

# Лабораторная работа № 2

## “Датчик оттенка цвета. Приближенное определение оттенка цвета”

### Сенсоры и сенсорные системы

5 октября 2021 г.

## Содержание

<b>1</b>	<b>Теория</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Лабораторная работа</b>	<b>4</b>
2.1	Цель работы . . . . .	4
2.2	Оборудование . . . . .	5
2.3	Ход работы . . . . .	5
2.3.1	Подключение . . . . .	5
2.3.2	Использование кода . . . . .	5
2.3.3	Проведение измерений . . . . .	6
2.4	Вопросы . . . . .	7

## Аннотация

Датчик оттенка цвета на базе микросхемы TCS3200.

## 1 Теория

TCS3200 представляет собой комбинацию конфигурируемых кремниевых фотодиодов (фотодиодная матрица 8x8) и преобразователя ток - частота. В состав матрицы 8x8 входят 16 фотодиодов с красным светофильтром, 16 - с зеленым, 16 - с синим и 16 - без фильтра (clear) (рис. 1). Все фотодиоды в пределах своей цветовой группы соединены параллельно. Такое включение необходимо для минимизации эффекта цветовой неоднородности светового потока. Информация для преобразователя ток - частота считывается со светодиодной матрицы. Выходной сигнал датчика - это последовательность прямоугольных импульсов, частота которых прямо пропорциональна интенсивности падающего на датчик светового потока определенной, в зависимости от цвета, длины волны. Скважность импульсной последовательности равна 0,5 (меандр). Для освещения исследуемого объекта в модуле установлены четыре светодиода.



Рис. 1: Внешний вид микросхемы TCS3200

Внутренняя структура микросхемы TCS3200 представлена на рис. 2. Ток с фотодиодной матрицы поступает на преобразователь ток-частота. Выход преобразователя подключен к выходному пину OUT.

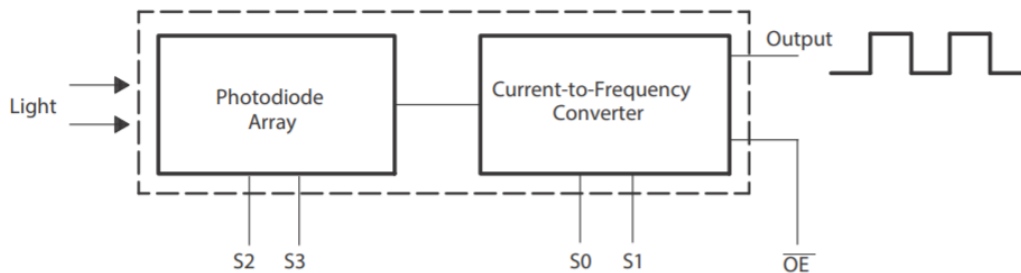


Рис. 2: Структурная схема микросхемы TCS3200

Такая внутренняя компоновка микросхемы TCS3200 позволяет датчику измерять интенсивность цвета в четырех цветовых диапазонах: синем, зеленом, красном и белом. Управлять работой датчика можно сигналами S0, S1, S2, S3 и S4 (рис. 3) (*не путать с сигналами генератора логических уровней!*).

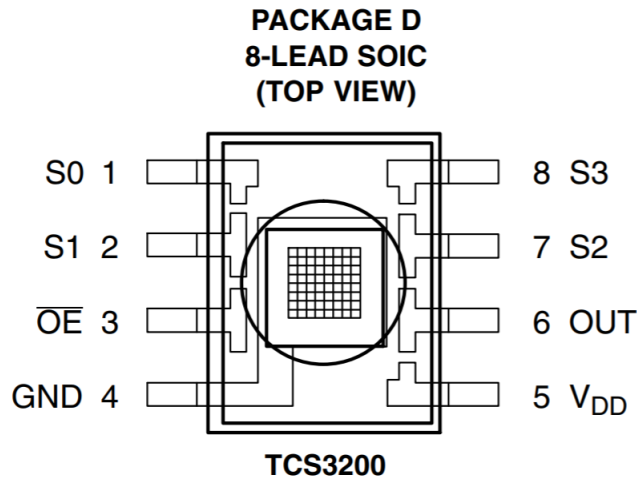


Рис. 3: Распиновка микросхемы TCS3200

S0/S1 позволяют выбрать диапазон выходной частоты (scaling factor), S2/S3 - выбор группы фотодиодов с соответствующим светофильтром, OUT - выход последовательности импульсов с частотой, пропорциональной интенсивности цвета. Определение цвета объекта производится путем расчета отношений интенсивности (частоты), полученной от разных цветовых групп фотодиодов. Выходной сигнал датчика TCS3200 частотный. Для управления выходным сигналом необходим микроконтроллер.

К микроконтроллеру датчик цвета подключается через один разъем. Микроконтроллер должен быть запрограммирован, чтобы управлять режимами работы датчика цвета и принимать от датчика частотный сигнал. Подавая комбинацию управляющих сигналов на выводы (S2) и (S3), микроконтроллер разрешает работу датчика цвета в одном из цветовых диапазонов: синем, зеленом, красном или белом. Управляющие сигналы на выводах (S0) и (S1) задают коэффициент деления выходной частоты датчика цвета. *Примечание.* в данном лабораторном комплексе выбор светофильтра датчика (измеряемого цвета) осуществляется тактовой кнопкой непосредственно возле датчика.

В модуле датчиков оба входа S0 и S1 находятся в состоянии H. Нажатием кнопки выбора цвета управляется подача всех вариантов логических уровней на входы S2-S3. Ниже в таблице 1 приведена дешифрация состояний управляющих пинов S0-S3.

Таблица 1: Опции датчика TCS3200

S0	S1	Output frequency scaling $f_o$	S2	S3	Photodiode type
L	L	Power down	L	L	Red
L	H	2%	L	H	Blue
H	L	20%	H	L	Clear (no filter)
H	H	100%	H	H	Green

Входы S0-S1:

- 1) 0 - отключить выход частоты;

- 2) 1 - шкала 2% от 600 кГц максимальной возможной частоты;
- 3) 2 - шкала 20% от 600 кГц максимальной возможной частоты;
- 4) 3 - шкала 100% от 600 кГц максимальной возможной частоты (*используется в данном модуле*).

Входы S2-S3:

- 1) 0 - используются фотодиоды с красным фильтром;
- 2) 1 - используются фотодиоды с синим фильтром;
- 3) 2 - используются фотодиоды без фильтра;
- 4) 3 - используются фотодиоды с зеленым фильтром.

*Примечание.* Избегайте цветовых шумов при исследовании объектов. При первом использовании модуля, при сбросе модуля или при смене источника освещения исследуемого предмета необходимо установить баланс белого.

Один из вариантов алгоритма работы микроконтроллера с датчиком:

- инициализируются настройка пина внешнего прерывания, к которому подключен выход датчика;
- запускается разрешение на прерывания, по внешнему прерыванию считается количество импульсов сигнала *PulseCount* от датчика;
- каждый определённый промежуток времени *Period* прерывания глобально запрещаются и происходит подсчет частоты *Freq* и ее конвертация в нужное значение, а также вывод этого значения на дисплей:

$$Freq = \frac{PulseCount}{Period},$$

затем счётчик импульсов сбрасывается.

- кнопкой на модуле выбираем светофильтр датчика, снова проводим измерения;
- и так далее по кругу перебирая все четыре фильтра фотодиодов.

На экране дисплея отображается частота выходного сигнала в Гц для текущей настройки светофильтра датчика.

## 2 Лабораторная работа

### 2.1 Цель работы

Определить, к какой группе датчиков следует относить датчик оттенка цвета. Научиться получать правильные электрические показания с датчика, используя микроконтроллер и преобразовывать в удобную для представления человека форму (оттенок цвета).

2.2 Оборудование

Модуль датчиков. Модуль «Микроконтроллер ATMEGA32, компьютер/ноутбук. Измерительные цветные пластины (белого, красного, зеленого и синего цвета).

2.3 Ход работы

2.3.1 Подключение

Подключите модуль “Микроконтроллер ATMEGA32”, модуль “Модуль датчиков” к внешнему блоку питания (или у портам USB компьютера/ноутбука) с помощью кабеля USB. Выполните коммутацию модулей приборными проводами в соответствии с таблицей 2 и с рис. 4.

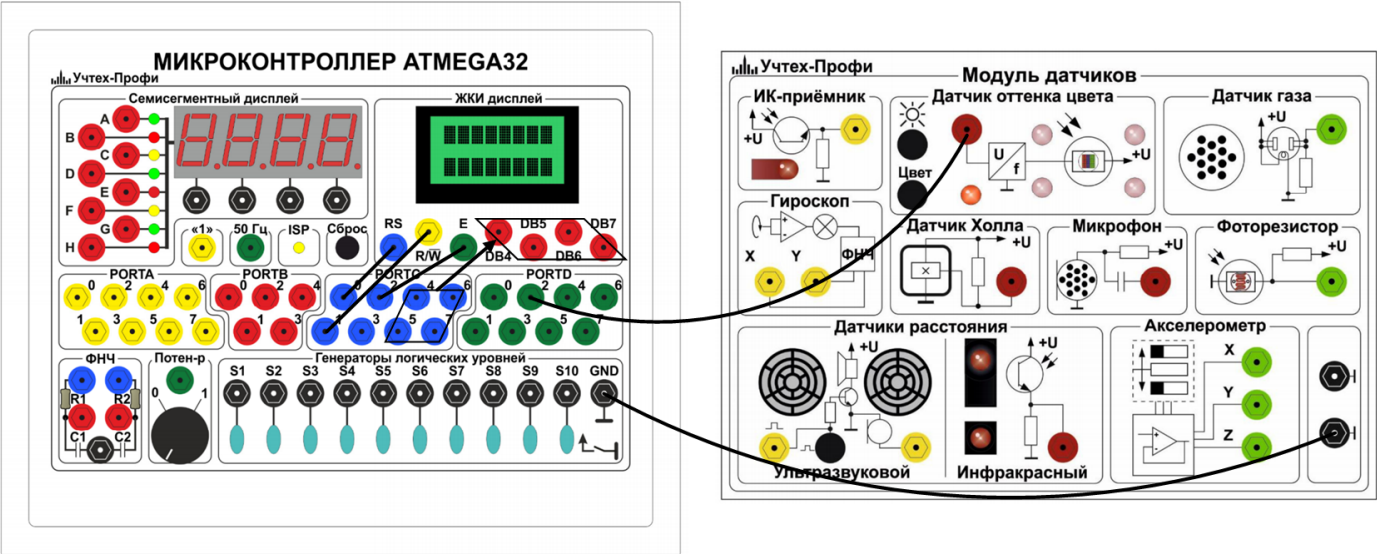


Рис. 4: Схема подключения модулей

Таблица 2: Коммутация модулей

Порт микроконтроллера ATMEGA32	Назначение
PORTC:0	ЖК-дисплей: RS
PORTC:1	ЖК-дисплей: R/W
PORTC:2	ЖК-дисплей: E
PORTC:4-7	ЖК-дисплей: DB4-DB7
PORTD:2	Датчик цвета

2.3.2 Использование кода

Для проведения измерений в лабораторной работе необходимо загрузить программу в микроконтроллер ATMEGA32. В папке /src лежат файлы исходного кода программы. Заголовочные файлы подключаемых модулей находятся /include. Основной выполняемый код находится в файле /src/main.cpp. Откройте его и проанализируйте код, который в нём содержится.

Запустите компиляцию и сборку прошивки нажав на кнопку “Build” на нижней панели VSCode. Затем загрузите файл прошивки в память микроконтроллера нажав на кнопку “Upload”. После этого на ЖК-дисплее отобразятся измеряемые величины с подключённого датчика - выходная частота  $f_o$ , пропорциональная интенсивности падающего света на фотодиодную матрицу микросхемы.

### 2.3.3 Проведение измерений

Необходимо провести измерения частоты выходного сигнала с датчика при различных светофильтрах, поднося предметы (измерительные пластины) белого, красного, синего и зеленого цвета. Пластины следует располагать на расстоянии около 5 см от датчика.

Модуль датчика имеет две кнопки: одна включает подсветку, другая меняет тип светофильтра датчика. Выбранный светофильтр сигнализируется светодиодом возле кнопки выбора типа (если индикаторный светодиод горит белым, значит датчик настроен на измерения без светофильтра).

*Примечание.* В модуле перепутаны красный и синий светофильтры. То есть, когда индикаторный светодиод горит красным, значит активен синий светофильтр, и наоборот, если горит синий, то активным является красный светофильтр датчика.

Заполните таблицу 4 ниже. Для каждой измерительной пластины проведите измерение выходной частоты датчика  $f_o$  в Гц при всех светофильтрах. Сделайте измерения с подсветкой и без неё.

Таблица 4: Экспериментальные измерения частоты  $f_o$ , Гц

	Без фильтра	RED $f_{red}$	GREEN $f_{green}$	BLUE $f_{blue}$
Белая пластина				
С подсветкой:	-	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-	-
Красная пластина				
С подсветкой:	-	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-	-
Зеленая пластина				
С подсветкой:	-	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-	-
Синяя пластина				
С подсветкой:	-	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-	-

Проанализируйте сделанные измерения. Оценить разность показаний датчика с подсветкой и без неё.

Переведите значения частот в цветовую модель RGB 0...255. Для каждого цветного предмета нормируйте экспериментально полученные значения частот следующим образом:

$$RGB_{RED} = \frac{f_{red}}{\sqrt{f_{red}^2 + f_{green}^2 + f_{blue}^2}} \cdot 255$$

$$RGB_{GREEN} = \frac{f_{green}}{\sqrt{f_{red}^2 + f_{green}^2 + f_{blue}^2}} \cdot 255$$

$$RGB_{BLUE} = \frac{f_{blue}}{\sqrt{f_{red}^2 + f_{green}^2 + f_{blue}^2}} \cdot 255$$

Таким образом получим диапазоны цветов в формате кортежей RGB ( $RGB_{RED}$ ,  $RGB_{GREEN}$ ,  $RGB_{BLUE}$ ). Столбец “Без фильтра” в расчетах не используем. Расчётные значения занесите в таблицу 6.

Таблица 6: Модель RGB для исследуемых предметов

	RGB	RGB	RGB
Белая пластина			
С подсветкой:	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-
Красная пластина			
С подсветкой:	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-
Зеленая пластина			
С подсветкой:	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-
Синяя пластина			
С подсветкой:	-	-	-
Без подсветки:	-	-	-

## 2.4 Вопросы

1. Принцип работы датчика оттенков цвета.
2. Внутренняя структура микросхемы TCS3200. Принцип измерения. Вид и характер выходного сигнала микросхемы. Способы управления режимами работы микросхемы TCS3200.
3. Влияние подсветки предмета, подлежащего определению цвета, на качество измерений датчика.