



Анатолий Ангрывевич (Maxim Integrated Products)

ПРЕЦИЗИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ MAXIM

Масштабирование аналоговых сигналов — задача, которая, в том или ином виде, встречается почти во всех электронных устройствах. В статье рассматриваются прецизионные малошумящие усилители компании Maxim Integrated Products, предназначенные для применения в измерительных и промышленных системах, а также в медицинском оборудовании.

Для решения задач усиления сигналов применяются либо операционные, либо инструментальные усилители. Для приложений, где необходима высокая точность и стабильность, от микросхем требуются низкий уровень ЭДС-шумов при высокой линейности, а также низкое напряжение смещения (обычно приводится ко входу) и низкий температурный дрейф этого напряжения. Ток смещения со своим температурным дрейфом тоже может внести свою долю в ошибку измерения, но его влияние в последнее время ослаблено значительным снижением входного тока. Тем не менее, при работе с высокоомными источниками его приходится учитывать, как и уровень токовых шумов. Еще одним параметром, существенно влияющим на точность измерения, особенно в условиях сильных помех, является уровень подавления синфазных сигналов. Среди выходных параметров уси-

лителей, влияющих на точность, следует выделить скорость нарастания и время установления выходного напряжения.

Операционные усилители

Ультрамалошумящий операционный усилитель MAX410/2/4 имеет гарантированную плотность шума на частоте 1 кГц не более 2,4 нВ/√Гц (типовое значение 1,5 нВ/√Гц). Для оптимизации этого параметра пришлось, в частности, отказаться от токоограничивающих резисторов, которые обычно включают последовательно с диодами на входе для защиты от повышенного дифференциального напряжения. Помимо низкого уровня шумов, ОУ MAX410/2/4 обладает очень высокой точностью и стабильностью (табл. 1), что позволяет использовать его для буферизации 24-разрядного АЦП MAX11040 (рис. 1). MAX410 имеет вариант поставки в миниатюрном корпусе TDFN.



Новый интегральный широкополосный модем для передачи данных по электросети

Компания Maxim Integrated Products представила интегральную схему модема для передачи данных по электросети (PLC modem), использующую OFDM-модуляцию. В микросхеме MAX2990 реализованы перспективные способы широкополосной связи, которые позволяют получить более выгодные по стоимости решения двунаправленной передачи данных по электросетям переменного и постоянного тока на скорости до 100 кбит/сек. Данная система на кристалле идеальна для применений, где требуется высокая скорость передачи данных на большом расстоянии, например, приборы учета энергоресурсов с функцией автоматического считывания показаний (AMR); дистанционное управление нагрузками и распределением электроэнергии, управление светотехническими устройствами, а также системы автоматизации зданий, промышленных объектов и домашнего хозяйства.

MAX2990 использует технологию OFDM с модуляцией DBPSK и прямым исправлением ошибок (FEC), что гарантирует надежность передачи данных в условиях узкополосных помех, групповых задержек, импульсного шума и частотно-избирательного ослабления сигнала. Таким образом, MAX2990 является единственной в промышленности микросхемой для широкополосной передачи данных по электросети в частотном диапазоне от 10 кГц до 490 кГц. Микросхема MAX2990 объединяет в себе физический слой (PHY), MAC-контроллер, а также ядро 16-битного RISC-контроллера MAXQ®. Она содержит 32 кБ флэш-памяти для запуска программы MAC и приложений пользователя, а также 8 кБ оперативной памяти для хранения данных. Кроме того, MAX2990 поддерживает последовательные интерфейсы UART, SPI™ и I²C.

MAX2990 выпускается в корпусе LQFP с 64 выводами и рассчитана на работу в температурном диапазоне от -40 до 85°С.

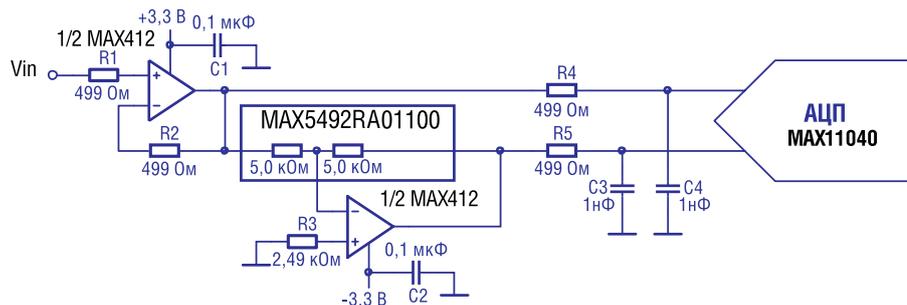


Рис. 1. Схема буферизации дифференциального входа 24-битного АЦП с помощью ОУ MAX412

Таблица 1. Параметры прецизионных ОУ Maxim

Наименование	Напр. питания (ток погр., тип., мкА), В	Входной ток, макс., нА	Напр. смещения, прив. ко входу, макс., мкВ (темп. дрейф, макс., мкВ/°С)	Плотность ЭДС шума, прив. ко входу, нВ/√Гц (f=1 кГц)	Частота единичного усиления, МГц	Особенности, (корпус)
MAX4236/7	2,4...5,5 (350)	0,5	20 (2)	14	1,7/7,5	Ультрапрецизионный (SOT-23, μMAX, SO)
MAX4238/9	2,7...5,5 (600)	0,001, тип.	2 (0,01, тип.)	30	1/6,5	Ультрапрецизионный, автокомпенсация смещения и шума 1/f (TDFN, SOT-23, SO)
MAX4249-57	2,4...5,5 (420)	0,1	750 (0,3, тип.)	8,9	3/22	Малозумящий, ультралинейный (UCSP, SOT-23, μMAX, SO)
MAX4475-78/88/89	2,7...5,5 (2,5)	0,15	350 (6)	4,5	10/42	Малозумящий, ультралинейный (TDFN, SOT-23, μMAX, SO)
MAX410/2/4	±2,7...±5,25 (2500)	150	250 (1, тип.)	1,5	28	Ультрамалозумящий (TDFN, SO, DIP)
MAX4074/5	2,5...5,5 (37)	1	200, тип. (0,3, тип.)	—	4, G>=25	С фиксированным коэф. усиления (54 значения), защита входов ±17 В (SOT-23, μMAX, SO)
MAX4174/5 MAX4274/5	2,5...5,5 (355)	10	500, тип. (5, тип.)	—	23, G>=25	С фиксированным коэф. усиления (54 значения), защита входов ±17 В (SOT-23, μMAX, SO)

Ультралинейный малозумящий широкополосный усилитель **MAX4475-78/88/89** имеет суммарный уровень искажений и шумов 0,0007% на частоте 20 кГц и нагрузке 10 кОм. Плотность шума на частоте 1 кГц составляет 4,5 нВ/√Гц, напряжение смещения и температурный дрейф,

приведенные ко входу составляют соответственно ±70 мкВ и ±0,3 мкВ/°С (тип.).

Радикально решить проблему смещения и температурного дрейфа позволяет метод автокоррекции — постоянного периодического измерения напряжения смещения и его компенсации. Это

также позволяет эффективно бороться с шумами 1/f в низкочастотном диапазоне. Ранние реализации этого метода страдали от многих характерных недостатков, включая довольно высокий уровень шумов на частоте работы системы и длительное восстановление после насыщения. Ориги-

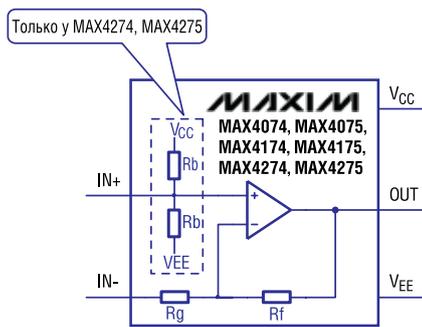
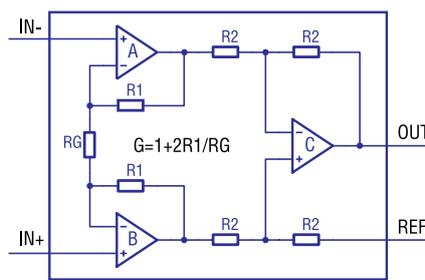
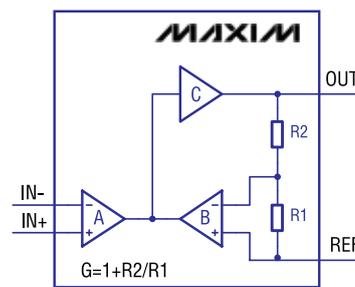


Рис. 2. Схема ОУ с фиксированным коэффициентом усиления



а)



б)

Рис. 3. Схема инструментального усилителя с традиционной архитектурой из трех ОУ (а) и архитектурой «indirect current-feedback» (б)

Таблица 2. Параметры инструментальных усилителей Maxim

Наименование	Напр. питания, В (ток потр., тип., мкА)	Входной ток, макс., нА	Напр. смещения, прив. ко входу, макс., мкВ (темп. дрейф, макс., мкВ/°С), G=10	Плотность ЭДС шума, прив. ко входу, нВ/√Гц (f = 1 кГц, G=10)	Диапазон входного напряжения, В, при Vcc=5 В	Особенности, (корпус)
MAX4194-97	2,7...7,5 (93)	20	225 (2)	31	-0,2...+3,9	Прецизионный, классическая архитектура (SO)
MAX4198/9	2,7...7,5 (45)	—	300 (3)	39	-0,1...+5,1	Прецизионный дифференциальный усилитель (μMAX, SO)
MAX4460/1/2	2,85...5,25 (800)	0,1	250 (1,5, тип.)	38	-0,1...+3,3	Архитектура indirect current-feedback (TDFN, SOT-23, SO)
MAX4208/9	2,85...5,5 (750)	0,001, тип.	20 (0,2)	140	-0,1...+3,7	Ультрапрецизионный, архитектура indirect current-feedback, автокомпенсация смещения и шума 1/f (μMAX)

нальная запатентованная система автокоррекции, примененная в ОУ MAX4238/9, работает с псевдослучайной перестройкой частоты (*spread-spectrum*) в диапазоне от 10 до 15 кГц. Плотность шума на частоте 1 кГц составляет 30 нВ/√Гц, а размах напряжения шума в диапазоне частот от 0,01 до 10 Гц, приведенный ко входу, не превышает 1,5 мкВ. Типовое время восстановления до 16-битной точности (0,0015%) после насыщения составляет 5,7 мс. Усилитель имеет очень низкий входной ток 1 пА (тип.) и рекордно низкое напряжение смещения и температурный дрейф — соответственно ±0,1 мкВ и ±10 нВ/°С (тип.).

Для установки требуемого коэффициента усиления удобно использовать микросхему в миниатюрном корпусе SOT-23 из двух согласованных резисторов MAX5490/1/2. Кроме этого существуют ОУ со встроенными резисторами — MAX4074/5, MAX4174/5 и MAX4274/5 (рис. 2). Отличительной особенностью этих микросхем является наличие защиты входов от перегрузки по напряжению до ±17 В. Каждый из усилителей имеет на выбор 54 значения отношения резисторов Rf/Rg в пределах от 0,25 до 100 с точностью 0,1%. ОУ MAX4274/5 имеет также резистивный делитель для установки смещения, равного половине напряжения питания.

Инструментальные усилители

Классическая схема построения инструментального усилителя изображена на рисунке 3а. Такую архитектуру имеют микросхемы MAX4194-97 (табл. 2). Несмотря на широкую распространенность, схема из трех ОУ имеет существенный недостаток, накладывающий значительные ограничения при однополярном питании. Это выражается в ограничении допустимого диапазона входных синфазных напряжений (Vcm) из-за насыщения первого каскада (усилители А и В), поскольку он имеет коэффициент передачи равный единице для Vcm. На рисунке 4а приведена рабочая область для Vref равного половине напряжения питания (Vcc). Внутри шестиугольника находится область допустимых синфазных напряже-

ний. При однополярном питании наиболее оптимальное использование инструментального усилителя достигается при размахе выходного напряжения от «земли» до напряжения питания. В этом случае область допустимых синфазных напряжений находится в заштрихованном прямоугольнике, то есть теряется область в районе «нуля». Подробнее эта проблема описана в статье по применению AN4034 (www.maxim-ic.com/an4034).

Учитывая то, что в настоящее время разработчики все чаще отказываются от двуполярного питания, особенно в батарейных устройствах, компанией Maxim была разработана и запатентована принципиально новая архитектура инструментального усилителя *indirect current-feedback* (рис. 3б). Она позволяет значительно

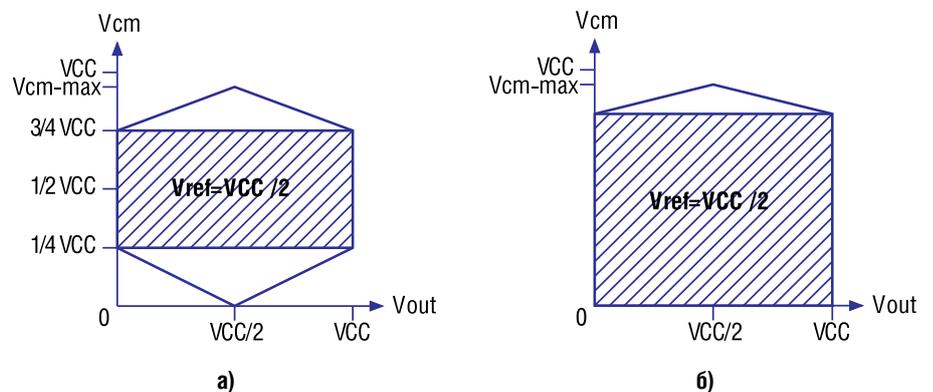


Рис. 4. Рабочая область входного синфазного напряжения при Vref = Vcc/2 для: (а) традиционного инструментального усилителя, (б) усилителя с архитектурой «indirect current-feedback»

расширить допустимый диапазон входного синфазного напряжения и задействовать область в районе нуля, в том числе и при максимальном размахе выходного напряжения (рис. 46). Усилители А и В представляют собой источники тока, управляемые напряжением. Их особенностью являются нулевой коэффициент передачи для входного синфазного напряжения. Таким образом, оно подавляется в первом каскаде усиления (усилитель А), а не во втором, как в случае классической архитектуры (усилитель С на рис. 3а). Основное усиление входного дифференциального напряжения обеспечивает усилитель С (рис. 3б). Коэффициент передачи схемы в целом зависит от соотношения резисторов R1 и R2. Они могут располагаться как вне микросхемы (можно использовать **MAX5490/1/2**), так и внутри нее. В последнем случае коэффициент усиления будет фиксированным.

Архитектуру *indirect current feedback* имеют микросхемы

MAX4460/1/2 и **MAX4208/9**. Причем инструментальные усилители **MAX4208/9** оснащены еще и оригинальной системой автокоррекции, аналогичной той, что применяется в ОУ **MAX4238/9**, а также буферным усилителем напряжения V_{ref} . Размах напряжения шума в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц микросхем **MAX4208/9**, приведенный ко входу, не превышает 2,5 мкВ, а напряжение смещения и температурный дрейф составляют соответственно ± 3 мкВ и ± 10 нВ/°С (тип.).

Дополнительную информацию и более подробные технические характеристики указанных микросхем можно найти на сайте www.maxim-ic.com. Статьи и руководства по применению на русском языке доступны по адресу www.maxim-ic.ru/design/.

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



DS8113 – интерфейс для smart-карт

Компания **Maxim** представила новый интерфейс для smart-карт **DS8113**. Это недорогая программа для считывателя smart-карт, созданная для всех решений стандартов ISO 7816, EMV™, и GSM11-11. DS8113 поддерживает smart-карты 5, 3, и 1,8 В. DS8113 предоставляет возможности энергопотребления при низкоактивных и отключенных состояниях с уровнем тока не выше 10 нА. DS8113 сконструирован для связи между системным микроконтроллером и интерфейсом smart-карты и обеспечивает полное питание, защиту от электростатических разрядов и смещение уровня, необходимое для применения IC-карт.

Основные технические параметры интерфейса для smart-карт DS8113

- Аналоговый интерфейс и смещение уровня для связи IC-карт
 - Защита от электростатического напряжения интерфейса карт 8 кВ (мин) ESD (IEC)
 - Ультранизкий уровень тока в режиме отключения, менее 10 нА
 - Внутреннее генерирование напряжения питания IC-карты:
 - 5,0V $\pm 5\%$, 80 мА (макс)
 - 3,0V $\pm 8\%$, 65 мА (макс)
 - 1,8V $\pm 10\%$, 30 мА (макс)
 - Автоматическая активация и деактивация карты, управляемая специализированным внутренним синтезатором
 - Линии входа/выхода от главного компьютера настроены на коммуникацию со smart-картами
 - Гибкая генерация синхронизирующих импульсов карты, поддерживающая внешне частотный кварцевый резонатор, делится на 1, 2, 4 или 8
 - Защита от высокого тока, короткого замыкания и высоких температур
 - Низкий уровень активного тока
- Имеется сертифицированная по первому уровню EMV-библиотека (написанная для микроконтроллера MAXQ2000) и образец разработки технической части. Тестовый образец DS8113-KIT может быть предоставлен для разработки прототипа и испытаний.



ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ **MAX4208/09**

- Ультрапрецизионные
- Архитектура Indirect Current Feedback
- Автокомпенсация смещения и шума

- $U_{пит} = 2,85...5,5$ В
- $I_{вх макс.} = 0,001$ нА
- $U_{вх} = -0,1...+3,7$ В

