

Кроме того, в процессе создания САПР «Черемош» был получен ряд результатов, расширяющих возможности системы:

создана библиотека альтернативных алгоритмов синтеза и анализа фильтров на ПАВ;

обеспечена алгоритмическая надежность ПО САПР благодаря рациональному сочетанию интеллектуальных возможностей разработчика и ЭВМ;

создана гибкая (унифицированная) система управления ПО САПР, позволяющая оперативно настраивать систему на решение конкретной задачи;

обеспечены условия работы трех уровней пользователей: малоквалифицированного, квалифицированного и высококвалифицированного, а также оперативного сопровождения ПО САПР;

процесс проектирования выполняется в режиме реального времени;

ПО построено по модульному принципу с использованием алгоритмических языков высокого уровня для программирования задач;

для достижения логической завершенности САПР и повышения ее эффективности разработан компилятор, обеспечивающий прямой перевод управляющей информации в коды генераторов изображения.

Использование САПР «Черемош» для проектирования фильтров на ПАВ позволяет получить следующие характеристики устройств:

диапазон рабочих частот, МГц	10... 200
ширина полосы пропускания по уровню -3 дБ, %	0,3... 30
неравномерность АЧХ в полосе пропускания, дБ	+/- (0,25... 1)
коэффициент прямоугольности по уровням (-3/- 40) дБ	1,5... 3,5
вносимые потери при согласовании, дБ	10... 30
затухание в полосе заграждения, дБ	40... 65
подавление сигналов тройного прохождения, дБ	26... 66
отклонение ФЧХ от линейной в полосе пропускания, °	+/- 10

Необходимо отметить, что некоторые электрические характеристики фильтров являются взаимозависимыми, в связи с чем предельные значения по нескольким параметрам одновременно могут не достигаться.

Поступила в редколлегию 04.03.92

УДК 681.325.65

Л. В. КАРТАШЕВА, асп., В. В. ПАРАХИН, ст. науч. сотр.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАССИРОВКИ СОЕДИНЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Представлена классификация помех, наводимых в «коротких» линиях связи цифровых функциональных узлов (ФУ), по месту возникновения и характеру воздействия.

© Л. В. Карташева, В. В. Парахин, 1993

Исследованы причины отсутствия в современных САПР подсистем минимизации паразитных параметров линий связи. Предложено два варианта организации процесса трассировки соединений плоских конструктивов с учетом допустимого уровня помех. На основе анализа требований к цифровым ФУ, выполненным в виде двухсторонних многослойных печатных плат, изготавливаемых методом послойного наращивания, и многослойных пленочных микросборок, рекомендован набор ограничений и частных критериев оптимизации топологии.

Непрерывное возрастание сложности радиотехнических устройств, переход на микроэлектронные элементы, увеличение быстродействия схем выдвинули проблему совершенствования межсоединений на всех конструктивных уровнях. В микроэлектронной аппаратуре (МЭА) соединения оказывают существенное влияние на основные технические характеристики проектируемых устройств, такие, как масса, объем, быстродействие, надежность, чувствительность, а также определяют работоспособность аппаратуры, ее стоимость и сроки разработки.

Паразитные параметры емкостного, индуктивного и резистивного характера, вносимые при создании любой электронной схемы, обуславливают кондуктивные и индуцированные помехи в ФУ. Учет их влияния особенно важен в МЭА, так как соединения имеют относительно малые линейные размеры сечения, а время переключения элементов составляет наносекунды при высокой плотности их размещения.

По месту возникновения и характеру воздействия помехи, наводимые в «коротких» линиях связи цифровых ФУ, можно разделить на обусловленные собственной емкостью и индуктивностью линий связи помехи, вызывающие задержку сигнала; статические помехи, возникающие вследствие падения напряжения на проводниках малого сечения, по которым проходят большие токи; импульсные помехи, индуцированные в результате взаимной емкостной и индуктивной связи между соседними информационными линиями [1].

Трудоемкость, значительные временные и материальные затраты, связанные с поиском и устранением причин сбоев функционирования изделия, обуславливают необходимость контроля вносимых помех на этапах синтеза МЭА.

В современных САПР влияние конструктивного выполнения соединений на схемотехнические параметры ФУ либо не учитывается [2,3], либо принимается во внимание как дополнительная информация о результатах проектирования [4].

Отсутствие оптимизации таких соединений с учетом их электромагнитной совместимости в САПР в основном обусловлено сложностью определения уровня помех для динамического режима; трудностью выбора параметров проектируемого ФУ, используемых в качестве критериев и ограничений при решении задачи синтеза; сложностью определения частичных и полных электрических параметров для системы из n проводников произвольной конфигурации; большими затратами времени и ресурсов ЭВМ.

Пространственное расположение и геометрическая форма монтажных соединений, обуславливающие паразитные параметры схемы в

реальных условиях эксплуатации аппаратуры, определяются на этапе трассировки соединений. Предлагаются два варианта организации процесса трассировки соединений плоских конструктивов с учетом обеспечения допустимого уровня помех.

Первый вариант предусматривает следующее:

трассировку для всех соединений ФУ без учета электромагнитной совместимости (ЭМС);

определение уровня наводимых помех в критических цепях;

реконструкцию соединений, для которых уровень помехи превышает допустимый, либо пользователем в интерактивном режиме с помощью графического редактора, либо через программный блок построения соединений, минимизирующий уровень помехи в процессе определения конфигурации цепи.

Другой вариант предполагает такие этапы:

последовательную трассировку цепей без учета ЭМС, ранжированных по какому-либо известному критерию;

контроль уровня помех в цепи после определения ее конфигурации;

перетрассировку цепи одним из указанных методов, если уровень помех превышает допустимый.

В связи с этим целесообразна разработка алгоритма, минимизирующего уровень помех в процессе трассировки цепи.

Решение задачи отыскания геометрически определенного способа соединения эквивалентных выводов рассматривается как нахождение компромисса между схемотехническими, конструктивными и технологическими требованиями, предъявляемыми к проектируемому объекту. Определим эти требования как множество исходных данных для процесса трассировки и множество параметров, которые необходимо обеспечить в результате построения соединений:

Исходные данные

Необходимые параметры

Схемотехнические характеристики

Количество элементов и компонентов ФУ	Абсолютная и относительная задержка сигнала
Суммарное количество соединений	Уровень импульсной помехи
Наличие цепей с количеством вершин, намного превышающим размерность большинства цепей	Уровень статической помехи, амплитуда падения напряжения на проводниках
Инвариантные группы выводов	

Конструктивные характеристики

Монтажно-коммутационное поле (МКП) прямоугольной формы	Число слоев
Участки МКП с запретом на прокладку проводников в одном слое или во всех слоях	Число перемычек

Разногабаритные и одногабаритные навесные электрорадиоэлементы (ЭРЭ)

Число межслойных переходов (МП)

Печатные или навесные шины питания и земли

Частично упорядоченное размещение ЭРЭ и элементов топологии

Различные типы, размеры, конфигурация контактных площадок

Технологические характеристики

Запрет на расположение переходных окон в одном слое или во всех слоях

Число узких мест

Различная ширина и конфигурация проводников

Число межслойных переходов

Минимальная ширина проводников

Заполнение площади подложки

Минимально допустимое расстояние между элементами топологии

Погрешность совмещения технологических слоев

В качестве объекта проектирования выберем широко применяемые в настоящее время цифровые ФУ, выполненные в виде двухсторонних (ДПП) и/или многослойных печатных плат (МПП), изготовляемых методом послойного наращивания, а также многослойных пленочных микросборок (МСБ). Хотя конструктивное исполнение данных ФУ относится к разным уровням иерархии конструкций МЭА, в общем виде каждую из них можно представить как многослойный и многоуровневый комплекс, содержащий основание, элементы (проводники, контактные площадки, резистивные пленки и т.д.), изоляционные слои, навесные корпусные и/или бескорпусные компоненты. Электрические соединения ФУ составляют систему плоскопараллельных токопроводящих пленок.

Критерии и ограничения, связанные с конкретной задачей трассировки, обуславливаются конструктивными и технологическими особенностями выполнения коммутационной части узла. На основе анализа указанных требований к объекту проектирования, для аддитивной или мультипликативной оценки трассировки сформулирован набор ограничений и частных критериев оптимизации:

Частные критерии оптимизации

Ограничения

Метрические

Минимум суммарной длины соединений

Минимальная ширина проводников

Максимум доли реализованных соединений	Минимально допустимое расстояние между элементами топологии
Минимум количества соединений допустимой длины	Размер и конфигурация МКП
Минимум суммарной длины параллельных участков проводников, принадлежащих разным цепям	Площадь занятых, полузанятых и свободных для прокладки проводников участков МКП
	Размер и конфигурация переходного окна

Топологические

Минимум числа МП, пространственных пересечений проводников	Число слоев (ДПП)
Минимум количества «узких» мест	Максимальный уровень наводимой помехи в пассивной линии связи
Минимум количества слоев (МПП и МСБ)	Максимальная задержка сигнала
	Максимальный уровень падения напряжения на отрезках проводников

Программное осуществление рассмотренных методов оптимизации соединений ФУ МЭА в рамках САПР КАРАТ [5] дало возможность улучшить качество проектирования изделий при обеспечении внутриаппаратурной ЭМС на этапе синтеза топологии.

Выбор критериев оптимизации и ограничений, ранжирование критериев оптимизации по степени важности, разработка алгоритма трассировки, минимизирующего уровень помех во время определения конфигурации линии связи, формирование критериев определения параметров «мешающих» проводников, выдача рекомендаций по применению рассмотренных вариантов организации процесса трассировки для проектирования цифровых ФУ различной степени сложности составляют предмет дальнейшего исследования.

Список использованной литературы

1. Наумов Ю. Е., Аваев Н. А., Бедревский М. А. Помехоустойчивость устройств на интегральных логических схемах. М., 1975. 216 с.
2. Аваев Е. В., Еремич А. Т., Норенков И. П., Песков М. И. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике: Справ. М., 1986. 368 с.
3. Будя А. П., Кононюк А. Е., Куценко Г. П. и др. Справочник по САПР. К., 1988. 375 с.
4. Кузнецов А. Л., Плотников С. А. Система контроля геометрических и электрических параметров двухсторонних печатных плат // Изв. вузов. Приборостроение. 1989. №10. С. 43—49.
5. Парахин В. В., Усатенко А. Н., Карташева Л. В., Мильков И. С. Принципы построения персональной САПР для малых ЭВМ // Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. «Информационное и программное обеспечение». Ужгород, 1988. С. 19—20.

Поступила в редколлегию 19.03.92