Оглавление

Глава 1. Таймеры, их типы. Принципы работы аналогового таймера 3

1.1. Классификация и принципы построения таймеров 4

1.2. Особенности структур таймеров общего применения 7

1.2. Особенности применения и основные параметры однотактного таймера 9

1.4.Особенности применения и основные параметры программируемого таймера. 12

Глава 2. Проектирование схемы таймера 15

2.1. Расчет возможности перекрытия диапазона 1:60. 15

2.2 Разработка схемы допускающей применение времязадающего конденсатора меньшей емкости. 18

2.3 Схемотехническое повышение точности отработки временных интервалов. 20

Глава 3. Окончательный вариант разрабатываемой схемы 22

3.1. Блок- схема таймера. 22

3.2. Электрическая принципиальная схема устройства. 23

Литература. 26

**Формулировка задания.**

Разработать электрическую принципиальную схему таймера повышенной точности (погрешность – не более 0,1 секунды) на диапазон временных интервалов 1 – 60 сек. с плавной регулировкой временного интервала без использования прецизионных времязадающих элементов, обладающего возможностью калибровки шкалы с использованием внутреннего кварцованного генератора (калибратора). Предусмотреть возможность использования разрабатываемой конструкции в режиме генератора прямоугольных импульсов.

Предварительно изучить соответственную элементную базу и на основании проведенного анализа предложить оптимальный вариант конструкции устройства с использованием доступной элементной базы, выбрать комплектующие для построения разрабатываемой схемы. Произвести расчет параметров и элементов схемы.

## Глава 1. Таймеры, их типы. Принципы работы аналогового таймера

Таймеры – устройства, предназначенные для формирования заданного оператором (управляемые) либо изготовителем интервала времени. По своему исполнению подразделяются на механические, электромеханические и электронные. Среди последних отдельную группу составляют интегральные таймеры – функционально завершенные интегральные микросхемы средней и большой степени интеграции. Интегральные таймеры по способу функционирования разделяются на аналоговые и цифровые. Последние имеют на кристалле только чисто цифровые компоненты: логические вентили, триггеры и базирующиеся на их основе более сложные узлы таймера – счетчики, регистры, ячейки памяти, шифраторы и дешифраторы Первичным эталоном временного интервала тут является пьезокварцевый резонатор, за счет чего достигается высокая точность работы таймера. Примером такой микросхемы может служить КР1016ВИ1 – цифровой многопрограммный таймер [1]. Данная большая интегральная схема предназначена для производства бытовых программируемых часов (запас программ на неделю) но может быть использована и в составе различного технологического оборудования.

Другим примером цифрового интегрального таймера является большая интегральная схема КР580ВИ53. Она входит в состав микропроцессорного комплекта КР580 и предназначена для формирования различных временных задержек электрических импульсов и деления частот (режим работы – программируемый [2]).

Аналоговые интегральные таймеры по сравнению с цифровыми обладают менее сложной структурой (меньшее число дискретных компонентов на кристалле), проще управляются и более дешевы. Времязадающим элементом для них является RC – цепочка. Для обрабатывания стабильных временных интервалов элементы ее должны иметь минимальные значения температурных коэффициентов сопротивления и емкости. Что касается зависимости временных интервалов от величины напряжения питания, то благодаря оригинальному схемному решению (впервые использованному при создании микросхемы NE555 [3]) она значительно меньше, чем у одновибраторов, построенных на основе биполярных (например, микросхема К155АГ1 [4]) или МОП-транзисторов [5].

По функциональному составу внутренних узлов аналоговые таймеры не являются полностью аналоговыми. Они наряду с компараторами напряжения, которые относят к аналоговым ИС, содержат узлы, выполняющие цифровые функции: логиче­ские вентили, триггеры, счетчики и др. Компараторы в таймерах обеспечивают повышение чувствительности их цифровых компонентов от единиц вольт до долей милли­вольта к изменениям входных напряжений. Таким об­разом, основные функции в аналоговых таймерах выполняют циф­ровые узлы, точность же формирования интервала времени определяется в первую очередь компараторами напряжения.

### Классификация и принципы построения таймеров

Массовое применение таймеров в аппаратуре, раз­нообразие решаемых ими задач и, следовательно, мно­гообразие требований, предъявляемых к их параметрам в зависимости от типа аппаратуры и рода выпол­няемых функций, обусловило создание большого семей­ства полупроводниковых таймеров.

Все аналоговые таймеры делятся на два класса: однотактные и многотактные со встроенным счетчиком ( см. рис. 1.1, ст. 27) [6].

Однотактные таймеры применяются, если длитель­ность формируемых временных интервалов лежит в пределах от 1 мкс до 1 ч. Семейство таких таймеров можно разделить на две группы (рис. 1.2, ст. 27). К первой группе относятся таймеры общего применения, имеющие по одной, две и четыре ИС на одном кристалле. Вторую группу составляют специализированные тайме­ры: микромощные и помехоустойчивые ИС. Длитель­ность формируемого таймером (рис. 1.2,а) интервала времени определяется током заряда внешнего времязадающего конденсатора Сt а ток заряда — сопротивлением внешнего времязадающего резистора Rt. Фор­мируемый таймером временной интервал Тn пропор­ционален постоянной времени RC-цепи и определяется длительностью изменения напряжения на Ct в пределах некоторого диапазона, установленного внутрен­ним резисторным делителем таймера.

Однотактный таймер, представленный на рис. 1.2,а, работает следующим образом. В исходном состоянии, когда переключатель замкнут, напряжение на конден­саторе уменьшается до нуля и на выходе таймера уста­навливается низкое напряжение, равное 0,1 В. При подаче импульса на вход триггера в нем формируется сигнал, размыкающий переключатель S1, и на выходе таймера устанавливается высокое напряжение. Если входное сопротивление компаратора А1 значительно больше сопротивления Rt, конденсатор Сt будет заря­жаться только через Rt, а напряжение на Сt будет экспоненциально нарастать с постоянной времени RtCt, стремясь к своему максимальному значению Un. Как только напряжение на конденсаторе достигнет не­которой величины Uоп1, компаратор начнет вырабаты­вать сигнал, устанавливающий триггер (а следователь­но, и весь таймер) в исходное состояние Временной интервал Тn должен быть значительно больше, чем длительность запускающего импульса. Опорное напряжение Uon1 формируется в таймере внутренним резисторным делителем.

Описанный цикл работы таймера имеет место при включении его по схеме одновибратора, когда форми­руется один выходной импульс после подачи внешнего сигнала запуска на вход триггера. Для того чтобы таймер мог работать в режиме асинхронного мульти­вибратора, управляющий входной сигнал от времязадающей RC-цепи подается на RS-триггер через ком­паратор А2 с опорным напряжением Uon2.

Чтобы иметь возможность прервать выполнение тай­мером заданной функции, независимо от завершенности временного цикла, введен переключатель S2. При по­даче сброса S2 замыкается, конденсатор полностью разряжается и напряжение на нем остается близким к нулю до тех пор, пока сигнал сброса не будет снят. Обычно при подаче сигнала сброса на выходе таймера устанавливается низкое напряжение.

Многотактные таймеры разработаны для аппарату­ры, требующей использования генераторов сигналов сверхнизкой частоты с продолжительностью импульсов до нескольких суток. Семейство этих таймеров делится на две основные группы (рис. 1.1). К первой группе относятся программируемые таймеры, в которых формируемый временной интервал задается программно, установкой соответствующих перемычек на выходах счетчика. В зависимости от вида соединения выходов счетчика многотактный таймер умножает постоянную времени RC-цепи в n раз (n-определяет диапазон программирования или коэффициент деления счетчиков). Программируемые таймеры содер­жат таймеры общего применения, выполненные по би­полярной технологии, и микромощные. Ко второй груп­пе относятся специализированные таймеры со встроен­ными счетчиками, у которых однозначно задан коэф­фициент деления п.

Программируемые таймеры работают следующим образом (рис. 1.2, б). При подаче на вход запуска им­пульса включается внутренний мультивибратор на однотактном таймере, генерирующий импульсы длительностью Tn==RtCt. Подключенный к выходу таймера N-разрядный двоичный счетчик подсчитывает входные импульсы и формирует на N выходах счетчика времен­ные интервалы, длительность которых может устанав­ливаться от Тn до (2n-1)Тn. На первом выходе фор­мируется импульс длительностью Тn, на втором – длительностью 2Тn, а на N-ном длительностью (2n-1) Гц. Счетчик допускает объединение выходов, причем дли­тельность формируемого в этом случае временного ин­тервала определяется суммой длительностей импульсов на объединенных выходах. Например, объединены выходы, формирующие отдельно импульсы длитель­ностью Tn, 8Тn и 128Тn, тогда длительность формируе­мого временного интервала равна Tn+8Тn+128Тn= 137Тn. Таким образом, объединяя соответствующие выходы, можно получить любую длительность импуль­са или задержку его фронта в диапазоне Tn - (2n-1)Tn. Выполнение таким таймером предварительно заданной программы можно прервать, подав на специальный вход импульс сброса. Для синхронной работы внутреннего однотактного таймера и счетчика исполь­зуется управляющая цифровая ИС.

### 1.2. Особенности структур таймеров общего применения

В полупроводниковых таймерах наибольшее распро­странение получили структуры, использованные в однотактных таймерах NE 555, LM 322 и программируемом XR 2240. Структура таймера КР1006ВИ1, аналогичного NE 555, показана на рис. 1.3,а. Эти таймеры состоят из четырех функциональных узлов: двух компараторов напряжения на входе, RS-триггера и инвертирующего усилителя мощности на выходе [6]. Внутренний резисторный делитель задает пороговые напряжения, рав­ные 2Un/3 для компаратора А1 и Un/3 для компара­тора А2. Длительность генерируемых выходных импуль­сов устанавливается внешней времязадающей цепью RtCt. Аналогичен NE 555 по структуре и параметрам таймер XR 320, разработанный фирмой Ехаг. Этот таймер, в отличие от NE 555, может управляться не только спадом, но и фронтом импульса. Кроме того, XR 320 в дополнение к низкоомному выходу имеет инверсный выход с открытым коллектором. Существенным преи­муществом XR 320 является то, что времязадающий конденсатор Сt заряжается внутренним генератором постоянного тока, величину которого определяет внешний резистор Rt [6]. Благодаря этому напряжение на Сt увеличивается линейно, что важно для некоторых применений однотактных таймеров. Тем не менее, этот таймер используется сравнительно редко, не имеет такого схемотехнического обеспечения как NE 555 и обладает незначительными преимуществами по сравнению с последним. Наиболее удачной структурой таймера является использованная в LM322. Этот таймер, второй по массовости применения среди однотактных, существенно превосходит NE 555 по сочетанию пара­метров точности, быстродействия и потребления. LM322 часто относят к прецизионным, подразуме­вая под этим не столько его высокие точностные харак­теристики, сколько специфичность применения в аппа­ратуре. Таймер содержит источник опорного напряже­ния 3,15 В к которому подключается внешний время­задающий резистор. Применен только один компаратор быстродействие, которого можно увеличить, подключив дополнительный вывод N к источнику питания. За­пускается таймер положительным фронтом импульса. Таймер LM322 существенно отличается от NE355 конструкцией выходного каскада. Хотя использованное в схеме включение транзистора VT2 и делает более уни­версальным выход таймера, для большинства применений предпочтительнее мощный выходной каскад, как в NE355.

Наиболее распространенным в современной микроэлектронной аппаратуре среди многотактных программируемых таймеров является XR 2240, полная функ­циональная схема которого приведена на рис.1.4 [6] Таймер состоит из трех основных узлов, выделенных штрихпунктирными линиями: однотактного таймера подобного NE 555; 8-разрядного двоичного счетчика и управляющего триггера. Двоичный счетчик и управляющий триггер питаются от внутреннего источника стабилизированного напряжения 6,3 В. Внутренний резисторный делитель устанавливает на входах компараторов А1 и А2 поро­говые напряжения переключения, равные 3Un/4 и Un/4 соответственно. Выходами двоичного счетчика являют­ся открытые коллекторы транзисторов VT4-VT12. Триггер D10 управляет работой счетчика D2-D9 и триггера D1 в однотактном таймере, который в свою очередь управляет работой первого каскада D2 счетчи­ка.

### Особенности применения и основные параметры

### однотактного таймера

Для полного и правильного использования различ­ных возможностей таймера КР1006ВИ1 необходимо знать назначение его выводов, характеристики и тре­бования к выбору параметров времязадающих эле­ментов.

Назначение выводов таймера КР1006ВИ1 (рис. 1.3,а) незначительно отличается от рассмотренного ранее для обобщенной структуры на рис. 1.2,а. Напряжение питания Un, подаваемое на вывод 8 и измеряемое относительно вывода 1, равно 5-16,5 В. Приращение потребляемого таймером тока на 1 В из­менения напряжения питания равно 0,7 мА (рис. 1.5,а). Таймер способен отдать в нагрузку или принять из нее ток не более 200 мА, что позволяет управлять непосредственно лам­почками и даже электромагнитными реле. Выходное сопротивление около 10 Ом как для низкого, так и для высокого уровней выходного напряжения. Запуск таймера осуществляется подачей на вывод 2 напряжения менее Un/3 (эту цепь обычно называют триггерным входом). По отношению к выходу этот вход является инверти­рующим. Зависимость минимальной длительности Тn запускающего импульса от низкого уровня его напря­жения U показана на рис. 1.5,6. При высоком напряжении на выводе 2 состоянием выхода таймера можно управлять с помощью компаратора А1 по выводу 6, называемому обычно пороговым входом (рис. 1.3,а). Относительно изменений выходного напряжения этот вывод является неинвертирующим входом таймера. Входной ток, втекающий для компаратора А1 (вывод 6) и вытекающий для компаратора А2 (вывод 2), не превышает 0,5 мкА. Для сброса таймера, т. е. установ­ления на его выходе низкого напряжения, независимо от напряжения на выводах 2 и 6, используется вывод 4. Если напряжение на этом выводе меньше – равно 0,4 В, напря­жение на выходе равно 0,1-0,2 В. При напряжении большем 1 В цепь сброса выключена и не влияет на рабо­ту таймера. Кроме низкоомного выхода (вывод 3) таймер имеет и вспомогательный высокоомный выход (вы­вод 7), представляющий собой открытый коллектор тран­зистора VT1 (рис. 1.3,а), Этот вывод обычно использует­ся для организации обратной связи с выхода на входы (выводы 2 и 6) таймера. Допустимое изменение напряжения на выводах 2, 4, 6 и 7 лежит в пределах 0 - 16,5 В. В таймере имеется доступ через вывод 5 к входам внутренних компараторов, на которые поданы пороговые напряжения. Этот вывод от резисторного делителя позволяет дополнительно управлять работой таймера, изменяя пороговые напряжения компараторов при постоянном напряжении питания. Чтобы избежать влияния внешних помех и пульсаций напряжения питания на точность работы таймера рекомендуется шунтировать вывод 5 конденсатором емкостью около 0,01 мкФ.

В режиме прямой трансляции сигнала с входа на выход таймер может работать в диапазоне частоты до 10 МГц (рис. 1.5, д). Однако приводимое в справочных данных значение погрешности формирования временного интервала (табл. 1.1), равное 0,5%, измеряется обычно при формировании импульсов длительностью более 10 мкс. Время нарастания выходного напряжения таймера не превышает 100 нс [6].

Временные параметры этого однотактного таймера слабо зависят от изменений Uп и температуры (рис. 1.5,е) и полностью определяются схемотехникой внутренних компараторов и качеством биполярной технологии их изготовления. В таймерах, изготовленных, по КМОП-технологии (табл. П.1), отличающейся худшим согласованием параметров парных транзисторов. Зависимость характеристик от Un и температуры значительно выше, чем у таймеров, изготовленных по би­полярной технологии.

Особенности применения таймера КР1006ВИ1 связа­ны с не идеальностью его параметров и схемотехникой узлов. Чтобы параметры времязадающей цепи RtCt не влияли на точность формирования временных интерва­лов, необходимо ограничить диапазон изменения сопротивления Rt и емкости Сt. Максимальное значение этого сопротивления определяется входным током компараторов, протекающим по выводам 2 и 6. Для формирования устойчивых временных интервалов достаточно выбрать максимальное сопротивление Rt из условия что его максимальное значение должно быть меньшим отношения значений напряжения питания к входному току Расчеты дают его величину в 20 МОм при Un=10 В и Iвх=0,5 мкА. При включении таймера по схеме мультивибратора когда выводы 2 и 6 объединены, входные токи, втекающий по выводу 6 и вытекающий по выводу 2, частично взаимно компенсируются и таймер может сохранить работоспособность при несколько большем значении этого сопротивления. При включении таймера по схеме одновибратора для Rt=20МОм отдельные типы таймеров не будут вы­полнять требуемую функцию. Поэтому не рекомендуется использовать времязадающие резисторы с сопротивлением более 10 МОм.

Минимальное сопротивление Rt определяется мак­симально допустимым током, протекающим через внутренний транзистор VT1 таймера, при его насыщении. Хотя допустимый выходной ток по выводу 7 устанавливают обычно на уровне 100 мА, не рекомендуется использовать малые сопротивления Rt в сочетании с большими емкостями Сt. Объясняется это тем что при разряде конденсаторов Сt большой емкости транзистор VT1 не мгновенно переходит в режим насыщения, а через время ta. В течении этого времени транзистор работает в активном режиме и может выйти из строя из-за чрезмерной величины рассеиваемой на нем мощности. Поэтому при формировании малых временных интервалов реко­мендуется ограничиться значением времязадающего резистора в l кОм и выбрать исходя из этого емкость С. Если же таймер применяется в схеме, где C=100 пФ, то сопротивление Rt может быть уменьшено до 150 Ом, что для аппаратуры специального назначения должно подтверждаться соответствующими техническими условиями.

Минимальная емкость времязадающего конденсато­ра Ct должна быть значительно больше изменений собственной входной емкости таймера на выходах 2, 6 и 7, в зависимости от напряжения на них. Поскольку изменение входной емкости при перезаряде Ct не превышает нескольких пикофарад, не рекомендуется при формировании точных временных интервалов использовать Сt < 100 пФ. Можно применять конденсаторы Ct сколь угодно большой емкости, если их ток утечки пренебрежимо мал. Фактически же, чем больше емкость конденсатора, тем больше его ток утечки. Для нормальной работы таймера необходимо, чтобы ток утечки Ct не превышал зарядный ток через Rt. Для формирования точных (около l %) временных интерва­лов ток утечки через Ct должен быть более, чем на два порядка меньше зарядного тока.

Выходной инвертирующий усилитель таймера (рис. 1.3,а) работает в режиме АБ, вследствие чего на переходной характеристике возникает «полка» длительностью 10-20 нс при напряжении 1,5 В. Если таймер нагружен на быстродействующие ТТЛ-схемы (например, серий 130 или 533), то наличие такой «полки» недопустимо, так как она находится в их пороговой области и может вызвать ложное срабатывание логического элемента. Чтобы выровнять линию переходного процесса, необходимо выход таймера зашунтировать конденсатором емкостью около 100 пФ.

### 1.4.Особенности применения и основные параметры

### программируемого таймера.

Программируемые таймеры со встроенными счетчиками обеспечивают такую же точность формирования временных интервалов, как и однотактные. Однако диапазон, в котором обеспечивается эта точность, расширен от единиц микросекунд до нескольких суток.

Назначение выводов программируемого таймера следует из его функциональной схемы (рис. 1.4). Ос­новное напряжение питания, подаваемое на вывод 16 и измеряемое относительно вывода 9 равно 4-15 В. Приращение потребляемого таймером тока на 1 В уве­личения напряжения Uai равно 1 мА. При напряжении питания 4,5 В внутренний источник стабилизированного напряжения Uny, перестает работать, поэтому выводы 15 и 16 следует объединить, чтобы обеспечить нор­мальную работу счетчика. Максимальный ток, который выходы счетчика (выводы 1-8) могут принимать от нагрузки, не должен превышать 5 мА. Допустимое из­менение напряжения на выводах 1-8 лежит в преде­лах 0-15 В. Запуск таймера осуществляется положи­тельным фронтом импульса, подаваемого на вывод 11 управляющего триггера. В момент запуска напряжения на выводах 1-8 начинают изменяться в соответствии с временной диаграммой (рис. 1.6). Соединением выводов 1-8 обеспечивается выполнение на выходе логической функции проводное ИЛИ. Таймер не воспринимает следующий импульс запуска, поступивший в течение формирования установленного заранее временного интервала. Сброс таймера осуществляется положительным фронтом импульса, подаваемого на вывод 10. В момент подачи импульса сброса транзисторы VT4-VT12 (рис. 1.4) закрываются. Для управления таймером по выводам 10, 11 необходимы импульсы с логическими уровнями, соответствующими ТТЛ-схемам, и с длительностью более 1,5 мкс.

Выход внутреннего однотактного таймера (вывод 14) необходимо подключать через резистор с сопротивлением более 20 кОм к шине стабилизированного внутреннего источника напряжения питания. Вывод 14

можно использовать и в качестве автономного входа /счетчика, работающего от внешних импульсов. Для этого необходимо закрыть транзистор VT2, заземлив, например, вывод 13 через резистор с сопротивлением 1 кОм. В этом случае счетчик срабатывает по спаду положительных импульсов, подаваемых на вывод 14. Этот вывод может использоваться и в качестве дополнительной цепи управления работой счетчика. Счет прекращается независимо от состояния транзистора VT2, если вывод 14 заземлить. Для управления по выводу 14 необходимы ТТЛ-уровни напряжений.

Внутренний однотактный таймер генерирует импульсы длительностью около 0,35 мкс с частотой, равной \/=RtCf. Времязадающая цепь включается между выводами 9 и 16, а ее средняя точка соединяется с выводом 13. Максимальная частота генерируемых импульсов равна 130 кГц (при Rt = 1кОм, Ct = 0,007 мкФ). Не рекомендуется устанавливать частоту меньше 10-4 Гц (R=10МОм, С=103 мкФ). В то же время счетчик может работать от внешних сигналов с частотой до 1,5 МГц.

Как и в однотактном таймере, в программируемом имеется вывод от внутреннего резисторного делителя. Это позволяет управлять работой счетчика с помощью аналогового сигнала, подаваемого на вывод 12.

Таймер спроектирован таким образом, что в момент включения его напряжения питания производится автоматический самосброс счетчика, если на выводах 10 и 11 напряжения около 0 В. Цепи сброса и запуска не равносильны при управлении триггером D10. Если одновременно поданы положительные импульсы на выводы 10 и 11, то управляющий триггер D10 отреаги­рует только на импульс запуска.

При разомкнутой цепи обратной связи с выходов счетчика на вывод 10 таймер работает в режиме мультивибратора, генерирующего непрерывные последовательности выходных импульсов после подачи на вывод 11 положительного импульса. Если цепь обратной связи замкнута, то после подачи положительного импульса на вывод 11 таймер генерирует последовательности выходных импульсов до прихода первого положительного импульса на вывод 10 .

## Глава 2. Проектирование схемы таймера

### 2.1. Расчет возможности перекрытия диапазона 1:60.

Предварительный анализ литературных источников показал, что базовым элементом для создания устройства, технические характеристики которого описаны в формулировке задания наиболее рациональным будет использование микросхемы КР1006ВИ1.

Для дальнейшей работы по проектированию необходимо произвести некоторые предварительные расчеты.

Определим возможность регулировки величины интервала времени 1 сек – 60 сек при помощи изменения величины только одного из времязадающих резисторов без применения переключения диапазонов. В этом случае:

= 60,



где Тmax = 60 сек, Тmin = 1сек.

Поскольку период Т генерируемых таймером, включенным в режиме мультивибратора (рис. 2.1) колебаний равен

Т = 0.685(RA1+ 2RB1)C, (2.1)

то

60 =, (2.2).



где RA1, RB1 – значения времязадающих резисторов в конце диапазона (максимальные значения).

RA2, RB2 - значения времязадающих резисторов в начале диапазона (минимальные значения).

Анализ формулы (1) показывает, что более выгодно для увеличения интервала регулировки в пределах одного диапазона изменять не величину RA , а величину RB .

Поскольку было оговорено наличие только одного элемента регулировки, положим RA1=RA2. Начальное значение RB следует выбрать достаточно большим для достижения большого диапазона перекрытия. Для проволочных переменных резисторов наибольший номинал – 47 кОм, остановимся на этом значении.

Что касается величины RB2 – то это величина дополнительного (тоже проволочного) постоянного или подстроенного резистора, включённого последовательного с переменным резистором RB.

Преобразуем уравнение (2.2) к виду

RA1 + 2RB1 = 60RA2 + 120RB2

при, поскольку RA1 = RA2 = RA, a RB1 = 47KОм

RA + 94 = 60RA +120RB2

откуда

RB2==



Из этой формулы видно, что величина RA не может превышать значения 1,5932 кОм (числитель становится отрицательным).

Заметим также, что при приближении номинала RA к этому значению разность потенциалов между видами 7 и 6 + 2 стремится к нулю, что может вызвать затруднения в работе мультивибратора. Придав величине RA ряд значений, далёких от критического значения 1,59 кОм, рассчитаем соответствующие значения RB2.

При RA =1.5 кОм - RB2 =0.0458 кОм

при RA = 1.2 кОм - RB2 = 0.19(3) кОм

при RA = 0.82 кОм - RB2 = 0.3802 кОм

при RA = 0.75 кОм - RB2 = 0.4145 кОм

при RA = 0.68 кОм - RB2 = 0.449 кОм

при RA = 0.51 кОм - RB2 = 0.5326 кОм

Остановимся на значении RА = 0.82 Ком, поскольку ему соответствует значение RВ2=0.3802 кОм, что довольно близко к стандартному номиналу резисторов 390 Ом. Если воспользоваться построечным резистором в 390 Ом, то его легко подрегулировать под точное значение RВ2.

Определим емкость времязадающего конденсатора, исходя из формулы (2.1). Поскольку его значение одинаково для всех точек выбранного диапазона, зададимся минимальным значением RВ, которому отвечает период в 1 сек.

Поскольку

Т=0.685(RА+2RВ)С



то при Т= 1сек

с =



При 923,9 мкФ.

Столь большое значение ёмкости встречается только у электролитических конденсаторов, которые, обладая большой утечкой, сильной зависимостью ёмкости от температуры и заметным „старением” (изменением значения ёмкости со временем) абсолютно не подходят в роли частотозадающего элемента. В качестве такового желательно использовать керамический конденсатор с минимальным (желательно – отрицательным) значением температурного коэффициента ёмкости. Однако на такие большие номиналы они не выпускаются.

### 2.2 Разработка схемы допускающей применение времязадающего

### конденсатора меньшей емкости.

Выход из положения может быть найден за счёт усложнения схемы таймера, подсоединив к выходу микросхемы К1006ВИ1 включенной по схеме мультивибратора (Рис 2.1) делитель частоты, коэффициент деления которого подобран так, что на его выходе присутствуют прямоугольные колебания, частота которых будет изменяться в пределах 1 Гц – Гц при соответствующей регулировке частоты, генерируемой мультивибратором.



Как видно из соответствующих формул, уменьшение периода в тысячу раз приведёт к уменьшению ёмкости частотозадающего конденсатора также в 1000 раз, тогда его ёмкость должна быть равной 923,9 нФ.

Задавшись стандартным значением ёмкости Ccт, можно вычислить значение коэффициента пересчёта счётчика, используемого в делителе D.

N=



Выберем Сст = 9,1нФ. Тогда

N==101527.47 101.528



Приведём значение N в двоичную систему счисления:

N=N2=11000010100110002.

Вид этого числа указывает что счётчик, необходимости для пересчёта на 101528 будет содержать 19 триггеров (по числу знаков в N2) и в составе счётчика должен быть элемент 7И, входа которого должны быть подсоединены к выходам триггеров NN 4,5,8,11,13,18,19, а выход элемента – обнулять счётчик при совпадении всех единиц на его входах – именно тогда будет достигнут искомый коэффициент пересчёта.

Ближайшее к N значение двоичного числа – 217 = 131.072. Поскольку построение чисто двоичных счётчиков легче (отсутствует многовходовый элемент „И” для самосброса счётчика) определим, какое значение времязадающего конденсатора в мультивибраторе Т должно быть, если N=217

C== 7,049 нФ.



Ближайшие стандартные номиналы конденсаторов по сетке Е24: 6,8нФ и 7,5нФ. Эти значения далеки от рассчитанного значения.

Выбрав N=216=65.536 получим значение С=14,097 нФ. Ближайшие стандартные номиналы 13нФ и 15 нФ.

При N=215 значение С=28 нФ, а при 214 С=56нФ, что совпадает с одним из стандартных значений сетки Е24. Кроме того, промышленность выпускает микросхему К561ИЕ16 – двоичный счётчик с коэффициентом пересчёта 214 [7]. Это сильно упрощает построение схемы таймера - в этой ее части используются всего 2 корпуса микросхем: КР1006ВИ1 и К561ИЕ16. Эти две микросхемы совместимы по интервала значений напряжения питания (4,5 – 16 В для таймера и 3-15 В для счётчика).

Таким образом, напрашивается вывод, что основой проектируемого устройства должны быть две микросхемы - КР10006ВИ1 и К561ИЕ16.

### 2.3 Схемотехническое повышение точности отработки временных

### интервалов.

Изучение литературных источников позволило сделать заключение о том что в состав разрабатываемого устройства можно ввести узлы и элементы которые создают следующие возможности: производить поверку таймера а также скорректировать отклонение величины емкости времязадающего конденсатора от рассчитанного ее значения.

В [6] описан способ, дающий возможность скорректировать отклонение емкости времязадающего конденсатора С от расчетной величины, так как оно вызывает ошибку в форми­ровании временных интервалов. Для компенсации этой ошибки можно использовать регулировку напряжения вывода 5 внутреннего резистивного делителя таймера (рис. 2.2).

Длительность формируемого временного интервала равна времени t3, в течение которого конденсатор Ct зарядится до напряжения 2Unl3=U5 на выводе 5. В общем случае tз=СtRt (ln(1- U5/Un)

Отношение U5/Uп, теперь будет определяться совместным действием делителей напряжения, образо­ванным резисторами внешнего и внутреннего резисторного делителя таймера.

Таким образом, регулируя отношение сопротивлений внешнего делителя можно изменять длительность выходного импульса

Узел поверки (рис 2.3) содержит вспомогательный генератор, частота генерации которого стабилизирована пьезокварцевым резонатором и делитель частоты, коэффициент деления которого N численно равен значению резонансной частоты пьезокварцевого резонатора. В этом случае на выходе делителя присутствует прямоугольный сигнал с частотой 1 Гц (скважность сигнала не имеет значения).

Температурная и долговременная нестабильность пьезокварцевых резонаторов не превышает 10-5-10-6 а нестабильность частоты сигнала с выхода делителя частоты будет еще в N раз меньше. Сигнал с выхода делителя поступает на С-вход D-триггера, на D-вход которого подается сигнал с выхода таймера, включенного в режиме мультивибратора. При равенстве частот сигналов, подаваемых на C и D-входы триггера его выход Q всегда будет иметь высокий или низкий уровень (индицируется при помощи светодиода HL1). При несовпадении значений этих частот будет наблюдаться мерцание светодиода с частой равной разности частот подаваемых на C и D- входы триггера. Пусть, например, одна из них имеет значение 1,000 Гц, а другая – 1,100 Гц – в этом случае светодиод будет мерцать с периодом в 10 секунд. Во время калибровки таймера надлежит выставить значение периода его срабатывания 1сек и перевести в режим автогенерации. Если он мерцает с периодом превышающем 10 секунд, то это означает, что период срабатывания таймера отличается от выставленного значения менее чем на 0,1 секунды. При меньшем периоде мерцания осуществляют калибровку таймера при помощи дополнительного внешнего делителя подсоединенного к соответствующим выводам К1006ВИ1. В принципе возможна калибровка до погрешности в 0,01 секунды, но эта операция займет несколько больше времени. Ввиду линейности зависимости периода срабатывания таймера от величины времязадающего резистора поверка в одной точке шкалы распространяется на всю шкалу.

## Глава 3. Окончательный вариант разрабатываемой схемы

### 3.1. Блок- схема таймера.

Исходя из вышеизложенных соображений разработанный таймер (рис3.1) должен содержать следующие узлы: Т-мультивибратор, собранный на микросхеме К1006ВИ1, элемент 2И, двух RS-триггеров, организующих работу устройства, D-триггера и стабилизированного пьезокварцевым резонатором генератора G. Два последних элемента совместно с светодиодом HL1 образуют узел индикации. Ключ S1 служит для запуска таймера в режиме генерации одиночного импульса (ключ S2 при этом замкнут). Он подключается между положительным полюсом источника питания и R-входом RS-триггера ключ S2 замыкают при роботе схемы в режиме мультивибратора.

При работе схемы в режиме одновибратора (таймера) ключ S2 замкнут, при нажатии ключа S1 на R-вход триггера поступает сигнал высокого уровня и на его прямом выходе устанавливается низкий уровень разрешающий работу счетчика Сt .Одновременно на его инверсном выходе появляется высокий уровень, прикладываемый ко второму входу элемента 2И, разрешающий прохождение импульсов от генератора T на вход счетчика ст. При заполнении всех триггеров счетчика единицами сигнал с выхода последнего триггера счетчика своим фронтом прикладывается к S-входу RS-триггера. При этом на его прямом выходе устанавливается высокий уровень, обнуляющий счетчик, а на инверсном - низкий, запрещающий прохождение импульсов генератора на его вход. При работе схемы в режиме мультивибратора (ключ S2 разомкнут) возможно использование узла поверки

Узел поверки содержит вспомогательный генератор G, частота генерации которого стабилизирована пьезокварцевым резонатором и делитель частоты, коэффициент деления которого N численно равен значению резонансной частоты пьезокварцевого резонатора.

В этом случае на выходе делителя присутствует прямоугольный сигнал с частотой 1Гц (скважность сигнала не имеет значения).

Температурная и долговременная нестабильность пьезокварцевых резонаторов не превышает 10-5-10-6 а нестабильность частоты сигнала с выхода делителя частоты будет еще в N раз меньше.

Сигнал с выхода делителя поступает на С-вход D-триггера, на D-вход которого подается сигнал с выхода таймера, включенного в режиме мультивибратора. При равенстве частот сигналов, подаваемых на C и D-входы триггера, его выход Q всегда будет иметь высокий или низкий уровень (индицируется при помощи светодиода). При несовпадении значений этих частот будет наблюдаться мерцание светодиода с частой равной разности частот подаваемых на C и D- входы триггера. Пусть, например, одна из них имеет значение 1,000 Гц, а другая – 1,100 Гц – в этом случае светодиод будет мерцать с периодом в 10 секунд. Во время калибровки таймера надлежит выставить значение периода его срабатывания 1сек и перевести в режим автогенерации. Если он мерцает с периодом превышающем 10 секунд, то это означает, что период срабатывания таймера отличается от выставленного значения менее чем на 0,1 секунды. При меньшем периоде мерцания осуществляют калибровку таймера при помощи переменного резистора R4 В принципе возможна калибровка до погрешности в 0,01 секунды но эта операция займет несколько больше времени. Ввиду линейности зависимости периода срабатывания таймера от величины времязадающего резистора поверка в одной точке шкалы распространяется на всю шкалу.

### 3.2.Электрическая принципиальная схема устройства.

Электрическая принципиальная схема приведена на рисунке 4.2. Здесь D1-К1006ВИ1 D2.1- один из четырех логических вентилей микросхемы К561ЛА7 D3 –К561ИЕ16 D4.1и D4.2- К561ТМ2 D5-К176ИЕ5 (наличие этой микросхемы заставляет выбрать значение напряжения питания +9В, с этим напряжением могут работать все остальные микросхемы, входящие в состав устройства). Номиналы резисторов Ra Rb rb и конденсатора С были рассчитаны на начальном этапе проектирования,Ra =820 Ом, Rb= 47 кОм (переменный проволочный резистор типа ППБ-1) rb=380 Oм (проволочный построечный марки СП5-1), C=56нФ (выбираем керамический группы М33 Конденсаторы этой группы имеют небольшое отрицательное значение ТКЕ: -0,0033% )

Переменный резистор R1 при помощи которого производится калибровка таймера выбираем проволочный подстрочный марки СП5-22 номиналом 15 КОm (это значение совпадает с суммой сопротивлений внутреннего делителя микросхемы К1006ВИ1 и следовательно возможна необходимая подстройка периода).

Пьезоэлектрический резонатор Z1 – любого типа на частоту 32768 Гц (из числа предназначенных для ручных и настольных часов).

Группа компонентов входящих в состав генератора калибровки взята из типовой схемы [7] R5= 22МОмR6=560КОм C1=62пФ C2=22пФ.

Значения номиналов резисторов R2 и R3 могут иметь широкие пределы (их назначение – обнулять входы КМОП-микросхемы) однако для повышения помехоустойчивости не следует избирать слишком высокоомные. Можно остановиться на значениях в десятки килом, например 30 кОм.

Конденсатор С3-керамический или пленочный (основное требование к нему – малый ток утечки), его назначение – передача фронта положительного импульса с выхода счетчика D3 на R-вход RS-триггера D4.1. Минимальное значение его емкости можно определить исходя из следующих соображений: после появления на выходе D3 импульса положительной полярности на R-входе триггера D4.1будет действовать напряжение

U=Une-t/rc (3.1)

Un-значение напряжения питания (высокий уровень на выходе КМОП микросхем близок к Un)

Величина U не должна упасть до значения U:2 за время меньшее времени срабатывания триггера D4.1.

При r=30 Kom рассчитанное значение C не должно быть менее 10-10 Ф. Выбираем с запасом значение емкости 1нФ.

На вывод 1 подается напряжение питания +9В, вывод 3 можно использовать для внешнего запуска устройства (положительным уровнем сигнала от +4,5В до 9В кнопка П1 при этом должна быть замкнута) при ручном запуске нажатием П1 вывод 3 необходимо соединить с выводом 1. С вывода 2 снимается выходной сигнал устройства.

# **Литература.**

1.Новаченко И. В., Телец В.А .Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры. Дополнение второе. Справочник.– М: Радио и связь, 1991-272 с. : ил

2. Хвощ С. Т., Варлинский Н. Н., Попов Е.О. Микропроцессоры и микроэвм в системах автматического управления. Л.: Машиностроение, 1987. – 640 с.: ил.

3.Трейстер Р. Радиолюбительские схемы на ИС типа 555: Пер. с англ. –М.: Мир, 1988. –263 с. , ил.

4. Шило. Л. В. Популярные цифровые микросхемы.: Справочник, - М. : радио и связь, 1989. – 352 с.

5. Волков С. Генераторы прямоугольных импульсов на МОП-элементах.: М.: Энергоиздат, 1986, 230 с.

6. Коломбет Е. А. Таймеры. М.: Радио и связь, 1984. 126 с.

7. Бирюков С. А. Цифровые устройства на МОП – интегральных микросхемах. – М. : Радио и связь, 1990. – 128 с.