

# Разработка РЭА, начиная с ЭКБ, – это как технические, так и экономические преимущества для наших заказчиков

Рассказывает генеральный конструктор группы компаний НТЛаб  
П. М. Морошек



НТЛаб – один из ведущих дизайн-центров на территории бывшего СССР, занимающийся как разработкой законченных аппаратных решений, так и проектированием интегральных схем (ИС), включая собственные IP-блоки. Зародившаяся в Беларуси более 30 лет назад, данная компания сегодня имеет подразделение в России и очень плотно работает с российским рынком. В то же время география рынков НТЛаб не ограничивается Россией и Беларусью: эта компания успешно поставляет свои решения и в другие страны, как Запада, так и Востока.

О том, как была образована компания, в каких направлениях работает сейчас, как у нее построен процесс проектирования электронных и микроэлектронных изделий и какие преимущества это дает для ее заказчиков, а также о возможных последствиях пандемии COVID-19 для рынка разработки электроники мы поговорили с генеральным конструктором группы компаний НТЛаб Павлом Марковичем Морошеком.

**Павел Маркович, вашей компании в прошлом году исполнилось 30 лет. Расскажите, пожалуйста, как она была образована. Что стало ее первым продуктом?**

Компания зародилась в последние годы существования СССР – в 1989 году, когда группе разработчиков отечественных микропроцессоров стала очевидной бесперспективность копирования процессоров Intel. А этот подход был тогда утвержденной дорожной картой в отечественной микроэлектронной отрасли. Вместо этого, группа инженеров-исследователей с белорусской полупроводниковой фабрики «Интеграл», из институтов Академии наук СССР и Белорусского государственного университета решила заняться альтернативными направлениями в микропроцессорах – архитектурой RISC, адаптированной под язык

программирования Форт. Первыми разработками стали специализированные микроконтроллеры для систем управления, основанные на этой архитектуре. В дальнейшей работе с заказчиками была обнаружена потребность в проектировании высокочастотных ИС. После успешного взятия этого рубежа компания смогла выйти на лидирующие позиции в данном сегменте.

**Ваша компания занимается разработкой как компонентной базы, так и законченных устройств. Какие преимущества это открывает для заказчика?**

Реализация подхода сквозного проектирования РЭА, когда для вновь создаваемого устройства вначале разрабатывается специализированная компонентная база, – это отличительная черта НТЛаб. Такой подход позволяет обеспечить высокую степень

интеграции разрабатываемой аппаратуры, иными словами – достичь минимальных габаритов и потребляемой мощности. Одновременно становится возможным обеспечить характеристики и функционал, не реализуемые на ЭКБ общего назначения.

Для осуществления этого подхода требуется слаженная работа большого коллектива, состоящего из инженеров различной специализации: от системщиков до разработчиков микроэлектронной компонентной базы. Постоянное взаимодействие разработчиков аппаратуры и ИС позволяет достичь высочайших результатов при применении микросхем в составе аппаратуры, что в конечном итоге и приводит к успеху. Такая организация процесса разработки открывает возможность для комплексного подхода, позволяющего на этапе системного проектирования определить, на каком уровне – микроэлектронном или уровне аппаратуры и ПО – решать те или иные задачи.

**География ваших заказчиков включает множество стран из различных регионов от Западной Европы и Америки до Восточной Азии. Чувствуете ли вы различия в требованиях к продуктам и в подходах к работе у заказчиков из разных стран? Какое место среди ваших рынков занимает Россия?**

Да, мы видим, что на рынках разных регионов существенно различаются как требования к продуктам, так и методы работы с заказчиками. Что касается методологии проектирования, то хорошая «школа» для нас – западные проекты. Наш первый крупный западный заказчик – европейский концерн автомобильной электроники Melexis – в начале 2000-х потребовал от нас привести весь маршрут проектирования в соответствие правилам, принятым в этом концерне и отвечающим всем современным требованиям к качеству процессов. Нарботанные методики мы используем в проектах с российскими заказчиками.

Еще один пример – рынок Индии, на котором мы успешно работаем на протяжении 5 лет. Нынешние требования этого рынка включают локализацию разработки и производства аппаратуры, поддержку в полном объеме национальной спутниковой навигационной системы NavIC в обоих частотных диапазонах (L5 и S), а также совместимость с системой дифференциальной коррекции GAGAN и службой поддержки сообщений. Именно в Индии наш подход к проектированию позволил в кратчайшие сроки провести разработку навигационной аппаратуры на ЭКБ, разработанной специально для этого рынка и полностью соответствующей национальным стандартам.

Не секрет, что НТЛаб была первой и практически единственной компанией, обеспечившей прием и обработку сигналов навигационной системы NavIC в S-диапазоне. Поскольку этот диапазон частот ранее не применялся в спутниковой навигации, основные игроки рынка навигационной аппаратуры не имели в своем арсенале решений для поддержки этих сигналов – как на уровне ЭКБ, так и на уровне аппаратуры.

Сотрудничество с Индийской организацией космических исследований и ведущими компаниями оборонного сектора позволяет нам быстро реагировать на меняющиеся требования рынка.

***НТЛаб была первой и практически единственной компанией, обеспечившей прием и обработку сигналов NavIC в S-диапазоне***

Российская Федерация – основной и ключевой рынок для нашей компании. Более 20 лет мы сотрудничаем с научными и производственными центрами, лидерами отраслей микроэлектроники и спутниковой навигации. Нашими многолетними партнерами являются АО «РИРВ», ФГБУ НПК «Технологический центр», ПАО «Микрон» и другие предприятия. Востребованы в основном наши компетенции в разработке РЧ ИС – мы спроектировали уже около 30 таких микросхем для российских партнеров. НТЛаб принимала участие в реализации ФЦП «Глобальная навигационная система» и «Национальная технологическая база».

**Как вы оцениваете рынок гражданской электроники в России? Какие его области, на ваш взгляд, наиболее перспективны?**

Существует несколько направлений, где явно виден потенциал. Первое: когда российские разработчики реализуют свои алгоритмы в аппаратуре и, как следствие, создается уникальный продукт. Такое мы видим, например, в персональных навигаторах для работы внутри помещений, основанных на иных принципах, нежели спутниковые навигационные системы. В данном случае добавленная стоимость достаточно велика – за счет отсутствия конкурентов, и есть возможность производить аппаратуру в России на экспорт. Второе: благодаря хорошей подготовке в базовых дисциплинах – физике и математике – российские инженеры сейчас становятся частью международных научных команд, ведущих исследования и создающих продукты в самых передовых областях, таких как нейросети, аппаратные ускорители

обработки изображений и т. п. Можно ожидать, что какая-то часть этой новой аппаратуры будет создаваться и использоваться в России. Третье: если говорить о замкнутом, «чисто российском», цикле, когда и разработка, и производство, и потребление находятся внутри страны, то на данный момент очевидны перспективы у аппаратуры для IoT-сетей, например систем сбора информации со счетчиков воды и электричества через сети LPWAN по собственным радиопrotocolам, отличным от LoRa и ZigBee.

### *В последние годы мы реализовали несколько успешных амбициозных проектов в области медицины*

Нам вообще это направление представляется наиболее актуальным, учитывая значительный опыт практической реализации проектов, накопленный ответственными разработчиками.

#### **Системы сбора данных со счетчиков воды входят в список областей применения ваших решений – как и, например, бортовая авиационная и космическая аппаратура. В этом широком диапазоне направлений можно ли выделить наиболее важные для вашей компании?**

Разработки нашей компании действительно охватывают широкий спектр применений. В некоторых областях, таких как, например, спутниковая навигация, мы – многолетние признанные лидеры, в других – мы только осваиваемся.

В последние годы мы реализовали несколько успешных амбициозных проектов в области медицины. Это новое для нас направление, и мы его активно развиваем. В сотрудничестве с израильскими партнерами разработаны неврологические имплантируемые приборы – беспроводные и безбатарейные нейростимуляторы. Имплантируемый нейростимулятор на базе нашей специализированной ИС, имеет высокую степень интеграции и, как следствие, миниатюрные размеры, что позволяет помещать его в организм человека без оперативного вмешательства. Имплантация проводится под местной анестезией и под контролем УЗИ. Разработанное нами устройство уже получило все необходимые сертификаты для применения, в данный момент проводятся клинические испытания. Еще один интересный проект в области медицины, в разработке которого мы сейчас принимаем участие, – устройство, имплантируемое на сетчатку глаза для восстановления зрения.

Совершенно новой сферой для нас являются разработки в области Hi-End аудио для профессиональной, портативной и концертной аппаратуры.

В тех областях, в которых у нас уже накоплен многолетний опыт, мы постоянно совершенствуемся и стремимся к новым достижениям. Одним из приоритетов в наших разработках остается навигационная аппаратура. Более 20 лет опыта позволяют нам создавать ЭКБ и устройства, обеспечивающие прием и обработку сигналов всех существующих глобальных и региональных навигационных систем (GPS/ГЛОНАСС/Galileo/Beidou/NavIC/QZSS) во всех диапазонах (L1, L2, L5, E1, E5, B1, B2, S). На очереди – поддержка новых и перспективных сигналов в диапазонах частот L3 и B3. Все наши навигационные приборы – многоканальные и многосистемные. Мы придерживаемся концепции максимальной интеграции каналов и функций в одном устройстве.

Относительно простоты применения можно отметить тот факт, что наша специализированная ЭКБ требует минимального количества внешних компонентов, и все основные настройки осуществляются исключительно программно даже при переходе в другой частотный диапазон.

Основные компоненты, применяемые в нашей навигационной аппаратуре – собственной разработки. Это и широкий спектр мультисистемных многочастотных аналоговых приемников, и навигационный процессор NT1058. Мы предлагаем заказчикам различные варианты исполнения навигационных приемников – от миниатюрных SMT-модулей и модулей промышленного стандарта 71×46 мм до сложных законченных систем.

В области постобработки навигационных сигналов, кроме поддержки всех общепринятых методов, таких как SBAS, DGPS и RTK, мы первые на российском рынке предлагаем PPP-решения.

Уже много лет НТЛаб занимается разработкой спутниковых угломерных систем. Мы предлагаем 2- и 3-антенные спутниковые угломеры, обеспечивающие высокую точность измерений по сигналам ГНСС GPS и ГЛОНАСС в диапазонах L1 и L2. Интеграция и комплексирование с различного вида инерциальными системами – от одомеров и простейших МЭМС до ВОГ – позволяют обеспечить нашим угломерным системам миллиметровую точность позиционирования и измерение углов с точностью до одной угловой минуты.

Отдельное место в разработке нашей навигационной аппаратуры занимает борьба с естественными и искусственными помехами приему сигналов ГНСС, а также с преднамеренной подменой навигационных

сигналов (спуфингом). Для решения этих задач в НТЛаб были разработаны специальный аналоговый ВЧ-приемник НТ068 с увеличенным динамическим диапазоном принимаемых сигналов и процессор – формирователь нулей диаграммы направленности НТ057.

На базе приемника НТ068 можно гибко строить многоэлементные антенные решетки, перенос частоты в которых осуществляется одним гетеродином, что обеспечивает высокую стабильность фазы сигнала. Процессор-помехоподаватель НТ057 имеет в своем составе 7 каналов приема, что позволяет работать в условиях постановки помех с 6 различных направлений.

При этом наши разработки в этой области ориентированы не только на замену существующего навигационного оборудования, не обладающего помехозащищенными и антиспуфинговыми свойствами, но и на модернизацию эксплуатируемых изделий. Так, наши помехозащищенные смарт-антенны могут быть подключены вместо существующих антенн и использоваться как для «очистки» сигнала от помех, так и для выявления подмены навигационных сигналов.

Постоянно растущий рынок автономного пилотирования и вождения открыл для нас новые возможности для разработок. Используя большой опыт, накопленный нами в позиционировании и ориентировании, мы смогли создать оборудование для беспилотного управления различными видами транспортными средствами.

### **Одно из направлений деятельности вашей компании – разработка СБИС и СнК. Как у вас организован этот процесс? Какова в нем роль верификации и эмуляции?**

В разработке СБИС и СнК мы придерживаемся так называемого параллельно-конвейерного метода проектирования – когда под каждый тип блока (например, АЦП, усилитель мощности, демодулятор и т. д.) создается своя группа инженеров. Из проекта в проект эта группа занимается исключительно данным видом блоков. В результате нарабатываются глубокие компетенции и собственные библиотеки типовых решений для каждого из видов блоков. Это позволяет спроектировать новую СБИС в рекордно короткие сроки, ведь процесс ее проектирования можно свести к последовательности шагов «взять блок из библиотеки – адаптировать под новый проект – интегрировать в СБИС». В зависимости от сложности проекта время от начала работ по согласованию ТЗ до передачи на производство составляет обычно 4–6 месяцев.

На сегодняшний день можно отметить растущую сложность проектов, в первую очередь связанную

со смешанными схемами, когда на одном кристалле объединяются цифровые и аналоговые блоки. Составить адекватную модель и промоделировать такую схему достаточно сложно: просчет только одной характеристики, например нелинейности ЦАП, на компьютере с относительно хорошей вычислительной мощностью может занимать порядка двух недель. Не все характеристики и не в 100% режимов можно промоделировать. Точнее, это возможно, но займет много месяцев. Поэтому верификация в кремнии по-прежнему

### ***В разработке СБИС и СнК мы придерживаемся параллельно-конвейерного метода проектирования, который позволяет создать новую СБИС в рекордно короткие сроки***

нему позволяет получить ответ о работоспособности схемы быстрее и дешевле в сравнении с попыткой абсолютно всё промоделировать. Как правило, с первой итерации изготовления удастся получить функционально годную СБИС, а со второй – подтянуть электрические параметры до полного соответствия техническому заданию. Третью, резервную, итерацию мы рекомендуем заказчикам предусматривать при создании принципиально новых схем либо при работе с новым технологическим процессом.

### **Если сравнивать разработку заказной СБИС и проектирование на базе ПЛИС, на что следует обращать внимание при выборе между этими двумя подходами? Насколько целесообразной может быть разработка СБИС для объемов потребления, характерных для России?**

Если оставить в стороне проблемы с поставками импортных комплектующих (например, ПЛИС) и особые требования ОПК к применяемой элементной базе, сосредоточившись лишь на вопросах коммерческой обоснованности и рациональности, то можно отметить следующее. Ввиду значительных затрат на серийное освоение вновь разработанных ИС (а в современных технологиях, применяемых в наших проектах, это суммы от 200 тыс. до 1 млн долл. США), такое мероприятие оправдано, разумеется, не всегда. Принято считать, что создание новой СБИС для гражданского рынка оправдано при объеме выпуска от десятков тысяч штук и более: чем ниже цена готового изделия, тем больший объем выпуска требуется, чтобы покрыть начальные затраты. Однако это правило работает не всегда. Приведу два примера. Одно российское предприятие для

экстренного оповещения сотрудников до сих пор использует стандарт связи, когда-то применявшийся в пейджерах, эксплуатируя «наследованную» инфраструктуру базовых станций. ИС для пейджеров, ранее выпускавшаяся компанией Philips, снята с производства. Стоимость разработки и серийного изготовления собственной микросхемы, выполняющей аналогичные функции, превысила 1 млн долл., при том что потребность в таких микросхемах – не более 1 тыс. шт. в год. С одной стороны, в пересчете на одну ИС затраты слишком велики. С другой – реализация проекта позволила заказчику сохранить нынешнюю инфраструктуру сети, сэкономив десятки миллионов долларов на ее замену, и полностью взять под контроль цепочку поставок ключевых компонентов. Выгода налицо.

### *Принято считать, что создание новой СБИС для гражданского рынка оправдано при объеме выпуска от десятков тысяч штук и более. Однако это правило работает не всегда*

Второй пример: ИС навигационного процессора для высокоточных GPS/ГЛОНАСС-приемников, обеспечивающих в режиме с коррекцией точность определения координат не хуже  $\pm 1$  см. При изготовлении нескольких тысяч штук можно в разы снизить затраты на серийные фотошаблоны – это так называемая технология Multi Layer Mask (MLM), при которой каждый фотошаблон делится на сектора и в каждом секторе наносится рисунок своего слоя. При этом изготовление одной СБИС обходится в 120 долл. Казалось бы, неприемлемо. Однако с учетом того, что остальные комплектующие добавляют не более 100 долл., а типовая рыночная стоимость собранного модуля составляет 500 долл., такой подход оказывается вполне выгодным.

Этими примерами я хочу показать, что просто разделить сумму однократных затрат на количество изделий – не всегда адекватный способ оценки перспектив перехода на новую ЭКБ. В вышеприведенном примере с функциональным аналогом ИС Philips чувствительность этой микросхемы удалось сделать выше, чем у прототипа, одновременно снизив потребляемую мощность за счет использования современных технологических процессов. При переходе с ПЛИС на заказную микросхему (ASIC) снижение энергопотребления может достигать двух порядков. И тогда, при переходе на реализацию в ASIC, становятся возможными проекты, принципиально не реализуемые на ПЛИС ввиду сочетания их стоимости и потребляемой

мощности, например многоканальная ФАР с цифровым формированием ДНА для будущего «Интернета через космос».

### **НТЛаб обладает собственной библиотекой IP-блоков. Используете ли вы сторонние IP-блоки при разработке СМК? В каком формате вы предлагаете свои IP-блоки заказчикам?**

Как правило, при разработке мы используем собственные IP-блоки. В редких случаях используем сторонние. Наша библиотека содержит порядка 400 собственных документированных IP. Цифровые IP-блоки предлагаем как в виде RTL, так и в топологической реализации (GDS). Аналоговые и РЧ IP-блоки имеет смысл предлагать только с топологической реализацией (в виде hard IP), поскольку их работоспособность зависит от качественной проработки на топологическом уровне, а работу по размещению и трассировке по-прежнему выполняет специалист в полуручном режиме, а не компьютер. На сегодня мы освоили проектирование под технологические процессы вплоть до 28 нм, работаем над освоением 16 нм. Часто встречается ситуация, когда заказчик находит в нашей библиотеке аналоговых IP что-то похожее на то, что ему нужно, но не совсем подходящее под выбранный технологический процесс или отличающееся по параметрам. В таких случаях мы, как правило, идем на доработку блока или его портирование под иной техпроцесс за небольшую дополнительную плату, которая прибавляется к стоимости лицензии блока «как есть». Наш коллектив более чем из 100 инженеров-проектировщиков способен выделить ресурсы на решение таких задач.

### **Как вы выбираете фабрики для изготовления кристаллов?**

Не будучи привязанными к какой-либо конкретной фабрике, мы выбираем оптимальную под каждый проект. В расчет принимается не только стоимость изготовления, но и уровень технологической зрелости техпроцесса, параметры стандартной библиотеки элементов, скорость обработки заказа, готовность работать с партиями малых или больших объемов, наличие сертификатов для автомобильной электроники и другие параметры. Порой учитывается даже степень контроля над техпроцессом со стороны США и связанный с этим риск экспортных ограничений в будущем.

### **Как бы вы оценили уровень технологий и сервиса российских микроэлектронных производств?**

Технологию 180 нм (КМОП с ЭСППЗУ) в России мы считаем вполне зрелой, 90 нм достаточно активно совершенствуется. Уровень сервиса российских фабрик нам оценить трудно, поскольку проектов, где мы

выступали бы заказчиком изготовления в России, у нас пока не было. Наши разработки под российскую технологию делаются для заказчиков, которые сами ведут переговоры с фабрикой.

### **Вы сотрудничаете с НИУ МИЭТ по подготовке молодых специалистов. В чем заключается это сотрудничество? Как бы вы оценили уровень подготовки в МИЭТ и в других российских вузах?**

Как любая быстроразвивающаяся высокотехнологичная компания, мы заинтересованы в постоянном привлечении молодых специалистов. Мы понимаем, что существующий уровень образования достаточно высок с точки зрения общей технической подготовки студентов, однако для того чтобы поддерживать и улучшать качество своей продукции, сохраняя высокий темп разработок, нам необходимо обеспечить быстрое и комфортное вхождение молодых специалистов в производственный процесс.

Для этого мы заинтересовываем и привлекаем студентов уже с первого курса. На базе нескольких учебных заведений нами созданы учебные лаборатории, в которых ведущие специалисты нашей компании проводят обучение студентов. У нас предусмотрена система стипендий и поощрений. Наиболее перспективные студенты закрепляются персонально за нашими самыми опытными сотрудниками, и процесс их обучения проходит индивидуально. На базе нашей компании студенты проходят производственную, преддипломную практику, пишут дипломные проекты под руководством наших специалистов, при этом уже выполняя определенную работу в текущих и перспективных проектах. В рамках этих работ будущие выпускники знакомятся с организацией процесса проектирования, средствами разработки, требованиями к продуктам.

### **Как вы оцениваете влияние пандемии COVID-19 на рынок, с которым вы работаете, и каковы, на ваш взгляд, будут ее последствия?**

Нам представляется, что, ввиду некоторой инертности в отношении инициации проектов по разработке ASIC, этот рынок находится на начальном этапе замедления; количество поступающих запросов всё еще достаточно велико. В том, что мы пока обеспечены работой на краткосрочную перспективу, играет свою роль долгосрочность проектов – в среднем полтора года с учетом двух итераций изготовления образцов. Также мы ощущаем начинающееся восстановление активности в Китае, Гонконге и Тайване по мере поэтапного снятия карантинных мер. Насколько глубоким будет замедление (или падение) из-за общего снижения потребительского спроса на электронику – покажет время.

Пока же на волне хайпа отдельные микроэлектронные решения (например, сенсоры температуры, дистанционные измерители глубины дыхания пациента и т. п.) позволяют компаниям, их имеющим, привлекать быстрые финансы. Мы делаем ставку на диверсификацию рынков – работаем с Россией, Тайванем, Израилем, США и Западной Европой. Это позволяет сглаживать последствия проседания спроса в отдельных регионах. После спада пандемии, надеемся, отложенный спрос на разработку микросхем будет достаточно велик, в первую очередь за счет бизнесменов, вынужденно остававшихся дома достаточно долгий период и вынашивавших проекты, а также из-за снижения количества небольших дизайн-центров, которым придется расформироваться и уйти с рынка.

### **В заключение поделитесь, пожалуйста, планами на ближайшее будущее. Развитию в каких направлениях ваша компания сейчас уделяет основное внимание?**

Мы по-прежнему активно ведем работу над спутниковыми навигационными приемниками профессионального уровня – для беспилотного транспорта, сельского хозяйства, геодезических служб. Прорабатываем возможность обеспечить определение координат с точностью лучше  $\pm 30$  см с помощью рядового смартфона. Это позволит, например, найти взятый в аренду скутер на общей парковке среди множества таких же, а при использовании в автомобиле – получать подсказки о необходимости перестроения

*Мы делаем ставку на диверсификацию рынков – работаем с Россией, Тайванем, Израилем, США и Западной Европой. Это позволяет сглаживать последствия проседания спроса в отдельных регионах*

из полосы в полосу. Работаем в направлении создания мобильных терминалов для спутниковой связи – это как голосовая связь, так и услуги интернет-доступа. Создаем чип для беспроводных геймерских наушников, чтобы предоставить высококачественный звук при близком к нулю отставании звука от картинки, что не обеспечивается стандартным протоколом Bluetooth.

Нам по-прежнему интересно то, что мы делаем.

### **Спасибо за интересный рассказ.**

*С П. М. Морошкой беседовал Ю. С. Ковалевский*