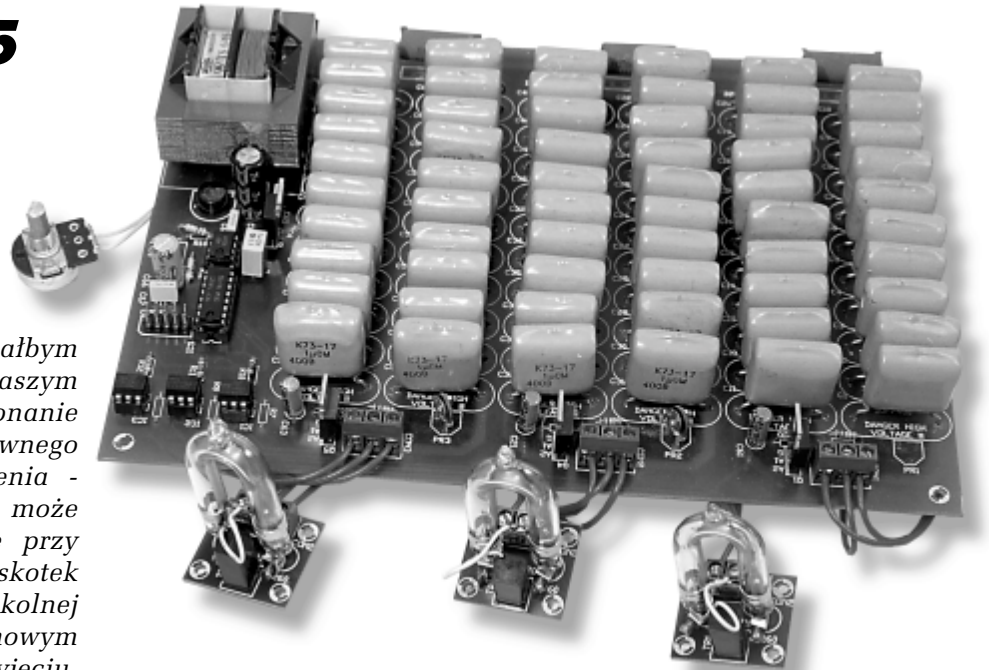


# Stroboskop 3-kanałowy

## kit AVT-425

*Tym razem chciałbym zaproponować naszym Czytelnikom wykonanie niezwykle efektownego w działaniu urządzenia - stroboskopu, który może znaleźć zastosowanie przy wyposażaniu małych dyskotek lub być atrakcją na szkolnej potańcówce czy domowym przyjęciu.*



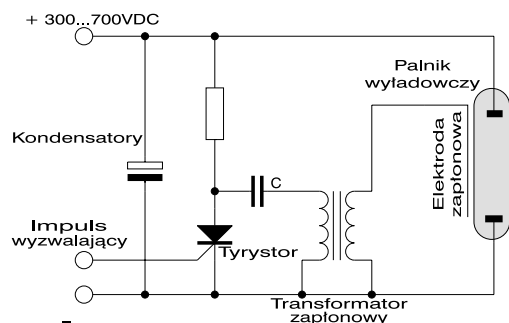
Zanim przejdziemy do opisu naszego układu, powiedzmy sobie parę słów o stroboskopach, ich budowie i zastosowaniu. Stroboskopy są urządzeniami elektronicznymi lub elektrycznymi, których zadaniem jest generowanie ciągów impulsów świetlnych o dużej energii i krótkim czasie trwania. Najprostszym stroboskopem może być żarówka dużej mocy, która jest cyklicznie zasłaniana i odsłaniana za pomocą mechanicznej przesłony.

Stroboskop mechaniczny ma w zasadzie same wady. Żarówki w nim stosowane muszą mieć bardzo dużą moc, a osiągnięcie krótkiego czasu błysku jest dość trudne. Dlatego obecnie buduje się prawie wyłącznie stroboskopy elektroniczne, w których błysk światła generowany jest w specjalnych palnikach przez rozładowanie kondensatorów o dużej pojemności, naładowanych do wysokiego napięcia. Zasada działania takiego stroboskopu zbliżona jest do konstrukcji fotograficznej lampy błyskowej, dobrze każdemu znanej.

Na **rys. 1** przedstawiono schemat blokowy lampy błyskowej, który powinien pomóc Czytelnikom w zrozumieniu zasady dzia-

łania tego urządzenia. Palnik wyładowczy lampy błyskowej wypełniony jest bardzo rozrzedzonym gazem - najczęściej ksenonem. Podłączony do kondensatorów naładowanych do napięcia ok. 300...700V (napięcie to zależy od rodzaju użytego palnika) nie przewodzi prądu i możemy przyjąć, że jego rezystancja jest nieskończenie duża. Aby nastąpiło rozładowanie kondensatorów potrzebne jest silne zjonizowanie cząsteczek gazu w palniku. Uzyskujemy to przykładając do elektrody zapłonowej wysokie napięcie, rzędu kilkudziesięciu tysięcy woltów. Napięcie to uzyskujemy z wtórnego uzwojenia transformatora zapłonowego o bardzo dużym przełożeniu. Kiedy do tyrystora zostanie dostarczony impuls synchronizujący zapłon lampy z migawką aparatu, zwierta on kondensator C do masy i poprzez pierwotne uzwojenie transformatora zapłonowego popłynie prąd rozładowania. Na uzwojeniu wtórnym transformatora, a więc na elektrodzie zapłonowej powstaje wysokie napięcie, gaz w palniku zostaje zjonizowany i bateria kondensatorów rozładowuje się poprzez palnik, emitując wielką ilość energii świetlnej. W tym momencie prąd pły-

Ogromne znaczenie dla bezpieczeństwa ma staranne wykonanie stroboskopu. Pracujemy nie tylko ze sprzętem połączonym galwanicznie z siecią energetyczną, ale mamy także do czynienia z bardzo niebezpiecznym dla życia i zdrowia wysokim stałym napięciem. Kondensatory w naszym układzie naładowane są do napięcia przekraczającego 600VDC, co stanowi ogromne niebezpieczeństwo w przypadku porażenia prądem. Podczas uruchamiania urządzenia i późniejszej pracy musimy też pamiętać, że emituje ono światło o sporej energii, w którego widmie jest także ultrafiolet.



Rys. 1. Uproszczony schemat układu sterowania palnika.

ność przez palnik zależy głównie od rezystancji przewodów i ścieżek doprowadzających zasilanie do palnika.

Prezentowany stroboskop działa na identycznej zasadzie z tym, że zamiast z migawki aparatu fotograficznego sygnał wyzwalający błąsk będzie dostarczany z wyspecjalizowanego układu elektronicznego.

Do jakich celów możemy zastosować stroboskop? O jednym już wiemy: jest nim rozrywka, czyli uatrakcyjnienie przyjęcia czy szkolnej zabawy. Istnieje jednak jeszcze inne, poważniejsze zastosowania stroboskopów. Pierwszym jest użycie lampy stroboskopowej przy wykonywaniu zdjęć, w celu uzyskania ciekawych efektów artystycznych. Z pewnością wszyscy widzieliśmy piękne zdjęcia, na których zarejestrowano kolejne fazy ruchu, np. ręki serwującego tenisisty, wykonane właśnie za pomocą takiej lampy aparatem z ustawionym długim czasem otwarcia migawki. Zdjęcia wykonane w świetle stroboskopu znajdują zastosowania także w badaniach naukowych, umożliwiając dokonanie rejestracji kolejnych faz ruchu poruszającego się przedmiotu lub zwierzęcia.

Prezentowane urządzenie to w zasadzie trzy stroboskopy zasilane ze wspólnego źródła i sterowane z prostego układu cyfrowego. Wykonanie tego układu będzie

jedynie pierwszym etapem pracy: w przygotowaniu znajduje się układ iluminofonii, w którym typowe żarówki zastąpione będą właśnie naszymi trzema stroboskopami. Obydwa urządzenia można będzie połączyć ze sobą przy pomocy przewodu taśmowego.

## Opis działania układu

Schemat elektryczny układu został pokazany na rys. 2. Z pozoru wygląda on na bardzo skomplikowany, ale na szczęście to tylko złudzenie. Urządzenie składa się z pięciu bloków funkcjonalnych: trzech identycznych układów lamp błyskowych oraz z układu sterującego i zasilacza.

Działanie układów lamp błyskowych naszego stroboskopu omówimy na przykładzie jednego bloku, widocznego w górnej części rysunku. Kondensatory C1..C20 zostały połączone szeregowo - równoległe tworząc baterię o pojemności 5μF i mogącą pracować przy napięciu do 700VDC.

Wyjaśnienia wymaga zastosowanie aż tylu kondensatorów zamiast jednego o odpowiedniej pojemności i wytrzymałości napięciowej. Zostało to podyktowane koniecznością znalezienia kompromisu pomiędzy ceną urządzenia, a stopniem jego komplikacji. Z łatwością możemy nabyć kondensatory elektrolityczne o wymaganych parametrach. Niestety, kondensatory takie, przeznaczone do pracy w obwodach prądu stałego nie nadają się zupełnie do naszych celów. Przy pracy impulsowej nagrzewałyby się do bardzo wysokiej temperatury i najprawdopodobniej szybko uległyby zniszczeniu. Z kolei kondensatory bipolarne o wymaganej pojemności są dość trudne do nabycia i kosztowne. Tak więc zastosowałem łatwo dostępne i tanie kondensatory 1μF/350V uważając, że powiększenie rozmiarów płytki obwodu drukowanego zostanie zrekomensowane ich niską ceną zakupu.

Bateria kondensatorów ładowana jest bezpośrednio z sieci energetycznej za pośrednictwem podwójna napięcia zbudowanego na diodach D1 i D2 do napięcia

równego ok. 620VDC. Warto teraz policzyć, jaka będzie energia jednego błysku naszego stroboskopu. Wzór na energię zgromadzoną w kondensatorze jest następujący:

$$E_{[W*s]} = \frac{C[\mu F] * U[kV]^2}{2}$$

Taki wzór byłby prawdziwy, gdyby kondensatory rozładowywały się do zerowego napięcia. Tak jednak nie jest, bo doświadczalnie stwierdzono, że na kondensatorach rozładowywanych przez palniki typu IFK120 pozostaje zawsze napięcie rzędu 60V (przy napięciu początkowym 620V). A więc przekształcamy nasz wzór:

$$E_{[W*s]} = \frac{C[\mu F] * (U_{(pocz)}[kV]^2 - U_{(konc)}[kV]^2)}{2}$$

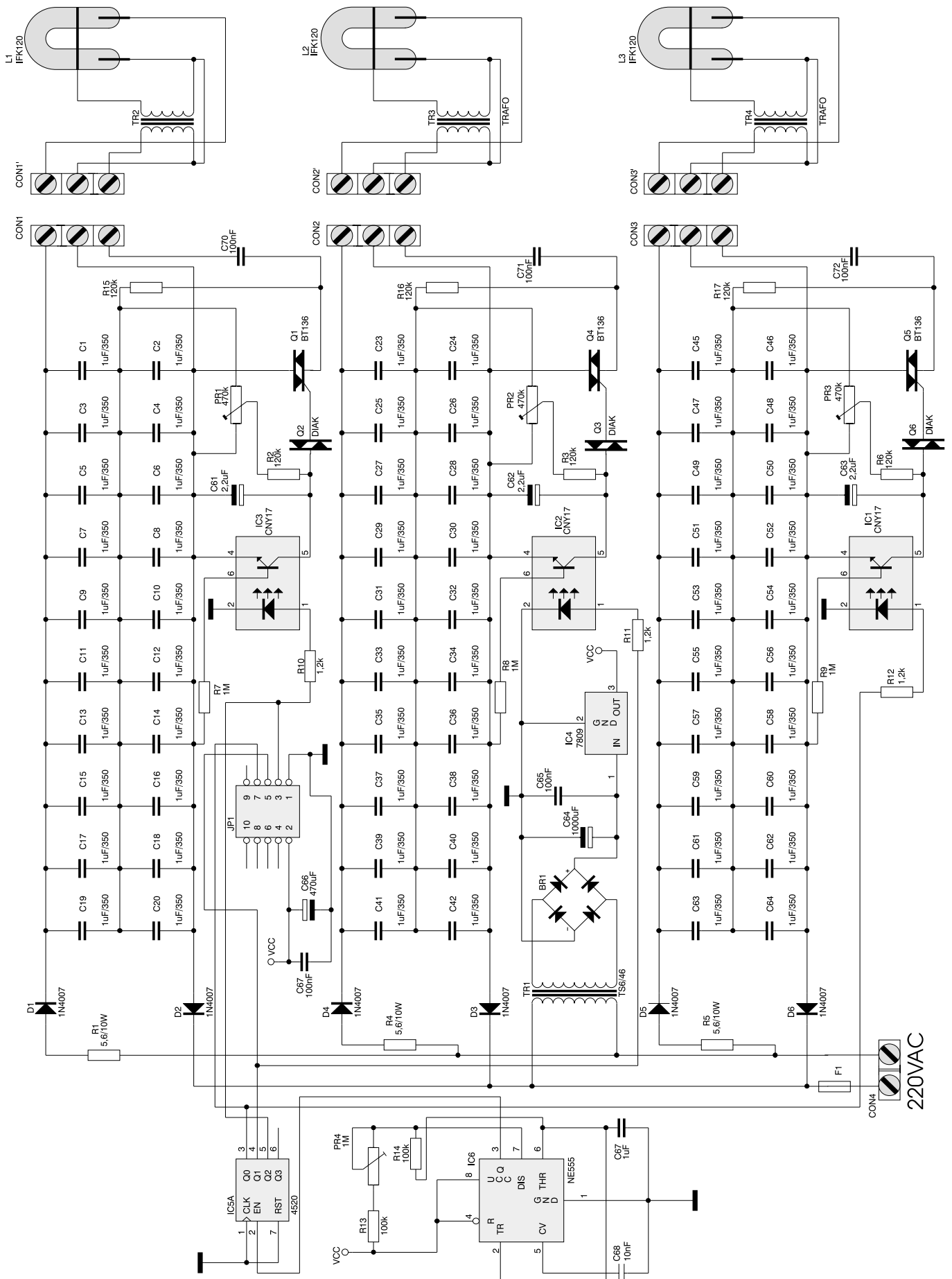
Po wykonaniu obliczeń stwierdzamy, że energia jednego błysku będzie wynosić ok. 0.952W.s. Czy jest to dużo, czy mało? Energia błysku typowej lampy błyskowej wbudowanej w aparat fotograficzny wynosi ok. 10W.s, tak więc pojedynczy błąsk naszego stroboskopu nie wystarczyłyby do naświetlenia zdjęcia na materiale o średniej czułości. Pamiętajmy jednak, że stroboskop generuje serie błysków i że najczęściej pracują trzy stroboskopy jednocześnie. W każdym razie subiektywnie oceniony efekt pracy naszego układu jest znakomity.

Wracajmy jednak do analizy schematu. Jednocześnie z baterią kondensatorów zasilających palnik wyładowczy ładują się jeszcze dwa kondensatory. Kondensator C70 ładuje się do napięcia ok. 310V za pośrednictwem rezystora R15. Natomiast czas ładowania kondensatora C61 określony jest jego pojemnością, rezystancją R2 i napięciem ustawionym za pomocą potencjometru montażowego PR1. Za pomocą tego potencjometru możemy regulować częstotliwość błysków, osobno dla każdego kanału stroboskopu.

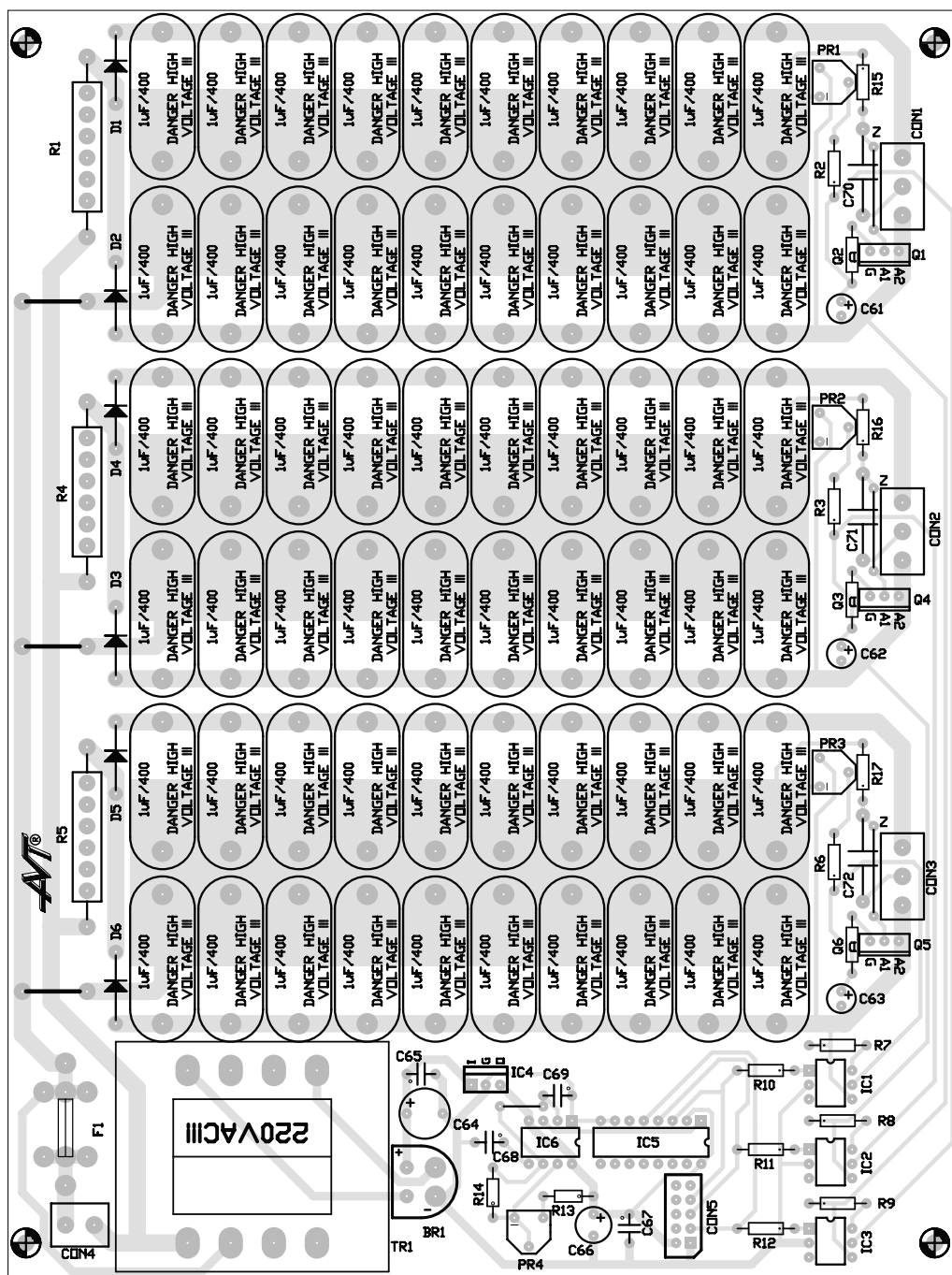
W momencie, kiedy napięcie na kondensatorze C61 stanie się równe napięciu przebicia diaka Q2 kondensator ten rozładuje się poprzez diak i bramkę triaka Q1, co spowoduje włączenie tego triaka i rozładowanie kondensatora C70 poprzez obwód uzwojenia pierwotnego transformatora zapłonowego TR2. Impuls wysokiego

Tabela 1.

Krok	Q0	Q1	Q2	Q3
0	0	0	0	bez znaczenia
1	1	0	0	bez znaczenia
2	0	1	0	bez znaczenia
3	1	1	0	bez znaczenia
4	0	0	1	bez znaczenia
5	1	0	1	bez znaczenia
6	0	1	1	bez znaczenia
7	1	1	1	bez znaczenia



Rys. 2. Schemat elektryczny stroboskopu.



Rys. 3. Płytką drukowaną układu zasilającego i wyzwalania (zmniejszona o 20%).

napięcia z uzwojenia wtórnego tego transformatora spowoduje zjonizowanie gazu w palniku, rozładowanie baterii kondensatorów poprzez palnik i wyzwolenie dużej ilości energii świetlnej. Następnie cały opisany wyżej proces powtarza się i palnik błyska z ustawioną za pomocą PR1 częstotliwością.

Warto zauważyć, że ładowanie kondensatora C61 jest możliwe tylko wtedy, kiedy tranzystor zawarty w strukturze transoptora IC3 nie przewodzi, czyli w momen-

tach, kiedy dioda LED tego transoptora nie jest włączona. Wystąpienie wysokiego poziomu logicznego, lub po prostu doprowadzenie do rezystora R10 napięcia rzędu kilku - kilkunastu woltów uniemożliwia ładowanie kondensatora C61 i powoduje wstrzymanie pracy stroboskopu. Diody LED, zawarte w strukturach trzech optotriaków, są dołączone za pośrednictwem rezystorów ograniczających prąd do złącza JP1, przy pomocy którego będziemy sterować pracą naszego strobosko-

pu. Do złącza tego może być dołączony trzykanałowy sterownik iluminofoniczny, będący obecnie w opracowaniu.

Niezależnie od złącza JP1, rezystory zasilające diody LED optotriaków zostały dołączone także do trzech młodszych wyjść licznika binarnego IC5A. Na wejście zegarowe tego licznika podawany jest ciąg impulsów prostokątnych, generowanych przez układ IC6, którego częstotliwość możemy zmieniać w szerokim zakresie za pomocą potencjometru PR4. W naszym układzie aktywnym stanem wyjścia tego licznika jest stan niski, ponieważ wtedy dioda transoptora nie świeci i odpowiedni kanał stroboskopu pracuje. Popatrzmy teraz na tabelę 1, na której pokazano stany wyjść licznika IC5A w interesującym nas zakresie zliczania od 0 do 7.

Z analizy danych zawartych w tabeli wyraźnie wynika, że podczas jednego cyklu zliczania licznika (IC5A) modulo 7 wyczerpane zostaną wszystkie możliwe kombinacje włączenia i wyłączenia kanałów stroboskopu, od jednoczesnego włączenia wszystkich trzech w kroku 0, do wyłączenia pracy wszystkich kanałów w kroku 7. Uzyskany w ten sposób efekt można zaliczyć

do zadawalających, szczególnie jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, jakimi prostymi środkami został osiągnięty.

Pozostała część układu nie jest już warta szczegółowego opisu. Jest nią typowo skonstruowany zasilacz stabilizowany, wykorzystujący dobrze wszystkim znany monolityczny stabilizator napięcia typu 7809 lub 7812. Zdziwienie może jedynie budzić fakt wykorzystania do zasilania dwóch układów scalonych stabilizatora o dopuszczalnym prądzie 1A i trans-

## WYKAZ ELEMENTÓW

## Rezystory

PR1, PR2, PR3: miniaturowe potencjometry montażowe 470kΩ  
 PR4: potencjometr montażowy miniaturowy 1MΩ  
 R1, R4, R5: 5,6Ω/10W  
 R2, R3, R6, R17: 120kΩ  
 R7, R8, R9: 1MΩ  
 R10, R11, R12: 1,2kΩ  
 R13, R14: 100kΩ  
 R16, R17, R19: 120kΩ

## Kondensatory

C1..C60: 1μF/350V monolityczny  
 C61, C62, C63: 2,2μF/40V  
 C64: 1000μF/25V  
 C65, C67, C70, C71, C72: 100nF  
 C66: 470μF/10V  
 C68: 10nF

## Półprzewodniki

BR1: 1A/50V układ Greatza  
 D1, D2, D3, D4, D5, D6: 1N4007  
 IC1, IC2, IC3: CNY17  
 IC4: 7809  
 IC5: 4520  
 IC6: NE555  
 Q1, Q4, Q5: BT136  
 Q2, Q3, Q6: diaki 30V

## Różne

CON1..CON3, CON1'..CON3':  
 ARK3  
 CON4: ARK2  
 JP1: goldpin 5X2  
 L1, L2, L3: IFK120  
 F1: 1A bezpiecznik zwłoczny  
 TR1: TS6/46  
 TR2, TR3, TR4: transformator zapłonowy do lamp błyskowych  
 2 złącza ARK3 do demontażu  
 Uwaga: w kicie będzie dostarczana 1 płytki bazowa i 3 płytki do mocowania palników

formatora o relatywnie dużej mocy. Zostało to spowodowane tym, że zasilacza naszego układu będą także zaopatrywane w prąd układy z nim współpracujące, np. wspomniany już układ iluminofoniczny.

## Montaż i uruchomienie

Na rys. 3 przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej. Widok ścieżek znajduje się na wkładce wewnątrz numeru.

Płytką zaprojektowaną została na laminacie jednostronnym, co pociągnęło za sobą konieczność

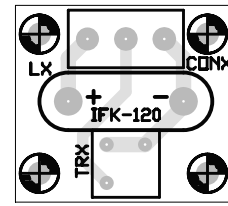
zastosowania kilku zworek, od których rozpoczniemy montaż. Zworki należy wykonać używając grubej srebrzanki lub odcinków drutu miedzianego o średnicy min. 1 mm. Montaż wykonujemy w typowy sposób, rozpoczynając od rezystorów, a kończąc na wlotowaniu 60 kondensatorów C1..C60. Bardzo Wam współczuję, moi Drodzy Czytelnicy, że musicie wykonać tę iście galerniczą pracę, ale ja sam też ją wykonałem i to dwukrotnie (dwa prototypy przeznaczone do testowania)!

Na rys. 4 jest widoczne rozmieszczenie elementów na małej płytce służącej zamocowaniu palników wyładowczych, których montażowi musimy poświęcić nieco uwagi. Montujemy je na małych płytkach, ale w żadnym wypadku nie możemy ich do nich przylutować! Podczas pracy palniki nagrzewają się i różnica w rozszerzalności cieplnej szkła i laminatu doprowadziłaby do powstania niszczących naprężeń.

Należy rozebrać na części dwa złącza typu ARK3 (będą dostarczone w kicie) i do metalowych tulejek ze śrubkami przylutować krótkie kawałki srebrzanki lub drutu miedzianego o długości ok. 2 cm. Końce srebrzanki wlotujemy w płytkę, a do tulejek przykręcamy palniki. Podczas ich montażu musimy zwrócić baczną uwagę na ich biegunowość: odwrotne zamocowanie palnika grozi jego natychmiastowym uszkodzeniem! Środkowe elektrody palników dołączamy (można lutować) do wyprowadzenia transformatora zapłonowego.

Płytki z zamontowanymi na nich palnikami najlepiej umieścić w typowych obudowach od światła cofania, dostępnych w każdym sklepie z akcesoriami motoryzacyjnymi.

Zmontowany ze sprawdzonych elementów układ nie wymaga, oczywiście, uruchamiania, ale jedynie prostej regulacji częstotliwości błysków w każdym z kanałów stroboskopu i częstotliwości pracy generatora z IC6. Tu mała uwaga: w układzie modelowym zastosowałem jako PR1..PR4 potencjometry montażowe i takie elementy będą dostarczane w kicie. Jeżeli jednak chcecie zapewnić



Rys. 4. Płytką drukowaną palnika.

sobie możliwość częstej regulacji parametrów pracy Waszego stroboskopu, to elementy te możemy zastąpić normalnymi potencjometrami o identycznej wartości.

**Cały układ stroboskopu należy umieścić w solidnej obudowie, najlepiej z tworzywa sztucznego. Praca układu bez obudowy lub w obudowie prowizorycznej jest absolutnie niedopuszczalna!**

Na koniec jeszcze raz chciałbym zaapelować do Waszego rozsądku. Prawie cała płytką znajduje się pod napięciem sieci energetycznej 220VAC, a ponadto na kondensatorach występuje napięcie stale przekraczające 600V! Zachowajcie więc jak najdalej idącą ostrożność i pamiętajcie o zasadzie pracy „jedną ręką“ przy urządzeniach dołączonych do sieci.

I jeszcze jedna rada: roztrągnięcie nie jest jedynie cechą niższej podpisanego. Dlatego też podczas pierwszego dołączenia układu do sieci warto zastosować „rezystor“ zabezpieczający pod postacią żarówki 100W, włączonej w obwód 220V.

**Zbigniew Raabe, AVT**