



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная электроника»

Э. М. Виноградов, Ю. В. Крышнев

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к контрольным работам
по курсу «Микропроцессорная техника»
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»
заочной формы обучения**

Гомель 2009

УДК 004.315(075.8)
ББК 32.973.26-04я73
В49

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 1 от 24.09.2007 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. *А. В. Сычев*

Виноградов, Э.М.

В49 Прибор для проверки цифровых интегральных микросхем: метод. указания к контрол. работам по курсу «Микропроцессорная техника» для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» заоч. формы обучения / Э. М. Виноградов, Ю. В. Крышнев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 28 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены необходимые сведения для самостоятельного выполнения студентами контрольной работы. Даны задания и исходные данные для выполнения работы. Изложены требования по выполнению и оформлению, а также представлен образец выполнения контрольной работы.

Для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» заочной формы обучения.

УДК 004.315(075.8)
ББК 32.973.26-04я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

Введение

Специалисты, занятые наладкой или ремонтом электронных схем, знают, как важно быть уверенным в полной исправности интегральной микросхемы (ИМС) перед ее установкой или заменой. По некоторым данным трудозатраты на отыскание неисправной ИМС в смонтированном устройстве примерно в 100 раз превышают трудозатраты на отбраковку ИМС при входном контроле. Процесс проверки правильности работы ИМС часто называют тестированием. Соответственно приборы для выполнения проверки называют тестерами. Процесс проверки ИМС в различных режимах представляет собой довольно сложную задачу. Эффективным является применение для этой цели однокристальных микроконтроллеров (МК), что позволяет создать портативные, недорогие приборы.

1. Задание на контрольную работу

1.1. Исходные данные для выполнения работы

В контрольной работе студенту предлагается, пользуясь заданным алгоритмом, на базе однокристального микроконтроллера семейства МК51 (K1816BE751 или K1830BE751) разработать прибор для проверки правильности работы цифровых интегральных микросхем – тестера ИМС, составить машинный алгоритм функционирования тестера и по нему написать программу на языке Ассемблера МК51.

Для выполнения контрольной работы необходимо:

- изучить рекомендованную литературу;
- определить исходные данные на проектирование;
- изучить алгоритм работы тестера ИМС;
- составить обобщенную блок-схему работы тестера;
- разработать электрическую принципиальную схему тестера ИМС;
- разработать детальные блок-схемы алгоритма работы тестера;
- написать текст программы на языке Ассемблера МК51 с комментариями.

Исходные данные для выполнения контрольной работы определяются по двум последовательным цифрам номера зачетной книжки студента.

Например, имея учебный шифр зачетной книжки ЗПЭ-506372, студенту для выполнения контрольной работы следует выбрать следующие исходные данные:

Тестируемая ИМС: № 72 – К155ИД13.

Частота кварцевого резонатора: № 9 (7+2) – 9,2МГц.

Портативный прибор для тестирования цифровых интегральных микросхем должен выполнять функциональный (не параметрический) контроль ИМС по принципу "годен / не годен". Для подключения к тестеру ИМС имеется разъем (сокет) для корпусов ИМС типа DIP с 14, 16, 20 выводами.

Инструкция оператору по проверке ИМС:

1. Включить электропитание тестера, при этом загорается индикатор с надписью "ГОТОВ".
2. На двух цифровых переключателях набрать номер тестируемой ИМС (от 00 до 99).
3. Вставить тестируемую ИМС в сокет тестера.
4. Нажать кнопку с надписью "ТЕСТ". При нажатии кнопки "ТЕСТ" подается электропитание на проверяемую ИМС и выполняется программа тестирования ИМС.
5. Пронаблюдать результат тестирования по соответствующим индикаторам "НОРМА", "БРАК".
6. Нажать кнопку "СБРОС" для перевода тестера в исходное состояние.

1.2. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа оформляется либо вручную в тонкой тетради, либо компьютерными средствами на листах формата А4 (210x297 мм). На первой странице обязательно следует поместить все исходные данные с указанием учебного шифра студента. Несоблюдение этих требований служит основанием для возвращения контрольной работы.

В контрольной работе должны быть выполнены все пункты задания.

Электрическая принципиальная схема, блок-схемы алгоритмов работы тестера ИМС должны быть изображены с использованием компьютера или чертежных принадлежностей.

1.3. Содержание контрольной работы

1. Задание на контрольную работу.
2. Описание тестируемой ИМС (описание работы ИМС; условное обозначение и цоколевка, структура ИМС; таблицы состояний и временные диаграммы работы ИМС).
3. Обобщенная блок-схема алгоритма работы тестера ИМС (блок-схема алгоритма работы тестера).
4. Схема электрическая принципиальная тестера (расчет и выбор элементов схемы).
5. Разработка программы работы микроконтроллера.
 - 5.1. Разработка детальной блок-схемы алгоритма тестирования ИМС.
 - 5.2. Расчет длительности временной задержки.
 - 5.3. Программа на языке Ассемблера МК51 (комментарии обязательны!).
6. Список литературы.

Таблица 1. Тестируемые ИМС

Номер тестируемой ИМС	Тестируемая ИМС	Номер тестируемой ИМС	Тестируемая ИМС	Номер тестируемой ИМС	Тестируемая ИМС
00	K155ЛА2	34	K530ЛР3	68	K155ЛР3
01	KP533ЛЕ4	35	K530ЛР9	69	K530ЛЛ1
02	K155ТМ2	36	K555ЛН1	70	K555ИР10
03	KP1533ЛП3	37	K531ИР12	71	KP1533ИЕ1
04	K155ЛР1	38	K155ИП2	72	K155ИД13
05	K555ЛР13	39	K155ИМ2	73	KP1533ИЕ9
06	K155ЛЛ1	40	K555ИЕ15	74	KP1533КП2
07	K555ИВ1	41	K155ИД4	75	K555ТВ6
08	KP1533ИД4	42	K155ТВ1	76	K530ТВ11
09	K155ИД12	43	K155ИЕ6	77	K555ЛА2
10	K155ИЕ1	44	K155КП2	78	KP1533ЛИ3
11	K155ИЕ9	45	KP1533КП1	79	KP1533ТР2
12	K155ИЕ14	46	K555ТР2	80	K530ТМ9
13	K531ИЕ16	47	K531ТВ10	81	K531ИЕ17
14	K155ИМ1	48	K155ЛА4	82	K555ИЕ13
15	K155ИМ6	49	K555ЛЕ1	83	K555ИМ5

16	КР1533ИП4	50	К555ЛЕ4	84	К555ИР11
17	К555СП1	51	К555ЛИ1	85	КР533ЛР4
18	К155ИР1	52	К555ТМ8	86	К531ИР18
19	КР1533ИР9	53	КР1533ЛП5	87	К155ЛР4
20	К155ЛИ1	54	КР1533ЛР1	88	К530ЛА16
21	К555ЛИ6	55	КР1533ИП5	89	К555ИР30
22	К555ТВ9	56	К555ИР8	90	КР1533ЛА3
23	К155ТВ15	57	К530ИД7	91	КР1533КП1
24	К555ТМ9	58	КР1533ИЕ6	92	К155КП7
25	К555ИЕ14	59	К155КП5	93	КР1533ТВ1
26	К155ИЕ7	60	К155ЛА3	94	КР1533ТМ2
27	К555ИВ3	61	КР1533ЛЕ1	95	К555ИР27
28	КР1533ИД7	62	К531ЛЕ7	96	КР1533ТМ8
29	КР1533ИЕ1	63	К530ТВ10	97	КР1533КП1
30	К555ИЕ19	64	КР1533ИЕ7	98	К155ЛП5
31	КР1533ЛИ1	65	К155ИД11	99	К531ИР20
32	К155ЛА12	66	КР1533КП7		
33	К555ЛР4	67	К155ТМ8		

Таблица 2. Частота кварцевого резонатора

Номер варианта	F_{zQ} , МГц	Номер варианта	F_{zQ} , МГц
00	5,8	10	6,4
01	7,0	11	8,5
02	11,6	12	10,0
03	6,8	13	7,4
04	6,0	14	9,0
05	10,6	15	7,8
06	8,2	16	9,5
07	11,4	17	6,6
08	12,0	18	11,0
09	9,2		

2. Методические указания по выполнению контрольной работы

1. В разрабатываемом приборе для ввода номера тестируемой ИМС применяются два оцифрованных десятичных переключателя. Условное изображение и внутренняя структура переключателя

приведены на рис.1. Каждой десятичной цифре, отображаемой в окошке переключателя, соответствует двоично-десятичный код на выходах $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$, образованный замкнутыми контактами К0, К1, К2, К3.

Для подключения оцифрованного переключателя к порту микроконтроллера можно использовать один из вариантов схем, приведенных на рис.2. В табл.3 приведены значения кодов на выходах переключателя, соответствующих определенной десятичной цифре. Состояние контактов К0 – К3 обозначено: Р – разомкнут, З – замкнут.

Таблица 3. Выходные коды переключателя

Десятичная цифра	Контакты переключателя				Код на выходе схемы по рис.2,а	Код на выходе схемы по рис.2,б
	К3	К2	К1	К0		
0	Р	Р	Р	Р	0 0 0 0	1 1 1 1
1	Р	Р	Р	З	0 0 0 1	1 1 1 0
2	Р	Р	З	Р	0 0 1 0	1 1 0 1
3	Р	Р	З	З	0 0 1 1	1 1 0 0
4	Р	З	Р	Р	0 1 0 0	1 0 1 1
5	Р	З	Р	З	0 1 0 1	1 0 1 0
6	Р	З	З	Р	0 1 1 0	1 0 0 1
7	Р	З	З	З	0 1 1 1	1 0 0 0
8	З	Р	Р	Р	1 0 0 0	0 1 1 1
9	З	Р	Р	З	1 0 0 1	0 1 1 0

Из табл.3 следует, что на выходах схемы по рис.2,а будет прямой двоично-десятичный код, а в схеме по рис.2,б – инверсный двоично-десятичный код. В схеме по рис.2,а сопротивление резисторов R1 – R4 не должно превышать 500 Ом во избежание появления на входах микроконтроллера недопустимо высокого уровня логического нуля $U_{вх}^0$, возникающего при разомкнутых контактах переключателя. Допустимый уровень $U_{вх}^0$ не должен превышать 0,8 В [2]. Из-за малой величины R1 – R4 схема характеризуется большим током, потребляемым от источника питания. Так, при вводе кода цифры 7 и замкнутых контактах К0, К1, К2, суммарный ток будет 30 мА. В схеме включения по рис.2,б потребляемый ток не превышает 3 мА, т.е. на порядок меньше. Поэтому в разрабатываемом приборе следует использовать схему включения переключателя по рис.2,б. Инвертирование кода с выходов переключателя легко выполнить программно.

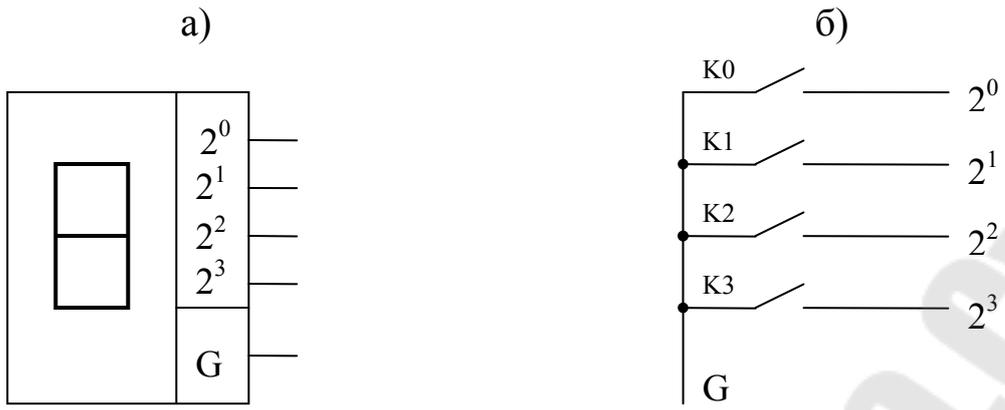


Рис. 1. Условное обозначение (а) и внутренняя структура (б) оцифрованного переключателя

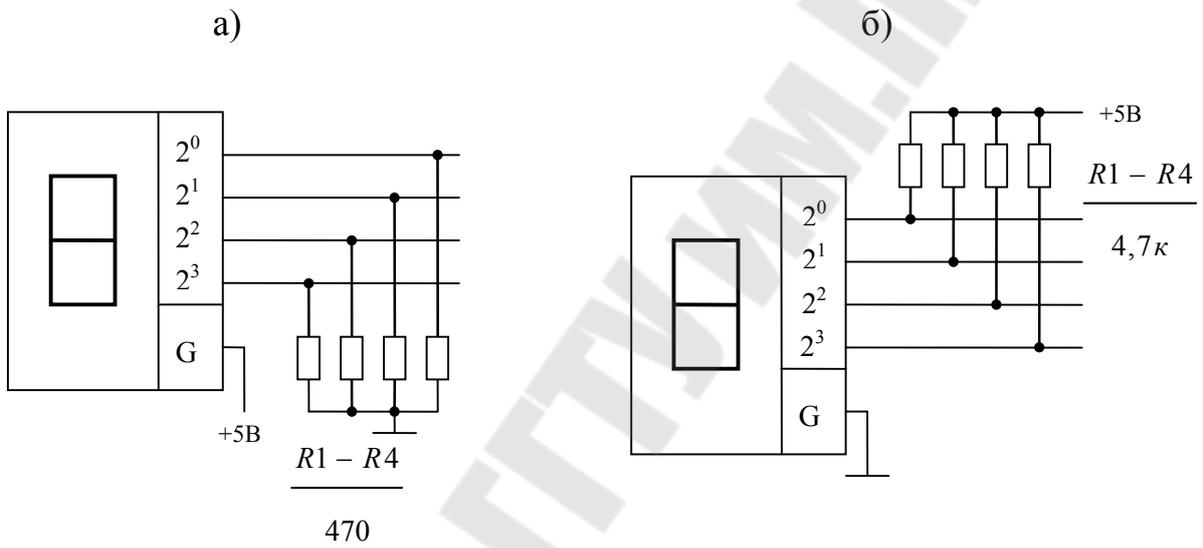


Рис. 2. Варианты схем подключения переключателей

	7	6	5	4	3	2	1	0	- разряды
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78	
	⋮		⋮		⋮		⋮		
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08	
20H	07	06	05	04	03	02	01	00	

Рис.3. Область флагов (прямоадресуемых битов) МК51

2. Возможность индивидуальной настройки на режим ввода или вывода любой линии портов микроконтроллеров семейства МК51 позволяет отказаться от коммутаторов выводов проверяемой ИМС. Любая ИМС будет вставляться в один из трех разъемов (сокетов) для корпусов типа DIP с 14, 16 или 20 выводами. Контакты этих разъемов соединены с портами P1 и P2 микроконтроллера. При установке ИМС в сокет все линии портов, присоединенных к нему, должны быть в состоянии ввода. Порт P3 можно использовать для управления тремя индикаторами – светоизлучающими диодами, которые имеют надписи "ГОТОВ", "НОРМА", "БРАК", а также ввода состояния двух кнопок с надписями "ТЕСТ" и "СБРОС". Одну линию порта P3 следует использовать для управления ключами подачи питания на проверяемую ИМС. Две оставшиеся свободные линии порта P3 можно использовать для соединения с выводами разъема DIP-20. Два десятичных оцифрованных переключателя для ввода номера ИМС присоединяются к порту P0.

Примечание. При разработке принципиальной схемы тестера можно для упрощения чертежа изобразить только один разъем с подключенной ИМС, определяемой по заданию на контрольную работу.

3. При разработке программы тестирования ИМС требуется формировать различные коды для подачи на входы. Удобно для этой цели использовать не регистры МК, а ячейки внутренней памяти данных с адресами от 20H до 7FH. Особенностью этих ячеек является то, что они допускают побитовую адресацию. Эти ячейки часто используются для реализации программных флагов, поэтому эту область часто называют областью флагов МК [2]. Изображение области флагов приведено на рис. 3. Каждый бит (флаг) из этой области имеет свой адрес от 00H до 7FH. Для установки и сброса бита (флага) можно использовать команды SETB bit или CLR bit, где bit – адрес бита.

Например, можно установить (записать 1) бит с адресом 01H командой SETB 01H и сбросить бит (записать 0) с адресом 02H командой CLR 02H.

Использование адресов флагов не совсем удобно (нужно помнить их адреса по рис. 3), поэтому часто используют другой способ задания, а именно: в команде указывают адрес ячейки, где находится бит, и порядковый номер бита в ячейке. Например, для бита с адресом 01H это будет адрес 20H.1, для бита 7FH – адрес 2FH.7. Тогда установить бит с адресом 01H можно командой SETB 20H.1, а сбросить бит с адресом 02H – командой CLR 20H.2.

Для формирования кодов тестирования удобно использовать логические команды, в которых один из операндов и результат операции указывается в ячейке памяти данных с использованием прямой адресации. Например, если это ячейка с адресом 20H, то операции логического И будут выполняться командами:

ANL 20H, #d - логическое И содержимого ячейки с адресом 20H и константы d, результат - в ячейке 20H;

ANL 20H, A - логическое И содержимого ячейки с адресом 20H и аккумулятора, результат - в ячейке 20H.

Аналогично операции логического ИЛИ будут выполняться командами:

ORL 20H, #d;

ORL 20H, A.

4. При разработке программы тестирования необходимо исключить влияние переходных процессов при включении питания и смене входных кодов.

Переходные процессы внутри микросхемы после подачи на нее электропитания делятся на электрические и тепловые. Длительность электрических переходных процессов составляет несколько микросекунд, длительность тепловых – десятки и даже сотни микросекунд [1]. Для устранения влияния переходных процессов можно ввести временную задержку длительностью 10 ... 30 мс от момента подачи электропитания на ИМС до момента начала ее тестирования.

Быстродействие проверяемых ИМС ТТЛ – серий (К155, К530, К531, К555, КР1533), которое характеризуется временем задержки распространения $t_{зд.р.}$, составляет 4...30 нс [1, 5]. Время выполнения самой короткой команды в микроконтроллерах семейства МК51 занимает один машинный цикл и при тактовой частоте 12 МГц составляет 1 мкс [2]. Поэтому вводить временную задержку от момента смены кода на входах тестируемой ИМС до момента проверки состояния выходов не нужно, так как переходный процесс к этому моменту уже закончится.

5. Так как при использовании в схемах контактных элементов (кнопок, реле) возникает «дребезг» контактов, то необходимо обязательно принимать меры для исключения его влияния. Чаще всего для борьбы с дребезгом контактов используют метод введения задержки

на выполнение программы после срабатывания контакта. Величина задержки обычно составляет 10 ... 20 мс [4].

6. Эффективным средством разработки программ для микроконтроллеров является метод декомпозиции (или «нисходящего» проектирования), при котором вся задача последовательно разделяется на меньшие функциональные модули, каждый из которых можно анализировать, разрабатывать и отлаживать отдельно от других [4]. При выполнении программы в МК управление передается от одного функционального модуля к другому. Схема связи этих функциональных модулей, каждый из которых реализует некоторую завершённую процедуру, образует общую структурную схему (блок-схему) алгоритма (БСА) программы. Это разделение задачи на модули выполняется последовательно до такого уровня, когда разработка БСА модуля становится простым (даже тривиальным) делом. Язык графических образов БСА можно использовать на любом уровне детализации описания модулей вплоть до того, что каждому блоку БСА будет соответствовать единственная команда МК.

Разработку программы работы микроконтроллера для тестера ИМС рекомендуется выполнять в следующей последовательности. В начале составляется обобщенная БСА работы прибора на основании требований, предъявляемых к нему. Затем разрабатывается детальная БСА работы тестера с учетом особенностей используемого МК и принципиальной схемы прибора. Затем разрабатывается детальная БСА подпрограммы тестирования заданной ИМС на основании описания ее работы, таблицы состояний и временных диаграмм. Детализацию блоков БСА необходимо доводить до такого уровня, чтобы одному блоку соответствовала одна - две команды МК на языке Ассемблера.

3. Образец выполнения контрольной работы

3.1. Задание на контрольную работу

Необходимо разработать портативный прибор для тестирования цифровых интегральных микросхем (ИМС). Тестер должен выполнять функциональный (не параметрический) контроль ИМС по принципу “годен / не годен”. Для подключения к тестеру ИМС имеется разъем (сокет) для корпусов ИМС типа DIP с 14, 16, 20 выводами.

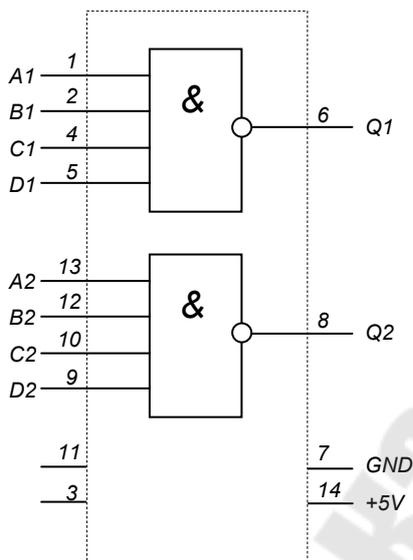
№ зачетной книжки —.....

Номер тестируемой ИМС – 01.
 Тестируемая ИМС – К155ЛА1.
 Частота кварцевого резонатора – 4 МГц.

3.2. Описание тестируемой ИМС

Микросхема К155ЛА1 – элемент 2×4И – НЕ [5, 6]. Тип корпуса – DIP-14. Цоколевка ИМС К155ЛА1 показана на рис. 4.

На основании логических соотношений $Q1 = NOT(A1 * B1 * C1 * D1)$ и $Q2 = NOT(A2 * B2 * C2 * D2)$ можно составить для тестируемой микросхемы таблицу истинности (табл. 4):



Электрические параметры
ИМС К155ЛА1:

$$I_{\text{вых}}^0 = 16 \text{ мА};$$

$$I_{\text{пот}}^1 = 4 \text{ мА};$$

$$I_{\text{пот}}^0 = 11 \text{ мА};$$

$$t_{\text{зд.р}}^{0,1} = 22 \text{ нс};$$

$$t_{\text{зд.р}}^{1,0} = 15 \text{ нс}.$$

Рис. 4. Расположение выводов и электрические параметры ИМС К155ЛА1

Таблица 4. Таблица состояний ИМС К155ЛА1

№ состояния	D2	C2	B2	A2	D1	C1	B1	A1	Q2	Q1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
3	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
4	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
5	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1

6	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1
7	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1
8	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
10	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
11	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
12	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
13	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
14	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
15	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

3.3. Обобщенная блок-схема алгоритма работы тестера

Обобщенная блок-схема алгоритма работы тестера разрабатывается исходя из требований, предъявляемых прибору.

- После включения электропитания загорается индикатор "ГОТОВ".

- После выдачи сигнала "ГОТОВ " микроконтроллер переходит в режим ожидания нажатия кнопки "ТЕСТ". Кнопка "ТЕСТ" нажимается оператором после установки в сокет тестируемой ИМС и набора на цифровых переключателях ее номера.

- После нажатия кнопки "ТЕСТ" индикатор "ГОТОВ " гаснет и МК вводит номер тестируемой ИМС.

- После анализа номера осуществляется переход на соответствующую программу проверки ИМС во всех возможных режимах. В начале каждой программы МК подает электропитание на тестируемую ИМС, а в конце ее питание отключается.

- После завершения любой программы тестирования управление передается блоку вывода результатов тестирования. В случае успешного теста ИМС во всех режимах включается индикатор "НОРМА", а если хотя бы в одном из проверяемых режимов зафиксирован неверный логический уровень, включается индикатор "БРАК".

- Информация о результате тестирования выводится до тех пор, пока оператор не нажмет кнопку "СБРОС". При этом производится гашение индикаторов результата тестирования и включается индикатор "ГОТОВ ". После этого проверенную микросхему можно извлечь из сокета. Прибор готов для тестирования следующей ИМС.

Обобщенная блок-схема алгоритма работы тестера приведена на рис. 5.

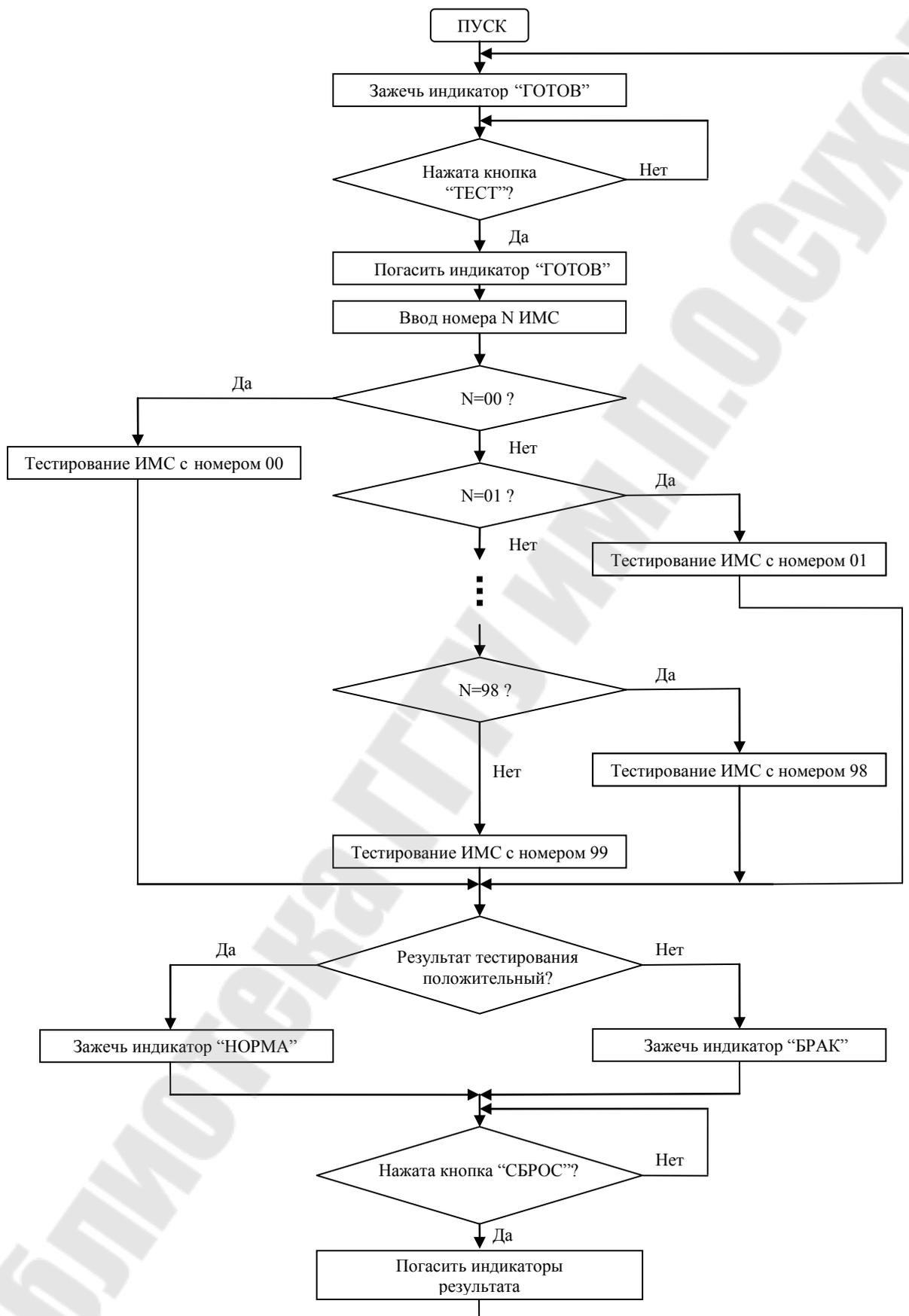


Рис. 5. Обобщенная блок-схема алгоритма работы тестера

3.4. Принципиальная схема тестера

Схема электрическая принципиальная тестера при проверке ИМС К155ЛА1 приведена на рис.6. Прибор выполнен на основе однокристалльного микроконтроллера К1816ВЕ751, работающего с внутренней памятью программ, что обеспечивается подачей высокого уровня напряжения на вывод \overline{EA} ($\overline{EA}=1$). Для генерации тактовой частоты f_{CLK} микроконтроллера к выводам XTAL1 и XTAL2 подключен кварцевый резонатор ZQ1 на частоту 4 МГц. Конденсаторы С2, С3 обеспечивают надежный запуск внутреннего генератора МК при включении питания. Цепочка С1, R1 служит для начальной установки (сброса) МК при подачи электропитания. Конденсатор С4 служит для фильтрации импульсных помех, возникающих на выводах источника питания при работе цифровых микросхем.

Выводы разъёма (сокета) XS1 для подключения проверяемых микросхем с корпусами типа DIP-14 соединены с линиями портов P1 и P2. На схеме показано присоединение проверяемой ИМС К155ЛА1 (DD2) к разъёму. Электронный ключ, осуществляющий подачу напряжения питания +5В на тестируемую ИМС (вывод 14 разъёма XS1), выполнен на транзисторе VT1. Он управляется от линии P3.2 МК. При P3.2=0 ключ открыт и подается напряжение +5В, при P3.2=1 ключ закрыт.

Оцифрованные десятичные переключатели SA1 и SA2 подключены к порту P0. SA1 служит для ввода младшей десятичной цифры номера ИМС, а SA2 – для ввода старшей цифры номера. Резисторы R2- R9 предназначены для задания высокого уровня (логической 1) на выводах порта P0 при разомкнутых контактах переключателей.

Линии порта P3 используются для индикации режимов работы прибора (P3.5 - "ГОТОВ", P3.6 - "НОРМА", P3.7 - "БРАК") и подключения управляющих кнопок SB1 - "ТЕСТ" (P3.3), SB2 - "СБРОС" (P3.4). Через резисторы R12, R13 поступает высокий уровень напряжения (логическая 1) на линии порта P3 при разомкнутом состоянии кнопок SB1, SB2. Они ограничивают также ток, потребляемый от источника питания при замыкании контактов (нажатии кнопок). Номинал этих резисторов обычно выбирается равным 4,7 кОм [4].

Светодиодные индикаторы VD1, VD2, VD3 типа АЛ307Б подключены к МК через мощные инверторы с открытым коллектором

DD2.1, DD2.2, DD2.3 (микросхема К155ЛН3). Это объясняется тем, что максимальный выходной ток линии порта P3 не превышает 1,6 мА [2], а для нормального свечения светодиода необходимо задать через него ток 10...15 мА [7]. Инвертор микросхемы К155ЛН3 может обеспечить выходной ток $I_{\text{вых}}^0$ до 40 мА, поэтому включение светодиодов следует производить выводом логического 0 на выход инвертора. Так как после начальной установки (сброса) МК все его порты настроены на ввод информации, т.е. на их выводах будут логические 1, то в программе работы МК необходимо сразу же после включения электропитания вывести логический 0 в разряды P3.5, P3.6, P3.7 для гашения светодиодов.

Рассчитаем номиналы токоограничительных резисторов R14, R15, R16 при следующих исходных данных: прямой ток через светодиод $I_{\text{д.пр.}}=10$ мА, прямое падение напряжения на нем $U_{\text{д.пр.}}=2$ В.

$$R_{\text{огр}} = \frac{U_{\text{и.п.}} - U_{\text{д.пр.}}}{I_{\text{д.пр.}}} = \frac{(5 - 2)\text{В}}{10 \text{ мА}} = 300 \text{ Ом.}$$

Выбираем номиналы R14, R15, R16 – 330 Ом.

Для подачи питания на тестируемую ИМС используется электронный ключ на элементах VT1, R10, R11. Максимальный потребляемый ток ИМС К155ЛА1 равен:

$$I_{\text{пот.маx}} = I_{\text{пот}}^0 = 11 \text{ мА.}$$

Отсюда следует, что транзисторный ключ должен коммутировать напряжение питания +5В при максимальном токе потребления 11 мА.

Выбираем транзистор VT7 типа КТ361Г с параметрами:

$$\begin{aligned} I_{\text{к max}} &= 50 \text{ мА}; \\ U_{\text{кэ max}} &= 35 \text{ В}; \\ U_{\text{кэ нас}} &= 0,2 \text{ В}; \\ P_{\text{к max}} &= 150 \text{ мВт}; \\ \beta &= 110. \end{aligned}$$

Максимально необходимый ток базы VT1:

$$I_{\text{дVT1min}} = \frac{I_{\text{пот.маx}}}{\beta} = \frac{11 \text{ мА}}{110} = 0,1 \text{ мА.}$$

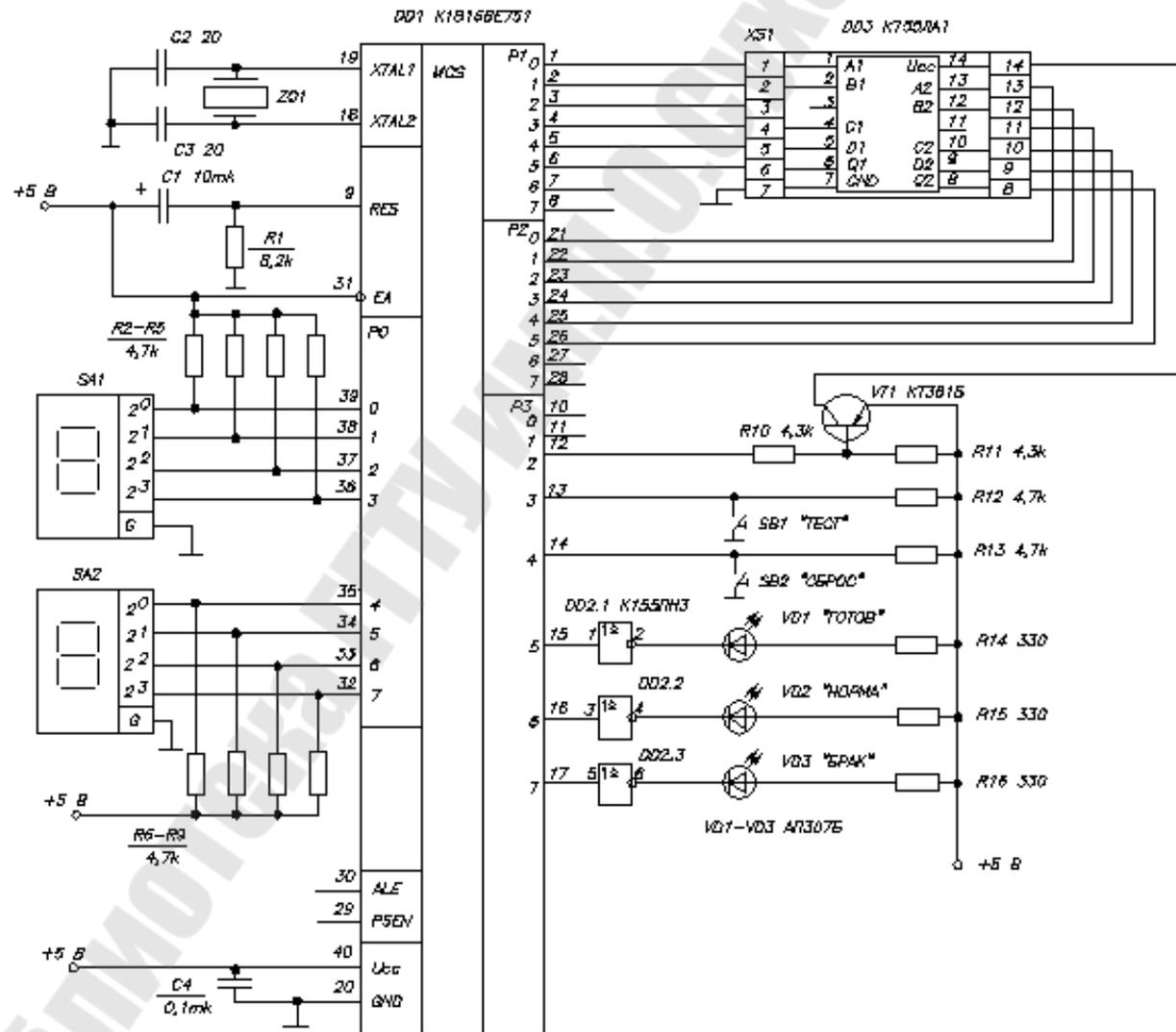


Рис. 6. Принципиальная схема тестера цифровых ИМС

Отпиранием электрического ключа управляет низкий уровень (логический 0) на выводе P3.2. Используя справочные данные [2] на микроконтроллер K1816BE751, проверяем возможность управления транзистором VT1 от МК:

$$I_{\text{вых P3imax}}^0 = 1,6 \text{ mA} > I_{\text{б VT1min}}$$

Задаваясь током управления $I_{\text{вых P3i}}^0 = 1 \text{ mA}$ (с целью надежного насыщения транзистора), рассчитаем номинал токоограничительного резистора R10:

$$R_{\text{огр}} = \frac{U_{\text{и.п.}} - U_{\text{бэVT1}} - U_{\text{P3i}}^0}{I_{\text{P3i}}^0} = \frac{(5 - 0,7 - 0,2) \text{ В}}{1 \text{ mA}} = 4075 \text{ Ом.}$$

Выбираем номинал R10 равным 4,3 кОм. Номинал резистора R11, служащего для более надежного отпирания и запираания транзистора VT1, выбираем равным также 4,3 кОм.

3.5. Разработка программы работы микроконтроллера

3.5.1. Разработка детальной блок-схемы алгоритма работы тестера

Детальная БСА работы тестера приведена на рис.7. В ней используется подпрограмма временной задержки с именем DELAY длительностью 20 мс для устранения влияния дребезга контактов управляющих кнопок SB1 и SB2. После отжатия кнопки SB1 («ТЕСТ») выполняется ввод номера N тестируемой ИМС со входов порта P0. Затем происходит переход на подпрограмму тестирования ИМС, соответствующую заданному номеру. В качестве результата тестирования ИМС в программе используется флаг общего назначения F0, который находится в 5-м разряде регистра слова состояния программы PSW [2]. Этот флаг может быть установлен, сброшен и проверен командами МК. Если результат тестирования положительный, то флаг F0 устанавливается в 1, если же результат отрицательный, то флаг сбрасывается в 0. Флаг F0 является выходным параметром подпрограммы тестирования ИМС, который передается в основную программу работы МК. На основании его значений производится вывод результатов тестирования включением индикаторов «НОРМА» или «БРАК».

Детальная БСА подпрограммы тестирования ИМС К155ЛА1 с именем TEST01 изображена на рис.8. Она разработана на основании таблицы состояний ИМС, приведенной в табл. 4. В начале работы подается питание на тестируемую ИМС выводом низкого уровня на линию порта P3.2, при этом включается ключ на транзисторе VT1. После временной задержки 20 мс, вносимой подпрограммой DELAY, начинается процесс тестирования ИМС согласно табл. 4. Первые 15 состояний входных сигналов и соответствующих выходных проверяются в цикле. В качестве счетчика циклов используется регистр R2. Затем проверяется последнее состояние из табл. 4, когда на всех входах ИМС присутствуют логические 1. Если в результате тестирования состояния выходов Q1 и Q2 ИМС будут соответствовать данным из табл.4, то программа установит флаг F0. Если же хотя бы одно из состояний будет неправильным, то флаг F0 останется сброшенным. В конце подпрограммы производится отключение питания ИМС.

3.5.2. Расчет длительности временной задержки

Временная задержка используется в программе работы прибора после подачи питания на тестируемую ИМС, а также для устранения влияния дребезга контактов при срабатывании управляющих кнопок. Примем, что требуемое время задержки составляет 20 мс. Временная задержка реализуется программой DELAY, которая вызывается командой CALL DELAY. В программе используется 2 вложенных цикла:

```

DELAY: MOV R6, # EXTR
LOOP2: MOV R7, # INTR
LOOP1: DJNZ R7, LOOP1 ; внутренний цикл
      DJNZ R6, LOOP2 ; внешний цикл
      RET

```

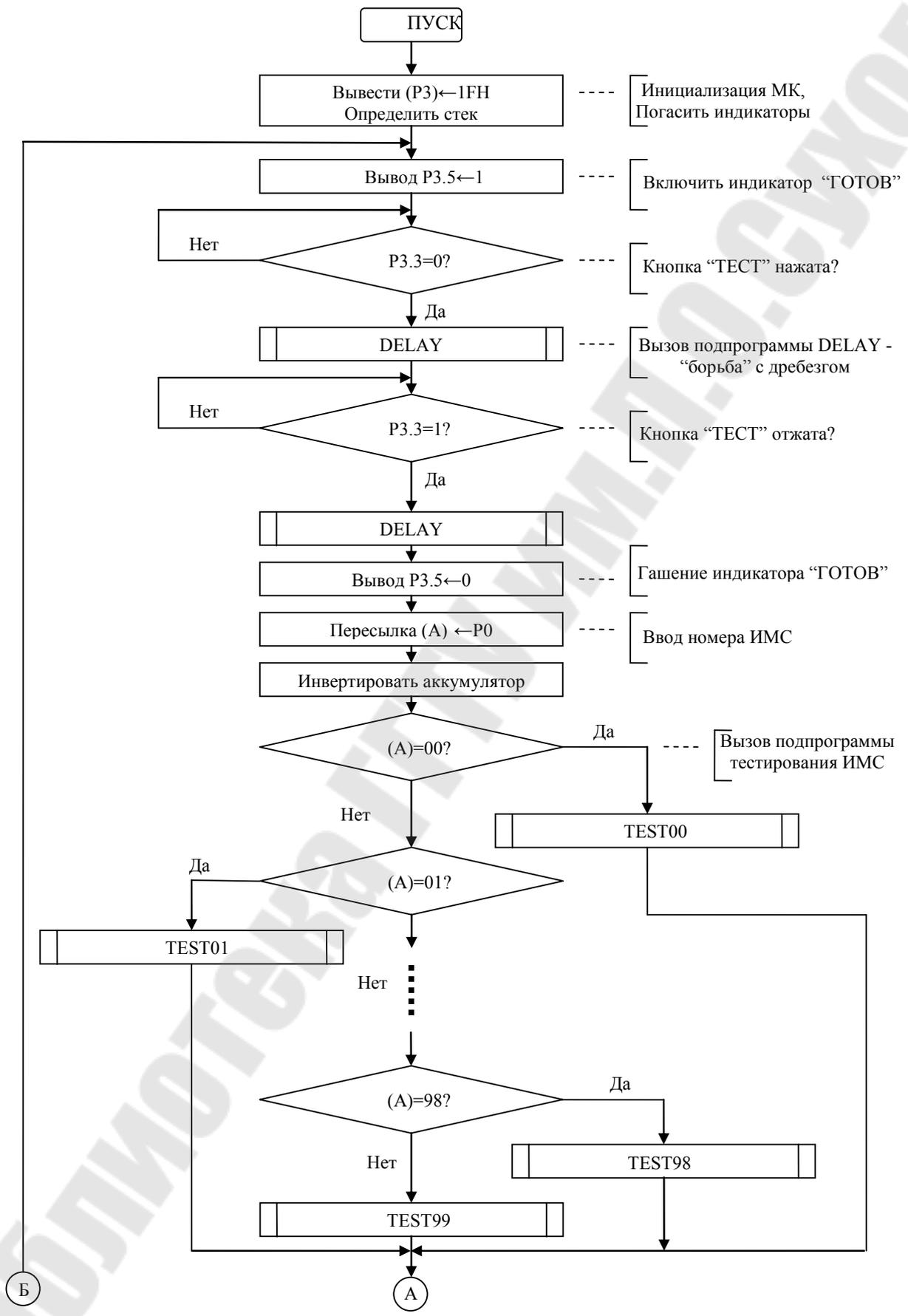
В описании команд МК51 [2, 4] указывается, за сколько машинных циклов (МЦ) выполняется каждая команда: MOV – 1МЦ, DJNZ – 2МЦ, RET – 2МЦ, CALL – 2МЦ.

Время машинного цикла $T_{\text{мц}}$ связано с тактовой частотой f_{CLK} работы МК соотношением:

$$T_{\text{мц}} = \frac{1}{f_{\text{мц}}} = \frac{12}{f_{\text{CLK}}}$$

При $f_{\text{CLK}} = f_{\text{ZQ}} = 4 \text{ МГц}$ имеем:

$$T_{\text{мц}} = \frac{12}{4 * 10^6} = 3 \text{ мкс.}$$



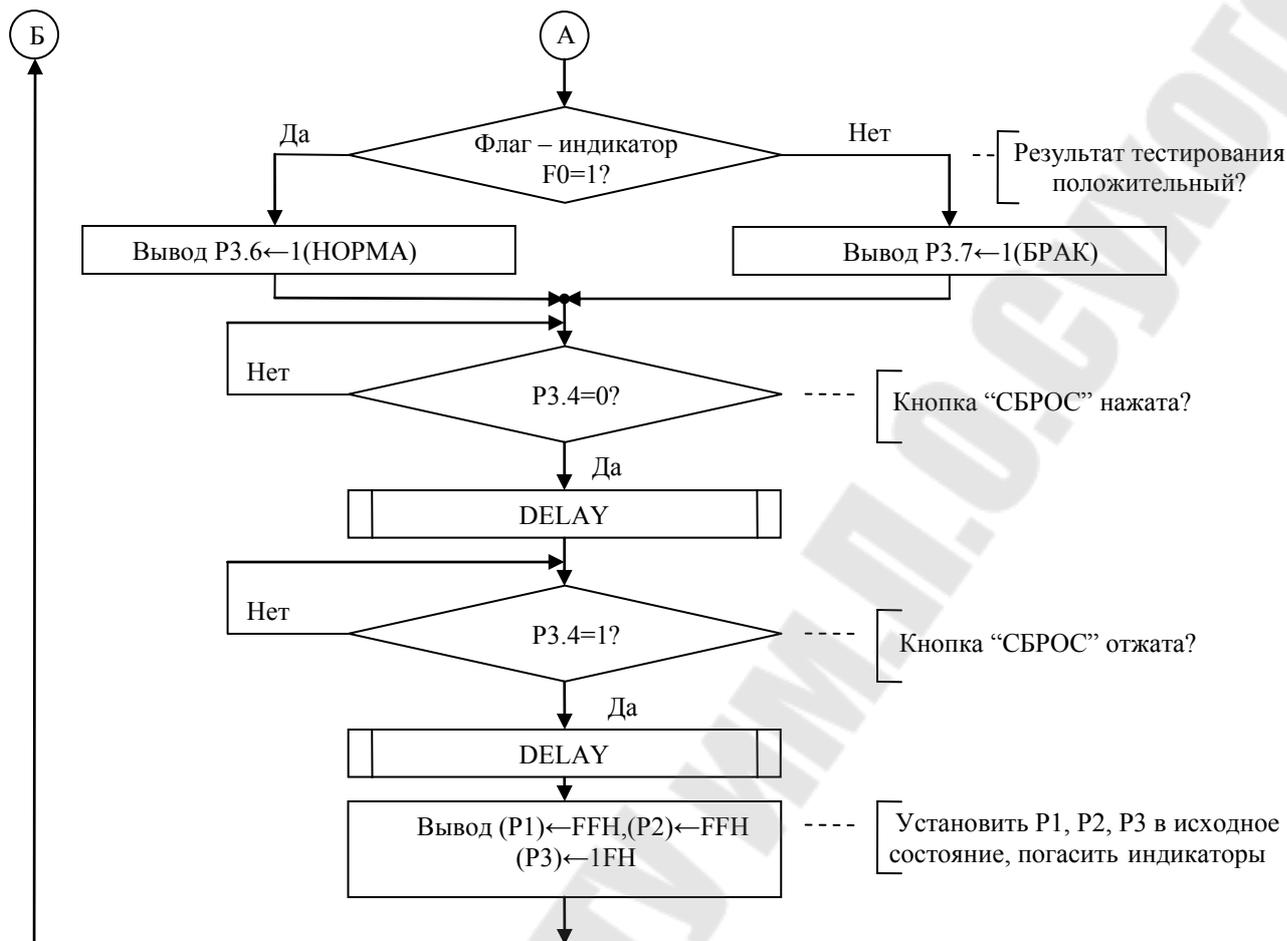


Рис. 7. Детальная блок – схема алгоритма работы тестера ИМС

Примем $t_{\text{внутр.цикла}} = 500 \text{ мкс}$, $t_{\text{внеш.цикла}} = 20 \text{ мс}$. Необходимо определить значения переменных EXTR и INTR, задающие, соответственно, $t_{\text{внутр.цикла}}$ и $t_{\text{внеш.цикла}}$. Можно записать:

$$t_{\text{внутр.цикла}} = 2 * 3 \text{ мкс} * \text{INTR} = 6 \text{ мкс} * \text{INTR}.$$

Отсюда

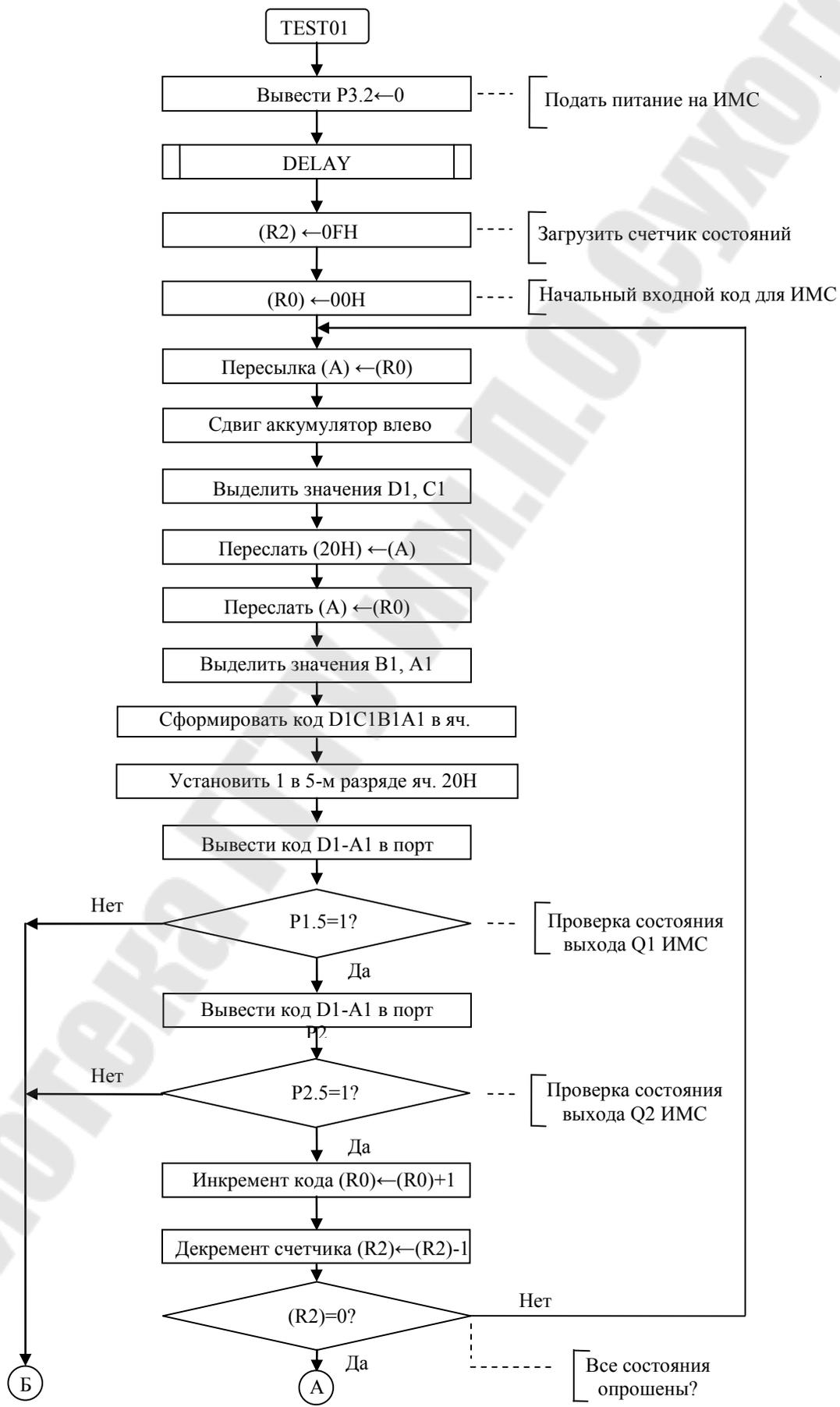
$$\text{INTR} = 500 \text{ мкс} / 6 \text{ мкс} = 83,33 = 53 \text{ Н}.$$

Для времени внешнего цикла:

$$t_{\text{внеш.цикла}} = (2 + 1 + 2) * 3 \text{ мкс} + [(1 + 2) * 3 \text{ мкс} + 500] * \text{EXTR} = 15 \text{ мкс} + 509 \text{ мкс} * \text{EXTR}.$$

Отсюда

$$\text{EXTR} = (20 - 0,015) \text{ мс} / 509 \text{ мкс} = 39,26 = 27 \text{ Н}$$



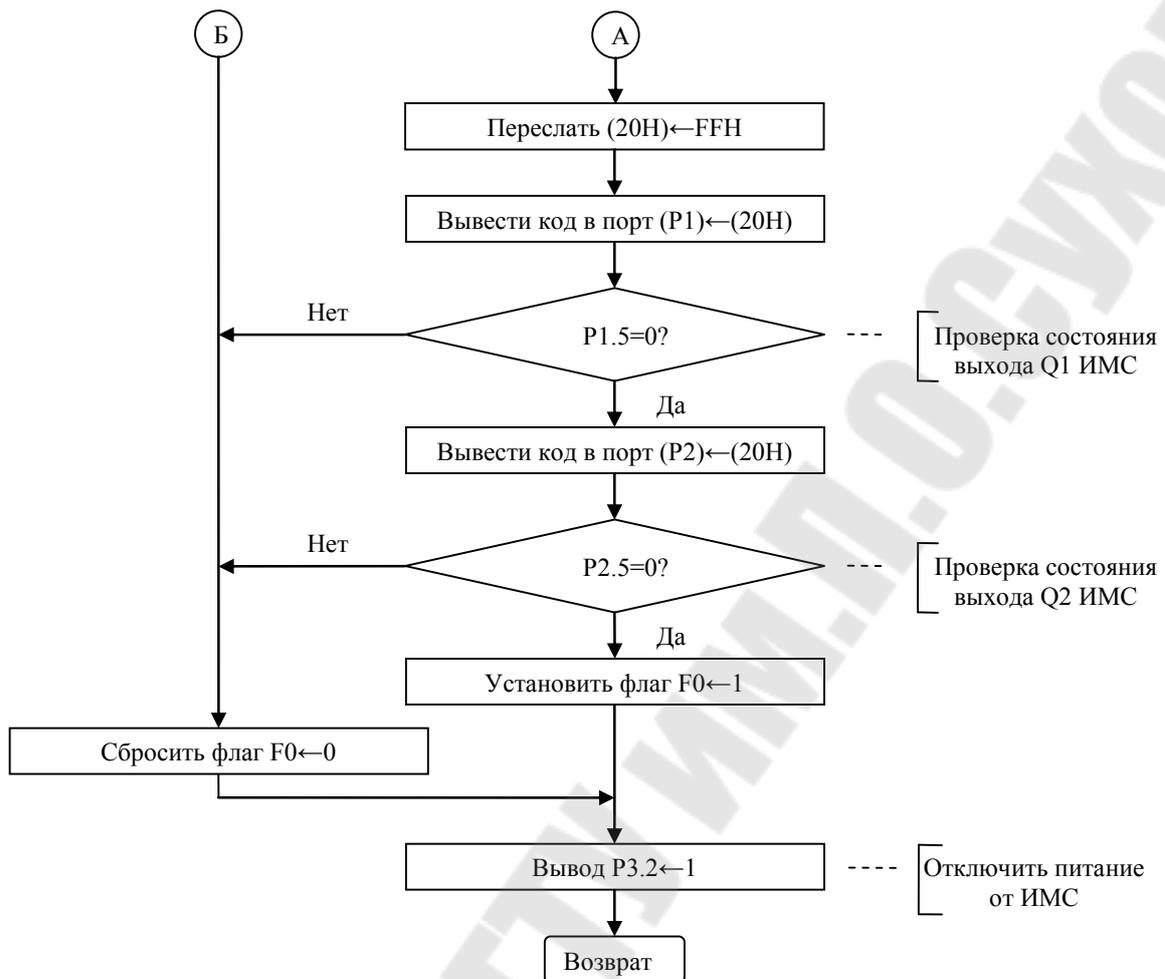


Рис. 8. Блок – схема алгоритма подпрограммы тестирования ИМС K155LA1

3.5.3. Программа работы прибора на языке Ассемблера

```

INTR    EQU    53H      ; Времязадающие константы

EXTR    EQU    27H      ; для подпрограммы DELAY
ORG     0000H          ; Начальный адрес программы

; Основная программа

MOV     P3, #1FH      ; Выключить индикаторы
MOV     SP, #70H      ; Определить стек
READY:  SETB    P3.5   ; Включить индикатор "ГОТОВ"

WAIT1:  JB      P3.3, WAIT1 ; Ожидание нажатия кнопки "ТЕСТ"
        CALL   DELAY      ; Вызов подпрограммы задержки
  
```

```

WAIT2:  JNB    P3.3, WAIT2 ; Ожидание отжатия кнопки "ТЕСТ"
        CALL  DELAY
        CLR   P3.5        ; Погасить индикатор "ГОТОВ"

        MOV   A, P0       ; Ввод кода номера ИМС
        CPL   A           ; Получить прямой код номера N
        CJNE  A, #0, NEXT1 ; Номер ИМС N=00?
        CALL  TEST00      ; Да, вызов подпрограммы тестирования
                          ; TEST00
        JMP   CHECK       ; Переход на метку CHECK

NEXT1:  CJNE  A, #1, NEXT2 ; Номер ИМС N=01?
        CALL  TEST01      ; Да, вызов подпрограммы тестирования
                          ; TEST01

        JMP   CHECK
        :
        :                ; Проверка остальных ИМС
        :

NEXT98: CJNE  A, #98, NEXT99 ; Номер ИМС N=98?
        CALL  TEST98      ; Да, вызов подпрограммы тестирования
                          ; TEST98

        JMP   CHECK

NEXT99: CALL  TEST99      ; Да, вызов подпрограммы тестирования
                          ; TEST99

        ; Проверка результата тестирования

CHECK:  JB    F0, NORM     ; Переход, если F0=1 (НОРМА)
        SETB P3.7        ; Включить индикатор "БРАК"
        JMP  WAIT3

NORM:  SETB  P3.6        ; Включить индикатор "НОРМА"

WAIT3:  JB    P3.4, WAIT3 ; Ожидание нажатия кнопки "СБРОС"
        CALL  DELAY      ; Вызов подпрограммы задержки

WAIT4:  JNB   P3.4, WAIT4 ; Ожидание отжатия кнопки "СБРОС"

```

CALL DELAY

; Установка портов P1, P2, P3 на ввод, гашение всех индикаторов

```
MOV P1, #0FFH
MOV P2, #0FFH
MOV P3, #1FH
JMP READY ; Переход в исходное состояние
```

; DELAY – подпрограмма временной задержки на 20мс

; Входные параметры: константы INTR, EXTR

```
DELAY: MOV R6, # EXTR ; Загрузка
LOOP2: MOV R7, # INTR ; времязадающих констант
LOOP1: DJNZ R7, LOOP1 ; Цикл, если (R7) ≠ 0
        DJNZ R6, LOOP2 ; Цикл, если (R6) ≠ 0
        RET ; Возврат из подпрограммы
```

; TEST01 – подпрограмма тестирования ИМС К155ЛА1 с номером N=01

; Выходной параметр: флаг F0 – при F0 = 1 результат тестирования

; положительный (НОРМА), при F0 = 0 – отрицательный (БРАК)

```
TEST01: CLR P3.2 ; P3.2 < -0, подать питание на ИМС
        CALL DELAY ; Вызов подпрограммы задержки
        MOV R2, # 0FH ; Загрузить счетчик состояний
        MOV R0, # 0 ; В (R0)– начальное значение входного
        ; кода
```

```
REPEAT: MOV A, R0 ; Пересылка входного кода в аккумулятор
        RL A ; Сдвиг аккумулятора влево
        ANL A, #00011000B ; Выделить разряды кода D1, C1
        MOV 20H, A ; Переслать D1, C1 в ячейку 20H
        MOV A, R0 ; Переслать в аккумулятор входной код
        ANL A, # 00000011B ; Выделить разряды кода B1, A1
        ORL 20H, A ; Объединить разряды кода D1, C1, B1,
        ; A1 в ячейке 20H
        SETB 20H.5 ; Установить 1 в 5-м разряде ячейки 20H
        MOV P1, 20H ; Вывести код D1- A1 в порт P1 (подать
        ; на входы ИМС)
```

JNB	P1.5, EXIT	; Выход, если P1.5=0, т.е. на выходе ; ИМС Q1= 0
MOV	P2, 20H	; Вывести код D2- A2 в порт P2 (подать ; на входы ИМС)
JNB	P2.5, EXIT	; Выход, если P2.5=0, т.е. на выходе ; ИМС Q2= 0
INC	R0	; Инкремент входного кода
DJNZ	R2, REPEAT	; Цикл тестирования, если (R2)≠ 0
MOV	20H, #0FFH	; Загрузить в ячейку 20H код "все ; единицы"
MOV	P1, 20H	; Подать код на входы D1- A1 ИМС
JB	P1.5, EXIT	; Выход, если P1.5=1, т.е. Q1= 1
MOV	P2, 20H	; Подать код на входы D2- A2 ИМС
JB	P2.5, EXIT	; Выход, если P2.5=1, т.е. Q2= 1
SETB	F0	; Установить флаг F0 < -1 (НОРМА)
SETB	P3.2	; Отключить питание ИМС
RET		; Возврат из подпрограммы
EXIT:	CLR F0	; Сбросить флаг F0 < -0 (БРАК)
	SETB P3.2	; Отключить питание ИМС
	RET	; Возврат
	END	; Конец текста программы

Список литературы

1. Интегральные микросхемы. Справочник / Б.В.Тарабрин, Л.Ф.Лунин, Ю.Н.Смирнов и др.; Под редакцией Б.В.Тарабрина. – М.: Радио и связь, 1983.
2. Однокристалльные микроЭВМ. Справочник/ А.В.Боборыкин, Т.П.Липовецкий и др. – М.: МИКАП, 1994.
3. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА. Справочник / Н.Н.Акимов, Е.П.Вашуков, В.А.Прохопенко, Ю.П.Ходоренко. – Мн.: Беларусь, 1994.
4. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Цифровые интегральные микросхемы. Справочник / М.И.Богданович, И.Н.Грель, В.А.Прохоренко, В.В. Шалимо. – Мн.: Беларусь, 1991.
6. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1988.
7. Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник. - Энергоатомиздат, 1989.

Содержание

	стр.
Введение.....	3
1. Задание на контрольную работу	3
1.1. Исходные данные для выполнения работы	3
1.2. Требования к оформлению контрольной работы	4
1.3. Содержание контрольной работы	5
2. Методические указания по выполнению контрольной работы ..	6
3. Образец выполнения контрольной работы	11
3.1. Задание на контрольную работу	11
3.2. Описание тестируемой ИМС	12
3.3. Обобщенная блок-схема алгоритма работы тестера	13
3.4. Принципиальная схема тестера	15
3.5. Разработка программы работы микроконтроллера	18
Список литературы	27

**Виноградов Эдуард Михайлович
Крышнев Юрий Викторович**

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

**Методические указания
к контрольным работам
по курсу «Микропроцессорная техника»
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»
заочной формы обучения**

Подписано в печать 30.06.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,38.

Изд. № 164.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.