

System projektowania modułowego



część 8

W części 8 zostaną omówione następujące moduły wejściowe, procesorowe i wyjściowe.
 Moduły wejściowe: układ wejściowy audio, mikser sygnałów, napięciowy czujnik pozycji.
 Moduł procesorowy: wyświetlacz głośności.
 Moduł wyjściowy: układ wyjściowy z pojedynczym tranzystorem.

Układy wzmacniające

W modułach wzmacniających wykorzystano wzmacniacze operacyjne, jak na przykład wzmacniacz typu 741. Wzmacniacze operacyjne zostały już wspomniane w części 1 serii przy okazji omawiania komparatora. Komparator, jak nazwa wskazuje, porównuje napięcia na dwóch swoich wejściach i w zależności od wyniku porównania przetrzuca swoje wyjście w stan wysoki (dodatni) lub niski (0V lub ujemny). Istotną cechą komparatora jest "natychmiastowe" przetrzucanie stanu wyjściowego, bez stanów pośrednich.

Wzmacniacz audio musi dostarczać napięcia wyjściowego, będącego wierną kopią napięcia wejściowego co do kształtu, ale o powiększonej amplitudzie (czyli musi on wzmacniać). Własności wzmacniacza kształtuje się za pomocą ujemnego sprzężenia zwrotnego. Działa ono odwrotnie niż dodatnie sprzężenie zwrotne (w części 1 omówiono jego zastosowanie do utworzenia przerzutnika Schmitta, układu o bardzo szybko przetrzucanych dwóch stanach).

Wzmacniacz operacyjny może zostać połączony w dwóch różnych konfiguracjach z ujemnym sprzężeniem zwrotnym:

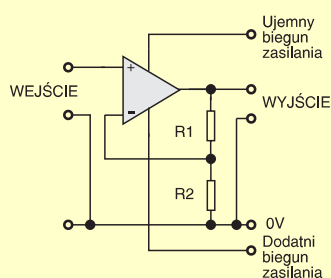
1. wzmacniacza nieodwracającego,
2. wzmacniacza odwracającego.

Wzmacniacz nieodwracający

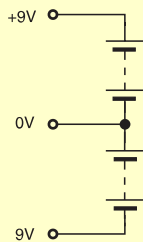
Podstawowy układ wzmacniacza nieodwracającego z zasilaniem symetrycznym jest przedstawiony na **rys. 8.1**. Jego wejście odwracające jest oznaczone znakiem -, a nieodwracające znakiem +. Jeżeli sygnał wejściowy zostanie doprowadzony do wejścia nieodwracającego, to sygnał wyjściowy wzmacniacza będzie w fazie z sygnałem wejściowym.

Rezystor R1 łączy wyjście wzmacniacza z jego wejściem odwracającym, tworząc ujemne sprzężenie zwrotne. Jeżeli do wejścia zostanie doprowadzone pełne napięcie wyjściowe, to wzmacniacz nie będzie wzmacniał sygnału, będzie go tylko "buforował", czyli wielkość sygnału wyjściowego będzie taka sama co wejściowego. Wzmocnienie takiego wzmacniacza jest równe jedności, czasem jest on nazywany "wtórnikiem", ponieważ powtarza otrzymany sygnał. Wzmocnienie większe od jedności uzyskuje się przez użycie rezystora R2, który obniża napięcie zwracane z wyjścia do wejścia. Rezystory R1 i R2 tworzą bowiem dzielnik napięcia, który zmniejsza napięcie sprzężenia zwrotnego i ustala wzmocnienie wzmacniacza.

Wzmocnienie to, czyli stosunek (K) napięcia wyjściowego do wejściowego,



Rys. 8.1. Schemat nieodwracającego wzmacniacza operacyjnego.



Rys. 8.2. Zasilanie symetryczne za pomocą dwóch baterii.

jest wyznaczone przez stosunek oporności R1 do R2 według wzoru:

$$K = (R1/R2 + 1)$$

Jeżeli oporności rezystorów będą na przykład wynosić R1 = 100kΩ i R2 = 10kΩ, to wzmocnienie będzie:

$$K = (100k\Omega/10k\Omega + 1) = 11$$

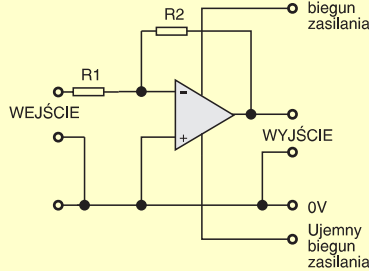
Oznacza to, że jeżeli napięcie wejściowe wynosi np. 20mV, to napięcie wyjściowe wyniesie: 20mV × 11 = 220mV

Impedancja wejściowa wejścia odwracającego jest bardzo wysoka, i wzmacniacz taki pobiera bardzo mały prąd. Nadaje się on zatem, oprócz wielu innych zastosowań, na wzmacniacz mikrofonowy.

Zasilanie symetryczne

Układ na rys. 8.1 jest zasilany w sposób zwany symetrycznym, do którego potrzeba trzech doprowadzeń: dodatniego, 0V i ujemnego. Sposób ten stosuje się niemal we wszystkich profesjonalnie projektowanych wzmacniaczach, przeznaczonych do wzmacniania napięć zmiennych, których wartość chwilowa zmienia się od wartości dodatnich do ujemnych w stosunku do 0V (masy, względnie ziemi). Oprócz tego zasilanie symetryczne w pewnym stopniu redukuje przydźwięk sieciowy w przypadku zasilania z sieci napięcia zmiennego.

Zasilanie symetryczne można uzyskać za pomocą dwóch baterii, w sposób pokazany na rys. 8.2. Napięcia dwóch połączonych w szereg baterii 9V można oznaczyć przez +9V, 0V i -9V, albo



Rys. 8.3. Schemat odwracającego wzmacniacza operacyjnego.

+18V, +9V i 0V, względnie jeszcze inaczej, zależnie od tego, które z wyprowadzeń jest uważane za punkt odniesienia.

Zasilanie symetryczne jest trochę kłopotliwe, a gdy nie jest konieczne, można dostosować układ wzmacniacza do zasilania jednym napięciem (czyli "normalnie", 0V i napięcie dodatnie). Osiąga się to przez przesunięcie średniego poziomu wzmacnianego sygnału z 0V do połowy napięcia zasilania. Przykład takiego rozwiązania będzie pokazany dalej na rys. 8.4.

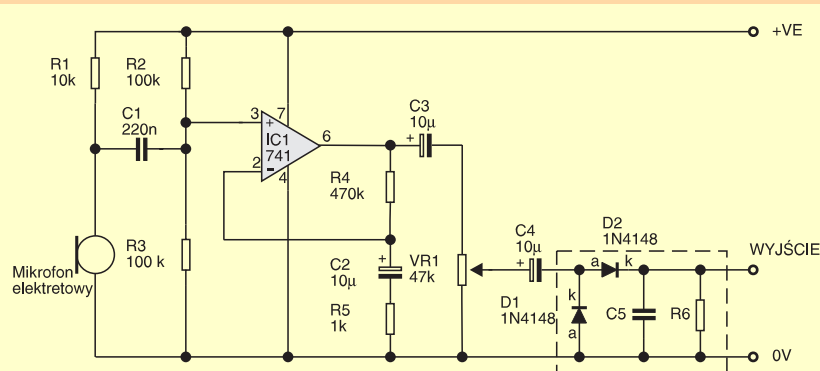
Wzmacniacz odwracający

Schemat wzmacniacza odwracającego jest przedstawiony na rys. 8.3. Układ ten może być zasilany także albo symetrycznie dwoma napięciami albo jednym napięciem. Sygnał wejściowy jest doprowadzany do wejścia odwracającego na skutek czego sygnał wyjściowy zostaje odwrócony o 180°. W wielu wzmacniaczach audio, chociaż nie we wszystkich, nie ma to znaczenia.

Wzmocnienie (K) wzmacniacza jest wyznaczone przez stosunek rezystorów R2 i R1 według wzoru: $K = - (R2/R1)$

Znak minus wskazuje, że skutkiem zwiększania się chwilowej wartości napięcia wejściowego jest zmniejszanie się chwilowej wartości napięcia wyjściowego, czyli ma miejsce przesunięcie fazy o 180°. Jeżeli oporności rezystorów wynoszą np. R2 = 100kΩ i R1 = 10kΩ, to wzmocnienie będzie:

$$K = - (100k\Omega/10k\Omega) = - 10$$



Rys. 8.4. Schemat modułu wejściowego audio, który dostarcza napięcia stałego, proporcjonalnego do sygnału wejściowego.

Oznacza to, że jeżeli zmienne napięcie wejściowe wynosi 50mV, to napięcie wyjściowe wyniesie 500mV.

Impedancja wejściowa układu jest równa oporności rezystora R1.

Układ ten charakteryzuje się szczególnie użyteczną właściwością, polegającą na tym, że napięcia na obu wejściach wzmacniacza w warunkach pracy normalnej są zawsze praktycznie sobie równe. Dzięki temu wejście odwracające może być uważane za pozorną ziemię (masę), co jest bardzo przydatne w układach mikserów audio. Do wejścia z masą pozorną można równocześnie doprowadzać szereg sygnałów nie wywołując wzajemnego na siebie oddziaływania ich źródeł. Inaczej mówiąc, sygnały da się miksować na wejściu układu z pozorną masą.

Moduł wejściowy audio

Moduł wejściowy audio ze wzmacniaczem nieodwracającym z rys. 8.1 jest przedstawiony na rys. 8.4. Chwilowa wartość jego napięcia wyjściowego może zmieniać się w granicach od niemal 0V prawie do napięcia zasilającego, jeżeli tylko mikrofon odbiera dostatecznie silny dźwięk.

W module wykorzystuje się pojedynczy wzmacniacz operacyjny IC1, na przykład dobrze znany 741. Na pierwszy rzut oka nie przypomina on układu z rys. 8.1, jeżeli jednak wyobrazić sobie usunięcie R2, R3, C1 i C2, umożliwiające zasilanie wzmacniacza jednym napięciem, podobieństwo stanie się wyraźne.

Układ został zaprojektowany do współpracy z mikrofonem elektretowym (pojemnościowym). Mikrofon taki wymaga zasilania napięciem stałym w czym pośredniczy rezystor R1. W razie użycia mikrofonu dynamicznego rezystor ten należy usunąć.

Rezystory R2 i R3 utrzymują wejście nieodwracające (3) IC1 pod stałym napięciem równym połowie napięcia zasilającego. Przy braku sygnału wejściowego takie samo napięcie znajdzie się na wyjściu 6 i na wejściu odwracającym 2. Kondensator C1 odcina napięcie stałe mikrofonu od wejścia 3 wzmacniacza, ale nie jest zaporą dla zmiennego sygnału audio.

Wzmocnienie wzmacniacza zostało ustalone przez rezystory R4 i R5 na około 470V/V zgodnie z analogicznym jak poprzednio wzorem:

$$K = (R4/R5) + 1$$

W rzeczywistości wzmocnienie może być nieco mniejsze, zwłaszcza przy większych częstotliwościach, ale w tym przypadku w zupełności wystarczy.

Spoczynkowe napięcie stałe wyjściowe wzmacniacza wynosi około 6V (przy napięciu zasilania 12V). Na ten poziom

nakłada się wzmacniony sygnał audio, który przechodzi dalej przez odcinający napięcie stałe kondensator C3. Amplitudę sygnału wyjściowego można dowolnie regulować potencjometrem VR1. Jedna jego końcówka jest połączona z 0V, więc sygnał waha się powyżej i poniżej tego poziomu.

Ważną rolę pełnią trzy kondensatory, C1, C2 i C3, odcinające napięcia stałe trzech strategicznych punktów układu i umożliwiające działanie wzmacniacza na poziomie połowy napięcia zasilania.

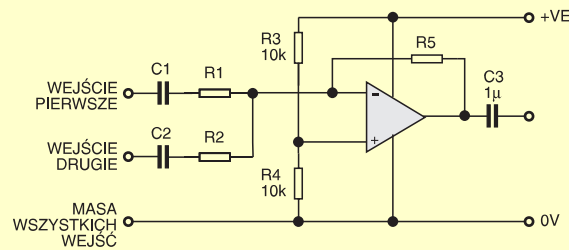
Jeżeli jest potrzebny tylko wzmacniony sygnał wejściowy, to należy pominąć elementy objęte linią przerywaną, a sygnał wyjściowy będzie odbierany z suwaka potencjometru.

Przetwarzanie napięcia zmiennego na stałe

Otoczony na rys. 8.4 linią przerywaną obwód D1-D2-C5, tworzący tzw. podwajacz napięcia, otrzymuje przez kondensator C4 sygnał z suwaka potencjometru VR1. Ten rodzaj prostownika dostarcza napięcia stałego proporcjonalnego do napięcia międzyszczytowego zmiennego napięcia wejściowego. Jeżeli pominiemy się chwilowo spadki napięcia na diodach, układ działa w następujący sposób:

Sygnał z suwaka potencjometru waha się poniżej i powyżej poziomu 0V. Gdyby nie było C4 i D1, a D2 łączyła się bezpośrednio z suwakiem potencjometru, to napięcie do jakiego ładowałby się C5 odzwierciedlałoby tylko dodatnią część sygnału. Jego ujemna część byłaby pominięta. Włączenie C4 nie zmieniłoby niczego, ponieważ wartość średnia sygnału pozostałaby nie zmieniona i D2 otwierałaby drogę tylko dla napięcia powyżej 0V.

Dopiero po włączeniu D1, gdy przechodzący przez C4 sygnał ma zmienić się na ujemny, D1 "zasysa" prąd z 0V, w wyniku czego napięcie za kondensatorem C4 nigdy nie jest niższe od 0V (jeżeli pominiemy się spadek napięcia na diodzie). Ponadto, jeżeli następnie z C4 pojawi się dodatnia część sygnału, wzrost ten odnosi się do poziomu minimalnego ustalonego przez D1, czyli do 0V. Ponieważ sam sygnał nie zmienił się, więc całe napięcie międzyszczytowe zostaje wpompowane przez D2 do kondensatora C5. W rzeczywistości otrzymane napięcie będzie mniejsze od napięcia międzyszczytowego o spadek napięcia na diodach. Kondensator C5 przechowuje wpompowane napięcie szczytowe i zapobiega jego gwałtownym skokom w takt zmian sygnału wejściowego. Rezystor R6 umożliwia powolne rozładowanie się kondensatora C5 po zaniku sygnału wejściowego.



Rys. 8.5. Podstawowy układ dwukanałowego miksera ze wzmacniaczem operacyjnym.

W czasie trwania silnego dźwięku na C5 utrzymuje się stabilne napięcie, ale w momentach ciszy obniża się ono powoli. Przy poprawnie dobranych wartościach elementów napięcie na kondensatorze C5 jest miarą poziomu odbieranego dźwięku. Od oporności rezystora i pojemności kondensatora zależy szybkość zanikania tego napięcia. Optymalne wielkości zależą od wymagań i od prądu pobieranego przez następny stopień. Typowymi wartościami są $C5 = 1\mu F$ (połączony dodatnią końcówką z diodą D2) i $R6 = 22k\Omega$.

Moduł miksera

Są sytuacje, w których trzeba połączyć sygnały z dwóch albo z kilku źródeł zmiennoprądowych w jednym wspólnym kanale. Kanałów wejściowych nie można oczywiście połączyć razem, wszystkie bowiem oddziaływałyby wzajemnie na siebie. Połączeń napięć zmiennych nie można także dokonywać za pomocą diod, ponieważ jedna z połówek każdego z sygnałów byłaby zawsze odcinana.

Wprowadzenie sygnałów przez kondensatory za pośrednictwem szeregowych rezystorów do wejścia wzmacniacza z masą pozorną umożliwia ich miksowanie bez wzajemnego oddziaływania źródeł (o ile oporności rezystorów szeregowych są dostatecznie duże).

Daje się to wykonać za pomocą odwracającego wzmacniacza operacyjnego przedstawionego na **rys. 8.5**.

Układ ten jest zasilany jednym napięciem. Pośrednie napięcie odniesienia jest utworzone przez dzielnik napięcia R3-R4. Kondensatory C1 i C2 izolują wejścia wzmacniacza od napięć stałych w poprzedzających obwodach, a C3 odcina stałe napięcie od wyjścia.

Każdy z sygnałów może być wzmacniany indywidualnie. Współczynnik wzmacnienia jest wyznaczony przez stosunek oporności odpowiedniego rezystora wejściowego, (R1 lub R2) do oporności rezystora sprzężenia zwrotnego R5. A zatem:

$$K1 = - (R5/R1) \text{ dla wejścia 1}$$

$$K2 = - (R5/R2) \text{ dla wejścia 2}$$

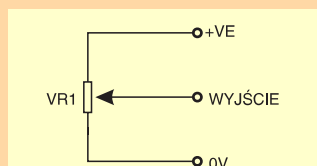
Jak już wspomniano, odwrócenie fazy i ujemny znak we wzorze często nie ma znaczenia. Na ilustracji przedstawiono

układ o dwóch wejściach, ale w razie potrzeby można zastosować ich więcej. Dla każdego z nich należy oddzielnie obliczyć oporność rezystora wejściowego w zależności od wymaganego wzmacnienia. Często stosuje się wzmacnienie równe jedności (czyli brak wzmacnienia) i wtedy oporności wszystkich rezystorów wejściowych będą jednakowe i równe oporności rezystora sprzężenia zwrotnego R5. Sugerowane oporności mieszczą się w granicach od około 10k Ω do 100k Ω . W każdym obwodzie wejściowym jest wymagany szeregowy kondensator.

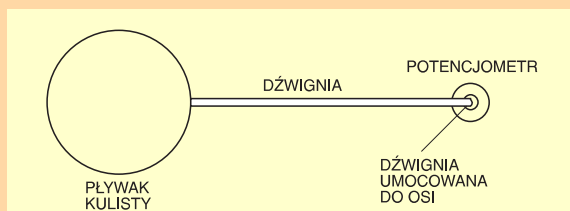
Trzeba pamiętać, że gdy miksuje się dwa lub więcej sygnałów, to wartość chwilowa sygnału wyjściowego jest sumą wartości chwilowych sygnałów wejściowych. Jeżeli część ich częstotliwości składowych jest taka sama, to zależnie od faz mogą się one sumować lub odejmować. Ochrona wzmacniacza operacyjnego przed przesterowaniem, które wywołuje zniekształcenia, może zatem w razie miksowania wielu sygnałów wymagać obniżenia ich poziomów. W przypadku odwracającego wzmacniacza operacyjnego (o wzmacnieniu równym jedności) obniżenie wzmacnienia osiąga się przez zwiększenie oporności rezystora sprzężenia zwrotnego. Wynika to zresztą z wyżej przytoczonych wzorów. (Nieodwracająca konfiguracja wzmacniacza operacyjnego nie umożliwia obniżenia wzmacnienia poniżej 1.)

Czujnik pozycji

Z potencjometru, którego schemat jest zamieszczony na **rys. 8.6**, można utworzyć napięciowy czujnik położenia. Jest to sposób bardzo prosty, ale bardzo skuteczny, jeżeli zostanie połączony z wyświetlaczem głośności, który zostanie omówiony dalej. Potencjometr VR1 łączy się skrajnymi końcówkami pomiędzy napięciem zasilającym a 0V. W rezultacie napięcie na suwaku jest proporcjonalne do kąta obrotu osi. Innymi słowy napięcie wyjściowe reprezentuje pozycję osi potencjometru. Oporność potencjometru zależy od schematu, w którego skład wchodzi, ale zwykle zawiera się w przedziale od 10k Ω do 100k Ω .



Rys. 8.6. Potencjometr może zostać użyty jako napięciowy czujnik położenia.



Rys. 8.7. Zastosowanie potencjometru w czujniku poziomu wody.

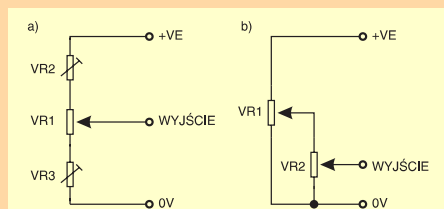
Jeżeli suwak potencjometru zostanie połączony z wejściem procesora wyświetlacza głośności, to pozycja potencjometru będzie wyświetlana za pomocą rzędu LED. Urządzenie to może posłużyć jako np. wskaźnik poziomu wody. Oś potencjometru łączy się dźwignią z pływką, jak to wyjaśnia rys. 8.7, dzięki czemu potencjometr obraca się pod wpływem zmian poziomu wody. Potencjometr może zostać użyty jako czujnik przedstawionego dalej układu ostrzegającego o niebezpiecznie dużym, albo małym, poziomie wody.

Zakres zmian napięcia wymaga czasem dostosowania do potrzeb, co daje się zrealizować za pomocą sposobów przytoczonych na rys. 8.8. Rys. 8.8a pokazuje jak potencjometrami VR2 i VR3 można ograniczyć napięcie wyjściowe do wymaganych granic, a rys. 8.8b jak potencjometrem VR2 można zmniejszyć maksymalne napięcie wyjściowe. Oba sposoby można połączyć w jednym układzie, a oporności potencjometrów dostosować do potrzeb.

Wyświetlacz listwowy

W pokazanym na rys. 8.9 module wyświetlacza głośności wykorzystano układ scalony wyświetlacza LM3914 lub LM3915. Układ ten uaktywnia dziesięć swoich wyjść w zależności od napięcia na końcówce wejściowej 5. Przy połączeniach wykonanych według rys. 8.9 żadna z diod nie jest zaświecona, gdy napięcie wejściowe jest zerowe. W miarę wzrastania tego napięcia wejścia są włączane w rosnącej kolejności. Na ilustracji wyjścia są połączone z LED, tworzącymi wyświetlacz. Można je także użyć w inny sposób, na przykład do sterowania układem ostrzegającego, że określone napięcie osiągnęło zbyt wysoki poziom.

Wyjścia są aktywne w stanie niskim. Oznacza to, że w stanie spoczynkowym



Rys. 8.8. Dwa sposoby ustalania granic napięcia wyjściowego

są w stanie wysokim, a w stanie aktywnym ich napięcie spada do 0V.

Odwzorowanie liniowe lub logarytmiczne

Układ LM3914 wyświetla w skali liniowej, w której każdy wzrost napięcia wejściowego (końcówka 5) o 125mV wywołuje zaświecenie się dalszej LED. Wyjść jest 10, w układzie z rys. 8.9 cały zakres wynosi więc 1,25V.

Układ LM3915 wyświetla w skali logarytmicznej, w której każda LED reprezentuje zmianę napięcia wejściowego o 3dB. Nadaje się on więc doskonale do monitorowania poziomu głośności, ponieważ ludzkie ucho reaguje na dźwięki w podobny sposób.

Prosta konfiguracja układu na rys. 8.9 służy do obu wersji układu scalonego w połączeniu z LED, które przyłącza się bez rezystorów szeregowych. Sam układ automatycznie stabilizuje prąd LED, który jest wyznaczany opornością rezystora R1. (Więcej informacji o tych układach można znaleźć w artykule z serii "Płytki wielofunkcyjne" w Elektronice dla Wszystkich 2/96.)

Prąd wyjściowy

Prąd płynący z wyprowadzenia 7 przez rezystor R1 do 0V wyznacza dziesięciokrotnie od niego większy prąd płynący przez LED. Napięcie na końcówce 7 jest napięciem wzorcowym 1,25V, więc oporność R1, 680Ω, wyznacza

maksymalny prąd w każdej z LED nieco powyżej 15mA.

Łańcuch rezystorów dzielnika

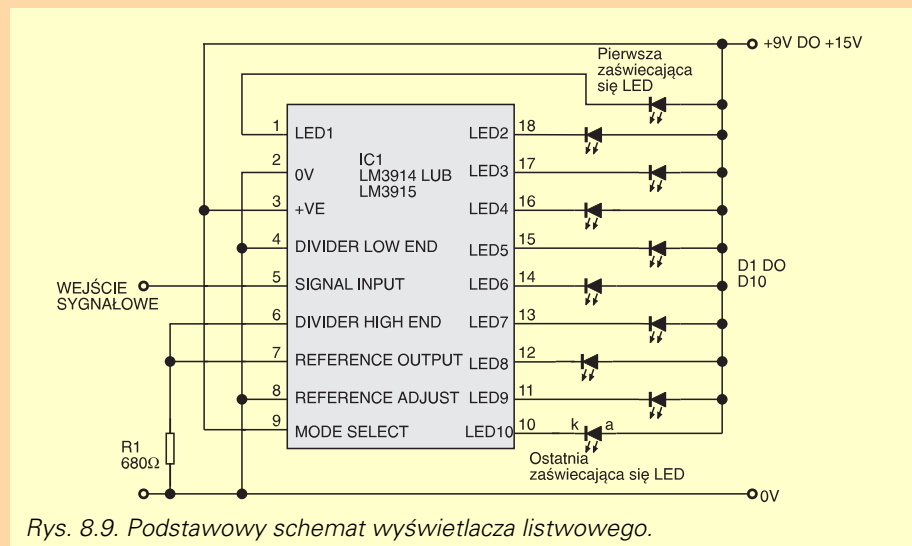
Łańcuch rezystorów dzielnika napięcia, znajdującego się wewnątrz układu IC1 łączy się swoim górnym końcem z końcówką 6, a dolnym z końcówką 4. Łańcuch ten wyznacza zakres, w którym napięcie doprowadzone do wejścia 5 może wpływać na stan wyjść. Na schemacie na rys. 8.9 dolny koniec dzielnika (4) jest połączony z 0V, a górny koniec (6) z wzorcowym źródłem napięcia 1,25V, końcówką 7. Takie połączenie wyznacza zakres od 0V do 1,25V.

Tryb liniowy lub punktowy

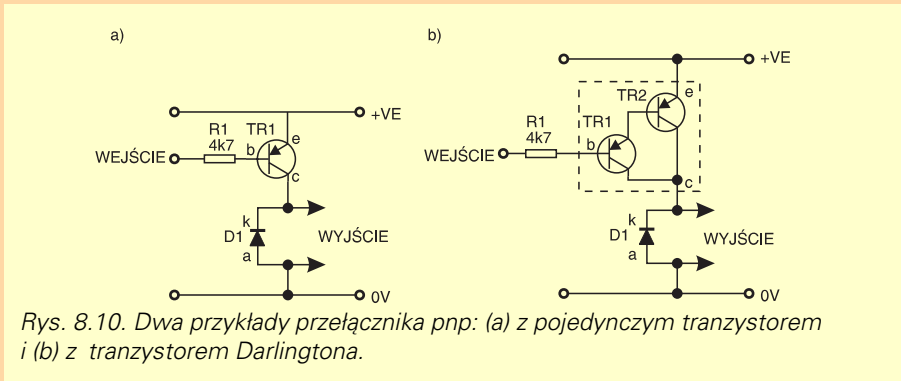
Końcówka 9, mode select (wybór trybu), na ilustracji jest połączona z napięciem zasilającym. Przy takim połączeniu wyświetlacz przybiera formę świecącej linijki o zmiennej długości, jak w magnetofonie. Tryb można zmienić na punktowy, w którym świeci tylko jedna z LED i wyświetlacz przybiera formę świecącego punktu o zmiennym położeniu. Tryb ten wymaga odłączenia końcówki 9 od zasilania (i nie łączenia jej z niczym).

Wyjścia

Układ jest przedstawiony z wyjściami połączonymi z LED. Do każdego wyjścia można przyłączyć dwie lub trzy połączone w szereg LED. Można do nich przyłączać także inne układy, na przykład tranzystory lub pary Darlingtona, jeżeli trzeba sterować silniejszymi lampami itp. Trzeba jednak pamiętać, że wyjścia są aktywne w stanie niskim, czyli ich napięcie spada, gdy zostają włączone. Działanie to jest odwrotne niż wielu opisanych w tej serii układów. W rezultacie jeżeli wyjścia mają sterować tranzystorami,



Rys. 8.9. Podstawowy schemat wyświetlacza listwowego.



Rys. 8.10. Dwa przykłady przełącznika pnp: (a) z pojedynczym tranzystorem i (b) z tranzystorem Darlingtona.

muszą to być tranzystory pnp (np. BC214L, BC558, BC177).

Przełącznik pnp

Tranzystory pnp były już omawiane w tej serii. Na przykład były użyte w module niezawodnej syreny w części 2 (rys. 2.14) i w sterowniku kierunku obrotów silnika w części 3 (rys. 3.13). Działają one w odwrotny sposób niż tranzystory npn i są bardzo użyteczne gdy, trzeba włączyć urządzenie wyjściowe, takie jak brzęczyk, gdy napięcie sygnału sterującego spada.

Układ pojedynczego tranzystora pnp jest przedstawiony na **rys. 8.10a**. Gdy jego wejście będzie pozostawione bez połączenia, albo połączone z zasilaniem, przez urządzenie przyłączone do wyjścia nie popłynie żaden prąd.

Jeżeli napięcie wejściowe zostanie obniżone o około 0,7V lub więcej, tranzystor zostanie odblokowany i w obwodzie emiter-baza oznaczonym strzałką popłynie prąd.

Układ na **rys. 8.10b** jest podobny, dodano tylko do niego drugi tranzystor pnp (TR2), tworzący razem z pierwszym parę

Darlingtona, która pozwala na przełączenie większego prądu. Ramka z linii przerywanej oznacza, że dwa oddzielne tranzystory może zastąpić jeden tranzystor Darlingtona pnp.

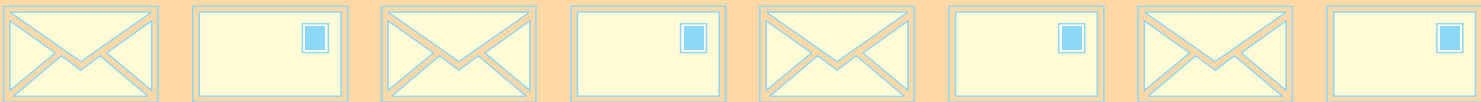
Ich alternatywą może być jeden tranzystor Darlingtona, na przykład TIP127. Rozmieszczenie jego wyprowadzeń można znaleźć w części 1 na rys. 1.14.

W obu wariantach modułu zastosowano przyłączoną do wyprowadzeń wyjściowych diodę (D1), eliminującą przepięcia wywoływane przez przełączniki, silniki i inne urządzenie indukcyjne (zawierające cewki). Diody te można pominąć, gdy stosuje się urządzenia nieindukcyjne na przykład LED (z odpowiednim rezystorem szeregowym).

Przykładowy projekt

Projektem przykładowym jest wyświetlacz głośności z układem alarmowym, który pokazuje sposób wykorzystania i zestawienia modułów opisanych w części 8 Klocków Elektronicznych w zastosowaniu praktycznym.

Max Horsey



Cd. ze str. 6

Piotr Konieczny z Poznania przysłał ciekawą list z uwagami i propozycjami. Na temat wykonywania płytek pisze:

Zgodnie z Waszą propozycją napiszę trochę o doświadczeniach z ręcznym wykonywaniem płytek.

Czym maluję ścieżki? Najczęściej jest to lakier do paznokci. Jednak oryginalny lakier jest do tego za gęsty, więc rozcieńczam go zmywaczem do paznokci aż do uzyskania odpowiedniej konsystencji.

Odnosnie pisaków: kupiłem jeden - SANFORD 1mm. Nie wiercie w cuda - po jakimś czasie zaczyna odlatywać od płytki (pytałem kolegów-elektroników, też nie odnośli się pozytywnie do tego gadżetu).

Ścieżki między nóżkami "scalaków" to rzeczywiście problem. Najlepiej, według mnie, "dziubać" ten kawałek szpilką lub kawałkiem cienkiego drutu zanurzonym w lakierze.

Zmywanie lakieru - tak jak rozcieńczanie - zmywacz do paznokci.

Odnosnie otworów: otwórki wiercę zawsze przed malowaniem ścieżek. Raz próbowałem po - skonczyło się to na zmarnowaniu laminatu (pola lutownicze okazały się za małe).

Miejsca na otwory zaznaczam przy użyciu młotka i cienkich gwoździ (wiele z nich, właściwie wszystkie, lądują w koszu - stępienie bądź wygięcie). Bez tego wiertła ślizgają się po miedzi. Otwory wiercę 400-watową wiertarką z płynną regulacją obrotów (szybkość obrotowa wzrasta w funkcji głębokości wciśnięcia przycisku).

Powierzchnię płytki czyszczę drobnym papierem ściernym, zarówno przed malowaniem lakierem (lakier o wiele lepiej trzyma się płytki), jak i po jego zmyciu.

Z reguły cynuję tylko pola lutownicze.

Raz wykonałem płytkę "dwustronną" - nie wymagała ona jednak dużej precyzji. Jeżeli otwory wywierci się przed "malunkami", nie ma z tym większego problemu. "Przelotki" wykonałem z obciążonych końcówek rezystorów i kondensatorów.

Tyle odnośnie płytek. Może coś z moich uwag się przyda. (...)

Na pewno coś się przyda! Piotr za praktyczne wskazówki otrzymuje upominek ufundowany przez redakcję EdW.

Waldemar Rogowski z Sieradza napisał:

Szanowna Redakcjo!

Na wstępie chciałbym pozdrowić całą redakcję EdW i pogratulować stworzenia takiego czasopisma.

Najbardziej popieram rubryki, gdzie można porozmawiać z fachowcami, lub wymienić na forum publicznym doświadczenia z innymi amatorami. Tego nie ma w innych czasopismach, a mogę się zatężyć o każdą kwotę, że w 90% amatorzy mają problemy z uruchamianiem swoich "dzieł". Ja oczywiście też mam "tonę" pytań do Was. (...)

My z uwagami Waldemara zgadzamy się w 100%. Mało tego, sami widzicie, że staramy się spełnić te oczekiwania. Dział "Forum Czytelników" czeka na dalsze samodzielnie zrealizowane, ciekawe projekty. W dziale "Pocztą" zamieścimy każdy sensowny głos w dyskusji na jakikolwiek

praktyczny temat, a w razie potrzeby uruchomimy zapowiadaną wstępnie rubrykę "Tricks & Tips". Teraz wszystko w Waszych rękach - przysyłajcie propozycje tematów do dyskusji i własne doświadczenia.

A kostki ICL7106 i 7107 szczegółowo przedstawimy za jakiś czas w nowo przygotowanym dziale o roboczej nazwie "Najsłynniejsze aplikacje".

Waldemar pisze w dalszej części listu:

W numerze 6/96, w rubryce "Pocztą" pytaacie, jak robimy płytki.

Ja obecnie przy niezbyt skomplikowanym urządzeniu stosuję metodę frezowania. Marzyło mi się kiedyś, aby zbudować przy pomocy starego plotera takie urządzenie, które przy pomocy komputera zrobi wszystkie ścieżki i wywierci otwory o różnych średnicach. Czytałem że dwa miesiące temu, że takie urządzenie właśnie wymyślono i płytki prototypowe robi z oszałamiającą szybkością.

Wracając jednak do mojej metody. Mam wiertarkę Celmy - starszą 350W. Do tego stojak (statyw ruchomy) ze specjalnym przełącznikiem na tak zwany mikrusie (mikrowyłączniku), wykonanym przeze mnie. Służy on do tego, aby wiertarka wyłączała się samoczynnie dopiero w odległości ok. 1cm od materiału. Zrobiłem też do niej regulator obrotów. Jedem potencjometr reguluje prędkość, a drugi moment obrotowy. Jako frezów użyłem wiertel dentystycznych o różnych średnicach. Oczywiście wiertła są używane i dla dentystów nadają się tylko na śmietnik.

Cd. na str. 77