

СОШ Веста, МОУ СОШ 82 г., Дом Ученых РАН в Черноголовке

Областной конкурс

Научно – исследовательской и проектной деятельности

«Юный исследователь»

Номинация: Научно – техническое творчество

Секция: «Умный мир»

Тема: «Детектор цвета с экспертной системой для помощи
слепым и слабовидящим»

Авторы работы:

Костюченко Даниил, 15 лет

Терновая Анастасия, 14

Научный руководитель к.ф.-м.н. Богданов С.В,

Преподаватель кружка НТИ МОУ СОШ82,

Руководитель ТО «Экспериментальная Физика»

Дом Ученых РАН, академия наук г. Черноголовка

Черноголовка, 2022 г.

Оглавление

Введение	2
Актуальность.....	3
Задачи проекта	4
Выбор комплектующих и микроконтроллерной платы	5
Схемотехника прибора.....	5
Разработка таблицы цветов для калибровки прибора	7
Алгоритм работы и код программы.....	7
Сборка, отладка и тестирование прибора	9
Перспективы дальнейшего развития проекта.....	13
Полученные результаты.....	14
Заключение	14
Использованная литература.....	14
Приложения.....	16

Введение

При посещении школы – интерната для слепых и слабовидящих мы узнали, что этим людям очень помогут приборы определения цвета. Мы сконструировали компактный прибор для определения цвета, с голосовым сообщением о цвете, о совместимости этого цвета с другими цветами и интересной информации об этом цвете. Определитель цвета будет полезен людям с ограниченными возможностями по зрению – при выборе одежды, сочетанию цветов (это для некоторых людей важно), определении цвета утвари в магазине, и например степени зрелости бананов или яблок.

Мы в приборе применили оригинальные решения для определения цвета, без использования дорогих спектральных приборов. Прибор сделан на модулях из экониши Arduino, код написан в среде разработки с открытым исходным кодом, все чертежи, схемы и код выложены для свободного доступа, так что прибор можно повторить как дома, так и в кружке. Мы провели тщательную отладку и многочисленные испытания прибора и убедились в его надежности.

Мы уверены, что прибор повысит качество жизни людей с ограниченными возможностями по зрению. Также наш выбор конструкции и комплектующих позволит другим юным техникам легко повторить прибор как в домашних условиях, так и в школьном кружке.

Актуальность

В России количество зарегистрированных слепых и слабовидящих составляет 218 тысяч человек, из них абсолютно слепых – 103 тысячи (1). Цвет играет важную роль в жизни человека, и слабовидящим и слепым людям прибор определения цвета может оказать существенную помощь. Некоторые люди потеряли зрение и помнят про цвета, а для некоторых важно сочетать цвета разных элементов одежды, или разобрать постиранные носки по цветам, или выбрать что-либо в магазине по цвету, например кухонную утварь. Имеющиеся приборы для идентификации цвета недешевы- 25 000 руб. и более (2), так что задача разработки недорогого, доступного и, главное, доступного для повторения юными техниками дома или в кружке прибора чрезвычайно актуальна. Также мы считаем важным привлечь внимание к проблеме адаптации людей с ограниченными возможностями по зрению.

Мы решили сконструировать и сделать такой прибор, построенный на основе доступных и недорогих модулей экониши Arduino (3), без применения

сложных технологий, с использованием 3-Д печати и интегрированной среды разработки с открытым исходным кодом Arduino IDE. Кроме распознавания цвета, прибор (по желанию) может выдать рекомендации и по сочетанию цветов, работает как своего рода экспертная система. Звук записан на русском и английском языках. При желании можно использовать файлы с информацией на любом языке, а также любые дополнительные комментарии, например, что в природе обладает данным цветом.

Новизна нашей работы заключается в том, что мы разработали недорогой и доступный прибор для определения цвета, включающий и экспертную систему сочетания цветов с голосовым выводом информации. Чертежи, схемы и код мы выложим на любимые программистами веб-сервисы GitHub и Hack a Day.

Задачи проекта

1. Провести поиск и тестирование электронных сенсоров и модулей, с помощью которых можно определять цвет.
2. Выбрать сенсор (компоненты) и разработать схему на основе модулей экзониши Ардуино –датчика цвета (три компонента цвета – красный, зеленый, синий), микроконтроллерной платы Arduino Nano и MP3 – проигрывателя.
3. Собрать макет прибора, написать код и отработать все в комплексе
4. Сконструировать корпус прибора и собрать действующий прибор.
5. Сделать программный модуль рекомендаций по сочетанию цветов, причем эти рекомендации можно менять, просто переписывая звуковые файлы на uSD карте.
6. Выложить чертежи, код и схему для повторения на ресурсы GitHub и Hack a Day.

7. Передать прибор в Школу – Интернат для слабовидящих и слепых в г. Королев Московской области на тестирование.

Выбор комплектующих и микроконтроллерной платы

В качестве платы управления мы выбрали Arduino Nano – она небольшая и включает USB интерфейс для загрузки исполняемого кода и вывода данных на монитор. Сама экониса Arduino выбрана, потому что все нужные нам модули доступны и недороги.

Для определения цвета есть специализированные чипы, использующие светофильтры, нанесенные на элементы матрицы фотодиодов, но их цена очень высока. Мы предложили оригинальное решение- мы взяли недорогой и широко распространенный модуль GY-302 на интегральном датчике освещенности (4), и управляемый RGB (трехцветный – красный, зеленый, синий) светодиодный модуль на чипе WS2812 (5).

Для воспроизведения звука мы взяли простой и недорогой MP3 – проигрыватель Mini DF Player (6), работающий с uSD картой.

Схемотехника прибора

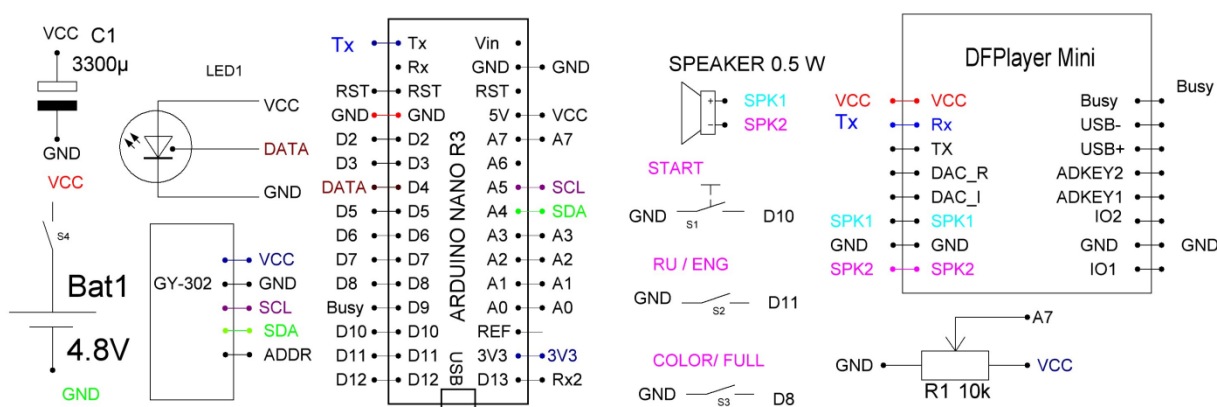


Рис.1. Принципиальная схема прибора.

Плата контроллера на основе микроконтроллера Atmega328-16 управляет работой адресного светодиода WS2812. Данные с платы детектора

освещенности GY- 302 (с интегральным сенсором BH1750FVI) по протоколу I2C (пины A4-A5 микроконтроллера) поступают в микроконтроллер, по запросу микроконтроллера (мастер шины). Громкость определяется положением потенциометра R1 через аналого – цифровой преобразователь (пин микроконтроллера A7). Воспроизведение файлов MP3 – проигрывателем через громкоговоритель SP типа 0.25ГДШ11 (12 Ом), управление по последовательному порту по протоколу USART, через выход TX микроконтроллера. Для включения и управления прибором применяется три тумблера и одна кнопка. Все используемые детали перечислены в таблице 1 с ценами на 01.09.2021 г.

Таблица 1. Комплектация прибора и стоимость деталей.

№	Наименование	Тип	Цена	К-во	Сумма
1	Плата микроконтроллера	Arduino Nano	300	1	300
2	Датчик освещенности	GY-302	150	1	150
3	Светодиод адресный	WS2812	20	1	20
4	Тумблер		40	3	120
5	Кнопка		40	1	40
6	Громкоговоритель		200	1	200
7	Разъем питания		40	1	40
8	Разъем стерео аудио		40	1	40
9	Отсек батарей		60	1	60
10	Материал на корпус	PLA	1200	0,12	144
11	Конденсатор	3000 uF 6 V	70	1	70
12	Потенциометр	10 кОм	35	1	35

Итого

1219 Руб.

Разработка таблицы цветов для калибровки прибора

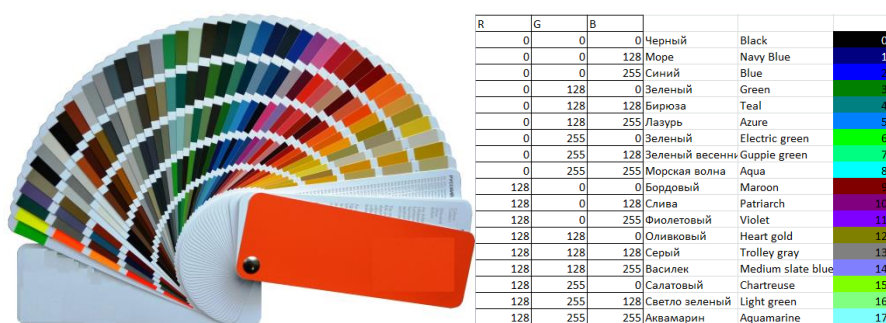


Рис. 2. Магазин эталонных цветов (слева) и наша таблица (справа).

воспользоваться готовым эталоном (Рис.2), но такие эталоны очень трудно купить, и мы решили сами разработать набор цветов и напечатать его на цветном принтере. Для этого мы воспользовались программой электронных таблиц. В электронных таблицах мы можем задать RGB -цвет {Red, Green, Blue} конкретной ячейки (i, j) с помощью команды

`Cells (i, j).Interior.Color = RGB(Red; Green; Blue) (1),`

где аргументы функции RGB () находятся в диапазоне 0 – 255.

Мы сделали два эталонных набора цветов – на 27 и 64 цвета, соответственно для каждой компоненты из набора {0, 127, 255} и {0, 85, 170, 255}. Пример показан на рис. 2, справа.

Алгоритм работы и код программы

Мы применили метод регистрации отраженного сигнала при последовательном освещении объекта тремя цветами – красным, зеленым и синим, а также одновременно тремя цветами, а затем при всех выключенных светодиодах (измерение уровня фона). Фотодатчик с цифровым интерфейсом регистрирует 5 значений – по 3 компонентам I_R , I_G , I_B , общий при освещении всеми 3 цветами I_W и фоновый I_F , когда все светодиоды засветки выключены. Временная диаграмма приведена на рис. 3. Полученные данные обрабатывает микроконтроллер – вычисляет сумму компонентов I_{RGB} :

$$I_{RGB} = I_R + I_G + I_B \quad (1)$$

Это значение сравниваем с сигналом при всех включенных светодиодах I_W , и если относительная разница больше определенного порога ε

$$\varepsilon < |I_W - I_R - I_G - I_B| / (I_R + I_G + I_B) \quad (2)$$

то результат измерения будет отбракован, прибор сообщает «Цвет не определяется». Это критерий правильности работы логики измерения. Также результат будет отбракован, если фоновая засветка I_F превышает некоторый относительный (в долях I_{RGB}) порог δ

$$\delta < I_F / (I_R + I_G + I_B) \quad (3).$$

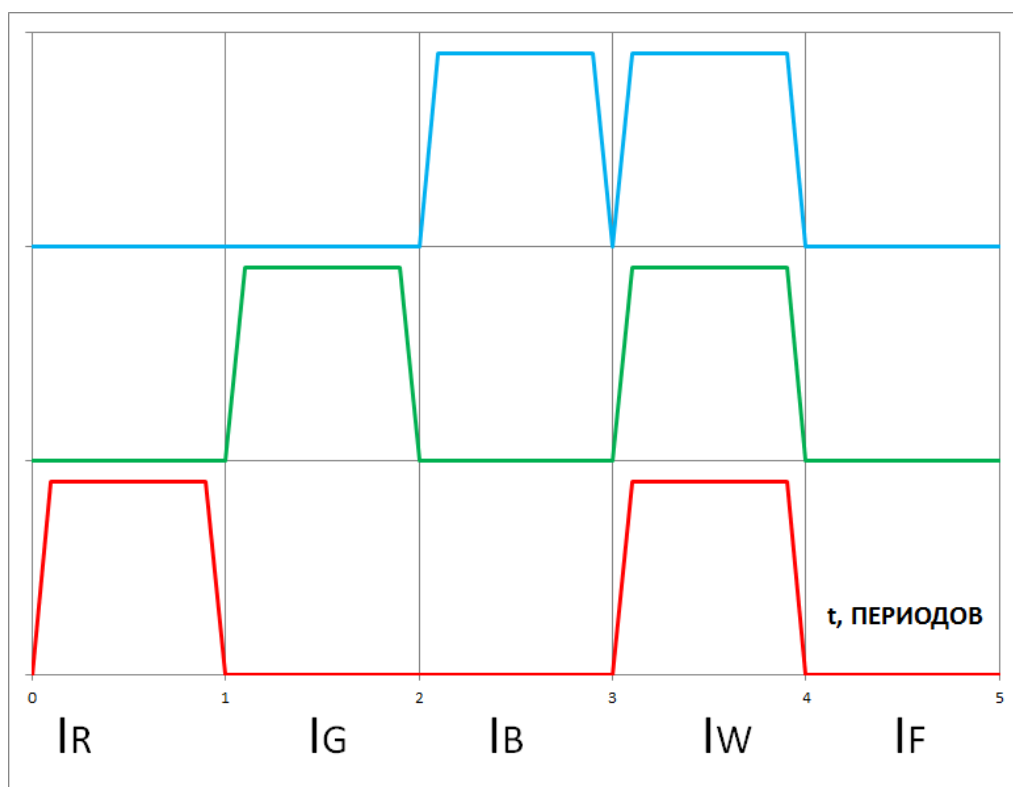


Рис. 3. Временная диаграмма (в периодах считывания) работы детектора.

Определение цвета реализовано следующим образом – база данных содержит массив заранее записанных значений компонентов I_{RT} , I_{GT} , I_{BT} , полученных на образцах с известными компонентами RGB. Измеренные значения сравниваем с табличными и выбираем тот цвет, для которого функция

$$R^2 = (I_{RT} - I_R)^2 + (I_{GT} - I_G)^2 + (I_{BT} - I_B)^2 \quad (4)$$

минимальна. Таким образом, если критерии логики (2) и посторонней засветки (3) выполнены, то цвет будет обязательно отнесен к одному из цветов базы данных. Мы сделали базу из 28 цветов, но можно делать базу и больше. В настоящее время мы разрабатываем программу на 64 цвета. В перспективе мы сделаем базы для ткани и плотных материалов (бумага, керамика), они должны отличаться. Пока мы подождем результата испытания прибора в школе – интернате для слепых и слабовидящих в г. Королев.

Когда цвет определен, микроконтроллер по пину TX (Transmit штатного модуля синхронного интерфейса микроконтроллера USART) посылает на MP3 проигрыватель команду проиграть определенный файл. В зависимости от положения переключателя S2 ENG / RUS воспроизводится файл на русском или английском, а при замкнутом тумблере S3 Color / Full воспроизводится и дополнительный комментарий о сочетаниях цветов. Цикл повторяется при длительном (более 1 секунды) нажатии кнопки S1 Start. Регулировка громкости (не оперативная) производится подстроечным потенциометром R1. Напряжение на потенциометре считывается АЦП входом микроконтроллера A7, а далее посылкой последовательным портом команды в MP3 проигрыватель выставляется нужная громкость воспроизведения. В качестве батареи используется три последовательно соединенных аккумулятора форм – фактора AAA или внешнее питание от Power банка. К прибору можно подключить наушники или внешний усилитель, через 3.5 мм стерео разъем.

Сборка, отладка и тестирование прибора

Первоначальную отладку прибора по схеме Рис. 1 мы сделали на тестовой плате, затем сконструировали несколько типов корпуса для прибора. Мы использовали бесплатную программу TinkerCad от Autodesk (7).

Для получения файлов G-кода для 3D принтера мы использовали бесплатную программу Ultimaker Cura (8). Корпус был сделан из 3 частей – держателя оптических модулей из пластика черного цвета (чтобы минимизировать отражения), верхней и нижней частей (рис. 4). Верхняя и нижняя части могут быть любого цвета, по рекомендации педагогов школы – интерната мы брали цвета поярче, чтобы люди со слабым зрением (у которых тоже есть проблемы различения цветов) лучше его замечали. Расположение элементов в корпусе показано на рис. 5. Элементы корпуса скрепляются винтам M2 и M2.5.

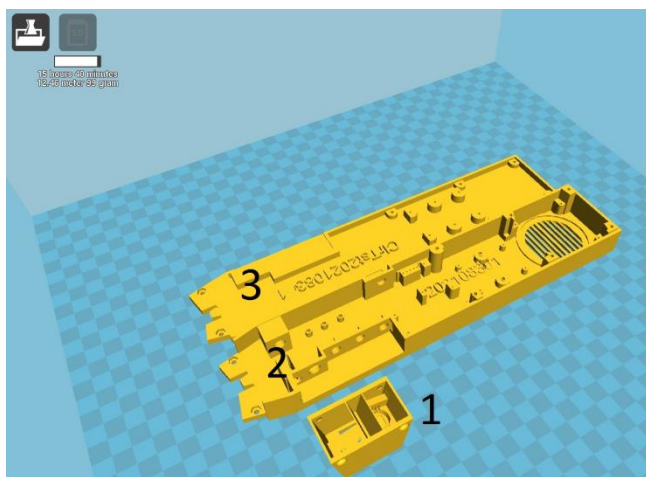


Рис.4. Детали корпуса в программе Cura. 1 – корпус светодиода – фотодиода; 2 – нижняя часть корпуса; 3- верхняя часть корпуса.

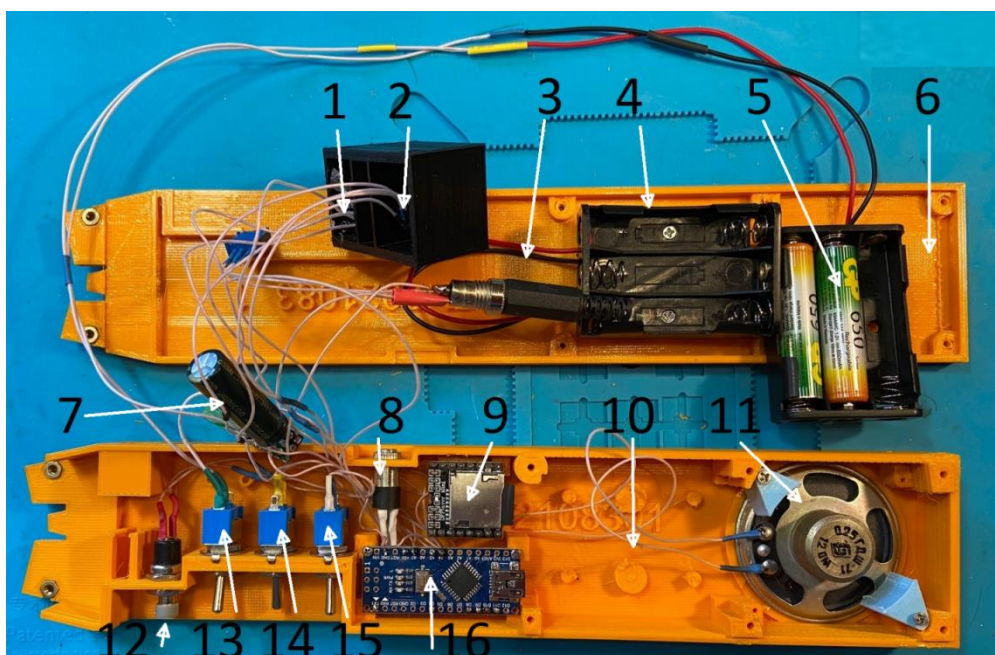


Рис. 5. Расположение элементов в корпусе прибора. 1 – Адресный светодиод WS2812; 2- модуль GY-302, оба вмонтированы в оптический бокс корпуса; 3- разъем внешнего питания; 4 – бокс для аккумуляторов AAA; 5- элементы AAA; 6- верхняя часть корпуса; 7 – электролитический конденсатор с низким последовательным сопротивлением C1; 8 – разъем выхода аудио – сигнала; 9 – MP-3 проигрыватель со вставленной uSD картой; 10 – нижняя часть корпуса, 11 – громкоговоритель; 12 – кнопка START; 13 – 16 – тумблеры выключения питания и управления, 16 – плата микроконтроллера Arduino Nano.

Для составления базы реперных данных по цветам мы распечатали таблицы с эталонными цветами (у нас их 28 (сейчас в работе прибор на 64 цвета), со значениями в модели RGB через 128, таблица 2), считали экспериментальные данные прибором (рис. 6) и записали в базу данных. В дальнейшем сравнение проводим по этим данным. Мы проверили прибор также и на тканях (хотя не калибровали по тканям – нужны эталоны цветов, такие эталоны с тканями трудно найти, да и принципиально ничего нового они не добавят), прибор показал себя отлично. Сбои (неправильная

идентификация) были только на блестящих объектах, на обычных тканях и диффузно отражающих материалах прибор верно указывал цвета. Заметим, что на блестящих предметах и дорогостоящие определители цвета также дают ошибки.

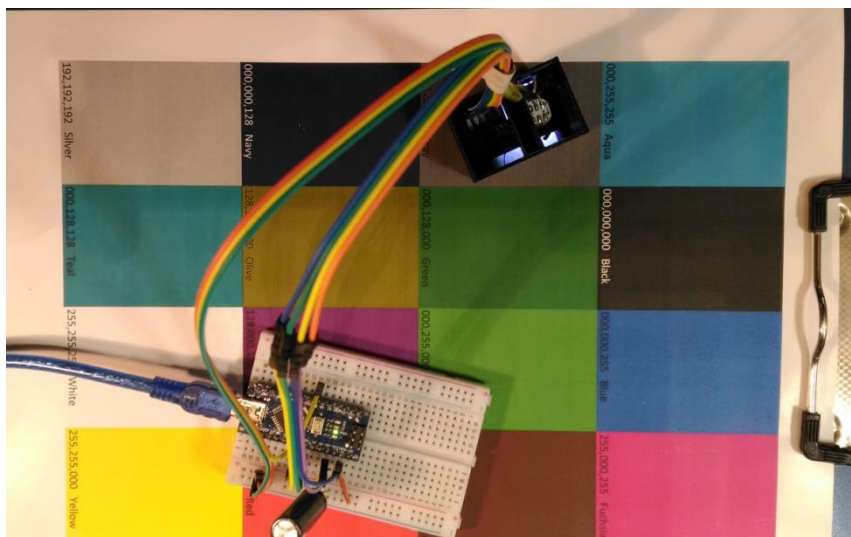


Рис. 6. Составление базы данных по цветам на примере измерения эталонных цветов.



Рис. 7. Собранный прибор – две версии.

Таблица 2. 28 реперных цветов, которые мы использовали в приборе

No	R	G	B	Название	Color
1	0	0	0	Черный	Black
2	0	0	128	Цвет моря	Navy Blue
3	0	0	255	Синий	Blue
4	0	128	0	Зеленый	Green
5	0	128	128	Бирюза	Teal
6	0	128	255	Лазурь	Azure
7	0	255	0	Зеленый	Electric green
8	0	255	128	Зеленый весенний	Guppie green
9	0	255	255	Морская волна	Aqua
10	64	64	64	Серый2	Gray2
11	128	0	0	Бордовый	Maroon
12	128	0	128	Слива	Patriarch
13	128	0	255	Фиолетовый	Violet
14	128	128	0	Оливковый	Heart gold
15	128	128	128	Светло-серый	Trolley gray
16	128	128	255	Василек	Medium slate blue
17	128	255	0	Салатовый	Chartreuse
18	128	255	128	Светло-зеленый	Light green
19	128	255	255	Аквамарин	Aquamarine
20	255	0	0	Красный	Red
21	255	0	128	Ярко-розовый	Bright pink
22	255	0	255	Фуксия	Fuchsia
23	255	128	0	Темно оранжевый	Dark orange
24	255	128	128	Лосось	Salmon
25	255	128	255	Светло-пурпурный	Light magenta
26	255	255	0	Желтый	Yellow
27	255	255	128	Пастельно- желтый	Pastel yellow
28	255	255	255	Белый	White

Перспективы дальнейшего развития проекта

1. Составить базу данных по набору эталонных цветов на ткани.

2. Получить обратную связь от педагогов и школьников школы – интерната для слепых и слабовидящих и подстроить или изменить прибор по их пожеланиям.

Полученные результаты

1. Выбрана конфигурация модулей для прибора.
2. Проведено тестирование, отработана работа прибора на макете.
3. Сконструирован корпус, прибор собран в корпус как готовое изделие.
4. Полностью отлажена работа прибора в корпусе, прибор идентифицирует 28 различных модельных цветов. Также собрана модель, определяющая 64 цвета.
5. Сделана система голосовых сообщений на двух языках – о цвете и о рекомендуемом сочетании цветов, на русском и английском.
6. Схема, код и необходимые для изготовления прибора файлы выложены на депозитариях github и hack-a-day <https://github.com/DrOnkel/ColorPicker> .
7. Прибор подготовлен тестирования в школе – интернате для слепых и слабовидящих в г. Королев Московской области.

Заключение

Нам удалось сделать очень недорогой, простой и повторяемый как в домашних условиях, так и в условиях школьного кружка прибор определения цвета. Люди со слабым зрением и слепые могут использовать прибор для подбора одежды, определения цвета покупок, дома – например, разобрать после стирки носки по цвету.

Использованная литература

1. Всемирный день зрения. [В Интернете]

<https://ria.ru/20161013/1478940323.html>.

2. Идентификатор цвета и света с речевым сопровождением функций Colorino. [В Интернете]

<https://dostupsreda.ru/products/identifikator-cveta-i-sveta-s-rechevym-soprovozhdeniem-funkcij-colorino>.

3. ARDUINO NANO. [В Интернете]

<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>.

4. Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC BH1750FVI. [В Интернете]

<https://static.chipdip.ru/lib/890/DOC011890568.pdf>.

5. Протоколы NRFZ-800 и описание работы адресных светодиодов и чипов WS2812 / 11. [В Интернете] <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812.pdf> .

6. MP3 player dfplayer-mini. [В Интернете]

<https://duino.ru/dfplayer-mini>.

Приложения

Благодарность от администрации Школы- Интерната для слепых и слабовидящих (МБОУ ШИ для слепых и слабовидящих детей) в г. Королев Московской области.

