

Аппаратно-программный инструменты разработки программного обеспечения цифрового регулятора

Закиряев Кубанычбек Эсейович

Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстанова

Ведущий специалист отдела информатизации образования

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Магистрант

Аннотация

В данной работе рассматриваются аппаратные и программные инструментальные средства для разработки программного обеспечения цифрового регулятора информационной системы управления в составе автоматизированной системы учета и контроля электроэнергии, которая будет построена на базе микроконтроллера STM32F407VG.

Ключевые слова: микроконтроллер, информационная система управления, отладочная плата, цифровой регулятор.

Choosing a microcontroller for a digital regulator

Zakiriaev Kubanychbek Eseiovich

Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov

Leading specialist of the department of informatization of education

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Master student

Abstract

This paper considers hardware and software tools for developing software for a digital controller of an information control system as part of an automated electricity metering and control system, which will be built on the basis of the STM32F407VG microcontroller.

Keywords: microcontroller, information control system, debug board, digital controller.

1 Введение

1.1 Актуальность

Модернизация аппаратно-программного комплекса современных автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) с целью увеличения функциональных возможностей путем внедрения новых блоков позволит увеличить эффективность работы электросети и их нагрузок. Для этого необходимо разработать и внедрит в состав АСКУЭ новый блок - цифровой регулятор (ЦР), предназначенный для управления процессами по симметрированию абонентских нагрузок в электрической сети

в составе информационной системы управления (ИСУ), что позволит уменьшить технические потери электроэнергии [1-2]. ЦР будет организован на базе микроконтроллерного устройства, поэтому, выбор аппаратно-программных средств для разработки и реализации алгоритмов управления являются актуальными задачами.

1.2 Обзор исследований

В своей работе Т.Т.Оморев [1] предложил теорию по оптимизации работы электросети, работающей в несимметричном режиме и алгоритмы по их контролю и управлению. Был предложен алгоритм симметрирования распределенной сети с помощью микроконтроллерного устройства (ЦР) в составе АСКУЭ, который будет управлять исполнительным устройством, переключающей нагрузки-абоненты из одной фазы на другую [1-2]. В то же время, изменяя или добавляя программное обеспечение ЦР можно будет управлять и другие параметры электросети для оптимальной работы. Выбранный в [2] микроконтроллер является ключевым элементом реализации функционирования ЦР. Однако, не менее важными являются аппаратно-программные средства разработки программного обеспечения (инструментарий программирования). Выбранный для этих целей инструменты должны обеспечить минимальные затраты по настройке, объему полученного кода на языке С, удобные средства программирования и прошивки микроконтроллера [3-5].

1.3 Цель исследования

Выбрать и подготовить аппаратно-программные инструментальные средства для разработки программы управления работой цифрового регулятора (ЦР).

1.4 Материалы

ЦР является основным функциональным блоком будущей ИСУ. Структурная схема ИСУ показана на рис.1.

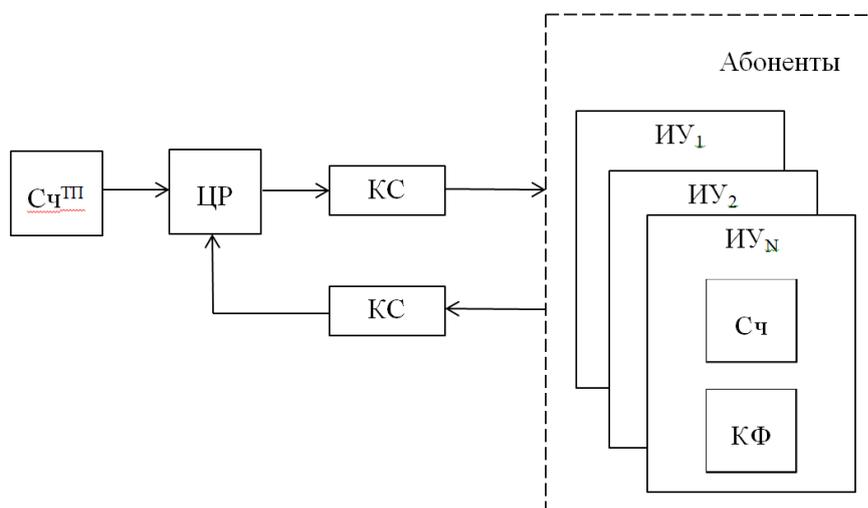


Рис.1. Структурная схема ИСУ

Обозначение блоков: Сч^{Тп} – счетчик электроэнергии в трансформаторной подстанции; ЦР – цифровой регулятор; КС – канал связи; ИУ – исполнительное устройство, в составе которого имеется Сч – счетчик электроэнергии абонента и КФ – коммутатор фаз.

ЦР периодически проверяет состояние сети для корректировки работы ИУ, периодически отправляя необходимые управляющие команды в исполнительное устройство, одновременно контролируя изменения, которые происходят в абонентских нагрузках. Тем самым происходит корректировка работы электросети путем переключения абонентских нагрузок из одной фазы в другую, т.е. поддержание симметричной работы электросети.

От того, как будут реализованы алгоритмы управления и функционирования ЦР, зависят режимы работы и правильная работа всей системы. Поэтому, качественное программное обеспечение зависит от того, какие аппаратные и программные средства выбраны в качестве инструментария для реализации функций и режимов работы ЦР [5].

2 Аппаратно-программные инструменты разработки

2.1 Аппаратное обеспечение

В качестве центрального устройства управления для цифрового регулятора (ЦР) выбран 32-разрядный микроконтроллер STM32F407VG [2]. Данный микроконтроллер принадлежит семейству процессоров с архитектурой ARM Cortex M4 [6].

ЦР реализованный на базе данного микроконтроллера должен осуществлять микрокомандное управление за исполнительными устройствами и взаимодействие с другими блоками ИСУ (Рис.1). Взаимодействие микроконтроллера и других блоков осуществляется через порты ввода и вывода, приборы индикации и кнопок. На стадии проектирования ЦР и отладки программ необходима отладочная плата со всеми периферийными устройствами. Поэтому, на начальном этапе для ускорения работ был выбран отладочная плата STM32F4Discovery [2,6-8]. Данная отладочная плата имеет: микроконтроллер STM32F407VG; 1 МБ Flash-память; 192 КБ оперативная память; отладчик/программатор ST-Link/V2; разъем USB OTG FS с разъемом micro-USB; 4 порта ввода/вывода (разъем расширения для всех входов /выходов LQFP100 для быстрого подключения к макетной плате), выведенные к внешним разъемам; 4 пользовательских светодиода; 2 пользовательских кнопок. Внешний вид отладочной платы показан на рис.2, а упрощенная структурная схема на рис.3.

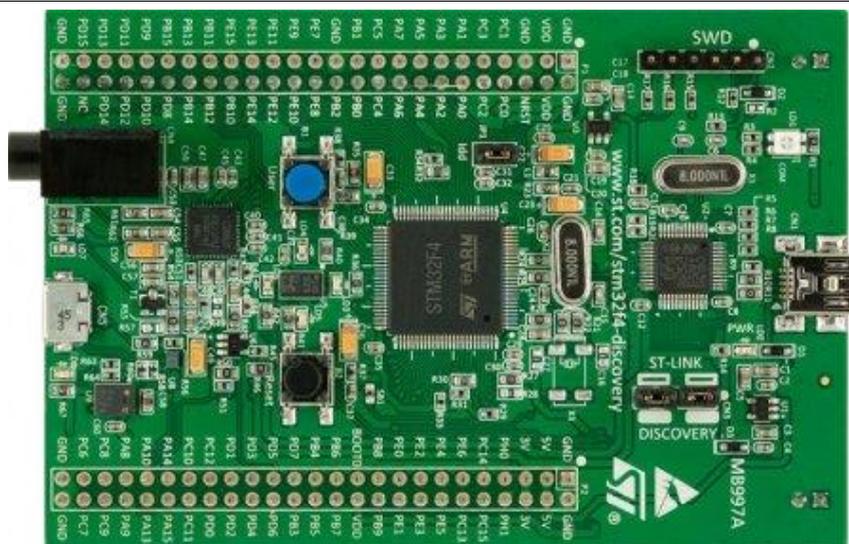


Рис.2. Внешний вид отладочной платы STM32F4Discovery

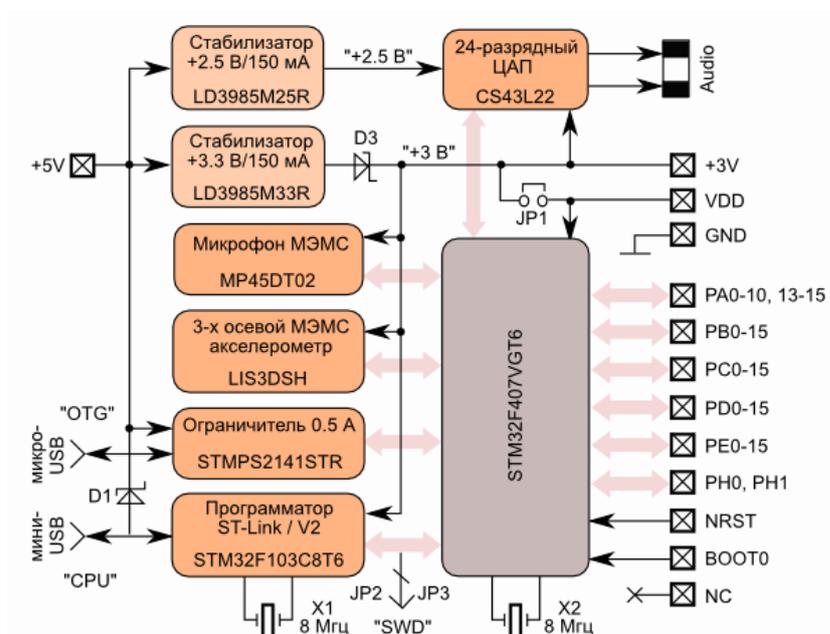


Рис.3. Структурная схема отладочной платы STM32F4Discovery

2.2 Программные средства разработки

Реализация алгоритмов, предложенных в [1] для функционирования ЦР будут написаны на языке С. Для отладочной платы STM32F4Discovery возможно использование различных сред разработки. Из возможных вариантов выбрана среда разработки (IDE) STM32CubeMX от самого производителя микроконтроллеров STM32 – STMicroelectronics. Это обусловлено мощной поддержкой библиотекой драйверов и тем, что IDE является бесплатной [9]. Использование STM32CubeMX как кода генератора с графическим интерфейсом, позволит максимально упростить настройку микроконтроллера STM32F407VG и периферийных устройств, подключаемых к коммуникационным портам, которые входят в состав отладочной платы.

3 Результаты исследования

В результате исследований и проведенных работ по установке, настройке и отладке аппаратно-программных средств, были подготовлены инструментальные средства для разработки программного обеспечения будущей ЦР. Все алгоритмы функционирования ЦР и его взаимодействие с другими функциональными блоками ИСУ будут проводиться над стендовой моделью (Рис.4). На начальном этапе, для разработки, реализации и апробации алгоритмов управления ЦР достаточно упрощённой модели, состоящей из ноутбука, отладочной платы STM32F4Discovery и радиоканала КС на беспроводном модуле E01-ML01dp5 управляемой отладочной платы STM32F103C8T6 или на базе второй отладочной платы STM32F4Discovery (Рис.5).



Рис 4. Испытательный стенд для моделирования работы ЦР

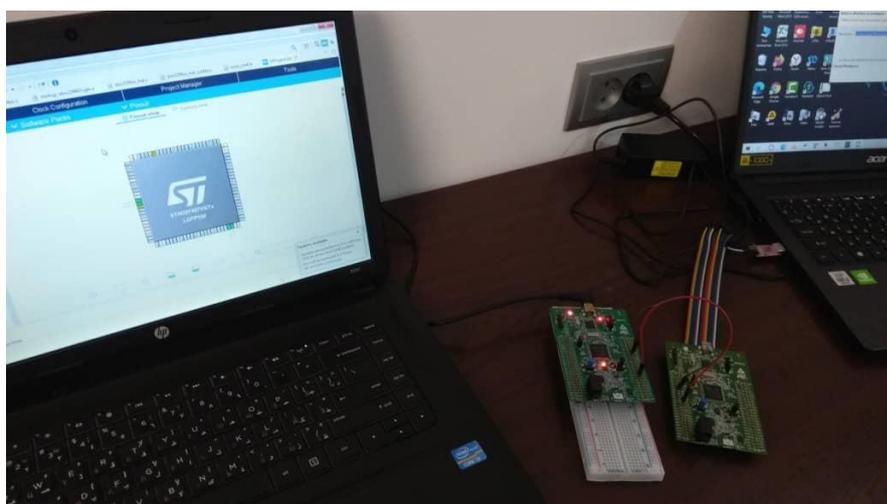


Рис 5. Упрощенная модель ЦР

На рис.6 и 7 показаны экраны IDE STM32CubeMX с процессами выбора и установки коммуникационного порта, способа его тактирования, настройки портов ввода/вывода микроконтроллера STM32F407VG и настройка частоты тактирования процессора и устройств ЦР.

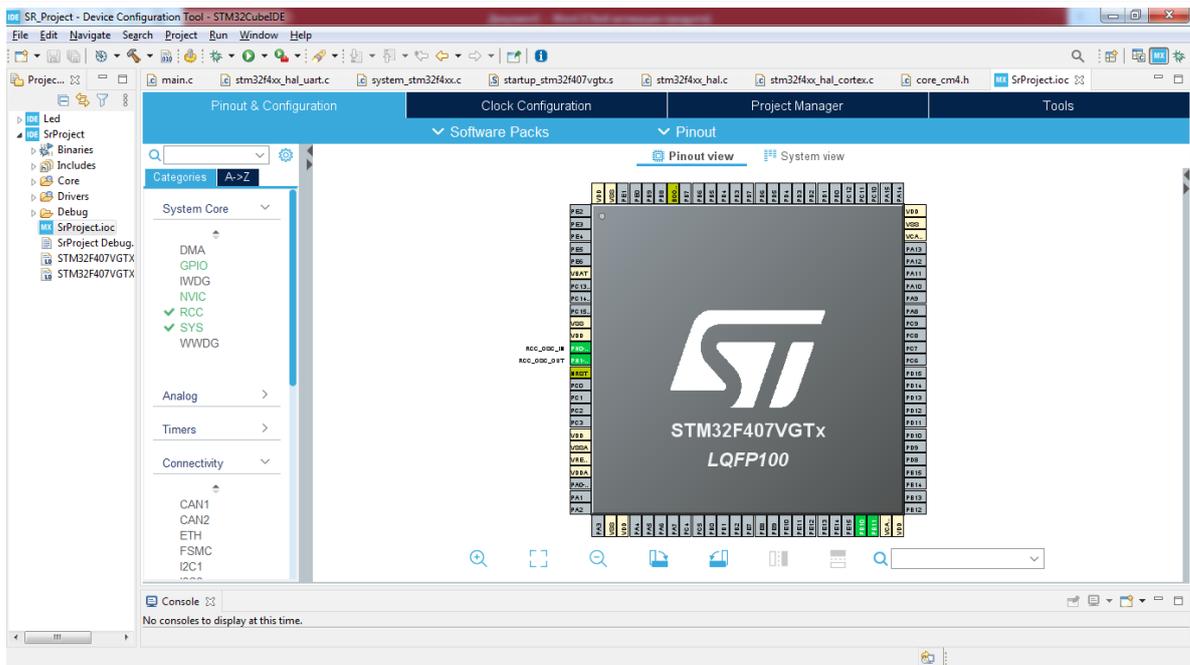


Рис 6. Выбор микроконтроллера, тактирования и настройка портов

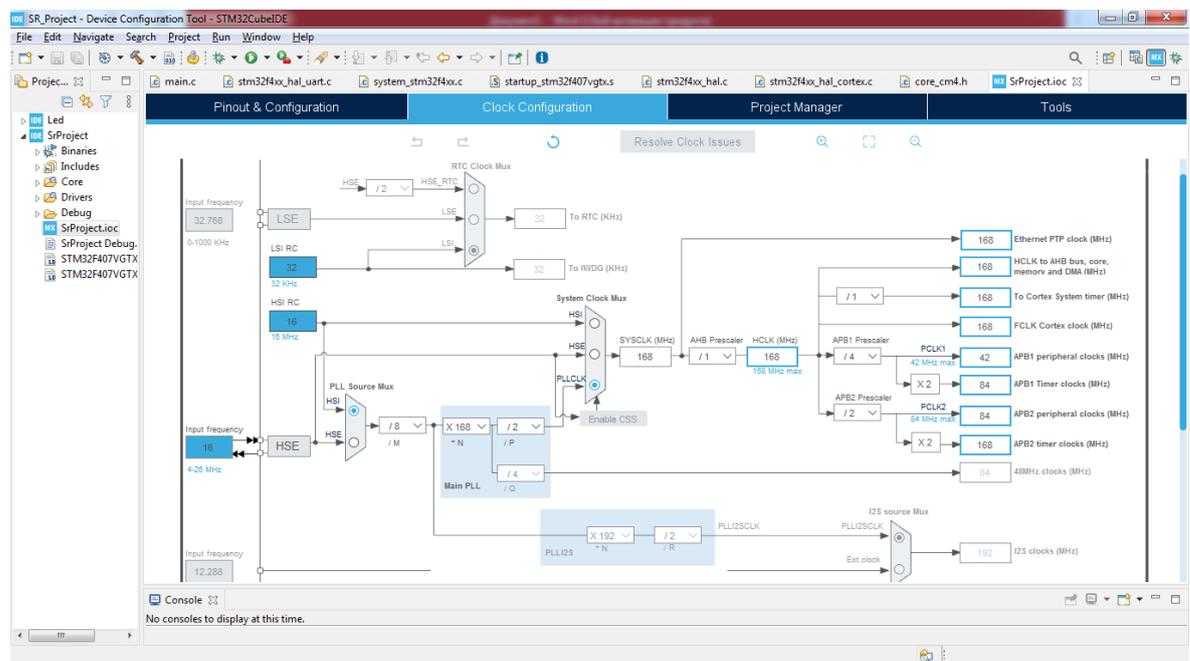


Рис 7. Настройка частоты тактирования микроконтроллера (168 МГц)

На рис.8 приведен фрагмент кода на языке С, осуществляющий прием и передачу по последовательному порту UART3 на радиоканал ИСУ управляющих команд для исполнительного устройства.

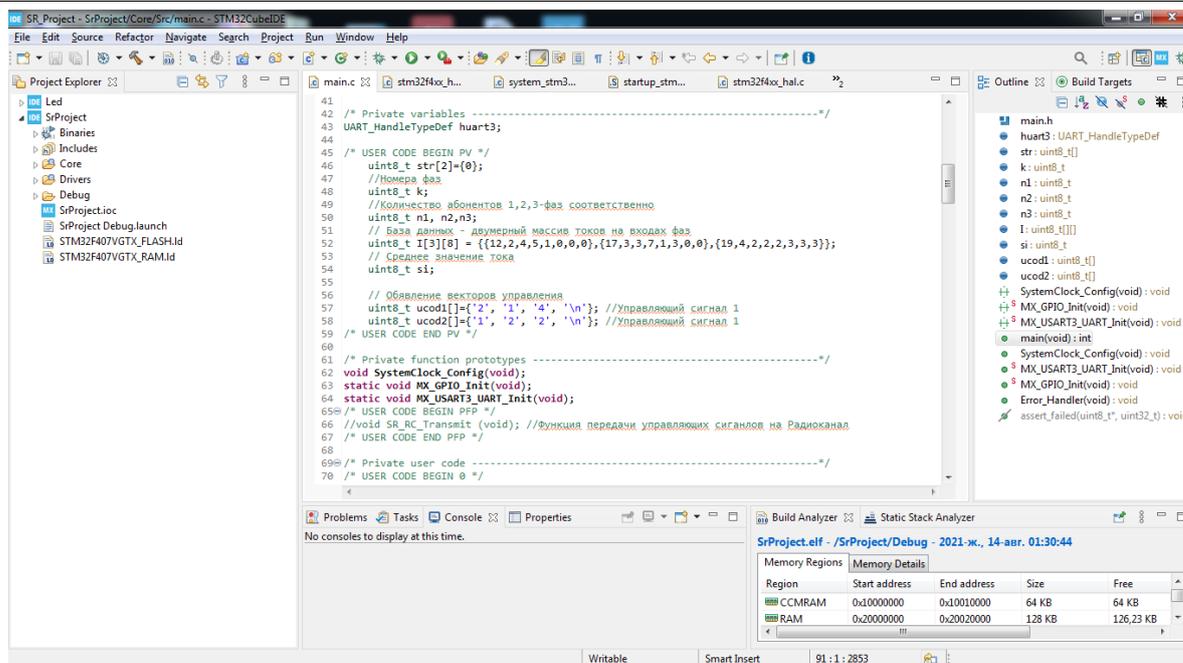


Рис 8. Окно с программой работы с коммуникационным портом UART3

Полученные результаты показывают, что аппаратно-программный инструментарий готов к работе и можно переходить к следующему этапу – разработке программного обеспечения для ЦП и программ управления других функциональных блоков ИСУ.

Библиографический список

1. Оморов Т.Т. Синтез цифрового регулятора для симметрирования распределительной электрической сети // Приборы и системы: Управление, контроль, диагностика. 2019. №11. С. 51-56.
2. Закиряев К.Э. Выбор микроконтроллера для цифрового регулятора // Постулат. 2021. №12.
3. Тогаев С.Н. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2015.
4. Noviello С. Mastering STM32. Lean Publishing, 2018. 852 с.
5. Мартин М. Инсайдерское руководство по STM32 // istarik.ru: информационный сайт. URL: <https://istarik.ru/file/STM32.pdf> (дата обращения 25.12.2021).
6. Бугаев В. И., Мусиенко М. П., Крайнык Я. М. Лабораторный практикум: по изучению микроконтроллеров архитектуры ARM Cortex M4 на базе отладочного модуля STM32F4Discovery. URL: <https://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2010/07/Laboratoryiy-praktikum-STM32F4.pdf> / (дата обращения: 27.12.2021).
7. UM1472. User Manual. STM32F4DISCOVERY STM32F4 high-performance discovery board // robocraft.ru/: информационный сайт. URL: <https://robocraft.ru/files/datasheet/STM32F4Discovery.pdf> (дата обращения: 3.01.2022).

8. Оценочная плата STM32F4 Discovery с STM32F407 // robotosha.ru: Блог о робототехнике, электронике и алгоритмах. URL: <http://robotosha.ru/stm32/stm32f407-discovery-board.html> (дата обращения: 5.01.2021).
9. Новая доступная среда разработки для микроконтроллеров STM32 // www.terraelectronica.ru/: Web-портал для разработчиков электроники. URL: <https://www.terraelectronica.ru/news/5552> (дата обращения: 07.01.2022).