

Микросхема изолированного дельта-сигма модулятора АЦП MDR5103FI



ГГ – год выпуска

НН – неделя выпуска

Основные характеристики микросхемы:

- Напряжение питания от 3,0 до 3,6 В;
- Напряжение на входах каналов IN, nIN от минус – 0,05 до плюс 0,05 В;
- Отношение сигнал/шум SNR 80 дБпш (частота выдачи данных 4 кГц, каналы IN, nIN);
- Типовой ток потребления 14 мА;
- Пиковое напряжение изоляции $2000 \div 6000^*$ В (при воздействии в течение 1 минуты);
- Максимальное рабочее напряжение изоляции $690 \div 1250^*$ В (при длительном воздействии);
- Температурный диапазон от минус 40 °С до плюс 85 °С.

Тип корпуса:

- 18-выводной пластмассовый корпус DFN18 10×13×2,0(1,27).

Общее описание и область применения микросхемы

Микросхемы интегральные MDR5103FI (далее – микросхемы) содержат дельта-сигма модулятор с встроенной гальванической развязкой по питанию и каналам передачи данных.

Микросхемы обеспечивают преобразование падения напряжения на датчиках тока типа «шунт» в цифровые данные и передачу цифровых данных на контроллер.

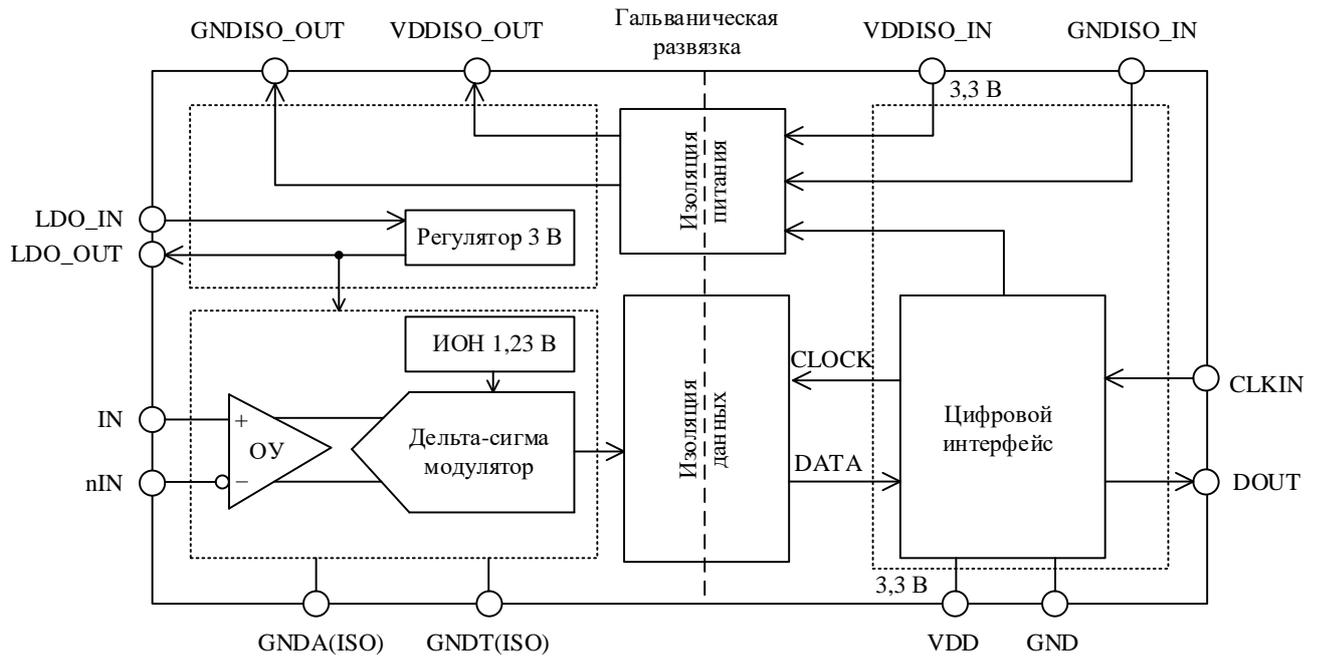
Микросхемы предназначены, в первую очередь, для измерений значений напряжения и тока на датчиках тока типа «шунт» в приборах учета электрической энергии совместно с микроконтроллерами общего назначения.

* Уточняется в ходе проведения ОКР.

Содержание

1	Структурная блок-схема.....	3
2	Условное графическое обозначение	4
3	Описание выводов.....	5
4	Описание функционирования	6
4.1	Архитектура микросхемы.....	7
4.2	Входной аналоговый сигнал	7
4.3	Модулятор.....	8
4.4	Источник опорного напряжения.....	8
4.5	Цифровой выход.....	9
4.6	Организация питания	10
5	Типовая схема включения.....	11
6	Электрические параметры.....	12
7	Предельно-допустимые и предельные параметры	13
8	Справочные параметры	14
9	Габаритный чертеж микросхемы	15
10	Информация для заказа	16

1 Структурная блок-схема



ОУ – операционный усилитель;
 ИОН – источник опорного напряжения

Рисунок 1 – Структурная блок-схема микросхемы

2 Условное графическое обозначение

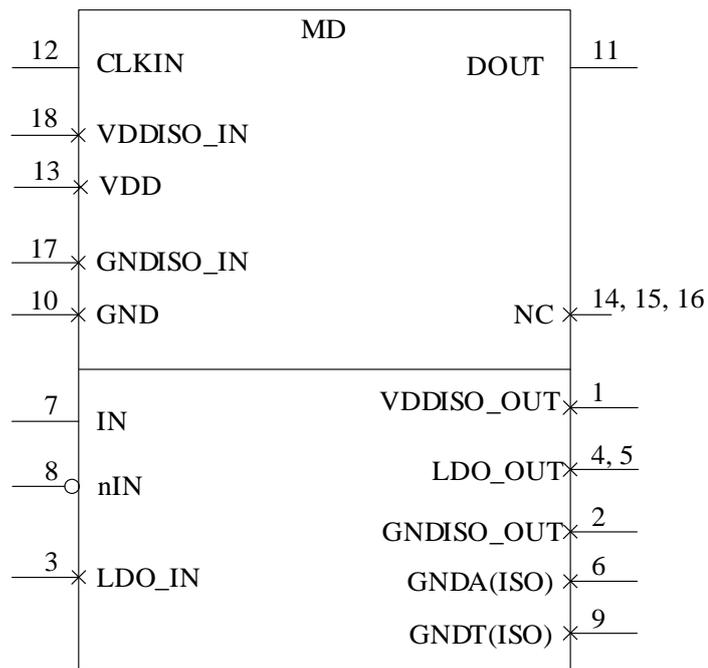


Рисунок 2 – Условное графическое изображение микросхемы

3 Описание выводов

Таблица 1 – Описание выводов

Номер вывода	Обозначение вывода	Тип вывода	Назначение и функции вывода
1	VDDISO_OUT	PWR	Выход трансформатора
2	GNDISO_OUT	PWR	Выход трансформатора
3	LDO_IN	PWR	Питание LDO
4	LDO_OUT	PWR	Выход LDO 3,1 В
5	LDO_OUT	PWR	Выход LDO 3,1 В
6	GNDA(ISO)	PWR	Общий аналоговый АЦП (изолированный)
7	IN	AI	Вход АЦП +
8	nIN	AI	Вход АЦП -
9	GNDT(ISO)	PWR	Общий аналоговый передатчика (изолированный)
10	GND	PWR	Общий цифровой
11	DOUT	O	Цифровой выход данных
12	CLKIN	I	Вход тактового сигнала
13	VDD	PWR	Цифровое питание 3,0 – 3,6 В
14	NC	–	Не подключать
15	NC	–	Не подключать
16	NC	–	Не подключать
17	GNDISO_IN	PWR	Общий трансформатора
18	VDDISO_IN	PWR	Питание трансформатора
<p>Примечание – Обозначение типов выводов:</p> <p>AI – аналоговый вход;</p> <p>I – цифровой вход;</p> <p>O – цифровой выход;</p> <p>PWR – выводы питания и общий</p>			

4 Указания по применению и эксплуатации

Микросхемы пригодны для монтажа в аппаратуре методом групповой пайки при условии соблюдения требуемого температурного профиля паяльной пасты и равномерном прогреве места монтажа микросхемы по всей его площади. При этом пиковая температура корпуса микросхемы не должна превышать 250 °С в течение 10 с.

При монтаже микросхем рекомендуется применять свинцово-содержащую паяльную пасту, например, на основе припоя Sn63Pb37, или бессвинцовую пасту, например, на основе припоя Sn96.5Ag3.0Cu0.5 (SAC305), или аналогичные. Пример параметров профиля пайки микросхем с использованием свинцово-содержащей паяльной пасты приведен в таблице 11.

Таблица 2 – Параметры профиля пайки микросхем свинцово-содержащей паяльной пастой

Параметр	Значение параметра
Максимальная температура (пиковая) на корпусе микросхемы, °С,	220
Скорость нагрева компонента, °С/с	от 1,0 до 4,0
Скорость охлаждения компонента, °С/с	от 2,0 до 4,0
Температура предварительного нагрева, °С	150 ± 10
Длительность предварительного нагрева, с	от 60 до 120
Общее время нахождения микросхем при температуре свыше 183 °С, с	от 60 до 90
Максимальная выдержка при пиковой температуре, с	10 ± 1

При ремонте аппаратуры и измерении параметров микросхем замену микросхем необходимо проводить только при отключенных источниках питания. Температура корпуса при демонтаже микросхемы не должна превышать 200 °С.

Запрещается подведение каких-либо электрических сигналов (в том числе шин питания, общий) к выводам микросхем, неиспользуемым согласно таблице 1.

Неиспользуемые входы микросхемы должны быть подключены к шине питания или общий.

Типовая схема включения микросхем приведена на рисунке 5.

Порядок подачи и снятия напряжения питания и входных сигналов на микросхему:

- подача (включение микросхемы) – общий, питание, входные сигналы или одновременно;
- снятие (выключение микросхемы) – одновременно или в обратном порядке.

5 Описание функционирования

5.1 Архитектура микросхемы

Микросхема представляет собой полностью дифференциальный, изолированный дельта-сигма модулятор АЦП, который преобразует аналоговый сигнал в однобитный цифровой поток со скоростью обновления 1 МГц. Среднее значение этого разворачивающегося во времени цифрового потока прямо пропорционально напряжению входного сигнала.

Поток цифровых нулей и единиц на выходе модулятора передаётся в другую часть микросхемы, гальванически развязанную ёмкостным барьером. Это позволяет принимать выходные данные микросхемы непосредственно низковольтным микроконтроллером и избежать дополнительных сложностей с преобразованием уровней. Использование внешнего микроконтроллера или ПЛИС необходимо для осуществления цифровой фильтрации и децимации выходного потока дельта-сигма модулятора.

Ещё одним преимуществом данной микросхемы является то, что для питания её высоковольтной части не требуется отдельный источник питания. Полностью интегрированный изолированный преобразователь самостоятельно формирует питание для модулятора из питания низковольтной части микросхемы. При передаче питания используется трансформатор с тонкоплёночным полимером в виде изолятора.

В результате микросхема представляет собой полностью изолированное решение, позволяющее снизить габаритные размеры и стоимость конечного изделия.

На рисунке 5 приведена типовая схема включения микросхемы, используемой для измерения напряжения на шунтирующем резисторе с амплитудой ± 50 мВ.

5.2 Входной аналоговый сигнал

Непосредственно на выводах микросхемы IN/nIN установлен полностью дифференциальный операционный усилитель (ОУ), предназначенный для буферизации входного каскада модулятора, выполненного на переключаемых конденсаторах. Необходимый коэффициент усиления этого буфера рассчитан исходя из общих требований к тракту и задаётся внутренними резисторами обратной связи.

Низкий уровень смещения нуля модулятора, а также дрейфа смещения нуля, обеспечивается с помощью внутренней петли чоппер-стабилизации, охватывающей ОУ. Данная петля работает на 1/16 частоты семплирования модулятора. В связи с этим выходной спектр может содержать спуры на этой частоте и её нечетных гармониках.

Входные напряжения и токи по выводам IN/nIN не должны превышать предельно-допустимые нормы. Параметры микросхемы гарантируются только, если аналоговый входной сигнал остаётся в обозначенных пределах.

В типовом применении микросхемы – непосредственное измерение падения напряжения на шунтирующем резисторе, подключение может осуществляться через дополнительный anti-aliasing RC-фильтр нижних частот, установленный по каждому из выводов IN/nIN.

5.3 Модулятор

В микросхеме реализован дельта-сигма модулятор второго порядка с однобитным квантователем. Внешний сигнал тактирования, поступающий на вывод CLKIN, обеспечивает все внутренние тактовые сигналы, необходимые для процесса дискретизации, аналого-цифрового преобразования и выходного интерфейса микросхемы.

Входной аналоговый сигнал постоянно сэмплируется и сравнивается со внутренним опорным напряжением. Цифровой поток, точно представляющий исходный аналоговый сигнал во времени, поступает на выход преобразователя.

Петля дельта-сигма модуляции сдвигает шум квантования в область высоких частот. В связи с этим, чтобы улучшить общие характеристики изделия, необходим внешний цифровой фильтр нижних частот. Этот фильтр также должен преобразовывать однобитный выходной поток, следующий на высокой скорости, в многобитный поток с меньшей частотой обновления (децимация).

Специализированные микроконтроллеры для приборов-счётчиков электроэнергии типа MDR1206FI, MDR1206AFI имеют в своем составе подобные фильтры, оптимизированные для совместного использования с настоящей микросхемой. В качестве альтернативы можно применять микроконтроллеры сторонних производителей, если они содержат гибко настраиваемые цифровые фильтры. Для реализации фильтров можно также задействовать ПЛИС.

5.4 Источник опорного напряжения

Микросхема имеет в своём составе внутренний источник опорного напряжения (ИОН), который используется в модуляторе в качестве шкалы компарирования. Номинальное значение опорного напряжения – 1,22 В. Значение опорного напряжения плавно отклоняется от своего номинального значения при изменении температуры окружающей среды как показано на рисунке 3.

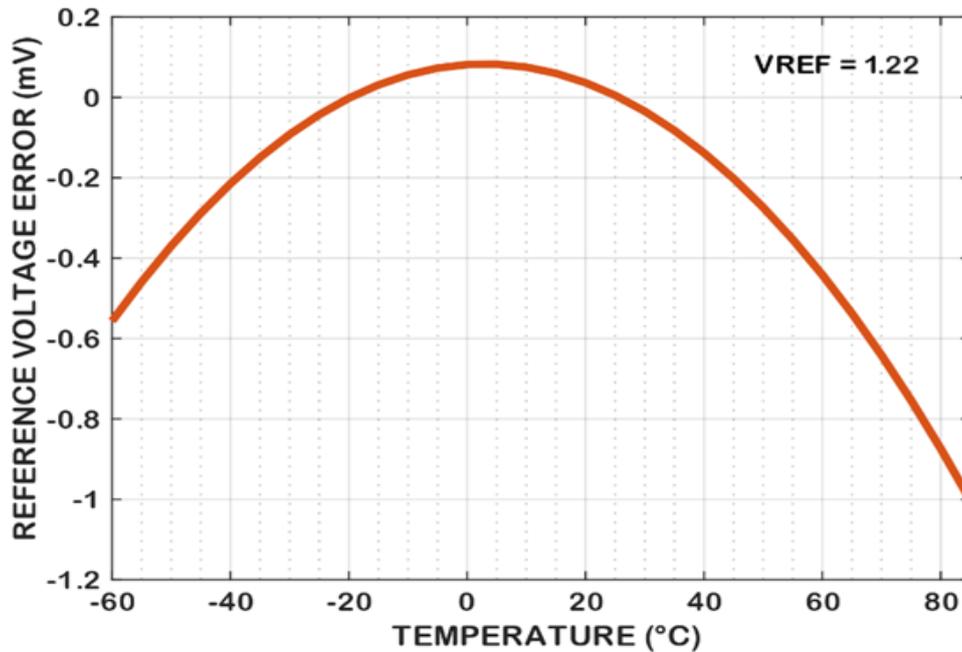


Рисунок 3 – Отклонение опорного напряжения от номинального значения в зависимости от температуры окружающей среды

Опорное напряжение модулятора не может быть задано внешним источником.

5.5 Цифровой выход

Дифференциальный входной сигнал амплитудой 0 В в идеальном случае порождает на выводе DOUT микросхемы последовательность из равного количества нулей и единиц. Дифференциальный входной сигнал амплитудой 50 мВ генерирует цифровой поток, состоящий на ~89 % из единиц. Дифференциальный входной сигнал амплитудой минус 50 мВ генерирует цифровой поток, состоящий на ~11 % из единиц.

Эти значения входного сигнала являются границами линейного диапазона работы микросхемы. В случае выхода напряжения на выводах IN/nIN за обозначенные границы, на выходе модулятора может увеличиться нелинейность и возрасти шумы.

Сплошной поток единиц возникнет на выходе модулятора, если напряжение на его входе превысит ~55 мВ, и, наоборот, цифровой поток нулей, если оно опустится ниже ~ минус 55 мВ.

Временная диаграмма работы микросхемы представлена на рисунке 4. Выходные данные доступны на выводе DOUT через t_{PD} секунд после переднего фронта тактирующего сигнала CLKIN.

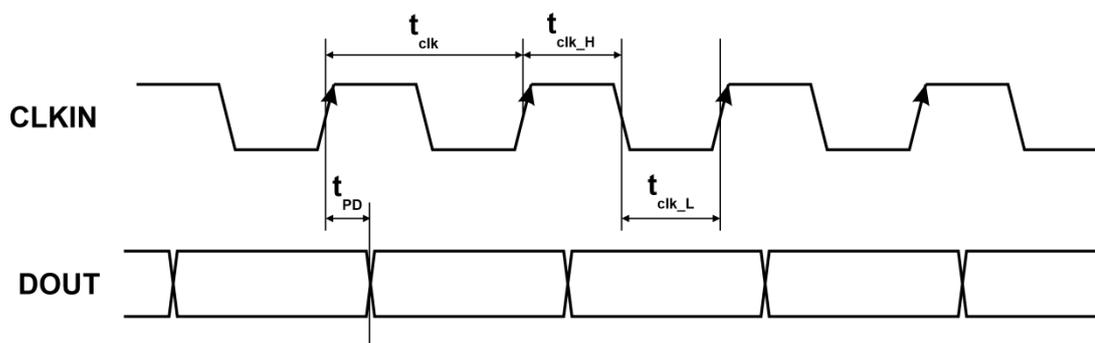


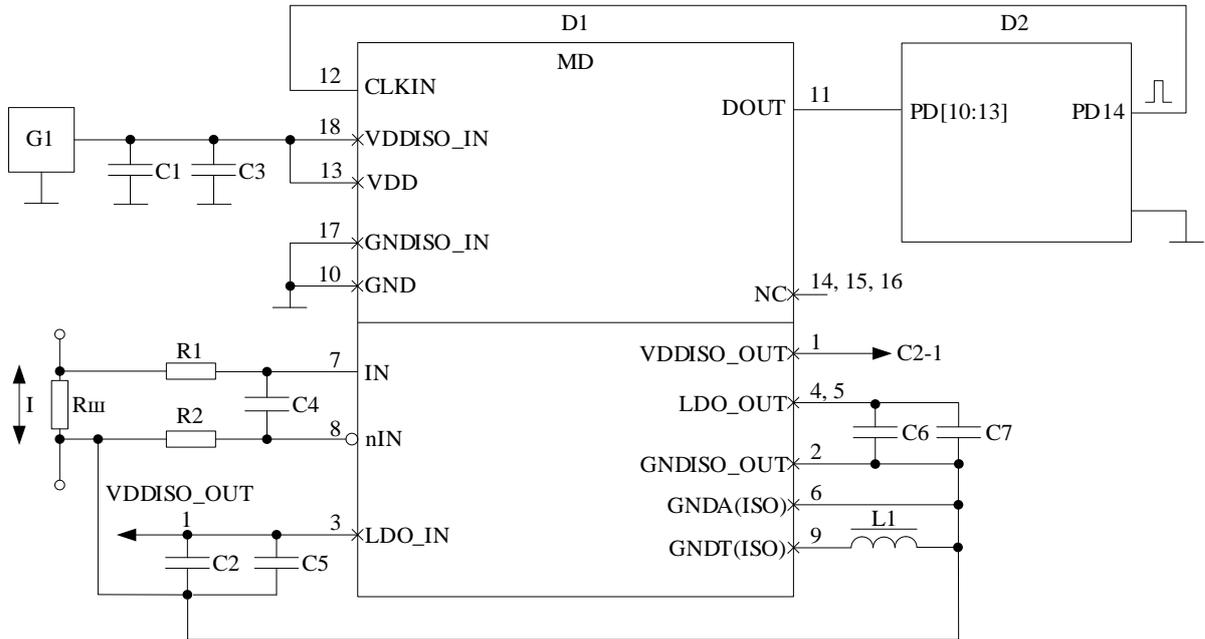
Рисунок 4 – Временная диаграмма работы микросхемы

5.6 Организация питания

Для работы с микросхемой требуется только один источник питания 3,3 В, подключаемый с низковольтной стороны. На эту часть микросхемы питание поступает непосредственно с вывода VDD.

Питание для высоковольтной части микросхемы генерируется внутри с помощью встроенного преобразователя питания. С вывода VDDISO_IN питание поступает на генератор переменного тока, который подаётся в первичную обмотку миниатюрного трансформатора с воздушно-барьерной изоляцией. Мощность, снимаемая с его вторичной обмотки, выпрямляется до постоянного напряжения $4 \div 6$ В и подаётся на вывод VDDISO_OUT. Это напряжение фильтруется внешним конденсатором и подаётся на вывод LDO_IN. Здесь выпрямленное напряжение окончательно стабилизируется внутренним регулятором и поступает на вывод VDDISO – изолированное питание высоковольтной стороны. Это питание используется для достижения наилучших характеристик при аналого-цифровом преобразовании, поэтому не может быть использовано для питания внешних схем.

6 Типовая схема включения



- C1, C4, C5, C7 – конденсаторы емкостью 100 нФ ± 10 %;
- C2, C6 – конденсаторы емкостью 1 мкФ ± 10 %;
- C3 – конденсатор емкостью 10 нФ ± 10 %;
- D1 – микросхема MDR5103FI;
- D2 – микросхема MDR1206FI;
- G1 – источник напряжения питания (3,0 – 3,6) В
- L1 – индуктивность 0,47 мкГн;
- R1, R2 – резисторы сопротивлением 100 Ом ± 1 %, 0,125 Вт;
- Rш – шунтирующий резистор

Рисунок 5 – Типовая схема включения микросхемы

7 Электрические параметры

Таблица 3 – Электрические параметры микросхем при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Темпера- тура среды, °С
		не менее	не более	
Выходное напряжение высокого уровня, В на выходе DOUT	U_{OH}	2,4	–	25, 85, – 40
Выходное напряжение низкого уровня, В на выходе DOUT	U_{OL}	–	0,4	
Ток утечки высокого уровня на входе, мкА на входе CLKIN	I_{IH}	–1,0	1,0	
Ток утечки низкого уровня на входе, мкА на входе CLKIN	I_{IL}	–1,0	1,0	
Динамический ток потребления, мА	I_{CCO}	–	30	
Параметры $\Delta\Sigma$ АЦП				
Ошибка усиления предусилителя, %	$E_{GAINERR}$	–	5	25, 85, – 40
<p>Примечание – Знак «минус» перед нормой на ток означает направление тока, вытекающего из вывода микросхемы. За величину тока принимают абсолютное значение показаний измерителя тока</p>				

8 Предельно-допустимые и предельные параметры

Таблица 4 – Предельно-допустимые электрические режимы эксплуатации и предельные электрические режимы микросхем

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Предельно- допустимый режим		Предельный режим	
		не менее	не более	не менее	не более
Напряжение питания, В, на выводах питания VDD, VDDISO_IN	U _{CC}	3,0	3,6	–	4,0
Входное напряжение низкого уровня, В, на входе CLKIN	U _{IL}	0	0,8	–0,3	–
Входное напряжение высокого уровня, В, на входе CLKIN	U _{IH}	2,0	U _{CC}	–	3,9
Выходной ток высокого уровня, мА, на выходе DOUT	I _{OH}	–4	–	–6	–
Выходной ток низкого уровня, мА, на выходе DOUT	I _{OL}	–	4	–	6
Тактовая частота, МГц, на входе CLKIN	f _C	0,9	1,1	–	–
Сквозность сигнала CLKIN, %	f _{CLK_DC}	45	55	–	–
Емкость нагрузки выхода, пФ	C _L	–	30	–	120
Параметры ΔΣ АЦП					
Размах входного дифференциального напряжения ΔΣ АЦП, В, на входах IN, nIN	A _{NADC_D}	–	0,1	–	–
Входное напряжение, В, на входах IN, nIN	U _{I_VIN}	–0,05	0,05	–0,3	U _{CC} + 0,3
Входное дифференциальное напряжение, В, на входах IN, nIN	U _{ID_VIN}	–0,05	0,05	–	–
Примечание – Не допускается одновременное воздействие двух и более предельных режимов					

Микросхемы устойчивы к воздействию статического электричества с потенциалом не менее 2000 В.

Напряжение изоляции микросхемы должно быть не менее 2000 В.

9 Справочные параметры

Таблица 5 – Справочные параметры микросхем

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Темпера- тура среды, °C
		не менее	не более	
Напряжение смещения АЦП, мВ, при $U_{CC} = 3,3$ В, внешний фильтр 3 порядка с $OSR = 256$	U_{OFFSET}	-0,15	0,15	25, 85, -40
Собственные шумы АЦП, мкВ, при замкнутых входах, $U_{CC} = 3,3$ В, внешний SINC-фильтр 3 порядка с $OSR = 256$	U_{N_RMS}	–	5	
Напряжение изоляции, В	U_{ISO}	2000*	6000*	
Погрешность усиления АЦП, %, при $U_{CC} = 3,3$ В, внешний фильтр 3 порядка с $OSR = 256$	G_{error}	-1*	1*	
Коэффициент нелинейных искажений, дБ, при $f_1 = 57$ Гц, $U_{ID_VIN} = 50$ мВ, $U_{CC} = 3,3$ В, внешний SINC-фильтр 3 порядка с $OSR = 256$	THD	80	–	
Устойчивость к воздействию синфазных помех, кВ/мкс	CMTI	25*	–	
Входное дифференциальное сопротивление, кОм, между выводами IN и nIN	R_{IN_DIF}	1,6	2,8	
Отношение сигнал/шум, дБ	SNR	78	–	
* Значение уточняется в ходе ОКР				

10 Габаритный чертеж микросхемы

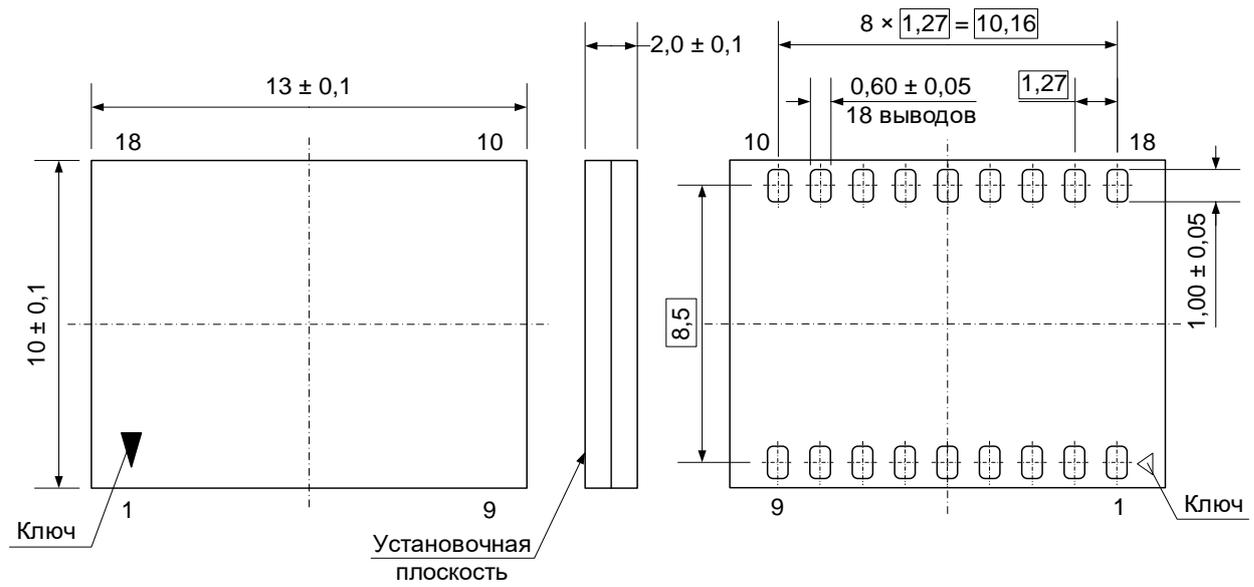


Рисунок 6 – Микросхема в корпусе DFN18 10×13×2,0(1,27)

11 Информация для заказа

Обозначение	Маркировка	Тип корпуса	Температурный диапазон, °С
MDR5103FI	MDR5103FI	DFN18 10×13×2,0(1,27)	от – 40 до 85

