

8-cyfrowy wyświetlacz LED z interfejsem SPI

AVT-934

Interfejs SPI przejawia coraz to nowe możliwości, do których dostęp uzyskujemy głównie dzięki nowym, interesującym układom scalonym. Przykład takiej nowatorskiej aplikacji przedstawiamy w artykule.

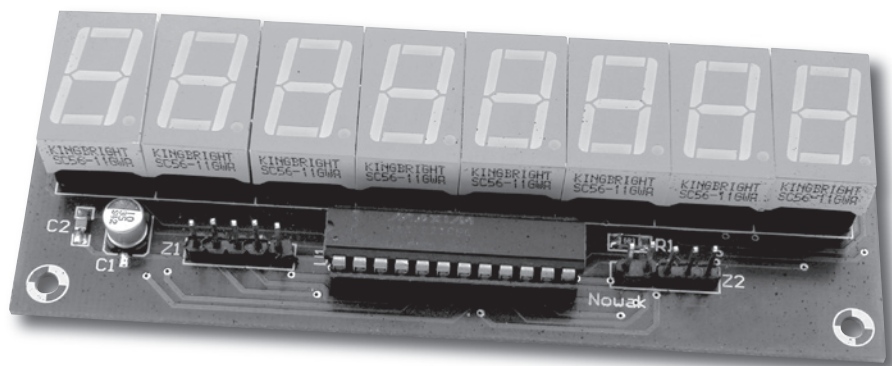
Rekomendacje:

urządzenie opisane w artykule przyda się wszystkim użytkownikom mikrokontrolerów stosujących w swoich projektach wyświetlacze LED. Swoje zalety pokaże z całą mocą współpracując z mikrokontrolerem o niewielkiej liczbie wprowadzeń.



PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach: 109x44 mm
- Zasilanie: 5 V (przez złącze interfejsu)
- Liczba cyfr: 8 (może być zwiększona przez kaskadowe łączenie modułów)
- Interfejs: SPI (3 linie sterujące + zasilanie)
- Metoda obsługi wyświetlaczy: multipleks
- Opcje:
 - ustawianie jasności świecenia wyświetlacza
 - przełączenie w tryb shutdown, w którym prąd zasilający spada do 150 μ A
 - tryb testowania wyświetlacza



Aby do systemu mikroprocesorowego dołączyć wykonany w sposób standardowy 8-cyfrowy wyświetlacz LED działający w układzie multipleksowanym potrzebnych jest aż 16 linii sterujących. Wymusza to konieczność zastosowania mikrokontrolera o dużej liczbie wprowadzeń (co zazwyczaj kosztuje), ponadto poważnie ogranicza możliwości swobodnej rozbudowy systemu. Alternatywnym wyjściem jest zastosowanie ekspandera zwiększającego liczbę linii I/O. W artykule przedstawiamy projekt 8-cyfrowego wyświetlacza LED, który został wyposażony w interfejs zgodny z SPI. Tak więc do jego przyłączenia do mikrokontrolera potrzebne będą tylko trzy linie sterujące (plus zasilanie).

Podstawowy moduł wyświetlacza prezentowany w artykule wyposażono w osiem cyfr, lecz moduły mogą być łączone ze sobą, co pozwala zwiększyć liczbę wyświetlanych znaków.

Moduły można łączyć na dwa sposoby:

- Równoległe – do linii mikrokontrolera tworzących interfejs SPI podłączonych może być kilka modułów za pośrednictwem złącza Z1. Ten sposób wymaga jednak stosowania dodatkowych linii mikrokontrolera sterujących wejściem LOAD każdego modułu.
- Szeregowo – wówczas pierwszy wyświetlacz podłączany jest do interfejsu SPI mikrokontrolera poprzez złącze Z1. Kolejne moduły dołączane są za pomocą złącza Z1 do złącza Z2 poprzedniego modułu. Liczba modułów łączonych w ten sposób jest ograniczona i maksymalnie może wynosić 16.

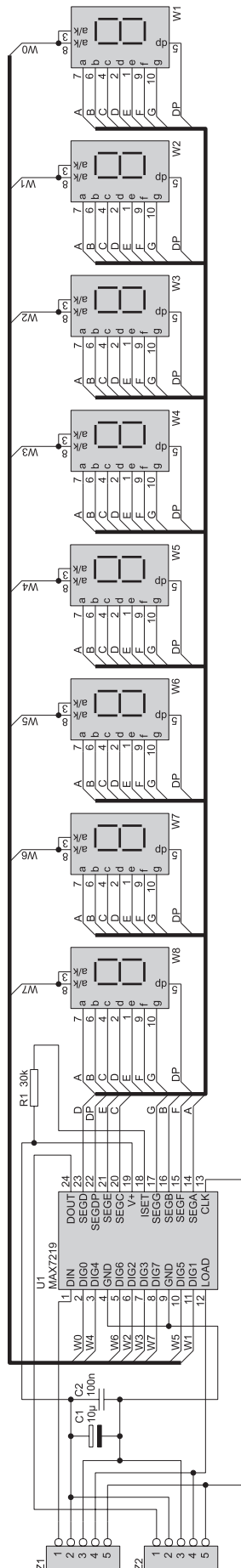
Ten sposób łączenia nie wymaga dodatkowych linii mikrokontrolera, lecz jest trudniejsze sterowanie tak połączonych wyświetlaczy.

Dla przykładu obsługi tego typu wyświetlacza przedstawione zostaną rozkazy sterujące oraz przykładowe proste aplikacje.

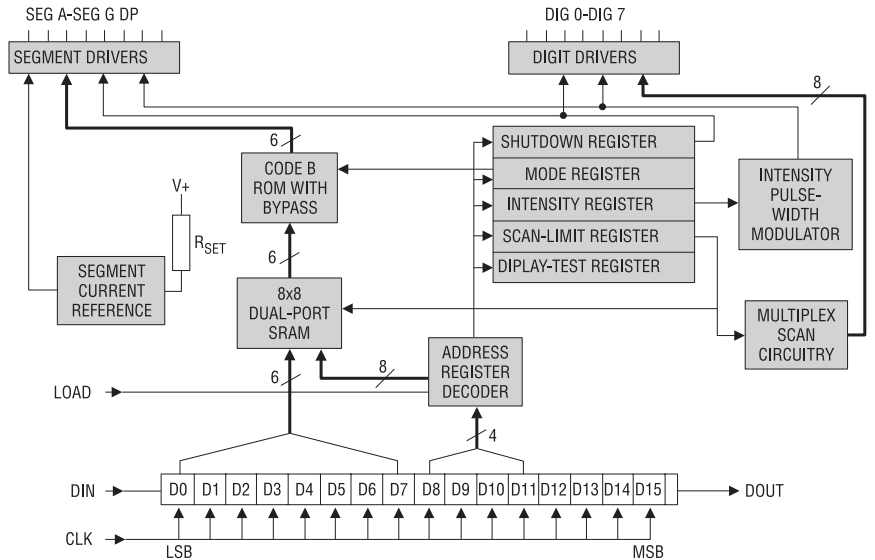
Opis działania układu

Na rys. 1 przedstawiono schemat elektryczny wyświetlacza z interfejsem SPI. Jako układ sterujący zastosowany został MAX7219, który jest przeznaczony do sterowania wyświetlaczami o wspólnej katodzie. Linie komunikacyjne zostały wyprowadzone na złączu Z1 jak również na złączu Z2, które to służy do kaskadowego podłączenia kolejnych modułów wyświetlacza. Kondensatory C1 i C2 filtrują napięcie zasilania. Układ MAX7219 do poprawnej pracy wymaga tylko zewnętrznego rezystora R1 ustalającego maksymalny prąd segmentów wyświetlaczy LED.

Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy układu MAX7219. Posiada on 16-bitowy rejestr przesuwany, do którego ładowane są wartości rozkazów i danych. Podczas narastającego zbocza na wejściu LOAD w dekodere adresu zostaje zatrzaśnięty adres rejestru, do którego się odwołujemy. Impuls zatrzaśkujący nie powinien być krótszy niż 50 ns. Układ MAX7219 ma wbudowane także rejestry, za pomocą których można sterować pracą wyświetlacza. Możliwa jest programowa (obok sprzętowej – za pomocą zewnętrznego rezystora) regulacja intensywności świecenia wyświetlaczy (w 16 krokach). Układ MAX7219 za-



Rys. 1. Schemat elektryczny modułu



Rys. 2. Budowa układu MAX7219

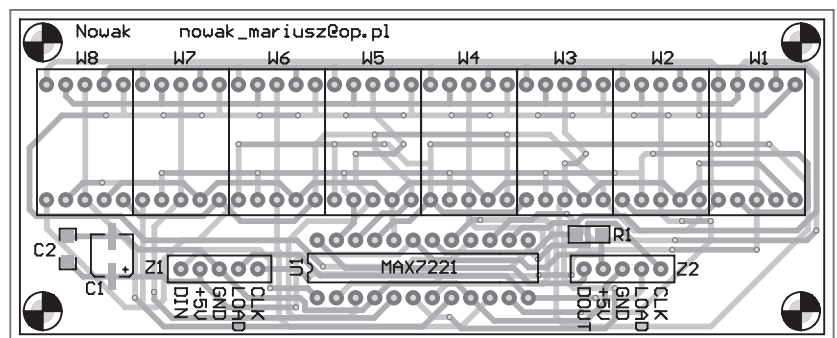
wiera również sterownik segmentów i poszczególnych wyświetlaczy jednocyfrowych, dzięki czemu wyświetlacze mogą być podłączone bezpośrednio do wyjść tego układu. MAX7219 może być również wykorzystywany do sterowania wyświetlaczem typu *bargraph* i matrycą 64-diodową.

Montaż i testowanie

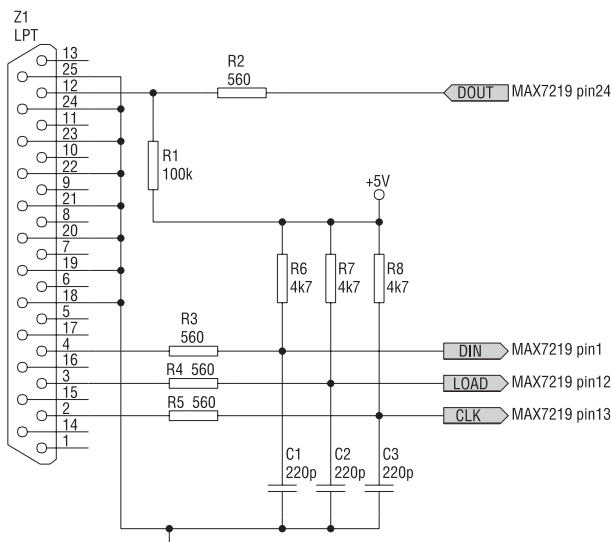
Montaż wyświetlacza z interfejsem SPI należy wykonać na płytce drukowanej, której schemat montażowy przedstawiono na **rys. 3**. Ma on niezwykle prostą budowę i niewiele elementów do zmontowania. W pierwszej kolejności trzeba włutować rezystor i kondensatory, podstawkę pod U1 i złącza Z1 i Z2. Wyświetlacz można włutować bezpośrednio w płytkę lub umieścić w podstawkach, np. dwóch DIP40. Po zmontowaniu wyświetlacz od razu powinien pracować poprawnie. W przeprowadzeniu testu wyświetlacza przydatne będą informacje na temat sposobu jego sterowania jak również przykładowe programy przedstawione w dalszej części artykułu.

Do przetestowania układu wyświetlacza można również użyć programu komputerowego firmy Maxim udostępnionego na jej stronie internetowej. Program *MAX7219-NT* przeznaczony jest dla systemu operacyjnego *Windows NT* oraz *XP*, a program *MAX7219-21* dla wcześniejszych wersji systemu *Windows*. Po rozpakowaniu pierwszego z nich należy dodatkowo zainstalować *DriverLINX Port I/O*. Program MAX7219 komunikuje się z wyświetlaczem poprzez port LPT1 lub LPT2.

Sposób podłączenia modułu do komputera PC przedstawiono na **rys. 4**. Za pomocą tego programu można przetestować pracę wyświetlacza, zaznajomić się ze sposobem jego sterowania i wykorzystaniem do tego celu rejestrów zawartych w strukturze MAX7219. Znaczenie poszczególnych rejestrów zostanie opisane szczegółowo w dalszej części artykułu. Program posiada bardzo przejrzyste funkcje i jego obsługa jest intuicyjna. Za pomocą programu możliwe jest testowanie zarówno pojedynczego modułu wyświetlacza jak również kilku modułów



Rys. 3. Schemat montażowy płytki drukowanej



Rys. 4. Schemat elektryczny interfejsu

połączonych kaskadowo. Testowanie odbywa się na zasadzie wpisywania konkretnych wartości do poszczególnych rejestrów układu MAX7219. Na rys. 5 pokazano widok okna programu testującego z przykładowymi wartościami wpisanymi do rejestrów sterownika wyświetlacza.

Obsługa wyświetlacza

Przedstawiony poniżej opis sposobu sterowania i przykładowe programy sterujące wyświetlaczem LED będą przydatne w tworzeniu własnych procedur sterujących w dowolnym języku. Komunikacja między mikrokontrolerem, a układem MAX7219 odbywa się w standardowy sposób poprzez interfejs SPI. Format danych wysyłanych do układu MAX7219 przedstawiono na rys. 6. Najpierw wysyłany jest adres rejestru, do którego chcemy się odwołać, a następnie wartość jaką chcemy wpisać do danego rejestru.

Do konfiguracji i sterowania wyświetlaczem służy 14 rejestrów zawartych w strukturze układu

MAX7219. Ich adresy oraz funkcje przedstawiono w tab. 1. Funkcje rejestrów są następujące:

No-Op, adres 00h – rejestr ten wykorzystywany jest przy kaskadowym połączeniu modułów wyświetlaczy i nie powoduje on wykonania żadnej operacji. Przykładowo, jeżeli połączone są ze sobą kaskadowo trzy moduły wyświetlaczy to, aby wysłać konkretną wartość do modułu ostatniego, należy ją najpierw wpisać do rejestru przesuwającego

pierwszego modułu. Następnie należy dwukrotnie wysłać rozkaz 00h, co spowoduje przesunięcie uprzednio wpisanych danych do trzeciego modułu i niewykonanie żadnej operacji transmisji trzeba podać impuls na linii LOAD zatrzymujący dane w modułach wyświetlaczy.

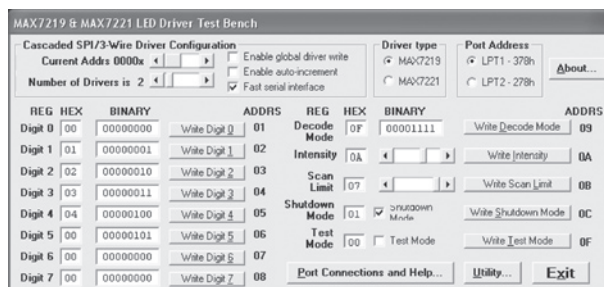
Digit0, adres 01h – rejestr ten jest jednym z grupy ośmiu rejestrów, w których znajduje się informacja, jaka cyfra ma być wyświetlona lub jakie segmenty mają być zapalone na danej pozycji wyświetlacza. Segmenty są reprezentowane przez wszystkie bity rejestru, a każdy bit odpowiada konkretnemu segmentowi. Cyfra w kodzie BCD jest reprezentowana przez cztery mniej znaczące bity.

Decode Mode, adres 09h – wartość tego rejestru decyduje o sposobie interpretowania i wyświetlania zawartości rejestrów *Digit0...Digit7*. Każdy bit w tym rejestrze odpowiada danej pozycji wyświetlacza. Jeżeli dany bit jest ustawiony (np. D0), wówczas dane zawarte w odpowiadającym mu rejestrze *Digit* (w tym przypadku *Digit0*) są dekodowane jako kod BCD określonej cyfry, a więc do wyświetlenia danej cyfry wystarczy w rejestrze *Digit* podać jej kod BCD. Możliwe jest wyświetlenie wartości 0–9, E, H, L, P, –,

lub wygaszenie danej pozycji przy podaniu wartości 1111b. Jeżeli dany bit w rejestrze *Decode Mode* jest wyzerowany, wówczas wartość w określonym rejestrze *Digit* nie jest dekodowana jako kod BCD, lecz reprezentuje poszczególne segmenty danej pozycji wyświetlacza. W tym trybie możliwe jest sterowanie każdym segmentem wyświetlacza z osobna.

Intensity, adres 0Ah – rejestr ten zawiera informacje o intensywności świecenia wyświetlacza LED. Intensywność może być zmieniana od 1 do 32 z krokiem 2 przez wpisanie do rejestru wartości z przedziału od 00h do 0Fh. Wpisanie wartości 0Fh do rejestru o adresie 0Ah spowoduje, że wszystkie wyświetlacze będą świeciły z największą intensywnością, a więc przez segmenty będzie płynął maksymalny prąd. Nie będzie on jednak większy od maksymalnego prądu ustalonego wartością rezystora R1.

Scan Limit, adres 0Bh – rejestr ten zawiera informację, ile spośród 8 pozycji wyświetlacza będzie multipleksowanych (wyświetlanych). Wyboru dokonujemy przez wpisanie do tego rejestru liczby z zakresu od 0 do 7 w postaci binarnej. Częstotliwość multipleksowania pojedynczej pozycji wyświetlacza (f_{osc}) wynosi typowo 800 Hz dla ośmiu pozycji wyświetlanych. Przy mniejszej liczbie multipleksowanych pozycji, częstotliwość ta wzrasta. Można ją obliczyć ze wzoru $8 * f_{osc} / N$, gdzie N oznacza liczbę wyświetlanych pozycji. Wynika z tego, że im mniej pozycji jest wyświetlanych, tym większa jest częstotliwość multipleksowania przypadająca na jedną pozycję a tym samym większa intensywność świecenia segmentów wyświetlacza. Z tego też względu nie należy używać tego rejestru do wygaszania pozycji wyświetlacza, gdyż będą zauważalne zmiany intensywności ich świecenia.



Rys. 5. Widok okna programu sterownika

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
X	X	X	X		ADDRESS				DATA							LSB

Rys. 6. Budowa rejestru danych w MAX7219

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 30 kΩ SMD 1206

Kondensatory

C1: 10 μF/35 V SMD

C2: 1000 μF/16 V

Półprzewodniki

U1: MAX7219

Inne

W0...W7: wyświetlacz 7-segmentowy

LED 14 mm wspólna katoda

Z1, Z2: szpilki goldpin 5X1

Podstawka DIP24 wąska

Shutdown, adres 0Ch – rejestr ten służy do określenia, czy moduł wyświetlacza ma pracować normalnie czy też ma znajdować się w trybie wstrzymania. Tryb pracy określa najmniej znaczący bit tego rejestru. Wpisanie wartości 0Fh powoduje przejście układu w tryb wstrzymania. Wówczas wstrzymany zostaje oscylator układu, linie segmentów zostają podciągnięte do masy, a linie drivera pozycji wyświetlacza zostają podciągnięte do plusa zasilania. Tym samym wyświetlacz zostaje wygaszony, a pobór prądu zredukowany do około 150 μ A. Tryb ten może być stosowany do oszczędzania energii lub jako alarm np. przy przekroczeniu mierzonej wartości, poprzez naprzemienne cykliczne wyłączenie i włączanie wyświetlacza powodujące jego miganie.

Display Test, adres 0Fh – rejestr ten działa w dwóch trybach: normalnym i wyświetlacza. Test wyświetlacza powoduje zapalenie wszystkich segmentów z największą intensywnością świecenia i jest wywoływany przez wpisanie wartości 01h do rejestru. Tryb ten jest nadrzędny w stosunku do innych funkcji wyświetlacza. Wejście w ten tryb nie zmienia jednak wartości pozostałych rejestrów konfiguracyjnych i zawierających wartości do wyświetlenia.

Aby ułatwić Czytelnikom zastosowanie prezentowanego wyświetlacza we własnych konstrukcjach na CD-EP6/2006B (a także na naszej stronie internetowej w dziale *Download*) umieściliśmy przykładowy program napisany w BASCOM-ie wykorzystujący jeden moduł wyświetlacza. Jest to dwukierunkowy licznik impulsów z regulacją intensywności świecenia wyświetlacza. Na początku przeprowadzany jest

Tab. 1. Adresy rejestrów układu MAX7219

Rejestr	Adres					Wartość HEX
	D15...D12	D11	D10	D9	D8	
No-Op	X	0	0	0	0	0xX0
Digit0	X	0	0	0	1	0xX1
Digit1	X	0	0	1	0	0xX2
Digit2	X	0	0	1	1	0xX3
Digit3	X	0	1	0	0	0xX4
Digit4	X	0	1	0	1	0xX5
Digit5	X	0	1	1	0	0xX6
Digit6	X	0	1	1	1	0xX7
Digit7	X	1	0	0	0	0xX8
Decode Mode	X	1	0	0	1	0xX9
Intensity	X	1	0	1	0	0xXA
Scan Limit	X	1	0	1	1	0xXB
Shutdown	X	1	1	0	0	0xXC
Display Test	X	1	1	1	1	0xFF

test wyświetlacza, a po sekundzie ustawiane są rejestry konfiguracyjne. Procedura *Wyświetl liczbę* wyświetla liczbę typu *long* na 8-cyfrowym wyświetlaczu LED.

Jak widać, obsługa pojedynczego modułu wyświetlacza jest bardzo prosta. Do sterowania wejściem LOAD modułu może wówczas służyć standardowa linia SS interfejsu SPI, gdyż dane zatrzaskiwane są w module przy narastającym zboczu na wejściu LOAD. Tej linii nie można jednak wykorzystać przy sterowaniu modułów połączonych kaskadowo, gdyż linia ta po każdej transmisji przez SPI zmienia stan na wysoki zatrzaskując dane w module wyświetlacza. W takiej sytuacji dane były by wpisywane do każdego modułu, nawet, jeśli ich przeznaczeniem był by moduł np. trzeci. Należy użyć dodatkowej linii mikrokontrolera sterującej wejściem LOAD, której stanem spoczynkowym jest stan niski. Przy połączeniu np. trzech modułów wyświetlaczy i ich

jednoczesnym sterowaniu, należy najpierw wysłać 6 bajtów informacji, a następnie podać impuls zatrzaskujący na wejście LOAD.

Innym sposobem podłączenia wyświetlaczy jest połączenie równoległe kilku modułów do tego samego interfejsu SPI. Należy wówczas wykorzystać dodatkowe linie mikrokontrolera sterujące wejściami LOAD każdego modułu. Linie te podczas transmisji danych powinny znajdować się w stanie niskim, a po jej zakończeniu należy podać impuls dodatni na linię LOAD sterującą modułem, dla którego te dane były przeznaczone.

Jak widać obsługa wyświetlacza nie jest skomplikowana i nie powinna stwarzać większych problemów. Taki wyświetlacz może więc znaleźć zastosowanie nie tylko w prostych urządzeniach ale w złożonych systemach pomiarowych, znacznie upraszczając ich budowę.

Mariusz Nowak
nowak_mariusz@op.pl

ALFINE **ANALOG DEVICES**

analog is everywhere.™

Industrial Applications Medical Applications Instrumentation Applications

ALFINE P.E.P. • ul. Poznańska 30-32 • 62-080 Tarnowo Podgórne
tel.: (61) 89-66-934, 89-66-936 • fax: (61) 81-64-414, 81-64-076 • e-mail: analog@alfine.pl • http://www.alfine.pl