

МНОГОКАНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МЕТАБОЛИЗМА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА ПО ПОГЛОЩЕНИЮ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВИДИМОМ И ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ

**С. В. Лешкевич, В. А. Саечников, Э. А. Чернявская,
С. Н. Семенович, И. П. Стецко, Е. В. Верхотурова**

*Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь
LeshkevichS@bsu.by*

Приводится описание аппаратуры для неинвазивной диагностики биохимии крови и биологической ткани методами многоканальной много-частотной спектроскопии видимого и инфракрасного диапазонов. Установка была разработана и создана на факультете радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета.

ВВЕДЕНИЕ

Биохимический состав крови отражает состояние человеческого организма и является важным источником данных при диагностике различных заболеваний и нарушений жизненных функций. Традиционно в медицине применяются химические методы определения состава крови, требующие забора проб крови для анализа. Стремление упростить процедуру анализа, сделать ее ежедневной и доступной каждому (персонализированная, а также космическая медицина), активизирует интерес к неинвазивным фотометрическим методам получения информации.

В основе фотометрических методов лежит способность биологической ткани изменять степень поглощения светового потока, проходящего через нее, синхронно с работой сердца. Датчик размещают на конце пальца или на мочке уха. Он может быть выполнен в форме прищепки, с помощью которой «зажимается» контролируемый участок биоткани. С одной ее стороны устанавливается источник света, а с другой – фотоприемник.

Примером прибора, использующего фотометрический метод, является пульсооксиметр, который определяет насыщение крови кислородом. Измеряя отношение переменной составляющей прошедшего сигнала на длине волны 660 нм (красная область), где гемоглобин крови сильно поглощает, к составляющей сигнала на длине волны 940 нм (инфракрасная область), где поглощение оксигемоглобина выше, оценивают насыщение крови кислородом. Одновременно определяется частота сердечных сокращений.

Функциональность прибора может быть значительно расширена, если проводить регистрацию поглощения на сетке длин волн инфракрасного излучения

(ИК), в области от 650 до 2000 нм, где организм относительно прозрачен. В этом диапазоне сложные биологические молекулы являются оптически активными, а поглощение связано с составом крови и отражает состояние организма. Соотношение между поглощением в различных областях ИК спектра может дать информацию для диагностики различных заболеваний.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

В то же время прогресс в технологии производства светодиодов сделал возможным миниатюризировать устройство. Эти достижения позволили создать на факультете радиофизики и компьютерных технологий многоканальную фотометрическую аппаратуру для неинвазивной медицинской диагностики. Она включает собственно датчик, состоящий из источника света (четырёх светодиодов) и фотоприемника, четырехканальный модуль драйвера светодиодов, модуль АЦП, и программные средства обработки сигналов (рис. 1).



Рис. 1. Схема установки

Используемый драйвер светодиодов В-430 предназначен для управления четырьмя светодиодами одновременно. Для данного драйвера в среде Simulink был написан управляющий модуль, структурная схема которого приведена на рис. 2.

Модуль транслируется в HDL (Hardware Description Language – язык описания аппаратуры) средствами среды MATLAB, после чего загружается в управляющую программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) драйвера светодиодов В-430 посредством среды Quartus для программирования ПЛИС фирмы Altera.



Waveform Graph 2

Plot 0

Amplitude

Time

Рис. 3. Временная диаграмма значений тока на выходе ЦАП

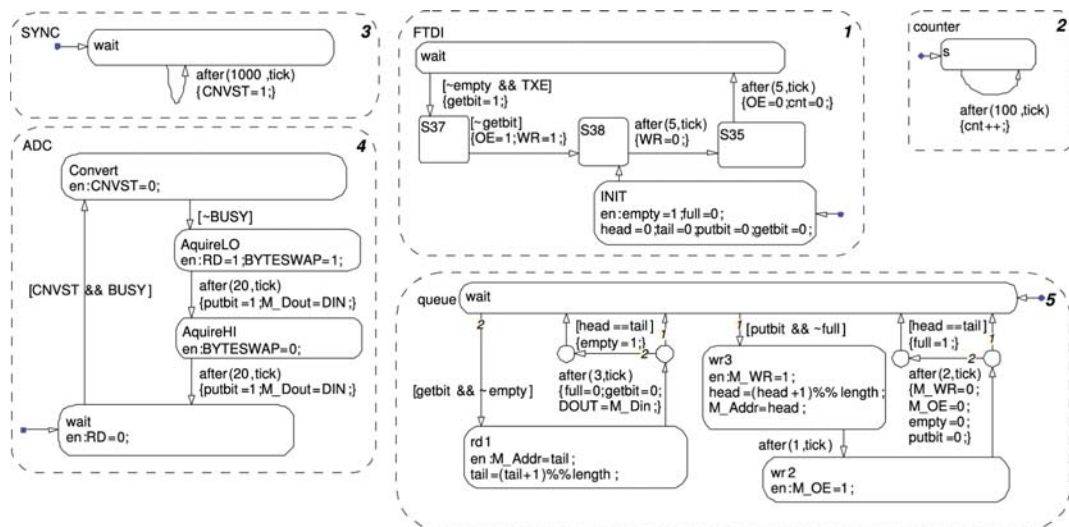


Рис. 4. Модуль оцифровки

Модуль оцифровки (рис. 4) написан в среде Simulink Stateflow Coder. Транслируется в HDL средствами MATLAB и загружается в FPGA матрицу прибора В-480. Представляет собой буфер (queue), согласующий непрерывный поток данных от АЦП с пакетным способом приема данных в управляющем компьютере.

Модуль фазовой синхронизации и обработки (рис. 5) написан в среде программирования виртуальных приборов LabView. Тактовая последовательность привязывается к событию паузы между импульсами удвоенной длительности. После захвата синхронизации определяются амплитуды каждого из импульсов в серии.

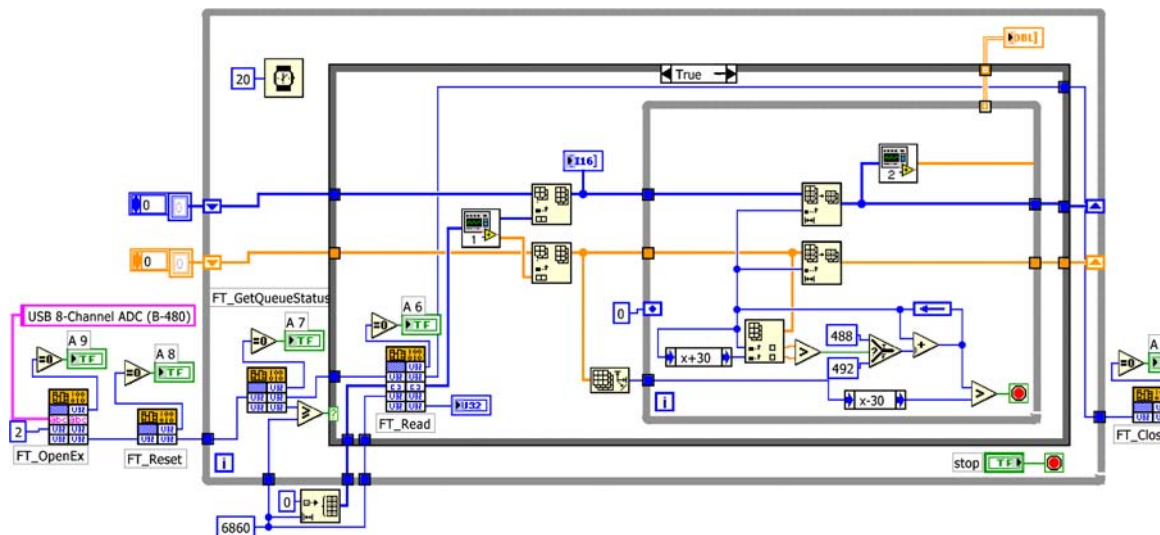


Рис. 5. Модуль фазовой синхронизации и обработки (LabView)

Результат представляет собой пульсовые волны, по соотношению амплитуд которых определяются отклонения в составе крови. Используется ряд длин волн от 0.7 до 1.7 мкм.

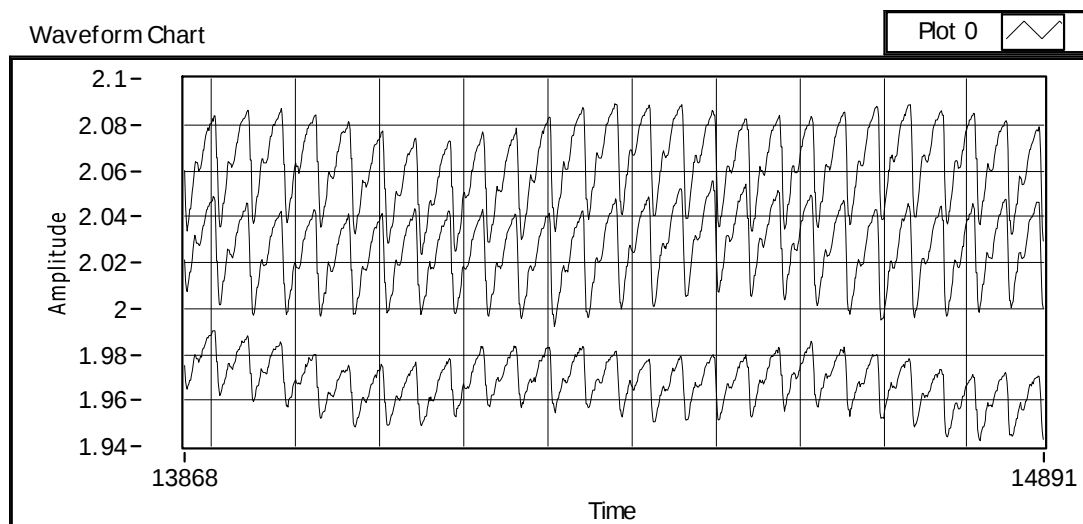


Рис. 6. Пульсовые волны

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотелось бы отметить преимущества разработанного неинвазивного аппарата. Прежде всего для получения результата не требуется забора ни крови, ни каких-либо других биологических материалов организма человека. Также не требуется расходных материалов на анализ биологических проб, затрат на дополнительное обслуживание. Следующее преимущество прибора – быстрота получения результатов исследования. По сути, разработанный неинвазивный аппарат представляет собой портативную экспресс-лабораторию, позволяющую выполнить комплексный анализ в короткие сроки. Ведь на определение некоторых параметров, которые прибор делает за несколько минут, другими традиционными методами уходят часы, дни и даже недели.

Прибор может стать незаменимым при:

- оценке критических состояний, когда нет времени определить жизненно важные параметры традиционными методами;
- отсутствии или удаленности клинических лабораторий;
- работе в составе передвижных (мобильных) групп, в том числе в районе ЧС;
- диспансеризации;
- мониторинге контролируемых показателей жизнедеятельности.

Данный аппарат прошел первое тестирование на базе 2-й городской клинической больницы г. Минска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Millikan, G. A. The oximeter: an instrument for measuring continuously oxygen-saturation of arterial blood in man / G. A. Millikan // Rev. Sci. Instrum. 13 (1942) 434–444.
2. <http://www.maxim-ic.com/solutions/pulse-oximeter/>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse_oximeter