

Wojciech WOJTKOWSKI
Andrzej KARPIUK

SZEŚCIOKANAŁOWY STEROWNIK DIOD LED Z INTERFEJSEM I2C^{*)}

STRESZCZENIE *W artykule przedstawiono sterownik diod LED o konfigurowalnej liczbie kanałów, służący do zasilania sześciu diod małej mocy. Prąd diod może być ustawiany cyfrowo z krokiem 0,5 mA w zakresie od 0 do 32 mA. Do sterowania prądem w poszczególnych kanałach wykorzystano magistralę szeregową I2C. Dzięki zastosowaniu mikrokontrolera, możliwe jest zaprogramowanie różnych efektów świetlnych, zarówno statycznych jak i dynamicznych. W artykule zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych.*

Słowa kluczowe: sterownik diod LED, mikrokontroler, magistrala I2C

1. WSTĘP

W wielu aplikacjach istotna jest jednakowa jasność świecenia poszczególnych diod LED, na przykład aplikacje podświetlenia ekranów w telefonach komórkowych, w PDA, czy aparatach cyfrowych.

*) Zrealizowano w ramach pracy S/WE/1/06 finansowanej przez MNiSW.

dr inż. Wojciech WOJTKOWSKI
e-mail: w.wojtkowski@we.pb.edu.pl

dr inż. Andrzej KARPIUK
e-mail: akar@pb.edu.pl

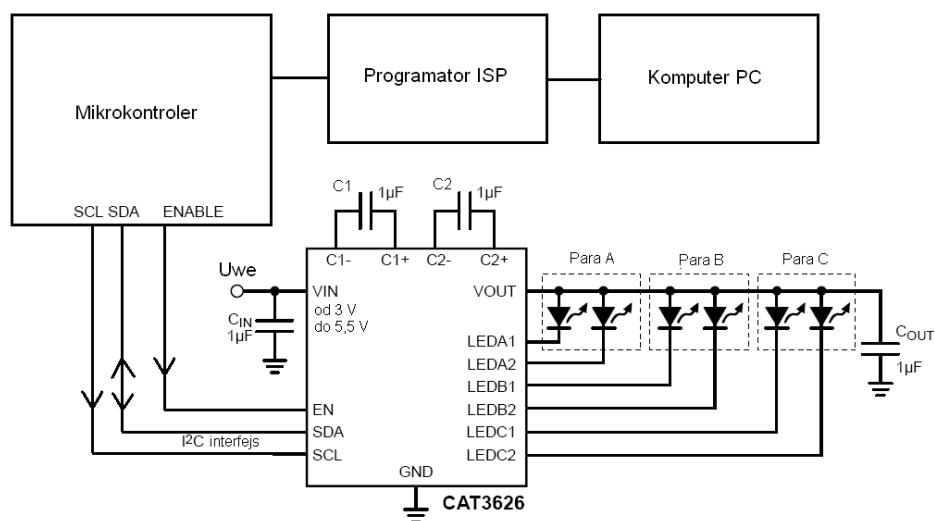
Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
Katedra Automatyki i Elektroniki

W takich przypadkach najlepiej sprawdza się zasilanie diod podświetlających stałym prądem. Zastosowanie źródeł prądowych pozwala na uniezależnienie prądu zasilającego diody LED od zmian napięcia zasilającego, spowodowanych np. procesem rozładowania akumulatora lub skokową zmianą obciążenia. Unikamy również niepożądanych efektów w postaci migotania podświetlenia, charakterystycznego dla sterowania jasnością za pomocą zmiany wypełnienia impulsów napięcia zasilającego (PWM – Pulse Width Modulation).

W referacie przedstawiono koncepcję sterownika diod LED składającego się z cyfrowo sterowanego sześciokanałowego źródła prądowego, mikrokontrolera z pamięcią EEPROM oraz magistrali szeregową I2C (Inter Integrated Circuit Bus) zapewniającej komunikację pomiędzy układami.

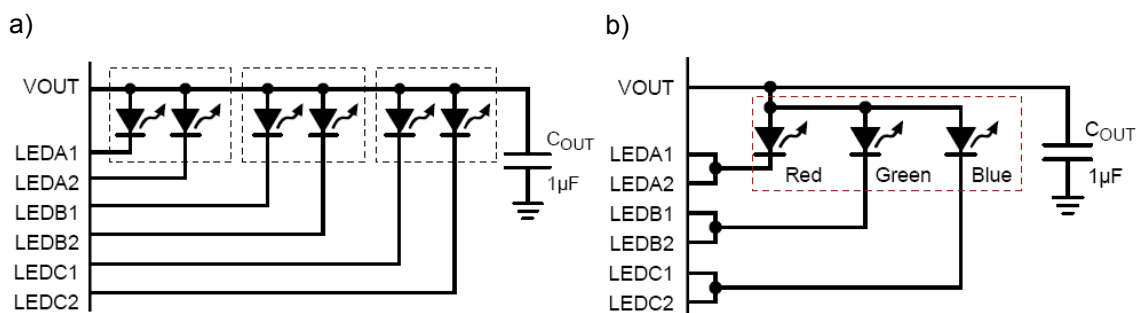
2. OPIS STEROWNIKA

Schemat sterownika został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat sześciokanałowego sterownika diod LED

Sterownik składa się z układu scalonego CAT3626, zawierającego sześć regulowanych cyfrowo źródeł prądowych, mikrokontrolera z pamięcią EEPROM służącego do komunikacji i przechowywania programów scen świetlnych, komputera przenośnego oraz programatora ISP. Układ może pracować w dwóch konfiguracjach. Pierwsza konfiguracja pozwala na sterowanie sześcioma diodami LED pogrupowanymi w 3 pary (A, B oraz C). Druga pozwala na sterowanie jedną lub dwiema diodami LED RGB. Obie konfiguracje przedstawione są na rysunku 2.



Rys. 2. Dwie typowe konfiguracje podłączenia diod LED do układu

Dla każdej z par można niezależnie zadawać prąd wyjściowy w granicach od 0 do 32 mA, z krokiem 0,5 mA. Każdy z 6 kanałów wyjściowych może być programowo włączany lub wyłączany. Napięcie zasilające powinno zawierać się w przedziale od 3 do 5,5 V.

Wartość zadaną prądu przesyła się cyfrowo za pomocą magistrali I2C. Ponieważ dla tego układu maksymalna częstotliwość sygnału taktującego SCL wynosi 400 kHz, a zmiana wartości prądu wymaga przesłania około 30 bitów informacji, prąd diod można zmieniać nawet około 13 000 razy na sekundę. Dodatkowe wejście EN pozwala wyłączyć urządzenie (i zarazem wszystkie zasilane diody LED) i przejść do trybu z obniżonym poborem energii (prąd spoczynkowy ok. 1 μ A).

Zaletą układu CAT3626 są niewielkie gabaryty, umożliwiające umieszczenie go nawet we współczesnych telefonach komórkowych. Ponieważ do zwiększenia napięcia wyjściowego układ wykorzystuje pompę ładunkową, do prawidłowej pracy są wymagane dwa kondensatory ceramiczne o wartości 1 μ F. Wysoka częstotliwość pracy pompy ładunkowej (ok. 1 MHz), pozwala na uzyskanie wysokiej jakości napięcia wyjściowego przy niewielkich gabarytach kondensatorów. Zastosowana w układzie przetwornica umożliwia pracę w zakresie napięć wejściowych od 3 do 5,5 V.

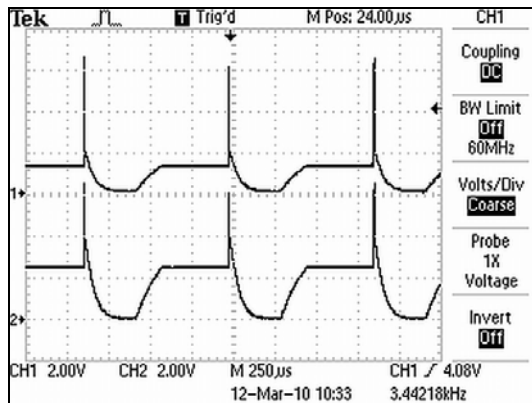
W zależności od wartości napięcia zasilającego oraz spadku napięcia na diodzie, pompa ładunkowa może pracować w dwóch trybach: ze zwiększaniem napięcia wyjściowego (tryb $\times 1,5$) lub bez (tryb $\times 1,0$).

3. WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH

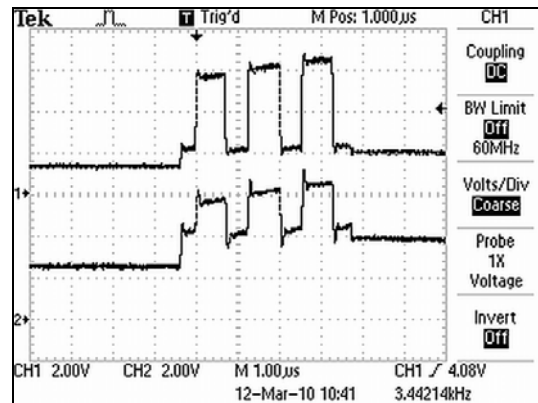
Prezentowany sterownik został zbudowany i przetestowany w warunkach laboratoryjnych. Zbadano pracę układu w różnych konfiguracjach i w całym zakresie napięć wejściowych i prądów wyjściowych.

Na rysunkach 3 i 4 prezentowane są wybrane przebiegi napięć, ilustrujące pracę układu w sytuacji, gdy podłączone są jedynie dwie czerwone diody LED (para B), zaś wszystkie kanały prądowe są włączone (mimo braku diod podłączonych do tych kanałów).

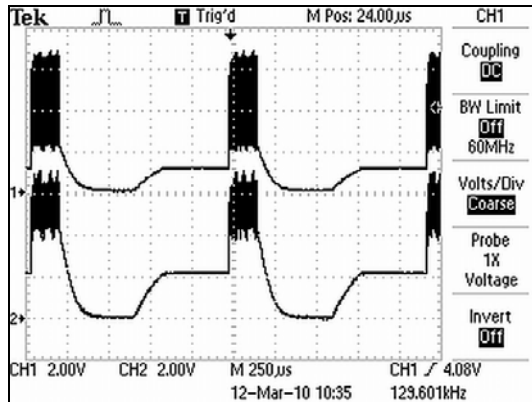
a)



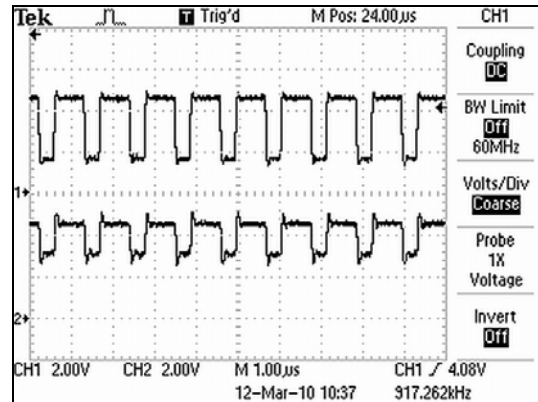
b)



c)



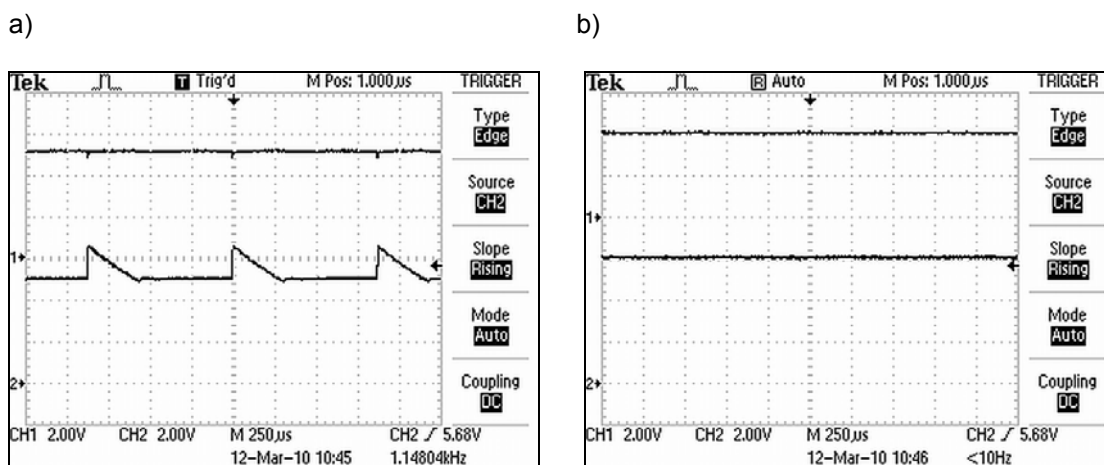
d)



Rys. 3. Napięcia na kondensatorach C1 i C2 pompy ładunkowej (C2 – kanał 1, C1 – kanał 2) przy prądzie 1,5 mA i różnych napięciach zasilających: a) 5 V, b) 5 V – zmiana podstawy czasu ukazująca etap kluczowania, c) 4,3 V, d) 3 V

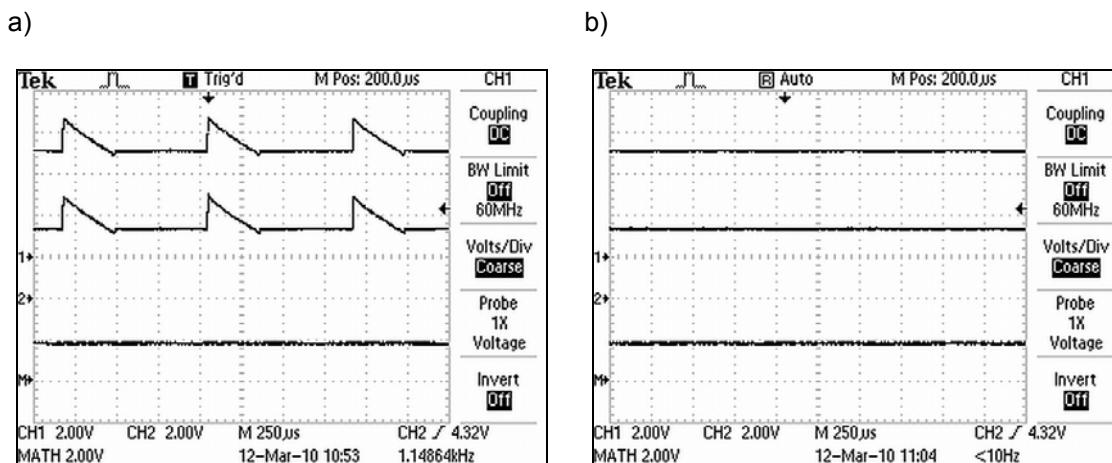
Rysunki ukazują sposób działania układu w zależności od wartości napięcia zasilającego.

Na rysunku 4 widoczne są przebiegi napięć wyjściowych w dwóch różnych trybach pracy ($\times 1,5$ oraz $\times 1,0$). Zmniejszenie napięcia wejściowego z 5 do 4 V spowodowało automatyczne przełączenie się układu do trybu pracy $\times 1,5$, co zapewniło możliwość uzyskania odpowiedniego napięcia wyjściowego.



Rys. 4. Napięcie wejściowe (kanał 1) i napięcie wyjściowe (kanał 2) przy dwóch różnych napięciach zasilających: a) 5 V (tryb $\times 1,5$), b) 4 V (tryb $\times 1,0$)

Na rysunku 5 przedstawiono pracę układu przy dołączonych jedynie 2 diodach LED (para B). Rysunek 5a prezentuje przebiegi przy wszystkich kanałach aktywnych, natomiast 5b pokazuje przebiegi przy włączonych jedynie kanałach pary B. Widoczna jest prawidłowa praca układu (stały spadek napięcia na diodzie – kanał M, rysunki 5a i 5b), pomimo różnych przebiegów i różnych trybów pracy.

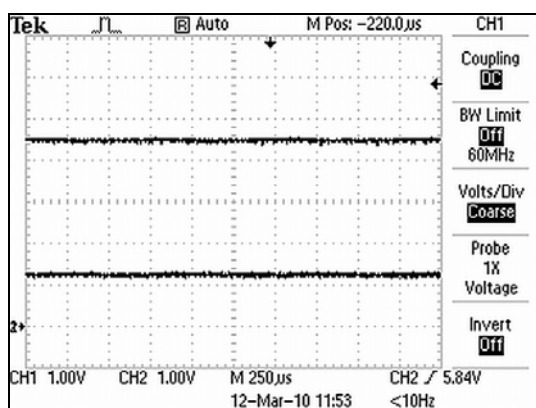


Rys. 5. Napięcie na anodzie diody (kanał 1) i katodzie (kanał 2) oraz spadek napięcia na diodzie (kanał M) przy różnych warunkach pracy i podłączonej jedynie parze B: a) wszystkie kanały aktywne, b) aktywne jedynie kanały pary B

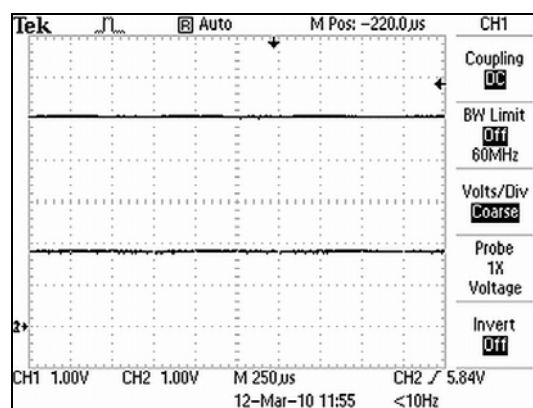
Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badań układu pracującego z diodą RGB. Rysunek przedstawia napięcia na zaciskach niebieskiej diody LED. Warto zauważyć, że układ pracuje prawidłowo zarówno przy napięciu zasilania 5 V jak

i 3 V, pomimo spadku napięcia na diodzie równego 3,2 V (przy prądzie 20 mA). Spowodowane jest to automatycznym przełączaniem się układu na tryb podwyższający napięcie przy zbyt niskim napięciu zasilającym.

a)



b)



Rys. 6. Potencjał anody (kanał 1) i katody (kanał 2) niebieskiej diody LED podłączonej do kanału C sterownika (wszystkie kanały aktywne): a) napięcie zasilające 3 V (tryb x1,0), b) napięcie zasilające 5 V (tryb x1,5)

Sprawność układu zależy od prądu obciążenia oraz trybu pracy wewnętrznej przetwornicy. Wyniki badań laboratoryjnych pokazują, że sprawność układu rośnie wraz ze wzrostem prądu zasilającego diody. Przykładowo, przy sumarycznym prądzie wszystkich kanałów równym 20 mA i napięciu zasilania 5 V, sprawność układu wyniosła ok. 60%. Przy maksymalnym obciążeniu układu (6 kanałów po 32 mA), sprawność wynosi ok. 90%.

4. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono koncepcję sterownika diod LED składającego się z cyfrowo sterowanego sześciokanałowego źródła prądowego, mikrokontrolera z pamięcią EEPROM oraz magistrali szeregowej I2C, zapewniającej komunikację pomiędzy układami.

Badania laboratoryjne pokazały, iż układ może być z powodzeniem zastosowany w wielu różnych aplikacjach wymagających równomiernego podświetlenia. Przykładami takich aplikacji mogą być ekrany telefonów komórkowych, eksponaty muzealne i wystawowe, gabloty prezentacyjne, reklamy, aplikacje samochodowe i wiele innych. Do podstawowych zalet układu można zaliczyć:

- precyzyjną cyfrową regulację prądu diody w zakresie od 0 do 32 mA;
- małe gabaryty;
- możliwość zaprogramowania różnorodnych sekwencji barwnych; zarówno statycznych jak i dynamicznych, przechowywanych w pamięci EEPROM mikrokontrolera;
- proste sterowanie układem;
- możliwość zwielokrotnienia liczby dołączonych diod poprzez dołączenie do jednej magistrali kilku układów CAT3626 (przy zachowaniu liczby kanałów sterowanych).

LITERATURA

1. 6-Channel LED Driver with I2C™ Interface, Doc. No. MD-5014 Rev. E, ON Semiconductor, <http://www.onsemi.com>.
2. THE I2C-BUS SPECIFICATION, VERSION 2.1, JANUARY 2000, Philips Semiconductors, <http://www.nxp.com>.

Rękopis dostarczono, dnia 26.03.2010 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński

6-CHANNEL LED CONTROLLER WITH I2C INTERFACE

Wojciech WOJTKOWSKI, Andrzej KARPIUK

ABSTRACT *The 6-channel LED controller equipped with a high efficiency fractional charge pump is presented in the article. Each channel has got a programmable dimming current. To ensure uniform brightness in any application, each LED channel delivers an accurate regulated current from the range from 0 to 32 mA. The LED channels are configured into three independent pairs, each containing two matched channels. Each pair can be separately programmed in 0,5 mA steps, using the I2C serial bus. Thanks to the additional microcontroller with EEPROM memory, many different light scenes can be stored and used in a desired circumstance. Some of the laboratory results are presented as well.*

Dr inż. Wojciech WOJTKOWSKI, Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej. W roku 2005 uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej Elektrotechnika specjalność Energoelektronika. Autor lub współautor ponad 40 publikacji z zakresu przekształtników rezonansowych, układów sterowania oraz systemów cyfrowych. Prowadzi badania związane z zastosowaniem układów programowalnych i procesorów jednocukładowych w sterowaniu rezonansowych układów przekształtnikowych.



Dr inż. Andrzej KARPIUK, stopień magistra inżyniera elektronika (1986) a następnie doktora nauk fizycznych (1990) uzyskał w Państwowym Uniwersytecie Elektrotechnicznym (LETI) w Sankt Petersburgu. Aktualnie pracuje w Katedrze Automatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej. Zainteresowania naukowe: komputerowe modelowanie i symulacja układów elektronicznych, układy nieliniowe, układy chaotyczne. Autor ponad 40 publikacji w czasopismach i materiałach konferencyjnych.