

Усилитель (I/U) для ЦАП (DAC) с токовым выходом на основе МКУС.

Здесь продолжается тема, о МногоКанальных Усилительных Структурах (МКУС) применительно к ЦАП (DAC). То есть выходных усилителях-фильтрах ЦАП (DAC), именуемых в простонародье выхлопом. Надо заметить что, на эту тему, каких только вариаций не встретишь на просторах I-NETa. И с дополнительным низкоомным резистором, и без ООС, и на лампах, и на одном ОУ и, конечно же, всё это типа «High End». Ну а что же нам говорит «официальная» наука. Рассмотрим схему см. рис. 1 выходного фильтра DAC PCM1796 (см. «datasheet» PCM1796.PDF).

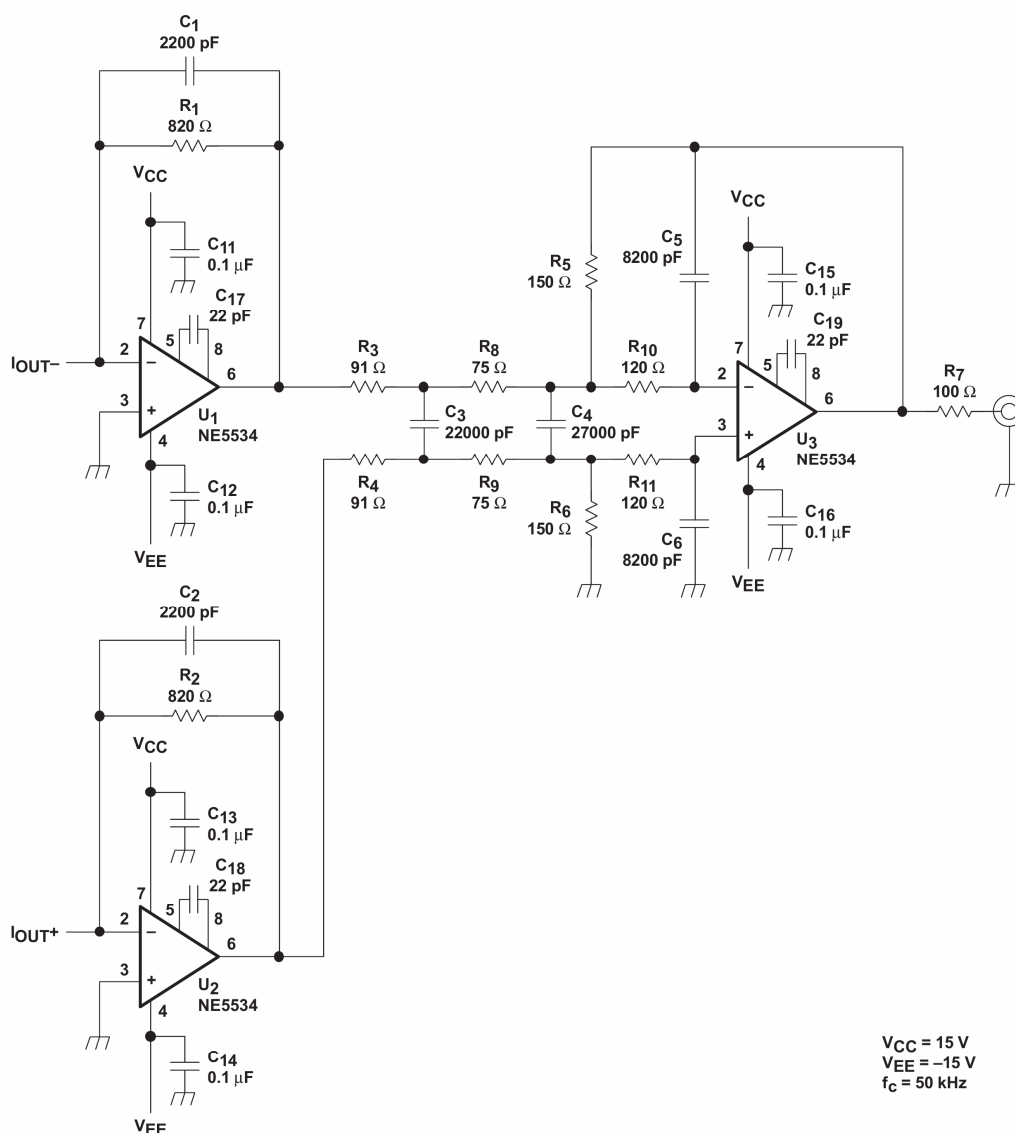


Figure 37. Measurement Circuit for DSD

Соответственно здесь мы имеем выходной усилитель (и он же интегратор) на ОУ U1 (и U2), и далее сумматор сигнала на U3. Ну что тут сказать, всё логично красиво обстоятельно и правильно.

Но вот что смущает, ну немного, так это применение почти семидесятилетнего старичка ОУ NE5534, в качестве усилителя-интегратора (U1 и U2). Да приличный ОУ, но по логике получается, что разработчики ОУ семьдесят лет, увы, топчутся на месте. Ну, или как вариант, есть таки другая причина? А причина, наверняка, кроется в более низких перегрузочных характеристиках прочих ОУ по входу.

Ну, казалось бы, ООС сильно уменьшает входной сигнал ОУ, и обеспечивает за счет этого, высокие перегрузочные характеристики по входу. Так да не так. Теория совершенно верная, правильная, но чуток поверхностная. Дело в разного рода паразитных ВЧ сигналах, которые очень малы, но с которыми теория ООС и вход ОУ справляется не лучшим образом, особенно при низком быстродействии ОУ. К тому же на частотах вблизи и выше F_1 ОУ, сама ООС вменяемо работать не может. И это при том, что ООС по определению, не способна подавлять искажения входного каскада усилителя (т.е. ОУ).

Конечно, имеются быстродействующие (радиочастотные) ОУ которые замечательно справляются с ВЧ сигналами. Но «звуковые» характеристиками у них, увы, как правило, ну не очень. Само собой, разумеется, имеются и «звуковые» ОУ, но опять же с характеристиками на ВЧ у них далеко не всё гладко. Итак, что конкретно предлагается. А предлагается применить усилитель-интегратор на основе МногоКанальных Усилительных Структур. Именно МногоКанальные Усилительные Структуры позволяют объединить достоинства и подавить (сгладить) недостатки различных компонентов усилителя.

DAC PCM1796

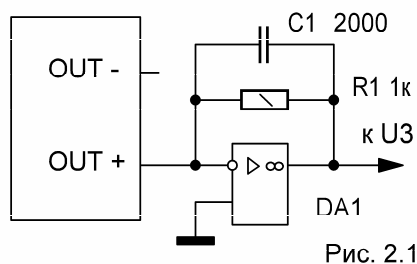


Рис. 2.1

DAC PCM1796

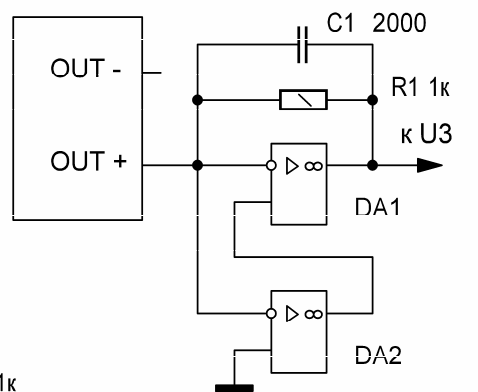


Рис. 2.2

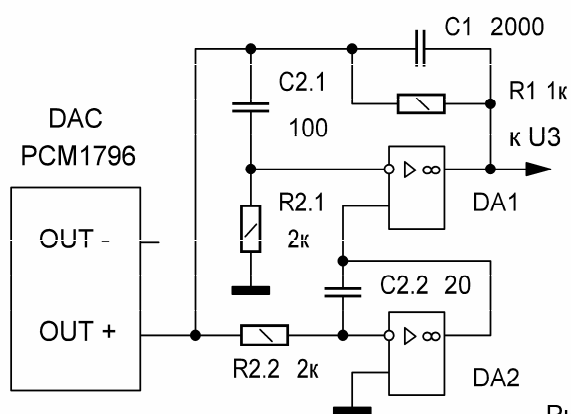


Рис. 2.3

Здесь на рис. 2.1 показана изначальная версия усилителя-интегратора. На рис. 2.2 показана структурная схема с дополнительным усилителем ОУ DA2. А на рис. 2.3 представлена полная схема интегратора-усилителя на основе МКУС. Соответственно мы получили двухканальную структуру с крайне глубокой ООС (120 dB). Где ОУ DA1

главный канал, замыкающий петлю ООС, и дополнительный усилитель-фильтр на ОУ DA2.

Для эффективного подавления ВЧ составляющих на выходе ЦАП (DAC) и качественной работы интегратора, ОУ DA1 должен быть максимально (предельно) быстродействующим (радиочастотным). В свою очередь ОУ DA2 должен обладать высокими «звуковыми» характеристиками, в том числе низким уровнем шума.

В общем случае частота среза петли ООС интегратора-усилителя должна быть многократно больше 20 кГц ($F_{cp} = 1 / (2 * \pi * R1 * C1) \approx 100 \text{ кГц}$). Частота среза петли ООС фильтра на ОУ DA2, должна быть многократно меньше $F1$ ОУ DA1 и $F1$ ОУ DA2 ($F_{cp} = 1 / (2 * \pi * R2.2 * C2.2) \approx 5 \text{ МГц}$). Цепь (R2.1, C2.1) служит для уменьшения влияния входного тока ОУ DA1, на вход ОУ DA2 на звуковых частотах ($F_{cp} = 1 / (2 * \pi * R2.1 * C2.1) \approx 1 \text{ МГц}$).

В качестве ОУ DA1 весьма удобен сдвоенный ОУ AD8065 ($F1 \approx 150 \text{ МГц}$), с полевыми транзисторами на входе. Но могут применяться и другие широкополосные ОУ - AD8056, THS4012 и т.д. В качестве ОУ DA2 должны применяться только ОУ с полевыми транзисторами на входе, для уменьшения шумового тока. Рекомендуется OPA1656, OPA1652 и т.д. Конечно все ОУ с учётом напряжения питания.

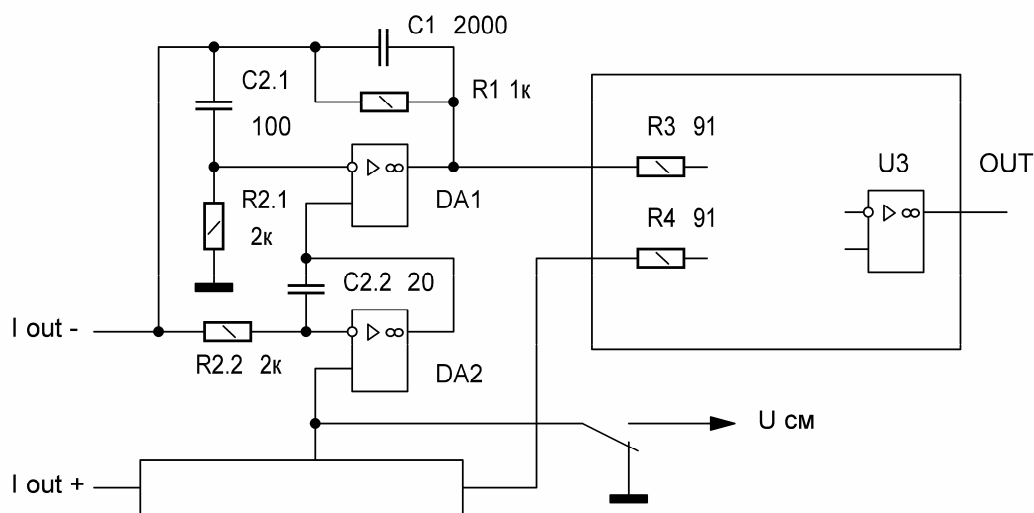


Рис. 3

На рис. 3 показана обобщенная схема с двумя интеграторами-усилителями и сумматором на выходе. Переключатель K1 показывает возможность работы данного выходного фильтра при смещении на выходе ЦАП (DAC), например ES9038.

Литаврин А. В. 2021 г.

1. PCM1796. — < PCM1796.PDF >.
2. AD8065. — < AD8065.PDF >.
3. OPA1656. — < OPA1656.PDF >.
4. OPA1652. — < OPA1652.PDF >.
5. AD8056. — < AD8056.PDF >.
6. THS4012. — < THS4012.PDF >.