

ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ СО СВЕРХМАЛЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ ДЛЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ АУДИОПРИЛОЖЕНИЙ

В статье рассмотрены основные характеристики операционных усилителей и дифференциальных драйверов со сверхмалыми нелинейными искажениями и низким уровнем шумов, выпускаемых компаниями National Semiconductor и Analog Devices.



OPERATIONAL AMPLIFIERS WITH MIDGET DISTORTIONS FOR HIGH-GRADE AUDIOAPPLICATIONS

Abstract - In article the basic characteristics of operational amplifiers and differential drivers with midget nonlinear distortions and low level of the noise released by National Semiconductor and Analog Devices companies are observed.

В. Макаренко

V. Makarenko

Расширение динамического диапазона до 120...124 дБ в современных дельта-сигма АЦП позволяет реализовать высококачественную обработку звуковых сигналов. Однако для реализации входных усилителей с таким динамическим диапазоном требуются ИМС с очень низким уровнем шумов и нелинейных искажений в полосе звуковых частот: уровень шума не должен превышать -125 дБ, а коэффициент гармоник не должен быть более 0.00005%.

Компания National Semiconductor выпускает ряд операционных усилителей, соответствующих этим требованиям. Это усилители LME49725...LME49990, основные параметры которых приведены в таблице [1].

Рассмотрим подробнее параметры усилителя LME49990, имеющего наилучшие характеристики из приведенных в таблице усилителей [2]. Напряжение питания усилителя может изменяться в широких пределах от ± 5 до ± 18 В, коэффициент ослабления изменения напряжения источника питания (PSRR) не менее 144 дБ. Типовое значение спектральной плотности шума 0.9 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$, а максимальное не превышает 1.3 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$. Диапазон рабочих температур от -40 до 85 °С.

С учетом очень малых значений коэффициента гармоник и спектральной плотности шума, а также широкой полосы пропускания эти усилители могут использоваться для ре-

Основные параметры малошумящих усилителей компании National Semiconductor

Тип усилителя	K_r (THD), %	$S_{ш}$, нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$	Частота ед. усиления, МГц	V_n , В/мкс	КОСС, дБ	Напряжение питания, В		$I_{потр}$, мА (на 1 канал)	Число усилит. в корпусе
						мин.	макс.		
LME49725	0.00004	3.3	40	15	120	4.5	18	3	2
LM4562	0.00003	2.7	55	20	120	5	34	5	2
LME49740	0.00003	2.5	55	20	120	5	34	4.62	4
LME49720	0.00003	2.5	55	20	120	5	34	5	2
LME49860	0.00003	2.7	55	20	120	5	44	5.25	2
LME49600	0.00003	2.63	180	20	-	5	44	14.5	1
LME49870	0.00003	2.7	55	20	120	5	44	4.8	1
LME49724	0.00003	2.1	50	18	102	2.5	38	-	1
LME49880	0.00003	7	25	17	110	5	17	14	2
LME49710	0.00003	2.5	55	20	120	5	34	4.8	1
LME49722	0.00002	1.9	55	22	130	2.5	38	12.1	2
LME49990	0.00001	0.88	110	22	137	10	38	8	1

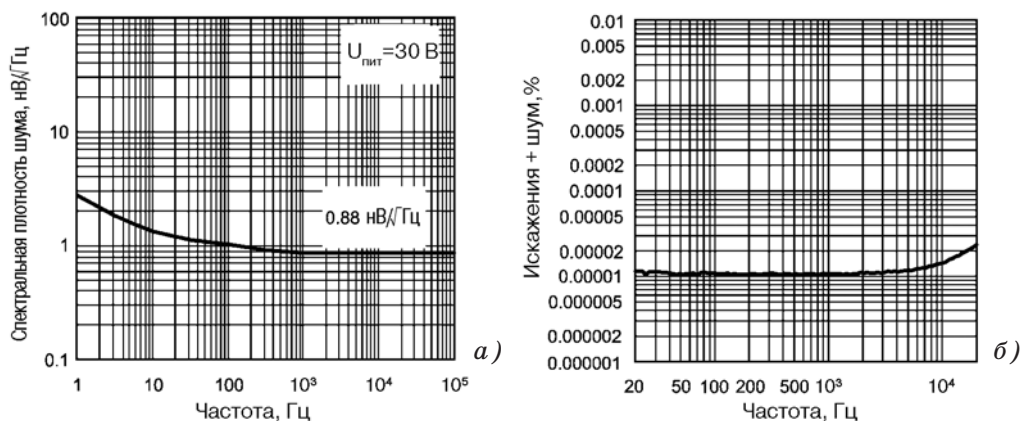


Рис. 1. Зависимость спектральной плотности шума (а) усилителя LME49990 и его нелинейных искажений (б) от частоты

лизации предусилителей в высококачественных системах звуковоспроизведения, микшерных пультах, многоканальных аудио/видеоресиверах, студийных аудиомониторах, анализаторах спектра, ультразвуковых сканерах и во многих других приложениях.

На рис. 1, а приведена зависимость спектральной плотности шума, а на рис. 1, б – нелинейных искажений от частоты сигнала. Анализ графика (рис. 1, а) позволяет сделать вывод о том, что спектральная плотность шума ниже частоты 80 Гц растет незначительно, что позволяет использовать усилитель для обработки звуковых сигналов в широком динамическом диапазоне. Величина нелинейных искажений + шум при напряжении питания 30 В и выходном напряжении 3 В практически не меняется в диапазоне от 20 до 6000 Гц, а затем наблюдается медленный рост до величины 0.0002% на частоте 20 кГц.

Исследование зависимости величины искажений от среднеквадратического значения выходного напряжения (рис. 2) позволяет сделать вывод о том, что потенциально ИМС LME49990 может обеспечить величину искажений на уровне 0.000003% при напряжении питания ±18 В и выходном напряжении 10 В. Причем эта величина слабо зависит от сопротивления нагрузки [2]. При напряжении питания ±5 В минимальная величина искажений достигает значения 0.00002%.

Для того чтобы усилитель LME49990 устойчиво работал на длинную линию с волновым сопротивлением 600 Ом, рекомендуется к его выходу подключать корректирующую цепь (рис. 3).

Для согласования источников сигналов со входом дельта-сигма АЦП компания National Semiconductor разработала дифференциаль-

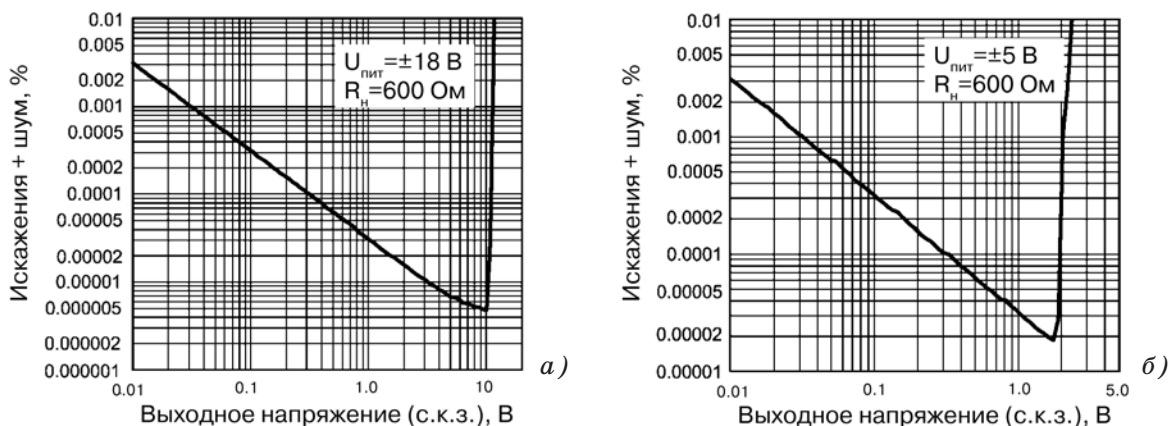


Рис. 2. Зависимость нелинейных искажений и шума усилителя LME49990 от среднеквадратического значения выходного напряжения при $U_{пит} = \pm 18 В$ (а) и $U_{пит} = \pm 5 В$ (б)

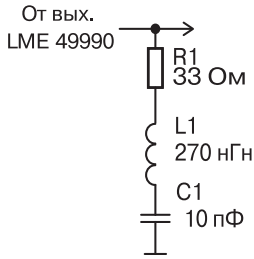


Рис. 3. Корректирующая цепь для работы усилителя на длинную линию

ный драйвер LMP8350 со сверхмалыми искажениями [3, 4].

Особенности драйвера LMP8350:

- дифференциальные вход и выход
- возможность работы как с однополярным, так и с двухполярным источником питания
- регулировка коэффициента подавления синфазной помехи
- три уровня энергопотребления (выбираются пользователем)
- режим пониженного энергопотребления.

Основные характеристики драйвера LMP8350, измеренные при температуре 25 °C, $U_{пит} = 10 В$, $R_{н} = 2 кОм/20 пФ$:

- диапазон изменения напряжения питания 4.5...12 В
- потребляемый ток от 3 до 13 мА (в зависимости от режима работы)
- искажения + шум (Total THD+N) на частоте 1 кГц 0.000097%
- искажения по 2 и 3 гармоникам при частоте сигнала 1 кГц не более -124 дБ
- полоса пропускания 118 МГц
- время установления выходного сигнала с точностью 0.1% не более 20 нс
- напряжение смещения не более 80 мкВ
- дрейф напряжения смещения 0.4 мкВ/°C
- спектральная плотность шума 4.6 нВ/√Гц
- диапазон рабочих температур от -40 до 85 °C.

Наличие трех режимов потребления мощности расширяет возможности использования драйвера. Переключение режимов осуществляется подачей соответствующего напряжения на вход Enable [4]. Режим большой мощности (High Power, напряжение на входе Enable $V_{EN} = 8.75 В$) оптимизирован для достижения самых высоких рабочих характеристик драйвера. Он характеризуется максимальной полосой пропускания и минимальным уровнем шу-

мов, что позволяет использовать его с 24-разрядным АЦП для преобразования сигналов в полосе до 10 МГц.

Режим средней потребляемой мощности (Mid Power, $V_{EN} = 6.25 В$) обеспечивает работу с 24-разрядным АЦП в полосе частот до 6 МГц, а режим минимальной потребляемой мощности (Low Power, $V_{EN} = 3.75 В$) используется в полосе частот до 4 МГц в портативной переносной аппаратуре для снижения потребления энергии. Возможность перевода драйвера в "спящий режим" позволяет обеспечить эффективное энергосбережение при питании устройств от батарей.

При изменении режима работы по потребляемой мощности меняется и скорость нарастания выходного напряжения драйвера. Режиму High Power соответствует $V_{н} = 476 В/мкс$, режиму Mid Power – 366 В/мкс, а режиму Low Power – 160 В/мкс.

Полностью дифференциальная архитектура этого устройства позволяет в режиме максимальной потребляемой мощности обеспечить на частоте 1 кГц при напряжении питания $\pm 3.3 В$ выходное напряжение 3 В от пика до пика. При этих условиях суммарная величина искажений + шум не превышает 0.000098%.

Типовая схема подключения драйвера LMP8350 к АЦП приведена на рис. 4.

Частотные характеристики драйвера при различных режимах работы приведены на рис. 5, на котором использованы следующие обозначения:

- HP – большая потребляемая мощность
- MP – средняя потребляемая мощность
- LP – малая потребляемая мощность.

Зависимости нелинейных искажений от размаха дифференциального сигнала на выхо-

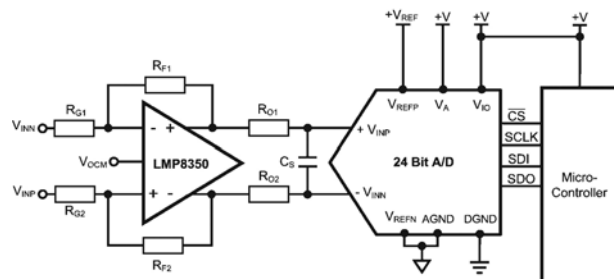


Рис. 4. Типовая схема подключения драйвера LMP8350 к АЦП

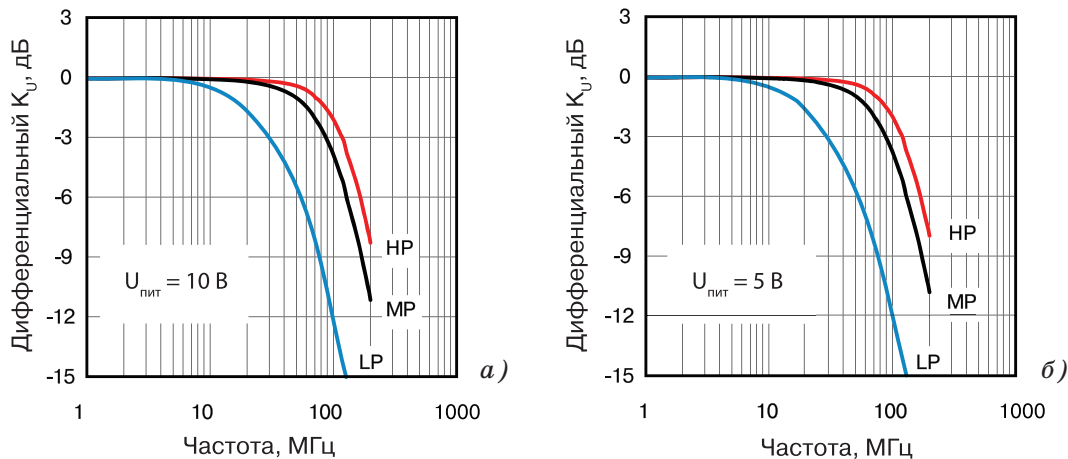


Рис. 5. Частотные характеристики драйвера LMP8350

при напряжении питания 10 В (а) и 5 В (б) в разных режимах потребляемой мощности

де LMP8350 при напряжении питания 5 В приведены на рис. 6. Анализируя зависимости коэффициента нелинейных искажений по второй ($K_{Г2}$) и третьей ($K_{Г3}$) гармоникам (рис. 6, а) и величины искажений + шум (рис. 6, б) от размаха выходного сигнала, можно сделать вывод о том, что минимальный уровень искажений обеспечивается при размахе, не превышающем величины 1...3 В. Значительный рост искажений наблюдается при размахе выходного сигнала более 5 В.

Подробнее с характеристиками усилителей производства компании National Semiconductor можно ознакомиться в [1...4].

Компания Analog Devices также выпускает ряд усилителей со сверхмалыми нелинейными

искажениями и малым уровнем шума. К ним относятся усилители AD8597 и AD8599 (соответственно одно- и двухканальный) [5].

Рассмотрим подробнее характеристики усилителя AD8599:

- спектральная плотность шума не более 1.1 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$
- уровень шума в диапазоне частот 0.1...10 Гц не более 76 нВ от пика до пика
- полоса пропускания 10 МГц
- ток потребления на канал 4.8 мА
- напряжение смещения не более 10 мкВ
- уровень искажений (THD) не более -120 дБ
- скорость нарастания 14 В/мкс
- напряжение питания ± 15 В
- диапазон рабочих температур -40...125 °С.

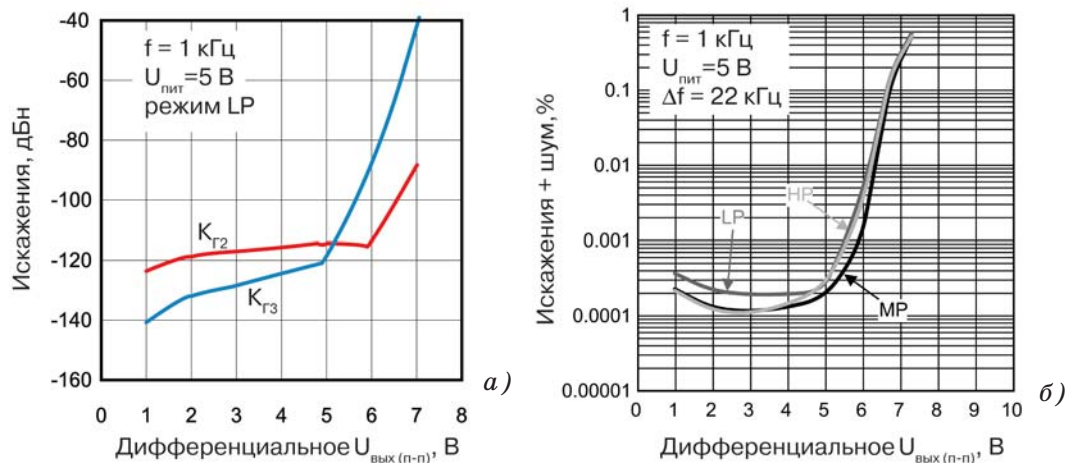


Рис. 6. Зависимости нелинейных искажений драйвера LMP8350 по второй и третьей гармоникам (а) и величины его искажений + шум при напряжении питания 5 В в разных режимах потребляемой мощности (б) от размаха выходного дифференциального напряжения

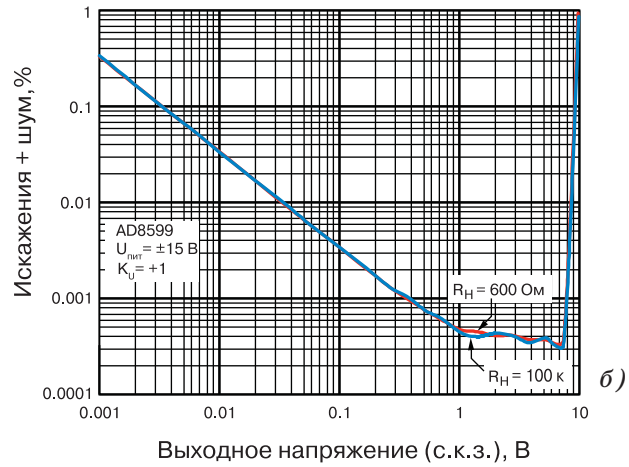
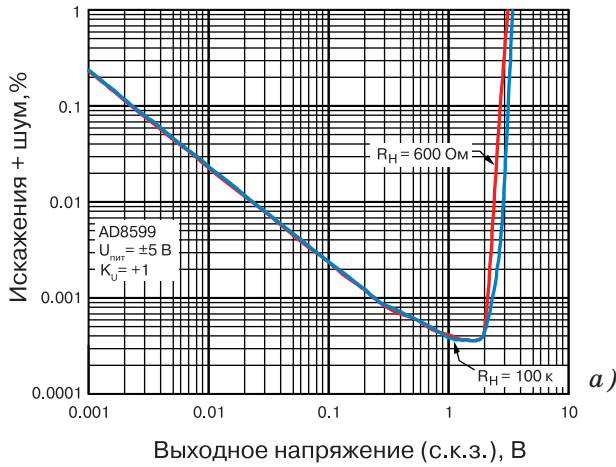


Рис. 7. Зависимости коэффициента нелинейных искажений + шум усилителя AD8599 от среднеквадратического значения выходного напряжения при разных сопротивлениях нагрузки и $U_{пит}$, равном ± 5 В (а) и ± 15 В (б)

На рис. 7 приведены зависимости коэффициента нелинейных искажений ОУ AD8599 от среднеквадратического значения выходного напряжения при различных величинах напряжения питания и сопротивления нагрузки.

Подробнее с характеристиками усилителей, выпускаемых компанией Analog Devices, можно ознакомиться на сайте компании www.analog.com.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.national.com/en/audio/high_performance.html.
2. <http://www.national.com/pf/LM/LME49990.html>.
3. <http://www.national.com/pf/LM/LMP8350.html#Overview>.
4. <http://www.ti.com/lit/gpn/lmp8350>.
5. http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8597_8599.pdf.



главная российская выставка электронных компонентов и модулей

17–19 АПРЕЛЯ 2012

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

ВЕДУЩИЕ РОССИЙСКИЕ ПОСТАВЩИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И МОДУЛЕЙ НА ДЕЛОВОМ ФОРУМЕ И ВЫСТАВКЕ «НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ»

новая продукция мировых технологических лидеров
новые сервисы для разработчиков и производителей электронной аппаратуры
новые программы сотрудничества

тел. +7 [495] 221-5015 — факс +7 [495] 946-1874 — new-electronics.info — info@chipexpo.ru