

# Обзор основных схем логарифмических усилителей для радиочастотных приложений производства фирмы Analog Devices

Возможность получать на выходе логарифмического усилителя выходное напряжение, определяемое мощностью входного сигнала, позволила решить широкий круг задач, связанных с подобными измерениями. Известен ряд фирм, выпускающих микросхемы таких усилителей; лидирующее место среди которых занимает Analog Devices.

В статье дан краткий обзор основных микросхем логарифмических усилителей для радиочастотных приложений, выпускаемых данной фирмой.

Павел МИХАЛЕВ

Особо следует выделить продукцию компании Analog Devices, микросхемы которой, отличаясь своей оригинальностью и спецификой, находят широкие и разнообразные области применения в качестве измерителей и контроллеров мощности, RF-детекторов, демодуляторов и многие другие. Характерная особенность схемотехники усилителей данной фирмы — реализация входящих в структуру усилительных каскадов на основе ОУ с дифференциальным выходом.

## Микросхема AD606

Эта микросхема, являясь одной из первых разработок компании (она упоминается

в справочнике 1994 г.), представляет собой демодулирующий логарифмический усилитель с выходным ограничителем [1]. Функциональная блок-схема усилителя приведена на рис. 1.

Схема представляет собой девятикаскадную структуру, основанную на применении метода последовательного детектирования (successive-detector technique).

Схема рассчитана на работу в диапазоне частот до 50 МГц и обладает динамическим диапазоном от  $-75$  до  $+5$  дБм. Спектральная плотность собственного шума составляет всего  $\leq 1,5$  нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ . Схема работает от однополярного источника питания напряжением  $+5$  В и потребляет 65 мВт.

Номинальная передаточная функция усилителя приведена на рис. 2.

Чаще всего данную микросхему используют в качестве индикатора принимаемой мощности сигнала (RSSI — Receiver Signal Strength Indication). Области применения AD606 — это измерительная техника и системы GSM, ультразвуковая техника и сонары, цифровые приемники и приемники с FM-модуляцией.

## Микросхема AD640

Она представляет собой монолитный логарифмический усилитель (ЛУ), обладающий динамическим диапазоном до 50 дБ в диапазоне частот от практически постоянного тока до 120 МГц [2]. Две микросхемы, соединенные каскадно, обеспечивают динамический диапазон до 95 дБ при несколько уменьшенном диапазоне рабочих частот. Высокая точность технологического процесса и лазерная подгонка элементов схемы обеспечивают хорошую прецизионность реализуемых параметров микросхемы, которая уверенно работает в широком температурном диапазоне  $-55...+125$  °С, что позволяет использовать ее в аппаратуре

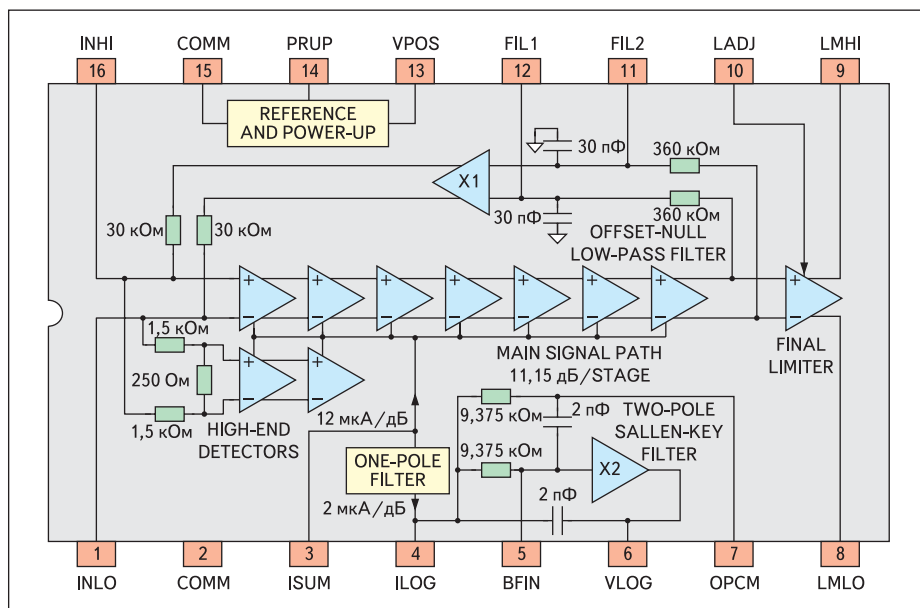


Рис. 1. Функциональная блок-схема AD606

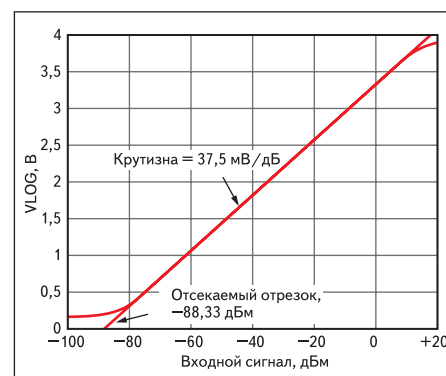


Рис. 2. Номинальная передаточная функция микросхемы AD606

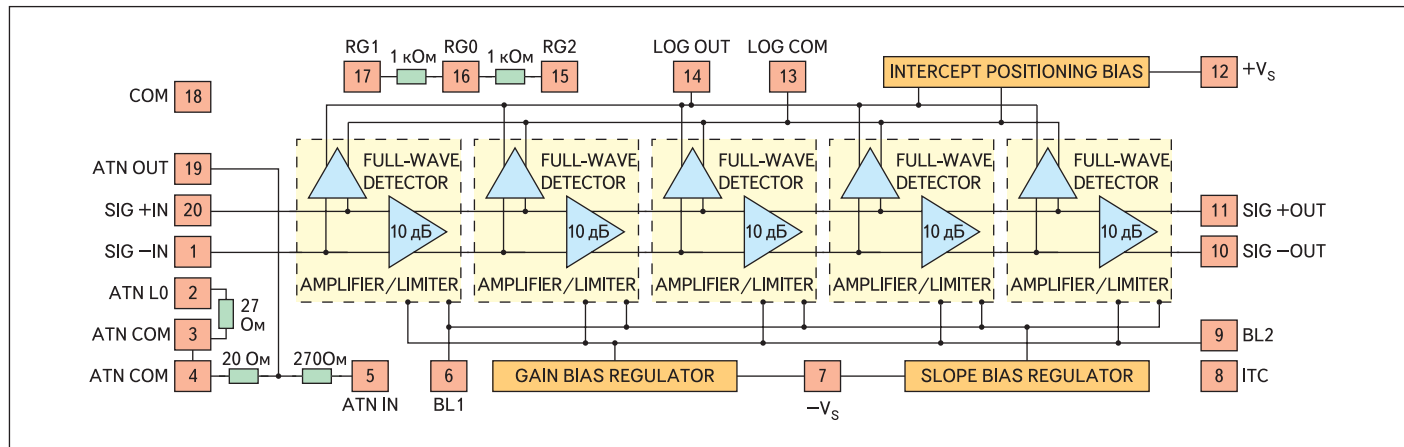


Рис. 3. Структурная схема AD640

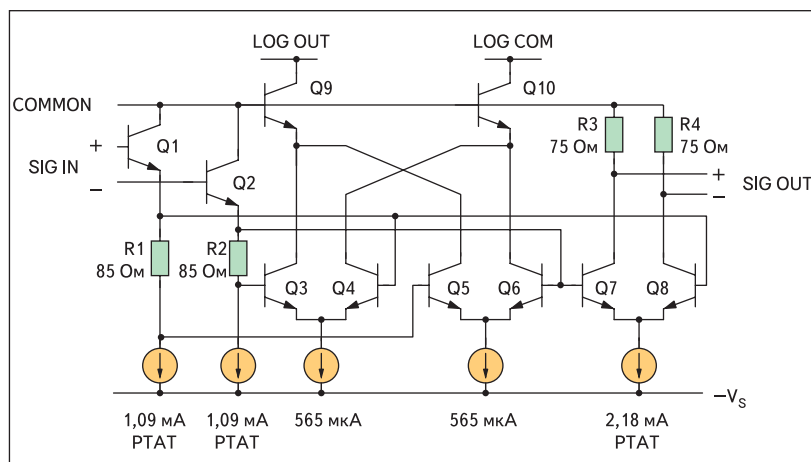


Рис. 4. Упрощенная схема одного каскада микросхемы AD640

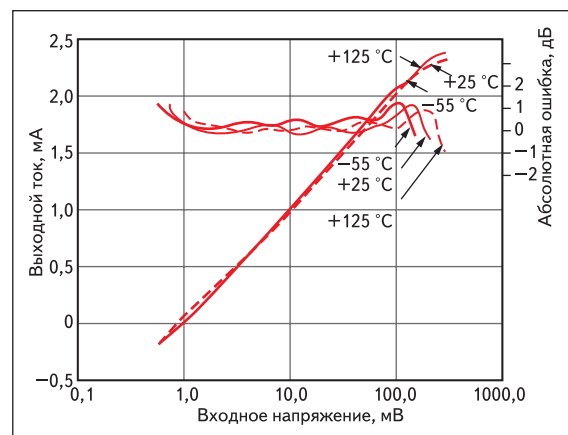


Рис. 5. Откалиброванная передаточная функция AD640 с указанием предельных ошибок в диапазоне температур

военного назначения. Это определяет отношение данной микросхемы к категории высокоточных измерительных элементов.

Для AD640 необходим двухполярный источник питания напряжением  $\pm 5$  В при полной потребляемой мощности 220 мВт.

Структурная схема данного ЛУ приведена на рис. 3.

Структурная схема состоит из пяти гальванически связанных каскадов, каждый из которых представляет собой усилитель-ограничитель с усилением по 10 дБ и полосой пропускания 350 МГц по уровню  $-3$  дБ. Каждый каскад содержит двухполупериодный выпрямитель (детектор), выходной ток которого зависит от величины входного напряжения каскада. Упрощенная схема одного каскада приведена на рис. 4. Специфическая особенность схемотехники ЛУ Analog Devices — использование усилительных каскадов с дифференциальным выходом.

Пара транзисторов Q7 и Q8 образует транскондуктивный выходной каскад с дифференциальным выходом и совместно с резисторами R3 и R4 — ограничивающий усилитель с усилением 10 дБ, что обеспечивает номинальный ток 2,18 мА при температуре  $+27$  °С. Этот ток по существу пропорционален аб-

солютной температуре, но содержит дополнительную составляющую для компенсации конечных значений  $\beta$  и напряжений на  $p$ - $n$ -переходах транзисторов. Транзисторы Q3 в сочетании с Q6 формируют двухполупериодный детектор, их выходы буферизируются транзисторами Q9 и Q10.

Передаточная функция ЛУ, которая калибруется с высокой степенью точности, приведена на рис. 5.

Области применения данной микросхемы ЛУ достаточно широки в силу ее уникальных свойств и возможностей. Это радары, сонары, ультразвуковые и звуковые системы, прецизионная измерительная аппаратура, способная работать практически от постоянного тока до 120 МГц, высокоточное измерение мощности, прецизионная компрессия сигналов в широком частотном диапазоне и многое другое.

### Микросхема AD641

Данная микросхема по своей сути представляет собой дальнейшее развитие AD640 [3]. AD641 это демодулирующий логарифмический усилитель с динамическим диапазоном 44 дБ и точностью  $\pm 2$  дБ. Структурная схема и ее основные узлы практи-

чески идентичны рассмотренной микросхеме AD640 (рис. 3, 4). Отличие AD641 от AD640 — это удвоенный частотный диапазон (до 250 МГц), низкий уровень собственных шумов, который определяется величиной  $2 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ .

Следует отметить, что AD641 является не ЛУ, скорее, это совершенное логарифмическое решение, предназначенное для компрессирования и измерения сигналов в широком динамическом диапазоне.

### Микросхема AD8302

Данная микросхема относится к категории функциональных микросхем, основанных на применении логарифмических усилителей рассматриваемой идеологии. Она представляет собой систему для измерения усиления/потерь и фазы в различных приемных, передающих и измерительных приложениях в частотном диапазоне от низких частот до 2,7 ГГц [4].

Функциональная блок-схема AD8302 представлена на рис. 6.

Схема включает в себя двоякий демодулирующий ЛУ и фазовый детектор. Диапазон входных сигналов — от  $-60$  до  $0$  дБм для 50-омной схемотехники.

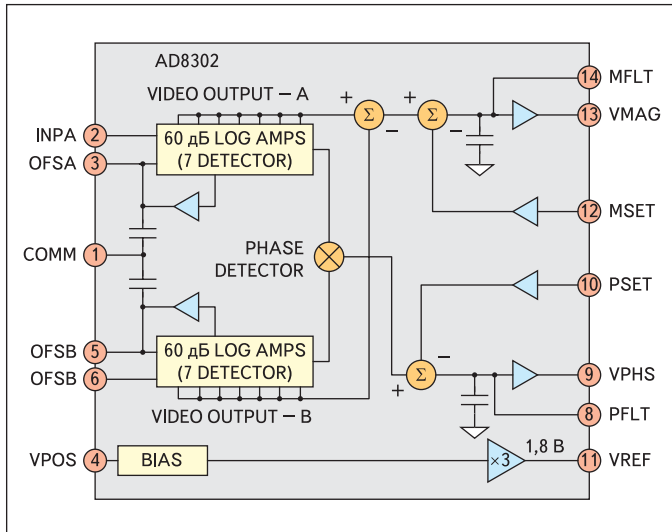


Рис. 6. Функциональная блок-схема AD8302

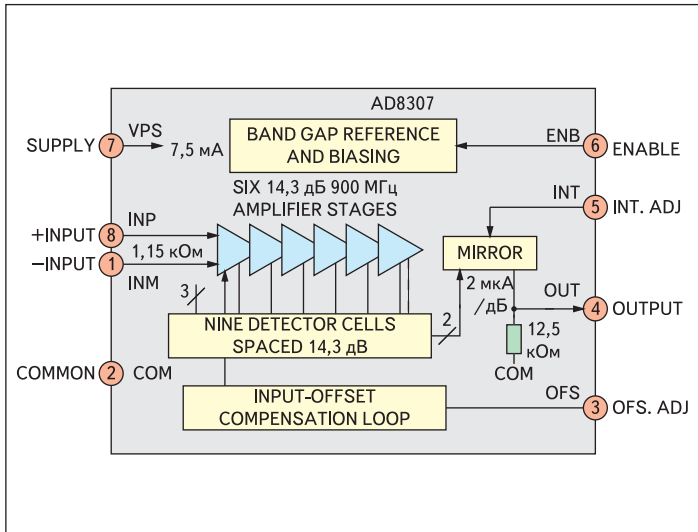


Рис. 8. Функциональная блок-схема AD8307

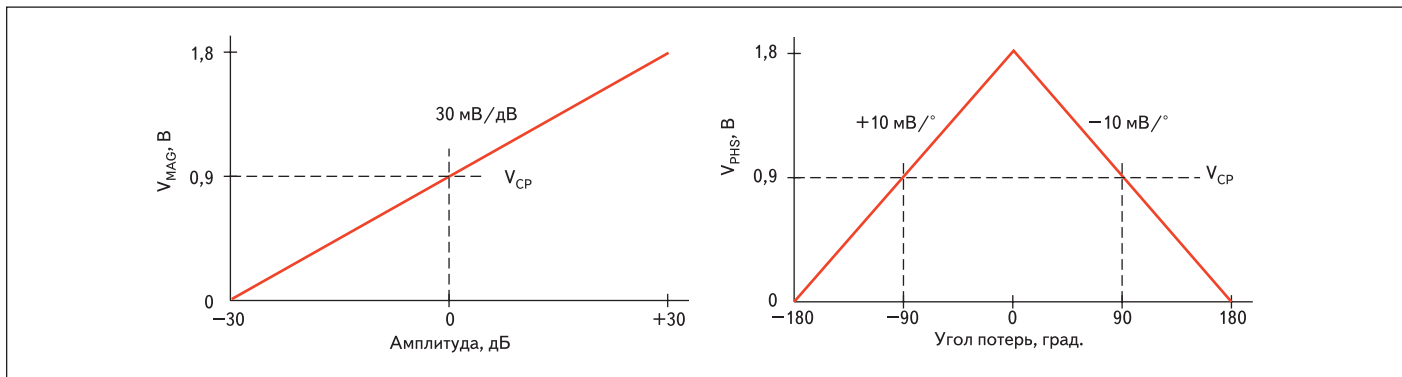


Рис. 7. Идеализированные передаточные характеристики для режимов измерения усиления и фазы

Нелинейность при измерении усиления/затухания составляет <math><0,5\text{ дБ}</math>, а при измерении фазы не превосходит

**Микросхема AD8307**

Это дешевый широкополосный ЛУ с динамическим диапазоном 92 дБ. Это первый ЛУ, выполненный в корпусе SOIC-8 [5]. Его функциональная блок-схема приведена на рис. 8.

Данная микросхема является демодулирующим логарифмическим усилителем, основанным на методе прогрессивной компрессии (successive detection), который обеспечивает динамический диапазон 92 дБ при относительно невысокой точности  $\pm 3\text{ дБ}$  и 88 дБ при точности  $\pm 1\text{ дБ}$ , в последнем случае на всех частотах — вплоть до 100 МГц.

Микросхема представляет собой каскадное соединение шести усилительных фрагментов, каждый из которых имеет усиление 14,3 дБ и полосу пропускания по уровню  $-3\text{ дБ}$ , равную 900 МГц.

Базовый динамический диапазон AD8307 имеет нижнюю границу  $-75\text{ дБм}$  (здесь дБм относится к сопротивлению входного источника 50 Ом, что определяет минимальную амплитуду синусоидального входного сигнала около  $\pm 56\text{ мкВ}$ ). Верхняя граница динамического диапазона составляет  $\pm 17\text{ дБм}$ , что соответствует амплитуде синусоидального сигнала  $\pm 2,3\text{ В}$ .

Питание схемы однополярное, от +2,7 до +5 В, при весьма низком токе потребления: 10 мА при  $E_{\text{П}} = +5\text{ В}$ .

В отношении применения микросхемы в области низких частот ограничений практически нет. Схема полностью работоспособна начиная с нижних частот звукового диапазона (20 Гц и меньше).

Выходное напряжение составляет 25 мВ/дБ и обеспечивает ток величиной 2 мкА/дБ на внутреннем резисторе 12,5 кОм.

Уникальное сочетание низкой стоимости, потребляемой мощности, малых размеров, высокой точности реализуемых характеристик и стабильности, очень неплохой динамический диапазон и диапазон рабочих частот определяют необычайно широкие возможности применения данной схемы в разнообразных областях.

**Микросхема AD8309**

Данная микросхема представляет собой демодулирующий ЛУ с выходным ограничителем [6]. Схема обладает широким динамическим диапазоном 100 дБ ( $-78\dots+22\text{ дБм}$ ). При короткозамкнутом входе спектральная плотность собственных шумов ЛУ составляет  $1,1\text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$  в нижней области динамического диапазона. При сопротивлении источника входного сигнала 50 Ом спектральная плотность собственных шумов ЛУ возрастает всего до величины  $1,275\text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ . Это соответствует шумовой мощности  $-78\text{ дБм}$  в диапазоне частот до 500 МГц. AD8309 обеспечивает высокостабильное измерение мощности принимаемого сигнала (RSSI) с линейной характеристикой вплоть до 200 МГц. Ее функциональная блок-схема приведена на рис. 9.

Схема представляет собой шестикаскадную структуру гальванически связанных усилительных блоков, каждый из которых имеет усиление 12 дБ при полосе пропускания по уровню  $-3\text{ дБ}$ , 850 МГц.

Идеология функционирования микросхемы в части применения транскондуктивных усилителей наглядно представлена упрощенной схемой, приведенной на рис. 10.

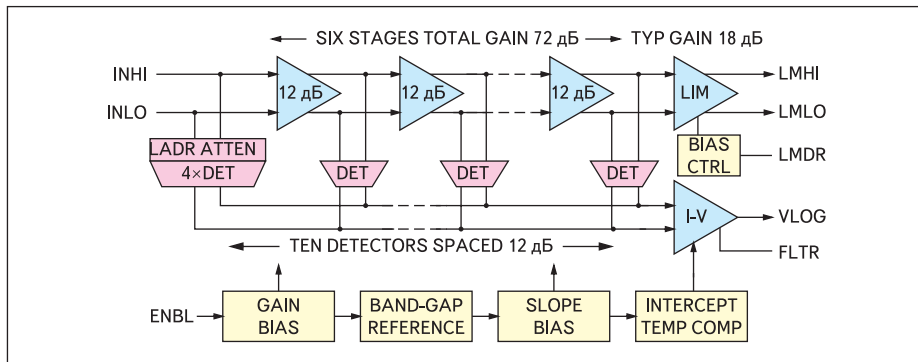


Рис. 9. Функциональная блок-схема AD8309

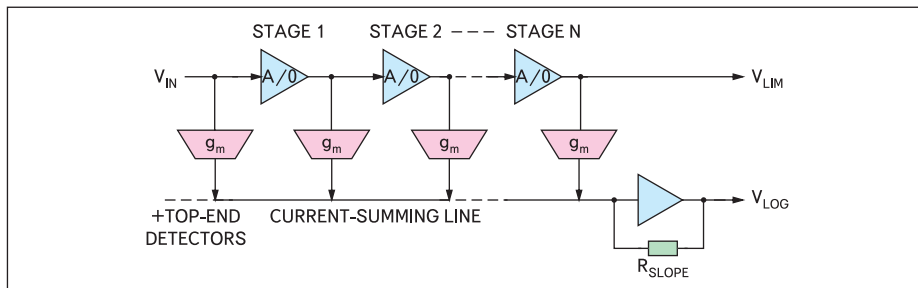


Рис. 10. Базовая структура ЛУ, использующая «А/О» каскады (рис. 4) и транскондуктивные ячейки для суммирования сигналов

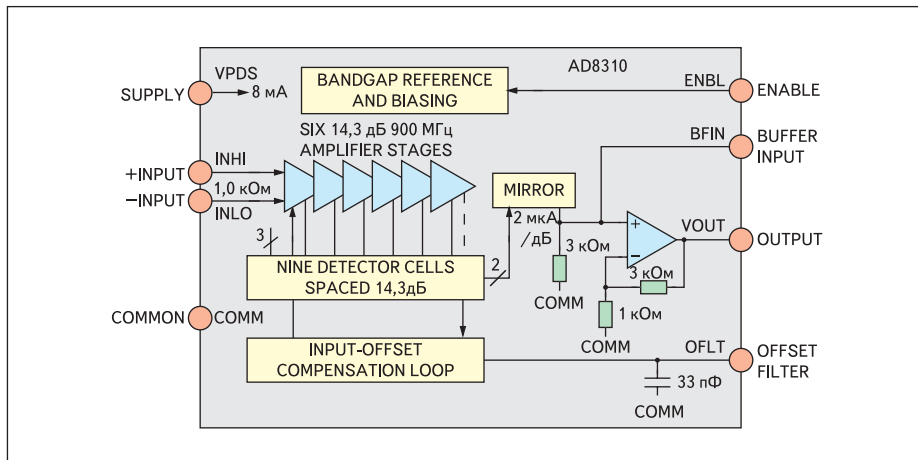


Рис. 13. Базовая функциональная блок-схема AD8310

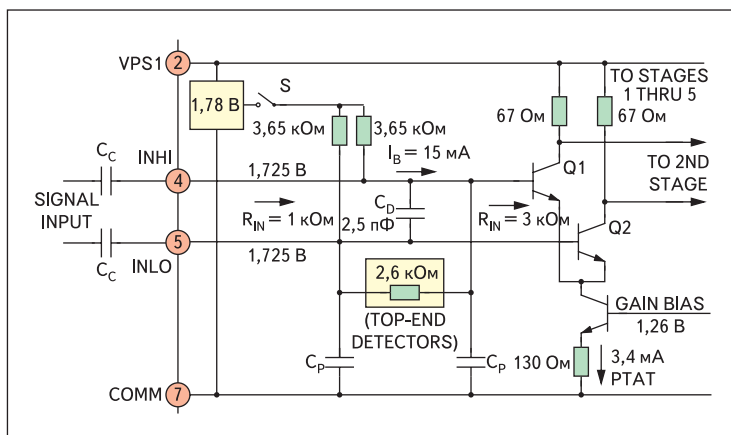


Рис. 11. Входной интерфейс AD8309

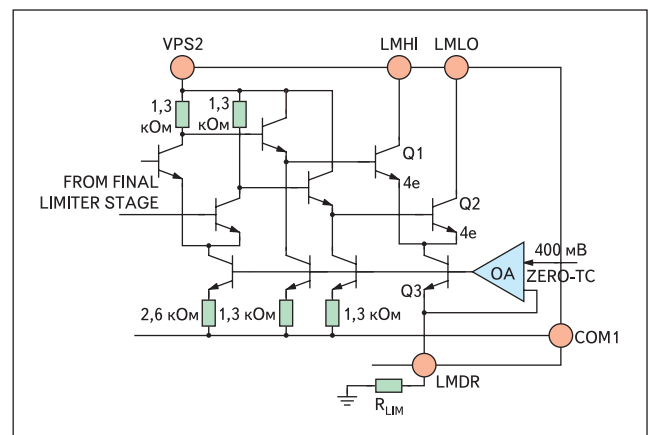


Рис. 12. Выходной интерфейс AD8309

Особенности данной микросхемы находят свое отражение в схемотехнике входного интерфейса (рис. 11) и выходного каскада (рис. 12).

Микросхема работает от однополярного источника питания с напряжением от +2,7 до +6,5 В.

Основное применение микросхемы — приемники с частотной и фазовой модуляцией, измерение высокочастотной энергии, индикация мощности принимаемого сигнала. Кроме того, она находит широкое применение в системах обработки сигналов радаров, сонаров и анализаторах спектра.

### Микросхема AD8310

Данная микросхема представляет собой быстродействующий многокаскадный демодулирующий ЛУ с выходом по напряжению, динамическим диапазоном 95 дБ и частотным диапазоном от постоянного тока до 440 МГц [7].

Структурная схема, отражающая особенности данной модели ЛУ, приведена на рис. 13.

Микросхема обладает высоким быстродействием, которое характеризуется нарастанием выходного тока через внешнюю заземленную нагрузку до 25 мА всего за 15 нс. Схемотехника основана на использовании метода прогрессивной компрессии (как и в схеме AD8307), что обеспечивает динамический диапазон до 95 дБ.

Структурная схема состоит из шести гальванически связанных каскадов с усилением 14,3 дБ каждый. Схема работает от однополярного источника питания напряжением от +2,7 до +5,5 В при потребляемом токе всего 8 мА, что соответствует потребляемой мощности 24 мВт при среднем напряжении питания +3 В.

Специфика схемотехники данной микросхемы отражена в трех ее фрагментах. Интерфейс входного сигнала представлен на рис. 14.

Входное сопротивление составляет 1 кОм, параллельно которому подключена емкость величиной всего 1 пФ.

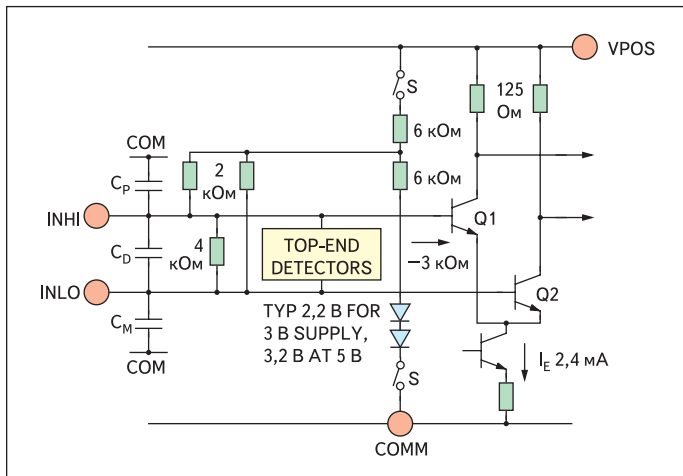


Рис. 14. Интерфейс входного сигнала AD8310

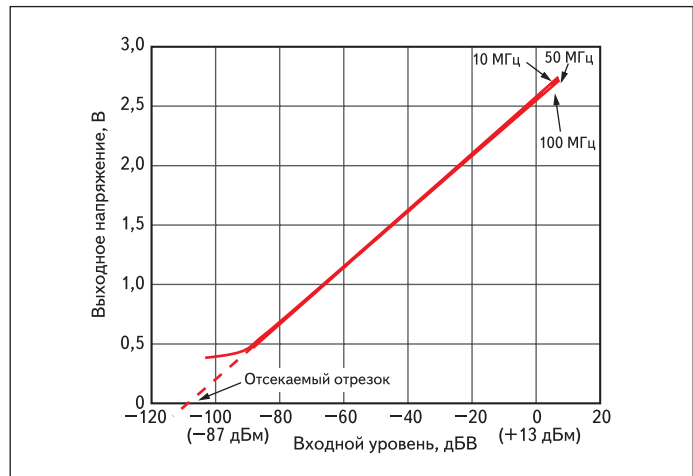


Рис. 18. Передаточная характеристика AD8310 для трех значений частот

Для точной настройки напряжения смещения применяется схема балансировки (рис. 15).

Выходной интерфейс схемы, упрощенная конфигурация которого приведена на рис. 16, также отличается своей спецификой построения.

Девять детекторов (рис. 13) вырабатывают дифференциальные токи, имеющие среднюю величину, которая зависит от уровня входного сигнала и его флуктуаций на удвоенной частоте. Все эти токи суммируются в точках LGP и LGN (рис. 16). Затем эти токи добавляются к указанным узлам схемы, чтобы установить точку перехвата таким образом, чтобы незначительно приподнять выходное напряжение при нуле на входе, обеспечивая тем самым температурную компенсацию. При нулевых значениях сигналов выходные токи всех детекторов равны между собой. Для двухполярного входного сигнала конечной величины их разность преобразуется выходным интерфейсом в ток одной полярности с номинальной крутизной 2 мкВ/дБ (40 мкА/дек) на выходном зажиме BFIN.

Типовой вариант включения микросхемы для измерения мощности принимаемого сигнала приведен на рис. 17.

Реальная передаточная характеристика данной микросхемы для трех значений частот приведена на рис. 18.

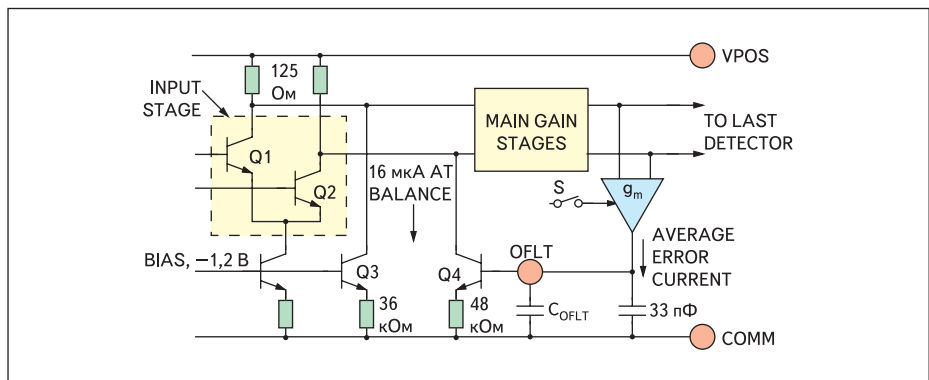


Рис. 15. Схема балансировки напряжения смещения

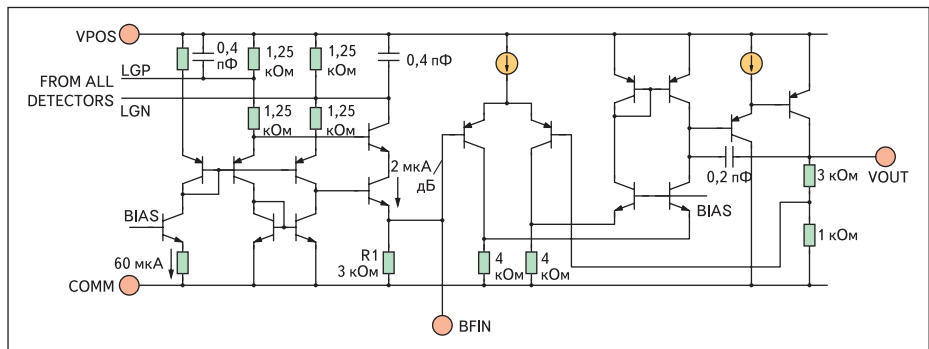


Рис. 16. Упрощенная схема выходного интерфейса

### Микросхема AD8313

Это полностью законченный демодулирующий логарифмический усилитель, который с высокой точностью преобразует радиочастотный сигнал в диапазоне частот от 0,1 до 2,5 ГГц, подаваемый на его дифференциальный вход, в децибельную форму представления сигнала на его выходе по постоянному току. С несколько меньшей точностью AD8313 можно использовать в диапазоне частот от 0,01 до 3,5 ГГц [8]. Номинальный динамический диапазон по входу составляет величину от -65 до 0 дБ при сопротивлении входного источника 50 Ом. Микросхема работает

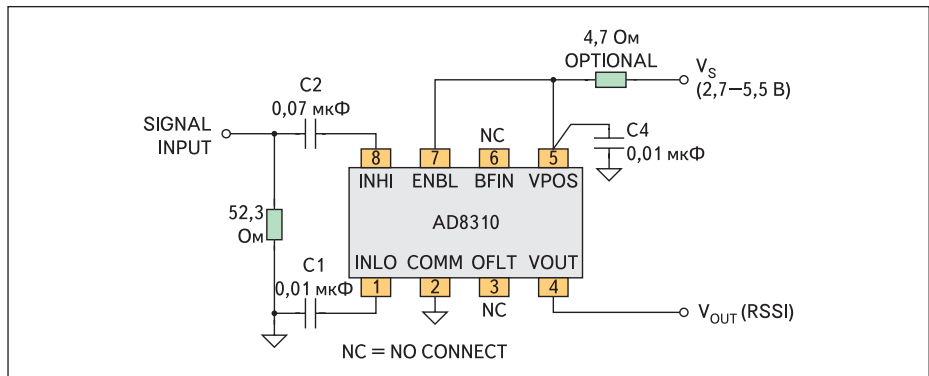


Рис. 17. Типовой вариант включения микросхемы для измерения мощности принимаемого сигнала

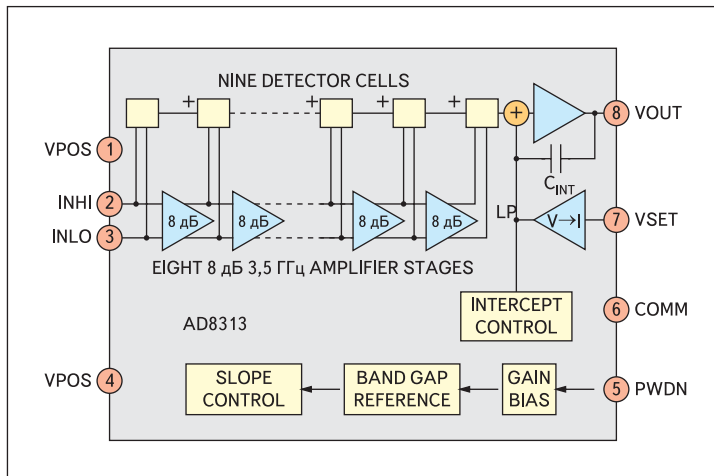


Рис. 19. Блок-схема ЛУ AD8313

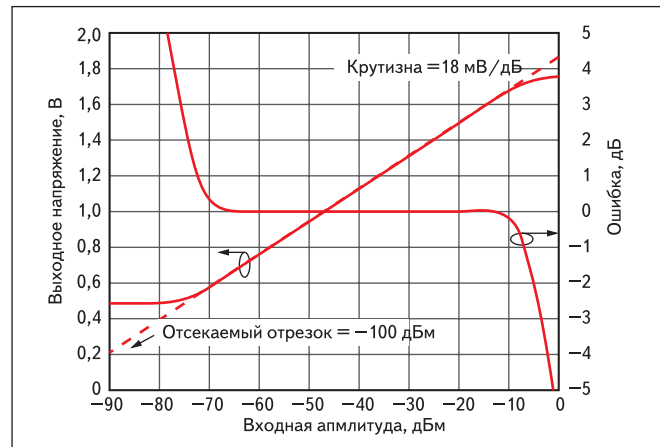


Рис. 20. Переходная функция и кривая ошибок при использовании AD8313 для измерения мощности принимаемого сигнала на частоте 1,9 ГГц

при однополярном питании от 2,7 до 5,5 В. При напряжении питания +3 В ток потребления составляет 13,7 мА.

Блок-схема AD8313 приведена на рис. 19.

Схема представляет собой гальванически связанную каскадную структуру из восьми усилительных блоков с усилением по 8 дБ и дифференциальным выходом каждый и девяти детекторных блоков, первый из которых в пассивном режиме подключен непосредственно на входе ЛУ. К каждому из усилительных каскадов подключена ячейка прецизионного смещения, которая определяет требуемую величину усиления и обеспечивает его стабилизацию при изменении напряжения питания и температуры. По своей сути данная схема аналогична схеме AD8307 как по структуре, так и по свойствам. Для конкретной характеристики данной схемы на рис. 20 приведены графики переходной функции и кривая ошибок при использовании микросхемы для измерения мощности принимаемого сигнала на частоте 1,9 ГГц (режим RSSI).

### Микросхема AD8314

Это экономичный компонент систем для измерения и контроля радиочастотных сигналов в диапазоне от 100 МГц до 2,7 ГГц с типичным динамическим диапазоном 45 дБ. Эта микросхема предназначена для широкого применения в сотовых телефонах и других беспроводных портативных системах [9]. Ее структурная схема представлена на рис. 21.

Данная микросхема в известной степени является развитием аналогичной микросхемы AD8313. Она объединяет две ключевые функции, необходимые для измерения уровня сигнала в широком диапазоне частот. Во-первых, она обеспечивает величину усиления, необходимую для усиления сигналов малого уровня в каскадном соединении из четырех усилительных ячеек. При этом, как и в предыдущем случае, микросхема содержит 5 детекторов, первый из которых (в пассивном режиме)

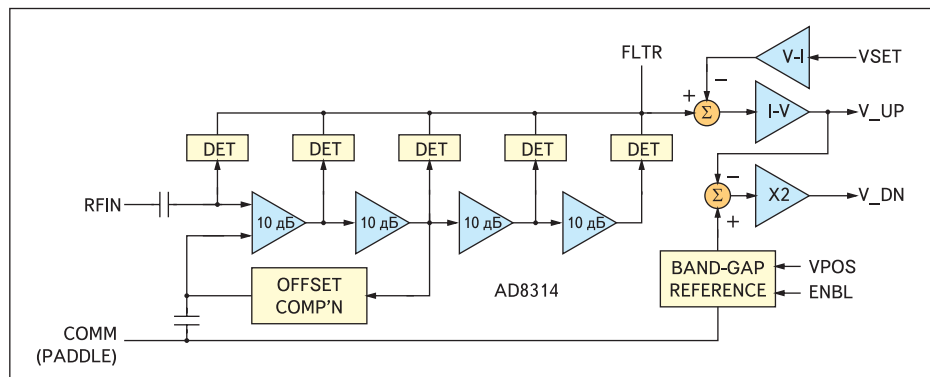


Рис. 21. Структурная схема AD8314

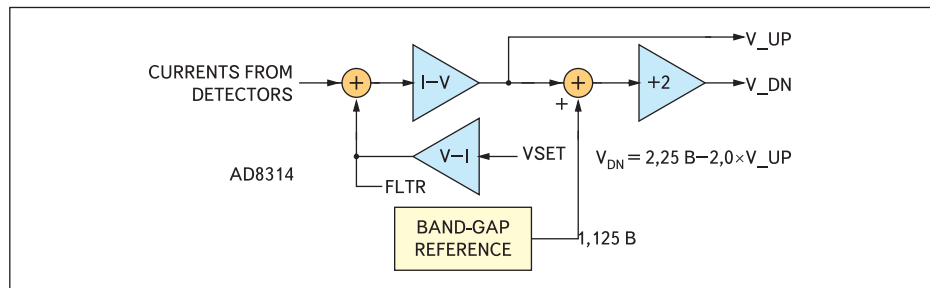


Рис. 22. Структурная схема выходного интерфейса микросхемы AD8314

включен непосредственно на входе первой усилительной ячейки. Каждая усилительная ячейка имеет усиление 10 дБ с полосой пропускания по уровню  $-3$  дБ, 3,5 ГГц. Каждый детектор является квадратичным, что обеспечивает преобразование напряжения радиочастотного сигнала во флуктуирующий ток, имеющий среднюю величину, которая растет при увеличении уровня входного сигнала. Наличие пяти детекторов, разделенных усилительными ячейками с усилением по 10 дБ каждая, обеспечивает практически гладкую передаточную характеристику ЛУ с полным динамическим диапазоном 50 дБ.

Выходные сигналы этих детекторных ячеек представлены в виде дифференциального тока, суммирование которых производится

простым способом. Легко показать, что такое суммирование хорошо аппроксимирует логарифмическую функцию. Этот результирующий сигнал затем преобразуется в напряжение, проходя через каскад с большим усилением, на выходном зажиме  $V_{UP}$ . В режиме измерения этот выход подсоединяется к входу преобразователя «напряжение – ток» (V-I) и в таком случае это напряжение  $V_{UP}$  является логарифмической мерой радиочастотного входного напряжения с крутизной характеристики и точкой перехвата, устанавливаемой проектировщиком. На рис. 22 приведена структурная схема выходного интерфейса микросхемы AD8314.

Базовая схема включения микросхемы в режиме измерения приведена на рис. 23.

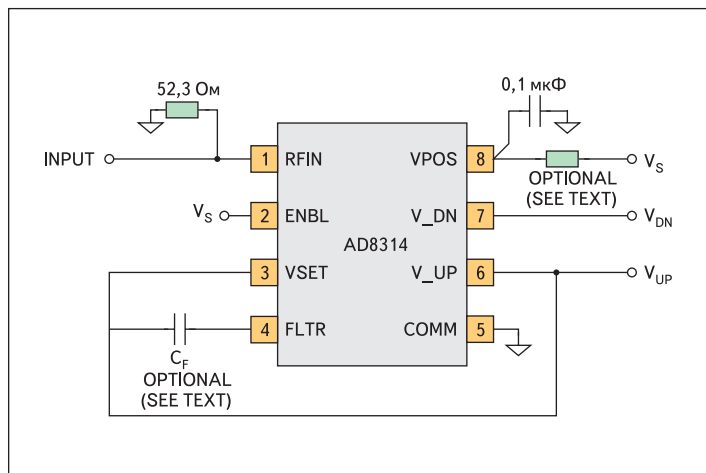


Рис. 23. Базовая схема включения микросхемы в режиме измерения

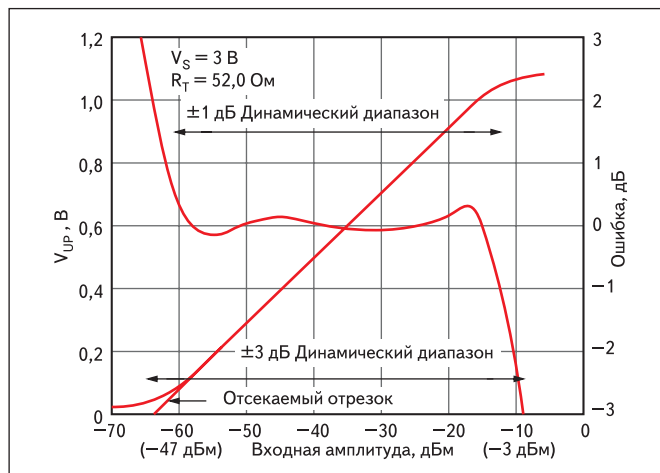


Рис. 24. Передаточная характеристика с графиком допустимой ошибки измерения

Передаточная характеристика с графиком допустимой ошибки измерения приведена на рис. 24.

Микросхема работает от однополярного источника питания с напряжением от +2,7 до +5,5 В и при минимальном напряжении питания потребляет всего 12 мВт. Величина типичного динамического диапазона составляет от -58 до -13 дБВ (-45...0 дБм при сопро-

тивлении источника 50 Ом). Области применения микросхемы — разнообразная портативная аппаратура. Это сотовая телефония: многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA), многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA); портативная аппаратура GSM; индикация мощности принимаемого сигнала (RSSI) и другие.

### Микросхема AD8317

Данная микросхема представляет собой демодулирующий ЛУ, способный с достаточной точностью обеспечивать преобразование радиочастотного входного сигнала в соответствующий децибельный выход [10]. Структура микросхемы, построенная на основе метода прогрессивной компрессии (successive detection), который обеспечивает как динамический диапазон 50 дБ вплоть до 8 ГГц, так и приемлемую по точности работу до 10 ГГц. Структурная схема устройства приведена на рис. 25.

Структура относится к типовой для данной серии микросхем и содержит 6 усилительных ячеек с дифференциальными выходами, соединенными гальванически, и 7 детекторных ячеек, первая из которых, включенная на входе первого усилительного фрагмента, работает в пассивном режиме [10]. Характеристика времени спада/нарастания имеет для данной микросхемы величину 8/10 нс. Напряжение питания однополярное и составляет от +3 до +5,5 В при номинальном токе потребления 22 мА. Динамический диапазон — 50 дБ в полосе частот до 8 ГГц с точностью  $\leq \pm 1$  дБ.

Микросхема при включении может быть сконфигурирована для управления выходным напряжением усилителя мощности или для измерения выходного сигнала с вывода VOUT. В этом режиме вывод VOUT следует подключить к зажиму VSET. Тогда крутизна логарифмической характеристики составит -22 мВ/дБ и определяется величиной VSET. Точка перехвата составляет +15 дБм при сопротивлении входного источника непрерывных колебаний 50 Ом, подключенного к зажиму INHI.

Микросхема реализуется на основе современной SiGe биполярной технологии. Выпускается в восьмивыводном корпусе LFCSP\_VD размером 2×3 мм и способна работать в температурном диапазоне от -40 до +85 °С.

Базовая схема включения микросхемы приведена на рис. 26.

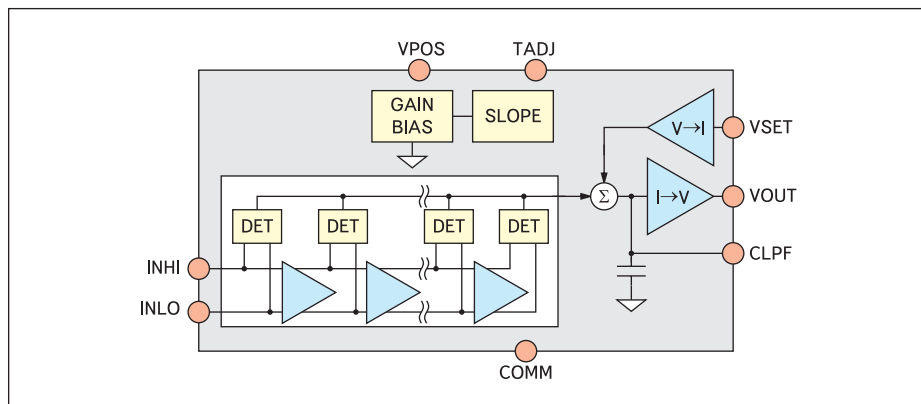


Рис. 25. Базовая структура микросхемы AD8317

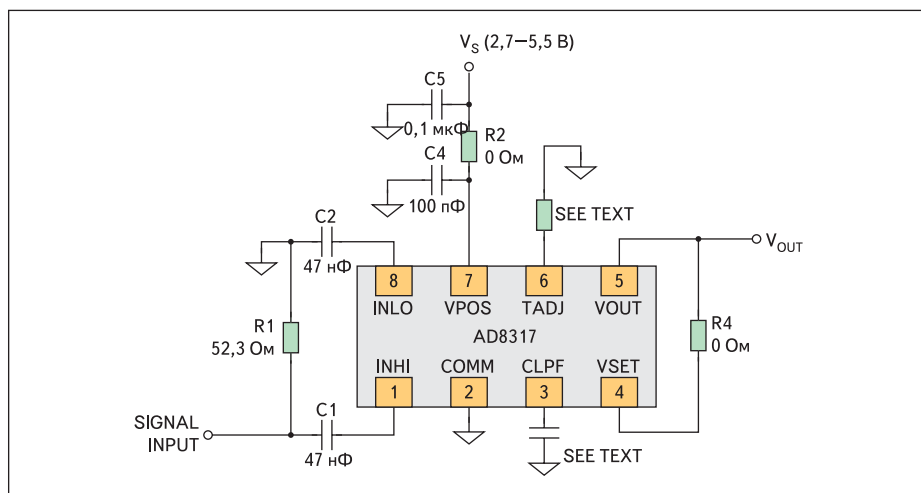


Рис. 26. Базовая схема включения микросхемы AD8317

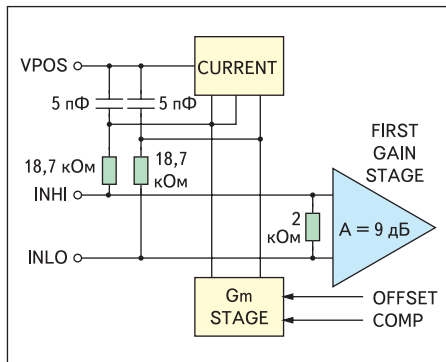


Рис. 27. Входной интерфейс микросхемы AD8317

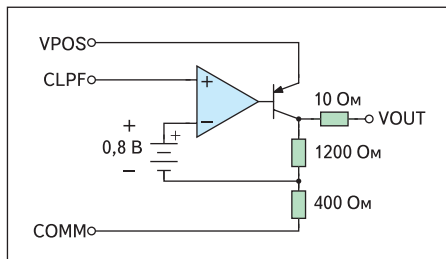


Рис. 28. Выходной интерфейс микросхемы AD8317

Входной и выходной интерфейсы микросхемы приведены соответственно на рис. 27, 28.

Когда напряжение VOUT подается на зажим VSET, микросхема работает в режиме измерения. Типичная характеристика для такого режима приведена на рис. 29, где помещен также график допустимой ошибки для указанного диапазона передаточной характеристики ЛУ. Заметим, что для данной микросхемы его характеристика имеет отрицательный наклон.

Выходное напряжение в зависимости от мощности входного сигнала, представленного в децибелной форме, имеет линейный характер во всем многодекадном диапазоне. Уравнение, описывающее данную функцию, может быть представлено в следующем виде:

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= \\ &= X \times V_{SLOPE/DEC} \times \log_{10}(V_{IN}/V_{INTERCEPT}) = \\ &= X \times V_{SLOPE/DB} \times 20 \times \log_{10}(V_{IN}/V_{INTERCEPT}), \end{aligned} \quad (1)$$

$$V_{SET} = V_{OUT}/X, \quad (2)$$

где  $X$  — фактор обратной связи в выражении;  $V_{SLOPE/DEC}$  — номинальная крутизна, составляющая  $-440$  мВ/дек или  $-22$  мВ/дБ;  $V_{INTERCEPT}$  — точка перехвата на линейном участке характеристики на оси абсцисс (рис. 30). Значение этой точки составляет  $+2$  дБВ для синусоидального входного сигнала.

Отрицательный наклон характеристики отражает характер управления усилением всех усилителей мощности, включенным с отрицательной обратной связью.

### Микросхема AD8318

Данная микросхема практически идентична микросхеме AD8317, за исключением того, что в структуру AD8318 введен блок термосенсора (рис. 30) [11].

По сравнению с предыдущей микросхемой данная модель, представляющая собой демодулирующий ЛУ, обладает менее широким

диапазоном рабочих частот (до 8 ГГц), но большей величиной динамического диапазона (60 дБ против 50 дБ микросхемы AD8317).

Структура также относится к типовой для данной серии микросхем и содержит 9 усилительных ячеек с дифференциальными выходами, соединенными гальванически, и 10 детекторных ячеек, первая из которых, включенная на входе первого усилительного фрагмента, работает в пассивном режиме.

К достоинствам AD8318 можно отнести: уменьшение влияния температуры на положение точки перехвата, расширенный частотный диапазон в области высоких частот, низкий уровень собственных шумов в режиме измерения и управления. Спектральная плотность напряжения шума, приведенного к входу, составляет всего  $1,15$  нВ/Гц, что эквивалентно среднеквадратическому напряжению  $118$  мкВ в диапазоне до  $10,5$  ГГц или мощности шума  $-66$  дБм при сопротивлении источника входного сигнала  $50$  Ом. В микросхему введен ФНЧ с регулируемой частотой полосы пропускания (CLPF), температурный сенсор (датчик температуры) с выходным зажимом (TEMP). Передаточная функция ЛУ имеет отрицательный спад при высокой точности (линейности), график которой с кри-

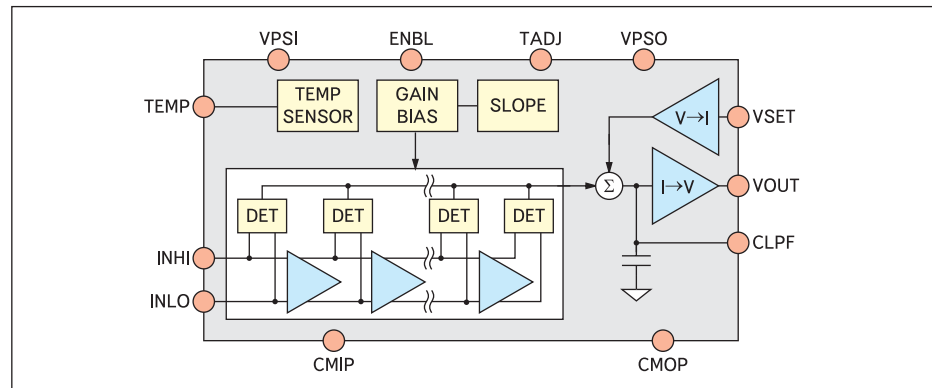


Рис. 30. Базовая структура микросхемы AD8318

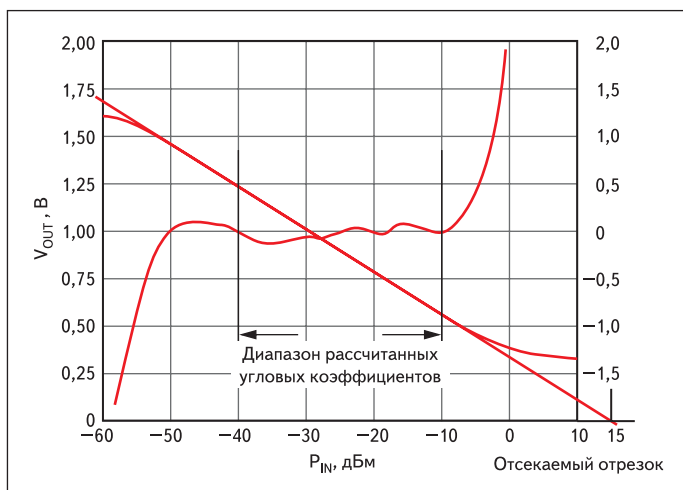


Рис. 29. Типичная характеристика зависимости выходного напряжения от величины входной мощности

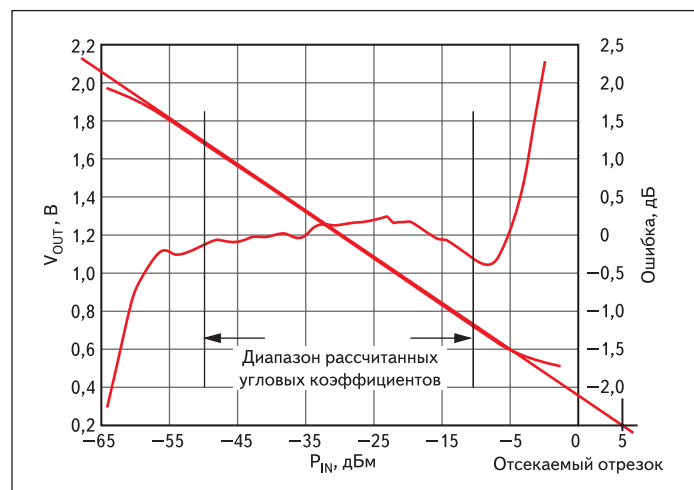


Рис. 31. Передаточная характеристика ЛУ с кривой допустимых ошибок



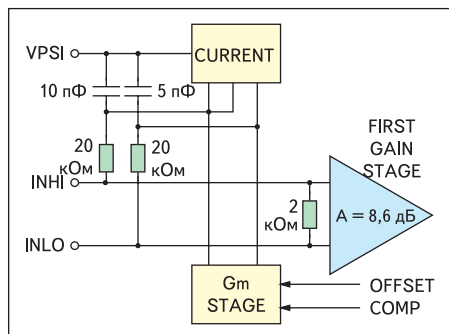


Рис. 32. Входной интерфейс микросхемы AD8318

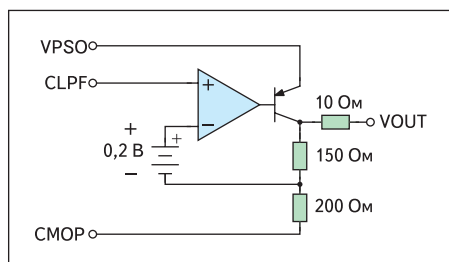


Рис. 33. Выходной интерфейс микросхемы AD8318

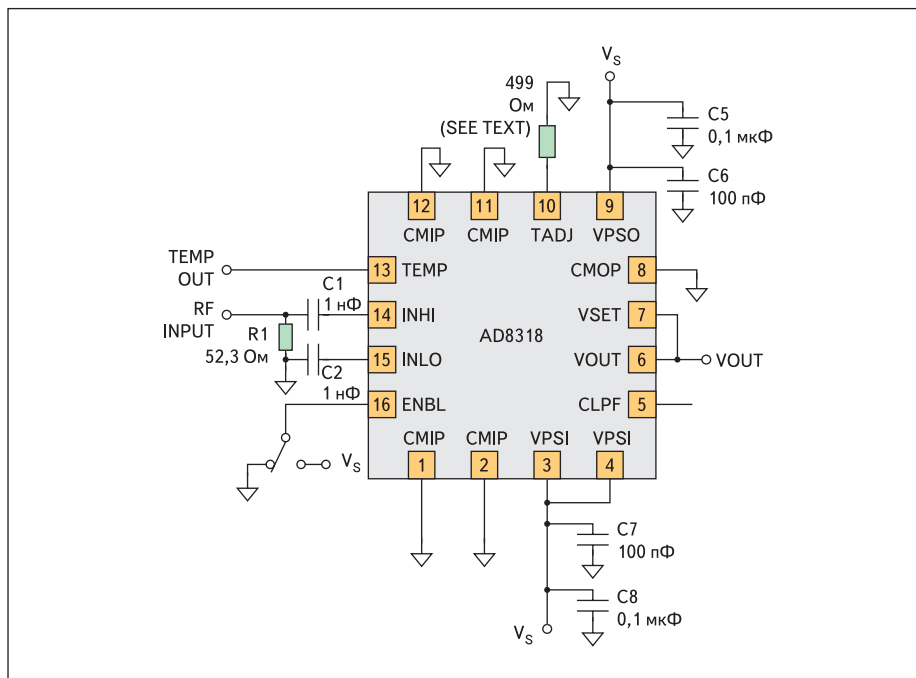


Рис. 34. Типовая схема включения микросхемы AD8318

вой допустимых ошибок измерения приведен на рис. 31.

Логарифмическая функция аппроксимируется девятикаскадной структурой кусочно-линейным образом. Более детально принцип такой аппроксимации рассмотрен в [5]. Номинальное усиление одного каскада составляет 8,7 дБ при полосе пропускания по уровню -3 дБ, 10,5 ГГц.

Входной интерфейс AD8318 схемотехнически аналогичен входному интерфейсу микросхемы AD8317, за исключением входящих в схему величин номиналов элементов (рис. 32). То же относится и к выходному интерфейсу данной микросхемы (рис. 33).

Типовая схема включения микросхемы AD8318 приведена на рис. 34. Напряжение питания схемы однополярное: от +3 до +5,5 В. Основное предназначение — измерения и управление в беспроводных системах связи, включая базовые станции сотовой телефонии.

Микросхема имеет вывод блокировки (ENBL, вывод 16). При подаче на него напряжения питания микросхема переходит в рабочий режим, а при подключении его к ну-

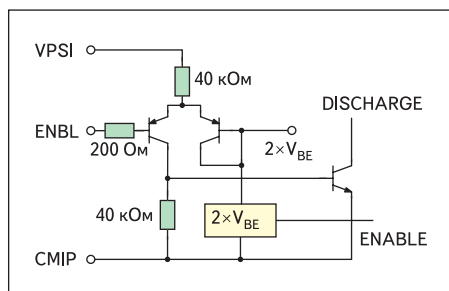


Рис. 35. Фрагмент схемы AD8318

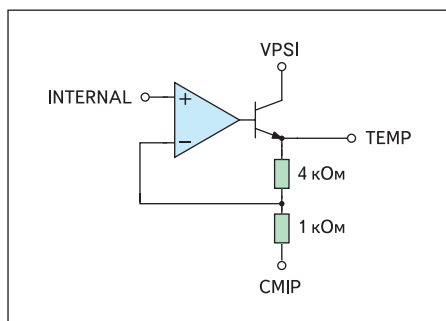


Рис. 36. Интерфейс температурного датчика

левому потенциалу (к земляной шине) — в спящий режим, при котором ток потребления снижается на порядок. Фрагмент схемы, обеспечивающий данную функцию, приведен на рис. 35.

Микросхема с помощью специального фрагмента — интерфейса температурного датчика (рис. 36) — вырабатывает напряже-

ние, пропорциональное абсолютной температуре ( $V_{PTAT}$ ). Это напряжение умножается на 5 (рис. 36), что приводит к величине +2 мВ/°С на выходном зажиме TEMP. Типичное значение выходного напряжения при температуре +27 °С составляет 600 мВ. Выходное напряжение температурного датчика будет изменяться в соответствии с изменением выходного тока при увеличении температуры.

Вопросы калибровки для разных режимов работы микросхемы и настройки для минимизации ошибок измерения подробно рассмотрены в материале [11].

### Микросхема AD8319

Это демодулирующий логарифмический усилитель, предназначенный с высокой точностью преобразовывать радиочастотный входной сигнал в соответствующий децибелный выходной сигнал [12]. В основе его структуры лежит метод прогрессивной ком-

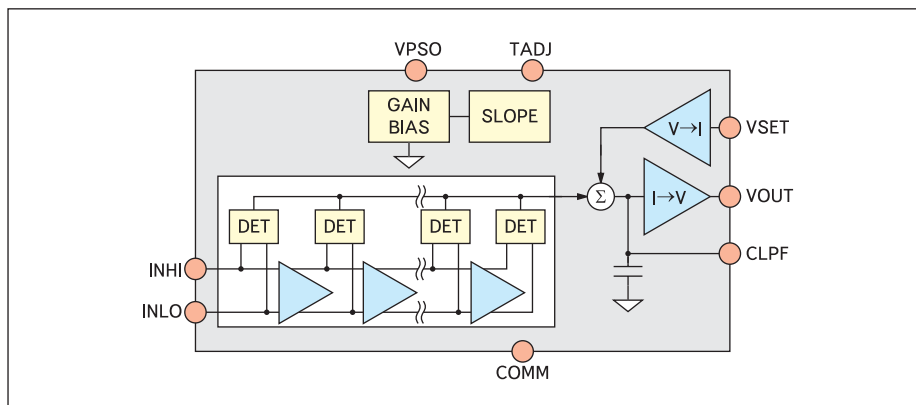


Рис. 37. Структурная схема AD8319

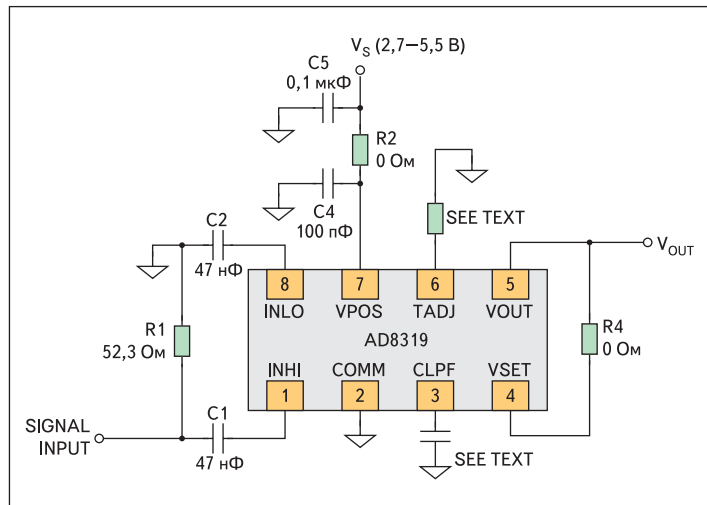


Рис. 38. Типовая схема включения AD8319

прессии, построенный на каскадном включении 5 усилительных ячеек и 6 детекторов, первый из которых работает в пассивном режиме. Микросхема может быть использована для работы в двух режимах — в режиме измерения и режиме управления (в качестве контроллера).

AD8319 обеспечивает точное логарифмическое соответствие для сигналов в частотном диапазоне от 1 МГц до 8 ГГц, а также с приемлемой точностью может быть использована на частотах до 10 ГГц. Входной динамический диапазон составляет 40 дБ при стандартном сопротивлении источника входного сигнала величиной 50 Ом. При этом максимальная ошибка вследствие нелинейности характеристики не превосходит  $\pm 1$  дБ.

Микросхема работает при однополярном напряжении от +3 до +5,5 В при токе потребления 22 мА, который снижается до 200 мкА в режиме блокировки. Малый уровень потребления при относительно высоких значениях собственных характеристик и параметров позволяет производить экономичные и качественные микросхемы в корпусе CSP размером всего 2×3 мм.

Структурная схема AD8319 приведена на рис. 37.

Наиболее значительное отличие данной микросхемы от AD8318 — это относительно точное отслеживание точки перехвата при изменении температуры во всем динамическом диапазоне 40 дБ. Дополнительным улучшением по сравнению со схемой AD8318 является другое время установления характеристики ЛУ: время установки импульсной характеристики составляет всего 8–10 нс.

Типовая схема включения данной микросхемы приведена на рис. 38.

Схема входного интерфейса полностью аналогична схеме AD8317 с точностью до величин номиналов элементов (рис. 26). Аналогична и схема выходного интерфейса (рис. 27).

Типовая передаточная характеристика AD8319 приведена на рис. 39.

### Заключение

Автор умышленно отказался от «табличного» представления основных свойств и параметров микросхем, поскольку почти каждая из них обладает своей уникальной спецификой, как в части схемотехники, так и в части реализационных параметров и областей применения.

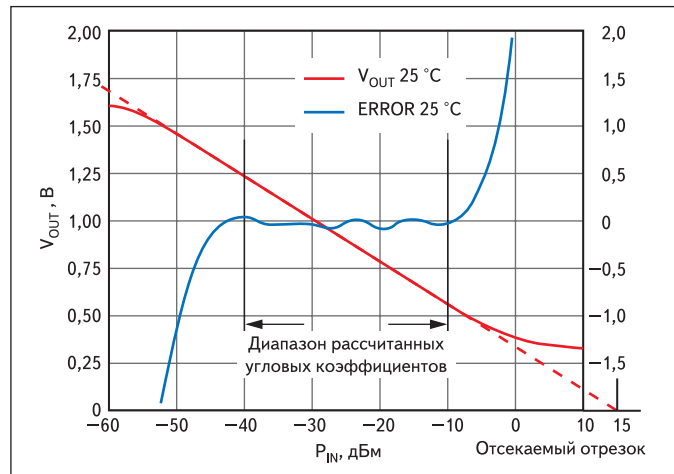


Рис. 39. Типовая передаточная характеристика AD8319 с графиком допустимых ошибок в режиме измерения

Разумеется, в рамках одной журнальной статьи невозможно полностью охватить и раскрыть все особенности микросхем Analog Devices. Тем не менее, автор надеется, что представленный материал окажется в какой-то степени полезным, хотя бы в плане предварительной ориентации разработчика в области выпускаемой продукции.

Следует отметить, что фирма Analog Devices сопровождает свою продукцию предельно развернутыми описаниями с большим количеством графического и обзорно-описательного характера. Так что все нерассмотренные детали и подробности можно найти в соответствующих «data sheets», ссылки на которые приведены в списке литературы, все эти материалы находятся в открытом доступе на сайте фирмы. ■

### Литература

1. AD606 — 50 MHz, 80 dB Demodulating Logarithmic Amplifier with Limiter Output. [www.analog.com](http://www.analog.com)
2. AD640 — DC-Coupled Demodulating 120 MGz Logarithmic Amplifier. [www.analog.com](http://www.analog.com)
3. AD641 — 250 MGz Demodulating Logarithmic Amplifier. [www.analog.com](http://www.analog.com)
4. AD8302 — LF-2.7 GHz RF/IF Gain and Phase Detector. [www.analog.com](http://www.analog.com)
5. AD8307 — Low Cost-500MGz, 92 dB Logarithmic Amplifier. [www.analog.com](http://www.analog.com)
6. AD8309 — 5 MHz-500 MHz 100 dB Demodulating Logarithmic Amplifier with Limiter Output. [www.analog.com](http://www.analog.com)
7. AD8310 — Fast, Voltage-Out DC-440 MHz, 95 dB Logarithmic Amplifier. [www.analog.com](http://www.analog.com)
8. AD8313 — 0.1 GHz to 2.5 GHz 70 dB Logarithmic Detector/Controller. [www.analog.com](http://www.analog.com)
9. AD8314 — 100 MGz -2.7 GHz 45 dB RF Detector/Controller. [www.analog.com](http://www.analog.com)
10. AD8317 — 1 MGz to 10 GHz, 50 dB Log Detector/Controller. [www.analog.com](http://www.analog.com)
11. AD8318 — 1 MGz — 8 GHz, 60 dB Logarithmic Detector/Controller. [www.analog.com](http://www.analog.com)
12. AD8319 — 1 MGz to 10 GHz, 40 dB Log Detector/Controller. [www.analog.com](http://www.analog.com)