

3. Э. С. Воронин, Ю. А. Ильинский, В. Е. Прокопенко, В. С. Соломатин, Г. С. Старков. Уменьшение флюктуаций выходной мощности He—Ne газового лазера.— «ПТЭ», 1971, № 5.
4. K. Sakurai, Y. Mitsuhashi, T. Honda. Alaser microcalorimeter.— "IEEE Trans. Instrum. Meas.", 1967, vol. 16, p. 212.
5. Ю. В. Троицкий. Метод введения малого калиброванного затухания в оптический резонатор.— «Опт. и спектр.», 1968. т. 25, № 1.
6. Г. Ф. Малышев, Ю. В. Троицкий, В. А. Ханов, В. П. Хюппенен. Стабилизированный одночастотный гелий-неоновый лазер.— «Автоматика», 1972, № 5.

Поступило в редакцию 27 февраля 1975 г.

УДК 621.374.539.4

В. П. БЕССМЕЛЬЦЕВ, В. Н. БУРНАШОВ, В. В. ВОРОБЬЕВ  
(Новосибирск)

### ВЫЧИТАТЕЛИ ЧАСТОТ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

При работе с частотными датчиками, например с интерферометрами лазерных измерителей перемещений, часто возникает необходимость в получении разности двух частот и интеграла по времени от этой разности. Разность частот обычно получают с помощью вычитателей частот, а интеграл от этой разности — с помощью реверсивного счетчика.

Известно много способов вычитания частот [1—6]. Наиболее часто используется схема вычитания частот, описанная, например, в [4], вследствие ее простоты и достаточной надежности. Она состоит из схемы исключения совпадающих импульсов (СИС) и схемы исключения чередующихся импульсов (СИЧ), называемой иногда «дискретным фильтром» [4]. Основная функция первой схемы — исключение возможности появления совпадающих импульсов на ее выходах — может выполняться «привязкой» входных импульсов к двум последовательностям несовпадающих тактовых импульсов, временным сдвигом одного вида совпадающих импульсов, например опорных (имеющих постоянную частоту следования), или, наконец, просто исключением пар совпадающих импульсов.

Схема вычитания частот, в которой используется СИЧ, выполненная только на потенциальных логических элементах, описана в [5]. Для исключения совпадающих импульсов используются два элемента памяти. При этом входные импульсы либо считаются совпадающими, либо отстают друг от друга на время, равное целому числу периодов тактовой частоты, а максимальное значение последней равно 3—4 МГц для узла вычитания, выполненного на микросхемах серии 133.

Более простым оказывается вычитатель частот, схема которого приведена на рис. 1. В этом вычитателе используется СИЧ, описанная в [5]. Импульсы, поступающие на входы 1 и 2 вырабатываются на выходах формирователей (элементы 1 и 2, 3 и 4) отрицательные импульсы стандартной длительности, которые через инверторы

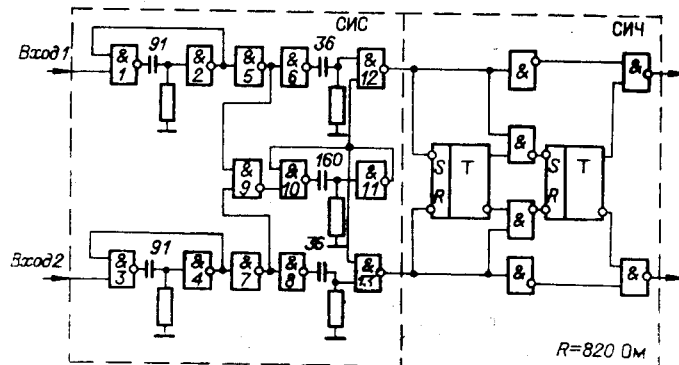


Рис. 1.

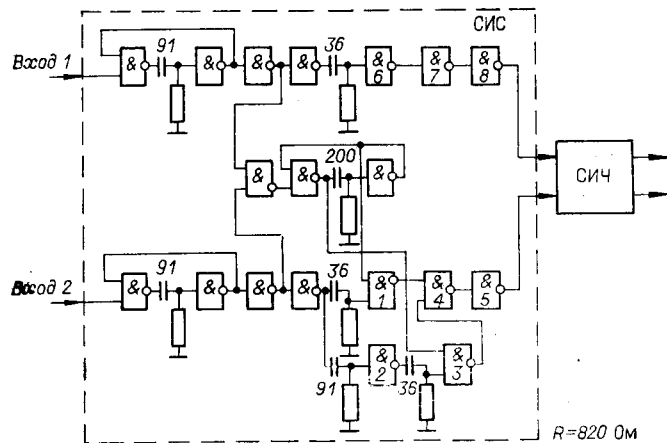


Рис. 2.

5 и 7 поступают на входы схемы И-НЕ 9; в случае их совпадения срабатывает формирователь (элементы 10, 11), запрещающий прохождение совпадающих импульсов через схемы И-НЕ 12 и 13 на входы СИЧ. Для того чтобы исключить частичное прохождение импульсов через схемы 12 и 13 при частичном совпадении импульсов на входах 9, используется задержка отрицательных импульсов с выходов схем 6 и 8 за счет того, что на выходах схем 12 и 13 формируются импульсы от положительных фронтов входных импульсов, т. е. от их задних фронтов. Максимальная частота входных сигналов для схемы рис. 1, выполненной на микросхемах серии 133, 3—4 МГц.

Недостатком описанной выше схемы является то, что при расхождении импульсов в некоторых пределах они все же считаются совпавшими. Для исключения указанной погрешности можно не выбрасывать совпадающие импульсы, а сдвигать импульсы одной из входных последовательностей, как это делается в схеме рис. 2, а затем учитывать этот сдвиг. Импульсы со входа 1 непосредственно поступают на вход СИЧ, как и в схеме рис. 1 в случае несовпадения входных импульсов. Импульсы со входа 2 проходят через схемы 1, 4, 5, если они не совпадают с импульсами со входа 1, и через схемы 2, 3, 4, 5 при их совпадении. В первом случае задержка импульсов со входа 2 равна задержке импульсов со входа 1, а во втором — больше на время, определяемое дифференцирующей цепочкой на входе схемы 2. Максимальная частота входных сигналов для схемы рис. 2, выполненной на микросхеме серии 133, — 2—3 МГц.

Одновременно была определена максимальная входная частота для схемы вычитания частот на D-триггере [6], которая оказалась равной 6—7 МГц (в качестве D-триггера использовалась микросхема К1ТК552). Недостатком последней является невозможность определения знака разности частот.

Максимальная частота входных сигналов определялась следующим образом. Ко входам схем вычитания частот подключались два кварцевых генератора, и частотометром контролировались разность частот на входах и частота на выходе схемы. Частоты кварцевых генераторов повышались до тех пор, пока частота на выходе оставалась равной разности входных частот.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Гутников. Интегральная электроника в измерительных приборах. Л., «Энергия», 1974.
2. Л. С. Горн, Б. И. Хазанов. Узлы радиометрической аппаратуры на интегральных схемах. М., Атомиздат, 1973.
3. В. Г. Кнорринг и др. Звукочувствительная цепь вычитания частот на интегральных логических элементах. — «Приборы и сист. упр.», 1974, № 8.
4. П. В. Новицкий и др. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л., «Энергия», 1970.
5. В. П. Кирьянов и др. Об алгебраическом суммировании число-импульсных последовательностей. — В кн.: Системы сбора и первичной обработки измерительной информации. Новосибирск, Изд. ИАЭ СО АН СССР, 1973.
6. Kingsleg P. Robg. Flip-flop measures frequency difference between two signals. — "Electronic Des.", 1969, vol. 17, № 25.

Поступило в редакцию 24 апреля 1975 г.