1. **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ**
   1. **Функциональная схема транспортного средства**

Функциональная схема транспортного средства приведена на рисунке 4.1. Работа счетчиков пассажиропотока DA1-DA3 начинается после поступления сигнала открытия дверей. Проходя через аналого-цифровой преобразователь, сигналы поступают в буфер DD4.

В качестве датчиков пассажиропотоков выступает датчик IRMA MATRIX, так как он удовлетворяет всем условиям технического задания, а именно температурному диапазону: от -30С° до +40С°, и напряжению питания: 24±2В. Технические характеристики данного датчика [4] приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 ­­– Технические характеристики датчика IRMA MATRIX

|  |  |
| --- | --- |
| **Значение** | **Характеристики** |
| Питание | 24В от бортового компьютера транспортного средства, входная мощность: обычно 6 Вт, максимально до 9 Вт |
| Интерфейс | Ethernet, 100 Мбит/с  CAN, 125 Кбит/с |
| Вес | версия без монтажа: около 260 г  версия с монтажом: около 340 г |
| Класс защиты | IP65 |
| Максимальное напряжение питания | 40В |
| Потребляемый ток | 60мА |
| Температурный диапазон | От -30С° до +85С° |

После поступления сигнала закрытия дверей триггер DT1 сбрасывается в нуль и работа счетчиков пассажиропока завершается, а данные из буфера поступают на арифметико-логическое устройство (АЛУ) DD5, которое на выходе выдает число текущих пассажиров. Также с выхода буфера Q0 подаем информацию на арифметико-логическое устройство DD8, где происходит проверка оплаты проезда пассажирами, после срабатывания компостера DA4-DA6 или валидатора DD1-DD3, отнимается единица от числа вошедших пассажиров. Таким образом, на выходе АЛУ DD8 получаем количество пассажиров не оплативших за проезд, которое выводится на дисплей водителя. Вся эта информация, а именно, число вошедших пассажиров, число вышедших, текущее количество пассажиров, и количество не оплативших за проезд пассажиров, поступает на мультиплексор и к ним добавляется номер автобуса DS1. Мультиплексор управляется блоком



Рисунок 4.1 - Функциональная схема транспортного средства

распределителя импульсов DD7. С мультиплексора комбинация поступает на логический блок ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ-ИЛИ, где происходит кодирование манчестерским кодом. Временная диаграмма манчестерского кодирования приведена на рисунке 4.2.

Далее комбинация поступает на демультиплексор, который управляется тактами генератора, где происходит ее деление на четные и нечетные биты для манипуляции с минимальным сдвигом [5]. Манипуляция с минимальным сдвигом может рассматриваться как фазовая или как частотная модуляция с непрерывной фазой. Основная особенность этого способа модуляции состоит в том что приращение фазы несущего колебания на интервале времени равном длительности Tс одного символа всегда равно +90° или -90° в зависимости от знаков символов модулирующего сигнала. Перемножение несущего гармонического колебания с *Cos*[*πt/2Tc*] приводит к двум гармоническим сигналам с частотами *F0+1/*(*4Tc*) *и F0-1/*(*4Tc*) и связанными фазами. Эти сигналы разделяются узкополосными фильтрами и комбинируются так, чтобы сформировать соответственно синфазную и квадратурную компоненты несущего колебания, которые далее перемножаются с подпоследовательностями нечетных и четных символов. Далее происходит усиление сигнала и отправка его в линию связи.

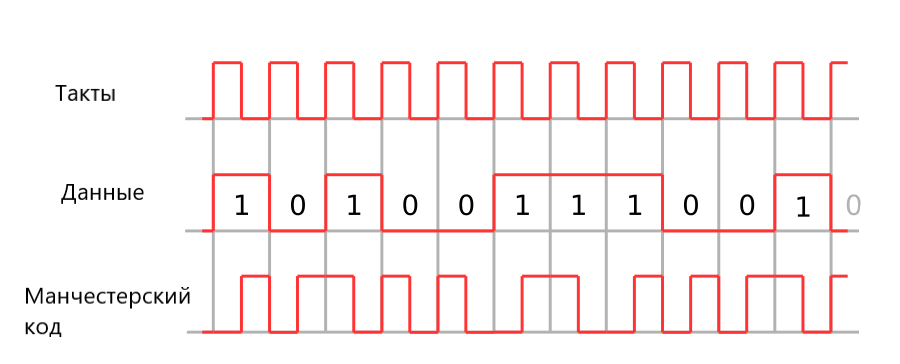


Рисунок 4.2 – Временная диаграмма манчестерского кодирования

* 1. **Функциональная схема пункта регистрации**

Функциональная схема пункта регистрации приведена на рисунке 4.3. После того, как сигнал поступил с линии связи, он поступает на усилитель-ограничитель А1, на выходе которого получается последовательность прямоугольных импульсов переменной длины. Положительными импульсами счетчик DT1 устанавливается в исходное положение. Счетчик содержит в себе две декодирующие схемы для фиксации двух временных зон: одной ­­– при количестве тактовых импульсов на интервале одного полупериода входного колебания, меньшем некоторого значения *b*, и второй



Рисунок 4.3 – Функциональная схема пункта регистрации

– при количестве тактовых импульсов на интервале одного полупериода входного колебания, большем некоторого значения *a*, причем *a>b.* Временные диаграммы работы частотного детектора дискретного действия приведены на рисунке 4.4.

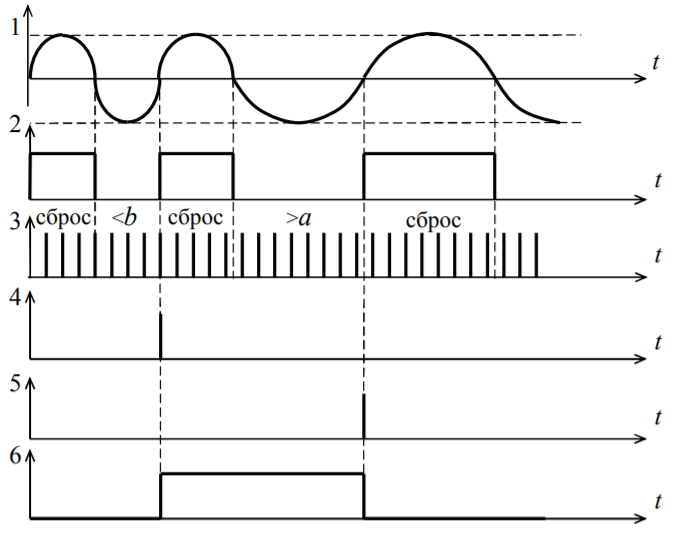


Рисунок 4.4 – Временные диаграммы работы частотного детектора дискретного действия

Демодулированная комбинация поступает на декодер манчестерского кода. D-триггер DT3 защелкивает входной поток по спаду сигнала синхронизации. Выход с этого триггера будет являться декодированными данными из входного потока. Поскольку в Манчестерском кодировании изменение сигнала происходит в середине каждого информационного бита, то можно использовать элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ-ИЛИ, чтобы обеспечить нарастающий фронт в середине каждого бита, то есть синхронизировать декодер в середине каждого бита. G1 используется для генерации ¾ битового интервала по завершении которого производится захват данных.

Далее декодированная комбинация через логические блоки DD5 – DD7 поступает в буфера DD9-DD10. Логические блоки DD5-DD7 предназначаются для того чтобы выделить из полученной комбинации номер автобуса, который занимает 2 байта. Таким образом, в буфер DD9 по управление распределителя импульсов DD11 и RS-триггера заносятся только первые 16 бит комбинации, к которым затем добавляется номер регистрирующего пункта.

Изначально триггер DT6 имеет на выходe Q – «0», а на – «1», таким образов разрешается поступление комбинации из буфера DD10 на кодер циклическим кодом с кодовым расстоянием 3. Суть кодирования циклическим кодом заключается в том, что происходит деление входной комбинации на соответствующий полином, в данном случаем *P(x)=x­7+x+1*. Схема работает следующим образом. В начале работы ключ DA2 замкнут сигналом «1» с инверсного входа триггера DT7. Информационная последовательность под действием управляющих сигналов с распределителя импульсов DD12 со старшего разряда поступает на вход сумматора DD21. В процессе ее прохождения за 80 тактов в ячейках регистров сдвига DT8-DT14 накапливается 7 проверочных символов. После 80-го такта ключа DA2 закрывается, а ключ DA1 открывается. Записанные в ячейках регистра проверочные символы поступают на выход кодирующего устройства.

Далее комбинация подвергается частотной манипуляции с минимальным сдвигом. Сначала комбинация разбивается на четные и нечетные биты, затем эти подпоследовательности перемножаются с синфазной и квадратурной компонентами несущего колебания. Полученные сигналы суммируются. Более подробный принцип работы данного модулятора был описан выше в подразделе 4.1. Полученный сигнал усиливается с помощью усилителя А2 и через ключ DA3 выходит в линию связи.

После отправки сигнала ключ DA3 закрывается, запускается таймер DD18 , который повторит отправку сообщения, если не пришел сигнал ТС за определенное время, а ключ DA4 открывается для приема ТС с диспетчерского пункта. Если ТС не пришла через определенное время, таймер срабатывает, инициируя счетчик DD19, который в свою очередь запускает повторную отправку сообщения, если его значение меньше либо равно 3, или переключает передачу на новое сообщение для остановочного пункта. Если сигнал ТС успешно принят, то сбрасывается таймер DD18, счетчик DD19, триггер DT6 переключается и начинается отправка сообщения остановочным пунктам.

* 1. **Функциональная схема формирователя сигнала ТС**

Сигнал ТС используется как для извещения об успешной передачи пункта регистрации с диспетчерского пункта, так и для извещения диспетчерского пункта с транспортного средства. Функциональная схема формирователя сигнала ТС приведена на рисунке 4.5. Для формирования ТС используются следующие элементы: кодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3, модулятор частотной манипуляции с минимальным сдвигом и усилитель сигнала.

На вход поступает адрес по которому нужно сформировать ТС. Этот адрес кодируется с помощью кодера циклического кода с кодовым



Рисунок 4.5 – Функциональная схема формирователя ТС

расстоянием d=3. Подробная работа кодера описана выше в подразделе 4.2. Стоит отметить, что к адресу добавляется команда успешно выполненной ТС которая состоит из комбинации «11». В итоге, на выходе кодера получаем кодовую комбинацию состоящую из *k*=18 информационных и *r*=5 контрольных символов.

Вся полученная комбинация подвергается частотной манипуляции с минимальным сдвигом. Сначала комбинация разбивается на четные и нечетные биты, затем эти подпоследовательности перемножаются с синфазной и квадратурной компонентами несущего колебания. Полученные сигналы суммируются. Более подробный принцип работы данного модулятора был описан выше в подразделе 4.1. Полученный сигнал усиливается с помощью усилителя А1 и происходит передача ТС.

**4.4 Функциональная схема приемника сигнала ТС**

Ожидание сигнала известительной ТС об успешной передачи сообщения происходит на диспетчерском пункте после отправки команды на корректировку маршрута и пункте регистрации после отправки сообщения на диспетчерский пункт.

Функциональная схема приемника сигнала ТС приведена на рисунке 4.6. После получения сигнала ТС с линии связи, происходит его восстановление и синхронизация. Для этого сигнал демодулируется частотным детектором дискретного действия. Принцип и особенности работы данного демодулятора описаны выше в подразделе 4.2.

Демодулированный сигнал поступает на вход устройства синхронизации – генератора с фазовой автоподстройкой частоты. Принцип работы данного устройства заключается в следующем. Устройство состоит из фазового компаратора, который включает в себя блоки: триггеры DT3-DT4, логические блоки DD1-DD3 — инвертор DD4, ключи на транзисторах VT1 и VT2, фильтра низких частот, состоящий из R1, R2, R3, и управляемый генератор G1. Сигнал поступает на вход фазового компаратора, и фазовый компаратор сопоставляет входящий сигнал с синхросигналом генератора G1. При правильном фазовом соотношении этих сигналов на выходе данных фазового компаратора формируется сигнал, соответствующий данным в линии. При этом границы его битовых интервалов задаются отрицательными фронтами сигнала генератора G1. Чтобы достичь, а затем и поддерживать правильное фазовое соотношение между входящим сигналом и сигналом генератора G1, фазовый компаратор непрерывно отслеживает ошибку взаимного расположения фронтов этих сигналов и формирует управляющие сигналы ускорения (выход блока DD2) и замедления (выход блока DD3) темпа работы генератора G1. Эти сигналы управляют транзисторными ключами, регулирующими поступление токов на вход фильтра низких часто, а следовательно регулируют входное напряжение на генераторе G1.



Рисунок 4.6 – Функциональная схема приемника ТС

Синхронизированная комбинация поступает на декодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3 с исправлением одиночной ошибки. Устройство декодирования включает в себя полином *P(x)=x5+x3+1*, который представлен в виде триггеров DT5-DT9. Рассмотрим работу декодера. На 23-м такте в ячейках декодирующего регистра завершается формирование комбинации синдрома. Далее в буферный и декодирующий регистры подается еще k=18 тактов, которые выдвигают информационные разряды через выходной сумматор DD9 и переформируют информацию в ячейках декодирующего регистра. Если в кодовой комбинации произошла ошибка, то на логическом блоке И DD7, возникает логическая «1», которая инвертирует соответствующий символ.

Таким образом, декодированная комбинация сравнивается с адресом пункта регистрации или адресом диспетчерского пункта, в зависимости куда приходит ТС. Если адрес верный, то происходит информирование, что передача сообщения была успешной.

* 1. **Функциональная схема приемника данных на остановочном пункте**

Рассмотрим функциональную схему приемника данных на остановочном пункте, приведенную на рисунке 4.7. Работа на остановочном пункте начинается с того, что с линии связи поступает сигнал. Далее полученный сигнал восстанавливается и демодулируется частотным детектором дискретного действия, который на схеме представлен блоками A1, DT1 и DT2. Принцип работы частотного детектора описан выше в подразделе 4.2.

Таким образом, после демодуляции, сигнал поступает на генератор с фазовой автоподстройкой частоты, который на схеме представлен блоками DD1-DD4, DT3-DT4, G1-G3 , VT1-VT2, C1-C2 и R1. Принцип работы данного устройства синхронизации был описан в подразделе 4.4.

На следующем шаге полученная комбинация поступает на декодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3 с исправлением одиночной ошибки. За первые 80 тактов формируется комбинация синдрома и заполняется регистр сдвига, за последующие 80 тактов начинается вытеснение информационных символов с регистра сдвига. Таким образом, если произошла ошибка, то на выходе дешифратора синдрома DD11 возникает логическая «1», которая на сумматоре по модулю два DD10 инвертирует соответствующий разряд, в котором произошло искажение символа. Более подробная работа данного декодера описана в подразделе 4.4.

С помощью распределителя импульсов DD12 и блока DD14 из полученной комбинации выделяем первые 16 бит, которые соответствуют номеру пункта регистрации. После этого происходит вычисление разности номера остановочного пункта и полученного номера пункта регистрации в АЛУ, который на схеме представлен блоком DD15. Далее происходит



Рисунок 4.7 – Функциональная схема приемника данных на остановочном пункте

перемножение с соответствующим коэффициентом, в итоге которого получаем приблизительное время прибытия автобуса и выводим всю полученную информацию на информационное табло DD17. На этом работа устройства на остановочном пункте завершается.

* 1. **Функциональная схема приемника данных на диспетчерском пункте**

В этом подразделе рассмотрим работу приемника диспетчерского пункта, приведенную на рисунке 4.8. После линии связи установлены два блока DA1 и DA2, которые контролируют прием из линии связи и передачу в линию связи. Когда блок DA2 открыт, то с линии связи принимаются сигналы.

Принятый сигнал восстанавливается и демодулируется частотным детектором дискретного действия, который на схеме представлен блоками A1, DT1 и DT2. Принцип работы частотного детектора описан выше в подразделе 4.2.

Таким образом, после демодуляции, сигнал поступает на генератор с фазовой автоподстройкой частоты, который на схеме представлен блоками DD1-DD4, DT3-DT4, G1-G3 , VT1-VT2, C1-C2 и R1. Принцип работы данного устройства синхронизации был описан в подразделе 4.4.

На следующем шаге полученная комбинация поступает на декодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3 с исправлением одиночной ошибки. Работа декодера на диспетчерском пункте аналогична работе декодера на остановочном пункте, описанной в подразделе 4.5. За первые 80 тактов формируется комбинация синдрома и заполняется регистр сдвига, за последующие 80 тактов начинается вытеснение информационных символов с регистра сдвига. Таким образом, если произошла ошибка, то на выходе дешифратора синдрома DD11 возникает логическая «1», которая на сумматоре по модулю два DD10 инвертирует соответствующий разряд, в котором произошло искажение символа. Более подробная работа данного декодера описана в подразделе 4.4.

После декодирования, полученная информация выводится на монитор диспетчера D2 и сохраняется в базу данных D1. Также стоит отметить, что с помощью распределителя импульсов DD12, который управляется тактовым генератором G4 и начинает свою работу по 81-ому такту распределителя импульсов декодера DD5, и блоков DD13 и DD14 происходит выделение первых 16 бит, которым соответствует номер пункта регистрации. С помощью полученного адреса формируется сигнал ТС.

Стоит отметить, что после декодирования всей комбинации на 167-ом такте распределителя импульсов DD5 сбрасывается триггер DT12, вследствие чего закрывается блок DA2, а следственно и прием из линии связи, и открывается блок DA1 для передачи сигнала ТС. Спустя 167 тактов,



Рисунок 4.8 – Функциональная схема приемника данных на диспетчерском пункте

после передачи ТС, триггер DT12 защелкнется и на выходе Q будет «1», что разрешит прием из линии связи.

* 1. **Функциональная схема формирователя и приемника команды на корректировку маршрута**

Команда на корректировку маршрута состоит из двух основных частей: создание команды на корректировку маршрута на диспетчерском пункте и приема команды на корректировку маршрута на транспортном средстве.

Рассмотрим создание команды на корректировку маршрута на диспетчерском пункте, функциональная схема которой приведена на рисунке 4.9. Работа начинается с необходимости произвести корректировку маршрута определенного автобуса, для этого диспетчер выбирает номер автобуса D1, номер нового маршрута D2, и подтверждает изменение маршрута. После подтверждения запускается распределитель импульсов DD7, который управляет работой мультиплексора DD1. На выходе мультиплексора получаем комбинацию на команду управления, состоящую из 32 бит.

Для кодирования полученной комбинации применяется кодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3. Так как число информационных символов равно 32, то для кодирования применяется следующий полином *P(x)=x6+x3+1*. Эта единственная отличительная черта данного кодера, от кодера описанного ранее. Принцип работы остается такой же, как и описанный в подразделе 4.2.

Далее происходит модуляция сигнала, для этого используется модулятор частотной модуляции с минимальным сдвигом. Принцип работы указанного модулятора описан в подразделе 4.2.

После модуляции происходит усиление сигнала, и усиленный сигнал через блок DA9 поступает в линию связи. В данном случае блоки DA9 и DA10 открываются попеременно, для передачи сигнала в линию связи и для принятия сигнала ТС с линии связи. Их работой управляет триггер DT8. На нулевом такте распределителя импульсов DD11 триггер защелкивается, тем самым открывая передачу в линию связи, после прихода 36-го, триггер сбрасывается и на выходе появляется логическая «1», которая открывает блок для приема сигнала ТС.

После отправки команды на корректировку маршрута запускается таймер DD14, который повторит отправку команды, если ТС не придет через определенное время. Выход таймера подается на счетчик, который отсчитывает количество передач, и если повторов было больше 3, то счетчик подаст на выход сигнал, который выведет ошибку о неудачной передаче команды на корректировку маршрута, таким образом, диспетчер может повторить отправку или понять, что произошли неполадки в линии связи.

Рассмотрим прием команды на корректировку маршрута на транспортном средстве, функциональная схема которого приведена на рисунке 4.10. На входе линии связи установлены блоки DA1 и DA2, которые запрещают и



Рисунок 4.9 – Функциональная схема формирователя команды на корректировку маршрута

разрешают прием с линии связи соответственно. Эти ключи управляются триггером DT10.

Принятый сигнал восстанавливается и демодулируется под воздействием частотного детектора дискретного действия. Подробный принцип работы данного устройства был описан ранее в подразделе 4.2.

После демодуляции полученный сигнал поступает на генератор с фазовой автоподстройкой частоты, где он синхронизуется с параметрами приемника. Подробный принцип работы был описан ранее в подразделе 4.4.

Далее комбинации поступает на устройство декодирования циклического кода с кодовым расстоянием d=3 с исправлением одиночной ошибки. Подробный принцип работы указанного устройства был описан ранее в подразделе 4.4. Стоит отметить, что в данном случае, так как кодовая комбинация представляет 32 информационных и 6 контрольных символов, для декодирования использовался следующий полином *P(x)=x6+x3+1*.

После декодирования сверяется номер автобуса, для этого в первые 16 тактов, которые и составляют номер автобуса, комбинация подается на сумматор по модулю 2 DD16, на выходе которого, если комбинации равны, появляется логическая «0». Логический «0» затем инвертируется в логическую «1» с помощью блока DD18 и подается на блок DS2, с которого адрес диспетчерского пункта, поступает для формирования сигнала ТС.

Остальная же декодированная комбинация выводится на информационное табло водителя в блоке DD19.

* 1. **Вывод**

В дополнение к рассмотренному в пунктах 4.1-4.7 хотелось бы отметить, что на всех пунктах в большинстве случаях применяются одни и те же элементы: частотный детектор дискретного действия, генератор с автоподстройкой частоты, кодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3, декодер циклического кода с кодовым расстоянием d=3 и модулятор частотной манипуляции с минимальным сдвигом. Так как в разных случаях передается различная информация, которая имеет различное число информационных символов: передача информации с пункта регистрации, запрос на корректировку маршрута, команда ТС. Для более эффективного кодирования и декодирования из-за различной длины в кодере и декодере меняется только генераторный полином.

Также стоит отметить, что для подтверждения передачи команд используется ТС. Таким образом, повышается надежность передачи команды, к примеру, если в линии связи произошел обрыв, то будет возможность его обнаружить. В данном случае ТС использовалась для подтверждения передачи информации с пункта регистрации на диспетчерский пункт и для подтверждения передачи команды на корректировку маршрута с диспетчерского пункта на транспортное средство.



Рисунок 4.10 – Функциональная схема приемника команды на корректировку маршрута

В этом разделе, исходя из требований технического задания, был выбран датчик пассажиропотока, который удовлетворяет всем требованиям ­– IRMA MATRIX. Данный датчик способен функционировать в температурном диапазоне от -30С° до +40С°, и от источника питания 24В, и способен подключаться либо через интерфейс Ethernet или CAN.