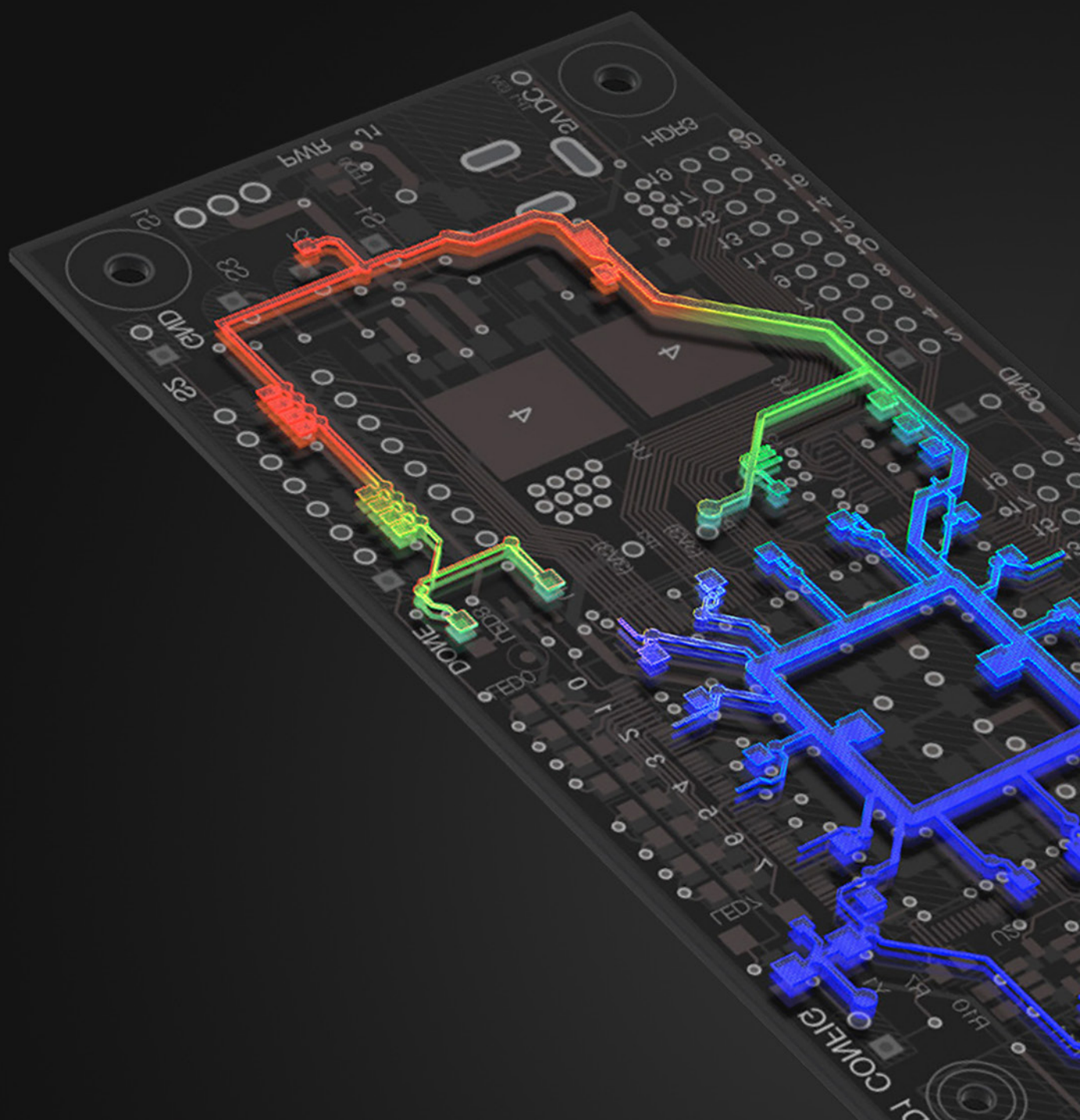
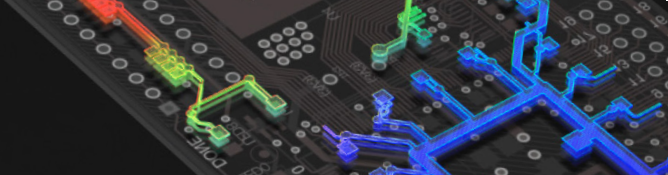


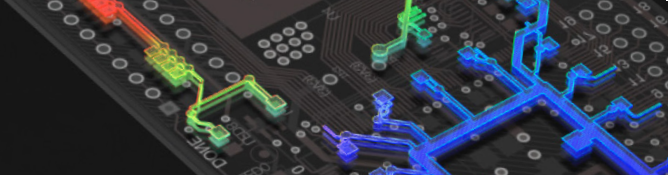
**Altium**<sup>®</sup>

# Начало работы с PDN Analyzer





<b>НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER</b>	3
<b>ВВЕДЕНИЕ В ИНТЕРФЕЙС PDN ANALYZER</b>	3
<b>УСТАНОВКА И ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ</b>	6
Установка	6
Лицензирование	7
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ И ДЕМОНСТРАЦИЯ</b>	8
Предварительная идентификация цепей постоянного тока	8
Настройки моделирования	10
Определение проводимости металла	10
Толщина стенок переходов	11
Настройки ограничений	11
<b>ПРИМЕР 1 – ПРОСТОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПО ЦЕПИ ПИТАНИЯ 5V</b>	12
Настройка полной цепи постоянного тока	12
<b>ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b>	16
Отображение падения напряжения	16
Отображение плотности тока	17
Визуальный анализ возвратных токов	18
Представление моделей сложных нагрузок	19
<b>ПРИМЕР 2 – ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ</b>	23
Настройка цепей постоянного тока	23
Расширение полной цепи последовательными элементами	23
Включение модели регулятора напряжения	27
Одновременный анализ нескольких полных цепей	30
<b>ПРИМЕР 3 – АНАЛИЗ ПРЕДЕЛОВ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕСКОЛЬКИХ ПОЛНЫХ ЦЕПЕЙ</b>	35
Анализ отказов моделирования	35
Другие нарушения	37
Изменение и повторный анализ проекта	38
Идентификации точек повышенного внимания для анализа целостности питания	38
Highlight Peak Values — Подсвечивать пиковые значения	38
Current Directional Arrows — Стрелки движения токов	39
Пробы данных и захват изображений	41
Контур напряжения	42
Аналитический отчёт	42
Пакетный анализ конфигурации	45
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	46



## НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

Система распределения питания (PDN) работает как кровеносная система конструкции платы. Вы хотите обнаружить осложнения прежде, чем они станут настоящими проблемами. Вместо того, чтобы обнаруживать проблемы системы распределения питания на физических прототипах после этапа проектирования, нужен способ точно определять и решать проблемы PDN во время разработки, а не после нее. С **PDN Analyzer на основе технологии CST® в Altium Designer®** мы сделали анализ системы распределения питания доступным и интуитивно понятным процессом для каждого разработчика печатных плат, независимо от уровня его опыта. В этом демонстрационном руководстве мы проведем вас шаг за шагом через начальную настройку **PDN Analyzer**, так что вы сможете чувствовать себя комфортно, оптимизируя систему распределения питания во время разработки, даже не полагаясь на физический прототип.

**PDN Analyzer** предоставляет следующие преимущества для процесса проектирования:

### Визуальный анализ питания

- Легко идентифицируйте и решайте проблемы избыточных падения напряжения и плотности тока в процессе конструирования печатной платы даже без большого стажа.

### Единая среда проектирования и анализа

- Анализ - изменение - анализ – легко объедините анализ с потоком работ без его прерывания.

### Одновременная имитация нескольких цепей питания

- Вычисляйте взаимодействие цепей подачи питания и возвратных цепей с применением действительных **моделей вторичных источников питания**, что не сможет обеспечить простая пакетная имитация.

### Конфигурируемые HTML отчёты

- Обеспечьте запись результатов выполненной имитации, включая сортируемые таблицы с запасами для напряжений и токов, данными потребления мощности и пользовательскими изображениями.

### Надёжность продукта по меньшей цене

- Убедитесь в правильной работе каждого конкретного вторичного источника в проекте согласно требованиям к целевому уровню выходного напряжения, стабильности напряжения и отсутствию условий перегрева/повреждения трасс цепей без существенных затрат.

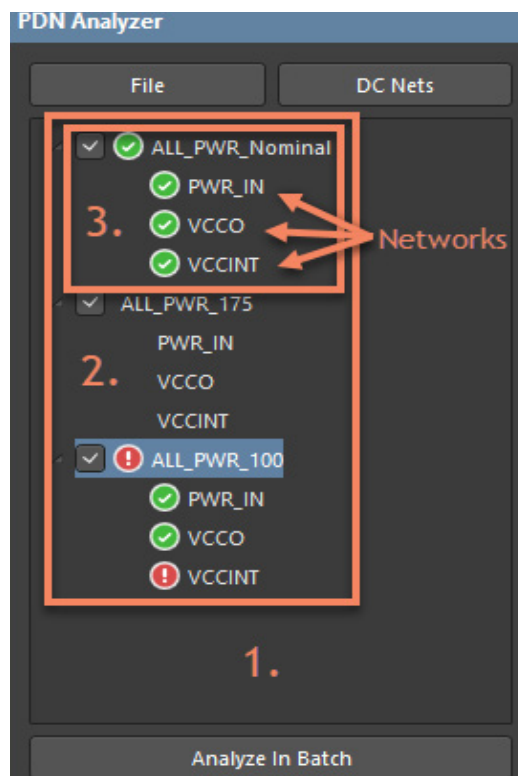
### Улучшенная разметка печатной платы

- Примените информацию к проекту для того, чтобы более эффективно использовать пространство на плате и легко идентифицируйте, обнаружьте, скорректируйте и создайте отчёт о проблемах избыточных падения напряжения и плотности тока.

## ВВЕДЕНИЕ В ИНТЕРФЕЙС PDN ANALYZER

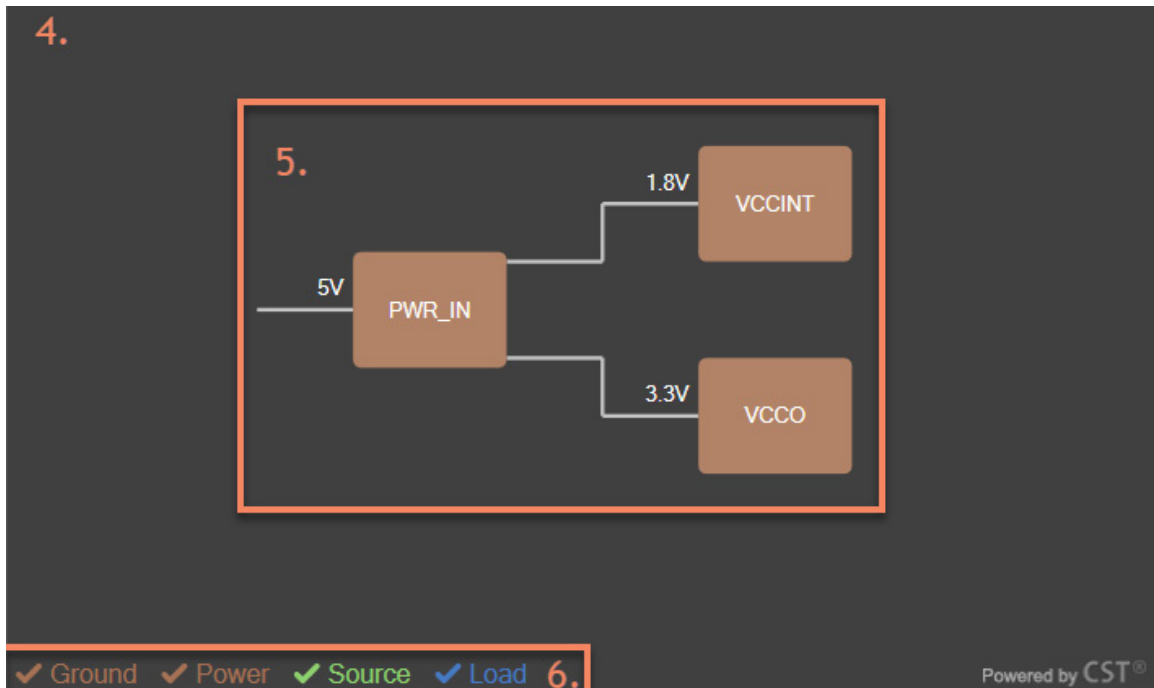
Интерфейс дополнительного программного модуля **PDN Analyzer** вызывается как немодальная панель **Altium Designer**, которую можно расположить в любом удобном месте рабочей области или на другом экране. **Графический интерфейс PDN Analyzer** содержит верхний раздел, посвященный управлению моделью системы питания и интерактивного представления выбранных в настоящее время цепей питания, в то время как нижняя часть панели предоставляет доступ к параметрам анализа, настройкам отображения и данным результатов. Одновременное моделирование нескольких цепей питания позволяет анализировать целостность мощности постоянного тока (DC) всей конструкции печатной платы как иерархическую структуру или как отдельные электрические цепи. Конфигурации отображения и результатов доступны в нижней части панели. Вот некоторые определения важной терминологии, используемой в руководстве.

- **Цепь (Net):** электрическое соединение между двумя и более выводами в проекте.
- **Источник (Source):** компонент или схема, которая обуславливает питание остальную часть определённой схемы.
- **Нагрузка (Load):** компонент или схема, которая потребляет электрическую энергию при работе.
- **Полная цепь (Network):** совокупность цепей питания или базовых цепей, содержащая не менее одного источника и не менее одной нагрузки, соединённых для целей моделирования.
- **Общая цепь питания (Rail):** совокупность цепей питания или базовых цепей в полной цепи. Общая цепь питания всегда отображается наверху полной цепи, независимо от полярности.
- **Конфигурация (Configuration, "config"):** совокупность одной или нескольких полных цепей, моделируемых одновременно.
  - **Файл конфигурации (Config file):** Конфигурация, сохранённая в отдельном файле с расширением **"\*.pdna"**.
- **Одновременное моделирование нескольких полных цепей (Simultaneous multi-network simulation):** совместное моделирование всех полных цепей в конфигурации, включая их взаимодействие. Выполняется автоматически.
- **Пакетное моделирование (Batch simulation):** последовательное моделирование двух и более конфигураций в дереве моделирования.



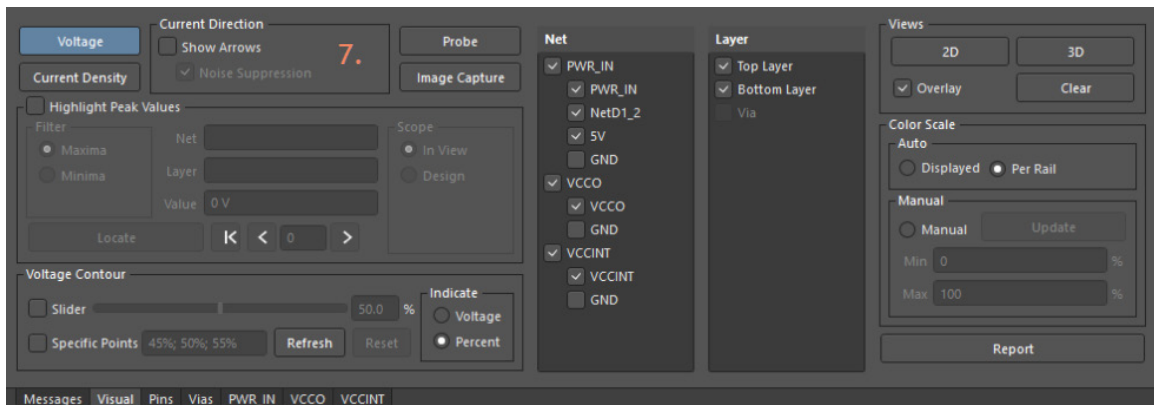
Панель моделирования

1. **Панель моделирования:** панель в верхней левой области, используемая для управления конфигурациями полных цепей.
2. **Дерево моделирования:** совокупность конфигураций в панели моделирования.
3. **Моделирование:** конфигурация в дереве моделирования.



Контур полной цепи

4. **Контур полной цепи:** область в верхней правой части панели PDN Analyzer.
5. **Блок-схема:** автоматически создаваемый вид верхнего уровня конфигурации.
6. **Индикатор готовности моделирования:** цветная легенда в нижней левой части контура полной цепи.



Панель результатов

7. **Панель результатов:** нижняя часть панели PDN Analyzer.

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

Ниже дан описательный обзор настроек, которые можно увидеть в интерфейсе **PDN Analyzer**. Измените размер интерфейсной панели, если один из этих элементов не отображен. Элементы с приглушенным фоном и приглушенным текстом пока не доступны для редактирования – необходимо предоставить другую информацию, прежде чем они будут доступны для редактирования. Элементы, которые выделены жирным шрифтом и имеют четкий текст, можно редактировать по мере необходимости.

- **File** содержит основные файловые операции и управление расположением.
  - **New Simulation** создаёт новую полную цепь, которая может быть отредактирована при необходимости.
  - **Open** позволяет загрузить конфигурацию **PDN Analyzer**, которая ранее была сохранена.
  - **Save** позволяет сохранить конфигурацию **PDN Analyzer**.
  - **Save as** позволяет сохранить конфигурацию **PDN Analyzer** с указанным именем.
  - **Explore** открывает окно Проводника Windows с расположением исходного файла проекта.
  - **Explore Samples** открывает окно Проводника Windows с проектом-примером **PDN Analyzer**, выполненным на основе SpiritLevel-SL1.
  - **Compact Layout** изменяет расположение панели для возможности ее закрепления.
- **DC nets** открывает диалоговое окно **PDN Analyzer DC Nets Identification**.
- **Analyze** вверху слева активно только когда указаны все требуемые параметры.

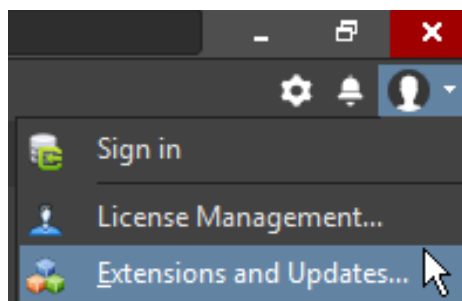
## УСТАНОВКА И ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ

Приложение **PDN Analyzer** добавляется в **Altium Designer** при установке дополнительного программного модуля **PDN Analyzer**. Его функционирование становится доступным после подключения соответствующей лицензии программного обеспечения.

### Установка


Установка и обновление **PDN Analyzer** осуществляется на странице **Extensions&Updates**.

1. Откройте выпадающее меню **User**, расположенное в верхней правой части **интерфейса пользователя Altium Designer**.



*Доступ к странице Extensions&Updates*

2. Выберите **Extensions&Updates....**
3. Выберите вкладку **Purchased**.

4. Найдите иконку **PDN Analyzer** и щёлкните по кнопке  для загрузки и установки модуля.



Иконка **PDN Analyzer**

5. Щёлкните **No** при запросе создания пробной лицензии (Trial License).

6. Перезапустите **Altium Designer** для активации приложения.

Вам может быть предложена временная пробная лицензия **PND Analyzer**. Если вы желаете попробовать **PDN Analyzer** для оценки, следуйте предложенным шагам и подтвердите активацию лицензии в **License Management**. Либо следуйте стандартной схеме лицензирования, как описано ниже.

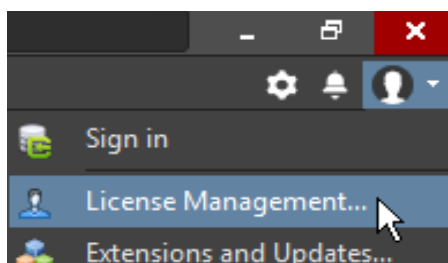
После установки модуль отображается на вкладке **Installed** страницы **Extensions&Updates**. **PDN Analyzer** доступен из меню **Tools**, когда открыт документ печатной платы или электрической схемы. Обратите внимание, что если **PDN Analyzer** не лицензирован, то появится сообщение об ошибке.

## Лицензирование

**PDN Analyzer** может быть лицензирован по стандартным схемам лицензирования **Altium**:

- On-Demand
- Лицензия Standalone
- Private Server

1. Откройте выпадающее меню **User**, расположенное в верхней правой части **интерфейса пользователя Altium Designer**.



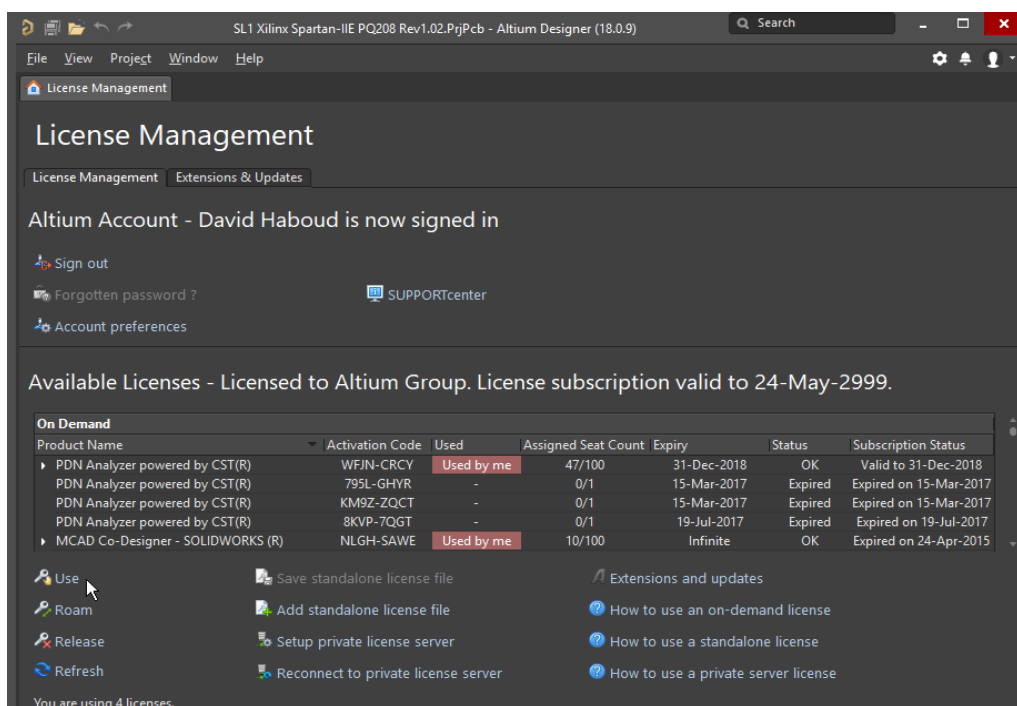
Доступ к странице **License Manager**

2. Выберите **License Management....**

3. Найдите в перечне **Available Licenses** пункт с лицензией **PDN Analyzer powered by CST®**.

4. Выберите необходимый **тип лицензии**.

5. Щёлкните по ссылке **Use** для активации вашей лицензии **PDN Analyzer**.



Страница License Management

Если активировать лицензию, то значение её поля **Assigned Seat Count** увеличится на единицу, а в столбце **Used** появится надпись **Used by me**.

– Смотрите [Система лицензирования Altium Designer](#) для более подробной информации о лицензировании Altium и типах лицензий.

После того как модуль установлен и лицензирован, при доступной для загрузки новой версии модуля на вкладке **Updates** (в **Extensions&Updates...**) появится иконка **PDN Analyzer**. Наведите курсор мыши на иконку кнопки загрузки, чтобы увидеть информацию о версии, или выберите заголовок модуля для получения более подробной информации.

– Смотрите страницу [Расширение функциональных возможностей Altium Designer](#) для более детальной информации об установке и управлении дополнительными программными модулями.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ И ДЕМОНСТРАЦИЯ

Мы будем использовать проект **SpiritLevel-SL1** для трёх примеров в этом руководстве. По умолчанию эти файлы находятся в папке примеров с установленным **Altium Designer**: **C:\Users\Public\Documents\Altium\ADxx\Examples\SpiritLevel-SL1**.

Вы можете загрузить себе архивированную копию файлов из меню **Files >> Explore Samples**.

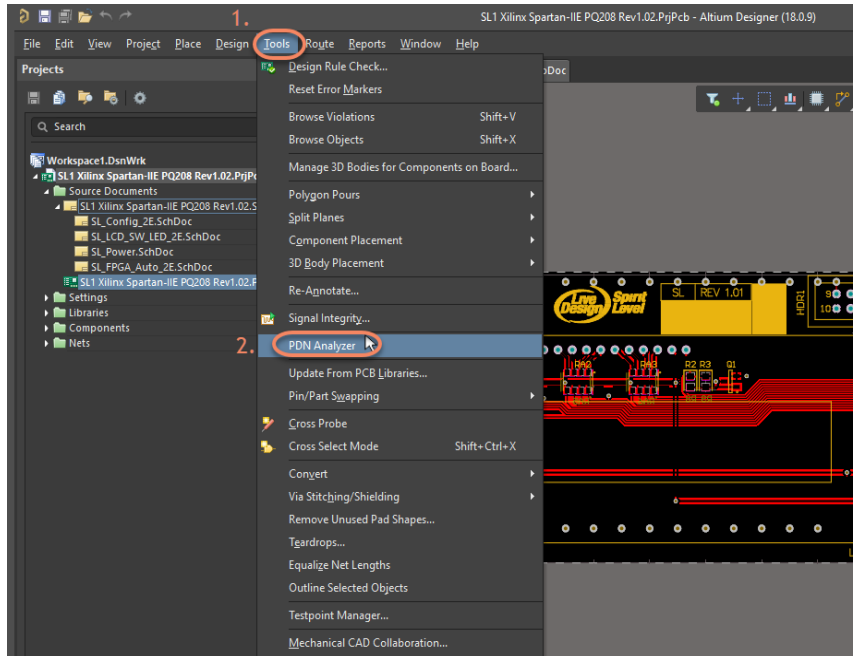
### Предварительная идентификация цепей постоянного тока

Когда происходит первоначальный запуск **PDN Analyzer**, то он пытается идентифицировать все цепи постоянного тока из данных печатной платы исходя из наименования цепей. Правильная идентификация цепей постоянного тока важна для получения более точных результатов моделирования. Первичные цепи постоянного тока уже идентифицированы в проекте-примере для ускорения процесса.



# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

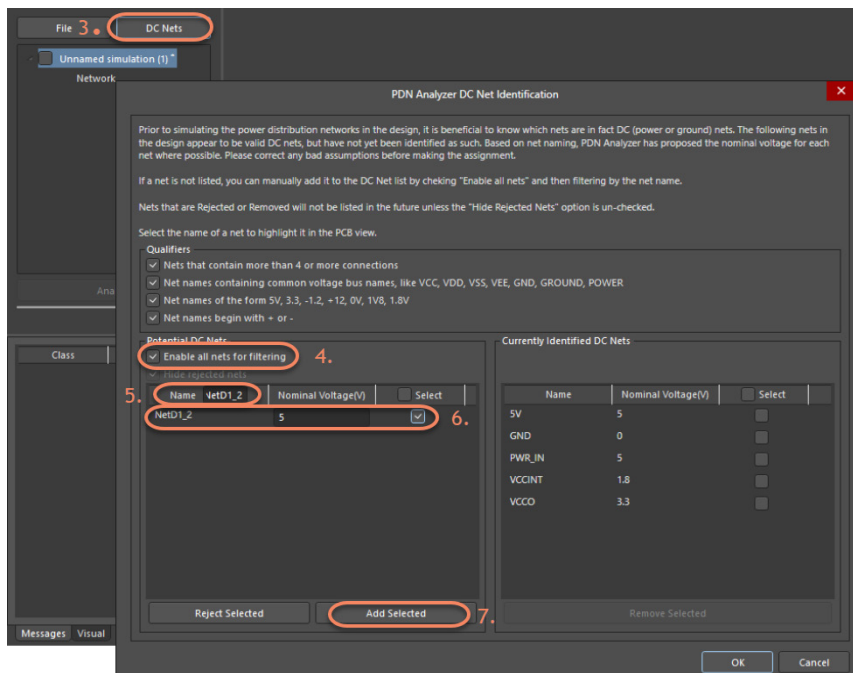
1. Откройте документ платы из проекта **Spirit Level-SL1**.
2. Выберите приложение с помощью **Tools >> PDN Analyzer**.



Запуск PDN Analyzer

3. Щёлкните **DC Nets** для открытия диалогового окна **PDN Analyzer DC Net Identification**.

**Примечание:** Это диалоговое окно будет открыто автоматически при первом запуске **PDN Analyzer** в новом проекте с неопределёнными **цепями постоянного тока**.



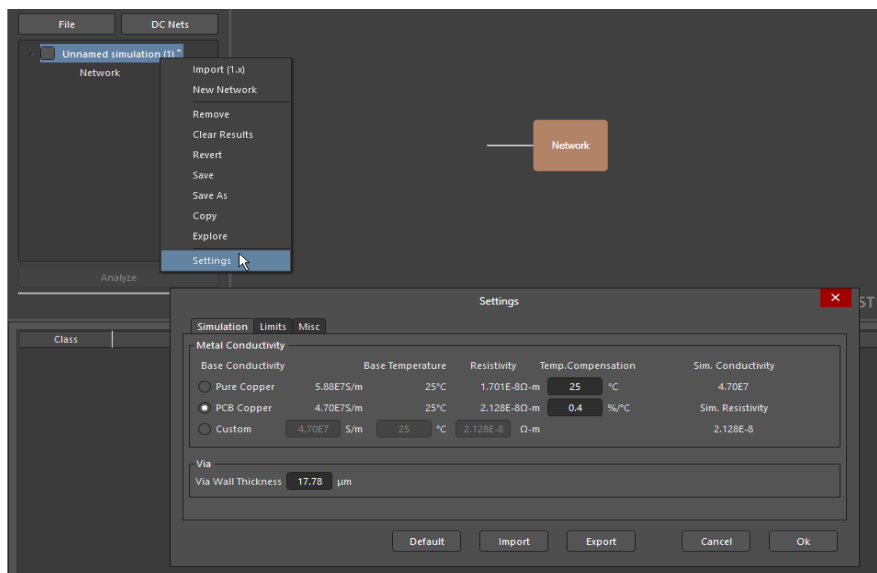
Диалоговое окно PDN Analyzer DC Net Identification

4. Включите параметр **Enable all nets for filtering**, чтобы убедиться, что все потенциальные цепи постоянного тока не были идентифицированы.
5. Введите **NetD1\_2** в заголовке поискового фильтра.
6. Включите флажок **NetD1\_2**, чтобы добавить цепь к предварительно сконфигурированным цепям питания, доступным для анализа цепей питания.
7. Задайте номинальное напряжение (**Nominal Voltage**) для цепи **NetD1\_2**, равное 5 В.
8. Щёлкните кнопку **Add Selected** для заполнения перечня определённых цепей постоянного тока (**Currently Identified DC Nets**).
9. Подтвердите эти цепи как идентифицированные цепи питания щелчком по кнопке **OK**.

**Примечание:** Щелчок по элементу списка в диалоговом окне позволит совершить переход к этой цепи на разметке печатной платы. В дальнейшем цепи могут быть идентифицированы и применены в любое время посредством выбора кнопки **DC Nets** в основном интерфейсе пользователя панели PDN Analyzer.

## Настройки моделирования

10. Результаты анализа, и, в частности, степень ИК потерь в форме платы, также будут зависеть от характеристик *проводимости платы по меди и толщины стенки*. Любые изменения в настройках моделирования требуют повторного анализа для вступления в силу. Обратитесь к [altium.com/documentation/ru](http://altium.com/documentation/ru) для получения дополнительной информации о настройках **моделирования**.
11. Щёлкните правой кнопкой мыши по названию настроек текущего анализа и выберите **Settings** из контекстного меню.



Настройки анализа цепей питания

## Определение проводимости металла

Раздел **Metal Conductivity** данного диалогового окна предоставляет данные и настройку значений *проводимости* (способность металла проводить электрический ток, обратная по величине *сопротивлению*;  $1/R$ ) металла, используемого в проекте. **Базовая удельная электропроводность (Base Conductivity)**, **удельное сопротивление (Resistivity)**, **базовая температура (Base Temperature)**, **температурная компенсация** (модельная температура), и/или **коэффициент температурного сопротивления (Temp compensation**; процентное увеличение сопротивления на градус Цельсия) могут быть выбраны и изменены в диалоговом окне, чтобы отразить конструкционные свойства проекта печатной платы:

- **Pure Copper (чистая медь)** – обычно полагается, что у меди проводимость составляет  $5.88e7S/m$  при  $25^{\circ}C$  с температурным коэффициентом проводимости  $0.4\%/^{\circ}C$ . Этот положительный температурный коэффициент означает, что увеличение настройки Temp. Compensation в этом диалоговом окне с  $25^{\circ}C$  до  $125^{\circ}C$  (дельта  $100^{\circ}C$ ) понизит проводимость на 40%, в этом примере – до  $3.53e7S/m$ .
- **PCB Copper (медь для плат)** – настройка для расчётов по умолчанию, и она отражает значение проводимости, указанные в отраслевой литературе для электроосажденной меди:  $4.7e7S/m$  при  $25^{\circ}C$ , с температурным коэффициентом  $0.4\%/^{\circ}C$ .
- **Custom (пользовательские настройки)** – эта опция позволяет ввести собственные значения проводимости или удельного сопротивления для расчёта.

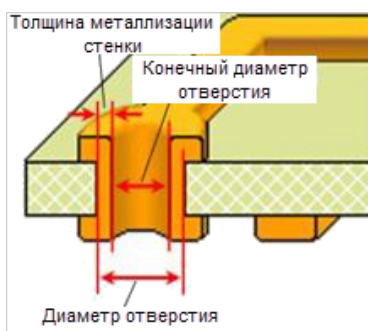
**Примечание:** Показанный на рисунке параметр **Sim Conductivity** показывает значение конечной удельной проводимости после принятия в расчёт параметров температурной компенсации, отнесённых к определённой **базовой удельной проводимости**. **Sim Resistivity** показывает значение, обратное по величине **Sim Conductivity**.

## Толщина стенок переходов

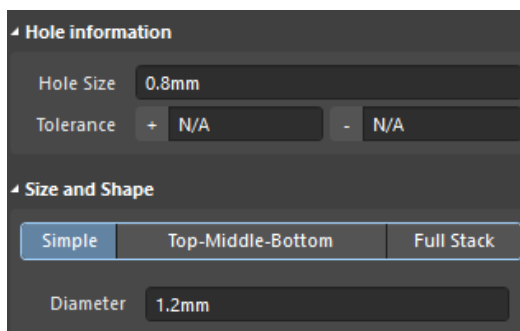
Значение **Via Wall Thickness** указывает толщину **металлизации стенки перехода (для металлизированных отверстий)** для всех переходов учитываемых при моделировании проекта. Эта настройка может заметно повлиять на потери мощности постоянного тока в электросети из-за собственного сопротивления, которое представляет собой **тонкостенная (плакированная)** клемма. Однако при наличии достаточного количества, **размера и толщины** переход (или переходы) не будут препятствовать характеристикам проекта по постоянному току и будут демонстрировать плотность тока, аналогичную силовой трассе, с которой он соединён, и незначительные потери напряжения между точками подключения.

С точки зрения расчёта, размер и толщина стенок переходного отверстия определяют количество проводящего материала и, следовательно, его сопротивление/проводимость. Расчёт предполагает, что диаметр переходного отверстия представляет собой конечный диаметр отверстия, а толщина стенок увеличивает диаметр переходного отверстия. Следовательно:

$$\text{Конечный диаметр отверстия} = \text{Диаметр отверстия} - 2 \times \text{Толщина металлизации стенки}$$



Размеры перехода



Размеры перехода в Altium Designer

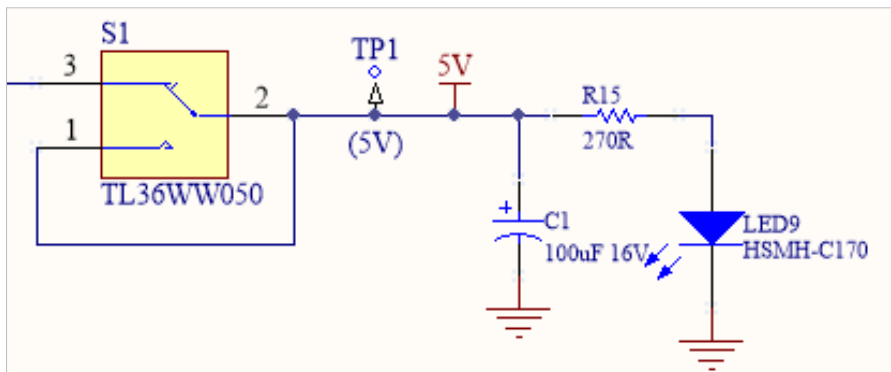
## Настройки ограничений

Определение конкретных ограничений тока и плотности тока приведёт к нарушению при превышении указанных значений. Пределы плотности тока для поверхности / внутренних слоёв и переходных отверстий указываются на вкладке **Limits** в диалоговом окне **Settings**. Указанные ограничения плотности тока будут применяться автоматически к завершённому анализу. Любые цепи, которые содержат нарушения, будут показаны пунктирной красной линией.

Вы можете определить пределы тока по определенной ширине трассы и переходам с помощью формул из IPC-2221. **PDN Analyzer** картографирует соответствующие ограничения тока для всех размеров переходных отверстий в диапазоне от определенного размера **отверстия 1 (Hole size 1)** до **размера отверстия 2 (Hole size 2)**. По умолчанию ограничения не устанавливаются для нового анализа. Демонстрация функциональности наложения ограничений при выполнении анализа показана в Примере 3.

## ПРИМЕР 1 – ПРОСТОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПО ЦЕПИ ПИТАНИЯ 5V

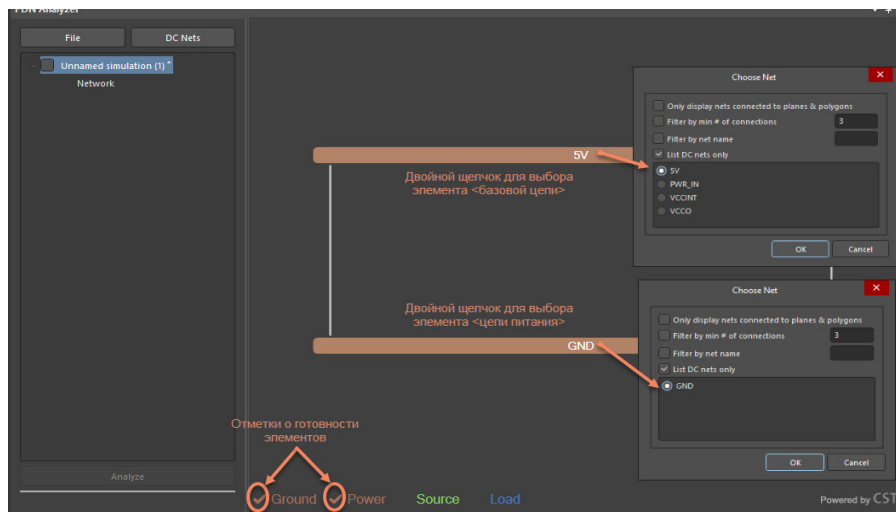
Данный пример демонстрирует основные приёмы настройки расчёта целостности питания на основе простой цепи и её нагрузки. В примере рассматривается настройка анализа распределения цепи питания **5V** и её возвратной цепи в проекте **SpiritLevel-SL1**, с ЖКД в качестве нагрузки. В этом случае, цепь питания **5V** рассматривается как простой источник напряжения, а его связанные полные цепи (например, подключенные через переключатель **S1**) не включены.



Цепь питания 5V

### Настройка полной цепи постоянного тока

1. Дважды щёлкните на элементе **Network** на панели моделирования.
2. Дважды щёлкните на элементе **<цепи питания>** в контуре **полной цепи** (см. рисунок ниже) для открытия диалогового окна **Choose Net** (по умолчанию отображает только цепи, указанные как **цепи постоянного тока**).



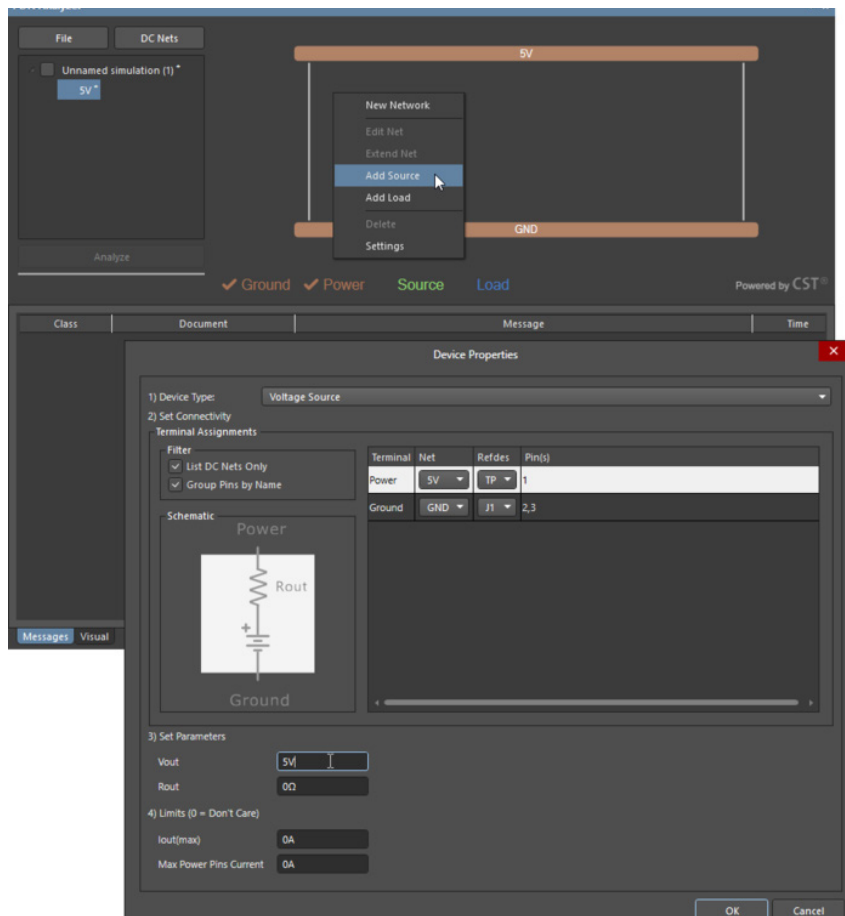
Настройка свойств источника питания

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

3. Выберите **5V** и щёлкните **ОК**.
4. Дважды щёлкните **<базовую цепь>**.
5. Выберите **GND** и щёлкните **ОК**.

**Примечание:** На этом этапе **индикатор готовности к моделированию** для цепи питания (Power) и возвратного тока (Ground) покажет отметку (✓).

6. Добавьте **источник**, щёлкнув правой кнопкой мыши в области графического представления полной цепи и выбрав **добавить источник (Add source)** из контекстного меню, что откроет диалоговое окно **Device Properties (свойства устройства)**.
7. Выберите настройку **Voltage Source** в выпадающем меню диалогового окна **Device Type (тип устройства)**.
8. В перечне соединений источника PDN Analyzer попытается автоматически подставить правильные цепи, основываясь на параметрах полной цепи питания – между цепями 5V и GND.
9. Используйте настройки **Refdes (позиционные обозначения)** в выпадающем меню для указания для компонента выхода **источника питания** как **TP1 (вывод 1)** и входа **возвратной цепи** как **J1 (выводы 2 и 3)**.
10. В нижней части диалогового окна установите значение **выходного напряжения источника (Vout)** в 5 В и **внутреннее сопротивление модели (Rout)** в **0Ω** (единицы измерения допускается не указывать).
11. Щёлкните **ОК**.



Настройка свойств источника питания

12. Добавьте элемент **нагрузки**, щёлкнув правой кнопкой мыши в области графического представления полной цепи и выбрав **добавить нагрузку (Add load)** из контекстного меню, что откроет диалоговое окно **Device Properties (свойства устройства)**.

13. Выберите настройку **IC (current)** в выпадающем меню диалогового окна **Device Type (тип устройства)** для представления потребления тока ЖКД через цепь питания 5V.

**Примечание:** Можно выбрать также чисто резистивную нагрузку, выбрав значение **Resistor (резистор)** в поле **Device Type**.

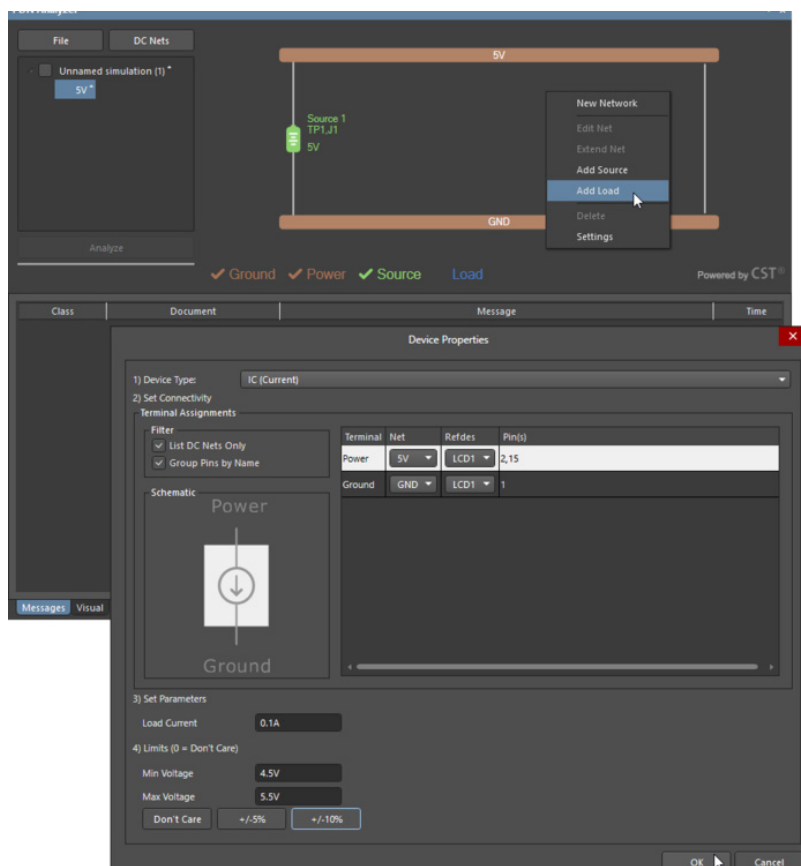
14. Используйте настройки **Refdes (позиционные обозначения)** в выпадающем меню для указания компоненту нагрузки входа питающего тока (Power) как **LCD1** (выводы 2, 15) и выхода возвратной цепи (Ground) как **LCD1** (вывод 1). Установите величину потребляемого тока в поле **Load Current равной 0,1 А**.

**Примечание:** Префиксы единиц измерения распознаются системой, например, значение, введенное как 500m, будет определено как 0,5 А.

15. Настройки **пределов** являются вспомогательными, установите **пределы**, щёлкнув по кнопке **+/-10%**. Это вызовет сообщение о нарушении моделирования, если напряжение на нагрузке упадёт ниже 4,5 В или поднимется выше 5,5 В.

16. Щёлкните по кнопке **ОК**.

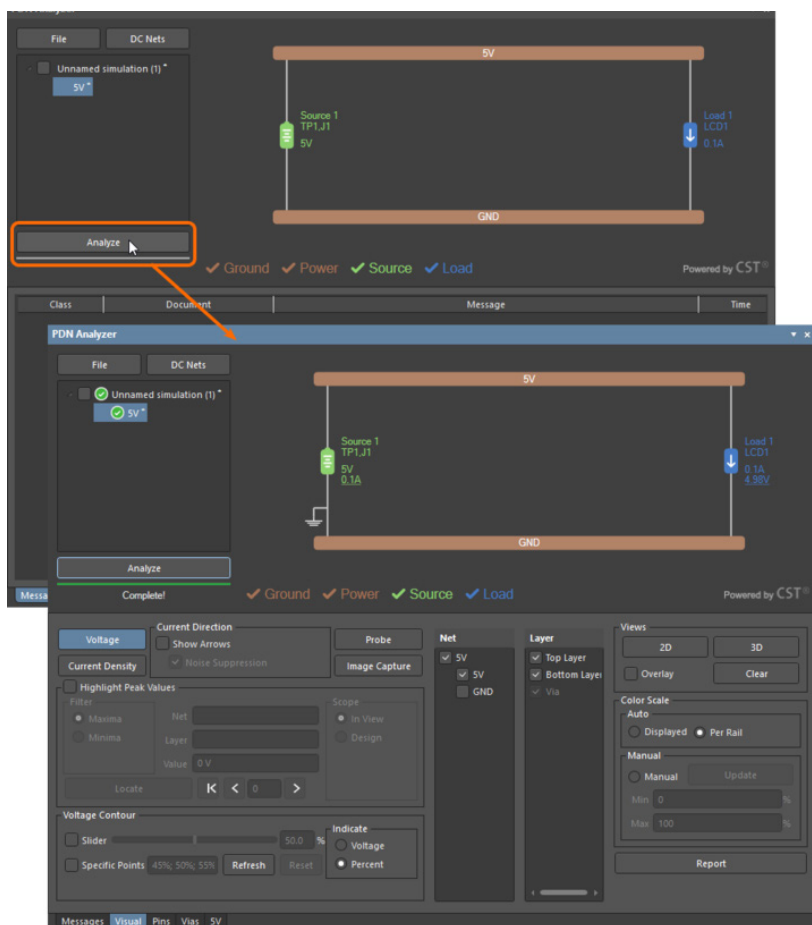
**Примечание:** при полностью определённой полной цепи питания и всех указанных параметрах всех элементов полной цепи индикатор готовности к моделированию должен показывать статус **✓**.



Определение нагрузки

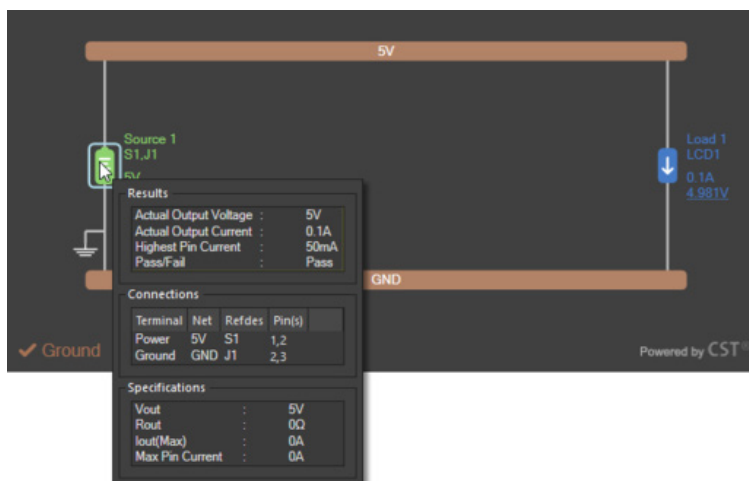
17. Нажмите кнопку **Analyze**

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER



Начало расчёта

Прогресс расчёта будет показан на вкладке **Messages** (Сообщения) как поток событий, который также укажет причину отказа расчёта, если завершить процесс невозможно. Непосредственные результаты анализа цепей питания можно увидеть на графике полной цепи, который будет включать рассчитанные уровни напряжения нагрузки / источника и уровни тока (где это применимо) и выделение любых участков полной цепи, которые вызвали **нарушение** требований параметров. Вкладка **Visual** становится сфокусированной и активной после завершения расчёта. Наведите курсор на любой элемент полной цепи (**нагрузка, источник или последовательный элемент**), чтобы увидеть дополнительную информацию, такую как указанные параметры и результаты анализа.

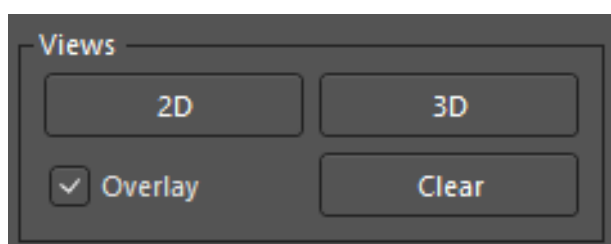


Дополнительная информация об источнике

## ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Результаты расчёта могут быть изображены графически в редакторе печатной платы Altium Designer через вкладку **Visual** окна PDN Analyzer. Вид пути падения напряжения вдоль выбранной цепи, в нашем случае от источника **5V** на **TP1** до компонента **LCD1**, отображен цветным градиентом, соответствующим шкале **напряжения (voltage)**, представленной в нижней части вида. Она отображается в относительных долях напряжения (настройка **Per Rail** под **цветной шкалой**) или в смещённых абсолютных величинах напряжения (настройка **Displayed**).

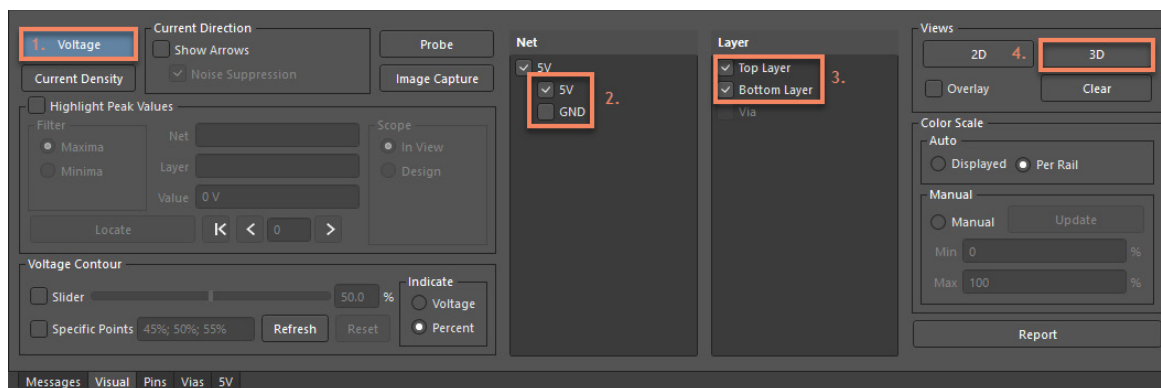
PDN Analyzer предлагает несколько интерактивных настроек отображения, которые определяют графическое представление результатов расчёта в редакторе печатных плат **Altium Designer**. Вместе с настройками отображения цветной шкалы, графика может быть переключена в **2D** или в **3D** режим, где последний обеспечивает объёмный взгляд на результаты расчёта для переходов и между слоями, что невозможно показать в **2D**. Мы исследуем специализированные особенности в Примере 3.



Область Views вкладки Visual

### Отображение падения напряжения

1. Выберите настройку **Voltage** на вкладке **Visual**.

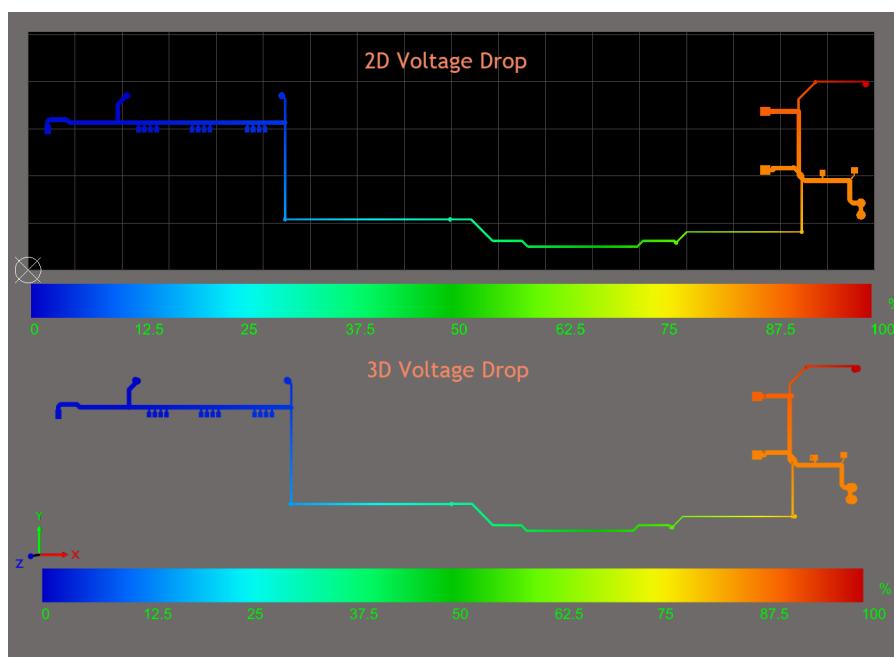


Включение результатов падения напряжения

2. Включите визуальную настройку **5V** в области Net для отображения **падения напряжения (voltage drop)** для полной цепи.
3. Включите слои **Top** и **Bottom**.
4. Щёлкните кнопку **3D** в разделе **Views**.

**Примечание:** Эта настройка может быть полезна для подтверждения местоположения интересующей точки в результатах анализа в конструкции печатной платы.



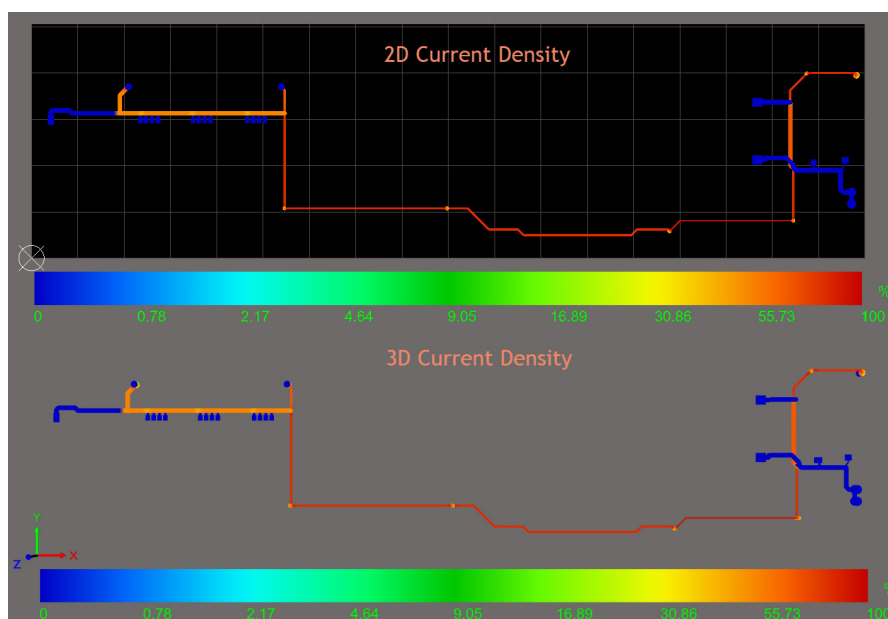


Падение напряжения в 2D и 3D

5. Очистите результаты анализа в редакторе с помощью кнопки **Clear** в разделе **Views** на вкладке **Visual**.

## Отображение плотности тока

1. Выберите настройку **Current Density** (плотность тока) на вкладке **Visual**.
2. Щёлкните кнопку **2D** в разделе **Views**.

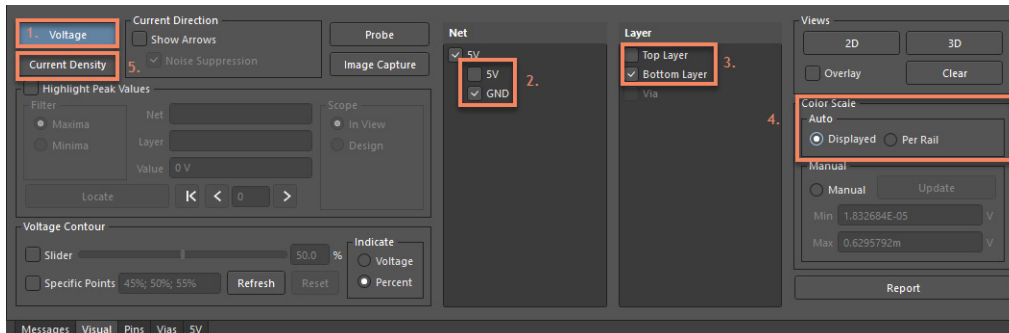


Плотность тока

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

## Визуальный анализ возвратных токов

1. Выберите настройку **Voltage** на вкладке **Visual**.



Настройка анализа путей возвратных токов

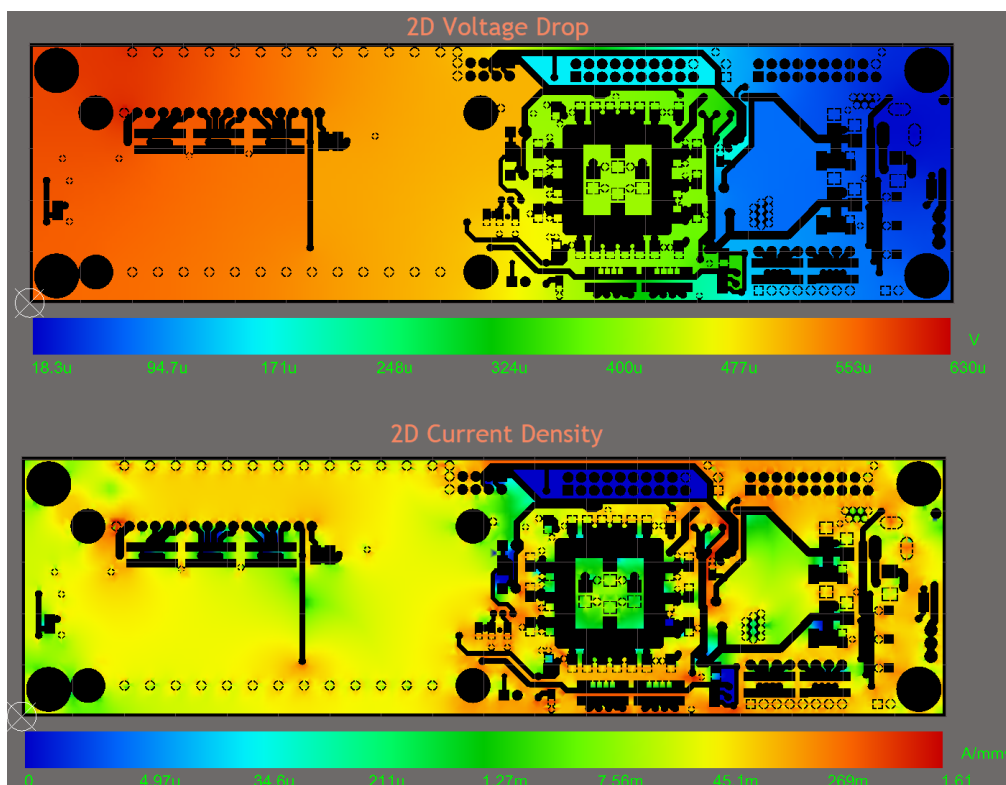
2. Выключите настройку цепи **5V** в перечне **Net** на вкладке **Visual** и выберите цепь **GND**.

3. Включите только слой **Bottom** для цепи **GND**.

4. Установите **Color Scale** в состояние **Displayed**.

5. Переключите вид в режим просмотра плотностей токов (**Current Density**).

**Примечание:** «Горячие» зоны максимумов тока легко идентифицируются по красному цвету.

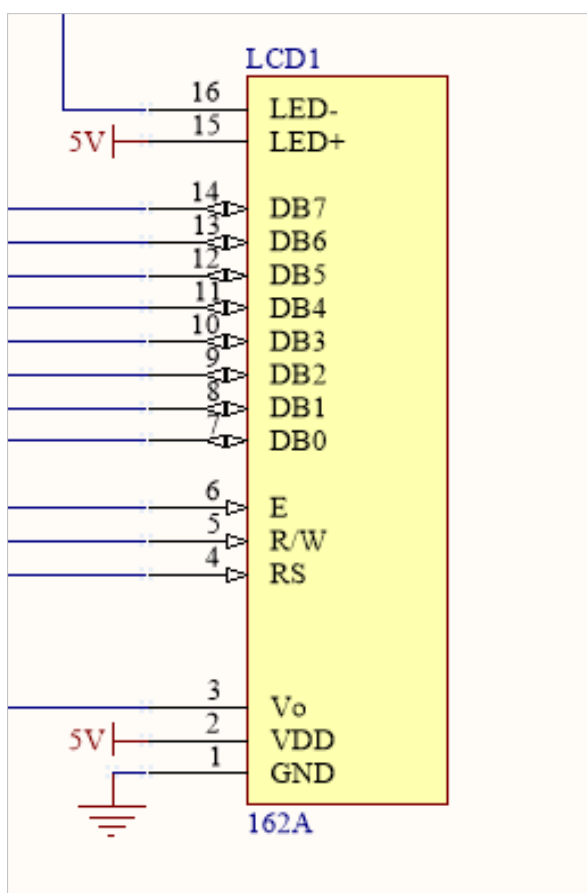


Результаты анализа путей возвратного тока

## Представление моделей сложных нагрузок

При необходимости в полную цепь могут быть добавлены дополнительные нагрузки, и анализ мощности перезапускается для оценки результатов. Например, вы можете добавить небольшой ток нагрузки (**15 мА**), связанный со светодиодом питания и перезапустить анализ. PDN Analyzer позволяет назначать выводы подачи питания нагрузке. Определение штыревых соединений позволяет создавать модели с несколькими нагрузками для однокомпонентного устройства с различным потреблением тока по выводам.

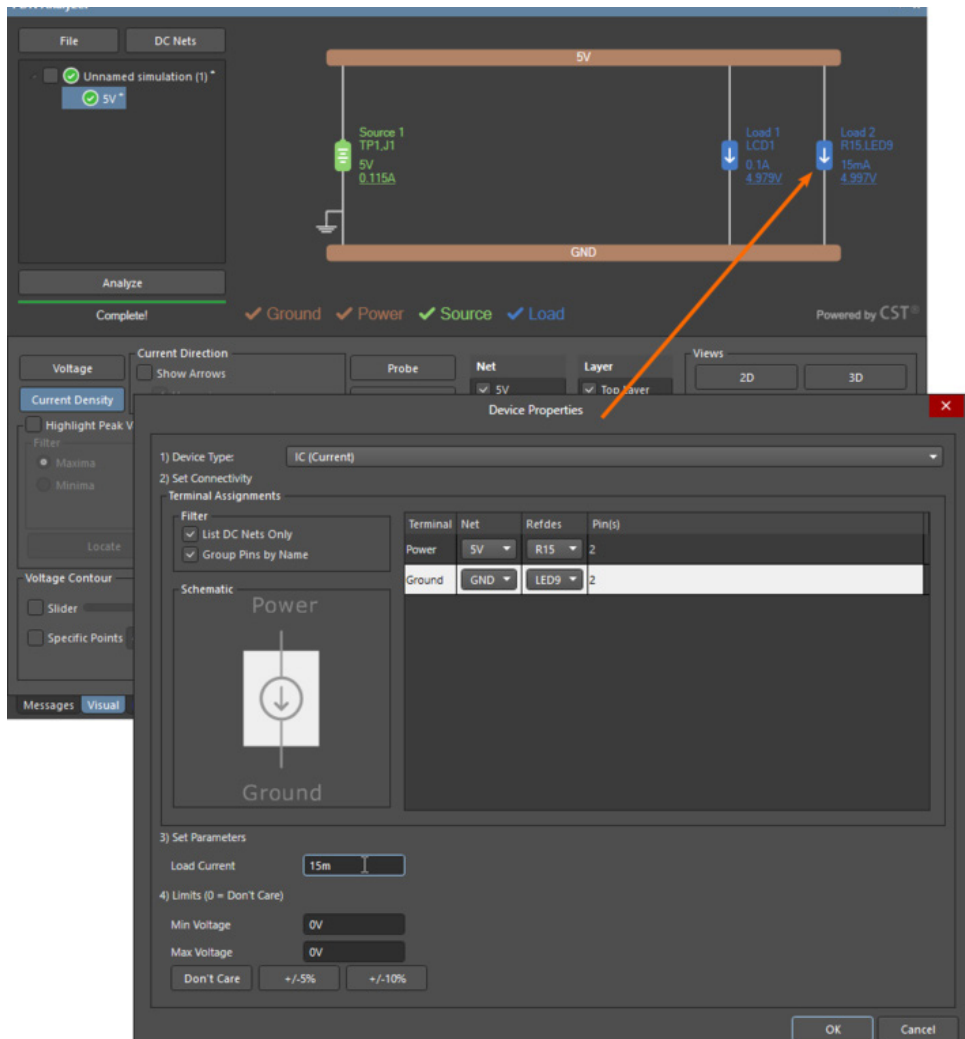
ЖКД в примере демонстрирует эту ситуацию, где соединённый с цепью **5V** вывод 15 (LED+) питает подсветку, в то время как вывод 2 (VDD) питает внутреннюю логику – на практике через вывод 15 будет потребляться гораздо больше тока, чем через вывод 2. Представление модели **LCD1** в виде двух нагрузок увеличивает точность анализа: для обоих выводов питания и ассоциированных с ними токов. Если модель LCD1 добавить как единичную нагрузку, оба вывода **LCD1** назначаются (по умолчанию) как нагрузка для цепи 5V, а анализ цепей питания распределяет ток нагрузки **LCD1** равными долями между выводами.



Условное графическое обозначение LCD1

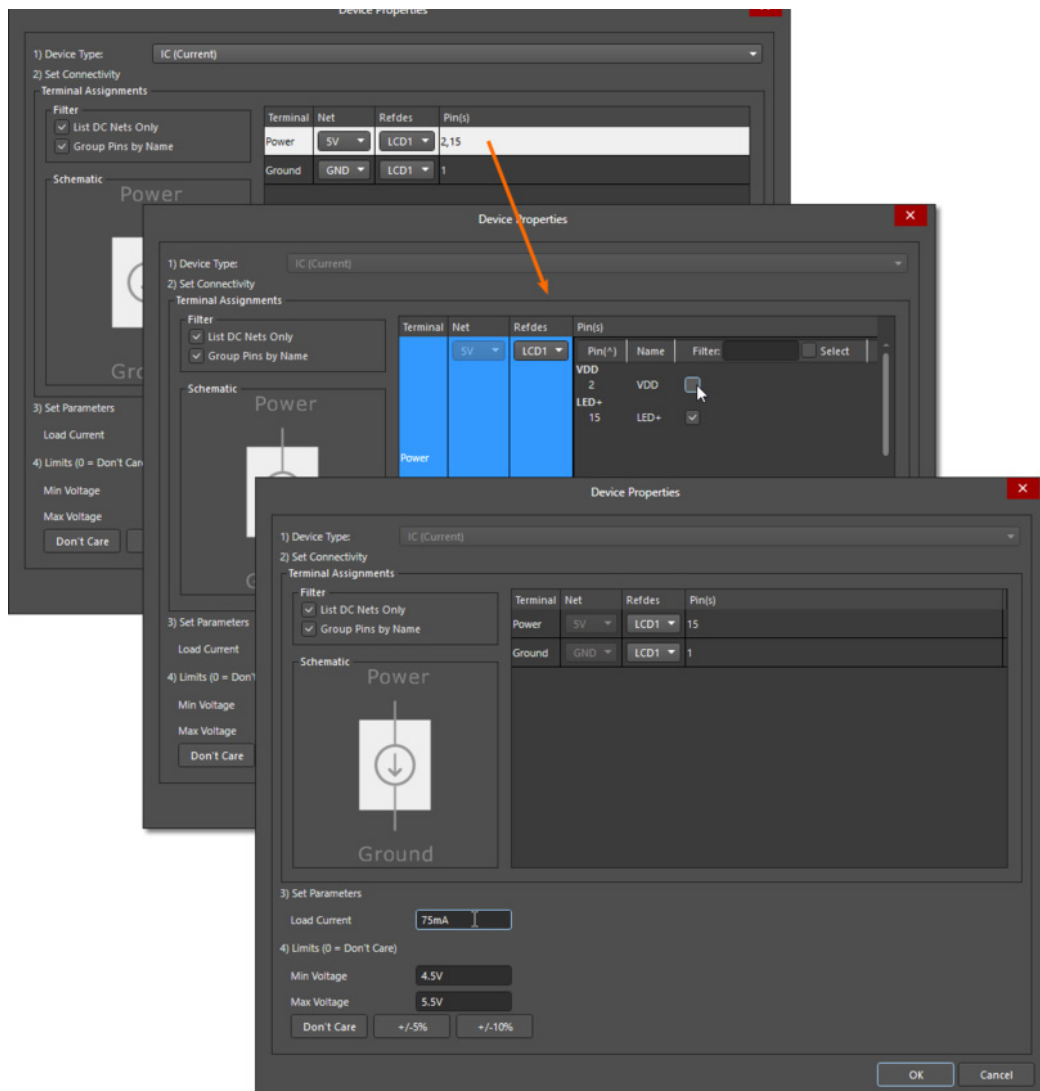
1. Вернитесь к настройке анализа и выберите **Add Load**.
2. Выберите последовательный резистор (**R15**) как соединение с цепью питания **5V** и вывод светодиода (**LED9**) как соединение с **возвратной цепью**.
3. Щёлкните **OK**.

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER



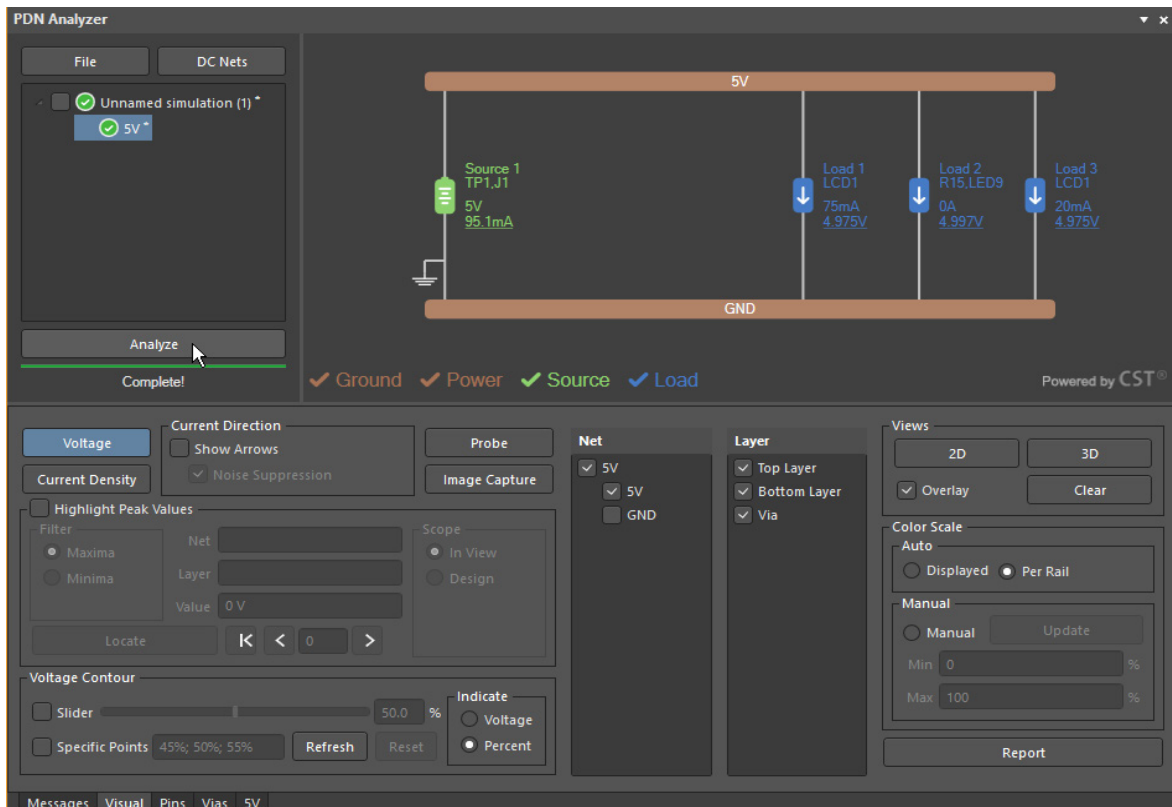
*Добавление нагрузки к существующей полной цепи*

1. Вернитесь к настройке существующей полной цепи и дважды щёлкните по **Load 1, LCD1**.
2. Дважды щёлкните по параметрам выводов цепи питания существующей модели **LCD1**.
3. Отключите настройку **VDD (вывод 2)**.
4. Установите **Load Current** равным **75 mA** (допускается указать в Амперах 0.075).
5. Щёлкните по кнопке **OK**.



Модель нагрузки светодиодов ЖКД

6. Добавьте другую нагрузку для **вывода 2 LCD1**.
7. Используйте настройку **Refdes** выпадающего меню для назначения соединений **LCD1** с цепью **питания (Power)** и **возвратной цепью (GND)**.
8. Дважды щёлкните по параметрам вывода цепи питания существующей модели **LCD1**.
9. Снимите выбор с **LED+** (**вывод 15**).
10. Установите **Load Current** равным **20 мА**.
11. Установите **пределы (Limits)** нажатием на кнопку **+/-10%**.
12. Щёлкните **ОК**.

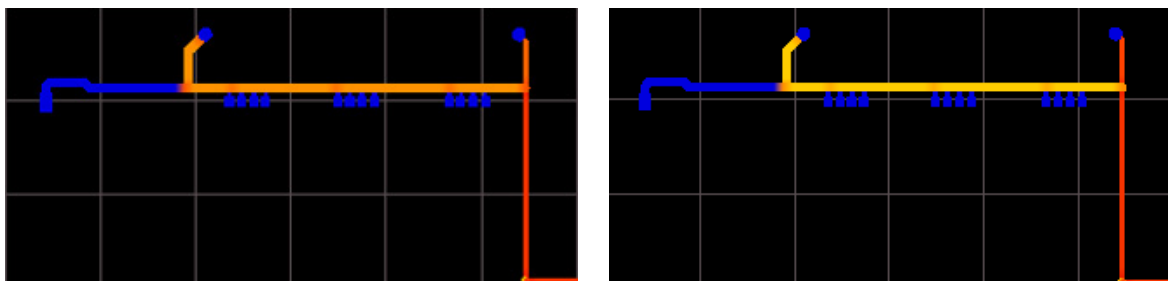


Представление LCD1 двунагрузочной моделью

13. Щёлкните **Analyze**

Разница в распределении нагрузочного тока может быть отображена при сравнении плотности тока трасс полной цепи питания LCD1 для оригинала и добавленного нагрузочного окружения. Рисунок анализа плотности тока ниже показывает оригинальные результаты для одиночной нагрузки LCD1 слева, а обновлённые многонагрузочные результаты справа.

Обратите внимание, что плотность тока в трассах, питающих вывод 2 (контактная площадка слева) и вывод 15. Обновлённая версия корректно показывает величину тока, протекающего через вывод 15 ЖКД (контактная площадка ЖКД справа) по сравнению с тем, как ранее она была распределена между двумя выводами в предыдущем случае (рисунок слева).



Сравнение анализов однонагрузочной и многонагрузочной моделей LCD1

## ПРИМЕР 2 - ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ

Этот пример демонстрирует применение последовательного соединения для цепей, которые должны быть проанализированы вместе, с учётом соединительного элемента между ними. Он также производит обзор добавления элементов моделей регуляторов напряжения (VRM), которые также действуют как электрические и логические связи между полными цепями, а также завершения разработки полной иерархии цепей распределения питания всего проекта.

Пример моделирует полные цепи PWR\_IN и 5V проекта-примера SpiritLevel-SL1 и включает оба регулятора напряжения 3,3 В (VCCO) и 1,8 В (VCCINT) для создания полной структуры цепи распределения питания.

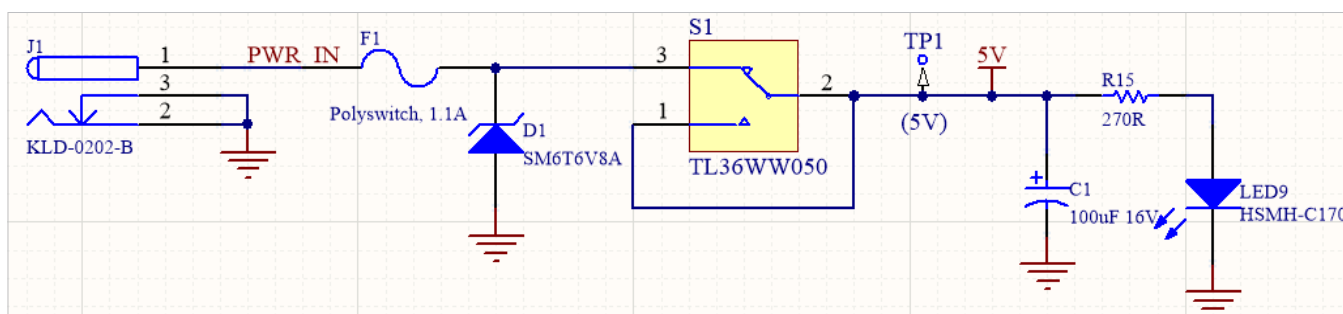


Схема полной цепи питания

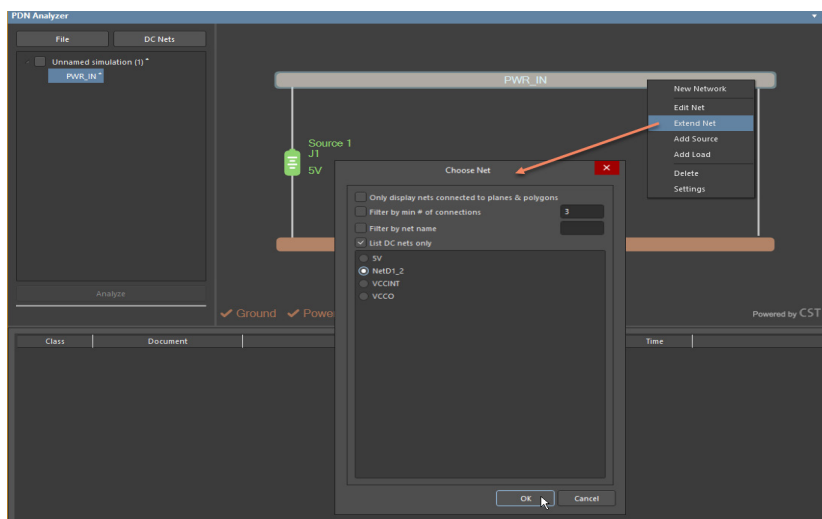
### Настройка цепей постоянного тока

1. Выберите **File >> New Simulation**.
2. Установите **PWR\_IN** для <Power net> и **GND** для <Ground net>.
3. Добавьте **источник** и установите **J1**.

### Расширение полной цепи последовательными элементами

При моделировании полного пути питания от цепи **PWR\_IN** до цепи **5V** необходимо добавить компоненты последовательного предохранителя (**F1**) и коммутатора (**S1**) вместе с их промежуточной цепью. В интерфейсе PDN Analyzer они добавляются путем последовательного расширения полной цепи питания. Каждое «**расширение**» цепи соединяется универсальной последовательной моделью элемента. Последовательный элемент не ограничен одним RefDes для всех выводов. Например, последовательный элемент может быть выполнен для моделирования дросселя или он может охватывать несколько компонентов в случае, если не требуется моделировать часть проекта или если питание остается на печатной плате на одном разъеме и повторно включается на другом.

1. Щёлкните правой кнопкой мыши на полной цепи **PWR\_IN** и выберите настройку **Extend Net** в контекстном меню.
2. Выберите цепь **NetD1\_2** (перемычка **F1** и **вывод 3 S1**, который идентифицирован как **вывод 2** диода **D1**).
3. Щёлкните **OK**. Процесс расширения цепи автоматически добавит последовательный элемент между двумя цепями.



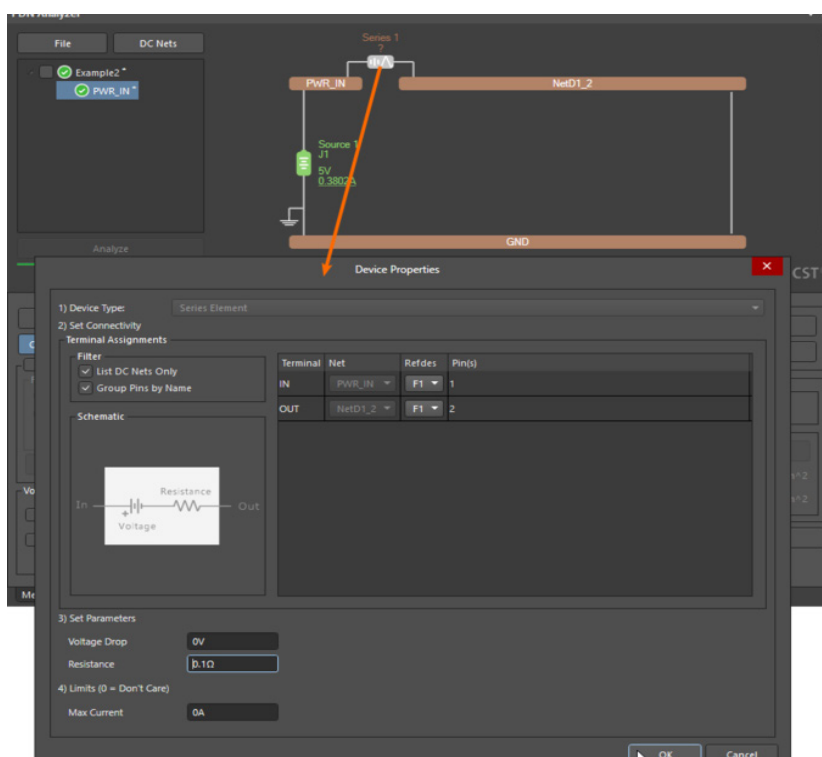
Расширение цепи питания

4. Дважды щёлкните по **последовательному элементу 1** для указания **соединения** и **параметров** в диалоговом окне **Device Properties**.

Модель последовательного элемента состоит из последовательно соединённых источника напряжения и резистора, что позволяет выполнять грубое моделирование таких компонентов как резисторы, дроссели, диоды, переключатели и т.д.

5. Установите терминалы **In** и **Out** и **F1** для **Refdes**.
6. Установите номинальное внутреннее сопротивление равным **0,1 Ом** и щёлкните **OK**.

**Примечание:** если последовательный элемент является полупроводниковым прибором, таким как диод, тогда параметр **Voltage Drop** должен быть указан вместо значения величины внутреннего сопротивления.

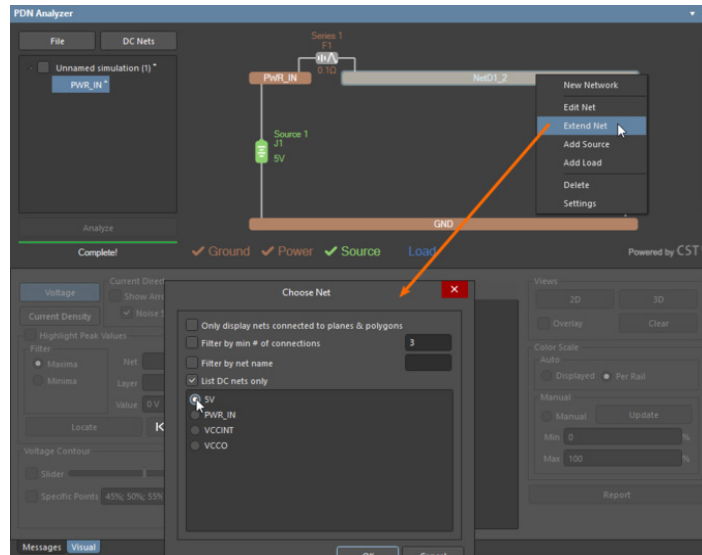


Определение свойств последовательного элемента



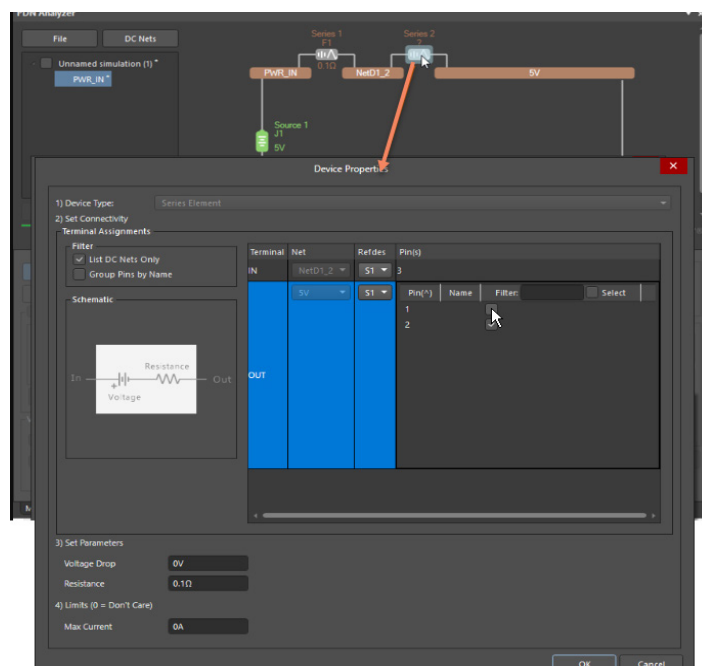
# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

- Щёлкните правой кнопкой мыши по цепи **NetD1\_2** и выберите **Extend Net** из контекстного меню.
- Выберите цепь питания **5V**.



Расширение полной цепи NetD1\_2

- Дважды щёлкните по **последовательному элементу 2**.
- Установите терминалы **In** и **Out** и значение **S1** для **Refdes**.
- Отключите настройку **Group Pins by Name**.
- Уберите **Pin 1**.
- Установите номинальное внутреннее сопротивление равным 0,1 Ом и щёлкните **OK**.

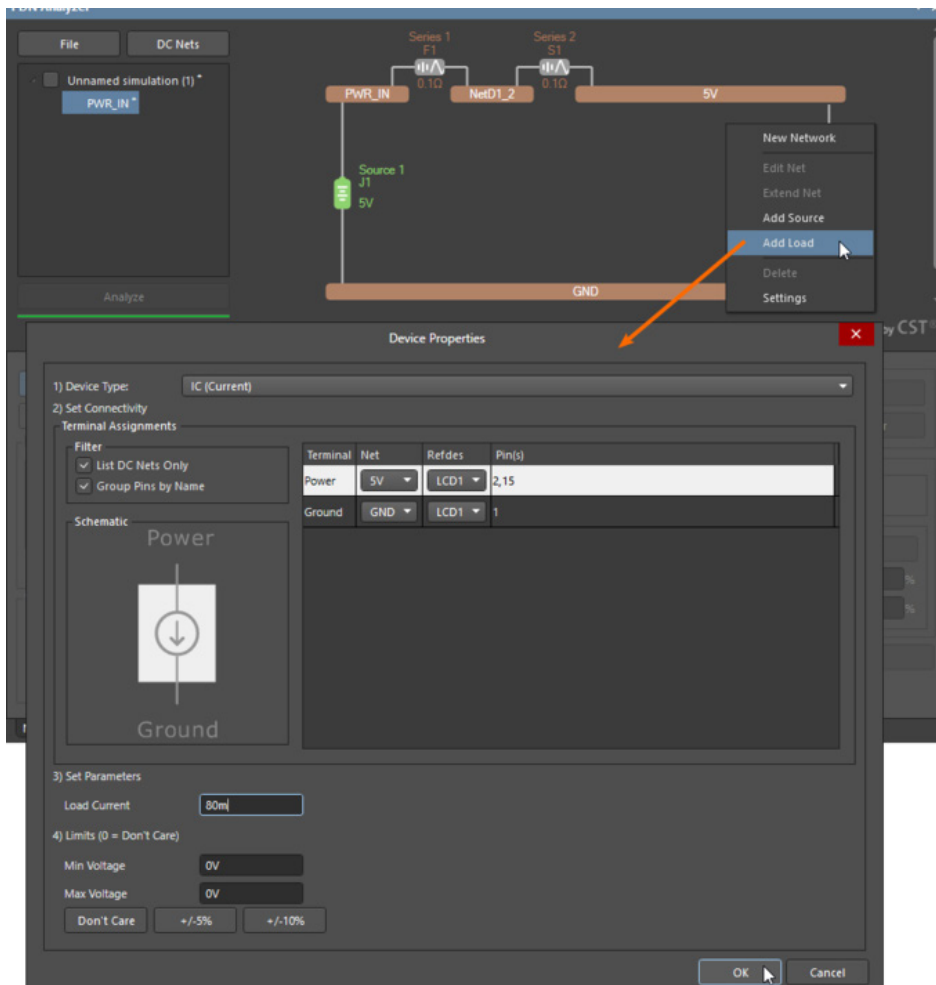


Добавление последовательного элемента 2

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

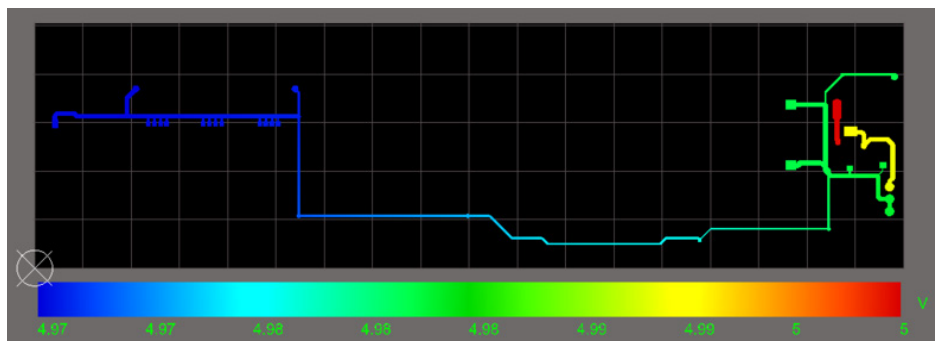
В этом случае добавленным последовательным элементом должен являться **S1**, который соединяет цепь **D1\_2** с выходной цепью **5V** через **выводы 1 и 3**. Поскольку запасной входной переключатель **S1 (контакт 1)** привязан к его выходному соединению (**контакт 2**) и не передает ток нагрузки, **контакт 1** можно удалить из анализа полной цепи.

14. Добавьте **LCD1** в качестве нагрузки для цепи питания **5V**.
15. Установите **Load Current** (ток нагрузки) равным 80 мА и щёлкните **OK**.



Добавление нагрузки LCD1 в цепь питания 5V

16. Запустите анализ.



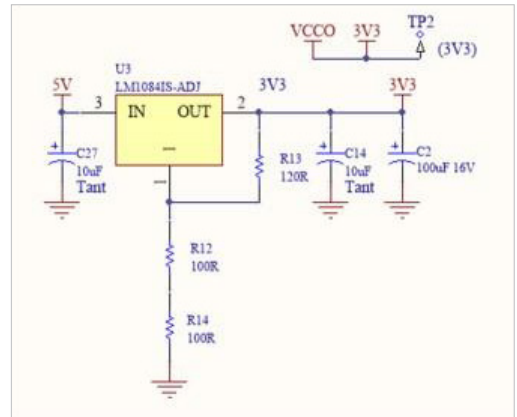
Одновременный анализ нескольких полных цепей

## Включение модели регулятора напряжения

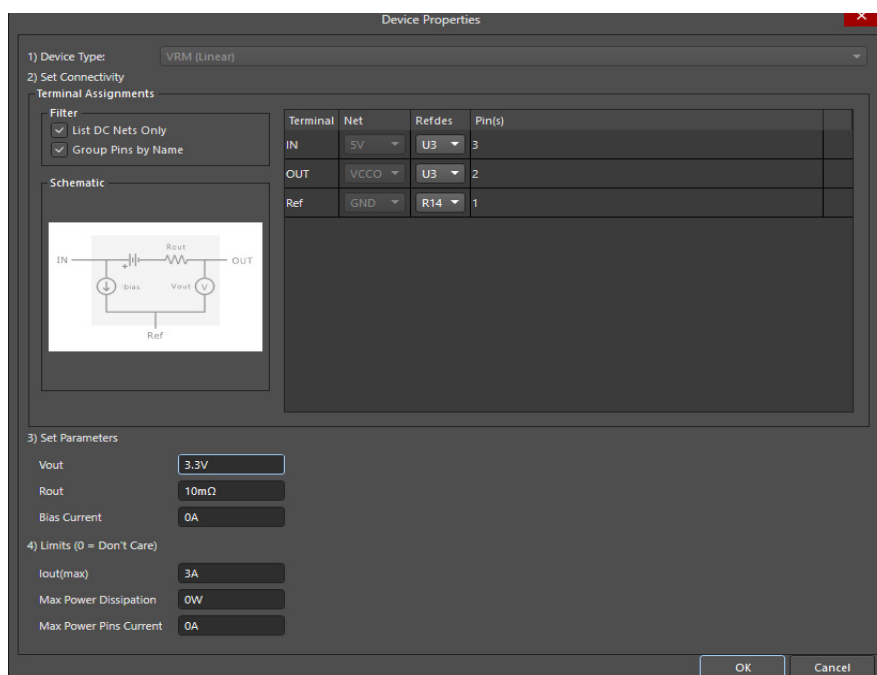
PDN Analyzer предлагает модели активных регуляторов напряжения, которые могут быть вставлены между полными цепями питания с разными напряжениями. При добавлении в полные цепи электропитания PDN Analyzer они проявляют себя как нагрузка в полной цепи входного напряжения и источник в полной цепи выходного напряжения. Варианты моделей включают линейные регуляторы, импульсные регуляторы напряжения и управляемые регуляторы напряжения. Модели регуляторов напряжения являются чрезвычайно мощными в PDN Analyzer, потому что они могут быть определены для нескольких компонентов, моделирующих функцию всей схемы регулятора. Это позволяет легко моделировать сложные и разнообразные конструкции в PDN Analyzer.

Проект-пример SpiritLevel-SL1 включает в себя регуляторы напряжения 3,3 В (VCCO) и 1,8 В (VCCINT), создающие соответствующие полные цепи питания. Будучи добавленным в моделируемые цепи питания PDN Analyzer, регулятор VCCO (U3) представляет собой нагрузку в полной цепи питания 5 В и источник в полной цепи питания 3,3 В.

1. Добавьте нагрузку в полную цепь питания 5V.
2. Выберите настройку VRM (Linear) для Device Type в диалоговом окне Device Properties.
3. Установите терминалу In значение Refdes равным U3, а Net равным 5V.
4. Установите терминалу Out значение Refdes равным U3, а Net равным VCCO.
5. Установите терминалу Ref значение Refdes равным R14, а Net равным GND.
6. Закончите определение регулятора напряжения, установите значение Vout равным 3.3V и щёлкните OK.

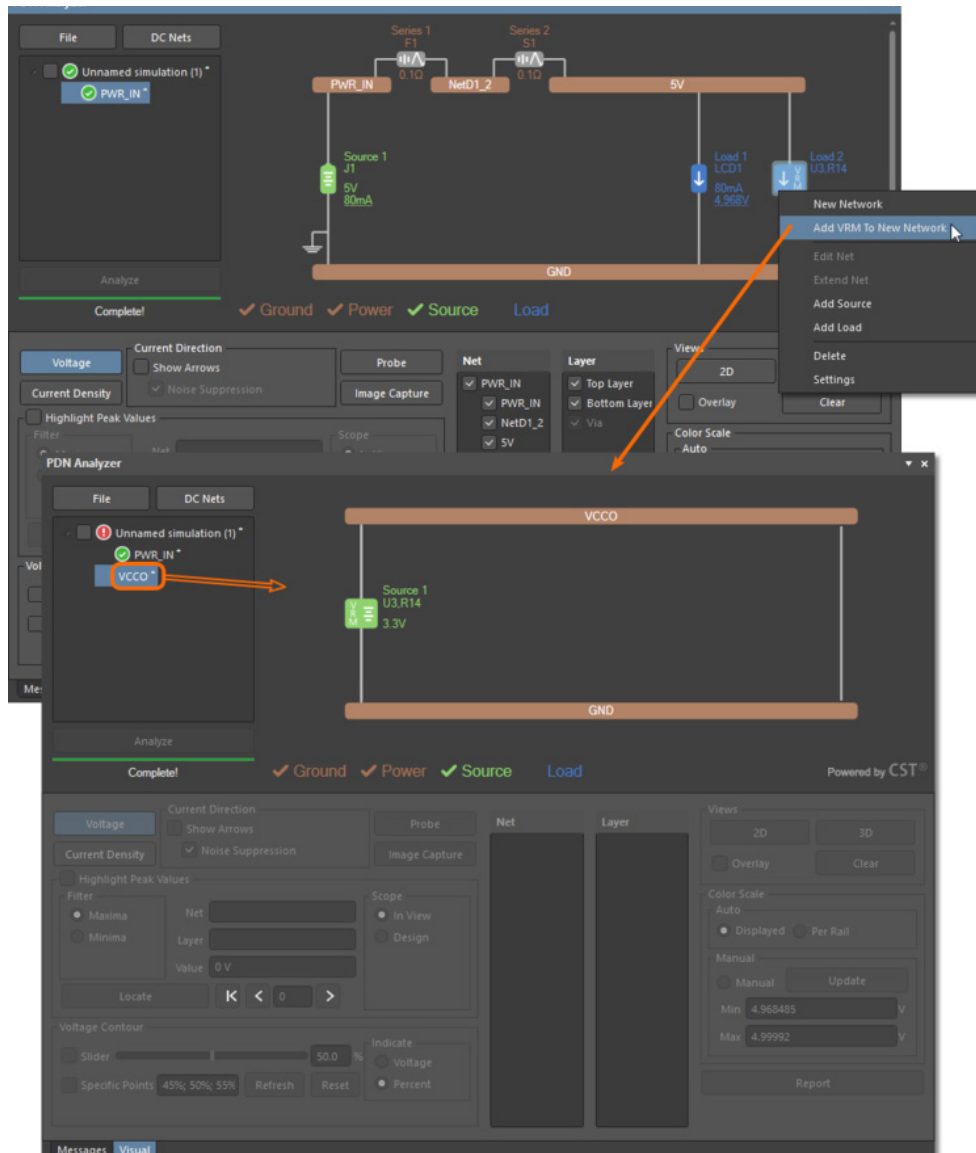


Линейный регулятор в проекте SpiritLevel-SL1



Линейный регулятор напряжения для полной цепи VCCO.

7. Щёлкните правой кнопкой мыши по модели нагрузки регулятора напряжения, которую только что создали (**Load 3: U3**), и выберите настройку **Add VRM To New Network** (**добавить регулятор напряжения к новой полной цепи**). Это автоматически создаст полную цепь **VCCO** с регулятором напряжения (**Source 1: U3**) на стороне выхода в качестве источника (**3,3 В**).

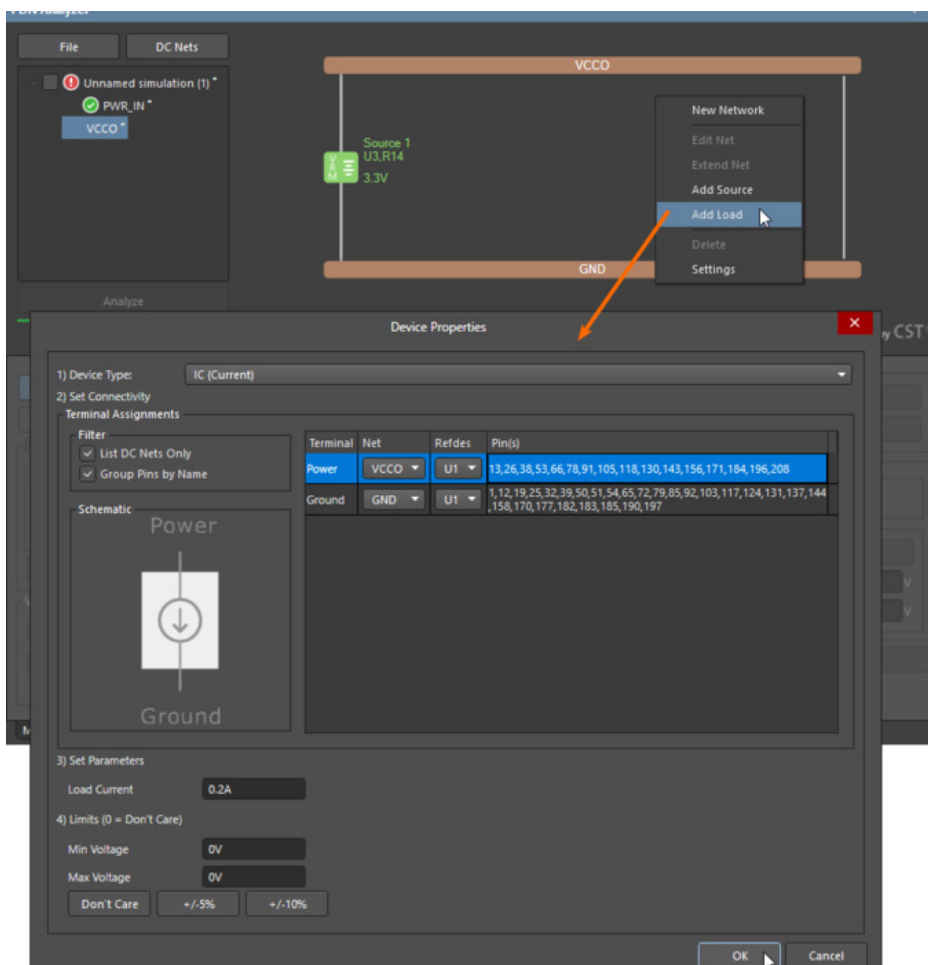


Создание VCCO из регулятора напряжения

**Примечание:** VRM является общей моделью, которая может быть изменена из любого места. В этом примере, изменения внесены в модель нагрузки на входе и двунаправленно отражаются в модели источника на выходе.

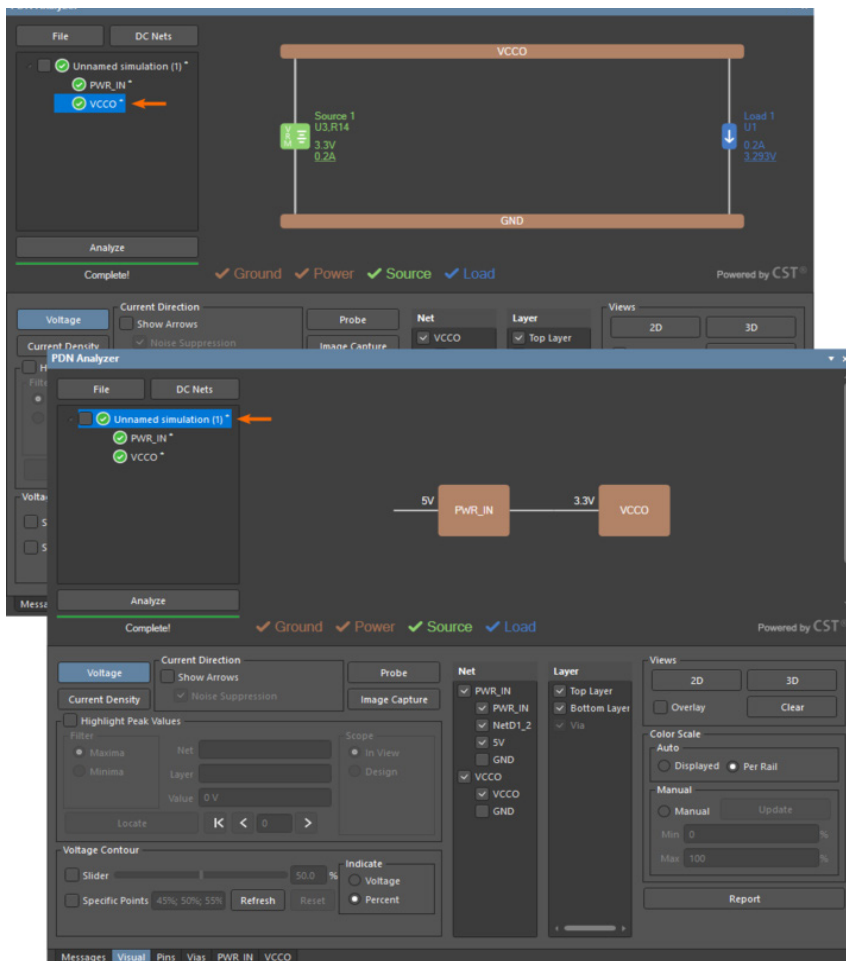
1. Добавьте нагрузку **U1** в новую полную цепь **VCCO**.
2. Установите **Load Current** равным **0,2 А** и щёлкните **OK**.

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER



*Добавление нагрузки в регулятор напряжения VCCO*

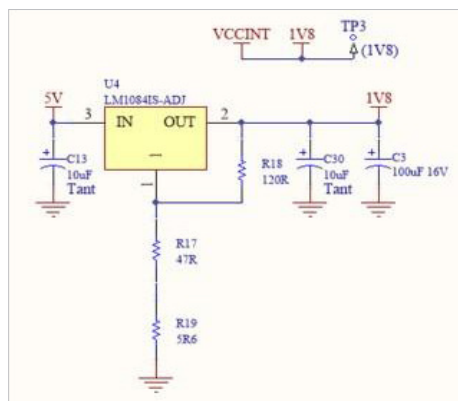
Завершённое составление полной цепи питания теперь включает две полных цепи (**PWR\_IN** и **VCCO**), соединённые вместе посредством линейного регулятора напряжения **3,3 В**. При выбранном верхнем уровне иерархии в перечне полных цепей в структуре текущего файла **PDN Analyzer** графика полных цепей обеспечивает блочный стиль представления взаимосоединения силовых цепей. В этом примере регулятор напряжения добавлен как нагрузка для полной цепи напряжением **5 В (входное напряжение)**, а затем использован для автоматического создания полной цепи выходного напряжения **3,3 В (VCCO)** в качестве источника. Обратная процедура также возможна. Наконец, регулятор напряжения добавляется в полную цепь «выходного» напряжения в качестве нагрузки (**Add VRM To New Network** или **Add VRM To Existing Network**).



Блочный вид полных цепей

## Одновременный анализ нескольких полных цепей

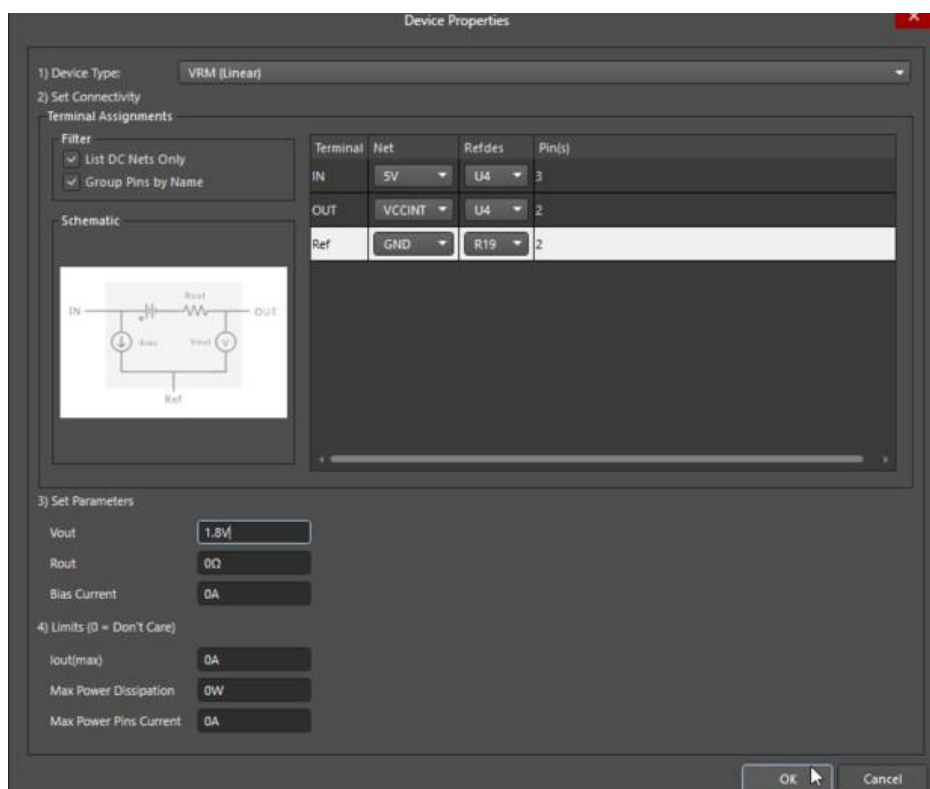
Возвратный путь через цепь **GND** теперь включает возвратные токи, потребляемые в полных цепях **PWR\_IN** и **VCCO**. Анализ цепей питания даст результаты для составной полной цепи, включая регулятор напряжения. Графически редактор печатной платы отобразит все полные цепи, когда выбран верхний иерархический уровень в интерфейсе **PDN Analyzer**. Добавление другого регулятора напряжения (**U4**) завершает создание полной модели цепей распределения питания и добавляет выходную цепь питания **1,8 В (VCCINT)**.



Второй линейный регулятор напряжения полной цепи питания

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

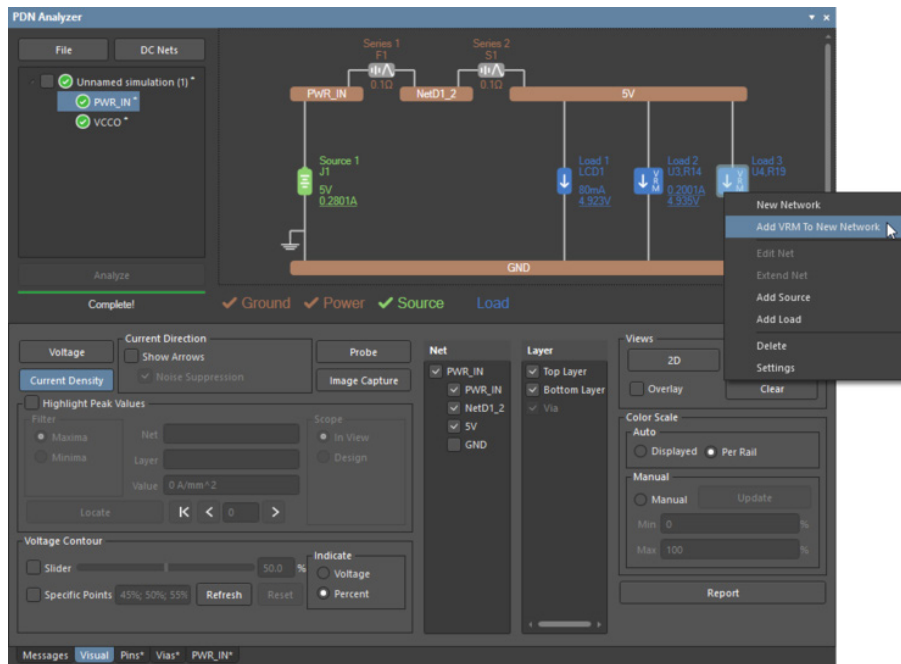
1. Щёлкните по настройке моделирования полной цепи **PWR\_IN**.
2. Добавьте линейный регулятор напряжения в цепь **5V** со следующими параметрами.
  - a. Установите терминалу **In** свойство **Refdes** равным **U4** и **Net** равным **5V**.
  - b. Установите терминалу **Out** свойство **Refdes** равным **U4** и **Net** равным **VCCINT**.
  - c. Установите терминалу **Ref** свойство **Refdes** равным **R19** и **Net** равным **GND**.
  - d. Установите свойство **Vout** равным **1,8 В**.
3. Для завершения определения регулятора напряжения щёлкните **OK**.



*Линейный регулятор напряжения в полной цепи питания VCCINT*

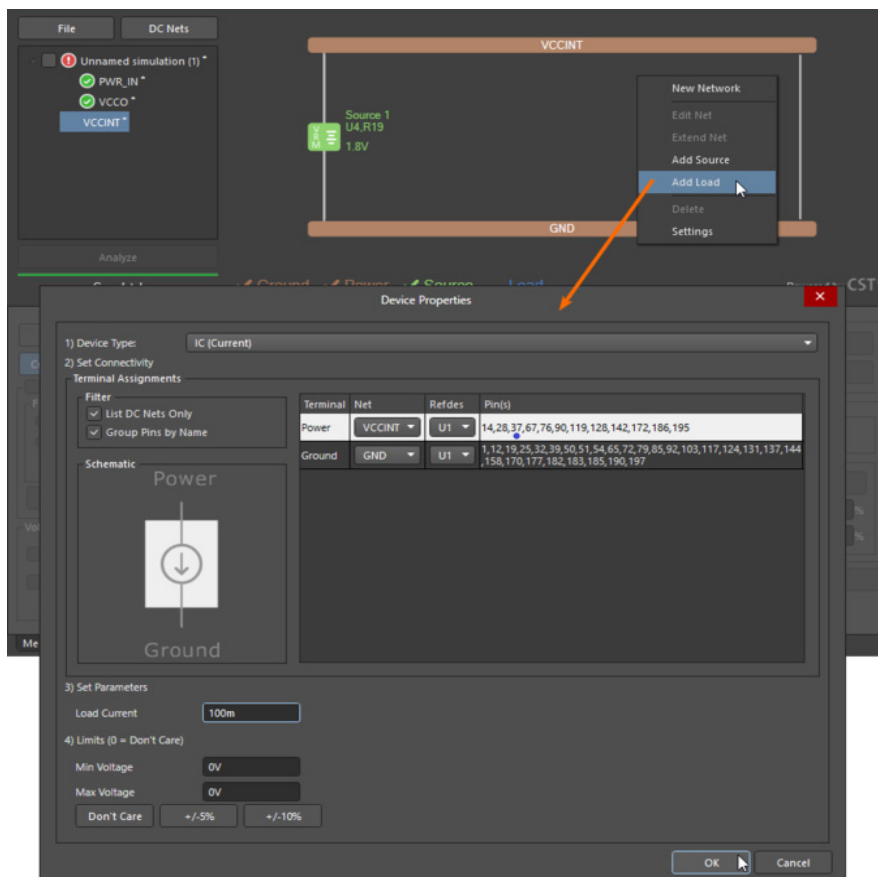
4. Щёлкните **Add VRM To New Network** по добавленному регулятору напряжения и создайте полную цепь питания **1,8 В (VCCINT)**.

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER



Создание VCCINT из регулятора напряжения

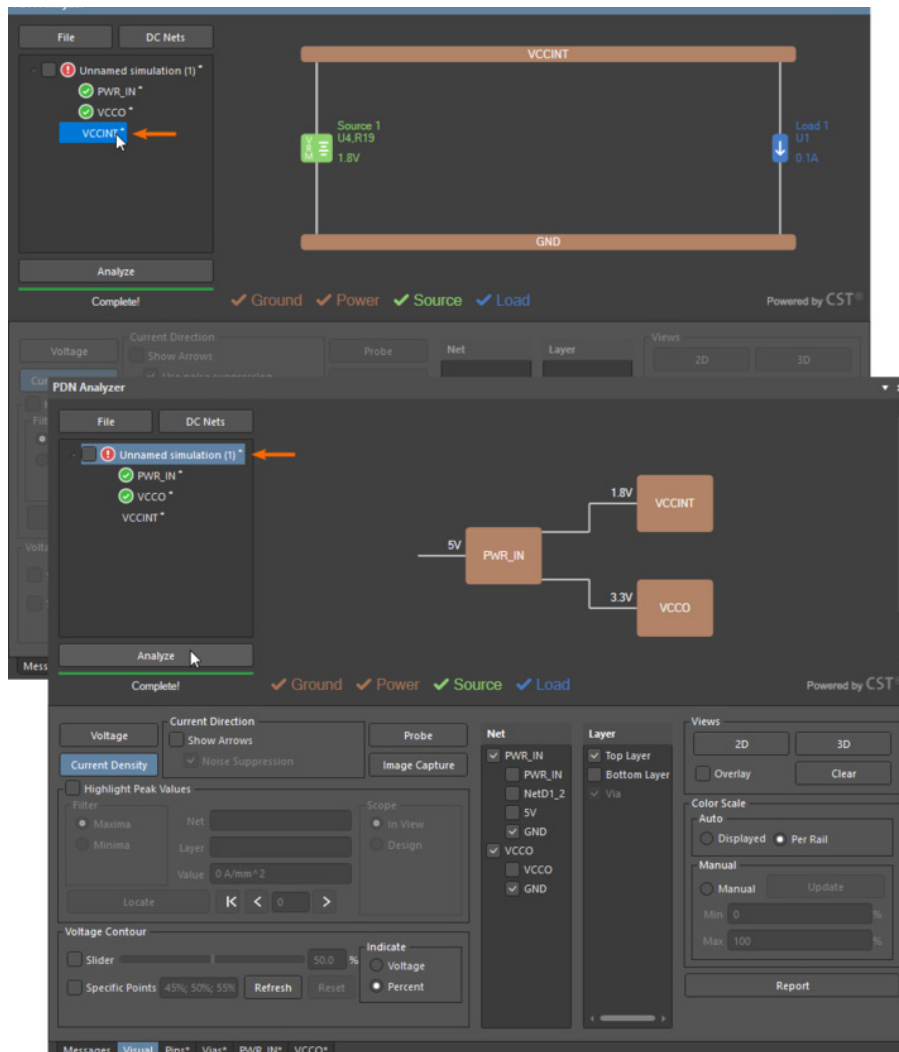
5. Добавьте нагрузку **U1** в полную цепь **VCCINT**.
6. Установите **Load Current** равным **100 мА** и щёлкните **OK**.



Добавление нагрузки в полную цепь VCCINT



7. Щёлкните правой кнопкой мыши по настройке моделирования полной цепи **Unnamed simulation (1)** и выберите **Save As**.

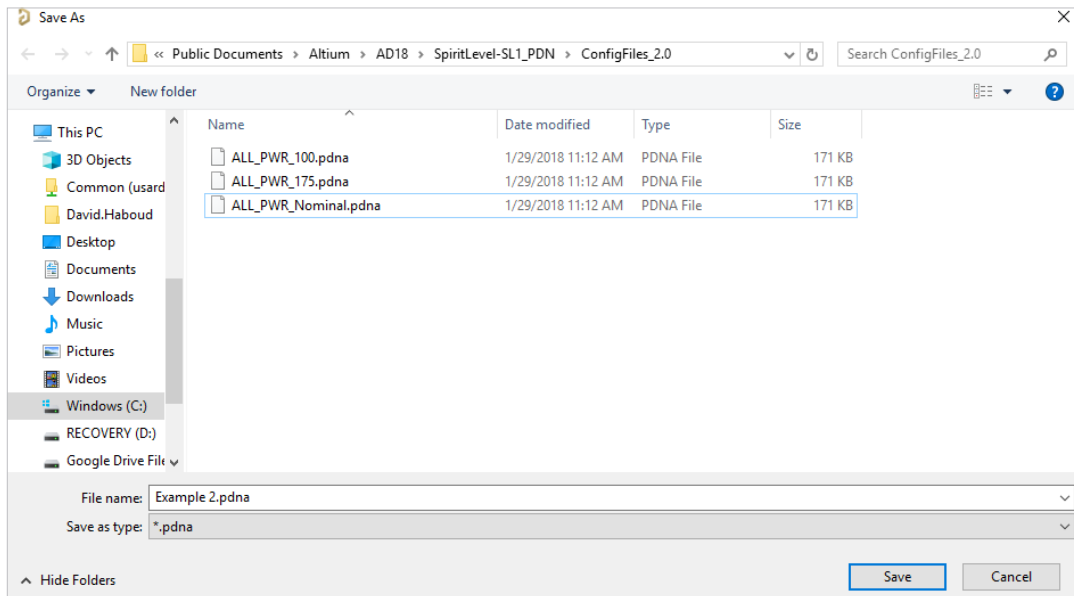


*Иерархия модели полной модели цепи питания в проекте*

8. Выберите каталог **ConfigFiles\_2.0** в директории проекта.

9. Сохраните как файл с именем **Example 2**.

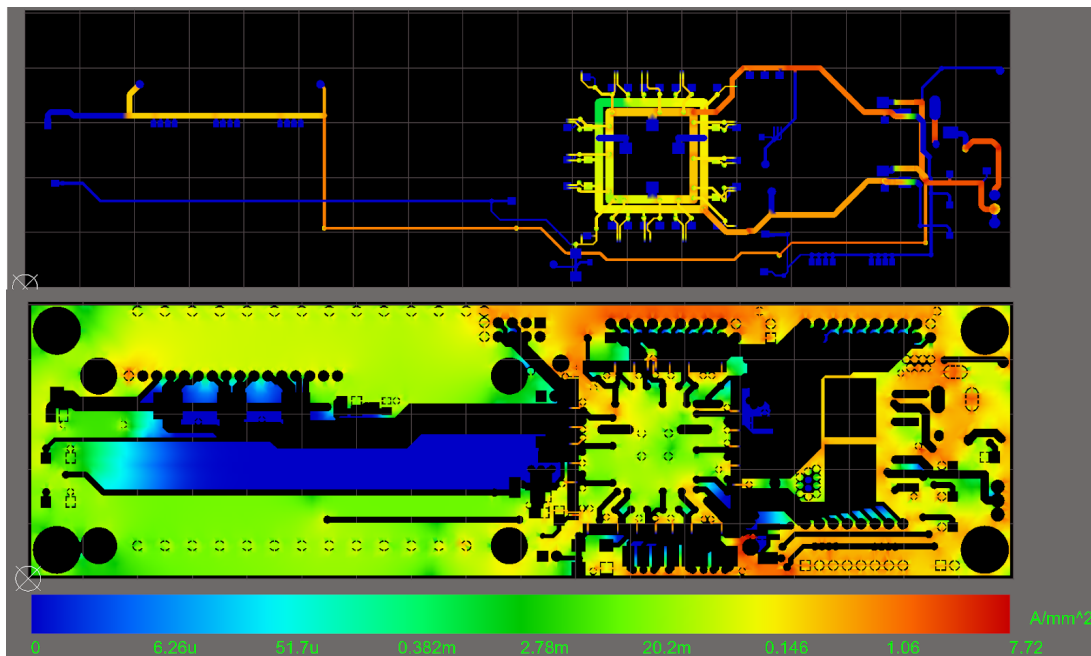
**Примечание:** Конфигурационный файл PDN Analyzer (\*.pdna) содержит все настройки пользователя и результаты разработки модели цепи питания для выполнения анализа цепей питания для проекта. Конфигурационный файл позволяет сохранять и управлять любым количеством настроек анализа для последующего использования.



Сохранение файла конфигурации

10. Запустите анализ.

Интерфейс иерархии полных цепей питания PDN Analyzer покажет все три взаимосоединённые полные цепи. Анализ цепей питания предоставит результаты для составной полной цепи, включая регуляторы напряжения. Полная цепь GND теперь включает возвратные токи для всех трёх полных цепей, которые используют одну и ту же трассировку металлизации цепи GND.



Визуальный совместный анализ питания для нескольких полных цепей

## ПРИМЕР 3 – АНАЛИЗ ПРЕДЕЛОВ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕСКОЛЬКИХ ПОЛНЫХ ЦЕПЕЙ

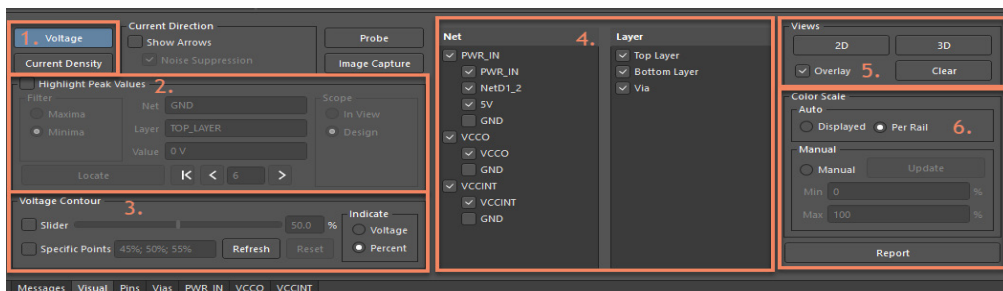
В этом примере мы загрузим завершённый конфигурационный файл и рассмотрим специальные возможности PDN Analyzer. Когда анализ завершён, нижняя половина панели PDN Analyzer активирует несколько функций просмотра и отчётности. В верхней части панели красные и зелёные значки статуса показывают статус проверки предела для цепи распределения питания.

1. Выберите **File >> Open** для перехода в каталог **ConfigFiles\_2.0** и выберите существующий конфигурационный файл **ALL\_PWR\_Nominal.pdna**.
2. Выберите настройку полной цепи **ALL\_PWR\_Nominal**, чтобы загрузить существующую конфигурацию цепи распределения питания.
3. Начните анализ, нажав кнопку **Analyze**.

Из трёх силовых полных цепей в этом проекте на общей цепи питания **1,8 В (VCCINT)** имеется нарушение проверки предела, о чем свидетельствует пунктирная красная линия вокруг символа **VCCINT**, а также красный значок состояния слева от цепи **VCCINT**, указанной в списке в левом верхнем углу. Мы рассмотрим и исправим ошибку проверки пределов в последующих шагах этого руководства.

Панель **Result** организована в виде следующих разделов:

1. **Display Filters:** Используется для управления взаимоисключающим отображением уровня напряжения или плотности тока в фактической компоновке печатной платы. Здесь можно включить стрелки направления тока, чтобы указать поток тока в компоновке.
2. **Highlight Peak Values:** Обеспечивает возможность обнаруживать, подсвечивать и приближать пиковые области (например, минимум напряжения, максимум плотности тока). Также обеспечивает возможность перемещения к следующему последовательному (большему/меньшему) значению.
3. **Voltage Contour:** Позволяет маркировать указанное напряжение или процентную точку в компоновке.
4. **Net and Layer:** Позволяет отображать результаты PDN Analyzer указанных цепей или слоёв.
5. **Views:** Позволяет отображать результаты PDN Analyzer в 2D или 3D. Настройка Overlay (наложение) обеспечивает отображение визуального контекста для объектов, не относящихся к цепям питания. Кнопка Clear удаляет результаты PDN Analyzer в редакторе печатной платы.
6. **Color Scale:** Управляет представлением напряжений и токов в виде цветового градиента.



Начальные результаты – вкладка Visual

### Анализ отказов моделирования

Теперь рассмотрим результаты для падения напряжения для цепи **VCCINT** с отказом.

1. Дважды щёлкните по символу **1.8V (VCCINT)**, обведённому красной пунктирной линией.

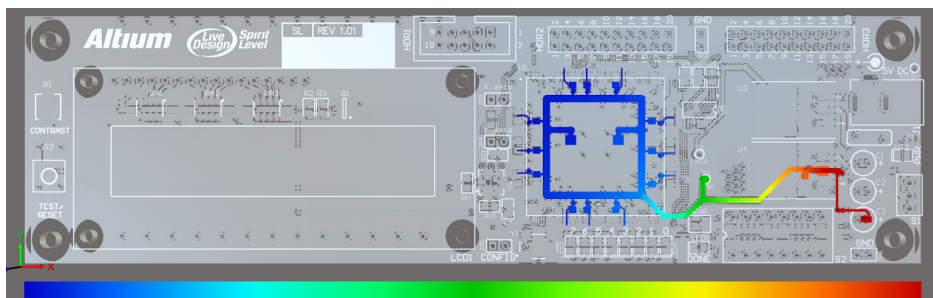
# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

**Примечание:** Выбор одной полной цепи позволит сфокусироваться на источнике и нагрузках в этой полной цепи, пока обрабатываются эффекты межсоединений других полных цепей.

2. Убедитесь, что выбран режим **Voltage** работы с напряжениями.
3. Выключите цепь **GND** и включите все слои.
4. В разделе **View (вид)** щёлкните кнопку **3D** и включите настройку **Overlay (наложение)**.

**Примечание:** 3D режим включает слой **Via** (переходы), который не доступен в 2D режиме.

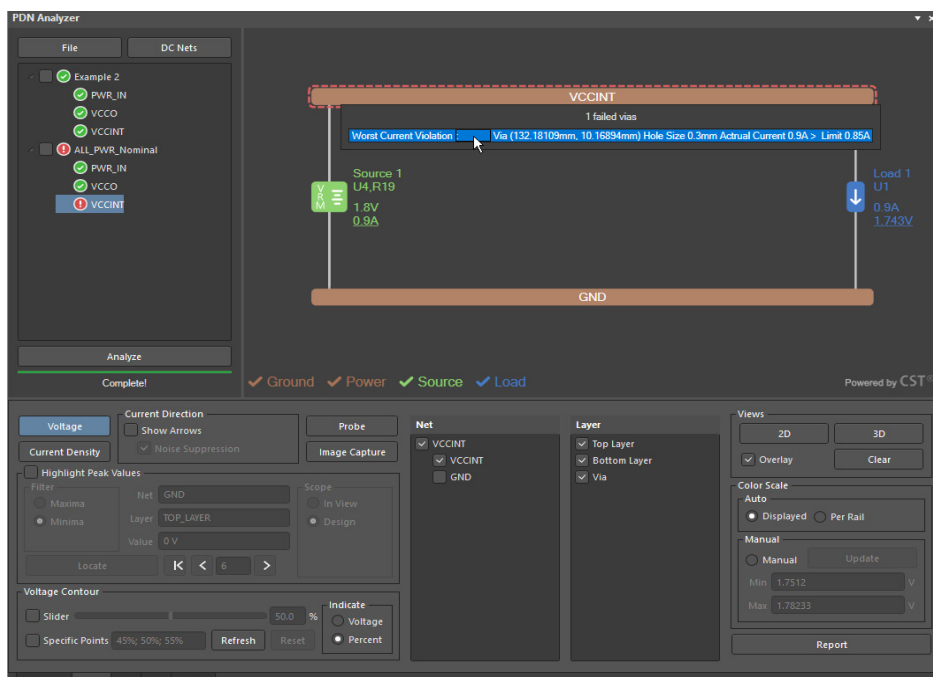
5. В разделе **Color Scale (цветная шкала)** отметьте настройку **Displayed (отображено)** для того, чтобы отобразить легенду в вольтах.



Результаты падения напряжения в цепи VCCINT в 3D режиме

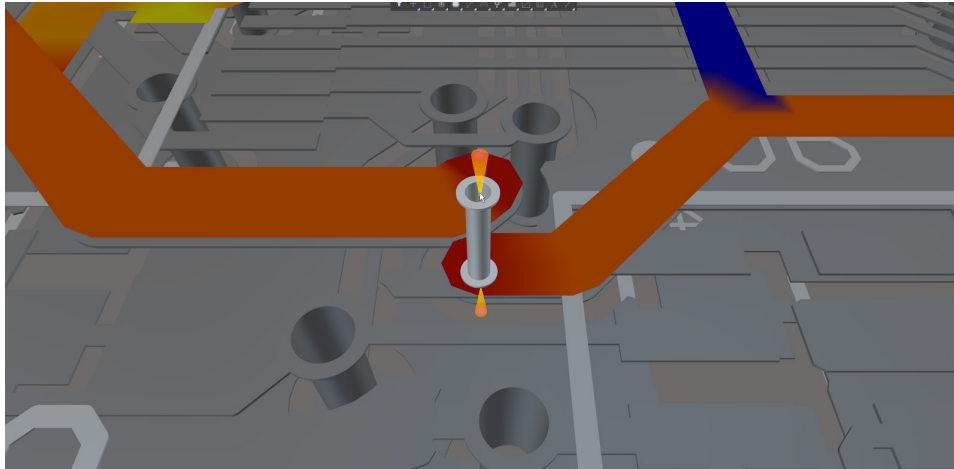
Рассмотрим результаты в редакторе печатной платы, в котором будет изображено примерно то же, что на рисунке выше. Легенда показывает цветной градиент, показывающий диапазон между максимумом напряжения 1,78 В и минимумом напряжения 1,75 В. Заметьте, что наибольшее напряжение на регуляторе напряжения (**U4**), а наименьшее распространяется в области элемента нагрузки (**U1**).

6. Наведите курсор на цепь с отказом **VCCINT**, появится сообщение о нарушении.
7. Дважды щёлкните на сообщении о нарушении для перехода к нему на печатной плате.



Нарушение предела для тока

8. Переключитесь в режим **Current Density** (плотность тока).



*Нарушение предела для тока*

Теперь давайте рассмотрим результаты плотности тока для цепи **VCCINT** более подробно. Рассмотрим результаты в редакторе печатной платы, в котором будет изображено примерно то же, что на рисунке выше. Легенда показывает цветной градиент, показывающий диапазон между максимумом плотности тока для цепи **VCCINT 175 А/мм<sup>2</sup>** и минимумом плотности тока **0 А/мм<sup>2</sup>**. Заметьте, что наибольшая плотность тока в некоторой точке на трассе питания, а наименьшая (0) в точке, в которой не представлена нагрузка по постоянному току (такой как вывод блокировочного конденсатора).

## Другие нарушения

Наряду с обнаружением определённых нарушений тока, PDN Analyzer позволяет обнаруживать широкий спектр других нарушений работоспособности полных цепей, таких как параметр **пределов (Limit)**, которые могут быть указаны при добавлении нагрузок, источников или последовательных элементов. Все изменения, сделанные для пределов, дают немедленный эффект для существующих результатов.

Эти параметры включают:

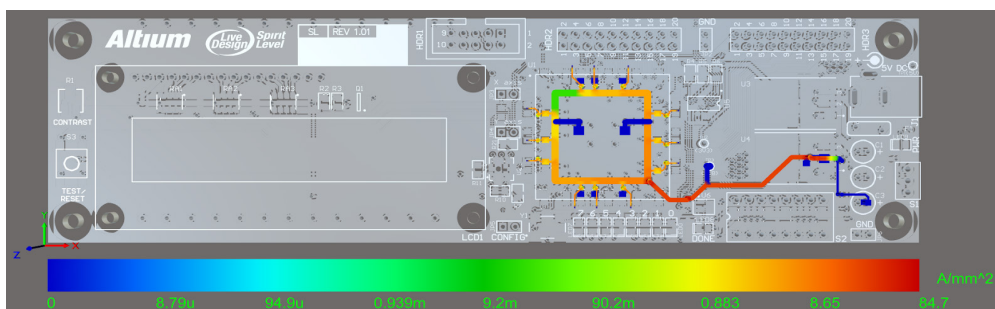
- Приемлемый диапазон напряжения для нагрузки.
- Максимальный выходной ток для источника.
- Допустимое рассеивание мощности в линейном регуляторе напряжения и его максимальный выходной ток.
- Максимальный выходной ток для импульсного регулятора напряжения.
- Максимальный протекающий ток для последовательного элемента.
- Если задан параметр **Limit** (имеет ненулевое значение), нарушение этого параметра приведет к тому, что нарушающий элемент полной цепи будет выделен на графике полной цепи в интерфейсе PDN Analyzer. Наведите курсор на элемент, чтобы увидеть его параметры и результаты анализа.

Более детализованная информация о работоспособности полной цепи питания доступна на его закладке полной цепи, которая выражает в табличной форме данные результатов анализа, включая вычисленные значения потребления мощности в полной цепи.

## Изменение и повторный анализ проекта

Одним из основных преимуществ PDN Analyzer является то, что настройка и анализ могут быть выполнены без необходимости выключения редактора печатной платы. Это облегчает выполнение последовательных итераций изменения/анализа в процессе выполнения конструирования платы. Как было рассмотрено ранее, переход с координатами (X=132.18109, Y=10.16894) был перечислен как при нарушении предела для тока, так и показан в качестве точки приложения максимального тока в проекте. Размер диаметра отверстия 0,3 мм и 0,5 мм образует «бутылочное горлышко» в пути протекания тока между источником **VCCINT** и нагрузочным компонентом **U1**. Следовательно, плотность тока чрезвычайно высока, что сопровождается выделением избыточного тепла или перегоранием проводника в худшем случае.

1. Щёлкните по кнопке **2D**, а затем по кнопке **Clear** в разделе **Views**.
2. Дважды щёлкните по переходу для редактирования его свойств (положение X=132.18109, Y=10.16894).
3. Измените параметр **Hole Size(размер отверстия)** перехода с **0,3 мм** на **0,6 мм**.
4. Подобным образом измените **Diameter (диаметр)** перехода с **0,5 мм** на **0,9 мм**.
5. Начните анализ снова и выполните переход в режим плотности тока для цепи **VCCINT**.



Анализ после модификации области нарушения

Обратите внимание, что в этот раз нарушение предела для тока (**Worst Current Violation**) больше не возникает. К тому же максимальная плотность тока в **VCCINT** теперь снизилась с **175 А/мм<sup>2</sup>** до **84,7 А/мм<sup>2</sup>**. Такие итерации являются общими в процессе оптимизации снижения плотности тока и падения напряжения между источником и всеми нагрузками. Проект, оптимизированный для минимизации плотности тока и падения напряжения, будет генерировать меньше тепла и иметь меньше шансов на возникновение проблем с повышенной температурой при использовании по назначению. PDN Analyzer позволяет выполнять такую оптимизацию непосредственно в редакторе печатных плат в процессе проектирования до возникновения проблем.

## Идентификации точек повышенного внимания для анализа целостности питания

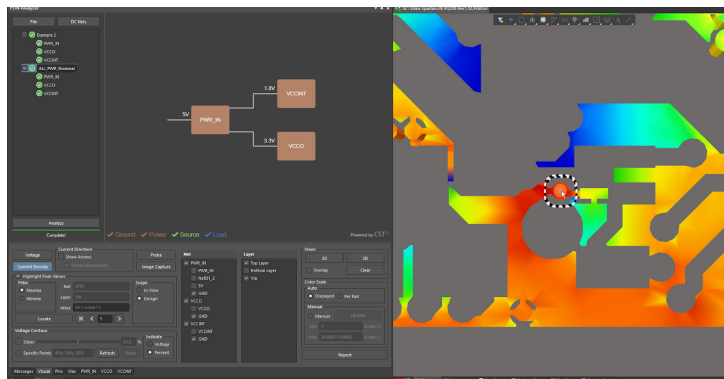
PDN Analyzer предлагает комплексный пакет информации в виде графики и данных, которая может быть использована для обнаружения и устранения проблем целостности питания анализируемого проекта печатной платы. Принимая во внимание примеры, рассмотренные выше, анализ полной цепи на слое **Top Layer** цепи **GND** показывает возможность подсветки плотности тока, как показывает максимум на шкале **39,1 А/мм<sup>2</sup>** и градиент плотности тока, протекающего через переход. Местоположение проблемы не является очевидным, но может быть выявлено с помощью функций **Highlight Peak Values (подсвечивать пиковые значения)** и **Current Directional Arrows (показывать направление тока стрелками)**.

### Highlight Peak Values — Подсвечивать пиковые значения

1. Выберите отображение **Current Density (плотность тока)**.

2. Переключите вид в 3D.
3. Переключите настройки отображения, чтобы показывалась вся цепь **GND**.
4. Включите **Top Layer** и **Via Layer**.
5. Включите **Highlight Peak Values** на вкладке **Visual**.
6. Установите для свойства **Score (область действия)** значение **Design (проект)** для панорамирования и масштабирования каждого местоположения для пошагового рассмотрения всей компоновки.
7. Установите для свойства **Filter (фильтр)** значение **Maxima**. Области пиков плотности тока будут подсвечены и обозначены на аналитической графике в редакторе печатной платы.
8. Щёлкните кнопку **Locate**, чтобы повторить подсвечивание графики. Это приведёт к отображению области с максимальной областью тока.

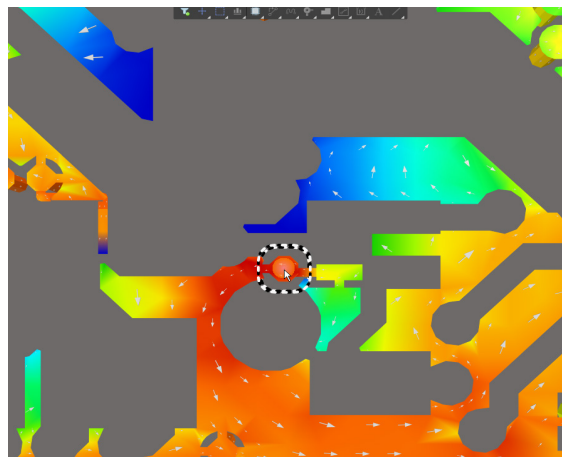
**Примечание:** Вы можете использовать соответствующие кнопки **←** **→**, чтобы последовательно переходить от одного пика к другому.



Подсвечивание ошибок

## Current Directional Arrows — Стрелки движения токов

Дополнительную информацию о проблемной области можно получить, включив функцию **Show Arrows (показать стрелки)**, которая накладывает на графику несколько стрелок, указывающих направление тока (угол стрелки) и относительную величину (размер стрелки) в этом месте. Для этого примера это подтверждает, что поток тока не является оптимальным для распределения плотности тока по металлизации цепи **GND**.

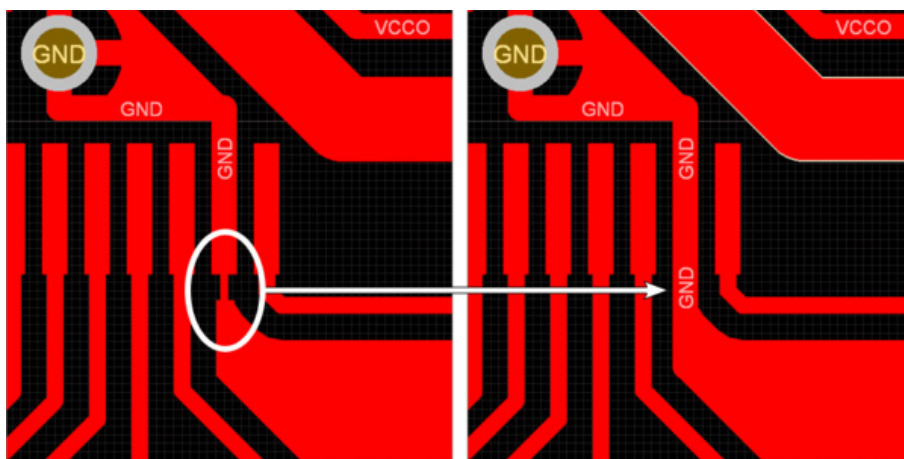


Область высокой плотности тока

## НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

Одним из способов решения этой проблемы является подключение вывода **103 U1 GND** к большей заземляющей плоскости для улучшения протекания тока. Редактирование печатной платы может быть завершено, когда **PDN Analyzer** активен, что позволяет завершить итеративное улучшение макета и затем повторно проанализировать.

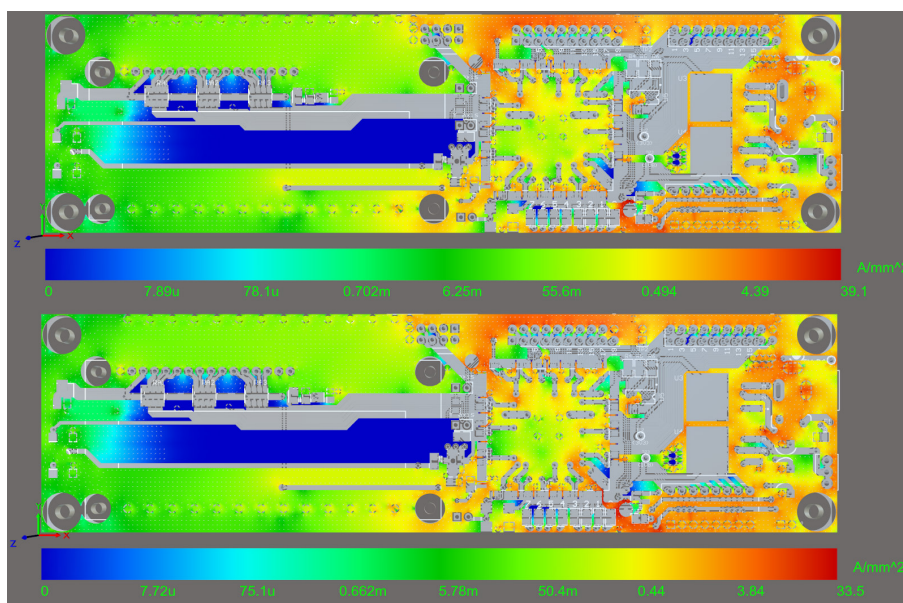
1. Щёлкните кнопку **Clear** в области **View** для отключения отображения результатов PDN Analyzer в редакторе печатной платы.
2. Соедините **вывод 103 GND U1** к металлизации цепи **GND** с настройками по умолчанию (0,3 мм).



Соединение вывода GND

3. Щёлкните кнопку **Analyze** для перезапуска анализа и проверки результатов целостности питания.

Два нижних изображения иллюстрируют изменение плотности тока через цепь **GND** (на слое **Top Layer**) из-за подключения вывода **GND** в этой критической точке – верхнее изображение показывает исходный результат **плотности тока**, а нижнее изображение показывает ток график плотности тока после изменения печатной платы. Для более буквального сравнения графики вручную установите шкалу текущей плотности на предыдущее значение – выберите свойство **Manual (вручную)**, введите **33,5** в поле **Max** и нажмите кнопку **Update** чтобы обновить отображение.



Сравнение результатов анализа плотности тока



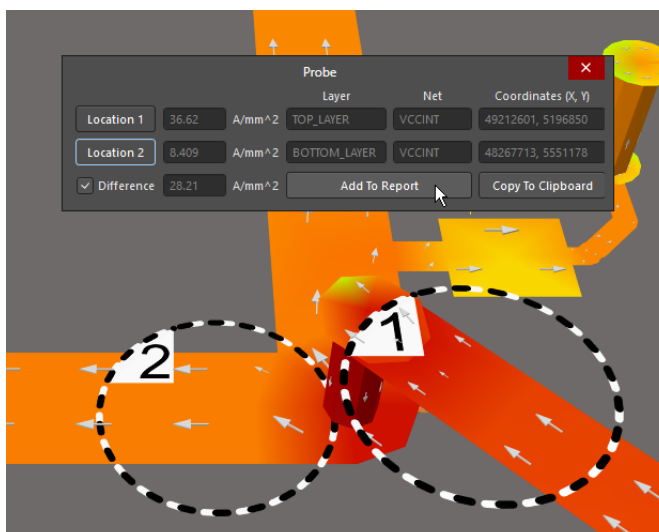
## Пробы данных и захват изображений

Вместе с визуальной интерпретацией графики анализа и шкалы **PDN Analyzer** в редакторе печатной платы инструмент **Probe** помогает интерпретировать результаты анализов в конкретной точке трассировки проекта. Инструмент **Probe** позволяет записывать и сравнивать данные напряжения и плотности тока в выбранных точках трассировки проекта. Многосторонность этого инструмента обеспечивает методы точной оценки результатов анализа данных в любой полной цепи или слое. Мы выполним чтение дифференциальной пробы для плотности тока в полной цепи **VCCINT**.

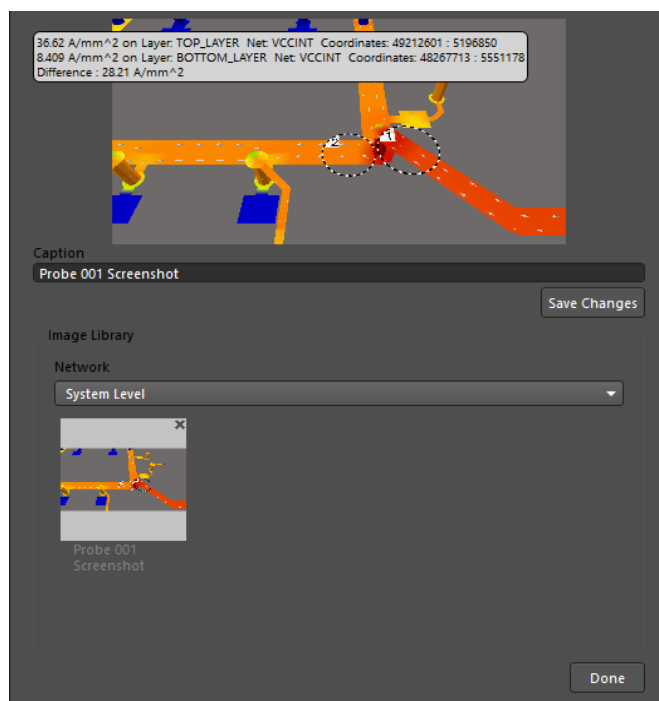
1. Включите только цепь питания **VCCINT**.
2. Включите все слои.
3. Выберите режим **Current Density**.
4. Включите настройку **Current Direction**.
5. Выберите кнопку **Probe** для открытия диалогового окна **Probe**.
6. Включите положение первого пробника, **Location 1**.
7. Используя перекрестие курсора, укажите верхнюю трассу, входящую в переход в углу **U1**.
8. Отметьте настройку **Difference** и укажите второе положение, **Location 2**.
9. Используя перекрестие курсора, укажите нижнюю трассу, входящую в переход в углу **U1**.
10. Щёлкните **Add to Report**.
11. Отредактируйте свойство **Caption** для описания изображения: «Probe 001 Screenshot».

**Примечание:** Рекомендуется делать осмысленную подпись для предельно чёткого понимания изготовителем.

12. Выберите **Save Changes** (сохранить изменения).
13. Щёлкните **Done**.



Дифференциальная проба



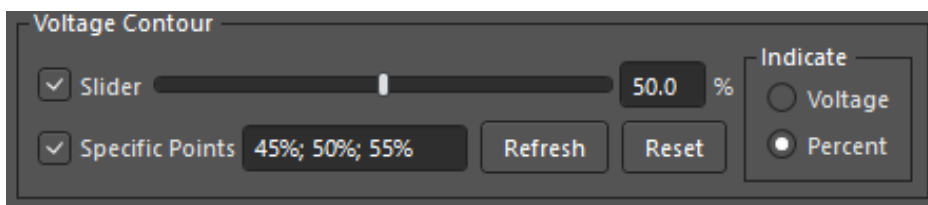
Добавление изображения пробника в аналитический отчёт

## Контур напряжения

Функция **Voltage Contour** (контур напряжения) позволяет найти лучшее место для размещения линий дистанционного зондирования. Эта функция позволяет накладывать пунктирные линии контуров напряжения на графическое отображение слоёв в редакторе печатной платы, чтобы указать ключевые точки перехода напряжения на трассировке платы. Можно указать несколько контурных линий и отображать их в процентах от падения напряжения в полной цепи или в виде буквальных напряжений. Вместе с набором контурных линий в указанных процентных точках может быть включена дополнительная линия с использованием свойства **Slider (ползунок)**, который обеспечивает метод непрерывной настройки для установки точки перехода линии.

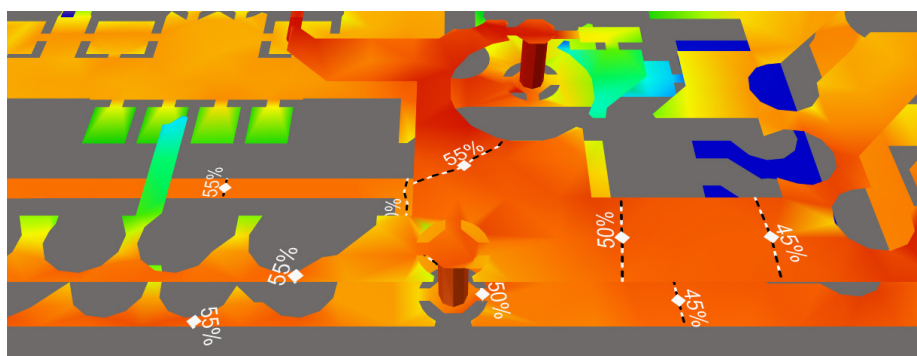
1. Включите только полную цепь **VCCINT - GND**.
2. Включите все слои.
3. Выберите режим **Voltage** (напряжение).
4. Включите **Slider (ползунок)** и **Specific Points (выбранные точки)**.

**Примечание:** **Slider (ползунок)** можно перемещать шагами по 1%, щёлкая по слева и справа от ползунка, или по 0,1%, используя кнопки влево/вправо на клавиатуре. Значения напряжения могут быть введены напрямую и совмещены с процентами в поле **Specific Points** – например «53% 2.2 м».



Вид Voltage Contour (контур напряжения)

5. Перейдите к нижней части проекта.



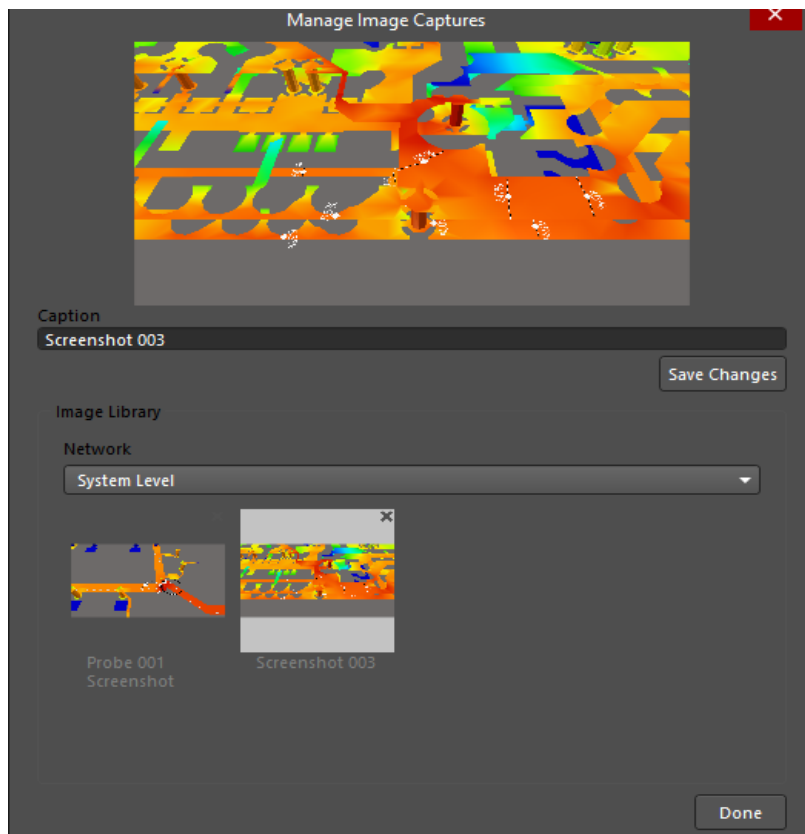
Контурные линии напряжения

## Аналитический отчёт

Чтобы сохранить результаты анализа целостности электропитания для дальнейшего изучения или распространения среди заинтересованных сторон, **PDN Analyzer** предлагает функцию **Report (отчет)** о данных и документации. Функция **Report** создает развёрнутый документ на основе **HTML**, который включает графику и данные как для текущих результатов анализа, так и для самой схемы платы. Мы добавим снимок контура линий напряжения в отчет.

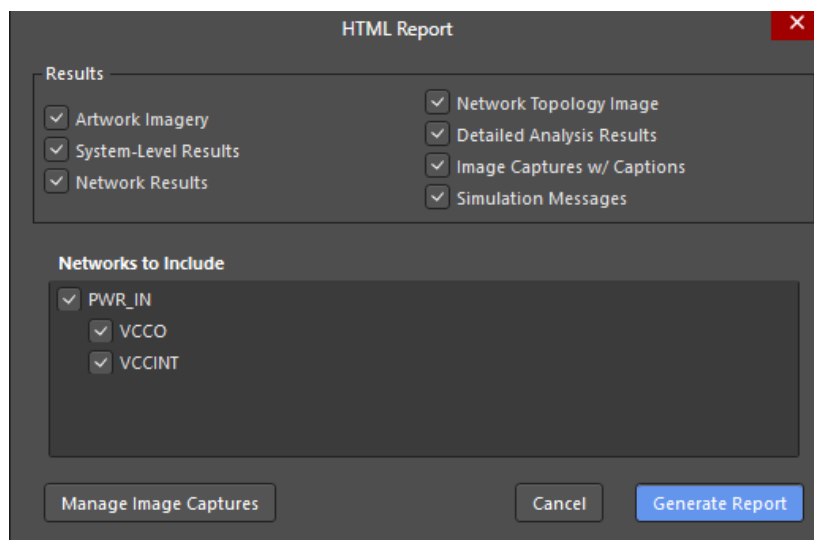
# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

1. Щёлкните **Image Capture** (захват изображения) на вкладке **Visual**.
2. Щёлкните **Done** (выполнить).



*Добавление захвата изображения*

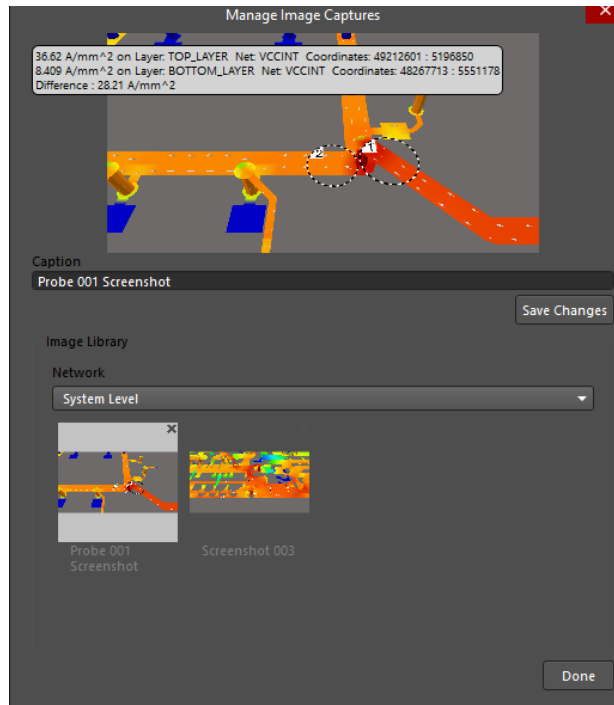
3. Выберите кнопку **Report** для конфигурации настройки **Report** в диалоговом окне **HTML Report**.
4. Отметьте настройки в области **Results** для установки степени детализации отчёта.



*Диалоговое окно HTML Report*

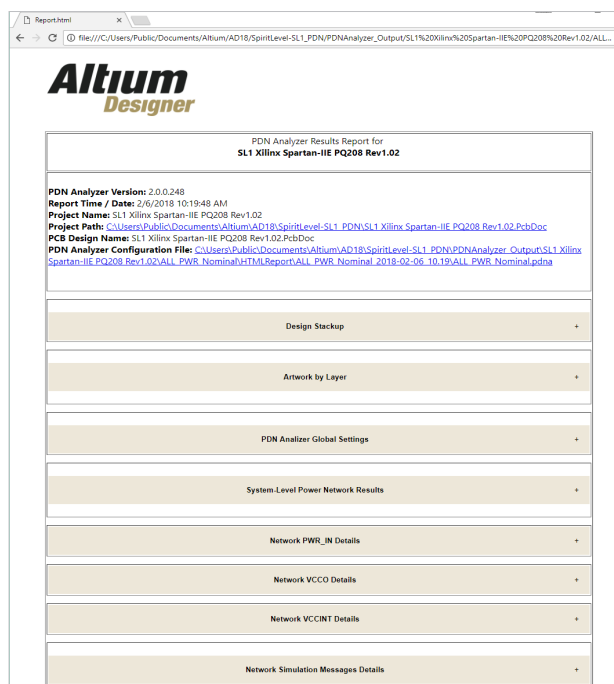
# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER

- Щёлкните **Manage Image Capture** (управление захваченными изображениями) для обзора любых захваченных изображений, включаемых в каталог отчёта и щёлкните **Done**, когда закончите обзор.



Управление захваченными изображениями для отчёта

- Щёлкните кнопку **Generate Report** для создания интерактивного HTML отчёта и открытия его главного каталога, в котором будут размещены изображения (включая уже захваченные) и соответствующий конфигурационный файл анализа (\*.pdna).
- Откройте отчёт **HTML** через Проводник Windows.



HTML отчёт

## Пакетный анализ конфигурации

Пакетное моделирование позволяет анализировать простые случаи. Например, температурные изменения могут быть настроены и сохранены в форме нескольких конфигурационных файлов, где для каждой конфигурации указано собственное значение окружающей температуры. В панели PDN Analyzer могут быть загружены один или более конфигурационных файлов и последовательно выполнены индивидуально или как пакет любого числа множественных конфигураций. Результаты каждой индивидуальной конфигурации сохраняются в подпапках и могут быть просмотрены в любое время. Основное преимущество в этом случае в том, что может быть запущено любое число конфигураций, а результаты каждой конфигурации могут быть просмотрены в любое время – даже после выхода или перезапуска Altium Designer.

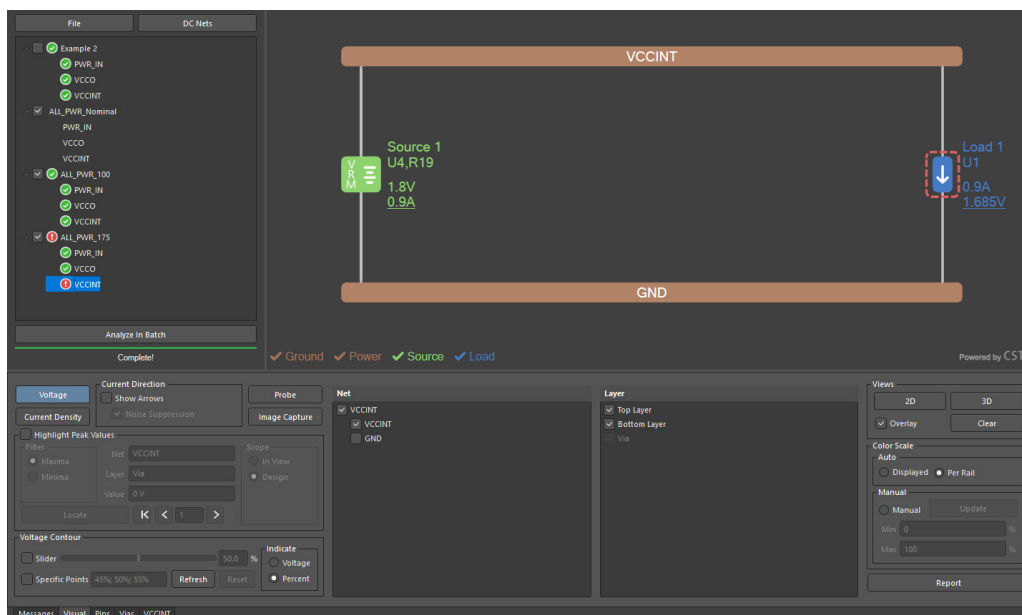
1. Выберите **File >> Open** и загрузите конфигурационные файлы: **ALL\_PWR\_100.pdna** и **ALL\_PDNA\_175.pdna**.
2. Поставьте отметки для следующих цепей **ALL\_PWR\_100** и **ALL\_PWR\_175**, перечисленных в панели.

**Примечание:** При выполнении такого изменения кнопка **Analyze** изменится на **Analyze In Batch**, если для моделирования вместо одной конфигурации указано несколько.

3. Теперь щёлкните кнопку **Analyze In Batch** для моделирования два вновь добавленных конфигурационных файла.

**Примечание:** выполнение обоих новых расчётов может занять несколько минут.

4. Последовательно щёлкните по имени цепи питания каждой полной цепи для отображения результатов **падения напряжения** и **плотности тока**.

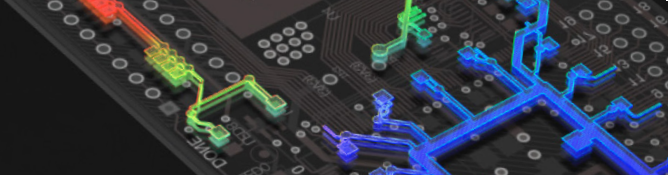


Пакетный анализ цепей питания

Даже после выхода из Altium Designer вы сможете его перезапустить и загрузить конфигурационные файлы для быстрого просмотра сохранённых результатов моделирования любой существующей конфигурации в каталоге активного проекта печатной платы. В данном руководстве отметка нарушения максимальной плотности тока обнаружена на цепи **VCCINT** и скорректирована в конфигурации **ALL\_PWR\_Nominal**. Эта конфигурация описывает окружающую температуру 25 градусов Цельсия.

Вторая конфигурация **ALL\_PWR\_100** описывает окружающую температуру 100 градусов Цельсия и выражается в отсутствии нарушения пределов. Третья конфигурация **ALL\_PWR\_175** описывает окружающую температуру 175 градусов Цельсия и выражается в достижении нижнего предела по напряжению на нагрузочном элементе в цепи **VCCINT**.

# НАЧАЛО РАБОТЫ С PDN ANALYZER



В этом случае ошибка выражается в повышении сопротивления меди как прямом следствии увеличения температуры окружающей среды. Существующие медные трассы не подходят для функционирования свыше температуры 150 градусов Цельсия, но могут быть изменены для работы при 175 градусах Цельсия. Чтобы помочь выполнить это требование могут быть выполнены последующие изменения в печатной плате и анализ конфигурации **ALL\_PWR\_175**.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вы закончили изучение руководства! Благодарим вас за внимание. Руководство является быстрым введением в ключевую функциональность PDN Analyzer.

Не забудьте посетить [altium.com/documentation/ru](http://altium.com/documentation/ru) для поиска интересующей документации и изучить последние новинки в области проектирования печатных плат в [блоге Altium](#). Если вы желаете углубить свои навыки на тренингах, посетите нашу страницу мероприятий для прохождения тренингов онлайн и персонально с инструктором.

## О КОМПАНИИ ALTIUM

Altium LLC (*ASX:ALU*) является международной корпорацией-разработчиком ПО, штаб-квартира расположена в городе Сан-Диего, штат Калифорния, США. Приоритетными направлениями корпорации являются системы для 3D-проектирования печатных плат и разработки встроенных систем. Продукты Altium находят применение по всему миру, как на ведущих проектных предприятиях, так и в рядовых сообществах проектирования электроники.

Уникальные решения Altium позволяют организациям и проектным сообществам взаимодействовать между собой, создавать и улучшать интегрированные изделия, оставаясь в рамках запланированных бюджетов и сроков. Предлагаемые продукты: ACTIVEBOM®, ActiveRoute®, Altium Designer®, Altium Vault®, Altium NEXUS™, Autotrax®, Camtastic®, Cliva™, Cliva SMARTPARTS®, CircuitMaker®, CircuitStudio®, Codemaker™, Common Parts Library™, Draftsman®, DXP™, Easytrax®, EE Concierge™, NanoBoard®, NATIVE 3D™, OCTOMYZE®, Octopart®, P-CAD®, PCBWORKS®, PDN Analyzer™, Protel®, Situs®, SmartParts™, ряд компиляторов встроенного программного обеспечения TASKING® и Upverter™.

Компания Altium, основанная в 1985 году, имеет офисы по всему миру, в городах Сан-Диего, Бостон и Нью-Йорк в США, в городах Карлсруэ, Амерсфорт, Киев, Мюнхен, Маркело и Цуг в Европе, в городах Шанхай, Токио и Сидней Азиатско-Тихоокеанского региона. Для получения более подробной информации посетите веб-сайт [www.altium.com/ru](http://www.altium.com/ru). Вы также можете следить за событиями компании Altium через [Facebook](#), [Twitter](#), [LinkedIn](#) и [YouTube](#).