

Sterownik DMX z Bluetooth



Sterownik DMX z panelem operatorskim w postaci intuicyjnej aplikacji mobilnej, nadzorujący pracę urządzeń scenicznych.

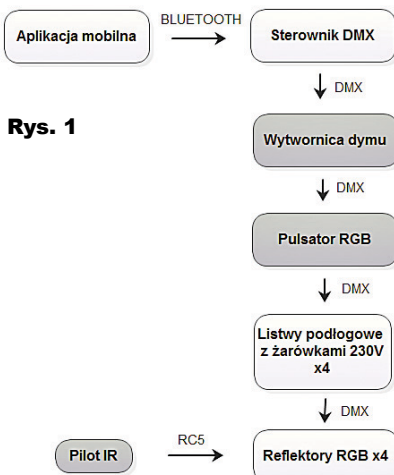
We współczesnym świecie trudno wyobrazić sobie, aby podczas koncertu czy innego wydarzenia kulturalnego z udziałem sławnych artystów mogło zabraknąć profesjonalnie dobranego zestawu urządzeń scenicznych, w szczególności systemu oświetlenia. Nadzór nad zaawansowanym systemem oświetlenia wymaga jednak zastosowania specjalnego rodzaju urządzeń, które są w stanie kontrolować wiele gałęzi systemu jednocześnie, a w dodatku wszystkie elementy systemu synchronizować w czasie. Do komunikacji urządzeń scenicznych wykorzysty-

wany jest powszechnie protokół DMX. Najważniejszym urządzeniem, które steruje pracą całego systemu, jest sterownik, najczęściej połączony z panelem operatorskim, mającym szereg przycisków i potencjometrów. W naszym projekcie systemem DMX można sterować za pomocą mobilnej aplikacji, umieszczonej w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW. Aplikacja komunikuje się ze sterownikiem za pomocą standardu Bluetooth. Dzięki temu sterownik ma niewielkie gabaryty, a my z dowolnego miejsca w bardzo wygodny sposób możemy sterować urządzeniami. Stworzony przez nas system, oprócz sterownika, składa się z następujących urządzeń odbiorczych: wytwornica dymu oraz pulsator LED RGB, które są urządzeniami fabrycznymi, oraz listwy świetlne i reflektory LED RGB, które są urządzeniami zaprojektowanymi i wykonanymi przez nas. Schemat funkcjonalny takiego niewielkiego systemu przedstawiony jest na **rysunku 1**. Z kolei **fotografia 2** pokazuje, jak wygląda kompletny system gotowy do pracy.

Uwaga! Niniejszy artykuł przedstawia sterownik DMX, który jest swego rodzaju pośrednikiem między smartfonem i systemem dowolnych urządzeń DMX, zawierającym od jednego do kilkuset urządzeń DMX (odbiorców) fabrycznych lub wykonanych we własnym zakresie. W kolejnej części artykułu, przedstawiony zostanie projekt jednego z urządzeń odbiorczych, które wchodzi w skład naszego systemu.

DMX

Jak już wiemy, protokół DMX jest objęty międzynarodową normą USITT, a nazwa jego ostatniej wersji to DMX512-A. W systemie opartym na tym protokole łączy się urządzenia szeregowo, za pomocą jednego kabla. Wykorzystuje się specjalnie przeznaczone do tego celu kable DMX o rezystancji dopasowania 110Ω lub podobnej, zakończone wtykiem XLR. Według normy powinny być to wtyki pięciopinowe, większość producentów sprzętu stosuje jednak wtyki trzypinowe (porównaj **rysunek 3**). My w sterowniku



Rys. 1

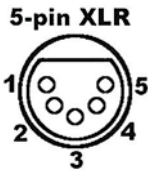


Fot. 2

zastosowaliśmy gniazdo XLR 3-pin, podobnie jak w całym systemie (fotografia 4). Trzeba pamiętać, że nie zaleca się korzystania z kabli mikrofonowych, które mają nieodpowiednie parametry do transmisji DMX, zwłaszcza jeżeli transmisja ma być niezawodna, a całkowita długość linii większa niż 10m. Szczegóły dotyczące protokołu były opisane przed miesiącem. Trzeba tylko przypomnieć o konieczności zastosowania terminatora linii DMX. Na końcu toru sygnałowego, czyli najczęściej do wyjścia ostatniego urządzenia, należy dołączyć terminator w postaci rezystora 120Ω, który ma za zadanie kompensować odbicia sygnału. Mogłyby one spowodować destruktywną interferencję sygnału, na skutek czego byłby on na tyle słumiony, że niemożliwe byłoby jego poprawne odczytanie.



Rys. 3



Fot. 4



drukowany sterownik zasilany jest napięciem 5V, takim napięciem jest również zasilany mikrokontroler. Budowa układu cyfrowego opiera się na mikrokontrolerze ATmega128 z rodziny AVR. Wybór takiego mikroprocesora podyktowany był zapotrzebowaniem na dwa sprzętowe moduły UART, z których jeden wykorzystany został do nadawania sygnału DMX, a drugi do odbioru danych z modułu Bluetooth. Moduł UART mikrokontrolera wykorzystujemy do transmisji DMX z uwagi na podobieństwo ramki UART o formacie 8n2 do ramki DMX. Dzięki temu nadawanie sygnału w dużej mierze realizowane jest sprzętowo przez peryferyjny moduł, odciążając w ten sposób CPU. W budowie sterownika zastosowano moduł Bluetooth HC-05. Na schemacie ideowym wydzielona została sekcja zawierająca dopasowanie napięć dla

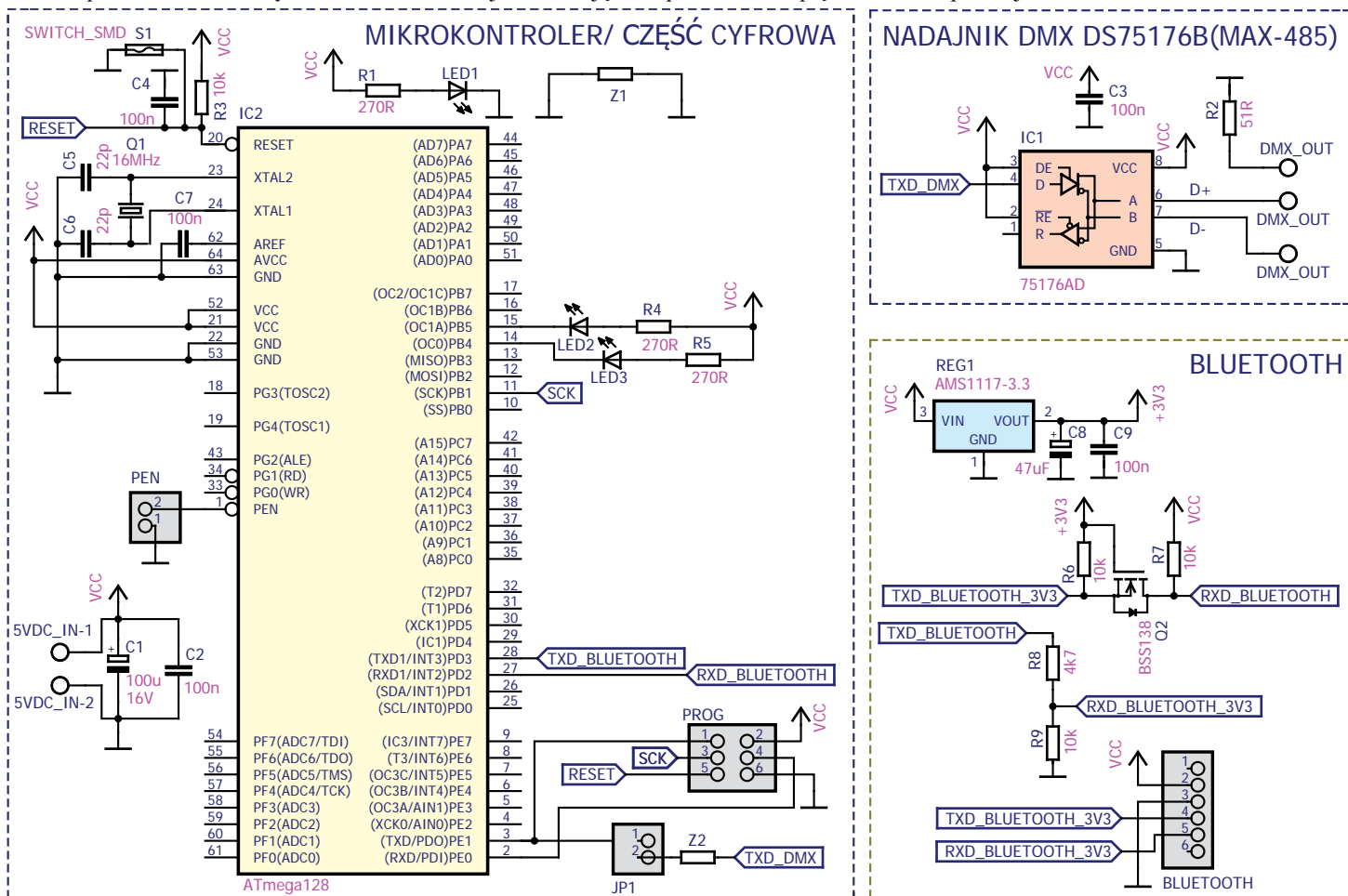
modułu Bluetooth. Użycie tego modułu wymaga, aby napięcie dla stanu wysokiego na linii RXD oraz TXD było równe 3,3V. Dla nadawania z mikrokontrolera wystarczy wykorzystać dzielnik rezystorowy o odpowiednim współczynniku podziału napięcia. Do konwersji napięcia 3,3V na wyższe napięcie 5V

wykorzystany został tranzystor MOSFET N o oznaczeniu BSS138. Na bramkę tranzystora jest podany potencjał 3,3V. Napięcie takie utworzone jest za pomocą scalonego stabilizatora napięcia AMS1117-3.3 z odpowiednią filtracją. Napięcie U_{GS} tranzystora jest jednak zależne od sygnału nadawczego z modułu. Gdy linia jest w stanie niskim, wtedy napięcie U_{GS} jest równe 3,3V i tranzystor przewodzi, podając potencjał zerowy na linię odbioru RXD mikrokontrolera. Kiedy na linii nadawczej pojawi się stan wysoki, wtedy różnica potencjałów bramki i źródła jest równa zeru i tranzystor zostaje zatkany, co z kolei powoduje podanie na linię odbiorczą poprzez rezystor potencjału 5V.

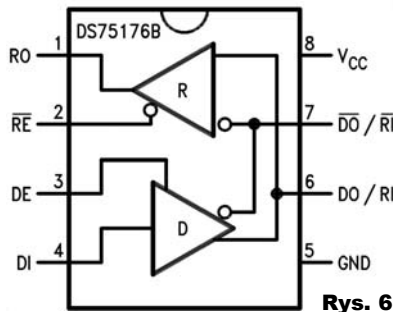
Rys. 5

Opis układu

Sterownik zaprojektowany przez nas nadaje wszystkie 512 kanałów sterujących, a pakiety odświeżane są z częstotliwością 40Hz. Schemat ideowy układu przedstawiono na rysunku 5. Obwód



Do mikroprocesora dołączone są dwie diody sygnalizacyjne, które okazały się przydatne w fazie tworzenia prototypu, szczególnie podczas testowania transmisji. Przy zaciśkach wejściowych

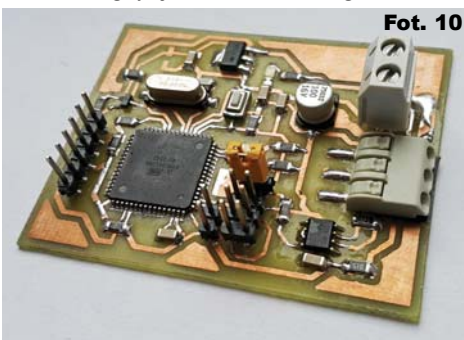


Rys. 6

umieszczono filtrujący kondensator elektrolityczny 100uF, zastosowano również kondensatory MLCC SMD o wartości 100nF. Mikroprocesor taktowany jest za pomocą zewnętrznego kwarcu 16MHz. Użycie kwarcu podyktowane jest bardzo dobrą stabilizacją częstotliwościową, a częstotliwość taktowania równa 16MHz pozwala na zrealizowanie transmisji UART o prędkości 250kbps z błędem 0%. Jest to niezwykle ważne ze względu na konieczność zapewnienia transmisji DMX niezawodnej w jak największym stopniu. Nadawanie sygnału różnicowo możliwe jest dzięki scalonemu układowi DS75176, który pełni funkcję transceivera, a jego sposób działania zależy od konfiguracji zewnętrznych wyprowadzeń. Schemat logiczny struktury wewnętrznej tego układu przedstawiony został na rysunku 6. Zgodnie z notą katalogową, aby skonfigurować układ do nadawania sygnału różnicowego, należy doprowadzić na wyprowadzenia DE oraz /RE stan wysoki. Wtedy cyfrowy sygnał z mikrokontrolera podajemy na wejście DI. Różnicowy sygnał wyjściowy dostępny jest na pinach DO i /DO (6 i 7). Według normy nie powinien on być w żadnym miejscu toru sygnałowego mniejszy niż 200mV. Dla zasilania 5V napięcie różnicowe na wyjściu układu było równe ponad 2V, co w zupełności wystarcza.

W niektórych urządzeniach obsługi scenicznej stosuje się separację galwaniczną różnych obwodów np. wejścia i wyjścia w konwerterze USB – DMX512 czy też wejść w mergerze DMX. Izolując od siebie obwody zabezpiecza się urządzenia przed wzajemnym zniszczeniem, gdy jedno z nich ulegnie awarii.

Fot. 10



Sygnal jest wtedy najczęściej przekazywany optycznie za pomocą transoptora, z którego dopiero później wędruje do transceivera np. DS75176 czy MAX485. W takim wypadku należy również odseparować od siebie obwody zasilające, na przykład wykorzystując przetwornicę DC/DC NME0505. W naszym sterowniku nie ma obwodów, które są od siebie odseparowane, warto jednak o tym pamiętać, jeśli chcielibyśmy wyprowadzić równoległe drugi strumień DMX w sterowniku lub wykonać jedno z urządzeń przytoczonych wyżej.

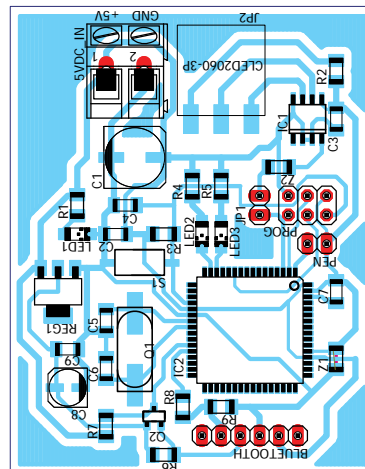
Pracą całego systemu sterować można za pomocą mobilnej aplikacji, która komunikuje się ze sterownikiem, wykorzystując standard Bluetooth. Aplikacja przeznaczona jest dla urządzeń mających system operacyjny Android. Aby ją zainstalować wystarczy otworzyć plik instalacyjny *.apk na naszym smartfonie lub tablecie i postępować zgodnie z instrukcjami. Warto skorzystać z urządzenia posiadającego ekran o przekątnej powyżej 5 cali – wtedy interfejs będzie bardziej czytelny. Interfejs aplikacji przedstawiamy na rysunku 7. Parametry pracy każdego z urządzeń ustawiać można po wybraniu odpowiedniej zakładki u góry ekranu. Istnieje również możliwość wczytania ustawień dla wszystkich urządzeń z gotowych banków zapisanych w pamięci urządzenia (rysunek 8). Do każdego banku przynależą 4 sceny, co daje możliwość wykorzystania 16 gotowych ustawień. Kolejne 16 scen może zapisać w pamięci urządzenia sam użytkownik. Odtwarzanie scen użytkownika możliwe jest po przełączeniu przycisku FACTORY/USER. Zaprogramowanie ustawień jest bardzo proste – wystarczy w poszczególnych zakładkach ustawić żądane parametry pracy urządzeń, a później w zakładce banków nacisnąć przycisk PROGRAMMING, po czym wybrać bank i scenę, do której chcemy przypisać ustawienia. Ustawienia użytkownika nie są kasowane po wyjściu z aplikacji. Oprócz zakładek w aplikacji dostępny jest również pasek bezpośredniego dostępu znajdujący się po prawej stronie. Spośród dostęp-



Rys. 7



Rys. 8

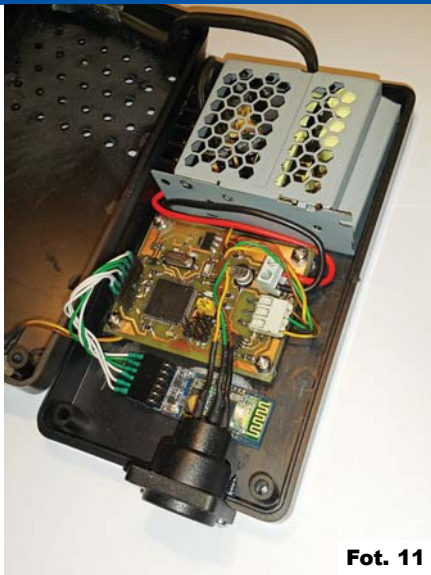


Rys. 9

nych opcji mamy m.in. możliwość połączenia ze sterownikiem. Istnieje możliwość wybrania znanego urządzenia i wyszukiwania urządzeń z poziomu aplikacji. Przycisk ENABLE OUT pełni ważną funkcję w sterowaniu całym systemem – wprowadza zmiany dokonane przez użytkownika. Dzięki temu rozwiązaniu możemy ustawić parametry dla różnych urządzeń i w jednej chwili je wszystkie aktywować (przypomina to nieco sterowanie przy pomocy kons, BOOST oraz EXTIN pełnią pewne funkcje w sterowaniu całym systemem. W prawym górnym rogu znajduje się główny włącznik całego systemu. W naszym systemie adresy poszczególnych urządzeń zostały ustalone następująco: reflektory RGB – 0x010, listwy świetlne – 0x020, wytwornica dymu – 0x030, pulsator – 0x040. Te adresy zapisane są w pamięci mikrokontrolera w sterowniku i ich zmiana możliwa jest poprzez korekty dokonane z programie. Na wszystkich urządzeniach odbiorczych adres można zmienić za pomocą szeregu przełączników typu DIP.

Montaż i uruchomienie

Obwód drukowany sterownika wraz z zarysem elementów przedstawiony został na rysunku 9, a wygląd gotowej płytki na fotografii 10. Zasilanie powinno zostać



Fot. 11



Fot. 13

doprowadzone do złącza ARK 5mm. W projekcie wykorzystano również sprężynowe, trójstykowe złącze CLED2060-3P MOLEX. Do tego złącza należy dołączyć przewody z gniazda XLR zamontowanego na obudowie. Microswitch widoczny

na płytce służy do resetowania procesora. Wykorzystano również złącza kołkowe – szereg 6 złączy wzdłuż krawędzi obwodu służy do podpięcia modułu Bluetooth, złącze tuż obok procesora pozwala na dołączenie pinu PEN mikrokontrolera do masy, a grupa sześciu złączy ułożonych dwurzędowo służy do programowania mikrokontrolera. Ze względu na konieczność wielokrotnej aktualizacji programu dla mikrokontrolera przy tworzeniu prototypu urządzenia zapewnienie możliwości programowania było konieczne.

Mikroprocesor ATmega128 ma oddzielny interfejs SPI służący do jego programowania. Do tego celu trzeba wykorzystać wyprowadzenia PDO oraz PDI. Wyprowadzenia MISO i MOSI służą jedynie do przesyłania danych, nie do programowania. Nad złączem programowania umieszczona jest jeszcze jedna zwora, bez której niemożliwe byłoby programowanie procesora w zmontowanym układzie. Jedno z wyprowadzeń współdzieli bowiem funkcję programowania (wyprowadzenie 3 o nazwie PDO) oraz wyjście modułu USART (TXD), wykorzystywane do nadawania sygnału DMX. Na czas programowania należy zdjąć zworę, a podczas działania układu

zwora powinna być założona tak, jak jest to widoczne na fotografii 10. **Fotografia 11** przedstawia ułożenie elementów wewnątrz sterownika. Wykorzystano niewielki zasilacz modułowy stabilizujący na wyjściu napięcie 5V DC. Do wejścia zasilacza doprowadzony jest kabel zakończony wtyczką sieciową. Zasilanie doprowadzone jest do obwodu drukowanego za pomocą przewodów miedzianych o przekroju 0,75mm². Do podłączenia modułu Bluetooth przygotowana została taśma z 6 przewodów. Gniazdo XLR powinno zostać podłączone zgodnie ze zdjęciem. Miejsca lutowania zostały zaizolowane za pomocą rurek termokurczliwych o odpowiedniej średnicy. Obwód drukowany zamontowany został na tulejach dystansowych i dokręcony śrubami M3. Zarówno słupki, jak i zasilacz osadzone zostały klejem na gorąco, moduł Bluetooth – klejem montażowym. Wygląd sterownika z zewnątrz przedstawia **fotografia 12**. Całość zmontowano w obudowie Z78 o wymiarach 42,5 x 84,5 x 154mm. Na obudowę została wyprowadzona dioda 5mm sygnalizująca zasilanie, zamontowana w oprawce. Nad zasilaczem wykonano otwory wentylacyjne. Otwór przeznaczony na gniazdo XLR wywiercony został za pomocą wiertła łopatkowego do drewna. Dla kabla sieciowego zastosowano przepust gumowy, a kabel w środku został przytwierdzony do obudowy klejem, aby zapobiec wyrwaniu kabla z zacisków zasilacza przy zbyt mocnym naprężeniu.

Fotografia 13 przedstawia efekt świetlny działającego systemu. Na koniec warto dodać, że stworzoną przez nas aplikacją można sterować również innymi urządzeniami niż te wykorzystane w naszym systemie. Wymaga

Wykaz elementów

Z1, Z2	0Ω
R2	51Ω
R1, R4, R5	270Ω
R8	4,7kΩ
R3, R6, R7, R9	10kΩ
C5, C6	22pF MLCC
C2, C3, C4, C7, C9	100nF MLCC
C8	47μF elektrolit.
C1	100μF/16V elektrolit.
Q1	rezonator kwarcowy 16MHz
LED1, LED2, LED3	diody LED 1206
Q2	BSS138 MOSFET N
IC1	DS75176
IC2	ATmega128
REG1	AMS1117 3.3
złącza kołkowe męskie	
złącze CLED2060-3P MOLEX	
złącze ARK2 5mm	
microswitch	
moduł Bluetooth HC-05	
zasilacz 230V AC / 5V DC	

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3162.

to jednak dokładnego zapoznania się z ich sposobem sterowania, ustalenia odpowiedniego adresu oraz dokładnego zapoznania się z danymi, jakie wysyłane są do poszczególnych kanałów przez sterownik. Jeśli czytelnicy zainteresują się tematem, możemy przedstawić więcej szczegółów. Aplikacja powinna obsłużyć większość niewielkich wytwornic dymu dostępnych na rynku. Ważne, żeby miały gniazdo XLR 3-pin (ewentualnie można dokupić odpowiedni adapter XLR) oraz żeby były sterowane przez jeden z kanałów na zasadzie włącz/wyłącz. Warto zauważyć, że z tych samych kanałów może korzystać kilka urządzeń (na wszystkich wtedy ustalamy ten sam adres). Sterowanie manualne urządzeń dostępne w aplikacji z pewnością można wykorzystać do sterowania dowolnego dimmera lub podobnych urządzeń, w których bezpośrednio można ustalić natężenie światła.



Lukasz Chlastawa
Mateusz Sobol
lukas_1928@op.pl