

Цифровые изоляторы Silicon Labs

Ксения КОНДРАШОВА
xk@efo.ru

Цифровые изоляторы были впервые представлены на российском рынке более десяти лет назад и уже довольно прочно заняли свою нишу. В прошлом для организации гальванически разделенных каналов передачи цифровых сигналов использовались только оптроны, но с развитием полупроводниковых технологий появились решения с лучшими показателями по скорости передачи, стабильности работы, энергопотреблению и стоимости в пересчете на канал.

Сегодня уже нет смысла утомлять читателя сравнением оптрона и цифрового изолятора. Конечно, существует класс задач, где продолжает использоваться оптическая развязка, но большинство разработчиков для развязки цифровых сигналов обособленно предпочитает микросхемы цифровых изоляторов. Задача данной статьи — рассказать, как устроен цифровой изолятор и как выбрать нужную микросхему в ассортименте фирмы Silicon Labs.

Структура цифрового изолятора

Корпус цифрового изолятора производства Silicon Labs скрывает два кристалла (рис. 1), на базе которых реализуется от одного до шести изолированных каналов.

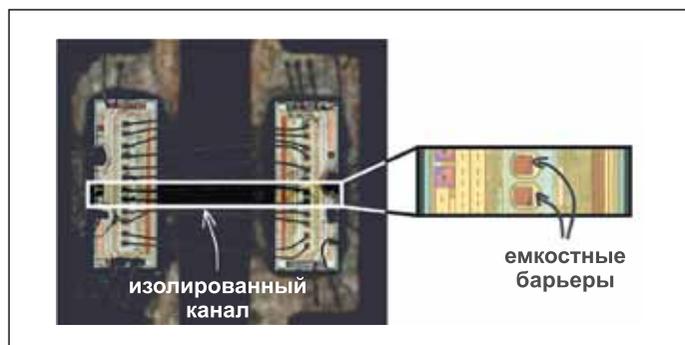


Рис. 1. «Внешний вид» кристаллов цифрового изолятора Silicon Labs

Каждый канал представляет собой структуру, изображенную на рис. 2. Передатчик осуществляет модуляцию и передачу данных на частоте 350 МГц с модуляцией ООК (On-Off Keying), приемник — прием и демодуляцию сигнала. Логическая единица определяется наличием сигнала на несущей 350 МГц, отсутствие сигнала на несущей соответствует логическому нулю. Модулированный сигнал передается от приемника к передатчику по дифференциальной паре, подключенной к обоим кристаллам через емкостные изоляционные барьеры. Принцип дифференциальной передачи довольно прост: передатчик формирует два инверсных друг другу сигнала, а приемник осуществляет их вычитание. Таким образом исключается влияние внешних электромагнитных помех и синфазного шума, которые одинаково влияют на оба проводника (рис. 3).

Взаимное влияние соседних каналов исключается благодаря низкой мощности передаваемых сигналов.

Изоляционные емкостные барьеры, которые расположены на обеих сторонах каждого соединительного провода, изготовлены на основе диоксида кремния (рис. 4). Этот диэлектрик имеет высокую электрическую прочность (500 В/мкм) и широко применяется в полупроводниковой промышленности. Физические свойства SiO₂ позволяют обеспечить гальваническую развязку до 5 кВ действующего значения переменного напряжения при использовании тонкого слоя диэлектрика шириной в единицы микрон.

Описанная структура каналов цифровых изоляторов Silicon Labs заметно отличается от принципов реализации гальванической развязки, которые используются компанией Analog Devices. В цифровых изоляторах линейки ADuMxxx предусмотрена индуктивная, а не емкостная развязка — между кристаллом-приемником и кри-

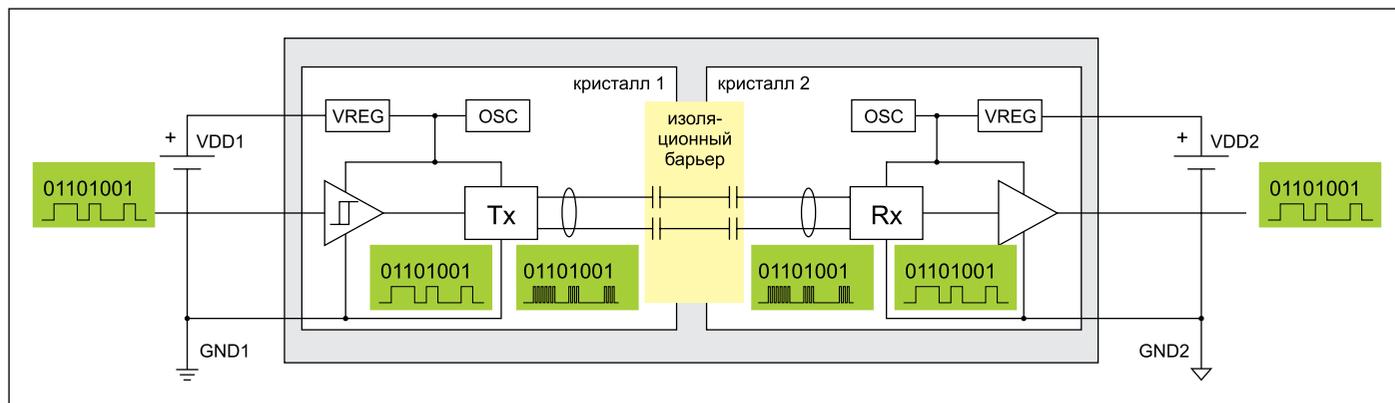


Рис. 2. Функциональная схема канала цифрового изолятора Silicon Labs

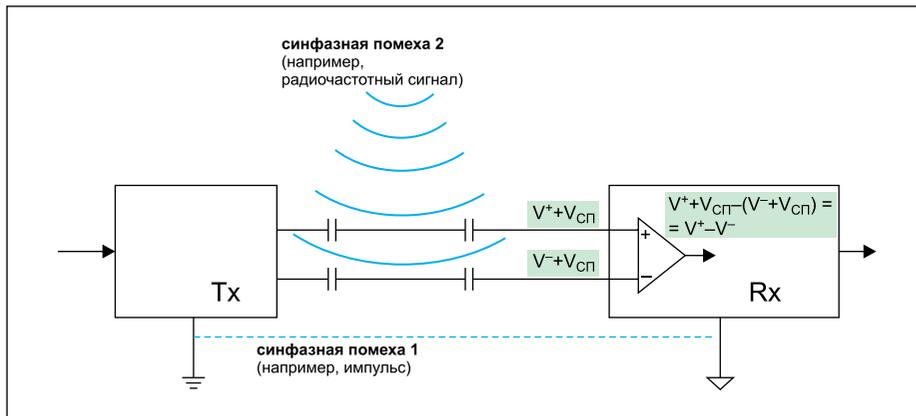


Рис. 3. Дифференциальная передача сигналов в цифровых изоляторах Silicon Labs

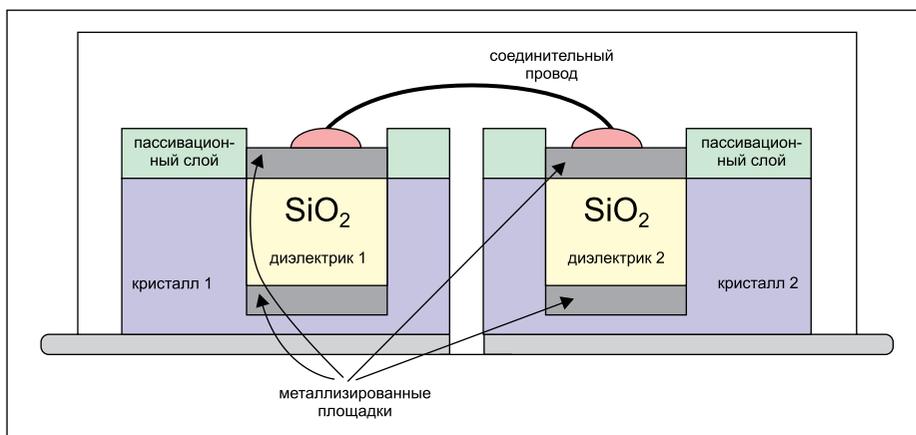


Рис. 4. Структура изоляционного барьера

сталлом-передатчиком отдельно расположен импульсный трансформатор, выполненный на полиимидной пленке. Использование чувствительного к наводкам трансформатора и отсутствие дифференциальной передачи сигнала снижают уровень помехоустойчивости устройства, а присутствие дополнительного интегрального компонента влияет на стоимость микросхемы и увеличивает ее минимально возможный размер.

Внутренняя структура изоляторов Texas Instruments больше напоминает микросхемы Silicon Labs и также представляет собой два кристалла, соединенных через емкостной барьер на основе диоксида кремния. Входной сигнал подается на RC-цепочку, с которой снимаются короткие импульсы, соответствующие фронтам и спадам информационного сигнала. По этим коротким импульсам информационный сигнал в дальнейшем восстанавливается. Каждый изолированный канал цифрового изолятора Texas Instruments содержит отдельные высокочастотный (от 100 кбит/с) и низкочастотный каналы, реализованные на дифференциальной паре. Выходной информационный сигнал изолированного канала формируется на дополнительной схеме принятия решения.

Технология, по которой построена емкостная изоляция в микросхемах Silicon Labs,

отличается универсальностью и простотой. На практике это дает высокую надежность и точность работы гальванически развязанного канала. Дифференциальная передача сигнала обеспечивает высокий уровень устойчивости к синфазным помехам, а использование ОКК-модуляции сигнала без дополнительной «логики» исключает его искажение при прохождении коротких входных

импульсов. Цифровые изоляторы Silicon Labs имеют лучшие значения по большинству показателей точности передачи сигнала, в том числе по типовому значению задержки распространения сигнала, максимальному искажению длительности импульса и т.д. Важно также заметить, что технология емкостной изоляции, которую применяет Silicon Labs, позволяет выпускать микросхемы в наиболее компактных корпусах без ущерба для качества работы изолятора.

Ассортимент цифровых изоляторов Silicon Labs

Многолетнее присутствие компании Silicon Labs на рынке решений для гальванической развязки — это не только непрерывное развитие и совершенствование технологий, но и постоянное расширение линейки микросхем. Приведем описание решений для гальванической развязки, которые доступны на 2015 год. В данную группу продукции входят:

- цифровые изоляторы Si80xx, Si84xx, Si86xx, Si87xx и Si88xx для реализации каналов передачи цифровых сигналов;
- 1-/2-канальные драйверы Si823x для создания источников питания;
- универсальные одноканальные драйверы Si822x и Si826x на посадочное место драйверов с опторазвязкой;
- драйверы IGBT-транзисторов Si828x для управления приводами;
- гальванически развязанные АЦП Si890x для токовых шунтов;
- изолированные усилители токовых шунтов Si892x, Si894x;
- драйверы для усилителей класса D Si824x.

Перечисленные группы продукции в разной мере востребованы на российском рынке, но, пожалуй, наибольшей популярностью пользуются универсальные цифровые изоляторы. Их ассортимент рассмотрим более подробно.

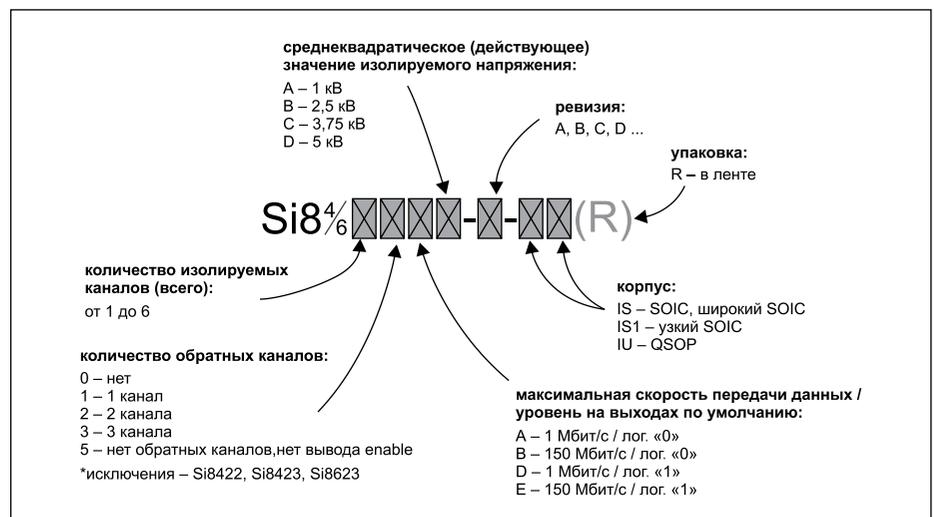


Рис. 5. Ассортимент микросхем Si84xx, Si86xx

Si84xx — это хорошо знакомые российскому разработчику универсальные цифровые изоляторы, обеспечивающие от одного до шести изолированных каналов передачи цифровых сигналов. Несколько лет назад компания Silicon Labs начала выпуск микросхем серии Si86xx, которые призваны заменить линейку Si84xx. Микросхемы Si86xx полностью повторяют «предшественников» функционально, отличия касаются технологии производства. Несущая частота ООК-модуляции сигнала в микросхемах Si86xx снижена с 700 до 350 МГц, это позволило минимизировать электромагнитное излучение. При разработке новой линейки изоляторов также была усовершенствована система питания: встроенный регулятор напряжения микросхем Si86xx обеспечивает более высокий уровень устойчивости к помехам по питанию, а рабочий диапазон напряжений питания расширен с 2,7–5,5 до 2,5–5,5 В. Существующие конфигурации изоляторов серии Si84xx/Si86xx приведены на рис. 5.

Одной из характеристик изоляторов Silicon Labs (рис. 5, 7, 8) является наличие или отсутствие разрешающего вывода Enable. Низкий уровень на выводе Enable переключает выходы изолированных каналов в Z-состояние, высокий уровень разрешает передачу данных. На некоторых микросхемах разрешающий вывод не предусмотрен, это сделано для обеспечения повыводной совместимости с аналогичными микросхемами серии ADuMxxx от Analog Devices.

Микросхемы Si86xxD и Si86xxE также разработаны для упрощения перехода с изоляторов ADuMxxx. Сигнал по умолчанию, который выставляется на этих цифровых изоляторах при отсутствии питания на входе, соответствует логической единице, а не нулю.

В линейке Si84xx/Si86xx отдельно выделяют микросхемы Si8x0x — цифровые изоляторы, предназначенные для гальванической развязки последовательной шины I²C/SMBus/PMBus. Чтобы обеспечить работу шины, на микросхемах Si8x0x предусмотрены двунаправленные каналы, работающие на частоте 1,7 МГц. Некоторые микросхемы также имеют дополнительные однонаправленные каналы разной ориентации. Дополнительные каналы могут служить для гальванической развязки сопутствующих сигналов, например сигналов управления (рис. 6).

В отдельную линейку Si80xx объединены миниатюрные изоляторы, обеспечивающие изоляцию до 1 кВ. Микросхемы Si80xx имеют от трех до шести однонаправленных каналов и исполняются в корпусе QSOP16 размером 4,9×6 мм. Схема формирования артикула микросхем Si80xx приведена на рис. 7.

Микросхемы серии Si87xx предназначены для установки на посадочное место, предусмотренное для оптрона. Вход единственного изолированного канала микросхем Si87xx выполнен как эмулятор светодиода, поэто-

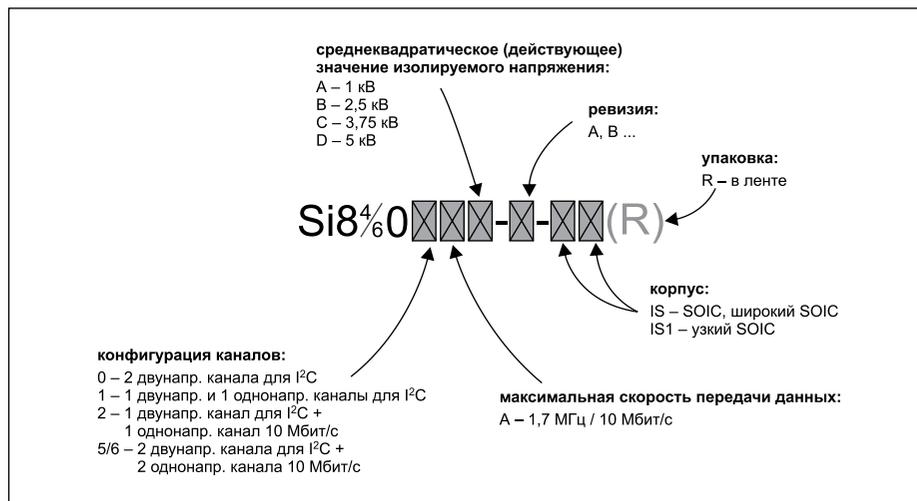


Рис. 6. Ассортимент микросхем Si840x, Si860x

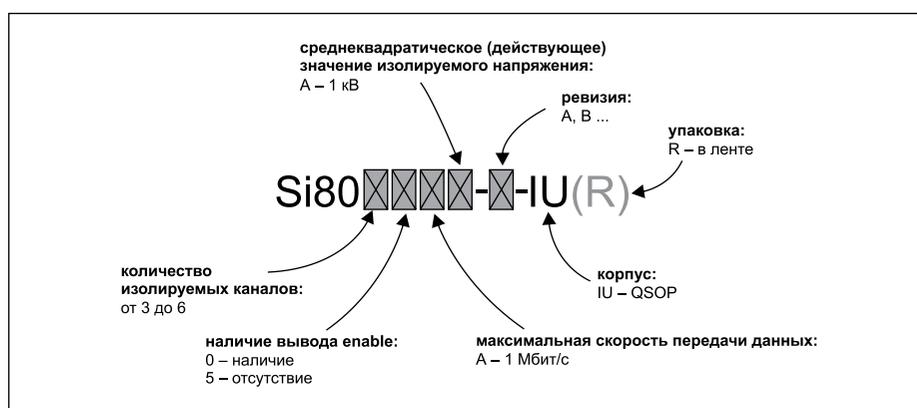


Рис. 7. Ассортимент микросхем Si80xx

му при замене оптрона на цифровой изолятор не возникает необходимости вносить изменения на печатной плате. Такая замена позволяет повысить устойчивость канала к синфазным помехам, снизить энергопотребление и значительно увеличить срок работы гальванической развязки.

Изоляторы Si87xx выпускаются в корпусах SOIC-8, GullWing DIP-8, SDIP-6 и LGA-8, доступны микросхемы с выходами типа push-pull или открытый коллектор со встроенным подтягивающим резистором и без (рис. 8). Микросхемы Si87xx могут быть использованы для замены оптронов TPLxxx (Toshiba),

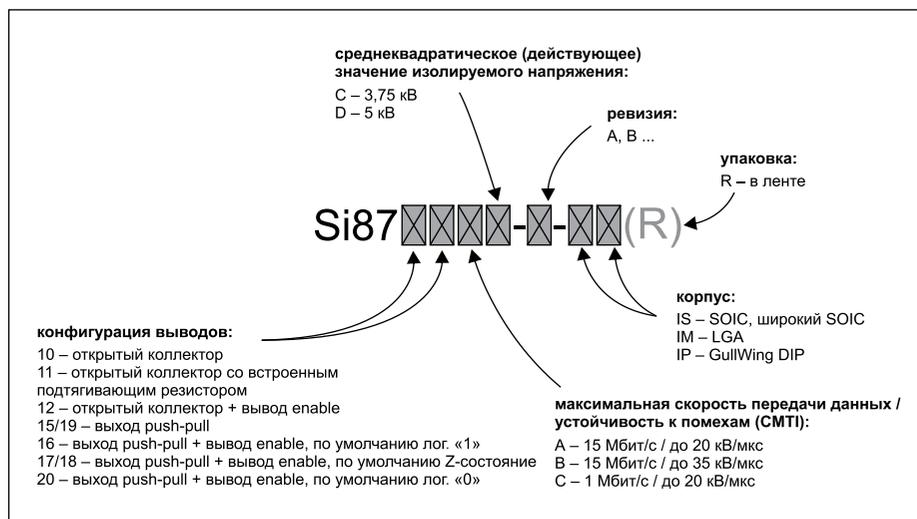


Рис. 8. Ассортимент микросхем Si87xx

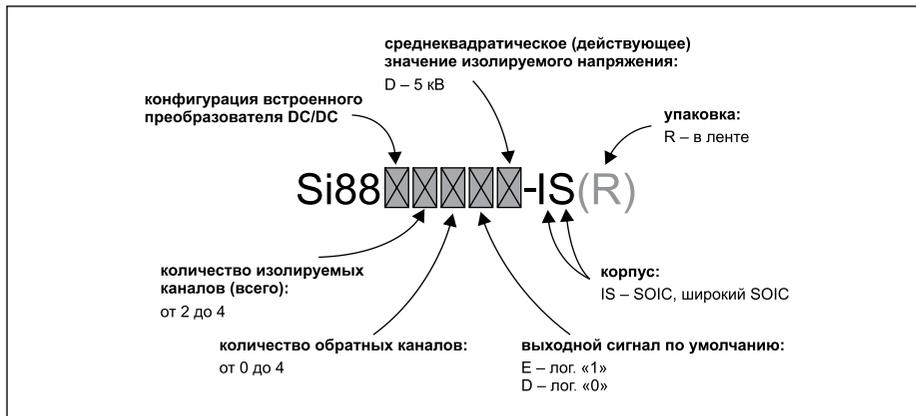


Рис. 9. Ассортимент микросхем Si88xx

надежную и устойчивую работу цифровых каналов передачи данных в условиях помех, позволяет согласовать уровни логических сигналов, исключить паразитные контуры с замыканием через «землю».

Спрос рождает предложение, а значит, индустрия будет продолжать совершенствовать технологии цифровой изоляции. Компания Silicon Labs считает решения для гальванической развязки одним из наиболее перспективных направлений, поэтому можно смело рассчитывать на дальнейшее развитие как линейки цифровых изоляторов, так и других продуктов, реализующих гальваническую развязку, — изолированных драйверов, датчиков тока и АЦП. О них мы расскажем в следующих статьях. ■

Литература

1. Фотографии кристаллов: www.zeptobars.ru
2. Курилин А. И. Цифровые изоляторы Si84xx фирмы Silicon Labs // Компоненты и технологии. 2011. № 5.
3. Курилин А. И. Применение цифровых изоляторов Si84xx фирмы Silicon Labs // Компоненты и технологии. 2012. № 4.
4. Информационно-справочные порталы www.silabs.com, www.analog.com, www.ti.com

HCPLxxx (Fairchild и Avago), CPCxxx (IXYS, ранее Clare), PCxxx (Sharp), PSxxx (Renesas/NEC/CEL), SFHxxx (Vishay).

Многоканальные цифровые изоляторы серии Si88xx отличаются наличием встроенного DC/DC-преобразователя и также доступны в различных конфигурациях (рис. 9). Микросхемы Si88xx работают с напряжениями питания 3–5,5 или 24 В и имеют встроенные цепи ограничения тока нагрузки и защиты от перегрева. Также поддерживаются

функции мягкого старта и защиты от защелкивания при низких напряжениях питания. Контроллер DC/DC-преобразователя в изоляторах Si88xx позволяет обеспечить передаваемую мощность до 2 Вт при КПД до 85%.

Заключение

В современной электронике цифровые изоляторы становятся все более востребованными. Гальваническая развязка обеспечивает