

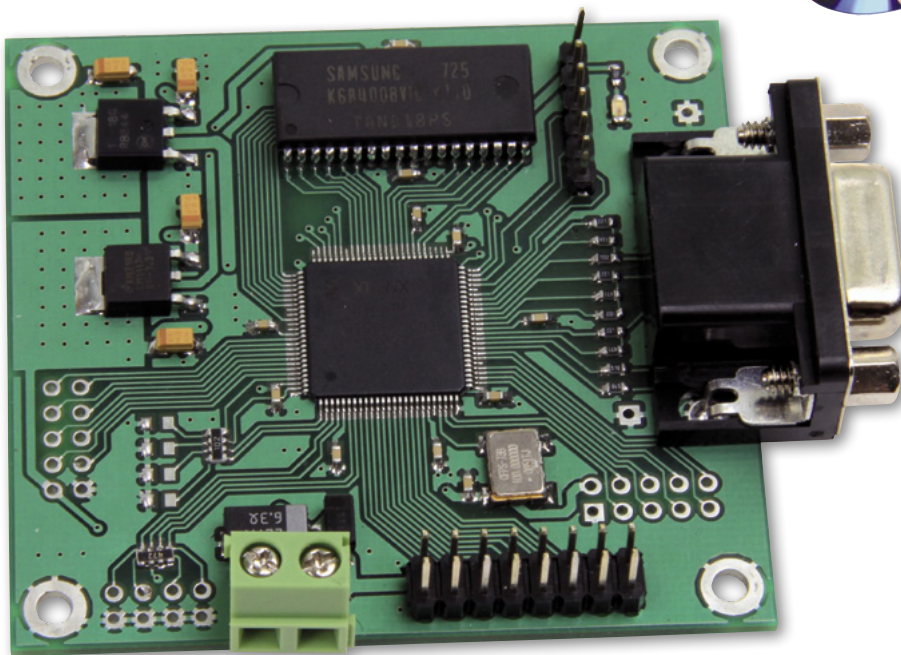
Mini moduł graficzny VGA

**AVT
5264**


Zaprezentowano opis modułu przekształcającego klasyczny monitor VGA w duży, czytelny wyświetlacz przeznaczony głównie do współpracy z urządzeniami wyposażonymi w proste mikrokontrolery. Moduł charakteryzuje się przede wszystkim prostym interfejsem, funkcjonującym bez trudnych do spełnienia wymagań czasowych i ma własną pamięć graficzną. Jakość obrazu co prawda nie pozwala na zastosowanie jej do wyświetlania zdjęć czy filmów, lecz z powodzeniem wystarcza do celów informacyjnych, np. do wyświetlania napisów lub wykresów. Oprócz tego pełna dostępność kodu źródłowego umożliwi Czytelnikom wzbogacenie modułu o wiele nowych funkcji lub wbudowanie go w większy system cyfrowy.

Rekomendacje: moduł przyda się osobom zajmującym się reklamą wizualną oraz konstruktorom używającym mikrokontrolerów

Zastanówmy się, w jaki sposób można dołączyć duży wyświetlacz o rozdzielczości 640 na 480 pikseli do urządzenia opartego na prostym i tanim mikrokontrolerze? Zakup takiego wyświetlacza jako części elektronicznej szczególnie dla hobbysty jest raczej mało opłacalny z kilku powodów. Po pierwsze, wyświetlacze o wyższych rozdzielczościach typowo mają sterowniki bez własnej pamięci obrazu. Oznacza to konieczność ciągłego i bardzo szybkiego wpisywania do nich danych graficznych, aby bez przerwy odświeżać zawartość wyświetlacza. Po drugie, za podobną cenę (kilkaset zł) można kupić fabrycznie nowy monitor LCD do komputera PC: z obudową, kompletem kabli i własnym zasilaczem. Monitory LCD z interfejsem VGA można równie dobrze pozyskać jako złom pozostały po modernizacji sprzętu komputerowego w domach lub firmach (nie wspominając nawet o starych lampowych



monitorach CRT, których chyba każdy się chętnie pozbывa.

Decyzje projektowe czyli jak się do tego zabrać?

Na początek naszkicuję cechy sygnału VGA, by łatwiej uzasadnić wybór najważniejszych podzespołów.

Wygenerowanie na monitorze VGA obrazu o rozdzielczości 640×480 punktów z podstawową częstotliwością odświeżania 60 Hz wiąże się z wysłaniem do niego kolejnych pikseli z częstotliwością 25,175 MHz (w prostych implementacjach stosuje się częstotliwości 25,0 MHz i nie sprawia to żadnych problemów). Jeden piksel w jednym momencie stanowią 3 sygnały analogowe: składowa czerwona (R), zielona (G) i niebieska (B). Dodatkowo trzeba wygenerować dwa cyfrowe sygnały synchronizacji: pionowej i poziomej.

Z racji tego, że potrzebujemy sygnałów analogowych, a generujemy je cyfrowo, potrzebne będą 3 przetworniki cyfrowo-analogowe (DAC), po jednym dla każdego koloru. Częstotliwość zmian sygnału może być relatywnie duża, więc należy zastosować dość szybkie układy. Od ich rozdzielczości (liczby bitów) będzie zależała liczba możliwych do uzyskania kolorów. W najprostszych układach generujących sygnał VGA (np. płytki testowe układów programowalnych) często stosuje się przetworniki

AVT-5264 w ofercie AVT:
AVT-5264A – płytka drukowana

Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: 5 VDC
- Pobór prądu: ok. 100 mA
- Rozdzielczość obrazu: 640×480 pikseli, 256 kolorów
- Interfejs równoległy, 8-bitowy, zgodny z CMOS 3,3 V (nie akceptuje napięć o poziomach TTL i wyższych)
- Płytko dwustronna o wymiarach 66×62 mm

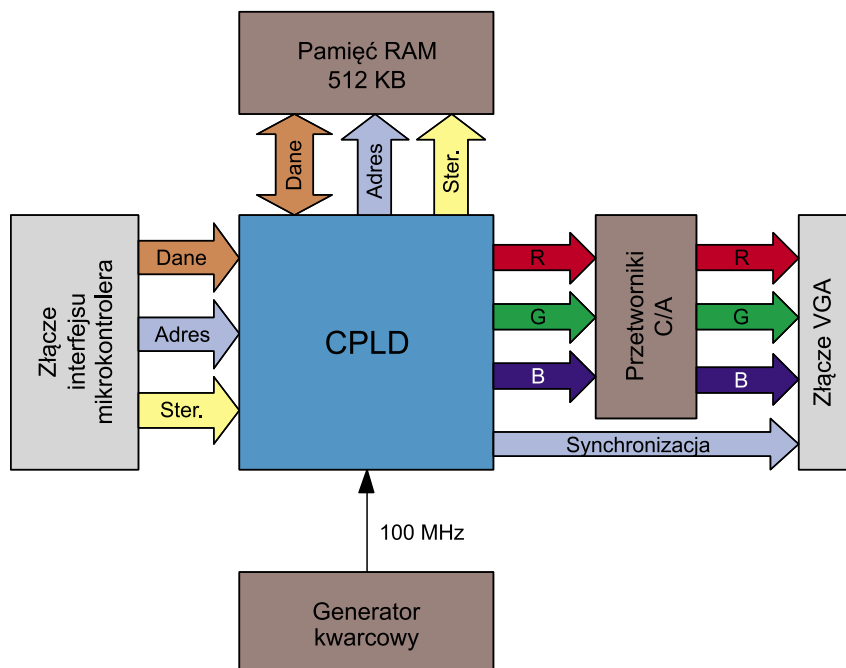
Dodatkowe materiały na CD i FTP:

- <ftp://ep.com.pl>, user: 12089, pass: 776m3t3q
- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD i FTP:

- (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT-959 VGA – Tester (EP 12/2006)
 - AVT-949 Konwerter VGA – LCD (EP 9/2006)
 - AVT-942 Prosty tester VGA (EP 8/2006)
 - AVT-539 Sterownik VGA (EP 11/2004)
 - AVT-1355 Konwerter VGA ↔ TV (EP 8/2002)

DAC utworzone z kilku odpowiednio połączonych rezystorów. Zaletą takiego przetwornika jest prawie zerowy koszt i spora szybkość działania, a główną wadą trudności w uzyskaniu rozdzielczości wyższych, niż 4...5 bitów, ponieważ jest trudno dobrać odpowiednio dokładne rezystory. W takim urządzeniu VGA, wyświetlającym jedynie informacje i niewymagającym dużej liczby kolorów, rozwiązanie z rezystorowym przetwornikiem DAC wydaje się być optymalne, dlatego zastosowałem je w omawianym projekcie.



Rysunek 1. Schemat blokowy modułu mini karty VGA

Zastanówmy się teraz, jakim układem można w relatywnie prosty sposób wygenerować dane graficzne przekazywane do przetworników DAC. Musi to być układ odpowiednio szybki, zdolny do odczytu danych z pamięci i wysłania ich do przetworników z częstotliwością ok. 25 MHz. Większość tanih mikrokontrolerów jednocuklowych nie może sprostać temu zadaniu, ponieważ ich interfejsy I/O, mimo wysokich częstotliwości taktowania rdzenia, nie pracują zbyt szybko. A nawet jeśli mikrokontroler mógłby wygenerować sygnał VGA, to pojawiłby się kłopot z dostępnością pamięci przechowującej kopię obrazu. Przy jakości obrazu generowanego przez omawiane tutaj urządzenie, informacja o kolorze każdego piksela zajmuje 8 bitów, a rozdzielczość wynosi 640×480 pikseli. Dlatego do przechowania całego obrazu bez kompresji potrzeba 300 kB.

Przy powyższych wymaganiach optymalnym rozwiązaniem wydaje się być zastosowanie układu logiki programowalnej z dołączoną zewnętrzną pamięcią. Obecnie najpopularniejszymi odmianami układów programowalnych są CPLD oraz FPGA. W projekcie modułu graficznego VGA zdecydowałem się na zastosowanie CPLD z kilku powodów. Przede wszystkim zastosowanie prostszych układów CPLD (o niewielkich zasobach) jest tańsze, niż użycie FPGA. Dodatkowym czynnikiem obniżającym koszty jest brak konieczności stosowania układu pamięci nieulotnej przechowującego konfigurację, ponieważ CPLD mają wewnętrzną, nieulotną pamięć konfiguracji. Ponadto, w tak prostym projekcie, jak omawiany tutaj moduł, nie wykorzystalibyśmy wszystkich zasobów oferowanych przez FPGA, jak np. układy mnożące czy wewnętrzną pamięć RAM (w większości FPGA dostępnych ce-

nowo dla przeciętnego klienta, wewnętrzna pamięć RAM nie wystarczyłaby do przechowania całego obrazu VGA). Ostateczny wybór padł więc na układ CPLD o oznaczeniu XC2C128 z rodziny CoolRunner-II firmy Xilinx. Zastosowany układ w wersji z sufiksem **-VQG100** ma wyprowadzenia kompatybilne z układem XC2C256-VQG100 o dwukrotnie większej liczbie makrocel, co otwiera drogę do wzbogacenia możliwości funkcjonalnych urządzenia (w podstawowej wersji omawianej w artykule zajęto bowiem prawie wszystkie zasoby układu XC2C128).

W opracowanym przeze mnie mini module graficznym we wcześniejszej wersji użyłem układu CPLD typu EPM3128 firmy Altera o podobnej liczbie zasobów logicznych, jednak w ostatecznie układ ten przegrał ze wspomnianym wcześniej produktem Xilinx'a ze względu na wyższą cenę i trudności w zakupie prawdopodobnie wynikające z jego mniejszej popularności.

Jako pamięć obrazu dołączoną do układu CPLD zastosowano szybki układ statycznej pamięci SRAM typu K6R4008V1D-KI10 o pojemności 512 kB i organizacji 8-bitowej. Zastosowanie pamięci SRAM podyktowane było prostotą i dużą popularnością jej interfejsu. Dzięki temu, nawet jeśli wspomniane układy pamięci nie będą dostępne, to bez trudu będzie można znaleźć dla nich w pełni funkcjonalny zamiennik. W najgorszym przypadku trzeba będzie przeprojektować płytkę drukowaną dopasowując ją do innej obudowy lub zmienić konfigurację układu CPLD dla pamięci o innej organizacji. Na przykład układy pamięci SRAM o organizacji 16-bitowej wymagają dodatkowych dwóch sygnałów selekcji bajtu, które można wygenerować dopisując dosłownie kilka linijek do kodu źródłowego w języku opisu sprzętu.

Na koniec pozostaje wybór źródła sygnału zegarowego dla modułu graficznego. Popularnym sposobem jego uzyskania dla układów programowalnych jest zastosowanie scalonego generatora kwarcowego. Generator tego rodzaju wystarczy podłączyć do napięcia zasilania i na jego wyjściu uzyskujemy sygnał zegarowy o częstotliwości deklarowanej przez producenta, który możemy podać na wejście taktujące układu cyfrowego. Częstotliwość zastosowanego w projekcie generatora jest dość wysoka, bo wynosi aż 100 MHz, choć wystarczy podawać kolejne piksele z częstotliwością nieco ponad 25 MHz. Szybszy zegar umożliwia jednak łatwo (tzn. zajmującą mało zasobów CPLD) implementację jakby „dwuportowego” dostępu do pamięci RAM: można przez to bez trudu i szybko zapisywać oraz prawie jednocześnie odczytywać z niej dane.

Budowa modułu

Schemat blokowy modułu zamieszczono na **rysunku 1**, natomiast dokładne połączenia elektryczne możemy przeanalizować na **rysunku 2**. Najważniejszymi komponentem urządzenia jest układ CPLD. Na nim spoczywa odpowiedzialność za odbiór i buforowanie danych z mikrokontrolera, odczyt i zapis danych do pamięci oraz generowanie sygnałów cyfrowych, z których jest tworzony sygnał VGA.

Przetwornik DAC zbudowano z kilku rezystorów. Tory sygnałów kolorów czerwonego i zielonego wyposażono w przetworniki 3-bitowe (rezystory R2...R4 dla koloru czerwonego i R5...R7 dla zielonego), natomiast do wygenerowania sygnału koloru niebieskiego użyto przetwornika 2-bitowego (rezystory R8 i R9). Przetworniki te stają się kompletne w momencie dołączenia do złącza CON4 monitora VGA. W monitorze, pomiędzy końcem przewodu każdego koloru a masą, jest włączony rezystor o rezystancji 75 Ω . Według zaleceń, na wyjściach poszczególnych kolorów na złączu VGA powinno występować napięcie 0...0,7 V. Im napięcie z tego zakresu jest wyższe, tym jaśniej będzie wyświetlana składowa danego koloru.

R E K L A M A