

Wieczna świeczka

kit AVT-2091

Do czego to służy?

Nikogo chyba nie trzeba przekonywać, ile do atmosfery uroczystej rodzinnej kolacji wnoszą świece. Migotliwe światło świec tworzy nową jakość, stwarza nastrój.

Z drugiej strony jesteśmy świadkami, jak elektronika coraz szerszym frontem wkracza do naszego życia.

Przedstawiamy więc propozycję dla mężów i synów: zróbcie żonie lub mamie praktyczną wieczną świeczkę elektroniczną. Co prawda nie daje ona dymu i specyficznego zapachu prawdziwej świecy; efekt wizualny jest jednak ładny i podobny, może nawet lepszy.

W wersji rozbudowanej można wykonać układ zadziwiająco wiernie symulujący świecę: "zapalenie" bądź co bądź żarówką odbywać się może przy pomocy... zapalaki, a gaszenie będzie polegać na... zdmuchnięciu lub zakryciu nieprzezroczystym kapturkiem.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazany jest na rysunku 1. Jak widać źródłem światła jest żarówka. Ze względów bezpieczeństwa wykluczaliśmy zasilanie wprost z sieci 220V, zdecydowaliśmy się natomiast na użycie zasilacza lub baterii.

Cała tajemnica naśladowania płomienia świecy polega na nieregularnym modulowaniu jasności świecenia żarówki. Służą do tego trzy niezależne generatory zbudowane z użyciem bramek U1A, U1B

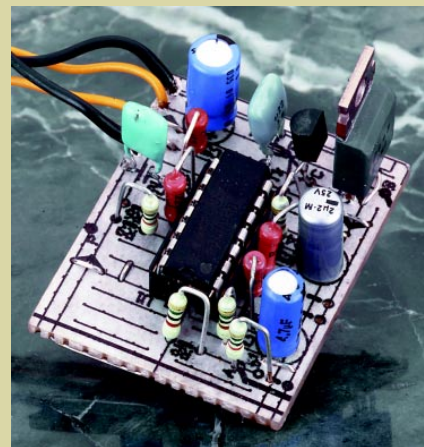


i U1C kostki CMOS 4093. Każdy generator zawiera jedną bramkę, rezystor i kondensator. Takie proste rozwiązanie jest możliwe dzięki zastosowaniu bramek NAND z układem Schmitta. Układ nie będzie pracował ze zwykłymi bramkami NAND z popularnej kostki 4011.

Modulacją jasności żarówki sterują przebiegi napięcia na kondensatorach tych generatorów. Występują tam przebiegi podobne do trójkątnych o częstotliwościach zależnych od użytych elementów RC. Ponieważ generatory są niezależne, przebieg sterujący jasnością żarówki, będący ich sumą, zmienia się w sposób, możemy powiedzieć - przypadkowy, podobnie jak w prawdziwej świecy.

Czwarta bramka układu U1 jest wykorzystana w odmienny sposób - do jej wyjścia dołączony jest rezystor również mający wpływ na jasność świecenia żarówki. Powód stosowania takiego rozwiązania wynika z założonej elastyczności i uniwersalności układu elektronicznego.

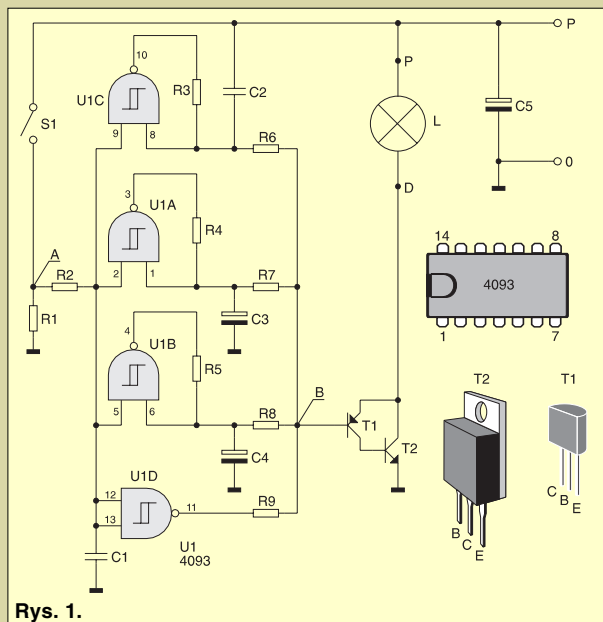
Układ wykonany według schematu z rysunku 1 w stanie spoczynku (wyłącznik S1 otwarty) praktycznie nie będzie pobierał prądu ze źródła zasilania. Kondensator C1 będzie rozładowany przez R1 i R2, to znaczy, że przynajmniej na jednym wejściu każdej bramki wystąpi stan logiczny niski. Z zasady działania bramki NAND wynika, że wymusi to stan wysoki na wyjściach wszystkich bramek. Napięcie na kondensatorach C2, C3, C4 będzie równe dodatniemu napięciu zasilającemu i takie same napięcie będzie na bazie tranzystora T1. Będzie on więc na pewno wyłączony, przez żarówkę oczywiście



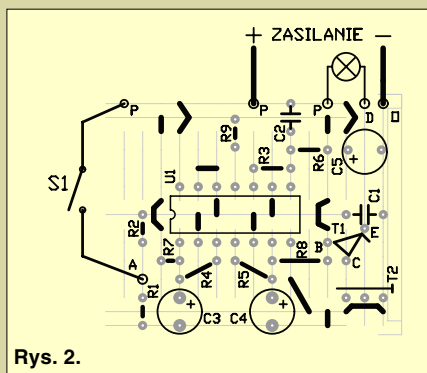
też nie będzie płynął żaden prąd, bo tranzystor T2 też będzie zatkany.

Zwarcie wyłącznika spowoduje naładowanie kondensatora C1 przez rezystor R2 w czasie równym około $t = R2 * C1$. Na połączonych wejściach bramek pojawi się stan wysoki. Ponieważ, jak powiedzieliśmy, w stanie spoczynku na kondensatorach występowało pełne dodatnie napięcie zasilające, czyli stan logiczny wysoki, więc na wyjściach wszystkich bramek pojawi się stan logiczny niski - praktycznie potencjał masy. Zapoczątkuje to proces rozładowania kondensatorów C2 - C4 przez rezystory R6 - R8. W momencie, gdy opadające napięcie na którymkolwiek kondensatorze obniży się poniżej dolnego progu odpowiedniej bramki (przypomnijmy, że jest to bramka z histerezą na wejściu - bramka Schmitta), napięcie na wyjściu gwałtownie wzrośnie, pojawi się tam stan wysoki. W tej sytuacji kondensator zacznie się ładować; napięcie na nim będzie rosło, aż osiągnie górny próg przełączania bramki. Wtedy napięcie na wyjściu znów spadnie do zera i cykl się powtórzy. Ponieważ każdy generator zawiera kondensator o innej pojemności, przebiegi napięcia na pojemnościach C2 - C4 będą mieć różne częstotliwości. Suma przebiegów z trzech generatorów moduluje jasność świecenia żarówki. Dla poprawnej pracy układu należy zadbać aby rezystancja rezystorów R6 - R8 była przynajmniej kilkukrotnie większa od rezystancji R3 - R5. Ponieważ okres najwolniejszego generatora będzie wynosił kilka sekund lub nawet więcej, a wypada stosować kondensatory o niewielkich wymiarach (i pojemnościach), więc rezystancje R6 - R8 będą mieć znaczną wartość. Odmienny sposób włączenia kondensatora C2 (do plusa zasilania) związany jest tylko ze względami montażowymi, równie dobrze mógłby być dołączony do masy.

Dla poprawnej pracy układu, tranzystor T1 nie może zbyt obciążać sieci rezystorów R6 - R9. Jego prąd bazy musi być mały, rzędu kilku, kilkunastu mikroamperów. Z kolei żarówkę pobierającą prąd rzędu setek miliamperów lub nawet więcej.



Rys. 1.



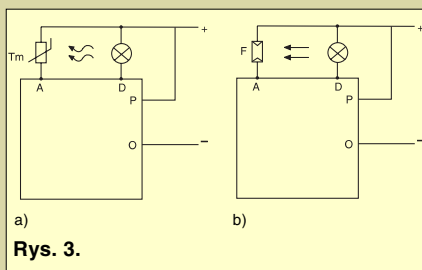
rów T1 i T2 powinno być odpowiednio duże. Transzystor T2 musi więc być układem Darlingtona. Ponieważ w tym tranzystorze wydzielili się w postaci ciepła znaczna moc strat, powinien to być tranzystor mocy w odudowie TO-220.

Warto zauważyć, że bez rezystora R9 średnie napięcie na bazie tranzystora T1 byłoby równe mniej więcej połowie napięcia zasilającego, a napięcie na żarówce byłoby jeszcze o około 0,6V mniejsze. Nie jest to optymalny punkt pracy, dlatego dodano rezystor R9 przesuwający w stronę masy napięcie na bazie T1. Zwiększa to napięcie na żarówce i zmniejsza moc strat tranzystora T2. Jak powiedziano, dołączenie rezystora R9 do wyjścia bramki jest związane z wymaganiami, by w stanie spoczynku układ nie pobierał prądu i żarówka była wygaszona.

Kto jednak chciałby wykonać prosty symulator świeczki może nie stosować elementów R1, R2, C1 w obwodzie wejściowym, a punkt A zwrzeć bezpośrednio do plusa zasilania. Dobrze byłoby wtedy bramkę U1D wykorzystać w roli czwartego generatora (można w nim zastosować elementy C1, R1 i R2), natomiast rezystor R9 zamiast do wyjścia bramki dołączyć wprost do masy. Zwiększy to jeszcze bardziej nieregularność migotania "świecy".

Dalszą możliwością rozbudowy byłoby użycie zamiast bramek NAND negatorów z wejściem Schmitta z kostki 40106. Układ 40106 zawiera sześć negatorów, można więc wykonać sześć generatorów znacznie różniących się częstotliwościami pracy. Można też zastosować rezystory R6 - R9 o różnych wartościach.

Układ może być zasilany napięciem w szerokim zakresie 2,5...16V. W zależności od wielkości napięcia zasilającego należy zastosować odpowiednią żarówkę. Orientacyjnie można przyjąć, że napięcie nominalne żarówki powinno być takie jak napięcie zasilające układ. Wtedy rzeczywiste napięcie na żarówce będzie mniejsze, będzie więc ona świecić światłem żółtym, rzeczywiście podobnym do światła świecy.



Rys. 3.

W egzemplarzu modelowym zastosowano stabilizowany zasilacz 5-woltowy o wydajności prądowej 0,5A. Wypróbowano działanie z żarówkami 3,5V 0,3A (typowa od laterek na płaską baterię) i 6V 0,6W (z tylnej lampki rowerowej). Żarówka 3,5V daje jaśniejsze światło i umieszczona została w miniaturowej lampie naftowej, natomiast do umieszczenia w świecy lepiej nadaje się lampka 6V.

Przy współpracy z żarówką 3,5V tranzystor T2 jest mocno ciepły, ale jeszcze nie gorący, z żarówką 6V jest prawie zimny.

Montaż i uruchomienie

Jak widać na fotografii układ zmontowano na połowie płytki uniwersalnej PU-02. Ponieważ przy montażu na takiej płycie nie trudno o błędy, pomocą w montażu będzie rysunek 2. Autor proponuje następujący sposób: należy wykonać odbitkę ksero tego rysunku w skali 1:1 na papierze samoprzylepnym i równo przykleić na płytkę od strony elementów. Nabywcy kitu AVT-2091 otrzymają taką naklejkę w zestawie. Dla ułatwienia przed montażem można jeszcze igłą do szycia przekłuć naklejoną kartkę w miejscach, gdzie wkładane będą końcówki elementów. Montaż nie powinien wtedy sprawić żadnych trudności.

Przed przystąpieniem do montażu należy przygotować rezystory wyginając odpowiednio ich końcówki. Długie wyprowadzenia rezystorów i kondensatorów należy skrócić, a odcięte końcówki posłużą jako zwory.

W pierwszej kolejności należy wykonać wszystkie zwory, następnie wlutować podstawkę, rezystory, kondensatory i tranzystory. Należy zwrócić szczególną uwagę na biegunowość kondensatorów elektrolitycznych - końcówka ujemna - minus - jest zaznaczona na obudowie. Po dokładnym sprawdzeniu układu na zgodność ze schematami ideowym i montażowym można włożyć układ scalony zgodnie z wycięciem-kłuczem w jego obudowie, podłączyć żarówkę i podać napięcie zasilające.

Do zasilania można użyć jednego z zasilaczy z oferty AVT np. Z2 (ZS 5V/500mA) lub Z1 (ZS 5V/300mA). Można oczywiście także zasilac układ z baterii płaskiej 4,5V lub czterech ogniw 1,5V.

Bez błędnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania - od razu pracuje poprawnie.

Zmontowaną płytkę można umieścić w jakiegokolwiek obudowie. Jedynie przy zastosowaniu żarówki o większej mocy należy pamiętać o chłodzeniu tranzystora T2 - trzeba zastosować radiator i obudowę z otworami, żeby w czasie pracy temperatura radiatora nie przekroczyła +100°C. Standardowo przewidziano żarówkę 6V 0,6W, wchodzi ona w skład zestawu; wtedy nie potrzeba żadnego radiatora.

Na fotografiach pokazano żarówkę wmontowaną w świeczkę oraz w miniaturową lampę naftową. Inne rozwiązania pozostawiamy inwencji Czytelników.

Model pokazany na fotografiach jest wersją najprostszą - wyłącznik S1 jest zastąpiony zworą. Czytelnicy mogą jednak przeprowadzić samodzielnie dalsze eksperymenty i wzbogacić "świeczkę" w nowe zadziwiające funkcje.

Inne wersje układu

Wszyscy Czytelnicy mający "żyłkę eksperymentatora" mogą przeprowadzić próby wyposażenia układu w obwód sprzężenia zwrotnego.

Widać tu przynajmniej dwie możliwości: zastosowanie termistora albo fotoelementu (fotodiody, fotorezystora lub fototranzystora). Taki dodatkowy element należy włączyć w miejsce wyłącznika S1 i umieścić blisko żarówki. Układ został przewidziany do takiego

c. d. na stronie 48

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R4, R5: 220k Ω

R2, R6-R9: 1M Ω

Kondensatory

C1: 330 nF

C2: 470nF

C3: 10 μ F/16V

C4, C5: 22 μ F/16V

Półprzewodniki

T1: BC558B lub C (BC559B lub C)

T2: darlington NPN np. krajowy BD643

U1: CMOS 4093

Inne

L: żarówka 6V 0,6W

* płytka PU-02

* przewód dwużyłowy

* obudowa

* naklejka z rysunkiem montażowym

Uwaga! Zasilacz ZS 5V/500mA nie wchodzi w skład zestawu AVT-2091, należy go zamówić oddzielnie.

zadania, do wykonania połączeń wystarczy przewód trzyżyłowy. Idee pokazuje **rysunek 3a i 3b**.

W przypadku termistora NTC chodzi o sprężenie termiczne: w stanie zimnym rezystancja termistora jest duża i w punkcie A utrzymuje się napięcie niższe od dolnego progu przełączania bramek (mniej niż $0,3 \times U_{zas}$). Wtedy układ będzie wyłączony. Aby go włączyć należy zbliżyć do termistora... zapaloną zapałkę. Pod wpływem temperatury rezystancja termistora zmniejszy się i napięcie w punkcie A wzrośnie powyżej górnego progu przełączania - żarówka się zaświeci. Ciepło żarówki utrzyma termistor w stanie nagrzanym i układ będzie trwale włączony. Aby go wyłączyć należy... zdmuchnąć naszą "świeczkę", czyli po prostu dmuchaniem ochłodzić termistor, aby napięcie w punkcie A spadło poniżej dolnego progu przełączania bramek. Zastosowany termistor powinien mieć możliwie dużą rezystancję, najlepiej rzędu kiloomów. W

takiej wersji termistor powinien być umieszczony blisko żarówki lub nawet z nią połączony. Należy to dobrać eksperymentalnie. Uzyskanie niezawodnego działania może wcale nie być łatwe, bowiem w grę wchodzi kilka zmiennych czynników. Przede wszystkim nie ma szans uzyskania takiego efektu z małą żarówką 6V 0,6W, bowiem wydziela ona za mało ciepła. Do takich eksperymentów należy zastosować żarówkę o większej mocy nie zapominając o radiatorze dla tranzystora T2.

Innym sposobem będzie użycie fotoelementu. Podobnie jak przy termistorze tak należy dobrać rezystancję R1, aby w stanie spoczynku napięcie w punkcie A było mniejsze od dolnego progu przełączania bramek. Po zbliżeniu zapalanej żarówki, przez fotoelement popłynie prąd, co zwiększy napięcie w punkcie A. Po zapaleniu żarówki jej światło oświetli czujnik podtrzymując przepływ prądu. "Świeca" będzie się świecić do momentu zakrycia

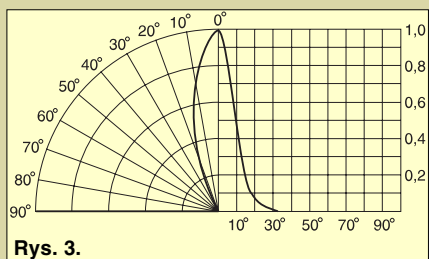
Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2091

żarówki nieprzezroczystym kapturkiem, czyli do przerwania strumienia świetlnego między żarówką a fotoelementem. Do takiego rozwiązania przewidziano elementy uśredniające R2, C1 zapobiegające przypadkowemu wyłączeniu układu na skutek wahań jasności "świecy". Być może konieczne okaże się w takim przypadku zastąpienie kondensatora C1 "elektrolitem" o pojemności 4,7...10μF. Również w tym przypadku należy przeprowadzić szereg eksperymentów, choćby po to, żeby zbadać i wyeliminować wpływ oświetlenia zewnętrznego. Może dobrym pomysłem byłoby użycie fotodiod na podczerwień?

Jesteśmy przekonani, że nasi Czytelnicy samodzielnie poradzą sobie z przedstawionymi zadaniami.

Piotr Górecki

c. d. ze strony 45



Rys. 3.

jest oficjalnie reprezentowana na naszym rynku, występuje także wiele innych ultrajasných diod, przykładowo pomarańczowa HLMA-BL00 o światłości typowo 8400mcd i kącie świecenia 3 stopnie, czy czerwona HLMP-8150 o światłości 15000mcd i kącie 4 stopnie. Ich cena wynosi jednak kilkanaście do ponad dwudziestu dolarów.

Z oferty obecnego na naszym rynku Telefunkena można polecić czerwone diody o oznaczeniu TLDR5100 lub 5101 o światłości odpowiednio 750 i 1000mcd przy prądzie 20mA.

Wyjaśnienia wymaga jeszcze brak rezystora ograniczającego prąd.

W typowych zastosowaniach diod świecących zawsze stosuje się włączony szeregowo rezystor. Młodszym Czytelnikom przypominamy, że na świecącej diodzie występuje napięcie rzędu 2V (diody czerwone typowo 1,6...1,8V, żółte i zielone 2,0...2,2V, niebieskie 2,5...3V) i zmienia się ono niewiele przy wzroście lub zmniejszeniu prądu. To znaczy, że diody świecące mają zupełnie inne właściwości niż żarówki - w odróżnieniu od żarówek, nie spotkamy diod świecących na różne napięcia pracy (ale i tu są wyjątki: diody z wbudowanym rezystorem i diody migające, za-

wierające cały układ scalony). Jeśli typową diodę świecąca dołączy się bezpośrednio do źródła prądu o dużej wydajności - np. akumulatora ołowiowego - to na pewno ulegnie ona uszkodzeniu wskutek przepływu wielkiego prądu. Zwykle diody świecące muszą więc pracować w obwodzie, gdzie prąd jest ograniczony do bezpiecznej wartości. W naszej latarce nie stosujemy rezystora ograniczającego, jego rolę pełni rezystancja wewnętrzna baterii.

Dlatego nie można zasilać diody LED wprost z dwóch połączonych szeregowo "paluszków" R6 (LR6) czy nawet "mniejszych paluszków" LR03, z uwagi na ich mały opór wewnętrzny. Jeśli latarka miałaby być zasilana z takich baterii, konieczne należy zastosować włączony szeregowo rezystor ograniczający o wartości około 22Ω (15...33Ω).

Jednak w naszej latarce używane będą ogniwa litowe, których napięcie wynosi 2,7...3,6V zależnie od producenta i stosowanej technologii.

Należy tu także dodać, że na przykład ogniwa litowe firmy VARTA są przeznaczone do poboru bardzo małych prądów - mają one większą rezystancję wewnętrzną i zapewne nie będą się nadawać do naszej latarki. Autor wypróbował natomiast i może polecić stosowanie ogniwo firm Panasonic i Maxell. Użyte w modelu świeże ogniwo Panasonic CR2016 daje prąd żółtej diody około 40mA. Przy diodzie czerwonej - około 50mA. Jest to prąd większy niż zalecany w katalogu, jednak nasza latarka będzie używana sporadycznie i włączana na krótki okres czasu, więc nie powinno to stanowić większego problemu.

Przy użyciu świeżych ogniwo Maxell

WYKAZ ELEMENTÓW

Półprzewodniki

dioda świecąca: L-53SGC/A Kingbright lub HLMP-3950 Hewlett Packard

Różne

laminat jednostronnie miedziany: ok. 40 x 50mm
obudowa KM-15N kpl.
srebrzanka

CR2025 prąd wyniósł 50mA, a przy CR2032 - 60mA. A więc i w tej sytuacji od biedy można dopuścić brak rezystora ograniczającego - przecież w miarę zużycia baterii prąd będzie się zmniejszał. Można też dla bezpieczeństwa dodać kilkuomowy rezystor.

Różnica w wymiarach i różnica ceny między wymienionymi tu typami baterii jest niewielka, natomiast różnica pojemności elektrycznej - bardzo znaczna: przykładowo ogniwo CR2016 pewnej firmy ma pojemność 80mAh, a CR2032 - 220mAh.

W zastosowaniu tak prądożernym jak latarka, użyteczne pojemności będą oczywiście mniejsze, ale i tak należy się spodziewać, że z tak małej baterii jak CR2016 będzie ona świecić przy pracy przerywanej w sumie około godziny, a przy większych bateriach odpowiednio więcej.

Piotr Górecki

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2090