



AVT-748

Uniwersalna sonda do napięć stałych i zmiennych

Prosty układ, zastępujący jednocześnie trzy woltomierze. Reaguje na napięcia stałe i zmienne oraz przebiegi wysokiej częstotliwości. Znakomita pomoc przy eksperymentach i w serwisie. Prosta i intuicyjna obsługa. O wielkości mierzonych napięć świadczy jasność świecenia diod LED.

Skokowy przełącznik czułości 1:1, 1:10. Zakres napięć wejściowych do max 30V. Rezystancja wejściowa: powyżej 100kΩ.

Automatyczny wyłącznik nie dopuszcza do niepotrzebnego wyładowania baterii. Naciśnięcie przycisku włącza zasilanie na wyznaczony czas. Naciśnięcie przycisku podczas pracy przedłuża czas działania. Zasilanie 6V z dwóch popularnych baterii litowych. Możliwość zasilania napięciem z badanego układu (5...6V). Pobór prądu w czasie pracy: poniżej 10mA. Pobór prądu w spoczynku: poniżej 1 mikroampera.

Bardzo często w elektronicznej praktyce interesuje nas, jakie napięcie występuje w danym punkcie układu, ale nie są potrzebne dokładne wartości napięć, tylko orientacyjna wartość. Ważniejsze jest, czy to jest wyłącznie napięcie stałe, czy też napięcie zmienne? Czy napięcie zmienne występuje na tle napięcia stałego znacznej wartości, czy składowa stała wynosi zero? Czy może występuje tam przebieg wysokiej częstotliwości, świadczący na przykład o samowzbudzeniu?

Aby to sprawdzić, należałoby kolejno użyć trzech woltomierzy: napięcia stałego, napięcia zmiennego małej częstotliwości i napięcia zmiennego wysokiej częstotliwości.

Prezentowany układ prostej sondy mierzy jednocześnie wszystkie te trzy składowe i pokazuje rezultat za pomocą trzech różnokolorowych diod LED według poniższej tabelki:

tylko czerwona	napięcie stałe dodatnie
czerwona i żółta	napięcie stałe dodatnie ze składową zmienną
tylko niebieska	napięcie stałe ujemne
niebieska i żółta	napięcie stałe ujemne ze składową zmienną
czerwona, niebieska i żółta	przebieg zmienny małej częstotliwości
tylko żółta	przebieg zmienny wysokiej częstotliwości

Sonda wyposażona jest w skokowy przełącznik czułości – jumper J1. Zwarcie dwóch kołków-szpilek jumperem J1 daje wysoką czułość, ale za to rezystancja wejściowa układu jest niezbyt duża i wynosi poniżej

100kΩ. Zdjęcie jumpera J1 z kołków zmniejsza czułość, ale też korzystnie zwiększa rezystancję wejściową sondy do wartości około 1MΩ, czyli takiej, jaką mają oscyloskopy i tanie woltomierze.

Warto zaczynać pomiary bez połączenia J1, a w razie potrzeby zwiększenia czułości – nałożyć jumper J1 na kołki.

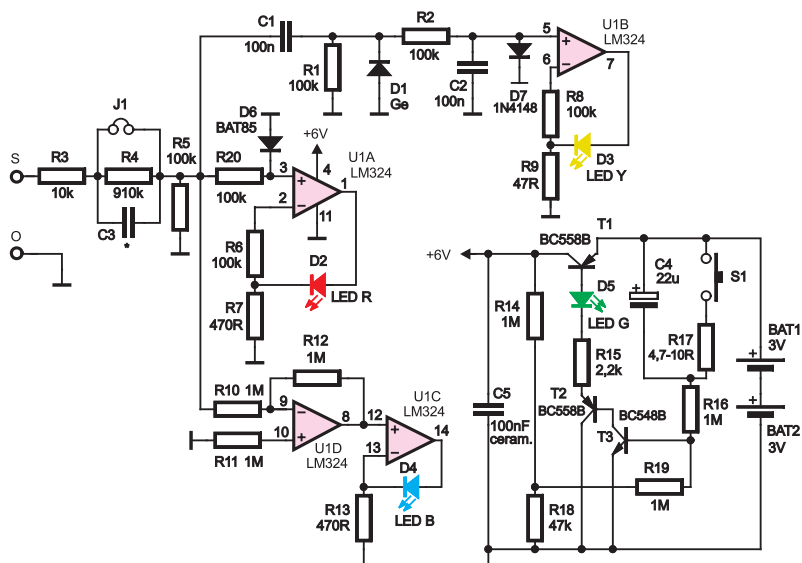
Posługiwanie się sondą jest bardzo wygodne, a jej atrakcyjność dodatkowo zwiększa

obwód automatycznego wyłącznika zasilania. Sonda zasilana z dwóch małych baterii jest przeznaczona do pracy dorywczej i nie ma potrzeby, żeby była włączona ciągle. Praktyka pokazuje, że użytkownicy bardzo często zapominają o wyłączeniu mierników i w efekcie kosztowne baterie wyładowują się w krótkim czasie. Opisana sonda zostaje włączona naciśnięciem przycisku S1 i po około 2 minutach automatycznie wyłączona. Czas pracy można dowolnie wydłużać, naciskając S1 w czasie pracy.

Schemat i płytkę drukowaną uniwersalnej sondy pokazane są na rysunkach 1 i 2. Elementy warto montować w kolejności podanej w wykazie na końcu artykułu. Szereg cennych wskazówek praktycznych dotyczących identyfikacji elementów oraz ich lutowania zawartych jest w broszurze *Elektronika dla nieelektroników – Elementarz elektronika*, która niedawno została wydana przez AVT, oraz w artykułach, które ukazały się w EdW 5...7/2004.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien od razu pracować. Po naciśnięciu przycisku włącza się układ i zielona kontrolka LED D5, a po upływie około 2 minut

1



sekund następuje automatyczne wyłączenie zasilania.

W zestawie AVT-748 jako C4 przewidziany jest kondensator elektrolityczny 22uF, który powinien zapewnić czas włączenia około dwóch minut. W praktyce czasy te mogą być znacząco inne z uwagi na duży rozrzut tolerancji kondensatorów elektrolitycznych, nawet -20...+50%. Ale tuż po zmontowaniu układu czasy te dodatkowo mogą być dłuższe z uwagi na rozformowanie C2, który z reguły będzie zwyczajnym kondensatorem elektrolitycznym. Dlatego przed ostateczną kontrolą czasu działania, warto układ dołączyć do zasilania (punkty P, O) i pozostawić pod napięciem co najmniej kilka godzin, żeby w tym czasie zaformował się kondensator C4.

Moduł w wersji podstawowej przeznaczony jest do pracy przy napięciu 5...6V. Podczas pracy pobiera średnio znacznie poniżej 10mA prądu (co zależy od liczby i jasności świecenia diod LED, czyli od mierzonego napięcia), natomiast w spoczynku moduł wcale nie pobiera prądu.

Tylko dla dociekliwych – działanie układu

Sonda zasilana jest pojedynczym napięciem 6V z dwóch baterii litowych.

Układ jest w istocie zestawem trzech wzmacniaczy pomiarowych ze wspólnym obwodem wejściowym zawierającym rezystory R3, R4, R5. Rezystor R5 zapewnia przepływ prądów polaryzujących wejść wzmacniaczy operacyjnych U1A, U1D, a także jest elementem dzielnika wejściowego. Gdy kołki-szpilki nie są zwarte jumperem J1, przebieg wejściowy zostaje zmniejszony 10-krotnie w dzielniku R4, R5. Gdy jumper zwiera rezystor R4, przebieg wejściowy jest podawany wprost na wejścia wzmacniaczy. Dodatkowy rezystor R3 o wartości 10kΩ pełni tylko funkcję ochronną, gdyby na wejście zostały podane napięcia o zbyt dużej wartości. Generalnie wejścia wzmacniaczy operacyjnych, nawet bez R3, tolerują napięcia o wartości do ±30V.

Obwód z U1B wykrywa przebiegi zmienne. U1A – napięcia dodatnie, a U1D i U1C – napięcia ujemne. Wzmacniacze U1A, U1B i U1C pracują jako proste przetworniki napięcia dodatniego na prąd. Z zasady działania wzmacniacza operacyjnego wynika, iż podczas normalnej pracy napięcia na obu wejściach są takie same. Jeśli więc na wejście nieodwracające wzmacniacza zostanie podane dodatnie napięcie, napięcie wyjściowe tak się zmieni, żeby na wejściu odwracającym wystąpiło takie samo napięcie. Oznacza to, że z wyjścia wzmacniacza popłynie przez daną diodę LED taki prąd, żeby na rezystorze prowadzącym prąd do masy (R7, R9, R13) wystąpiło napięcie równe napięciu wejściowemu. Tym samym wartość tego rezystora wyznacza współczynnik przetworzenia napięcie/prąd. Należy zauważyć, że wartość R9 jest 10-krotnie mniejsza od R7 i R13, co oznacza, iż układ wykrywania napięć zmiennych jest 10-krotnie czulszy.

Obwód C1, R1, D1, R2 jest prostownikiem napięć zmiennych, a obwód R2, C2 dodatkowym filtrem, natomiast dodatkowa dioda D7 jest tylko ogranicznikiem jasności diody D3 (z uwagi na małą wartość R9). Zastosowanie germanowej diody D1 pozwala wykrywać nawet niewielkie napięcia zmienne. Ponieważ C1 ma stosunkowo dużą wartość 100nF, obwód ten reaguje także na przebiegi małej częstotliwości, ale pracuje dobrze także przy przebiegach wysokiej częstotliwości.

Obwód ze wzmacniaczem U1A reaguje na napięcia dodatnie. Ponieważ jednak na wejściu będą pojawiać się także napięcia ujemne, które spowodowałyby błędne działanie U1A, niezbędny jest obwód R20, D5 z diodą Schottky'ego, niepozwalający na obniżenie się napięcia na wejściu „plusowym” U1A znacząco poniżej potencjału masy.

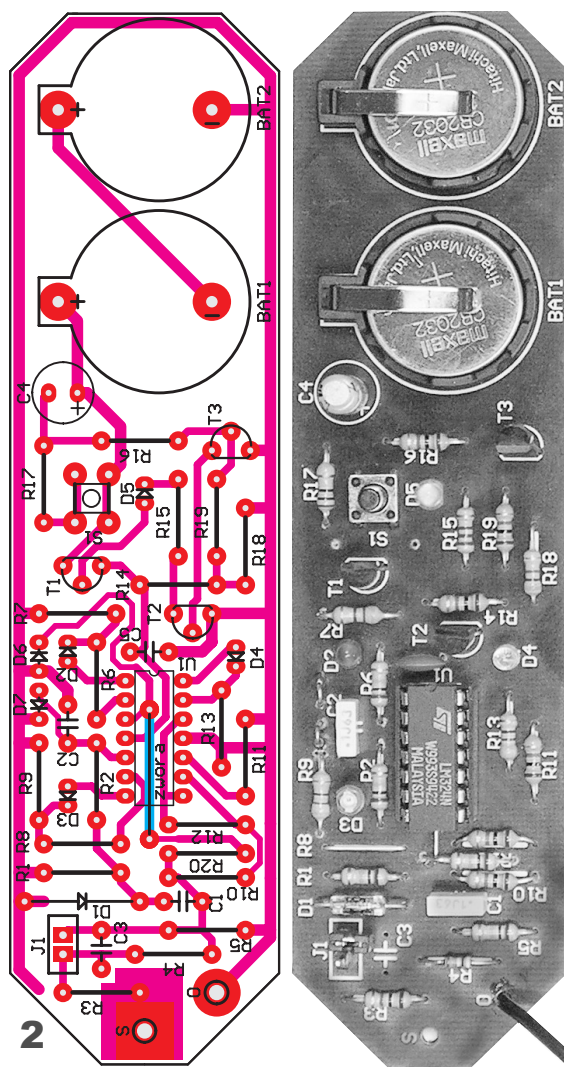
Pojawiające się napięcia ujemne spowodują natomiast reakcję odwracającego wzmacniacza U1D o wzmocnieniu 1. Wzmacniacz U1D po prostu zamieni napięcia ujemne na napięcia dodatnie o takiej samej wartości, a wartość zostanie zobrazowana jasnością świecenia niebieskiej diody D4. Wzmacniacz U1D typu LM324 może pracować w takich warunkach, ponieważ jego budowa umożliwia pracę przy napięciach wejściowych na poziomie masy, a na jego wejściach nie występują napięcia ujemne (nawet przy pomiarze napięć ujemnych względem masy napięcie jest tam nieco wyższe od zera z uwagi na spadki napięć na rezystorach R10...R12).

Dodatkowe rezystory R6, R8, R11 to typowe rezystory kompensujące prądy wejściowe wzmacniaczy operacyjnych. W układzie celowo rezystor R8 jest zastąpiony zworą. Wtedy prąd wypływający z wyjścia „dodatniego” U1B, czyli z nóżki 5, wywoła niewielki spadek napięcia na R2 i R1, co zazwyczaj spowoduje znikome świecenie żółtej diody D3 także przy braku sygnału zmiennego. Takie minimalne świecenie wskaźnika napięć zmiennych w spoczynku jest korzystne, ponieważ pozwoli wykryć nawet małe przebiegi zmienne, zwłaszcza w związku z dużą czułością tego toru wynikającą z małej wartości R9.

W układzie przewidziany jest dodatkowy kondensator C3, kompensujący dzielnik R4, R5. W wersji standardowej nie trzeba go montować. Dociekliwi i zaawansowani Czytelnicy mogą dobrać jego wartość we własnym zakresie, żeby uzyskać płaską charakterystykę przenoszenia także przy wysokich częstotliwościach.

Generalnie dioda czerwona świadczy, że w badanym punkcie panuje (na stałe lub okresowo) napięcie dodatnie. Dioda niebieska – że ujemne. Natomiast dioda żółta świadczy o występowaniu przebiegu zmiennego. Świecenie obu diod, czerwonej i niebieskiej, też wskazuje na obecność przebiegu zmiennego małej częstotliwości. Przy przebiegach małej częstotliwości świecić się więc będą wszystkie trzy diody D2, D3 i D4. Zaawansowani mogą jednak według upodobania zmienić wartość C1. Zmniejszenie wartości C1, nawet poniżej 1nF spowoduje, że obwód z żółtą diodą D3 będzie reagował tylko na przebiegi w.cz.

Obwody pomiaru napięć dodatnich i ujemnych z U1A i U1C reagują też na przebiegi zmienne (odpowiednie połówki), ale tylko przebiegów zmiennych o niezbyt dużych częstotliwościach. Po pierwsze, wzmacniacze



operacyjne LM są powolne, a po drugie, współpracujące rezystory tworzą z pojemnościami montażowymi i wejściowymi filtry dolnoprzepustowe. Dociekliwi i zaawansowani mogą dodatkowo ograniczyć reakcję obwodów z U1A i U1C na przebiegi o wyższych częstotliwościach, włączając kondensatory równoległe do D6 i R12 i dobierając we własnym zakresie ich wartość.

W układzie zastosowano typowe „okrągłe” wartości R6, R8, R11. Kto chce, może też według upodobania dobrać wartość tych rezystorów kompensujących prądy wejściowe. Zmiana ich wartości spowoduje niewielkie zmiany spoczynkowych napięć na wyjściach współpracujących wzmacniaczy, a tym samym można spowodować niewielkie świecenie diod LED w spoczynku, co pozwoli na reakcję także na bardzo małe napięcia wejściowe. Nie można tu podać recept, ponieważ zmiany te zależą od wartości prądów polaryzacji wejść wzmacniaczy operacyjnych, a tu może wystąpić duży rozrzut. Według katalogu typowo prąd polaryzujący ma wartość 45nA, a maksymalnie 250nA.

Obwód z tranzystorami T1...T3 jest automatycznym odłącznikiem zasilania. Naciśnięcie przycisku S1 powoduje szybkie rozładowanie naładowanego kondensatora C4, a po zwolnieniu przycisku kondensator jest bardzo

wolno ładowany prądem płynącym w obwodzie bazy tranzystora T3 przez rezystor R16. Prąd ten otwiera tranzystor T2 i zaświeca kontrolkę LED D5 (której jasność wyznacza R15). Napięcie to w pełni otwiera tranzystor T2, a to oznacza, że napięcie baterii zostaje podane na wzmacniacz operacyjny U1. Prąd płynący przez R14 powoduje też powstanie niewielkiego spadku napięcia na rezystorze R18. Napięcie to stanowi sygnał dodatniego sprzężenia zwrotnego i przez rezystor R19 wspomaga otwarcie tranzystora T3. Gdy jednak z czasem prąd ładowania kondensatora C4 stale się zbyt mały, tranzystory zaczynają się zatykać. Zmniejszanie napięcia wyjściowego powoduje zmniejszenie spadku napięcia na rezystorze R14 i na R18, a to przyspiesza proces wyłączenia. W rezultacie po upływie wyznaczonego czasu napięcie zasilania zanika w czasie krótszym niż sekunda. Bez dodatniego sprzężenia zwrotnego zapewnianego przez rezystor R18, zanik napięcia na wyjściu byłby bardzo powolny, co jest niedopuszczalne.

Dzięki dużej wartości rezystorów R16, R19, czas 2 minut uzyskuje się już przy pojemności C4 równej 22uF. Z uwagi na znikome prądy pracy w obwodzie czasowym R19, R16, C4, należy zadbać, żeby podczas użytkowania kurz i wilgoć nie doprowadziły do powstania upływności, co skutkowałoby zwiększeniem

czasu działania, a nawet niemożnością wyłączenia (dla ochrony te obwody, lub całość układu, można zabezpieczyć lakierem ochronnym lub zalewą silikonową). Można też zwiększyć C4 do 220uF, a R16 i R19 – zmniejszyć do 100kΩ i wtedy takie dodatkowe zabezpieczenie nie będzie potrzebne.

Wersja podstawowa przewidziana jest do zasilania napięciem 5...7V. Kto chciałby zwiększyć napięcie zasilania do 9 lub 12V, lub na przykład zasilac sondę napięciem z badanego układu, powinien stosownie do wartości napięcia zasilania zmniejszyć wartość R18, żeby po włączeniu układ się nie zatrzasnął, całkowicie uniemożliwiając tym automatyczne wyłączenie.

Uwaga, przy takim zewnętrznym zasilaniu trzeba włożyć między styki przynajmniej jednego koszyczka baterii kawałek izolatora – bez tego styki zewrą obwód zasilania sondy.

Możliwości zmian

Jedyną zalecaną zmianą jest takie dobranie pojemności C4, żeby według upodobania skrócić lub wydłużyć czas działania.

Pozostałe możliwości dotyczą tylko zaawansowanych i docieklivych i zostały opisane wcześniej.

Piotr Górecki

Wykaz elementów (w kolejności lutowania)

1	<input checked="" type="checkbox"/>	zwora pod U1	25	<input type="checkbox"/>	C1 – 100nF
2	<input type="checkbox"/>	zwora zamiast R8	26	<input type="checkbox"/>	C2 – 100nF
3	<input type="checkbox"/>	R1 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-żółty)	27	<input type="checkbox"/>	C5 – 100nF ceramiczny
4	<input type="checkbox"/>	R2 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-żółty)	28	<input type="checkbox"/>	BAT1 gniazdo baterii litowej
5	<input type="checkbox"/>	R5 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-żółty)	29	<input type="checkbox"/>	BAT2 gniazdo baterii litowej
6	<input type="checkbox"/>	R6 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-żółty)	30	<input type="checkbox"/>	S1 – przycisk z ośką 6mm
7	<input type="checkbox"/>	R20 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-żółty)	31	<input type="checkbox"/>	szpilki J1
8	<input type="checkbox"/>	R3 – 10kΩ (brąz-czar.-pom.-żółty)	32	<input type="checkbox"/>	D6 – dioda Schottky 100mA, np. BAT85
9	<input type="checkbox"/>	R4 – 910kΩ (biały-brąz.-żółty-żółty)	33	<input type="checkbox"/>	D7 – dioda 1N4148
10	<input type="checkbox"/>	R7 – 470Ω (żółty-fiolet.-brąz.-żółty)	34	<input type="checkbox"/>	T1 – BC558B
11	<input type="checkbox"/>	R13 – 470Ω (żółty-fiolet.-brąz.-żółty)	35	<input type="checkbox"/>	T2 – BC558B
12	<input type="checkbox"/>	R9 – 47Ω (żółty-fiolet.-czar.-żółty)	36	<input type="checkbox"/>	T3 – BC548B
13	<input type="checkbox"/>	R10 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-żółty)	37	<input type="checkbox"/>	D2 – dioda LED czerwona 3mm
14	<input type="checkbox"/>	R11 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-żółty)	38	<input type="checkbox"/>	D3 – dioda LED żółta 3mm
15	<input type="checkbox"/>	R12 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-żółty)	39	<input type="checkbox"/>	D4 – dioda LED niebieska 3mm
16	<input type="checkbox"/>	R14 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-żółty)	40	<input type="checkbox"/>	C4 – 22uF/16V
17	<input type="checkbox"/>	R16 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-żółty)	41	<input type="checkbox"/>	dolutować sondę - szpikulec
18	<input type="checkbox"/>	R19 – 1MΩ (brąz-czar.-ziel.-żółty)	42	<input type="checkbox"/>	przylutować przewód masy (punkt O)
19	<input type="checkbox"/>	R15 – 2,2kΩ (czerw.-czerw.-czerw.-żółty)	43	<input type="checkbox"/>	do przewodu przylutować miniwtyk
20	<input type="checkbox"/>	R17 – 10Ω (brąz-czar.-czar.-żółty)	44	<input type="checkbox"/>	założyć minikrokodylek na miniwtyk
21	<input type="checkbox"/>	R18 – 47kΩ (żółty-fiolet.-pom.-żółty)	45	<input type="checkbox"/>	nałożyć jumper na jedną (!) szpilkę J1
22	<input type="checkbox"/>	D1 – germanowa, np. AAP153	46	<input type="checkbox"/>	włożyć układ LM324 do podstawki
23	<input type="checkbox"/>	podstawka 14 pin pod U1	47	<input type="checkbox"/>	włożyć dwie baterie litowe, np. CR2032 lub 2025
24	<input type="checkbox"/>	D5 – LED zielona 3mm (blisko płytki)			

Uwaga! W wersji podstawowej nie montować C3. W skład kitu wchodzi komplet elementów wraz z szpilką sondy, przewodem masy i minikrokodylkiem, a także dwie baterie litowe CR2032 lub CR2025.

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-748.