

ИС операционного усилителя с входом на биполярных и полевых транзисторах

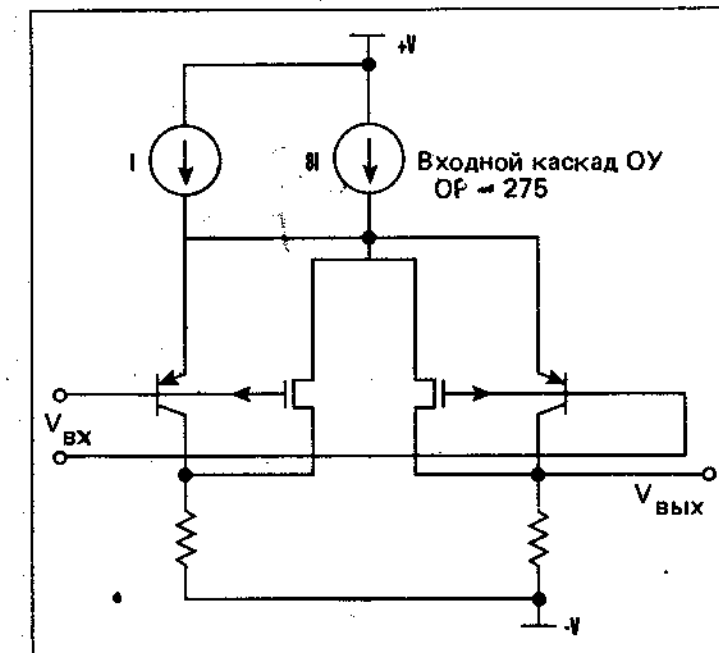
Фрэнк Гудинаф

При разработке высококачественных ИС операционных усилителей, как и при разработке систем, для которых предназначены такие ИС, всегда приходится идти на компромиссы. Это означает, что приходится жертвовать одним или несколькими параметрами для обеспечения высоких значений других параметров. В качестве примера можно указать компромисс между допустимыми шумами и искажениями, с одной стороны, и быстродействием (шириной полосы полной мощности) и размахом выходного сигнала, с другой.

Чтобы обеспечить малые шумы и искажения при малом уровне сигнала, на входе операционного усилителя надо построить входную дифференциальную схему на паре биполярных транзисторов с питанием через общий резистор. Для того чтобы свести к минимуму искажения и получить максимальный размах выходного сигнала в максимальной полосе выходных частот (связанной функциональной зависимостью со скоростью слежения), на входе должна использоваться пара полевых транзисторов, управляемых рп-переходом. Но полевые транзисторы характеризуются более высоким уровнем шумов, чем биполярные приборы, а их более низкий коэффициент усиления усугубляет эту проблему, которая стоит особенно остро в случае систем, где используются высококачественные (с качеством компакт-дисков) звуковые сигналы с эффективной амплитудой выше нескольких сотен милливольт.

Чтобы решить эту проблему, Джеймс Батлер из фирмы PMI, отделения фирмы Analog Devices (Санта-Клара, шт. Калифорния), предложил схему, которая на первый взгляд выглядит очень просто. Его решение заключается в том, что во входном каскаде операционного усилителя пара биполярных транзисторов включается параллельно паре полевых транзисторов с рп-переходом (см. рисунок). В разработанной им схеме приняты меры для надежной работы от источника питания напряжением до ± 20 В — так чтобы при этом обеспечивались максимальный размах выходного напряжения и минимальные искажения.

Обе половины этой двояной монолитной ИС, известной как операционный усилитель Батлера (официальное название ОР-275), обеспечивают суммарный уровень гармонических искажений и шумов не более 0,001% в диапазоне частот от менее 20 Гц до свыше 15 кГц. Речь идет о ситуации, когда на нагрузке 600 Ом обеспечивается сигнал, равный 3 В эфф при усилении с замкнутой цепью обратной связи, равном единице. Входное шумовое напряжение не превышает 7 нВ/Гц^{1/2} на частоте 1 кГц. Резкий рост низкочастотных шумов начинается на 7 Гц. Хотя эта ИС разработана для звуковой аппаратуры, ее полоса частот равна примерно 800 кГц, а время установления до 0,01% ступеньки напряжения, равной 10 В, не превышает 800 нс. Таким образом, новая ИС может использоваться в самых различных схемах измерительной аппаратуры. Усилитель Батлера потребляет в три раза меньший ток (5 мА), чем стандартный биполярный усилитель, например ИС типа 5532. (Подробнее о других операционных усилителях с малыми искажениями, предназначенных для звуковой аппаратуры, см. в этом номере в статье «Три ОУ для усиления звуковых сигналов самой различной мощности».)



Характеристики схемы лучше всего объяснить, рассматривая крутизну (g_m), определяемую как отношение изменения выходного тока трехвыводного прибора (такого, например, как транзистор) к изменению входного напряжения прибора. Схемы на биполярных транзисторах обычно имеют при малых уровнях входного сигнала очень высокую крутизну. Однако величина g_m быстро падает при увеличении размаха входного сигнала. В результате большинство схем на биполярных транзисторах обладают превосходным отношением сигнал/шум на малых сигналах. Но, когда сигнал на входе растет, быстро появляются ограничения по скорости слежения и линейность падает. С другой стороны, крутизна g_m у полевых транзисторов с рп-переходом сравнительно постоянна для широкого диапазона входных сигналов, так что для этих транзисторов (и построенных с их использованием операционных усилителей) линейность сохраняется для широкого диапазона входных напряжений.

Чтобы уменьшить шумы, Батлер использовал четыре очень больших двоянных полевых транзистора с перекрестными соединениями. Каждый из этих

транзисторов рассчитан на ток, в 8 раз превышающий ток биполярных транзисторов. Эти восемь полевых транзистора с рп-переходом намного превосходят по своей площади выходные транзисторы и занимают доминирующее положение на кристалле: их доля составляет около 25% активной площади кристалла. ИС типа OP-275 выпускаются в 8-выводных корпусах типа DIP и в корпусах типа SOIC. Начальная цена одного прибора при продаже партиями в 100 шт. — 0,99 долл. Вариант операционного усилителя, предназначенный для измерительной аппаратуры и удовлетворяющий более жестким требованиям на параметры при постоянном токе (OP-285), скоро поступит в продажу. Дополнительную информацию можно получить у Steve Sockolov; (408) 562-2641 [ED, 1992, No. 12, pp. 36, 37].
