

Элементная база аппаратуры сбора данных информационно-управляющих систем

В. Ануфриев¹

УДК 681.37 | ВАК 05.27.00

В АО «ПКК Миландр» разработан микроконтроллер со специализированными узлами питания резистивных, емкостных и индуктивных датчиков, преобразователем время-код и схемами для обработки сигналов датчиков и передачи полученных данных по существующим на объектах линиям связи. Вывод на рынок специальной техники этого устройства позволит решить проблему импортозамещения в сфере датчиков.

РАЗВИТИЕ ДАТЧИКОВ

В современных системах сбора и обработки информации неуклонно растет количество всевозможных автономных датчиков, поставляющих телеметрическую информацию о текущем состоянии объектов управления. При этом повышаются их точность и быстродействие. Во много раз увеличиваются и становятся более сложными потоки информации, поступающие от датчиков в системы управления. По мере роста производительности микроконтроллеров и снижения их стоимости появляются замкнутые локальные системы управления отдельными модулями технологических систем и роботизированные устройства, способные функционировать автономно или под управлением глобальных команд из внешней системы управления.

Развитие подобных систем невозможно без совершенствования интеллектуальных датчиков с соответствующими интерфейсами передачи данных и нормированными (стандартизированными) форматами передачи данных.

По мере проникновения микропроцессорных систем управления во все менее габаритные объекты управления требования по массогабаритным характеристикам и надежности к элементной базе датчиков ужесточаются.

Стремительно развиваются датчики на основе микромеханических систем (МЭМС), например МЭМС-датчики, 6- и 9-осевые датчики положения, измеряющие угловые и линейные ускорения и магнитное поле по трем координатам. Существуют аналогичные по габаритам и точности МЭМС-датчики иных физических величин.

В то же время возрастает потребность в датчиках физических величин, которые отличаются повышенной точностью измерения по сравнению с традиционными

электромеханическими устройствами, или датчиках повышенной стойкости к ВВФ (внешним воздействующим факторам), или измеряющим физические величины, недоступные для измерения устройствам, которыми оснащены существующие системы «измеряемая физическая величина – электрический сигнал».

Для выпуска подобных датчиков, отвечающих современным требованиям к изделиям подобного рода, необходима и современная элементная база.

Особенности микросхем для датчиков. Важно четко различать датчики по сложности и функциональной законченности: микросхемы – это первичные датчики различных физических величин. Они могут быть снабжены встроенными первичными преобразователями или представлять собой конструктивно и функционально законченные изделия.

Примером первой группы датчиков являются микросхемы, содержащие первичные преобразователи физических величин, аналоговые узлы преобразования физической величины в промежуточную электрическую величину, узлы линеаризации и термокомпенсации, а также интерфейсные узлы с выходом сигнала в аналоговом или цифровом виде. К таким решениям можно отнести микросхемы датчиков магнитного поля фирмы Allegro A3213, A3214 или AD22151 от Analog Devices, выполненные в корпусах типа SOT23 (для транзисторов) либо SO8 (для микросхем). Для создания законченного изделия – датчика, включаемого в систему, например датчика движения автомобиля в коробке скоростей, – данные микросхемы требуют дополнительных схемотехнических решений.

Использование специализированного набора микросхем позволяет создать (в минимальных габаритах и при минимальных затратах законченное изделие) датчик физической величины, который без дополнительных конструктивных и функциональных узлов включается в систему сбора информации внутри объекта управления.

¹ АО «ПКК Миландр», специалист по маркетингу, anufriev.vladimir@ic-disign.ru.

Образцами функционально законченных устройств могут служить герметизированные датчики давления от компании Honeywell серии MLN100 (до шести типов выходного сигнала и питание от линий постоянного напряжения трех типов, см. рисунок), или специализированные датчики от Kulite Semiconductor products для комплектации авиационных систем управления.

ТРЕБОВАНИЯ К КОМПЛЕКТУ МИКРОСХЕМ ДЛЯ ЗАКОНЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Комплектность. Набор микросхем (одна микросхема) должен позволять создавать конструктивно и функционально законченные интеллектуальные датчики, со встроенными последовательными интерфейсами и узлами питания от бортовых низковольтных сетей постоянного и переменного тока.

Универсальность. Набор микросхем (одна микросхема) должен позволять создавать датчики измерения различных физических величин с высокой точностью, а также передавать данные с применением различных интерфейсов (как аналоговых, так и цифровых).

Малогабаритность. Набор микросхем (одна микросхема) должен позволять создавать датчики с минимальными габаритами электронной части и с минимально возможным потреблением.

Адаптивность к системам сбора информации. Набор микросхем (одна микросхема) должен позволять создавать датчики, которые можно включать в различные системы сбора информации без выполнения дополнительной калибровки и установления адресов и приоритетов.

ТИПЫ ИЗМЕРЯЕМЫХ ВЕЛИЧИН

Набор микросхем (одна микросхема) должен позволять создавать конструктивно и функционально законченные датчики измерения следующих типов физических величин:

- линейные и угловые перемещения, в том числе БВК (бесконтактные концевые выключатели) на базе индуктивного, емкостного, магнитного и ультразвукового принципов измерения;
- датчики усилий, давления и механического напряжения на основе различных физических принципов;
- расходомеры жидкостей и газов;
- уровнемеры и датчики измерения объемов;
- датчики угловых и линейных ускорений, инклинометры;
- датчики химических веществ, в частности селективные.

Таким образом, микросхемы для датчиков должны содержать несколько электронных узлов (от двух-трех до десяти), оптимизированных для обработки сигналов первичных преобразователей физических



Датчики давления от компании Honeywell серии MLN100

величин без дополнительных внешних активных навесных элементов.

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАБОРА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

Результаты анализа приведены в табл. 1, где показаны набор ФЭ в серии 1986 (по всей серии 1986 от АО «ПКК Миландр»); наиболее удачный по составу ФЭ микроконтроллер от STMicroelectronics серии STM32; максимальные показатели для микросхем датчиков в корпусах не более 7×7 мм; желаемые показатели (по результатам ежегодного опроса потребителей). Микроконтроллеры с радиоканалами не рассматриваются.

Из таблицы видно, что набор микроконтроллеров серии 1986 содержит достаточное количество универсальных периферийных устройств для создания РЭА изделий В и ВТ.

В то же время отсутствие таких узлов, как EEPROM, OTP ROM, операционных усилителей, PGA, компараторов, преобразователей емкость-код, узлов питания внешних датчиков и унифицированного интерфейса с гальванической развязкой, а также большие размеры корпусов препятствуют внедрению серии 1986 в столь массовые изделия, как периферийные интеллектуальные датчики подвижных объектов.

В то же время для создания интеллектуальных датчиков микросхемы от зарубежных производителей пользуются большим спросом по тем же причинам.

С учетом того, что основную долю стоимости микросхемы ПКК «Миландр» с приемкой «5» (более 60–80%)

Таблица 1. Функциональный набор микроконтроллеров

| Функция (блок) | 1986 ¹ | STM32F078 | Применяемые блоки | Желаемые блоки |
|-----------------------------------------|-------------------|-----------|-------------------|--------------------|
| Тип процессорного ядра 32bit Cortex | M3 | M0 | ↓ ² | M0/3 |
| Тактовая частота процессора, МГц | 144 | 48 | До 120 | До 100 |
| ПЗУ команд, Кбайт | 128 | 128 | До 1М | 128 |
| ОЗУ, Кбайт | 48 | 16 | До 128 | До 64 |
| EEPROM, Кбайт | - | - | До 8 | До 2 |
| OTP ROM, Кбайт | - | - | До 2 | До 256 |
| Таймеры | | | | |
| 32-разрядные | 2 | 1 | До 4 | До 2 |
| 16-разрядные с PWM ⁴ | 6 | 8 | До 12 | До 6 |
| RTC | 1 | - | До 2 | ↑ ³ , 1 |
| Последовательные интерфейсы | | | | |
| SPI (I ² S) | 4 | 2 | До 2 | ↑, до 2 |
| I ² C | 1 | 2 | 2 | До 2 |
| UART, USART, RS-485 ⁵ | 4 | 4 | 4 | ↑, до 2 |
| USB | 1 | 1 | 1 | ↓ |
| Ethernet | 1 | - | ↓ | ↓ |
| DC-PLC ⁶ | - | - | ↓ | ↑, 1 |
| CAN, LIN | | - | | |
| ЦА-преобразователи | | | | |
| АЦП до 12 разрядов | 2 | 1 | До 3 | ↑, 1 |
| DS-АЦП ⁷ | 8 | - | До 6 | До 4 |
| ЦАП ⁸ | 2 | 1 | До 2 | ↑, до 2 |
| Операционные усилители, PGA | - | - | До 2 | ↑, до 2 |
| Компараторы | 2 | 2 | До 8 | ↑, до 2 |
| Датчик температуры | 1 | - | 1 | ↑, 1 |
| Генераторы тактовых частот ⁹ | 4 | 6 | До 6 | ↑, до 4 |
| CRC-блок ¹⁰ | 1 | 1 | ↓, до 2 | 1 |
| Крипто-блок | | - | ↓, 1 | ↓ |
| Преобразователь емкость - код | - | - | ↓ | До 2 |
| Емкостные сенсоры | - | 23 | 40 | До 4-6 |
| Unique ID | - | 1 | 1 | ↑, 1 |
| Стабилизатор питания ядра | 1 | - | 1 | 1 |
| Узел питания внешних датчиков | - | - | До 2 | До 2 |

Примечания:

¹ Для серии 1986 указаны лучшие характеристики.

² В графе «Применяемые блоки» «↓» означает, что данный узел не получил широкого распространения.

³ В графе «Желаемые блоки» знак «↓» означает, что данный узел функционально устарел или его применение необязательно; знак «↑» означает, что данный узел желателен во всех модификациях микроконтроллера.

⁴ С возможностью организации многофазного режима ШИМ.

⁵ Для интерфейса RS-485 поддержка полудуплексного режима.

⁶ Интерфейс DC-PLC – последовательный интерфейс, инвариантный к среде передачи данных, арбитражу и протоколам

⁷ С программируемым усилителем на входе.

⁸ С возможностью организации генератора тока, например «Петля 4-20 мА».

⁹ В том числе внутренние RC.

¹⁰ Может работать в составе последовательных интерфейсов.

составляют затраты на испытания и отбраковку, экономически нецелесообразно выпускать микроконтроллеры с небогатым функционалом. За исключением случаев, когда размер кристалла выступает на первый план.

Поэтому АО «ПКК Миландр» приступает к разработке серии микроконтроллеров, в которых основное развитие получило наполнение кристалла максимально возможным количеством ФЭ, предназначенных для построения интеллектуальных датчиков.

При современных проектных нормах изготовления микросхем возможны разработка и изготовление специализированного микроконтроллера с площадью кристалла не более 30–35 мм², максимальным количеством выводов до 64 и размером корпуса не более 7×7 мм.

Внутри микроконтроллера будут размещены следующие универсальные функциональные узлы (табл. 2).

Элементы, приведенные в табл. 2, не позволяют оптимальным образом и с минимальным применением навесных элементов выполнить интеллектуальный датчик.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ, КОТОРЫЕ ПРЕВРАЩАЮТ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ ДАТЧИКОВ

Узлы питания датчиков. Для снижения количества навесных элементов и уменьшения объема электронной части интеллектуального датчика в состав микроконтроллера вводятся узлы питания датчика. В интеллектуальных датчиках измеряется не сама физическая величина, а пропорциональные ей электрические величины, к которым относятся (по убыванию частоты применения) сопротивление, индуктивность или емкость чувствительного элемента. Реже используются чувствительные элементы, у которых меняются ЭДС или частота и фаза механического резонанса. Таким образом, для питания

датчиков требуется стабильное постоянное или переменное напряжение, поэтому для питания чувствительных элементов в составе микроконтроллера обязательно должны быть узлы питания.

Разнообразие чувствительных элементов преобразователей физических величин настолько широкое, что невозможно в пределах одного кристалла микроконтроллера выполнить все типы узлов питания датчиков.

Указанным требованиям по питанию чувствительных элементов наиболее полно отвечает набор микросхем, содержащий от двух до четырех базовых микроконтроллеров, со встроенными специализированными модулями (ориентированными на обработку сигналов первичных датчиков физических величин, с последующей линеаризацией и нормализацией показаний) и модулями передачи данных. Распределение функциональных узлов по набору микроконтроллеров должно позволять выполнять интеллектуальные датчики без дополнительных сложно функциональных (СФ) схем не менее чем в 80% случаев применения. Также в набор микросхем должны входить одна-две микросхемы для создания узлов питания датчиков с потребляемой мощностью до 1–2 Вт и напряжениями питания более 5 В.

К наиболее востребованным узлам питания датчиков относятся: узлы питания мостовых, полумостовых и одиночных резистивных преобразователей физических величин с токами потребления до 3–5 мА. Таких узлов может быть до трех-четырех (однотипных), а по структуре это программируемый стабилизатор напряжения или программируемый стабилизатор тока, в зависимости от типа применяемого чувствительного элемента. Также часто возникает потребность во внешнем буферном усилителе, который может входить в комплект микроконтроллера.

Таблица 2. Универсальные функциональные узлы микроконтроллера

| Наименование | Площадь, см ² | Мощность, мВт |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Центральное процессорное ядро | 0,4–0,7 | 100–150 |
| ОЗУ, до 16 Кбайт, флеш-память программ, до 64 Кбайт, EEPROM и/или OTP-память констант, до 2 Кбайт. Суммарно память может занимать до 30–35% кристалла | До 15 | – |
| АЦП 12 разрядов | 0,1–0,2 | 20–40 |
| ЦАП 12 разрядов с выходными узлами по току или напряжению | 0,1–0,2 | 20–80 |
| Программируемые усилители и генераторы токов | 0,1–0,4 | 20–80 |
| Генераторы частот, ФАПЧ и таймеры | до 1–2 | 1–40 |
| Последовательные интерфейсы | до 2 | 1–40 |
| Универсальные узлы (общая площадь и мощность) | до 22–25 | 100–500 |

Следующий по частоте применения – синусоидальный генератор переменного тока для питания индуктивных и/или емкостных чувствительных элементов. Нередко эти элементы требуют повышенного напряжения питания, которое можно получить с применением внешних усилителей.

Узлы предварительной обработки входных сигналов. Для подавления паразитных помех в цепи питания датчиков зачастую вводится модулирующий сигнал, позволяющий выделить полезный сигнал. Кроме того, при питании датчиков переменным током требуются узлы демодуляции входного сигнала.

Таким образом, существенное отличие микроконтроллера для датчиков – наличие специализированных узлов питания устройств определенного класса, что стимулирует появление специализированных микроконтроллеров.

Зарубежные производители, стремясь снизить стоимость микроконтроллера, выпускают целый ряд микросхем, которые различаются по объему памяти, количеству и виду последовательных каналов, другим сервисным характеристикам. Все это привело к широкой номенклатуре микроконтроллеров.

Фактически серия из двух-четырех микроконтроллеров позволит закрыть более 80% потребности в специализированных микроконтроллерах для интеллектуальных

датчиков в изделиях военной техники и снизить зависимость от зарубежных производителей. Поскольку жизненный цикл военной техники в три-четыре раза превышает жизненный цикл микросхем гражданской продукции, такое решение позволит снизить издержки на вынужденную модернизацию изделий, ведь микросхемы снимаются с производства до срока их морального устаревания. Примером может служить микросхема 512ПС8, которая за более чем 25 лет выпущена тиражом более 30 млн шт. Другими словами, это более чем удачная специализированная микросхема для использования в боеприпасах.

* * *

Достаточно консервативный рынок датчиков первичной информации не подчиняется закону Мура. Поколения некоторых устройств (например, датчики давления, положения и др.) меняются не чаще чем раз в 15–20 лет в силу неизменности базовых физических законов движения объектов управления. Выпуск на рынок специальной техники микроконтроллера с такими специализированными узлами, как узлы питания резистивных, емкостных и индуктивных датчиков, преобразователь время-код и других микросхем для обработки сигналов датчиков и передачи полученных данных по существующим на объектах линиям связи, позволит решить проблему импортозамещения в такой консервативной области, как датчики. ●

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1210 руб.

МИКРОСИСТЕМНЫЕ ДАТЧИКИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН: МОНОГРАФИЯ В ДВУХ ЧАСТЯХ

Вавилов В. Д., Тимошенко С. П., Тимошенко А. С.

В книге изложены современные принципы построения, методы расчета и проектирования микросистемных датчиков физических величин и измерительных систем на их основе. Приведены примеры разработок новых изделий.

Направления «Электроника и нанoeлектроника», «Радиотехника», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Информатика и вычислительная техника», «Конструирование и технология электронных средств» предназначены для студентов.

Также книга может быть полезной студентам смежных специальностей, аспирантам, инженерам и научным работникам, связанным с созданием первичных приборов информации на интегральных принципах.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. – 550 с.
ISBN 978-5-94836-498-8

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru