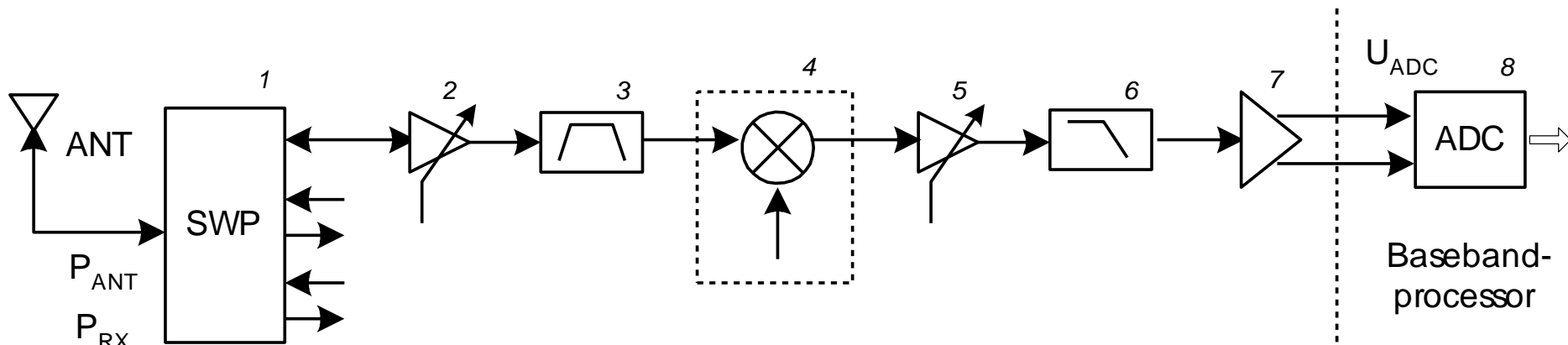


ПЗ-5. Требуемое сквозное усиление приемника



Укрупненная схема приемного тракта (один канал) с вых. I, Q

ANT - антенн, 1 - SWP - антенный коммутатор/дуплексер, 2 - малошумящий усилитель с переменным коэффициентом передачи, 3 – ВЧ –полосовой фильтр, 4 - квадратурный преобразователь частоты (показана одна часть), 5 - усилитель низкой частоты (постоянного тока) с переменным коэффициентом передачи, 6 - фильтр низкой частоты, осуществляющим частотную селекцию полезного сигнала, 7 - в состав низкочастотного тракта может входить буферный усилитель, необходимый для обеспечения сопряжения с последующим аналого-цифровым преобразователем (АЦП) Baseband-процессора. Его наличие также необходимо для преобразования однополярного сигнала в **дифференциальный**, под который оптимизированы входные каскады (усилитель выборки/хранения) современных АЦП.

Для расчета необходимого *максимального сквозного коэффициента усиления* приемного тракта UE воспользуемся характеристикой *требуемой реальной чувствительности приемника*. Она определяется как минимальный уровень мощности полезного сигнала P_{DPCH} на входе антенны UE, при котором выходная вероятность ошибки на бит (BER) стандартного измерительного канала не превышает заданной величины $1 \cdot 10^{-3}$ и составляет величину $P_{DPCH} = \mathbf{-117\ dBm}$ в полосе $BW = \mathbf{3,84\ МГц}$.

При этом суммарная мощность сигнала в этих же условиях составляет $P_{RX}^{MIN} = \mathbf{-106,7\ дБм}$, т.е. на $\mathbf{10,3\ дБ}$ превышает P_{DPCH} . При этом минимальное значение напряжения суммарного сигнала на сопротивлении 50 Ом, — оно составляет величину $\mathbf{1,04\ мкВ}$.

Минимальный сквозной коэффициент усиления приемника должен быть установлен блоком управления при максимальном входном сигнале на антенном входе, который, согласно составляет $P_{RX}^{MAX} = \mathbf{-25\ дБм}$ в полосе сигнала BW (эффективное значение напряжения на нагрузке 50 Ом равно $\mathbf{12,5\ мВ}$).

$$D = 20 \lg \left(\frac{12,5 * 10^3}{1,04} \right) = 60 + 21,7 = 81,7 \text{ дБ}$$

Т.о. получаем динамический диапазон - **81,7 дБ** (от минимального до максимального напряжения сигнала). Во всем динамическом диапазоне на выходе аналоговой части приемного тракта должен быть обеспечен уровень напряжения, примерно соответствующий полной шкале (**full scale**) используемого в Baseband-процессоре АЦП. Как правило, устанавливают величину сигнала вдвое меньшей (равной половине полной шкалы АЦП). Это значение типового запаса, необходимого для отсутствия искажений сигнала из-за ограничения изменяющейся амплитудной огибающей.

Чаще всего АЦП различных фирм-производителей, предназначенные для использования в цифровых приемниках, имеют следующие общие особенности:

- наличие *дифференциального* входного тракта;
- уровень дифференциального сигнала полной шкалы на таком входе – порядка **$U_{ADC} = 2,0 \text{ В}$** (пик – пик).

Учитывая эти свойства АЦП и требование запаса по номинальному уровню в **6 дБ (2 раза)** при указанной величине U_{ADC} , определим требование к уровню напряжения (пик-пик) на выходе аналогового однополярного тракта 0,5/2 В (эффективного значения порядка $U_{OUT} = 0,178 \text{ В}$). При этом коэффициент усиления буферного блока (преобразователя однополярного сигнала в дифференциальный) считали равным 1 (относительно сигнала по каждому из выходов).

С учетом минимального и максимального уровней напряжений на антенном входе приемника, получаем требуемый диапазон сквозного усиления тракта от **23,1 дБ до 104,7 дБ**.

Сквозное усиление тракта приема складывается из следующих составляющих:

- усиление радиотракта (коэффициент передачи каскадов МШУ с учётом потерь сигнала в антенном коммутаторе, дуплексере и полосовых ВЧ-фильтрах);
- коэффициент передачи квадратурного преобразователя;
- усиление видеотракта (определяется коэффициентом передачи усилителя низкой частоты с учетом потерь сигнала в фильтре нижних частот).

Коэффициент передачи видеотракта

Оценим максимально возможное усиление видеотракта исходя из ограничений мин. уровня сигнала на его входе, ограниченного собственными шумами.

Это в КП делать не обязательно! Только для понимания.

Основное усиление приемника целесообразно возложить на узлы его видеотракта. Однако, существует ограничение сверху на эту величину, обусловленное наличием собственных шумов первого (после квадратурного преобразователя) усилителя низкой частоты - VGA, нормируемое при его максимальном усилении. Спектральная плотность собственных шумов современных VGA составляет от 0,8 до 5,0 $\text{nB}/\sqrt{\text{Гц}}$. Считая в первом приближении эту спектральную плотность равномерной в рабочей полосе видеотракта $B_{\text{BB}} = BW/2 = 1,92 \text{ МГц}$, после интегрирования получаем величину эффективного значения напряжения собственного теплового шума в диапазоне $U_N^{\text{VGA1}} = 1,1 \dots 6,9 \text{ мкВ}$.

Подобрав на сайтах подходящие типы VGA, и выбрав наиболее подходящий, подставить его конкретные параметры.

Из расчёта чувствительности для достижения заданной в TS вероятности ошибки ($1 \cdot 10^{-3}$) требуется отношение сигнал/шум на входе демодулятора приемника не ниже величины $(E_B/N_0)_{EFF} = 5,2 \text{ dB}$, а с учетом необходимо запаса вследствие возможных неидеальностей реализации, $(E_B/N_0)_{EFF} = 7,0 \text{ dB}$. Энергетический выигрыш, получаемый для тестового сигнала с канальной скоростью $R_{DATA} = 12,2 \text{ кбит/с}$ в результате свертки псевдослучайной расширяющей последовательности, равен $G_{PG} = 10 \lg \frac{BW}{R_{DATA}} = 25,0 \text{ dB}$

Отсюда, допустимое отношение сигнал/шум в полосе сигнала на входе АЦП цифровой части приемника составляет

$$\frac{S}{N} = \left(\frac{E_B}{N_0} \right)_{EFF} - G_{PR} \approx -18,0 \text{ дБ}.$$

Под сигналом здесь понимается канал DPCN группового спектра излучения базовой станции, а под шумом – все составляющие аддитивных шумов, помех и системного шума.

Найдём *максимальное усиление* видеотракта приемника. Взяв запас по отношению сигнал/шум в 3 дБ (т.к. это не единственный источник шумов), получим *минимальный уровень полезного сигнала* (канала DPCN) на входе первого VGA, который на $(-18 + 3) = -15$ дБ (т.е. можно принимать на 15 дБ ниже уровня собственных шумов УНЧ). Это уровень - **0,20 .. 1,2** мкВ. Учитывая величину превышения суммарного группового сигнала над полезным (канала DPCN) в **10,3** дБ (см. выше 2-й слайд), имеем минимальное эффективное значение напряжения *суммарного сигнала* на входе первого VGA в диапазоне 0,64 .. 3,99 мкВ.

В результате получаем, *максимальный коэффициент передачи* усилителя низкой частоты видеотракта (ограниченный собств. шумами) может достигать **93 ... 109** дБ в зависимости от спектральной плотности собственных шумов VGA.

$$K_{\text{макс}} = 20 \lg \left(\frac{0,178 * 10^6}{0,64} \right) = 120 - 11 = \mathbf{109} \text{ дБ}$$

Это без учёта устойчивости. Но такой K_u и не потребуется так как уже есть усиление радиотракта

Коэффициент передачи радиотракта

Из расчёта сквозного коэффициента усиления РПрУ (максимальное значение **104,7 дБ** – см. 4-й слайд) находим требуемый максимальный коэффициент передачи радиотракта. $K_{pt} = 104,7 \text{ дБ} - 93 \text{ дБ} = 11,7 \text{ дБ}$. Это для худшего случая из примера шумов шумов видеотракта (VGA) .

В случае же малых шумов видеотракта и его усиления в **109 дБ**, радиотракт может вообще не иметь усиления - требуется только обеспечить необходимое отношение сигнал/шум (см. расчёт чувствительности).

Если радиотракт обеспечивает необходимое отношение сигнал/шум и даёт усиление большее, чем требуется для работы, то требование K_u видеотракта можно ослабить.

Особенно важно предусмотреть возможность уменьшения сквозного усиления РПрУ в случае макс. сигнала. Это обеспечивает АРУ (сигнал подаётся с ВВ) . Выбирать ИМС следует с переменным K_u (или возможностью обхода каскада – bypass). Особенно **МШУ**, т.к. именно они обеспечивают необходимую линейность и уровень искажений. Т.о. реализуется требуемый динамический диапазон.