

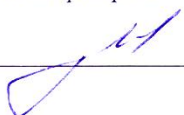
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт *высокоточных систем им. В.П. Грязева*
Кафедра «Приборы управления»

Утверждено на заседании кафедры
«Приборы управления»
« 22 » января 20 24 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой


В.В. Матвеев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсового проекта по дисциплине
(модулю)
«Микропроцессоры в оптотехнике»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

с направленностью (профилем)
Интеллектуальные фотонные системы
Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 120303-01-24

Тула 2024 год

Разработчик методических указаний:

Алалуев В.В., доц. каф., к.т.н., _____



(подпись)

Содержание

Введение	4
Содержание и правила оформления пояснительной записки	4
Содержание и правила оформления графической части	6
Принцип работы оптико-электронных координаторов	7
ОЭК с амплитудной модуляцией.....	9
ОЭК с частотной модуляцией	32
ОЭК с фазовой модуляцией	34
Оптико-электронные координаторы без модуляции потока излучения.....	34
Задания на проектирование	35
Литература.....	55

Введение

Современные оптико-электронные приборы — это сложные комплексы, в основе лежит совместное использование законов различных областей знаний (оптики, электроники и микропроцессорной техники, теории автоматического управления). С их помощью решаются разнообразные задачи исследования физических явлений, контроля производственных процессов, метрологических измерений и многие другие задачи в машиностроении, медицине, астрономии, средствах наблюдения и связи.

Применение цифровой микропроцессорной техники в оптико-электронных приборах позволяет повысить их эксплуатационные параметры, а также снизить временные и материальные издержки на изготовление.

Целью курсового проектирования по курсу "Микропроцессорные системы в оплотехнике" является:

- обобщение, закрепление и углубление знаний по дисциплинам, связанным с проектированием средств ВТ: «Микропроцессорные системы в оплотехнике», "Электроника и микропроцессорная техника", "Источники и приемники излучения", "Прикладная оптика", "Основы конструирования оптических приборов";
- формирование навыков разработки и оформления текстовой и графической конструкторской документации;
- развитие навыков устных сообщений по содержанию технического проекта.

Содержанием курсового проекта является разработка оптико-электронного прибора с цифровой системой обработки сигнала фотоэлектронного датчика.

Содержание и правила оформления пояснительной записки

Пояснительная записка к курсовому проекту (ПЗ) в объеме 25-40 листов содержит материалы, поясняющие смысл выполненной работы с учетом требований ТЗ. В соответствии с ГОСТ 2.106-96 содержание и объем разделов ПЗ должны быть следующими. Оформление должно соответствовать ГОСТ 2.105-95.

Титульный лист 1стр. (не нумеруется)

Оглавление (1 стр.).

Введение (1-2 стр.). Во введении необходимо кратко охарактеризовать преимущества применения цифровых схем обработки информации в оптико-электронных приборах. Необходимо кратко охарактеризовать задачу на проектирование.

Наименование и область применения проектируемого устройства (6-8стр.). Здесь необходимо привести описание принципа работы проектируемого оптико-электронного прибора, а также охарактеризовать работу микропроцессорного устройства в его составе. Указать какие входные выходные и промежуточные сигналы должны быть у

разрабатываемого устройства их вид. Необходимо выбрать структурную реализацию устройства в рамках технического задания на проектирование.

Расчет элементов (10-12стр.) необходимо проводить на основании технического задания и выбранной структурной реализации. В работе необходимо привести расчет оптической схемы устройства включающей объектив и конденсор. В работе необходим расчет электрической принципиальной схемы устройства, то есть рассчитать параметры (например, разрядность, диапазон, частоту) входных и выходных, цифровых и аналоговых сигналов, а также внутренних сигналов в микропроцессорном устройстве обработки.

Описание и обоснование выбранной схемы 4-6стр. В этом разделе необходимо провести патентно-библиографический поиск и поиск по технической документации предприятий изготовителей микроэлектроники. На основании поиска, необходимо выбрать конкретную схему реализации микропроцессорного устройства включая АЦП, ЦАП, компараторы, оптические датчики, источники света и т.д. Необходимо также провести ориентировочный расчет потребляемого тока.

Описание электрической принципиальной схемы (4-6стр.). Этот раздел выполняется после выполнения чертежа электрической принципиальной схемы и должен включать в себя подробное описание процесса преобразования сигнала в разработанном устройстве со ссылками на чертеж. Желательно привести временную диаграмму работы устройства и результаты моделирования работы выполненные с помощью САПР.

Методика настройки (2-3стр.) в этом разделе описывается порядок настройки разработанного устройства, например, подбор резисторов, начальных значений счетчиков и т.д.

Заключение (1-2 стр.). Раздел должен содержать краткий технико-экономический анализ выполненного проекта. Особое внимание нужно уделить анализу конструкции с точки зрения ее соответствия ТЗ.

Список литературы (1стр).

Приложения (3-10стр.) .

В приложениях необходимо привести тексты программ, разработанных в ходе выполнения проекта, включая проекты на языках описания устройств. Таблицу или список с указанием основных параметров выбранных электронных элементов (микросхем, транзисторов, датчиков и т.д.). Спецификация.

В зависимости от темы курсового проекта могут быть изменены наименования разделов и последовательность их расположения. Это изменение необходимо согласовать с руководителем. Так, если проект предусматривает макетирование, то в ПЗ включаются разделы с описанием эксперимента, методики и результатов испытаний, технологии изготовления макета и т. п. Все материалы иллюстрируются схемами, графиками, характеристиками и осциллограммами.

Оформление ПЗ должно соответствовать общим требованиям выполнения текстовых документов, которые изложены в ГОСТ 2. 105-95.

Записку следует выполнять на листах формата 210X297 мм по ГОСТ 2. 301-68* с нанесением на них рамки и оформлением по ГОСТ 2.106- 96* для формата 5 и 5а.

Текст ПЗ пишется от руки или печатается с использованием ЭВМ. Терминология и определения должны соответствовать установленным стандартам, например ГОСТ 7427-76* - для геометрической оптики, а при их отсутствии - общепринятым в научно-технической литературе. Сокращения в тексте допускаются только тех слов, которые установлены ГОСТ 2.316-75*, ГОСТ 7.12-93 и ГОСТ 7.11-2004 (ИСО 832:1994)

Изложение ведут в неопределенной форме (“находим”, “определяем”, “по данной формуле было рассчитано” и т. п.).

Все страницы ПЗ должны быть пронумерованы, кроме первых двух (задания и оглавления). Номера проставляют внизу, в штампе.

Каждый новый раздел должен начинаться с новой страницы и с указанием номера раздела и его наименования. Введение и заключение как разделы не нумеруют.

Рисунки и таблицы следует размещать в тексте так, чтобы можно было их читать без поворота записки или с поворотом по часовой стрелке.

При изложении текста особое внимание следует уделять правильному написанию чисел, символов, формул и оформлению списка литературы.

Содержание и правила оформления графической части

Чертежи и разработанная на их основе технология являются законом при изготовлении детали, сборочной единицы и прибора в целом. Эта взаимосвязь повышает ответственность при разработке документации и требует знания и умения использовать существующие стандарты.

Приступая к выполнению графического материала курсового проекта, учащийся должен знать следующее:

разработанная конструкция должна всегда соответствовать ТЗ;

основой, при создании оптоэлектронного устройства, является оптическая схема; ее требования должны выполняться от эскизного проекта до выпуска рабочих чертежей;

при разработке печатной платы необходимо учитывать, что цепи с большими токами (например, питающие) следует проводить широкими проводниками. Следует также минимизировать длину аналоговых цепей и высокочастотных цифровых цепей, а при невозможности применять экранирование;

компоновка устройства и подбор элементной базы должна обеспечить наименьшие габаритные размеры, рациональную форму, наименьшее энергопотребление;

вся конструкторская документация должна выполняться в соответствии с существующими стандартами.

Графическая часть курсового проекта по предмету «Микропроцессорные системы в оптотехнике» должна содержать три листа:

лист 1 (формат А1) - сборочный чертеж устройства;
лист 2 (формат А1) – электрическая принципиальная схема устройства, выполненная по ГОСТ 2. 701-84;

лист 3 (1-2 формата А1) – чертеж детали (печатной платы разработанного устройства) по ГОСТ 2.109-83.

Спецификация по ГОСТ 2.108 – 63 для разработанного устройства. Спецификация подшивается к пояснительной записке в виде приложения.

Принцип работы оптико-электронных координаторов

Оптико-электронные координаторы (ОЭК) разделяются на две группы: ОЭК с модуляцией потока излучения, ОЭК без модуляции потока излучения.

Оптико-электронные координаторы с модуляцией потока излучения

Их принцип действия основан на применении растровых анализаторов. Растровый анализатор перемещается относительно изображения объекта, модулирует поток излучения так, что параметры модулированного сигнала (амплитуда, частота, фаза, длительность импульса и т.д.) зависят от положения источника излучения или его размеров. Растр, представляет собой диск или иной прозрачный плоский предмет с нанесенным на него непрозрачным рисунком. Растр помещается в плоскости изображения объектива. При помощи растров можно определить положение или размеры источника излучения.

Оптическая система растровых анализаторов бывает двух типов рис 1. с конденсором, проецирующим входной зрачок объектива на чувствительный элемент и без него. Применение конденсора позволяет обеспечить равномерную засветку фотодиода, но увеличивает габаритные размеры системы.

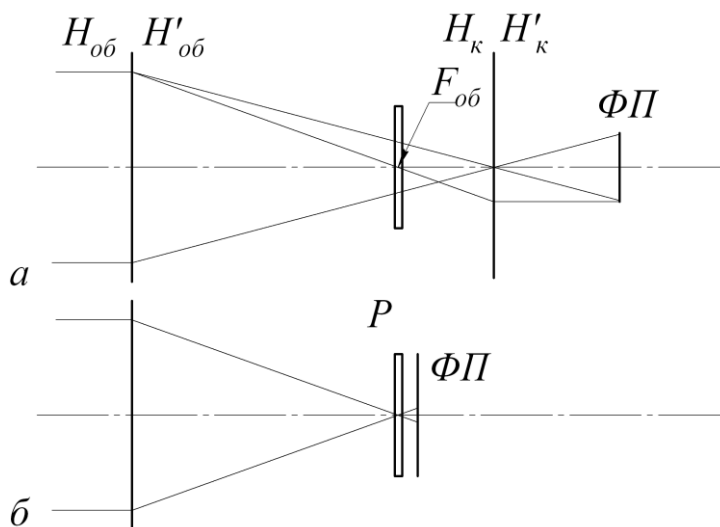


Рис.1. Оптическая система растровых анализаторов: а- схема с конденсором; б – схема без конденсора.

Классификация растров по относительному расположению оси вращения растра и оптической оси прибора приведена на рис.2. По этому признаку

различают концентрический, эксцентрический и растр со скрещивающимися осями.

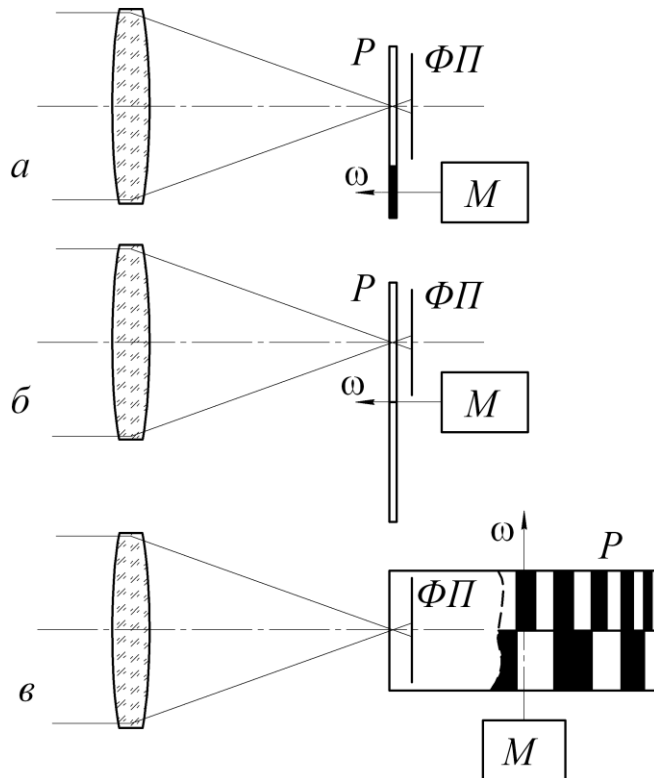


Рис.2. Классификация растровых анализаторов по относительному расположению оси вращения растра и оптической оси объектива: а – концентрический; б – эксцентрический; в – со скрещивающимися осями.

Применяются также растры, основанные не на вращательном, а на возвратно поступательном движении.

Классификация растровых анализаторов по виду модуляции применяемых в оптикоэлектронных координаторах приведена на рис107.

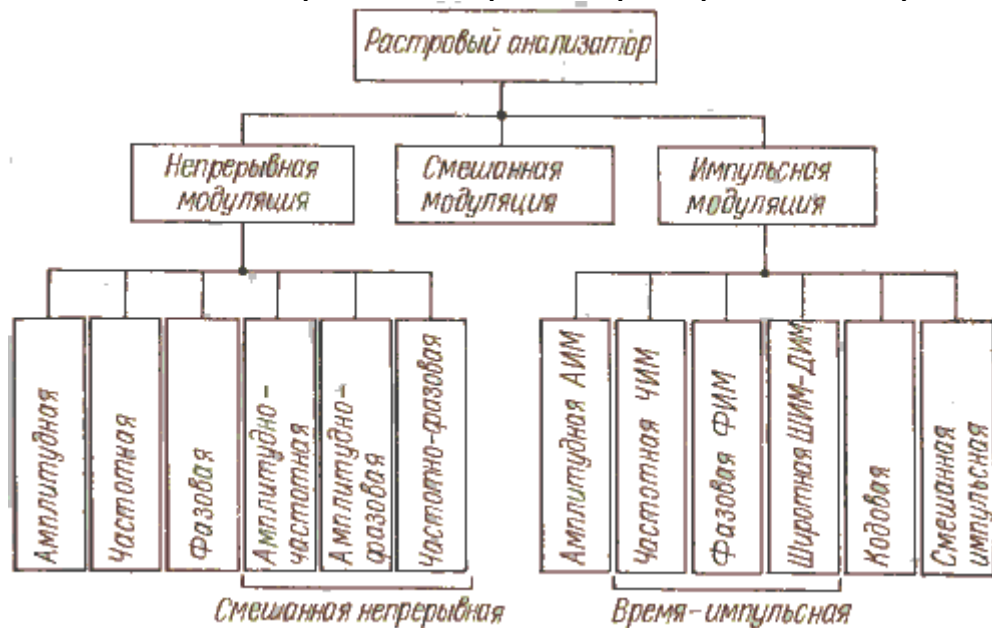


Рис.3. Классификация растровых анализаторов по виду модуляции и параметрам модулированного сигнала

Структурная схема оптико-электронного координатора с модуляцией потока излучения. Подробное описание способов модуляции и соответствующих им модуляторов представлено в /1,2/. Рассмотрим некоторые из них

ОЭК с амплитудной модуляцией

Рассмотрим вариант построения схемы оптико-электронного координатора предназначенного для слежения за управляемой ракетой выпущенной с пусковой установки. Для обеспечения слежения на хвосте ракеты располагается пиротехнический трассер или лампа фара, обеспечивающие освещение ОЭК. При отклонении ракеты от линии визирования ОЭК должен вырабатывать цифровой сигнал, пропорциональный этому отклонению. Далее, аппаратура управления выводит ракету на линию визирования автоматически, с помощью радиокомандного управления или по проводам.

В координаторах данного типа модулирующий диск имеет растр в виде чередующихся прозрачных и непрозрачных секторов (рис. 4).

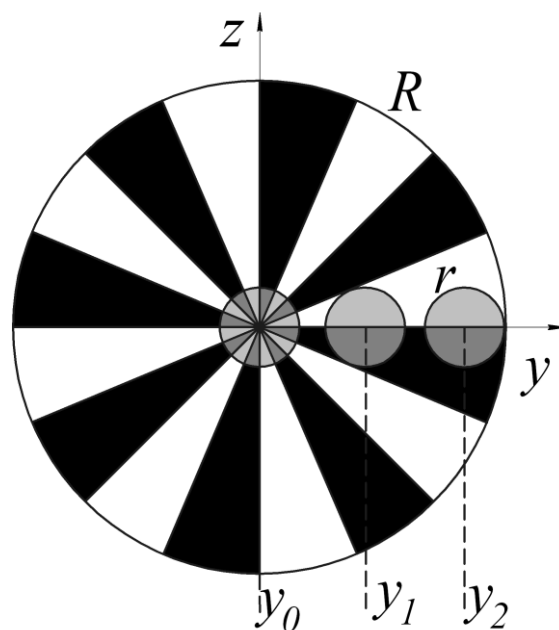


Рис.4 Модулирующие диски с секторными растрами

Ширину секторов у периферии диска выбирают равной диаметру кружка рассеяния $2r$, благодаря чему в этой области достигается 100%-я модуляция потока излучения. При смещении изображения отслеживаемого объекта к центру диска частота модуляции остается неизменной, а глубина ее уменьшается. Таким образом, амплитуда сигнала в цепи ПИ, расположенного за модулирующим диском, зависит от смещения центра кружка рассеяния относительно центра диска. Выходной сигнал с приемника излучения при различных положениях y кружка рассеяния представлен на рис 5.

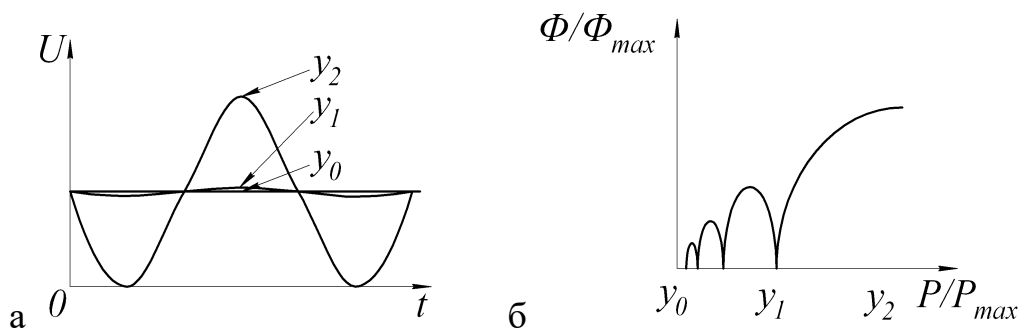


Рис.5. Выходной сигнал с фотоприемника (а) и его пеленгационная характеристика (б)

Когда изображение объекта совпадает с центром диска y_0 , модуляция не происходит в цепи ПИ сигнал отсутствует, при нахождении кружка рассеяния в точке y_2 происходит 100% модуляция. Необходимо отметить, что пеленгационная характеристика ОЭК с модулирующим секторным диском является нелинейной рис. 5б. Объясняется это тем, что глубина модуляции потока излучения резко падает еще до того, как кружок рассеяния достигает центра диска. Это происходит в тех случаях, когда изображение отслеживаемого объекта заполняет четное число секторов раstra (например, в точке y_1) и модуляция потока происходит только за счет несоответствия формы оптического изображения объекта форме секторов. Кроме того, в рассматриваемых ОЭК амплитуда сигнала на выходе ПИ зависит не только от смещения изображения объекта от «центра» фокальной плоскости (угла рассогласования), но и от величины потока излучения, падающего на входной зрачок оптической системы, что вызывает необходимость применять АРУ усилителя фототока с большим диапазоном регулирования, или применять апертурную диафрагму с переменным световым диаметром.

Рассмотрим вариант построения электрической принципиальной схемы обработки сигналов ОЭК с амплитудной модуляцией.

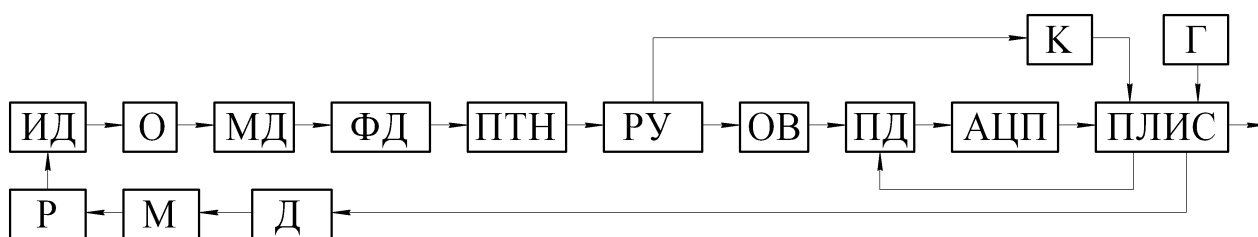


Рис.6. Структурная схема обработки сигнала ОЭК.

Рассмотрим принцип работы ОЭК. Панкратический объектив (О) создает изображение объекта на модуляторе (МД), за которым расположен фотодиод (ФД). Сигнал с фотодиода преобразуется с помощью преобразователя ток-напряжение (ПТН). Переменная составляющая сигнала, обусловленная вращением модулятора выделяется при помощи резонансного усилителя (РУ). Амплитуду переменной составляющей измеряют с помощью однополупериодного выпрямителя (ОВ) и пикового детектора (ПД)

сбрасываемого по командам ПЛИС. Также с выхода резонансного усилителя сигнал синусоидальной формы подается на компаратор (К), предназначенный для выработки логического сигнала синхронизации работы ПЛИС и модулятора. Далее сигнал подается на АЦП и в ПЛИС для обработки. Выходной сигнал ОЭК выдается ПЛИС в цифровом виде. Для обеспечения работы ПЛИС необходим внешний генератор стабильной тактовой частоты (Г). Регулирование освещенности ФД на различных расстояниях до объекта осуществляется с помощью ирисовой диафрагмы (ИД), редуктора (Р), мотора (М), драйвера мотора (Д).

Исходными данными для расчета координатора для слежения объектом (ракетой в хвосте которой расположен пиротехнический трассер или лампа фара) являются:

1. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} .
2. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} .
3. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .
3. Тип фотоприемного устройства.
4. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м²) или Силой света (Кд)
5. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления 2γ .
6. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).
7. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .
8. Формат выходного сигнала ПЛИС.
9. Частота тактового генератора (Г) f_G .
9. Напряжение питания 5,12,24 В.
10. Тип мотора М для регулирования размера ИД
11. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).

Для расчета схемы необходимо в первую очередь рассчитать ток фотоприемника. Освещенность объектива зависит от расстояния до объекта l и от силы света объекта I_p

$$E = I_p \cdot \frac{\cos(\beta)}{l^2},$$

где: β - угол между нормалью к поверхности объектива и падающим излучением.

Ток фотоприемника при условии, что весь световой поток попавший на объектив проецируется на фотоприемник можно определить из формулы

$$i_{fp} = S_E \cdot \frac{A_{ob}}{A_{fp}} \cdot \tau \cdot E \quad (1)$$

где S_E - чувствительность фотоприемника к освещенности А/Лк; A_{ob}, A_{fp} - площади объектива и фотоприемника соответственно; τ - коэффициент пропускания объектива.

Если в параметрах фотоприемника задана интегральная чувствительность к потоку то ток фотоприемника

$$i_{fp} = S_F \cdot A_{ob} \cdot \tau \cdot E$$

где S_F - интегральная чувствительность по току А/Лм.

Сигнал с фотоприемника подается на преобразователь ток напряжение Рис. 7 /3, стр. 172/. Для отсеечения постоянной составляющей обусловленной фоновым излучением на выходе фотоприемника применяется разделительный конденсатор.

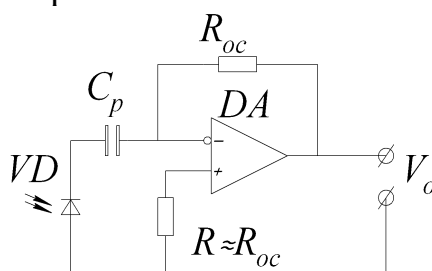


Рис. 7. Преобразователь ток напряжение.

Напряжение определяется из формулы $V_o = i_{fp} \cdot R_{oc}$. Емкость разделительного конденсатора находится по формуле:

Определяем емкость разделительного конденсатора, исходя из допустимых искажений в области нижних частот модуляции /5/

$$C_p \geq \frac{1}{\omega_p \cdot N \cdot r \sqrt{M^2 - 1}}$$

Где M - допустимые амплитудные искажения переменной составляющей сигнала (если принять амплитудные искажения 0,1% , то $M = 1.001$), r - выходное сопротивление фотодиода .

Полученный сигнал подается на резонансный усилитель. Рассмотрим вариант реализации усилителя на базе полосового фильтра 2 порядка /4/

Простейший полосовой фильтр второго порядка имеет передаточную функцию:

$$A(P) = \frac{(A_r/Q)P}{1 + \frac{1}{Q}P + P^2}$$

Основными характеристиками такого фильтра являются коэффициент передачи A_r на резонансной частоте и добротность Q .

Коэффициент передачи на резонансной частоте равен:

$$A_r = \frac{U_a}{U_e}$$

где U_a – напряжение на выходе полосового фильтра; U_e - напряжение на входе полосового фильтра.

Добротность полосового фильтра представляет собой отношение резонансной частоты f_r к ширине полосы B .

$$Q = \frac{f_r}{B} = \frac{f_r}{(f_{\max} - f_{\min})} = \frac{1}{(\Omega_{\max} - \Omega_{\min})} = \frac{1}{\Delta\Omega}$$

Выберем схему полосового фильтра со сложной отрицательной обратной связью представленной на рис. 8.

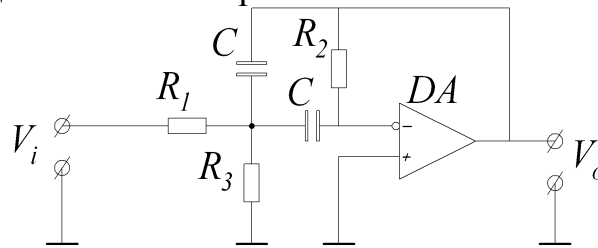


Рис.8. Полосовой фильтр со сложной отрицательной обратной связью

Ее передаточная функция имеет следующий вид:

$$A(P) = \frac{-\frac{R_2 R_3}{R_1 + R_3} C \omega_r P}{1 + \frac{2R_1 R_3}{R_1 + R_3} C \omega_r P + \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 + R_3} C^2 \omega_r^2 P^2}$$

Из сравнения этого выражения с передаточной функцией следует,

$$f_r = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 R_3}}$$

Подставив это выражение для резонансной частоты, в передаточную функцию и, приравняв соответствующие коэффициенты, к коэффициентам выражения $A(P)$, получим остальные формулы для вычисления характеристик фильтра:

$$-A_r = \frac{R_2}{2R_1}$$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 R_3}} = \pi R_2 C f_r$$

Таким образом, что коэффициент передачи, добротность и резонансная частота рассматриваемого полосового фильтра могут выбираться произвольно.

Выражение для полосы пропускания фильтра получим из формулы:

$$B = \frac{f_r}{Q} = \frac{1}{\pi R_2 C}$$

Как видно из структурной схемы обработки сигнала ОЭЖ с выхода резонансного усилителя напряжение поступает на однополупериодный выпрямитель. Рассмотрим работу однополупериодного выпрямителя /6/. Эта операции может быть реализована на пассивных диодно-резистивных цепях например мостовая схема, но значительное прямое падение напряжения на диодах (0,5 – 1 В) и нелинейность его вольт-амперной характеристики вносят в этом случае значительные погрешности в измерительную цепь, особенно при обработке слабых сигналов. Для исключения влияния падения напряжения на диодах применяют прецизионные выпрямители на операционных усилителях. Рассмотрим схемы однополупериодных выпрямителей, приведенные на рис.9, отличающиеся друг от друга передаваемой волной входного сигнала (положительной или отрицательной) и знаком коэффициента передачи (инвертирующие и неинвертирующие). Неинвертирующие однополупериодные выпрямители имеют более высокое входное сопротивление, чем инвертирующие. В инвертирующем выпрямителе диод **VD1** открывается на соответствующей полуволне сигнала, обеспечивая его передачу на выход с коэффициентом, определяемым отношением резисторов **R1** и **R2**. Диод **VD2** смещен при этом в обратном направлении. Неинвертирующий выпрямитель при передаче попускаемой полуволны работает примерно также, однако их функционирование в режиме отсечки существенно различается.

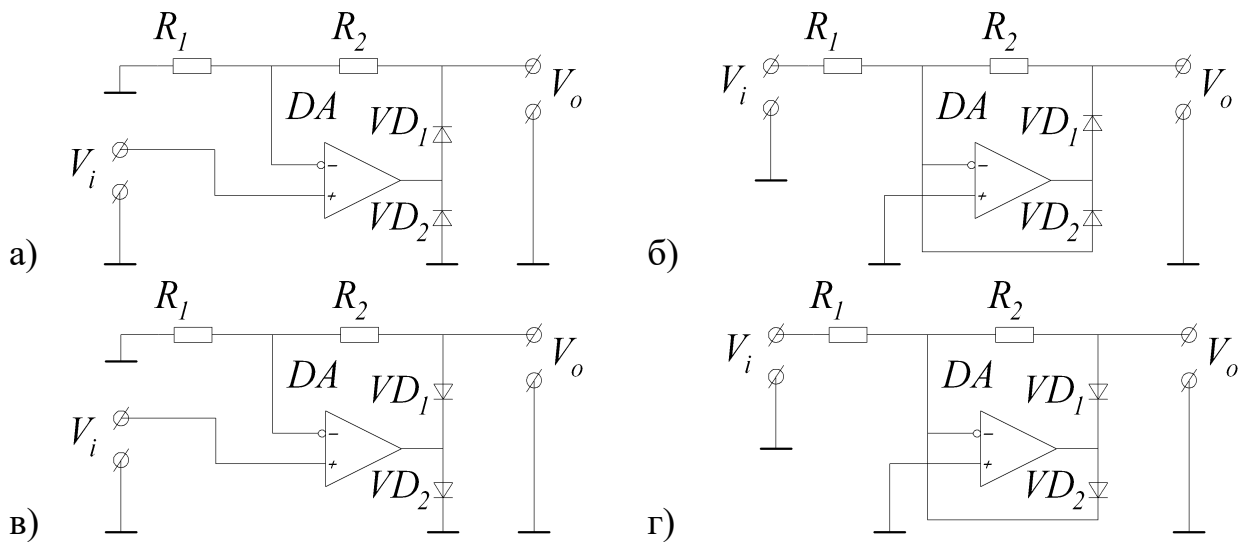


Рис.9. Схемы однополупериодных выпрямителей: а- неинвертирующая с выходным напряжением больше нуля; б- инвертирующая с выходным напряжением больше нуля; в- неинвертирующая с выходным напряжением меньше нуля; г- инвертирующая с выходным напряжением меньше нуля.

Как в инвертирующем, так и в неинвертирующем выпрямителях диод **VD2** введен для повышения их быстродействия. Если исключить этот диод, то в режиме отсечки ОУ входит в состояние насыщения.

При переходе в режим пропускания ОУ сначала должен выйти из насыщения, а затем его выходное напряжение будет достаточно долго нарастать до уровня открывания диода **VD1**. Введение диода **VD2** предотвращает насыщение ОУ и ограничивает перепад его выходного напряжения при смене полярности входного сигнала. В неинвертирующей схеме диод **VD2** обеспечивает ограничение выходного напряжения ОУ путем замыкания его выхода на землю, поэтому ОУ должен допускать короткое замыкание на выходе в течение неограниченного времени. Кроме того, в неинвертирующей схеме операционный усилитель должен иметь большое допустимое дифференциальное входное напряжение и малое время восстановления из режима ограничения выходного тока. Будем считать что для работы мы выбрали схему (а).

С выхода ОВ сигнал подается на пиковый детектор [7]. Рассмотрим работу схемы пикового детектора.

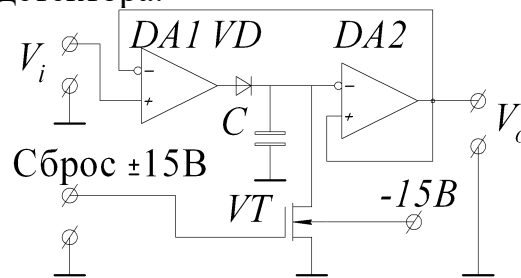


Рис. 10. Пиковый детектор.

Работа схемы состоит из двух этапов. На первом транзистор **VT** закрыт и на емкости **C** происходит накопление заряда. При этом благодаря диоду конденсатор фиксирует пиковое значение напряжения. **DA2** является выходным буфером. **DA2** должна быть операционным усилителем с полевыми транзисторами на входе, а диод **VD** должен обладать малой утечкой для обеспечения большей «сохраняемости» пикового значения напряжения на конденсаторе. На втором этапе транзистор **VT** открывается и происходит разряд конденсатора **C**. Разряд должен осуществляться периодически по команде ПЛИС. Можно применить и готовые микросхемы пиковых детекторов например: К157ХП1, К157ДА1, микросхемы 1100 серии.

С выхода пикового детектора сигнал подается на АЦП. Основными параметрами АЦП выбираемыми при проектировании являются: диапазон измеряемого входного напряжения, разрядность, частота преобразования.

Частота преобразования должна быть не меньше частоты модуляции

$$f_{ADC} \geq \frac{\omega_R \cdot N_R}{2\pi}. \text{ Диапазон измеряемого входного напряжения должен}$$

соответствовать диапазону выходного сигнала РУ. Разрядность должна обеспечить требуемую разрешающую способность ОЭК.

ПЛИС обеспечивает управление ОЭК, а также формирует выходной сигнал ОЭК. Рассмотрим вариант реализации схемы обработки сигнала на ПЛИС с использованием 10 разрядного АЦП К1113ПВ1 для, выходной сигнал

необходимо передавать по интерфейсу RS232 с частотой 38400бит/с, 8 бит данных без контроля четности. АЦП К1113ПВ1 /8/ представляет собой АЦП последовательного приближения со встроенным источником опорного напряжения. Микросхема изготавливается в 18 выводном металлокерамическом корпусе 238.18.1. Рассмотрим назначение выводов АЦП Рис.11.

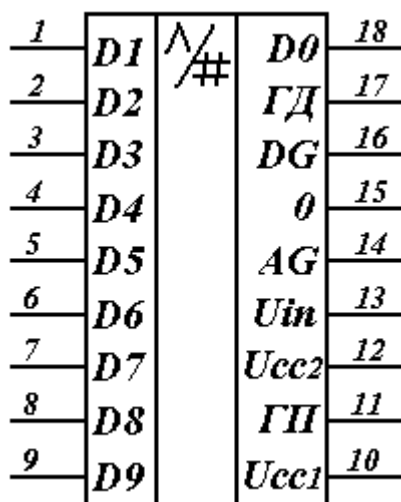


Рис.11. Микросхема 1113ПВ1

D0-D9-цифровые выходы в двоичном коде; **Ucc1**- напряжение питания -15В; **ГП**- вход «Гашение преобразование» подача импульса на этот вход вызывает новый цикл преобразования; **Ucc2**- напряжение питания +5В; **Uin**- Входное аналоговое напряжение; **AG** - аналоговая земля; **0** –вход схемы управления сдвигом нуля; **DG** – цифровая земля; **ГД**- выходной сигнал «Готовность данных» говорит об окончании цикла преобразования АЦП и выдачи данных на цифровые выходы **D0-D9**. Эта микросхема имеет возможность работы как в биполярном так и в униполярном режиме. Для выбранной схемы ОЭЖ пригодно униполярное включение с диапазоном входных сигналов 0-10В. В этой схеме вход управления сдвигом нуля соединяется с цифровой землей. Для управления преобразованием на вход гашение преобразование необходимо подать импульсы. Считывание данных должно происходить по сигналу готовность данных. Этот процесс поясняет временная диаграмма рис.12.

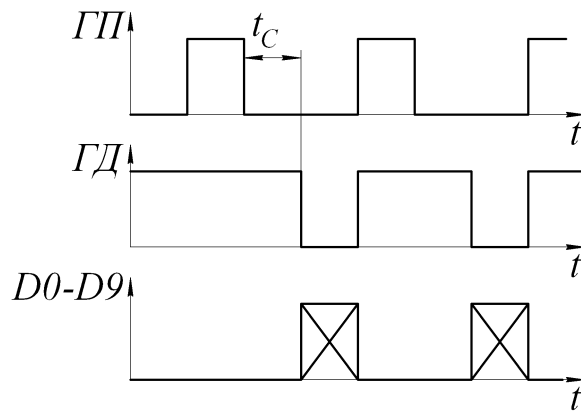


Рис.12. Временная диаграмма работы АЦП.

После подачи среза импульса на вход **ГП** АЦП осуществляет преобразование аналогового сигнала (t_c - время преобразования составляющее для данного АЦП не менее 30мкс). По окончании преобразования на входе **ГД** формируется уровень логического нуля, а на выходах **D0-D9** цифровой код.

Для синхронизации работы ПЛИС и АЦП с вращением модулирующего диска применяется схема компаратора. Подробно различные виды компараторов описаны в [4, 7]. Простейший компаратор может быть построен на операционном усилителе без обратной связи Рис.13.

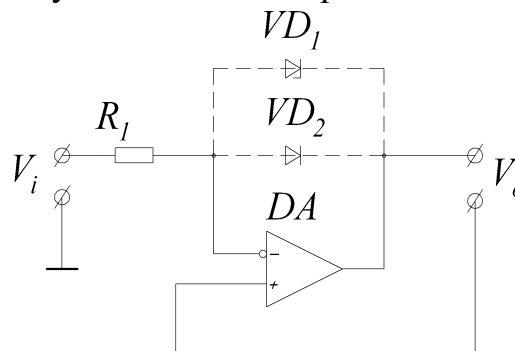


Рис. 13 Компаратор.

Такой компаратор работает на основании зависимости:

$$V_o = \begin{cases} +U_p, & V_i < 0 \\ -U_p, & V_i > 0 \end{cases},$$

где $\pm U_p$ - напряжения питания операционного усилителя или максимально возможное напряжение на выходе усилителя. Для получения логических уровней отличных от напряжения питания в обратную связь операционного усилителя может быть установлена схема, состоящая из диода и стабилитрона VD_1, VD_2 . Выходное напряжение формируется согласно формуле:

$$V_o = \begin{cases} +U_{CT}, & V_i < 0 \\ 0, & V_i > 0 \end{cases},$$

где, U_{CT} - напряжение стабилизации стабилитрона.

В настоящее время промышленностью выпускается широкая номенклатура специализированных микросхем компараторов, например 521СА3, 521СА1 и т.д.

Сигнал с компаратора и АЦП для обработки подается на ПЛИС. Очевидно, что схема ПЛИС в данном будет иметь 2 независимых канала:

- канал преобразования данных с ФД;
- канал управления ИД.

В курсовом проекте необходимо составить проект на базе ПЛИС реализующий вышеперечисленные каналы. В качестве литературы можно порекомендовать /9,10/. Для проектирования устройства рассмотрим входные и выходные сигналы ПЛИС для канала преобразования данных с фотодиода.

Входные сигналы:

CLK сигнал тактовой частоты от внешнего генератора (Г).

ГД – готовность данных АЦП.

D0-D9 – данные с АЦП в параллельном коде.

COM – выходной сигнал компаратора.

Выходные сигналы:

ГП – гашение преобразование АЦП.

Sbros - сигнал сброса для пикового детектора.

TxD – Данные передаваемые по RS-232 в последовательном коде.

Для рассмотрения процесса проектирования ПЛИС в среде QUARTUS II необходимо задаться конкретными исходными данными.

Параметры выходного сигнала RS232: частота $f_{RS232} = 38400$ бод, 2 стоп бит, без контроля на четность, 8 бит данных. Поскольку разрядность описанного выше АЦП – 10 необходимо передать несколько байтов данных в пакете. Пакет состоит из данных полученных с АЦП и представленных в 16-ричном коде HEX в виде строки из трех ASCII символов, в конце пакета передаются 2 символа перевод строки **LF** (код 10) и возврат каретки **CR** (код 13). Последовательность данных в пакете показана на рисунке 14



Рис.14 Пакет передаваемых данных по RS232.

Другими параметрами необходимыми при проектировании и моделировании ПЛИС являются. Частота внешнего тактового генератора (Г) $f_G = 10$ МГц. Частота вращения раstra $\omega_R = 2\pi \cdot 20$, число секторов на растре $N_R = 20$. Тип мотора – шаговый двигатель в полношаговом режиме.

Необходимо сразу отметить, что здесь представлена конкретная реализация цифровой схемы, возможны и другие реализации. Очевидно, что схема считывания данных с фотодиода должна по сигналу компаратора **COM**

запускать начало преобразования АЦП путем подачи на него сигнала *ГП*. По истечении преобразования АЦП, согласно временной диаграмме, рис. 15 ПЛИС выработывает сигнал готовность данных *ГД*. По этому сигналу данные с входов *D0-D9* должны быть считаны в ПЛИС и преобразованы в пакет данных RS232, представленный на рис.14. После считывания данных с входа ПЛИС необходимо обнулить значение пикового детектора путем отпириания транзистора *VT* рис.10 импульсом *Sbros*. При подаче импульса *Sbros* напряжение на выходе однополупериодного выпрямителя экспоненциально уменьшается, постоянная времени $\tau = R_{VT} \cdot C$, где R_{VT} сопротивление открытого канала транзистора *VT*. Временная диаграмма работы устройства показана на рис.15

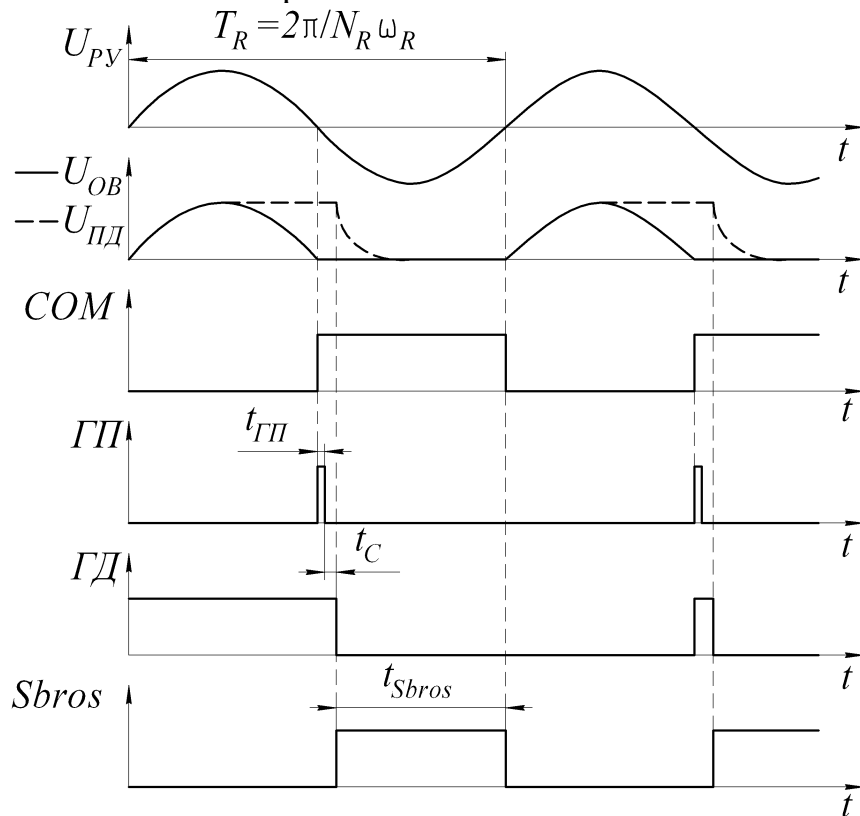


Рис.15. Временная диаграмма работы устройства, где U_{PY} - напряжение на выходе резонансного усилителя; U_{OB} - напряжение на выходе однополупериодного выпрямителя (показано сплошной линией); U_{PD} - напряжение на выходе пикового детектора (показано пунктирной линией).

Для реализации импульса *Sbros* используем схему рис.16 на *D* триггере. Схема непосредственно создана в среде QUARTUS II, файл проекта - KURSAMP.bdf. Как видно из рис.15 импульс *Sbros* начинается от сигнала готовность данных и заканчивается по сигналу от компаратора *COM*. Сигнал *ГД* через инвертор подключается к входу синхронизации *D* триггера. На вход данных *D* триггера постоянно подается логическая единица (*Vcc*). При появлении среза импульса *ГД* на вход синхронизации через инвертор подается фронт, и в триггер записывается 1. Триггер сбрасывается в 0 при появлении нуля от сигнала компаратора *COM*, на входе асинхронного сброса *CLRn*.

Для реализации импульса *ГП*, длительность которого согласно /8/ должна составлять не менее 2 мкс, можно применить схему, состоящую из триггера и счетчика рис.16, дополнительно в состав схемы введены вспомогательный триггер и элемент *НЕ*.

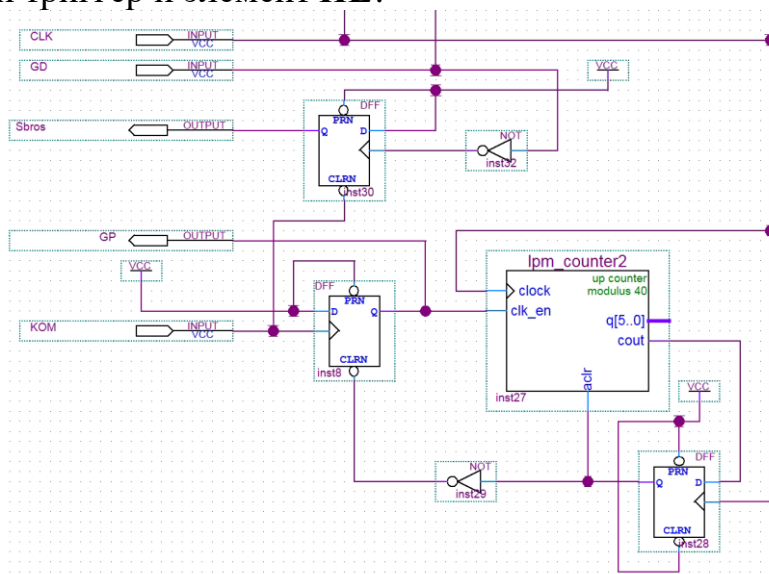


Рис.16 Схема генерации сигналов *ГП* и *Sbros*.

Принцип работы состоит в генерации импульса заданной длительности по фронту сигнала *COM*. Для этого *D* триггер устанавливается в 1 по фронту сигнала *COM* подключенного к входу синхронизации триггера. Выход триггера подключен к входу разрешения счета (*clk_en*) счетчика *lpm_counter2*, и выводу гашение преобразование *ГП*. Счетчик построен на базе макрофункции *lpm_counter*. После разрешения счета, счетчик считает импульсы частоты f_r (сигнал *CLK*). Окончание счета определяется модулем счета. По достижении модуля счета на выходе *cout* формируется импульс, который через вспомогательный триггер и схему *НЕ* сбрасывает основной триггер и сам счетчик. Вспомогательный триггер предназначен для предотвращения ложных сбросов счетчика. Согласно технических характеристик выбранного АЦП, схема должна обеспечивать формирование импульса длительностью не менее 2 мкс. Это соответствует 20 тактам частоты f_r . В нашем примере длительность импульса взята с запасом - 4 мкс. или 40 тактов.

Реализацию канала преобразования данных с фотодиода можно осуществить по следующей схеме рис 17.

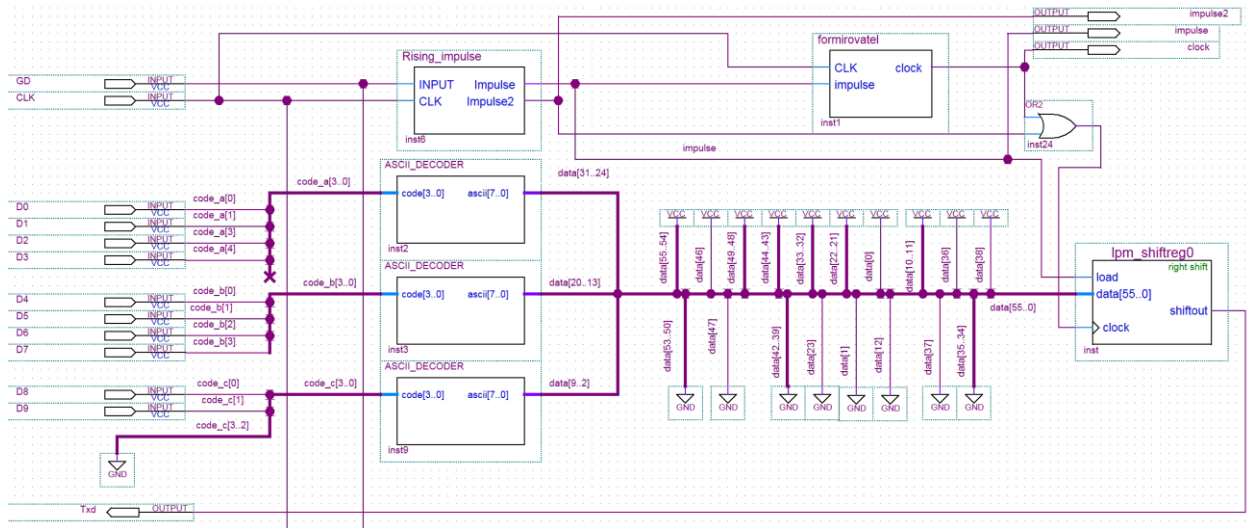


Рис.17. Реализация канала преобразования данных с фотодиода.

Схема состоит из следующих элементов:

- 3 декодера, преобразующих двоичные данные в ASCII код (ASCII_DECODER);
- Регистр сдвига вправо, формирующий выходную последовательность RS232 (LPM_SHIFTREG0)
- Схема формирования импульсов *Impulse* и *Impulse2* по окончании преобразования данных АЦП (Rising_impulse);
- Схема формирования последовательности импульсов *clock* частотой $f_{RS232} = 38400$ Гц для сдвига регистра сдвига (Formirovatel);

Рассмотрим эти блоки по порядку. Блок ASCII_DECODER выполнен в виде программы на языке AHDL. На вход блока подается тетрада битов. На выходе блока формируется ASCII код. Текст программы представлен на рис.18

```

SUBDESIGN ASCII_DECODER
(
code[3..0]:INPUT;%Входной сигнал в виде тетрады битов%
ascii[7..0]:OUTPUT;%Выходной сигнал в виде ASCII кода%
)
BEGIN
CASE code[] IS %Оператор%
WHEN 0 => ascii[] = H"30";
WHEN 1 => ascii[] = H"31";
WHEN 2 => ascii[] = H"32";
WHEN 3 => ascii[] = H"33";
WHEN 4 => ascii[] = H"34";
WHEN 5 => ascii[] = H"35";
WHEN 6 => ascii[] = H"36";
WHEN 7 => ascii[] = H"37";
WHEN 8 => ascii[] = H"38";
WHEN 9 => ascii[] = H"39";
WHEN 10 => ascii[] = H"41";
WHEN 11 => ascii[] = H"42";
WHEN 12 => ascii[] = H"43";
WHEN 13 => ascii[] = H"44";
WHEN 14 => ascii[] = H"45";
WHEN 15 => ascii[] = H"46";
END CASE;
END;

```

Рис 18 Программа реализующая функции декодера.

В основе работы программы оператор выбора CASE, преобразующий входной сигнал в ASCII код. Полная таблица ASCII кодов представлена в приложении А.

Регистр сдвига вправо LPM_SCHIFTREG0 представляет собой 56 разрядный регистр сдвига с возможностью параллельной синхронной загрузки. Регистр сдвига вправо построен на базе одноименной макрофункции LPM_SCHIFTREG. Внутри регистра загружается последовательность бит, реализующая принятый нами протокол передачи (рис.19). Далее с частотой f_{RS232} данная последовательность сдвигается вправо формируя выходной сигнал. Пакет передаваемых данных побитно представлен на рис.19.

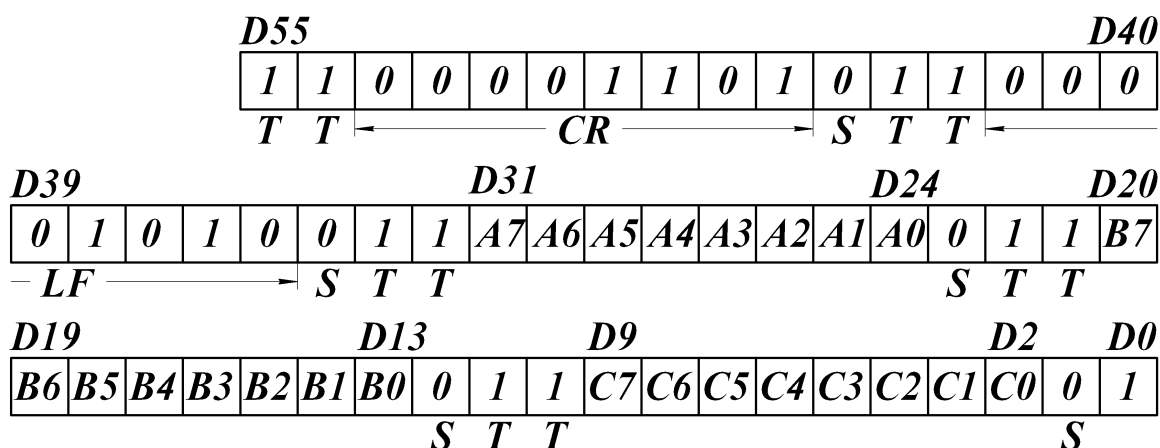


Рис. 19 Пакет передаваемых данных в виде битов, где *C7-C0*, *B7-B0*, *A7-A0* – передаваемые ASCII коды; *T* – стоп бит; *S* – старт бит.

Как видно из рисунка, в регистр загружается 5 байт, начиная со стартового *S*. После стартового бита следуют биты данных, начиная с младшего бита и заканчивая старшим. За последним битом данных символа может следовать бит паритета (в нашем случае мы его не используем), служащий для обнаружения ошибки передачи битов данных. Последними записываются 2 стоповых бита, которые необходимы для временного разделения переданных символов. Регистр сдвига может работать в 2 режимах: последовательного сдвига вправо и параллельной загрузки. переключение между режимами осуществляется по сигналу *load*. Если на вход *load* подать 1 то регистр переключается в режим параллельной загрузки, если на вход *load* подать 0 то регистр находится в режиме последовательного сдвига. Параллельная загрузка регистра осуществляется с помощью импульсов *Impulse* и *Impulse2*. Последовательный сдвиг осуществляется с помощью сигналов *Impulse* и *clock*. При этом сигналы *Impulse* и *clock* объединены с помощью схемы **ИЛИ** и заведены на тактовый вход *clock* регистра сдвига рис.17.

Схема формирования импульсов *Impulse* и *Impulse2* предназначена для формирования импульсов обеспечивающих загрузку LPM_SCHIFTRREG0 данными с выхода декодеров ASCII. Она представляет собой синхронный регистр сдвига на пяти *D* триггерах.

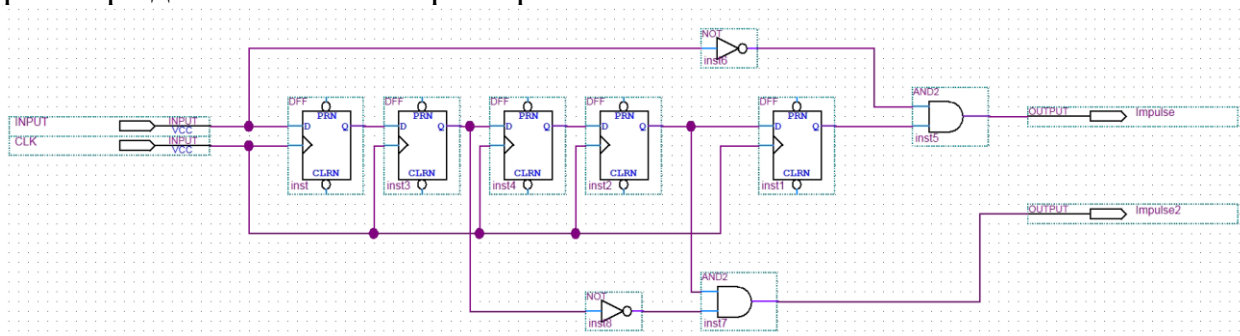


Рис.20 Схема формирования импульсов запускающих процесс считывания и передачи данных

Когда на входе левого триггера присутствует логический 0 а на выходе правого триггера присутствует логическая 1 схема **И** выработает логическую 1 на выходе *impulse*, тоже можно сказать и о схеме **И** выработывающей импульс *impulse2*. Очевидно, что такая ситуация может возникнуть только в случае перехода из состояния логической 1 в состояние логического 0 на входе *INPUT* (или по сигналу готовность данных *ГД*). Вход *CLK* предназначен для подачи на него тактовой частоты генератора f_T . Из рис.20 видно, что длительность *impulse* составляет 5 тактов, а длительность *impulse2* 2 такта. Графически вырабатываемые импульсы можно видеть на рис.23 (укрупненное изображение).

Как уже отмечалось, формирование последовательности импульсов RS232 осуществляется в регистре LPM_SCHIFTRREG0. Для полного сдвига регистра на его тактовый вход *clock* необходимо подать 56 импульсов с

частотой $f_{RS232}=38400\text{Гц}$. Данную функцию выполняет схема формирователя рис.21. Схема формирователя состоит из следующих основных элементов:

LPM_COUNTER0 – счетчик, предназначенный для подсчета количества импульсов *clock* поданных на регистр сдвига. Модуль счета 57 обеспечивает подачу 56 импульсов и автоматического сброса на 57 импульсе. Для сброса применяется схема на *D* триггере. Эта же схема сбрасывает выход *D* триггера *inst1*, прекращая счет.

LPM_COUNTER1 и *T* триггер образуют счетчик предназначенный для формирования импульсов с частотой $f_{RS232}=38400\text{бод}$. Модуль счета можно определить $M = f_{\Gamma}/2f_{RS232} = 10\,000\,000/2 \cdot 38400 = 130$. К выходу переполнения *cout* счетчика подключен *T* триггер, делящий частоту счетчика еще на 2, а также обеспечивающий 50% скважность тактовых импульсов *clock*.

D триггер обеспечивающий начало работы триггера по импульсу *impulse* и остановку счета по сигналу счетчика LPM_COUNTER0.

Элементы *НЕ*, предназначенные для обеспечения нужной полярности управляющих импульсов.

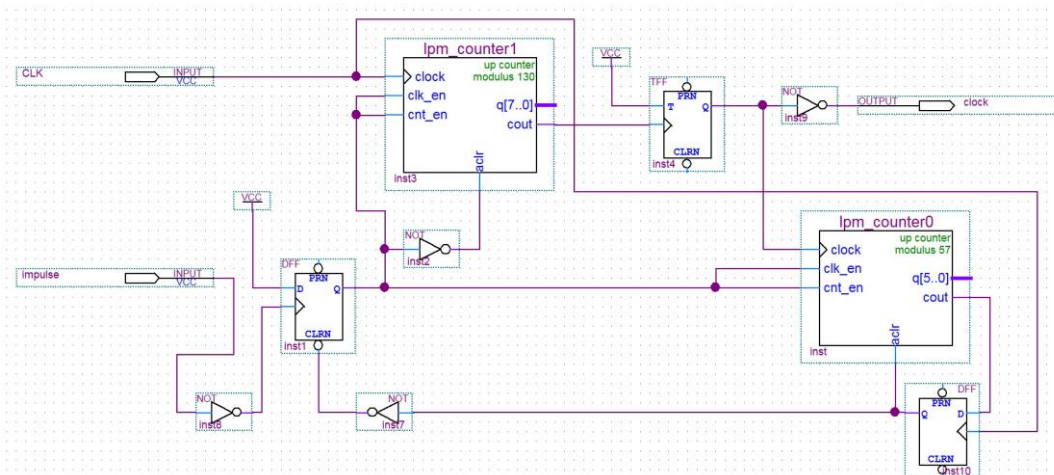


Рис.21. Схема формирователя последовательности импульсов *clock* частотой $f_{RS232}=38400\text{Гц}$;

Временная диаграмма работы формирователя представлена на рис.22.

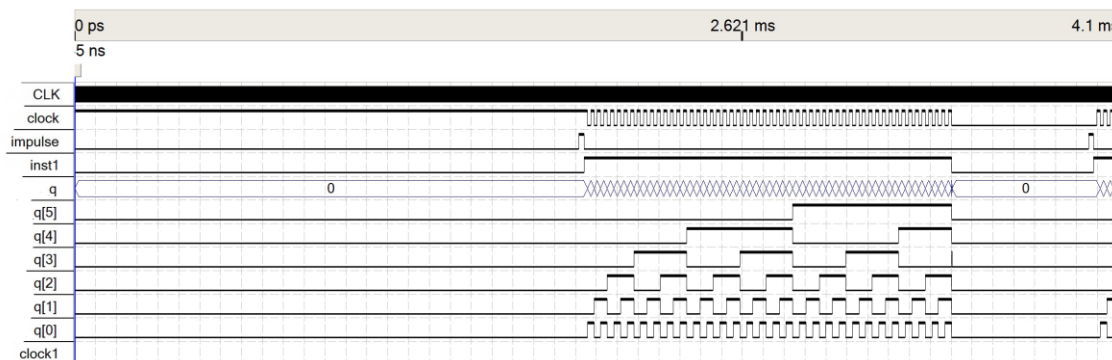


Рис.22. Временная диаграмма работы формирователя.

Как видно из рисунка после подачи импульса *impulse* схема генерирует 56 импульсов на выходе *clock* и автоматически отключается. Для наглядности на временной диаграмме представлены выходы *q* счетчика LPM_COUNTER0. и выход *inst1 D* триггера разрешающий работу всей схемы.

Полностью работа схемы представлена на временной диаграмме рис.23.

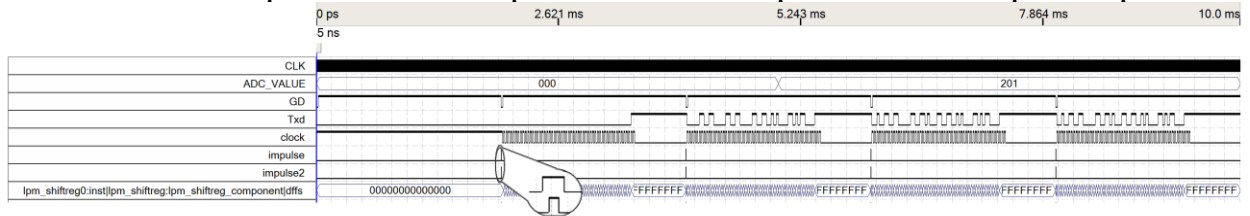


Рис. 23. Временная диаграмма работы канала преобразования данных с фотодиода.

На временной диаграмме можно видеть импульсы готовности данных АЦП *ГД* после которых, на выходе *TxD* формируется последовательность, представляющая собой заданный выходной сигнал.

Рассмотрим построение схемы канала управления ИД. Необходимость применения переменной ирисовой диафрагмы вызвана тем, что с увеличением расстояния до ракеты при ее полете к цели на расстояние l_{\max} уменьшается освещенность создаваемая ракетой на фотодиоде. Поэтому необходимо компенсировать уменьшение освещенности изменением размера диафрагмы и следовательно площади объектива A_{ob} . Максимальная апертура объектива должна соответствовать максимальному расстоянию до ракеты. Размер максимальной апертуры (полностью открытая ИД) ограничен техническим заданием п.1. Минимальный размер ИД рассчитывается по формуле 1 при известном токе фотоприемника $i_{fp \min}$ на максимальном расстоянии.

$$i_{fp \min} = S_E \cdot \frac{A_{ob}}{A_{fp}} \cdot \tau \cdot I_P \cdot \frac{\cos(\beta)}{l_{\max}^2} \quad (2)$$

$$A_{ob \min} = \frac{i_{fp \min} \cdot A_{fp} \cdot l_{\min}^2}{S_E \cdot \tau \cdot I_P \cdot \cos(\beta)} \quad (3)$$

Подставляя вместо l_{\min} произвольное расстояние l можно рассчитать требуемые диаметры отверстия ИД на любом расстоянии до ракеты. Зная минимальный и максимальный размера ИД, выбираем ИД из каталога приведенного в /11/ и производим ее расчет с целью определения зависимости угла поворота коронки $\beta_K(A_{ob})$ от диаметра отверстия диафрагмы (от площади ИД).

Расчет редуктора и выбор момента на валу шагового двигателя в курсовой проект не входят, но в курсовом проекте потребуется выбрать нормальный модуль m_H редуктора по ГОСТ 9563-60. Исходными данными для выбора модуля редуктора являются:

- тип мотора нам задан (п.10.) для примера возьмем ДШР40-1,8-00 с шагом двигателя 1,8° (200 позиций/оборот) , другие параметры приведены в таблице:

Тип	Момент статич. кгс*см	Частота, f				Габариты, мм			Масса, кг
		Мах стартовая		Мах отработки		x	y	L	
		шаг	об/мин	шаг	об/мин				
унипол.	0,7	1000	300	2000	600	40	40	31,5	0,2

- зависимость угла поворота коронки $\beta_K(A_{ob})$.

При расчете необходимо рассчитать максимальную скорость вращения коронки при полете от минимального расстояния к максимальному с постоянной скоростью. Нам в данном случае задано время полета t_{MM} . Максимальная стартовая скорость вращения мотора составляет 1000 шагов в секунду (5 оборотов в секунду) так как время полеты ракеты незначительно можно считать, что двигатель работает в стартовом режиме. Эту скорость необходимо сравнить с требуемой максимальной скоростью поворота коронки. Считая полет ракеты равномерным, определим скорость:

$$V_P = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{t_{MM}} \quad (4)$$

Подставим скорость в формулу 2 получим:

$$A_{ob}(t) = \frac{i_{fp \min} \cdot A_{fp} \cdot V_P^2}{S_E \cdot \tau \cdot I_P \cdot \cos(\beta)} \cdot t^2 \quad (5)$$

Эта зависимость представляет собой изменение площади ирисовой диафрагмы от времени. Подставим площадь ирисовой диафрагмы в формулу для $\beta_K(A_{ob})$ и продифференцируем полученный результат по времени и

получим угловую скорость коронки $\frac{d\beta_K}{dt}$ (рад). Сравнивая максимальные

скорости вращения двигателя и коронки, найдем нормальный модуль редуктора m_H и округлим его по ГОСТ 9563-60. Округлять необходимо в меньшую сторону. Как видно, зависимость угловой скорости коронки от времени носит нелинейный характер, поэтому в каждый момент времени, частота шагов должна различаться. Определив нормальный модуль редуктора можно переходить к расчету частоты шагов от времени. Для этого все время полета разделим на участки. Число участков должно быть, по возможности, большим. По результатам расчета составим таблицу.

Время от старта t ,		Расстоя- ние	Угловая скорость коронки	Угловая скорость двигате- ля	Число шагов в секунду.	Модуль счета
секунды	импульсы					

	генератора Г	l , м	$\frac{d\beta_K}{dt}$, рад	$m_N \frac{d\beta_K}{dt}$, рад	f	$M = \frac{f_r}{f}$
--	-----------------	------------	--------------------------------	------------------------------------	-----	---------------------

Эта таблица будет служить основой для проектирования цифровой части схемы. Как и в предыдущем примере, нам необходимо задаться конкретными параметрами ОЭК чтобы рассчитать работу двигателя.

$l_{\min} = 50$ м, $l_{\max} = 500$ м, $V_P = 150$ м/с, $\tau = 0,8$, $I_P = 30000$ Кд, Для ФД7К $S_E = 0,47$ мкА/лк, $\beta = 0$, $D_{\max} = 100$ мм, $D_{fp} = 10$ мм.

Расчет будем производить по формулам 2-5. Определим площади объектива и фотоприемника.

$$A_{ob} = \frac{\pi D_{\max}^2}{4} = 0,0078 \text{ м}^2 \quad A_{fp} = \frac{\pi D_{fp}^2}{4} = 0,000078 \text{ м}^2$$

Определим минимальный ток фотоприемника

$$i_{fp \min} = S_E \cdot \frac{A_{ob}}{A_{fp}} \cdot \tau \cdot I_P \cdot \frac{\cos(\beta)}{l_{\max}^2} = 0,47 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,0078}{0,000078} \cdot 0,8 \cdot 30000 \cdot \frac{1}{500^2} = 4,5$$

мкА.

Минимальную площадь апертуры объектива

$$A_{ob \min} = \frac{i_{fp \min} \cdot A_{fp} \cdot l_{\min}^2}{S_E \cdot \tau \cdot I_P \cdot \cos(\beta)} = \frac{4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,000078 \cdot 50^2}{0,47 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 \cdot 30000 \cdot 1} = 7,7 \cdot 10^{-5}$$

Минимальный диаметр ирисовой диафрагмы:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{ob}}{\pi}} = 10 \text{ мм.}$$

По методике приведенной в /11/ выберем диафрагму №25 со следующими параметрами:

Внутренний радиус лепестка $r_{вн}$, мм.	50
Угол между штифтами лепестка γ , градус	132
Минимальный световой радиус диафрагмы ρ_{\min} , мм	4
Толщина лепестка B , мм	14
Число лепестков	18

Подставив исходные данные в формулу (5) получим зависимость площади объектива от времени.

$$A_{ob}(t) = \frac{i_{fp \min} \cdot A_{fp} \cdot V_P^2}{S_E \cdot \tau \cdot I_P \cdot \cos(\beta)} \cdot t^2 = \frac{4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,000078 \cdot 150^2}{0,47 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 \cdot 30000 \cdot 1} t^2 = 7 \cdot 10^{-4} t^2 \text{ м}^2,$$

Выразим его через световой радиус ирисовой диафрагмы

$$\rho(t) = \sqrt{\frac{A_{ob}}{\pi}} = 0,015t$$

Формулы для расчета β возьмем из /11/

$$r = \frac{1}{3} \left[r_{\text{en}} + \sqrt{7r_{\text{en}}^2 - 3\rho_{\text{min}} (2r_{\text{en}} - \rho_{\text{min}})} \right] = 59,28_{\text{мм}}$$

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} + 2 \arcsin \frac{r_{\text{en}} - \rho}{2r} = 66 + 2 \arcsin \frac{0,050 - 0,015t}{2 \cdot 0,05928}$$

$$k = \frac{r}{r + r_{\text{en}}} = 0,54$$

$$\beta = \arctg \left(\frac{\cos \alpha - k \operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \gamma \cos \alpha + k} \right)$$

$$\beta(t) = \arctg \left(\frac{\cos \left(66 + 2 \arcsin \frac{0,050 - 0,015t}{0,11856} \right) - 0,54 \cdot \operatorname{tg} 132}{\operatorname{tg} 132 \cdot \cos \left(66 + 2 \arcsin \frac{0,050 - 0,015t}{0,11856} \right) + 0,54} \right)$$

Найдем производную по времени и определим максимальную угловую скорость коронки Рис.24

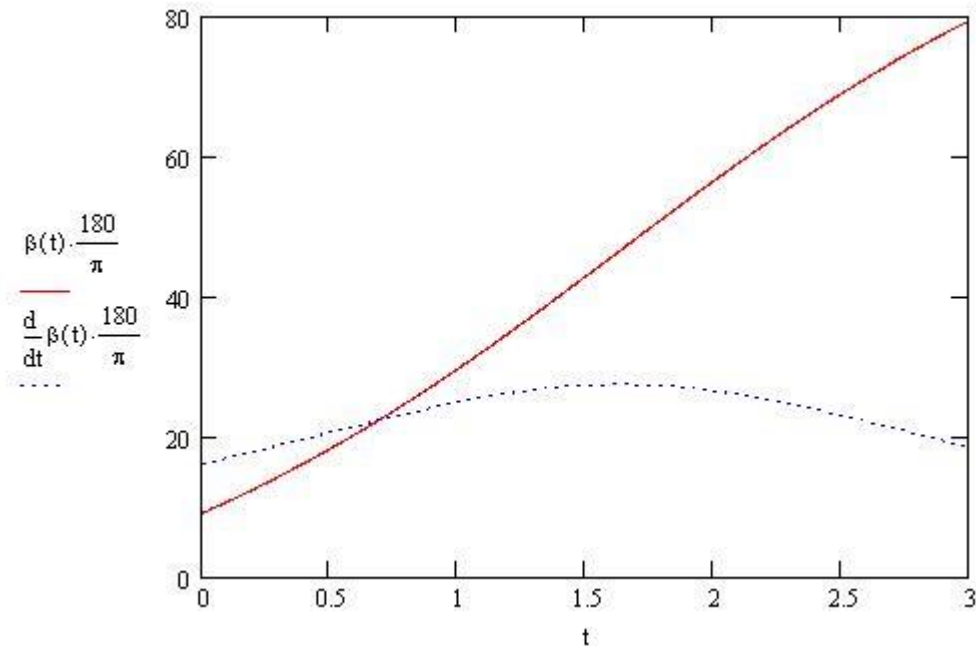


Рис.24 Результаты моделирования

Максимальная угловая скорость коронки составляет $27,44^\circ/\text{с}$ максимальная угловая скорость двигателя $1800^\circ/\text{с}$. Таким образом, номинальный модуль редуктора должен составить $1800/27.44 = 65.59$ возьмем двухзвенный редуктор $m_H = 66 = 12 * 5.5$. В начальный момент времени на $0,33\text{с}$ полета соответствующей расстоянию до ракеты 50м диафрагма находится в исходном положении.

Время от старта t ,		Расстояние l , м	Средняя угловая скорость коронки $\left\langle \frac{d\beta_K}{dt} \right\rangle$	Угловая скорость двигателя $m_N \frac{d\beta_K}{dt}$	Число шагов в секунду. f	Модуль счета $M = \frac{f_r}{f}$
секунды	импульсы генератор а Г					
0,33 до 0,5	5000000	50-75	19,818	1307,998	726	13774
до 1	10000000	75-150	22,82	1506,12	837	11951
до 1,5	15000000	150-225	26,335	1738,11	965	10356
до 2	20000000	225-300	27,214	1796,124	998	10021
до 2,5	25000000	300-375	24,95	1646,7	915	10931
до 3	30000000	375-450	20,79	1372,14	762	13118
после 3	30000000	450-500	17,196	1134,936	631	15860

Для реализации канала управления мотором применим схему из 3 элементов TIMER_STEP, TIMER_CLK, STEPUNI, представленную на рис25.

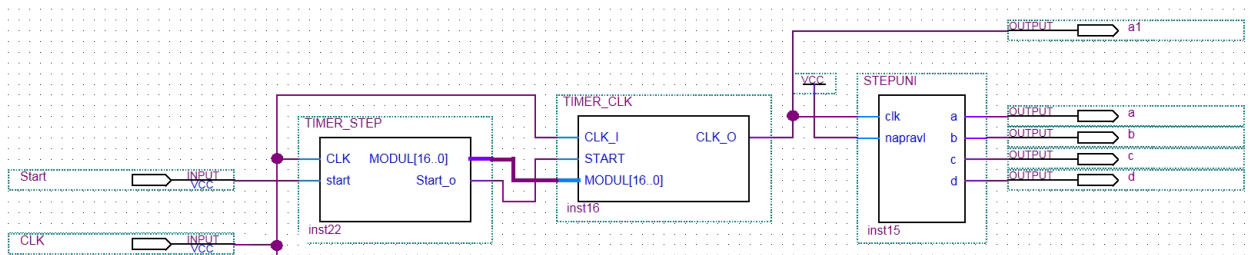


Рис.25 реализация канала управления М в ПЛИС

Модуль TIMER_STEP формирует во времени требуемый модуль счета и сигнал START_o предназначенный для задержки старта мотора на 0,33с

```

SUBDESIGN TIMER_STEP
(CLK: INPUT;
 start: input;
  MODUL[16..0]: OUTPUT; %Требуемая длительность шага модуль счета%
  Start_o: output; %Разрешение работы двигателя через 0,33с задержки%
)
VARIABLE
  TIME[25..0]: DFF; %Объявляем счетчик для подсчета времени от старта%
BEGIN
  time[].clk=CLK;
  time[].CLRN=!START;
  time[].d=time[].q+1;

  %До 0,33 секунды работы запрещаем счет двигателя%

  IF time[].q < 3300000 THEN
    Start_o=Vcc;
  ELSE
    Start_o=GND;
  END IF;

  % Определяем длительность шагов
  % путем задания модуля счетчика
  % для каждого интервала времени %

  IF time[].q < 5000000 THEN
    MODUL[]=13774;
  ELSIF (time[].q < 10000000) THEN
    MODUL[]=11951;
  ELSIF (time[].q < 15000000) THEN
    MODUL[]=10356;
  ELSIF (time[].q < 20000000) THEN
    MODUL[]=10021;
  ELSIF (time[].q < 25000000) THEN
    MODUL[]=10931;
  ELSIF (time[].q < 30000000) THEN
    MODUL[]=13118;
  ELSE
    MODUL[]=15860;
  END IF;

END;

```

Рис.26. Счетчик переключающий частоту шагового двигателя.

Вышеуказанные функции реализуются с помощью операторов IF. Модуль TIMER_CLK реализует счетчик с переменным модулем и при переполнении выработывает импульс, соответствующий одному шагу двигателя.

```

SUBDESIGN TIMER_CLK
(CLK_I, START: INPUT;
 CLK_O: OUTPUT; %Тактовая частота для управления двигателями%
 MODUL[16..0]: INPUT; %Модуль счета счетчика%
)
VARIABLE
  TIMER[16..0]: DFF;
BEGIN
  TIMER[].clk=CLK_I;
  timer[].CLRN=!START;
  IF timer[] == MODUL[] THEN
    TIMER[] = 0;
    CLK_O = Vcc;
  ELSE
    TIMER[].d=TIMER[].q+1;
    CLK_O=GND;
  END IF;
END;

```

Рис. 27 Счетчик с переменным модулем счета

Модуль STEPUNI реализует цифровой автомат для управления шаговыми двигателями вход NAPRAVL определяет направление вращения. Модуль реализует полношаговый режим работы двигателя.

```

SUBDESIGN STEPUNI %Модуль реализующий управление ключами abcd ШД%
(clk: INPUT;
 napravl: INPUT; %Направление вращения двигателя%
 a,b,c,d: OUTPUT; %4 вывода соответствующие 4 транзисторам
 управляющим обмотками (1- транзистор открыт)%
)
VARIABLE
SV: MACHINE WITH STATES (S0,S1,S2,S3); %Объявляем автомат
 с 4 состояниями%
BEGIN
  SV.CLK = CLK;
  TABLE
  % Текущее | состояние | состояние | следующее
  состояние | входов | выходов | состояние %
  SV,
  S0, 1 => 1,0,0,0, S1;
  S1, 1 => 0,0,1,0, S2;
  S2, 1 => 0,1,0,0, S3;
  S3, 1 => 0,0,0,1, S0;
  S0, 0 => 1,0,0,0, S3;
  S1, 0 => 0,0,1,0, S0;
  S2, 0 => 0,1,0,0, S1;
  S3, 0 => 0,0,0,1, S2;
  END TABLE;
END;

%Один импульс частоты CLK соответствует одному шагу%

```

Рис. 28 Цифровой автомат, реализующий управление шаговым двигателем

Для нормальной работы шагового двигателя необходим драйвер - устройство согласования выходных логических уровней ПЛИС с напряжениями и токами, подаваемыми на обмотку двигателя. В качестве согласующих устройств используются или специальные микросхемы или схемы на полевых или биполярных транзисторах. В униполярных двигателях, а выбранный нами для примера двигатель именно такой, обмотки имеют отвод от середины или имеются две отдельные обмотки для каждой фазы. В этом случае требуются только два транзистора А и В для каждой обмотки (рис. 29).

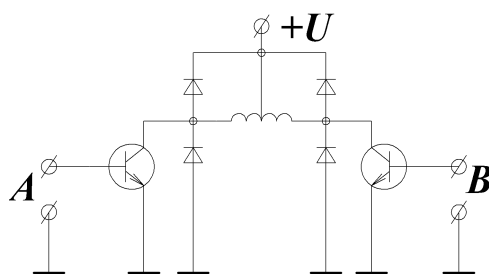


Рис. 29 . Питание обмотки АВ униполярного двигателя.

Выбор транзисторов осуществляется по максимальному току коллектора и коэффициенту передачи, возможно также применение схемы составного транзистора.

ОЭК с частотной модуляцией

В координаторах данного типа составляющие угла рассогласования в двух плоскостях определяются частотой модуляции потока излучения; модулирующий растр нанесен на стеклянный диск в виде двух concentric поясов с рядом полос, прозрачных и не прозрачных для инфракрасных лучей (рис. б) в каждом поясе одинакова ширина этих полос, а число их в поясах различно. Точку пересечения линии раздела поясов с одной из осей, например с осью z, совмещают с оптической осью (осью координатора).

При вращении диска и смещении изображения объекта вдоль оси поток, излучаемый объектом, модулируется с той или иной частотой в зависимости от того, на каком из двух поясов находится изображение объекта. Такую же частоту будет иметь пульсации тока в цепи ПИ, расположенного за модулирующим диском.

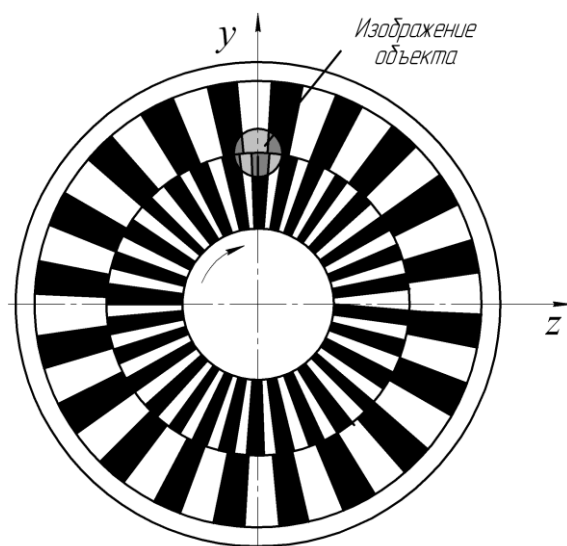


Рис.30. Модулирующий диск для частотной модуляции.

Схема координатора с частотной модуляцией изображения на рис.31, а. Объектив фокусирует излучение объекта на диск расположенный в фокальной плоскости и приводимый во вращение двигателем. Модулированное излучение собирается конденсором на ПИ. На выходе усилителя фототока имеется два фильтра, настроенные на соответствующие частоты модуляции потока. При смещении изображения объекта вверх или вниз от оси координатора на выходе того или иного фильтра появляется напряжение.

Координатор фиксирует наличие угла рассогласования только в одной плоскости, так как он реагирует на смещение изображения объекта только вдоль одной из координатных осей (оси z на рис 31. а).. Для того чтобы координатор реагировал на изменение составляющих угла рассогласования в двух плоскостях, необходимо при одном модулирующем диске иметь две оптические системы и два ПИ (рис.31 б)

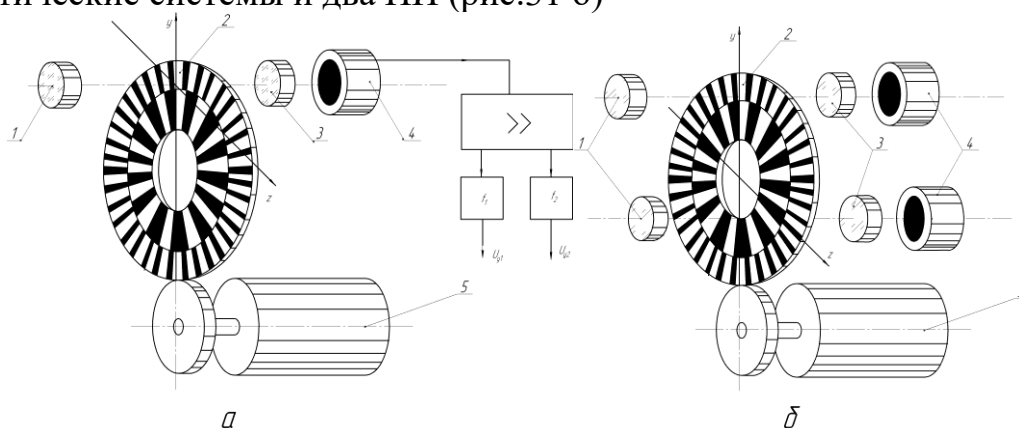


Рис. 31. Одноканальный (а) и двухканальный (б) ОЭК с частотной модуляцией.

ОЭК с фазовой модуляцией

Рассмотрим координатор с фазоимпульсной модуляцией, обеспечиваемой секторным растром (рис. 32)[1]. В плоскости растра установлена диафрагма поля зрения с трапецеидальным вырезом, охватывающим два сектора (рис. 32, а). Излучение объекта, сфокусированное объективом в плоскости диафрагмы и растра, модулируется и собирается конденсатором на чувствительную площадку приемника. Оптико-электронная система, состоящая из лампы накаливания, объектива, конденсатора и вспомогательного ПИ (рис. 32,б), служит для формирования опорных импульсов. Положение изображения объекта в фокальной плоскости определяются сравнением фаз опорных импульсов в цепи вспомогательного приемника.

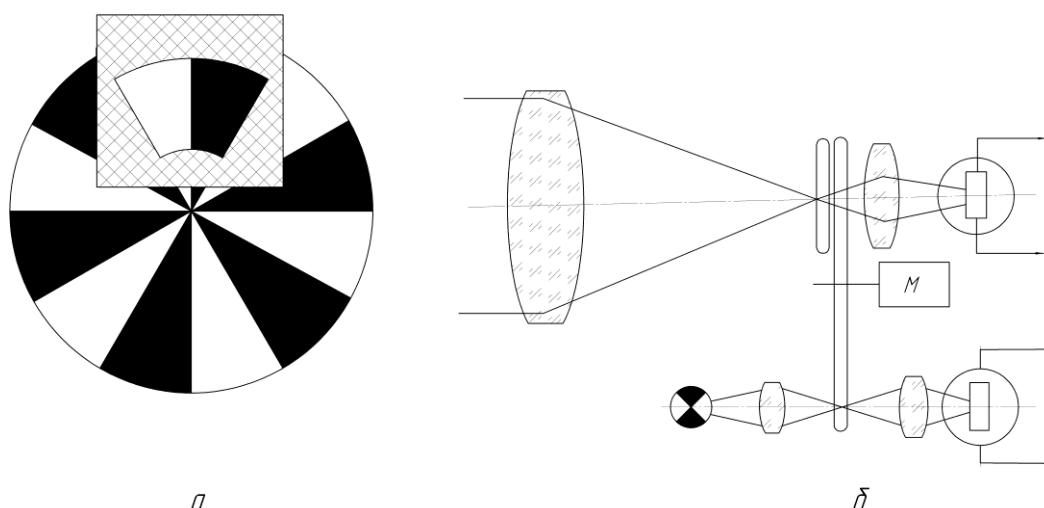


Рис. 32. Схема координатора с фазоимпульсной модуляцией, обеспечиваемой секторным растром:

Параметры координатора: частота развертки – 10 Гц, угол зрения оптической системы - $\pm 2,5^\circ$, дальность действия – не более 3 км, масса – 3 кг.

Оптико-электронные координаторы без модуляции потока излучения

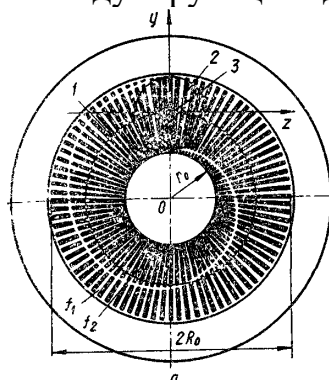
Данные координаторы можно разделить на две группы координаторы с приемником излучения типа многоплощадочный или разрезной фотодиод и координаторы с матричным приемником излучения. В рамках курсового проектирования мы рассмотрим только первую группу. Разрезной фотодиод представляет собой полупроводниковый приемник излучения с несколькими разделенными чувствительными поверхностями. В настоящее время наибольшее распространение получили двухплощадочные, четырехплощадочные, восьмиплощадочные фотодиоды, а также матричные и линейные приемники излучения.

Задания на проектирование

Вариант 1

Разработка оптико - электронного координатора с частотной модуляцией

1. Тип модулирующего диска



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
50	75	100	30	60

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
l_{\max}	30	100	50	25	70
l_{\min}	200	500	300	500	300

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
6	7	10	2	5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
ФД17К	ФД18К	ФД23К	ФД24К	ФД256

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
Пиротех. трассер, 50000Кд	Лампа СМ28-1,5	Пиротех трассер 30000Кд	Лампа КГМН24 -150-1	Пиротех. трассер, 20000Кд

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
$2y, \text{ м}$	10		5		7
$2\omega_{\min}, ^\circ$		0,2		0,5	
$2\omega_{\max}, ^\circ$		5		20	

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
$\omega_R, \text{ рад}$	$2\pi 10$	$2\pi 20$	$2\pi 30$	$2\pi 40$	$2\pi 50$
N_{R1}	50	20	30	40	50
N_{R2}	100	50	90	100	150

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для регулирования размера ИД

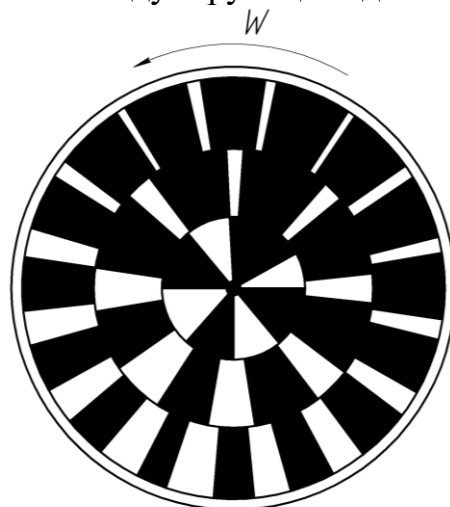
Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 2

Разработка оптико-электронного координатора с частотно фазовой модуляцией

1. Тип модулирующего диска



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
50	75	100	30	60

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
l_{\max}	40	80	60	30	50
l_{\min}	400	300	400	500	300

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
3	5	5	3	9,5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
ФД17К	ФД18К	ФД23К	ФД334К	ФД256

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
Пиротех. трассер, 50000Кд	Лампа КГМ12-100-7	Пиротех трассер 30000Кд	АЧТ Температурой 3000К, Ø0,05м	Пиротех. трассер, 20000Кд

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
$2y$, м	8		4		6
$2\omega_{\min}$, °		0,3		0,6	
$2\omega_{\max}$, °		5		20	

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R . Всего 5 колец.

	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
ω_R , рад	$2\pi 25$	$2\pi 20$	$2\pi 15$	$2\pi 10$	$2\pi 5$
N_{R1}	4	5	6	7	8
N_{R2}	8	10	12	14	16
N_{R3}	16	20	24	28	32
N_{R4}	32	40	48	56	64
N_{R5}	64	80	96	112	128

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для регулирования размера ИД

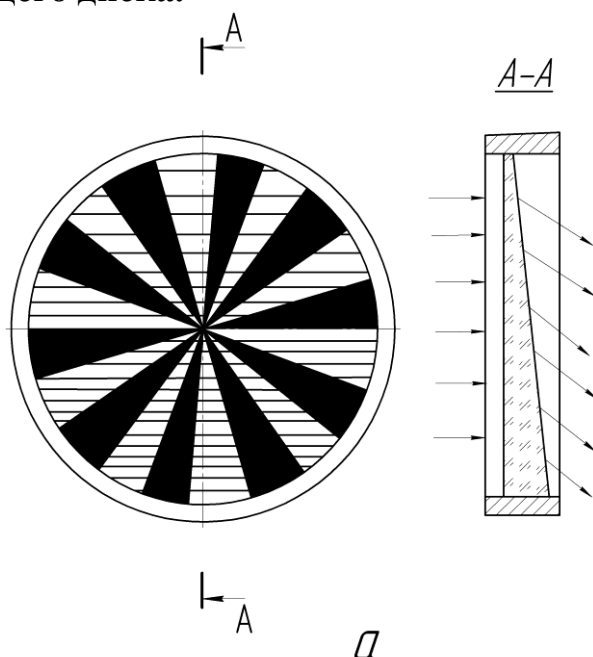
Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4	Вариант 2.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 3

Разработка оптико-электронного координатора с амплитудно-фазовой модуляцией.

1. Тип модулирующего диска.



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
50	75	100	30	60

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
l_{\max}	40	80	60	30	50
l_{\min}	200	400	350	400	250

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
3	6	8	3	9,5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
ФД-К-155	ФД334	ФД20-31К	ФД349	ФД252

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
Пиротех.	АЧТ	Пиротех	АЧТ	Пиротех.

трассер, 50000Кд	Температурой 4000К, Ø0,05м	трассер 30000Кд	Температурой 2000К, Ø0,5м	трассер, 20000Кд
---------------------	----------------------------------	--------------------	------------------------------	---------------------

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
$2y$, м	8		4		6
$2\omega_{\min}$, °		0,3		0,6	
$2\omega_{\max}$, °		5		20	

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
ω_R , рад	$2\pi 25$	$2\pi 20$	$2\pi 15$	$2\pi 10$	$2\pi 5$
N_R	64	80	96	112	128

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для регулирования размера ИД

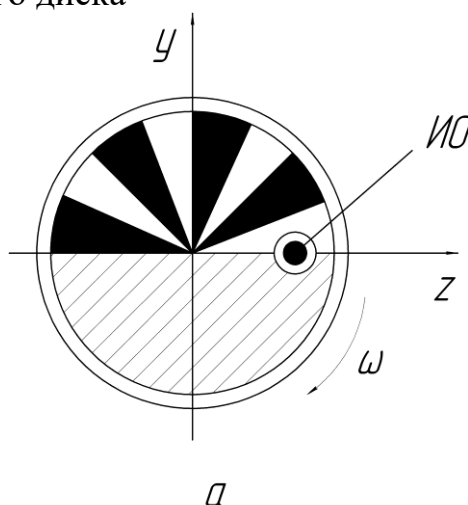
Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4	Вариант 3.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 4.

Разработка оптико-электронного координатора с амплитудно-фазовой модуляцией.

1. Тип модулирующего диска



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
50	75	100	30	60

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
l_{\max}	30	80	60	30	50
l_{\min}	200	300	400	300	200

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
5	6	10	4	9,5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
ФД-К-155	ФД349	ФД20-31К	ФД24К	ФД252

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
Пиротех. трассер, 50000Кд	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	Пиротех трассер 30000Кд	Лампа КГМН24 -150-1	Пиротех. трассер, 20000Кд

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
$2y$, м	8		4		6
$2\omega_{\min}$, °		0,3		0,6	
$2\omega_{\max}$, °		5		20	

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
ω_R , рад	$2\pi 25$	$2\pi 20$	$2\pi 15$	$2\pi 10$	$2\pi 5$
N_R	32	40	48	56	64

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для регулирования размера ИД

Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4	Вариант 4.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

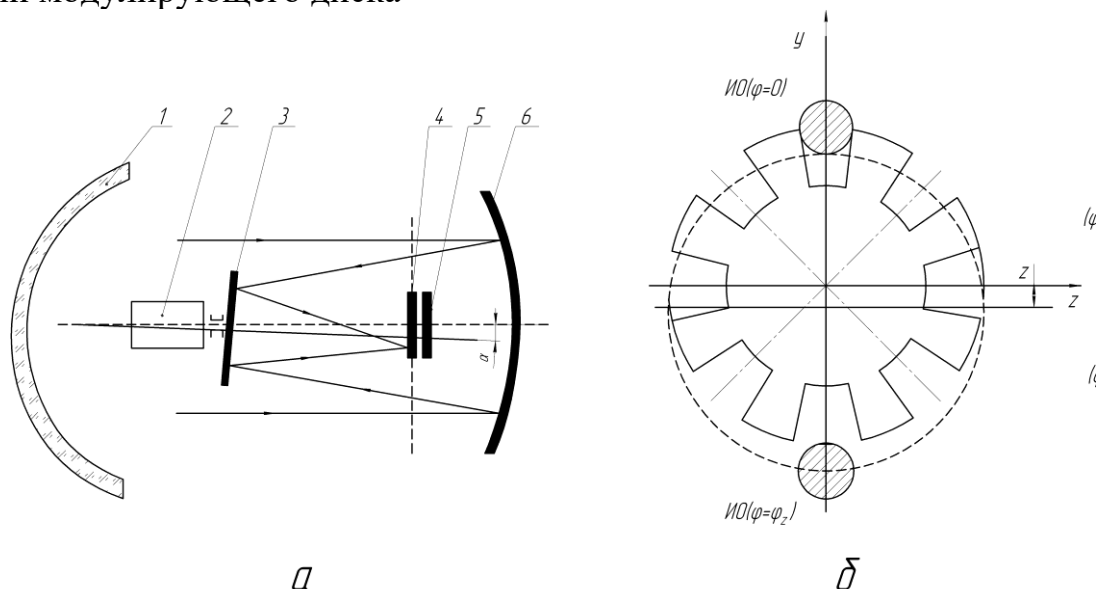
14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).

Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 5

Разработка оптико-электронного координатора нутационного типа со схемой автоматической регулировки усиления.

1. Тип модулирующего диска



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
100	125	100	90	110

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
l_{\max}	0	0	0	0	0
l_{\min}	200	150	200	60	150

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
2	3	4	2	5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
ФД-К-155	ФУР124	ФУР124	ФД334	ФД17К

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
Пиротех. трассер, 50000Кд	АЧТ Температурой 2500К, Ø0,7м	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	Пиротех. трассер, 20000Кд

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
$2y$, м					
$2\omega_{\min}$, °	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
$2\omega_{\max}$, °	10	5	15	20	20

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
ω_R , рад	$2\pi 40$	$2\pi 50$	$2\pi 35$	$2\pi 25$	$2\pi 15$
N_R	32	40	48	56	64

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_T МГц.

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для вращения зеркала

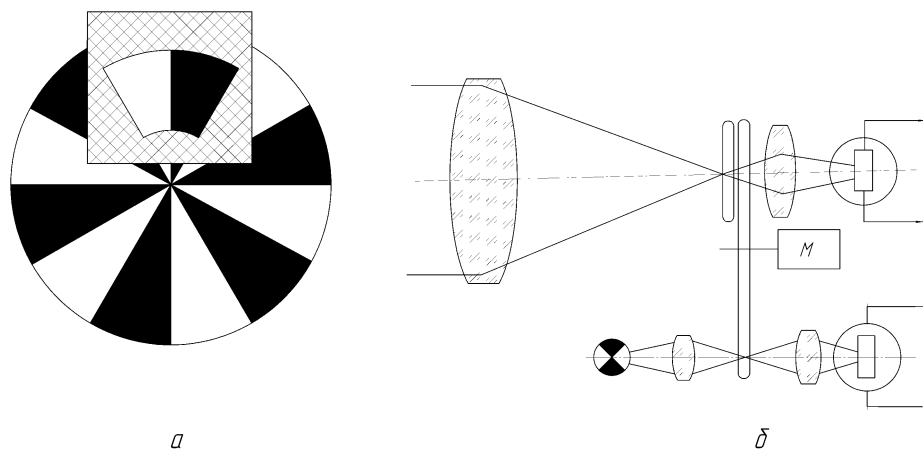
Вариант 5.1	Вариант 5.2	Вариант 5.3	Вариант 5.4	Вариант 5.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).

Температурный диапазон $\pm 60^\circ$

Вариант 6

Разработка оптико-электронного координатора с фазоимпульсным анализатором



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
50	75	100	30	60

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
l_{\max}	30	80	60	30	50
l_{\min}	200	150	200	300	450

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
5	6	10	4	9,5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
ФД-К-155	ФД20КП	ФД20-31К	ФД24К	ФД252

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
Пиротех. трассер, 50000Кд	Лампа СМ28-1,5	Пиротех трассер 30000Кд	Лампа КГМН24 -150-1	Пиротех. трассер, 20000Кд

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
$2y$, м	8		4		6
$2\omega_{\min}$, °		0,3		0,6	
$2\omega_{\max}$, °		5		20	

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
ω_R , рад	$2\pi 25$	$2\pi 20$	$2\pi 15$	$2\pi 10$	$2\pi 5$
N_R	32	40	48	56	64

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для регулирования размера ИД

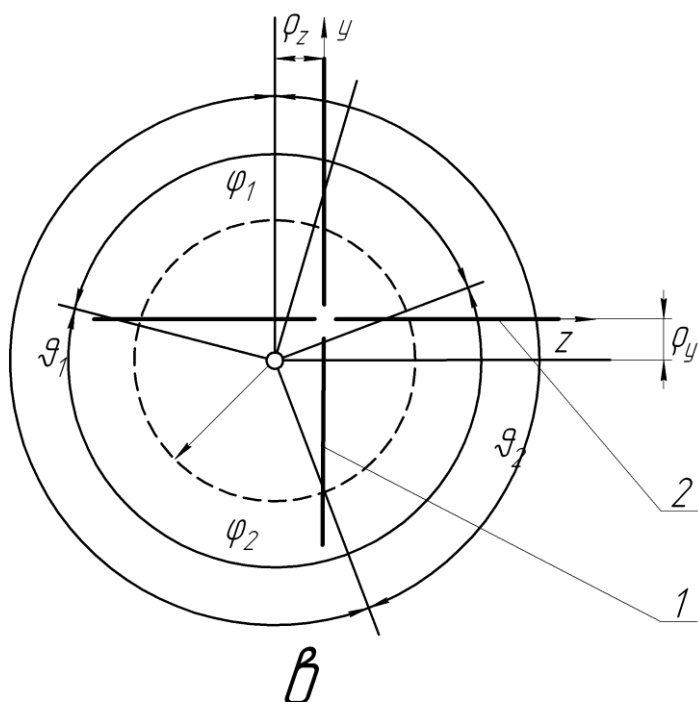
Вариант 6.1	Вариант 6.2	Вариант 6.3	Вариант 6.4	Вариант 6.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 7.

Разработка оптико-электронного координатора с широтно-импульсным анализатором нутационного типа

1. Тип - Анализатор с 4 прорезями и 4 площадочный фотоприемник



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
100	125	100	90	110

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
l_{\max}	0	0	0	0	0
l_{\min}	400	500	200	400	500

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
2	3	4	2	5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
ФУР136М	ФУР124	ФУР124-01	ФУР124-02	ФУР124-01

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 2500К, Ø0,7м	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 3500К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 3000К, Ø0,5м

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
$2y$, м					
$2\omega_{\min}$, °	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
$2\omega_{\max}$, °	10	5	15	20	20

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м^2).

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
ω_R , рад	$2\pi 30$	$2\pi 35$	$2\pi 40$	$2\pi 45$	$2\pi 25$
N_R	32	40	48	56	64

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Γ) f_Γ МГц.

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для вращения зеркала

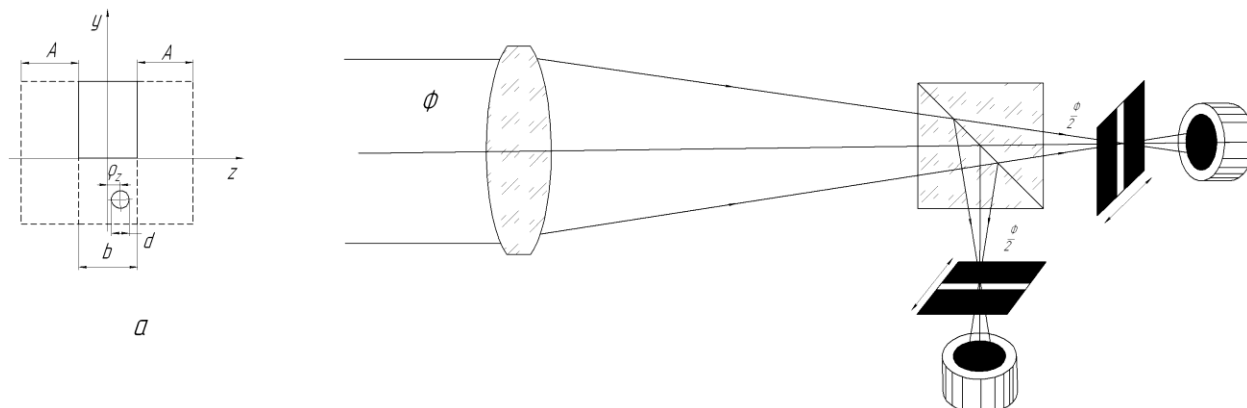
Вариант 7.1	Вариант 7.2	Вариант 7.3	Вариант 7.4	Вариант 7.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 8.

Разработка оптико-электронного координатора с вибрационным анализатором

1. Схема ОЭК



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
50	75	100	30	60

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
l_{\max}	30	80	60	30	50
l_{\min}	200	500	200	400	500

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
5	6	10	4	9,5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
ФД-К-155	ФД20КП	ФД20-31К	ФУР124	ФД252

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
Пиротех. трассер, 50000Кд	Лампа СМ28-1,5	Пиротех трассер 30000Кд	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,7м	Пиротех. трассер, 20000Кд

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
$2y$, м	8		4		6
$2\omega_{\min}$, °		0,3		0,6	
$2\omega_{\max}$, °		5		20	

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
ω_R , рад	$2\pi 25$	$2\pi 20$	$2\pi 15$	$2\pi 10$	$2\pi 5$
N_R	32	40	48	56	64

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для регулирования размера ИД

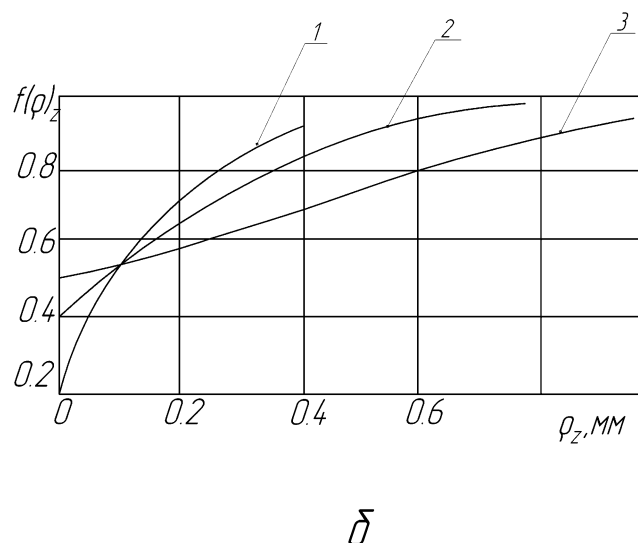
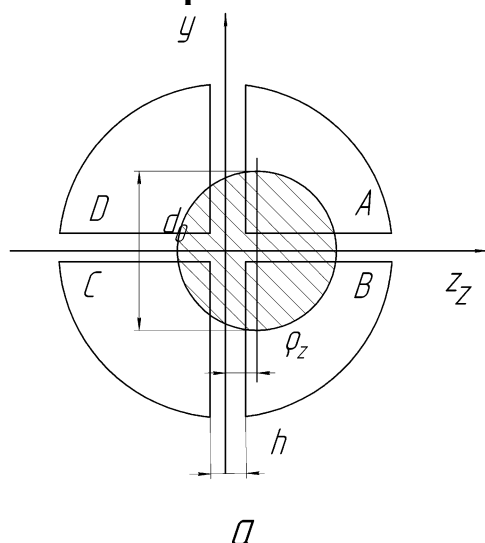
Вариант 8.1	Вариант 8.2	Вариант 8.3	Вариант 8.4	Вариант 8.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 9.

Разработка оптико-электронного координатора с квадрантным приемником излучения.

1. Схема приемника



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
100	125	100	90	110

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
l_{\max}	0	0	0	0	0
l_{\min}	1000	1500	2000	600	1500

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
2	3	4	2	5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
ФУР136М	ФУР124	ФУР124-01	ФУР124-02	ФУР124-01

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 2500К, Ø0,7м	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 3500К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 3000К, Ø0,5м

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
$2y$, м					
$2\omega_{\min}$, °	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
$2\omega_{\max}$, °	10	5	15	20	20

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

10. Частота тактового генератора (Г) f_T МГц.

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
10	15	20	25	30

11. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
12	24	12	5	12

12. Тип мотора М для вращения зеркала

Вариант 9.1	Вариант 9.2	Вариант 9.3	Вариант 9.4	Вариант 9.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

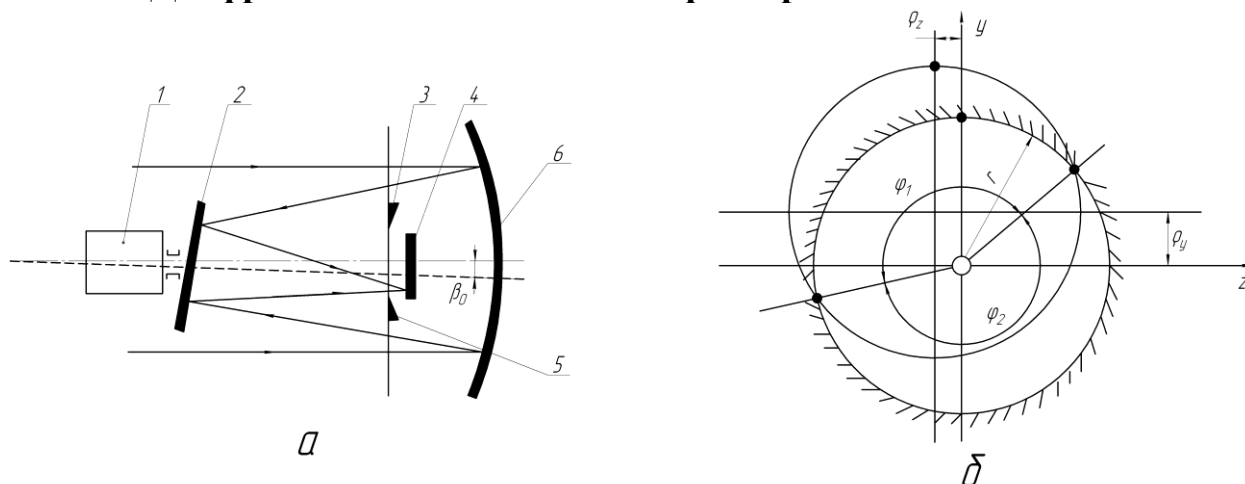
13. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).

Температурный диапазон $\pm 40^\circ$

Вариант 10.

Разработка оптико-электронного координатора с амплитудно-фазовым анализатором нугационного типа.

1. Тип – Диафрагма и одноэлементный фотоприемник



2. Максимальные габаритные размеры входного зрачка фотообъектива D_{\max} , мм.

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
100	125	100	90	110

3. Максимальное и минимальное расстояние до объекта l_{\max} , l_{\min} , м.

	Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
l_{\max}	0	0	0	0	0
l_{\min}	1000	1500	2000	600	1500

4. Время полета объекта от минимального расстояния к максимальному t_{MM} .

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
2	3	4	2	5

5. Тип фотоприёмного устройства.

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
ФД344-01	ФУР124	ФД349	ФД344	ФД344-02

6. Тип объекта характеризуемый яркостью (Кд/м^2) или Силой света (Кд)

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 2500К, Ø0,7м	АЧТ Температурой 2000К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 3500К, Ø0,5м	АЧТ Температурой 3000К, Ø0,5м

7. Угловые поля зрения объектива $2\omega_{\min}$, $2\omega_{\max}$ на максимальном и минимальном расстоянии соответственно или другие данные, например, размер поля управления $2y$.

	Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
$2y$, м					
$2\omega_{\min}$, °	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
$2\omega_{\max}$, °	10	5	15	20	20

8. Тип фона на котором наблюдается объект характеризуемый яркостью L_f (Кд/м²).

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
Дневное небо	Ночное небо	Облачное небо	Дневное небо	Ночное небо

9. Частота вращения раstra ω_R , Число секторов на растре N_R .

	Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
ω_R , рад	$2\pi 30$	$2\pi 35$	$2\pi 40$	$2\pi 45$	$2\pi 25$
N_R	32	40	48	56	64

10. Формат выходного сигнала ПЛИС.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4	Вариант 1.5
Код Манчестер 2	SPI в режиме slave	Интерфейс RS232	Параллельный стробируемый интерфейс	Код RZ

11. Частота тактового генератора (Г) f_G МГц.

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
10	15	20	25	30

12. Напряжение питания 5,12,24 В.

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
12	24	12	5	12

13. Тип мотора М для вращения зеркала

Вариант 10.1	Вариант 10.2	Вариант 10.3	Вариант 10.4	Вариант 10.5
ДШР40-3,6-0100	ДШР40-1,8-1005	ДШР40-1,8-1004	ДШР40-1,8-1001	ДШР40-1,8-1004

14. Другие данные (температурный диапазон работы, погодные условия).
Температурный диапазон $\pm 60^\circ$

Основная литература

1. Новиков Ю.В. Основы микропроцессорной техники : Курс лекций для вузов / Ю.В.Новиков, П.К.Скоробогатов; Интернет ун-т информ.технологий .— М., 2003 .— 432с. : ил. — (Основы информационных технологий) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-9556-0004-3 /в пер./ : 165.00. 28экз.
2. Токарев, В.Л. Аппаратные средства вычислительной техники : учеб.пособие для вузов / В.Л.Токарев .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2005 .— 470с. — (75-летию ТулГУ посвящается) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-7679-0762-5 /в пер./ : 230.00. 65 экз.
4. Нарышкин, А.К. Цифровые устройства и микропроцессоры : учеб.пособие для вузов / А.К.Нарышкин 2-е изд., стер..— М. : Академия, 2008 .— 319с.: ил. 7 экз.

Дополнительная литература

1. Корякин О.Г., Евстигнеев Е.Т. Микропроцессоры в системах стабилизации и управления: Учебн.пособие/ Корякин О.Г., Евстигнеев Е.Т. Тульский политехнический институт-Тула, 1992.83с.ил.-15экз.
2. Г.И.Волович. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005.-528с.-3экз.
3. Стешенко Б.В. ПЛИС фирмы ALTERA: проектирование устройств обработки сигнала.- М.: ДОДЕКА, 2000.-128С.2экз.
4. Бродин Б.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики/В.Б.Бродин, А.В.Калинин.-М.: ЭКОМ, 2002.-399с.: ил- (Современная микропроцессорная техника)- 3экз.

Приложение А

Таблица ASCII кодов

	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.A	.B	.C	.D	.E	.F
0	NU L	SO H	ST X	ET X	EO T	ENQ	AC K	BE L	BS	TA B	LF	VT	F F	C R	S O	SI
1	DLE	DC1	DC 2	DC3	DC4	NA K	SYN	ET B	CA N	EM	SU B	ES C	F S	GS	RS	US
2		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	—	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DE L

