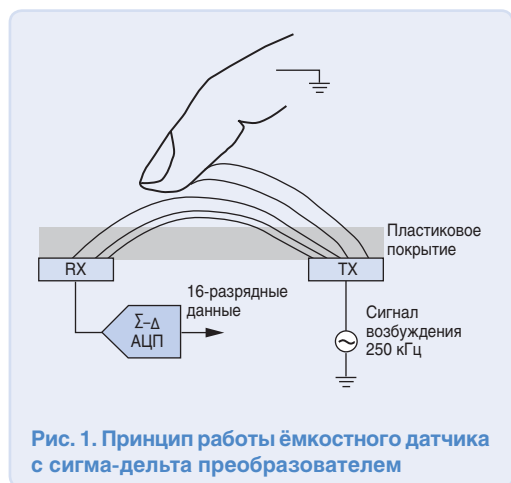


## AD7142 – преобразователь ёмкость/код для интерфейсов ввода

Алексей Власенко, alexey.vlasenko@analog.com.ru (представительство Analog Devices в России)



Преобразователи ёмкость/код на основе сигма-дельта модулятора, которые начала производить фирма Analog Devices (см [1]), вызвали интерес у многих российских разработчиков. Эти преобразователи (далее CDC – capacitance to digital converters) обладают низкой ценой, но при этом обеспечивают высокую точность, имеют удобный цифровой интерфейс и довольно просты в применении.

Сегодня представляем новый преобразователь CDC, предназначенный для применения в системах ручного ввода и манипуляции.

### Принцип работы и возможности преобразователя

На рис. 1 показан принцип работы ёмкостного датчика для интерфейса ввода.

Сигнал возбуждения частотой около 250 кГц, генерируемый самой микросхемой-преобразователем, подаётся на проводящую площадку Tx и создает переменное электрическое поле между площадками Tx и Rx. Если поместить палец между Tx и Rx, то часть потока электрического поля замыкается на “землю”, что приводит к уменьшению уровня сигнала, принимаемого площадкой Rx.

Обычно “чувствительное поле” находится на расстоянии не более 4–6 мм от печатной платы. Разумеется, при этом нет электрического контакта пальца с площадками, эти площадки изолированы слоем пластика.

Сигма-дельта модулятор, работа которого синхронизирована с сигналом возбуждения, преобразует принятый сигнал в односторонний поток. Затем этот сигнал подвергается цифровой фильтрации. Полученный результат сравнивается с величинами, хранящимися в пороговых регистрах. Считывание сигнала и управление преобразователем производится через 4-проводной интерфейс SPI (AD7142) или 2-проводной I<sup>2</sup>C (AD7142-1).

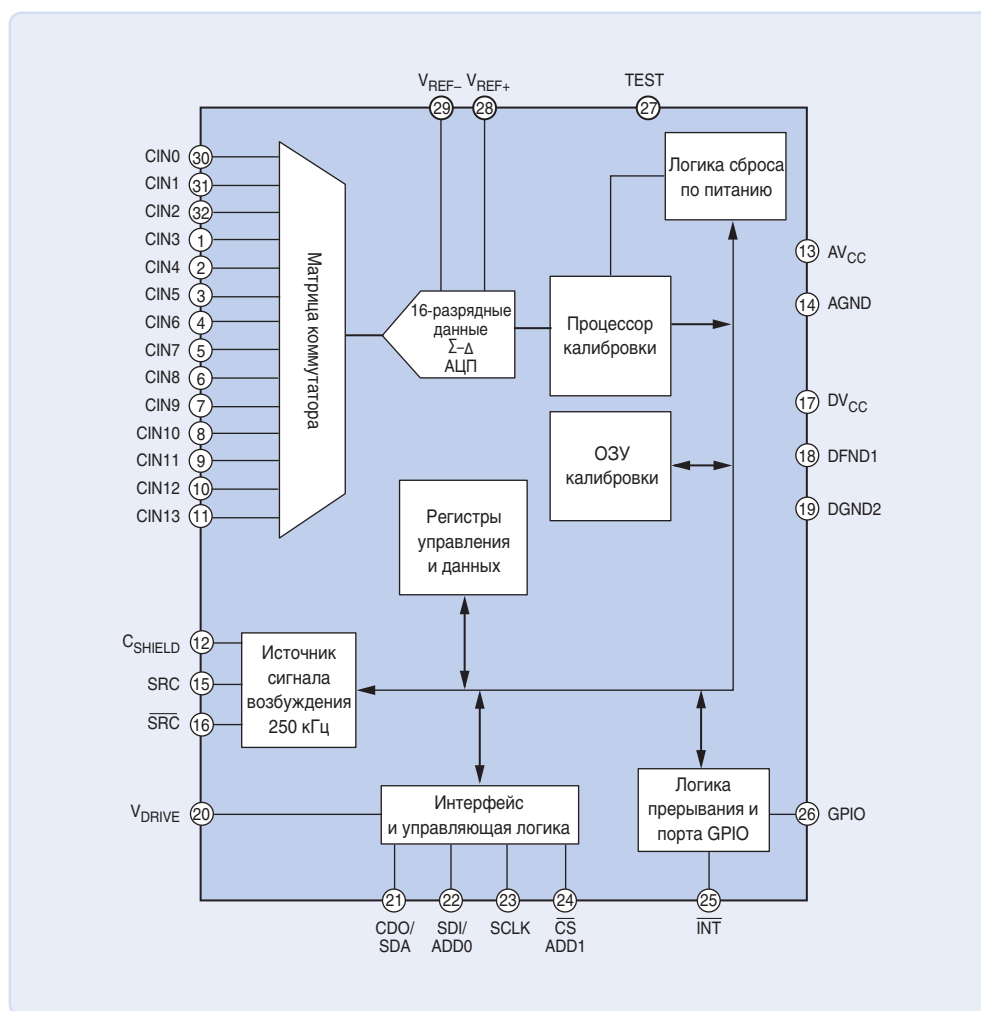


Рис. 2. Блок-схема преобразователя CDC AD7142

Как видно из рис. 2, в микросхеме имеется 14 входных каналов, снабжённых мультиплексором. Это позволяет создавать весьма функциональные интерфейсы ввода. Частота обновления данных составляет 36 мс по каждому каналу. Для работы преобразователя не требуется внешних настраиваемых компонентов, режимы работы преобразователя и его чувствительность программируются через интерфейс SPI или I<sup>2</sup>C. Чувствительность можно установить индивидуально для каждого датчика.

В микросхеме также имеется система автоматической подстройки под параметры окружения. Преобразователь работает по “пороговому” принципу. Он выдаёт сигнал срабатывания, если входной сигнал перешёл через установленный порог. Однако в реальных системах ёмкость входного датчика изменяется с изменением влажности и температуры, что может привести к ложным срабатываниям, либо наоборот, к тому, что датчик не будет срабатывать при действительном воздействии. Поэтому в AD7142 предусмотрена автоматическая подстройка уровня срабатывания с целью избежать подобных сбоев.

Изменение ёмкости при поднесении пальца к площадкам датчика составляет доли пикофарада. Ёмкость между контактными площадками – это единицы пикофарад. Поэтому в преобразователе предусмотрен специализированный ЦАП, который устраняет это “смещение” в пределах ±20 пФ. Это позволяет обойтись без внешних элементов подстройки и обеспечивает работу преобразователя с ёмкостными датчиками (площадками) различной конфигурации. Для каждого датчика, как уже говорилось, можно установить свой уровень чувствительности, выбрав один из 16 уровней в пределах от 25% до 95% изменения ёмкости (от полной шкалы).

### Конструкция датчиков

Преобразователь AD7142 – многоканальный прибор. Преобразования осуществляются по каждому каналу последовательно. На базе преобразователя AD7142 можно создавать такие интерфейсы ввода, как “колёсико прокрутки” или линейный “слайдер”. Для таких интерфейсов требуется 8 входов. Для реализации простой “кнопки” достаточно только одного входа.

Кроме того, можно создавать “дифференциальные кнопки”. Это две “кнопки”, на обработку сигнала которых затрачивается только 36 мс, как на одну. Однако эти две “кнопки” не могут быть активированы одновременно.

Датчики представляют собой дорожки на печатной плате, изолированные от непосредственного электрического контакта. Печатная плата может быть гибкой. В любом случае рекомендуется приклеивать эту плату к внутренней стороне пластикового покрытия, чтобы избежать воздушных зазоров. Рекомендуемая ширина дорожек датчиков 0,2 мм, минимальный зазор между дорожками 0,15 мм. Все металлические детали, находящиеся вблизи датчиков, должны быть заземлены. Расстояние от датчиков до самой микросхемы не должно превышать 10 см. Настоятельно рекомендуется использовать библиотеку паттернов датчиков, разработанную Analog Devices (доступна на сайте компании). Разрабатывать свои датчики рекомендуется с использованием имеющихся паттернов в качестве прототипа.




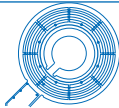
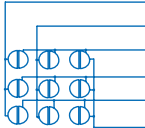
Тип датчика		Сколько входов задействовано
КНОПКА		1
КЛЮЧ НА 8 НАПРАВЛЕНИЙ		4
СЛАЙДЕР-ДВИЖОК		8 (одна на сегмент)
КОЛЕСИКО ПРОКРУТКИ		8 (одна на сегмент)
КЛАВИАТУРА-МАТРИЦА		1 на каждый ряд, 1 на каждую колонку

Рис. 3. Некоторые виды датчиков для преобразователя CDC AD7142

Сенсор-слайдер или колесо прокрутки могут обеспечивать очень высокое разрешение, не  $1/8$ , что казалось бы следует из числа задействованных входов (рис. 3), а гораздо более высокое. Это происходит за счёт усреднения сигналов с нескольких контактов. Принцип работы слайдера с высоким разрешением понятен из рис. 4.

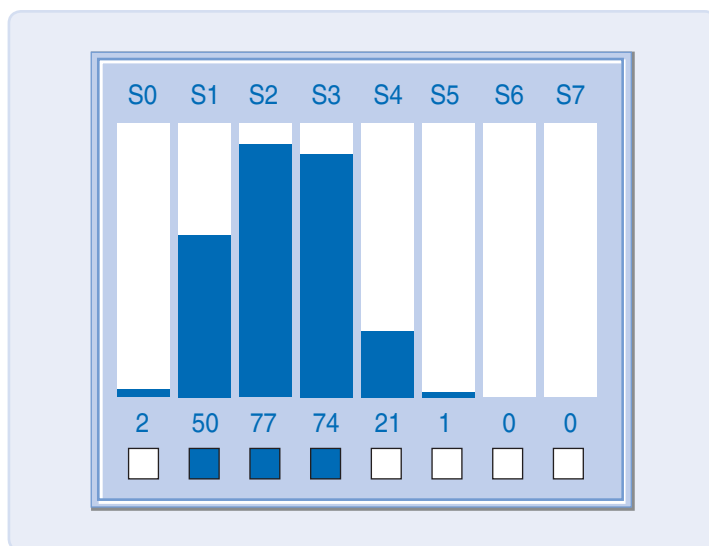


Рис. 4. Принцип получения высокого разрешения слайдера

Для получения высокого разрешения слайдера результаты измерения сигналов с каждого датчика взвешиваются пропорционально величине сигнала. Затем результат усредняется и распределение пересчитывается в код с разрешением  $1/128$ .

### Энергопотребление

У микросхемы AD7142 имеется три различных режима энергопотребления.

**1. Режим высокой производительности.** При этом энергопотребление составляет около 1 мА при напряжении питания 3,3 В. Преобразование осуществляется непрерывно, с частотой отсчётов около 36 мс на канал.

**2. Режим низкого энергопотребления.** В этом режиме AD7142 автоматически отключается, если на ёмкостный датчик не поступает сигнал. Период обновления сигнала можно установить программно из ряда 200, 400, 600 или 800 мс. Если появляется сигнал (палец пользователя приблизился к контактным площадкам), то AD7142 автоматически переходит в режим 1 (высокой производительности) и начинает работать с частотой отсчётов 36 мс на канал.

**3. Режим отключения.** При этом преобразования сигнала не производится. Энергопотребление составляет около 2 мкА при напряжении питания 3,3 В.

### Средства разработки, цены и поставки

Для разработчика доступны на сайте бесплатно:

- Библиотека паттернов датчиков
- Программные драйверы для интерфейсов I<sup>2</sup>C, SPI, для “кнопок” и ключей на 8 положений (C-code).
- Список часто задаваемых вопросов (FAQ)
- Советуем также ознакомиться с руководствами по применению [2–5]. Русских переводов нет, но возможно, появятся.

Микросхемы выпускаются в компактных 32-выводных корпусах LFCSP размером 5 × 5 мм.

Стоит упомянуть также преобразователь AD7143. Это преобразователь аналогичного назначения, но представляет собой более бюджетный вариант, с уменьшенным числом выводов и набором функций. Выпускается AD7143 в 16-выводном корпусе LFCSP размером 4 × 4, только с интерфейсом I<sup>2</sup>C. Карта регистров такая же как и у AD7142. В остальном, это аналогичная микросхема.

### Литература:

1. Преобразователи ёмкость-код на основе сигма-дельта модулятора Михаль Брихта, “Компоненты и технологии” №1, 2006.
2. <http://www.analog.com> AN829-Environmental Compensation.
3. <http://www.analog.com> AN830-Factors affecting Sensor Response.
4. <http://www.analog.com> AN833-Digital Camera Push Button Design .
5. <http://www.analog.com> Sensor Configuration Guidelines.
6. <http://www.analog.com.ru> – сайт Российского представительства Analog Devices.