

М.Д.Глотова (студ., ГУАП), Л.А.Кулыгина, к.т.н., доц.

## ЦИФРОВОЙ СЛУХОВОЙ АППАРАТ

Слуховой аппарат (СА)- усилитель звука, который компенсирует нарушение человеческого слуха. Современные слуховые аппараты – мощные компьютеры, которые разрабатываются на основе последних достижений техники и современных представлений о физиологии слуха.

Современные слуховые аппараты - внутриушные и внутриканальные - представляют собой индивидуальный ушной аппарат, изготовленный в виде ушного вкладыша, в котором размещается элемент питания, усилитель с телефоном и микрофон. Существуют «цифровые слуховые аппараты» (ЦСА), которые способны выполнять цифровую обработку звука и преобразовывать звук в цифровой код. Такие аппараты самостоятельно настраиваются на восприятие звуков в зависимости от обстановки - концертный зал, прослушивание телевизора, радио, общение в быту и др.

ЦСА имеют следующие общие преимущества при использовании цифровой обработки сигналов (ЦОС) звукового диапазона частот:

- качество, стабильность, точность, повторяемость амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) цифровых фильтров. Возможность создания банков полосовых фильтров с линейной фазой. Формирование с большой точностью заданных АЧХ, компенсирующих как индивидуальные характеристики слуха пациента, так и АЧХ применённых электроакустических преобразователей;

- отсутствие механических элементов настройки с одновременным ростом числа управляемых параметров;

- программная гибкость реализации и индивидуальной настройки алгоритмов при неизменном аппаратном ядре;

- возможность выбора стратегии обработки звука, отвечающей конкретной акустической обстановке, простым переключением программы микропроцессора.

Концепция обработки звука в цифровых СА повторяет базовый подход частотно-зависимого усиления и амплитудной компрессии, но делает это с большей гибкостью и с параметрами, недостижимыми при традиционной аналоговой обработке. Многополосная компрессия реализуется в 3-7-9 полосах с изменяемыми частотными границами полос и независимым выбором параметров компрессии в каждой полосе (глубина компрессии, уровень приведения сигналов, величина максимального усиления, время атаки и восстановления). Это позволяет наиболее эффективно согласовывать динамический диапазон сигналов с областью остаточного восприятия. Однако главное преимущество цифровых СА состоит в том, что они позволяют реализовать функции обработки сигналов, принципиально невозможные в аналоговой реализации:

- адаптивные алгоритмы фильтрации помех со спектром, перекрывающимся со спектром полезного сигнала на основе анализа признаков речевого сигнала. Это необходимо для повышения разборчивости речи у пациентов с нейросенсорной тугоухостью в реальной акустической обстановке на фоне окружающих шумов;

- адаптивные алгоритмы преобразования сигналов в представление, обеспечивающее максимальную разборчивость речи остаточным слухом пациента. Например, обнаружение и спектральный перенос только значимых областей речевых сигналов, попадающих в зону полной глухоты;

- адаптивные алгоритмы формирования пространственных диаграмм направленности микрофонов.

Эти алгоритмы, наиболее перспективные с точки зрения дальнейшей реабилитации пациентов, для своей реализации в реальном времени требуют большой вычислительной мощности и поэтому в настоящее время могут быть реализованы только на процессорах общего назначения в карманных СА, которые, обладая такими качествами, могут успешно конкурировать с миниатюрными СА.

Рассмотрим выбранную автором блок-схему цифрового СА (рис. 1).

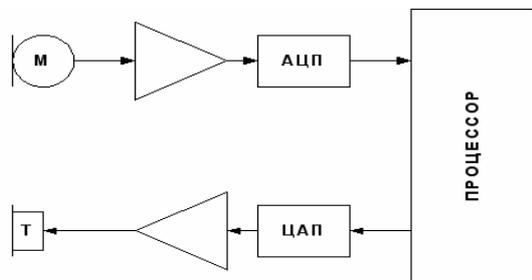


Рис. 1

При батарейном питании возникает несколько проблем. Во-первых, ресурса батарей должно хватать минимум на день непрерывной работы СА. Во-вторых, цифровые схемы чувствительны к изменению напряжения питания по мере разряда батарей. В третьих, напряжение батарей отличается от напряжения заменяющих их аккумуляторов. Для решения перечисленных проблем используются преобразователи напряжения которые обеспечивают питающее

напряжение 3,3 В от двух пальчиковых элементов типа 316 (AA) или аналогичных аккумуляторов во всем диапазоне разряда от 3,2 до 2,0 В. При использовании аккумуляторов ёмкостью 1100 мАч общая продолжительность работы аппарата достигает 10 часов. Общий потребляемый ток зависит от программной загрузки процессора и для программы 3-полосной компрессии составляет около 60 мА.

Другой острой проблемой портативной реализации является динамический диапазон аналогово-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей (АЦП-ЦАП). Необходимо обеспечить низкий уровень собственных шумов во всём диапазоне входных звуковых сигналов. Поэтому желательно, чтобы АЦП имел динамический диапазон порядка 80 дБ. Это требует порядка 9 эффективных разрядов АЦП, при этом вес младшего разряда при напряжении питания 3,3 В составляет 200 мкВ.

Особое внимание должно быть уделено развязке цифровых и аналоговых цепей. Микрофонный вход работает с сигналами с амплитудой начиная от 5 мкВ, поэтому аналоговые цепи должны быть тщательно проработаны, экранированы и развязаны по питанию. В данном СА эта проблема решается использованием отдельных преобразователей для питания цифровых и аналоговых цепей.

СА имеет выносной электретный микрофон и телефон с ушным вкладышем. В микрофонном усилителе используется малощумящий операционный усилитель. Для обеспечения максимального выходного звукового давления до 130 дБ, выходной каскад телефонного усилителя собран по мостовой схеме. Управление громкостью осуществляется программно через обработку прерываний, выставляемых при нажатии на кнопки на передней панели СА. СА имеет габариты 27x60x125 мм и вес 150 г без источников питания.

Итогом данной разработки является программа, написанная под микроконтроллер КР1813ВЕ1, с помощью которой происходит обработка информации в СА.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Зиатдинов С. И. и др. Системы автоматического управления с микроЭВМ: Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб., 1998.
2. Эфрусси М.М. Слуховые аппараты и аудиометры.—М.: Энергия, 1975.