

APLIKACJE UKŁADÓW LM 3914/5/6 część 1

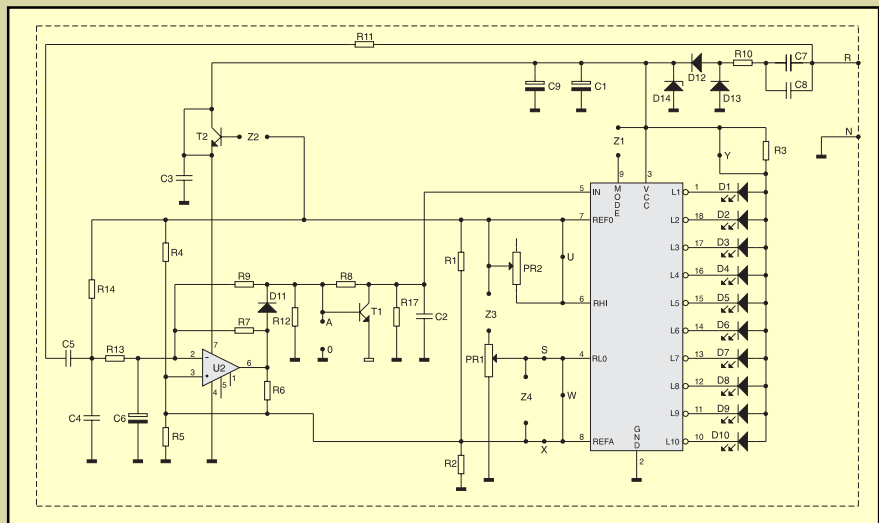


Przedstawiamy wielofunkcyjną płytkę drukowaną PW02, na której można zmontować wiele ciekawych układów, takich jak: monitor stanu akumulatora samochodowego, miernikysterowania (VU-metr), prosty woltomierz, amperomierz, miernik siły wiatru, monitor napięcia sieci energetycznej, miernikrefleksu, miernik mocy, prosty sonometr, oryginalną iluminofonię, sterowanie reklamy świetlnej, obrotomierz samochodowy, termometr. W tym artykule przedstawiamy dwa pożyteczne urządzenia:

- monitor stanu akumulatora samochodowego,
 - wskaźnikysterowania (VU-metr).
- Oczywiście, płytka PW-02, jak też układy scalone są dostępne w ofercie handlowej AVT.

Wspólną cechą wszystkich urządzeń montowanych na tej płytce jest obecność kostki sterującej LM3914, 3915 lub 3916 oraz linijki świetlnej zbudowanej z dziesięciu diod LED.

Ponieważ płytka jest przeznaczona do różnych układów, przewidziano na niej miejsce dla licznych elementów, z których tylko niektóre będą montowane w danym przypadku. **Rysunek 1** przedstawia wygląd naszej płytki. Natomiast układ połączeń i wszystkie elementy, jakie mogą być



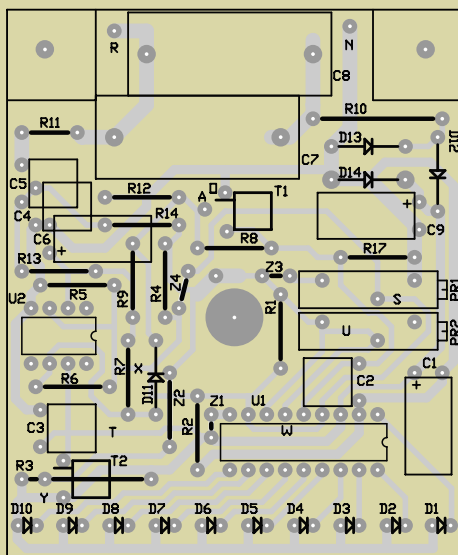
Rys. 2. Pełny schemat elektryczny dla płytki PW-02.

zamontowane pokazane są na schemacie na **rysunku 2**. Jak widać ze schematu, zmontowanie wszystkich pokazanych elementów nie miałyby sensu, dlatego przy poszczególnych urządzeniach będziemy

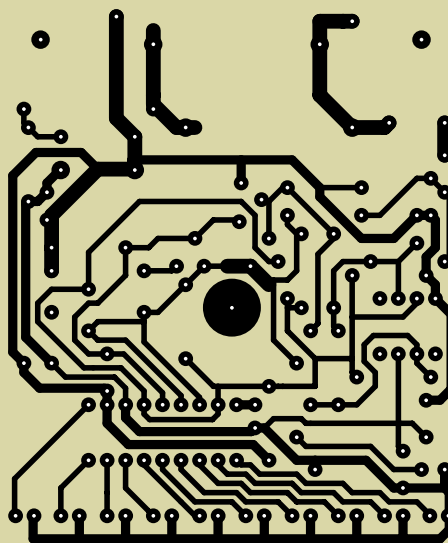
zamieszczać dodatkowe rysunki i fotografie płytki ułatwiające montaż, pokazujące tylko użyte aktualnie podzespoły.

Przed zapoznaniem się z treścią artykułu proponujemy zajrzeć do ramki zawierającej zwięzły opis podstawowych właściwości układów LM3914-3916. Spośród różnych układów scalonych przeznaczonych do sterowania linijką diod LED te są najbardziej uniwersalne. Materiał zawarty w ramce nie przedstawia wszystkich właściwości kostek i możliwości ich stosowania, na przykład do sterowania wskaźników fluorescencyjnych, LCD, lub do budowy wskaźników o większej liczbie diod. Zainteresowanych odsyłamy do katalogu, ponadto w jednym z najbliższych numerów siostrzanej Elektroniki Praktycznej podamy szereg dalszych informacji na temat tych kostek. Jesteśmy pewni, że nasi Czytelnicy będą ich często używać i znajdą dla nich wiele ciekawych zastosowań.

Przystępujemy teraz do opisu wykonanych urządzeń.



Rys. 1. Wygląd płytki.

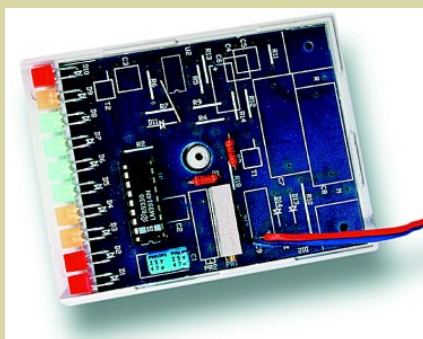


1. Monitor stanu akumulatora samochodowego

W literaturze pojawiło się wiele rozwiązań wskaźników napięcia akumulatora. Duża część z nich to układy zawierające dwie lub trzy diody LED informujące, czy napięcie jest właściwe, za małe, czy może za wysokie. Niestety, takie informacje mają małą przydatność praktyczną, ponieważ akumulator akumulatorowi nie równy, a i różne źródła podają odmienne napięcia progowe.

Akumulatory samochodowe mają stosunkowo niewielką żywotność, niekiedy tylko dwa, trzy lata. W tym czasie zmieniają się ich parametry, nie tylko napięcie, ale przede wszystkim rezystancja wewnętrzna. Informacji o rzeczywistym stanie akumulatora dostarczy więc nie tyle napięcie, co raczej obserwacja przez dłuższy okres czasu zmian napięcia w różnych warunkach pracy. Nasz wskaźnik dostarczy nader istotnej informacji, mianowicie o ile spada napięcie podczas rozruchu. Jego wskazanie będzie też informować o pracy alternatora i regulatora ładowania.

Systematyczne niedoładowanie, podobnie jak przeładowanie, nie jest zdrowe dla akumulatora. Nasz prosty przyrząd okaże się rzeczywiście pożyteczny, trzeba jednak zapoznać się z nim przez pewien



Fot. 1. Gotowy monitor.



okres czasu, żeby dobrze zinterpretować jego wskazania.

Nasz monitor ma rozdzielczość dużo lepszą niż większość popularnych wskaźników - pokazuje napięcie akumulatora w zakresie 10...15V z dokładnością 0,5V. W modelu zastosowano różnobarwne diody wskazujące swoim kolorem stan akumulatora. Kolorami diod modelu nie należy się nadmiernie przejmować, ponieważ w różnych samochodach i akumulatorach progi "dobry", "zły" mogą się nieco różnić. Jednak ogólne zasady są takie same: nie należy przekraczać napięcia ładowania 14,4V, natomiast napięcie poniżej 11V niechybnie wskazuje na rozładowanie akumulatora.

Schemat ideowy monitora pokazano na rysunku 3, sposób montażu elementów na rysunku 4, a na fotografii 1 można zobaczyć gotowy model.

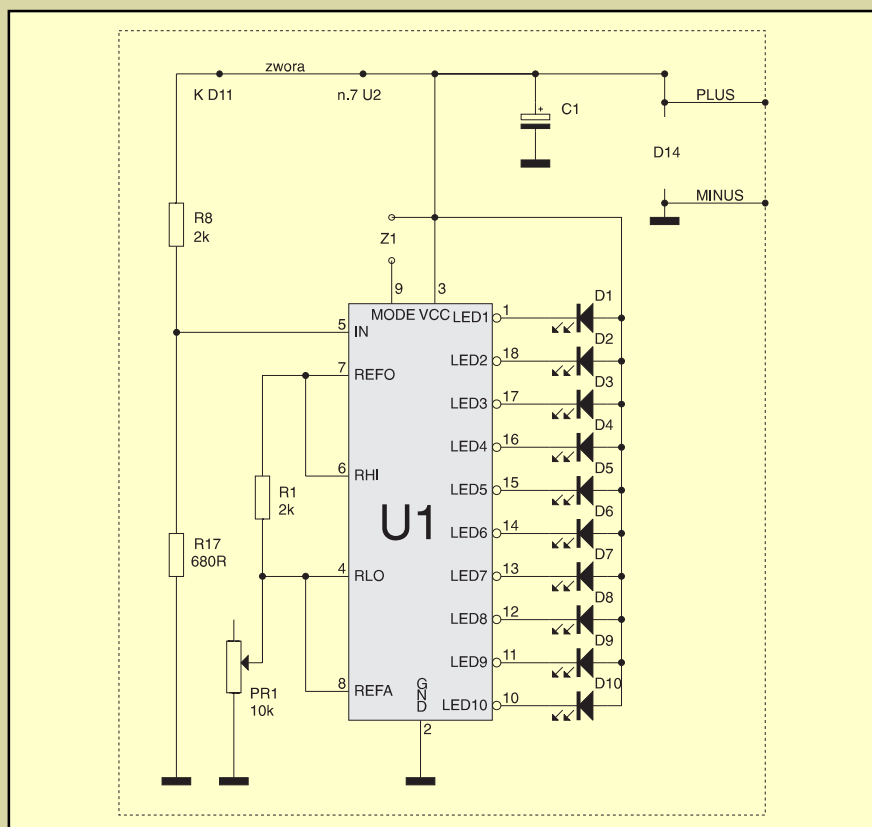
Na schemacie zastosowano taką samą numerację elementów jak na rysunku 2, a to dla ułatwienia montażu. Choć numeracja użytych elementów nie jest ciągła, nie będzie wątpliwości, w którym miejscu należy włutować dany element.

Dla uzyskania liniowej skali zastosowano kostkę LM3914.

Zdecydowano się na wyświetlanie punktowe, nóżka 9 pozostaje więc niepodłączona.

Jak widać na rysunku 3, wewnętrzną drabinkę rezystorową (nóżki 4,6) dołączono do napięcia 1,28V występującego zawsze między nóżkami 7 i 8. Zgodnie z zasadami podanymi w ramce, przy zmianie napięcia akumulatora od 10,5V do 15V zmiany napięcia na wejściu (nóżka 5) mają wynosić 1,28V. Przy napięciu poniżej 10,5V nie będzie więc świecić żadna dioda, w zakresie 10,5...14,5 będzie świecić jedna z dziewięciu diod D1 - D9, dla napięć powyżej 15V - ostatnia dioda D10 świadcząca o zbyt dużym prądzie ładowania albo o nadmiernym wzroście rezystancji wewnętrznej akumulatora.

Dla uzyskania takich wskazań zastosowano dzielnik napięcia (R8, R17) o takim stopniu podziału, żeby przy napięciu akumulatora równym 10V napięcie na wejściu układu scalonego (nóżka 5) wynosiło 2,56V, a przy 15V - 3,84V, takie bowiem napięcia występują na nóżkach 7 i 8. Zastosowano rezystory R8 = 2k Ω i R17 = 680 Ω . Nie ma tu potrzeby stosowania rezystorów o wąskiej tolerancji, wystarczą standardowe rezystory 5-procentowe, ponieważ większość błędów zostanie wyeliminowana przy kalibracji. Równoległe połączenie rezystancji R1 z rezystancją wewnętrznej "drabinki" decyduje o prądzie diod świecących - w naszym układzie około 7mA. Wystarczy to dla współczesnych wysokosprawnych LEDów. W przypad-



Rys. 3. Schemat elektryczny monitora.

C
M
Y
K

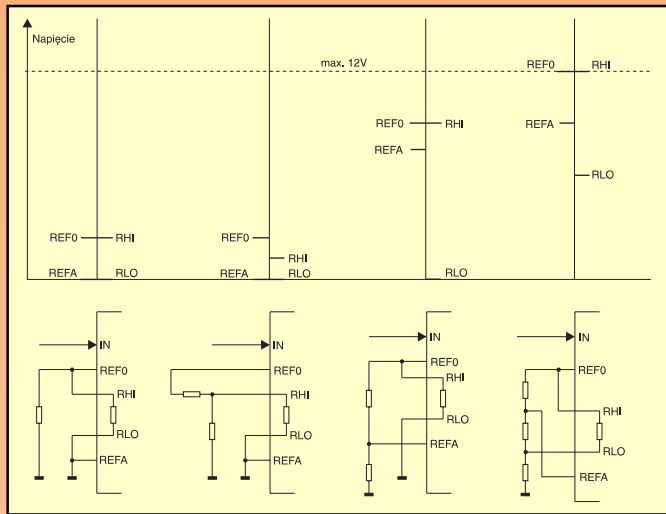
Układy LM3914, LM3915, LM3916

Przeznaczone są do sterowania linijką dziesięciu diod LED. Ich podstawowymi zaletami są: bardzo prosta aplikacja, obecność wbudowanego źródła napięcia wzorcowego (odniesienia), znikomo mały prąd wejściowy, łatwość łączenia kilku układów dla uzyskania linijki 20 i 30-diodowej, wyświetlanie linijki lub biegającego punktu oraz szeroki zakres napięć zasilania wynoszący 3...25V.

Wszystkie trzy kostki mają jednakową budowę wewnętrzną, różnią się tylko wartościami rezystorów wewnętrznego dzielnika - drabinki. LM3914 ma rezystory o jednakowej wartości - jest to więc wskaźnik liniowy, LM3915 to wskaźnik logarytmiczny o zakresie -27dB...0dB co 3dB - następna dioda zapala się gdy napięcie wejściowe wzrośnie o 3dB czyli 1,41 razy. Kostka LM3916 przeznaczona jest do typowych wskaźnikówysterowania, VU-metrów; progi zapalania poszczególnych diod wynoszą: -20dB, -10dB, -7dB, -5dB, -3dB, -1dB, 0dB, +1dB, +2dB, +3dB.

Rysunek A pokazuje uproszczony wewnętrzny schemat blokowy, a rysunek C numerację wyprowadzeń - widok z góry. Końcówka 9 decyduje o rodzaju pracy: gdy jest zwarta do plusa zasilania następuje wyświetlanie linijki świetlnej, gdy jest niepodłączona - wyświetlanie biegającego punktu.

Układ posiada wbudowane źródło napięcia wzorcowego, które działa podobnie jak popularny stabilizator LM317. Układ utrzymuje napięcie równe 1,28V między końcówkami 7 i 8 - nóżka 7 jest wyjściem, a nóżka 8 pozwala dobrać wartość napięcia wzorcowego w zakresie 1,28...12V przez zmianę wartości dwóch dołączonych rezystorów. Rysunek B pokazuje kilka możliwości połączenia obwodów napięcia odniesienia. Przy zwarceniu nóżki 8 do masy napięcie wzorcowe wynosi właśnie 1,28V. Ale uwaga! Nawet przy dołączeniu nóżki 8 do masy konieczne jest zastosowanie rezystora obciążenia, ponieważ układ jest tak pomysłowo zbudowany, że prąd diody LED zależy od prądu wypływającego z końcówki 7 (I_{LED} jest dziesięciokrotnie większy od prądu wypływającego z końcówki 7)! Dla uzyskania prądu diod LED około 10mA należy między końcówkami 7 i 8 włączyć rezystancję równą 1,2...1,3kΩ (uwaga! przy małych prądach trzeba



Rys. B.

ulegnie uszkodzeniu nawet przy napięciu ±35V.

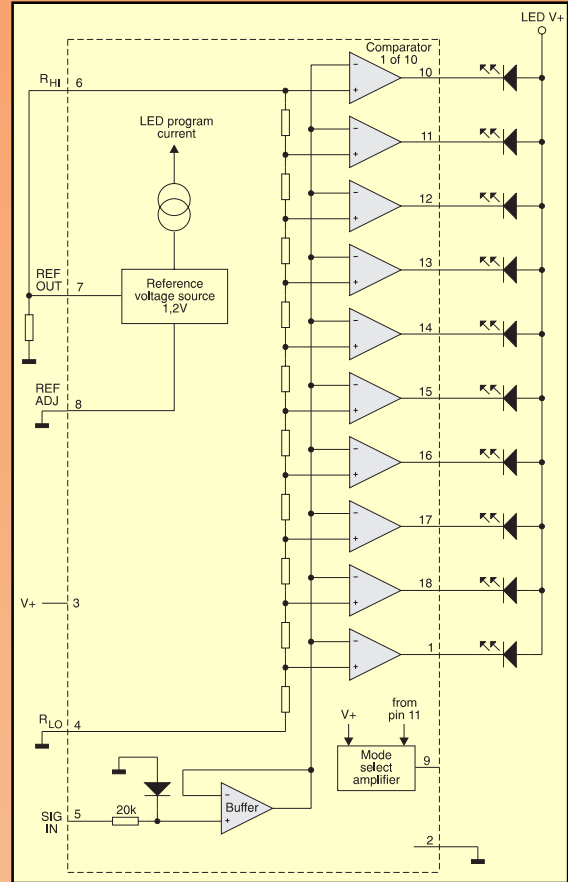
Jeśli napięcie wejściowe jest mniejsze (lub równe) od napięcia na "dolnym" punkcie dzielnika (czyli na nóżce 4) to nie świeci żadna dioda, gdy jest większe niż napięcie na "górnym" końcu dzielnika (na nóżce 6), świeci ostatnia dioda (w "linijkowym" trybie pracy - wszystkie).

Dla poprawnej pracy układu, napięcia podawane na końcówkę 6 oraz napięcie wejściowe powinno być co najmniej o 1,5V mniejsze od dodatniego napięcia zasilającego. Napięcie na "dolnym" końcu dzielnika wcale nie musi być przy tym równe 0. W praktyce napięcia robocze na końcówkach 4, 6 mogą być dowolnie dobrane według potrzeb w zakresie 0...12V. Katalog nie podaje jednak jakie może być najniższe napięcie na dzielniku (między nóżkami 6 i 4). Z podanej wartości wzmocnienia (I_{LED}/V_{IN} - typ 8mA/mV, min 3mA/mV) wynika jednak, że może ono być małe, rzędu kilkuset, a nawet kilkudziesięciu mV.

Najważniejsze parametry rodziny 391X:

- Napięcie zasilające: 3...25V
- Prąd zasilania (bez diod LED): 2...6mA
- Prąd diody LED: około $10 \times I_L$ - 1...30mA
- Prąd wejściowy (końcówka 5): typ 25nA, max 0,1µA
- Napięcie odniesienia (U_{7-8}): typ 1,28V (1,2...1,34V)
- Stabilność temperaturowa (0...+70°C): typ 1%
- Prąd końcówki 8: typ 75µA, max 120µA

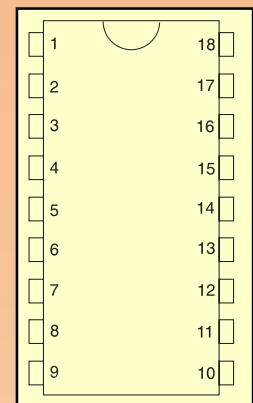
Kostki posiadają też szereg innych cech pozwalających uzyskać wskaźniki o dodatkowych, cennych właściwościach. Omówienie tego tematu wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu. Zainteresowanych odsyłamy do katalogu; wspomniane cechy zostaną też w najbliższym czasie omówione w siostrzanym czasopiśmie Elektronika Praktyczna.



Rys. A

też uwzględnić rezystancję wewnętrznego dzielnika wynoszącą w zależności od typu kostki kilka do kilkudziesięciu kiloomów, która też jest dołączana do źródła napięcia wzorcowego). Z kolei przy większych prądach oraz w trybie "linijki" należy zapobiec przekroczeniu mocy strat kostki (1,36W) przez zasilanie diod LED z oddzielnego niższego napięcia lub przez zastosowanie rezystora lub diody Zenera włączonych w obwód zasilania diod.

Wejście sygnałowe (nóżka 5) dzięki wbudowanemu zabezpieczeniu nie



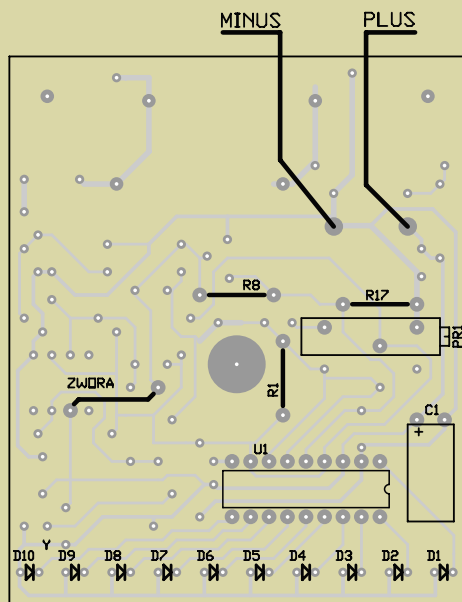
Rys. C.

ku zastosowania mało wydajnych diod należy zwiększyć prąd dodając między nóżkę 7 a masę rezystor o wartości rzędu 1,5...3kΩ.

Jeśli natomiast ktoś chciałby regulować jasność diod w szerokim zakresie, na przykład żeby dostosować ich jasność do oświetlenia zewnętrznego, mo-

że zwiększyć wartości R1 do 20kΩ i PR1 do 100kΩ oraz włączyć między nóżkę 7 a masę połączone szeregowo rezystor ograniczający 1,5kΩ i potencjometr o rezystancji 47...100kΩ. Zamiast potencjometru można spróbować włączyć na przykład fotorezystor lub fotodiodę, wtedy jasność świecenia diod

będzie automatycznie zmieniana zależnie od oświetlenia zewnętrznego. Choć byłoby to pożyteczne na przykład w nocy, nie proponujemy tego w standardowej wersji, ponieważ płytki jest przeznaczona do umieszczenia w typowej plastikowej obudowie od cartridge'a i nie ma tam dobrego miejsca na umieszczenie fotorezystora.



Rys. 4. Schemat montażowy monitora.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu jest bardzo prosty. Najpierw należy wlutować rezystory, kondensator i podstawkę pod układ scalony.

Konieczne jest też wykonanie kawałkiem drutu jednej zwory między dwoma punktami: otworami na nóżkę 7 układu U2 i katodą diody D11. Chodzi o doprowadzenie plusa zasilania do rezystora R8.

Następnie należy równo wlutować diody świecące. Wymaga to nieco staranności. Wyprowadzenia powinny być zagięte w odległości 7mm od korpusu diody i później obcięte w odległości 6mm od miejsca zagięcia, tak jak pokazuje to rysunek 5. Przy gięciu konieczne trzeba zważać na biegunowość diody - jeśli wyprowadzenia zagięte będą w niewłaściwą stronę, po wlutowaniu dioda nie będzie świecić. Dlatego po wykrepowaniu i obcięciu diod należy sprawdzić czy wszystkie diody świecą przy połączeniu jak na rysunku 6.

Przy krępowaniu i obcinaniu diod można wykorzystać "specjalizowane narzędzia" w postaci choćby pasków laminatu o szerokości 7mm i 6mm - pozwoli to jednokowo uformować wyprowadzenia wszystkich diod, aby po wlutowaniu tworzyły rów-

ny i prosty rząd.

Przewody doprowadzające zasilanie można wlutować w otwory niewykorzystanej diody D14, które specjalnie dla tego celu mają większą średnicę.

Po zmontowaniu wszystkich elementów należy dokładnie sprawdzić, czy przy lutowaniu nie powstały jakieś zwarcia, szczególnie między nóżkami podstawki pod układ scalony. Jeśli wszystko wygląda dobrze można włożyć układ scalony w podstawkę (wycięciem-kłuczem w stronę kondensatora C1) i podłączyć napięcie zasilające.

Układ trzeba wykalibrować za pomocą potencjometru montażowego PR1. Potrzebny jest do tego woltomierz i zasilacz o napięciu regulowanym w zakresie 10...15V. Kalibracja jest bardzo prosta: należy ustawić napięcie zasilacza

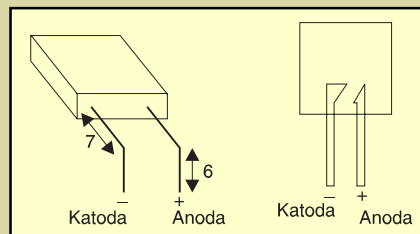
równe 15V i kręcąc potencjometrem PR1 uzyskać świecenie diody D9 i D10 (czyli ustawić wskazanie "na pograniczu"). Można też obyć się bez zasilacza - wystarczy jakiegokolwiek źródła napięcia 11...15V, choćby właśnie akumulator samochodowy. Należy zmierzyć napięcie akumulatora jakimś woltomierzem, a następnie pokręcając PR1 uzyskać świecenie odpowiedniej diody: D1 dla napięcia zasilającego równego 10,5...11V, D2 dla napięcia 11...11,5V itd co 0,5V.

Po tej prostej kalibracji układ jest gotowy do pracy i można go włożyć w obudowę.

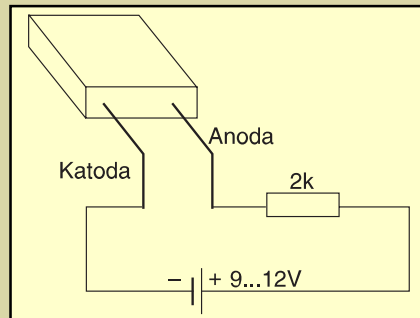
W jednej z połówek obudowy cartridge'a należy nożem wyciąć trzy istniejące wypusty, tak aby płytka oparła się o jej dno. W drugiej połówce należy przewiercić na wylot i powiększyć otwór w centralnym słupku. Ponadto trzeba jeszcze zrobić wycięcie - przepust na przewód zasilający.

Dla unieruchomienia płytki wewnątrz obudowy można do środka włożyć kawałek gąbki.

Ponieważ przy wzroście napięcia będą się kolejno zapalać diody D1 - D10, więc gotowy monitor trzeba tak zamocować, aby dioda D1 była umieszczona z lewej strony (albo na dole), a D10 z prawej (na



Rys. 5. Sposób krępowania diod LED.



Rys. 6. Sposób sprawdzenia diod świecących.

górze). Do mocowania urządzenia w samochodzie można wykorzystać kawałek dwustronnej taśmy samoprzylepnej, jaką można kupić w wielu sklepach z artykułami motoryzacyjnymi.

W jednym z kolejnych numerów planujemy przedstawić termometr mierzący temperaturę silnika i obrotomierz, wykonane z użyciem tej samej płytki drukowanej.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1,R8: 2kw
- R17: 680w
- PR1: 10kw helitrim

Kondensatory

- C1: 22...47µF/25V

Półprzewodniki

- D1-D10: diody LED prostokątne 2x5mm
- U1: LM3914

Inne

- * płytka drukowana PW-02
- * obudowa cartridge'a
- * przewód dwużyłowy 1mb

2. Wskaźnikysterowania (VU-metr)

Wskaźnikysterowania jest niezbędnym wyposażeniem każdego miksera, magnetofonu, często występuje we wzmacniaczach. W elektroakustyce bieżąca kontrola poziomu przetwarzanego sygnału jest bardzo ważna dla uniknięcia przesterowania i wiążących się z tym zniekształceń.

W literaturze opisano wiele wskaźnikówysterowania; proponowany dziś układ ma wiele istotnych zalet, bardzo łatwo go zmontować i swoimi parametrami przewyższa większość amatorskich opracowań.

Znajdzie on szereg zastosowań w konstruowanej aparaturze audio, może też słu-

żyć jako uzupełnienie posiadanych urządzeń.

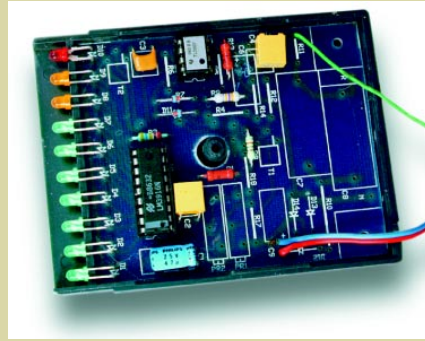
Temat wskaźnikówysterowania wcale nie jest tak prosty jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka. Nie sztuka zrobić układ z mrugającymi kolorowymi diodami. Niestety, często zapomina się o trzech

istotnych zagadnieniach:

- dokładności prostownika przy małych poziomach sygnału
- charakterystyce wskaźań (liniowa, logarytmiczna lub jeszcze inna)
- właściwościach dynamicznych (stałych czasowych narastania i opadania).

Podstawowymi cechami wyróżniającymi opisany dalej układ jest zastosowanie precyzyjnego prostownika liniowego oraz duża dokładność wskaźań w najbardziej krytycznym zakresie poziomu sygnału - "w okolicach" 0dB. We wskaźniku zastosowano bowiem układ LM3916, który przeznaczony jest specjalnie do takich celów.

Zastosowanie prostownika liniowego pozwala zachować dużą dokładność także przy



Fot. 2. kompletny VU-metr.

przy sinusoidalnym napięciu wejściowym o wartości skutecznej około 0,775V, a użyteczny zakres częstotliwości pracy sięga



Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy zawierający wszystkie użyte elementy pokazany jest na rysunku 8. Podczas montażu należy najpierw wlotować rezystory i wszystkie diody, następnie kondensatory i podstawki pod układy scalone. Przygotowanie, sprawdzenie i montaż diod świecących należy przeprowadzić według rysunków 5 i 6 oraz wskazówek podanych w pierwszej części artykułu.

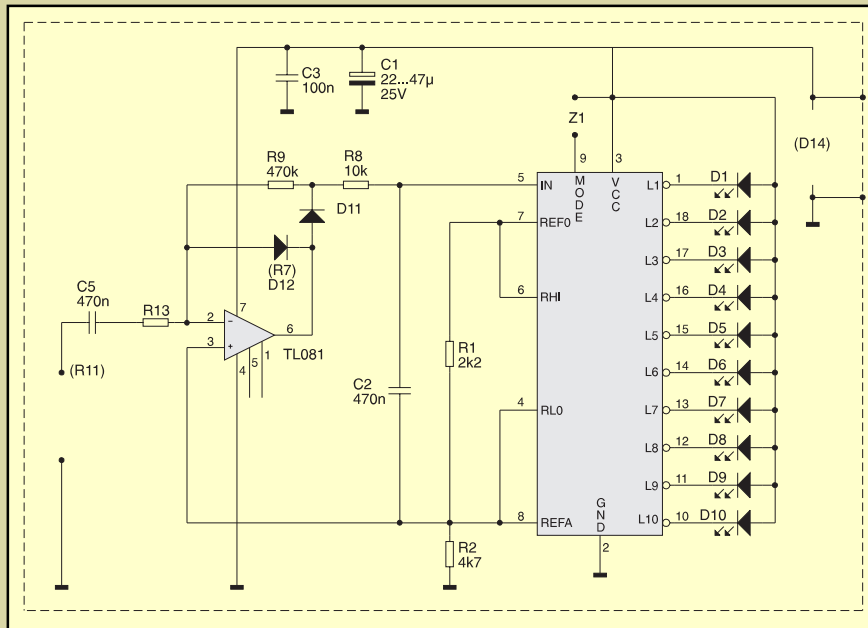
Po zmontowaniu wszystkich elementów i włożeniu układów w podstawki należy dokładnie sprawdzić poprawność montażu, w szczególności czy podczas lutowania nie powstały jakieś zwarcia.

Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania, od razu pracuje poprawnie.

Układ może być zasilany napięciem w granicach 9...25V. Pobór prądu przy wyświetlaniu punktowym wynosi około 10...12mA.

W zastosowaniach audio ładniej prezentuje się wskazanie w postaci linijki, a nie punktu - aby to uzyskać wystarczy wlotować zwróć Z1 przewodzianą obok układu U1.

Przy wyświetlaniu linijkowym zwiększa się znacznie pobór prądu i moc



Rys. 7. Schemat elektryczny wskaźnika wysterowania.

sygnałach wejściowych rzędu kilkudziesięciu...kilkuset mV, przy których najprostsze prostowniki okazują się nieprzydatne z uwagi na spadki napięcia na diodach.

Rysunek 7 pokazuje schemat ideowy przyrządu.

Wartości rezystorów R1 i R2 nie są krytyczne. Od rezystancji R1 zależy jasność świecenia diod, natomiast dzięki obecności R2, na nóżkach 4 i 8 układu U1 występuje napięcie rzędu 2,5...3V, które pełni funkcję "sztucznej masy" dla wzmacniacza operacyjnego U2. Analiza działania prostownika liniowego i praktyczne wskazówki dla konstruktorów zawarte są w ramce.

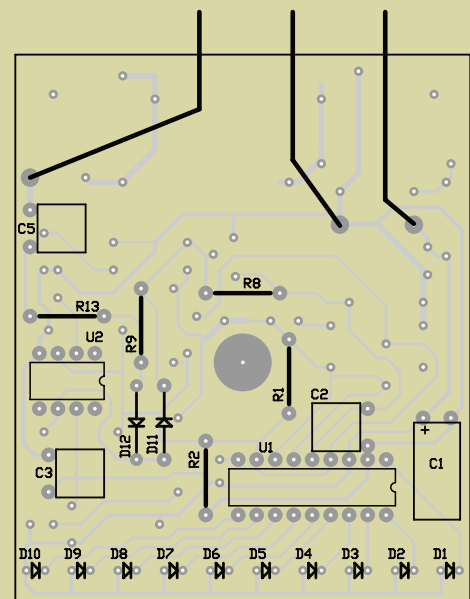
Charakterystyka dynamiczna wskaźnika została dostosowana do wskazówek podanych w tejże ramce - wskaźnik jest szybki, reaguje nawet na krótkie impulsy. Stała czasowa narastania wynosi tylko 5ms, a opadania około 250ms. Rezystancja wejściowa jest duża, równa rezystancji R13.

Przy wartościach elementów jak na schemacie uzyskuje się wskazanie 0dB

do 22kHz.

Wartości elementów R13, R9, R8, C2 można zmieniać w szerokich granicach według indywidualnych potrzeb.

Pasma przenoszenia zależy od typu zastosowanego wzmacniacza, jego wzmocnienia, a także od wartości rezystorów R13 i R9 - czym większe są te rezystancje, tym węższe pasmo. Jeśli wskaźnik miałby mieć dużo większą czułość (czyli wzmocnienie wynikające ze stosunku R9/R13), rzędu kilkudziesięciu miliwoltów, należałoby zastosować szybszy wzmacniacz, na przykład LF356 i dobrze by było zastosować mniejsze wartości rezystorów ($R9 < 100k\Omega$). Z konieczności należy wtedy zmniejszyć także R8 i odpowiednio zwiększyć C2 (C2 może być kondensatorem elektrolitycznym). Należy wtedy zwrócić uwagę, żeby pojemność C5 nie była zbyt mała i nie ograniczała od dołu przenieszonego pasma częstotliwości.



Rys. 8. Schemat montażowy wskaźnika.

PIYTKI WIELOFUNKCYJNE

strat układu scalonego. Przy niewielkich prądach diod (w naszym układzie $R1=2,2k\Omega$, więc prąd ten wynosi około 6mA) nie ma to większego znaczenia, bo nawet przy zapaleniu wszystkich diod nie zostanie przekroczona dopuszczalna moc strat układu scalonego wynosząca 1,3W. Jednak przy większych prądach i większych napięciach zasilających konieczne jest stosowanie rezystora ograniczającego R3 (kilkadziesiąt Ω) lub zamiast niego diody Zenera o odpowiednim napięciu i mocy. Wartość takiego rezystora (diody Zenera) należy dobrać zależnie od napięcia zasilania i prądu pracy diod.

Jeśli do konkretnego zastosowania potrzebna byłaby inna czułość, można zmienić wartość rezystora R13 w granicach $10k\Omega \dots 1M\Omega$, albo też zastosować na wejściu dzielnik napięcia lub potencjometr o wartości $1 \dots 22k\Omega$.

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory

R1: $2,2k\Omega$
R2: $4,7k\Omega$
R8: $10k\Omega$
R9: $470k\Omega$
R13: dobierany ($430k\Omega$)

Kondensatory

C1: $22 \dots 47\mu F/16V$
C2, C5: $470nF$
C3: $100nF$ ceramiczny

Półprzewodniki

D1-D10: diody LED 3mm (7 zielonych, 2 żółte, 1 czerwona)
D11, D12: 1N4148
U1: LM3916
U2: TL081

Inne

- * podstawki pod układy scalone
- * płytki drukowane PW-02
- * obudowa cartridge'a
- * przewód potrójny 15cm

W niektórych wypadkach zamiast montować diody świecące na płytce, korzystniej będzie dołączyć je przewodami (tasiemką).

Dla uzyskania wskaźnika stereo należy zbudować dwa identyczne układy. W związku z tolerancją użytych elementów i rozrzutem napięcia odniesienia układów scalonych dla uzyskania

identycznej czułości obu kanałów potrzebna może się okazać pewna korekcja. Wtedy w płytce, która ma nieco większą czułość, w szereg z rezystorem R13 należy włączyć niewielki rezystor dodatkowy.

Piotr Górecki

C
M
Y
K

Prostownik liniowy

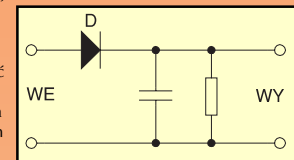
W telekomunikacji, a potem w wielu urządzeniach elektroakustycznych przyjęto umowy poziom 0 decybeli: 1mW mocy występujący na rezystancji 600Ω . Odpowiada to napięciu skutecznemu $0,77459 \dots V$ (powszechnie przyjmuje się $0,775V$), co dla przebiegu sinusoidalnego odpowiada amplitudzie $1,1V$. W niektórych urządzeniach elektroakustycznych przyjęto jeszcze mniejszy poziom nominalny.

Tymczasem napięcie przewodzenia U_F zwykłych diod krzemowych wynosi około 600mV, a diod Schottky'ego $400 \dots 500mV$. Dawniej w prostownikach stosowano diody germanowe, które mają mniejsze spadki napięcia w kierunku przewodzenia. Obecnie nie produkuje się już takich diod.

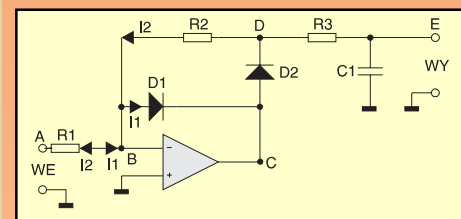
W klasycznym układzie prostownika pokazanym na rysunku D przy małej amplitudzie sygnału wejściowego, mniejszej niż napięcie przewodzenia zastosowanej diody, na wyjściu nie pojawia się żaden sygnał. Aby uzyskać zadowalające wyniki należałoby pracować z sygnałami o dużych amplitudach.

Dlatego stosuje się inne rozwiązania. Na rysunku E pokazano podstawowy układ jednopółokwowego prostownika liniowego. Można w nim stosować dowolne diody ponieważ dzięki wzmacniaczowi operacyjnemu układ pracuje poprawnie nawet przy najmniejszych napięciach wejściowych.

Zależność napięcia wyjściowego (stałego) od wejściowego napięcia (zmiennego) dla prostownika z diodą krzemową i prostownika



Rys. D.



Rys. E.

Ponieważ przy ujemnym napięciu wejściowym ten sam prąd płynie przez rezystor R2, więc napięcie na rezystorze R2 (czyli napięcie w punkcie D) będzie wprost proporcjonalne do napięcia wejściowego:

$$U_D = I_2 * R_2 = U_A * (R_2/R_1)$$

Otrzymałmy więc układ jednopółokwowy liniowego prostownika, który może wzmacniać sygnał o ile tylko $R_2 > R_1$. Zauważmy, że napięcie przewodzenia diod D1 i D2 nie ma żadnego wpływu na działanie układu, wcale nie muszą to być więc diody jednakowego typu, a jedynym wymaganiem jest, aby miały mały prąd wsteczny.

Układ jest więc prawie idealnym prostownikiem jednopółokwowy; prawie idealnym, bo w praktyce ograniczeniami są napięcie niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego (kilkadziesiąt mV) i ograniczone pasmo przenoszenia wzmacniacza (kilkadziesiąt kHz...kilkadziesiąt MHz zależne od typu wzmacniacza).

W zastosowaniach audio potrzebny jest jeszcze filtr zamieniający jednokierunkowe impulsy występujące na wyjściu prostownika na wygładzone napięcie stałe. I tu w zależności od zastosowanego filtru otrzymamy układ:

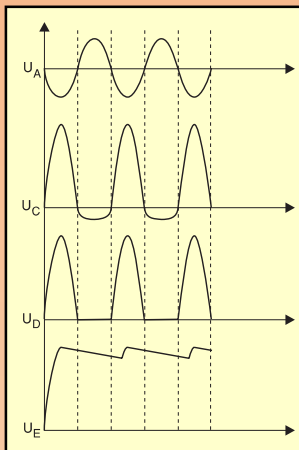
- wskaźnika wartości szczytowej przebiegu
- wskaźnika wartości średniej przebiegu
- wskaźnika o jeszcze innej charakterystyce.

W zastosowaniach audio wskaźnik wartości średniej zupełnie nie spełnia postawionych wymagań - wcale nie informuje on o dużych, krótkich impulsach które mogą przesterować tor. Znacznie większy pożytek daje wskaźnik wartości szczytowej. Okazuje się jednak, że przed laty opracowano szczegółowe zalecenia dotyczące wskaźników dla sprzętu elektroakustycznego.

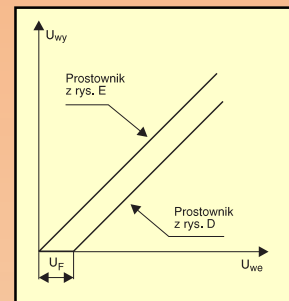
Wskaźniki spełniające te wymagania nazywa się VU-metrami (tak więc nie każdy wskaźnik wysterowania jest VU-metrem). Wymagania dotyczą stałych czasowych narastania i opadania oraz charakterystyki wskaźnika, która jest zbliżona do liniowej, ale skalowana w jednostkach napięcia (Voltage Units) o charakterze logarytmicznym. "Prawdziwy" VU-metr powinien zawierać pełnokresowy prostownik i dość wolny filtr uśredniający, osiągający wskazanie 99% mierzonej wartości w czasie 300ms z przerzutem $1 \dots 1,5\%$. Obecnie w związku z wprowadzeniem dynamicznych cyfrowych urządzeń rejestrujących VU-metry straciły swoje znaczenie; dziś powszechnie stosuje się "szybsze" wskaźniki rejestrujące także dynamiczne zmiany sygnału i krótkie impulsy - są to właściwie mierniki wartości szczytowej.

W układzie prostownika liniowego z rysunku E charakter odpowiedzi impulsowej zależy od stosunku rezystancji R3 i R2. Podczas pracy układu kondensator C1 ładuje się przez rezystancję R3, a rozładowuje przez połączone szeregowo R3 i R2. Czas narastania zależy więc od stałej czasowej $R3C1$, czas opadania - od $(R3+R2)C1$.

Gdy $R3 \gg R2$ uzyskuje się wskaźnik wartości średniej. Gdy $R2 \gg R3$ i stała czasowa $R3C1$ jest mniejsza niż czas trwania impulsów wejściowych otrzymuje się wskaźnik wartości szczytowej. Najczęściej stosuje się jakieś praktycznie wartości pośrednie.



Rys. G.



Rys. F.