

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ – РЕШЕНИЯ ANALOG DEVICES

Системы управления на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК) широко используются в различных областях: от простых систем управления движением транспорта до сложных систем распределения электроэнергии, от устройств управления параметрами среды до нефтеперегонных комплексов. Эти системы развиваются: улучшаются их характеристики и средства диагностики, повышается уровень защиты и снижаются цены. Компания Analog Devices предлагает целый ряд компонентов, на основе которых можно построить как оценочные платы для разработки систем на основе ПЛК, так и сами промышленные системы управления.

## СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПЛК

Типичная система управления состоит из нескольких основных блоков (рис.1). Входной модуль измеряет некоторый параметр, например скорость потока или концентрацию газа. Эта информация обрабатывается центральным блоком управления, который через выходной модуль передает команды на исполнительное устройство, например механическую заслонку.

Рассмотрим пример промышленной подсистемы такого типа (рис.2). В ней датчик определяет концентрацию углекислого газа в зоне контроля. Выходной сигнал датчика, соответствующий концентрации газа, преобразуется в стандартный сигнал 4–20 мА (табл.1). Различные величины тока за пределами диапазона 4–20 мА могут служить для передачи диагностической информации. Сигнал 4–20 мА передается по токовой петле на центральный управляющий блок.

Управляющий блок состоит из входной части, которая получает и обрабатывает сигнал 4–20 мА от датчика, центрального процессора и выходного блока, который управляет исполнительным устройством. Токовая петля 4–20 мА может работать с нагрузкой большой емкости – в некоторых промышленных системах это могут быть сотни метров провода. В рассматриваемом упрощенном примере показан одиночный датчик с выходом 4–20 мА, подключенный к единственному входу модуля управления, который имеет один выход 1–10 В. В большинстве случаев



К.Слаттери, Д.Хартман, Л.Ки  
Перевод: Алексей Власенко  
(alexey.vlasenko@analog.com.ru)

модули являются многоканальными и позволяют конфигурировать диапазоны входных и выходных сигналов.

Разрешающая способность аналоговых входов и выходов обычно составляет от 12 до 16 разрядов, а точность – порядка 0,1% во всем температурном диапазоне, характерном для промышленных применений. Диапазон входных сигналов варьируется от ±10 мВ для мостового тензодатчика до ±10 В для электромеханического исполнительного механизма, либо это может быть ток 4–20 мА. Выходные сигналы находятся в диапазонах ±5 В, ±10 В, 0–5 В, 0–10 В, 4–20 мА или 0–20 мА. Время установления сигнала на выходе цифроаналогового преобразователя может составлять от 10 мкс до 10 мс, в зависимости от области применения и типа нагрузки.

## КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ

Компания Analog Devices предлагает набор компонентов для систем на основе ПЛК, который включает все блоки, необходимые, чтобы спроектировать законченную конструкцию. Далее рассматривается пример архитектуры оценочной платы для разработки системы управления, однако те же компоненты в похожих конфигурациях можно задействовать в реальных промышленных системах.

**Выходной модуль.** Параметры выходного модуля должны соответствовать ряду требований (табл.2). Так как точность системы в основном определяется измерительным каналом (АЦП), то от управляющего канала (ЦАП) требуется лишь достаточно высокая разрешающая способность. Для систем высокого класса необходима разрешающая способность 16 разрядов. Это тре-

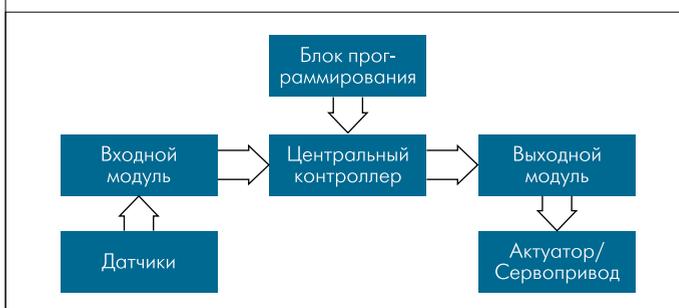
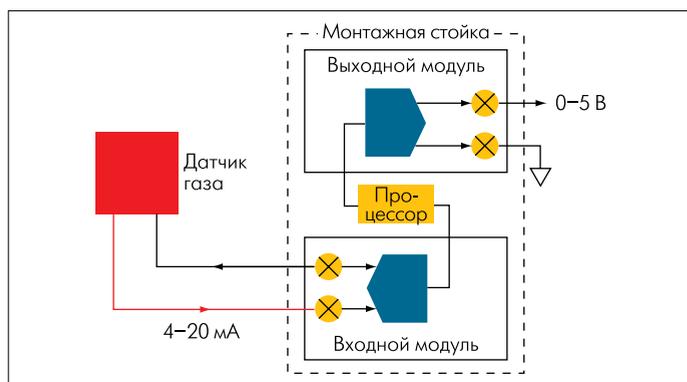


Рис. 1. Блок-схема типичной системы на основе ПЛК



**Рис.2. Датчик газа**

**Таблица 1. Выходной сигнал датчика**

Ток, мА	Статус
0,0	Сбой
0,8	Устройство в процессе запуска
1,2	Сбой, связанный с уходом нуля
1,6	Сбой при калибровке
2,0	Калибровка диапазона
2,2	Калибровка нуля
4-20	Нормальный режим измерения
4,0	Нулевой уровень концентрации газа
5,6	10% от полной шкалы
8,0	25% от полной шкалы
12	50% от полной шкалы
16	75% от полной шкалы
20	Концентрация соответствует полной шкале
>20	Превышено максимальное значение

бование легко удовлетворяется за счет использования стандартных цифроаналоговых преобразователей.

Точность после калибровки в 0,05% при 25°C легко достигается путем подстройки. Современные 16-разрядные ЦАП, такие как AD5066, обеспечивают погрешность смещения 0,05 мВ и погрешность усиления 0,01% при температуре 25°C. Во многих случаях это избавляет от необходимости калибровки. Итоговая точность в 0,15%, как правило, вполне достижима. Правда, в широком диапазоне температур, характерном для промышленных применений, она может ухудшиться до 0,18%.

Выходные модули могут иметь токовые выходы, выходы напряжения или их сочетания. В классическом решении для реализации петли 4–20 мА используют дискретные компоненты (рис.3). 16-разрядный преобразователь AD5660 семейства NanoDAC обеспечивает выходной сигнал в пределах 0–5 В. Это напряжение определяет ток через резистор RS и, следовательно, через R1. Этот ток "отражается" в виде тока через R2:

$$I_{R2} = (V_{\text{ЦАП}}/R_S) \cdot R_1/R_2.$$

Если выбрать RS = 15 кОм, R1 = 3 кОм, R2 = 50 Ом и использовать ЦАП с 5-вольтовым выходом, то ток через R2 составит 20 мА.

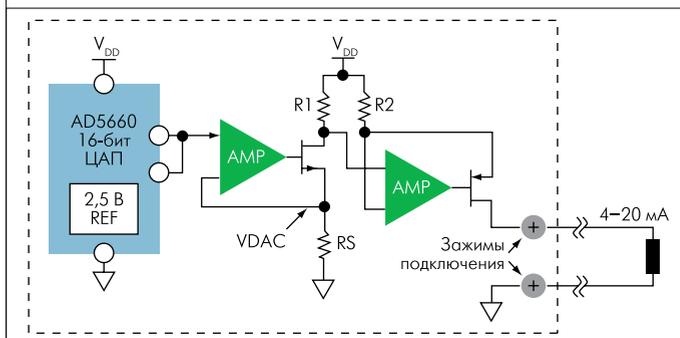
Дискретная схема обладает многими недостатками: большое число компонентов приводит к усложнению системы, увеличению размеров платы и росту стоимости. Расчет итоговой погрешности сложен, разные компоненты вносят свою долю погрешности. Эта схема не гарантирует, что короткое замыкание будет обнаружено, и не обеспечивает защиту от него, а также не позволяет диагностировать причину сбоя. В ней отсутствует выход напряжения, который зачастую необходим. Добавление этих функций влечет за собой еще большее усложнение схемы и увеличение числа компонентов. Более удачное решение – интеграция всех требуемых компонентов в одной микросхеме. Такими микросхемами являются AD5412 и AD5422 – недорогие, прецизионные цифроаналоговые преобразователи – 12-разрядный и 16-разрядный соответственно. Они позволяют реализовать схему с программируемыми выходами тока или напряжения и предназначены для промышленных систем управления.

Выходные диапазоны тока в AD5412 и AD5422 программируются и могут принимать значения 4–20 мА, 0–20 мА и 0–24 мА. Выход напряжения также может быть сконфигурирован для работы в диапазонах 0–5 В, 0–10 В, ±5 В или ±10 В с запасом в 10% за пределами диапазонов. Аналоговый выход имеет защиту от короткого замыкания. Это очень важно, если имеет место неправильное подключение, например, если пользователь подключит выход к земле вместо нагрузки. В AD5422, кроме того, есть схема обнаружения обрыва, которая срабатывает при отключении выхода от нагрузки. В этом случае специальный сигнал передает на микроконтроллер информацию о сбое.

Выходной модуль системы на основе ПЛК, в котором используется ЦАП AD5422, включает несколько блоков (рис.4). Изолятор для гальванической развязки цифрового сигнала ADuM1401, со-

**Таблица 2. Характеристики выходного модуля**

Параметр/свойство	Требования
Разрешающая способность	16 разрядов
Точность калибровки	0,05%
Итоговая погрешность	0,15%
Обнаружение обрыва цепи	Да
Обнаружение замыкания цепи	Да
Защита от короткого замыкания	Да
Гальваническая развязка	Да



**Рис.3. Реализация токового выхода 4–20 мА на дискретных элементах**

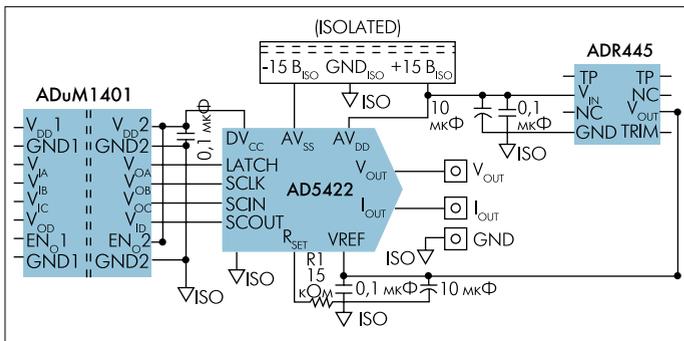


Рис.4. Схема выходного модуля

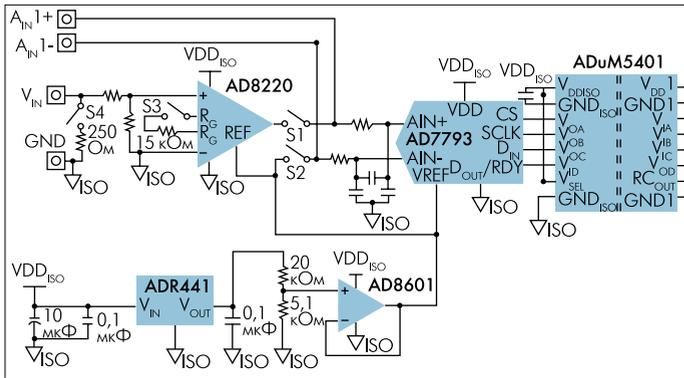


Рис.5. Схема входного модуля

зданный на базе технологии iCoupler, обеспечивает достаточную изоляцию (на 2 кВ или выше) между микроконтроллером и удаленными нагрузками. Три канала изолятора ADuM1401 (вход данных SDIN, тактирование SCLK и фиксация данных LATCH) работают в направлении преобразователя, четвертый канал (SDOUT) –

в направлении от ЦАП к контроллеру. Эта схема обеспечивает гальваническую развязку при считывании данных с преобразователя. Имеются также более новые микросхемы для изоляции: ADuM3401 и другие представители этого семейства надежнее защищают от электростатического разряда.

Микросхема AD5422 обеспечивает питание цифровой части (DVCC), которое может быть подано на "внешнюю" сторону изолятора ADuM1401. Это позволяет обойтись без схем передачи напряжения питания через изолирующий барьер. В AD5422 имеется внутренний резистор-датчик тока, но если нужен малый температурный дрейф, то лучше использовать внешний резистор (R1). Так как резистор-датчик тока контролирует выходной ток, то дрейф его сопротивления может повлиять на выходной сигнал. Типичный температурный дрейф внутреннего резистора составляет порядка 10–20 ppm/°C, что может добавить погрешность величиной 0,12% при изменении температуры в пределах 60°C. Внешний же резистор имеет температурный дрейф 2 ppm/°C и обеспечивает погрешность не хуже 0,016%.

В AD5422 имеется внутренний источник опорного напряжения (ИОН) с дрейфом 10 ppm/°C (макс.), который может служить в качестве ИОН для всех четырех каналов платы. Можно также использовать внешний ИОН ADR445, обладающий низким шумом, точностью 0,04% и дрейфом 3 ppm/°C.

**Входной модуль.** Входной модуль системы для ПЛК (рис.5) состоит из нескольких блоков. AD7793 – трехканальный 24-разрядный сигма-дельта АЦП. Он сконфигурирован так, чтобы принимать как большие входные сигналы (4–20 мА, ±10 В), так и слабые сигналы непосредственно с датчиков.

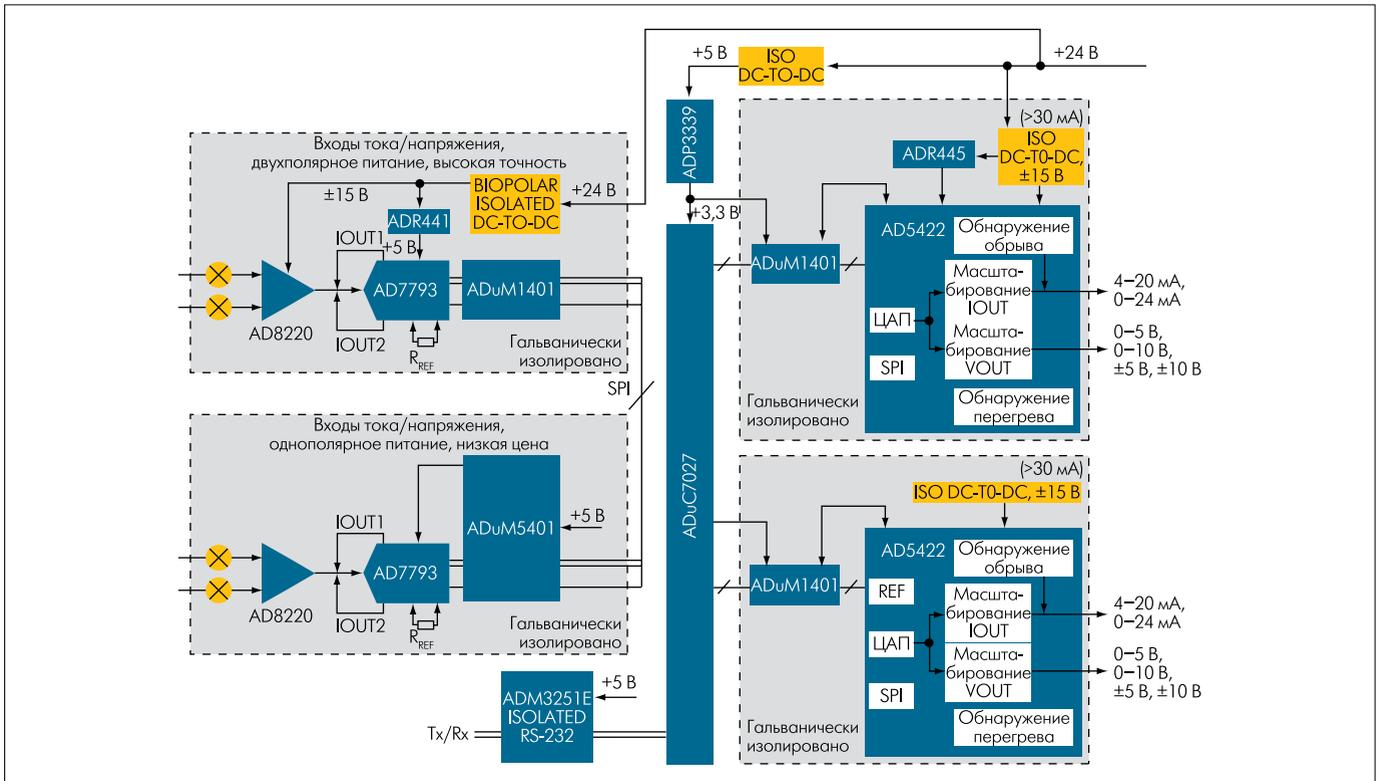


Рис.6. Система в целом



Каждый входной канал модуля имеет два блока. Один вход позволяет подключиться непосредственно к AD7793. Пользователь может запрограммировать внутренний усилитель с программируемым коэффициентом усиления на усиление до 128. Другой вход обеспечивает подключение через инструментальный усилитель AD8220. В этом случае входной сигнал ослабляется или усиливается, а его уровень сдвигается, так чтобы можно было подключиться к АЦП в однополярном режиме. Кроме этого AD8220 обеспечивает хорошее подавление синфазного сигнала.

АЦП AD7793 потребляет не более 500 мкА, а усилитель AD8220 – не более 750 мкА.

Для измерения тока 4–20 мА можно включить в цепь прецизионный резистор S4 с малым дрейфом. В данной схеме его сопротивление составляет 250 Ом, но могут быть использованы и другие величины; главное, чтобы напряжение сигнала на входе AD8220 оставалось в допустимых пределах. При измерении напряжения S4 остается отключенным.

В большинстве случаев требуется изоляция входного модуля. В рассматриваемой системе используется четырехканальный изолятор цифрового сигнала ADuM5401. В нем есть канал питания, который создан по технологии isoPower и представляет собой DC/DC-преобразователь с гальванической развязкой. Напряжение изоляции составляет 2,5 кВ

(среднеквадратичное значение). Помимо четырех каналов для передачи сигнала в ADuM5401 имеется DC/DC-преобразователь, дающий напряжение 5 В при мощности 500 мВт для питания аналоговых схем входного модуля.

**Система в целом** (рис.6). Главным контроллером системы является прецизионный аналоговый микроконтроллер ADuC7027. 32-разрядное ядро ARM7TDMI обеспечивает удобство работы с 24-разрядными АЦП. В ADuC7027 имеется 16 Кбайт встроенной флеш-памяти. Кроме того, можно подключить до 512 Кбайт внешней памяти. Стабилизатор ADP3339 обеспечивает стабильное питание для микроконтроллера.

Связь между платой системы и персональным компьютером происходит через ADM3251E – интерфейс RS-232 с гальванической развязкой. В микросхеме ADM3251E также имеется DC/DC-преобразователь типа isoPower, который позволяет обойтись без отдельного DC/DC-преобразователя. Это идеально в условиях сильных помех или если кабель RS-232 часто отсоединяется и подключается обратно. Выводы Rx и Tx интерфейса RS-232 защищены от электростатических разрядов до  $\pm 15$  кВ.

Таким образом, на основе элементной базы компании Analog Devices можно создавать промышленные системы управления на основе ПЛК, отвечающие самым современным требованиям. ○