

Программируемая радиоэлектроника – важный фактор инновационного обновления России

Владимир Бартенев (Москва)

В статье кратко описаны этапы развития радиоэлектроники – от её возникновения до настоящего времени. Отмечается, что за последние двадцать лет произошёл революционный переворот в этой области техники, связанный с переходом к программируемым радиоэлектронным встраиваемым системам и устройствам с использованием микроконтроллеров, сигнальных процессоров и ПЛИС. Именно поэтому современную радиоэлектронику можно назвать программируемой.

Современное состояние отечественной радиоэлектроники заставляет нас предположить, что по ряду причин руководством нашей страны не удалось осознать происшедший в мире революционный переворот в этой области техники. Во многом это обусловлено развалом СССР, своеобразием российских экономических реформ, в основу которых положена нефтегазовая составляющая, и недалёковидностью государственных чиновников, считающих вполне нормальным повсеместное внедрение импортной радиоэлектроники, в том числе, в изделия ОПК.

Последние 20 лет никто из руководства страны не задумывался о том, почему в России практически исчезло производство радиоэлектроники. Только скоротечный конфликт с Грузией в августе 2008 г. остро обнажил эту проблему. Самокритичным стало заявление заместителя начальника Генерального штаба Вооружённых сил РФ генерал-лейтенанта Евгения Мейчика [1]: «Не буду скрывать: недавний вооружённый конфликт на Кавказе выявил немало проблем в оснащении наших войск новейшими образцами техники. События в Южной Осетии подтвердили актуальность расставленных нами приоритетов в вопросах развития средств связи».

Большую озабоченность состоянием технического оснащения российской армии современными радиоэлектронными системами и техникой связи выразил Президент России Дмитрий Медведев, заявив на недавнем совещании, посвящённом техническому оснащению Вооружённых сил РФ до 2020 г., что доля морально устаревшей техники связи в российской армии составляет сегодня 85% [2].

Чтобы лучше понять, на каком этапе развития находится современная радиоэлектроника, следует вспомнить, как она возникла и развивалась. История радиоэлектроники, насчитывающая немногим более 100 лет, весьма показательна и является одним из блестящих примеров бурного научно-технического прогресса в XX в. Её можно разбить на ряд характерных этапов, на каждом из которых радиоэлектроника достигает известного уровня развития, но в то же время появляется нечто новое, что является основой следующего этапа.

Первый этап развития начался, когда такого понятия, как «радиоэлектроника», ещё не существовало. Это было время первых изобретений беспроводного телеграфа А.С. Поповым, Г. Маркони, Н. Теслой и др.

Несмотря на огромные усилия нашего соотечественника, изобретателя радио А.С. Попова в развитии отечественной радиотехники на этапе её становления, основные поставки средств связи в российскую армию и флот осуществлялись из-за рубежа. Предвидя огромные прибыли от поставок радиооборудования, в Россию потянулись не только известные фирмы, но и обыкновенные проходимцы. Предлагали свою продукцию немцы, англичане, американцы, причём в большинстве случаев это были опытные образцы техники или даже лабораторные макеты. В борьбе за заказы часто использовались коррупционные схемы и жульнические приемы (Маркони, Кобхем, Баранов, Виленкин, Батюшков и др. [3]). Эта зависимость России от зарубежного, зачастую, устаревшего оборудования частично объясняла неудачи России как в русско-японской

войне 1905 г., так и в Первой мировой войне.

Искровые передатчики и кристаллические детекторы на данном этапе постепенно достигли технического совершенства. В конце этого периода, который пришёлся на конец Первой мировой войны, появились дуговые передатчики и машины высокой частоты.

Казалось бы, все возможности радиотехники на этом этапе были исчерпаны и её развитие должно остановиться. Однако появились приборы, работающие на новых физических принципах, – электронные лампы, благодаря которым второй этап в развитии радиотехники характеризуется широким использованием ламповых детекторов, усилителей и генераторов в приёмниках и передатчиках.

Радиолампы усовершенствовали радиотелефонию; появились новые отрасли промышленности – радиовещание, телевидение, радиолокация, автоматика, телемеханика и вычислительная техника. Поэтому узкое понятие «радиотехника» было заменено более ёмким – «радиоэлектроника».

В разруху, голод, блокаду и гражданскую войну коллективу Нижегородской лаборатории во главе с М.А. Бонч-Бруевичем удалось создать мощные радиолампы, не имевшие в то время аналогов за рубежом [4]. За годы первых пятилеток произошёл скачок в развитии отечественной радиоэлектроники. К началу Великой Отечественной войны советская радиопромышленность освоила выпуск средств связи, радиостанций, пеленгационных и радиолокационных систем, мало в чём уступавших зарубежным аналогам [5].

В 1930–1940-е годы электровакуумные приборы получили массовое распространение, их номенклатура расширилась от усилительных и генераторных радиоламп до электроннолучевых трубок и фотоэлектронных приборов, а параметры подошли к физическим пределам. Наступил очередной кризис технологии, и потребовался новый, качественный скачок в развитии элементной базы радиоэлектроники.

Появление полупроводниковых усилительных приборов – транзисторов –

ознаменовало третий этап в развитии радиоэлектроники. Полупроводники были известны давно и широко использовались в качестве детекторов, выпрямителей и термоэлектрогенераторов («партизанский котелок» А.Ф. Иоффе). Исторически первой схемой, в которой полупроводник заменил электронную лампу, был изобретённый в 1922 г. сотрудником Нижегородской лаборатории О.В. Лосевым приёмник, известный под названием «кристадин» [6]. Однако недостаточное теоретическое и экспериментальное изучение свойств полупроводников в то время не позволило «кристадину» оказать заметное влияние на развитие радиоэлектроники. Только изобретение в 1948 г. в США транзистора [7] обеспечило технологическую революцию в радиоэлектронике.

Полупроводниковые приборы стали непременной и существенной частью радиоэлектронных систем. Их применение привело к коренным схематическим и конструктивным изменениям в радиоэлектронной аппаратуре. Появились полупроводниковые источники электрической энергии – солнечные батареи – и полупроводниковые

источники света – светодиоды и полупроводниковые лазеры. Совершенствование полупроводниковой технологии позволило существенно уменьшить габариты разрабатываемых радиоэлектронных систем за счёт сначала микро-модульных конструкций, а затем и микросборок, использующих бескорпусные полупроводниковые элементы.

Следующий переломный момент в развитии радиоэлектроники наступил, когда почти одновременно в СССР (НИИ «Пульсар») [8] и США (Texas Instruments) [9] были созданы первые твердотельные интегральные схемы. В последующие десятилетия интегральные микросхемы постепенно вытеснили дискретные транзисторы как в аналоговых, так и в цифровых устройствах. Благодаря цифровым интегральным схемам и аналого-цифровым преобразователям возникло новое направление в радиоэлектронике – цифровая обработка сигналов.

За первое десятилетие развития интегральная радиоэлектроника достигла таких высот, что в 1971 г. компания Intel (США) создала первый в мире программируемый микропроцессор I4004 с 2300 транзисторами на одном

кристалле. Через 8 лет эта же фирма выпустила первый программируемый сигнальный процессор (ЦПОС) I2920 на одном кристалле, который мог подаваемый на его вход аналоговый сигнал преобразовывать в цифровой код, подвергать его обработке по запрограммированному алгоритму и преобразовывать результат в аналоговый выходной сигнал. Несколько позже в СССР появляется аналог американского микропроцессора I8080 с серийным названием 580ИК80, а в 80-х усовершенствованный аналог сигнального процессора I2920 с серийным названием КМ1813ВЕ1 (рис. 1) [10]. Так наступила эра программируемой радиоэлектроники.

В общем случае программируемая радиоэлектронная система – это цифровая или аналого-цифровая система, способная к постоянному совершенствованию и модернизации за счёт смены программного обеспечения. Концепция программируемой радиоэлектроники отражает главное изменение в современной конструкторской парадигме, для которой соотношение аппаратных и программных средств выбирается с явным преобладанием программных средств, что и



Рис. 1. Первый отечественный программируемый сигнальный процессор KM1813BE1 на фоне справочного листа с его описанием



Рис. 2. Рост объема передаваемой информации в сети Интернет



Рис. 3. Первый отечественный программируемый DRM-радиоприёмник «Орлёнок»

обеспечивает возможность быстрого изменения тактико-технических характеристик (ТТХ) радиоэлектронных систем в соответствии с изменяющимися требованиями и возможностями. Эта концепция распространяется практически на все разрабатываемые современные радиоэлектронные устройства, начиная с сотовых телефонов и кончая радиолокационными станциями. Фактически разработчиками законченных радиоэлектронных систем становятся программисты.

Время разработки нового продукта – ключевой момент в современных рыночных условиях. Создание программируемых устройств существенно сокращает период разработки новых моделей. Аппаратная реализация «жестких» радиоэлектронных систем требовала макетирования, отладки и трудоёмкой регулировки изделия в це-

лом. В то же время на одно и то же воздействие сигнальный процессор с одной и той же программой даст на выходе один и тот же отклик. Это существенно снижает затраты на изготовление и проверку программируемого устройства.

Различные входные и выходные сигналы требуют использования нескольких режимов работы проектируемых устройств, что подразумевает собственный набор аппаратных средств для каждого режима. Это увеличивает объём аппаратуры и стоимость изделия в целом. Программируемая система производит смену режима простой перезагрузкой программного обеспечения. Более того, она может быть модернизирована уже на этапе испытаний для корректировки непредвиденных проблем или для улучшения ТТХ. Другим преимуществом программируемой системы является возможность глубокой самодиагностики, что повышает надёжность изделия и минимизирует затраты на его обслуживание.

В то время как в России в 1990-е годы практически полностью была разрушена электронная промышленность, в Юго-Восточной Азии и Китае была создана мощная инфраструктура производства комплектующих изделий для программируемой электроники. К началу XXI в. были разработаны несколько поколений микропроцессоров, ЦПОС и ПЛИС. Появление целых семейств высокопроизводительных ЦПОС, созданных фирмами – лидерами в этой области Texas Instruments и Analog Devices, а также ПЛИС ведущих фирм Xilinx и Altera открыло новые горизонты в развитии программируемых радиоэлектронных систем.

Проекты, реализованные на ЦПОС и ПЛИС, широко применяются в таких областях, как адаптивная цифровая фильтрация, адаптивное обнаружение и накопление сигналов, управление фазированными антенными решётками, программируемое формирование различных сигналов сложной формы с большой частотно-временной базой и их программируемое сжатие [11]. Сформировалось целое направление в создании программируемых радиоприёмных устройств (Software Defined Radio). Эти идеи программируемой обработки потоковых данных на ЦПОС и ПЛИС широко используются в системах цифрового радиовещания и телевидения, в сотовой связи и в сети Интернет. Поток информации (глобаль-

ный интернет-трафик), который к 2013 будут обрабатывать программируемые радиоэлектронные системы, иллюстрирует рисунок 2 [12]. Приставка Экса (exa) означает 10^{18} .

К сожалению, отечественная радиоэлектроника не сможет в должной мере ответить на этот технологический вызов, поскольку производство электронных компонентов для программируемой радиоэлектроники не отвечает современным требованиям. Это снижает конкурентоспособность всех отраслей промышленности нашей страны, замедляет развитие инновационных технологий и, главное, угрожает обороноспособностью России.

Правительство РФ принимает экстренные меры по преодолению отставания в радиоэлектронике. В частности, для возрождения отечественной электроники в 2006 г. была принята Федеральная целевая программа «Национальная технологическая база» с подпрограммой «Развитие электронной компонентной базы» на 2007–2011 гг. Однако обещанного прорыва не получилось. Если зарубежные фирмы уже предлагают программируемые микросхемы, изготовленные с проектными нормами 28 нм [12], то российские фирмы ещё не смогли освоить производство 90-нм программируемых микросхем, хотя на совещании у вице-преьера Игоря Сечина в 2008 г. планировалось, что к 2010 г. технологический уровень производства в России должен достигнуть 65 нм.

Наивысшим достижением отечественной электроники в 2009 г. стал запуск в серийное производство в Воронеже первой и единственной в России программируемой ПЛИС типа 5576XC1T с 50 000 вентилями на кристалле. Однако эта микросхема способна лишь частично заменить широко применяемые в России устаревшие зарубежные ПЛИС FLEX10K фирмы Altera с числом вентилей на кристалле 100 – 250 тыс.

Хотя упомянутая выше целевая программа фактически не выполнена, правительством принимается другая Федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.» [13]. Будет ли выполнена эта программа, можно судить по следующему факту.

Несколько лет назад на Сарapulьском радиозаводе был выпущен первый отечественный программируемый цифровой радиоприёмник РР-226 «Орлёнок» для приёма цифрового ве-

щения в формате DRM (Digital Radio Mondiale) [16]. Опытный образец РП-226 продемонстрировался в 2007 г. на международной конференции по цифровому радиовещанию в Москве и был выполнен на зарубежной элементной базе. В 2009 г. планировался серийный выпуск массового DRM-радиоприёмника с применением отечественных микросхем, и на интернет-странице Сарапульского радиозавода в разделе готовой продукции даже поместили его фотографию (см. рис. 3) [17]. Хотя радиостанция «Голос России» в DRM-формате уже вещает с 2003 г. [18], слушать её передачи не на чем, – отечественные DRM-приёмники отсутствуют. Только в марте 2010 г. вышло распоряжение правительства РФ о том, чтобы «Минкомсвязи и Минпромторгу организовать в 2010–2011 гг. разработку национальных стандартов системы цифрового вещания DRM». Возникает вопрос: по каким стандартам вещает «Голос России» сейчас?

И всё же хочется надеяться, что мы когда-нибудь услышим цифровой «Голос России» через отечественный DRM-приёмник.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владыкин О.* Техника за гранью отсталости. НВО. 2010. № 19.
2. Совещание Президента России Дмитрия Медведева по вопросам развития систем связи Вооружённых сил. 21 мая 2010. www.kremlin.ru.
3. *Биккенин Р.Р., Глущенко А.А., Партала М.А.* Служба связи Российского Флота. К 100-летию образования. Петербургский журнал электроники. 2007. №4.
4. *Арнаутов Л.И., Карпов Я.К.* «Прорыв в грядущее. Страницы жизни М.А. Бонч-Бруевича». Московский рабочий, 1986.
5. *Лосев О.В.* Детектор-усилитель; детектор-генератор. ТиТбп. НРЛ. 1922. № 14.
6. *Барминева В.* К 70-летию создания первых РЛС дальнего обнаружения. Современная электроника. 2010. № 3.
7. *Brattain W.H., Bardeen J.* Three Electrode Circuit Element Utilizing Semiconductive Materials. U.S. Patent 2,524,035. 1950. Oct.3. Filed June 17, 1948.
8. *Малин Б.В.* Создание первой отечественной микросхемы. НИИ-35 (ныне ФГУП «НИИ «Пульсар»). www.chip-news.ru.
9. *Kilby J.S.* Miniaturized Electronic Circuits. U.S. Patent 3,138,743. 1964. June 23. Filed Feb. 6, 1959.

10. Однокристалльная перепрограммируемая микроЭВМ с аналоговыми устройствами ввода и вывода КМ1813ВЕ1А,Б. Справочный листок ЯТ09360. ИЭВТ, 1980.
11. *Bartenev V.* Software Radar: New Reality. Report on the Intern. Conf. RADAR2006. China, 2006.
12. Stratix V FPGAs: Built for Bandwidth. Altera's 28-nm FPGAs deliver the industry's highest bandwidth, highest level of system integration. www.altera.com.
13. Концепция федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.». Утверждена распоряжением Правительства РФ №972-р от 23 июля 2007. www.minprom.gov.ru.
14. *Барминева В.* Российская электроника: пути выхода из кризиса. Современная электроника. 2007. № 1.
15. *Барминева В.* Возрождение российской электроники: миф или реальность. Фаза-трон. 2008. № 1–3.
16. Радиоприемник «Орлёнок» СРЗ РП-226DRM. www.ruvr.ru.
17. Радиоприемник «Орлёнок» СРЗ РП-226DRM. www.srz-holding.ru.
18. *Николаевич В.* Цифровой голос России. Компьютера. 2006. № 11.



Новости мира News of the World Новости мира

Японским производителям электроники не до отдыха

Если спросить производителей электроники из Японии, считают ли они завершившимся кризис в родной области, то ответ, скорее всего, будет положительным. Согласно информации целого ряда японских изданий, крупные местные чипмейкеры вынуждены были призвать своих сотрудников отказаться от летних каникул – ход необычный даже для этой страны.

Причиной этому стал необычайно выросший спрос на компоненты от партнёров японских чипмейкеров, особенно производителей смартфонов, карт памяти, ЖК- и плазменных телевизоров. Обычно большинство предприятий в Японии уходят на недельные каникулы во время проведения традиционного фестиваля Obon в августе, но в этом году, например, Toshiba попросила сотрудников четырёх своих заводов поработать во время праздников. В результате компания планирует поднять операционную прибыль на 20% относительно итогов прошлого лета.

Ещё один крупный японский чипмейкер, компания Renesas, отменила восьмидневные августовские выходные, чтобы вместо этого работать на полную мощность. Соглас-

но её предположениям, такая мера позволит увеличить коэффициент использования имеющихся производственных ресурсов на 20% относительно прошлого года и довести его до 90%. С заявлениями об аналогичных планах отмены летних каникул на своих заводах по производству чипов выступили также Fujitsu и Elpida Memory.

<http://www.3dnews.ru>

FCC и Intel пришли к соглашению

Антимонопольное разбирательство, начатое Федеральной комиссией связи США в декабре прошлого года по поводу неправомочных действий корпорации Intel, видимо, подходит к концу ввиду достижения сторонами предварительного соглашения.

В иске FCC против Intel было указано, что корпорация незаконными методами борется с конкуренцией на рынке процессоров, вынуждая производителей компьютеров, включая Dell, Hewlett-Packard и IBM, отказываться от продукции компании AMD. Вдобавок те, кто проявлял лояльность по отношению к Intel, получал существенные скидки.

Согласно достигнутому соглашению, Intel прекратит препятствовать сотрудничеству производителей компьютеров с ком-

панией AMD, а также предлагать вознаграждение за эксклюзивное партнерство.

Соглашение также содержит четыре ограничения для Intel, которые должны способствовать нормальной конкуренции на рынке процессоров. Во-первых, Intel предписано изменить лицензионные соглашения с компаниями AMD, NVIDIA и VIA, с тем чтобы те имели больше свободы в выборе действий, включая сотрудничество с кем угодно или слияние без риска судебных преследований со стороны Intel. Во-вторых, Intel ещё на пять лет продлит лицензионное соглашение с VIA на производство x86-совместимых процессоров, которое заканчивается в 2013 г. В-третьих, корпорация не будет менять спецификацию интерфейса PCI Express в течение 6 лет. И наконец, корпорация должна предупреждать разработчиков софта о том, что компиляторы Intel различают фирменные чипы и чипы сторонних производителей и что они могут не учитывать всех особенностей чипов других компаний.

Согласно законодательству, на обсуждение предварительного соглашения отведено 30 дней, после чего FCC примет окончательное решение.

<http://arstechnica.com/>