

## СЕНСОРНЫЕ ЭКРАНЫ - РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ

*Мухин И. А., ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича*

*Статья опубликована в журнале "BROADCASTING Телевидение и радиовещание": 1 часть - №3(55) май 2006, с.50-52; 2 часть - №4(56) июнь-июль 2006, с.40-41; 3 часть - №7(59) ноябрь 2006, с.64-66.*

Стремительное развитие электронных технологий, а также расширение сферы их применения требуют упрощения взаимодействия человека и машины. В этом могут помочь сенсорные экраны.

Традиционными средствами ввода информации в исполняющее устройство (компьютер) являются клавиатура (кнопки) и «мышь» (трекбол). Применение этих устройств привычно при работе с офисными приложениями, графикой, изображениями, а также для быстрого ввода текста. Однако в ряде случаев применение такого оборудования затруднено, зачастую не целесообразно, а иногда - невозможно. Например, в полевых условиях необходимо защищать клавиатуру и мышь от пыли, брызг и перепадов температуры. В некоторых случаях, например, в банкоматах, требуются не 102, а чуть более десятка клавиш. Использование «вандалонеустойчивой» мыши вообще исключено. Кроме того, в темное время суток любые клавиши требуют подсветки, а в малогабаритных интеллектуальных устройствах применение каких-либо клавиш вообще нежелательно.

Многие справочные системы, установленные, например, на вокзалах, предполагают работу с неквалифицированными пользователями. Использование традиционной клавиатуры в этом случае требует от них определенных умений. В противном случае работа замедляется, и пользование справочной системой становится неудобным.

Часто компьютер является вспомогательным инструментом, например, в работе врача, звукорежиссера или оператора электростанции. В этом случае рабочее место, как правило, занято, и размещение клавиатуры становится проблемой. Кроме того, применение традиционной клавиатуры, например, оперирующим хирургом, порой невозможно. Еще труднее оператору электростанции, следящему за технологическими процессами зачастую на 5 и более мониторах. В этом случае применение большого числа клавиатур крайне неудобно, а использование одной клавиатуры и переключение между экранами значительно замедляет реализацию оперативных действий.

Применение сенсорных экранов позволит решить большую часть этих проблем. Сенсорный экран (Touch Screen) - это, в общем случае, специальное устройство, которое крепится к экрану отображающего устройства и выполняет функции определения координат точки касания. Функционально в любом сенсорном экране можно выделить три части: сенсор (специальная панель или датчики), контроллер, который управляет датчиками и вычисляет или подготавливает данные для вычисления координат точки касания, и драйвер - программа, которая выполняет необходимые преобразования данных, поступающих от контроллера, проводит, при необходимости, дополнительные вычисления и корректирует работу контроллера.



Рис.1. Основные элементы сенсорного экрана

Для передачи данных от контроллера к компьютеру используется обычно USB или последовательный (Com) интерфейс. Сенсорные экраны различных принципов действия могут работать с плоскпанельными отображающими устройствами (плазменными и жидкокристаллическими панелями), проекционными экранами (с фронтальной и обратной проекцией) и экранами на основе электронно-лучевой трубки (плоскими, цилиндрическими и сферическими).

Принцип действия отображающего устройства, снабженного сенсорным экраном, в общем случае можно описать следующим образом. На экран отображающего устройства выводится некоторая графическая информация. Например, это может быть стандартный интерфейс операционной системы или графическая оболочка интеллектуального справочного киоска на вокзале. Пользователь видит изображение через плотно прилегающий прозрачный сенсорный экран и, при необходимости, касается изображения в определенных точках. Контроллер сенсорного экрана передает информацию с датчиков в компьютер, где окончательно вычисляются координаты точки прикосновения. Далее производится сопоставление координат, поступивших с контроллера, с координатами программных элементов интерфейса и определяется элемент интерфейса, который хотел указать пользователь. Таким образом, снабженный сенсорным экраном дисплей позволяет без помощи клавиатуры и мыши перемещать курсор, нажимать на кнопки, открывать папки, запускать программы, вводить текст с помощью экранной клавиатуры и рисовать. Благодаря способности не только выводить изображение, но и вводить данные, такие устройства называют интерактивными или, реже, - интеллектуальными (Smart Board). Необходимо отметить, что в нашей стране сенсорные экраны появились сравнительно недавно, а потому существует некоторая путаница в названиях устройств. Например, термином «сенсорный экран» называют совокупность сенсорных датчиков (в виде панели) и контроллера, также обозначают отображающее устройство, снабженное накладным или встроенным сенсорным экраном.

Как уже отмечалось выше, многие интерактивные дисплеи позволяют рисовать по их поверхности. Эта особенность делает такие устройства удобными при проведении презентаций, конференций или лекционных занятий (рис.2).

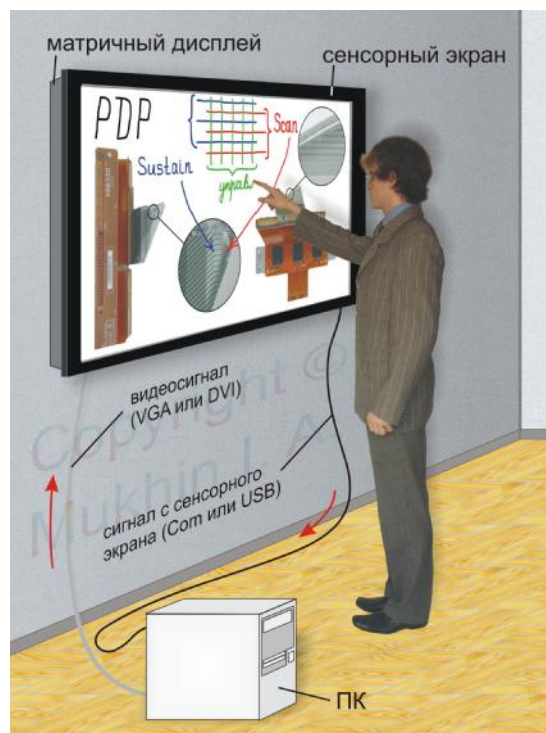


Рис.2. Использование интерактивного дисплея для презентаций

Докладчик получает возможность не только демонстрировать рисунки или фотографии, но и делать необходимые пометки и надписи в процессе изложения материала. Причем существует возможность сохранить все сделанные изменения и, при желании, распространить копии среди слушателей.

Существует большое количество видов сенсорных экранов, отличающихся не только принципом действия, но и конструктивными особенностями. Среди этого многообразия можно выделить следующие типы технологий: резистивные, емкостные, матричные, индуктивные, а также использующие поверхностно-акустические волны (ПАВ), инфракрасное (ИК) излучение и видеокамеры. Рассмотрим эти технологии подробнее.

Первые сенсорные экраны создавались с использованием прозрачной резистивной пленки. Эта технология широко распространена и сейчас. Существуют 4, 5 и 8-проводные резистивные сенсорные экраны. Основу конструкции 4-проводного экрана составляют две прозрачные пленки из полиэстера (polyester), майлара (mylar), пластизола (plastisol, PL) или полиэтилентерефталата (polyethylene terephthalate, PET), находящиеся друг напротив друга и разделенные микроскопическими шариками-изоляторами. Внутренние, обращенные друг к другу поверхности пленок покрыты прозрачным токопроводящим (резистивным) составом на основе двуокиси индия и олова (indium tin oxide - ITO). Для определенности назовем один из резистивных слоев задним, а другой, расположенный ближе к наблюдателю, передним (рис.3).

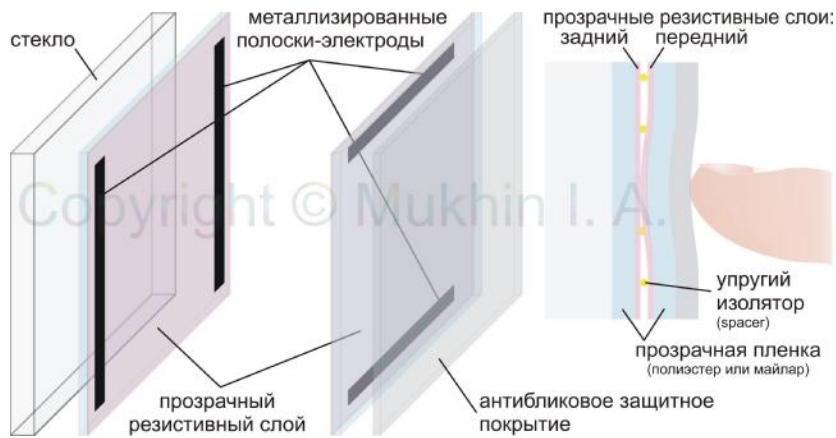


Рис.3. Конструкция 4-проводного резистивного экрана

Контакт с этими слоями обеспечивается посредством двух пар металлизированных полосок-электродов. Первая пара расположена вертикально, по краям заднего слоя, а вторая пара - горизонтально, по краям переднего слоя. Все четыре электрода подключены к микроконтроллеру, который последовательно определяет координаты точки касания по горизонтали и вертикали. Работу контроллера в первом случае можно приблизительно описать следующим образом. На вертикальные электроды заднего резистивного слоя подается постоянное напряжение, например, 5 В, и от одного электрода к другому протекает некоторый ток  $I$ . При этом на каждом горизонтальном участке заднего резистивного слоя ток создает падение напряжения, пропорциональное длине участка.

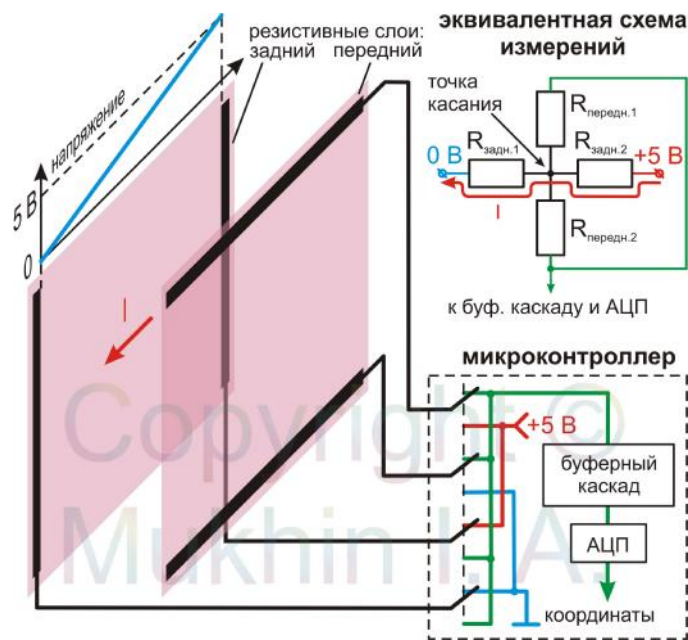


Рис. 4. Определение координат точки касания

При касании экрана передний резистивный слой деформируется и касается заднего слоя. В этом случае передний слой выполняет роль щупа, определяющего напряжение на заднем слое в точке касания. Горизонтальные электроды переднего слоя замыкаются микроконтроллером накоротко (для уменьшения влияния сопротивления переднего резистивного слоя) и суммарный сигнал

поступает через буферный каскад, (имеющий большое входное сопротивление), на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Напряжение на входе АЦП определяет положение точки касания по горизонтали. Для определения координаты по вертикали передний и задний резистивные слои «меняются местами»: на горизонтальные электроды переднего слоя микроконтроллер подает постоянное напряжение, а электроды заднего слоя замыкает, (этот слой используется как щуп). Определение координат точки касания производится микроконтроллером с высокой скоростью - более ста раз в секунду. Слабым звеном 4-проводного экрана является передняя пленка из полиэстера. Многократные деформации приводят к разрушению проводящего слоя, в результате чего уменьшается точность определения координат. Производители гарантируют стабильную работу устройства при количестве нажатий в одной точке до миллиона.

8-проводные экраны отличаются от 4-проводных незначительно - для повышения точности определения координат введены дополнительные 4 проводника, которые соединены с теми же самыми двумя парами металлизированных электродов, расположенных по краям проводящих покрытий. Однако надежности экрана в целом это не увеличивает.

А вот 5-проводный резистивный экран обладает улучшенными характеристиками. Переднее резистивное покрытие, подвергающееся деформации при касании, заменено проводящим и используется исключительно в качестве щупа. А заднее резистивное покрытие наносится не на пленку полиэстера, а на стекло. Поэтому к названию 5-проводных экранов часто добавляют аббревиатуру FG (Film on Glass). Четыре электрода, которые создают вертикальный и горизонтальный градиент напряжений, находятся на заднем резистивном слое. Пятый электрод является выводом переднего проводящего слоя-щупа. Повреждение этого слоя при деформации практически не влияет на точность определения координат, поэтому такие экраны более надежные. Считается, что они выдерживают до 35 миллионов нажатий в одной точке. Кроме того, 5-проводные экраны, в отличие от 4 и 8-проводных, допускают установку на сферические или цилиндрические экраны отображающих устройств на основе ЭЛТ.

Резистивная технология позволяет определять координаты точки касания с высокой точностью. Теоретически, применение 12-разрядных АЦП позволяет различать 4096 уровней напряжения или столько же точек по горизонтали или вертикали. На практике разрешающая способность вдвое ниже, однако этого вполне достаточно при использовании резистивного экрана, например для рисования или ведения записей в электронном блокноте. К достоинствам резистивных экранов следует отнести: возможность активации (касания) любым предметом (пальцем, банковской карточкой или тупым концом скальпеля), стойкость к пыли, влаге и загрязнению поверхности, низкую стоимость и простоту установки. Основные недостатки - низкая прозрачность (примерно 75% для 4 и 8-проводных экранов и до 85% - для 5-проводных), недостаточная механическая прочность (экран можно повредить острым предметом), плохая работа при низких температурах, (что связано с уменьшением эластичности передней деформируемой пленки). Кроме того, резистивный экран способен распознавать только одну точку касания, то есть если при вводе текста ладонь руки давит на экран, то координаты вычисляются неверно. Резистивные экраны распространены очень широко. Они применяются там, где не требуется высокое качество цветопередачи и исключена возможность актов вандализма, например, в POS (point of sale)-системах (кассовые терминалы), карманных компьютерах, GPS-навигаторах, промышленном и медицинском оборудовании, сложных измерительных приборах и других подобных устройствах.

Определение координат точки касания в емкостных экранах осуществляется, в первую очередь, благодаря особенностям физического строения тела человека - способности проводить электрический ток и вытекающего отсюда наличия определенной электрической емкости. Рассмотрим устройство емкостного экрана. На прочное стекло, служащее основой конструкции, нанесен резистивный слой, соединенный с четырьмя электродами, расположенными по углам экрана (рис.5).

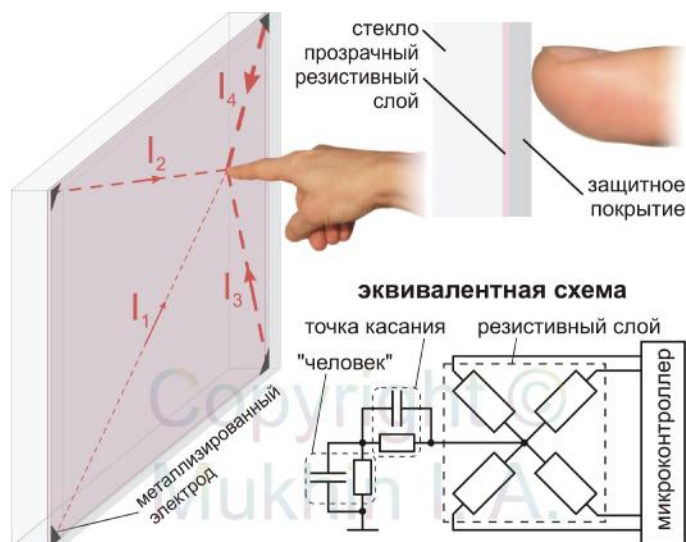


Рис.5. Устройство емкостного экрана

Для защиты от повреждений слой покрыт снаружи 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. Рассмотрим первый случай, как наиболее простой. На все четыре электрода через прецизионные резисторы равных номиналов, служащие токовыми датчиками, микропроцессор подает 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 изменяется. Дело в том, что тело человека проводит ток, а потому обычно имеет потенциал земли – нулевой (сетевые и высокочастотные наводки имеют очень малую амплитуду). При касании пальцем или проводящим предметом сенсорного экрана на проводящем слое появляется точка, потенциал которой меньше, чем потенциалы четырех 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 и, следовательно, меньше сопротивление этого участка, а значит - больше амплитуда тока. Для преобразования тока в напряжение служат прецизионные резисторы, сигналы с которых подаются на четыре отдельных АЦП. Сравнение сигналов на выходах этих АЦП позволяет определить координаты точки касания.

Точность емкостных экранов сравнима с точностью резистивных. Меньшее количество слоев делает их более прозрачными (до 90%). Отсутствие элементов, подвергающихся деформации, увеличивает надежность - такие экраны допускают более 200 миллионов 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 таких экранов являются: необходимость касания только проводящим предметом (пальцем или специальной указкой - стилусом (stylus), проводящим ток), кроме того, пользователь должен иметь достаточно хороший контакт с «землей», иначе после нескольких касаний он приобретает потенциал экрана, и в работе микроконтроллера начинаются сбои. Эти экраны, так же как и резистивные, не допускают одновременного нажатия в двух точках. Сфера применения практически такая же, как и у резистивных экранов, однако наличие статического заряда и протекающего через тело человека тока ограничивает использование, например, в медицинском оборудовании. Емкостные экраны надежнее резистивных, и потому предпочтительнее при интенсивном использовании. Их применяют в справочных системах, где мала вероятность намеренного повреждения - например, в аптеках, библиотеках и театрах.

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 конструкции используется две системы из вертикальных и горизонтальных хорошо проводящих ток электродов, изолированных друг от друга слоем стекла и образующих решетку (рис.6).

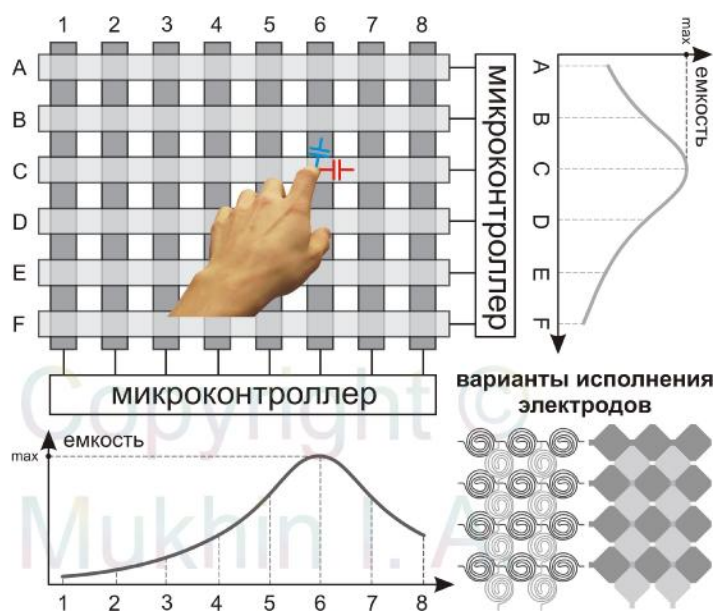


Рис.6. Устройство PCT-экранов

Каждый электрод, будучи проводником, имеет некоторую электрическую емкость. Можно сказать, что в данном случае мы имеем дело со своеобразным конденсатором, одной обкладкой которого является сам электрод, а другой - любой проводящий ток предмет, например, человек. Все горизонтальные электроды (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, который заряжает «конденсатор».

При поднесении к экрану проводящего предмета, например, пальца, емкость электродов меняется (рис.7).

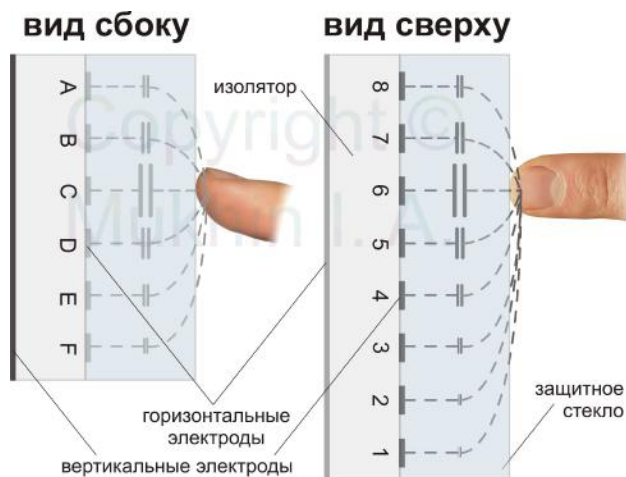


Рис.7. Изменение емкости электродов.

Чем ближе электрод находится 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.

Принцип действия этой технологии можно рассмотреть с другой точки зрения. При последовательном сканировании всех электродов вблизи поверхности экрана создается электрическое поле, напряженность которого во всех точках примерно одинакова. Проводящий предмет, поднесенный к экрану, модулирует (изменяет) картину распределения напряженности поля. Микропроцессор фиксирует изменения и вычисляет координаты положения проводящего предмета. Отсюда вытекает второе название технологии - Near Field Imaging (NFI).

РСТ-экраны имеют высокую прозрачность (до 90%) и способны работать в очень широком диапазоне температур (от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$ ). Загрязнения поверхности экрана, проводящие электрический ток, а также влажность вносят определенный вклад в изменение напряженности поля на поверхности экрана. Однако это изменение является постоянным, оно фиксируется электроникой и вычитается при анализе, то есть, другими словами, игнорируется. Высокая чувствительность позволяет использовать для защиты экрана очень толстое (до 12 мм) и очень прочное стекло. Кроме того, для активации экрана не обязателен электрический контакт, (то есть можно касаться экрана рукой в перчатке), и не накладывается особых требований к проводимости человека и пола (земли). Другой важной особенностью является возможность регистрации одновременно нескольких точек касания, причем экран способен различать, например, касание стилусом и рукой. Обычно используется проводящий ток стилус, который вдобавок соединяется с системным блоком компьютера, приобретая нулевой потенциал, что позволяет ему вызывать значительно большие изменения емкости электродов, нежели пальцу руки. Одновременное использование стилуса и пальца руки позволяет более полно эмулировать работу мыши и ее клавиш. Кроме того, экран позволяет игнорировать ладонь руки, касающейся экрана при рисовании или письме.



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, при наличии очень толстого защитного стекла возрастает погрешность определения координат по краям экрана. Дело здесь в том, что пользователь касается не объекта на дисплее, а его проекции на переднюю поверхность стекла сенсорного экрана. А при большом угле наблюдения (относительно нормали к экрану) и значительной толщине стекла, эта проекция находится не строго над объектом, а смещается в сторону (параллакс). Другими словами, палец упирается в стекло не совсем там, где находится желаемая точка.

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

Перечисленные выше виды сенсорных экранов (резистивные и емкостные) получили в настоящее время очень широкое распространение. Однако в ряде случаев удобнее применять другие типы. Рассмотрим такие устройства подробнее.

Конструкция матричных сенсорных экранов, называемых иногда цифровыми, очень схожа с конструкцией резистивных экранов, только вместо сплошных резистивных слоев используются горизонтальные и вертикальные прозрачные проводящие полосы. При касании экрана передняя пленка деформируется и вертикальная полоса касается горизонтальной. Наличие замыкания фиксирует микропроцессор. Расположение всех электродов на плоскости известно, а потому пересечение замкнутых электродов однозначно определяет точку касания экрана.

Основной недостаток данного устройства - очень низкое разрешение, порядка 10 линий на дюйм. Поэтому такие устройства совершенно не подходят для рисования и ввода надписей. Главное 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 координату точки касания точно. Матричные экраны применяются в тех случаях, когда требуется дешевый экран, а программа-приложение допускает низкую точность указания.

Сенсорные экраны, использующие поверхностные акустические волны (surface acoustic wave, SAW), имеют довольно сложную конструкцию (рис.8).

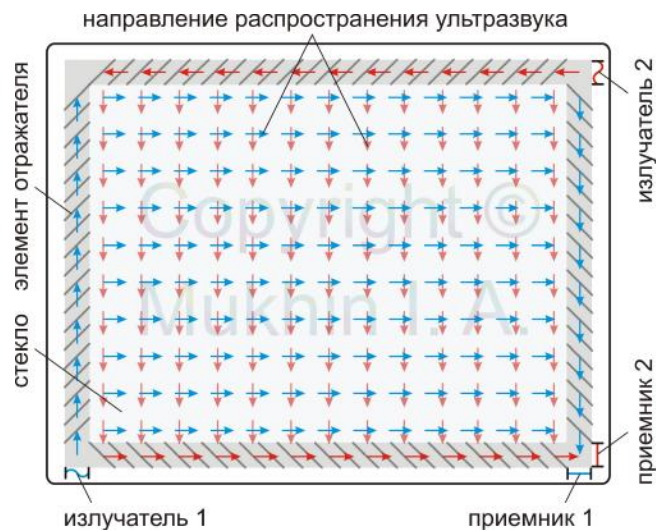


Рис.8. Конструкция сенсорного экрана на ПАВ

По углам прочного стеклянного основания, служащего основой конструкции, находятся пьезоэлектрические излучатели, генерирующие ультразвук (5 МГц). По периметру экрана находятся массивы отражателей, благодаря которым излучаемая акустическая волна распространяется по всей поверхности экрана и фиксируется пьезоэлектрическими приемниками. При касании экрана пальцем часть энергии акустических волн поглощается. Приемники фиксируют это изменение, а микроконтроллер вычисляет положение точки касания. Точность этих экранов выше, чем у матричных, но ниже, чем у традиционных емкостных. Для рисования и ввода текста они не, как правило, не используются.

Главным достоинством экрана на ПАВ является возможность отслеживать не только координаты точки, но и силу нажатия. Это возможно, так как степень поглощения акустических волн зависит от величины давления в точке касания. Устройство имеет очень высокую прозрачность, так как свет от отображающего устройства проходит через стекло, не содержащее резистивных или проводящих покрытий. В некоторых случаях, для борьбы с бликами, стекло вообще не используется, а излучатели, приемники и отражатели крепятся непосредственно к экрану отображающего устройства. Главным недостатком являются сбои в работе при наличии вибрации или воздействии акустическими шумами, а также при загрязнении экрана. Любой посторонний предмет, размещенный на экране, (например, жевательная резинка), полностью блокирует его работу. Кроме того, данная технология требует касания предметом, который обязательно поглощает акустические волны, то есть, например, пластиковая банковская карточка в данном случае неприменима. Несмотря на сложность конструкции, эти экраны довольно долговечны. По заявлению, например, тайваньской фирмы GeneralTouch, они выдерживают до 50 миллионов касаний в одной точке, то превышает ресурс 5проводного резистивного экрана. Экраны на ПАВ применяются, в основном, в игровых автоматах, охраняемых справочных системах и образовательных учреждениях.

В ряде случаев к качеству изображения, воспроизводимого отображающим устройством, предъявляются строгие требования. Это касается дисплеев, предназначенных, в основном, для просмотра телевизионных передач, видеофильмов или отображения иллюстративного материала (слайдов и фотографий), например, в художественном кружке или фотостудии. При необходимости оснащения такого устройства сенсорным экраном лучшим решением будет применение

инфракрасной технологии. Для определения точки касания используются две линейки светодиодов, расположенные по вертикали и горизонтали, и две линейки фотодиодов, расположенные на противоположных сторонах экрана (рис.9).

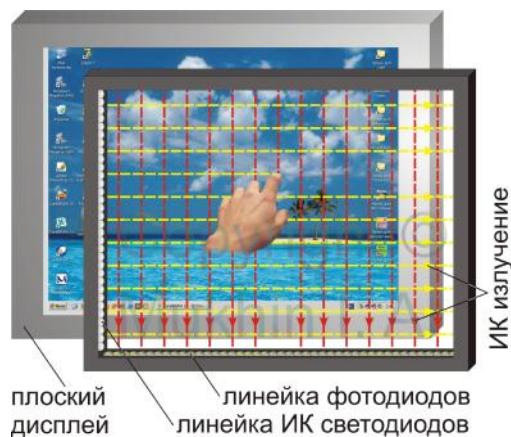


Рис.9. Устройство инфракрасного сенсорного экрана

Каждому светодиоду соответствует свой фотодиод. Работает такая оптическая пара следующим образом. При подаче напряжения на светодиод он излучает невидимый для человека инфракрасный свет в пределах очень небольшого телесного угла, чтобы попасть на «свой» фотодиод «не задеть» соседние. Любое препятствие, например, касающийся экрана палец руки, частично или полностью перекрывающее световой луч, приводит к уменьшению или прекращению электрического тока через соответствующий фотодиод. Это изменение фиксируется микроконтроллером, позволяя вычислить координату касания с высокой точностью. Обычно светодиод (и, соответственно, фотодиод) в линейке имеет размеры порядка 2,5 мм, то есть на каждый квадратный сантиметр панели приходится четыре горизонтальных и четыре вертикальных сканирующих луча. Однако механизмы интерполяции, используемые микроконтроллером, позволяют вычислять положение препятствия с большей точностью. Инфракрасный сенсорный экран выполняется в виде рамки, которая не имеет никаких стекол или прозрачных пленок. Поэтому изменение яркости, контраста и цветопередачи изображения, а также появление дополнительных бликов исключены, что является несомненным достоинством экрана. Инфракрасная технология не лишена ряда недостатков. Применение в качестве отображающего устройства жидкокристаллических панелей нежелательно, так как касание их поверхности может привести к повреждению TFT-транзисторов и появлению «мертвых» точек, (которые всегда либо включены, либо выключены). Рамка сенсорного экрана зачастую не прилегает к экрану дисплея вплотную, а находится на некотором расстоянии, при этом вследствие параллакса становятся заметными ошибки определения координат по углам. Устройство имеет невысокую надежность, что связано, во-первых, с небольшим сроком службы ИК-светодиодов, а во-вторых, с особенностями конструкции - оптопары боятся пыли, загрязнений и конденсата. Попадание прямого солнечного света вызывает сбои в работе. Кроме того, такие экраны имеют самую высокую стоимость. Применяются ИК-экраны обычно в образовательных учреждениях - в качестве интерактивных панелей большого размера, и в игровых автоматах.

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 поверхности экрана (Рис.10).



Рис.10. Технология DVIT

Для вычисления координаты точки касания математически достаточно двух камер, расположенных в соседних углах. Однако для повышения точности часто используется 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» электронными 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 для выбора цвета надписей и переход в режим стирания осуществляются автоматически.

Для переносных электронных устройств, например, планшетов, MP3-плееров, коммуникаторов и карманных персональных компьютеров (КПК или Pocket PC, называемых также наладонниками, PDA и Palm) сенсорный экран является жизненно необходимым компонентом пользовательского интерфейса. Учитывая габариты, наличие батарейного питания и особенности эксплуатации перечисленных выше устройств, ясно, что из описанных выше технологий подходят только резистивные и PCT-экраны. Обе технологии имеют общие недостатки. Во-первых, сенсорные панели располагаются перед экраном, а потому уменьшают яркость и контраст, искажают цветопередачу. Во-вторых, функциональность (количество выполняемых действий) этих устройств ниже, чем у традиционной «мыши». Например, применение резистивного экрана в ряде случаев требует отдельной кнопки - аналога правой клавиши «мыши». В отличие от резистивной технологии, PCT-экран способен различать прикосновение стилуса и пальца руки. Это позволяет использовать палец в качестве аналога правой клавиши мыши, что, однако, не всегда удобно.

От описанных выше недостатков свободны индуктивные сенсорные экраны, принцип действия которых схож с РСТ-технологией. Под жидкокристаллическим экраном размещается панель, содержащая выполненные печатным способом катушки индуктивности. При подаче переменного напряжения катушки формируют на поверхности экрана электромагнитное поле. В качестве указателя используются стилус, в котором находится настроенный в резонанс контур. При поднесении стилуса к экрану этот контур модулирует электромагнитное поле, изменяя индуктивности расположенных под экраном печатных катушек. Причем чем ближе катушка к контуру стилуса, тем значительнее изменение ее индуктивности. Микроконтроллер фиксирует параметры катушек и вычисляет положение стилуса. Для повышения функциональности стилус обычно снабжается встроенной в наконечник микрокнопкой, которая подключает дополнительные витки к контуру и тем самым позволяет микроконтроллеру различать два разных состояния указателя. Индуктивный экран не влияет на качество изображения, не реагирует на касание ладонью при письме или рисовании и широко применяется в мобильных устройствах, например, планшетных компьютерах.

Как известно, нет предела совершенству. И любой экран, как бы ни был он хорош, имеет недостатки. Это обстоятельство является стимулом для создания новых технологий. Большинство разработок применяются пока весьма ограниченно. Однако некоторым «счастливчикам» удастся вырваться из «застенок» лабораторий. В настоящее время, например, 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 большого размера.

Другой инновационной технологией является применение LCD-панелей со встроенным оптическим сенсорным экраном. Работает устройство следующим образом. Для упрощения и удешевления всей конструкции применяется ЖК-экран, каждый пиксель которого состоит из четырех субпикселей (красного, зеленого, синего и белого). Последовательно с TFT-транзистором белого субпикселя включается фототранзистор (рис.11).

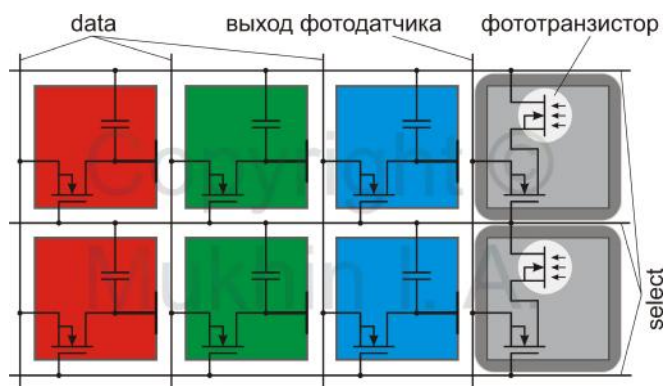


Рис.11. Фотосенсорный экран

Белые субпиксели 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 субпикселей всей строки. Сразу после этого по вертикальным электродам («Data») на конденсаторы красного, зеленого и синего субпикселей подается напряжение, соответствующее их яркости в данном кадре. А вот электроды белых субпикселей 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 50 000 Люкс.

Применение сенсорных экранов дает ряд преимуществ их обладателям. Например, интерактивные справочные системы (киоски), используемые в аптеках, торговых центрах, банках и вокзалах, удобны в обращении и позволяют экономить время, чем, несомненно, привлекают клиентов. Использование сенсорных панелей и планшетов вместо меловых досок в сфере образования также сулит определенные выгоды. Обычно значительную часть занятия преподаватель тратит на рисование схем, графиков и таблиц, а иногда - даже на переписывание листингов компьютерных программ. В итоге ценное время на объяснение представленного на доске материала сокращается. Такой режим работы не позволяет учащемуся сосредоточиться на обдумывании материала, так как он занят копированием записей с доски. Применение отображающих устройств позволяет эффективно использовать заранее подготовленный иллюстративный материал, что экономит массу времени. Наличие у дисплея сенсорных свойств, позволяет делать любые пометки, надписи и рисунки в процессе объяснения. Вся изложенная на лекции информация, включая рисунки преподавателя, легко копируется в неизменном виде в любом количестве и может использоваться учащимися. Таким образом, внедрение интеллектуальных панелей позволяет повысить качество преподавания и поднять уровень образования.

К сожалению, в нашей стране применение сенсорных экранов пока очень ограничено. Остается надеяться, что со временем этот недостаток мы победим.