

# УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ ДАЛЬНОМЕР СО СЛОЖНЫМ СИГНАЛОМ

Чеботарев С.Д. – магистрант, Трофимов А.М. – магистрант,  
Ерофеев А.А. – к.т.н.  
Новгородский государственный университет  
им. Ярослава Мудрого (г. В.Новгород)  
ООО «Транзас-Новгород»

В данный момент на рынке востребованы малогабаритные носимые точные дальномеры с большой дальностью действия и возможностью измерения расстояния до малоразмерных объектов (например, провода линий электропередач). Разрабатываемое устройство должно не только отвечать этим требованиям, но и превосходить по своим ТТХ имеющиеся в наличии аналоги («Даль», «Даль-2», Suparule CHM, MiniTape, Multi Ultra Tape, Skil 0520, EM-55, CP-1000, Stabila Distancer и др.).

Целью данной работы является разработка программной и аппаратной части ультразвукового дальномера со сложным сигналом, создание его лабораторного макета и проведение лабораторных испытаний.

Основным отличием разрабатываемого устройства является использование сложных зондирующих сигналов и их корреляционная обработка на базе микроконтроллера со сверхнизким потреблением (результат с точностью до 1 периода несущей частоты). Этим обеспечивается большая дальность измерения (до 30 метров), высокая точность (относительная погрешность не более 2%), а также низкое энергопотребление (менее 0.5 Вт).

В существующих аналогах используется простой сигнал для зондирования с числом импульсов заполнения  $16 < N < 40$  и обработка по огибающей (точность в пределах 5-6 периодов) [1,2].

Следует отметить, что все представленные на рынке УЗД обладают схожими техническими характеристиками, а именно: практически одинаковая относительная погрешность измерения (порядка 2-3%), диапазон измеряемых расстояний не превышает 18 метров [3,4]. Отсутствие барометрического корректирующего канала не позволяет учитывать возникающие погрешности при работе в высокогорных местностях.

Недостатки существующих УЗД, ограничивающие их возможности:

1. Большая длительность импульса (число периодов  $16 < N < 40$ );

2. Обработка огибающей отражённого сигнала, а не фазовой структуры (сильное влияние флуктуаций амплитуды отражённого сигнала);

3. Влияние акустических шумов;

4. Отсутствие барометрического корректирующего канала.

Предлагаемое решение для устранения этих недостатков: использование сложных сигналов для зондирования и их корреляционная обработка на базе микроконтроллера со сверхнизким потреблением, введение временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ), а также температурного и барометрического корректирующих каналов.

Именно в использовании сложных сигналов в ультразвуковой дальнометрии и в их корреляционной обработке заключается новизна разрабатываемого устройства.

Исходя из цели этапа, в ходе работ было необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ физической модели системы, провести учёт характеристик планируемых к использованию блоков, ввести ограничения на предельные характеристики разрабатываемого устройства;

2. Провести литературный обзор и патентный поиск существующих ультразвуковых дальнометров;

3. Провести анализ принципов работы, алгоритмов измерения дальности и схемотехнических решений, используемых в найденных аналогах. Выявить недостатки существующих УЗД и предложить методы их устранения.

4. Разработать структурную схему УЗД;

5. Разработать модель устройства приёма и корреляционной обработки сложного ФМ сигнала;

6. Провести экспериментальные исследования АЧХ, ФЧХ УЗ приёма-передатчиков;

7. Провести анализ искажений сигнала в приёмо-передающем тракте (который в общем виде является параметрическим);

8. Произвести расчёт энергетики линии

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ ДАЛЬНОМЕР СО СЛОЖНЫМ СИГНАЛОМ

Передатчик – Воздушная среда – Рефлектор – Приёмник, выявить ограничения на мощность передатчика;

9. Проанализировать и выбрать элементную базу устройства;

10. Разработать алгоритм работы и ПО ультразвукового дальномера со сложным зондирующим сигналом;

11. Разработать схему электрическую принципиальную;

12. Произвести согласование цифровой и аналоговой частей устройства, создать лабораторный макет устройства;

13. Провести лабораторные экспериментальные исследования.

Исследования всей работы могут быть разбиты на следующие части:

- Информационный поиск и анализ аналогов;
- Моделирование, исследование прохождения сигнала через УЗ тракт;
- Выбор управляющего устройства и разработка его ПО;
- Разработка аппаратной части устройства, разработка схемы электрической принципиальной, создание лабораторного макета;
- Проведение лабораторных испытаний.

В первой части необходимо провести исследование рынка, а также осуществить патентный поиск по теме исследования. Это позволит найти аналоги разрабатываемого устройства, проанализировать их достоинства и недостатки и предложить пути по улучшению ТТХ.

Вторая часть посвящена разработке модели устройства приёма/обработки сложного сигнала, которая позволит с наименьшими затратами средств и времени проанализировать различные реализации устройства корреляционной обработки сложного сигнала и выбрать наиболее подходящую. Следует отметить, что данная модель не будет учитывать характеристики УЗ преобразователей из-за высокой сложности описания поведения УЗ датчика (параметрическая система). Поэтому на данном этапе также планируется провести экспериментальные исследования АЧХ и ФЧХ УЗ датчиков и анализ искажений сигнала в приёмо-передающем тракте (который в общем виде является параметрическим).

Третья часть исследований заключается в разработке программного обеспечения управляющего устройства.

Разработка аппаратной части, разработка схемы электрической принципиальной и

создание лабораторного макета УЗД являются последними шагами к проведению лабораторных испытаний разрабатываемого устройства. В ходе работ по этой части должны быть проведены следующие работы: анализ различных вариантов схемотехнических реализаций каждого блока УЗД, выбор наиболее подходящих данному устройству, разработка схемы электрической принципиальной всего устройства в целом, анализ различных вариантов рефлекторов для УЗ датчиков, выбор рефлектора и создание лабораторного макета.

После проведения натурных испытаний предполагается произвести коррекцию ПО и схемотехнической части в зависимости от полученных результатов.

В результате всей работы планируется получить набор документации (схема электрическая принципиальная устройства, перечень элементов, программное обеспечение управляющего устройства), а также создать лабораторный макет для проведения натурных испытаний.

Ожидаемые тактико-технические характеристики устройства:

- Диапазон измеряемого расстояния 4 – 30 м;
- Относительная погрешность измерения не хуже 1%;
- Разрешающая способность 5 см;
- Потребляемая мощность <1 Вт;
- Питание +9 В;
- Масса ≤200 г;
- Рабочий температурный диапазон от -30 до +40°C.

Результаты работы по данной теме (выбор элементной базы, составление схемы электрической принципиальной, программное обеспечение) могут быть переданы для внедрения организациям, занимающимся проектированием и изготовлением систем управления БПЛА и других летательных аппаратов. Коммерческая ценность данного проекта обуславливается значительным повышением тактико-технических характеристик устройства по сравнению с существующими аналогами при более низкой стоимости устройства в целом.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ

1. Реализация ультразвукового дальномера на базе MSP430 F413/ Чеботарев С.Д., Трофимов А.М.; НовГУ им. Ярослава Мудрого - Великий Новгород; 2007г.- 13с. - Рус.- Деп. в ВИНТИ №787-B2007 от 30.07.2007 г.

2. Анализ импульсных сигналов для ультразвуковых дальномеров /Трофимов А.М., Чеботарев С.Д.; НовГУ им. Ярослава Мудрого - Великий Новгород; 2007г.- 13с. - Рус.- Деп. в ВИНТИ №739-B2007 от 17.07.2007 г.

3. Итоговый отчёт по научно-исследовательской работе Звук-М «Разработка ультразвукового высотомера системы посадки БПЛА и модернизация ультразвуковой нацеленной системы позиционирования», договор 660/РС-15. В.Новгород, 2009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвуковое измерение дальности на MSP430

Интернет-ресурс

<http://focus.ti.com/general/docs/techdocsabstract.tsp?abstractName=slaa136a>

2. Реализация ультразвукового дальномера на базе PSOC ИМС CY8C26443-24PI

Интернет-ресурс

<http://www.circuitcellar.com/library/print/0103/piana150/2301013.pdf>

3. Краткие характеристики УЗ дальномеров

Интернет-ресурс

<http://www.electronshik.ru/class/051107>

4. Краткие характеристики УЗ дальномеров

Интернет-ресурс

[http://www.maxtool.ru/group\\_i989/](http://www.maxtool.ru/group_i989/)