

# Обновление линейки гальванических изоляторов компании Texas Instruments: повышение уровня интеграции

Алексей ТРУШНИКОВ

**В статье рассмотрены характеристики и преимущества новых семейств продукции компании Texas Instruments — усиленных цифровых изоляторов ISO77xx и изоляторов со встроенным питанием ISOW78xx, а также микросхем ISO1211/12.**

## Введение

Гальваническая изоляция — понятие, включающее принцип электрического разделения (изоляции) одних электрических цепей от других. При этом должна обеспечиваться возможность передачи энергии в общем или сигналов в частности между цепями, не имеющими общих точек электрического соединения. Гальванические развязки и изоляторы могут применяться для бесконтактной передачи управляющих сигналов или сигналов связи, исключая образование контуров для протекания паразитных токов, защиты от электрических помех, которые не проходят через оптические барьеры. Гальваническая изоляция важна и в случае защиты человека от поражения электрическим током.

Гальваническая изоляция цепей может осуществляться на основе различных принципов:

- электромагнитная (на принципе взаимной индуктивности, например трансформаторы);
- оптическая (оптроны, оптореле);
- емкостная (цифровые емкостные барьеры);
- электромеханическая (электромеханические реле).

Данный принцип электрической изоляции дает заметные преимущества, но вместе с тем имеет и определенные недостатки: так, при разделении сигналов требуются отдельные источники питания по обеим сторонам от барьера. В подавляющем большинстве случаев для этих целей используются DC/DC-преобразователи, которые отличаются тем, что сами генерируют широкий спектр электромагнитных помех. Для низкочастотных систем это не имеет большого значения, поскольку цифровая и аналоговая фильтрация устраняет подобные помехи. Для высокочастотных схем проходная емкость и емкость на «землю» обмоток трансформатора DC/DC-преобразователя начинают играть заметную роль.

Один из основных параметров гальванических изоляторов — напряжение изоляции. Часто его неверно трактуют как напряжение, под которым входы изолятора могут находиться бесконечно долгое время в рабочих условиях. Следует различать испытательное напряжение, приложенное к образцу на заданный отрезок времени, как правило, в течение 1 мин, и рабочее напряжение, которое может быть приложено к изоляции неограниченно долго.

## Производитель микросхем со встроенной изоляцией

Гальваническая изоляция может служить нескольким целям: например, изоляция дискретных сигналов, коммуникационных интерфейсов или аналоговых сигналов, выполнение требований по электромагнитной совместимости (ЭМС) и разрыв нежелательных

контуров заземления. Компания Texas Instruments (TI) производит решения для широкого спектра задач:

- цифровые изоляторы;
- изолированные трансиверы RS-485;
- изолированные CAN-трансиверы;
- изолированные I<sup>2</sup>C-драйверы;
- изолированные LVDS-драйверы;
- изолированные драйверы полевых и IGBT-транзисторов;
- изолированные АЦП;
- изолированные усилители.

Уже несколько лет компания TI выпускает цифровые изоляторы серий ISO71xx, ISO74xx, ISO73xx, предназначенные для изоляции дискретных сигналов. Серия трех- и четырехканальных изоляторов ISO71xx, ISO74xx обеспечивает уровень изоляции 2500 В<sub>эфф</sub> (в течение 1 мин) и скорость передачи данных 50 Мбит/с. Изоляторы ISO73xx обеспечивают уровень изоляции 3000 В<sub>эфф</sub> (в течение 1 мин) и скорость передачи данных 25 Мбит/с.

## Новое семейство усиленных цифровых изоляторов ISO77xx

Новое семейство ISO77xx — серия высокоскоростных цифровых изоляторов с 1–4 каналами на корпус и напряжением изоляции 5000 В<sub>эфф</sub> (для корпусов DW) или 3000 В<sub>эфф</sub> (для корпусов типа D) согласно стандарту UL 1577. Серия также сертифицирована в соответствии с требованиями организаций VDE, TUV, CSA и CQC. Изоляторы

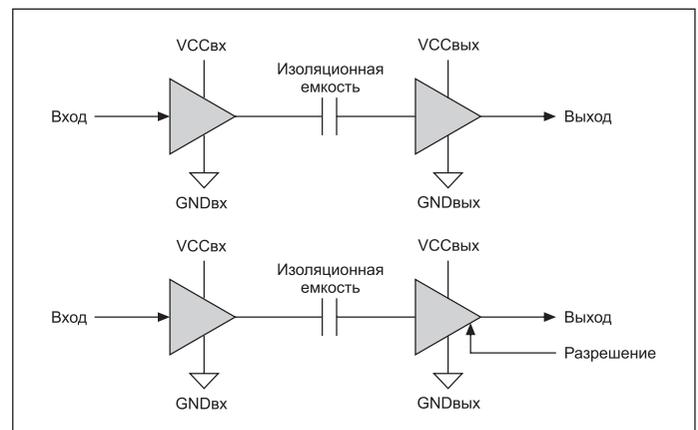


Рис. 1. Упрощенная схема одного канала изоляторов семейства ISO77xx

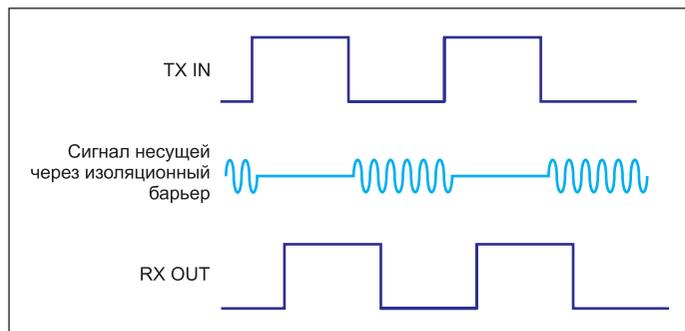


Рис. 2. Принцип модуляции сигнала On-Off Keying

Таблица 1. Общие параметры изоляторов семейства ISO77xx

Максимальная скорость передачи данных, Мбит/с	до 100
Максимальная задержка распространения сигнала при напряжении питания 5 В, нс	10,7
Диапазон питающих напряжений, В	2,25–5,5
Ток потребления на канал при скорости передачи данных 1 Мбит/с, мА	1,5
Рабочий температурный диапазон, °С	–55...+125
Время жизни изоляционного барьера, лет	более 40

серии ISO77xx (рис. 1) обеспечивают высокую устойчивость к электромагнитным воздействиям и низкий уровень паразитных излучений одновременно с низким энергопотреблением при разделении дискретных сигналов уровней CMOS или LVCMOS. Каналы имеют вход и буферизированный выход логического уровня, разделенные изоляционным барьером из диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>). Передача сигнала из первичной цепи во вторичную выполняется с помощью амплитудной манипуляции (On-Off Keying, OOK). Передатчик шлет ВЧ-несущую через емкость барьера для представления высокого логического уровня и не шлет для представления низкого логического уровня (рис. 2). Приемник демодулирует сигнал и подает его на выходной буфер. В случае потери входного сигнала или питания со стороны входа выходной сигнал занимает состояние логической единицы для изоляторов без суффикса и уровня нуля для изоляторов с суффиксом F в названии. В сочетании с изолированными DC/DC-преобразователями такие изоляторы позволяют существенно снизить токи шумов и помех в шинах данных или других цепях. Устройства выпускаются в корпусах типа wide-body SOIC (DW) и narrow-body SOIC (D). Изоляторы, предназначенные для автомобильного применения, имеют в названии суффикс Q1.

Общие технические характеристики семейства приведены в таблице 1, а представители семейства ISO77xx сведены в таблицу 2.

### Усиленная изоляция

Согласно [1] гальваническая изоляция подразделяется на следующие виды:

- функциональную (Functional) — базовый уровень изоляции, требуемый для обеспечения нормальной работы оборудования в штатном режиме. Нет защиты от разрядов;

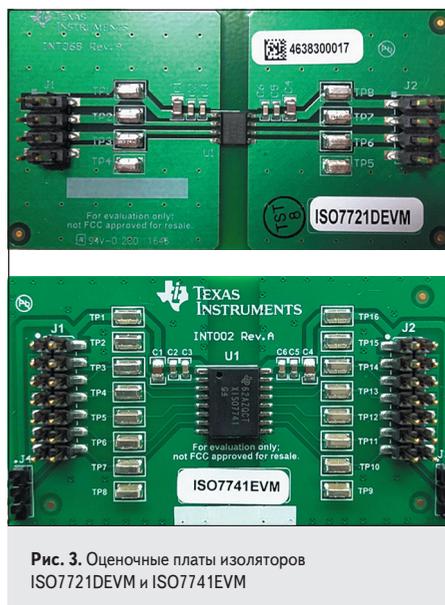


Рис. 3. Оценочные платы изоляторов ISO7721DEVM и ISO7741EVM

- основную (Basic) — изоляция, обеспечивающая основную защиту от разрядов;
- дополнительную (Supplementary) — независимая изоляция, дополняющая основную и служащая для защиты от поражения электрическим током в случае пробоя основной изоляции;
- двойную (Double) — изоляция, включающая как основную, так и дополнительную изоляцию;
- усиленную (Reinforced) — единая система изоляции, обеспечивающая уровень защиты от поражения электрическим током, эквивалентный уровню, обеспечиваемому двойной изоляцией.

Компания TI использует способность диоксида кремния выдерживать большие напряжения для поддержания уровня изоляции на кристалле, удовлетворяющие требования к двойной изоляции. Это позволяет сократить число компонентов и упростить

Таблица 2. Цифровые изоляторы — представители семейства ISO77xx

Наименование	Описание	Особенности	Статус
ISO7710	Одноканальный цифровой изолятор	Один прямой канал	Выпускается
ISO7710-Q1			
ISO7720	Двухканальный цифровой изолятор	Два прямых канала	Выпускается
ISO7720-Q1			
ISO7721		Один прямой и один обратный каналы	
ISO7721-Q1			
ISO7730	Трехканальный цифровой изолятор	Три прямых канала	Выпускается
ISO7730-Q1			
ISO7731		Два прямых и один обратный каналы	
ISO7731-Q1			
ISO7740	Четырехканальный цифровой изолятор	Четыре прямых канала	Выпускается
ISO7740-Q1			
ISO7741		Три прямых и один обратный каналы	
ISO7741-Q1			
ISO7742		Два прямых и два обратных канала	
ISO7742-Q1			
ISO7760	Шестиканальный цифровой изолятор	6 прямых каналов	Выпускается
ISO7761			
ISO7762		Четыре прямых и два обратных канала	
ISO7763			

конструкцию проектируемого устройства, что приводит к снижению себестоимости и повышению конкурентоспособности.

Простое сравнение стоимости изоляторов общего назначения типа ISO7310, изоляторов с усиленным барьером ISO7710 и ISO7810 с сайта TI показывает, что изоляторы ISO7710 по стоимости соизмеримы с изоляторами общего назначения ISO7310, но имеют более выдающиеся характеристики. Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности применения изоляторов нового семейства без опасений увеличить себестоимость конечного изделия.

Для оценки новых изоляторов компания TI выпускает оценочные платы ISO7721DEVM и ISO7741EVM (рис. 3).

### Новое семейство со встроенным питанием ISOW78xx

ISOW784x — семейство высокоскоростных четырехканальных изоляторов с усиленной изоляцией со встроенным изолированным преобразователем питания. Интегрированный DC/DC-преобразователь обеспечивает до 650 мВт выходной мощности с высоким КПД и может быть сконфигурирован на различные входные и выходные напряжения. В связи с этим новые изоляторы исключают необходимость в дополнительных изолированных источниках питания, что особенно важно в разработках с ограниченными отведенными габаритами на размещение электроники. Семейство ISOW784x (рис. 4) обеспечивает высокую электромагнитную устойчивость и низкие побочные излучения при изоляции сигналов уровней CMOS или LVCMOS. Каждый логический канал имеет входной и выходной буфер, отделенные изолирующим барьером из диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>), а канал питания использует трансформатор на кристал-

Таблица 3. Общие технические характеристики семейства ISOW78xx

Максимальная скорость передачи данных, Мбит/с	до 100
Максимальная задержка распространения сигнала при напряжении питания 5 В, нс	13
Диапазон питающих напряжений, В	3–5,5
Выходная мощность встроенного преобразователя питания, Вт	до 0,65
Конфигурации первичного и вторичного напряжений, ток нагрузки до 130 мА	5 → 5 5 → 3,3
Конфигурации первичного и вторичного напряжений, ток нагрузки до 75 мА	3,3 → 3,3
Рабочий температурный диапазон, °С	–40...+125
Дополнительные функции	функция мягкого старта защита от перегрева

Таблица 4. Цифровые изоляторы — представители семейства ISOW78xx

Наименование	Описание	Особенности	Статус
ISOW7844 ISOW7844F	Четырехканальный цифровой изолятор со встроенным изолированным преобразователем питания	Четыре обратных канала	Выпускается
ISOW7841 ISOW7841F		Три прямых и один обратный каналы	Выпускается
ISOW7840 ISOW7840F		Четыре прямых канала	Планируется к продаже
ISOW7842 ISOW7842F		Два прямых и два обратных канала	Планируется к продаже
ISOW7843 ISOW7843F		Три прямых и один обратный каналы	Планируется к продаже

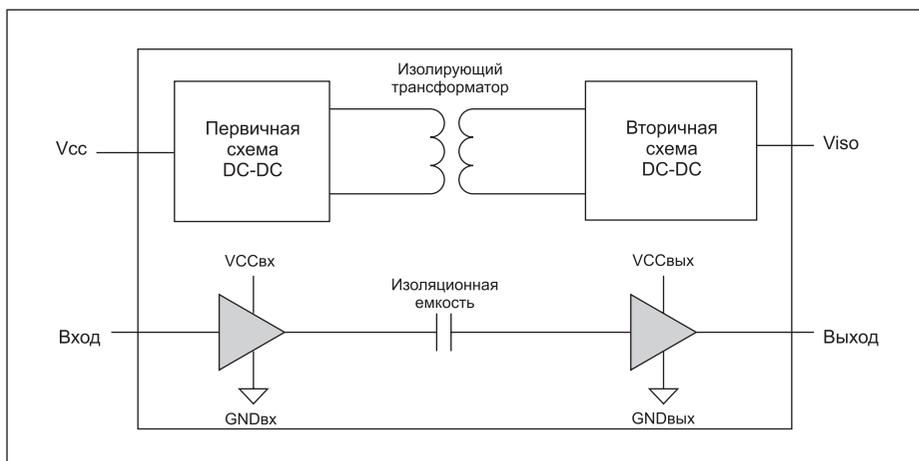


Рис. 4. Структурная схема канала изолятора серии ISOW78xx

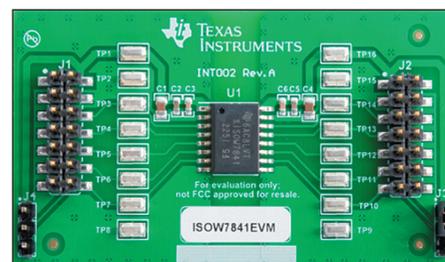


Рис. 5. Отладочная плата ISOW7841EVM

мышленном оборудовании. Преимущество в отсутствии необходимости в дополнительном DC/DC-преобразователе особенно заметно, когда прибор должен иметь несколько изолированных интерфейсов. Это экономит место на плате, а главное, снижает стоимость комплектации за счет исключения моточных изделий.

Для ускорения начала разработки компания TI выпускает оценочные платы (рис. 5) на основе изолятора с усиленным барьером и встроенным преобразователем питания ISOW7841. Специалисты могут также использовать для начала разработки референс-проекты TIDA-00892 и TIDA-00847, доступные на сайте компании TI.

Референс-проект TIDA-00892 [3] — компактное решение изолированного интерфейса RS-485, состоящее из цифрового изолятора с усиленным барьером и интегрированным преобразователем питания, соединенного с приемопередатчиком RS-485 (рис. 6).

ле с изоляцией в виде тонкой полимерной пленки. Доступны различные комбинации количества прямых и обратных каналов. При пропадании входного сигнала выход принимает высокое состояние по умолчанию для устройств с маркировкой ISOW784x и низкое для устройств с маркировкой ISOW784xF.

- Ключевые отличия изоляторов ISOW7841:
  - особенно низкое энергопотребление снижает типичную рабочую температуру корпуса ISOW7841 на величину до 40 °С по сравнению с ближайшими конкурентами в аналогичных условиях [2], что означает больший уровень передаваемой мощности, большее число логических каналов, большую жизнеспособность системы по сравнению с другими интегрированными решениями;
  - решение на одном чипе с усиленной изоляцией питания и логических каналов со скоростью до 100 Мбит/с: комбинация усиленной изоляции и преобразования DC/DC в едином корпусе минимизирует размеры платы и стоимость при разработке многоканальных систем. Рабочее напряжение 1000 В<sub>эфф</sub> помогает повысить надежность и время жизни системы. ISOW7841 поддерживает диапазон входных напряжений 3–5,5 В, мощность нагрузки встроенного преобразователя питания достигает 0,65 Вт;
  - более чем на 10 дБ сниженный уровень побочных излучений: ISOW7841 повышает системную устойчивость путем снижения шумов и обеспечения электромагнитной совместимости согласно требованиям

Международной электротехнической комиссии (IEC) 61000-4-x (и государственных стандартов РФ серии ГОСТ IEC 61000-4-x). Кроме того, усиленная изоляция обеспечивает наивысший уровень защиты, доступный сегодня на рынке.

Общие технические характеристики семейства приведены в таблице 3, а представители семейства ISOW78xx сведены в таблицу 4.

Изоляторы серии ISOW78xx отлично подходят для реализации коммуникационных интерфейсов RS-232, RS-422 и RS-485 в промышленном оборудовании. Хотя эти интерфейсы морально устарели, они очень широко распространены и используются в про-

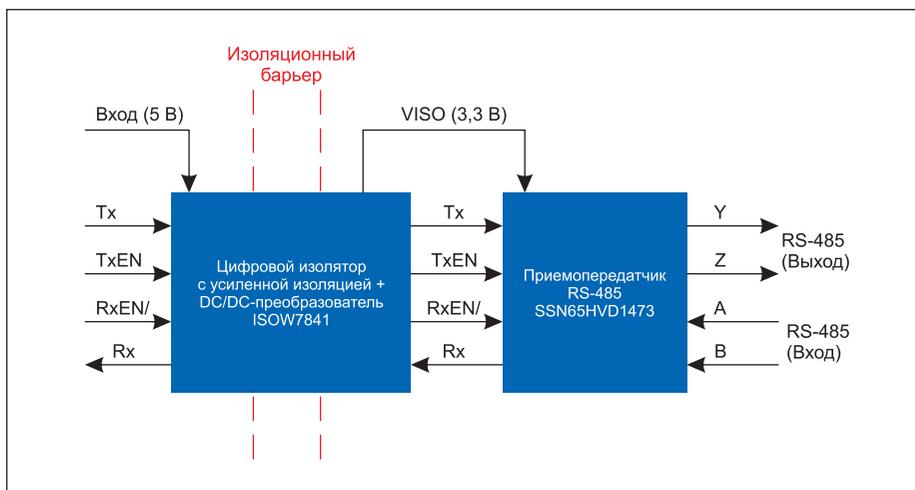


Рис. 6. Структурная схема референс-проекта TIDA-00892

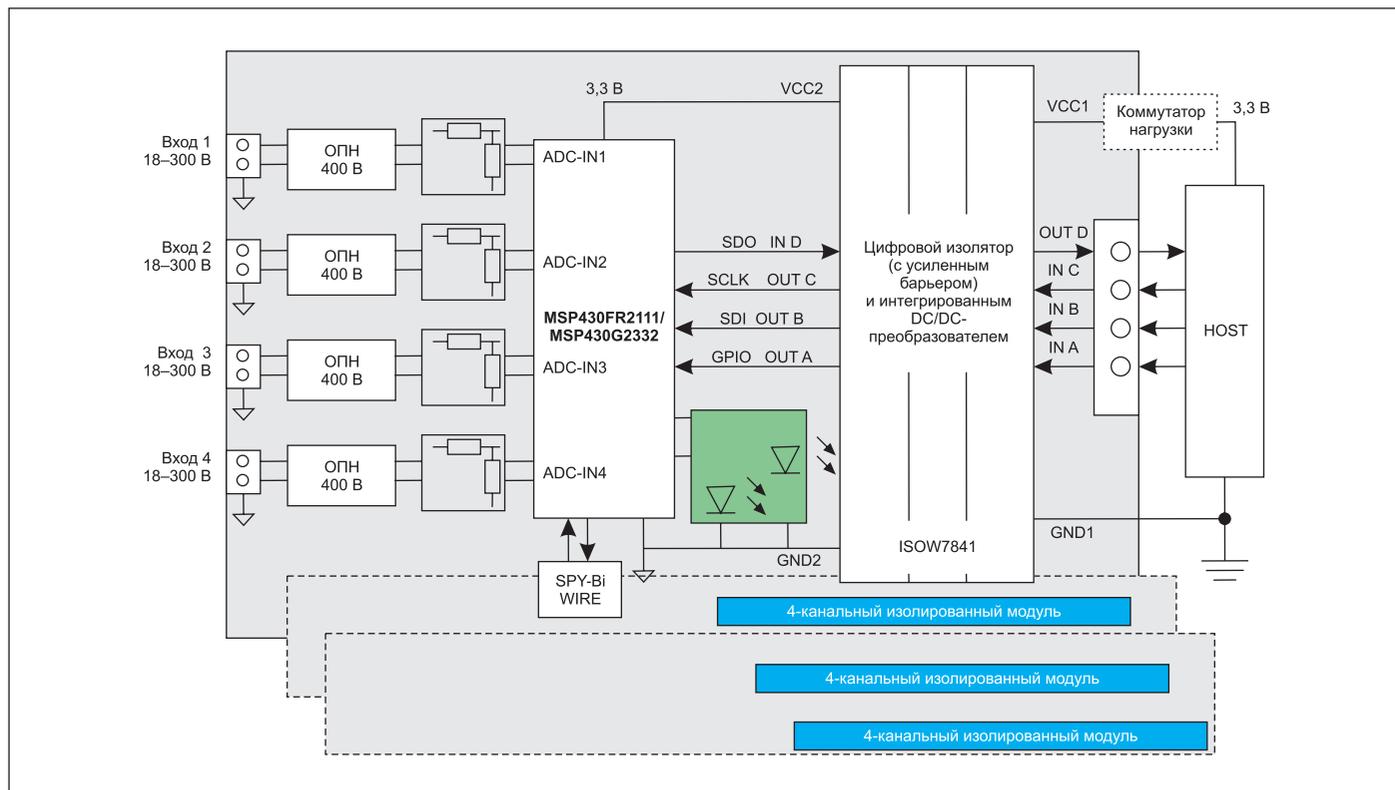


Рис. 7. Структурная схема референс-проекта TIDA-00847

Преимущества:

- малые габариты;
- одно напряжение питания;
- сокращенный перечень элементов;
- легко расширяется для любого полнодуплексного приемопередатчика RS-485.

Референс-проект TIDA-00847 [4] — проект цифрового четырехканального модуля аналоговых входов измерения высоких напряжений, который имеет повышенную точность измерений и индикацию статуса при использовании только двух микросхем, что существенно упрощает системный дизайн. Применение микроконтроллера позволяет изменять номинальное входное напряжение с минимальными затратами. В этом решении входы объединяются группами по четыре входа для снижения стоимости на канал. 10-битный АЦП предоставляет возможность достичь точности в  $\pm 3\%$  ( $\pm 1$  В) в диапазоне до 300 В. Модули прошли предварительные испытания на стойкость

к электромагнитным излучениям и электромагнитной совместимости. Структурная схема проекта показана на рис. 7.

Преимущества, достигнутые в проекте:

- цифровой дизайн модуля, основанный на усилённых изоляторах со встроенным преобразователем питания с током нагрузки до 75 мА ISOW7841 или ISOW7841F, существенно упрощает разработку системы;
- недорогие микроконтроллеры MSP430G2332 или MSP430FR2111 для реализации четырех каналов;
- ISOW7841 обеспечивает эффективность 46% с пульсациями выходного напряжения до 100 мВ (амплитудное) при токе нагрузки 70 мА;
- точность до  $\pm 3\%$  при измерении напряжения;
- соответствие стандартам IEC61000-4 и CISPR22 по стойкости к электромагнитным излучениям и электромагнитной совместимости.

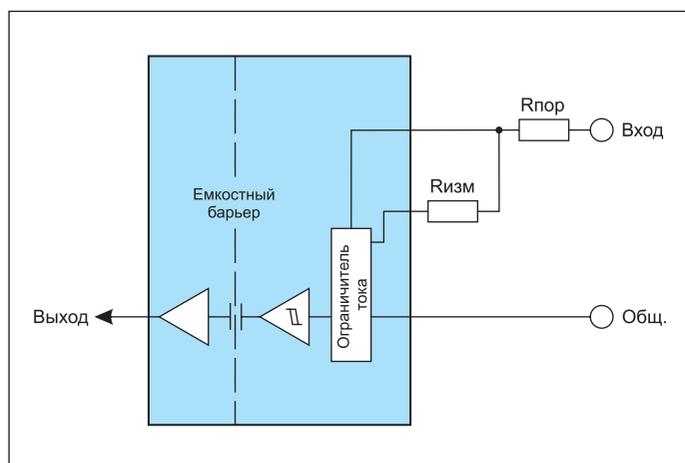


Рис. 8. Структурная схема канала ISO1211/12

### Новое интегрированное решение для реализации дискретных входов ISO1211/12

Микросхемы ISO1211 и ISO1212 — изолированные приемники цифровых сигналов 24 В, совместимых с характеристиками IEC 61131-2 Type 1, 2 и 3, подходящие для применения в модулях дискретных входов программируемых логических контроллеров (ПЛК) и промышленных приводов. Не похожие на традиционные оптопары с дискретными, неточными токоограничивающими схемами, изоляторы ISO121x обеспечивают простое решение с низким энергопотреблением и точным ограничением тока для разработки модулей дискретного ввода/вывода с высокой плотностью размещения. Эти изоляторы не требуют источника питания с первичной стороны. ISO121x работают в широком диапазоне напряжений питания 2,25–5,5 В. Входы, толерантные к напряжению  $\pm 60$  В и с защитой от обратной полярности, дают уверенность в защите при отказах со значительными обратными напряжениями и токами. Эти изоляторы поддерживают скорости обмена до 4 Мбит/с с гарантией пропускания импульса

Таблица 5. Параметры изоляторов ISO1211 и ISO1212

Изолятор	ISO1211	ISO1212
Диапазон токов ограничения, мА	2,2–7,3	
Встроенный изолирующий преобразователь питания	нет	
Количество каналов	1	2
Количество прямых/обратных каналов	1/0	2/0
Напряжение изоляции, В <sub>эфф</sub>	2500	
Пиковое напряжение изоляции, В (в течение 1 с)	3600	
Максимальное импульсное напряжение изоляции, при импульсе формы 1,2/50 мкс, В	4000	
Скорость передачи данных, Мбит/с	4	
Задержка прохождения сигнала (типичное значение), нс	140	
Состояние по умолчанию	нет	
Диапазон питающих напряжений, В	2,25–5,5	
Рабочий температурный диапазон, °С	–40...+125	
Корпус	8SOIC	16SSOP

с минимальной длительностью 150 нс. ISO1211 подходят для разделения каналов в многоканальных системах, а ISO1212 — в решениях с ограниченным пространством размещения. Структурная схема одного канала показана на рис. 8. Основные параметры изоляторов ISO1211 и ISO1212 приведены в таблице 5.

Изоляторы принимают на вход дискретные сигналы уровня 24 В и обеспечивают изолированный дискретный выход. С первичной стороны дополнительного источника питания не требуется. Внешний резистор  $R_{\text{изм}}$  задает значение ограничения втекающего тока. Резистор  $R_{\text{пор}}$  задает порог напряжения, при котором происходит переключение между уровнями. Для передачи дискретных сигналов через изоляционный барьер ISO121x используют амплитудную манипуляцию ON-OFF keying (OOK).

Для первичной оценки изоляторов серии компания TI выпускает оценочный комплект ISO1211EVM (рис. 9).

## Выводы

Применение изолирующих приборов, в частности цифровых изоляторов, полезно, а часто просто необходимо в условиях промышленного производства. Во всем многообразии изоляторов на основе

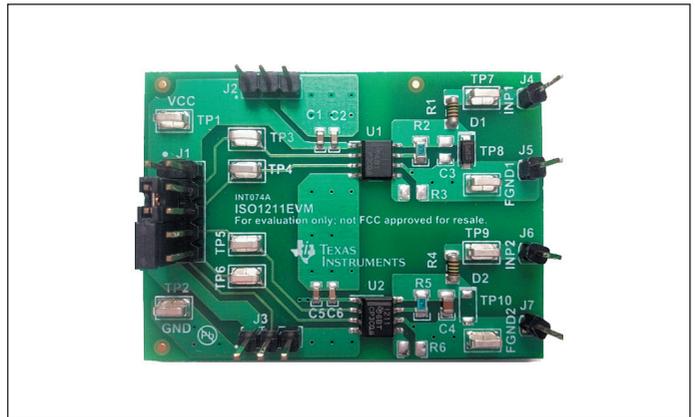


Рис. 9. Оценочная плата ISO1211EVM

оптики или емкостного барьера, выпускаемых разными компаниями, изоляторы серии ISO77xx, ISOW78xx с усиленным изоляционным барьером являются отличным решением, поскольку по стоимости соизмеримы с изоляторами с обычным уровнем изоляции и обеспечивают превосходные параметры как по сигнальным параметрам, так и по показателям изоляции.

В заключение следует упомянуть о документе “Digital Isolator Design Guide (SLLA284A)” [5], в котором подробно описаны принципы работы и особенности цифровых изоляторов. Даны рекомендации по применению и разработке печатных плат в части использования изоляторов.

## Литература

1. [www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5993](http://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5993)
2. [www.ti.com/lit/wp/slyy112/slyy112.pdf](http://www.ti.com/lit/wp/slyy112/slyy112.pdf)
3. [www.ti.com/tool/TIDA-00892?keyMatch=null&tisearch=tidesigns#1](http://www.ti.com/tool/TIDA-00892?keyMatch=null&tisearch=tidesigns#1)
4. [www.ti.com/tool/TIDA-00847?keyMatch=null&tisearch=tidesigns#1](http://www.ti.com/tool/TIDA-00847?keyMatch=null&tisearch=tidesigns#1)
5. [www.ti.com/lit/an/slla284a/slla284a.pdf](http://www.ti.com/lit/an/slla284a/slla284a.pdf)