

УДК 621.383.9:615.814.1

С. М. Зленко, д. т. н., проф.; Р. С. Белзецкий; С. В. Костишин**РЕГИСТРАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ТОЧЕК В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА БАЗЕ Σ - Δ
АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Разработана структурная схема системы дистанционного контроля функционального состояния человека на базе сигма-дельта аналого-цифрового преобразователя, которая позволяет регистрировать показатели биологически активных точек.

Ключевые слова: телемониторинг, биоэлектрическая активность, регистрация потенциалов БАТ, диагностическая система, контроль функционального состояния.

Введение

Развитие информационных технологий в последние десятилетия, в частности расширения возможностей сетей связи, привело к прогрессу во всех отраслях деятельности человека, в частности и медицины. Так, использование средств телемониторинга, позволяет решить проблемы своевременной диагностики и контроля за состоянием здоровья человека.

На сегодняшний день существуют методики и алгоритмы, которые позволяют существенно расширить функциональность систем медицинской диагностики и систем телемедицины, используя возможности современных телекоммуникационных и информационных технологий. На их основе создается интеллектуальная информационно-измерительная система телемониторинга и коррекции состояния организма человека, которая базируется на методах рефлексотерапии [1].

Главной проблемой разработки данных систем является не передача, кодирование и наличие баз данных показателей биологически активных точек (БАТ) (на сегодняшний день они существуют в достаточном количестве), а системы снятия показателей БАТ на теле человека.

Конфигурация системы

Как известно, большинство методов диагностики состояния акупунктурной системы человека базируются на измерении таких показателей БАТ, как: электромагнитного излучения сверхвысокой частоты; изменения теплочувствительности и локальной температуры; изменения электрического сопротивления при исследовании постоянным или переменным током [2].

Таким образом, задачей данной работы является разработка простой, надежной и компактной системы регистрации показателей биологически активных точек на теле человека.

В разрабатываемой системе сосредоточим внимание на оценивании функционально-энергетического гомеостаза организма, путем определения биоэлектрической активности его отдельных функциональных систем и их взаимозависимого динамического равновесия. Большинство этих точек расположены в области лучевого сустава и стопы, их размещение показано на рисунке 1.

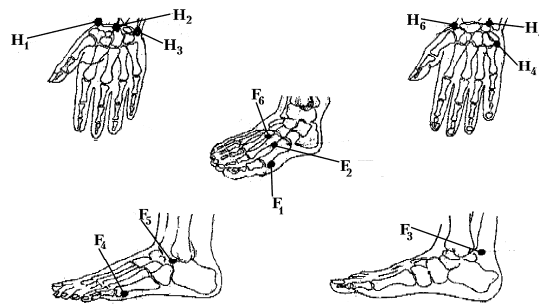


Рис. 1. Репрезентативные энергозоны для проведения диагностики функционально-энергетического равновесия организма

Регистрация потенциалов биологически активных точек в системе дистанционного контроля функционального состояния человека состоит из следующих этапов:

- усиления;
- оцифровки;
- фильтрации от помех;
- компрессии;
- передачи данных по каналам связи.

В зависимости от методов решения и конечных целей эти этапы могут выполняться и в другом порядке, а некоторыми вообще можно пренебречь. Но для полного анализа показателей БАТ необходимо решить все вышеперечисленные задачи. Эти задачи и методы их решения взаимосвязаны, например, с помощью одной микросхемы могут быть реализованы усиление и оцифровка, а с помощью одного математического преобразования может быть проведена фильтрация от шумов и компрессия сигнала [3].

Первичной обработкой сигнала называется последовательность процессов, необходимых для преобразования слабых биопотенциалов, возникающих на поверхности тела человека в результате возбуждения БАТ, в файл цифровых данных, пригодных для дальнейшего анализа. К первичной обработке также относят изменение отдельных параметров сигнала с целью выявления критических изменений состояния организма и немедленной генерации сигнала тревоги. Задачами вторичной обработки могут быть расчет амплитудного спектра, распознавание образов, статистический анализ результатов, формирование баз данных, разработка рекомендаций, например, рекомендаций по диагностике, лечебно-оздоровительным мероприятиям и т.п. [4].

Для преобразования зарегистрированного сигнала в его цифровую форму путем простого аналого-цифрового преобразования, которое имеет диапазон исходного сигнала несколько вольт, сигнал необходимо усилить в сотни раз. При этом не должны вноситься существенные помехи и желательно, чтобы происходила фильтрация. Два варианта построения схем первичной обработки сигнала по аналогии с [3] приведены на рисунке 2.

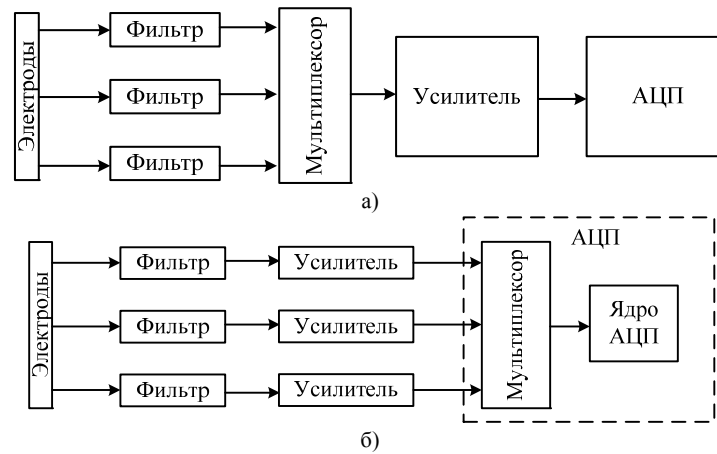


Рис. 2. Схема первичной обработки сигнала а) с одноканальным АЦП; б) с многоканальным АЦП

В первом случае сигнал из разных электродов, расположенных на БАТ, через фильтры попадает на аналоговый мультиплексор, который коммутирует их на вход схемы усиления и АЦП. Такое построение системы имеет высокую экономичность по стоимости и по потребляемой мощности, а также имеет небольшие габаритные размеры. Недостатком является необходимость пропускать сигнал через мультиплексор перед усилением, увеличивающим долю помех. Во втором случае схема не имеет приведенных выше недостатков за счет того, что каждый усилитель подключен к одним и тем же электродам.

В устройствах первичной обработки биосигналов фильтрация полезного сигнала от помех осуществляется, как правило, программным методом. В нашем случае, для программной фильтрации применим метод арифметического преобразования – усреднение соседних отсчетов:

$$S_i^* = \frac{\sum_{k=i-m/2}^{i+m/2} S_k}{m},$$

где S_k – отсчет исходного сигнала; S_i^* – отсчет отфильтрованного сигнала; m — число усредненных отсчетов, которое выбирается из ряда 3, 5, 7.

В последнее время в цифровых приборах первичной обработки биосигналов широко применяются АЦП, работающие по принципу сигма-дельта (Σ - Δ) преобразование, которые проводят оцифровки аналогового сигнала и значительно увеличивают отношение сигнал/шум.

В разрабатываемой системе для реализации аналогово-цифрового преобразования используются Σ - Δ АЦП AD7738 фирмы Analog Devices. Использование Σ - Δ АЦП позволяет исключить дополнительные каскады усиления. Функционирование АЦП базируется на принципе избыточной дискретизации с коэффициентом K , со следующей децимацией и цифровой фильтрацией [5].

В своем составе Σ - Δ -преобразователи имеют цифровой фильтр, который нуждается в необходимом временном интервале на установление исходного кода, который при скоростной коммутации каналов приведет к снижению точности измерений.

Одним из решений этой проблемы является использования 24-битных АЦП серии AD7732/34/38/39, позволяющих повысить производительность цифровых преобразований. AD7738 имеет вмонтированный 8-миканальный мультиплексор (рисунок 3) для коммутации входных цепей с частотой от нескольких сотен герц до 15,4 кГц [6].

Аналоговый мультиплексор (MUX) может быть сконфигурирован для работы в режиме с 4 дифференциальными или 8 несимметричными входами (AIN0–AIN7). Выходы мультиплексора подсоединены к внешним выводам элемента, который, при необходимости, обеспечивает возможность дополнительной обработки сигнала с помощью внешних функциональных узлов (например, буферного усилителя), подключаемых в сигнальные цепи (MUXOUT-ADCIN). Встроенный буферный усилитель (BUFFER) имеет высокие качественные показатели и используется для согласования переменной комплексной нагрузки Σ - Δ -преобразователя с источником сигнала [7]. Для усилителя предусмотрена возможность отключения, что в ряде случаев необходимо для снижения энергопотребления. Устройство имеет встроенный генератор с частотой кварцевого резонатора до 6,144 МГц, подключаемого к выводам MCLKIN и MCLKOUT. Предусмотрена возможность тактирования сигма-дельта модулятора внешним генератором, при этом выходной сигнал с генератора подается на вход MCLKIN. Выход MCLKOUT может быть отключен, для снижения энергопотребления, или использоваться как источник инвертированных по отношению к MCLKIN тактовых импульсов.

Конфигурирование параметров данного АЦП происходит путем программного набора внутренних регистров, часть из которых является индивидуальными для каждого из каналов преобразования, другие же – предназначены для задания режимов и параметров АЦП.

Для связи с управляющим микроконтролером при начальной инициализации внутренних регистров и для передачи результатов на микропроцессор используются линии CSCLK (сигнал тактирование), DIN (вход данных), DOUT (выход данных), #RDY (сигнал готовности данных).

Для реализации микропроцессорной системы можно использовать микроконтроллеры таких фирм, как: Atmel, Analog Devices, Intel, Microchip, Motorola, Texas Instrument и т. п. [8]. В качестве усилителей применяем микромощные прецизионные инструментальные усилители INA118, которые имеют дифференциальный вход и могут подавить помеху на 120 дБ при коэффициенте усиления 100.

Для реализации микропроцессорной системы можно использовать микроконтроллеры таких фирм, как: Atmel, Analog Devices, Intel, Microchip, Motorola, Texas Instrument и т. п. [8]. В качестве усилителей применяем микромощные прецизионные инструментальные усилители INA118, которые имеют дифференциальный вход и могут подавить помеху на 120 дБ при коэффициенте усиления 100.

Структурная схема системы дистанционного контроля функционального состояния человека на базе Σ - Δ аналого-цифрового преобразователя представлена на рисунке 4. На схеме использованы такие обозначения: Н1-Н6, F1-F6 – электроды; 1 – фильтры; 2 – усилители; 3 – аналого-цифровые преобразователи; 4 – микроконтроллер; 5 – блок индикации; 6 – блок запуска системы; 7 – мобильный телефон, КПК или ПЕВМ.

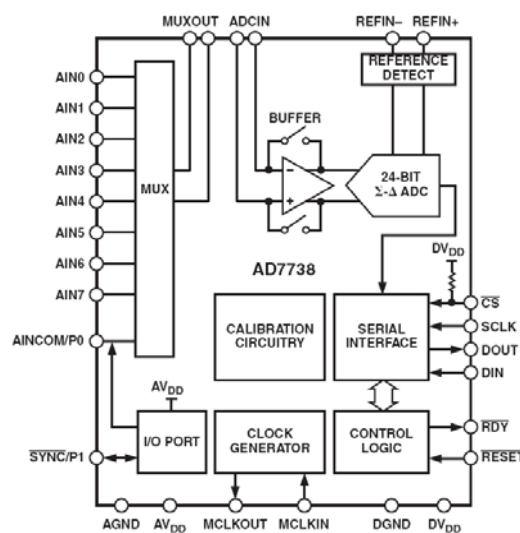


Рис. 3. Структурная схема АЦП

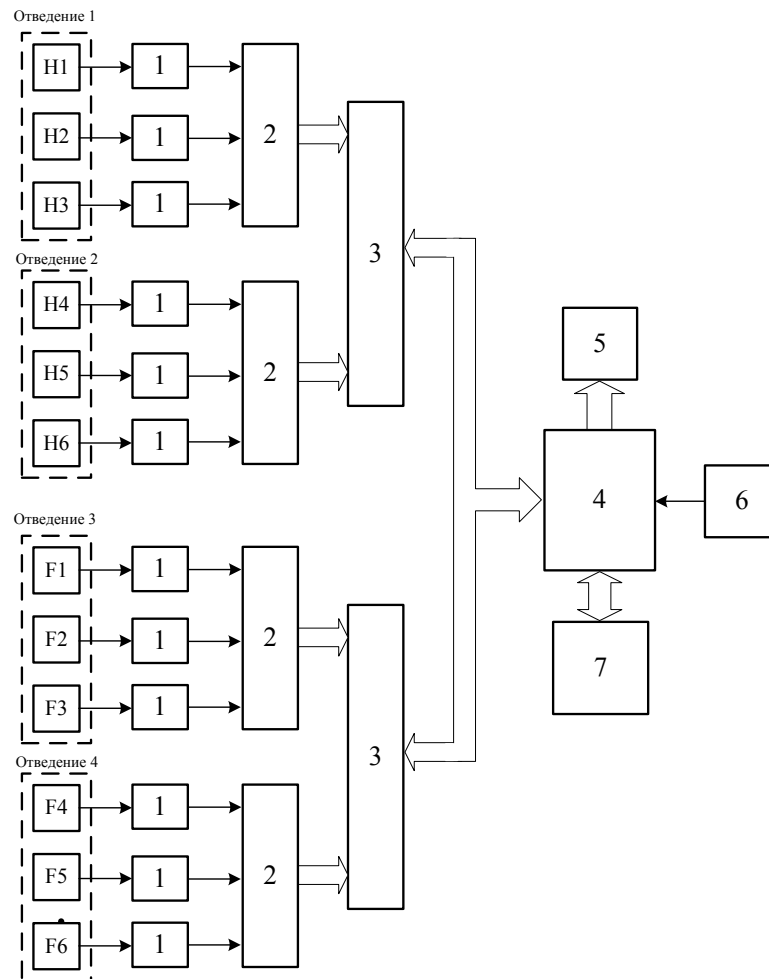


Рис. 4. Структурная схема системы дистанционного контроля функционального состояния человека на базе Σ - Δ АЦП

Работа системы заключается в постоянном измерении всех сигналов, поступающих от электродов через фильтры 1 и усилители 2 на входы Σ - Δ аналого-цифровых преобразователей 3, для преобразования в цифровой код. С Σ - Δ АЦП цифровой код поступает на вход микроконтролера 4; в каждом режиме работы полученная информация выводится на экран дисплея 5. Блок 6 выполняет функцию запуска системы.

Для связи с мобильным телефоном, КПК или ПЕВМ в структуру устройства введен модуль Bluetooth, который работает на нелицензированной во всем мире частоте 2.45 ГГц (полоса промышленного, научного и медицинского применения ISM – Industry, Science, Medicine), что позволяет свободно использовать устройства Bluetooth во всем мире [9].

Вывод

Разработана структурная схема и обоснован выбор Σ - Δ АЦП, системы дистанционного контроля функционального состояния человека, которая позволяет регистрировать потенциалы биологически активных точек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власюк А. І. Автоматизована віртуальна система діагностики стану організму людини / А. І. Власюк, В. І. Месюра, Б. А. Власюк // Вісник ВПІ. – 2004. – № 3. – С. 75 – 76.
2. Власюк А. І. Вибір базової медичної технології для систем телемоніторингу / А. І. Власюк, С. А. Яремко, Б. А. Власюк // Вісник ВПІ. – 2005. – № 1. – С. 69 – 74.
3. Проектирование устройств первичной обработки электрокардиосигнала для дистанционного

мониторинга: [Электронный ресурс] / А. Костин, Ю. Балашов // Журнал Chip News. – 2004. – № 1. – Режим доступа: <http://www.chipnews.ru>.

4. Корневский Н.А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий / Корневский Н. А. Попечителей Е. П., Филист С.А. – Курск: Курская городская типография, 1999. – 537 с.

5. Sigma-Delta ADCs and DACs. Application Note, AN-283//Analog Devices Inc. – Режим доступа: <http://www.analog.com>.

6. Mary McCarthy. Peak-to-Peak resolution versus Effective resolution. Application Note, AN-615 //Analog Devices Inc. – Режим доступа: <http://www.analog.com>.

7. Tom Meany. AD7732/AD7734/AD7738/AD7739 in low power applications. Application Note, AN-664//Analog Devices Inc. – Режим доступа: <http://www.analog.com>.

8. Чумаченко І.В. Мікроконтролерні прилади: структура і виконання: [Навчальний посібник] / І. В. Чумаченко, М. Д. Кошовий, В. В. Лопатин. – Харків: Національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2001. – 277 с.

9. Злепко С. М. Система дистанційного моніторингу за станом здоров'я людини / С. М. Злепко, Р. С. Белзецький // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 1. С. 143 – 146..

Злепко Сергей Макарович – д. т. н. профессор, заведующий кафедрой проектирования медико-биологической аппаратуры, тел.: (0432)–59-81-22, e-mail: smzlepko@ukr.net.

Белзецкий Руслан Станиславович – аспирант кафедры проектирования медико-биологической аппаратуры, тел.: (0432)–59-81-59, e-mail: ruslan_brs@mail.ru.

Костишин Сергей Владимирович – магистр кафедры проектирования медико-биологической аппаратуры.

Винницкий национальный технический университет.