

# Пересказ\_занятия\_06

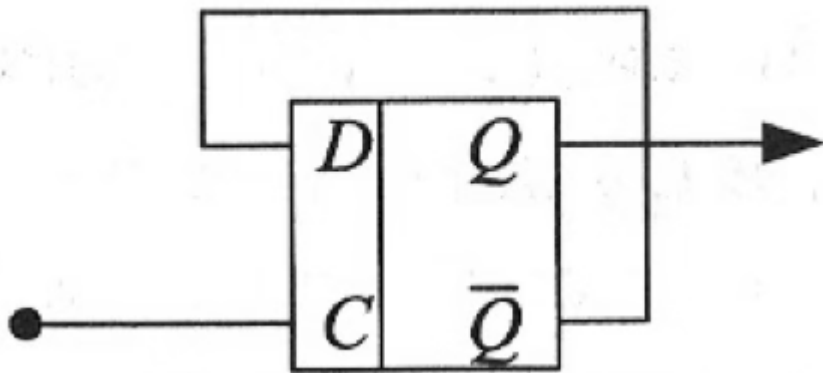
## **Функциональные узлы малошумящих синтезаторов частот. Фазовые шумы функциональных узлов. Опорные генераторы. Умножители частоты. Делители частоты. Усилители. Фазовые детекторы. Генераторы управляемые напряжением. Источники питания.**

Делитель частоты выполняет функцию, противоположную умножителю, уменьшая частоту выходного сигнала в  $N$  раз по сравнению с частотой входного сигнала. При этом, кроме коэффициента деления, важны такие параметры, как диапазон рабочих частот, выходная мощность, равномерность распределения мощности в этом диапазоне и вносимые фазовые шумы. В отличие от умножителя, при делении фаза выходного сигнала уменьшается в  $N$  раз, тогда как частота модуляции ( $f_m$ ) остается неизменной.

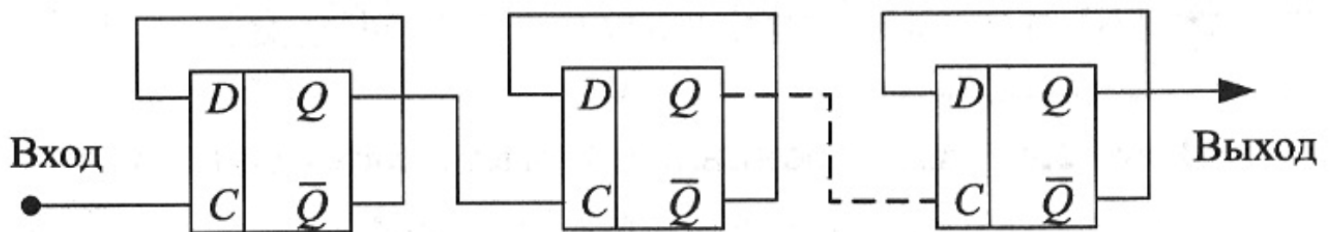
Уровень боковых составляющих в фазомодулированном сигнале на выходе делителя снижается в  $N^2$  раз по мощности, что соответствует уменьшению на  $20 \log N$  в дБ. Например, при делении частоты на два уровень боковых составляющих уменьшается на 6 дБ. Фазовые шумы также уменьшаются на  $20 \log N$ , но они достигают определенного предела, определяемого собственными шумами делителя.

Цифровые делители, часто используемые в синтезе частот, основаны на логических элементах. Простой делитель частоты на 2 может быть реализован с помощью D-триггеров. В начальном состоянии на прямом выходе триггера установлен логический ноль ("0"), а на инверсном - единица ("1"). Поскольку инверсный выход соединен с D-входом триггера, на D-входе также присутствует "1".

При поступлении входного импульса на тактовый вход триггера значение "1" записывается, но не появляется на выходе сразу. Когда входной сигнал сменяется на "0", на прямом выходе появляется "1", а на инверсном - "0". Затем "0" записывается на D-вход, но тоже не отображается на выходе до следующего изменения входного сигнала на "0". Этот процесс повторяется, в результате чего на выходе Q формируется сигнал, соответствующий делению входной частоты на 2.

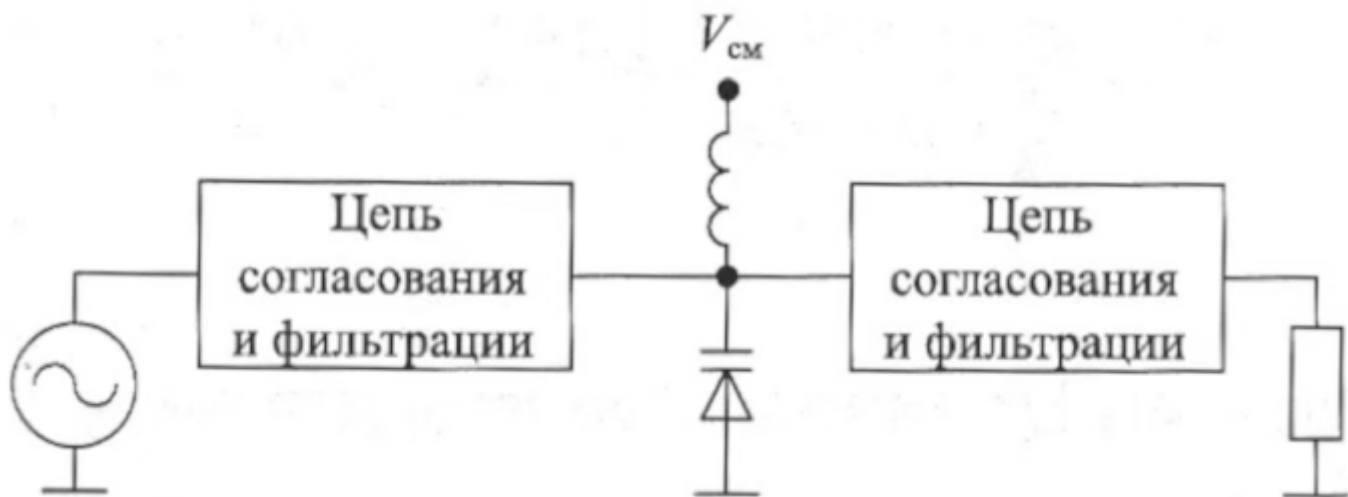


Если нужно уменьшить частоту сигнала, выход первого триггера можно подключить к входу следующего, что позволит разделить частоту еще в два раза. Таким образом, можно реализовать деление частоты на  $2^M$ , где  $M$  — количество триггеров. Если необходимы другие коэффициенты деления, которые не кратны 2, то нужно предусмотреть сброс схемы в начальное состояние после того, как будет отсчитано нужное количество импульсов входного сигнала. Для этого в схему добавляют дополнительные логические элементы.

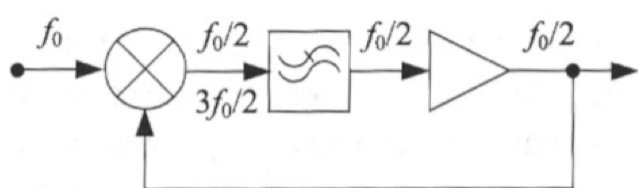


Делитель частоты на  $2^M$  на основе цепочки D-триггеров

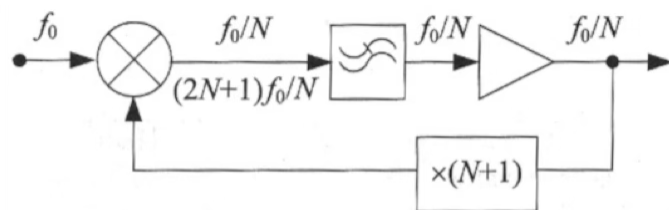
Аналоговый делитель частоты представляет собой автогенератор, который создает сигнал на частоте одной из субгармоник входного сигнала. Одним из примеров такого делителя является параметрический делитель, использующий элемент с отрицательным сопротивлением, например, варактор. Варактор добавляет отрицательное динамическое сопротивление в резонаторный контур. Концептуальная схема делителя включает входные и выходные цепи согласования, развязки и фильтрации, а также варакторный диод. Если сопротивление потерь в диоде и цепях согласования меньше модуля его динамического сопротивления, то диод генерирует сигнал на частоте субгармоники подводимого сигнала, что позволяет осуществлять деление частоты. Отрицательное сопротивление зависит от напряжения смещения на диоде и уровня подводимого сигнала. Основное преимущество параметрического делителя — это низкие собственные фазовые шумы, а недостатки — ограниченная рабочая полоса частот и высокая чувствительность к уровню входного сигнала.



Регенеративный делитель частоты на основе смесителя представляет собой замкнутую систему, которая передает частоту при определённых условиях. В частности, частота генерации должна быть равна половине входной частоты. Входной сигнал с частотой  $f_0$  преобразуется с выходным сигналом, имеющим частоту  $f_0/2$ . На выходе смесителя возникают две частоты:  $f_0/2$  и  $3f_0/2$ . Частота  $3f_0/2$  затем подавляется с помощью фильтра низких частот, что позволяет получить сигнал с частотой  $f_0/2$  на выходе. При соблюдении условий самовозбуждения (баланс амплитуды и фазы) такая схема служит для деления частоты на 2. Для получения более высоких коэффициентов деления можно ввести множитель в цепь обратной связи.



Регенеративный делитель на 2



Регенеративный делитель частоты на  $N$

Условие баланса фаз в регенеративном делителе частоты выполняется лишь в узком диапазоне частот, что делает эту схему узкополосной и требующей тонкой настройки. Однако регенеративный делитель имеет преимущество низких собственных фазовых шумов, что позволяет использовать его для формирования опорного сигнала на одной фиксированной частоте с очень низкими фазовыми шумами.