Министерство образования РФ

Тольяттинский государственный университет

Кафедра "Промышленная электроника"

Пояснительная записка к курсовой работе

Генератор прямоугольных импульсов

по дисциплине “Микроэлектроника"

Руководитель: Певчев В.П.

Исполнитель: студент Кудашев С.А.

Группа: ПЭ - 401

Вариант №16

Тольятти 2007

Содержание

Задание на расчет

1. Описание работы схемы

2. Расчет схемы

3. Принципиальная схема

4. Выбор элементов схемы

4.1 Расчет соответствия предельных параметров эксплуатации ОУ выбранному режиму работы схемы

5. Составление схем замещения

Заключение

Список использованных источников

## Задание на расчет

Построить генератор прямоугольных импульсов (ГПИ) с видом характеристики типа "меандр". Амплитуда сигнала стандартная для транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Установленная частота ступенями: 100 Гц; 1 000 Гц; 10 000 Гц. Ток нагрузки 10мА.

1. Функциональная схема устройства

При построении ГПИ за основу взята схема симметричного мультивибратора реализованная на интегральном операционном усилителе (ОУ) [1]. Функциональная схема ГПИ приведена на рисунке 1.1

Принципиальная схема мультивибратора приведена на рисунке 1.2

Период переключений такого мультивибратора определяется постоянной времени **τ** интегрирующей RC-цепи, глубиной положительной обратной связи, входными и выходными сопротивлениями усилителя, его полосой пропускания и коэффициентом усиления. Если допустить, что вышеперечисленные параметры ОУ, такие как входное сопротивление, выходное сопротивление, коэффициент усиления (без обратной связи) и полоса пропускания приближаются к следующим величинам

Rвых → ∞; и ,



то для принципиальной схемы рисунок 1.2

(1)



причем для получения прямоугольных импульсов необходимо, чтобы глубина положительной обратной связи ***β*** удовлетворяла условию

(2)



при выполнении которого переключение ОУ происходит лавинообразно за доли-единицы микросекунды [1].

ПОС

R,C

Uвых

Рисунок 1.1 - Функциональная схема устройства.

R3

R4

R5 4,5к

R8

R7 100к

R6 500к

SA1

SA2

C

VD

DA

R1

R2

Рисунок 1.2 - Принципиальная схема.

## 1. Описание работы схемы

При включении питания напряжение на выходе усилителя вследствие неидеальной балансировки отличается от нуля. Это напряжение (например положительное) с выхода усилителя через цепь положительной обратной связи (ПОС), образованной резисторами R1 и R2 подается на неинвертирующий вход ОУ, усиливается им, снова подается на вход и т.д., пока усилитель не переключится в состояние насыщения и напряжение на его выходе не станет максимально возможным. К инвертирующему входу ОУ подключен конденсатор **С**, напряжение на котором в начальный момент равно нулю. После переключения конденсатор начинает заряжаться через сопротивление **R**, подключенное к выходу ОУ и напряжение на нем начинает возрастать.

, (3)



где Uнас - напряжение насыщения усилителя, близкое к напряжению питания.

На инвертирующем и неинвертирующем входах действуют положительные напряжения - постоянное Uпос и изменяющееся Uс (t) и выходное напряжение определяется как

*Uвых (t) = Ко [Uпос - Uс (t)],* (4)

где Ко ≥ 103 ÷ 106 - коэффициент усиления.

Это напряжение постоянно и равно Uнас до тех пор, пока разность входных напряжений положительна. Как только напряжения сравняются: Uпос = Uс (t), напряжение на выходе мгновенно становится равным нулю, что влечет за собой и равенство нулю напряжения обратной связи Uпос = 0. Но напряжение на конденсаторе остается и не может мгновенно изменится, поэтому выходное напряжение, равное усиленному напряжению на инвертирующем входе, становится отрицательным и равным напряжению насыщения:

*Uвых = - Ко Uс (t) = - Uнас. (*5)

При этом напряжение положительной обратной связи Uпос также становится отрицательным. Отрицательное напряжение с выхода через резистор R подается на конденсатор С, ранее заряженный положительно, и начинает его перезаряжать. Процесс перезарядки длится до тех пор, пока напряжения на инвертирующем и неинвертирующем входах не сравняются, вследствие чего в схеме снова происходит переключение.

Для получения в нагрузке импульсов напряжения только положительного уровня на выходе усилителя подключен диод.

## 2. Расчет схемы

Параметры элементов схемы обеспечивающей заданные частоты импульсов на выходе мультивибратора рассчитаем для принципиальной схемы рисунок 1.2

Из условия (2) следует, что R1 ≈ 10R2. Примем R1 = 12 000 Ом и R2 = 1 500 Ом, тогда



из (1) выражение под логарифмом будет



Подставив найденное значение в (1) получим следующую зависимость периода T от параметров времязадающей RC цепи. (6)



Для заданных частот выберем общий конденсатор такой емкостью чтобы наименьшее сопротивление резистора R (для наивысшей заданной частоты) обеспечивало облегченный режим работы ОУ по току нагрузки, например 1 мА. Сопротивление резистора будет

*R* = 5 /1\*10-3 = 5000 *Ом*

Напряжение 5 В соответствует моменту переключения ОУ и является суммой выходного напряжении ОУ 2,5 В и заряженного конденсатора -2,5 В.

При выбранном сопротивлении проведем расчет емкости для частоты 10 000 Гц по (6)

*С* = *T* /0,446*R =* 4,48\*10-8Ф

Тогда для частоты 1000 Гц, также по (6) получим

R’= 1/ (0,446\*1000\*4,48\*10-8) = 50 кОм

и для частоты 100 Гц

R" = 1/ (0,446\*100\*4,48\*10-8) = 500 кОм

Выбрали значение емкости из стандартного ряда, С = 4500 пФ, и провели пересчет значений сопротивлений для получения заданных частот

R = 4 982 Ом; R’= 49 825 Ом; R" = 498 256 Ом.

## 3. Принципиальная схема

Составим принципиальную схему устройства, где для устранения разброса параметров элементов схемы включим подстроечные резисторы, а вычисленные значения сопротивлений получим путем параллельного подключения резисторов к R”.

Из стандартного ряда выбрали следующие номиналы резисторов для принципиальной схемы

R3 = 510 кОм; R4 = 47 кОм и R5 = 4,5 кОм.

Подстроечные резисторы выберем с учетом превышения вычисленных значений сопротивлений и включим последовательно с R3, R4, R5. Так

R6 = 50 кОм; R7 = 4,7 кОм и R8 = 1 кОм.

## 4. Выбор элементов схемы

В качестве ОУ выберем микросхему К140УД14, для которой напряжение питания можно выбирать в диапазоне ± 5-20 В. Это позволяет при выборе Uпит ±5В получить на выходе ГПИ положительные импульсы уровня ТТЛ т.е. U1 = 2,4В. Технические характеристики ОУ приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Технические характеристики ОУ.

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Входной ток | 5 нА |
| Разность входных токов | 1 нА |
| Напряжение смещения нуля | 5 мВ |
| Коэффициент усиления | 50 000 |
| Максимальное выходное напряжение | 12 В |
| Максимальное входное дифференциальное напряжение | 13 В |
| Напряжение питания | 5…20 В |
| Входное сопротивление | 30 МОм |
| Выходное сопротивление | 10 кОм |

Конденсатор выберем типа К21-9 (стеклокерамический) с ТКЕ группы МП0 т.е. с емкостью независящей от температуры.

Сопротивления возьмем типа МЛТ с номинальной мощностью 0,125 Вт. Подстроечные типа СП3 - 38 также номинальной мощностью 0,125 Вт. Максимальный ток пропускаемый резисторами

Imax = Pном/Umax = 0,125/3,2 = 39 мА

позволяет применять резисторы выбранной номинальной мощности в схеме.

Подключение нагрузки, произведем последовательно с диодом типа Д9Б, рассчитанным на ток (прямой, постоянный) 40мА, для получения на выходе только положительных импульсов.

Для выбора частоты генератора ключи SА1 и SА2 выполнили на клавишном переключателе типа П 2 КЛ с 2-я клавишами.

## 4.1 Расчет соответствия предельных параметров эксплуатации ОУ выбранному режиму работы схемы

4.1.1 Максимальное входное дифференциальное напряжение присутствует на входе ОУ во время перезарядки конденсатора, когда напряжение на неинвертирующем входе суммируется с напряжением обратной полярности н-а конденсаторе подключенном к инвертирующему входу и величина этого напряжения равна удвоенному значению на неинвертирующем входе



4.1.2 Максимальный ток на выходе ОУ является суммой токов нагрузки Iн=10 мА, ПОС

Iпос= = 0,23 мА



и тока RC цепи. Максимальный ток RC протекает в момент переключения схемы т.е. когда происходит перезарядка конденсатора с уровня Uc. max=Uпос=Uвых\*β = 0,35В выходным напряжением ОС обратной полярности 3,2В через минимальное сопротивление RC цепи.



После суммирования токов нагружающих выход ОУ получим

Iвых. макс = 10 + 0,23 + 0,71 = 10,94 мА

После проведенных расчетов следует, что в схеме можно применить ОУ К 140 УД 14 параметры которой превышают максимально возможные режимы работы схемы.

Макс. входное диф. напряжение, ± В = 13 > 0,74,Максимальный выходной ток, мА = 12 > 10,94.

## 5. Составление схем замещения

При составлении схем замещения необходимо знать значение сопротивления которое дают в сумме резисторы R3 - R8. Воспользовавшись правилами сложения последовательно и параллельно подключенных сопротивлений, получили Rэкв = 4929 Ом. Следовательно на месте входного сопротивления ОУ будет разрыв, т.к оно на порядок превышает Rэкв, а выходное сопротивление остается, т.к оно соизмеримо с R1 и R2.



Рисунок 5.1 - Схема замещения при положительном напряжении на выходе.



Рисунок 5.2 - Схема замещения при отрицательном напряжении на выходе.

## Заключение

В ходе проделанной курсовой работы был разработан генератор меандра с уровнями ТТЛ со ступенчатой установкой частоты от 100 до 10 000 Гц и током нагрузки 50 мА, что полностью соответствует заданию на проектирование.

## Список использованных источников

1. Бобровников Л.З. Радиотехника и электроника; Учебник для ВУЗов. -М.; Недра, 1990. - 374с.; с ил.
2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - Л; Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1988. - 304 с.; ил.
3. Терещук Р.М. и др. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства; Справочник радиолюбителя - Киев; Наук. думка. 1989. - 800 с.; ил.