

Решения Mentor, a Siemens Business для проектирования ИС и печатных плат

Часть 2

А. Глинкин¹, К. Никеев², Б. Филипов³

УДК 004.942: 621.3.049.774 | ВАК 05.13.12

В статье приводятся краткие сведения обо всех инструментах, выпускаемых компанией Mentor Graphics. В первой части материала, опубликованной в предыдущем номере журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес», были представлены средства проектирования, моделирования и верификации цифровых, аналоговых и аналого-цифровых ИС. Во второй части остановимся на инструментах для проектирования и анализа печатных плат.

Согласно отчету компании Pedestal Research [1] доля решений Mentor Graphics на мировом рынке средств автоматизации проектирования печатных плат составляет 37%. Ближайший конкурент занимает 19%. В чем причина такого отрыва и высокой популярности средств проектирования Mentor Graphics? Компания Mentor Graphics, ставшая частью Siemens PLM Solutions в 2017 году, исповедует концепцию цифрового двойника, которую клиенты компании активно применяют в своих решениях для проектирования и управления жизненным циклом изделия. Эта концепция подразумевает отказ от создания лабораторного прототипа устройства и замена его на цифровую модель, которую можно анализировать и подвергать различным видам воздействий на всех этапах жизненного цикла изделия.

Такой подход обеспечивает маршрут проектирования со «сдвигом влево», когда ряд задач переносится на более ранние этапы проектирования (рис. 1). Симуляции и проверки, проводимые на ранних стадиях, существенно сокращают время работы над проектом. Чем сильнее «сдвиг влево», тем большую пользу он приносит.

Многие компании-разработчики САПР придерживаются традиционного маршрута проектирования печатных плат, который требует больших затрат времени из-за неоптимизированного маршрута анализа и проверок. Кроме того, впоследствии могут возникнуть проблемы с общей надежностью разрабатываемой системы, вызванные ревизиями и внесенными изменениями.

«Сдвиг влево» позволяет существенно сократить затраты на проектирование (рис. 2). Отказ от изготовления физического прототипа печатной платы на ранних стадиях экономит время и средства. Анализ технологичности печатной платы, выполненный на ранних этапах, а не после завершения конструирования, позволяет существенно сократить затраты на возможный пересмотр проектного решения. Известно, что устранение возможных проблем на текущем этапе жизненного цикла изделия в 10 раз дороже, чем на предыдущем этапе. Самые дорогостоящие отказы те, которые будут обнаружены на устройстве, запущенном в серию.

Реализуя концепцию цифрового двойника, компания Mentor Graphics предлагает следующие возможности при проектировании печатных плат:

- автоматизированную проверку схемотехники;
- моделирование схем смешанного сигнала, в том числе Spice-моделирование;
- анализ целостности сигналов и питания, проверку электромагнитной совместимости;
- анализ технологичности изготовления (DFM) и монтажа (DFA) печатной платы;
- анализ тестопригодности печатной платы (DFT);
- различные виды моделирования тепловых режимов;
- симуляцию механических воздействий;
- автоматизированный расчет надежности устройства.

Эти возможности позволяют сэкономить значительную часть рабочего времени и финансовых средств, затрачиваемых на лабораторный прототип. Отпадает необходимость повторных ревизий, ускоряется запуск устройства в серию и вывод его на рынок, оптимизируются затраты, исключаются факторы неожиданных денежных и репутационных потерь, прогнозируются возможные отказы.

Рассмотрим подробнее спектр решений Mentor Graphics для проектирования печатных плат, в том числе средства проектирования для небольших рабочих

¹ Компания Нанософт, менеджер по продукту Xpedition, тел.: +7 495 645-86-26, доб. 182, aglinkin@nanocad.ru.

² Компания Mentor Graphics, ведущий технический консультант, тел.: +7 903 798-19-96, Kirill_Nikeev@mentor.com.

³ Компания Нанософт, менеджер по продукту PADS, тел.: +7 495 645-86-26, доб. 1152, filipov@nanocad.ru.

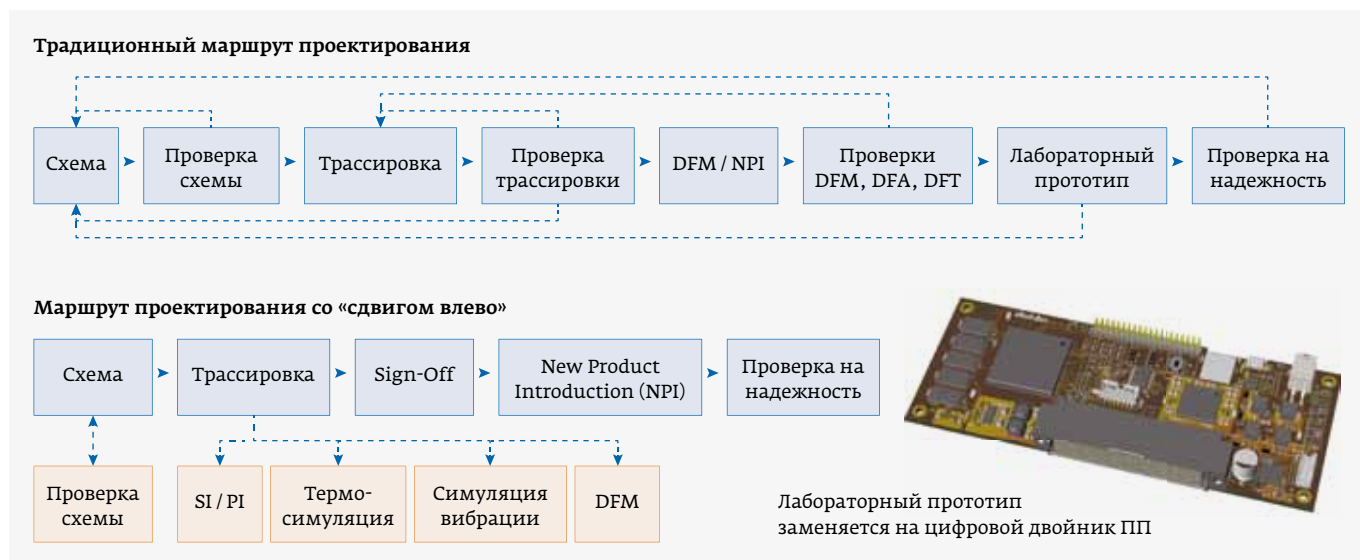


Рис. 1. Традиционный маршрут проектирования и маршрут проектирования со «сдвигом влево»

групп, а также корпоративное решение для крупных предприятий.

Платформа Xpedition – высокопроизводительный сквозной маршрут проектирования печатных плат масштаба предприятия, обеспечивающий единую цифровую среду проектирования, разработки, анализа, подготовки к производству и управления данными (рис. 3). В состав Xpedition входит целый ряд компонентов и инструментов.

Xpedition. Масштаб предприятия Package Integrator / Package Designer.

Корпусирование микросхем

Предоставляет возможность планировать и размещать выводы кристаллов для обеспечения оптимальной трассировки на уровне печатной платы.

EDM (ECAD Data Management).

Работа с данными

Создание, управление и надежное хранение проектных данных, сопроводительной документации, библиотек и данных моделирования. Обеспечивается интеграция с PLM- и ERP-системами.

xSD Systems Designer.

Многopлатные проекты

Позволяет создавать многopлатные проекты и автоматически управлять межплатными связями (в том числе

кабельными соединениями), синхронизируя все внесенные изменения.

I/O Designer. Корректное переназначение вводов / выводов

Автоматически предотвращает некорректное переназначение вводов/выводов благодаря встроенной базе данных, содержащей все доступные на сегодняшний день ПЛИС. Значительно сокращает количество циклов проектирования, повышает надежность и производительность проекта на основе ПЛИС и ускоряет запуск в производство.

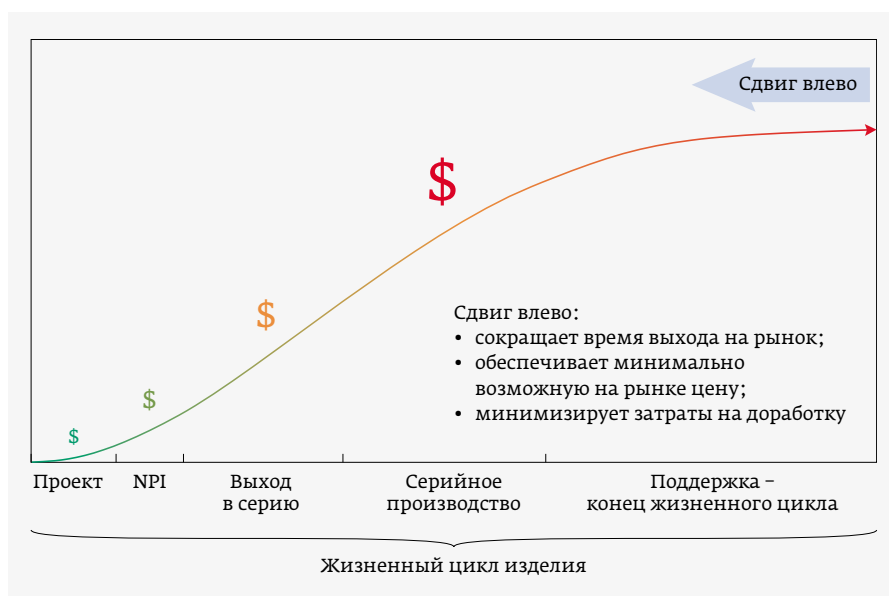


Рис. 2. Затраты на разных этапах жизненного цикла изделия

Constraint Manager.

Управление ограничениями.

Контролирует множество графических, электрических и физических требований к проекту, содержит правила создания всех компонентов, частей и этапов проекта, а также управляет возможностью внесения изменений, при этом остается интуитивно понятным. Поддерживает совместную работу над проектом.

Designer.

Среда создания и редактирования схемотехнических проектов

Развитая и масштабируемая среда создания и редактирования схемотехнических проектов, интегрированная с Xpedition Layout и другими топологическими редакторами. Поддерживает все основные компьютерные платформы. Единая среда создания проекта обеспечивает свободный обмен проектными файлами и сокращает затраты на поддержку средств проектирования и обучение специалистов. Интегрирует библиотеки компонентов и файлы проекта с инфраструктурой предприятия, сокращая время поиска компонентов, уменьшая процент ошибок и обеспечивая передачу данных между рабочими местами маршрута проектирования. Поддерживает коллективное проектирование, повторное использование блоков и узлов проекта и создание нескольких вариантов внутри одного проекта.

AMS

Дополнение к Designer, включенное в маршрут Xpedition Enterprise, обеспечивает функциональное моделирование смешанных (цифро-аналоговых) схем, анализ целостности сигналов и цепей питания, проверку электромагнитной совместимости и устранение помех, анализ распределения тепла, контроль правил проектирования.

Valydate

Автоматизированная система для проверки схемы на предмет неочевидных и случайных ошибок. При проверке большого количества листов электрической схемы нередко возникает так называемый эффект «замыленного глаза». Проверяющий может пропустить ошибки, которые повлияют на дальнейшую трассировку схемы, что приведет к необходимости переделки.

Система включает в себя более 120 проверок, в том числе проверку типономиналов резисторов и конденсаторов

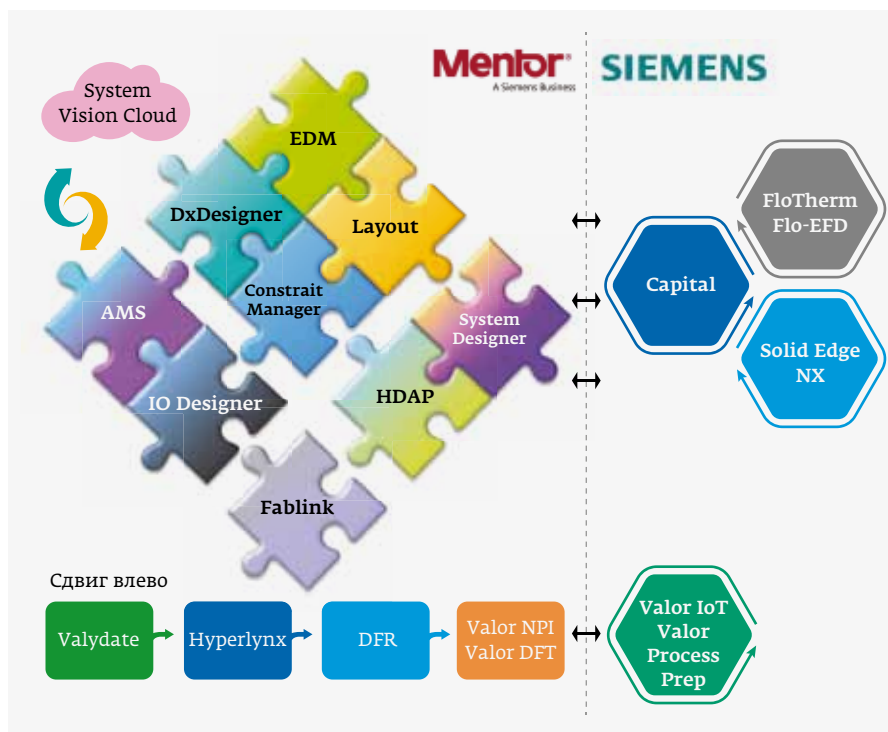


Рис. 3. Компоненты платформы Xpedition для корпоративных дизайн-центров

с учетом нагрузки; перепутанные линии Rx и Tx и подобные им ситуации, например, перекрещенные дифференциальные пары; отсутствие подключения (пропущена часть цепи); силовые выводы подключены к земле или наоборот и т. д.

Для работы инструмента требуется перечень элементов (Bill Of Materials) и нетлист схемы. Подгружает модели из сетевой базы данных Mentor, есть возможность самостоятельного создания моделей. Возможна автономная работа с маршрутом Altium или Cadence.

Layout. Топологический редактор

Мощный топологический редактор, в состав которого входит набор передовых автоматизированных, но простых в освоении инструментов. Обеспечивает управление ограничениями проекта ПП, определение структур слоев ПП, автоматическое планирование, управление размещением и трассировку платы. В редакторе реализована технология трассировки шин sketch routing, когда разработчик создает эскиз разводки шин в проекте, согласно которому трассировщик разводит шины. Xpedition Layout обеспечивает совместную разработку ВЧ- /аналоговых /цифровых /встроенных пассивных /активных элементов и оптимизацию выходных данных для производства.

Для организации параллельной работы над большим проектом можно использовать опцию Xpedition xPCB Team

Layout, ранее известную как XtremePCB. Она позволяет нескольким пользователям одновременно работать над проектом из любого места, в любое время. Все имеют доступ к проекту в режиме реального времени – не нужно его разбивать и собирать заново. Программа обрабатывает действия всех пользователей и в режиме реального времени обновляет проект для каждого члена команды.

DfR. Учет надежности на этапе проектирования

DfR (Design for Reliability) позволяет найти слабые места в проекте с точки зрения вибро- и ударостойкости. Инструмент повышает надежность и увеличивает срок жизни изделия.

Valor DfT. Учет тестовых точек на этапе проектирования

Valor DfT (Design for Test) выполняет проверку достаточности тестовых точек. Правильно выбрав число тестовых точек и их расположение, можно оптимизировать проект для различных тестов (внутрисхемное тестирование, «летающие щупы», граничное сканирование). Благодаря этому можно эффективно выявлять возможные ошибки и дефектные компоненты.

Fablink. Создание выходной документации

Упрощает создание выходной документации изделия и подготовку производственных файлов. Благодаря тесной интеграции баз данных проекта ПП изменения, касающиеся размещения компонентов на ПП в среде Xpedition Layout, отражаются и в производственных чертежах ПП.

Valor NPI. Учет технологичности на этапе проектирования

Обеспечивает комплексный DFM-анализ подготовки проекта к производству (Design-for-Manufacturing), который можно выполнять во время процесса проектирования ПП и оптимизации проекта, что позволяет получать максимальную выгоду на всех этапах разработки ПП. 1048 DFM-проверок гарантируют, что будет выявлено намного больше технологических проблем, чем в любой другой аналогичной системе анализа. Возможна автономная работа в маршрутах Altium или Cadence.

Пред- и посттопологический анализ печатной платы

Hyperlynx Si, Pi, Thermal содержит инструмент предтопологического анализа LineSim и среду посттопологического анализа Boardsim.

LineSim реализует сценарий «что если». Позволяет оценить правильность планирования трассировки при помощи шаблонов передаточных линий, переходных отверстий, входных и выходных буферов (IBIS-модели), S-параметров, а также целостность питания для проектируемых

полигонов (включая правильность подбора и расположения конденсаторов).

Boardsim позволяет проанализировать печатную плату на целостность сигналов, питания и электромагнитную совместимость. Поддерживаются как пакетные комплексные проверки, так и анализ отдельных линий и полигонов. Встроены анализаторы SerDes-протоколов на соответствие и мастер настроек для анализа DDR-памяти DDR-Wizard.

Обе подсистемы поддерживают режим анализа перекрестных помех и режим расчета обратного тока. Кроме того, редактор стека слоев и менеджер ограничений оснащены общим с Xpedition и PADS Professional интерфейсом. Работает со всеми системами проектирования печатных плат.

Hyperlynx DRC реализует математические алгоритмы Hyperlynx в виде привычных разработчику DRC-проверок, которые можно запускать как непосредственно из среды Xpedition или PADS Professional, так и в виде отдельной программы. Включает в себя более 65 правил, сгруппированных по типу проверки: Si, Pi, EMI, Analog. Встроен инструмент разработки собственных правил. Среда работает со всеми системами проектирования печатных плат.

Advanced Solvers – набор дополнительных 3D-решателей с учетом ВЧ-трассировок, позволяющих точно анализировать плату на целостность сигналов и питания, а также рассчитывать параметры высокочастотной трассировки (например, геометрию антипадов или вырезы в опорном слое в местах неоднородности импеданса). Среда работает со всеми системами проектирования, предпочтительный формат – odb++.

SystemVision. Облачная платформа для аналогового и смешанного моделирования

SystemVision – настоящая социальная сеть для инженеров-электронщиков. Бесплатный аккаунт дает доступ к Spice-моделированию непосредственно в браузере с использованием алгоритмического аппарата Xpedition AMS. Возможно общение и обмен схемами с коллегами, исследование и моделирование схем, выложенных в публичный доступ. Предусмотрена интерактивная помощь (Help). Доступен широкий выбор Spice-моделей на базе стандартного и VHDL-описаний. Поддерживается создание моделей на основе техдокументации. Премиум-аккаунт свободен от ограничений на количество проектов, объем загруженных данных и время симуляции. Возможно создание рабочих групп и коллективная работа над проектом.

PADS Professional для рабочих групп

В таблице 1 приведены краткие сведения о наборах L, XL и XXL САПР PADS Professional для рабочих групп, построенной на высокопроизводительной корпоративной

Таблица 1. Семейство САПР PADS Professional для рабочих групп

Возможности	L	XL	XXL	Описание
Поддержка	+	+	+	Доступ к сайту https://support.mentor.com , где собрана вся техническая информация и документация по продуктам, а также обучающий материал, управление лицензиями и доступ к новым версиям продукта
Трансляторы Altium, OrCAD и др.	+	+	+	Набор трансляторов для быстрого импорта проектов и библиотек компонентов из сторонних САПР
Стартовые библиотеки компонентов	+	+	+	Стартовая библиотека содержит более 11 000 компонентов, посадочных мест и символов
Мастер создания посадочных мест	+	+	+	Быстрое параметрическое создание посадочных мест по стандартам IPC (встроен в функционал PADS Library Tools)
Сайт PartQuest с более 450 тыс. компонентов	+	+	+	Портал от крупнейшего поставщика радиоэлектронных компонентов Digi-Key, с помощью которого можно загружать необходимые компоненты непосредственно в проект или центральную библиотеку
Схемотехнический редактор DxDesigner	+	+	+	Схемотехнический редактор, который включает ввод базовых ограничений, навигацию по проекту, повторное использование схем, механизм перекрестного выделения между схемой и топологией
Интеллектуальный экспорт PDF	+	+	+	Позволяет пользователям создавать принципиальные схемы в формате PDF. При этом сохраняется иерархия проекта, кросс-ссылки по всем цепям, а также обеспечивается механизм контекстного поиска по любому тексту на схеме
Информационная система управления компонентами Databook	+	+	+	Поддержка ODBC-совместимых баз данных для управления компонентами (Access, Excel, MySQL и др.) позволяет верифицировать компоненты на схеме, а также осуществлять параметрический поиск по атрибутам
HyperLynx LineSim	+	+	+	Предтопологический анализ целостности сигналов. Обеспечивает моделирование и анализ сложных топологий сигналов, включая тактовые и синхросигналы, контроль и управление стекапом платы, мастер анализа и расчета терминирующей нагрузки и максимальной длины проводников до этапа реализации топологии. Не требует наличия проекта печатной платы
HyperLynx BoardSim	+	+	+	Посттопологический анализ целостности сигналов
HyperLynx DRC Free Edition	+	+	+	Позволяет автоматизировать процесс проверки правил проектирования, исключить ошибки на финальном этапе верификации. Бесплатная версия включает в себя восемь бесплатных проверок электрических правил проектирования. Требуется отдельная загрузка. Годовая возобновляемая подписка. Нет платы за обслуживание

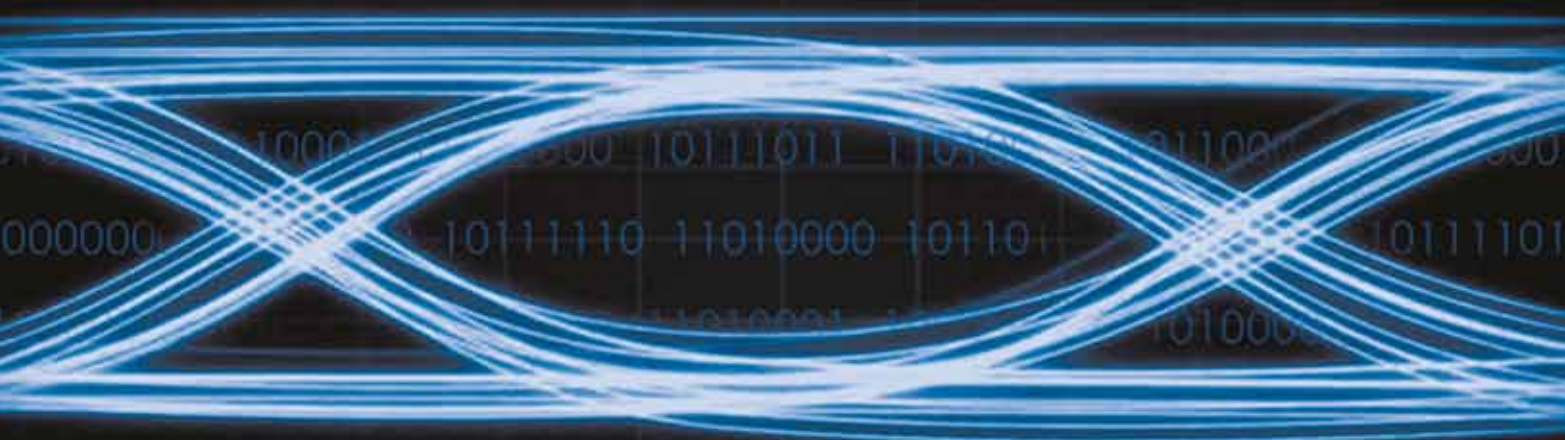
Таблица 1. Продолжение

Возможности	L	XL	XXL	Описание
Цифро-аналоговое моделирование	+	+	+	Цифро-аналоговое моделирование на основе VHDL-AMS и Spice-моделей, включающее виртуальное прототипирование для проектов, использующих смешанную технологию (цифровая + аналоговая часть). Бесплатное облачное аналоговое моделирование также доступно для использования со всеми пакетами PADS
Повторное использование топологии	+	+	+	Включает в себя повторное использование, которое поддерживает копирование / вырезание и вставку в / из буфера обмена элементов топологии для повторного использования, а также возможность хранения повторных элементов в конкретной директории для использования в других проектах. Размещение компонентов и вся трассировка сохраняются и могут быть переназначены для проектов с различными именами компонентов / сигналов
Повторное использование схем	+	+	+	Повторное использование ранее утвержденных схемотехнических решений
Иерархическое задание ограничений	+	+	+	Табличная система ввода ограничений, поддерживающая многоуровневую иерархию
Онлайн-контроль на основе правил проектирования	+	+	+	Предотвращает нарушение правил зазоров и допустимой ширины трасс в реальном времени. Пользователь может сам установить один из режимов контроля: запрет, предупреждение, отключить онлайн-проверки или игнорировать нарушения. Работает совместно со средствами интерактивной трассировки.
Интерактивная и автоматическая трассировка	+	+	+	Быстрый интерактивный трассировщик с уникальными возможностями трассировки цепей согласно заданным правилам длины проводника. Использует бессеточный метод трассировки с мощным механизмом расталкивания трасс и встроенным режимом контроля электрических правил. Оснащен расширенными возможностями редактирования трасс
Взаимодействие с механическими САПР	+	+	+	Обеспечение взаимодействия между электрическим и механическим САПР. Предоставляет графическую платформу для совместных «обсуждений» проектов с точки зрения качественной сборки. Основан на стандарте ProSTEP, поддерживает механические САПР от основных вендоров
Проверки на технологичность	+	+	+	Верифицирует проект с точки зрения обеспечения технологии производства: потенциальные точки скопления кислоты при пайке, смещение защитной маски, шелкография над контактной площадкой и др.
Система управления архивами	+	+	+	Архивация и управление архивными данными проектов. Возможность просмотра принципиальной схемы и топологии с функционалом перекрестного выделения, генерирование HTML-отчетов, а также графическое сравнение архивных данных
Компоновка платы в режиме 3D с контролем коллизий	+	+	+	3D-проектирование с возможностью проверки правил 3D DRC и импортом / экспортом STEP-моделей. Вместе с дистрибутивом поставляется база, включающая более 4 млн фотореалистичных моделей компонентов с возможностью быстрого автоматического назначения

Таблица 1. Продолжение

Возможности	L	XL	XXL	Описание
Встроенное двунаправленное управление ограничениями	+	+	+	Основанная на табличном представлении система ввода и контроля ограничений. Автоматическое назначение дифференциальных пар и цепей питания, а также цветовая индикация нарушений правил
Поддержка ограничений для высокоскоростных цепей	+	+	+	Мин. / макс. длина проводников, группы согласования, допуски по длине, перекрестные наводки, контроль импеданса, дистанция схождения / расхождения для дифференциальных пар, рассогласование, учет количества переходных отверстий для конкретного сигнала, контроль тестовых точек и многое другое
Работа с дифференциальными парами	+	+	+	Автоматическое назначение и создание дифференциальных пар
Управление вариантами проекта	+	+	+	Создание и управление вариантами схемы и топологии в PADS DX Designer и PADS Layout (для пакета Pro DS Suite управление только вариантами схемы)
Единая центральная библиотека	+	+	+	Возможность работы с менеджером библиотек PADS Library Tools как с отдельным приложением, независимо от PADS DX Designer и PADS Professional Layout
Тепловой анализ	+	+	+	Тепловой анализ платы (ограниченный функционал). Не позволяет размещать и перемещать компоненты, изменять контур платы, назначать новые проекты
Эскизная трассировка	+	+	+	Возможности эскизной трассировки позволяют в считанные секунды трассировать группы проводников, при этом учитываются все установленные ограничения по зазорам, локальные области правил. Качество трассировки сопоставимо с ручной трассировкой
Динамическая заливка медью	+	+	+	Включает интерактивные и автоматические средства создания и динамического обновления полигонов на сигнальных и опорных слоях с автоматическим контролем правил зазоров
Панелизация	+	+	+	Встроенный инструмент FabInX XE для быстрого создания панелей перед отправкой на производство
Иерархическое 2D/3D-размещение	+	+	+	Автоматическая группировка и размещение компонентов на печатной плате в соответствии со схмотехнической иерархией
Создание чертежей и документации	+	+	+	Встроенные инструменты для создания документации и сборочных чертежей. Включают надежные средства вычисления и простановки габаритных размеров для выпуска документации на печатную плату. Позволяют определить следующие размеры: радиус/диаметр, угловые размеры, минимальное расстояние между точками. Поддерживаются допуски, устанавливаемые пользователем
Полости и встроенные пассивные компоненты	+	+	+	Возможности встраивать пассивные компоненты (резисторы, конденсаторы) во внутреннюю структуру платы
Проектирование гибко-жестких печатных плат	опция	опция	опция	Можно создавать проекты с различными конфигурациями стекапа в разных регионах платы, в том числе устанавливать ребра жесткости, защитные слои и области сгиба. Имеются возможности просмотра гибкой конструкции платы в 3D-режиме и проверки всей сборки на 3D DRC

ГОД ВЫСОКИХ ЧАСТОТ



1010 LPDDR 111010 100000 11010000 10110010 11010000 10111110
1010000 1011000 Gigabit Ethernet 11100010 10000000 100 DDR4 100000
10100PCIE 0010001 11010001 10000010 RapidIO 11010000 10110010
1010000 10111101 FireWire 10110000 100000 11010000 USB 3.0
1010000 10111110 11010000 10110100 1101 HDMI 10111101 11010000

Годовая сетевая лицензия
на пакет XPADS* – 159 000 рублей

Техподдержка и онлайн-обучение в подарок!

Подробнее: www.xpads.ru

Mentor[®]
A Siemens Business



NANOSOFT
DISTRIBUTION

*XPADS – САПР для проектирования печатных плат на платформе Xpedition

Таблица 1. Продолжение

Возможности	L	XL	XXL	Описание
Анализ тайминга и целостности сигналов DDR	оп-ция	оп-ция	+	Обнаружение и исправление недостатков в проектах, использующих DDR1 / 2 / 3 и LPDDR1 / 2 / 3. Интерактивный мастер позволяет сократить цикл проектирования и отладки благодаря мощному анализу проектов на основе DDR
Анализ на электромагнитную совместимость и расширенные правила DRC	оп-ция	оп-ция	+	Полный набор правил электрических проверок, которые помогают найти и устранить проблемы, связанные с ЭМС, включая проводники над разрывом полигона, изменение волнового сопротивления линии передачи, островки металла, смена опорного слоя и многое другое. Имеется возможность создавать собственные сценарии проверок
Просмотр и написание заметок в проектах	оп-ция	оп-ция	оп-ция	Позволяет легко просматривать и создавать ревью сложных схем и топологий, оставлять заметки и комментарии для коллег, а также обмениваться проектной информацией между отделами и с производителями в зашифрованном виде
Расширенное проектирование РЧ/ВЧ-плат	оп-ция	оп-ция	оп-ция	Расширенные возможности для проектирования РЧ/ВЧ-плат, такие как создание металлизированных областей ВЧ-контуров и взаимодействие с Keysight ADS. Создание ВЧ-трактов путем задания параметров и передача их в ADS для анализа и моделирования
Автоматическая настройка проводников высокоскоростных сигналов	оп-ция	+	+	Можно выбрать и настроить несколько трасс одновременно. Дополнительно осуществляется контроль правил для высокоскоростных сигналов, включая ограничения по задержкам, контроль сложной топологии и дифференциальных пар. Можно устанавливать правила параллелизма и перекрестных наводок
Оптимизация и синтез ПЛИС	оп-ция	оп-ция	оп-ция	Опция, позволяющая синтезировать и оптимизировать выводы в ПЛИС, а также создавать схемные многосоставные символы
Анализ теплообмена Flotherm XT	оп-ция	оп-ция	оп-ция	3D CFD тепловой анализ сборки платы. Помогает проанализировать различные тепловые эффекты, возникающие как в плате, так и в сборке (поставка только локальных лицензий)
Анализ падений напряжений в цепях питания DC Drop	оп-ция	+	+	Проверка цепей сети распределенного питания. Помогает избежать проблемы целостности питания на ранних этапах проектирования

платформе Xpedition. PADS Professional – это широкий набор инструментов по доступной цене. Эта платформа объединяет в себе все самое лучшее из решений «верхнего» и «среднего» уровней: положенная в ее основу мощная технология Mentor Graphics Xpedition сочетается с удобством, экономичностью, простотой освоения и использования. Возможности PADS Professional могут дополняться по мере усложнения ваших проектов. Это позволяет создавать новые продукты с учетом последних достижений в электронике и приборостроении, учитывая совершенствование технологий производства. Представляет собой идеальное решение для инженеров, работающих независимо друг от друга или в небольших группах.

Российский офис Mentor, а Siemens Business постоянно инвестирует в локализацию, обучение и доступность решений компании для отечественных пользователей. У российских заказчиков появилась возможность ближе познакомиться с САПР от Mentor Graphics – инструментами проектирования ИС и печатных плат, которые завоевали высокую популярность у разработчиков всего мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Laurie Balch. 2017 PCB Market Trends. Numerous Bright Spots in PCB. December 2018 // Pedestal Research, 2018.

17-19
СЕНТЯБРЯ 2019
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



powered by
productronica

Radelexpo

ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ОРГАНИЗАТОР МЕЖДУНАРОДНОГО ПАВИЛЬОНА



ООО «Мессе Мюнхен Рус»

Messe München

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



radelexpo.ru

(812) 777-04-07

