

Полетаев Игорь Алексеевич — старший преподаватель кафедры «Вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ.

Тимошевская Ольга Юрьевна — доцент кафедры «Вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент.

УДК 681.5

*С. М. Вертешев, В. А. Коневцов, И. А. Максягина,
И. А. Полетаев, О. Ю. Тимошевская*

ЯЗЫКОВЫЕ СРЕДСТВА КОМПЛЕКСА ПСПСЦУ. ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Определены общие средства описания комплекса ПСПСЦУ на основе единого языка проектирования задач различных разделов теории управления: контроля, идентификации, синтеза, непосредственного цифрового линейного и нелинейного, нечеткого, одноконтурного, многоконтурного, адаптивного и оптимального управления.

Ключевые слова: цифровая система автоматического управления, непосредственное цифровое управление, нелинейное управление, нечеткое управление, идентификация объектов, синтез регуляторов, комплекс ПСПСЦУ.

В работе [1] рассмотрен мировой опыт создания программных средств автоматизации технических систем и технологических процессов. Сделана постановка задачи создания системы автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления, комплекса программных средств проектирования систем цифрового управления, комплекса ПСПСЦУ, на основе современных цифровых программируемых управляющих вычислительных машин, программно-логических контроллеров (ПЛК). В данной работе дано определение одноязыкового средства проектирования цифровых систем автоматического управления (САУ) специалистами, не владеющими приемами классического программирования.

1. Алфавит языковых средств и метаопределения

В комплексе ПСПСЦУ различаются следующие средства описания цифровых САУ:

- язык блочного проектирования схем;
- записи символьного описания схем;
- блочный редактор.

Они применяются на различных этапах создания цифровых САУ: технического и рабочего проектирования, наладки, опытных испытаний и промышленной эксплуатации. Основным символом языка блочного проектирования комплекса ПСПСЦУ является символ блока функционального модуля на схеме, рис. 1. Алфавитом языковых средств комплекса ПСПСЦУ является набор букв,

цифр и специальных символов. Буквами являются литеры русского и латинского алфавитов. Цифрами являются 10 цифр десятичной системы счисления и 16 цифр шестнадцатеричной системы счисления по международным соглашениям. Набор специальных символов, символов метаопределений и имен метаопределений приведен в таблице 1.

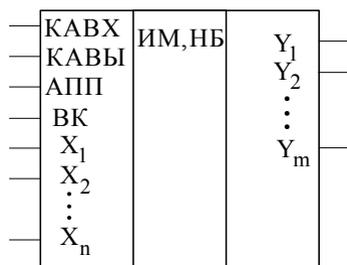


Рис. 1. Блок функционального модуля

Таблица 1

Спецсимволы и метаопределения комплекса ПСПСЦУ

Символ	Наименование обозначения или специального символа
Рисунок 1	Блок функционального модуля, обозначение на схеме
<	Левая скобка метаопределения
>	Правая скобка метаопределения
∪	Символ пробела (пустой символ, код 20h) или символ ∪ в блочном редакторе
::=	Символ метаопределения «это есть»
	Символ перечисления
[Левая скобка факультативного содержимого
]	Правая скобка факультативного содержимого
(Левая скобка альтернативного содержимого
)	Правая скобка альтернативного содержимого
<K>	Комментарий
!	Маркер начала текста комментария
CR	Символ «Возврат каретки»
LF	Символ «Перевод строки»
;	Маркер конца записи
,	Разделитель полей параметров списка
:	Маркер конца системы управления
<BC>	Вид соединения (тип памяти и вид сигнала)
<AC>	Адрес соединения
<НЭС>	Номер элемента соединения
Л	Логический вид сигнала
Н	Натуральный вид сигнала
Ц	Целый вид сигнала
В	Вещественный вид сигнала трёхбайтный

Символ	Наименование обозначения или специального символа
К	Вещественный вид сигнала четырёхбайтный
А	Адресный вид сигнала
С	Символьный вид сигнала
#	Маркер записи <Соединение>
&	Маркер записи <Имена модулей>
<ИМ>	Имя функционального модуля
<АПП>	Адрес подпрограммы функционального модуля
<АПО>	Адрес подпрограммы операции
*	Маркер записи <Адрес памяти схем>
<АПС>	Адрес памяти схем
/	Маркер записи <Схема>
<ИС>	Имя схемы
<ВОС>	Время отработки схемы
<КБС>	Количество блоков схемы
<АНПБС>	Адрес начала памяти блоков схемы
<НБ>	Номер блока
<КАВХ>	Количество адресов входов
<КАВЫ>	Количество адресов выходов
<АЭВ>	Адрес элемента на входе блока
<АЭВЫ>	Адрес элемента на выходе блока
<ТПВС>	Тип памяти и вид соединения
<НЭ>	Номер элемента соединения
<КЭ>	Количество адресуемых элементов соединения
§	Маркер записи <Адреса соединений>
<АТАС>	Адрес таблицы адресов соединений
<АОЛ>,<АЭЛ>,<АПЛ>	Адреса значений сигналов логического вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
<АОН>,<АЭН>,<АПН>	Адреса значений сигналов натурального вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
<АОЦ>,<АЭЦ>,<АПЦ>	Адреса значений сигналов целого вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
<АОВ>,<АЭВ>,<АПВ>	Адреса значений сигналов вещественного (3 байта) вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
<АОК>,<АЭК>,<АПК>	Адреса значений сигналов вещественного (4 байта) вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
<АОА>,<АЭА>,<АПА>	Адреса значений сигналов адресного вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
<АОС>,<АЭС>,<АПС>	Адреса значений сигналов символьного вида в оперативной, энергонезависимой, постоянной памяти
ВН	Команда <Ввод настройки>

Символ	Наименование обозначения или специального символа
ИН	Команда <Индикация настройки>
<ННП>	Начальный номер параметра настройки
<XXX>	Номер системы управления (задачи)
<НП>	Номер параметра
<ЧП>	Число параметров
КН	Команда <Коррекция настройки>
<У>	Вид вывода на печать
ЧС	Команда <Чтение системы>
<ТЗВОС>	Текущее значение <ВОС>
<НТЗВОС>	Начальное значение <ТЗВОС>
<НС>	Номер схемы
СТ	Команда <Пуск системы>
ИС	Команда <Изменить схему>
УС	Команда <Удалить схему>
<ЧУС>	Число удаляемых схем
ВС	Команда <Вставить схему>
ОС	Команда <Обзор схемы>
ПА	Команда <Поиск адреса>
ЧЗ	Команда <Чтение значений сигнала>
ЗЗ	Команда <Запись значений сигнала>
НБ	Команда <Набрать блок>
ЧБ	Команда <Читать блок>
<Н>	Число блоков
ВБ	Команда <Вставить блок>
УБ	Команда <Удалить блок>
ЗБ	Команда <Заменить блок>
ПБ	Команда <Переместить блок>
<СН>	Старый номер блока
<НН>	Новый номер блока
СБ	Команда <Сместить адрес таблицы памяти блоков>
УА	Команда <Удалить адрес>
ВА	Команда <Вставить адрес>
ЗА	Команда <Заменить адрес>
ТТ	Команда <Установить точки тестирования>
ЧО	Число операндов
<ЧПС>	Число повторений схемы
<МДС>	Массив данных о схемах
<МБА>	Массив блоков адресов
<САВХ>	Список адресов входов
<САВЫ>	Список адресов выходов
<АТЗВОС>	Адрес ТЗВОС
<ЧС>	Число схем

2. Типы сигналов.

Все сигналы в цифровой САУ могут храниться в оперативной (О), энергонезависимой (Э) и постоянной (П) памяти. Значения сигналов, хранимые в памяти типа О и Э, можно изменять, т. е. читать и записывать. Значения сигналов, хранимые в памяти типа П, не изменяемы, их можно только читать. При выключении (обесточивании) цифровой УВМ сигналы в памяти типа О исчезают, а в памяти типа Э и П сохраняются после повторного включения ПЛК.

Области памяти, в которых хранятся значения сигналов типов О, Э, и П, называются соединениями. Соединения представляют собой программно реализованные клеммники («клеммные колодки»). Вместо традиционных шурупов и всякого рода зажимов и фиксаторов контакта, здесь используются различные виды элементов памяти — биты, байты, слова и т. д. Через эти элементы передаются значения сигналов между блоками функциональных модулей цифровой САУ и объектом управления. Подключение к этим элементам («разъемам») осуществляется с помощью адресации комплекса ПСПСЦУ.

3. Базовые виды сигналов.

Сигналы в цифровой САУ изображаются в форме чисел различных видов, которые могут быть представлены в различных системах счисления, и могут храниться в одном или нескольких адресуемых элементах памяти. Адресуемым элементом памяти обычно является байт, содержащий 8 битов двоичной информации.

В комплексе ПСПСЦУ определены 7 базовых видов сигналов: логический (Л,L), натуральный (Н,N), целый (Ц,I), вещественный трёхбайтный для 8-разрядных микропроцессоров (В,R), адресный (А,A), символьный (С,S), вещественный четырёхбайтный (К,K) для 16- или 32-разрядных микропроцессоров.

Сигналы видов Л, Н, Ц, А, С хранятся в фиксированном формате с абсолютной точностью представления данных в допустимом диапазоне изменения, определяемом разрядностью и форматом адресуемых элементов памяти. Сигналы видов В и К хранятся в плавающем формате и представляются с точностью, определяемой разрядностью мантиссы и порядка плавающего формата.

3.1. Сигналы логического вида

Сигналы логического вида обозначаются идентификатором Л (L).

Сигнал вида Л может принимать два логических значения: «истина», т. е. логическая единица и «ложь», т. е. логический нуль. В первой версии комплекса ПСПСЦУ (комплекс СЦУ) логическая переменная занимала один разряд байта, т. е. в байте можно было разместить 8 логических переменных. Во второй реализации (комплекс МСЦУ) логическая переменная занимала один байт, что мотивировалось стремлением повышения быстродействия программного интерфейса (за счёт повышения затрат памяти на логическую переменную в 8 раз). В этом случае содержимое байта равно нулю, если логическая переменная имеет значение «ложь» и не равно нулю, если логическая переменная имеет значение «истина».

3.2. Сигналы натурального вида

Сигналы натурального вида N (N) изменяются в диапазоне натуральных чисел от 0 до 255, представляются в прямом коде без знака и занимают один байт. В зависимости от контекста этим видом сигналов можно представлять коды алфавитно-цифровых символов по ГОСТ 24363–87 (ASCII). При реализации комплекса ПСПСЦУ на микропроцессорах с 16-разрядной шиной данных целесообразен логический вид в диапазоне 0–65535.

3.3. Сигналы целого вида

Сигналы целого вида I (I) изменяются в диапазоне от -32768 до $+32767$, представляются в дополнительном коде двоичной системы счисления, занимают два байта со знаком $ЗН$ в старшем бите старшего байта. Старшему адресу соответствует младший байт числа.

3.4. Сигналы вещественного трёхбайтного вида

Сигналы вещественного трёхбайтного вида V (R) изменяются в диапазоне вещественных чисел от (минус) $1.0E-38$ до $+1.0E38$, занимают 3 байта (в реализации для процессора K580ИК80–Intel 8080). Формат сигнала вида V состоит из 4 полей: знака порядка $ЗП$, порядка E , знака мантиссы $ЗМ$ и нормализованной мантиссы $1.M$. Точность представления данных вида V выше 0.01 %. Более точных приборов измерения в промышленных системах не существует. Порядок сигналов вещественного вида представляется в прямом коде, мантисса — в дополнительном коде. Байт порядка имеет старший адрес, а младший байт мантиссы — младший адрес числа.

3.5. Сигналы вещественного четырёхбайтного вида

Сигналы вещественного четырёхбайтного вида K (K) изменяются в диапазоне вещественных чисел от $+1.175494351E-38$ до $+3.402823466E+38$, занимают 4 байта (по стандарту США IEEE 754). Сигнал этого вида содержит знак $ЗН$, восьмиразрядный порядок по основанию 2 со смещением 127 и 23-разрядной мантиссой. Мантисса представляет собой дробную часть числа. Целая часть мантиссы не хранится, т. к. она всегда равна 1 (в нормализованных числах с плавающей запятой).

3.6. Сигналы адресного вида

Значение сигнала адресного вида A (A) изменяется в диапазоне десятичных чисел от 0 до 65535, представляется в прямом коде без знака и занимает 2 байта. Старшему адресу соответствует старший байт числа. При использовании более мощных процессоров (Intel 8086 и старше) целесообразно в качестве базового сигнала адресного вида использовать числа в диапазоне от 0 до FFFFh и больше.

3.7. Сигналы символьного вида

Значение сигнала символьного вида S (S) представляет собой вектор из 6 байтов, каждый из которых может принимать значение кода алфавитно-цифровых или служебных символов по ГОСТ 27463–87.

4. Факультативные виды сигналов

К данным видам сигналов отнесены типы данных по стандарту МЭК 61131-3 натурального (целые без знака), целого и вещественного видов других форматов.

4.1. Сигналы натурального вида (двух- и четырёхбайтные)

Кроме базисного вида Н размерности в один байт приняты сигналы размерности в слово (WORD, 0–65535) и двойное слово (DWORD, 0–4294967295).

4.2. Сигналы целого вида (одно-, четырёх- и восьмибайтные)

Кроме сигналов вида Ц (тип по классификации МЭК 61131-3) различаются: целые числа размерности в байт; целые числа размерности в 4 байта и целые числа размерности в 8 байтов.

4.3. Сигналы вещественного восьмибайтного вида

Сигналы вещественного восьмибайтного вида изменяются в диапазоне вещественных чисел от +2.2250738585072014E-308 до +1.79769313486231579E308, занимают 8 байтов (по стандарту США IEEE 754). Сигнал этого вида содержит знак ЗН, 11-разрядный порядок по основанию 2 со смещением 2047 и 52-разрядной мантиссой. Мантисса представляет собой дробную часть числа. Целая часть мантиссы не хранится, т. к. она всегда равна 1 (в нормализованных числах с плавающей запятой).

5. Адресация сигналов

Связи между блоками функциональных модулей задаются адресами элементов соединений на выводах блоков функциональных модулей. Адрес элемента соединения, из которого читается или, в который записывается значение сигнала, определяется типом памяти и видом соединения (ТПВС), номером элемента соединения (НЭ) и количеством последовательно читаемых или записываемых элементов соединения (КЭ):

$$\langle \text{Адрес элемента соединения} \rangle ::= \langle \text{АЭВ} \rangle ::= \langle \text{АЭВЫ} \rangle \quad (1)$$

$$\text{где } \langle \text{АЭВ} \rangle ::= \langle \text{АЭВЫ} \rangle | \langle \text{ИО} \rangle | \langle \text{Э} \rangle ; \quad (2)$$

$$\langle \text{АЭВЫ} \rangle ::= \langle \text{ТПВС} \rangle, \langle \text{НЭ, ФА} \rangle [\langle \text{КЭ} \rangle] \quad (3)$$

$$\langle \text{ТПВС} \rangle ::= \text{ОЛ} | \text{ОН} | \text{ОЦ} | \text{ОВ} | \text{ОА} | \text{ОС} | \text{ОК} | \text{ЭЛ} | \text{ЭН} | \text{ЭЦ} | \text{ЭВ} | \text{ЭА} | \text{ЭС} | \text{ЭК} | \text{ПЛ} | \text{ПН} | \text{ПЦ} | \text{ПВ} | \text{ПА} | \text{ПС} | \text{ПК} ; \quad (4)$$

$$\langle \text{НЭ} \rangle ::= 1 | 2 | 3 | \dots | 65535 ; \text{ номер элемента соединения} ;$$

$$\langle \text{КЭ} \rangle ::= 1 | 2 | 3 | \dots | 255 ; \text{ количество адресуемых элементов соединения} ;$$

$$\langle \text{АЭВ} \rangle \text{ — адрес элемента соединения на входе блока} ;$$

$$\langle \text{АЭВЫ} \rangle \text{ — адрес элемента соединения на выходе блока} ;$$

$$\langle \text{ИО} \rangle \text{ — имя операции функциональных модулей МВВ и МВВМ} ;$$

$$\langle \text{Э} \rangle \text{ — натуральное число, число операндов} ;$$

$$\langle \text{ФА} \rangle \text{ — шестнадцатиричное число, физический адрес} .$$

Адрес элемента любого соединения занимает 4 байта. Структура адреса позволяет ссылаться одним адресом на последовательно записанные значения параметров и переменных в соединении одного и того же типа и вида. В этом случае всегда $1 \leq KЭ \leq 255$. Такой способ адресации называется групповым или векторным. Если в адресе указывается $KЭ=1$, то эта компонента может быть опущена, например адрес ОЛ,27,1 эквивалентен адресу ОЛ,27.

Физическая структура адреса состоит из трёх полей (таблица 2).

Таблица 2

Физическая структура адреса

Номер элемента в соединении НЭ	Байт 1	Адрес А
	Байт 2	Адрес А+1
Вид соединения ВС	Байт 3	Адрес А+2
Кол-во адресуемых элементов КЭ	Байт 4	Адрес А+3

Байт 1 в НЭ является старшим (разряды от 8 до 15). Кодирование поля ВС осуществляется в прямом коде, младшим является разряд D0.

Виды соединений кодируются в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

Координация соединений

Сигнал			Координация соединений					Название сигнала	МЭК
Код	Знак ЛАТ	Знак КИР	D7-D4	D3	D2	D1	D0		
0	0	0	0	0	0	0	0	Резерв	
1	L	Л	0	0	0	0	1	Логический	BOOL* ¹
2	N	Н	0	0	0	1	0	Натуральный	BYTE
3	I	Ц	0	0	0	1	1	Целый	INT
4	R	В	0	0	1	0	0	Вещественный ²⁴	нет
5	S	С	0	0	1	0	1	Символьный	STRING
6	A	А	0	0	1	1	0	Адресный	%... * ²
7	K	К	0	0	1	1	1	Вещественный ³²	REAL
...15				1	1	1	1	РЕЗЕРВ	
			1	0	0	0	0	ФАКУЛЬТАТИВ	* ³
16									BOOL* ⁴
17									WORD
18									DWORD
19									SINT
20									USINT
21									UINT
22									DINT
23									UDINT
24									LREAL

Сигнал			D7–D4	D3	D2	D1	D0	Название сигнала	МЭК
Код	Знак ЛАТ	Знак КИР							
25									TIME
26									TOD
27									DATE

Примечания

*¹ Байтовый логический сигнал.

*² Области памяти (входы, выходы, память) и размеры (логическая в бите или байте, байт, слово, двойное слово).

*³ Типы данных по стандарту МЭК (IEC) 61131–3.

*⁴ Битовый логический сигнал.

6. Составные виды сигналов

6.1. Сигналы вида «массив»

В теории цифровых систем различают, так называемые, массивы, векторные переменные и поля (сигналы систем с распределенными параметрами, тренд значений сигнала, вектор из сигналов одного вида). Сигналы вида «массив» объявляются числом элементов <КЭ> в адресе.

6.2. Сигналы вида «строка»

Фактически такими же массивами по форме являются, так называемые, строковые переменные, отличающиеся от массивов тем, что содержимым строковых переменных являются коды по ГОСТ 27463–87 (ASCII). Сигналы вида «строка» объявляются числом элементов <КЭ> в адресе для соединений натурального вида (ОН, ЭН, ПН) в определении (3). Длина строки в векторном адресе входа или выхода блока функционального модуля ограничена натуральной величиной 255. На входе блока функционального модуля может быть адресовано до 254 строк, а на выходе — до 255 строк.

6.3. Сигналы вида «время»

Сигналы вида «время» объявляются заданием количества элементов <КЭ> в определении (3) для соединений сигналов натурального вида (ОН, ЭН, ПЭ) в определении (4). Если адресация групповая, то КЭ=4 и компоненты адреса соответствуют часам, минутам, секундам и десяткам миллисекунд. У изготовителей некоторых ПЛК возможна иная реализация часов, например ведётся счёт с точностью до микросекунды.

6.4. Сигналы вида «дата»

Сигналы вида «дата» объявляются заданием количества элементов <КЭ> в определении (3) для соединений сигналов натурального вида (ОН, ЭН, ПЭ) в определении (4). Если адресация групповая, то КЭ=5 и компоненты адреса соответствуют дням месяца, месяцам года, годам 21 века, неделям месяца и неделям года.

7. Представление чисел

Числа в различных позиционных системах счисления выражаются зависимостью:

$$Y = \sum a_i \cdot b^i, \quad (5)$$

где i — номер позиции числа;

$a_i \in \{0, 1, \dots, b-1\}$ — цифры системы счисления;

b — основание системы счисления, «десятка»;

$m+n$ — количество позиций числа;

$i = n-1, n-2, \dots, 1, 0, -1, -2, \dots, -m$.

В комплексе ПСПЦУ используется двоичная (скрыта от пользователя), десятичная и шестнадцатеричная (в распоряжении пользователя) системы счисления.

Основанием шестнадцатеричной системы счисления является число 16, а цифрами 0, 1, ..., 15. Цифры 10, 11, ..., 15 для однозначности представления числа принято обозначать буквами латинского алфавита A, B, C, D, E, F. Запись n -разрядной целой части и m -разрядной дробной части шестнадцатеричного числа выражается зависимостями:

$$Y = \sum_{i=n-1, n-2, \dots, 0} a_i \cdot 16^i, \quad (6)$$

$$Y = \sum_{i=-1, -2, \dots, -m} a_i \cdot 16^i, \quad (7)$$

где $a_i \in \{0, 1, \dots, 9, A, B, C, D, E, F\}$.

Одна позиция шестнадцатеричного числа в машине занимает 4 бита памяти.

Основанием двоичной системы счисления является число 2, а цифрами 0, 1. Целая и дробная части двоичного числа выражается зависимостями:

$$Y = \sum_{i=n-1, n-2, \dots, 0} a_i \cdot 2^i, \quad (8)$$

$$Y = \sum_{i=-1, -2, \dots, -m} a_i \cdot 2^i, \quad (9)$$

где $a_i \in \{0, 1\}$.

Одна позиция двоичного числа в машине занимает 1 бит памяти.

Число позиций целой части n и дробной части m определяются видом сигнала. В комплексе ПСПЦУ виды сигналов Л, Н, Ц, А не имеют дробной части, т. е. $m = 0$. Сигнал вида С не является числом.

Отрицательные числа в машине обычно представляются в дополнительном коде. Если X — положительное целое число (прямой код), то число минус X может быть представлено одной из следующих зависимостей:

$$-X = b^n \bar{X}, \quad (10)$$

$$-X = \bar{\bar{X}} + 1, \quad (11)$$

где b — основание системы счисления;

n — количество позиций числа;

$\bar{\bar{X}}$ — обратный код числа.

Обратный код числа \bar{X} — это число, каждая позиция которого дополняет соответствующую позицию числа X до цифры $b-1$. Так, в десятичной системе счисления для цифр 0, 1, 2, 3, 4 дополнениями являются цифры соответственно 9, 8, 7, 6, 5.

В машине дополнительный код (отрицательное число) обычно получают по зависимости (11) путём инвертирования каждой позиции положительного двоичного числа (прямой код) с получением числа в обратном коде и прибавлением к нему 1.

8. Перевод чисел

Все числа в машине хранятся в двоичной форме. Для того чтобы различать системы счисления, принято маркировать справа числа двоичной, десятичной и шестнадцатеричной систем счисления буквами латинского алфавита соответственно B, D, H, например 11111101b, 253d, FDh.

Перевод в десятичную систему счисления чисел из двоичной и шестнадцатеричной систем счисления осуществляется вычислением выражений (6)–(7).

Перевод из двоичной системы счисления в шестнадцатеричную производится путём разбиения двоичного числа влево от позиции 0 и вправо от позиции минус 1 на тетрады битов и записью содержимого этих тетрад в виде позиций с цифрами шестнадцатеричной системы счисления:

<u>11111101</u>	.	<u>10111011</u>	двоичное число
FD	.	BB	шестнадцатеричное число

Перевод числа десятичной системы счисления в системы счисления с другим основанием делается путём последовательного деления целой части десятичного числа и (или) последовательного умножения дробной части десятичного числа на основании системы счисления, в которую переводится десятичное число.

При переводе целой части десятичного числа остаток от первого сеанса деления является цифрой нулевой позиции, остаток от второго сеанса деления (результата от первого сеанса деления) является цифрой позиции 1 и т. д. системы счисления с другим основанием. При переводе дробной части десятичного числа целая часть первого сеанса умножения является цифрой позиции минус 1, целая часть второго сеанса умножения (дробной части первого сеанса умножения) является цифрой позиции минус 2 и т. д. системы счисления с другим основанием.

9. Преобразование видов сигналов

В традиционных средствах автоматизации согласование сигналов между входами и выходами функциональных модулей различной физической природы (механической, электрической, пневматической и т. д.) или различного физического представления (частота, ток, напряжение), или различной формы представления (аналоговая, цифровая) используются различные устройства преобразования сигналов.

Аналогичная задача согласования сигналов возникает и в реализации цифровых САУ. Это обусловлено необходимостью преобразования формата

сигнала одного вида в формат сигнала другого вида в зависимости от характера решаемых задач управления. Преобразование одного вида сигнала к другому виду называется приведением видов сигналов. Ответственность за правильность подключения входов–выходов блоков функциональных модулей по виду сигналов лежит на пользователе комплекса ПСПСЦУ. Для согласования видов сигналов входов–выходов блоков функциональных модулей в схеме должны использоваться соответствующие модули преобразования сигналов. Следует заметить, что, с учётом диапазона изменения значений приводимых видов сигналов, возможна потеря информации. Так, например, при приведении значения сигнала целого вида к значению сигнала натурального вида возможна потеря информации, если сигнал целого вида имеет значения вне диапазона изменения сигнала натурального вида. Приведение видов сигналов к символьному виду и обратно имеет смысл, если в цифровой САУ используются средства ввода–вывода информации для человека.

10. Соединения

Физическая структура соединения любого вида, в элементы которого $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_i, \dots, \mathcal{E}_{\text{кэс}}$ записываются или из элементов которого читаются значения сигналов соответствующего вида, имеет упорядочение одномерного массива, рисунок 2.

Количество элементов соединения (КЭС)
\mathcal{E}_1
\mathcal{E}_2
\vdots
\mathcal{E}_i
\vdots
$\mathcal{E}_{\text{кэс}}$

Рис. 2. Структура соединения

Структура каждого элемента соединения определяется видом и форматом хранимых в элементах соединения сигналов. Каждое из объявленных соединений имеет свой начальный адрес, задаваемый при трансляции. Связи между блоками функциональных модулей схемы цифровой САУ задаются в форме кроссировочных таблиц с указанием в них имени схемы, вывода (или выводов) блока (или блоков) модуля (или модулей), начального значения сигнала на выводе или на выводах, номера элемента соединения, в который пишется, или из которого читается значение сигнала, комментарий.

11. Локализация и доступность сигналов

В комплексе СЦУ различаются сигналы на входах и выходах блоков функциональных модулей. Все сигналы входов-выходов блоков функциональных модулей являются глобальными, т. е. доступными в пределах:

- схемы;
- системы управления;
- многозадачной цифровой САУ;
- многопроцессорной цифровой САУ;
- многомашинной цифровой САУ (локальная сеть).

Сигналы, обрабатываемые подпрограммой функционального модуля, являются локальными, кроме сигналов входов и выходов. Они невидимы и недоступны для промежуточного использования в блоке, схеме, цифровой САУ.

12. Базовые функциональные модули и операции

Все описываемые в дальнейших разделах функциональные модули и операции предназначены для действий над базовыми видами сигналов, определенных в п. 5. Если, скажем, модуль дешифратора, имеющий в реализации [2] не более 255 выходов, а требуется, скажем, 65535 состояний, то необходима разработка новой версии подпрограммы дешифратора, работающей с двухбайтными натуральными числами. В таком случае блок функционального модуля будет иметь не более 65535 выходов. При этом требуется учреждать новый вид сигнала.

Блок любого функционального модуля имеет следующие выводы, рисунок 1:

– стандартные входы, указывающие количество адресов входов КАВХ, количество адресов выходов КАВЫ, адрес подпрограммы функционального модуля АПП, включенность блока модуля ВК;

– стандартный выход (ВП-факультативный выход, выполненность блока), определяющий состояние обработки сигналов блока модуля;

– входы X_1, X_2, \dots, X_n и выходы Y_1, Y_2, \dots, Y_m , определяемые алгоритмом и конкретной версией подпрограммы функционального модуля.

В любой схеме блоку присваивается имя функционального модуля ИМ и порядковый номер блока НБ в схеме. В поле ИМ, НБ может также указываться в качестве комментария символьное обозначение функции модуля.

На выводах блока модуля задаются связи данного блока с другими блоками модулей данной схемы или блоками других схем системы управления в соответствии с определением (2). Вход КАВХ определяет число адресов значений сигналов ВК, X_1, X_2, \dots, X_n блока модуля, причем $1 \leq \text{КАВХ} \leq 255$. На входе блока модуля может быть задано не более 255 адресов, но эти адреса могут быть векторными, кроме адреса на входе ВК. Каждый вход X_1, X_2, \dots, X_n может быть представлен массивом значений сигнала, содержащим по определениям (2)–(3) не более 255 сигналов или значений сигнала в одном векторном адресе, причем $n \leq 254$.

Вход КАВЫ определяет количество адресов значений сигналов выходов Y_1, Y_2, \dots, Y_m блока модуля. На любом выходе блока модуля можно задать не более 255 векторных сигналов или массива значений сигнала, причем $0 \leq m \leq 255$.

Вход АПП определяет адрес подпрограммы функционального модуля, которому соответствует блок с именем ИМ и порядковым номером блока НБ в схеме. С помощью подпрограммы преобразуются значения сигналов входов в значения сигналов выходов блока модуля.

В комплексе ПСПСЦУ могут быть функциональные модули, которые не имеют явных выходов, например, модули вывода дискретных и аналоговых сигналов на объект через соответствующие элементы устройств связи с объектом.

Блок функционального модуля является основным символом языка блочного проектирования схем цифровых САУ. При разработке комплекса ПСПСЦУ архитектура и состав функциональных модулей подлежит уточнению и согласованию.

12.1. Функциональные модули ввода–вывода сигналов

Состав функциональных модулей управления устройствами связи с объектом (УСО) полностью зависит от конфигурации ПЛК.

Для программирования УСО централизованных систем (многозадачные и многопроцессорные [2] системы или контроллеры с «бортовыми» элементами УСО) необходимо иметь данные для программирования всех элементов. Такими данными являются адрес подключения элемента к адресной шине и шине данных ПЛК, начальный номер канала вводимых или выводимых аналоговых или дискретных сигналов и числа обрабатываемых каналов ([2], С. 95–100).

Для программирования УСО распределенных систем (сетевые цифровые системы) необходимо знать адреса расположения значений вводимых и выводимых сигналов ведущего процессора (области памяти: входы I, выходы Q, память M; размеры памяти: бит X или байт логической величины, байт B, слово W, двойное слово D) в различных режимах (циклический опрос, опрос с приоритетами сети), ([2], С. 97), и периодичность обработки этих сигналов.

12.2. Функциональные модули преобразования сигналов

Преобразование включает функции масштабирования сигналов АЦП при вводе сигналов от датчиков и ЦАП при выводе сигналов на исполнительные механизмы, фильтрации сигналов, широтно-импульсной модуляции, контроля ситуаций (модули вычисления выражений MBV и MBVM, [2], С. 67–76) и векторного сравнения сигналов (компараторов [2], С. 101–107).

12.3. Функциональные модули дискретной автоматики

Модули дискретной автоматики реализуют векторные функции сравнения логических переменных (компаратор логических величин), операции хранения сигналов («пакетные» RS- и SR-триггеры, сдвиговые регистры), времени и счёта, анализа логических сигналов (распознавание фронта), голосования (мажоритарный элемент), преобразования кодов (шифраторы, дешифраторы, преобразователи векторов логических сигналов в натуральные и обратно), индексации, коммутации и генерации сигналов ([2], С. 108–120).

12.4. Функциональные модули НЦУ

Все рассмотренные в [2] зависимости непосредственного цифрового управления ([2], С. 137–157) легко реализуемы с помощью модулей вычисления

выражений МВВ и МВВМ ([2], С. 67–76, С. 103–106). Такая же легкость ожидает пользователя, имеющего свои собственные алгоритмы НЦУ, включая нелинейные зависимости ([2], С. 143–150), зависимости нечеткой логики ([2], С. 150–157), зависимости линейных и нелинейных, однозначных и многозначных функций.

12.5. Функциональные модули идентификации объектов

Реализация методов идентификации в комплексе ПСПЦУ может быть осуществлено двумя путями ([2], С. 169–171):

– разработка настраиваемого функционального модуля рекуррентного метода наименьших квадратов (МНК), который позволяет реализацию и других рекуррентных модификаций этого метода (взвешенный и обобщенный МНК, метод вспомогательной переменной и т. д.);

– разработка ряда функциональных модулей операций над матрицами (сложение, вычитание, умножение, транспонирование и инверсия при использовании функционального модуля сдвигающего регистра), которые позволяют проектировать схему любого метода идентификации, использующего механизм метода наименьших квадратов или действия над матрицами.

12.6. Функциональные модули синтеза систем

Синтез регуляторов с конечным или минимальным временем установления может быть произведен следующими двумя способами, не исключаящими друг друга ([2], С. 175–185):

1) реализация унифицированного модуля инвариантного регулятора ([2], С. 183);

2) поскольку многообразие полиномиальных выражений для расчёта цифровых корректирующих устройств практически необозримо, то не исключен вариант реализации функциональных модулей ([2], С. 183), осуществляющих основные операции над полиномами (сложение, вычитание, умножение, смещение).

12.7. Функциональные модули информационных систем

Эти модули должны использоваться для формирования сообщений в сложившихся технологических ситуациях. Используется ряд стандартизированных функций над сигналами вида «строка», над последовательностями символов ([2], С. 188–194).

Литература

1. Вертешев С. М., Коневцов В. А., Максягина И. А., Полетаев И. А., Тимошевская О. Ю. Исследование и разработка САПР цифровых САУ. Сборник № 2 ПсковГУ.
2. Коневцов В. А. САПР цифровых САУ. Концепция: монография. Псков : Издательство ППИ, 2011. 256 с.

*S. M. Verteshev, V. A. Konevcov, I. A. Maksiygina,
I. A. Poletaev, O. U. Timoshevskay*

LANGUAGE MEANS OF COMPLEX ПСПЦЦУ. COMMON ELEMENTS

Common means of describing complex ПСПЦЦУ on the base of a single language of designing task of different parts of control theory are defined: control, estimation, synthesis, direct digital linear/nonlinear control, fuzzy control, one-step/multistep control.

Keywords: digital automatic control systems, direct digital control, nonlinear control, fuzzy control, parameter estimation, controller compute, complex ПСПЦЦУ.

Вертешев Сергей Михайлович — заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, д-р техн. наук, профессор.

Коневцов Владимир Александрович — доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент.

Максягина Ирина Александровна — ведущий программист кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, irina.alex.m@gmail.com.

Полетаев Игорь Алексеевич — старший преподаватель кафедры «Вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ.

Тимошевская Ольга Юрьевна — доцент кафедры «Вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент.

УДК 681.518+378

Л. В. Мотайленко

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ВУЗЕ

Предлагается рассмотреть информационные технологии в образовании как средства создания информационной системы с включенным в нее модулем, полученным на базе модели развития профессиональных компетенций в вузе. Модель позволяет создать предпосылки к проведению сравнительного анализа компетентностных областей преподавателей, студентов, образовательных учреждений, а также работодателей.

Ключевые слова: информационные технологии, информационные системы, модель, профессиональные компетенции.

Внедрение Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) в образовательный процесс вуза предоставляет возможность внедрения в информационные технологии новых методов получения и обработки информационных потоков. Сегодня на базе современных информационных технологий созданы и продолжают разрабатываться программы, системы программ, универсальные оболочки, наборы макросов, программные комплексы, пол-