

ВХОДНАЯ ЦЕПЬ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО АЦП. УСИЛИТЕЛЬ ИЛИ ТРАНСФОРМАТОР?

Роб Ридер, Джим Казерта, технические специалисты, Analog Devices

В статье из сборника «Спросите инженера по применению» №36 (Ask The Application Engineer №36), издаваемого компанией Analog Devices, подробно рассмотрены варианты построения входных цепей для широкополосных АЦП. Приведены практические примеры вплоть до указания номинальных значений компонентов схемы.

Материал размещен в рамках совместного проекта журнала «Электронные компоненты» и компании AUTEX Ltd (www.autex.ru).

Внешняя входная цепь высокопроизводительного АЦП важна для достижения требуемых характеристик системы. Выбор оптимального варианта цепи зависит от многих факторов, включая характеристики конечного изделия и архитектуру АЦП. Следующие вопросы и ответы выделяют важные практические аспекты разработки входных цепей для АЦП с использованием усилителей и трансформаторов.

В чем заключается принципиальная разница между усилителями и трансформаторами?

Усилитель – активный элемент, а трансформатор – пассивный. Усилители, как и все активные элементы, потребляют мощность и вносят шумы. Трансформаторы не потребляют мощности, а их шумы незначительны. И тем, и другим свойственны динамические эффекты, с которыми приходится считаться.

Почему вы применили усилитель?

Усилители имеют меньше ограничений, чем трансформаторы. Если необходимо сохранить постоянную составляющую сигнала, то следует применить усилитель, так как трансформатор в принципе передает только переменный ток. С другой стороны, трансформаторы обеспечивают гальваническую развязку, а усилители – нет. С усилителями проще добиться требуемого коэффициента передачи, так как их выходной импеданс практически от него не зависит, а выходной импеданс трансформаторов увеличивается пропорционально квадрату коэффициента передачи напряжения, который, в свою очередь, зависит от коэффициента транс-

формации. Усилители обеспечивают более равномерную АЧХ в полосе пропускания, свободную от пульсаций, свойственных трансформаторам вследствие различных паразитных взаимодействий.

Насколько велики шумы усилителя и как их можно снизить?

Типичный усилитель, который можно рассматривать для данного применения, например, ADA4937, включенный с коэффициентом усиления $G = 1$, имеет спектральную плотность шума на выходе $6 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ на высоких частотах. Это сравнимо со спектральной плотностью шума $10 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$, приведенной ко входу АЦП AD9446 производительностью 80 MSPS. Проблема в том, что шум усилителя имеет полосу, эквивалентную полной полосе пропускания АЦП, примерно 500 МГц, в то время как шум АЦП ограничен одной зоной Найквиста (40 МГц). Без фильтра полная величина шума в этом случае становится равной 155 мкВ средне-

квадратичного значения (скз) для усилителя и 90 мкВ скз для АЦП. Теоретически это снижает отношение сигнал/шум (SNR) системы в целом на 6 дБ. Чтобы подтвердить это экспериментально, было измерено SNR с ADA4937 в качестве драйвера для AD9446-80. Оно составило 76 dBFS¹ и минимальный уровень шума минус 118 дБ (см. рис. 1). С трансформатором в качестве драйвера SNR равно 82 dBFS. SNR драйвера с усилителем, таким образом, меньше на 6 дБ.

Чтобы увеличить SNR, между усилителем и АЦП был введен фильтр. Со 100-МГц фильтром второго порядка суммарный шум усилителя стал равен 71 мкВ скз, уменьшив SNR АЦП только на 3 дБ. Использование фильтра улучшает зависимость SNR, показанную на рисунке 1, до 79 dBFS, с минимальным уровнем шума минус 121 дБ, как показано на рисунке 2. Фильтр второго порядка построен с использованием резисторов 24 Ом и индуктивностей 30 нГн, подключенных последовательно к каждому выходу усилителя, и конденсатора 47 пФ, подключенного дифференциально (см. рис. 26).

Как можно сравнить быстродействующие усилители и АЦП по потребляемой мощности?

Зависит от используемых усилителя и АЦП. Два типичных усилителя с примерно равными потребляемыми мощностями – это AD8352, который

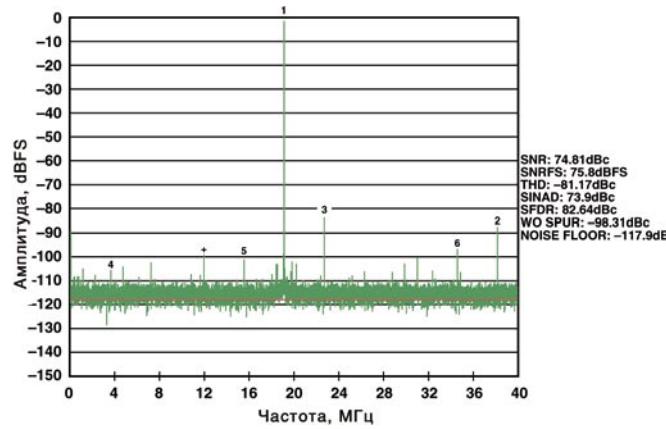


Рис. 1. Усилитель ADA4937 подает сигнал на АЦП AD9446-80 без шумоподавляющего фильтра

¹Децибел полной шкалы.

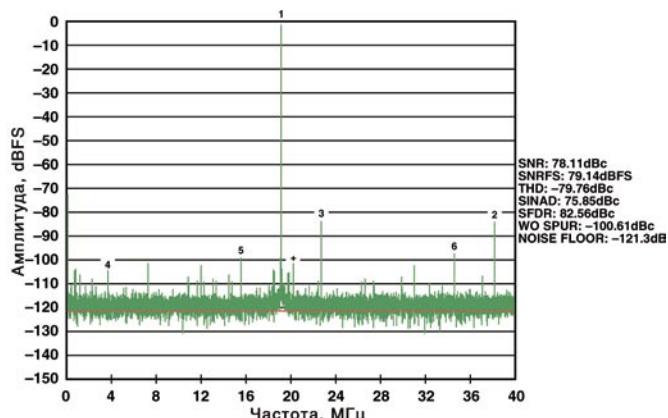


Рис. 2а. Подача сигнала на AD9446-80 через 100 МГц шумоподавляющий фильтр

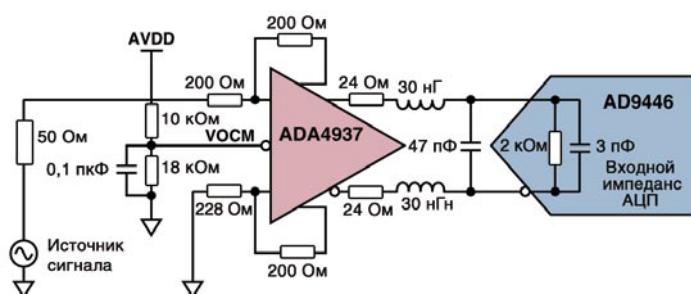


Рис. 2б. Схема подачи сигнала на АЦП AD9446-80 с усилителем ADA4937 через шумоподавляющий фильтр второго порядка

потребляет 37 мА при питании от 5 В (185 мВт), и ADA4937, который потребляет 40 мА при питании от 5 В (200 мВт). При уменьшении питания до 3,3 В потребляемая мощность может быть снижена примерно на треть, но с некоторым ухудшением характеристик. АЦП характеризуются большим разнообразием по потреблению мощности, зависящим от разрешения и быстродействия. 16-разрядный, 80 MSPS AD9446-80 потребляет 2,4 Вт, 14-разрядный 125 MSPS AD9246-125 потребляет 415 мВт, и 12-разрядный, 20 MSPS AD9235-20 потребляет всего 95 мВт.

В каком случае требуется применять трансформатор?

Трансформатор имеет наибольшие преимущества по сравнению с усилителями при очень высоких частотах

сигнала и в том случае, когда дополнительный входной шум усилителя может серьезно ухудшить работу АЦП.

Как трансформаторы и усилители различаются при реализации требуемого коэффициента передачи?

Основная разница заключается в выходном импедансе, который напрямую влияет на полосу пропускания системы. Входной и выходной импедансы трансформаторов пропорциональны квадрату коэффициента трансформации, в то время как входной и выходной импедансы усилителей слабо зависят от коэффициента передачи.

К примеру, если коэффициент передачи трансформатора равен 2, а импеданс источника сигнала составляет 50 Ом, то импеданс со стороны вторичной обмотки будет равен

200 м. АЦП AD9246 имеет входную дифференциальную емкость 4 пФ, которая, совместно с импедансом трансформатора в 200 Ом, снижает полосу пропускания АЦП по уровню -3 дБ с 650 МГц до 200 МГц. Для улучшения режима работы и уменьшения влияния драйвера часто возникает необходимость в дополнительном последовательном сопротивлении и дифференциальной емкости, которые могут еще больше ограничить полосу пропускания, вплоть до 100 МГц.

Когда используется усилитель с низким выходным импедансом — такой, как ADA4937 — результатом является очень низкий импеданс источника сигнала, обычно менее 5 Ом. Для ограничения действия переходных процессов, последовательно с каждым входом АЦП могут быть включены резисторы сопротивлением 25 Ом, таким образом в случае AD9246 может быть использована полная полоса пропускания аналогового входа АЦП, равная 650 МГц.

До сих пор речь шла о полосе пропускания по уровню -3 дБ. Если требуется меньшая неравномерность, скажем, 0,5 дБ для цепи первого порядка, полоса пропускания по уровню -3 дБ должна быть примерно в 3 раза шире. Для неравномерности 0,1 дБ в случае цепи первого порядка, этот коэффициент увеличивается до 6,5². Если требуется неравномерность 0,5 дБ в полосе до 150 МГц, то полоса пропускания по уровню -3 дБ должна составлять более, чем 450 МГц. Этого трудно добиться с трансформатором, у которого $G = 2$, однако вполне реализуемо при использовании усилителя с его низкоомным выходом.

Какие факторы рассматривают при выборе усилителя или трансформатора в схеме драйвера АЦП?

Они могут быть сведены к полу-дюжине параметров, которые кратко приведены в таблице 1.

Приложения, в которых ключевые параметры противоречат друг другу, требуют дополнительного анализа и нахождения компромисса.

Назовите некоторые аспекты такого анализа

Если требуется коэффициент передачи, позволяющий использовать весь входной диапазон АЦП, то приложение, в котором во всем остальном предпочтение могло быть отдано трансформатору, становится

Таблица 1. Основные факторы, влияющие на выбор

Параметр	Рекомендуемый компонент
Полоса пропускания	Трансформатор
Коэффициент передачи	Усилитель
Неравномерность в полосе пропускания	Усилитель
Мощность	Трансформатор
Шум	Трансформатор
Связь по постоянному или переменному току	Усилитель (сохранение постоянной составляющей) Трансформатор (развязка по постоянному току)

²Полоса пропускания по уровню -3 дБ в этом случае должна быть больше в 6,5 раз.

более сложным, так как требует увеличенного коэффициента передачи (коэффициента трансформации).

Конечно, сложность увеличивается с ростом частоты. Разработать систему для промежуточной частоты (ПЧ) ниже 100 МГц с буферизированным АЦП будет проще по сравнению со схемой для высокой ПЧ с низким уровнем сигнала и небуферизированным АЦП. Иллюстрирует сказанное рисунок 3. С таким большим числом параметров, выбранных для различных вариантов схемы, найти компромисс иногда сложно, и есть от чего прийти в замешательство, когда пытаешься сохранить историю, как выбирались и менялись компоненты.

Бывает полезно использовать сводную ведомость или таблицу, чтобы сохранить все основные этапы разработки. Не существует оптимального варианта, удовлетворяющего всем случаям, также важен вопрос доступности компонентов и технической документации.

Итак, разработка может оказаться сложной. Что можно сказать относительно подробностей, касающихся параметров системы?

Главное, что надо принимать во внимание при разработке входной

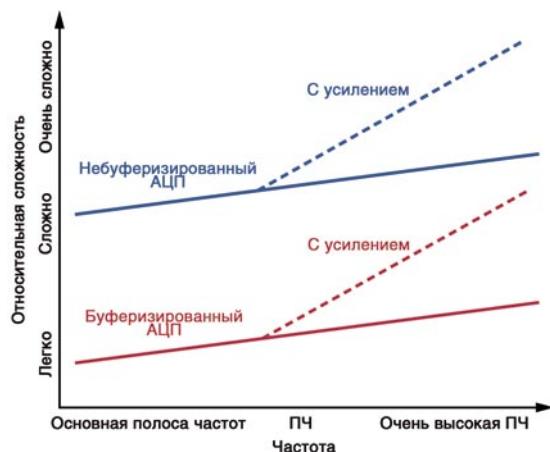


Рис. 3. Зависимость сложности от частоты

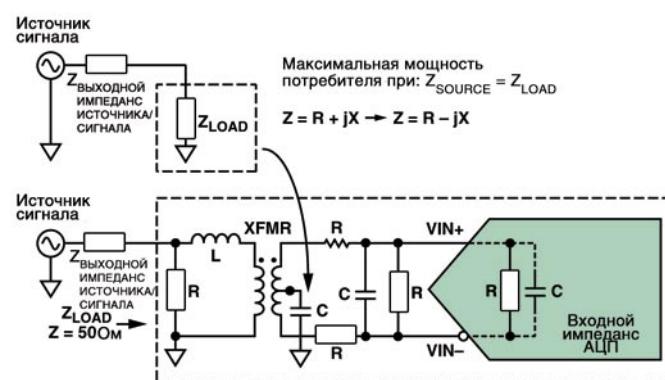


Рис. 4. Передача максимальной мощности

PS ELECTRO

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

БЫСТРО - 14 ДНЕЙ
ОЧЕНЬ БЫСТРО - 7 ДНЕЙ
Super БЫСТРО - 2 ДНЯ
И НЕДОРОГО - 4 НЕДЕЛИ ОТ 40РУБ./ДМ²

WWW.PSELECTRO.RU

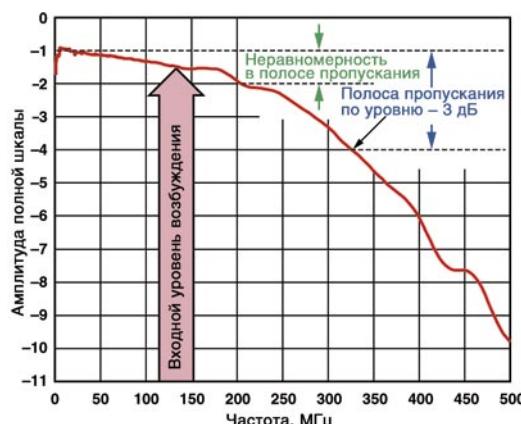


Рис. 5. Определение полосы пропускания, неравномерности в полосе пропускания и входного уровня возбуждения

цепь АЦП – каждый компонент следует рассматривать как составную часть нагрузки предыдущего каскада. Максимальная передача мощности осуществляется тогда, когда выходной импеданс источника (Z_{SOURCE}) равен комплексно-сопряженному импедансу нагрузки (Z_{LOAD}) – рисунок 4.

Вот основные параметры проекта:

– входной импеданс, характеризует импеданс схемы. Наиболее часто он составляет 50 Ом, однако бывают и другие значения. Трансформатор является превосходным преобразователем импедансов и позволяет связывать части схем с различными импедансами, когда требуется полное согласование с нагрузкой. В случае цепи с усилителем импеданс определяется как входная и выходная характеристики, которые могут быть заданы неизменными на всех рабочих частотах, в отличие от трансформаторных схем;

– коэффициент стоячей волны по напряжению (voltage standing-wave

ratio, VSWR) – безразмерный параметр, который может быть использован для оценки того, какая часть мощности была отражена нагрузкой в интересующей полосе частот. Важная величина, она определяет входной уровень возбуждения, требуемый для достижения входного сигнала полной шкалы АЦП;

– полоса пропускания (bandwidth) – диапазон частот, на который рассчитана схема. Полоса пропускания может быть узкой или широкой, в основной полосе частот (baseband) или в одной из зон Найквиста. Обычно указывают полосу пропускания по уровню -3 dB;

– неравномерность в полосе пропускания (pass-band flatness) определяет величину отклонений (положительных и отрицательных) отклика в зависимости от частоты в полосе пропускания. Характеристика может иметь пульсирующую составляющую или просто монотонно убывать, как характеристика фильтра Баттерворта. В любом случае, неравномерность в полосе пропускания, как правило,

должна быть меньше или равна 1 дБ, и важно соблюдать это условие при определении коэффициента передачи всей схемы;

– входной уровень возбуждения (см. рис. 5) определяется коэффициентом передачи схемы, требуемым для конкретного приложения. Он связан с параметрами полосы пропускания и зависит от выбора компонентов входной цепи, таких, как фильтр или усилитель/трансформатор. Их характеристики могут стать причиной того, что требования к уровню возбуждения будут одними из наиболее трудновыполнимых;

– отношение сигнал-шум (signal-to-noise ratio, SNR) – это отношение среднеквадратичного значения сигнала полной шкалы к корню из суммы квадратов всех шумовых составляющих в заданной полосе частот, без учета искажений. Применительно к входному устройству для АЦП, SNR уменьшается с уменьшением полосы частот, джиттера и коэффициента передачи (шумы усилителя, незначительные при малом усилении, при высоком становятся существенными);

– динамический диапазон, свободный от гармоник (spurious-free dynamic range, SFDR), – это отношение среднеквадратичного значения сигнала полной шкалы к среднеквадратичному значению наибольшего ложного спектрального компонента. Две главных причины появления гармоник во входной цепи – это нелинейность усилителя (или отсутствие должной сбалансированности трансформатора), которая обычно приводит к искажениям на частоте второй гармоники, а также рассогласование по входу с его последующим усилением. При большем усилении согласование выполнить сложнее, нелинейность усиливается и чаще всего проявляется как искажения на частоте третьей гармоники.

Что необходимо знать о трансформаторах?

Разработка схем с трансформаторами не всегда тривиальна. К примеру, характеристики трансформаторов меняются с частотой. Пример отправной точки моделирования трансформатора для приложений с АЦП можно увидеть на рисунке 6. Иной раз следует обратиться к производителю трансформатора, чтобы получить модель, если таковая существует. Вот основные характеристики трансформатора:

– коэффициент трансформации – отношение напряжения на вторичной

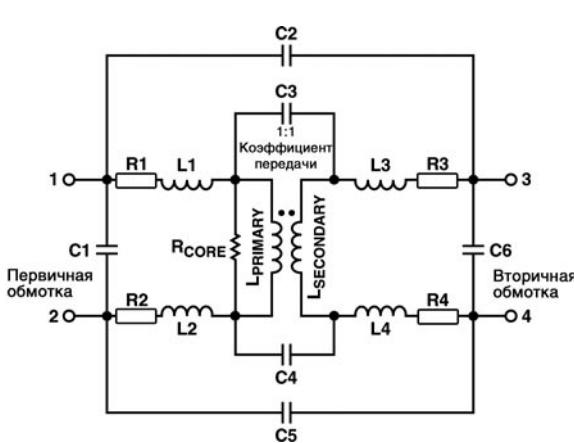


Рис. 6. Модель трансформатора

ELECTRONICON
Kondensatoren GmbH

ЭНЕРГИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ!

КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ
КОМПЕНСАЦИИ
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

КОНДЕНСАТОРЫ ДЛЯ
СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИСТРИБЬЮТОР

ARGUSSoft
www.argussoft.ru

Москва
Тел.: (495) 221-0130
Факс: (495) 221-0137
E-mail: cmp@argussoft.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 567-1867
Факс: (812) 567-1849
E-mail: spb@argussoft.ru

Новосибирск
Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

Екатеринбург
Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

Зеленоград
Тел.: (495) 532-8384
Факс: (495) 532-8384
E-mail: zelgrad@argussoft.ru

обмотке к напряжению на первичной;

- коэффициент передачи по току – величина, обратная коэффициенту трансформации;

- коэффициент преобразования сопротивления – квадрат коэффициента трансформации;

- коэффициент передачи сигнала в идеале равен коэффициенту трансформации;

- трансформатор упрощенно может рассматриваться как полосовой фильтр с номинальным коэффициентом передачи;

- вносимые потери, потери фильтра в заявленном частотном диапазоне – наиболее распространенный параметр в документации;

- потери на отражение – мера рассогласования эффективного импеданса нагрузки вторичной обмотки, приведенного к первичной. Например, если квадрат коэффициента трансформации равен 2, то импеданс со стороны первичной обмотки составит 50 Ом, когда вторичная нагрузжена на 100 Ом. Однако это соотношение неточно. Например, импеданс, приведенный к первичной обмотке, меняется с частотой. Вообще же, как меняется коэффициент преобразова-

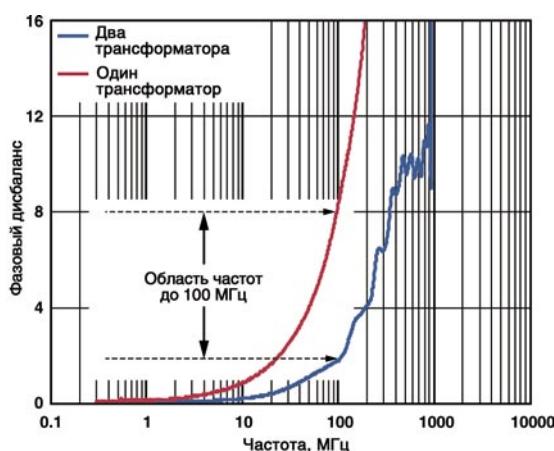


Рис. 7. Фазовый дисбаланс, создаваемый трансформатором для конфигураций с одним и двумя трансформаторами

ния сопротивления, так же меняются потери на отражение;

- амплитудный и фазовый дисбаланс – ключевые характеристики трансформатора. Они дают разработчику представление о величине нелинейности при работе на очень высоких (свыше 100 МГц) промежуточных частотах. С увеличением частоты нелинейность трансформатора также растет, и главенствующее

влияние имеет фазовый дисбаланс, который приводит к появлению искажений на четных гармониках (главным образом – на 2-й гармонике);

На рисунке 7 виден типичный фазовый дисбаланс как функция частоты для конфигураций с одним и двумя трансформаторами. Помните, не все производители трансформаторов определяют параметры своих изделий одинаково. Трансформаторы

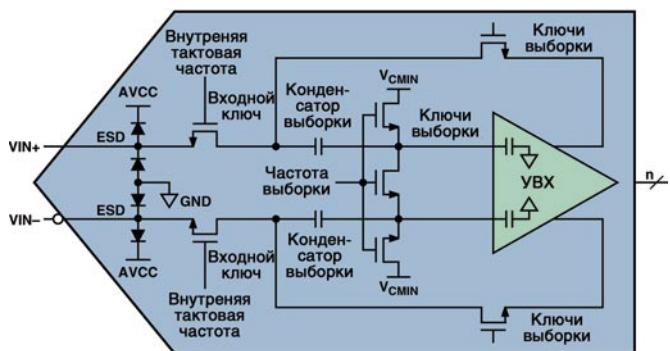


Рис. 8. Схема входного каскада АЦП на переключаемых конденсаторах

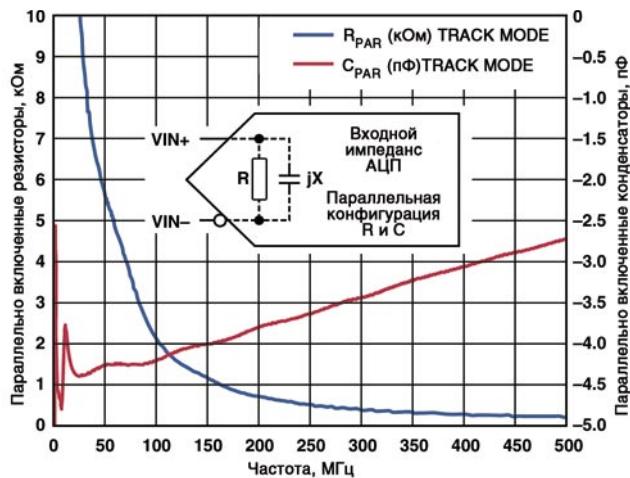


Рис. 9. График типичного входного импеданса АЦП на переключаемых конденсаторах

со сходными, на первый взгляд, характеристиками, могут работать по-разному в одинаковых ситуациях. Лучший способ выбрать трансформатор — разобраться в технических характеристиках всех рассматриваемых трансформаторов и запросить параметры, не указанные в спецификациях производителя. В качестве альтернативы или в дополнение бывает полезно измерить рабочие параметры самостоятельно.

Какие параметры важны при выборе усилителя?

Принципиальная причина для использования усилителя вместо трансформатора — уменьшение неравномерности полосы пропускания. Если эта характеристика критична для разработки, усилитель создаст меньшую неравномерность характеристики — обычно не более $\pm 0,1$ дБ во всем частотном диапазоне. Трансформаторы имеют «выпуклую» АЧХ и требуют точной настройки, если требуется плоская характеристика.

Способность к передачи сигнала — другое преимущество усилителей. Трансформаторы предназначены для непосредственного соединения с АЦП и не способны передавать качественный сигнал в длинных проводниках на печатной плате. Если драйвер должен быть расположен далеко от АЦП или на отдельной плате, настоятельно рекомендуется усилитель.

Связь по постоянному току также может быть доводом в пользу усилителя, так как трансформатор по своей природе — элемент переменного тока. Некоторые высокочастотные усилители могут работать с частотным диапазоном вплоть до постоянного тока, например, AD8138 и ADA4937.

Усилители также могут обеспечивать динамическую развязку, примерно 30 — 40 дБ, уменьшая ответные выбросы от переходных процессов в небуферизированных входных цепях АЦП. Если нужна широкая полоса пропускания, усилитель дает лучшее согласование с аналоговыми входами АЦП, чем трансформатор.

Другая рассматриваемая характеристика — связь полосы пропускания и шума. Для разработок, рассчитанных на частоты свыше 150 МГц, трансформаторы будут лучше работать, обеспечивая хорошие SNR и SFDR. Однако в пределах первой или второй зоны Найквиста усилители и трансформаторы могут использоваться с одинаковым успехом.

Какие из усилителей Analog Devices предпочтительны в качестве драйвера для высокопроизводительных АЦП?

Вот усилители, лучше всего подходящие для высокочастотных АЦП: AD8138 и AD8139; AD8350, AD8351 и AD8352; ADA4937 и ADA4938. AD8139, как правило, используются в устройствах для основной полосы частот (baseband) — там, где входные частоты меньше 50 МГц. Для разработок с верхним диапазоном промежуточных частот (higher-IF) обычно применяются AD8352. Этот усилитель демонстрирует хорошее подавление шумов и выбросов в полосе частот до 200 МГц. ADA4937 может использоваться на частотах до 150 МГц; его основное преимущество проявляется в схемах со связью с АЦП по постоянному току, так как этот усилитель может обеспечивать широкий диапазон синфазных выходных напряжений.

Какие характерные особенности АЦП следует учитывать при выборе?

Популярные КМОП-АЦП на переключаемых конденсаторах не имеют внутреннего входного буфера, поэтому имеют существенно меньшую рассеиваемую мощность, чем буферизированные. Источник сигнала подключается непосредственно к внутреннему конденсатору схемы выборки-хранения АЦП (см. рис. 8). Здесь имеются две проблемы. Во-первых, входной импеданс меняется со временем и в зависимости от режима, переключающегося между выборкой и хранением. Во-вторых, заряд, инжектированный в конденсатор выборки, влияет на источник сигнала, что может вызвать задержку установления сигнала в пассивном фильтре драйвера АЦП.

Важно правильно согласовать внешнюю цепь с импедансом АЦП (см. рис. 9). Как можно видеть, действительная (резистивная) составляющая входного импеданса очень высока

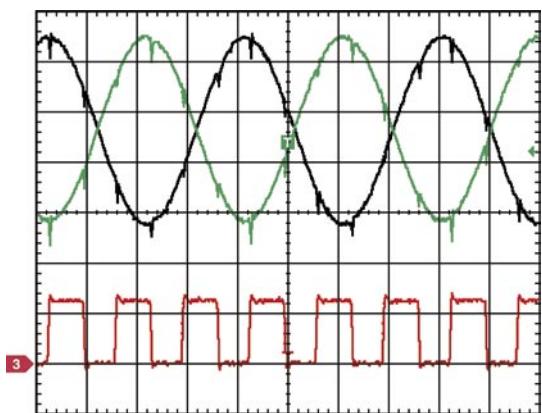


Рис. 10. Несимметричное измерение входного сигнала АЦП на переключаемых конденсаторах; запуск – по фронтам тактового генератора

(порядка нескольких килом) на низких частотах (основная полоса частот) и падает до величины меньше, чем 2 кОм на частоте выше 100 МГц. Согласование с такой входной структурой – довольно сложная проблема, особенно на частотах более 100 МГц.

Осциллограммы на рисунках 10 и 11 иллюстрируют преимущества дифференциального сигнала. На первый взгляд, отдельные осциллограммы измеренного несимметрично входного сигнала АЦП выглядят довольно плохо. Однако рисунок 11 демонстрирует, что искажения несимметрично измеренных сигналов – эффект почти исключительно синфазный. Рассматривая входы АЦП дифференциально, можно увидеть, что входной сигнал почти чистый. Имеют место искажения в виде выбросов от работы тактового генератора. Подавление синфазных помех – природное свойство дифференциального способа подачи сигналов, будь то помехи по цепям питания, шум от цифровых схем или инжекция заряда.

АЦП с буферизированным входом проще в использовании. Источник входного сигнала нагружен на постоянный импеданс. Буфер – транзисторный каскад, который обеспечивает низкий импеданс для схемы преобразования и существенно снижает выбросы от перезаряда конденсаторов и переходных процессов внутренних ключевых схем. В отличие от АЦП на переключаемых конденсаторах, входные параметры других АЦП мало меняются во всем диапазоне входных частот, поэтому выбор подходящей цепи возбуждения много проще. Буфер специально разработан с хорошей линейностью и малыми шумами; единственный недостаток – потребляемая буфером мощность приводит к увеличению рассеиваемой мощности всего АЦП.

Приведите примеры схем трансформаторных и усилительных драйверов

На рисунке 12 показаны четыре примера входных цепей АЦП с использованием трансформатора. В случае схем для основной полосы частот (см. рис. 12а) входной импеданс много больше, поэтому согласование гораздо проще и не так значимо, как при больших частотах. Обычно бывает достаточно последовательно включенных резисторов небольшого номинала. Простой фильтр снижает широкополосный шум, давая оптимальные характеристики.

Для того, чтобы добиться хорошо согласованного входа в широкополосных схемах (см. рис. 12б),

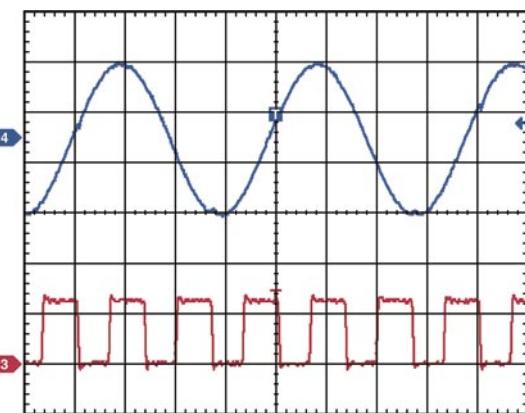


Рис. 11. Дифференциальное измерение входного сигнала АЦП на переключаемых конденсаторах; запуск по фронтам тактового генератора

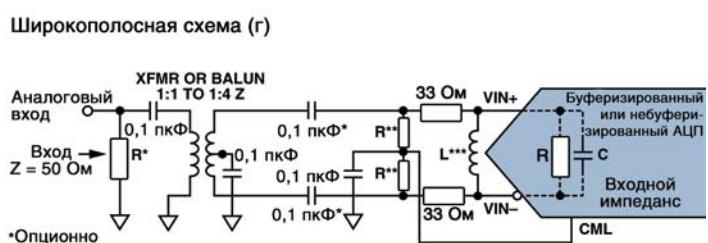
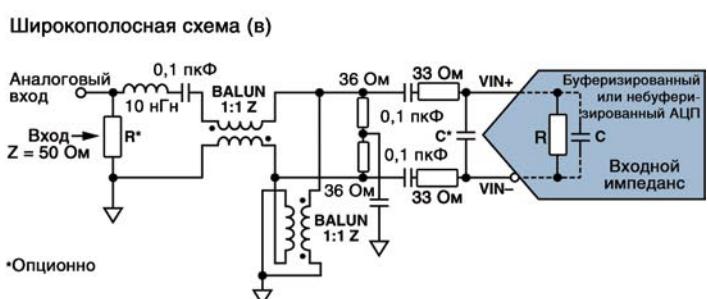
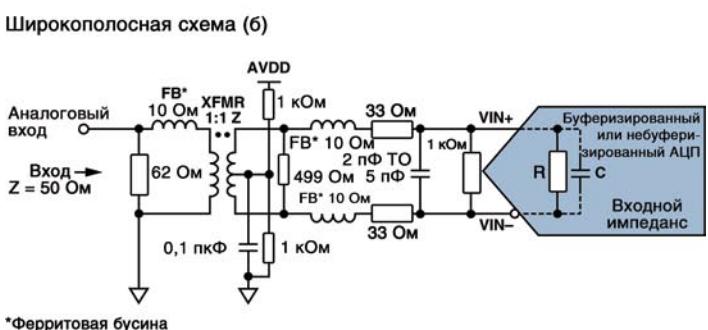
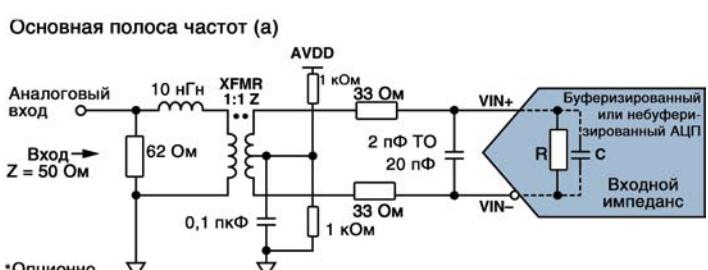


Рис. 12. Схемы трансформаторных входных цепей

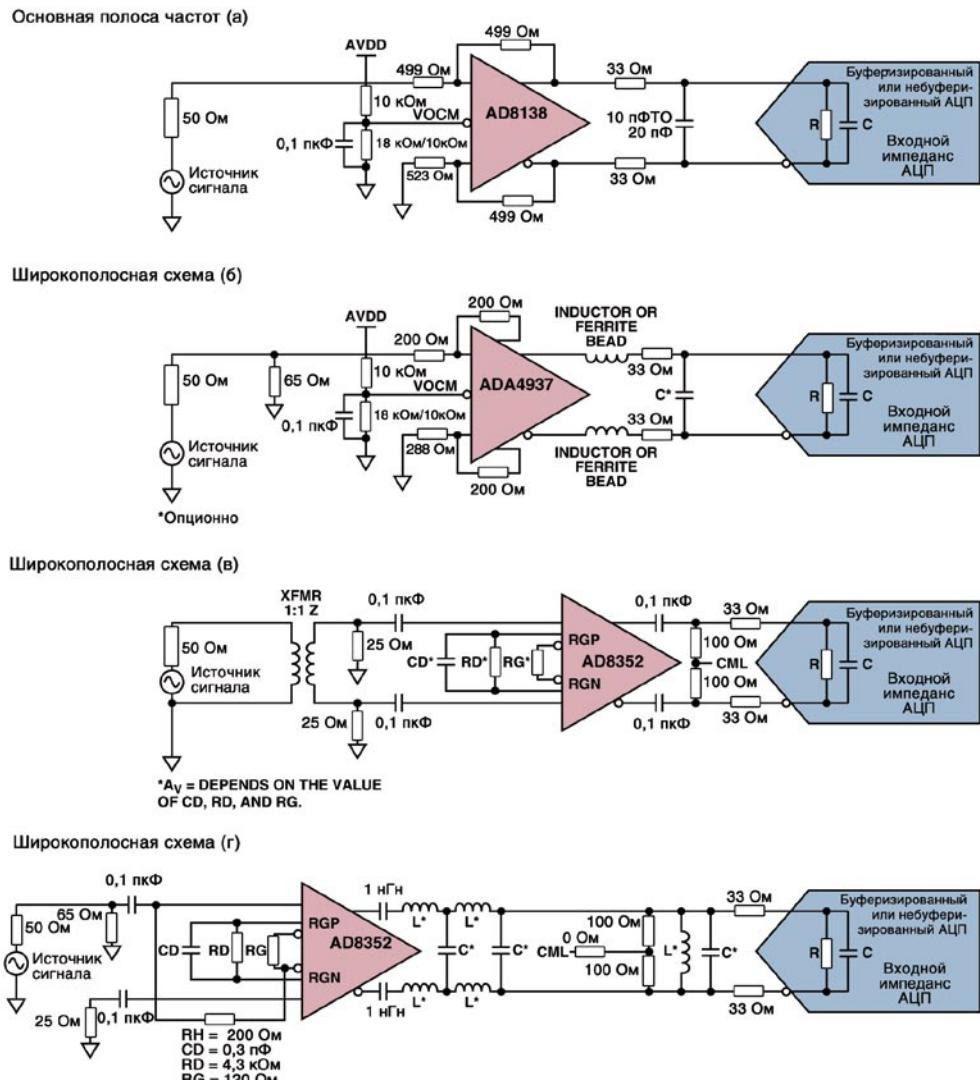


Рис. 13. Схемы входных цепей на усилителях

постарайтесь сделать действительную (резистивную) составляющую входного импеданса преобладающей. Минимизируйте емкостную составляющую с помощью индуктивности или ферритовой бусины, включенных последовательно аналоговому входу. Это может обеспечить хорошую полосу частот, улучшенную неравномерность АЧХ и лучший SFDR, как видно на примере использования АЦП на переключаемых конденсаторах семейства AD92XX.

Для схем с верхним диапазоном ПЧ и буферизированным преобразователем (см. рис. 12в), показана конфигурация с двойным симметрирующим трансформатором и фильтром, сходным со схемой для основной полосы. Это позволяет работать со входными сигналами до 300 МГц и обеспечивает хорошую балансировку

для минимизации искажений на четных гармониках. Для узкополосных (резонансных) схем (см. рис. 12г) топология схожа с широкополосными схемами.

Когда используется усилитель с буферизированным или небуферизированным АЦП, схемы для основной полосы частот довольно просто (см. рис. 13). Позаботьтесь о том, чтобы синфазное напряжение усилителя совпадало с таковым у АЦП, и используйте простой НЧ-фильтр, чтобы избавиться от нежелательных широкополосных шумов (см. рис. 13а). Для схем с промежуточной частотой (см. рис. 13б и рис. 13в) согласующая цепь напоминает схему для основной полосы, однако обычно имеет более пологий спад АЧХ. Индуктивность или ферритовая бусина может быть применена на выходах усилителя,

чтобы расширить полосу пропускания, если требуется. Это, однако, не всегда необходимо, так как параметры усилителей менее подвержены изменениям в полосе частот, чем у трансформаторов. Для узкополосных или резонансных схем (см. рис. 13г), фильтр согласован с выходным импедансом усилителя, чтобы нейтрализовать входную емкость АЦП. Обычно используется фильтр высокого порядка для подавления шумов в требуемой полосе частот.

Сформулируйте, пожалуйста, основные выводы

Когда начинаете новый проект, соблюдайте следующее:

- осознавайте уровень сложности разработки;
- расположите по значимости технические требования к проекту;

— учитывайте входной импеданс АЦП совместно с внешними компонентами во входную цепь, когда определяете полную нагрузку на трансформатор или усилитель.

Когда выбираете трансформатор, всегда помните:

- не все трансформаторы одинаковы;
- правильно понимайте спецификации трансформатора;
- узнавайте у производителя параметры, не приведенные в документации;
- схемы для верхнего диапазона ПЧ чувствительны к дисбалансу фаз трансформатора;
- в схемах для самых верхних промежуточных частот для подавления искажений на четных гармониках могут потребоваться два трансформатора.

Когда выбираете усилитель, всегда соблюдайте следующее:

- обращайте внимание на шумовые характеристики;
- правильно понимайте спецификации усилителя;
- в схемах для нижнего диапазона ПЧ или для основной частоты используйте AD8138/AD8139;

— для среднего диапазона ПЧ используйте AD4937;

— для верхнего диапазона ПЧ используйте AD48352;

— усилители менее чувствительны к дисбалансу и автоматически подавляют искажения на четных гармониках;

— некоторые усилители имеют связь со входом АЦП по постоянному току, например, AD8138/AD8139 и ADA4937/ADA4938;

— усилители изолируют источник сигнала от воздействия со стороны нагрузки — источник сигнала не нагружается на входное сопротивление АЦП — и, таким образом, могут быть более, чем трансформаторы, полезны для работы с чувствительным источником сигнала;

— к выходу усилителей может быть подключена удаленная нагрузка, и они особенно полезны, когда систему приходится разбивать на две или более платы;

— для усилителей может потребоваться дополнительный источник питания.

Когда выбираете АЦП, всегда учитывайте следующее:

— имеет ли АЦП внутренний буфер;

— в АЦП на переключаемых конденсаторах существует временной дрейф входного импеданса, и они более сложны для использования в схемах для верхнего диапазона ПЧ;

— если используете небуферизированный АЦП, всегда добивайтесь согласования его входа со схемой драйвера;

— буферизированные АЦП проще в разработке, даже для верхнего диапазона ПЧ;

— буферизированные АЦП потребляют больше мощности.

И последнее:

— схемы для основной полосы частот наиболее просты, с любыми типами АЦП;

— используйте ферритовые бусины или низкодобротные индуктивности для уменьшения влияния входной емкости АЦП на переключаемых конденсаторах. Это увеличивает входную полосу частот, обеспечивает лучшее согласование по входу и поддерживает большой SFDR;

— на верхнем диапазоне ПЧ могут потребоваться два трансформатора.

Широкий выбор компонентов для радиочастотной идентификации:

- от стационарных многоантенных считывателей и порталов до мобильных терминалов
- от простых меток-наклеек и карточек до корпусированных меток на металлические объекты.

Полная техническая поддержка

RFID

ООО "Гамма Санкт-Петербург"
тел.: +7-(812)325-5115
факс: +7-(812)325-5114
e-mail: sale@gamma.spb.ru
www.gamma.spb.ru

RFID

MAXIM
DALLAS
SEMICONDUCTOR

ПЛАТАН
www.platan.ru

ВЫСОКОТОЧНЫЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ



- Высокоточные, средне- и высокоскоростные, сигма-дельта АЦП, АЦП двойного интегрирования, АЦП для дисплеев
- Разрешающая способность 8, 10, 12, 14, 18 бит
- Скорость преобразования до 500 тыс. выборок в секунду
- Напряжение питания от 2.7 до 5.5 В
- Одноканальные и многоканальные АЦП



Наименование	Разрядность, бит	Время преобразования, мкс	Тип корпуса
MAX120CNG	12	1.6	DIP-24
MAX110BCPE	14	20480	DIP-16
MAX1281BCUP	8	3.3	TSSOP-20
MAX1284BCSA	12	2.5	SO-8
MAX165BCWN	8	5	WideSO-18
MAX191BENG	12	7.5	DIP-24

Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел./факс: (495) 97-000-99

Почта: 121351, Москва, а/я 100
E-mail: platan@aha.ru

МИЛАНДР - НАДЕЖНОСТЬ ПРОВЕРЕННАЯ ВРЕМЕНЕМ!

- Поставка электронных компонентов;
- Разработка и изготовление ИС;
- Организация и проведение испытаний ИС по оценке надёжности на основе гражданских и военных стандартов.



Тел: (495) 601-95-45

Тел: (495) 730-54-40

E-mail: info@milandr.ru

5559ИН4 Свидетельство № СВС.01.423.046.06



ЗАО "Руднев-Шиляев"

Разработка и производство:

- платы сбора данных
- измерительные приборы
- виброакустические системы
- инструментальные решения задач заказчика



Москва (495) 787-63-67

www.rudshel.ru

Томск (3822) 42-00-92

adc@rudshel.ru

ООО
СМП



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

Кварцевые резонаторы 5×3,2 мм

Аудио SMD-разъем 3,5 мм стерео



Москва, ул. Балтийская, 13; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (495) 158-73-96, 943-87-80, 940-62-44

TRESTON®

www.treston.com

Высокое качество и эргономичность рабочего места. Ведущее место на рынке промышленной мебели с 1969 г.

Список дистрибуторов:

Клевер Электроникс · 115191, г. Москва

3-я Рощинская ул, д. 5

Тел. +7 (495) 952-59-99 · Факс +7 (495) 952-50-99

email: info@clever.ru · <http://www.clever.ru>

ООО "УниверсалПрибор"
199004, Санкт-Петербург,

В.О., 8-я линия, д.59, кор. 2.

Тел.: +7(812)334-55-66 · Факс: +7(812)3299425

email: pribor@pribor.ru

mebel@pribor.ru · <http://www.pribor.ru>

ООО "Электрон-Сервис-Технология"

127055, г. Москва

ул. Образцова, д.14/2, подъезд 2

Тел.: +7 (495) 737-93-99 · Факс: +7 (495) 737-93-22

email: techno@elserv.ru · <http://www.elservtechno.ru/>

