

**ОБРАБОТКА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЕ АППАРАТНЫМИ
ФУНКЦИЯМИ КАРМАННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА**

К.В. Оверчук, А.А. Уваров, И.А. Лежнина

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: kirill_ovk@mail.ru

**DATA PROCESSING AND HARDWARE
FUNCTIONS CONTROL IN A HAND-HELD ELECTROCARDIOGRAPH**

K.V. Overchuk, A.A.Uvarov, I.A. Lezhnina

Scientific Supervisor: Ph.D., Associate Professor, I.A. Lezhnina

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kirill_ovk@mail.ru

The article describes the embedded software structure, including all the tasks for FreeRTOS real-time OS. Also the DSP functions (filtering, aggregation, binary code transformation) are described.

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 постоперационный 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.

Таблица 1. Список элементов с интерфейсом взаимодействия.

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

Вычислительным ядром прибора является ARM контроллер 7-го семейства с встроенными аппаратными функциями DSP и FPU. Его мощности достаточно 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*.

Программное обеспечение построено на базе операционной системы (ОС) реального времени *FreeRTOS v4.7.2* [1]. Благодаря использованию ОС удалось сократить время разработки посредством создания соответствующих задач [2]. 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 приведено в таблице 2.

Таблица 2. Описание задач в приборе.

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.

Помимо использования ОС и создания в ней задач, для организации работы прибора потребовалась создание подфункций преобразования 24 – битного формата данных, полученных из АЦП, в 32 – битный формат микроконтроллера. Подобная операция необходима для корректной работы микроконтроллера с отрицательными значениями, полученными из АЦП. Среди необходимых для работы прибора функций имеется функция построения графиков. Функция накапливает 4 значения, достраивает требующиеся значения между полученными и отправляет весь массив по SPI интерфейсу на дисплей. Подобная организация необходима из-за аппаратных требований дисплея. Кроме вышеописанных особенностей можно отметить, что полученные данные отправляются на карту памяти с частотой 500 SPS, в свою очередь на дисплей данные отправляются с частотой 125 SPS. Такое изменение частоты семплирования было необходимо для того, чтобы уместить на дисплее примерно 2 секунды времени. Для этого также понадобилась функция, которая производит выборку каждого четвертого отсчета полученного от АЦП и отправляет в функцию построения графиков.

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

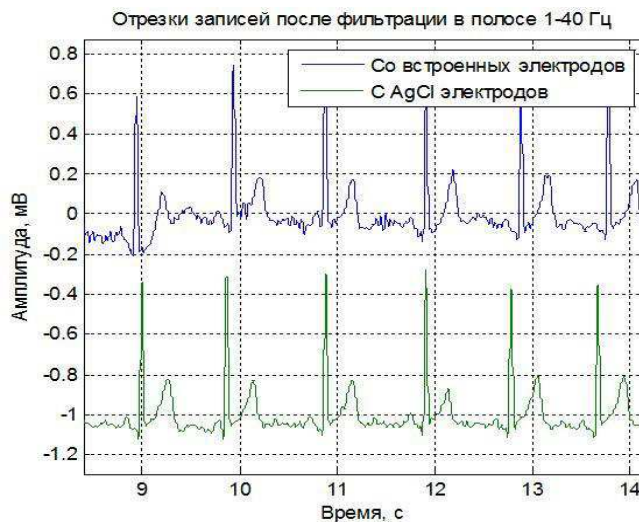


Рис. 1. ЭКГ пациента №1

На рисунке 1 представлена 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. – 20 с.
2. Сорокин С. Системы реального времени. //Современные технологии автоматизации. 2010. № 2. – 25 с.
3. FreeRTOS описание функций API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freertos.org/a00106.html> (Дата обращения 18.01.2014).

частот с частотой среза 45 Гц предназначен для фильтрации сетевой наводки и других высокочастотных помех, которые сильно зашумляют график ЭКГ на дисплее. 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 MatLab (рисунок 1).