IEDDE «CifCAD»

ИСПЭИ (Интегрированная Среда Проектирования Электрических Изделий)  
IEDDE (Integrated Electrical Devices Design Environment)

Contents

[Методика Сбора Требований 2](#_Toc114192096)

[Рабочий Процесс 2](#_Toc114192097)

[«Фиктивные Заказчики» - Тестовые Проекты 2](#_Toc114192098)

[Проект №1: Подсистема питания печатной платы с системного до схемного уровня 3](#_Toc114192099)

[Проект №:2 Простой проект платы от структурной схемы до CAM-файлов 3](#_Toc114192100)

[Проект №3: Многоплатное устройство в корпусе 3](#_Toc114192101)

[Проект №4: Многоуровневая система вплоть до принципиальных схем 3](#_Toc114192102)

[Проект №5: Одноплатное устройство в корпусе с DFMEA от требований до сборочной документации 3](#_Toc114192103)

[Проект №6: Электрика в квартире 3](#_Toc114192104)

# Методика Сбора Требований

## Рабочий Процесс

Методика сбора требований основана на следующем воркфлоу разработки:

1. Описание идеи
2. Формулирование требований
   1. Сбор требований
   2. Анализ требований
3. Проектирование
   1. Синтез структуры
   2. Выбор решений
   3. Выбор компонентов
4. Разработка
   1. Разработка принципиальной схемы
   2. Разработка геометрии и топологии
5. Подготовка производства
   1. Разработка документации для изготовления деталей
   2. Разработка документации для сборки
   3. Разработка документации для функционального тестирования и настройки
6. Отладка
7. Внедрение
   1. Разработка документации для смежных систем
   2. Разработка пользовательской документации

## «Фиктивные Заказчики» - Тестовые Проекты

Собираем требования, делая вид, как будто у нас есть несколько заказчиков, каждый их которых хочет нашу систему для своего проекта, и у каждого из проектов свои особенности.

Прогнать по всем релевантным этапам несколько типов проектов:

* Подсистема питания печатной платы с системного до схемного уровня
* Простой проект платы от структурной схемы до CAM-файлов
* Многоплатное устройство в корпусе
* Многоуровневая система вплоть до принципиальных схем
* Одноплатное устройство в корпусе с DFMEA от требований до сборочной документации
* Электрика в квартире

## План Сбора Требований

* Сначала пройтись по [Описанию Замысла](Описание%20Замысла.docx) и формализовать всё, что там содержится.
* Затем прогнать все тестовые проекты
* Все возникающие требования относить к одной из шести категорий:
  + Идеологические
  + Общесистемные
  + Требования к текстовому редактору
  + Требования к редактору схем
  + Требования к топологическому векторному редактору
  + Требования к системе трёхмерного моделирования

## Термины и Определения

**Продукт** – так везде в этом документе называется разрабатываемая IEDDE CifCAD.

**Инструмент** – доступная пользователю часть **продукта**, использующаяся для решения конкретного набора задач.

**Примитив** – мельчайший мыслимый как единое целое элемент данных, создаваемых с помощью **инструментов продукта**.

# Требования из Общих Соображений

Источник – [Описание Замысла](Описание%20Замысла.docx)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ключ** | **Категория** | **Требование** | **Источник** |
| **HL.CS-001** | Общесистемные | Продукт должен быть предустанавливаемым приложением. | Идея и Цель |
| **HL.CS-002** | Общесистемные | Продукт должен запускаться на ОС Windows версии 10 и выше. | Идея и Цель;  Наброски Требований и Общие Принципы: Системные Требования |
| **HL.CS-003** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять инструментарий для проектирования и разработки электрической части изделий на уровне печатной платы и выше. | Идея и Цель |
| **HL.CS-004** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять инструментарий для создания трёхмерных моделей простых механических деталей, трёхмерной визуализации электрических частей изделия и полных электромеханических сборок. | Идея и Цель |
| **HL.CS-005** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять инструментарий для написания различных текстовых документов, рисования схем и осуществления автоматизированных математических вычислений (на элементарных функций). | Идея и Цель |
| **HL.CS-006** | Общесистемные | В архитектуре продукта должна быть сущность «**Проект** (**Project**)» - набор файлов, создающийся при разработке одного конкретного изделия. Продукт должен предоставлять возможность создания, редактирования, сохранения и чтения проектов. Пользователь продукта должен иметь возможность манипулировать проектами (вместе со всеми его данными) как едиными атомарными сущностями. | Идея и Цель |
| **HL.CS-007** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять возможность сделать каждый **атомарный** **элемент** проектных данных интерактивным объектом:   * **Элемент** должен **создаваться** и **определяться** в одном конкретном месте одного конкретного **проектного** **файла**; * Должна быть возможность **использовать** данные **элемента** в любом другом **файле**; * При **изменении** значения **элемента** во всех подстановках данных этого **элемента** во всех **файлах проекта** использованные значения должны автоматически **обновиться**. | Идея и Цель |
| **HL.CS-008** | Общесистемные | **Проект** должен быть древовидным – каждая составная часть проектируемого изделия должна быть отдельной сущностью в архитектуре продукта. | Идея и Цель |
| **HL.CS-009** | Общесистемные | В продукт должны быть встроены следующие инструменты математического моделирования и CAE:   * Моделирование электрических цепей; * Моделирование плотности токов на печатной плате; * Моделирование тепловых процессов в электрических изделиях – на проводах, проводниках платы и компонентах с учётом современных методов теплоотвода и охлаждения; * Расчёт паразитных параметров конструкций приборов (проводов, элементов топологии печатных плат). | Идея и Цель |
| **HL.CS-010** | Редактор схем | В продукте должен быть инструмент «**Редактор схем** (**Diagram Editor**)». Его назначение – создание, редактирование, сохранение и просмотр схем, таких как:   * Различные иерархические и организационные диаграммы; * Графы общего вида; * Принципиальные электрические схемы; * Функциональные и структурные схемы, блок-схемы; * Схемы соединений и подключений, в том числе электрические. | Наброски Требований и Общие Принципы:  Универсальность Инструментария |
| **HL.CS-011** | Редактор схем | **Редактор схем** ad hoc должен использоваться также для создания УГО электрических компонентов. | Наброски Требований и Общие Принципы:  Вложенность Проектов |
| **HL.CS-012** | Общесистемные | Любое разрабатываемое в продукте электрическое изделие (в частности, электрическое устройство, печатная плата или электрический компонент) должно представлять собой отдельный **проект**, который можно подключить в другой **надпроект** изделия, использующее данный **проект** как составную часть. | Наброски Требований и Общие Принципы:  Вложенность Проектов |
| **HL.CS-013** | Общесистемные | В продукте не должно быть неизменяемых ограничений на то, какого типа **надпроекты** и **подпроекты** могут сопрягаться (иными словами, например, ограничений на то, чтобы использовать в проекте сложного распределённого устройства отдельную микросхему без её включения в состав **проекта** печатной платы, устройства, модуля стойки и т. д.). | Наброски Требований и Общие Принципы:  Вложенность Проектов |
| **HL.CS-014** | Общесистемные | Каждый **проект** должен иметь возможность включать в себя данные и документы разного типа, разного назначения и относящиеся к разным стадиям проектирования и разработки по желанию пользователя. | Наброски Требований и Общие Принципы:  Вложенность Проектов |
| **HL.CS-015** | Общесистемные | При подключении **подпроекта** в **проект** должны добавляться данные всех аспектов **подпроекта** (данные и документы разного типа, разного назначения и относящиеся к разным стадиям проектирования и разработки, см. требование **HL.CS-014**) по желанию пользователя. | Наброски Требований и Общие Принципы:  Вложенность Проектов |
| **HL.CS-016** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять возможность создавать, редактировать, сохранять и читать **проекты** с любой степенью вложенности **подпроектов**. | Наброски Требований и Общие Принципы:  Вложенность Проектов |
| **HL.CS-017** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять возможность удобным для пользователя образом создавать, изменять и переиспользовать **параметры**, **требования**, **термины**, **определения**, **отрывки** и **обозначения** в любом файле проекта. Эта возможность должная использовать реализацию требования **HL.CS-007**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-018** | Текстовый редактор | В продукте должен быть инструмент «**Текстовый редактор** (**Text Editor**)». Его назначение – создание, редактирование, сохранение и просмотр документов, содержащих форматированные текст и записи вычислений. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-019** | Общесистемные | Продукт должен иметь механизм, позволяющий пользователю удобным образом по любому **использованию** интерактивного **атомарного элемента** (реализация требования **HL.CS-007**) перейти (сфокусировать экран) к **созданию** и **определению** этого **элемента.** | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-020** | Общесистемные | Каждыйинтерактивный **атомарный элемент** (реализация требования **HL.CS-007**) должен иметь уникальный идентификатор («**имя**» («**name**»)), определяемый пользователем. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-021** | Общесистемные | Продукт должен иметь механизм, позволяющий пользователю удобным образом по любому **использованию** интерактивного **атомарного элемента** (реализация требования **HL.CS-007**) изменить **имя** этого **элемента.** | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-022** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь примитив «**Интерактивное вычисление**», запись вычисления, результат которого вычисляется автоматически и является **атомарным элементом**. При просмотре **интерактивное вычисление** должно отображаться в удобочитаемом виде, принятом в научной и технической литературе. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-023** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность менять:   * Содержимое; * Отображаемый вид; * Набор вновь **создаваемых** или **определяемых атомарных элементов**;   в любом файле **проекта** в зависимости от значения какого-либо **атомарного элемента** в любом из файлов **проекта**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-024** | Текстовый редактор | Продукт должен предоставлять возможность использовать в **интерактивном вычислении** числовое значение **параметра** или **требования**, которые являются реализацией требования **HL.CS-017**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-025** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь примитив «**Соединение**» - звездообразная ломаная линия, предназначенный, в том числе, для представления одной эквипотенциальной точки в электрических цепях. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-026** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность удобным образом создавать **классы** – группы **атомарных элементов** одного типа, имеющие заданное пользователем **имя**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **HL.CS-027** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь специальный примитив «**Метка класса**», который пользователь может располагать на отрисованных **соединениях**. **Метка класса** должна иметь параметр «**Имя**», в котором можно по ссылке использовать данные **атомарного элемента**. Должна быть возможность отобразить или скрыть **имя метки класса**. Также **редактор схем** должен предоставлять пользователю возможность автоматически сгенерировать **классы** цепей (эквипотенциальных точек), которые включают в себя все цепи, отмеченные **метками** с одинаковым **именем** (по всему **проекту**, по **подпроектам**, по документу или по части документа), и задать этому **классу** такое же, как у **метки имя**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-028** | Редактор схем | Должна быть возможность использовать в качестве имени **метки класса** данные **атомарных элементов** любого типа. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-029** | Топологический векторный редактор | В продукте должен быть инструмент «**Топологический векторный редактор** (**Topological Vector Editor**)». Его назначение – создание, редактирование, сохранение и просмотр векторных изображений с множеством **слоёв**. Интерфейс **векторного редактора** должен быть наиболее удобен для создания чертежей, файлов представления топологии печатных плат. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-030** | Топологический векторный редактор | Для **векторного редактора** (по всему **проекту**, по **подпроектам**, по документу или по части документа) должна быть возможность задать **правила топологии** – утверждения, состоящие из выражений от параметров примитивов в документах (главным образом в файлах топологии печатных плат) **проекта** и данных **атомарных элементах** на арифметических и логических операторах и операторов сравнения. | Наброски Требований и Общие Принципы: Параметрическое Конструирование и Когерентность |
| **HL.CS-031** | Общесистемные | В рамках каждого **проекта** должна быть возможность создать сущность «**Проектное решение**». Пользователю должен быть предоставлен удобный способ выбрать одну из нескольких заданных им альтернатив и в любой момент поменять выбор. От выбранного пользователем **решения** должно зависеть отображение части файлов **проекта**, части содержимого **проектных** файлов и значения части **атомарных элементов**. **Проектное решение** является частью реализации требования **HL.CS-023**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Интерактивность |
| **HL.CS-032** | Общесистемные | В продукте везде, где это возможно, должна быть реализована **автоподстановка** – продукт должен предлагать пользователю добавить в подходящее место в документе данные определённого типа всегда, когда продукт способен предсказать необходимость добавления таких данных | Наброски Требований и Общие Принципы: Интерактивность |
| **HL.CS-033** | Текстовый редактор | В текстовом редакторе должна быть реализована **автоподстановка** значений **определённых** в **проекте** **атомарных элементов** или их полей, если они имеют текстовый тип. Такая **автоподстановка** является частью реализации требования **HL.CS-032**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Интерактивность |
| **HL.CS-034** | Общесистемные | В продукте везде, где это возможно, должны быть реализованы инструменты класса «**Генератор**». Такого рода инструменты позволяют пользователю по одному простому действию, совершённому в одном документе, автоматически сгенерировать как можно более полные, наполненные контекстной информацией, и связанные данные (содержимое, примитивы) в другом документе. | Наброски Требований и Общие Принципы: Интерактивность |
| **HL.CS-035** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность кастомизировать интерфейс, позволяя сделать любую пользовательскую функцию более быстродоступной, чем по умолчанию. | Наброски Требований и Общие Принципы: Настраиваемость и Расширяемость |
| **HL.CS-036** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность создать собственные программные инструменты для работы с **проектными** данными и интегрировать их в продукт так, чтобы с точки зрения UX/UI они не отличались от нативных инструментов. | Наброски Требований и Общие Принципы: Настраиваемость и Расширяемость |
| **HL.CS-087** | Идеологические | Продукт должен содержать **валидаторы** – инструменты, запускаемые вручную или автоматически, которые позволяют оценить валидность **проектных** данных, когерентность данных между разными частями проекта и между проектом и централизованным хранилищем библиотечных данных и выполнение требований. | Наброски Требований и Общие Принципы: Непрерывная Валидация |
| **HL.CS-088** | Идеологические | Принцип максимизации ошибки: в случае, если **валидатор** даёт отрицательно оценивает качество **проекта**, продукт должен максимально заметным образом сигнализировать об этом пользователям. | Наброски Требований и Общие Принципы: Непрерывная Валидация |
| **HL.CS-099** | Идеологические | В продукте должна быть разновидность **валидаторов** –«**Верификаторы**», которые проверяют соответствие данных **проекта** совокупности определённых пользователем правил. | Наброски Требований и Общие Принципы: Непрерывная Валидация |
| **HL.CS-100** | Идеологические | В продукте должна быть разновидность **валидаторов** –«**Синхронизаторы**», которые проверяют когерентность данных между частями распределённого хранилища данных – разными частями **проекта**, и между локальными данными и централизованным хранилищем. | Наброски Требований и Общие Принципы: Непрерывная Валидация |
| **HL.CS-037** | Общесистемные | Продукт должен предлагать пользователю готовый набор кастомизаций пользовательского интерфейса, наиболее подходящий для каждого из распространённых типов задач в индустрии проектирования электрических изделий. | Наброски Требований и Общие Принципы: Встроенная Кастомизация |
| **HL.CS-038** | Идеологические | В разработке UX/UI необходимо придерживаться принципа интуитивной понятности. | Наброски Требований и Общие Принципы: Интуитивная Понятность |
| **HL.CS-039** | Общесистемные | **ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ:**  Продукт должен запускаться на ОС семейства Linux. | Наброски Требований и Общие Принципы: Системные Требования |
| **HL.CS-040** | Общесистемные | **ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ:**  Продукт должен предоставлять инструменты для отслеживания ситуации на различных рынках (как минимум, электронных компонентов и расходных материалов) в реальном времени. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-041** | Общесистемные | **ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ:**  Продукт должен предоставлять полный функционал современной распределённой **системы контроля версий** для **проектов**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-042** | Общесистемные | **ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ:**  Продукт должен предоставлять полный функционал современной **PDM** системы для **проектов**. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-043** | Общесистемные | **ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ:**  Продукт должен предоставлять удобный функционал для командной работы. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-044** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность хранить все данные одного **проекта централизованно** – на одном физическом носителе в одном каталоге. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-045** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность **зафиксировать** в **централизованном хранилище проектных** данных (уникальных для данного **проекта**) текущую версию проектных данных (**ревизию**). **Централизованное** хранилище должно сохранять все **ревизии проекта** (если пользователь явно не настроил **хранилище** иным образом) и удобным образом переключаться между ними (загружать в рабочее пространство продукта). | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-046** | Общесистемные | Каждый **подпроект**, включённый в **проект**, не должен передавать свои данные в **ревизии** **проекта**, так как является отдельно хранимой сущностью. Продукт должен затруднять внесение изменений в **подпроекты** при работе с **проектом**, сигнализируя пользователю, что он правит другую хранимую сущность. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-047** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователям настраивать **права доступа** к каждому файлу **проектных** данных. Должна быть возможность предоставить **доступ** к каждому отдельному файлу каждому отдельному пользователю только на **чтение**, на **чтение и запись**, и вообще **лишить** пользователя **доступа** к файлу. | Наброски Требований и Общие Принципы: Второстепенные Аспекты Функциональности |
| **HL.CS-048** | Общесистемные | Проект должен иметь сущность «**Переменная**», реализующую требование **HL.CS-007**. **Переменная** – это любой набор данных определённого **типа**, имеющий заданный **идентификатор** определённого **типа**. **Переменные** могут **создаваться** и **определяться** пользователем в любом файле **проекта**. | Отдельные Моменты и Фичи: Переменные |
| **HL.CS-049** | Общесистемные | Любой набор **проектных** данных должен являться **переменной**. | Отдельные Моменты и Фичи: Переменные |
| **HL.CS-050** | Общесистемные | Формат **идентификатора** и **тип** поля данных **переменной** должен определять пользователь. Должны быть доступны следующие **типы** данных:   * Число * Текст * Число с единицей измерения (единицы измерения и префиксы-множители должны быть предопределены в продукте) * Ссылка на **переменную** * Упорядоченная комбинация этих **типов**   **Тип** и содержимое поля данных должны определяться пользователем. | Отдельные Моменты и Фичи: Переменные |
| **HL.CS-051** | Общесистемные | Любой **проект** не должен содержать **переменные** с одинаковыми **идентификаторами**. | Отдельные Моменты и Фичи: Переменные |
| **HL.CS-052** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность **объявить** **переменную** (зарезервировать для неё **идентификатор**), **инициализировать переменную** (задать поле данных) и **определить переменную** (одновременно **объявить** и **инициализировать**)в любом месте **проекта** (исключая включённые существовавшие ранее **подпроекты**). | Отдельные Моменты и Фичи: Переменные |
| **HL.CS-053** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность использовать данные любой **переменной проекта** в любом файле **проекта** какое угодно количество раз. | Отдельные Моменты и Фичи: Переменные |
| **HL.CS-054** | Система трёхмерного моделирования | В продукте должен быть инструмент «**Система трёхмерного моделирования** (**3-Dimensional Modeling System**)». Его назначение – создание, редактирование, сохранение и просмотр 3-мерных моделей твёрдых тел с, опционально, гнущимися элементами, а также гибких продолговатых тел (проводов). Интерфейс и возможности **системы трёхмерного моделирования** не обязаны полностью соответствовать полнофункциональному современному MCAD. **Система** должна быть заточена на задачи проектирования электрических изделий, в которой твёрдые тела скорее просматриваются, а не проектируются. | Отдельные Моменты и Фичи: Подсистемы |
| **HL.CS-055** | Общесистемные | В продукте должна быть реализована «**Система компьютерной алгебры** (**Computer Algebra System**)» - программный компонент, позволяющий производить математические вычисления и визуализировать их результаты. Набор доступных типов вычислений должен быть достаточным для решения задач проектирования и разработки электрических изделий. | Отдельные Моменты и Фичи: Подсистемы |
| **HL.CS-056** | Общесистемные | В продукте должна быть реализована «**Система моделирования динамических систем** (**Dynamic System Simulation System**)» - программный компонент, позволяющий производить численное решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений, заданных в виде блок-схем, а также визуализировать результаты. Набор доступных элементов блок-схем должен быть достаточным для задач проектирования и разработки электрических изделий. | Отдельные Моменты и Фичи: Подсистемы |
| **HL.CS-057** | Общесистемные | В продукте должна быть реализована «**Система конечноэлементного моделирования физических полей** (**Physical Fields Finite Element Simulation System**)» - программный компонент, позволяющий производить численное решение краевой задачи для трёхмерных и двухмерных скалярных и векторных полей, представляющих релевантные для задач проектирования электрических изделий физические поля (электромагнитное, тепловое поля, поля токов и механических напряжений), а также визуализировать эти решения. | Отдельные Моменты и Фичи: Подсистемы |
| **HL.CS-058** | Общесистемные | В продукте должны быть сущности типа «**Редактор**» - объединения инструментов, имеющие каждый свою отдельную рабочую область и позволяющие пользователю создавать, редактировать, сохранять и просматривать каждый свои типы документов. Доступ к функциям разных **редакторов** должен быть организован на основе единообразного UX/UI. **Текстовый редактор**, **редактор схем**, **топологический векторный редактор** и **система трёхмерного моделирования** должны быть **редакторами**. | Отдельные Моменты и Фичи: Подсистемы |
| **HL.CS-059** | Общесистемные | Каждый **редактор** должен уметь выполнять автоматизированные вычисления, являющиеся реализацией требования **HL.CS-005**. | Отдельные Моменты и Фичи: Редакторы |
| **HL.CS-060** | Общесистемные | Каждый **редактор** должен предоставлять пользователю возможность создать себе **профиль** – определённую настройку пользовательского интерфейса, в которой ряд функций, возможностей и инструментов **редактора** сделана более быстродоступной. **Профиль** реализует требование **HL.CS-035**. | Отдельные Моменты и Фичи: Редакторы |
| **HL.CS-061** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен предоставлять пользователю возможность использовать следующие варианты разбиения и ограничения рабочей области (физического размера документа):   * Ограничение сверху и слева (как в системах наподобие Confluence) * Ограничение сверху и справа (как в системах наподобие Confluence для арабо-израильских локализаций) * Ограничение по бокам (бесконечная лента) * Разбивка по всем 4-м сторонам (печатные листы) | Отдельные Моменты и Фичи: Редакторы |
| **HL.CS-062** | Редактор схем | **Редактор схем** должен предоставлять пользователю возможность использовать следующие варианты разбиения и ограничения рабочей области (физического размера документа):   * Разбивка по всем 4-м сторонам (печатные листы) | Отдельные Моменты и Фичи: Редакторы |
| **HL.CS-063** | Топологический векторный редактор | **Топологический векторный редактор** должен предоставлять пользователю возможность использовать следующие варианты разбиения и ограничения рабочей области (физического размера документа):   * Разбивка по всем 4-м сторонам (печатные листы) | Отдельные Моменты и Фичи: Редакторы |
| **HL.CS-064** | Общесистемные | В продукте должны быть следующие типы («**общие виды**») пользовательского интерфейса:   * **Панели инструментов общего вида** * **Скриптовый язык запросов** (**ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ**) * **Низкоуровневое API** | Отдельные Моменты и Фичи: Пользовательский Интерфейс |
| **HL.CS-065** | Общесистемные | В продукте должны быть следующие типы («**быстрого доступа**») пользовательского интерфейса:   * **Панели инструментов быстрого доступа** * **Контекстные меню** * **Горячие клавиши** | Отдельные Моменты и Фичи: Пользовательский Интерфейс |
| **HL.CS-066** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю перенести каждый из элементов пользовательского интерфейса **общего вида** в любую категорию пользовательского интерфейса **быстрого доступа**. Этот механизм должен использоваться для создания **профилей** **редакторов**. | Отдельные Моменты и Фичи: Пользовательский Интерфейс |
| **HL.CS-067** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь следующие предустановленные **профили**:   * **Текстовый документ** – для написания и вёрстки текстов * **Электронная таблица** – для создания интерактивных таблиц (наподобие Excel) * **Интерактивный файл расчётов** – для написания сложных расчётов в удобочитаемом виде и представления их результатов в визуальной форме | Отдельные Моменты и Фичи: Предопределённые Профили Редакторов |
| **HL.CS-068** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь следующие предустановленные **профили**:   * **Граф** – минималистичный набор инструментов для рисования диаграмм в форме графов * **Эскиз** – для создания эскизов пользовательского интерфейса приборов и простой векторной графики не в масштабе * **Структурная схема** – для рисования блок-схем, Э1, и в целом схем типа 1 * **Функциональная схема** – для рисования схем Э2 и в целом схем типа 2, более подробных, чем блок-схема, но менее детализированных, чем принципиальные * **Принципиальная схема** – для рисования полностью детализированных принципиальных схем Э3 и в целом схем типа 3 * **Схема соединений** – для рисования схем Э4 и в целом схем типа 4 * **Схема жгута** – для рисования схем жгутов и кабелей с распайками разъёмов и указанием параметров проводов * **Условно-графическое обозначение** – для рисования УГО | Отдельные Моменты и Фичи: Предопределённые Профили Редакторов |
| **HL.CS-069** | Топологический векторный редактор | **Топологический векторный редактор** должен иметь следующие предустановленные **профили**:   * **Рисунок** – для простой векторной графики в масштабе * **Печатная плата** – для проектирования печатных плат * **Посадочное место** – для проектирования посадочных мест для электронных компонентов * (**ВТОРОСТЕПЕННОЕ ТРЕБОВАНИЕ**) **Геометрическое представление жгута** – для проектирования элементов жгутов, для которых важно точное геометрическое расположение * **Чертёж** – для разработки технических чертежей, в том числе в масштабе | Отдельные Моменты и Фичи: Предопределённые Профили Редакторов |
| **HL.CS-070** | Система трёхмерного моделирования | **Система трёхмерного моделирования** должна иметь следующие предустановленные **профили**:   * **Сборка** – для отображения и взаимного перемещения множества тел * **Трассировка проводов** – для прокладывания трасс гибких продолговатых тел по поверхностям твёрдых тел (трассировки проводов) * **Деталь** – для разработки 3D-моделей твёрдых тел, в том числе с гнущимися элементами | Отдельные Моменты и Фичи: Предопределённые Профили Редакторов |
| **HL.CS-071** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь примитив «**Текстовое поле**» - кусок форматированного текста определённого размера, который можно перемещать по документу и перемешивать с себе подобными, а также другими примитивами **текстового редактора**. **Текстовое поле** может содержать математические формулы в удобочитаемом виде, принятом в научной и технической литературе. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-072** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь примитив «**Блок вычисления**» - форматированная запись математического и / или логического выражения с **оператором сравнения** или **присваивания**, имеющая определённый размер, которую можно перемещать по документу и перемешивать с себе подобными, а также другими примитивами **текстового редактора**. Формула должна иметь удобочитаемый виде, принятом в научной и технической литературе. Формула должна вычисляться автоматически. Результат присваивания по вычисленному значению выражения должен сохраняться в **переменную**. Результат операции **сравнения** должен быть **переменной** булевого типа. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **HL.CS-073** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь примитив «**Блок выбора**» - набор контроллов одинакового вида, в котором может быть **установлен** только один из них. **Блок выбора** должен предоставлять пользователю возможность ссылаться на все свои данные – число контроллов, их подписи, названия и то, какой из них **установлен**, а также **установлен** ли хотя бы один. **Установка** контроллов должна осуществляться пользователем. Данные об **установке** контроллов должны являться данными редактируемого файла – изменение в статусе **установки** должно считаться отслеживаемым изменением документа. Блок выбора является реализацией требования **HL.CS-023**. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-074** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь примитив «**Электронная таблица**» - двухмерная таблица с возможностью размещения в каждой её **ячейке** **текстового поля**, **блока вычисления** с возможностью использовать данные из этой **таблицы**, а в целом ряду или столбце – блока выбора с сопоставлением каждой **ячейке** своего контролла (не более одного **блока выбора** на **таблицу**). | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-075** | Текстовый редактор | **Текстовый редактор** должен иметь примитив «**Рисунок**» - изображение определённого размера, который можно перемещать по документу и перемешивать с себе подобными, а также другими примитивами **текстового редактора**. **Рисунок** может быть автоматически генерируемым представлением файлов, разрабатываемых в других **редакторах** продукта. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-076** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь примитив «**Узел**» - изображение, созданное из традиционных примитивов векторной графики, имеющее определяемое пользователем положение в координатной сетке файла. Должна быть возможность добавить **узлу** форматированную подпись и зафиксировать её положение относительно **узла**. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-077** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь примитив «**Точка подключения**» - точка, принадлежащая **узлу**. Должна быть возможность создать для **точки подключения** пиктограмму, созданную из традиционных примитивов векторной графики и зафиксировать её положение относительно **точки подключения**. Должна быть возможность добавить **точке подключения** форматированную подпись и зафиксировать её положение относительно **точки подключения**. Должна быть возможность зафиксировать положение **точки подключения** относительно родительского **узла**. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-078** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь примитив «**Соединение**» - линия, возможно, ветвящаяся, созданная из традиционных примитивов векторной графики. **Соединение** предназначено для создания визуальной и логической связи между **точками** подключения. Должна быть возможность добавить **соединению** форматированную подпись и зафиксировать её положение относительно **соединения**. **Соединение** реализует требование **HL.CS-025**. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-079** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь вспомогательный примитив «**Шина**» - линия, возможно, ветвящаяся, созданная из традиционных примитивов векторной графики. **Шина** должна предоставлять возможность заменить собой несколько **соединений** – на одном участке схемы **соединение** может быть оборвано на **шине** и возобновлено отводом от этой **шины** на другом участке схемы. Должна быть возможность «подключить» к **шине** неограниченное количество **соединений**. Для всех **соединений**, использующих данную шину, должна быть возможность однозначно визуально определить, какие конкретно входящие в **шину** отрывки **соединений** относятся к данному **соединению**, а какие нет. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-080** | Редактор схем | **Редактор схем** должен иметь вспомогательный примитив «**Порт**» - пиктограмма, созданная из традиционных примитивов векторной графики. **Порт** должен позволять визуально разорвать одно **соединение**, сохранив его в логической структуре схемы. **Порт** должен иметь точку, на которой можно завершить участок **соединения**. **Соединение** может иметь больше одной компоненты связности, если каждая из них имеет хотя бы одну ветвь, заканчивающуюся на **порту**. Для всех **соединений** в данном файле должна быть возможность однозначно визуально определить, какие конкретно группы **соединений**, использующих **порты**, на самом деле относятся к одному и тому же **соединению**, а какие нет. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-081** | Топологический векторный редактор | **Топологический векторный редактор** должен иметь примитив «**Дорожка**» - прямая либо кривая линия определяемой пользователем постоянной толщины, имеющая определяемое пользователем положение в координатной сетке файла. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-082** | Топологический векторный редактор | **Топологический векторный редактор** должен иметь примитив «**Полигон**» - плоская фигура с определяемой пользователем геометрией. Геометрия определяется как набор вершин, соединённых плоскими или кривыми линиями, являющимися сторонами фигуры. Положение **полигона** в координатной сетке файла должно определяться пользователем. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-083** | Топологический векторный редактор | **Топологический векторный редактор** должен иметь примитив «**Надпись**» - кусок форматированного текста определённого размера, имеющий определяемое пользователем положение в координатной сетке файла. Должна быть возможность автоматически генерировать содержимое **надписи**, ссылаясь на содержимое **атомарных объектов проекта**. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-084** | Система трёхмерного моделирования | **Система трёхмерного моделирования** должна иметь примитив «**Твёрдое тело**», служащее для представления трёхмерных объектов неизменяемой геометрии. Форма и положение в координатной сетке файла **твёрдого тела** определяются пользователем. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-085** | Система трёхмерного моделирования | **Система трёхмерного моделирования** должна иметь примитив «**Упругое тело**», служащее для представления трёхмерных объектов, меняющих форму под воздействием внешней силы, и возвращающихся в исходное состояние при исчезновении этой силы. Изначальная форма, положение в координатной сетке файла и зоны допустимой деформации **упругого тела** определяются пользователем. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-086** | Система трёхмерного моделирования | **Система трёхмерного моделирования** должна иметь примитив «**Тонкостенная пластина**», служащее для представления трёхмерных объектов, у которых одно измерение существенно меньше двух других. Грани **тонкостенной пластины** могут быть закреплены на **твёрдых телах**, и в таком случае могут под воздействием внешней силы изгибаться вокруг оси, параллельной этой грани и оставаться в изменённом состоянии при исчезновении этой силы. Изначальная форма, положение в координатной сетке файла и текущее деформированное состояние **тонкостенной пластины** определяются пользователем. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-098** | Система трёхмерного моделирования | **Система трёхмерного моделирования** должна иметь примитив «**Нитевидное** **тело**», служащее для представления трёхмерных объектов, у которых одно из измерений существенно больше двух остальных. **Нитевидное тело** имеет постоянное поперечное сечение; под воздействием внешней силы изгибается в плоскости этого сечения и остаётся в изменённом состоянии при исчезновении этой силы. Изначальная форма, положение в координатной сетке файла и текущее деформированное состояние **нитевидного тела** определяются пользователем. | Отдельные Моменты и Фичи: Базовые Примитивы |
| **HL.CS-089** | Общесистемные | В продукте должен быть инструмент «**Навигатор**», который предоставляет пользователю наглядный и понятный вид структуры проекта, файлов проекта и позволяет открывать файлы. | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-090** | Общесистемные | Продукт должен предоставлять пользователю возможность переключаться между **срезами проекта** – наборами **проектных** файлов определённого типа, соответствующими определённому этапу разработки. При включенности определённого **среза** не относящиеся к нему **проектные** документы должны быть скрыты в **навигаторе.** | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-091** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Замысел**», соответствующий пунктам 1–2 опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Спецификация проекта (**текстовый редактор**) * Входные требования (**текстовый редактор**) * Функциональные требования (**текстовый редактор**) * Технические требования (**текстовый редактор**) * Дерево трассировки требований (**редактор схем**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-092** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Проектный облик**», соответствующий пункту 3 опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Описание процедуры синтеза архитектуры (**текстовый редактор**) * Пошаговое описание процедуры принятия проектных решений (**текстовый редактор**) * Описание выбора решений (**текстовый редактор**) * Описание выбора компонентов (**текстовый редактор**) * Проверочный расчёт (**текстовый редактор**) * Структурная схема (**редактор схем**) * Функциональная схема (**редактор схем**) * Схема подсистемы (**редактор схем**) * Диаграмма состояний (**редактор схем**) * Эскиз интерфейса (**редактор схем**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **HL.CS-093** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Исходные данные**», соответствующий пункту 4 опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Схема соединений (**редактор схем**) * Принципиальная схема (**редактор схем**) * Файл платы (**топологический векторный редактор**) * Схема жгута или кабеля (**редактор схем**) * Файл геометрического представления жгута или кабеля (**топологический векторный редактор**) * Сборка (**система трёхмерного моделирования**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-094** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Подготовка производства: Изготовление**», соответствующий пункту 5a опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Чертёж-спецификация платы (**топологический векторный редактор**) * Файлы производства платы (**топологический векторный редактор**) * Чертёж мультизаготовки (**топологический векторный редактор**) * Файлы производства мультизаготовки (**топологический векторный редактор**) * Чертёж жгута или кабеля (**топологический векторный редактор**) * Перечень элементов и расходных материалов жгута или кабеля (**текстовый редактор**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-095** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Подготовка производства: Сборка**», соответствующий пунктам 5b-5c опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Перечень элементов платы (**текстовый редактор**) * Чертёж трафарета (**топологический векторный редактор**) * Файл топологии трафарета (**топологический векторный редактор**) * Монтажная схема платы (**топологический векторный редактор**) * Файлы автоматизированной сборки платы (**топологический векторный редактор**) * Чертёж финишных защитных покрытий платы (**топологический векторный редактор**) * Файлы топологии финишных покрытий платы (**топологический векторный редактор**) * Сборочный чертёж узла (**топологический векторный редактор**) * Перечень компонентов и расходных материалов узла (**текстовый редактор**) * Схема трассировки проводных соединений узла (**топологический векторный редактор**) * Описание процедуры приёмочного тестирования изделия (**текстовый редактор**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-096** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Отладка**», соответствующий пункту 6 опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Описание процедуры проверки требований к изделию (**текстовый редактор**) * Дефектная ведомость (**текстовый редактор**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-097** | Общесистемные | Должен быть **срез проекта** «**Внедрение**», соответствующий пункту 7 опорного рабочего процесса, и включающий в себя документы следующих типов:   * Техническое описание (**текстовый редактор**) * Руководство по эксплуатации (**текстовый редактор**) * Входные данные для программирования (**текстовый редактор**, **редактор схем**) | Отдельные Моменты и Фичи: Срезы Проектов |
| **HL.CS-101** | Идеологические | Продукт должен предоставлять пользователю осуществить **релиз проекта** – одномоментно выполняющаяся фиксация всех изменений, синхронизация данных и проверка валидности. В случае сбоя одного из этих процессов или в случае провала валидации **релиз** должен считаться незавершённым, и продукт должен явно дать знать об этом пользователю. **Релиз** должен гарантировать пользователю, что все его **проектные** данные актуальны и прошли все необходимые проверки. | Отдельные Моменты и Фичи: Релизы |

# Проект №1: Подсистема Питания Печатной Платы

От сбора требований до моделирования поля потенциалов: этапы 2–4

## Методика Сбора Требований

### Входная Информация для Проектирования

* Функциональная схема без подсистемы питания, но с пауэр-портами для каждого блока, с известными напряжениями питания и известными для каждого блока токами потребления
* Отдельные зафиксированные требования к подсистеме питания (максимальный входной ток потребления, раздельность источников питания для каких-либо пар блоков, наличие умного монитора питания или ключа для других блоков, необходимость дублирования источников питания для третьих блоков и т. п.)

### Детализованный Рабочий Процесс:

* Сбор требований
* Анализ требований
* Синтез архитектуры
* Выбор решений
* Выбор компонентов
* Проектировочный расчёт узлов
* Проверочный расчёт узлов
* Проверочный расчёт подсистемы
* Разработка функциональных схем подсистемы и устройства
* Схемное моделирование подсистемы
* Анализ целостности сигналов подсистемы

### Предполагаемые Условия и Ветвления в Рабочем Процессе

* Условие – выполнение требований
* Ветвление – варианты архитектуры
* Ветвление – варианты решений
* Ветвление – варианты компонентов
* Условие – проверочный расчёт узлов
* Условие – проверочный расчёт подсистемы
* Условие – моделирование
* Условие – анализ целостности

## Собранные Требования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ключ** | **Категория** | **Этап** | **Действия** | **Требования** |
| **HL.PS-041** | Редактор схем | Входные данные | - | Каждому **соединению** в схеме должна быть возможность задать **имя цепи** – читаемый человеком текстовый идентификатор соединения как уникальной эквипотенциальной точки с электрической схеме. **Имя цепи** должно быть отображаемым. |
| **HL.PS-042** | Редактор схем | Должна быть возможность присвоить **соединению имя цепи**, заданное текстовым полем подключенного к этому **соединению порта**. |
| **HL.PS-001** | Общесистемные, Редактор схем | Должна быть разновидность **порта** – «**Силовой порт**». Семантически обозначает цепь, для которой может быть несколько источников сигнала и неограниченное количество приёмников. Имеет специфические варианты отображения в виде пиктограмм. Должна быть возможность использовать **имя цепи** (или его часть), заданное **силовым** портом, как **переменную**, представляющую собой значение электрического напряжения. |
| **HL.PS-002** | Редактор схем | Должна быть возможность задать каждому **блоку структурной** либо **функциональной схемы** параметр (как **поле переменной**), представляющий ток потребления соответствующего электрического устройства. |
| **HL.PS-003** | Общесистемные, Текстовый редактор | «**Маяк**» - условие, о выполнении которого на уровне целого **проекта** разработчик должен явно сообщить продукту. В противном случае **проект** нельзя **зарелизить**. Должна быть возможность добавить **маяк** в любой не полностью автоматически генерируемый документ **проекта**. **Маяк** должен иметь удобное внешнее представление в виде текстового поля с выделением, пометкой, сигнализирующей о выполнении требования, и контроллом, нажав на который, разработчик подтверждает выполненность условия. |
| **HL.PS-004** | Общесистемные, Текстовый редактор | Сбор требований | Составляется таблица входных требований к подсистеме питания по двум источникам – данным о требуемом электропитании функциональных блоков схемы (номинальные напряжения, токи потребления, уровни пульсаций), а также разбросанным по разным документам пометкам «на будущее» о различных требуемых особенностях архитектуры подсистемы электропитания (см. [Входная Информация для Проектирования](#_Входная_Информация_для)). | Для **электронной таблицы** должна быть возможность автоматически подстроить набор столбцов (или строк) и их заголовки под **поля переменных** определённого, известного в данном **проекте** **типа**. |
| **HL.PS-005** | Общесистемные, Текстовый редактор | **Маяк** должен иметь как минимум пересекающийся набор **полей** с **требованием**. |
| **HL.PS-043** | Общесистемные, Текстовый редактор | Должна быть возможность в **электронной таблице**, подстроенной по набору столбцов (или строк) с заголовками под **переменную** определённого **типа**, быстрой комбинацией действий автоматически заполнить соответствующий столбец (или строку) значениями **полей** любой **переменной**, известной в данном **проекте**. |
| **HL.PS-006** | Общесистемные, Текстовый редактор | Должна быть возможность автогенерации **требований** – один **блок** на схеме порождает одно **требование** с числовыми значениями, напряжению питания и току потребления этого **блока**. |
| **HL.PS-007** | Общесистемные, Текстовый редактор | Анализ требований | Составляется таблица итоговых требований к подсистеме питания. Требования по разным номинальным напряжениям объединяются в одно с суммарным током потребления. Требования к особенностям архитектуры просто остаются теми же самыми и копируются в таблицу итоговых требований. | Должна быть возможность автогенерации **требований** для каждого напряжения питания с суммированием всех токов потребления. |
| **HL.PS-008** | Общесистемные, Текстовый редактор | Должна быть возможность скопировать данные одного **требования** во вновь создаваемое прямо в **электронной таблице требований** с использованием функционала, реализующего требование **HL.PS-04**. |
| **HL.PS-009** | Общесистемные, Текстовый редактор | Синтез архитектуры | Исходя из требований к особенностям архитектуры, набора требуемых напряжений, суммарных токов потребления и допустимых пульсаций по каждому напряжению, а также исходя из информации о входном питании платы, придумываются несколько вариантов архитектуры и для каждого из них рисуется простая блок-схема. Составляется таблица сравнения, в которой перечислены придуманные варианты и критерии сравнения. Превью схем вставляются в таблицу.  Далее – разрыв в последовательности шагов проектирования, для каждого из предложенных вариантов производится выбор решений, чтобы получить информацию для сравнения. После получения необходимой для сравнения информации происходит возврат на этап синтеза архитектуры, а полученная информация добавляется в таблицу.  После заполнения таблицы сравнения принимается проектное решение, какой из вариантов будет использоваться. Документы или содержимое документов, относящиеся к другим вариантом, скрываются, чтобы не мешали восприятию информации. | Должна быть возможность сохранять шаблоны **электронных таблиц** для выбора вариантов архитектуры. |
| **HL.PS-010** | Текстовый редактор | В шаблоне **таблицы** выбора архитектуры должен быть **блок выбора** для каждого рассматриваемого варианта. |
| **HL.PS-011** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Для любой **схемы** должна быть возможность отобразить её превью в других документах **проекта**. |
| **HL.PS-012** | Текстовый редактор | Для каждой **электронной таблицы** с набором строк, столбцов и заголовков, созданным по некоторому алгоритму (например, подгруженному из шаблона) должна быть возможность одним простым действием скрыть неиспользованные строки или столбцы. |
| **HL.PS-013** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Для содержимого любого документа любого типа должна быть возможность скрывать, исключать из систем автоподстановки и из наборов данных для **валидаторов** части содержимого в зависимости от того, какой конкретно выбор был сделан в каком угодно **блоке выбора**. |
| **HL.PS-014** | Текстовый редактор | В каждом **блоке выбора** должна быть возможность автоматизировать принятие решения на основании данных **электронной таблицы**, в которой находится этот **блок**. Для этого нужно:   * Задавать (или выбирать из предзаданных) правила преобразовывать в количественную форму качественные значения критериев выбора (данных **таблицы**) * Задавать (или выбирать из предзаданных) условные **разбалловки** (данные перечислимого типа) и правила их преобразования в обычные числа * Проставлять **весовые коэффициенты** критериям выбора (столбцам или строкам) |
| **HL.PS-015** | Общесистемные, Редактор схем | Выбор решений | Выбор схемотехнического решения производится для каждого из архитектурных блоков каждого из вариантов архитектуры.  Придумываются либо выбираются из уже использовавшихся и сохранённых в общем хранилище несколько вариантов схемотехнических решений. Для комплексных решений рисуется простая функциональная схема. Составляется таблица сравнения, в которой перечислены придуманные варианты и критерии сравнения. Превью схем вставляются в таблицу.  Далее – разрыв в последовательности шагов проектирования, для каждого из предложенных вариантов производится выбор наиболее существенных компонентов и последующие процедуры анализа (расчёты), чтобы получить информацию для сравнения. После получения необходимой для сравнения информации происходит возврат на этап выбора решений, а полученная информация добавляется в таблицу.  После заполнения таблицы сравнения принимается проектное решение, какой из вариантов будет использоваться. Документы или содержимое документов, относящиеся к другим вариантом, скрываются, чтобы не мешали восприятию информации. В одну из инвариантных частей документации добавляется краткая сводка по выбранному решению. | Должна быть возможность автогенерации по **структурной схеме** **функциональной** – **блоки** превращаются либо в **зоны**, либо в **заготовки** функциональных блоков. |
| **HL.PS-016** | Общесистемные, Текстовый редактор | Должна быть возможность сохранять шаблоны **электронных таблиц** для выбора вариантов схемотехнических решений. |
| **HL.PS-017** | Текстовый редактор | В шаблоне **таблицы** выбора вариантов схемотехнических решений должен быть **блок выбора** для каждого рассматриваемого варианта. |
| **HL.PS-018** | Общесистемные, Редактор схем | Должна быть реализована автоподстановка в **заготовке** **функционального блока** – для каждой **заготовки** должно быть контекстное меню с библиотекой решений, уже хранящихся централизованно, которые могут реализовать данную функцию, которые разработчик может выбрать и подставить в **схему**. |
| **HL.PS-019** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Должна быть возможность выполнять автоматически подстановку того или решения для **заготовки** функционального блока в зависимости от выбранного пункта в **блоке выбора** в таблице выбора решений |
| **HL.PS-020** | Текстовый редактор | Должна быть возможность встроить (отображать и автоматически обновлять) в **ячейку** **электронной таблицы** значение, рассчитанное по интерактивной формуле |
| **HL.PS-021** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Должна быть возможность использования в интерактивной формуле данные (параметры) конкретного хранящегося централизованно (библиотечного) решения |
| **HL.PS-022** | Общесистемные, Текстовый редактор | Выбор компонентов | Выбор наиболее существенных компонентов схемотехнического решения производится для каждого из предложенных решений для архитектурных блоков каждого из вариантов архитектуры.  Находятся либо выбираются из уже использовавшихся и сохранённых в общем хранилище несколько вариантов базовых компонентов – источников питания. Составляется таблица сравнения, в которой перечислены выбранные к сравнению варианты и критерии сравнения.  Далее – разрыв в последовательности шагов проектирования, для каждого из предложенных вариантов производится проектировочный расчёт, после чего, с использованием полученных данных расчёта - выбор наиболее существенных компонентов обвязки (катушек, трансформаторов, фильтрующих конденсаторов, задающих резисторов и конденсаторов). Это нужно, чтобы получить информацию для сравнения. После её получения происходит возврат на этап выбора компонентов, а полученная информация добавляется в таблицу.  После заполнения таблицы сравнения принимается проектное решение, какой из источников питания будет использоваться. Документы или содержимое документов, относящиеся к другим вариантам, скрываются, чтобы не мешали восприятию информации. В одну из инвариантных частей документации добавляется краткая сводка по выбранному источнику и его компонентам обвязки. | Должна быть возможность сохранять шаблоны **электронных таблиц** для выбора электронных компонентов для реализации схемотехнического решения. |
| **HL.PS-023** | Текстовый редактор | В шаблоне **таблицы** выбора компонентов должен быть **блок выбора** для каждого рассматриваемого варианта компонента. |
| **HL.PS-024** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем, Топологический векторный редактор, Система трёхмерного моделирования | Должна быть возможность по результату в **блоке выбора** сгенерировать краткое текстовое резюме компонента - название, параметры, превью 3D-модели. Эти данные могут извлекаться из библиотеки (централизованного хранилища). |
| **HL.PS-025** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Должна быть возможность по результату в **блоке выбора** добавить в функциональную схему информацию про выбранный компонент (отобразить его параметры). |
| **HL.PS-026** | Общесистемные, Текстовый редактор | Проектировочный расчёт узлов | Для выбранного источника питания с помощью интерактивных формул производится расчёт требуемых параметров основных компонентов обвязки (катушек, трансформаторов, фильтрующих конденсаторов, задающих резисторов и конденсаторов) и параметров источника питания как узла в целом.  Требуемая группа формул либо подгружается из хранилища как часть данных хранимого там компонента, либо пишется вручную, а затем сохраняется вместе с остальными данными вновь создаваемого компонента как его часть.  Каждая формула дополняется подписью с расшифровкой величин и нумеруется. | Должна быть возможность автоматически создать файл проектировочного расчёта для каждого из выбранных компонентов. |
| **HL.PS-027** | Общесистемные, Текстовый редактор | Должно быть автоматическое предложение разработчику конкретных компонентов (выбираемых из сохранённых в централизованном хранилище) обвязки, удовлетворяющих рассчитанным при проектировочном расчёте требуемым параметрам по рассчитанным в проектировочном расчёте параметрам. |
| **HL.PS-028** | Общесистемные, Текстовый редактор | Проверочный расчёт узлов | Для выбранного источника питания с помощью интерактивных формул производится проверочный расчёт параметров источника питания и режима его работы – вычисляются их реальные значения, получаемые при подстановке параметров выбранных источника питания и компонентов обвязки. Также с помощью интерактивных формул полученные реальные параметры сравниваются с допустимыми, скопированными из требований (например, по максимальным выходным токам), либо определёнными в начале расчёта (например, допустимый уровень пульсаций при отсутствии явно сформулированных требований к нему).  Требуемая группа формул либо подгружается из хранилища как часть данных хранимого там компонента, либо пишется вручную, а затем сохраняется вместе с остальными данными вновь создаваемого компонента как его часть.  Каждая формула дополняется подписью с расшифровкой величин и нумеруется.  В документе ставится яркая пометка о том, прошёл ли проверочный расчёт данный узел с данными выбранными компонентами – находятся ли рассчитанные характеристики в требуемых диапазонах. | Автоматическое создание файла проверочного расчёта для каждого из выбранных компонентов с выбранными компонентами обвязки, если такое требуется. |
| **HL.PS-029** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Должен быть **примитив**, который можно расположить в любом не автоматически генерируемом документе проекта, проверяющий истинность условия, составленном как логическое выражение из результатов проверочного расчёта и каких-либо параметров **проекта** (например, **требований**). В случае, если проверка не прошла, этот примитив должен сигнализировать об этом разработчику запретить релиз проекта. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **HL.PS-030** | Общесистемные, Текстовый редактор | Проверочный расчёт подсистемы | Вручную с помощью интерактивных формул составляется расчёт максимальных токов потребления для каждого источника питания в архитектуре (для каждого варианта архитектуры и решения). Это делается по данным о токах потребления функциональных узлов, а также о том, как напряжения в подсистеме преобразуются на источниках питания. В итоге получается реальный входной ток потребления, проходящий через подсистему питания от входа питания платы. Также с помощью интерактивных формул полученные реальные параметры по входу электропитания сравниваются с допустимыми, скопированными из требований (по максимальному входному току), либо определёнными в начале расчёта (например, допустимый уровень пульсаций при отсутствии явно сформулированных требований к нему).  Каждая формула дополняется подписью с расшифровкой величин и нумеруется.  В документе ставится яркая пометка о том, прошла ли подсистема проверочный расчёт – находятся ли рассчитанные характеристики в требуемых диапазонах. | В файле проверочного расчёта подсистемы электропитания должна быть возможность ссылаться на библиотечные данные компонентов (токи потребления библиотечных функциональных блоков, собственные потребления источников) и данные **проекта** (указанные в **требованиях** к подсистеме питания токи потребления по каждому питающемуся блоку) |
| **HL.PS-031** | Общесистемные, Текстовый редактор | У **переменной**, представляющей компонент, может быть **поле** типа «**формула**» - для случая, когда ток потребления нельзя просто описать фиксированным числом. Эти формулы нужно использовать в проверочном расчёте подсистемы и проектировочном расчёте узлов. |
| **HL.PS-044** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Разработка функциональных схем подсистемы и устройства | Рисуется функциональная схема подсистемы электропитания. Изображаются связи между всеми входами, выходами и внутренними шинами питания, все источники питания с обозначением их класса и базовых компонентов, все потребители. Указываются значения напряжений в шинах питания и токов в каждой ветви.  Упрощённая форма этой схемы – без указания величин и без изображения потребителей добавляется в общую функциональную схему платы | Должна быть возможность получить рассчитанные в интерактивных формулах величины как числовые параметры и подписи **соединений** в схемах. |
| **HL.PS-045** | Общесистемные, Редактор схем | Должна быть возможность добавить в одну схему участок другой схемы с сохранением когерентности всех данных между этими двумя участками. |
| **HL.PS-032** | Общесистемные, Редактор схем | Схемное моделирование подсистемы | В принципиальную схему (с условием, что для каждого релевантного компонента подгружены модели) добавляются источники воздействий (внешние источники питания, внешние нагрузки) и измерительные приборы (амперметры и вольтметры). Также где-либо в проектной документации добавляется проверка условий – значения токов потребления, полученные в результате симуляции, сравниваются с допустимыми, скопированными из требований (по максимальному входному току) или из параметров компонентов (по их максимальным выходным токам или напряжениям).  Производится симуляция схемы цепей питания по постоянному току.  В документе ставится яркая пометка о том, прошла ли подсистема проверочный расчёт – находятся ли рассчитанные характеристики в требуемых диапазонах. | Должна быть возможность автогенерации по функциональной схеме принципиальной – узлы превращаются в **листы** схемы, заполненные или нет, либо в **зоны** на схеме, либо готовыми участками схемы. Они наполняются просто одиночными выбранными компонентами (с выбранной обвязкой или нет), либо полноценным схемным **сниппет**, либо в чем-то промежуточным – наряду с реальными полноценными компонентами и **соединениями** между ними располагаются **заготовки** связей и компонентов. При клике на компонент продукт должна предлагать допустимые на данной позиции компоненты (исходя из их рассчитанных параметров). При клике на **соединение** продукт должен предлагать отрисовать его по-настоящему. |
| **HL.PS-033** | Общесистемные, Редактор схем | Должна быть возможность в принципиальной схеме каждому компоненту назначить **модель** для моделирования схемы питания. |
| **HL.PS-034** | Редактор схем | Должна быть возможность провести **статическое моделирование** схемы дерева электропитания с расчётом токов потребления, выходных напряжений, потоков мощности и отклонений в регулируемых напряжениях и потребляемых токах по данным **моделей**, связанным с компонентами принципиальной схемы. |
| **HL.PS-035** | Редактор схем | Должна быть возможность добавить в принципиальную схему **источники** и **измерители воздействий** для **статического моделирования** электропитания. |
| **HL.PS-036** | Общесистемные, Текстовый редактор, Редактор схем | Должна быть возможность добавить в принципиальную схему с настроенной **моделью** **проверщик условий** – чтобы полученные при **статическом моделировании** питания значения токов потребления (или выходных напряжений источников тока, или мощностей источников) сравнивались с допустимыми (по библиотечным данным компонентов) или с заданными (по **требованиям** или каким-то иным **проектным** данным) |
| **HL.PS-037** | Общесистемные, Текстовый редактор, Топологический векторный редактор | Анализ целостности сигналов подсистемы | В файл платы с полностью определённой топологией, расположением источников питания, потребителей и внешних разъёмов, а также определённым стеком слоёв, добавляются источники воздействий (внешние источники питания, внешние нагрузки). Задаются граничные условия для симуляции – либо копируются из требований к допустимому диапазону напряжения питания, либо вручную проставляются прямо перед запуском моделирования. Также где-либо в проектной документации добавляется проверка условий – значения напряжений в точках входа в потребителей, полученные в результате симуляции, сравниваются с граничными условиями.  Производится симуляция двухмерного поля потенциалов (анализ целостности) в цепях питания по постоянному току.  В документе ставится яркая пометка о том, прошла ли подсистема проверочный расчёт – находятся ли рассчитанные характеристики в требуемых диапазонах. | Если заданы **требования** по допустимым отклонениям напряжений источников питания, или допустимые минимальные или максимальные рабочие напряжения для потребителей, должна быть возможность провести **статическое моделирование** поля электрических токов в файле **платы** с расчётом поля потенциалов |
| **HL.PS-038** | Топологический векторный редактор | Для файла **платы** должна быть возможность добавить **источники внешних воздействий** и **внешние приёмники** тока для **статического моделирования** поля потенциалов. |
| **HL.PS-039** | Общесистемные, Редактор схем, Топологический векторный редактор | **Препроцессинг моделирования** (включая добавление **внешних источников** и **приёмников**) поля токов и потенциалов должен по максимуму осуществляться автоматически на основании данных **препроцессинга** схемного **моделирования** и принципиальной схемы. |
| **HL.PS-040** | Общесистемные, Текстовый редактор, Топологический векторный редактор | Должна быть возможность добавить в файл **платы** с настроенной **моделью** **проверщик условий** – чтобы полученные при **статическом моделировании** поля токов и потенциалов значения электрических величин сравнивались с допустимыми (по библиотечным данным компонентов) или с заданными (по **требованиям** или каким-то иным **проектным** данным) |

# Проект №:2 Простой проект платы

От структурной схемы до сборочного чертежа: Этапы 3b – 5b

## Методика Сбора Требований

### Входная Информация для Проектирования

* Итоговые функциональные и технические требования
* Структурная схема без подсистемы питания

### Детализованный Рабочий Процесс:

* Выбор решений
* Выбор компонентов
* Разработка функциональной схемы
* Проверочный расчёт
* Разработка принципиальной схемы
* Статическое моделирование схемы
* Динамическое моделирование схемы
* Конструирование платы
* Компоновка и трассировка платы
* Анализ целостности сигналов
* Анализ плотности токов
* Тепловое моделирование платы

### Предполагаемые Условия и Ветвления в Рабочем Процессе

* Условие – выполнение требований
* Ветвление – выбор решений
* Ветвление – выбор компонентов
* Условие – проверочный расчёт
* Условие – статическое моделирование
* Условие – динамическое моделирование
* Условие – целостность сигналов
* Условие – моделирование плотности тока
* Условие – тепловое моделирование

## Собранные Требования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ключ** | **Категория** | **Этап** | **Действия** | **Требования** |
|  |  | Выбор решений | Процедура выполняется для каждого **блока структурной схемы**.  Создаётся текстовый документ, описывающий его системное проектирование. Подбираются варианты схемотехнических решений для **блока** – либо выбираются из существующих в **библиотеке**, либо придумываются новые. В документе проектирования **блока** создаётся таблица выбора, в которую включаются все предусматриваемые возможные варианты решений и все подразумеваемые критерии выбора.  Для получения дополнительной информации, для каждого из предложенных решений производится выбор компонентов (ветвление в последовательности проектирования).  После получения всей необходимой информации принимается решение, о том, какое именно схемотехническое решение будет использовано для реализации данного **блока**, об этом ставится яркая пометка в документе системного проектирования **блока**. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Выбор компонентов | Процедура выполняется для каждого схемотехнического решения, подбираемого для того или иного **блока структурной схемы**.  Подбираются варианты базовых, основных компонентов для схемотехнического решения – либо выбираются из существующих в **библиотеке**, либо придумываются новые. В документе проектирования **блока** для каждого типа базового компонента (каждой роли в решении) создаётся таблица выбора, в которую включаются все предусматриваемые возможные варианты конкретных компонентов для каждой роли компонента в решении и все подразумеваемые критерии выбора.  Для получения дополнительной информации, для каждого из предложенных вариантов базовых компонентов производится проверочный расчёт системного проекта платы.  После получения всей необходимой информации принимается решение, о том, какой именно компонент будет использован в данной роли в данном схемотехническом решении. Об этом ставится яркая пометка в документе системного проектирования **блока**. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Разработка функциональной схемы | На основе структурной схемы платы рисуется функциональная схема платы. **Блоки** раскрываются в функциональные **схемы** решений (узлов) с подписями основных базовых компонентов, абстрактные **соединения блоков** раскрываются в конкретные соединения с типами, диапазонами и наборами сигналов. **Соединения** детализируются настолько, насколько это позволяет информация о выбранных компонентах.  Производится формальная **верификация** функциональной схемы – проверка отсутствия смешения сигналов разного типа (силовых, высоковольтных, цифровых, импульсных, аналоговых, проводных интерфейсов разного типа), проверка согласованности направлений **соединений** и **точек подключения** на **блоках**, проверка допустимости множественных или отсутствующих подключений. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Проверочный расчёт | Создаётся отдельный файл для описания процедуры проверочного расчёта системного проекта платы.  В этом файле с помощью интерактивных формул рассчитываются итоговые токи потребления для каждого источника и входа питания и выделение тепла от каждого силового компонента. Каждая **формула** индексируется и дополняется комментарием.  Также производится подсчёт затраченных функций каждого сложного многофункционального компонента (например микроконтроллера) и подсчёт использованных выводов внешних разъёмов. Для силовых выводов рассчитывается значение тока на каждый вывод.  Все эти рассчитанные величины сравниваются с допустимыми, взятыми либо из параметров компонентов, либо из требований к плате. Сравнение производится с помощью интерактивных формул.  Каждая формула дополняется подписью с расшифровкой величин и нумеруется.  В документе ставится яркая пометка о том, пройден ли проверочный расчёт – находятся ли рассчитанные характеристики в требуемых диапазонах. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Разработка принципиальной схемы | На основе функциональной **схемы** платы рисуется принципиальная **схема** платы. Функциональные **схемы** решений (узлов) заменяются конкретными компонентами со всей необходимой обвязкой, групповые **соединения** функциональных схем заменяются индивидуальными **соединениями** между конкретными выводами компонентов.  Производится формальная **верификация** принципиальной схемы – проверка отсутствия смешения сигналов разного типа (силовых, высоковольтных, цифровых, импульсных, аналоговых, разных по функциональному назначению сигналов проводных интерфейсов разного типа), проверка согласованности направлений соединений и точек подключения на блоках, проверка допустимости множественных или отсутствующих подключений. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Статическое моделирование схемы | На основе требований и общих соображений составляется перечень параметров платы, которые необходимо оценить путём статического моделирования.  На основе принципиальной схемы формируется модель |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Статическое моделирование схемы   * Динамическое моделирование схемы * Конструирование платы * Компоновка и трассировка платы * Анализ целостности сигналов * Анализ плотности токов * Тепловое моделирование платы |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| **HL.PS-041** |  | Моделирование теплового поля подсистемы | В файл платы с полностью определённой топологией, расположением источников питания, потребителей и внешних разъёмов, а также определённым стеком слоёв, добавляется информация о тепловом окружении – внешних источниках тепла, базовой температуре окружающей среды и её теплопроводности (теплоотводах, корпусных деталях, вентиляционных отверстиях и т. п.). Компоненты подсистемы питания (источники и потребители) должны иметь тепловую модель. Также где-либо в проектной документации добавляется проверка условий – значения тепловых полей (температура, выделяемая тепловая мощность и её плотность), сравниваются с допустимыми условиями, скопированными из требований к подсистеме, либо заданным вручную непосредственно перед моделированием.  Производится симуляция трёхмерных полей потенциалов (анализ целостности) в цепях питания по постоянному току.  В документе ставится яркая пометка о том, прошла ли подсистема проверочный расчёт – находятся ли рассчитанные характеристики в требуемых диапазонах. | Если заданы требования по допустимому выделению тепла или допустимому перегреву или температуре в комплексе с данными о внешней среде (теплоотводы, замкнутый объём, корпусные детали, вентиляция) должна быть возможность провести статическое моделирование теплового поля, выделяющегося от источников питания и потребителей |
| **HL.PS-042** |  | Для файла платы нужно создать соответствующий ему расширенный файл модели платы, в котором кроме информации о топологии, компонентах и их параметрах будут также данные о тепловых условиях работы и объектах теплового окружения (корпуса, вентиляционные отверстия, теплоотводы) |
| **HL.PS-043** |  | Можно добавить в плату проверщик условий – чтобы полученные при статическом моделировании теплового поля значения тепловых величин сравнивались с допустимыми (по библиотечным данным компонентов) или с заданными (по требованиям или каким-то иным проектным данным) |

# Проект №3: Многоплатное устройство в корпусе

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Этап** | **Шаг** | **Категория** | **Требования** |
|  |  |  |  |

# Проект №4: Многоуровневая система вплоть до принципиальных схем

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Этап** | **Шаг** | **Категория** | **Требования** |
|  |  |  |  |

# Проект №5: Одноплатное устройство в корпусе с DFMEA

От требований до сборочной документации

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Этап** | **Шаг** | **Категория** | **Требования** |
|  |  |  |  |

# Проект №6: Электрика в квартире

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Этап** | **Шаг** | **Категория** | **Требования** |
|  |  |  |  |