СВЯЗИ**

БГУИР КП 1-39 03 02 044 ПЗ

Студент

Руководители

А. В. Синило

О. Ч. Ролич

В. С. Колбун

Минск 2020

# **СОДЕРЖАНИЕ**

# перечень условных обозначений, символов и терминов

# ВВЕДЕНИЕ

Первые компьютеры появились в середине прошлого столетия. Они были настолько огромными, что занимали несколько комнат. Несмотря на столь большие размеры, их вычислительные мощности оставляли желать лучшего. Однако даже с учётом всех недостатков, вычислительные устройства тех лет справлялись со своими задачами намного быстрее человека.

С тех пор электроника прошла длинный путь развития. Постепенно транзисторы – основа практически всех цифровых микросхем – становились меньше и дешевле. Согласно законам физики, с уменьшением размеров транзисторов сокращалась и мощность, требуемая для их работы. Логическим завершением процесса повсеместной миниатюризации электронных компонентов стало создание интегральных микросхем – компактных устройств, объединявших в себе большое количество элементов. Вместо проводов для соединения микросхем стали использовать печатные платы с контактными площадками и дорожками. Вскоре обнаружилась проблема: микросхемы могли выполнять только одну функцию. Для модификации алгоритма работы электронного устройства приходилось перепроектировать всю микросхему, что занимало очень много времени и стоило больших денег.

Решение проблемы стало изобретение микропроцессоров – программируемых интегральных микросхем, исполняющих инструкции из заранее определённого набора. Теперь для изменения логики работы устройства достаточно было изменить программный код. Позже появились устройства, объединившие в себе микропроцессор, память и часто используемую периферию (например, АЦП, интерфейсы *I2C*, *SPI* и т. д.) – микроконтроллеры. При этом микропроцессоры не вышли из употребления, а продолжают использоваться там, где нужны значительные объёмы памяти и вычислительные мощности, поскольку существуют физические ограничения на размер кристалла, из-за которых невозможно поместить всё в один чип.

В наши дни микроконтроллеры можно встретить повсеместно: в бытовой технике, в автоматах по продаже напитков, в спутниках, электронных термометрах, кондиционерах, тепловизорах и т. д.

В рамках данного проекта будет разработана конструкторская документация для компактного мобильного тепловизора, передающего на мобильное устройство информацию о распределении температур в его поле зрения*.* Для передачи будет использоваться технология *Wi-Fi.* После приёма данные будут обработаны на мобильном устройстве и отображены на экране. Такой подход позволяет сэкономить на дисплее для тепловизора.

## 1 общетехническое обоснование разработки прибора

### 1.1 Анализ исходных данных

Назначение устройства – получение информации о распределении температур предметов в поле зрения тепловизора с последующим отображением на экране. На сегодняшний день практически у каждого человека есть смартфон. Поэтому в целях уменьшения размеров и снижения стоимости тепловизор не будет оборудован экраном для вывода информации, а будет передавать данные по *Wi-Fi* на мобильное устройство пользователя с установленным на него приложением. Данное приложение будет производить обработку полученных от тепловизора данных и их отображение с использованием выбранной цветовой схемы и с учётом установленного диапазона температур.Также возможна работа устройства в связке с компьютером, а не только с мобильными устройствами.

В число требований к прибору входят:

– питание от аккумулятора напряжением 3,6 В;

– потребляемый ток не более 150 мА;

– возможность зарядки аккумулятора через порт micoUSB;

– габаритные размеры не более 100 x 80 x 40 мм;

– общая масса устройства не более 0,3 кг;

– надёжность по ГОСТ 27.003-90;

Требуемое напряжение обеспечивают только литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы. Выбор остановился на литий-полимерном из-за его меньшей массы и меньшей толщины по сравнению с литий-ионным. Конечно, можно было использовать для питания устройства 3 последовательно подключённых никель-металл-гидридных аккумулятора. Однако в таком случае габариты и масса устройства вряд ли вписались бы в требования. Все остальные компоненты прибора имеют небольшие массу и размеры, поэтому выбор аккумулятора является определяющим.

Различия между типами аккумуляторов, их преимущества и недостатки, а также принципы работы всех составных частей прибора подробно описаны в подразделе 1.2 пояснительной записки.

### 1.2 Теоретические сведения и принципы функционирования отдельных узлов прибора

#### **1.2.1** Обзор принципов действия, структурных решений и микропроцессорной базы современных тепловизоров

Современный тепловизор позволяет видеть тепловое (инфракрасное) излучение окружающих объектов и бесконтактно измерять температуру в любой точке на поверхности с точностью 0,1°С и выше. Основываясь на разнице температур, возможно создавать тепловые изображения, с которых с помощью алгоритмов возможно считать температурные значения. Разной температуре соответствует определенный цвет изображения. Самые низкие температурные значения имеют синий и чёрный цвета, высокие же – красный, жёлтый и оранжевый.

Принцип работы тепловизора основывается на регистрации и анализе температур поверхности объектов. Тепловизор чувствителен к инфракрасному излучению, которое прямо зависит от теплоты объекта: чем он теплее, тем больше инфракрасного излучения он испускает. По сути, тепловое излучение является источником инфракрасного. В отличие от человеческого глаза, инфракрасные детекторы способы фокусироваться на данном типе излучения, после чего передают сигнал в электронный блок для обработки и вывода изображения. После считывания информации с датчиков генерируется видеосигнал; шкала соответствия цвета точки на изображении к абсолютной температуре наблюдаемого объекта может быть выведена поверх кадра. Также возможно обозначить температуры наиболее холодной и горячей точек на выведенном изображении. Разные модели тепловизоров могут различаться по величине шага измеряемой температуры. Современная точность прибора составляет 0,05-0,1К.

Тепловизор состоит из дисплея, электронного блока (микропроцессора) и тепловизионной матрицы. Также в состав прибора входит объектив со специальной линзой, изготовленной с применением редких металлов (к примеру, германий), которые прозрачны для инфракрасного излучения. Благодаря им тепловое излучение проецируется на матрицу чувствительного к излучению датчика. Обычное стекло не подходит для линзы, так как оно не пропускает инфракрасное излучение в необходимой части спектра. Тепловизионная матрица характеризуется тем, что каждый пиксель состоит из отдельного терморезистора. При нагревании сопротивление внутри них меняется, благодаря чему возможно перевести тепло в видимое изображение – термограмму.

Микропроцессор необходим для того, чтобы непосредственно обрабатывать поступающую с матрицы информацию и пересчитывать её в температуры.

Кроме того, одним из элементов тепловизора может быть электронная карта памяти либо подобное ей устройство передачи и хранения информации. На них возможно сохранять цифровые электронные данные, содержащие изображения тепла и различные вспомогательные данные. К тому же обладающие возможностью сохранять данные тепловизоры позволяют производить видеозапись.

**1.2.2** Принцип работы термостолбцовой матрицы

**1.2.3** Классификация цветовых моделей

Цветовая модель – это абстрактная математическая модель, описывающая способ представления цветов в виде наборов чисел, обычно в виде трех или четырех значений или компонентов цвета. Когда эта модель связана с точным описанием того, как должны интерпретироваться компоненты (условия просмотра и тому подобное), результирующий набор цветов называется «цветовым пространством» – моделью представления цвета, основанной на использовании цветовых координат. В цветовой модели каждому цвету ставится в соответствие строго определенная точка. Другими словами, такая цветовая модель является упрощенным геометрическим представлением, основанным на системе координатных осей и принятого масштаба.

Цветовые модели могут быть аппаратно-зависимыми (RGB, CMYK) и аппаратно-независимыми (Lab).

По принципу действия цветовые модели можно разбить на три вида:

* 1. Аддитивные (RGB) – основаны на сложении цветов. На основе законов Грассмана соединяются лучи разных цветов, образуя необходимый. Большинство цветов возможно получить путём смешивания в *различных* пропорциях трёх основных цветовых компонент (первичные цвета) – красного, зелёного и синего (**R**ed, **G**reen**, B**lue). При смешивании первичных цветов образуются *вторичные* – голубой, пурпурный и жёлтый (**C**yan, **M**agenta, **Y**ellow).
  2. Субтрактивные (CMY, CMYK) – основаны на вычитании цветов (субтрактивный синтез).
  3. Перцепционные (HSB, HLS, Lab, YCbCr) – базируются на восприятии.

Основные цветовые модели:

* RGB;
* CMY (Cyan Magenta Yellow);
* CMYK (Cyan Magenta Yellow Key, причем Key означает черный цвет);
* HSB;
* YCbCr;
* Lab;
* HSV (Hue, Saturation, Value);
* HLS (Hue, Lightness, Saturation).

Разновидности цветовой модели RGB

1.2.4 Видеокодеки *H264, H265, VP9*

1.2.5 Алгоритмы сжатия изображений: *JPEG, PNG, WEBP, HEIC*

1.2.6 стек *Wi-Fi*-протоколов. протоколы *UDP*, *TCP*, *DHCP*

1.2.7 структура и принципы функционирования микроконтроллера с ядром *ARM Cortex-M4*;

1.2.8 физический и канальный уровни интерфейсов *FSMC*, *UART*, *I2C* и *SPI*;

1.2.9 структура и логика функционирования *Wi-Fi* модуля *ESP8266*;

1.2.10 представление строк в памяти микроконтроллера;

1.2.11 структура и логика функционирования тепловизионной матрицы *MLX90640*;

1.2.12 формат передачи данных от *MLX90640* к *STM32F401* посредством *I2C*;

1.2.13 формирование очереди и линейного буфера потока кадров тепловизионой матрицы;

1.2.14 алгоритм выделения в линейном буфере отдельных кадров; алгоритм преобразования яркостных значений кадра в цветовой вид; способы визуализации преобразованного кадра на дисплее;

1.2.15 принципы эргономичности пользовательского интерфейса;

1.2.16 принципиальные основы и схемы зарядки литий-полимерной аккумуляторной батареи.

## 2 Разработка структурной электрической схемы мобильного тепловизора

### **2.1** Обоснование базовых блоков структурной схемы тепловизора

### 2.2 Обоснование связей структурной схемы тепловизора

## **3** Разработка принципиальной электрической схемы тепловизора

### **3.1** Обоснование выбора САПР для разработки принципиальной схемы

### **3.2** Описание используемых библиотечных элементов и процесса их создания

### **3.3** Обоснование выбора базовых компонентов принципиальной схемы тепловизора

### **3.4** Обоснование связей принципиальной электрической схемы тепловизора

### **3.5** Анализ и обоснование принципиальной схемы зарядки аккумулятора

## **4** Разработка модели и алгоритма функционирования тепловизора

### **4.1** Реализация алгоритмов наложения цветовой палитры на яркостную матрицу

### **4.2** Реализация алгоритмов обработки и визуализации кадров

### **4.3** Разработка диаграммы состояний тепловизора

### **4.4** Разработка схемы алгоритма функционирования тепловизора

### **4.5** Разработка пользовательского интерфейса приложения для работы с устройством

## **5** Разработка конструкции проектируемого прибора

### **5.1** Выбор и обоснование элементной базы.

### **5.2** Выбор и обоснование конструктивных элементов и установочных изделий.

## **6** Расчёт конструктивно-технологических параметров проектируемого прибора

### **6.1** Проектирование печатного модуля

#### **6.1.1** Выбор типа конструкции печатной платы, класса точности и шага координатной сетки

#### **6.1.2** Выбор и обоснование метода изготовления электронного модуля

#### **6.1.3** Расчёт конструктивно-технологических параметров электронного модуля

### **6.2** Выбор и обоснование материалов конструкции и защитных покрытий, маркировки деталей и сборочных единиц

## **7** Применение средств автоматизированного проектирования при разработке прибора

# Заключение

# список использованных источников

# приложение А

# (обязательное) **Перечень элементов**

# приложение Б

# (обязательное) **Спецификация**

# приложение **В**

# (обязательное) **Визуализированная трёхмерная модель**

# приложение **Г**

# (обязательное) **Ведомость документов**