

Inteligentna latarka

Latarka z diodą LED i menu



**AVT
5316**



W artykule opisano projekt i budowę inteligentnej latarki. W konstrukcji prezentowanego urządzenia jako źródło światła zastosowano białą diodę LED o mocy 1 W, natomiast do zasilania użyto dwóch akumulatorów NiMH o wielkości R6 i pojemności około 2000 mAh. Takie rozwiązanie pozwala na 4 godziny ciągłego świecenia z pełną mocą diody, co w większości przypadków jest zupełnie wystarczające.

Rekomendacje: latarka może służyć jako latarka ręczna, doskonale sprawdzi się jako lampka rowerowa, może być użyta jako stroboskop czy do ostrzegania.

Schemat ideowy latarki zamieszczono na rysunku 1. W celu zasilenia diody LED z połączonych szeregowo dwóch akumulatorów ($U=2 \dots 2,6$ V) była konieczna budowa przetwornicy podwyższającej napięcie, gdyż przy znamionowym prądzie pracy spadek napięcia na zastosowanej diodzie to około 3,3 V. Konstrukcję przetwornicy oparto na układzie scalonym TPS61200 firmy Texas Instruments. Układ jest umieszczony w obudowie QFN-10 z wbudowanym elementem odprowadzającym ciepło. Obudowa jest mikroskopijna i trudna w montażu, ale można znaleźć na nią sposób.

Wybór układu scalonego był podyktowany potrzebą głębokiej ingerencji w układ sprzężenia zwrotnego stabilizatora. TPS61200 to przetwornica o napięciu wyjściowym regulowanym za pomocą zewnętrznego dzielnika rezystorowego. Po wprowadzeniu kilku zmian można ją przystosować do pracy, tak by stabilizowany był prąd pracy diody LED. Poza tym przetwornica ma przydatne do regulacji mocy wejście *Enable*, dużą sprawność i niewielką cenę, a wewnętrzny klucz tranzystorowy ma wystarczająco duży nominalny prąd pracy (1,2 A). Układ TPS61200 w wewnętrznym bloku sprzężenia zwrotnego ma wbudowane źródło

napięcia odniesienia. Zastosowanie najprostszego rozwiązania z pomiarem spadku napięcia na rezystorze pomiarowym obciążonym prądem roboczym wymusza konieczność uzyskania spadku napięcia o takiej właśnie wartości, co przy stabilizacji prądu LED na poziomie 350 mA wymagałoby użycia rezystora o rezystancji 1,4 Ω , a wniesione przez to straty mocy sięgałyby 20%, czyli około 0,18 W. Straty mocy zredukowano dzięki bardziej rozbudowanemu blokowi sprzężenia zwrotnego. Zredukowano rezystancję rezystora pomiarowego do 0,3 Ω , dzięki czemu spadek roboczy napięcia wynosi około 100 mV, co w konsekwencji daje straty mocy około 0,04 W. Zastosowano dodatkowe źródło napięcia odniesienia 1,225 V (LM4041) i dzielnik, na którym uzyskuje się spadek ok. 400 mV. Napięcie kierowane na wejście FB układu TPS61200 jest w przybliżeniu sumą uzyskanego z dzielnika napięcia o wartości 400 mV i spadku napięcia na rezystorze pomiarowym. W efekcie układ zachowuje się, jakby napięcie referencyjne stabilizatora wynosiło tylko ok. 100 mV. W zastosowanym układzie parametry stabilizacji pogarszają się nieco w stosunku do układu stabilizacji z użyciem tylko rezystora pomiarowego 1,4 Ω , jednak w prezentowanej aplikacji nie ma to dużego znaczenia, gdyż nie jest konieczne bardzo precyzyjne ustalenie prądu pracy LED, natomiast dąży się do jego ograniczenia do wartości zbliżonej do nominalnego.

Niespotykanym elementem w urządzeniu takim jak latarka jest niewątpliwie zastosowany w niej wyświetlacz służący do komunikacji urządzenia z użytkownikiem, np. wyświetlenia ostrzeżenia o niskim napięciu baterii oraz ustawienia trybu pracy la-

AVT-5316 w ofercie AVT:
AVT-5316A – płytka drukowana

Podstawowe informacje:

- Zasilanie z dwóch akumulatorów NiMH (AA) o pojemności ok. 2000 mAh,
- Dioda LED o mocy 1 W,
- Wyświetlacz LCD z menu nastaw latarki,
- Funkcje latarki: świecenie ciągle, dwa rodzaje świecenia pulsacyjnego oraz tryb flash

Dodatkowe materiały na CD/FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 14464, pass: 87f371o5

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:
(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

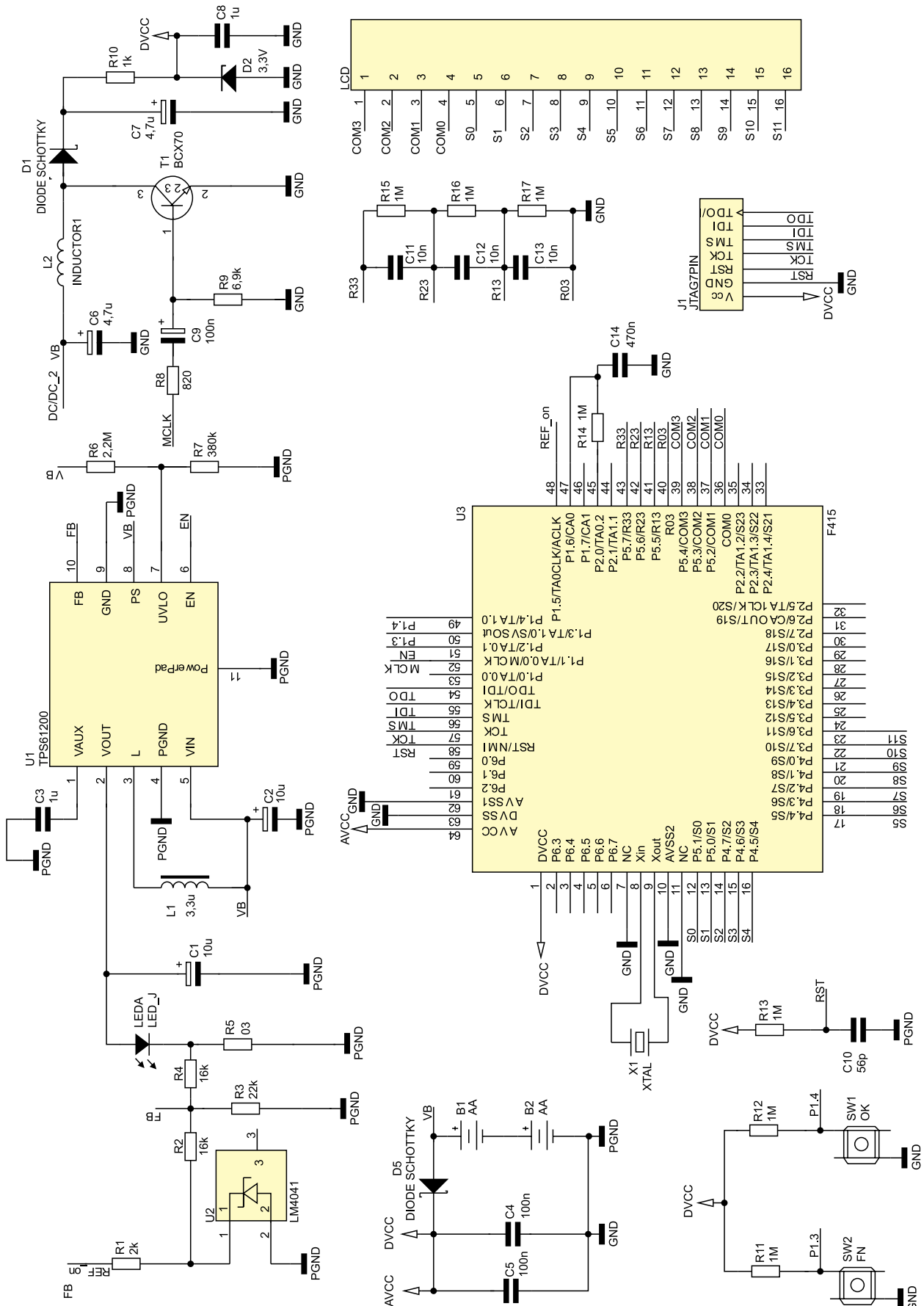
- AVT-1463 Inteligentna latarka LED (EP 3/2008)
- AVT-1343 Diodowy oświetlacz (EP 6/2002)
- AVT-761 Latarka LED (EdW 10/2007)
- AVT-1451 Latarka LED z przetwornicą DC/DC (EP 6/2007)

tarki i mocy diody. Zastosowano 6-znakowy, 7-segmentowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny o 4 podłożach. Pracą urządzenia steruje mikrokontroler MSP430F415 firmy TI, który ma zintegrowany sterownik LCD. Zastosowano wyświetlacz LCD, a napięciu pracy 3 V. Kontroler zasilany z dwóch ogniw NiMH o napięciu roboczym nieprzekraczającym

2,6 V nie umożliwia jednak uzyskania dobrego kontrastu na wyświetlaczu. Ze względu na brak wbudowanej w sterowniku LCD przetwornicy podwyższającej napięcie steru-

jące wyświetlaczem, konieczne było podniesienie napięcia zasilania całego mikrokontrolera. W tym celu wykonano przetwornicę podwyższającą napięcie o małej mocy typu

(„DC/DC2” na rys. 1). Jako klucz zastosowano tranzystor bipolarny przełączany wyprowadzonym na zewnątrz sygnałem zegarowym MCLK mikrokontrolera, czyli sygnałem



o częstotliwości głównego zegara procesora, która wynosi 1 MHz. Układ nie ma regulacji wydajności czy napięcia wyjściowego, dlatego na jego wyjściu zastosowano prosty stabilizator napięcia zbudowany w oparciu o diodę stabilizacyjną 3,3 V.

Istotnym zadaniem mikrokontrolera, poza obsługą LCD, załączeniem układu TPS61200 i obsługą przycisków sterowania, jest kontrola napięcia baterii. MSP430F415 nie ma wbudowanego przetwornika A/C, jednak wśród jego bloków funkcjonalnych znajduje się komparator analogowy z wbudowanym źródłem napięcia odniesienia. Z użyciem komparatora jest możliwe wykonanie pomiaru integracyjnego polegającego na pomiarze czasu ładowania kondensatora o znanej pojemności przez znaną rezystancję i na jego podstawie określenia z dobrym przybliżeniem napięcia źródła, z którego ładowano pojemność, czyli napięcia baterii. Zależność wartości napięcia baterii w funkcji czasu ładowania pojemności można opisać równaniem

$$U_b(t) = \frac{1 - \exp(-\frac{t}{\tau})}{U_{ref}}$$

w którym:

- t – czas ładowania pojemności,
- τ – stała czasowa,
- U_{ref} – wartość napięcia odniesienia komparatora.

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD, 0805):

- R1: 2 k Ω
- R2, R4: 16 k Ω
- R3: 22 k Ω
- R5: 0,3 Ω
- R6: 2,2 M Ω
- R7: 380 k Ω
- R8: 820 Ω
- R9: 6,9 k Ω
- R10: 1 k Ω
- R11, R17: 1 M Ω

Kondensatory:

- C1, C2: 10 μ F (X5R 1206)
- C3, C8: 1 μ F (X7R 1206)
- C4, C5, C9: 100 nF (0805)
- C6, C7: 4,7 μ F (X5R 1206)
- C10: 56 pF (0805)
- C11, C12, C13: 10 nF (0805)
- C14: 470 nF (1206)

Półprzewodniki:

- D1, D3: LL103A (minimelf)
- D2: dioda Zenera 3,3 V (minimelf)
- U1: TPS61200 (QFN-10)
- U2: LM4041 (SOT-23)
- U3: MSP430F415 (QFP64)
- T1: BCX70 (SOT-23)

LED – Lumileds Luxeon 1 W z soczewką lub podobna

Inne:

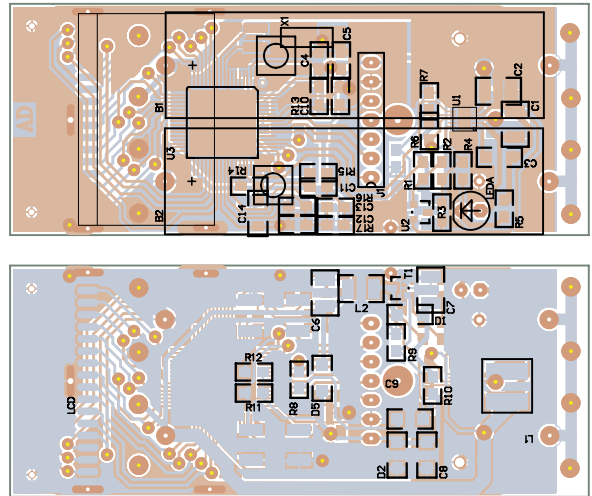
- L1: dławik 3,3 μ H DLG-0504
- L2: dławik DL1210 4,7 μ H (1210)
- X1: 32768 kHz
- J1: goldpin 7 \times 1
- SW1, SW2: TACTM-63N
- LCD: UTNH-G612 lub CSL-50470

Jest to najprostsza metoda pomiaru wymagająca pojedynczego procesu integracji. Wymaga jednak wiedzy o wartości R i C albo kalibracji. Wartości te można wyeliminować z równania, dokonując podwójnej integracji i porównując dwa czasy: ładowania do wartości napięcia referencyjnego oraz ładowania do napięcia $V_{cc}/2$.

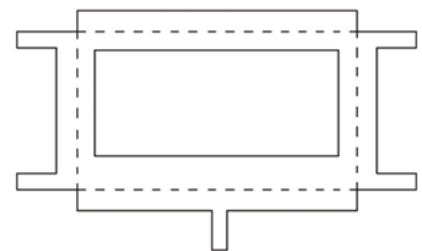
Konstrukcja mechaniczna

Wygląd płytki drukowanej (schemat montażowy) pokazano na **rysunku 2**. Mozaikę połączeń przygotowano tak, aby odsunąć od siebie i możliwie dobrze odseparować część zasilającą od mikrokontrolera i wyświetlacza. Aby uprościć montaż układu TPS61200, a jednocześnie zapewnić mu dobre warunki termiczne, w płytce wyfrezowano otwór zlokalizowany centralnie pod radiatorem. Po przylutowaniu układu zalano otwór lutowni, uzyskując w ten sposób elektryczne połączenie radiatora z masą i mostek o niskiej rezystancji termicznej do płaszczyzny masy po drugiej stronie płytki. Wyświetlacz został zamocowany na płytce drukowanej za pomocą ramki wykonanej z cienkiej blaszki. Wzór elementu mocującego LCD przedstawiono na **rysunku 3**. Linią przerywaną oznaczono miejsca zagięć. Wykonany został też szablon z grubej blachy stalowej o wymiarach wyświetlacza, który posłużył jako kopyto do uformowania ramki. Ramkę przylutowano bezpośrednio do płytki drukowanej. Do wyświetlacza dobrano miękki elastomer, aby zapobiec odkształcaniu się laminatu na skutek siły docisku.

Na **rysunku 4** pokazano przekrój zmontowanej latarki. Jej obudowę wykonano z rurki miedzianej o średnicy 1,25 cala. Rurkę ściśnięto w obszarze, w którym umieszczono płytkę obwodu drukowanego oraz baterie. Dzięki temu



Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej

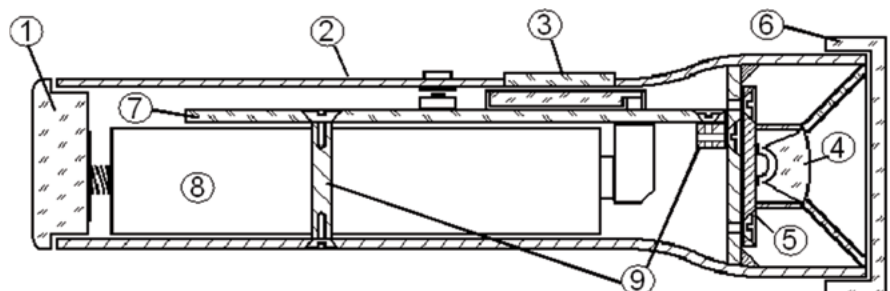


Rysunek 3. Wzór ramki mocującej wyświetlacz

powstała płaska, położona równolegle do płytki drukowanej powierzchnia, w którą wkomponowano szybką ochronną osłaniającą okienko wyświetlacza.

Akumulatory są umieszczone bezpośrednio na płytce drukowanej, na której zamontowano również dwa stałe styki z blaszki mosiężnej. W zaślepce zamykającej rurkę są zamontowane styki sprężynowe, których zadaniem jest utrzymanie kontaktu w warunkach użytkowania latarki.

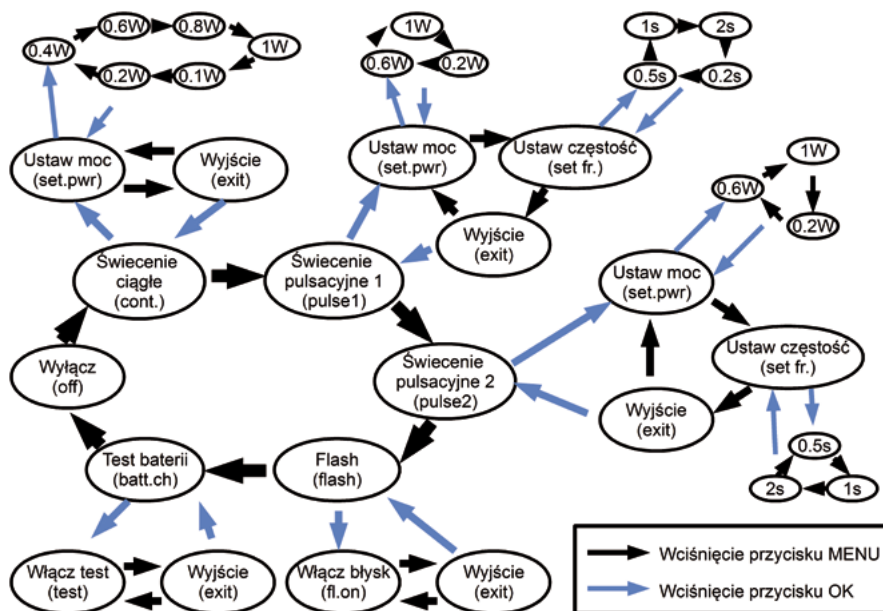
Na drugim końcu umiejscowiona została dioda LED typu Luxeon. Jej struktura jest umieszczona na małym radiatorze i obudowana korpusem z zamontowaną soczewką. Radiator przykręcono bezpośrednio do włutowanej wewnątrz rurki przegrody, a rurkę zamknięto dopasowaną do jej średnicy przezroczystą pokrywką.



Rysunek 4. Przekrój zmontowanej latarki: 1) zaślepka ze stykami, 2) obudowa z rurki miedzianej, 3) okienko wyświetlacza, 4) soczewka diody, 5) radiator z diodą, 6) przezroczysta przykrywka, 7) płytka drukowana, 8) baterie, 9) elementy mocujące

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym





Rysunek 5. Graf przedstawiający strukturę menu latarki

Oprogramowanie

Program dla mikrokontrolera MSP430 utworzony został w języku C z użyciem środowiska *IAR Embedded Workbench 5.0*. W programie przewidziano możliwość pracy latarki w dwóch trybach: prostym i użytkownika. Wynika to z tego, że ze względu na brak podświetlenia wyświetlacza niemożliwe jest jego używanie w ciemności. Z tego powodu latarka w trybie prostym działa jak typowa latarka. Jeden z przycisków służy wtedy do włączania i wyłączania świecenia. Dodatkowo, za pomocą drugiego przycisku można zmienić moc diody w trakcie świecenia, co zrealizowano w taki sposób, że po wciśnięciu przycisku jest ustawiany kolejny próg mocy. W drugim trybie pracy ustawienia i funkcje latarki są wyświetlane na wyświetlaczu w postaci menu o strukturze przedstawionej na **rysunku 5**. Przewidziano takie funkcje, jak: świecenie ciągle, dwa rodzaje świecenia pulsacyjnego oraz tryb flash, w którym błysk latarki wyzwalany jest za pomocą przycisku OK. W pierwszym z trybów pulsacyjnych co określony czas ma miejsce pojedyncze błysnięcie diodą, a w drugim – podwójne.

Na grafie przedstawionym na rysunku 5 strzałki w kolorze niebieskim oznaczają przejścia realizowane po wciśnięciu przycisku OK – wejście do podmenu oraz zatwierdzenie wyboru ustawień. Strzałki w kolorze czarnym oznaczają przejścia między pozycjami menu, na tym samym poziomie zagnieźdzenia, które są realizowane za pomocą przycisku MENU. Po włączeniu urządzenia jest domyślnie wybierana pozycja w menu odpowiadająca świeceniu ciąglemu. Przy ustawianiu mocy czy też częstotliwości, po potwierdzeniu wyboru, dioda zaczyna świecić w sposób zgodny z wybranym parametrem. Powrót do głównego menu jest równoznac-

ny z wyłączeniem diody. Użyto wyświetlacza 6-znakowego, więc było konieczne utworzenie skróconych nazw pozycji menu, które na grafie zostały ujęte w nawiasach.

Odpowiednio dla poszczególnych trybów świecenia możliwe jest ustawienie mocy diody oraz częstotliwości pulsowania diody. Regulację mocy świecenia diody LED zrealizowano za pomocą sygnału PWM generowanego w mikrokontrolerze z użyciem licznika *TimerA* i sterującego wejścia *Enable* układu TPS61200. Ten sygnał ma częstotliwość około 200 Hz, którą ograniczono ze względu na fakt, że przetwornica po załączeniu sygnałem *Enable* wymaga około 300 μ s do osiągnięcia ustalonej wartości napięcia wyjściowego. Dla większej częstotliwości sygnału, przy małym współczynniku wypełnienia, napięcie wyjściowe przetwornicy mogłoby nie osiągać odpowiedniej wartości po każdym cyklu załączenia.

Do odmierzenia czasu pomiędzy błyskami w trakcie świecenia pulsacyjnego wykorzystano *Basic Timer*. Pomiar baterii jest wyzwalany co określony czas przy użyciu licznika *TimerA*. W momencie, gdy stosowany w pomiarze kondensator jest już naładowany do napięcia równego napięciu źródła odniesienia, komparator zgłasza przerwanie, w trakcie obsługi którego zostaje odczytana liczba cykli timera, które odpowiadają czasowi ładowania pojemności. W czasie pomiaru napięcia baterii jest konieczne chwilowe wyłączenie przetwornicy podwyższającej napięcie zasilania mikrokontrolera, by nie było mierzone napięcie przetwornicy, lecz baterii. Pomiar napięcia jest zrealizowany w taki sposób, że odpowiadająca czasowi ładowania wartość napięcia jest odczytywana z przygotowanej tablicy, w której umieszczono liczby cykli timera oraz odpowiadające im wartości napięć z krokiem 0,05 V. Gdy

wynik pomiaru napięcia jest mniejszy od 2,2 V, na LCD wyświetlany jest przez chwilę komunikat o niskim poziomie napięcia baterii. Po spadku napięcia poniżej 2 V komunikat ten jest wyświetlany przez cały czas i z każdym kolejnym cyklem pomiarowym stopniowo jest zmniejszana moc świecenia

diody, jednak do poziomu wyższego od 20% mocy maksymalnej. Gdy napięcie spada do około 1,8 V, urządzenie się wyłącza.

Podsumowanie

Zaprezentowana latarka z powodzeniem może służyć jako latarka ręczna, doskonale sprawdzi się jako lampka rowerowa zapewniając bardzo dobrą widoczność, może być wykorzystana jako stroboskop czy urządzenie ostrzegające. Zastosowana dioda LED o mocy 1 W sprawia, że latarka świeci znacznie jaśniej niż typowo spotykane latarki z żarówką i niewielkie latarki diodowe. Opisane urządzenie ma wytrzymałą mechanicznie obudowę wykonaną z miedzi. Zastosowanie niewielkich rozmiarów akumulatorów powoduje, że latarka ma stosunkowo niewielkie wymiary. Ponadto akumulatory o rozmiarze AA i ładowarki do nich przeznaczone są łatwo dostępne. Urządzenie posiada cechy, jakich można oczekiwać od każdej latarki, oraz takie, które sprawiają, że jest to latarka inteligentna, o możliwie optymalnej konstrukcji i funkcjonalności.

Arkadiusz Dąbrowski
arek_arq@o2.pl

REKLAMA