

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям для студентов специальностей

1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое
оборудование машиностроительного производства», 1-36 01 04

«Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов»
дневной формы обучения

**Витебск
2015**

УДК 621.3(07)

Электроника и микропроцессорная техника: методические указания к практическим занятиям для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» дневной формы обучения

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2014 .

Составитель: к.т.н., доц. Новиков Ю.В.

Методические указания составлены в соответствии с учебной программой курса «Электроника и микропроцессорная техника». Предназначены для студентов специальностей 1-36 01 01 "Технология машиностроения", 1-36 01 03 "Технологическое оборудование машиностроительного производства", 1-36 01 04 "Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов" дневной формы обучения.

Одобрено кафедрой «Автоматизации технологических процессов и производств» УО «ВГТУ» « 25 » сентября 2014 г., протокол № 2 .

Рецензент: к.т.н. Надежная Н.Л.
Редактор: ст. преп. Куксевич В.Ф.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» « 27 » ноября 2014 г., протокол № 8 .

Ответственный за выпуск: Букин Ю.А.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати 22.05.15. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. лист. 2,6.
Печать ризографическая. Тираж 60 экз. Заказ № 160.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий N 1 / 172 от 12 февраля 2014 г.
210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Содержание

Практическая работа № 1 Синтез комбинационных логических схем с использованием логических элементов «И», «ИЛИ», «НЕ».	4
Практическая работа № 2 Синтез логических схем с использованием логических элементов «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ».	10
Практическая работа № 3 Определение параметров источника питания	12
Практическая работа № 4 Расчет блока питания. Определение режима работы транзистора.	15
Практическая работа № 5 Расчет выпрямителя	19
Практическая работа № 6 Исследование усилительного каскада на транзисторе	23

Практическая работа № 1

Синтез комбинационных логических схем с использованием логических элементов «И», «ИЛИ», «НЕ».

Общие положения

Логическим (цифровым) сигналом является бинарный (двоичный) сигнал. Он может иметь два возможных уровня (состояния) – нижний и верхний. Нижний уровень обозначается 0, верхний – 1. В устройствах в качестве уровня используются соответствующие значения напряжения. Например, в ТТЛ схемах при $U_{пит} = 5$ В низкий уровень составляет 0...0,8 В ($\approx 16\% U_{пит}$), высокий – 2...5 В.

Соотношения между логическими сигналами определяют логические функции. Строят логические схемы, на входах и выходах которых действуют логические сигналы. Различают два вида логических схем: комбинационные и последовательностные. Комбинационными называют логические схемы, комбинация выходных сигналов которых однозначно определяется комбинацией входных сигналов, действующих в данный момент времени. Последовательностными схемами называют схемы, комбинация выходных сигналов которых зависит не только от комбинации входных сигналов в данный момент времени, но и от комбинации входных сигналов в определенные моменты времени. Из этого определения следует, что последовательностные схемы должны иметь элементы памяти, в которых сохраняется информация о предыдущей комбинации входных сигналов, а одинаковым комбинациям входных сигналов в последовательностных схемах могут соответствовать различные комбинации выходных сигналов.

Порядок выполнения работы

a	b	y
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

По таблице истинности условия работы разрабатываемой схемы нужно представить в форме алгебраического выражения. При записи логического выражения в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ) последовательность действий следующая: количество конъюнкций принимают равным количеству строк таблицы истинности, в которых функция равна 1 ($y = 1$); знак инверсии ставят над переменными, которые в соответствующих строках равны 0; конъюнкции соединяют между собой логическим сложением. При записи логического выражения в конъюнктивной нормальной форме (КНФ) последовательность действий будет такой: количество дизъюнкций принимают равным количеству строк таблицы истинности, в которых функция равна 0 ($y=0$); над теми переменными, которые в соответствующих строках равны 1, ставят знак инверсии; дизъюнкции соединяют между собой

логическим умножением. Очевидно, запись логического выражения в ДНФ удобнее применять, когда количество строк таблицы истинности, в которых $y = 1$, меньше количества строк, в которых $y = 0$. В противном случае выгоднее применять конъюнктивную нормальную форму записи. Для рассматриваемого примера $y = 1$ в одной строке таблицы истинности, что приводит к следующему логическому выражению (ДНФ):

$$y = a\bar{b}.$$

Логическая схема, отображающая уравнение $y = a\bar{b}$, представлена на рисунке 7.

Рассмотрим более сложный пример. Предположим, что работу устройства описывает таблица истинности, приведенная ниже.

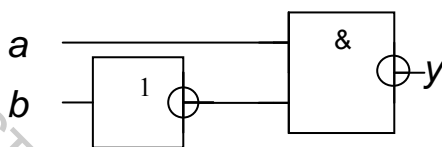


Рисунок 1

Таблица 1

a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Алгебраическое выражение для этого случая запишется в ДНФ в виде

$$y = \bar{a}b + a\bar{b} + ab.$$

Логическая схема, отображающая эту функцию, представлена на рисунке 8. Выражение, записанное на основании таблицы истинности, можно упростить (минимизировать), что приведет к упрощению реализующей его логической схемы, которую можно будет выполнить на меньшем количестве логических элементов. Один из способов – прямое применение основных законов и правил алгебры логики. Применяв эти законы и правила к рассматриваемому выражению, получим

$$y = \bar{a}b + a\bar{b} + ab = \bar{a}b + a(\bar{b} + b) = \bar{a}b + a \cdot 1 = \bar{a}b + a = b + a = a + b.$$

Логическая схема для минимизированного выражения представлена на рисунке 3.

Результат минимизации очевиден – полученную логическую схему можно реализовать с гораздо меньшими трудностями, а само устройство при большей надежности будет отличаться меньшими габаритами, массой и энергопотреблением. В данном случае тот же результат можно получить, если

исходное выражение записать не в ДНФ, а в КНФ по методике, приведенной выше.

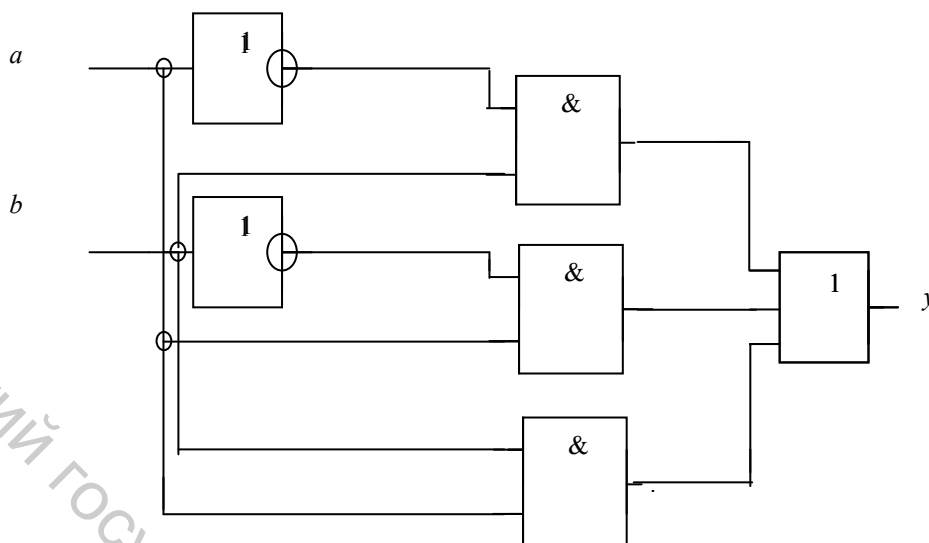


Рисунок 2

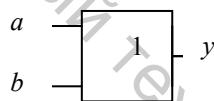


Рисунок 3

Другой способ минимизации – метод карт Карно, карта Карно представлена на рисунке 4.

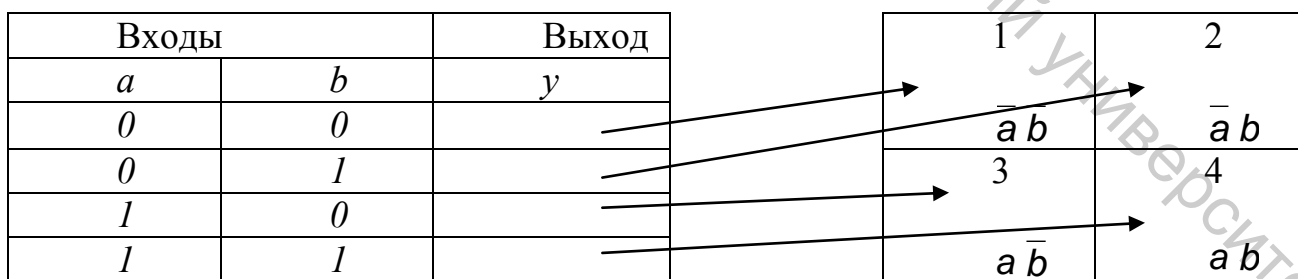


Рисунок 4

Четыре квадрата (1, 2, 3, 4) соответствуют четырем возможным комбинациям *a* и *b* в таблице истинности для логического выражения с двумя переменными. Составим карту Карно для рассмотренной выше задачи (рисунок 5).

$$y = \bar{a}b + a\bar{b} + ab.$$

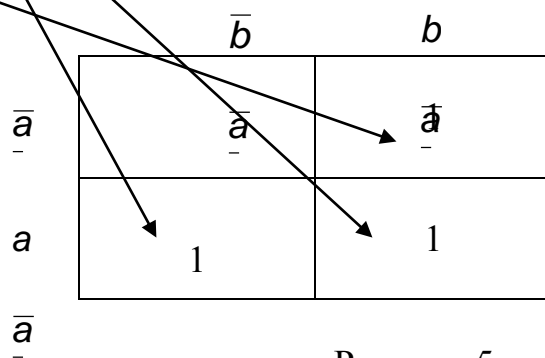


Рисунок 5

Разместим логические единицы во всех квадратах, которым соответствуют произведения в исходном логическом выражении. В построенной таким образом карте соседние единицы объединяются в один контур группами по 2, 4 или 8 единиц. Построение контуров продолжается до тех пор, пока все расположенные рядом единицы не окажутся внутри контуров. Каждый контур представляет собой новый член упрощенного логического выражения. В нашем случае получилось два контура (рисунок 6), а это означает, что упрощенное логическое выражение

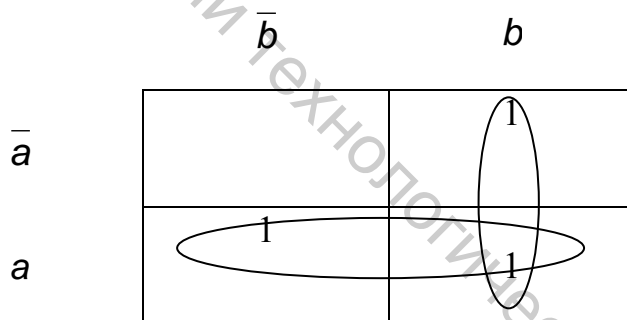


Рисунок 6

будет состоять из двух членов, связанных логическим сложением (функция ИЛИ)

$$y = (\bar{a}b + ab) + (a\bar{b} + ab) = a(\bar{b} + b) + b(a + \bar{a}) = a + b.$$

Порядок выполнения работы

По варианту в таблице 2 составить логическое выражение, выполнить минимизацию логических выражений с помощью карт Карно:

1. Составить логическое выражение в ДНФ.
2. Нанести единицы на карту Карно.

3. Объединить соседние единицы контурами, охватывающими 2, 4 или 8 квадратов.

4. Исключить члены, дополняющие друг друга внутри контура.

5. Объединить оставшиеся члены функцией ИЛИ.

6. Записать полученное упрощенное выражение в ДНФ. Образцы карт Карно с тремя и четырьмя переменными приведены на рисунке 7.

Построить схему на бесконтактных логических элементах с использованием элементов «И», «ИЛИ», «НЕ».

Построить схему на контактных элементах.

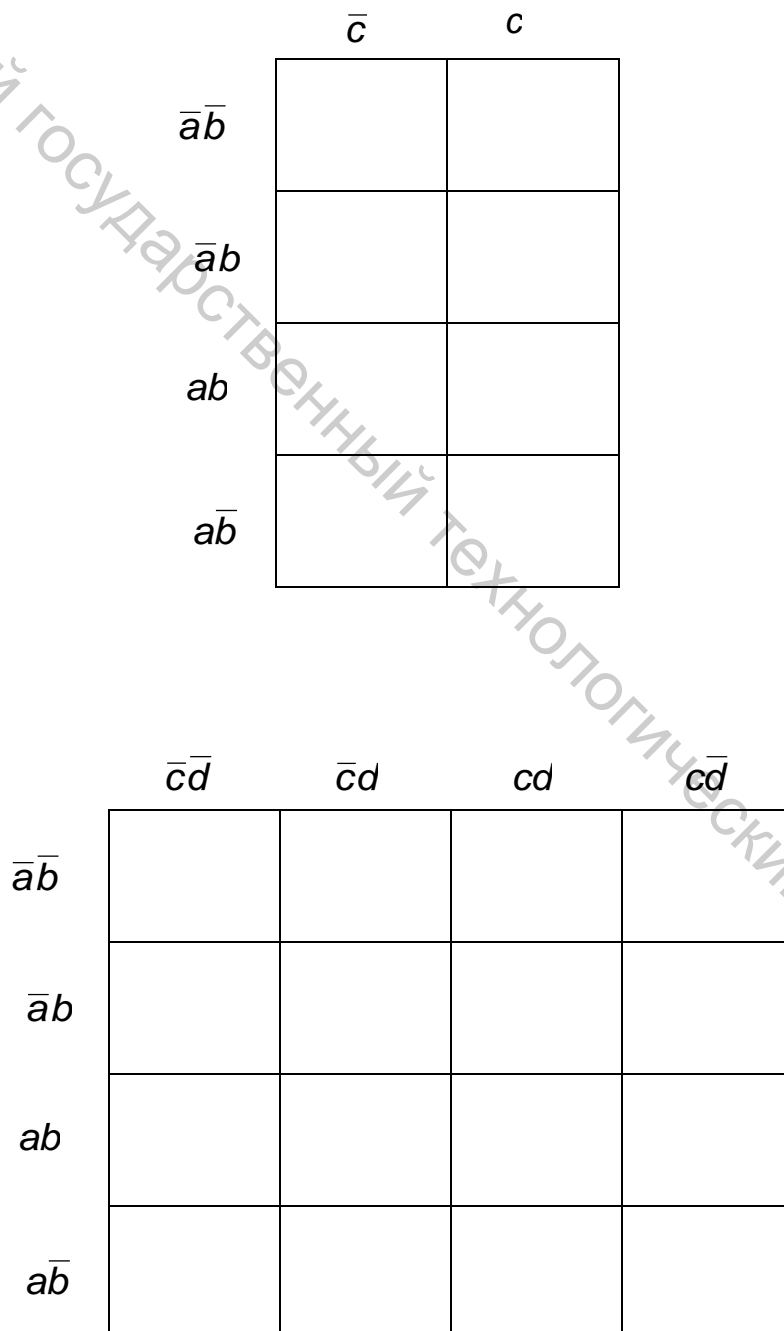


Рисунок 7

Таблица 2

№№ п.п.	y
1	$\bar{a}bc + a\bar{b}c + abc + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
2	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + a\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
3	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
4	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
5	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
6	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
7	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
8	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
9	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c}$
10	$\bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}c + abc$
11	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
12	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
13	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
14	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
15	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
16	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
17	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
18	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
19	$\bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
20	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
21	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
22	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
23	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
24	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
25	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
26	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
27	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
28	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
29	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$
30	$abcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd + \bar{a}bcd$

Практическая работа № 2

Синтез логических схем с использованием логических элементов «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ»

Общие положения

Для реализации на логических элементах в базисе «И-НЕ» необходимо преобразовать логическое выражение, чтобы в нем были только произведения (логическая операция «И») и инверсии, для чего используется теорема де Моргана:

$$\overline{x_1 + x_2} = \overline{x_1} \times \overline{x_2},$$

$$\overline{x_1 \times x_2} = \overline{x_1} + \overline{x_2}.$$

Перевод в базис «ИЛИ-НЕ» :

$$y = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_3 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_1 \cdot x_3 .$$

Перевод в базис «ИЛИ-НЕ» осуществляется аналогичным методом:

$$y = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_3 = x_1 + x_2 + x_1 + x_2 + x_3 + x_2 + x_3 + x_1 + x_3 = x_1 + x_2 + x_1 + x_2 + x_3 + x_2 + x_3 + x_1 + x_3$$

Примеры реализации схемы для базисов «И-НЕ» и «ИЛИ-НЕ» приведены на рисунках 2.1 и 2.2 соответственно.

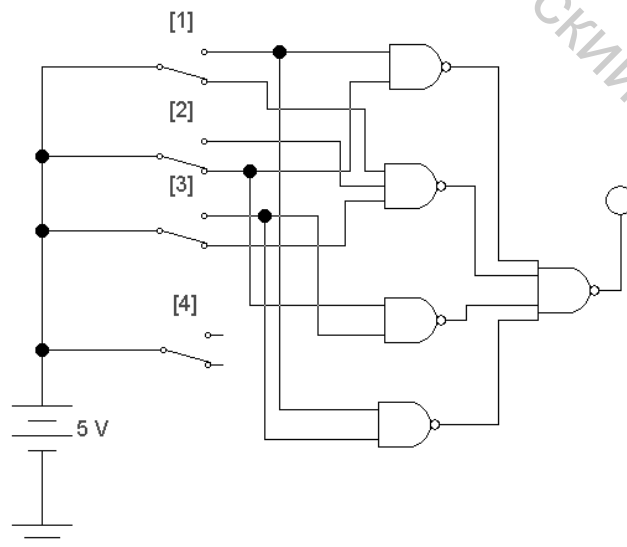


Рисунок 2.1 – Реализация логической схемы на элементах «И-НЕ»

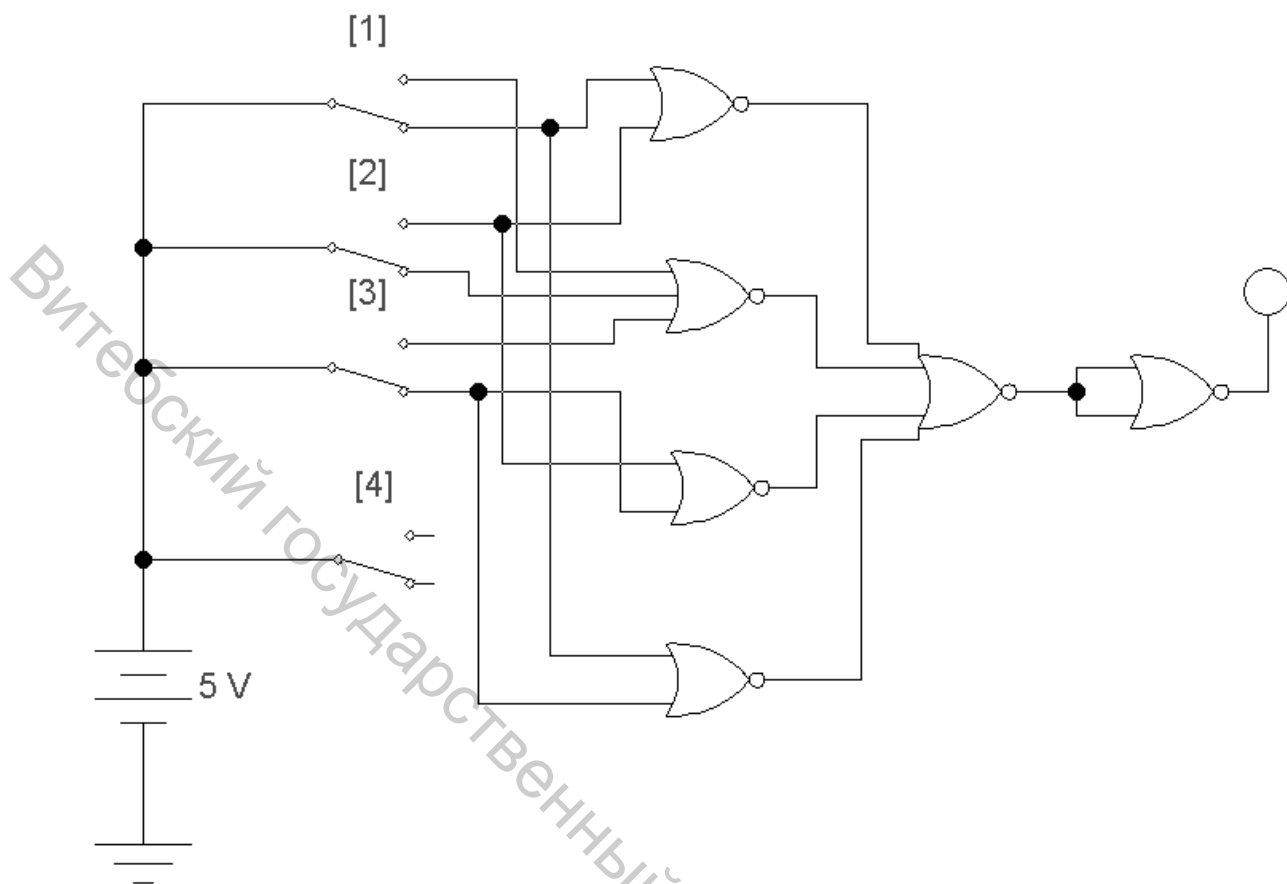


Рисунок 2.2 – Реализация логической схемы на элементах «ИЛИ-НЕ»

Порядок выполнения работы

По варианту (таблица 3) выписать значение Y .

Составить таблицу истинности.

Составить логическое выражение.

Выполнить минимизацию логического выражения одним из известных способов.

Перевести логическое выражение в базис «ИЛИ-НЕ» или в базис «И-НЕ», согласно заданию.

Построить схему на бесконтактных логических элементах с использованием элементов «ИЛИ-НЕ», «И-НЕ».

Построить схему на контактных элементах.

Определить необходимое количество микросхем, на базе которых разработана схема на бесконтактных логических элементах.

Определить необходимое количество электромагнитных реле, на базе которых разработана схема на контактных логических элементах, с требуемым количеством нормально разомкнутых и нормально замкнутых контактов электромагнитных реле.

Таблица 3 – Варианты заданий

	Состояния входов				Варианты выходных состояний									
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Y ₁₀
0	0	0	0		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	0	0	1		0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
2	0	1	0		1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
3	0	1	1		1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
4	1	0	0		0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
5	1	0	1		1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
6	1	1	0		0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
7	1	1	1		1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Базис для реализации					И-НЕ	ИЛИ-НЕ	И-НЕ	ИЛИ-НЕ	И-НЕ	ИЛИ-НЕ	И-НЕ	ИЛИ-НЕ	И-НЕ	ИЛИ-НЕ

Практическая работа № 3

Определение параметров источника питания

Схемы на бесконтактных логических элементах и электромагнитных реле необходимо подключать к источникам питания с необходимой величиной напряжения и мощностью.

Необходимо сформировать требования к источникам питания для схемы на бесконтактных логических элементах. Мощность источника для подключения схемы определяется по формуле

$$P = u_{un} \cdot I_{nom}. \quad (1)$$

Рассчитать требуемую мощность источника питания, указать необходимое выходное напряжение.

Используются схемы, которые построены на предшествующих практических занятиях.

Пример выполнения задания.

Из справочника [1] по таблице выбираются параметры соответствующих логических элементов микросхемы выбранной серии, которые использовались в схеме на бесконтактных логических элементах, например для микросхемы К561ЛН2:

$$u_{un} = 15B; I_{nom} = 2,0 \text{ мкА} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ А.}$$

Выполняются вычисления по формуле (1), необходимо полученную мощность умножить на количество логических элементов этой микросхемы

(уточнить их количество). При наличии двух логических элементов мощность микросхемы серии К561ЛН2:

$$P_1 = 15 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 2 = 0,00036 \text{ Вт},$$

для микросхемы серии К176ЛА8:

$$u_{ин} = 15 \text{ В}; I_{ном} = 2,0 \text{ мкА} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ А}.$$

Вычисляя по формуле, умножаем на количество логических элементов микросхемы (если используется два логических элемента), имеем

$$P_2 = 15 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2 = 0,00012 \text{ Вт}$$

Для микросхемы К176ЛЕ6:

$$u_{ин} = 10 \text{ В}; I_{ном} = 5,0 \text{ мкА} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ А}.$$

Вычисляя по формуле, умножаем на количество логических элементов этой микросхемы (если используется два логических элемента).

$$P_3 = 10 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 0,00006 \text{ Вт}.$$

Параметры микросхем сведены в таблицу 3.1. Суммарная мощность

$$P_1 + P_2 + P_3 = 0,00036 + 0,00012 + 0,00006 = 0,00054 \text{ Вт}.$$

Источник питания для схемы должен быть мощностью более $5,8 \cdot 10^{-4}$ Вт и напряжением 15 В.

Мощность потребления схемы на электромагнитных реле находим по формуле

$$P = I_{сраб}^2 \cdot R.$$

В справочнике по электрическим реле выбираются значения $I_{сраб}$ и R , подставляем в расчетную формулу (единицы измерения мА необходимо перевести в А):

$$P = (36 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 210 = 0,272 \text{ Вт}.$$

Определена мощность одного реле, если их по схеме четыре, то мощность схемы определяется:

$$P_{сх} = 0,272 \cdot 4 = 1,088 \text{ Вт}.$$

Таблица 3.1

Тип микросхем	Параметры логических элементов (по таблице из справочника [1] стр. 306, 307)		Количество логических элементов микросхеме	Мощность микросхемы ($P = I_{ном} \cdot u_{ин}$ умножается на количество логических элементов)
	$I_{ном}$	$u_{ин}$		
К176ЛЕ5	$5 \cdot 10^{-6}$ А	10 В	4	$5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 4 = 0,0002$ Вт
К176ЛА9	$5 \cdot 10^{-6}$ А	10 В	3	$5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 3 = 0,00015$ Вт
К17ЛП2	$2 \cdot 10^{-6}$ А	10 В	4	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 4 = 0,00012$ Вт
К176ЛА7	$2 \cdot 10^{-6}$ А	10 В	4	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 4 = 0,00012$ Вт

Мощность схемы равна сумме мощностей всех четырех микросхем

$$P_{СХЕМЫ} = 0,0002 + 0,00015 + 0,00012 + 0,00012 = 0,00059 \text{ Вт.}$$

Источник питания для схемы должен быть мощностью не менее $5,9 \cdot 10^{-4}$ Вт и напряжением 15 В.

Для схемы на электромагнитных реле, в состав которой входит электромагнитное реле РЭС 32 с номером паспорта 4.500.343 мощность потребления вычисляем по формуле

$$P = I_{сраб}^2 \cdot R.$$

В справочнике [2] выбираем характеристики электромагнитного реле

$$I_{сраб} = 21 \text{ мА} = 21 \cdot 10^{-3} \text{ А}; R = 805 \text{ Ом.}$$

Подставляем данные в формулу для расчета мощности

$$P = (21 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 805 = 0,355 \text{ Вт.}$$

Мощность одного электромагнитного реле 0,355 Вт, если по схеме их четыре, то мощность потребляемая схемой, на электромагнитных реле будет равна

$$P = 0,355 \cdot 4 = 1,42 \text{ Вт.}$$

Указать необходимое выходное напряжение и требуемую мощность источника питания.

Практическая работа № 4

Расчет блока питания. Определение режима работы транзистора.

Рассчитать блок питания, потребляемую мощность схемы, напряжение и коэффициент пульсации в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

	U нагрузки, В	P полная, Вт	Допустимый коэффициент пульсации *10 ⁻²
1	60	40	0,3
2	70	45	0,8
3	75	50	0,9
4	80	55	0,7
5	85	60	0,6
6	90	70	0,5
7	95	65	0,4
8	100	75	0,3
9	105	100	0,5
10	65	80	0,6
11	110	90	0,7

Задача 1

Рассчитываем мощность трансформатора. От возникающих потерь мощности в схеме блока питания рассчитываем эти потери.

Например, блок питания должен выдавать мощность $P_{\text{вых}} = 5 \text{ Вт}$, напряжение $U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$, то находим ток выхода:

$$I_{\text{вых}} = \frac{P_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}}} = \frac{5}{5} = 1 \text{ А}$$

Теперь найдём напряжение, которое нужно подать на стабилизатор:

$$U_{\text{ст}} = U_{\text{вых}} \cdot k_{\text{ст}} = 5 \cdot 1,2 = 7,5(\text{В}),$$

где $k_{\text{ст}}$ – коэффициент стабилизации.

Отсюда мощность стабилизации будет равна:

$$P_{cm} = U_{cm} \cdot I_{cm} = 7,5 \cdot 1 = 7,5(\text{Вт}).$$

Найдём потребляемое напряжение на диодах, исходя из того, что падение напряжения на диодах равны $1,2 \text{ В}$:

$$U_{\delta} = \frac{U_{\text{вых}} + 1,2}{\sqrt{2}} = \frac{5 + 1,2}{\sqrt{2}} = 4,4(\text{В}).$$

Найдём напряжение вторичной обмотки трансформатора:

$$U_{mp2} = U_{cm} + U_{\delta} = 7,5 + 4,4 = 11,9(\text{В}).$$

Из полученного напряжения найдём мощность вторичной обмотки:

$$P_{mp2} = U_{mp2} \cdot I_{\text{вых}} = 11,9 \cdot 1 = 11,9(\text{Вт}).$$

Найдём мощность трансформатора первичной обмотки:

$$P_{mp1} = \frac{P_{mp2}}{\eta} = \frac{11,9}{0,9} = 13,2(\text{Вт}).$$

Исходя из мощности трансформатора первичной обмотки, найдём площадь окна:

$$S_{\text{окна}} = \sqrt{P_{mp1}} = \sqrt{13,2} = 3,6(\text{см}^2).$$

Определим количество витков первичной и вторичной обмоток, но сначала определим количество витков на 1 В :

$$n = \frac{50}{S_{\text{окна}}} = \frac{50}{3,6} = 14(\text{витка/В}).$$

Количество витков на первичной обмотке:

$$N_1 = n \cdot U_{\text{вх}} = 14 \cdot 220 = 3080(\text{витков}).$$

Количество витков на вторичной обмотке:

$$N_2 = n \cdot U_{mp2} = 14 \cdot 11,9 = 167(\text{витков}).$$

Определим токи первичной и вторичной обмоток:

$$I_1 = \frac{P_{mp1}}{U_1} = \frac{13,2}{220} = 0,06(\text{А}),$$

$$I_2 = \frac{P_{mp2}}{U_2} = \frac{11,9}{11,9} = 1(A).$$

Определим площадь сечения намоточных проводов первичной и вторичной обмоток. Плотность тока примем $j = 3,5 A/mm^2$.

$$S_{np1} = \frac{I_1}{j} = \frac{0,06}{3,5} = 0,017(mm^2),$$

$$S_{np2} = \frac{I_2}{j} = \frac{1}{3,5} = 0,29(mm^2).$$

Определим диаметр провода:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{np}}{\pi}},$$

$$d_1 = 0,15; d_2 = 0,7.$$

Определим ёмкость конденсатора C_1 . Ёмкость можно выразить из формулы $\tau = C \cdot R$, где τ – время разрядки конденсатора через нагрузку R_H .

$$R_H = \frac{U_H}{I_H} = \frac{11,9}{1} = 11,9(Ом);$$

$$\tau = \frac{t}{\ln\left(\frac{U_{ж}}{U_c - U_{1111}}\right)}.$$

Так как $U_c = U_{ж} \cdot e^{-\frac{t}{T}}$, где t – половина периода ($T/2$).

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ с}, \quad t = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ с}.$$

$$U_{1111} = U_H \cdot k_n = 5 \cdot 0,1 = 0,5B, \text{ где } k_n = 0,1.$$

$$U_{ж} = U_H + U_{1111} = 5 + 0,5 = 5,5B;$$

$$\Leftrightarrow \tau = \frac{0,01}{\ln\left(\frac{5,5}{5}\right)} = \frac{0,01}{\ln 0,51} = \frac{0,01}{0,005} = 0,02 \text{ с}.$$

Определим ёмкость конденсатора:

$$c = \frac{0,02}{11,9} = 0,00168 \text{ } \acute{O}.$$

По справочнику выбираем конденсатор *K50-6*.

Задача 2

Определить режим работы транзистора.

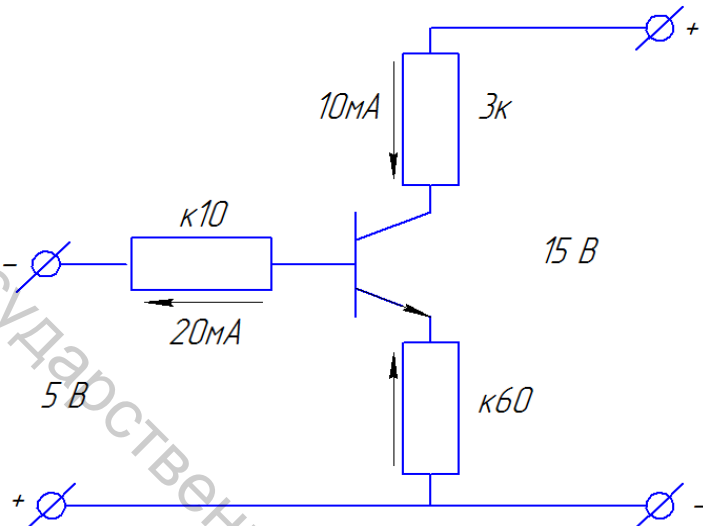


Рисунок 4.1

1. Рассчитываем ток $I_{\text{э}}$ по первому закону Кирхгофа:

$$I_{\text{э}} = I_{\text{б}} - I_{\text{к}} = 20 - 10 = 10 \text{ мА.}$$

2. Знаки падений напряжения на резисторах:

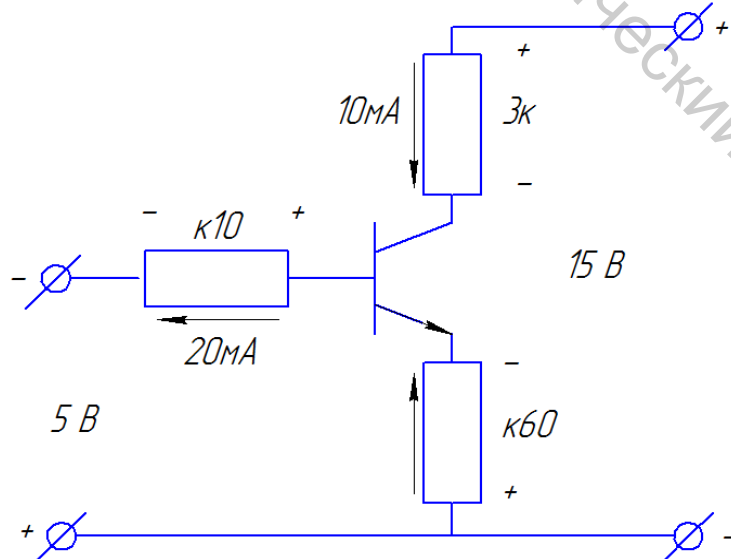


Рисунок 4.2

3. Рассчитываем напряжение на электродах ($U_{э}$, $U_{к}$, $U_{б}$) относительно общей точки (общей шины) по второму закону Кирхгофа и закону Ома с учетом законов падений напряжения на резисторах и закону внешних источников напряжения:

$$U_{э} = 0,01 \cdot 600 = 6 \text{ В.}$$

$$U_{к} = 0,01 \cdot 300 = 9 \text{ В.}$$

$$U_{б} = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ В.}$$

4. Определяем величины и знаки напряжений на переходах резистора:

$$U_{эб} = U_{э} - U_{б} = 6 - 2 = 4 \text{ В.}$$

$$U_{бк} = U_{б} - U_{к} = 2 - 9 = -7 \text{ В.}$$

5. Определяем режим работы транзистора по таблице:

n - p - n				
$U_{эб}$	$U_{пб}$	$U_{кб}$	$U_{пк}$	Режим
>0	3	<0	3	РО
<0	3	<0	3	АР
<0	0	>0	0	РН
>0	0	>0	0	АР1

$$U_{эб} > 0, U_{пб} = 3, U_{кб} < 0, U_{пк} = 3.$$

Транзистор работает в режиме отсечки.

Практическая работа № 5

Расчет выпрямителя

Схема выпрямителя с П-образным индуктивно-емкостным фильтром приведена на рисунке 5.1. Допускаемый коэффициент необходимо умножить на 10^{-2} . Варианты заданий представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1

<i>№ варианта</i>	<i>U, В</i>	<i>P, Вт</i>	<i>Допускаемый коэф-т, 10⁻²</i>
1	60	40	0,3
2	70	45	0,8
3	75	50	0,9
4	80	55	0,7
5	85	60	0,6
6	90	70	0,5
7	95	65	0,4
8	100	75	0,3
9	105	100	0,5
10	65	80	0,6
11	110	90	0,7
12	75	55	0,8
13	55	80	0,6
14	80	45	0,3
15	90	90	0,7
16	105	65	0,9
17	95	90	0,5
18	85	75	0,4
19	60	55	0,7
20	70	85	0,6
21	110	100	0,8
22	65	60	0,3
23	95	70	0,4
24	100	95	0,5
25	80	80	0,9

Пример расчета выпрямителя.

Номинальное напряжение нагрузки 100 В, номинальная мощность – 50 Вт, допустимый коэффициент пульсации 0,5 %, напряжение сети переменного тока 220 В при частоте 50 Гц.

Выбрать тип вентиля, определить расчетную мощность и коэффициент трансформации трансформатора, параметры фильтра.

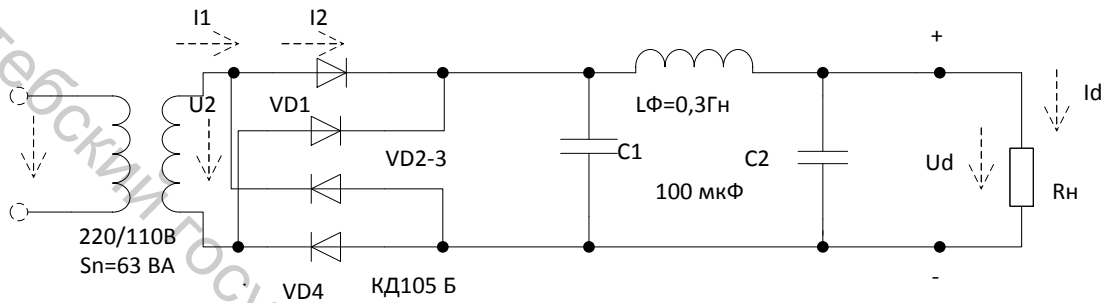


Рисунок 5.1

Решение.

1. Выбор вентиляй.
2. Ток нагрузки

$$I_d = \frac{P_H}{U_d} = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ A.}$$

Для однофазной мостовой схемы средний ток через вентиль

$$I_a = \frac{P_H}{U_d} = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ A.}$$

Обратное максимальное напряжение на вентиле

$$U_{B\max} = 1,57 U_d = 1,57 \cdot 100 = 157 \text{ B.}$$

Выбираем вентили КД105Б, для которых

$$I_{a\text{дон}} = 0,3 \text{ A} > I_a = 0,25 \text{ A.}$$

$$U_{в\text{дон}} = 400 \text{ B} > U_{в\text{макс}} = 157 \text{ B.}$$

Предельные параметры некоторых выпрямительных диодов и столбов

Таблица 5.2

Тип	Средний выпрямленный ток, А	Допустимое обратное напряжение, В	Диапазон температур, °С
КД105Б	0,3	400	-60 +55
КД105В	0,3	600	-60 +55
КД105Г	0,3	800	-60 +55
КД209А	0,7	400	-60 +55
КД209Б	0,7	600	-60 +55
КД208А	1,5	100	-40 +85
КД206А	10,0	400	-60 +70
КД206Б	10,0	500	-60 +70
Д302	1,0	120	-60 +50
Д303	2,5	120	-60 +50
Д304	5,0	100	-60 +50
Д305	6,5	50	-60 +50
КЦ106А	0,01	4000	-60 +85
КЦ106Б	0,01	6000	-60 +85
КЦ106В	0,01	8000	-60 +85
КЦ106Г	0,01	10000	-60 +85
КЦ201А	0,2	2000	-60 +85
КЦ201Д	0,2	10000	-60 +85

3. Определение параметров трансформатора

Для однофазной мостовой схемы действующее значение вторичного напряжения:

$$U_2 = 1,11 U_d = 1,11 \cdot 100 = 111 \text{ В.}$$

Откуда

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{111} \approx 2.$$

Расчетная мощность

$$P_{расч} = 1,23 P_H = 1,23 \cdot 50 = 61,5 \text{ Вт.}$$

Выбираем трансформатор $\frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{111}$ В.

$$S_{ном} = 63 \text{ ВА} > P_{расч} = 61,5 \text{ Вт.}$$

4. Определение параметров фильтра

Коэффициент пульсации на выходе однофазного мостового выпрямителя

$$K_{nl} = 0,67.$$

Требуемый коэффициент пульсаций

$$K_{n2} = 0,005.$$

Коэффициент сглаживания фильтра

$$S = \frac{K_{n1}}{K_{n2}} = \frac{0,67}{0,005} = 134.$$

П-образный фильтр состоит из простого С-фильтра и Г-образного LC-фильтра. Его коэффициент сглаживания:

$$S = S_C \cdot S_{LC}.$$

Принимаем емкость конденсаторов фильтра $C_1 = C_2 = 100$ мкФ

Тогда

$$S_C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot m \cdot C_\phi \cdot R_i \cdot 10^{-6} = 2\pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 12,6$$

где m – число пульсаций выпрямленного напряжения за период.

$$R_i = \frac{U_d}{I_d} = \frac{100}{0,5} = 200 \text{ } \hat{I}i \text{ .}$$

Тогда коэффициент сглаживания LC – фильтра

$$S_{LC} = \frac{S}{S_C} = \frac{134}{12,6} = 10,6.$$

Для LC – фильтра

$$LC = \frac{S \cdot 10^6}{\pi \cdot f \cdot m} = \frac{10,6 \cdot 10^6}{\pi \cdot 50 \cdot 2} = 26,8.$$

При $C_2 = 100$ мкФ

$$L = \frac{LC}{C} = \frac{26,9}{100} \approx 0,3 \text{ } \hat{A}i \text{ .}$$

Параметры фильтра

$$\tilde{N}_1 = \tilde{N}_2 = 100 \hat{i}e\hat{O} \text{ , } L = 0,3 \hat{A}i \text{ .}$$

По справочнику выбираются конденсаторы и катушка индуктивности.

Практическая работа № 6

Исследование усилительного каскада на транзисторе

Рассчитать сопротивления резисторов схемы, определить коэффициент усиления напряжения, тока и мощности, входное и выходное сопротивления каскада, максимальную амплитуду выходного синусоидального сигнала. Задание по вариантам представлено в таблице 6.1 и таблице 6.2.

Таблица 6.1

Вариант	Тип транзистора	Напряжение Источника питания, В	Ток покоя транзистора, мА	Напряжение покоя, $U_{кэл}$ В	Сопротивление нагрузки, кОм
1	МП25	12	5	6	10
2	МП25	20	10	10	2
3	МП25А	12	10	6	10
4	МП25А	20	10	10	1
5	МП25Б	24	10	12	10
6	МП25Б	27	10	14	2
7	ГТ122А	12	10	6	5
8	ГТ122Б	12	5	6	2
9	ГТ122В	12	5	6	10
10	ГТ122Г	12	8	6	1
11	ГТ122А	15	8	8	1
12	ГТ122В	15	10	8	10
13	КТ301А	12	4	6	10
14	КТ301А	24	4	12	3
15	КТ301Б	12	3	6	10
16	КТ301Б	24	3	12	4
17	КТ301В	12	5	6	10
18	КТ301В	24	5	12	2
19	КТ301Ж	12	3	6	10
20	КТ301Ж	24	3	12	4
21	КТ315А	12	20	6	5
22	КТ315А	12	25	6	1
23	КТ315Б	12	25	6	1
24	КТ315Б	15	20	7	0,5
25	КТ315В	24	10	12	10
26	КТ315В	24	10	12	2
27	КТ315Г	12	20	6	5
28	КТ315Г	12	20	6	0,5
29	КТ315Е	12	20	6	2
30	КТ315Е	15	20	7	1

Таблица 6.2

№	I_k мА	$I_б$ мА	$U_{вход}$ В	$U_{выход}$ В	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом
1	10	20	5	10	100	200	400
2	20	25	5	15	150	250	500
3	30	40	5	20	200	300	600
4	40	60	5	25	80	100	400
5	15	20	5	12	60	400	500
6	15	25	5	14	160	500	600
7	10	30	5	16	80	150	500
8	20	30	5	18	100	150	600
9	20	40	5	22	100	250	500
10	15	30	5	24	80	100	600
11	15	40	5	8	80	300	500
12	15	20	5	6	150	300	600
13	15	25	5	10	200	400	600

Пример выполнения расчетной части.

Схема усилительного каскада на транзисторе ГТ108А приведена на рисунке 7.1, заданы : напряжение источника питания 9В, ток покоя коллектора 10мА, напряжение покоя эмиттер-коллектор 4В , сопротивление нагрузки 1 кОм.

Решение

1. Режим покоя

Уравнение статической линии нагрузки

$$E_k = I_3 R_3 + U_{3к} + I_3 R_k.$$

Учитывая, что $I_k \gg I_б$ $I_k \approx I_3$

$$E_k = U_{3к} + I_k (R_k R_3).$$

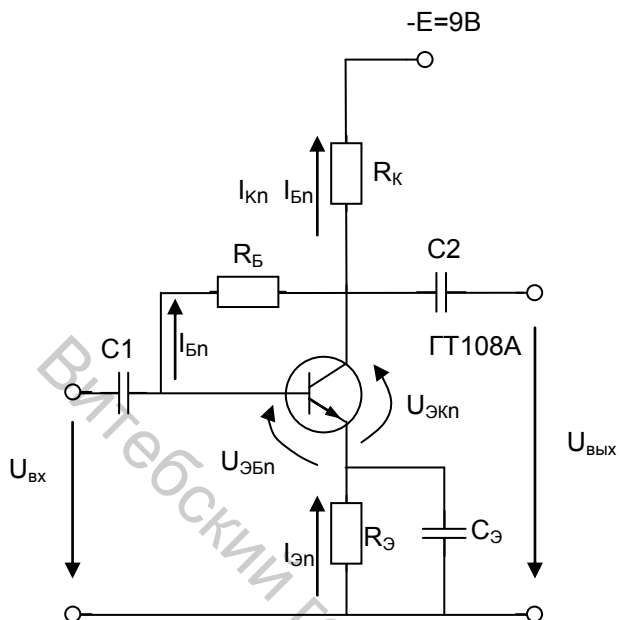


Рисунок 7.1

По полученному уравнению на выходных характеристиках транзистора ГТ108А строим статическую линию нагрузки (рисунок 7.1) по двум точкам: точка покоя с координатами $I_{кн} = 10 \text{ мА}$ и $U_{экн} = 4 \text{ В}$ и точка отсечки $I_{к} = 0$.

$$U_{эк} = E_{к} = 10 \text{ В.}$$

Подставляя в уравнение линии нагрузки значения E , $I_{кн}$, $U_{экн}$ получаем

$$R_{\dot{Y}} + R_{\dot{E}} = \frac{E_{\dot{E}} - U_{\dot{Y}\dot{E}}}{I_{\dot{E}}} = \frac{9 - 4}{10} = 0,5 \hat{\Omega} .$$

Так как по условию $R_{\dot{E}} = 0,1 R_{к}$, то

$$R_{\dot{E}} = \frac{R_{\dot{Y}} - R_{\dot{E}}}{1,1} = \frac{0,5}{1,1} \approx 450 \hat{\Omega} .$$

$$R_{\dot{Y}} \approx 50 \hat{\Omega} .$$

Для контура база – коллектор – база можно написать уравнение по второму закону Кирхгофа

$$I_{бн} R_{б} = U_{бкн} .$$

Учитывая, что $U_{бк} = U_{эк} - U_{эв}$ имеем

$$R_{\dot{a}} = \frac{U_{\dot{Y}\dot{E}} - U_{\dot{Y}\dot{a}}}{I_{\dot{g}}} .$$

Точка покоя П лежит на выходной характеристике $I_{б} = 200 \text{ мкА}$. По входной характеристике $U_{кэ} = -5 \text{ В}$ для $I_{бн} = 200 \text{ мкА}$ получаем $U_{эбн} = 0,35 \text{ В}$.

$$R_{\dot{a}} = \frac{4 - 0,35}{0,2} = 18,3 \hat{\Omega} .$$

2. Динамический режим:

По выходным характеристикам транзистора в точке покоя П определяем

$$h_{21} = \frac{\Delta i_{\dot{E}}}{\Delta i_{\dot{a}}} = \frac{15 - 5}{0,9 - 0,1} = 50 .$$

$$h_{22} = \frac{\Delta i_{\hat{E}}}{\Delta i_{\hat{E}\hat{Y}}} = \frac{10,5 - 10}{10 - 4} = 83 \cdot 10^{-6} 50 \tilde{N} \hat{i} .$$

По входной характеристике

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{\hat{Y}\hat{A}}}{\Delta i_{\hat{A}}} = \frac{0,41 - 0,3}{0,3 - 0,1} = 0,55 \hat{e} \hat{h} .$$

Схема замещения каскада в динамическом режиме при замене транзистора эквивалентной схемой с h – параметрами приведена на рисунке 7.1.

В выходной части схемы параллельно включены резисторы $R_{\hat{E}} = 450 \hat{h}$,

$$R_H = 1 \hat{e} , \text{ и } h_{22}^{-1} = \frac{\Delta i_{\hat{E}}}{\Delta i_{\hat{E}\hat{Y}}} = \frac{10^6}{83} \approx 12 \hat{e} \hat{h} . \text{ Так как}$$

$$h_{22}^{-1} \gg R_K ,$$

то его можно из схемы исключить.

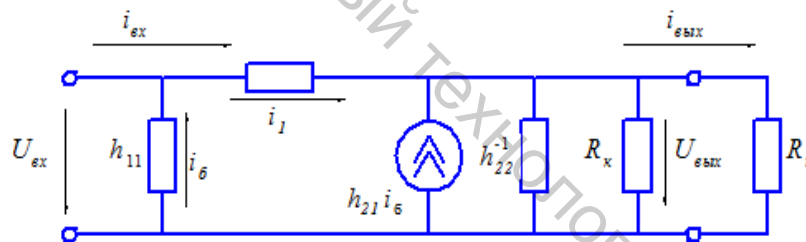


Рисунок 7.2

Коэффициент усиления напряжения:

$$\hat{E}_u = \frac{U_{\hat{A}\hat{O}\hat{O}}}{U_{\hat{A}\hat{O}}} .$$

Для его определения запишем уравнение по первому закону Кирхгофа для узла К, считая все точки выходящими из узла,

После преобразования получаем

$$-i_{\hat{A}} = \frac{U_{\hat{A}\hat{O}}}{h_{11}} .$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткаченко, Ф. А. Техническая электроника : учеб. пособие для вузов / Ф. А. Ткаченко. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.: ил.
2. Валенко, В. С. Электроника и микросхемотехника : учеб. пособие для вузов / В. С. Валенко, М. С. Хандогин. – Минск: Беларусь, 2000. – 320 с.: ил.
3. Лачин, В. И. Электроника : учебное пособие для студентов технических вузов / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. – 4-е изд. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. – 576 с.
4. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : учебник для вузов / Ю. С. Забродин. – Москва : Высшая школа, 1982. – 495 с.: ил.
5. Тугов, Н. М. Полупроводниковые приборы : учебник для вузов по специальности "Промышленная электроника" / Н. М. Тугов, Б. А. Глебов, Н. А. Чарыков ; под ред. В. А. Лабунцова. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.: ил.
6. Жеребцов, И. П. Основы электроники / И. П. Жеребцов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.