

# Cyfrowy sterownik DMX512

## AVT-5129

Widok operatora ręcznie kierującego na scenę snop z potężnego reflektora umieszczonego gdzieś na teatralnej galerii to chyba relikwiny przeszłości. Dziś wszystko odbywa się w sposób zmechanizowany i skomputeryzowany, przy wykorzystaniu specjalnie opracowanego protokołu DMX512.

### Rekomendacje:

sterownik nie posiada atestów umożliwiających wykorzystywanie go w dyskotekach lub tym bardziej do obsługi imprez plenerowych, może być za to pomocnym narzędziem dla serwisowania urządzeń DMX oraz własnego eksperymentowania.



### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach 57x59 mm
- Zasilanie 8 VDC lub z baterii 9 V
- Szyna danych DMX512
- Funkcje:
  - cyfrowe ustawianie DMX,
  - Cyfrowe/Analogowe ustawianie Adresu DMX,
  - Sygnalizacja wysyłania danych za pomocą diody LED,
  - Sygnalizacja trybu pracy sterownika diodami LED



Bywalcy dyskotek i imprez plenerowych doskonale wiedzą, jak ważną funkcję pełni na nich odpowiednie oświetlenie i nagłośnienie. Umiejętne zaprojektowanie efektów świetlnych pozwala czuć muzykę nie tylko słuchem, ale i wzrokiem. Aby widowisko pozostało w pamięci jego uczestników, musi być obsługiwane za pomocą specjalistycznego sprzętu. W przypadku oświetlenia muszą to być bardzo dobrej jakości *splitery* – urządzenia „rozdzielające” sygnał DMX na kilka kanałów, *Dimpaki/Dimery* – regulatory mocy dla świateł nieruchomych oraz światła ruchome, tj. skanery, głowy, zmieniające położenia osi silnika krokowego danego efektu świetlnego wykorzystuje się sygnał DMX. Mając kilka takich silników możemy „obrócić” daną wiązkę światła zarówno w pionie, jak i poziomie.

W czasach, gdy nie było jeszcze rozwiniętej techniki cyfrowej, sterowanie oświetleniem odbywało się na podstawie zmiany napięcia na autotransformatorze. Stanowisko operatora, jak można się domyślić, musiało znajdować się jak najbliżej sceny. Grube wiązki kabli uniemożliwiały umieszczanie stanowiska w dowolnym miejscu. Obsługa oświetlenia była bardzo niewygodna. W późniejszym czasie, by ułatwić pracę operatora, wyposażono autotransformatory w silniki elektryczne. Rozwiązanie takie umożli-

liło sterowanie autotransformatorów w sposób zdalny, a co za tym idzie ustawienie stanowiska w dogodnym dla siebie miejscu.

Kolejnym przełomem w technice oświetleniowej było zastąpienie elektrotechniki elektroniką. Zbudowano elektroniczne ściemniacze z możliwością sterowania zdalnego. Sygnał sterujący miał zakres napięcia od 0 do 10 V. Pełnemu wysterowaniu towarzyszyło napięcie równe 10 V, natomiast wygaszenie napięciu 0 V. Idea ta zachowała się do dzisiaj, zmienił się jedynie sposób sterowania takim ściemniaczem. Dodatkowo, w tym okresie pojawiły się pierwsze konsolety z możliwością zapamiętania scen oraz z podwójną grupą regulatorów. Charakteryzowały się one jednak dużym kosztem, brakiem odporności na zakłócenia i zanikiem napięcia w zależności od długości przewodu.

Wraz z pojawieniem się urządzeń cyfrowych podjęto próby zastosowania ich do budowy systemów sterowania światłem. Pojawiły się pierwsze komputerowe konsolety, nadal z wyjściami w systemie 0...10 V, ale z możliwością programowania scen i z pamięcią. Od tej chwili pojedynczy suwak w sterowniku przestał być sztywno przypisany do konkretnego kanału *dimera*, a mógł sterować całymi grupami kanałów.

Także w urządzeniach wykonawczych zaczęto coraz szerzej

**Tab1. Funkcje wyprowadzeń w 5- i 3-pinowym złączu AXR/XLRTab**

Nr pinu	Złącze AXR/XLR 5-pinowe	Złącze AXR/XLR 3-pinowe
1	Masa (ekran)	Masa (ekran)
2	DMX-	DMX-
3	DMX+	DMX+
4	Brak połączenia (może być połączone z DMX-)	
5	Brak połączenia (może być połączone z DMX+)	

stosować urządzenia cyfrowe. Mając komputer zarówno po stronie konsoly, jak i po stronie układów wykonawczych oczywistą była potrzeba eliminacji łącza analogowego.

Pracę nad sterowaniem cyfrowym rozpoczęło wiele firm czyniąc to bez wzajemnego porozumienia się. W wyniku powstało wiele niekompatybilnych systemów, co spowodowało, że użytkownik konsoly firmy X był skazany na zakup wszystkich urządzeń wyłącznie tej firmy.

Dopiero w roku 1986 United States Institute for Theatre Technology (USITT) wprowadził jednolity standard komunikacji konsoly z *dimerami*. Był on na tyle prosty, że wprowadzenie go przez wszystkie koncerty było tanie, łatwe i szybkie.

Pod koniec lat dziewięćdziesiątych, w roku 1998 wprowadzono kolejne poprawki i stworzono standard USITT DMX 512 (1998). System miał z początku sterować *dimerami*, obecnie używa się go do sterowania wielu urządzeń, np.: inteligentnych świateł, maszyn do dymu, stroboskopów, a nawet urządzeń do wyrzucania konfetti.

### DMX512

System DMX512 jest wydajnym i stosunkowo prostym systemem stosowanym na całym świecie. Do przesyłania informacji wykorzystywany jest zaledwie jeden 3-żyłowy przewód, który może mieć do 1200 m długości. Ważną cechą systemu jest duża odporność na zakłócenia. Interfejs ten posiada niestety również wady. Pierwszą z nich to niewielka rozdzielczość, która wynosi 8 bitów. Wynikająca z tego skokowa zmiana napięcia wyjściowego (1 skok=0,86 V) uwidacznia się przy oświetleniu zbudowanym na

bazie żarówki małej mocy, przeciętny klubowicz jednak nie zauważy tego efektu. Drugą dość istotną wadą jest opóźnienie wynoszące 0,005 s. I w tym przypadku efekt jest do pominięcia.

DMX512 jest interfejsem 512 jednostek. Do sprzętowego przesyłania informacji używa się interfejsu RS-485 opartego na kości 75716. Każde urządzenie nadawcze, jak i odbiorcze jest w nią wyposażone.

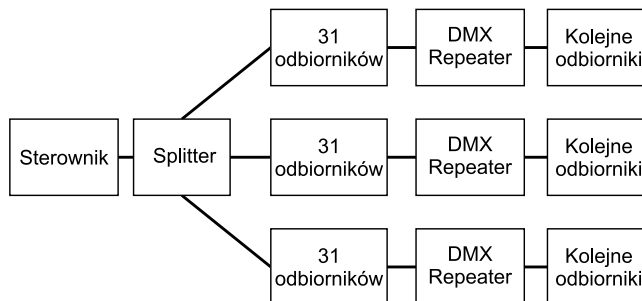
Zgodnie z normą interfejsu DMX512, do łączenia urządzeń powinno się wykorzystywać złącza XLR 5, jednak większość odbiorników pracuje na złączach XLR 3. Znaczenie każdego z pinów jest przedstawione w **tab. 1**.

Każde urządzenie posiada wejście sygnału DMX i wyjście sygnału DMX. Sprawia to, iż urządzenia łączy się ze sobą szeregowo (**rys. 1**). Na końcu łańcucha (w ostatnim urządzeniu) umieszcza się tzw. terminator, czyli wtyk XLR z rezystorem 120 Ω pomiędzy pinami DMX+ i DMX-. Rezystor służy do eliminacji ewentualnych odbić sygnału.

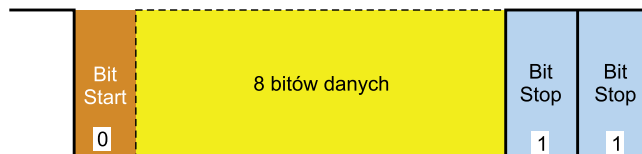
Dopuszczalna długość połączenia dwóch urządzeń DMX (1200 m) jest niewystarczająca do tego, by podłączyć wszystkie urządzenia w dyskotecę. Dlatego do zwiększenia mocy sygnału, stosuje się czasami wzmacniacze sygnału DMX.

O ile w specyfikacji RS485 zdefiniowane są poziomy napięcie oraz wymagania co do sposobu łączenia urządzeń, to w interfejsie DMX512 specyfikowany jest protokół danych. Jak każdy protokół, tak też DMX określa szczegółowo cechy, które powinno posiadać każde urządzenie zbudowane w tym systemie. Protokół stanowi ramka danych składająca się z 1 bitu startu (LO), 8 bitów danych i dwóch bitów stopu o wartości logicznej „1” (**rys. 2**). Jak widać, ramka ta nie różni się niczym od ramki używanej w interfejsie RS232. O szczegółach będzie mowa dalej

Sygnał jest taktowany zegarem 250 kHz, co odpowiada czasowi trwania pojedynczego bitu równie-



**Rys. 1. Łączenie urządzeń w systemie DMX512**



**Rys. 2. Budowa ramki DMX**

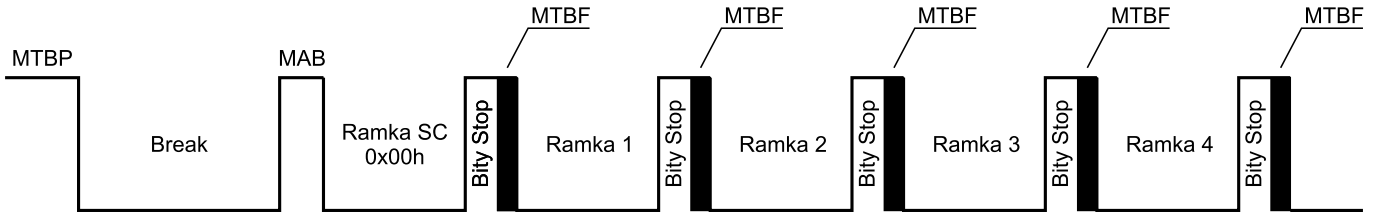
mu 4 μs. Idąc dalej tym tokiem myślenia, czas jednej ramki (11 bitów) wynosi 44 μs. Należy również wspomnieć, iż jedna ramka zawiera jedynie informacje dla jednego kanału DMX. Oznacza to, iż do wysłania wszystkich kanałów należy wysłać 512 ramek.

No dobrze, ale w jaki sposób urządzenie będzie wiedzieć która z kolei ramka jest przesyłana? Do wyjaśnienia tego zagadnienia należy spojrzeć na **rys 3**.

Jak widać, pomiędzy pierwszą ramką danych a drugą ramką danych znajduje się bit, który nazywa się MTBF (MARK TIME BETWEEN FRAMES). Jest to bit informujący urządzenie o końcu pierwszej ramki i rozpoczęciu kolejnej ramki. Czas trwania tego bitu wynosi od zera do 1 sekundy i nie jest aż tak szczególnie określony. Wartość czasową tego bitu dobiera projektant/programista, jednak musi pamiętać o tym, aby czas ten nie był dłuższy od 1 sekundy. Przekroczenie tego czasu sygnalizuje brak sygnału na linii DMX.

Na **rys. 3** umieszczono dodatkowe nieznanne bity i ich nazwy. Pierwszym z nich jest bit rozpoczynający transmisję na linii DMX – jest to sygnał MTBP (MARK TIME BETWEEN PACKETS). Jak już sama nazwa wskazuje, jest to bit, który informuje urządzenie odbiorcze o zakończeniu przesyłania pakietu DMX i ponownym jego przesłaniu. Jego wartość czasowa wynosi, podobnie jak dla MTBF, od 0 do 1 sekundy.

Dobrze, ale skąd urządzenie odbiorcze ma wiedzieć że zaraz rozpocznie się nadawanie pierwszej ramki?



Rys. 3. budowa ramki DMX512

Przecież MTBP i MTBF posiadają te same wartości czasowe? Przed rozpoczęciem transmisji pierwszej ramki, na linii generowany jest stan zwany BREAK i MAB (MARK AFTER BREAK). Czas sygnału BREAK ustalony jest na 88  $\mu$ s, co odpowiada wysłaniu na linię 22 bitów LO. Jednak w praktyce wygląda tak, iż czas ten waha się w zakresie od 100 do 120 s. Czas trwania bitu MAB ustalono na minimum 8  $\mu$ s, co odpowiada dwóm bitom.

Po przesłaniu MAB sterownik wysyła tzw. bajt startowy (START CODE), który w zamyśle twórców protokołu DMX miał określać czy wysłane po nim dane mają sterować regulatorami, czy też innymi

urządzeniami. Ponieważ nie bardzo wiadomo o jakie urządzenie będzie chodziło, ustalono jego wartość na 00h i tak już pozostało do dzisiaj!

**WAŻNE: Jeżeli wartość bitu MAB będzie inna niż 00h, odbiornik będzie musiał odrzucić wszystkie inne bajty.**

**Uwaga: Nijej wymienione urządzenia stanowią fragment listy urządzeń, których sterowanie przy pomocy DMX jest zabronione:**

- systemy pirotechniczne,
- systemy ruchomych dekoracji,
- sterowanie wciągarkami ramp.

**Nie wolno stosować systemu DMX w urządzeniach, w których nieodebranie lub odebranie przekłamanego sygnału DMX mogłoby spowodować zagrożenie zdrowia lub życia ludzi i zwierząt!**

Po wysłaniu sekwencji startowej sterownik rozpoczyna wysyłanie ramek z danymi. Czas potrzebny do wysłania jednego kompletu zależy od liczby kanałów. Może być ich mniej niż 512, ale nie może ich być więcej. Każdy kanał powyżej liczby 512 traktowany będzie jak kanał z początku pakietu.

Przykład :

Fizyczny adres *dimer* (ustawiany w *dimerze*) kanału 200 i 712 jest taki sam = 200. Dla użytkownika są to jednak dwa różne kanały - [0\*512+200=200], a dla drugiego [1\*512+200=712].

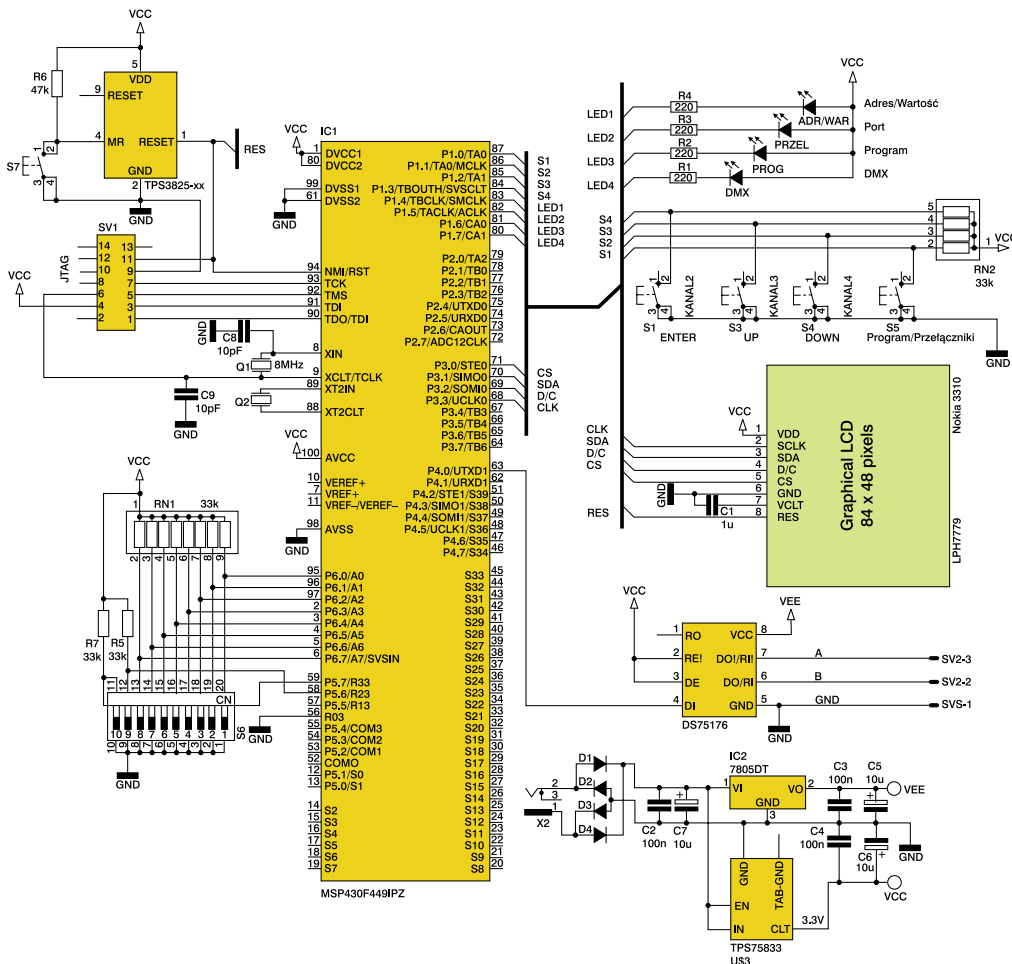
Należy również wspomnieć, iż protokół DMX nie definiuje reakcji odbiorników, jeżeli zostanie przerwana transmisja DMX. Producenci w tym przypadku stosują różne rozwiązania:

- płynne wyłączenie urządzeń,
- natychmiastowe wyłączenie urządzeń,
- utrzymanie ostatniej otrzymanej wartości.

### Opis układu

Jak można zauważyć, schemat sterownika jest banalnie prosty (rys. 4). Głównym układem sterującym jest procesor MSP430F449. Wprowadzie sensowne by było zastosowanie mniejszego procesora (o mniejszej liczbie portów), ale taki właśnie procesor był pod ręką.

Na schemacie możemy znaleźć też wyświetlacz z telefonu Nokia 3310 - LPH7999. Zastosowanie tego wyświetlacza pozwoliło na jednoczesne umieszczenie na nim wszelkich danych potrzebnych do sterowania urządzeniami DMX (adres urządzenia, wartość danych przesyłanych do danego urządzenia pod dany adres) Sterowanie i wyświetlanie danych na wyświetlaczu



Rys. 4. Schemat ideowy sterownika DMX512



graficznym LPH7779 jest bardzo proste. Wyświetlacz posiada wbudowany sterownik (PCD8544), który wykonuje całą pracę za nas. W momencie wypisania informacji z procesora do pamięci kontrolera, zostają one automatycznie wysłane na wyświetlacz.

Wyświetlaczem steruje się za pomocą interfejsu szeregowego SPI. Komunikacja odbywa się przy użyciu 4 linii sygnałowych: SCE, D/C, SDIN, SCLK. Są one bezpośrednio dołączone do portu P3 procesora. Sterownik DMX512 wyposażony jest również w cztery mikrostyki, które służą do ustawiania odpowiedniego trybu pracy, jak również ustawienia odpowiednich wartości adresu i danych. Do przełączników podłączono również rezystory podciągające, zapewniające wysoki stan logiczny po rozwarciu styków przełącznika. Wszystko to jest podłączone do portu P1.

O stanie pracy sterownika informują nas 4 diody LED, które są sterowane również z portu P1. Prąd przez nie płynący jest wyznaczony rezystorami R1...R4.

Dodatkowym wyposażeniem układu są przełączniki w obudowie DIP. Służą one do ustalenia adresu, ale o tym nieco później. Przełączniki te również podciągnięto poprzez rezystory do zasilania VCC.

Ostatnim układem, który należy do interfejsu DMX512 jest już wcześniej wspomniany DS75176. Jego praca była już wcześniej omawiana.

Do zerowania procesora ze względu na wyświetlacz LPH-7779 postanowiono zastosować układ TPS3825-33. Jego zadaniem jest monitorowanie procesu włączania (z ustalonym czasem opróżnienia równym 200 ms)

i zapewnienie odpowiedniego czasu związanego z zerowaniem procesora. W przeciwieństwie do układu zerowania zbudowanego na rezystorze i kondensatorze, układ TPS 3825-33 w każdym gwarantuje podanie odpowiedniego sygnału zerowania.

## Uruchomienie i obsługa sterownika

Po zmontowaniu płytki i sprawdzeniu czy nie ma zwarc i zimnych lutów można uruchomić sterownik. Płytkę sterownika przedstawiono na rys. 5.

Po załączeniu sterownika na wyświetlaczu pojawi się winietka, która będzie widoczna do chwili przycięcia klawisza Enter. Na wyświetlaczu pojawią się wówczas dwie dane, które można edytować. Są nimi „adres” i „wartość”. „Adres” informuje nas o tym, w której pozycji paczki danych będą wstawione „wartości”. Jest to o tyle przydatne, że urządzenia DMX operują właśnie na adresach. Odbierają jedynie te dane, które zgadzają się z ich adresem. Przykładowo: urządzenie (*dimer*) o adresie 200 odbierze jedynie dane z ramki o numerze 200.

Ustawienie „adresu” może być wykonane dwoma sposobami:

- 1) poprzez ustalenie adresu za pomocą programu,
- 2) poprzez ustalenie adresu za pomocą przełączników DIP.

O sposobie adresacji sterownika informują nas diody LED. Gdy świeci się dioda LED2 (tryb 1), oznacza to, iż układ adresuje się programowo. Należy jednak zwrócić uwagę, że do zmiany adresu należy przycisnąć przycisk Prog/Przeł, a następnie za pomocą przełączników UP/DOWN zmieniać wartość adresu. W trakcie, gdy przycisk PROG/PRZEL będzie zwarty, będzie migać dioda LED4.

W przypadku drugiego sposobu adresacji dioda LED4 będzie świecić się cały czas. Oznacza to iż przełączniki odczytywane są cyklicznie i nie są zależne od mikrostyków. Każda zmiana przełączników DIP będzie automatycznie widoczna na wyświetlaczu.

Zastosowanie tych przełączników pozwala na szybsze ustalenie adresu niż w przypadku ustawienia programowego. Daje to dodatkowy komfort sterowania. Wybór sposobu ustawiania adresu dokonuje się poprzez dłuższe przycięcie klawisza Enter.

Jeżeli chodzi o ustawienie „wartości” wysyłanych do urządzenia, dokonuje się tego w obydwu przypadkach tak samo. Na podstawie klawiszy UP/DOWN można ustawić odpowiednią wartość.

*Uwaga: przedstawiony sterownik jest konstrukcją amatorską i nie nadaje się do sterowania urządzeń podczas dyskotek. Celem, zbudowania tego sterownika jakie postawił sobie autor było poznanie DMX-a. Sterownik można wykorzystać przy pracach serwisowych urządzeń DMX. Jest na tyle mały, że zmieści się do każdej walizki.*

*Ostatnią rzeczą jaką bym chciał umieścić w tym artykule są podziękowania dla Dr. K. Góreckiego i Dr. M. Szmajdy z Politechniki Opolskiej, którzy udostępnili sprzęt potrzebny do wykonania tego urządzenia. Dodatkowe podziękowania przesyłam kolegom Tomkowi z LS (za oscyloskop) i Waldkowi K. (za wprowadzenie w świat DMX-a :)).*

**Marcin Barowski**

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1, R2, R3, R4: 220  $\Omega$   
R5, R7: 33 k $\Omega$   
R6: 47 k $\Omega$   
RN1: Rpack 8x33 k $\Omega$   
RN2: Rpack 4x33 k $\Omega$

#### Kondensatory

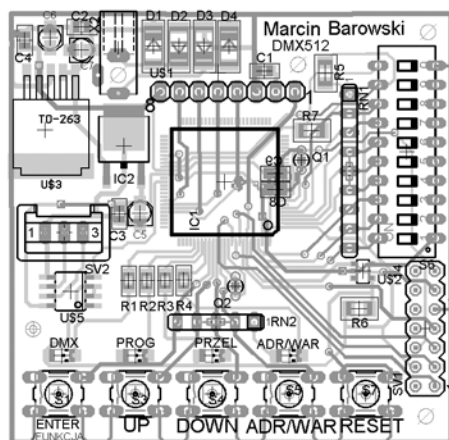
C1: 1  $\mu$ F/10 V  
C2...C4: 100 nF  
C8, C9: 10 pF  
C5...C7: 10  $\mu$ F/10 V

#### Półprzewodniki

IC2: 7805DT  
U\$5: DS75176  
D1...D4: prostownicza SMD np. BYD17G  
LED1...LED4: czerwone SMD (1206)  
U\$1: wyświetlacz LPH7779 od telefonu Nokia 3310  
IC1: MSP430F449IPZ  
U\$2: TPS3825-XX  
U\$3: TPS75833

#### Inne

S1, S3...S5, S7: mikroprzełączniki  
S6: dipswitch 10  
X2: gniazdo zasilające 3,5 mm  
Q1: 8 MHz  
Q2: nie występuje  
SV1: Goldpin 2x7  
SV2: gniazdo zaciskowe MX-6410-03A



Rys. 5. Widok płytki drukowanej sterownika