

Marian GILEWSKI

## ADAPTACYJNY UKŁAD STEROWANIA LED-ÓW I DIOD LASEROWYCH

**STRESZCZENIE** *W artykule przedstawiono koncepcję architektury wielokanałowego układu sterującego zestawem LED-ów i diod laserowych. Zawarto w niej schemat ogólny całego systemu oraz schematy szczegółowe modułów składowych. Są to opracowania własne autora oraz implementacje istniejących sterowników. W szczególności jest to rozwinięcie koncepcji zaproponowanej w projekcie MniSzWiN N518 284340. W niniejszej pracy scharakteryzowano również warunki temperaturowe oraz możliwość współpracy z mikrokomputerem. Sposób sterowania systemu przedstawiono w odrębnej publikacji „Algorytmy sterujące stałoprądowym zasilaniem LED-ów i diod laserowych”.*

**Słowa kluczowe:** sterownik LED, zasilanie diody laserowej, FPGA

### 1. WSTĘP

---

Wielosekcyjne źródła promieniowania zawierające LED-y i diody laserowe wymagają regulacji nastaw parametrów punktu pracy oraz koordynacji współdziałania wielu podzespołów w czasie rzeczywistym. Wiąże się to z koniecznością współbieżnego przetwarzania [1, 2, 3] licznego zbioru sygnałów elektrycznych. Analizując różne rozwiązania, oparte m.in. na autonomicznych

---

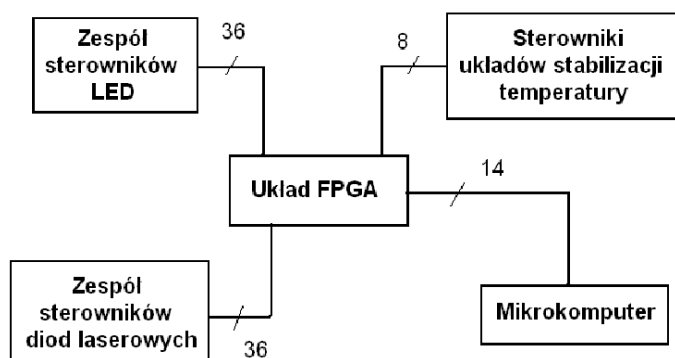
**dr inż. Marian GILEWSKI**

e-mail: pbwemagi@pb.edu.pl

Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 260, 2012

mikrokontrolerach czy systemach mikroprocesorowych, jako najkorzystniejsze wybrano budowę sterownika systemu (rys. 1) opartą na strukturze FPGA [4, 5]. Jest to architektura pozwalająca adaptacyjnie zmieniać warunki pracy oraz reagować na zmienne warunki otoczenia. W proponowanym rozwiązaniu jednomodułowy sterownik FPGA może obsługiwać kilkadziesiąt podukładów zasilających diody, kontrolować ich temperaturę pracy oraz komunikować z PC.



Rys. 1. Struktura proponowanego adaptacyjnego układu sterującego LED-ów i diod laserowych

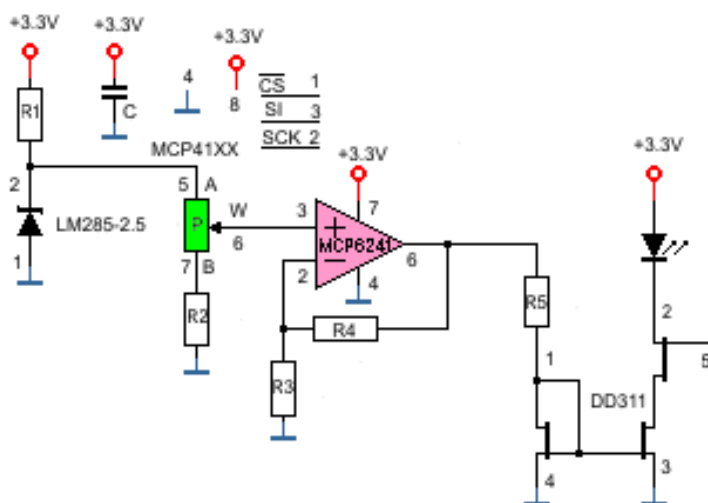
## 2. STRUKTURY MODUŁÓW STEROWNIKÓW DIOD

Sterowanie cyfrowe wymusza określone standardy komunikacji pomiędzy elementami składowymi systemu. W omawianym przypadku transmisja danych odbywa się w standardzie niesymetrycznym 3.3V LVTTTL [6]. W związku z tym wszystkie elementy nastawcze podzespołów muszą reagować na ten charakter sygnałów oraz generować sygnały zwrotne w tym standardzie. Najczęściej stosowanym elementem regulacyjnym, „spinającym parametrycznie” środowiska sygnałów cyfrowych i analogowych, był potencjometr cyfrowy. Wykorzystano go do zmiany punktu każdej diody.

### 2.1. Układ sterownika LED

Pierwszym z omawianych podukładów jest sterownik (rys. 2) LED [7, 8, 9]. Jest to rozwiązanie zaproponowane przez autora publikacji, które umożliwia stałoprądowe zasilanie diody elektroluminescencyjnej o natężeniu prądu

znamionowego do 1 A. Istota regulacji polega na zmianie nastawy potencjometru cyfrowego  $P$  [10, 11, 12] za pośrednictwem magistrali SPI (sygnały sterujące:  $CS$ ,  $SI$ ,  $SCK$ ). Wspomniany element dzieli napięcie wzorcowe źródła referencyjnego LM285-2.5 [13]. W tym sterowniku stabilność źródła referencyjnego jest warunkiem wytworzenia stałego w czasie prądu zasilającego LED. Napięcie źródła referencyjnego za pośrednictwem układu MCP6241 [14] wymusza prąd obwodu wejściowego wzmacniacza prądowego DD311 [15]. Prąd obwodu wyjściowego DD311 bezpośrednio zasilą diodę elektroluminescencyjną. Przedstawiony układ, oprócz trybu DC, może pracować w trybie kluczowania z częstotliwością do około 1 MHz. W tym celu wykorzystuje 5 pin DD311.



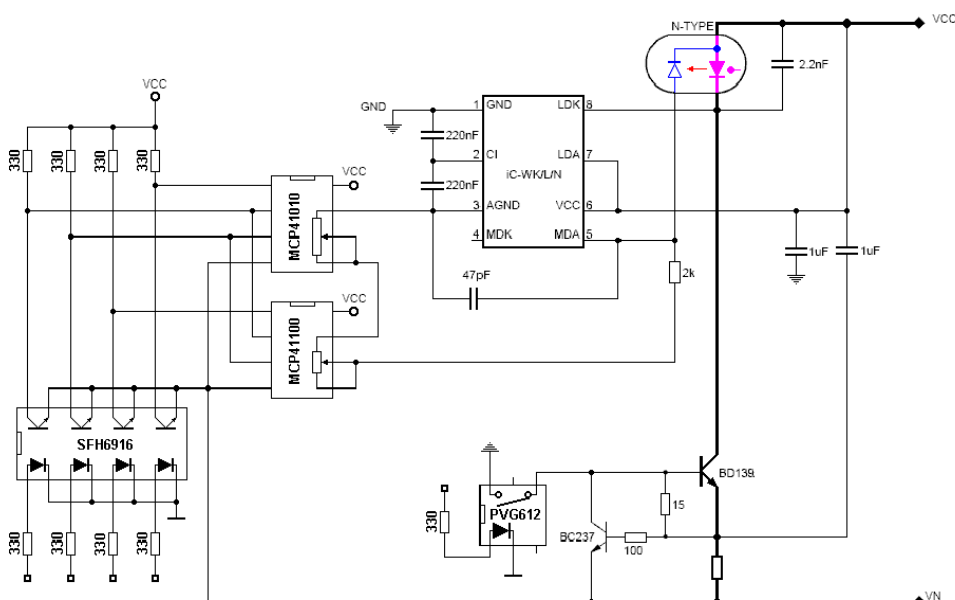
Rys. 2. Proponowany układ kontrolowanego cyfrowo sterownika LED średniej mocy

Stabilność prądu zasilającego diodę zależy nie tylko od parametrów źródła referencyjnego, ale również od rozdzielczości nastaw potencjometru cyfrowego oraz stabilizacji temperaturowej LED. Termiczne warunki pracy uwarunkowane są ilością i sposobem odprowadzania ciepła wydzielanego w sterowniku. Dolny tranzystor DD311 gałęzi zasilającej LED wymaga do prawidłowej pracy spadku napięcia dren-źródło około 0,8 V. Przy stałym prądzie zasilającym diodę o natężeniu 1 A powoduje to wydzielanie mocy 0,8 W. Taka sytuacja występuje w przypadku starannego zaprojektowania układu zasilającego. Wówczas napięcie zasilające gałąź LED (+3,3 V) jest równe sumie spadku napięcia na diodzie elektroluminescencyjnej oraz spadku napięcia (0,8 V) na tranzystorze. Gdy napięcie zasilające przekracza powyższy warunek, dodatkowa moc wydziela się w tranzystorze sterownika. Wówczas zachodzi konieczność zastosowania dodatkowego układu chłodzącego wzmacniacz DD311,

zabezpieczającego przed uszkodzeniem termicznym. Pozostałe elementy sterownika w mniejszym stopniu wpływają na ilość wydzielanego ciepła. Sterownik LED pracuje w układzie otwartym.

## 2.2. Układ sterownika diody laserowej

W przypadku sterownika diody laserowej, częściowo wykorzystano rozwiązanie [16, 17] scalonego sterownika iC-WK/L (rys. 3). W źródłowym układzie usunięto nadmiarowe elementy, dostosowując go do obsługi diod laserowych typu *n*. Zastępując potencjometr mechaniczny szeregowym połączeniem potencjometrów cyfrowych MCP41100, zrealizowano układ przestrajany cyfrowo. Zastosowanie przekaźnika półprzewodnikowego PVG612 [18] pozwala na cyfrowe włączanie sterownika. Dodatkowo układ uzupełniono o obwód separacji galwanicznej oparty na transoptorach SFH6916 [19]. Obsługa sterownika odbywa się na podobnej zasadzie jak w przypadku sterownika LED, polega na obsłudze magistrali SPI [20] potencjometrów cyfrowych. Podobnie jak w przypadku sterownika LED, ilość wydzielanego ciepła zależy od dopasowania wartości napięcia zasilającego do minimalnych wymagań układu. Elementem, w którym wydziela się największa ilość ciepła w układzie, jest tranzystor BD139, który w niekorzystnych warunkach powinien być chłodzony.

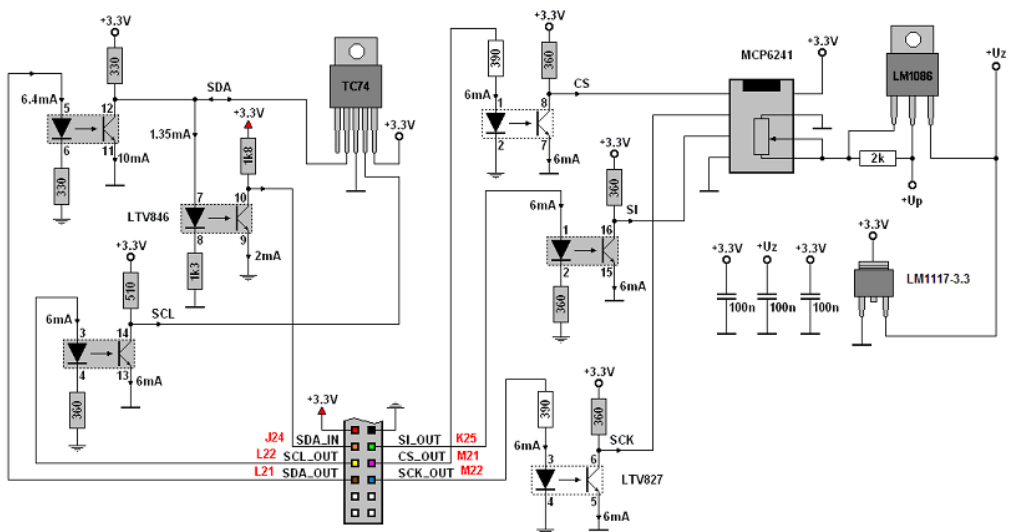


Rys. 3. Zmodyfikowany układ aplikacyjny sterownika CW iC-WK/L diody laserowej

W odróżnieniu od układów zasilania LED, sterowniki diod laserowych pracują w układzie optycznego sprzężenia zwrotnego, ustalającego adaptacyjnie punkt pracy diody. Część strumienia diody laserowej jest przechwytywana przez fotodiode monitorującą. Prąd tej fotodiody, przepływając przez rezystory: 2k (rys. 3) oraz potencjometry cyfrowe, wywołuje na nich spadek napięcia proporcjonalny do strumienia świetlnego diody laserowej. Powyższy spadek napięcia jest porównywalny z napięciem odniesienia układu iC-WK. Powstały sygnał błędu moduluje natężenie prądu zasilającego diodę laserową. W kolejnych cyklach punkt pracy lustra prądowego BC237-BD139, zasilającego diodę laserową, dochodzi adaptacyjnie do stanu równowagi.

### 3. STABILIZACJA TEMPERATUROWA UKŁADU

Elementy układów sterowników, omówione w poprzednim rozdziale, ze względu na niewielką wydzielaną moc cieplną, można chłodzić z użyciem rozproszonych radiatorów o niewielkiej powierzchni czynnej. Ta technika rozpraszania ciepła nie może być zastosowana do chłodzenia źródeł promieniowania ze względu na poziom wydzielanego ciepła i warunki termiczne. Szczególnie zmiany temperatury diody laserowej wpływają na jej charakterystyki emisyjne. W przedstawionym systemie problem rozwiązano, opracowując adaptacyjny układ odprowadzania ciepła na bazie ogniw Peltiera.



Rys. 4. Układ sterowania modulem Peltiera

Zawiera on (rys. 4) termometr cyfrowy TC74 [21], potencjometr cyfrowy MCP6241 oraz stabilizator trójkońcówkowy w układzie regulatora napięcia LM1086 [22]. W tym przypadku adaptacyjna stabilizacja temperatury nie następuje w układzie sterownika, lecz w wyniku realizacji algorytmu w strukturze FPGA. Termometr informuje moduł FPGA o bieżącej temperaturze radiatora diod. W zależności od jej wartości i zadanej temperatury pracy, wytwarzany jest sygnał błędu. Sygnał błędu zmienia nastawę potencjometru cyfrowego w taki sposób, że powoduje ona wzrost lub zmniejszenie napięcia zasilającego (LM1086) ogniwo Peltiera, aż do osiągnięcia punktu równowagi. O dynamice zastosowanej regulacji nadążnej decydują rozdzielczość potencjometru oraz zastosowany algorytm regulacji.

## 4. PODSUMOWANIE

---

Przedstawiony układ sterowania posiada konstrukcję modułową, pozwalającą na realizację konstrukcji rozproszonej, złożonej z kilku autonomicznych modułów funkcjonalnych. Jest to korzystne ze względu na odprowadzanie ciepła z układu, prostszą obsługę serwisową oraz strukturę cyfrowego sterownika. Charakterystykę tego sterownika przeniesiono do drugiej publikacji „Implementacja algorytmu sterującego wielokanałowym, stałoprądowym zasilaniem LED-ów i diod laserowych”, zawierającej opis części „cyfrowej” systemu. Został on zbudowany na bazie układu FPGA, który oprócz funkcji sterujących, może również obsługiwać transmisję z mikrokomputerem poprzez konwerter sygnału USB.

---

Publikację zrealizowano w ramach pracy statutowej *S/WE/1/2011*.

## LITERATURA

1. Herlihy M., Shavit N.: *The Art of Multiprocessor Programming*, Elsevier, 2008 (wydanie polskie: *Sztuka programowania wieloprocesorowego*, PWN, 2010).
2. Foster I.: *Designing and Building Parallel Programs*, <http://www-unix.mcs.anl.gov/dbpp>, 2012.
3. Grama A. and al.: *Introduction to Parallel Computing*, wyd. 2, Addison-Wesley, 2003.
4. Zeidman B.: *Designing with FPGA and CPLs*, CMP Books, [www.amazon.com](http://www.amazon.com), 2002.
5. Dubey R.: *Introduction to Embedded System Design Using Field Programmable Gate Arrays*, Springer, 2009.

6. JEDEC Standard: Interface Standard for Nominal 3/3.3 V Supply Digital Integrated Circuits, JEDEC Solid State Association, 2006.
7. Mean Well: DC-DC constant Current LED driver, [http://www.meanwelldirect.co.uk/public/ranges/pdfs%5Cr1627%5Cr1627\\_3.pdf](http://www.meanwelldirect.co.uk/public/ranges/pdfs%5Cr1627%5Cr1627_3.pdf), 2012.
8. Mean Well: LED Power Supply Technical Manual, [www.meanwell.com](http://www.meanwell.com), 2009.
9. Renesas: RL78/I1A DC/DC LED Control User's Manual, Renesas Electronic Corporation, 2012.
10. Microchip: Digital Potentiometers Design Guide, DS22017A, USA, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22017a.pdf>, 2007.
11. Microchip: Using Digital Potentiometers to Optimize a Precision Single-Supply Photo Detect Circuit, AN692, [www.microchip.com](http://www.microchip.com), 2004.
12. Microchip: Interfacing Microchip's MCP41XXX/MCP4XXX Digital Potentiometer to a PIC Microcontroller, AN746, [www.microchip.com](http://www.microchip.com), 2001.
13. Texas Instruments: LM385-2.5, LM385-2.5, LM385B-2.5 Micropower Voltage References, SLVS023J, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm385-2.5.pdf>, 2005.
14. Microchip: MCP6241/1R/1U/2/4 50 uA, 550 kHz, Rail-to-rail Op Amp, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21882d.pdf>, DS21882D, 2008.
15. Silicon Touch Tech. Inc.: DD311, High Constant Current LED Driver, [http://bg.e-neon.ru/user\\_img/catalog\\_datasheets/sp-dd311-a.001.pdf](http://bg.e-neon.ru/user_img/catalog_datasheets/sp-dd311-a.001.pdf), 2007.
16. iC Haus: iC-WK, iC-WKL Application Notes, <http://www.semiconductorstore.com/pdf/NewSite/ichaus/App%20note%20iC-WK.pdf>, 2002.
17. iC Haus: iC-WK Demo WK4D, [http://www.ichaus.de/upload/pdf/wk4d\\_a1es.pdf](http://www.ichaus.de/upload/pdf/wk4d_a1es.pdf), 2003.
18. International Rectifier: HEXFET Power MOSFET Photovoltaic Relay Single Pole, DS No PD 10035, <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/pvg612.pdf>, 2008.
19. Vishay Semiconductors: SFH6916 Optocoupler, Phototransistor Output, Quad Channel, SOP-16, Mini Flat Package, <http://www.vishay.com/docs/83687/sfh6916.pdf>, 2011.
20. Mayers P.: Interfacing using Serial Protocols, Using SPI and I2C, EMRT, [http://intranet.daiict.ac.in/~ranjan/esp2005/paper/i2c\\_spi\\_341.pdf](http://intranet.daiict.ac.in/~ranjan/esp2005/paper/i2c_spi_341.pdf), 2003.
21. Microchip: TC74 – Tiny Serial Digital Thermal Sensor, DS21462C, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/21462c.pdf>, 2002.
22. Texas Instruments: LD Pos. Regulators, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1086.pdf>, 2005.

*Rękopis dostarczono dnia 16.10.2012 r.*

## AN ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF LEDS AND LASER DIODES

Marian GILEWSKI

**ABSTRACT** *The paper describes the multichannel control system of a set of laser diodes and LEDs. It includes a diagram of the system and component drawings. They are their own solutions and modifi-*

*cations to existing drivers. Also developed the concept of the grant No. MniSzWiN N518 284340. Thermal conditions are also discussed, and the ability to connect a computer. System control method can be found in the "DC power control algorithms of leds and laser diodes" publication.*

**Keywords:** LED driver, laser diode supply, FPGAs

---

**Dr inż. Marian GILEWSKI** w 1988 r. uzyskał tytuł mgr. inż. elektronika na Wydziale Elektroniki Politechniki Gdańskiej. Następnie w roku 1990 ukończył magisterskie studia uzupełniające w Instytucie Organizacji i Projektowania Systemów Produkcyjnych PG, uzyskując tytuł mgr. inż. organizatora przemysłu. W roku 2004 obronił rozprawę doktorską na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej, uzyskując stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie elektrotechniki. Aktualnie pracuje na Wydziale Elektrycznym PB, zajmując się sterowanymi cyfrowo układami zasilania LED-ów i diod laserowych.

