

## УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАБОТЕ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ АЦП

Преобразование однопроводного сигнала в дифференциальный для аналогово-цифрового преобразования позволяет улучшить качественные характеристики системы сбора данных

### ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ АЦП

Дифференциальные АЦП имеют положительный ( $V_{IN+}$ ) и отрицательный ( $V_{IN-}$ ) аналоговые входы, управляемые двумя одинаковыми противофазными сигналами. Для полного использования входного динамического диапазона АЦП максимальная амплитуда каждого из этих сигналов должна быть равна опорному напряжению ( $V_{REF}$ ) АЦП. При работе происходит преобразование только разности входных сигналов, а синфазные сигналы (например, шум) подавляются.

Синфазное напряжение, подаваемое на АЦП, определяется значением, относительно которого дифференциальные аналоговые входы сцентрированы. Уровень опорного напряжения определяет диапазон этого значения. Когда совершается аналого-цифровое преобразование, АЦП подавляет это синфазное напряжение.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Использование дифференциальных сигналов в системах сбора данных становится необычайно популярным потому, что такие сигналы в высокой степени защищены от шума подавлением синфазной составляющей в дифференциальных АЦП. Шум подмешивается в сигналы, когда они передаются по печатным платам или по длинным кабелям, но этот шум не создает помех при аналого-цифровом преобразовании, потому что дифференциальный АЦП подавляет синфазные сигналы. Поскольку в дифференциальных сигналах уменьшаются четные гармоники, они также обеспечивают более правильную передачу формы сигнала, чем однопроводные. Другое преимущество состоит в том, что дифференциальные сигналы удваивают динамический диапазон АЦП. Некоторые датчики имеют выходные

дифференциальные сигналы, и дифференциальные АЦП могут преобразовывать такие сигналы без особых затрат, особенно если входной диапазон АЦП невелик.

Тем не менее, есть задачи, в которых не имеется сигналов, предназначенных для дифференциальных действий. Поэтому до дифференциального аналого-цифрового преобразования необходимо выполнить преобразование однопроводного сигнала в дифференциальный для обеспечения требуемого типа входного сигнала АЦП. Это преобразование делается тремя способами:

- Использование дифференциального усилителя,
- Использование сдвоенного усилителя,
- Использование высокочастотного трансформатора.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ УДОБСТВА РАЗРАБОТКИ

Хорошим методом качественного преобразования однопроводного сигнала в дифференциальный для управления АЦП является использование дифференциального усилителя (рис. 1). В этой схеме в качестве усилителя используется AD8138 – усилитель с низким уровнем искажений и широкой полосой, и его можно

использовать либо в качестве преобразователя с усилением однопроводного сигнала в дифференциальный, либо как усилитель дифференциального сигнала. Этот усилитель лучше использовать с двуполярным входным сигналом. В нем предусмотрен сдвиг синфазного уровня и буферизация входного сигнала.

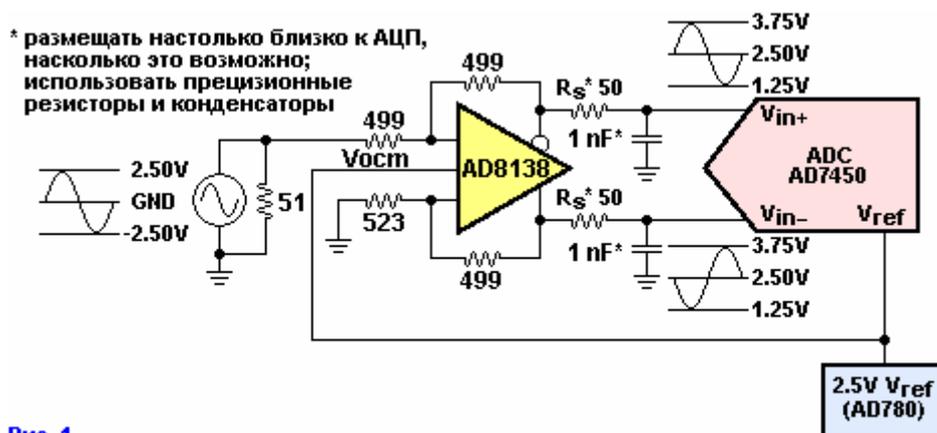


Рис. 1.

Использование для управления АЦП дифференциального усилителя позволяет производить преобразование однопроводного сигнала в дифференциальный

На рис. 1 двуполярный однопроводный сигнал с амплитудой, равной удвоенному опорному напряжению, управляет положительным входом AD8138. Опорное напряжение АЦП, формируемое внешним источником, подается также на вывод  $V_{OSM}$  усилителя для обеспечения синфазного смещения выходных дифферен-

циальных напряжений. Положительный и отрицательный выходные сигналы подключены к входам АЦП через RC-цепи, минимизирующие эффекты от переходных токов, возникающих из-за переключений входных емкостей АЦП. Низкочастотные RC-фильтры необходимо использовать у каждого входного вывода для фильтрации высоко-

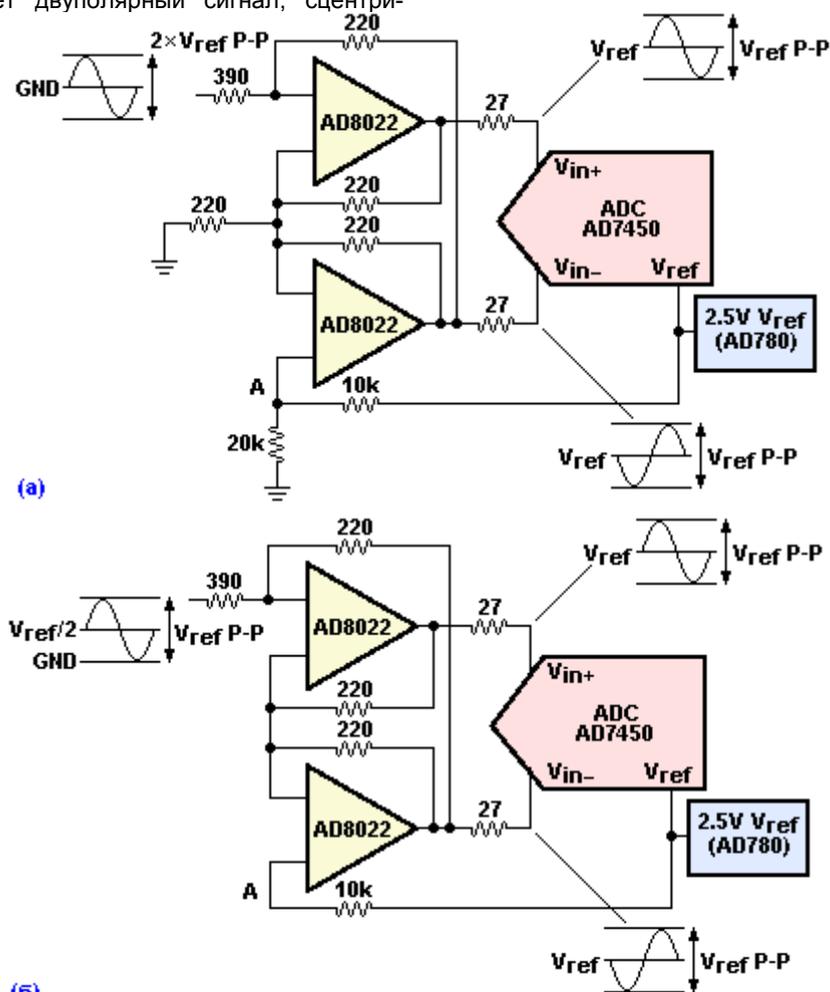
частотных компонентов аналогового сигнала. Выходные сигналы усилителя имеют одинаковую амплитуду и точно сфазированы (противофазны), что и требуется для работы АЦП.

Основной выигрыш при использовании дифференциального усилителя состоит в том, что необходимо применять только один преобразователь однопроводного сигнала в дифференциальный. Кроме того, осуществляется буферизация двуполярного входного сигнала и задание сдвигового синфазного уровня. Если амплитуда входного сигнала недостаточна для полного использования входного диапазона АЦП, то выходной диф-

**УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ СХЕМЫ НА СДВОЕННОМ ОУ**

Другой метод преобразования однопроводного сигнала в дифференциальный состоит в использовании сдвоенного операционного усилителя. При этом возможны различные варианты построения схемы. Один из таких вариантов преобразует двуполярный сигнал, центри-

рованный относительно нуля, в дифференциальный сигнал, сцентрированный относительно опорного напряжения АЦП (рис. 2а). В другом варианте происходит преобразование однополярного сигнала (рис. 2б).



**Рис. 2.** Сдвоенный операционный усилитель преобразовывает bipolarный (а) или unipolarный (б) однопроводный сигнал в дифференциальный

Различие между двуполярным и однополярным вариантами незначительно. В обеих схемах точка А устанавливает напряжение синфазного уровня выходного дифференциального сигнала и одинаково подключается к источнику опорного напряжения. Напряжение синфазного уровня можно установить и другим, но оно должно находиться в пределах от нуля до верхней границы входного диапазона АЦП. При смещении синфазного

уровня от уровня опорного напряжения, естественно, сужается рабочий диапазон. В обеих схемах для уменьшения воздействия от переключения входных конденсаторов АЦП используются низкоомные резисторы, последовательно соединенные с входами. Схема со сдвоенным ОУ является лучшей для схем с непосредственной связью по постоянному току, в которых требуются наименьшие искажения сигнала.

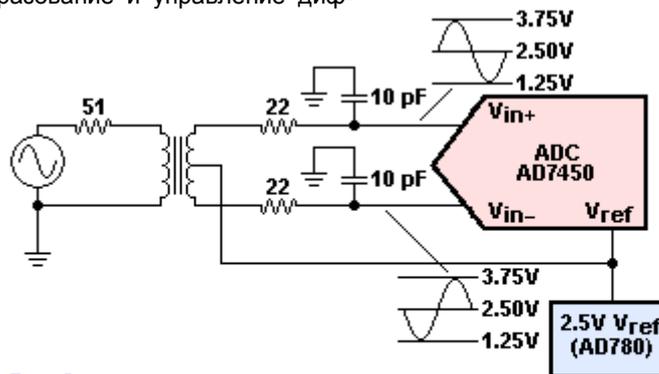
К выбору сдвоенного операционного усилителя необходимо подходить очень внимательно. Этот выбор зависит от требуемого напряжения питания, полосы сигнала и качественных характеристик схемы. Кроме того, усилитель не должен ухудшать качественные характеристики АЦП. В схеме (рис. 2) используется высокоскоростной, широкополосный, сдвоенный ОУ AD8022. Этот операционный усилитель имеет прекрасные шумовые характеристики, вносит весьма незначительные искажения и не ухудшает характеристик АЦП. Кроме того, он может работать при однополярном питании +5 В, что позволяет объединить его питание с питанием АЦП AD7450.

Основным доводом выбора варианта со сдвоенным ОУ для преобразования однопроводного сигнала в **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ВЧ-ПРИЛОЖЕНИЙ**

В схемах, требующих развязки по постоянному току, хорошим решением для преобразования однопроводного сигнала в дифференциальный для управления АЦП является применение высокочастотного трансформатора с выведенной средней точкой вторичной обмотки (рис. 3). В этом примере напряжение, подаваемое на среднюю точку, равно опорному напряжению АЦП и устанавливает синфазный уровень дифференциального сигнала. Преобразование и управление диф-

ференциальный для управления АЦП является, в основном, комплексные качественные требования. Дифференциальный усилитель может не обладать достаточными качественными характеристиками, требуемыми схемой в целом, а его использование может быть более дорогим, чем использование сдвоенного ОУ. Также, в схеме со сдвоенным ОУ низкоуровневые гармоники, присутствующие в каждом усилителе, подавляют друг друга, что делает выходной сигнал более чистым и сбалансированным. В настоящее время качественные сдвоенные операционные усилители в корпусах малых размеров широко доступны и составляют конкуренцию дифференциальным усилителям с точки зрения площади, занимаемой на печатной плате.

ференциальным АЦП с помощью трансформатора является наиболее простым из рассмотренных вариантов и не вносит дополнительного шума и искажений. Применение трансформатора позволяет осуществить развязку по постоянному току между источником сигнала и АЦП, а также использовать меньшее количество внешних компонентов по сравнению с предыдущими вариантами.



**Рис. 3.** Для приложений, требующих развязки по постоянному току, высокочастотный трансформатор может применяться в качестве преобразователя однопроводного сигнала в хорошо сбалансированный дифференциальный сигнал для управления АЦП

#### ДРУГИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ПОДСКАЗКИ

При непосредственном управлении дифференциальными входами АЦП, необходимо обеспечить согласование выходного сопротивления источника сигнала и входного сопротивления АЦП. В противном случае, возникающие ошибки смещения будут влиять на точность в процессе аналого-цифрового преобразования. При использовании дифференциального или сдвоенного усилителя усиление обоих дифференциальных каналов должно быть одинаковым (в расчете должен участвовать

и выходной импеданс источника сигнала), что предполагает использование прецизионных резисторов или резисторных сборок с малым разбалансом характеристик. При разводке дифференциальных сигналов на печатной плате необходимо следить за тем, чтобы длина их проводников была одинаковой и располагались они возможно ближе друг к другу для уменьшения противофазных искажений.