

Импортозамещающая технология ПЛИС-БМК

Часть I. Разработка радиоэлектронной аппаратуры двойного применения

В течение последних 10 лет позиции российской микроэлектроники на отечественном рынке в значительной мере оказались занятыми зарубежными фирмами, предложившими отечественным приборостроителям широкий спектр изделий. К чести отечественных разработчиков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) следует сказать, что они довольно быстро освоили не только сами микроэлектронные компоненты, но и самые современные зарубежные технологии разработки, производства и отладки радиоэлектронной аппаратуры коммерческого и индустриального назначения на их основе.

Владимир Евстигнеев,
д. т. н.
Александр Кошарновский,
к. т. н.

evstigneev_mniii@pochta.ru

Евгений Дегтярев,
к. т. н.
Михаил Критенко,
к. т. н.
Сергей Цыбин,
Алексей Быстрицкий

Необходимость использования в радиоэлектронной аппаратуре специализированных ИС, определяющих производительность и эффективность устройств, а также необходимость сокращения сроков подготовки производства и ограниченные инвестиции в разработки заставляют специалистов применять в своих изделиях программируемые логические ИС (ПЛИС) зарубежного производства. Для электронных устройств на основе ПЛИС характерны короткие сроки, низкие затраты и высокая гибкость проектирования.

Степень интеграции ПЛИС достигла уровня, при котором на размер кристалла (наиболее важный показатель ИС, характеризующий цену и производительность) уже не влияет общее количество вентилей, а его величина определяется шагом и количеством периферийных элементов ввода-вывода. Поэтому за рубежом ПЛИС практически вытеснили другие специализированные ИС со степенью интеграции 5–10 тыс. вентилей. Но для степени интеграции свыше 20 тыс. вентилей, а также средней и большой серийности, по оценкам экспертов, целесообразно переводить проекты ПЛИС в полузаказные ИС. При этом достигается уменьшение цены и мощности потребления ИС. За рубежом существует несколько компаний, специализирующихся в области перевода проектов ПЛИС в полузаказные ИС: S-MOS Systems, Orbit Semiconductor, AMI, Temic Semiconductor, Clear Logic. Кроме того, сами производители ПЛИС — Altera, Xilinx, Actel, Atmel, Lucent и др. — также поддерживают конвертирование проектов в так называемые «масочные» ПЛИС.

Аналогичные центры перевода проектов ПЛИС в полузаказные БИС на основе отечественных базовых матричных кристаллов появились и в России — это КТЦ «Электроника» в Воронеже, а также ОАО «Ангстрем», НТЦ «Элинс», АО «НИИМЭ» и завод «Микрон» в Зеленограде.

Суть данной технологии заключается в использовании современных зарубежных программируемых

логических интегральных схем (ПЛИС) как элементной базы в совокупности с аппаратно-программными средствами разработки проектов цифровых логических устройств, их отладки и верификации. В качестве ПЛИС в данной технологии могут быть использованы ПЛИС фирм Altera, Xilinx и др.

ПЛИС, являясь универсальной структурой, позволяющей соединять элементы по правилу «каждый с каждым», обладают избыточностью, достигающей 3–5 крат по сравнению с объемами собственно рабочей логики. Это качество ПЛИС используется при переходе от проекта ПЛИС к проекту полужаказной БИС на основе отечественных БМК. Так, например, используя ПЛИС емкостью 50–100 тыс. вентилей, изготовленную с технологическими нормами 0,35 мкм, можно получить полужаказную БИС емкостью до 30 тыс. вентилей, изготовленную с технологическими нормами 1,0–2,0 мкм, с теми же функциональными и временными параметрами.

С другой стороны, в последнее время в ряду электронных компонентов появился новый тип микросхем — так называемые «системы на кристалле» (SoC), представляющие собой сочетание в одном кристалле в виде IP-блоков таких сложных узлов, как процессоры, память RAM и Flash, контроллеры ввода-вывода, в том числе и быстрых последовательных сигналов, АЦП, ЦАП и многое другое. Так или иначе, с точки зрения разработчика радиоэлектронной аппаратуры SoC — это зарубежная (в будущем отечественная) микросхема в стандартном многовыводном пластмассовом или керамическом корпусе, которая наряду с зарубежными ПЛИС может быть установлена в опытных образцах РЭА и в дальнейшем заменена по технологии ПЛИС-БМК [1, 2] на отечественную полужаказную или заказную БИС на заранее подготовленное посадочное место безо всякого переконструирования и перетрассировки печатной платы.

Авторами разработана нормативно-техническая документация, регламентирующая весь процесс вы-

полнения ОКР — от разработки технической задачи до предварительных испытаний опытных образцов РЭА и замены в них зарубежных ПЛИС и иных компонентов отечественными аналогами на заранее подготовленные посадочные места; подобраны взаимозаменяемые пары зарубежных и отечественных корпусов микросхем для поверхностного монтажа, даны все необходимые рекомендации схемотехникам, конструкторам, технологом и монтажникам РЭА.

Разработку рабочей или эскизной КД электронных устройств с использованием «Импортозамещающей технологии ПЛИС-БМК» следует начинать с:

- ознакомления с перечнем и характеристиками ПЛИС емкостью от 10 до 300 тысяч вентиляей, на которых предполагается строить цифровую схемотехнику (авторами использованы ПЛИС фирмы Altera, что не исключает использование ПЛИС других фирм, например, Xilinx);
- ознакомления с перечнем и характеристиками корпусов ПЛИС, предполагаемых к использованию (табл. 1, 2, 3);
- ознакомления с перечнем и характеристиками отечественных базовых матричных кристаллов (БМК) емкостью от 10 до 100 тысяч вентиляей (табл. 4);
- ознакомления с перечнем и характеристиками отечественных металлокерамических корпусов для размещения в них кристаллов полупроводниковых БИС на основе отечественных БМК (табл. 2 и 5);

Таблица 3. Характеристики корпусов импортных ПЛИС и корпусов отечественных БМК для совмещения и трассировки

| Тип корпуса ПЛИС — общее кол-во выводов | ПЛИС | Тип отечественного корпуса |
|---|---|----------------------------|
| PQFP-208 | EP1K30, EP1K50, EP1K100, | 4229.132-3-1* |
| RQFP-208 | EPF10K20, EPF10K30, EPF10K40 | |
| PQFP-208, RQFP-208 | EPF10K30A, EPF10K30E, EPF10K50E, EPF10K50S, EPF10K100B, EPF10K100E, | 4229.132-3-2* |
| PQFP-160 | EPF8452A, EPF8363A, EPF8820A | |
| TQFP-144 | EP1K30, EP1K50, EPF10K20, EPF10K30A, EPF10K30E, EPF10K40, EPF10K50E, EPF10K50S, EPF6016 | 4229.132-3-3* |
| PQFP-240 | EPF6016, EPF6024A, EPF10K30A, EPF10K50E, EPF10K50S, EPF10K100B, EPF10K100E, EPF10K130E | 4236.208-2 |
| RQFP-240 | EPF10K20, EPF10K30, EPF10K40, EPF10K50, EPF10K50V, EPF10K70, EPF10K100A, EPF10K200S | |
| PQFP-208 | EPF6016 | 4236.208-2 |

* 1, 2, 3 — номер группы совмещения корпусов.

Таблица 4. Типоразмеры корпусов импортных ПЛИС

| Тип корпуса | TQFP | CQFP PQFP RQFP | PQFP RQFP | RQFP |
|--------------------|-----------|-------------------------------------|------------------------|-----------|
| Количество выводов | 144 | 208 | 240 | 304 |
| Размер, мм | 20,0×20,0 | 27,4×27,4 28,1×28,1 28,1×28,1 | 32,1×32,1 32,1×32,1 | 40,1×40,1 |

Таблица 1. Характеристики корпусов импортных ПЛИС для поверхностного монтажа

| Тип ПЛИС | Тип корпуса | Общее количество выводов | Количество логических выводов | Количество служебных выводов | Количество выводов «питание» | Количество выводов «земля» | Количество выводов «пустые»* |
|------------|-------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| EPF6016 | TQFP | 144 | 117 | 7 | 12 | 8 | — |
| | PQFP | 208 | 171 | 7 | 17 | 12 | — |
| | PQFP | 240 | 199 | 7 | 18 | 14 | — |
| EPF81188A | PQFP | 208 | 148 | 7 | 21 | 20 | 12 |
| | PQFP, RQFP | 240 | 180 | 7 | 21 | 20 | 8 |
| EPF81500A | PQFP, RQFP | 240 | 181 | 12 | 24 | 23 | — |
| EPF10K20 | TQFP | 144 | 102 | 13 | 15 | 14 | — |
| | RQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K30 | RQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K30A | TQFP | 144 | 102 | 13 | 15 | 14 | — |
| | PQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | PQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K30E | TQFP | 144 | 102 | 13 | 15 | 14 | — |
| | PQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | PQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K40 | TQFP | 144 | 102 | 13 | 15 | 14 | — |
| | RQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K50 | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K50E | EPF10K50S | TQFP | 144 | 102 | 13 | 15 | 14 |
| | PQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | PQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K50V | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K70 | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K100A | RQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K100B | PQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | PQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K100E | PQFP | 208 | 147 | 14 | 26 | 21 | — |
| | PQFP | 240 | 189 | 14 | 19 | 18 | — |
| EPF10K130E | PQFP | 240 | 186 | 14 | 22 | 18 | — |
| EPF10K200S | RQFP | 240 | 182 | 14 | 26+VCC_CLK | 18 | — |

* Количество выводов «пустые» — количество выводов корпуса, не соединенных с кристаллом микросхемы.

Таблица 2. Характеристики отечественных БМК

| Осн. хар-ки | Тип БМК | | 1537ХМ2 | | 1592ХМ1 | | 1592ХМ1Т | | 1578ХМ6 | | 1578ХМ8 | | 1578ХМ8 | |
|---|---------------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|--|
| | Кол-во условных вентиляей (шт.) | | | | | | | | | | | | | |
| Кол-во условных вентиляей (шт.) | 18720 | 108508 | 108508 | 16000 | 30000 | 30000 | | | | | | | | |
| Приблизительное количество триггеров в БМК | 1560 | 9042,(3) | 9042,(3) | 1333,(3) | 2500 | 2500 | | | | | | | | |
| Ср. время задержки двухходового вентиля, нс | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | | | | | | | | |
| Тип корпуса | 4229.132-3 | 4229.132-3 | 4236.208-2 | 4229.132-3 | 4229.132-3 | 4236.208-2 | | | | | | | | |
| Количество выводов корпуса (шт.) | 132 | 132 | 208 | 132 | 132 | 208 | | | | | | | | |
| Количество логических выводов | 120 | 100 | 176 | 121 | 112 | 182 | | | | | | | | |
| Количество выводов питания | 12 | 32 | 32 | 11 | 20 | 26 | | | | | | | | |
| Цоколевка питания (V _c) и «земли» (L) | V _c (5 В) ⊥ | | V _c (5 В) ⊥ | | V _c (5 В) ⊥ | | V _c (5 В) ⊥ | | V _c (5 В) ⊥ | | V _c (5 В) ⊥ | | V _c (5 В) ⊥ | |
| | 18 | 1 | 1 | 17 | 1 | 27 | 1 | 33 | 1 | 17 | 1 | 26 | | |
| | 49 | 19 | 2 | 31 | 2 | 48 | 3 | 66 | 2 | 33 | 3 | 51 | | |
| | 48 | 50 | 10 | 32 | 15 | 51 | 34 | 99 | 34 | 51 | 24 | 52 | | |
| | 84 | 67 | 24 | 33 | 37 | 52 | 67 | 116 | 35 | 59 | 53 | 78 | | |
| | 114 | 85 | 34 | 50 | 53 | 78 | 69 | 132 | 50 | 66 | 55 | 101 | | |
| | 115 | 116 | 35 | 64 | 54 | 100 | 100 | | 67 | 83 | 77 | 103 | | |
| | | | 43 | 65 | 66 | 103 | | | 68 | 99 | 105 | 131 | | |
| | | | 57 | 66 | 90 | 104 | | | 100 | 116 | 107 | 132 | | |
| | | | 67 | 83 | 105 | 131 | | | 101 | 118 | 129 | 155 | | |
| | | | 68 | 97 | 106 | 152 | | | 117 | 132 | 130 | 156 | | |
| | | | 76 | 98 | 119 | 155 | | | | | 157 | 182 | | |
| | | | 90 | 99 | 141 | 156 | | | | | 159 | 205 | | |
| | | | 100 | 116 | 157 | 182 | | | | | 181 | 207 | | |
| | | | 101 | 130 | 158 | 204 | | | | | | | | |
| | | | 109 | 131 | 170 | 207 | | | | | | | | |
| | | | 123 | 132 | 194 | 208 | | | | | | | | |

Таблица 5. Типоразмеры отечественных корпусов для БМК

| Тип корпуса | 4229.132-3 | 4236.208-1 | 4236.208-2 | 4232Ю.256-2 |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Количество выводов | 132 | 208 | 208 | 256 |
| Размер, мм | 28,0×28,0 | 40,0×40,0 | 40,0×40,0 | 48,5×48,5 |
| Размер посадочной площадки под кристалл, мм | 11,5×11,5 | 12,0×12,0 | 11,0×11,0 | 12,2×12,2 |
| Примечание | •(1) вывод в центре | •(1) вывод в углу | •(1) вывод в углу | •(1) вывод в углу |

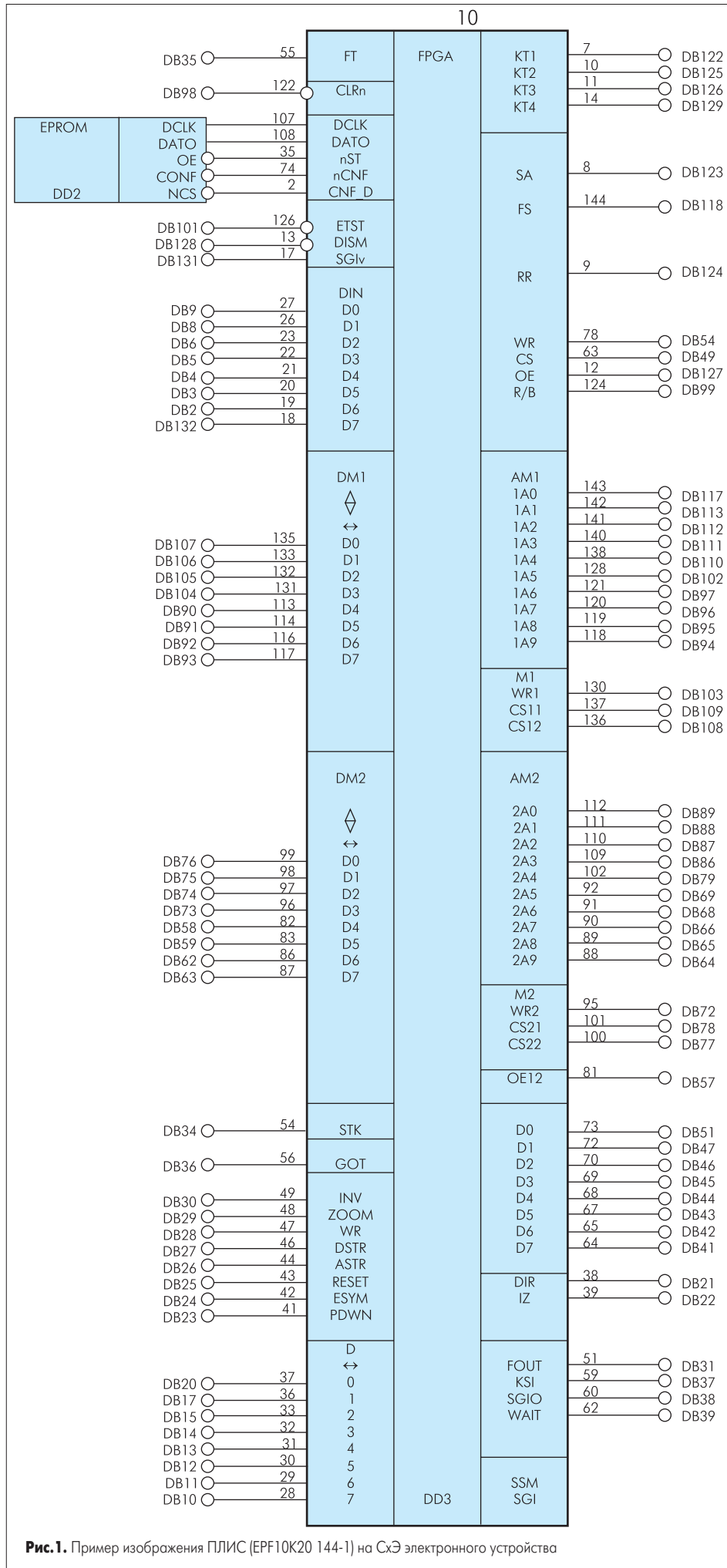


Рис. 1. Пример изображения ПЛИС (EPF10K20 144-1) на СхЭ электронного устройства

• определения аппаратно-программных средств разработки проектов ПЛИС и разработки и выпуска схемотехнической и конструкторской документации.

В качестве аппаратных средств разработки авторами использованы инструментальные ПК на платформе Pentium.

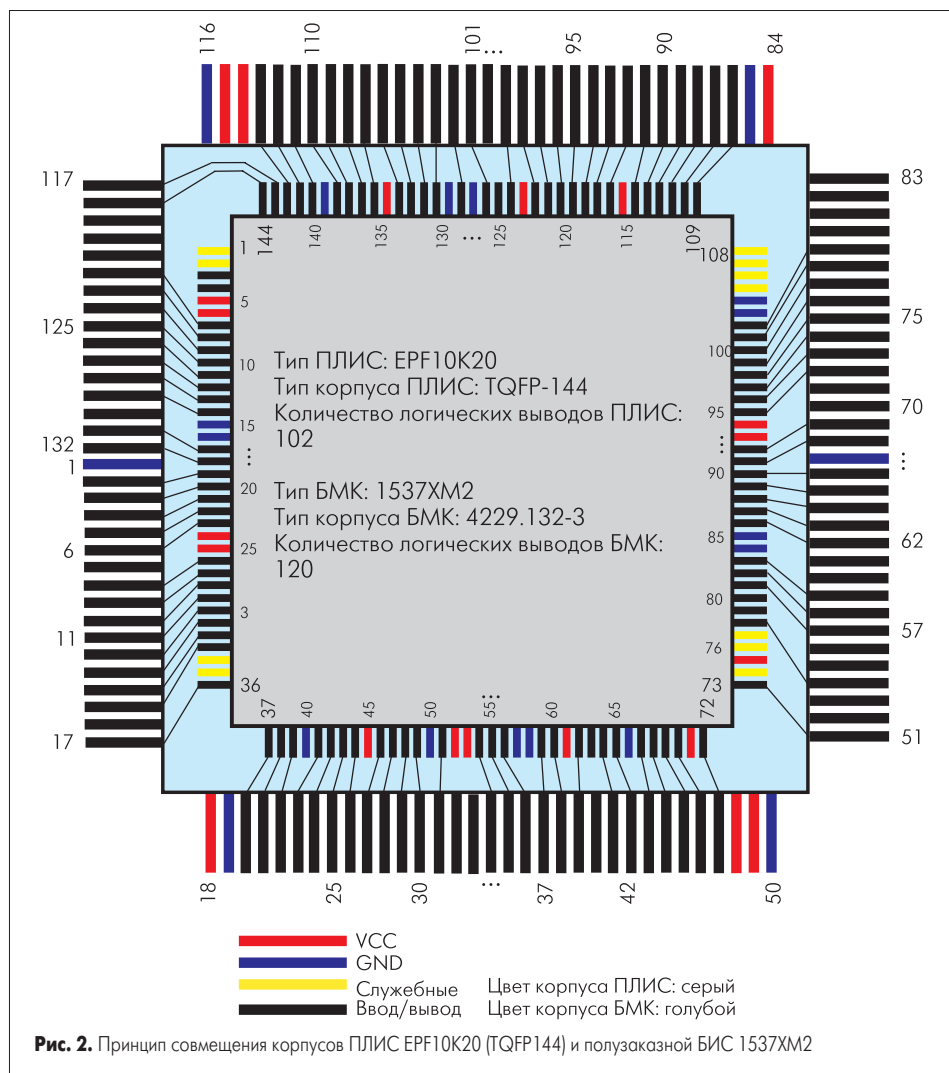
В качестве программных средств для разработки проектов ПЛИС использована система MAX+PLUS II фирмы Altera (возможны средства и продукты других фирм).

Для проектирования схемы электрической принципиальной, а также проектирования и трассировки многослойных (до 12 слоев) печатных плат использован пакет P-CAD-2001.

При разработке схемы электрической принципиальной (СхЭ) электронного устройства, содержащего ПЛИС, следует провести предварительную оценку сложности проекта: в логических вентилях для комбинационно-насыщенных проектов, содержащих коммутаторы, шинные драйверы, сумматоры и т. п.; в количестве используемых триггеров для регистрово-насыщенных проектов, содержащих схемы управления записью-чтением в ОЗУ, буферные структуры и т. п.; по количеству внешних выводов проекта, реализованного на ПЛИС, а затем ориентировочно (из табл. 1) выбрать тип ПЛИС (например, фирмы Altera). После предварительной оценки количества внешних выводов проекта ПЛИС из таблицы 2 следует выбрать для реализации проекта один или несколько БМК с количеством логических выводов, удовлетворяющим оценке, а затем увеличить это количество на 15÷20%. Дополнительные выводы могут понадобиться в ходе разработки и настройки проекта ПЛИС. Затем по таблице 2 следует выбрать один из отечественных БМК, подходящий по количеству выводов и по количеству выводов корпуса, а по таблице 3 — возможные варианты совмещения корпусов отечественных БМК и зарубежных ПЛИС. Далее следует с помощью пакета программирования MAX+PLUS II разработать «проект конфигурации» ПЛИС, получив временную диаграмму проекта и цоколевку выводов ПЛИС. Данными из таблиц 4 и 5 следует воспользоваться при размещении электронных компонентов на печатной плате и разработке ее КД.

На рис. 1 дан пример изображения ПЛИС типа EPF10K20 144-1 (обозначена DD3 на СхЭ электронного устройства) как первичного элемента, соединенного необходимыми электрическими связями со всеми другими электронными компонентами и установочными изделиями устройства. Слева сверху изображена микросхема перепрограммируемой постоянной памяти DD2 (EEPROM) типа EP2, в которой хранится информация о проекте конфигурации ПЛИС.

Из таблицы 2 выбран отечественный БМК 1537ХМ2, содержащий 18720 условных выводов или соответственно 1560 триггеров, в котором, по предварительной оценке, может разместиться вся логика проекта ПЛИС DD3. Из той же таблицы 2 выбирается отечественный корпус типа 4229.132-3, в котором ОАО «Ангстрем» может разместить выбранный БМК и выпустить соответствующую полузаказную БИС.



Далее следует уточнить выбор типа БМК по количеству логических вентиляей. Для комбинационно-насыщенных схем количество реально используемых вентиляей в БМК следует оценить исходя из того, что оно будет в пределах 50÷60% от общего количества условных вентиляей в БМК, так как остальные вентиляи станут недоступными в результате трассировки проекта в БМК.

Для регистрово-насыщенных схем количество вентиляей в БМК нужно оценить так же, как и для комбинационных схем в макроячейках, для чего количество вентиляей разделить на 6. В результате получится количество макроячеек (триггеров), необходимых для реализации проекта, и, исходя из него, следует уточнить тип ПЛИС по количеству макроячеек — их должно быть не меньше, чем получено при выборе типа БМК из таблицы 2.

При разработке проекта ПЛИС необходимо учесть, что следует осторожно использовать так называемые ячейки EAB (Embedded Array Blocks), предназначенные для реализации модулей встроенной памяти, так как они сильно увеличивают вентиляый размер проекта и усложняют его реализацию на БМК.

По типу выбранной ПЛИС в таблице 3 уточняется корпус ПЛИС TQFP-144 и соответствующий ему корпус будущей полупроводниковой БИС 4229.132-3.

Теперь, когда известны корпус ПЛИС EPF10K20 144-1 (из табл. 1) — TQFP, имею-

щий 144 вывода, и цоколевка корпуса ПЛИС (в соответствии с проектом конфигурации ПЛИС), методом совмещения (наложения) можно определить цоколевку корпуса будущей отечественной полупроводниковой БИС, реализующей проект ПЛИС, на отечественном БМК 1537XM2, помня, что цоколевка корпуса TQFP144 начинается с угла, а цоколевка корпуса 4229.132-3 (из табл. 5) начинается с середины одной из сторон.

На рис. 2 приведен пример совмещения пары корпусов TQFP144 и 4229.132-3, где кратчайшими связями методом печатного монтажа соединены (на будущей печатной плате) контактные площадки, соответствующие выводам ПЛИС, с контактными площадками будущей полупроводниковой БИС (обозначенными как DBxxx, где xxx — одно-, двух- или трехзначное десятичное число от 1 до 132) на основе отечественного БМК.

Например (см. рис. 1):

| | ПЛИС | БМК |
|------|---------|-------|
| Цепи | 7 (KT1) | DB122 |
| | 63 (CS) | DB40 |

Всего на рис. 1 можно выделить 3 группы выводов (контактов) ПЛИС, которые, после ее замены на полупроводниковую БИС, будут использованы по-разному.

Группа 1 — функциональные выводы, которые в обязательном порядке будут использованы по своему прямому назначению в полупроводниковой БИС.

Группа 2 — выводы питания V_{cc} или $\perp V_{cc}$, на которые подается соответственно 0 В и (5; 3,3; 2,5; 1,8) В; количество этих выводов в корпусе ПЛИС и корпусе полупроводниковой БИС не всегда совпадает.

Группа 3 — так называемые служебные выводы, некоторые из которых могут быть использованы по усмотрению разработчика, некоторые — функционально жестко закреплены (например, выводы для связи ПЛИС с РПЗУ конфигурации ПЛИС).

Следует иметь в виду, что приведенный на рис. 1 вариант совмещения контактов ПЛИС и контактов полупроводниковой БИС носит рекомендательный характер и при реальной трассировке печатной платы могут получиться иные варианты совмещения контактов. Это связано с тем, что программа-трассировщик (особенно в районе углов совмещаемых корпусов) может найти иные (отличные от показанных на рис. 1) пути прокладки соединительных печатных дорожек.

Кроме того, после замены ПЛИС на отечественную полупроводниковую БИС как на верхних слоях, так и на внутренних слоях многослойной печатной платы могут остаться печатные проводники, не использованные в окончательном исполнении устройства и способные в неблагоприятных условиях превратиться в «антенны» или источники шумов и помех. При конструировании печатной платы и ее трассировке следует предусмотреть возможность «заземления» оставшихся неиспользованными печатных проводников. Примером таких проводников на рис. 1 являются проводники, соединяющие ПЛИС (контакты 107, 108, 35, 74, 2) с РПЗУ EPROM (контакты 4, 2, 8, 13, 9).

На рис. 3 представлена структурная схема технологического процесса разработки и производства электронных устройств военного назначения с использованием импортозамещающей технологии ПЛИС-БМК. Суть этого процесса состоит в том, что во взаимоотношениях предприятия-разработчика электронной аппаратуры и заказчика полупроводниковой БИС с предприятием-разработчиком и изготовителем электронных компонентов (включая и полупроводниковые БИС) в соответствии с современной мировой тенденцией появляется посредник в лице «дизайн-центра», который, с одной стороны, представляет интересы предприятия-заказчика полупроводниковой БИС перед предприятием-разработчиком полупроводниковой БИС, а с другой стороны — представляет интересы предприятия-разработчика полупроводниковой БИС перед предприятием-заказчиком полупроводниковой БИС.

Ключевыми моментами импортозамещающей технологии ПЛИС-БМК являются: конструкция печатной платы электронного устройства, способ совмещения корпусов импортных ПЛИС с корпусами отечественных полупроводниковой БИС и способ замены на печатной плате зарубежных ПЛИС на отечественные полупроводниковые БИС. Все это защищено патентами Российской Федерации [1, 2].

На рис. 4 приведены примеры расположения печатных проводников для пайки сменных электронных компонентов (ПЛИС и полупроводниковой БИС) соответственно в зарубеж-

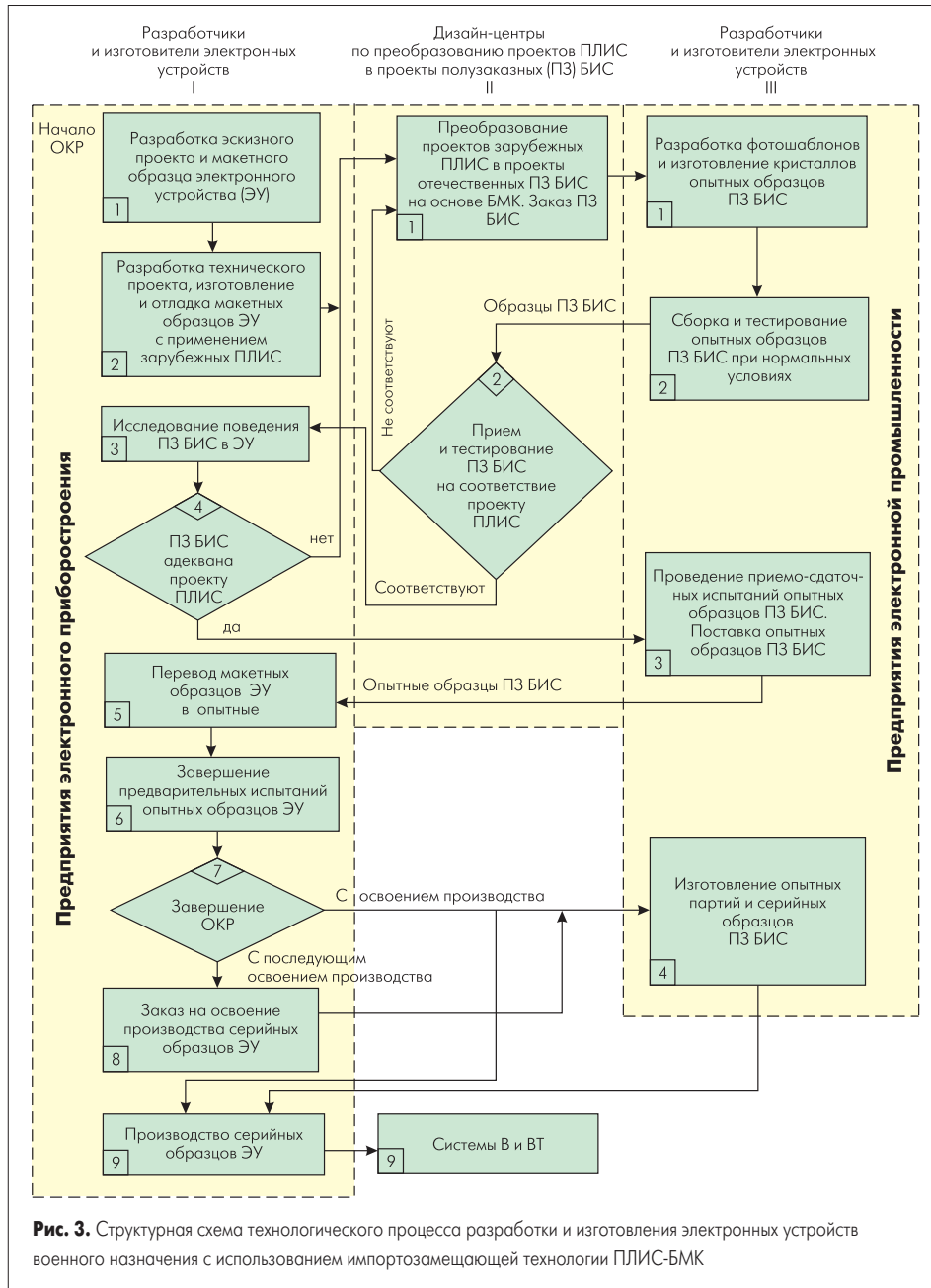


Рис. 3. Структурная схема технологического процесса разработки и изготовления электронных устройств военного назначения с использованием импортзамещающей технологии ПЛИС-БМК

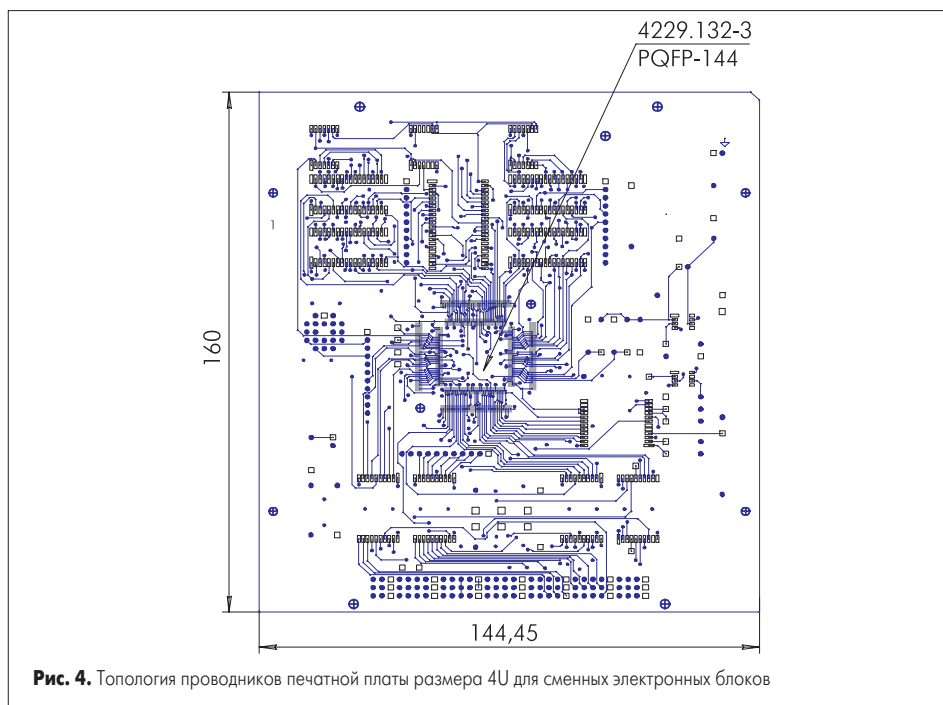


Рис. 4. Топология проводников печатной платы размера 4U для сменных электронных блоков

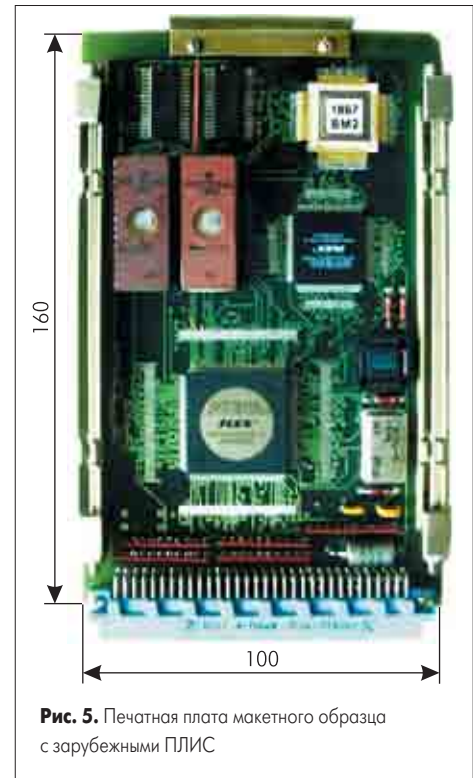


Рис. 5. Печатная плата макетного образца с зарубежными ПЛИС

ных и отечественных корпусах. Принципиальным в данном случае является то обстоятельство, что посадочное место зарубежного корпуса ПЛИС всегда меньше посадочного места отечественного корпуса полужаказной БИС.

На рис. 5 представлена фотография макетного образца (печатной платы) электронного устройства, спроектированного и изготовленного по РКД по импортзамещающей технологии ПЛИС-БМК с использованием зарубежных и отечественных электронных компонентов.

На рис. 6 представлена фотография того же макетного образца (печатной платы) электронного устройства с выпаянными со своих посадочных мест корпусами зарубежных ПЛИС и зачищенными от излишнего флюса

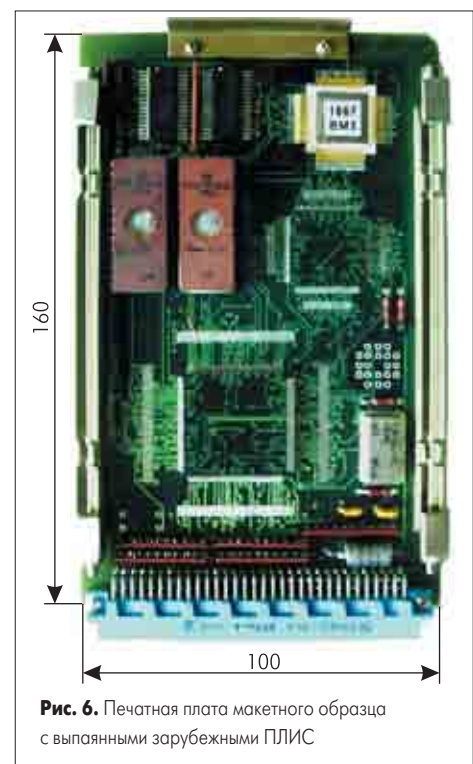


Рис. 6. Печатная плата макетного образца с выпаянными зарубежными ПЛИС

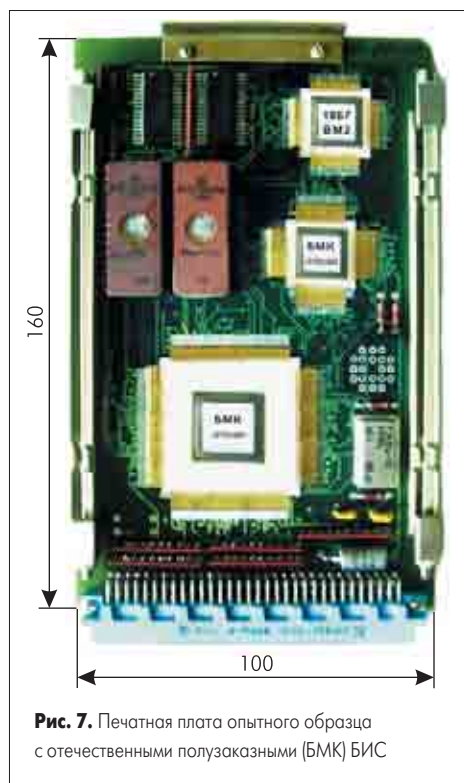


Рис. 7. Печатная плата опытного образца с отечественными полупроводниками (БМК) БИС

и припоя контактными площадками. Данный рисунок демонстрирует начало процесса перевода макетного образца электронного устройства в опытный образец.

На рис. 7 представлена фотография того же, что и на рис. 5–6 опытного образца (печатной платы) с установленными на место выпаянных зарубежных ПЛИС отечественными полупроводниками БИС на основе БМК.

Как у любого государства, у России есть потребность в разработке и производстве на основе современных достижений микроэлектроники аппаратуры не только коммерческого или промышленного назначения, но и военного назначения с использованием возможностей отечественной микроэлектроники и электронного приборостроения [3].

Технология ПЛИС-БМК в полной мере соответствует основной доктрине импортозамещения в системах В и ВТ, высказанной начальником вооружений ВС России генералом А. Московским, предусматривающей три составляющие [4]:

1. Стратегические вооружения, где возможно использование только элементной базы отечественного производства;
2. Вооружения, где допускается применение электронной компонентной базы (ЭКБ) иностранного производства, но с обязательной последующей заменой на отечественную базу;
3. Изделия, где разрешается по согласованию с заказчиком использовать элементную базу иностранного производства.

На рис. 8 представлена блок-схема технологического маршрута разработки и производства РЭА для систем В и ВТ ВС России в соответствии с доктриной импортозамещения.

Первый столбец схемы полностью соответствует технологическому процессу импортозамещающей технологии ПЛИС-БМК, отвечает всем требованиям позиции 1 (стратегические вооружения) доктрины импортозамещения.

Второй столбец схемы также полностью соответствует технологическому процессу импортозамещающей технологии ПЛИС-БМК и отвечает всем требованиям позиции 2 (вооружения, где допускается применение ЭКБ иностранного производства с последующей заменой на отечественную базу).

Третий столбец схемы до момента времени t_3 напрямую не связан с импортозамещающей технологией ПЛИС-БМК, однако предполагает наряду с элементной базой иностранного производства, использование инструментальных (PC ЭВМ), программных (пакеты программирования ПЛИС, процессоров, контроллеров) и технологических средств (паяльное и иное технологическое оборудование) зарубежного производства.

Отличие первого и второго столбцов схемы рис. 8 состоит только в одном — параметры t_1 и t_2 у них разные.

Параметр t_1 определяется временем, необходимым дизайн-центру и изготовителю полупроводников БИС на перевод проектов ПЛИС в проекты полупроводников БИС и на изготовление опытной партии полупроводников БИС. Обычно это время составляет от 8 до 12 недель.

Параметр t_2 больше t_1 и определяется временем между окончанием разработки, изготовления макетных и опытных образцов изделий и их испытания и началом освоения серийного производства.

При выполнении разработки РЭА по технологии первого и второго столбцов рис. 8 для макетных образцов изделий могут быть использованы электронные компоненты зарубежного производства коммерческого (С) и промышленного (I) исполнения.

При выполнении разработки РЭА по технологии третьего столбца рис. 8 для макетных образцов целесообразно использовать ПЛИС фирмы Actel типа Flash коммерческого (С) или промышленного (I) исполнения, позволяющие многократно производить корректировку проектов ПЛИС при регулировке, отладке и испытаниях макетных и опытных образцов изделий. После окончания цикла регулировки и испытаний опытных образцов изделий, при производстве серийных (малых партий) образцов изделий в них следует заменить ПЛИС фирмы Actel типа Flash на ПЛИС фирмы Actel типа Antifuse (однократного программирования) военного (М) исполнения, не обладающие

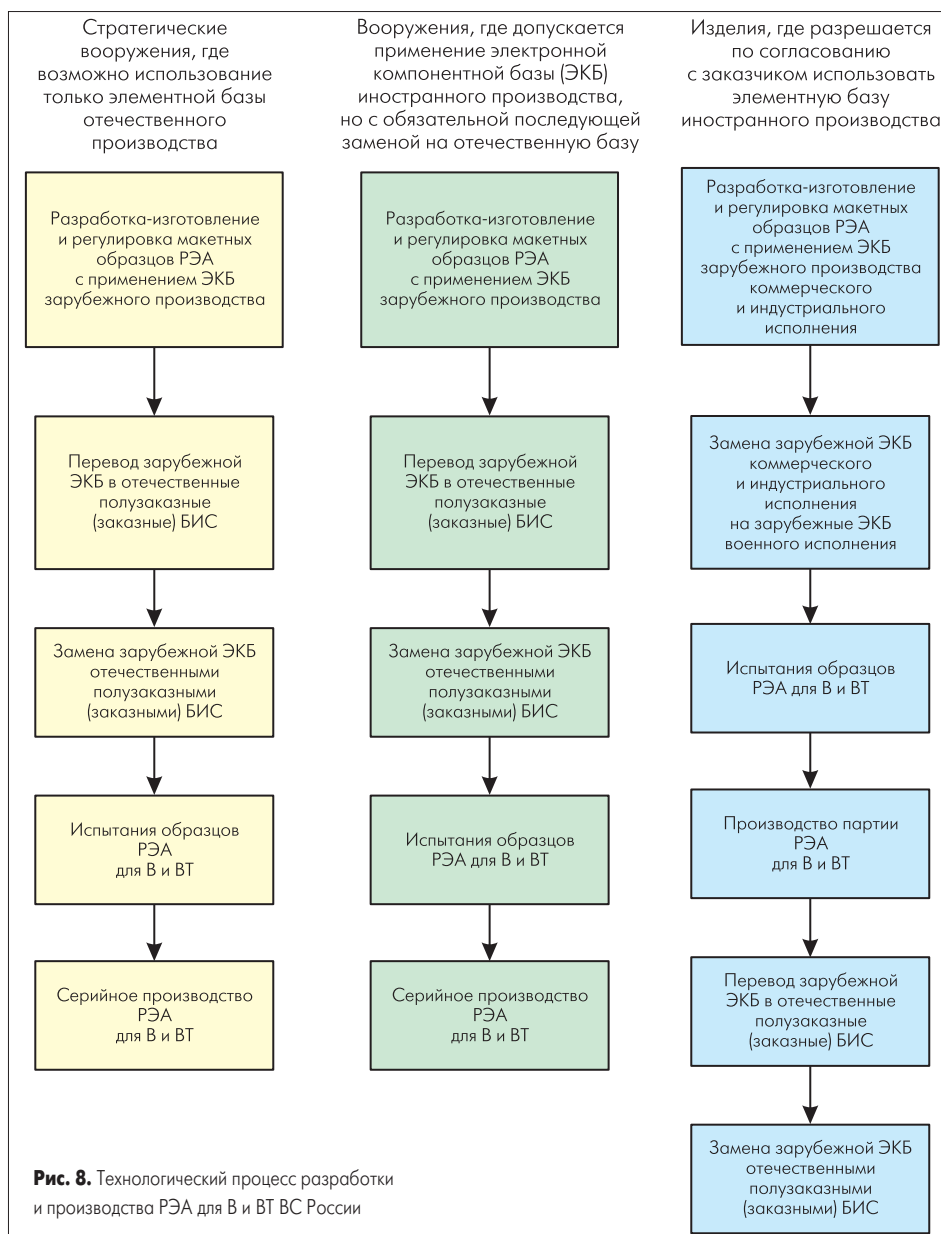


Рис. 8. Технологический процесс разработки и производства РЭА для В и ВТ ВС России

дефектом самопроизвольного изменения отдельных внутренних связей.

При этом целесообразно выбрать такие типы ПЛИС, как Flash, так и Antifuse, которые фирмой Actel выпускаются в одинаковых (по количеству и расположению выводов) корпусах. Например, в корпусе PQFP208 выпускаются ПЛИС типов: A32100Dx, A32200Dx, A42MX16, A42MX24, A42MX36, A54SX16, A54SX16P, A54SX32, A500K050, ARA075, ARA150. Все перечисленные ПЛИС выпускаются и поставляются в коммерческом (С), промышленном (I) и военном (M) исполнениях.

Этим обеспечивается высокая эффективность процесса разработки изделий РЭА и высокая степень надежности серийных образцов РЭА для систем В и ВТ ВС России.

Специфика третьего столбца схемы рис. 8 определяется параметром t_3 , причем $t_3 \gg t_2$. Параметр t_3 — это время эксплуатации РЭА, выполненной полностью на ЭКБ зарубежного производства, в течение которого зарубежные фирмы-производители обязуются

поставлять новые ЭКБ военного (M) исполнения взамен вышедших из строя или отказавших элементов, находящихся в эксплуатации в ВС России систем вооружений. Этот случай должен быть обязательно предусмотрен в схемотехнике и конструкции печатных плат при их разработке и изготовлении РЭА военного назначения с использованием импортозамещающей технологии ПЛИС-БМК. По истечении времени t_3 может возникнуть необходимость перевода части или всей ЭКБ зарубежного производства на отечественные полузаказные БИС на основе отечественных БМК или заказные БИС отечественного производства. Этим может быть продлен ресурс работы РЭА в случае модернизации систем вооружений, в которых эти РЭА используются.

Таким образом, импортозамещающая технология ПЛИС-БМК имеет универсальное применение для всех видов и классов систем вооружений, обеспечивая их импорто-независимость и повышая уровень безопасности России. ■

1. Евстигнеев В. Г., Кошарновский А. Н., Дегтярев Е. В., Цыбин С. А. Печатная плата, способ изготовления печатной платы и способ переналадки электронного узла на печатной плате. Патент на изобретение РФ № 2232446, МПК 7 Н 01 L 23/498, Н 05 К 7/06 // 2004. БИ № 19.
2. Кошарновский А. Н., Евстигнеев В. Г. Печатная плата для сменных электронных компонентов. Патент на изобретение РФ № 2232447, МПК 7 Н 01 L 23/498, Н 05 К 7/06 // 2004. БИ № 19.
3. Евстигнеев В. Г., Завьялов А. В., Кошарновский А. Н. Обеспечение импорто-независимости при разработке и производстве радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники // Электронная промышленность. 2002. № 1.
4. Пресс-служба РАСУ, Корр. АРМС-ТАСС. Задача создания отечественной элементной базы по-прежнему остается нерешенной // Chip News. 2004. № 4.