



- 01. Даташиты (Datasheets)
- 02. Статьи, аналитика
- 03. Инструкции, user manuals
- 04. Принципиальные схемы
- 05. Программы
- 06. Радиолобителю
- 07. Книжная полка
- 08. Справочник
- 09. Глоссарий
- 10. Ремонт электроники
- 11. Выставки
- 12. Статьи, партнеры

ПОДПИСКА:

Имя:

E-mail:

Последние новости

Анонсы статей

Я не робот

geCAPTCHA

Конфиденциальность - Условия использования

## Free Unlimited Downloads

> Schematic Symbols
> PCB Footprints
> 3D Models

→
→
→

Download Models

### Р / Л ТЕХНОЛОГИЯ

[Главная](#) ▶ [Радиолобителю](#) ▶ [Р/Л технология](#)

## УМЗЧ на микросхеме LM3886 с глубокой ООС

В статье предложен усилитель мощности на популярной микросхеме, отличающийся использованием ИТУН в качестве входного буферного каскада и параллельной ООС. Эта особенность позволила получить в рабочей полосе частот максимально возможную глубину обратной связи, достигаемую для микросхемы, и существенно уменьшить её нелинейные искажения и шумы в сравнении с типовым включением.

В этой статье продолжается тема максимизации отрицательной обратной связи (ООС) в УМЗЧ с учётом их схемотехнических особенностей. Как отмечено в [1], основная идея такого подхода состоит в том, чтобы обеспечить максимальное снижение нелинейных искажений в мощных каскадах усилителей.

Напомним, что для кардинального снижения нелинейных искажений глубина ООС должна быть максимальной при очень большом запасе усиления внутри петли. В пределе ООС может быть стопроцентной, что, например, для мощного ОУ означает прохождение искажений сигнала на инвертирующий вход без ослабления. Сама ООС должна обеспечивать крайне малое время реакции в петле ООС (ВРП ООС) [1, 2].

Подобные принципы, по сути, являются фундаментом, на котором базируются прочие параметры усилителя. Однако в явном большинстве УМЗЧ эти условия выполняются лишь частично.

Автором этой статьи в протяжении ряда лет опубликовано несколько схем УМЗЧ различной степени сложности [1-3], в которых достаточно полно реализованы достоинства многоканальных усилительных структур (МКУС), в том числе с усилением мощности на микросхеме LM3886 [2], однако упрощённым такой усилитель назвать сложно.

Если же в УМЗЧ не использовать структуру МКУС, то можно реализовать только один из трёх важных критериев - стопроцентную ООС в рабочей полосе частот, охватывающую каскады, вносящие заметные нелинейные искажения. Структура такого усилителя показана на рис. 1 (рис. 2 в [1]). Здесь входной источник тока, управляемый напряжением (ИТУН), создаёт входной ток для инвертирующего усилителя. Этим и создаются условия для получения стопроцентной ООС. Сразу заметим, что для минимизации общих нелинейных искажений ИТУН должен работать в малосигнальном режиме (на уровне не более -40 дБ от максимального). Его практическая схема может быть реализована на основе различных полупроводниковых приборов, в том числе и высококачественных ОУ.

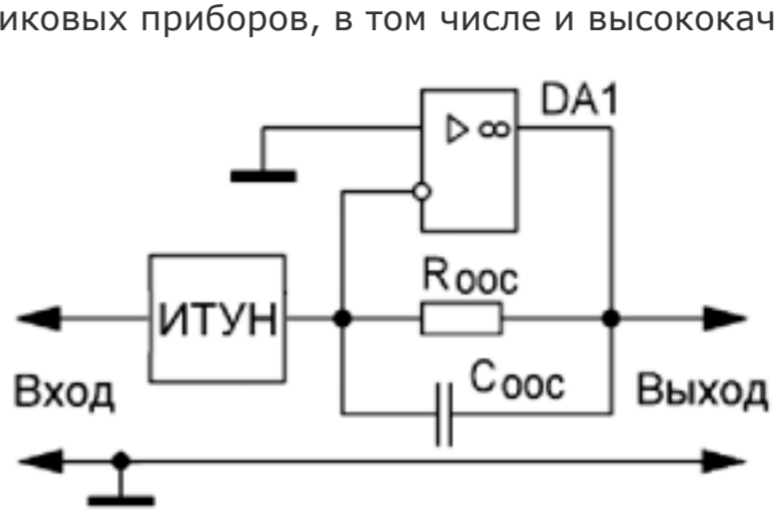


Рис. 1. Структурная схема усилителя

В целом это универсальная структура, которая подходит для любых микросхем УМЗЧ, в том числе и мощных ОУ, но среди них очень мало скорректированных для коэффициента усиления по напряжению  $K_u = 1$ , хотя многие маломощные ОУ имеют такую же фазово-частотную коррекцию. Не обладает такой коррекцией и микросхема усилителя мощности LM3886 [4], способная обеспечить выходную мощность до 68 Вт на нагрузке сопротивлением 4 Ом.

Устойчивая, без признаков возбуждения, работа такого усилителя возможна только при  $K_u \geq 10$ . Но уже при  $K_u = 5$  микросхема может проявлять неустойчивость при перегрузке, а при  $K_u = 2$  микросхема LM3886 явно склонна к самовозбуждению. То есть получается, что при попытке уменьшить коэффициент ослабления в петле ООС усилитель становится неустойчивым.

Понятно, что здесь устойчивость необходима именно в области высоких частот (выше 100 кГц). Поэтому можно создать необходимый коэффициент передачи по петле ООС на высоких частотах, а на низких, звуковых, получить ООС почти без ослабления. Такой компромиссный вариант реализован в структурной схеме, показанной на рис. 2.

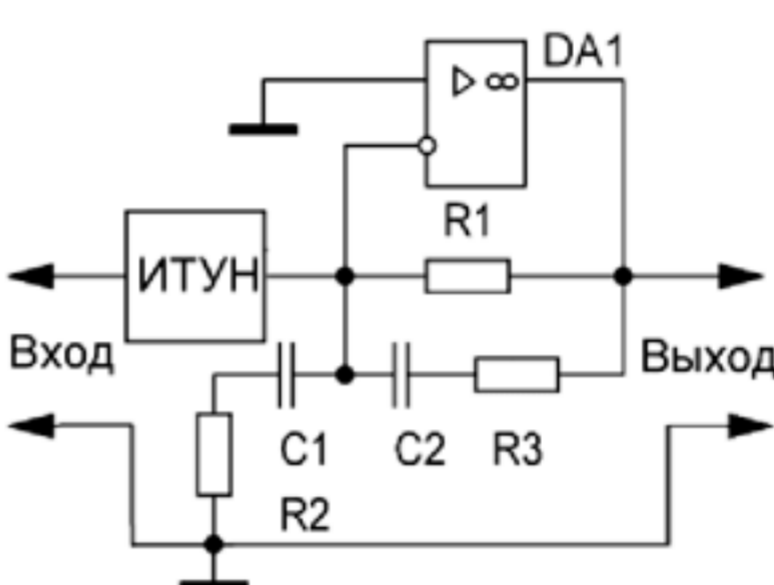


Рис. 2. Структурная схема усилителя

В такой структуре микросхема УМЗЧ охвачена частотно-зависимой ООС в виде RC-делителя из звеньев R2C1 и R3C2, причём  $R3/R2 = C1/C2 = 10$ . На звуковых частотах этот делитель не действует, и ООС осуществляется через резистор R1. Благодаря этому и получается стопроцентная ООС, без ослабления. По такому принципу и работает УМЗЧ, схема которого показана на рис. 3, где входной ИТУН и усилитель мощности на микросхеме LM3886 представлены как два каскадно-соединяемых узла.

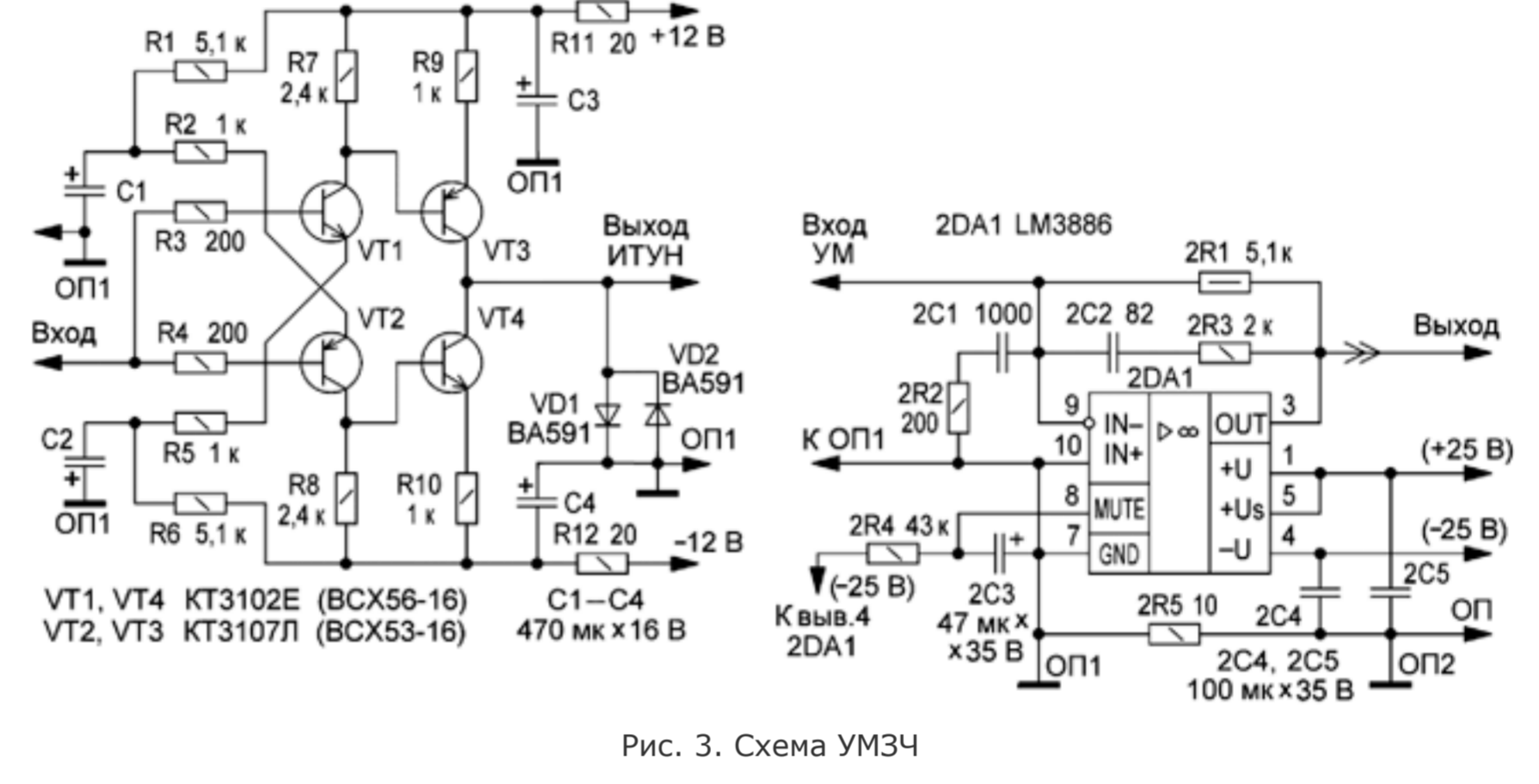


Рис. 3. Схема УМЗЧ

Глубина ООС в такой структуре возрастёт на 26 дБ (в 20 раз) относительно значения [4] для типовой схемы включения. Но на высоких частотах она будет менее глубокой, т. е. усилитель будет обладать меньшим запасом усиления внутри петли. В этом случае применительно к микросхеме LM3886, помимо снижения уровня нелинейных искажений, улучшаются шумовые характеристики (отношение сигнал/ шум). Время реакции петли ООС (ВРП ООС) будет, однако, связано с частотой среза частотно-корректирующего делителя.

**Основные технические характеристики**

|   |        |
|---|--------|
| Выходная мощность, Вт, на нагрузке                  |        |
| 8 Ом.....   | 29     |
| 4 Ом .....  | 51     |
| Коэффициент гармоник в полосе 3Ч, %, не более ..... | 0,01   |
| Выходное сопротивление, Ом .....                    | 0,01   |
| Полоса рабочих частот, кГц .....                    | 0...20 |

Выходное сопротивление цепи ООС в типовой схеме включения [4] приблизительно равно сопротивлению резистора, замыкающего цепь ООС на общий провод, - 1 кОм. В предлагаемой версии выходное сопротивление петли ООС приблизительно равно сопротивлению резистора 2R1 (5,1 кОм), который выбран относительно низкоомным с целью уменьшения влияния входной нелинейности и шумового тока микросхемы и самого резистора.

Немного о каскаде ИТУН, выполненного на элементных транзисторах. Они образуют симметричную усилительную структуру ОЭ-ОЭ с местной ООС, повышающей выходное сопротивление каскада. Сигнал, поступающий на вход усилителя, приходит на базы транзисторов VT1 и VT2, которыми усиливается по напряжению в соотношении  $K_{u1} = R7/R5 = R8/R2$ . Далее с коллекторов VT1, VT2 сигнал поступает на базы транзисторов VT3, VT4, образующих в коллекторной цепи источник переменного (двунаправленного) тока. Токосигналы ИТУН с этих транзисторов суммируются и поступают на вход микросхемы LM3886, охваченной параллельной ООС через резистор 2R1 сопротивлением 5,1 кОм. В этом случае крутизна передачи этого ИТУН равна 5 мА/В. В результате коэффициент передачи по напряжению в этом УМЗЧ получается равным 25 ( $K_u = 2R1 \times 5 \text{ мА/В}$ ).

Ток коллектора транзисторов VT1, VT2 задан резисторами R5, R6 и R1, R2, а также питающим напряжением (+/-12 В). Соответственно, изменение питающего напряжения ИТУН приводит к изменению его электрического режима. Как следствие, постоянная составляющая выходного тока ИТУН сильно зависит от точности и стабильности питающего напряжения, поэтому стабильность напряжения питания должна быть высокой.

При настройке ИТУН его удобно подключить к отдельному нагрузочному резистору сопротивлением 200 Ом. В этом случае при крутизне ИТУН 5 мА/В выходное напряжение на этом резисторе ( $K_i = 1 = 200 \text{ Ом} \times 5 \text{ мА/В}$ ) будет равно входному. Дiodы VD1, VD2 при налаживании ИТУН следует отключить. В качестве входного ИТУН возможно применение и других вариантов схемы, например, по рис. 4 в [1].

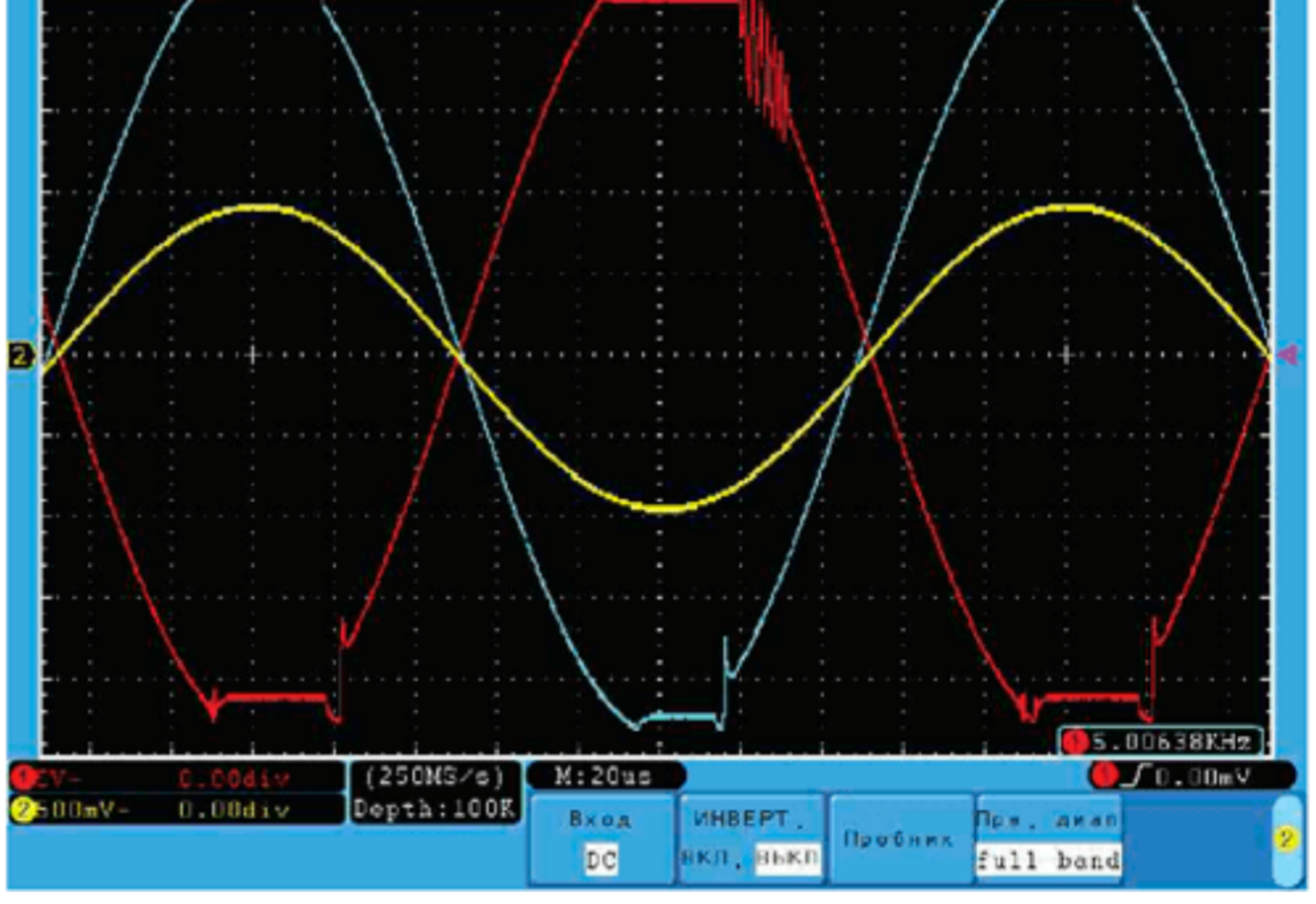


Рис. 4. Осциллограммы входного сигнала

При больших уровнях ВЧ-сигнала (с амплитудой фронта импульса на выходе мощного Оу более 30 В) фазово-частотная коррекция ОУ может оказаться недостаточной. Но здесь следует отметить, что звуковые сигналы, где присутствовали бы мощные ВЧ-импульсы, отсутствуют. Как следствие, при работе УМЗЧ в линейном режиме (т. е. без перегрузки) его устойчивость к возмущению сохраняется высокой, что обусловлено достаточным для такого режима запасом фазово-частотной коррекции микросхемы.

Но также понятно, что при выходе из режима перегрузки УМЗЧ сигналом большого уровня его низкая перегрузочная способность по входу приводит к его кратковременной неустойчивости. На рис. 4 показаны осциллограммы входного сигнала частотой 5 кГц (жёлт.), выходного сигнала (красн.) при нагрузке сопротивлением 4 Ом и без нагрузки (голуб., смещено на полпериода для удобства наблюдения).

В целом это явление связано с конечным значением ВРП ООС (особенно при работе на низкоомную нагрузку) и отсутствием достаточного запаса фазовой (частотной) коррекции для обработки скачка напряжения при выходе из ограничения. Последнее означает, что для сохранения устойчивости усилителя и при выходе из ограничения можно рекомендовать увеличение коэффициента ослабления на ВЧ в цепи ООС до 26 дБ.

В постоянной составляющей выходного напряжения, следует помнить входной разделительный RC-фильтр из плёночного конденсатора ёмкостью не менее 2,2 мкФ и резистора сопротивлением 47 кОм.

Акустическую систему, присоединяемую через акустический кабель, следует подключать к выходу УМЗЧ через параллельную RL-цепь с резистором сопротивлением 10 Ом (мощность 1-2 Вт) и катушкой индуктивностью 1...1,5 мкГн, намотанной обмоточным проводом диаметром 0,8...1 мм.

#### Литература

1. Литаврин А. МКУС в УМЗЧ с биполярными и полевыми транзисторами (универсальная структура). - Радио, 2015, № 10, с. 12-16; № 11, с. 7-9.
2. Литаврин А. МКУС в усилителях с интегральными микросхемами мощных УМЗЧ (универсальная структура). - Радио, 2016, №4, с. 13-18.
3. Литаврин А. Многоканальная усилительная структура в УМЗЧ класса D. - Радио, 2017, №6, с. 8-10; № 7, с. 7-11.
4. LM3886 - Audio Power Amplifier. - URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3886.pdf> (10.07.18).

**Автор:** А. Литаврин, г. Березовский Кемеровской обл.

**Дата публикации:** 19.11.2018

#### Рекомендуем к данному материалу ...

- [МКУС в усилителях с интегральными микросхемами мощных УМЗЧ \(универсальная структура\)](#) | [Электротитаник](#)

### МНЕНИЯ ЧИТАТЕЛЕЙ

Нет комментариев. Ваш комментарий будет первым.

**Вы можете оставить свой комментарий, мнение или вопрос по приведенному выше материалу:**

Имя\*

Текст\*

Я не робот

geCAPTCHA

Конфиденциальность - Условия использования