

Świetlny sekwencer MIDI

Światło stało się nieodłącznym elementem koncertów muzycznych. Profesjonalne grupy zatrudniają nawet specjalną osobę, odpowiedzialną za oświetlenie. Nawet najlepszy inżynier oświetlenia korzysta jednak z dobrze przygotowanej przed koncertem sekwencji efektów świetlnych. Prezentowany sterownik pomoże uatrakcyjnić odbiór muzyki grup, które podczas koncertów używają sekwencera MIDI. Głównymi założeniami projektu była prostota konstrukcji i minimalizacja kosztów wykonania.

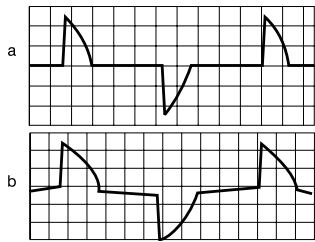
Informacje o MIDI

Standard MIDI jest odmianą interfejsu szeregowego, który różni się tylko parametrami elektrycznymi od popularnego RS232. W RS232 informacja przesyłana jest przez zmianę napięcia $\pm 12V$ względem masy, a w przypadku MIDI wykorzystano pętlę prądową 5mA, co sprawia, że jest bardziej odporny na zakłócenia. Prędkość transferu MIDI wynosi 31250 bodów. Prędkości tej nie można uzyskać w standardowym interfejsie RS232 zainstalowanym w PC. Jednak większość kart muzycznych -nawet tych najtańszych - ma wbudowany interfejs MIDI w standardzie TTL. Wystarczy prosty przetwornik TTL/pętla prądowa 5mA, aby móc podłączyć prezentowany przeze mnie sterownik do PC-ta.



Podstawowa ramka danych w MIDI składa się z: 1 bit startu, 8 bitów informacji oraz 1 bit stopu, bez bitu parzystości. Rozkaz MIDI najczęściej składa się z 3 bajtów: ✓ Pierwszego statusowego, który w odróżnieniu od pozostałych ma ustawiony najbardziej znaczący bit. Cztery najmniej znaczące bity przesyłają informacje o ka-

nale MIDI, którego dotyczy ten rozkaz. Stąd możliwość sterowania 16 kanałów. Pozostałe 3 bity informują o tym, jaki to jest rozkaz. W sterowniku wykorzystanym następujące rozkazy:



Rys. 1. Trzy fazyysterowania triaka. Na rysunku "a" impulsy wyzwalające pojawiają się później niż na rysunku "b".

- 000 - note on (wciśnięto klawisz) - zapala grupę oświetleniową,
- 001 - note off (zwolniono klawisz) - gasi grupę oświetleniową,
- 011 - control change (rozkaz kontrolny)- zeruje kontroler.

✓ Drugi bajt przesyła informację o numerze wciśniętego klawisza, a w przypadku sterownika numer grupy oświetleniowej, do której odnosi się rozkaz.

✓ Trzeci bajt informuje o sile, z jaką został wciśnięty klawisz ustawiający jasność świecenia grupy.

Po rozkazie control change pojawia się jeden z bajtów: 7Bh- all notes off (wyłącza wszystkie grupy oświetleniowe), 79h- reset controller.

Sterowanie triakami

Płynną regulację mocy dostarczonej do grup oświetleniowych dokonuje się impulsami sterującymi podawanymi na bramkę triaka. Im większe jest opóźnienie impulsu wyzwalającego w stosunku do momentu przejścia prądu obwodu grupy oświetleniowej przez zero, tym mniejsza jest dostarczana moc do tej grupy, a tym samym mniejsze natężenie świecenia.

Na rys. 1 przedstawiono trzy fazyysterowania triaka. Na rys. 1a impulsy wyzwalające pojawiają się później niż na rys. 1b.

W projekcie przyjąłem założenia uproszczające, że nie ma przesunięcia fazowego między prądem a napięciem obwodu grupy oświetleniowej. Taka sytuacja występuje, gdy obciążenie ma charakter czysto rezystancyjny, co jest spełnione w przypadku zastosowania zwykłych lub halogenowych żarówek. Problem może się pojawić w przypadku zastosowania zbyt długich kabli połączeniowych, mogących wprowadzać bardziej

reakcyjny charakter obciążenia. Z założenia przyjmuję więc moment przejścia napięcia przez zero, jako moment synchronizacji. Od tego momentu zaczyna być odliczane opóźnienie kątaysterowania triaka w danym półokresie. W programie półokres został podzielony na 140 części. W standardzie MIDI informacja o sile nacisku - wykorzystywana w niniejszym sterowniku do określania natężenia oświetlenia - określana jest na 7 bitach, co daje rozdzielczość 128 kroków. Różnica między rozdzielczością MIDI a przyjętą w programie sterownika (140) stanowi margines bezpieczeństwa. Zbyt późne podanie impulsu sterującego może być powodem załączenia triaka w kolejnym półokresie.

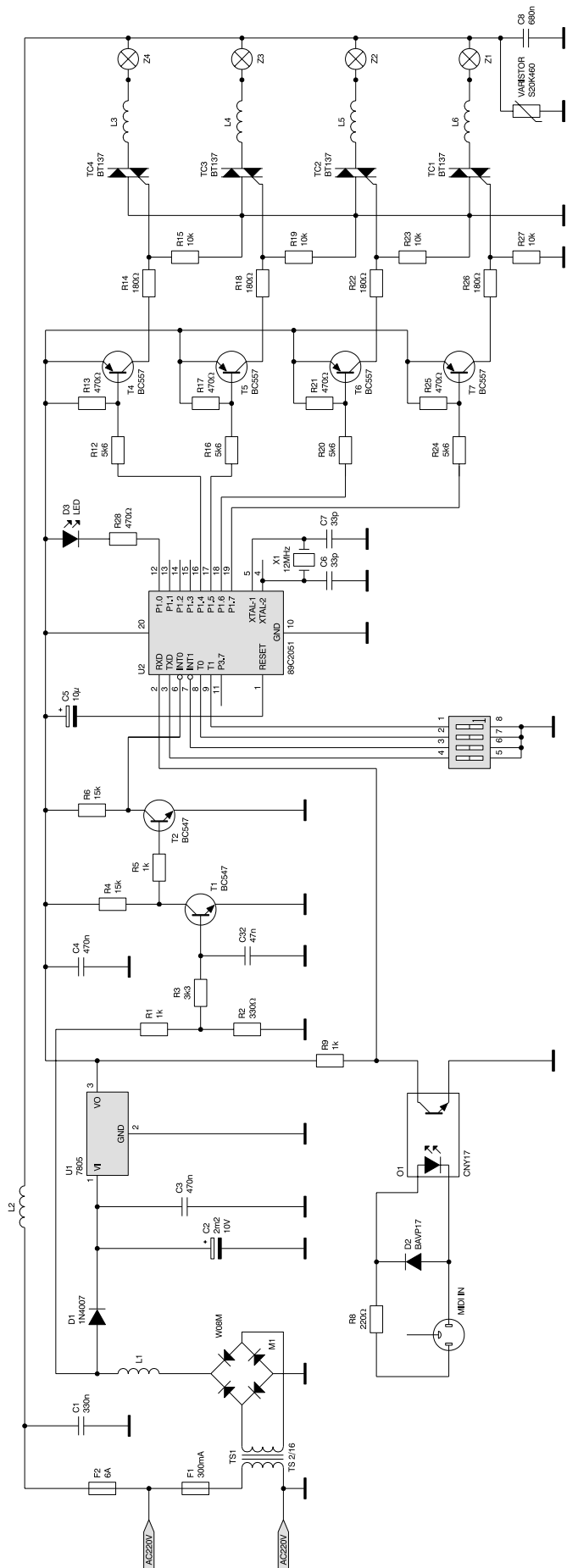
Opis układu sterownika

Schemat elektryczny sterownika przedstawiono na rys. 2. Na wejściu zasilającym zastosowano filtr LC typu „T”, którego zadaniem jest odfiltrowanie wyższych harmonicznych prądu powstających podczas impulsowego załączania triaków.

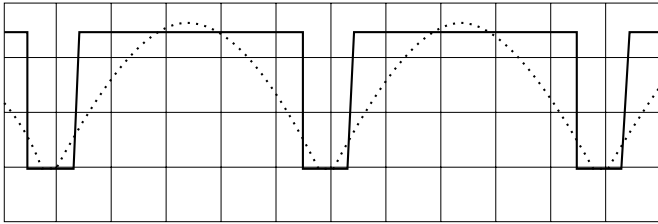
W filtrze sieciowym użyto dławika z popularnych wyłączników dotykowych. Wykorzystano w nim rdzeń z blach transformatorowych o przekroju 10x10mm, na który nawinięto w dwóch rzędach 40 zwojów drutu o średnicy 1mm. Dodatkowo, w obwodzie każdej grupy oświetleniowej, zastosowano dławik, w którym wykorzystano karkasy cewek radiowych z prętym ferrytowym o średnicy 7,5mm, na których nawinięto 30 zwojów drutem o średnicy 0,75mm. Przekrój drutu zastosowanego w dławikach decyduje o obciążalności układu. Chcąc wykorzystać w pełni dopuszczalną obciążalność triaków (najlepiej nie przekraczać 0,5I_{dop}) należałoby odpowiednio zwiększyć przekrój drutu w dławikach.

Zadaniem układu zbudowanego na tranzystorach T1 i T2 jest generowanie impulsów o stromym zboczu opadającym, które inicjują przerwianie INTO w mikroprocesorze. Układ ten jest zsynchronizowany napięciem wtórnej strony transformatora, wyprostowanym dwupołkkowo (rys. 3).

Standard MIDI wymaga zastosowanie na wejściu uk-



Rys. 2. Schemat ideowy sterownika.



Rys. 3. Przebiegi na wejściu układu synchronizacji oraz na wyjściu podłączonego do wejścia INTO mikroprocesora.

ładu separującego galwanicznie, który najczęściej jest realizowany na transoptorze. Właściwość ta pozwoliła mi na obniżenie kosztów wykonania sterownika i rezygnacji z separacji galwanicznej sterownik - układ wykonawczy. Może to w pewnym stopniu wpłynąć na awaryjność układu, gdyż przepięcia od strony sieci mogą stać się przyczyną uszkodzenia mikroprocesora. Z tego też powodu zastosowałem warystor w filtrze napięcia sieci sterownika. W celu zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji musiałem zrezygnować z MIDI THRU, które wymagałoby dodatkowego układu sterującego, oddzielonego galwanicznie od sterownika.

Triaki sterownika montowane są na wspólnym niewielkim radiatorze, który jest oddzielony galwanicznie od obudowy każdego triaka podkładką mikową z dodatkiem smaru silikonowego dla zapewnienia lepszego oddawania ciepła.

Podczas projektowania płytki należy zwrócić uwagę na grubość ścieżek obwodów silnoprądowych. W moim projekcie przyjąłem 300W na grupę, a więc każda grupa będzie obciążać sieć prądem ok. 1,5A przy pełnym wystrojeniu. Dla obwodu na laminacie pokrytym folią miedzianą o grubości 0,07mm, obciążalność ścieżki o szerokości 1mm może wynieść 350mA, przy założeniu gęstości prądu 5A/mm².

Układ z powodzeniem może kontrolować osiem grup oświetleniowych. Wymaga to

nieznacznej modyfikacji programu sterownika i układu elektronicznego. Z myślą o modyfikacji, z góry przyjąłem możliwie najwyższą częstotliwość pracy zegara mikroprocesora, tj. 24MHz. Przy wstępnych próbach z kwarcem 12MHz układ działał poprawnie. O doborze kwarcu decyduje nie tylko wymagana moc obliczeniowa mikroprocesora, ale także szybkość przesyłania informacji interfejsem MIDI.

Opis programu sterownika

Po uruchomieniu sterownika następuje skonfigurowanie portu szeregowego, odblokowanie przerwań INTO i wpisanie kanału MIDI, ustawionego na przełączniku DIP1, do rejestru kanał. W czasie pracy sterownika zmiana kanału MIDI jest ignorowana. Ponowne wpisanie kanału MIDI do rejestru kanał następuje dopiero po wysłaniu komunikatu MIDI Reset controler lub ręcznym wyzerowaniu mikroprocesora.

Pojawienie się opadającego zbocza na wejściu INTO uruchamia procedurę intencjonalną, która odblokowuje przerwania T0. Od tego momentu mikroprocesor oczekuje komunikatów MIDI, które generują w mikroprocesorze przerwanie dla portu szeregowego sint. Procedura obsługi przerwania sint sprawdza najpierw kanał MIDI, którego dotyczy komunikat i porównuje z wartością rejestru kanał. Jeżeli obie wartości zgadzają

się, następuje ustawienie bitu note on. W przypadku, gdy wartość kolejnego bajtu komunikatu odpowiada liczbom przyporządkowanym grupom oświetleniowym, ustawiany jest bit by2. Wartość trzeciego bajtu komunikatu odpisywana jest do rejestru odpowiadającemu grupie oświetleniowej.

Przerwanie INTO rozpoczyna kolejny okres trwający 10ms (czas trwania półokresu) generowania impulsów sterujących triaki. Procedura przerwania INTO zeruje maskę przerwania zegara T0, które z kolei generuje przerwanie co 10/140ms, zmniejszając za każdym razem wartość rejestru sync, do którego wpisywana jest wartość #140 w procedurze INTO. Procedura T0 porównuje wartość rejestru sync z wartością rejestru każdej grupy oświetleniowej. Jeżeli są równe, wpisywane jest „0” do bitu sterującego bramkę triaka, co z kolei załącza daną grupę oświetleniową. Bity sterujące bramkami ustawiane są w procedurze INTO. W przypadku braku jednego lub wielu impulsów synchronizacji w określonym czasie (z powodu np. zakłócenia), procedura T0 wpisuje wartość #148 do rejestru sync i rozpoczyna okres generowania impulsów wyzwalaających triaki od początku. Wartość ta została określona doświadczalnie tak, aby układ dosynchronizował się możliwie najpóźniej.

Uruchamianie

Najpierw podłączamy układ do sieci bez mikroprocesora w podstawce, w celu sprawdzenia poprawności pracy zasilacza. Powinno pojawić się napięcie 5V na zaciskach 10 i 20 podstawki. Układ podczas uruchamiania nie wymaga żadnych regulacji, dlatego po złożeniu mikroprocesora, jeżeli nie popełniono pomyłki w montażu, powinno wszystko działać. Aby to sprawdzić podłączamy klawiaturę MIDI, ustawiamy te same kanały MIDI na sterowniku i klawiaturze. Po naciśnięciu na odpowiednie klawisze powinny zapalać się odpowiadające im grupy oświetleniowe, którym przyporządkowane są następujące klawisze:

- Grupa1 - 64 = E3
- Grupa2 - 65 = F3
- Grupa3 - 66 = Fis3
- Grupa4 - 67 = G3

Zapalenie diody LED następuje po naciśnięciu dowolnego klawisza, kiedy kanały MIDI, zarówno klawiatury jak i sterownika, są te same. Nie dysponując klawiaturą MIDI mogą wykorzystać komputer lub sekwencer z odpowiednio wcześniej przygotowaną sekwencją MIDI.

Uwaga!

Podczas uruchamiania układu należy zachować szczególną ostrożność, gdyż na każdym jego elemencie może pojawić się napięcie sieci.

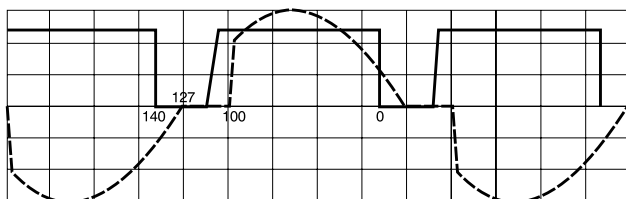
Przygotowanie sekwencji MIDI

Najprostszym sposobem jest skojarzenie danej grupy oświetleniowej z instrumentem perkusyjnym, np.: werblem lub stopą. Należy pamiętać, że zapalenie się grupy następuje z pewnym opóźnieniem w stosunku do wysłanego komunikatu MIDI, gdyż żarówki zapalają się z pewną zwłoką. Aby więc uzyskać pełną synchronizację oświetlenia z muzyką, należy odpowiednio wyprzedzić wysyłanie komunikatów MIDI do sterownika. Kłopotliwe może być uzyskanie efektu płynnego ściemniania lub rozjaśniania. Wysyłając komunikaty, w których zmienia się płynnie Velocity, zamiast uzyskać oczekiwany efekt płynnej zmiany natężenia świecenia, uzyskamy raczej serię mignięć. Dzieje się tak dlatego, ponieważ komunikaty MIDI wysyłane są parami NoteOn-NoteOff. NoteOff zeruje Velocity, a NoteOff zeruje Velocity, a więc wyłącza daną grupę. Niektóre sekwencery (np.: Cubase) dają możliwość ustawienia VelocityOff, a więc wartości Velocity wysyłanej wraz z komunikatem NoteOff (w Cubase trzeba także „odhaczyć” NoteOff w MIDI Setup). Należy w takim przypadku we wspomnianej serii komunikatów ustawić VelocityOn=VelocityOff.

Jeżeli nie można zmusić używanego sekwencera do ustawiania wartości VelocityOff, jedynym rozwiązaniem jest wykorzystanie innego komunikatu MIDI (np. Control Change Expression) odpowiednio modyfikując program sterownika.

Piotr Swadźba,
pswadzba@friko6.onet.pl

Program źródłowy dla mikrokontrolera jest dostępny pod adresem www.ep.com.pl/ftp.



Rys. 4. Wartość rejestru "sync" podczas jednego półokresu. Przerywana krzywa pokazuje przebieg impulsów synchronizacji, linia ciągła napięcie na grupie oświetleniowej. Wyzwolenie triaka następuje, gdy wartość rejestru jest równa 100.