

Таблица 1 – Результаты анализа данных работы программы

Тип орбиты	Количество действующих спутников	Средняя длительность сеанса связи, с	Средние задержки между сеансами, с
ССО	12	310	18699
	15	281	13487
МКС	12	205	30083
	15	183	16559

Разработанное программное обеспечение предназначено для получения информации о предстоящем сеансе связи с НСС «Гонец» для ее последующей передачи на наноспутник, поскольку вычисления на борту наноспутника производить сложно. Возможна настройка по углам возвышения, длительности прогнозирования и минимальной длительности сеанса связи. При прогнозировании на длительный интервал времени (до 5 суток) накапливается погрешность определения минимальной длительности сеанса связи не более 10 секунд.

#### Список использованных источников

1. Khan, K. S. Data Communication With A Nano-satellite Using Satellite Personal Communication Networks (s-pcns) // Electronic Theses and Dissertations – University of Central Florida – Florida, 2008. – 109 с.
2. Ivanov, D. Technological NanoSatellite TNS-0 #2 Connected Via Global Communication System / D. Ivanov [et al.]. // Academy transactions note. – 2020. – С. 1-8.
3. Сводка по работе ЦУП ТНС-0 №2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2018/01/Svodka\\_po\\_rabote\\_CUP\\_TNS\\_20171218.pdf](https://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2018/01/Svodka_po_rabote_CUP_TNS_20171218.pdf) (дата обращения: 05.03.2023).
4. Баканов, Д. В. Применение многофункциональной системы персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М» для обеспечения информационного взаимодействия между удаленными абонентам [Текст] / Д. В. Баканов [и др.] // Техника средств связи. – 2018. – № 2 (142). – 5 с.

Зеленский Владимир Анатольевич, д.т.н., профессор каф. РЭС, zelenskiy.va@ssau.ru  
Скрипко Владислав Игоревич, студент гр. 3132-110401D, vlad.scrip.2001@mail.ru.

УДК 681.31:681.5

## СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ АНАЛОГОВОГО ИНТЕРФЕЙСА

А.Н. Муравьев

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

Основная функция аналогового интерфейса в системах сбора и обработки данных заключается в улучшении качества сигнала с датчика, выраженного отношением сигнал/шум, для дальнейшей оцифровки АЦП. Таким образом, задача построения аналогового интерфейса, как правило,

состоит в выборе последовательно включенных блоков измерительного усилителя, который эффективно подавляет синфазную помеху, предварительного фильтра, который устраняет высокочастотные шумы и масштабирующего усилителя, который согласует сигнал с входными параметрами АЦП. В многоканальной системе следует добавить мультиплексор для переключения источников сигнала ко входу АЦП. В системах сбора данных иногда АЦП используются в каждом канале, а мультиплексируется цифровой код.

Использование различной элементной базы позволяет рассмотреть некоторые способы реализации аналогового интерфейса. Эти способы отличаются разной степенью сложности, стоимости, а также результирующей точностью на выходе и скоростью обработки информации.

Использование прецизионных дискретных элементов, типа ОУ, оправдано в устройствах, не требующих особо высокой точности или в системах сбора, использующих датчики со встроенной системой нормализации сигнала. Для таких случаев более предпочтительно использовать многоканальные АЦП, содержащие блоки программируемого усиления и иногда фильтрации. Современные модели таких АЦП позволяют построить четырех или восьми канальную систему сбора данных с программируемыми функциями. Кроме этого, для построения недорогих измерительных интерфейсов можно использовать микросхемы программируемых инструментальных усилителей (в т.ч. с гальванической развязкой) и программируемых активных фильтров.

Дальнейшее усложнение аналогового интерфейса может быть связано с тенденцией расширения функциональных возможностей по первичной обработке данных, которые логично было бы перенести непосредственно в измерительный интерфейс. Например, такие функции, как осреднение результатов измерений по нескольким точкам, линеаризация нелинейных характеристик датчиков, определение максимальных, минимальных или заданных пороговых значений входных сигналов и др., можно перенести в блок интерфейса.

Такую задачу можно эффективно решить, используя программируемые аналоговые микросхемы (ПАИС), т.к. это позволяет получить дополнительные преимущества в точности, надежности и функциональности устройства.

Реализация на ПАИС возможна в двух вариантах. Существуют динамически перепрограммируемые ПАИС (dpASP) на базе универсального аналогового блока с переключаемыми конденсаторами типа AN221E04 фирмы Analogm. Один корпус примерно эквивалентен схеме на восемь ОУ и позволяет реализовать одно- или четырех канальный аналоговый интерфейс с высокими точностными показателями - низкое напряжение смещения (менее 50 мкВ), отношение сигнал/шум 120 дБ и коэффициент гармоник -100 дБ.

Две и более микросхемы ПАИС позволяют реализовать многоканальный аналоговый интерфейс с функциями первичной обработки данных.

Особенностью микросхем  $\mu$ rASP AN221E04 является возможность изменения внутренних связей а, следовательно, и схемы интерфейса за один такт синхросигнала без внешнего перепрограммирования. В основе перепрограммируемого аналогового интерфейса лежит возможность изменения программным способом параметров основных блоков канала нормализации: частоты среза, порядка и типа фильтра, коэффициентов передачи усилителей, управление УВХ и т.д. Управление конфигурацией аналогового интерфейса производит вспомогательный микроконтроллер через стандартный SPI интерфейс. Это позволяет быстро адаптироваться, например, для повышения точности преобразования сигналов в реальном масштабе времени.

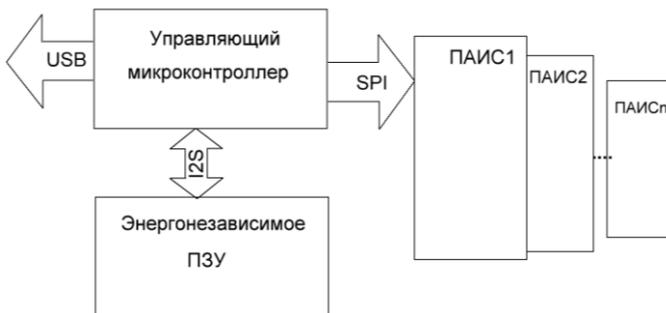


Рисунок 1- Структура аналогового интерфейса на базе ПАИС

Другой вариант реализации программируемых пользователем функций состоит в использовании большого набора элементарных аналоговых компонентов на одном кристалле, которые соединяются в требуемую схему при помощи электронных ключей внутри кристалла.

Эта идея характерна для ПАИС 5400TP035 фирмы "Дизайн Центр "Союз". Программируемое ядро микросхемы 5400TP035 содержит 22 усилительных блока, столько же прецизионных усилительных блоков, 44 блока пассивных компонентов и 9 блоков свободной конфигурации. Основные блоки классической многоканальной схемы нормализации хорошо согласуются с возможностью микросхемы 5400TP035. Режим динамического перепрограммирования не предусмотрен, но микросхему можно многократно перепрограммировать в режиме отладки. Данная микросхема позволяет построить многоканальную высокоточную систему сбора данных.

Рассмотренные выше способы требуют, как правило, подключения АЦП и организации интерфейса с ПК. Как вариант в таких системах можно использовать АЦП, встроенный в управляющий микроконтроллер.

Прогресс в области интегральных технологий позволяет создавать ещё более сложные интерфейсы аналогового ввода-вывода за счет объединения в одном кристалле блоков ПЛИС, ПАИС, АЦП и ЦАП. Данный подход реализован в микросхеме 5400ТР094 фирмы "Дизайн Центр "Союз", являющейся программируемой аналого-цифровой микросхемой (ПАЦИС). ПАЦИС предназначена для реализации аналоговых и аналого-цифровых схем путем электрического программирования пользователем элементов коммутации между типовыми встроенными блоками.

Микросхема 5400ТР094 состоит из 3 основных частей:

- программируемая цифровая часть, содержащая ПЛИС стандартной конфигурации общей емкостью 1800 логических элементов и универсальный SPI-интерфейс;
- аналого-цифровой интерфейс, содержащий два 14 битных АЦП, два 14 битных ЦАП и 4 аналоговых мультиплексора;
- программируемая аналоговая часть, содержащая 14 программируемых усилительных блоков, 4 схемы на переключаемых конденсаторах и большое число отдельных компонентов.

Блок ПЛИС микросхемы 5400ТР094 позволяет выполнить первичную обработку сигнала в цифровой форме. Например, операция осреднения будет выполняться аппаратно, т.е. с максимальным быстродействием.

Предлагаемые разработчику блоки ПАЦИС 5400ТР094: мультиплексор, УВХ, программируемый дифференциальный усилитель, масштабирующий усилитель, АЦП, ЦАП, цифровой модуль - позволяют создать функционально законченный блок ввода, обработки и вывода аналоговой информации.

Рассмотренные способы реализации аналогового интерфейса позволяют разработчику выбрать наиболее эффективный вариант схемной реализации с учетом точности, быстродействия и времени разработки.

#### Список использованных источников

- 1.Щерба А. Программируемые аналоговые схемы Anadigm. Использование виртуальных генераторов сигналов в САПР AnadigmDesigner2
- 2.[Текст]/А. Щерба//Компоненты и технологии. -2015 -№ 12. С.12-18.
- 3.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.Корепа-нов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. -2019 -№ 7. С.135-139.
- 4.Эннс В.В., Кобзев Ю.М., Корепанов И.В., Нуруллин Р., Иванов Д. Программируемая пользователем аналого-цифровая микросхема 5400ТР094: основные характеристики и особенности применения
- 5.[Текст]/В.В.Эннс, Ю.М.Кобзев, И.В.Корепанов, Р.Нуруллин, Д.Ива-нов // Компоненты и технологии. -2019 -№ 12. С.18-21.