



# Purpurowa magiczna lampka Świeczka XXI wieku AVT-766

**Elektroniczna świeczka XXI wieku zaświecana... zapalną, gaszona przez „zduszenie palcami”.**

**Jej działanie zadziwi każdego obserwatora. Spektakularne wykorzystanie trójkolorowej diody LED RGB, w zupełnie nietypowy sposób: jako czujnik światła, a także jako źródło światła. Zaskakująco prosty układ – tylko jeden ośmionóżkowy układ scalony. Nie wymaga kalibracji, trzeba jedynie ustawić pożądaną czułość.**

**Typowe zasilanie: z baterii 9V. Zakres napięć zasilania 7...15V. Pobór prądu: 20mA przy 9V.**

Na obserwacjach ogromne wrażenie robi sposób działania: prezentowaną elektroniczną świeczkę, „zapala” się, zbliżając na chwilę do diody LED zapaloną zapalną, ewentualnie zapalniczkę. Dioda LED zaświeci wtedy tajemniczym, purpurowym (niebiesko-czerwonym) światłem. Zgasić ją można w sposób podobny, jak co odważniejsi gaszą zwykłą świeczkę: przez „zduszenie płomienia” palcami. W rzeczywistości zgaszenie polega na zbliżeniu do diody LED jakiegokolwiek jasnego przedmiotu, który odbija światło.

Działanie układu pokazują filmiki umieszczone pod adresami:

<http://youtube.com/watch?v=tdK3DagZCXE>

<http://youtube.com/watch?v=jeRm1BjvRVY>

a także w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do numeru 5/2008.

Projekt jest interesującym przykładem nietypowego wykorzystania trójbarwnej diody RGB, która oprócz swej klasycznej funkcji wyjątkowo pełni rolę czujnika światła – fotodiody.

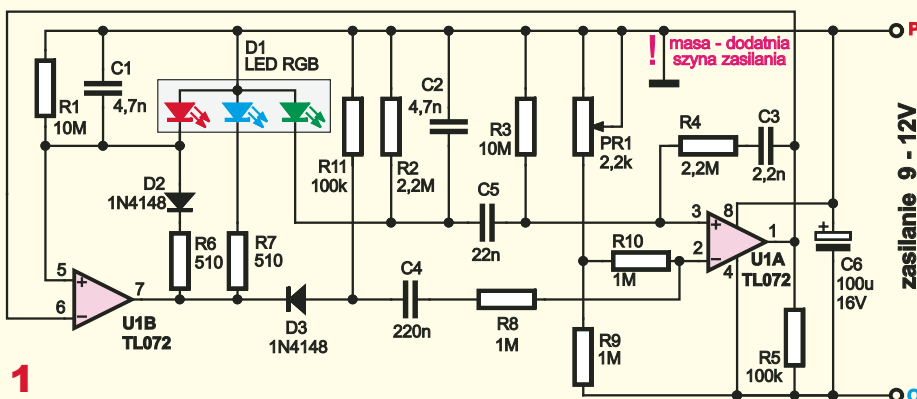
Schemat i płytkę drukowaną pokazane są na rysunkach 1 i 2. Płytkę jest dwustronna, ale lutowanie przeprowadza się w sposób klasyczny, dokładnie tak samo, jak w zwykłej jednostronnej. Elementy warto montować w kolejności podanej w wykazie na końcu artykułu. Należy bardzo starannie kontrolować sposób montażu elementów, ponieważ wylutowanie z płytki dwustronnej błędnie zamontowanego elementu jest kłopotliwe. Trójkolorowa dioda LED ma cztery końcówki, a najdłuższa z nich to elektroda wspólna, oznaczona COM. Należy ją wlotować w otwór płytki oznaczony COM. Szereg cennych wskazówek praktycznych dotyczących identyfikacji elementów oraz ich lutowania zawartych jest w broszurze *Elektronika dla nieelektroników – Elementarz elektronika*, która została wydana przez AVT w roku 2006. Pomocą w montażu może też być trójwymiarowa **fotografia 3**, którą trzeba oglądać w okularach anaglifowych, jakie otrzymali w prezencie wszyscy prenumeratorzy EdW.

Układ zamontowany ze sprawnych elementów według podanych wskazówek powinien od razu pracować. W razie potrzeby należy tylko ustawić czułość układu za pomocą potencjometru montażowego PR1.

Układ można zasilac napięciem 8...15V. Zwiększanie napięcia zasilania powoduje zwiększenie jasności świecenia struktur diody LED, a przez to również wzrost czułości. Próby pokazały jednak, że układ z powodzeniem pracuje przy zasilaniu z popularnej baterii – bloczka 9V. Pobór prądu zależy od stanu lampki. Przy zasilaniu 9V w spoczynku, gdy dioda nie świeci, pobór prądu wynosi około 2mA, natomiast podczas świecenia około 20mA.

## Tylko dla dociekliwych – działanie układu

Wzmacniacz operacyjny U1B pracuje w sumie jako dwustanowy przerzutnik załącz/wyłącz. Zielona struktura diody D1 nietypowo pracuje w roli... fotodiody i pod wpływem oświetlenia wytwarza napięcie rzędu 2V. Czerwona struktura diody D1 pełni podwójną rolę: w spoczynku jest fotodiody „czekającą” na sygnał zaświecenia, a podczas pracy lampki świeci czerwonym światłem. Załączanie przerzutnika U1B i zaświecenie lampki-świeczki następuje w prosty sposób przez oświetlenie czerwonej struktury diody D1. Zgaszenie lampki przez zbliżenie do diody jasnego przedmiotu jest nieco bardziej skomplikowane. Przy wyłączaniu kluczową rolę



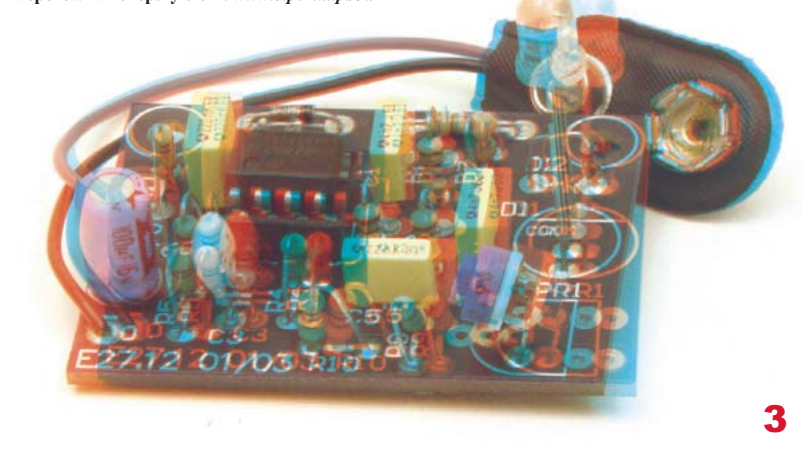
odgrywa wzmacniacz operacyjny U1A, który wykrywa na zielonej strukturze zmiany napięcia rzędu 10mV.

Na początku warto podkreślić, że w tym układzie masą jest nietypowo dodatnia szyna zasilania. Wynika to z faktu, że kluczowym elementem jest dioda LED RGB ze wspólną anodą. W takiej sytuacji naturalnym punktem odniesienia dla niewielkich sygnałów, uzyskiwanych ze struktur tej diody, pracujących nietypowo w roli fotodiod, jest właśnie dodatnia szyna zasilania. Dlatego też w układzie został zastosowany wzmacniacz operacyjny TL082, którego wejścia mogą prawidłowo pracować z sygnałami bliskimi dodatniego napięcia zasilania.

W stanie spoczynku, na nóżce 7 wzmacniacza operacyjnego U1B panuje „stan wysoki”, czyli napięcie jest bliskie dodatniej szyny zasilania. W efekcie dioda LED D1 nie świeci. Spadek napięcia na rezystorze R1 jest równy zeru, więc na wejściu „dodatnim” U1B (nóżka 5) napięcie w spoczynku jest równe potencjałowi dodatniej szyny zasilania. Natomiast napięcie na wejściu „ujemnym” (nóżka 6) jest nieco niższe. Wprawdzie na wyjściu wzmacniacza U1A też panuje „stan wysoki”, ale z uwagi na budowę stopnia wyjściowego wzmacniacza operacyjnego TL082, napięcie na nóżkach 1 i 6 nie jest dokładnie równe dodatniemu napięciu zasilania, tylko jest o około 0,7V niższe. W związku z tym opisany stan spoczynku utrzymuje się trwale.

Aby „zapalić” opisywaną elektroniczną świeczkę, należy zbliżyć zapaloną zapałkę (ogólnie – silne źródło światła) do diody D1. Czerwona struktura tej diody pracuje wtedy jako fotodioda i wraz z elementami R1, C1 tworzy czujnik światła. W takim stanie dioda D2 oddziela ten czujnik od reszty układu.

Fotografia trójwymiarowa - oglądać w okularach anaglifowych.  
Nieporównanie lepszy efekt: [www.elportal.pl/3d](http://www.elportal.pl/3d)

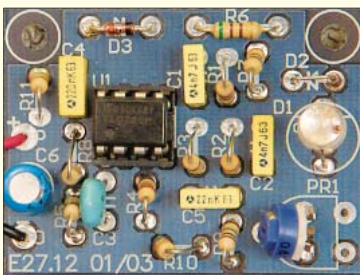


3

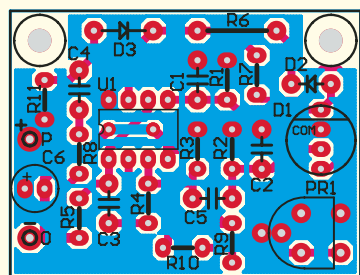
Gdy czerwona struktura diody D1, pracująca jako fotodioda, zostanie oświetlona silnym światłem zapałki, wytworzy napięcie o wartości około 1...1,5V. Tym samym napięcie na wejściu „dodatnim” U1B (nóżka 5) stanie się niższe od napięcia na wejściu „ujemnym” (n. 6) i nastąpi zmiana stanu wyjścia. Napięcie na nóżce 5 obniży się do wartości bliskiej ujemnego napięcia zasilania. Spowoduje to przepływ prądu przez R6 i R7 oraz zaświecenie struktur czerwonej i niebieskiej – dioda zaświeci purpurowym blaskiem. Co ważne, na przewodzącej czerwonej strukturze pojawi się napięcie przewodzenia wynoszące prawie 2V. Spowoduje to „zatrzaśnięcie” układu U1B w stanie aktywnym. Napięcie między masą (plusem zasilania) a nóżką 5 wyniesie około 2V, a między masą a nóżką 6 cały czas wynosi około 0,7V. Ilustruje to **rysunek 4**. Jak widać, wzmacniacz operacyjny U1B pracuje jako komparator z silnym dodatnim sprzężeniem zwrotnym. To silne dodatnie sprzężenie zwrotne powoduje, że U1B zachowuje się w rzeczywistości jak przerzutnik mający dwa stany stabilne. Przerzutnik ten jest ustawiany napięciem pojawiającym się na czerwonej strukturze D1 i na nóżce 5 U1B. To ustawienie przerzutnika U1B oznacza zaświecenie magicznej lampki. Aby zgasić lampkę, czyli wyzerować przerzutnik, trzeba podać na nóżkę 6 U1B „stan niski” z wyjścia wzmacniacza U1A.

Na fali elektromagnetyczną, która ma wyższą częstotliwość i większą energię kwantową niż światło czerwone czy zielone.

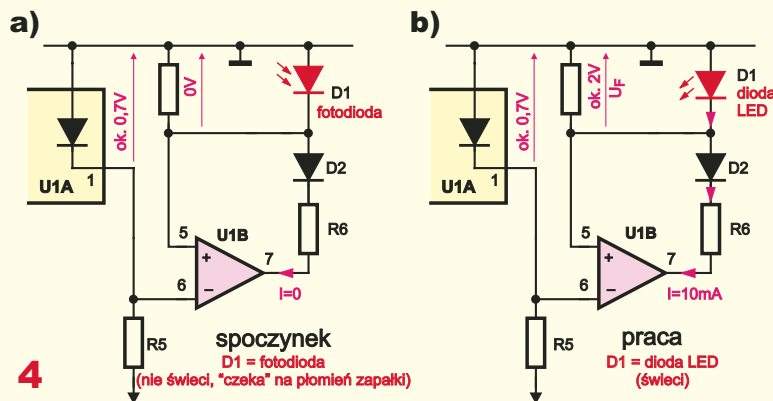
Najogólniej biorąc, zbliżenie do diody białego (jasnego) przedmiotu powoduje, że do zielonej struktury dociera nieco więcej niebieskiego światła. Napięcie wytwarzane przez zieloną strukturę wzrasta. Ponieważ anoda tej zielonej struktury jest dołączona do masy, czyli dodatniej szyny zasilania, powoduje to obniżenie napięcia na katodzie mierzonego względem masy. Można powiedzieć, że na rezystorze R2 pojawia się niewielki ujemny impuls. Ten impuls przechodzi przez kondensator C5. Normalnie rezystor R3 powoduje, że napięcie na wejściu „dodatnim” U1A (nóżka 3) jest dokładnie równe potencjałowi masy. Natomiast napięcie na wejściu „ujemnym” (nóżka 2) mierzone względem masy wynosi około -10mV. Na wyjściu (nóżka 1) normalnie panuje „stan wysoki”, natomiast zbliżenie jasnego przedmiotu do diody U1A powoduje pojawienie się tam „stanu niskiego”. Ilustruje to w uproszczeniu **rysunek 5**. Obwód R4, C3 wprowadza dodatkowe sprzężenie zwrotne, przez co nawet krótki impuls na R3 powoduje wytworzenie dłuższego „ujemnego impulsu” na wyjściu U1A. Tym samym wzmacniacz U1A zachowuje się jak przerzutnik monostabilny, wyzwalany maleńkimi, kilkunastomiliwoltowymi ujemnymi impulsami, pojawiającymi się na rezystorze R3.



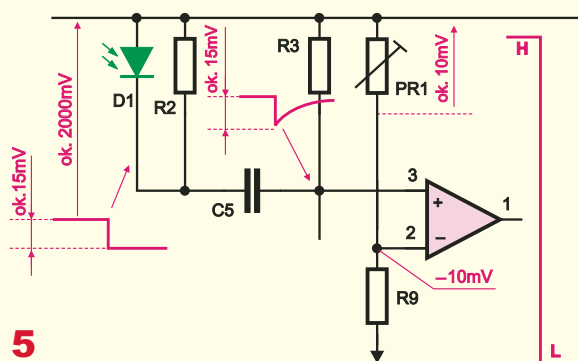
2



4



Pojawienie się na R3 ujemnego impulsu o amplitudzie większej niż 10mV skutkuje pojawieniem się „stanu niskiego” także na nóżce 6, co natychmiast zeruje przerzutnik U1B i gasi lampkę. Tu trzeba wspomnieć o obwodzie z elementami C4, R8. Jest on niezbędny do prawidłowej pracy lampki. Bez tego obwodu niemożliwe lub przynajmniej



bardzo utrudnione byłoby zaświecenie lampki. Jak bowiem wynika z wcześniejszego opisu, potencjometr PR1 reguluje czułość – wyznacza amplitudę impulsów z rezystora R3, które spowodują reakcję przerzutnika U1A, czyli „czułość wygaszania”. Napięcie na tym potencjometrze można regulować w zakresie od zera do około 20mV. I w takim zakresie można regulować czułość reakcji układu U1A.

Ta czułość musi być duża, rzędu 10mV. Wprawdzie podczas „zwykłego” świecenia lampki znaczna część niebieskiego światła trafia do zielonej struktury i napięcie stałe na „zielonej fotodiodzie” i na rezystorze R2 jest rzędu 2V, jednak układ ma reagować na zbliżenie do diody jasnego przedmiotu, a to w bardzo niewielkim stopniu zwiększa ilość światła docierającego do zielonej struktury. Zmiany napięcia na R2 są niewielkie, rzędu kilkunastu miliwoltów. I komparator U1A musi wykryć tak małe zmiany napięcia. Tymczasem w chwili zaświecenia lampki, na zielonej strukturze, a tym samym na R2 i R3, pojawia się potężny ujemny impuls

o amplitudzie około 2000mV. Impuls ten spowodowałby reakcję U1A i natychmiastowe wyzerowanie U1B. Zapobiega temu obwód z elementami C4, R8, R10. Mianowicie w chwili zaświecenia lampki, na wyjściu U1B gwałtownie pojawia się „stan niski”, powodujący zaświecenie struktur czerwonej i niebieskiej. Ten skok napięcia o amplitudzie bliskiej napięciu zasilania przechodzi przez kondensator C4. Wprawdzie

amplituda jest zmniejszona o połowę przez dzielnik R8, R10, jednak i tak impuls na nóżce 2 U1A jest „bardziej ujemny” od wspomnianego wcześniej ujemnego impulsu z R2 i R3 o amplitudzie około 2V. Tym samym obwód C4, R8, R10 radykalnie obniża czułość przerzutnika U1A, blokuje ten przerzutnik na czas zaświecenia i w ten sposób odgrywa swą bardzo ważną rolę podczas zaświecania lampki. Elementy D3, R11 dodatkowo zmniejszają podatność układu na zewnętrzne zakłócenia.

Tu należy dodać, że tak czuły układ, w którym na dodatek występują rezystory R1, R2, R3, R8, R10 o wielkiej wartości, generalnie jest bardzo wrażliwy na wszelkie zakłócenia, w tym na przydźwięk sieci 50Hz. Wprawdzie kondensator C2 i podobnie C1 powodują, że układ nie reaguje na krótkie zakłócenia impulsowe. Jednak kondensatory te nie mogą zwalczyc przydźwięku sieci. Aby uzyskać pożądaną odporność na zakłócenia związane z przydźwiękiem sieci, układ nie może być zmontowany w sposób „rozwlekły”. Kluczowe obwody muszą

być zmontowane w sposób zwarty, żeby nie stały się antenami, zbierającymi z otoczenia wszelkie „śmieci” w tym wszechobecny przydźwięk sieci 50Hz. Podczas prac nad projektem konieczna okazała się optymalizacja płytki drukowanej do postaci pokazanej na rysunku 2. Szczegóły opisane były bardzo szeroko w ostatnich numerach EdW w cyklu Kuchnia Konstruktora.

## Możliwości zmian

Warto sprawdzić działanie układu przy różnych wartościach napięcia zasilania, w zakresie 7V...12V.

Reakcję czerwonej struktury spowoduje jakiegokolwiek źródło światła o dowolnej barwie światła, na przykład latarka. Do „zapalenia lampki” nie jest więc konieczne światło zapalniczki. Zapalka po

prostu robi silniejsze wrażenie na obserwatorach. Czułość „czerwonej” fotodiody jest niewielka i lampka nie włącza się pod wpływem oddalonych o kilka metrów żarówek czy świetlówek. Trzeba też pamiętać, że tak naprawdę lampkę włącza napięcie podane na nóżkę 5 układu U1B. Nie musi ono pochodzić z fotodiody. Lampka zostanie także włączona po dotknięciu palcem „czerwonej” końcówki diody D1. W tym przypadku przyczyną może być wszechobecny przydźwięk sieci 50Hz, który indukuje w ciele człowieka napięcie zmienne. Podczas testów i zasilania z zasilacza sieciowego może to być uznane za dużą zaletę, bo nie trzeba marnować zapalek czy używać latarki. Wystarczy dotknąć skrajnej końcówki diody D1, tej od strony diody D2. Niemniej podczas normalnego użytkowania magicznej świeczki możliwość jej zaświecenia przez dotknięcie końcówki może okazać się niepożądana. W takim przypadku na wyprowadzenia diody D1 należy nałożyć izolacyjną koszulkę, np. termokurczliwą, albo wykorzystać taśmę izolacyjną. Można też cały układ umieścić w obudowie, najlepiej przezroczystej, żeby z obudowy wystawała tylko plastikowa główka diody D1.

Dociekliwi Czytelnicy zapewne będą się zastanawiać nad możliwością zmiany czułości. Czułość zaświecania można łatwo regulować przez zmianę wartości R1 (1MΩ...100MΩ). Sprawa zmiany czułości wyłączenia jest nieco bardziej złożona. Ogólnie biorąc, czym większa jasność świecenia struktury niebieskiej, tym większe napięcie wytworzy struktura zielona. Wskazywałoby to, że przy wyższym napięciu zasilania i przy zmniejszeniu wartości R6, R7, układ powinien działać lepiej, pewniej. Trzeba jednak wiedzieć, że zmiany napięcia fotodiody w funkcji ilości światła nie są liniowe. Przy braku zewnętrznego obciążenia napięcie fotodiody prawie się nie zmienia. Liniowo zmienia się natomiast wydajność prądowa. W prezentowanym układzie rezystancja R2 o wartości 2,2MΩ okazuje się znaczącym obciążeniem niedoskonałej „zielonej fotodiody” i napięcie na R2 w przybliżeniu liniowo zależy od ilości światła. Jeśli ktoś chciałby zmieniać czułość wyłączenia przez poważną zmianę prądu LED i wartości R6, R7, prawdopodobnie powinien też dobrać optymalną wartość rezystora R2. Na pewno nie jest to zadanie dla początkujących.

Zastosowana dioda LED RGB ma przezroczystą soczewkę, co zapewnia potrzebną czułość. Próba zastosowania diody z mleczną soczewką może zapowiadać ładniejszy efekt świecenia, ale z uwagi na inne sprężenie między strukturą niebieską a zieloną, układ może nie działać (w szczególności wyłączenie). Osoby, które chciałyby wypróbować innego typu diodę RGB ze wspólną anodą, zwłaszcza z mleczną soczewką, musiałyby przeprowadzić próby i jeśli dadzą one obiecujące efekty, dobrać wartości R2 i R7 według wskazówek podanych wyżej.

Piotr Górecki

## Wykaz elementów (w kolejności lutowania)

- |    |                                     |  |
|----|-------------------------------------|--|
| 1  | <input checked="" type="checkbox"/> | D3 – 1N4148                                  |
| 2  | <input type="checkbox"/>            | R6 – 510Ω (ziel.- brąz.- brąz.-złoty)        |
| 3  | <input type="checkbox"/>            | podstawka 8-pin pod U1                       |
| 4  | <input type="checkbox"/>            | D2 – 1N4148                                  |
| 5  | <input type="checkbox"/>            | C1 – 4,7nF (może być oznaczony 472)          |
| 6  | <input type="checkbox"/>            | C2 – 4,7nF (może być oznaczony 472)          |
| 7  | <input type="checkbox"/>            | C3 – 2,2nF (może być oznaczony 222)          |
| 8  | <input type="checkbox"/>            | C5 – 22nF (może być oznaczony 223)           |
| 9  | <input type="checkbox"/>            | C4 – 220nF (może być oznaczony 224)          |
| 10 | <input type="checkbox"/>            | R1 – 10MΩ (brąz-czar.-nieb.-złoty)           |
| 11 | <input type="checkbox"/>            | R3 – 10MΩ (brąz-czar.-nieb.-złoty)           |
| 12 | <input type="checkbox"/>            | R2 – 2,2MΩ (czerw.- czerw.- ziel.-złoty)     |
| 13 | <input type="checkbox"/>            | R4 – 2,2MΩ (czerw.- czerw.- ziel.-złoty)     |
| 14 | <input type="checkbox"/>            | R5 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-złoty)          |
| 15 | <input type="checkbox"/>            | R11 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-złoty)         |
| 16 | <input type="checkbox"/>            | R7 – 510Ω (ziel.- brąz.- brąz.-złoty)        |
| 17 | <input type="checkbox"/>            | R8 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-złoty)            |
| 18 | <input type="checkbox"/>            | R9 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-złoty)            |
| 19 | <input type="checkbox"/>            | R10 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-złoty)           |
| 20 | <input type="checkbox"/>            | PR1 – miniaturowy 2,2kΩ                      |
| 21 | <input type="checkbox"/>            | C6 – 100uF/16V                               |
| 22 | <input type="checkbox"/>            | D1 – trójkolorowa dioda LED RGB (wsp. anoda) |
| 23 | <input type="checkbox"/>            | złączka baterii (kijanka)                    |
| 24 | <input type="checkbox"/>            | U1 – TL082 – włożyć układ do podstawki       |

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-766.