

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАРМАННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

Оверчук К.В., Старчак А.С., Лежнина И.А.

Научный руководитель: Лежнина И. А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kirill_ovk@mail.ru

Карманный электрокардиограф предназначен для индивидуального использования человеком с целью отслеживания и выявления заболеваний сердца в домашних условиях. Подобное наблюдение за сердцем необходимо для людей, которые, прежде всего, уже перенесли различные заболевания сердечно - сосудистой системы, например в пост операционный период, а также для людей склонных к подобным заболеваниям. Использование прибора также поможет обнаружить заболевания на ранней стадии.

Одной из нескольких особенностей реализованных в приборе является возможность считывания электрокардиограммы с пальцев пациента, а для более подробного обследования в приборе реализована возможность подключения грудных отведений, что позволит произвести считывание ЭКГ в других проекциях.

К особенностям прибора можно отнести использование аналого - цифрового преобразователя большой разрядности, а именно сигма-дельта АЦП на 24 бита, это позволило отказаться от применения аналоговых фильтров в пользу цифровых фильтров. Такое исполнение прибора стало возможным благодаря использованию новой элементной базы.

Список основных элементов использованных в приборе описан в таблице 1.

Название элемента	Интерфейс взаимодействия
ADS1292	SPI
LCD Screen	SPI
SD Card	SDIO
Keyboard	GPIO
STM32F152	SWD

Таблица 1. Список элементов с интерфейсом взаимодействия.

Вычислительным ядром прибора является *ARM* контроллер 7-го семейства с встроенными аппаратными функциями *DSP* и *FPU*. Его мощности хватает для выполнения всех математических расчётов цифровых фильтров и

для функционирования операционной системы реального времени, выполняющей необходимые функции и операции. Остальные элементы конструкции являются стандартными для приборов, которые взаимодействуют с человеком и компьютером.

Особого внимания заслуживает встроенное программное обеспечение. Разработка производилась в среде *CooCox CoIDE* которая предназначена для разработки программного обеспечения микроконтроллеров архитектуры *ARM*. Для компиляции исходного кода использовался *GCC compiler*, который входит в комплект *GNU Tools for ARM Embedded Processors*. Данные инструменты являются бесплатными и имеют очень хорошую поддержку. Для отладки использовалась отладочная плата *STM32F4Discovery*.

Как упоминалось ранее, основной особенностью является использование операционной системы (ОС) реального времени *FreeRTOS v4.7.2* [1]. Данная ОС имеет следующие возможности:

- многозадачность;
- синхронизация задач между собой;
- передача информации между задачами без потерь;
- запуск задач в четко заданных временных рамках;
- время отклика системы на внешнее воздействие не превышает 1 мс.

Благодаря использованию ОС удалось сократить время разработки посредством создания соответствующих задач [2]. Под термином «задача» подразумевается отдельная функция, создаваемая программистом, написанная на языке Си, которая выполняется в бесконечном цикле. Для контроля задачи имеются специальный набор API функций, описание которых можно найти на официальном сайте *FreeRTOS* [3].

В электрокардиографе было создано 6 задач для организации необходимого функционала в приборе. Описание задач провидено в таблице 2.

Задача	Функция
Keyboard Task	Ожидает прерывание от клавиатуры, при этом не занимает процессорного времени, сканирует нажатую клавишу, определяет её код и помещает код клавиши в очередь для других задач. Приоритет – 4.
Main Task	Отслеживает состояния всех задач и восстанавливает их состояние при сбое или зависаний функций. Приоритет – 3.
Menu Task	Выполняет функцию вывода меню на дисплей и выбора пунктов меню, что приводит к запуску соответствующих задач. Управляет задачами REC ECG Task, View Task, Demo Task. Приоритет – 2.
REC ECG Task	Выполняет основную функцию по считыванию ЭКГ из АЦП, записывает полученные данные на SD карту, фильтрует и масштабирует для дальнейшего вывода в виде графика на дисплее. Особенность функции заключается в записи на SD карту не фильтрованных данных, в том виде в котором они были получены из АЦП. Это сделано с целью сохранения исходной формы сигнала и для возможности более глубокого анализа на компьютере с применением любых фильтров. Приоритет – 1.
View Task	Проверка и просмотр записанных данных. Приоритет – 1.
Demo Task	Несет только демонстрационный характер. Приоритет – 1.

Таблица 2. Описание задач в приборе.

Также стоит отметить, что для корректного отображения ЭКГ использовались два БИХ цифровых фильтра. Фильтр верхних частот с частотой среза в 1 герц убирает дрейф изолинии, который может составлять порядка 300 мВ, благодаря ему график ЭКГ не уходит за границы дисплея. Фильтр низких частот с частотой среза 45 Гц, предназначен для фильтрации сетевой наводки и других высокочастотных помех который сильно зашумляет график ЭКГ на дисплее. На рисунке 1 приведен снимок дисплея с применением фильтров.



Рис. 1. Снимок дисплея с применением фильтров.

Использование БИХ фильтров обусловлено тем, что при небольшом порядке фильтра они имеют большее ослабление сигнала на заданной частоте по сравнению с КИХ фильтрами.

Как результат всех выше описанных разработок, можно привести график полученных данных, считанных с SD карты, построенных при помощи программного пакета Mat Lab (рисунок 3).

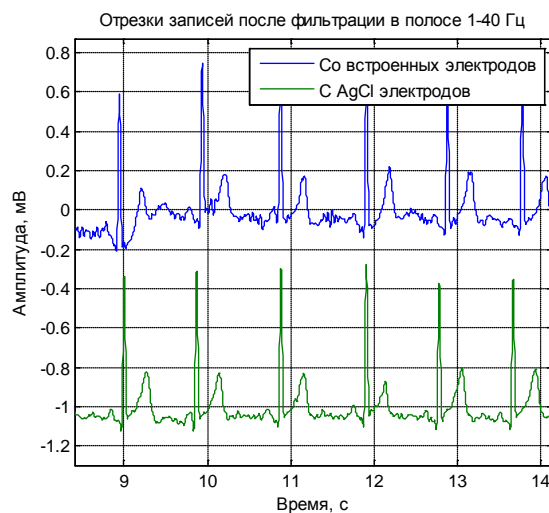


Рис. 2. ЭКГ пациента №1

На рисунке 3 представлено электрокардиограмма считанная с пальцев руки пациента. По полученным данным уже можно проводить простые методы анализа состояния сердца в виде регистрации различных нарушений ритма.

Проект поддержан грантом президента РФ «Разработка и исследования емкостных электродов для бесконтактной диагностики и методики их применения для электрокардиографии».

Список литературы

1. Борисов-Смирнов А. Операционные системы реального времени для микроконтроллеров. //Chip news. 2012. № 5.
2. Сорокин С. Системы реального времени. //Современные технологии автоматизации. 2010. № 2.
3. <http://www.freertos.org/a00106.html>