

Заседание Клуба экспертов

Уважаемые читатели! Вашему вниманию предлагается новая рубрика «Клуб экспертов», в рамках которой будут публиковаться материалы, представляющие мнения экспертов по тем или иным вопросам и проблемам, возникающим при разработке и производстве электронной техники. Новую рубрику открывает цикл публикаций под названием «Протоколы собрания Клуба экспертов». Идея данного цикла, да и рубрики в целом, принадлежит нашему постоянному автору Иосифу Каршенбойму, который выступает в роли инициатора и секретаря виртуальных собраний специалистов разных профессий, связанных с электроникой. Цель таких собраний — обсуждение проблем, актуальных для читателей, предоставляющее возможность рассмотреть предмет с разных сторон. Формат материала позволит всем заинтересованным лицам, ознакомившимся с протоколом, подключиться к разговору и, естественно, высказать свое мнение по теме заседания.

Протоколы заседаний Клуба экспертов. Первое заседание

Открывая новый цикл и новую рубрику в журнале, хотел бы ответить на закономерный вопрос: зачем все это нужно? В настоящее время производство изделий электроники стало как никогда наукоемким. И самое сложное сегодня — сформировать свое мнение о новых, неизвестных ранее проблемах. Это позволит каждому разработчику самостоятельно выбрать направление для «движения» из предложенных. По поводу участников заседаний могу сказать следующее я предложил участвовать в проекте тем, кого знаю лично или по переписке. Полагаю, что «братья по цеху», не нашедшие себя в числе наших экспертов, на меня не обидятся — если вы захотите продолжить обсуждение данной или другой темы — пишите, и мы с удовольствием расширим наш компетентный Клуб.

В этом заседании Клуба экспертов будет затронута тема, связанные с повышением тактовых частот в новых микросхемах, с новыми технологиями в разработке, корпусах BGA и сопутствующими технологическими проблемами. Несколько слов будет сказано об оборудовании для монтажа и о тестовом оборудовании и программном обеспечении. Почему именно эта тема на повестке дня сегодня, «Протокол заседания». Добавлю лишь, что данная тема заинтересовала многих посетителей выставки «ЭкспоЭлектроника» и «ЧипЭКСПО», где мне довелось работать стендистом.

Надеюсь, именно эта тема вас, уважаемые читатели, заинтересует.

Уверен, что кроме проблемы, затронутой на данном заседании, в реальной жизни су-

ществует еще множество вопросов, достойных такого же обсуждения. И тут уж дело за вами, уважаемые читатели. Напишите, что вас интересует. Возможно, вы хотите высказаться по новой теме или продолжить тему, которую мы откроем сегодня.

И еще одно очень важное замечание. Я приношу благодарность всем тем, кто нашел время и силы и принял участие в сегодняшнем заседании. Их имена и почтовые адреса указаны ниже. Если у вас есть какие-либо вопросы к участникам заседания — напишите им. Я также хочу поблагодарить и тех, кто из-за большой производственной загрузки не смог принять участия в этом заседании, но обещал непременно участвовать в следующих заседаниях.

Экспертный состав первого заседания

- **Георгий Шведюк** — старший менеджер службы технологического оборудования, «Совтест АТЕ», info@sovtest.ru
- **Роман Мальшев** — инженер службы тестового оборудования, «Совтест АТЕ», info@sovtest.ru
- **Алексей Власенко** — инженер по применениям, Analog Devices, alexey.vlasenko@analog.com.ru
- **Иосиф Каршенбойм** — менеджер отдела технической поддержки, «Элтех», iosifk@eltech.spb.ru — секретарь заседания
- **Олег Романов** — руководитель группы бренд-менеджеров по продукции Analog Devices, «Элтех», oleg.rom@eltech.spb.ru
- **Андрей Лохов** — директор, «Мегратек», lokhov@megratек.ru
- **Павел Гурьев** — инженер-разработчик, компания «ОРИЭЛ», info@oriel.ru

План заседания

1. Повышение тактовых частот в новых микросхемах приводит к новым технологиям в разработке.
2. Корпуса BGA и технологические проблемы, с ними связанные.
3. Оборудование для монтажа.
4. Тестовое оборудование и программное обеспечение.

Иосиф Каршенбойм: Как секретарь собрания прошу вас, коллеги, перейти к обсуждению второго вопроса. Почему возникла необходимость обсудить именно этот вопрос? Да вот представьте себе, еще есть такие звонки к нам в техподдержку: «Вот вы все рекламируете ваш новый микропроцессор и заявляете, что он более мощный, чем предыдущий, а вот тут в дэйтаташите сказано, что его мощность 300 мВт?». Ну а теперь — серьезно, что мы можем предложить нашим клиентам и коллегам для того, чтобы они быстрее разобрались с новыми, более скоростными микросхемами процессоров?

По итогам работы на предыдущих выставках и по анализу приходящих писем можно определить довольно интересную тенденцию. Те инженеры, которые изначально были связаны с разработкой высокоскоростных устройств, в настоящий момент не испытывают больших затруднений при переходе на новые более производительные микросхемы. Но те, кто производил разработки на «классических» микроконтроллерах, где тактовые частоты не превышали единиц мегагерц, сегодня имеют большие затруднения при переходе на новые микроконтроллеры. Для них тактовые частоты сделали скачок с единиц мегагерц до нескольких сотен мегагерц, то есть на два порядка. А такой скачок в тактовых частотах неизбежно должен вести к новым приемам проектирования, изготовления и отладки изделий. Мало того, что изменились технологии проектирования PCB, поменялись и корпуса микросхем. Вместо привычного планарного корпуса, отлаженной годами технологии пайки и проверки сигналов — корпуса BGA, многослойки, где сигналы уходят от одной микросхемы к другой, так и «не всплывая на поверхность». Вместо привычного паяльника — паяльные станции. Проблем много, и их надо решать. Конечно, можно применить прием «пустить по инстанциям». То есть «вы сначала идите, разберитесь, что вам надо, а потом приходите...» Но, как вы все понимаете, именно это «разберитесь»

и представляет наибольшую сложность. И чтобы разработчики сумели как можно быстрее и безболезненнее преодолеть этот новый барьер, давайте поможем им в этом. Именно для этого мы сегодня и собрались на заседании Клуба экспертов. Давайте определим круг вопросов, предложим самые общие рекомендации, а также дадим ссылки на те ресурсы, где эти проблемы освещены более подробно. Я собрал вас здесь, за нашим круглым виртуальным столом Клуба экспертов, именно потому, что вы можете изложить вопросы, связанные с производством, созданием и тестированием новых разработок. Сегодня в нашем Клубе присутствуют специалисты, связанные с производством микросхем и их техподдержкой, дистрибьюторы фирм — производителей микросхем и технологического оборудования, ну и, конечно, разработчик. Соответственно, они и выскажут свою точку зрения на сегодняшнюю проблему.

Слово предоставляется представителю фирмы — производителя микросхем. Алексей Александрович, расскажите нам о тенденциях, связанных с производством новых, более производительных микросхем. Ну и, конечно, не забудьте сказать пару слов о BGA.

Алексей Власенко: Разработчики электроники часто жалуются на то, что микросхемы сейчас выпускаются в сложных для монтажа корпусах, для которых нужен высокий класс производства печатных плат, специальное оборудование и, соответственно, дополнительные затраты, якобы неоправданные. Регулярно приходится слышать подобные суждения, например, по адресу процессоров BlackFin, которые выпускаются фирмой Analog Devices в корпусах BGA с шагом выводов 0,8 мм.

Но дело в том, что фирмы — производители электронных компонентов просто вынуждены выпускать свою продукцию в подобных корпусах. Разработчики должны отдавать себе отчет в том, что при определенном уровне быстродействия электроники проблема корпусов и, соответственно, проблема печатных плат становится отдельной инженерной задачей, требующей специальной квалификации. Частоты сигналов в современных электронных системах выросли до невообразимых цифр. Поэтому появляются новые решения даже в таких, казалось бы, тривиальных областях, как разводка выводов операционных усилителей. Например, в усилителях AD8099 и AD8000 благодаря небольшому изменению разводки выводов удалось расширить рабочую полосу частот, причем существенно!

В общем, хочу заверить сомневающихся разработчиков, что трудности с монтажом «сложных» корпусов и разводкой плат неизбежны и связаны с прогрессом электроники — с повышением быстродействия и требований к портативности. Фирма Analog Devices делает все, чтобы помочь инженерам преодолеть эти трудности, в частности разра-

батывает и предоставляет оценочные платы (evaluation boards), образцы разводки печатных плат, а в случае операционных усилителей — бесплатные платы EVAL-ADOPAMP для макетирования усилителей. Кроме того, дистрибьюторы Analog Devices и наше представительство в России обеспечивают техническую поддержку разработчика во всех аспектах, связанных с применением продукции Analog Devices.

Иосиф Каршенбойм: Теперь давайте предоставим слово российским дистрибьюторам, чтобы узнать, как обстоят дела у наших разработчиков. По этому поводу прошу высказаться Олега Владимировича Романова.

Олег Романов: Да, я абсолютно согласен с Алексеем. Мировые производители микросхем довольно успешно осваивают новые секторы рынка, а именно те, где требуется высокоскоростная обработка сигналов и высокопроизводительные вычисления. При этом частоты обрабатываемых сигналов становятся такими, о которых несколько лет назад не приходилось и мечтать. И мы прекрасно понимаем, что разработчики нашей страны не всегда могут конкурировать с западными производителями. Причины здесь в разной экономической базе. Это и совершенно другие проценты за банковское кредитование, и неразвитый рынок заемных средств. К сожалению, в России пока еще не развит рынок акций предприятий, разрабатывающих и выпускающих электронику. Поэтому большинство отечественных предприятий испытывают определенные трудности с финансированием новых разработок. А при разработке устройств, содержащих высокоскоростные микросхемы, старые методы подчас уже невозможны. Тем не менее всегда можно найти выход из такой тяжелой ситуации. И мы всеми силами стараемся помочь в подобных вопросах нашим клиентам — это и наши традиционные семинары, диски с документацией и предоставление заказчику консультаций по применению изделий, передача образцов и т. д. Но особо хочется отметить, что с помощью нашей фирмы в стране созданы десятки учебных классов, в которых и студенты, и инженеры могут получить знания по новейшим технологиям обработки сигналов.

Что касается применения BGA-корпусов, вот вам пример из нашей практики.

Очень грамотно поступила компания Analog Devices — она выпустила младшие модели процессора BlackFin в корпусах MQFP с граничной частотой для выводных корпусов 400 МГц (800 ММАКС). Так и начинали наши заказчики с процессоров ADSP-BF532 и ADSP-BF531 в MQFP-корпусах. Соответственно, макетирование, первые опытные партии и т. д. были пройдены старыми проверенными методами с использованием ИС в корпусах, которые еще поддаются ручному монтажу. А когда потребовались более широкий набор периферийных узлов, больший объем памяти и большая производи-

тельность, то пришлось им все же переходить на модели в BGA-корпусах.

Мы, со своей стороны, прекрасно понимаем, что альтернативы у наших клиентов нет и переход на новые корпуса «обойти» невозможно. Мы понимаем, что в таких условиях малые и даже иногда средние фирмы будут испытывать затруднения с приобретением стартовых наборов. Да, конечно, стартовые наборы на микросхемы для мультимедиа или иной DSP-обработки достаточно дороги. Поэтому мы идем навстречу нашим клиентам. Тем из них, кто не может сразу приобрести требующийся дорогой стартовый набор, мы готовы предоставить такой стартовый набор во временное пользование и оказывать консультации по применению и по программированию, в том числе и с выездом к заказчику. Это самое главное, о чем я хотел сказать. А теперь небольшое отступление. Оно будет звучать так: «Почему здесь обсуждается именно BlackFin?» Я не буду приводить цифры о низкой стоимости и невиданной для микроконтроллеров производительности. Те наши клиенты, которые традиционно занимались разработками радиотрактов или другими высокоскоростными приложениями, уже имеют опыт и традиции в создании своих устройств. И у таких клиентов трудностей не возникает. Другое дело наши клиенты, разрабатывавшие свои изделия на базе «традиционных» микроконтроллеров, где тактовые частоты были на уровне 10–20 МГц. Для них переход на более высокоскоростные микроконтроллеры, с тактовыми частотами в 700 МГц, — грандиозный прорыв. Уже сейчас становится ясно, что BlackFin — это и сигнальный процессор, и микроконтроллер для массового применения, и именно к нему перейдет пальма первенства от таких DSP, как ADSP-218x и TMS320C5xxx, — там, где необходима DSP-обработка. Но, кроме того, эти процессоры могут быть использованы в обычных «микроконтроллерных» приложениях, требующих высокой производительности. Вот почему разработчикам приходится пересматривать свои технологии и методы проведения работ. И альтернативы здесь тоже нет. Как нам показал Алексей, тенденция такова, что цены на высокопроизводительное оборудование падают. Я имею в виду не только комплектующие, но и конечные изделия. А потребительские свойства изделий при этом не уменьшаются, а даже наоборот растут. Пример — хотя бы мобильники. Еще немного — и видео по H264 будет нормой в каждом мобильном телефоне, так же как сейчас фотокамера. Подводя итоги своего выступления, еще раз хочу подчеркнуть, что мы помогаем нашим клиентам преодолеть барьер, связанный с переходом на новые технологии, и мы считаем себя партнерами в их нелегком деле.

Иосиф Каршенбойм: Я хочу немного дополнить выступление Олега. Кроме семинаров, дисков и прочего, за последнее время выросло число журналов по нашей тематике.

Теперь у нас есть не только известные всем бренды журнальной индустрии, но и издания фирм-дилеров. Объем и качество публикаций постепенно растут. Притом что цены на журналы остаются практически на том же уровне. Мало того, некоторые издания фирм-дистрибьюторов поставляются к подписчикам бесплатно. Но все же еще достаточно часто можно встретить в интернет-конференциях фразу: «Вот у меня не получается...» Хорошо, если в таких случаях отвечают грамотные специалисты. Мы их всех хорошо знаем и благодарны им за помощь. Но ведь иногда встречаются такие советы, которые можно назвать «чайник — чайнику». Пытаешься потом исправить дело, что уже гораздо сложнее. Здесь можно сказать так: вот, к примеру, у вас заболит горло, ну скажем, ангина. Будете ли вы вызывать скорую или выйдете на ближайшую трамвайную остановку и начнете спрашивать у прохожих, чем вам лечиться? Ответ очевиден. Поэтому мой вам совет — не бойтесь обратиться в службу техподдержки. По крайней мере, хуже от этого не будет.

Итак, господа, от дистрибьюторов мы переходим к разработчикам. Представляю вам Павла Гурьева. Павел, расскажите нам о тех проблемах, с которыми вы столкнулись при разработке своих изделий.

Павел Гурьев: Наша фирма небольшая. Поэтому мы не можем ждать, когда нашу сферу на рынке заполнят конкуренты. Мы всегда стремимся быть первыми в разработке и в новых технологических приемах. Надо отметить, что в нашей стране большинство инженеров-разработчиков избегает и боится применения в своих изделиях корпусов типа BGA. Это связано в первую очередь с относительной простотой подавляющего большинства выпускаемых изделий. С другой стороны, стоимость и сроки изготовления печатных плат, содержащих BGA-компоненты, а также сложность монтажа и перемонтажа, себестоимость серийных изделий, — все это заставляет разработчиков пока держаться подальше от новой технологии.

Основные трудности связаны с монтажом и контролем качества монтажа микросхем в корпусах типа BGA и QFN. Для малых партий или при изготовлении прототипов нет другой альтернативы, как пойти к одному из контрактных сборщиков и, заплатив 600–1200 руб. за монтаж одного корпуса, получить рентгеновские снимки, гарантирующие качество выполнения монтажа. Или купить хорошо зарекомендовавшую себя для мелких объемов инфракрасную станцию пайки ERSA-500 или аналогичную, но даже это приобретение далеко не всем по карману. Придется также потратить некоторое количество денег на тренировочные наборы BGA.

Плюс еще одна сложность, связанная с трудностью отладки прототипов, содержащих BGA. Если в случае с выводными компонентами ошибки удастся исправлять надрезанием проводников и установкой перемычек,

то скоростные многослойные платы, содержащие корпуса с шариковыми выводами, обычно починить не удастся, до некоторых точек не добраться щупом. Запросто можно выкинуть в первый же день прототипную плату, которая даже не включилась или сгорела при первом же включении. А сделать новый прототип — это еще месяц и еще несколько тысяч долларов. То есть, по сути, от разработчика требуется очень высокий класс профессионализма и повышенное внимание.

По поводу BlackFin — да, пробовали, вот наше мнение: создание прототипной платы на базе Blackfin 537 особых трудностей не вызвало, удалось поместиться в 6 слоев при почти стопроцентном задействовании портов ввода-вывода. Поскольку кристалл весьма интересен, российским разработчикам было бы проще разрабатывать платы с использованием не корпуса MBGA182, а сначала заявленного, но так до сих пор и не выпущенного CSPBGA208, плату с которым можно было бы оттрассировать на 4 слоя. К тому же и изготовление такой платы обошлось бы дешевле, из-за не столь высоких технологических требований. Но я бы сказал, это специфика именно российского рынка.

Однако современные тенденции заставляют нас применять микросхемы в BGA-корпусах, поскольку практически все новые интересные изделия выпускаются только в таком исполнении. Особенно стоит отметить высокоскоростные применения, где BGA часто является более выигрышным вариантом по сравнению с различными выводными корпусами с точки зрения высокочастотных свойств.

Резюме: пока дорого для большинства серийной, и в особенности малосерийной продукции. Пока дорого, но потом будет слишком поздно — рынок уйдет далеко. Поэтому надо рисковать и вкладывать средства в становление BGA-технологии у себя на производстве.

Иосиф Каршенбойм: Итак, коллеги, как можно разрешить проблемы, о которых говорил Павел Гурьев? Давайте предоставим слово Андрею Львовичу Лохову. Расскажите нам, пожалуйста, о тех программных инструментах, которые можно применить в разработке высокоскоростных плат. Мы знаем, что фирма Mentor Graphics, которую вы представляете на российском рынке, за последнее время приступила к продажам новых программных продуктов, позволяющих проводить на качественно более высоком уровне разработку проектов в PCB и симуляцию работы этих плат.

Андрей Лохов: Да, действительно, разработка PCB для высокоскоростных применений требует перехода на большие классы точности, увеличения слоев и т. д.

Но, самое главное, процесс проектирования теперь предусматривает определение импеданса дорожек, учет согласования линий, подавление отражений и помех в сигналах.

Для этого мы предлагаем применить новые программные инструменты. Одним из таких пакетов является HyperLynx, в последнее время практически ставший промышленным стандартом в области анализа целостности сигналов, перекрестных наводок и электромагнитной совместимости.

Сегодня учет эффектов в соединениях печатной платы, которые могут приводить к искажениям сигналов, необходим не только при разработке высокоскоростных печатных плат, работающих на высоких частотах, но и при разработке относительно низкочастотной цифровой аппаратуры. Это связано с изменением используемой элементной базы. Время переключения и крутизна фронтов современных цифровых микросхем достигли таких значений, что уже невозможно отмахнуться от учета подобного рода эффектов. Соответственно, круг разработчиков, вовлеченных в задачи анализа целостности сигналов, значительно расширяется. Причем многие сталкиваются с проблемой впервые. Для таких разработчиков система HyperLynx — идеальное средство, можно сказать, пропуск в мир анализа целостности сигналов, который ранее рассматривался как сфера деятельности узкого круга продвинутых радиоинженеров. Система изначально создавалась разработчиками для разработчиков, ставилась задача получить удобный инструмент, в котором общение с пользователем осуществлялось бы на языке, понятном проектировщику печатной платы. Пользователь работает с традиционной для проектирования печатных плат конструктивной терминологией, а система обеспечивает адекватное преобразование конструктивных параметров в электрические. Конечно, для специалистов есть и второй уровень общения, где можно уточнить настройки, осуществить выбор моделей и задать специфические характеристики, но главное, благодаря чему система получила широкое распространение, — удобство и простота работы.

Программа может быть использована как на этапе до трассировки печатной платы (HyperLynx LineSim), так и для топологического моделирования (HyperLynx BoardSim). Большинство популярных продуктов, предназначенных для проектирования печатных плат, имеет трансляторы в формат HyperLynx, а в системе PADS Layout предусмотрена даже специальная кнопка запуска HyperLynx с автоматической загрузкой всех необходимых данных о результатах проектирования топологии.

Версия HyperLynx GHz позволяет работать со схемами, чья рабочая частота достигает 10 ГГц. На таких частотах возникает потребность в моделировании явлений, которые ранее могли быть опущены без особого ущерба для проектирования. Здесь уже обязательен учет потерь в линиях передачи, причем омические потери в проводниках (с учетом скин-эффекта) и поляризационные потери в диэлектриках существенно зависят от частоты, что приводит не только к уменьшению амплитуды сигнала, но и к искажению его формы.

литуды, но и к искажению формы сигналов. Заметное воздействие на распространение сигналов начинают оказывать емкости и индуктивности межслойных переходов, а потому в исследуемую цепь включаются их модели. Особый интерес к высокочастотному моделированию обусловлен переходом от синхронной параллельной передачи данных к последовательной асинхронной, в том числе с помощью технологии соединения SERDES, предусматривающей возможность передачи мультигигабитных объемов данных в секунду. Одна из особенностей пакета HyperLynx GHz — возможность работы с так называемыми глазковыми диаграммами (eye diagram).

Система HyperLynx ориентирована главным образом на использование IBIS-моделей (представители компании входили в число основателей комитета по стандарту IBIS). Последние версии поддерживают также SPICE-модели.

Система имеет встроенные технологические пакеты от ведущих поставщиков ПЛИС, например пакет Xilinx Rocket I/O, которые позволяют моделировать системы с учетом точных электрических характеристик соответствующих интерфейсов.

Павел Гурьев: Одна из проблем разработки высокоскоростных плат — высокая стоимость программного обеспечения. И это может стать решающим для небольшой фирмы. Она просто не сможет отработать вложенные в ПО деньги, так как выпускает изделия малыми тиражами. Средняя стоимость комплекта ПО, включающего пакет моделирования со SPICE-моделями, схематехнический редактор, систему проектирования печатных плат и систему моделирования высокоскоростных цепей, нередко переваливает за \$150 тыс. Это неподъемная цифра для маленькой молодой фирмы. А продукты, отвечающие современным требованиям, подчас без специального ПО не сделать. И, надо сказать, есть тенденция ухода из мира коммерческой разработки многих маленьких фирм, которые еще пять лет назад могли составить конкуренцию титанам. Эти фирмы просто не могут приобретать специальное ПО и оборудование. Оно не окупится на одной или двух разработках. И если вопрос с ПО в России до сих пор решается весьма простым традиционным способом, то, например, осциллограф с полосой в пару гигагерц и анализом пакетов распространенных последовательных интерфейсов, вроде PCIe, уже ниоткуда не возьмешь — только купишь. А такую покупку могут себе позволить единицы. Происходит монополизация отрасли. А это в дальнейшем будет замедлять прогресс по отрасли в целом.

Иосиф Каршенбойм: Представим, что мы уже разработали схему, плату. Пора переходить к производству. Сейчас мы не обсуждаем проблемы контрактного производства. Возможно, это будет отдельной темой заседания Клуба экспертов. Представим себе небольшую фирму, которая хочет наладить у себя производство хотя бы опытной пар-

тии изделий. Так вот, какие же трудности ждут российские фирмы на этом пути? Скажем, речь идет о малом предприятии, которое хочет выпускать изделия не более пяти штук в месяц. Что из технологического оборудования необходимо приобрести для решения этих задач? Каковы ориентировочные затраты на подготовку производства? Какие трудности ждут предприятие при переходе на монтаж корпусов BGA?

По этому вопросу обратимся к Георгию Витальевичу Шведюку.

Георгий Шведюк: Наше предприятие предлагает несколько моделей установок для монтажа компонентов в корпусе BGA, которые отличаются по размеру рабочего стола, способу нагрева и совмещения компонента и платы. На сегодняшний день абсолютно очевидно преимущество конвекционного метода нагрева перед инфракрасным, поэтому речь пойдет о конвекционных установках. Наибольший интерес представляют системы компании Fonton Industrial, специализирующейся на производстве оборудования и материалов для работы с BGA-компонентами и другими SMD-микросхемами. Это модели BGA-935BL и BGA-936A. Рассмотрим их подробнее.

Прецизионная конвекционная установка BGA-936A является полноценной промышленной системой с широкими возможностями, в которой соблюдаются все требования, предъявляемые к процессу установки и пайки BGA-компонентов и других микросхем размером от 2×1 до 80×80 мм. Модель BGA-936A оснащена призменной видеосистемой совмещения шариковых выводов компонента и контактных площадок платы с применением запатентованной технологии разноцветной подсветки: шарики выделяются одним цветом, контактные площадки — другим, что значительно облегчает операцию совмещения на мониторе. Универсальные держатели позволяют надежно фиксировать любые типы плат, в том числе и неправильной формы, а трехзонный нижний подогреватель обеспечивает равномерный прогрев многослойных плат и предотвращает их коробление. BGA-936A имеет встроенный микропроцессор с дисплеем для программирования и отображения программ пайки с памятью на 99 температурных профилей. Термофиль программируется по 10 стадиям, что предоставляет широкие возможности для создания самых сложных программ пайки. Кроме того, существует возможность точного измерения температуры в любой точке с помощью трех внешних термопар с выводом графических данных на дисплей. Установка BGA-936A обеспечивает высокое качество и повторяемость процесса монтажа компонентов в корпусах BGA, что в сочетании с доступной стоимостью делает данную модель одной из самых популярных в мире.

Бюджетный вариант — конвекционная установка BGA-935BL, в которой совмещение осуществляется визуально по корпусу компо-

нента, когда не требуется высокой точности позиционирования. Корпуса BGA технологичны, и во время пайки компоненты фактически «плавают» и автоматически центрируются благодаря силам поверхностного натяжения расплавленного припоя.

Обе установки поддерживают бессвинцовую технологию пайки.

При разговоре о корпусах BGA нельзя не остановиться на вопросе ремонта. Зачастую ремонт BGA приходится производить на собранной плате. Для этого компонент выпаивают с помощью одной из вышеуказанных систем, на его место устанавливают новую микросхему, а демонтированную утилизируют, поскольку шариковые выводы пришли в негодность и повторная установка демонтированного BGA невозможна.

Но для того чтобы снизить затраты на замену дорогостоящих компонентов, существует специальная технология по восстановлению шариковых выводов BGA (реболлинг), которая успешно применяется во всем мире уже на протяжении многих лет. Предприятие «Совтест» изучило и освоило данную технологию и имеет опыт ее внедрения на российских предприятиях. Для этого процесса мы предлагаем все необходимые средства, такие как: индивидуально изготовленные трафареты, оснастку для фиксации компонента с трафаретом, шарики для BGA различного диаметра, флюс-пасту, термоплатформу для оплавления шариков. Мы окажем консультативную поддержку в отладке данной технологии.

Итак, мы говорили о ручном и полуавтоматическом оборудовании, которое может применяться в прототипном и мелкосерийном производстве, а также для ремонта. Если речь идет о среднесерийном и крупносерийном производстве, то мы предлагаем автоматизированные установки SMD-компонентов компаний TWS Automation (автомат TWS Quadra Laser) и JUKI Automation (высокопроизводительные конвейерные автоматы), которые автоматически устанавливают компоненты в корпусах BGA из поддонов. Центрирование осуществляется с помощью видеосистемы с возможностью инспекции наличия всех шариковых выводов компонента.

Для проблемы контроля качества пайки корпусов BGA на начальном этапе мы предлагаем недорогое решение — систему визуального контроля BVS-314, обеспечивающую первоначальный контроль качества пайки BGA и позволяющую обнаружить перемишки между выводами и непропаянные шарики. BVS-314 представляет собой стол, перемещающийся по осям X/Y, на котором размещается плата, штатив с эндоскопом, гибкие осветители, блок управления и видеомонитор. Эндоскоп со сверхчувствительной видеокамерой позволяет получить изображение шариковых выводов под компонентом и отображать его на мониторе. Возможно дооснащение системы компьютером с программным обеспечением для работы с полученными

изображениями: измерение, документирование, ведение статистики, печать.

При необходимости более полного контроля пайки BGA-компонентов, поиска коротких замыканий под корпусом микросхемы, контроля пустот используются рентгеновские установки. Наша компания предлагает системы рентгеноскопического контроля фирмы Dage (Великобритания). В системах применяется микрофокусная рентгеновская трубка открытого типа, имеющая модульный компактный дизайн, что обеспечивает практически неограниченный срок службы с сохранением высокой разрешающей способности. Манипулирование исследуемым объектом реализуется с помощью моторизованного привода, позволяющего выполнять перемещение по осям X и Y. Исследование образца под углом реализуется за счет программируемого наклона и поворота детектора.

Для промышленного применения, в условиях большой серии выпускаемой продукции, мы предлагаем использовать автоматическую X-ray-систему XSTATION MX, Teradyne, США. Данная система обладает очень высокой производительностью (может быть встроена в линию поверхностного монтажа) и высокой выявляемостью дефектов.

Иосиф Каршенбойм: Хорошо! Изделие смонтировано. Пора его отлаживать, но что мы будем делать с теми проводниками, которые «путешествуют» по плате во внутренних слоях и не выходят на поверхность? Ведь для сегодняшних изделий 6–8, а то и 12 слоев становятся уже нормой. И сигнал в такой плате не всегда ведется по внешним слоям, и такие сигналы невозможно «пощупать» осциллографом. Выводить контрольные точки? Да ведь все сигналы не выведешь. А многие сигналы, такие как тактовые, и вовсе «не положено» вести еще куда-либо. А как проверить, что электрические сигналы передаются «от точки А к точке В», не используя осциллограф? Слово предоставляется Роману Анатольевичу Малышеву.

Роман Малышев: Действительно, с появлением новых типов корпусов, доступ к выводам современных микросхем сильно затруднен, а в случае с типом корпуса BGA вообще невозможен. Однако выход есть. Решение проблемы возможно при условии применения технологии периферийного сканирования (другие названия — JTAG, Boundary Scan). Данная технология, как решение проблемы доступа, была предложена в 1985 году, а в 1990-м была оформлена в промышленный стандарт IEEE-1149.1. На сегодняшний день практически все производители сложных микросхем, таких как микропроцессоры, ПЛИС, обеспечивают поддержку данного стандарта. Думаю, не стоит объяснять основы и принципы работы JTAG-порта, многие российские производители знают о нем и применяют на производстве, хотя зачастую и не используют всех преимуществ, которые предоставляет технология перифе-

рийного сканирования. Замечу только, что основная идея этой технологии заключается в замене внешнего физического контакта с помощью игольчатого пробника (тестового пина) на «электронные» контакты, представляющие собой внедренные между внутренней логикой и выходным контактом микросхемы сканирующие ячейки. Соединенные последовательно, они формируют регистр периферийного сканирования, доступ к которому осуществляется с помощью четырех тестовых линий. Проще говоря, вы получаете возможность управлять любым выводом микросхемы, при этом не включая в работу ядро самой микросхемы. Под выражением «управлять выводом» я подразумеваю возможность выдачи цифровой последовательности и считывания входной информации.

Что это дает? Во-первых, через JTAG-порт можно протестировать ядро микросхемы, запрограммировать процессор или ПЛИС (многие об этом знают и используют JTAG-порт именно для прошивки). Во-вторых, технология позволяет протестировать прохождение сигнала по внешним цепям, проверить отсутствие коротких замыканий, непропаев, не прибегая к физическому контакту с платой (вспомним вышеупомянутый осциллограф). Для такого теста даже есть свое название — Interconnection Test. В-третьих, внутрисхемное программирование. Если ПЛИС программируется напрямую через JTAG-порт, то программирование Flash-памяти осуществляется подачей на ее выводы данных, с установкой режима записи. А так как Flash практически всегда всеми своими выводами подключена к микросхеме, имеющей поддержку периферийного сканирования, то задача ее внутрисхемного программирования может быть решена достаточно просто, не прибегая к дополнительному оборудованию. Точно таким же способом может быть протестирована и RAM-память (RAM-test). Итак, возможность управления состоянием выводов той или иной микросхемы предоставляет широкие возможности по тестированию электронных модулей. Подчеркну, что все эти возможности становятся доступны всего лишь при использовании всего четырех сигнальных линий. Доступ к этим линиям может быть осуществлен любым способом: через краевой разъем либо через игольчатые пробники.

Несколько слов об оборудовании, а именно о контроллерах, которые непосредственно выполняют задачу обращения к JTAG-порту. Наша компания является официальным представителем компании Goepel (Германия) в России. Выбор контроллеров для решения тех или иных задач достаточно большой. Они могут различаться как по интерфейсу связи с управляющим компьютером, так и по производительности. Если с интерфейсом все понятно — он может быть любым, это зависит от предпочтения пользователя (USB, PCI, LPT, LAN, PXI, VXI, FireWire), то на производительности контроллера стоит остано-

виться подробнее. Для лабораторных применений лучше всего подходят так называемые контроллеры типа Scan Booster. Они обеспечивают относительно небольшую частоту тестирования (до 16 МГц) и представляют собой законченный модуль, на краевой разъем которого выведены TAP-порт (обычно не более двух независимых), а также двунаправленные каналы ввода-вывода (не более 32).

Для промышленных применений оптимально использование модульных тестовых систем, так называемой архитектуры Scan Flex, основное преимущество которых заключается в высокой производительности и возможности гибкого изменения характеристик системы. Например, количество независимых TAP-портов может быть увеличено, в зависимости от требований, для обеспечения максимальной производительности. То же самое относится и к каналам ввода-вывода. Что касается тестовой частоты, на сегодняшний день существует три класса контроллеров, с частотой 20, 50 и до 80 МГц. Высокая тестовая частота может потребоваться при использовании Flash-памяти большого объема, это значительно сократит время программирования. Модульные системы Scan Flex представляют собой контроллер Boundary Scan, к которому подключается TAP-трансивер, осуществляющий передачу тестовой последовательности на проверяемый модуль. Именно на трансивере размещены TAP-порты. Дополнительно система может иметь модули ввода-вывода, размещаемые в специальном фрейме, который также в свою очередь подключается к контроллеру.

Теперь о программном обеспечении. Предлагаемый компанией Goepel пакет CASCON позволяет как управлять контроллерами JTAG-порта, так и брать на себя задачу по генерации тестовых программ. Действительно, время, затраченное на написание тестовой программы, может занимать несколько минут — ведь всю основную работу по формированию тестовой последовательности CASCON берет на себя. Достаточно загрузить в него CAD-файл, причем список поддерживаемых форматов достаточно велик.

Для каждой микросхемы, имеющей поддержку Boundary Scan, должен существовать bsdl-файл, описывающий структуру регистра периферийного сканирования. Зная описание регистра и расположение компонентов на плате, CASCON способен сформировать основные тестовые последовательности без помощи оператора. Действия человека могут понадобиться для написания некоторых ручных тестов, например, в случае необходимости проверки свечения светодиодов. Но даже в этом случае написание программы не вызывает затруднений, так как встроенный в CASCON язык программирования достаточно прост и понятен. Элементы, не имеющие поддержки Boundary Scan, описываются в bsdm-файлах. Например, для Flash-микросхем в них описана последовательность дей-

ствий по программированию памяти. Используя взятую из bsdm-файла последовательность действий, в диалоговом режиме (выбор оператором последовательности действий: считывание ID-кода, стирание, программирование, дампы памяти и т. д.) генерируется программа по прошивке Flash-памяти. Стоит ли говорить, что на сегодняшний день библиотека CASCON включает практически все применяемые в производстве электронных модулей микросхемы.

Не лишней будет такая опция программного обеспечения, как визуализация внешнего вида печатной платы, а также и схемы электрической принципиальной. С помощью этих опций пользователь может наглядно видеть прохождение сигнала по цепям и локализовать место дефекта. Осталось только заметить, что пакет программного обеспечения CASCON является модульным и может состоять только из тех опций, которые необходимы. К примеру, если вам не требуется внутрисхемное программирование, ее можно исключить из пакета.

Павел Гурьев: Давайте еще раз обратимся к нашим разработкам. Представим, что на нашей плате 300 цепей 25 микросхем. У процессора BlackFin длина Boundary Scan регистра — 261 бит. А у микросхем FPGA, находящихся на этой же плате, длина Boundary Scan регистра может достигать и 1000 бит. Кроме этого, на плате есть компоненты, которые не имеют порта JTAG. Какое покрытие тестированием можно ожидать от предлагаемого вами оборудования и насколько все это облегчит жизнь?

Иосиф Каршенбойм: По поводу тестирования я могу добавить: для того чтобы начать работать с этой технологией, достаточно сделать хотя бы первые шаги. Не обязательно сразу применять дорогие программы, главное, иметь желание применять данную технологию. Для начала программу работы с портом JTAG можно написать и самим. Но вот только разработку тестовых векторов придется делать наполовину вручную. А при большом числе связей, конечно, лучше воспользоваться фирменным программным продуктом. И еще хочется, чтобы вы подробнее остановились на времени прохождения тестов. Для небольшой серийности время тестирования, очевидно, не будет играть роли, но для больших партий изделий — это может оказаться серьезной проблемой.

Роман Малышев: Что касается конкретной платы, для вычисления тестового покрытия, обеспечиваемого применением технологии Boundary Scan, необходимо знать расположение элементов на плате и количество цепей, управляемых процессором. По опыту работы, к BScan-цепям процессора подключено до 80% процентов всех электрических цепей, то есть имеет смысл воспользоваться всеми преимуществами метода. Процент тестового покрытия может быть увеличен, если использовать обратные связи. Некоторые сигналы с платы выходят на краевой разъем и как бы «под-

висают» в воздухе. В этом случае помогут модули ввода-вывода, упомянутые выше. Конечно, есть и ограничения: метод периферийного сканирования требует подачи на печатную плату напряжения питания, цепи питания с помощью метода не могут быть протестированы. К тому же Boundary Scan — это цифровой тест, аналоговые сигналы, а также номиналы компонентов не могут быть изменены. В этом случае я бы рекомендовал комбинацию тестовых решений. Например, очень хороший процент выявляемости дефектов может дать комбинация внутрисхемного теста и Boundary Scan. Такой способ применяется на нашем предприятии и обеспечивается установкой контроллера JTAG-порта, либо в установке с летающими пробниками (пример — система с летающими пробниками Pilot, Seica), либо в анализаторы производственных дефектов (пример — система TR-8, Совтест АТЕ с полем контактов). Применение технологии периферийного сканирования в этих случаях позволит существенно упростить тестирование печатных модулей, снизить затраты на тестирование. Более подробно я уже рассматривал этот вопрос в своей статье в четвертом номере журнала «Технологии в электронной промышленности».

Остановлюсь на тестировании компонентов, в частности микросхем, не имеющих встроенного регистра периферийного сканирования. В случае если мы можем управлять входами-выходами этих микросхем с помощью BScan-ячеек процессора, эти компоненты могут быть протестированы. Если вновь обратиться к программному продукту CASCON, то данный метод (Logic Cluster Test) реализуется достаточно просто — всего лишь необходимо указать программе цепи, которыми управляются компоненты, и составить для этих линий, в табличной форме, таблицу истинности. Остальную работу по генерации тестовой последовательности возьмет на себя CASCON.

Что касается времени тестирования, время, затрачиваемое на проверку одной платы, будет напрямую зависеть от производительности контроллера Boundary Scan. К примеру, при использовании контроллеров Goepel класса А с частотой до 20 МГц на тестирование соединений (Interconnection test) будет затрачено время около 10 секунд. Основное время по проверке печатной платы будет приходиться на программирование Flash-памяти и может занимать несколько минут. Для промышленных применений оптимально использование промышленных тестовых систем Scan Flex, которые позволяют одновременно тестировать несколько изделий.

Иосиф Каршенбойм: Итак, коллеги, мы рассмотрели все вопросы, стоявшие в плане нашего заседания. На этом заседание Клуба экспертов объявляю закрытым. Дополнительные вопросы и предложения по поводу тем следующих заседаний присылайте, пожалуйста, по электронной почте. ■