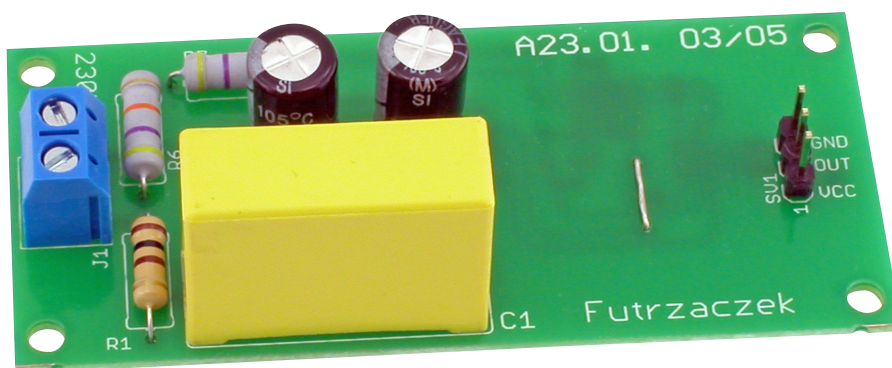


Precyzyjny detektor przejścia napięcia przez zero

Przy budowie układu regulacji fazowej niezbędna jest informacja o momentach przejścia napięcia sieciowego przez zero. Prezentowane urządzenie potrafi zrobić to bardzo dokładnie, dodatkowo wskazując kierunek przejścia.

Najprostsze rozwiązania tego typu składają się z zaledwie kilku elementów – wystarczą dwa rezystory i dwa transoptory. Niestety, dokładność wskazania przejścia przez zero jest bardzo niska. Powód tkwi w samej zasadzie działania: światło diody LED, zawartej w strukturze transoptora, nasycy fototranzystor dopiero przy wartości chwilowej napięcia sieciowego rzędu kilkunastu woltów. W większości zastosowań jest to rozwiązanie



wystarczające, ale bardziej wymagające systemy potrzebują dokładniejszej informacji – na przykład po to, by prawidłowo działać przy ustawieniu 98% nominalnej mocy. Wtedy wyzwolenie elementu wykonawczego musi nastąpić tuż po przejściu napięcia przez zero. Przedstawiony układ zawiera aktywny

tor detekcji zerowej wartości napięcia, dlatego działa znacznie dokładniej.

Budowa

Schemat ideowy detektora pokazuje rysunek 1. Wzmacniacz operacyjny US1A działa w układzie idealnego prostownika półokresowego.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5688

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1: 100 Ω/1 W
R2, R3, R9: 1 MΩ SMD0805
R4: 330 kΩ SMD0805
R5, R8, R10, R11: 4,7 kΩ SMD0805
R6, R7: 47 kΩ/1 W

Kondensatory:

C1: 470 nF/310 VAC
C2, C3: 220 μF/25 V
C4, C5: 100 nF SMD0805

Półprzewodniki:

D1, D4: SM4007
D2, D3: Zenera 13 V/0,5 W
D5...D8: 1N4148 SMD
OK1: LT357T
US1: TL082 S08

Inne:

J1: ARK2 5 mm
J2: goldpin 3 pin

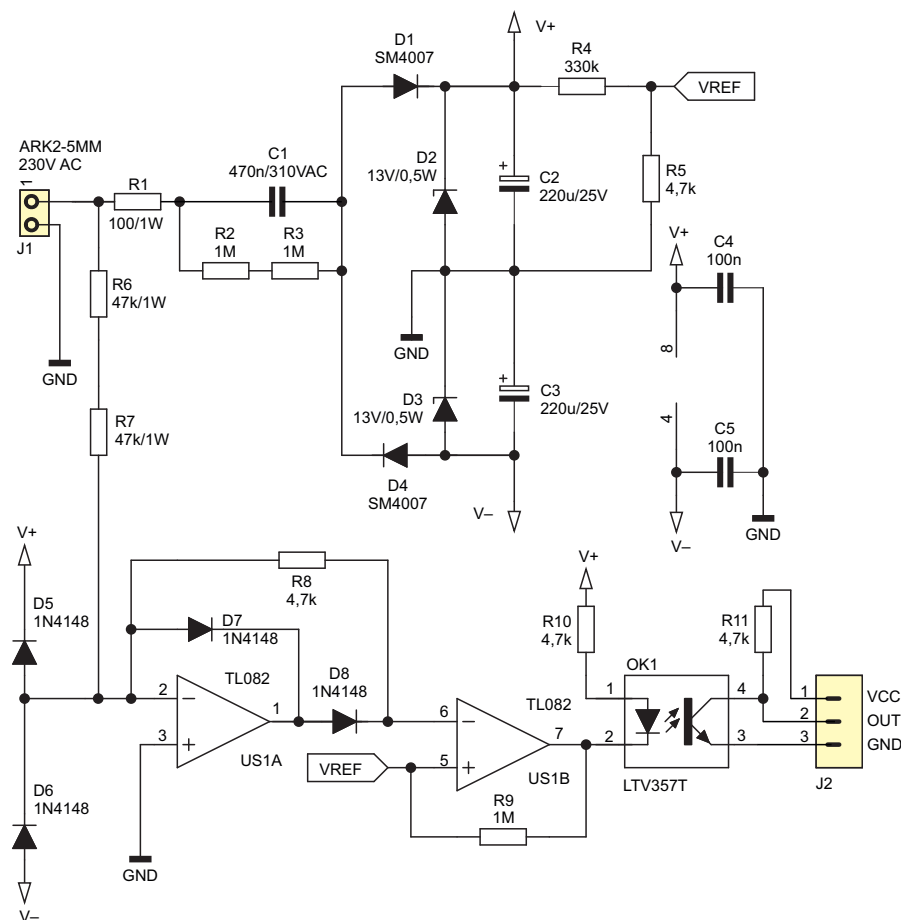
Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

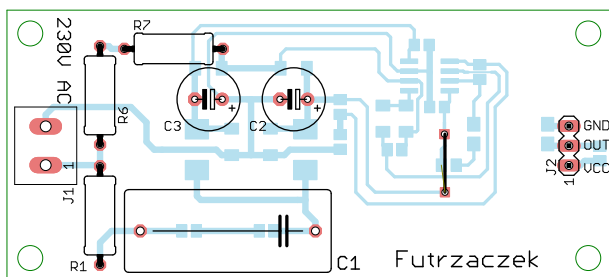
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zamontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ

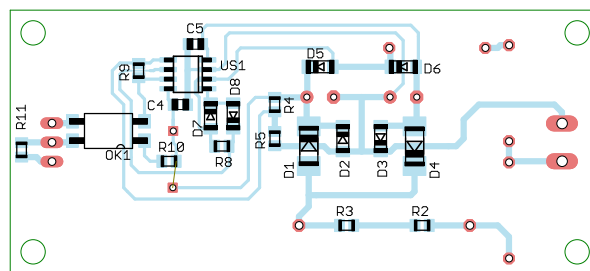
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat ideowy detektora



Rysunek 2. Schemat płytki detektora, strona TOP



Rysunek 3. Schemat płytki detektora, strona BOTTOM

Kiedy napięcie z sieci (podawane na wyprowadzenie 2) jest większe od zera, to wyjście wzmacniacza dąży do ujemnego potencjału zasilania. Diody D8 nie przewodzi, a D7 przewodzi. Prąd płynący przez diodę D7 pochodzi z obwodu rezystora R8 oraz z obwodu rezystorów wejściowych R6 i R7. W efekcie napięcie na wyjściu prostownika (za rezystorem R8) jest zerowe.

Przy ujemnym półokresie na wejściu tego obwodu napięcie wyjścia US1A wzrasta powyżej zera. Diody D7 zatyka się, a D8 otwiera. Prąd z wyjścia przepływa przez D8 i R8 i kompensuje spadek potencjału wejścia odwracającego. Napięcie za prostownikiem jest dodatnie, a jego amplituda jest stłumiona dwudziestokrotnie w odniesieniu do napięcia sieciowego. Wynika to ze stosunku $R8/(R6+R7)$. Wartość szczytowa napięcia za tym prostownikiem powinna wynosić 16 V, ale napięcie zasilania jest zbyt niskie, zatem napięcie wyjściowe dojdzie do ok. 10 V. Na wejściu prostownika znajduje się również ogranicznik amplitudy (D5 i D6), który chroni układ przed uszkodzeniem. Amplituda napięcia sieciowego ograniczana jest do wartości ok. 13,7 V.

Za prostownikiem znajduje się prosty przerzutnik Schmitta, który formuje sygnał prostokątny z doprowadzonego, prostowanego jednopółkрово sygnału sinusoidalnego. Napięcie referencyjne dla tego przerzutnika pochodzi z dzielnika R4, R5 i wynosi ok. 180 mV. Musi ono być nieznacznie większe od zera, aby:

- offset napięciowy obu wzmacniaczy operacyjnych nie spowodował błędnego zadziałania układu (brak reakcji przerzutnika);
- możliwe było zarówno wyłączenie przerzutnika (wzrost napięcia wyjściowego powyżej potencjału referencyjnego), jak i jego załączenie (spadek poniżej tego potencjału).

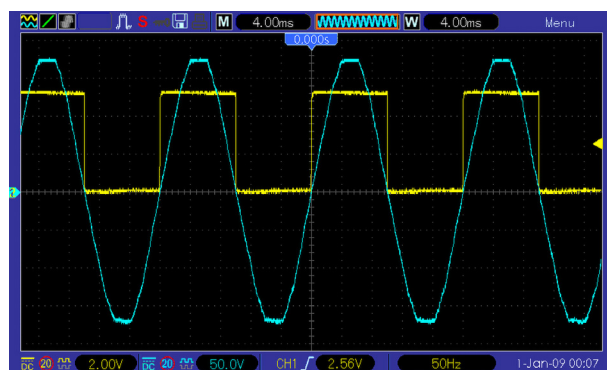
Histerezę, o niewielkiej szerokości, wprowadza rezystor R9. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie występują oscylacje przy przełączeniu wyjścia przerzutnika na stan przeciwny.

Napięcie przesuwające punkt reakcji przerzutnika Schmitta powoduje, że układ reaguje na przejście napięcia sieciowego przez wartość ok. 3,6 V. Wywołane tym przesunięcie czasowe wynosi ok. 35 μ s, czyli tylko 0,2% całego okresu. W porównaniu z prostymi układami detekcji zera, wynik ten jest nieporównywalnie lepszy i, co ważne – powtarzalny. Można spróbować zwiększyć wartość R4 i tym samym jeszcze bardziej przybliżyć punkt detekcji w kierunku zera.

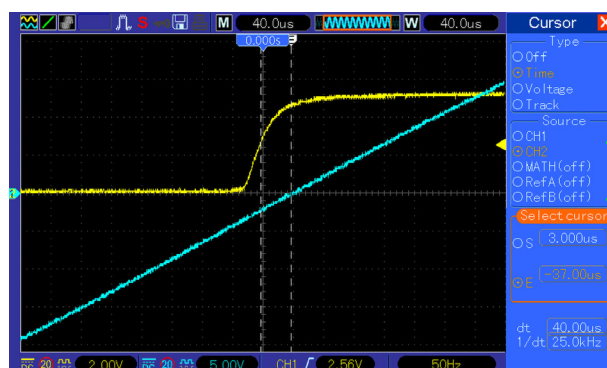
Jako wzmacniacz operacyjny nie bez powodu został wybrany TL082. Przede wszystkim wejście na tranzystorach JFET powoduje, że nie trzeba przejmować się kompensacją prądów polaryzujących stopień wejściowy. Ponadto cechuje się relatywnie wysoką szybkością narastania napięcia wyjściowego, rzędu 13 V/ μ s, co ma niebagatelne znaczenie przy pracy w roli przerzutnika.

Wyjście wzmacniacza US1B daje gotową informację o momentach przejścia przez zero, ale sygnał wyjściowy powinien być odseparowany galwanicznie. Ponieważ przenoszona informacja jest wyłącznie zero-jedynkowa, zastosowano do tego transoptor. W układzie znalazło się miejsce na rezystor kolektorowy R11, dzięki czemu do zacisków złącza J2 wystarczy podłączyć napięcie o wartości ok. 5 V, a na środkowym wyprowadzeniu pojawią się impulsy prostokątne. Zwiększenie wartości R11 umożliwia pracę przy wyższym napięciu, lecz wpłynie to niekorzystnie na parametry układu.

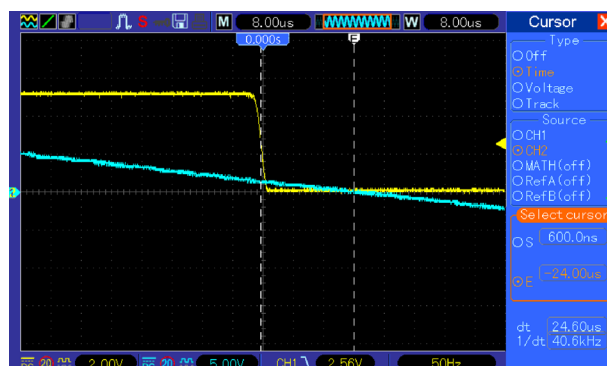
Do prawidłowej pracy układu konieczne jest zapewnienie symetrycznego napięcia zasilającego o niewielkiej wydajności prądowej. Ponieważ cały układ i tak jest połączony z siecią, stosowanie transformatora miałyby się z celem. Zastosowano układ zasilacza beztransformatorowego z dwiema diodami Zenera. W czasie dodatniego półokresu napięcia sieciowego otwiera się dioda D1, doładowując tym kondensator C2. Analogicznie, ujemny



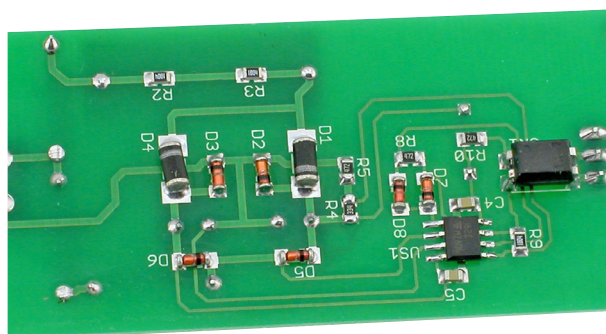
Rysunek 4. Przebieg napięcia wyjściowego na tle napięcia sieci



Rysunek 5. Moment przejścia przez zero przy narastaniu napięcia



Rysunek 6. Moment przejścia przez zero przy opadaniu napięcia



Fotografia 1. Widok zamontowanych elementów SMD

półokres otwiera diodę D4, ładując kondensator C3. Odłączenie układu od sieci zasilającej może nastąpić w dowolnym momencie, więc kondensator C1 może być naładowany do potencjalnie wysokiego napięcia. Rezystory R2 i R3 służą jego rozładowaniu. Rezystor R1 ogranicza prąd ładowania „pustego” C1 w sytuacji, kiedy załączenie następuje w chwili wysokiej wartości napięcia sieciowego.

Montaż i uruchomienie

Układ precyzyjnego detektora został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 78×53 mm, której schemat montażowy oraz wzór ścieżek przedstawiają **rysunki 2 i 3**. Na płytce znajduje się jedna zwora

z drutu, o której nie wolno zapomnieć. Rezystory przewlekane wydzielają nieco ciepła, zwłaszcza R6 i R7, więc warto przylutować je na wydłużonych nóżkach, w niewielkiej odległości od powierzchni laminatu. Zmontowany układ (od strony ścieżek) przedstawia **fotografia 1**. Prawidłowo zmontowany układ jest gotowy do działania i nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych. Jest przystosowany do współpracy z napięciem sinusoidalnym o wartości skutecznej 230 V i częstotliwości 50 Hz. Pobór prądu z sieci wynosi ok. 35 mA (wartość skuteczna), lecz znaczna część wydzielanej mocy to moc bierna pojemnościowa.

Uwagi końcowe

Przebieg napięcia wyjściowego (żółty) na tle napięcia sieciowego (niebieski) pokazuje **rysunek 4**. Widać na nim, że przejściu przez zero z dodatnią pochodną odpowiada zbocznie narastające sygnały prostokątnego, a z ujemną – opadające. Momenty przejścia przez zero dokładnie pokazują **rysunki 5 i 6**. Za pomocą kursorów oscyloskopu zmierzono odstęp czasowy pomiędzy zadziałaniem detektora a faktycznym momentem przejścia przez zero. W przypadku zbocza narastającego różnica ta wyniosła ok. 40 μ s, a dla opadającego ok. 25 μ s.

Michał Kurzela, EP