

Валерий Жижин (г. Москва)

ЗНАТЬ О ПОЛОЖЕНИИ КЛАПАНОВ: СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ С ОПТРОНОВ HONEYWELL



Опрос удаленных датчиков положения в условиях производственных помех — одна из важных задач промышленной автоматизации. Автор статьи описывает собственный опыт практической реализации такой системы. В основе — щелевые оптроны HOA1874-012 компании Honeywell и управляющий микроконтроллер MSP430F2132 компании Texas Instruments, а также вспомогательная элементная база от Texas Instruments и Maxim.

В промышленной автоматике часто возникает необходимость опроса групп удаленных датчиков, в которые затруднительно интегрировать микроэлектронные устройства нормализации и передачи сигнала. В основном это обусловлено тремя факторами: во-первых — функционированием технологического оборудования в агрессивной среде; во-вторых — превышением соответствующих диапазонов рабочих характеристик элементной базы системы сбора и обработки информации (интервалы температур, давления, вибрационных нагрузок) при эксплуатации; в-третьих — тенденцией к значительному снижению массогабаритных характеристик технологических установок.

В статье рассматривается реализация системы сбора данных с удаленных оптических датчиков положения штока электромагнитного клапана. К системе были предъявлены следующие основные требования:

- Рабочий температурный диапазон $-55...105^{\circ}\text{C}$;
- Допустимый уровень вибраций $\pm 2\text{g}$;
- Рабочая среда — метан (газ), давление 16 атм.;
- Максимальная частота переключения датчиков 1 Гц;
- Удаление клапана от блока управления до 500 м.

Кроме того, требовалось обеспечить помехозащищенность системы в условиях значительных электромагнитных помех в широком спектре частот (до 100 кГц), создаваемых импульсными токами управления (5...10 А) и индуктивными электромагнитными выбросами при срабатывании клапанов.

Таким образом, становится понятно, что обеспечить правильную работу

стандартного устройства нормализации и передачи сигналов датчиков положения непосредственно в клапане крайне затруднительно. Поэтому было принято решение в модуле датчиков оставить только пару оптронов, включенных по мостовой схеме, и цепи стабилизации, а всю «тяжесть» обработки перенести на приемный модуль.

Схемотехника и алгоритм работы устройства

Принципиальная схема системы сбора данных представлена на рис. 1.

Система включает в себя модуль датчиков положения, размещенный непосредственно на объекте, и модуль регистрации. Модуль регистрации управляется и получает электропитание от внешнего промышленного контроллера.

Сенсорный модуль состоит из двух щелевых оптронов HOA1874-012 (Honeywell) с токозадающими и подтягивающими резисторами. Коммутация оптронов осуществляется шторкой со светопропускающим отверстием, которая механически связана с перемещающимся штоком клапана. Важнейшей характеристикой оптрона является коэффициент передачи по току (КПТ) — отношение выходного тока коллектора фототранзистора к входному току через светодиод. Типичный ток светодиода составляет 10...20 мА, и при КПТ щелевого переключателя порядка 0,1 выходной ток фототранзистора составляет 1...2 мА.

КПТ зависит от характеристик светодиода и фототранзистора, поэтому номинал коллекторного резистора должен гарантировать насыщение фототранзистора и ток, достаточный для получения амплитуд логических уровней при подключении датчика к микроконтроллеру.

При токе через светодиод 15 мА коллекторный ток имеет значение 1,5 мА. Фототранзистор при этом открыт, и падение напряжения на нем имеет значение порядка 1 В. Противоположный оптрон находится в закрытом состоянии, и дифференциальное выходное напряжение по модулю составляет 3,2 В. Знак выходного сигнала показывает, какой из оптронов (верхнего или нижнего положения) открыт в настоящее время. В оптических датчиках положения подобного вида целесообразно применять оптроны именно щелевого типа, поскольку КПТ отражательных оптронов сильно зависит от свойств отражающей поверхности и расстояния до нее, что ведет к разбросу величин выходного напряжения на коллекторе фототранзистора. Кроме того, датчики рефлекторного типа в большей степени подвержены механическим воздействиям. При возникновении вибрации в момент остановки штока в положении, соответствующем краю отражающей полосы, оптический датчик непрерывно генерирует прерывания. Для устранения этой коллизии в программе должен быть предусмотрен таймер, измеряющий время между соседними прерываниями, и при его несогласовании прерывания игнорируются.

Дифференциальная линия подключается к приемнику интерфейса RS-485, в качестве которого выступает микросхема MAX3283E — ресивер RS-485 производства компании Maxim [1]. Предварительные эксперименты с реальной длинной линией (свыше 500 м) показали, что суммарные омические потери составляют не более 1 В. При выходном дифференциальном сигнале с оптронов порядка 3 В это позволяет уверенно регистрировать их состояние, поскольку порог обнаружения MAX3283E составляет ± 200 мВ при входном дифференциальном сопротивлении приемника 12 кОм. Ресивер MAX3283E имеет встроенные цепи электростатической защиты на напряжение ± 15 кВ. Логический выход приемника через согласующий с логическими уровнями микроконтроллера резистивный делитель подключается к порту МК. Дифференциальный вход ресивера RS-485 под-

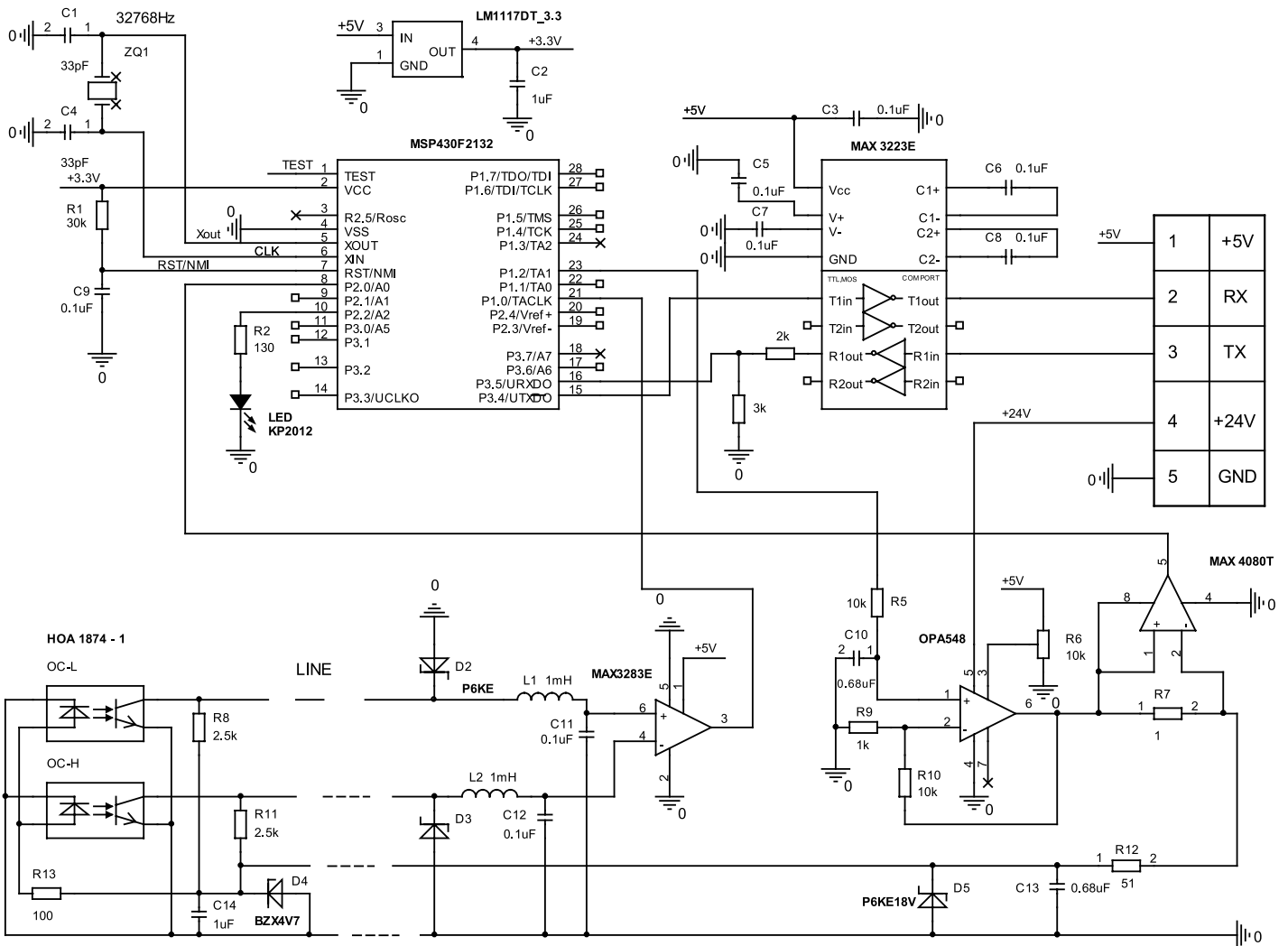


Рис. 1. Принципиальная схема системы сбора данных

ключен к линии через пассивные НЧ-фильтры и симметричные защитные диоды **P6KE5V6** с целью подавления кондуктивных электромагнитных помех и импульсных наводок, присутствующих в производственном помещении. Аналогичный фильтр и защитный диод с напряжением отпирания ± 18 В устанавливается и в цепи питания модуля датчиков с целью защиты оптронов, операционного усилителя источника тока и токового сенсора. Дополнительное назначение фильтров – подавление значимого дребезга сигнала с оптронов, вызванного возможным вибрационным воздействием на шторку при работе технологического оборудования.

Для помехоустойчивой работы сенсорного модуля должен поддерживаться необходимый ток I (величиной порядка 40 мА) независимо от резистивных потерь в линии: $I = 2 \cdot I_{сд} + I_c + I_{ст}$, где $I_{сд}$ – ток через светодиоды, 15 мА; I_c – ток коллектора фототранзистора, 1,5 мА; $I_{ст}$ – ток стабилитрона, 5 мА.

Этот ток вырабатывается источником на базе ОУ **OPA548** (Texas Instruments) [2], который управляется ШИМ-сигналом с выхода таймера МК. Этот операционный усилитель об-

ладает великолепными характеристиками: нагрузочная способность по выходу до 3 А, напряжение источника питания 8...60 В, скорость нарастания выходного напряжения составляет 10 В/мкс при полосе единичного усиления 1 МГц. Необходимый ток питания сенсорного модуля контролируется токовым сенсором **MAX4080S**, последовательно включенным с выходом **OPA548**.

MAX4080S – интегральный униполярный токовый датчик прямого измерения, обладающий высокой чувствительностью (порядка 1 мА) и линейностью, что делает его практически незаменимым в системах измерения малых токов. Нелинейность передаточной характеристики датчика составляет не более 1,5% во всем диапазоне измерений.

Алгоритм работы схемы питания определяется следующим выражением: $U_0 = I \cdot (R_l + R_z) + U_{ст}$, где U_0 , I – напряжение и ток, выдаваемые в линию; $U_{ст}$ – напряжение питания сенсорного модуля, определяемое напряжением стабилизации стабилитрона; R_l – сопротивление активных потерь в линии; R_z – сопротивление защитного резистора.

При подаче питания на модуль регистрации токовый сенсор **MAX4080S**

с помощью шунта $R_7 = 1$ Ом измеряет ток в линии в данный момент, выходной сигнал поступает на вход АЦП МК. На основе полученного значения ПО микроконтроллера изменяет значение регистра **CCR1** таймера А, тем самым изменяя и скважность импульсного сигнала, поступающего на интегратор **R5C10** на входе источника тока. При этом изменяется выходное напряжение U_0 . После нескольких циклов на выходе ОУ формируется постоянное напряжение, соответствующее току 40 мА, и схема формирования тока переходит в режим слежения. Частота следования импульсов составляет 1 кГц при минимальной длительности 1 мкс. Время установления тока зависит от постоянной времени интегратора **R5C10**, равной 5 мс, что учитывается необходимой задержкой (25 мс) в алгоритме измерения. Передаточная характеристика токового сенсора определяется выражением: $U_v = I \cdot R_7 \cdot A_v$, где I – ток через токовый шунт R_7 ; A_v – фиксированный коэффициент усиления, равный 60.

Диапазон измеряемого тока у **MAX4080S** составляет 0...100 мА. При этом выходной сигнал изменяется в диапазоне 0...6 В.

В качестве примера приведем расчет U_0 для линии длиной 500 м с погонным активным сопротивлением 0,2 Ом/м. Напряжение питания сенсорного модуля выберем 4,7 В. При требуемом токе 40 мА и величине защитного резистора $R_{12} = 51$ Ом U_0 составит около 15 В. Внешние напряжения питания +24 и +5 В обеспечиваются управляющим клапаном промышленного контроллера.

Управление питанием сенсорного модуля и считывание показаний целевых оптронов осуществляется в подпрограмме обработки прерывания.

Считанные данные передаются в промышленный контроллер по интерфейсу RS-232. В микроконтроллере **MSP430F2132** имеется универсальный последовательный коммуникационный интерфейс (USCI). Для реализации протокола RS-232 модуль USCI должен быть сконфигурирован в режим UART и подключен к приемопередатчику RS-232 **MAX3223E**. Особенности архитектуры и программирования микроконтроллеров линейки **MSP430x2xxx** подробно изложены в работе [3].

Прерывания генерируются сторожевым таймером WDTW, который сконфигурирован в режим интервального таймера, тактируемого от внешнего кварцевого генератора 32,768 кГц. Интервал между прерываниями составляет 0,5 с. Остальное время микроконтроллер выполняет приложение, управляющее режимами работы электромагнитного клапана. При подаче питания на модуль регистрации период таймера устанавливается равным 1 мс, а длительность импульса 250 мкс. Такие временные характеристики обеспечивают наиболее быструю адаптацию к линии длиной порядка 500 м.

Алгоритм работы подпрограммы прерывания показан на рисунке 2.

При входе в подпрограмму происходит запрет прерываний от всех источников – сброс бита GIE в регистре статуса. При выходе из подпрограммы обработки прерываний содержимое этого регистра автоматически восстанавливается.

Наряду с выполнением функции управления электропитанием оптронов и регистрации их сигналов алгоритм предусматривает диагностику аварийной ситуации – короткого замыкания или обрыва линии электропитания сенсорного модуля. В этом случае промышленный контроллер снимает электропитание с модуля регистрации.

Заключение

1. Применение дифференциального метода регистрации состояний оптронов с частичным использованием протокола RS-485 позволило значительно повысить помехоустойчивость работы системы на длинной линии.

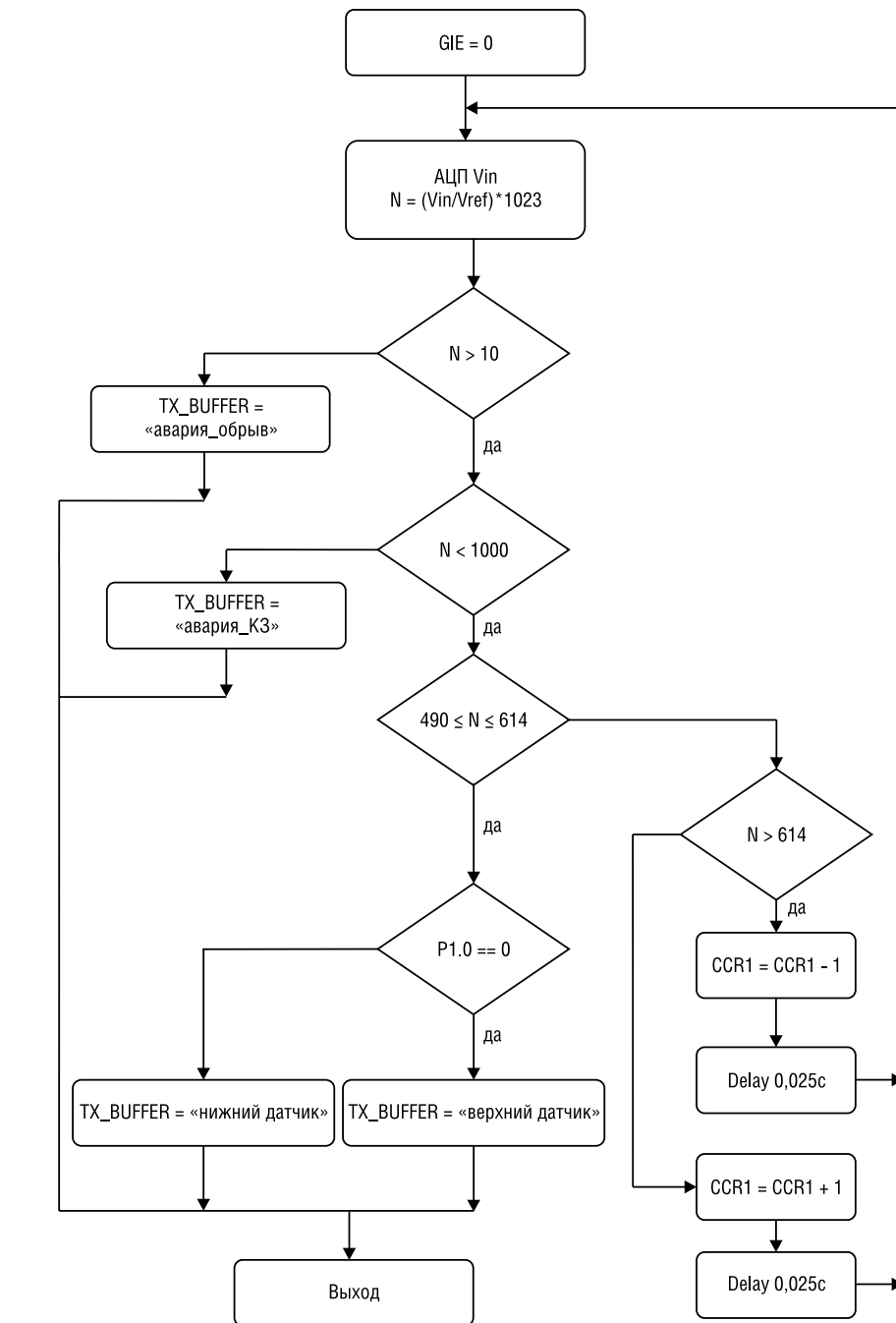


Рис. 2. Алгоритм работы подпрограммы прерывания

2. Питание сенсорного модуля с помощью управляемого источника тока позволило адаптировать систему к потерям на длинной линии и уменьшить разброс величин выходного сигнала со целевых оптронов.

3. Использование специализированной, но доступной элементной базы – микросхем ресивера RS-485 и датчика тока позволило значительно сократить сроки разработки модуля сбора данных с удаленных датчиков положения.

Представленный в данной статье датчик вместе с модулем сбора данных успешно прошел испытания на ряде промышленных объектов газодобывающей отрасли.

Все образцы элементной базы, использованной в данной разработке, до-

ступны для заказа на сайте компании КОМПЭЛ www.compel.ru.

Литература

1. Data Sheet компании Maxim Integrated Products.
2. Data Sheet компании Texas Instruments.
3. «Семейство микроконтроллеров MSP430x2xxx», Серия «Мировая электроника», Москва, Изд. дом «Додека – XXI», 2010г.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: sensors.vesti@compel.ru