

# РЕАЛИЗАЦИЯ КОММУТАТОРОВ ЦИФРОВЫХ И АНАЛОГОВЫХ ДАТЧИКОВ С ПОМОЩЬЮ ИС КОНТРОЛЛЕРА ТЕЛЕМЕТРИИ LX7730 ОТ КОМПАНИИ MICROSEMI



В статье рассмотрен классический принцип построения телеметрических систем и предложен новый подход к реализации с помощью ИС LX7730. Приведены основные технические характеристики и особенности контроллера телеметрии компании Microsemi.

Развитие мировой электроники в конце прошлого века привело к возможности и необходимости появления отдельной ее отрасли — телеметрии. Она возникла на стыке с такими областями деятельности человека, как военная промышленность, медицина, транспорт, добывающая промышленность, энергетика, ракетно-космическое приборостроение, и другими.

Телеметрию можно рассматривать как область электроники, охватывающую системы измерения каких-либо параметров объектов без непосредственного участия человека.

В настоящее время системы измерения прочно вошли в нашу жизнь. Но особенное значение имеют такие системы в условиях, при которых участие человека затруднено либо вообще исключено, а процесс принятия решений по измеренным параметрам должен производиться в кратчайшие сроки, например в ядерных реакторах АЭС, при бурении нефтяных скважин, в беспилотных космических аппаратах.

Один из возможных примеров построения телеметрической системы представлен на структурной схеме, приведенной на рис. 1.

Представленная система опрашивает датчики различного типа, которые подключаются к узлам приема информации — коммутаторам, передающим информацию по соответствующему интерфейсу связи в узел опроса, управления



Рис. 1. Пример построения телеметрической системы

и выдачи информации. Принципы функционирования узла опроса, управления и выдачи информации могут быть различными, однако неизменной остается функция выдачи телеметрической информации на другие системы, например на радиокомплексы, системы мониторинга, контроля и управления и т.п. Создание узлов, приведенных на данной схеме, входит в задачу разработчика телеметрических систем.

Основным узлом, связывающим датчики с каналом передачи информации, служит коммутатор. В случае с недискретными датчиками, в качестве которых могут выступать как различные интегральные схемы (в частности, интегральные температурные датчики, датчики давления, влажности, расходомеры), так и целые подсистемы (системы измерения температур, системы телеметрирования отдельных объектов). Такие датчики обычно позволяют производить обмен данными с коммутаторами посредством стандартизованных интерфейсов. Основой коммутаторов этих датчиков часто служат микроконтроллер либо ПЛИС с поддержкой соответствующих интерфейсов обмена.

При создании коммутаторов дискретных датчиков инженер-схемотехник также вынужден решать целый ряд задач. Дело в том, что, как правило, разработчики различных приборов смежных с телеметрией систем применяют в своей аппаратуре датчики, сильно отличающиеся по параметрам. Например, в качестве цифровых датчиков могут использоваться выходы ИС, изготовленных по различным технологиям (TTL, LVTTTL, LVCMOS, CMOS9V вплоть до приборов с нестандартными логическими уровнями) и имеющих свои особенности схемотехнических решений (полумостовые каскады, каскады с открытым коллектором/стоком, каскады с тремя состояниями). Кроме того, могут найти применение выходы оптопар, твердотельных и электромеханических реле, в том числе «сухие контакты». В качестве аналоговых датчиков выступают генераторные

датчики — выходы аналоговых ИС (в частности, операционных усилителей, ЦАП как с выходом по напряжению, так и с токовыми выходами), которые в свою очередь различаются по типу выхода (несимметричный либо дифференциальный), и термопары, а также дискретные резисторы (например, терморезисторы, тензометрические резисторы), потенциометры (датчики положения регулируемого вывода) и пр. Во многих случаях разработчику коммутатора приходится искать компромиссный вариант схемного решения, позволяющий подключать датчики с различными параметрами к универсальному входу прибора. Особенно важен поиск такого решения при проектировании приборов для космических аппаратов, где, как известно, массогабаритные параметры модулей являются критическими, а надежность функционирования должна быть чрезвычайно высокой.

Решить задачу разработки коммутаторов цифровых и аналоговых датчиков поможет новая ИС LX7730 компании MICROSEMI.

Данная ИС представляет собой периферийный контроллер аналого-цифрового типа, предназначенный для построения первичных коммутаторов сигналов главным образом для космической аппаратуры с уровнем стойкости к ионизирующему излучению до 100 крад.

Функциональная схема ИС представлена на рис. 2.

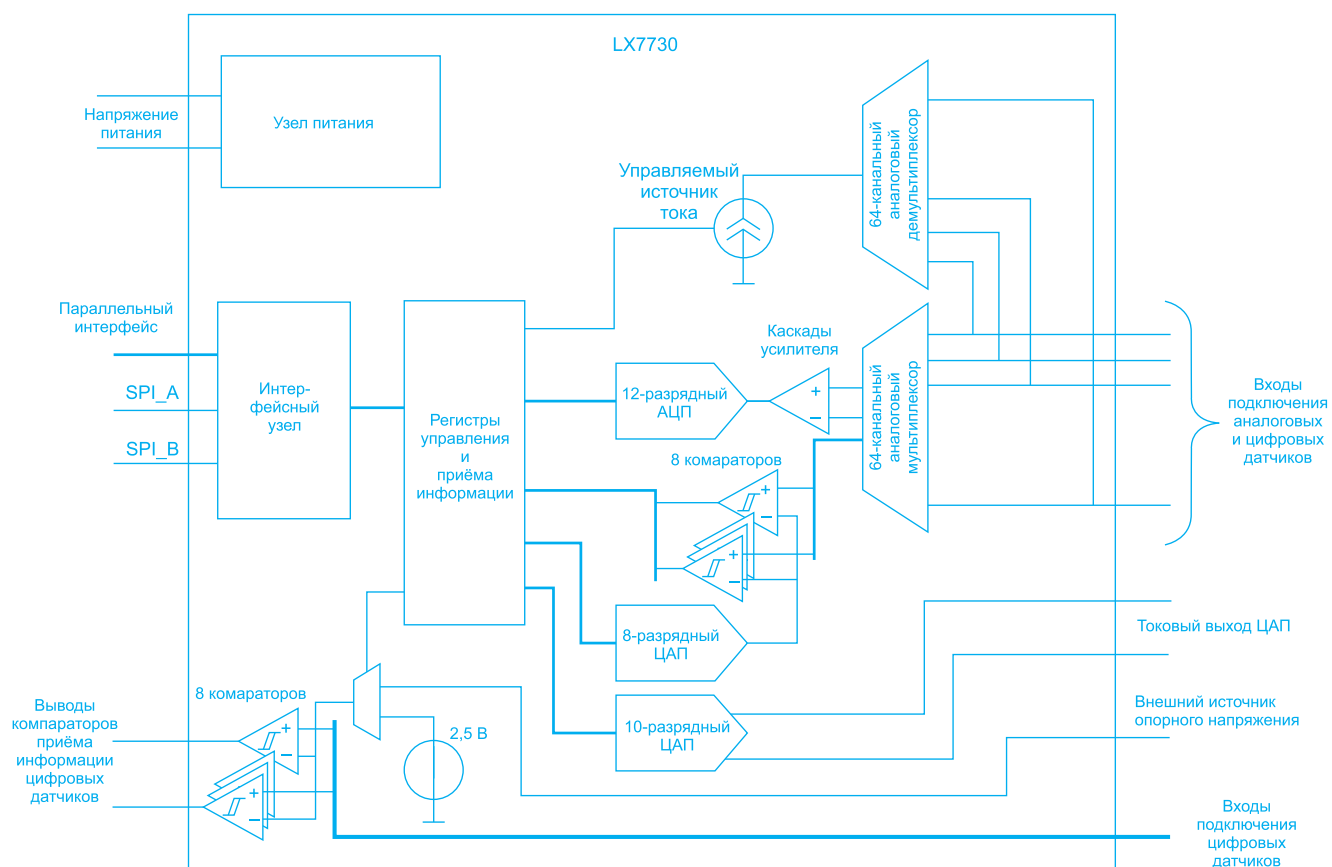


Рис. 2. Функциональная схема ИС

## Прием информации аналоговых датчиков

Для приема информации аналоговых датчиков прибор снабжен аналоговым мультиплексором, конфигурацию которого можно менять в зависимости от схемы подсоединения датчиков. Канал измерения включает дифференциальный инструментальный усилитель с конфигурируемым коэффициентом усиления, сглаживающий фильтр с конфигурируемой полосой пропускания АЧХ, а также 12-разрядным АЦП последовательного приближения, работающим на скорости до 25 000 выб/с, который можно использовать и автономно, подключая измеряемое напряжение непосредственно к его входу (при этом сглаживающий фильтр должен быть отключен).

При подсоединении датчика по несимметричной схеме включения мультиплексор для данного канала должен быть сконфигурирован по схеме «1 из 64», причем на инвертирующий вход инструментального усилителя канала измерения подается напряжение сигнала аналогового нуля датчика. Схема подключения датчика для данного случая приведена на рис. 3. Таким образом, ИС LX7730 позволяет подсоединить до 64 датчиков по несимметричной схеме включения. Напряжение датчиков относительно аналогового нуля должно быть в пределах 5 В.

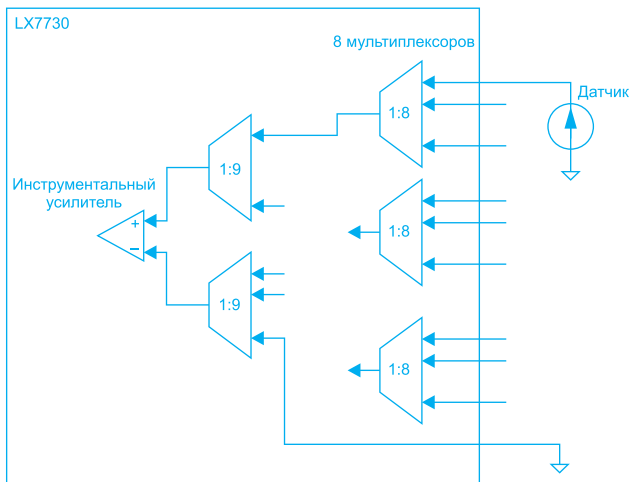


Рис. 3. Подключение датчика по несимметричной схеме включения

Аналогичным образом по несимметричной схеме включения к LX7730 можно подключать потенциометрические датчики, запитанные как от собственного, так и от внешнего электрически связанного источника питания.

В случае подключения датчика по дифференциальной схеме используется два входа мультиплексора. При этом схема подсоединения датчика должна соответствовать приведенной на рис. 4.

Следует учитывать, что входные мультиплексоры функционируют по схеме «1 из 8», следовательно, подключать дифференциальные датчики надо к разным входным мульт-

типлексорам. Таким образом, по дифференциальной схеме LX7730 позволяет подключить до 32 датчиков. Необходимо обратить внимание и на то, что АЦП измерительного тракта ИС способен работать только с напряжением положительной полярности, поэтому выходные мультиплексоры «1 из 9» нужно конфигурировать так, чтобы потенциал, поданный на неинвертирующий вход инструментального усилителя, был выше потенциала, поданного на его инвертирующий вход.

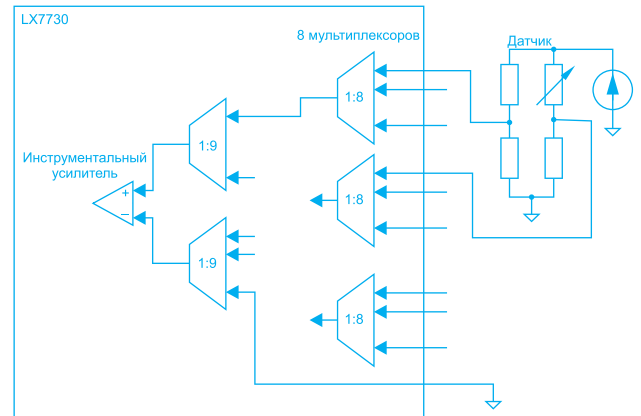


Рис. 4. Подключение датчика по дифференциальной схеме включения

Кроме того, при использовании LX7730 существует возможность подключения параметрических датчиков, например терморезисторов, по 3-проводной схеме. Данная схема является частным случаем 4-проводной схемы, приведенной на рис. 5. Схема использует источник тока для определения сопротивления параметрического резистора путем измерения падения напряжения на датчике, исключая при этом ошибку, связанную с падением напряжения на ненулевом сопротивлении проводников, выводов элементов.

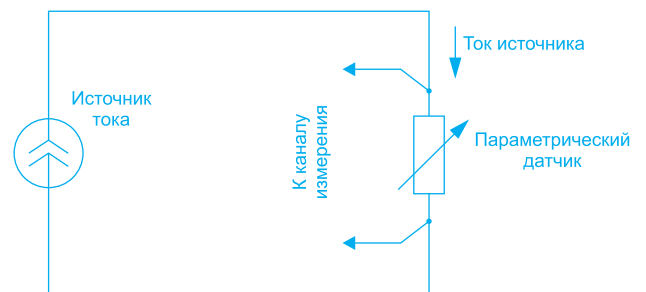


Рис. 5. 4-проводная схема подключения датчика

При подключении параметрического датчика к входу ИС LX7730 должна использоваться схема, приведенная на рис. 6. При этом используется либо специализированная схема управляемого источника тока, позволяющая получить до 16 требуемых уровней тока от 250 мкА до 4 мА, либо встроенный ЦАП с токовым выходом. При его применении

максимальное значение тока достигается при коде 31 и составляет 300 мкА. С помощью токового демультиплексора источник тока может быть подключен к любому каналу аналогового мультиплексора. Также для увеличения точности измерения величины сопротивления параметрических датчиков в LX7730 предусмотрен режим контроля тока встроенного источника.

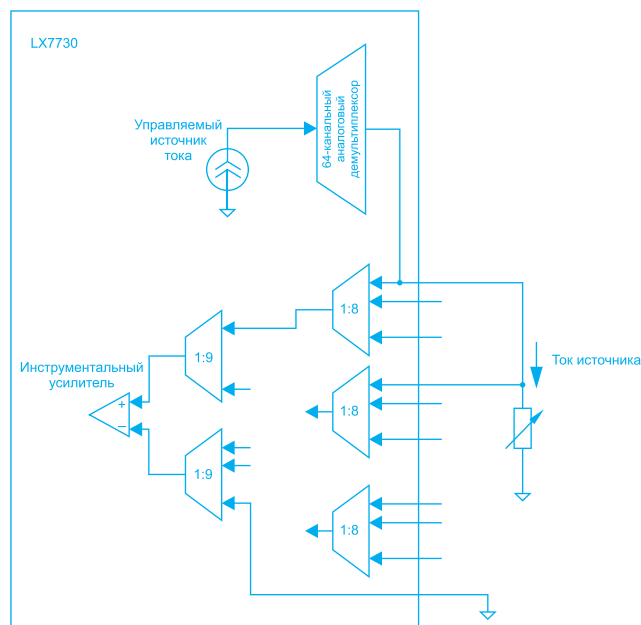


Рис. 6. Схема подключения параметрического датчика к входу ИС LX7730

## Прием информации цифровых датчиков

Использование ИС LX7730 предоставляет два способа получения информации цифровых датчиков.

В первом случае выходы цифровых датчиков могут быть подключены на входы 64-канального аналогового мультиплексора. При этом информация с выхода каждого из 8-канальных входных мультиплексоров поступает на прямые входы аналоговых компараторов. Уровни напряжения сравниваются с напряжением встроенного 8-разрядного ЦАП, поступающим на инверсные входы компараторов. Информация с выходов восьми компараторов поступает в соответствующий регистр LX7730. Таким образом, прибор позволяет подключить до 64 цифровых генераторных датчиков, либо запитанных сторонними источниками каскадов датчиков типа открытый коллектор, либо оптопар, твердотельных реле и т. д. Следуя описанному принципу, разработчик должен сгруппировать используемые датчики по уровню порога срабатывания, организовав, соответственно, до восьми групп.

Во втором случае ИС LX7730 позволяет подключить дополнительно до восьми цифровых датчиков. Информация от данных датчиков поступает на отдельные, специально выделенные для этих целей входы. Уровни напряжений датчиков сравниваются на компараторах с фиксированным уровнем напряжения 2,5 В либо с уровнем напряжения, подключенным разработчиком на соответствующий вход ИС. Логические сигналы с выходов компараторов могут быть поданы непосредственно на ПЛИС или шину MCU.

## Интерфейсы и управление LX7730

Для подключения основной ПЛИС либо контроллера верхнего уровня в LX7730 предусмотрен параллельный микропроцессорный интерфейс. Другим вариантом доступа к регистрам управления и измерения ИС служат два последовательных интерфейса SPI\_A, SPI\_B, позволяющие выполнять транзакции только в альтернативном друг относительно друга режиме. Следует отметить, что интерфейсы снабжены простейшей системой контроля достоверности состояния шин.

Для управления всеми возможными режимами работы, вариантами подключения и конфигурирования схем, а также для доступа к результатам измерений АЦП и компараторов в приборе предусмотрено 17 8-разрядных регистров.

Посредством конфигурирования внутренних схем прибора возможно реализовать проверку целостности цепей подключения датчиков, а также определить полярность сигналов датчиков.

Кроме того, ИС LX7730 позволяет выполнять процедуры собственного тестирования, включая калибровку напряжения смещения нуля инструментального усилителя, измерение значения встроенного управляемого источника тока, измерение значений встроенных источников напряжения и подстройку напряжения опорного источника. Для более точной подстройки параметров внутренних схем в структуре прибора дополнительно предусмотрено шесть 8-разрядных регистров.

## Схема питания

Для функционирования прибору требуется три напряжения питания, в том числе напряжение питания цифровых узлов в диапазоне от 2,5 до 5,5 В, напряжение питания аналоговых узлов положительной полярности в диапазоне от 12 до 16 В, а также напряжение питания отрицательной полярности в диапазоне от -10 до -16 В. Существует возможность использования встроенного импульсного преобразователя напряжения на переключаемом внешнем конденсаторе, позволяющего формировать отрицательное напряжение вместо внешнего источника.

Подводя итог, можно утверждать, что ИС LX7730 является достаточно универсальным прибором, который открывает широкие возможности для разработки современных средств телеметрии. Несмотря на то, что с учетом требований, предъявляемых к аппаратуре отечественного космического приборостроения, идеальным во всех отношениях этот прибор не назовешь, тем не менее его использование позволит заменить целый ряд схемотехнических решений коммутаторов датчиков, снизить массо-габаритные параметры аппаратуры и повысить надежность ее функционирования.



## Литература

1. <http://www.microsemi.com/product-directory/space-system-managers/3575-telemetry-controller-ic>
2. LX7730 Application Note: Eval Board User Guide. Technical Datasheets.