

СЗУУ.Зме  
Г-788

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



656/2-76

- 23/II-76  
11 - 9346

А.Г.Грачев

ЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ  
ДЕШИФРАТОРОВ ЦИФРОВЫХ ЛАМП  
И ИХ СХЕМНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ

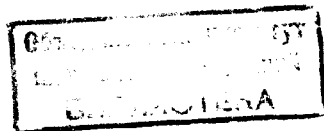
20

**1975**

11 - 9346

А.Г.Грачев

ЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ  
ДЕШИФРАТОРОВ ЦИФРОВЫХ ЛАМП  
И ИХ СХЕМНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ



Цифровые знаки в существующих цифровых лампах получают или с помощью набора цифр от 0 до 9, или путем подсветки сегментов /обычно в количестве 7/ в определенных для цифр 0-9 комбинациях. Подсветка нужных цифр или сегментов для их получения осуществляется с помощью дешифраторов, выполняющих алгоритм преобразования двоично-десятичного кода в десятичный. Логика схем, выполняющих алгоритм преобразования, получается расчетным путем методами математической логики /алгебры логики/.

Прежде чем приступить к практическому методу расчета схем дешифраторов, рассмотрим одну из важных особенностей работы логического элемента И и сформулируем два определения, дающие дополнительные условия для минимизации выражений алгебры логики.

Обычно схема логического элемента И приводится в виде параллельного или последовательного соединения нелинейных элементов /ключей/ с нагрузкой, подсоединенной к источнику питания /рис. 1 к и d /.

Однако при построении схем дешифраторов применяются схемы И, в которых любой из входных аргументов /ключей/ может выполнять роль аргумента и нагрузочного сопротивления одновременно <sup>1,2/</sup> и независимо от ее кратности /рис. 2 к и d /.

Проанализировав работу схем рис. 1 и 2, нетрудно убедиться в том, что таблица истинности и логика работы их одинаковы. Выполнение элементов И по схеме рис. 2 позволяет свободно осуществлять схемы дешифраторов по логическим выражениям, полученным для их реализации.

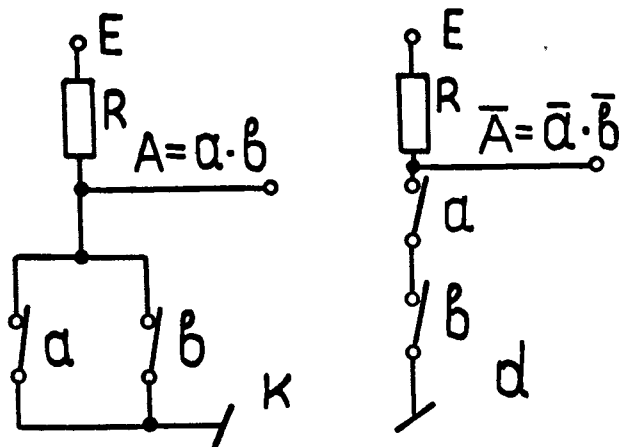


Рис. 1. Обычные варианты схем И. *k* - с параллельными ключами /элементами/; *a* - с последовательными ключами.

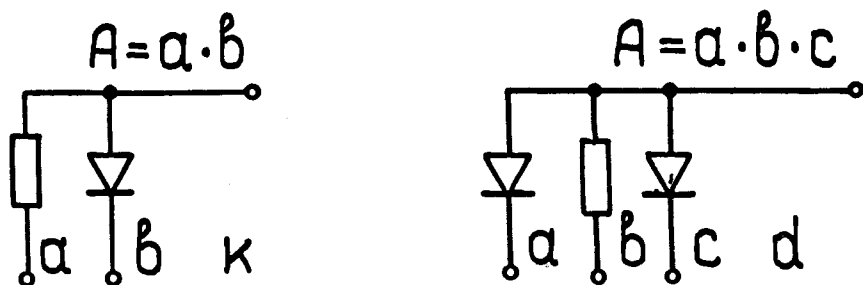


Рис. 2. Логические элементы И, в которых один из логических входов совмещен с нагрузочным сопротивлением.

В практических вариантах автоматов часто встречаются случаи, когда некоторые аргументы на ограниченном числе своих позиций изменяют свое значение на обратное. Для составления исходных логических выражений по таблицам функционирования этих автоматов полезно применять два нижеследующих определения.

**Определение 1.**

Неповторяющийся аргумент /аргументы/ или его отрицание /или их отрицания/ одного члена выражения

алгебры логики эквивалентен /эквивалентны/ всему члену.

Т.е., если член выражения алгебры логики появляется с новым, неповторяющимся далее аргументом или его отрицанием, то данный аргумент /или его отрицание/ является характерным для всего выражения, что и оправдывает определение 1.

**Определение 2.**

Аргумент дизъюнктивного /конъюнктивного/ выражения, повторяющийся в последовательности конъюнктивных /дизъюнктивных/ членов, можно опустить в тех ее членах, сочетания остальных аргументов которых не дублируются.

Текст определения 2 в своей основе обеспечивает сохранность отличительных признаков каждого члена логического выражения. Этим и оправдывается его справедливость.

При возможности одновременного применения этих определений следует учитывать все выражение в исходном виде для того, чтобы не допустить повторного их применения в сокращенном выражении. Целесообразность этого замечания будет показана на одном из примеров ниже.

Рассмотрим примеры расчета и выполнения дешифраторов с применением вышеизложенного.

Предварительно приведем расчет дешифратора для семизначной цифровой лампы из работы /1/.

Дополнительным условием минимизации в этой работе использовано то обстоятельство, что в системе 1-2-4-8 работы декады, разряды 2-8 и 4-8 не могут одновременно находиться в состоянии единицы. Это обстоятельство записывается в виде

$$\bar{X}(\bar{Y} + \bar{Z}) = 0, \quad (1)$$

/если разряды декады, начиная справа, соответственно обозначить через  $X, Y, Z$  и  $t$  /.

Из /1/ получаем:

$$\bar{X}\bar{Y} = 0 \quad \text{и} \quad \bar{X}\bar{Z} = 0. \quad /2/$$

Переход к сопряженным значениям дает:

$$X + Y = 1 \quad /3/$$

$$X + Z = 1$$

Умножение этих равенств соответственно на  $\bar{X}, \bar{Y}$  и  $\bar{X}, \bar{Z}$  дает выражения, необходимые для дополнительной минимизации

$$\bar{X}Y = \bar{X},$$

$$\bar{X}Z = \bar{X},$$

$$\bar{Y}X = \bar{Y}$$

и

$$X\bar{Z} = \bar{Z}.$$

/4/

В соответствии с обозначениями элементов сегментной цифровой лампы по рис. 3 и табл. 1 функциониру-

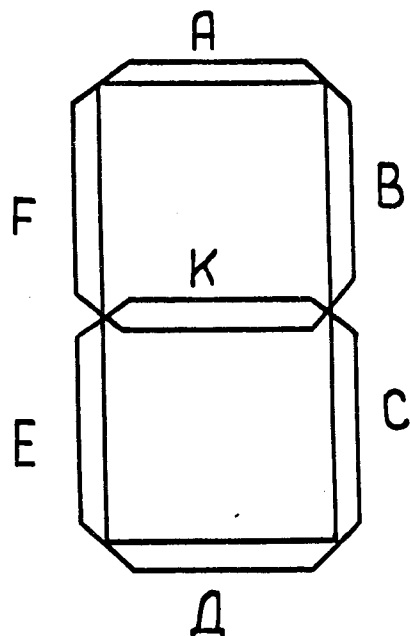


Рис. 3. Схема обозначения элементов сегментной цифровой лампы.

вания декады с этой лампой, автором работы<sup>1/</sup> составлены выражения алгебры логики, проведены с учетом выражений 4 и формул алгебры логики преобразования и получены окончательные результаты для выходных функций А, В, С, А, Е и К в виде:

$$A = XYZ\bar{t} + \bar{Y}Zt,$$

$$B = \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{Y}\bar{Z}t,$$

$$C = Y\bar{Z}t,$$

/5/

$$D = XYZ\bar{t} + \bar{Y}Zt + \bar{Y}\bar{Z}\bar{t}$$

$$E = \bar{Y}Zt + \bar{t}$$

$$F = XYZ\bar{t} + Y\bar{Z} + \bar{Y}\bar{Z}\bar{t}$$

$$K = XYZ + \bar{Y}\bar{Z}\bar{t}.$$

Таблица 1

№№ пп	X	Y	Z	t	A	B	C	Д	Е	Г	К
0	1	1	1	1							1
1	1	1	1	0	1			1	1	1	1
2	1	1	0	1			1			1	
3	1	1	0	0					1	1	
4	1	0	1	1	1			1	1		
5	1	0	1	0		1			1		
6	1	0	0	1		1					
7	1	0	0	0				1	1	1	1
8	0	1	1	1							
9	0	1	1	0					1		

Таблица функционирования декады составлена в расчете на погасание соответствующих цифрам сегментов цифровой лампы.

Теперь проведем расчет этого дешифратора в соответствии с определением 2. Запишем выражения для выходных функций А, В, С, Д, Е, Г и К с его учетом. Из табл. 1 видно, что на 8 позициях остается неизменным аргумент X. Остальные сочетания аргументов без его учета совпадают соответственно на строках 0, 1 и 8, 9. В соответствии с определением 2 для выражений, составленных по аргументам, в этих строках следует сохранить

значение  $X$ , а в выражениях по данным остальных строк - его значение опустить, т.е. заменить  $X$  на 1.

В результате получим:

$$A = XYZ\bar{t} + \bar{Y}Zt,$$

$$B = \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{Y}Zt,$$

$$C = Y\bar{Z}t,$$

$$D = XYZ\bar{t} + \bar{Y}Zt + \bar{Y}Z\bar{t},$$

$$E = XYZ\bar{t} + Y\bar{Z}\bar{t} + \bar{Y}Zt + \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{X}YZ\bar{t},$$

$$F = XYZ\bar{t} + Y\bar{Z}t + Y\bar{Z}\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t},$$

$$K = XYZt + XYZ\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t}.$$

Проведем последовательно дальнейшую минимизацию выражений по правилам алгебры логики

$$A = XYZ\bar{t} + \bar{Y}Zt - \text{минимизации не поддается}$$

$$B = \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{Y}Zt \quad \text{--- " ---}$$

$$C = Y\bar{Z}t \quad \text{--- " ---}$$

$$D = XYZ\bar{t} + \bar{Y}Zt + \bar{Y}Z\bar{t} \quad \text{--- " ---}$$

$$E = XYZ\bar{t} + Y\bar{Z}\bar{t} + \bar{Y}Zt + \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{X}YZ\bar{t} =$$

$$= YZ\bar{t}(X + \bar{X}) + \bar{Y}Zt + Y\bar{Z}\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t} =$$

$$= \bar{Y}Zt + \bar{t}(YZ + Y\bar{Z} + \bar{Y}Z + \bar{Y}Z) =$$

$$= \bar{Y}Zt + \bar{t}[Y(Z + \bar{Z}) + \bar{Y}(Z + \bar{Z})] = \bar{Y}Zt + \bar{t}(Z + \bar{Z})(Y + \bar{Y}) =$$

$$= \bar{Y}Zt + \bar{t}.$$

$$F = XYZ\bar{t} + Y\bar{Z}t + Y\bar{Z}\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t} =$$

$$= XYZ\bar{t} + Y\bar{Z}(t + \bar{t}) + \bar{Y}Z\bar{t} =$$

$$= XYZ\bar{t} + Y\bar{Z} + \bar{Y}Z\bar{t}.$$

$$\begin{aligned} K &= XYZt + XYZ\bar{t} + \bar{Y}Z\bar{t} + \\ &= XYZ(t + \bar{t}) + \bar{Y}Z\bar{t} = \\ &= XYZ + \bar{Y}Z\bar{t}. \end{aligned}$$

Сравнением полученных значений выходных функций с их значениями в выражениях 5 нетрудно убедиться, что они совпадают. Это дополнительно подтверждает правильность определения 2.

Учитывая возможности построения схем И и по схеме рис. 2, легко объяснить реализацию по логическим выражениям 5 дешифратора для семизначной цифровой лампы по схеме рис. 4.

Пример расчета дешифратора для десятизначной цифровой лампы, работающей от декад цифрового вольтметра типа V529 /Польша/, выполненных по системе 1-2-2\*-4. Функции переключения декады по этой системе приведены в табл. 2.

Таблица 2

№№ пп	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Z	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
K	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

Предварительно составим общее выражение для всех выходных функций 0÷9 в виде суммы, объединяемой самой цифровой лампой:

$$\begin{aligned} f(0 \div 9) &= \bar{X}\bar{Y}\bar{Z}\bar{K} + X\bar{Y}\bar{Z}\bar{K} + \bar{X}\bar{Y}Z\bar{K} + X\bar{Y}Z\bar{K} + \\ &+ \bar{X}\bar{Y}\bar{Z}K + X\bar{Y}\bar{Z}K + \bar{X}\bar{Y}ZK + X\bar{Y}ZK + \\ &+ \bar{X}YZK + XYZK. \end{aligned} \quad /6/$$

Сгруппируем попарно члены полученного выражения в виде

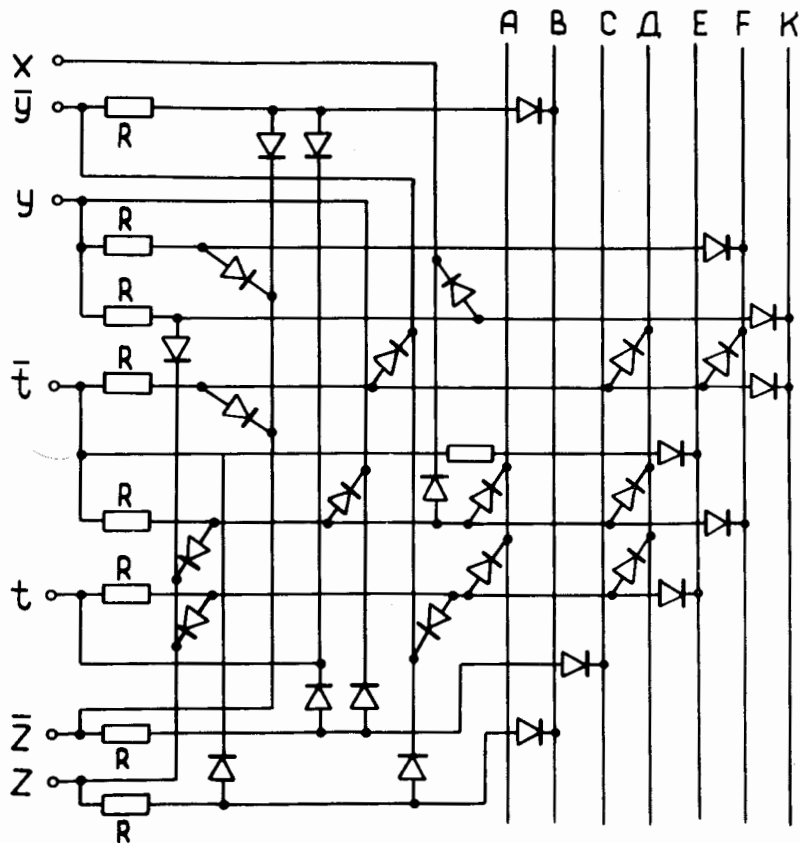


Рис. 4. Схема дешифратора семизначной цифровой лампы для декад системы 1-2-4-8.

$$f(0 \div 9) = \bar{Y}\bar{Z}\bar{K}(X + \bar{X}) + \bar{Y}Z\bar{K}(X + \bar{X}) + \bar{Y}\bar{Z}K(X + \bar{X}) + \bar{Y}ZK(X + \bar{X}) + YZK(X + \bar{X})$$

и вынеся за скобки двучлен  $X + \bar{X}$ , получим:

$$f(0 \div 9) = (X + \bar{X})(\bar{Y}\bar{Z}\bar{K} + \bar{Y}Z\bar{K} + \bar{Y}\bar{Z}K + \bar{Y}ZK + YZK). \quad /7/$$

Применив к выражению в правой скобке определение 2, получим:

$$f(0 \div 9) = (X + \bar{X})(\bar{Z}\bar{K} + Z\bar{K} + \bar{Z}K + \bar{Y}ZK + YZK).$$

Далее, учитывая, что в члене  $\bar{Y}ZK$  аргумент  $\bar{Y}$  принадлежал к другим членам, применим к этому же выражению определение 1 и окончательно получим выражение для рассматриваемого дешифратора в виде:

$$f(0 \div 9) = (X + \bar{X})(\bar{Z}\bar{K} + Z\bar{K} + \bar{Z}K + \bar{Y}ZK + Y). \quad /8/$$

Дальнейшая минимизация этого выражения невозможна: во-первых, потому, что в схемах дешифраторов нельзя допускать взаимного сокращения выходных его функций /должны быть сохранены все 10 выходных функций выражения /8//; во-вторых, - из-за недопустимости повторного применения определений 1 и 2. В частности, при повторном применении определения 1 функцию  $\bar{Y}ZK$  можно заменить на  $\bar{Y}$ , а это недопустимо, т.к.  $\bar{Y}$  теперь уже в неявном виде принадлежит членам  $\bar{Z}\bar{K}$ ,  $Z\bar{K}$  и  $\bar{Z}K$ .

При обратном порядке применения определений, наоборот, необходимо учитывать, что члену  $Y$  принадлежало сочетание  $ZK$ .

Выражение /8/ в приведенном выше виде описывает схему двухступенчатого дешифратора декады, выполненной по системе 1-2-2-4.

Первой ступенью дешифратора является дешифратор на 2, описываемый выражением  $X + \bar{X}$ , а второй ступенью - дешифратор на 5, описываемый выражением

$$\bar{Z}\bar{K} + Z\bar{K} + \bar{Z}K + \bar{Y}ZK + Y. \quad /9/$$

Практически широко используемый вариант схемного выполнения связи дешифратора на 2 с одной из позиций дешифратора на 5 приведен на рис. 5.

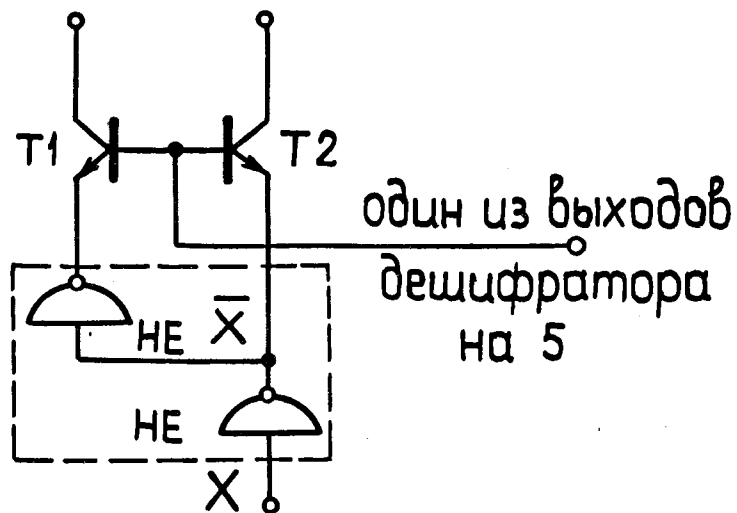


Рис. 5. Схема соединения дешифратора на 2 с одной из позиций дешифратора на 5.

В этой схеме при положительном потенциале выхода дешифратора на 5 открыт транзистор T1, если X имеет низкое значение, а  $\bar{X}$  - высокое, и транзистор T2, если, наоборот, X имеет высокое значение и  $\bar{X}$  - низкое. В данной схеме связи переходы эмиттер-база транзисторов совместно с выходами инверторов НЕ по входу X выполняют роль двойных схем совпадений, реализующих схему связи между дешифраторами. Нагрузки инверторов НЕ в этой схеме играют роль входных аргументов с сопротивлениями и источниками питания в соответствии со схемой И по рис. 1а.

Полная схема дешифратора, выполненная в соответствии с выражением /8/ и с учетом схемы И /рис. 2/, приведена на рис. 6.

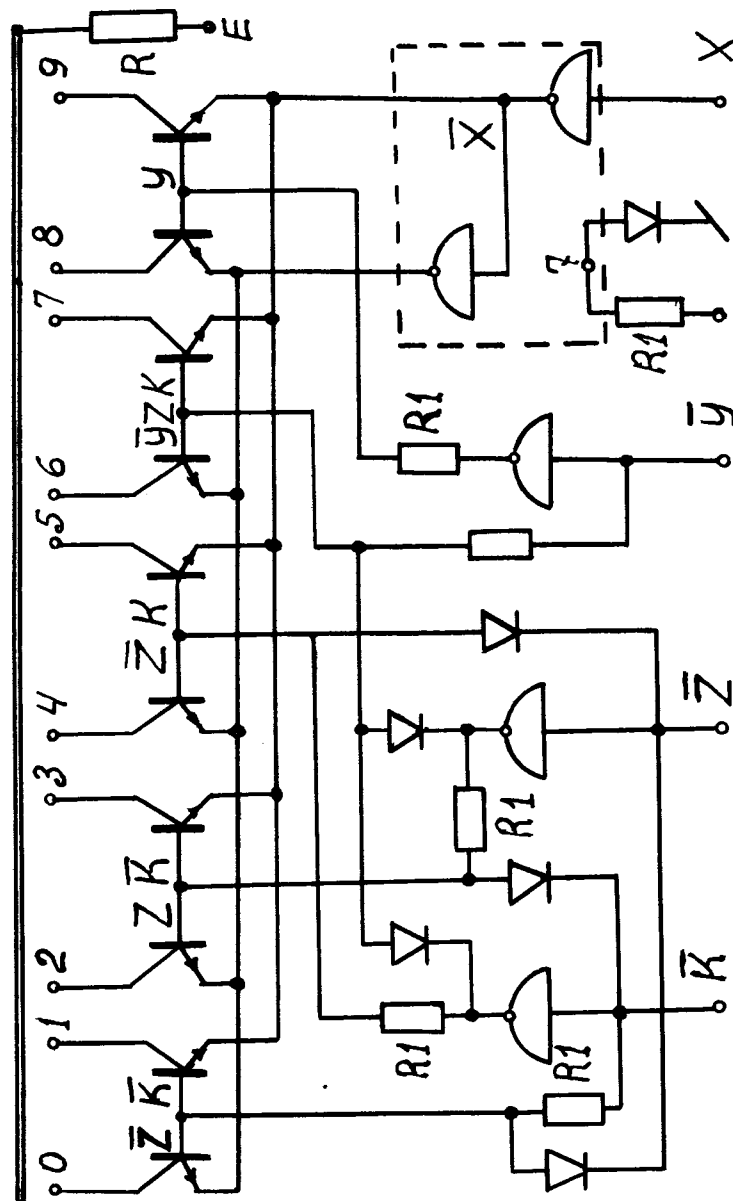


Рис. 6. Схема дешифратора цифровой лампы для декад системы 1-2-2-4.



Вывод эмиттеров модуля М1 этой схемы подвешен на величину падения напряжения на диоде, с целью компенсации такого же падения напряжения на шунтирующих диодах дешифратора на 5. Это предотвращает отпирание выходных транзисторов дешифратора по его невыбранным выходам.

Приведенный вариант схемы дешифратора составлен применительно к установкам, требующим параллельного подключения к одному дешифратору нескольких цифровых ламп с возможностью выноса дешифратора на большие расстояния от декады<sup>/3/</sup>. В целом ряде случаев дешифратор подключают непосредственно к выходам триггеров декады /см. работу<sup>/2/</sup> /.

Легко показать, что дешифратор цифровой лампы для декады, работающей по системе 1-2-4-8 (X-Y-Z-K), описывается выражением

$$(X + \bar{X})(\bar{Y}\bar{Z}\bar{K} + \bar{Y}Z + YZ + Y\bar{Z} + K). \quad /10/$$

Рассмотренным выше образом можно провести логический расчет дешифраторов и для автоматов других конструкций и систем.

#### Литература

1. М. В. Уилкс. Автоматические цифровые вычислительные машины. М., Судпромиздат, 1960.
2. P. Engler. Radio Fernsehen Elektronik. No. 4, p.120, 1968.
3. А. Г. Грачев. Препринт ОИЯИ, Б1-13-9305, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 ноября 1975 года.