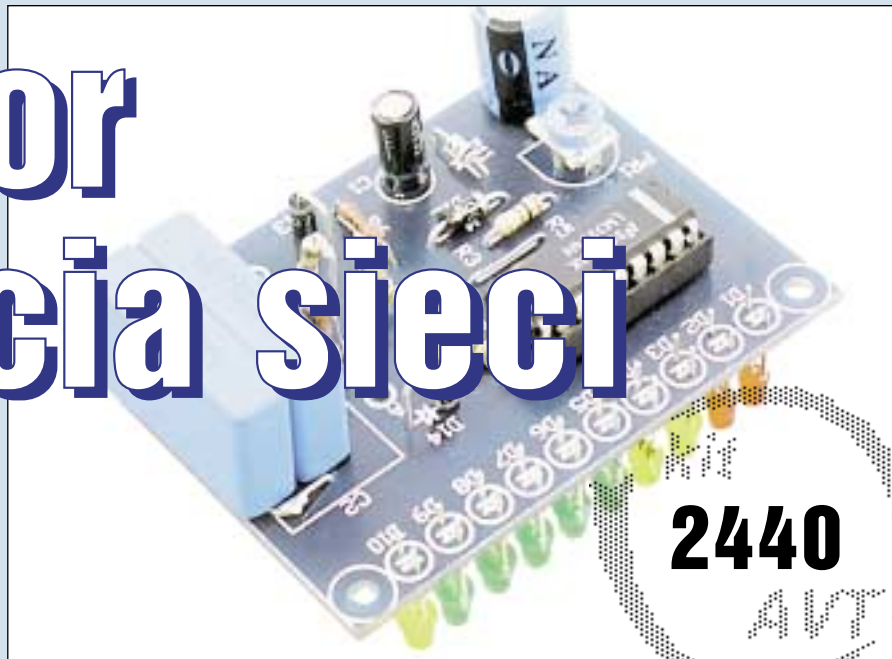


# Monitor napięcia sieci



## Do czego to służy?

Kilkanaście lat temu wahania, a właściwie nadmierne obniżanie napięcia sieci energetycznej były na porządku dziennym w całym kraju. Dziś problem ten stracił swą ostrość, niemniej jednak w niektórych okolicach nadal spadek napięcia w gniazdkach poniżej 200V nie jest rzadkością.

Obniżone napięcie w sieci zwiększa co prawda żywotność żarówek, jednak jest niekorzystne dla innych urządzeń. W każdym razie użytkownik powinien wiedzieć, jakie napięcie występuje aktualnie w gniazdkach.

Znajomość aktualnej wartości napięcia potrzebna jest zwłaszcza elektronikowi, który sprawdza działanie różnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Oczywiście napięcie zawsze można zmierzyć multymetrem, ale nie jest to wygodne, a poza tym napięcie może się zmienić pod wpływem jakiegoś dużego obciążenia. Opisany dalej prosty i niedrogi przyrząd monitoruje na bieżąco napięcie sieci i pokazuje wartość z wystarczającą dokładnością za pomocą liniiki diod LED.

Przyrząd okaże się atrakcyjny nie tylko dla elektroników jako wyposażenie pracowni, ale dla wielkiej rzeszy Czytelników, którzy po prostu chcą wiedzieć na bieżąco, jakie napięcie panuje w sieci energetycznej.

Znaczna dokładność wynika z faktu, że zakres wskazań obejmuje wąski wycinek napięcia, mianowicie 190...235V. W prosty sposób, za pomocą potencjometru montażowego, można ten zakres zmieniać w szerokich granicach, przesuwając go w górę lub w dół. Dociekliwi Czytelnicy zechcą też dokładnie przeanalizować zastosowane rozwiązanie układowe, ponieważ z pewnością zapragną wykorzystać nietypowy tryb pracy wskaźnika we własnych konstrukcjach.

## Jak to działa?

Schemat ideowy przedstawiony jest na **rysunku 1**.

Sercem urządzenia jest układ scalony U1, sterownik liniiki świetlnej. Zastosowano tu popularną "liniową" kostkę LM3914 pracującą w nietypowej konfiguracji oraz dziesięć diod LED.

Całość zasilana jest beztransformatorowo. W obwodzie zasilania kluczowe znaczenie mają kondensatory C2, C2A – to one wyznaczają wartość prądu, jaką może dostarczyć zasilacz. Rezystor R9 chroni diody prostownicze D12, D13 przed udarami prądowymi, które występują przy włączaniu urządzenia do sieci w chwili, gdy kondensatory C2, C2A są puste, a napięcie chwilowe ma dużą wartość. Rezystory R7, R8 gwarantują rozładowanie kondensatorów po odłączeniu od sieci. Bez nich na kondensatorach C2, C2A ładunek mógłby pozostawać bardzo długo, co mogłoby skończyć się nieprzyjemnym wstrząsem w chwili przypadkowego dotknięcia obu bolców wtyczki.

Ze względu na to, że układ ma mierzyć napięcie sieci, zastosowano prostownik jedno-półokwowy. Wyprostowane napięcie zasilające układ scalony dostępne jest na kondensatorze C3. Dioda Zenera D11 ustala wartość tego napięcia na około 24V.

Kostka U1 zasilana jest tym dość wysokim napięciem. Ponieważ nóżka 9 U1 nie jest podłączona, kostka pracuje w trybie punktowym. W klasycznym układzie pracy zawsze świeci wtedy tylko jedna z diod świecących. W tym wypadku jest inaczej. Układ LM3914 pracuje tu w nietypowym układzie – diody świecące połączone są w szereg. Dzięki temu w rzeczywistości wskaźnik pracuje w trybie słupkowym. Czym większe napięcie, tym więcej diod LED świeci. Pomimo że świeci

się więcej

diod, pobór prądu się nie zwiększa. Osiągnięto to właśnie dzięki połączeniu diod wyświetlacza w szereg. Aby jednak taki szeregowy wyświetlacz mógł pracować, napięcie zasilające musi być większe niż suma spadków napięć wszystkich diod LED wyświetlacza – stąd napięcie zasilające o wartości 24V.

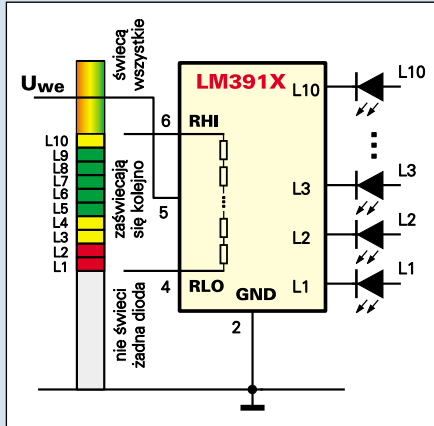
Część pomiarowa kostki LM3914 pracuje w takiej konfiguracji, w której zakres pomiarowy wskaźnika obejmuje tylko niewielkie "okienko". Zmienne napięcie sieci jest dodatkowo prostowane przez diodę D14, zmniejszane przez dzielnik R1, R2, R3, PR1 i filtrowane przez kondensator C1. Napięcie stałe, proporcjonalne do zmiennego napięcia sieci, podawane jest na wejście pomiarowe kostki U1, czyli na nóżkę 5.

Zrozumienie ogólnych zasad działania wskaźników rodziny LM391X nie jest trudne. Po pierwsze końcówki RHI, RLO (nóżki 6, 4) wyznaczają zakres wskazań. Gdy napięcie na wejściu pomiarowym IN (nóżka 5) jest niższe niż napięcie na wejściu RLO (n. 4), wtedy wszystkie diody są wygaszone. Gdy napięcie rośnie, aktywne stają się kolejne wyjścia (L1, L2, L3... L10) i zaświecają się kolejne diody LED. Gdy napięcie wejściowe stanie się większe niż napięcie na końcówce RHI (n. 6), wtedy świecą wszystkie diody (tak jest w trybie słupkowym, natomiast w trybie punktowym świeci ostatnia dioda dołączona do wyjścia L10).

Wystarczy więc dołączyć końcówkę RLO nie do masy, tylko do napięcia niższego niż napięcie końcówki RHI. (W zasadzie napięcie na RLO mogłoby nawet być wyższe niż na RHI, co teoretycznie dałoby odwrotną kolejność zaświecania diod – w praktyce z kilku względów taki sposób pracy nie jest stosowany.)

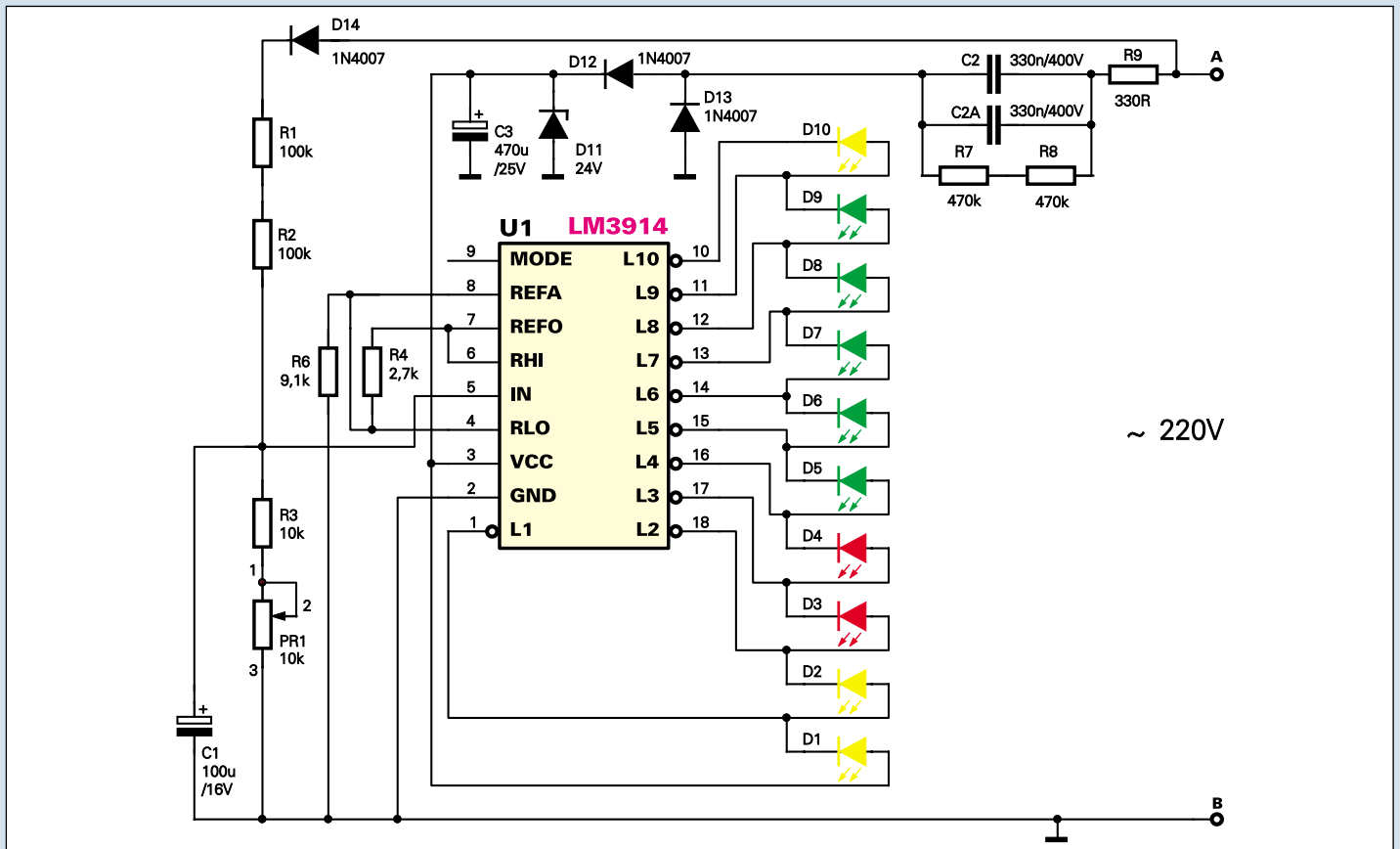
**Rysunek 2** pomoże zrozumieć szczegóły, dzięki którym zakres pomiaru wskaźnika został rozciągnięty.

Drugą ważną sprawą jest obecność “na pokładzie” kostki dość precyzyjnego źródła napięcia odniesienia, o działaniu zbliżonym do działania popularnych stabilizatorów LM317. Mianowicie końcówka REFO (nóżka 7) jest wyjściem tego stabilizatora. Wewnętrzny układ stabilizatora stara się utrzymać napięcie równe 1,28V między końcówkami REFO i REFA (n. 7 i 8). Dołączając zewnętrzny dzielnik (dwa rezystory) można uzyskać dowolne napięcie, większe niż te 1,28V. Pokazuje to **rysunek 3**. Zwiększanie



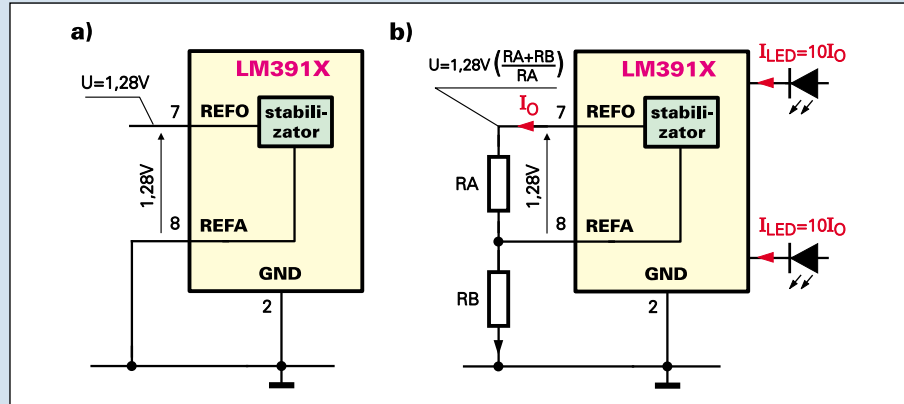
**Rys. 2** Obwody wejściowe kostek LM391X

**Rys. 1** Schemat ideowy



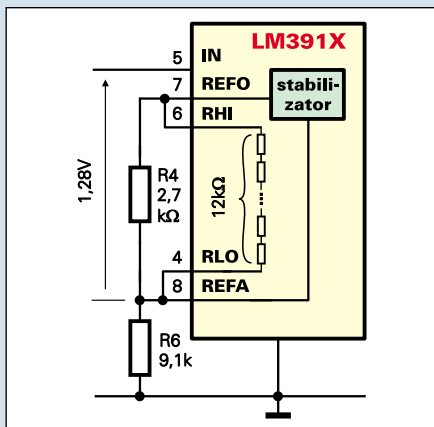
wartości  $R_B$  powoduje zwiększanie napięcia na wyjściu REFO (przy stałej wartości  $R_A$ ). Co ważne, prąd wypływający z końcówki REFO decyduje o prądzie diod LED, czyli o jasności wyświetlacza – prąd każdego wyjścia L1...L10 jest dziesięciokrotnie większy od prądu wypływającego z końcówki 7. Wynika z tego, że jasność zależy jedynie od wartości rezystora włączonego między końcówki 7 i 8 ( $I_{LED}=10 \cdot 1,28V/R_A$ ). W opisywanym układzie (rysunek 1) tak dobrano wartości rezystorów  $R_4$ ,  $R_6$  (a także  $R_1$ - $R_3$ ,  $PR_1$ ), żeby uzyskać zakres wskazań 190...235V i żeby jasność wskaźnika była wystarczająca. Osoby, które zechcą zastosować podany sposób we własnych opracowaniach, powinny koniecznie wziąć pod uwagę, że między końcówkami RHI, RLO włą-

**Rys. 3** Obwody napięcia odniesienia



czona jest drabinka rezystorowa o wypadkowej rezystancji wynoszącej typowo  $12k\Omega$  (8...17k $\Omega$ ) – zobacz **rysunek 4**. Rezystancję tej wewnętrznej drabinki (i rozrzut jej wartości) trzeba uwzględnić przy doborze zewnętrznych rezystorów, zwłaszcza gdy prąd wypływający z końcówki REFO ma być mniejszy niż 1mA.

Podczas testów prototypu konieczne okazało się wprowadzenie kilku zmian, przez co model pokazany na fotografii nie w pełni odpowiada schematowi ideowemu i montażowemu. Między innymi okazało się, że przy napięciach sieci niższych niż 200V wydajność beztransformatorowego zasilacza znacznie spada. Aby zapewnić prawidłową pracę, konieczne okazało się zwiększenie sumarycznej pojemności  $C_2$ ,  $C_2A$  z 440...470nF do 660...680nF. Usunięto też jeden rezystor, stąd brak  $R_5$  na schemacie i płytce.



**Rys. 4 Konfiguracja obwodów wyjściowych**

## Montaż i uruchomienie

**W urządzeniu występują napięcia zagrażające zdrowiu i życiu. Osoby niepełnoletnie mogą je wykonać wyłącznie pod opieką wykwalifikowanych osób dorosłych!**

Układ można zmontować na płytce drukowanej, pokazanej na rysunku 5. Sam montaż nie powinien sprawić trudności, a dwie gwiazdki związane są wyłącznie z niebezpieczeństwem porażenia prądem podczas prób. Układ nie zawiera żadnych elementów szczególnie podatnych na uszkodzenie, dlatego można je montować w dowolnej kolejności. Przed wlutowaniem diod LED należy dopasować płytkę

### Wykaz elementów

R1, R2	.....	100kΩ
R3	.....	10kΩ
R4	.....	2,7kΩ
R5	.....	nie występuje
R6	.....	9,1kΩ
R7, R8	.....	470kΩ
R9	.....	330Ω
PR1	.....	.PR 10kΩ miniaturowy
C1	.....	100μF/16V
C2, C2A	.....	330nF/400V
C3	.....	470μF/25V
D1, D2	.....	.LED 3 mm czerwona
D3, D4, D10	.....	.LED 3 mm żółta
D5-D9	.....	.LED 3 mm zielona
D11	.....	.dioda Zenera 24V
D12-D14	.....	.1N4007
U1	.....	.LM3914

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2440

do obudowy i zdecydować, jak będzie mocowana. Od tego będzie zależać, czy diody będą wlutowane klasycznie, czy tak jak w modelu, od strony druku. Gotową płytkę można umieścić w obudowie "wtyczkowej", choćby takiej jak pokazano na fotografii.

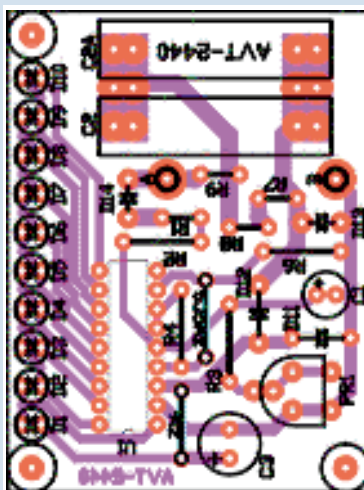
Układ zmontowany prawidłowo ze sprawnych elementów od razu będzie pracował, trzeba jednak przeprowadzić prostą, jednopunktową kalibrację za pomocą potencjometru PR1. Przed pierwszym włączeniem do sieci trzeba starannie skontrolować poprawność montażu, zwłaszcza obwodów zasilacza beztransformatorowego. Pomyłka w montażu może oznaczać uszkodzenie jednego lub kilku elementów.

W wersji standardowej można wykorzystać skalę pokazaną na rysunku 6. Kalibracja polega na zmierzeniu aktualnego



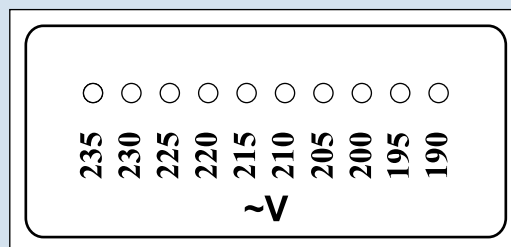
się z pogorszeniem dokładności na końcach zakresu. W sumie jednak uzyskanie wysokiej bezwzględnej dokładności nie jest konieczne. Kto chce bardzo precyzyjnie wyskalować przyrząd, powinien wykonać skalę we własnym zakresie – przyda się do tego czysta skala zamieszczona we wkładce.

**Rys. 5 Schemat montażowy**



napięcia sieci za pomocą jakiegokolwiek miernika i sprawdzenie, czy wskazanie zbudowanego monitora jest prawidłowe. Wcześniej należy ustawić potencjometr PR1 w połowie drogi suwaka. Jeśli wskazania woltomierza i monitora nie są zgodne, należy zmienić ustawienie PR1. **Uwaga! Wszelkie regulacje należy przepro-**

**Rys. 6 Skala przyrządu**



**wadzać przy odłączeniu przyrządu od sieci.**

Ze względu na nieunikniony rozrzut wartości napięcia odniesienia kostki U1 (1,2...1,34V), tolerancję rezystorów R4, R6 oraz rozrzut wartości rezystancji wewnętrznej drabinki rezystorowej, należy liczyć

## Możliwości zmian

Zakres pomiarowy 190V...235V wydaje się optymalny, jednak listy do Redakcji świadczą, iż w niektórych okolicach napięcie sieci często spada poniżej 190V. Monitor można łatwo przeskalować na dowolnie niższy zakres, ustawiając większą rezystancję czynną potencjometru PR1 (ewentualnie zwiększając R3). Można na przykład tak ustawić PR1, by wszystkie diody zaświecały się, gdy napięcie sieci wyniesie 220V. Wtedy pierwsza dioda będzie się zaświecać przy napięciu około 170...175V. W takim przypadku należy zmienić ustawienie kolorowych diod: najpierw czerwone, potem żółte, a na końcu zielone.

Kto chciałby rozszerzyć zakres wskazań, by obejmował większy zakres, na przykład 150...235V, powinien przede wszystkim zmniejszyć wartość R6 oraz dobrać R3 i PR1. Należy jednak pamiętać, że przy napięciach sieci poniżej 180V wydajność zasilacza beztransformatorowego może się okazać za małą do uzyskania napięcia zasilającego układ, równego 24V. Model pracuje poprawnie przy znacznie niższym napięciu sieci, jednak ze względu na rozrzut parametrów układów scalonych (własny prąd zasilania i prąd diod LED) oraz tolerancję kondensatorów C2, C2A należy liczyć się z gorszymi wynikami.

Dlatego przy próbach rozszerzenia zakresu pomiarowego poniżej 180V należy skontrolować to napięcie zasilające występujące na elementach C3, D11 i ewentualnie zwiększyć pojemność C2, C2A.

Przy najniższych napięciach, gdy świeci jedna lub dwie diody LED, napięcie to nie musi wynosić 24V. Testy modelu wykazały, że układ scalony w tej konfiguracji pracuje poprawnie jeszcze przy napięciu zasilającym rzędu 11...12V (gdy świecą nie więcej niż cztery diody LED).

**Piotr Górecki**