



## РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «SALIVA» ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Яхшибоев Р.Э.

Ташкентский университет информационных технологий имени

Мухаммада аль-Хоразмий

Ташкент, Узбекистан

[yaxshiboyevrustam@gmail.com](mailto:yaxshiboyevrustam@gmail.com)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7602565>

Аннотация — в статье рассматриваются вопросы диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта по слюне человека. Проанализированы результаты, полученные при решении задач выявления и первичной диагностики желудочно-кишечных симптомов в результате изменения состава слюны, и проведено сравнение полученных результатов с результатами, полученными в работах других ученых.

Ключевые слова: прибор Saliva, датчик, АЦП, UART, контроллер LM2596, Bluetooth.

### Введение

В настоящее время разработано множество современных решений для выявления заболеваний в слюне человека в любое время повседневной деятельности. В каждом из предлагаемых решений аппаратно-программные средства устройств используются для выявления симптомов различных видов заболеваний, диагностики или удаленного мониторинга определенных заболеваний.

В данной статье представлен анализ 7-канального аппаратно-программного комплекса «Saliva» для первичной диагностики гастроэнтерологических заболеваний.

Данный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для населения, проживающего вне медицинских учреждений или труднодоступных местностях, разрабатывался в соответствии со следующими требованиями:

Наличие оборудования и программного обеспечения для первичной диагностики;

Аппарат может использоваться в домашних условиях и гастроэнтерологами для повседневной деятельности;

Достаточно дешево для всех;

Длительная работа блока питания.

### РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Приборы для первичной диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта получили название «Saliva». Устройство состоит из датчика, АЦП, микроконтроллера, UART, регулятора и Bluetooth. При разработке прибора Saliva особое внимание уделялось его дешевизне и удобству переноски.

Архитектура системы «Saliva» состоит из функциональных блоков и каждый выполняет определенные задачи, рисунок - 1.1. Система «Saliva» состоит из 5 основных модулей, которые составляют программно-аппаратный комплекс [1-4].

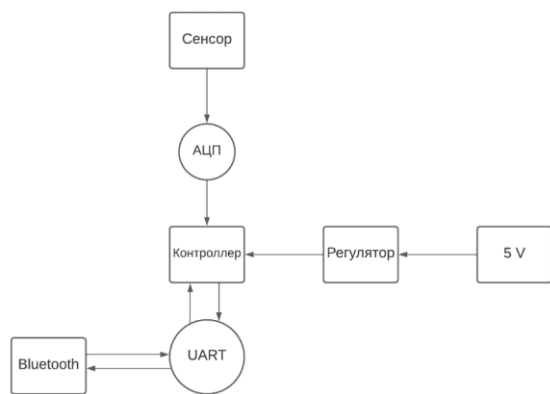


Рис. 1.1. Функциональный модуль аппарата «Saliva».

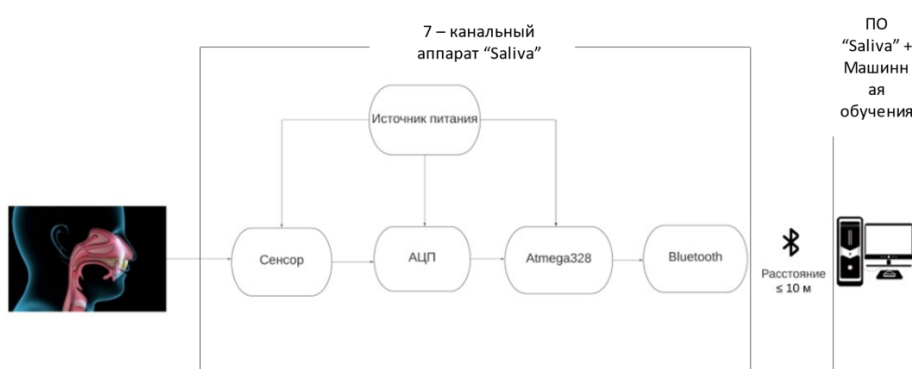


Рис 1.2. Структура 7-канального программно-аппаратного комплекса «Saliva»

На рис. 1.2 представлена структура 7-канального аппаратно-программного комплекса «Saliva», состоящего из 5 основных модулей, вместе с которыми он составляет программно-аппаратный комплекс прибора.

Исходя из структурного образа программно-аппаратного комплекса Saliva, можно выделить основные модули, такие как:

Сенсоры - по выбранным параметрам составляет набор сенсоров на белок, глюкозу, муцин, холестерин, аммоний и мочевую кислоту. Здесь сенсор выполняет задачу как получения вещества для анализа, так и распознавателя для последующих процессов. Так как на примере слюны человека мы знаем о содержании в ней веществ и ферментов.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) — это устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код, то есть преобразовывающее его в цифровой. В микросхеме АЦП дискредитируются все каналы одновременно. Параметры усиления микросхемы АЦП можно регулировать с помощью PGA.

Краткий обзор PGA — цифровые инструментальные операционные усилители с программируемым усилением (PGA) — это универсальные операционные усилители с цифровым управлением усилением для повышения точности и увеличения динамического диапазона [1-5].



После того, как датчик определяет все составляющие компоненты слюны как аналогового объекта, информация передается именно на АЦП, как было сказано выше. АЦП преобразует информацию, полученную от датчика, в двоичный код. Этот чип позволяет измерять слюну пациента по выбранным параметрам, может использовать схему RLD, скорость передачи данных чипа может достигать 500-32 кбит/с (значение передаваемой дискретной частоты 103 секунды). Связь между прибором «Saliva» и компьютером устанавливается через интерфейс UART.

Микроконтроллер Atmega328. Микроконтроллер ATmega328 представляет собой 8-разрядный микроконтроллер CMOS с низким энергопотреблением, основанный на передовой архитектуре AVR RISC. Микроконтроллер принимает первично обработанный сигнал пробы слюны, поступающий от микросхем ADS1298 в блоке питания прибора «Saliva», производит вторичную обработку и передает их на модуль Bluetooth по интерфейсу SPI. Микроконтроллер также управляет модулем АЦП, 7-канальным устройством для дискретного и аналого-цифрового преобразователя сигналов пробы слюны и другими периферийными устройствами. Связь между Atmega328 и периферией реализована с помощью модуля SPI. Блок-схема микроконтроллера Atmega328.

Микроконтроллер Atmega328 подключен к двум интерфейсам SPI, которые поддерживают высокоскоростной обмен данными с устройствами ADC и Bluetooth NS-05. Модуль АЦП обеспечивает систему тактирования последовательной связи. Синхронизация во всех коммуникационных процессах должна быть хотя бы минимальной.

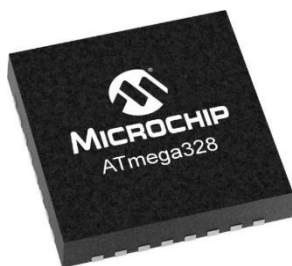


Рис. 1.3. Микроконтроллер Atmega328.

Bluetooth HC-05. Bluetooth HC-05, один из основных модулей питания прибора «Saliva», обеспечивает процесс беспроводного обмена данными между компьютером и прибором «Saliva» по интерфейсу UART. Диапазон частот модуля HC-05 и канала передачи данных соответствуют ISM, т.е. 2,4 ГГц. Эта промежуточная частота представляет собой диапазон радиочастот, определенный правилами радиосвязи Международного союза электросвязи.

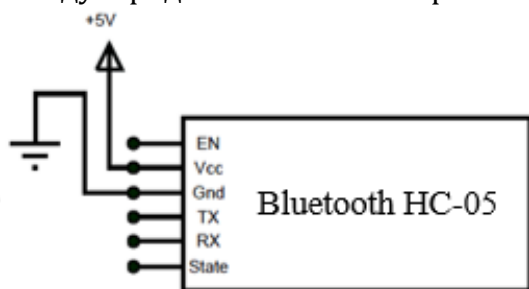


Рисунок 1.4. Блок-схема модуля Bluetooth HC-05

Суммарный размер информации 8 каналов, поступающих от устройства ADS1298, составляет  $224 \times 8 = 224 \times 23 = 227$ , то есть  $227 \times 50/8 = 838\ 860\ 800$  или  $838\ 860\ 800/1024 = 819\ 200$  Кбит/с или 800 Мб.

Если это значение выразить в 16-й системе счисления, оно будет равно  $800/216 = 0,0122$  МБ. Общая пропускная способность устройства Bluetooth NS05, выбранного для проектирования устройства ЭКГ, составляет 2,1 Мбит/с, что примерно в 10 раз больше, чем цифровые данные (0,0122 Мбит/с), генерируемые устройством АЦП, что соответствует текущему спросу [6-9]. ]

Bluetooth HC-05 имеет два разных состояния (режима): состояние команды и состояние передачи/приема. 38400 кбит/с в командном режиме и 9600 кбит/с в режиме передачи/приема данных.

Программно-аппаратный комплекс "Saliva" показан на рис. 1.5. Аппаратно-программный комплекс "Saliva" разработан совместно с врачами-гастроэнтерологами клиники Ташкентской медицинской академии. Функциональная структура программно-аппаратного комплекса Saliva представлена на рисунке 1.6.

Функциональный состав программно-аппаратного комплекса «Saliva»:

1. Датчик - 7-канальный датчик слюны
2. ADS1298 - АЦП (аналого-цифровой преобразователь);
3. Atmega328 - микроконтроллер;
4. Bluetooth HC-05 — действует как беспроводной модуль между устройством Saliva и компьютером.
5. LM2596\_5V - Линейный стабилизатор, разработанный Texas Instruments для небольших устройств.
6. Внешний источник питания.



Рис 1.5. Аппаратно-программный комплекс «Saliva»

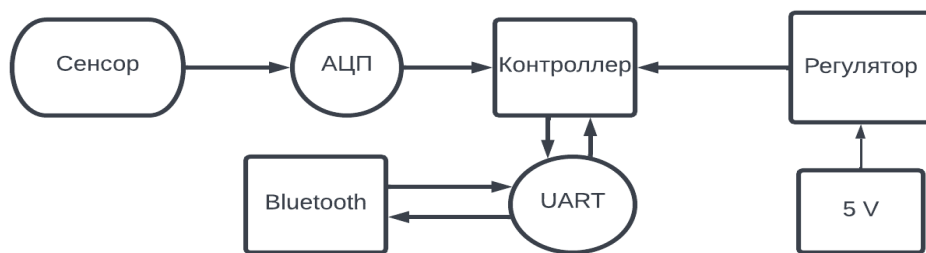


Рис 1.6. Функциональная структура программно-аппаратного комплекса «Saliva»

Results

Таблица 1. Состав слюны здорового человека

№	Состав слюны	Кол-во (% и г/л)
1	Вода	99,4-99,5 %
2	Органические и неорганические компоненты	0,5-0,6 %
3	Белок	1,4-6,4 г/л
4	Муцин	0,8-6,0 г/л
5	Холестерин	0,02-0,5 г/л
6	Глюкоза	0,1-0,3 г/л
7	Аммоний	0,01-0,12 г/л
8	Мочевая кислота	0,005-0,03 г/л

В таблице 1 представлен состав слюны здорового человека, из состава здорового человека гастроэнтерологами отобрано 6 параметров для дальнейшего научного исследования.



Выбранные параметры для исследования указаны в табл. 2.

Таблица 2. Выбранные параметры для исследования

Параметры набора данных	Название состава слюны
Parameter_1	Белок
Parameter_2	Муцин
Parameter_3	холестерин
Parameter_4	Глюкоза
Parameter_5	Аммоний
Parameter_6	Мочевая кислота

С помощью выбранных параметров создавалась база данных пациентов, то есть для исследований требовались огромные данные о пациентах. Алгоритм машинного обучения Random Forest (RF) был обновлен. Разработан алгоритм обмена данными с программно-аппаратным комплексом Saliva на смартфон или компьютер (рис. 1.7).

В результате совместной работы со специалистами было собрано 5000 данных проб для первичной диагностики. С помощью модернизированного алгоритма машинного обучения Random Forest (RF) был выполнен процесс обучения выборочных данных пациентов, в результате точность первичной диагностики показала 98% за 2 минуты [10-12].

С помощью разработанного программно-аппаратного комплекса «Saliva» можно ускорить процесс первичной диагностики. Разработанный программно-аппаратный комплекс «Saliva» может стать помощником врача-гастроэнтеролога, специалистов скорой помощи и медперсонала семейных клиник. В табл. 3 представлен подробный анализ программно-аппаратных комплексов в гастроэнтерологии [13-15].



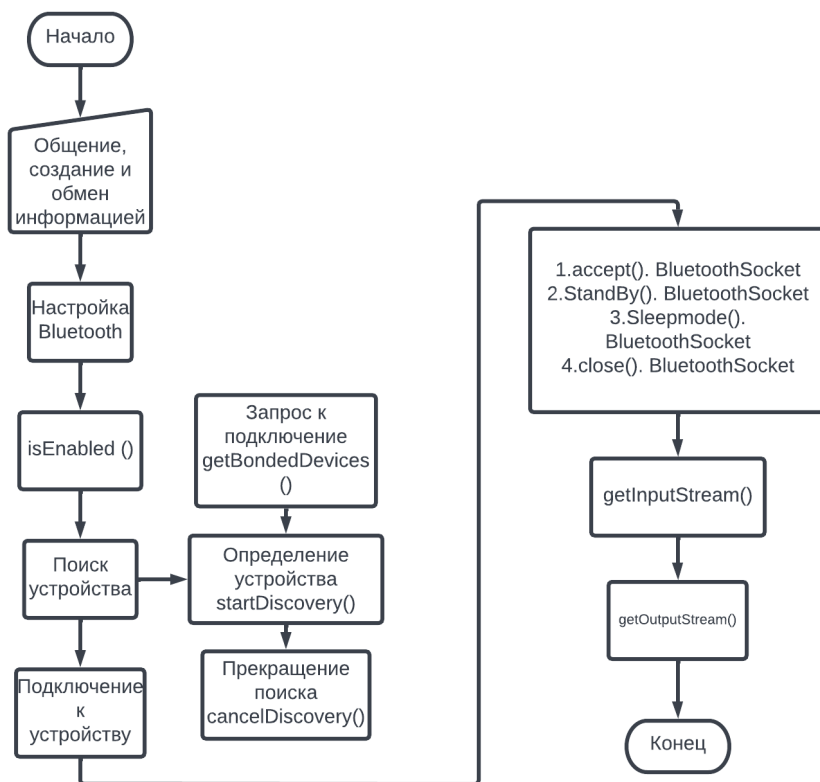


Рис 1.7. Этапы связи и обмена данными между оборудованием Saliva и компьютером

Таблица 3. Анализ программно-аппаратных комплексов первичной диагностики

№	Имя устройства	Цена	Время диагностики	Точность диагностики
1	Гастроскоп	14,5 млн сум	30 минут	70%
2	Гастродуоденоскоп	40 млн сум	20 минут	80%
3	Дуоденоскоп	66 млн сум	15 минут	82%
4	Эзофагоскоп	72 млн сум	20 минут	84%
5	Колоноскоп	420 млн сум	10 минут	90%
6	Видеогастроскоп	61 - 150 млн сумов	10 минут	85%



7	Тонкий гастродифиброскоп	90 млн сум	25 минут	80%
8	Гастродифиброскоп	138 млн сум	20 минут	86%
9	Цистодифиброскоп	112 млн сум	20 минут	81%
10	Гастроэнтеромонитор	7,5 млн сум	21 минута	72,50%
11	Гастроманометр	71 млн сум	10 минут	84,50%
12	Кислотный гастрометр	71 млн сум	3 часа	85,50%
13	Ацидогастромонитор	71 млн сум	3 часа	86,50%
14	слюна	3 млн сум	2 минуты	98%

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате можно сказать, что с помощью разработанного программно-аппаратного комплекса удастся сократить время диагностики. Аппаратно-программный комплекс может быть использован в дальнейшем в поликлиниках и как вспомогательный комплекс для врача-гастроэнтеролога. Этот прибор в основном используется для предварительной диагностики в качестве теста у детей и пациентов, испытывающих дискомфорт при глотании трубки.

Устройства под названием «Saliva» создаются по новейшим технологиям, то есть с помощью алгоритма искусственного интеллекта, основанного на глубоком машинном обучении, проводится предварительная диагностика и получаются высокоточные результаты пациентов.

Аппаратно-программный комплекс разработан совместно с 2-клиникой Ташкентской медицинской академии, с врачами-гастроэнтерологами.

### Список Использованной Литератур:

[1]Yakhshiboyev R. E. Development of Software and Hardware Complex for Primary Diagnosis of Gastroenterological Diseases on the Basis of Deep Machine Learning //Nexus: Journal of Advances Studies of Engineering Science. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 9-20.



- [2] Muminov B. B. et al. Analysis of artificial intelligence algorithms for predicting gastroenterological diseases. – 2022.
- [3] Яхшибоева Д. Э., Эрметов Э. Я., Яхшибоев Р. Э. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАЦИОННО-ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ //Замонавий клиник лаборатор ташхиси долзарб муаммолари. – 2022. – №. 1. – С. 193-194.
- [4] XXXXXXXXXXXX X. ANALYSIS OF HARDWARE AND SOFTWARE FOR INITIAL DIAGNOSIS OF GASTROINTESTINAL DISEASES //Journal of new century innovations. – 2023. – Т. 20. – №. 1. – С. 75-90.
- [5] Яхшибоев Р. Э. и др. ПРОГНОЗ ИСПАРЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ //Journal of new century innovations. – 2023. – Т. 20. – №. 1. – С. 91-99.
- [6] Яхшибоев Р. Э. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ДИАГНОСТИКИ ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ //Journal of new century innovations. – 2023. – Т. 20. – №. 1. – С. 108-119.
- [7] Яхшибоева Д. Э., Эрметов Э. Я., Яхшибоев Р. Э. РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ //Journal of new century innovations. – 2023. – Т. 20. – №. 1. – С. 100-107.
- [8] Яхшибоев, Рустам, Муратали Базарбаев, and Эркин Эрметов. "ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МЕДИЦИНСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ." (2023).
- [9] Яхшибоев, Рустам, et al. "РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА «TRANSFER LEARNING» ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ." (2023).
- [10] Yaxshiboyev R. et al. ANALYSIS OF THE PROCESS OF DEEP MACHINE LEARNING BASED ON THE RESULTS OBTAINED FOR PRIMARY DIAGNOSTICS OF GASTROENTEROLOGICAL DISEASES //CAJM. – 2022.
- [11] Yakhshiboyev R. E. DEVELOPMENT OF A HARDWARE MODULES FOR THE PRIMARY DIAGNOSIS OF GASTROINTESTINAL DISEASES //Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 84-90.
- [12] Яхшибоев Р., Сиддиков Б. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ДИАГНОСТИКЕ РАЗНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ //Innovations in Technology and Science Education. – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 94-105.
- [13] Yaxshiboyev R. Development of a model of object recognition in images based on the «transfer learning» method //Central asian journal of education and computer sciences (CAJECES). – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 36-41.
- [14] Yaxshiboyev R. Development of a software and hardware complex for primary diagnostics based on deep machine learning //Central asian journal of education and computer sciences (CAJECES). – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 20-24.
- [15] Yaxshiboyev R., Yaxshiboyeva D. Analysis of algorithms for prediction and preliminary diagnostics of gastroenterological diseases //Central asian journal of education and computer sciences (CAJECES). – 2022. – Т. 1. – №. 2. – С. 49-56.