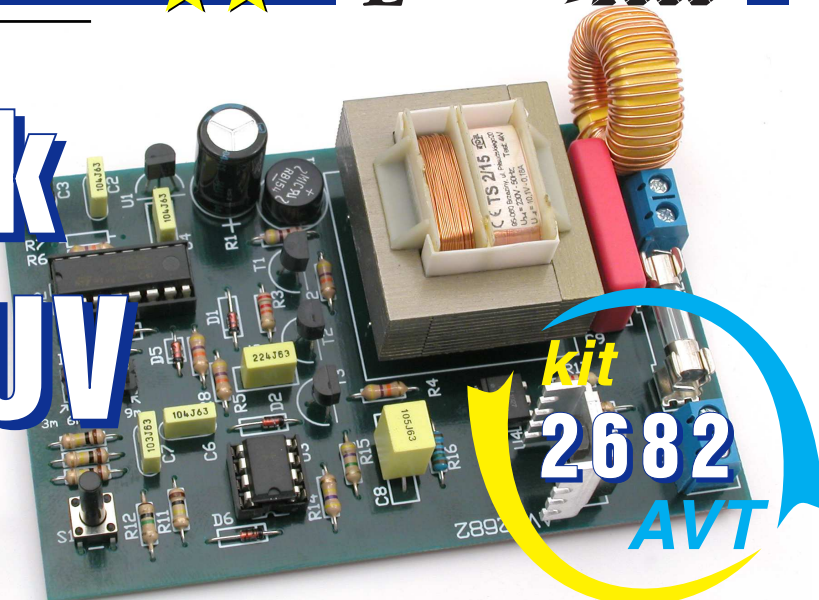


Sterownik żarówki UV



W urządzeniu występują wysokie napięcia, groźne dla życia i zdrowia. Osoby niepełnoletnie mogą wykonać i uruchomić układ wyłącznie pod opieką wykwalifikowanych opiekunów.

Do czego to służy?

Stopniowo zdobywa popularność wykonywanie płytek drukowanych metodą fotochemiczną. Metoda ta, mimo że trudna i dosyć kosztowna, daje dobre efekty. Wiele osób obawia się tej metody, a grozę u nich budzi problem naświetlania. Jest to ważny moment. Warto ułatwić sobie życie, a jeśli używamy żarówki UV, przedłużyć żywotność tej, bądź co bądź, drogiej żarówki. Prezentowane urządzenie odmierza czas naświetlania i dodatkowo zapewnia łagodny start, zwiększając czas eksploatacji żarówki UV.

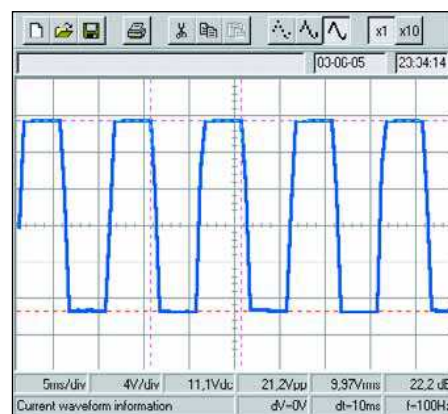
Jak to działa?

Schemat ideowy zaprezentowany został na rysunku 1. Jak widać, urządzenie opiera się na generatorze z licznikiem typu 4060 pracującym w roli timera oraz na wzmacniaczu operacyjnym LM358. Pierwszy wzmacniacz wykorzystywany jest w roli komparatora przy sterowaniu fazowym żarówki. Na drugim wzmacniaczu, zawartym w układzie LM358, zbudowany został nietypowy, ale w pełni funkcjonalny przerzutnik zbliżony działaniem do przerzutnika RS. Z urządzeniem będziemy mieli kontakt w różnych okolicznościach, dlatego w zasilaczu zastosowany został transformator sieciowy. Budowa samego zasilacza jest nietypowa, a wszystko dlatego, że zasilacz dostarcza nie tylko napięcia dla pozostałych elementów układu, ale i sygnału wykorzystywanego przy sterowaniu fazowym żarówki. Prąd z transformatora po wyprostowaniu w mostku ładuje kondensator elektrolityczny przez elementy

R1,R2,T1. Elementy te pozwalają na synchronizację sterownika z przebiegiem sieciowym. Na kolektorze T1 uzyskujemy przebieg prostokątny o częstotliwości 100Hz pokazany na rysunku 2.

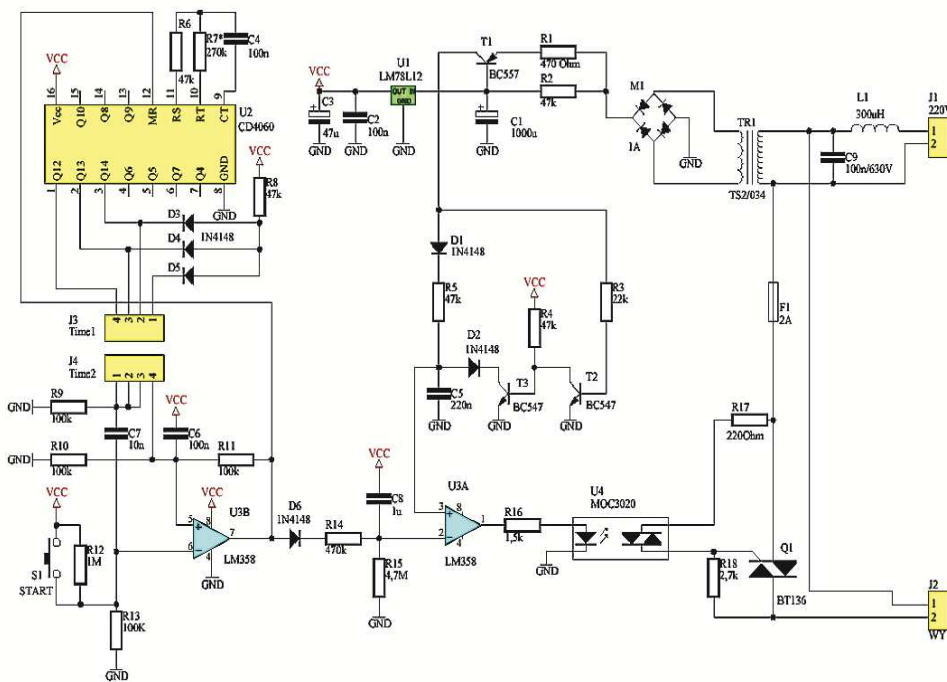
Każda z połówek sinusa pochodząca z mostka ładuje kondensator C1 przez R2. Ponieważ wartość R2 jest duża, odkłada się na nim napięcie wystarczające do otwarcia T1. Tranzystor T1 otwiera się i przez około 5ms zasila prościutki generator piły. Dodany rezystor R1 ma na celu ograniczyć prąd bazy T1, bo tak naprawdę C1 przez większość czasu ładuje się przez złącze bazy i rezystorem R2 o dużej wartości wybrane zostało doświadczalnie. Tylko przy takich elementach na kolektorze T1 uzyskujemy ładny przebieg zbliżony do prostokąta (rys. 2). Gdyby przenieść rezystor ograniczający z emitera w miejsce połączenia bazy T1,C1,

uzyskamy na nim spadek napięcia. Napięcie to będzie efektem przepływającego prądu bazy.



Rys. 2 Przebieg na kolektorze T1

Rys. 1 Schemat ideowy



Przy największym prądzie potencjał bazy podniesie się o 2V, podobnie napięcie na kolektorze T1 i w efekcie uzyskamy przebieg z rysunku 2 z zaokrąglonymi wierzchołkami. Podobne zaokrąglenia będzie mieć przebieg, gdyby zdecydowanie zmniejszył wartość R2. Teraz układ będzie zasilany przez R2, ale spadek napięcia na nim będzie niewielki i T1 nie będzie otwierać się w pełni. Obwód z tranzystorami T2, T3 to prościutki generator piły. Zadaniem generatora piły jest dostarczenie liniowo narastającego napięcia, które porównywane jest w komparatorze z napięciem z C8. Podstawą działania generatora jest powolne ładowanie pojemności C5 przez rezystor R5 i szybkie rozładowanie przez T3. T2 Pośredniczy w sterowaniu T3. Zamyka T3 na czas ładowania pojemności C5 i otwiera T3 na końcu tej fazy. Ładowanie pojemności przez rezystancję nie daje idealnie liniowego przebiegu, niemniej w pewnym zakresie przebieg ten jest zbliżony do piły, a poza tym obwód taki ma sporą zaletę; jest prosty. Wyjaśnienia wymaga jeszcze rola dwu diod D1 i D2. Dioda D1 uniemożliwia rozładowanie się pojemności przez bazę T2 i zablokowanie pracy generatora. Dioda D2 dodana została po próbach. Dzięki niej C5 nie rozładowuje się całkowicie. Napięcie, które pozostanie na C5, będzie wyższe od tego, które pojawi się na R15. Nawet niewielkie napięcie na R15 uniemożliwiłoby całkowite załączenie komparatora U3A, a jest to warunek przekazania pełnej mocy do odbiornika. Napięcie na R15 można określić, w przybliżeniu będzie efektem prądu polaryzacji wejścia komparatora i upływność kondensatora C8.

Przebieg na kondensatorze C5 przedstawia **rysunek 3**.

Samo sterowanie fazowe odbiornika jest aktywne tylko na krótko na początku i na końcu każdego załączenia odbiornika. Spokojne załączenie i wyłączenie odbiornika nie jest tylko dodatkiem. Spełnia ważną rolę, szczególnie bezpośrednie załączenie tak mocnej żarówki (typowo 250W) może być dla niej śmiertelne. Prześledźmy przebieg pełnego cyklu pracy. Zaraz po wyzwoleniu układu klawiszem START przestaje funkcjonować blokowanie komparatora U3A (elementy D6, R14) i rozpoczyna się powolne rozładowanie (w zasadzie ładowanie) C8. Stopniowo obniża się napięcie na wejściu odwracającym komparatora. Napięcie to na bieżąco porównywane jest z przebiegiem piłokształtnym. Początkowo tylko wierzchołki piły mają wyższą amplitudę niż napięcie z C8 i na krótko wyzwala komparator, przebieg wygląda jak na **ryśunku 4**.

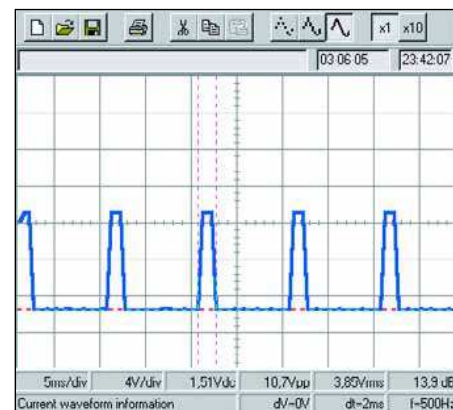
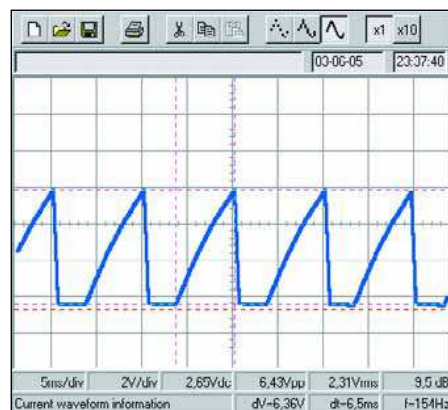
Mamy wtedy krótkotrwałe przewodzenie triaka, żarówka świeci blade, w zasadzie zarzy się. Ponieważ musimy odczekać pewien czas, aby wystarczająco naładował się C5 i przerzucił komparator, mamy do czynienia

z opóźnieniem, co dla przebiegu przemiennego przekłada się na przesunięcie fazy. Opóźnienie jest duże, czas przewodzenia triaka krótki (rys. 4) więc, nazwijmy to po książkowemu, uzyskujemy duży kąt (duże przesunięcie fazy) zapłonu triaka. Jest to około 150 w stosunku do około 180, kiedy to triak wyłącza się samoczynnie. Sytuacja ta nie trwa długo, napięcie na C8 obniża się stale, a triak załącza się na coraz to dłużej, aby w końcu załączyć się na stałe. Fazę końcowego załączania pokazuje przebieg z **rysunku 5**. Gdy C8 rozładuje się poniżej dolnego progu przełączania komparatora, odbiornik zostanie załączony na stałe. Od momentu wyzwolenia układu pracuje generator 4060, odliczając nastawiony czas. Po upływie czasu nastąpi przełączenie przerzutnika zbudowanego na U3B. Na wyjściu U3B powróci stan wysoki. C8 rozładuje się (rozładuje się, ponieważ włączony jest do plusa zasilania) przez R14 i D6. Napięcie na wejściu odwracającym komparatora U3A podniesie się, a cała procedura z fazowym sterowaniem przebiegnie w odwrotnej kolejności do startu. Tym razem wyłączenie nastąpi błyskawicznie; stała czasowa R14, C8 jest 10 razy mniejsza od R15, C8. W całym urządzeniu do opisanego pozostał jeszcze sposób połączenia generatora 4060 z przerzutnikiem U3B.

Układ 4060 pracuje w typowej dla siebie konfiguracji. Częstotliwość pracy wewnętrznego generatora została tak dobrana, aby na wyprowadzeniach Q12, Q13 i Q14 uzyskać przebiegi o okresie 3min. 6min. i 12 minut. Pewien kłopot był z uzyskaniem czasu pracy równym 9min. Nie jest to wielokrotność wcześniejszej wymienionych, a niekiedy stosuje się taki czas naświetlania. Na całe szczęście właśnie 9 minut potrzeba, aby na wyprowadzeniach Q13 i Q14 jednocześnie pojawiły się „1”. Fakt ten wykorzystany został przy budowie prostej bramki AND opartej o diody D3, D4, D5. Układ U3B pracuje jako przerzutnik. Przyjmując, że wyjście (pin 7) będzie wyjściem typu Q zwyczajnego przerzutnika RS, uzyskujemy zależność: wejście

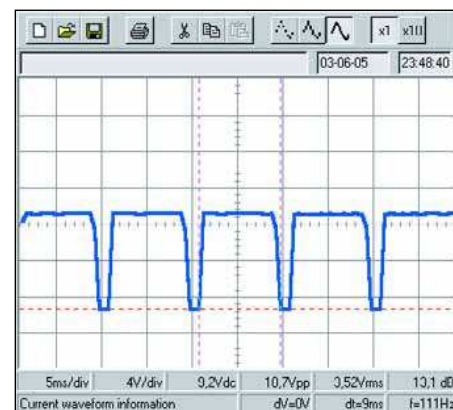
nieodwracające wzmacniacza jest wejściem S (ustawia przerzutnik), a wejście odwracające jest odpowiednikiem przerzutnikowego R. Zaraz po załączeniu zasilania następuje ustawienie przerzutnika dzięki obecności kondensatora C6. Na wyjściu panuje stan wysoki, który blokuje generator 4060, a także uniemożliwia rozładowanie się C8. Naciśnięcie przycisku START sprawia, że na wejściu R pojawia się napięcie wyższe od obecnego na wejściu S i w efekcie przełączenie przerzutnika. Dzięki silnemu sprzężeniu zwrotnemu stan taki utrzymuje się do momentu odliczenia ustawionego czasu przez 4060. Wtedy opadające zbocze któregoś z wybranych wyjść Q układu 4060 generuje za pośrednictwem C7 krótki ujemny impuls i ponownie ustawia przerzutnik. Jest to równoważne z podaniem dodatniego impulsu z diodowej bramki AND na wejście S, po wybraniu czasu 9min. Warto zauważyć, że taki przerzutnik ma wejścia reagujące na polaryzację sygnału wejściowego. Dodatni impuls na R resetuje przerzutnik, ale ujemny impuls na tym wejściu ustawi przerzutnik. W części połączonej bezpośrednio z siecią zastosowano prosty filtr LC. Rezystor R18 ma na celu ograniczenie krótkotrwałego samozapłonu optotriaka występującego czasami przy podłączaniu układu do sieci.

Rys. 3 - Przebieg na kondensatorze C5



Rys. 4 - Przebieg na wyjściu komparatora zaraz po starcie

Rys. 5 - Przebieg sterujący triaka pod koniec „miękkiego startu”



Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy przedstawiony został na rysunku 6. Montaż należy przeprowadzić w typowej kolejności, rozpoczynając od rezystorów i podstawek pod układy scalone. Na końcu montujemy transformator sieciowy. W podstawki wkładamy układy scalone, poza optotriakiem. Triak powinno wyposażać się w niewielki radiator. Doświadczenie pokazało, że dla żarówki 250W wystarczy kawałek blaszki aluminiowej o wymiarach 15mm na 30mm. Przed pierwszym włączeniem w miejsce optotriaka w podstawie umieszczamy diodę LED. Umieszczamy ją tak samo jak występuje dioda w optotriaku, tj. anoda 1, katoda 2. Złączamy zasilanie. W tym miejscu należy przypomnieć, że mamy do czynienia z urządzeniem zasilanym wprost z sieci i należy zachować wszelkie środki bezpieczeństwa. Wybieramy czas np. 3 minuty i naciskamy przycisk START. Dioda powinna stopniowo rozświetlić się i świecić przez wybrany czas. Korekcji czasu dokonujemy poprzez zmianę rezystora R7. Dla opisywanych czasów należy tak dobrać wartość R7, aby na nóżce 9 U2 uzyskać przebieg 22Hz. Wkładamy optotriak w podstawkę i możemy powtórzyć test. Uruchomiony układ należy koniecznie umieścić w plastikowej obudowie. Jeśli będziemy często zmieniać czas naświetlania, to listwę goldpinów musimy wyprowadzić na zewnątrz. Jeśli jednak sporadycznie będziemy

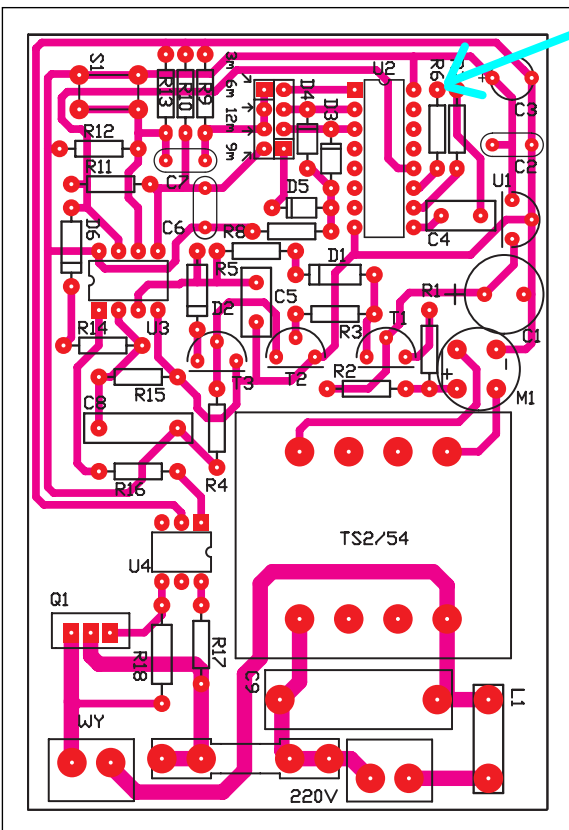
zmieniać czas, wystarczy przedłużyć klawisz START. W przypadku problemów z uruchomieniem układu pomocne będą zamieszczone przebiegi.

Na koniec chciałbym podzielić się uwagami co do samego naświetlania. Czas 3 minut w zupełności wystarcza przy naświetlaniu przez pojedynczą kartkę i po zastosowaniu transparentu. Dowodem jest chociażby płytka opisywanego sterownika. Czasem stosuje się ułamkowe czasy naświetlania typu 3min. 20 sek. Nie jestem przekonany do tego typu zabiegów. Jeśli nie wyjdzie nam płytka, powodów może być wiele, utrzymując jednakowy czas i odległość naświetlania w dużym stopniu wykluczamy błąd w tym etapie.

Michał Stach

Na płycie drukowanej
brakuje połączenia
rezystora R6 z
rezystorem R7.
Podczas montażu
należy połączyć ze
sobą wskazane
końcówki rezystorów.

Rys. 6 Schemat montażowy



Wykaz elementów

Rezystory

R1	.....	470Ω
R2,R4-R6,R8	.....	47kΩ
R3	.....	22kΩ
R7	.....	270kΩ* patrz tekst
R9,R10,R11,R13	.....	100kΩ
R12	.....	1MΩ
R14	.....	470kΩ
R15	.....	4,7MΩ
R16	.....	1,5kΩ
R17	.....	220Ω
R18	.....	2,7kΩ

Kondensatory

C1	.....	1000μF/25V
C2	.....	100nF
C3	.....	47μF/16V
C4,C6	.....	100nF MKT
C5	.....	220nF MKT
C7	.....	10nF
C8	.....	1μF MKT
C9	.....	100...220nF/630V

Półprzewodniki

M1	.....	mostek prostowniczy 1A
D1-D6	.....	1N4148
T1	.....	BC557
T2,T3	.....	BC547
Q1	.....	BT136
U1	.....	78L12
U2	.....	4060
U3	.....	LM358
U4	.....	MOC3022, lub inny bez detekcji przejścia przez zero

Pozostałe

L1	.....	300μH/1A
F1	.....	bezpiecznik 2A z podstawką do druku
TS1	.....	transformator TS2/56
J1,J2	.....	złącza śrubowe ARK2/500
J3,J4	.....	pojedyncze złącza goldpin, 4 bolce + jumperek
S1	.....	μswitch 6mm

Komplet podzespołów z płytką
jest dostępny w sieci handlowej
AVT jako kit szkolny AVT-2682