

Евгений Звонарев, Павел Ильин (КОМПЭЛ)

ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Компания Texas Instruments выпускает широкую номенклатуру измерительных операционных усилителей с программируемым коэффициентом усиления. Области применения микросхем серии PGA: дистанционное измерение электрических сигналов, портативные устройства сбора данных, системы сбора данных, тестовое оборудование, программируемые логические контроллеры, оборудование для медицинских и физических измерений, платы аналоговых интерфейсов, устройства с автоматическим управлением усилением, устройства с батарейным питанием.

Измерительные операционные усилители с цифровым программированием коэффициента усиления (PGA) являются универсальными входными операционными усилителями, которые за счет цифрового управления коэффициентом усиления позволяют улучшить точностные характеристики и расширить динамический диапазон. В таблице 1 приведены операционные усилители серии PGA от Texas Instruments.

PGA представляет собой операционный усилитель с однополярным питанием и rail-to-rail входом и выходом (RRIO). Для обеспечения диапазона из-

между n-канальными и p-канальными транзисторами. В результате этого переключения появляется небольшое изменение входного напряжения смещения, передающееся на выход с установленным усилением. Это изменение для разных экземпляров может быть разным: и положительным и отрицательным. Поскольку граница переключения разная для разных образцов микросхем, входное напряжение смещения нормируется для входного напряжения выше и ниже границы переключения.

Ключи мультиплексора сконструированы так, что они выключаются быстрее, чем включаются, и таким образом

Измерительные операционные усилители с цифровым программированием коэффициента усиления (PGA) за счет цифрового управления коэффициентом усиления позволяют улучшить точностные характеристики и расширить динамический диапазон.

менения входного напряжения от нуля и до напряжения питания на входе используются два параллельно включенных входных каскада. На каждом входе есть p-канальные МОП-транзисторы для работы вблизи потенциала земли и параллельно подключенные n-канальные МОП-транзисторы для работы вблизи напряжения питания. Когда синфазное входное напряжение (точнее, напряжение на единственном входе, поскольку этот усилитель с программируемым усилением (PGA) внутренне сконфигурирован для неинвертирующего включения) пересекает уровень, обычно находящийся на 1,5 В ниже напряжения питания, происходит переключение

устраняют любые проблемы с замыканием двух источников входных сигналов между собой. В состав аналогового мультиплексора включены четыре внутренних калибровочных канала мультиплексора для упрощения калибровки системы. Эти калибровочные каналы позволяют скорректировать погрешности усиления и смещения нуля АЦП. Эта калибровка не устраняет погрешностей смещения и усиления PGA при усилении, большем 1, но для большинства систем должно быть заметным существенное увеличение точности АЦП. Кроме того, эти калибровочные каналы могут использоваться АЦП, чтобы контролировать минимальное и максималь-

ные возможные напряжения от PGA. В архитектуре системы может быть предусмотрена индикация превышения входными аналоговыми сигналами установленных значений.

Усилители серии PGA имеют защиту от перенапряжения по входам ± 40 В, которая срабатывает, даже если питание PGA отсутствует. Единичный вход PGA может быть подключен ко множеству различных датчиков или источников сигнала. Динамический входной диапазон системы определяется процессором — с помощью переключения коэффициента усиления.

Все программируемые операционные усилители серии PGA совместимы с TTL- и CMOS-логикой для упрощения взаимодействия с микропроцессором. Входы усилителей имеют лазерную калибровку для уменьшения смещения напряжения и дрейфа нуля, что позволяет значительно сократить количество дополнительных внешних компонентов.

Для цифрового управления коэффициентом усиления требуются два вывода, позволяющих выбрать до 4 различных состояний усиления. **PGA202** и **PGA203** могут быть использованы, в случаях, когда требуется быстрый и удобный выбор коэффициента усиления.

Отклонение коэффициента усиления и дрейф — наиболее важные параметры для применений с большим требуемым усилением и высокой точностью. Входной ток смещения — наиболее важен для применений с высоким внутренним сопротивлением источника, которые зачастую требуют входного полевого транзистора для минимизации ошибки.

PGA206 позволяет через CMOS- и TTL-совместимые входы выбрать коэффициент усиления с шагом 1, 2, 4 и 8.

PGA207 имеет коэффициенты усиления 1, 2, 5 и 10. Низкий входной ток смещения и входной полевой транзистор гарантируют, что сопротивление мультиплексора не вносит ошибки. Малое время установки выходного напряжения (3,5 мкс с точностью 0,01%) позволяет быстро опрашивать множество каналов.

Таблица 1. Операционные усилители с цифровым программированием коэффициента усиления

Наименование	Описание	Коэффициент усиления, К	Нелинейность при К=100 (max), %	Напряжение смещения нуля (max), μV	Дрейф нуля (max), $\mu V/^\circ C$	Коэффициент подавления сигнала для К=100 (dB) (min)	Полоса пропускания при К=100, kHz	Спектральная плотность шума 1kHz (nV/\sqrt{Hz})	Напряжение питания, В	I_Q (mA) (max)	Корпус
PGA103	Прецизионный с заземленным входом	1, 10, 100	0,01	500	2	—	250	11	от $\pm 4,5$ до ± 18	3,5	SOIC-8
PGA202	Высокоскоростной, входной полевой транзистор, 50пА IB	1, 10, 100, 1000	0,012	1000	12	92	1000	12	от ± 6 до ± 18	6,5	DIP-14
PGA203	Высокоскоростной, входной полевой транзистор, 50пА IB	1, 2, 4, 8	0,012	1000	12	92	1000	12	от ± 6 до ± 18	6,5	DIP-14
PGA204	Прецизионный, Отклонение коэффициента усиления: 0.25%	1, 10, 100, 1000	0,002	50	0,25	110	10	13	от $\pm 4,5$ до ± 18	6,5	SOIC-16, PDIP-16
PGA205	Изменение коэффициента усиления: 0.024ppm/ $^\circ C$	1, 2, 4, 8	0,002	50	0,25	95	100	15	от $\pm 4,5$ до ± 18	6,5	SOIC-16, PDIP-16
PGA206	Высокоскоростной, входной полевой транзистор, 100пА IB	1, 2, 4, 8	0,002	1500	2	95	600	18	от $\pm 4,5$ до ± 18	13,5	DIP-16, SOIC-16
PGA207	Высокоскоростной, входной полевой транзистор, 100пА IB	1, 2, 5, 10	0,002	1500	2	95	600	18	от $\pm 4,5$ до ± 18	13,5	DIP-16, SOIC-16
PGA112/3	Отсутствие дрейфа, прецизионный, 2-х канальный мультиплексор	от 1 до 200	—	100	0,9	—	380	12	от +2,2 до +5,5	0,45	MSOP-10
PGA116/7	Отсутствие дрейфа, прецизионный, 10-ти канальный мультиплексор	от 1 до 200	—	100	1,2	—	380	12	от +2,2 до +5,5	0,45	TSSOP-20
PGA309	0,1% формирователь выходного сигнала мостового датчика с цифровой калибровкой, выходное напряжение пропорционально напряжению питания	от 8 до 1152	0,002	50	0,2	20	60	210	от +2,7 до +5,5	1,6	TSSOP-16
PGA308	Одностороннее питание, автоматическая установка нуля, усилитель сигнала, программируемые коэффициент усиления и напряжение смещения	от 4 до 1600	—	40	0,2	95	100	50	от +2,7 до +5,5	2	MSOP-10, DFN-10

PGA204 и **PGA205** имеют прецизионные биполярные входы, которые хорошо приспособлены для сигналов низкого уровня. PGA205 имеет коэффициенты усиления шагом 1, 2, 4 и 8.

PGA112, **PGA113**, **PGA116** и **PGA117** представляют собой комбинацию одноходового усилителя с однополярным питанием и программируемым усилением (PGA) и входного мультиплексора. PGA112 и PGA113 имеют двухканальный мультиплексор и программное выключение для экономии электроэнергии, в PGA116 и PGA117 – десятиканальный мультиплексор, отключение как программное, так и аппара-

татное. В PGA112 и PGA116 усиление выбирается из ряда (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128), а в PGA113 и PGA117 – из ряда (1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200).

Выбор канала мультиплексора и установка усиления выполняются через стандартный SPI-интерфейс. PGA112, PGA113 имеют трехпроводный цифровой интерфейс SPI, а PGA116, PGA117 – четырехпроводный цифровой SPI-интерфейс с возможностью последовательного соединения по шине данных.

PGA308 – программируемый формирователь аналоговых сигналов сенсоров. Сигнал датчика усиливается в

аналоговом тракте и с помощью цифровой калибровки устанавливаются напряжение смещения и усиление. Параметры калибровки сохраняются в семь банков однократно-программируемой памяти.

На рис. 1 показана базовая конфигурация использования PGA в качестве усилительного блока.

Выходное напряжение определяется выражением:

$$V_{OUT} = G \times V_{IN} \quad (1)$$

где G – коэффициент усиления; V_{IN} – входное напряжение.

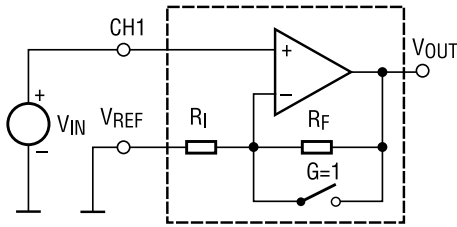


Рис. 1. Использование PGA в качестве усилительного блока

На рис. 2 изображена конфигурация PGA с $V_{REF} = AV_{DD}/2$, а выражения (2, 3) определяют выходное напряжение для нее. V_{OUT0} – это выходное напряжение V_{OUT} при выборе канала CH0, а V_{OUT1} – это V_{OUT} при выборе канала CH1. Эта конфигурация обеспечивает положительное и отрицательное изменение напряжения относительно виртуальной земли – средней точки питания. Вывод V_{REF} не оказывает никакого воздействия при $G=1$, потому что внутренний резистор обратной связи, R_F , замкнут накоротко.

$$V_{OUT0} = G \times V_{IN0} - AV_{DD}/2(G-1) \quad (2)$$

Если $G=1$,

то $V_{OUT0} = G \times V_{IN0}$.

$$V_{OUT1} = G(V_{IN1} + AV_{DD}/2) - AV_{DD}/2(G-1);$$

$$V_{OUT1} = G \times V_{IN1} + AV_{DD}/2,$$

$$\text{где } -AV_{DD}/2 < G \times V_{IN1} < +AV_{DD}/2. \quad (3)$$

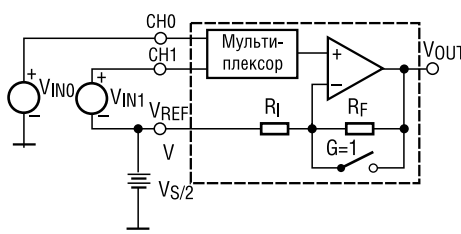


Рис. 2. Конфигурирование PGA для усиления сигнала относительно виртуальной земли

Типовое значение сопротивления обратной связи $R_I = 3,25$ кОм. Соответствующее усилению значение сопротивления резистора обратной связи R_F можно рассчитать по выражению (4).

$$G = 1 + R_F/R_I \quad (4)$$

Малосигнальная полоса пропускания и быстродействие усилителя (скорости нарастания и спада выходного сигнала) связаны с выбранным усилением. Полоса пропускания на полной мощности (то есть самая высокая частота, на которой синусоидальный сигнал может пройти через PGA без заметных искажений), связана с быстродействием уравнением (5):

$$SR [B/\mu\text{с}] = 2\pi f \times V_{OP} (1 \times 10^6), \quad (5)$$

где SR – скорость изменения сигнала, В/мкс;

f – частота, Гц;
 V_{OP} – амплитуда выходного напряжения, В.

При проектировании устройств на основе PGA следует соблюдать приведенные ниже рекомендации по проектированию печатной платы и системы в целом.

Каждый вывод питания отдельно шунтируется на землю керамическим конденсатором, подключаемым непосредственно к выводам питания и земли микросхемы в том же слое печатной платы. Переходные отверстия могут использоваться для подключения к слоям земли и питания. В такой конфигурации сохраняются паразитные индуктивные цепи, локально шунтирующие PGA. Хорошим решением в практике аналогового конструирования считается применение танталовых конденсаторов большого номинала для шунтирования каждого вывода питания.

Следует размещать V_{OUT} и проводники других цепей с низким выходным сопротивлением подальше от входных каналов мультиплексора с их высоким входным сопротивлением. Плохая разводка сигнальных цепей может вызвать положительную обратную связь, нежелательную генерацию или чрезмерные выбросы и колебания при ступенчатом изменении сигналов. Если входные сигналы сильно зашумлены, входные каналы мультиплексора следует разделить охранными проводниками с любой стороны сигнальных проводников. Охранные проводники соединяются с землей около PGA и в точке входа сигнала в печатную плату. В многослойных платах нужно обеспечить отсутствие проводников, параллельных входным цепям мультиплексора, в смежных слоях; емкостная связь с другими слоями может вызвать проблемы. Для изоляции входных сигнальных проводников от сигнальных проводников используются слои земли в других слоях.

Входные каналы мультиплексора являются высокоомными, в комбинации с большим усилением может появиться нежелательный шум. Рекомендуется использовать низкоомные источники сигналов (<10 кОм), а также шунтировать входные каналы мультиплексора керамическими конденсаторами емкостью более 100 пФ непосредственно на входах мультиплексора. Низкое сопротивление источника и шунтирующий конденсатор, установленный непосредственно на входе канала мультиплексора, минимизируют взаимоперекрестное влияние между каналами, вызванное паразитной емкостной связью между смежными проводниками печатной платы и межвыводными емкостями.

TEXAS INSTRUMENTS **УСИЛИТЕЛИ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ**

Однополярное питание Один вход	Двуполярное питание Дифференциальный вход	Специального применения
<p>PGA112/3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Многоканальный • Отсутствие дрейфа • Прецизионный 	<p>PGA202/3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Низкий входной ток смещений <p>PGA204/5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Низкое отклонение коэффициента усиления <p>PGA206/7</p> <ul style="list-style-type: none"> • Высокоскоростные 	<p>PGA309</p> <ul style="list-style-type: none"> • Цифровая калибровка сигнала сенсора с температурной компенсацией <p>PGA308</p> <ul style="list-style-type: none"> • Цифровая калибровка сигнала сенсора • 7 банков однократно-программируемой памяти

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
 e-mail: analog.vesti@compel.ru