

МЕТОД ПРОГРАММНОЙ КОРРЕКЦИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Флягин А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тонконогов Б.А. – канд.техн.наук, доцент

Аннотация. Рассматривается задача коррекции ультразвуковых импульсных сигналов для дальнейшего приведения их к одинаковому виду. В результате получим фильтр, который в паре с преобразователем обеспечивает идеальную воспроизводимость ультразвуковых импульсов.

Ключевые слова: ультразвуковой сигнал, микроконтроллер, фильтр

Введение. Непрерывный мониторинг процесса в газообразных, жидких или расплавленных средах является фундаментальным требованием для управления технологическими процессами. Помимо температуры и давления, особый интерес представляют другие параметры процесса, такие как уровень, расход, концентрация и конверсия. Более точная информация, полученная с помощью новых или более совершенных датчиков, может значительно улучшить качество процесса и, следовательно, качество продукта. Этому развитию могут способствовать ультразвуковые датчики.

Основная идея ультразвуковых датчиков довольно проста: они передают акустические волны и принимают их после взаимодействия ультразвуковой волны и исследуемого процесса. По прибытии в приемник ультразвуковой сигнал несет информацию об измеряемых параметрах (и, к сожалению, многих других параметрах, которые требуют компенсации). Ультразвук охватывает частотный диапазон от 20 кГц до примерно 1 ГГц.

Основная часть. Задача работы заключается в том, чтобы скорректировать при помощи цифрового фильтра передний фронт ультразвукового сигнала так, чтобы измерения оставались надежными.

Цифровой фильтр в электронике – это алгоритм, обрабатывающий входной сигнал с целью выделения и/или подавления определенных частот этого сигнала [1]. Стоит отметить, что существует два вида реализации цифрового фильтра: аппаратный и программный. Было отдано предпочтение программной реализации в связи с легкостью воплощения, настройки и изменений. Из недостатков можно отметить скорость, которая зависит от быстродействия процессора.



Рисунок 1 – Измерение задержки ультразвукового сигнала методом перехода через ноль [2]

Важным отличием данного способа является то, что найденное время задержки не зависит от амплитуды сигнала. Измерение происходит в автоматическом режиме, когда сигнал превысил порог компаратора.

Метод перехода через ноль (рисунок 1) предъявляет достаточно высокие требования к форме входного ультразвукового сигнала. Необходимо обеспечить достаточную скорость нарастания переднего фронта. Иначе мы можем наблюдать захват второго периода колебаний.

Представим, что первичный ультразвуковой сигнал обрабатывается фильтром. У фильтра имеются некоторые коэффициенты, с изменением которых меняется сигнал на выходе. Для нас важно, чтобы колебания не выходили за пределы амплитудных порогов [3].

Целевая функция – вещественная или целочисленная функция нескольких переменных, подлежащая оптимизации в целях решения некоторой оптимизационной задачи [4]. Наша целевая функция будет состоять из суммарной квадратичной ошибки, суммы квадратов выходного сигнала фильтра, вышедшего за пределы амплитудных порогов.

Алгоритмическая реализация заключается в поиске коэффициентов. Для этого будут выполнены следующие действия:

1. Сохранение исходно сигнала в памяти.
2. Расчет целевой функции.
3. Корректировка коэффициентов с помощью генерации случайных значений небольшой величины.
4. Перерасчет целевой функции.
5. Если целевая функция уменьшилась, значения коэффициентов применяются, если нет – значения отменяются.
6. Замыкание цикла (возврат к третьему шагу).

Для тестирования предложенного программного метода проведем численный эксперимент. Для этого возьмем ультразвуковой сигнал со скважностью 0,4. Временем переднего фронта 1 мкс, заднего – 4 мкс. Коэффициенты фильтра найдем при помощи разработанного выше алгоритма. Сигнал изображен на рисунке 2.

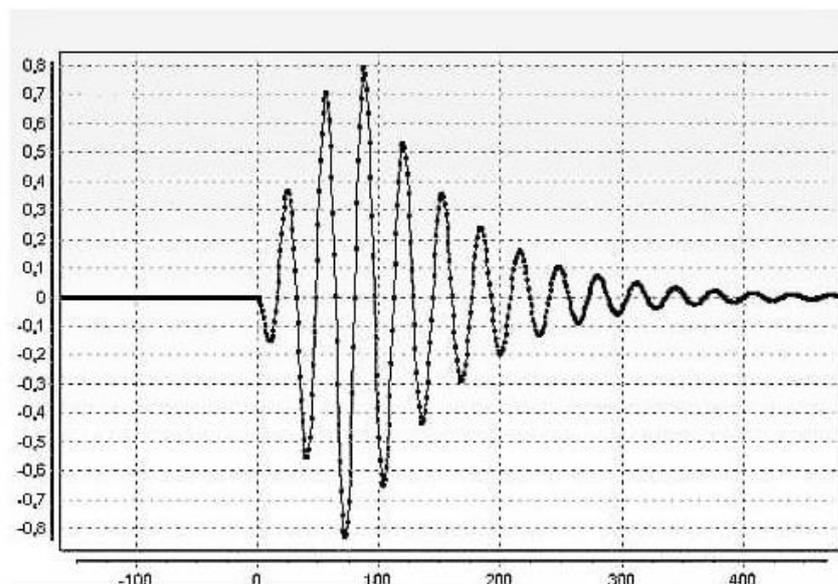


Рисунок 2 – Исходный ультразвуковой сигнал [4]

Результат работы фильтра, после обработки при помощи разработанного алгоритма показан на рисунке 3. Можно заметить, что алгоритм выполнил поставленную цель. Задержка сигнала будет однозначно найдена методом прохода через ноль.

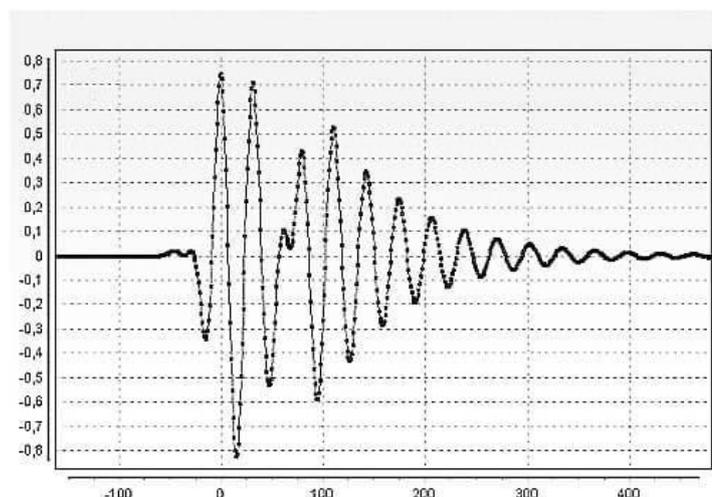


Рисунок 3 – Сигнал на выходе фильтра [4]

В результате тестирования были получены результаты, которые показывают, что корректирующий фильтр имеет высокую устойчивость к вариациям входного сигнала. Он успешно может использоваться в различных приборах с использованием ультразвуковых датчиков. В результате работы фильтра мы получаем надежные измерения.

Заключение. Выполнена программная реализация метода коррекция выходного ультразвукового сигнала. Данный алгоритм может успешно применяться для предварительной обработки ультразвуковых сигналов. Разработанный метод реализован в разрабатываемом программно-аппаратном комплексе для дистанционного обнаружения объектов в пространстве и их дальнейшего мониторинга. На аппаратной платформе Arduino Uno подбор коэффициентов для фильтра занимает в среднем 2,29 мс машинного времени. Разработка программного кода велась в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке C++, в результате чего было получено консольное приложение.

Список литературы

1. Волков, Л.Н. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики: учеб. пособие / Л.Н. Волков, М.С. Немировский, Ю.С. Шинаков. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.
2. Бахратов, В.А. Методика выполнения измерений. Стандартные образцы скорости звука, времени прохождения ультразвуковых сигналов и эквивалентной ультразвуковой толщины. Определения основных метрологических характеристик / В.А. Бахратов [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <https://ntcexpert.ru/documents/metodika-izmereniy-01.pdf>.
3. Нормализация ультразвуковых импульсов в системах измерения задержки и расстояния / В. А. Бахратов // Дефектоскопия. - 2009. - N 6. - С. 76-82. - Библиогр.: с. 82 (5 назв.) . - ISSN 0130-3082
4. Глозман, И.А. Пьезокерамические материалы в электронной технике / И.А. Глозман. – М.: Изд. «Энергия», 1964г. – 192 с

UDC 004.421

METHOD OF SOFTWARE CORRECTION OF THE ULTRASONIC SIGNAL

Fliahin A.U.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkonogov B.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The problem of correction of ultrasonic impulse signals for their further reduction to the same form is considered. As a result, we get a filter, which, together with a transducer, ensures ideal reproducibility of ultrasonic pulses.

Keywords. ultrasonic signal, microcontroller, filter.