

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 623.615

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА ADF7021 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 868.7–869.2 МГц

© 2023 г. А. А. Парамонов¹, С. А. Чмаев^{1,*}, Е. О. Чашин¹, Д. Грэждиеру¹,
А. С. Федотов¹, В. Д. Радченко¹

¹Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Россия

*E-mail: era_1@mil.ru

Поступила в редакцию 06.07.2023 г.

После доработки 06.07.2023 г.

Принята к публикации 05.10.2023 г.

Проведена разработка обобщенной структурной схемы приемопередающего модуля и схемы электрической принципиальной приемопередающего устройства для беспилотного летательного аппарата. Для создания работающей схемы электрической принципиальной на основе микросхемы приемопередатчика ADF7021 использовали диапазон частот 868.7–869.2 МГц. Представлена схема электрическая принципиальная.

DOI: 10.56304/S2782375X23020110

ВВЕДЕНИЕ

Разработка радиоуправляемых летательных аппаратов (ЛА) началась в XX веке, и если сначала они использовались преимущественно для решения военных задач, то сейчас беспилотные летательные аппараты (БПЛА) обрели повсеместную популярность. Сегодня радиоуправляемые БПЛА решают широкий спектр задач. Как правило, их целевое применение — сбор данных. В гражданской сфере они используются для инспекции промышленных объектов и объектов энергетической инфраструктуры, картографирования, мониторинга и сбора данных о лесных хозяйствах, поддержки поисково-спасательных операций. В военной сфере интерес к БПЛА по-прежнему очень высок, причем не только к самим ЛА, но и к вопросу противодействия БПЛА.

Одним из главных требований к выполнению полетов является безопасность при управлении летательным аппаратом как в воздухе, так и на земле. Это достигается путем обеспечения эффективной, защищенной и безопасной системы связи между приемопередающими модулями самого ЛА и приемопередающими модулями наземного комплекса управления (НКУ).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве входных данных для разработки макетов задана микросхема приемопередатчика ADF7021 с использованием диапазона частот

868.7–869.2 МГц. Рассмотрим параметры этой микросхемы. ADF7021BCPZ — высококачественный узкополосный радиотрансивер с малым энергопотреблением. Структурная схема приведена на рис. 1.

Поскольку заданный диапазон частот от 868.7 до 869.2 МГц достаточно узкий — 0.5 МГц, и скорость приемопередающего модуля составляет ~30 кбит/с, будем рассматривать радиолинию, построенную с использованием приемопередатчика с данными входными параметрами как командную линию управления с возможностью передачи небольшого объема данных полезной нагрузки.

Составив структурную схему разрабатываемого устройства (рис. 2), необходимо выбрать ключевые радиоэлементы основных узлов.

Микроконтроллер (МК) — это устройство на интегральной микросхеме, используемое для управления другими частями электронной системы обычно через микропроцессорное устройство, память и несколько периферийных устройств. Эти устройства оптимизированы для встраиваемых приложений, которые требуют как возможностей обработки, так и гибкого, быстрого взаимодействия с цифровыми, аналоговыми или электромеханическими компонентами [2].

Существует много компаний-производителей МК. Наиболее популярны такие бренды, как Microchip Technology, STMicroelectronics, Atmel, Analog Devices, NXP Semiconductors, Silicon Laboratories, Texas Instruments, Altera и др. Сами

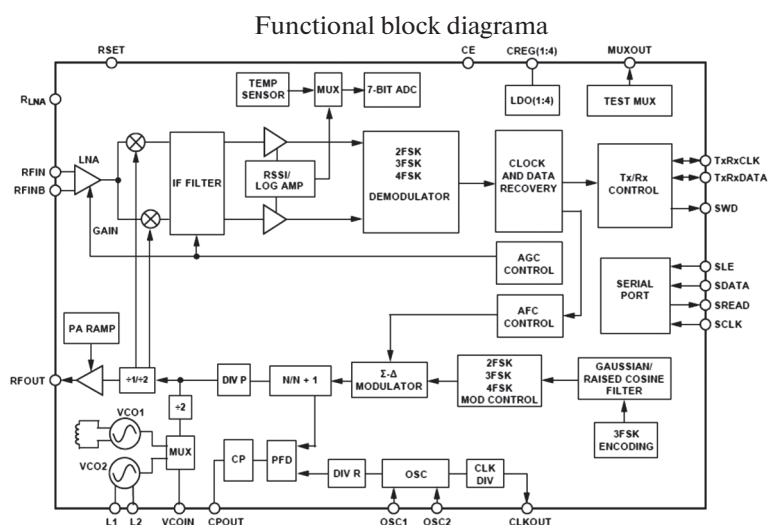


Рис. 1. Структурная схема ADF7021-VDB1Z.

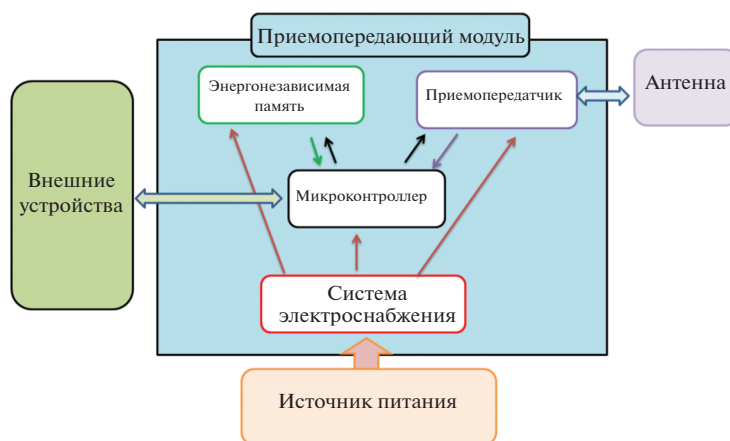


Рис. 2. Обобщенная структурная схема.

МК различаются по архитектуре, разрядности, электрическим параметрам, корпусам и т.д.

Остановим выбор на МК STM32 ввиду их высокой производительности, удобства отладки. STM32L152RDT6 имеет хорошие показатели производительности, достаточно большой объем оперативной памяти, интерфейс для SD-карты, общие характеристики выше, чем у конкурентов, поэтому выберем именно его. Энергонезависимая память — запоминающие устройства, которые способны хранить информацию в отсутствие электрического питания. К таким устройствам относятся типы памяти [3]:

Flash — энергонезависимая память с постраничным доступом к памяти;

EEPROM — электрически стираемое перепрограммируемое постоянно запоминающее

устройство, позволяет записывать и стирать отдельные байты;

SSD- и SD-карты — энергонезависимая память с использованием архитектуры NAND Flash.

Заложим в изделие разъем для установки карт памяти Micro-SD. Это широко используемая, относительно недорогая память с небольшими габаритами, объем которой с развитием технологий увеличивается.

Система электроснабжения — в БПЛА могут использоваться источники питания с разными параметрами. Для приемопередающего модуля необходимо закладывать запас в характеристики электроснабжения для возможности использования в различных системах.

В качестве преобразователя посаженного напряжения будем использовать продукт фирмы

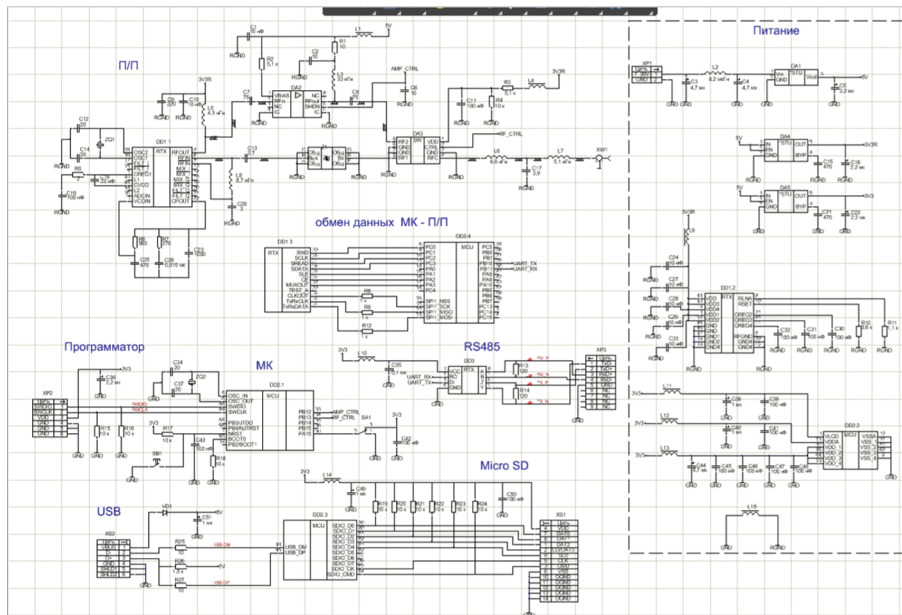


Рис. 3. Процесс проектирования схемы электрической принципиальной. Фрагмент схемы.

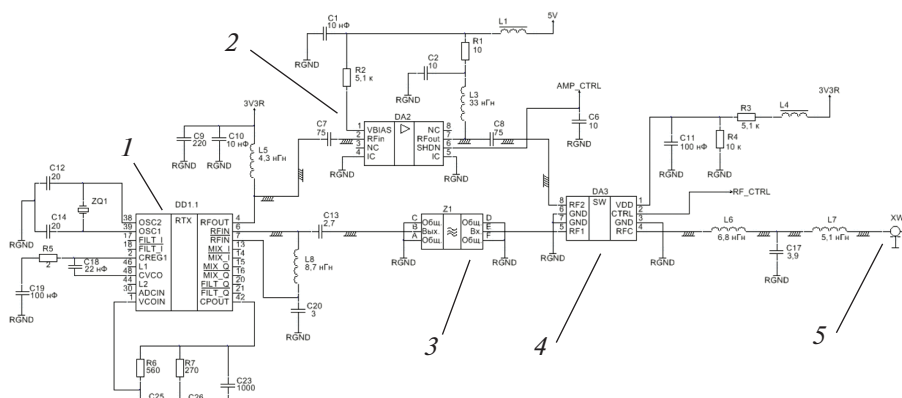


Рис. 4. Блок приемопередатчика.

Traco Power TSR 1-2450. Этот преобразователь выгодно отличается от конкурентов высоким значением коэффициента полезного действия.

Следующим этапом служат разработка схемы электрической принципиальной и выбор элементной базы.

На основе выбранных элементов создали схему электрическую принципиальную (рис. 3).

Рассмотрим функциональные блоки схемы.

Блок приемопередатчика (рис. 4) состоит из:

1. Микросхемы приемопередатчика ADF7021BCPZ фирмы Analog Devices;
2. Микросхемы малошумящего усилителя BGU8051 фирмы NXP;
3. Полосового фильтра FS-869B2 фирмы Бутис;

4. Микросхемы электронного переключателя ADG918 фирмы Analog Devices;

5. Коаксиального разъема WR-SMA 60314202124525 фирмы HUBER SUHNER.

Передача сигнала происходит по микрополосковой линии с волновым сопротивлением. Начинается линия от контакта 4 микросхемы приемопередатчика, мощность выходного сигнала программно регулируется в диапазоне значений от -16 до 13 дБм. Далее сигнал усиливается микросхемой малошумящего усилителя BGU8051 со значением усиления, равным 18 дБ, и через переключатель ADG918 поступает на контакт коаксиального разъема (п. 5), к которому должна быть подключена антенна. Микросхема электронного ключа была

STM32L152RDT6

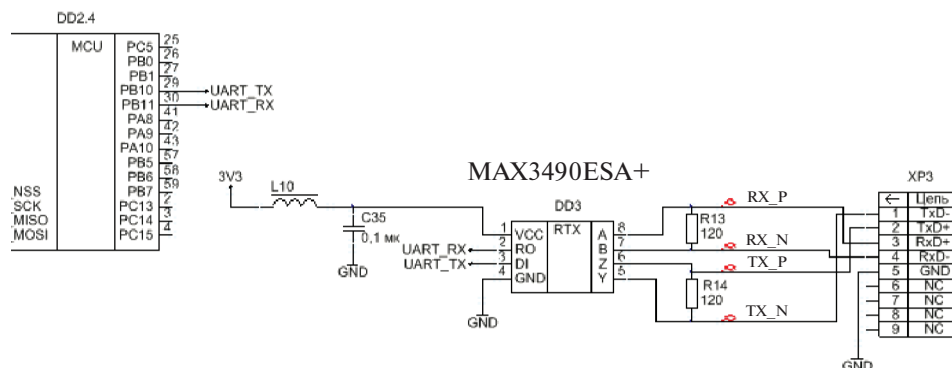


Рис. 7. Подключение микросхемы MAX3490ESA+.

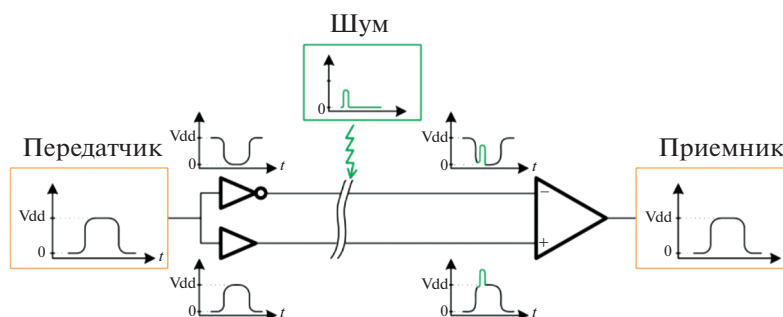


Рис. 8. Интерфейс RS-485.

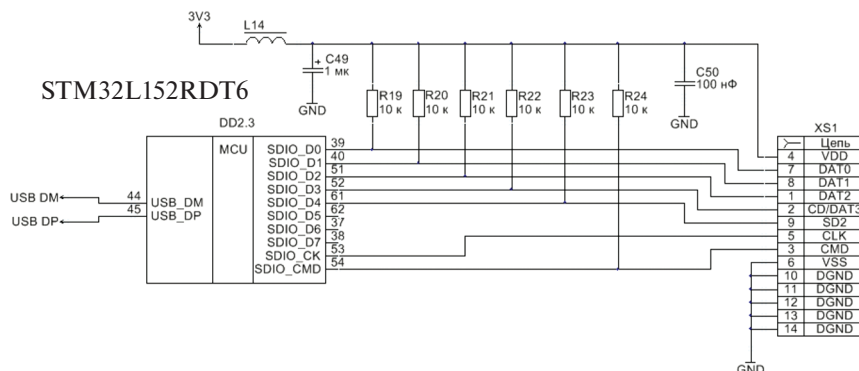


Рис. 9. Подключение карты памяти по интерфейсу SDIO.

Разрабатываемый модуль питается от внешнего источника питания, диапазон входного напряжения модуля от +7 до +36 В. Входное напряжение понижается преобразователем (п. 2) до значения +5 В и передается на стабилизаторы (п. 3), которые понижают значения напряжения до 3.5 В. Для выполнения условия магнитной совместности и уменьшения взаимных помех потенци-

альные слои разделены. К блоку приемопередатчика относятся цепи “3V3R” и “RGND”, блоку МК цепи “3V3” и “GND”. В цепи питания включены ферритовые бусины, связь полигонов земли соединена бусиной L15 (рис. 11).

Выбор компонентной базы осуществлялся на основе их электрических параметров, техноло-

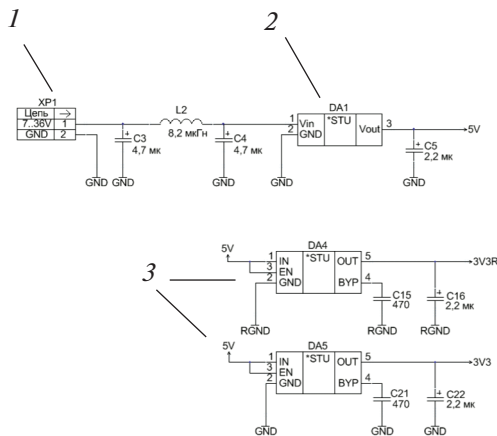


Рис. 10. Система электроснабжения модуля.

гичности их использования, доступности и цены. Конденсаторы и индуктивности выбрали от фирмы Murata, электролитические конденсаторы – Ерсos, резисторы – Yageo, так как эти компании зарекомендовали себя хорошим качеством продукции. Класс диэлектриков конденсаторов выбрали не ниже 2 класса X7R (рис. 12).

Для компонентов цепей с высокочастотным сигналом контролировали значение частоты собственного резонанса. Использовали компоненты

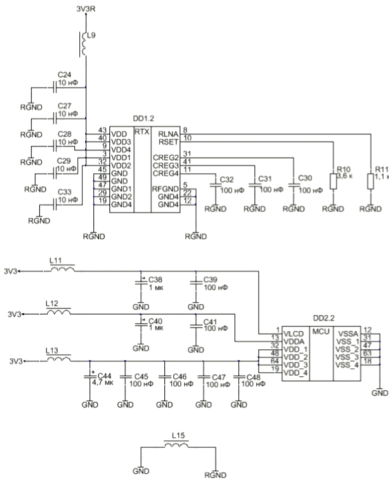


Рис. 11. Разделение потенциальных слоев на схеме.

специальных серий для высокочастотных цепей, например конденсаторы серии GJM (рис. 13).

Корпусы чип-элементов выбирали с точки зрения технологичности их установки, предпочтение отдавали типоразмерам корпусов “0603”, для высокочастотных цепей, чтобы отклонения в ширине микрополосковой линии были минимальны, выбирали корпуса меньшего типоразмера – “0402”.

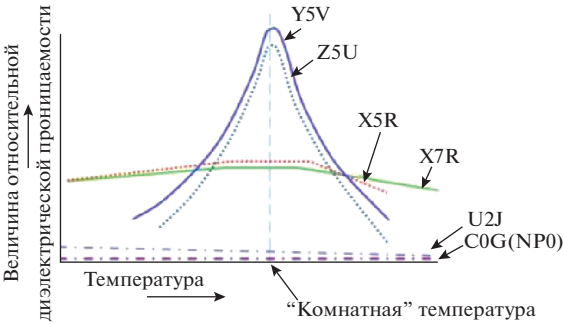


Рис. 12. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика от температуры.

Only Reflow Soldering

Chip Monolithic Ceramic Capacitor High-Q Type for General

GJM1555C1H2R7BB01_ (0402, C0G:EIA, 2.7pF, DC50V)

_ : packaging code

muRata

Reference Sheet

1.Scope

This product specification is applied to Chip Monolithic Ceramic Capacitor High-Q Type used for General Electronic equipment.

This product is applied for Only Reflow Soldering.

2.MURATA Part NO. System

(Ex.)

GJM	15	5	5C	1H	2R7	B	B01	D
(1)Dimensions	(2)Dimensions	(3)Temperature Characteristics	(4)Rated Voltage	(5)Nominal Capacitance	(6)Capacitance Tolerance	(7)Murata's Control Code	(8)Packaging Code	

Рис. 13. Серия GJM фирмы Murata.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании поставленных задач с использованием заданных входных параметров спроектирована работающая схема электрическая принципиальная на основе микросхемы приемопередатчика ADF7021 с использованием диапазона частот 86.7–869.2 МГц. Рассмотрены основные узлы и выбраны для них подходящие компоненты при заданных параметрах, такие как блок приемопередатчика, интерфейс SPI, блок программатора, микросхемы MAX3490ESA+, интерфейс RS-485, карта памяти по интерфейсу SDIO, система электроснабжения модуля.

ВЫВОДЫ

Проведено исследование и разработаны обобщенная структурная схема приемопередатчика модуля и схема электрическая принципиальная

приемопередатчика для БПЛА. Эксклюзивность данной схемы заключается в работе на определенном диапазоне частот (868.7–869.2 МГц).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ADF7021 Лист данных. <https://pdf1.alldata-sheet.com/datasheet-pdf/view/347580/AD/EVAL-ADF7021VDB1Z.html>
2. Что такое микроконтроллер? Определение характеристик и архитектуры. <https://radio-prog.ru/post/689>
3. Сравнение основных видов памяти. <https://ekb.ter-raelectronics.ru/news/6226>
4. TSR 1-2450 Лист данных. <https://ru.mouser.com/datasheet/2/687/tsr1-537631.pdf>
5. X7R, X5R, C0G: краткое руководство по типам керамических конденсаторов. <https://radio-prog.ru/post/426>