

несимметричный сигнал большого размаха проходит через резисторы R4 или R5.

Всегда спорное решение — это подача гетеродинного сигнала на один вход, соединив другой по переменному току с общим проводом, на **рис. 7** показаны токи при положительной полуволне на выводе 8.

Существенная часть тока гетеродина I1 уходит через резистор R2, а токи баз открытых транзисторов уходят через нижний ДУ на общий провод. Диоды имеют суммарное дифференциальное сопротивление 100...400 (50...200) Ом в точке соединения резисторов R2, R3 (R4, R5). Поэтому в этих узлах имеется существенная пульсация напряжения с частотой гетеродина. Если это для верхнего этажа не вредит из-за блокировки другого входа, то для нижнего ДУ это фатально при несимметричной подаче радиосигнала на него. И в этом варианте обязательно нужно подавать сигнал на нижний ДУ строго симметрично. Чтобы этот узел работал хорошо, нужно чтобы импеданс гетеродина (R_G) был существенно меньше резистора R2 (R3), так как они шумят при заходе и выходе из крутого участка фронтов, как и шумы диодов, а R_G шунтирует эти шумовые ЭДС.

Смесители на основе ячейки Гильберта хорошо стыкуются с ИМС технологии ЭСЛ, выходной размах сигнала ЭСЛ-элементов бывает в интервале 400...700 мВ. Короткие фронты идеально снизят интермодуляцию от переходных процессов. Делитель частоты ИМС K193IE1 с малым энергопотреблением хорошо может состыковаться со смесителем на ИМС K174PC1 (K174PC4) для получения гетеродинного сигнала в диапазоне частот 30...200 МГц с ФАПЧ без отдельного буферного каскада. В узле выходных эмиттеров ЭСЛ-элемента нужно установить резистивный аттенюатор, который согласовывает его с линией на печатной плате и подаёт на смеситель два противофазных, симметричных, импульсных сигнала размахом по 100...150 мВ. Непосредственно от выходных эмиттеров делителя K193IE1 можно отобрать сигнал к системе ФАПЧ.

Подачу сигнала гетеродина с выхода логических КМОП-элементов легко осуществить через резистивный делитель. При подаче симметричного сигнала с выходов таких элементов нужно всё равно обеспечить низкий блокировочный импеданс на входе ДУ (пример далее). Логические элементы ТТЛ менее пригодны для формирования сигнала гетеродина, так как выходные импульсы могут иметь существенные искривления и размах сигнала зависит от многих обстоятельств, а фазовые шумы плохие. ИМС с логическими элементами нужно блокировать по питанию не только для импульсов, а ещё по НЧ-шумам, чтобы помехи не проникли в спектр преобразованного сигнала.

4.5. подача на ДУ сигнала размахом менее 10 мВ

При отсутствии межэмиттерной ООС и допустимом штатном размахе до

10 мВ между базами ДУ практически все популярные способы подачи одинаково хорошие, и можно использовать простые схемные решения. Но тут часто забывают о важном условии, что не должно быть помех и посторонних сигналов с размахом более 10 мВ, даже кратковременных. На практике это редко реализуемо, и такие простые приёмники практически не пригодны для работы с большеразмерными антеннами, в чём владельцы приёмников на ИМС NE612 в первом смесителе регулярно убеждаются. Но в качестве второго смесителя в тракте после узкополосного фильтра это вполне рабочий вариант в приёмниках средней категории, если системой АРУ охвачены УВЧ и УПЧ первой ПЧ.

Внутри аппаратуры также имеется ряд источников помех, мимо влияния внешних полей. Поэтому стоит пользоваться важным свойством ДУ — подавлением синфазных помех. Самый простой вариант подачи входного сигнала — использование обмотки связи входного колебательного контура, и в официальной документации это указано. Но если вспомнить об успешном построении гетеродина на ДУ нижнего этажа, то такое подключение похоже на подобное. В реальности такое подключение чревато тем, что обмотка связи с индуктивностью доли микрогенри "найдёт" себе с ёмкостями транзисторов и проводников на печатной плате тот самый колебательный контур на частотах УКВ или СВЧ и ДУ превратится в УКВ-гетеродин, чем приёмник может много чего побочного выловить из эфира. Поэтому стоит предусмотреть установку параллельно такой обмотке (рядом с ней) резистора сопротивлением 0,5...3 кОм, который гасит добротность индуктивности обмотки на УКВ и СВЧ. Встроенные в ИМС резисторы в этом случае могут быть бесполезны, так как добротный УКВ-контур находится в другом месте на печатной плате, и нужно гасить добротность именно там. Можно последовательно с этим резистором установить конденсатор ёмкостью 10...100 пФ, чтобы не уменьшить амплитуду полезного сигнала на частотах намного ниже. Обычно ДУ и смесители при таком самовозбуждении загадочно шумят, и при прикосновении к ним пальцем получается чистый приём. При применении в КПИ входного контура ферритовых магнитопроводов с рабочей частотой до 2 МГц такой опасности нет, такие ферриты имеют плохую добротность на УКВ.

4.6. подача на ДУ сигнала с большим размахом

ИМС серий AD831, AD8342 и MC1496 (но не K526PC1) изначально разработаны для работы с большим размахом радиосигнала по напряжению, у них в нижнем ДУ предусмотрены существенные сопротивления межэмиттерной ООС. Качество работы зависит ещё от допустимого размаха напряжения на базах, при котором транзисторы остаются в линейном режиме и их нелинейные ёмкости не проявятся вредным образом. В этом плане ИМС K174PC1 и

K526PC1 упрощены из-за двух диодов смещения между этажами (VD1, VD2).

У нижнего ДУ в ИМС K174PC1 при уменьшении напряжения на базе есть предел напряжения +0,5...+0,6 В, при котором эмиттерный ток станет нулевым. При увеличении входного напряжения выше смещения имеется нехорошая ситуация перекоса напряжений между этажами. При штатном напряжении смещения на базах +2,6...2,8 В у верхнего этажа на коллекторах нижнего этажа устанавливается напряжение +1,9 В, и при смещении баз нижнего этажа +1,4 В практически не остаётся свободы для сигнальных пиков в положительную сторону. Аналогичная ситуация имеется в ИМС K526PC1.

По измерениям на частоте до 20 МГц допускается подача сигналов размахом до ± 100 мВ на базы в отдельности (это разностный сигнал размахом 400 мВ), чтобы искажения остались ниже -60 дБ по причинам, связанным с напряжениями и ёмкостями у транзисторов.

В отличие от малосигнального режима, здесь простая обмотка связи от входного LC-контура к входам даёт сбой, так как от простой обмотки связи формируется только один единый общий ток, а чтобы это работало с большим размахом, транзисторы должны получать из источника сигнала разные токи в базы. Следовательно, при простой обмотке её ток, от которого "отказался" один транзистор, должен обходить этот полужакрытый транзистор через резистор смещения, и тогда действующему транзистору сигнал достаётся с импедансом источника и в добавку импедансом резистора смещения. В результате получаются "скрытый" аттенюатор и дополнительные шумы. Поэтому для подачи сигнала с помехами с большим размахом на ДУ с ООС нужно создать встречно-параллельную подачу сигнала к базам. Классический способ — симметричная обмотка связи с блокировкой (заземлением) среднего отвода. При сильной магнитной связи частей симметричной обмотки к базам попадают ровно противофазные напряжения, но токи забираются транзисторами "по потребности", напрямую из обмотки, без обхода через резисторы смещения. Таким образом, транзисторы всегда подключены на "правильный" по шуму импеданс, и реализуется максимальный ДД. Мало того, конденсатор блокировки ещё уменьшит НЧ-шум из узла смещения, который мог бы попасть в спектр выходного сигнала смесителя.

Альтернативно можно подать на ДУ сигнал из симметричного ёмкостного делителя напряжения и полностью избежать опасности самовозбуждения на УКВ и СВЧ. На **рис. 8** в качестве примера показана схема SSB-демодулятора для работы после УПЧ с коллекторным выходом (р-п-р транзистор или ИМС K174XA2).

Использованный ЭМФ образует во входном индуктивном преобразователе интермодуляцию IM_3 на уровне -40 дБ при размахе двухтонального сигнала 1200 мВ, и для служебной связи этот уровень искажений считается допустимым для полной разборчивости речи. При размахе 1,2(0,7/0,4) В