

Содержание

Введение	7
1 Обзор литературы	9
1.1 История изобретения спидометра	9
1.2 Основные способы измерения скорости автомобиля	10
1.3 Сравнение методов измерения скорости	11
1.4 Погрешности спидометра, заложенные производителем	11
1.5 История развития системы <i>GPS</i>	14
1.6 Принцип работы системы <i>GPS</i>	16
1.7 Виды погрешностей системы <i>GPS</i>	18
1.8 Описание протокола <i>NMEA0183</i>	20
1.9 Сравнение аналогов	26
2 Выбор и обоснование требований к функциональности и конструкции устройства	29
2.1 Величины измерения и их точность.	29
2.2 Электрические параметры прибора	29
2.3 Конструктивные требования предъявляемые к прибору	29
2.2 Требования к функциональности прибора	30
3 Разработка электрических схем	31
3.1 Разработка схемы электрической структурной	31
3.2 Разработка схемы электрической функциональной	34
3.3 Разработка схемы электрической принципиальной.	42
4 Разработка конструкции печатной платы	52
4.1 Назначение объекта установки лектронной аппаратуры	52
4.2 Условия эксплуатации электронной аппаратуры	52
4.3 Выбор типа конструкции и класса точности печатной платы	53
4.4 Расчёт ширины печатных проводников	54
4.5 Расчет диаметра контактных площадок	54
4.6 Расчёт расстояния между элементами проводящего рисунка	55
5 Разработка программного обеспечения для микроконтроллера устройства	57

5.1 Использование микроконтроллера в устройстве.....	57
5.2 Разработка алгоритма управляющей программы	58
6 Разработка методики и рекомендации по эксплуатации устройства	60
6.1 Описание разрабатываемого прибора.....	60
6.2 Подготовка к эксплуатации.	61
6.3 Порядок работы прибора.....	62
7 Техничко-экономическое обоснование многофункционального <i>GPS</i> -спидометра.....	67
7.1 Характеристика проекта.....	67
7.2 Составление плана и определение трудоемкости выполнения оценки конструкторской разработки	67
7.3 Построение ленточного графика и расчет его основных параметров	73
7.4 Определение цены научно-технической продукции	76
8. Методический раздел. Методическая разработка занятия по теме «Общие сведения о радиопередающих устройствах» дисциплины «Радиотехника», специальности 2-39 02 32 «Производство и проектирование радиоэлектронных средств».....	85
Заключение	92
Список использованных источников	93
Приложение А (обязательное) Методическая разработка занятия.....	93
Приложение Б (обязательное) Перечень элементов.....	102
Приложение В (обязательное) Справка о процентной оценки оригинальности текста	107
Ведомость документов	108

ВВЕДЕНИЕ

В современном времени оснащение автомобиля постоянно совершенствуется. Различные требования, которые не стоят на месте и сопровождают технический прогресс постоянно диктуют производителю: какой спектр информации во время движения должен быть доступен для водителя. В связи с этим, постоянно продумывается новый интерфейс комбинации приборов, для отображения какой-либо информации. Список источников информации, которая может быть доступна для водителя, очень огромен и поэтому, требуется определить: что важно для водителя, а что лишь только создает лишнюю информативную нагрузку. Касаясь безопасности, для водителя важно знать, с какой он скоростью движется. Зрительный анализ может быть обманчив. Так, например, в тумане, расстояние до видимых предметов искажается визуально, они кажутся намного ближе, а в темное время суток, так и вовсе сложно определить его. Современные измерители скорости – спидометры, позволяют не только следить за быстротой хода, но и отсчитывать пройденное расстояние.

С точки зрения инженерной психологии, классическая шкала заставляет водителя для определения скорости затратить некоторое время, которое больше примерно на 60%, в сравнении, если бы скорость была отображена в цифровом виде. Шаг шкалы, как правило, слишком размашистый, а цифры и вовсе, иногда пишутся не на всех делениях.

Целью данного дипломного проекта является разработка многофункционального *GPS*-спидометра, который представляет собой комбинированный прибор. Он сочетает в себе, как и независимое измерение скорости, так и точные часы с автоматической коррекцией времени. Вдобавок к главным функциям, есть и второстепенные: измерение температуры окружающего воздуха, напряжения питания и высоту относительно уровня моря, что позволяет даже на первый взгляд ровную дорогу – оценить идет ли она на подъем или же на спуск. Прибор является универсальным для любого автомобиля и не критичен к установке.

Задачами дипломного проекта являются:

- провести анализ литературы, выявив актуальность темы;
- выбрать и обосновать требования к функциональности и конструкции прибора;
- разработать электрическую структурную, электрическую функциональную и электрическую принципиальную схемы;
- разработать конструкцию печатной платы;

- разработать программное обеспечение для микроконтроллера, который применен в устройстве;
- разработать методику и рекомендации по эксплуатации устройства;
- выполнить технико-экономическое обоснование многофункционального *GPS*-спидометра;
- разработать методическое занятие по теме «Общие сведения о радио-передающих устройствах».

Дипломный проект выполнен самостоятельно, проверен в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности соответствует норме, установленной кафедрой ИРТ. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке использованных источников».

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 История изобретения спидометра

В большинстве автомобилей на передней панели можно увидеть набор контрольно-измерительных приборов, который состоит из тахометра, измерителя скорости, датчика температуры двигателя, уровня заправки топливного бака и других. В ходе поездки чаще всего водитель обращает внимание на спидометр, показывающий мгновенную скорость движения автомобиля, которая выражается в милях или в километрах в час. Его стандартный вариант, который состоит из перемещающейся по шкале стрелки, актуален до сих пор.

История изобретения спидометра насчитывает порядка сотни лет. Впервые прибор для измерения скорости появился в 1901 году на автомобилях «Oldsmobile». Вплоть до 1910 года спидометр считался диковинной вещью и устанавливался лишь в качестве опции, только потом автозаводы стали включать его в обязательную комплектацию. Модель от 1916 года, которая была изобретена Николой Тесла, дошла до нынешних дней, почти не претерпев изменений.

С развитием автомобилестроения растет количество машин на дорогах, мощность двигателей и, соответственно, развиваемая ими скорость (к началу 20 века она приблизилась к 30 милям в час). Скорость той же «Самобеглой коляски» значительно выше, чем конного экипажа, поэтому на дорогах участились случаи транспортных происшествий. Изобретение спидометра позволило автомобилистам следить за скоростью движения, тем самым, делая перемещение на транспорте более безопасным.

Появление спидометров позволило вводить скоростные ограничения, что обусловило образование первой дорожной полиции. Машины того времени оборудовались двумя спидометрами: один маленький для водителя, а другой большой, для того чтобы полицейский смог считать показания скорости на расстоянии.

Точность работы этого прибора, зависит от его погрешностей. Как и все другие измерительные приборы, спидометры имеют свои погрешности: инструментальные, методические и дополнительные. Абсолютно точных приборов – не бывает, и, более того, никогда невозможно измерить абсолютно точно ту, или иную величину.

1.2 Основные способы измерения скорости автомобиля

В каждом наборе технического оснащения автомобиля, имеется измеритель скорости – спидометр. Принцип его работы заключается в том, что он считает количество оборотов вторичного вала коробки передач за единицу времени. Однако есть также и другие способы измерения скорости движения автомобиля:

1 Акустический способ. Данный способ измерения скорости движения автомобиля, заключается в приеме электроакустическим преобразователем звука, исходящего от автомобиля. При этом способе, выделяют так же тональную составляющую из спектра шумоизлучения автомобиля. Этот способ может применяться в условиях плохой видимости, но не является в достаточной степени надежным и не позволяет произвести идентификацию транспортного средства, поэтому такой способ не получил распространения.

2 Детекторный способ. Реализация способа заключается в следующем: устройство определения скорости автомобиля состоит из нескольких пар чувствительных к давлению детекторных кабелей. Эти кабели размещаются в дорожном полотне таким образом, что они находятся поперек направления движения автомобиля. При наезде на такую пару кабеля, происходит передачи сигнала на регистрирующие приборы, которые обрабатывают сигнал и производят вычисление скорости движения автомобиля.

3 Наиболее точный способ, определяющий среднюю скорость движения автомобиля, реализован в системе контроля движения транспортных средств. Он заключается в последовательном обнаружении транспортного средства в двух заранее заданных точках, при помощи оптических камер, которые обнаруживают автомобиль.

4 Радиочастотный способ, построенный на эффекте Доплера. Частота отраженного сигнала изменяется пропорционально скорости перемещения объекта. Приняв отраженный сигнал, радар, измеряет отклонение частоты и вычисляет скорость автомобиля. Обычно для этих целей служат следующие диапазоны:

- X, рабочая частота 10,525 ГГц;
- K, несущая частота 24,150 ГГц;
- L, диапазон частот 1...2 ГГц.

5 Способ использования лазера (лидар) или оптический. Лидар излучает короткие импульсы лазера вне зрительного диапазона (ИК), с фиксированным интервалом времени, в направлении автомобиля. Эти импульсы отражаются от транспортного средства и принимаются лазерным измерителем.

Лидар фиксирует изменение дальности до объекта по времени задержки каждого отраженного импульса. Цифровое устройство лидара вычисляет скорость автомобиля, используя данные об изменении дальности за фиксированный промежуток времени.

6 Измерение посредством обработки сигнала *GPS*. Данный метод измерения рассматривается в дипломном проекте. Он основан на измерении задержки распространения сигнала от спутника до приемника. Из полученного сигнала приемник получает данные о местонахождении спутника. Для определения расстояния от спутника до приемника задержка сигнала умножается на скорость света.

1.3 Сравнение методов измерения скорости

В дипломном проекте разрабатывается спидометр, который измеряет скорость иным способом, чем штатный в автомобиле. Поскольку у *GPS* дополнительные погрешности отсутствуют как класс (в измерениях посредством *GPS* не учитывается, диаметр шин, давление в них, значение окружающей температуры, и т.п. факторы, влияющие на точность измерений), то можно смело утверждать, что измерение посредством приема сигнала *GPS* всегда показывает скорость движения гораздо более близкую к реальной, чем любой штатный автомобильный спидометр. Некоторое влияние на точность показаний *GPS* может оказывать положение спутников, но для средних широт эта проблема не так актуальна. Она более характерна для арктических и антарктических областей планеты.

Некоторое влияние на точность измерений скорости могут также оказать и высотные дома вдоль дороги, или горы, деревья (сужается видимый горизонт, и система может потерять некоторые спутники), но это тоже не столь характерное явление, проявляющееся кратковременно. Также, в силу некоторых методических погрешностей алгоритма расчета скорости на этапах разгона и торможения автомобиля, измеряет скорость с некоторой задержкой (с запаздыванием), и на этих этапах, ее точность хуже, чем у штатного спидометра.

1.4 Погрешности спидометра, заложенные производителем

Кроме того, еще есть один нюанс измерения скорости штатным спидометром автомобиля. Все спидометры, на автомобилях всех производителей, настроены так, что они всегда завышают показания скорости на величину

3...10% от фактической скорости (конкретная величина завышения устанавливается производителем). Разумеется, утверждение, приведенное выше, верно при условии, что спидометр исправен, датчики, которые он использует для измерения – работают корректно и выдают правильные показания, а тип, размер шин и давление в них, соответствуют рекомендованным производителем авто. При соблюдении всех требований, спидометр будет показывать скорость, завышенную на 3...10%.

Существует Правило ЕЭК ООН № 39 [15], регламентирующее этот вопрос в производстве автомобилей (точнее, спидометров для них). Оно устанавливает норму, что исправный спидометр автомобиля всегда должен или завышать измеряемую скорость, (на величину не более 10%), или показывать ее абсолютно точно. Занижать измеренную скорость спидометр не должен никогда. Все производители автомобилей должны следовать этому стандарту. Дословно требование это звучит так: скорость по прибору никогда не должна быть меньше истинной скорости.

Таким образом, выбор величины поправки к спидометру отдан на откуп производителя, но ограничен рамками: от нуля до 10% (+4 км/ч.) Производители автомобилей и сами перестраховываются: датчики, и сам спидометр, и его вычислитель всегда имеют некоторые погрешности. После сборки автомобиля, спидометр проходит проверку и калибровку, которая учитывает все погрешности. На этом этапе прибор можно откалибровать так, чтобы он показывал скорость достаточно точно. Но это не допустимо, потому что со временем, (в процессе эксплуатации), условия измерений будут меняться: датчики будут терять чувствительность, зубчатые шестерни в приборе будут изнашиваться, контакты будут окисляться. Из-за этого, общая точность измерений, под влиянием этих факторов будет снижаться. И этот процесс неизбежен.

Кроме того, всегда есть некоторое влияние дополнительных погрешностей (даже износ шин, то есть уменьшение их диаметра на несколько миллиметров – влияет на точность измерения скорости). Накопление этих ошибок измерения может привести к появлению погрешностей измерения скорости.

При завышении скорости спидометром, безопасность движения немного увеличивается. Водитель всегда едет медленнее, чем он ожидает. Даже такая неизбежная вещь, как износ протектора шин, вызывает дополнительную погрешность измерения скорости (до 1,5%).

Таким образом, на точность измерения скорости влияет достаточно много факторов, не зависящих от производителя. На основе этого, производитель закладывает на этапе изготовления завышающую поправку в прибор,

чтобы спидометр в любом случае показывал скорость чуть-чуть выше, чем она есть на самом деле.

1.5 Виды погрешностей

Точность измеренных показаний зависит от погрешности измерительных приборов [9]. Погрешности бывают трех видов:

1 Инструментальные погрешности – это погрешности, которые вызваны несовершенством принципа действия, низкой точностью сборки прибора, неточностью градуировки его шкалы и т.п., то есть – определяются точностью самого инструмента измерения (например, если сравнить точность измерения длины с помощью штангенциркуля и с помощью обычной рулетки). Как правило, такие погрешности вычисляются и устраняются еще на заводе, после калибровки прибора, путем введения соответствующей поправки в вычислитель. Также, свои инструментальные погрешности имеют и датчики, измеряющие ту или иную величину.

2 Методические погрешности – это погрешности, обусловленные несовершенством используемого метода измерения, а также упрощениями и допущениями, положенными в основу методики измерения. Методов измерения скорости в автомобилях – существует несколько, но среди них нет ни одного идеального, все имеют какие-либо недостатки. В одних случаях, контролируется скорость вращения вторичного вала коробки передач и по ней рассчитывается число оборотов ведущего колеса за единицу времени, и, исходя из этого и из радиуса колеса – вычисляется скорость движения (в основном это касается автомобилей с задним приводом), а на переднеприводных машинах зачастую измеряют скорость с помощью привода левого переднего колеса. Значит, к погрешности спидометра и влиянию размера шины прибавляется эффект от закругления дороги: на поворотах влево показания спидометра станут чуть меньше, чем посередине машины (левое колесо за тот же промежуток времени проходит меньший путь), а при поворотах вправо – чуть больше. Существуют и другие методы измерения скорости, применяемые в автомобилестроении, но, в конечном счете, большинство из них сводится к подсчету числа оборотов одного из ведущих колес за единицу времени. Каждый производитель выбирает метод определения скорости, исходя из своих разработок и требований стандартов. Но каждый из этих методов имеет какие-то свои недостатки. Как правило, эти погрешности производитель тоже пытается учесть еще на этапе производства и ввести соответствующие поправки.

3 Дополнительные погрешности – это погрешности, вводимые в измерения пользователем прибора и внешними условиями. Если прибор (и датчики, которые он использует), работают в условиях отличных от нормальных (идеальных), то есть, тех, на которые они рассчитаны, и при которых они испытывались и калибровались, то возникает дополнительная погрешность, изменяющая общую погрешность измерений в ту или иную сторону. К дополнительным погрешностям относятся, например:

- температурная, вызванная отклонением температуры окружающей среды от нормальной;
- установочная, обусловленная отклонением положения прибора или датчика от нормального рабочего положения, (если такие требования есть) и другие.

Также, к дополнительным относятся и погрешности, вводимые самим пользователем измерительного прибора (в случае с автомобилем – спидометра и одометра).

1.6 История развития системы *GPS*

Навигационная система *Global Positioning System (GPS)* является частью комплекса *NAVSTAR*, который разработан, реализован и эксплуатируется Министерством обороны США[3]. Разработка комплекса *NAVSTAR* (*NAVigation Satellites providing Time And Range* – навигационная система определения времени и дальности) была начата ещё в 1973 году, а уже 22 февраля 1978 года был произведён первый тестовый запуск комплекса, а в марте 1978 года комплекс *NAVSTAR* начали эксплуатировать. Первый тестовый спутник был выведен на орбиту 14 июля 1974 года, а последний из 24 необходимых спутников для полного покрытия земной поверхности, был выведен на орбиту в 1993 году. Гражданский сегмент военной спутниковой сети *NAVSTAR* принято называть аббревиатурой *GPS*, коммерческая эксплуатация системы в сегодняшнем виде началась в 1995 году.

Система Глобального Позиционирования (*GPS* или *Global Positioning System*) является спутниковой и работает под управлением Министерства Обороны США. Система является глобальной, всепогодной и обеспечивает возможность получения точных координат и времени 24 часа в сутки.

Спустя более двадцати лет с момента тестового запуска системы *GPS* и пяти лет с момента начала коммерческой эксплуатации Глобальной системы позиционирования *GPS*, 1 мая 2000 года министерство обороны США отменило особые условия пользования системой *GPS*, существовавшие до тех

пор. Американские военные выключили помеху (*SA – selective availability*), искусственно снижающую точность гражданских *GPS*-приёмников, после чего точность определения координат с помощью бытовых навигаторов возросла как минимум в 5 раз. После отмены американцами режима селективного доступа точность определения координат с помощью простейшего гражданского *GPS*-навигатора составляет от 5 до 20 метров (высота определяется с точностью до 10 метров) и зависит от условий приема сигналов в конкретной точке, количества видимых спутников и ряда других причин. Приведенные цифры соответствуют одновременному приему сигнала с 6...8 спутников. Большинство современных *GPS*-приёмников имеют 12-канальный приемник, позволяющий одновременно обрабатывать информацию от 12 спутников. Военное применение навигации на базе *NAVSTAR* обеспечивает точность на порядок выше (до нескольких миллиметров) и обеспечивается зашифрованным *P(Y)* кодом. Информация в *C/A* коде (стандартной точности), передаваемая с помощью *L1*, распространяется свободно, бесплатно, без ограничений на использование.

Основой системы *GPS* являются навигационные спутники, движущиеся вокруг Земли по 6 круговым орбитальным траекториям (по 4 спутника в каждой), на высоте 20180 км. Спутники *GPS* обращаются вокруг Земли за 12 часов, их вес на орбите составляет около 840 кг, размеры – 1,52 метра в ширину и 5,33 метра в длину, включая солнечные панели, вырабатывающие мощность 800 Ватт.

Первоначально архитектура *GPS* подразумевала использование 24 спутников, однако для большей надежности на орбите находится сразу 32 слота, постоянно из которых используется 31.

Каждый спутник огибает Землю дважды в день и управляется с военной базы Шривер радиосигналами частотой в 2000...4000 МГц.

Слежение за орбитальной группировкой осуществляется с главной управляющей станции (*Master Control Station – MCS*), которая находится на базе ВВС Шривер, шт. Колорадо, США. С нее осуществляется управление системой навигации *GPS* в мировом масштабе. База ВВС Шривер (*Schriever*) является местом размещения 50-го космического соединения США – подразделения командования воздушно-космических сил.

Наземная часть системы *GPS* состоит из десяти станций слежения, которые находятся на островах Кваджалейн и Гавайях в Тихом океане, на острове Вознесения, на острове Диего-Гарсия в Индийском океане, а также в Колорадо-Спрингс, в мысе Канаверел, шт. Флорида и т.д. Количество наземных станций непрерывно растет, на всех станциях слежения используются

GPS-приемники для пассивного слежения за навигационными сигналами всех спутников. Информация со станций наблюдения обрабатывается на главной управляющей станции *MCS* и используется для обновления эфемерид спутников. Загрузка навигационных данных, состоящих из прогнозированных орбит и поправок часов, производится для каждого спутника каждые 24 часа.

1.7 Принцип работы системы *GPS*

Основы системы *GPS* можно разбить на пять основных подпунктов:

- спутниковая трилатерация – основа системы;
- спутниковая дальнометрия – измерение расстояний до спутников;
- точная временная привязка – необходимость согласовывать часы в приёмнике и на спутнике и необходимость в четвертом космическом аппарате;
- расположение спутников – определение точного положения спутников в космосе;
- коррекция ошибок – учёт ошибок вносимых задержками в тропосфере и ионосфере.

Точные координаты могут быть вычислены для места на поверхности Земли по измерениям расстояний от группы спутников (если их положение в космосе известно). В этом случае спутники являются пунктами с известными координатами. Например, если известно, расстояние от одного спутника то можно описать сферу заданного радиуса вокруг него.

Если известно также расстояние и до второго спутника, то определяемое местоположение будет расположено где-то в круге, задаваемом пересечением двух сфер.

Третий спутник определяет две точки на окружности. Теперь остаётся только выбрать правильную точку. Однако одна из точек всегда может быть отброшена, так как она имеет высокую скорость перемещения или находится на или под поверхностью Земли. Таким образом, зная расстояние до трёх спутников, можно вычислить координаты определяемой точки.

Спутниковая дальнометрия. Расстояние до спутников определяется по измерениям времени прохождения радиосигнала от космического аппарата до приёмника умноженным на скорость света. Для того, чтобы определить время распространения сигнала нам необходимо знать когда он покинул спутник.

Для этого на спутнике и в приёмнике одновременно генерируется одинаковый псевдослучайный код. Спутники излучают открытые для использования сигналы в диапазонах: $L1 = 1575,42$ МГц и $L2 = 1227,60$ МГц (начиная с Блока *IIR-M*), а модели *IIF* излучают также на частоте $L5 = 1176,45$ МГц. Эти частоты являются соответственно 154-й, 120-й и 115-й гармониками фундаментальной частоты 10,23 МГц, генерируемой бортовыми атомными часами спутника с суточной нестабильностью не хуже. Частота атомных часов сдвинута к значению 10,229999 МГц, чтобы компенсировать релятивистский сдвиг, обусловленный движением спутника относительно наземного наблюдателя и разностью гравитационных потенциалов спутника и наблюдателя на поверхности Земли. Навигационная информация может быть принята антенной (обычно в условиях прямой видимости спутников) и обработана при помощи *GPS*-приёмника. Сигнал $L1$ имеет два дальномерных кода с псевдослучайным шумом (*PRN*), *P*-код и *C/A* код. *P*-код может быть зашифрован для военных целей. *C/A* код не зашифрован. Сигнал $L2$ модулируется только с *P*-кодом. Большинство гражданских пользователей используют *C/A* код при работе с *GPS* системами. Некоторые приёмники *Trimble* геодезического класса работают с *P*-кодом.

Приёмник проверяет входящий сигнал со спутника и определяет когда он генерировал такой же код. Полученная разница, умноженная на скорость света (~ 300000 км/с) даёт искомое расстояние.

Использование кода позволяет приёмнику определить временную задержку в любое время. Кроме того, спутники могут излучать сигнал на одной и той же частоте, так как каждый спутник идентифицируется по своему псевдослучайному коду (*PRN* или *PseudoRandom Number code*).

Как видно из сказанного выше, вычисления напрямую зависят от точности хода часов. Код должен генерироваться на спутнике и приёмнике в одно и то же время. На спутниках установлены атомные часы имеющие точность около одной наносекунды. Однако это слишком дорого, чтобы устанавливать такие часы в каждый *GPS*-приемник, поэтому измерения от четвёртого спутника используются для устранения ошибок хода часов приёмника.

Эти измерения можно использовать для устранения ошибок, которые возникают, если часы на спутнике и в приёмнике не синхронизированы.

Если часы на спутнике и в приёмнике имеют одинаковую точность хода, то точное местоположение может быть найдено по измерениям расстояния до двух спутников.

Если получены измерения с трёх спутников и все часы точные, то круг описанный радиус-вектором от третьего спутника будет пересекаться.

Если сделать замер до третьего спутника, то полученный радиус-вектор не пересечётся с двумя другими.

Когда *GPS*-приёмник получает серию измерений, которые не пересекаются в одной точке, то компьютер в приёмнике начинает вычитать (или добавлять) время методом последовательных итерации до тех пор, пока не сведёт все измерения к одной точке. После этого вычисляется поправка и делается соответствующее уравнивание.

Если требуется третье измерение, то необходим четвёртый спутник для устранения ошибок хода часов в приёмнике. Таким образом, при работе, например, в поле, необходимо иметь минимум четыре спутника, чтобы определить трёхмерные координаты объекта.

Система *GPS* имеет 24 рабочих спутника с орбитальным периодом в 12 часов на высоте примерно 20200 км от поверхности Земли. В шести различных плоскостях имеющих наклон к экватору в 55° , расположено по 4 спутника. Указанная высота необходима для обеспечения стабильности орбитального движения спутников и уменьшения фактора влияния сопротивления атмосферы.

1.8 Виды погрешностей системы *GPS*

Какой бы совершенной ни была система глобального позиционирования, существует ряд погрешностей, которые не позволяют определить местоположение абсолютно точно. Ниже приведено подробное рассмотрение этих погрешностей:

1 *S/A* режим – *Selective Availability* (Избирательный Доступ). Несколько десятков лет назад, Министерство Обороны США намеренно вносило искусственные ошибки в навигационные данные, передаваемые со спутников. При активированном *S/A* режиме величина среднеквадратического отклонения определения местоположения составляет, примерно, 30 м. Этот режим был отключен 1 мая 2000 года по распоряжению Билла Клинтона.

2 Ионосферные и атмосферные задержки сигналов. Использование системы *GPS* построено на предположении, что скорость распространения сигнала от спутников постоянна и равна скорости света. Однако на самом деле это условие выполняется только в вакууме. При прохождении радиосигналом ионосферы Земли – возникают задержки, которые делают невозможными точные вычисления расстояний до спутников. Задержки распространения сигналов при их прохождении через верхние слои атмосферы приводят к

ошибкам порядка 20...30 метров днем и 3...6 метров ночью. Однако существуют два метода коррекции погрешности, вносимой ионосферой.

Можно предсказать, каково будет типичное изменение скорости в обычный день, при средних ионосферных условиях, а затем ввести поправку во все полученные измерения. Но нельзя утверждать, что каждый день является обычным. Второй метод коррекции погрешности основан на сравнении скоростей распространения двух сигналов на двух частотах. Этот метод корректировки достаточно сложен, кроме того, он, доступен только военным и авторизованным гражданским пользователям системы *GPS*, поскольку сигнал на второй частоте *L2* передается в закодированном виде.

4 После того, как сигналы от спутников пересекли ионосферу, расположенную очень высоко, они входят в атмосферу, в нижней части которой (в тропосфере) также возникают искажения и задержки, обусловленные различным содержанием водяных паров. Но их влияние слишком мало.

5 Ошибки атомных часов. Не смотря на большую точность атомных часов на спутниках, все равно они являются источниками небольших погрешностей. Наземные станции постоянно следят за этими часами и могут корректировать их ход, если в этом возникает необходимость.

6 *GPS*-приемники могут производить ошибочные вычисления. Программа приемника может округлить математическую операцию, а также электрические помехи могут привести к ошибочной обработке псевдослучайных кодов.

7 Экранирование и отражение спутникового сигнала. При использовании *GPS*-приемника в сложных для приёма сигнала условиях: среди высоких зданий, в горах или в глубоких ущельях точность позиционирования будет ухудшаться. Если сигналы от некоторых спутников оказываются, экранированы, то точность определения местоположения будет зависеть от оставшихся в поле приёма сигнала спутников. Если неэкранированными останутся менее трех спутников, то местоположение определить вообще будет невозможно. Кроме того, сигналы могут отражаться от высотных объектов, при этом отраженному сигналу требуется больше времени для достижения приемника. Программа в *GPS*-приемнике вычисляет, что спутник находится на большем расстоянии, чем на самом деле. Однако из-за большой скорости распространения радиоволн, которая равна скорости света, подобная ошибка невелика — она составляет не более 5 м.

8 Эфемероидная погрешность. Ошибки обусловлены расхождением между расчетным положением *GPS*-спутника, которое устанавливается по данным навигационного сигнала, передаваемого с борта спутника, и его фактическим положением. Значение погрешности обычно не больше 3 м. Станции слежения постоянно ведут наблюдение и передают данные об их орбитах

в центр управления, где вычисляются уточненные элементы траекторий и поправки спутниковых часов. Указанные параметры вносятся в «альманах» и передаются на спутники, а те, в свою очередь, отсылают эту информацию всем работающим *GPS*-приемникам.

9 Статистическая погрешность определения расстояния до спутников. Она вычисляется для конкретного спутника и заданного интервала времени. Ошибка не коррелирована с другими видами погрешностей.

10 Геометрический фактор. Поскольку измерение расстояния до спутников всегда сопряжено с рядом погрешностей, воображаемые сферы и окружности на их пересечении получаются не геометрически точными, а размытыми.

11 В зависимости от угла между направлениями на спутники область пересечения таких размытых окружностей (область неопределенности местоположения) может иметь вид от небольшого квадрата до весьма вытянутого четырехугольника. Поэтому, чем больше угол между направлениями на разные спутники, тем точнее измерения.

Все перечисленные выше погрешности суммируются и придают каждому *GPS*-измерению некоторую неопределенность. Типичная погрешность при использовании большинства обычных навигаторов составляет 18...30 метров, в наихудших случаях – до 60 метров, а при включенном *S/A* режиме – до 100 метров.

1.9 Описание протокола *NMEA0183*

В разрабатываемом многофункциональном *GPS*-спидометре *GPS*-приемник выдает сигнал на микроконтроллер в формате *NMEA0183*.

NMEA – это формат передачи сообщений между корабельными приборами. Он включает в себя систему сообщений для обмена информацией между навигационными *GPS*-приемниками и потребителями навигационной информации. Все команды и сообщения передаются в текстовом *ASCII*-виде. Сообщения, относящиеся к *GPS*-приемнику начинаются с *\$GP*, в конце строки сообщения должны быть символы. В последнем поле сообщения может быть указана контрольная сумма текущего сообщения, начинающаяся с разделителя «*». Контрольная сумма всех символов сообщения, включая пробелы, расположенных между разделителями «*\$*» и «*», не включая последних. Шестнадцатеричный результат переводится в два *ASCII*-символа.

Содержание некоторых сообщений протокола *NMEA*:

1.9.1 \$GPGGA. Сообщение содержит данные о местоположении, времени определения местоположения, качестве данных, количестве использованных спутников, фактор ухудшения точности координат, информацию о дифференциальных поправках и их возраст. Пример сообщения: *\$GPGGA, 004241.47, 5532.8492, N, 03729.0987, E, 1, 04, 2.0, -0015,M,,,*31*, расшифровка представлена в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Содержание сообщения *\$GPGGA*

Тип сообщения	1	2	3	4	5	6	7
<i>\$GPGGA</i>	<i>hhmmss.ss</i>	<i>1111.11</i>	<i>a</i>	<i>ууууу.уу</i>	<i>a</i>	<i>x</i>	<i>xx</i>
8	9	10	11	12	13	14	15
<i>x.x</i>	<i>xxx</i>	<i>M</i>	<i>x.x</i>	<i>M</i>	<i>x.x</i>	<i>xxxx</i>	<i>*hh</i>

- Где
- 1 – гринвичское время на момент определения местоположения;
 - 2 – географическая широта местоположения;
 - 3 – север/юг (*N/S*);
 - 4 – географическая долгота местоположения запад/восток (*E/W*);
 - 5 – индикатор качества *GPS*-сигнала: 0 – Определение местоположения не возможно или не верно; 1 – *GPS*-режим обычной точности, возможно определение местоположения; 2 – Дифференциальный *GPS*-режим, точность обычная, возможно определение местоположения;
 - 6 – количество используемых спутников
 - 7 – фактор ухудшения точности плановых координат (*HDOP*);
 - 8 – высота антенны приемника над уровнем моря;
 - 9 – единица измерения высоты расположения антенны, метры;
 - 10 – геоидальное различие – различие между земным эллипсоидом *WGS 84* и уровнем моря – уровень моря ниже эллипсоида;
 - 11 – единица измерения различия, метры;
 - 12 – возраст дифференциальных данных *GPS* – время в секундах с момента последнего обновления *SC104* типа 1 или 9;
 - 13 – идентификатор станции, передающей дифференциальные поправки, *ID*, 0000 1023;
 - 14 – контрольная сумма строки.

1.9.2 \$GPGLL. Сообщение содержит данные о географической широте, долготе и времени определения координат. Пример сообщения: *\$GPGLL, 5532.8492, N, 03729.0987, E, 004241.469, A*33*. Расшифровка содержания приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Содержания сообщения *\$GPGLL*

Тип сообщения	1	2	3	4	5	6	7
<i>\$GPGLL</i>	1111.11	<i>a</i>	<i>ууууу.уу</i>	<i>a</i>	<i>hhmmss.ss</i>	<i>A</i>	<i>*hh</i>

Где 1 – географическая широта местоположения;
 2 – север/юг (*N/S*);
 3 – географическая долгота местоположения;
 4 – запад/Восток (*E/W*);
 5 – гринвичское время на момент определения местоположения;
 6 – статус: *A* – данные верны, *V* – данные не верны;
 7 – контрольная сумма строки.

1.9.3 \$GPGSA. В этом сообщении отображается режим работы *GPS*-приемника, параметры спутников, используемых при решении навигационной задачи и значения факторов точности определения координат. Пример сообщения: *\$GPGSA, A, 3,01, 02, 03, 04,,,,,,,,,2.0, 2.0, 2.0*34*. Расшифровка содержания сообщения приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Содержание сообщения *\$GPGSA*

Тип сообщения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>\$GPGSA</i>	<i>A</i>	<i>x</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>
10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>x.x</i>	<i>x.x</i>	<i>x.x</i>	<i>*hh</i>	

Где 1 – режим: *M* – ручной, принудительно включен 2-*D* или 3-*D*-режим, *A* – автоматический, разрешено автоматически выбирать 2-*D* или 3-*D*-режим;

2 – режим: 1 – Местоположение не определено; 2 – 2-*D*; 3 – 3-*D*; 3...14 – *PRN* номера спутников, использованных при решении задачи определения местоположения (нули для неиспользованных спутников).

15 – фактор *PDOP*;

16 – фактор *HDOP*;

17 – фактор *VDOP*;

18 – контрольная сумма строки.

1.9.4 \$GPGSV. В сообщении указывается количество видимых спутников, их номера, возвышение, азимут и значение отношения «сигнал – шум» для каждого из них. Пример сообщения: \$GPGSV, 3, 1, 12, 02, 86, 172., 09, 62, 237., 22, 39, 109., 27, 37, 301, *7A. Расшифровка сообщения приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Содержания сообщения \$GPGSV

Тип сообщения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
\$GPGSV	x	x	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
xxx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xxx	xx	*hh

Где 1 – номер сообщения, от 1 до 9;

2 – полное число видимых спутников;

3 – номер спутника;

4 – высота, градусы;

5 – азимут истинный, градусы, от 000 ° до 359 °;

6 – отношение «сигнал – шум» от 00 до 99 дБ, ноль – нет сигнала;

8...11 – то же самое, что в 4...7 пункте для второго спутника;

12...15 – то же самое, что в 4...7 для третьего спутника;
 16...19 – то же самое, что в 4...7 для четвертого спутника;
 20 – контрольная сумма строки.

1.9.5 \$GPRMC. Сообщение содержит данные о местоположении, времени и дате определения координат, скорости, направлении движения и магнитном склонении. Пример сообщения: *\$GPRMC, 225446, A, 4916.45, N, 12311.12, W, 000.5, 054.7, 191194, 020.3, E*68*. Расшифровка сообщения представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Содержания сообщения *\$GPGSV*

Тип сообщения	1	2	3	4	5	
<i>\$GPRMC</i>	<i>hhmmss.ss</i>	<i>A</i>	<i>1111.11</i>	<i>a</i>	<i>ууууу.уу</i>	
6	7	8	9	10	11	12
<i>a</i>	<i>x.x</i>	<i>x.x</i>	<i>ddmmуу</i>	<i>x.x</i>	<i>a</i>	<i>*hh</i>

Где 1 – гринвичское время на момент определения местоположения;
 2 – статус: *A* – данные верны, *V* – данные не верны;
 3 – географическая широта местоположения;
 4 – север/юг (*N/S*);
 5 – географическая долгота местоположения;
 6 – запад/восток (*E/W*);
 7 – скорость в узлах;
 8 – направление движения в градусах;
 9 – дата на момент определения местоположения;
 10 – магнитное склонение в градусах;
 11 – магнитное склонение на Запад//Восток (*E/W*);
 12 – контрольная сумма строки.

1.9.6 \$GPZDA, Сообщение содержит информацию о времени, календарном дне, месяце, годе и локальном часовом поясе. Пример сообщения: *\$GPZDA, 172809, 12, 07, 1996, 00, 00*45*. Расшифровка сообщения представлена в таблице 1.6

Таблица 1.6 – Содержания сообщения \$GPZDA

Тип сообщения	1	2	3	4	5	6	7
\$GPZDA	<i>hhmmss.s</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>xxxx</i>	<i>xx</i>	<i>xx</i>	<i>*hh</i>

Где 1 – гринвичское время на момент определения местоположения;
 2 – день (от 01 до 31);
 3 – месяц (от 01 до 12);
 4 – год;
 5 – часовой пояс, смещение от *GMT*, от 00 до ± 13 часов;
 6 – часовой пояс, смещение от *GMT*, минуты;
 7 – контрольная сумма строки;

1.9.7 \$GPVTG,. Сообщение содержит информацию о направлении и скорости движения. Пример сообщения: \$GPVTG, 360.0, *T*, 348.7, *M*, 000.0, *N*, 000.0, *K**43 Расшифровка сообщения приведена в таблице 1.7

Таблица 1.7 – Содержание сообщения \$GPVTG.

Тип сообщения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
\$GPVTG	<i>x.x</i>	<i>T</i>	<i>x.x</i>	<i>M</i>	<i>s.ss</i>	<i>N</i>	<i>s.ss</i>	<i>K</i>	<i>*hh</i>

Где 1 – направление движения в градусах;
 2 – относительно Северного полюса;
 3 – направление движения в градусах (может не использоваться);
 4 – относительно северного магнитного полюса (может не использоваться);
 5 – скорость;
 6 – единица измерения скорости, узлы;
 7 – скорость;
 8 – единица измерения скорости, км/ч;
 9 – контрольная сумма строки.

Проведя анализ раздела обзора литературы, были получены выводы свидетельствующие, о полном изучении преимуществ, свойств и специфики

измерения скорости посредством технологии *GPS*. Было приведено сравнение достоинств и недостатков иных способов измерений, рассмотрены их метрологические характеристики и особенности.

1.9 Обзор аналогов

Проанализировав обзор литературы, разрабатываемый прибор можно сравнить по функциональности с его аналогами по принципу работы.

GPS-спидометр *RL-SM001*. Этот *GPS*-спидометр является компактным прибором, с минимальным количеством функций. Он способен отображать скорость, время, температуру. Его исполнение (цилиндр круглого сечения) подразумевает монтаж в приборную панель. Он имеет стандарт защиты *IP65* и подсветку дисплея зеленого цвета.

Его внешний вид представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид *GPS*-спидометра *RL-SM001*

Для пользователя доступно меню прибора, где он может задать единицы измерения. Преимущества такого спидометра в том, что он компактен и имеет пылевлагозащитную конструкцию корпуса, что позволяет его устанавливать на катамараны, лодки и т.п. Из недостатков – малый набор измеряемых величин, принимающая сигнал антенна спрятана в корпусе, что снижает чувствительность.

Еще одним рассматриваемым аналогом является *GPS*-спидометр *ALTOX GPS-4*. Данный прибор имеет предназначение для измерения текущей скорости, высоту относительно уровня мирового океана, расстояние

пройденного пути в виде двух показателей: суточного пробега и общего. Разница между этими показателями в том, что значение суточного расстояния можно обнулить, а общего нет. Его внешний вид представлен на рисунке 1.2



Рисунок 1.2 – Внешний вид *GPS*-спидометра *ALTOX GPS-4*

Более наглядное сравнение приборов представлено в таблице 1.8

Таблица 1.8 – Сравнение аналогов

Прибор	Измеряемые величины	Тип исполнения прибора	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	5
Многофункциональный <i>GPS</i> -спидометр	<ul style="list-style-type: none"> – скорость; – местное время; – температура; – напряжение питания; – количество видимых и используемых спутников; – высота над уровнем моря. 	Металлический объемный корпус, прямоугольной формы с блоком газоразрядных ламп ИН-12 и знакосензирующим экраном.	<ul style="list-style-type: none"> – большой набор измеряемых величин; – звуковое оповещение событий; – выносная антенна <i>GPS</i>-модуля. 	<ul style="list-style-type: none"> – большие размеры корпуса; – отсутствие пылевлагозащиты корпуса.

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3	4	5
<i>GPS-спидометр RL-SM001</i>	– скорость; – местное время; – высота над уровнем моря.	Цилиндр круглого сечения, с индикатором на лицевой панели	– защита от пыли и влаги; – встраиваемая конструкция корпуса в приборную панель.	малое количество измеряемых величин, встроенная антенна в корпус.
<i>AT- GPS-спидометр LOX GPS-4</i>	– скорость; – местное время; – высота над уровнем моря; – значение суточного и общего пройденного расстояния.	Цилиндр круглого сечения, с индикатором на лицевой панели	– защита от пыли и влаги; – выносная антенна <i>GPS</i> -приемника	малое количество измеряемых величин, отсутствие подсветки дисплея.

Сравнив представленные аналоги, можно выделить, что разрабатываемый в дипломном проектировании прибор, обладает большим количеством преимуществ, которыми являются:

- широкий спектр измеряемых величин;
- наглядное представление информации;
- наличие звукового оповещения;
- наличие выносной антенны, что позволяет обеспечить лучший прием для антенны *GPS*-приемника.

Среди недостатков было отмечено, что корпус не обладает пылевлагозащитой, однако, исходя из того, что он размещается внутри салона автомобиля, этим можно пренебречь. Так же было отмечено в недостатках, что конструкция прибора очень большая в габаритных размерах, что требует более жесткой установки на приборную панель.

2 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ И КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА

При проектировании устройства, согласно теме технического задания можно сформулировать ряд технических требований предъявляемых к многофункциональному *GPS*-спидометру.

2.1 Величины измерения и их точность

Обеспечить измерение следующих величин с заданной точностью:

- скорость, диапазон измерений: 0...199 км/ч. Точность ± 1 км/ч;
- напряжение, диапазон измерения: 10...16 В. Точность $\pm 0,1$ В.;
- температура, диапазон измерений: – 40...50. Точность $\pm 0,1$ °С;
- высота относительно мирового океана, диапазон измерений: – 999...9999 м. Точность ± 1 м.

2.2 Электрические параметры прибора

Обеспечить работу при следующих электрических характеристиках:

- используя питание от бортовой электрической сети автомобиля, обеспечить работу прибора в диапазоне напряжений 10...16 В;
- обеспечить потребление тока при нормальной работе прибора не более 200 мА;
- обеспечить прием сигнала по технологии «*SuperSense Indoor*» с чувствительностью не хуже минус 162 дБм.

2.3 Конструктивные требования предъявляемые к прибору

Создать конструкцию прибора следующим образом:

- корпус прибора должен иметь геометрическую форму правильного параллелепипеда с со следующими размерами: ширина – 320 мм, высота – 80 мм, – длина 180 мм;
- материал корпуса из листовой стали, лицевая панель со вставками из хромированной стали;
- цвет корпуса прибора черный;
- обеспечить индикацию информации на лицевой панели при помощи индикаторных ламп ИН-12А и знаковинтезирующего дисплея;

- разместить на задней стороне наличие разъемов для подключения источника питания и *GPS*-модуля. Разместить на задней стороне кнопку сброса;
- обеспечить возможность жесткого закрепления на панели салона автомобиля при помощи шасси.

2.2 Требования к функциональности прибора

Обеспечить наличие звуковой сигнализации при следующих событиях:

- включение прибора;
- превышение максимального порога по питанию – 14,6 В.;
- превышение минимального порога по питанию – 11,6 В.;
- установление связи со спутниками;
- потеря соединения со спутниками.

Отображать индикацию следующих значений:

- значение напряжения питания;
- количество видимых спутников;
- количество подключенных спутников;
- время отсчета до появления соединения со спутниками;
- высоту относительно уровня мирового океана;
- действующее значение скорости;
- местное время;
- значение температуры окружающего воздуха.

3 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

3.1 Разработка схемы электрической структурной

На основании технического задания, была разработана схема электрическая структурная, представленная на рисунке 3.1.

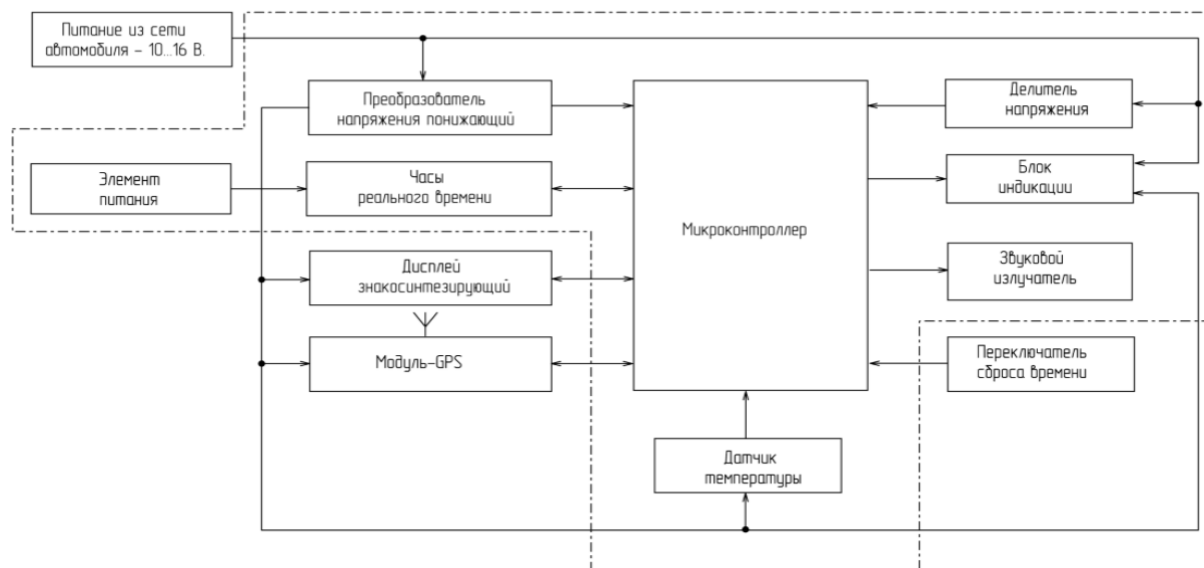


Рисунок 3.1 – Схема электрическая структурная

Исходя из условий работы, для работоспособности прибора необходимо его подключить к автомобильной сети питания. Это напряжение поступает на понижающий и повышающий преобразователи, а так же делить напряжения для измерения посредством АЦП микроконтроллера.

Понижающий преобразователь необходим для создания 5 вольт, которые используются для питания микроконтроллера, датчика температуры, знакосинтезирующего дисплея и *GPS*-модуля.

Совокупность этих частей является значительным потребителем энергии. Поэтому, применение линейных стабилизаторов не желательно, так как на них будет выделяться большое количество тепла, что внесет большую погрешность измерения температуры датчиком, который размещен в корпусе прибора. Исходя из этого, необходимо установить импульсный понижающий преобразователь с большим значением КПД. Делитель напряжения с возможностью точной коррекции необходим для того, чтобы согласовать уровень значения напряжения питания с уровнем, обрабатываемым АЦП микроконтроллера. Это необходимо для корректного измерения входного уровня

напряжения питания. Делитель задает соотношение 1:10. В нем предусмотрен подстрочный многооборотный резистор, сопротивлением которого выстраивается точность измерений, которая нарушается из-за разброса номиналов деталей.

Блок индикации построен на газоразрядных лампах типа ИН-12А, которые использовались, в радиоэлектронной аппаратуре 1960–1980 годов. Цифровые и буквенные индикаторные неоновые лампы тлеющего разряда (серии ИН) нашли широкое применение в аппаратуре отображения информации, в счетно-решающих устройствах, вычислительной технике и измерительных приборах. Отличительная особенность знаковых индикаторов тлеющего разряда состоит в том, что в одном баллоне помещается несколько светящихся катодов, а анод выполнен в виде тонкой сетки. Форма катодов и их размеры выбираются так, чтобы создать лишь минимальное перекрытие цифр (букв), расположенных сзади. Этим же определяется порядок расположения цифр, букв, знаков, а также конструкция сетчатого анода. Свечение горящего катода имеет достаточную ширину (до 2 мм), поэтому остальные электроды экранируют не более 20% светового потока, не ухудшая четкости индикации горящего светового знака. Индикаторы подобного вида отличаются высокой яркостью и контрастностью изображения, хорошими углами и дальностью наблюдения, малой потребляемой мощностью, простотой и надежностью в работе.

Используемые газоразрядные лампы в составе разрабатываемого многофункционального *GPS*-спидометра имеют красно-оранжевый цвет свечения. Для нормальной работы индикатора тлеющего разряда необходимо создать начальную ионизацию, снижающую время запаздывания зажигания разряда. Эта ионизация обычно создается внешним освещением. В темноте время запаздывания увеличивается до 1 с.

Высоковольтный преобразователь необходим для обеспечения работы ламп ИН-12А. Газоразрядная лампа является источником света, которая создает его за счет прохождения электрического разряда через ионизированный газ неон.

В приборе используется 7 газоразрядных индикаторов, 3 из которых отображают скорость, а остальные – 4, отображают действующее время. Включение одновременно всех индикаторов, потребовало бы больших затрат на обеспечение их питания, а так же других элементов схемы с более мощными параметрами. Чтобы минимизировать эти затраты использована динамическая индикация. При использовании такого типа индикации, сами индикаторы горят не постоянно, а по очереди. Причем со скоростью переключе-

ния, на которой инерционное зрение человека не способно видеть момент переключения, а воспринимает число как единое целое. Чтобы обеспечить динамическое переключение индикаторов, в схеме используются 7 каскадов, для каждого индикатора отдельно. Каждый каскад содержит в себе комплементарную пару высоковольтных транзисторов, включенных в ключевом режиме. Такой прием позволяет сделать развязку между портами микроконтроллера и высоковольтным напряжением, что повысит надежность схемы и предотвратит возможность выгорания портов при попадании на них напряжения питания газоразрядных индикаторов.

Высоковольтный дешифратор служит управлением газоразрядными индикаторами. Он предназначен для преобразования двоично-десятичного кода в десятичный.

Часы реального времени с последовательным интерфейсом – это малопотребляющие полные двоично-десятичные часы-календарь, включающие 56 байтов энергонезависимой статической ОЗУ. Адреса и данные передаются последовательно по двухпроводной двунаправленной шине. Часы-календарь отсчитывают секунды, минуты, часы, день, дату, месяц и год. Последняя дата месяца автоматически корректируется для месяцев с количеством дней меньше 31, включая коррекцию високосного года. Часы работают как в 24-часовом, так и в 12-часовом режимах с индикатором *AM/PM*. Часы реального времени имеют встроенную схему наблюдения за питанием, которая обнаруживает перебои питания и автоматически переключается на питание от батареи. Именно низкое потребление (порядка 500 нА) от батареи, при отключении внешнего питания наиболее лучше характеризует эти часы и их применение в схеме. Так как преимущественно большее время они будут отключены от питания (когда автомобиль не эксплуатируется).

Для автономной работы этих часов, на плате предусмотрена посадочная колодка под элемент питания.

Переключатель сброса нужен для первой инициализации часов. Такое событие возникает, если был заменен либо разряжен элемент питания автономного питания часов. Этот переключатель позволяет задать начальное время, равным 9:00. При дальнейшей работе происходит автоматическая синхронизация времени. Для сброса необходимо переключатель переключить в положение «1», включить прибор, дождаться отображения основного экрана, а после установить переключатель в положение – «0».

Электромагнитный излучатель звука используется для звуковой сигнализации каких-либо запланированных событий.

Знакосинтезирующий индикатор предназначен в устройстве для вывода текстовой информации. Основой индикатора является жидкокристаллическая матрица, которая состоит из определенного количества знакомест. Они в свою очередь группируются по строкам и столбцам. Размер знакоместа в пикселях часто составляет 5 на 8 точек. В схеме используется индикатор *Winstar*, отображающий символы в шестнадцать столбцах и двух строках и имеющий светодиодную подсветку.

GPS-модуль, используемый в составе прибора, служит приема сигнала *GPS*, его обработкой и передачей на контроллер посредством интерфейса *UART*. В модуле используется активная антенна, что позволяет повысить чувствительность к приему сигнала. Модуль выдает результаты в формате *NMEA*. Так же в модуле установлен ионистор, для обеспечения горячего старта, после небольшого промежутка простоя без включенного питания.

Для вычисления окружающей температуры используется температурный датчик. Он представляет собой цифровой измеритель, с разрешением преобразования 9... 12 разрядов

3.2 Разработка схемы электрической функциональной

Электрическая функциональная схема – документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях устройства.

Функциональная схема электрическая показана на рисунке 3.2

В составе разрабатываемого многофункционального *GPS*-спидометра, имеют место быть самостоятельные электронные устройства (радиокомпоненты), обладающим собственным интерфейсом передачи данных и имеющие свой протокол передачи информации. Рассмотрим по очереди каждый из них.

Знакосинтезирующий индикатор на базе контроллер *HD44780* фирмы *Hitach*. Контроллер *HD44780* потенциально может управлять двумя строками по 40 символов в каждой. Каждый символ состоит из матрицы точек, в которой высота стоит из 7, а ширина из 5 точек.

Для подключения ЖКИ-модуля с управляющей системой используется параллельная синхронная шина, насчитывающая 8 или 4 (выбирается программно) линий данных *DB0...DB7*, линию выбора операции *R/W*, линию выбора регистра *RS* и линию стробирования либо синхронизации *E*. Кроме линий управляющей шины имеются две линии для подачи напряжения питания 5 В – *GND* и *V_{CC}*, и линия для подачи напряжения питания драйвера ЖКИ – *V₀*.

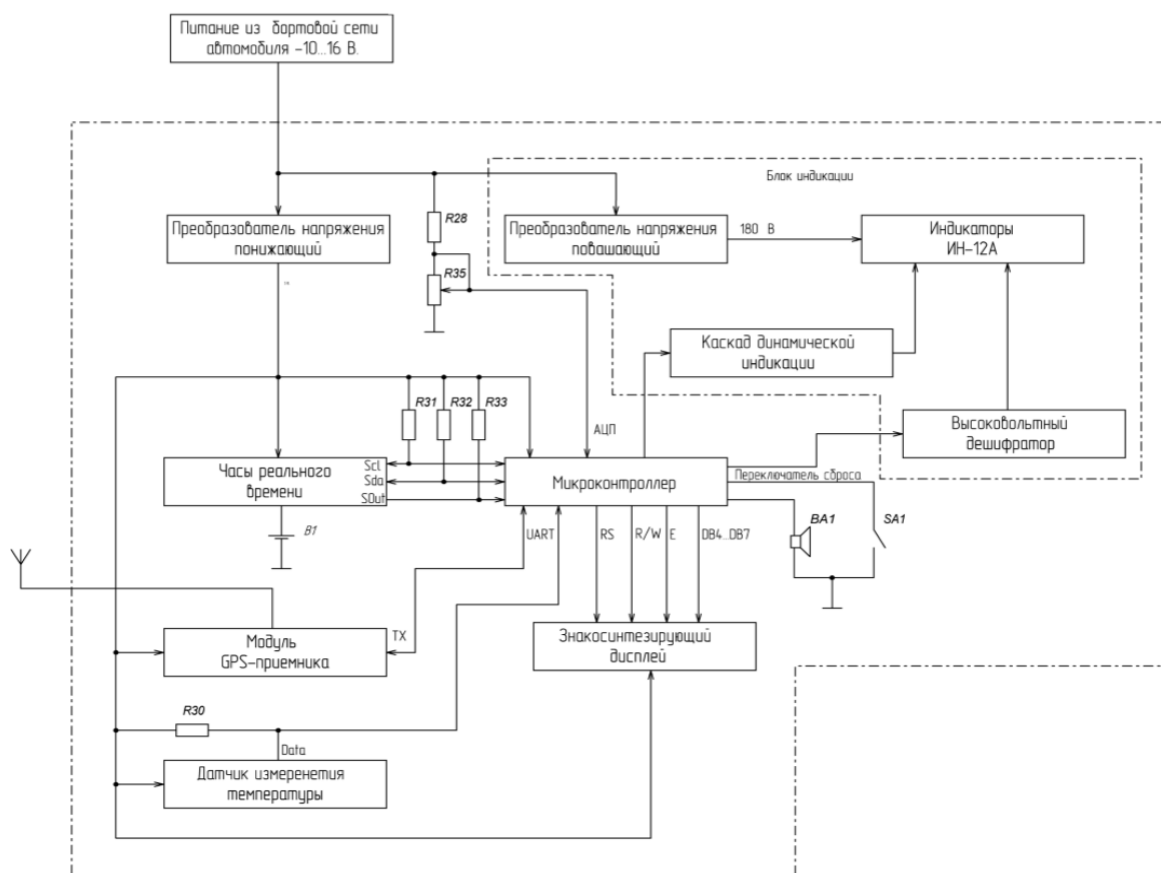


Рисунок 3.2– Схема электрическая функциональная

Последовательность действий, которые необходимо выполнить управляющей системе при совершении операций записи и чтения четырёх разрядной шины приведены ниже:

- установить значение линии RS ;
- вывести значение старшей тетрады байта данных на линии шины $DB4...DB7$;
- установить линию $E = 1$;
- установить линию $E = 0$;
- вывести значение младшей тетрады байта данных на линии шины $DB4...DB7$;
- установить линию $E = 1$;
- установить линию $E = 0$;
- установить линии шины $DB4...DB7 = HI$.

Операция чтения состоит из следующих операций:

- установить значение линии RS ;
- установить линию $R/W = 1$;

- установить линию $E = 1$;
- считать значение старшей тетрады байта данных с линий шины $DB4...DB7$;
- установить линию $E = 0$;
- установить линию $E = 1$;
- Считать значение младшей тетрады байта данных с линий шины $DB4...DB7$;
- установить линию $E = 0$;
- установить линию $R/W = 0$.

Диаграмма процесса чтения и записи представлена на рисунке 3.2.

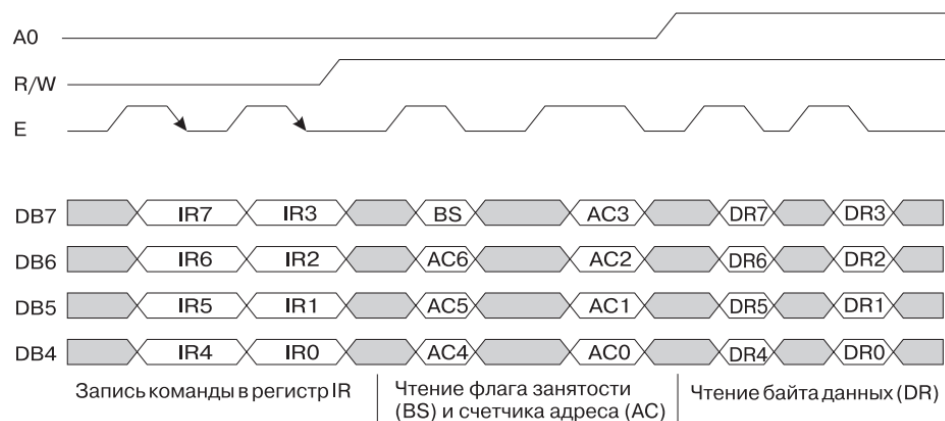


Рисунок 3.3 – Диаграммы записи и чтения данных.

Для измерения окружающей температуры используется датчик измерения температуры фирмы *Dallas DS18B20*.

DS18B20 это цифровой измеритель температуры, с разрешением преобразования 9...12 разрядов и функцией тревожного сигнала контроля за температурой. Параметры контроля могут быть заданы пользователем и сохранены в энергонезависимой памяти датчика.

DS18B20 обменивается данными с микроконтроллером по однопроводной линии связи, используя протокол интерфейса *1-Wire*.

Питание датчик может получать непосредственно от линии данных, без использования внешнего источника. В этом режиме питание датчика происходит от энергии, запасенной на паразитной емкости.

Диапазон измерения температуры составляет от минус 55, до плюс 125 градусов по Цельсию. Для диапазона температур от минус 10 до плюс 85 градусов по Цельсию погрешность не превышает 0,5 градуса.

У каждой микросхемы *DS18B20* есть уникальный серийный код длиной 64 разряда, который позволяет нескольким датчикам подключаться на одну

общую линию связи. Например, через один порт микроконтроллера можно обмениваться данными с несколькими датчиками, распределенными на значительном расстоянии. Режим крайне удобен для использования в системах экологического контроля, мониторинга температуры в зданиях, узлах оборудования.

DS18B20 измеряет температуру в градусах по шкале Цельсия. Результат измерения представляется как 16-разрядное, знаковое число в дополнительном коде (рисунок 3.4). Бит знака (*S*) равен 0 для положительных чисел и равен 1 для отрицательных. При разрешении 12 бит, у регистра температуры все биты значащие, т.е. имеют достоверные значения. Для разрешения 11 бит, не определен бит 0. Для 10-битного разрешения не определены биты 0, 1. При разрешении 9 бит, не достоверное значение имеют биты 0, 1 и 2.

	бит 7	бит 6	бит 5	бит 4	бит 3	бит 2	бит 1	бит 0
Мл. байт	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	бит 15	бит 14	бит 13	бит 12	бит 11	бит 10	бит 9	бит 8
Ст. байт	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

Рисунок 3.4 – Формат регистра температуры

Для чтения данных из датчика *DS18B20*, ведущему устройству необходимо получать данные сразу после формирования команд чтения памяти код [*BEh*] или чтение режима питания [код *B4h*]. Кроме того, ведущее устройство формирует слоты чтения после посылки команд преобразование температуры [*44h*] и перезагрузка [*B8h*], для того чтобы определить состояние операции.

Длительность слота чтения, как и слота записи, должна быть не менее 60 мкс с паузой на восстановление между слотами 1 мкс, как минимум. Иницируется любой слот чтения отрицательным фронтом сигнала шины (рисунок 3.5).

После того как ведущее устройство инициализировало слот чтения, *DS18B20* передает бит данных. Для передачи 1 датчик оставляет шину свободной (в высоком состоянии), а для передачи 0 – формирует на шине низкий уровень.

При передаче 0, *DS18B20* должен освободить шину в конце слота. Подтягивающий резистор сформирует на ней высокий уровень. Выходные данные *DS18B20* достоверны в течение 15 мкс, от начала слота чтения.

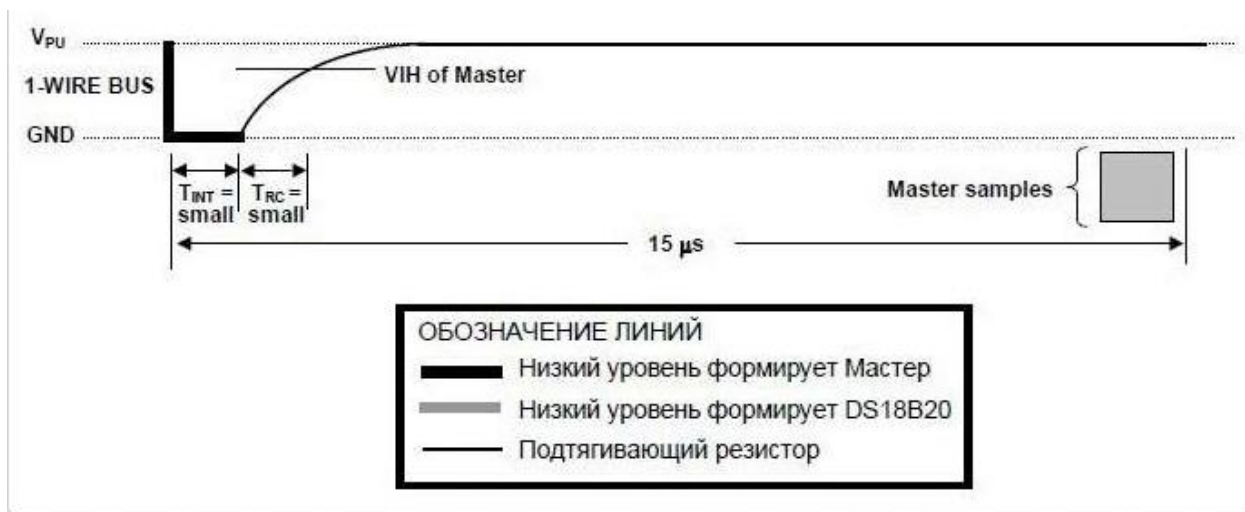
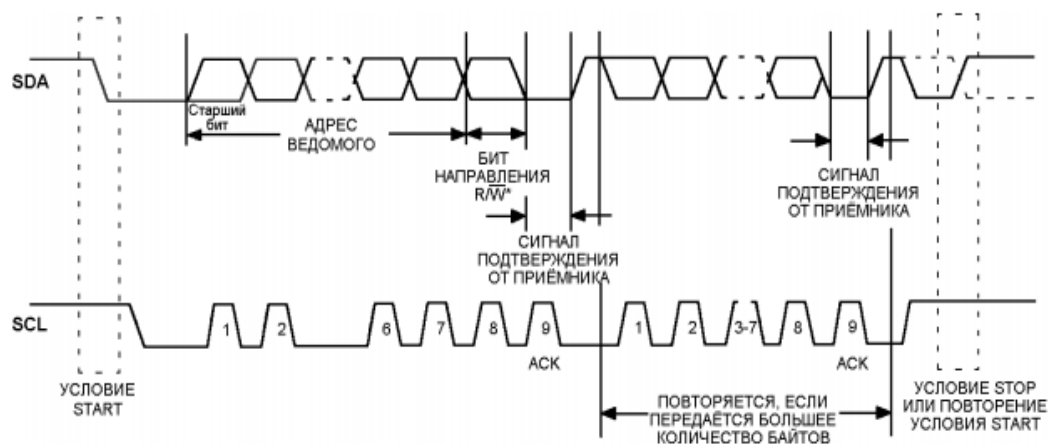


Рисунок 3.5 – Чтение данных из датчика температуры *DS18B20*

Для отображения текущего времени и сохранения отсчета при отсутствии внешнего питания, использована микросхема – часы реального времени с последовательным интерфейсом *DS1307*. Они сочетают в себе малое потребление, полный двоично-десятичный часы-календарь, включающие 56 байтов энергонезависимой статической ОЗУ. Адреса и данные передаются последовательно по двухпроводной двунаправленной шине. Часы календарь отсчитывают секунды, минуты, часы, день, дату, месяц и год. Каждая передача данных (рисунок 3.6) инициируется условием *START* и завершается условием *STOP*. Число байтов данных, передаваемых между условиями *START* и *STOP*, не ограничено и определяется ведущим устройством. Информация передаётся побайтово, и каждый байт приёмник подтверждает девятым битом (бит подтверждения – *ACK*). В спецификации двухпроводного интерфейса определены обычный режим (с тактовой частотой 100 кГц) и быстрый режим (с тактовой частотой 400 кГц). *DS1307* работает только в обычном режиме (100 кГц). В режиме подтверждения принимающее устройство, когда является адресуемым, обязано генерировать подтверждение после приёма каждого байта ведущее устройство должно генерировать дополнительный тактовый импульс, который предназначен для бита подтверждения. Подтверждающее устройство должно подтянуть к низкому уровню линию *SDA* во время тактового импульса подтверждения таким образом, чтобы на линии *SDA* оставался стабильный низкий уровень в течение периода высокого уровня тактового импульса, относящегося к подтверждению.



* R/\bar{W} - бит чтения/записи или бит направления

Рисунок 3.6 – Передача данных по двухпроводной последовательной шине

В зависимости от состояния бита R/W возможны два типа передачи данных:

1 Передача данных от ведущего передатчика ведомому приёмнику. Первый байт, передаваемый ведущим, – это адрес ведомого. Далее следует некоторое количество байтов данных. Ведомый возвращает подтверждающий бит после каждого принятого байта. Данные передаются, начиная со старшего бита (*most significant bit – MSB*).

2 Данные передаются от ведомого передатчика ведущему приёмнику. Первый байт (адрес ведомого) передаётся ведущим. Ведомый возвращает подтверждающий бит. За ним следует передаваемое ведомым некоторое количество байтов данных. Ведущий возвращает подтверждающий бит после всех принимаемых байтов кроме последнего байта.

В конце последнего принятого байта возвращается «неподтверждение». Ведущее устройство генерирует все последовательные синхроимпульсы, а также условия *START* и *STOP*. Передача заканчивается условием *STOP* или повтором условия *START*. Поскольку повторение условия *START* также является и началом следующей последовательной передачи, шина не освобождается. Данные передаются, начиная со старшего бита.

Модуль-*GPS* – функционально законченный электронный модуль, имеющий собственный процессор обработки информации, который по протоколу *UART* пересылает данные протокола *NMEA0183*.

UART (универсальный асинхронный приёмопередатчик) – одна из старейших и самых распространенных на сегодняшний день технологий передачи данных. Термин «асинхронный» означает, что интерфейс не

использует линию для синхросигнала, приемник и передатчик заранее настраиваются на одну частоту.

Передача данных в *UART* осуществляется по одному биту в равные промежутки времени. Этот временной промежуток определяется заданной скоростью *UART* и для конкретного соединения указывается в бодах, что соответствует количеству бит в секунду.

В разрабатываемом многофункциональном *GPS*-спидометре эта скорость составляет 9600 бод.

Байт данных отправляются в пакетах.

Пример на рисунке 3.7 (первый бит перед байтом данных и два бита после, количество бит опциональны).

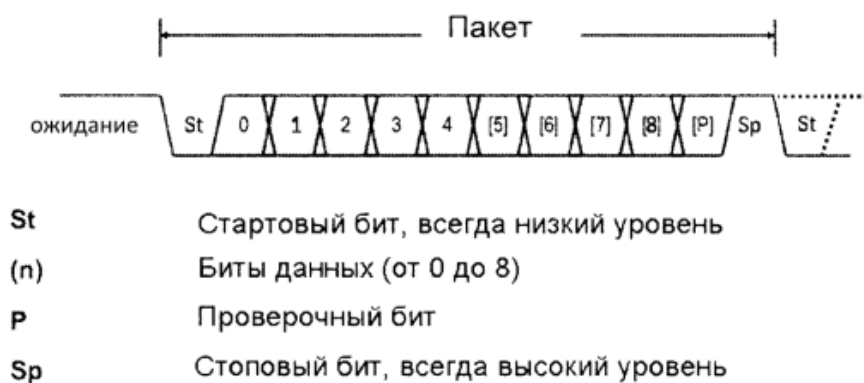


Рисунок 3.7 – Пример передачи данных по протоколу *UART*

Для приема и передачи данных *UART* использует две линии данных (*TXD* или *TX*) и один общий провод (*GND*).

Для отображения информации на цифровых газоразрядных индикаторах используется динамическая индикация. При динамической индикации разряды зажигаются по очереди. А за счет инерции, глазам кажется, что все разряды горят непрерывно. Она отличается от статической, где все разряды горят непрерывно. При динамической индикации требуется управление от микроконтроллера, для переключения разрядов. Частота смены сегментов выбирается обычно не ниже 50Гц.

Ее реализация показана на диаграмме в рисунке 3.8.

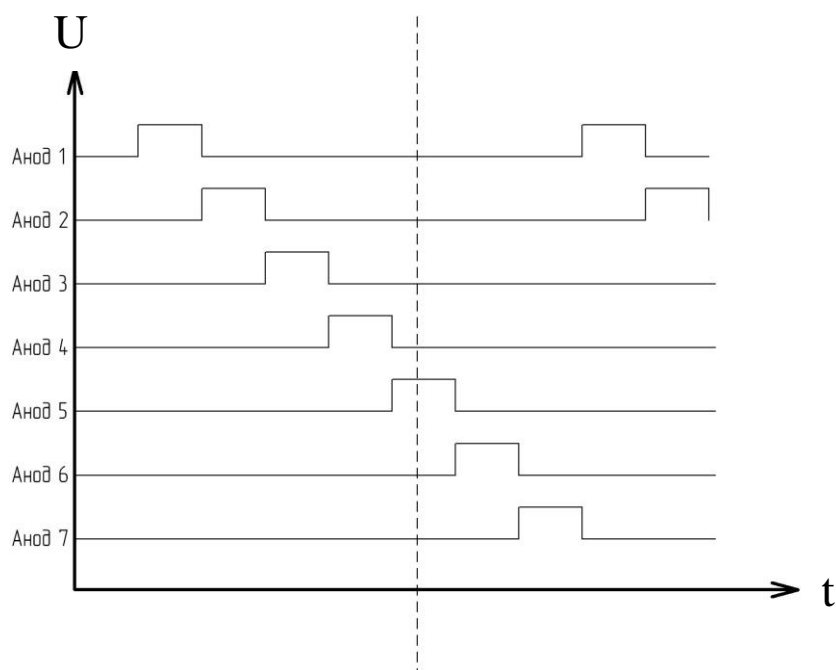


Рисунок 3.8 – Реализация динамической индикации

На рисунке видно, как происходит поэтапная индикация со сдвигом для каждого анода лампы. Данный каскад также предназначен для развязки высокого напряжения с логическим уровне микроконтроллера, что повышает надежность схемы и выход из строя микроконтроллера, в случае выхода из строя высоковольтных транзисторов.

Высоковольтный дешифратор состоит из микросхемы SN74141 и предназначен для управления газоразрядными индикаторами. Микросхема преобразует двоично-десятичный код в десятичный. Дешифратор состоит из логических ТТЛ-схем и десяти высоковольтных транзисторов. На входы микросхемы поступают числа от 0 до 9 в двоичном коде, при этом открывается соответствующий выходной транзистор. Номер выбранного выхода соответствует десятичному эквиваленту входного кода.

В схеме для звуковой сигнализации установлен пьезоэлектромагнитный излучатель со встроенным генератором. Данный генератор излучает звук, на частоте 2300 Гц.

Переключатель сброса необходим для первой инициализации микросхемы часов реального времени и представляет собой клавишный выключатель с фиксацией.

Повышающий преобразователь представляет собой импульсный конвертер с обратной связью по выходу. Его назначение в схеме – создать необходимое напряжение для индикации ламп ИН-12А – 180 В.

3.3 Разработка схемы электрической принципиальной

Схема принципиальная разрабатывается согласно с требованиями включения определенных каскадов и их согласования между собой. Она представлена на рисунке 3.8

Питание устройства осуществляется от бортовой сети автомобиля. Это напряжение попадает на понижающий и повышающий преобразователи и на резисторный делитель. Понижающий преобразователь построен на понижающей микросхеме (MP2105). Такая микросхема выбрана из-за ее КПД преобразования (не менее 87%). Выходное напряжение фиксированное – 5В. Она практически не выделяет тепло, при сравнении с линейными стабилизаторами серии 78xx, которые поглощают просто излишний ток собой. Это важно, при использовании температурного датчика внутри корпуса, чтобы минимизировать погрешность измерения, рассеивая мощность на корпусе. Делитель напряжения необходим, чтобы согласовать уровень питания с уровнем работы АЦП. Резистивный делитель напряжения представляет собой два последовательно включённых резистора $R1$ и $R2$, подключённых к источнику напряжения U . Ток через резисторы будет одинаков в соответствии с первым правилом Кирхгофа, а падение напряжения на каждом резисторе согласно закону Ома будет пропорционально сопротивлению (рисунок 3.9).

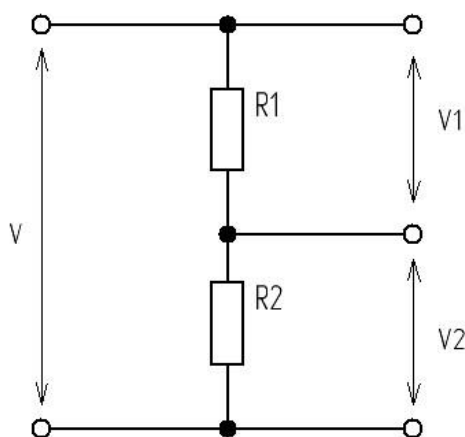


Рисунок 3.9 – Схема резистивного делителя

Для измерения напряжения АЦП настроено в соотношении 1:10. Чтобы рассчитать простейший делитель воспользуемся формулой (3.1).

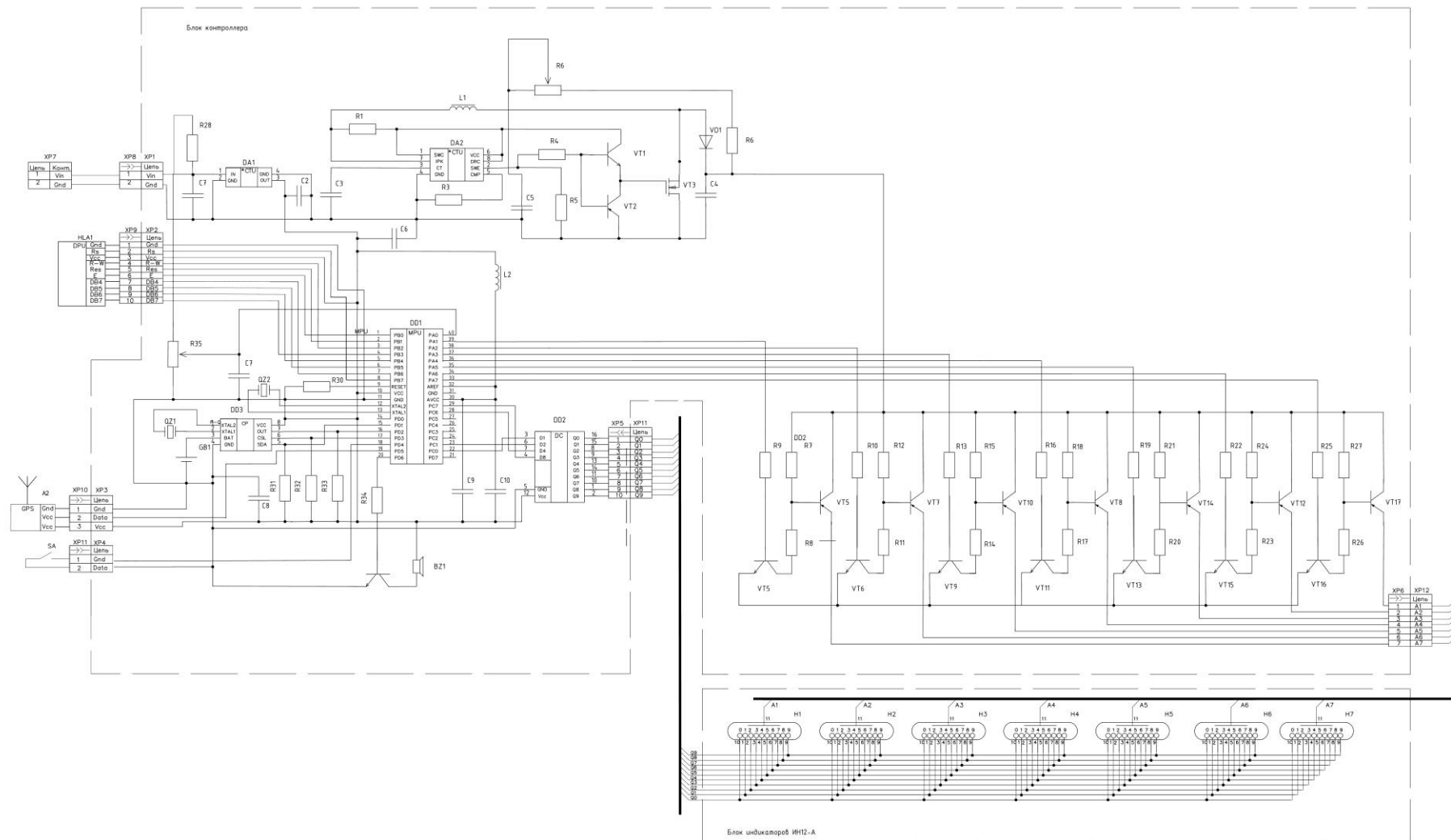


Рисунок 3.8 – Схема электрическая принципиальная

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВЫХ}} \frac{R2}{R1 + R2} = 1,2 = 12 \frac{10000}{10000 + 10000} \text{ В.} \quad (3.3)$$

Входное напряжение для примера возьмем 12 Вольт (типовое для свинцовых аккумуляторов). Выходное должно быть при этом 1,2 вольта.

Один из резисторов возьмем стандартного значения 1 кОм. (рекомендуется для подключения к АЦП) Тогда имеет расчёт по формуле

Исходя из расчетов, второй резистор должен быть порядка 10 кОм. Однако, учитывая разброс параметров, рекомендуется установить подстроечный резистор, чтобы иметь возможность выставить нужный уровень. Чтобы минимизировать помехи измерения питания АЦП используется через дроссель и конденсатор.

В разрабатываемом устройстве применен микроконтроллер *ATmega16* [10]. Он представляет собой 8-разрядные микроконтроллеры с 16 Кбайтами внутрисистемной программируемой *Flash* памяти. Основные его характеристики:

- обеспечен режим одновременного чтения/записи (*Read-While-Write*);
- 512 байт *EEPROM*;
- 1 Кбайт встроенной *SRAM*;
- интерфейс *JTAG* (совместимый с *IEEE 1149.1*);
- два 8-разрядных таймера/счетчика с отдельным предварительным ;
- один 16-разрядный таймер/счетчик с отдельным предварительным;
- встроенный калиброванный *RC*-генератор;
- внутренние и внешние источники прерываний;
- 6 режимов пониженного потребления: *Idle*, *Power-save*, *Power-down*, *Standby*, *Extended Standby* и снижения шумов АЦП;
- 32 программируемые линии ввода/вывода;
- 40-выводной корпус *PDIP* и 44-выводной корпус *TQFP*;
- Рабочие напряжения 4,5...5,5 В.

В схеме используется микросхема часов реального времени. *DS1307*. С подтягивающими резисторами. Ее функция – сохранить отсчет времени, при пропадании питающего напряжения. Для этого она обеспечивается внешним элементом питания типа *CR2032*, при токе потребления в 500 нА, этого элемента хватит на несколько лет, с учетом даже саморазряда.

Для включения газоразрядных ламп типа ИН-12А необходимо сформировать постоянный ток напряжением порядка 180 Вольт.

Исходя из того, что в схеме динамическая развязка используется, необходимо согласовать логическую единицу микроконтроллера и питание лампы в 180 Вольт. На схеме (рисунок 3.11) использована комплементарная пара высоковольтных транзисторов *MPSA42* – *MPSA92*.

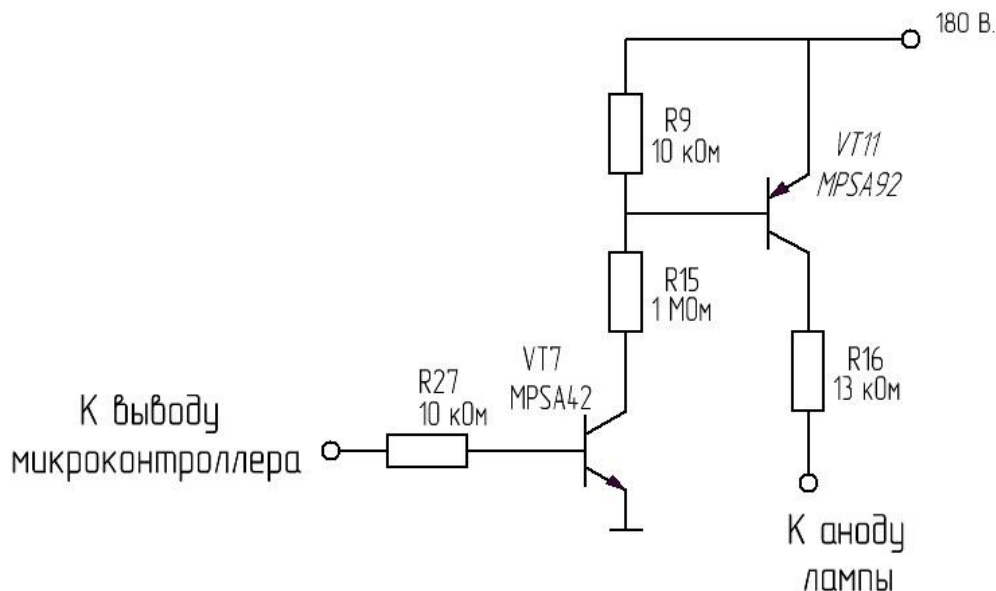


Рисунок 3.11 – Схема согласования порта микроконтроллера с анодом лампы ИН-12А

На этой схеме при подаче логического единицы на вход (уровень 5В.) через резистор *R27* Который огранивает ток базы происходит отпирание транзистора *VT7*. В эту очередь, через делитель *R15–R6* начинает течь ток, который открывает основной транзистор обратной проводимости. При открытом этом транзисторе, через резистор *R16* ток уже идет к аноду лампы. Такая схема позволяет избежать попадание высокого напряжения на микроконтроллер при пробитии напряжения на ножки микроконтроллера, тем самым повышая надежность схемы.

3.3.1 Расчет повышающего преобразователя.

Чтобы достичь питающего напряжение в 180 вольт, для газоразрядных индикаторов, этого достичь необходимо спроектировать повышающий преобразователь постоянного тока.

Существует различные способы построения повышающих преобразователей. В настоящее время благодаря прогрессу в области развития полупроводниковых технологий появилась возможность разместить на одном не-

большом кристалле несколько силовых ключей с достаточно сложной схемой управления.

Повышающий преобразователь построен на микросхеме *МС34063* [4]. Эта микросхема является универсальной для построения простых блоков питания. Ее особенностями является:

- широкий диапазон значений входных напряжений: от 3 В до 40 В;
- высокий выходной импульсный ток: до 1,5 А;
- регулируемое выходное напряжение;
- частота преобразователя до 100 кГц;
- точность внутреннего источника опорного напряжения: 2%;
- ограничение тока короткого замыкания;
- низкое потребление в спящем режиме.

Преобразователь построен по схеме включения рекомендуемой сопроводительной документации, рисунок 3.11.

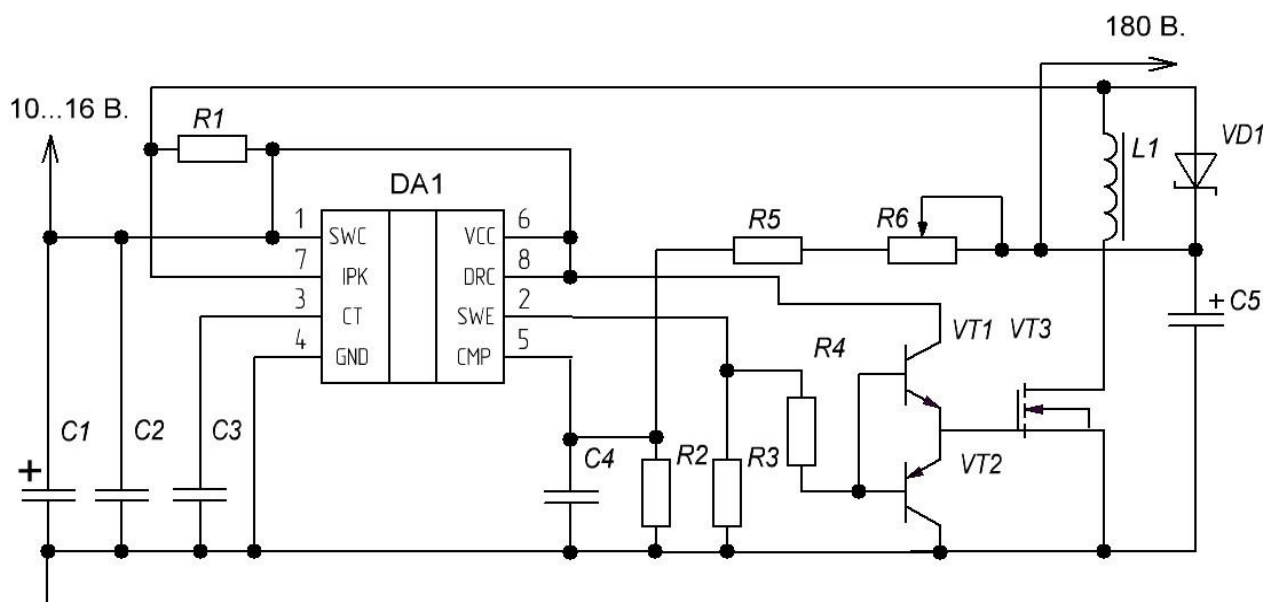


Рисунок 3.12 – Схема повышающего преобразователя

Рассмотрим назначение элементов в схеме преобразователя напряжения:

1 Схема использует выбросы ЭДС создаваемые дросселем *L1*. В схеме использован дроссель открытого типа (не полностью закрытый ферритом) - серия *DO5022T* от *Coilkraft* или *RLB* от *Bourns*, так как такой дроссель входит в насыщение при большем токе, чем распространённые дроссели закрытого типа *CDRH Sumida*.

2 $C3$ – времязадающий конденсатор, он определяет частоту преобразования. Максимальная частота преобразования для микросхем $MC34063$ составляет порядка 100 кГц.

3 $R2$, $R5$ – делитель напряжения для схемы компаратора. Благодаря подстроечному резистору $R6$ можно регулировать напряжение в пределах

4 $U_{\text{вых}} \pm 20\%$ На неинвертирующий вход компаратора подается напряжение 1,25 В. от внутреннего регулятора, а на инвертирующий вход – с делителя напряжения. Когда напряжение с делителя становится равным напряжению от внутреннего регулятора – компаратор переключает выходной транзистор.

5 $C1$, $C2$, $C4$ и $C5$, – соответственно, выходной и входной фильтры. Емкость выходного фильтра определяет величину пульсаций выходного напряжения.

6 $R1$ – токочувствительный резистор. Он нужен для схемы ограничения тока. Максимальный ток выходного транзистора для $MC34063 = 1,5\text{А}$. Если пиковый переключаемый ток будет превышать эти значения, то микросхема может сгореть. Если точно известно, что пиковый ток даже близко не подходит к максимальным значениям, то этот резистор можно не ставить. Расчет ведется именно на пиковый ток (внутреннего транзистора). При использовании внешнего транзистора пиковый ток протекает через него, через внутренний транзистор протекает меньший (управляющий) ток.

7 $VT1$ и $VT2$ – внешние биполярные транзистор, составляющие комплиментарную пару, необходимы чтобы обеспечить полное открытие выходного полевого транзистора. Они нужны в том случае когда расчетный пиковый ток превышает 1,5А (при большом выходном токе). Иначе перегрев микросхемы может привести к выходу ее из строя. Рабочий режим (ток базы транзистора) обеспечивают резисторы $R3$ и $R4$.

8 $VD1$ – ультрабыстрый (*ultrafast*) диод на напряжение (прямое и обратное) не менее вдвое превышающие типовое выходное.

Порядок расчета повышающего преобразователя:

Выбирают номинальные входное и выходное напряжения: V_{in} , V_{out} и максимальный выходной ток I_{out} .

В схеме повышающего преобразователя для многофункционального GPS-спидометра: $V_{in} = 12\text{ В}$, $V_{out} = 180\text{ В}$, $I_{out} = 12\text{ мА}$ (максимально 25 мА)

Выбирается минимальное входное напряжение $V_{in(min)} = 10\text{ В}$ и минимальную рабочую частоту f_{min} при выбранных V_{in} и V_{out} . В рассчитываемой схеме $V_{in(min)} = 10\text{ В}$, выбираем $f_{min} = 50\text{ кГц}$.

Рассчитывается значение $(t_{on} + t_{off})_{max}$ по формуле (3.3):

$$(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{f_{min}} = \frac{1}{50} \text{ кГц} = 0,02 \text{ мс} = 20 \text{ мкс}, \quad (3.3)$$

где $t_{on(max)}$ – максимальное время, когда выходной транзистор открыт,
 $t_{on(min)}$ – максимальное время, когда выходной транзистор закрыт.

Затем рассчитывается отношение t_{on} и t_{off} по формуле (3.4)

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{V_{out} + VF}{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}} = \frac{5 \cdot 0,8}{10 - 0,8 - 5} = 0,408, \quad (3.4)$$

где VF – падение напряжения на диоде (*forward* – прямое падение напряжения),

V_{sat} – падение напряжения на выходном транзисторе, когда он находится в полностью открытом состоянии при заданном токе. t_{off} определяется по графикам или таблицам, приведенным в документации.

Из формулы видно, что чем больше V_{in} , V_{out} и чем больше они отличаются друг от друга

Зная отношение t_{on} и t_{off} , а так же $(t_{on} + t_{off})_{max}$, необходимо решить систему уравнений и найти $t_{on(max)}$ по формулам (3.5), (3.6).

$$t_{off} = \frac{(t_{on} + t_{off})_{max}}{\left(\frac{t_{on}}{t_{off}}\right)_{max} + 1} = \frac{20}{0,408 + 1} = 14,2 \text{ мкс}. \quad (3.5)$$

$$t_{on(max)} = 20 - t_{off} = 20 - 14,2 = 5,8 \text{ мкс}. \quad (3.6)$$

Далее необходимо найти емкость времязадающего конденсатора $C_{11}(C_t)$ по формуле (3.7):

$$C_{11} = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot t_{on(max)} = C_{11} = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot 5,8 = 261 \text{ пФ}. \quad (3.7)$$

Получено значение 261 пФ. Это минимальное значение, для схемы используем с запасом номинал емкости 510 пФ. Чем меньше емкость, тем больше частота. Емкости 510 пФ соответствует частота 14 кГц.

Необходимо найти пиковый ток для выходного транзистора по формуле (3.8):

$$I_{\text{пик}} = 2I_{\text{out}} = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ А.} \quad (3.8)$$

Для датчика тока необходимо рассчитать номинал резистора R_{sc} по формуле (3.9)

$$R_{sc} = \frac{0,3}{I_{\text{пик}}} = \frac{0,3}{1} = 0,3 \text{ Ом,} \quad (3.9)$$

Далее необходимо рассчитать минимальную емкость сглаживающего выходного фильтра по формуле (3.10)

$$I_{\text{пик}} \cdot \frac{(t_{on} + t_{off})}{8 \cdot V_{\text{пульс}}} = 1 \cdot \frac{14,2}{8 \cdot 50} = 3,5 \text{ мкФ,} \quad (3.10)$$

где $V_{\text{пульс}}$ – максимальная величина пульсаций выходного напряжения.

Берется максимальная ёмкость из ближайших к расчетному стандартных значений учитывая выходное напряжение.

Расчет минимальную индуктивность дросселя: Если получаются слишком большие $C17$ и $L1$, можно попробовать повысить частоту преобразования и повторить расчет. Чем выше частота преобразования – тем ниже минимальная емкость выходного конденсатора и минимальная индуктивность дросселя формула (3.11).

$$L_{(\text{min})} = \frac{t_{on(\text{max})} \cdot t_{in(\text{min})} - t_{out}}{I_{\text{пик}}} = \frac{5,8 \cdot (10 - 0,8 - 180)}{1} = 146 \text{ мкГн.} \quad (3.11)$$

Полученное минимального значения индуктивности 146 мкГн. Для лучшего КПД схемы, следует выбирать с заведомо большим значением индуктивности, чем расчетное значение. Поэтому выбрано значение в 240 мкГн.

Сопротивления делителя рассчитываются из соотношения по формуле (3.12)

$$V_{out} = 1,25 \cdot \left(1,25 + R5 + \frac{R6}{R2} \right). \quad (3.12)$$

Для $V_{out} = 180$ берем $R5 + R6 = 1 \text{ МОм} + 0,47 \text{ МОм}$, тогда $R2 = 10 \text{ кОм}$
 Рассчитаем сопротивления резисторов $R4$ и $R3$ в цепи биполярных транзисторов обеспечивающих полное открытие полевого транзистора по формуле (3.13).

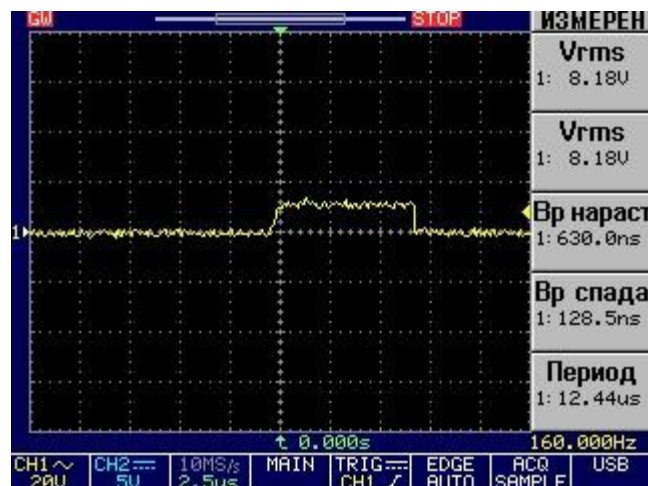
Ток базы транзистора $VT1$ и $VT2$:

$$I_b = I_{\text{пик}} \frac{I_{\text{пик}}}{h_{21}} = \frac{1}{40} = 25 \text{ мА} . \quad (3.13)$$

Резистор в цепи БЭ по формуле (3.14):

$$I_{\text{ном}} = 10 \frac{h_{21}}{I_{\text{пик}}} = R26 = 10 \frac{40}{1} = 160 \text{ Ом} . \quad (3.14)$$

На рисунке 3.12. приведена осциллограмма импульсов на затворе полевого транзистора (без нагрузки).



На следующей осциллограмме импульсы на стоке транзистора, который замыкает катушку на минус, чтобы создать выброс ЭДС самоиндукции. Вторым лучом импульс на открытие затвора полевого транзистора (рисунок 3.13).

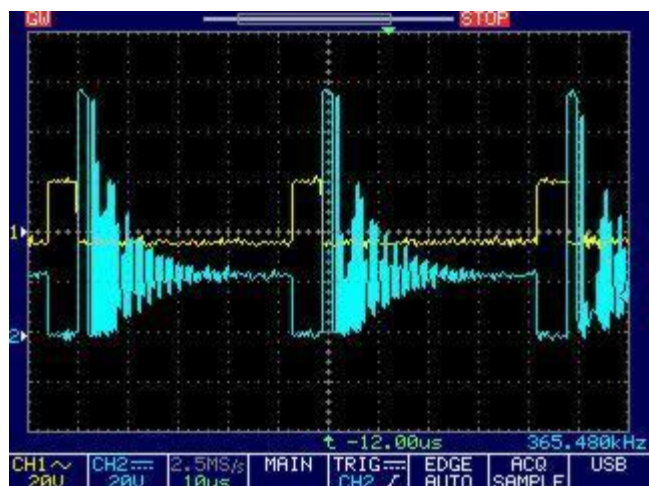


Рисунок 3.13 – Осциллограмма импульса самоиндукции дросселя

Далее осциллограммы на выводе время задающего конденсатора и на затворе полевого транзистора (Рисунок 3.14).

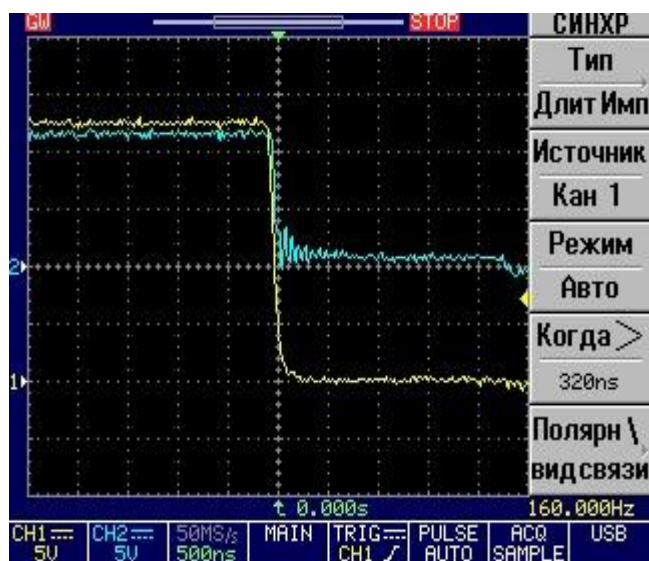


Рисунок 3.14 – Осциллограмма вывода времязадающего конденсатора

Данные расчёты позволили рассчитать повышающий преобразователь обеспечивающий работу неоновых ламп серии ИН-12А. преобразователь построен на доступной элементной базе и надёжный в эксплуатации.

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Проектирование печатных плат (ПП) представляет трудоемкий, но очень важный процесс. Для того чтобы обеспечить функционирование электронной аппаратуры (ЭА) необходимы не только схемотехнические решения, функциональная точность, надежность, но и учет влияния внешней среды, конструктивных, эксплуатационных требований, процесса изготовления ПП и т. п.

В производстве ЭА ПП выполняют роль несущей конструкции и коммутационной схемы, к ПП предъявляются те же требования, что и к конструкции ЭА. В зависимости от области применения ЭА ПП могут быть разделены на ПП общего применения и прецизионные ПП. Для бурно развивающейся отрасли информационных технологий (ИТ) и ВТ постоянно требуются всё более мощные, эффективные средства обработки данных (называемые компьютерами). Эти сложные устройства требуют детальной разработки, учёта всевозможных мельчайших факторов, которые в состоянии привести к порче оборудования.

Стандартом предусмотрены следующие типы конструкции ПП: односторонние ПП (ОПП), двухсторонние ПП (ДПП), многослойные ПП (МПП), гибкие ПП (ГПП) и гибкие печатные кабели (ГПК).

4.1 Назначение объекта установки ЭА

К электронной аппаратуре, относящейся заданному классу (стационарная), предъявляются следующие требования:

- вибропрочность;
- ударопрочность;
- устойчивость к повышенной температуре;
- устойчивость к пониженной температуре.

4.2 Условия эксплуатации электронной аппаратуры

Дестабилизирующие факторы в ПП вызывают сложные физико-механические процессы, изменяющие физико-механические (расширение, размягчение, обезгаживание, деформацию, коробление, прогиб, скручивание ПП) и электрофизические свойства материала основания ПП (электропроводность, нагрузочная способность печатных проводников по току, диэлектрические свойства) и вызывающие отказы ЭА. Для данного класса ЭА

(наземная) при климатических воздействиях допустимы следующие значения воздействующих факторов (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Обобщенные значения механических воздействующих факторов для класса наземной ЭА

Воздействующий фактор	Значение
Вибрация:	– частота: 10...70 Гц ; – ускорение: 1...4 g.
Многократные удары:	– ускорение, 10...15 g; – длительность, 5...10 мс.
Одиночные удары:	– ускорение, 50...1000 g; – длительность, 5...10 мс.
Линейное ускорение:	2...5 g.
Акустические шумы:	– уровень, 85...125 дБ – частота, 50...1000 Гц

Важную роль для разработки ПП играет не только учёт механических воздействий, но и климатических (воздействия температуры, влажности и давления воздуха, солнечного излучения, дождя, ветра, пыли).

Для данной группы жёсткости при климатических воздействиях допустимые значения факторов приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Допустимые значения климатических факторов

Тип воздействующего фактора	Значение
Температура, К	Верхнее значение 328 Нижнее значение 248
Относительная влажность, %	75 при температуре до 308 К
Перепад температур, К	от 248 до 328
Атмосферное давление, Па (мм.рт.ст)	Нормальное

Соблюдение правильных условий эксплуатации электроаппаратуры, позволяет повысить надежность элементов схемы и увеличить срок службы устройства.

4.3 Выбор типа конструкции и класса точности ПП

Тип элементной базы для данной ПП: поверхностно-монтажные

компоненты (ПМК) (резисторы и конденсаторы 0402, 0603, 0805), ИМС J-образными выводами и элементы с выводными выводами. Выше был рассмотрен применяемый вариант компоновочной структуры ячейки – 1С. Конструкторская сложность, установленная ранее, является высокой.

Применение МПП повышает надёжность ЭА, позволяет повысить плотность монтажа, упростить сборку ЭА и т.д. Для обеспечения высокого быстродействия ЭА необходимо увеличить плотность монтажа, выбрать соответствующий материал основания ПП, увеличить число слоёв МПП, ввести внутренние межслойные переходы для уменьшения длины электрических связей.

4.4 Расчёт ширины печатных проводников

Наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника определим по формуле (4.1)

$$t = t_{minD} + |\Delta t_{HO}|, \quad (4.1)$$

где $|\Delta t_{HO}| = 0,10$ мм.

Минимально допустимую ширину проводника по постоянному току для цепей питания и заземления с учётом допустимой токовой нагрузки определяют по формуле (4.2):

$$t_{minD} = \frac{I_{max}}{j_{доп} h}, \quad (4.2)$$

где I_{max} – максимально допустимый ток, протекающий в проводниках (задается на стадии проектирования);

$j_{доп}$ – допустимая плотность тока, выбираемая в зависимости от материала и метода изготовления ПП;

h – толщина печатного проводника, $h = 35$ мкм.

Тогда $t_{minD} = 0,166$ мм; $t = 0,266$ мм.

4.5 Расчет диаметра контактных площадок

Наименьшее номинальное значение диаметра контактных площадок определяем по формуле (4.3):

$$D = (d + \Delta d_{\text{в.о}}) + 2b + \Delta t_{\text{в.о}} + 2\Delta d_{\text{тр}} + \left(T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{н.о}}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4.3)$$

где для данных параметров ПП определяются по формуле (4.4)

$$D = (0,9-0)+2\cdot0,1+0,1+2\cdot0+(0,15^2+0,08^2+0,1^2)^{1/2}=1,4 \text{ мм.} \quad (4.4)$$

Наименьший номинальный диаметр КП для узкого места определен по таблице из расчета на плату с наибольшим размером менее 180 мм.

4.6 Расчёт расстояния между элементами проводящего рисунка

Наименьшее номинальное расстояние между элементами проводящего рисунка по формуле (4.5)

$$S = S_{\min D} + \Delta t_{\text{в.о}} + \frac{T_l}{2}, \quad (4.5)$$

где $S_{\min D} = 0,25$ мм – минимально допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка;

T_l – позиционный допуск расположения печатных проводников

$\Delta t_{\text{в.о}} = 0,10$ мм – верхнее предельное отклонение размеров ширины печатного проводника.

Наименьшее номинальное расстояние для размещения двух КП в узком месте (в зависимости от класса точности ПП и диаметра КП). Определяется по формуле (4.6)

$$S = S_{\min D} + \Delta t_{\text{в.о}} + \frac{T_l}{2} = 0,25 + 0,1 + \frac{0,05}{2} = 0,4 \text{ мм} \quad (4.6)$$

$S = 0,4$ мм, – наименьшее номинальное расстояние для размещения двух КП в узком месте (для 3 класса точности ПП и диаметра КП $D = 1,4$ мм).

Наименьшее номинальное расстояние для размещения печатного проводника между двумя КП в узком месте. $S = 2,55$ мм, – наименьшее номинальное расстояние для размещения печатного проводника между двумя КП в узком месте (для 3 класса точности ПП и диаметра КП $D = 1,4$ мм).

Наименьшее номинальное расстояние между отверстиями КП для прокладки n проводников между ними с диаметрами D_1 и D_2 по формуле (4.7).

$$L_{\text{ном}} = \frac{D_{01} + D_{02}}{2} = t \cdot n + s \cdot (n - 1) + T_j, \quad (4.7)$$

где $D_{01} = D_{02} = 1,4$ мм – наименьший номинальный диаметр контактных площадок

$t = 0,2688$ мм – наименьшее номинальное значение ширины;

$S = 0,4$ мм;

$T_l = 0,05$ мм.

Примем $n = 4$ – число проводников.

Наименьшее номинальное расстояние между центрами двух не металлизированных отверстий диаметром до 1,5 мм без КП определяется формуле (4.8)

$$L_{\text{ном}} = \frac{D_{01} + D_{02}}{2} = t \cdot n + s \cdot (n - 1) + T_j, \quad (4.8)$$

где $n = 4$ – количество проводников в узком месте;

D_{01} и D_{02} – диаметры зон вокруг отверстий, свободных от печатных проводников.

Диаметр зоны рассчитывают по формуле (4.9):

$$D_0 = (d + \Delta d_{\text{во}}) + 2q + 2k + T_l, \quad (4.9)$$

где $q = 0,25$ мм – ширина скола, просветления (ореола) вокруг отверстия,

$k = 0,15$ мм – наименьшее расстояние от ореола до соседнего элемента проводящего рисунка,

$T_d = 0,08$ мм – позиционный допуск расположения осей отверстий,

$\Delta d_{\text{во}} = 0$ – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия.

$$L_{\text{ном.}} = (1,78 + 1,78) \cdot 2 + 0,266 \cdot 4 + 0,4 \cdot 3 + 0,05 = 5,5 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

Проведя расчет элементов проводящего рисунка и разместив их с учетом обеспечения электрических параметров многофункционально, окончательно выбираем метод и ТП изготовления ПП.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА УСТРОЙСТВА

5.1 Использование микроконтроллера в устройстве.

От того, как написано программное обеспечение (ПО) зависит, как будет работать многофункциональный *GPS*-спидометр. От ПО зависит многое, например: порядок отображения информации, диапазоны измерений, быстроедействие обработки сигнала, и подобные факторы. Скорость отработки микроконтроллером программного обеспечения, написанного программами разного уровня, может отличаться в разы. Ниже рассматривается разработка ПО, применяемая к микроконтроллерам.

Для создания системы способной, что-либо контролировать, или чем-либо управлять, к микроконтроллеру необходимо подключить датчики, модули памяти, исполнительные устройства, передающие и принимающие устройства, и прочие электронные компоненты. При «увязке» всех компонентов в систему необходима разработка программы, которая создана исключительно для разрабатываемого устройства или системы

Практически любое электронное устройство, это логическое устройство, состоящее из микроконтроллеров и схем сопряжения с периферийными устройствами (другими электронными устройствами, датчиками, исполнительными механизмами). У большинства микроконтроллеров имеется память программ, которая представляет собой некоторое количество ячеек (от тысячи до десятков тысяч). В этих ячейках хранятся та самая программа (программное обеспечение), которую выполняет микроконтроллер.

Программа (программное обеспечение) – это последовательность выполняемых микроконтроллером команд. Каждой команде в памяти соответствует свое число – код. При включении питания микроконтроллер один за другим считывает эти коды, осуществляет их дешифрацию (определяет, что ему нужно сделать), а затем исполняет одну за другой эти дешифрованные команды. Главная особенность памяти, это то, что занесенные в нее коды, сохраняются неизменными, при отсутствии питания микроконтроллера. Именно программное обеспечение определяет поведение всей системы. Все изменения и модификации программного обеспечения вносятся в микроконтроллер с помощью программатора. Один и тот же микроконтроллер, но с программным обеспечением, написанным под определённую задачу, может применяться в различных системах.

В процессе создания программного обеспечения, программист пишет текст программы на компьютере так же, как он пишет любой другой текст. Затем он запускает специальную программу – компилятор. Компилятор – это специальная программа, которая переводит текст, написанный программистом, в машинные коды, то есть в форму, понятную для микроконтроллера. Написанный программистом текст программы называется исходным кодом. Код, полученный в результате трансляции, называется результирующим или машинным кодом. Именно этот код записывается в программную память микроконтроллера при помощи программатора.

Все языки программирования делятся на две группы:

- языки низкого уровня (машино-ориентированные);
- языки высокого уровня.

5.2 Разработка алгоритма управляющей программы микроконтроллера

При подаче питания микроконтроллера программа управления должна в первоочередном порядке выполнить настройку прерываний и устройств, а так же осуществить инициализацию знакосинтезирующего дисплея. Первоначально, при включении питания, основная программа микроконтроллера должна настраивать порты ввода вывода (вход или выход, включен или отключен встроенный резистор подтяжки), после чего разрешить необходимые прерывания и установить условия, при которых прерывания будут обрабатываться. После чего необходимо произвести чтение ранее записанных в энергонезависимую память eeprom микроконтроллера переменных, содержащих первоначальную конфигурацию программы. Конфигурация необходима для инициализации интерфейса I^2C , настройки порта $UART$ для работы с GPS -модулем и инициализировать ЖК-индикатор на работу в четырёхбитном режиме, загрузив в него дополнительные символы индикации, не предусмотренные стандартным знакогенератором.

В программе используется внешнее прерывание по фронту тактового сигнала из микросхемы $DS1307$ [11]. Для запуска программы должно произойти инициализирование данной микросхемы. Если элемент питания, обеспечивающий автономную работу был разряжен, то во время включения устройства следует установить переключатель сброса в положении «1», что позволит инициализировать принудительно микросхему и установив время и дату по умолчанию. Иначе программа остановится и не сможет перейти в основной цикл. Далее в знак приветствия пользователя устройство выведет на экран тип датчика, дату создания ПО и марку автомобиля. Все эти данные

находятся записанными в энергонезависимой памяти микроконтроллера. После отображения информации, приходит проверка индикации ламп ИН-12А, где в порядке возрастания значения отобразятся цифры от 0 до 9.

Как только закончится приветствие, программа перейдет в основной цикл. Из микросхемы *DS1307* будет вычитываться текущее время, а с датчика температуры считываться значение температуры. Если данные с датчика будут отсутствовать по причине выхода его из рабочего состояния, то на дисплее вместо значения температуры будет отображено сообщение «*ERROR*». В этом цикле программа обрабатывает протокол пакета данных приходящий из *GPS*-модуля. В протоколе содержатся строки данных. Рассмотрим одну из них.

\$GPVTG, 004241.47, 5532.8492, *N*, 03729.0987, *E*, 1, 04, 2.0, – 0015,*M*,,,,*31.

Начало строки начинается с символа «\$», это служит индикатором для программы. После этого знака программа начинает отсчитывать знакоместо определённого символа (порядковое место хранится в энергонезависимой памяти микроконтроллера), который содержит какое-либо значение. В зависимости от значимости, это значение выводится на индикацию. (примером может быть км/ч). После начала строки идут символы *GP*. Они присутствуют всегда и не учитываются. Следующие 3 символа определяют содержание строки, на примере они: *VTG*. Это означает, что данное сообщение содержит данные о направлении и скорости передвижения. В зависимости от качества приема и уровне сигнала, строки могут содержать как полное наполнение данными, так и пропусками. При не полном наполнении, прибор производит отсчет времени поиска, значение скорости не выводится.

Как только в строке *\$GPVTG* появится значение скорости в единицах измерения км/ч, а также в строке *\$GPRMS* значение достоверности данных приобретает статус *A*, (достоверные данные), программа вычитает значение времени и синхронизирует их с внутренними часами, а блок индикации начнет отображать скорость. При этом на ЖКИ отобразится символ «#», означающий что время синхронизировано, данные о видимых и подключенных спутниках высоту текущего местоположения относительно уровня моря.

Если из выше перечисленных условий будет нарушено хотя бы одно на протяжении более 4 секунд, то будет подано сообщение о потере сигнала («*NO SIGNAL*») При этом значение скорости перестает выводиться, и программа начинает заново производить отсчет времени поиска сигнала спутников.

6 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВА

6.1 Описание разрабатываемого прибора

Многофункциональный *GPS*-спидометр – электронный прибор с микропроцессорным управлением. Его назначение – прием и обработка *GPS*-сигнала с последующей индикации таких показаний:

- скорость в км/ч;
- окружающую температуру в Цельсиях;
- информацию о количестве подключённых и видимых спутниках;
- местное время с возможностью синхронизации времени;
- напряжение питания в вольтах;
- высоту относительно уровня моря в метрах.

Для индикации событий предусмотрена звуковая сигнализация, которая. Устройство размещается на приборной панели автомобиля, внутри салона. Удержание корпуса прибора происходит, за счет рамы, которая плавно повторяет изгибы панели приборов и позволяет жестко зафиксировать.

Прибор подключается в штатную сеть питания автомобиля через разъем прикуривателя. Так же, это подключение дает ему способность контролировать уровень напряжения питания, чтобы при последующем изменении установленных порогов, оповестить сигналом тревоги.

В составе прибора имеется *GPS*-приемник. Этот модуль – самостоятельное электронное устройство с активной антенной. В своём исполнении имеет микропроцессор который управляет этим модулем. Модуль подключается к специальному разъему на задней панели многофункционального *GPS*-спидометра и позволяет передавать данные по линии *UART* обрабатываемый протокол *NMEA0183*. Для обеспечения приема сигнала, модуль располагается на открытом участке стекла.

Внешний вид многофункционального *GPS*-спидометра (рисунок 6.1) представляет собой форму правильного параллелепипеда, корпус которого выполнен из листовой стали, имеющий окрас черный цвета. На лицевой панели имеются декоративные вставки из хромированной стали. Лицевая панель утоплена вовнутрь корпуса, за границы выступающего солнцезащитного козырька. Внизу корпуса прибора смонтирована рама, выполненная из стального прутка, назначение которой является обеспечить возможность жесткой фиксации прибора на панели приборов салона автомобиля. В качестве индикации используются газоразрядные лампы тлеющего разряда ИИ-12А и знак генерирующий индикатор на контроллере. В комплект при-

бора входит также самостоятельный модуль-*GPS*, который установлен в пластмассовый белый корпус, с металлизированным ободом и окошком для принимающей антенны



Рисунок 6.1 – Общий вид многофункционального *GPS*-спидометра

На передней панели размещены 3 группы индикаторов. Первая группа отвечает за отображения скорости, посередине размещен символьный дисплей для отображения текстовой информации. А справа блок для отображения местного времени в двадцати четырех часовом формате. Сзади на корпусе расположены разъёмы питания и подключения *GPS*-модуля. Так же установлен переключатель сброса часов.

6.2 Подготовка к эксплуатации

При первой эксплуатации прибора необходимо разместить датчик *GPS*-приемника на открытый участок стекла, антенной обращено к самой стороне стекла. Для закрепления датчика используются 2 силиконовые присоски на корпусе *GPS*-модуля. Чтобы обеспечить надежное крепление датчика на стекле, необходимо предварительно обезжирить место прилегания присоски. Сигнал принимаемый антенной *GPS* не должен проходить через препятствие, которым может выступить металлизация стекла, либо нити обогрева. Это может сказаться на качестве приема и времени поиска спутников.

Разместив сам прибор на панель, необходимо убедиться, что его нижняя рама вплотную подошла к изгибам панели, и позволяет его жестко за-

Для работы многофункционального *GPS*-спидометра необходимо обеспечить питание его от сети автомобиля. Для этого используется кабель, который соединяет с разъем розетки прикуривателя с разъёмом питания прибора. После подключения кабелей, правильном монтаже прибора и *GPS*-модуля – предварительная настройка считается оконченной. Прибор сам включится при подаче напряжения и выключится, при его отсутствии, либо, если оно упадет ниже 10 В.

При включении устройства, отображается информация о используемом датчике, затем указывается версия создания ПО и последним является тест индикаторов. Во время теста будет проигрываться записанная в память прибора мелодия, означающий включение. В этом тесте происходит визуальная проверка индикаторов в которой кратковременно зажигаются цифры от наименьшего значения по возрастанию к наибольшему значению. Во время теста можно заметить, что если цифры все загорелись, то такой тест считается успешно пройденным. В ином случае – это говорит об неисправностях. Пройдя первоначальные операции прибор переходит непосредственно в рабочий режим, при этом его показания выглядят согласно рисунку 6.2.

			> 0 : 2 5 S = 2	1	2	3	5
			t = + 2 3 . 7 * C V = 1 4 . 2				

На рисунке можно представить, что экран визуально разделен на следующие части по отображению информации:

62

После того, как связь со спутниками будет установлена, на дисплее будет отображена надпись «*GPS_ок: *.**» Где вместо знаков «*» будет отображены минуты и секунды.

2 Количество видимых спутников (верхний правый) Количество доступных для подключения спутников. Как правило для успешного подключения достаточно количества 4 более спутников.

3 Температура окружающего воздуха (нижний левый). Значение температуры берется из датчика, который установлен внутри корпуса прибора

4 Напряжение питания (нижний правый) Напряжение питания измеряется самостоятельно прибором каждые 2 секунды. Прибор предусматривает использование в машине свинцового аккумулятора, для которого есть рекомендованные границы рабочего напряжения. При выходе за эти пределы, может произойти непредвидимый выход из строя как аккумулятора, так и другого оборудования. Зачастую это связано с поломкой генератора, либо сильно разряженным аккумулятором. Чтобы заранее предупредить о неполадках, прибор оповещает звуковой мелодией при:

- уровне значения напряжения ниже 11,6 В. (нижний порог)
- уровне значения напряжения выше 14,6 В (верхний порог)

При этом событии, значение напряжения мигает с периодичностью в 1 секунду.

Слева располагается блок индикаторов для отображения значения скорости. Пока сигнал не установится со спутниками – скорость не будет отображаться. В правой стороне отображается местное время. При первом включении прибора, время будет выставлено по умолчанию (9 : 00).

После того, как соединение со спутниками установится:

- прозвучит звуковое оповещение;
- произойдет коррекция часов (об этом будет свидетельствовать символ «#» к верхнему правому углу экрана);
- будет указано время, которое прошло с начала поиска (время указывается в течении 3 секунд)
- будет отображено текущее количество видимых и подключенных спутников (видимые обозначаются как «S», подключенные «V»;
- начнет отображаться текущая скорость.

Пример отображения индикации в момент установления связи со спутниками представлен на рисунке 6.2.

	2	3	GPS _ o k 3 : 2 1 #										1	2	3	5
			t = + 2 3 . 7 * C V = 1 4 . 2													

Рисунок 6.2 – Информация об установлении связи со спутниками.

Спустя 3 секунды, индикация сменится на отображение текущей информации согласно рисунку 6.3

	2	3	V = 7 S = 1 1 M = 2 3 2 м #										1	2	3	5
			t = + 2 3 . 7 * C V = 1 4 . 2													

Рисунок 6.3 – Информация при приеме сигнала спутников

Время установления соединения очень сильно зависит от условий приема и иных факторов. Например, рельеф местности, возвышенности и низины, осадки и т.п. В закрытых помещениях корректный прием сигнала не возможен.. При приеме сигнала должна быть прямая видимость между антенной датчика и направлением вверх. Так же для быстрого позиционирования, поиск сигнала лучше производить находясь на одном месте.

«Холодный» старт занимает 2...5 минут при благополучных обстоятельствах. «Горячий» – менее 1 минуты. В этом режиме отображение текущей скорости и других параметров происходят с частотой обновлений 1 раз в секунду. Для горячего старта в GPS-модуле предусмотрен собственный элемент питания. В первые 5 минут работы сигнал менее устойчив, поэтому прием может оборваться. Если это произойдет, то на дисплее многофункционально GPS-спидометра будет надпись «No signal», при этом, значок синхронизации времени останется, а отображение скорости будет невозможным согласно. Пример представлен на рисунке 6.4.

			N o s i g n a l #										1	2	3	5
			t = + 2 3 . 7 * C V = 1 4 . 2													

Рисунок 6.4 – Отображение информации при потере сигнала спутников

Надпись, свидетельствующая о потере сигнала, будет отображаться 3 секунды, затем, по описанному ранее алгоритму будет отображаться время поиска и количество доступных спутников.

При изменении значения питания выше либо ниже установленных порогов, произойдет звуковое оповещение и значение напряжения будет мигать на экране с частотой 1 раз в секунду.

6.4 Описание возможных неисправностей

При возникновении каких-либо неисправностей или же отличий по работе, необходимо определить тип поломки. Для это предусмотрена следующая таблица 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень возможных неисправностей

Неисправность:	Предполагаемые причины
1	2
Не включается, нет индикации и звука.	– обрыв шнура питания; – неисправность понижающего преобразователя; – неисправен микроконтроллер.
Есть индикация на экране, есть звук, нет индикации на всех газоразрядных индикаторах	– не исправен повышающий преобразователь (возможно наличие короткого замыкания в схеме).
Есть индикация на экране, есть звук, нет индикации на одном (либо более) газоразрядном индикаторе	– неисправность высоковольтного транзистора в каскаде динамической индикации.
После индикации начального теста, в месте отображения количества видимых спутников – пустое место.	– нет данных принимаемых с <i>GPS</i> -модуля; – неисправность <i>GPS</i> -модуля, либо обрыв кабеля; – плохой контакт в разъёме подключения.
После индикации начального теста, в месте отображения температуры, вместо значения имеется надпись « <i>ERROR</i> »	– неисправность датчика температуры

Продолжение таблицы 6.1

1	2
Время поиска сигнала занимает значительно долгое время (более 15 минут, при благоприятных условиях).	– неправильная установка <i>GPS</i> -модуля. Возможно, есть препятствия перед антенной (наличие металлизации, нитей обогрева стекла, либо источник помех рядом) Так же, чувствительность сигнала может быть слабой, если рядом используется еще один приемник <i>GPS</i> сигнала (например навигатор, смартфон).
После индикации начального теста, показания зависают, нет таймера отсчета времени поиска сигнала	– разряжен элемент питания внутренних часов, необходима замена. После замены первый раз включить прибор, используя переключатель сброса. При этом произойдет инициализации первоначальных параметров (будет отображено время 9:00, после коррекции будет отображаться актуальное).
После включение прибора постоянно сбрасывается на 9:00	– случайно переведен выключатель сброса в положение «1». Для устранения перевести в положении «0».

Исходя из описанной методики, можно составить полную картину работы устройства, а так же прогнозировать те случаи, в которых могут возникать неисправности.

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО GPS-СПИДОМЕТРА

7.1 Характеристика проекта

Тема данного дипломного проекта является опытно-конструкторской. ОКР выполняется за счет финансирования заказчиком. Техно-экономическое обоснование приводится в виде расчета трудоемкости разработки, построение ленточного графика, определения плановой себестоимости и отпускной цены ОКР. Имущественные права на разработку принадлежат компании заказчику, личные неимущественные – автору. Расчет ОКР проведен в ценах на май 2019 года.

7.2 Составление плана и определение трудоемкости выполнения оценки конструкторской разработки

Для определения трудоемкости выполнения ОКР, прежде всего, составляется перечень всех основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены.

Составление перечня работ – один из наиболее важных этапов в осуществлении планирования. При этом особое внимание должно быть уделено логическому упорядочению последовательности выполнения отдельных видов работ. По каждому виду работ определяется также квалификационный уровень исполнителей (должности). В таблице 7.1 представлен план научно-исследовательской работы.

Таблица 7.1 – План проведения оценки конструкторской разработки

Наименование этапов и видов работ	Исполнитель (должность, квалифик.)	Кол-во исполнит.	Длит. работы, дн.	Трудоемкость, чел.-дн.
1	2	3	4	5
Составление и согласование ТЗ на ОКР	НР	1	2	2
Выбор необходимых материалов. разработка и утверждение ТЗ	НР, ОИ	2	2	4

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5
Исследование подобранных материалов и анализ научной литературы. Определение всех возможных вариантов разработки и оценка их эффективности	ОИ, НС	2	2	4
Исследование подобранных материалов и анализ научной литературы Определение всех возможных вариантов разработки и оценка их эффективности	ОИ, НС	2	2	4
Разработка электрических схем (Э1; Э2, Э3) габаритных чертежей корпуса устройства.	ОИ, НС	2	3	6
Разработка конструкции макетов и составление эскизов	ОИ, инженер	2	6	12
Изготовление, настройка и лабораторные испытания макета	ОИ, инженер	2	6	12
Обобщение и анализ данных испытаний. Составление пояснительной записки к эскизному проекту	НР, ОИ	2	2	4
Оформление, рецензирование и защита эскизного проекта, внесение изменений в эскизный проект по результатам защиты	НР, ОИ	2	3	6
Составление и согласование уточненного технического задания по результатам защиты эскизного проекта	НР, ОИ	2	2	4

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5
Выбор конструкции, расчет ее элементов	ОИ, НС	2	6	12
Экспериментальная проверка основных узлов, конструирование и изготовление технологического образца изделия	ОИ, инженер	2	6	12
Разработка конструкции основных узлов изделия с учетом данных испытаний технологического образца	ОИ, НС	2	5	10
Оформление, рецензирование и защита технического проекта, внесение изменений в технический проект по результатам защиты	НР, ОИ	2	3	6
Составление технического задания на рабочее проектирование изделия	НР, ОИ	2	2	4
Разработка схем и рабочих чертежей, уточнение предварительных заявок на материалы и комплектующие изделия	ОИ, НС	2	5	10
Составление эксплуатационно-технической документации, оформление патентных формуляров и составление карт технического уровня. Выпуск информационных материалов	ОИ, НС	2	3	6
Технологическая подготовка производства, изготовление и настройка опытного образца	ОИ, инженер	2	6	12

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5
Заводские испытания опытного образца на соответствие требованиям технического задания и технических условий	НР, ОИ	2	2	4
Корректировка рабочих чертежей. Доработка текстовой документации	ОИ	2	2	4
Проведение государственных испытаний по специальной программе	НР, ОИ	2	2	4
Корректировка и доработка рабочей документации изделия. Корректировка и доработка текстовой документации. Оформление всего комплекта документации	ОИ, НС	2	2	4
Общая трудоемкость и длительность проведения НИОКР			72	142

Расчет ожидаемого времени $t_{ож}$ можно ограничиться использованием только двух предварительных оценок времени выполнения работы t_{min} и t_{max} .

Например, когда наиболее вероятную оценку $t_{н.в.}$ выполнения работы затруднительно обосновать. В этом случае ожидаемое время $t_{ож}$ определяется по этим двум оценкам трудоемкости по формуле (7.1):

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (7.1)$$

$$t_{ож1} = (3 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3)/5 = 2;$$

$$t_{ож2} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож3} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож4} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6;$$

$$\begin{aligned}
t_{ож5} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12; \\
t_{ож6} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12; \\
t_{ож7} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож8} &= (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6; \\
t_{ож9} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож10} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12; \\
t_{ож11} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12; \\
t_{ож12} &= (3 \cdot 9 + 2 \cdot 12)/5 = 10; \\
t_{ож13} &= (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6; \\
t_{ож14} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож15} &= (3 \cdot 9 + 2 \cdot 12)/5 = 10; \\
t_{ож16} &= (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6; \\
t_{ож17} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12; \\
t_{ож18} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож19} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож20} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож21} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4.
\end{aligned}$$

Мерой неопределенности выполнения работы за оптимальное время является дисперсия, которая вычисляется по формуле (7.2):

$$D = \left(\frac{t_{max} - t_{min}}{5} \right)^2 \quad (7.2)$$

$$\begin{aligned}
t_{ож1} &= (3 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3)/5 = 2; \\
t_{ож2} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож3} &= (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4; \\
t_{ож4} &= (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6; \\
t_{ож5} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12; \\
t_{ож6} &= (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12;
\end{aligned}$$

$$t_{ож7} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож8} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6;$$

$$t_{ож9} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож10} = (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12;$$

$$t_{ож11} = (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12;$$

$$t_{ож12} = (3 \cdot 9 + 2 \cdot 12)/5 = 10;$$

$$t_{ож13} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6;$$

$$t_{ож14} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож15} = (3 \cdot 9 + 2 \cdot 12)/5 = 10;$$

$$t_{ож16} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7)/5 = 6;$$

$$t_{ож17} = (3 \cdot 12 + 2 \cdot 13)/5 = 12;$$

$$t_{ож18} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож19} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож20} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4;$$

$$t_{ож21} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 5)/5 = 4.$$

Директивный срок окончания работы равен $T_d = 72$ день. Расчет значений трудоемкости работ (округленных до целых чисел) представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Значения трудоемкости работ

Вид работы	Оценки трудоемкости		Расчетные величины	
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	D
1	1,5	3	2	0,09
2	4	5	4	0,04
3	4	5	4	0,04
4	6	7	6	0,04
5	12	13	12	0,04
6	12	13	12	0,04

Продолжение таблицы 7.2

7	4	5	4	0,04
8	6	7	6	0,04
9	4	5	4	0,04
10	12	13	12	0,04
11	12	13	12	0,04
12	9	12	10	0,36
13	6	7	6	0,04
14	4	5	4	0,04
15	9	12	10	0,36
16	6	7	6	0,04
17	12	13	12	0,04
18	4	5	4	0,04
19	4	5	4	0,04
20	4	5	4	0,04
21	4	5	4	0,04

7.3 Построение ленточного графика и расчет его основных параметров

Ленточный график представляет собой таблицу 7.3, где перечислены виды работ, должности исполнителей, трудоемкость, численность исполнителей, продолжительность работ. Продолжением таблицы является график в виде отрезков, которые показывают продолжительность каждого вида работ.

Продолжительность каждой работы определяется по формуле (7.4):

$$T_{\Pi i} = \frac{T_i}{\overline{Ч}_i}, \quad (7.4)$$

где T_i – трудоемкость чел.-дн.,
 $\overline{Ч}_i$ – численность исполнителей.

Таблица 7.3 – Построение ленточного графика

№	Должн.	Трудо- емк. чел./дн.	Чис. исп. чел.	Длит. раб. дней	Продолжительность работы пятидневка																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	НР	2	1	2	■																	
2	НР, ОИ	6	2	3	■																	
3	ОИ, НС	4	2	2		■																
4	ОИ, НС	6	2	3		■																
5	ОИ, Инж	12	2	6			■	■														
6	ОИ, Инж	12	2	6				■	■													
7	НР, ОИ	4	2	2						■												
8	НР, ОИ	6	2	3						■	■											
9	НР, ОИ	4	2	2							■											
10	ОИ, НС	12	2	6							■	■										
11	ОИ, Инж	12	2	6									■	■								
12	ОИ, НС	10	2	5										■	■							
13	НР, ОИ	6	2	3											■							
14	НР, ОИ	4	2	2											■	■						
15	ОИ, НС	10	2	5												■	■					
16	ОИ, НС	6	2	3														■				
17	ОИ, Инж	12	2	6														■	■			
18	НР, ОИ	4	2	2															■			
19	ОИ	4	2	3																■		
20	НР, ОИ	4	2	2																	■	
21	ОИ, НС	4	2	5																	■	■
	Итого	142		72																		

$$T_{П1} = 2/1 = 2;$$

$$T_{П2} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П3} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П4} = 6/2 = 3;$$

$$T_{П5} = 12/2 = 6;$$

$$T_{П6} = 12/2 = 6;$$

$$T_{П7} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П8} = 6/2 = 3;$$

$$T_{П9} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П10} = 12/2 = 6;$$

$$T_{П11} = 12/2 = 6;$$

$$T_{П12} = 10/2 = 5;$$

$$T_{П13} = 6/2 = 3;$$

$$T_{П14} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П15} = 10/2 = 5;$$

$$T_{П16} = 6/2 = 3;$$

$$T_{П17} = 12/2 = 6;$$

$$T_{П18} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П19} = 4/2 = 2;$$

$$T_{П20} = 4/2 = 2.$$

7.4 Определение цены научно-технической продукции

Расчет затрат по статье «Материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия».

Определяются материальные затраты на выполнение работ по теме, включая стоимость покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов на изготовление макетов и опытных образцов. Расчет осуществляется по формуле (7.5)

$$P_m = K_{\text{тр}} \sum_{i=1}^n (H_{pi} \Pi_i - O_{vi} \Pi_{vi}), \quad (7.5)$$

где $K_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы ($K_{\text{тр}} = 1,05$);

H_{pi} – норма расхода i -го вида материалов на макет или опытный образец (кг, м, и т.д.);

Π_i – действующая отпускная цена за единицу i -го вида материала, руб.;

O_{vi} – возвратные отходы i -го вида материала (кг, м, и т.д.);

Π_{vi} – цена за одну единицу возвращенных отходов i -го вида материала, руб.;

n – количество применяемых видов материалов.

Расчет целесообразно представить в табличной форме.

Таблица 7.5 – Наименование комплектующих

Наименование материалов, покупных полуфабрикатов и комплектующих изделий	Ед. изм.	Кол-во	Цена приобретения, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Батарейный отсек <i>CH224-2032</i>	шт	1	0,12	0,12
Диод <i>HER205</i>	шт	1	0,04	0,04
Дроссель <i>RLB1314-221KL</i>	шт	1	0,21	0,21
Дроссель <i>RLB0712-101KL</i> ,	шт	1	0,11	0,11
Дисплей <i>WH1602L-YGH-CT</i>	шт	1	3,26	3,26
Индикатор ИИ-12А	шт	7	1,5	10,5
Колодка <i>DIP-40 840-AG11D-ESL-LF</i>	шт	7	0,07	0,49
Кварцевый резонатор <i>HC-49SM</i>	шт	1	0,05	0,05
Кварцевый резонатор <i>SSG-32.768K</i>	шт	1	0,04	0,04
Конденсатор 0805 18 пФ $\pm 10\%$ <i>GRM2165C1H180J</i>	шт	2	0,01	0,02
Конденсатор 0805 510 пФ $\pm 10\%$ <i>GRM2165C1H511J</i>	шт	1	0,01	0,01
Конденсатор 0805, 0,1 мкФ, $\pm 10\%$ <i>GRM21BR71H104K</i>	шт	5	0,01	0,05
Конденсатор <i>ECAP 1000 мкФ, 25 В, TKR102M1EG20</i> ,	шт	1	0,45	0,45
Конденсатор <i>ECAP 1000 мкФ, 10 В</i> ,	шт	1	0,35	0,35

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5
Конденсатор <i>ECAP 4.7 мкФ, 250 В, TKR4R7M2EF11</i>	шт	1	0,4	0,4
Модуль <i>GY-NEO6MV2</i>	шт	1	20,15	20,15
Микросхема <i>ATmega8-16PU</i>	шт	1	3,56	3,56
Микросхема <i>DS1307+</i>	шт	1	0,56	0,56
Микросхема <i>SN74141</i>	шт	1	1,05	1,05
Микросхема <i>TEL 5-1211,</i>	шт	1	7,24	7,24
Пьезодинамик <i>HC0905F</i>	шт	1	0,78	0,78
Панель 31А-П	шт	7	0,80	5,6
Разъем <i>WF-14 (DS1070-14 M)</i>	шт	1	0,12	0,12
Разъем <i>B3B-EH-A</i>	шт	1	0,1	0,1
Разъем <i>B2B-PH-K-S (LF)(SN)</i>	шт	2	0,09	0,18
Разъем <i>MPW-10 (DS1074-10 M)</i>	шт	2	0,16	0,32
Разъем <i>DS1033-09F</i>	шт	1	0,23	0,23
Резистор 0805 330 Ом, 5%	шт	2	0,01	0,02
Резистор 0805 1 кОм, 5%	шт	9	0,01	0,09
Резистор 0805 4,7 КОм, 5%	шт	4	0,01	0,04
Резистор 0805 10 кОм, 5%	шт	8	0,01	0,08
Резистор 0805 1 МОм, 5%	шт	7	0,01	0,07
Резистор <i>KNP-100 1 Вт, 0.33 Ом, 5%</i>	шт	1	0,15	0,15
Транзистор <i>IRF830</i>	шт	1	0,45	0,45
Транзистор <i>BC817</i>	шт	1	0,12	0,12
Транзистор <i>BC847</i>	шт	1	0,11	0,11
Транзистор <i>BC846</i>	шт	1	0,11	0,11
Транзистор <i>MMBTA42</i>	шт	7	0,05	0,35
Транзистор <i>MMBTA92</i>	шт	7	0,05	0,35
Эл. Питания. <i>CR2032</i>	шт	1	1,1	1,1
Стеклотекстолит <i>СФ-2-35-1,5</i>	кг	0,074	22,5	1,665
Винт М3х14 ГОСТ 1491-80	шт	18	0,03	0,54
Винт М3х12 ГОСТ 1491-80	шт	8	0,02	0,16
Гайка М3 ГОСТ 15526-70	шт	18	0,01	0,01
Паяльная паста <i>Multicore MP218</i>	кг	0,01	222	2,22
Припой <i>Bi20</i>	кг	0,005	21,65	0,11

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5
Флюс <i>Interflux IF 8001</i>	л	0,01	47,5	0,48
Краска чёрная <i>SUM-90</i>	л	0,02	8,6	0,17
Лак УР-231	кг	0,003	5,95	0,02
Транспортно–заготовительные расходы (5%)	–	–	–	5.95
Всего расходов				125,75

Статья «Топливо-энергетические ресурсы» предполагает расчет затрат на энергию потребляемую используемым оборудованием учитывая его установочную мощность, время использования и тарифный план. Расчет этих затрат производится по формуле (7.6):

$$P_{эл} = \sum_{i=1}^n M_{цi} \cdot t_{фи} \cdot Ц_{эл}, \quad (7.6)$$

где $M_{цi}$ – установочная мощность i -го объекта основных производственных фондов, используемых для работ по данной теме, кВт;

$t_{фи}$ – время фактического использования i -го объекта, ч;

$Ц_{эл}$ – тариф за 1 кВт/ч энергии, руб. (Промышленные и приравненные к ним потребители с присоединенной мощностью до 750 кВт = 0,23975 руб. за один кВт)

Расчет этих затрат приведён в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Расчет затрат на топливо-Энергетические ресурсы

Наименование оборудования, используемого для целей НИОКР	Установочная мощн., кВт	Время использования, ч	Тариф за 1 кВт/ч.	Сумма затрат, руб.
1	2	3	4	5
Фрезерный станок 4030PS Серво	1,2	3	0,23975	0,86
Установка экспонирования фоторезиста	0,9	2	0,23975	0,43

Продолжение таблицы 7.6

1	2	3	4	5
Установки гальванического покрытия и металлизации сквозных отверстий плат серии <i>PL903</i>	0,83	2	0,23975	0,40
Установки проявки и травления плат серии <i>PCB 700</i>	0,42	3	0,23975	0,30
Установка струйной отмывки печатной платы <i>SYSTRONIC CL430</i>	0,32	1,5	0,23975	0,12
Установка трафаретной печати <i>SPG</i>	0,6	1	0,23975	0,14
Фотоплоттер <i>FP 8000 (USB)</i>	0,2	1,5	0,23975	0,07
Станок для гибки арматуры <i>GW40</i> (ламинаторы), модели 12"/24"	2,5	1	0,23975	0,60
<i>MR40L</i> Скоростной автомат установки <i>SMD</i> компонентов	2	2	0,23975	0,96
Паяльная ванна <i>WR-203</i>	0,4	2	0,23975	0,19
Конвекционная конвейерная печь для оплавления паяльной пасты <i>MR-10</i>	10	3	0,23975	7,19
<i>Lukey 702</i> одноканальная паяльная станция/	0,5	3,5	0,23975	0,42
ВСЕГО:				11,12

Расчёт затрат по статье «Спецоборудование для экспериментальных работ» проводится по формуле (7.7):

$$P_{\text{ОБ}} = K_{\text{ВР}} \sum_{i=1}^n (Ц_i + K_{ti} + K_{\text{МНП}i}), \quad (7.7)$$

где $K_{\text{ВР}}$ – коэффициент пересчета в зависимости от проработанного времени за год, при данных условиях равный 0,085;
 $Ц_i$ – цена приобретения i -го спецоборудования, руб;

K_{ti} – затраты на транспортировку i -го спецоборудования к месту эксплуатации, руб;

$K_{мнпi}$ – затраты на монтаж, установку и пусконаладочные работы.

Таблица 7.6 – Спецоборудования для экспериментальных работ

Наименование оборудования, используемого для целей НИОКР	Кол-во	Цена приобр. руб.	Расход на трансп. и установ.	$P_{об}$
Ручной пресс Корвет–593	1	688,3	68,3	64,31
Тиски струбиционного типа <i>Rock Force RF</i> –329319	1	174,73	17,47	16,34
Пресс-форма <i>ETR</i> -245193.324-B01	1	185	18,5	17,3
Пресс-форма <i>ETR</i> -245193.185-A2	1	214	21,4	19,9
Диск пильный 54 зуба <i>KERN</i>	1	30	3	2,81
Набор оснастки для станка <i>GW</i> -40	1	258	25.8	24,1
ВСЕГО:				144,8

Расчёт затрат по статье «Основная заработная плата разработчиков»

В эту калькуляционную статью включаются расходы на оплату труда разработчиков, непосредственно связанных с изготовлением продукции, выполнением работ и услуг формула (7.8).

$$P_{оз} = K_{пр} \sum_{i=1}^n T_{ci} \cdot Ч_i \cdot t_{\phi i}, \quad (7.8)$$

где T_{ci} – тарифная ставка за день (месячный оклад) i -й категории работников;

$Ч_i$ – количество работников i -й категории;

$t_{\phi i}$ – время фактической работы работника i -й категории по теме, дн. или мес.;

$K_{пр}$ – коэффициент премий по премиальным системам, $K_{пр} = 1,1–1,4$.

Для расчёта этой статьи необходимо сделать расшифровку трудоёмкости изделия по видам работ. Данные представлены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Расшифровка трудоемкости изделия по видам работ

Наименование категорий работников и должностей	Кол-во штатных единиц, чел.	Трудо-затраты, дни	Средняя заработная плата в день, руб.	Коеф. Премияль-ных доплат	Сумма, рублей.
Научный руководитель	1	20	58,7	1,4	1 643,6
Научный сотрудник	1	26	56,5	1,3	1 909,7
Ответственный исполнитель	1	70	49,8	1,1	3 834,6
Инженер	1	24	52,1	1,3	1625,5
ВСЕГО:					10638,9

Расчёт затрат по статье «Дополнительная заработная плата разработчиков». Дополнительная заработная включает выплаты, предусмотренные законодательством о труде и положениями по оплате труда на предприятии. Сюда входят выплаты за не проработанное на производстве время: оплата очередных и дополнительных отпусков, оплата учебных отпусков, оплата льготных часов подростков, оплата перерывов в работе кормящих матерей, выполнением государственных обязанностей, единовременные вознаграждения за выслугу лет и пр.

Указанные выплаты распределяются на готовые изделия по нормативу (проценту к основной заработной плате производственных рабочих). По формуле (7.9)

$$З_{д} = З_{о} \frac{Н_{дз}}{100}, \quad (7.9)$$

где $Н_{дз}$ – норматив дополнительной заработной платы, $Н_{дз} = 20\%$.

$$З_{д} = 10638,9 \cdot 0,2 = 2127,7 \text{ руб.}$$

Таблица 7.8 – Расчет себестоимости

Наименование статей затрат	Услов. обозн.	Знач., руб.	Примечание
Материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия	Р _М	125,75	Таблица 7.4
Топливо-энергетические ресурсы для научноэкспериментальных целей	Р _{ЭЛ}	11,12	Таблица 7.5
Специальное оборудование для экспериментальных работ	Р _{ОБ}	144,8	Таблица 7.6
Основная заработная плата научно-производственного персонала	Р _{ОЗ}	10638,9	Таблица 7.7
Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	Р _{ДЗ}	2 127,7	$P_{ДЗ} = \frac{P_{ОЗ} \cdot H_{ДЗ}}{100}$ НДЗ=20%
Отчисления на социальную защиту	Р _{ОС}	4 468,3	$P_{ОС} = (P_{ОЗ} + P_{ДЗ}) \frac{H_{ОС}}{100}$ НОС=35%
Накладные расходы	Р _{КОС}	53,19	$P_{КОС} = \frac{P_{ОЗ} \cdot H_{КОС}}{100}$ НКОС=50%
Полная себестоимость	С _п	17560,7	$C_{п} + P_{М} + P_{ЭЛ} + P_{ОБ} + P_{ОЗ} + P_{ДЗ} + P_{ОС} + P_{КОС}$
Плановые накопления (прибыль)	П	5268.2	$П = C_{п} \frac{H_{п}}{100}$ НП=30%
Отпускная цена с НДС	Ц _{ОТП}	23 102	$Ц_{ОТП} = Ц + P_{НДС}$
Налог на добавленную стоимость	Р _{НДС}	273.93	$P_{НДС} = \frac{Ц \cdot H_{НДС}}{100}$ НДС=20%
Отпускная цена с НДС	Ц _{ОТП}	23 102	$Ц_{ОТП} = Ц + P_{НДС}$

Таким образом разработка многофункционального *GPS*-спидометра обойдётся заказчику в 25 164,39 рублей в ценах на апрель 2019 года.

8 МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАБОТКА ЗАНЯТИЯ ПО ТЕМЕ «ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ» ДИСЦИПЛИНЫ «РАДИОТЕНИКА», СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2-39 02 32 «ПРОИЗВОДСТВО И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»

Проектирование и производство РЭС – это многопрофильная специальность, связанная с компьютерным проектированием конструкций и технологии производства современных изделий электроники. Данная специальность рассматривается на уровне средне специального образования (ССО).

ССО является важным звеном в системе основного и профессионального образования Республики Беларусь. Целью среднего специального образования является развитие творческого потенциала личности, получение специальной теоретической и практической подготовки, решение задачи обеспечения отраслей хозяйства республики квалифицированными специалистами среднего звена. [19].

Основные задачи среднего специального образования:

- удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии посредством получения среднего специального образования;
- удовлетворение потребностей общества и государства в квалифицированных специалистах со средним специальным образованием.
- формирование у обучающихся гражданской позиции и трудолюбия, развитие ответственности, самостоятельности и творческой активности.
- сохранение и приумножение нравственных и культурных ценностей общества.

Государственная политика в области среднего специального образования определена кодексом Республики Беларусь «Об образовании».

К учреждениям, обеспечивающим получение среднего специального образования, относятся: колледжи (средние специальные учреждения образования), а также средние школы-колледжи искусств, гимназии–колледжи искусств, лингвистические гимназии-колледжи, профессионально-технические колледжи, высшие колледжи. Среднее специальное образование осуществляется по двум направлениям:

- среднее специальное образование, обеспечивающее получение специальной теоретической и практической подготовки;
- среднее специальное образование, интегрированное с высшим образованием и обеспечивающее получение углубленной специальной теоретической и практической подготовки.

Колледжи, как учреждения образования уровня ССО работают по индивидуальным учебным планам и обеспечивают получение углубленной специальной теоретической и практической подготовки по двум вариантам образовательных программ:

- обучение дополнительным специализациям и спецкурсам в рамках специальности, что позволяет в отдельных случаях присваивать выпускникам вторую квалификацию;
- включение отдельных элементов содержания высшего образования в учебные программы, что обеспечивает интеграцию среднего специального образования с высшим.

В соответствии с Кодексом Республики Беларусь об образовании, так среднее специальное образование может осуществляться на основе общего базового, общего среднего и профессионально–технического образования.

Получение среднего специального образования на основе общего базового обеспечивает одновременное получение общего среднего образования.

Обучение лиц, имеющих профессионально–техническое и общее среднее образование, может осуществляться в сокращенные сроки при условии обучения по соответствующей специальности и соблюдения требований образовательных стандартов среднего специального образования.

Срок получения среднего специального образования по специальности в дневной форме получения образования составляет:

- на основе общего базового образования – 3 года 10 месяцев;
- на основе общего среднего образования – 2 года 10 месяцев.

Срок получения среднего специального образования по специальности на основе профессионально–технического образования с общим средним образованием составляет от одного года до трех лет. Срок получения среднего специального образования по специальности при освоении содержания образовательной программы, предусматривающей повышенный уровень изучения учебных дисциплин, прохождения практики, срок получения среднего специального образования в вечерней или заочной форме получения образования определяются сроком получения среднего специального образования в дневной форме

Наиболее эффективной формой обучения является дневная.

Специальность 2-39 02 32 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств» в соответствии с ОКРБ 014-2017 относится к профилю образования «Техника и технологии», направлению образования «Радиоэлектронная техника», группе специальностей «Конструкции радиоэлектронных средств».

Сферой профессиональной деятельности техника-технолога по специальности являются промышленные, проектно-монтажные, наладочные и другие организации различных организационно-правовых форм, занимающиеся

проектированием, производством, технической эксплуатацией радиоэлектронных средств или созданием и использованием технологического оборудования производства радиоэлектронных средств.

Объектами профессиональной деятельности специалиста со средним специальным образованием по специальности являются:

- технические средства и системы для измерения электрических, магнитных величин, измерительные преобразователи, средства сбора данных, микропроцессорные средства обработки информации;
- измерительные вычислительные средства контроля качества и диагностики материалов;
- радиоэлектронные средства различного назначения.

Техник-технолог должен быть компетентным в следующих видах профессиональной деятельности:

- проектно-конструкторская;
- производственно-технологическая;
- организационно-управленческая;
- коммуникативная.

Техник-технолог должен быть компетентным в выполнении следующих профессиональных функций:

- участие в пределах своей компетенции в проектировании, производстве, модификации и унификации радиоэлектронных средств, разработке проектной и рабочей конструкторской документации;
- составление, оформление технологической документации, внесение в нее соответствующих изменений в процессе корректировки технологических процессов и режимов производства;
- осуществление эксплуатации технологического оборудования в соответствии с технологическим регламентом, контроль его подготовки, проведение мероприятий по обеспечению надежности его работы;
- выдача производственных заданий рабочим, проведение на рабочих местах инструктажа по выполнению технологических требований и соблюдению правил техники безопасности;
- проведение анализа результатов операционного контроля, выявление причин возникновения брака, разработка и внедрение мероприятий по предупреждению технологических потерь и выпуска некачественной продукции;
- участие в реализации системы обеспечения качества продукции, стандартных и сертификационных испытаний опытных образцов изделий, разработка технической документации по их проведению;
- подготовка исходных данных и информационных материалов для проведения анализа результатов производственной деятельности организации;

- участие в обосновании экономической эффективности внедрения новой техники и прогрессивных технологий;
- участие в проведении мероприятий по обеспечению экологически чистых технологических процессов производства;
- обеспечение безопасных условий труда;
- выполнение требований пожарной и производственной безопасности, мероприятий по предотвращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

В рамках рассматриваемой специальности дипломного проекта была выбрана дисциплина «Радиотехника». Учебная программа состоит из 7 разделов [18]. Для разработки занятия был определен первый раздел «Общие сведения о передающих устройствах» Фрагмент этого раздела представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Фрагмент учебной программы

Название разделов, тем по учебной программе, тем особых учебных занятий	Кол-во учебных часов	Тип учебных занятий	Учебно-методическая документация, средства обучения.
Введение	2	УФНЗ	Наглядные материалы
Раздел 1. «Теоретические основы передачи информации». Тема 1.1 «Информация, сообщения, сигналы, радиосигналы».	2	УФНЗ	Наглядные материалы
Тема 1.2 «Радиоэлектронный комплекс»	2	УФНЗ	Наглядные материалы
Тема 1.3 «Представление и преобразование сообщений»	2	УФНЗ	Наглядные материалы
Тема 1.4 «Спектр, спектральная характеристика радиосигналов»	2	УФНЗ	Наглядные материалы
Тема 1.5 Модуляция	2	УФНЗ	Наглядные материалы
Лабораторная работа № 1 «Исследование амплитудно-модулированных сигналов»	2	УФНУ	Методические рекомендации
Лабораторная работа № 2 «Исследование частотно-модулированных сигналов»	2	УФНУ	Методические рекомендации

Главная задача дисциплины «Радиотехника» состоит в изучении способов передач информации на расстояние, с помощью энергии электромагнит-

ных колебаний, распространяющихся в свободном пространстве (радио – от лат. *Radio* – испускаю лучи и греч. *techne* – искусство, мастерство).

Целью изучения дисциплины «Радиотехника» является формирование знаний по принципам работы радиотехнических цепей и устройств, составляющих основу современных радиоэлектронных средств и овладение навыками их исследования. Успешное освоение учебного материала базируется на знаниях основ электротехники, электроники и микроэлектроники, электрорадиоэлементов и устройств функциональной электроники. В результате теоретического изучения дисциплины учащийся должен знать:

- основные физические характеристики сигналов и методы их математического описания;
- основные физические характеристики радиотехнических устройств и систем и методы их математического описания;
- основные физические процессы при преобразовании сигналов в радиотехнических цепях и методы математического моделирования этих процессов.
- теоретические основы и принципы радиотехники;
- физические явления и процессы в радиотехнических цепях;
- тенденции развития современной радиотехники.

Знать на уровне понимания:

- принципы передачи информации с помощью электромагнитных волн;
- классификацию видов сигналов и их спектры;
- виды преобразований, происходящих в радиотехнических устройствах;
- исходные положения теории электромагнитного поля;
- энергетическую сущность излучения радиоволн;
- виды электромагнитных волн и их свойства;
- влияние геофизических условий и земной атмосферы на распространение радиоволн различных диапазонов;
- назначение, классификацию, основные характеристики, параметры, принципы работы и конструкцию антенно-фидерных устройств.

В ходе практического освоения дисциплины «Радиотехника», учащийся должен приобрести навыки использования как аналитических методов решения задач по моделированию радиотехнических сигналов и цепей и преобразованию сигналов, так и компьютерными методами анализа и синтеза радиотехнических сигналов и цепей.

Учащийся должен уметь:

- аппроксимировать характеристики элементов радиотехнических устройств;

- проводить анализ преобразования сигналов в радиотехнических устройствах;
- осуществлять синтез радиотехнических цепей с заданным преобразованием сигналов.
- рассчитывать параметры радиотехнических сигналов;
- оценивать условия распространения радиоволн и факторы, определяющие практические характеристики излучения и приема сигналов;
- выполнять простейшие расчеты радиотехнических цепей, используя методы гармонического анализа нелинейных цепей;
- составлять структурные схемы радиоэлектронных средств и рассчитывать их основные параметры;
- осуществлять исследование радиотехнических цепей и устройств путем измерения и изменения их характеристик и параметров

Учебное занятие – это целостный фрагмент учебного процесса, представляющий систему взаимосвязанных элементов: образовательных ситуаций, форм организации взаимодействия участников, образовательной задачи (цели), содержания образования, методов и средств обучения. Оно ограничено рамками времени и осуществляется в рамках определённого первичного объединения (коллектива) обучающихся и педагогов.

Цели занятия – это глубоко продуманный путь организации и руководства деятельностью учащихся в конечном виде [20]. Ставить цель, – значит, предопределять, планировать, решать, что и как будет сделано на уроке. И при этом очень чётко представлять себе весь ход предстоящей на уроке работы и тот уровень, на котором материал должен быть усвоен:

- уровень представления;
- уровень знаний;
- уровень умений и навыков
- уровень творчества.

Требования, предъявляемые для преподавателя к формулированию целей занятия:

- цель занятия должна быть четко сформулированной, конкретной,
- результат занятия должен быть достижимым, проверяемым.

Тема разрабатываемого занятия: «Общие сведения о радиопередающих устройствах» В качестве справочного материала при разработке занятия использовался лабораторный практикум по дисциплине «Основы радиотехники» из раздела радиопередающие устройства.

Цели занятия:

Обучающая: формирование знаний о распространениях радиоволн в пространстве, изучение основных радиопередающих устройств.

Воспитательная: воспитание уверенности в своих силах, навыков усвоения, систематизация и применение полученных знаний.

Развивающая: обеспечение и создание условий для развития внимания, памяти, аналитического и технического мышления.

Тип занятия: урок формирования новых знаний

Форма занятия – лекция.

Материально – техническое обеспечение: наглядные плакаты.

Целью проводимого занятия состоит ознакомление учащихся с понятиями о радиопередающих устройствах, законами, которые описывают распространение радиоволн, воспитать навыки усвоения, и обеспечить развитие аналитического и технического внимания.

Предварительный план занятия содержит в себе организационный момент приветствия и введения в тему занятия. Затем, для успешного усвоения нового материала, производится воспроизведение ключевых моментов ранее изученного, чтобы связать воедино обе части. После актуализации знаний происходит изучение нового материала. Итогом служит закрепление полученных новых знаний. План занятия представлен в приложении А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный в ходе дипломного проектирования многофункциональный *GPS*-спидометр – электронный прибор, предназначенный для обработки протокола *NMEA0813* с последующим отображением данных на индикации. Дополнительными измеряемыми величинами являются такие как температура и напряжение питания. Прибор снабжен также звуковой сигнализацией.

По результатам обзора литературных источников и расчетов были составлены электрическая структурная, электрическая функциональная и электрическая принципиальная схемы. На основании этих схем, была разработана конструкция печатной платы и сборочная документация для прибора, что позволило создать в рамках дипломного проекта опытный образец многофункционального *GPS*-спидометра.

Также была разработана методика по эксплуатации устройства, обеспечивающая в полном объеме описание, настройку и использование прибора.

В ходе проведения измерений были получены данные, подтверждающие соответствие разработанного прибора требованиям технического задания.

Проведенный экономический расчет позволил определить цену разработки нового устройства в соответствии с ценами действительными на май 2019 года.

В рамках утвержденной темы в техническом задании – «многофункциональный *GPS*-спидометр» была разработано методическое занятие по теме «общие сведения о радиопередающих устройствах»

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Антонович А.П. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии / А.П.Антонович – М. : Наука,2007 – 148с.
- [2] Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования/ Б.Б.Серапинас – Физматгиз, 2011 – 157с.
- [3] Найман В.С. Системы *GPS NAVSTAR* В.С.Найман, В.В.Конин М. : Наука,2005 – 140с.
- [4] Яценков В.С. Основы спутниковой навигации / В.С. Яценков – М. : Атомиздат, 2008 – 124с.
- [5] Корельник Ф.М. *GPS* навигаторы для путешественников, автомобилистов, яхтсменов / Ф.М. Корельник – М., 2006 – 90с.
- [6] Федорчук В. В. Метрологические погрешности / В.В.Федурчок, Ю.А.Колпачков, А.А. Овощенко– Справочник,1994 – 185с.
- [7] Лодочкин В.К. Распространение высокочастотных радиоволн в атмосфере / В.К.Лодочкин – М.,1997 – 257с.
- [8] Рейкин Х. Определение местоположения по средством *GPS* технологии : перевод с Английского/ Х.Рейкин – М. : Мир,2004 – 188с.
- [9] Кузнецов В.А. Общая метрология / В.А.Кузнецов, Г.В.Ялунина. – М.:ИПК Издательство стандартов, 2001 – 195с.
- [10] Описание микроконтроллера *ATMEGA16* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf>
- [11] Описание микросхемы часов реального времени DS1307 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf> 15534
- [12] Описание протокола *NMEA0813* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.irz.ru/uploads/files/226_1.pdf
- [13] ГОСТ Р 41.39-99 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении механизма для измерения скорости, включая его установку
- [14] ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
- [15] ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.
- [16] ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
- [17] ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия.

[18] Типовая учебная программа по дисциплине «Общие сведения о радиопередающих устройствах», утв. Министерством образования Республики Беларусь 28.11.2014 г.

[19] Правила проведения аттестации учащихся, курсантов при освоении содержания образовательных программ среднего специального образования // Утв. Постановлением Министерства образования Республики Беларусь 22 июля 2011 г. N 106

[20] Калицкий, Э.М. Разработка средств контроля учебной деятельности : метод. рекомендации / Э.М. Калицкий, М.В. Ильин, Н.Н. Сикорская. – Мн.: РИПО, 2005.

[21] Коджаспирова Г.М., Петров К.В. Технические средства обучения и методика их использования: Учеб. Пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2001

[22] Метрология и радиоизмерения. /под ред. проф. В.И. Нефедова. - М.: Высшая школа, 2006.

[23] Ненашев, А.П. Радиотехника: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. / А.П. Ненашев – М.: Высш. шк., 1990