

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

«ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА »

Выполнил студент группы 6364-120304D: \_\_\_\_\_ Рожновская Д.О.

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

Работа защищена с оценкой: \_\_\_\_\_

Самара 2023

## ЗАДАНИЕ

Разработать измеритель постоянного тока со следующими параметрами:

- Диапазон измеряемых токов:  $1\text{ мкА} - 0.1\text{ А}$ ;
- Максимальная погрешность:  $0.5\%$ ;
- Индикация: цифровая с необходимым количеством разрядов;
- Передача данных: по интерфейсу CAN с фиксированной скоростью.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 20 страниц, 11 рисунков, источников, 1 приложение.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, CAN, STM32, АЛГОРИТМ, ПРОГРАММА, ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ, ЦИФРОВАЯ ИНДИКАЦИЯ

В курсовом проекте разработаны структурная и принципиальная схемы измерителя постоянного тока, осуществлен выбор микроконтроллера с шиной CAN, подобраны элементы для блока питания и датчика тока. В качестве индикатора выбран IPS дисплей. 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 | Выбор акселерометра . . . . .                     | 8  |
| 2.2 | Выбор микроконтроллера . . . . .                  | 12 |
| 2.3 | Блок питания . . . . .                            | 15 |
| 3   | РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ . . . . .                    | 17 |
| 4   | РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА . . . . . | 18 |

## ВВЕДЕНИЕ

Разработка измерителя постоянного тока является важной задачей в области электротехники и электроники. Такой прибор необходим для точного измерения постоянного тока в различных электрических цепях и системах.

Измерители постоянного тока используются в различных областях, включая промышленность, автомобильную отрасль, энергетику и телекоммуникации. Они помогают обеспечить безопасность и надежность работы систем, а также повышают эффективность использования электроэнергии. Важность измерителей постоянного тока заключается в том, что они позволяют контролировать и оптимизировать работу систем, что в свою очередь повышает качество продукции и уменьшает затраты на производство.

В данном курсовом проекте рассматривается способ создания устройства на базе микроконтроллера, который сможет обеспечить высокую скорость передачи данных, что позволит быстро и точно измерять ток. В процессе был подобран необходимый в задании микроконтроллер с шиной CAN, а также написана управляющая программа на языке Си.

## 1 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

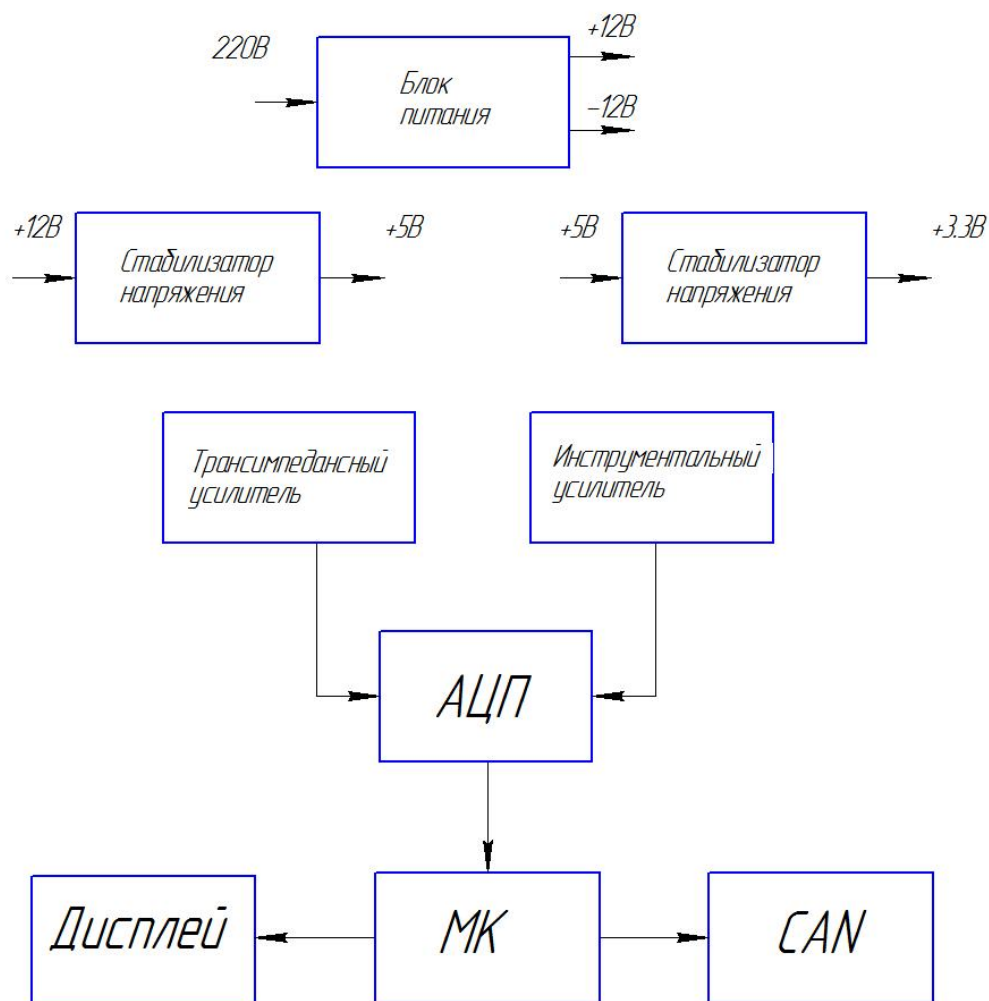
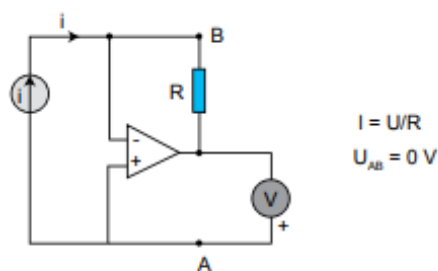


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Стоит отметить, что измерять ток цифровые устройства не умеют, поэтому, ток преобразуют в напряжение, чтобы АЦП мог оцифровать его. Принцип работы устройства заключается в следующем. АЦП имеет два канала. На один канал подключен выход инструментального усилителя, усиливающего напряжение на низкоомном шунте. Данный канал используется для измерения токов в диапазоне 1мА-100мА. Для измерения токов в диапазоне 1мкА-1мА используется схема трансимпедансного усилителя [7], изображенная на рисунке 2.



**Figure 3**—The transimpedance amplifier is a way to automatically adjust the counter voltage. An operational amplifier will set its output in order to have a nearly null voltage offset between its two inputs:  $U_{AB} = 0$ , which is exactly what we are looking for.

Рисунок 2 – Трансимпедансный усилитель

Переключение между каналами осуществляется программно. Измеренное значение напряжения пересчитывается в ток, и выводится на IPS дисплей. Так же, результаты могут быть переданы по интерфейсу CAN с фиксированной скоростью.

Блок питания формирует напряжение +12В и -12В из 220В для питания операционных усилителей. Посредством использования стабилизаторов напряжения из 12В получаем напряжения в 3.3В и 5В, необходимые для питания микроконтроллера и других элементов схемы.

## 2 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Электрическая принципиальная схема представлена в приложении.

### 2.1 Выбор ОУ

Основным требованием для ОУ в схеме транsimpендасного усилителя является малые входные токи - они должны быть меньше, чем минимальная разрешенная погрешность измерения. Данному требованию удовлетворяет AD8603 от Analog Devices. Его основные особенности представлены на рисунке ??.

#### **FEATURES**

##### **Easy to use**

**Gain set with one external resistor**

**(Gain range 1 to 10,000)**

**Wide power supply range ( $\pm 2.3\text{ V}$  to  $\pm 18\text{ V}$ )**

**Higher performance than 3 op amp IA designs**

**Available in 8-lead DIP and SOIC packaging**

**Low power, 1.3 mA max supply current**

##### **Excellent dc performance (B grade)**

**50  $\mu\text{V}$  max, input offset voltage**

**0.6  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  max, input offset drift**

**1.0 nA max, input bias current**

**100 dB min common-mode rejection ratio ( $G = 10$ )**

##### **Low noise**

**9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  @ 1 kHz, input voltage noise**

**0.28  $\mu\text{V}$  p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)**

##### **Excellent ac specifications**

**120 kHz bandwidth ( $G = 100$ )**

**15  $\mu\text{s}$  settling time to 0.01%**

Рисунок 3 – Особенности AD8603



### 3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ

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

## 4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Data Sheet на акселерометр ADXL345 [Электронный ресурс]. URL:<https://static.chipdip.ru/lib/876/DOC011876534.pdf> (Дата обращения: 15.05.2023)

2 Токарчук, Т. С. Особенности регистрации медико-биологических данных с применением акселерометрических датчиков / Т. С. Токарчук, Ю. О. Боброва // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. – 2019. – № 1(74). – С. 367-369.

3 Data Sheet на микроконтроллер STM32WB35CCU6 [Электронный ресурс]. URL:<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32wb35cc.pdf> (Дата обращения: 16.05.2023)

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: 16.05.2023)

5 Спецификация на Li-pol аккумулятор LP-130-232635 [Электронный ресурс]. URL:<https://static.chipdip.ru/lib/412/DOC005412824.pdf> (Дата обращения: 16.05.2023)

6 Data Sheet на DC-DC преобразователь LM3671/-Q1 [Электронный ресурс]. URL:<https://static.chipdip.ru/lib/091/DOC001091994.pdf> (Дата обращения: 16.05.2023)

7 Robert L., Picoammeter Design[Текст]/Robert Lacoste//CIRCUIT CELLAR –2010. –№237 – С. 62-66.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ