

ХАМО МАЗХАР

## ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИ ОБМЕНЕ ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ ОТДАЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Рассматривается вопрос автоматической подстройки отдаленных синхрогенераторов. Предлагается схема, реализующая достаточную для практики точность подстройки.

**Ключевые слова:** синхронизация, генератор, подстройка, задержка.

Передача информации по цифровой сети в настоящее время осуществляется преимущественно синхронным способом, при котором обеспечивается максимальное использование ресурсов сети.

Одним из важнейших параметров при организации обмена информацией в цифровых системах передачи и распределения информации (СПРИ) является время вхождения в синхронизм. Для этого необходимо обеспечить синхронную работу генераторов передатчика и приемника. Однако этого еще недостаточно для минимизации потери времени. Необходимо также обеспечить режим синфазности. На рисунке показана функциональная схема, позволяющая приблизить частоты двух отдаленных независимых генераторов до максимально возможных значений и обеспечивающая минимальную потерю времени для их синхронной работы. Несмотря на то, что генераторы одни и те же, расхождение по частоте и фазе существует из-за неидентичности элементов и случайности процессов возбуждения.

Важным структурным элементом системы синхронизации являются генераторные комплекты, которые должны обеспечить:

- высокую стабильность генерируемых частот;
- возможность независимых индивидуальных изменений временных параметров;
- возможность размножения синхроимпульсов;
- простоту реализации.

Для осуществления первого требования необходимо использовать генераторы с высокой стабильностью временных параметров. Поэтому на практике используются микросхемы с минимальными значениями расхождения между задержкой элемента при переключении от "0" на "1" и наоборот, т.е.  $(t_{з\max}^{01} - t_{з\min}^{10}) \rightarrow \min, (t_{з\max}^{10} - t_{з\min}^{01}) \rightarrow \min$ . Эти параметры для различных серий микросхем расходятся больше, чем на один порядок [1]. Очень важно также обеспечить минимальное расхождение между  $t_{з\max}^{ij}$  и  $t_{з\min}^{ij}$ .

Для обеспечения второго требования необходимо встроить в самой схеме генератора управляемые элементы, позволяющие автономно менять величину одного временного параметра, не влияя на другие. Для синхронизации нескольких объектов можно использовать генератор одного объекта как эталонный, а остальные - как подчиненные. Подчиненные генераторы управляются по сигналу из эталонного генератора. На рисунке показан один из возможных примеров, где генератор 1 служит как эталонный и 2 – как регулируемый. Как видно, схема позволяет максимально приблизить частоту второго генератора к частоте первого (эталонного).

Схема состоит из двух счетчиков. На вход первого подаются импульсы с первого генератора, а на вход второго - импульсы со второго генератора. Сигналы с выходов счетчиков подаются на входы сумматора, на выходе которого появляется сигнал, показывающий код расхождения частоты двух генераторов. Из выхода сумматора код подается на вход резисторной матрицы, которая соединена непосредственно со вторым генератором по управляющей цепи частоты. В зависимости от величины сопротивления в матрице изменяется частота этого генератора, т.е. имеет место автоматическая подстройка частоты второго генератора с частотой первого с точностью шага подстройки.

Важным параметром, определяющим точность подстройки, является средняя задержка элемента

$$t_3 = 0,5(t_3^{01} + t_3^{10}). \quad (1)$$

Величину  $t_3$  обычно рассчитывают по измеренным значениям  $t_3^{01}, t_3^{10}$ . Время однократного прохождения сигнала (переключения цепи) для кольцевого генератора равно  $k_0 t_3$ , где  $k_0$  - число схем в генераторе;  $t_3$  - их средняя задержка. Так как период генерируемых импульсов равен времени прохождения двух логических сигналов 0 и 1, то его длительность равна [2]

$$T_0 = 2k_0 t_3. \quad (2)$$

Таким образом, значение  $t_3$  для схем в кольцевом генераторе можно определить, измеряя период  $T_0$  или частоту  $f_0$  генерируемых импульсов:

$$t_3 = T_0 / 2k_0 = 1 / 2k_0 f_0. \quad (3)$$

Обычно в кольцевых генераторах используется нечетное число элементов ( $k_0 = 3, 5, \dots$ ), для которых находится усредненная величина  $t_3$ . Поскольку частота второго генератора управляется при помощи RC-цепочки, точнее, изменением  $R$ , то задержка на одну RC-цепочку определяется по выражению

$$t_{3RC} = 0,5 \cdot T_{RC} = k_{RC} \tau = k_{RC} RC, \quad (4)$$

где  $k_{RC}$  - число RC-цепочек.

Тогда период следования импульсов генератора выражается по формуле

$$T = T_o + T_{RC} . \quad (5)$$

Подставляя (2) и (4) в (5), получим

$$T = 2k_o t_3 + 2k_{RC} RC . \quad (6)$$

Полагая  $k_o = k_{RC} = k$ , получим

$$T = 2k(t_3 + RC) . \quad (7)$$

Следовательно, частота генератора определяется выражением  $f = 1/T = 1/2k(t_3 + RC)$ . (8)

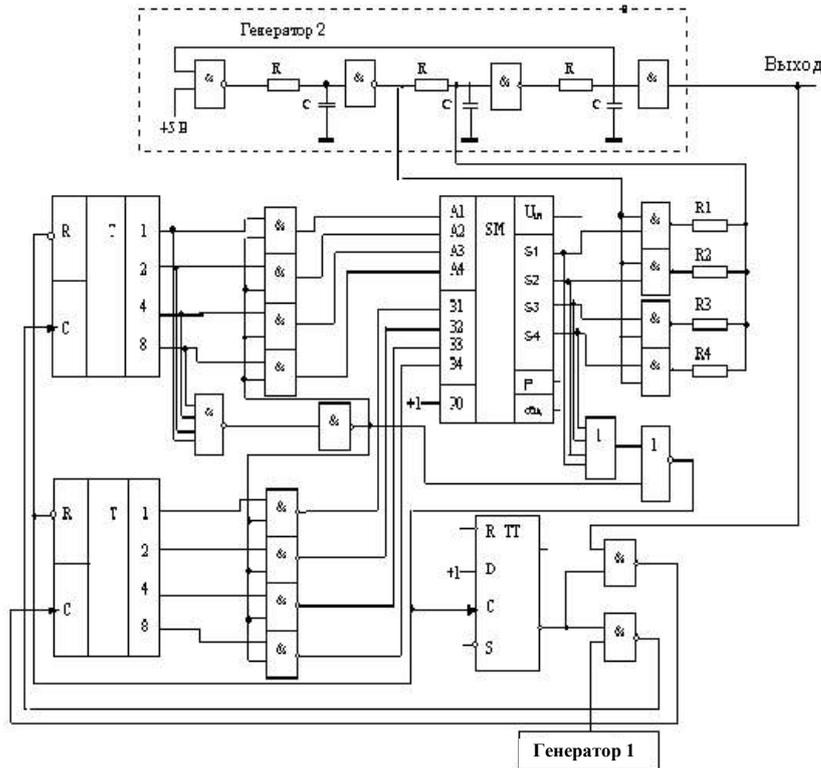


Рис. Генератор с автоматической подстройкой частот

В схеме, изображенной на рисунке, управление частотой осуществляется с помощью изменения числа задействованных резисторов матрицы (PM). Изменение сопротивления происходит только на одной цепи RC, которая связана непосредственно с PM. В этом случае дополнительно подключаемое сопротивление PM может меняться от бесконечности, когда все резисторы блока отключены, до  $R_{min}$ , когда все резисторы задействованы. Величины сопротивления в PM соответствуют значениям (512, 256, 128, 64)R и обратно пропорциональны значению разряда кода, т.е. старшему разряду соответствует значение 64 R, а младшему разряду – 512 R. Тогда  $R_{min} = 512 R$ , и при  $k=3$

период генерации увеличивается на

$$T_2 = 2C[(k-1)R + \frac{RR_{\text{ЭК}}}{R+R_{\text{ЭК}}}] = 2RC(2 + \frac{R_{\text{ЭК}}}{R+R_{\text{ЭК}}}) =$$

$$= 2RC(2 + \frac{512R}{R + \frac{512R}{15}}) = 5,943RC. \quad (9)$$

Отсюда

$$f = \begin{cases} f_{\text{max}} = 1/(6t_3 + 5,94RC) & \text{при } R_{\text{ЭК}} = R_{\text{min}}, \\ f_{\text{min}} = f_{\text{ном}} = 1/6(6t_3 + RC) & \text{при } R_{\text{ЭК}} = R_{\text{min}}. \end{cases} \quad (10)$$

Из (10) можно найти абсолютные и относительные возможные пределы подстройки частоты генератора:

$$\Delta f = |f_{\text{max}} - f_{\text{ном}}| = \left| \frac{1}{6t_3 + 5,943RC} - \frac{1}{6(t_3 + RC)} \right| =$$

$$= \frac{5RC}{6(527t_3 + 522RC)(t_3 + RC)}, \quad (11)$$

$$\delta f = \left| \frac{\Delta f}{f_{\text{ном}}} \right| \cdot 100\% = \frac{\frac{5RC}{6(527t_3 + 522RC)(t_3 + RC)}}{\frac{1}{6(t_3 + RC)}} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{RC}{105,4t_3 + 104,4RC} \cdot 100\%, \quad R \neq \frac{105,4t_3}{104,4C}. \quad (12)$$

Из (12) видно, что частота генератора может увеличиваться в пределах  $\frac{RC}{105,4t_3 + 104,4RC} \cdot 100\%$  от номинального значения.

Для конкретных случаев (для системы ИКМ [3]) рассмотрим работу схемы при организации систем синхронизации для первичных ЦСП со скоростью передачи 2048 кбит/с при  $R=100 \text{ Ом}$  и  $C=0,628 \text{ нФ}$  и при использовании генераторов, построенных на базе микросхемы серии 155 типа К155ЛА3, для которого  $t_3 = 0,5(15+22) = 18,5 \text{ нс}$ . Для этого находим величины:  $\Delta f_{\text{max}} = 15,1245 \text{ кГц}$ ,  $\Delta f_{\text{min}} = 1,02875 \text{ кГц}$ ;

$$\delta f_{\text{max}} = 0,738\%, \quad \delta f_{\text{min}} = 0,050\%.$$

Для вторичных ЦСП со скоростью передачи 8448 кбит/с при  $R=100 \text{ Ом}$  и  $C=12,28 \text{ нФ}$  имеем  $\Delta f_{\text{max}} = 4,994 \text{ кГц}$ ,  $\Delta f_{\text{min}} = 342 \text{ кГц}$ ;  $\delta f = 0,059\%$ ,  $\delta f_{\text{min}} = 0,004\%$ , что, с нашей точки зрения, достаточно для подстройки частоты используемых генераторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тарабин Б.В., Лунин Л.Ф., Смирнов Ю.Н. и др.** Интегральные микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1983.- 528 с.
2. **Алексенко А. Г., Шагурин И.И.** Микросхемотехника: Учеб. пособие для вузов / Под ред. **И.И. Степаненко.** – М.: Радио и связь, 1982.– 416 с.
3. Многоканальные системы передачи / Под ред. **Н.Н. Базовой, В.Н. Гордиенко.** – М.: Радио и связь, 1997. – 560 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 16.09.1999.

## ՀԱՍՈՄԱԶԺԱՐ

### ՀԵՌԱՑՎԱԾ ՕՐՑԵԿՏՆԵՐԻ ՄԻՋԵՎ ԻՆՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ ՄԻՆԽՐՈՆԱՑՄԱՆ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄԸ

Դիտարկվում է միմյանցից հեռացված սինխրոգեներատորների համալարման խնդիրը: Առաջարկվում է գործնական բավարար ճշտությունն ապահովող սխեմա:

## HAMO MAZHAR

### SYNCHRONIZATION SYSTEM ORGANIZATION FOR INFORMATION EXCHANGE BETWEEN SEPARATE OBJECTS

An automatic tuning problem for the remote synchrogenerators is considered. A circuit realizing tuning accuracy sufficient for practice is proposed.