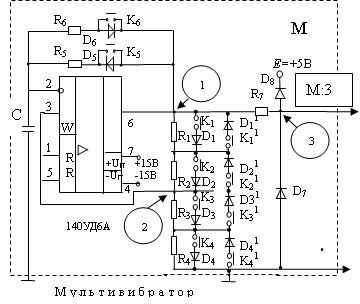
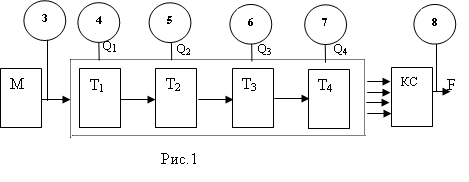
**Вариант 18**

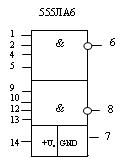
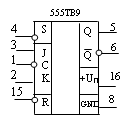
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | С | Тип | K1 | K11 | K2 | K12 | K3 | K13 | K4 | K14 | K5 | K6 | Тип |
| вар | кОм | кОм | кОм | кОм | кОм | кОм | кОм | мкФ | микросхем 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | микросхем 2 |
| 18 | 40 | 30 | 20 | 10 | 5.0 | 2.536 | 3.0 | 0.01 | 140УД6А | Р | З | З | Р | Р | З | Р | Р | Р | Р | 555ТВ9 |

****

**М: 3= Т1:1. Т1:5=Т2:1. Т2:6=Т3:1. Т3:6=Т4:1. Т1:5=ЛА6:1. Т2:5=ЛА6:2. Т3:6=ЛА6:4. Т4:6=ЛА6:5. ЛА6:6=Т1:15=Т2:4=Т3:4=Т4:4**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Числовой код | | | | | |  |
| выходн.импульсов | | | | | | |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 15 | |

****

****

**1. Составление расчётных схем мультивибратора**

При составлении расчётных схем мультивибратора и при дальнейшем расчёте его характеристик, руководствуемся следующими предположениями:

1)  Падение напряжение на включённом в прямом направлении диоде близко к нулю, также близко к нулю сопротивление прямо включённого диода.

2)  Сопротивление обратно включённого диода близко к бесконечности и не влияет на сопротивление параллельно включённого сопротивления.

3)  Падение напряжения на насыщенном выходном транзисторе операционного усилителя (ОУ) близко к нулю, так что выходное напряжение ОУ при положительной и отрицательной его полярности близко к напряжению соответствующего источника питания (± 15 В).

Таким образом, прямо включённый диод считаем эквивалентным короткому замыканию соответствующего участка цепи, а обратно включённый диод — разрыву цепи.

Исходная схема с учётом замкнутости и разомкнутости ключей показана на рис. 1.

Расчётные схемы мультивибратора для положительной и отрицательной полярности выходного напряжения изображены на рис. 2–5.

**Поясненения к п. 2 задания.**

Генератор на операционном усилителе, который рассматривается в работе, представляет собой мультивибратор. Он генерирует выходной сигнал типа «меандр» (т.е. прямоугольные импульсы). Это значит, что напряжение на выходе принимает только два значения — положительное и отрицательное, каждое из которых примерно равно соответствующему напряжению питания ОУ. Переход от положительного напряжения на выходе к отрицательному и обратно происходит скачком, т.е. практически мгновенно (за время, исчисляемое десятками наносекунд), и в расчёт в данной работе не принимается.

Так как выходное напряжение ОУ задаёт режимы работы всех остальных элементов схемы, то схема поочерёдно и циклически работает в двух режимах. Расчёт схемы будем проводить отдельно для каждого режима, составив эквивалентные схемы для каждого режима.

Различие между режимами состоит в том, что все диоды в схеме в зависимости от выходного напряжения ОУ либо открыты, либо закрыты, причём при изменении полярности на выходе все ранее открытые диоды закрываются, а все закрытые — открываются. Диод открыт, когда на его катоде (чёрточка на схеме) находится отрицательный потенциал относительно анода (треугольник на схеме). При противоположном соотношении потенциалов на аноде и катоде диод закрыт. Открытый диод на эквивалентных схемах заменяется простым проводником, а закрытый — разрывом цепи. Это показано на рис. 2 и 4.

*R1*

*40 к*

*DA1 140УД6А*

*С1*

*0,01 мк*

*R6 2,536 к*

*R5 5,0 к*

*R7*

*3,0 к*

*+5 В*

*6*

*2*

*3*

*R2*

*30 к*

*R3*

*20 к*

*R4*

*10 к*

*VD1*

*VD2*

*VD3*

*VD5*

*VD6*

*VD7*

*VD8*

Рис. 1. Исходная схема

*R1*

*40 к*

*DA1 140УД6А*

*С1*

*0,01 мк*

*R6 2,536 к*

*R5 5,0 к*

*R7*

*3,0 к*

*+5 В*

*6*

*2*

*3*

*R2*

*30 к*

*R3*

*20 к*

*R4*

*10 к*

*VD1*

*VD2*

*VD3*

*VD5*

*VD6*

*VD7*

*VD8*

*+15 В*

Рис. 2. Коммутация при положительном выходном напряжении операционного усилителя.

*R1 40 к*

*DA1 140УД6А*

*С1*

*0,01 мк*

*R5 5,0 к*

*R7*

*3,0 к*

*6*

*2*

*3*

*R34 30 к*

*+5 В*

Рис. 3. Упрощённая эквивалентная схема мультивибратора при положительном выходном напряжении операционного усилителя.

*R1*

*40 к*

*DA1 140УД6А*

*С1*

*0,01 мк*

*R6 2,536 к*

*R5 5,0 к*

*R7*

*3,0 к*

*+5 В*

*6*

*2*

*3*

*R2*

*30 к*

*R3*

*20 к*

*R4*

*10 к*

*VD1*

*VD2*

*VD3*

*VD5*

*VD6*

*VD7*

*VD8*

*–15 В*

Рис. 4. Коммутация при отрицательном выходном напряжении операционного усилителя

*R6 2,536 к*

*R7*

*3,0 к*

*DA1 140УД6А*

*2*

*3*

*6*

*С1*

*0,01 мк*

*R2 30 к*

*R4 10 к*

Рис. 5. Упрощённая эквивалентная схема мультивибратора при отрицательном выходном напряжении операционного усилителя.

**2.  Расчёт длительности импульса**

Принцип расчёта длительности импульса следующий. При включении мультивибратора из-за дрейфа нуля и ввиду отсутствия стабилизирующей выходное напряжение отрицательной обратной связи, на выходе ОУ появляется один из двух уровней выходного напряжения — ± 15 В. Предположим для определённости, что это +15 В.

При этом конденсатор С1 разряжен. Поскольку через сопротивления R5 и/или R6 он подключён к выходу операционного усилителя, он начинает заряжаться по экспоненте с постоянной времени

где *RC* — сопротивление в цепи зарядки, которое в зависимости от расположения диодов и полярности выходного напряжения представляет собой определённую комбинацию сопротивлений R5 и R6.

С этого момента на входы ОУ подаются два сигнала: на инверсный вход — напряжение с заряжающегося по экспоненте конденсатора С1, на прямой вход — напряжение с делителя напряжения. Когда напряжение конденсатора достигает напряжения делителя, напряжение на выходе ОУ меняется на противоположное, и конденсатор начинает перезаряжаться в противположном направлении, пока опять не достигнет напряжения делителя.

0

*t*

*U*1*,* B

*+U*п

*–U*п

*U*д1

*U*д2

*t*0

*t*1

*t*2

Рис. 5. Определение моментов переключения операционного усилителя

При положительной полярности выходного сигнала:

При отрицательной полярности выходного сигнала:

Таким образом, рабочий цикл мультивибратора состоит из двух череду­ющихся процессов:

1)  Экспонента с постоянной времени , которая начинается от уровня сигнала (отрицательного), стремится к уровню и заканчивается по достижению уровня :

или

2)  Экспонента с постоянной времени , которая начинается от уровня сигнала (положительного), стремится к уровню и заканчивается по достижению уровня :

или

Продолжительность первого процесса определяем из соотношения:

Аналогично, продолжительность второго процесса

Полная продолжительность периода равна

Соответствующая частота колебаний

Временные диаграммы сигналов в заданных точках мультивибратора изображены на рис. 6.

**3. Составление схемы счётчика**

При составлении схемы счётчика считаем, что на неподключённых входах микросхем (как это обычно происходит у миклосхем ТТЛ) генерируется логическая елиница. На схеме в соответствии с рекомендациями по применению схем ТТЛ, неподключённые входы J и K, а также асинхронного сброса и установки подключены к источнику питания через токоограничивающий резистор.

Как видно из схемы, JK-триггеры К555ТВ9 используются в режиме счётного триггера (J=K=1). Переключение триггеров происходит по отрицательному перепаду сигнала на тактовом входе.

Чтобы определить последовательность состояний счётчика, рассмотрим сначала его работу без схемы обратной связи (DD3), а затем рассмотрим, как повлияет на режим работы счётчика введение обратной связи.

Граф состояний счётчика изображён на рис. 6. Введение обратной связи приводит к тому, что после состояния 0011 при переключении в состояние 0010 на входы установки и сброса триггеров подаются единичные сигналы, которые переключают счётчик в состояние 0101 (показано красным пунктиром).

В результате схема с обратной связью имеет период (коэффициент пересчёта), равный 11.

*U*1*,* B

15

*t, мкс*

0

200000

1500

1000

50

250

250

200000

1500

1000

50

–15

*U*2*,* B

6

*t, мкс*

50

250

200000

1500

1000

0

–4

*U*3*,* B

5

*U*3*,* B

5

*t, мкс*

0

Рис. 6.  Временные диаграммы сигналов мультивибратора

Рис. 7.  Граф состояний счётчика без обратной связи и изменения, происходящие в счётчике с включением обратной связи (красная пунктирная линия). На схеме красная пунктирная линия не доходит до состояния 0011 и идёт к состоянию 1110. Это означает, что в состоянии 0010 схема находится очень кратковременно (несколько наносекунд, пока по сигналам асинхронного сброса и установки не переключится в состояние 1110)

*U*3

*U*4

*U*5

*U*6

*U*7

*t, мс*

*Код:*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*1*

*0*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*1*

*0*

*0*

*0*

*0*

*0*

*1*

*0*

*1*

*1*

*1*

*1*

*14*

*15*

*12*

*13*

*10*

*8*

*11*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*1*

*0*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*1*

*0*

*1*

*0*

*0*

*0*

*15*

*6*

*7*

*4*

*5*

*2*

*0*

*3*

*0*

*0*

*0*

*0*

*0*

*Период*

Рис. 8. Временные диаграммы сигналов счётчика (*U*3… *U*7) и код его текущего состояния счётчика (Код) без цепи обратной связи.

*Период*

*U*3

*1*

*0*

*0*

*0*

*1*

*0*

*1*

*1*

*0*

*1*

*0*

*0*

*1*

*0*

*1*

*U*4

*0*

*0*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*U*5

*0*

*0*

*1*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*0*

*0*

*1*

*1*

*0*

*1*

*0*

*1*

*U*6

*0*

*0*

*1*

*0*

*1*

*1*

*1*

*1*

*1*

*1*

*0*

*1*

*0*

*0*

*0*

*U*7

*t, мс*

*0*

*0*

*0*

*0*

*0*

*2*

*5*

*4*

*7*

*6*

*15*

*11*

*8*

*10*

*13*

*12*

*15*

*14*

*1*

*Код:*

Рис. 9. Временные диаграммы сигналов счётчика (*U*3… *U*7), выходной сигнал комбинационной схемы (*U*КС) и код текущего состояния счётчика (Код) с цепью обратной связи.

**4. Разработка комбинационной схемы**

Согласно заданию, необходимо разработать комбинационную схему, которая даёт на выходе единичный сигнал, когда счётчик находится в состояниях 7, 8, 9, 10, 11, 15.

Таблица истинности комбинационной схемы приведена в табл. 1.

Таблица 1

Таблица истинности комбинационной схемы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*4 | *Q*3 | *Q*2 | *Q*1 | *F* |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Прочие комбинации | | | | 0 |

Запишем выражение для функции *F* в виде СДНФ:

Построим таблицу Карно для функции *F* и осуществим склейку подходящих для этого термов (рис. 9).

***F***

*Q2Q1*

10

11

01

00

*Q4Q3*

00

01

1

11

1

10

1

1

1

1

Рис. 9. Таблица Карно для функции *F*

Минимизированное выражение для функции будет иметь вид

Преобразуем эту функцию в базис И-НЕ.

Логическая схема для минимизированной функции показана на рис. 9.

*DD4 K555ЛA4*

*Q4*

*Q3*

*Q3*

*Q2*

*&*

*1*

*2*

*12*

*DD4.1*

*13*

*&*

*3*

*4*

*6*

*DD4.2*

*5*

*&*

*9*

*10*

*8*

*DD4.3*

*11*

*Q1*

Рис. 9. Логическая схема минимизированной функции *F*