

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОРМАННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРОФА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

К.В. Оверчук, А.А. Уваров, И.А. Лежнина, А.А. Порхунов
Томский политехнический университет
kirill_ovk@mail.ru

Введение

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. Постоянное систематическое использование прибора поможет обнаружить заболевания на ранней стадии.

Аппаратная основа

В качестве аппаратной основы в карманном электрокардиографе выступают следующие элементы:

- микроконтроллер STM32F405VGT6;
- аналого-цифровой преобразователь ADS1292;
- OLED дисплей UG-5664ASYDF01 на контроллере SSD1322;
- мембранная клавиатура CK56;
- Карта памяти стандарта SD Card.

На рисунке 1 показано взаимодействие элементов аппаратной базы.

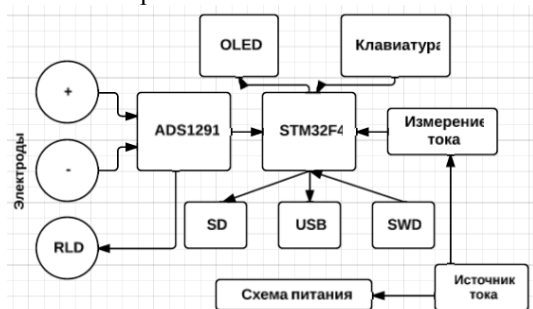


Рис. 1. Схема аппаратной основы портативного электрокардиографа.

Разработка системы

При разработке встроенной системы необходимо четко определить критерии, которым оно должно соответствовать. В случае с портативным электрокардиографом они будут следующими:

- своевременно реагировать на все события и собирать все данные без потерь;
- сохранять данные в виде файла на карту памяти и поддерживать файловую систему FAT32;
- фильтровать данные от помех с помощью цифровых фильтров;

- обрабатывать данные для дальнейшего отображения их на дисплее;
- иметь графический интерфейс меню с возможностью навигации.

Исходя из поставленных критериев, можно сделать вывод, что для реализации системы понадобится создать несколько подпрограмм, которые должны будут работать параллельно и независимо друг от друга, но при этом у них должна быть возможность обмениваться данными для координации действий. Для достижения выше сказанного была применена операционная система реального времени FreeRTOS.

В рамках данной операционной системы были созданы восемь задач, которые выполняют следующие функции:

- Keyboard Task (задача клавиатуры) – подзадача обработки нажатия на клавиатуру. Ожидает прерывание от клавиатуры, при этом не занимает процессорного времени. При регистрации прерывания, задача сканирует клавиатуру и определяет код нажатой клавиши, далее помещает её код в специальную очередь для того, чтобы другие задачи могли получить код клавиши и произвести ответные действия. Приоритет задачи равен 6;
- Main Task (главная задача) – отслеживает состояние других задач и при регистрации события, что одна из подзадач перешла в бесконечный цикл производит перезапуск этой подзадачи. Приоритет задачи равен 5;
- Menu Task (задача главного меню) – выполняет функцию вывода иконок графического меню на дисплей, подсвечивает и перемещает курсор выбранного элемента меню. При нажатии центральной клавиши происходит выбор элемента и запускается соответствующая подзадача, а сама останавливает свое выполнение. Приоритет задачи равен 4;

– REC ECG Task (задача записи ЭКГ) – принимает данные от АЦП ADS1292. Преобразует полученные данные из 24-х битного знакового значения в 32-х битное знаковое значение. Полученные данные попадают в два потока. Первый поток отправляется в очередь для подзадачи записи на карту памяти. Второй поток проходит через комбинированный фильтр, с помощью которого отфильтровываются все помехи, масштабируется и отправляется на обработку в графическую подфункцию для дальнейшего отображения на дисплее. Периодически проверяет очередь клавиатуры на нажатые клавиши, при обнаружении кода

центральной клавиши закрывает файл записи, запускает задачу Menu Task и останавливает своё действие. Приоритет задачи 4;

– View Task (задача просмотра записей) – позволяет просматривать записи имеющиеся на карте памяти. Задача сканирует содержимое карты памяти и отображает его в виде иконок на дисплее прибора, при этом ожидает коды клавиш из очереди. При выборе файла открывает его, производит чтение файла, фильтрует данные с помощью комбинированного фильтра и отображает данные на дисплее. Приоритет задачи равен 4;

– Write SD Card Task (задача записи данных на карту памяти) – задача формирует файл в файловой системе и записывает в него данные полученные от очереди с задачи REC ECG Task. Приоритет задачи 3;

– Time Task (задача отсчета времени) – задача обрабатывает данные полученные от часов реального времени и передает их системе. В последствие они используются для фиксации времени создания записи и отображения в главном меню. Приоритет задачи равен 3;

– Bat Mon Task (задача мониторинга батареи) задача отслеживает состояние батареи и отображает её статус в иконки на дисплее. Приоритет задачи 2.

Все описанные задачи представляют из себя функции, которые работают в рамках, выделенных для её памяти.

Тестирование системы

Рассмотренные выше задачи были запрограммированы в реальном приборе. Для подтверждения правильности работы всей системы использовалось специализированное программное обеспечение для трассировки системы и визуализации всех событий происходящих с ней.



Рис. 2. Обработка нажатия клавиши.

Первоначально было проверена реакция системы на нажатие клавиши клавиатуры, представлено на рисунке 2.

По представленному рисунку можно сделать вывод, что при нажатие клавиши генерируется прерывание, которое приостанавливает работу системы для того, чтобы выдать в системе семафор.

Выданный семафор приводит к тому, что разблокирует задачу обработки клавиатуры. В результате в очереди появляется код клавиши, этот код в последствие берётся другими задачами. Важным моментом системы является выполнение поставленной задачи перед прибором, в нашем случае это запись ЭКГ. На рисунке 3 изображена работа задачи REC ECG Task (задача записи ЭКГ).

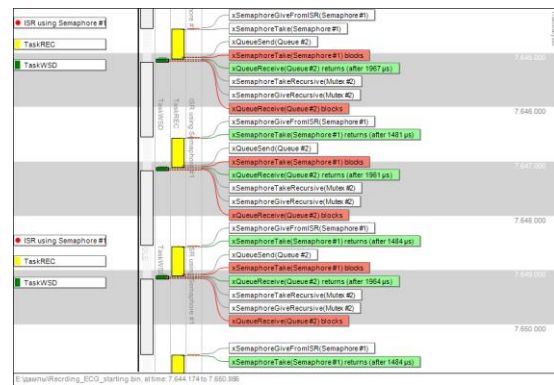


Рис. 3. Обработка отсчетов от АЦП

На представленном изображении видно, что при поступлении отсчета от АЦП в системе генерируется событие, которое в свою очередь приводит к разблокировке задачи REC ECG Task. В этой задаче производятся все необходимые действия описание ранее. После того как задача REC ECG Task заканчивает свою работу управление и данные передаются в Write SD Card Task. В свою очередь задача Write SD Card Task накапливает полученные данные в промежуточный буфер размером 512 байт и только после заполнения промежуточного буфера производится его запись в файл на карте памяти. Это необходимо по тому, что запись на карту памяти стандарта SD производится по страницам размером в 512 байт. После окончания работы задачи Write SD Card Task система ожидает нового отсчета от АЦП. Из рисунка 3 видно, что в системе есть ещё свободное процессорное время для организации дополнительных операций.

Заключение

В результате выше описанных разработок и исследований можно сделать вывод, что разработанная система соответствует предъявленным требованиям.

Литература

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>