

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ульяновский государственный технический университет»

*Изучение светодиодного
индикатора АЛС318*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ
12.03.01 «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

Составители;
А.Е. Докторов, Е.А. Докторова

Ульяновск
2015

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить физический эффект, положенный в основу работы индикатора.
2. Изучить особенности конструкции индикатора.
3. Изучить схему подключения индикатора к компьютеру в лабораторном стенде.
4. Изучить особенность передачи данных на индикатор.
5. Научится выводить на индикатор информацию.

КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СПРАВКА

1. Физический эффект

Светодиодный индикатор АЛС 318 относится к классу полупроводниковых источников некогерентного оптического излучения, принцип действия которых основан на явлении электролюминесценции при инжекции неосновных носителей заряда через гомо– или гетеро– переход. Приборы, излучающие в видимом диапазоне, принято называть светоизлучающими диодами (англ. LED — light emitting diode) [1].

Излучение в светодиоде возникает в результате рекомбинации электронов и дырок при их инжекции под действием прямого напряжения на р-п-переходе. Спектр видимого излучения лежит в диапазоне длин волн 0,4 - 0,7 мкм, поэтому ширина запрещенной зоны полупроводника, используемого для излучателя видимого света, должна находиться в пределах от 1,75 до 3,15 эВ. Более подробно рассмотрите физический эффект в рекомендуемой литературе.

В настоящее время имеется множество материалов, из которых можно формировать управляемые р-п-переходы с надлежащей шириной запрещенной зоны [1]. В зависимости от используемого материала получается длина волны излучаемого света.

2. Особенности конструкции

По виду отображаемой информации АЛС 318 относится к цифровым индикаторам, состоящим из элементов отображения в виде сегментов и предназначенных для отображения цифровой информации и отдельных букв алфавита. Информация на нем выводится на девять разрядов, каждый из которых представляется семью сегментами и точкой.

Конструкция АЛС 318 (рис.1) – монолитная многоразрядная с оптическим увеличением, представляющая собой несколько многоэлементных кристаллов, помещенных на общее основание. Для увеличения видимого изображения знака используется многоэлементная (по числу кристаллов) пластмассовая линза. Основание жесткое, керамическое или стеклотекстолитовое и моноблочная линза, механически закрепленная на нем, что резко уменьшает расход материала в многоразрядных индикаторах с высотой знака 2,5...5 мм.

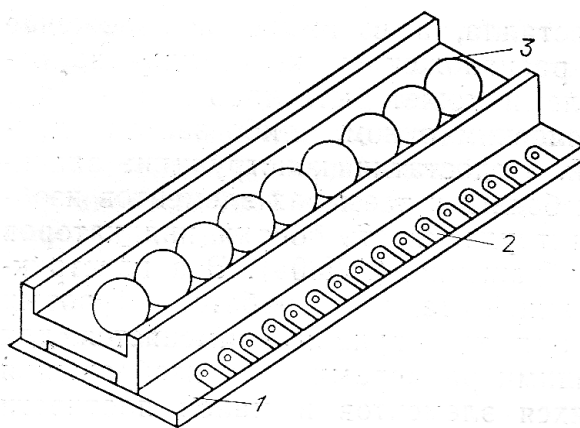


Рис. 1. Конструкция монолитного многозарядного индикатора АЛС318:
1 – стеклотекстолитовое основание, 2 – вывод, 3 – моноблочная линза.

Активным элементом полупроводникового индикатора является светоизлучающий кристалл, параметры которого определяют в первую очередь основные технические характеристики прибора. Цвет свечения прибора определяется используемым полупроводниковым материалом. Для индикаторов красного цвета свечения широко используются эпитаксиальные структуры $\text{GaAs}_{0,6}\text{P}_{0,4}$ (на подложках GaAs) n^+ - n -типа и $\text{Ca}_{0,65}\text{Al}_{0,35}\text{As}$ (на подложках CaAs) p^+ - p_1 - p_2 - n -типа.

В монолитных конструкциях в едином технологическом процессе формируются многозарядные кристаллы. Причем специфика технологии изготовления определяет особенности генерации излучения в таких структурах и вызывает необходимость оптической и электрической локализации излучения, генерируемого различными сегментами индикатора.

Наиболее массовыми являются в настоящее время монолитные индикаторы красного цвета свечения. При этом относительно большой расход полупроводникового материала ограничивает размер кристалла монолитного индикатора, не превышающий 2-3 мм. Использование линз в монолитных конструкциях индикаторов позволяет не только увеличить видимый размер знака, но и в 1,5...3 раза увеличить силу света за счет сужения диаграммы направленности излучения.

Высокая точность задания топологических размеров излучающих сегментов и не менее высокая, точность их реализации методами современной планарной технологии позволяют добиться очень четкой конфигурации знаков.

В монолитной конструкции генерация и вывод излучения осуществляются из различных топологических областей одного и того же кристалла. Достаточно малые размеры светоизлучающих сегментов обуславливают необходимость оптимизации их формы с целью уменьшения влияния поверхностной безызлучательной рекомбинации.

Базовым материалом для изготовления монолитных индикаторов красного цвета свечения стали структуры $\text{GaAs}_{0,6}\text{P}_{0,4}/\text{GaAs}$ n -типа марки СФАГ, получаемые методом эпитаксии из газовой фазы. Высокая одно-

родность электрофизических и люминесцентных свойств по поверхности пластины обеспечивает малый разброс по силе света и длине волны излучения различных сегментов в пределах кристалла индикатора. Тот факт, что в структурах СФАГ подложка GaAs непрозрачна для генерируемого сегментом красного излучения, обеспечивает хорошую оптическую развязку различных элементов кристалла.

Для изготовления кристаллов всех типов используется базовая планарная технология, позволяющая получать с помощью локальной диффузии излучающие элементы произвольных формы и размеров. Электрическая схема монолитного индикатора представляет собой цепь излучающих диодов с общим катодом. При этом катодом служит контакт к подложке GaAs, а анодами – контакты к диффузионным p- областям.

Разводка кристаллов многоразрядных индикаторов осуществляется в соответствии с матричной схемой. При этом общие катоды каждого кристалла имеют отдельные выходы, а аноды одноименных элементов различных кристаллов объединены общей шиной (Рис. 2). Указанная схема с общим числом выводов $N + 8$ (N - число катодных выводов) допускает только мультиплексный режим питания прибора.

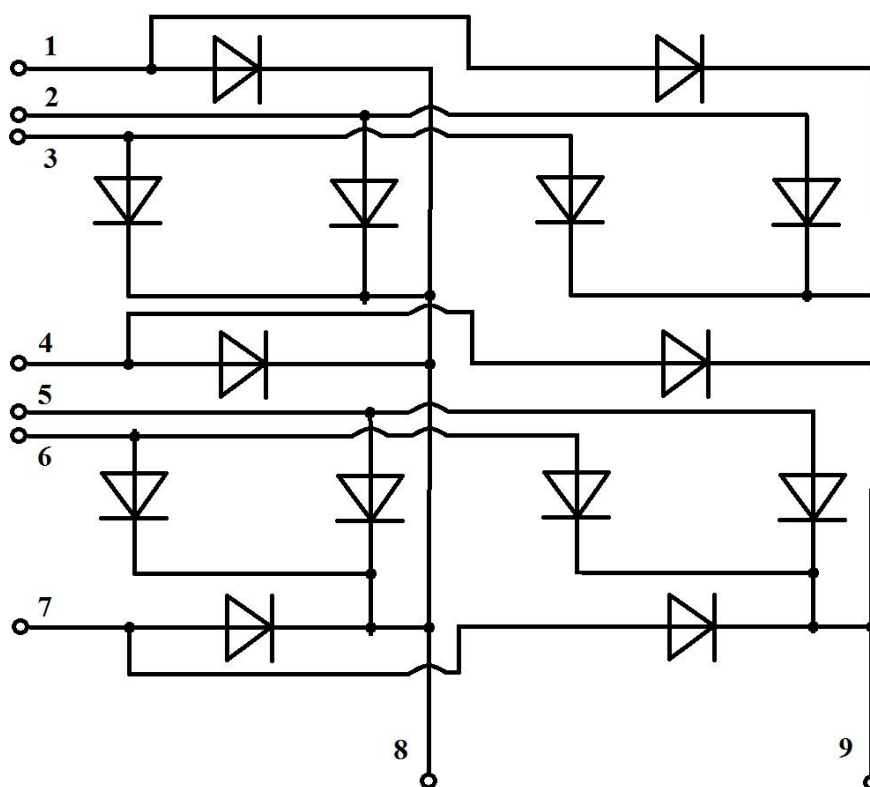


Рис. 2. Разводка многоразрядного индикатора (показаны два разряда): контакты с 1 по 7 – сегменты (аноды), 8 и 9 – разряды (катоды),.

По привычности начертания цифр, оцениваемой по пятибальной системе, значительное преимущество имеют индикаторы девяти - (два типа), восьми - и семисегментные, представленные на рис. 3. Количественные

оценки приведенных форматов шрифтов равны 4,293; 4,134; 4,020 и 3,933 соответственно.



Рис. 3. Структурные рисунки индикаторов, наиболее перспективных с точки зрения привычности начертания цифр

Наиболее высокие оценки по помехоустойчивости имеют десяти - и девяти- сегментные форматы шрифтов. Количественно помехоустойчивость определялась значениями условных вероятностей появления ошибок в случае воздействия помехосбойных (ложных, сходных и несходных искаженных) и правильных изображений. Преимущество имеют десяти -, девяти-сегментные форматы, приведенные на рис. 4.



Рис. 4. Структурные рисунки индикаторов, наиболее перспективных с точки зрения помехоустойчивости

По суммарной оценке технологичности производства (а следовательно, и стоимости), привычности написания цифр и простоте схемных решений для АЛС318 был выбран семисегментный формат цифровых индикаторов.

Уровень комфортного считывания может быть определен по номограммам зависимостей углового размера знака от расстояния наблюдения при заданном размере знака. Учитывая, что острота зрения человека примерно равна одной угловой минуте, при умеренном уровне внешней освещенности для уверенного, комфортного считывания информации угол зрения должен для семисегментных индикаторов составлять примерно шесть-семь угловых минут.

С точки зрения схемных решений по управлению индикаторами все полупроводниковые индикаторы могут быть представлены двумя группами.

К первой группе относятся индикаторы гибридной конструкции, нашедшие применение в промышленных приборах. Они, как правило, имеют большие габаритные размеры. Каждый из сегментов имеет отдельный светодиод, а каждый из светодиодов – свой управляющий вход. К этой же группе относятся семисегментные индикаторы со встроенными схемами управления (К490ИП1, 490ИП1 и К490ИП2, 490ИП2).

Ко второй группе цифровых индикаторов относятся индикаторы монолитной конструкции (в том числе АЛС318). Они изготавливаются методом диффузии полупроводниковых переходов для нескольких индикаторов на одну подложку, т.е. в одном корпусе такого прибора размещено несколько индикаторов (четыре — шесть и более). Такие индикаторы имеют общие управляющие входы для одноименных сегментов нескольких цифр.

Различие в конструкции индикаторов и в организации их выводов требует различного управления ими. Существует два метода управления цифровыми индикаторами: в статическом режиме (или в режиме постоянного тока) и в мультиплексном режиме (или режиме последовательного стробирования цифр).

Статический режим используют для управления полупроводниковыми цифровыми индикаторами в устройствах отображения информации с малой информативной емкостью (индикатор имеет отдельный управляющий вывод для каждого элемента индикации).

Мультиплексный режим применяют для управления индикаторами повышенной и большой информативности (индикаторы монолитной конструкции, имеющие управляющие выходы для одноименных сегментов нескольких цифр, размещенных в одном корпусе). Также мультиплексный режим управления позволяет снизить энергопотребление индикаторов при сохранении их яркостных характеристик.

Для всех семисегментных индикаторов обозначение сегментов унифицировано (рис. 5).

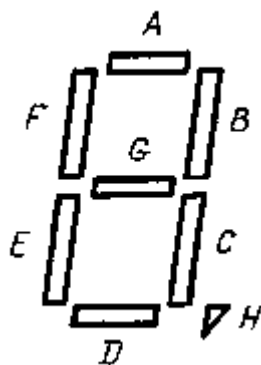


Рис. 5. Обозначение светящихся элементов семисегментного полупроводникового индикатора

Необходимо отметить, что еще одним преимуществом схемы мультиплексного управления индикаторами является то, что она менее энергоемка по сравнению со схемами управления постоянным током. Это объясняется тем, что с возрастанием пикового тока индикаторов на GaAsP светоотдача на единицу тока увеличивается. Рационально использовать импульсное питание индикаторов в редких циклах возобновления информации при значительных пиковых токах.

Таким образом, для обеспечения одной и той же яркости свечения индикатора при управлении им в мультиплексном режиме расходуется меньшая мощность, чем при питании постоянным током.

Учитывая инерционность зрения для обеспечения восприятия информации без миганий и «размазывания», необходимо частоту возобновления информации для индикаторов, размещаемых на неподвижных объектах, поддерживать на уровне 100 Гц. Для приборов индикации, размещаемых на подвижных объектах, подверженных вибрациям, частота возобновления информации поддерживается на уровне, в 5 раз превышающем уровень вибрации. Однако с точки зрения рационального соотношения уровня сложности схем управления и удобства считывания для объектов, подверженных вибрациям с частотами до 2000 Гц, вполне приемлема частота обновления информации 350 - 375 Гц [2].

Знаковый девятиразрядный цифровой индикатор арсенид-фосфид-галлиевый планарный красного цвета свечения АЛС 318 – полупроводниковый индикатор, состоящий из нескольких светоизлучающих диодов, предназначенный для использования в устройствах визуального представления информации в качестве индикатора знаков.

Основные параметры индикатора АЛС 318 приведены в табл. 1, где K – относительный разброс яркости или света оптоэлектронного прибора, P – мощность излучения, I_v – сила света, H – высота знаков в мм, $I_{пр}$ – выходной прямой ток в μ А, λ_m – длина волны, соответствующая максимуму спектральной характеристики излучения, $U_{обр\ max}$ – максимальное обратное напряжение, $U_{пр}$ – прямое выходное напряжение.

Электрические и световые параметры

- Сила света разряда при импульсном прямом токе через каждый сегмент или точку 5 мА..... 950 мккд
- Постоянное прямое напряжение на сегменте или точке при постоянном токе 5 мА, не более..... 1.9 В
- Обратный ток при $U_{обр} = 3$ В на каждом сегменте или точке, не более..... 10 мкА
- Масса прибора не более 7,7 г.
- Сопротивление сегмент - сегмент разряд-разряд, не менее.....2 кОм
- Цвет свечения.....Красный

Предельные эксплуатационные данные

Импульсный ток через сегмент или точку при частоте следования импульсов 100 Гц при любом количестве включенных сегментов и температуре:

от 248 до 308 К..... 40 мА

от 308 до 328 К.....40- 1,2(T- 308), мА

Средний прямой ток через сегмент или точку при любом количестве включенных сегментов при температуре:

от 248 до 308 К..... 3 мА

от 308 до 328 К..... $3 - 0,12(T - 308)$, мА

Рассеиваемая на знаке мощность при включенных семи сегментах и точке и температуре:

от 248 до 308 К..... 45 мВт

от 308 до 328 К..... $45 - 1,8(T - 308)$, мВт

Обратное напряжение любой формы и периодичности..... 5 В

Температура окружающей среды..... От 248 до 328 К

Индикатор состоит из девяти кристаллов, каждый из которых содержит семь сегментов и точку. Внешний вид индикатора и его типовые размеры показаны на рис. 6.

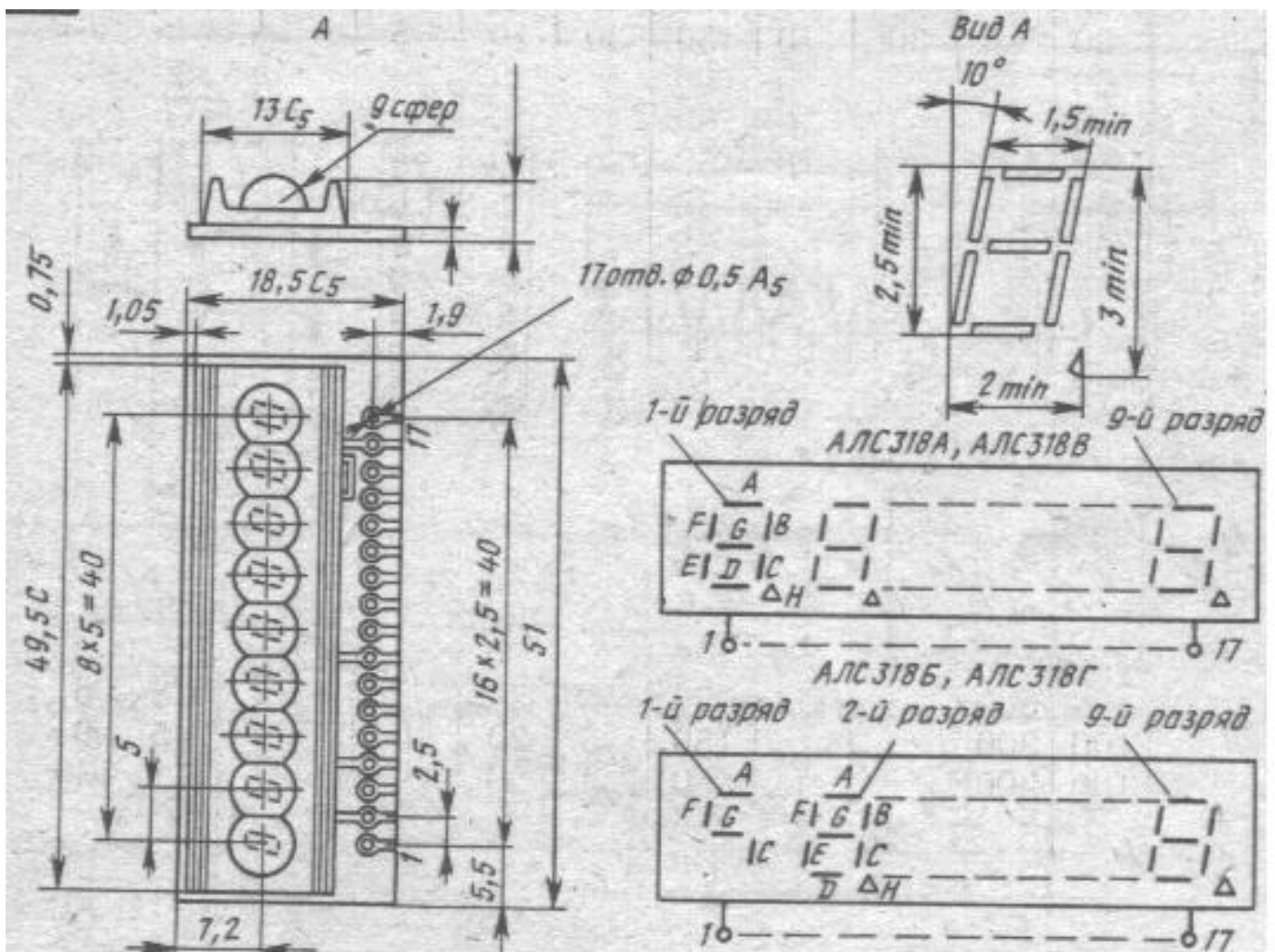


Рис. 6. Внешний вид и типовые размеры индикатора АЛС318

Таблица 1

Основные параметры индикатора АЛС318(А-Г)

Тип	$I_v, В$	$I_{пр}, мА$	$H, мм$	K	$\lambda_m, мкм$	$U_{пр}, В$	$U_o, бр\ макс, В$	$I_{пp\ макс}, мА$	$P, мВт$	$M_{асса}, г$
АЛС318А	0,95	5	2,5(9)	-	-	1,9	5	(40)	(45)	7,7
АЛС318Б	0,95	5	2,5(9)	-	-	1,9	5	(40)	(45)	7,7
АЛС318В	0,95	5	2,5(9)	-	-	1,9	5	(40)	(45)	7,7
АЛС318Г	0,95	5	2,5(9)	-	-	1,9	5	(40)	(45)	7,7

3. Схема подключения АЛС318 к порту принтера компьютера.

Индикатор АЛС318 в лабораторном стенде подключен к параллельному порту компьютера, работающего в стандартном (SPP) режиме. Для выбора сегментов используется восемь линий порта данных (адрес порта 0x378), а для выбора разряда – порт управления с адресом 0x37A (адреса портов заданы в шестнадцатеричной системе счисления). Также через этот порт выдается строб-сигнал, который используется при записи данных в регистр 555ИР23 схемы подключения. Схема подключения представлена на рис. 7.

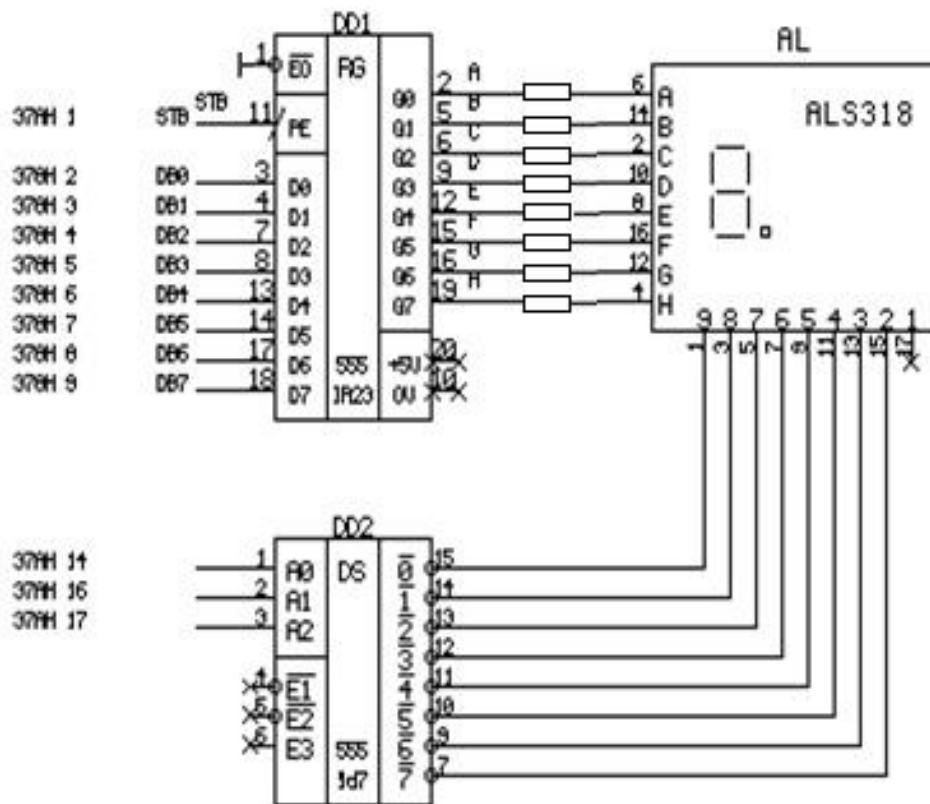


Рис. 7. Схема подключения индикатора АЛС318 к порту принтера.

Регистр 555ИР23 используется для уменьшения нагрузки на выходной каскад порта принтера. На выходе регистра поставлены резисторы, ограничивающие ток, поступающий на светодиоды индикатора. Сопротивление резистора выбирается такой, чтобы величина тока в статическом режиме не превышала 1 мА.

Дешифратор 555ИД7 служит для выбора разряда индикатора. Таким образом, для отображения будет использовано только восемь разрядов.

Следует учесть, что строб-сигнал на вход РЕ регистра подается по нулевому разряду порта 0x37A порта принтера. Причем этот сигнал при передаче инвертируется, то есть, если передаем единицу, то на выходе будет ноль.

Для выбора номера разряда индикатора используются три разряда порта 0x37A с первого по третий.

Для упрощения разводки выходы с дешифратора подключены к индикатору более коротким путем, из-за чего нумерация соединений нарушена (реальное соединение требуется установить экспериментально).

4. Особенности передачи данных на индикатор

При выполнении работы в первую очередь необходимо определить реальные соединения дешифратора с индикатором. Для этого можно воспользоваться представленной ниже программой.

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <conio.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <dos.h>
```

```
const Data = 0x378; /* Порт данных */
```

```
const Razr = 0x37A; /* Порт выбора разрядов и стробирования */
```

```
/* Реальные номера разрядов */
```

```
unsigned char r[] = { 2, 3, 0, 1, 6, 7, 4, 5 };
```

```
/* Коды символов цифр от 0 до 9 */
```

```
unsigned char dg[] = { 63, 6, 91, 79, 102, 109, 125, 7, 127, 111 };
```

```
unsigned char R; /* Число, выводимое по порту 0x37A */
```

```
/* Функция изменения состояния на входе РЕ регистра */
```

```
void UpDn();
```

```
/* Функция формирования стробирующего сигнала на входе РЕ регистра */
```

```
void Strobe();
```

```
/* Функция записи байта данных в регистр */
```

```
void WriteData (unsigned char D);
```

```

/* Функция высвечивает семь сегментов и точку.
Сегменты выделяются по очереди по яркости. */
void Write_8(unsigned char n);

/* Функция показывает сегменты */
void ShowSegment();

/* Функция показывает номера разрядов в статическом режиме */
void ShowDigit ();

/* Главная функция */
int main()
{
    clrscr();

/* Начальная установка строб-сигнала в 0 */
    outport (Razr, 1); // учтено, что выход инверсный
    R = 1;

/* Показать сегменты */
    ShowSegment();

/* Показать цифры и разряды */
    ShowDigit();
    return 0;
}

void UpDn()
{
    R = R ^ 1; // Инверсия первого двоичного разряда
    outport (Razr, R); /* Вывод по порту разрядов */
}

void Strobe()
{
    UpDn (); /* Установить строб-сигнал в 1 */
    UpDn (); /* Сбросить строб-сигнал в 0 */
}

void WriteData (unsigned char D)
{
    outport (Data, D); /* Вывод по порту данных */
    Strobe (); /* Формирование сигнала PE для регистра */
}

```

```

void Write_8(unsigned char n)
{
    int T[ ] = {1,1,1,1,1,1,1,1,1}; /* Начальные значения времени задержки */
    unsigned i, k;
    T[n] *=10; /* Увеличение времени задержки на выбранном сегменте */
    do
    {
        k=1; /* Число для выбора сегмента */
        for (i=0;i<8;i++)
        { WriteData(k); /* Отобразить один сегмент */
          delay(T[i]); /* Сделать паузу */
          k *= 2; /* Определить число для выбора следующего сегмента */
        }
    }
    while( !kbhit() ); // Повторять, если не нажата клавиша
}

```

```

void ShowSegment()
{ unsigned char i;
  puts("Segmets");
  i = 0;
  do
  { printf ("\n%d", i ); /* Номер выделенного сегмента */
    Write_8 (i); /* показать все 8 сегментов, выдели i-ый */
    i++;
    getch();
  } while(i<8);
  puts("end");
}

```

```

void ShowDigit()
{ unsigned char k, i;
  puts("Digits");
  i = 0;
  do
  { if (i<=7) k=i; else k=i-8; /* Вычисление номера позиции (разряда) */
    WriteData(0); /* Убрать цифру на прежней позиции */
    R = 2*r[k]+1; /* Задать реальное число номера позиции */
    WriteData(dg[i]); /* Вывести цифру */
    printf ("\n%d",i);
    i++;
    getch();
  } while(i<=9);
  puts("end");
}

```

5. Научиться выводить на индикатор информацию

Воспользовавшись примерами функций можно достаточно легко реализовать другие функции для вывода информации на индикатор. Вот еще один пример: представленная ниже функция непрерывно выводит на индикатор символы цифр по порядку от 0 до 7, выход из функции произойдет после нажатия на любую клавишу.

```
void Digits_0_7 ()
{ unsigned char k;
  puts("Digits from 0 to 7");
  k = 0;
  do
  {
    WriteData(0); /* Убрать цифру на прежней позиции */
    R = 2*r [k]+1; /* Задать реальное число номера позиции */
    WriteData ( dg [k] ); /* Вывести цифру */
    k++;
    if (k>7) k = 0;
    delay(1); // задержка на одну миллисекунду
  } while( !kbhit() );
}
```

В данной функции есть две особенности, на которые следует обратить внимание:

1. Необходимо убрать на выходе регистра прежнее значение, чтобы оно не попало в новую позицию, то есть реализуется гашение символа перед переходом в новый разряд.

2. Присутствует задержка после вывода очередной цифры для того, чтобы человеческий глаз успел запомнить отображаемый символ.

В этом примере функция будет хорошо работать и без задержки, так как изображение не меняется. Если же изображение будет меняться, например, при выводе бегущей строки, будет необходимо менять изображение на всех разрядах не реже, чем 24 раза в секунду. То есть на изображение всего кадра нужно потратить не более 1/24 доли секунды (41,7 миллисекунды), а на изображение одного разряда около 5 миллисекунд или меньше (при использовании восьми разрядов). Главное чтобы весь кадр перерисовывался каждые 40 миллисекунд или чаще.

Индивидуальное задание по отображению информации на индикаторе определяет преподаватель.

Список рекомендуемой литературы

1. **Шуберт Ф.** Светодиоды / Пер. с англ. под ред А. Э Юновича. – 2-е изд. – ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496с.
2. **Солдатов А.И.** Электронные средства обработки и отображения информации: Учебное пособие / А.И.Солдатов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 177 с.