

Межрегиональный центр переподготовки специалистов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе 1

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА

Новосибирск, 2022

Оглавление

	Стр
Разработка интегрального цифрового устройства	3
Цель работы	3
Задание	3
Методические указания	3
Литература	7
Приложение А	8

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться составлять электрические схемы цифровых устройств на основе базовых цифровых интегральных микросхем (ЦИМС).

Варианты приведены в приложении А.

ЗАДАНИЕ

1.1. На основе анализа исходных уравнений задания произвести их упрощение (если это возможно) и преобразование. Цель преобразования – привести уравнения к виду, удобному для реализации.

1.2. Составить формальную электрическую схему устройства и привести список необходимых базовых элементов. Количество типов ЦИМС и корпусов ИМС должно быть по возможности минимальным.

1.3. На основе анализа данных задания обосновать выбор типа логики (ТТЛ, ТТЛШ, КМДП) и подходящих по параметрам серий. При выборе ИМС возможно использование ИМС с различным типом логики (например, ТТЛ и ТТЛШ, ТТЛШ и КМДП и т.д.) при условии их совместимости по параметрам, совместимости по питанию (все ИМС должны питаться от одного источника).

1.4. Выводы о результатах выполненной работы (в частности, можно указать и другие варианты реализации устройства).

Варианты уравнений приведены в Приложении А. В этих уравнениях Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 – выходные логические сигналы устройства, $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ – входные логические сигналы (их количество в разных вариантах может быть до восьми).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Цель раздела 1.1 - максимально упростить и преобразовать исходные уравнения к виду, удобному для реализации. Используя основные законы алгебры логики можно упростить исходные уравнения.

Например : $X \cdot X = X$; $X + X = X$; $X + 1 = 1$; $X + 0 = X$; $X \cdot 1 = X$ и т.д.

$X_1 + X_1 \cdot F(X) = X_1 \cdot [1 + F(X)] = X_1$ - использован один из законов поглощения.

$X_1 \cdot [X_1 + F(X)] = X_1 \cdot X_1 + X_1 \cdot F(X) = X_1 + X_1 \cdot F(X) = X_1$ - в этом варианте использован второй закон поглощения.

Пример упрощений и преобразований исходных уравнений

$$Y_1 = X_1 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (1)$$

$$Y2 = \overline{X1 \cdot X2 \cdot X3} + X4 \cdot X5 \cdot X6 \quad (2)$$

$$Y3 = X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 + \overline{X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4} \quad (3)$$

Упрощаем уравнение (1) :

$$Y1 = X1 \cdot X2 (1 + X3 \cdot X4) = X1 \cdot X2 \text{ (использован закон поглощения).}$$

Уравнение (2) лучше реализовать, используя элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ.

Обозначим $X1 \cdot X2 \cdot X3 = Z1$, $X4 \cdot X5 \cdot X6 = Z2$

$$\text{Тогда: } Y2 = Z1 + Z2 = \overline{Z1 \cdot Z2}, \text{ или } Y2 = \overline{X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 \cdot X5 \cdot X6}$$

В уравнении (3) обозначим $Z3 = X1 \cdot X2$; $Z4 = X3 \cdot X4$.

Тогда $Y3 = \overline{Z3 \cdot Z4} + Z3 \cdot Z4 = Z3 \oplus Z4$ и функция $Y3$ реализуется с использованием ЦИМС «исключающее ИЛИ»: $Y3 = X1 \cdot X2 \oplus X3 \cdot X4$ (рис.3а).

Функцию $Y3$ можно реализовать и в таком варианте: $\overline{Y3} = \overline{X1 \cdot X2 \oplus X3 \cdot X4}$ (рис.3б) Дело в том, что одновременная инверсия сигналов на входе элемента «исключающее ИЛИ» не изменяет сигнал на выходе.

Согласно таблице истинности: $0 \oplus 0 = 1 \oplus 1 = 0$, $0 \oplus 1 = 1 \oplus 0 = 1$.

$$\text{Поэтому } Y3 = X1 \cdot X2 \oplus X3 \cdot X4 = \overline{X1 \cdot X2} \oplus \overline{X3 \cdot X4}.$$

Использование же элементов И-НЕ гораздо проще и рациональнее (см. выше), чем элементов И.

Базовыми элементами являются элементы НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Элементы И, ИЛИ получаются на практике соединением элементов И-НЕ и НЕ, ИЛИ-НЕ и НЕ. Поэтому элементы И, ИЛИ имеют обычно большее время задержки и большую потребляемую мощность. К тому же во многих сериях ИМС выбор элементов И, ИЛИ очень ограничен. Особенно ограничен выбор многовыходных ($M > 2$) элементов, а также элементов со специфическими требованиями (с повышенной нагрузочной способностью, с открытым коллекторным выходом, с тремя состояниями на выходе). Поэтому исходные функции лучше реализовать не на базе элементов И, ИЛИ, а на базе элементов И-НЕ, ИЛИ-НЕ, применяя законы дуальности, а именно:

$$\overline{\overline{X1 \cdot X2}} = \overline{X1 + X2} \text{ или } X1 \cdot X2 = \overline{\overline{X1 + X2}}$$

$$\overline{X1 + X2} = \overline{X1 \cdot X2} \text{ или } X1 + X2 = \overline{\overline{X1 \cdot X2}}$$

При разработке схемы (п.1.2) возможно использование не только простейших (базовых) элементов –НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, И, ИЛИ, но и более сложных, например, И-ИЛИ, И-ИЛИ-НЕ, «исключающее ИЛИ» (рис.1) и т.д.

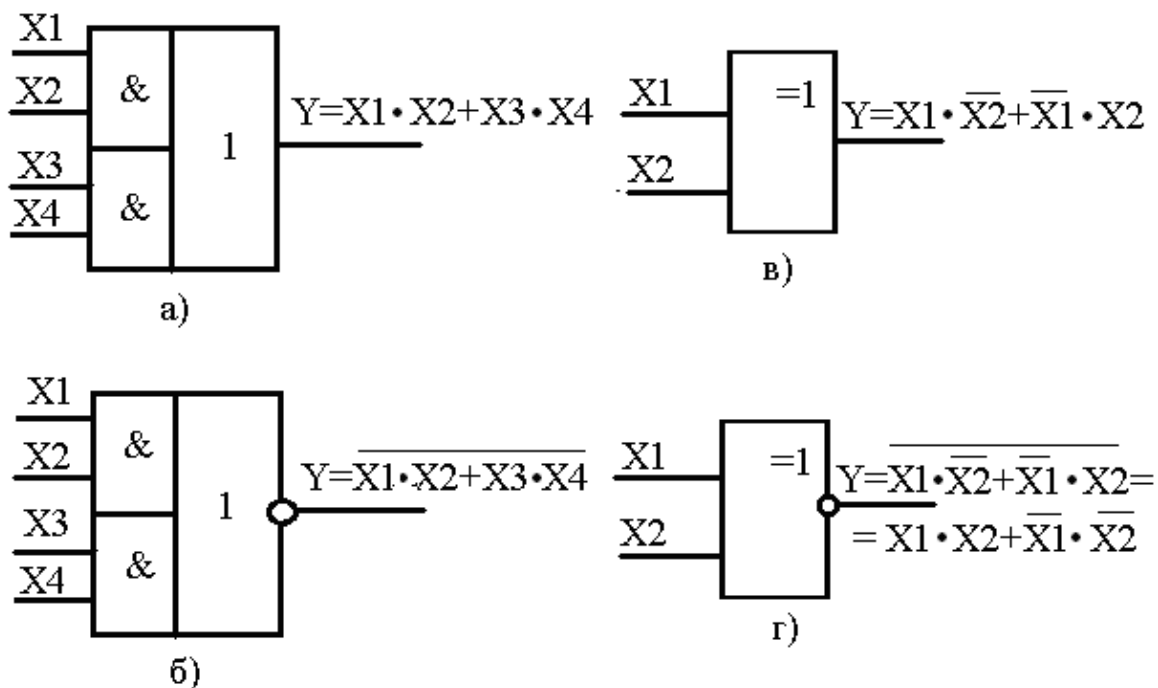


Рисунок 1 – Элементы И-ИЛИ (а), И-ИЛИ-НЕ (б), исключающее ИЛИ (в- без инверсии, г – с инверсией)

Возможно также применение любых других комбинационных схем, если они соответствуют заданию и удовлетворяют по параметрам.

В одном корпусе обычно содержится не один, а несколько базовых элементов (2÷6). Для рационального использования ИМС можно предложить следующее:

- использовать, например, лишние трехходовые элементы как двухходовые или даже одноходовые (рис. 2,а, б). В качестве инверторов можно использовать и лишние элементы «исключающее ИЛИ» (рис.2,в);

- лишние элементы схемы с открытым коллекторным выходом (в некоторых вариантах они должны быть на выходах устройства) могут использоваться и в качестве промежуточных элементов, но требуется установка нагрузочного резистора (примерно 1 кОм).

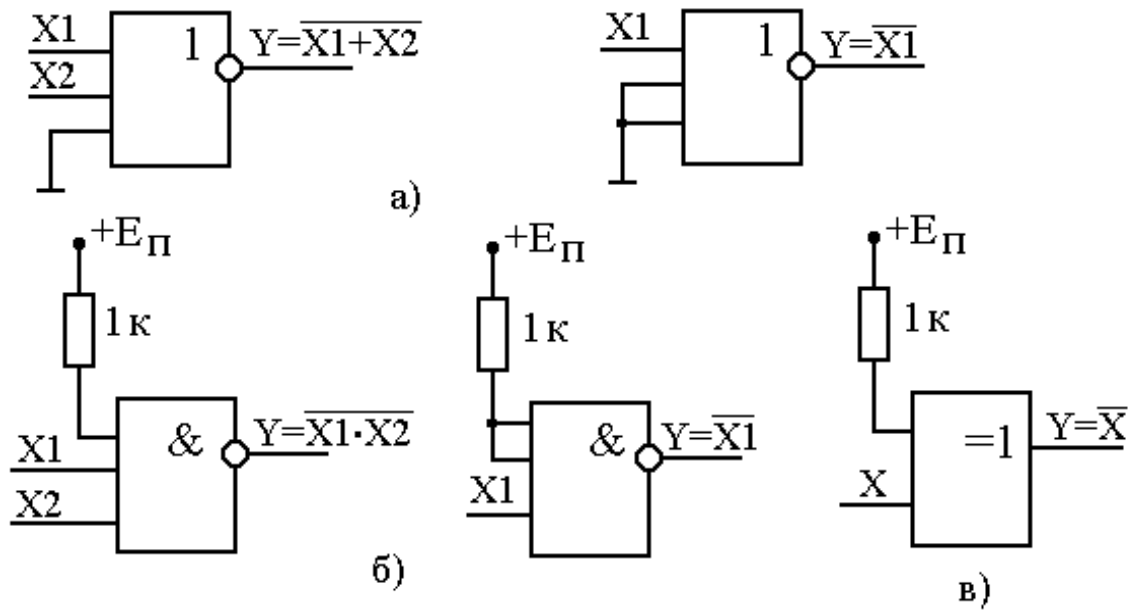


Рисунок 2 - Варианты использования многовходовых ИМС

При составлении электрической схемы следует избегать дублирования. Так, реализованную функцию $Y1 = X1 \cdot X2$ можно использовать и для получения $Y3$.

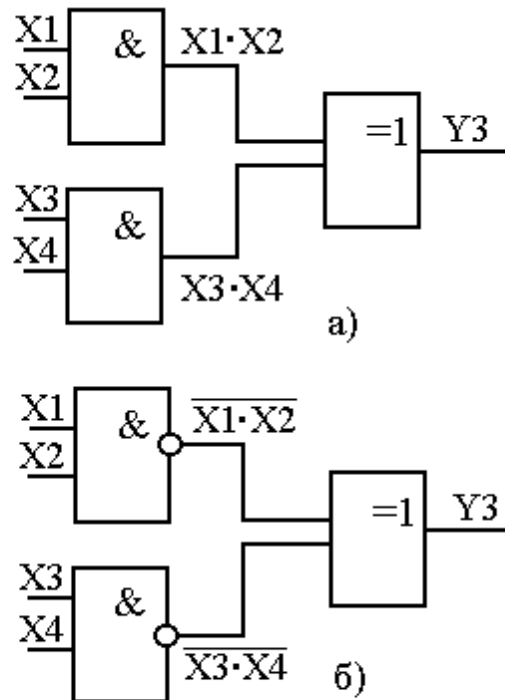


Рисунок 3- Реализация функции $Y3$ с использованием элементов И (а) и И-НЕ (б)

Выбор типа логики и конкретных серий (п.1.3) необходимо учитывать, что в справочной часто приводятся сведения о потребляемой мощности

на один простейший логический элемент. Но базовые ЦИМС содержат несколько таких элементов в одном корпусе ИМС, поэтому значения параметров будут в несколько раз больше. Учитывая это, следует обратить внимание на значение потребляемой мощности, приводимое в справочнике – относится ли это значение к одному элементу или для всего корпуса ИМС.

Для большинства ЦИМС существует общее правило: высокое быстродействие (малое время задержки) достигается при большей потребляемой мощности и наоборот – при малой потребляемой мощности время задержки увеличивается.

Исключение составляет КМДП ИМС, которые по своему схемотехническому решению отличаются исключительно малой потребляемой мощностью (0,01 - 0,1 мВт) в статическом режиме.

При выборе ИМС не надо стремиться брать самые быстродействующие схемы - они, как правило, дорогие. Оптимальным считается выбор, когда время задержки сигнала составляет 50 -100 % от заданного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степаненко И. И. Основы микроэлектроники . Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
2. Бобровский Ю.Л. и др. Под ред. Федорова Н.Д. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. -М.: Радио и связь,1998.
3. Алексенко А. Г. , Шагурин И.И. Микросхемотехника. М. :Радио и связь, 1990.
4. Аваев Н. А., Наумов Ю. Е.,Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. -М.: Радио и связь, 1991.

