

# Изолированные интерфейсы $\mu$ Module от Linear Technology

Брайан ДЖАДУС (Brian JADUS)  
Перевод: Владимир РЕНТЮК

В статье представлено решение по изоляции на базе  $\mu$ Module для АЦП до 1 млн выб./с, со считыванием данных на частоте 100 МГц и с возможностью работы сразу нескольких АЦП.

Современный изолятор для аналого-цифрового преобразователя (АЦП) должен быть буквально невидимым и передавать все управляющие сигналы и данные, максимизировать частоту дискретизации и минимизировать влияние джиттера (паразитной фазовой модуляции) на отношение сигнал/шум (англ. Signal-to-Noise Ratio, SNR). Микросхема LTM2893 компании Linear Technology представляет собой изолятор микромодульного исполнения  $\mu$ Module [1], который эффективно реализует все указанные требования для АЦП с SPI-интерфейсами<sup>1</sup>, работающими в диапазоне 1 млн выб./с, и обеспечивает максимальное пробивное напряжение изолирующего барьера в 6000 В(скз).

Чтение через цифровой изолятор данных из регистра АЦП последовательного приближения (англ. SAR — successive approximation register) с высоким разрешением, как извест-

но, ограничено рядом традиционных параметров. Поэтому большинство высокоскоростных цифровых изоляторов, используемых для считывания с SPI-интерфейса, имеет максимальную тактовую частоту 25 МГц. Правда, уже есть несколько специализированных устройств, действующих на частотах до 40 МГц. В отличие от традиционных решений цифровой изолятор LTM2893 микромодульного исполнения считывает данные со скоростью до 100 МГц и является наиболее гибким решением, поскольку может обслуживать сразу несколько АЦП, решая проблемы синхронизации и снимая ограничения, характерные для стандартных цифровых изоляторов, взаимодействующих с АЦП технологии SAR. Типовая схема применения LTM2893 приведена на рис. 1.

## Основные причины для изоляции интерфейса АЦП

Изолирующий барьер позволяет каналу передачи данных АЦП быть устойчивым к воздействию наведенных синфазных сигналов, выдерживать жесткие условия электро-

магнитной обстановки и влияние различных переходных процессов. От всего этого могут выиграть даже те приложения, которые не требуют непосредственного гальванического разделения по изоляции. Для решения указанных проблем модуль LTM2893 позволяет максимально просто добавлять изолирующий барьер, повышая общую безопасность системы. Например, в то время как технологическое и тестовое оборудование предусматривает изоляцию для защиты входов от повреждений из-за случайных неправильных подключений или перенапряжения, изолятор может использоваться в качестве средства сдвига уровня высокого напряжения, что способствует расширению рабочего диапазона устойчивости к синфазным сигналам или уменьшению влияния шумов заземления. Изолятор LTM2893 игнорирует синфазные напряжения переходных процессов со скоростью нарастания до 50 кВ/мкс. Столь высокая устойчивость достигается благодаря формированию в нем изоляционного барьера с крайне низкой емкостью и полностью дифференциальной передачей данных и всех сигналов управления.

<sup>1</sup> SPI — англ. Serial Peripheral Interface, SPI bus — последовательный периферийный интерфейс, шина SPI, последовательный синхронный стандарт передачи данных в режиме полного дуплекса, предназначенный для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения микроконтроллеров и периферии. — Прим. пер.

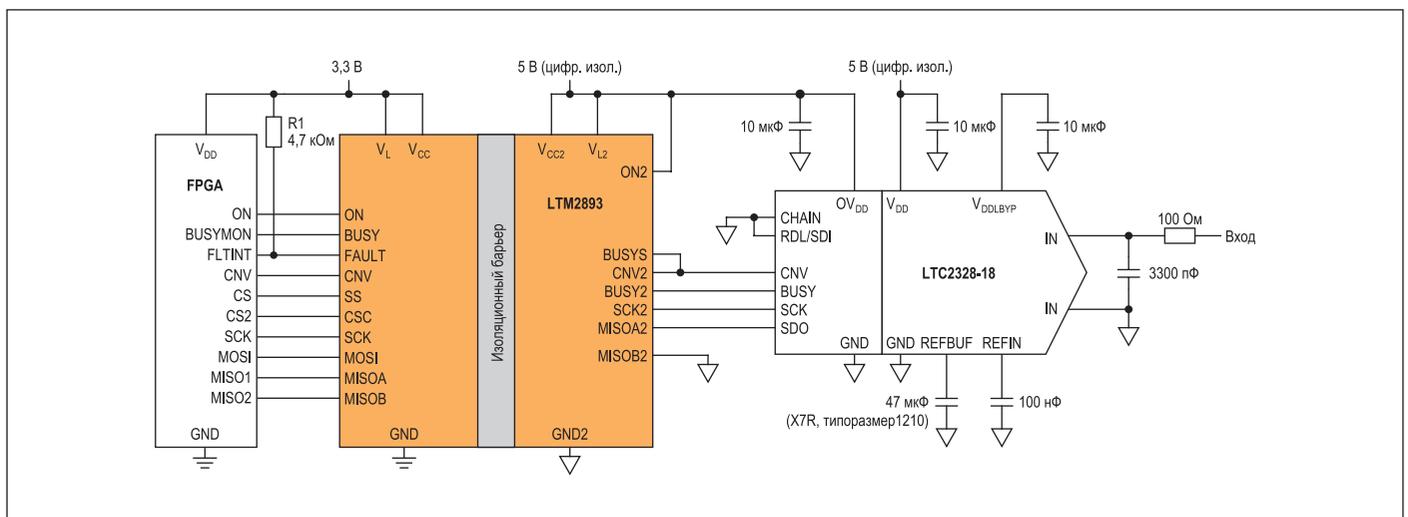


Рис. 1. Типовая схема применения изолятора LTM2893

## Устаревшие технологии цифровых изоляторов общего назначения

Для изоляции АЦП могут использоваться как цифровые изоляторы общего назначения, так и специализированные изоляторы SPI-интерфейса, но, как правило, в таких решениях в дополнение к трех- или четырехпроводному SPI-порту предусмотрено несколько цифровых изоляторов для поддержки сигналов, в том числе сигнала начала преобразования или сигналов состояния занятости. Стандартные цифровые изоляторы ограничены задержкой распространения сигнала при отправке тактового SCK-сигнала на изолированный порт SPI и ожидании возврата данных MISO (SDO) до того, как может появиться следующий фиксирующий фронт сигнала SCK, как видно на рис. 2. Все сказанное выше добавляет еще и задержки распространения. Учитывая это, цикл чтения может занимать до 38 нс от того, что изначально казалось весьма привлекательным цифровым изолятором, способным обеспечить скорость 150 Мбит/с. Однако в реальности происходит снижение эффективной частоты SCK до 25 МГц или менее.

## Гальваническая изоляция канала передачи данных

Микромодуль LTM2893 предназначен для гальванической изоляции канала связи с АЦП, который в этом случае с SPI-функцией на изолированной стороне исполняет роль основного устройства (master), а специализированное устройство с буфером на логической стороне назначено уже как ведомое устройство (slave). Общее решение такого подключения показано на рис. 3.

Ведущий (master) SPI на изолированной стороне отслеживает сигналы состояния от АЦП и извлекает данные после того, как сигнал BUSY устанавливается на низком логическом уровне. Эта функция инициируется без взаимодействия с логикой сразу после начала преобразования.

Механизм SPI с подчиненной логикой содержит буферный регистр для приема данных через изолирующий барьер с изолированной стороны. Во время операции преобразования АЦП, когда буферный регистр принимает данные от изолированного основного (master) устройства SPI, сигнал BUSY логической стороны устанавливается на уровень логического нуля, указывающий, что ведомый порт SPI (slave) готов к чтению.

Для минимизации взаимодействия данных через изолирующий барьер микромодульный изолятор LTM2893 содержит встроенные логические функции для извлечения и буферизации сведений. Когда два АЦП считываются с частотой 100 МГц, данные внутри изолятора передаются со скоростью 200 Мбит/с.

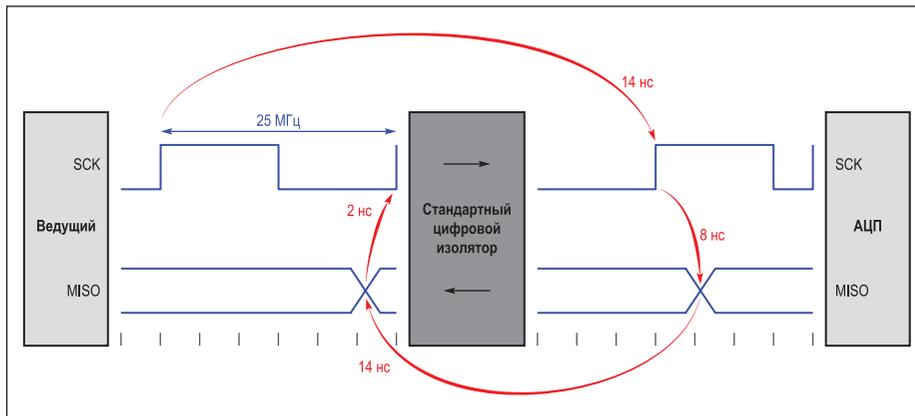


Рис. 2. Задержка считывания по порту SPI у стандартных цифровых изоляторов может достигать 38 нс, снижая эффективную тактовую частоту (SCK) примерно до 25 МГц

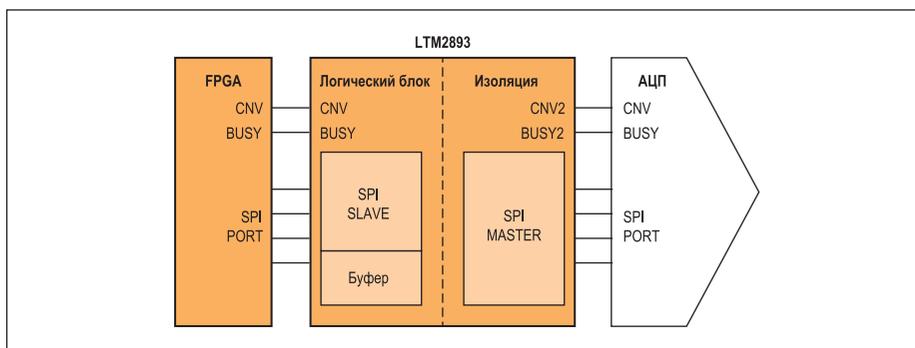


Рис. 3. Поточковый изолятор может эффективно считывать данные от АЦП на тактовой частоте вплоть до 100 МГц

## Особенности гальванической изоляции интерфейса АЦП последовательного приближения

Для инициирования разрешения входного сигнала в цифровой результат типичные АЦП последовательного приближения имеют сигнал начала преобразования (CNV), а также сигнал занятости BUSY, указывающий период времени, когда выполняется преобразование. Для управления связью с АЦП изолятор LTM2893 подключается к АЦП последовательного приближения через сигналы запуска (CNV) и занятости (BUSY). При этом сигнал начала преобразования переносится через LTM2893 от входа CNV к выходу CNV2 по переднему фронту.

Передача сигнала запуска преобразования через изолятор имеет низкий джиттер, что необходимо для того, чтобы минимизировать влияние дрожания аперттуры на выборку АЦП. Сигнал BUSY устанавливается на высоком логическом уровне по переднему фронту сигнала на входе CNV и на низком логическом уровне, когда данные будут приняты в локальном буфере SPI с изолированной стороны. После того как сигнал BUSY станет низким, локальный порт SPI снова готов к чтению данных. АЦП без команды преобразования и сигнала занятости также совместимы с LTM2893, в этом случае контакты CNV2 и BUSY2 подключаются вместе.

## Вспомогательные каналы для сигналов управления

В микромодульном изоляторе LTM2893 предусмотрена возможность передать три сигнала для управления заданными функциями. Сигналы передаются через изолирующий барьер в любом направлении. Это идеальное решение для управления аналоговыми мультиплексорами (рис. 4), усилителями с программируемым коэффициентом усиления, а также для передачи командных сигналов на АЦП, в том числе выключение питания или сброс (reset). Выбранные сигналы не могут использоваться в начале или во время преобразования, но идеальны для изменения настроек и могут использоваться до момента начала преобразования. Регистр конфигурации позволяет выполнять индивидуальную установку направления любых трех выбранных сигналов.

## Высокая гибкость решения на LTM2893

SPI-порт микромодуля LTM2893 изначально установлен на тактовую частоту SCK2, равную 100 МГц, с одним словом данных длиной 24 бит. Такая конфигурация выбрана для обеспечения работы микромодуля непосредственно с АЦП семейств LTC2338,

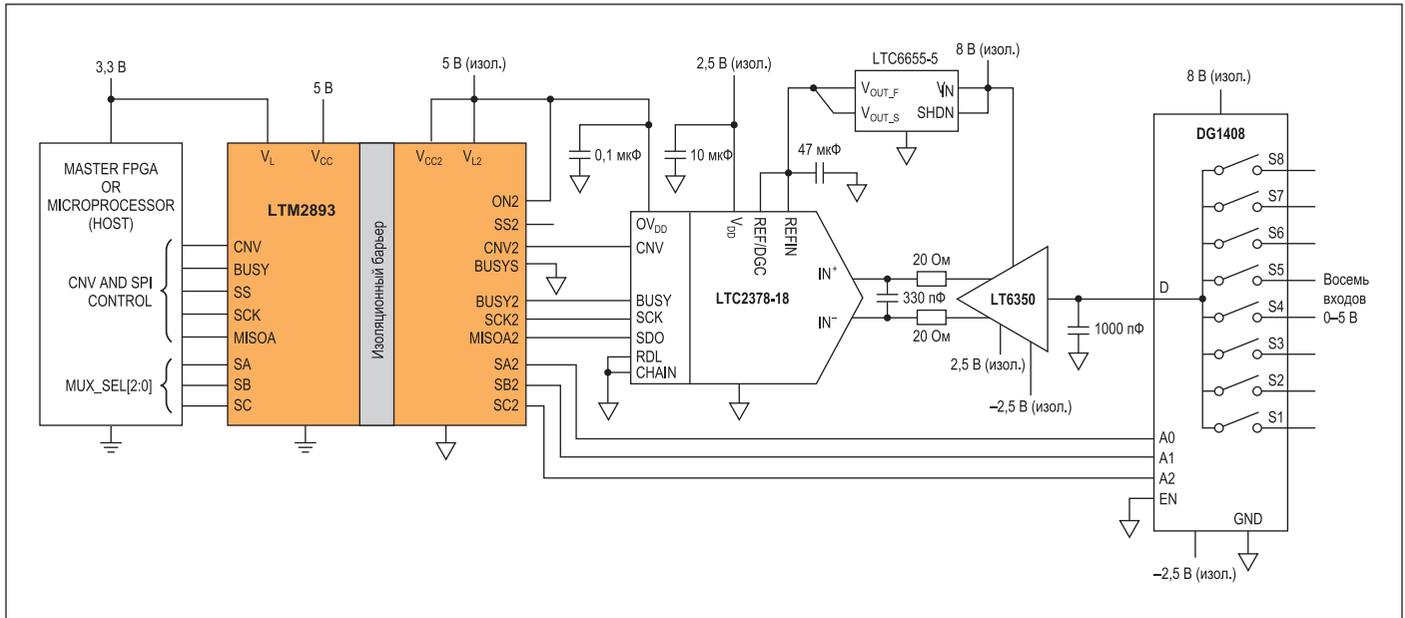


Рис. 4. Изолятор LTM2893 имеет опцию, позволяющую выбирать сигналы управления аналоговым мультиплексором

Таблица. Цифровые изоляторы для АЦП и ЦАП

	LTM2893	LTM2893-1	LTM2895
Назначение	Интерфейс для SAR АЦП	Интерфейс для SAR АЦП с конфигурированием	ЦАП или SPI-интерфейс общего назначения
SPI-интерфейс	Только чтение	Чтение/запись для семейства АЦП LTC2348/LTC2358	Запись и проверка обратной пересылкой (readback)
Максимальная тактовая частота (SCK)	100 МГц	100 МГц	100 МГц
Эффективное число передаваемых сигналов	9 (4 SPI, 5 управляющих)	10 (5 SPI, 5 управляющих)	9 (5 SPI, 4 управляющих)

LTC2328 и LTC2378. Что касается установки SCK2, она является последовательной тактовой частотой, используемой для считывания данных с АЦП. Порт SPI с логической (ведомой) стороны может работать на частотах до 1/128 от установки частоты SCK2. Команда активирования второго сигнала

SCS (Second Chip Select) позволяет записывать два регистра конфигурации в LTM2893, выбирая тактовые частоты SPI, длину слова и количество слов (таблица).

Частота SCK2 имеет восемь вариантов выбора в регистре конфигурации, поддерживая порты SPI АЦП на частотах 100–6,25 МГц.

Установка длины слова в 24 бит используется для ряда 16- и 24-битных АЦП последовательного приближения общего назначения с 1 млн выб./с. Эта установка длины слова определяет количество бит, которое изолированный основной SPI извлекает из АЦП и сохраняет в буфере логической стороны. Чтение данных с порта SPI с логической стороны не требует чтения полной длины слова, которая может быть оптимизирована в регистре конфигурации под параметры конкретного АЦП для уменьшения времени выборки или потребляемой мощности с восемью настройками в пределах 32–8 бит. Установка количества слов определяет, сколько слов считывается в одном цикле преобразования.

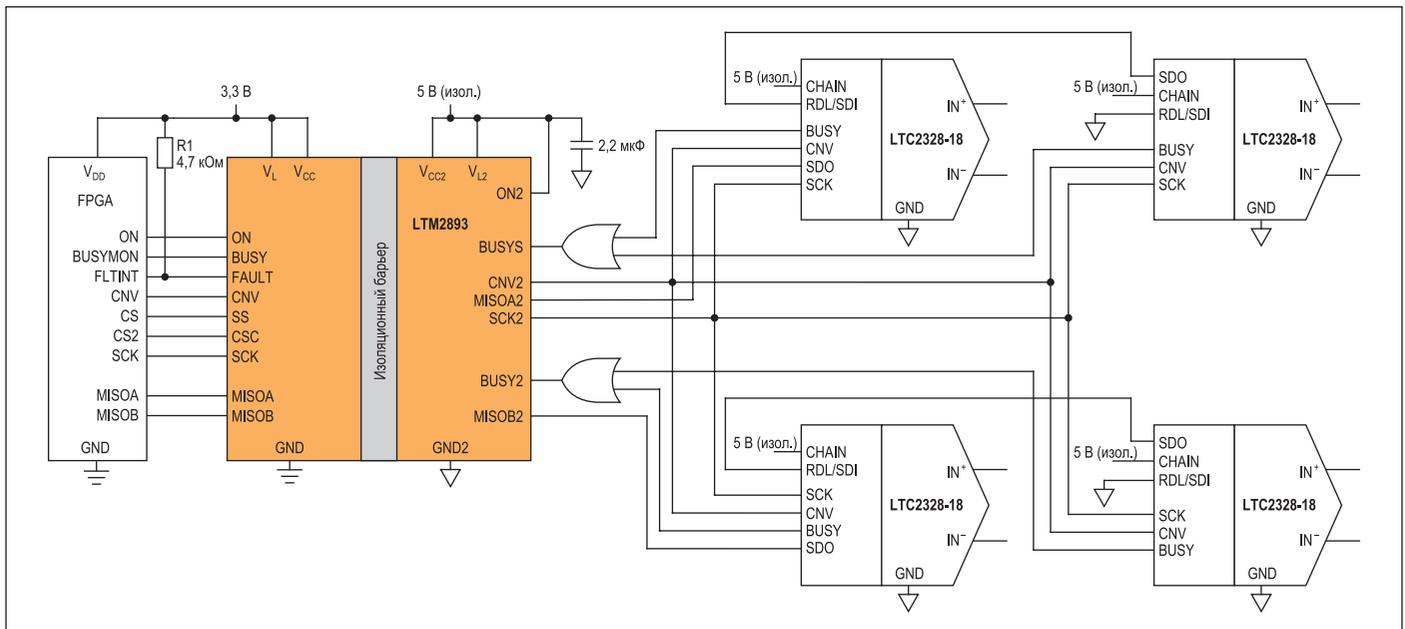


Рис. 5. Конфигурация для подключения цепочки АЦП

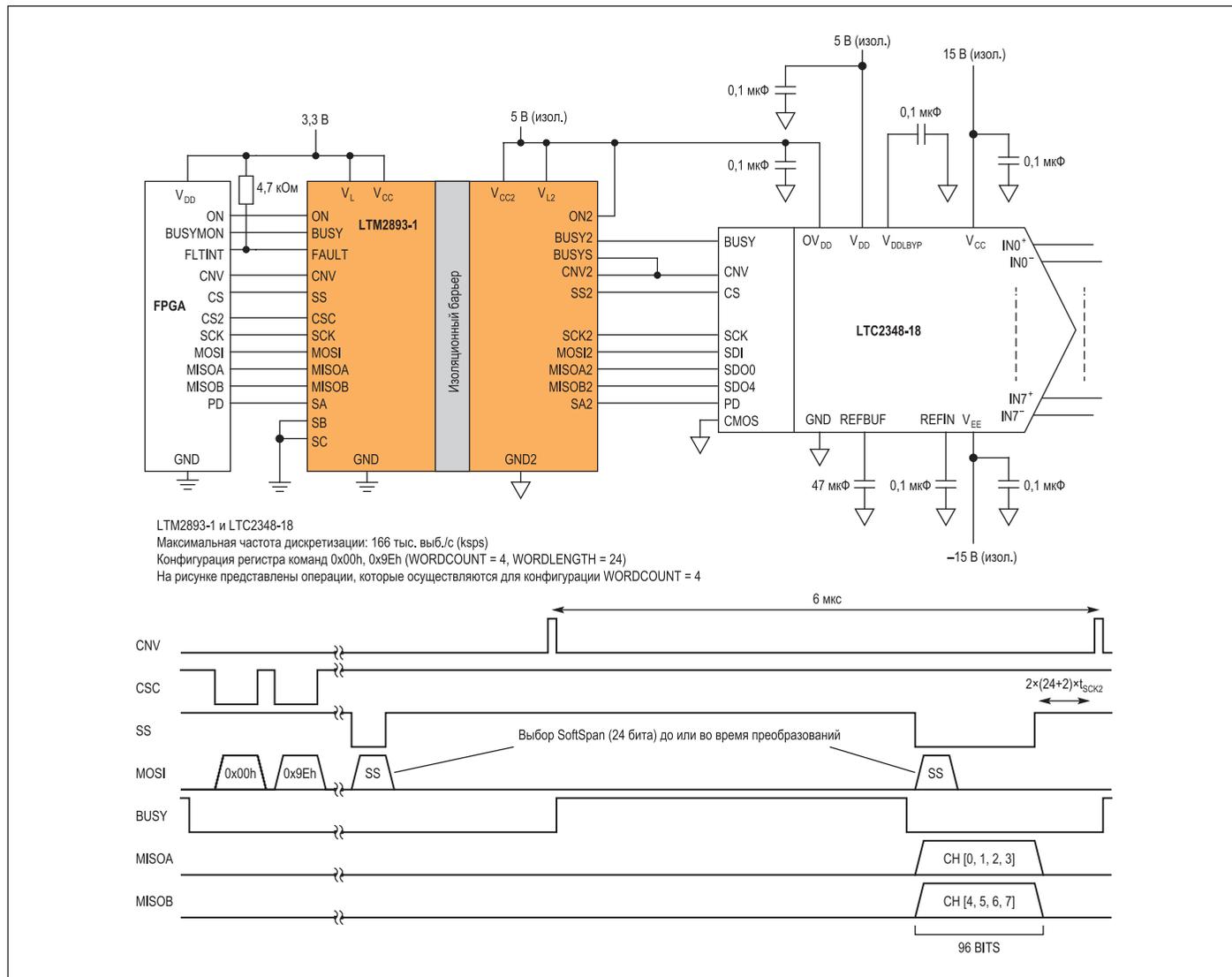


Рис. 6. Совместное использование изолятора LTM2893-1 с АЦП LTC2348-18

### Гальваническая изоляция интерфейсов нескольких АЦП

Изолятор LTM2893 имеет двойной порт чтения (MISOA, MISOB), позволяющий одновременно считывать результаты с двух АЦП. К изолированной стороне LTM2893 могут быть подключены два АЦП, которые совместно используют сигналы CNV2 и SCK2, при этом сигналы BUSYSY и BUSY2 подключаются к каждому АЦП независимо, в то время как выходы SDO АЦП подсоединяются соответственно к MISOA и MISOB.

Кроме того, можно подключать цепочками (двумя) до восьми АЦП, которые поддерживают режим работы, показанный на рис. 5. Здесь видно, как к одному изолирующему модулю LTM2893 подсоединяется до восьми АЦП. Для чтения более двух параллельных АЦП требуется запись в регистр конфигурации в LTM2893 для выбора количества устройств. Регистр конфигурации позволяет выбирать два, четыре, шесть или восемь устройств через два выхода MISOA и MISOB SPI.

### Изоляция АЦП с мультиплексным входом LTC2348 при помощи LTM2893-1

Большинству АЦП необходимо только наличие порта SPI с поддержкой чтения. Поэтому для такого случая мы предлагаем изолятор LTM2893 с SPI-портом только для чтения. А исполнение LTM2893-1 предназначено для АЦП с конфигурационными регистрами, такими как семейство АЦП LTC2348 с одновременной выборкой, показанное на рис. 6.

Изолятор LTM2893-1, предназначенный для SPI с функциями чтения и записи, позволяет настраивать регистр SoftSpan и считывать мультиплексированные данные из АЦП LTC2348. Семейство АЦП LTC2348 имеет восемь аналоговых входов, которые одновременно оцифровывают, последовательно преобразуются и доступны через порт SPI с восемью выходами. Подключение портов 0 и 4 к входам MISOA2 и MISOB2 в LTM2893-1 и установка регистра кон-

фигурации LTM2893-1 на длину слова 24, а восемь устройств сдвигают два канала из четырех результатов на преобразование. Добавление изолятора к LTC2348 приводит к небольшим потерям частоты дискретизации, уменьшая максимальную скорость с 200 до 166 тыс. выб./с (ksp/s).

### Производительность на уровне системы

Добавление любого цифрового изолятора может привести к джиттеру синхронизации, что естественно вызывает ухудшение общей производительности. Для того чтобы минимизировать снижение характеристик в части отношения сигнал/шум, изолирующий модуль LTM2893 спроектирован с максимально низким уровнем джиттера для сигнала запуска преобразования. Таким образом, производительность системы LTM2893 с АЦП LTC2328-18 практически аналогична производительности самого LTC2328-18. Чтобы проиллюстрировать это, на рис. 7 показан

график, полученный при измерениях, проведенных на демонстрационной плате DC2405A, в которую с помощью приложения PScore добавлен на вход сигнал частотой 2 кГц с уровнем  $-1$  дБ (полной шкалы).

## Заключение

Модуль LTM2893 — это полностью интегрированное решение для изоляции интерфейса, специально разработанное для АЦП-приложений. Через изолирующий барьер изолятор LTM2893 принимает и передает с минимальным ухудшением производительности все необходимые сигналы для доступа к АЦП, при сопряжении с которым обеспечивает для него последовательный периферийный интерфейс SPI с тактовой частотой 100 МГц. В отличие от решений на основе LTM2893, другие устройства, использующие отдельную технологию формирования изолированных каналов, чтобы преодолеть погрешности, вызванные задержкой распространения, должны уменьшить тактовую частоту интерфейса. Гибкий интерфейс LTM2893 позволяет изолировать несколько АЦП, сокращая общее количество компонентов и уменьшая сложность и стоимость системы по сравнению с другими решениями гальванической изоляции SPI-интерфейса. Поскольку данный изолятор

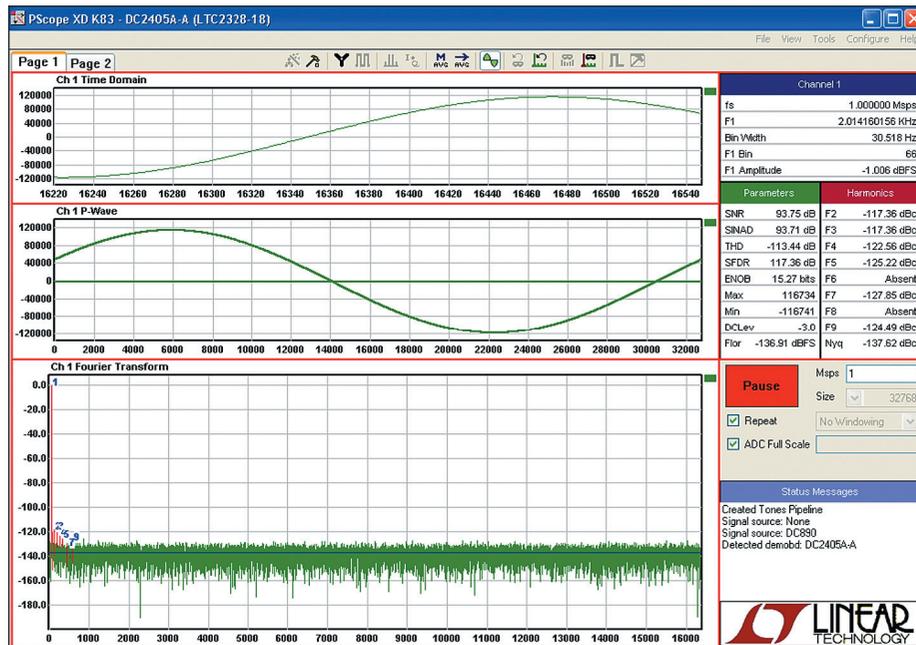


Рис. 7. График, полученный от инструмента PScore, демонстрирующий производительность демонстрационной платы DC2405A

уже оптимизирован для АЦП, разработчики могут легко добавить его в любое устройство, требующее надежного гальванически развязанного интерфейса.

## Литература

1. <http://www.linear.com/designtools/packaging/umodule.php>