

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(Самарский университет)

Институт информатики и кибернетики

Кафедра лазерных и биотехнических систем

Пояснительная записка к курсовому проекту

”Носимый монитор ЭКГ”

Выполнил студент группы 6364-120304D: \_\_\_\_\_ Репик В.И.

Руководитель проекта: \_\_\_\_\_ Корнилин Д.В.

Работа защищена с оценкой: \_\_\_\_\_

Самара 2023

## ЗАДАНИЕ

Разработать монитор активности и отслеживания падений со следующими параметрами:

- Амплитуда сигнала от 0.5 мВ до 4 мВ;
- Диапазон частот 0.05 Гц до 40 Гц;
- Погрешность регистрации амплитуды и частоты 1%;
- Передача данных по интерфейсу Bluetooth;
- Предусмотреть возможность сохранения данных на встроенном носителе в течение суток;
- Питание батарейное;

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 20 страниц, 8 рисунков, источников, 1 приложение.

НОСИМЫЙ МОНИТОР ЭКГ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, BLUETOOTH, STM32WB, АЛГОРИТМ, ADS1293

В курсовом проекте разработаны структурная и принципиальная схемы монитора ЭКГ, с использованием интегральной AFE микросхемы ADS1293. Был осуществлен выбор микроконтроллера со встроенным блоком Bluetooth. Разработан алгоритм анализа данных и программа на языке Си, реализующая его.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА . . . . .	6
2	РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА . . .	8
2.1	Разработка(надо придумать заголовок) . . . . .	8
2.2	Выбор микроконтроллера . . . . .	12
2.3	Выбор аккумулятора . . . . .	15
3	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ . . . . .	17
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .	18
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ . . . . .	19
	ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ . . . . .	20

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация различных процессов на базе интеллектуальных систем невозможна в современном мире без использования устройств такого типа, как микроконтроллер. Многофункциональные, компактные микроконтроллеры применяются во многих современных приборах, бытовом оборудовании, прочих инженерно-технических объектах, а также в медицинской диагностике.

Согласно статистике сердечно-сосудистые заболеваний являются причиной смерти 17,9 млн человек в год. Именно поэтому мониторинг и диагностика состояния сердечно-сосудистой системы человека является такой важной задачей. Самым простым методом диагностики является ЭКГ.

В данном курсовом проекте рассматривается проектирование носимого монитора ЭКГ, автономной системы, позволяющий вести непрерывный мониторинг показателей сердечно-сосудистой системы человека. В процессе проектирования были выбраны микросхема ADS1293 и микроконтроллер STM32WB55RCV6 со встроенным модулем Bluetooth, а также была написана программа управления на языке Си.

## 1 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

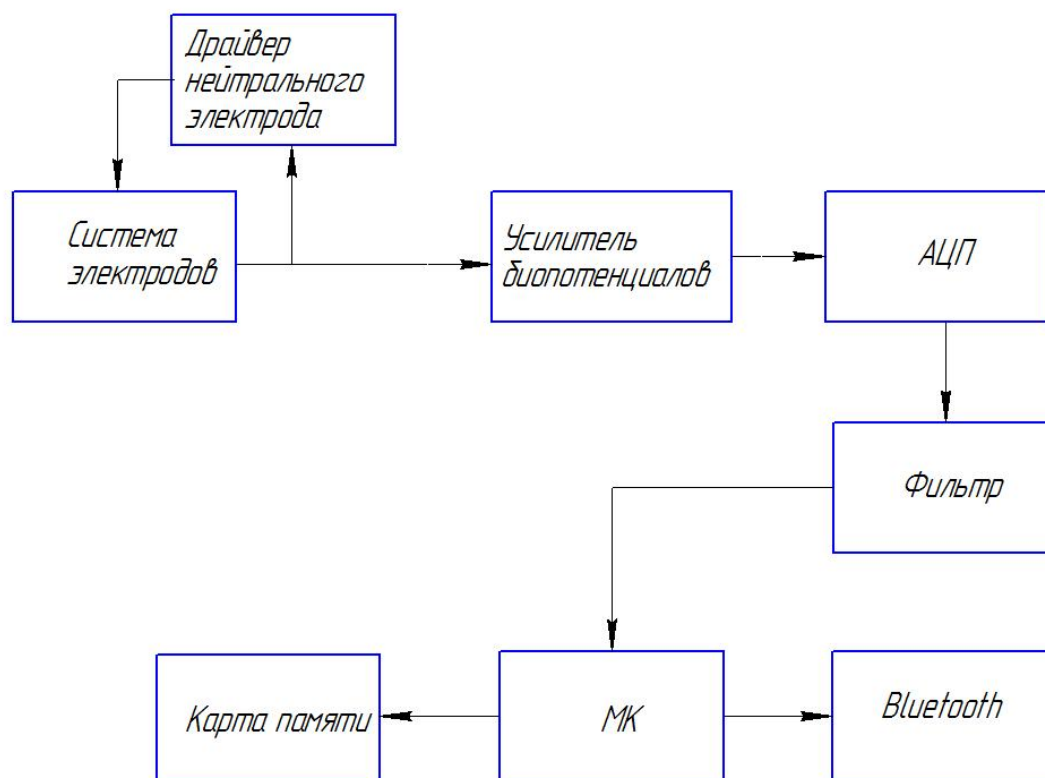


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Принцип работы устройства основан на регистрации разности биопотенциалов, возникающей под действием электрической активности сердца. Система электродов позволяет эту разность измерить. Сигнал будет содержать помимо полезной составляющей синфазную помеху. Для ее устранения используется драйвер нейтрального электрода. Сигнал с электродов с 1 по 3 усредняется, инвертируется в цепи обратной связи и подается на тело человека через электрод 4, тем самым подавляя синфазную составляющую. Так как разность биопотенциалов очень мала по своему значению, то для дальнейшего анализа ее необходимо усилить. Для этого следующим шагом служит усилитель биопотенциалов.

Усиленный сигнал преобразуется в цифровой посредством АЦП, про-

ходит через фильтр и поступает на микроконтроллер для обработки. Так же с микроконтроллера данные передаются по Bluetooth, передача данных осуществляется по таймеру. Предусмотрена запись данных на карту памяти.

Система электродов, драйвер нейтрального электрода, усилитель, АЦП и цифровой фильтр интегрированы в AFE микросхему ADS1293.

Данные поступают в микроконтроллер, где они проходят первичную обработку,

Так же, данные передаются по модулю Bluetooth, интегрированному в микроконтроллер. Передача данных запускается по таймеру. На устройстве есть LED-индикатор, который сигнализирует о передаче пакета данных.

Все элементы схемы питаются от литий-полимерного аккумулятора, имеющего номинальное напряжение 3.7 В, и DC-DC преобразователя, встроенного в микроконтроллер, который стабилизирует напряжение до уровня 3.3 В, необходимого всем элементам устройства.

## 2 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Электрическая принципиальная схема представлена в приложении.

### 2.1 Разработка(надо придумать заголовок)

Для получения кардиосигнала возможны несколько подходов - проектирование собственных схемотехнических решений на основе дискретных компонентов, или использование Analog Front End (AFE) микросхем, например, ADS1293 от Texas Instruments.

Микросхема ADS1293 предназначена для измерения биопотенциалов, в таких медицинских приборах, как портативные электрокардиографы с батарейным питанием, холтеровские мониторы и аппаратура беспроводного мониторинга пациентов. [1]

ADS1293 способна поддерживать от одного до пяти каналов, что позволяет существенно сократить габариты, энергопотребление и полную стоимость масштабируемых измерительных медицинских систем. Каждый канал ADS1293 может быть независимо запрограммирован на работу со специальными (отличными от других) частотой выборки и полосой пропускания.

На основании анализа функциональных возможностей и технических характеристик AFE ADS1293, можно сделать вывод о том, что кроме очевидных преимуществ по габаритам в сравнении с аналоговой частью холтеровских мониторов на дискретных операционных усилителях (ОУ) и аналого-цифровых преобразователях (АЦП), гибридная интегральная схема (ИС) обладает достаточно низким энергопотреблением даже в активном режиме, высоким соотношением сигнал/шум и достаточным динамическим диапазоном для решения задач холтеровского мониторинга. Как следствие высокой интеграции аналоговой части и АЦП, а так же цифровой подсистемы первичной обработки квантованного сигнала использование AFE позволило существенно упростить схемные решения монитора ЭКГ, уменьшить габариты и



продолжительность автономной работы от батареи той же емкости.

Структурная схема акселерометра из даташита ADS1293 [2] приведена на рисунке 2.

#### BLOCK DIAGRAM

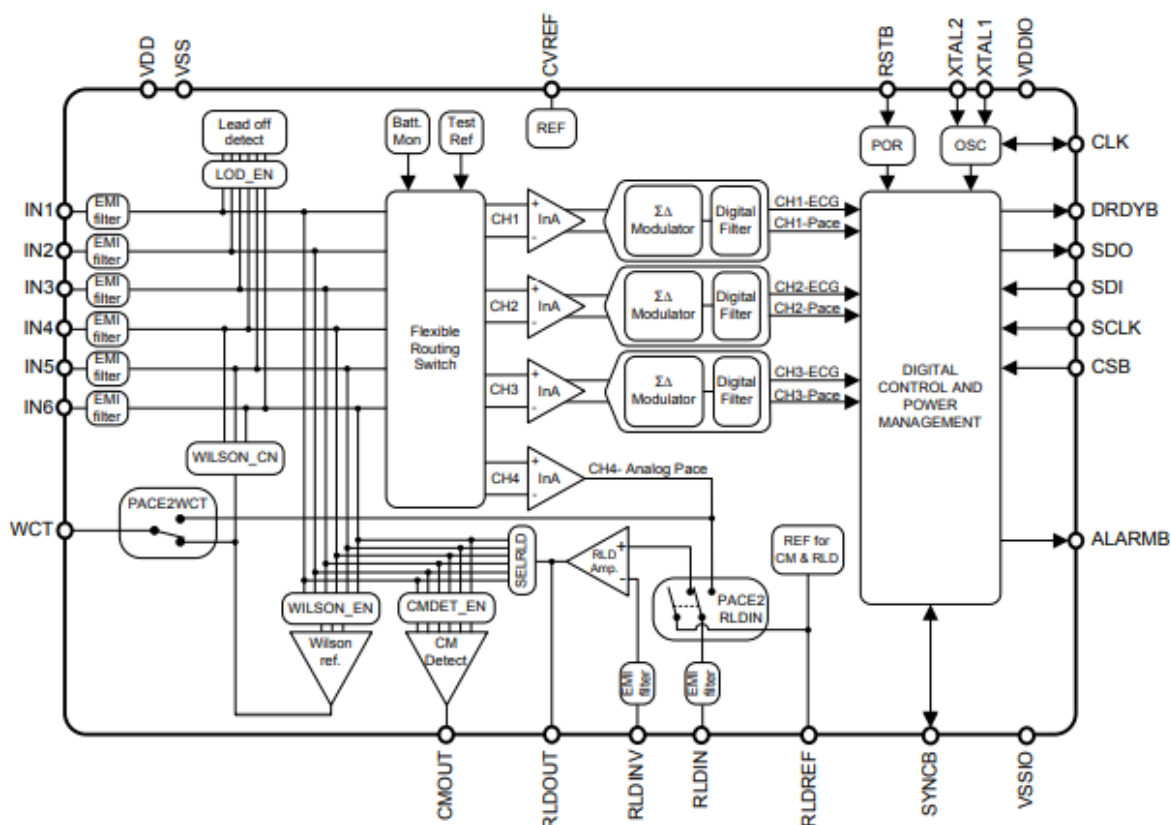
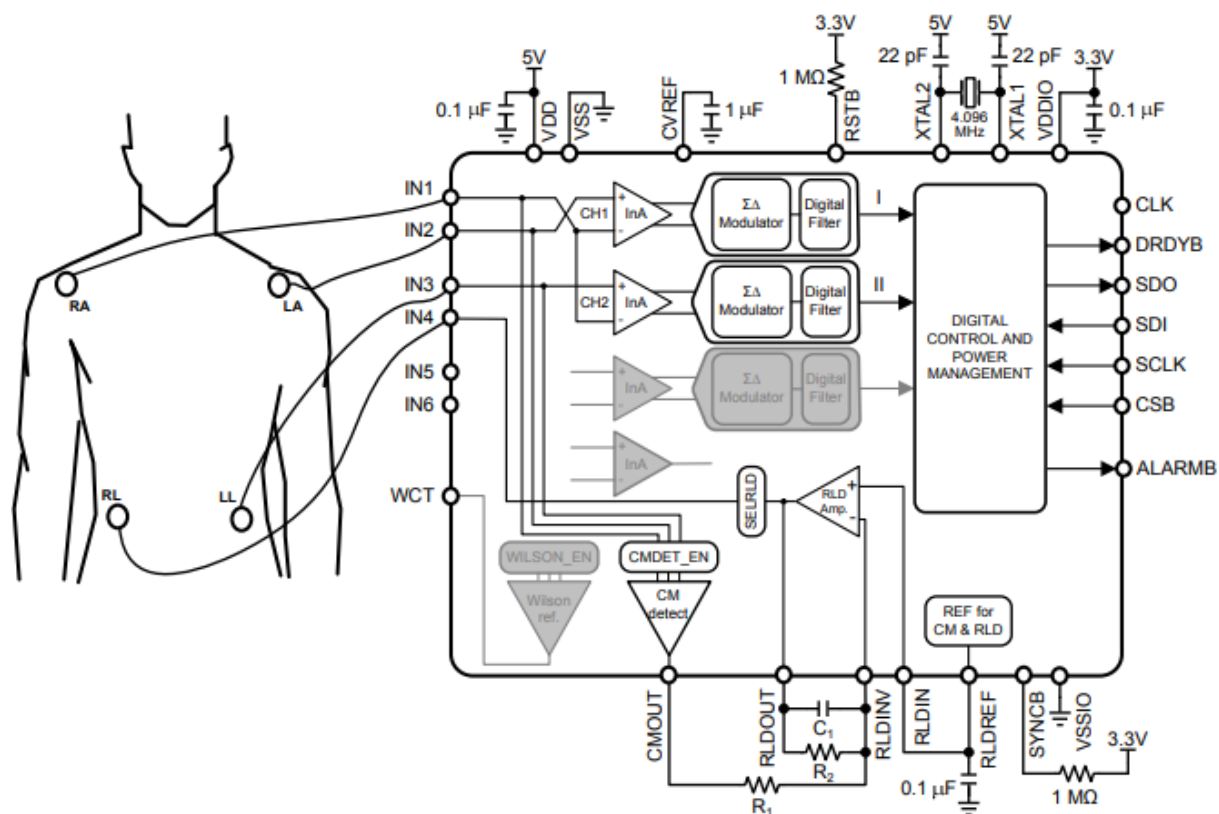


Рисунок 2 – Структурная схема ADS1293

Оцифрованный аналоговый сигнал от ADS1293 передается микроконтроллеру посредством Serial Peripheral Interface (SPI).

Так же, в даташите приведена рекомендованная схема включения для трехэлектродной схемы(рисунок 3).



**Figure 32. 3-Lead ECG Application**

Рисунок 3 – Трехэлектродная схема включения

Нумерация и назначение выводов ADS1293 приведены ниже (рисунки 4, 5).

## CONNECTION DIAGRAM

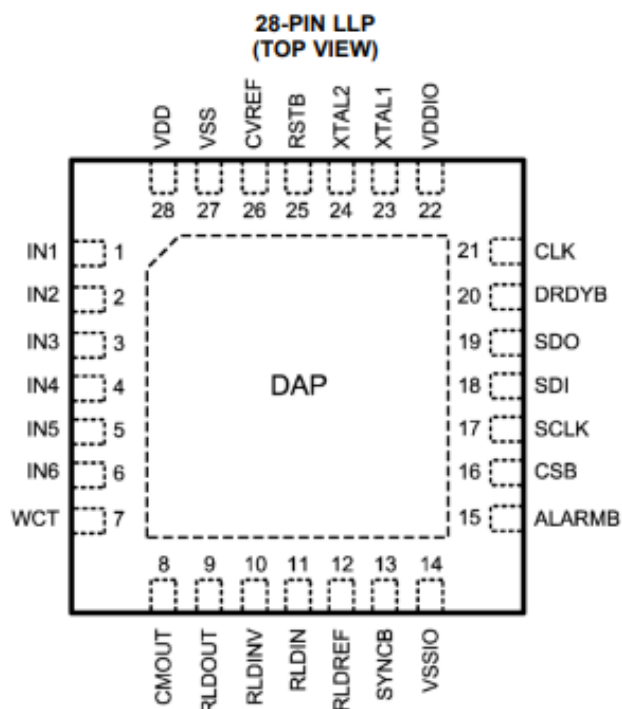


Рисунок 4 – Нумерация выводов

**Table 2. Pin Descriptions**

PIN		TYPE	FUNCTION
NO.	NAME		
1 - 6	IN1 - IN6	Analog Input	Electrode input signals
7	WCT	Analog Output	Wilson reference output or analog pace channel output
8	CMOUT	Output	Common-mode detector output
9	RLDOUT	Analog Output	Right leg drive amplifier output
10	RLDINV	Analog Input	Right leg drive amplifier negative input
11	RLDIN	Analog I/O	Right leg drive amplifier positive input or analog pace channel output
12	RLDREF	Analog Output	Internal right leg drive reference
13	SYNCB	Digital I/O	Sync bar; multiple-chip synchronization signal input or output
14	VSSIO	Digital Supply	Digital input/output supply ground
15	ALARMB	Digital Output	Alarm bar
16	CSB	Digital Input	Chip select bar
17	SCLK	Digital Input	Serial clock
18	SDI	Digital Input	Serial data input
19	SDO	Digital Output	Serial data output
20	DRDYB	Digital Output	Data ready bar
21	CLK	Digital I/O	Internal clock output or external clock input
22	VDDIO	Digital Supply	Digital input/output supply
23	XTAL1	Digital Input	External crystal for clock oscillator
24	XTAL2	Digital Input	External crystal for clock oscillator
25	RSTB	Digital Input	Reset bar
26	CVREF	Analog I/O	External cap for internal reference voltage
27	VSS	Analog Supply	Power supply ground
28	VDD	Analog Supply	Positive power supply
	DAP		No connect

Рисунок 5 – Назначение выводов

## 2.2 Выбор микроконтроллера

С учетом технического задания микроконтроллер должен обладать следующими свойствами:

- Интерфейс для работы с микросхемой ADS1293: SPI;
- Интерфейс для работы с внешней флеш-памятью: SPI или  $I^2C$ ;
- Для передачи данных по Bluetooth: встроенный стек протокола Bluetooth;
- Малое энергопотребление;
- Свободные выходы для подключения индикатора и выходов прерываний от ADS1293;

Для решения задачи был выбран микроконтроллер STM32WB55RCV6 фирмы ST Microelectronics [3]. STM32WB55 содержит два производительных ядра ARM-Cortex:

- ядро ARM® -Cortex® M4 (прикладное), работающее на частотах до 64 МГц, для пользовательских задач имеется модуль управления памятью, модуль плавающей точки, инструкции ЦОС (цифровой обработки сигналов), графический ускоритель (ART accelerator);
- ядро ARM®-Cortex® M0+ (радиоконтроллер) с тактовой частотой 32 МГц, управляющее радиотрактом и реализующее низкоуровневые функции сетевых протоколов;

Данный микроконтроллер включает в себя все необходимые периферийные устройства, такие как интерфейсы передачи данных SPI, необходимый для подключения к акселерометру, и радиоконтроллер с поддержкой Bluetooth.

Основные характеристики:

- типовое энергопотребление 50 мкА/МГц (при напряжении питания 3 В);
- потребление в режиме останова 1,8 мкА (радиочасть в режиме ожидания (standby));

- потребление в выключенном состоянии (Shutdown) менее 50 нА;
- диапазон допустимых напряжений питания 1,7...3,6 В (встроенный DC-DC–преобразователь и LDO-стабилизатор);
- рабочий температурный диапазон -40...105°C.

Структурная схема микроконтроллера приведена на рисунке 6, а назначение выводов портов корпуса на рисунке 7.

Figure 2. STM32WB35xx block diagram

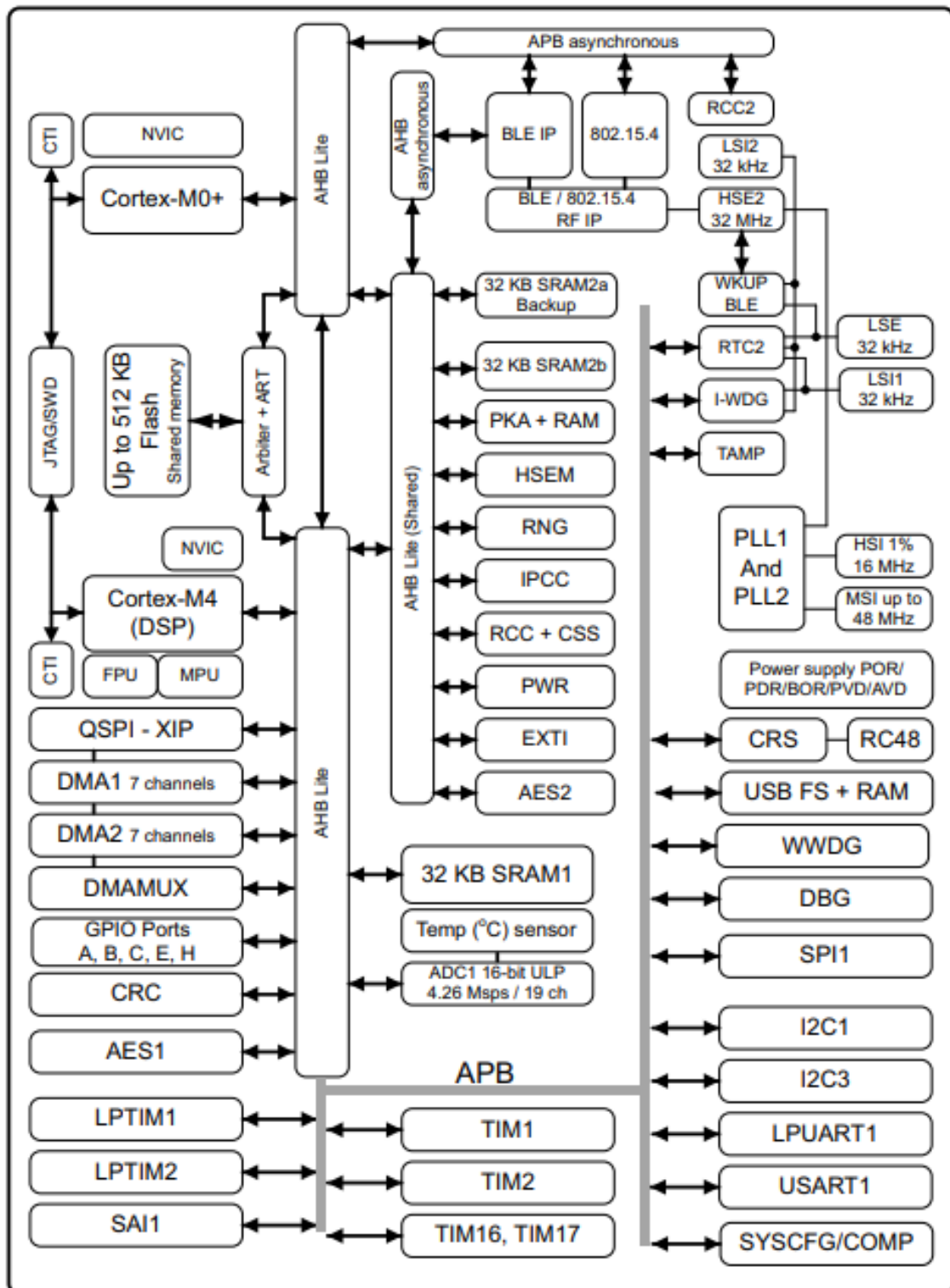


Рисунок 6 – Структурная схема

VFQFPN68

Pinout details:

- Pin 1: VBAT
- Pin 2: PC13
- Pin 3: PC14-OSC32\_IN
- Pin 4: PC15-OSC32\_OUT
- Pin 5: PH3-BOOT0
- Pin 6: PB8
- Pin 7: PB9
- Pin 8: NRST
- Pin 9: PC0
- Pin 10: PC1
- Pin 11: PC2
- Pin 12: PC3
- Pin 13: VREF+
- Pin 14: VDDA
- Pin 15: PA0
- Pin 16: PA1
- Pin 17: PA2
- Pin 18: PA3
- Pin 19: PA4
- Pin 20: PA5
- Pin 21: PA6
- Pin 22: PA7
- Pin 23: PA8
- Pin 24: PA9
- Pin 25: PA10
- Pin 26: PA11
- Pin 27: PA12
- Pin 28: PA13
- Pin 29: PA14
- Pin 30: PA15
- Pin 31: PA16
- Pin 32: PA17
- Pin 33: PA18
- Pin 34: PA19
- Pin 35: OSC\_OUT
- Pin 36: OSC\_IN
- Pin 37: AT0
- Pin 38: AT1
- Pin 39: PB0
- Pin 40: PB1
- Pin 41: PE4
- Pin 42: VFBSMPS
- Pin 43: VSSSMPS
- Pin 44: VLXSMPS
- Pin 45: VDDSMPS
- Pin 46: VDD
- Pin 47: PB12
- Pin 48: PB13
- Pin 49: PB14
- Pin 50: PB15
- Pin 51: PC6
- Pin 52: PA10
- Pin 53: PA11
- Pin 54: PA12
- Pin 55: PA13
- Pin 56: PA14
- Pin 57: PA15
- Pin 58: PA16
- Pin 59: PA17
- Pin 60: PA18
- Pin 61: PA19
- Pin 62: PA20
- Pin 63: PA21
- Pin 64: PA22
- Pin 65: PA23
- Pin 66: PA24
- Pin 67: PA25
- Pin 68: PA26

Подключение будет осуществляться согласно типовой схеме из Application note [4](рисунок 8).

Питание схемы будет осуществляться с помощью аккумулятора LP-310-233350 [5]. Аккумулятор литий-полимерный LP-310-233350 имеет номиналь-

ную емкость 310 мАч, номинальное напряжение 3,7 В, вес 8г. Длина:  $50\pm 1$  мм. Ширина:  $33\pm 1$  мм. Толщина:  $2,3\pm 1$  мм.

Так как в микроконтроллере есть встроенный DC-DC преобразователь, внешний можно не ставить, напрямую подключив положительный электрод аккумулятора к выводу микроконтроллера "VBAT". Внутренний DC-DC преобразователь стабилизирует напряжение на выводе "VDD" на уровне 3.3В, необходимого для питания всех элементов схемы.



### 3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ

Для работы программы необходимо для начала разработать алгоритм. Алгоритм нашего устройства представлен на

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте рассмотрены принципы разработки устройств на базе микроконтроллеров. Был разработан носимый монитор ЭКГ. Данные передаются по интерфейсу Bluetooth и записываются на карту памяти. В процессе работы были разработаны структурная и принципиальная схемы устройства, были проведены необходимые расчёты для получения заданной погрешности, осуществлен выбор микроконтроллера и вспомогательных компонентов схемы.

Конфигуратор кода STM32CubeIDE предоставляет все необходимые библиотеки для реализации устройства, а также обеспечивает необходимые настройки микроконтроллера перед началом реализации алгоритма основной программы. Далее был разработан алгоритм программы и текст программы на языке Си.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Беляев, А. О. Анализ аналоговых характеристик микросхемы ADS1293 для применения в медицинской технике / А. О. Беляев, В. В. Кириенко // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3(30). – С. 67. – EDN TFXFTD

2 Data Sheet на AFE микросхему ADS1293 [Электронный ресурс]. URL:<https://radioaktiv.ru/ds/ti/snas602b.pdf> (Дата обращения: 6.05.2023)

3 Data Sheet на микроконтроллер STM32WB55CCU6 [Электронный ресурс]. URL:<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32wb55cc.pdf> (Дата обращения: 10.05.2023)

4 Application note на микроконтроллеры серии STM32WB [Электронный ресурс]. URL:[https://www.st.com/resource/en/application\\_note/an5165-development-of-rf-hardware-using-stm32wb-microcontrollers-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/application_note/an5165-development-of-rf-hardware-using-stm32wb-microcontrollers-stmicroelectronics.pdf) (Дата обращения: 11.05.2023)

5 Спецификация на Li-pol аккумулятор LP-310-233350 [Электронный ресурс]. URL:<https://static.chipdip.ru/lib/412/DOC005412828.pdf> (Дата обращения: 11.05.2023)

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

AFE	– Analog Front End	8
SPI	– Serial Peripheral Interface	9
АЦП	– Аналого-цифровой преобразователь	8
ИС	– интегральная схема	8
ОУ	– операционный усилитель	8
ЭКГ	– электрокардиограмма	8