

# Микропроцессорные наборы бескорпусных микросхем ПМК «Миландр» для интеллектуальных датчиков физических величин

Владимир АНУФРИЕВ  
anufriev.vladimir@ic-design.ru

## Введение

Сегодня в области разработки и изготовления микросхем, предназначенных для создания на их основе электронных модулей интеллектуальных датчиков физических величин, можно выделить два основных направления:

- Разработка и крупносерийное производство специализированных микросхем, интегрированных с чувствительными элементами, для таких сегментов массового использования интеллектуальных сенсорных систем, как автомобилестроение и «носимая» бытовая и промышленная электроника (сотовые телефоны, планшетные компьютеры, навигаторы и др.). В микросхемах, применяемых в этих областях, блоки интеллектуальной обработки сигнала совмещаются в однокристалльном исполнении не только с различными полупроводниковыми датчиками, но зачастую и с создаваемыми в одном технологическом маршруте микроэлектромеханическими системами (МЭМС). Как правило, к этим микросхемам (за исключением отдельных схем, применяемых в автоэлектронике) не предъявляются повышенные требования по стойкости к внешним воздействующим факторам.
- Разработка и изготовление номенклатуры микросхем, выпускаемых относительно небольшими партиями, для специализированного сегмента интеллектуальных сенсорных систем, к которым предъявляются повышенные требования по стойкости к воздействию внешних факторов, а также по точности и функциональным возможностям. Зачастую эти требования предъявляются комплексно.

Устанавливаемые заказчиком сроки разработки и изготовления специализированных микросхем и электронных интеллектуальных модулей на их основе согласно требованиям опережающего (конкурентного) вывода конечного изделия на рынок постоянно сокращаются. Эти тенденции присущи для сроков разработки и выпуска интеллектуальных сенсорных систем, применяемых как в первом, так и во втором обозначенных сегментах. Поэтому, даже при наличии значительных финансовых ресурсов, выполнить задачу вывода на рынок конечного изделия в приемлемые сроки, пытаясь провести разработку специализированной микросхемы «с нуля», порой не представляется возможным. В случае же имеющегося (предоставляемого заказчиком) достаточного времени на проведение полного цикла разработки специализированной микросхемы и подготовки ее производства существует вероятность того, что техническое задание на интеллектуальный датчик и, как следствие, на микросхему будет корректироваться заказчиком по мере уточнения технических требований, формируемых в ходе уточнения параметров функционирования конечного изделия.

Оптимизировать сроки создания электронных модулей интеллектуальных датчиков физических величин можно посредством выполнения разработки (и применения) универсальных микросхем для обработки сигналов таких датчиков, со встроенным реконфигури-

руемым (программируемым пользователем) цифровым арифметическим устройством. Квинтэссенцией этой идеи является создание микроконтроллеров, нацеленных по своей периферийной архитектуре на обработку сигналов различных датчиков физических величин.

## Современное состояние рынка микросхем для интеллектуальных датчиков

Ведущие мировые производители микросхем, пристально отслеживая растущую количественную и качественную востребованность рынка в интеллектуальных сенсорных системах, выпускают как широкую номенклатуру микросхем обработки сигналов датчиков, которые интегрируются в электронных модулях (например, в системах в корпусе) с арифметическими устройствами, так и специализированные микроконтроллеры, на основе которых изготавливают интеллектуальные сенсорные модули.

Примеры специализированных микросхем приведены в таблице 1.

На рис. 1 показана типовая схема подключения микросхемы ADS1118 с двумя термодатчиками.

Благодаря высокоомному входному сопротивлению микросхемы и ее высокой чувствительности термодатчики можно подключать непосредственно к входам микросхемы. Для уменьшения уровня шумов в микросхеме на входах используются пассивные фильтры верхних частот. Аналогично представленному примеру (ADS1118) все другие микросхемы, приведенные в таблице 1, также позволяют производить непосредственное подключение различных датчиков, без помощи каких-либо дополнительных преобразователей.

Как уже было отмечено выше, ведущие мировые производители микросхем изготавливают также широкий ряд микроэлектронных устройств со встроенными ядрами микропроцессоров для создания разнообразной по целевому использованию номенклатуры интеллектуальных электронных сенсорных модулей. К таким производителям можно отнести Atmel, STMicroelectronics, Texas Instruments и Analog Devices. В общей сложности эти фирмы производят более 100 типов микроконтроллеров, которые можно использовать для

Таблица 1. Специализированные микросхемы для обработки сигналов датчиков

Обозначение	Производитель	Функциональное назначение
ADS1118	Texas Instruments	Обработка сигналов термодатчиков
ADS1246	Texas Instruments	Обработка сигналов резистивных датчиков, например датчиков давления
LMP90077	Texas Instruments	Обработка сигналов различных резистивных датчиков, например датчиков Холла
LMP90100	Texas Instruments	Обработка сигналов различных резистивных датчиков с низкой чувствительностью
LMP91050	Texas Instruments	Обработка сигналов резистивных датчиков химических величин
LMP91050	Texas Instruments	Обработка сигналов pH-датчиков
MAX1452	Maxim	Обработка сигналов датчиков давления, температуры и т. п.
MAX1464	Maxim	Обработка сигналов резистивных датчиков, например датчиков давления
PCF8883	NXP	Обработка сигналов емкостных датчиков

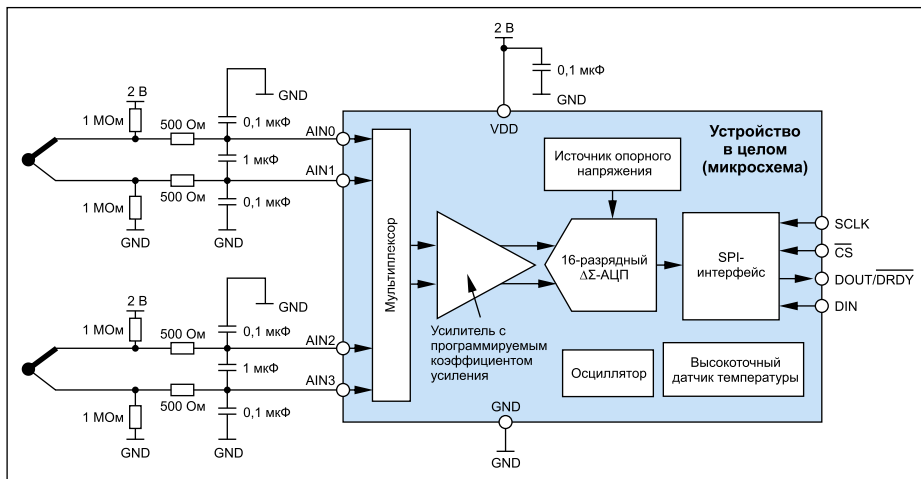


Рис. 1. Типовая схема подключения микросхемы ADS1118 с двумя термопарами

тели специализированных микроконтроллеров в рекомендациях по их применению вынуждены приводить типовые схемотехнические решения, в которых интеллектуальные сенсорные модули формируются в паре: микроконтроллер — микросхема обработки сигнала сенсора (собственной разработки или другого производителя).

Пример автономного использования микроконтроллеров, перечисленных в таблице 2, приведен на рис. 2. Здесь показано применение микросхемы ADuC7061 в качестве интеллектуального датчика температуры с токовым выходом 4–20 мА. Точность измерения температуры составляет ±1 °С. Собственное потребление схемы — не более 3,2 мА при температуре +85 °С.

Несмотря на отмеченное многообразие выпускаемых микросхем обработки сигналов датчиков и специализированных микроконтроллеров, на основе которых формируются различные модули интеллектуальных сенсорных систем, проблема создания микросхем для обработки сигналов оригинальных датчиков, преобразующих изменение физической величины в электрический сигнал, по-прежнему остается актуальной. Для решения этой задачи ведущие мировые производители микросхем, например TI, предлагают различ-

разработки интеллектуальных датчиков, в том числе Atmel — четыре типа серии SAM4Exx, STMicroelectronics — 12 типов серии STM32, Texas Instruments — 22 типа серии MSP430 и Analog Devices — 39 типов серий ADuC7xxx, ADuC8xx, ADuCM3xx. Примеры выпускаемых в настоящее время специализированных микроконтроллеров и их основные характеристики приведены в таблице 2.

Судя по данным таблицы 2, Analog Devices является наиболее передовой фирмой по разработке микроконтроллеров для интеллектуальных датчиков. Компания предоставляет пользователям широкий ряд микроконтроллеров с различным функциональным набором периферийных модулей и большой выбор по производительности центрального вычислительного ядра.

Необходимо отметить, что все представленные в таблице 2 микроконтроллеры хоть и способны без дополнительных активных

микросхем обрабатывать сигнал непосредственно с датчика, но круг используемых датчиков весьма мал. В качестве таких датчиков могут быть использованы только резистивные датчики с диапазоном полезного сигнала не менее 50–100 мВ. Это связано с высоким уровнем собственного шума, возникающего при работе остальных узлов микросхемы. Именно в этой связи фирмы — производи-

Таблица 2. Основные характеристики микроконтроллеров для обработки датчиков

Обозначение	Производитель	Ядро	АЦП, бит	ЦАП, бит	PROM, кбайт	RAM, кбайт
ADUC7033	Analog Devices	ARM (720 МГц)	2×16	—	96	6
ADUC7060	Analog Devices	ARM (710 МГц)	2×24	14	32	4
ADUC816	Analog Devices	8051 (12 МГц)	2×16	12	8	256
ADUCM360	Analog Devices	Cortex M3 (16 МГц)	2×24	12	128	8
SAM4E16E	Atmel	Cortex M4 (120 МГц)	2×16	2×12	1024	128
STM32F050	STMicroelectronics	Cortex M0 (48 МГц)	12	16 ШИМ	32	4
STM32F37xx	STMicroelectronics	Cortex M4F (32 МГц)	4×16	3×12	256	32
MSP430AFE2x	Texas Instruments	MSP430 (16 МГц)	3×24	—	16	512
MSP430FR57xx	Texas Instruments	MSP430 (24 МГц)	2×10	—	16 FRAM	1

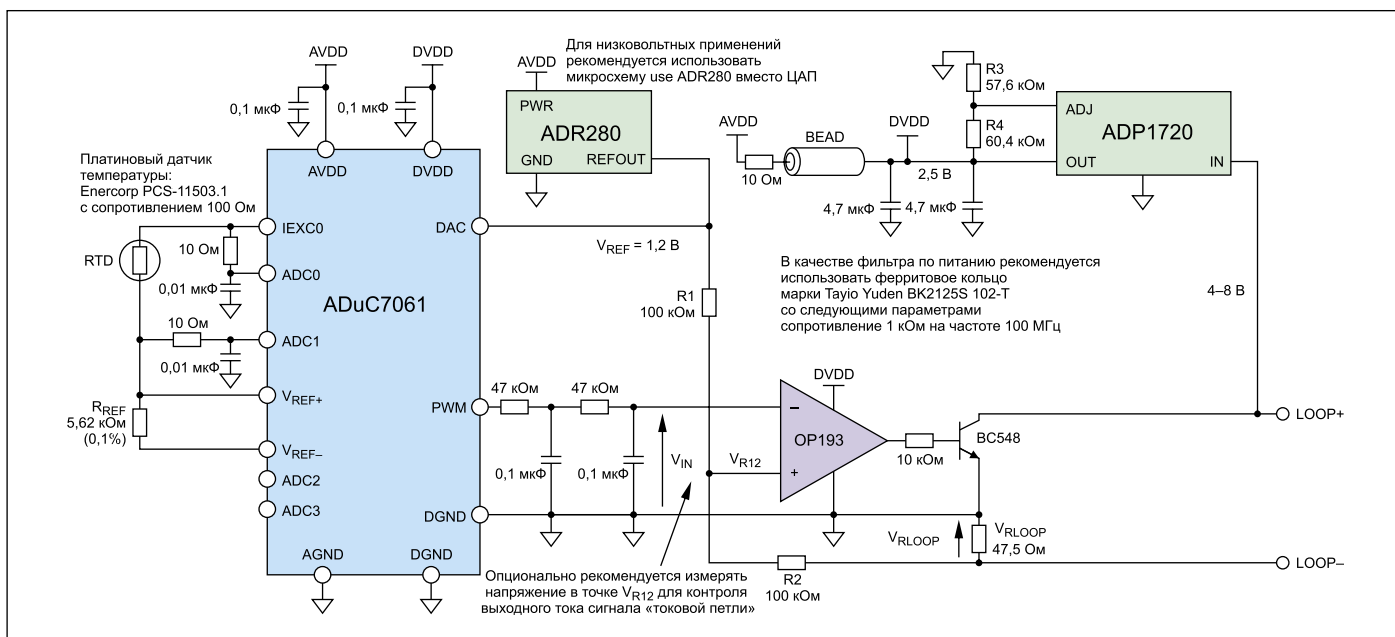


Рис. 2. Типовая схема включения ADuC7061

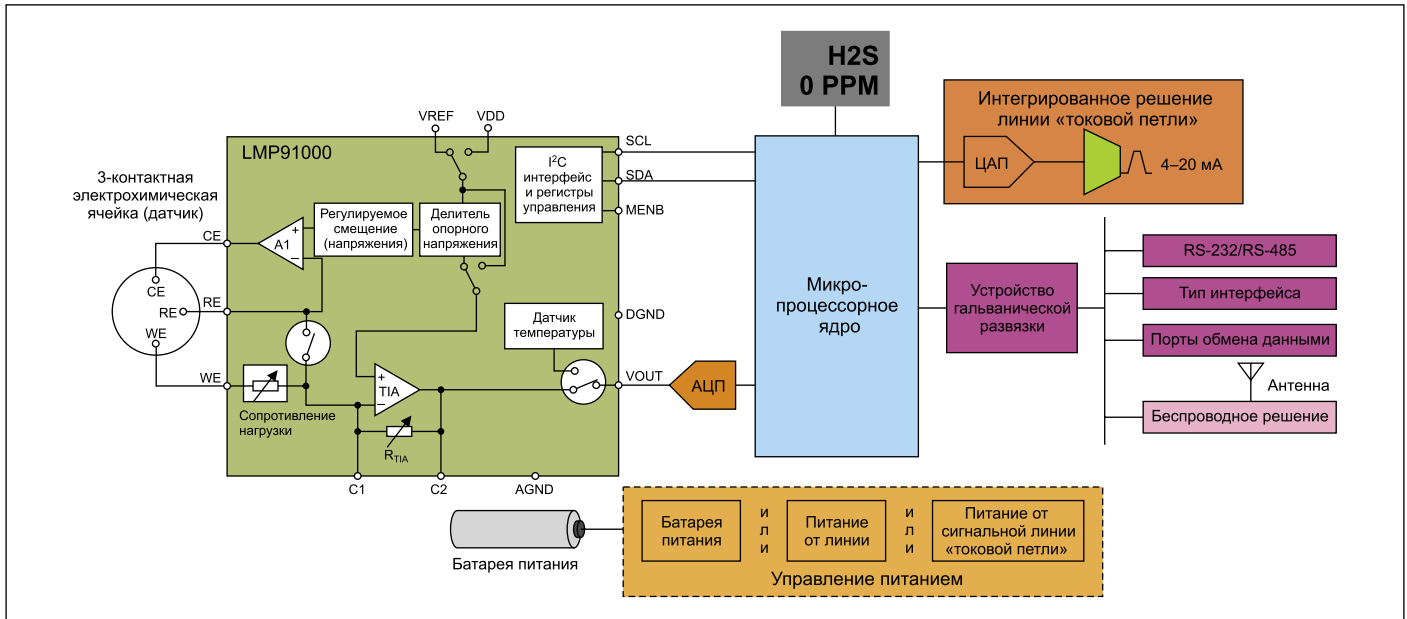


Рис. 3. Типовая схема включения микросхемы LMP91000

Таблица 3. Микроконтроллеры ПМК «Миландр» для датчиков

Обозначение	Ядро	АЦП, бит	ЦАП, бит	PROM, кбайт	RAM	USART
1886BE2Y/21Y	PIC17 33 МГц	10	—	64	902 байт	2
1886BE5Y	PIC17 25 МГц	10	—	8	902 байт	1
1886BE6Y/61Y	PIC17 24 МГц	12	12	8	902 байт	2
1986BE91T/92Y/93Y	Cortex M3 80 МГц	2×12	12	128	32 кбайт	2
1986BE2Y	Cortex M0 36 МГц	7×24	—	128	16 кбайт	2
1986BE4Y	Cortex M0 36 МГц	2×12	12	128	16 кбайт	2

ные типовые решения с применением универсальных и специализированных микросхем. На рис. 3 показано одно из таких решений для обработки сигнала электрохимического селективного датчика газа.

Оно основано на совместном использовании двух микросхем LMP91000 и универсального микроконтроллера, например серии MSP430. Такое решение оптимально как по стоимости, так и по «гибкости» архитектуры за счет использования универсального микроконтроллера. При этом обеспечиваются условия для использования стандартных отладочных средств, необходимых для калибровки выпускаемых сенсорных систем, а также сохраняются параметрические ресурсы для выполнения дальнейшей модернизации (при необходимости) интеллектуальной сенсорной системы без проведения редизайна применяемого универсального микроконтроллера.

### Микропроцессоры ПМК «Миландр» для изготовления датчиков

В настоящее время ПМК «Миландр» предлагает по три типа 8- и 32-разрядных микроконтроллеров (с модификациями по виду корпуса) для разработки и изготовления модулей интеллектуальных сенсорных систем. Основные характеристики микроконтроллеров приведены в таблице 3.

Представленные микроконтроллеры выпускаются в различном корпусном исполнении, а также могут поставляться как на платах, так и в виде отдельных «кристаллов» (без «посадки» в корпус). Такое решение

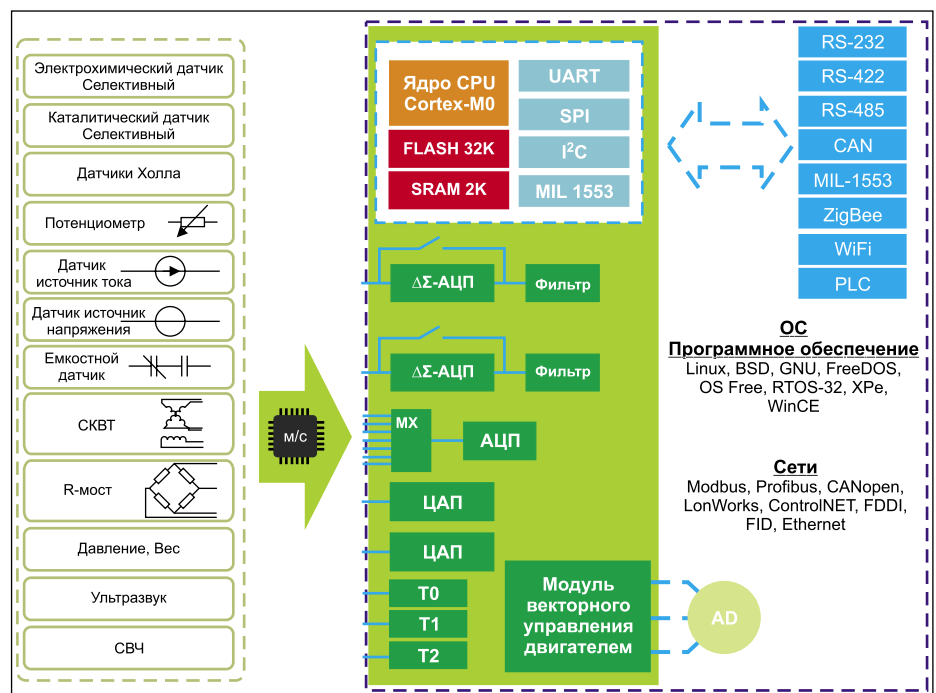


Рис. 4. Структурная схема комплекта микросхем обработки датчиков компании «Миландр»

позволяет заказчикам создавать малогабаритные модули интеллектуальных сенсорных систем в виде гибридных микросборок, интегрируя микросхемы, например, в состав формируемых систем в корпусе.

### Микропроцессорные наборы «Миландра» для интеллектуальных сенсорных систем детектирования

Перенимая успешный опыт ведущих мировых производителей микросхем, «Миландр» также предлагает в настоящее время своим заказчикам набор универсальных и специали-

зированных микросхем (собственной разработки) для проведения проектирования и создания на их основе малогабаритных модулей интеллектуальных сенсорных систем (рис. 4).

Схему любого датчика можно составить из микропроцессора, например 1986 BE2, интерфейсных микросхем серии 5559, микросхем питания и специализированных микросхем обработки датчиков физических величин. При этом сам микроконтроллер способен обрабатывать сигналы различных датчиков резистивного типа. В случае если первичным является оригинальный датчик нерезистивного типа, то предлагается между датчиком и микроконтроллером использовать специализированную микросхему, предназначенную для обработки сигналов датчиков подобного типа. Примером такой микросхемы может быть любая из микросхем, приведенных в таблице 1.

В качестве оригинальных датчиков физических величин можно использовать следующие (как это показано, например, на рис. 4):

- селективный электрохимический датчик;
- селективный термохимический датчик;
- датчик Холла;
- чувствительный к физической величине источник тока;
- чувствительный к физической величине источник напряжения;
- резистивный датчик;
- емкостный датчик;
- индукционный датчик;
- мостовой резистивный датчик;
- датчик ультразвука;
- датчик СВЧ-поля
- и другие типы датчиков.

В случае невозможности использования импортных микросхем в корпусе и поставки импортных бескорпусных микросхем ПКК «Миландр» располагает богатым практическим опытом по разработке и изготовлению специализированных микросхем по техническому заданию заказчика.

Такой подход позволяет резко сократить сроки разработки и изготовления микросхем по сравнению с разработкой полностью специализированного однокристалльного решения. При этом снижаются риски невыполнения требований технического задания заказчика, вероятность которых, как правило, весьма высока при первом производственном «прогоне» (запуске) пластин на полупроводниковой фабрике. И, как главный результат, такой подход обеспечивает существенное снижение итоговых затрат на проектирование и изготовление модулей интеллектуальных сенсорных систем. Кроме того, у заказчика появляется возможность комплектовать разные по сложности сенсорные системы различными микросхемами обработки сигналов датчиков, выпуская, таким образом, целый ряд приборов на основе одной заказной микросхемы арифметических преобразований (на основе одного микроконтроллера).

Примером такого решения является разработка специализированной микросхемы об-

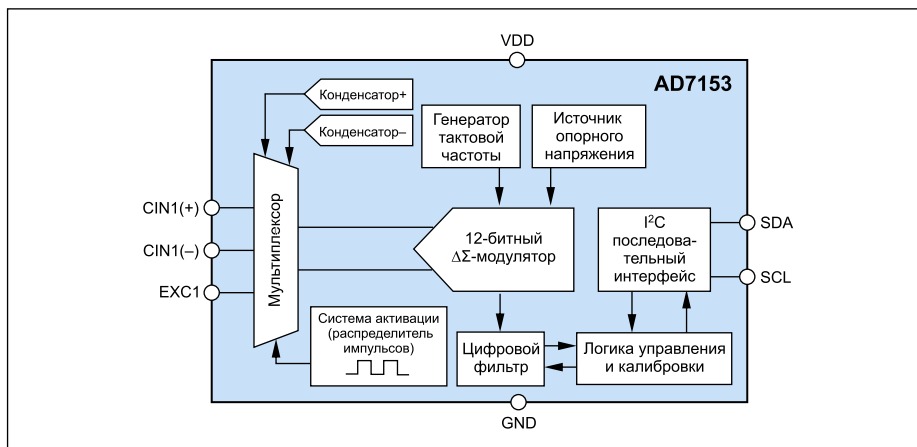


Рис. 5. Функциональная схема микросхемы AD7153

работки сигналов емкостных датчиков в диапазоне емкостей от 2 до 25 пФ. Эта микросхема является частичным функциональным аналогом микросхемы AD7153 (Analog Devices). Ее структурная схема показана на рис. 5.

### Заключение

Новый подход к разработке специализированных модулей и микросборок датчиков обработки физических величин на основе микропроцессорного набора микросхем позволяет:

- снизить стоимость изготовления приборов;
- сократить сроки внедрения продукции;
- повысить качество разрабатываемой продукции;
- увеличить номенклатуру выпускаемой продукции;
- расширить функциональные возможности разрабатываемых приборов.

Также такой подход позволит снизить количество вновь проводимых работ по созданию российской элементной базы и повысить их качество за счет постоянного расширения номенклатуры микросхем микропроцессорного набора.

В соответствии с мировой тенденцией развития специализированных микроконтроллеров каждое последующее поколение микроконтроллеров разработки ПКК

«Миландр» вбирает в себя элементы специализированных микросхем, и то, что является особенностью той или иной микросхемы, становится одной из многих функций будущих микросхем. Это в первую очередь относится к различным проводным и беспроводным интерфейсам, а также к модулям обработки сигнала наиболее часто используемых датчиков.

### Литература

1. Самоделов А. Между датчиком и микроконтроллером: новые микросхемы семейства sensor AFE // Новости электроники. 2012. № 10.
2. Датчики. Руководство разработчика. Maxim, 2010 — [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com)
3. Попов Р., Иванов Р. Для обработки аналоговых сигналов: новые микроконтроллеры STM32F3 // Новости электроники. 2012. № 6.
4. Власенко А. Преобразователи емкости в цифровой код на основе сигма-дельта модулятора // Компоненты и технологии. 2006. № 1.
5. <http://www.ti.com/ww/en/industrial/sensors/Gas/index.html>
6. Материалы семинара «Методы практического конструирования при нормировании сигналов датчиков» — [www.autex.ru](http://www.autex.ru)
7. Circuit Note CN-0145 Analog Devices — [www.analog.com](http://www.analog.com)