

О проблеме производства отечественных микросхем космического применения

Н. С. Данилин, *д. т. н., профессор, danilin_ns@spacecorp.ru*
АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Д. М. Димитров, *д. т. н., профессор, ilias@coscom.ru*
ООО «Космос Комплект», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема производства отечественных микросхем для применения в космической аппаратуре и возможные пути решения этой проблемы.

Отмечается, что разработанный отечественными производителями «минимально необходимый и достаточный» набор микросхем для разработки космической аппаратуры пока не позволяет создавать инновационные по мировым понятиям изделия в этой области.

Для решения проблемы представляется целесообразным использование технологии «Система в корпусе», которая включает широкий набор ЭКБ — от однокристалльной микросхемы до многокристалльных модулей с интеграцией дискретных, фотонных и пассивных компонентов и др.

К настоящему времени компания «Космос Комплект» разработала более 30 типов кристаллов, которые отвечают самым жестким требованиям космической промышленности.

Ключевые слова: микроэлектроника, микросхема, космическая аппаратура, система в корпусе

Production of High-Quality Russian Microcircuits for Space Equipment

N. S. Danilin, *Dr. Sci. (Engineering), Prof., danilin_ns@spacecorp.ru*
Joint Stock Company “Russian Space Systems”, Moscow, Russian Federation

D. M. Dimitrov, *Dr. Sci. (Engineering), Prof., ilias@coscom.ru*
Limited Liability Company “Cosmos Complect”, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the problem of production of Russian microcircuits for use in space equipment and its possible solutions.

It is noted that the “minimal necessary and sufficient” chipset developed by Russian manufacturers for the development of space equipment does not yet allow the creation of innovative products in this field that would satisfy the international standards.

To solve the problem, it seems appropriate to use the “System in a package” technology, which includes a wide range of electronic components — from a single-chip microcircuit to multi-chip modules with the integration of discrete, photonic and passive components, etc.

To date, the company “Cosmos Complect” has developed more than 30 types of crystals that meet the most stringent requirements of the space industry.

Keywords: microelectronics, microcircuit, space equipment, system in package

Введение

Проблемы качества и долговечности электронной компонентной базы (ЭКБ), предназначенной для применения в космической индустрии, были в центре внимания научной и инженерной обществу постоянно. Эти проблемы активно решались в соответствии с динамикой технологического развития космического приборостроения.

Актуальность проблемы надежности ЭКБ резко возрастает в связи с развитием новой космической индустрии серийного массового производства малых космических аппаратов на основе стандартных модулей. При этом крайне важным является решение вопросов гарантирования надежности и долговечности малых спутников путем термального проектирования ввиду высокой плотности компоновки систем.

Надо отметить, что в американском космическом агентстве NASA структура обеспечения качества и надежности ЭКБ сыграла решающую роль в функционировании запущенных зондов «Вояджер», которые исправно функционируют уже в течение 30 лет и до сих пор передают сигналы на Землю.

«Белые пятна» в отечественной ЭКБ и перспективы их устранения

Рассмотрим наиболее актуальную проблему обеспечения надежности космических аппаратов, в первую очередь обеспечение надежности ЭКБ.

Прежде всего необходимо определить, что такое «белые пятна» в отечественной ЭКБ для космического применения. Это те микросхемы и электронные модули, которые нужны разработчикам аппаратуры, но которые нельзя найти у отечественных производителей. Выбор какого-то типоминнала ЭКБ определяется требованиями к его техническим и надежностным параметрам, срокам поставки и периоду применения.

Известно, что разработчики ведущих мировых производителей космической и специальной аппаратуры пользуются широким набором типоминналов ЭКБ — около 5000.

Разработанный отечественными производителями «минимально необходимый и достаточный»

набор микросхем для разработки космической аппаратуры пока не позволяет создавать инновационные по мировым понятиям изделия в этой области.

Причин для такого состояния дел несколько:

- высокая стоимость опытно-конструкторских работ;
- длительные сроки проведения опытно-конструкторских работ и процесса внедрения результатов в производство;
- высокая себестоимость изделий ввиду малой востребованной серийности и нерегулярности закупочных запросов.

Технология «система в корпусе» и ее эффективность

Система в корпусе (СвК) включает широкий набор ЭКБ — от однокристалльной микросхемы до многокристалльных модулей с интеграцией дискретных, фотонных и пассивных компонентов, МЭМС и др. СвК собрана в одном стандартном или специализированном микроэлектронном корпусе и представляет собой законченное изделие [1–3].

Для практической реализации этой технологии необходимо только организовать банк полупроводниковых кристаллов и иметь доступ к участку сборки интегральных схем. Банк кристаллов предполагает наличие шкафов хранения кристаллов в азотной контролируемой среде (срок хранения до 20 лет), которые расположены в климатизированном помещении с чистотой среды 10 000.

Для получения инженерного образца любой микросхемы потребуется опытно-конструкторская разработка в течение 1–3 месяца с участием схемотехника, технолога и конструктора. После проведения испытаний можно начинать сборку требуемого количества изделий. Весь вопрос в наличии подходящего кристалла, поскольку стандартный отечественный корпус почти всегда в наличии.

Накопление кристаллов в банке — процесс постоянный и целенаправленный. Это не разовое мероприятие, а объект специализированной деятельности по всему отечественному и мировому рынку. К примеру, компания «Космос Комплект» после организации своего банка кристаллов в 2015 г. за 5 лет работы накопила более 30 типов кристаллов

с различным размером партии от 150 до 5000 шт., в том числе СОЗУ, MRAM, Flash, операционные усилители, контроллеры, микропроцессоры и др., которые отвечают самым жестким требованиям космической промышленности. Компания уже собрала на базе своего банка кристаллов и предлагает на отечественном рынке 8-канальный датчик тока с выходом по напряжению, 16М СОЗУ и 16М MRAM.

Имея кристаллы и налаженный процесс сборки в течение нескольких месяцев, возможно удовлетворить запрос разработчика аппаратуры на заказанную микросхему.

Технология СвК — самый эффективный на сегодня со всех точек зрения подход к реализации инновационной стратегии «системная микроминиатюризация» при разработке аппаратуры космического назначения. Ведь в одном корпусе можно собрать целые узлы и даже устройства с редуцированными габаритами, весом, энергопотреблением и одновременно с этим — со значительно увеличенной функциональностью на единицу конструктивного объема [4]. Следует также иметь в виду, что по оценкам экспертов в ближайшие годы суммарная потребность в электронных компонентах различного назначения может достигнуть сотен тысяч — миллионов комплектов ЭКБ ежегодно [5].

Выводы

На основании вышесказанного можно сделать несколько выводов:

– воспроизводить микросхемы, которые продаются на мировом рынке и которые востребованные в малом количестве и при большом числе типонаименований дорого и долго, а следовательно, и весьма нецелесообразно. При таком подходе блокируются большие отечественные ресурсы по проектированию и производству, что приводит к гарантированному отставанию и выпуску морально устаревших изделий. Целесообразно разрабатывать только новые для рынка изделия;

– нужно срочно определить структуры, которые целенаправленно и постоянно собирают кристаллы

по всем отечественным и мировым рынкам и сохраняют в соответствующих банках. Заказы на кристаллы формируются исходя из текущих потребностей, установленными перспективными перечнями и потребностями перспективных исследований;

– к структурам, которые связаны с содержанием банков кристаллов, необходимо сформировать группы для разработки инженерных образцов по технологии СвК с последующей передачей в сборочное производство;

– при выполнении указанных рекомендаций получаем несколько эффектов: длительность цикла «проектирование–производство» партии микросхем от 6 до 12 мес, снижение себестоимости продукции в несколько раз, возможность начать производство новой партии микросхем в течении нескольких дней после заявки, возможность избежать неблагоприятного стечения обстоятельств на мировом рынке и др.;

– применение банков с кристаллами и технологию СвК нужно немедленно вводить в практику отечественной микроэлектроники, что обеспечит высокую экономическую эффективность воспроизведения стандартных для рынка микросхем и возможность реализации инновационных решений.

Список литературы

1. Данилин Н.С., Димитров Д.М., Сабиров И.Х. Инновационные космические микросистемы в корпусе. М.: ИД «Спектр», 2011. 70 с.
2. Данилин Н.С. Системная микроминиатюризация и малые спутники. М.: ИД «Спектр», 2013. 54 с.
3. Данилин Н.С., Димитров Д.М., Димитров М.Д., Сабиров И.Х. Практическая методология разработки систем в корпусе. М.: ИД «Спектр», 2019. 110 с.
4. Шведов С.В., Гришков В.Н. Проектирование аналогово-цифровых компонентов для «систем в корпусе» // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (мэс), 2010, № 1. С. 503–506.
5. Немудров В., Борисов К., Завалин Ю., Корнеев И., Малышев И., Шиллер В. Системы на кристалле и системы в корпусе новые возможности для военной техники // Электроника: Наука, технология, бизнес, 2014, № 1. С. 144–150.