

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”.

Физический факультет

Кафедра физической информатики

Сайфудинова Полина Олеговна

КУРСОВАЯ РАБОТА

“Исследование характеристик резистивного сенсорного экрана”

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №18352

Научный руководитель:

Сеньков Дмитрий Валентинович

Оценка научного руководителя

“ _____ ” _____ 20__ г.

Преподаватель практикума:

Оценка преподавателя практикума

“ _____ ” _____ 20__ г.

Куратор практикума:

Итоговая оценка

“ _____ ” _____ 20__ г.

Новосибирск

2019

Аннотация

В данной работе были исследованы характеристики резистивного сенсорного экрана, при нажатии которого, стеклянная панель и мембрана, разделенные микроизоляторами, соединяются, изменяя сопротивление. Контроллер при помощи аналого-цифрового преобразователя регистрирует эти изменения и благодаря специально написанной программе преобразует их в координаты прикосновения.

Проведены измерения отклика экрана при использовании пальца и твердого предмета. По этим данным получены выводы, что линейность определения координат точки касания лучше 5%. Повторяемость измерения координат касания достигается также с точностью лучше 5%. Рассмотрена зависимость отклика резистивного экрана от изменения температуры. Результат эксперимента: измерение координат касания сенсорного экрана не зависит от температуры.

Оглавление

Аннотация.....	2
1.Введение.....	4
1.1.Устройства ввода.....	4
1.1.1.Резистор.....	4
1.1.2.Энкодер.....	5
1.1.3.Клавиатура.....	6
2.Принцип работы резистивного сенсорного экрана.....	8
2.1.Дисплей WF43QTIBEDBT0.....	8
2.2.Встроенный контроллер.....	9
2.3.Микроконтроллер STM32F215VGT6.....	9
2.4.Реализация интерфейса i8080 на микроконтроллере STM32F215VGT6..	10
2.5.Резистивный экран дисплея WF43QTIBEDBT0.....	10
4.Исследование.....	13
5.Заключение.....	16
6.Литература.....	16

1.Введение

В нынешнее время человеку необходимо устройство ввода и вывода для работы с техникой и одним из самых применяющихся является сенсорный экран. Существует множество разных типов сенсорных экранов, которые работают на разных физических принципах. Резистивные сенсорные экраны дешевы и стойки к загрязнению, реагируют на прикосновение любым гладким твёрдым предметом, обладают неплохой цветопередачей. И из-за простоты сборки и удобства в управлении резистивные экраны нашли применение в автоматизации промышленных процессов, медицине, сфере обслуживания, персональной электронике.

1.1.Устройства ввода

Устройства ввода - это периферийное оборудование, предназначенное для ввода данных или сигналов в электронное устройство во время его работы. Они подразделяются на следующие категории:

- устройства ввода графической, звуковой и видео информации;
- механические устройства ввода;
- непрерывные устройства ввода;
- устройства ввода для пространственного использования.

Компьютерные указывающие устройства делят на следующие категории по способу управления курсором:

- указывающие устройства прямого ввода (управление осуществляется в месте видимости курсора);
- не прямые указывающие устройства.

1.1.1.Резистор

Существуют подключения, которые используются в схемах рядом со входными контактами логических компонентов, подтяжка к высокому потенциалу и подтяжка к нулю.

Во втором случае резистор соединяет участок цепи с нулем, то есть при нажатии - логическая 1, в разомкнутом состоянии - логический 0. Используются резисторы больших номиналов (10 кОм и более), чтобы минимизировать потери энергии в замкнутой цепи и предотвратить выход из строя переключателя вследствие разрыва им относительно больших токов.

Подтягивающий резистор - резистор, соединяющий участок цепи с плюсом, то есть при нажатии - логический 0, в разомкнутом состоянии - логическая 1. Используются резисторы больших номиналов (10 кОм и более), чтобы минимизировать потери энергии и нагрузку на переключатель при коммутации.

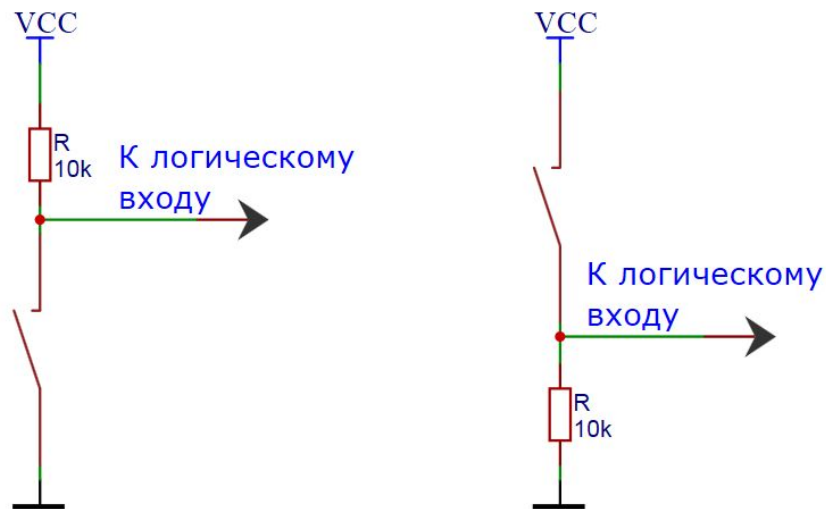


Рисунок 1. Слева подтягивающий к потенциалу резистор, справа резистор подтяжки к нулю.

1.1.2.Энкодер

Энкодер - это устройство, преобразующее вращательное движение вала в серию электрических импульсов, которые позволяют определить направление и угол его вращения. Существуют два типа энкодеров: абсолютные, которые сообщают о своём абсолютном состоянии, и инкрементальные, которые могут сообщать лишь о величине изменения положения.



Рисунок 2. Внешний вид энкодера.

Все энкодеры на выходе генерируют 2 импульсные линии, сигнализирующие о вращении и смещенные относительно друг друга. Именно

по смещению импульсов можно судить о направлении вращения и об угле поворота.

Каждый энкодер обладает дискретностью - количеством положений между импульсами на один оборот вала. Помимо этого, вал энкодера фиксируется в каждом положении между каждой серией импульсов.

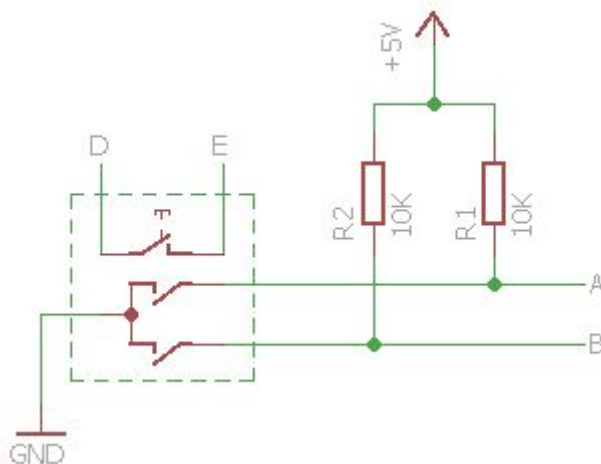


Рисунок 3. Стандартная схема подключения энкодера.

Сердцем энкодера являются 2 пары контактов и металлическая пластина с засечками. При вращении вала, каждая пара контактов замыкается и размыкается. Но эти пары расположены таким образом, чтобы при вращении вала в разные стороны порядок замыкания и размыкания контактов был разным, что и позволяет определить направление вращения.



Рисунок 4. Слева осциллограмма вращения по часовой стрелке, справа осциллограмма вращения против часовой стрелки

1.1.3.Клавиатура

Клавиатура - устройство, обеспечивающее ввод и кодирование символьных данных и управляющих команд путем нажатия клавиш, генерирующих элементы кодового набора.

В простейшем случае клавиатура представляет собой несколько кнопок непосредственно подключенных к контроллеру. Более совершенная схема использует кнопки с подключенными к ним весовыми резисторами и аналогово-цифровой преобразователь для получения информации о нажатии кнопки.

Когда кнопок много, то используются матричные клавиатуры. В них под клавишами (кнопками) находятся горизонтальные и вертикальные проводки. Схема такой клавиатуры показана на рисунке 5. На клавиатуру передается сигнал тактовой частоты, под действием которого генератор кодов последовательно формирует двоичные коды всех клавиш и передает их на устройство сканирования. Тем самым для каждого кода вырабатываются номера строки и столбца, соответствующие данной клавише, и производится проверка ее состояния, состоящее в том, что когда устройство включено, микропроцессор клавиатуры посылает электрические импульсы по вертикальным проводкам в поисках сигнала. Когда на клавишу нажимают, проводки на ней соприкасаются, замыкая электрическую цепь, прерывающую работу генератора кода. Это указывает микропроцессору, что клавиша нажата, поэтому он проверяет горизонтальные проводки, чтобы выяснить местонахождение клавиши, и посылает информацию в устройство. Передаваемый код имеет определенное количество разрядов, поэтому различные номера клавиш и их сочетания - ограничены. Пока в контроллере этот код преобразуется в код соответствующего знака и готовится для проведения операций, освобожденная клавиша возвращается на место при помощи пружины.

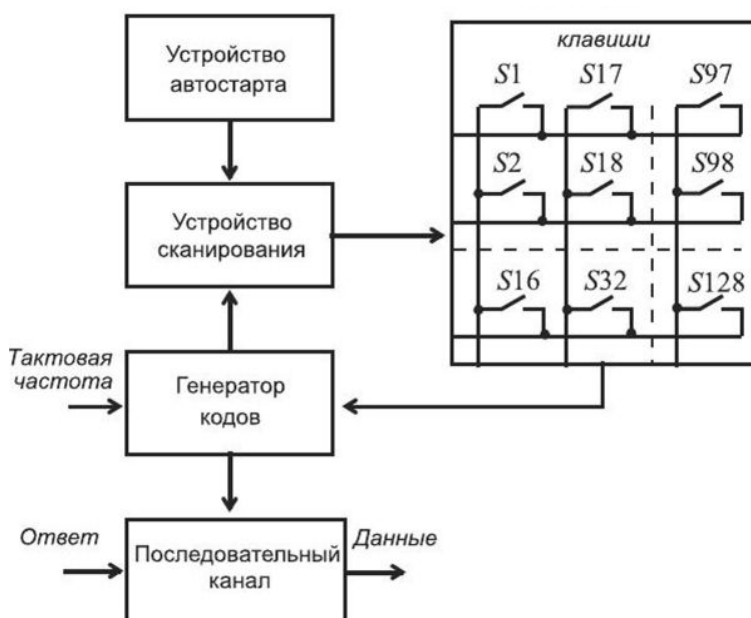


Рисунок 5. Принцип работы клавиатуры.

2. Принцип работы резистивного сенсорного экрана

Во многих устройствах в качестве элемента управления используются сенсорные экраны. Такие экраны бывают двух типов: емкостные и резистивные. Емкостный экран по принципу действия похож на матричную клавиатуру, только определяется не нажатие кнопки между строкой и столбцом, а изменение емкости, возникающее между ними при касании пальцем экрана. Такой экран требует обязательного применения специализированного контроллера, что в простых устройствах часто доставляет трудности. Резистивный экран представляет собой два проводящих резистивных слоя: панель и мембрану. На панель и на мембрану нанесено резистивное покрытие. Пространство между стеклом и мембраной заполнено микроизоляторами, которые равномерно распределены по активной области экрана и надёжно изолируют проводящие поверхности. Когда на экран нажимают, панель и мембрана замыкаются, образуя крестообразное соединение четырех резисторов. Для определения координат достаточно подать по вертикали и горизонтали калиброванный ток и с помощью аналогово-цифрового преобразователя измерить соответствующее напряжение и преобразовать его в координаты прикосновения. Для этого подходит любой микроконтроллер со встроенным АЦП.

2.1. Дисплей WF43QTIBEDBT0

Для отображения значений будет использоваться жидкокристаллический дисплей с платой управления фирмы WINSTAR WF43QTIBEDBT0. Внешний вид дисплея будет представлен на рисунках 2 и 3, а основные характеристики приведены в таблице 1.

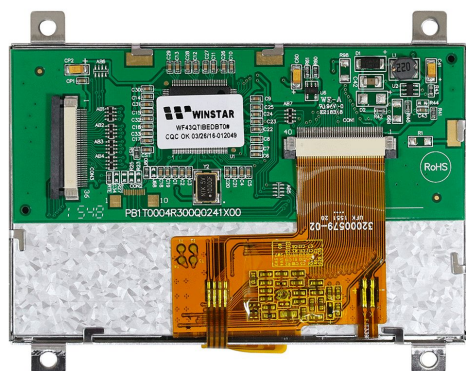


Рисунок 6. Обратная сторона дисплея WF43QTIBEDBT0



Рисунок 7. Передняя сторона дисплея WF43QTIBEDBT0

Диагональ	4,3 дюйма
Тип матрицы	TFT
Разрешение	480x272 пикселей
Размер экрана	95,07x59,856 мм
Размер пикселя	0,066x0,198
Тип подсветки	LED (светодиодная), белая
Тип встроенного контроллера	SSD1963
Тип интерфейса	MCU

Таблица 1. Основные характеристики дисплея WF43QTIBEDBT0

2.2.Встроенный контроллер

Встроенный контроллер отвечает за хранение графической информации и отображение ее на экране. Для общения с внешним устройством используется параллельная 16 разрядная шина. Контроллер самостоятельно вырабатывает все сигналы, которые требуются для LCD панели, так что внешнему устройству не требуется об этом заботиться.

2.3.Микроконтроллер STM32F215VGT6

Микроконтроллер широкого назначения STM32F215VGT6 производится компанией ST Microelectronics. Основные характеристики представлены в таблице 2.

Ядро	ARM Cortex - M3
Максимальная частота ядра	120 МГц
Объем памяти программ	1 МБайт
Тип памяти программ	Flash
Объем оперативной памяти	132 кБайт
Интерфейсы	FSMC (flexible static memory controller) с поддержкой памяти типа

	Flash, SRAM, PSRAM, NOR, NAND LCD параллельный интерфейс: 8080/6800 Поддержка библиотек обработки изображений формата jpeg UART/USART
Напряжение питания	1.8 - 3.6 В

Таблица 2. Основные характеристики микроконтроллера STM32F215VGT6.

2.4.Реализация интерфейса i8080 на микроконтроллере STM32F215VGT6

Графический дисплей WF43QTIBEDBT0 соединен с микроконтроллером STM32F215VGT6 при помощи параллельного интерфейса i8080. С целью достижения максимального быстродействия использован контроллер FSMC (flexible static memory controller) - гибкий контроллер статической памяти в микроконтроллере STM32. Данный контроллер позволяет организовать параллельный интерфейс LCD экрана и отобразить его видеопамять в общее адресное пространство микроконтроллера.

2.5.Резистивный экран дисплея WF43QTIBEDBT0

Дисплей WF43QTIBEDBT0 обладает резистивным сенсорным экраном, схема которого приведена на рисунке 8. Экран обладает многослойной структурой, состоящей из двух проводящих поверхностей, разделенных изолирующим составом, распределенным по всей площади активной области экрана. При касании наружного слоя, выполненного из тонкого прозрачного пластика, любым твердым предметом, его внутренняя проводящая поверхность совмещается с проводящим слоем основной пластины, которая сделана из стекла, что вызывает изменение сопротивления всей системы. Это изменение фиксируется микропроцессорным микроконтроллером i8080, передающим точки касания управляющей программе компьютера.

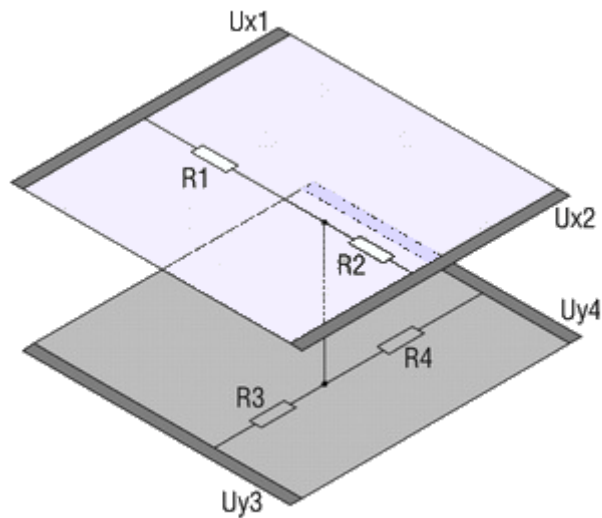


Рисунок 8. Схема резистивного экрана

При нажатии на экран мы соединяем два резистивных покрытия, в результате получаются 4 резистора (Рис. 8).

Для измерения координаты, нужно подать логическую единицу, которая будет являться опорным питанием, на вывод 3, на вывод 4 подать логический нуль, а вывод 1 подключить к АЦП (Рис. 9).

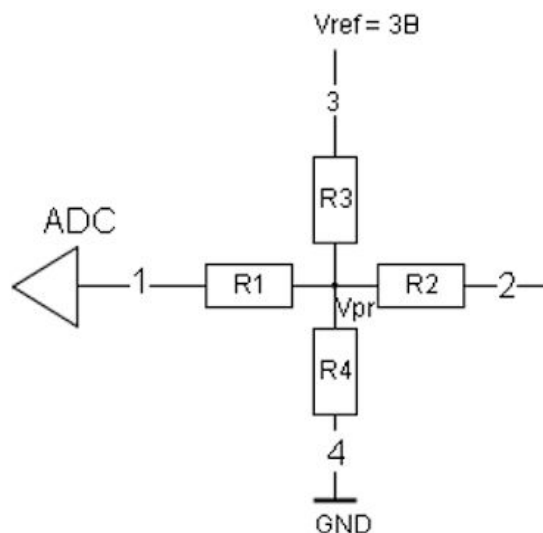


Рисунок 9. Схема подключения сенсорного экрана для измерения координаты X

АЦП покажет нам напряжение в точке соединения 4 резисторов. Тогда координата касания будет равна:

$$X = X_{max} \frac{V_{pr}}{V_{ref}} , \quad (1)$$

где V_{pr} - напряжение в точке нажатия, а V_{ref} напряжение питания. После измерения, нужно подать логическую единицу на вывод 1, на вывод 2 подать

логический нуль, а вывод 3 подключить к АЦП (Рис. 10). Так мы сможем измерить вторую координату.

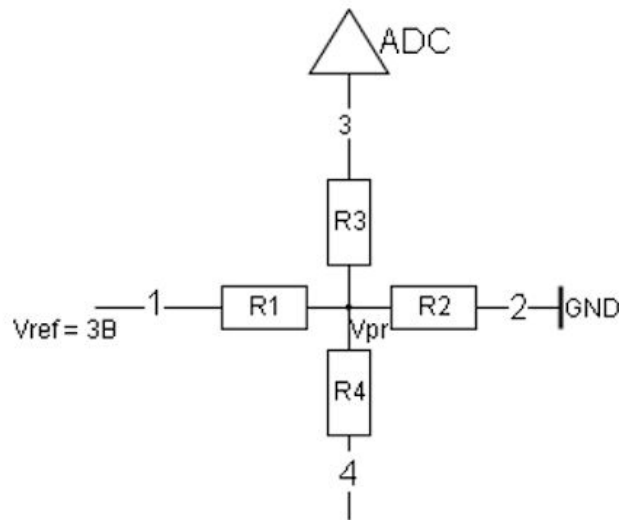


Рисунок 10. Схема подключения сенсорного экрана для измерения координаты Y

При таком подключении мы не сможем определить отсутствие нажатия, так как будет виден шум. Эта проблема решается подключением резистора, сопротивление которого много больше сопротивления экрана, к 1 выводу до АЦП и подачей на него напряжения $V_{ref} < V_{st}$ (Рис. 11).

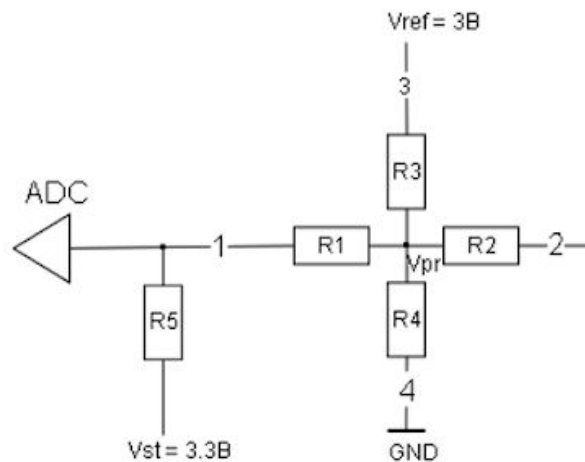


Рисунок 11. Схема подключения сенсорного экрана с определением нажатия

Тогда, если сопротивление резистора $R5 \gg R1$ при нажатии, АЦП будет показывать меньше 3.3В, а при отсутствии нажатия 3.3В. Так мы можем различать нажатие и его отсутствие.

При тестировании было обнаружено, что ложные нажатия на экране в неправильных местах возникают из-за того, что сопротивление $R5$ и $R1$ при

слабом нажатии сравнимо и АЦП измеряет меньше 3В. У сопротивления R1 возникает плавное падение напряжения, которое воспринимается как нажатие на другую область экрана, хотя мы должны считать плавное падение как отсутствие нажатия. Для этого нужно измерять ток, протекающий через R3 и R4. Для этого подключается к выводу 4 резистор с малым сопротивлением (Рис. 12).

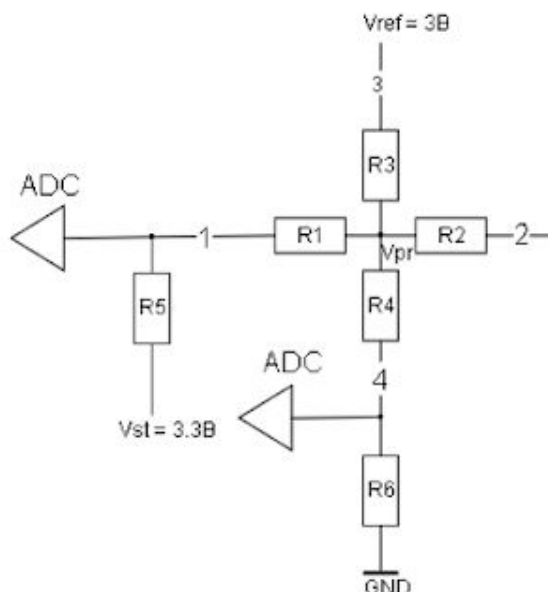


Рисунок 12. Схема подключения резистивного экрана при измерении координаты X с дополнительным измерителем тока

Таким образом мы сможем при помощи АЦП мерить ток, проходящий через резистор 6, и определять нажатие.

4.Исследование

Размеры матрицы при начальных измерениях: по X - 479 единиц, по Y - 272 единицы, где 25 единиц - 5 миллиметров. Мы откалибровали устройство так, чтобы он фиксировал каждый миллиметр, то есть каждому физическому миллиметру соответствует приблизительно 5 единиц по X и Y. Таким образом наш экран имея физические размеры 95 миллиметров по X на 54 миллиметра по Y, имеет размерную сетку 95 на 54 миллиметра, которая совпадает с физическими размерами экрана. Проведем проверку того, как точно сенсорный экран измеряет координаты при нормальных условиях. Для этого мы начертим координатную сетку и проведем несколько линейных измерений координат нажатия, полученные данные занесем в таблицу 3.

Координаты, измеренные физически		Координаты, измеренные при нажатии предметом на экран		Координаты, измеренные при нажатии пальцем на экран	
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
15	10	15	9	14	10
35	20	38	20	35	21
45	25	49	25	45	26
60	35	65	36	62	36
70	40	76	41	71	42
80	45	85	46	81	47
95	55	95	54	95	53

Таблица 3. Координаты, полученные при нормальных условиях

По данным из таблицы 3, можно сделать вывод, что наш резистивный сенсорный экран довольно точно измеряет значения координат при нажатии пальцем в нормальных условиях, однако при нажатии предметом (как более тонким, так и более тупым) практически все его координаты по X не совпадают с фактическими. Это объясняется тем, что замыкание резисторов при нажатие пальцем лучше.

Проведем такие же измерения, но только при 0 градусах Цельсия, измеренные данные внесем в таблицу 4.

Координаты, измеренные физически		Координаты, измеренные при нажатии предметом на экран		Координаты, измеренные при нажатии пальцем на экран	
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
15	10	19	10	16	10
35	20	40	19	34	20

45	25	51	25	47	25
60	35	66	36	62	38
70	40	78	42	73	43
80	45	87	46	84	46
95	55	95	53	95	54

Таблица 4. Координаты, полученные при 0 градусах Цельсия

По данным из таблицы 4, можно сделать выводы, что координаты, полученные при 0 градусах Цельсия имеют примерно такую же зависимость как и измерения при нормальных условиях, для сравнения приведем рисунок 13.

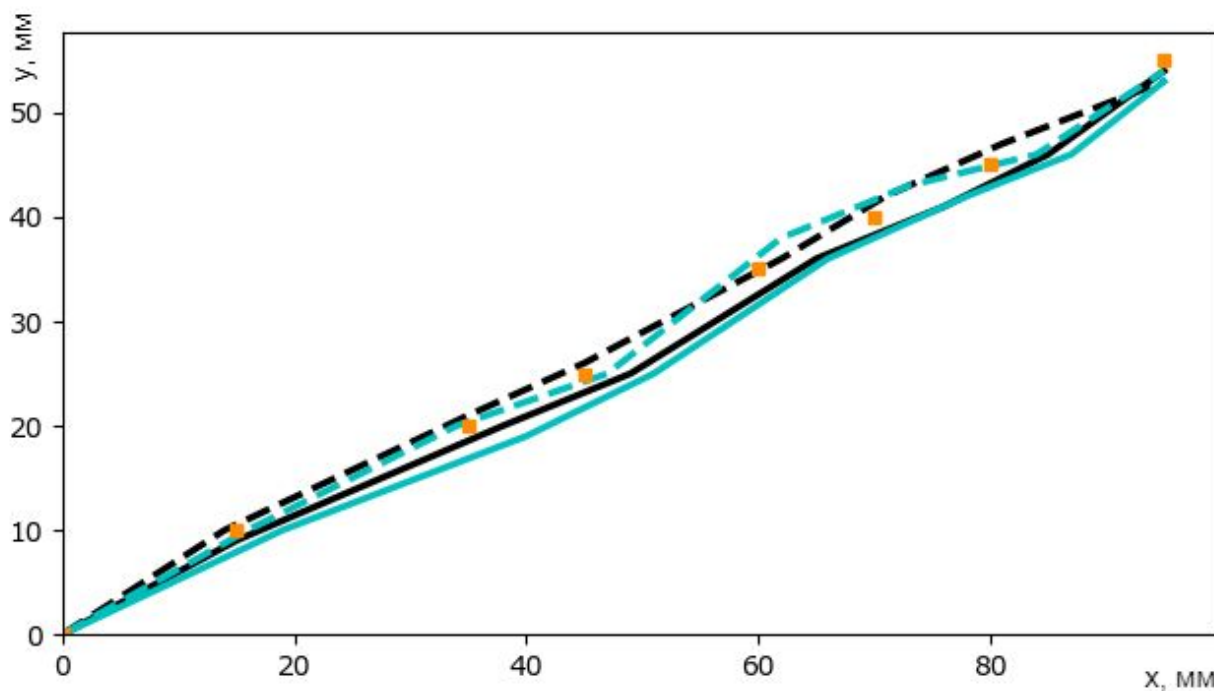


Рисунок 13. Линейная зависимость координат

Оранжевые точки - физические значения координат, черная прямая - координаты, измеренные при нормальных условиях нажатием предметом на экран, черная прерывистая прямая - координаты, измеренные при нормальных условиях нажатием пальцем на экран, голубая прямая - координаты, измеренные при 0 градусах Цельсия нажатием предметом на экран, голубая прерывистая прямая - координаты, измеренные при 0 градусах Цельсия нажатием пальцем на экран

При уменьшении температуры у проводников уменьшается сопротивление, у полупроводников наоборот увеличивается. Напряжение от

сопротивления зависит линейно, это следует из закона Ома для участка цепи, поэтому изменяться оно будет пропорционально сопротивлению. Однако в нашем исследовании физические значения координат и измеренные при нажатии пальцем/предметом координаты при температуре 0 и 27 градусов Цельсия совпадают с точностью лучше 5%, из этого можно сделать вывод, что температурный коэффициент сопротивления однородно распределен по всей поверхности экрана, то есть теплоемкость не влияет на измерения сопротивлений.

5. Заключение

В этой работе исследовался резистивный сенсорный экран, принцип работы которого заключен в измерении разности сопротивлений между двумя пластинами, изолированными друг от друга непроводящим материалом. При проведении измерений для вывода координат использовалась формула:

$$X = X_{max} \frac{V_{pr}}{V_{ref}} .$$

Которая использовалась для написания программы, выводящей координаты на устройство. По полученным данным была построена зависимость точности прибора при нажатии на выделенные точки, расположенные вдоль диагонали экрана, от температуры; при этом было замечено, что в диапазоне от 0 до 27 градусов Цельсия, нет существенных изменений в работе резистивного сенсорного экрана.

6. Литература

1. <https://clck.ru/KoWSB>
2. <https://clck.ru/EoXoF>
3. <https://ozlib.com/817503/tehnika/klaviatura>
4. <http://information-technology.ru/articles/20-it/6125-kak-rabotaet-klaviatura-kompyutera>
5. <http://www.touchtechn.ru/technical-section/touch-technologies/resistive.html>
6. https://ru.bmstu.wiki/Intel_8080