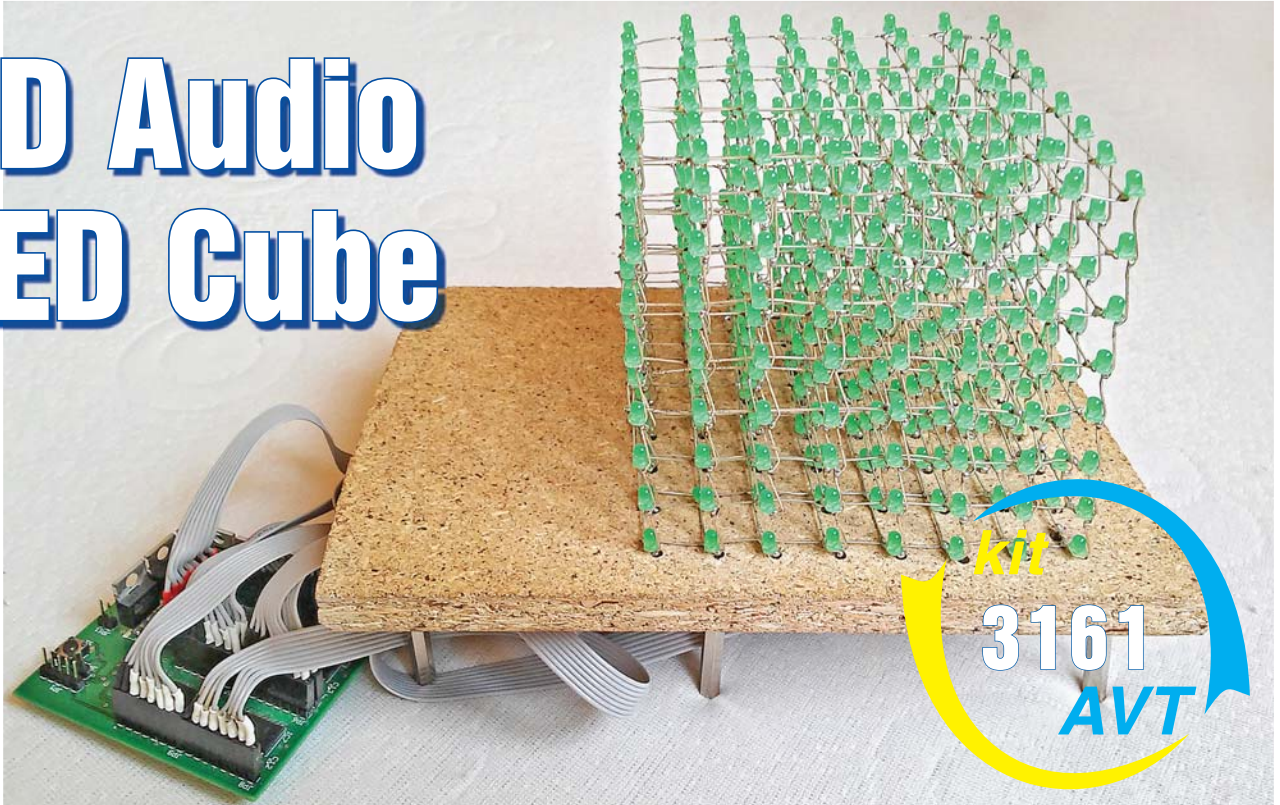


3D Audio LED Cube



Trójwymiarowy obraz sygnału audio będący doskonałym dodatkiem dla wielu urządzeń muzycznych. Muzyka zadowoli ucho, LED Cube – oko.

W codziennym życiu często pragniemy urozmaicić sobie doznania wizualne, słuchowe bądź smakowe. Dzięki LED Cube możemy połączyć zarówno doznania słuchowe, jak i wizualne. Prezentowany układ daje bardzo duże możliwości – ograniczeniem jest tylko nasza wyobraźnia.

Opisywane urządzenie służy do zobrazowania sygnału audio za pomocą diod LED. Prezentowany układ jest sześcianiem LED-owym o wymiarach 8x8x8, czyli zawiera aż 512 punktów świetlnych. Jest więc wyświetlaczem przestrzennym, wytwarzającym obraz 3D. Dzięki temu można otrzymać na nim niezliczone mnóstwo interesujących efektów wizualnych.

W EdW były już przedstawiane liczne projekty wykorzystujące wyświetlacze LED-owe. Pojawiły się też projekty wyświetlaczy 3D, lecz zwykle ograniczały się do pokazywania wgranych efektów wizualnych. Zaprezentowane rozwiązanie pozwala rozszerzyć możliwości takiego wyświetlacza poprzez jego odpowiedź na podawany na bieżąco sygnał zewnętrzny, jakim jest muzyka.

Warto zwrócić uwagę na wykorzystanie mikrokontrolera z rdzeniem ARM, dzięki któremu można było osiągnąć płynne wyświetlanie obrazu z jednoczesnym pomiarem sygnału wejściowego.

Opis układu

Dla lepszego zrozumienia budowy i działania, warto przeanalizować schemat blokowy, z **rysunku 1**. Schemat ideowy pokazany jest na **rysunku 2**. Układ zasilany jest napięciem 3,3V.

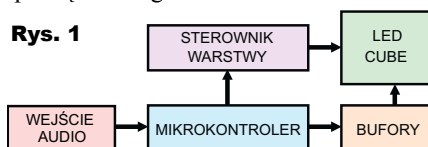
Sygnał wejściowy podawany jest na złącze JP10. Powinien on zawierać się w granicach od 0V do 3V. Większy sygnał wejściowy może spowodować uszkodzenie mikrokontrolera. Po podłączeniu zasilania do złącza JP11 dioda LED poinformuje nas o pracy układu. Warto tę diodę umieścić na warstwie botkom płytki, ponieważ mogłaby pogarszać efekty wizualne sześciannu. Należy zwrócić uwagę na brak zabezpieczenia przed odwrotną polaryzacją zasilania.

Kluczowym blokiem na schemacie jest mikrokontroler. Wybrano wersję STM32F051R8T6 z powodu relatywnie niskiej ceny w stosunku do parametrów, które były pożądane w układzie. Układ ten może szybko przetwarzać dane na wejściu ADC, jednocześnie nie wstrzymując na długi czas wykonywania programu głównego. Obsługa ADC została zrealizowana w przerwy mikrokontrolera. Rolą mikrokontrolera jest pomiar sygnału audio, a następnie zapisanie wyniku do pamięci. Drugim zadaniem mikrokontrolera

jest wybór warstwy, na której zostanie wyświetlony obraz. Realizowane jest to w bloku sterownika warstwy. Odbywa się to za pomocą krążącej jedynek. Bardzo ważne jest, by nie podać więcej niż jednej jedynki na sterownik warstwy. W przeciwnym razie popłynie zbyt duży prąd, który może uszkodzić układ. Ostatnim zadaniem mikrokontrolera jest wyświetlenie obrazu na podstawie zebranych próbek sygnału audio. Układ podaje ciąg bitów na blok buforów. Ważne jest, by odświeżać obraz z częstotliwością większą niż 50Hz. Jeżeli będziemy zbyt często zbierać próbki z ADC, to obraz stanie się niewyraźny i męczący dla ludzkiego oka. Można to w prosty sposób skalibrować w programie wedle indywidualnych potrzeb.

Kolejnym blokiem jest sterownik warstwy, który tworzą tranzystory IRLZ44N. W układzie celowo zastosowano takie tranzystory z powodu niskiego napięcia otwarcia bramki (maksymalnie 3V) i małej rezystancji kanału. Dzięki temu mikrokontroler jest w stanie całkowicie otworzyć tranzystor (ponieważ on też pracuje z napięciem 3V). Rezystory znajdujące się na porcie „A” mają za zadanie ograniczyć prąd płynący na tranzystor. Rezystory między bramką a źródłem tranzystora mają za zadanie wspomóc poprawne działanie otwierania i zamykania kanału. Mała rezystancja kanału jest bardzo istotna, ponieważ przez tranzystor płynie w szczycie prąd rzędu pojedynczych amperów. W przypadku dużej

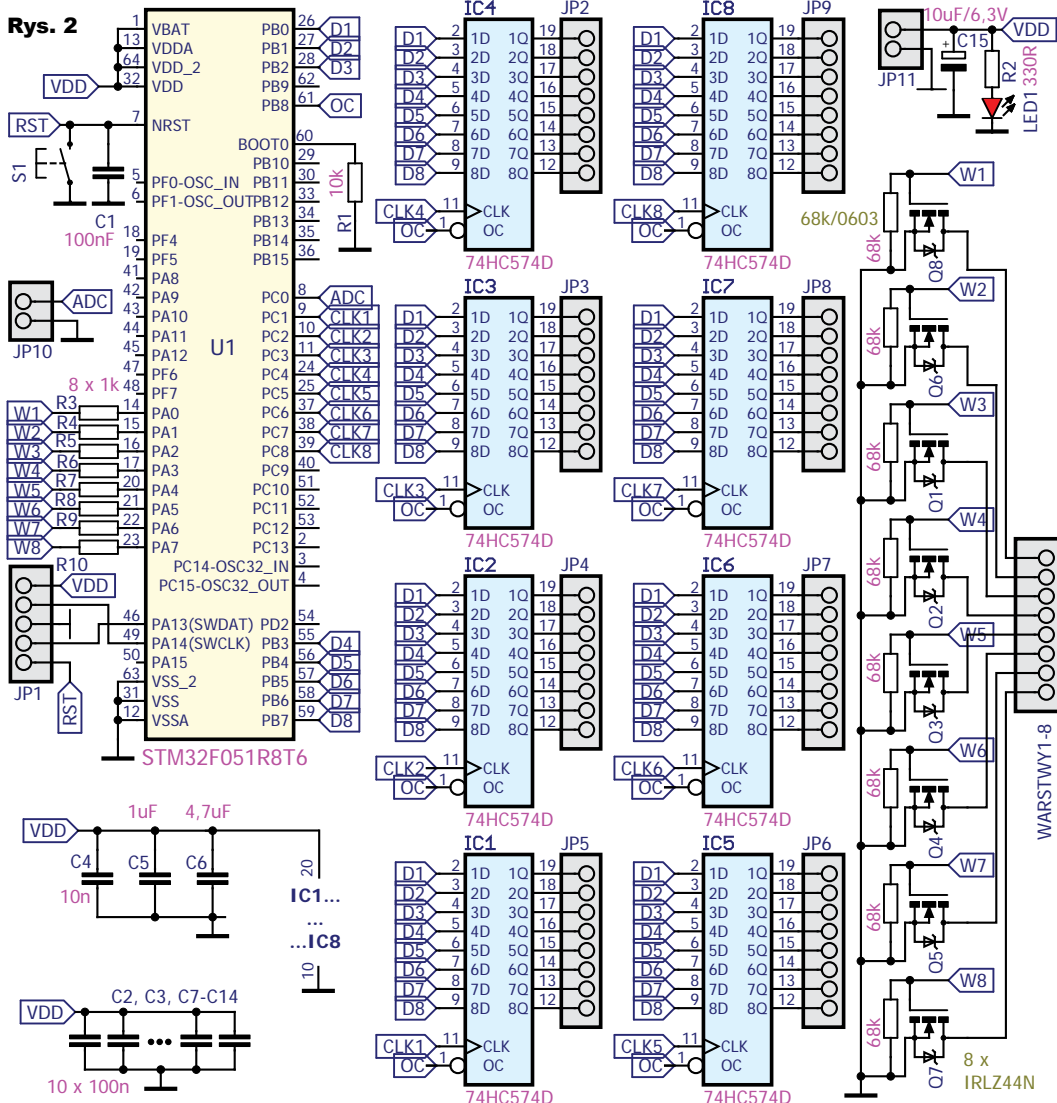
Rys. 1



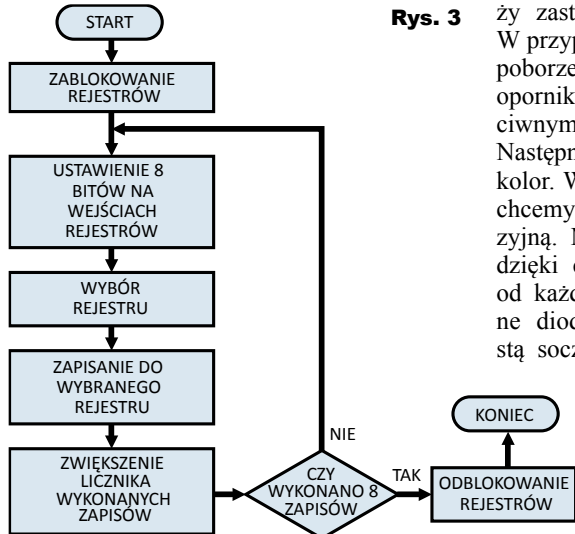
rezystancji kanału tranzystor mógłby bardzo się zagrzać, a spadki napięcia na nim spowodowałyby pogorszenie jasności diod w sześcianie LED-owym.

Blok buforów tworzy swoistą pamięć dla danej warstwy. Został on zbudowany z ośmiu rejestrów. Mikrokontroler musi wykonać precyzyjnie sekwencję przedstawioną na rysunku 3. W momencie zablokowania rejestrów ich wyjścia przechodzą w stan wysokiej impedancji. Mikrokontroler musi osiem razy wykonać operację ustawienia bitów na swoim wyjściu, wyboru i zapisu do wybranego rejestru. Po wykonaniu sekwencji następuje odblokowanie wszystkich rejestrów. W efekcie zostaną zaświecone wybrane diody LED na warstwie. Wyboru warstwy należy dokonać przed odblokowaniem rejestrów. Całą procedurę należy powtórzyć kolejno dla każdej warstwy. Oko ludzkie widzi obraz jako ciągły, jeżeli jest on odświeżany dynamicznie z częstotliwością co najmniej 50Hz. Warto jednak zastosować większą częstotliwość, eliminując tym samym efekt migotania diod. Warto zwrócić uwagę, że częstotliwość minimalna to liczba warstw pomnożona przez częstotliwość wrażliwości oka. W efekcie częstotliwość ta powinna być nie mniejsza niż 400Hz dla całego sześcianu. Dzięki zastosowanemu mikrokontrolerowi możemy odświeżać

Rys. 2



Rys. 3



obraz z częstotliwością znacznie większą niż 400Hz. Jeżeli jednak próbkowanie ADC będzie zbyt częste, uzyskamy efekt stroboskopowy.

Przed przystąpieniem do budowy należy zastanowić się nad wyborem diod. W przypadku zastosowania diod o małym poborze prądu trzeba dodać odpowiednie oporniki na wyjściach rejestrów. W przeciwnym razie diody ulegną zniszczeniu. Następnym aspektem wyboru diod jest ich kolor. Warto również zastanowić się, czy chcemy wybrać diody z soczewką dyfuzyjną. Mają one szerszy kąt świecenia, dzięki czemu sześcian świeci wyraźnie od każdej strony. Jeżeli zostaną wybrane diody „kierunkowe”, z przezroczystą soczewką, sześcian będzie wyraźnie pokazywał obrazy w bardziej ograniczonym kącie, lecz będzie świecić tam mocniej niż diody dyfuzyjne. Sześcian o podanych wymiarach jest wystarczająco duży, by móc zaprezentować na

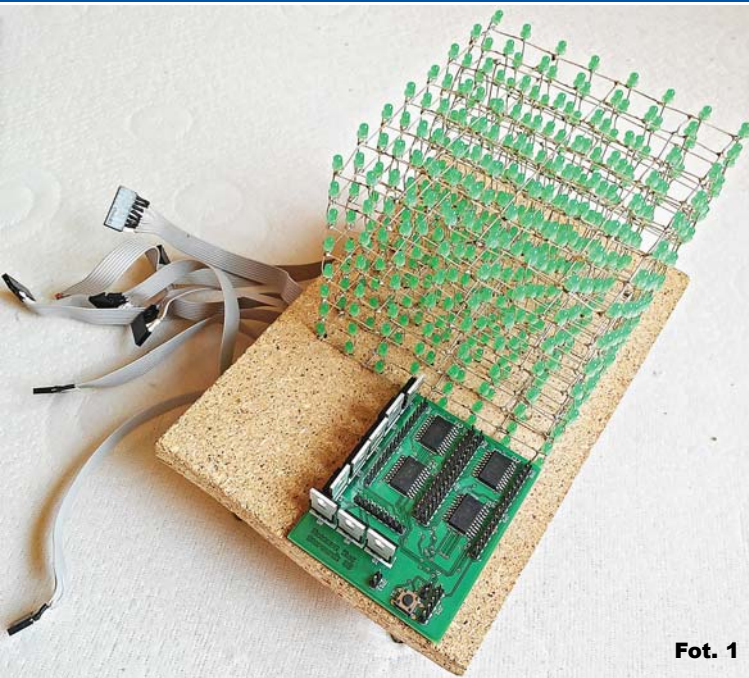
nim ciekawe efekty wizualne (nie tylko próbki z ADC). Wystarczy odpowiednio zmodyfikować program.

Blok LED CUBE jest to sześcian LED-owy zbudowany z 8x8x8 diod. W każdej osi X, Y i Z mamy po 8 diod. Budowa większego wyświetlacza jest możliwa, lecz jest to znacznie trudniejsze zarówno pod względem fizycznego wykonania, jak też oprogramowania.

Program dla mikrokontrolera, zarówno w postaci źródłowej z komentarzami, jak i pliki wynikowe, jest umieszczony w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW. Został on dokładnie skomentowany i stworzony w postaci funkcji, łatwych do modyfikacji.

Montaż i uruchomienie

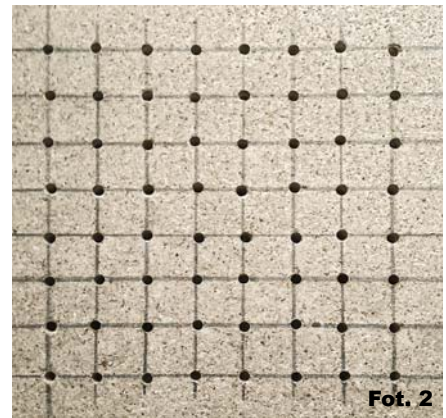
Układ można zmontować na płycie drukowanej, której projekt pokazany jest na rysunku 4 i 5. Standardowo montujemy układ, zaczynając od elementów najmniejszych, a kończąc na największych. Zale-



Fot. 1

cane jest jednak zamontowanie najpierw mikrokontrolera, który ma wyprowadzenia ulokowane bardzo blisko względem siebie. Fotografia tytułowa oraz **fotografia 1** pokazują model.

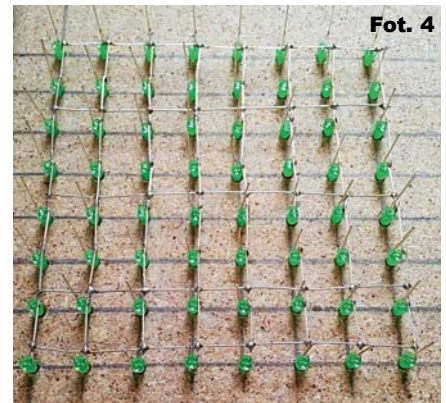
Zalecane jest rozpoczęcie montażu od budowy przestrzennego sześcianu LED-owego. Jest to niewątpliwie najtrudniejszy i najbardziej czasochłonny proces w projekcie. Poniższy opis jest



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4

dobrym poradnikiem, jak zbudować LED CUBE o dowolnych wymiarach. Budowę zaczynamy od wyboru diod LED. Napięcie przewodzenia diod nie może być większe niż 3V. Należy zwrócić uwagę na długość wyprowadzeń w diodzie. Następnie za pomocą narzędzi szkicujemy szablon jednej warstwy sześcianu na płycie wiórowej. Należy uwzględnić długość nóżek i zachować przynajmniej 2mm zapasu w długości. Przykład utworzonego szablonu przedstawiono na **fotografii 2**.

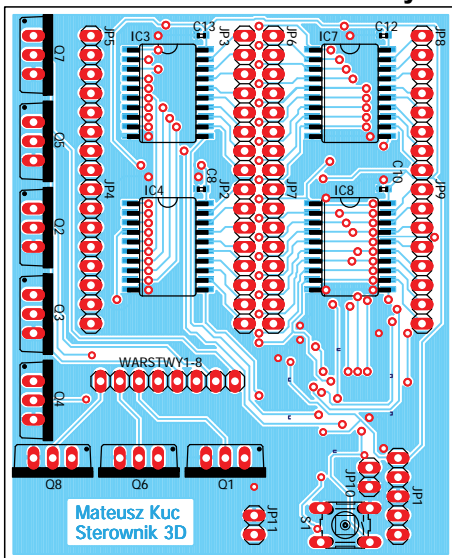
Następnie należy odpowiednio zagiąć wyprowadzenia diody LED. Przedstawia to **fotografia 3**. Katoda powinna być zagięta pod kątem prostym, natomiast anoda ma tylko lekkie zagięcie na końcu. Zagięcie anody można również stworzyć po polutowaniu całej warstwy sześcianu. Następnie tak zagięte diody umieszczamy w przygotowanym szablonie i lutujemy. Przedstawia to **fotografia 4**. Dzięki takiemu zagięciu otrzymujemy aktywację wybranej warstwy poprzez zwarcie jej do masy. Podczas lutowania warstwy należy bardzo delikatnie i szybko wykonywać połączenia. W przeciwnym razie dioda ulegnie przegrzaniu z powodu złego odprowadzania ciepła przez płytę wiórową.

Po zlutowaniu całej jednej warstwy należy bezwarunkowo sprawdzić każdą diodę pod kątem działania i jakości świecenia. Diody można sprawdzić, podając odpowiednie napięcie dla wybranego rodzaju diod (przez rezystor ograniczający). Bardzo często dochodzi do przegrzania diody na początkowym etapie lutowania. Kolejnym problemem jest niejednorodność świecenia diod. Jeżeli

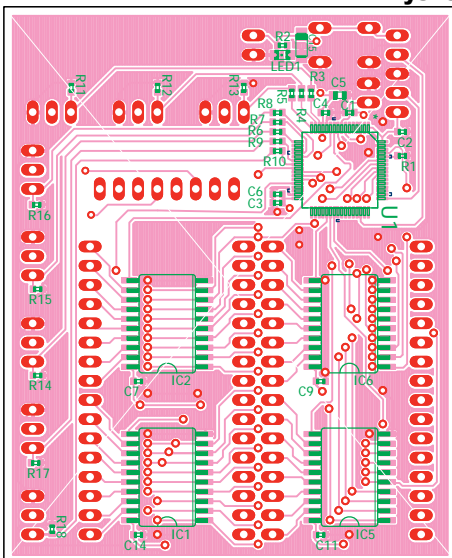
jakaś dioda jest zepsuta bądź świeci źle, należy ją wymienić na tym etapie prac. Dobrym sposobem jest odcięcie diody a następnie odlutowanie samych nóżek. Po każdej wymianie wadliwych LED-ów, trzeba ponownie sprawdzić całą warstwę i w razie konieczności powtórzyć naprawę. Gdy wszystko zostanie naprawione, można wzmocnić konstrukcję poprzez dodanie tzw. srebrzanki. Jest to drut, który możemy przylutować tak, jak widać na fotografiach. Zalecana grubość srebrzanki to 0,6mm. Następnie ponownie należy sprawdzić całą warstwę, ponieważ po połączeniu warstw ze sobą nie będzie już możliwa naprawa diod nieleżących bezpośrednio na brzegach sześcianu. W ten sam sposób wykonuje się pozostałe warstwy.

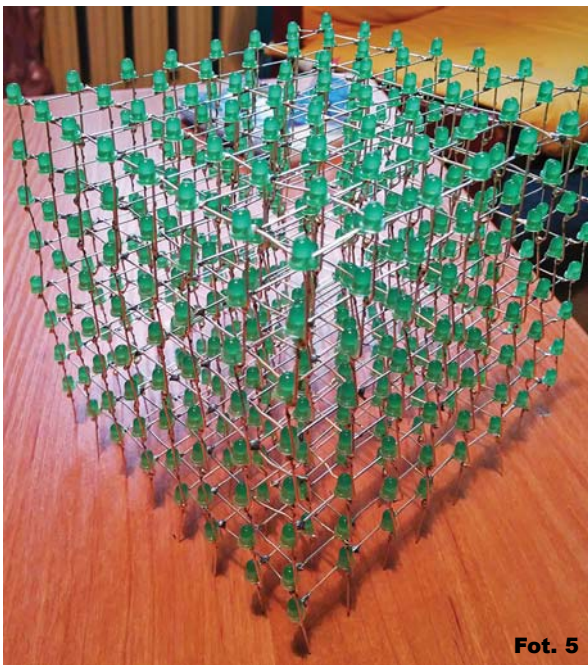
Po utworzeniu wszystkich ośmiu warstw należy je połączyć w jedną całość. W tym celu należy umieścić jedną warstwę ponownie w szablonie, zagiąć na końcu anodę, jeżeli wcześniej nie zostało to wykonane, a następnie nałożyć na to kolejną warstwę.

Rys. 4

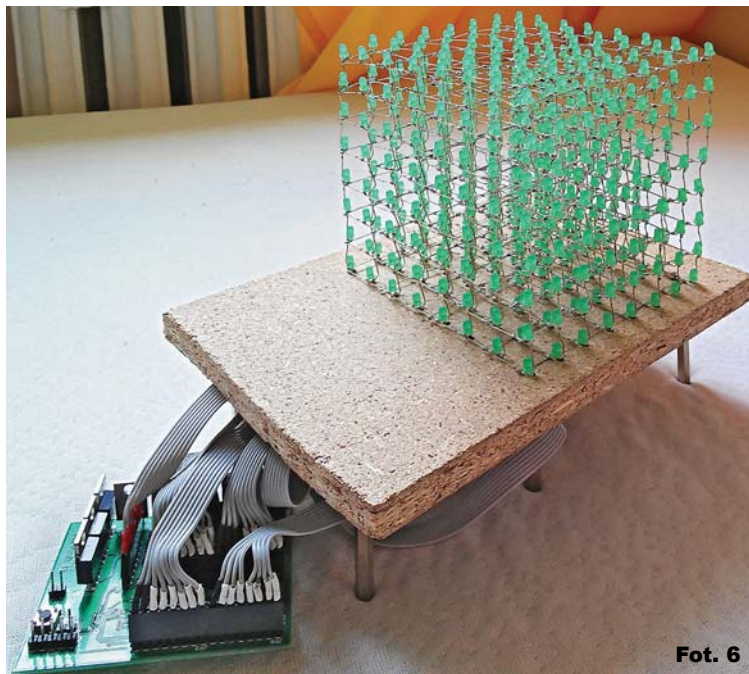


Rys. 5





Fot. 5



Fot. 6

W celu ułatwienia pracy i odpowiedniego ustawienia warstw względem siebie można włożyć coś w każdym rogu obu warstw, tworząc w ten sposób odpowiednie odległości między warstwami. W pierwszej kolejności należy polutować brzozy sześcianu, otrzymując w ten sposób stosunkowo stabilne ułożenie. Następnie lutujemy wszystkie pozostałe anody w każdej kolumnie warstwy. Po zlutowaniu należy warstwy podłączyć do masy i sprawdzić każdą kolumnę pod kątem odpowiedniej jakości świecenia i poprawności pracy. Po przeprowadzeniu testów zaginamy ponownie nóżki i dokładamy kolejną warstwę.

Ostatecznie powinien zostać osiągnięty efekt, jak na **fotografii 5**. Jeżeli sześcian jest przekrzywiony w jedną stronę, można go delikatnie skorygować, ostrożnie ściskając w odpowiednią stronę. Należy przy tym zachować szczególną ostrożność. Problem ten wynika z faktu, że każda kolejna nóżka w kolumnie delikatnie przesuwają warstwę nad nią w bok. Można temu zapobiec, wykrzywając je delikatnie na etapie łączenia warstw, jednak nie zapewnia to całkowitej likwidacji kłopotu.

Jako podstawę sześcianu można wykorzystać szablon. Ponieważ diody były w nim łączone, mają stosunkowo prawidłowo rozmieszczone kolumny względem otworów. Przy tak dużej liczbie wyprowadzeń pojawia się problem z umieszczeniem wyprowadzeń w odpowiednich miejscach. Wynika to z faktu, że nóżki nigdy nie są idealnie proste w ostatniej lutowanej warstwie. Po umieszczeniu sześcianu w szablonie należy doprowa-

dzić np. za pomocą srebrzanki przewody do każdej warstwy z osobna. Będą one doprowadzone na tranzystory w układzie. Dzięki temu osiągnięto możliwość wyboru warstwy. Każdą warstwę można podzielić na 8 rzędów po 8 diod. Wyprowadzenia kolumn, które znajdują się po przeciwnej stronie szablonu, należy wygiąć pod kątem prostym, uzyskując w ten sposób wstępnie stabilną konstrukcję. Następnie po podzieleniu na rzędy lutuje się do każdej kolumny przewody. Dobrym sposobem zminimalizowania problemu podczas podłączania sześcianu jest użycie tzw. taśmy przewodów po 8 linii w taśmie i oznaczenie ich kolejności za pomocą np. kolorowych rurek termokurczliwych. Na drugim końcu taśm można umieścić gniazda na goldpiny, jednocześnie oznaczając w tym samym miejscu kolejność za pomocą rurek.

Następnie trzeba ponownie sprawdzić poprawność działania diod poprzez kolejne ich zaświecanie. Po ukończonych testach można zastosować klej na gorąco przy otworach, z których wychodzą nóżki diod od każdej warstwy. Dzięki temu zabezpieczymy sześcian na ewentualność nieumyślnego wyrwania przewodu. Każda osoba kończąca budowę sześcianu niewątpliwie doceni dużą, wręcz nadmiarową liczbę testów, widząc, jak bardzo utrudniona jest naprawa po zakończeniu montażu. Ukończony sześcian jest gotowy do podłączenia z płytką PCB. Warstwy podłączamy do złącza z tranzystorami, natomiast rzędy łączymy z kolejnymi rejestrarami w bloku bufora.

Osoby niedoświadczone powinny poprosić kogoś o pomoc w zaprogramowaniu procesora. Podczas montażu należy zwrócić uwagę na właściwe podłączenie, ponieważ błąd może spowodować uszkodzenie diod bądź układów. Należy również pamiętać, że prądy płynące przez tranzystory sterujące warstwami mogą być rzędu pojedynczych amperów.



Mateusz Kuc
kucmateusz92@gmail.com

Wykaz elementów

R1	10kΩ/0402
R2	330Ω/0402
R3-R10	1kΩ/0402
R11-R18	68kΩ/0402
C1-C3, C7-C14	100nF ceramiczny/0402
C4	10nF ceramiczny/0402
C5	1µF ceramiczny/0603
C6	4,7µF/6,3V/0402
C15	10µF/6,3V tantalowy/CASE A
LED1	LTST C170KGKT
LED2-LED513	diody THT
Q1-Q8	IRLZ44/T0220
U1	STM32F051R8T6
IC1-IC8	74HC574
S1	przycisk
JP1	goldpin 1x5/2,54mm
JP2-JP9, WARSTWY1-8	goldpin 1x8/2,54mm
JP10, JP11	goldpin 1x2/2,54mm

Płytki drukowane jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3161.