

Использование миниатюрных высокочувствительных термодатчиков D6T-44L/D6T-8L компании Omron

Чувствительные термодатчики широко используются в системах измерения температуры и в целом ряде не менее важных приложений. Как правило, в этих областях применяются инфракрасные и пироэлектрические датчики, но есть и другие решения. Одно из них — отличающиеся малой инерционностью миниатюрные сверхчувствительные бесконтактные датчики температуры серии D6T, серийно выпускаемые компанией Omron по запатентованной МЭМС-технологии. Непосредственно после ее анонсирования журнал «Компоненты и технологии» уже писал о перспективности этой технологии в энергосбережении и автоматизации [1]. Однако время не стоит на месте, линейка датчиков расширилась новыми изделиями, а потому было принято решение еще раз обратиться к данной теме, уделив внимание не столько перспективам, сколько прикладным аспектам применения этой интересной технологии — ведь эти вопросы еще не были освещены на страницах русскоязычных технических журналов.

Владимир РЕНТЮК
Rvk.modul@gmail.com

Датчики серии D6T предназначены для использования в охранных системах как приборы обнаружения присутствия человека или теплокровного животного в зоне контроля и как датчики движения в том числе неживых, излучающих инфракрасные (тепловые) волны объектов, как часть систем противоаварийной и прогнозной противопожарной безопасности, что немаловажно в свете последних событий, а также в системах климат-контроля. Сегодня датчики представлены матричными и одиночными системами, состоящими из фотоприемника (матричные с кремниевыми микролинзами). Непосредственно сами датчики на основе термоэлектрических преобразователей выполнены по МЭМС-технологии, сигнал термоэлектрических преобразовате-

лей усиливается малошумящей специализированной аналоговой микросхемой, после чего происходит преобразование измеренной температуры в ее цифровое значение с передачей по стандартному двухпроводному совместимому I²C-интерфейсу. В настоящее время датчики D6T доступны в четырех вариантах [2] плюс один [7] и выпускаются в виде некорпусированных модулей, реализованных на печатной плате (рис. 1). Плата содержит все необходимые составляющие части — сам датчик, микросхему первичной обработки сигнала термо-ЭДС и контроллер для формирования данных в цифровой форме в виде стандартного бинарного кода. Плата подключается с помощью одного миниатюрного разъема, через который подается напряжение питания и организовано под-

ключение интерфейса (рис. 2). При необходимости вместе с датчиком можно заказать кабель подключения D6T-HARNESS-02 [2].

Главное отличие приборов серии D6T от обычных пироэлектрических датчиков в том, что они (в матричном варианте исполнения) позволяют определить направление движения, грубую геометрическую форму и температуру объекта с приемлемой точностью и высокой скоростью реакции. Еще одно выгодное отличие рассматриваемых датчиков от пироэлектрических сенсоров, сигнал в которых формируется только при движении объекта, заключается в том, что объект может быть полностью статичен и даже не шевелиться, но все равно будет обнаружен (рис. 3) [3].

Это крайне важное преимущество, поскольку применение датчиков серии D6T позволяет распознавать нежелательные изменения среды. Как только какой-либо компонент, например двигатель или привод технологической установки, нагревается выше критического уровня, датчик сразу фиксирует это событие еще до возникновения необратимой ситуации, а программируемый логический контроллер, отвечающий за работу данного оборудования, посылает диспетчеру сигнал аварийного предупреждения о координатах зоны недопустимого, а не общего нагрева или останавливает процесс.

Несмотря на то, что пироэлектрические датчики дешевле, а дальность их действия

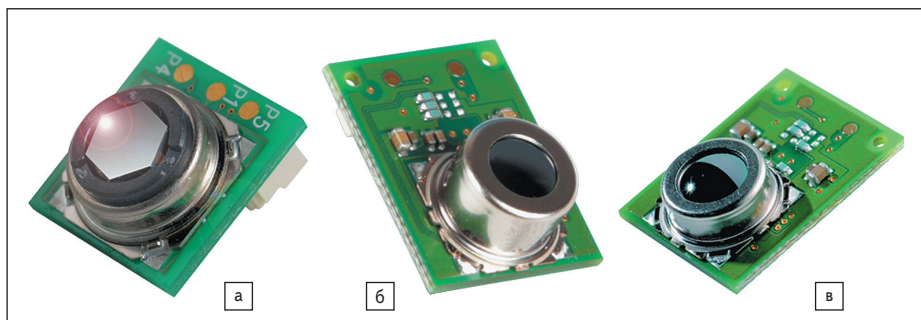


Рис. 1. Миниатюрные бесконтактные температурные МЭМС-датчики серии D6T компании Omron: а) D6T-1A-01/02; б) D6T-8L-06; в) D6T-44L-06

больше, они в отличие от датчиков серии D6T не могут определить количество и координаты объектов в зоне контроля, а перспективная матрица D6T исполнения 8×8 [9] (к ней мы далее вернемся) способна точно определить, скажем, число людей, находящихся под датчиком, и то, где именно они расположены в поле его «зрения». Для этой цели можно также объединять датчики D6T-44L-06 структуры 4×4. Конечно, подобное умеют делать и видекамеры с системами обработки изображений. Но, во-первых, это значительно сложнее, а во-вторых, дорого и не всегда высокое разрешение теплового изображения необходимо, часто важен сам факт с приемлемыми координатами, а не детализация и конкретика объекта.

Сложность бесконтактного измерения температуры объекта, превышающей общий температурный фон, заключается в том, что результат зависит от условий замера. Это, например, очень сильно связано с площадью объекта, и если она ниже площади чувствительности, то измеренное значение будет иметь значительную погрешность. Наиболее восприимчива пиковая точка, или, как мы сказали выше, «поле зрения», — центр области чувствительности. Для ее описания используется такой параметр, как FOV (Field of View — характеристика ограничения видимой зоны обследования для большинства лучевых диагностических методов) — область чувствительности по уровню 50%. Измеренное значение варьируется в зависимости от положения объекта в зоне FOV. Пояснение влияния условий измерения приведено на рис. 4.

Обратите внимание, что область чувствительности датчиков серии D6T более широкая, чем указанная область FOV в их спецификации. Как видно на рис. 5, если размеры измеряемого объекта меньше области чувствительности, то на измерения влияет температура фона. Это естественно — занимаемая область относительно FOV уменьшается с увеличением расстояния, и тогда преобладает фоновая температура. Хотя датчик D6T Omron корректирует значение измерения температуры с помощью эталонного источника тепла (черное тело¹), на величину измерения влияет излучательная способность конкретного материала измеряемого объекта и даже форма поверхности относительно области чувствительности. Что же касается реакции на движения объекта, здесь оценивается его переход между областями FOV в пределах матрицы. Подробно вопросы обнаружения, особенности процесса и сопутствующие ему алгоритмы, связанные с использованием датчиков серии D6T компании Omron, приведены в [3].

При необходимости визуально оценить рассматриваемые решения можно обратиться к видеоматериалам компании [4, 5], которые демонстрируют возможности датчиков с достаточной для этого детализацией.

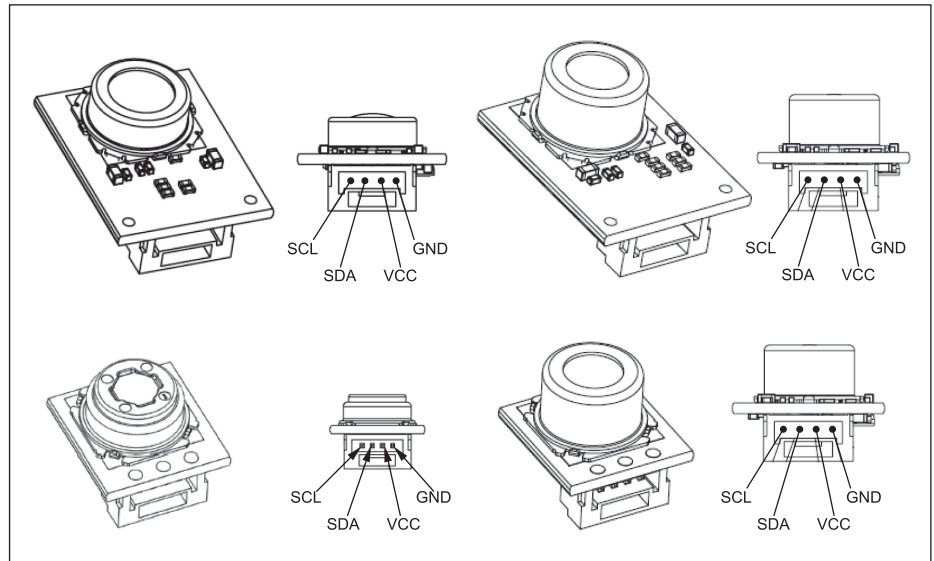


Рис. 2. Подключение миниатюрных бесконтактных температурных МЭМС-датчиков серии D6T компании Omron: VCC — шина питания; SDA — шина данных I²C; SCL — синхронизация; GND — общий

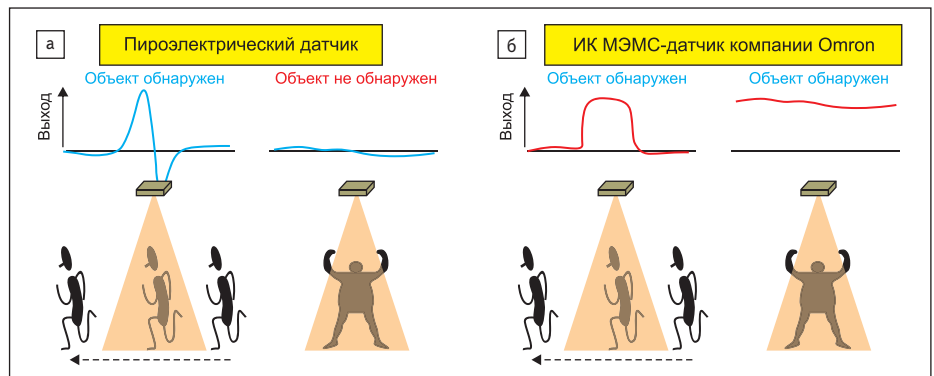


Рис. 3. Разница между пирозлектрическим и бесконтактным датчиком температуры: а) выход пирозлектрического датчика; б) выход бесконтактного датчика температуры D6T

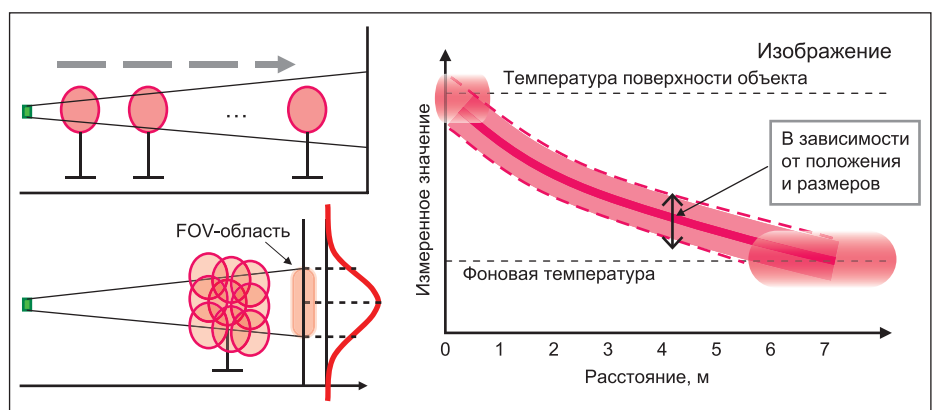


Рис. 4. Влияние условий измерения на полученный результат

Однако возникает законный вопрос, который, хотя и был освещен в [1], требует более детального рассмотрения. Итак, почему мы говорим про эти датчики, что они выполнены по технологии МЭМС? Как вообще

сюда вписываются МЭМС — микроэлектромеханические системы, то есть устройства, по определению объединяющие микроэлектронные и микромеханические компоненты и выходящие за границы обычных микро-

¹ Черное тело — тепловой излучатель, имеющий при заданной температуре для всех длин волн максимальную энергетическую яркость. Он полностью поглощает все падающее на него излучение, независимо от длины волны, направления падения и поляризации излучения. Коэффициент излучения такого излучателя равен единице.

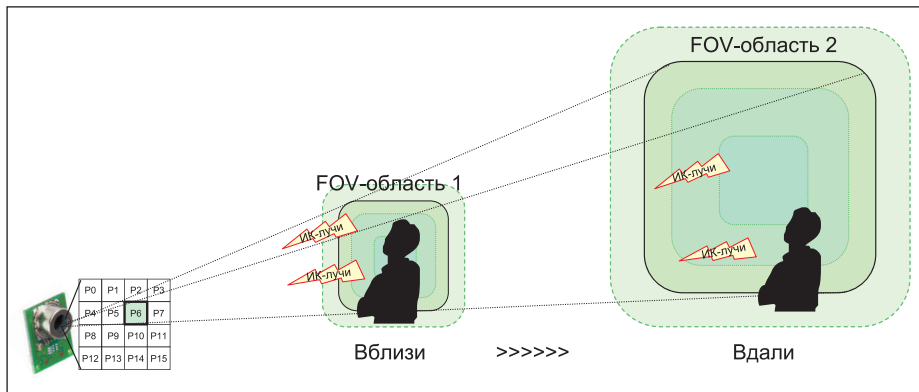


Рис. 5. Влияние расстояния на результаты измерения

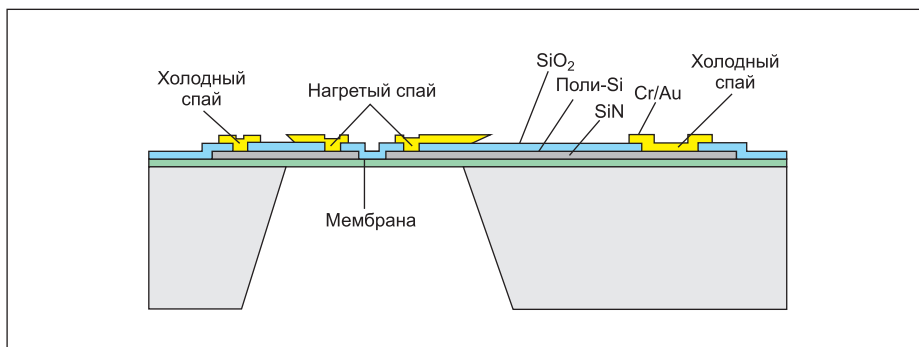


Рис. 6. Поперечное сечение ячейки измерения температуры МЭМС-датчиков серии D6T компании Omron

схем? Дело в том, что температурные сенсоры серии D6T не обычные устройства, в них используют эффект Зеебека, открытый немецким физиком Томасом Иоганном Зеебеком в 1821 году. Суть эффекта — возникновение электродвижущей силы (ЭДС) в замкнутой электрической цепи, состоящей из последо-

вательно соединенных разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах. Данный эффект часто называют термоэлектрическим эффектом, а его результат — термо-ЭДС. Термоэлемент создается последовательно соединенными термопарами, состоящими

из N+ поликремния, P+ поликремния и алюминия (рис. 6). Можно сказать, что это обратный вариант элементов Пельтье, хорошо знакомых нам по полупроводниковым термоэлектрическим охладителям. Создавая горячие спаи на диэлектрических мембранах с высоким тепловым сопротивлением и имея холодные спаи на кремнии с его высокой теплопроводностью, можно достичь малой инерционности измерительной системы, которая будет достаточно быстро реагировать на изменения температуры, в сочетании с высокой эффективностью преобразования энергии в системе «инфракрасные лучи – температура (нагрев) – термо-ЭДС».

Как уже было сказано, датчики D6T выпускаются в виде матриц двух видов, отличающихся числом и расположением МЭМС-элементов: один ряд из восьми элементов (по факту доступны два варианта исполнения, отличающиеся габаритами печатной платы) или четыре ряда по четыре элемента в каждом, а также два варианта исполнения с одним МЭМС-элементом [2]. В общем виде вариант датчика D6T в исполнении 1×8 приведен на рис. 7.

Что касается возможности измерения температур в зависимости от температуры окружающей среды, тут мы имеем картину, представленную на рис. 8 [2].

У датчиков серии D6T компании Omron подключение стандартное, как и у большинства устройств с интерфейсом I²C. Однако необходимо учитывать, что датчики выводят только измеренное значение. Для практического использования, например для обнаружения и подсчета людей в зоне контроля, необходимо иметь определенное программное обеспечение, которое находится

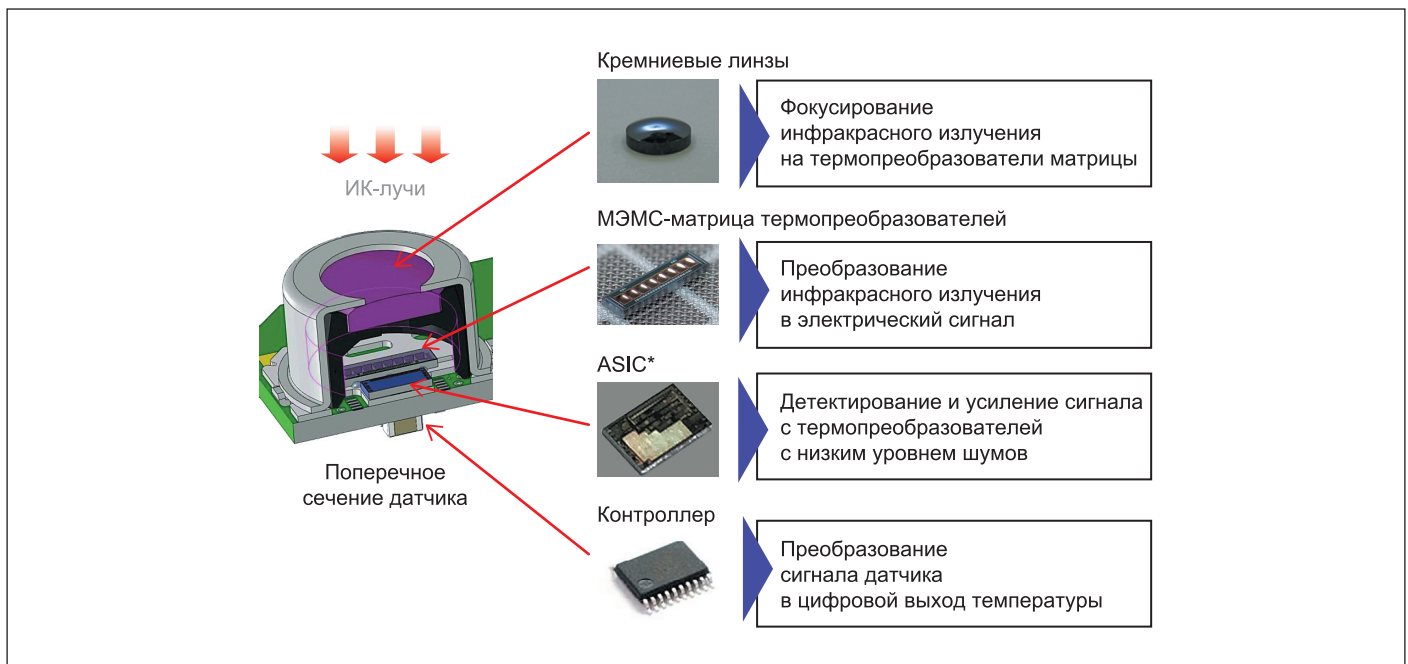


Рис. 7. Основные компоненты датчика серии D6T компании Omron и их назначение

Примечание. *ASIC (application-specific integrated circuit) — интегральная схема специального назначения.

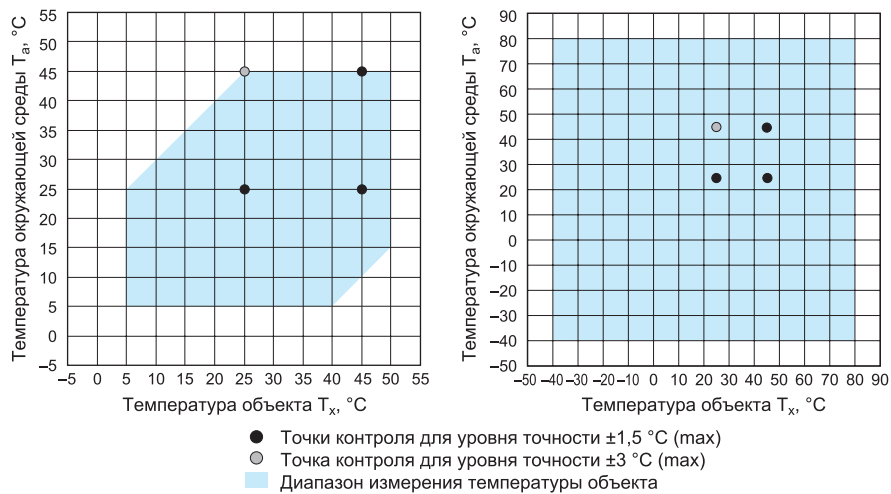


Рис. 8. Диапазон температур, измеряемых датчиком при различных температурах окружающей среды, и точки контроля погрешности

в модуле сопряжения. Модуль имеет микроконтроллер и блоки памяти — постоянной и оперативной. Алгоритм определения должен содержать целевые характеристики и системные ограничения, подробно эти вопросы описаны в [3]. На рис. 9 показано прямое подключение датчика к исполнительному модулю.

Примеры практического применения приведены на рис. 10 и 11. Так, на рис. 10 показана система обнаружения неподвижного человека путем оценки температурного различия между его телом и окружающей средой, выполненная на базе датчика D6T-44L-06 в виде матрицы 4×4. На рис. 11 — вариант использования датчика D6T-1A-02 (одноэлементный, с FOV = 26,5°) в системе кондиционирования воздуха в помещении, здесь узкий

угол обзора позволяет отслеживать только температуру целевого объекта, в данном слу-

чае поверхности пола. Такая организация контроля температуры во многих сферах

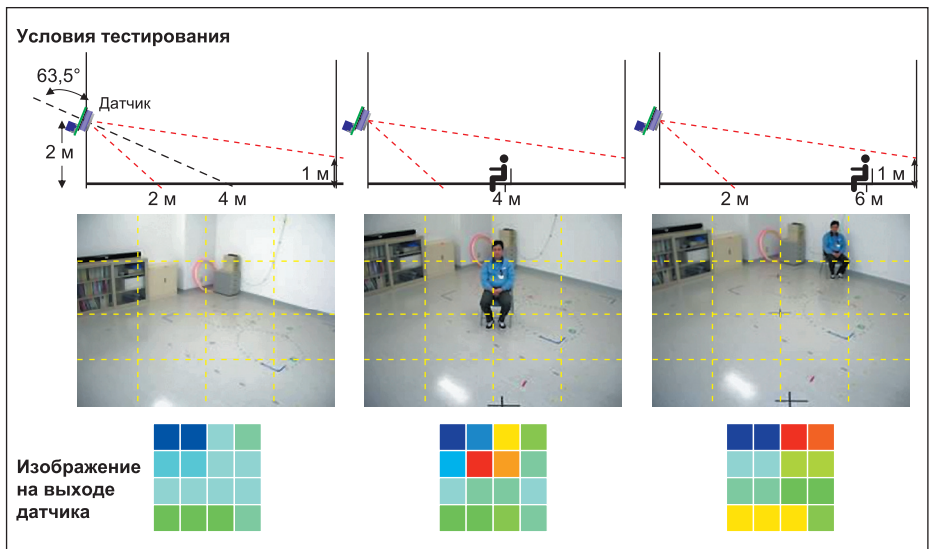


Рис. 10. Обнаружение человека через различие между температурой тела человека и температурой окружающей среды

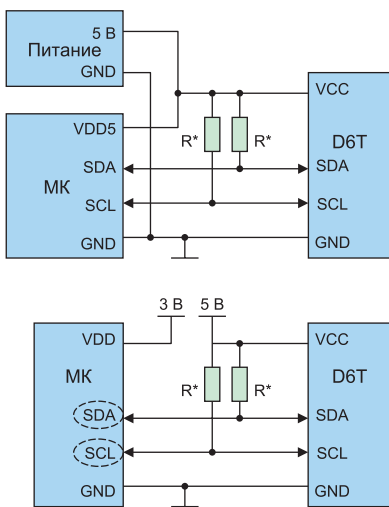


Рис. 9. Прямое подключение микроконтроллера к порту I²C

Примечание. *Номинал резисторов подтяжки R выбирают в пределах 3–10 кОм.

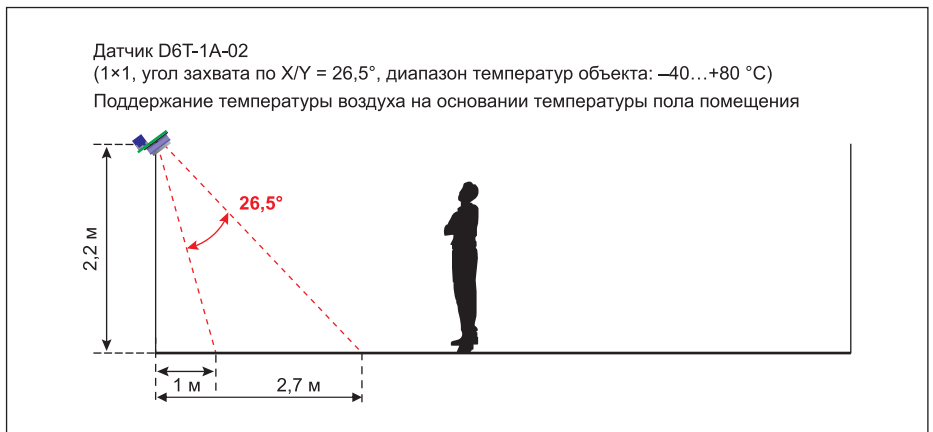


Рис. 11. Пример использования одноэлементного датчика D6T-1A-02 (FOV = 26,5°) для бесконтактного измерения температуры в системе кондиционирования воздуха в помещении

Таблица. Основные технические характеристики температурных датчиков серии D6T компании Omron

Наименование параметра	D6T-44L-06	D6T-8L-09 (D6T-8L-06)	D6T-1A-01	D6T-1A-02	
Организация	4×4	1×8	1×1		
Напряжение питания	(5 ± 0,5) В				
Ток потребления	5 мА (тип.)		3,5 мА (тип.)		
Коммуникационный интерфейс	Цифровой, I ² C				
Выводимые данные	Цифровые значения, соответствующие температуре объекта (T _o) и температуре окружающей среды (T _a) в двоичном коде, десять отсчетов на 1 °C				
Температурное разрешение (NETD) ¹	0,06 °C	0,03 (0,05) °C	0,02 °C	0,06 °C	
Диапазон рабочих температур	0...+50 °C	0...+60 (0...+50) °C	0...+60 °C	-40...+80 °C	
Диапазон температур объекта	+5...+50 °C	+5...+50 °C	+5...+50 °C	-40...+80 °C	
Углы обзора	По X	44,2°	54,5°	58°	
	По Y	45,7°	5,5°	58°	26,5°
Зона обнаружения / расстояние от датчика до объекта					
	1 м	X = 80 см Y = 85 см	X = 105 см Y = 10 см	X = 105 см Y = 105 см	X = 47 см Y = 47 см
	2 м	X = 160 см Y = 170 см	X = 205 см Y = 20 см	X = 210 см Y = 210 см	X = 95 см Y = 95 см
	3 м	X = 245 см Y = 255 см	X = 310 см Y = 30 см	X = 310 см Y = 310 см	X = 140 см Y = 140 см
Погрешность измерения температуры ²	Точность 1	±1,5 °C (max) Точка 1: T _x = +25 °C, T _a = +25 °C Точка 2: T _x = +45 °C, T _a = +25 °C Точка 3: T _x = +45 °C, T _a = +45 °C			
	Точность 2	±3 °C (max) Точка 4: T _x = +25 °C, T _a = +45 °C			
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	18×14×9,15	12×11,6×9,72 (18×14×10,71)	12×11,6×9,19		

Примечания.

- NETD (noise-equivalent temperature difference) — шумовой эквивалент разности температур, разность температуры между мишенью и фоном (абсолютно черным телом), необходимой для появления на выходе электрического канала датчика сигнала с отношением сигнал/шум, равным единице.
- Диапазон температур и точки контроля погрешности показаны на рис. 8.

применения более прогрессивна, чем оценка лишь температуры воздуха. Она, в частности, чрезвычайно полезна в рефрижераторных установках, где важно быстро достичь заданной величины и контролировать температуру объекта, а не воздуха, который его охлаждает.

Как уже было сказано, датчики серии D6T компании Omron доступны в четырех вариантах исполнения. Кратко их основные характеристики приведены в таблице [1, 7].

Для быстрой оценки возможностей датчиков серии D6T в конечных приложениях доступен оценочный комплект. В состав комплекта входит модуль с датчиком и платой сопряжения, в качестве которой используется плата UM232H компании FTDI [5] (рис. 12), USB-кабель для подключения к персональному компьютеру и программное обеспечение на SD-карте, в качестве кабеля подключения

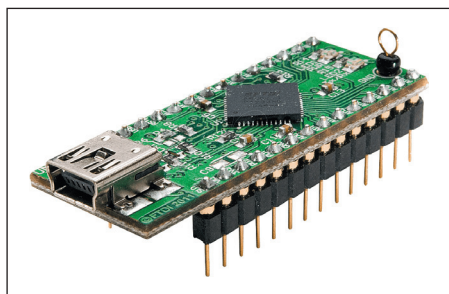


Рис. 12. Плата сопряжения UM232H компании FTDI

к плате сопряжения предусмотрен кабель D6T-HARNESS-02 [2].

Системные требования к ПК и необходимое дополнительное программное обеспечение приведены в руководстве [7]. По имеющимся данным, доступны два комплекта: D6T-DK01 (для датчика D6T-8L-06) и D6T-DK02 (для датчика D6T-44L-06). Оба комплекта, в том числе и необходимая документация (в Интернете она недоступна), имеются у официальных дистрибьюторов компании Omron.

В завершение хотелось бы отметить, что еще в мае 2013 года компания Omron анонсировала выпуск датчика с матрицей 16×16 для

контроля присутствия людей в зоне слежения и нужд робототехники [8]. Отличием этой версии было широкое поле обзора, не менее 90°, широкий диапазон питающих напряжений 2,7–5,5 В, что обеспечивало совместимость без использования второго источника питания с большинством микроконтроллеров, и последовательный интерфейс SPI. Но главной особенностью стала новая вакуумная технология корпусирования МЭМС-матрицы (рис. 13), что значительно повышало производительность сенсоров. Первые образцы такого датчика были представлены на выставке Nanomicro Biz в Токио. И хотя это решение, по всей видимости, отложено, в силу своей оригинальности оно все же заслуживает упоминания.

Литература

- Сысоева С. Технологии тепловых датчиков Omron: новый вклад МЭМС в энергосбережение и автоматизацию // Компоненты и технологии. 2013. № 1.
- MEMS Thermal Sensors D6T, OMRON Corporation. www.omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-d6t.pdf
- Application Note 01. Usage of D6T-44L/-8L/-1A Thermal sensor, OMRON Corporation. Rev 3.0, 21 July, 2015. www.components.omron.com/documents/35730/96733/AN-D6T-01EN_r2.pdf/fb9c9fdd-4d2a-df6a-77b9-234c07be20a8
- Презентация. www.youtube.com/watch?v=-7EeKNRziw
- Как датчик движения. www.youtube.com/watch?time_continue=16&v=4UT1GBTdmzQ
- Future Technology Devices International Ltd UM232H Single Channel USB Hi-Speed FT232H Development Module. Datasheet, Version 1.4, 2017-11-08. www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/Modules/DS_UM232H.pdf
- 4×4 Thermal Sensor Demonstration Kit D6T-DK02. User's Manual, OMRON Corporation
- www.components.omron.eu/Products-BySubCategory/MEMS--Sensors/Thermal--Sensors
- www.omron.com/media/press/2013/05/e0529.html

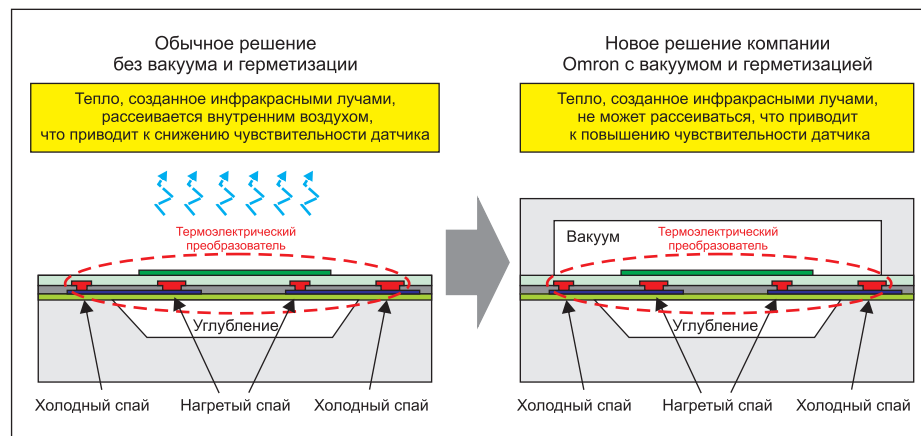


Рис. 13. Перспективный датчик серии D6T с матрицей 16×16, выполненной методом вакуумного корпусирования