МГТУ им. Н.Э. Баумана

кафедра ИУ4 «Конструирование и технология производства электронных средств»

**Теория решения изобретательских задач**

***Семинар-практикум***

***Инверсный анализ технических систем (диверсионный анализ)***

Часть 1

Преподаватель: ***Резчикова Елена Викентьевна***

Выполнил Круглов В. С.

Группа ИУ4-83Б

Москва 2025 год

**Самостоятельная работа**

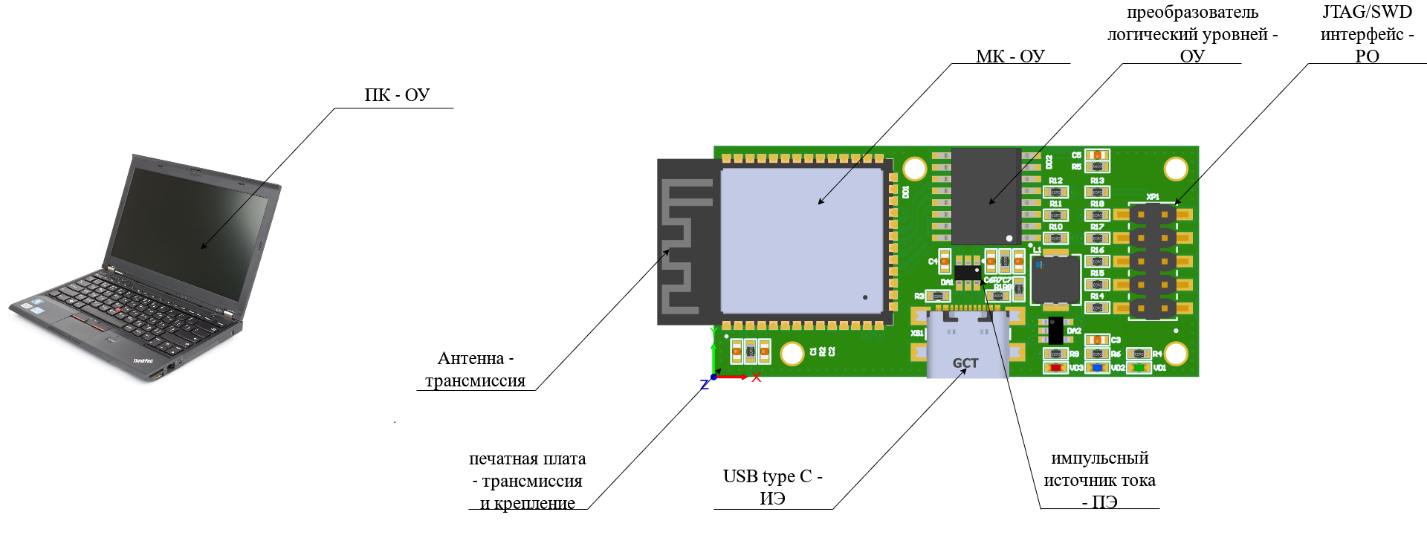
**Формулировка прямой задачи – по теме ВКРБ**

«USB/IP JTAG/SWD программатор». «USB/IP JTAG/SWD программатор» − электрический прибор, который позволяет программировать микроконтроллеры семейства ARM Cortex (например, STM32) по протоколу CMSIS-DAP через SWD/JTAG интерфейс, но с подключением программатора к компьютеру по протоколу USB/IP, что позволяет использовать устройство удалённо через интернет.

**Формулировка обобщенной инверсной задачи – по теме ВКРБ**

«USB/IP JTAG/SWD программатор» предназначен для отладки МК через интернет. Необходимо создать максимальный уровень шума ЭМ волн вокруг устройства, повысить температуру устройства, увеличить энергопотребление, уменьшить скорость передачи данных между ПК и программатором

**Эскиз или рисунок к задаче**



**Описание позиций к рисунку**

**Элементы подписаны на рисунке**

**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ ИНВЕРСНОГО АНАЛИЗА**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Название этапа** | **Содержание этапа** | **Выполнение этапа по теме ВКРБ** |
| 1 | Формулирование инверсной задачи | Как ухудшить ТС (устройство, процесс)? Необходимо создать максимальное количество НЭ, связанных с рассматриваемой технической системой | Необходимо создать максимальный уровень шума ЭМ волн вокруг устройства, повысить температуру устройства, увеличить энергопотребление, уменьшить скорость передачи данных между ПК и программатором |
| 2 | Поиск известных способов создания чрезвычайных ситуаций и НЭ | Подробное изучение исходной ТС, в т.ч. проведение ее функционального анализа, выявление НЭ, характерных для систем данного типа, проверка возможностей “реализации” в данной системе “типовых способов оказания вредных воздействий”, а также “типовых результатов вредных воздействий” | 2.3. Выявить и описать основные количественные и качественные параметры нормально функционирующей системы.  - используемый стандарт WiFi 802.11 b – ограничивает максимальную доступную скорость передачи данных до 6Мбит/с  - напряжение питания 5В – при понижении напряжения ниже 3,3 напряжение питания станет ниже необходимого, и схема перестанет работать; при превышении 20В будет пробой микросхемы стабилизатора питания  - доступные выходные уровни логической единицы 1,2…3,3В – уровни выше недоступны, это максимальный предел, иначе возможен пробой микросхемы преобразователя уровней; уровни ниже будут подвержены сильным искажениям и шумам  2.4. Подробно описать процесс работы объекта: что и в какой последовательности делает каждый элемент? Как происходит взаимодействие объекта с элементами надсистемы? Почему каждый элемент устроен и работает именно так? Научное и эмпирическое обоснование принципа действия.  - ESP32 и компьютер, на котором запущена программа отладки, обмениваются командами прошивки, запуска и остановки кода программы через WiFI антенну. ESP32 преобразует команды USB команды отладки JTAG и пересылает эти команды на отлаживаемый МК через разъём JTAG - и наоборот. Между МК и ESP32 находится преобразователь логических уровней, который преобразует 3,3В от ESP32 в уровень напряжения, передаваемый от отлаживаемого МК через разъём JTAG. Напряжение питания ESP32 получает от импульсного стабилизатор напряжения. Импульсный стабилизатор напряжения преобразует 5В от USB в 3,3В. Все компоненты закреплены на печатной плате с коммутирующими дорожками.  2.5. Рассмотреть известные заказчику “вредности” и “недостатки”, характерные для систем данного или близкого к данной вида, определить возможности их реализации.  - недостаток – низкая скорость передачи данных через WiFi и относительно большие задержки.  - вредность – занятие беспроводного канала связи на 2,4ГГц, в котором работает большое количество устройств  - недостаток – отсутствие поддержки отладки МК с процессорами не типа ARM  2.6. Рассмотреть возможные виды вредных воздействий и условия их реализации.  Перечень 1  Виды вредных воздействий  1. Воздействия веществ: механическое (трение, удары, инерционные силы, растворение, диффузия), химическое (разложение, окисление, синтез, нарушение химического равновесия), биологическое (вирусы, бактерии, паразиты, канцерогенное, тератогенное, мутагенное и аллергическое действие на живые организмы).  - влага воздуха  - удары при падении и переноске  2. Воздействия полей: механических (гравитация, перепады давления, вибрации и т.д.), тепловых (нагрев, охлаждение, градиенты), электрических, электромагнитных (разного рода излучения, СВЧ, рентгеновские, гамма-излучения).  - ЭМ волны частотой 2,4ГГц при наличии других WiFi устройств  3. Неумелые действия человека, обусловленные низкой квалификацией, невнимательностью, неудобством выполнения работ с технической системой. Умышленные или случайные повреждения.  - неправильное подключение МК к разъёму JTAG  - неподключение устройства к питанию USB  4. Информационное воздействие на человека: недостаток или избыток информации, ложность информации.  - использование команд в консоли (терминале) для подключения программатора может быть слишком сложным для пользователя, что окажет на него психическую нагрузку  5. Взаимодействие разных технических систем: аварии, целенаправленное разрушение, системные эффекты при взаимодействиях, действие помех и отходов от одних систем на другие.  - различные WiFi устройства конкурируют за беспроводной канал в 2,4ГГц и могут глушить сигналы друг друга  - КЗ на плате отлаживаемого МК может вызвать КЗ на разъёме JTAG программатора и вывести его из строя  2.7. Рассмотреть типовые результаты вредных воздействий и условия их реализации.  Перечень 2  Результаты вредных воздействий  1. На технические системы: отказы, ухудшение функциональных показателей, ухудшение показателей качества, появление не предусмотренных свойств.  - возможно окисление дорожек меди под действие влаги воздуха и уменьшение их проводимости; это произойдёт при применении программатора на улице в полевых условиях  - ЭМ волны частотой 2,4ГГц заглушит сигнал WiFi и заблокирует передачу данных между устройством и компьютером  - возможен отлом антенны, которая выходит за рамки печатной платы, при ударе, передача данных станет невозможной  - неправильное подключение МК к разъёму JTAG – может вызвать КЗ, не будет работать отладка  2. На природные системы: засорение вредными веществами, обеднение необходимыми, повышение концентрации веществ.  - зашумление ЭМ волнами частотой 2,4ГГц  3. На человека. Нарушения: физические (травмы, профзаболевания, ...), психические (депрессия, деформация системы ценностей, ...), эмоциональные (стрессы, дискомфорт, ...), социальные (разрушение связей дружеских, профессиональных, ...), интеллектуальные (нарушение логического мышления, психологическая инерция, снижение творческих способностей, ...).  - Стресс от необходимости работы с командами терминала Windows и, вероятно, исправления ошибок. |
| 3 | Паспортизация и использование ресурсов | Изучение типовых “опасных зон” (“болевых точек”, “уязвимых мест”) данной ТС, а также различных ресурсов, способных вызвать НЭ | Перечень 3  Типовые опасные зоны  1. Концентрация потоков веществ, энергий, информации  – ESP32 концентрирует всю информацию, индуктор импульсного стабилизатора концентрирует магнитную энергию  2. Элементы ТС, выполняющие большое количество функций  – ESP32 передаёт данные на ПК через радиосигнал, а также на МК через выводы и дорожки на плате; печатная плата держит все элементы, коммутирует сигналы и отводит тепло  3. Элементы стыковки разных систем (конструкций)  – паяные соединения между дорожками ПП и компонентами  - разъём JTAG  4. Неразрешенные противоречия, нарушение законов развития ТС  – неразрешённое противоречие потребления тока и мощности радиосигнала из семинара 5  5. Зоны, в которых наблюдали вредные явления  – паразитные наводки от импульсного блока питания на линии передачи данных JTAG/SWD  Перечень 4  Ресурсы нежелательных эффектов  1. Результаты взаимодействия веществ, полей и потоков энергий  – поля от импульсного источника тока наводит помехи на линии передачи данных JTAG/SWD  2. Пространство незанятое или не полностью занятое элементами ТС  - нижняя сторона ПП не занято компонентами  3. Дефекты конструкции, технологии и несоблюдение требований условий применения  – коробление из-за наличия полигонов  4. Временные: подготовка к функционированию, переходные процессы, функционирование, последствия  – переходный процесс LC цепочки импульсного стабилизатора, зарядка всех конденсаторов  7. Ресурсы изменения: изменения в ТС и окружающей среде во времени и при функционировании, накопление ресурсов (дефектов)  – разбухание печатной платы из-за влаги |
| 4 | Поиск НЭ по информационным фондам | Использование указателей научных эффектов, а также специальных списков типовых ошибок в развитии ТС и типовых причин появления НЭ | 4.1. Рассмотреть физико-химические и иные взаимодействия  а) между элементами системы и  – импульсный стабилизатор с катушкой индуктивности генерирует сильные высокочастотные шумы и большие пульсации тока и напряжения, которые влияют на цифровые логические данные и создают помехи  б) между элементами системы и надсистемой  – в надсистему входит компьютер пользователя с программой отладки и сам пользователь; пользователь может посылать на программатор слишком часто команды остановки, чтения данных и т.п., что может вызвать ошибки в прошивке микроконтроллера или всплески тока.  4.2. Провести анализ ошибок в развитии технической системы  Перечень 5  Ошибки развития технических систем  1. Преждевременное использование новых элементов и решений, не согласованное с развитием других систем  – преобразователь логических уровней, входящий в программатор, поддерживает только напряжения меньше 3,3В, которые используются в современных МК, хотя многие МК используют напряжение 5В, что делает невозможным их отладку;  Также используется стандартизированный разъём отладки JTAG, хотя большинство других программаторов (и отладочных плат) используют нестандартизированные разъёмы.  2. Использование неперспективных элементов, не рассчитанных на эффективную совместную работу (не обеспечивающих полезные или создающих вредные системные эффекты)  - импульсный стабилизатор из пункта 4.1.а и описанный выше; он генерирует большое количество шумов, вредных для передачи данных во время отладки  3. Использование в ТС подсистем, не обеспеченных необходимыми сопутствующими, дополняющими, контролирующими и корректирующими подсистемами  – нет разъёмов для питания программируемого МК  4. Неверный выбор направления совершенствования ТС (нарушение закона развития ТС), сохранение “атавизмов”.  - Передача данных в программаторе осуществляется через USB/IP, т.е. передача сигналов USB через интернет. В такой системе USB является атавизмом, необходимым только совмещения с имеющимися на данный момент программами отладки  4.3. Провести анализ типовых причин появления нежелательных эффектов  Перечень 6  Причины появления нежелательных эффектов  1. Ошибки в принятии решений, связанные с недостатком или ложностью информации, с недостатком знаний о механизмах различных взаимодействий  - применение импульсного стабилизатора напряжения, генерирующего слишком большие колебания выходного напряжения, которое оказалось неожиданным  2. Психофизиологические особенности человека: недооценка опасности, снижение внимания, скорости и точности реакции, отсутствие физической и психологической подготовки, недооценка требований техники безопасности, неумение предвидеть последствия, пренебрежение требованиями эксплуатации  - соединение заземления с логическим 0 печатной платы напрямую, что может вызвать сбой работы устройства при электростатическом разряде, недооценка опасности статики  3. Особенности технических систем: общая низкая надежность, низкая надежность некоторых элементов, постепенное накопление дефектов (снижение надежности), отказ от предохранительных устройств, отсутствие защиты от неправильных действий (защиты от “дурака”)  - Отсутствие защиты разъёма программирования от короткого замыкания, которое может спалить микросхемы |
| 5 | Поиск НЭ с помощью методики прогнозирования ТРИЗ | Поиск НЭ с помощью методики прогнозирования по двум направлениям: а) “назад”, в направлении ухудшения выполнения полезных функций, б) “вперед”, но в направлении увеличения выполнения вредных функций, факторов расплаты (т.е. к увеличению “вредностей”) | 5.1. Рассмотреть возможность ухудшения выполнения полезных функций технической системой (т.е. в направлении усиления “недостатков”, обратном прогрессивному развитию)  - возможно уменьшение скорости отладки из-за увеличения времени задержек в передаче данных между программатором и компьютером через интернет; это может быть связано с постепенным увеличением нагрузки на сервера и в целом загруженности сети интнернет  5.2. Рассмотреть направления усиления вредных функций (т.е. в направлении увеличения “вредностей”).  - увеличение максимальной дальности подключения программатора и его скорости работы приведёт к увеличению зашумлённости помещения радиосигналами и увеличению нагрузки на роутер, что затруднит работу других устройств WiFi |