

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра сетей и устройств телекоммуникаций

## ***СЕНСОРНЫЙ ЭКРАН***

Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам  
«Документальные службы и терминальные устройства телекоммуникаций»  
и «Терминальные устройства мультимедиа»  
для студентов специальностей  
1-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»,  
1-45 01 05 «Системы распределения мультимедийной информации»  
всех форм обучения

Минск БГУИР 2011

УДК 004.354.3(076.5)  
ББК 32.973.26-04я73  
С31

С о с т а в и т е л и:  
И. И. Сиротко, П. А. Шпунгин

С31 **Сенсорный экран: метод. указания к лаб. работе по дисц. «Документальные службы и терминальные устройства телекоммуникаций» и «Терминальные устройства мультимедиа» для студ. спец. 1-45 01 03 «Сети телекоммуникаций», 1-45 01 05 «Системы распределения мультимедийной информации» всех форм обуч. / сост. И. И. Сиротко, П. А. Шпунгин. – Минск : БГУИР, 2011. – 24 с. : ил.**  
ISBN 978-985-488-775-3.

Излагаются принципы построения, конструктивное исполнение, основные характеристики и правила технической эксплуатации сенсорных экранов. Приведены описания лабораторной установки и методика выполнения лабораторной работы по изучению пятипроводной резистивной сенсорной панели.

**УДК 004.354.3(076.5)**  
**ББК 32.973.26-04я73**

**ISBN 978-985-488-775-3**

© Сиротко И. И., Шпунгин П. А.,  
составление, 2011  
© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники», 2011

## 1 ЦЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Изучить принципы построения сенсорных экранов.

Изучить конструктивное исполнение, технические характеристики и особенности технической эксплуатации пятипроводного резистивного сенсорного экрана.

## 2 ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Изучить:

- принцип работы матричной сенсорной панели;
- принцип работы резистивных сенсорных панелей;
- принцип работы емкостной сенсорной панели;
- принцип работы проекционно-емкостной сенсорной панели;
- принцип работы индукционной сенсорной панели;
- принцип работы сенсорных экранов на ПАВ;
- принцип работы инфракрасных сенсорных панелей;
- принцип работы сенсорных панелей с использованием видеокамер;
- сущность технологии «мультитач»;
- основные преимущества и недостатки различных технологий сенсорных панелей;
- основные задачи и принципы работы контроллеров сенсорных экранов.

## 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сенсор (sensor) – чувствительный элемент, датчик, реагирующий на прикосновения.

В 1971 г. Сэмюэль Херст (США) разработал элограф – сенсорный графический планшет, действовавший по четырехпроводному резистивному принципу.

В 1974 г. тот же С. Херст сделал элограф прозрачным, в 1977 г. – разработал пятипроводный резистивный экран.

На всемирной ярмарке 1982 г. фирма Elographics представила телевизор с сенсорным экраном.

Сенсорный экран состоит из сенсорной панели и контроллера.

Сенсорная панель – прозрачная, чувствительная к прикосновениям панель, установленная перед экраном устройства отображения, например, жидкокристаллического индикатора, которая позволяет осуществить ввод информации в компьютер (управляющую систему) посредством прикосновения к соответствующим местам панели при использовании специальной программы и устройства сопряжения. Контроллер – устройство сопряжения сенсорной панели с компьютером, обеспечивает поддержку функций обнаружения касания, реализует интерфейс сенсорного экрана.

Для передачи информации от сенсорного экрана к компьютеру (управляющей системе) используются интерфейсы RS-232, RS-482, USB, а в специализированных приборах – I2C или SPI.

Сенсорный экран подключается к компьютеру как внешнее устройство. Для организации взаимодействия между ними используется специальная программа (драйвер). Перед работой необходима калибровка сенсорной панели, устанавливающая соответствие между координатами точки касания на панели и координатами точки отображения касания на мониторе компьютера.

Существует большое количество видов сенсорных экранов, отличающихся не только принципом действия, но и конструктивными особенностями. Среди этого многообразия можно выделить следующие типы технологий:

- матричные;
- резистивные:
  - а) четырехпроводные резистивные;
  - б) пятипроводные резистивные;
  - в) восьмипроводные резистивные;
- емкостные;
- проекционно-емкостные;
- индукционные;
- на поверхностных акустических волнах;
- инфракрасные;
- с использованием видеокамер;
- на дисперсионных волнах (изгиб при нажатии);
- фотосенсорные.

### 3.1 Матричные (цифровые) сенсорные панели

Проще, надежнее и дешевле всего устроены цифровые сенсорные экраны (иногда употребляется термин «матричные»). На двух плоскостях, обращенных друг к другу проводящими поверхностями, нанесено прозрачное проводящее покрытие полосками. Между полосками на каждой плоскости есть небольшой изолирующий промежуток. На одной из плоскостей полоски имеют горизонтальную ориентацию, а на другой – вертикальную. Вместе прозрачные проводники образуют готовую координатную сетку. Плоскости разделены микроскопическими изолирующими шариками-спейсерами. В момент прикосновения между двумя поверхностями в точке касания возникает электрический контакт. Контроллер периодически сканирует столбцы и строки сетки и, обнаружив контакт, сообщает управляющей программе координату.

У экранов, выполненных по данной технологии, есть множество важных преимуществ перед всеми другими. Главное из них – независимость точности определения координаты от изменений температуры. Они не требуют настройки и калибровки как резистивные. Они не чувствительны к пыли и им не мешают посторонние источники света. Им не страшны колебания влажности. Им не мешают посторонние акустические шумы. У этих сенсорных панелей отлич-

ная повторяемость и простая надежная схема. Такие экраны идеально подходят для приложений, в которых изображение программной кнопки на мониторе имеет неизменные размеры и фиксированную позицию. Сканирующая цифровая схема контроллера много проще аналого-цифровой, понятнее и надежнее.

Однако у матричных экранов есть один существенный недостаток – очень низкое разрешение, порядка 10 линий на дюйм. Поэтому такие устройства совершенно не подходят для рисования и ввода надписей. Главное же их достоинство – самая низкая среди всех сенсорных экранов стоимость. Надежность матричных экранов выше, чем резистивных, так как даже при нарушении проводящего слоя (изменении сопротивления) микроконтроллер определит наличие замыкания между электродами и вычислит координаты точки касания точно. Матричные экраны применяются в тех случаях, когда требуется дешевый экран, а программа-приложение допускает низкую точность указания.

Конструкция матричной сенсорной панели приведена на рисунке 1.

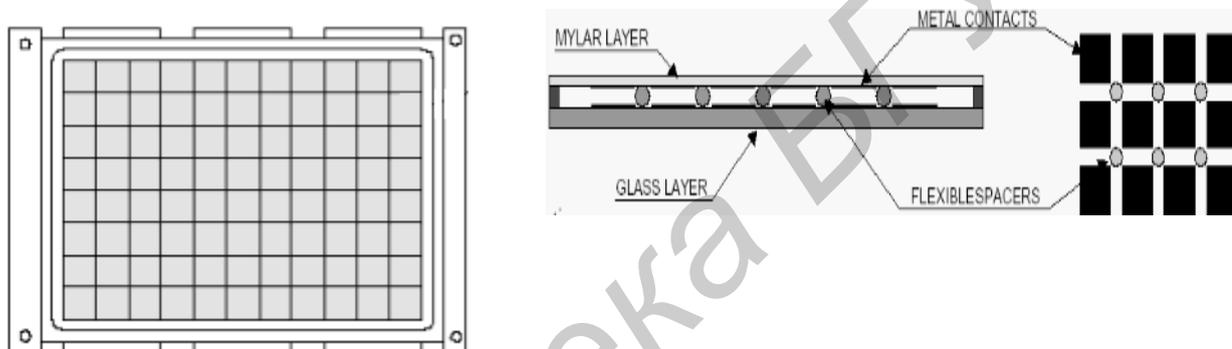


Рисунок 1 – Конструкция матричной сенсорной панели

### 3.2 Резистивные сенсорные панели

Все резистивные сенсорные экраны состоят из трех слоев: гребенчатого, гибкого и разделяющего слоя. Гибкий слой расположен с наружной стороны непосредственно к пользователю. Внутренние поверхности гребенчатого и гибкого слоев покрыты резистивной пленкой, как правило, оксидом индия (ITO). При нажатии на поверхность гибкого слоя его контактная сторона касается контактной стороны гребенчатого слоя, создавая электрическое соединение в точке прикосновения. Измерение сопротивления слоев в точке контакта позволяет определить координаты точки касания.

#### *Четырехпроводный резистивный сенсорный экран*

Активный слой сенсорного экрана четырехпроводного типа состоит из проводящего (резистивного) покрытия, равномерно распределенного по поверхности панели. Проводящее поле панели имеет серебряные выводы по противоположным краям панели. Выводы гребенчатого и гибкого слоев расположены перпендикулярно друг другу.

Измерения проводятся приложением градиента напряжения вдоль одного слоя и снятием напряжения на другом слое. Такое измерение проводится дважды: один раз – приложением градиента вдоль гребенчатого слоя и снятием напряжения на гибком слое, второй раз – приложением градиента вдоль гибкого слоя и снятием напряжения на гребенчатом слое. Градиент напряжения на слое создается заземлением одного вывода слоя и подачей напряжения положительного напряжения (5 вольт) на другой вывод слоя. Такое соединение обеспечивает равномерный градиент напряжения вдоль одной координаты панели.

На рисунке 2 показаны электрические соединения и график градиента напряжения.

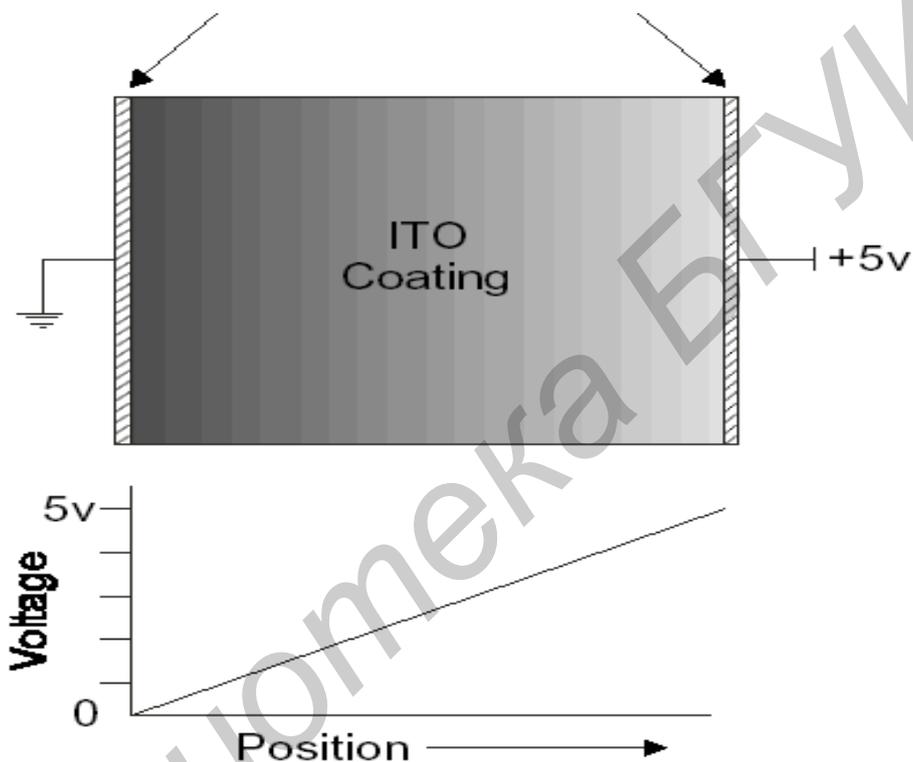


Рисунок 2 – Электрические соединения и график градиента напряжения

В четырехпроводном сенсорном экране для определения точки нажатия требуется произвести два независимых измерения: одно – вдоль оси X (слева направо) и второе – вдоль оси Y (сверху вниз).

На рисунке 3 иллюстрируется формирование градиента и снятие напряжения.

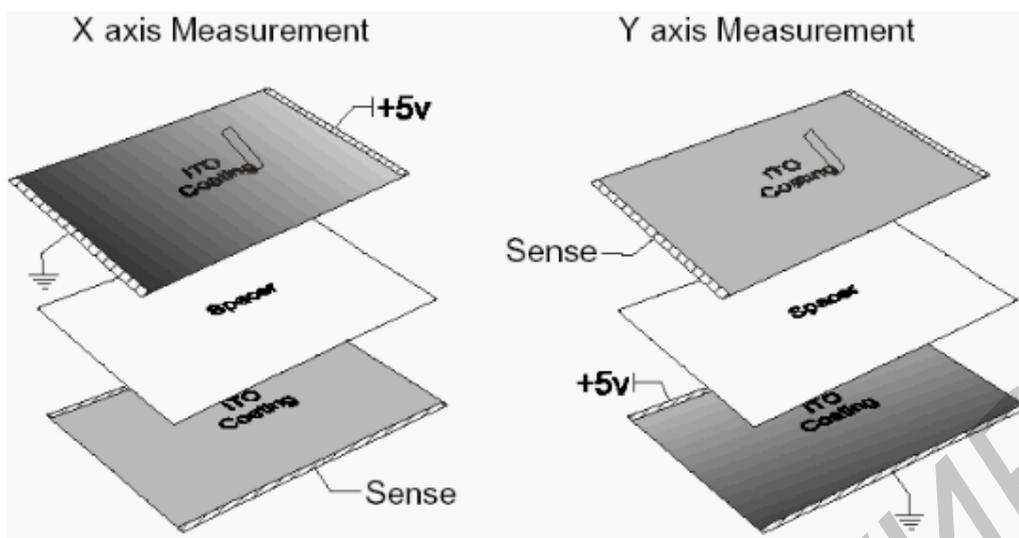


Рисунок 3 – Модель четырехпроводной сенсорной панели

Переключение напряжений на четыре вывода экрана осуществляется с помощью матрицы полевых транзисторов с малым сопротивлением открытого канала, а измерение напряжений – с помощью АЦП. Контроллер системы управляет обоими процессами переключения и измерения. При использовании слоя для измерения напряжения контакта все питающие напряжения с него должны быть сняты.

Сопротивления выводов и цепей переключения приводят к ошибкам (смещениям) при измерении напряжений. Эти смещения могут дрейфовать при изменении температуры, влажности и времени. Если сенсорный экран используется с помощью прикосновений пальцев оператора, смещения могут иметь малые искажения, вызванные большими размерами пальцев, но этими искажениями часто можно пренебречь. Если же экран используется со стилусом для ввода рисунков и сигнатур изображений, эти смещения должны приниматься в расчет. Учет смещений может осуществляться периодической калибровкой экрана или применением восьмипроводного типа экрана.

#### *Пятипроводный резистивный сенсорный экран*

Пятипроводный сенсорный экран отличается от четырехпроводного тем, что градиент напряжения создается только на одном, гребенчатом слое, в то время как другой слой используется в качестве сенсорного для осуществления обоих измерений. На рисунке 4 показан принцип этих измерений.

Процесс измерений осуществляется следующим образом. На первом этапе градиент напряжения создается по оси X и производится первое измерение. Затем градиент переключается по оси Y и производится второе измерение. При этом градиенты создаются на одном нижнем слое переключением питающего напряжения на перпендикулярные выводы, а измерение напряжения производится с помощью одного верхнего сенсорного слоя.

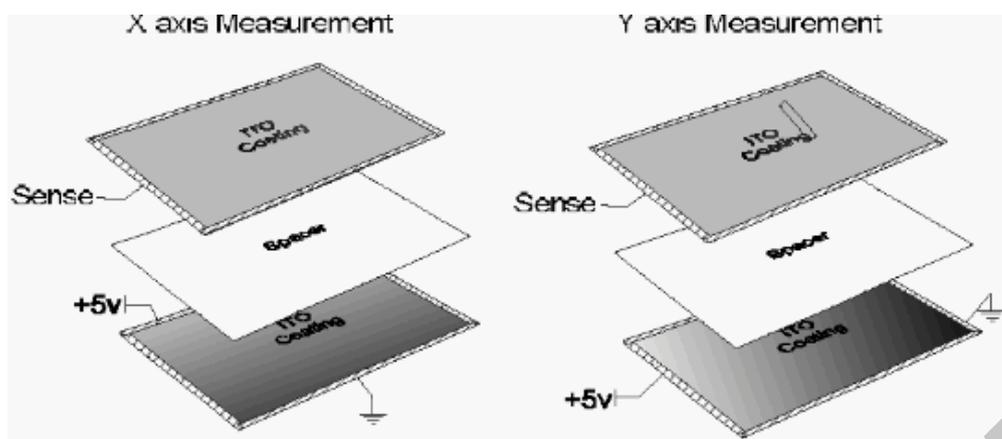


Рисунок 4 – Модель пятипроводной сенсорной панели

### *Восьмипроводный резистивный сенсорный экран*

Восьмипроводные сенсорные экраны с помощью дополнительных четырех опорных выводов успешно компенсируют дрейф смещения. Это достигается непосредственным измерением напряжения на серебряных выводах экрана.

Восьмипроводный сенсорный экран может быть использован и в четырехпроводном режиме соединением опорных и питающих выводов вместе. Использование экранов этого типа не исключает необходимости начальной калибровки сенсоров, но исключает необходимость дополнительных калибровок.

Положительный эффект восьмипроводных сенсорных экранов достигается применением относительных аналого-цифровых преобразований измеряемого напряжения, сопровождаемых подачей опорного напряжения непосредственно с выводов сенсорного экрана на опорные входы АЦП.

Принцип этих измерений показан на рисунке 5.

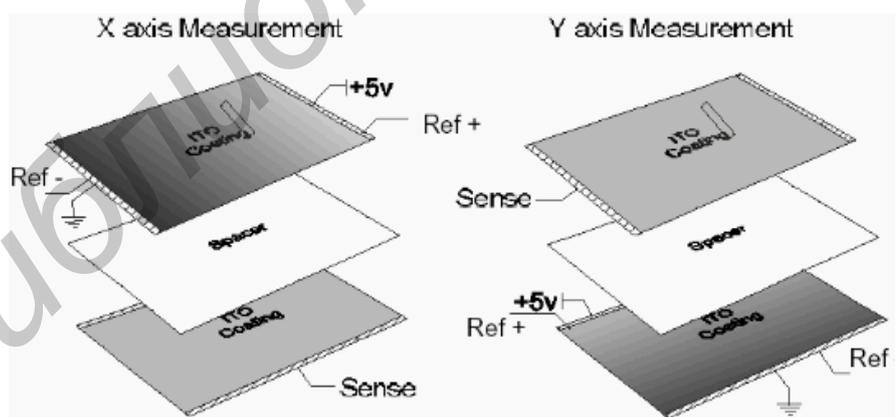


Рисунок 5 – Модель восьмипроводной сенсорной панели

Резистивные сенсорные экраны недорогие и обладают максимальной стойкостью к загрязнению. Резистивные экраны реагируют на прикосновение любым гладким твердым предметом: рукой (голой или в перчатке), пером, кредитной картой, тупым концом скальпеля. Их используют везде, где вандализм и

низкие температуры полностью исключены: для автоматизации промышленных процессов, в медицине, в сфере обслуживания (POS- терминалы), в персональной электронике (КПК). Лучшие образцы обеспечивают точность в  $4096 \times 4096$  пикселей.

Недостатками резистивных экранов являются низкое светопропускание (не более 85 % для пятипроводных моделей и еще более низкое для четырехпроводных), низкая долговечность (не более 35 млн нажатий в одну точку) и недостаточная вандалоустойчивость (пленку легко разрезать).

### 3.3 Емкостные сенсорные панели

На прочное стекло, служащее основой конструкции, нанесен резистивный слой, соединенный с четырьмя электродами, расположенными по углам экрана (рисунок 6).

Для защиты от повреждений этот слой снаружи покрыт тонкой пленкой специального проводящего состава. Все четыре электрода подключены к микроконтроллеру, который определяет координаты точки касания, сравнивая либо броски напряжения на четырех токовых датчиках, либо частоты четырех идентичных генераторов, в которых задающие RC-цепочки шунтированы изменяющимися емкостями электродов экрана.

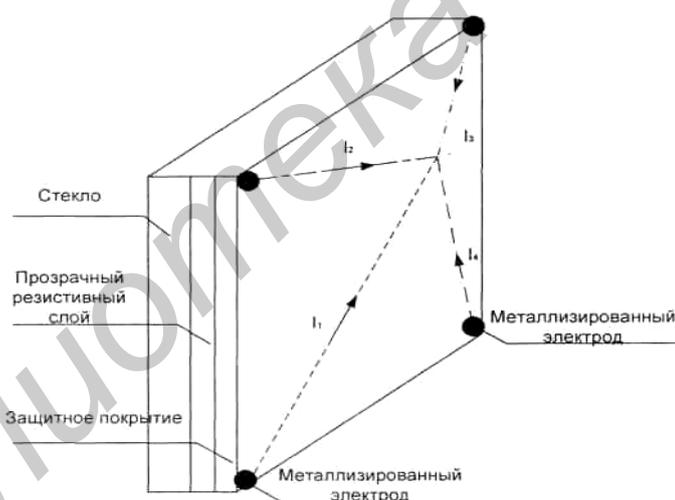


Рисунок 6 – Конструкция емкостного экрана

Определение координат точки касания в емкостных экранах осуществляется в первую очередь, благодаря особенностям физического строения тела человека: способности проводить электрический ток и вытекающего из этого наличия электрической емкости.

Через прецизионные резисторы равных номиналов, которые служат токовыми датчиками, микропроцессор подает на все четыре электрода некоторое напряжение, например 5 В. В итоге все четыре электрода панели имеют одинаковый потенциал, поэтому ток не течет и не создает на токовых датчиках падения напряжения. Когда проводящего экрана касается человек, ситуация изме-

няется. Дело в том, что тело человека проводит ток, а потому обычно имеет потенциал «земли» – нулевой (рисунок 7). При касании пальцем или проводящим предметом сенсорного экрана на проводящем слое появляется точка, потенциал которой меньше, чем у четырех угловых электродов, поэтому возникает электрический ток. Он течет от источника питания, через токовые датчики, участки резистивного покрытия и тело человека. Чем ближе точка касания к электроду, тем меньше участок резистивного покрытия, а значит, меньше сопротивление этого участка, и соответственно больше амплитуда тока.

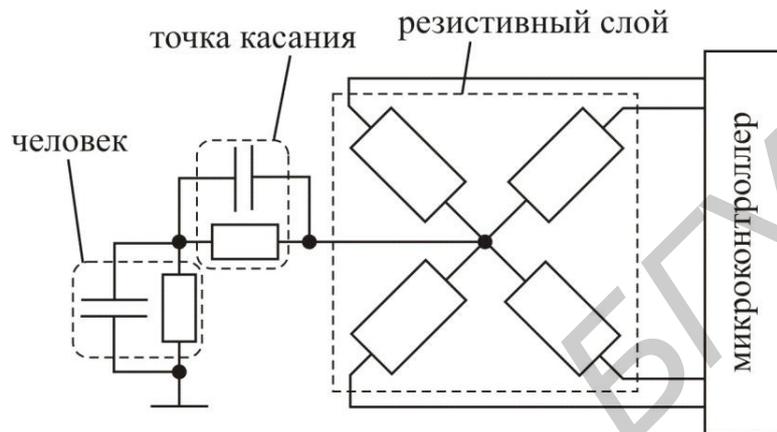


Рисунок 7 – Эквивалентная схема емкостной сенсорной панели

Для преобразования тока в напряжение служат прецизионные резисторы, сигналы с которых подаются на четыре отдельных аналого-цифровых преобразователя (АЦП). Сравнение сигналов на выходах этих АЦП позволяет определить координаты точки касания.

Точность емкостных экранов сравнима с точностью экранов резистивных. Меньшее количество слоев делает их более прозрачными (до 90 %). Отсутствие элементов, подвергающихся деформации, увеличивает надежность – такие экраны допускают более 200 млн нажатий в одну точку и позволяют работать при достаточно низких температурах (до  $-15^{\circ}\text{C}$ ). Однако переднее проводящее покрытие, участвующее в определении координат, «боится» механических повреждений, влаги (конденсата) и любых проводящих ток загрязнений экрана.

Недостатками емкостных экранов можно считать, во-первых, необходимость касания только проводящим предметом (пальцем или стилусом – специальной указкой, проводящей ток), а во-вторых, то, что пользователь должен иметь достаточно хороший контакт с «землей», иначе после нескольких касаний он приобретает потенциал экрана, и в работе микроконтроллера начинаются сбои.

Емкостные экраны, подобно резистивным, не допускают одновременного нажатия в двух точках. Сфера их применения практически та же, что и у резистивных экранов, однако наличие статического заряда и протекающего через тело человека тока ограничивает использование этих устройств, например, в медицинском оборудовании.

Поскольку емкостные экраны надежнее резистивных, то они предпочтительнее в случае интенсивного использования. Их применяют в справочных системах, где мала вероятность намеренного повреждения (например, в аптеках, библиотеках и театрах).

### 3.4 Проекционно-емкостные сенсорные панели

От большинства перечисленных выше недостатков свободен другой вид емкостных экранов, обычно называемых проекционно-емкостными, или поверхностно-емкостными (фирменные названия соответственно – *projected capacitive technology* (PCT) и *surface capacitive*). В их конструкции используются две системы из вертикальных и горизонтальных хорошо проводящих ток электродов, изолированных друг от друга слоем стекла и образующих решетку (рисунок 8). Электрод вместе с телом человека образует конденсатор; микроконтроллер измеряет емкость этого конденсатора (подает импульс тока и измеряет напряжение).

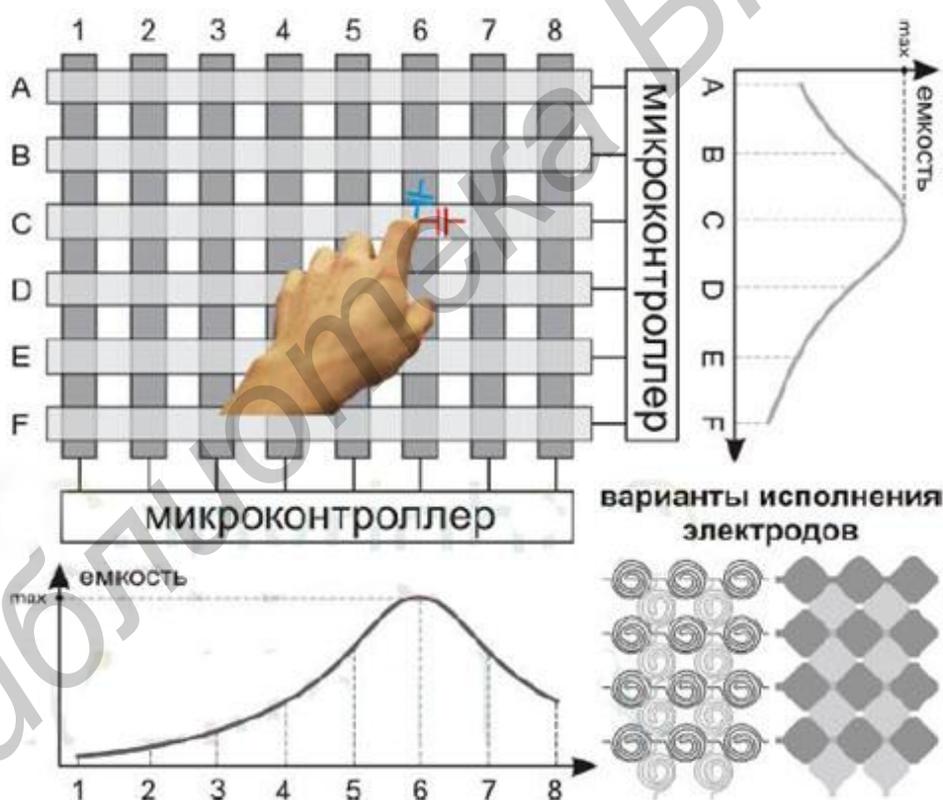


Рисунок 8 – Устройство PCT- экранов

Каждый электрод, будучи проводником, имеет некоторую электрическую емкость. Можно сказать, что в данном случае приходится иметь дело со своеобразным конденсатором, одной обкладкой которого является сам электрод, а другой – любой проводящий ток предмет (например человек).

Все горизонтальные электроды (как и все вертикальные) имеют одинаковые размеры, форму и проводимость, поэтому при отсутствии вблизи экрана проводящих предметов их емкости приблизительно равны.

Микроконтроллер последовательно подает на каждый из электродов импульс напряжения и измеряет амплитуду возникающего импульса тока, которым заряжается упомянутый «конденсатор». При поднесении к экрану проводящего предмета (например пальца) емкость электродов меняется (рисунок 9).

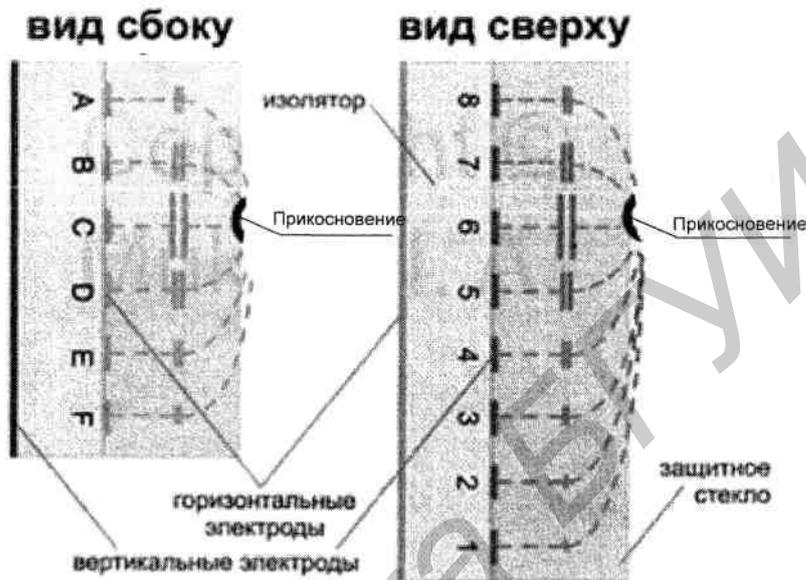


Рисунок 9 – Изменение емкости электродов

Чем ближе электрод к проводящему предмету, тем больше его емкость, потому что, как известно из физики, емкость обратно пропорциональна расстоянию между обкладками. А чем больше емкость электрода, тем больше импульс «заряжающего» тока. Микроконтроллер сравнивает эти импульсы и находит электрод, имеющий максимальную емкость, – это и есть координата точки касания.

РСТ-экраны имеют высокую прозрачность (90 %) и способны работать в очень широком диапазоне температур (от  $-40$  до  $+40$  °С).

Влажность и загрязнения экрана, проводящие электрический ток, в определенной степени влияют на изменение напряженности поля на поверхности экрана. Однако это изменение является постоянным, оно фиксируется электроникой и вычитается при анализе – попросту говоря, игнорируется.

Высокая чувствительность РСТ-экрана позволяет использовать для его защиты очень толстое (до 12 мм) и очень прочное стекло. Кроме того, для активации этого устройства не обязателен электрический контакт, то есть можно касаться экрана рукой в перчатке. При этом не предъявляется особых требований к проводимости человека и пола («земли»). Тем не менее часто используется проводящий стилус, имеющий нулевой потенциал за счет соединения его с

системным блоком компьютера. По сравнению с пальцем руки это обеспечивает значительно большие изменения емкости электродов.

Другой важной особенностью РСТ-экрана является возможность регистрации одновременно нескольких точек касания Multi Touch, а также способность различать характер касания (например стилусом или рукой), площадь контакта, направление движения зоны контакта. Это позволяет реализовать так называемые «жесты», существенно расширяющие возможности интерфейса.

К недостаткам РСТ-устройств следует отнести меньшую, чем у лучших моделей традиционных емкостных экранов, разрешающую способность, которой тем не менее достаточно для рисования или ввода надписей. Кроме того, из-за очень толстого защитного стекла возрастает погрешность определения координат по краям экрана. Дело в том, что пользователь касается не объекта на дисплее, а его проекции на переднюю поверхность стекла сенсорного экрана. При большом же угле наблюдения (относительно нормали к экрану) и значительной толщине стекла эта проекция находится не строго над объектом, а смещается в сторону (параллакс).

РСТ-экраны незаменимы в тех случаях, когда требуется прочное и надежное устройство. Банкоматы, пункты продажи билетов, справочные киоски, например, на вокзалах и транспорте обычно оснащаются именно такими сенсорными экранами. Также эта технология используется в экранах планшетных компьютеров (TabletPC) и сенсорных панелях TouchPad, которые с 1994 г. служат устройством указания (позиционирования) в ноутбуках.

### 3.5 Индукционные сенсорные панели

Индуктивная чувствительность обусловлена использованием двух резонансных катушек индуктивностей. Одна из них расположена в наконечнике контактного стилуса, а другая – внутри сенсорной панели.

Индукционная система в сенсорной панели производит возбуждение резонансного контура в наконечнике стилуса, а затем определяет координаты расположения контура стилуса относительно опорных точек возбуждающей индукционной системы панели.

Патентованная система индукционной системы реализована внутри печатной платы. Топология проводников печатной платы образует ортогональную систему двух индуктивностей, на которые в процессе сканирования подаются синусоидальные и косинусоидальные сигналы. Резонансный контур внутри стилуса взаимодействует с наведенными электромагнитными полями двух печатных катушек. По искажению формы сигналов возбуждения определяется местоположение сердечника тактильного стилуса относительно индукционной координатной системы.

На рисунке 10 показана структура микросхемы контроллера индукционной сенсорной панели.

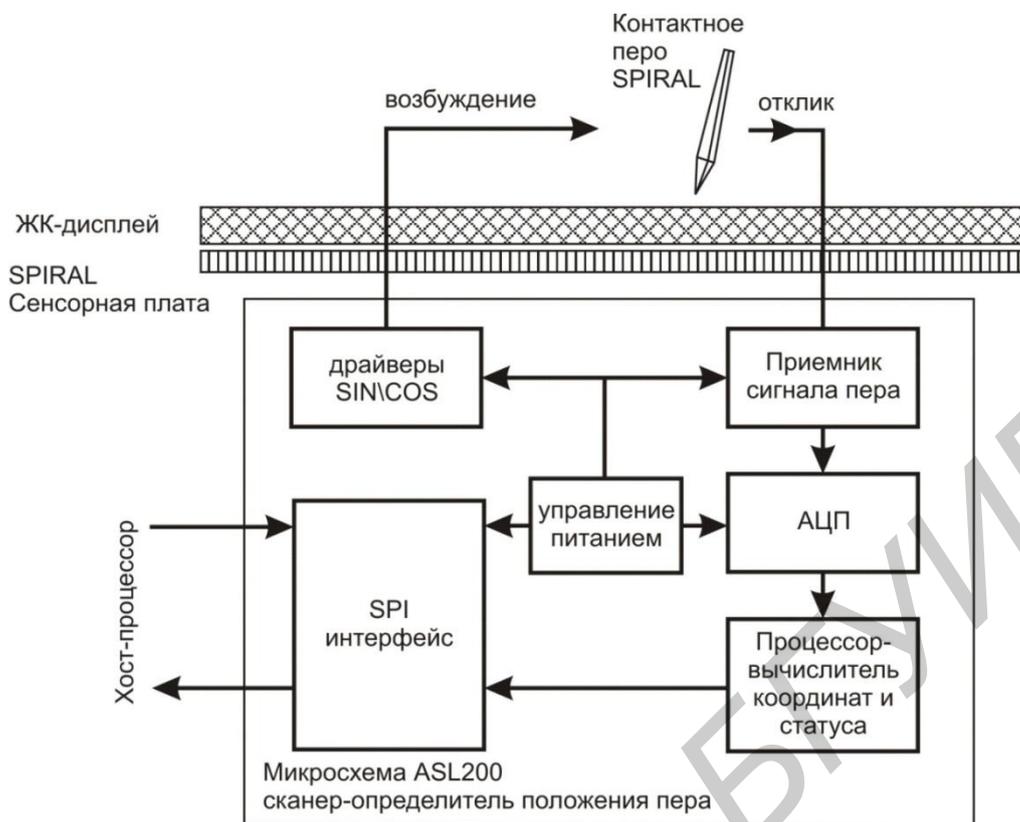


Рисунок 10 – Структура микросхемы ASL200 контроллера индукционной сенсорной панели

Индукционная сенсорная поверхность расположена позади ЖК-дисплея, поэтому в отличие от резистивных сенсорных панелей она не может влиять на оптические свойства самого дисплея. Электромагнитные поля, возникающие в процессе работы индукционной сенсорной панели, не нарушают работу схем управления ЖК-дисплеем и не влияют на характеристики самого дисплея. При свободной фронтальной поверхности дисплея можно использовать антибликовые фильтры. Применение антибликовых пленок-фильтров позволяет существенно повысить качество изображения ЖК-дисплея.

### 3.6 Экраны на поверхностных акустических волнах

Экраны на поверхностных акустических волнах (ПАВ) устроены следующим образом.

В углах экрана расположены пьезоэлектрические преобразователи, способные генерировать колебания, распространяющиеся с ультразвуковой скоростью по поверхности стекла. По команде контроллера преобразователи вырабатывают импульсную посылку. Возникающий при этом фронт волны направлен от излучателя параллельно одной из сторон экрана. Колебания, распространяясь по поверхности экрана, направляются отражателями через экран к его противоположной стороне, где в свою очередь будут перенаправлены массивом отражателей в сторону пьезоэлектрических приемников, как показано на ри-

сунке 11. Те воспринимают ультразвуковой сигнал и преобразуют его в электрический, принимаемый и измеряемый контроллером.

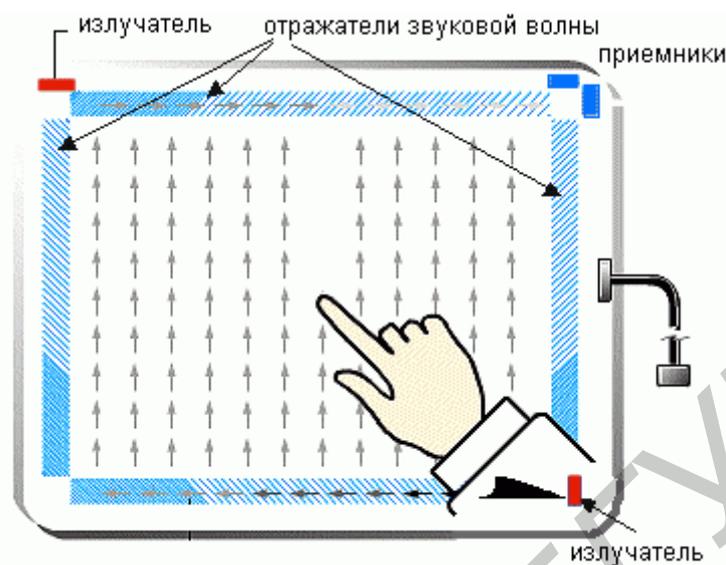


Рисунок 11 – Сенсорный экран на ПАВ

Если оператор касается поверхности экрана рукой или контактным пером, то это меняет характеристики колебаний. Из множества переотраженных сигналов контроллер недосчитается тех, которые будут погашены прикосновением. Сравнив полученный сигнал с эталонной картой экрана, он определит координату касания. У панелей, сделанных по этой технологии, высокая точность определения координат, но при этом они чувствительны к качеству поверхности, наличию жира, грязи.

Сенсорный экран на ПАВ позволяет отслеживать не только координаты касаний, но и судить о силе нажатия на экран. Такое действительно возможно, так как при прочих равных условиях сила нажатия отражается на амплитуде пробегающих по экрану поверхностных волн. Вероятно, большее усилие приводит к большему же «успокоению» вибрации, к большему поглощению энергии колебаний. Средний ресурс экрана составляет около 50 млн касаний, что превышает ресурс пятипроводных резистивных панелей.

### 3.7 Инфракрасные сенсорные панели

Это самые дорогостоящие разновидности сенсорных экранов, но при этом они имеют ряд принципиальных преимуществ перед другими технологиями. Во-первых, инфракрасные сенсорные панели, являясь чисто оптическими системами, пропускают 100 % света и не вносят никаких искажений в изображение на экране. Во-вторых, они имеют практически неограниченный ресурс работы. Иными словами, их долговечность в отличие от экранов любого другого типа не зависит от количества касаний. Однако у этой технологии есть и серь-

езные ограничения – крайне низкая разрешающая способность и довольно большое время отклика.

В основу этой технологии положено прерывание инфракрасной сетки, расположенной перед экраном (рисунок 12). Каркас касания, или оптикоматричный каркас, состоит из ряда инфракрасных светодиодов и фототранзисторов, которые расположены с противоположных сторон и образуют инфракрасную сетку. При прикосновении к экрану в сетке появляется разрыв, который и фиксируют фотоприемники (фототранзисторы), а затем передают сигнал, определяющий координаты касания X и Y.

Но из-за большого количества лучей в сетке контроллеру приходится последовательно сканировать все фотоприемники, а также обрабатывать полученные сигналы по определенным алгоритмам, следовательно, возрастает время отклика системы на прикосновение.

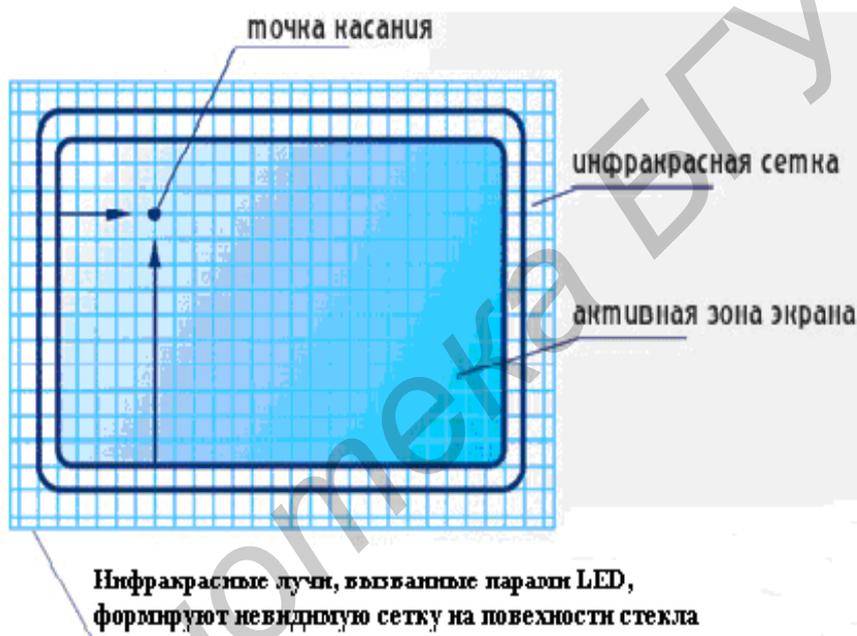


Рисунок 12 – Инфракрасная сенсорная панель

Инфракрасная технология, равно как и технология ПАВ, применима лишь для плоских панелей, что очень затрудняет ее использование на выпуклых CRT-трубках, в то время как резистивная и емкостная технологии лишены подобного недостатка.

### 3.8 Сенсорные панели, использующие видеокамеры

Для работы с большими отображающими устройствами также используется технология DViT (Digital Vision Touch) фирмы Smart Technologies.

Сенсорный экран представляет собой лист полиэстера, заключенный в прямоугольную рамку. По углам рамки находятся миниатюрные видеокамеры, которые формируют изображение с поверхности экрана (рисунок 13).



Рисунок 13 – Технология DViT

Для вычисления координат точки касания математически достаточно двух камер, расположенных в соседних углах. Однако для повышения точности часто используются четыре камеры. Для защиты экрана отображающего устройства (например ЖК-панели) служит лист полиэстера. Он не содержит резистивных или проводящих слоев, поэтому не искажает цветопередачу дисплея и имеет высокую прозрачность (до 95 %). Точности вычисления координат достаточно для рисования и ввода надписей. Эта технология предназначена для применения в образовательных учреждениях, при проведении конференций и презентаций. Сенсорная насадка может использоваться с матричными дисплеями и проекционными (прямой и обратной проекции) отображающими устройствами, формирующими изображение большого размера. В комплекте с экраном может поставляться лоток с цветными «перьями» для рисования и «ластиком». Цвет используемого пера или наличие на экране ластика определяется либо с помощью датчиков лотка, фиксирующих отсутствие инструмента, либо с помощью видеокамер. Это весьма удобно, так как выбор цвета надписей и переход в режим стирания осуществляются автоматически.

### 3.9 Сенсорные панели других видов

Естественно, что любой экран, как бы ни был он хорош, имеет недостатки. Это обстоятельство является стимулом для создания новых технологий. Применение большинства разработок пока весьма ограничено. В настоящее время внедряется технология использования дисперсионных волн (Dispersive Signal Technology, DST). Суть ее такова. Палец или стилус, касающийся подложки экрана, инициирует объемные изгибные акустические колебания. В углах подложки находятся пьезоэлектрические преобразователи, трансформирующие энергию вибрации в электрические сигналы. По разности фаз, приходящих из углов колебаний, микроконтроллер определяет положение точки касания. Экран имеет высокую прозрачность, долговечен и позволяет игнорировать

касание ладони. Активируется любым предметом. Возможно использование с экранами как маленького, так и большого размера.

Другой инновационной технологией является применение LCD-панелей со встроенным оптическим сенсорным (фотосенсорным) экраном. Работает это устройство следующим образом.

Для упрощения и удешевления всей конструкции применяется ЖК-экран, каждый пиксел которого состоит из четырех субпикселов: красного, зеленого, синего и белого. Последовательно с TFT-транзистором белого субпиксела включается фототранзистор (рисунок 14).

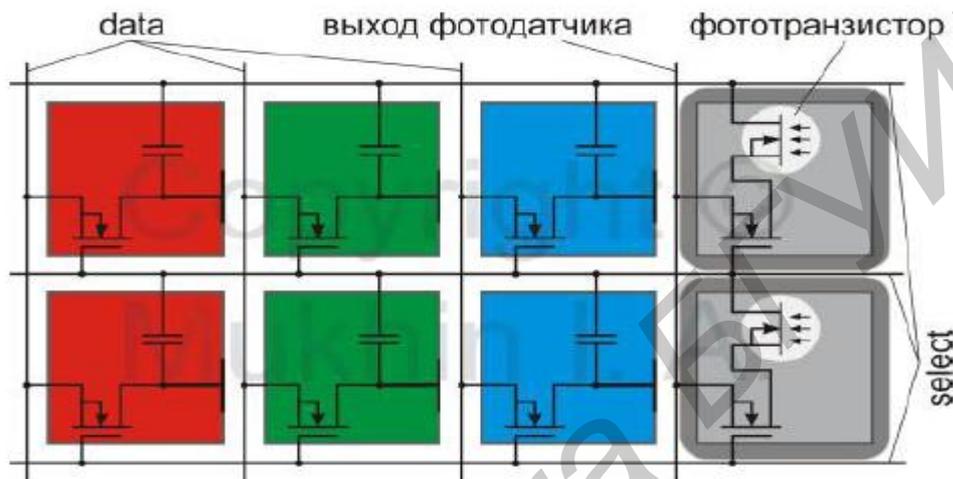


Рисунок 14 – Фотосенсорный экран

Белые субпикселы покрываются изнутри светонепроницаемым составом, однако снаружи фототранзисторы подвержены воздействию внешних источников света, например солнца или настольной лампы. Механизм обновления изображения панели в изменениях не нуждается. При поступлении сигнала логической единицы на горизонтальный электрод (Select) открываются TFT-транзисторы субпикселов всей строки. Сразу после этого по вертикальным электродам (Data) на конденсаторы красного, зеленого и синего субпикселов подается напряжение, соответствующее их яркости в данном кадре. А вот электроды белых субпикселов используются для измерения сопротивления цепочек с фототранзисторами. В случае попадания света от внешних источников фототранзисторы открыты и сопротивление низкое. Если же доступ света перекрыт пальцем или стилусом, то фототранзистор закрывается и не пропускает ток – сопротивление высокое. Микропроцессор сравнивает сопротивления в процессе развертки и таким образом вычисляет координаты точки касания. Устройство способно работать в очень широком диапазоне освещенности экрана – от 50 до 50000 люкс.

#### 4 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка по изучению устройства и работы сенсорного экрана состоит из компьютера с жидкокристаллическим монитором, клавиатурой, «мышью» и принтером, пятипроводной резистивной сенсорной панели, контроллера, преобразователя COM/USB и соединительных кабелей. Структурная схема лабораторной установки приведена на рисунке 15.

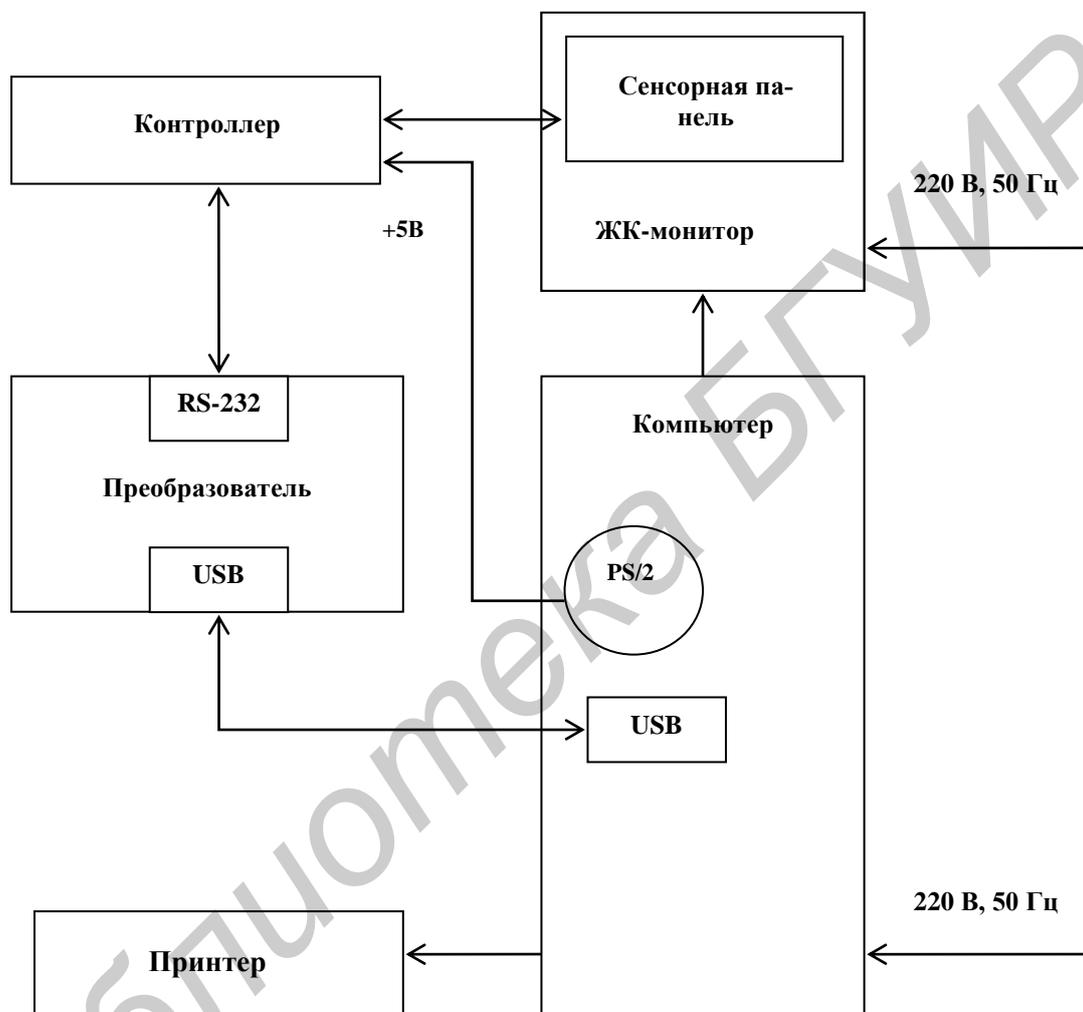


Рисунок 15 – Структурная схема лабораторной установки

Сенсорная панель размещена в рамке из органического стекла, к верхней кромке которой прикреплен кронштейн, позволяющий навешивать панель на жидкокристаллический монитор. В этой же рамке размещен контроллер сенсорной панели типа ET-1232ABSP. Прозрачная рамка из органического стекла с сенсорной панелью и контроллером представляют собой лабораторный макет сенсорного экрана (рисунок 16).

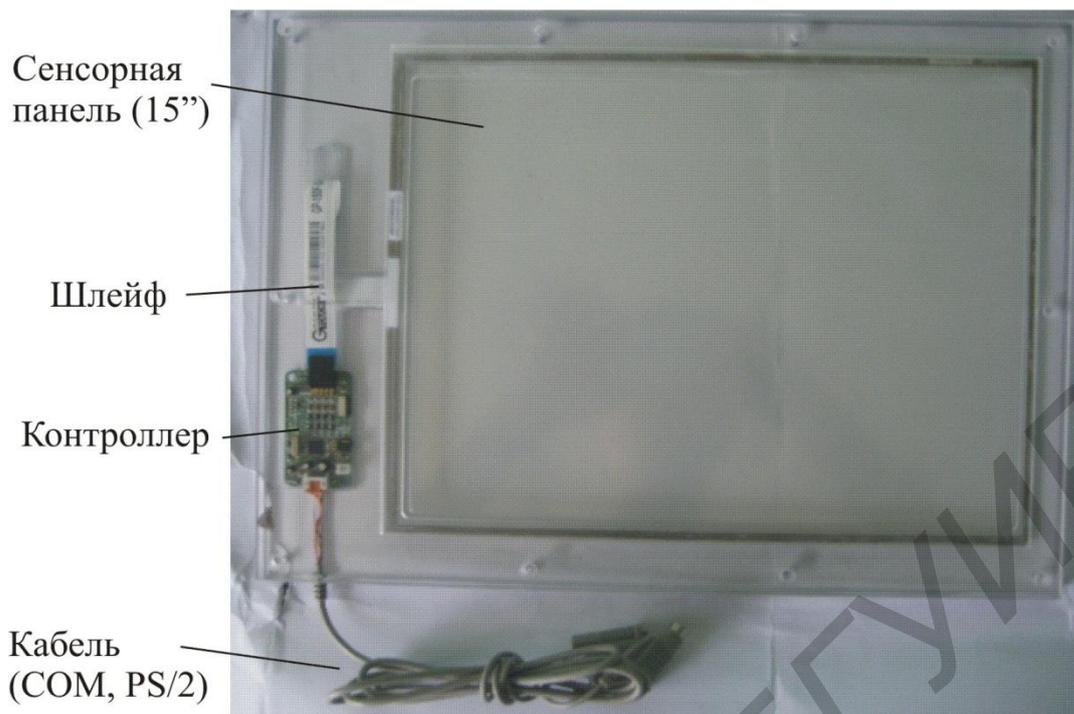


Рисунок 16 – Лабораторный макет сенсорного экрана

В сенсорной панели напряжение питания прикладывается к углам верхнего резистивного слоя и при помощи пятого провода (нижнего проводящего слоя) измеряется напряжение на скользящем вертикальном контакте. Измерение вертикальной координаты точки касания производится при подключении верхних левого и правого углов резистивного слоя к  $V+$ , а нижних левого и правого углов – к общему выводу («земле»). При этом происходит подключение скользящего контакта к встроенному в контроллер аналого-цифровому преобразователю, который и измеряет на нем напряжение. Величина измеренного напряжения определяется коэффициентом передачи образованного резистивного делителя. При измерении горизонтальной координаты левые верхний и нижний углы подсоединяются к общему выводу, правые верхний и нижний углы – к  $V+$ , после чего измеряется напряжение на подвижном контакте, несущее информацию о горизонтальной координате точки касания.

Контроллер сенсорной панели обеспечивает:

- подачу питания на соответствующие углы сенсорной панели;
- обнаружение факта касания проводящих слоев панели;
- получение цифровых величин, пропорциональных координатам точки касания;
- коррекцию нелинейностей, вызванных краевыми эффектами и неоднородностью сопротивления пленки;
- передачу кодов, соответствующих координатам точки касания, компьютеру по интерфейсу RS-232 (COM-порт).

Структурная схема контроллера приведена на рисунке 17.

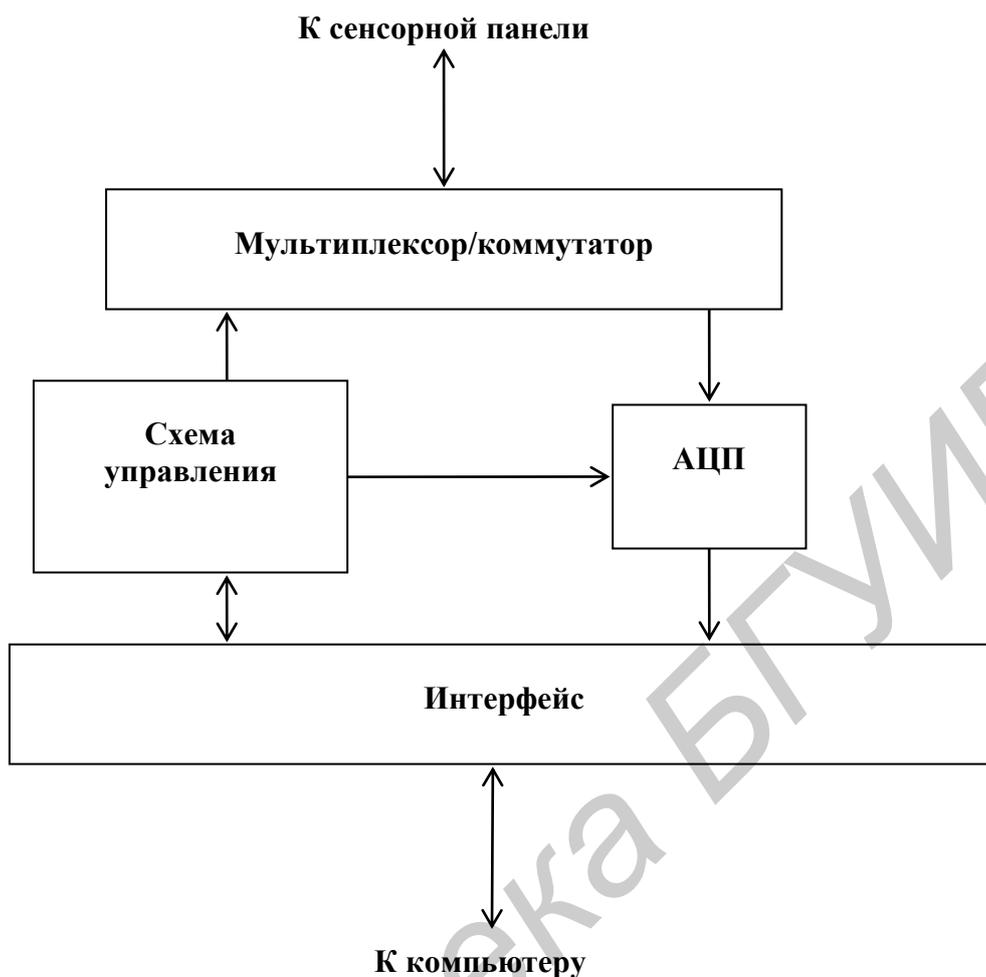


Рисунок 17 – Структурная схема контроллера сенсорного экрана

Внешний вид контроллера ET-1232ABSP приведен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Контроллер ET-1232ABSP

Контроллер сенсорного экрана выдает данные о координатах точки касания по интерфейсу RS-232. Для подключения контроллера к компьютеру через порт USB используется специальный преобразователь и дополнительный драйвер, который эмулирует сенсорную панель в качестве стандартной «мыши»

под управлением рабочего интерфейса компьютера. Конструктивно преобразователь размещен в разьеме специального кабеля RS-232 – USB.

Питание сенсорного экрана подается на контроллер через кабель, подключаемый к разьему PS/2 системного блока компьютера.

## 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

### 5.1 Подключение и настройка лабораторной установки

Порядок подключения и настройки установки следующий.

1 Ознакомиться с функциональными узлами лабораторной установки. Зарисовать ее структурную схему.

2 Аккуратно навесить макет сенсорного экрана на жидкокристаллический монитор.

3 Подключить кабель питания макета сенсорного экрана («круглый») к разьему PS/2 системного блока. «Мышь» подсоединить к «тыльному» торцу разьема кабеля питания макета или к одному из USB-разьемов.

4 Информационный разьем макета сенсорного экрана через вспомогательный кабель подключить ко входу USB (левый) на передней панели системного блока.

5 Включить компьютер и дождаться его полной загрузки.

6 Активизировать ярлык «Сенсорная панель» на рабочем столе. Появляется окно «Сенсорная панель».

7 Активизировать надпись «Калибровка СП». Появляется окно «Touch Screen configuration».

8 Активизировать надпись «Calibration». Появляется окно «Calibration».

9 Выбрать режим «16 points» и активизировать окно «Calibrate». Появляется чистый экран для калибровки с синим крестом в левом верхнем углу экрана монитора.

10 Коснуться стилусом сенсорного экрана в левом верхнем углу сенсорной панели в течение 2–3 с. Синий крест переместится вправо.

11 Коснуться стилусом центра креста. Синий крест переместится вправо.

12 Продолжить калибровку сенсорной панели, прикасаясь к центру креста стилусом. В случаях, когда размер сенсорной панели меньше размера жидкокристаллического монитора и расположение синего креста выходит за границы сенсорной панели, прикосновения стилусом необходимо осуществлять в наиболее близкой к кресту точке сенсорной панели. Всего для калибровки сенсорного экрана необходимо произвести 16 касаний. После чего на экране появляется сетка.

13 Убедиться в правильности калибровки, прикасаясь к узлам сетки стилусом и оценивая отклонение появившейся на экране стрелки от соответствующего узла. При существенных рассогласованиях повторить калибровку.

## 5.2 Выполнение работы

Алгоритм выполнения работы состоит из следующих шагов.

- 1 Запустить программу «Тест сенсорной панели» (одноименный ярлык на рабочем столе).
- 2 Ознакомиться с представленной информацией.
- 3 Открыть вкладку «Калькулятор» и произвести произвольные арифметические вычисления, пользуясь сенсорным экраном.
- 4 Распечатать информацию с монитора на принтере (приложение А).
- 5 Открыть вкладку «Ввод текста» и набрать произвольное предложение, пользуясь сенсорным экраном.
- 6 Распечатать на принтере информацию с монитора.
- 7 Открыть вкладку «Рисование». Стилузом или другим тонким гладким предметом без заусениц изобразить на экране произвольный рисунок и поставить свою подпись.
- 8 Распечатать на принтере информацию с монитора.

## 6 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- титульный лист по установленной на кафедре форме;
- краткие результаты выполнения домашнего задания;
- структурную схему лабораторной установки;
- результаты выполнения лабораторной работы;
- выводы.

## 7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Перечислите основные технологии сенсорных панелей.
- 2 Изложите принципы работы сенсорных панелей различных типов: резистивных, матричных, емкостных, проекционно-емкостных, индукционных, инфракрасных, на ПАВ, с видеокамерами, на дисперсионных волнах, LCD-панели со встроенным оптическим сенсорным экраном.
- 3 Перечислите отличия четырех-, пяти- и восьмипроводных резистивных сенсорных панелей.
- 4 Изложите назначение и основные функции контроллера сенсорного экрана.
- 5 Расскажите о назначении калибровки сенсорных экранов.
- 6 Расскажите об областях применения различных технологий сенсорных экранов.
- 7 Опишите состав лабораторного макета по изучению сенсорного экрана и назначение основных его частей.
- 8 Изложите результаты выполнения лабораторной работы.

## РАСПЕЧАТКА ИНФОРМАЦИИ

Распечатка информации с экрана монитора на принтере может осуществляться в двух вариантах: со всего экрана и с его части.

1 Печать со всего экрана на четырех листах формата А4:

- нажать клавишу «Print Screen» на клавиатуре компьютера;
- активизировать ярлык «Paint» – появляется окно «Paint»;
- последовательно активизировать пункты меню, окна и кнопки: «Правка» → «Вставить» → «Файл» → «Печать» → «Печать». С некоторой задержкой начнет работать принтер.

2 Печать с ограниченной части экрана:

- на клавиатуре компьютера нажать клавишу «Print Screen»;
- активизировать ярлык «Paint». Появляется окно «Paint»;
- последовательно активизировать окна «Правка» → «Вставить»;
- активизировать прямоугольник в левом верхнем углу рабочего стола.

Появляется крестик.

- нажать левой клавишей «мыши» на крестик и обвести им изображение на экране, которое необходимо отпечатать;

- правой клавишей «мыши» нажимаем в центре обведенного участка экрана;

- левой клавишей «мыши» последовательно активизируем пункты меню, окна и кнопки: «Копировать» → «Файл» → «Создать» → «Нет» → «Правка» → «Вставить» → «Файл» → «Печать» → «Печать». С некоторой задержкой начнет работать принтер.

Примечание –

Для вывода на рабочий стол ярлыка «Paint» необходимо последовательно активизировать окна «Пуск» → «Все программы» → «Стандартные» → «Paint» → (правой клавишей «мыши») → «Отправить» → «Рабочий стол».

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Самарин, А. В. Сенсорные панели – взгляд изнутри / А. В. Самарин // Схемотехника. – 2001. – №7, 8.
- 2 Самарин, А. В. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника. Конструкция и применение / А. В. Самарин. – М. : Солон-Р, 2002.
- 3 Самарин, А. В. Новые типы сенсорных панелей для портативных приборов / А. В. Самарин // Компоненты и технологии. – 2002. – №3.
- 4 Советы по контроллерам сенсорных экранов [электронный ресурс]. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/app/Touch Screen/ads7843.htm>.

*Учебное издание*

## **СЕНСОРНЫЙ ЭКРАН**

Методические указания к лабораторной работе  
по дисциплинам  
«Документальные службы и терминальные устройства телекоммуникаций»  
и «Терминальные устройства мультимедиа»  
для студентов специальностей  
1-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»,  
1-45 01 05 «Системы распределения мультимедийной информации»  
всех форм обучения

Составители:

**Сиротко Иван Иванович**  
**Шпунгин Павел Александрович**

Редактор Т. П. Андрейченко  
Корректор Е. Н. Батурчик  
Компьютерная верстка Ю. Ч. Ключкевич

---

Подписано в печать 22.09.2011.  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л. 1,4.

Формат 60x84 1/16.  
Отпечатано на ризографе.  
Тираж 50 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 1,63.  
Заказ 261.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009, ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6

Библиотека БГУИР