

Улучшение параметров сетей связи HART при помощи компактных, малопотребляющих конфигурируемых микросхем модемов

Необходимость измерения параметров, управления и связи с механизмами и техническим оборудованием актуальна с начала промышленной революции, и в настоящее время измерительные системы на основе датчиков и приводов становятся основой современных производственных предприятий. Для передачи данных и настроек управления по проводным линиям широкое распространение получили аналоговые сигналы тока в диапазоне 4–20 мА. В то же время в процессе своего развития измерительные системы превратились из прежних чисто аналоговых систем в современные «интеллектуальные» системы, для которых необходимы возможности связи, предоставляемые протоколами наподобие HART (Highway Addressable Remote Transducer). В основе этого протокола лежит базовый принцип, заключающийся в модуляции постоянного или низкочастотного тока независимыми высокочастотными сигналами, которые могут принимать два значения частоты (рис. 1). Этот метод передачи информации называется частотной манипуляцией (ЧМ).

Трейси ДЖОНСОН
(Tracey JOHNSON)
tracey.johnson@analog.com

В статье описывается реализация технологии связи по протоколу HART, даются некоторые примеры практического применения, обсуждается ряд продуктов, которые реализованы на основе современных технологий полупроводниковых интегрированных микросхем, а также, в качестве иллюстрации технологии, рассматривается полностью соответствующая протоколу HART интегральная микросхема (ИМС) модема (модулятор/демодулятор) AD5700 компании Analog Devices. Эта микросхема обладает самыми малыми габаритами, самым низким энергопотреблением и самым широким диапазоном напряжений питания среди доступных на сегодня продуктов.

Что такое протокол связи HART?

Основной вид связи, применяемый в аналоговых передатчиках промышленных систем, — это токовая петля с нормальным рабочим диапазоном от 4 до 20 мА, которая включает в себя передатчик, приемник и цепь питания. С ее помощью могут быть реализованы такие функции, как удаленная калибровка, выявление сбоев путем опроса и передача значений переменных параметров технологического процесса. Малопотребляющие передатчики и приемники должны потреблять минимальный ток — 4 мА или менее, в зависимости от запаса, необходимого для оповещения об отказе. Подобные интерфейсы токовой петли надежны, отказоустойчивы и обладают очень низкой чувствительностью к воздействию внешней среды при связи на больших расстояниях. Однако значительный недостаток интерфейса заключается в том, что одна петля позволяет передавать информацию

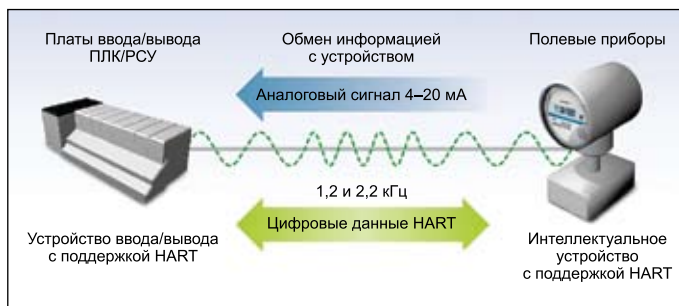


Рис. 1. Связь по протоколу HART

о значении только одного переменного параметра технологического процесса и только в одном направлении (от датчика или к приводу).

Введение стандарта HART позволило создавать интеллектуальные передатчики за счет добавления возможности цифровой связи по той же витой паре, которая используется для традиционных измерительных систем с интерфейсом токовой петли 4–20 мА. Аналоговый ток в диапазоне 4–20 мА модулируется сигналом ЧМ с полным размахом 1 мА, не нарушая исходный процесс передачи основной переменной технологического процесса и при этом обеспечивая достаточный запас для работы токовой петли. Протокол HART превратился во всемирный стандарт отправки и приема цифровой информации по аналоговым проводам между интеллектуальными устройствами и системой контроля или управления.

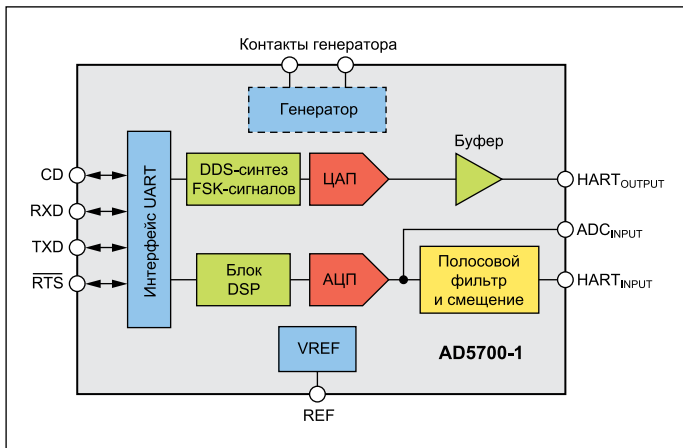


Рис. 2. Блок-схема AD5700-1

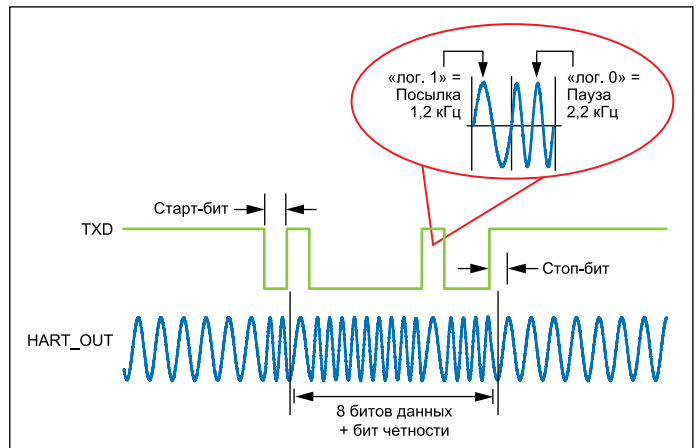


Рис. 3. Выходной сигнал модулятора AD5700/AD5700-1

Внутри ИМС модема HART

Внутри полнофункциональной ИМС модема HART AD5700-1 (рис. 2) интегрированы все необходимые функции формирования, фильтрации, модуляции, демодуляции и детектирования сигнала, что позволяет существенно сократить количество требуемых внешних компонентов. Эта ИМС, выпускаемая в компактном 24-выводном корпусе LFCSP с габаритами посадочного места 4×4 мм, работает от одного напряжения питания в диапазоне от 2 до 5,5 В и имеет расширенный рабочий температурный диапазон: от -40 до +125 °С.

Тракт передачи

На рис. 2 изображены основные блоки, участвующие в процессе модуляции: блок прямого цифрового синтеза (Direct Digital Synthesis, DDS) сигнала ЧМ, ЦАП на основе цепочки коммутируемых резисторов и буфер. Предназначенные для передачи цифровые данные поступают через порт UART. Модулятор активируется переводом сигнала RTS (запрос на передачу, Request To Send) в низкий логический уровень и выполняет преобразование потока битов в формате UART, поступающих на вход TXD, в двоичную последовательность тональных сигналов с частотой 1,2 кГц («лог. 1») и 2,2 кГц («лог. 0») (рис. 3). Синтезатор DDS формирует поток цифровых слов, соответствующих отсчетам синусоидального сигнала той или иной частоты, а ЦАП выполняет их преобразование в аналоговый синусоидальный сигнал с полным размахом напряжения 493 мВ. Этот синусоидальный сигнал подвергается внутренней буферизации и выдается на вывод HART_OUT. Сигналы, формируемые блоком DDS, имеют непрерывную фазу, то есть не содержат разрывов при переключении между частотами.

Главным достоинством внутренней буферизации сигнала, который подается на вывод HART_OUT, является высокая нагрузоч-

ная способность, позволяющая отказаться от внешних аналоговых буферов и избежать решения связанных с ними проблем при проектировании схемы. Сигнал с вывода HART_OUT, имеющий постоянное смещение 0,75 В, должен подаваться на нагрузку через емкостную связь. Более подробную информацию можно найти в техническом описании AD5700/AD5700-1.

Тракт приема

Когда сигнал RTS имеет высокий логический уровень, модулятор отключается и включается демодулятор, то есть модем находится в режиме приема. Приемник выполняет демодуляцию сигнала с ЧМ, поступающего на вывод HART_IN. В этом режиме задействованы внутренний полосовой фильтр, АЦП и блок цифровой обработки сигнала (DSP). Высокий логический уровень сигнала на линии CD (Carrier Detect, обнаружение несущей) сигнализирует о детектировании достоверного сигнала несущей. Демодулированные данные посылаются в хост-процессор через вывод RXD интерфейса UART.

Выбранная архитектура приемника делает AD5700 устойчивым к воздействию шумов и помех в промышленных средах с жесткими рабочими условиями. Комбинация аналоговой и цифровой фильтрации обеспечивает чувствительность и повышенную точность выходного сигнала на выводе RXD. Поток битов протокола HART передается стандартными кадрами UART, состоящими из стартового бита, восьми битов данных, одного бита проверки четности и стоп-бита. В режиме демодуляции модем может работать с двумя вариантами конфигурации фильтра: внутренний фильтр (сигнал HART прикладывается к выводу HART_IN) и внешний фильтр (отфильтрованный сигнал HART прикладывается непосредственно к выводу ADC_IP).

Режим внешнего фильтра позволяет использовать AD5700 во взрывобезопасном и искрозащищенном оборудовании.

Компонент содержит резистор номиналом 150 кОм на уровне, достаточно низком для соответствия требованиям к конструктивно безопасному оборудованию. Этот вариант рекомендован для работы в системах, в которых критически важна безопасность и модем должен быть изолирован от высокого напряжения петли. В данном случае вход будет обладать повышенной защитой от бросков напряжения, и поэтому применения дополнительных цепей защиты не потребуются, даже в промышленных средах с наиболее жесткими рабочими условиями.

Дополнительные блоки

Три оставшихся блока, изображенные на рис. 2, — это интерфейс UART, внутренний источник опорного напряжения и генератор. Сигналы RTS и TXD играют важную роль в процессе модуляции, а CD и RXD — в процессе демодуляции. AD5700 поддерживает работу с внешним опорным напряжением 2,5 В, которое можно использовать, только если напряжение питания AVDD больше 2,7 В. Выбор между внутренним или внешним опорными напряжениями определяется полярностью сигнала на выводе REF_SEL.

Разнообразие вариантов тактирования, поддерживаемых компонентом, позволяет реализовать простое, недорогое, конфигурируемое решение. AD5700 может работать с внешним кварцевым резонатором, керамическим резонатором или входным тактовым сигналом КМОП. AD5700-1 — это первая ИМС модема HART, которая содержит внутренний малопотребляющий генератор с погрешностью 0,5%, применение которого обеспечивает сокращение количества внешних схем и общей стоимости системы. Большое количество функций, интегрированных на кристалле, значительно упрощает проектирование систем, совместимых с протоколом HART, что позволяет создавать надежные, эффективные с экономической точки зрения и отказоустойчивые сетевые решения.

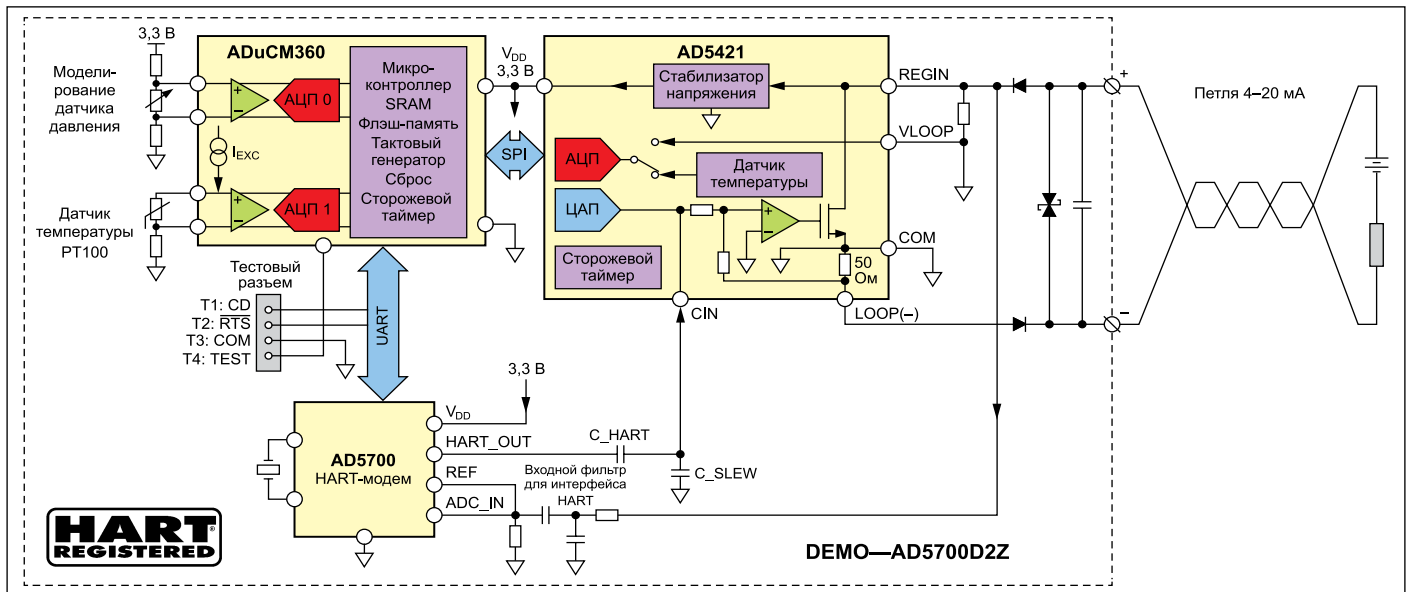


Рис. 4. Передатчик данных протокола HART с питанием от токовой петли на основе ЦАП AD5421 и модема HART AD5700

Пример системы с малым энергопотреблением

Малая потребляемая мощность имеет большое значение, поскольку все схемы, питаемые токовой петлей, должны потреблять суммарный ток менее 3,5 мА. Пример применения интерфейса связи HART в токовой петле изображен на рис. 4. Этот рисунок соответствует архитектуре оценочной платы AD5700, которая демонстрирует схему передатчика с питанием от токовой петли для двух совместно используемых каналов, измеряющих давление («лог. 0») и температуру («лог. 1»). Модем HART AD5700 в ней работает совместно с 16-разрядным, питаемым от токовой петли АЦП AD5421 с последовательным входом и выходным током 4–20 мА и микроконтроллером ADuCM360.

Эта схема была испытана на соответствие требованиям и зарегистрирована как одобренное решение для протокола HART организацией HART Communication Foundation. Подробная информация о регистрации продукта доступна на сайте www.hartcomm.org.

Наиболее важным ограничением в подобных системах с питанием от токовой петли

4–20 мА является то, что вся схема целиком должна потреблять менее 3,5 мА (разница между пороговым значением сигнала, равным 4 мА, и значением нижнего уровня тревоги будет составлять 0,5 мА). Именно из-за этого низкое энергопотребление AD5700 приобретает наибольшую важность. При таких уровнях важен каждый миллиампер, поскольку, если каждая ИС в проекте будет потреблять достаточно малый ток, вся схема не выйдет за рамки бюджета в 3,5 мА и будет функционировать должным образом. AD5700 имеет типичный потребляемый ток в режиме передачи и приема 124 и 86 мкА соответственно, а максимальные значения потребляемого тока составляют 140 и 115 мкА соответственно. Эти уровни достаточно малы и не вносят значительного вклада в общий бюджет потребления тока схемой.

Заключение

Помимо обладающей самым низким энергопотреблением в отрасли ИМС модема HART, компания Analog Devices также предлагает полный спектр компонентов, необходимых

для реализации схем с интерфейсом HART, включая микроконтроллеры, усилители, прецизионные источники опорного напряжения, ключи, АЦП и ЦАП с выходом тока.

При проектировании модема HART AD5700 специально была заложена возможность простого подключения к ЦАП AD5421, который использовался в рассмотренном выше примере интеллектуального передатчика с питанием от токовой петли, к 16-разрядному ЦАП с выходом напряжения и тока AD5422, представляющему интерес для разработчиков полевых измерительных приборов или плат аналогового ввода/вывода, а также к 16-разрядному четырехканальному ЦАП AD5755-1 с инновационной технологией динамического управления энергопотреблением, предназначенному для многоканальных систем.

Кроме того, компания Analog Devices предлагает легко сопрягаемые друг с другом компоненты для всей сигнальной цепочки. Их применение совместно с AD5700/AD5700-1 упрощает проектирование, повышает надежность и ускоряет внедрение отказоустойчивых систем, отвечающих требованиям протокола HART.