

Вопросы проектирования малопотребляющих интеллектуальных передатчиков

Трэйси ДЖОНСОН (Tracey JOHNSON)
Михал БРИХТА (Michal BRYCHTA)

Интеллектуальные передатчики промышленных систем с питанием от токовой петли, с аналоговым выходным сигналом 4–20 мА и интерфейсом HART (Highway Addressable Remote Transducer) получают все большее распространение. В то же время проектирование подобных приборов в рамках заданного бюджета энергопотребления может стать непростой задачей. В статье рассматривается пример малопотребляющей схемы интеллектуального передатчика (рис. 1) и возможные компромиссные решения, позволяющие сэкономить потребляемую мощность.

Современные приборы промышленной автоматики (интеллектуальные передатчики) — это интеллектуальные устройства на базе микропроцессоров, которые позволяют контролировать состояние переменных параметров технологических процессов (рис. 2). По мере того как все большая часть задач обработки переносится в точку измерения, интеллект, заложенный в этих устройствах, постоянно растет. Увеличение интеллектуальной начинки, расширение функциональных и диагностических возможностей усложняют проектирование систем, которые должны эффективно работать в рамках ограниченного бюджета питания, доступного от петли 4–20 мА.

Наиболее важным элементом любого передатчика является первичный датчик. Необходимо поддерживать его оптимальный рабочий режим, что позволяет получить наиболее точную оценку измеряемого параметра среды. Первичный переменный параметр зачастую зависит от вторичного, как, напри-

мер, в случае температурной компенсации датчика давления. В примере, показанном на рис. 3, датчик представляет собой резистивный мост с импедансом 5 Ом, возбуждаемый непрерывным напряжением 3,3 В. Таким образом, датчик потребляет 660 мкА от общего бюджета энергопитания системы.

Аналоговый микроконтроллер ADuCM360 содержит два интегрированных маломощных прецизионных измерительных усилителя с программируемым коэффициентом усиления. Архитектура этих усилителей оптимизирована для поддержания наименьшей возможной потребляемой мощности, и их каскады включаются только при необходимости обеспечения усиления. Это позволяет достичь наилучшего компромисса между показателями схемы и требованиями к энергопотреблению. В рассматриваемом примере первичный датчик может также работать с половинным значением напряжения возбуждения, выдавая сигнал вдвое меньшего уровня, а оптимальной работы схемы можно

достигнуть за счет удвоения коэффициента усиления (32 вместо 16).

Это позволит сократить ток возбуждения датчика на 330 мкА, но приведет к увеличению тока, потребляемого усилителем, на 60 мкА. Таким образом, суммарное сокращение тока составит 270 мкА. При анализе подобных компромиссных решений возникает необходимость рассмотреть дополнительные аспекты, включая отношение сигнал/шум датчика при воздействии внешних электромагнитных помех. Доступность полностью интегрированного программируемого решения упрощает задачу разработчика.

Два 24-разрядных АЦП осуществляют выборку усиленных сигналов первичного и вторичного датчиков и их преобразование в цифровой вид. В схеме, изображенной на рис. 3, преобразователи интегрированы в ADuCM360 и также оптимизированы для поддержания наименьшей потребляемой мощности при необходимых характеристиках качества сигнала.



Рис. 1. Внешний вид интеллектуальных передатчиков

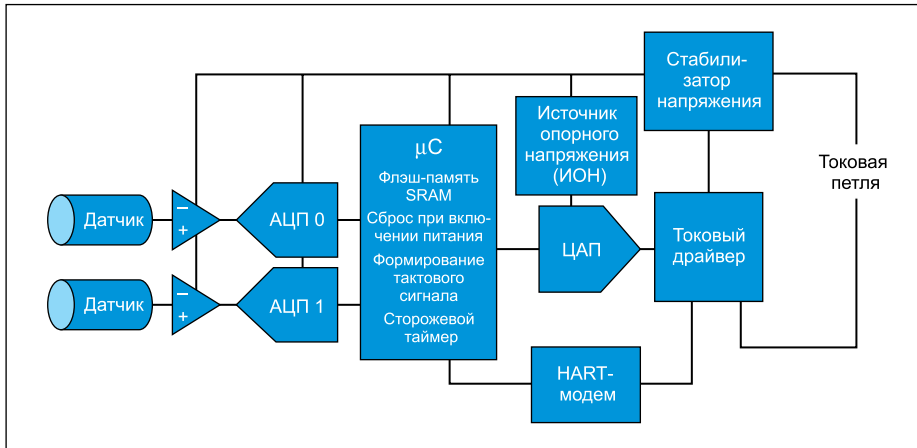


Рис. 2. Сигнальная цепочка интеллектуального передатчика

частое обновление выходного сигнала петли 4–20 мА происходит с интервалом 1 мс. Максимальная тактовая частота интерфейса SPI, поддерживаемая ADuCM360, равна 16 МГц, однако применение умеренно высокой частоты работы последовательного интерфейса 100 кГц с оптимальным выбором делителей тактовой частоты позволяет сэкономить примерно 30 мкА от общего потребляемого кристаллом тока.

Еще несколько миллиампер экономятся путем сокращения динамических токов, связанных с паразитной емкостью сигналов SPI в проводниках печатной платы и емкостями выводов компонента. Ядро Cortex-M3, входящее в состав ADuCM360, потребляет около 290 мкА/МГц. Оно имеет гибкие возможности внутреннего управления энергопотреблением, включая динамическое подключение питания и тактовых сигналов к внутренним блокам, которые позволяют добиться оптимального баланса между потребляемой мощностью и производительностью системы.

Выходной ток прибора промышленной автоматики в диапазоне 4–20 мА задается ЦАП, к выходу которого подключен токовый драйвер. В микросхеме AD5421 интегрированы 16-разрядный ЦАП, выходной каскад токового драйвера, а также прецизионный источник опорного напряжения. Кроме того, компонент имеет программируемую схему стабилизации напряжения для обеспечения собственного питания и питания остальных компонентов сигнальной цепочки передатчика от токовой петли. AD5421 содержит ряд интегрированных функций диагностики, которые могут конфигурироваться и контролироваться микроконтроллером. AD5421 также может работать в автономном режиме.

Несмотря на столь высокий уровень интеграции, AD5421 имеет максимальный потре-

Сигма-дельта архитектура обладает повышенным уровнем разрешения, линейности и точности, а цифровой фильтр, который всегда входит в состав $\Sigma\Delta$ -АЦП, позволяет варьировать соотношение между требуемой шириной полосы сигнала и входным шумом. Входной шум преобразователя, в свою очередь, непосредственно влияет на достижимое разрешение. Зачастую требуемая для обеспечения 16-разрядного разрешения выходного сигнала разрядность АЦП, применяемых в приборах промышленной автоматики, превышает 16 бит.

Микроконтроллер используется для обработки входной информации, поступающей от всех датчиков прибора промышленной автоматики, и вычисления результирующих значений измеренных переменных параметров технологического процесса. Кроме того, он должен обеспечивать различные диагностические функции и поддерживать сложные интерфейсы связи. В данном примере

используется 32-разрядный RISC-процессор ARM Cortex-M3 с флэш-памятью объемом 128 кбайт, статической оперативной памятью (SRAM) объемом 8 кбайт и различными периферийными модулями, включая схему сброса при включении питания, схему формирования тактового сигнала, цифровые интерфейсы и ряд средств диагностики. Таким образом, микроконтроллер является сложным компонентом, который потребляет значительную мощность, и чем большее количество операций он способен выполнить в пересчете на каждый мВт, тем лучше.

Необходимость компромисса между быстродействием ядра микроконтроллера и потребляемым током очевидна. Менее очевидно то, что экономии потребляемой мощности можно добиться выбором меньшей частоты тактового сигнала для каждого цифрового периферийного модуля, например последовательных интерфейсов и таймеров. В рассматриваемом примере самое

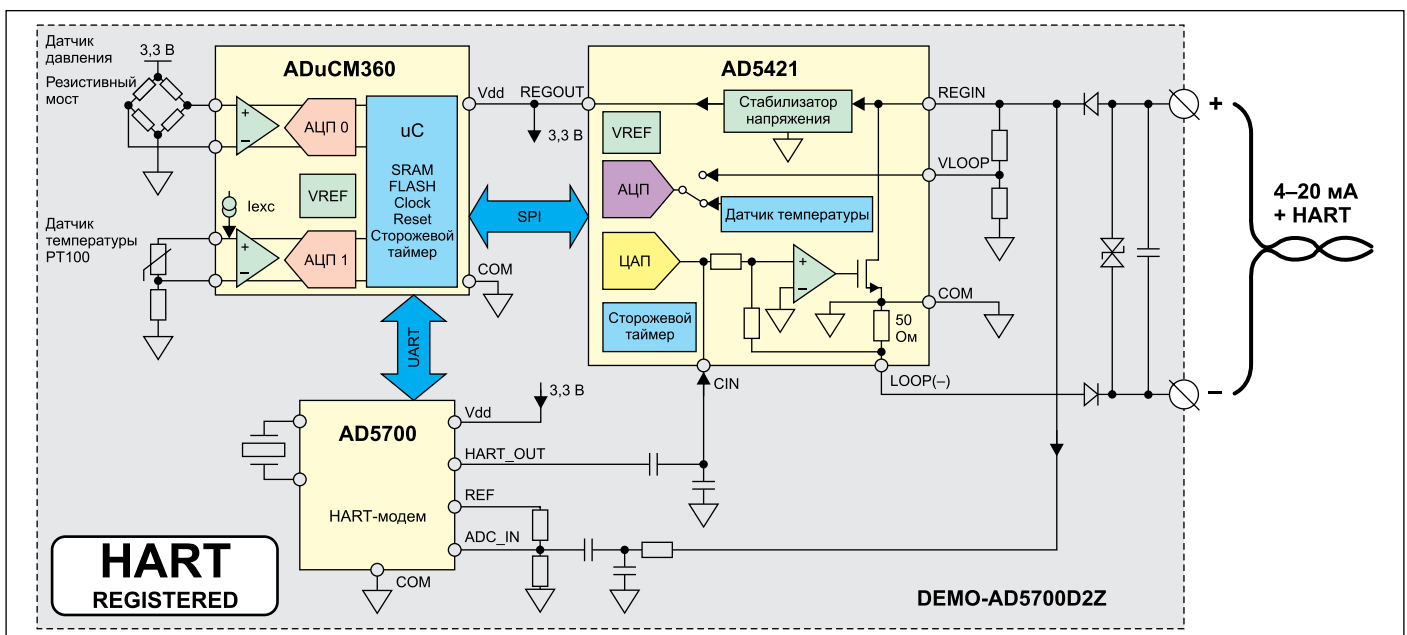


Рис. 3. Структурная схема прибора промышленной автоматики с интерфейсом HART

бляемый ток всего 300 мкА и погрешность без подстройки менее $\pm 0,05\%$ от полной шкалы в диапазоне рабочих температур. Это позволяет достичь максимальной точности представления передаваемых измерений без негативного влияния на потребляемую системой мощность.

И наконец, в дополнение к аналоговому выходному сигналу тока 4–20 мА в схеме имеется возможность цифровой связи с хост-процессором при помощи модема HART. Интерфейс HART позволяет реализовать функции, которые невозможны при использовании чисто аналоговой связи. Примеры таких функций — получение хост-процессором значений вторичных переменных параметров технологического процесса или диагностической информации, а также выполнение удаленных процедур калибровки. При проектировании модема HART важными вопросами являются низкое энергопотребление и малые размеры корпуса.

Благодаря типичным значениям потребляемого тока в режиме приема и передачи (124 и 86 мкА соответственно), модем HART AD5700 не вносит существенного вклада в общий бюджет потребляемого тока измерительного прибора. Выходной сигнал модема HART модулирует выходной ток. Модем подключается к AD5421 через специальный вывод, соединенный с внутренним суммирующим узлом. Для отделения входного сигнала интерфейса HART от аналогового сигнала токовой петли используется простой пассивный RC-фильтр.

Этот фильтр играет роль первого каскада полосовой фильтрации для демодулятора HART и повышает устойчивость системы к электромагнитным помехам, которая очень важна в жестких рабочих условиях. Тактовый сигнал модема HART создает интегрированный на кристалле малопотребляющий генератор при помощи подключаемых к выводам XTAL внешнего кварцевого резонатора частотой 3,8664 МГц и двух заземленных конденсаторов номиналом 8,2 пФ. Такая конфигурация имеет наименьшую возможную потребляемую мощность.

В заключение следует отметить, что это решение обеспечивает не только низкое энергопотребление, но и высокое качество сигналов при минимальной занимаемой площади и поддержку интерфейса HART.

Высокий уровень интеграции ADuCM360 позволяет достичь большой свободы проектирования и сместить фокус от традиционных проектов на базе дискретных компонентов к оптимальному использованию каждого из интегрированных блоков в отдельно взятом кристалле. Разработчик системы может исследовать различные компромиссные решения даже на заключительных этапах проектирования, просто изменяя конфигурацию схемы в программе. Это позволяет сократить цикл проектирования, упростить модификацию схемы и регулировку ее характеристик без дорогостоящего и отнимающего время процесса проектирования новых ревизий печатной платы. ■