

УДК 681.142.68

КОМПЛЕКС ЭЛЕМЕНТОВ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ОДНОРОДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Ю.К. Димитриев, Д.Ф. Томилов

Рассматривается комплекс логических элементов потенциального типа, выполненный на основе порогового элемента. Приводятся оценки для схемы вычислительной машины, выполненной на базе этого комплекса. Производится сравнение с аналогичными оценками для машины, построенной из элементов комплекса "Урал-10".

Комплекс элементов потенциального типа, из которых построены вычислительные машины системы [1], состоит из модулей трех типов: П, Д и И, основные данные которых приведены в табл. 1. Конструкция элементов комплекса аналогична исполнению унифицированных схемных элементов "Урал-10".

Модуль П представляет собой универсальный многофункциональный пороговый элемент. Он состоит из ненасыщенного усилителя - инвертора на германиевом транзисторе, ко входу которого подсоединена диодная пороговая схема на три входа. Число последних может быть увеличено за счет подключения ко входу инвертора дополнительных диодных пороговых схем, оформленных в виде отдельного модуля (модуль Д). Элемент П реализует функцию

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} 0 & \text{при } \sum_{i=1}^n \omega_i x_i \geq T, \\ 1 & \text{при } \sum_{i=1}^n \omega_i x_i < T, \end{cases}$$

где x_i - двоичный сигнал на i -м входе элемента; ω_i - вес i -го входа; n - общее число входов; T - порог срабатывания.

Для элемента П: $m \times n = 5$; $T = 2$; ω_i - величина, которая может принимать значения 1 или 2. Электрическая схема модуля П показана на рис. 1. Описание работы и расчет модуля П даны в [2].

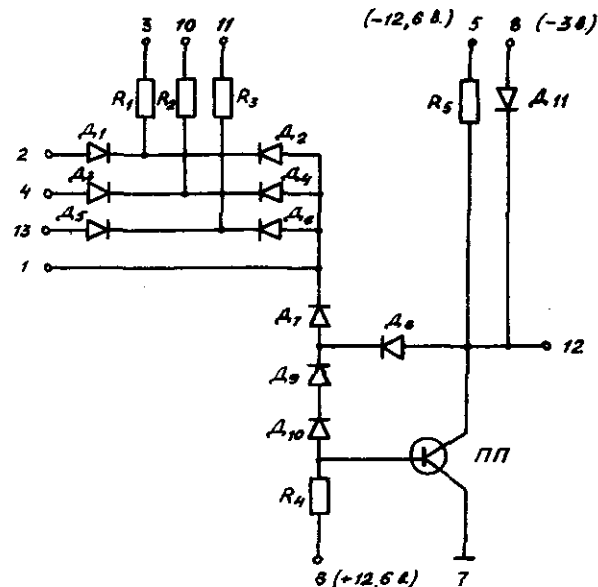


Рис. 1. Детали схемы: сопротивления $R_1 - R_5$ типа МЛТ-0,25-6, 2к-1; диоды $D_1 - D_6$, D_{11} типа Д9К, $D_7 - D_{10}$ типа Д220; транзистор ПП типа П16Б.

Задание значения веса ω_i по каждому входу осуществляется индивидуально подсоединением соответствующего данному входу сопротивления (R_1, R_2, R_3) к источнику напряжения - 12,6 в (вес входа - 1) или - 25 в (вес входа - 2).

В зависимости от используемых транзисторов и диодов рабочая частота модуля П составляет 250 кГц (для радиодеталей, указанных на рис. 1) или 1500 кГц (при использовании транзисторов П416Б и диодов Д18).

Порог срабатывания $T=2$ для модуля П выбран с целью максимального снижения требований к точности используемых радиодеталей и стабильности питающих напряжений. Число входов выбрано из условия максимального использования входной логики при заданном частотном распределении функций 72 переменных, описывающих данную вычислительную машину.

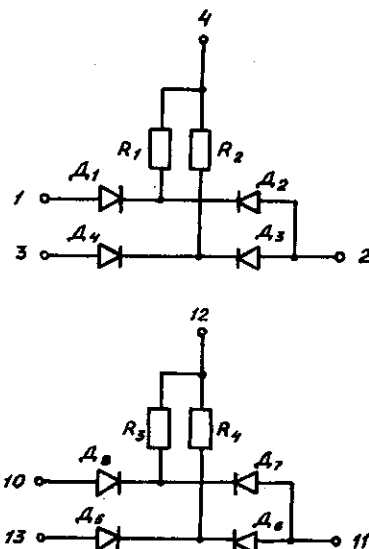


Рис. 2. Детали схемы: сопротивления $R_1 - R_4$ типа МЛТ-0,25-6,2к-1; диоды $D_1 - D_8$ типа Д9К.

Рабочие уровни сигналов комплекса пороговых элементов и элементов комплексов "Урал-10", "Мир-1" и др. легко согласуются. Это достигается (при некотором ухудшении частотных характеристик модуля П) путем изменения фиксации нижнего уровня рабочего сигнала.

Элемент П самостоятельно или в сочетании с модулем Д позволяет реализовать различные функции от одной до пяти переменных, изменение числа которых осуществляется подачей на не-

Модуль Д предназначен для расширения логических возможностей модуля П и состоит из двух самостоятельных двухвходовых пороговых схем, аналогичных используемым в модуле П. Электрическая схема показана на рис. 2.

Особенностью модуля Д является то, что веса ω_2 входов каждой пороговой схемы всегда принимают равные значения.

Модуль И представляет собой насыщенный инвертор, предназначенный для работы на реле, или лампочку накаливания с потребляемым током не более 50 мА. Электрическая схема приведена на рис. 3. Использование модуля И такое же, как и в комплексе "Урал-10".

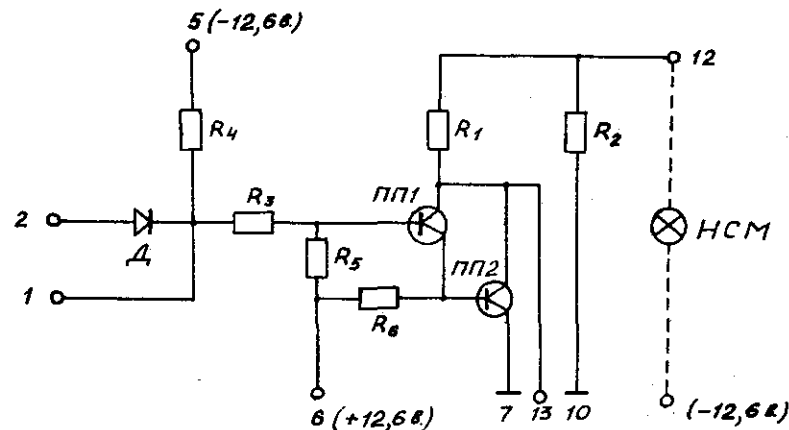


Рис. 3. Детали схемы: $R_1 = 200$ ом; $R_2 = 1$ к; $R_3 = 1,8$ к; $R_4 = 4,3$ к; $R_5 = 12$ к; $R_6 = 100$ к. Сопротивления типа МЛТ-0,5-1. Диод Д типа Д9К. Транзисторы ПП1-ПП2 типа П16А.

которые его входы констант, равных 0. В выбранной системе кодирования нулю соответствует высокий уровень напряжения. Подача константы 0 осуществляется двумя способами (вход 2 модуля П на рис. 1):

- 1) входы 2 и 3 во внешнем монтаже модуля не участвуют;
- 2) вход 3 подсоединен к источнику - 12,6 в или - 25 в, а на вход 2 подан высокий уровень ("земля").

Последний способ используется также для подачи константы на вход модуля Д (рис. 2).

В табл. 2 перечислены невырожденные функции, реализуемые одним модулем П с подсоединенным к нему модулем Д при различных композициях весов и способах кодирования значений входных переменных. В число входных переменных включены константы 0 и 1. Возможность подачи константы 1 позволяет:

- 1) регулировать нагрузку на источники питания диодной пороговой логики - 12,6 в и - 25 в;
- 2) регулировать нагрузку на источники входных переменных и нагрузочную способность модуля П.

Таблица I

Основные данные	Типы модулей		
	П	Д	И
Диапазон рабочих температур, °C	от +15 до +60	от +15 до +60	от +15 до +60
Напряжение питания, в	-25±10% -12,6 ± 3,1% -3,0 ± 10% +12,6 ± 3,1%	-25 ± 10% -12,6 ± 3,1% - -	- -12,6 ± 10% - +12,6 ± 10%
Потребляемая мощность, мВт	160	50	600
Напряжение на входе и выходе ¹⁾ , в :			
верхний уровень	-0,5 + -1,3	-0,5 + -1,3	-0,5 + -1,3
нижний уровень	-2,9 + -3,6	-2,9 + -3,6	-2,9 + -3,6
Нагрузочная способность ²⁾ активная (в количестве стандартных входов)	6(15)	-	Реле с током срабатывания 50ма или сигнальная лампа типа НСМ
емкостная (на землю, пФ)	220	-	

Примечания: 1) Напряжение на выходе модуля И определяется падением напряжения на индикаторной лампе.

2) За стандартный принят вход модулей П и Д с весом, равным 1. В скобках указана нагрузочная способность модуля П при одновременном возбуждении его входов с суммарным весом, большим или равным трем.

Таблица 2

Число входных переменных	Реализуемая функция		Порядковый № композиции весов	Композиция весов входных переменных						Число использованных композиций весов в машине
	"0" кодируется высоким уровнем "1" кодируется низким уровнем	"0" кодируется низким уровнем "1" кодируется высоким уровнем								
n = 1	$f_1 = \bar{a}$	$\tilde{f}_1 = \bar{a}$	1	2	1	0	-	-	-	90
			2	2	0	0	-	-	-	15
			3	1	(1)	0	-	-	-	15
			4	2	(1)	0	-	-	-	146
n = 2	$f_2 = \bar{a} + \bar{b}$	$\tilde{f}_2 = \bar{a} \cdot \bar{b}$	5	1	1	0	-	-	-	252
			6	2	2	0	-	-	-	81
	$f_3 = \bar{a} \cdot \bar{b}$	$\tilde{f}_3 = \bar{a} + \bar{b}$	7	1	2	(1)	-	-	-	116
			8	2	2	(1)	-	-	-	27
n = 3	$f_4 = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{b}\bar{c}$	$\tilde{f}_4 = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{b}\bar{c}$	9	1	1	(1)	-	-	-	517
			10	1	1	1	-	-	-	134
	$f_5 = \bar{a}\bar{c} + \bar{b}\bar{c}$	$\tilde{f}_5 = \bar{c} + \bar{a}\bar{b}$	11	1	1	2	-	-	-	418
			12	2	2	2	-	-	-	155
	$f_6 = \bar{a}\bar{b}\bar{c}$	$\tilde{f}_6 = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c}$	13	1	1	1	(1)	0	-	45
			14	2	2	2	(1)	0	-	5
15			1	1	2	(1)	0	-	13	
16			1	2	2	(1)	0	-	-	
n = 4	$f_7 = \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{c}\bar{d} + \bar{b}\bar{c}\bar{d}$	$\tilde{f}_7 = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{c} + \bar{c}\bar{d} + \bar{b}\bar{c}$	17	1	1	1	1	0	-	8
			18	1	1	1	2	0	-	66
	$f_8 = \bar{a}\bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}\bar{d} + \bar{b}\bar{c}\bar{d}$	$\tilde{f}_8 = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{b}\bar{c} + \bar{d}$	19	1	1	2	2	0	-	181
			20	2	2	2	2	0	-	6
	$f_9 = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}$	$\tilde{f}_9 = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + \bar{d}$	21	1	1	1	1	(1)	-	38
			22	1	1	1	2	(1)	-	49
23			1	1	2	2	(1)	-	-	
24			1	2	2	2	(1)	-	-	
n = 5	$f_{10} = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{e} + \bar{a}\bar{b}\bar{d}\bar{e} + \bar{a}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + \bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e}$	$\tilde{f}_{10} = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{a}\bar{d} + \bar{a}\bar{e} + \bar{b}\bar{c} + \bar{b}\bar{d} + \bar{b}\bar{e} + \bar{c}\bar{d} + \bar{c}\bar{e} + \bar{d}\bar{e}$	25	1	1	1	1	1	-	1
			26	1	1	1	1	2	-	16
	$f_{11} = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{e} + \bar{a}\bar{b}\bar{d}\bar{e} + \bar{a}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + \bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e}$	$\tilde{f}_{11} = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c} + \bar{a}\bar{d} + \bar{b}\bar{c} + \bar{b}\bar{d} + \bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{e}$	27	1	1	1	2	2	-	27
			28	1	1	2	2	2	-	21
	$f_{12} = \bar{a}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + \bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e}$	$\tilde{f}_{12} = \bar{a}\bar{b} + \bar{c} + \bar{d} + \bar{e}$	29	2	2	2	2	2	-	74

Таблица 3

№ композиции весов табл.	Число элементов с данной композицией весов входных переменных в схемах машины					
	Триггеры с частью вх. логики	Вх. логика триггеров	Демифраторы	Цепь переноса сумматора	Схемы суммирования по mod 2	Прочие комбинационные схемы
I						90
2						16
3						15
4		4	52			146
5						196
6	18					63
7	113					3
8	I		4			22
9		385			35	97
10		21		18		95
11	360	I			30	27
12	17	3	14		12	109
13		8	18			19
14	I					4
15					13	
17			8			
18	51			12		3
19	173				5	3
20	2					4
21		I	21			16
22	49					
25						I
26	15					I
27	26					I
28	2				12	7
29	55				3	16

Сравним, например, эквивалентные в функциональном отношении композиции I3 и I4. Композиция I3 обеспечивает меньшую нагрузку на источники входных переменных, чем I4. Последняя позволяет увеличить нагрузочную способность модуля П, в который она входит, в 2,5 раза сравнительно с композицией I3 (см. примечание 2 табл. I).

Подача константы I осуществляется двумя способами (вход 2 модуля П на рис. I):

I) вход 3 подсоединен к источнику - I2,6в, а вход 2 во внешнем монтаже модуля не участвует;

2) вход 3 подсоединен к источнику - I2,6в, а вход 2 подсоединен к источнику - 3в.

Табл. 3 дает представление о частоте использования различных композиций весов входных переменных при реализации типовых схем рассматриваемой вычислительной машины.

Реализация различных типовых узлов на пороговых элементах описана в [3]. Кроме того, в схемах машины широко употреблялось объединение модулей П выходами с целью реализации на общем выходе этих модулей схемы собирания на высокие уровни.

Для оценки эффективности проектирование рассматриваемой машины на пороговых элементах и элементах комплекса "Урал-10" велось параллельно. Результаты сравнения этих проектов по ряду показателей даны в табл. 4.

Сравнение показывает, что, уступая комплексу "Урал-10" по некоторым эксплуатационным характеристикам, рассматриваемый комплекс эффективнее по ряду важных показателей. К таким показателям относятся объем схемы, выраженный в числе физических модулей (экономия составляет 7%), и сложность межмодульного монтажа. Важность указанных показателей следует из того, что затраты на изготовление модулей и монтажные работы могут достигать 1/6 от общей стоимости машины. Комплекс пороговых элементов высоко технологичен, т.к. почти на 90% схемы рассматриваемой вычислительной машины состоят из элементов одного типа (модуль П).

Логические возможности пороговых элементов используются достаточно полно: из 29 рассмотренных композиций весов входных переменных не участвуют только три.

Конструктивная и электрическая совместимость элементов дан-

ного комплекса с элементами комплексов "Урал-10" и "Мир-1" позволяет использовать их для расширения логических возможностей последних.

Т а б л и ц а 4

Показатель сравнения	Комплекс "Урал - 10" (У)	Комплекс пороговых элементов (ПЭ)	У/ПЭ
Общее число модулей для реализации машины	2977	2761	1,078
Общее число активных модулей	1951	2517	0,775
Общее число входов	9936	8527	1,165
Общее число использованных входов	8720	7587	1,149

Примечание. Число входов подсчитывалось как $s = \sum_{\ell} \alpha_{\ell} \cdot B$, где ℓ - число типов модулей; B - число модулей одного типа; α_{ℓ} - число входов у модуля данного типа. При подсчете s для элементов комплекса "Урал-10" учитывались входы, образуемые с помощью подсоединения диодов внешним монтажом.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Л.С. ШУМ, Ю.К. ДИМИТРИЕВ, Ю.Ф. ТОМИЛОВ, Ю.Н. ПОТАНОВА. Управляющая линейная однородная вычислительная система. Данный сборник, стр. 89-106.
2. А.И. МИШИН. Расчет и применение диодно-транзисторного порогового элемента в цифровых устройствах. - Полупроводниковые элементы в вычислительной технике. (Сб. статей). М., 1965, стр. 77-94.
3. А.Ф. ЗУЕВ, Л.И. МАКАРОВ, Ю.Ф. ТОМИЛОВ, Л.С. ШУМ. Арифметическое устройство на однотипных пороговых элементах. - Полупроводниковые элементы в вычислительной технике. (Сб. статей). М., 1965, стр. 66-76.

Поступила в редакцию
4.У. 1969 г.