

измерения менее 1 γ ; дискретность отсчета 0,1 γ ; продолжительность цикла измерений 4 ± 1 с; отсчет цифровой на индикаторных лампах ИН-14; потребляемая мощность питания измерительного блока менее 5 Вт; средняя потребляемая мощность питания магнитометра менее 20 Вт; вес: датчика 3,2 кг, источника поляризации 4 кг, измерительного блока 2 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. М. Бородин и др. ЯМР в земном поле. Л., Изд. Ленингр. ун-та, 1967.
2. Н. П. Померанцев и др. Физические основы квантовой магнитометрии. М., «Наука», 1972.
3. Магнитометр протонный М-32.— В кн.: Каталог геофизической аппаратуры. Л., «Недра», 1973.
4. М. А. Федоров, Д. А. Нагорский. О погрешностях протонного магнитометра, построенного по схеме периодометра.— Геомagnetизм и аэрономия, 1971, т. 11, № 4
5. И. Ф. Клисторин, А. М. Щербаченко. Быстродействующий цифровой частотомер низких и инфранизких частот.— Автометрия, 1970, № 2.
6. Ян Си-зен. Определение максимальной погрешности двоичного умножителя.— Автоматика и телемеханика, 1960, т. 21, № 7.

*Поступила в редакцию 15 февраля 1974 г.;
окончательный вариант — 25 апреля 1974 г.*

УДК 681.142.2

**В. М. БЕЛОВ, В. А. БУРОВЦЕВ, К. Ш. ИБРАГИМОВ,
А. Е. ПОДЗИН**
(Новосибирск)

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВХОДНОЙ ЯЗЫК СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БИС ЗУ

Эффективность использования ЭВМ в автоматизированных системах контроля (АСК) сложных функциональных радиоэлектронных схем в значительной степени зависит от удобств организации обмена информацией между оператором и ЭВМ, которые определяются как возможностями используемых терминалов, так и степенью развитости входного языка системы. Особенности функционирования таких АСК, заключающиеся в необходимости управления большим числом программируемых внешних устройств (ВУ), требуют разработки алгоритмического языка, ориентированного специально для задач управления и оперативной обработки контрольно-измерительной информации. Программа на входном языке должна в компактной форме описывать все операции обращения к ВУ и алгоритмы простейшей обработки получаемых данных, направленные как на логическое решение задачи о правильности функционирования контролируемого объекта, так и определение его предельных характеристик.

В настоящей статье описывается входной язык, разработанный специально для решения задач управления и обработки данных в системе контроля больших интегральных схем запоминающих устройств (БИС ЗУ) [1]. При разработке языка были использованы широко распространенные в контрольно-измерительной и вычислительной технике термины и обозначения.

Специализированные алгоритмические языки для задач управления и контроля, по нашему мнению, должны удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Входной язык должен иметь операторы, обеспечивающие разветвления выполнения программы в зависимости от результатов сравнения данных испытаний с табличными данными или с результатами предыдущих циклов испытаний.

2. При испытаниях БИС, находящихся в стадии разработки, автоматизированные системы контроля должны указывать не только степень годности схемы, а также иметь возможность, изменяя режим ее работы во время испытаний, определять зоны устойчивой работы. Аналогичные операции требуются при разбраковке серийных БИС по группам. Для этого во входном языке системы должны быть предусмотрены операторы, позволяющие автоматически изменять параметры входных сигналов с определенным шагом дискретности.

3. При неустойчивой работе или пропадающих сбоях в контролируемом объекте для определения причины неисправности требуется проводить многократные испытания. Для этого во входном языке должны быть предусмотрены возможности организации повторения определенных участков программы требуемое число раз.

Учитывая эти требования, для системы контроля БИС ЗУ был разработан специализированный язык, описание и примеры использования которого приводятся ниже. При описании языка будем пользоваться обозначениями, известными под названием металингвистических формул Бэкуса, следуя определению, приведенным в [2].

Синтаксис языка. Программа испытаний, написанная на входном языке системы, состоит из слов:

слово ::= <особый символ> | {<неособый символ>!}_
 <символ> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9|+|-|.|,|;|=|(|)|*|'|'|
 |<|>|≡|!|А|Б|В|Г|Д|Е|Ж|З|И|Й|К|Л|М|Н|О|П|Р|С|Т|У|Ф|
 |Х|Ц|Ч|Ш|Щ|Ы|Ь|Э|Ю|Я|/
 <пробел> ::= { _! }

Знак <пробела> при особых символах можно опускать, что позволяет сокращать число знаков пробела при написании программ.

<особый символ> ::= =,|;|.|=|(|)|√
 <неособый символ> ::= <буква> | <цифра> | + | - | / | * | ' | ' |
 <|>|≡

<буква> ::= <символ> из списка <символов> от А до Я
 <служебное слово> ::= <особый символ> | <идентификатор>
 |ЗАДАТЬ|ВВЕСТИ|БОЛЬШЕ|МЕНЬШЕ|ТЕКСТ|УДАЛИТЬ|
 |НАЙТИ|ПЕЧАТЬ|ЧТЕНИЕ|ЛЕНТА|ИСПОЛНИТЬ|СЧЕТ|
 |ЕСЛИ|ЦИКЛ|ДАЛЬШЕ|КОНЕЦ|ОСТАНОВ

<идентификатор> ::= <идентификатор числа> | <квазиидентификатор>
 <идентификатор числа> ::= <буква> | <буква> <цифра>

<квазиидентификатор> ::= <символическое обозначение используемых в системе контроля внешних устройств, перечисленных в таблице >|КО.

Эти символические обозначения введены в язык для удобства организации обращения и обмена информацией с ВУ. Они выполняют функции идентификаторов при задании и хранении в памяти ЭВМ значений программируемых параметров соответствующих ВУ. В таблице указаны также области изменения параметров ВУ и примеры записи их в программе.

<программа на входном языке> ::= { {<номер строки>? {<оператор>!}?
 <оператор> } }!

<номер строки> ::= <номер группы строк> <правая часть номера>

<номер группы строк> ::= <целое>

<правая часть номера> ::= <целое>

Уточнение. Номер группы строк и правая часть номера строки мо-

Квазиидентификатор	Программируемый параметр соответствующего ВУ	Пределы изменения параметра ВУ	Пример записи
И1 И2 ИЗ	НАПРЯЖЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МИКРОСХЕМ	+3.5В ÷ +6.5В -5В ÷ -15В	И2 = -12.5В
ВУ НУ	ЗНАЧЕНИЕ ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО ЛОГ. УРОВНЕЙ	+1.5В ÷ +4.5В 0В ÷ +1.5В	НУ = +0,2В
ВМ	НАПРЯЖЕНИЕ, ИЗМЕРЕННОЕ ВОЛЬТМЕТРОМ НА ВЫВОДЕ МИКРОСХЕМЫ 2 И 15		ВМ 2,15
АМ	ТО ЖЕ ДЛЯ ТОКА		АМ 2,15
З1 З2 З3 З4 Д1 Д2 Д3 Д4	ЗАДЕРЖКА И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СТРОБ-ИМПУЛЬСОВ МНОГОФАЗНОГО ГЕНЕРАТОРА	0Ш+50Н ÷ 15Ш	Д1 = 1Ш+50Н
НА КА ЯЧ	НАЧАЛЬНЫЙ, КОНЕЧНЫЙ И ТЕКУЩИЙ АДРЕСА ЯЧЕЙКИ ИСПЫТЫВАЕМОГО ЗУ	0 ÷ 1023	КА = 1023
ЧШ	ЧАСТОТА И ДИСКРЕТНОСТЬ ИМПУЛЬСОВ ЗАПРОСА	300Г ÷ 5М 200Н ÷ 3.3Т	Н = 2.5М Ш = 200Н
Р	РЕЖИМ РАБОТЫ ИСПЫТЫВАЕМОГО ЗУ	ЗАПИСЬ, ЧТЕНИЕ ЗАПИСЬ — ЧТЕНИЕ ЧТЕНИЕ — ЗАПИСЬ	Р = 3
Т	ТИПОВОЙ ТЕСТ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЗУ	ПО ПОЛЕ (0) П1 ПОЛЕ (1) Ш1 ШАХМ. ПОЛЕ Ш0 ИНВЕРС. ШАХМ. ПОЛЕ Б1 БЕГУЩАЯ 1 Б0 БЕГУЩИЙ 0	Т = Б1
ТЦ ТС	ЦИКЛИЧЕСКИЙ И ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫЕ ТЕСТЫ	0001 ÷ 7777	ТЦ = 1252
ПТ	ПУСК ТЕСТЕРА		ПТ
ПЗ	ПУСК ЗОНДОВОЙ ГОЛОВКИ		ПЗ
ПК	ПУСК КАПЕЛЬНИЦЫ ЗОНДА		ПК
БТ	РЕЖИМ БЕГУЩЕГО ТЕСТА		БТ

Примечание. Формирование циклических и псевдослучайных тестов описано в [3]. При численных значениях параметров используются следующие буквенные индексы: В (вольт), Т (тысячная доля вольта), М (микровольт), Т (тысячная доля ампера), М (микроампер), Н (наноампер); М (мегагерц), К (килогерц), Г (герц); Т (тысячная доля секунды), М (микросекунда), Н (наносекунда).

гут быть целыми числами в пределах соответственно от 01 до 31 и от 01 до 99.

⟨целое⟩ ::= ⟨значащая цифра⟩ {⟨цифра⟩?!}

⟨цифра⟩ ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

⟨значащая цифра⟩ ::= 1|2|3|4|5|6|7|8|9

⟨перевод каретки⟩ ::= ↵

Номера строк служат метками, на которые могут производиться ссылки при разветвлении программы. При отсутствии номера в строке управление системой контроля осуществляется в режиме диалога. ⟨Перевод каретки⟩ является признаком конца строки.

⟨оператор⟩ ::= ⟨оператор группы редактирования текста программы⟩ |

⟨оператор группы управления ВУ⟩ | ⟨оператор ввода-вывода⟩ | ⟨оператор управления⟩

⟨оператор группы редактирования текста программы⟩ ::= ТЕКСТ _ {⟨номер группы строк⟩ | ⟨номер строки⟩?} [УДАЛИТЬ _ {В | ⟨номер

группы строк)|<номер строки>?}|НАЙТИ_<номер строки>
 <оператор группы управления ВУ>:=ЗАДАТЬ_{{<идентифи-
 катор>=
 <значение>,!}|ВВЕСТИ_{{<<идентификатор>?}<идентифика-
 тор>,!}|
 БОЛЬШЕ_<идентификатор>(<значение>){;<оператор>!≤2}|
 МЕНЬШЕ_<идентификатор>(<значение>){;<оператор>!≤2}
 <значение>:=<значение параметра ВУ>|<целое>|0
 Примечание. <Значение параметра ВУ> указывается при соот-
 ветствующем квазиидентификаторе в пределах, приведенных в таблице.
 Идентификаторы числа могут принимать значения целых чисел от 0
 до 4095.
 <оператор ввода-вывода>:=ЧТЕНИЕ|ЛЕНТА_{{<номер группы
 строк>|
 <номер строки>?}|ПЕЧАТЬ_{{<комментарий>|≡'|<идентифика-
 тор>,!}|
 <комментарий>:=<произвольный текст, окаймленный угловыми
 скобками>
 <оператор управления>:=ИСПОЛНИТЬ_{{<номер строки>?}|
 СЧЕТ_<номер строки>|<номер группы строк>};|ЕСЛИ_{{<идентификатор>
 (<значение>)}{;<оператор>!≤2}|КО(!){;<оператор>!≤3}|ЦИКЛ_<идентификатор
 числа>={{<идентификатор числа>=
 <целое>|<целое>}, Δ{{<идентификатор числа>=<целое>|<це-
 лое>?}}
 {{<оператор>;!}|ОСТАНОВ|КОНЕЦ|ДАЛЬШЕ ↓

Поскольку операторы языка системы, описанной в [1], различаются по первой букве, то в тексте программы их можно записывать сокращенно: например, вместо ОСТАНОВ можно записать О.

Семантика языка. Семантика языка поясняется описанием семантики операторов языка и рядом конкретных примеров программ испытаний БИС ЗУ и самоконтроля системы.

1. Операторы группы редактирования текста программы выполняют те же функции, что и операторы редактирования в языке FOCAL [4] и поэтому здесь не описываются.

2. Операторы управления ВУ.

Оператор ЗАДАТЬ передает требуемому ВУ сформированный код, соответствующий указанному значению программируемого параметра. Заданное с точностью половины шага дискретности значение параметра заносится в таблицу идентификаторов и может быть использовано при обработке данных. При операциях с <идентификаторами числа> оператор ЗАДАТЬ выполняет функцию оператора присваивания. Например, строка

01.01 ЗАДАТЬ И1=5В, ИЗ=-12В, НУ=0.2В, ВУ=4.5В, Ч=1М, Ш=400Н, З1=1Ш, Д1=1Ш устанавливает исходные значения параметров питающих напряжений, входных сигналов, частоту и временную диаграмму для испытаний БИС ЗУ.

Оператор ВВЕСТИ осуществляет ввод информации с измерительных ВУ или информации, определяемой пользователем во время исполнения программы и предназначенной для управления указанными ВУ, или изменения значения идентификатора числа. Для ввода значений параметров ВУ, определяемых пользователем во время проведения испытаний, в программе необходимо иметь соответствующую запись. Например, строка

01.02 ВВЕСТИ ВМ 14, АМ 14, <Ч> предназначена для измерения на 14-м выводе микросхемы напряжения и тока и ввода значения частоты испытаний. Во время выполнения программы система произведет из-

мерение указанных параметров и после печати

Ч/ будет ожидать ввода значения частоты пользователем.

Оператор БОЛЬШЕ (МЕНЬШЕ) увеличивает (уменьшает) на шаг дискретности ранее заданное значение параметра требуемого ВУ, но не более (менее) указанной в скобках величины и пропуск очередного оператора, если новое значение стало равным указанному. Например, следующая программа:

01.10 ЗАДАТЬ Ч=100К, КА=1023

01.20 БОЛЬШЕ Ч(2.5 М); ИСПОЛНИТЬ 01.02; МЕНЬШЕ КА(511); И 01.20; ОСТАНОВ автоматически изменяет частоту испытаний от 100 килогерц до 2,5 мегагерц, последовательно задавая все возможные значения частоты генератора импульсов запроса, и конечный адрес испытываемого ЗУ от 1023 до 511.

3. Операторы ввода-вывода.

Оператор ЧТЕНИЕ считывает программу испытаний с перфоленты и заносит ее в буфер программы.

Оператор ЛЕНТА предназначен для вывода всей программы или ее части на перфоленту для последующего использования.

Оператор ПЕЧАТЬ используется в программе для вывода на печать <комментария> для перевода каретки электрической печатающей машинки (ЭПМ) по знаку ≡, для печати всей таблицы или указанного идентификатора. По знаку ' распечатывается вся таблица идентификаторов, использованных в программе.

4. Операторы управления.

Оператор безусловной передачи управления ИСПОЛНИТЬ начинает выполнение всей программы или ее части с указанной строки до оператора ОСТАНОВ. Если за оператором ОСТАНОВ имеется продолжение программы, то для ее выполнения используется оператор ДАЛЬШЕ, который передает управление для продолжения выполнения программы до следующего оператора ОСТАНОВ или до конца последней строки программы. Оператор ДАЛЬШЕ значительно облегчает отладку программ испытаний. Для его использования на период отладки в программе необходимо ввести операторы ОСТАНОВ. Например, строка программы по команде ИСПОЛНИТЬ

01.10 ПЕЧАТЬ <СТАТИКА>; ОСТАНОВ; ПЕЧАТЬ <ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ> выполняется до оператора ОСТАНОВ.

СТАТИКА * Д ↓

Применение оператора ДАЛЬШЕ позволяет выполнить всю программу. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ *

Оператор СЧЕТ выполняет указанную строку или группу строк программы как подпрограмму. В последнем случае выполнение подпрограммы происходит или до оператора КОНЕЦ, или до окончания последней строки указанной группы.

Оператор условной передачи управления ЕСЛИ используется при обработке результатов испытаний и анализе полученных данных. Оператор ЕСЛИ сравнивает значения измеренных напряжений и токов на выводах микросхемы с указанными, а также количество ошибок (идентификатор КО) при функциональных испытаниях с результатами предыдущего цикла испытаний или с указанным в скобках значением. По отношению к <идентификаторам числа> оператор ЕСЛИ сравнивает заданное значение с указанным в скобках. Если результат сравнения покажет, что значение идентификатора меньше или равно указанному в скобках при операторе ЕСЛИ, то выполняется очередной оператор, иначе — следующий. В качестве примера приведем программу проверки: находится ли напряжение на 5-м выводе микросхемы в пределах от 2,4 вольта до 4,5 вольта?

03.40 ВВЕСТИ ВМ 5; ЕСЛИ ВМ(4.5В); ЕСЛИ ВМ(2.4В); ПЕЧ. ВМ, <БРАК>; И 01.10. При выполнении этой строки, если напряжение

вышло за пределы указанных значений, то печатается слово «БРАК» и это значение.

Анализ количества ошибок при функциональных испытаниях ЗУ оператором ЕСЛИ, кроме того, имеет еще одну интерпретацию. В этом случае сравнивается количество ошибок в данном цикле испытаний с предыдущим. В качестве примера приведем программу испытаний БИС ЗУ емкостью 64 одноразрядных слова.

```
01.01 П <ПРОВЕРКА ЗУ 64 НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ>,=  
01.10 З И1=5В, И2=7В, И3=10В, ВУ=4.5В, НУ=0.2В, НА=0,  
КА=63  
01.20 З Д1=0Ш+50Н, Д2=1Ш, З1=0Ш, З2=0Ш, Ч=100К,  
Ш=20ОН  
01.31 З З3=7Ш, З4=7Ш, Д3=1Ш, Д4=0Ш+50Н  
01.32 С 1.34; С 1.35; С 1.36; С 1.37; О  
01.34 З Т=ПО; С 1.31; И 1.4  
01.35 З Т=П1; С 1.31; И 1.4  
01.36 З Т=Ш1; С 1.31; И 1.4  
01.37 З Т=Ш0; С 1.31; И 1.4  
01.40 С 3.1; М 34(0Ш); И 1.5; И 5.1  
01.50 С 3.1; Е КО(!); И 1.4; И 1.4; И 1.7  
01.70 Б 34(7Ш); И 1.8; И 5.1  
01.80 С 3.1; П Т, КО, 34; О  
  
03.10 З Р =3, ПТ, Р=Ч, ПТ  
05.10 П <БРАК>, З3, З4, КО, Т; О  
*
```

Оператор ЦИКЛ организует многократное повторение участка программы в пределах той же строки программы после оператора ЦИКЛ. Однако в этой же строке могут производиться ссылки на другие участки, используемые как подпрограммы. Имеется возможность выполнения «вложенных» операторов ЦИКЛ. Оператор ЦИКЛ удобно использовать при испытаниях ЗУ «бегущими» тестами. Например:

```
01.10 ЗАДАТЬ Т=Б1; ЦИКЛ НА, КА; ЗАДАТЬ Р=3, ПТ, Р=  
=Ч, ПТ, БТ
```

В заключение приведем программу проверки работоспособности системы, которая позволяет проконтролировать правильность функционирования основных узлов системы контроля БИС ЗУ.

```
1.01 П <КОНТРОЛЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ>,=  
01.02 П <(ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ)>, =, =, =  
01.03 П <ЕСЛИ ЗНАЧЕНИЯ З1, 2, 3, 4=6Ш И ПЕЧ. ОШ.! 25.22  
02.41,>  
01.04 П <ПЕЧАТАЙТЕ И 2.5>, =, =  
01.10 З З1=0Ш, Д1=1Ш, З2=0Ш, Д2=1Ш, З3=0Ш, Д3=1Ш,  
З4=0Ш, Д4=1Ш  
01.20 З НА=0, КА=1, Ш=20 ОН, Т=1, Р=3, Ч=620К  
02.10 З ПТ; Б 31(6Ш); И 2.1; П 31  
02.20 З ПТ; Б 32(6Ш); И 2.2; П 32  
02.30 З ПТ; Б 33(6Ш); И 2.3; П 33  
02.40 З ПТ; Б 34(6Ш); И 2.4; И 2.41  
02.41 П 34; З 34=7Ш, ПТ  
02.50 П <ЕСЛИ ЗНАЧЕНИЯ Д1, 2, 3, 4=7Ш И ПЕЧ. ОШ.! 25.22  
03.21,>  
02.60 П <ПЕЧАТАЙТЕ И 3.3>, =, =  
02.70 С 1.1; С 1.2  
02.80 З ПТ; Б Д1(7Ш); И 2.8; П Д1  
02.90 З ПТ; Б Д2(7Ш); И 2.9; П Д2  
03.10 З ПТ; Б Д3(7Ш); И 3.1; П Д3
```

03.20 З ПТ; Б Д4(7Ш); И 3.2; И 3.21
 03.21 П Д4; З Д4=8Ш, ПТ
 03.30 З НА=0, КА=1023, Ш=200Н, Ч=1М; С 1.1
 03.31 П <ЕСЛИ КО=1024, 511, УСТАНОВИТЕ НУЛЕВОЙ РАЗ-
 РЯД КЛАВИШНОГО),=
 03.32 П <РЕГИСТРА ЭВМ В СОСТОЯНИЕ '1' И ПЕЧ. И 3.65),=
 03.50 З Т=ПО; С 5.1; Е КО(1024); Е КО(1023); П <НОРМА),
 КО; П КО
 03.60 З Т=П1; С 5.1; Е КО(0); И 3.9; П КО; О
 03.65 П <ЕСЛИ ОТПЕЧАТАЕТСЯ С 1 ЯЧ=1, 3, 0, 2, ИСПЫТА-
 НИЯ),=
 03.66 П <ТЕСТЕРА ЗАВЕРШЕНЫ),
 03.67 П <МОЖНО ПРИСТУПИТЬ К РАБОТЕ!),=
 03.70 З Т=Ш1, КА=3; С 5.1
 03.80 З Т=Ш0; С 5.1
 03.81 У В
 03.90 З КА=1023, ТС=5000; С 5.1; Е КО(511); Е КО(510); П <Ф),
 КО; П КО; О
 05.10 З Р=Ч, ПТ
 *

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Белов, В. А. Буровцев, К. Ш. Ибрагимов, И. Ф. Клисторин, А. Е. Подзин. Управляемая от ЭВМ система контроля БИС ЗУ.— Автометрия, 1974, № 3.
2. А. С. Клещев, В. Л. Темов. Язык программирования ИНФ и его реализация. Л., «Наука», 1973.
3. В. М. Белов, В. А. Буровцев, К. Ш. Ибрагимов, А. Е. Подзин. Устройство формирования тестов для функциональных испытаний ЗУ.— В кн.: Системы первичной аналого-цифровой обработки данных и их элементы. Новосибирск, Изд. ИАЭ СО АН СССР, 1973.
4. Introduction to Programming PDP-8 Family Computers. Small Computer Handbook Series, Second Printing. USA, DEC, 1969.

Поступила в редакцию 18 марта 1974 г.

УДК 681.142.621

В. А. БЕЛОМЕСТНЫХ,
А. Н. КАСПЕРОВИЧ, В. И. СОЛОНЕНКО
 (Новосибирск)

КОМПАРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ТРИГГЕР-ЗАЩЕЛКИ

Компараторы, предназначенные для сравнения напряжений, широко распространены в измерительной технике. Вопросам расчета и разработки схем компараторов посвящено большое количество работ. Однако ряд практических задач, в частности задачи разработки быстродействующих аналого-цифровых преобразователей (АЦП), требует проведения исследований по повышению быстродействия и упрощению таких компараторов.

Недавно появились сообщения о новом перспективном типе компараторов на основе триггер-защелки [1, 2]. В настоящей статье рассматриваются особенности известных схем подобных компараторов и описывается отличающийся простотой компаратор с использованием доступной отечественной логической микросхемы.