

УДК 621.373

А. Ф. ИВАНЧЕНКО, О. И. ГУБЕРНАТОРОВ, канд. техн. наук,  
А. Г. ДОВБНЯ, А. Н. ЗЕЛЕНИН, канд. техн. наук

### О ВЫДЕЛЕНИИ УПРАВЛЯЮЩЕГО СИГНАЛА В СИНХРОННЫХ СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТНОГО СИНТЕЗА

В ряде работ [1—4] показано, что качество выходного сигнала синхронизируемого генератора СГ в синхронных системах цифрового частотного синтеза ЦЧС существенно зависит от параметров звена фазовый детектор — фильтр нижних частот (ФД—ФНЧ) системы. В качестве ФД систем ЦЧС чаще всего используются триггеры с раздельным запуском [3] либо ключевые импульсно-фазовые детекторы типа выборка — запоминание [5].

В статье рассматривается канал фильтрации управляющего сигнала цифрового синтезатора частоты, причем в качестве ФД в такой схеме использован триггер с раздельным запуском, построенный на логических элементах И—НЕ (микросхема 2ЛБ172).

На рис. 1 представлен канал фильтрации управляющего напряжения, разработанный для высококачественного узкодиапазонного цифрового синтезатора частот, который предназначен для использования в качестве гетеродина радиоприемника с двухсигнальной избирательностью  $\geq 80$  дБ или возбuditеля радиопередатчика с уровнем побочных излучений, не превышающим 80 дБ.

В схеме канала фильтрации (рис. 1) на транзисторе ПП<sub>1</sub> собран согласующий ключевой каскад. Элементы  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_2$ — $C_6$  образуют двухзвенный фильтр нижних частот (ФНЧ), причем первое звено обеспечивает максимальное подавление частоты сравнения  $f_{cp} = \frac{25}{12}$  кГц. На транзисторе ПП<sub>2</sub> собран усилитель постоянного тока (УПТ),  $D_5$ ,  $D_6$ ,  $R_9$ ,  $C_7$  — нелинейный фильтр на элементах  $R_3$ ,  $D_2$  — параметрический стабилизатор напряжения питания для ключевого каскада.

Для управления СГ и перекрытия заданного диапазона частот требуется обеспечить размах управляющего напряжения от 4 до 20 в, поэтому принят вариант канала фильтрации с УПТ. Этим обеспечивается фильтрация управляющего напряжения при низких уровнях функциональных сигналов.

Для нормальной работы ФНЧ требуется, чтобы внутреннее сопротивление источника колебаний и сопротивления нагрузки

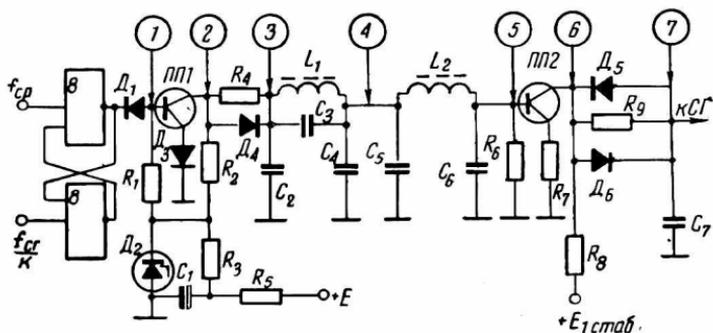


Рис. 1. Канал фильтрации управляющего сигнала в системе цифрового частотного синтеза:

$R_1=6,8$  ком;  $R_2, R_4=3,3$  ком;  $R_6=3,6$  ком;  $R_7=150$  ом;  $R_8=1,5$  ком;  $R_9=100$  ком;  $C_2, C_4-C_6=0,05$  мкф;  $C_3=4700$  пф;  $C_7=0,1$  мкф; ПП<sub>1</sub>, ПП<sub>2</sub>—КТ 315 г; Д<sub>1</sub>, Д<sub>4</sub>—Д<sub>9</sub> Г; Д<sub>2</sub>—КС168; Д<sub>3</sub>, Д<sub>5</sub>, Д<sub>6</sub>, — Д220;  $L_1, L_2=1,2$  гн;  $Q \geq 20$ .

ФНЧ равнялись характеристическому сопротивлению ФНЧ ( $R_{c_{\text{ФНЧ}}}$ ). С учетом того, что ФНЧ является нагрузкой ключевого каскада, в ту часть периода, когда ПП<sub>1</sub> открыт (ключ замкнут), звено КЛЮЧ—ФНЧ оказывается не согласованным. Цепочка  $R_4, D_4$  предназначена для устранения этого явления.

При открытом транзисторе ПП<sub>1</sub> диод Д<sub>4</sub> запирается, поэтому внутреннее сопротивление ключа становится равным  $R_4$ . Когда ПП<sub>1</sub> заперт, напряжение на его коллекторе максимально, диод Д<sub>4</sub> открыт и шунтирует  $R_4$ . В этом случае внутреннее сопротивление ключа равно  $R_2$  ( $R_2=R_4=R_{c_{\text{ФНЧ}}}$ ).

Следует подчеркнуть, что отсутствие согласующего звена в канале фильтрации способствует тому, что периодическая несогласованность сопротивлений ключа и ФНЧ с периодом, равным  $T = \frac{1}{f_{cp}}$ , приводит к существенному ухудшению фильтрующих свойств канала.

В описываемой схеме за счет согласования ключевого каскада и ФНЧ с помощью цепочки  $R_4, D_4$  удалось увеличить подавление напряжения  $f_{cp}$  на выходе первого звена ФНЧ (рис. 1, точка 4) на 18—20 дБ. На рис. 2 приведены осциллограммы функциональных сигналов канала фильтрации в различных точках схемы.

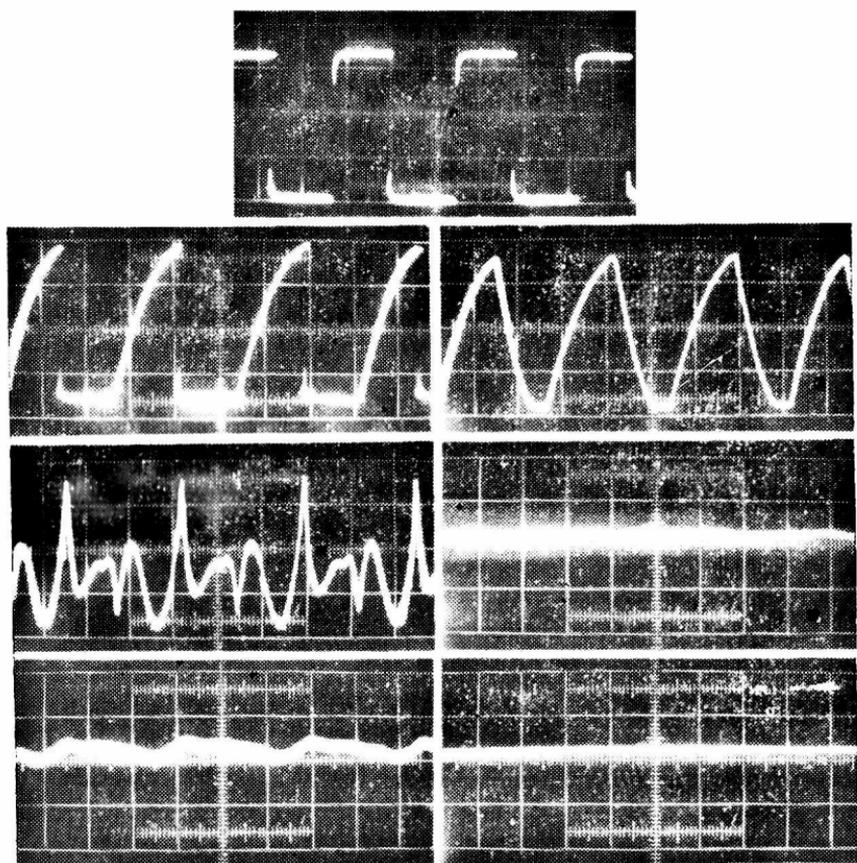


Рис. 2. Масштабы осциллограмм:  
 1 — 0,5 в/мм; 2,3 — 1 в/см; 4 — 7 — 10 мв/см.

Следует также сказать о назначении элементов схемы, не описанных выше. Связь ФД с ПП<sub>1</sub> осуществляется с помощью диода Д<sub>1</sub>. Диод создает отрицательную обратную связь по току для ПП<sub>1</sub>, способствуя надежному его запиранию, а также несколько поднимает вверх минимальный уровень выходного напряжения ключевого каскада, что необходимо для нормальной работы УПТ. С помощью R<sub>7</sub> стабилизируется режим работы УПТ.

В результате испытаний описанной схемы уровень пульсаций с частотой  $f_{cp}$  на выходе УПТ составил  $\leq 0,1$  мв при размахе управляющего напряжения на выходе УПТ 4—20 в.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленин А. Н. О стабильности частоты синхронизируемого генератора в синхронных системах цифрового частотного синтеза. — Сб. «Радиотехника». Вып. 25. Харьков, 1973, с. 69—72.
2. Благоев В. А. и др. Аппаратура для частотных и временных измерений. М., «Советское радио», 1971. 334 с.
3. Левин В. А. Стабилизация дискретного множества частот. М., «Энергия», 1970. 327 с.
4. Шахгильдян В. В., Ляховкин А. А. О выборе типа низкочастотного фильтра в цепи ФАПЧ, минимизирующего дисперсию частоты синхронизируемого генератора. — «Радиотехника», т. 20, № 6, 1965, с. 28—34.
5. Kaminski W. and Scheider H. A. Multiple base transmitter synchronization. — IEEE Trans. on Vehicular Technol. (Oct., 1968), 1, p. 83—90.