Общее описание электроники “CanSat Electronics”

Перечень плат и основных компонентов

Основной комплект электроники состоит из четырех плат:

1. Плата «модуль связи, RF» с приемопередатчиком (RF) и навигационным приемником (GNSS);
2. Плата «модуль питания, PWR» с двумя импульсными преобразователями напряжения и управляемыми выходными каналами;
3. Плата «вычислительный модуль, MCU» на микроконтроллере (MCU) STM32F4 с возможностью установки карты памяти;
4. Плата «модуль датчиков, IMU» с акселерометром, гироскопом, барометром, магнитометром и другой периферией;

Плата RF

Содержание:

1. Приемопередатчик E220-400M22S (опционально возможна установка E01-ML01SP4);
2. Навигационный приемник ATGM336H;
3. Сдвиговый регистр для управления платой (присутствует светодиодная индикация);

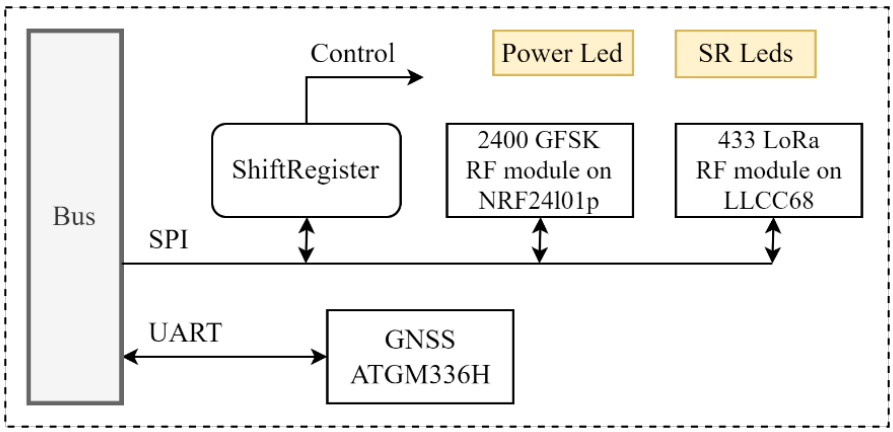

Рисунок 1 – Структурная схема платы RF

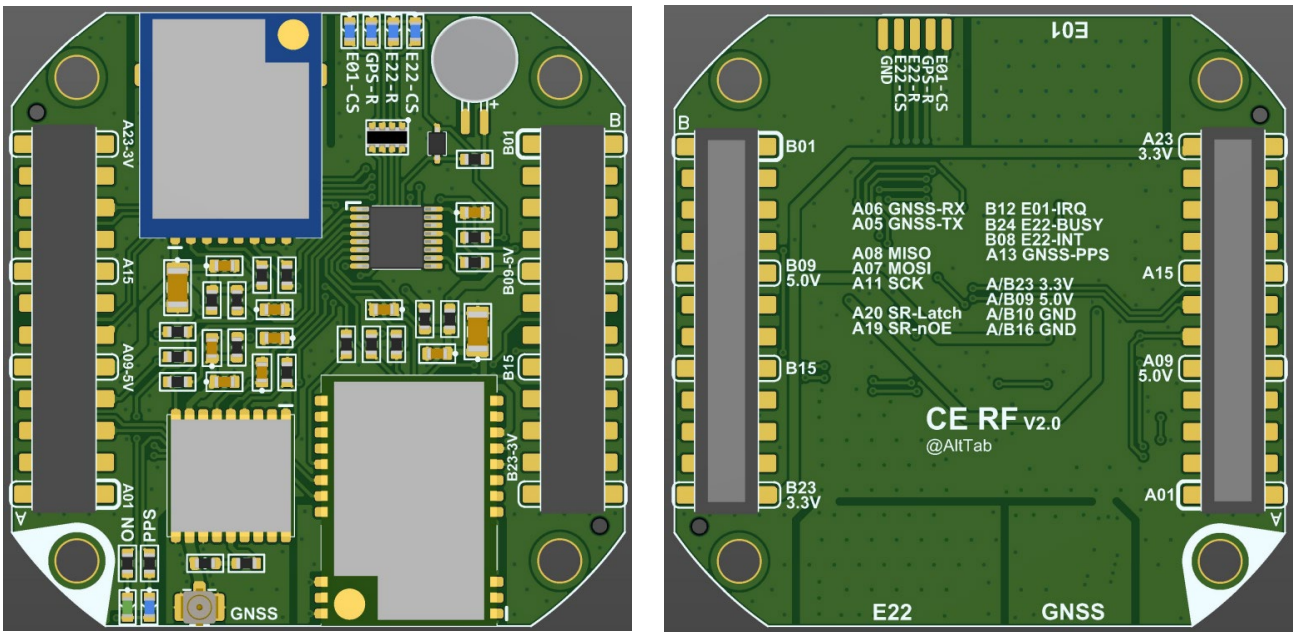

Рисунок 2 – Внешний вид платы МС

Плата PWR

Содержание:

1. Два преобразователя TPS63020, обеспечивающие 3,3 и 5,0 В напряжения питания;
2. Управляемые каналы питания;
3. Устройство звуковой сигнализации (Buzzer);
4. Выключатель питания RBF (Remove before flight);
5. Возможность подключения 2х сервоприводов;

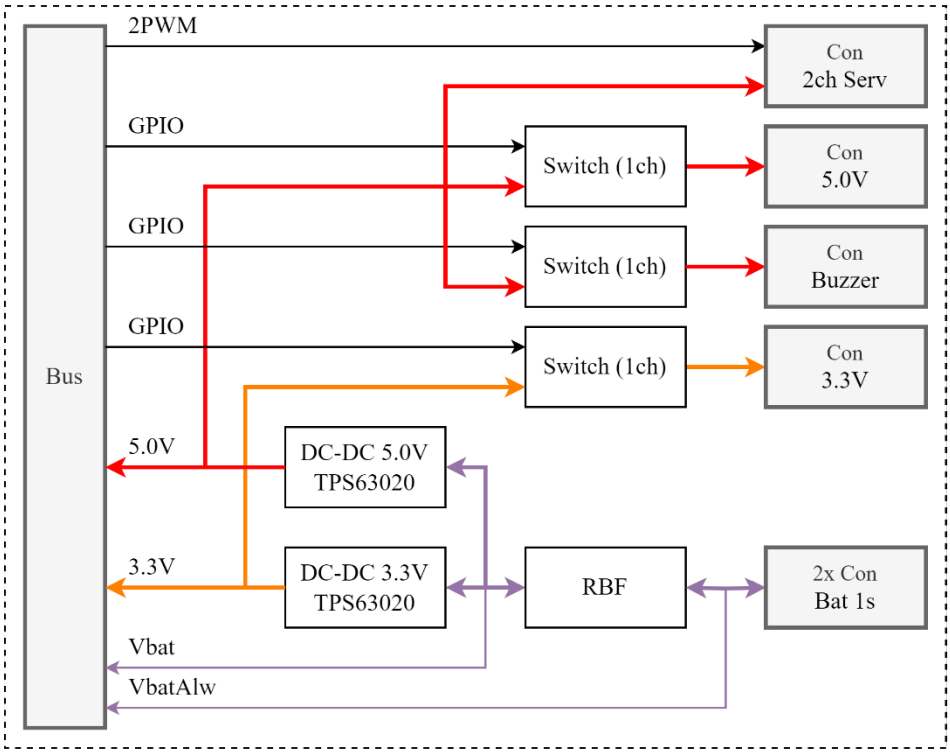

Рисунок 3 – Структурная схема платы PWR

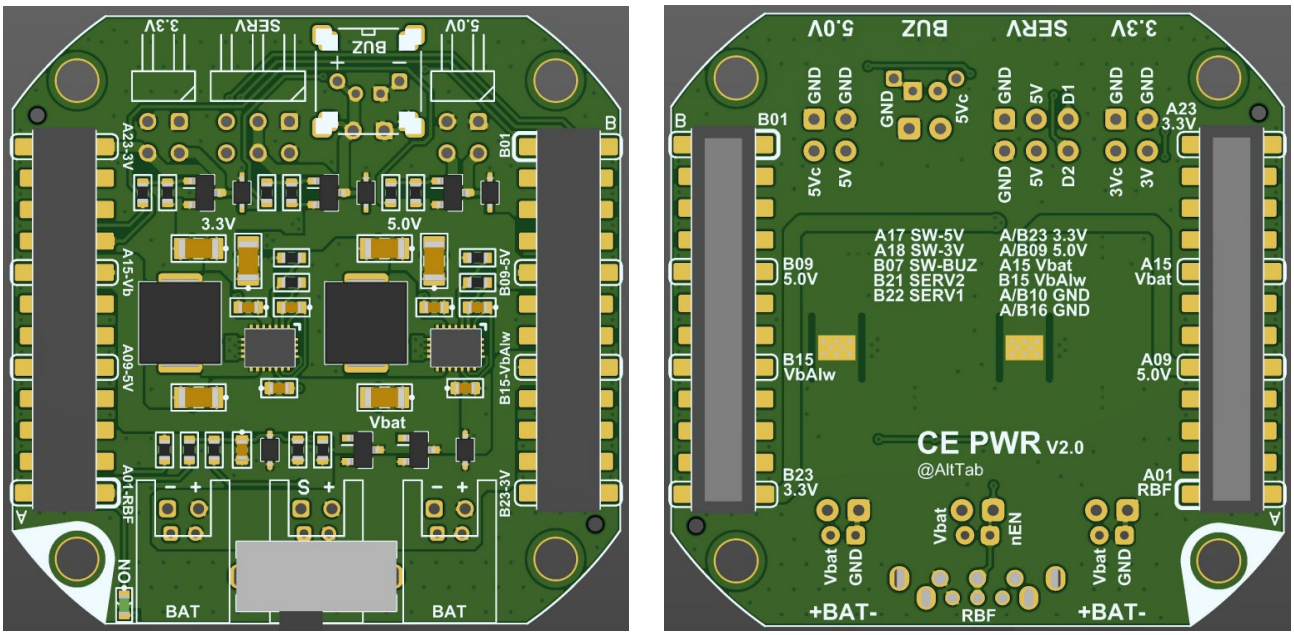

Рисунок 4 – Внешний вид платы PWR

Плата MCU

Содержание:

1. Микроконтроллер STM32F411RET6;
2. Разъем для установки карты памяти MicroSD;
3. Разъем USB-C для обмена данными с компьютером и зарядки устройства;
4. Зарядное устройство (450mA) для литиевого аккумулятора и источники питания 3,3 В (200mA max) и 5,0 В (500mA max);

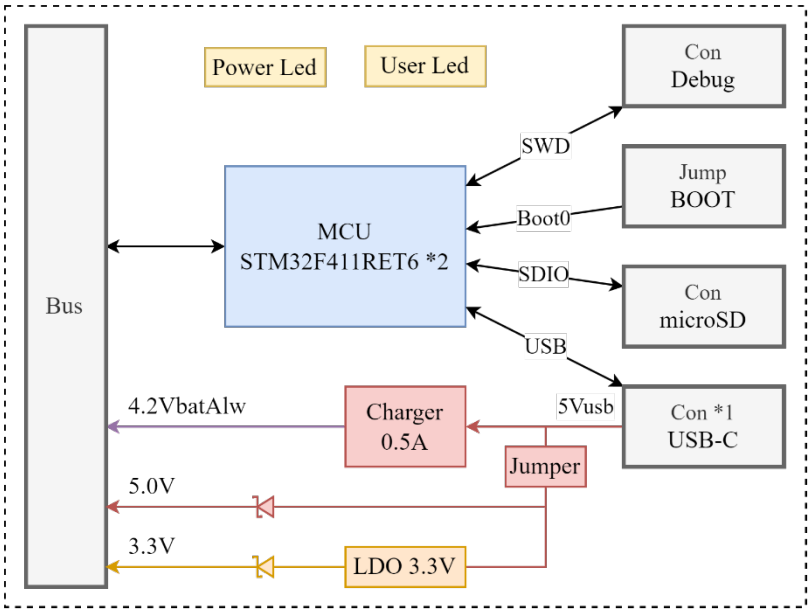

Рисунок 5 – Структурная схема платы MCU

*2 Модель микроконтроллера может отличаться в разных поставках электроники.

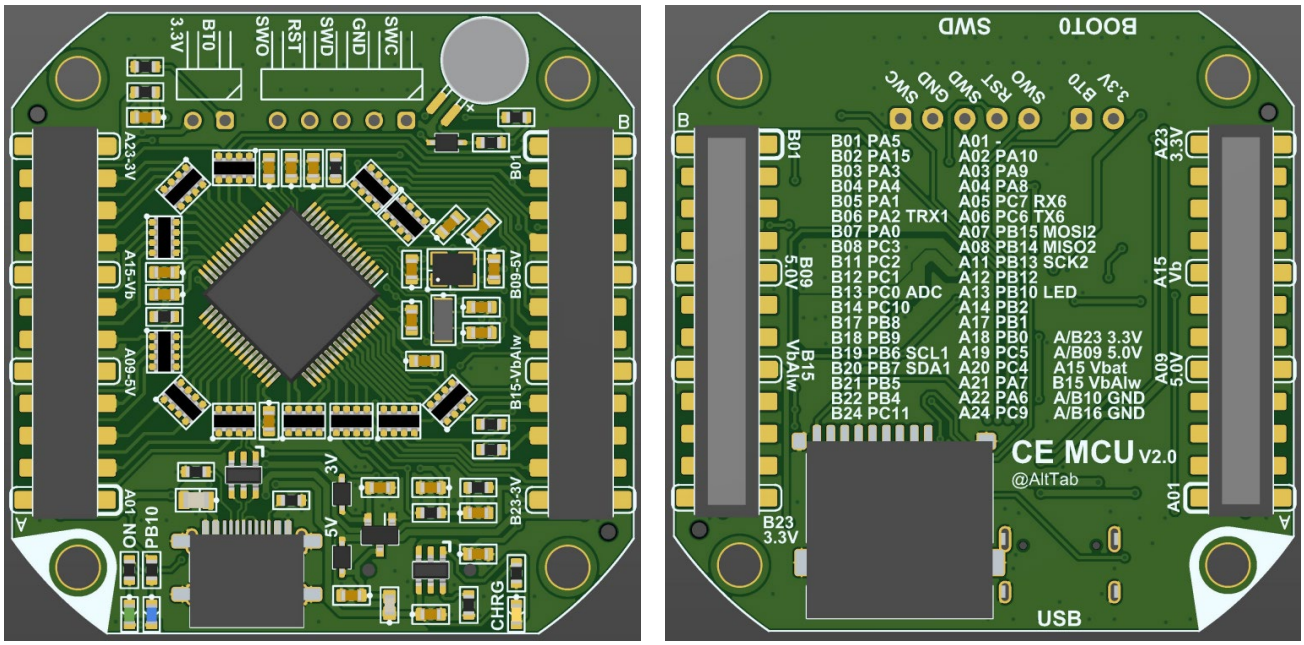

Рисунок 6 – Внешний вид платы MCU

Плата IMU

Содержание:

1. Основные датчики: LSM6DSO – акселерометр, гироскоп; LPS22HB – барометр; DS18B20U – термометр;
2. Опционально: LIS3MDL – магнитометр; AHT21 – гигрометр; M24C64-RMN6TP – память EEPROM;
3. 74HC595PW – сдвиговый регистр (shift register – SR), используется для управления компонентами платы (присутствует светодиодная индикация);
4. 74HC4051PW – мультиплексор (multiplexer – MUX), обеспечивает 8 каналов для аналоговых измерений;
5. PCA9554PW – расширитель портов (port extender – PE), используется для отслеживания прерываний с датчиков (присутствует светодиодная индикация);
6. Разъемы для всех основных интерфейсов (SPI, I2C, 1Wire);

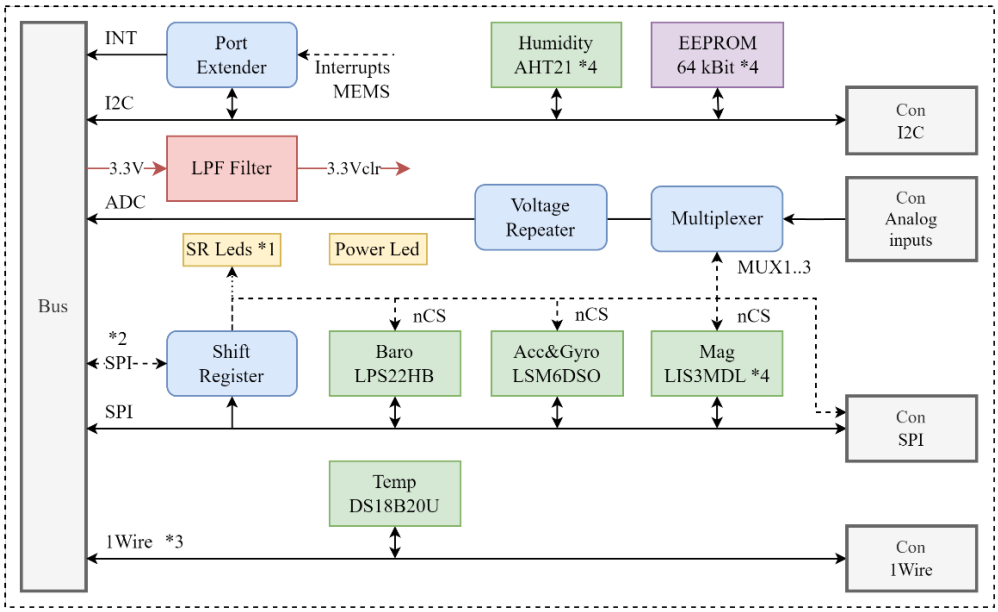

Рисунок 7 – Структурная схема платы IMU

*4 - Присутствуют в первой тестовой партии, в последующих опциональны;

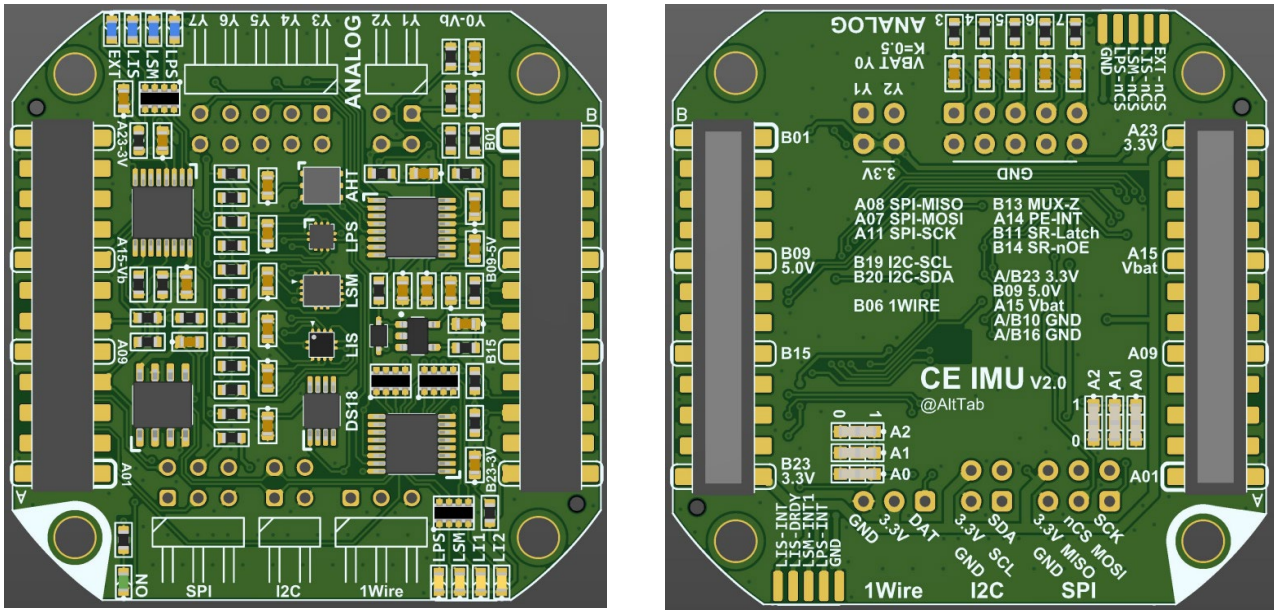

Рисунок 8 – Внешний вид платы IMU

Необходимые устройства и принадлежности

*далее перечисленное не поставляется в комплекте с электроникой.

Основное:

1. Кабель USB-A – USB-C для подключения к плате MCU;
2. Для работы с STM32 желательно приобрести SWD отладчик. Например, можно работать с распространенным ST-Link V2;
3. Источник питания 2-5 В (будет необходимо рассчитать требуемую энергоемкость для поддержания желаемой автономности работы электроники);
4. Карта памяти microSD объемом до 32 ГБ;
5. Два джампера с шагом 2,54 мм (первый для перемычки загрузчика, второй для перемычки RBF);
6. Антенна для GNSS приемника (рекомендуется использование активной антенны);
7. Антенна для трансивера на 433 МГц (включение без установленной антенны **ЗАПРЕЩЕНО**, без антенны передатчик может выйти из строя);

Опциональное:

1. Преобразователь интерфейсов UART-USB для возможности прямой отладки модуля GNSS через компьютер, либо для проверки работы интерфейсов UART микроконтроллера;
2. Логический анализатор, с помощью которого можно проверять работу всех цифровых линий устройства, отслеживать временные интервалы работы алгоритма, определять загруженность цифровых интерфейсов. Может заменить UART-USB преобразователь. Например, SaleaeLogic16, или другие более доступные варианты;

Необходимое ПО

Рекомендуется производить установку программ с параметрами по умолчанию.

**для скачивания может понадобиться регистрация на сайте.*

**при установке в пути не должна присутствовать кириллица и сторонние символы (аналогично и при создании проектов).*

STM32CubeMX – для генерации базового кода инициализации периферии.

STM32CubeIDE – среда разработки под STM (уже содержит модуль CubeMX).

STM32CubeProg – для загрузки программы в микроконтроллер через USB загрузчик.

Terminal by Bray или Tiny Terminal – программы для вывода данных на компьютер. Первый вариант имеет более широкую функциональность и более удобный интерфейс, чем второй. Но второй позволяет принимать/передавать и сохранять данные с заметно большей скоростью.

Основные алгоритмы и особенности

В первую очередь будет рассматриваться последовательность действий при работе с компонентами, работающими по интерфейсу SPI и управляемыми при помощи сдвиговых регистров. Также будет описана особенность работы с аналого-цифровым преобразователем (ADC).

Алгоритм работы с SPI компонентами

Сразу стоит отметить, что во время работы электроники может возникать необходимость смены режима работы SPI, которых существует четыре варианта (MODE0..MODE3). Также существует возможность изменения скорости работы интерфейса в соответствии с возможностями компонента/датчика, с которым будет производиться обмен данными. Это позволяет понижать скорость SPI при работе с «медленными» компонентами, и увеличивать при работе с «быстрыми», тем самым повышая пропускную способность интерфейса.

В случае с данной электроникой особенностью является то, что к одному аппаратному интерфейсу SPI подключены не только все SPI компоненты, но и все сдвиговые регистры. Поэтому необходимо исключить влияние работы со сдвиговыми регистрами на работу с остальными компонентами. Т.е. необходимо сделать так, чтобы во время ввода данных в сдвиговые регистры, другие компоненты были неактивны (высокие уровни на линиях chip select). При этом, от сдвиговых регистров выведены все основные линии управления: Latch («защелка»), nOE (включение выходов). Ниже представлен основной алгоритм работы с SPI компонентами (далее будут называться «ведомыми устройствами»):

1. Сброс защелки опусканием уровня на линии Latch;
2. Перенастройка SPI под SR (например, SPI MODE0 или MODE3, частота 10-20 МГц). *рекомендуется, чтобы выбранный режим SPI на данном этапе соответствовал требуемому режиму работы ведомого устройства/датчика;
3. Ввод данных в SR (в этих данных зануляется бит nCS того ведомого устройства, с которым далее будет производиться взаимодействие);
4. Отключение выходов SR поднятием уровня на линии nOE (это необходимо, чтобы все линии nCS гарантированно имели высокий уровень);
5. Защелка данных в SR поднятием уровня на линии Latch (при этом целевой nCS остается на высоком уровне, т.к. выходы SR отключены);
6. Перенастройка SPI под ведомое устройство (например, для трансивера, SPI MODE0, частота 2-10 МГц). *важно, чтобы после перенастройки, SPI оставался включенным. Для гарантированного включения можно применить макрос __HAL_SPI_ENABLE( );
7. Включение выходов SR опусканием уровня на линии nOE (на данном этапе опускается уровень на линии nCS ведомого устройства);
8. Общение с ведомым устройством;
9. Повторение действия (4);
10. Повторение действий (1) и (2);
11. Повторение действия (3), только уже с установкой единицы в бит линии nCS;
12. Повторение действия (5);
13. Повторение действия (7), будет произведено включение выходов SR с фиксацией высокого уровня на линии nCS. Взаимодействие с ведомым устройством завершено;

Особенность работы с ADC

Особенность работы с ADC заключается в том, что пользователю предлагается поработать с несколькими аналоговыми каналами, используя при этом всего один вывод микроконтроллера. Для этого на плате IMU расположен аналоговый мультиплексор, позволяющий соединять тот самый вход микроконтроллера с одним из восьми внешних аналоговых каналов. Управление мультиплексором производится с помощью сдвигового регистра.

Поскольку для измерения напряжения на внешних каналах необходимо каждый раз переключать мультиплексор, то следует обеспечить хотя бы минимальную задержку между переключением канала и процессом измерения напряжения, достаточную для завершения переходного процесса. Альтернативно данная задача может быть решена за счет увеличения параметра «Sampling Time» при конфигурации АЦП STM32.

Приложение А. Габариты плат

На изображении отмечены основные размеры, а также номерные обозначения выводов межплатных коннекторов при виде плат сверху.

Центры четырех крепежных отверстий расположены на углах квадрата со стороной 38,6 мм. Центр квадрата совмещен с центром платы.

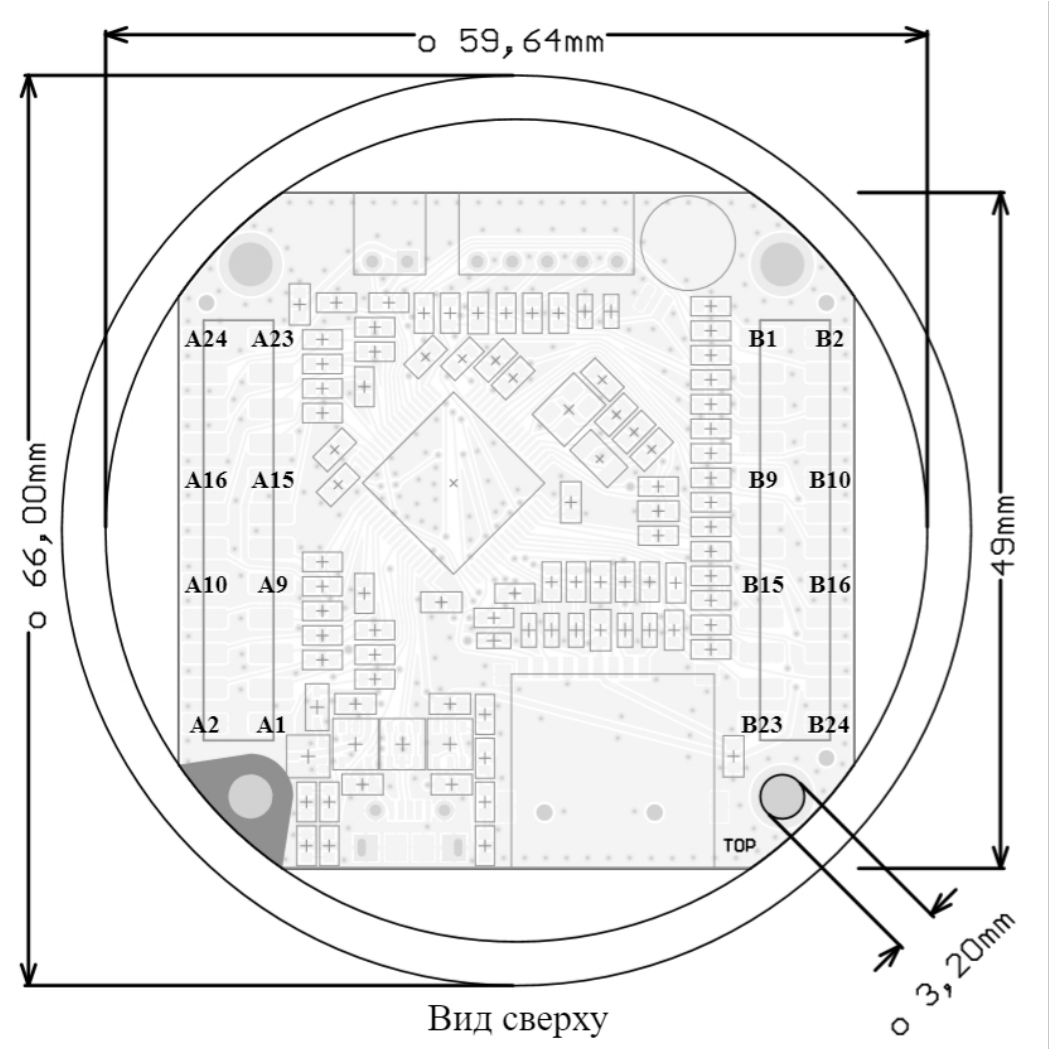

Рисунок 9 – Габариты плат

*Электроника версии V2.0 имеет платы толщиной 1,2 мм, расстояние между платами около 9 мм (полная высота межплатных коннекторов).