

Выбор САПР ПП: как не отстать от времени?

Ю. Завалин¹, Ю. Ковалевский

УДК 004.9::658.512.2::621.3.04 | ВАК 05.13.12

Перед отечественной электронной и радиоэлектронной отраслью стоит непростая задача выхода на передовые позиции. Эта задача ставится на государственном уровне и определяется Стратегией развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года. Но и для отдельных коммерческих компаний, работающих в сфере разработки электроники, для устойчивого развития необходимо создавать электронные устройства конкурентного уровня.

Современная электроника развивается очень быстро, она становится всё сложнее, и для ее разработки нужны современные инструменты, основанные на платформах, способных отвечать требованиям не только сегодняшнего дня, но и будущего. В данной статье приводятся некоторые основополагающие требования к возможностям САПР печатных плат, выполнение которых видится крайне важным, чтобы такая САПР смогла стать надежным фундаментом для создания передовых изделий российскими предприятиями.

Лет 40 назад, пожалуй, самым сложным бытовым электронным устройством был телевизор. Если он выходил из строя, часто при достаточных навыках неисправность можно было устранить своими силами, например заменить транзистор с помощью бытового паяльника. Хороший радиолюбитель даже мог в домашних условиях полностью собрать телевизор, вполне соответствовавший серийным моделям.

Можно ли сейчас подручными средствами заменить неисправную микросхему в смартфоне? Есть умельцы, которые на это способны. Но если речь идет не о том, чтобы починить собственный смартфон из интереса, а о поставленном на поток ремонте с определенной ответственностью перед заказчиком, то без специального оборудования уже не обойтись. Ремонтировать такое устройство «на коленке», виртуозно оперируя простыми и не всегда для этого предназначенными инструментами, слишком долго и рискованно.

Похожий процесс происходит и со средствами проектирования. Электронные устройства становятся всё сложнее, при их разработке приходится учитывать всё большее количество факторов, и при этом растет давление на разработчика в отношении сроков выполнения проектов и цены ошибки. САПР должны отвечать на эти вызовы. И они отвечают: разработчики

современных систем проектирования электроники (ECAD, или EDA) стремятся наполнить их разнообразными инструментами, автоматизирующими рутинные операции, средствами контроля и устранения ошибок, а также обеспечить их интеграцию с другими системами автоматизации, такими как механические САПР (MCAD), средствами теплового анализа, моделирования ЭМС и т. п., для встраивания своих решений в единый маршрут проектирования всего изделия.

Однако подходы к развитию САПР у разных разработчиков разные, и хотя профессиональных систем ECAD на мировом рынке не так много, они имеют определенные отличия, характерные для них достоинства и недостатки. Рассмотрим некоторые, на наш взгляд, наиболее важные в современных условиях требования к САПР в приложении к проектированию печатных плат (ПП).

МАСШТАБИРУЕМОСТЬ ФУНКЦИОНАЛА

Масштабируемость функционала систем имеет смысл поставить по крайней мере на одно из первых мест среди требований к ECAD с точки зрения их влияния на эффективность применения системы в условиях быстро развивающихся электронных технологий.

Выбирать систему исходя из минимально достаточных требований, продиктованных текущими задачами, сопряжено с рисками. Глобальные тренды, такие как миниатюризация, повышение производительности

¹ АО «НИИМА «Прогресс».

вычислений и скорости передачи данных, снижение энергопотребления, широкое применение радиоканалов, прямо или косвенно сказываются на большинстве разработок. Например, необходимый компонент может выпускаться только в корпусе BGA или CSP, что может потребовать применения особых подходов к трассировке и даже использования таких технологий, как HDI. При наличии стандартного высокоскоростного интерфейса может возникнуть необходимость учета при трассировке характеристик дифференциальных пар и влияния перекрестных помех. Современные компоненты могут быть чувствительны к качеству электропитания, и чтобы его обеспечить, потребуется моделирование шин питания. Инструменты САПР, позволяющие эффективно и надежно решать подобные задачи, могут оказаться необходимы «в самый неподходящий момент», даже если изначально предполагалось, что с такими задачами разработчик не столкнется. Об этом свидетельствует то, что бюджет многих проектов увеличивается в процессе работы над ними из-за необходимости докупать те или иные инструменты САПР.

Если платформа, на которой реализована имеющаяся САПР, лишена возможности масштабирования для решения вновь возникших задач, остается, вообще говоря, три пути.

Первый, самый простой, путь – это решить такую задачу вручную, полагаясь на искусство инженера. Негативные стороны этого подхода очевидны: человеческий фактор и большие временные затраты. Хотя работа на открытом рынке и выполнение государственных заказов устроены по-разному, и там и там сроки разработки играют крайне важную роль, и тратить время на выполнение рутинных операций и расчетов вручную, когда они могут быть выполнены за секунды в хорошо отработанном инструменте, может оказаться непозволительной роскошью.

Второй путь – докупить соответствующие внешние инструменты. Чаще всего этот подход и является причиной увеличения бюджета проекта в части САПР. Преимущества такого преодоления возникшей проблемы – возможность воспользоваться профессиональным инструментом, повысив эффективность работы. Но этот путь не лишен подводных камней: в процессе передачи данных через внешние форматы может быть нарушена их целостность, могут возникнуть проблемы совместимости или полноты библиотек и т. п. Плюс к этому эффективность работы может быть далека от оптимальной из-за отсутствия интеграции на уровне среды, пользовательского интерфейса. Например, нативный инструмент прокладки дифференциальных пар в некоторых системах позволяет выполнять данную операцию в интерактивном

режиме непосредственно в топологическом редакторе, а при использовании внешнего инструмента для моделирования параметров дифференциальной пары потребуется выполнить трассировку, выгрузить данные, выполнить моделирование, оценить результаты, внести изменения в топологию и повторять эту процедуру до тех пор, пока результат не окажется удовлетворительным. Этот пример, само собой, приведен для иллюстрации: существуют области, в которых недостаточная глубина интеграции (а порой даже не интеграция, а простая совместимость) инструментов может еще более заметно усложнять процесс и приводить к значительным потерям времени, например при согласовании конструкции ПП с механическими частями устройства или при подготовке производства ПП.

Наконец, третий, радикальный, путь – сменить платформу на более мощную, нативно способную решать новые задачи. Однако профессиональные САПР – достаточно дорогие продукты, и переход с одной платформы на другую требует значительных инвестиций. Кроме того, этот переход может потребовать переобучения сотрудников, а также существенных затрат по переносу имеющихся наработок на новую платформу. Тем не менее, он может оказаться удачным с той точки зрения, что в дальнейших проектах будет уже применяться мощная САПР, и вероятность столкнуться с недостаточной функциональностью будет существенно ниже.

Действительно, изначально предсказать со 100%-ной уверенностью, какие именно инструменты потребуются при работе с проектом, не так просто. Но для компаний, работающих или планирующих работать над проектами с применением современных технологий в таких областях, как телекоммуникации, вычислительная техника, встраиваемые системы, обработка больших данных, искусственный интеллект, беспроводные технологии и др., многие из которых входят в перечень приоритетных направлений программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года, использование передовых САПР электроники с широким функционалом – неременное условие конкурентоспособности на рынке и достижения целей, ставящихся перед отраслью государством.

В других областях, где изделия не столь сложны, инструменты таких САПР, как уже говорилось, могут потребоваться из-за косвенного влияния общих трендов развития электронных технологий.

Казалось бы, логично перейти на передовые САПР на базе мощных платформ, отвечающих требованиям самых современных проектов и готовых к проектам

будущего, не дожидаясь, пока их возможности будут востребованы «в пожарном порядке». Однако этого не происходит. По всей видимости, этому мешают два фактора.

Один из них – сила привычки. Безусловно, переход на новую платформу может быть достаточно болезненным, даже если он происходит планомерно. В России до сих пор остается большое количество компаний, работающих в P-CAD – системе, поддержку которой компания Altium прекратила более 10 лет назад. Да и переход с DOS-версии P-CAD на ее Windows-наследников – Accel EDA и, в дальнейшем, P-CAD 2000 – сильно затянулся.

Пожалуй, даже более важный фактор – это стоимость профессиональных систем уровня Enterprise. Сложно решиться на то, чтобы вложить большие средства в функционал, который может понадобиться, хоть и не маловероятно, но всё же гипотетически и не полностью.

Здесь и вступает в игру масштабируемость функционала системы, позволяющая потребителю приобрести базовую версию, а затем по мере необходимости расширять ее возможности, докупая отдельные инструменты, которые будут естественным образом интегрироваться в имеющееся решение, поскольку изначально предназначены для работы в составе данной платформы.

Однако следует обратить внимание на то, что базовая версия должна быть построена на той же платформе, что и полнофункциональная система, до которой она может масштабироваться. В противном случае дополнительные инструменты оказываются своего рода «заплатками», и их последующее добавление практически ничем не будет отличаться от второго пути при появлении новых задач, описанного выше. Конечно, некоторым преимуществом будет то, что все инструменты будут от одного разработчика, однако и это не обязательно, поскольку разработчик базовой САПР может поставлять и решения сторонних компаний.

В качестве примера масштабируемой системы можно привести Mentor PADS Professional. Вопреки распространенному мнению, что эта САПР является развитием PADS Standard и PADS Standard Plus, она построена на другой платформе, а именно на платформе полнофункциональной системы проектирования электронных устройств Xpedition Enterprise, которая охватывает весь процесс проектирования ПП и СвК вплоть до передачи на производство и позволяет выполнять совместную разработку большой командой в реальном времени. Базовая версия PADS Professional включает определенный набор инструментов, в том числе для простого теплового анализа, и может дополняться более мощными инструментами, например

FloTherm XT для моделирования газо- и гидродинамического теплового анализа. И эта система может быть масштабирована до Xpedition благодаря общей с ней платформе.

ИНТЕГРАЦИЯ В СКВОЗНОЙ ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Возможность интеграции, вероятно, самое часто используемое словосочетание, когда разработчик САПР хочет похвалить свой продукт. Практическая польза интеграции САПР в сквозной процесс проектирования лежит в плоскости повышения эффективности разработки и снижения количества ошибок в проекте.

Процесс проектирования современных изделий – уже не последовательная цепочка отдельных этапов. Задача вывести продукт на рынок как можно быстрее, чем бы это ни было обусловлено – желанием опередить конкурентов, выполнить работу в жестко установленные заказчиком сроки или даже успеть, пока не устарели технологии, – требует распараллеливания работ. Печатный узел может быть еще только на стадии схемы, но уже прикидываются габариты устройства, стек слоев и будущее расположение компонентов.

Кроме того, каждая из отдельных работ влияет на другие. Например, по причинам ЭМС некий относительно крупный компонент должен быть перемещен во вполне определенное место на плате, что выясняется в процессе размещения компонентов, но при этом он будет упираться в элемент конструкции корпуса, и конструктор корпуса должен будет оперативно внести изменения в механическую часть проекта.

Эти примеры указывают на необходимость обеспечения возможности не просто командной работы, но междисциплинарной командной работы – в данном случае инженера-тополога и конструктора механических частей, а значит должна быть обеспечена интеграция ECAD и MCAD.

Каждая компания – разработчик САПР имеет большой опыт и сильные компетенции в некоторой конкретной области, определяемой ее историей. Поэтому, в частности, ECAD и MCAD в своем большинстве остаются отдельными, но интегрируемыми между собой системами.

Все разработчики профессиональных ECAD обеспечивают интеграцию с MCAD-системами, причем эта интеграция представляет собой не просто экспорт и импорт данных моделей из одной системы в другую, как это происходило бы в последовательном процессе. Она позволяет вносить изменения в модель одной системы и передавать в другую систему только внешние изменения с комментариями, причем у принимающей стороны есть возможность принять или

отклонить это изменение. Для пользователей таких систем, как, например, Altium Designer, Mentor PADS Professional / Xpedition, Cadence Allegro, эта процедура упрощена до нескольких кликов в той среде, в которой они работают, однако обычно данные фактически передаются через стандартный формат, такой как IDX, который, в отличие от, например, формата IDF, позволяет передавать именно изменения, а не только модель целиком. Применение стандартных форматов обусловлено тем, что все разработчики профессиональных ECAD стремятся обеспечить совместную работу со всеми MCAD-системами – единственным требованием к механической САПР остается поддержка того же стандартного формата.

При этом, оценивая возможности интеграции, нужно обращать внимание на то, какой именно стандартный формат и какая его версия используется конкретной ECAD для интеграции с MCAD. Например, между форматами IDX 2.0 и 3.0 имеется существенная разница в возможностях по обмену данными об изменениях в конструкции платы, ее слоях и топологии. Точность и полнота данных о механической конструкции платы в MCAD важна далеко не только для красивых фотореалистичных изображений. Выгружаемая из ECAD 3D-модель часто является основой для моделирования с учетом всей конструкции устройства различных процессов и параметров: тепловых, механических, электромагнитных и т. п. Очевидно, что сведения о топологии и структуре слоев платы играют в таких задачах очень важную роль.

Несмотря на заявление о поддержке интеграции с большим списком MCAD, часто у разработчиков ECAD есть некоторый «фаворит»: для Altium это SolidWorks, для Mentor – NX и Solid Edge. «Подружить» столь разноплановые системы, как ECAD и MCAD, непросто, и «бесшовность» этой интеграции зависит от того, какие встречные усилия предпринимают разработчики обеих систем.

Компания Mentor в этом отношении оказалась в выгодном положении. В ноябре 2016 года Mentor Graphics приобрела компания Siemens [1]. К тому моменту у Siemens уже были мощные системы PLM, MCAD и CAE. В результате весь спектр областей, перекрываемый решениями этих двух крупных разработчиков, оказался в рамках одной компании – Siemens Digital Industries Software (ранее – Siemens PLM Software). Новое название этого подразделения Siemens подчеркивает стремление к тому, чтобы обеспечить полноценными программными решениями цифровые предприятия.

Собственно, тем, что теперь электронная САПР PADS Professional / Xpedition Enterprise и механическая NX / Solid Edge стали решениями одной компании, и объясняется их глубокая интеграция.

Это крупнейшее слияние производителей САПР для различных областей за последние годы. Но приобретение компаний, создающих смежные решения в области САПР, с глубокой интеграцией их продуктов со своими – распространенная практика у лидеров рынка, поскольку она действительно дает синергетический эффект. Одним из примеров может служить завершившееся в январе текущего года приобретение компанией Cadence разработчика решений для проектирования СВЧ-устройств AWR Corporation, ранее принадлежавшего National Instruments [2].

Рассмотренные аспекты интеграции ECAD и MCAD в общем и целом относятся и к интеграции САПР проектирования ПП с системами, относящимися к другим этапам и дисциплинам, такими как средства проектирования интегральных схем, программирования ПЛИС, разработки кабельных соединений и т. п.

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ

Вернемся к примеру с проектированием топологии дифференциальной пары. Как говорилось выше, эффективность работы существенно возрастает, если инструмент для автоматизации этой задачи работает в интерактивном режиме непосредственно в топологическом редакторе. Эта функция реализована в различных ECAD, но вопрос в том, насколько полно она реализована.

Далеко не всегда эта задача ограничивается прокладкой двух параллельных проводников по слою с соблюдением импеданса. Дифференциальная пара может уходить на другой слой или проходить через несколько слоев, на ней могут быть установлены фильтры и другие элементы, ее топология может иметь особенности вблизи компонента, с которым она соединяется. Влияние всех этих особенностей должно учитываться средством САПР, которое призвано облегчить проектирование дифференциальных пар. Реализация полнофункционального инструмента такого рода может оказаться крайне затруднительной на устаревшей или просто неготовой к этому платформе. Например, для учета межслойных переходов дифференциальной пары система в своей основе должна позволять работать с переходными отверстиями, как с объектами трехмерной электромагнитной модели. Это, безусловно, не означает, что на устаревшей платформе реализовать подобный инструмент невозможно, но это вновь будет «заплаткой», что может сказаться как на качестве работы, так и на производительности инструмента, которая крайне важна для интерактивных средств, где необходим эффект реального времени.

К сожалению, в описании системы часто приходится довольствоваться «плюсом» в таблице напротив соответствующей функции, и оценить, является

ли тот или иной инструмент полнофункциональным, то есть способным решать практическую задачу, а не ее часть, можно лишь поработав в данной САПР. Помогает то, что разработчики и поставщики САПР, как правило, предоставляют пробный период использования, а некоторые даже проводят «тест-драйвы» своих систем.

«ОБЛЕГЧЕННЫЕ» ИНСТРУМЕНТЫ

Хотя полноценное выполнение задачи инструментом всегда желательно, его реализация в рамках одной системы может быть нецелесообразна или в принципе невозможна.

Например, при размещении на плате компонентов, испытывающих при работе сильный перегрев, большую помощь инженеру может оказать тепловое моделирование. Но инженеру-топологу точные результаты моделирования вряд ли необходимы. Ему достаточно видеть качественную картину и то, как она меняется при перемещении компонентов. В таких случаях разработчики профессиональных САПР ПП включают в свои системы быстрые «облегченные» инструменты, при этом обеспечивая интеграцию ECAD с соответствующей CAE-системой, в которой уже может быть выполнено полноценное моделирование по результатам проектирования.

Таким образом, за указанием в описании системы, что она имеет инструмент для определенной задачи, может скрываться несколько разных ситуаций: этот инструмент может формально существовать, но иметь очень ограниченную функциональность; он может играть роль ассистента, помогая оценивать результаты, иногда в интерактивном режиме; наконец, это может быть внешнее средство, интегрированное с данной САПР – «бесшовно» или не очень.

Для ресурсоемких задач, таких как тепловое моделирование или моделирование ЭМС, оптимальным является сочетание «облегченного» инструмента внутри среды с «бесшовно» интегрированным внешним средством. Причем эта оптимальность связана не только с балансом между скоростью работы инструмента как ассистента в процессе проектирования изделия и полнотой и точностью выполнения задачи, когда это требуется. Если поставщик системы предоставляет такую возможность, это сочетание позволяет также сэкономить на САПР, пока полнофункциональное средство не требуется, а в случае необходимости масштабировать систему, докупив данное средство.

БИБЛИОТЕКИ КОМПОНЕНТОВ И СРЕДСТВА СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ

Учитывая огромное количество существующих на рынке компонентов, а также то, что их производители

постоянно предлагают новые изделия, а старые снимают с производства, доступность моделей для конкретной САПР и актуализация библиотек – крайне важные аспекты.

Вопрос даже не в том, сколько моделей уже включено в пакет САПР. Важно, чтобы сами производители компонентов предоставляли модели для данной системы: в противном случае можно отстать от времени, не имея возможности оперативно внедрять в свои разработки новейшие решения в области ЭКБ.

Но даже при наличии модели компонента для определенной САПР, если она ограничена «необходимым минимумом» – УГО и посадочным местом, это сильно затруднит или сделает невозможными такие операции, как схемотехническая симуляция, тепловое моделирование, расчеты СВЧ-узлов и т. п. Поэтому модели компонентов должны быть по возможности полными, иметь все необходимые для полноценной автоматизации представления.

В то же время полностью полагаться на стандартные библиотеки не приходится, в особенности когда речь идет об отечественной ЭКБ. Поэтому эффективность и качество разработки также во многом зависят от средств самостоятельного создания моделей: насколько они удобны, имеются ли и насколько качественны инструменты экстракции параметров, позволяют ли эти средства взаимодействовать с MCAD и другими системами для создания различных представлений, например 3D.

ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Долгое время с точки зрения разработчика ПП вопрос подготовки производства начинался и заканчивался выгрузкой файлов для изготовления платы, таких как Gerber, файл сверловки, файл с координатами компонентов, на основе которого затем создавалась программа для монтажного автомата, а единственной предпроизводственной проверкой был минимальный DRC-контроль: величины зазоров между проводниками, запрещенных зон и т. п.

Если продолжать работать так сегодня, создавать конкурентоспособные, востребованные изделия высокого технического уровня вряд ли получится. Производства используют все возможности для повышения эффективности, стремятся стать по-настоящему «бережливыми», потому что даже казалось бы незначительные потери могут привести к проигрышу на рынке. Низкие технологичность и тестопригодность изделия, а тем более допущенные в разработке ошибки, которые приведут к необходимости доработки, – серьезные удары по эффективности, способные свести на нет все старания разработчика, сделав изделие просто ненужным потребителям.

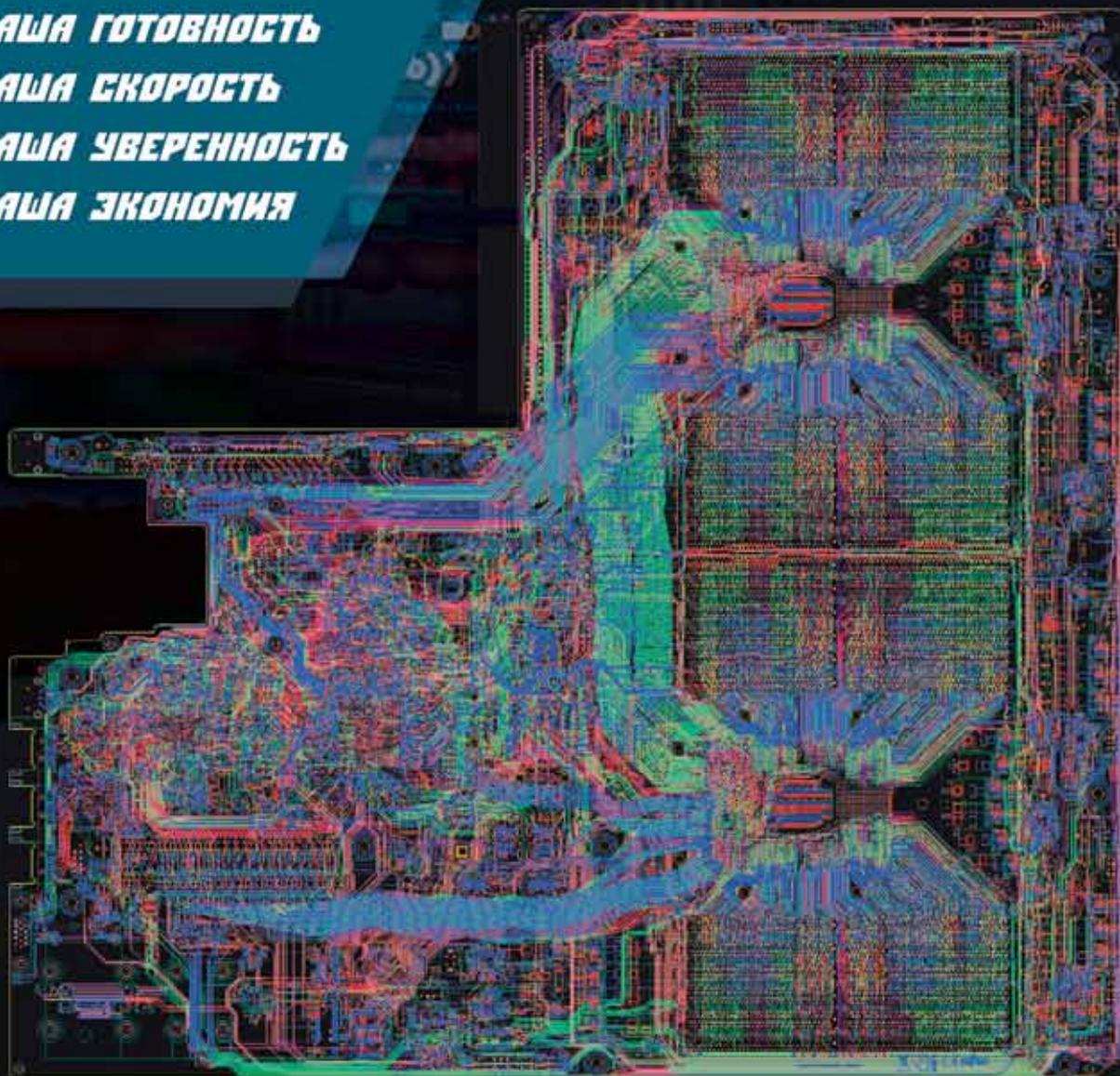
БЕСКОМПРОМИСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

c **pads**
Professional

ВСЕГО ЗА **299 000 ₺**



***ВАША ГОТОВНОСТЬ
ВАША СКОРОСТЬ
ВАША УВЕРЕННОСТЬ
ВАША ЭКОНОМИЯ***



Mentor[®]
A Siemens Business

NANOSOFT
DISTRIBUTION

www.mentorpcb.ru

Поэтому еще одним «стеклышком в витраже» автоматизации являются САМ-средства, равно как и инструменты проверки. Современные профессиональные САПР движутся в сторону создания цифровых двойников изделий, которые имитируют их поведение на протяжении всего жизненного цикла. Цифровые двойники используются для проверки правильности функционирования изделия путем моделирования различных сценариев, возможных в реальных условиях эксплуатации. Но так же цифровые двойники позволяют промоделировать процесс производства для того, чтобы заранее выявить «узкие места», оценить технологичность изделия и определить, где и как можно оптимизировать как конструкцию, так и техпроцесс.

Цифровые двойники – пока будущее, но, по всей видимости, уже не далекое. В некоторых областях они уже реализуются [3]. К этому необходимо быть готовым, если ставится задача создания передовой конкурентной электроники. А потому к этому должны быть готовы и САПР, применяемые на предприятиях.

ВНЕДРЕНИЕ И ПОДДЕРЖКА

Мы обрисовали несколько наиболее значимых требований к профессиональным САПР ПП, но далеко не все и крупными мазками. Однако даже из этой картины становится ясно, что для создания современной конкурентоспособной электроники, для решения тех задач, которые стоят перед отечественной радиоэлектронной промышленностью, необходимо делать ставку на масштабируемые и интегрируемые в общий процесс системы проектирования на базе передовых платформ.

Учитывая распространенность на российском рынке устаревших систем, прежде всего P-CAD, большому количеству компаний придется переходить на новые решения, а этот шаг, как уже говорилось, достаточно болезненный, и, кроме того, он требует правильного подхода к выбору необходимых компонентов систем и интеграции решений. Здесь сложно обойтись без экспертной помощи от разработчиков и поставщиков САПР, поэтому важным фактором является то, как будет осуществляться сопровождение внедрения и поддержка и насколько квалифицированная команда есть у представительства разработчика или у официального поставщика.

В некоторых случаях САПР поставляются компаниями, специализирующимися на дистрибуции ПО без привязки к области его применения. САПР ПП может входить в линейку поставки компании, например, вместе с дизайнерскими или офисными пакетами. В других случаях поставка САПР – одно из направлений бизнеса компании наряду с разработкой

собственных систем проектирования или оказанием услуг по проектированию изделий, когда компания фактически является одновременно и поставщиком и пользователем системы.

В качестве примера можно привести компанию «Нанософт», которая является одним из ведущих отечественных разработчиков САПР, имеет свой продукт папоCAD, обладает опытом интеграции различных средств, в том числе со своими решениями, и при этом является официальным дистрибьютором решений Mentor, A Siemens Business, поддерживает специализированный портал по этим решениям www.mentorpcb.ru и ведет YouTube-канал Mentor PCB Expert.

* * *

Автоматизация проектирования современной электронной аппаратуры – большой механизм, каждая шестеренка которого должна быть на своем месте, и от надежности каждой детали зависит то, как вся эта система будет работать целиком. Добавление новой шестеренки к старому механизму – не лучшее решение: его износ не позволит полностью положиться на этот механизм, а новая шестеренка может оказаться не совсем подходящей.

Сегодня технологии развиваются очень быстро, а сроки вывода изделий на рынок сокращаются. Ждать, пока САПР перестанет отвечать новым требованиям, пока старый механизм полностью откажет, – это подвергать себя риску в какой-то момент столкнуться с необходимостью срочно менять инструменты и подходы к работе или отстать от времени.

При выборе нового решения для переоснащения следует обращать внимание не только на возможности системы, но и на ее масштабируемость и способность к интеграции: сможет ли она сыграть роль базы для последующих шагов, когда они станут актуальными, соответствует ли она тенденциям развития электронной техники и процессов ее проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Siemens closes acquisition of Mentor Graphics // Пресс-релиз компании Siemens, 14 ноября 2016 г. – <https://press.siemens.com/global/en/event/siemens-closes-acquisition-mentor-graphics>
2. Cadence Completes Acquisition of AWR Corporation from National Instruments // Пресс-релиз компании Cadence, 15 января 2020 г. – https://www.cadence.com/en_US/home/company/newsroom/press-releases/pr/2020/cadence-completes-acquisition-of-awr-corporation-from-national-i.html
3. **Murphy B.** Mentor Showcases Digital Twin Demo // SemiWiki.com. March 6, 2019 – <https://semiwiki.com/automotive/8042-mentor-showcases-digital-twin-demo/>

**НОВЫЕ
ДАТЫ**

2-3.11.20

SEMIEXPO RUSSIA

SEMIEXPO Russia объединяет международную специализированную выставку с двухдневной деловой программой, где ежегодно принимают участие руководители, эксперты, топ-менеджеры крупнейших компаний по микроэлектронике, представители органов государственной власти, научно-исследовательских институтов и международных ассоциаций.

Программные мероприятия на SEMIEXPO Russia 2020

SEMI Member Forum 2020

Международный MEMS Forum

Новый этап конкурса
«Инновационная радиоэлектроника»

Обзор карьерных возможностей
и ежегодный День Талантов

Экспортные перспективы.
Открытый диалог с зарубежными
рынками

Экспозиция кластеров из Европы и
Азии

МОСКВА

ЭКСПОЦЕНТР

2 – 3 НОЯБРЯ 2020

**ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ТЕХНОЛОГИЯМ, МАТЕРИАЛАМ,
СТАНДАРТАМ И ОБОРУДОВАНИЮ
В ОБЛАСТИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Больше информации на официальном сайте

www.semiexpo.ru

 **@semiexporussia**