

СХЕМОТЕХНИКА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКЦИОННЫМ ЕМКОСТНЫМ СЕНСОРНЫМ ЭКРАНОМ

Радевич А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Степанов А.А. – канд. техн. наук, доцент

В данной работе предлагается высокоэффективный контроллер для емкостных сенсорных экранов (touch screen panel, TSP). Описана схема считывания емкостного сенсорного экрана с использованием пассивного сигма-дельта-модулятора емкостного преобразователя в цифровой формат. При предлагаемом подходе состояние панели можно эффективно преобразовать в двоичный сигнал, используя емкость панели в качестве суммирующего элемента пассивного сигма-дельта модулятора первого порядка.

Технологии проекционных емкостных сенсорных экранов (Projected Capacitive Technology, PCT) обнаруживают касание путем измерения емкости на каждом адресуемом электроде. Когда палец приближается к электроду, он нарушает электромагнитное поле и изменяет емкость. Это изменение емкости может быть измерено схемами считывания, а затем преобразовано в координаты X, Y, которые система может использовать для обнаружения касания. Значение емкости в каждом узле может варьироваться от 10 пФ до 50 пФ [1].

Схема считывания сенсорного экрана определяет место прикосновения путем сканирования значения емкости в каждой точке панели. Как правило, значение емкости в данной точке панели преобразуется в уровень напряжения или ширину импульса. Место касания может быть определено путем изменения емкости во всех узлах сенсорного экрана.

На рисунке 1 показана предлагаемая схема считывания сенсорного экрана, которая может определять состояние панели путем преобразования емкости панели в количество импульсов. Схема считывания включает пассивный сигма-дельта модулятор первого порядка и селектор узла измерения ($S_{X1} - S_{Xn}$ и $S_{Y1} - S_{Yn}$). V_{in} представляет напряжение постоянного тока, подаваемое на сигма-дельта модулятор, подключенное, как правило, к напряжению питания. Пассивный сигма-дельта модулятор состоит из конденсатора выборки C_s , который может быть настроен на различные значения емкости, нескольких переключателей и компаратора, где каждая емкость C_p панели используется в качестве суммирующего конденсатора. Регулируемый C_s предназначен для адаптации предлагаемой схемы считывания к различным типам емкостных сенсорных панелей.

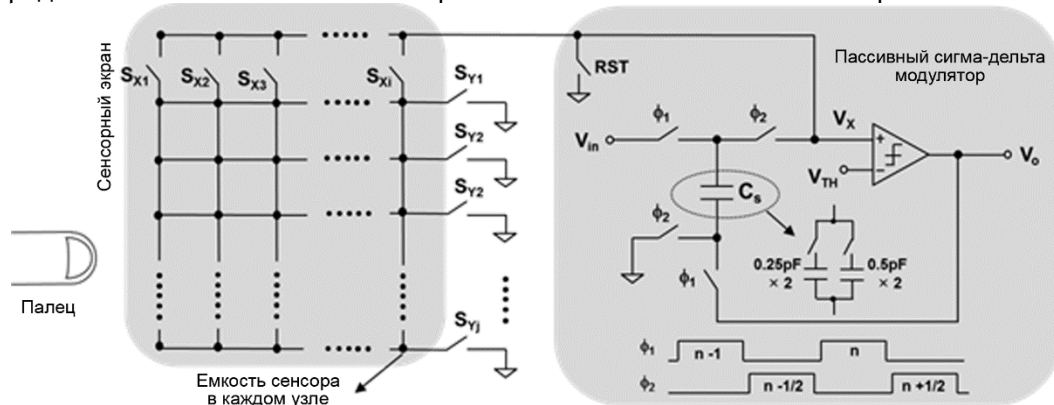


Рисунок 1 – Предложенная схема считывания емкостного сенсорного экрана

Временная диаграмма работы схемы считывания представлена на рисунке 2. Емкость каждого электрода проекционного емкостного сенсорного экрана подключается к схеме считывания по очереди с помощью переключателей $S_{X1} - S_{Xi}$ и $S_{Y1} - S_{Yj}$. Как только узел панели подключен к узлу V_x , сигнал RST (сброс) разрядит емкость пересечения. После сброса пассивный сигма-дельта модулятор будет повторять выборку заряда и операцию суммирования заряда, которые будут генерировать различные комбинации выходных импульсов в зависимости от значения емкости узла сенсорного экрана. В этом случае состояние панели (в состоянии касания или без касания) может быть обнаружено путем простого подсчета количества выходных импульсов в течение периода сканирования.

Работа пассивного сигма-дельта модулятора делится на две фазы. В фазе измерения заряда (Φ_1) входное напряжение V_{in} заряжает конденсатор C_s . Во время фазы суммирования заряда (Φ_2) C_s и C_p соединяются вместе, где происходит разделение заряда между C_s и C_p . В результате, напряжение узла V_x устанавливается в определенный уровень в зависимости от емкости C_s и C_p , которое будет сравниваться с пороговым уровнем V_{TH} компаратора, чтобы сгенерировать выходной уровень сигма-дельта модулятора, соответствующий высокому или низкому логическому уровню.

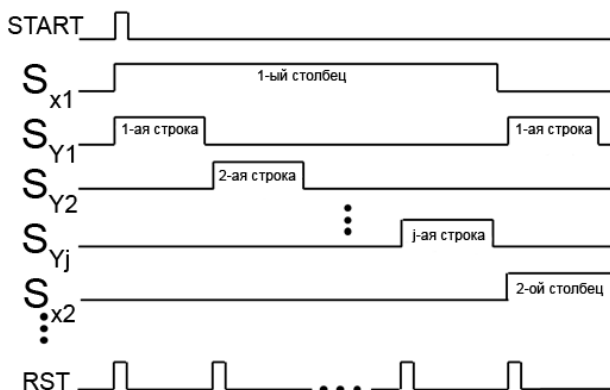


Рисунок 2 – Схема работы считывающего устройства

Основная концепция предлагаемого преобразователя емкости TCP в цифровой сигнал (Capacitance-to-Digital Converter, CDC) состоит в том, чтобы генерировать последовательность выходных импульсов, количество которых, в пределах определенного временного интервала (периода обнаружения) определяется значением C_p , поскольку C_s будет постоянным. В результате значение C_p можно оценить по количеству импульсов в течение периода обнаружения [2].

Рисунок 3 описывает работу предложенного CDC, M – общее количество рабочих циклов за один период обнаружения. В каждом цикле n есть две фазы: выборка заряда ($\Phi 1$) и суммирование заряда ($\Phi 2$). В первом цикле ($n = 1$) работа CDC начинается с разряда C_p (активируемого сигналом RST), который установит $V_x(1) = 0$ В и выход сигма-дельта модулятора $V_o = \text{Low}$. Предполагая, что на V_{in} присутствует постоянное напряжение, начиная со второго цикла ($n = 2$), уровень V_x будет постепенно увеличиваться из-за операции выборки заряда и суммирования сигма-дельта-модулятора, пока не достигнет порогового уровня компаратора V_{TH} .

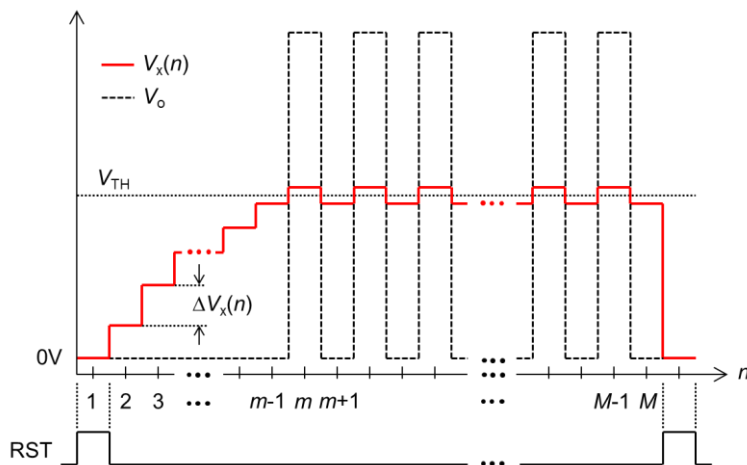


Рисунок 3 – Схема работы преобразователя

Как только $V_x(n)$ превысит V_{TH} (для $n \geq m$), выходной сигнал сигма-дельта-модулятора будет соответствовать высокому уровню. В следующем цикле $n = (m + 1)$ уровень $V_x(n)$ будет меньше, чем V_{TH} , а для следующего цикла $n = (m + 2)$ уровень $V_x(n)$ снова будет больше, чем V_{TH} , что обусловлено отрицательной обратной связью сигма-дельта модулятора. В результате сигма-дельта модулятор сгенерирует последовательность выходных импульсов для оставшихся $(M - m)$ циклов.

Эффективно используя емкость сенсорной панели в качестве суммирующегося элемента пассивного сигма-дельта-модулятора, можно реализовать компактный и маломощный считывающий блок сенсорного экрана на кремниевом кристалле. Предлагаемый CDC не требует активных усилителей или АЦП, поскольку изменение емкости панели можно напрямую преобразовать в цифровой формат путем подсчета количества выходных импульсов в течение периода обнаружения. Предложенная схема CDC может быть реализована по технологии CMOS 0,35 мкм на площади кристалла 0,1 мм². В целом, предлагаемая схема может быть хорошим решением для портативных контроллеров мобильных сенсорных панелей благодаря компактной архитектуре и низкому энергопотреблению.

Список использованных источников:

1. An Analysis of Electrode Patterns in Capacitive Touch Screen Panels / J. Lee [et al.] // *Journals of Display Technology*. – 2014. – Vol. 10. – №5. – P. 362–366.
2. A highly area-efficient controller for capacitive touch screen panel systems / T.-H. Hwang [et al.] // *IEEE Trans. Consumer Electron.* – 2010. – vol. 56. – №2. – P. 1115–1122.