

Аналоговая токовая петля — решения от компании Maxim

Анатолий АНДРУСЕВИЧ
anatoly.andrusevich@maxim-ic.com

Несмотря на широкое распространение цифровых проводных и беспроводных интерфейсов для передачи информации, все еще сохраняется интерес и к аналоговым каналам, наиболее распространенным из которых является всем известная токовая петля. Это касается, в первую очередь, традиционно консервативных систем промышленной автоматизации, сбора данных, различных датчиков. Фирма Maxim предлагает широкий ассортимент решений для реализации токовой петли, краткое описание и характеристики которых приведены в настоящей статье.

Аналоговый токовый выход

Типовая схема формирования аналоговой токовой петли представлена на рис. 1. Она состоит из цифро-аналогового преобразователя с источником опорного напряжения и выходного преобразователя напряжения-ток. Выходной преобразователь позволяет контролировать состояние выхода и генерирует сигнал аварии в случае обрыва петли.

Для реализации типовой схемы используем в качестве цифро-аналогового преобразователя микросхему из семейства MAX5134–MAX5139. Эта серия преобразователей состоит из одиночных, двойных и четверных 16- и 12-разрядных ЦАПов, которые полностью совместимы программно и имеют буферизированный Rail-to-Rail выход напряжения. Сдвоенные и четверные микросхемы совместимы и по цоколевке (табл. 1). Все микросхемы оснащены встроенным источником опорного напряжения и имеют гарантированную монотонность. Для подключения к микроконтроллеру используется высокоскоростной (до 30 МГц) SPI-/QSPI-/MICROWIRE-/DSP-совместимый интерфейс, кроме этого, имеется вход для асинхронного управления LDAC. Микросхема MAX15501 обеспечивает защищенный, программно конфигурируемый (с использованием последовательного интерфейса SPI) аналоговый выход. Диапазон

выходного тока может быть не только однополярным 0–20/4–20 мА, но и биполярным — до ± 24 мА. Также есть возможность реализации выхода одно- и биполярного напряжения с компенсацией сопротивления соединительных проводов и диапазонами 0–5 В, 0–10 В или до ± 12 В. Напряжение питания может быть в пределах $\pm (15–32,5)$ В.

Использование указанных микросхем позволяет легко изменять количество выходных каналов. Микросхемы ЦАПов MAX5134–MAX5139 и выходных формирователей MAX15501 позволяют объединять интерфейсы нескольких микросхем по схеме Daisy-Chain. Следует отметить, что и ЦАПы, и выходные формирователи допускают соединение в одну цепь (рис. 2).

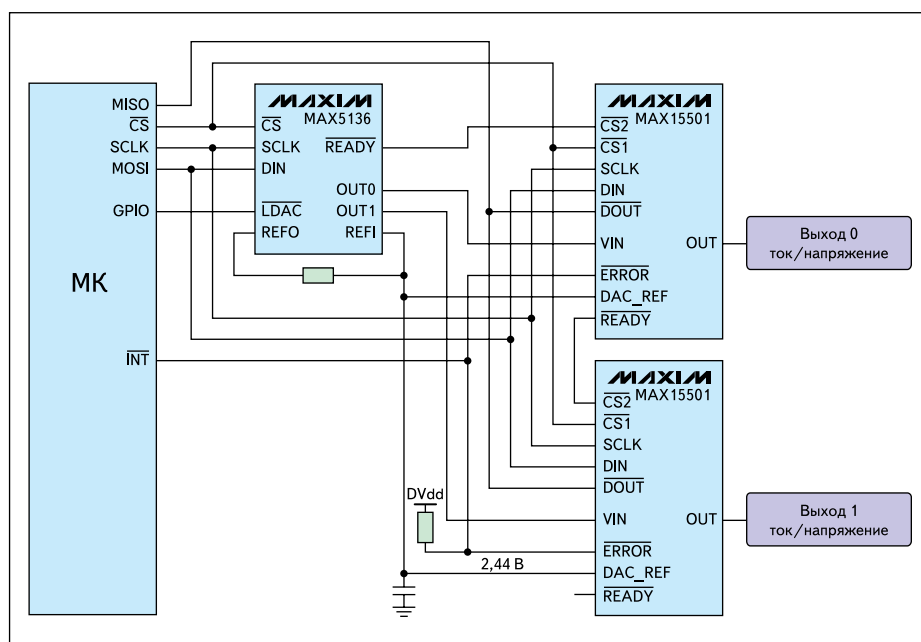


Рис. 2. Схема подключения MAX5136 и MAX15501 к микроконтроллеру.

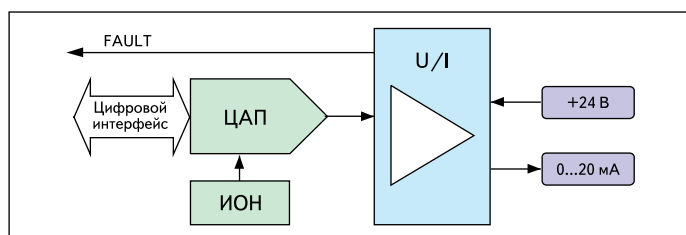


Рис. 1. Типовая схема формирования аналоговой токовой петли

Таблица 1. Основные характеристики микросхем MAX5134–MAX5139

ЦАП	Разрядность (количество каналов)	INL (LSB, макс.)	Напряжение питания (ток потребления, макс.)	Совместимость	Напряжение ИОНа (температурный дрейф, тип.)
MAX5134	16 (4)	± 6	+2,7–5,25 В (3,6 мА)	цоколевка/ программа	2,44 В (10 ppm/°C)
MAX5135	12 (4)	± 1	+2,7–5,25 В (2,3 мА)		
MAX5136	16 (2)	± 6	+2,7–5,25 В (2,3 мА)	программа	
MAX5137	12 (2)	± 1	+2,7–5,25 В (1,6 мА)		
MAX5138	16 (1)	± 6	+2,7–5,25 В (1,6 мА)		
MAX5139	12 (1)	± 1	+2,7–5,25 В (1,6 мА)		

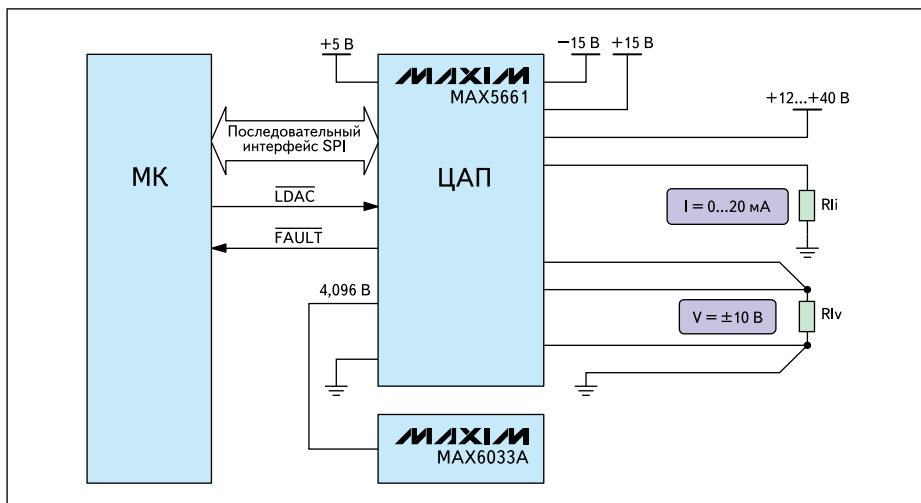


Рис. 3. Аналоговый интерфейс на базе специализированного ЦАПа MAX5661

При индивидуальной гальванической развязке или в случае одиночного аналогового выхода удобно использовать микросхему прецизионного специализированного 16-разрядного цифро-аналогового преобразователя MAX5661 (рис. 3). С ее помощью можно реализовать передачу тока 0–20/4–20 мА или напряжения (по схеме с компенсацией сопротивления соединительных проводов) с амплитудой до ± 10 В. ЦАП имеет гарантированную монотонность, что актуально для замкнутых регуляторов. Начальная ошибка нуля не превышает 0,1%, начальная ошибка всей шкалы не превышает 0,3%. Микросхема требует подключения внешнего источника опорного напряжения 4,096 В. Дело в том, что при работе ЦАПа температура кристалла может значительно изменяться. Это особенно проявляется при работе токовой петли с высоким напряжением питания (до 40 В) и малым сопротивлением нагрузки, поскольку регулирующий выходной транзис-

тор встроен в микросхему. Таким образом, располагая источник опорного напряжения вне основного кристалла, можно добиться более стабильной работы схемы. Управление осуществляется по высокоскоростному (до 10 МГц) SPI/QSPI/Microwire последовательному интерфейсу, с возможностью последовательного включения нескольких микросхем (Daisy Chaining). Как и у микросхем MAX5134–MAX5139, имеется вход для асинхронного управления LDAC.

Обе схемы имеют выход аварийного состояния с открытым стоком (ERROR на рис. 2 и FAULT на рис. 3), который можно объединить с аналогичными выходами других микросхем и подать на вход внешнего прерывания микроконтроллера. Информация об аварийном состоянии выходов доступна и по последовательному интерфейсу. Конфигурировать выходные каскады обеих схем можно программно и с помощью специальных входов, которые соединяются с «землей» или с напряжением питания.

Датчик с токовым выходом

Для реализации недорогого измерительного преобразователя с выходом 4–20 мА и с питанием от токовой петли удобно использовать операционные усилители. Однако для компенсации/регулировки сдвига нуля и коэффициента передачи в этом случае приходится использовать недостаточно надежные и нестабильные потенциометры. Использование АЦП, микроконтроллера и ЦАПа позволяет добиться высокой стабильности, но значительно повышает стоимость изделия. Уникальное сочетание аналоговой сигнальной цепи с цифровой подстройкой сдвига нуля, коэффициента передачи и компенсации температурного дрейфа реализовано в микросхеме MAX1452. Все коэффициенты хранятся во встроенной энергонезависимой памяти (табл. 2).

Микросхема оснащена усилителем с программируемым коэффициентом усиления и операционным усилителем. Типовая схема включения микросхемы MAX1452 приведена на рис. 4.

Микросхемы MAX1365 и MAX1367 позволяют реализовать прецизионный измерительный преобразователь с токовым выходом и цифровой светодиодной индикацией результатов измерения без использования

Таблица 2. Регистры микросхемы MAX1452, расположенные во встроенной энергонезависимой памяти

Регистр	Разрядность	Типовой диапазон
Сдвиг нуля	4 бит	± 63 мВ
Линейная температурная компенсация сдвига нуля	ЦАП 16 бит	0–2,5 В
Таблица (look-up table) для температурной компенсации сдвига нуля	ЦАП 16 бит 176 значений	0–5 В
Усиление	4 бит	39–234
Линейная температурная компенсация усиления	ЦАП 16 бит	0–2,5 В
Таблица (look-up table) для температурной компенсации усиления	ЦАП 16 бит 176 значений	0–5 В
Память пользователя	416 бит	–

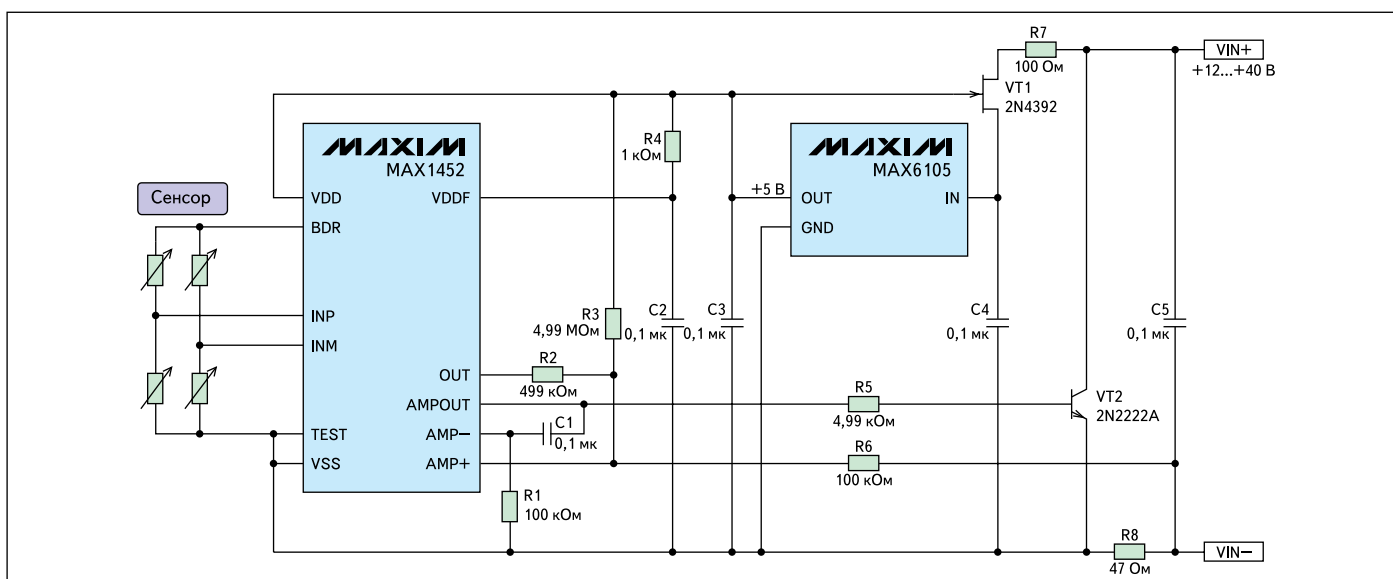


Рис. 4. Схема измерительного преобразователя с токовым выходом и питанием от токовой петли на основе MAX1452

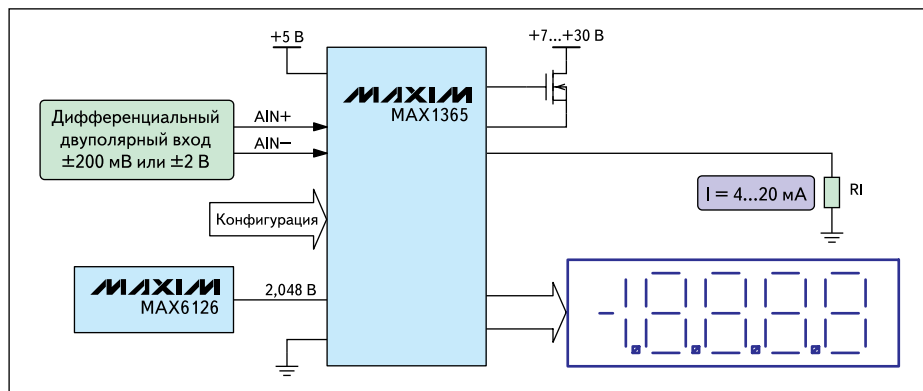


Рис. 5. Автономный измерительный преобразователь с цифровой индикацией и токовым выходом на базе MAX1365

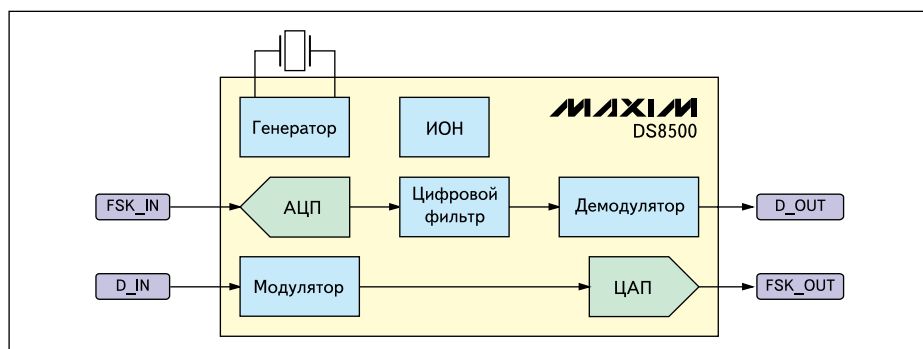


Рис. 6. HART-модем DS8500

микроконтроллера (рис. 5). Обе микросхемы оснащены 20-битным сигма-дельта АЦП со встроенным источником опорного напряжения и подавлением промышленной частоты 50 и 60 Гц более 100 дБ. Входной диапазон составляет ± 200 мВ, или ± 2 В. Вход дифференциальный и двуполярный при однополярном питании микросхемы. Имеется дифференциальный вход для подключения внешнего ИОНа АЦП. MAX1365 поддерживает индикацию до 4,5 разряда ($\pm 19\,999$), а MAX1367 — до 3,5 разряда (± 1999) семи-сегментного светодиодного индикатора с общим катодом и регулируемым током от 0 до 20 мА. 15-битный ЦАП с преобразователем напряжение–ток обеспечивает два вы-

ходных диапазона (4–20 или 0–16 мА) и допускают работу в диапазоне от 7 до 30 В.

HART

Дальнейшее развитие токовой петли, с сохранением совместимости с изделиями предыдущих поколений, пришло с реализацией цифровой передачи данных, для которой в настоящее время используется протокол связи HART (Highway Addressable Remote Transducer Field Communications Protocol) с применением передачи данных сдвигом частоты (FSK) по стандарту Bell 202 (www.hartcomm.org).

Для минимального влияния на токовую петлю и надежной передачи данных качест-

во синусоидального сигнала, генерируемого HART-модемом, должно быть высоким. Для формирования выходного сигнала, а также для фильтрации входного сигнала чаще всего используются операционные усилители с большим количеством прецизионных внешних компонентов. Кардинально упростить схему при сохранении высокого качества сигнала можно с помощью микросхемы DS8500, в которой для генерации/приема FSK-сигнала используются соответственно ЦАП/АЦП. Структурная схема ИМС HART-модема DS8500 приведена на рис. 6. Выходной ЦАП обеспечивает минимальный уровень искажений выходного синусоидального сигнала, а цифровая обработка входного FSK-сигнала — надежную передачу данных в условиях сильных помех. Микросхема питается от напряжения 2,7–3,6 В и потребляет не более 285 мкА, что позволяет использовать ее в измерительных преобразователях с питанием от токовой петли.

Заключение

Фирма Maxim предлагает широкий выбор микросхем для реализации токовой петли для передачи данных. Описание всех изделий выходит за рамки настоящей статьи. Ниже приводится перечень микросхем с кратким описанием, которые также можно использовать:

- MAX9943, MAX9944 — прецизионный операционный усилитель с выходным током 20 мА и напряжением питания до 38 В.
- MAX1664 — прецизионный интеллектуальный измерительный преобразователь со встроенным 16-битным микроконтроллером, энергонезависимой памятью, 16-битными АЦП/ЦАП и 12-битными ШИМ-выходами.
- MAX1366, MAX1368 — прецизионный измерительный преобразователь с токовым выходом и цифровой светодиодной индикацией для работы с микроконтроллером. За дополнительной информацией обращайтесь к официальным дистрибьюторам Maxim в России: www.maxim-ic.ru/contact. ■