

УДК 004.312

УЧЕБНЫЕ СТЕНДЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Г.М. Садчикова

Рассмотрены структурные схемы и принцип работы учебных стендов для изучения работы цифровых устройств студентами технических специальностей. Предложена методика работы при выполнении практических работ на учебных стендах “Дешифраторы” и “Арифметическо-логическое устройство”.

Ключевые слова: цифровые устройства; учебные стенды; дешифраторы; арифметическо-логическое устройство.

TRAINING STANDS FOR STUDY WORK DIGITAL DEVICE

G.M. Sadchikova

The paper regards the structural scheme and the principle of educational stands for the study of the work of digital devices by students of technical specialties. The method of work in the performance of practical work in the educational booths “Decoders” and “Arithmetic Logic Unit”.

Keywords: digital devices; training stands; decoders; arithmetic logic unit.

Любое современное производство невозможно представить без цифровых устройств: компьютеров, контроллеров, средств передачи информации. В связи с этим изучение компьютерных технологий студентами практически всех технических специальностей занимает значительную часть учебных планов. Изучение цифровых технологий начинается с изучения основных понятий, таких как: логические элементы, комбинационные схемы и цифровые автоматы, запоминающие устройства [1]. В настоящее время существует достаточно много программных продуктов, которые позволяют строить виртуальные схемы на базе логических элементов и триггеров, строить временные диаграммы и проводить анализ работы устройств. В то же время невозможно переоценить важность работы студентов на учебных стендах для понимания принципа действия, как простейших цифровых устройств, так и интегрированных микросхем.

В данной статье представлены структурные схемы и принцип работы учебных стендов “Дешифраторы” и “Арифметическо-логическое устройство”, разработанных, изготовленных и используемых в учебном процессе в Балаковском инженерно-технологическом институте-филиале НИЯУ МИФИ. При разработке данных устройств ставилась цель изготовить надежные недорогие стенды, собранные на доступной элементной базе,

с минимально возможным током потребления по цепи питания, удобные в работе.

Учебный стенд “Дешифраторы” (рисунок 1) предназначен для изучения пирамидального и прямоугольного дешифраторов, знакомства с принципом их работы и структурной схемой. Стенд состоит из трех частей.

Первая (нижняя) часть – блок общих переключателей: *Сеть*, *Пирамидальный*, *Прямоугольный*, *Уст. 0* и *Подача импульса*.

Кнопка *Сеть* включает учебный стенд в работу, кнопка *Пирамидальный* разрешает работу стенда, кнопка *Прямоугольный* устанавливает режим работы стенда:

- в ненажатом положении работает пирамидальный дешифратор по модулю 8;
- в нажатом положении работает прямоугольный дешифратор по модулю 16.

Кнопка *Уст. 0* устанавливает выходы счетчика стенда в логический ноль, кнопка *Подача импульса* служит для создания управляющих командных импульсов в счетные входы счетчиков.

Вторая (левая) часть стенда содержит простейший счетчик, который преобразует поданные импульсы в код 1248.

Кнопкой *SB2* (кнопка *Уст. 0*) счетчик устанавливается в логический ноль. Результаты счета отображаются на светодиодах VD1–VD4.

Таблица 1 – Соответствие логических элементов микросхем выходам дешифратора

Микросхема	№	Микросхема	№	Микросхема	№	Микросхема	№
DD4.1	0	DD4.2	4	DD6.1	8	DD6.2	12
DD4.3	1	DD4.4	5	DD6.3	9	DD6.4	13
DD5.1	2	DD5.2	6	DD7.1	10	DD7.2	14
DD5.3	3	DD5.4	7	DD7.3	11	DD7.4	15

Третья (правая) часть стенда содержит схему дешифрации, которая преобразует код 1248 в числовой формат, изображение которого находится в верхней части стенда на светодиодах 0–15. Дешифратор перестраивается с помощью переключателей S1 и S2.

Переключатель S1 (Пирамидальный) предназначен для разрешения работы дешифратора, что достигается подключением выводов первой ступени дешифрирования с логических выводов счетчика: 1 (X1, X2), выполненного на элементах 2И (микросхема DD2) к последующим ступеням дешифрирования.

Переключатель S2 (Прямоугольный) предназначен для перестройки дешифратора из восьмиразрядного в шестнадцатиразрядный формат. Это достигается подключением второй ступени дешифрирования, выполненной на логических элементах 2И (микросхемы DD6 и DD7) к предыдущим ступеням дешифрирования, а также подключением первой ступени дешифрирования с логических выводов счетчика: 4 и 8 (X3, X4).

В таблице 1 представлено соответствие логических элементов микросхем выходам дешифратора.

Основа любой ЭВМ – это микропроцессоры, на базе которых построены основные элементы

вычислительной техники: видеокарта, северный и южный мосты, а также центральный процессор [2]. Важнейшим вычислительным ресурсом микропроцессора является арифметико-логическое устройство (АЛУ).

По своим функциям АЛУ является операционным блоком, выполняющим микрооперации, обеспечивающие прием из других устройств операндов, их преобразование и выдачу результатов преобразования в другие устройства. Для лучшего понимания работы арифметико-логического устройства разработан стенд, поясняющий его работу. Стенд построен на базе дешевых широко распространенных микросхем 155-й серии, имеющих малое энергопотребление, хорошее быстродействие и надёжность в работе, что положительно повлияло на технические характеристики устройства в целом.

Микросхема К155ИПЗ, на базе которой разработан стенд, предназначена для действий с двумя четырехразрядными двоичными словами: $A = A_3A_2A_1A_0$ и $B = B_3B_2B_1B_0$ (рисунок 2). Конкретный вид операции, выполняемой микросхемой, задается пятиразрядным кодом на входах $MF_3F_2F_1F_0$. Всего АЛУ способно выполнить $2^5 = 32$ операции: 16 логических (И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, исключающие

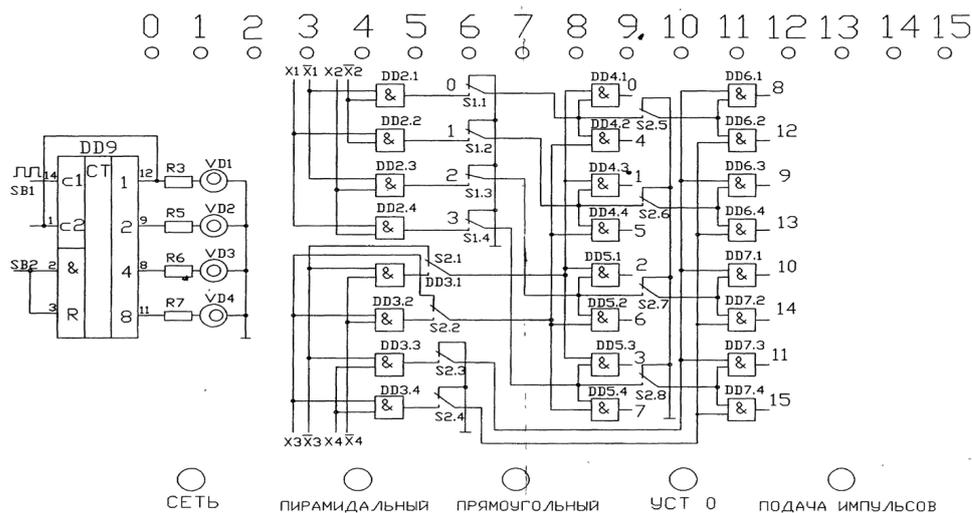


Рисунок 1 – Передняя панель учебного стенда “Дешифраторы”

ИЛИ и др.) и 16 арифметических и арифметическо-логических (сложение, вычитание, удвоение, сравнение чисел и ряд иных). Операции сложения и вычитания проводятся с ускоренным переносом из разряда в разряд. Кроме того, имеется вход приема сигнала переноса С.

На выходах S_0, S_1, S_2 и S_3 формируются результаты логических преобразований и арифметических действий. На выходе переноса C_4 образуется сигнал старшего (пятого) разряда при выполнении арифметических операций. Слова А и В, подлежащие обработке, могут быть представлены в положительной либо отрицательной логике. Таблицы истинности для каждого варианта логики различны (рисунок 3). Уровни сигналов обозначены их буквенными символами. Результаты арифметических операций выражены в дополнительном коде. Числа в дополнительном и в обратном коде связаны простым соотношением $N_{доп} = N_{обр} + 1$ или $N_{обр} = N_{доп} - 1$. Поэтому в таблицах (рисунок 3), где указана операция “-1”, результат арифметических действий представлен в обратном коде. Старший разряд кода выбора операции (вход М) определяет характер действий, выполняемых АЛУ. Когда на этом входе сигнал высокого уровня, АЛУ производит логические операции поразрядно над каждой парой бит слов А и В. Внутренний перенос в этом режиме бездействует. Арифметические операции выполняются, когда на входе М установлен низкий потенциал, который является также разрешающим сигналом для переноса между разрядами.

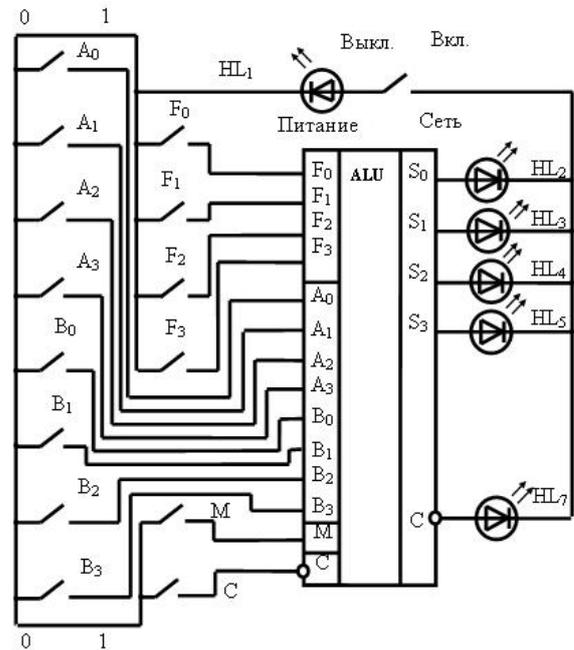


Рисунок 2 – Схема стенда “Арифметическо-логическое устройство”

Выходной результат формируется с учетом состояния входа переноса. Оба сигнала переноса – входной С и выходной C_4 – инверсные относительно сигналов на входах А и В. Если АЛУ выполняет логико-арифметическую операцию, логическая функция реализуется поразрядно, а арифметическая с переносом.

Входы выбора функции				Вход-выход (отрицательная логика)		Вход-выход (положительная логика)	
F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	Логическая функция (M=N)	Арифметическое действие (M=L; C=L)	Логическая функция (M=N)	Арифметическое действие (M=L; C=N)
L	L	L	L	\bar{A}	A - 1	\bar{A}	A
L	L	L	H	$\bar{A} \bar{B}$	$\bar{A} \bar{B} - 1$	$\bar{A} \bar{B}$	$\bar{A} \bar{B}$
L	L	H	L	$\bar{A} B$	$\bar{A} B - 1$	$\bar{A} B$	$\bar{A} B$
L	L	H	H	Логическая 1	- 1	Логический	- 1
L	H	L	L	$\bar{A} B$	$A + (\bar{A} B)$	$\bar{A} B$	$A + \bar{A} B$
L	H	L	H	$\bar{A} \bar{B}$	$\bar{A} B + (\bar{A} \bar{B})$	$\bar{A} \bar{B}$	$(\bar{A} B) + \bar{A} \bar{B}$
L	H	H	L	$A \oplus \bar{B}$	A - B - 1	$A \oplus \bar{B}$	A - B - 1
L	H	H	H	$A \oplus B$	$A \oplus B$	$\bar{A} \bar{B}$	$\bar{A} \bar{B} - 1$
H	L	L	L	$\bar{A} B$	$A + (\bar{A} B)$	$\bar{A} \bar{B}$	A + AB
H	L	L	H	$A \oplus \bar{B}$	A + B	$A \oplus \bar{B}$	A + B
H	L	H	L	\bar{B}	$\bar{A} B + (\bar{A} \bar{B})$	\bar{B}	$(\bar{A} \bar{B}) + \bar{A} B$
H	L	H	H	$A \oplus B$	$A \oplus B$	$\bar{A} \bar{B}$	$\bar{A} \bar{B} - 1$
H	H	L	L	Логический	$(A + A)^*$	Логическая 1	$(A + A)^*$
H	H	L	H	$\bar{A} \bar{B}$	$\bar{A} \bar{B} + A$	$\bar{A} \bar{B}$	$(\bar{A} \bar{B}) + A$
H	H	H	L	$\bar{A} B$	$\bar{A} B + A$	$\bar{A} \bar{B}$	$(\bar{A} \bar{B}) + A$
H	H	H	H	A	A	A	A - 1

Рисунок 3 – Функциональная зависимость выходов АЛУ от состояния входов

Технические данные стенда:

1. Напряжение сети, В	220±0 %
2. Род тока: однофазный, переменный, частота, Гц	50
3. Рабочее напряжение электрической схемы, В	5
4. Ток потребления электрической схемы, мА	150
5. Номинальная потребляемая мощность, Вт	33
6. Количество выполняемых операций:	
логических	16
арифметических	16
7. Масса стенда (без упаковки), кг, не более	4
8. Габаритные размеры стенда, мм, не менее	380×250×110
9. Степень защиты от поражения электрическим током	Класс 2

Применение стендов в учебном процессе позволяет повысить интерес студентов к изучаемому предмету, улучшить понимание принципа работы цифровых устройств, а также сократить время на изучение дисциплин, в рамках которых применяются данные стенды.

Литература

1. *Новожилов О.П.* Основы цифровой техники / О.П. Новожилов. М.: Радио Софт, 2013. 528 с.
2. *Букреев И.Н.* Микроэлектронные схемы цифровых устройств / И.Н. Букреев, В.И. Горячев, Б.М. Мансуров. М.: Техносфера, 2009. 712 с.