Министерство образования и науки Республики Казахстан
Казахский национальный университет им. Аль-Фараби

ТЕМА ДИПЛОМА:
Конструирование бортового компьютера малых космических аппаратов на базе Cub-Sat

Научный руководитель: Досжан Н.С.

Выполнила: Манажанов Е.Е.

Специальность: 5В074600 - «Космическая техника и технологии»

Цель и задача дипломной работы

Цель дипломной работы:

Спроектировать наиболее универсальную схему бортового компьютера для малых космический аппаратов на базе CubeSat

Задачи:

Выбрать функциональный микроконтроллер способный работать в агрессивной космической среде и спроектировать печатную плату бортового компьютера для малых космических аппаратов на основе CubeSat.

Содержание:

I. Особенности бортовых компьютеров КА
II. Выбор микроконтроллера для БК
III. Микроконтроллер STM32F429ZI
IV. Разработка БК для CubeSat
V. Заключение

I. Особенности бортовых компьютеров КА

Свойства БК:

- механическая устойчивость к нагрузкам, вызванным пусковой установки,
- устойчивость к экстремальным тепловым изменениям,
- радиационная устойчивость к частицам высокой энергии,
- достаточная отказоустойчивость,
- низкое энергопотребление.

Рис.1 CubeSat запущенный 16 мая 2016 года ракетоносителем ELaNa IX

II. Выбор микроконтроллера для БК

Рис.2 Различные микроконтроллеры

Разрядность MCU	Энергопотребление	Производительность
8 bit	низкое	низкое
16 bit	среднее	среднее
32 bit	низкое	высокое
64 bit	очень высокое	очень высокое

Таблица 1. Сравнение разрядности процессоров

II. Выбор микроконтроллера для БК

Архитектура процессоров ARM Cortex M4 позволяет микроконтроллеру переходить в следующие режимы:

- Ожидания
- Спящий
- Обычный
- Низкий

Рис.3 микроконтроллер STM32F429

Микроконтроллеры STM32F4xx ARM Cortex M4 уже были использованы в различных КА (ESTCube и Lituanica Sat)

III. Микроконтроллер STM32F429ZI

Характеристики ядра STM32F4xx ARM Cortex M4:

- До 2 МБ flash-памяти разделенная на две части, что позволяет использовать функцию (read-while-write),
- До 256 + 4 КБ SRAM,
- Контроллер внешней памяти с шиной данных до 32 бит,
- До 168 портов ввода/вывода с возможностью прерывания(164 быстрых до 90 МГц)
- Периферийные устройства связи(6 x SPI, 4+4 UART, 3xI2C)
- Передача данных в экономном режиме
- Аналого-цифровые преобразователи (3 x 12 бит ADC)

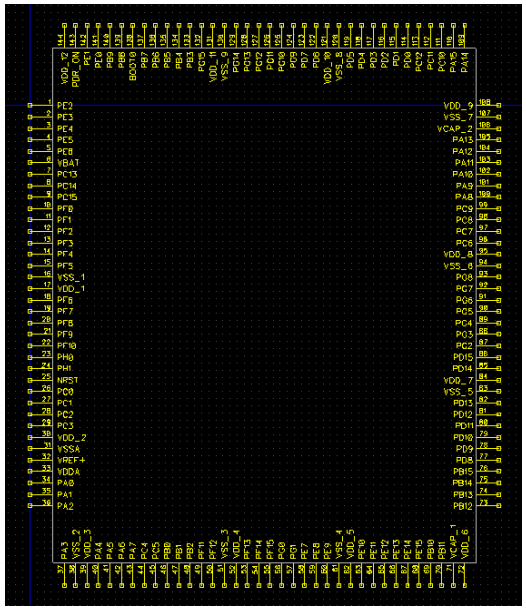
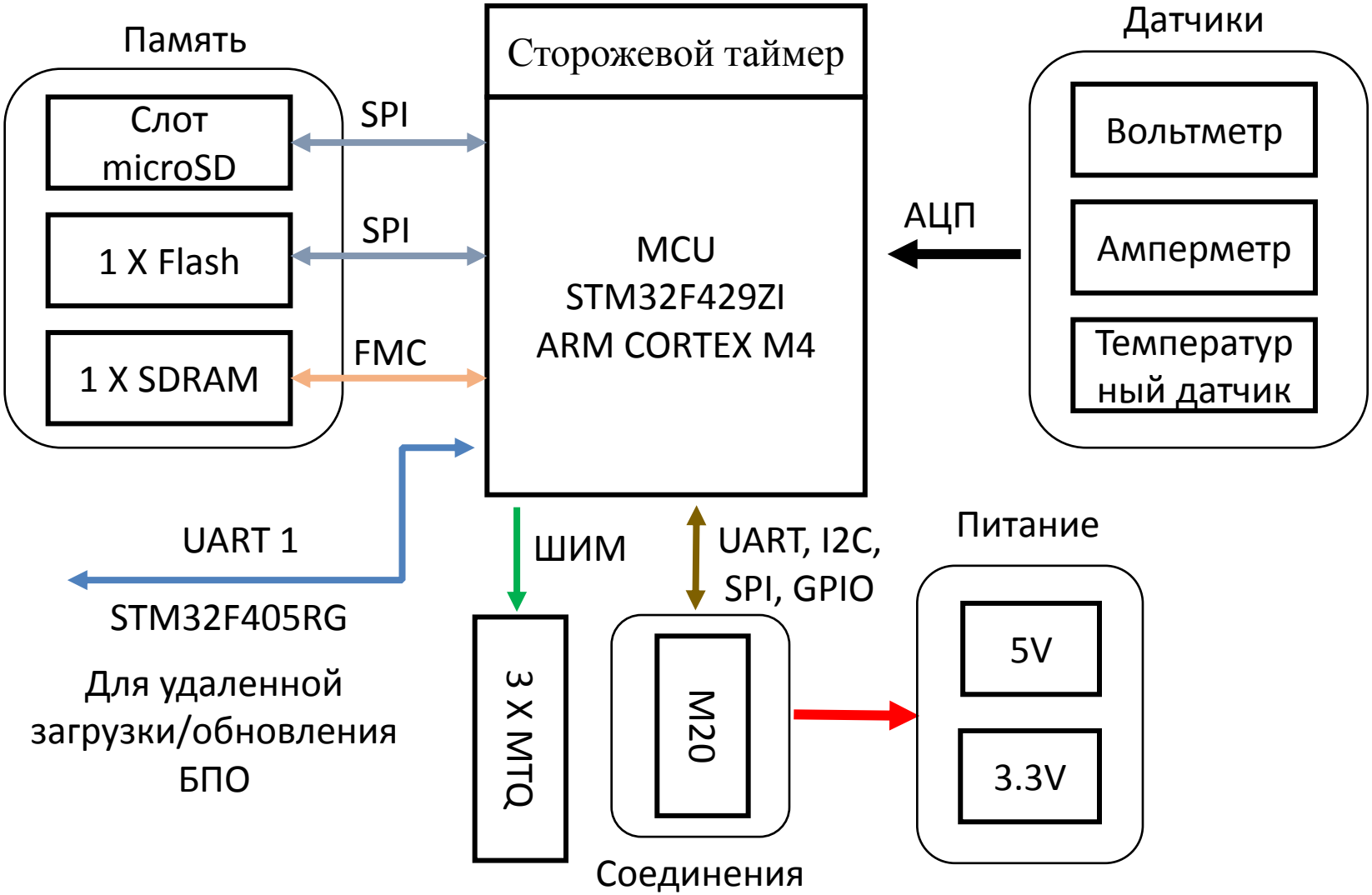


Рис.4 STM32F429ZI в Diptrace

IV. Разработка БК для CubeSat



IV. Разработка БК для CubeSat

Холодное резервирование

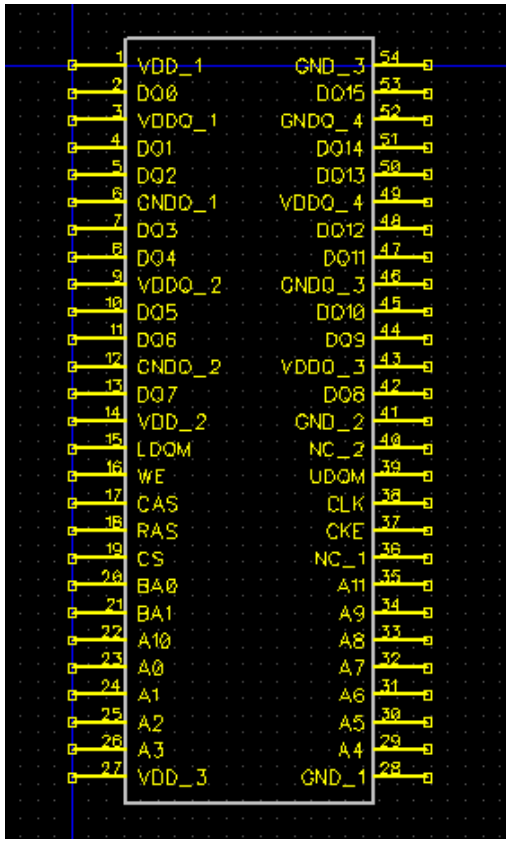


Рис.5 Схема STM32F405RG (дополнительный процессор) в Diptrace

IV. Разработка БК для CubeSat

Flash-память(энергонезависимая)

1 X 8МБ Flash: Бортовые операционные программы, хранение данных

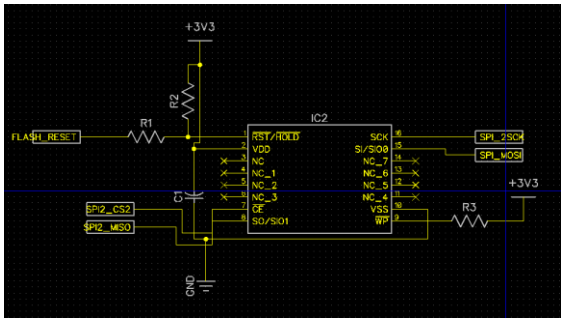


Рис.6 Схема SST25VF064C-80-4I-SCE (Flash-память) в Diptace

microSD (энергонезависимая)

1 X 4GB microSD: программа для безопасного режима, операционная система, хранение данных

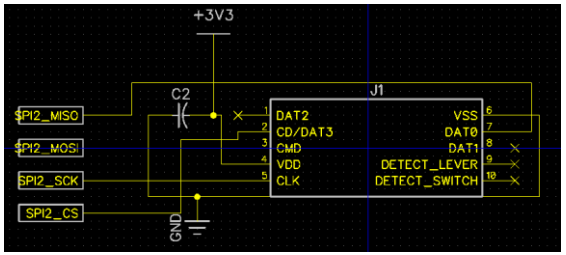


Рис.7 Схема 503398-1892(microSD connector) в Diptrace

IV. Разработка БК для CubeSat

SDRAM (энергозависимая)

1 X 8МБ SDRAM: Данные программ

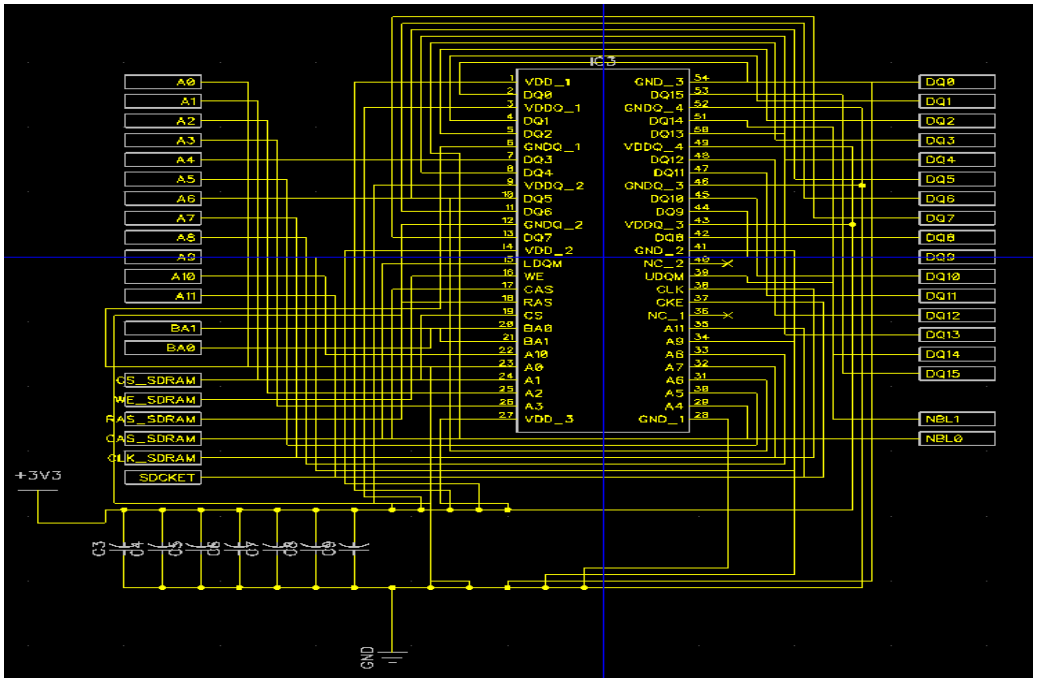


Рис.8 Схема IS42S16400J-6TL (SDRAM) в Diptrace

IV. Разработка БК для CubeSat

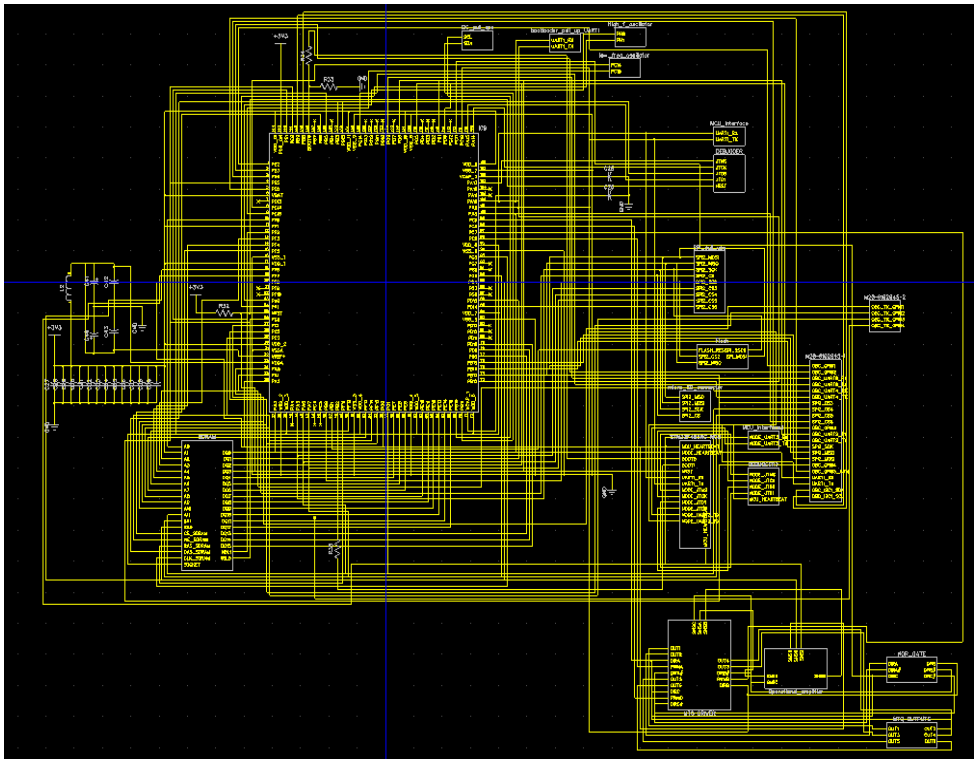


Рис.9 Схема БК для CubeSat в Diptrace

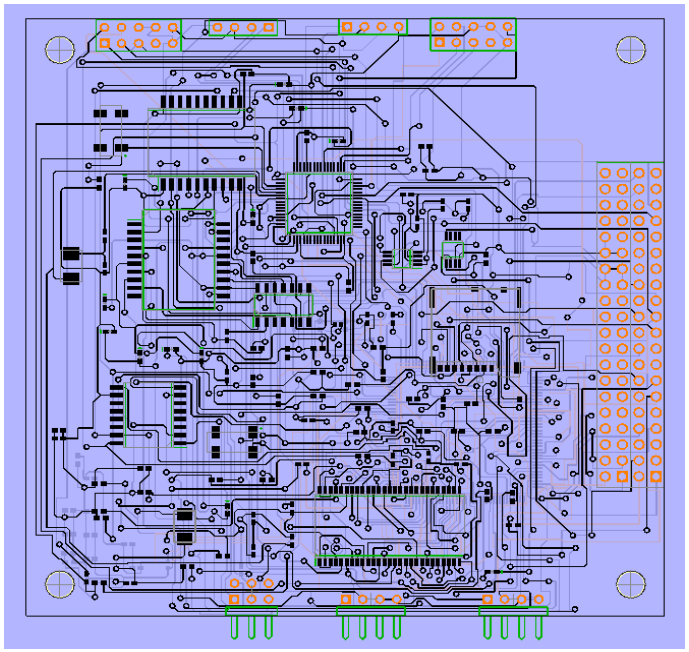


Рис.10 Печатная плата БК со всеми соединениями

V. Разработка БК для CubeSat

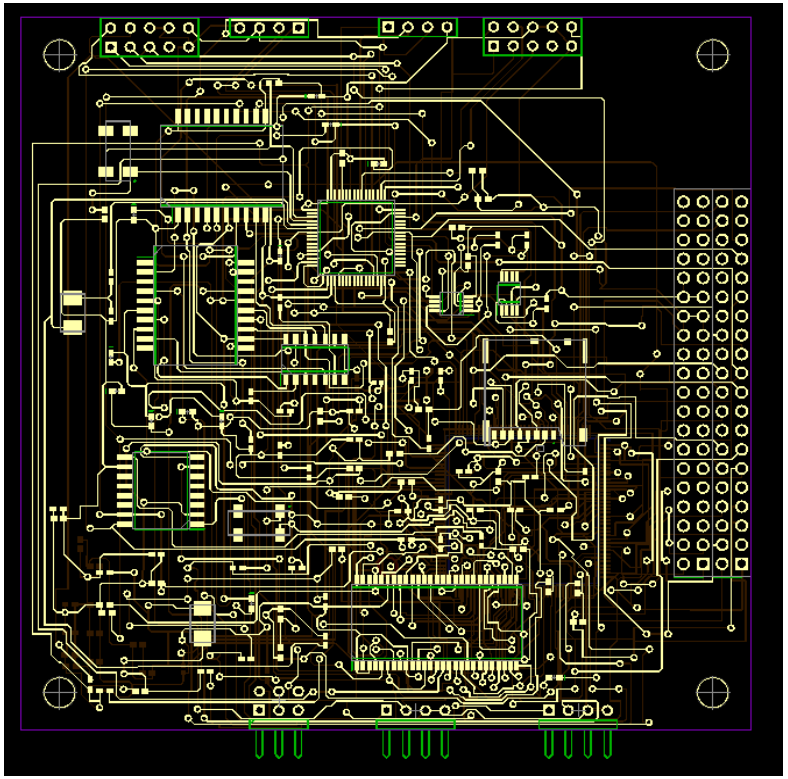


Рис.11 Первый слой печатной платы БК в Diptace

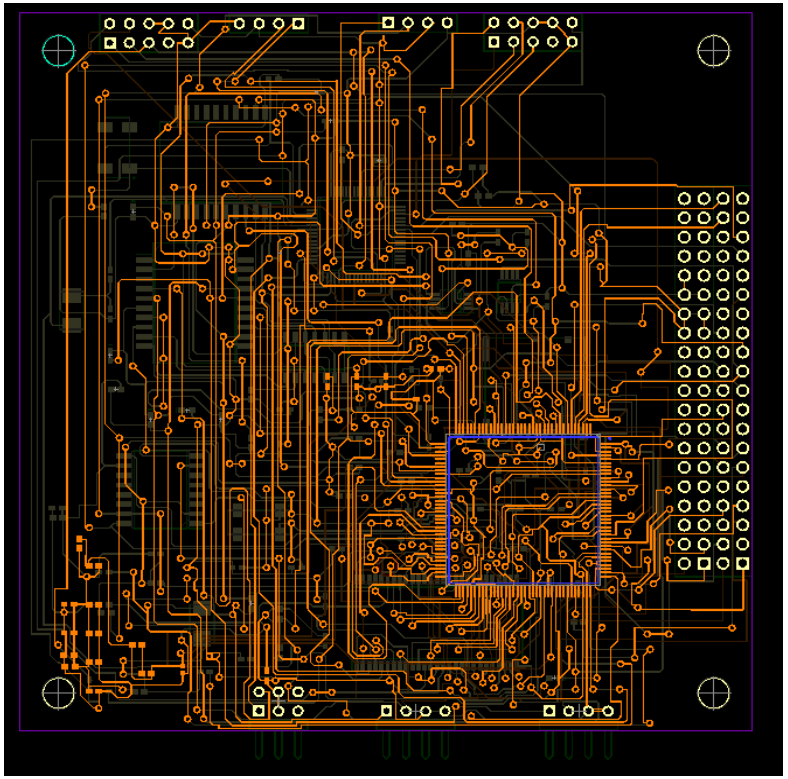


Рис.12 Второй слой печатной платы БК в Diptace

IV. Разработка БК для CubeSat

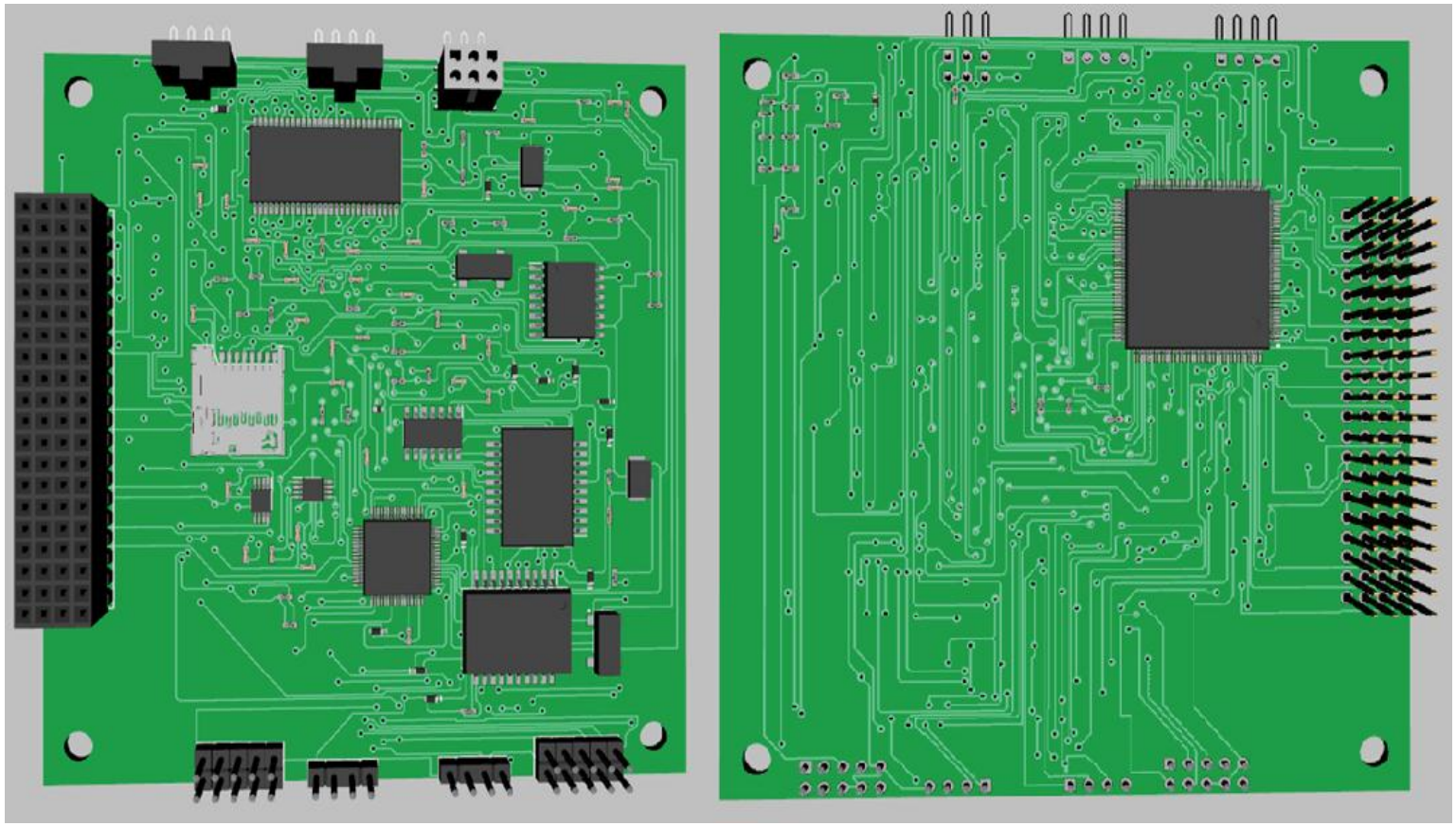


Рис.13 3D модель печатной платы бортового компьютера

V. Заключение

В процессе выполнения работы была спроектирована печатная плата бортового компьютера для малых космических аппаратов стандарта CubeSat. Данный БК имеет возможность использования на различных аппаратах по причине своей универсальности обеспеченной микроконтроллером с ядром STM32F4xx ARM Cortex M4. Благодаря высокой производительности процессора БК может быть использован в качестве системы ориентации и стабилизации.