

УСИЛИТЕЛЬ ЗАРЯДА: КАК ЗАСТАВИТЬ РАБОТАТЬ ПЬЕЗОДАТЧИК ВИБРАЦИИ?

Отрасли машиностроения, строительства и транспорта активно развиваются. Соответственно, методы регистрации скоростей и амплитуд механических воздействий – вибраций и ударов – постоянно совершенствуются. Важными компонентами любой измерительной системы являются датчики, выходные значения которых требуется преобразовывать в пригодный для дальнейшего анализа сигнал. Для этого используются датчики со встроенными усилителями или внешние усилители заряда. Достоинствами последних являются высокая точность установки коэффициента усиления, малые собственные шумы и гибкость к условиям проведения измерений. Пример такого устройства – усилитель СА-2614, разработанный ООО "Центр АЦП".

Всякий, кто работал с датчиками вибрации (акселерометрами), знает, что их сигналы нужно преобразовывать в напряжение с помощью усилителя заряда. В последнее время появились вибропреобразователи со встроенной электроникой (Integrated Circuit Piezoelectric, ICP), то есть датчики со встроенным усилителем. Подключать такие датчики к устройствам сбора и анализа гораздо проще. Однако оборотной стороной удобства и дешевизны стало снижение точности обработки. Погрешность установки коэффициента преобразования во встроенных предусилителях составляет от 1–2 до 10%.

Поэтому с ICP-датчиками сложнее работать на больших расстояниях от регистрирующей аппаратуры, эксплуатировать их в условиях больших градиентов температур и т.п.

В таких ситуациях, как изучение процессов вибрации, испытания на вибропрочность, поиск собственных резонансов конструкции, не обойтись без внешнего усилителя заряда. Он



П.Руднев, П.Дорофеев
mail@centeradc.ru

необходим в научных установках и на испытательных стендах: когда требования к точности преобразования высоки и нужны большой динамический диапазон и широкая полоса частот.

Именно для этих целей в ООО "Центр АЦП" создан усилитель заряда СА-2614 (рис.1) [1]. Его уровень шума, порядка 10^{-2} пКл, значительно ниже, чем собственный шум большинства датчиков. Благодаря возможности установки коэффициента преобразования заряда от 0,1 до 250 мВ/пКл и большому динамическому диапазону (80–120 дБ) усилитель совместим с любыми пьезопреобразователями – от кварцевых (высокостабильных, но обладающих небольшой чувствительностью) до высокочувствительных пьезокерамических.

Рассмотрим структурную схему усилителя (рис.2). Входной сигнал с одного из разъемов прибора <IN1...IN4> поступает на преобразователь "заряд-напряжение" (интегратор). Его коэффициент преобразования может принимать значения 10; 1



Рис.1. Состав типичной системы для измерения вибраций и ударов: усилитель заряда, датчики и цифровой регистратор

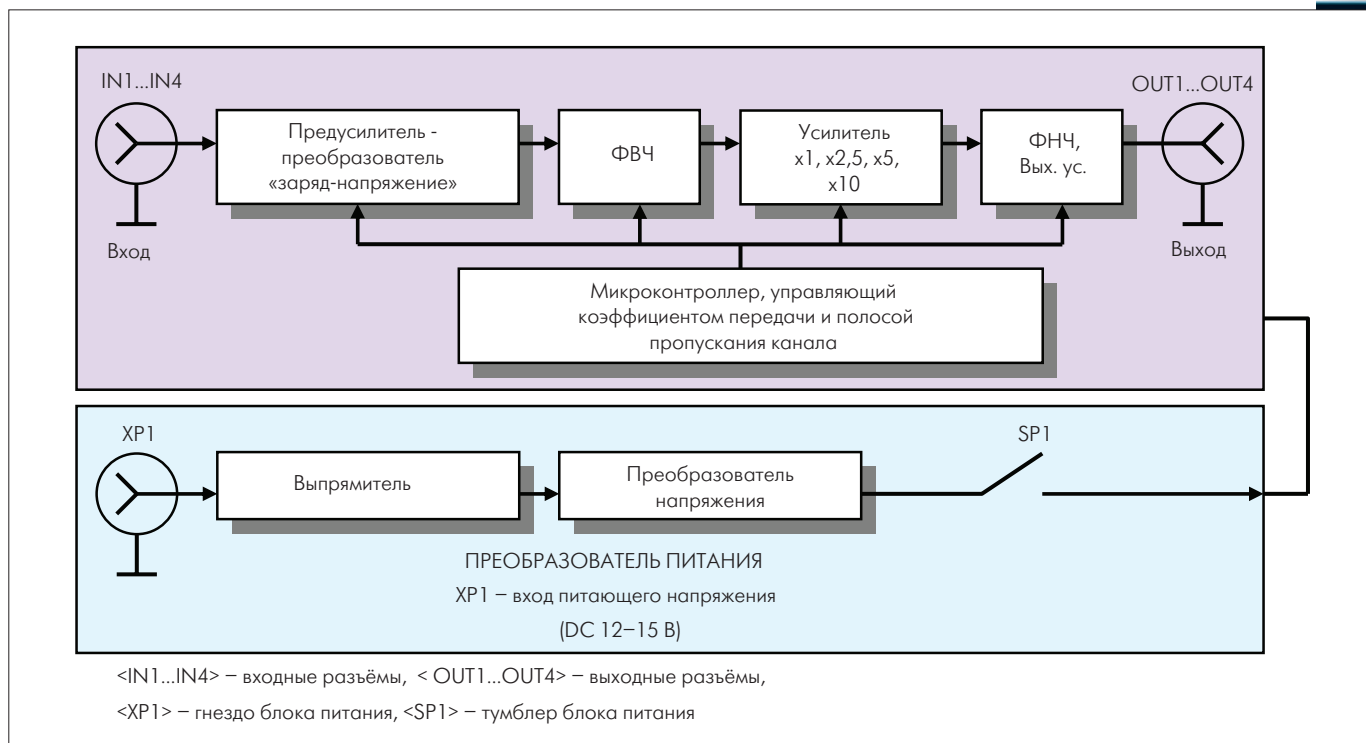


Рис.2. Структурная схема усилителя заряда CA-2614

и 0,1 мВ/пКл. Далее выходной сигнал интегратора проходит через фильтр высоких частот (ФВЧ) первого порядка, с настраиваемым значением частоты среза: 0,1; 1 и 10 Гц. С выхода ФВЧ сигнал поступает на усилитель с переключаемым коэффициентом усиления 1; 2,5; 5 и 10. Далее сигнал проходит через активный фильтр второго порядка с переключаемой частотой среза 100; 30; 10; 3; 1; 0,3; 0,1 кГц и поступает на выходной усилитель с плавной регулировкой коэффициента преобразования. Таким образом достигается максимальное соответствие динамических диапазонов датчика и регистрирующего устройства. Благодаря большой мощности сигнала на выходе усилителя регистрирующие устройства можно удалять на расстояние до 120 м.

Коэффициенты преобразования и усиления, а также частоты срезов ФВЧ и ФНЧ устанавливаются микроконтроллером. Усилитель заряда поставляется откалиброванным и полностью готовым к работе. Производитель гарантирует точность установки коэффициента преобразования не хуже 0,8% (типичное значение – 0,3%). Однако пользователь сам может управлять прибором и настраивать его при помощи персонального компьютера (ПК) и штатной программы конфигурации через интерфейс RS232 или USB. Настройки сохраняются в памяти усилителя, поэтому при последующем его включении можно обойтись без ПК. При необходимости число каналов усиления можно увеличивать до 256, наращивая количество усилителей заряда, подключенных к одному ПК. Для этого в конструкции усилителя предусмотрен разъем транзитного подключения, а программа конфигурации позволяет распределить номера каналов между усилителями, работающими в одной связке. Информация о нумерации каналов сохраняется в памяти прибора.

Максимальное напряжение на выходе прибора при условии сохранения линейности передаточной характеристики ± 10 В. Однако, выбирая коэффициент преобразования, можно привести динамический диапазон выходного сигнала к любой шкале в диапазоне от $\pm 0,5$ до ± 10 В. Соответственно, можно согласовать диапазон выходного сигнала усилителя как с входным диапазоном регистрирующей аппаратуры, так и с диапазоном выходных сигналов датчика. Программное обеспечение поддерживает автоматическую установку параметров усилителя по заданным значениям чувствительности датчика, максимально возможному воздействию измеряемой величины на датчики и необходимому значению амплитуды выходного сигнала.

Для большинства усилителей заряда нормы шума задаются при суммарной емкости кабеля и датчика 1 нФ в полосе частот от 2 Гц до 22 кГц. При выполнении точных измерений следует учитывать, что собственный шум усилителя заряда прямо пропорционален емкости источника сигнала:

$$Q_{\text{шума}} = Q_{n0} + Q_{1\text{нФ}} \times \frac{(C_s + C_c)}{1 \text{ нс}},$$

где $Q_{\text{шума}}$ – фактическое значение эквивалентного шумового заряда; Q_{n0} – так называемый начальный шум (его типовое значение для CA-2614 – не более 0,4 и 2 фКл в диапазоне коэффициентов преобразования 1–200 и 0,1–1 мВ/пКл соответственно); $Q_{1\text{нФ}}$ – эквивалентный шумовой заряд, измеренный при емкости источника сигнала 1 нФ (типичное значение для CA-2614 – 3–4 фКл, для расчетов используют 3,5 фКл); $C_s + C_c$ – суммарная емкость кабеля и датчика (в нФ). Емкость одного метра кабеля обычно не превышает 100 пФ.

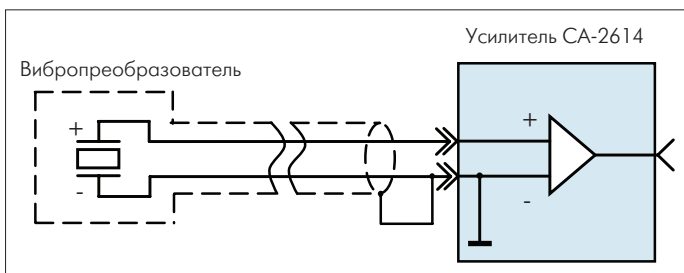


Рис.3. Схема подключения датчика с дифференциальным выходом к усилителю с недифференциальным входом

Если суммарная емкость кабеля и датчика выше расчетной, это может привести не только к увеличению шума, но и ухудшить частотные характеристики в области высоких частот. Так, при коэффициентах преобразования 10–250 мВ/пКл, чтобы избежать спада АЧХ на частоте 100 кГц более чем на 3 дБ, суммарная емкость не должна превышать 4 нФ. Соответственно, рекомендуется использовать кабель от датчика до усилителя не длиннее 50 м, а для измерений с высокой чувствительностью и коэффициентом преобразования 10 мВ/пКл и выше – не более 20 м.

Еще больше снизить погрешность измерений можно с помощью калибровки линий связи "датчик-усилитель". Для этого нужно измерить погрешность в линии связи, отсоединив датчик от кабеля и надев экранирующий колпачок (не замыкая центральный провод). В дальнейшем значение полученного сигнала вычитается из измерений. Для автоматизации этой

процедуры можно использовать программно-аппаратный комплекс МИЦ-100-16 [2], позволяющий одновременно выполнять сквозную калибровку по 16 каналам.

К усилителю с недифференциальным входом можно подключить датчик с дифференциальным выходом (рис.3). При этом один из проводов дифференциальной пары соединяется с экранирующим покрытием в месте подключения кабеля к входу усилителя.

В заключение отметим, что, несмотря на появление "интеллектуальных" датчиков вибрации со встроенной электроникой, усилители заряда с большими функциональными возможностями еще долго останутся востребованными в высокоточных областях применения. Датчики со встроенным усилителем, скорее всего, займут нишу узкоспециализированных усилителей с малым диапазоном регулировки. Так, они эффективны в технологическом оборудовании с высокими собственными шумами и узкой полосой частот полезных сигналов, которое не требует высокоточных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усилитель заряда CA-2614. Руководство по эксплуатации. – www.centeradc.ru/katalog/ca-2614.htm
2. Магнитофон измерительный цифровой МИЦ-100-16. Руководство пользователя. – www.centeradc.ru/pdf/mic-100-16.pdf



ИЗДАТЕЛЬСТВО "ТЕХНОСФЕРА"

ИТОГИ ГОДА

Издательский центр "Техносфера" выпускает книги с 2002 года. Подводя итоги почти пятилетней работы, можно точно сказать, что каждый год был ярче предыдущего и приносил с собой новые темы, книги, успехи. Самым насыщенным был уходящий, 2006-й.

В этом году "Техносфера" выпустила более 50 наименований книг. Открылись две новых серии: научно-популярная – "Мир увлечений" и "Умный дом" – издания о высоких технологиях в жилищном строительстве. Таким образом, сейчас книги издательства выходят в 16 сериях, охватывающих точные, естественные и другие науки. "Техносфера" издает книги для специалистов, ученых, преподавателей вузов, студентов и абитуриентов.

Профессионалы в области книгоиздания отмечают высокое качество выпускаемой "Техносферой" литературы. Ассоциация книгоиздателей России (АСКИ) наградила издательство Почетной Грамотой конкурса "Лучшие книги года" за профессиональную и научную смелость в освещении проблем современной книжной культуры в учебном пособии С.С.Водчица "Эстетика пропорций в дизайне. Система книжных пропорций". Лучшие книги выбирались более чем из пяти сотен работ, представленных российскими издательствами: "Вагриус", "Высшая школа", "Дрофа", "Наука" и другими.



Многие авторы, книги которых издаются "Техносферой", не просто профессионалы, но и действительно выдающиеся, авторитетные в своей сфере личности. Среди таких – **Степан Сергеевич Водчиц** – известный московский художник, заслуженный деятель искусств РФ. Его "Эстетика..." не только написана, но и оформлена, сконструирована, во многом проиллюстрирована одним человеком – автором.

Грамота АСКИ – не единственная награда этой книги. Работа С.С.Водчица победила и в III Общероссийском конкурсе "Университетская книга-2006" в номинации "Лучшее дизайнерское решение". А "Лучшим издательским проектом" жюри конкурса признано переводную книгу "Техносферы" – "Принципы и приложения к биохимии и молекулярной биологии" **И.Тиноко, К.Зауэра, Дж.Вэнга, Дж.Паглиси**, изданную в рамках федеральной программы "Культура России".

Общероссийский конкурс учебных изданий для вузов "Университетская книга" традиционно проводят одноименный журнал и Московский государственный университет печати. В конкурсе принимали участие независимые издательские центры, в том числе крупнейшие ("Дрофа", "Академкнига"), и издательства московских и региональных вузов.



Эти победы говорят о многом. Но для "Техносферы" – в первую очередь о том, что издательство выпускает действительно актуальные и нужные книги.

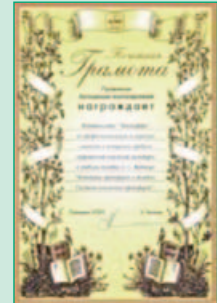
Об этом же свидетельствует еще одно достижение "Техносферы": в 2006 году издано 7 книг, рекомендованных Учебно-методическими объединениями вузов в качестве учебных пособий по разным специальностям.

Из них три книги с грифом УМО вышли в серии "Мир электроники": Книга "Элементарная база для построения цифровых систем управления" **И.Музылевой** допущена УМО по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по

специальности 140604 (180400) – "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" направления 654500 "Электротехника, электромеханика и электро-технологии".

Книга "Квантовая электроника. Приборы и их применение" **В.И.Дудкина** и **Л.Н.Пахомова** рекомендована Учебно-методическим объединением по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 140400 – "Техническая физика".

2-е, исправленное и дополненное, издание книги "Зондовые нанотехнологии в электронике" **В.К.Неволина**, а также книга серии "Мир материалов и технологий" – "Военные нанотехнологии" **Ю.Альмана** допущены учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 210601 "Нанотехнология в электронике" и 210602 "Наноматериалы" направления подготовки 210600 "Нанотехнология" и по специальностям 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 210108 "Микросистемная техника" направления подготовки 210100 "Электроника и микроэлектроника".



Книга "Фракталы и хаос в динамических системах" **Р. Кроновера**, вышедшая в серии "Мир математики", рекомендована УМО в области электроники и прикладной математики в качестве учебного пособия для студентов по специальности 010200 "Прикладная математика".

В серии "Мир программирования" издана книга "Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем" **А.Сироты**, допущенная Учебно-методическим объединением по образованию в области прикладной информатики в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим специальностям.

Издание "Контроль подлинности документов, ценных бумаг и денежных знаков" **И. Павлова** и **А. Потапова** ("Мир экономики") рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190100 "Приборостроение" направлением подготовки дипломированных специалистов 653700 "Приборостроение".

Помимо книг, "Техносфера" издает журналы "Электроника: НТБ" (с 1996 года) и "Печатный монтаж" (с 2005 года). В 2006 году было решено начать выпуск еще нескольких периодических изданий. Уже в ближайшие месяцы выйдут первые номера журналов "Фотоника" (издание о лазерно-оптической отрасли), "Последняя миля" (о беспроводной связи) и "Наноиндустрия".

Книги и журналы "Техносферы" ориентированы на специалистов по разным дисциплинам, порой – по очень узким темам. Но каждое из изданий обязательно находит своего читателя!

Познакомьтесь с новинками издательства, а также сделать заказ на книги Вы можете на сайте: www.technosfera.ru