

Sterownik VGA

Sterownik VGA powinien generować impulsy synchronizacji poziomej (VGA_HS) i pionowej (VGA_VS) oraz sterować liniami wyjściowymi kolorów (VGA_R, VGA_G, VGA_B) przekazując na nie wartości zadane na wejściu RGB (w obszarze wyświetlania) oraz wygaszając kolory (poza obszarem wyświetlania). Aby umożliwić współpracę sterownika z modułami generowania obrazów potrzebne będą również dodatkowe wyjścia, na których powinny być podawane współrzędne aktualnie wyświetlanego piksela (PIX_X i PIX_Y).

Szczegółowy opis portu VGA i przebiegi czasowe dla sygnałów synchronizacji można znaleźć w dokumencie "*Spartan-3E FPGA Starter Kit Board User Guide*" (od strony 55), link poniżej:

<http://staff.iiar.pwr.wroc.pl/antoni.sterna/ucsw/ug230.pdf>

Zakładamy, że moduł sterownika VGA będzie pracował w trybie 640 x 480, 60 Hz.

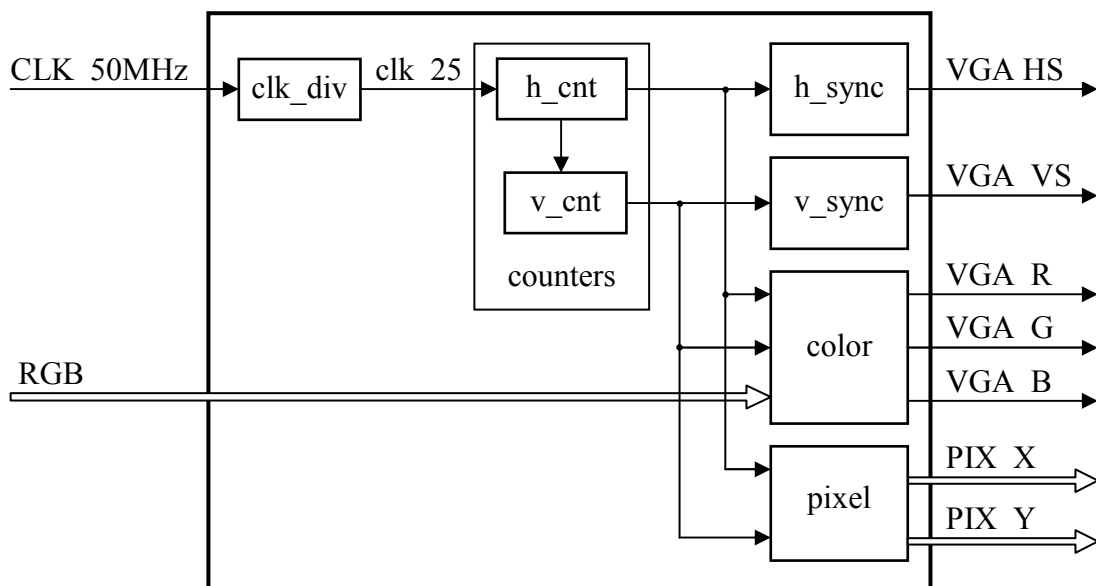
Interfejs

entity vga_driver is

```
port ( CLK_50MHz : in STD_LOGIC;  
      RGB       : in STD_LOGIC_VECTOR(2 downto 0);  
      VGA_R    : out STD_LOGIC;  
      VGA_G    : out STD_LOGIC;  
      VGA_B    : out STD_LOGIC;  
      VGA_HS   : out STD_LOGIC;  
      VGA_VS   : out STD_LOGIC;  
      PIX_X    : out STD_LOGIC_VECTOR(9 downto 0);  
      PIX_Y    : out STD_LOGIC_VECTOR(8 downto 0) );
```

end vga_driver;

Struktura logiczna



Procesy

Kod VHDL sterownika VGA powinien być przejrzysty, dlatego trzeba go podzielić na procesy związane z funkcjami realizowanymi przez sterownik, zgodnie z pokazaną wyżej strukturą logiczną.

clk_div : process(CLK_50MHz)

Dzielnik zegara wejściowego 50 MHz. Na podstawie sygnału wejściowego *CLK_50MHz* generowany jest wewnętrzny sygnał *clk_25* (25 MHz).

counters : process(clk_25)

Liczniki odchylenia poziomego (piksele w linii: *h_cnt* = 0 .. 799) i pionowego (linie: *v_cnt* = 0 .. 520). Licznik *v_cnt* jest inkrementowany po przepełnieniu licznika *h_cnt*.

h_sync : process(h_cnt)

Na podstawie licznika odchylenia poziomego *h_cnt* generowany jest sygnał synchronizacji poziomej *VGA_HS*.

v_sync : process(v_cnt)

Na podstawie licznika odchylenia pionowego *v_cnt* generowany jest sygnał synchronizacji pionowej *VGA_VS*.

color : process(h_cnt, v_cnt, RGB)

Na podstawie liczników odchylenia poziomego *h_cnt* i pionowego *v_cnt* generowane są wyjściowe sygnały kolorów (*VGA_R*, *VGA_G*, *VGA_B*) według następujących zasad:

- jeśli liczniki *h_cnt* i *v_cnt* są w obszarze wyświetlania, to na wyjścia kolorów przekazywane są stany linii kolorów z wektora wejściowego RGB,
- jeśli liczniki *h_cnt* i *v_cnt* są poza obszarem wyświetlania, to wyjścia kolorów powinny być wyłączone (stan logiczny 0, kolor czarny).

pixel : process(h_cnt, v_cnt)

Na podstawie liczników odchylenia pionowego *h_cnt* i poziomego *v_cnt* generowane są współrzędne bieżącego piksela (*PIX_X*, *PIX_Y*) według następujących zasad:

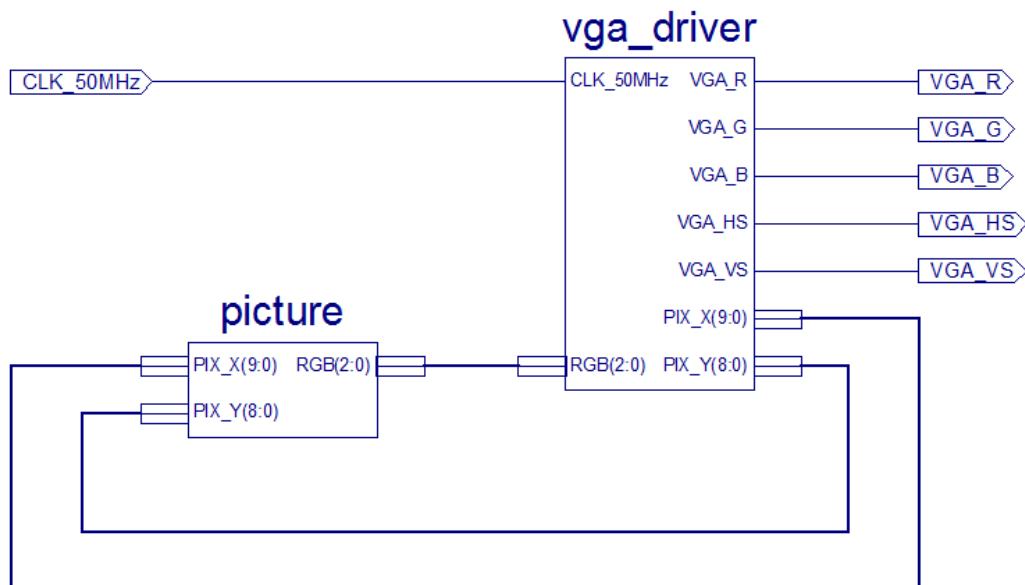
- jeśli liczniki *h_cnt* i *v_cnt* są w obszarze wyświetlania, to wyjścia współrzędnych piksela generowane są na podstawie stanu liczników *h_cnt* i *v_cnt* i powinny być w zakresie: *PIX_X* = 0 .. 639, *PIX_Y* = 0 .. 479,
- jeśli liczniki *h_cnt* i *v_cnt* są poza obszarem wyświetlania, to na wyjściach współrzędnych piksela powinny być wystawione wartości spoza normalnego zakresu wyświetlania, na przykład: *PIX_X* = 640, *PIX_Y* = 480.

Ponieważ w procesach *color* i *pixel* występują identyczne warunki, służące do określenia obszaru wyświetlanego (na podstawie stanu liczników *h_cnt* i *v_cnt*), oba te procesy można połączyć w jeden proces:

color_pixel : process(h_cnt, v_cnt, RGB)

Przykład użycia sterownika

Poniżej pokazany jest najprostszy przykład użycia modułu sterownika VGA, w którym współpracuje on z modulem *picture* generującym stały obraz.



Moduł *picture* na podstawie danych na wejściach PIX_X i PIX_Y wystawia na wyjściu RGB kod jednego z ośmiu kolorów. Można w ten sposób uzyskać stały obraz, na przykład ekran podzielony na dwa kolory (w pionie lub poziomie) lub składający się z czterech ćwiartek o różnych kolorach.

Aby uzyskać obraz zależny od sygnałów zewnętrznych trzeba uzupełnić moduł *picture* o dodatkowe wejścia. Pojedyncze wejście może służyć na przykład do wyboru jednego z dwóch różnych obrazów albo w pewien sposób modyfikować obraz (na przykład przy aktywnym wejściu na stałym kolorze tła wyświetlany jest prostokąt w innym kolorze).

Wyświetlanie obrazów dynamicznych wymaga doprowadzenia na wejście modułu *picture* sygnału zegarowego. Sygnał ten (odpowiednio podzielony) może być użyty do zmiany współrzędnych wyświetlanego obiektu (może to być na przykład kwadrat poruszający się po ekranie i "odbijający" się od krawędzi).