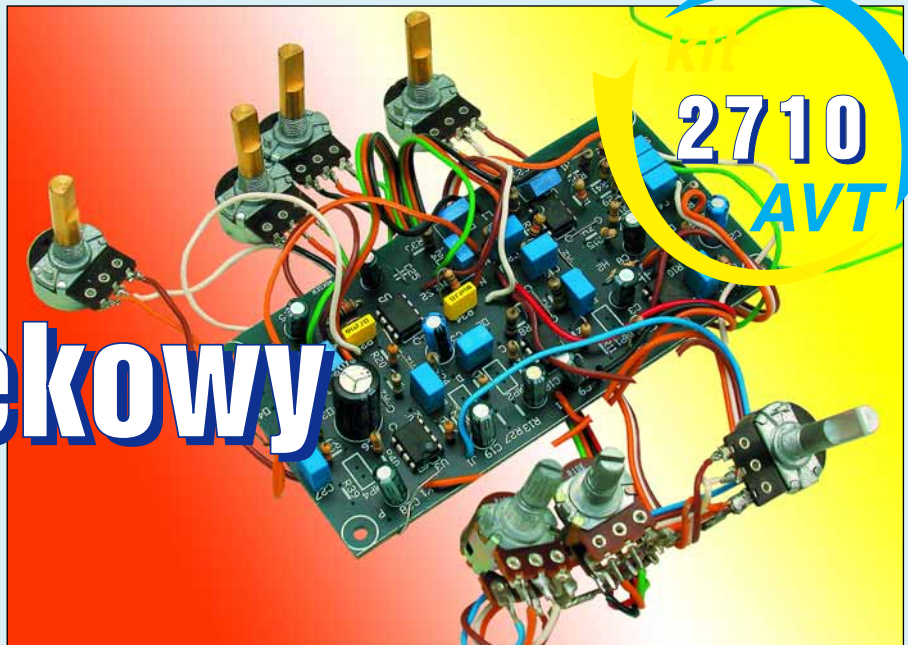




# Prosty Dyskotekowy mikser



Czytelnicy EdW w Miniankietach oraz e-mailach upominają się o urządzenia dyskotekowe, w tym mikser audio. Opisany projekt miksera jest realizacją tych prośb.

Stopień trudności projektu określają dwie gwiazdki tylko ze względu na fakt, że użytkownik we własnym zakresie ma wykonać obudowę, w szczególności zamontować w niej potencjometry obrotowe, a ewentualnie także suwakowe. W zależności od użytej obudowy i potencjometrów inna będzie płyta czołowa, którą należy zaprojektować samodzielnie. Takie samodzielnie zaprojektowanie obudowy, a w szczególności płyty czołowej miksera daje możliwość wykazania się inwencją i stworzenia urządzenia wyróżniającego się od innych, w tym fabrycznych. Wygląd płyty czołowej ma szczególne znaczenie właśnie w przypadku dyskotekowego miksera audio.

W praktyce właśnie prace mechaniczne okazały się najbardziej czasochłonne i wymagające znacznych umiejętności, uwagi i cierpliwości. Od tego zależy nie tylko estetyka, ale też trwałość i praktyczna użyteczność, a także podatność na zewnętrzne zakłócenia. Natomiast wykonanie i uruchomienie opisanego układu elektronicznego nie powinno sprawić kłopotów nawet mało zaawansowanemu. Moduł prawidłowo zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania i od razu powinien pracować poprawnie – stopień trudności wykonania i uruchomienia części elektronicznej zasługuje na jedną gwiazdkę.

Przy okazji trzeba jasno stwierdzić, że samodzielna budowa niektórych urządzeń dyskotekowych po prostu nie ma sensu. Dotyczy to przede wszystkim urządzeń mających skomplikowaną budowę mechaniczną. W takich przypadkach próba zaprojektowania

i wykonania w warunkach domowych części mechanicznej mija się z celem, bo efekt będzie zupełnie niewspółmierny do nakładu pracy i kosztów. Sprawy mechaniki to jedno, a z punktu widzenia Redakcji EdW drugą poważną kwestią są sprawy bezpieczeństwa. Problem w tym, że o projekty „dyskotekowe” upominają się głównie najmłodszy Czytelnicy. Chcieliby oni najpierw samodzielnie zbudować, a potem używać na prywatnych i większych dyskotekach sprzęt, w którym występują groźne dla życia i zdrowia napięcia. Tymczasem jest więcej niż pewne, że 14- czy 15-latek nie jest w stanie wykonać urządzenia spełniającego wszystkie warunki bezpieczeństwa.

Podane dwa względy sprawiają, iż rzeczywiście w EdW pojawiają się niewiele projektów typowych urządzeń „dyskotekowych”. Może się to niedługo zmienić, ponieważ jedno z planowanych zadań Szkoły Konstruktorów dotyczyć będzie rozwiązania wspomnianych problemów.

## Opis układu

Rysunek 1 pokazuje schemat blokowy miksera. Jak widać, zawiera on dwa kanały stereofoniczne dla źródeł sygnału muzycznego i jeden monofoniczny kanał mikrofonowy, który zazwyczaj będzie wykorzystywany dla mikrofonu DJ-a, ewentualnie przy zabawie karaoke.

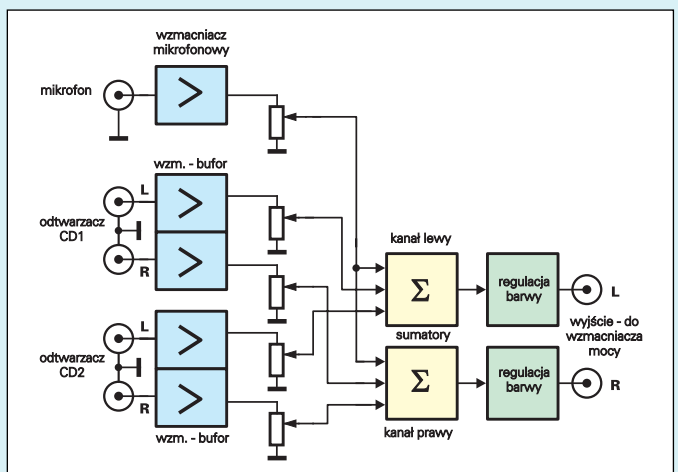
Podstawowy schemat ideowy miksera

pokazany jest na **rysunku 2**. Układ jest zasilany pojedynczym napięciem stabilizowanym 9...15V. Ze względu na mały pobór prądu z powodzeniem można też zasilac układ z baterii.

Jak wiadomo, główną zimą w układach audio jest przydźwięk sieci, mający źródło w magnetycznym polu rozproszenia transformatora sieciowego. Aby skutecznie pozbyć się tego problemu, układ powinien być zasilany ze stabilizowanego zasilacza wtyczkowego (typowo 12V). Masą jest ujemny biegun zasilania – punkt O. Aby zapewnić poprawną pracę wzmacniaczy operacyjnych przy pracy ze zmiennymi sygnałami audio wykorzystany jest obwód sztucznej masy z elementami R5, R6, C5, a wszystkie wejścia i wyjścia są separowane kondensatorami.

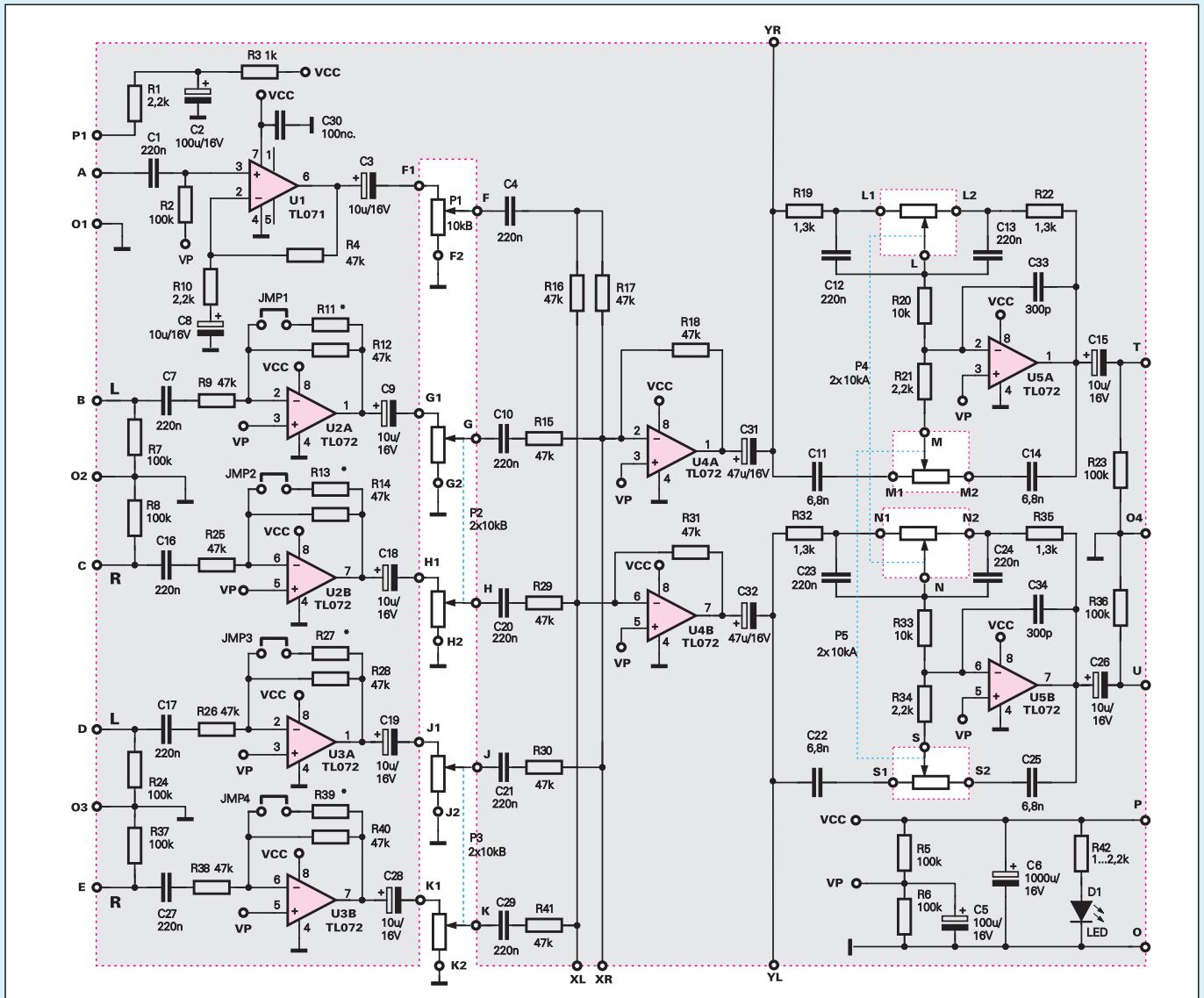
W układzie zastosowano cieszące się od lat dobrą opinią niskoszumne, szybkie wzmacniacze operacyjne TL072 i TL071. Zamiast podwójnych TL072 można zastosować

Rys. 1



TL082, ale wykorzystanie LM358 lub TL062 byłoby błędem. Można wykorzystać niskoszumne NE5532 lub LM833, ale przy dużych poziomach sygnałów nie będą one mieć istotnych zalet w stosunku do TL072. Pojedynczy układ U1 pracuje jako uniwersalny wzmacniacz mikrofonowy. Dodatkowy obwód zasilania umożliwia pracę także z mikrofonami elektretowymi dwu- i trzykondensatorowymi według **rysunku 3**. Wzmocnienie wyznaczone jest przez stosunek rezystancji R4/R10. Przy wartościach 47kΩ i 2,2kΩ wzmocnienie wynosi ok. 22x (27dB) i okaże się odpowiednie do współpracy z typowymi mikrofonami elektretowymi. Przy współpracy z mikrofonem dynamicznym, który daje znacznie mniejszy sygnał, należy zwiększyć wzmocnienie przez zmianę stosunku R4/R10. Wartość R4 można śmiało zwiększać nawet do 220kΩ, a R10 zmniejszać nawet do 330Ω, przy czym stosunek R4/R10 (wyznaczający wzmocnienie wypadkowe) nie powinien być większy niż 150.

Rys. 2

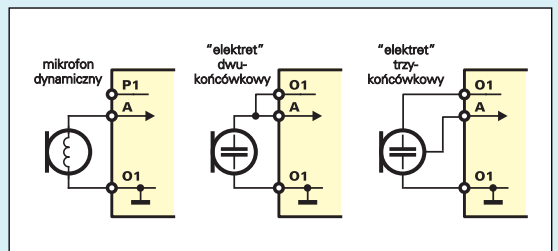


Układy U2, U3 pracują jako dwa stereofoniczne tory dla sygnałów liniowych. Mają one wzmocnienie równe 1x (0dB). W typowych zastosowaniach na punkty B, C oraz D, E podane zostaną sygnały z wyjść dwóch odtwarzaczy CD. Odtwarzacze takie dają duży sygnał i nie ma potrzeby zwiększać wzmocnienia torów w mikserze. W układzie przewidziano jednak rezystory R11, R13, R27, R39 oraz jumpery JMP1...JMP4, które pozwolą skokowo zmieniać wzmocnienie. Elementy te w wersji podstawowej nie są potrzebne. Przewidziano je na wszelki wypadek do współpracy z innymi źródłami sygnału.

Dwa wzmacniacze z kostki U4 pracują w roli klasycznego sumatora sygnałów zmiennych. Wzmacniacze kostki U5 pracują w typowych dwupunktowych regulatorach barwy dźwięku. Kondensatory C33, C34 zostały dodane na wszelki wypadek (w pierwotnym modelu nie były

przewidziane). Nie są niezbędne – obcinają one składowe o najwyższych, ponadakustycznych częstotliwościach. Zmniejszają przez to wrażliwość na zakłócenia i ewentualne związane z nimi szumy. Po testach modelu zostały też dodane kondensatory C31, C32. Bez nich przy regulacji potencjometru P4 zmienia się nieco napięcie stałe na wyjściach wzmacniaczy U5A, U5B, co jest konsekwencją wzmocnienia napięcia niezrównoważenia. W wersji podstawowej kondensatorów C31, C32 można nie montować (zastąpić zworą). Koniecznie

Rys. 3



należy je montować jedynie gdyby zastosowane wzmacniacze operacyjne miały znaczne napięcia niezrównoważenia i gdyby przy regulacji niskich tonów występowało dziwne „plywanie” dźwięku.

Na rysunku 2 podano przykładowe wartości elementów wyznaczających charakterystyki częstotliwościowe. W takim układzie uzyskuje się regulację  $\pm 13\text{dB}$  dla częstotliwości 100Hz oraz  $\pm 15\text{dB}$  dla częstotliwości 10kHz. Wartości elementów R19, R22, R32, R35, C12, C13, C23, C24, R21, R34, C11, C14, C22, C25 można zmieniać we własnym zakresie, by uzyskać inne charakterystyki regulacji.

Obwody regulacji barwy dźwięku można też zmodyfikować. W modelu pokazanym na fotografii zastosowano nieco inny układ, widniejący na **rysunku 4**. Elementy można włutować w miejsce tych przewidzianych w układzie z rysunku 2 i na płytce. Przy podanych wartościach elementów uzyskuje się szeroki zakres regulacji:  $\pm 15\text{dB}$  przy częstotliwości 100Hz oraz 16dB przy 10kHz. Przy wartości elementów C12, C13 = 330nF oraz  $C_k = 3,3\text{nF}$  zakresy regulacji wynoszą około  $\pm 12\text{dB}$ .

Pomiary wykazały, że przy zasilaniu napięciem 12,0V i ustawieniu regulatorów barwy dźwięku w środkowym położeniu, układ z powodzeniem radzi sobie z sygnałami na wejściach liniowych o wartości do 6Vpp, co dla sinusoidy daje 2,2Vsk. Przy podbiciu sygnałów niskich lub wysokich na wyjściu można uzyskać nieznieszczone sygnały o amplitudach do 8Vpp, co dla sinusoidy daje ponad 2,8Vsk. Wskazuje to, że układ może być też zasilany napięciem 9V, ponieważ poziomy potrzebne dla wzmacniacza mocy nie przekraczają 2,2Vpp (0,775Vsk). Tory liniowe mają pasmo przenoszenia 22Hz...90kHz (-3dB), a tor mikrofonowy 30Hz...63kHz (-3dB). Zniekształcenia harmoniczne są mniejsze od 0,1%.

## Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce pokazanej na **rysunku 5**.

Przewidując (na podstawie wcześniejszych doświadczeń Działu Serwisu), że tego typu układ będzie się cieszyć dużym zainteresowaniem osób mających małe doświadczenie w zakresie montażu, na płytce powiększone zostały punkty lutownicze, co zwiększa ich odporność na nieprawidłowe lutowanie (przegrzanie). Montaż nie powinien sprawić trudności. Należy tylko zwracać baczną uwagę, by nie pomylić elementów i nie włutować odwrotnie „elektrolitów” lub układów scalonych. W wersji podstawowej nie należy montować jumperów JMP1...JMP4 i rezystorów R11, R13, R27, R39.

Potencjometry należy włutować za pomocą przewodów. Nie muszą to być przewody ekranowane. Czym jednak dłuższe

będą te przewody, tym układ będzie bardziej wrażliwy na zewnętrzne zakłócenia – długie wewnętrzne przewody sygnałowe to zawsze błąd. W związku z tym warto najpierw wykonać płytę czołową, zamocować potencjometry, a potem **dołączyć potencjometry możliwie krótkimi przewodami** tak, żeby zapewnić dostęp do elementów płytki w razie konieczności ich wlotowania.

Praktyka pokazuje, że dobrym pomysłem jest mocowanie płytki drukowanej właśnie do płyty czołowej, w której montowane są potencjometry – pozwala to stworzyć zwartą konstrukcję z przewodami o rozsądnej długości. Wtedy byłoby jeszcze lepiej, gdyby większość lub wszystkie gniazda też zostały zamocowane do płyty czołowej.

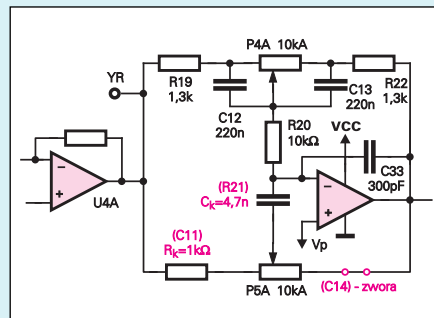
Na rynku dostępnych jest wiele stosownych obudów. Układ można umieścić w obudowie z tworzywa sztucznego. W zasadzie zastosowanie obudowy metalowej byłoby korzystniejsze ze względu na dodatkowe ekranowanie, zmniejszające wpływ zewnętrznych zakłóceń. Metalową obudowę trzeba obowiązkowo dołączyć do masy układu – do punktu O.

W praktyce okazuje się, że obróbka metalowej obudowy jest dla przeciętnego elektronika zbyt trudna. O ile wywiercenie kilku-nastu otworów nie jest wielkim wyzwaniem, o tyle porządne wykonanie w blasze szczelin dla potencjometrów suwakowych na pewno nie jest łatwe. Znacznie łatwiejsza jest obróbka

obudowy z tworzywa sztucznego. Dla zmniejszenia ryzyka zakłóceń warto metalowe korpusy potencjometrów dołączyć do masy. Choć nie jest to konieczne, wewnątrz plastikowej obudowy warto wykleić folią aluminiową, która stanowić będzie ekran elektrostatyczny – taki ekran obowiązkowo należy połączyć z masą, w przeciwnym razie zamiast poprawić odporność na przydźwięk, może zwiększyć wrażliwość układu np. na zbliżenie ręki.

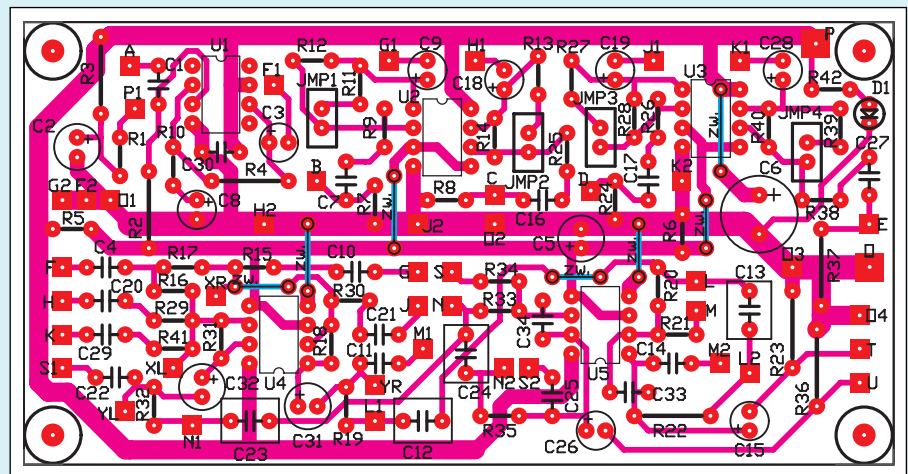
W roli gniazd wejściowych i wyjściowych należy zastosować gniazda RCA, zwane potocznie chinch (czincz). W handlu dostępne są różne wykonania takich gniazd – do opisywanego prostego miksera można wykorzystać jakiegokolwiek. Gniazdo mikrofonu zapewne będzie inne – np. typu duży Jack, zależnie od posiadanego mikrofonu i jego wtyku. Do zasilania należy wykorzystać gniazdo odpowiadające wtyczce posiadanego zasilacza wtyczkowego.

Sposób rozmieszczenia potencjometrów i gniazd jest dowolny. Nadruk płyty czołowej należy wykonać we własnym zakresie. Z powodzeniem można wykorzystać wydruk z kolorowej drukarki na papierze samoprzylepnym (dla zapewnienia trwałości polakierowany lub zabezpieczony folią klejącą). Pozwoli to uzyskać pożądany, niepowtarzalny wygląd miksera, co będzie dla wykonawcy dodatkowym powodem do dumy. Z tego względu również pokręta (gałki) nie wchodzi w skład zestawu AVT-2710, a użytkownik może zastosować dowolne według swego uznania. Zestaw AVT-2710 zawiera obrotno potencjometry P1, P2 i P3 (wykładnicze) oraz P4, P5 (liniowe). Wiele Czytelników zechce zastosować suwakowe potencjometry P2, P3 (należy je zakupić oddzielnie) i wtedy warto dodatkowo zabezpieczyć je przed kurzem. Można to zrobić, przyklejając do wewnętrznej strony płyty czołowej przecięte kawałki grubej, niestrzępiącej się tkaniny, by uszczelnić w ten sposób szczeliny, w których poruszają się suwaki.



Rys. 4

Rys. 5



**Uwaga!** Poszczególni wytwórcy odmiennie oznaczają charakterystyki potencjometrów. Na przykład krajowe potencjometry o charakterystyce liniowej „od zawsze” oznaczane były literą A, wykładnicze do regulacji głośności – literą B, a dużo mniej popularne i rzadko stosowane logarytmiczne – literą C. Potocznie wykładnicze potencjometry do regulacji głośności nazywa się nieścisłe logarytmicznymi – przy zakupie nie warto dyskutować ze sprzedawcą, jeśli twierdzi on, że jest to potencjometr głośności. Zresztą ma to znaczenie tylko w przypadku potencjometrów obrotowych – nieliniowy potencjometr suwakowy pozwala uzyskać zarówno charakterystykę logarytmiczną, jak i wykładniczą, przez odwrócenie go o 180 stopni – na ten szczegół koniecznie trzeba zwrócić uwagę przy podłączaniu nieliniowych „suwaków” P2, P3. Produkowane były też specjalne podwójne potencjometry do balansu – wersje krajowe miały charakterystykę oznaczoną M+N. Tymczasem niektóre zagraniczne potencjometry o charakterystyce oznaczonej literą A mają charakterystykę wykładniczą, a te z literą B – liniową. Dlatego w każdym wypadku należy się upewnić, jaka jest rzeczywista charakterystyka. Charakterystykę liniową od wykładniczej można też łatwo odróżnić za pomocą omomierza – potencjometr liniowy w środkowym położeniu suwaka ma równą rezystancję między

wyprowadzeniem suwaka a wyprowadzeniami skrajnymi.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien od razu pracować. Ewentualne błędy spowodowane będą pomyłkami w umieszczeniu elementów oraz zvarciami. W razie błędów należy przede wszystkim sprawdzić napięcie obwodu sztucznej masy – powinno być równe połowie napięcia zasilania, czyli 6V przy zasilaniu napięciem 12V. Takie musi być napięcie na kondensatorze C5 oraz na nóżkach 3, 5 wszystkich podwójnych wzmacniaczy operacyjnych (U2A, U2B, U3A, U3B, U4A, U4B, U5A, U5B). Takie same napięcie powinno też występować na wyjściach wszystkich wymienionych wzmacniaczy operacyjnych (nóżki 1, 7) oraz na wyjściu wzmacniacza mikrofonowego U1 (nóżka 6).

## Możliwości zmian

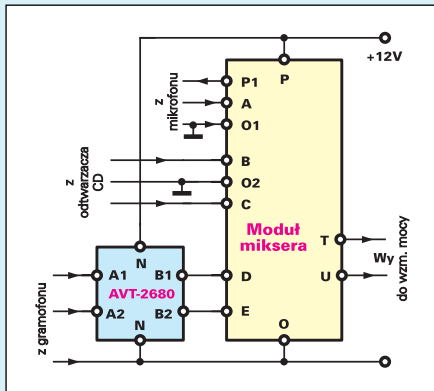
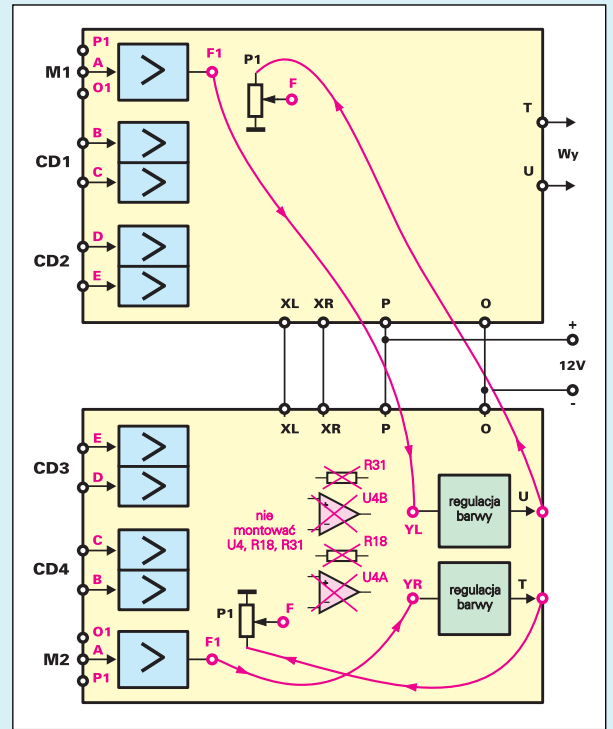
W wersji standardowej elementy JMP1... JMP4, R11, R13, R27, R39 nie są montowane i wzmacnienie torów liniowych, wyznaczone przez stosunek R12/R9, R14/R25, itd., wynosi 1x (0dB). Wzmocnienie torów liniowych można zwiększyć przez zwiększenie rezystancji R12, R14, R28, R40 do wartości 220kΩ, co da wzmacnienie około 4,7x (13,4dB). Jeśli potrzebne byłoby jeszcze większe wzmacnienie, można zwiększyć C7, C16, C17, C27 do 470nF i zmniejszyć R9, R25, R26, R38 do 22kΩ (lub 1uF,

10kΩ) - należy przy tym pamiętać, że obniży to też rezystancję wejściową do 18kΩ (9kΩ).

Maksymalne wzmacnienie sumatorów z układem U4 wynosi 1x (0dB). Gdyby było potrzebne większe wzmacnienie, można zwiększyć R18, R31 do wartości 220kΩ lub też zmniejszyć wartość R15, R29, R30, R41 do 22kΩ.

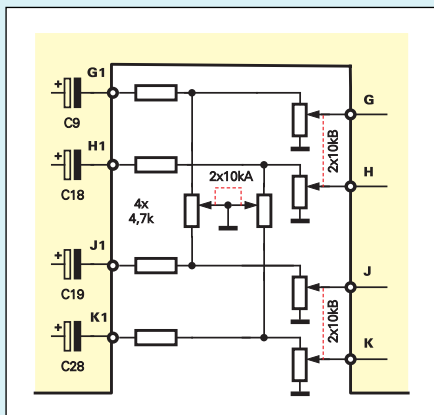
W związku z modą na czarne płyty analogowe, można bez trudu zapewnić możliwość współpracy miksera z gramofonem z wkładką magnetyczną. W tym celu wystarczy dodać przedwzmacniacz gramofonowy RIAA opisany w EdW 10/2003 (str. 14 rys. 3)

Rys. 8



Rys. 6

Rys. 7



## Wykaz elementów

### Rezystory

R1, R10, R21, R34	..... 2,2kΩ
R2, R5, R6, R23, R36	..... 100kΩ
R3	..... 1kΩ
R4	..... 47kΩ (10k...220k)
R7, R8, R24, R37	..... 100kΩ (100k...1M)
R9, R12, R14-R18, R25, R26, R28-R31, R38, R40, R41	... 47kΩ
R11, R13, R27, R39	..... * patrz tekst
R19, R22, R32, R35	..... 1,3kΩ
R20, R33	..... 10kΩ
R42	..... 2,2kΩ (1...3,3kΩ)
P1	..... 10kΩB (może być stereo, jak P2, P3)
P2, P3	..... 2x10kΩB (potencjometr stereo)
P4, P5	..... 2x10kΩA (potencjometr stereo liniowy)

### Kondensatory

C1, C4, C7, C10, C16, C17, C20, C21, C27, C29	... 220nF
-----------------------------------------------	-----------

C2, C5	..... 100μF/16V
C3, C8, C9, C15, C18, C19, C26, C28	..... 10μF/16V
C6	..... 1000μF/16V
C11, C14, C22, C25	..... 6,8nF
C12, C13, C23, C24	..... 220nF
C30	..... 100nF ceramiczny
C31, C32	..... 47μF/16V
C33, C34	..... 300pF

### Półprzewodniki

D1	..... LED
U1	..... TL071
U2-U5	..... TL072

### Pozostałe

JMP1-JMP4	..... JMP2
-----------	------------

Uwaga! Zasilacz, obudowa, gniazda sygnałowe i pokrętła potencjometrów nie wchodzi w skład zestawu AVT-2710 i należy je zakupić oddzielnie.

Komplet podzespołów z płytą jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2710

w wersji zasilanej napięciem pojedynczym, według **rysunku 6**.

Układ z rysunku 2 to funkcjonalny i kompletny, niemniej bardzo prosty mikser audio. Kto chciałby dodać doń modny regulator, tak zwany *crossfader*, pozwalający jednym potencjometrem suwakowym płynnie przełączać sygnał z dwóch źródeł. Układ *crossfadera* działa podobnie jak znany z klasycznych mikserów audio obwód panoramy, tylko zamiast dzielić sygnał monofonicznego źródła między oba kanały stereo, płynnie wycisza on jeden z sygnałów. Obwód ten można zrealizować rozmaicie – **rysunek 7** pokazuje prosty przykład. Ponieważ regulacja dotyczy dwóch kanałów stereofonicznych, potrzebny jest **podwójny (stereo) potencjometr suwakowy o charakterystyce liniowej**. Nie ma to więc być popularny suwak-fader do regulacji głośności danego kanału, który ma charakterystykę wykładniczą. Dodane cztery jednakowe rezystory mogą mieć wartość 2,2...10k $\Omega$  - wartość ma pewien wpływ na charakterystykę regulacji. Wprowadzone w ten sposób dodatkowe tłumienie można skompensować, zwiększając

wzmocnienie sumatora (przez zwiększenie R18, R31).

Opisany układ to kompletny prosty mikser dwukanałowy. Można łatwo zwiększyć liczbę kanałów do 4 stereofonicznych i dwóch mikrofonowych z niezależną regulacją barwy dźwięku obu mikrofonów. Trzeba w tym celu wykorzystać dwa opisane układy połączone według **rysunku 8**. W jednym należy zmontować wszystko według wcześniejszego opisu. W drugim nie należy montować wzmacniacza U4 i rezystorów R18, R31. Koniecznie trzeba połączyć punkty oznaczone XL, XR obu płytek. Regulatory barwy tego drugiego modułu będą pracować w torach mikrofonowych, więc należy tam zastosować cztery pojedyncze potencjometry 10kA, pozwalające na niezależną regulację barwy obu mikrofonów.

Rysunek 8 pokazuje, że poszczególne obwody można wykorzystywać niezależnie i w różny sposób – można dzięki temu na bazie opisanego modułu budować jeszcze bardziej rozbudowane miksery.

Piotr Górecki