

Проектирование сенсорных кнопок на базе микросхемы ТТР-224

В.А. Жмудь, И.В. Трубин, М.В. Трубин
ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск, Россия

Аннотация: Рассматривается вопрос построения сенсорных кнопок на базе микросхемы ТТР-224. Сенсорные кнопки имеют существенные преимущества перед механическими: более высокая надёжность, больший срок службы, вандалоустойчивость и т.д. Благодаря возможностям микросхемы ТТР-224 можно строить клавиатуры, в которых допускается или не допускается одновременное нажатие на несколько кнопок. Так же можно выбрать режим «кнопка» или режим «переключатель». К микросхеме ТТР-224 можно подключить до 4 кнопок или переключателей. Имеется режим подстройки под «паразитную ёмкость», т. е. если попала соринка или что-то подобное, то через время около 20 с микросхема подстроит свои функции под эту особенность, и можно будет нормально продолжать работать. Так же хочется отметить очень низкое потребление тока - около 3-9 мкА, что соизмеримо с уровнем саморазряда батареи. Таким образом, в автономных системах с батарейным питанием можно не ставить выключатель питания. Рабочий температурный диапазон от минус 40 °С позволяет создавать на базе данной микросхемы системы, работающие вне помещений. С точки зрения формирования выходных сигналов также наблюдается многообразие вариантов: а) обычный логический выход; б) открытый сток с «притягиванием» к плюсу; в) открытый сток с «притягиванием» к нулю. Широкий диапазон питания от +2,4 В до +5 В позволяет применять эту микросхему в очень широком спектре устройств.

Ключевые слова: Сенсорная кнопка, ёмкостная кнопка, бесконтактная кнопка, ТТР-224.

ВВЕДЕНИЕ

Не секрет, что одна из частых причин выхода из строя устройства или установки – механические повреждения. Причем, речь идет даже не о поврежденных корпусах, разбитых экранах, трещинах в печатных платах. Поломка может быть еще меньше, например, не работает кнопка. Причин этому может быть много:

залипли или окислились контакты, ослабла пружинка, накопилась пыль, стерлись токопроводящие части контакта, и так далее [1]. Результат один – необходим ремонт. Хорошо, если такое произошло с чем-то не особо важным, например пультом от телевизора (хотя, для кого-то и это покажется очень важным), а если от работы прибора зависит работа предприятия, то это – простой, потеря времени и возможной прибыли. Наличие подвижных деталей, особенно мелких, вносит существенный вклад в увеличение вероятности отказа прибора или сбоя.

Принципиальное отличие сенсорных кнопок от обычных механических заключается в том, что сенсорные кнопки не требуют нажатия, а реагируют на прикосновение. Сенсорные кнопки являются достойной альтернативой классическим механическим кнопкам, так как они герметичны, не подвержены механическим воздействиям и имеют более привлекательный дизайн.

1. СЕНСОРНАЯ КНОПКА

В основе принципа работы сенсорной кнопки заложен ёмкостной эффект. Свойствами конденсатора обладают не только специально изготовленные на заводе устройства, но и любые два проводника, разделенные диэлектриком.

На этом и построен принцип работы сенсорных (ёмкостных) кнопок [2]. Принцип работы ёмкостных кнопок основан на измерении величины ёмкости, которую можно оценить по времени ее заряда (Рис. 1). Для этого можно использовать микроконтроллер или специальную микросхему с внешней RC-цепочкой.

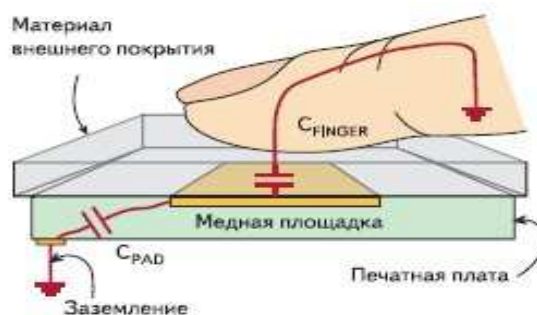


Рис. 1. Принцип работы ёмкостных кнопок

В данном случае электродами являются: медная пластина и человеческий палец, а диэлектриком - материал внешнего покрытия и человеческая кожа. Таким образом, из сочетания этих элементов образуется конденсатор [3]. Управляя режимами работы микросхемы можно вызвать заряд и разряд конденсатора. Контролируя время заряда емкости, можно оценивать ее величину. Чем больше емкость, тем медленнее она будет заряжаться. Поскольку любое проводящее тело обладает емкостью, величина которой зависит от геометрии тела и окружающего его диэлектрика, прикосновение пальца к контактной площадке сенсорной кнопки равносильно подключению к выводу дополнительного конденсатора (Рис. 2).

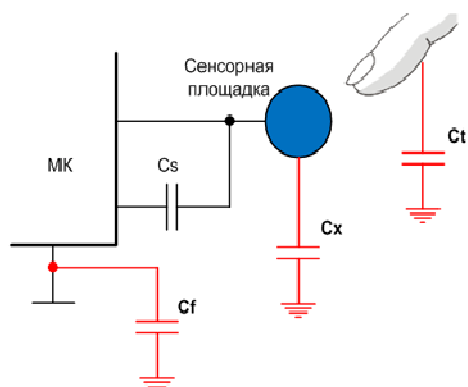


Рис. 2. Схема работы емкостных кнопок

На Рис. 2 применены следующие обозначения:

C_t – емкость тела человека (100..300 пФ);

C_x – емкость сенсора: суммарная емкость проводов, трассировки дорожек на плате (2 – 10 пФ);

C_s – конденсатор – опорный элемент для накопления заряда (22 нФ);

C_f – емкостная связь между схемой и землей (несколько пФ).

Пальцы человека обладают емкостью (как и тело в целом), поэтому при поднесении пальца к сенсору суммарная емкость на входе микроконтроллера увеличивается. При параллельном соединении конденсаторов их емкости складываются [2]. По изменениям заряда, накопленного на C_s за определенные промежутки времени, можно делать вывод о прикосновении к сенсору. Эту формальную операцию может делать решающее устройство автоматически.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОСХЕМЫ TTP-224

Для рассмотрения работы емкостных кнопок, возьмем, например, плату с микросхемой TTP-224. Микросхема TTP-224

обладает следующими характеристиками:

- рабочая температура от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- рабочее напряжение питания от $+2,4\text{ В}$ до $+5,5\text{ В}$;

- потребляемый ток при питании $+3\text{ В}$ без нагрузки: в «медленном» режиме $2,5\text{ мкА}$, в «быстром» режиме 9 мкА ;

- при питании $+3\text{ В}$ время отклика: в «быстром» режиме 30 мс , в «медленном» режиме 125 мс ;

- чувствительность может регулироваться в диапазоне емкости от 1 пФ до 50 пФ для каждой сенсорной кнопки;

- управление режимами работы («быстрый», «медленный») микросхемы с помощью задания уровней на выводах микросхемы *LPMB pin*);

- четыре входа для сенсорных кнопок;

- четыре программируемых выхода;

- после включения $0,5\text{ с}$ все функции отключены, проводится калибровка микросхемы;

- постоянная автокалибровка; период калибровки составляет 4 с .

3. СЕНСОРНЫЙ МОДУЛЬ НА БАЗЕ МИКРОСХЕМЫ TTP-224

Внешний вид сенсорного модуля дан на Рис. 3.

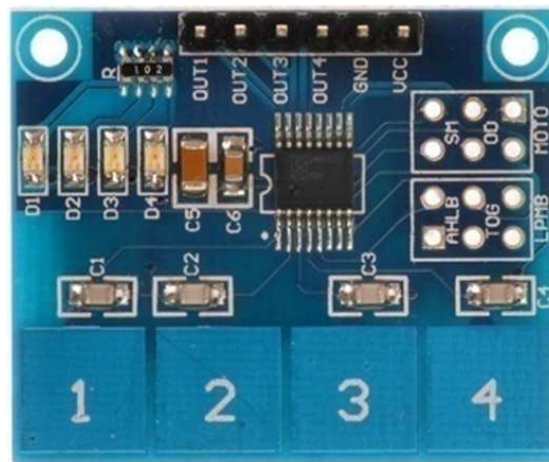


Рис. 3. Сенсорный модуль на базе микросхемы TTP-224

Схема сенсорного модуля на базе микросхемы TTP-224 показана на Рис. 4.

Данный сенсорный модуль имеет следующие режимы работы.

Режим SM по умолчанию выставлен в положение «Multi-key mode», что позволяет включать всю группу светодиодов.

При замыкании контактных площадок (Рис. 5) SM выставляется режим «Single key mode» и при прикосновении к сенсорной панели можно зажечь только один светодиод.

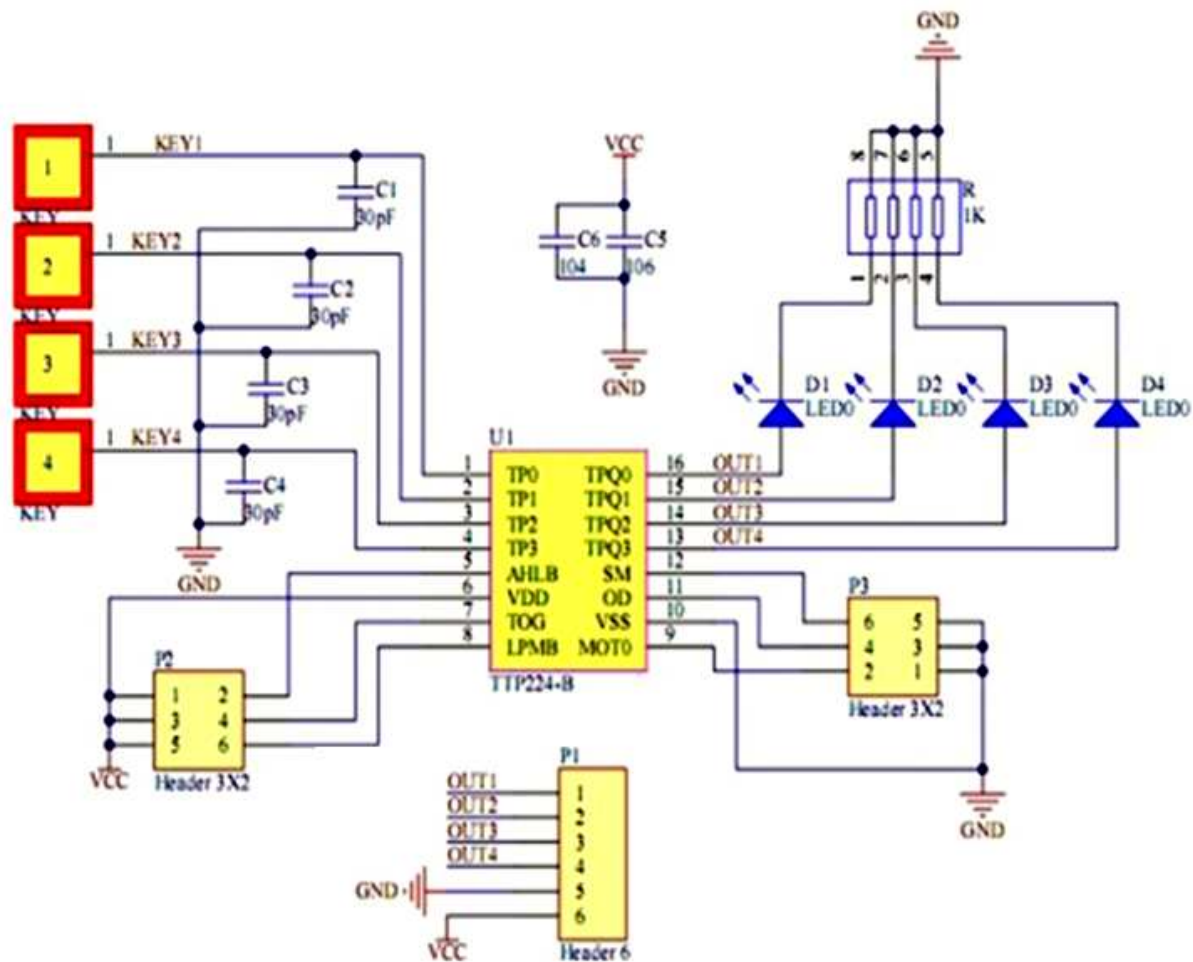


Рис. 4. Схема электрическая принципиальная сенсорного модуля

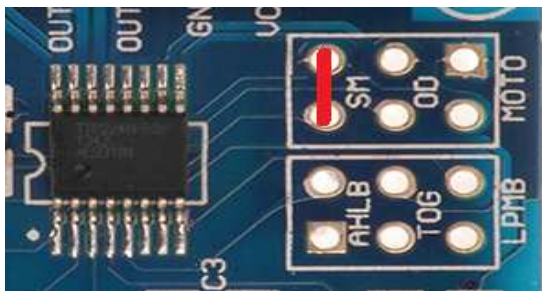


Рис. 5. Контактные площадки SM

Функция *MOTO* предназначена для избежания возникновения «залипания» кнопки при появлении какой-либо паразитной емкости. Данная функция калибрует измерение с сенсорной панели (при контакте около 20 с) и считает полученный сигнал, с учетом увеличения емкости, состоянием «кнопка не нажата». Для срабатывания данной панели потребуется контакт с емкостью большего номинала. При исчезновении паразитной емкости микросхема автоматически калибруется в нормальное состояние через 4 с.

По умолчанию режим *MOTO* отключен; для включения данного режима необходимо замкнуть контактные площадки на плате *MOTO* (Рис. 6).

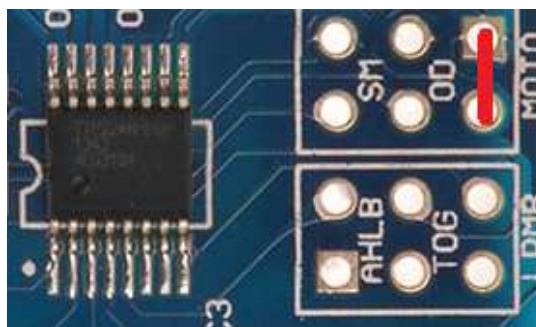


Рис. 6. Контактные площадки MOT0

Режим *LPMB* отвечает за переключение режимов работы с быстрого на медленный. При быстром режиме работы время отклика сенсорной панели составляет 30 мс, при медленном - 125 мс. Если установлен быстрый режим, замкнута переключатель *LPMB* (Рис. 7), то микросхема опрашивает кнопку каждые 125 мс,

а при возникновении нажатия, каждые 30 мс. Если повторного нажатия не происходит в течение 8 с, то микросхема автоматически переходит в медленный режим. Разницу в режимах работы зрительно определить не удалось. По умолчанию на плате установлен медленный режим работы.

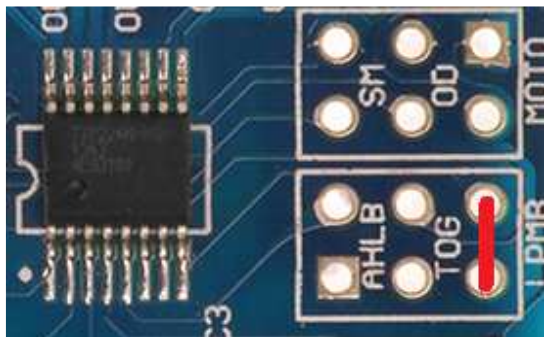


Рис. 7. Контактные площадки LPMB

Также на плате имеются следующие контактные площадки: *AHLB* - по умолчанию разомкнута, *TOG* - по умолчанию разомкнута, *OD* - по умолчанию разомкнута. Ниже в таблице приведены режимы работы (управлять этими режимами можно, размыкая и замыкая контактные площадки на плате), см. *Таблицу*.

Основываясь на данной *Таблице* можно сделать следующие выводы:

Контактные площадки *AHLB* - при их замыкании на выходе микросхемы будет логическая 1.

Контактные площадки *TOG* - при их замыкании микросхема из режима кнопка переходит в режим переключатель.

Контактные площадки *OD* - отвечают за включение режима открытый сток. Притягиваемый к «+» или «0» в зависимости от состояния контакта *AHLB*. Если разомкнута, то притягивается к «+», если замкнута, то к «0».

Также следует отметить, что сенсорная кнопка продолжает работать, даже если ее изолировать пластиком, например, вырезным из тубы. Заключение услов для хранения микросхемы (Рис. 8). Что позволяет расширить применение платы в областях, где требуется механическая защита контактов от внешних повреждений.

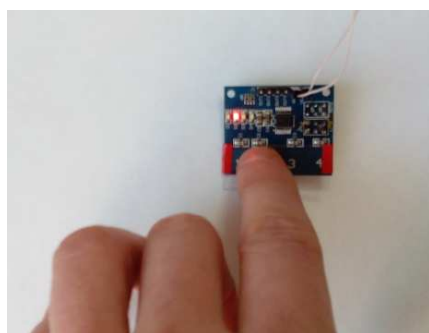


Рис. 8. Работаящая плата с изоляцией сенсоров пластиком

Таблица

TOG	OD	AHLB	Описание режима работы
Разомкнут	Разомкнут	Разомкнут	Светодиод по умолчанию не горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод включается. На выходе микросхемы имеем изменение сигнала при нажатии от логического 0 до логической 1 (данный режим установлен по умолчанию).
Разомкнут	Разомкнут	Замкнут	Светодиод по умолчанию горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод гаснет. На выходе микросхемы имеем изменение сигнала при нажатии от логической 1 до логического 0.
Разомкнут	Замкнут	Разомкнут	Светодиод по умолчанию не горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод включается. На выходе микросхемы открытый сток, притягивающийся к «+». Имеем изменение сигнала при нажатии от логического 0 до логической 1.
Разомкнут	Замкнут	Замкнут	Светодиод по умолчанию не горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод не включается. На выходе микросхемы открытый сток, притягивающийся к 0.
Замкнут	Разомкнут	Разомкнут	Светодиод по умолчанию не горит. При прикосновении к сенсорной панели, светодиод включается. На выходе микросхемы имеем изменение сигнала при нажатии от логического 0 до логической 1. Светодиод продолжает быть включенным до повторного нажатия.
Замкнут	Разомкнут	Замкнут	Светодиод по умолчанию горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод отключается. На выходе микросхемы имеем изменение сигнала при нажатии от логической 1 до логического 0. Светодиод продолжает быть выключенным до повторного нажатия.
Замкнут	Замкнут	Разомкнут	Светодиод по умолчанию не горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод включается. На выходе микросхемы открытый сток, притягивающийся к «+». Имеем изменение сигнала при нажатии от логического 0 до логической 1. Светодиод продолжает быть включенным до повторного нажатия.
Замкнут	Замкнут	Замкнут	Светодиод по умолчанию не горит. При прикосновении к сенсорной панели светодиод не включается. На выходе микросхемы открытый сток, притягивающийся к 0.

ВЫВОДЫ

Сенсорные кнопки получают всю большую популярность в области электроники, их использование обосновано большим функционалом, долгим сроком службы,

отсутствием механических деталей, что повышает надежность всей системы в целом. Применение сенсорных кнопок для управления различными объектами позволяет не только заметно повысить надёжность самих устройств, но и сделать работу с ними более удобной и комфортной. Отсутствие механических частей способствует увеличению срока службы. При этом существенно упрощаются операции сборки и установки клавиатуры. Кроме того, сенсорные кнопки, как правило, имеют меньшие размеры, что позволяет сократить габариты устройств. Отдельно стоит отметить достоинства применения сенсорных кнопок в промышленной аппаратуре и при тяжёлых условиях эксплуатации, т.к. изготовление клавиатуры, защищённой от влаги и агрессивных сред, представляет собой достаточно сложную задачу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному заданию №2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Новости электроники 2011 год № 9.
- [2] Capacitive mTouch Sensing Solutions: Design Guidelines. URL: <http://www.microchip.com/webinars.microchip.com/WebinarDetails.aspx?dDocName=en542979>
- [3] URL: <http://elektrik.info/main/fakty/781-kondensatory-v-elektricheskikh-i-elektronnyh-shemah.html>



Вадим Аркадьевич Жмуд – заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов и компетенций – теория автоматического управления, электроника, лазерные системы, оптимизация, измерительная техника.
E-mail: oaonips@bk.ru



Трубин Максим Витальевич – студент кафедры Автоматики НГТУ.
E-mail: Morkai@bk.ru



Трубин Игорь Витальевич – зам. дир. "КБ Автоматика"
E-mail: tiv.kba@gmail.com

Designing of Touch-Sensing Buttons on the Base of Chip TTP-224

V.A. ZHMUD, M.V. TRUBIN, I.V. TRUBIN

Abstract: The paper discusses the construction of the touch buttons on the base chip TTP-224. Touch buttons have significant advantages over mechanical ones. These are higher reliability, longer life, vandal resistance, etc. With the power of the chip TTP-224 one can build a keyboard, in which simultaneous pressing a few buttons is allowed or not allowed. You can also select mode "button" or "switch". You can connect up to four buttons and switches to the chip TP-224. There is a mode of adjustment to the "stray capacitance", i. e. if you got a mote, or something like that, then after about 20 s the chip will adjust its functions accordingly to this feature and you can continue to work normally. It is also worth mentioning the very low current consumption, about 3–9 mA, which is comparable with the level of self-discharge of the battery. Thus, in a self-contained battery powered systems one can avoid the use of the power switch. Operating temperature range is from -40°C. It allows you to create systems operating outdoors based on this chip. From the point of view of the formation of the output signals the variety of options also exists: a) normal logical output; b) open drain with "attraction" to positive power supply; c) open drain with "attraction" to zero. Wide range of power supply from +2.4 V to +5 V allows you to use this chip in a very wide range of devices.

Keywords: Touch button, capacitive buttons, contactless button, TTP-224.

REFERENCES

- [1] News of electronics (In Russian) 2011, № 9.
- [2] Capacitive mTouch Sensing Solutions: Design Guidelines. URL: <http://www.microchip.com/webinars.microchip.com/WebinarDetails.aspx?dDocName=en542979>
- [3] URL: <http://elektrik.info/main/fakty/781-kondensatory-v-elektricheskikh-i-elektronnyh-shemah.html>