

# Декодирующие устройства широтно-манипулированных кодов. Способы преобразования самосинхронизирующихся кодов. Часть 5

Сергей БАБНЁВ  
Сергей ГОНЧАРОВ, к. т. н.  
s1e9r6g4@mail.ru  
Виталий ТЕМНЕНКО  
Геннадий ШИШКИН, д. т. н.

В статье будут предложены схемотехнические решения декодирующих устройств широтно-манипулированных кодов.

При построении декодирующих устройств широтно-манипулированных кодов необходимо учитывать, что широтно-манипулированный код с постоянной тактовой частотой (ШМ-ПЧ) [1] содержит в начале каждого тактового интервала обязательный положительный тактовый перепад, не совпадающий по полярности с информационным перепадом. Поэтому при его декодировании нет препятствий для реализации поразрядной привязки входной информации ко внутренней шкале времени. Для декодирования кода ШМ-ПЧ необходимо сформировать контрольный сигнал в виде уровня «лог. 0» в первой половине тактового интервала и «лог. 1» — во второй половине. Данный сигнал можно сформировать

с помощью импульса отрицательной относительно уровня напряжения питания полярности, создаваемого в первой половине тактового интервала, или с помощью задержанного на половину тактового интервала положительного импульса, занимающего его вторую половину. При этом возможны три вида схемной реализации декодирующего устройства. В первом варианте можно производить опрос состояния контрольного сигнала по информационному перепаду входного сигнала. Схемная реализация данного декодирующего устройства с формированием в первой половине тактового интервала отрицательного импульса приведена на рис. 1а. При декодировании кода ШМ-ПЧ с соотношением длительностей импульсов «лог. 1» и «лог. 0», равным 2 (ШМ2-ПЧ) [1], переключатели устанавливаются в положение 2, а при декодировании кода, у которого соотношение длительностей импульсов «лог. 1» и «лог. 0» равно 3 (ШМ3-ПЧ), переключатели устанавливаются в положение 3.

При выборе частоты задающего генератора необходимо учитывать, что после привязки каждого из тактовых перепадов ко внутренней шкале времени возможно смещение информационного и следующего тактового перепада входного сигнала относительно внутренней шкалы времени за счет неравенства частот генераторов кодирующего и декодирующего устройств. При этом для обеспечения нормального декодирования входного сигнала в схеме (рис. 1а) необходимо, чтобы положительный перепад контрольного сигнала находился на расстоянии не менее двух периодов повторения импульсов генератора от информационных перепадов входных сигналов «лог. 0» и «лог. 1». Поэтому тактовый интервал должен содержать восемь периодов повторения импульсов генератора при работе с кодом ШМ3-ПЧ и 12 периодов при работе с кодом ШМ2-ПЧ.

В схеме на рис. 1а формирователь отрицательного импульса построен на основе первого счетчика и первого RS-триггера. На основе второго счетчика и второго RS-триггера построен формирователь импульса QC.

В режиме ожидания счетчики, RS-триггеры и второй D-триггер установлены в состояние «лог. 0» сигналом по V-входу. Первый D-триггер удерживается в состоянии «лог. 0» сигналом по D-входу устройства с помощью импульсов генератора G.

При поступлении на D-вход устройства тактового перепада любого разряда входного кода ближайшим импульсом генератора переключается в состояние «лог. 1» первый D-триггер, выходной сигнал которого переключает первый RS-триггер, запуская формирователь отрицательного импульса, длительность которого задается первым элементом «И-НЕ» и равняется четырем периодам генератора для ШМ3-ПЧ и шести периодам для ШМ2-ПЧ. При формировании

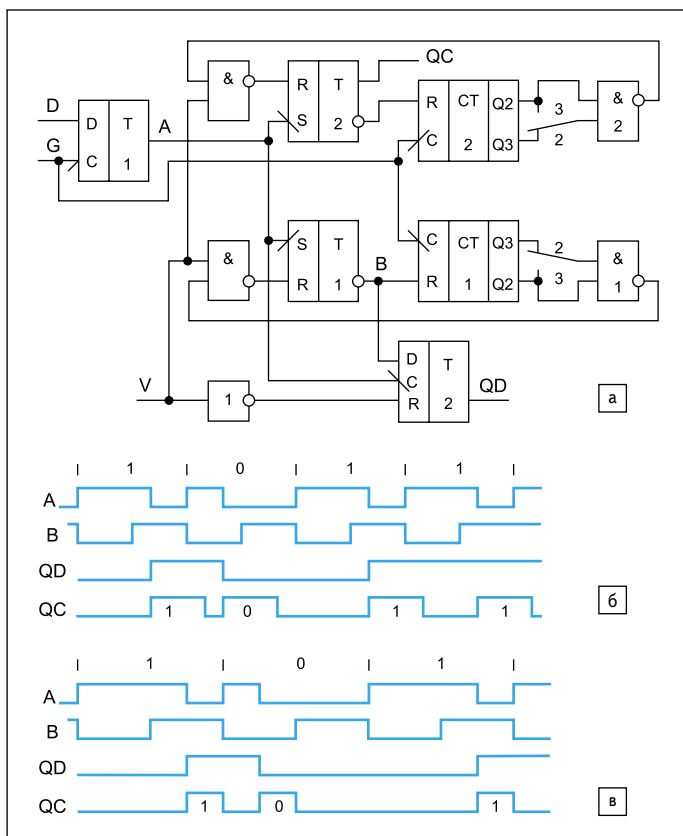


Рис. 1. Декодирующее устройство ШМ-ПЧ с опросом контрольного сигнала

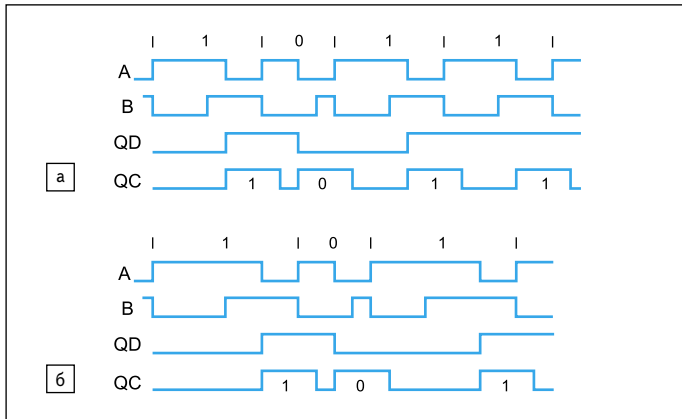


Рис. 2. Временные диаграммы декодирования ШМ-ПП с опросом контрольного сигнала

на выходе первого D-триггера информационного перепада входного сигнала переключается второй RS-триггер, запуская формирователь импульса QC, длительность которого задается вторым элементом «И-НЕ» и равняется двум периодам генератора для ШМ3-ПЧ и шести периодам для ШМ2-ПЧ. Одновременно переключается второй D-триггер, формируя выходной сигнал QD, соответствующий входному коду. После окончания информационной посылки импульсы на выходе QC не формируются, однако на выходе QD может оставаться уровень «лог. 1». Для установки второго D-триггера в состояние «лог. 0» необходимо подать внешний сигнал на V-вход.

Временные диаграммы сигналов в характерных точках схемы приведены на рис. 1б для кода ШМ2-ПЧ и на рис. 1в для кода ШМ3-ПЧ.

Кроме кодов ШМ-ПЧ, возможны другие варианты широтно-манипулированных кодов, позволяющие уменьшить время передачи информации. К ним относятся ШМ-коды с постоянной паузой (ШМ-ПП) и без паузы (ШМ-БП), а также ШМ-коды с постоянной длительностью импульсов (ШМ-ПИ) и с постоянной скважностью импульсов (ШМ-ПС) (рис. 1 в [2]).

Алгоритм декодирования кода ШМ2-ПП описывается временными диаграммами рис. 2а, которые показывают возможность использования в этом случае декодирующего устройства, показанного на рис. 1а. При этом не требуется даже изменение частоты генератора, поскольку длительность отрицательного импульса контрольного сигнала остается меньше тактового интервала «лог. 0», что обеспечивает возможность запуска формирователя отрицательного импульса следующим тактовым перепадом.

При декодировании кода ШМ3-ПП тактовый интервал «лог. 0» с учетом влияния разности частот генераторов кодирующего и декодирующего устройств может быть меньше длительности отрицательного импульса контрольного сигнала. В этом случае запуск формирователя отрицательного импульса следующим тактовым перепадом не происходит, нарушая процесс декодирования. Для исключения указанного недостатка необходимо в устройстве на рис. 1а увеличить в два раза частоту генератора. При этом тактовый интервал «лог. 0» будет равен 16 периодам импульсов генератора, что позволяет сформировать отрицательный импульс длительностью шесть периодов, достаточной для нормального функционирования устройства в соответствии с временными диаграммами, приведенными на рис. 2б. Одновременно можно увеличить длительность импульса QC до длительности отрицательного импульса. Следовательно, устройство, показанное на рис. 1а, можно использовать для декодирования кода ШМ3-ПП при установке переключателей в положение 2.

Контрольный сигнал можно создать также с помощью формирователя, задержанного на половину тактового интервала положительного импульса. Работа формирователя может разрешаться только во время действия входного импульса. Во время паузы между входными импульсами формирователь должен удерживаться в состоянии «лог. 0». В этом случае появление импульса на выходе формирователя

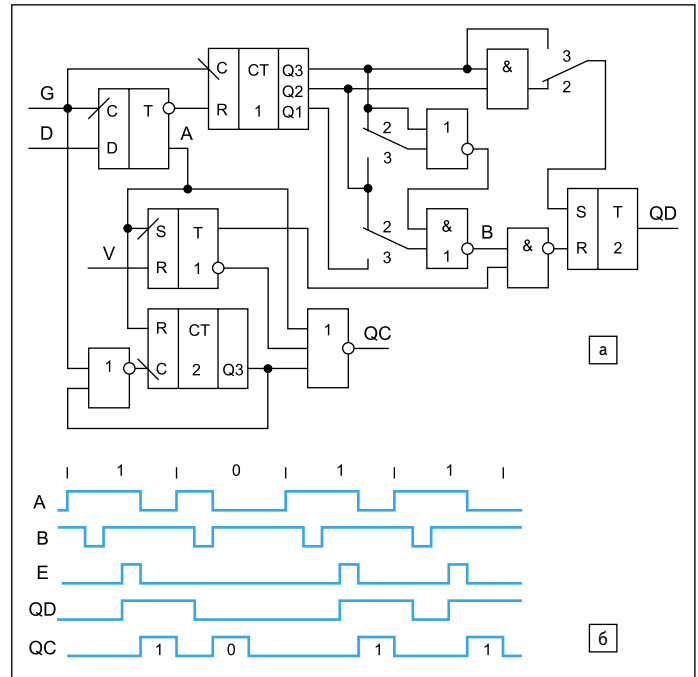


Рис. 3. Декодирующее устройство ШМ-ПЧ со сбросом контрольного сигнала

является признаком входного сигнала «лог. 1». Схемная реализация соответствующего декодирующего устройства приведена на рис. 3а. Формирователь задержанного импульса построен на основе первого счетчика. При декодировании кода ШМ2-ПЧ переключатели устанавливаются в положение 2, а при декодировании кода ШМ3-ПЧ — в положение 3. При работе с кодом ШМ2-ПЧ период повторения импульсов генератора равен 1/12 тактового интервала, а при работе с кодом ШМ3-ПЧ — 1/8.

В режиме ожидания первый RS-триггер установлен в состояние «лог. 0» сигналом по V-входу устройства и удерживает в состоянии «лог. 0» второй RS-триггер. При этом на выходах QC и QD устанавливается уровень «лог. 0». D-триггер установлен в состояние «лог. 0» сигналом по D-входу устройства с помощью импульсов генератора G и удерживает в состоянии «лог. 0» первый счетчик. Второй счетчик в режиме ожидания переключается импульсами генератора до состояния «лог. 1» на выходе Q3 и блокируется в этом состоянии по цепи обратной связи.

При поступлении тактового перепада на D-вход устройства ближайшим импульсом генератора D-триггер переключается в состояние «лог. 1», разрешая переключение первого счетчика и устанавливая в состояние «лог. 0» второй счетчик. Одновременно переключается в состояние «лог. 1» первый RS-триггер, разрешая переключение второго RS-триггера. Уровень «лог. 0» на выходе QC сохраняется.

Счетчик начинает переключаться, формируя на выходе первого элемента «И-НЕ» сигнал, устанавливающий второй RS-триггер в состояние «лог. 0» в начале каждого тактового интервала. При поступлении входного сигнала «лог. 1» шестым импульсом генератора при работе с кодом ШМ2-ПЧ и четвертым импульсом при работе с кодом ШМ3-ПЧ на S-входе второго RS-триггера формируется положительный импульс, переключающий RS-триггер и создающий на выходе QD уровень «лог. 1» на время до поступления очередного импульса с выхода первого элемента «И-НЕ». При поступлении входного сигнала «лог. 0» положительный импульс на S-входе второго RS-триггера не формируется, переключение RS-триггера не происходит, и на выходе QD сохраняется уровень «лог. 0».

При поступлении информационного перепада входного сигнала D-триггер переключается в состояние «лог. 0», устанавливая первый счетчик в состояние «лог. 0» и разрешая работу второго счетчика. Одновременно на выходе QC формируется положительный импульс

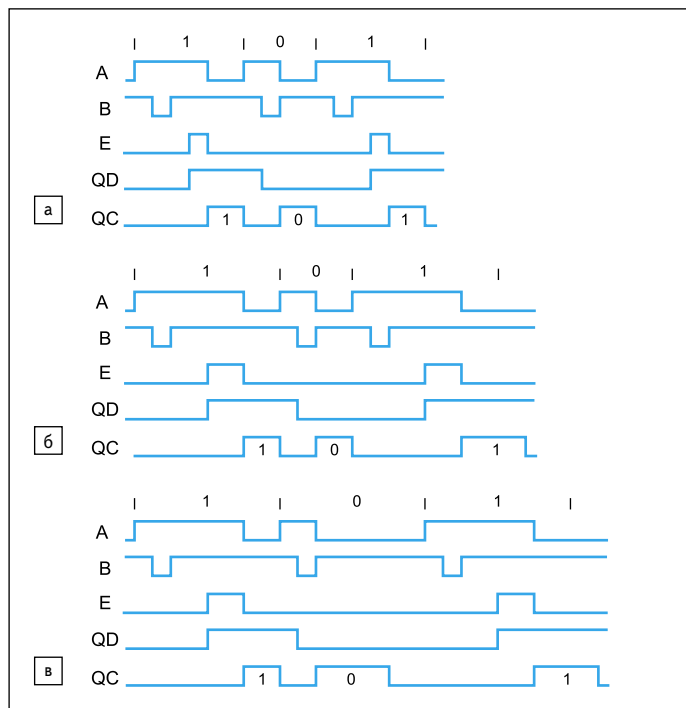


Рис. 4. Временные диаграммы декодирования ШМ-ПП со сбросом контрольного сигнала

с длительностью не более четырех периодов повторения импульсов генератора, формируемой паузой между импульсами входного кода и ограничиваемой вторым счетчиком.

Далее работа устройства происходит аналогичным образом. После окончания информационной посылки импульсы на выходе QC не формируются, однако на выходе QD может оставаться уровень «лог. 1». Для установки второго RS-триггера в состояние «лог. 0» необходимо подать внешний сигнал на V-вход.

Устройство, представленное на рис. 3а, обеспечивает также декодирование кода ШМ2-ПП в соответствии с временными диаграммами, приведенными на рис. 4а, и кода ШМ3-ПП в соответствии с временными диаграммами, показанными на рис. 4б.

В третьем варианте схемной реализации декодирующих устройств производится опрос состояния входного информационного сигнала фронтом контрольного сигнала в середине тактового интервала.

Схема соответствующего декодирующего устройства, аналогично рис. 1а, с формированием в первой половине тактового интервала отрицательного импульса приведена на рис. 5а. Формирователь отрицательного импульса выполнен на основе первого RS-триггера и первого счетчика. На основе второго RS-триггера и второго счетчика выполнен формирователь выходного тактового сигнала QC. При декодировании кода ШМ2-ПП переключатель устанавливается в положение 2, а при декодировании кода ШМ3-ПП — в положение 3.

В режиме ожидания все триггеры и счетчики установлены в состояние «лог. 0». При поступлении сигнала на информационный D-вход устройства запускается формирователь отрицательного импульса, по положительному фронту которого опрашивается состояние информационного входа вторым D-триггером. Одновременно запускается формирователь тактовых сигналов, выдающий на выход QC сигнал, длительность которого, в отличие от схемы на рис. 1а, равна шести периодам импульсов генератора как для ШМ2-ПП, так и для ШМ3-ПП. После окончания информационной посылки импульсы на выходе QC не формируются, однако на выходе QD может оставаться уровень «лог. 1». Для установки второго RS-триггера в состояние «лог. 0» необходимо подать внешний сигнал на V-вход.

Алгоритм декодирования кода ШМ2-ПП описывается временными диаграммами (рис. 6а), которые показывают возможность ис-

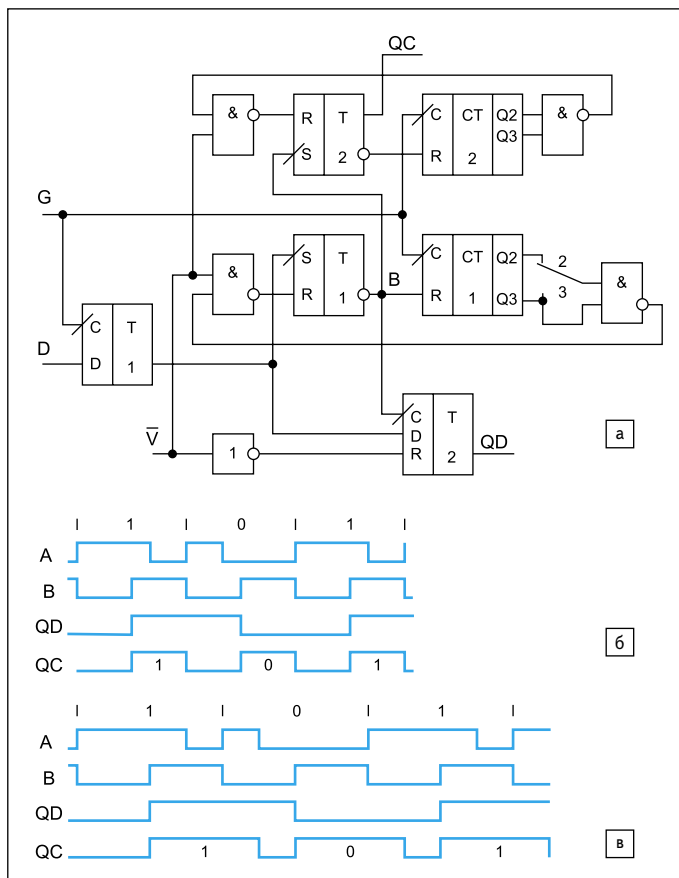


Рис. 5. Декодирующее устройство ШМ-ПЧ с опросом входного сигнала

пользования в этом случае декодирующего устройства, приведенного на рис. 5а. При этом, как и в схеме на рис. 1а, не требуется даже изменение частоты генератора.

При декодировании кода ШМ3-ПП в устройстве, показанном на рис. 5а, необходимо аналогично рис. 1а увеличить в два раза частоту генератора. При этом тактовый интервал «лог. 0» будет равен 16 периодам импульсов генератора, что позволяет сформировать отрицательный импульс длительностью шесть периодов, достаточной для нормального функционирования устройства в соответствии с временными диаграммами, приведенными на рис. 6б. Одновременно можно увеличить длительность импульса QC до длительности отрицательного импульса. Следовательно, устройство (рис. 6а) можно использовать для декодирования кода ШМ3-ПП при установке переключателя в положение 2.

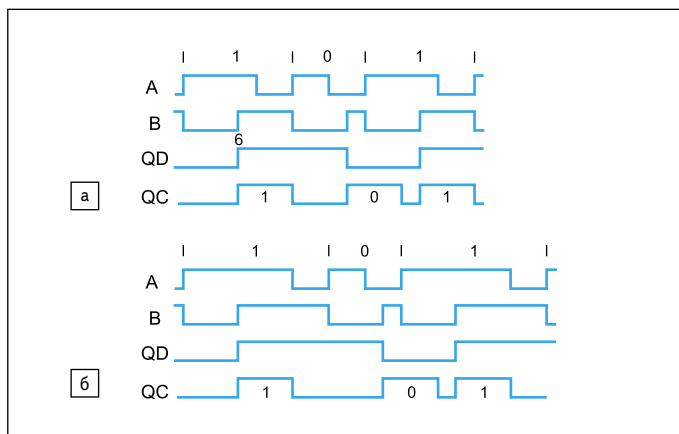


Рис. 6. Временные диаграммы декодирования ШМ-ПП с опросом входного сигнала

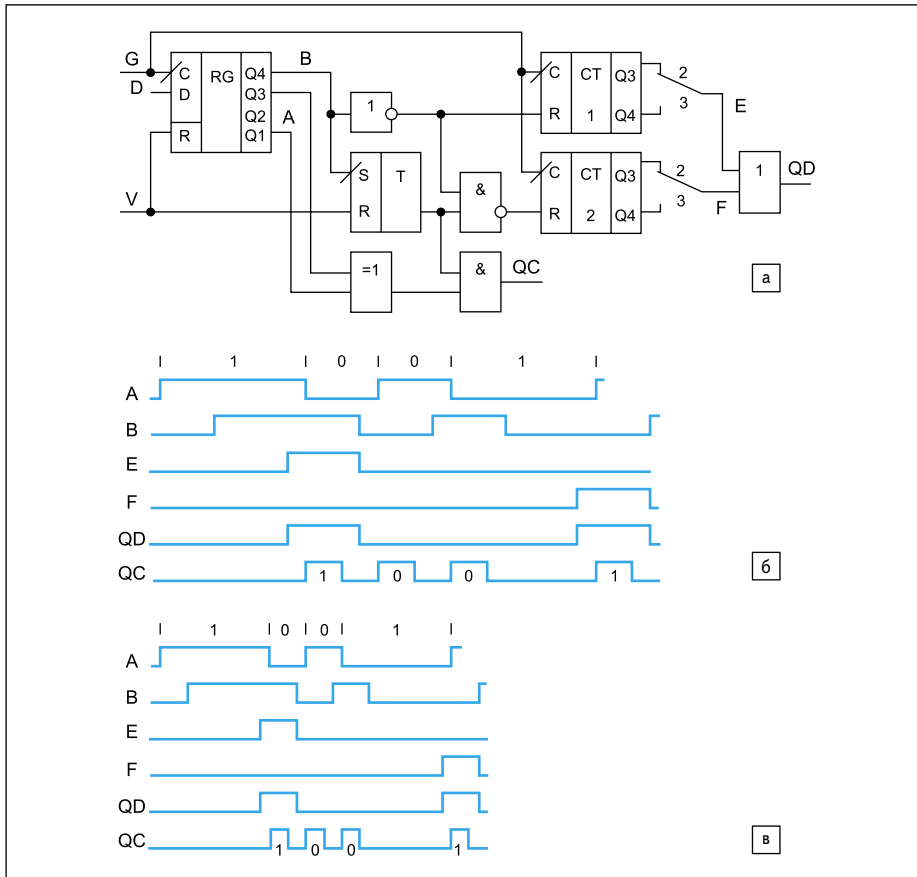


Рис. 7. Декодирующее устройство ШМ-БП с двумя счетчиками

равной четырем периодам повторения импульсов генератора, который закончится при переключении в состояние «лог. 0» четвертого разряда регистра. При поступлении на D-вход устройства «лог. 0» информационный импульс на выходе QD не формируется.

При окончании входного импульса на D-входе устройства первый разряд регистра переключается в состояние «лог. 0». На выходе элемента «исключающее ИЛИ» формируется положительный импульс с длительностью, равной двум периодам повторения импульсов генератора, который проходит на выход QC во время действия импульса на выходе QD.

При переключении четвертого разряда регистра в состояние «лог. 0» первый счетчик устанавливается в исходное состояние, и разрешается переключение второго счетчика. Далее устройство работает аналогичным образом.

После окончания информационной послышки импульсы на выходе QC не формируются, однако на выходе QD могут формироваться положительные импульсы от работающего счетчика. Для запрета их формирования необходимо подать внешний сигнал на V-вход.

Временные диаграммы сигналов в характерных точках схемы приведены на рис. 4б для кода ШМ2-БП и на рис. 7в для кода ШМ3-БП.

Декодирующее устройство кода ШМ-БП может быть построено на основе одного счетчика в соответствии с рис. 8а. При декодировании кода ШМ2-БП переключатель устанавливается в положение 2, а при декодировании кода ШМ3-БП — в положение 3. Частота генератора в составе декодирующего устройства выбирается аналогично рис. 7а.

В режиме ожидания регистр сдвига, RS-триггер и счетчик установлены в состояние «лог. 0». На тактовом (QC) и информационном (QD) выходах удерживается уровень «лог. 0».

При поступлении положительного импульса на D-вход устройства начинается переключение регистра сдвига. На выходе первого элемента «исключающее ИЛИ» формируется положительный импульс с длительностью,

Декодирующее устройство кода ШМ-БП может быть построено в соответствии с рис. 7а на основе двух параллельно включенных счетчиков, один из которых измеряет длительность входных информационных импульсов, а второй — длительность пауз между импульсами.

При декодировании кода ШМ2-БП переключатели устанавливаются в положение 2, а при декодировании кода ШМ3-БП — в положение 3. Частота генератора в составе декодирующего устройства выбрана такой, чтобы при работе с кодом ШМ2-БП тактовый интервал был равен 12 периодам повторения импульсов, а при работе с кодом ШМ3-БП — 16 периодам.

В режиме ожидания регистр сдвига, RS-триггер и счетчики установлены в состояние «лог. 0». На тактовом (QC) и информационном (QD) выходах удерживается уровень «лог. 0».

При поступлении положительного импульса на D-вход устройства начинается переключение регистра сдвига. На выходе элемента «исключающее ИЛИ» формируется положительный импульс с длительностью, равной двум периодам повторения импульсов генератора, прохождение которого на выход QC через элемент «И» запрещено сигналом «лог. 0» с выхода RS-триггера. При переключении четвертого разряда регистра разрешается переключение первого счетчи-

ка, и RS-триггер переключается в состояние «лог. 1», разрешая дальнейшее прохождение импульсов на выход QC устройства. На выходе элемента «И-НЕ» сохраняется уровень «лог. 1», запрещающий переключение второго счетчика.

Если на D-вход устройства поступила информация «лог. 1», то четвертым импульсом генератора при работе с кодом ШМ2-БП или восьмым импульсом при работе с кодом ШМ3-БП на выходе QD будет сформирован положительный импульс с длительностью,

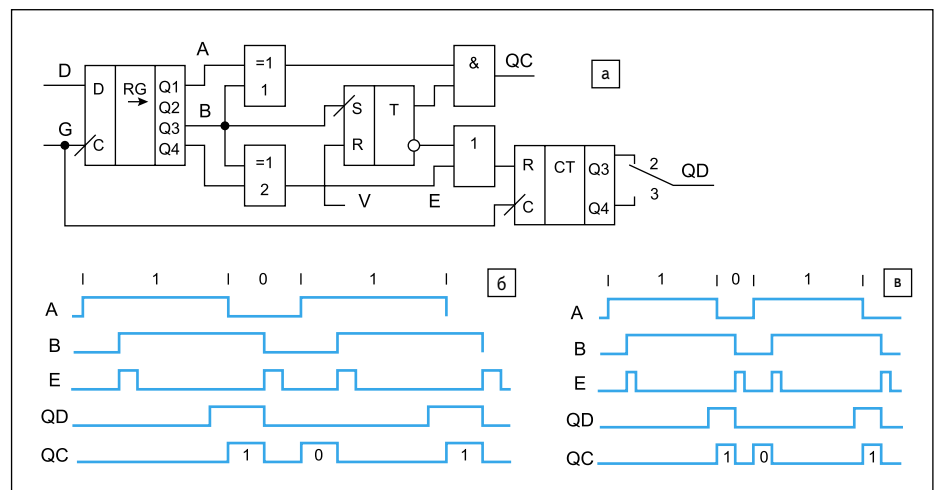


Рис. 8. Декодирующее устройство ШМ-БП с одним счетчиком

равной двум периодам повторения импульсов генератора, прохождение которого на выход QC через элемент «И» запрещено сигналом «лог. 0» с выхода RS-триггера. При переключении третьего разряда регистра RS-триггер переключается в состояние «лог. 1», разрешая дальнейшее прохождение импульсов на выход QC устройства. Одновременно RS-триггер разрешает работу счетчика, однако его переключение задерживается на период повторения импульсов генератора выходным импульсом второго элемента «исключающее ИЛИ». Счетчик начинает работать после переключения четвертого разряда регистра.

Если на D-вход устройства поступила информация «лог. 1», то четвертым импульсом генератора при работе с кодом ШМ2-БП или восьмым импульсом при работе с кодом ШМ3-БП на выходе QD будет сформирован положительный импульс с длительностью, равной трем периодам повторения импульсов генератора, который закончится при переключении в состояние «лог. 0» третьего разряда регистра. При поступлении на D-вход устройства «лог. 0» информационный импульс на выходе QD не формируется.

При окончании входного импульса на D-входе устройства первый разряд регистра переключается в состояние «лог. 0». На выходе первого элемента «исключающее ИЛИ» формируется положительный импульс с длительностью, равной двум периодам повторения импульсов генератора, который проходит на выход QC во время действия импульса на выходе QD.

При переключении третьего разряда регистра в состояние «лог. 0» счетчик устанавливается в исходное состояние выходным импульсом второго элемента «исключающее ИЛИ». Счетчик начинает работать после переключения четвертого разряда регистра. Далее устройство работает аналогичным образом.

После окончания информационной посылки импульсы на выходе QC не формируются, однако на выходе QD могут формироваться положительные импульсы от работающего счетчика. Для запрета их формирования необходимо подать внешний сигнал на V-вход.

Временные диаграммы сигналов в характерных точках схемы приведены на рис. 8б для кода ШМ2-БП и на рис. 8в для кода ШМ3-БП.

Декодирование входной информации в кодах ШМ-ПИ и ШМ-ПС можно производить с помощью устройства, показанного на рис. 7а или 8а, после преобразования их в код ШМ-БП с помощью счетного триггера. Для декодирования кодов ШМ-ПС можно использовать также схемы, представленные на рис. 1, 3 и 5. ■

### Литература

1. Бабнѐв С. Е., Гончаров С. Н., Шишкин Г. И. Кодирование устройств широтно-манипулированных кодов // Компоненты и технологии. 2011. № 8.
2. Гончаров С. Н., Запонов Э. В., Шишкин Г. И. Кодирование устройств широтно-манипулированных кодов // Компоненты и технологии. 2012. № 2.