

Состав и области применения программируемых схем серии 5400

Юрий КОБЗЕВ,
к. т. н.
Виктор ЭННС,
к. т. н.
Всеволод ЭННС,
к. т. н.
Дмитрий ИВАНОВ
Игорь КОРЕПАНОВ
mail@dcsouyuz.com

Проектировщики аналоговых узлов аппаратуры обычно применяют аналоговые и цифро-аналоговые универсальные микросхемы, размещая их на специально разработанной печатной плате. Однако во многих случаях для решения тех же задач целесообразно выбирать другие варианты исполнения аналоговых блоков, в частности использовать аналого-цифровые базовые матричные кристаллы (АЦ БМК), программируемые пользователем аналоговые и аналого-цифровые микросхемы (ПАИС и ПАЦИС) или специализированные интегральные схемы — системы-на-кристалле (СнК). В статье описаны области наиболее эффективного применения трех типов аналого-цифровых интегральных схем специального назначения: ПАЦИС, АЦ БМК и СнК, а также реализация этих типов в рамках серии 5400.

Анализ ключевых параметров и областей применения АЦ БМК, ПАЦИС и СнК приведен в таблице 1. В нижней строчке таблицы приведены для сравнения типовые характеристики модуля, построенного на дискретных микросхемах. Критериями целесообразности использования того или иного варианта исполнения аналого-цифровой схемы являются занимаемая площадь на плате, количество размещаемых типовых ОУ, а также полоса частот и разрядность АЦП.

Помимо сравнения основных технических характеристик, таблица включает оценку экономических показателей. Относительная цена микросхемы (модуля) вычисляется из расчета комплектования партии в 100 микросхем, что характерно для производства мелкосерийных изделий, например космического назначения. Цена микросхем АЦ БМК и СнК учитывает стоимость конструкторских работ по проектированию и аттестации изделий. После постановки в серию стоимость последующих партий этих микросхем будет ниже. Время проектирования — оценка типового времени, которое

разработчик аппаратуры затратит на свой проект до получения функционирующих образцов изделия. Для АЦ БМК и СнК это время предусматривает разработку, изготовление и аттестацию микросхем. Показатель надежности определен на основе экспертной оценки. Учитывается, что множество паяных соединений на печатной плате снижает надежность модуля, а длина проводников может вносить дополнительные негативные факторы в функционирование схемы.

Минимальную площадь аналоговой ячейки и максимальную полосу частот имеет СнК. Для этого варианта есть полный набор различных стандартных ячеек и СФ-блоков. В ПАЦИС площадь ячейки с учетом площади ключей сопряжения максимальна, а полоса частот минимальна. АЦ БМК занимает промежуточное положение между СнК и ПАЦИС как по площади ячейки, так и по достижимому быстродействию схемы.

Основным преимуществом ПАЦИС является быстрая реализация аналоговой и аналого-цифровой функции в «железе». Другое достоинство ПАЦИС — возможность опера-

тивно изменять логику работы схемы, записывая новую программу в конфигурационную память ПАЦИС непосредственно перед началом работы устройства.

Типовое время изготовления микросхемы АЦ БМК с конкретной полузаказной схемой («зашивкой») составляет три месяца. В развитии рынка АЦ БМК ключевым фактором становится уменьшение времени выполнения заказа, от получения данных для разработки до отгрузки готового изделия.

Конкретный вариант исполнения аналоговой схемы может быть выбран исходя из технических требований, стоимости и времени, отведенных на разработку.

Серия конфигурируемых микросхем 5400 содержит несколько типов аналого-цифровых базовых матричных кристаллов (БМК) для различных областей применения, а также программируемые пользователем аналого-цифровые схемы (ПАЦИС). Микросхемы изготавливаются по современным субмикронным технологическим процессам на структурах кремний-на-изоляторе.

Конфигурируемые схемы серии 5400 различаются размерами корпуса, составом входящих блоков, функциональным назначением и областью применения. Сравнение входящих в серию типов микросхем по количеству аналоговых и цифровых ячеек и блоков представлено на рис. 1.

В таблице 2 приведено описание области применения различных типов аналого-цифровых БМК и ПАЦИС.

Микросхемы 5400ТР014(15), 5400БК1Т(2У), 5400ТР024(25) в настоящее время наиболее распространены и хорошо описаны [1, 3].

Таблица 1. Ключевые параметры и области применения АЦ БМК, ПАЦИС и СнК

	Площадь модуля, мм ²	Полоса частот, МГц	Разрядность, бит	Емкость, количество ОУ	Время проектирования	Количество каналов обработки	Относительная надежность	Относительная цена	Область применения
Программируемая пользователем аналого-цифровая схема	100	2	12–14	40	1 мес.	16	0,8	<0,1	Типовые проекты со сжатым временем на разработку
Аналого-цифровые базовые кристаллы	50	20	14–16	60	1 год	32	1	0,2	Схемы с высокой надежностью и характеристиками
Аналоговые системы-на-кристалле	50	50	14–16	100	3 года	64	1	1	Специализированные схемы
Модули на дискретных микросхемах	2500	50	16–18	20	6 мес.	64	0,2	1	Аналоговые узлы с повышенными техническими требованиями

Микросхемы БМК 5400ТР045(А) целесообразно использовать в качестве замены отдельных дискретных компонентов иностранного производства, а также для построения схем средней сложности. Микросхема имеет компактный 28-выводной безвыводной корпус 5123.28-1.01 с размерами 6,5×6,5 мм. Например, на основе БМК 5400ТР045А реализуется два прецизионных операционных усилителя, которые являются функциональным аналогом микросхемы ОРА2277 (Texas Instruments, США). Низкое смещение нуля ОУ обеспечивается его калибровкой в процессе изготовления микросхемы. Также доступна точная настройка с помощью внешнего потенциометра. В случае ухода смещения нуля после воздействия внешних факторов, возможен режим автоматической калибровки смещения нуля при включении питания или подачи специального сигнала начала калибровки.

Другим примером замены компонентов импортного производства является схема 4-канального АЦП последовательного приближения с возможностью выбора диапазона входных напряжений. Микросхема служит функциональным аналогом серии микросхем AD7864 (Analog Devices, США). Каждый канал АЦП имеет собственное УВХ, поэтому выборка по всем каналам происходит одновременно.

Аналого-цифровой БМК 5400ТР055А является высоковольтным аналогом микросхемы 5400ТР045А, что расширяет область применения данной схемы. Например, на основе БМК 5400ТР055А реализуются два маломощных высоковольтных компаратора с внутренним источником опорного напряжения. Данная микросхема представляет собой функциональный аналог МАХ932 (Maxim, США).

АЦ БМК 5400ТР064 предназначен для разработки сложных аналого-цифровых проектов, для реализации которых необходима большая аналоговая и цифровая части. В своем составе микросхема имеет более 300 000 цифровых 4-транзисторных вентилях, блок однократно программируемой памяти, ОУ различных типов, компараторы, драйвер внешнего силового ключа, мультиплексоры, встроенные АЦП и ЦАП различных архитектур. Примером реализуемого проекта является 8-канальный универсальный телеметрический модуль со встроенным АЦП и интерфейсом SpaceWire.

Одно из направлений развития конфигурируемых схем серии 5400 — расширение диапазона входных и выходных напряжений и токов. Разрабатываемая схема 5400ТР085 позволяет реализовать такие схемы, как драйверы силовых ключей, линейные и импульсные регуляторы, схемы управления двигателями и аналогичные. БМК предназначен для систем, функционирующих с напряжениями до 30 В и токами нагрузки до 2 А.

Перспективное направление развития конфигурируемых аналого-цифровых

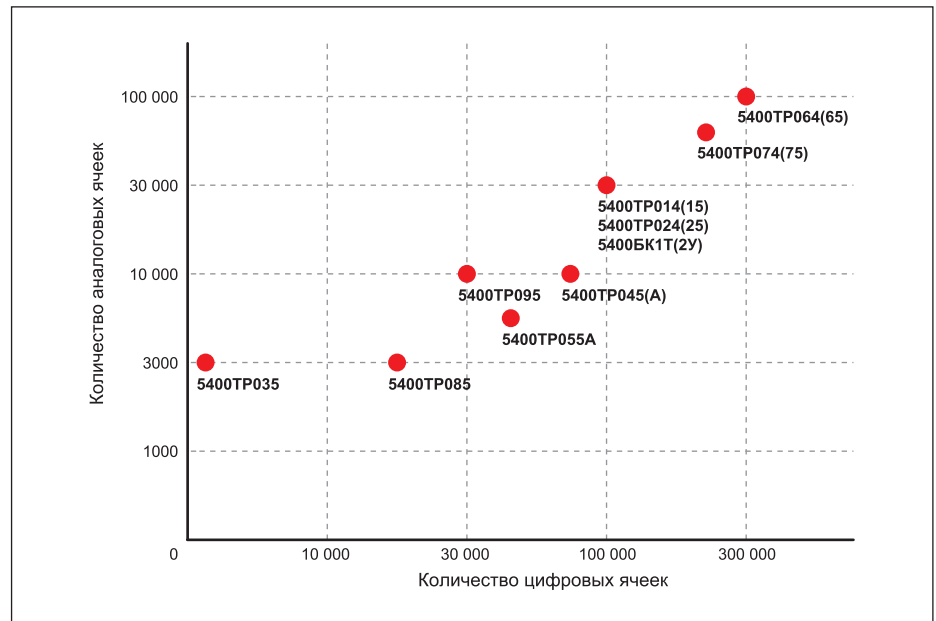


Рис. 1. Номенклатура конфигурируемых аналого-цифровых схем 5400

Таблица 2. Области применения конфигурируемых ИМС серии 5400

Обозначение микросхемы	Тип	Области применения
5400БК1Т(2У) 5400ТР014(15) 5400ТР024(25)	АЦ БМК	Устройства автоматики и аналоговой/аналого-цифровой обработки (разрядность 10–14 бит, частота дискретизации до 5 Мвыб./с)
5400БК1Т(2У) 5400ТР014(15) 5400ТР024(25)	АЦ БМК	Замена ЭКБ импортного производства (ОУ, компараторы, АЦП, ЦАП и другие схемы) с возможностью реализации высоковольтных блоков. Устройства автоматики и аналоговой/аналого-цифровой обработки (10–12 бит, до 1 Мвыб./с)
5400ТР064(65) 5400ТР074(75)	АЦ БМК	Сложные многоканальные аналого-цифровые системы на кристалле с возможностью реализации высоковольтных блоков
5400ТР085	АЦ БМК	Силовые высоковольтные схемы: драйверы силовых ключей, линейные и импульсные регуляторы, схемы управления двигателями и другие
5400ТР035	ПАИС	Программируемые пользователем схемы усиления, нормирования, фильтрации, устройства автоматики
5400ТР095	ПАЦИС	Программируемые пользователем устройства автоматики и аналоговой/аналого-цифровой обработки (10–14 бит, до 2 Мвыб./с)

схем — программируемые пользователем аналого-цифровые схемы 5400ТР035. Конфигурирование выполняется путем программирования электрических связей между встроенными блоками на стороне пользователя [2, 3].

Дальнейшим развитием направления является микросхема 5400ТР095, которая состоит из трех основных частей: программируемая логическая часть, аналого-цифровой интерфейс и программируемая аналоговая часть. Программируемая логическая часть содержит логические элементы и ячейки хранения состояния данных, а также универсальный последовательный интерфейс. Конфигурирование осуществляется на языке Verilog. Программируемая аналоговая часть состоит из программируемых усилительных модулей, схем на переключаемых конденсаторах, блоков пассивных компонентов и модулей свободной конфигурации. Аналого-цифровой интерфейс обеспечивает взаимосвязь аналоговой и цифровой части микросхемы. В своем составе имеет АЦП и ЦАП программируемой разрядности (8, 10, 12 и 14 бит), аналоговые мультиплексор и демultipлексор, а также регистры хранения

данных для последовательного и параллельного вывода.

Микросхема работает как в отладочном режиме (возможность многократного перезаписывания конфигурационной последовательности), так и в основном режиме после записи информации в однократно программируемые ячейки постоянной памяти.

Важное направление развития конфигурируемых схем — автоматизация проектирования. Для получения наилучших результатов в разработку микросхем на основе БМК серии 5400 вовлечены инженеры предприятий — изготовителей аппаратуры, для чего создана инфраструктура проектирования: развитая библиотека элементов, наборы типовых решений, макромодели блоков и т. д.

В целях ускорения процесса моделирования схем на основе БМК используются макромодели блоков, которые с достаточной точностью позволяют описать характеристики компонентов схемы, используя только идеальные элементы: источники напряжения и тока, резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности. Затраты времени на моделирование макромодели значительно меньше, чем оригинального блока.

Для программируемых аналого-цифровых схем также необходимо программное обеспечение для разработки и прошивки схем. Созданное для серии 5400 ПО позволяет проектировать схемы как вручную, составляя трассы путем замыкания ключей, так и с помощью автоматической трассировки.

Алгоритм автоматической трассировки анализирует функциональную электрическую схему, инициализирует параметры конфигурируемых блоков и размещает ее в существующую конфигурацию ПАИС.

Для коммутации между блоками проложены шины программируемой межблочной трассировки. В узлах шин трассировки расположены коммутационные блоки. Автоматическая трассировка решает задачу нахождения кратчайших путей от одной точки схемы до всех остальных. Пример построения оптимального пути (от точки А до точки В) в блоке коммутации представлен на рис. 2.

Процесс размещения функциональной схемы начинается с определения входной точки, которая выбирается автоматически и совпадает с одним из выводов микросхемы. Выбор начальной точки инициирует рекурсивное считывание соседних элементов. На каждом шаге рекурсии один элемент функциональной схемы и все его связи с соседними блоками оптимально размещаются в микросхему с использованием базовых принципов автоматической трассировки.

Для автоматической трассировки разработана библиотека символьных элементов, куда включены источники напряжения, конфигурируемые усилительные блоки, резисторы, конденсаторы, ИОН (рис. 3). Также в библиотеку входит блок свободного проектирования для создания собственных схем из отдельных транзисторов.

С помощью конфигурируемых аналого-цифровых схем можно реализовать значительную часть функций в области аналоговой и аналого-цифровой обработки сигналов. Применение АЦ БМК и ПАЦИС особенно выгодно при малых объемах производства и при изготовлении специализированных узкоцелевых микросхем. Существенную часть номенклатуры импортных микросхем можно заменить конфигу-

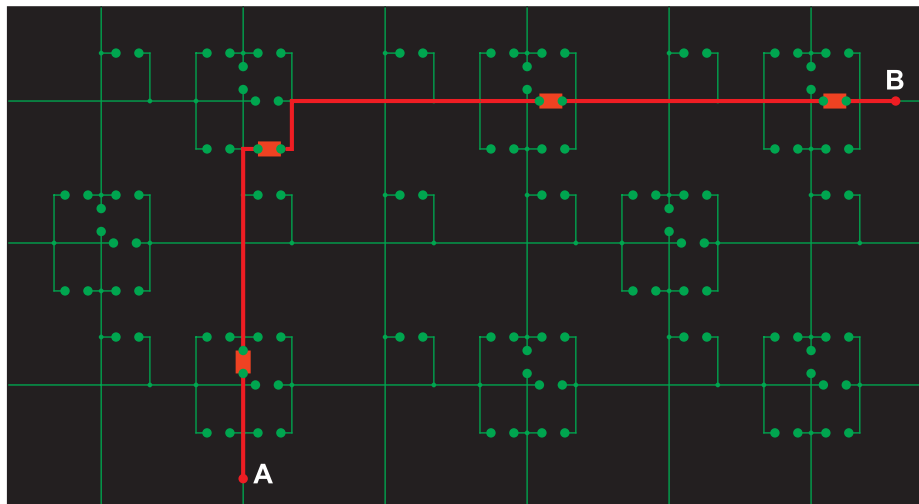


Рис. 2. Пример построения оптимального пути в блоке коммутации

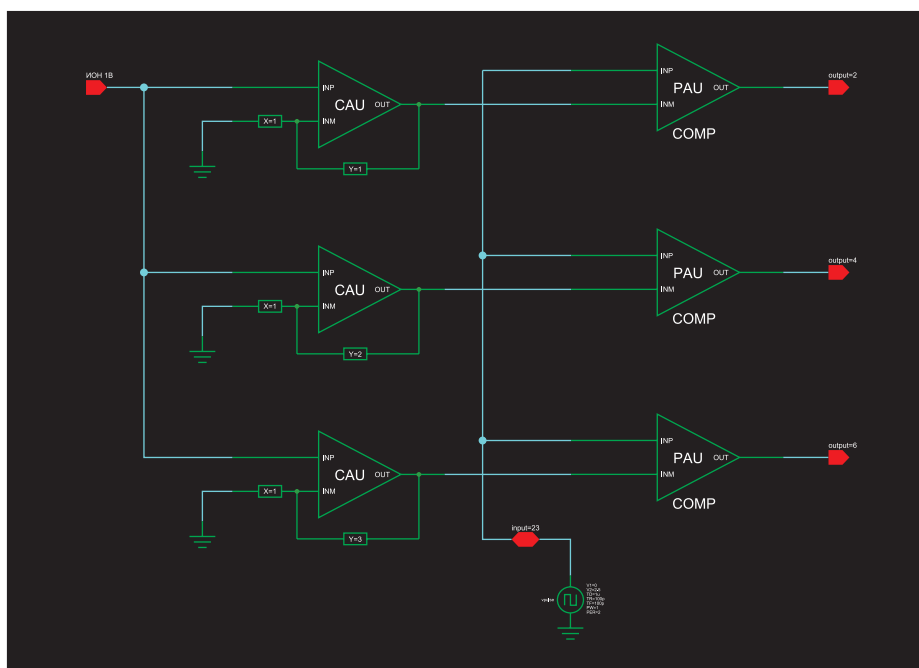


Рис. 3. Пример функциональной электрической схемы в разработанном ПО

рируемыми аналого-цифровыми схемами, позволяющими в короткие сроки и с минимальными затратами формировать необхо-

димую элементную базу. Разработка решений на основе ПАЦИС позволяет специалистам спроектировать и отладить устройства в соответствии с техническими требованиями в кратчайшие сроки.

Литература

1. Алексеев В. В., Телец В. А., Эннс В. И., Эннс В. В. Импортозамещение ЭКБ: базовые матричные кристаллы // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2016. № 2.
2. Эннс В. В., Кобзев Ю. М., Корепанов И. В. Разработка типовых решений аналоговой обработки с помощью программируемой пользователем аналоговой микросхемы КомпАС-1 (5400TP035) // Компоненты и технологии. 2016. № 12.
3. Эннс В. В., Кобзев Ю. М., Корепанов И. В. Конфигурируемые аналого-цифровые ИМС серии 5400 // Компоненты и технологии. 2017. № 5.



СОЮЗ
ДИЗАЙН ЦЕНТР

ГИБКИЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ АППАРАТУРЫ

- Конфигурируемые аналого-цифровые микросхемы серии 5400
- Современные быстродействующие АЦП серии 5112
- Импульсные регуляторы напряжения серии 1393





www.dcsouyz.com
 Телефон: 8 (499) 995-25-18
 Адрес: г. Зеленоград, корпус 100
 e-mail: mail@dcsouyz.com

Реклама