Новые датчики от Smartec BV для высокоточных измерительных систем

Николай ЩИРИЦА,
к. т. н.
temwell@vital-ic.com

Вот уже более 20 лет существует исследовательская и конструкторская компания Smartec BV. Сегодня она предлагает разнообразные датчики температуры, давления, влажности, инфракрасного излучения, а также сопутствующие электронные компоненты.

Организация Smartec необычна: ее основу составляет сетевая структура. Штаб-квартира компании находится в г. Бреда (Нидерланды), а представительства созданы более чем в 25 странах. Работу с клиентами выполняют в основном эти представительства, но какие-либо сложные задачи в области измерения физических величин помогают решить высококвалифицированные специалисты и ученые из штаб-квартиры компании.

Свыше 20 лет назад в одной из лабораторий Делфтского технологического университета зародилась компания Smartec. Тогда в этой лаборатории был разработан датчик температуры, оказавшийся более точным и стабильным, чем аналогичные устройства. Датчики температуры компании Smartec не требуют калибровки и чрезвычайно просты в использовании. Их преимущество — возможность выполнять измерения с разрешением 0,005 К. С 1992 года по настоящий момент проданы миллионы таких приборов.

В те времена концепция компании считалась очень новой, поскольку все производство было размещено на партнерской базе. Компания Smartec создала стратегические альянсы с первоклассными компаниями — предприятиями по выпуску полупроводниковых приборов и организациями по проведению испытаний, не только в Европе, но и в Азии. К тому же было налажено долгосрочное сотрудничество в технических исследованиях между Smartec и многими европейскими университетами.

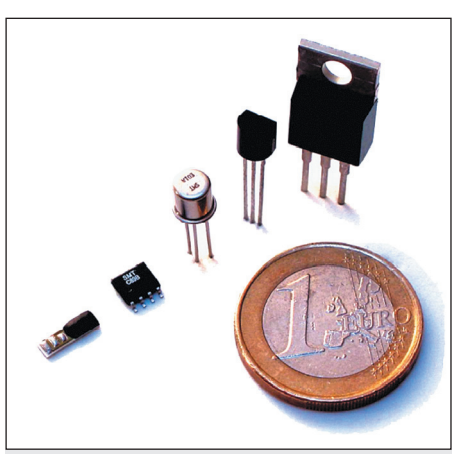

Рис. 1. Внешний вид вариантов датчика SMT172

После освоения производства датчика температуры разрабатывались и другие датчики — влажности и инфракрасного излучения. Была создана полная линейка датчиков давления в диапазоне от 1 кПа до 2 МПа. Эта линейка расширяется так быстро, что сейчас в каталоге насчитывается около 35 разных типов. Следующим успешным шагом в истории компании Smartec был запуск в производство универсального преобразователя интерфейса (УПИ) — микросхемы, способной преобразовать и передать в микроконтроллер данные всех изготавливаемых компанией типов датчиков.

Датчик температуры

Под обозначением SMT172 компания выпускает датчик температуры в нескольких конструктивных исполнениях (рис. 1). Датчик является трехконтактным интегральным устройством. Два контакта используются для подачи постоянного напряжения питания 2,7–5,5 В, а на третьем контакте формируется выходной ШИМ-сигнал прямоугольной формы. Частота выходного сигнала 0,5–7 кГц. Ток, потребляемый по цепи питания в режиме ненагруженного выхода, — не более 80 мкА.

Диапазон рабочей температуры датчика –45…+130 °С. Основная погрешность не превышает 0,1 °С в диапазоне температуры –20…+80 °С и не более 0,4 °С в пределах –45…+130 °С. Поэтому прибор особенно полезен в применениях, окружающих человека (измерения медицинской и биохимической направленности, кондиционирование воздуха, приготовление пищи и др.), а также при управлении технологическими процессами.

Датчик доступен в типовых корпусах TO-18, TO-92, TO-220, SOIC-8L, SOT-223, а также на подложке размерами 8,5×2,5 мм (в этом случае кристалл датчика залит компаундом) и в бескорпусном исполнении (1,7×1,3 мм). По заказу потребителя датчик может быть встроен в конструкцию иного вида. Наиболее точные измерения температуры обеспечиваются при использовании металлического корпуса TO-18, в пластиковых корпусах результат измерения получается несколько хуже.

Всем покупателям датчиков компания Smartec предлагает недорогие отладочные платы на основе микроконтроллеров, предназначенные для быстрой разработки собственных измерительных устройств. Например, имеются два типа мультиплексоров, позволяющих подключить к ПЭВМ и циклически опрашивать 4 или 8 датчиков температуры SMT172 (выходной интерфейс этих мультиплексоров — USB). Устройства обеспечивают абсолютную погрешность измерения 0,25 К при уровне шума не более 0,0004 К. На интернет-странице компании [1] показано, как применять мультиплексор совместно с программами MS–Excel или NI–LabVIEW.

Инфракрасные датчики теплового излучения

Инфракрасные датчики SMTIR99xx компании Smartec — сложные устройства, сделанные на основе кремния. Они предназначены для восприятия теплового излучения в диапазоне волн 0,5–25 мкм. Если необходимо принимать излучение лишь в определенной части этого спектра, то вместе с датчиком применяют светофильтр. Используемая компанией тонкопленочная технология делает датчики миниатюрными и дешевыми.

Выходное постоянное напряжение датчика формируется за счет термобатареи, образованной последовательным соединением сотни нанесенных на кремниевую подложку термопар. Холодные спаи термопар прилегают к подлож-

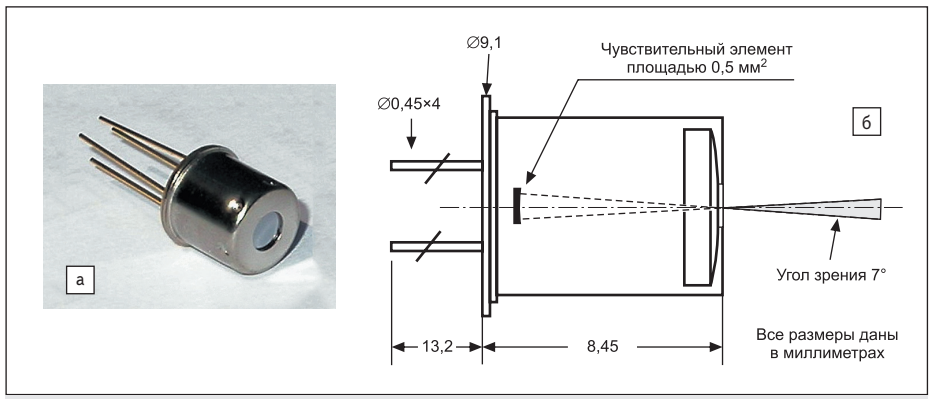

Рис. 2. Датчик SMTIR9902: а) внешний вид; б) оптическая схема

ке, а горячие — к черному поглощающему излучение слою. Между собой горячие и холодные спаи термически изолированы.

Типичным примером инфракрасного датчика является SMTIR9902. На рис. 2 показаны его внешний вид и оптическая схема. Перечислим технические характеристики этого датчика. Чувствительность 110 В/Вт, длительность переходного процесса не более 40 мс. Диапазон рабочей температуры датчика –20…+100 °С. Для измерения температуры самого датчика в него встроен никелевый терморезистор с типовой характеристикой Ni-1000 (номинальное сопротивление 1 кОм). Датчик имеет стандартный корпус TO-05, со светофильтром, пропускающим излучение длиной волны более 5,5 мкм. Применение кремниевой линзы обеспечивает величину угла зрения 7°.

Датчики давления

Датчики серии SPD предназначены для измерения абсолютного, избыточного или дифференциального давления жидкостей и газов. Работа приборов основана на принципе, аналогичном применяемому в тензометрических датчиках (рис. 3). В датчике есть упругая мембрана с нанесенными на нее тонкопленочными резистивными элементами, образующими структуру мостика Уитстона. Под действием давления мембрана изгибается, и сопротивление элементов изменяется. Элементы могут быть сжаты или растянуты — в зависимости от того, в каком направлении мембрана изогнута. Когда элемент сжат, его сопротивление уменьшено, а когда растянут — увеличено. При этом мостик будет разбалансирован в положительную или отрицательную сторону соответственно.

Разнообразие выпускаемых датчиков SPD очень велико. Оно определяется параметрами:

- вид измеряемого давления (абсолютное, избыточное, дифференциальное);
- диапазон измерения (указываемый в единицах PSI (фунтах силы на квадратный дюйм) или в миллиметрах водяного столба);
- тип электрического выхода (или сам по себе резистивный мостик, или специальная схема с усилителем, формирующая пропорциональное давлению постоянное напряжение);
- тип корпуса (TO-05, SIP, DIP — для монтажа в отверстия печатной платы (рис. 4); SOC — для поверхностного монтажа).

В качестве примера покажем характеристики двух датчиков — абсолютного и избыточного давления (табл. 1).

Следует отметить, что датчик SPD030AATO05N специально создан для измерения давления в резервуаре со сжиженным газом. С целью повышения безопасности рекомендуется применять датчик абсолютного, а не избыточного давления, поскольку при повреждении мембраны (например, из-за случайного превышения допустимого давления) газ не будет выходить наружу резервуара. В составе этого датчика предусмотрена схема усиления и температурной коррекции выходного сигнала. Внешний вид датчика показан на рис. 4а.

Датчик SPD100GBsilN предназначен для широкого применения. Он содержит только резистивные элементы, соединенные в мостик, поэтому усиливать и термокомпенсировать выходной сигнал необходимо дополнительно. Внешний вид датчика показан на рис. 4б. В соответствии с рекомендациями компании Smartec датчики давления SPD, содержащие только мостик, следует подключать к входу микросхемы УПИ.

Датчики влажности

Измерить влажность воздуха — не совсем просто. Относительную влажность определяют как долю максимального количества воды, которое может содержаться в воздухе при определенной температуре. При данной температуре эта доля может варьироваться от 0 (когда воздух абсолютно сухой и влаги

Таблица 1. Характеристики двух датчиков — абсолютного и избыточного давления

Характеристика	Тип датчика	
	SPD030AATO05N	SPD100GBsilN
Тип давления	абсолютное	избыточное
Измеряемое давление, кПа (PSI)	0–207 (0–30)	0–689 (0–100)
Предельно допустимое давление, кПа (PSI)	310 (45)	1030 (150)
Напряжение питания, В	5	5
Ток потребления, мА	2,5	1,5
Выходное напряжение, В	0,5–4,5	0–0,1
Основная погрешность, %	2	–
Нелинейность характеристики, %	не более ±0,5	не более ±0,1
Температурная составляющая погрешности, %	0,2	–
Диапазон температуры, в котором скомпенсирована погрешность, °С	–15...+70	–
Длительность переходного процесса, мс	2	–
Диапазон рабочей температуры, °С	–20...+100	–40...+85

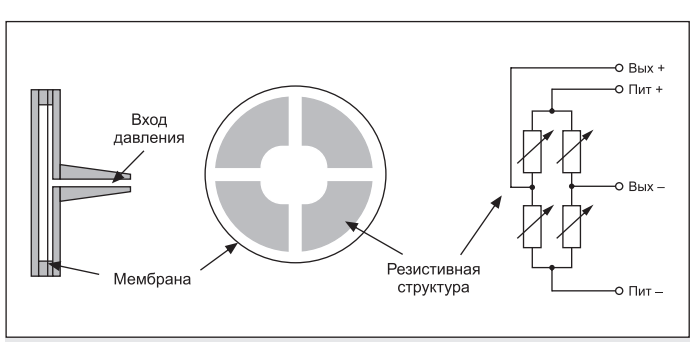

Рис. 3. Элементы конструкции датчика SPD

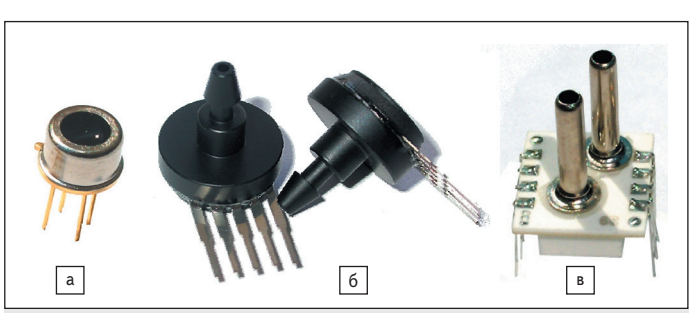

Рис. 4. Внешний вид датчиков SPD:
а) абсолютного; б) избыточного; в) дифференциального давления

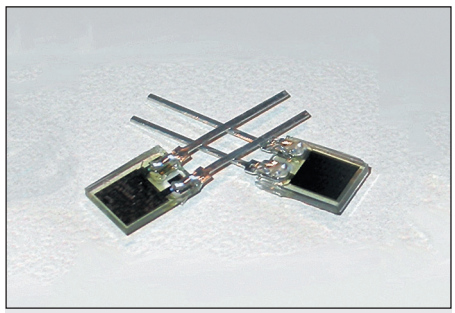

Рис. 5. Внешний вид датчика SMTHS07

Таблица 2. Характеристики двух датчиков влажности

Характеристика	Тип датчика	
	SMTHS07	SMTHS08A
Диапазон измерения влажности RH, %	0–100	0–100
Емкость, пФ, при RH = 55%	330	180
Чувствительность, пФ/%, при RH от 20 до 95%	0,6	0,34
Гистерезис характеристики, %, при RH от 20 до 95%	не более 2	не более 2
Нелинейность характеристики, %, при RH от 20 до 95%	не более ±2	не более ±2
Температурный коэффициент характеристики, пФ/°С, при температуре от +5 до +70 °С	0,16	не более 0,07
Коэффициент долговременной нестабильности характеристики, %/год	не более 0,2	не более 0,5
Длительность переходного процесса, с	15	15
Диапазон частоты возбуждения, кГц	1–100	1–100
Диапазон рабочей температуры, °С	–40...+120	–40...+120

Примечание. Приведенные параметры соответствуют температуре +25 °С и напряжению возбуждения 1 В частотой 20 кГц.
В связи с тем что в процессе производства неизбежен небольшой случайный разброс значений емкости датчика, следует калибровать каждый датчик (всего в одной точке характеристики).

в нем нет) до 100% (когда в воздухе находится такое количество влаги, при котором начинается конденсация). Относительную влажность обозначают сокращением RH (от *англ.* «relative humidity»).

Измерение влажности известными методами — такими, которые применяются в механических устройствах и сенсорах резистивного типа,— зависит от температуры и давления воздуха. Датчики относительной влажности воздуха компании Smartec лишены подобного недостатка. Они представляют собой конденсатор, чья емкость увеличивается по мере того, как молекулы воды проникают в активный диэлектрик из полимерного материала. Обкладки конденсатора состоят из опорной нижней пластины и влагопроницаемой верхней пластины. Защитный корпус датчика выполнен из стекла. Внешний вид датчика SMTHS07 показан на рис. 5.

В таблице 2 приведены характеристики двух датчиков влажности.

Универсальный преобразователь интерфейса

Микросхема УПИ (UTI — в обозначении компании Smartec) предназначена для преобразования сигналов датчиков в длительность периода выходного сигнала. Предусмотрена возможность подключения датчиков, содержащих следующие элементы и их сочетания:

- конденсаторы емкостью 0–2, 0–12 и 0–300 пФ;
- платиновые резисторы с характеристиками Pt–100 и Pt–1000;
- термосопротивления от 1 до 25 кОм;
- мосты сопротивления 0,25–10 кОм;
- потенциометры 1–50 кОм.

Внешний вид и функциональная схема преобразователя показаны на рис. 6. Датчики можно непосредственно подключить к входам УПИ, а его выход соединить с микроконтроллером любого типа. Работа УПИ основана на применении самокалибруемого генератора переменной частоты (на рис. 6б — voltage to period converter). Преобразователь способен работать в 16 различных режимах, в зависимости от типов подключенных датчиков. Для получения точных результатов измерения в преобразователе использован «принцип трех сигналов».

В выходном сигнале УПИ без перерыва повторяются циклы — один такой цикл показан на рис. 7. Каждый цикл содержит от трех до пяти так называемых фаз, представляющих собой короткие отрезки сигнала типа меандр. В первой фазе (обозначенной на рисунке T_{off}) передаются два периода удвоенной частоты, пропорциональной уровню U_{off} начального смещения сигнала на входе УПИ. Во второй фазе (обозначенной T_{ref}) передается один период с частотой, пропорциональной опорному сигналу U_{ref}. В третьей и последующих фазах (T_x) передается по одному периоду с частотами, пропорциональными измеряемым уровням U_x сигналов датчиков. Выходной сигнал УПИ поступает в микроконтроллер, где за счет соответствующей обработки производится автоматическая калибровка измерителя.

Напряжение питания УПИ однополярное, от 2,9 до 5,5 В. Ток потребления в рабочем режиме не более 3 мА, а в режиме отключения не более 2 мкА. Разрешающая способность преобразования не превышает 6×10^{-5} от величины диапазона; отклонение характеристики от линейной не более $\pm1\times10^{-4}$. Длительность цикла преобразования 10 или 100 мс. Диапазон рабочей температуры –40…+85 °С (в пластиковом корпусе DIL или SO) и –40…+180 °С на подложке.

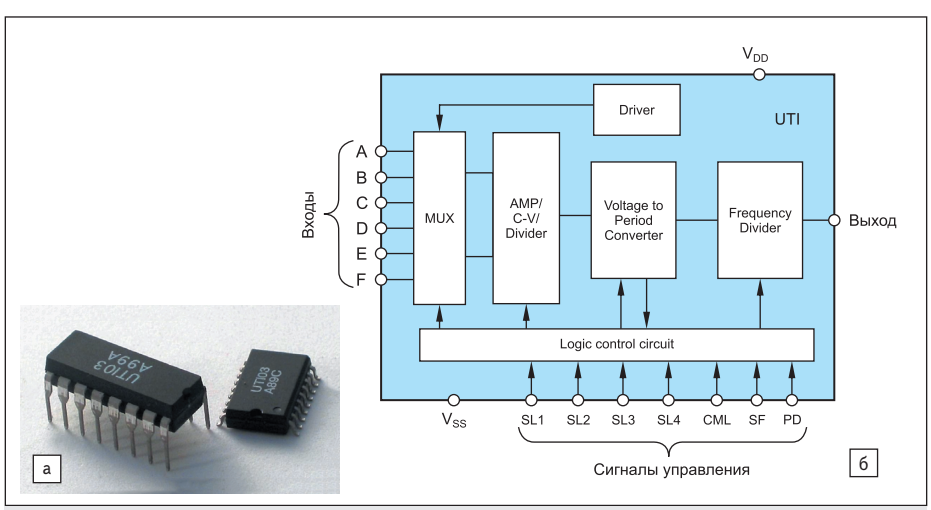

Рис. 6. Микросхема УПИ: а) внешний вид; б) функциональная схема

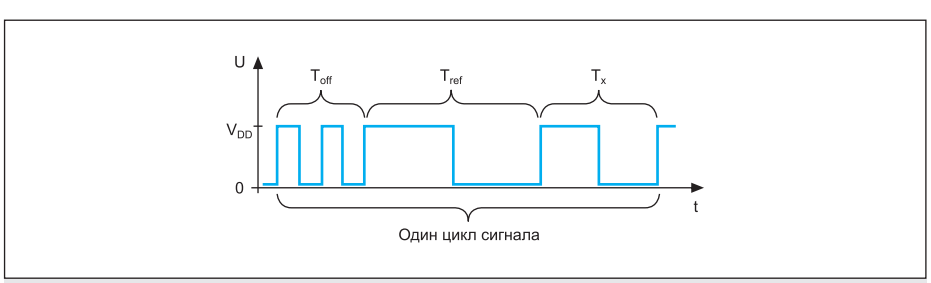

Рис. 7. Выходной сигнал УПИ

Компания Smartec производит микросхему-мультиплексор MUXC01 специально для использования вместе с УПИ. Это позволяет измерить несколько емкостей с высокой точностью. Путем каскадирования мультиплексоров легко обеспечить подключение необходимого количества измеряемых конденсаторов.

Для удобства потребителей компанией создана отладочная плата УПИ. В сочетании с доступным для копирования бесплатным программным обеспечением ее использование способствует сокращению времени разработки.

Заключение

Компания Smartec BV производит электронные компоненты для высокоточных измерительных систем. В современных условиях это направление измерительной техники востребовано и перспективно, поскольку оно отвечает запросам многих сфер применения.

Литература

1. Smartec BV. www.smartec-sensors.com/en/products.html