

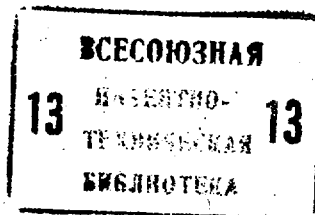


СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1197122 A

(51)4 Н 04 Л 7/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3793883/24-09

(22) 24.09.84

(46) 07.12.85. Бюл. № 45

(71) Минский радиотехнический институт

(72) А.И. Королев и О.Д. Купеев

(53) 621.394.662(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 1008921, кл. Н 04 Л 7/08, 1983.

Авторское свидетельство СССР  
№ 1124441, кл. Н 04 Л 7/08, 1983.

(54)(57) УСТРОЙСТВО ЦИКЛОВОЙ синхронизации, содержащее последовательно соединенные формирователь тактовых импульсов, коммутатор, формирователь проверочной последовательности и формирователь синдромной последовательности, последовательно соединенные первый элемент совпадения и первый счетчик импульсов, выходы которого подключены к первой группе входов блока сравнения, а также первый и второй элементы ИЛИ-НЕ, второй и третий счетчики импульсов, при этом второй вход формирователя тактовых импульсов подключен к первым входам второго счетчика импульсов и первого элемента совпадения, а выходы третьего счетчика импульсов подключены к второй группе входов блока сравнения, выходы которого через второй элемент ИЛИ-НЕ подключены к второму входу коммутатора и первому входу первого элемента ИЛИ-НЕ, к второму входу которого подключен соответствующий выход третьего счетчика импульсов, к первому входу которого, а также к второму входу первого счетчика импульсов подключен выход первого эле-

мента ИЛИ-НЕ, причем соответствующий вход формирователя проверочной последовательности объединен с первым входом коммутатора, третий вход которого является входом устройства, отличающееся тем, что, с целью повышения помехоустойчивости, в него введены сумматор по модулю два, блок приема M-последовательности, последовательно соединенные RS-триггер, ключ, блок коррекции M-последовательности, регистр сдвига, блок считывания, генератор опорной M-последовательности и формирователь синдромной M-последовательности, последовательно соединенные блок измерения вероятности ошибки, кодопреобразователь, мультиплексор и второй элемент совпадения, а также формирователь интервала анализа, третий элемент совпадения, четвертый счетчик импульса и дешифратор, выходы которого подключены к информационным входам мультиплексора, а к входам дешифратора подключены выходы второго счетчика импульсов, к второму входу которого подключен выход второго элемента совпадения, первый и второй входы которого объединены соответственно с вторым и первым входами третьего счетчика импульсов, выход которого подключен к R-входу RS-триггера, S-вход которого объединен с вторым входом коммутатора, при этом выход формирователя проверочной последовательности подключен к первому входу блока приема M-последовательности, к второму входу которого и первому входу сумматора по модулю два под-

(19) SU (11) 1197122 A

ключен соответствующий выход коммутатора, причем выход генератора опорной M-последовательности подключен к второму входу сумматора по модулю два, выход которого через формирователь синдромной последовательности подключен к второму входу ключа, а выход блока приема M-последовательности подключен к второму входу блока коррекции M-последовательности, выход которого через формирователь синдромной M-последовательности подключен к второму входу первого элемента совпадения, выход которого подключен к первым входам блока измерения вероятности ошибки и четвертого счетчика импульсов, к второму

входу которого и первому входу третьего элемента совпадения подключен выход формирователя интервала анализа, к входу которого, а также к вторым входам регистра сдвига и блока измерения вероятности ошибки и соответствующему входу генератора опорной M-последовательности подключен второй выход формирователя тактовых импульсов, а выход четвертого счетчика импульсов через третий элемент совпадения подключен к соответствующему входу блока считывания, выход третьего счетчика импульсов подключен к третьему входу блока измерения вероятности ошибки.

## 1

Изобретение относится к электро-сварке и может быть использовано для цикловой синхронизации в аппаратуре повышения достоверности передачи данных, в системах сбора и обработки дискретной информации, а также при передаче сигналов цифрового радио- и телевизионного вещания при кодировании их сверточными кодами с пороговой схемой декодирования.

Цель изобретения — повышение помехоустойчивости.

На чертеже представлена структурная электрическая схема устройства цикловой синхронизации.

Устройство цикловой синхронизации содержит формирователь 1 тактовых импульсов, коммутатор 2, формирователь 3 проверочной последовательности, блок 4 приема M-последовательности, блок 5 коррекции M-последовательности, регистр 6 сдвига, блок 7 считывания, генератор 8 опорной M-последовательности, формирователь 9 синдрома M-последовательности, первый элемент 10 совпадения, первый счетчик 11 импульсов, блок 12 измерения вероятности ошибки, кодопреобразователь 13, мультипликатор 14, второй элемент 15 совпадения, второй счетчик 16 импульсов, формирователь 17 интервала анализа, дешиф-

## 2

ратор 18, третий счетчик 19 импульсов, первый элемент ИЛИ-НЕ 20, R-S-триггер 21, блок 22 сравнения, второй элемент ИЛИ-НЕ 23, ключ 24, формирователь 25 синдромной последовательности, сумматор 26 по модулю два, четвертый счетчик 27 импульсов, третий элемент 28 совпадения.

10 Устройство цикловой синхронизации работает следующим образом.

Принятая кодовая последовательность в коммутаторе 2 разделяется на  $K_0$  информационных и на проверочную последовательности.

Символы информационных последовательностей одновременно поступают к корректору ошибок и на вход формирователя 3 проверочной последовательности, где из принятых информационных символов формируются символы проверочной последовательности, которые поступают на первый вход блока 4 приема M-последовательности, на второй вход которого с  $n_0$ -выхода коммутатора 2 поступает последовательность, представляющая собой сумму по модулю два символов проверочной последовательности и M-последовательности, сформированных в кодере; производится формирование символов принятой M-последовательности

ти. При наличии цикловой синхронизации подпотоков в коммутаторе 2 и при отсутствии ошибок в информационных и проверочных символах формируется принятая  $M$ -последовательность без ошибок, а при наличии ошибок или отсутствии цикловой синхронизации формируется принятая  $M$ -последовательность с ошибками. Однако структура принятой  $M$ -последовательности в том и другом случае имеет разный характер: при наличии ошибок в информационных символах структура ошибок в принятой  $M$ -последовательности зависит от структуры ошибок и порождающих полиномов  $G_{(i)}^{(j)}$  ( $D$ ) кода, а при отсутствии цикловой синхронизации формируется случайная последовательность, отличная от структуры  $M$ -последовательности. Сформированная последовательность через блок 5 коррекции  $M$ -последовательности поступает на первый вход регистра 6 сдвига.

Режим вхождения в синхронизм.

Сформированные символы с выхода блока 4 приема  $M$ -последовательности одновременно через блок 5 коррекции  $M$ -последовательности поступают на первый вход регистра 6 сдвига и второй вход формирователя 9 синдрома  $M$ -последовательности, на первый вход которого поступают символы от генератора 8 опорной  $M$ -последовательности. Так как отсутствует цикловая синхронизация как генератора 8 опорной  $M$ -последовательности, так и коммутатора 2, то на выходе формирователя 9 синдрома  $M$ -последовательности формируется ненулевая последовательность.

Большое число ненулевых символов ( $P_{0ш} = 0,5$ ) приводит к быстрому заполнению первого счетчика 11 импульсов, так как скорость нарастания двоичного кода в этом счетчике значительно больше скорости нарастания двоичного кода порога в третьем счетчике 19 импульсов. В результате этого в какой-то момент времени происходит сравнение этих двоичных кодов и на выходе второго элемента ИЛИ-НЕ 23 формируется сигнал логической единицы "1", которым осуществляется сдвиг информационных подпотоков коммутатора 2 на один такт, установка RS-триггера 21 в нулевое состояние и через первый элемент ИЛИ-НЕ 20 установка в

"0" первого и третьего счетчиков 11 и 19 импульсов, а также через второй элемент 15 совпадения установка в "0" второго счетчика 16 импульсов.

Одновременно символы с выхода формирователя 9 синдрома  $M$ -последовательности поступают на первый вход четвертого счетчика 27 импульсов и также быстро заполняют его и по окончании интервала анализа формируется импульс, поступающий на соответствующий вход блока 7 считывания; производится перезапись информации из регистра 6 сдвига в генератор 8 опорной  $M$ -последовательности, который начинает генерировать  $M$ -последовательность с новой фазы и далее цикл поиска фазы опорной  $M$ -последовательности продолжается аналогично.

Кроме того, символы опорной  $M$ -последовательности поступают на второй вход сумматора 26 по модулю два, на первый вход которого с  $n_0$ -выхода коммутатора 2 поступают символы одной из информационных последовательностей. В результате этого формируется последовательность, отличная от проверочной последовательности, сформированной на передающей стороне.

Символы сформированной последовательности поступают на первый вход формирователя 25 синдромной последовательности, на второй вход которого поступают символы с выхода формирователя 3 проверочной последовательности; формируется ненулевая последовательность отличная от синдромной последовательности. Так как RS-триггер 21 находится в нулевом состоянии, то ключ 24 закрыт и коррекция сформированной последовательности блоком 4 приема  $M$ -последовательности не осуществляется.

Одновременно также с выхода формирователя 9 синдрома  $M$ -последовательности символы поступают на первый вход блока 12 измерения вероятности ошибок, второй вход которого подсоединен к выходу формирователя 1 тактовых импульсов. Производится определение вероятности (части) ошибок в канале связи и формирование на его выходе шестизрядного кода величины вероятности ошибок. Код величины вероятности ошибок поступает на кодопреобразователь 13, с помощью которого код преобразуется в трехразрядный код управления вось-

мивходовым мультиплексором 14. К информационным входам мультиплексора 14 подключены выходы дешифратора 18, второго счетчика 16 импульсов, служащие для управления (изменения) коэффициента счета второго счетчика 16 импульсов.

В соответствии с величиной вероятности ошибок код управления мультиплексора 14 приводит к появлению на выходе мультиплексора 14 одного из сигналов дешифратора 18. Сигнал с выхода мультиплексора 14 поступает одновременно на один из входов третьего счетчика 19 импульсов и второго элемента 15 совпадения, выход которого подсоединен к установочному входу (установка "0") второго счетчика 16 импульсов.

Таким образом, в зависимости от вероятности (частоты) ошибок в канале связи происходит формирование определенного коэффициента счета второго счетчика 16 импульсов. Коэффициент счета второго счетчика 16 импульсов принимает значения 2; 4; 6; 8; 9; 10, соответствующие следующему ряду частоты ошибок:  $P_{ош} > 10^{-1}$ ;  $10^{-1} - 10^{-2}$ ;  $10^{-2} - 10^{-3}$ ;  $10^{-3} - 10^{-4}$ ;  $10^{-4} - 10^{-5}$ ;  $P_{ош} < 10^{-5}$ .

Изменение коэффициента счета второго счетчика 16 импульсов приводит к изменению скорости нарастания порога, формируемого третьим счетчиком 19 импульсов; при больших величинах вероятности ошибок скорость нарастания порога увеличивается, а при меньших соответственно падает.

При исчерпании емкости третьего счетчика 19 импульсов на его выходе появляется импульс сброса, поступающий на установочный вход (установка "0") блока 12 измерения вероятности ошибок, на R-вход RS-триггера 21, а также через первый элемент ИЛИ-НЕ 20 на установочные входы первого 11 и третьего 19 счетчиков импульсов и далее через второй элемент 15 совпадения на установочный вход второго счетчика 16 импульсов.

Режим синхронной работы.

При установлении циклового синхронизма коммутатора 2 и генератора 8 опорной M-последовательности на выходе блока 4 приема M-последовательности формируются символы M-последо-

вательности, которые поступают на второй вход формирователя 9 синдрома M-последовательности, на первый вход которого поступают символы опорной M-последовательности, в фазе с принятой M-последовательностью; формируется синдром M-последовательности, который при отсутствии ошибок в канале связи будет ненулевым. При искажении информационных символов синдром M-последовательности будет ненулевым; структура ненулевых символов синдрома M-последовательности зависит от структуры ошибок информационных символов и структуры порождающих полиномов  $G_{(i)}^{(j)}(D)$ .

Искажение одного информационного символа приводит к размножению ненулевых символов в синдроме M-последовательности в I раз (I - число ортогональных проверок), что существенно влияет на помехоустойчивость устройства. Таким образом, число ненулевых символов в синдроме M-последовательности зависит от вероятности ошибок ( $P_{ош}$ ) в канале связи.

Однако общее количество ненулевых символов в синдроме M-последовательности на анализируемом интервале меньше, чем при отсутствии циклового синхронизма коммутатора 2 или генератора 8 опорной M-последовательности. С помощью блока 12 измерения вероятности ошибки осуществляется измерение частоты ненулевых символов, формирование шестиразрядного кода и управление скоростью нарастания порога третьего счетчика 19 импульсов, т.е. подстройка характеристик второго 16 и третьего 19 счетчиков импульсов при измерении вероятности (частоты) ошибок в канале связи.

Кроме того, выходным импульсом третьего счетчика 19 импульсов RS-триггер 21 устанавливается в единичное состояние.

Символы опорной M-последовательности поступают на второй вход сумматора 26 по модулю два, на первый вход которого с  $n_0$ -выхода коммутатора 2 поступает последовательность, представляющая собой сумму по модулю два символов проверочной и M-последовательности; в результате с проверочной последовательности снимается M-последовательность,

Символы принятой проверочной последовательности поступают на второй вход формирователя 3 проверочной последовательности, на первый вход которого поступают символы проверочной последовательности, сформированные из принятых информационных символов: формируются символы синдромной последовательности.

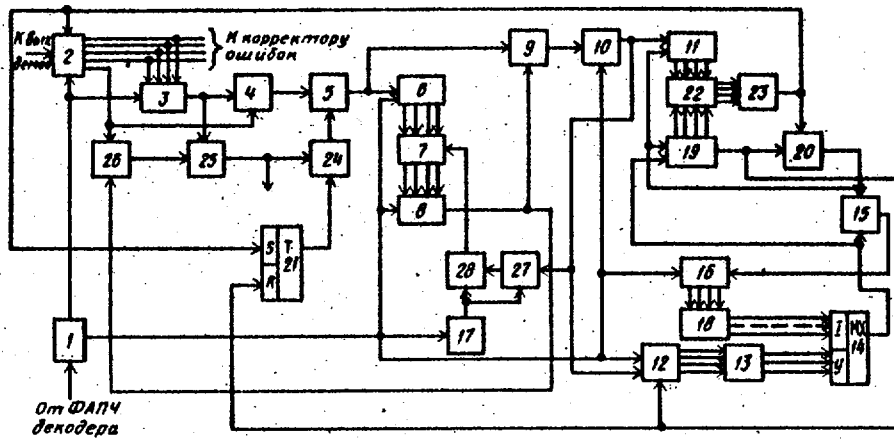
При отсутствии ошибок в канале связи синдромная последовательность является нулевой, т.е. состоит из одних логических нулей, а при наличии ошибок — ненулевой. Структура ненулевых символов синдромной последовательности полностью определяется структурой ошибок в канале связи и структурой порождающих полиномов сверточного кода.

Символы синдромной последовательности одновременно поступают на вход анализатора синдромной последовательности (АСП) и на второй вход ключа 24.

В принятой M-последовательности расположение ошибочных символов, возникших из-за искажения информационных символов, полностью соответствует структуре ненулевых символов в синдромной последовательности. Это свойство алгоритма порогового декодирования используется далее для устранения ошибок в принятой M-последовательности. Так как RS-триггер 21 установлен в единичное состояние, то символы синдромной последовательности проходят на первый вход блока 5 коррекции M-последовательности; производится коррекция ошибочных

символов в принятой M-последовательности. В результате этого ненулевые символы в синдромной последовательности определяются только ошибками в символах кодовой последовательности, представляющих собой сумму по модулю два символов проверочной последовательности и M-последовательности, сформированных на передающей стороне. Таким образом, введение коррекции ошибочных символов в принятой M-последовательности уменьшает количество ненулевых символов в синдроме M-последовательности в  $t \cdot J$  раз ( $t$  — количество ошибочных информационных символов) и, следовательно, увеличивает помехоустойчивость цикловой синхронизации в режиме синхронизма. Кроме того, использование синдрома M-последовательности и введение коррекции ошибок в принятой M-последовательности позволяет повысить точность оценки качества канала связи (измерение вероятности ошибок в канале связи) и реализовать адаптивный алгоритм работы устройства цикловой синхронизации.

В случае, когда действительно произошел срыв цикловой синхронизации, на выходе формирователя 9 синдрома M-последовательности формируется случайная последовательности, содержащая большое число ненулевых символов (порядка  $1/2$  от общего числа символов), и происходит превышение порога, формируются импульсы сдвига и осуществляется поиск синхронизма в соответствии с описанной методикой.



Составитель Г. Лерантович  
 Редактор А. Ворович Техред С. Мигунова Корректор И. Муска

Заказ 7632/60 Тираж 658 Подписное  
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4