

НЕЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ В УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДАХ И ПОВТОРИТЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

В классической электронике операционным усилителем (ОУ) принято называть линейный преобразователь, при помощи которого можно осуществить различные математические операции: суммирование, вычитание, логарифмирование, дифференцирование и др. Это и определило название таких усилителей-операционные (решающие), на основе которых путём введения обратных связей (ОС) можно производить математические операции. Одним из важнейших параметров построения таких усилителей является уровень линейных и нелинейных искажений.

Интегральные операционные усилители (ИОУ) представляют собой высококачественные прецизионные усилители, по всем параметрам превосходящие свои дискретные аналоги. Причём такие усилители, являясь универсальными и многофункциональными элементами, используются не только (и даже не столько) для выполнения математических операций но и для усиления, преобразования, обработки, детектирования и формирования сигналов. Большое число как линейных, так и нелинейных устройств можно построить на основе ИОУ путём соответствующих коммутаций внешних цепей ОС.

Одно из таких устройств показано на рис. 1.

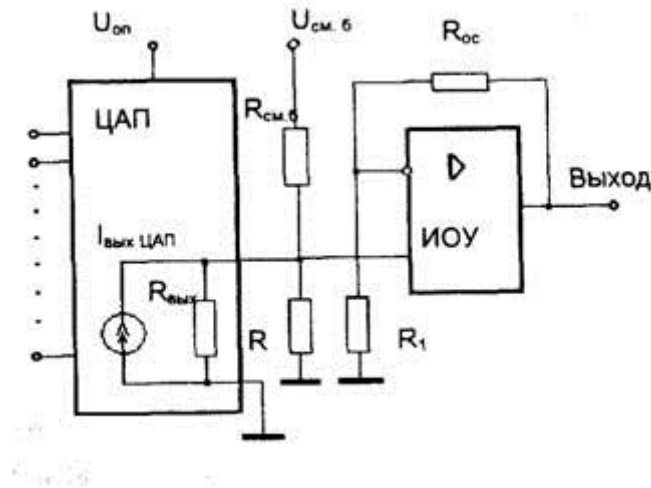


Рис. 1а.

Здесь с помощью ИОУ осуществляется преобразование передаточных характеристик цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Можно использовать как инвертирующее (рис. 1а), так и неинвертирующее включение ИОУ на выходе ЦАП.

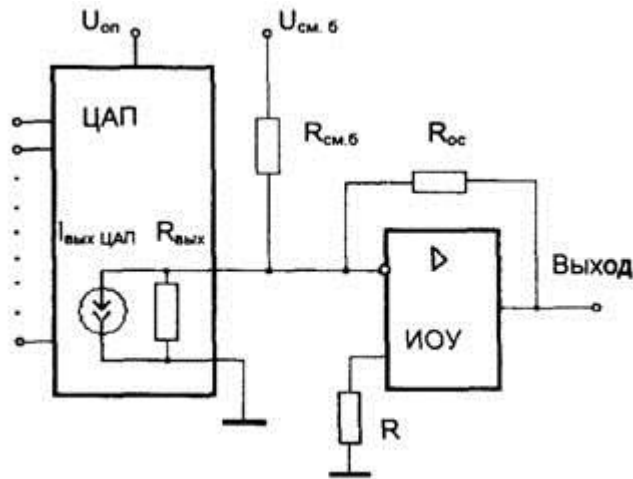


Рис. 16

Современные ЦАП способны преобразовать сигнал с частотой несколько десятков мегагерц, имея при этом разрядность 12 бит и выше.

Можно показать что если ЦАП 12-ти, 13-ти или 14-ти разрядный, то коэффициент нелинейных искажений (НИ) ИОУ Кн должен быть меньше соответственно -78dB, -84dB или -90dB.

Таким образом, проектирование ИОУ с малыми НИ является важной задачей. В литературе по данному вопросу очень скудные сведения, причём далеко не достоверные, поэтому анализ НИ и выработка на его основе практических рекомендаций представляется актуальной проблемой.

Искажения, вносимые обратносмещённым p-n переходом.

Пренебрегая токами утечки в обратно смещённом p-n переходе, последний можно представить только барьерной ёмкостью C_6 . При увеличении этой ёмкости, частоты и амплитуды сигнала, сопротивления, через которое проходит сигнал, коэффициент второй гармоники возрастает практически прямо пропорционально произведению перечисленных выше параметров. Следовательно, необходимо стремиться к тому, чтобы уменьшить влияние паразитных ёмкостей, шунтирующих высокоомные точки схем после усилительных каскадов.

Усилительные каскады.

Дифференциальный каскад.

Дифференциальные каскады (ДК) получили широкое применение в ИОУ. Это объясняется тем, что они обладают целым рядом преимуществ (высокий коэффициент подавления синфазных помех, высокая стабильность режима по постоянному току, сравнительно просто можно осуществить сдвиг уровня выходного потенциала, наличие двух входов и двух выходов), которые делают их практически незаменимыми элементами аналоговых интегральных микросхем. При полностью идентичных транзисторах, на которых построен ДК, чётные гармоники в нём должны отсутствовать (это является одной из отличительных особенностей симметричных схем). Но на практике этого достичь довольно сложно.

Квазидифференциальный каскад.

Каскадное соединение способствует заметному уменьшению входной ёмкости (которая является нелинейной) из-за ослабления влияния проходной ёмкости транзисторов. Это обстоятельство способствует не только уменьшению искажений, но и заметному повышению степени устойчивости усилительных каскадов.

Двухтактные повторители напряжения.

Чтобы повысить быстродействие и одновременно увеличить нагрузочную способность ИОУ, на выходе последних ставят двухтактные повторители напряжения, работающие в

режиме В или АВ. Повторители класса В вносят значительные НИ, в особенности при работе с сигналами, амплитуда которых меньше или сравнима с напряжением отпирания транзистора. НИ уменьшаются при работе в режиме АВ, который реализуется при помощи транзисторных структур в диодном включении или же двухкаскадным включением повторителей напряжения. Однако, надо заметить, что транзисторы в диодном включении являются источником НИ из-за нелинейной ёмкости эмиттер-база, поэтому двухкаскадный вариант оказывается предпочтительнее.

Литература

1. Агаханян Т. М. Интегральные микросхемы. М.: Энергоатомиздат. 1983. 464 с.
2. Стенин В. Я. Аналого-цифровые системы. М.: МИФИ. 1990. С. 116.
3. Плешко А. Д. Методические рекомендации к изучению курса "Основы специальности". М.: МИФИ. 1989. С. 76.
4. Smith **D.**, Koen M., Witulski A. F. Evolution of High-Speed Operational Amplifier Architectures. - IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 29. № 10. October. 1994.