

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы
по дисциплине

«Проектирование устройств цифровой обработки информации»

для специальности 1-39 02 01

«Проектирование и компьютерное моделирование РЭС»
для студентов заочной формы обучения

Новополоцк 2007

УДК 621.396.6(075.8)
ББК 32.844я73

Одобрены и рекомендованы к изданию
методической комиссией радиотехнического факультета

Кафедра радиоэлектроники

СОСТАВИТЕЛЬ:

М. Е. КАПРАЛОВ, ст. преподаватель

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ю. Г. ГРОЗБЕРГ, канд. техн. наук, доцент;

Р. П. БОГУШ, канд. техн. наук, доцент

Введение

Дисциплина «Проектирование устройств цифровой обработки информации» является одной из базовых инженерных дисциплин. Она изучает арифметические, логические, схемотехнические основы и операционные узлы электронных устройств обработки информации.

Цель дисциплины – подготовка студентов к работе по проектированию и применению устройств цифровой обработки информации. В процессе изучения дисциплины студенты должны изучить принципы построения, математическое описание, методы анализа устройств, приобрести навыки расчета и проектирования устройств цифровой обработки информации.

Основная форма изучения дисциплины для студентов-заочников – это самостоятельная проработка материала по литературе.

Настоящие методические указания составлены на основании РД РБ 02100.5.105-98.

Содержание дисциплины

Основы теории проектирования устройств цифровой обработки информации. Логические элементы интегральных микросхем. Триггерные устройства цифровых систем. Регистры. Счетчики. Дешифраторы и коммутаторы. Сумматоры. Микроэлектронные устройства на микропроцессорных комплектах БИС.

Методические указания по выполнению контрольного задания

Контрольное задание должно быть выполнено на скрепленных и имеющих обложки листах (вариант – ученическая тетрадь). На обложке должны быть: наименование работы, наименование дисциплины, фамилия, имя и отчество автора, номер группы и номер варианта. Номер варианта должен соответствовать последним двум цифрам зачетной книжки. При выполнении работы номер варианта выбирается из таблицы.

1. Любое число, записанное в p -ичной позиционной системе счисления (ПСС), может быть представлено в следующем виде:

$$X_{(p)} = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 p^0 + a_{-1} p^{-1} + \dots + a_{-m} p^{-m},$$

где a_n, \dots, a_{-m} – любая цифра (символ), используемая в данной ПСС; n, \dots, m – номера разрядов числа; p – основание ПСС, которым может быть любое целое число, кроме $|p| \leq 1$ и $|p| = \infty$; p^n, \dots, p^{-m} – веса разрядов. Например, число $X_{(10)} = 1235,87$ по этой формуле имеет вид:

$$X_{(10)} = 1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 8 \cdot 10^{-1} + 7 \cdot 10^{-2}.$$

В устройствах обработки информации очень широко применяют ПСС с недесятичным основанием: двоичную, восьмеричную, шестнадцатеричную и другие. В связи с тем, что в шестнадцатеричной системе используется шестнадцать знаков (больше десяти), для обозначения числа 10 используется символ А, для 11 – символ В, для 12 – символ С, для 13 – символ D, для 14 – символ Е, для 15 – символ F.

Вид чисел в различных ПСС, наиболее употребляемых в системах обработки информации, приведен в табл. 1. Для представления того или иного числа используются десять символов арабских цифр и латинские буквы А, В, С, D, Е и F.

В связи с тем, что для человека более удобна десятичная ПСС, а для машины двоичная, на практике применяют некоторую смешанную систему: двоично-десятичную. В этой системе каждая цифра десятичного числа заменяется четырехразрядным двоичным числом – тетрадой.

Таблица 1

$X_{(10)}$	$X_{(2)}$	$X_{(8)}$	$X_{(16)}$	$X_{(2-10)}$
0	0000	0	0	0000 0000
1	0001	1	1	0000 0001
2	0010	2	2	0000 0010
3	0011	3	3	0000 0011
4	0100	4	4	0000 0100
5	0101	5	5	0000 0101
6	0110	6	6	0000 0110
7	0111	7	7	0000 0111
8	1000	10	8	0000 1000
9	1001	11	9	0000 1001
10	1010	12	А	0001 0000
11	1011	13	В	0001 0001
12	1100	14	С	0001 0010
13	1101	15	D	0001 0011
14	1110	16	Е	0001 0100
15	1111	17	F	0001 0101

Для машинной реализации перевода чисел из одной ПСС в другую применяют различные методы.

Метод деления. Для перевода **целого числа** из десятичной системы счисления в любую другую ПСС необходимо разделить десятичное число на основание новой системы счисления, затем полученное частное снова разделить на основание новой системы счисления и так до тех пор, пока в частном не останется число меньше основания новой системы счисления.

Число в новой системе счисления запишется в виде остатков от деления, начиная с последнего частного, представляющего собой старшую цифру числа.

Пример. Представить десятичное число 375 в восьмеричной ПСС.

$$\begin{array}{r}
 375 \overline{) 8} \\
 \underline{368} \quad 46 \\
 7 \quad 40 \\
 \underline{\quad} \quad 5 \\
 6
 \end{array}$$

Ответ: $375_{(10)} = 567_{(8)}$.

Метод умножения. Для перевода **правильной десятичной дроби** в другую систему счисления необходимо дробную часть десятичного числа последовательно умножать на основание новой системы счисления, представленное в исходной ПСС, до тех пор, пока в дробной части не останутся нули или не будет достигнута заданная точность перевода. В результате выполнения каждой операции умножения формируется одна цифра нового числа (начиная со старшей), равная целой части очередного произведения.

Пример. Представить число $0,125_{(10)}$ в двоичной ПСС.

$$\begin{array}{r}
 0,125 \\
 \times \\
 2 \\
 \hline
 0,250 \\
 \times \\
 2 \\
 \hline
 0,500 \\
 \times \\
 2 \\
 \hline
 1,000
 \end{array}$$

0, 0 0 1

Ответ: $0,125_{(10)} = 0,001_{(2)}$.

Пример. Представить десятичное число 0,644 в восьмеричной ПСС.

$$\begin{array}{r}
 0,644 \\
 \times \\
 \quad 8 \\
 \hline
 5,152 \\
 \times \\
 \quad 8 \\
 \hline
 1,216 \\
 \text{└----- Погрешность преобразования} \\
 : \\
 :
 \end{array}$$

Ответ: $0,644_{(10)} \approx 0,51_{(8)}$.

Неправильные дроби десятичной системы счисления в любую другую переводятся в два приема: целая часть переводится по одному правилу, дробная – по другому (см. выше).

Литература – [1, с. 18 – 22].

2. Перевод чисел в десятичную ПСС из любой другой ПСС удобнее всего производить, представляя эти числа в развернутой форме:

$$\begin{aligned}
 1101001_{(2)} &= 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = \\
 &= 64 + 32 + 0 + 8 + 0 + 0 + 1 = 105_{(10)}.
 \end{aligned}$$

Правила перевода восьмеричных и шестнадцатеричных чисел в двоичные и наоборот исключительно просты, поскольку основания восьмеричной и шестнадцатеричной систем счисления есть целые степени десятичного числа 2.

Для перевода восьмеричного (шестнадцатеричного) числа в двоичную форму достаточно заменить каждую цифру этого числа трехразрядным (четырёхразрядным) двоичным числом:

$$2516,1_{(8)} = 010\ 101\ 001\ 110,001_{(2)}$$

$$7B3,E_{(16)} = 0111\ 1011\ 0011,1110_{(2)}$$

При переводе из двоичной в восьмеричную (шестнадцатеричную) систему поступают следующим образом: двигаясь от запятой влево и вправо, разбивают двоичное число на группы по три (четыре) разряда, дополняя, при необходимости, нулями крайние левую и правую группы. Затем каждую группу из трех (четырех) разрядов заменяют соответствующей восьмеричной (шестнадцатеричной) цифрой:

$$011\ 001\ 111, 110\ 100_{(2)} = 317,64_{(8)};$$

$$0011\ 0001, 1011\ 1000_{(2)} = 31,В8_{(16)}.$$

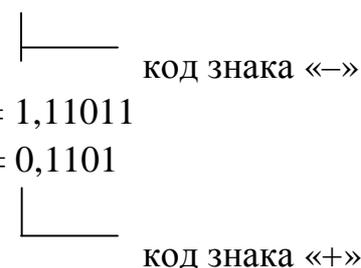
Литература – [1, с. 22 – 24].

3. Необходимость кодирования чисел определяется тем, что в электронных машинах целесообразнее обрабатывать числа не в том виде, как они изображаются человеком на бумаге.

Прямой код. Получается при кодировании в числе X только знаковой информации, причем знак «+» кодируется нулем, а знак «-» – единицей.

Например: $X_1 = -10011_{(2)}$, $[X_1]_{np} = 110011$

$$\begin{array}{l} X_2 = -0,11011_{(2)} \quad [X_2]_{np} = 1,11011 \\ X_3 = +0,1101_{(2)} \quad [X_3]_{np} = 0,1101 \end{array}$$



Подчеркнем: если под поле цифр разрядов выделено больше, чем это необходимо для представления числа X , то эти разряды (цифры) числа X заносятся в разрядную сетку устройства в соответствии со своими весами. Код знака числа практически во всех устройствах заносится в **старший разряд разрядной сетки**.

Следовательно, при использовании, например, 8-разрядной сетки для предыдущего примера коды будут выглядеть: $[X_1]_{np} = 10010011$, $[X_2]_{np} = 1,1101100$, $[X_3]_{np} = 0,1101000$.

Для упрощения алгебраического сложения (арифметического вычитания) используют несколько усложненное кодирование **отрицательных чисел: обратный и дополнительный коды**.

Обратный код $[X]_{обр}$ отрицательного числа формируется по следующему правилу: в знаковом разряде проставляется единица, а во всех остальных разрядах цифры заменяются на взаимно обратные.

Дополнительный код $[X]_{дон}$ отрицательного числа образуется из обратного кода путем увеличения $[X]_{обр}$ на единицу младшего разряда.

Заметим, что прямой, обратный и дополнительный коды положительных чисел совпадают. Поэтому многие не делают различий между ними, полагая, что положительное число имеет единственное изображение в электронных устройствах – прямой код.

В некоторых устройствах для обнаружения переполнения при сложении применяют так называемые *модифицированные коды* (прямой, обратный и дополнительный), которые отличаются от основных (немодифицированных) лишь тем, что под поле знаков выделены два разряда. Например, число $X_1 = +0,11011$ в прямом модифицированном коде имеет вид $[X_1]_{пр}^m = 00,11011$; число $X_2 = -0,10110$ в обратном модифицированном коде записывается как $[X]_{обр}^m = 11,01001$ и т.д.

Сложение двоичных чисел

Арифметические действия над двоичными числами производятся по тем же правилам, что и над десятичными. Необходимо только учитывать, что сложение двух единиц дает нуль в данном разряде и единицу переноса в следующий.

Сложение чисел с фиксированной запятой с различными знаками благодаря использованию обратного или дополнительного кода для отрицательных чисел сводится к арифметическому сложению кодов чисел. Знаковые разряды участвуют в операции сложения наравне с цифровыми. При этом, если выполняется операция сложения в обратных кодах, единица переноса из знакового разряда суммы прибавляется к ее младшему разряду (т. е. выполняется циклический перенос). Если же операция сложения выполняется над числами, представленными в дополнительном коде, то единица переноса из знакового разряда суммы отбрасывается.

Переход от обратного и дополнительного кодов к прямому выполняется аналогично переходу от прямого кода к обратному и дополнительно соответственно.

Например: а) $[X_1]_{обр} = 0,001001$; $[X_2]_{обр} = 1,001110$; $[X_1 + X_2]_{обр} = ?$;
 $X_1 + X_2 = ?$

Решение:

$$\begin{array}{r} 0,001001 \\ + \\ 1,001110 \\ \hline 1,010111 \end{array}$$

Ответ: $[X_1 + X_2]_{обр} = 1,010111$; число $X_1 + X_2 = -0,101000$.

б) $[X_1]_{обр} = 0,110001$; $[X_2]_{обр} = 1,110110$; $X_1 + X_2 = ?$

Решение:

$$\begin{array}{r} 0,110001 \\ + \\ 1,110110 \\ \hline 10,100111 \\ \left[\begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right. + \\ \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right] \rightarrow 1 \\ \hline 0,101000 \end{array}$$

Ответ: $X_1 + X_2 = +0,101000$.

в) $[X_1]_{обр} = 1,001110$; $[X_2]_{обр} = 1,110110$; $X_1 + X_2 = ?$

Решение:

$$\begin{array}{r} 1,001110 \\ + \\ 1,110110 \\ \hline 11,000100 \\ \left[\begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right. + \\ \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right] \rightarrow 1 \\ \hline 1,000101 \end{array}$$

Ответ: $X_1 + X_2 = -0,111010$.

г) $[X_1]_{дон} = 0,001001$; $[X_2]_{дон} = 1,001111$; $X_1 + X_2 = ?$

Решение:

$$\begin{array}{r} 0,001001 \\ + \\ 1,001111 \\ \hline 1,011000 \end{array}$$

Ответ: $X_1 + X_2 = -0,101000$.

Комментарий. Для определения результата осуществлено преобразование кодов в число:

$$[1,011000]_{дон} = [1,101000]_{нр} = -0,101000.$$

д) $[X_1]_{дон} = 0,110001$; $[X_2]_{дон} = 1,110111$; $X_1 + X_2 = ?$

Решение:

$$\begin{array}{r}
 0,110001 \\
 + \\
 1,110111 \\
 \hline
 10,101000 \\
 \leftarrow \text{отбрасывается}
 \end{array}$$

Ответ: $X_1 + X_2 = 0,101000$.

е) $[X_1]_{дон} = 1,001111$; $[X_2]_{дон} = 1,110111$; $X_1 + X_2 = ?$

Решение:

$$\begin{array}{r}
 1,001111 \\
 + \\
 1,110111 \\
 \hline
 11,000110 \\
 \leftarrow \text{отбрасывается}
 \end{array}$$

Ответ: $X_1 + X_2 = -0,111010$.

ж) из числа X_1 вычесть число X_2 , если $X_1 = 0,1000$, а $X_2 = 0,1011$, т.е. $X_1 - X_2 = ?$

Решение: меняем знак X_2 , т.е. $-X_2 = -0,1011$, переходим к кодам, допустим, к обратным: $[X_1]_{обр} = 0,1000$; $[-X_2]_{обр} = 1,0100$ и складываем:

$$\begin{array}{r}
 0,1000 \\
 + \\
 1,0100 \\
 \hline
 1,1100
 \end{array}$$

Переходим от обратного кода к цифровому значению: $X_1 - X_2 = -0,0011$.

Литература – [1, с. 30 – 45].

4. Переключательная функция (ПФ) может быть реализована на различных элементах (И – НЕ, ИЛИ – НЕ и др.).

Для представления ПФ на элементах И-НЕ ее необходимо вначале представить в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ). Выполнив далее двойное отрицание и применив закон отрицания, мы приведем ПФ к требуемому виду.

Например, ПФ $f = \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + X_3 X_4 + \bar{X}_2 X_3$ в соответствии с описанными действиями приводится к виду:

$$f = \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + X_3 X_4 + \bar{X}_2 X_3 = \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \cdot X_3 X_4 \cdot \bar{X}_2 X_3 .$$

По этому выражению ПФ удобно реализуется на элементах И – НЕ (в базисе И – НЕ).

Для реализации ПФ в базисе ИЛИ – НЕ необходимо записать ее сначала в конъюнктивной нормальной форме (КНФ). Выполнив далее двойное отрицание и применив закон отрицания, мы получим искомую форму. Например, ПФ $f = (X_1 + \bar{X}_2)(\bar{X}_1 + X_3)(\bar{X}_1 + X_2)$ в соответствии с этой процедурой принимает вид:

$$f = (X_1 + \bar{X}_2)(\bar{X}_1 + X_3)(\bar{X}_1 + X_2) = (X_1 + \bar{X}_2) + (\bar{X}_1 + X_3) + (\bar{X}_1 + X_2) .$$

Последнее выражение ПФ удобно реализуется на элементах ИЛИ – НЕ.

Литература – [1, с. 46 – 60], [2, с. 100 – 103].

5. Минимизация, или сокращение выражения, для ПФ необходима, чтобы обеспечить минимум затрат оборудования при построении функциональной схемы в заданном наборе логических элементов. Чаще всего используется набор И, ИЛИ, НЕ, а минимизация ведется в ДНФ. Минимальной будет такая разновидность функции, которая состоит из наименьшего количества дизъюнктивных (конъюнктивных) членов при наименьшем суммарном числе символов переменных. В случае ДНФ в результате минимизации получается минимальная ДНФ (МДНФ).

Для минимизации ПФ используют два основных метода: 1) метод Квайна; 2) метод карт Карно (диаграмм Вейча).

Метод Квайна применяется к функциям, заданным в СДНФ (возможно задание и в СКНФ), и проводится в два этапа.

На *первом этапе* выполняется переход от СДНФ к сокращенной ДНФ путем проведения всех возможных склеиваний друг с другом сначала конъюнкций ранга n , затем ранга $n - 1$, далее ранга $n - 2$ и т.д. Каждый раз в группе конъюнкций ранга r ($1 \leq r \leq n$) отыскиваются пары конъюнкций вида Ax и $A\bar{x}$, где A – общая часть этих конъюнкций. Эти конъюнкции склеиваются между собой по переменной x . При этом получается конъюнкция A ранга $r - 1$, а конъюнкции Ax и $A\bar{x}$ помечаются и сравниваются со всеми другими конъюнкциями ранга r с целью выполнения операции склеивания. Результатом выполнения последовательности попарного сравнения и склеивания конъюнкций ранга r является группа конъюнкций ранга $r - 1$ и непомеченные конъюнкции ранга r . Непомеченные конъюнкции ранга r не участвовали в склеивании, следовательно, являются простыми импликантами и включаются в сокращенную ДНФ. Конъюнкции ранга $r - 1$ вновь подвергаются попарному сравнению и склеиванию, как это делалось для конъюнкций ранга r ; в результате имеем группу конъюнкций ранга $r - 2$ и непомеченные конъюнкции ранга $r - 1$, которые являются простыми импликантами, включаемыми далее в сокращенную ДНФ. Первый этап заканчивается тогда, когда вновь полученная группа конъюнкций не содержит склеивающихся членов, т.е. содержит только простые импликанты. После этого записывается сокращенная ДНФ ПФ, в которую включаются все полученные простые импликанты.

Например, возьмем ПФ и проделаем описанные процедуры:

$$f = \overline{X_1 X_2 X_3} + \overline{X_1 X_2 X_3} + \overline{X_1 X_2 X_3} + \overline{X_1 X_2 X_3} + \overline{X_1 X_2 X_3},$$

где для удобства дальнейшего изложения над конъюнкциями записаны присвоенные им номера.

Анализируя всевозможные пары конъюнкций $1 - 2$, $1 - 3$, ..., $1 - 5$, $2 - 5$, $3 - 4$, $3 - 5$, $4 - 5$, находим, что операция склеивания выполняется между парами $1 - 3$, $2 - 5$, $3 - 4$, $4 - 5$. Таким образом, все конъюнкции исходной СДНФ участвуют в склеивании и помечаются (в данном случае) подчеркиванием.

После первой серии склеивания исходная функция будет иметь вид:

$$f = \overline{X_2 X_3} + X_2 X_3 + X_1 \overline{X_2} + X_1 X_3.$$

Продолжая процедуру склеивания, сравниваем попарно конъюнкции $1 - 2$, $1 - 3$, $1 - 4$, $2 - 3$, $2 - 4$, и $3 - 4$. Эти пары конъюнкций между собой не склеиваются. Поэтому последняя запись ПФ представляет собой сокращенную ДНФ, содержащую только простые импликанты.

Второй этап заключается в переходе от сокращенной ДНФ к так называемым тупиковым ДНФ и выборе среди них МДНФ. *Тупиковой* называ-

ется такая ДНФ, среди простых импликант которой нет ни одной лишней. При этом под лишней понимается такая простая импликанта, удаление которой не влияет на значение истинности этой функции. Конечно, бывают случаи, когда в сокращенной форме нет лишних простых импликант. Тогда сокращенная ДНФ является тупиковой.

Для выявления лишних простых импликант строится импликантная матрица, которая называется также матрицей (таблицей) покрытий. Каждая строка импликантной матрицы соответствует одной простой импликанте, а столбцы – конституентам единицы, которыми они и помечаются. Для приведенного примера импликантная матрица будет иметь вид табл. 2.

Таблица 2

Простые импликанты	Конституенты единиц				
	$\bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$	$\bar{X}_1 X_2 X_3$	$X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$	$X_1 \bar{X}_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$
1 $\bar{X}_2 \bar{X}_3$	×		×		
2 $X_2 X_3$		×			×
3 $X_1 \bar{X}_2$			×	×	
4 $X_1 X_3$				×	×

Нахождение тупиковых ДНФ по импликантной матрице начинается с разметки матрицы. При этом каждая импликанта сравнивается со всеми конституентами единицы. Если импликанта является собственной частью некоторой конституенты, то на пересечении строки и столбца ставится условный знак (в нашем примере «×»). Конституенты единицы, помеченные в строке с простой импликантой, поглощаются (покрываются) этой простой импликантой. Это значит, что на соответствующих наборах данная импликанта обеспечивает единичные значения ПФ.

Выявление лишних простых импликант выполняется следующим образом. В импликантной таблице условно вычеркивается строка с проверяемой простой импликантой вместе с соответствующими пометками в строке. Если при этом окажется, что в каждом столбце импликантной таблицы останется хотя бы по одной пометке, проверяемая импликанта явля-

ется лишней и ее следует удалить. Оставшиеся простые импликанты покрывают все единичные значения ПФ. Испытание каждой последующей простой импликанты возможно лишь после удаления уже выявленных лишних простых импликант. Изменение последовательности испытаний и удаления лишних членов сокращенной ДНФ может привести к различным тупиковым формам ПФ, из которых выбирается МДНФ.

Тупиковые формы в нашем примере имеют одинаковое суммарное количество переменных, поэтому любую из них можно выбрать в качестве МДНФ:

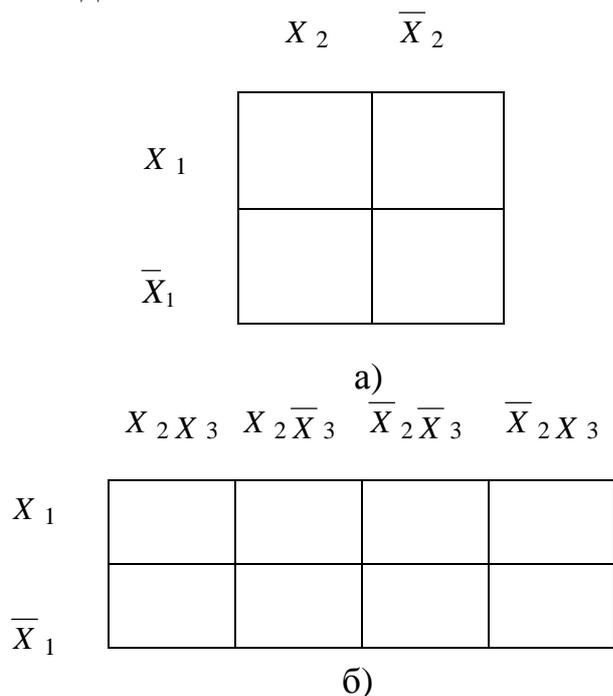
$$f_{1т} = \bar{X}_2 \bar{X}_3 + X_2 X_3 + X_1 X_3 ;$$

$$f_{2т} = \bar{X}_2 \bar{X}_3 + X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 .$$

Метод карт Карно (диаграмм Вейча) удобен для минимизации ПФ, содержащих обычно не более четырех переменных.

Диаграмма Вейча имеет вид прямоугольника (квадрата), разбитого на 2^n клеток, где n – число аргументов ПФ. Каждой клетке диаграммы ставится в соответствие определенная конъюнкция, причем конъюнкции располагают таким образом, чтобы в соседних клетках (в строке или столбце) они отличались не более чем значением одной переменной. В результате любые две соседние в строке или столбце конъюнкции склеиваются по соответствующей переменной. Соседними на диаграмме являются также крайние (левая и правая) конъюнкции в одной строке и конъюнкции в одном столбце (нижняя и верхняя).

Диаграммы Вейча для двух, трех и четырех переменных могут иметь следующий вид:



	$X_3 X_4$	$X_3 \bar{X}_4$	$\bar{X}_3 \bar{X}_4$	$\bar{X}_3 X_4$
$X_1 X_2$				
$X_1 \bar{X}_2$				
$\bar{X}_1 \bar{X}_2$				
$\bar{X}_1 X_2$				

в)

Для минимизации ПФ приводится к СДНФ, после чего заполняется диаграмма Вейча для n переменных. При этом в соответствующую клетку диаграммы вписывается 1, если ПФ на данном наборе аргументов равна единице. В остальные клетки вписывают нули либо такие клетки вообще оставляют пустыми.

В заполненной диаграмме обводят прямоугольными (либо квадратными) контурами клетки с единицами, после чего записывают МДНФ ПФ в виде дизъюнкции простых импликант, описывающих эти контуры. При проведении контуров придерживаются следующих правил:

- а) внутри контура должны быть только клетки с единицами;
- б) количество клеток с единицами должно выражаться 2^i (где $i = 0, 1, 2, \dots$), т.е. может быть равно 1, 2, 4, 8 и т.д.;
- в) единицы в крайних клетках одного столбца или одной строки могут включаться в один контур;
- г) каждый контур должен включать как можно большее число клеток с единицами, а общее число контуров должно быть как можно меньшим.

В простую импликанту, описывающую контур, включаются те переменные, которые во всех клетках контура имеют либо только прямое, либо только инверсное значение.

Например, надо минимизировать ПФ:

$$f = X_1 X_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + \\ + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 X_4.$$

Заполняем диаграмму Вейча на 4 переменные и проводим 4 контура (рис. 1).

МДНФ функции запишется в виде:

$$f_{\text{мин}} = X_2 X_4 + X_2 \bar{X}_3 + X_1 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4.$$

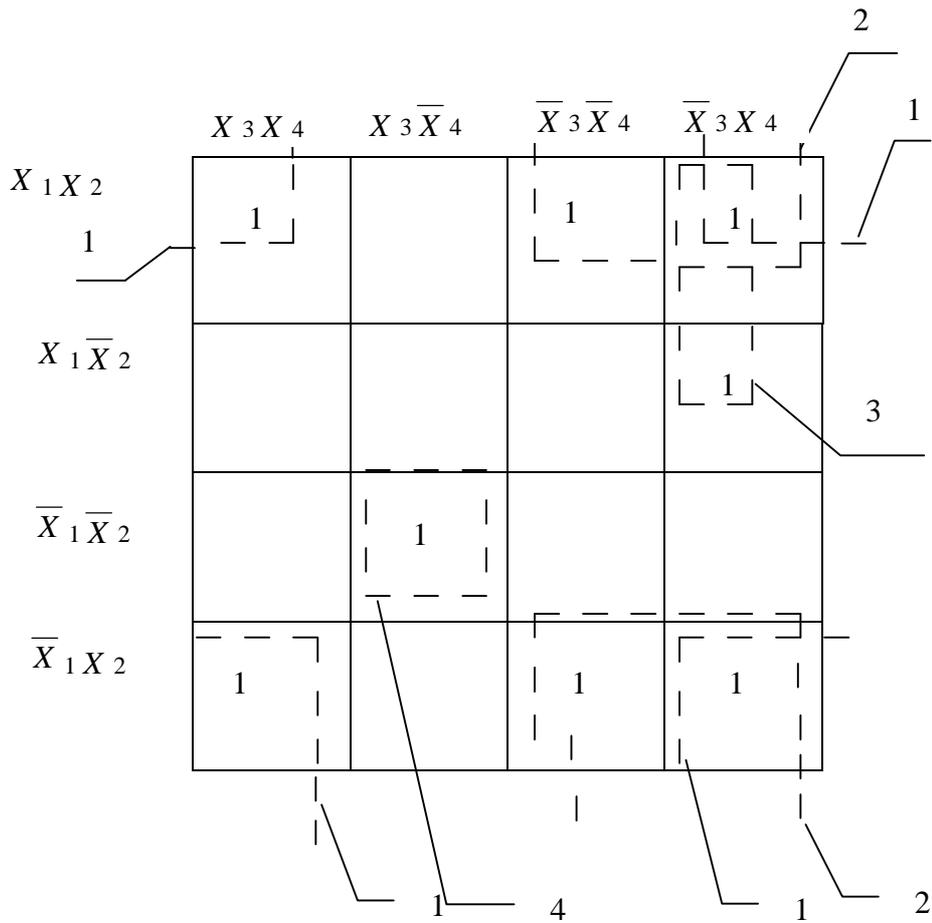


Рис. 1

Литература – [1, с. 60 – 66], [2, с. 103 – 106].

6. Схемотехнически основой всех логических элементов является инвертор. Схема инвертора с резисторными связями транзисторной логики (РСТЛ) приведена на рис. 2.

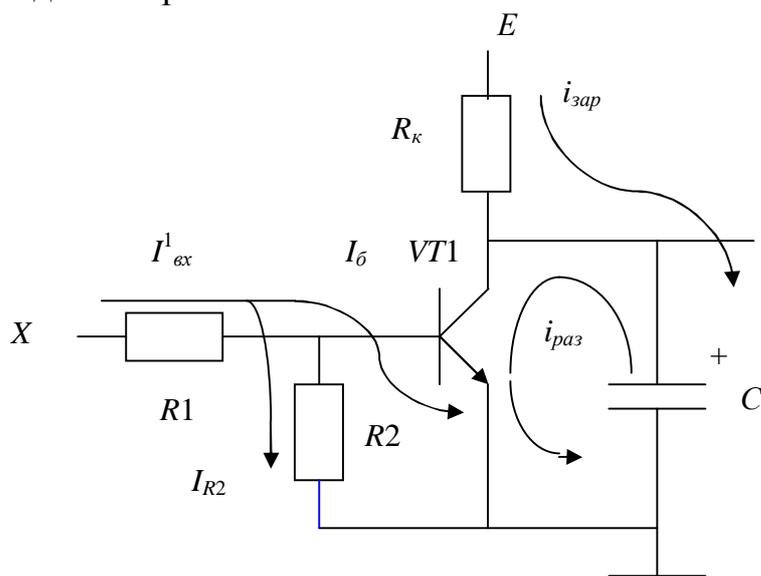


Рис. 2

Инверторы могут выполняться с открытым коллектором (ОК), т.е. без R_k . Открытый коллектор позволяет подключать различную нагрузку между коллектором и источником питания E (лампочка накаливания, реле и т.п.), использовать более высоковольтный источник $E_1 > E$ для коллекторной цепи (при высоковольтном транзисторе инвертора), получать схемы с более высоким $I_{вых}$, а также объединять схемы по выходу для работы на одну линию. При монтажном объединении коллекторов получается функция И (монтажное И):

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

Когда напряжение на входе X достигнет порогового напряжения (помехоустойчивость к положительным помехам) $U_{пор}^0$, транзистор открывается (на его базе напряжение достигает $U_{э.з.} = 0,6$ В). Поэтому

$$U_{пор}^0 R_2 / (R_1 + R_2) = U_{э.з.},$$

откуда

$$U_{пор}^0 = U_{э.з.} (1 + R_1/R_2).$$

Для ускорения включения и выключения транзистора, а, следовательно, для увеличения быстродействия, ставится форсирующий конденсатор C_ϕ , шунтирующий R_1 (резисторно-конденсаторная логика – РКТЛ).

При работе на емкостную нагрузку C в момент t_1 напряжение на входе x уменьшается до U^0 . Будем считать, что транзистор мгновенно закрывается. Емкость C заряжается током $i_{зар}$ через R_k от E за 3τ , где постоянная времени $\tau = R_k C$, т.е. $t_\phi^+ = 3R_k C$.

В момент времени t_3 транзистор открывается и заряженный до напряжения питания E конденсатор C разряжается коллекторным током $i_{раз}$. Разрядка C происходит коллекторным током постоянной величины I_k . Ток разрядки $i_{раз} = I_k = \beta I_\phi$, где β – коэффициент усиления тока базы транзистора; I_ϕ – ток базы, который определяется как $I_\phi = I_{ex}^1 - I_{R2}$; $I_{ex}^1 = (U^1 - U_{э.о.})/R_1$; $I_{R2} = U_{э.о.}/R_2$. Так как C разряжается током постоянной величины I_k , то длительность отрицательного фронта t_ϕ^- определяется по формуле:

$$t_\phi^- = EC/I_k.$$

Обычно $t_\phi^+ > t_\phi^-$, что является недостатком таких схем инверторов. Для простого инвертора $R_{вых}^1 = R_k$, а $R_{вых}^0 = r_{к.н.}$, где $r_{к.н.}$ – сопротивление коллектора насыщенного транзистора.

Литература – [1, с. 74 – 84], [2, с. 107].

Контрольные работы

1. Преобразуйте в двоичные, восьмеричные, шестнадцатеричные и двоично-десятичные эквиваленты следующие десятичные цифры:

Вариант	Десятичные числа								
01	2;	4;	11;	17;	32;	100;	132;	0,125;	156,25
02	0;	3;	10;	16;	54;	62;	81;	0,375;	200,5
03	1;	4;	7;	24;	29;	64;	83;	0,625;	132,75
04	2;	5;	10;	16;	28;	69;	75;	0,875;	189,125
05	0;	4;	9;	11;	63;	72;	99;	0,25;	154,375
06	5;	8;	12;	25;	68;	79;	88;	0,5;	139,625
07	2;	9;	10;	17;	69;	77;	101;	0,75;	155,875
08	0;	7;	13;	75;	85;	100;	120;	0,125;	155,25
09	4;	9;	33;	61;	64;	103;	129;	0,375;	150,5
10	3;	8;	35;	59;	79;	88;	95;	0,625;	135,75
11	1;	7;	16;	51;	77;	81;	128;	0,875;	151,125
12	2;	6;	17;	32;	68;	75;	123;	0,25;	140,375
13	3;	8;	19;	35;	44;	79;	102;	0,5;	161,625
14	5;	9;	15;	64;	92;	109;	129;	0,75;	154,875
15	4;	6;	18;	62;	91;	128;	139;	0,125;	169,25
16	7;	11;	22;	29;	39;	71;	98;	0,375;	131,5
17	3;	18;	44;	54;	62;	128;	133;	0,625;	171,75
18	6;	16;	24;	41;	68;	92;	121;	0,875;	149,125
19	4;	7;	19;	32;	49;	93;	128;	0,25;	164,375
20	1;	6;	24;	64;	79;	99;	127;	0,5;	179,625
21	3;	4;	15;	32;	63;	98;	129;	0,75;	189,875
22	4;	23;	37;	64;	70;	99;	125;	0,125;	191,25
23	2;	10;	32;	57;	88;	100;	129;	0,375;	182,5
24	1;	11;	33;	59;	87;	128;	131;	0,625;	200,75
25	6;	12;	32;	51;	81;	93;	130;	0,875;	192,125
26	5;	15;	29;	64;	69;	75;	101;	0,375;	177,5
27	4;	14;	22;	47;	72;	128;	133;	0,625;	193,75
28	1;	12;	17;	32;	57;	107;	139;	0,875;	187,125
29	2;	22;	37;	64;	72;	101;	131;	0,25;	179,375
30	3;	12;	17;	32;	69;	99;	144;	0,5;	195,625

2. Преобразуйте в десятичные числа двоичные числа, приведенные в таблице под пунктом а), а также преобразуйте в десятичные числа шестнадцатеричные числа, приведенные под пунктом б). Конкретные числа возьмите из таблицы согласно выполняемому варианту.

Вариант	Двоичные а) и шестнадцатеричные б) цифры				
01	а) 1001;	1111;	10000;	110110;	111100;
	б) А7;	В2;	17;	10;	1С
02	а) 1101;	1000;	10001;	101000;	111101;
	б) АА;	ВА;	6А;	С1;	СA2
03	а) 0101;	1010;	10001;	100100;	111001;
	б) 17;	13;	А1;	С4;	F1
04	а) 1001;	0000;	11000;	101001;	100000;
	б) 1В;	ВВ;	13;	2D;	СC
05	а) 1001;	1100;	11100;	110100;	111111;
	б) С1;	1А;	2В;	4F;	5D
06	а) 1101;	1000;	10001;	101000;	111101;
	б) А7;	В2;	13;	8А;	1С
07	а) 1001;	1111;	10000;	110110;	111100;
	б) А7;	В2;	17;	10;	1С
08	а) 0101;	1010;	10001;	100100;	111001;
	б) 1С;	А1;	4С;	АС;	Е1
09	а) 1001;	0000;	11000;	101001;	100000;
	б) 1А;	А1;	ВВ;	4D;	5F
10	а) 1101;	1000;	10001;	101000;	100000;
	б) В7;	С2;	14;	41;	F1
11	а) 1001;	1111;	11000;	110110;	111101;
	б) 7А;	2В;	51;	А8;	С1
12	а) 1101;	1000;	10001;	101000;	111101;
	б) В1;	С1;	DA;	А5;	5F
13	а) 1001;	1111;	10000;	110110;	111100;
	б) 1С;	А1;	2В;	F4;	D5

14	a) 1101; б) BB;	1000; A8;	10001; 6A;	101001; 1C;	111101; AC
15	a) 1101; б) A7;	1111; B2;	10001; 2B;	110100; 8F;	111111; E5
16	a) 0101; б) C1;	1010; 1A;	10001; 8C;	100101; BA;	110011; EE
17	a) 1001; б) A1;	0100; 9E;	11000; 2C;	101001; 88;	100000; EF
18	a) 1101; б) ED;	1000; 8F;	10001; D9;	101010; E5;	111101; 55
19	a) 1001; б) 11;	1111; 91;	10000; C9;	110110; E9;	111100; FF
20	a) 1101; б) 1B;	1000; 1F;	10001; D9;	101000; 53;	111101; 93
21	a) 1001; б) BE;	1111; 9A;	10000; 19;	110110; 7F;	111100; BE
22	a) 1101; б) BA;	1000; 81;	10001; 95;	101001; F5;	111101; FF
23	a) 0101; б) 1C;	1110; 88;	10001; C9;	101101; D6;	110001; F2
24	a) 1001; б) 1B;	0000; AB;	11000; 54;	101001; 5A;	100000; C6
25	a) 1001; б) C1;	1100; 1A;	11100; 2B;	110101; F4;	111111; 85
26	a) 1101; б) 7A;	1000; 2B;	10001; 53;	101000; A8;	111101; C1
27	a) 1001; б) B1;	1111; C1;	11000; DA;	110110; A5;	111101; F8
28	a) 1101; б) 17;	1111; 13;	10001; A1;	110101; C4;	111111; F1
29	a) 1011; б) 7A;	1000; 2B;	11001; 51;	100101; A8;	111101; E1
30	a) 1101; б) ED;	1111; A1;	10001; 2B;	110100; F4;	111111; D5

3. Сложите двоичные числа с фиксированной запятой. Для всех пунктов сложение провести в обычном обратном коде и в модифицированном дополнительном коде. Ответ дайте в виде числа.

Вариант	Данные	Вариант	Данные
01	а) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0100$	16	а) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0111$
02	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1100$ б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,0011$	17	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1100$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$
03	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1100$	18	а) $X_1 = 0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1100$
04	а) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = 0,1101$, б) $X_1 = 0,1011$; $X_2 = -0,1111$	19	а) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = 0,1101$, б) $X_1 = 0,1011$; $X_2 = -0,1111$
05	а) $X_1 = 0,1111$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0011$	20	а) $X_1 = 0,1111$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1011$
06	а) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1011$, б) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1111$	21	а) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1011$, б) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1111$
07	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$	22	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$
08	а) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0100$	23	а) $X_1 = 0,1111$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1011$
09	а) $X_1 = -0,0111$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = 0,1011$; $X_2 = -0,1111$	24	а) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1011$, б) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1111$
10	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1100$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$	25	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,0111$
11	а) $X_1 = 0,1111$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0011$	26	а) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1100$
12	а) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,1011$, б) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1111$	27	а) $X_1 = 0,1011$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$
13	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$	28	а) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1011$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0111$
14	а) $X_1 = 0,1001$; $X_2 = -0,1101$, б) $X_1 = -0,1010$; $X_2 = -0,0100$	29	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = 0,1000$; $X_2 = -0,1100$
15	а) $X_1 = -0,1000$; $X_2 = -0,1111$, б) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = -0,1011$	30	а) $X_1 = -0,1001$; $X_2 = 0,1101$, б) $X_1 = 0,1011$; $X_2 = -0,1111$

4. Из чисел X_1 вычитите числа X_2 . Вычитание произведите в модифицированном обратном коде. Ответ дайте в виде числа.

Вариант	Данные для вариантов		
01	а) $X_1 = 0,10001$, $X_2 = 0,11000$;	б) $X_1 = 0,11000$, $X_2 = 0,00111$;	в) $X_1 = 0,00111$, $X_2 = 0,10001$
02	а) $X_1 = 0,10000$, $X_2 = 0,11001$;	б) $X_1 = 0,11001$, $X_2 = 0,00110$;	в) $X_1 = 0,00110$, $X_2 = 0,10000$

03	a) $X_1 = 0,01111,$ $X_2 = 0,11010;$	б) $X_1 = 0,00110,$ $X_2 = 0,11001;$	в) $X_1 = 0,00101,$ $X_2 = 0,10001$
04	a) $X_1 = 0,01110,$ $X_2 = 0,11001;$	б) $X_1 = 0,00111,$ $X_2 = 0,11010;$	в) $X_1 = 0,00110,$ $X_2 = 0,10010$
05	a) $X_1 = 0,11101,$ $X_2 = 0,10001;$	б) $X_1 = 0,01110,$ $X_2 = 0,11011;$	в) $X_1 = 0,10110,$ $X_2 = 0,10001$
06	a) $X_1 = 0,11100,$ $X_2 = 0,10000;$	б) $X_1 = 0,11110,$ $X_2 = 0,11100;$	в) $X_1 = 0,11001,$ $X_2 = 0,10000$
07	a) $X_1 = 0,11011,$ $X_2 = 0,01111;$	б) $X_1 = 0,11101,$ $X_2 = 0,11011;$	в) $X_1 = 0,11000,$ $X_2 = 0,01111$
08	a) $X_1 = 0,11010,$ $X_2 = 0,11110;$	б) $X_1 = 0,11100,$ $X_2 = 0,11010;$	в) $X_1 = 0,10111,$ $X_2 = 0,01110$
09	a) $X_1 = 0,11001,$ $X_2 = 0,11101;$	б) $X_1 = 0,11011,$ $X_2 = 0,11001;$	в) $X_1 = 0,10110,$ $X_2 = 0,01101$
10	a) $X_1 = 0,11000,$ $X_2 = 0,11100;$	б) $X_1 = 0,11010,$ $X_2 = 0,11000;$	в) $X_1 = 0,10101,$ $X_2 = 0,01100$
11	a) $X_1 = 0,10111,$ $X_2 = 0,11011;$	б) $X_1 = 0,11001,$ $X_2 = 0,10111;$	в) $X_1 = 0,10100,$ $X_2 = 0,01011$
12	a) $X_1 = 0,10110,$ $X_2 = 0,11010;$	б) $X_1 = 0,11000,$ $X_2 = 0,10110;$	в) $X_1 = 0,10011,$ $X_2 = 0,11010$
13	a) $X_1 = 0,10101,$ $X_2 = 0,11001;$	б) $X_1 = 0,10111,$ $X_2 = 0,10101;$	в) $X_1 = 0,10010,$ $X_2 = 0,11001$
14	a) $X_1 = 0,10100,$ $X_2 = 0,11000;$	б) $X_1 = 0,10111,$ $X_2 = 0,10100;$	в) $X_1 = 0,10001,$ $X_2 = 0,11000$
15	a) $X_1 = 0,10011,$ $X_2 = 0,10111;$	б) $X_1 = 0,10110,$ $X_2 = 0,10011;$	в) $X_1 = 0,10000,$ $X_2 = 0,10111$
16	a) $X_1 = 0,10010,$ $X_2 = 0,10110;$	б) $X_1 = 0,10101,$ $X_2 = 0,10010;$	в) $X_1 = 0,01111,$ $X_2 = 0,10110$
17	a) $X_1 = 0,10001,$ $X_2 = 0,10101;$	б) $X_1 = 0,10100,$ $X_2 = 0,10001;$	в) $X_1 = 0,01110,$ $X_2 = 0,10101$
18	a) $X_1 = 0,10000,$ $X_2 = 0,10100;$	б) $X_1 = 0,10011,$ $X_2 = 0,10000;$	в) $X_1 = 0,01101,$ $X_2 = 0,10100$
19	a) $X_1 = 0,01111,$ $X_2 = 0,10011;$	б) $X_1 = 0,10010,$ $X_2 = 0,01111;$	в) $X_1 = 0,01100,$ $X_2 = 0,10011$
20	a) $X_1 = 0,01110,$ $X_2 = 0,10010;$	б) $X_1 = 0,10001,$ $X_2 = 0,01110;$	в) $X_1 = 0,01011,$ $X_2 = 0,10010$
21	a) $X_1 = 0,01101,$ $X_2 = 0,10001;$	б) $X_1 = 0,10000,$ $X_2 = 0,01101;$	в) $X_1 = 0,01010,$ $X_2 = 0,10001$
22	a) $X_1 = 0,01100,$ $X_2 = 0,10000;$	б) $X_1 = 0,01111,$ $X_2 = 0,01100;$	в) $X_1 = 0,11001,$ $X_2 = 0,10000$
23	a) $X_1 = 0,11100,$ $X_2 = 0,01111;$	б) $X_1 = 0,11111,$ $X_2 = 0,11100;$	в) $X_1 = 0,11000,$ $X_2 = 0,01111$
24	a) $X_1 = 0,11011,$ $X_2 = 0,11111;$	б) $X_1 = 0,11110,$ $X_2 = 0,11011;$	в) $X_1 = 0,10111,$ $X_2 = 0,11111$
25	a) $X_1 = 0,11010,$ $X_2 = 0,11110;$	б) $X_1 = 0,11101,$ $X_2 = 0,11010;$	в) $X_1 = 0,10110,$ $X_2 = 0,11110$
26	a) $X_1 = 0,11001,$ $X_2 = 0,11101;$	б) $X_1 = 0,11100,$ $X_2 = 0,11001;$	в) $X_1 = 0,10101,$ $X_2 = 0,11110$

27	a) $X_1=0,11000,$ $X_2=0,11100;$	б) $X_1=0,11011,$ $X_2=0,11000;$	в) $X_1=0,10100,$ $X_2=0,11101$
28	a) $X_1=0,10111,$ $X_2=0,11011;$	б) $X_1=0,11011,$ $X_2=0,10111;$	в) $X_1=0,10010,$ $X_2=0,11100$
29	a) $X_1=0,10110,$ $X_2=0,11010;$	б) $X_1=0,11001,$ $X_2=0,10110;$	в) $X_1=0,10010,$ $X_2=0,11011$
30	a) $X_1=0,10101,$ $X_2=0,11001;$	б) $X_1=0,11000,$ $X_2=0,10101;$	в) $X_1=0,10001,$ $X_2=0,11001$

5. Запишите функцию f в формах, удобных для реализации: а) на элементах И – НЕ; б) на элементах ИЛИ – НЕ. Вариант возьмите из таблицы.

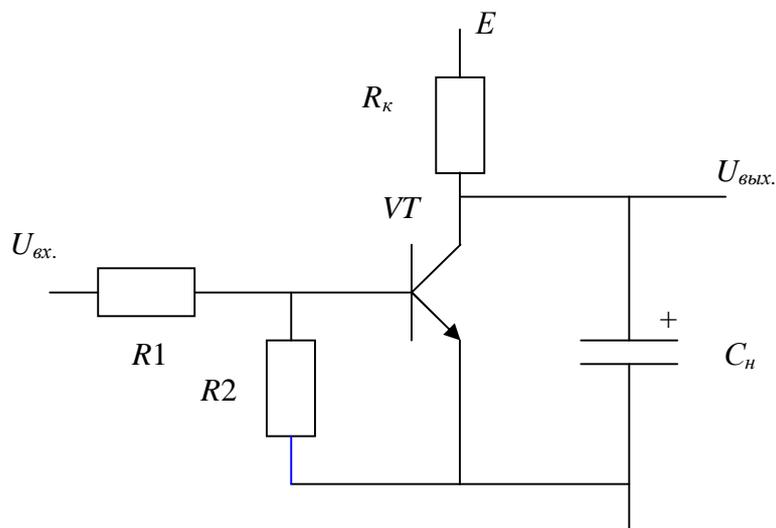
Вариант	Данные для вариантов
01	$f = \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3$
02	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3$
03	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + X_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3$
04	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3$
05	$f = X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 X_3$
06	$f = X_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3$
07	$f = \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3$
08	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
09	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
10	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
11	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
12	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3$
13	$f = X_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3$
14	$f = \bar{X}_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3$
15	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
16	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
17	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
18	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$

19	$f = \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3$
20	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3$
21	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3$
22	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3$
23	$f = X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 X_3$
24	$f = X_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3$
25	$f = \bar{X}_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3$
26	$f = X_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3$
27	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3$
28	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 + X_1 X_2 X_3 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
29	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$
30	$f = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3$

6. Минимизируйте функцию методом карт Карно и проверьте методом Квайна.

Варианты	Функция для вариантов
01, 02, 03, 04, 05	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4$
06, 07, 08, 09, 10	$f = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4$
11, 12, 13, 14, 15	$f = X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4$
16, 17, 18, 19, 20	$f = \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4$
21, 22, 23, 24, 25	$f = X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4$
26, 27, 28, 29, 30	$f = X_1 X_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4$

7. Для приведенной схемы определить длительность положительного фронта (t^+_{ϕ}) и длительность отрицательного фронта (t^-_{ϕ}) выходного импульса, считая транзистор достаточно высокочастотным (т.е. безынерционным), если $R1 = R2 = 10$ кОм, $U_{э.о.} = 0,6$ В. Остальные данные взять из таблицы.



Вариант	R_k (кОм)	C_n (пФ)	Коэффициент уси- ления по току (β)	Уровень еди- ницы U^1 (В)	E (В)
01	1,0	200	50	2,4	5
02	0,82	150	50	2,4	5
03	0,75	150	80	2,4	5
04	1,2	150	80	2,4	5
05	1,2	200	50	2,4	5
06	1,5	150	80	2,4	5
07	1,0	100	50	2,2	4
08	0,91	120	80	2,2	4
09	0,75	130	100	2,2	4
10	0,51	180	80	2,2	4
11	0,62	150	50	2,2	4
12	0,75	130	80	2,2	4
13	1,2	200	80	2,4	5
14	1,0	100	50	2,4	5
15	0,91	150	100	2,4	5
16	0,51	200	50	2,4	5
17	0,62	150	50	2,4	5
18	0,75	250	80	2,4	5
19	0,75	150	50	2,2	4
20	0,82	120	80	2,2	4
21	1,0	100	50	2,2	4
22	0,91	150	50	2,2	4
23	0,51	200	80	2,2	4

24	0,62	200	80	2,2	4
25	1,0	150	50	2,4	5
26	1,2	150	80	2,4	5
27	0,75	200	50	2,4	5
28	0,82	150	50	2,4	5
29	0,75	200	100	2,4	5
30	1,0	130	100	2,4	5

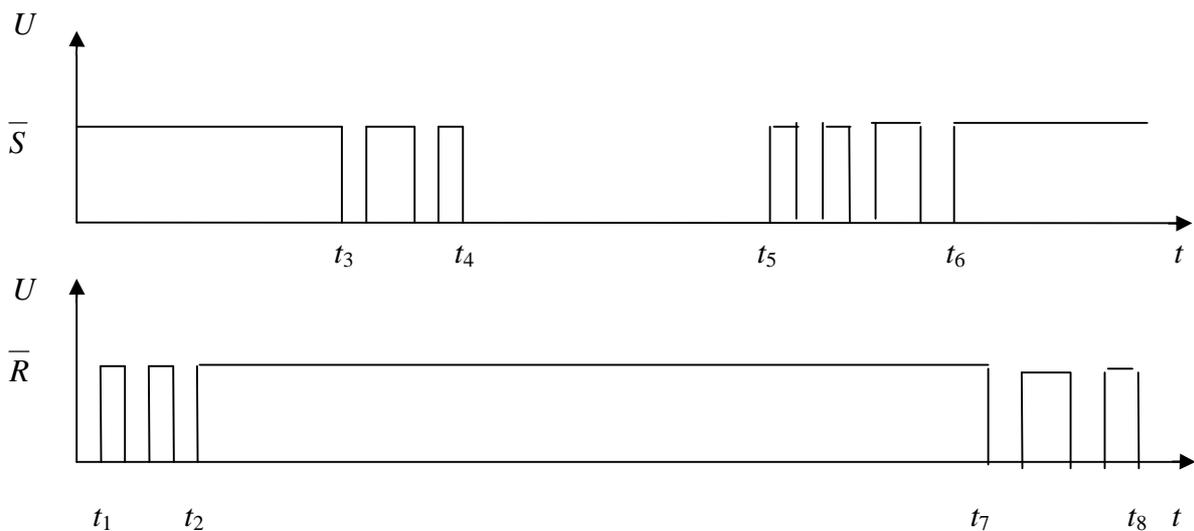
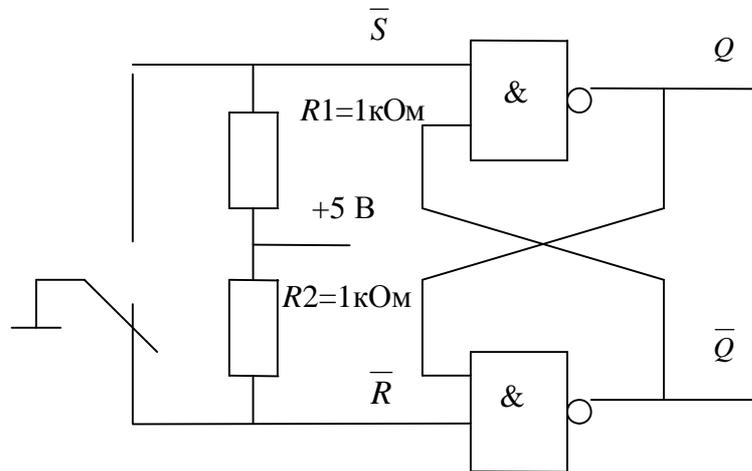
8. Для схемы, приведенной в предыдущем задании, определить по-мехоустойчивость к положительным импульсам для случаев а) и б), если $U_{э.з.} = 0,6$ В.

Номиналы элементов схемы для вариантов приведены в таблице.

Вариант	Номиналы элементов
01	а) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 10$ кОм; б) $R1 = 20$ кОм, $R2 = 10$ кОм
02	а) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 15$ кОм; б) $R1 = 22$ кОм, $R2 = 15$ кОм
03	а) $R1 = 5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
04	а) $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
05	а) $R1 = 8,2$ кОм, $R2 = 5,1$ кОм; б) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 5,1$ кОм
06	а) $R1 = 8,2$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм; б) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм
07	а) $R1 = 6,2$ кОм, $R2 = 6,2$ кОм; б) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 6,2$ кОм
08	а) $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
09	а) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 15$ кОм; б) $R1 = 22$ кОм, $R2 = 15$ кОм
10	а) $R1 = 8,2$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм
11	а) $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
12	а) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 10$ кОм; б) $R1 = 18$ кОм, $R2 = 10$ кОм
13	а) $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
14	а) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 12$ кОм; б) $R1 = 20$ кОм, $R2 = 12$ кОм
15	а) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 15$ кОм; б) $R1 = 20$ кОм, $R2 = 15$ кОм

Вариант	Номиналы элементов
16	а) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 12$ кОм; б) $R1 = 20$ кОм, $R2 = 12$ кОм
17	а) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 10$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 10$ кОм
18	а) $R1 = 8,2$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм
19	а) $R1 = 6,2$ кОм, $R2 = 6,2$ кОм; б) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 6,2$ кОм
20	а) $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
21	а) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 10$ кОм; б) $R1 = 18$ кОм, $R2 = 10$ кОм
22	а) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 12$ кОм; б) $R1 = 18$ кОм, $R2 = 12$ кОм
23	а) $R1 = 18$ кОм, $R2 = 18$ кОм; б) $R1 = 24$ кОм, $R2 = 18$ кОм
24	а) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 12$ кОм; б) $R1 = 18$ кОм, $R2 = 12$ кОм
25	а) $R1 = 8,2$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм; б) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм
26	а) $R1 = 15$ кОм, $R2 = 15$ кОм; б) $R1 = 22$ кОм, $R2 = 15$ кОм
27	а) $R1 = 6,2$ кОм, $R2 = 6,2$ кОм; б) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 6,2$ кОм
28	а) $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм; б) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 7,5$ кОм
29	а) $R1 = 8,2$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм; б) $R1 = 12$ кОм, $R2 = 8,2$ кОм
30	а) $R1 = 10$ кОм, $R2 = 10$ кОм; б) $R1 = 18$ кОм, $R2 = 10$ кОм

9. На приведенном рисунке показана схема защиты от механических колебаний ключа и временные диаграммы изменения потенциалов на входах \bar{R} и \bar{S} . Изобразите временную диаграмму изменения потенциала выходного сигнала Q в привязке к изменениям потенциалов на входах \bar{R} и \bar{S} .



Литература

1. МикроЭВМ, микропроцессоры и основы программирования / под общ. ред. А. Н. Морозевича. – Мн. : Выш. шк., 1990.
2. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника : справочное руководство ; пер. с нем. / под ред. А. Г. Алексенко / У. Титце, К. Шенк. – М. : Мир, 1982.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Содержание дисциплины.....	3
Методические указания по выполнению контрольного задания	3
Контрольные работы.....	18
Литература.....	27

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению контрольной работы
по дисциплине
«Проектирование устройств цифровой обработки информации»
для специальности 1-39 02 01
«Проектирование и компьютерное моделирование РЭС»
для студентов заочной формы обучения

Составитель
КАПРАЛОВ Михаил Егорович

Редактор *Т. В. Булах*

Подписано в печать 10.10.07 Формат 60x84/16 Бумага офсетная Гарнитура Таймс
Печать трафаретная Усл.-печ. л. 1,63 Уч.-изд. л. 1,5 Тираж 50 экз. Заказ 1509

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

ЛИ № 02330/0133020 от 30.04.04 ЛП № 02330/0133128 от 27.05.04
211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29