

Janusz GONDEK*
Sławomir KORDOWIAK**
Wojciech MYSIŃSKI**

SPECJALIZOWANE HYBRYDOWE STEROWNIKI DLA ZASTOSOWAŃ W URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH I TECHNICIE ŚWIETLNEJ

Technologie: hybrydowa i monolityczna układów scalonych umożliwiają opracowanie i wykonanie w zminiaturyzowanej postaci specjalizowanych sterowników, które znajdują zastosowanie w wielu aplikacjach w sprzęcie elektronicznym i oświetleniowym. Zintegrowane sterowniki pozwalają na budowę szeregu urządzeń takich jak przetwornice napięcia, układów do generacji wysokich napięć, zasilaczy do świetlówek i lamp LED, a także elektronicznych transformatorów, regulatorów obrotów silnika, narzędzi elektrycznych itp. [1, 2, 3, 8].

SŁOWA KLUCZOWE: sterowniki zintegrowane, sterowniki programowalne, ASIC, PWM, świetłówki, lampy LED, CCFL, technika hybrydowa

1. WSTĘP

Specjalizowane układy scalone (ASIC) i hybrydowe, umożliwiają tworzenie nowoczesnych rozwiązań układowych sterowników, które pozwalają na budowę miniatury zasilaczy impulsowych o wysokiej sprawności energetycznej, przetwornic, transformatorów elektronicznych itd. Hybrydowe sterowniki mają tą dodatkową zaletę, że są dość odporne na trudne warunki fizyczne (temperatura, wilgotność, przeciążenia termiczne i wstrząsy). Połączenie technologii monolitycznych specjalizowanych układów scalonych ASIC, technologii hybrydowej (szczególnie w układach większej mocy) oraz powierzchniowego montażu, prowadzi do optymalizacji parametrów tak tworzonych modułów skomplikowanych sterowników elektronicznych.

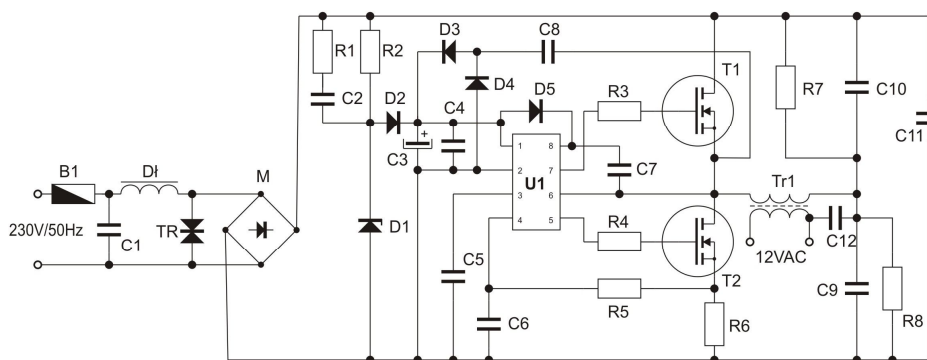
Artykuł przedstawia wyniki prac badawczych prowadzonych na Politechnice Krakowskiej i w Prywatnym Instytucie Technik Elektronicznych w Krakowie, w zakresie konstrukcji nowoczesnych rozwiązań układowych sterowników i technologii ich wykonania.

* Prywatny Instytut Technik Elektronicznych, Kraków.

** Politechnika Krakowska.

2. SPECJALIZOWANE, HYBRYDOWE STEROWNIKI

Rozwój mikroelektroniki, w tym przede wszystkim monolitycznych układów scalonych, a także udoskonalanie komputerowych metod ich projektowania, pozwoliły na opracowanie nowego typu układów, projektowanych do zadanego zastosowania (ang. ASIC – Application Specific Integrated Circuits). Układy te stworzyły nowe możliwości budowania urządzeń, bez korzystania z dyskretnych i katalogowych układów scalonych. W ten sposób powstały nowoczesne, specjalizowane hybrydowe sterowniki, znajdujące powszechne zastosowanie w urządzeniach elektrycznych i technice świetlnej. Przykładem takiego sterownika, może być układ podany na rys. 1. Jest to tzw. „elektroniczny transformator”, który może być zastosowany do zasilania żarówek halogenowych o mocy 150 W/12 VA (trzy żarówki 50 W) lub niskonapięciowych grzałek, a także lamp LED [7, 8].

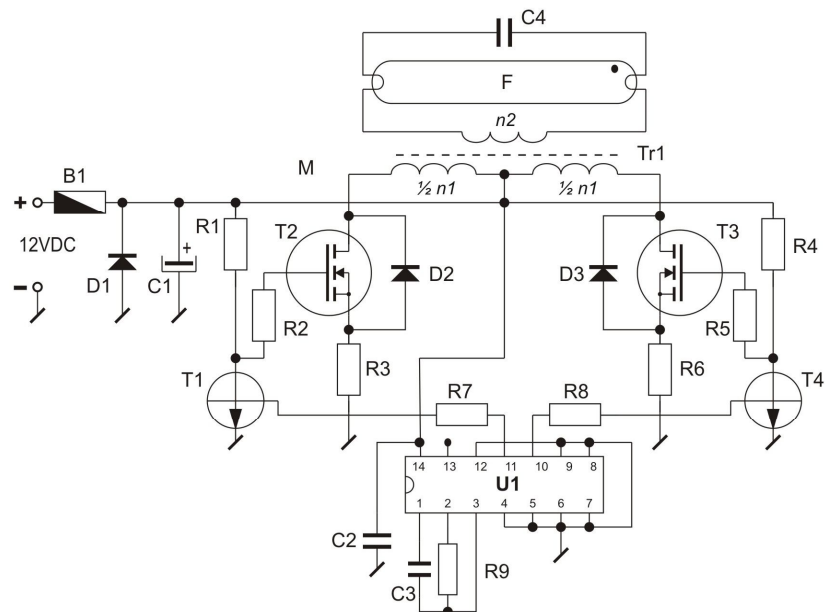


Rys. 1. Sterownik hybrydowy dużej mocy z niskonapięciowym wyjściem 12 VAC, zrealizowany na układzie IR2161

Układ z rys. 1 wykorzystuje specjalizowany, monolityczny układ scalony IR2161, który charakteryzuje się tym, że może być zasilany z sieci 230 VAC, beztransformatorowo. Układ sterownika, pracuje na zasadzie przetwornicy półmostkowej (ang. half-bridge), w której rolę mostka pełnią elementy: T_1 , T_2 , C_9 , C_{10} . W przekątną mostka, włączony jest transformator impulsowy, z rdzeniem ferrytowym o małych stratach, który stanowi galwaniczne oddzielenie wyjścia sterownika, od sieci 230 VAC i obniża napięcie do 12 VAC. Układ sterownika posiada funkcje tzw. „miękkiego startu”. Jest zabezpieczony przeciwzwarciowo i termicznie (B_1 , R_6 , R_5 , C_6). Gdy wartość prądu tranzystorów T_1 i T_2 zaczyna wzrastać w sposób niekontrolowany, wynikający np. z przeciążenia termicznego, rośnie spadek napięcia na R_6 , który poprzez R_5 i C_6 jest podawany na wejście (4) układu IR2161, który wyłącza pracę przetwornicy. Przetwornica po włączeniu zasilania startuje z częstotliwością $f \approx 100$ kHz, a na-

stępnie jej częstotliwość maleje do ok. 50 kHz (bez obciążenia) lub do ok. 28 kHz (przy pełnym obciążeniu). Dzięki temu napięcie wyjściowe wzrasta stopniowo (miękki start). Sterownik jest wyposażony w filtr EMC (C_1 , D_1) oraz szybkie zabezpieczenie przeciwprzepięciowe TR (TRANSIL 400CA) i nadprądowe (B_1). Sterownik został wykonany technologią hybrydową (warstw grubych) z zastosowaniem elementów SMD. Jako podłoże zastosowano ceramikę alundową Al_2O_3 . Tranzystory polowe T_1 i T_2 umieszczono, na odrębnej płytce ceramicznej, którą przyklejono do radiatora, za pomocą termoprzewodzącego kleju, przez co uzyskano zwiększoną odporność sterownika na przeciążenia termiczne.

Z kolei rys. 2 przedstawia układ sterownika przetwornicy zrealizowanej na układzie scalonym CD4047, która jest przewidziana do zasilania świetlówek rurowych LUMILUX FH o mocach: 14 W ÷ 35 W i świetlówek LUMILUX FQ o mocach: 24 W ÷ 80 W firmy OSRAM. Przetwornica jest zasilana z napięcia 12 VDC (np. z akumulatora samochodowego) [1, 2, 7, 8].

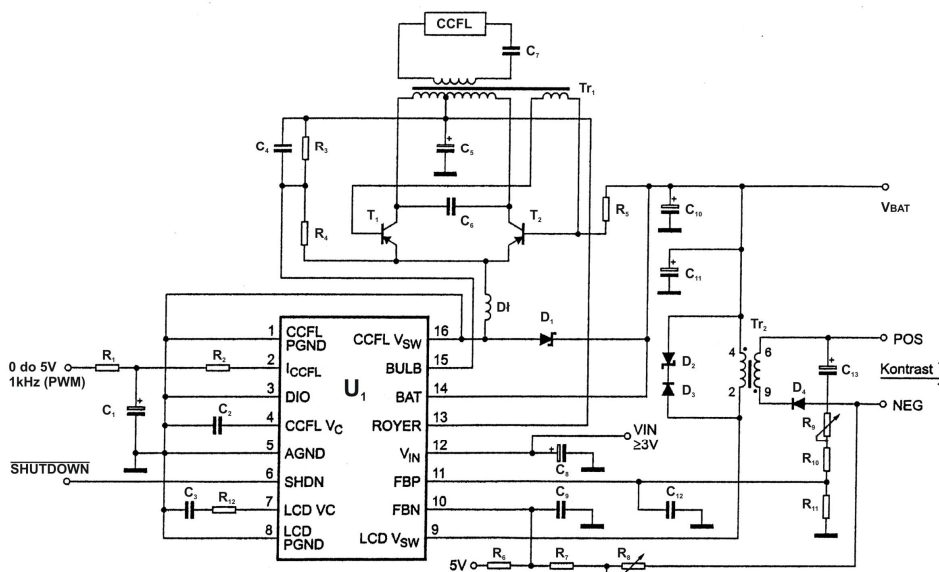


Rys. 2. Sterownik hybrydowy średniej mocy z niskonapięciowej przetwornicy samochodowej do zasilania świetlówek

Układ przetwornicy zawiera generator zrealizowany na układzie CD4047. Następnie impulsy są wzmacniane przez T_1 i T_2 , które sterują tranzystorami mocy T_3 , T_4 (MOS-N-FET), pracującymi w układzie przeciwobnym. Obciążeniem przetwornicy jest transformator Tr_1 . Napięcie z uzwojenia wtórnego (n_2)

poprzez C_4 powoduje zapłon świetlówki (F) oraz jej zasilanie. Przetwornica zabezpieczona jest przed odwrotnym zasilaniem (D_1) i przeciążeniami o odwrotnej polaryzacji (D_2 i D_3), które mogą się pojawić, przy nagłym uszkodzeniu świetlówki (F). Wykonanie sterownika przetwornicy w technologii hybrydowej pozwala na uzyskanie miniaturowego modułu, który jest odporny na warunki techno-klimatyczne i przeciążenia termiczne, co jest istotne w aplikacjach samochodowych.

Inny sterownik przedstawia rys. 3. Jest to układ zasilacza ze sterownikiem firmy Linear Technology typu: LT1182, do lamp fluorescencyjnych o zimnej katodzie (CCFL), które w praktyce są miniaturowymi świetlówkami. Służą one do podświetlania ekranów (wyświetlaczy ciekłokrystalicznych z tranzystorami cienkowarstwowymi), notebooka lub palmtopa. Lampy CCFL są zasilane napięciem sinusoidalnym $U_3 = 200 \text{ V} \div 500 \text{ V}$. Napięcia zapłonu też są wysokie, od 1000 V i więcej. Lampy CCFL są zatem trudne do sterowania i ściemniania, z zachowaniem jednokowego strumienia świetlnego, na całej ich długości [1, 4, 8].

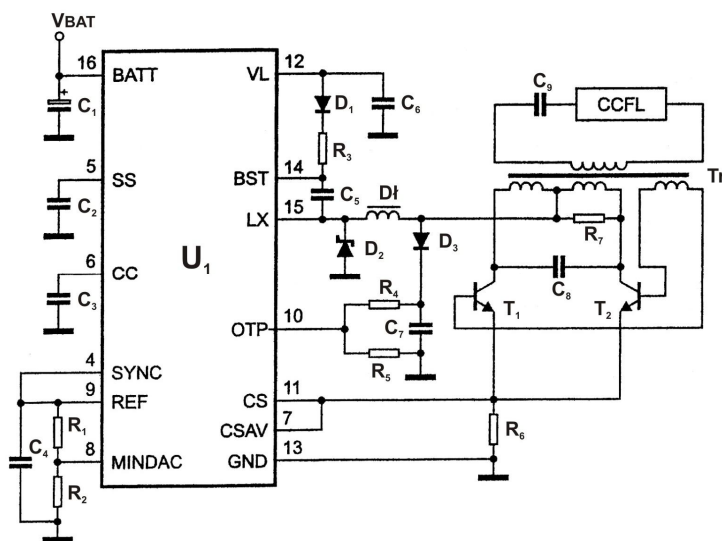


Rys. 3. Sterownik hybrydowy do lamp CCFL, zrealizowany na układzie LT1182 firmy Linear Technology

W układzie z rys. 3 użyto oscylatora Royera z transformatorem przeciwsobnym o dużej przekładni. Częstotliwość pracy układu wynosi ok. 190 kHz. Firma Linear Technology oferuje serię specjalizowanych sterowników wyświetlaczy LT1182/1183/1184, z których LT1182/1183 służą do zasilania lamp CCFL i do dodatkowej regulacji kontrastu. W układach LT1182/1183/1184 do stabilizacji

prądu lamp CCFL, używa się wzmacniacza błędu, w pętli sprzężenia zwrotnego, który został zastąpiony blokiem programowania prądu lampy. Sterowniki dostarczają dodatkowo napięcia z Tr_2 , do regulacji kontrastu wyświetlacza. Osiągnięcie optymalnych parametrów sterowników lamp CCFL wymaga precyzyjnego doboru podzespołów modułów zasilaczy. Zapewnia to, wykonanie ich technologią hybrydową, z zastosowaniem kondensatorów monolitycznych i tantalowych, wysokiej jakości. Rezystory i sieć połączeń wykonano technologią warstw grubych na podłożu ceramicznym Al_2O_3 [8].

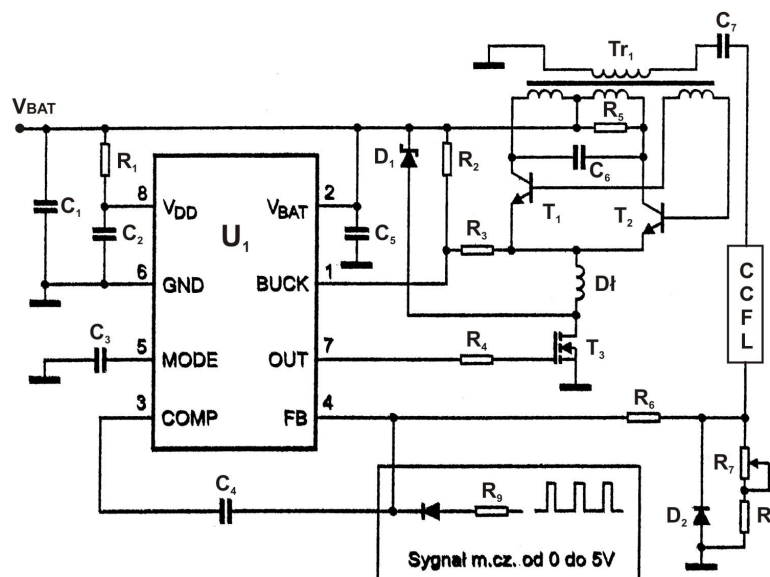
Z kolei rys. 4 przedstawia schemat zasilacza do lamp CCFL ze sterownikami typu: MAX1610/1611. Układy te posiadają również oscylatory Royera, ale z cyfrowym sterowaniem prądu lamp, za pośrednictwem 5-bitowego licznika, z 5-bitowym przetwornikiem C/A. W sterowaniu jest wykorzystywana magistrała szeregową SMBus. Kontrolowany jest prąd lampy w pierwszym uzwojeniu Tr_1 , który ma wpływ na jej jaskrawość. Do sterowania Tr_1 w układzie oscylatora Royera, zastosowano tranzystory mocy MOSFET (T_1 , T_2), które w postaci nieobudowanej umieszczono na płytce ceramicznej (Al_2O_3), w wykonaniu hybrydowym, dzięki czemu zapewniono stabilne warunki termiczne [1, 5, 8].



Rys. 4. Sterownik hybrydowy do lamp CCFL, zrealizowany na układach MAX1610/1611

Inny sterownik zasilacza do lamp CCFL przedstawia rys. 5, który wykorzystuje układy UCC3972.3973 firmy Texas Instruments/Unitrade. I w tym układzie użyto oscylatora Royera z tranzystorami MOSFET, pracującymi z częstotliwością ok. 60 kHz. Układ posiada sprzężenie zwrotne, do sterowania prądem lampy. Sygnał jest pobierany z dzielnika (R_7 , R_8 , D_2), napięcia uzyskiwanego na

wtórny uzwojeniu transformatora Tr_1 i podawany do układu UCC3972/3973. Układ scalony utrzymuje stabilny prąd lampy, za pośrednictwem współczynnika wypełnienia impulsów, w stabilizatorze obniżającym napięcie (D_1 , T_3). Ściemnianie lampy CCFL, może być zrealizowane za pomocą potencjometru R_7 . Współczynnik wypełnienia PWM, jest ustalany, w pętli sprzężenia zwrotnego i służy do sterowania prądem lampy. Drugi sposób polega na doprowadzeniu do wejścia sprzężenia zwrotnego (3) układu scalonego ciągu impulsów (o regulowanym współczynniku wypełnienia), albo napięcia stałego od 0 do 5 V. Wersja hybrydowa sterownika z rys. 5, poprawia jego parametry użytkowe [1, 6, 8].

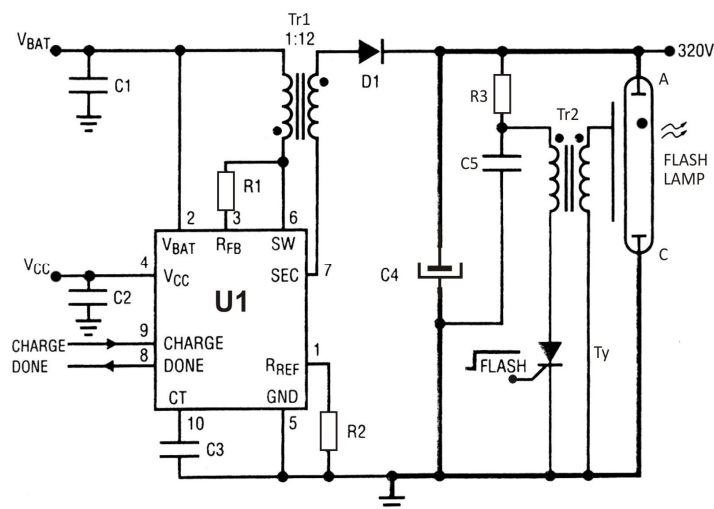


Rys. 5. Sterownik hybrydowy do lamp CCFL, zrealizowany na układach scalonych UCC3972/3973 firmy Texas Instruments/Unitrade

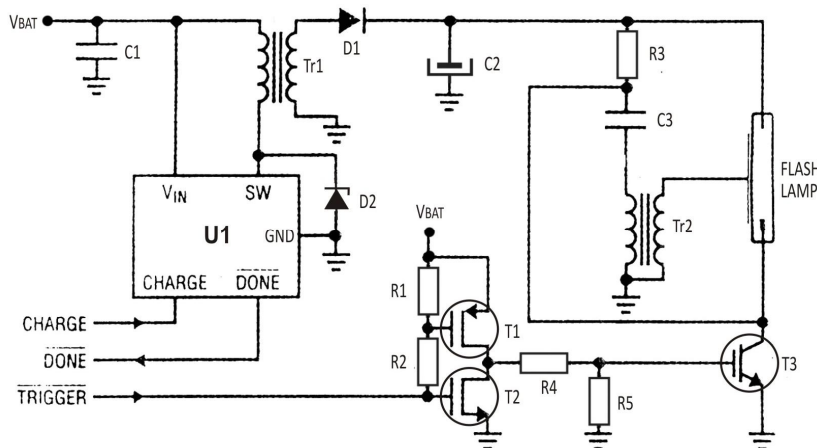
Odrębną grupę sterowników stanowią specjalizowane układy scalone do zasilania lamp błyskowych (FLASH LAMP), w które wyposażone są aparaty fotograficzne. Firma Linear Technology produkuje specjalizowane sterowniki: LT3420 i LT3468, które wytwarzają napięcie zasilania lampy błyskowej od 300 V do 350 V. Zasilane są z baterii (V_{BAT}) o napięciach od 1,8 V do 10 V. Przykłady takich układów, podają rys. 6 i rys. 7 [8].

Układy sterowników LT 3420 i LT 3468 zawierają generatory napięcia zmiennego, które poprzez transformator Tr_1 jest podnoszone do poziomu napięcia 320 V, wyprostowane przez D_1 i filtrowane przez C_4 (rys. 6) i C_2 (rys. 7). Następnie przez R_3 ładowane są kondensatory zapłonowe C_5 (rys. 6) i C_3 (rys. 7), a następnie rozładowywane w obwodzie transformatora zapłonowego

Tr₂, wyzwalającego impuls zapłonowy lampy błyskowej. Następnie lampa (FL) przewodzi dając błysk światła, o energii proporcjonalnej do wartości pojemności kondensatora C₄ (rys. 6) lub C₂ (rys. 7). Wyzwalanie lampy błyskowej powoduje w układzie z rys. 6 – tyrystor Ty, a w układzie z rys. 7 impuls generowany przez T₁ i T₂, który steruje wysokoprądowym tranzystorem T₃. Ze względu na proste schematy układów aplikacyjnych sterowników, łatwa jest ich hybrydyzacja, która prowadzi do zwiększenia niezawodności działania [1, 4, 8].

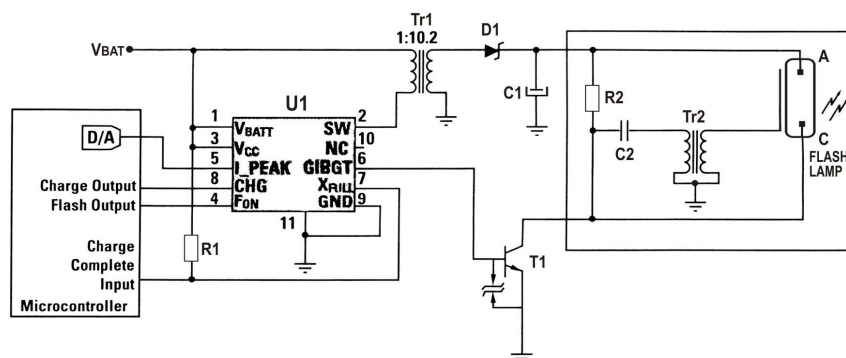


Rys. 6. Sterownik hybrydowy do lamp błyskowych, na układzie scalonym LT3420 firmy Linear Technology



Rys. 7. Sterownik hybrydowy do lamp błyskowych, na układzie scalonym LT3468 firmy Linear Technology

Ciekawym układem aplikacyjnym, specjalizowanego układu scalonego TPS65552DGQ firmy Texas Instruments, jest schemat podany na rys. 8 [6].



Rys. 8. Sterownik hybrydowy do lamp błyskowych, na układzie scalonym TPS65552DGQ firmy Texas Instruments

Układ współpracuje z cyfrowym aparatem fotograficznym. Do wyzwania kondensatora zapłonowego C_2 , zastosowano szybki tranzystor (T_1), typu: SSM25645EM (IGBT) firmy Silicon Standard, który gwarantuje szybki start lampy błyskowej. Układ zapewnia pełną współpracę z aparatem fotograficznym i w wersji hybrydowej jest maksymalnie zminiaturyzowany. Duży prąd rozładowania kondensatora C_1 , poprzez tranzystor T_1 (np. osiągający 150 A), pozwala na zastosowanie lamp błyskowych o dużej wydajności świetlnej [1, 6, 8].

3. PODSUMOWANIE

Opracowane sterowniki hybrydowe pozwalają na zasilanie różnego typu sprzętu elektrycznego i oświetleniowego. Zastosowana technologia hybrydowa, z wykorzystaniem mikroelektronicznej technologii warstw grubych, gwarantuje stabilizację parametrów termicznych i wysoką niezawodność działania.

LITERATURA

- [1] Zarębski K.: komputerowe wspomaganie prac inżynierskich. Akwizycja danych pomiarowych. Centrum szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej. Kraków 2007, ISBN 978-83-922898-4-5.
- [2] Gondek J., Kordowiak S., Łopata S., Polańska M., Tabor A.: Audyt energetyczny na potrzeby termomodernizacji oraz oceny energetycznej budynków. Tom III: Zasady rynku energii elektrycznej, oświetlenie, systemy pomiarowe, oszczędność energii elektrycznej, paliwa i kotły grzewcze. Centrum szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej. Kraków 2009, ISBN 978-83-61292-17-3.

- [3] Gondek J., Kordowiak S., Siwczyński M.: Hybrydowe zintegrowane sterowniki diod LED i elementów automatyki. Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering No 83, 2015, ISSN 1897-0737.
- [4] www.linear.com
- [5] www.maximintegrated.com
- [6] www.ti.com
- [7] www.irf.com
- [8] PITE – materiały własne, 2015.

APPLICATION SPECIFIC HYBRID DRIVERS FOR ELECTRICAL DEVICES AND LIGHT ENGINEERING

The paper contains the result of research work carried out in Private Institute of Electronic Engineering together with Cracow University of Technology. The works were dedicated for elaboration new application specific hybrid drivers for electrical devices and light engineering, thick-film technology were used.

(Received: 12. 02. 2016, revised: 3. 03. 2016)