

**Академия наук Украинской ССР  
Ордена Ленина Институт кибернетики имени В. М. Глушкова**

**На правах рукописи**

**СТЕЙСКАЛ Виктор Ярославович**

**УДК 681.335.2**

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ САМОКОРРЕКТИРУЮЩИЕСЯ  
АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ  
ДЛЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ  
ЦИФРОВОЙ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ**

**05.13.05 — элементы и устройства вычислительной техники  
и систем управления**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Киев — 1988**

Работа выполнена в Винницком политехническом институте.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
СТАХОВ А. П.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
КОНДАЛЕВ А. И.,  
кандидат технических наук, доцент  
ЖУК Л. А.

Ведущее предприятие: КБ «Орбита» ПО «Радиотехника».

Защита состоится «31» марта 1988 г. в 14<sup>00</sup>  
часов на заседании специализированного совета Д 016.45.02  
при Институте кибернетики имени В. М. Глушкова АН УССР  
по адресу:

252207 Киев 207, проспект Академика Глушкова, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-техническом  
архиве института.

Автореферат разослан «17» февраля 1988 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

Гуменюк-Сычевский В. И.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В решениях XXII съезда КПСС, в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" предусмотрено дальнейшее увеличение объема производства и качества средств информационно-вычислительной и измерительной техники, в том числе и аппаратуры цифровой магнитной записи (ЦМЗ). В настоящее время системы высококачественной ЦМЗ все шире применяются в геофизике и океанографии, в связи и радиолокации, в промышленности и научных исследованиях, в звукозаписи и звуковом вещании.

Многие неоспоримые преимущества цифровых способов магнитной записи сигналов по сравнению с аналоговыми объясняются тем, что на точность ЦМЗ процесс магнитной записи по существу не влияет и она в основном зависит лишь от используемых преобразователей информации. Данное обстоятельство и определяет актуальность разработки для аппаратуры высококачественной ЦМЗ высокопроизводительных аналого-цифровых преобразователей, которые с целью увеличения эффективности функционирования системы в целом должны быть и быстродействующими (время преобразования не более 10-20 мкс), и высокоточными (погрешность линейности на уровне 0,003-0,01 %), обладать большим динамическим диапазоном (96-102 дБ) и хорошими динамическими характеристиками (коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот 0-40 кГц не более 0,03-0,01 %). Кроме того, для обеспечения возможности работы аппаратуры ЦМЗ в неблагоприятных условиях высоких и низких температур в течение длительного времени такие АЦП должны обладать температурной и временной стабильностью как статических, так и динамических характеристик.

Одним из перспективных направлений при разработке высокоточных АЦП является использование избыточных измерительных кодов ("золотой" пропорции или Фибоначчи). В этом случае на основе известных структурных методов (способов) самокоррекции статических погрешностей могут быть построены преобразователи "аналог-код" с метрологическими характеристиками, инвариантными к температурным и временным факторам. Однако непосредственное использование таких АЦП в аппаратуре высококачественной ЦМЗ невозможно вследствие их низкого быстродействия и плохих динамических характеристик. Кроме того, вследствие наличия температурного и временного дрейфа параметров в указанных АЦП возможно накопление методической погрешности самокоррекции при линеаризации передаточной характеристики

"аналог-код".

В направлении создания быстродействующих АЦП на основе структурных способов (методов) избыточного кодирования в последние годы ведутся интенсивные исследования как в СССР, так и за рубежом. Например, американская фирма *Intensil* серийно выпускает 14-разрядный монолитный АЦП поразрядного кодирования *ICL 7115* на основе избыточного кода с основанием 1,85. Особенностью данного преобразователя является введение в процесс кодирования искусственного динамического смещения с помощью младших разрядов основного ЦАП вследствие чего возникла возможность автоматической компенсации динамических погрешностей первого рода (из-за инерционности аналоговых узлов). К недостаткам известного решения следует отнести все же недостаточную степень повышения быстродействия аналого-цифрового преобразования (время кодирования *ICL 7115* составляет 50 мкс) и неиспользование потенциальных возможностей устройства по компенсации динамических погрешностей второго рода (за счет изменения входного сигнала за время кодирования).

Следовательно, вопросы, связанные с повышением эффективности структурных способов повышения быстродействия и уменьшения динамических погрешностей аналого-цифрового преобразования, исследованы недостаточно. Кроме того, необходимо разработать новые более эффективные по сравнению с известными методы самокоррекции погрешностей линейности АЦП в широком температурном и временном диапазонах.

Несмотря на использование указанных структурных способов уменьшения статических и динамических погрешностей АЦП, в последних неизбежно присутствие некорректируемых погрешностей. Исключить данные погрешности можно только схемотехническим путем, что определило целесообразность рассмотрения и этой возможности увеличения производительности АЦП.

Таким образом, существует необходимость решения проблемы повышения точности и быстродействия АЦП для ЦМЗ, обладающих температурной и временной стабильностью статических и динамических характеристик.

Целью диссертационной работы является комплексное решение задачи повышения точности и быстродействия аналого-цифровых преобразователей, предназначенных для аппаратуры высококачественной ЦМЗ, за счет самокоррекции статических и автокомпенсации динамических погрешностей.

Предметом исследования являются способ аналого-цифрового

преобразования, позволяющие осуществлять автокомпенсацию динамических погрешностей первого и второго рода, методы цифровой самокоррекции погрешностей линейности преобразования "аналог-код" в широком температурном и временном диапазонах, а также разработка узлов и структур АЦП, реализующих указанные способы.

Методы исследования. В работе использовались аппарат теории чисел и теории погрешностей, методы расчета линейных цепей и математического моделирования.

Новые научные результаты:

- предложен новый способ аналого-цифрового преобразования - адаптивный способ поразрядного кодирования, позволяющий осуществлять автокомпенсацию динамических погрешностей первого и второго рода и повышать быстродействие АЦП на основе избыточных измерительных кодов;
- получены аналитические выражения для выбора оптимального по быстродействию АЦП варианта адаптивного способа поразрядного кодирования с учетом инструментальных и динамических погрешностей;
- предложен более эффективный по сравнению с известными метод обеспечения высокой линейности преобразования "аналог-код" в широком температурном и временном диапазонах;
- проведен анализ схемотехнического пути увеличения производительности АЦП на основе избыточных измерительных кодов (ИИК).

Новые практические результаты:

- получены новые алгоритмы автокомпенсации динамических и цифровой самокоррекции статических погрешностей АЦП на основе ИИК;
- разработана методика выбора оптимального с точки зрения увеличения быстродействия АЦП варианта адаптивного способа поразрядного кодирования с учетом наличия инструментальных и динамических погрешностей;
- разработаны быстродействующая схема сравнения токов и высоколинейное устройство выборки-хранения;
- разработаны быстродействующие АЦП поразрядного кодирования с самокоррекцией статических и автокомпенсацией динамических погрешностей.

Реализация результатов работы. На основании проведенных в работе теоретических исследований разработаны следующие устройства:

- опытный образец самокорректирующегося модуля АЦП-ЦАП, предназначенный для аппаратуры точной цифровой магнитной записи;
- экспериментальный образец быстродействующего высоколиней-

ного АЦП, предназначенный для аппаратуры высококачественной цифровой магнитной звукозаписи.

Указанные разработки используются предприятиями г. Киева и Ленинграда. Долевой экономической эффект по двум устройствам составляет 108 тыс. руб., что подтверждается соответствующими документами.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: всесоюзной научно-технической конференции "Методы и микроволновые средства цифрового преобразования и обработки сигналов" (Рига, 1983 г.); Пятом Всесоюзном симпозиуме "Проблемы создания преобразователей формы информации" (Киев, 1984 г.); всесоюзной научно-технической конференции "Оптроны и их применение" (Орел, 1985 г.); всесоюзной научно-технической конференции "Методы и микроволновые средства цифрового преобразования и обработки сигналов" (Рига, 1986 г.); республиканской научно-технической конференции "Проектирование высокопроизводительных преобразователей формы информации" (Тернополь, 1986 г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 40 работ.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 148 страниц машинописного текста, 80 рисунков и таблиц, список литературы из 127 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определены роль и место аналого-цифровых преобразователей в системах высококачественной цифровой магнитной записи, дано обоснование актуальности работы.

В первой главе на основе анализа существующих и перспективных требований к аппаратуре высококачественной ЦМЗ проведены расчет и обоснование требуемых параметров АЦП для указанной области применения. Рассмотрены известные способы увеличения производительности АЦП на основе применения различных кодов и структурных методов. Выявлены недостатки существующих способов повышения быстродействия и уменьшения динамических погрешностей аналого-цифрового преобразования, а также методов коррекции статических погрешностей АЦП. Сформулированы цель диссертационной работы и задачи исследования.

Во второй главе изложены результаты теоретических исследований по повышению быстродействия и уменьшению динамических погреш-

3. Предложен новый метод самокоррекции погрешности линейности АЦП, позволяющий уменьшить (почти в 3 раза) методическую погрешность самокоррекции, а также значительно (более чем на 2 порядка) снизить требования к точности источника вспомогательного сигнала.

4. Обоснован выбор структуры, проанализированы погрешности и разработаны два основных аналоговых функциональных узла АЦП: быстродействующая схема сравнения токов и высоколинейное устройство выборки-хранения.

5. Выполненные теоретические исследования легли в основу разработки и изготовления опытного и экспериментального образцов АЦП для аппаратуры высококачественной ЦМЗ. Суммарный экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы составит 108 тыс. руб. По результатам демонстрации разработанных устройств на ВДНХ СССР в 1987 году автор награжден бронзовой медалью ВДНХ.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Азаров А.Д., Моисеев В.И., Стейскал В.Я., Васильева Т.Н. Высокоточный АЦП с повышенной эффективностью функционирования // Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов: Тез. докл. конф. - Рига: ИЭВТ АН ЛатвССР, 1983. - Т.1. - С. 49-52.

2. А. с. 1027815 СССР, МКИ<sup>3</sup> Н 03 К 13/17. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, В.И. Моисеев, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал. - Опубл. 07.07.83, Бюл. № 25.

3. Стейскал В.Я. К вопросу о коррекции динамических погрешностей АЦП поразрядного кодирования // Новые методы и средства вычислительной техники / Под ред. О.Г. Натровили.- Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1985. - С. 259-263.

4. Стейскал В.Я. Исследование алгоритма коррекции КИИ на основе избыточных измерительных кодов // Методы автоматизации проектирования и моделирования / Таганрог. радиотехн. ин-т.- 1985. - Вып. 5. - С. 141-145.

5. Стахов А.П., Марценюк В.П., Азаров А.Д., Стейскал В.Я. Высокоточный АЦП, сопряженный с микроЭВМ // Управляющие системы и машины. - 1985. - № 5. - С. 23-28.

6. А.с. 1179533 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.И. Моисеев, В.Я. Стейскал. - Опубл. 15.09.85, Бюл. № 34.

7. А.с. I197078 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, В.И. Моисеев, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 07.12.86, Бюл. № 45.

8. А.с. I200422 СССР, МКГ.<sup>4</sup> Н 03 М I/66. Цифроаналоговый преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 23.12.86, Бюл. № 47.

9. Семнадцатиразрядный самокорректирующийся АЦП / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.И. Моисеев, В.П. Марценюк, В.Я. Стейскал // Приборы и системы упр. - 1986. - № I. - С. 17-18.

10. Стахов А.П., Азаров А.Д., Моисеев В.И., Марценюк В.П., Стейскал В.Я. Пути улучшения характеристик преобразователей формы информации на основе избыточных измерительных кодов // Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов: Теа. докл. конф. - Рига: ИЭВТ АН ЛатвССР, 1986. - Т. I. - С. 94-96.

11. А.с. I216827 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.И. Моисеев, В.П. Марценюк, В.Я. Стейскал. - Оpubл. 07.03.86, Бюл. № 9.

12. А.с. I221750 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, В.И. Моисеев, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 30.03.86, Бюл. № 12.

13. А.с. I231609 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 15.05.86, Бюл. № 18.

14. А.с. I223368 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 07.04.86, Бюл. № 13.

15. А.с. I246378 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/66. Преобразователь код-ток / А.Д. Азаров, А.П. Стахов, В.Я. Стейскал. - Оpubл. 23.07.86, Бюл. № 27.

16. А.с. I266147 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 3/45. Источник тока / А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 07.09.86, Бюл. № 33.

17. Положительное решение на заявку 3923619. Входное устройство схемы сравнения токов / А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал, В.П. Марценюк и др. - Принято 31.10.86.

18. А.с. I288913 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.П. Марценюк, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 07.02.87, Бюл. № 5.

19. А.с. I288914 СССР, МКИ<sup>4</sup> Н 03 М I/26. Устройство аналого-

цифрового преобразования / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.И. Моисеев, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 07.02.87, Бюл. № 5.

20. А.с. 1304172 СССР, МВИ<sup>4</sup> Н 03 М 1/26. Способ аналого-цифрового преобразования / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. - Оpubл. 15.04.87, Бюл. № 14.

21. Положительное решение на заявку 4113965. Способ аналого-цифрового преобразования / В.Я. Стейскал.- Принято 23.03.87.

22. Положительное решение на заявку 4137865. Источник постоянного тока / А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал, В.П. Волков и др. - Принято 27.05.87.

23. Положительное решение на заявку 4204509. Входное устройство схемы сравнения токов / А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал, Ю.М. Степайко и др. - Принято 16.09.87.

*Степ*

Подп.в печ. 10.02.88. БФ 22714. Формат 60x84/16. Бум.мн.ап.  
Офс.печ. Усл.печ.л. 0,93.Усл. кр.-отт. 0,93. Уч.-изд.л. 1,0.  
Тираж 100 экз. Зак. 311. Бесплатно

---

Редакционно-издательский отдел с полиграфическим участком  
Института кибернетики имени В.М.Глушкова АН УССР .  
252207 Киев 207, проспект Академика Глушкова 20