

Гибко-жесткие печатные платы (Delta Design)

Сергей Попов (popov.sn@eremex.ru)

Эта статья будет интересна всем, кто при проектировании электронных устройств использует различные конструкции гибко-жестких печатных плат. В статье будут рассмотрены возможности САПР Delta Design версии 3.6 по созданию таких конструкций. Также в статье будут подробно разобраны функциональные возможности, обеспечивающие правильность проектирования топологии в гибкой и переходной зонах гибко-жесткой платы.

Введение

Мобильность и портативность электронных устройств, сопровождающих человека в его повседневной жизни, предъявляет жесткие требования по своим массовым и габаритным характеристикам. Эти требования приходится учитывать инженерам-электронщикам при разработке современных устройств. Сложная внутренняя архитектура – одна материнская плата и наборы периферийных устройств, а также требования по надёжности и долговечности электронных устройств привели к тому, что одним из мировых трендов на протяжении уже долгого времени является разработка радио-электронных устройств с использованием гибко-жестких печатных плат (ГЖПП) [1].

Пользователи САПР Delta Design неоднократно обращались к разработчикам системы с просьбой реализовать поддержку создания гибко-жестких конструкций. Ответом на запросы пользователей стало комплексное решение, которое позволяет создавать варианты областей платы с раз-

личными наборами слоёв, и при этом осуществляет контроль правильности создания топологии в области гибкой части платы.

Новые материалы

В системе Delta Design работа над проектом печатной платы начинается с редактора «Материалы», в котором разработчик формирует необходимый ему набор конструктивных элементов печатной платы (препрег, маска, фольга, основа) и задаёт их основные характеристики: толщину, диэлектрическую проницаемость или проводимость.

Для разработки конструкций ГЖПП в системе Delta Design был модифицирован и расширен список доступных для использования конструктивных элементов. Функция конструктивного элемента «Маска» как защитного покрытия была расширена и на гибкую часть платы. Комбинация конструктивного элемента «Маска» и материала «Полиимидная плёнка» соответствует покровной плёнке. Покровная плёнка – это название защитного покрытия в гибкой области платы обычно использу-

ют инженеры-технологи. Кроме модификации маски был расширен список материалов для основ печатных плат, для них доступны материалы из полиимида. К основным характеристикам всех конструктивных элементов был добавлен параметр «Гибкость» (рис. 1). Данный параметр определяет возможность использования конструктивного элемента в гибкой и жесткой частях платы.

Разработчики Delta Design обновили таблицу, добавили в неё базовые материалы, которые наиболее часто используются производителями печатных плат (рис. 1). Новые конструктивные элементы и их материалы доступны пользователю сразу после установки системы.

В случае если на начальных этапах проектирования печатной платы пользователь не располагает данными относительно того, каким образом будет сформирован конструктив разрабатываемой платы, данный этап можно пропустить, такой сценарий вполне возможен. По мере продвижения в разработке конструкции печатной платы, после формирования и уточнения требований пользователь всегда может вернуться к таблице «Материалы» (рис. 1), дополнить и отредактировать её в соответствии с требованиями производителя.

Редактор слоёв. Стеки

Как конечное изделие, гибко-жесткая плата представляет собой единую неразборную конструкцию. На ней можно выделить два типа характерных областей: жесткую и гибкую. Эти области значительно отличаются друг от друга по своим механическим характеристикам. Процесс изготовления платы осуществляется с учётом специфики этих зон [2]. Для того чтобы учесть специфику областей гибко-жесткой конструкции и предоставить инженеру-топологу возможность правильно описать их с точки зрения используемых материалов, в системе Delta Design был изменён редактор слоёв.

В обновлённой версии редактора слоёв в таблице отображён весь список конструктивных элементов, из которых состоит гибко-жесткая плата. Для того чтобы инженер мог учи-

Конструктивный элемент	Тип материала	Наименование	Гибк.	Толщина...	Диэлектрич...	Проводимость
Маска	Эпоксидная смола с колорант...	Жидкая маска Зеленая Матовая XV-501T LDI	☐	0,015	3,5	
Маска	Сухой плёночный фоторезист	Сухая плёночная маска Глянцевая Зелёная DYNAMASK 500...	☐	0,04	3,56	
Маска	Сухой плёночный фоторезист	Сухая плёночная маска Глянцевая Зелёная DYNAMASK 500...	☐	0,1	3,56	
Маска	Полиимидная пленка	PlexiLF0210 (IPC-4203/1) PI 0,025; Ad 0,050	☒	0,075	3,6	
Маска	Полиимидная пленка	PlexiLF0110 (IPC-4203/1) PI 0,025; Ad 0,025	☒	0,05	3,6	
Преппрег	Эпоксидная смола с колорант...	FR4(Tg150) тип 1080	☐	0,076	4,1	
Преппрег	Сухой плёночный фоторезист	FR4(Tg150) тип 2116	☐	0,125	4,1	
Преппрег	Полиимидная пленка	FR4(Tg150) тип 7628	☐	0,18	4,1	
Преппрег	Стеклотекстолит	Arлон-49H тип 106 50мкм	☐	0,05	4,4	
Преппрег	Стеклотекстолит	Arлон-49H тип 1080 75мкм	☐	0,075	4,4	
Фольга	Медь	Медь 18мкм	☒	0,018		59500000
Фольга	Медь	Медь 35мкм	☒	0,035		59500000
Фольга	Медь	Медь 70мкм	☒	0,07		59500000
Основа	Стеклотекстолит	FR4(Tg150) Ядро:0.2мм	☐	0,2	4,3	
Основа	Стеклотекстолит	FR4(Tg150) Ядро:1.13мм	☐	1,13	4,3	
Основа	Медь		☒	0,018		59500000
Основа	Стеклотекстолит	FR4(Tg150) IPC-4101/99 Ядро:0.2мм Фольга:18/18мкм	☐	0,2	4,1	
Основа	Медь		☒	0,018		59500000
Основа	Медь		☒	0,035		59500000
Основа	Стеклотекстолит	FR4(Tg150) IPC-4101/99 Ядро:1.13мм Фольга:35/35мкм	☐	1,13	4,6	
Основа	Медь		☒	0,035		59500000

Рис. 1. Редактор «Материалы»

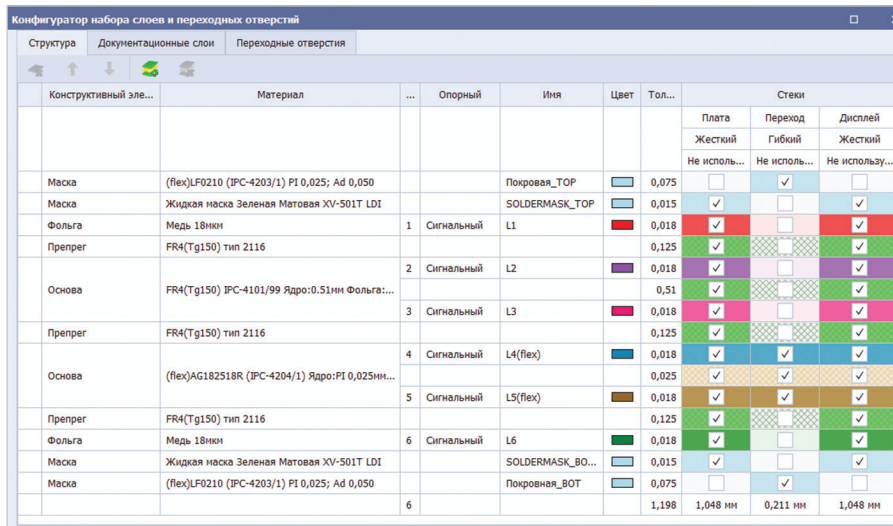


Рис. 2. Редактор слоёв с тремя стеками «Плата», «Переход», «Дисплей»

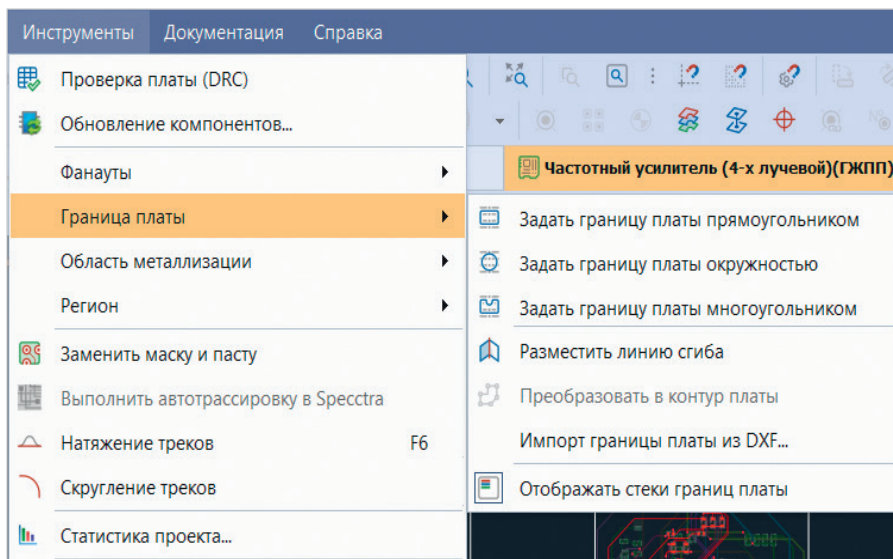


Рис. 4. Инструменты создания границы платы

тывать конструктивные особенности отдельных областей платы, в редакторе слоёв были реализованы новые объекты – стеки. Стеки – наборы конструктивных элементов (слоёв платы), обладающие признаком «жёсткий» или «гибкий». Наличие одного из данных признаков ограничивает выбор доступных конструктивных элементов, которые пользователь может включать в стек (рис. 2).

Стеки в табличном виде описывают сложную гибко-жесткую трёхмерную конструкцию. Также стеки позволяют пользователю посмотреть на плату в разрезе, в каждой из её характерных областей. В редакторе слоёв были добавлены проверки, которые отслеживают правильность создания стека каждого типа. Например, если пользователь ввёл недопустимое сочетание конструктивных элементов или не сформировал минимальный необ-

ходимый набор, то система не позволит сохранить такую конфигурацию стеков.

Изменение редактора затронуло вкладку «Переходные отверстия». В обновлённом редакторе пользователь может задать наборы стилей переходных отверстий для каждого стека (рис. 3).

Составная граница гибко-жесткой печатной платы

В новой версии системы Delta Design создание границ печатной платы происходит с помощью специализированных инструментов, расположенных в главном меню программы: «Инструменты → Граница платы → Задать границу платы»

Отметим, что разработчики оставили возможность использовать старый подход по формированию границы, но он потребует дополнительных шагов

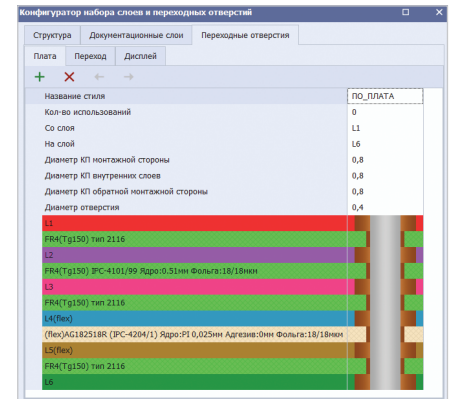


Рис. 3. Редактор слоёв. Переходные отверстия

по преобразованию обычных графических объектов в границу печатной платы. Этот путь позволит создать границу при импорте границы из машиностроительных САПР в dxf-формате. Если же пользователь создаёт новый проект и рисует контур платы самостоятельно, то наиболее правильным и надёжным способом является использование специализированных инструментов создания границы, указанных выше (рис. 4).

Чтобы нарисовать границу гибко-жесткой печатной платы, сначала инженеру необходимо отобразить её развёртку на плоскости. При этом ему нужно нарисовать границу каждой области платы и расположить получившиеся фигуры контуров платы вплотную друг к другу. В результате получается сложная граница платы, состоящая из отдельных примыкающих друг к другу областей.

Для каждой области такой сложно-составной границы печатной платы назначается стек, который был ранее создан в редакторе слоёв. После назначения стеков областям платы система начнёт контролировать то, насколько смежные области платы соотносятся друг с другом по заданным слоям в стеках.

Определение области сгиба

Для формирования областей, в которых плата подвергается механической деформации, в системе Delta Design был реализован новый инструмент – «Разместить линию сгиба». Линия сгиба – это проекция оси воображаемого цилиндра, по поверхности которого происходит сгиб гибкой части платы. Также, одновременно с проекцией оси, на плате отображается развёртка части поверхности цилиндра. Ширина развёртки определяется углом, на который плата сгибается, и радиусом воображаемого цилиндра (рис. 5).

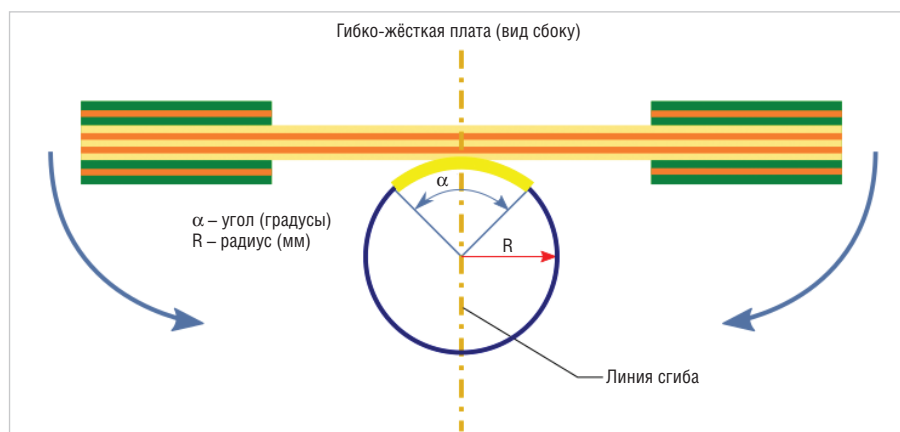


Рис. 5. Создание области сгиба. ГЖПП – вид сбоку

Значения параметров угла и радиуса указываются в свойствах нового составного объекта «Сгиб», который создаётся после окончания работы инструмента «Разместить линию сгиба». Объект – «Сгиб» описывает саму область сгиба платы, а также содержит линию сгиба, описанную выше. Пользователь может редактировать полученную область сгиба, менять её положение и наклон относительногибаемой части платы. В панели «Свойства» могут быть отредактированы значения угла и радиуса сгиба размещённой области.

3D-визуализация

После задания основных параметров области сгиба пользователь может перейти от 2D-представления платы к 3D. В Delta Design реализовано двухэтапное построение 3D-вида ГЖПП. На первом этапе плата показывается без выполнения сгиба, на втором этапе плата показывается со сгибом. Таким образом, инженер всегда может контролировать конечный результат и соотнести его со своими ожиданиями (рис. 6, 7). При необходимости 3D-вид платы может быть сохранён в stp или stl-формате.

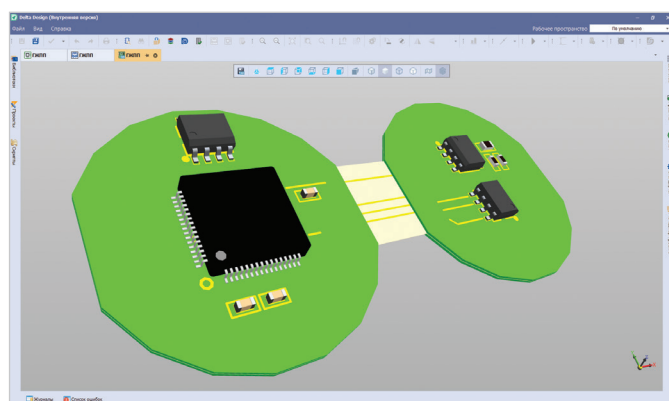


Рис. 6. 3D-вид гибко-жесткой печатной платы до сгиба

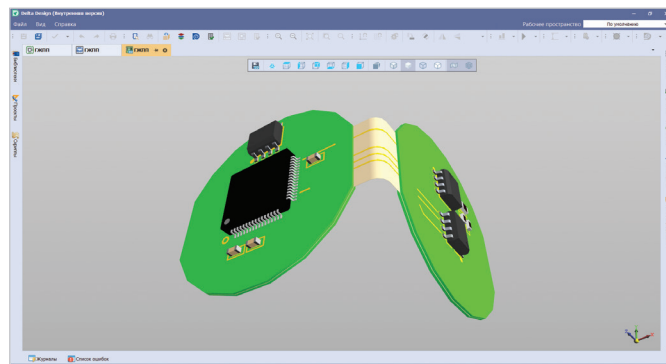


Рис. 7. 3D-вид гибко-жесткой печатной платы после сгиба. Параметры сгиба (угол 90 град, радиус 2 мм)

размещаемого компонента формируются набор контактных площадок, соответствующий стеку, в области которого компонент был размещён.

Если пользователь сначала разместил компонент в жёсткой части платы, а затем решил его передвинуть в гибкую часть, то система обозначит данный компонент как компонент, размещённый с нарушением стека. Чтобы исправить данное нарушение и задать контактным площадкам компонента правильный стек, в системе реализована специальная контекстная команда «Переразместить».

Система контролирует, в каком именно месте был расположен компонент. Согласно рекомендациям производителей печатных плат, компоненты не рекомендуется размещать в области сгиба и вблизи перехода из жёсткой в гибкую часть. Если пользователь расположил компонент в области сгиба или на расстоянии меньшем, чем 1 мм от границы перехода, то DRC-проверка определит такой компонент и сообщит об этом пользователю.

Трассировка печатных проводников

Для ГЖПП характерно различное количество слоёв в гибкой и жёсткой частях. Поэтому в алгоритмы трассировки платы были внесены изменения. Теперь система отслеживает, в какой именно области в данный момент времени происходит прокладка печатного проводника, и проверит возможность перехода из одной области в другую на выбранном слое.

Delta Design контролирует и то, каким именно образом был проложен печатный проводник. Согласно рекомендациям производителей печатных плат, проводник должен располагаться ортогонально к линии сгиба и к границе, разделяющей жёсткую и

Правила проектирования

Для правильного создания ГЖПП были внесены дополнительные проверки в различные редакторы системы. Выше упоминалось, что в редакторе слоёв происходит контроль за правильностью заполнения жёсткого и гибкого стека. Сам редактор слоёв может быть запущен в режиме редактирования только тогда, когда все документы проекта были предварительно закрыты. В остальных случаях редактор запускается в режиме просмотра.

Редактор правил проекта был доработан, и теперь пользователь получил возможность задавать специфические наборы правил для каждого стека. В разделах «Зазоры» и «Физические» добавлены узлы, в которых пользователь определяет правила проектирования для каждой характерной области гибко-жесткой платы. Узлы именуются по названию используемых стеков (рис. 8).

Размещение компонентов

При первичном размещении компонентов в пределах границы платы система определяет, в какую область платы попадает геометрический центр размещаемого компонента. Далее для

гибкую часть. Если проложить проводник под углом, отличным от 90 градусов, то при деформации платы возможно отслоение печатных проводников от полиимидного основания. Если инженер-конструктор всё же создал такую топологию печатных проводников, то DRC-проверка системы выявит такие проводники и сообщит об этом. Ещё одной важной рекомендацией является взаимное расположение проводников на соседних слоях гибкой части. Проводники рекомендуется располагать в шахматном порядке. Если проводники располагаются друг над другом, то DRC-проверка их определит и подсветит.

Аналогично тому, как система контролирует размещение компонентов в областях сгиба и в зонах перехода, также происходит контроль за размещением переходных отверстий. Размещение переходных отверстий на участках гибко-жесткой конструкции осуществляется с учётом тех же требований, что и для размещения компонентов.

Трассировка проводников дугами

Со стороны производителей существуют рекомендации по созданию правильной топологии печатных проводников в гибкой части. Рекомендуется прокладывать проводники таким образом, чтобы они повторяли геометрию границы платы. Для гибкой части платы вполне возможны сложные конфигурации и вырезы, это приводит к тому, что граница представляет собой набор отрезков и дуг различного радиуса. Чтобы повторить такую сложную геометрию у печатных проводников, следует использовать инструмент постобработки топологии – «Скругление трек» [4].

Создание производственных файлов

Нанесение жидкой маски по всей области ГЖПП приводит к потере гибкости платы. Согласно данным от производителей [3] жидкая маска используется для «статичных» плат, а также в тех случаях, где необходимо сформировать масочные мостики определённой ширины. В большинстве же случаев для создания защитного слоя в гибкой части применяется покровная плёнка на основе материала «полиимид».

Чтобы поддержать возможность формирования двух защитных слоёв, различных как по своим параметрам, так и по способу нанесения, в Delta Design

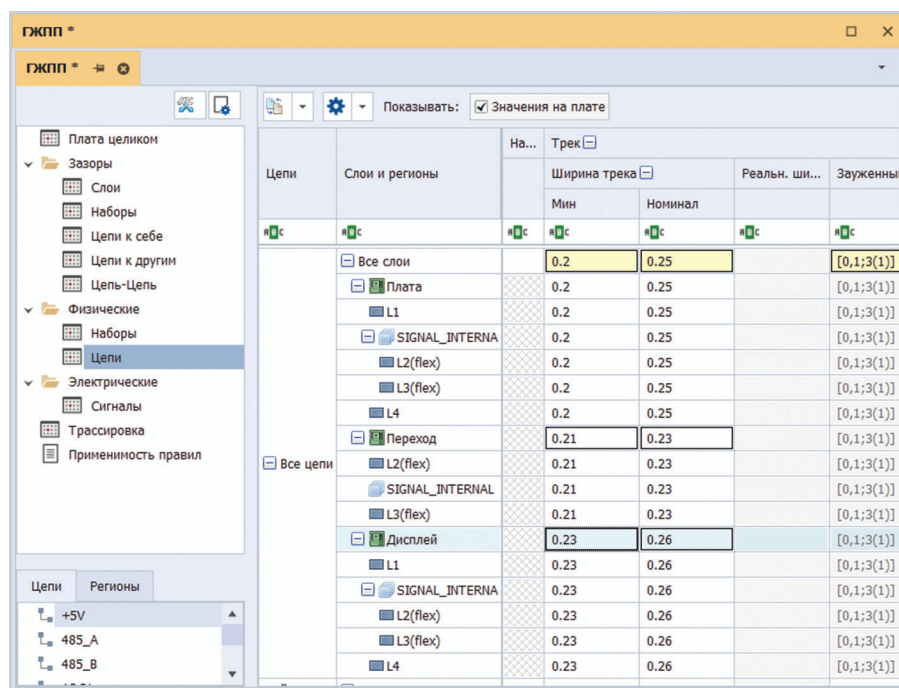


Рис. 8. Редактор правил

был расширен список материалов для выполнения защитного покрытия. Также в системе был расширен функционал по формированию защитного слоя «Инструменты» «Заменить маску и пасту». В новой версии Delta Design у пользователя есть возможность создания специфических вырезов в покровной плёнке, которые могут отличаться значениями отступа до контактных площадок, от таких же окон, созданных в слое жидкой маски. Также слой покровной пленки будет экспортироваться в отдельный гербер-файл.

Изменения произошли и в функционале экспорта границ платы. Если пользователь разрабатывает гибко-жесткую конструкцию, то вместо одного производственного файла, описывающего границу платы, система в автоматическом режиме создаст набор файлов. В набор будет входить файл с общей границей платы, а также файлы, описывающие границу каждой области, для которой был задан свой стек. Файлу с общей границей будет присвоено имя, которое пользователь задаёт в окне экспорта производственных файлов, а имена остальных файлов будут составными. Первая часть составного имени – это имя, заданное пользователем, а вторая часть – это имя стека.

Ограничения на использование функционала создания гибко-жесткой конструкции

На момент написания статьи проектирование гибко-жестких плат было

доступно только в профессиональной конфигурации системы Delta Design. Ограничения были и на использование функционала топографической трассировки TороR. Так, если в проекте было создано два и более стеков, то вызов и использование режима TороR становится невозможным.

В текущей версии Delta Design не отслеживается допустимое соотношение толщины и радиуса сгиба платы. Контроль за правильностью введённых значений и полученных областей сгибов лежит на самом пользователе.

Работа с проектами различных версий

В процессе разработки нового функционала по созданию проектов гибко-жестких плат в систему Delta Design было внесено большое количество изменений. Одна из задач, которая стояла перед разработчиками системы, – это задача по обеспечению преемственности ранее созданных проектов. Другими словами, для пользователя не будет значительной разницы при работе с ранее созданными проектами после перехода на новую версию системы Delta Design. Проекты, созданные в более ранних версиях системы, доступны для использования в новой версии. Однако после открытия проекта в новой версии Delta Design настоятельно не рекомендуется открывать проекты в более ранних версиях системы.

Для пользователей системы Delta Design, которые разрабатывают толь-

ко обычные жёсткие платы, в редакторе слоёв воспроизводится старое поведение системы. Для каждого вновь созданного проекта в редакторе автоматически формируется один стек жёсткой печатной платы.

Заключение

Как было отмечено в начале статьи, в САПР Delta Design реализован комплексный подход к проектированию гибко-жёстких плат. В новой версии инженер-конструктор получил широкий набор инструментов, который позволяет создать цифровой проект

печатной платы, максимально приближенный к реальной конструкции ГЖПП. Кроме этого, в систему были добавлены проверки, основанные на рекомендациях, полученных от производителей, данные проверки позволяют создавать надёжные конструкции плат.

Также отметим, что для компании Эремекс это первый шаг в направлении разработки гибко-жёстких конструкций. Существует большая вероятность того, что по мере накопления пользовательского опыта функциональные возможности системы будут дорабатываться и расширяться в соот-

ветствии с запросами пользователей, разрабатывающих различные виды гибко-жёстких печатных плат.

Литература

1. Медведев А. и др. Конструирование гибких и гибко-жёстких печатных плат // Компоненты и технологии. 2008. № 6. URL: https://kit-e.ru/wp-content/uploads/2008_6_147.pdf.
2. URL: <https://www.rezonit.ru/pcb/gibko-zhestkie/>.
3. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=5Y-9hiZid5P8&t=2705s>.
4. Эремекс. URL: <https://youtube/fnnrIden1ZU>. 

НОВОСТИ МИРА

Сформирована программа второго дня пленарной работы форума «Микроэлектроника 2022»

4 октября на Российском форуме «Микроэлектроника 2022» пройдут пленарные заседания на темы «Искусственный и гибридный интеллект: ЭКБ на новых принципах, алгоритмы, модели и технологии», а также «Доверенность ЭКБ и РЭА – тема для спекуляций или объективный вызов?».

Одно из запланированных пленарных заседаний заявлено как «Доверенность ЭКБ и РЭА – тема для спекуляций или объективный вызов?». На нём будет продолжено обсуждение вопросов конкурентоспособности отечественной ЭКБ, которое началось на пленарной сессии форума в прошлом году и фокусировалось на гражданской продукции. По результатам докладов и дискуссий было отмечено, что конкурентоспособность и рыночная привлекательность отечественной ЭКБ и РЭА возможны лишь при наличии к ним доверенности, что предполагает дополнительные затраты. При этом понятие доверенности применительно к ЭКБ практически не регламентировано отечественными стандартами, а это даёт повод для субъективной трактовки и спекуляций. Отсутствуют унифицированные требования по обеспечению доверенности ЭКБ в ТЗ на ОКР и методы оценки соответствия ЭКБ этим требованиям. Эти вопросы особенно остро ощущаются в современных условиях турбулентности, когда привычные логистические каналы поставки материалов и комплектующих изделий оказались нарушены.

Под доверенностью (в широком смысле) понимается подтверждённое свойство изделия (ЭКБ, РЭА) удовлетворять потребности, в соответствии с назначением, в течение определённого срока и в условиях эксплуатации, верифицируемости, тестопригодности и соответствия документации, санкционной

стойкости, а также отсутствие недеclared включений, коррекций и возможностей управления и считывания информации, признаков контрафактного происхождения.

Предполагается обсудить сложившуюся проблемную ситуацию, понятие и критерии в области обеспечения и контроля доверенности ЭКБ и РЭА. В широкой аудитории представителей отечественных разработчиков, изготовителей, поставщиков и потребителей комплектующих изделий с участием руководителей дизайн-центров, предприятий, научно-исследовательских организаций, государственных корпораций и регуляторов в области обеспечения безопасности объектов критической информационной инфраструктуры, к которым относится весь радиоэлектронный комплекс и большинство объектов связи, навигации, цифровой маркировки, транспорта, автоматизированных систем управления производством, коммунальным хозяйством и пр. Причём, как ожидается, основной акцент в докладах будет сделан на обеспечение создания и комплектования отечественных гражданских систем, для которых ранее в основном применялись материалы и комплектующие изделия иностранного производства.

К участию в пленарном заседании с докладами в качестве экспертов приглашены руководители и профильные специалисты Федеральной службы по экспортному контролю, Минпромторга и Минцифры России, госкорпораций «Росатом», «Роскосмос» и «Ростех», АО «РЖД», предприятий-разработчиков радиоэлектронных комплексов и систем.

Пленарное заседание «Доверенность ЭКБ и РЭА – тема для спекуляций или объективный вызов?» запланировано на 4 октября 2022 года с 15:00 по 18:30.

Продолжая традицию прошлого года, секция 10 «Искусственный интеллект. Нейроморфные системы» организует пленарную

сессию на тему «Искусственный и гибридный интеллект: ЭКБ на новых принципах, алгоритмы, модели и технологии» из 11 докладов.

Рассматривается видение перспективных систем ИИ и технологий их разработки, а также интеллектуальные нейроморфные и нейрогибридные системы с применением ЭКБ на новых принципах. Оцениваются перспективы создания такой ЭКБ для матриц энергонезависимой памяти терабитного масштаба и нейроморфных систем.

Представляется научная программа искусственного интеллекта и больших данных в технических, промышленных, природных и социальных системах, реализуемая вновь созданным Национальным центром физики и математики (НЦФМ) в Нижегородской области. Формулируются проблемы надёжности и объяснимости получаемых решений с помощью нейросетей, обсуждаются пути их решения.

Кроме того, будут освещены аспекты вычислительного превосходства нейроморфного компьютера, а также оригинальные математические алгоритмы и модели реализации такого компьютера на базе энергонезависимой памяти. Обсуждаются вопросы взаимодействия живых нейронов мозга с микроэлектронными устройствами, а также программно-аппаратная реализация ИИ в социобиофизических и робототехнических системах.

В работе секции 10 представлены доклады по следующим направлениям: аппаратная реализация ИИ с помощью серийно выпускаемых нейроускорителей; электронные и фоточувствительные мемристоры, а также устройства и системы на их основе; анализ и синтез нейроморфных систем.

Модератором серии пленарных докладов выступит к.т.н. Тельминов Олег Александрович (АО «НИИМЭ»).

Российский форум «Микроэлектроника 2022» в МКК «Роза Хутор» (г. Сочи) будет проходить с 2 по 8 октября.



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

**ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

2022

100% РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ



ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе COM-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Контрактная сборка электроники уровней: модуль / узел / блок / шкаф / комплекс

- ОКР и технологические консультации
- Макеты, установочные партии, постановка в серию
- Комплектование производства отечественными и импортными компонентами и материалами
- Поддержание складских запасов РЭК и материалов, контролирование жизненного цикла комплектующих
- Серийное плановое производство
- Тестирование и испытания изделий
- Гарантийный и постгарантийный сервис