



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

2

(21) 4764133/21

(22) 27.11.89

(46) 15.03.92. Бюл. № 10

(71) Харьковский институт радиоэлектроники им. акад. М. К. Янгеля

(72) А. В. Голенко

(53) 621.317.77(088.8)

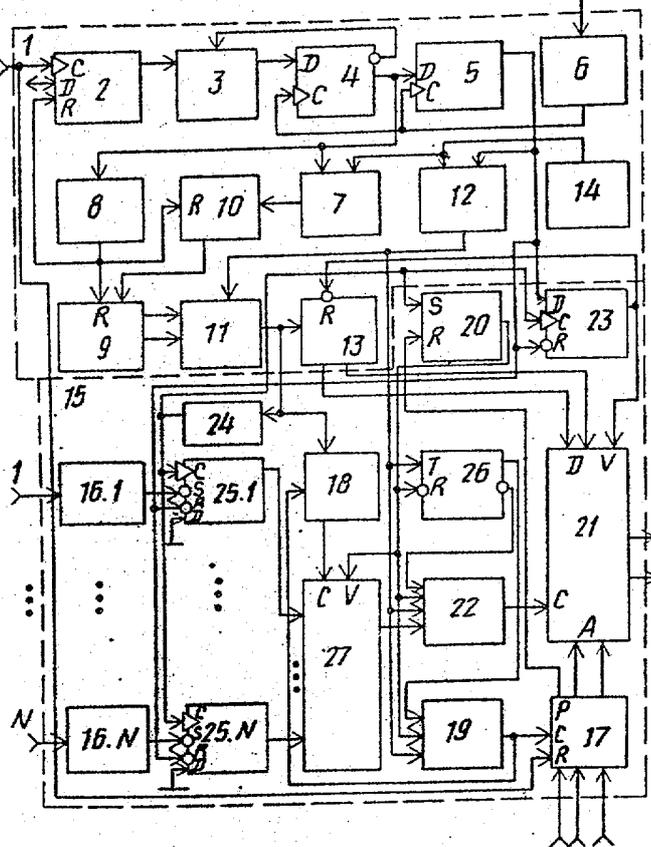
(56) Авторское свидетельство СССР № 1257563, кл. G 01 R 25/08, 1987.

Авторское свидетельство СССР № 1479890, кл. G 01 R 25/08, 1987.

(54) МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ФАЗОМЕТР

(57) Изобретение может быть использовано в автоматизированных информационно-из-

мерительных системах для многоканального измерения фазовых сдвигов. Цель изобретения - повышение достоверности измерений и упрощение устройства. Многоканальный фазометр содержит в опорном канале 1 триггеры 2, 4, 5, элементы И 3, 7, и 12, формирователь 6, одновибратор 8, счетчики 9 и 13, делитель 10 частоты, управляемый делитель 11 частоты, генератор 14, в измерительном канале 15 формирователи 16.1-16.n, счетчик 17, элемент ИЛИ 18, элементы И 19, 22, триггеры 20, 23, 25.1-25.n, 26, запоминающее устройство 21, элемент 24 задержки и регистр 27. 1 ил.



Изобретение относится к цифровой измерительной технике и может быть использовано в автоматизированных информационно-измерительных системах для измерения фазовых сдвигов нескольких электрических колебаний относительно одного, принимаемого за опорный сигнал.

Известен фазометр, содержащий формирователь опорного напряжения и генератор линейно изменяющегося напряжения, а также регистратор и n каналов обработки измеряемого сигнала, включающий каждый: формирователь измеряемого сигнала, генератор линейно изменяющегося напряжения, блок сравнения и фильтр нижних частот.

Недостатками устройства являются возможность измерений только при фиксированной частоте сигналов, низкая точность, обусловленная дополнительным преобразованием временных интервалов в напряжения, значительные аппаратные затраты при необходимости увеличения количества каналов измерения, так как каждый измерительный канал содержит больше аппаратуры, чем опорный.

Известно устройство для измерения сдвига фаз, содержащее два формирователя, триггер, инвертор, два одновибратора, четыре элемента И, элемент ИЛИ-НЕ, генератор, делитель частоты и три счетчика.

Недостатки устройства – низкая точность при многоканальных измерениях – за счет суммирования погрешностей самостоятельных фазометров, значительные аппаратные затраты при необходимости увеличения количества каналов измерения, т. е. количества самостоятельных фазометров.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является фазометр, содержащий в опорном канале формирователь, вход которого соединен с клеммой опорного сигнала, а выход подключен к С-входу триггера, прямой выход которого подключен к первому входу первого элемента И, генератор, соединенный с первым входом второго элемента И, выход которого через соединенный входами управления с выходами первого счетчика управляемый делитель частоты подключен к счетному входу второго счетчика, третий элемент И, одновибратор и делитель частоты, а в измерительном канале – формирователь, вход которого соединен с клеммой входного сигнала, элемент И, кроме того, $n-1$ измерительных каналов, в опорном канале два триггера и два магистральных усилителя, через первый из которых выходы второго счетчика подключены к магистрали кодов, а

через второй магистральный усилитель подключены к линии синхронизации второй вход второго элемента И и выход второго триггера, С-вход которого подключен к выходу формирователя, а D-вход к прямому выходу первого триггера и через одновибратор – к R-входам первого и второго счетчиков, делителя частоты и третьего триггера, С-вход которого соединен с клеммой синхровхода фазометра, D-вход соединен с клеммой логической единицы, выход – с первым входом третьего элемента И, подключенного вторым входом к инверсному выходу первого триггера, а выходом – к его D-входу, а также второй вход первого элемента И соединен с выходом генератора, а выход через делитель частоты – со счетным входом первого счетчика, при этом в каждом измерительном канале имеется также регистр, выходы которого соединены с выходами кода результата фазометра, информационные входы подключены к магистрали кодов, а вход управления – к выходу элемента И, один вход которого подключен к выходу формирователя, а другой – к линии синхронизации.

Недостатками устройства являются невысокая достоверность результатов измерений, обусловленная возможным считыванием информации из счетчика результата в момент изменения его состояния; большие аппаратные затраты при необходимости увеличения количества измеряемых сигналов, определяемые наличием самостоятельного регистра для каждого измеряемого сигнала, а также необходимостью их последующего мультиплексирования по выходам для считывания результатов измерения.

Цель изобретения – повышение достоверности измерений и упрощение устройства.

Поставленная цель достигается тем, что в многоканальный фазометр, содержащий в опорном канале первый триггер, С-вход которого соединен с синхровходом устройства, D-вход – с клеммой сигнала логической единицы, а прямой выход – с первым входом первого элемента И, второй вход которого соединен с инверсным выходом, а выход с D-входом второго триггера, С-вход последнего совместно с одноименным входом третьего триггера – через формирователь – с входом опорного сигнала, а прямой выход второго триггера соединен с D-входом третьего триггера, первым входом второго элемента И, а также – через одновибратор – с входами сброса первых триггера и счетчика, и делителя частоты, через который выход второго элемента И соединен с входом первого счетчика, поразрядно соединенного

выходами с входами управления управляемого делителя частоты, через который выход третьего элемента И соединен с входом второго счетчика, при этом прямой выход третьего триггера соединен с первым входом третьего элемента И, а вторые входы второго и третьего элементов И – с выходом генератора, а также в измерительном канале – п формирователей, входы которых являются сигнальными входами устройства, четвертый элемент И, и регистр введены в его измерительный канал четвертый, пятый, шестой и п дополнительных триггеров, элемент задержки, элемент ИЛИ, пятый элемент И, запоминающее устройство и третий счетчик, вход управления параллельной записью которого является входом управления чтением фазометра, а входы параллельной записи – входом кода номера результата, кроме того, третий счетчик соединен входом сброса с синхровходом устройства, счетным входом – с первым входом элемента ИЛИ и выходом четвертого элемента И, выходом переполнения – с входом сброса четвертого триггера, а выходами – поразрядно – с входами адреса запоминающего устройства, выходы которого являются выходами результата фазометра, вход синхронизации запоминающего устройства соединен с выходом пятого элемента И, вход режима – с прямым выходом пятого триггера и входом сброса второго счетчика, а информационными входами – поразрядно – с выходами второго счетчика, при этом вход последнего соединен с вторым входом элемента ИЛИ, а также – через элемент – с объединенными С-входами п дополнительных триггеров, входом установки четвертого и С-входом пятого триггеров, D-вход и вход сброса последнего соединены с выходом третьего триггера, прямой выход четвертого триггера соединен с входом сброса шестого триггера, первыми входами четвертого и пятого элементов И, а также с входом режима регистра, вход синхронизации которого соединен с выходом элемента ИЛИ, входы информационные – с прямыми выходами соответственно п дополнительных триггеров, входы установки которых соединены, в свою очередь, с выходами соответствующих п формирователей, объединенные входы сброса – с выходом третьего триггера, а объединенные D-входы – с клеммой логического нуля, при этом, вторые входы четвертого и пятого элементов И совместно со счетным входом шестого триггера соединены с выходом третьего элемента И, их третьи входы – соответственно, с прямым и инверсным выходами шестого триггера, а

четвертый вход пятого элемента И – с последовательным выходом регистра.

Устройство многоканального фазометра иллюстрируется структурной схемой.

Многоканальный фазометр содержит в опорном канале 1 триггер 2, С-вход которого является синхровходом фазометра, D-вход соединен с клеммой логической единицы, а прямой выход – с входом элемента И 3, другой вход которого соединен с инверсным выходом, а выход – с D-входом триггера 4. С-входы триггеров 4 и 5 соединены через формирователь 6 с входом опорного сигнала, а прямой выход триггера 4 – с D-входом триггера 5, входом элемента И 7, а также – через одновибратор 8 – с входами сброса триггера 2, счетчика 9, делителя 10 частоты, через который выход элемента И 7 соединен с входом счетчика 9, поразрядно соединенного с входами управления управляемого делителя 11 частоты, через который выход элемента И 12 соединен с входом счетчика 13. Прямой выход триггера 5 соединен с входом элемента И 12, а вторые входы элементов И 7, 12 – с генератором 14. В измерительном канале 15 входы п формирователей 16.1–16.п являются сигнальными входами устройства. Вход управления параллельной записью счетчика 17 является входом управления чтением фазометра, а входы параллельной записи – входом кода номера результата, он соединен входом сброса с синхровходом устройства, счетным входом – с входом элемента ИЛИ 18 и выходом элемента И 19, выходом переполнения – с входом сброса триггера 20, а выходами – поразрядно – с входами адреса запоминающего устройства 21, выходы которого являются выходами результата фазометра, вход синхронизации соединен с выходом элемента И 22, вход режима – с прямым выходом триггера 23 и входом сброса счетчика 13, а информационными входами – поразрядно – с выходами счетчика 13. Вход последнего соединен с входом элемента ИЛИ 18 и – через элемент 24 задержки – с объединенными С-входами триггеров 25.1–25.п, входом установки триггера 20, С-входом триггера 23, а D-вход и вход сброса последнего соединены с выходом триггера 5. Прямой выход триггера 20 соединен с входом сброса триггера 26, входами элементов И 19, 22 а также входом режима регистра 27, вход синхронизации которого соединен с выходом элемента ИЛИ 18, входы информационные – с прямыми выходами соответствующих триггеров 25.1–25.п, входы установки которых соединены с выходами формирователей 16.1–16.п, объединенные входы сброса – с

выходом триггера 5, а объединенные D-входы – с клеммой логического нуля. Входы элементов И 19, 22 совместно со счетным входом триггера 26 соединены с выходом элемента И 12, их другие входы – соответственно с прямым и инверсным выходами триггера 26, а вход элемента И 22 – с последовательным выходом регистра 27.

Многоканальный фазометр работает следующим образом.

В исходном состоянии за счет цепей инициализации (на схеме условно не показаны) в опорном канале 1 и измерительном канале 15 триггеры 2, 4, 5, 20, 23, 25.1–25.N и 26 находятся в нулевом состоянии (на прямом выходе "0", на инверсном "1"), счетчики 9, 13 и делитель 10 частоты обнулены, генератор 14 вырабатывает импульсы опорной частоты F, однако на выходы элементов И 7, 12 они не проходят, поскольку на других входах этих элементов присутствует "0". Формирователи 6, 16.1–16.N вырабатывают короткие импульсы при переходе соответствующих входных сигналов через заданное характерное значение, например через нуль, однако состояние триггеров 4, 5, 25.1–25.N не изменяется, так как на D-входах триггеров 4 и 5 и входах сброса триггеров 25.1–25.N имеется "0". Временное положение указанных импульсов определяется и определяет величины фазовых сдвигов сигналов, поступающих на входы сигнальные, относительно опорного сигнала, поступающего на одноименный вход фазометра.

Многоканальный фазометр может находиться в двух режимах – режим измерения и режим чтения.

Режим измерения. Многоканальный фазометр переводится в режим измерения подачей на синхровход короткого импульса, который устанавливает триггер 2 в единичное состояние, за счет чего на D-вход триггера 4 через элемент И 3 поступает "1", а еще обнуляет счетчик 17, подготавливая его к новому циклу измерения (после предшествующего режима чтения).

Измерительное время составляет два периода колебаний частоты измеряемых сигналов: период определения длительности периода, период определения фазовых сдвигов.

Период определения длительности периода.

После перевода многоканального фазометра в режим измерения период определения длительности периода начинается по первому же импульсу с формирователя 6, который устанавливает триггер 4 в единичное состояние (триггер 5 останется в исходном – поскольку по переднему фронту импульса с формирователя 6 на его D-входе

имеется "0"), что через элемент И 3 вызовет появление "0" на его собственном D-входе. По положительному перепаду на прямом выходе триггера 4 одновибратор 8 вырабатывает импульс, обнуляющий счетчик 9 и делитель 10 частоты (устраняя результаты предшествующего цикла измерений), а также сбрасывающий в исходное состояние триггер 2. С формированием "1" на входе элемента И 7, через него импульсы опорной частоты F с генератора 14 начинают поступать на вход делителя 10 частоты (коэффициент деления $K_1=360$), а с выхода последнего – импульсы частоты F/K_1 – на вход счетчика 9, где к концу периода определения длительности периода формируется код числа N_1 . По следующему импульсу с формирователя 6 начинается период определения фазовых сдвигов.

Период определения фазовых сдвигов. Импульс с формирователя 6 переводит триггер 5 в единичное состояние, а триггер 4 – в нулевое, что вызывает закрывание элемента И 7 и, соответственно, открывание элемента И 12 через который импульсы опорной частоты F с генератора 14 начинают поступать на вход управляемого делителя 11 частоты. Так как в результате предыдущего периода последний управляется кодом N, то с его выхода на вход счетчика 13 поступают импульсы частоты F/N_1 .

Если период колебаний сигналов равен T_1 то для периода определения длительности можно записать

$$N_1 = T_1 \cdot (F/K_1) = T_1 \cdot F/K_1$$

а для периода определения фазовых сдвигов

$$N_1 = T_1 \cdot (F/N_1) = T_1 \cdot F/N_1 = T_1 \cdot F/(T_1 \cdot F/K_1) = K_1 = 360$$

т. е. за период длительностью T_1 в счетчике 13 накоплено число 360.

Таким образом, за временной интервал T_j , определяемый значением фазового сдвига W_j состояние счетчика 13 достигнет значения N_j

$$N_j/N_1 = T_j/T_1 \text{ или } N_j = N_1 \cdot T_j/T_1 = 360 \cdot T_j/T_1.$$

Поскольку по определению

$$W_j = 360 \cdot T_j/T_1$$

следовательно, $W_j = N_j$ (для получения результатов измерений в радианах нужно задать $K_1 = 2 \cdot \pi$).

Таким образом, в течение периода определения фазовых сдвигов выходы счетчика 13 последовательно принимают состояния, соответствующие кодам текущих значений фазовых сдвигов входных сигналов, определяющих временное положение импульсов на выходах формирователей 16.1–16.N, т. е. в момент появления импуль-

са с формирователя 16.J на выходах счетчика 13 формируется код численного значения фазового сдвига N_j (на самом деле приход этого импульса фиксируется триггером 25.J в интервале между N_{j-1} и N_j состояниями счетчика 13, а регистрируется в качестве кода результата измерения в запоминающем устройстве 21 уже состояние N_j — за счет того, что процесс счета импульсов счетчиком 13 начинается не с первого, а со второго поступившего импульса и в запоминающем устройстве 21 регистрируется по j-му адресу код результата W_j).

С началом периода определения фазовых сдвигов уровень "1" с выхода триггера 5 появляется на D-входе триггера 23 и по входам сброса разрешает установку последнего, а также триггеров 25.1–25.N.

Первый импульс с выхода управляемого делителя 11 частоты, пройдя через элемент ИЛИ 18, поступает на С-вход регистра 27 и вызывает параллельную запись состояния выходов триггеров 25.1–25.N (те из них, на которые в течение интервала времени от начала периода определения фазовых сдвигов до момента поступления упомянутого выше первого импульса поступили импульсы с формирователей 25.1–25.N, установлены в единичное состояние, остальные — в нулевое). Режим параллельной записи регистра 27 задается исходным уровнем "0" на выходе триггера 20.

Тот же импульс, пройдя через элемент 24 задержки, устанавливает в единичное состояние триггеры 20 и 23 (последний — на весь период определения фазовых сдвигов) и сбрасывает триггеры 25.1–25.N, причем по первому импульсу с выхода управляемого делителя 11 частоты счетчик 13 не срабатывает, так как в момент его поступления триггер 23 удерживает уровень "0" на его входе сброса.

Каждый последующий импульс с выхода управляемого делителя 11 частоты вызывает параллельную запись в регистр 27, увеличение на единицу состояния счетчика 13, а также (с задержкой) установку в единичное состояние триггера 20 и сброс в нулевое состояние триггеров 25.1–25.N. Наличие "1" в j-ом разряде регистра 27 свидетельствует о том, что фазовый сдвиг сигнала на j-ом входе соответствует текущему значению кода N на выходах счетчика 13, т. е. этот код должен быть записан по j-му адресу в запоминающее устройство 21.

Это достигается следующим образом.

При появлении "1" на выходе триггера 20 регистр 27 переводится в режим сдвига, а также устанавливается разрешающий уро-

вень на соответствующих входах элементов И 19, 22 и входе сброса триггера 26. Поскольку исходное состояние последнего — нулевое, первый импульс с выхода И 12 при наличии "1" на последовательном выходе регистра 27 пройдет через элемент И 22 на С-вход запоминающего устройства 21, вызывая запись текущего состояния выходов счетчика 13 по адресу 1. Если на выходе регистра 27 имеется "0", то элемент И 22 оказывается заперт и запись по адресу 1 не происходит. По окончании первого импульса с выхода элемента И 12 выходы триггера 26 (двухступенчатого) меняют свое состояние на противоположное, разрешая прохождение следующего импульса (второго) через элемент И 19. Этот импульс увеличивает на единицу состояние счетчика 17 (адрес записи в запоминающее устройство 21) и, пройдя через элемент ИЛИ 18 на С-вход регистра 27, вызывает сдвиг так, что на последовательный выход поступает содержимое второго разряда регистра 27, после чего цикл записи — сдвига повторяется.

Таким образом, каждый нечетный импульс из 2.N импульсов последовательности с выхода элемента И 12 осуществляет запись текущего кода состояния счетчика 13 по текущему значению кода адреса запоминающего устройства 21, если в соответствующем ему разряде 27 в течение предыдущего интервала между импульсами счета счетчика 13 была записана "1". Если записан "0", то запись не происходит. Каждый четный импульс той же последовательности производит переход к следующему коду адреса записи и за счет сдвига на один разряд подает на последовательный выход регистра 27 следующий соответствующий адресу записи разряд. Причем последний четный импульс, вызывая переполнение счетчика 17 и появление импульса на его соответствующем выходе и входе сброса триггера 20, заканчивает цикл записи и возвращает триггеры 20, 26 в исходное состояние, запирает элементы И 19, 22, а регистр 27 переводит в режим параллельной записи.

По окончании периода определения фазовых сдвигов формирователь 6 вырабатывает импульс, устанавливающий триггер 5 также в исходное нулевое состояние, на его выходе устанавливается "0", что вызывает сброс в нулевое состояние триггеров 25.1–25.N, 23 а также уровнем "0" с выхода последнего — обнуление счетчика 13 и перевод запоминающего устройства 21 и всего фазометра в режим чтения.

Режим чтения. В режиме чтения на выходы результата выводятся коды из запоминающего устройства 21 (переведенного в режим чтения подачей "0" с выхода триггера 23), адреса которых соответствуют номерам входов измерительного канала 15, а значения — величинам фазовых сдвигов соответствующих сигналов. Выбор желаемого адреса осуществляют подачей соответствующего кода на вход кода номера результата, и (после этого) импульса на вход управления чтением. При этом происходит параллельная запись кода номера результата (номера канала) в счетчик 17, управляющего адресом чтения запоминающего устройства 21.

Положительный эффект от использования предлагаемого технического решения заключается в повышении надежности функционирования многоканального фазометра за счет исключения возможности сбоев при отсутствии синхронизации работы регистров и счетчика результата, а также в снижении аппаратных затрат, которое можно оценить следующим образом. Реализация 16 измерительных каналов известного устройства требует (без учета формирователей, количество которых идентично, и других общих блоков) следующего количества корпусов интегральных микросхем 155 серии: ЛА8-3 (магистральные усилители); ИР1-48 (регистры — 12 разрядов двоично-десятичного кода); ЛИЗ — 4 (элементы И). Всего 55 корпусов (для последующего мультиплексирования результатов также потребуется 12 корпусов К155КП1). Для предлагаемого устройства (также 155 серия): ТМ2 — 9 (триггеры 20 — 25.16); ТВ1-1 (триггер 26); ЛЕ1 — 1 (элемент ИЛИ 18); ЛА1 — 1 (элементы и 19,22); АГЗ — 1 (элемент задержки 24); ИЕ7 — 1 (счетчик 17); РУ 2-3 (запоминающее устройство 21 на 16 слов по 12 разрядов); ИР1 — 4 (регистр 27). Всего 21 корпус, т. е. выигрыш составляет $55 - 21/55 = 62\%$.

Формула изобретения

Многоканальный фазометр, содержащий в опорном канале первый триггер, С-вход которого соединен с синхровходом устройства, D-вход — с клеммой сигнала логической "1", а прямой выход — с первым входом первого элемента И, второй вход которого соединен с инверсным выходом, а выход — с D-входом второго триггера, С-вход последнего совместно с одноименным входом третьего триггера через формирователь — с входом опорного сигнала, а прямой выход второго триггера соединен с D-входом третьего триггера, первым входом второго элемента И, а также через одновибратор —

входами сброса — первых триггера и счетчика, и делителя частоты, через который выход второго элемента И соединен с входом первого счетчика, поразрядно соединенного выходами с входами управления управляемого делителя частоты, через который выход третьего элемента И соединен с входом второго счетчика, при этом прямой выход третьего триггера соединен с первым входом третьего элемента И, а вторые входы второго и третьего элемента И — с выходом генератора, а также в измерительном канале — n формирователей, входы которых являются сигнальными входами устройства, четвертый элемент И, и регистр, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения достоверности измерений и упрощения устройства, введены в его измерительный канал четвертый, пятый, шестой и n дополнительных триггеров, элемент задержки, элемент ИЛИ, пятый элемент И, запоминающее устройство и третий счетчик, вход управления параллельной записью которого является входом управления чтением фазометра, а входы параллельной записи — входом кода номера результата, кроме того третий счетчик соединен входом сброса с синхровходом устройства, счетным входом — с первым входом элемента ИЛИ и выходом четвертого элемента И, выходом переполнения — с входом сброса четвертого триггера, а выходами поразрядно — с входами адреса запоминающего устройства, выходы которого являются выходами результата фазометра, вход синхронизации запоминающего устройства соединен с выходом пятого элемента И, вход режима — с прямым выходом пятого триггера и входом сброса второго счетчика, а информационными входами поразрядно — с выходами второго счетчика, при этом вход последнего соединен с вторым входом элемента ИЛИ, а также через элемент задержки — с объединенными С-входами n дополнительных триггеров, входом установки четвертого и С-входом пятого триггеров, D-вход и вход сброса последнего соединены с выходом третьего триггера, прямой выход четвертого триггера соединен с входом сброса шестого триггера, первым входами четвертого и пятого элементов И, а также с входом режима регистра, вход синхронизации которого соединен с выходом элемента ИЛИ, входы информационные — с прямыми выходами соответственно n дополнительных триггеров, входы установки которых соединены, в свою очередь, с выходами соответствующих n формирователей, объединенные входы сброса — с выходом третьего триггера, а объединенные D-входы — с клеммой логиче-

ского "0", при этом вторые входы четвертого и пятого элементов И совместно с счетным входом шестого триггера соединены с выходом третьего элемента И, их третьи входы –

соответственно с прямым и инверсным выходами шестого триггера, а четвертый вход пятого элемента И – с последовательным выходом регистра.

5

Редактор М. Недолуженко Составитель А. Голенко Корректор М. Демчик
Техред М.Моргентал

Заказ 771 Тираж Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101