

Сухачев Кирилл Игоревич, к.т.н., доцент кафедры конструирования и технологии электронных средств. E-mail: kir.sukhachev@gmail.com.

Аксенова Юлия Владимировна, студент кафедры конструирования и технологии электронных средств. E-mail: aksenova123a@yandex.ru.

УДК 681.31:681.5

## **РАЗРАБОТКА АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ МИКРОСХЕМ**

А.Н. Муравьев

«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева», г. Самара

Использование программируемых аналоговых интегральных схем (ПАИС) в канале обработки сигнала с датчика позволяет получить дополнительные преимущества в точности, надежности и функциональности устройства.

Первые микросхемы ПАИС представляли собой просто набор компонентов, соединять которые предлагалось либо внешними цепями, либо внутренними по технологии нанесения слоя металлизации при производстве. С учетом низкой степени интеграции такой подход в разработке устройств не получил большого развития.

В дальнейшем удалось разработать универсальный аналоговый блок на базе схем с переключаемыми конденсаторами, функции которого было не сложно запрограммировать. Одна микросхема ПАИС содержит несколько аналоговых блоков, что позволяет реализовать достаточно сложные устройства обработки сигналов. Данный метод используется в изделиях фирмы Anadigm.

Развитие интегральных технологий позволило снова вернуться к идее большого набора элементарных компонентов на кристалле. Соединение компонентов в требуемую схему осуществляется электронными ключами внутри кристалла. Данный метод реализован в ПАИС 5400TP035 фирмы "Дизайн Центр "Союз", которая предназначена для реализации аналоговых схем путем электрического программирования пользователем коммутации между встроенными блоками.

Программируемое ядро микросхемы 5400TP035 содержит 22 усилительных блока, столько же прецизионных усилительных блоков, 44 блока пассивных компонентов и 9 блоков свободной конфигурации.

Усилительный блок содержит операционный усилитель (ОУ) rail-to-rail с настраиваемой частотной коррекцией, программируемый цифровой потенциометр и коммутационные ключи. Такой блок позволяет разработчику создавать типовые звенья на базе ОУ: буферные схемы, усилители, компараторы, фильтры и т.д.

Прецизионный блок предназначен для построения схем с малым смещением нуля и высокими точностными характеристиками. В его состав входят два программируемых цифровых потенциометра, реконфигурируемый усилительный блок и коммутационные ключи.

Для разработчика здесь также много возможностей, например, для согласования с датчиком сигнала низкого уровня можно программно создать полностью дифференциальный усилитель с программируемым коэффициентом усиления.

Блоки пассивных компонентов содержат программируемые резисторы, конденсаторы и коммутационные ключи. Их использование определяет разработчик.

Блок свободной конфигурации содержит 32 n-МОП транзистора и столько же p-МОП транзисторов, резисторы и конденсаторы. Их использование также определяет разработчик.

Все рассмотренные компоненты могут свободно коммутироваться между собой, а также с контактными площадками кристалла, выполняя поставленную задачу. Важное отличие узлов коммутации данной микросхемы это особая конструкция ключей, делающая минимальное влияние на работу ПАИС.

Основные блоки классической многоканальной схемы нормализации - мультиплексор, УВХ, программируемый дифференциальный усилитель, масштабирующий усилитель (в т.ч. схема сдвига уровня), активный фильтр (чаще всего ФНЧ) или система фильтров. Эти блоки хорошо согласуются с возможностью микросхемы ПАИС 5400TP035 и рассматриваются в данной работе.

Для разработки проектов на базе ПАИС 5400TP035 компания "Дизайн Центр "Союз" предоставляет специализированный отладочный комплект, включающий в себя САПР DCS\_Electric для создания и моделирования электрических схем. Эта САПР выполнена на основе свободно распространяемой программы The Electric™ VLSI Design System, хорошо известной в среде разработки печатных плат и топологии микросхем. В программу введены модели нескольких программируемых микросхем фирмы разработчика.

В одном из режимов работы САПР DCS\_Electric разработчику предоставляется полный доступ к внутренней конфигурации ПАИС 5400TP035, где в режиме ручной трассировки следует замкнуть отдельные ключи коммутации на чертеже топологии ПАИС и сформировать нужную схему. Это режим ручной трассировки.

В режиме автоматической трассировки следует нарисовать будущую схему в среде САПР DCS\_Electric, предоставляющей библиотеку встроенных блоков ПАИС 5400TP035. Затем промоделировать и посмотреть результаты, для чего автоматически подключается программа LTspice IV. При необходимости производится многократная корректировка

схемы и затем выполняется автоматическая трассировка, т.е. в среде САПР DCS\_Electric создается специальный файл конфигурации для будущей прошивки ПАИС.

Эта конфигурационная последовательность может быть использована в режиме отладки с возможностью многократного перепрограммирования, или в режиме финальной конфигурации с записью в энергонезависимую память. В последнем случае микросхема ПАИС будет выполнять свои функции после включения питания.

Таким образом, использование ПАИС 5400ТР035 позволяет не только заменить существенную часть микросхем обработки аналоговых сигналов, но и сократить временные и аппаратные затраты при создании специализированных устройств.

#### Список использованных источников

1. Эннс В.В., Кобзев Ю.М., Корепанов И.В. Программируемая аналоговая микросхема Компас-1 (5400тр035) – основные характеристики и особенности применения. [Текст] / В.В.Эннс, Ю.М.Кобзев, И.В.Корепанов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. -2019 -№ 7. С.135-139.

УДК 621.398

## **РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ В АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ**

**С.А. Маркелов**

«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева», г. Самара

Резко возросшая в последнее время активность решения задач реконструкции и ремонта автомобильных дорог повлекла за собой и острую необходимость мониторинга дорожных конструкций. С технической точки зрения автомобильные дороги представляют собой слоистую структуру из материалов различной плотности и, следовательно, различной диэлектрической проницаемостью, изменяющейся по вертикали. Поэтому решение задач мониторинга с использованием радиоволновых методов сталкивается с эффектами распространения волн в анизотропной среде.

Будем считать, что в описанной анизотропной среде расположен эллипсоид с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon \geq 10$  и проводимостью  $\sigma \geq 0.3$  См/м. На эллипсоид, существенно удаленный от границы раздела «воздух-асфальт», из воздуха падает плоская электромагнитная волна в направлении на эллипсоид. Разместим начало декартовой системы координат в точке пересечения осей эллипсоида, а рассеянное эллипсоидом поле будем фиксировать приемной антенной, расположенной в точке с радиус-вектором **R**, находящимся в воздушном полупространстве.