

АКТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К КОНСТРУИРОВАНИЮ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Ларькин А.Д. ¹, ассистент, anton11061998@gmail.com

Верхов К.А. ², ассистент, kiryl.viarkhou@gmail.com

2025

1. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
2. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Ключевые слова: печатные платы, радиоэлектронные средства, электронные схемы, электронные компоненты, надежность

Аннотация: В данной статье рассмотрены современные подходы к конструированию радиоэлектронных средств (РЭС) на различных уровнях – от разработки печатных плат до задач системной интеграции. Особое внимание уделено переходу от традиционных методов проектирования к интегрированным цифровым технологиям, использованию автоматизированных систем САПР, а также внедрению междисциплинарных принципов инженерии. Анализируются ключевые тенденции в области оптимизации топологии печатных плат, обеспечения электромагнитной совместимости и повышения надежности электронных компонентов.

Разработка радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) представляет собой многоплановую и комплексную задачу, объединяющую инженерные и производственно-технологические этапы. Эффективность проектных решений зависит от умения инженера оптимизировать габариты и массу изделия, обеспечивать высокий уровень безотказности и электромагнитной совместимости, а также учитывать особенности обработки сигналов, тепловые режимы и технологичность изготовления.

В условиях непрерывного увеличения плотности компонентов, повышения частоты сигналов и стремления к сокращению издержек, объединение этапов проектирования и производства становится решающим условием для поддержания конкурентоспособности продукции [1].

Проектирование РЭС проходит через несколько критически важных этапов. Основная последовательность проектирования РЭС показана на рисунке 1.

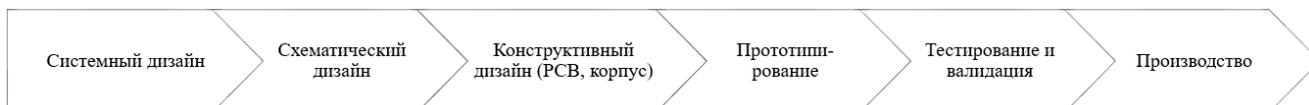


Рисунок 1 – Полный процесс проектирования РЭС

Каждый этап связан обратной связью. Например, выявленная проблема на этапе тестирования (по надежности или EMI) может потребовать возвращения к трассировке или материалам.

Основная часть процесса производства РЭС на текущий момент осуществляется в специализированном программном обеспечении с использованием современных CAD/CAM систем, а также с встроенным функционалом анализа и симуляции изделия. К современным CAD/CAM системам относят такие программы, как Altium Design, Solidworks, Autocad/Inventor Autodesk. Данные программные решения позволяют обеспечить поддержку HDI, симуляцию сигналов, электромагнитную совместимость, а также позволяют применять инструменты проверки и оптимизации конструкции под производственные ограничения.

Уменьшение размеров и увеличение плотности элементов требуют особого подхода при разработке конструкции РЭС. Основные факторы, оказывающие влияние, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние технологий изготовления на проектирование РЭС

Аспект	Последствие при миниатюризации	Решение
Сигнальная целостность и ЭМП	Увеличение наводок (crosstalk), сложности с контролем импеданса, рост ЭМП при плотной трассировке	Контролируемые импедансы, дифференциальные линии, экранирование, симуляция процессов
Тепловая устойчивость	Перегрев из-за высокой тепловой плотности в компактных конструкциях	Теплоотводящие материалы, радиаторы, симуляции тепла
Производственная точность	Требования к точному размещению (например, 01005), тонким фоторезистам	LDI-трассировка, X-ray контроль, лазерное сверление на производстве

Миниатюризация меняет индустрию печатных плат, создавая более компактные, мощные и эффективные устройства, которые стимулируют инновации в различных отраслях. Однако для решения таких проблем, как целостность сигнала, регулирование температуры и сложность сборки, требуется тщательный баланс передовых технологий проектирования, точного производства и надежных испытаний. Используя такие технологии, как HDI, SMT и гибкие печатные платы, а также применяя стратегические методы

проектирования, инженеры могут раскрыть весь потенциал миниатюрной электроники [2].

Среди основных проблем – проблемы с целостностью сигнала, регулировкой температуры, размещением компонентов и распределением мощности, которые могут повлиять на производительность и надежность электронных систем. При проектировании необходимо сделать акцент на то, что по мере того, как печатные платы становятся все меньше и плотнее, становится все труднее обеспечивать эффективную связь между компонентами при сохранении стабильности. Производители и проектировщики должны сочетать технические требования с практическими ограничениями, такими как стоимость и производственные возможности.

Для решения этих проблем современные инженерные решения предусматривают такие решения, как инструменты моделирования и тестирования, улучшенные материалы и тесное сотрудничество между проектными группами и производителями. В нем подчеркивается важность раннего выявления потенциальных проблем с помощью моделирования, а также надлежащих стратегий регулирования температуры и тщательного проектирования сетей электроснабжения [3]. Применяя эти подходы, разработчики могут свести к минимуму ошибки, сократить производственные задержки и обеспечить высокое качество конечного продукта.

Можно заключить, что на сегодняшний день важными этапами при производстве РЭС являются следующие пункты:

- продвижение идеи Design for Manufacturability (DFM) как ядра инженерного процесса;
- использование инструментов CAD с встраиваемыми симуляциями и анализами;
- контроль над тепловыми и электромагнитными эффектами;
- интеграция с производством, тестированием и системным уровнем.

Также продолжается упор на миниатюризацию изделий. Такой подход позволяет создавать компактные, надёжные и конкурентоспособные решения для микроэлектроники и других высокотехнологичных отраслей.

Список использованных источников

1. Тенденции развития конструкций РЭС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/inzhenerija/lekcii-po-osnovam-proektirovanija-jelektronnyh-sredstv/36695-tendencii-razvitija-konstrukcij-rjes.html> – Дата доступа: 25.08.2025.
2. The impact of Miniaturization on PCB Design and Manufacturing [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.allpcb.com/blog/pcb-design/the-impact-of-miniaturization-on-pcb-design-and-manufacturing.html> – Дата доступа: 25.08.2025.

3. Common PCB challenges and solutions [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://altimex.co.uk/blog/common-pcb-challenges-and-solutions> – Дата доступа: 25.08.2025.