

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Новосельцева А.П.¹, Мусоров И.С.¹, Торгаев С.Н.^{1,2}, Аристов А.А.¹

Научный руководитель: Аристов А.А., доцент, к.т.н.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
г. Томск, пл. Академика Зуева, 1, 634050
E-mail: aristov@tpu.ru

THE CONTROL SYSTEM OF THE OPOTOELECTRONIC SENSOR

Novoseltseva A.P.¹, Musorov I.S.¹, Torgaev S.N.^{1,2}, Aristov A.A.¹

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Aristov A.A.

¹Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²V.E. Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS, Russia
Tomsk, Academician Zuev square, 1, 634050

E-mail: aristov@tpu.ru

В данной статье описана система для съема сигнала с фотоприемника с автоматической подстройкой коэффициента усиления, которая является частью макета установки для обнаружения гематом мозга на основе ближней инфракрасной спектроскопии. Рассмотрены существующие на сегодняшний день приборы, работающие на данном принципе, выявлены их слабые места, устранение которых для нас является основной задачей. В статье указываются недостатки разработанного нами макета и излагаются возможные пути его дальнейшего совершенствования.

The article describes a system for obtaining signal from the photodetector with automatic amplification gain tuning, which is part of the device for the hematoma detection using near-infrared spectroscopy. It considers existing devices that operate in accordance with the principle of near infrared spectroscopy and reveals their limitations the illuminations of which are our key objective. The limitations of the designed unit are described and possible ways of upgrading the system are outlined.

При травмах головного мозга очень важно быстро выявить наличие внутричерепных гематом. На сегодняшний день основным инструментальным методом для выявления повреждений мозга является томография, однако возможность проведения томографического обследования пациента сразу после получения травмы практически отсутствует. В связи с этим, является актуальной задача создания прибора оперативно выявляющего наличие внутричерепных повреждений. Решением данной проблемы может быть использование такого метода диагностики как ближняя инфракрасная спектроскопия. Данный метод основан на том, что спектры поглощения молекул являются характеристическими для некоторых веществ, а интенсивность их поглощения связана с содержанием поглощающего компонента в облучаемом объекте. Данный метод безопасен как для оператора, так и для пациента, т.е. его использование позволит исследовать органы и ткани животных и человека без нанесения какого-либо ущерба организму [1].

Компания InfraScan разработала прибор Infrascannermodel 1000 и Infrascannermodel 2000 [2, 3], который представляет собой переносной детектор внутричерепных гематом, работающий в ближнем ИК-диапазоне (808 нм). Согласно опубликованным экспериментальным исследованиям, осуществленным на моделях внутричерепных кровоизлияний, и клинические испытания показали достаточно высокую диагностическую чувствительность аппарата. Данный сканер позволяет выявить наличие гематом с вероятностью 91% (при залегании гематомы не более 2,5 см от коры мозга и размером более 3,5 см³) [4, 5].

Однако данное устройство не позволяет определить параметры самой гематомы (объем, глубина залегания, плотность, точная локализация), которые имеют важное диагностическое значение для проведения дальнейших реанимационно-реабилитационных мероприятий. Так как диагностика ведется дифференциальным способом, путем сравнения оптических свойств симметричных участков на поверхности головы в точно заданных точках остается значительная доля вероятности не “заметить”

небольшие или глубоко залегающие гематомы вне этих зон. Следовательно, необходимо дальнейшее совершенствование метода и устройства с целью получения более совершенных медико-технических характеристик.

Мы разрабатываем макет устройства для проведения лабораторных исследований по поиску возможных путей улучшения диагностических возможностей оптического метода обнаружения гематом. Задачи, которые будут решаться при эксплуатации данного устройства, это определение оптимальной конструкции первичного измерительного преобразователя, в частности, поиск наилучшего пространственного расположения источников и приемников излучения над диагностируемой областью и разработка алгоритма обработки сигнала с фотоприемников. Так как в процессе лабораторных испытаний необходимо оценивать возможности метода по определению размеров и положению гематом, устройство будет испытываться на фантоме головы позволяющем задавать различные диагностические случаи, что также должно быть учтено при разработке его конструкции.

В статье [6] был описан лабораторный макет для проведения лабораторных исследований с целью разработки методики и конструкции устройства, позволяющего диагностировать гематомы мозга. В ходе экспериментальных испытаний был выявлен ряд недостатков при работе устройства. Так, при практическом использовании прибора сигнал на фотоприемниках менялся в достаточно широком диапазоне, поэтому требуется подстройка коэффициента усиления усилителя в зависимости от снимаемого сигнала для получения минимальной погрешности при дальнейшем его измерении. Данная процедура на лабораторном макете осуществлялась вручную.

В данной работе представлены результаты по решению задачи разработки системы управления оптоэлектронным измерительным преобразователем с автоматической подстройкой коэффициента усиления. Для подстройки коэффициента усиления было принято решение использовать цифровой резистор, установленный в обратной связи усилителя.



Рис. 1. Структурная схема устройства

Структурная схема устройства для съема данных с фотоприемника приведена на рис. 1. Фотоприемник преобразует световой импульс (красный и/или инфракрасный) в электрический сигнал. Полученный сигнал приходит на трансимпедансный усилитель, который преобразует ток в напряжение. Далее сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь. Цифровой сигнал поступает в микроконтроллер, который реализует цифровую фильтрацию с целью выделения постоянной составляющей. Выделенный сигнал поступает на цифро-аналоговый преобразователь и далее на вычитающее устройство. Таким образом, после вычитающего устройства мы получаем сигнал без постоянной составляющей. Затем при помощи усилителя с регулируемым коэффициентом усиления

происходит усиление сигнала до определенного уровня, задаваемого микроконтроллером. По данной структурной схеме была спроектирована принципиальная схема (рис.2).

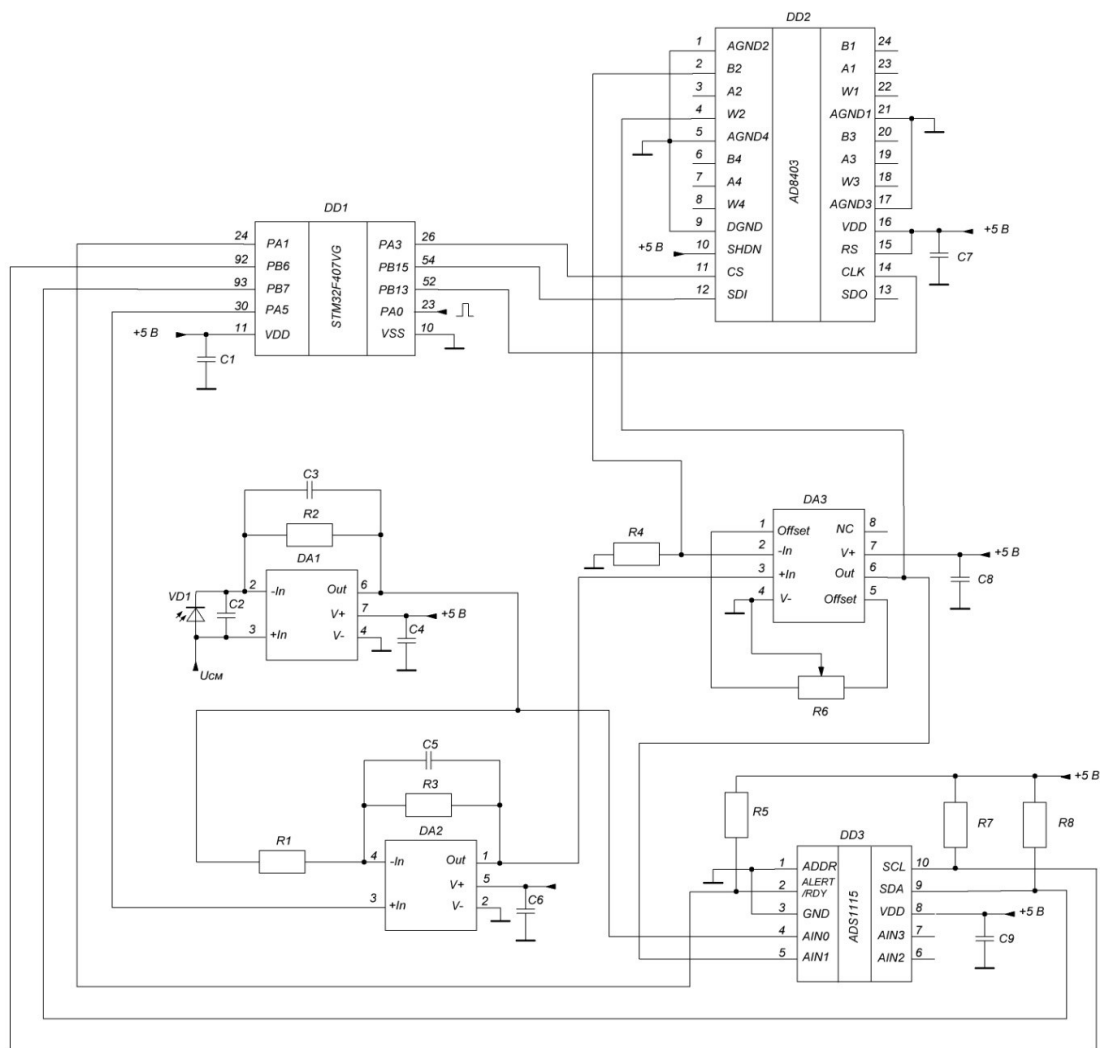


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

На рис.3 приведен алгоритм работы программы микроконтроллера для автоматической подстройки коэффициента усиления. По внешнему прерыванию начинается съем данных с фотоприемника. Сначала происходит проверка того, была ли установлена переменная Check в 1, ее установка в 1 будет означать, что процесс преобразования сигнала с фотоприемника аналогово-цифровым преобразователем завершен. Затем происходит считывание и запись значений с АЦП в переменную ADC_val. Далее происходит проверка того лежит ли значение ADC_val, полученное с АЦП, в требуемом диапазоне значений (0.6–0.9 от максимального выходного значения АЦП). Если ADC_val не лежит в заданном диапазоне, тогда необходимо произвести подстройку коэффициента усиления K_u . Если же ADC_val лежит в заданном диапазоне, тогда на ПК можно отправить значение с АЦП и текущий коэффициент усиления. Подстройку коэффициента усиления осуществляем следующим образом: сначала рассчитываем необходимое значение коэффициента усиления, затем выбираем из ряда теоретических значений коэффициентов усиления, которые можно получить с помощью цифровых резисторов, ближайшее к рассчитанному коэффициенту усиления, и устанавливаем выбранное значение.

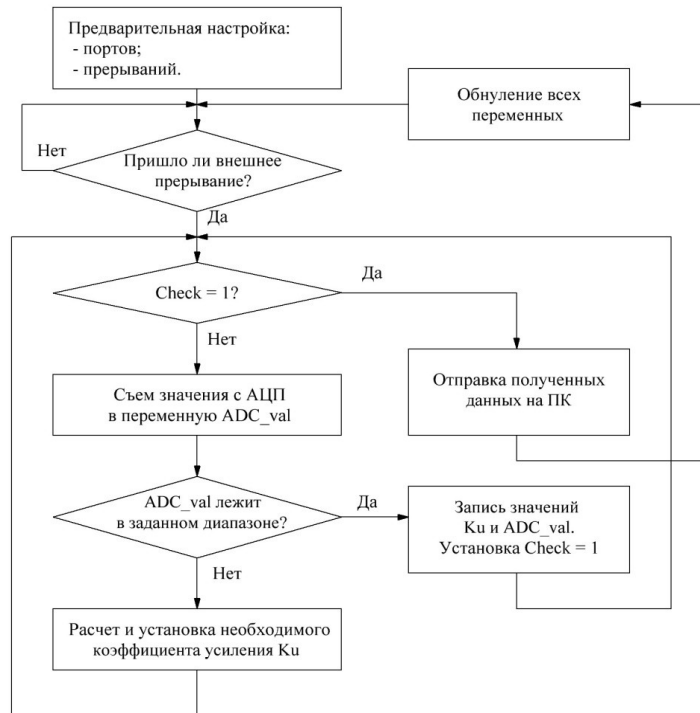


Рис. 3. Алгоритм работы программы микроконтроллера

В результате работы в лабораторный макет была внедрена система для съема сигнала с фотоприемника с автоматической подстройкой коэффициента усиления. В дальнейшем планируется разработать программное обеспечение для обработки и визуализации информации, получаемой с устройства, а также усовершенствовать конструкцию источников и приемников излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимняков Д.А., Тучин В.В. Оптическая томография тканей // Квантовая электроника, 2002, 32 (10), 849-867.
2. [Электронный ресурс] / The InfrascannerModel 1000. –Режим доступа: <http://www.infrascanner.com/solutions/the-infrascanner-model-1000/>, (10/03/2016.).
3. [Электронный ресурс] / The InfrascannerModel 2000. - Режим доступа: <http://www.infrascanner.com/solutions/the-infrascanner-model-2000/>, (10/03/2016.).
4. Bressan S., Daverio M., Martinolli F., Dona D., Mario F., Steiner I.P., Da Dalt L. The use of handheld near-infrared device (Infrascanner) for detecting intracranial hemorrhages in children with minor head injury // Childs Nerv Syst, Nov 2013, V.30, pp 477-484.5.
5. Robertson C.S., Zager E.L., Narayan R.K., Handly N., Sharma A., Hanley D. F., Garza H., Maloney-Wilensky E., Plaum J.M., Koenig C.H., Johnson A., Morgan T. Clinical Evaluation of a Portable Near-Infrared Device for Detection of Traumatic Intracranial Hematomas // Journal of Neurotrauma. September 2010, V. 27, No. 9: 1597-1604.
6. Новосельцева А.П., Тимченко К.А., Аристов А.А. Experimental facility control system for optical studies in the frame of problem solving of brain hematoma diagnostics// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering – V. 93.