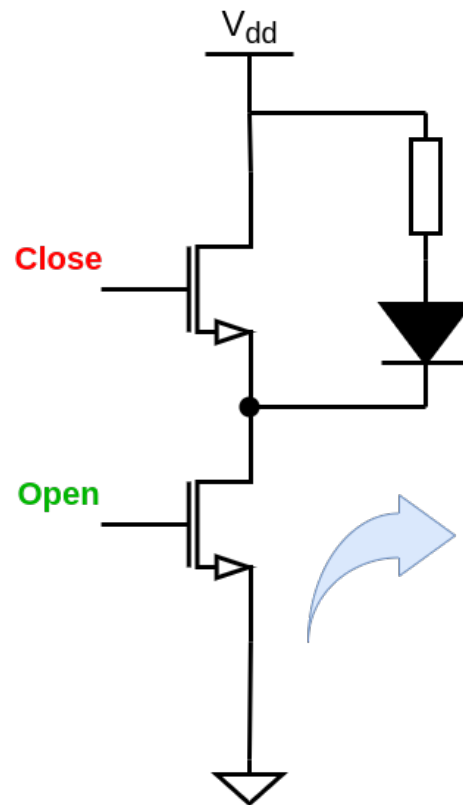
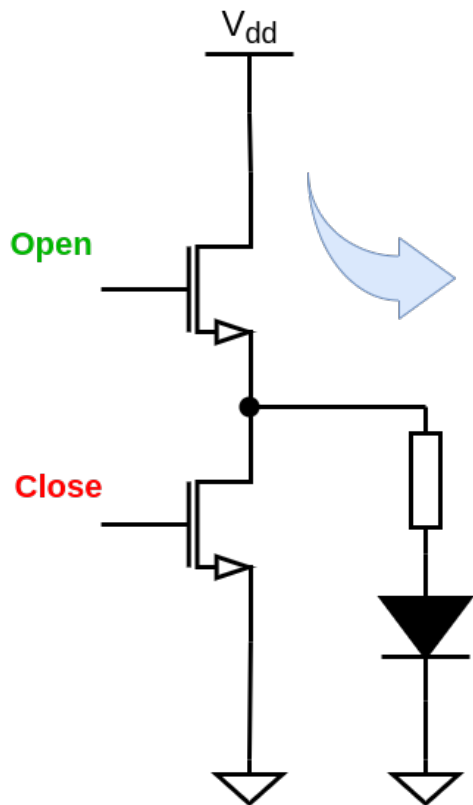


# Комбинационная логика для вывода букв и графики

Дмитрий Смехов

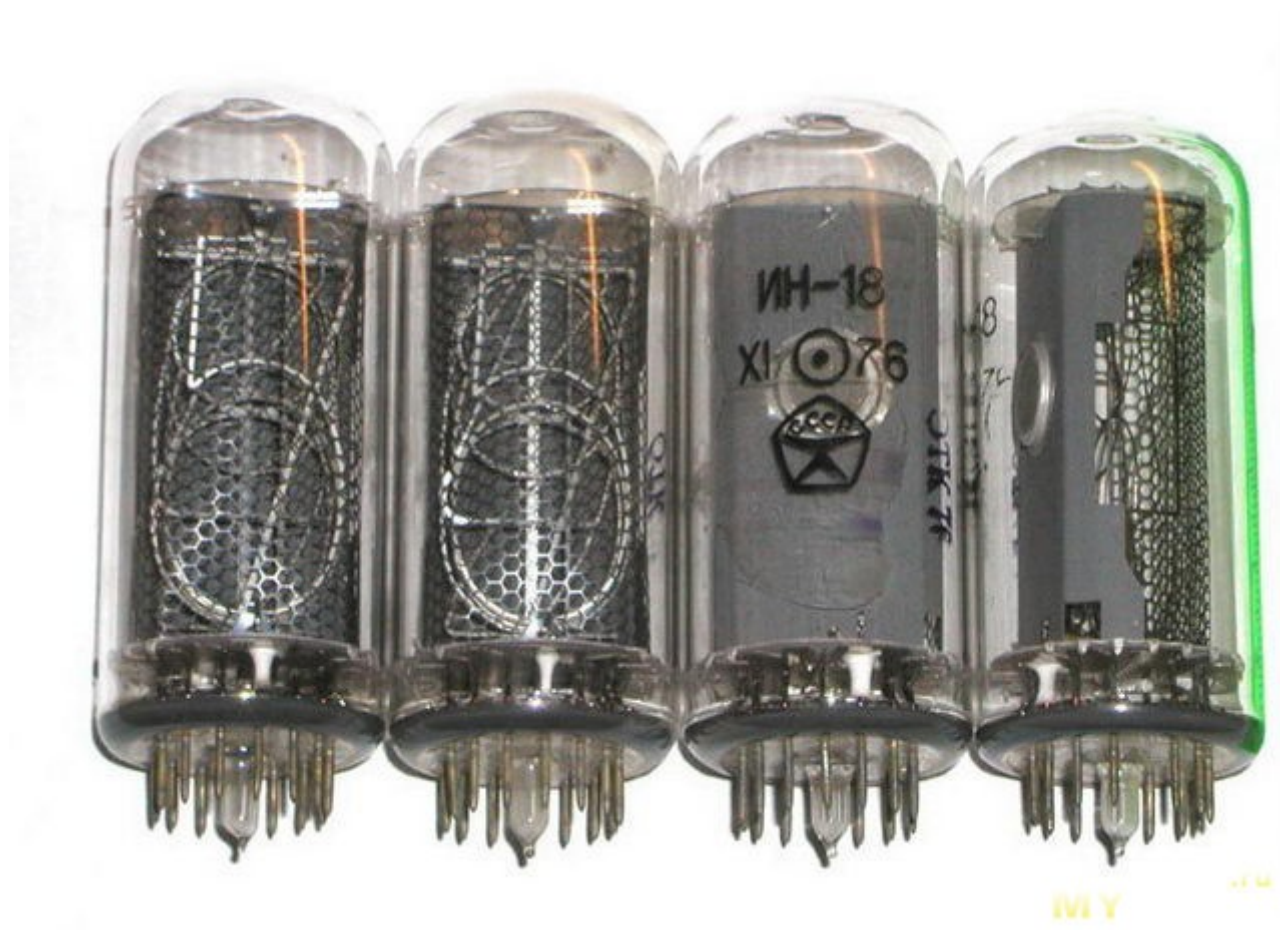
# Подключение светодиода

Светодиод  
светится при  
логической 1



Светодиод  
светится при  
логическом 0

# Цифровой индикатор



# Семисегментный ламповый индикатор

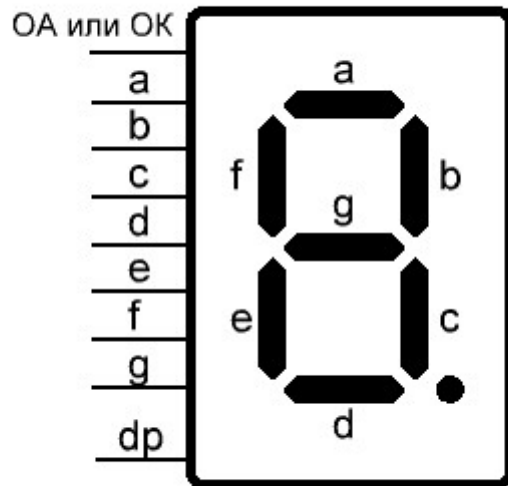


# Многоразрядный индикатор



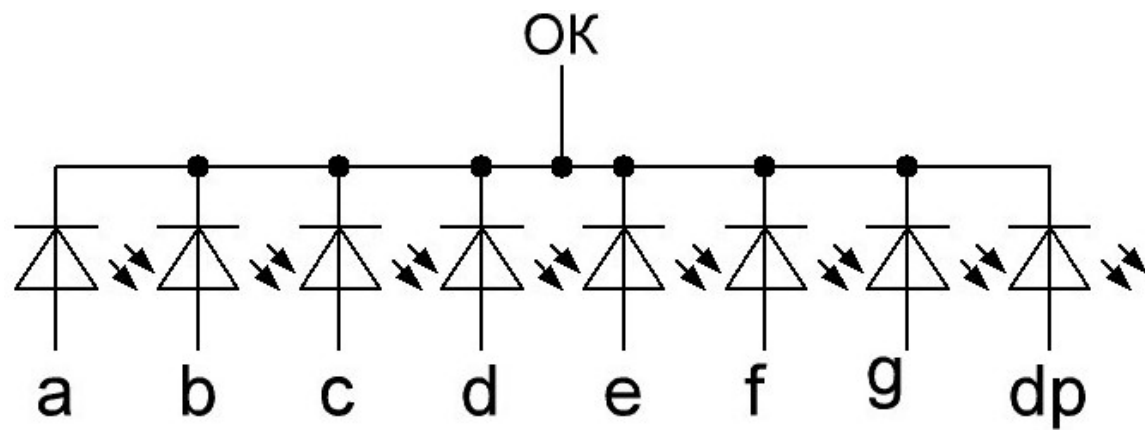
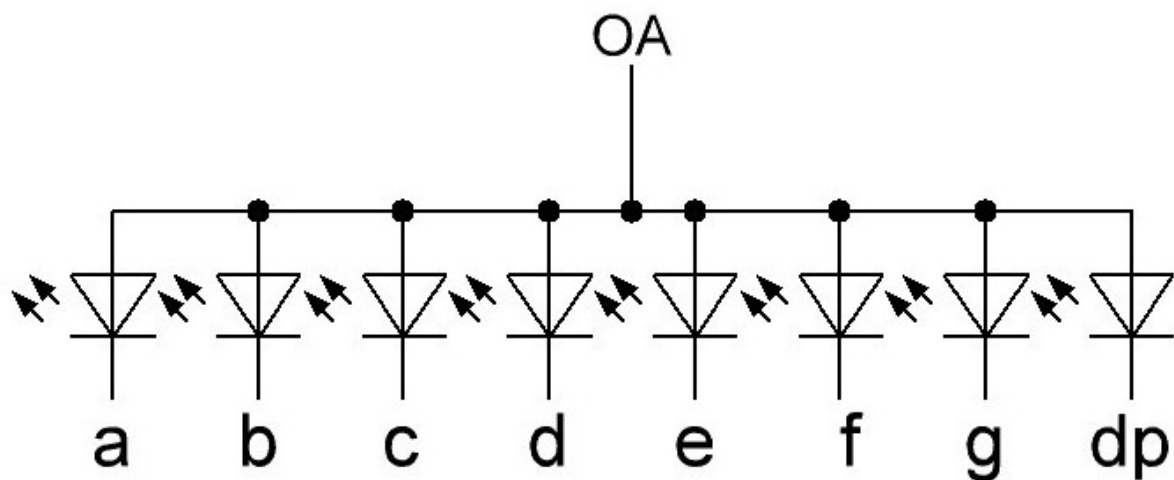
<https://mysku.club/blog/ebay/46749.html>

# Вид индикатора



<https://www.ruselectronic.com/sjemisjegmjentnyj-indikator/>

# Варианты исполнения



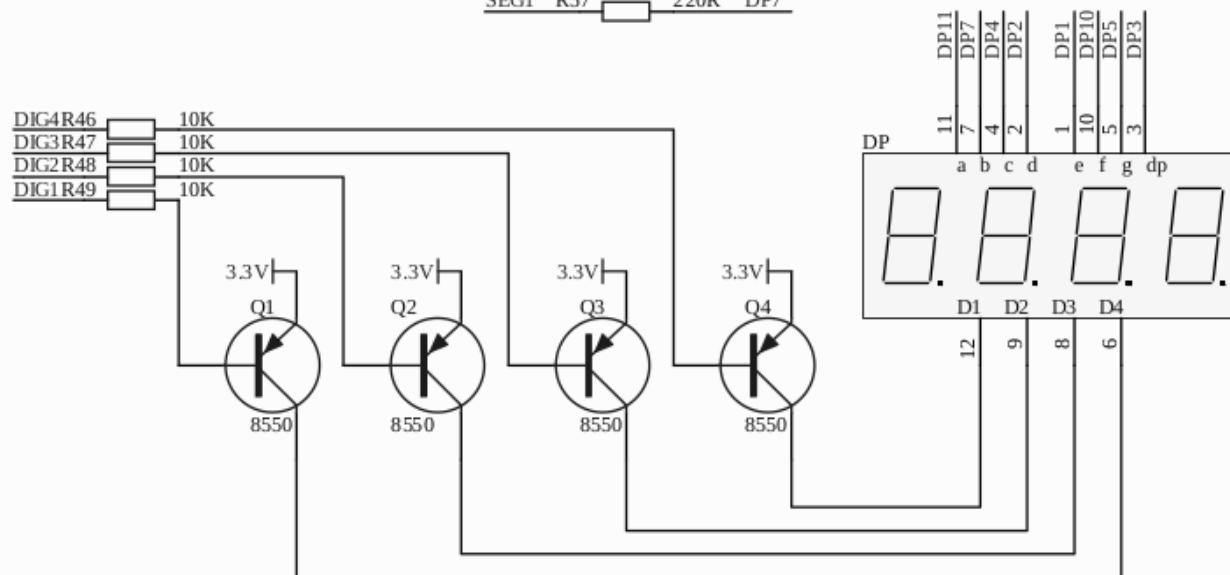
# Фрагмент схемы модуля RZRD

Digital Tube

共阳数码管

SEG4	R50	220R	DP1
SEG3	R51	220R	DP2
SEG0	R52	220R	DP11
SEG7	R53	220R	DP3

SEG5	R54	220R	DP10
SEG2	R55	220R	DP4
SEG6	R56	220R	DP5
SEG1	R57	220R	DP7



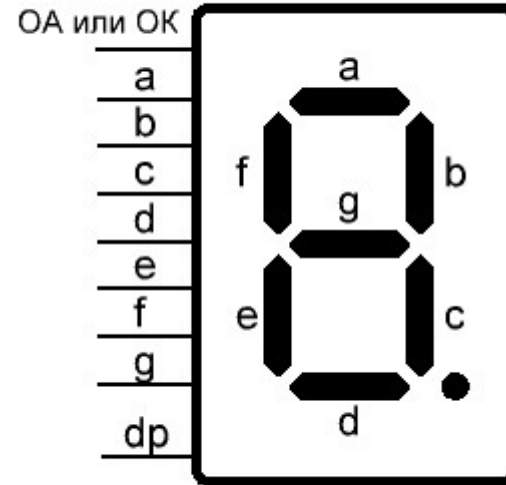


# Подключение индикатора

```
module my_comp (  
    output [7:0] abcdefgh,  
    output [3:0] digit  
);  
  
assign digit      = 4'b1100  
assign abcdefgh = 8'b10011111  
  
endmodule
```

digit — определяет цифру  
abcdefgh — определяет сегмент внутри цифры

Сегмент горит когда разряд digit для этой цифры равен 0  
и когда разряд сегмента равен 0



# Подключение VGA

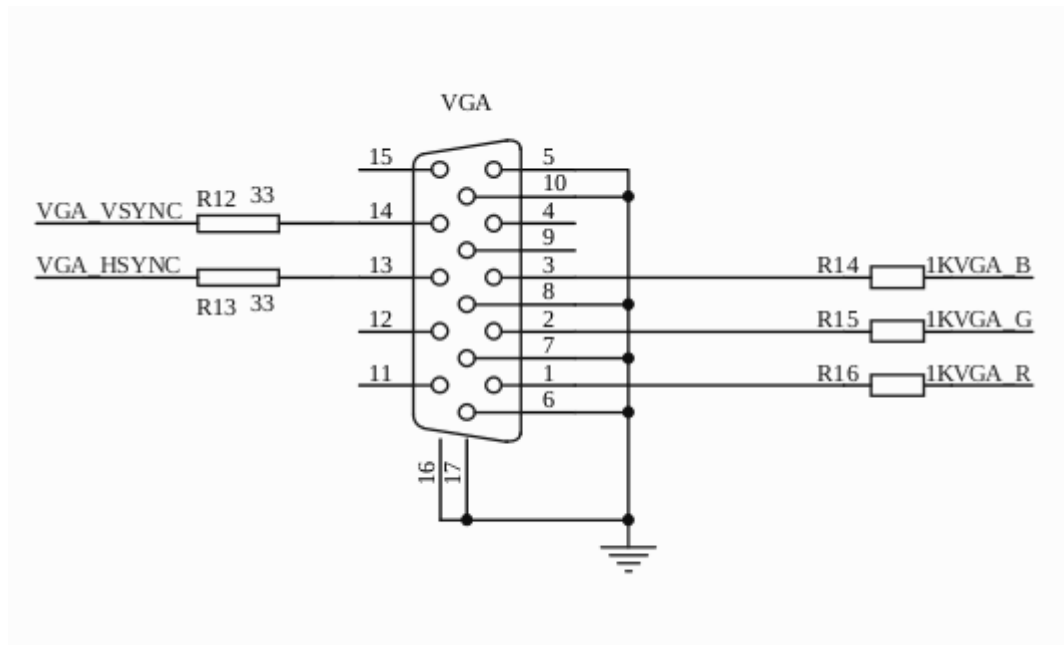
```

module my_and2 (
    output          hsync,
    output          vsync,
    output logic [2:0] rgb
);

...

endmodule

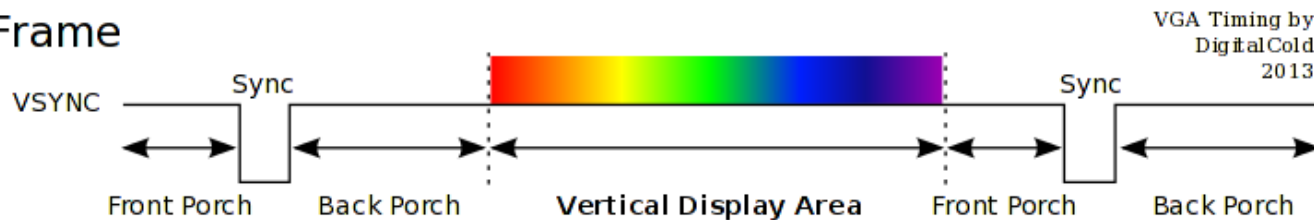
```



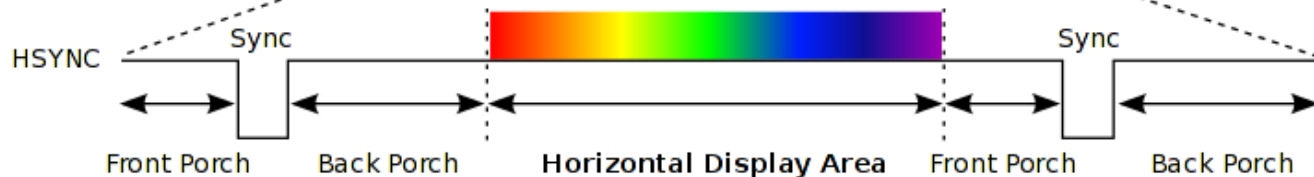
На разъёме VGA сигналы RGB являются аналоговыми

# Временная диаграмма

## Frame

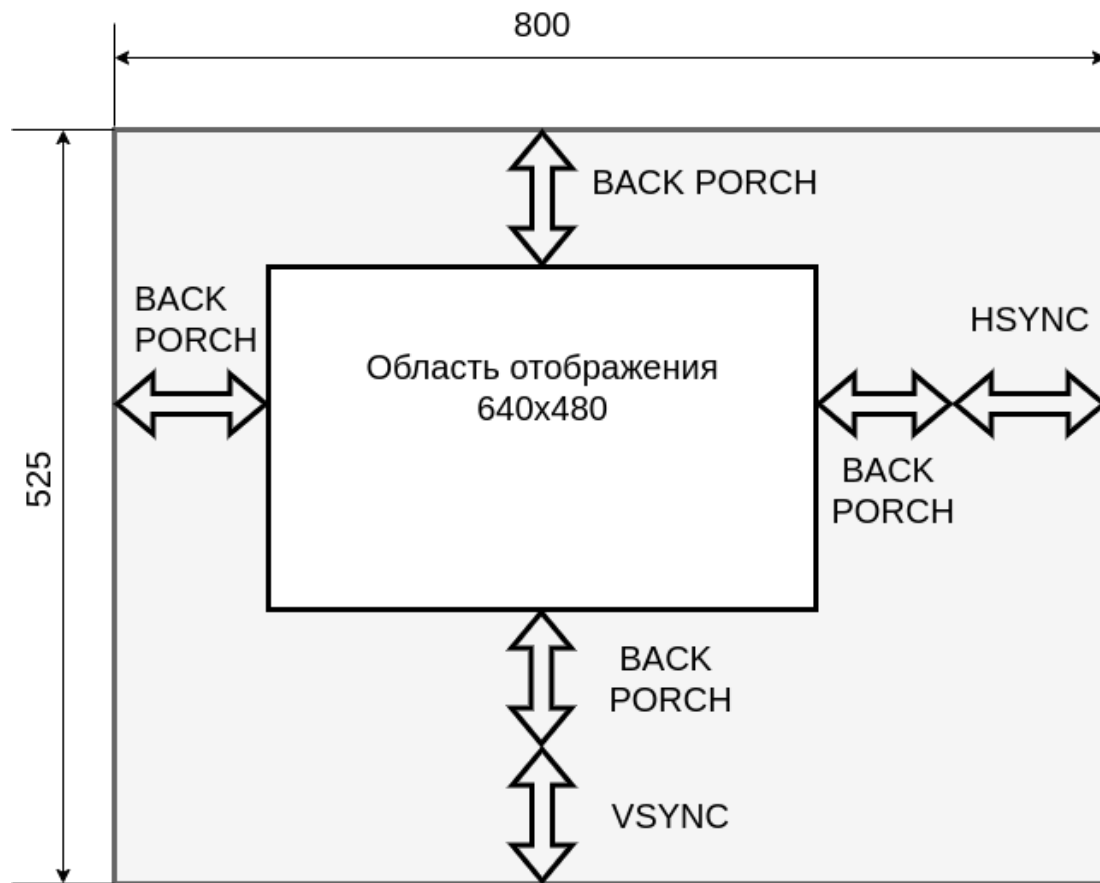


## Scanline



<https://habr.com/ru/companies/metrotek/articles/282189/>

# Экран VGA



# Параметры компонента

```
module vga
```

```
# (
```

```
    parameter N_MIXER_PIPE_STAGES = 0,
```

```
        HPOS_WIDTH    = 10,
```

```
        VPOS_WIDTH    = 10,
```

```
    // Horizontal constants
```

```
        H_DISPLAY     = 640, // Horizontal display width
```

```
        H_FRONT       = 16, // Horizontal right border (front porch)
```

```
        H_SYNC        = 96, // Horizontal sync width
```

```
        H_BACK        = 48, // Horizontal left border (back porch)
```

```
    // Vertical constants
```

```
        V_DISPLAY     = 480, // Vertical display height
```

```
        V_BOTTOM      = 10, // Vertical bottom border
```

```
        V_SYNC        = 2,  // Vertical sync # lines
```

```
        V_TOP         = 33, // Vertical top border
```

```
        CLK_MHZ       = 50, // Clock frequency (50 or 100 MHz)
```

```
        VGA_CLOCK     = 25  // Pixel clock of VGA in MHz
```

```
)
```

```
module vga
#
(
  // здесь описание параметров из предыдущего слайда
)
(
  input                                clk,
  input                                reset,
  output logic                         hsync,
  output logic                         vsync,
  output logic                         display_on,
  output logic [HPOS_WIDTH - 1:0]     hpos,
  output logic [VPOS_WIDTH - 1:0]     vpos
);

localparam H_SYNC_START = H_DISPLAY + H_FRONT + N_MIXER_PIPE_STAGES,
           H_SYNC_END   = H_SYNC_START + H_SYNC - 1,
           H_MAX         = H_SYNC_END   + H_BACK,

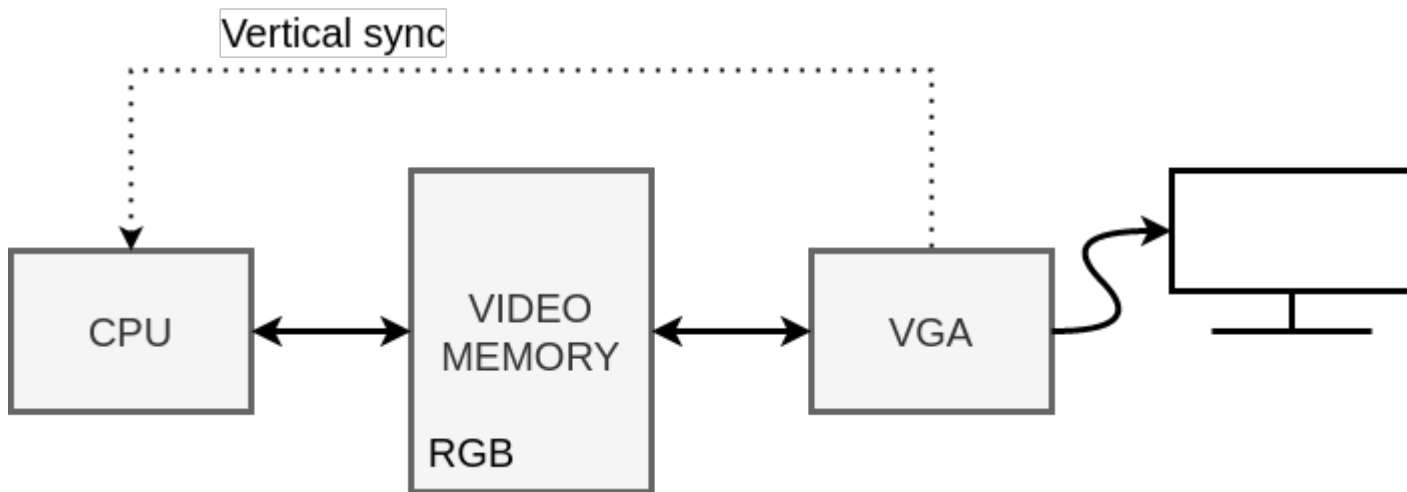
           V_SYNC_START = V_DISPLAY + V_BOTTOM,
           V_SYNC_END   = V_SYNC_START + V_SYNC - 1,
           V_MAX         = V_SYNC_END   + V_TOP;
```

# Установка параметров

```
vga
# (
    .CLK_MHZ      ( 100 ) // Clock frequency (50 or 100 MHz)
)
vga
(
    .* // подключение всех портов по именам
);
```

Пример подключения компонента с переопределением параметра CLK\_MHZ

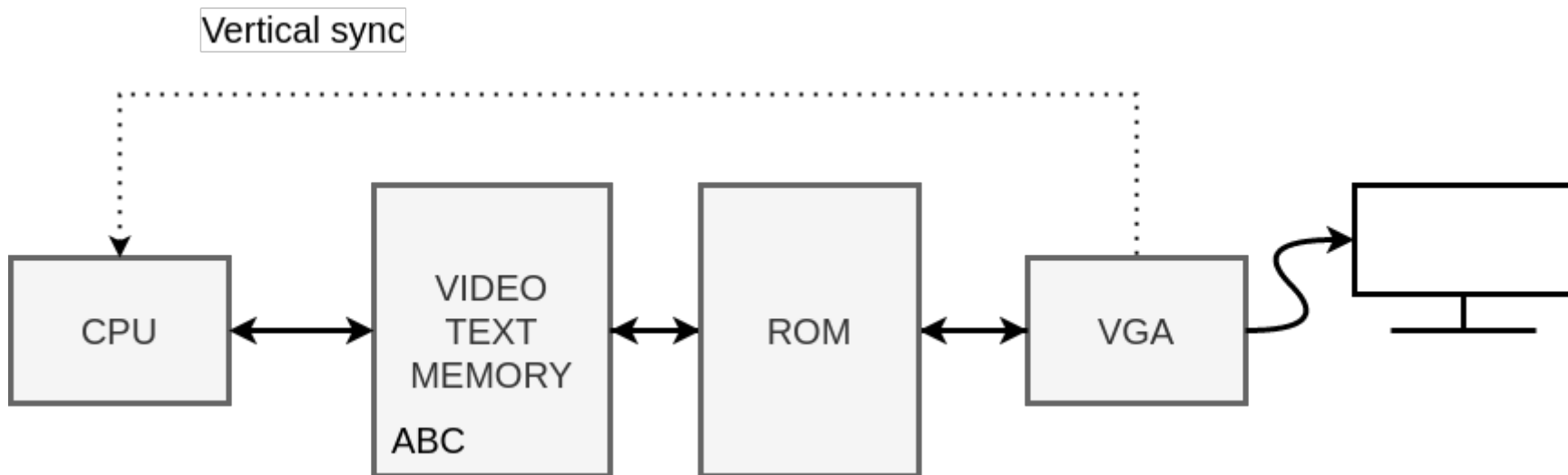
# Использование видеопамяти



640x480x1 = 307200 байт — графический дисплей  
256x3 = 768 байт — память перекодирования цвета



# Использование генератора символов



$640 \times 480 \times 1 = 307200$  байт — графический дисплей

$256 \times 3 = 768$  байт — память перекодирования цвета

$80 \times 25 \times 2 = 4000$  байт — память текста

$256 \times 8 = 2048$  байт — память изображения символов

# Генератор изображений

