*Лабораторная работа* 1

**Интегральный таймер 555**

**Цель работы.**

Изучить структуру и принципы функционирования интегрального таймера 555, ознакомиться с основными типами импульсных устройств на его основе.

Освоить расчёт номиналов элементов в устройствах на основе интегрального таймера 555.

Интегральный таймер NE555 был впервые выпущен в начале 70-х годов прошлого века фирмой Signetics. Микросхема оказалась очень удачной для применения в импульсных устройствах, и её производство под разными названиями (как правило, содержащих префикс 555) было быстро освоено различными фирмами. Промышленностью СССР выпускался её аналог под маркой КР1006ВИ1.

Упрощённая структура таймера 555 приведена на рис.1.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. Упрощённая структура таймера 555 |

Для устойчивой работы таймер требует однополярный источник питания (вывод VCC, от +4,5 В до +18 В) и представляет собой RS-триггер с асинхронным (инвертированным) входом R, дополненный буферным каскадом, обеспечивающим значительный (до 200 мА) ток, как истекающий с выхода 3 (OUT), так и втекающий извне. При этом непосредственно для своей работы таймер потребляет ток около 5 мА. На входы R и S триггера подаются напряжения двух компараторов, сравнивающих входные сигналы THR и TRI с напряжениями ⅓*U*0 и ⅔*U*0, где *U*0 – напряжение источника питания (VCC). Эти напряжения создаются прецизионным делителем напряжения на резисторах 5 кОм, что послужило поводом дать микросхеме название 555.

Так же, как входящий в его структуру триггер, таймер может находится в одном из двух состояний – в состоянии «1», при котором его выходной сигнал близок к напряжению источника питания, либо в состоянии «0», когда потенциал его выхода чуть-чуть (доли вольта) выше нуля. Длительность переключения из одного состояния в другое определяется используемым триггером и составляет обычно несколько микросекунд.

Вывод 5 (CON) позволяет устанавливать напряжения срабатывания компараторов независимо от напряжения источника питания и практически никогда не используется, для надёжности он обычно подключается к общей шине через конденсатор малой ёмкости.

В схеме используется дополнительный ключ на транзисторе, обеспечивающий ускоренный разряд какого-либо внешнего конденсатора при переходе выхода таймера в состояние «0» (ножка DIS).

На основе таймера 555 разработано очень большое количество импульсных схем. Рассмотрим некоторые из них.

**Триггер Шмитта**

Наиболее простое устройство с использованием таймера 555 – триггер Шмитта. Его схема и передаточная характеристика приведены на рис.2.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.2. Триггер Шмитта на интегральном таймере 555 (а)  и его передаточная характеристика (б) |

Как это легко видно из рис.1, при превышении входным сигналом уровня ⅔*U*0 на вход R RS-триггера поступает высокое напряжение (при нулевом потенциале на входе S), он однозначно переходит в состояние «0», и на выход устройства подаётся нулевой потенциал.

В случае, если входной сигнал становится меньше уровня ⅓*U*0, высокое напряжение поступает на вход S RS-триггера (при нулевом потенциале на входе R), он однозначно переходит в состояние «1», и на выход устройства поступает напряжение источника питания.

Если же входной сигнал имеет значение в диапазоне от ⅓*U*0 до ⅔*U*0, оба компаратора выдают нулевой сигнал, и триггер сохраняет своё предыдущее состояние.

**Мультивибратор со скважностью 2.**

Как известно, на основе триггера Шмитта очень просто построить мультивибратор – для этого необходимо оба его абсолютно устойчивых состояний превратить в квазиустойчивые. Схема мультивибратора, работающего по этому принципу, приведена на рис.3. Если таймер находится в состоянии «1», конденсатор *С* заряжается через резистор *R* и потенциал его верхней обкладки (и, соответственно, входной сигнал триггера Шмитта) нарастает, стремясь к значению *U*0. Как только он достигает уровня ⅔*U*0, таймер перебрасывается в состояние «0», и конденсатор *С* начинает разряжаться через тот же резистор *R*. Потенциал его верхней обкладки стремиться к нулевому уровню, и когда он достигает значения ⅓*U*0, таймер перебрасывается в состояние «1», после чего все процессы повторяются.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.3. Мультивибратор на интегральном таймере 555 (а)  и диаграммы его работы (б) |

Нетрудно показать, что полупериод выходного сигнала устройства определяется формулой . Симметричность выходного сигнала определяется точностью выставления уровней ⅓*U*0 и ⅔*U*0, что обеспечивается прецизионностью значений резисторов во внутренней структуре таймера.

**Мультивибратор с произвольной скважностью.**

В схемотехнике импульсных устройств востребованными являются также мультивибраторы, выходной сигнал которых имеет различную длительность полупериодов. Схемы двух вариантов таких мультивибраторов приведены на рис.4а и 4б.

В схеме рис.3а заряд и разряд конденсатора происходит по различным цепям, что обеспечивается двумя диодами. Заряд конденсатора происходит через резистор *R*1, а разряд – через резистор *R*2. По этой причине продолжительность состояния «1» мультивибратора составляет , а состояния «0» – .Таким образом, длительность полупериодов выходного сигнала мультивибратора можно регулировать независимо друг от друга.

В схеме рис.3б заряд конденсатора *С* осуществляется через последовательно соединённые резисторы *R*1 и *R*2, поэтому продолжительность состояния «1» мультивибратора составляет . В течение этого полупериода выход таймера DIS имеет высокоомное состояние и никак не влияет на процесс заряда конденсатора. При переключении таймера в состояние «0» его выход DIS практически накоротко соединяется с землёй, и разряд конденсатора осуществляется только через резистор *R*2, в силу чего продолжительность состояния «0» таймера составляет .

|  |
| --- |
|  |
| Рис.4. Схемы асимметричного мультивибратора на интегральном таймере 555 |

Таким образом, выходной сигнал мультивибратора рис.4б имеет продолжительность состояния «1» непременно большую, чем продолжительность состояния «0».

**Ждущий мультивибратор**

Один из вариантов ждущего мультивибратора на основе интегрального таймера 555 приведён на рис.5. Пусть первоначально таймер находится в состоянии «0». Это имеет место, если на входе ждущего мультивибратора (вывод TRI) присутствует потенциал *U*ВХ > ⅓*U*0, при этом конденсатор *С* оказывается разряжен через вывод таймера DIS. Если теперь на короткое время входной сигнал устройства примет значение, меньшее ⅓*U*0, таймер перейдёт в состояние «1», вывод DIS отключится от земли, и конденсатор начнёт заряжаться через резистор *R*. При возвращении входного сигнала к уровню *U*ВХ > ⅓*U*0 потенциалы на входах R и S внутреннего триггера таймера имеют нулевое значение, поэтому триггер сохраняет своё состояние и таймер остаётся в состоянии «1». Это, однако, не может продолжаться длительное время, поскольку потенциал верхней обкладки конденсатора *С* экспоненциально приближается к значению *U*0 и скоро достигает значения ⅔*U*0, при этом таймер

|  |
| --- |
|  |
| Рис.5. Ждущий мультивибратор на интегральном таймере 555 (а)  и диаграммы его работы (б) |

сбрасывается в состояние «0», и конденсатор *С* разряжается через вывод DIS. Такое состояние может сохраняться сколь угодно долго, поскольку на входах R и S триггера поддерживаются нулевые потенциалы.

Для устойчивой работы ждущего мультивибратора длительность запускающего импульса должна быть существенно меньше длительность выходного импульса.

Нетрудно показать, что длительность импульса ждущего мультивибратора рис.5 составляет .

**Преобразователь напряжение-частота**

В схемотехнике импульсных устройств широко используется генератор импульсов, частота следования которых задаётся внешним управляющим сигналом. Один из вариантов такого преобразователя напряжение-частота приведён на рис.6а. В качестве основы построения устройства служит схема мультивибратора (рис.3), в которой, для обеспечения линейности характеристики, *RC*-цепочка заменена источником «стабильного» тока на транзисторах ***VT1*** и ***VT2*.** Коллекторный ток транзистора ***VT1*,** величина которого определяется входным напряжением () является током базы транзистора ***VT2***, поэтому ток ***I2***, протекающий через транзистор ***VT2*** и заряжающий конденсатор ***С*,** имеет значение

***I2= β2I1=β1β2Uвх/R***

В процессе заряда конденсатора ***С*** потенциал его верхней обкладки повышается и в момент времени, когда он достигает уровня ⅔*U*0 , таймер переключается из состояния «1» в состояние «0». С этого момента конденсатор начинает быстро разряжаться через вывод таймера DIS. Однако разряд не заканчивается нулевым

|  |
| --- |
|  |
| Рис.6. Преобразователь напряжение-частота на интегральном таймере 555 (а)  и диаграммы его работы (б) |

значением потенциала *U*С – как только потенциал верхней обкладки конденсатора станет меньше значения ⅓*U*0, таймер переключится из состояния «0» в состояние «1» и процесс начнёт повторяться.

Таким образом, устройство генерирует очень короткие импульсы нулевого потенциала (на фоне постоянного уровня *U*0, см.рис.6б), период следования которых определяется медленно меняющимся уровнем входного сигнала:

,

а частота оказывается пропорциональной входному напряжению:

.

Если линейность зависимости *f*(*U*) не играет особой роли, источник стабильного тока в схеме можно заменить просто резистором. Если зависимость *f*(*U*), наоборот, должна быть абсолютно линейной, следует использовать в качестве источника тока прецизионную схему на операционном усилителе.

***Упрощённый алгоритм расчёта схемы рис.6 основан на построении и анализе вспомогательной схемы, рис.7.***

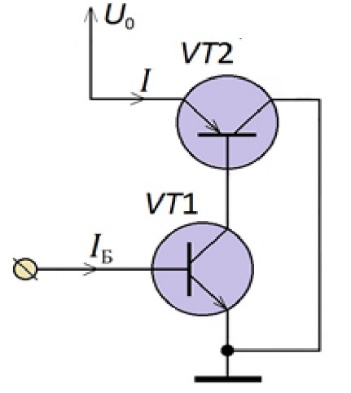


Рис.7. Вспомогательная схема для определения токов.

1. Подключить эмиттер транзистора ***VT2*** к источнику питания, а его коллектор соединить с землёй и выбрать значение тока *I*, которым будет заряжаться конденсатор схемы рис.4. Следует иметь в виду, что этот ток является выходным током таймера, и нежелательно выбирать его величину большей 100 мА.

2. Подобрать величину тока *I*Б, при которой через транзистор ***VT2*** будет протекать выбранный ток *I*.

3. Установить в схеме рис.6 величину ёмкости конденсатора  где *T* – наименьшее значение периода следования выходных импульсов, , *U*0 – напряжение источника питания, а *U*max – максимальное значение входного напряжения.

4. Установить в схеме рис.6 величину сопротивления резистора .

**Порядок выполнения работы.**

1. Получить у преподавателя исходные данные для всех исследуемых устройств:

– амплитуду генерируемых импульсов ***U*0**;

для мультивибратора:

– полупериоды генерируемых импульсов ***T*1** и ***T*2**;

для ждущего мультивибратора:

– длительность генерируемых импульсов ***T***;

для преобразователя напряжение-частота:

– максимальное значение входного напряжения ***Umax***;

– коэффициент преобразования ***KU-f***.

2. Собрать схему мультивибратора (рис.4а либо рис.4б).

Рассчитать необходимые значения сопротивлений резисторов и ёмкости конденсатора, входящих в схему, после чего установить в схему необходимые резисторы и конденсатор.

Измерить параметры выходного сигнала мультивибратора и сравнить их с заданными значениями.

3. Собрать схему ждущего мультивибратора, рис.5.

Рассчитать необходимые значения сопротивления резистора и ёмкости конденсатора, входящих в схему, после чего установить в схему необходимые резистор и конденсатор.

Подать на вход ждущего мультивибратора импульсный сигнал с параметрами, иллюстрирующими устойчивую работу схемы.

Измерить длительность выходных импульсов ждущего мультивибратора и сравнить их с заданными значениями.

4. Собрать схему преобразователя напряжение-частота.

Выбрать используемые в схеме транзисторы. При этом следует руководствоваться теми соображениями, что напряжение коллектор-эмиттер транзисторов схемы не может превысить значения *U*0, а коллекторный ток – максимального выходного тока таймера (около 100 мА).

Определить значения коэффициента усиления тока выбранных транзисторов. При этом можно воспользоваться справочными данными, а можно использовать простую схему (рис.8) и измерить этот коэффициент непосредственно.

|  |  |
| --- | --- |
| Рассчитать необходимые значения сопротивлений резисторов и ёмкости конденсатора, входящих в схему, после чего установить в схему необходимые резисторы и конденсатор.  Снять график зависимости частоты выходного сигнала преобразователя от величины входного напряжения.  Определить по построенному графику величину коэффициента *KU-f* исследуемого устройства. |  |
| Рис.8. Измерение коэффициента усиления по току транзистора |

**Содержание отчёта**

Отчёт должен содержать:

1. Исходные данные для лабораторной работы.
2. Расчёт номиналов элементов мультивибратора.
3. Схему исследуемого мультивибратора с номиналами элементов.
4. Измеренную длительность полупериодов выходного сигнала мультивибратора с указанием погрешности измерений.
5. Расчёт номиналов элементов ждущего мультивибратора.
6. Измеренную длительность импульсов выходного сигнала ждущего мультивибратора с указанием погрешности измерений.
7. Выбранные марки транзисторов, используемых в схеме преобразователя напряжение-частота и определённые значения коэффициента усиления по току этих транзисторов.
8. Схему исследуемого мультивибратора преобразователя напряжение-частота с номиналами элементов.
9. Таблицу измерений зависимости частоты выходного сигнала преобразователя от величины входного напряжения.
10. График зависимости частоты выходного сигнала преобразователя от величины входного напряжения с указаниями погрешностей измерений.
11. Определённое по построенному графику значение коэффициента KU-f исследуемого устройства.

**Контрольные вопросы.**

1. В каких пределах можно изменять амплитуду выходных импульсов интегрального таймера 555?

2. Оцените входное сопротивление интегрального таймера 555.

3. Можно ли подключить к выходу интегрального таймера 555 низкоомную (< 10 Ом) нагрузку?

4. Почему во всех приведённых схемах вывод RES соединён с выводом подачи питания VCC?

5. Как изменятся алгоритмы работы рассмотренных устройств, если в их схемах изъять конденсатор 100 пФ и оставить вывод таймера CON «висящем в воздухе»?

6. Чем определяется симметричность выходного сигнала мультивибратора рис.3?

7. Можно ли получить выходной сигнал со скважностью 2 в схеме рис.4б?

8. Оцените максимальную частоту сигнала, генерируемого мультивибратором рис.3.