

## Список информационных источников

1. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: Учебное пособие для вузов / В.М. Бушуев, В.А. Демянский, Л.Ф. Захаров и др. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009. – 384 с.: ил.

2. Огородников Д.Н., Ярославцев Е.В. Резонансный тиристорный преобразователь напряжения с тиристором ввода // ПТЭ. 1999. № 3. С. 105-107.

3. Огородников Д.Н., Ярославцев Е.В. Анализ однофазного параллельного резонансного инвертора со стабилизированным квазисинусоидальным выходным напряжением // Известия Томского политехнического университета, 2009 - т. 315, - № 4. - с. 120-124

4. Огородников Д.Н., Ярославцев Е.В. Формирователь синусоидального напряжения на основе параллельного резонансного инвертора с многоканальным входным звеном // X Юбилейная международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Современные техника и технологии”, посвященная 400-летию г. Томска, 29 марта – 2 апреля 2004 г. Труды. В 2-х т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004. – Т. 1. – С. 110-112.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F407

*Ван Ди, Киселева В.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Торгаев С.Н., к.ф.-м.н., доцент кафедры  
промышленной и медицинской электроники*

Цифровая фильтрация в настоящее время применяется достаточно широко. Она используется для обработки звуковых сигналов, для фильтрации видео и изображений, для спектрального анализа, для обработки опытных данных и т.д., например, для анализа биомедицинских сигналов.

В виду простоты перестройки фильтров, решили реализовать фильтр на микроконтроллере. При равносильной мощности микроконтроллера, которая потребуется для реализации цифровых фильтров, самым выгодным вариантом оказался STM32F4.

Алгоритм работы микроконтроллера:

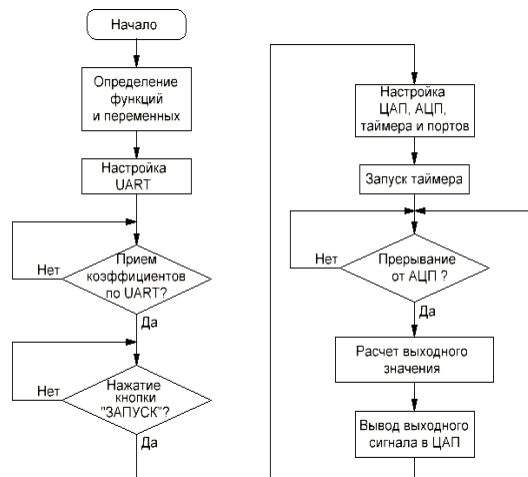


Рис.1 Алгоритм работы микроконтроллера STM32F4

Микроконтроллер STM32F4 подключается к ПК и получает рассчитанные коэффициенты в формате `char` через UART. Далее микроконтроллер преобразует эти коэффициенты в формате числа с плавающей точкой. По этим параметрам при получении команды он перестроит коэффициенты.

Если вам интересуются код программы STM32F4 или программа для расчета коэффициентов, которая написана языком Delphi, вы можете сообщить автору по адресу [usuzdd@yandex.ru](mailto:usuzdd@yandex.ru).

Кроме того, для проверки качества фильтрации создано несколько генераторов сигнала: 1) генератор шума, сигнал которого состоит из спектров 5кГц, 20кГц и 50кГц; 2) генератор треугольника, частота которого может плавно изменяться в пределах 1,155кГц – 10,04 кГц; 3) генератор синусоид для построения реальной АЧХ фильтра, частота которого может плавно изменяться в пределах 2,12 кГц – 33 кГц. На рис. 2 представлены осциллограммы тестовых сигналов.

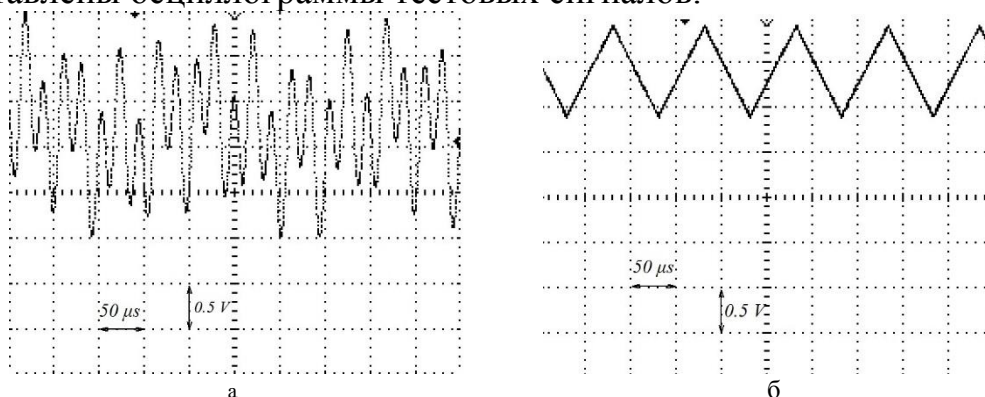


Рис. 2. Осциллограммы тестовых сигналов: синусоидальный сигнал с частотой 5 кГц и наложенными помехами частотами 20 кГц и 50 кГц (а) и треугольный сигнал (б)

Фильтрованный сигнал с ЦАП подается на сглаживающий RC-фильтр. Диаграммы сигнала после фильтрации показаны на рисунке 3 и рисунке 4.

Из рисунка 3 видно, что при частоте среза - 50 кГц, в выходном сигнале присутствуют все гармоники, а при частоте среза - 10 кГц, в выходном сигнале присутствует лишь гармоник с частотой 5кГц. На рисунке 4 представлена осциллограмма напряжения на выходе цифрового фильтра с частотой среза 7 кГц при входном сигнале треугольной формы. Видно, что при такой частоте среза цифровой фильтр выделяет первую гармонику входного треугольного сигнала.

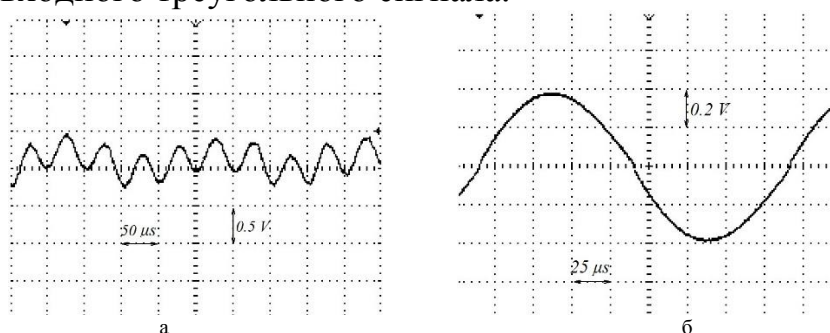


Рис.3. Осциллограммы синусоидального сигнала: а) выходной сигнал цифрового фильтра с частотой среза 50 кГц, б) выходной сигнал цифрового фильтра с частотой среза 10 кГц

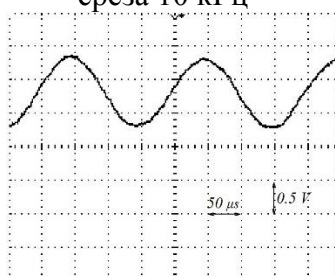


Рис.4.Осциллограмма треугольного сигнала на выходе цифрового фильтра с частотой среза 7 кГц

С помощью генератора синусоид построена реальная АЧХ для фильтра Чебышева пятого порядка с частотой среза – 10кГц, частотой дискретизации – 100 кГц. Снимали размах напряжений на выходе ЦАП ( $U_{mm}, В$ ) и на выходе сглаживающего RC-фильтра (Таблица №1) при изменяющей частоте синусоиды ( $\omega_k$ , кГц). По полученными данными построена нормированная реальная АЧХ (Рис. 5а). Она совпадает с теоретической АЧХ по форме, по частоте среза и по частоте экстремумов.

Таблица №1

$\omega_k$ , кГц	2,12	2,4	2,6	3	3,5	4,5	5	5,65	6	7	8,1	8,9	9,5	9,8	10,1	10,2	10,5	10,8	11	11,5	11,7	12,2	17,7	33
$U_{mmk}, В$	1,59	1,5	1,54	1,58	1,61	1,64	1,7	1,67	1,57	1,41	1,33	1,5	1,55	1,24	1	0,89	0,72	0,6	0,49	0,39	0,34	0,28	0,19	0,19
$U_{mmrck}, В$	1,58	1,48	1,52	1,58	1,59	1,6	1,64	1,6	1,51	1,33	1,28	1,41	1,43	1,14	0,95	0,84	0,65	0,55	0,45	0,35	0,31	0,26	0,17	0,17

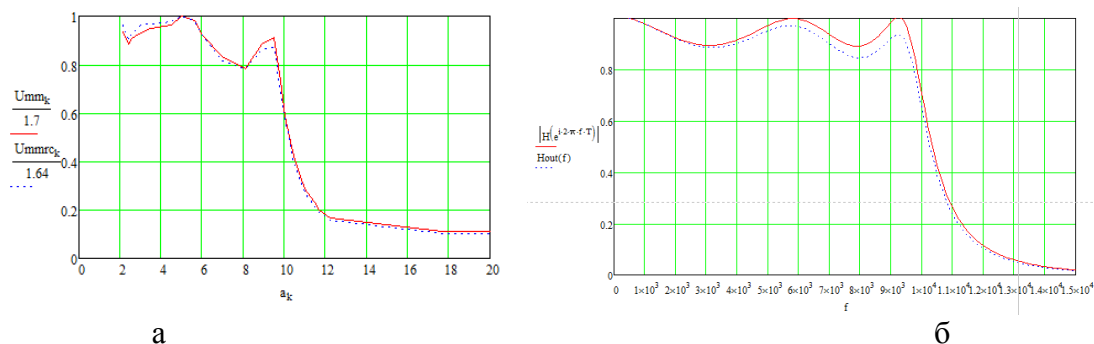


Рис.5. Реальная (а) и теоретическая (б) АЧХ. (Красная кривая – АЧХ собственного ЦФ, синяя штрихованная кривая – АЧХ цифрового фильтра с RC-фильтром)

### Список информационных источников

1. Математические основы обработки сигналов: учебное пособие / О.С. Вадутов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 212 с.
2. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров / пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 320 с.
3. Операционные усилители для всех : пер. с англ. / Б. Картер, Р. Манчини. — Москва: Додэка-XXI, 2011. — 509 с.: ил. — Схемотехника. — Предм. указ.: с. 502-509. — ISBN 978-5-94120-242-3.
4. Схемотехника. 500 устройств на аналоговых микросхемах / М. А. Шустов. — Санкт-Петербург: Наука и техника, 2013. — 350 с.: ил. — Библиогр.: с. 344-350. — ISBN 978-5-94387-809-1.

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ван Цюньи*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Солдатов А.И., д. т. н, профессор кафедры промышленной и медицинской электроники*

Композитный материал — это искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, различных по физическим и химическим свойствам, которые остаются раздельными на макроскопическом уровне в финишной структуре.

Композитные материалы завоевали свою популярность, несмотря на высокую стоимость, в отраслях, где механические свойства должны сочетаться с низким весом и возможностью выдерживать высокие