

## ИНДИКАТОР ЦИФРОВОЙ МНОГОРАЗРЯДНЫЙ

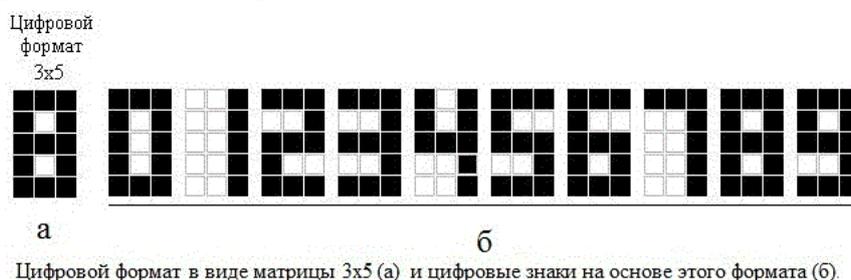
Альберт В. Патраль  
Россия, Санкт-Петербург  
Февраль 23, 2013

Индикатор цифровой многоразрядный (три трехразрядных знакоместа) может найти применение во всех средствах отображения информации, в которых требуется улучшения восприятия цифровых знаков с одновременным уменьшением цифрового формата и энергетических затрат.

Матричные индикаторы позволяют в синтезированном виде высветить сложную информацию в виде знаков, букв русского и латинского алфавита, символов и десятичных цифр от 0 до 9. И на долю цифровой информации приходится наибольший расход энергетических затрат в различных устройствах вычислительной и измерительной техники.

Большой расход электропитания, который является одним из недостатков полупроводниковых

форматов индикаторов /2/, как сегментных, так, например, и матричных (рис.1а) в немалой степени объясняется начертанием цифровых знаков арабского происхождения (рис.1б) с большим средним числом



Цифровой формат в виде матрицы 3x5 (а) и цифровые знаки на основе этого формата (б).

Рис.1

отображаемых элементов на знак и неравномерности распределения элементов в начертаниях знаков. К другим недостаткам этого начертания относятся также:

- 1.большие габаритные размеры цифрового формата;
- 2.невысокая разрешающая способность знаков;
- 3.невысокая цифровая информационная емкость индикаторов.

И как результат этих недостатков – невысокое восприятие знаков, выражающее в затруднении различения между некоторыми знаками и скорости опознания их.

Стремление достигнуть уменьшения числа точечных элементов в знаках, равномерности распределения в начертаниях их, уменьшение габаритных размеров цифровых форматов и энергетических затрат, приводят к непривычности начертания их.

Непривычность начертания знаков должна быть оправдана улучшением эргономических параметров знаков и **восприятия** их.

Под **восприятием** понимают процесс целостного отражения предметов, возникающий при непосредственном воздействии физических раздражителей (стимулов) на рецепторные поверхности органов чувств. Этот многоуровневый процесс, заканчивающийся формированием чувственного образа, включает следующие стадии: **обнаружение, различение, идентификация, опознание** /3/.

**Обнаружение** – стадия **восприятия**, на которой оператор выделяет **объект** из **фона**. При этом устанавливается лишь наличие сигнала в поле зрения без оценки его формы и признаков. /3/.

Величина эквивалентной площади обнаружения знака ( $S_{обн}$ ) определяется по формуле /4/:

$$S_{обн} = (S_{т.э.} \times S_{ок}) : (S_{т.э.} + S_{ок}), \text{ где}$$

$S_{т.э.}$  – величина площади из высветившихся точечных элементов формата знака;

$S_{ок}$  – величина площади «окна» знака, равная величине площади формата его ( $S_{ф}$ ) за вычетом величины площади из высветившихся точечных элементов ( $S_{т.э.}$ ).

Только при равенстве величины площади точечных элементов (Ст.э.) и величины площади «окна» (Sок) знака (Стэ=Sок) достигается **максимальная** величина эквивалентной площади обнаружения (Sобн макс) знака /4/, равная одной четверти величины площади формата знака (Sф):

$$S_{обн макс} = (Стэ \times S_{ок}) : (Стэ + S_{ок}) = Sф/4, \text{ (при Ст.э.} = S_{ок}).$$

Скорость восприятия знака на стадии его обнаружения в этом случае максимальна.

Уменьшение (увеличение) числа точечных элементов в знаках (Стэ) нарушает равенство (Стэ=Sок), уменьшает величину эквивалентной площади обнаружения (Sобн) знака, ухудшает восприятие знака на стадии его обнаружения.

Из-за неравномерности числа (n) точечных элементов в начертаниях цифровых знаков арабского (рис.1б) происхождения восприятие знаков, количественно выраженное величиной эквивалентной площади обнаружения их, на стадии **обнаружения** знаков различно (рис.2а, таблица №1, колонка 3).

Все параметры знаков арабского происхождения формируются на информационном поле матричного индикатора КИПГ02А-8х8Л /5/ в формате 3х5 и формулы для их расчета даны на рис.2а, б с учетом величины площади точечных элементов (s<sup>2</sup>) и величины промежутков (t) между ними.

**Различение** – стадия **восприятия**, на которой оператор способен выделить вертикальные (горизонтальные) линии из точечных элементов отображения знака /3/. Способность средств отображения информации воспроизводить мелкие детали характеризуется их разрешающей способностью.

Чтобы количественно оценить влияние разрешающей способности знака на величину эквивалентной площади при **различении** его, необходимо связать величину эквивалентной площадью обнаружения знака (Sобн) с величиной эквивалентной площади различения его (Sрзл). Для этого необходимо ввести коэффициент разрешающей способности (Кр.с.зн) знака /4/, количественно выражающий снижение величины эквивалентной площади различения знака в сравнении величиной эквивалентной площади его обнаружения. И с помощью этого коэффициента (таблица №1, колонка 9), вычислить эквивалентную площадь различения знака (Sрзл) по формуле /4/:

$$S_{рзл} = S_{обн} : Кр.с.зн \text{ (рис.2а, таблица №1, колонка 10).}$$

Величины коэффициентов разрешающей способности знаков определены по формулам /4/, представленным на рис.2б и по начертанию знаков (рис.1б). Величина эквивалентной

Таблица №1

цифра	Sф мм <sup>2</sup>	n т.э.	Ст.э. мм <sup>2</sup>	Sок мм <sup>2</sup>	Sобн мм <sup>2</sup>	Кр.с.ш	Кр.с.в	Кр.с.зн	Sрзл мм <sup>2</sup>	Sрзл ср. мм <sup>2</sup>
0	20.53	12	10.83	9.70	5.12	1.61	1.23	1.98	2.58	3.11
1		5	4.51	16.02	3.52	1.00	1.00	1.00	3.52	
2		11	9.93	10.60	5.13	1.00	1.61	1.61	3.19	
3		11	9.93	10.60	5.13	1.00	1.61	1.61	3.19	
4		9	8.12	12.41	4.91	1.23	1.00	1.23	3.99	
5		11	9.93	10.60	5.13	1.00	1.61	1.61	3.19	
6		12	10.83	9.70	5.12	1.23	1.61	1.98	2.58	
7		7	6.32	14.21	4.37	1.00	1.00	1.00	4.37	
8		13	11.73	8.80	5.03	1.61	1.61	2.59	1.94	
9		12	10.83	9.70	5.12	1.23	1.61	1.98	2.58	

$$s^2 = (0.95 \times 0.95) \text{ мм}^2 = 0.9025 \text{ мм}^2$$

$$t = 0.3 \text{ мм}$$

$$Sф = L \times H = (3s + 2t) \times (5s + 4t)$$

$$Ст.э. = n \times s^2$$

$$Sок = Sф - Ст.э.$$

$$Sобн = (Ст.э. \times Sок) : Sф$$

$$Sрзл = Sобн : Кр.с.зн$$

Таблица величин параметров знаков арабского происхождения от 0 до 9 (Sобн, Кр.с.зн, Sрзл) в зависимости от их начертания.

$$a = 2s + 2t \quad b = s + 2t$$

$$c = 2s + 2t \quad d = s + 2t$$

$$c^* = 4s + 4t \quad d^* = 3s + 4t$$

для цифр 4-6-9  
 Кр.с.ш = 2a/(b+a) = 2(2s+2t)/(s+2t+2s+2t)

для цифр 0 и 8  
 Кр.с.ш = a/b = (2s+2t)/(s+2t)

для цифр 2-3-5-6-8-9  
 Кр.с.в = a/c = (2s+2t)/(s+2t)

для цифры 0  
 Кр.с.в = c\*/d\* = (4s+4t)/(3s+4t)

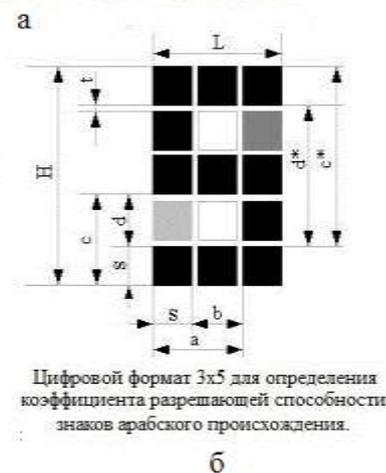


Рис.2

площади различения в среднем на знак ( $S_{рзл ср.}$ ) в полтора раза меньше ( $S_{рл ср.} = 3.11 \text{ мм}^2$ ) величины эквивалентной площади обнаружения его ( $S_{обн}$ ).

**Идентификация – стадия восприятия** /3/, на которой оператор отождествляет объект с эталоном, хранящимся в памяти (или отождествляет два одновременно воспринимаемых объекта).

При различении точечных элементов в знаке оператор способен идентифицировать любой высветившийся знак предлагаемого цифрового алфавита. Чем больше высветившихся точечных элементов в знаке, тем труднее знак идентифицировать /1/.

Если среднюю величину эквивалентной площади различения на знак ( $S_{рзл ср.}$ ) разделить на число ( $n$ ) точечных элементов в знаке, то получим среднюю величину эквивалентной площади идентификации на знак ( $S_{идн ср.}$ ).

$$S_{идн ср.} = S_{рзл ср.} : n \quad /1/$$

При среднем числе точечных элементов на знак ( $n$ ) равном  $n=10.3$ , средняя величина эквивалентной площади идентификации у цифровых знаков арабского происхождения в формате матрицы  $3 \times 5$  на знак будет равна:

$$S_{идн ср.} = S_{рзл ср.} : n = 0.30 \text{ мм}^2.$$

Величина эквивалентной площади различения ( $S_{рзл}$ ) цифровых знаков (рис.3а, б) с постоянным числом элементов отображения в них /6/ равна величине эквивалентной площади идентификации его ( $S_{идн}$ ), при коэффициенте различающей способности знака равным 1 ( $K_{р.с.зн} = 1$ , при начертании знаков с постоянным числом точечных элементов в них):

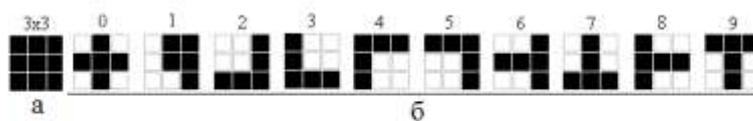
Средняя величина эквивалентной площади различения знаков (рис.3в) с постоянным числом точечных элементов в них формата  $3 \times 3$  (рис.3а) на том же информационном поле матричного индикатора КИПГО2А-8х8Л с учетом промежутка ( $t$ ) между элементами отображения равна:  $S_{рзл} = 2.80 \text{ мм}^2$  (рис.3в, таблица №2, строка 2 снизу).

При среднем числе точечных элементов на знак ( $n$ ) равном  $n=5$ , средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак цифрового формата в два раза меньшего по габаритному размеру будет равна:

$$S_{идн ср.} = S_{рзл ср.} : n = 0.56 \text{ мм}^2 \quad (\text{рис.3в, таблица №2, строка 2 снизу}).$$

При вдвое большем габаритном размере цифрового формата с видом матрицы  $3 \times 5$  у знаков арабского происхождения, средняя величина эквивалентной площади идентификации знака у них оказалась в два раза меньше, чем у цифровых знаков с постоянным числом точечных элементов в формате с видом матрицы  $3 \times 3$ .

Сокращение точечных элементов при формировании цифрового знака, в связи с уменьшением величины промежутка между точечными элементами, привело к относительному (по отношению к габаритному размеру цифрового формата) улучшению возможности его различения.



Цифровой формат в виде матрицы  $3 \times 3$  (а) и цифровые знаки на основе этого формата (б).

Таблица №2

Цифровой формат	$S_{ф}$ мм <sup>2</sup>	$s$ мм	$t$ мм	$n$ т.ч.	$St_{э}$ мм <sup>2</sup>	$S_{ок}$ мм <sup>2</sup>	$S_{обн}$ мм <sup>2</sup>	$S_{рзл}$ мм <sup>2</sup>	$S_{идн ср.}$ мм <sup>2</sup>
$3 \times 3$	11.90	0.95	0.30	5	4.51	7.39	2.80	2.80	0.56
$3 \times 5$	11.90	1.09	0.09	5	5.94	5.96	2.975	2.975	0.60

$$S_{ф} = (3s + 2t) \times (3s + 2t)$$

$$St_{э} = s \times s \times n$$

$$S_{ок} = S_{ф} - St_{э}$$

$$S_{обн} = S_{рзл} = (St_{э} \times S_{ок}) : S_{ф}$$

$$S_{идн} = S_{рзл} : n$$

Увеличение эквивалентной площади различения знака с уменьшением промежутка между элементами отображения без изменения габаритного размера знака.

в

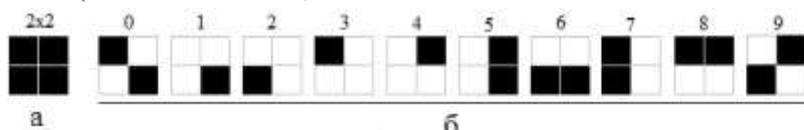
Рис.3

Максимальная величина эквивалентной площади различения знаков с постоянным числом точечных элементов в них достигается при уменьшении промежутка между точечными элементами до величины  $t=0.09$  мм /6/ и одновременном увеличении линейных размеров точечного элемента, при сохранении габаритных размеров цифрового формата, и равна:

$$S_{рзл макс} = S_{ф}/4 = 11.90 \text{ мм}^2/4 = 2.975 \text{ мм}^2 \text{ (рис.2в, таблица №2, нижняя строка).}$$

Величина эквивалентной площади идентификации знака увеличилась также до максимального значения для данного по габаритным размерам цифрового формата ( $S_{идн} = 0.60 \text{ мм}^2$ ).

При дальнейшем уменьшении цифрового формата (3x3) до формата с видом матрицы 2x2 (рис.4а), даже при уменьшении габаритного размера в два раза средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак при формировании цифровых знаков (рис.4б) увеличилась до  $0.75 \text{ мм}^2$  (рис.4в, таблица №3). Она превысила среднюю величину эквивалентной



Цифровой формат с видом матрицы 2x2 (а) и на его основе цифровые знаки (б).

Таблица №3

Цифровой формат	Цифры	$S_{ф}$ мм <sup>2</sup>	$s$ мм	$t$ мм	$n$ т.э.	$S_{тэ}$ мм <sup>2</sup>	$S_{ок}$ мм <sup>2</sup>	$S_{обн}$ мм <sup>2</sup>	$S_{рзл}$ мм <sup>2</sup>	$S_{идн}$ мм <sup>2</sup>	$S_{идн ср.}$ мм <sup>2</sup>
2x2	056789	5.15	1.09	0.09	2	2.38	2.77	1.28	1.28	0.64	0.75
	1234				1	1.19	3.96	0.92	0.92	0.92	

$$S_{ф} = (2s+t) \times (2s+t)$$

$$S_{тэ} = n(s \times s)$$

$$S_{ок} = S_{ф} - S_{тэ}$$

$$S_{обн} = S_{рзл} = (S_{тэ} \times S_{ок}) : S_{ф}$$

$$Kp.c.зн = 1$$

$$S_{идн} = S_{рзл} : n$$

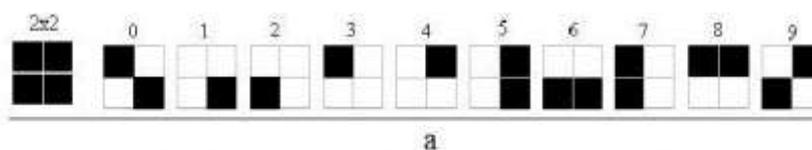
Параметры цифровых знаков на основе наименьшего формата с видом матрицы 2x2.

Рис.4

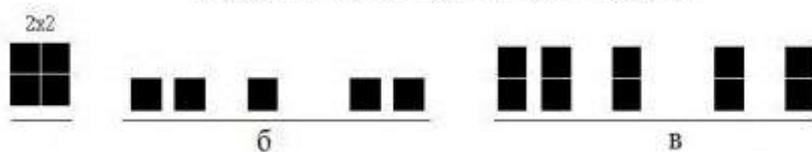
площади идентификации на знак как цифровых знаков с постоянным числом точечных элементов в них в формате 3x3 (рис.3в, таблица №2), так и цифровых знаков арабского происхождения ( $S_{идн} = 0.30 \text{ мм}^2$ ) в формате матрицы вида 3x5, у которых в формируемых знаках значительно больше (от 5 до 13) число точечных элементов. Тогда как у цифровых знаков формата 2x2 число точечных элементов в знаке не более двух /1/.

Чем меньше среднее число высветившихся элементов на знак у данного цифрового алфавита, тем больше величина эквивалентной площади идентификации на знак, тем выше скорость восприятия знака на стадии идентификации.

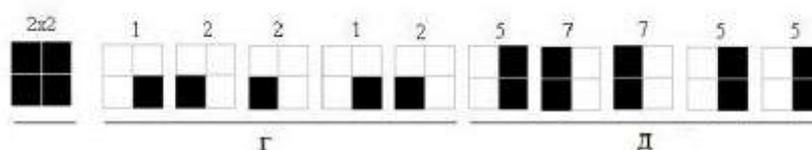
Но идентифицировать цифровые знаки в формате с видом матрицы 2x2 (рис.5а) затруднительно. Так, например, при отображении двух многозначных чисел с одним и тем же числом



Цифровые знаки на основе формата с видом матрицы 2x2.



Отображение цифровых знаков при их формировании на 5-разрядном индикаторе (12212 и 57755).



Отображение цифровых знаков при их формировании на 5-разрядном индикаторе (12212 и 57755) с одновременным отображением границ цифрового формата.

Рис.5

точечных элементов в каждом из них, расположенных на одном и том же уровне по высоте (рис.5б, рис.5в), прочесть их будет затруднительно в связи с поиском места расположения

величины этого числа. Прочтение многозначных чисел (12212 или 57755) затрудняется тем, что один и тот же по начертанию знак может принимать различное значение в зависимости от того, как оператор определит его место в ряду формируемого многозначного числа. Время идентификации при формировании таких знаков увеличится, несмотря на сравнительно большую величину эквивалентной площади идентификации на знак.

Если же каждый разряд знаков при их формировании сопроводить отображением границ этого цифрового формата (рис.5г, рис.5д), то задача идентификации этих многозначных чисел (12212 или 57755) упрощается, сократится время их идентификации.

Только при начертаниях цифр 0 и 9 (рис.5а), время их идентификации может быть уменьшено, поскольку начертания их визуальны различны по расположению элементов формата индикатора. Выбор оптимальной системы визуального кодирования цифровых знаков определяется главным образом задачами, которые решает оператор, и спецификой его работы.

Под визуальным кодированием информации понимают операцию отождествления условных знаков (символов, сигналов) с тем или иным видом информации. Выбор оптимального кода связан с обеспечением максимальной скорости и надежности приема и переработки информации человеком, т.е. с достижением максимальной эффективности выполнения операций зрительного поиска, обнаружения, различения, идентификации и опознания сигналов. Каждый из способов кодирования – это категория кодирования или вид алфавита

Кодирование формой является универсальным средством представления информации благодаря алфавиту различных символов. Лучше различаются и распознаются простые геометрические фигуры, состоящие из небольшого количества элементов. При использовании в качестве кодовых категорий формы, размера, цвета и пространственной ориентации фигур наименьшую точность имеет идентификация по размеру /3/.

Если же тот же самый, по габаритным размерам цифровой формат с видом матрицы 2x2 в виде квадрата (рис.5а), разделить на четыре позиционных элемента не перпендикулярными линиями к сторонам квадрата через центр его, а диагоналями этого квадрата (рис.6а), то получим ориентировано расположенные цифровые знаки (рис.6б).

При отображении на электронном табло тех же многозначных чисел (12212 и 57755) с одним и тем же числом точечных элементов в каждом из них (рис.6г, рис.6д), цифровые знаки кодированные положением в плоскости формата и формой легко идентифицируются.

Начертания цифровых знаков формата 2x2 из позиционных элементов его в виде равнобедренных треугольников визуальны ориентированы.

Скорость восприятия знаков на стадии их идентификации повышается.

Параметры знаков (рис.6б) цифрового формата (рис.6а), состоящего из четырех (2x2) позиционных элементов, излучающая поверхность которых представляет фигуры в виде равнобедренных треугольников, не отличаются от величин параметров знаков (рис.4в,



Цифровой формат 2x2 позиционных элемента (а) и формирование цифровых знаков (б).

Отображение цифровых знаков ориентированных в пространстве при их формировании на 5-раздном индикаторе (г - 12212, д - 57755).

Рис.6

таблица №3), формат которых представлен в виде матрицы 2x2. Величина площади 4-х элементов в виде равнобедренных треугольников цифрового формата (рис.6а) равна величине площади 4-х элементов в виде квадратов цифрового формата (рис.4а) с одной и той же величиной площади промежутков между элементами отображения.

Средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак у цифровых знаков арабского происхождения формата 3x5 равна всего лишь 0.30 мм<sup>2</sup>, а у цифрового формата на 2x2 (рис.6а) из позиционных элементов в виде равнобедренных треугольников (рис.6б), при вдвое меньшей площади цифрового формата (Sф=5.15 мм<sup>2</sup>) и меньшего числа точечных элементов на знак, средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак увеличена в 2.5 раза и равна:

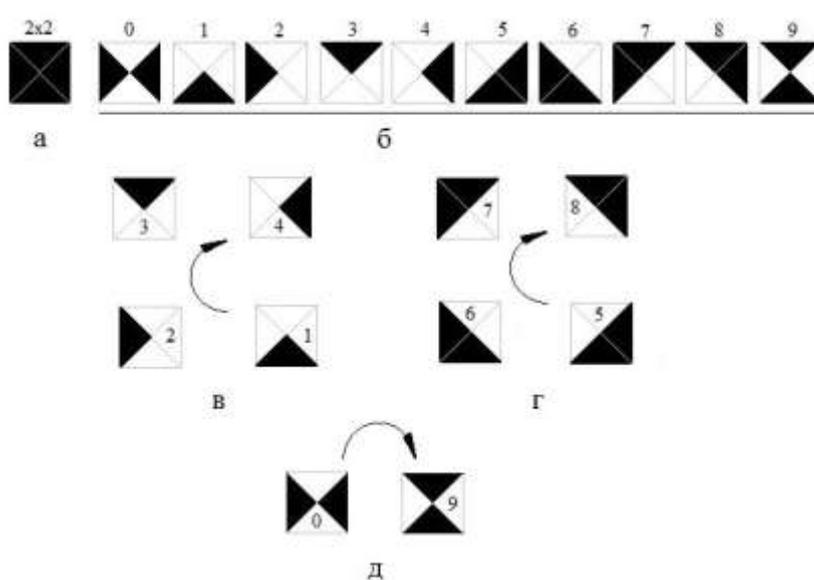
$$\text{Сидн. ср.} = 0.75 \text{ мм}^2 \text{ (рис.4в, таблица №3).}$$

Цифровые знаки (рис.7б) формата 2x2 (рис.7а), формируемые из позиционных элементов в виде равнобедренных треугольников позволяют оператору лучше воспринимать цифровую информацию.

Между измеряемой величиной и цифровым знаком, отображающим эту величину, существует функциональная связь (рис.7е, таблица №4). Она заключается в том, что большей измеряемой величине соответствует большее число высвеченных элементов цифрового формата.

При равном числе высвеченных элементов цифрового формата (ряд цифр 1-4 или ряд цифр 5-8), начертания цифровых знаков, отображающие большую величину, повернуты по часовой стрелке на угол кратный 90<sup>0</sup> по отношению к начертаниям цифровых знаков, отображающим меньшую величину числа (рис.7, таблица №4). Наименьшей величиной числа в ряду цифровых знаков 1-4 является цифровой знак 1, а в ряду 5-8 наименьшей величиной числа является цифровой знак 5.

Величина числа, отображаемая соответствующим цифровым знаком, складывается, как из числа высвеченных элементов формата индикатора, так и числа поворотов, кратных 90<sup>0</sup>, на которые повернут цифровой знак по отношению к наименьшей величине числа в ряду цифровых знаков (1-4 или 5-8). Повороту элемента (элементов) цифрового формата при формировании цифровых знаков кратному 90<sup>0</sup> от начальной величины числа в ряду цифровых знаков (1-4 или 5-8) к величине числа прибавляется 1 (рис.7е, таблица №4).



Цифровой формат (а) и цифровые знаки при их формировании (б), кодированные формой и пространственной ориентацией, легко запоминаются (в, г, д), занимая свое положение на информационном поле индикатора (а).

Таблица №4

ЦИФРОВОЙ ЗНАК	1	2	3	4	5	6	7	8	0	9
число т.э.	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
УГОЛ ПОВОРОТА	0 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>	270 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>	270 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>
ВЕЛИЧИНА ЧИСЛА	1	1+1	1+2	1+3	5	5+1	5+2	5+3	0	9

Зависимость порядкового номера отображаемого знака цифрового алфавита от величины числа.

е  
Рис.7

Начертания цифровых знаков 0 и 9 при их формировании с одинаковым числом высветившихся элементов, отличаются друг от друга пространственной ориентацией этих фигур путем их поворота на 90°.

Структурная схема преобразователя кода /7/.

Построение структурной схемы преобразователя двоично-десятичного кода 8-4-2-1 в 4-позиционный код управления элементами цифрового четырехпозиционного формата индикатора цифровым методом не представляет никаких трудностей.

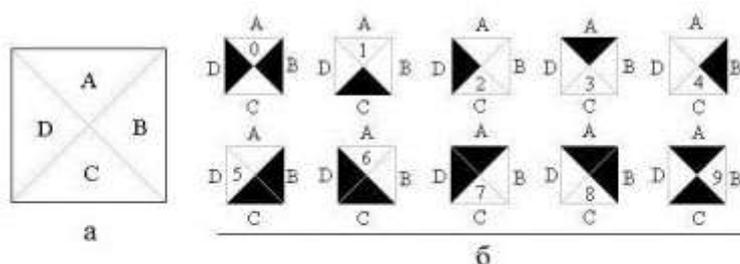
Прежде всего, составляем таблицу истинности 4-позиционного кода управления элементами цифрового формата.

По гашению и высвечиванию точечных элементов (А, В, С, D) цифрового индикатора (рис.8а) при формировании соответствующих цифровых знаков (рис.8б), составляем построчную цифровую запись их управления (рис.8в).

При поступлении уровня логического «0» на элементы (А, В, С, D) цифрового формата они высвечиваются. Над комбинациями соответствующих цифр, при формировании которых элементы цифрового формата

высвечиваются, сверху ставится черточка (рис.8в). При поступлении уровня логической «1» на элементы (А, В, С, D) цифрового формата они погашаются. Над комбинациями соответствующих цифр, при формировании которых элементы цифрового формата погашаются, черточка сверху над ними не ставится (рис.8в).

Построчная цифровая запись позиций 4-позиционного кода управления соответствующими элементами цифрового формата записывается аналогично в цифровой форме (рис.8г).



Построчная цифровая запись			
Высвечивание элементов индикатора при формировании соответствующих цифр			
A - 3789	B - 0458	C - 1569	D - 0267
Гашение элементов индикатора при формировании соответствующих цифр			
A - 012456	B - 123678	C - 023478	D - 134589

Таблица №5

Код 10-й	ЧЕТЫРЕХПОЗИЦИОННЫЙ КОД			
	Y4	Y3	Y2	Y1
0	0	0	1	0
1	1	1	0	1
2	0	1	1	2
3	1	3	1	3
4	1	4	1	4
5	1	5	0	5
6	0	6	0	6
7	0	7	1	7
8	1	8	1	8
9	1	9	0	9
Код 10-й	D	C	B	A

ГАШЕНИЕ И ВЫСВЕЧИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИНДИКАТОРА

■ — ГАШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИНДИКАТОРА  
□ — ВЫСВЕЧИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИНДИКАТОРА

По гашению и высвечиванию элементов отображения (А, В, С, D) формата индикатора (а) при начертании цифровых знаков (б) составляется цифровая запись управления элементами индикатора (в) и соответствующая запись позиционных сигналов (Y1-Y4) при формировании цифрового знака (г) на основе записи которых построена таблица истинности (таблица №4) 4-позиционного кода (д).

Рис.8

Позиции 4-позиционного кода (Y1, Y2, Y3, Y4) с уровнем логической «1», являющиеся сигналами управления элементами (А, В, С, D, соответственно) цифрового формата, погашаются при формировании указанных цифр и записываются комбинациями этих цифр без черточки сверху над ними (рис.8г).

Позиции 4-позиционного кода (Y1, Y2, Y3, Y4) с уровнем логического «0», являющиеся сигналами управления элементами (А, В, С, D, соответственно) цифрового формата, высвечиваются при формировании указанных цифр и записываются комбинациями этих цифр с черточкой сверху над ними (рис.8г).

На основании построчной цифровой записи позиций (Y1, Y2, Y3, Y4) четырехпозиционного кода с уровнем логической «1» и уровнем логического «0» (рис.8г) на рис.8д (таблица №5) представлена таблица истинности 4-позиционного кода в двоичном коде.

Эту таблицу истинности добавляем записью в десятичном коде (столбцы А, В, С, D, соответственно), указывающей гашение и высвечивание элементов цифрового формата при формировании соответствующих цифр десятичного кода.

Цифра десятичного кода с уровнем логического «0» (с черточкой сверху над цифрой) определяет при формировании одноименного цифрового знака высвечивание того элемента (А, В, С, D) индикатора, в позиционный сигнал управления которого она записана. Цифра десятичного кода (без черточки сверху над ней) с уровнем логической «1» определяет при формировании одноименного цифрового знака погашение того элемента (А, В, С, D) индикатора, в позиционный сигнал управления которого она записана. Например, при формировании цифрового знака 0 высвечиваются элементы индикатора D и В (рис.8б). По таблице истинности (рис.8д, таблица №5) видно, что позиционный сигнал с уровнем логического «0» (с черточкой над цифрой 0) при формировании цифрового знака 0 (10 строка снизу таблицы), соответствует как высвечиванию элемента D, так и элемента В индикатора. Цифра 0 с черточкой сверху над ней входит в запись позиционных сигналов D и В (рис.8в).

По той же таблице истинности видно, что позиционный сигнал с уровнем логической «1» (без черточки над цифрой 1) при формировании цифрового знака 0 (10 строка снизу таблицы) соответствует как погашению элемента С, так и погашению элемента А индикатора (рис.8б, рис.8д, таблица №5). Цифра 1 (без черточки сверху над ней) входит в запись позиционных сигналов С и А (рис.8в).

Построение структурной схемы преобразователя

двоично-десятичного кода 8-4-2-1 в 4-позиционный код управления элементами цифрового формата выполнено цифровым методом на основании таблиц истинности:

1. двоично-десятичного кода 8-4-2-1 /8/ (рис. 9, таблица №6) при совместной записи его в двоичном и десятичном кодах;

Таблица №6

Код 10-й	ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫЙ КОД 8-4-2-1															
	Сигналы с прямых выходов триггеров четырехразрядного счетчика								Сигналы с инверсных выходов триггеров четырехразрядного счетчика							
	X4	X3	X2	X1	X4	X3	X2	X1	X4	X3	X2	X1	X4	X3	X2	X1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
2	0	2	0	2	1	2	0	2	1	2	1	2	0	2	1	2
3	0	3	0	3	1	3	1	3	1	3	1	3	0	3	0	3
4	0	4	1	4	0	4	0	4	1	4	0	4	1	4	1	4
5	0	5	1	5	0	5	1	5	1	5	0	5	1	5	0	5
6	0	6	1	6	1	6	0	6	1	6	0	6	0	6	1	6
7	0	7	1	7	1	7	1	7	1	7	0	7	0	7	0	7
8	1	8	0	8	0	8	0	8	0	8	1	8	1	8	1	8
9	1	9	0	9	0	9	1	9	0	9	1	9	1	9	0	9
Код 10-й	X4	X3	X2	X1	X4	X3	X2	X1	X4	X3	X2	X1	X4	X3	X2	X1
	Поразрядная цифровая запись сигналов двоично-десятичного кода 8-4-2-1								Поразрядная цифровая запись сигналов двоично-десятичного кода 8-4-2-1							

Таблица истинности двоично-десятичного кода 8-4-2-1 с прямых и инверсных выходов триггеров двоично-десятичного счетчика в записи двоичным и десятичным кодами (цифровой метод).

Рис.9

2. 4-хпозиционного кода, записанного как в двоичном коде, так и в десятичном коде (рис.8д, таблица №5).

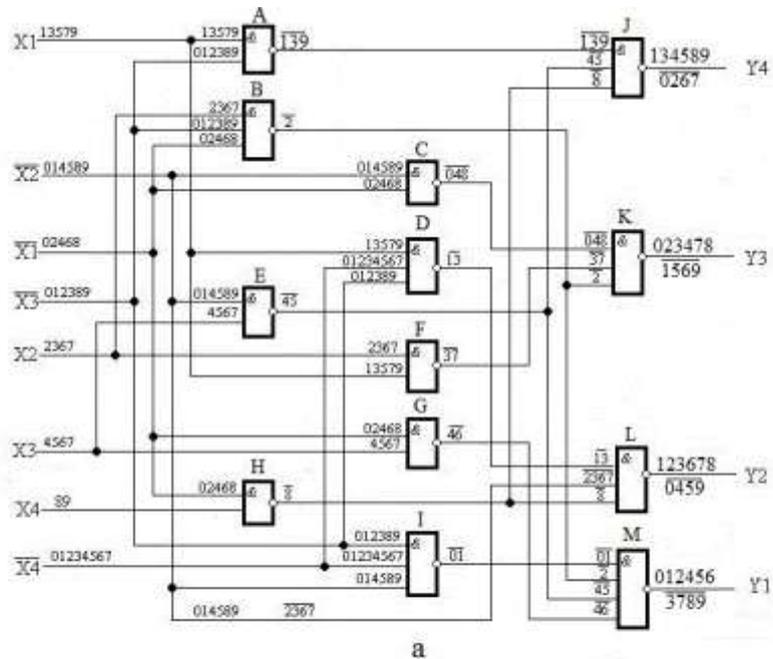
Каждая комбинация входного двоично-десятичного кода 8-4-2-1 рассматривается как двоичное число, равное числу, обозначенному соответствующей ей цифре десятичного кода, которой должна соответствовать строго определенная комбинация сигналов выходного четырехпозиционного кода.

По сигналам, представленным комбинациями цифр десятичного кода, с уровнем логической «1» и уровнем логического «0» на входах и выходах логических элементов И-НЕ структурной схемы преобразователя кода (рис.10а), прослеживается преобразование 4-разрядного кода 8-4-2-1 в 4-позиционный код управления элементами цифрового формата индикатора. Сигналы гашения и высвечивания поступающие с выходных выводов (Y1, Y2, Y3, Y4) логических элементов И-НЕ (J, K, L, M) структурной схемы преобразователя кода (рис.10а) с уровнем логической «1» и уровнем логического «0» поступают при формировании знаков на соответствующие элементы (A, B, C, D) цифрового формата (рис.10б).

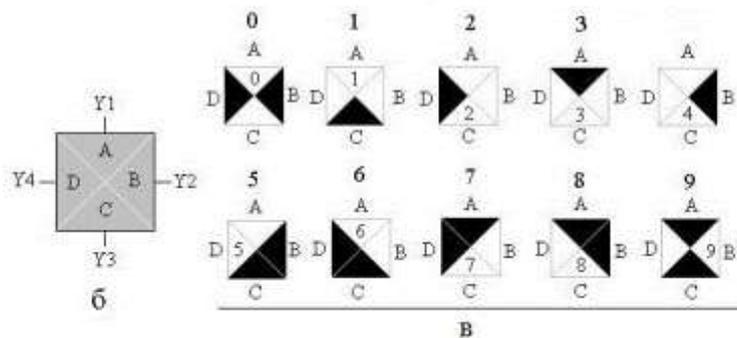
Элементы (A, B, C, D) цифрового формата (рис.10б) погашаются (уровень лог. «1») или высвечиваются (уровень лог. «0») при формировании тех цифровых знаков (рис.10в), которые указываются на выходных выводах (Y1, Y2, Y3, Y4) преобразователя кода (рис. 10а) цифрами десятичного кода. Цифра с черточкой сверху (уровень логического «0») - высвечивание элемента цифрового формата. Цифра без черточки сверху (уровень логической «1») – погашение элемента цифрового формата.

Практическое применение индикатора цифрового

многоразрядного (3x3) с форматом знаков 2мм x 2мм можно осуществить на базе корпуса типа КИ13-1 матричного индикатора КИПГО2А-8x8Л /5/, на лицевой стороне которого наносим светоизлучающие элементы, распределенные по девяти (3x3) разрядам (три трехзначных разряда цифровых знаков) с десятичными точками (рис.11б).



Структурная схема преобразователя двоично-десятичного кода 8-4-2-1 в 4-хпозиционный код (а) управления элементами индикатора (б).



Цифровые знаки от 0 до 9 (в), сформированные на основе 4-элементного формата индикатора (б)

Рис.10

На информационном поле матричного индикатора КИПГО2А-8х8Л с габаритными размерами его 10мм x 10мм можно отобразить максимально два разряда (рис.11а) цифровых знаков арабского происхождения с видом матрицы 3x5 с десятичными точками (рис.11в).

На рис.11в представлена цифровая информация в виде числа - 3,9. Большинство цифровых знаков арабского происхождения (0, 2, 3, 5, 6, 8, 9) на матричном индикаторе формата 3x5 формируются из 12 точечных элементов плюс-минус один точечный элемент. Цифровой знак, представленный одиннадцатью точечными элементами, распределенными так, что сочетание их могут восприниматься оператором как цифра 3 следует считать идентифицированным. Точно также, знак, представленный двенадцатью точечными элементами, распределенными так, что сочетание их могут восприниматься оператором как цифра 9 следует считать идентифицированным.

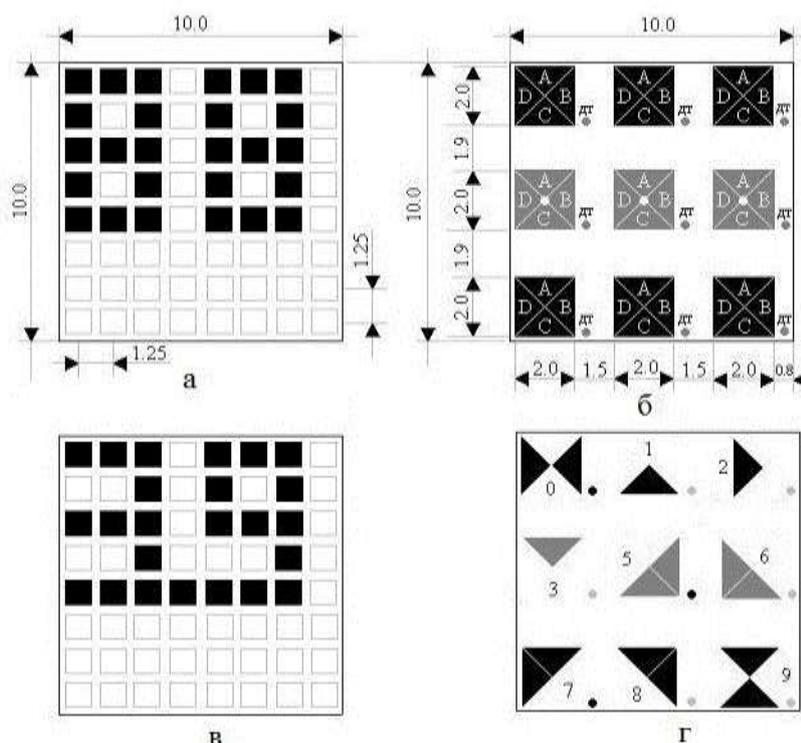
При расхождении в начертании знака всего в один точечный элемент из цифрового формата увеличивает время идентификации знака. Или при одинаково большом количестве точечных элементов в знаках, но с различным их расположением при формировании знаков, идентификация их по времени будет увеличена.

Наиболее быстро отождествляются (идентифицируются) с эталоном, хранящимся в памяти оператора, знаки арабского происхождения 1 и 7 цифрового формата с видом матрицы 3x5. У них наибольшая величина эквивалентной площади идентификации и наименьшее число высветившихся элементов в знаках.

На рис.11г представлены три трехразрядные цифровые информации с десятичной точкой в виде дробных чисел: 0.12 - 35.6 - 7.89. Каждый разряд многозначного числа представлен одним или двумя высветившимися элементами цифрового формата.

Почти в 6 раз среднее число элементов на знак у такого цифрового алфавита меньше. Наименьшее число высветившихся элементов цифрового формата (2x2 элементов отображения) при формировании знаков, представленные фигурами, ориентированными в пространстве, уменьшает время их восприятия на стадии идентификации.

Идентифицировать каждый из цифровых знаков (3 и 9) двузначного числа (рис.11в) значительно труднее, чем любой цифровой знак, (рис.11г), представленный всего одним (цифровой знак 3 - рис.11г, вторая строка, колонка слева) или двумя (цифровой знак 9 -



На информационном поле индикатора (а) можно разместить либо два разряда цифровых знаков арабского происхождения в формате 3x5 (в), либо девять разрядов (б) цифровых знаков (г), ориентированных в пространстве в формате 2мм x 2мм.

Рис.11

рис.11г, строка 1 снизу, колонка справа) элементами отображения. Информационная емкость цифрового многоразрядного индикатора (3х3 разряда) с форматом знака 2мм х 2мм элемента отображения увеличилась почти в 5 раз (рис.11б, рис.11г) с использованием одного и того же по габаритным размерам информационного поля корпуса индикатора типа К13-1.

Средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак у цифровых знаков арабского происхождения формата 3х5 ( $S_{\phi}=20.53\text{мм}^2$ ,  $S_{\text{рзл}}=3.11\text{мм}^2$  - рис.2в, таблица №1), при среднем числе точечных элементов на знак (n) равным 10.3, равна:

$$S_{\text{идн ср.}} = S_{\text{рзл}} : n = 3.11\text{мм}^2 : 10.3 = 0.30\text{мм}^2.$$

Средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак у цифровых знаков, ориентированных в пространстве (рис.10б), при пятикратном уменьшении габаритного размера цифрового формата 2мм х 2мм ( $S_{\phi}=4\text{мм}^2$ ) чем у знаков арабского происхождения ( $S_{\phi}=20.53\text{мм}^2$ ) при меньшем числе точечных элементов на знак, может достичь максимального своего значения, **без учета промежутков** между элементами отображения:

$$S_{\text{идн ср. макс}} = 0.60\text{мм}^2 \text{ (рис.12а, таблица №7)}.$$

Причем, если величина промежутков меньше между элементами отображения будет даже равна половине величины площади цифрового формата ( $S_{\text{пр}}=S_{\phi}/2=2\text{мм}^2$ ), то даже в этом случае средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак ( $S_{\text{идн ср.}}=0.40\text{мм}^2$ ) у цифровых знаков, ориентированных в пространстве, будет больше (рис.12б, таблица №8), чем у знаков арабского происхождения, при большем их габаритном размере. При этом величина площади из

высветившихся элементов отображения ( $S_{\text{тэ}}$ ) при формировании знаков уменьшилась в два раза из-за увеличенной площади промежутков между элементами отображения (рис.12б, таблица №8).

Пример управления индикатора цифрового многоразрядного (3х3 разряда) с форматом знака 2мм х 2мм

элемента отображения при измерении трех трехразрядных параметров объекта представлен на структурной схеме (рис. 13). Измеряемый параметр объекта на три разряда может быть кодирован своим цветом (рис.11б, рис.11г, рис.13).

Ограниченное число выводов (16), имеющихся на корпусе индикатора типа КИ13-1, определяет для него мультиплексный режим управления элементами отображения.

Для этого все одноименные выводы элементов (А, В, С, D) цифровых форматов соединены параллельно /9/ и подключены к соответствующим выходным выводам (10-13) формирователя (ФТ - 4) тока (рис.13).

Таблица №7

Цифровой формат	Цифры	$S_{\phi}$ мм <sup>2</sup>	$s^2$ мм <sup>2</sup>	n т.э.	$S_{\text{пр}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{тэ}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{ок}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{обн}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{рзл}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{идн}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{идн.ср}}$ мм <sup>2</sup>
2мм х 2мм	056789	4.0	1.00	2	0.00	2.00	2.00	1.00	1.00	0.50	0.60
	1234			1		1.00	3.00	0.75	0.75		

$$S_{\text{обн}}=S_{\text{рзл}}= (S_{\text{тэ}} \times S_{\text{ок}}): S_{\phi} \quad \text{а}$$

$$S_{\text{идн}} = S_{\text{рзл}} : n$$

С уменьшением числа точечных элементов (n) при формировании цифровых знаков средняя величина эквивалентной площади идентификации знаков увеличивается.

Таблица №8

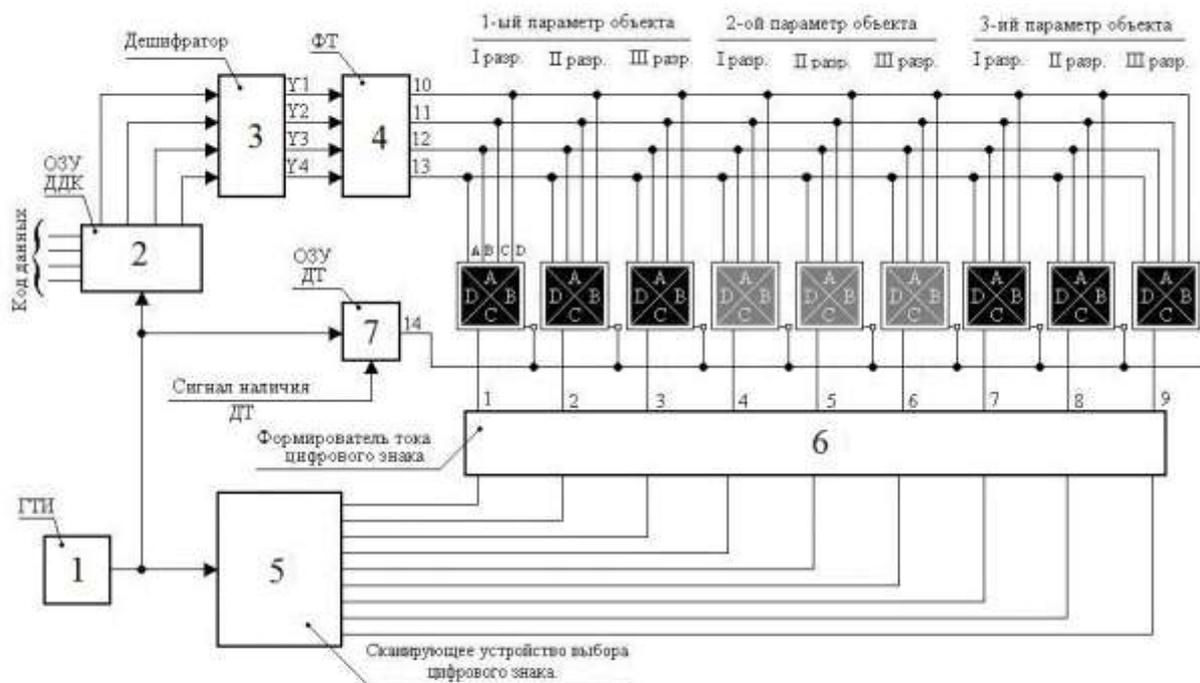
Цифровой формат	Цифры	$S_{\phi}$ мм <sup>2</sup>	$s^2$ мм <sup>2</sup>	n т.э.	$S_{\text{пр}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{тэ}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{ок}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{обн}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{рзл}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{идн}}$ мм <sup>2</sup>	$S_{\text{идн.ср}}$ мм <sup>2</sup>
2мм х 2мм	056789	4.0	0.50	2	2.00	1.00	3.00	0.75	0.75	0.375	0.40
	1234			1		0.50	3.50	0.44	0.44	0.44	

$$S_{\text{обн}}=S_{\text{рзл}}= (S_{\text{тэ}} \times S_{\text{ок}}): S_{\phi} \quad \text{б}$$

$$S_{\text{идн}} = S_{\text{рзл}} : n$$

С увеличением промежутков между элементами отображения средняя величина эквивалентной площади идентификации на знак уменьшается.

Рис.12



Структурная схема многоразрядного (3x3) индикатора в мультиплексном режиме управления.

Рис.13

Генератор тактирующих импульсов ГТИ (1) является синхронизирующим звеном схемы. По первому тактирующему импульсу сканирующее устройство выбора цифрового знака (5) подключает через формирователи тока цифрового знака (6) общий вывод 1 точечных элементов первого цифрового формата и десятичной точки (1-ый разряд, 1-ый параметр объекта), подготавливая первую цифру к возможности возбуждения.

По первому же тактирующему импульсу оперативное запоминающее устройство ОЗУ ДДК (2), хранящее кодовую информацию в виде четырехразрядного двоично-десятичного кода для всех девяти цифровых форматов, подключает на информационные входы дешифратора (3) четырехразрядный двоично-десятичный код для индикации цифры первого разряда первого измеряемого параметра объекта. Преобразованная дешифратором (3) информация в виде четырехпозиционного кода (Y1, Y2, Y3, Y4) с выходов (10-13) формирователя токов ФТ (4) поступает на соответствующие одноименные элементы всех цифровых форматов всех разрядов и всех измеряемых параметров объектов (рис.12). Но по первому тактирующему импульсу только первая цифра (1-ый разряд 1-ый измеряемый параметр объекта) индицируется. По второму тактовому импульсу ГТИ (1) сканирующее устройство выбора цифрового знака (5) отключает общий вывод 1 первого цифрового формата (1-ый разряд 1-ый измеряемый параметр объекта), подключая через формирователи тока цифрового знака (6) общий вывод 2 второго цифрового формата (2- разряд 1-ый измеряемый параметр объекта), подготавливая вторую цифру к возможности возбуждения. Оперативное запоминающее устройство ОЗУ ДДК (2) по второму тактовому импульсу ГТИ (1) подключает на информационные входы дешифратора (3) четырехразрядный двоично-десятичный код для индикации цифры второго разряда первого измеряемого параметра объекта.

Преобразованная дешифратором (3) информация в виде четырехпозиционного кода (Y1, Y2, Y3, Y4) с выходов (10-13) формирователя токов ФТ (4) поступает на соответствующие одноименные элементы всех цифровых форматов всех разрядов и всех

измеряемых параметров объектов (рис.12). По второму тактирующему импульсу только вторая цифра (2-ый разряд 1-ый измеряемый параметр объекта) индицируется. Цикл последовательного управления цифрами первого измеряемого параметра продолжается. В такой же последовательности индицируются цифровые знаки при работе схемы при измерении второго и третьего параметров объекта. При необходимости индикации дробных значений параметров объекта, поступающие на схему управления данные должны содержать информацию о включении десятичной точки. Сигнал наличия ДТ дает разрешение на запоминание десятичной точки оперативным запоминающим устройством ОЗУ ДТ (7). Все выводы от точечного элемента отображения с индексом ДТ всех позиционных элементов отображения знака и всех разрядов объединены и подключены к выводу 14. Децимальная точка (вывод14–ОЗУ ДТ) высвечивается в тот, синхронизированный с тактовым импульсом момент, когда высвечивается последний знак целого числа, после которого высвечивается дробная часть.

Применение цифрового формата, на основании которого формируются цифровые знаки, кодированные формой и пространственной ориентацией, позволяет достигнуть:

1. уменьшения цифрового формата знака;
2. уменьшения среднего числа точечных элементов на знак;
3. уменьшение энергопотребления на цифровой знак;
4. улучшение параметрических характеристик цифровых знаков;
5. увеличение цифровой информационной емкости индикатора без увеличения габаритных размеров информационного поля его.

Фиксированные положения цифровых форматов на информационном поле индикатора позволяют индицировать цифровую информацию в 3-х цветном отображении (рис.12 - 2-ой измеряемый параметр объекта выделен светлым фоном): для каждого измеряемого параметра объекта - свой цвет, что может облегчить работу оператора.

### Используемые источники

1. Патент № 2427928 на изобретение «Индикатор цифровой многоразрядный 3x3 с форматом знаков 2x2» выдан 27 августа 2011 года. Приоритет изобретения 20 апреля 2010 года. Заявка № 2010115728. Автор Патраль А.В.
2. Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы. Справочник. Москва. «Радио и связь». 1987.
3. Алиев Т.М., Вигдоров Д.И., Кривошеев В.П. Системы отображения информации. Москва. «Высшая школа». 1988.
4. Патент № 2338270 на изобретение «Индикатор матричный с наилучшим восприятием цифровых знаков», выдан 19 ноября 2008 года. Приоритет изобретения от 21 мая 2007 года. Автор Патраль А.В.
5. Б.Л. Лисицын. «Отечественные приборы индикации и их зарубежные аналоги». Изд-во «Радио и связь». Москва. 1993 г.
6. Патент № 2417455 на изобретение «Индикатор девятипозиционный». Выдан 27 апреля 2011 года. Приоритет изобретения 04 мая 2009 года. Заявка № 2009116959. Автор Патраль А.В.
7. Петербургский журнал Электроники №2/2011. «Простой метод построения преобразователя кодов». Патраль А.В.
8. Справочник по интегральным микросхемам. Под редакцией Тарабрина Б.В. Москва. «Энергия». 1980 г.
9. Васерин Н.Н., Дадерко Н.К., Прокофьев Г.А. Применение полупроводниковых индикаторов. Под ред. Е.С. Липина. Москва. «Энергоатомиздат». 1991.