

## Zadání:

1. Seznamte se s rozhráním VGA, prostudujte jednotlivé signály.
2. Seznamte se s implementací rozhraní VGA na FITkitu.
3. Připojte k FITkitu monitor. Volitelně můžete použít přípravek, který umožní sledovat jednotlivé signály rozhraní na osciloskopu a nastavte osciloskop tak, abyste mohli sledovat přenos dat na rozhraní.
4. Pomocí QDevKitu nahrejte do FITkitu aplikaci ITP/VGA. V tomto cvičení pracujte pouze s touto aplikací.
5. V kódu této aplikace se nachází 5 chyb. Najděte je a opravte. Chyby se mohou nacházet pouze v souborech **tetris\_top.vhd** a **vga\_ctrl.vhd**.

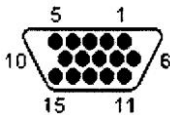
## Popis jednotlivých signálů rozhraní VGA:

Pin	Name	Směr	Popis
1	RED	→	Red video (75 ohm, 0.7V p-p)
2	GREEN	→	Green video (75 ohm, 0.7V p-p)
3	BLUE	→	Blue video (75 ohm, 0.7V p-p)
4	ID2	←	Monitor ID Bit 2
5	GND	—	Ground
6	RGND	—	Red Ground
7	GGND	—	Green Ground
8	BGND	—	Blue Ground
9	KEY		Key (No pin)
10	SGND	—	Sync Ground
11	ID0	←	Monitor ID Bit 0
12	ID1 or SDA	←	Monitor ID Bit 1
13	HSYNC or CSYNC	→	Horizontal Sync (or Composite Sync)
14	VSYNC	→	Vertical Sync
15	ID3 or SCL	←	Monitor ID Bit 3

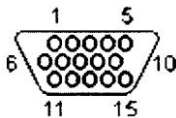
Směr je z počítače do monitoru.

## Stručný popis rozhraní VGA:

- Na videokartě naleznete konektor: 15 PIN HIGHDENSITY D-SUB FEMALE



- Na kabelu k monitoru je pak konektor opačný 15 PIN HIGHDENSITY D-SUB MALE



- Délka spojovacího kabelu se odráží na kvalitě (resp. ostrosti) obrazu. Proto se doporučuje používat kabel stíněný
- Každá barva má svůj vlastní zemnicí spoj
- Monitor se identifikuje pomocí signálů ID0-3

## VGA rozhraní na FITkitu

VGA port je analogové rozhraní sloužící k připojení zobrazovacího zařízení k výstupu grafické karty. Pro přenos dat se využívá jednoduchý protokol, který obsahuje dva typy synchronizačních pulsů. Zobrazovaná data jsou reprezentována třemi základními barevnými složkami, ze kterých je možné vytvořit širokou škálu barev (typicky 16 milionů). Jedná se o následující barvy: červenou (red), zelenou (green) a modrou (blue). Aby bylo možné jednoznačně určit pozici právě zobrazovaných dat, je zapotřebí kromě informace o barvě i informace o pozici. Pozice je určena pomocí dvou typů synchronizačních pulsů a sice vertikální a horizontální synchronizace. Způsob zobrazování, tj. rozlišení a obnovovací frekvence, jsou připojenou periferií automaticky detekovány podle délky a trvání synchronizačních pulsů. Výhodou je to, že zobrazovací zařízení připojené na VGA port nepotřebuje žádné další informace o režimu apod.

**Pro aktivování grafického portu VGA na FITkitu musí být spojena propojka J6.**

VGA je jednosměrný (výstupní) port pro připojení zobrazovacích periferií. V nejjednodušším případě tvoří rozhraní pět signálů. A sice tři analogové signály - VGA\_RED, VGA\_GREEN, VGA\_BLUE, každý pro jednu ze složek RGB. A dva synchronizační signály (aktivní v logické 0) - horizontální VGA\_HSYNC pro zpětný řádkový běh a vertikální VGA\_VSYNC pro zpětný obrazový běh. Z důvodů zmenšení počtu bitů potřebných pro reprezentaci jednotlivých barevných složek a zjednodušení hardware, jsou ve FITkitu použity tři jednoduché tříbitové odporové digitálně analogové převodníky. Na monitoru máme možnost zobrazit maximálně  $2^9=512$  různých barev.

Port VGA využívá časování závislého na aktivním rozlišení. Jednotlivé pixely jsou s určitou frekvencí odesílány pomocí signálů VGA\_RED, VGA\_BLUE a VGA\_BLUE. Synchronizační VGA\_HSYNC, VGA\_VSYNC mají negativní polaritu a jsou ve stavu logická 1. Jakmile jsou vyslány všechny barevné hodnoty pro body daného řádku, nastává prodleva (nutná pro návrat elektronového děla monitoru na začátek dalšího řádku). Tato prodleva trvá určitý čas a v tomto čase je aktivní synchronizační puls VGA\_HSYNC, což znamená, že je určitý čas ve stavu 0. Po této prodlevě následuje stejným způsobem následující řádek.

Když nastává konec posledního řádku aktivního grafického rozlišení, je nutné navíc aktivovat vertikální synchronizační puls. Tento puls je mnohonásobně delší než horizontální. Vše musí být řízeno vnitřním časováním zařízení, které grafická data vysílá tímto portem. Přijímající zařízení se podřizuje charakteru vstupních dat a dle těchto charakteristik nastavuje rozlišení a obnovovací frekvenci. Proto nemusí být několik prvních snímků zobrazených správně a nebo vůbec, než se zařízení správně zasynchronizují. V praxi to není při obnovovacích frekvencích, které grafický port VGA využívá, viditelné.

## Příklady časování

**Tabulka : Příklady horizontálních synchronizačních pulsů**

Rozlišení	Obnovovací frekvence [Hz]	CLK [MHz]	Bodů na řádek	Délka horizontální synchronizace [bodů]	Viditelných bodů
640x480	60	25.175	800	96	640
640x480	72	31.5	832	40	640
720x400	70	28.322	900	108	720
720x350	70	28.322	900	108	720
800x600	56	36	1024	72	800
800x600	60	40	1056	128	800
800x600	72	50	1024	120	800

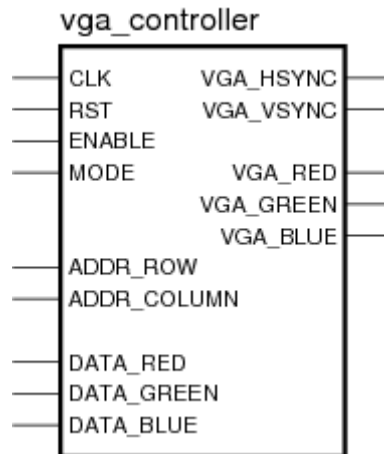
**Tabulka : Příklady vertikálních synchronizačních pulsů**

Rozlišení	Obnovovací frekvence [Hz]	Počet řádků na obraz	Délka vertikální synchronizace [řádků]	Viditelných řádků
640x480	60	525	2	480
640x480	72	520	3	480
720x400	70	449	2	400
720x350	70	449	2	350
800x600	56	625	1	600
800x600	60	628	4	600
800x600	72	666	6	600

## Implementace VGA řadiče na FITkitu

Navrhnutý řadič je schopen generovat signály pro port VGA pro téměř libovolný grafický režim. Volba režimu se provádí nastavením určité hodnoty na vstupní 61 bitový signál **MODE**. Tuto hodnotu je nutné držet po celou dobu aktivity řadiče. Nastavení lze provést pomocí funkce *setmode*, která je dostupná v balíku *vga\_controller\_cfg*, kde jsou také přednastaveny hodnoty pro několik grafických režimů. Vstupní hodiny **CLK** musí mít frekvenci dle požadovaného rozlišení. Frekvence hodinového signálu v závislosti na zvoleném rozlišení je uvedena v tabulce ve sloupci CLK. Jakmile je nastavený režim a řadič je aktivní, tj. signál **RST** je v log. 0 a signál **ENABLE** v log. 1, začne řadič generovat výstupní data. Požadované RGB hodnoty se nastavují pomocí signálů **DATA\_RED**, **DATA\_GREEN** a **DATA\_BLUE**. Všechny tyto barvonosné signály jsou 3 bitové. Všechny signály začínající názvem "signal:VGA\_", se zapojují na grafický port VGA jen s tím rozdílem, že digitální 3 bitové barvonosné hodnoty jsou pomocí D/A převodníku převedeny na analogový signál. Pozici zobrazovaných dat určuje dvojice signálů - **ADDR\_COLUMN** (číslo sloupce) a **ADDR\_ROW** (číslo řádku). Maximální hodnoty jsou závislé na nastaveném režimu - např. pro 640x480 se hodnota **ADDR\_COLUMN** pohybuje v rozsahu 0-639 a hodnota **ADDR\_ROW** v rozsahu 0-479.

Protože počet taktů mezi požadavkem na data a vlastním vystavením dat se v závislosti na periférii připojené k VGA řadiči může lišit, existuje v řadiči generický parametr **REQ\_DELAY**, pomocí kterého je možné nastavit, kolik taktů potřebuje periférie mezi požadavkem (nastavením **ADDR\_COLUMN**, **ADDR\_ROW**) a vystavením barevných hodnot pro tento požadavek (na signálech **DATA\_RED**, **DATA\_GREEN** a **DATA\_BLUE**). Výchozí hodnota je 1, což znamená, že v taktu bezprostředně následujícím za požadavkem musí být vystavena platná data.



#### Popis generických parametrů entity řadiče:

- **REQ\_DELAY** - zpoždění, definující počet taktů mezi vystavením adresy na signálech **ADDR\_ROW/ADDR\_COLUMN** a očekáváním platných vstupních dat na signálech **DATA\_RED, DATA\_GREEN** a **DATA\_BLUE**.

#### Popis vstupních a výstupních signálů entity řadiče:

- **DATA\_RED, DATA\_GREEN, DATA\_BLUE** - hodnoty barev RGB pro požadovaný obrazový bod
- **MODE** - nastavení grafického režimu VGA
- **ADDR\_ROW, ADDR\_COLUMN** - číslo řádku a číslo sloupce určující pozici bodu, který se bude zobrazovat
- **CLK** - vstupní hodinový signál řadiče (frekvence dle rozlišení!)
- **RST** - reset řadiče
- **ENABLE** - aktivace řadiče
- **VGA\_RED, VGA\_GREEN, VGA\_BLUE, VGA\_HSYNC, VGA\_VSYNC** - signály připojené na VGA port

## Popis aplikace Tetris

Tato aplikace umožňuje si zahrát oblíbenou hru Tetris na vašem FITkitu. Herní plocha se zobrazuje na externím monitoru, který je připojen přes rozhraní VGA.

Aplikaci je možné spustit příkazem START přes terminál. Pokud vás nebaví začínat s prázdným polem, můžete pomocí příkazu LEVEL vygenerovat náhodně řádky, které je zapotřebí v průběhu hry odstranit. Hru lze též spustit stiskem libovolné klávesy na FITkitu. Je-li stisknuta klávesa 1-9, dojde při spuštění k nastavení příslušného levelu (počtu částečně složených řádků na počátku hry). Tetris má běžné ovládání - doleva, doprava, otočit a posunout kostičku níže. Hrací kostička se po uplynutí časového limitu posouvá níže. Rychlost, jakou se kostičky posouvají, je možné měnit pomocí příkazu SPEED. S počtem odebraných řádků se rychlost posouvání zvyšuje. Současná rychlost je zobrazena vpravo pod

nápisem Speed. Počet úspěšně odstraněných řádků se zobrazuje na LCD displeji FITkitu. Jakmile kostička narazí na jinou nebo na dno hrací plochy, není již možné s ní hýbat. Z hrací se odstraní vyplněné řádky a hráč dostává novou kostičku. Následující kostička je zobrazena vlevo pod nápisem Next.

Hra končí v momentě, kdy se další kostička již nevejde na hrací plochu.

### Ovládání hry

Konfigurace a spuštění hry pomocí příkazů zadaných v terminálu:

- SPEED N - nastaví rychlost padání kostiček (0-9)
- LEVEL N - nastaví počet předvyplněných řádků u nové hry (0 - 15)
- START - spustí novou hru
- STOP - ukončí aktuální hru
- RESTART - ukončí aktuální hru a spustí novou
- HELP - vypíše nápovědu

Spuštění a ovládání hry pomocí klávesnice FITkitu:

- 1-9 - start, level 1-9
- 4 - doleva
- 6 - doprava
- 8 - dolů
- 2 nebo 5 - otočení kostky
- ostatní - start, level 0

