

Licznik czasu pracy

wyzwalany za pomocą przepływu prądu

W „Elektronice Praktycznej” 12/2015 był opublikowany projekt miniaturowego licznika czasu pracy, który można wmontować w nadzorowane urządzenie. Prezentowany projekt jest rozszerzeniem tamtej idei o możliwość odmierzenia czasu, gdy pobór prądu przez urządzenie przekroczy ustaloną wartość.

Rekomendacje: licznik może przydać się np. służbom utrzymania ruchu do planowania remontów maszyn i urządzeń.

Wiele urządzeń, podczas przestoju w pracy, może znajdować się w trybie czuwania. Nie wykonują one żadnej pracy, są pozornie wyłączone, ale obwody sterujące są zasilane. Aby wydobyc informację użyteczną z punktu widzenia czasu pracy, należałoby pobrać ją z wnętrza urządzenia, co może skończyć się utratą gwarancji.

Opisywany licznik czasu pracy wyposażono w przekładnik prądowy, którego zadaniem jest pomiar prądu pobieranego przez urządzenie. Jeżeli wzrośnie on powyżej ustalonego ręcznie progu, wówczas uznaje się, że urządzenie przystąpiło do działania i jest liczony czas jego faktycznej pracy. Do tego wystarczy przewlec jeden z przewodów sieciowych przez otwór w przekładniku.

Schemat ideowy

Schemat ideowy licznika czasu pracy pokazano na rysunku 1. Użyty w nim mikrokontroler to ATmega48PA. W tej aplikacji jego dużą zaletą jest możliwość pracy przy napięciu zasilania wynoszącym 1,8 V. Ma to kluczowe znaczenie podczas zapisu danych do nieulotnej pamięci EEPROM, kiedy układ jest zasilany wyłącznie z pojemności

filtrujących. Częstotliwość generatora taktującego mikrokontroler jest stabilizowana za pomocą rezonatora kwarcowego (4 MHz). Ten sam generator służy do odmierzenia czasu.

Wyświetlacz ma 4 cyfry, każda ze wspólną anodą. Sterowanie wszystkimi wyprowadzeniami odbywa się bezpośrednio z wyprowadzeń mikrokontrolera, ponieważ prąd segmentów został ograniczony do ok. 2,5 mA, dzięki czemu cała cyfra nie pobiera więcej niż 20 mA.

Zasilanie doprowadza się do złącza J1. Dioda D1 zabezpiecza układ przed zniszczeniem w razie błędnego dołączenia napięcia zasilania. Napięcie stabilizowane 5 V służy do zasilenia bloku analogowego oraz dzielnika rezystancyjnego. Ten dzielnik, w warunkach normalnej pracy, polaryzuje wejście odwracające komparatora wbudowanego w mikrokontroler potencjałem ok. 2,5 V. Z kolei do wejścia nieodwracającego jest dołączone wewnętrzne źródło referencyjne, o napięciu 1,23 V. Wyjście komparatora jest wyzerowane.

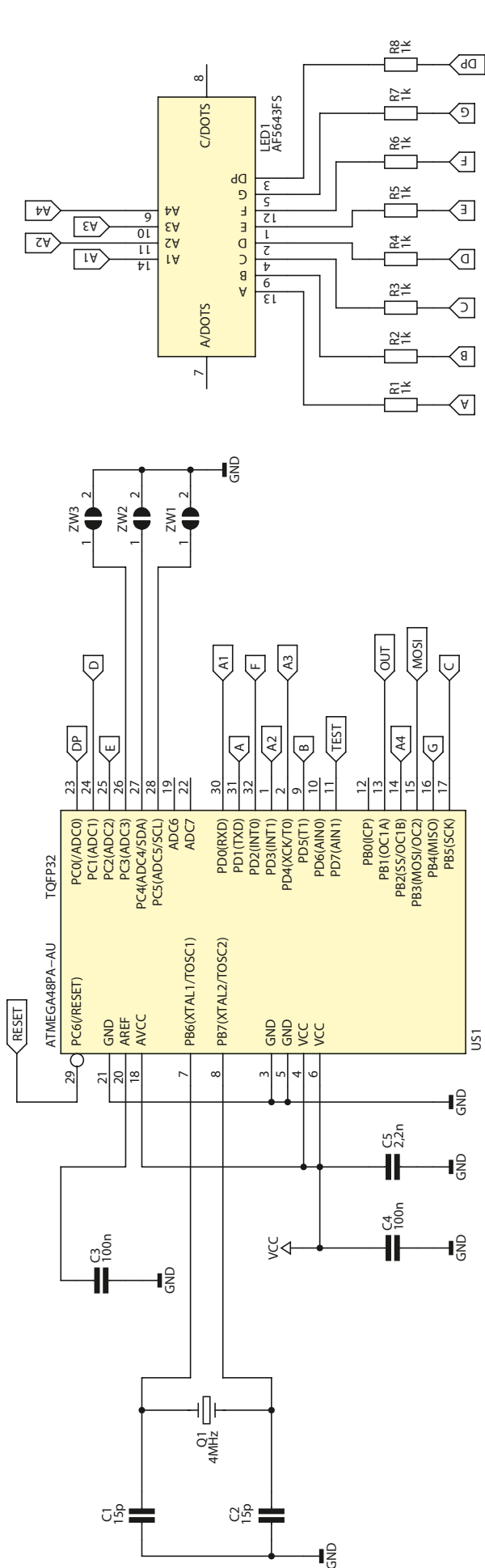
W momencie zaniku zasilania stabilizator przestaje zasilac dzielnik i wyjście

komparatora zostaje ustawione. To zboczne narastające powoduje uruchomienie obsługi przerwania, w której jest wyłączany wyświetlacz, a do pamięci EEPROM są zapisywane aktualne wskazania czasu. Takie rozwiązanie nie nadwyręży pamięci EEPROM regularnym zapisywaniem, co ma swoje uzasadnienie, ponieważ liczba cykli zapisu do niej/ odczytu z niej jest ograniczona.

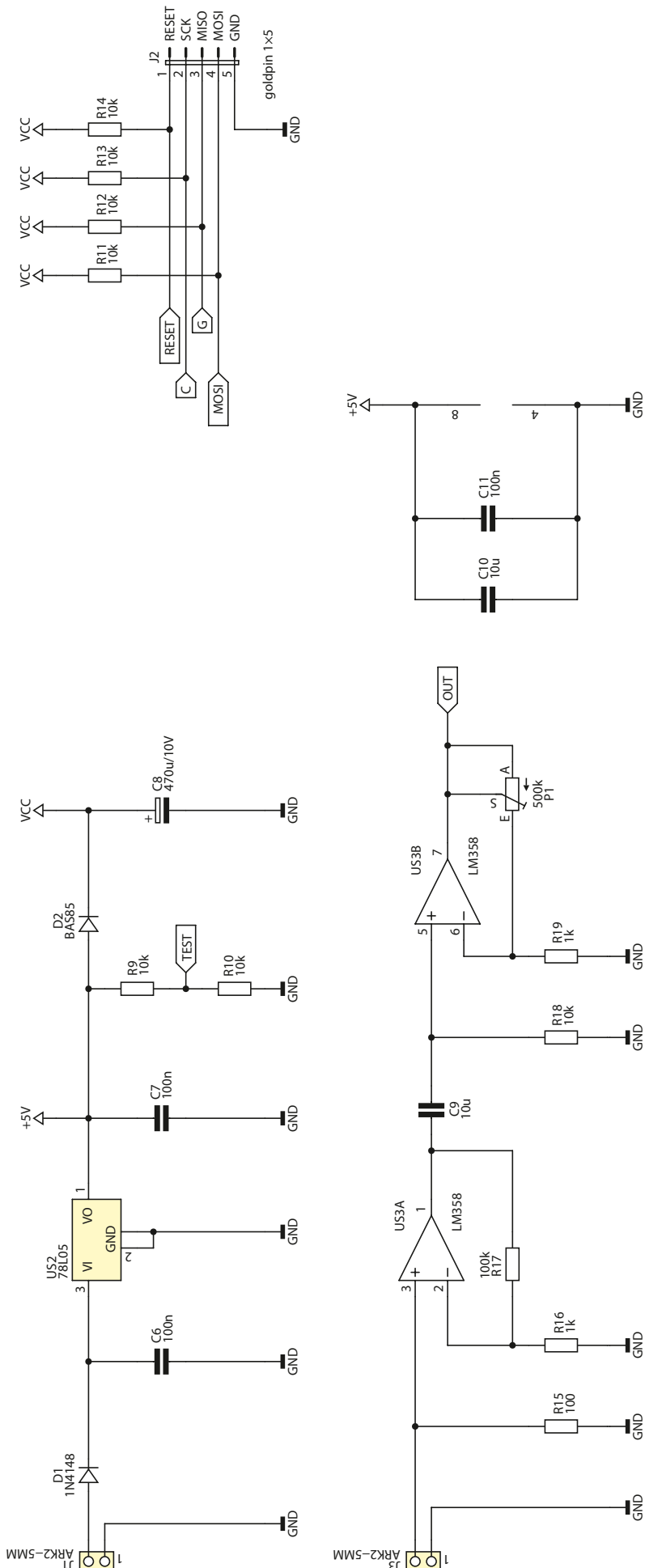
Złącze J2 służy do zaprogramowania mikrokontrolera wlutowanego w płytke. Proces ten odbywa się za pomocą standardowego interfejsu ISP (In-System Programming).

Do zacisków złącza J3 podłącza się przewody prowadzące do przekładnika prądowego. Rezystor R15 stanowi obciążenie jego uzwojenia, przez co odkłada się na nim napięcie. Dla użytego w prototypie przekładnika ASM-010 firmy Talema rezystor obciążający powinien mieć rezystancję 50 Ω. W rzeczywistości zastosowano rezystor o dwukrotnie większej rezystancji, ponieważ istotna jest czułość, a nie liniowość.

Napięcie sinusoidalnie zmienne, które odkłada się na R15, ma amplitudę rzędu miliwoltów. Tak małych wahań napięcia



Rysunek 1. Schemat ideowy układu licznika



DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 00865, PASS: 00664dyt

**W ofercie AVT*
AVT-5548**

Podstawowe informacje:

- Zasilanie 8...30 V DC, pobór prądu ok. 15 mA.
- Zapamiętywanie odczytanego już czasu w chwili wykrycia utraty zasilania.
- Detekcja prądu o częstotliwości 50 Hz lub 60 Hz.
- Minimalny próg zadziałania: ok. 70 mA wartości skutecznej.
- Czas odliczany w jednej z trzech postaci: dni, dni i godziny, godziny i minuty.
- Sygnalizowanie odczłaniania poprzez miganie kropką na wyświetlaczu.
- Zatrzymanie odczłaniania po przepiętaniu.
- Możliwość skasowania zapamiętanego czasu.
- 4-cyfrowy wyświetlacz LED.
- Płytkę drukowaną o wymiarach 90 mm×29 mm.

Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

- AVT-5521 Miniaturowy licznik czasu pracy (EP 12/2015)
- AVT-5475 Licznik czasu pracy (EP 11/2014)
- AVT-1824 Programowany licznik zdarzeń (EP 8/2014)
- AVT-1810 Licznik uniwersalny (EP 8/2014)
- AVT-5428 Zegar odliczający (EP 12/2013)
- AVT-1750 Licznik impulsów (EP 8/2013)

* Uwaga:
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A płytkę drukowaną PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A+ A i wersji UK bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B płytkę drukowaną (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu).
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

mikrokontroler nie jest w stanie zarejestrować. W tym celu dodano wzmacniacz o bardzo dużym wzmocnieniu napięciowym. Pierwszy człon ma sztywno ustalone wzmocnienie ok. 100 V/V. Warto zauważyć, że napięcie podawane na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego jest bipolarne, a sam wzmacniacz zasilany jest asymetrycznie. Wzmacniania jest jedynie dodatnia połówka wchodzącej sinusoidy, zaś ujemną pomija się, ponieważ nie niesie ona żadnej dodatkowej informacji.



Rysunek 2. Oscylogramy napięć na wejściu (niebieski) i wyjściu (żółty) wzmacniacza

Powoduje to znaczące uproszczenie układu. Stopień wejściowy LM358 jest w stanie pracować poprawnie, o ile chwilowy potencjał któregośkolwiek wejścia nie spadnie poniżej $-0,3\text{ V}$, co powoduje otwarcie złącza bazakolektor. W tym układzie jest to zagwarantowane: wartość szczytowa napięcia na rezystorze R15 nie przekroczy ok. 100 mV .

Drugi stopień wzmacniacza ma regulowane wzmocnienie w zakresie od 1 V/V do ok. 500 V/V . Kondensator C9 separuje składową stałą tak, aby drugi stopień nie nasycił się od napięcia stałego, które uzyskuje z wyjścia pierwszego stopnia. Rezystor R18 polaryzuje to wejście potencjałem 0 V . Stała czasowa obwodu C9...R18 jest na tyle duża (100 ms), że kondensator nie przeładowuje się i sygnał zmienny o częstotliwości $50...60\text{ Hz}$ niemal nie „dostrzega” jego obecności.

Na **rysunku 2** pokazano przebiegi napięcia wejściowego, odkładającego się na rezystorze R15 (niebieski) oraz wyjściowego (żółty), mierzonego na wyjściu układu US3B. Sygnał sinusoidalny o amplitudzie około 1 mV jest wzmacniany do postaci impulsów o maksymalnym napięciu ok. $3,8\text{ V}$ z offsetem wynoszącym ok. $0,5\text{ V}$. Przez przekładnik

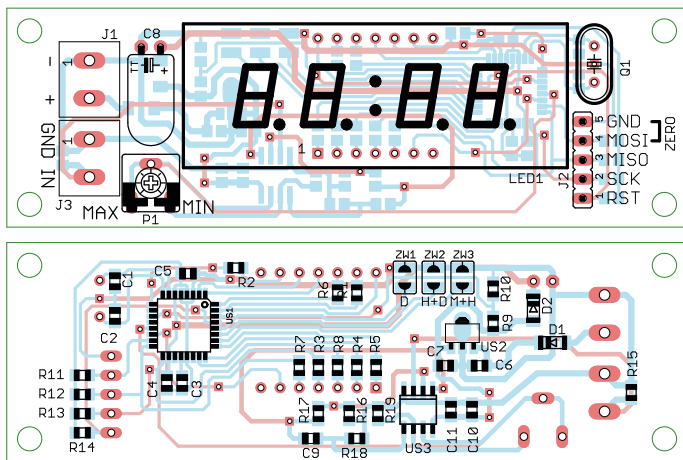
przewleczony był przewód doprowadzający zasilanie sieciowe do żarówki 28 W , a wzmocnienie ustawiono na maksymalne.

Taka wartość maksymalna napięcia wyjściowego wynika z ograniczeń układu LM358, którego stopień wyjściowy w pełni obsługuje napięcie bliskie potencjałowi ujemnej linii zasilania. Jednak przez mikrokontroler będzie ono interpretowane poprawnie: wystarczy, by szczytowa wartość tych impulsów przekraczała 3 V . Offset zaś jest efektem istnienia napięcia niezrównoważenia wzmacniacza oraz nieskompensowanych prądów wejściowych. Jego wartość zależy od ustalonego wzmocnienia. Dla tego mikrokontrolera nie może on mieć wartości większej niż $1,5\text{ V}$, ponieważ nie będzie możliwe rozróżnianie stanów logicznych przez rejestr wejściowy.

Bardzo duże wzmocnienie napięciowe nie niesie ze sobą ryzyka wzbudzenia. Jest to efektem niskiej częstotliwości granicznej układu LM358, która wynosi 1 MHz . Pasma pierwszego stopnia jest więc ograniczone do ok. 10 kHz , a drugiego do ok. 2 kHz .

Podczas testów układ nie wykazywał jakichkolwiek skłonności do wzbudzenia się, więc nie dodano jakichkolwiek

REKLAMA



Rysunek 3. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki

elementów, które dodatkowo kształtowałyby charakterystykę częstotliwościową. Zmierzony czas narastania napięcia wyjściowego to 700 μ s, co przekłada się na górną częstotliwość graniczną rzędu 500 Hz.

Montaż

Licznik czasu pracy zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat montażowy pokazano na rysunku 3. Montaż najłatwiej rozpocząć od elementów montowanych powierzchniowo, ponieważ wszystkie znajdują się na spodniej stronie płytki. Warto przy okazji zewrzeć kroplą cyny jedną zworzkę, która odpowiada wymaganemu reżimowi zliczania:

- ZW1: dni w zakresie 0...9999.
- ZW2: dni i godziny w zakresie 00:00...99:23.
- ZW3: godziny i minuty w zakresie 00:00...23:59.

Kondensator C8 należy pozostawić na nieco dłuższych nóżkach, aby możliwe było jego położenie na powierzchni płytki. Rezonator kwarcowy Q1 należy również przyłutować na nieco dłuższych wyprowadzeniach, lecz tylko po to, aby jego metalowa obudowa nie zwierała znajdujących się pod nią ścieżek.

Prawidłowo zmontowane urządzenie można zaprogramować wsadem w postaci pliku HEX. Przedtem należy wyłączyć podział częstotliwości zegara przez 8 (bit zabezpieczający CKDIV8) oraz przestawić taktowanie mikrokontrolera na zewnętrzny rezonator kwarcowy 3...8 MHz. Aby możliwe było prawidłowe uruchomienie urządzenia, do złącza J3 należy dołączyć przekładnik prądowy, a potencjometr P1 ustawić na maksimum. Jeżeli długość połączenia pomiędzy przekładnikiem a płytką będzie większa niż kilkanaście centymetrów, można rozważyć użycie przewodu ekranowanego. Wówczas jego opłot dołącza się do zacisku masy w złączu J3.

Uruchomienie i eksploatacja

Jedyną czynnością uruchomieniową, jaką należy wykonać, jest ustawienie

wzmocnienia toru analogowego. Najprościej jest to zrobić przez przeciągnięcie jednego z przewodów zasilających nadzorowane urządzenie przez przekładnik prądowy i takie ustawienie potencjometru P1, przy którym moment przejścia w tryb czuwania jest prawidłowo rozpoznawany. Odliczanie czasu jest sygnalizowane miganiem kropki z częstotliwością 0,5 Hz. Przy zliczaniu dni, znajduje się ona na końcu aktualnej liczby dni a w pozostałych przypadkach jest na środku i rozdziela dwie wartości. Kiedy pobierany prąd będzie mniejszy od wartości minimalnej, impulsy z wyjścia wzmacniacza przestaną mieć amplitudę wystarczającą do zinterpretowania ich jako wysoki poziom logiczny w rejestrze wejściowym mikrokontrolera. Odliczanie czasu zostaje wstrzymane, kropka przestaje migać. Aby uodpornić układ na chwilowe spadki amplitudy, wywołane np. zakłóceniami, odliczanie odbywa się jeszcze przez 1 s od ostatniej detekcji logicznej „1” na wejściu. Jeżeli w tym czasie nie nadejdzie kolejny impuls, licznik zatrzymuje się.

Zresetowanie zapamiętanych wskazań odbywa się w tej kolejności:

- Wyłączenie zasilania licznika.
- Założenie zworki na piny 4 i 5 złącza J2 (oznaczone „ZERO”).
- Włączenie zasilania i zdjęcie zworki po upływie min. sekundy.

Dzięki temu, że obecność zworki jest badana jedynie podczas uruchamiania, nie ma ryzyka wyzerowania licznika przy przypadkowym zwarciu tych wyprowadzeń podczas pracy.

Przekroczenie zakresu, czyli osiągnięcie wartości maksymalnej dla danego zakresu, jest sygnalizowane 4 poziomymi kreskami na wyświetlaczu. Z kolei błąd w odczycie położenia zworek ZW1...ZW3 (zwarta więcej niż jedna lub brak) układ oznajmia napisem „Err”. Ich położenie również jest sprawdzane wyłącznie po załączeniu zasilania lub restarcie mikrokontrolera.

Jeżeli okaże się, że czułość układu jest zbyt mała, wówczas można zwiększyć

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD 0805)
 R1...R8, R16, R19: 1 k Ω
 R9...R14, R18: 10 k Ω
 R15: 100 Ω (opis w tekście)
 R17: 100 k Ω
 P1: 500 k Ω (pot. montażowy, leżący)

Kondensatory: (SMD 0805)
 C1, C2: 15 pF
 C3, C4, C6, C7, C11: 100 nF
 C5: 2,2 nF
 C8: 470 μ F/10 V (THT)
 C9, C10: 10 μ F/10 V

Półprzewodniki:
 D1: 1N4148 (MiniMELF)
 D2: BAS85 (MiniMELF)
 LED1: AF5643FS
 US1: ATmega48PA-AU (TQFP32)
 US2: 78L05 (SOT89)
 US3: LM358 (SO8)

Pozostałe:
 J1, J3: ARK2/5 mm
 J2: goldpin 5-pin kątowy 2,54 mm
 Q1: 4 MHz (niski, THT)
 Przekładnik ASM-010 Talema (opis w tekście)

rezystancję R15. W przeciwnym wypadku, gdyby przez przewód w przekładniku płynął prąd o dużym natężeniu, należy dostosować do tego sam przekładnik, aby nie uległ uszkodzeniu. Użyty w prototypie ASM-010 przystosowany jest do maksimum 10 A.

Układ LM358 jest niewątpliwie tani, lecz jego wadą jest relatywnie wysokie napięcie niezrównoważenia, które może – w bardzo niekorzystnych warunkach – maskować wejściowy sygnał sinusoidalny. Jeżeli zmiany opisane wyżej nie przyniosą rezultatów, można rozważyć zastosowanie innego wzmacniacza operacyjnego, np. TLC277. Ważne jest, aby jego stopień wejściowy prawidłowo obsługiwał napięcie bliskie zero.

Po wykonaniu regulacji układ licznika jest gotowy do pracy. Pobór prądu wynosi ok. 11...15 mA, przy czym zależy od aktualnej zawartości wyświetlacza LED. Zasilanie powinno odbywać się napięciem stałym, dobrze filtrowanym i niekoniecznie stabilizowanym, z zakresu 8...30 V.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA