

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przysyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Miernik czasów niejednoczesności komutacji

Prezentowany projekt przyrządu pomiarowego jest przeznaczony do pomiaru charakterystycznych parametrów czasowych wyłączników energetycznych, to jest: jednoczesności zadziałania, czasu własnego otwarcia i czasu własnego zamknięcia. Ponadto, może być stosowany jako stoper wyzwalany stykiem otwartym lub zamkniętym w trybie zasilania z autonomicznego akumulatora.

Obsługa jest bardzo łatwa dzięki wyposażeniu urządzenia w czytelne menu oraz wyświetlacz alfanumeryczny, na którym są prezentowane wyniki pomiarów, komunikaty oraz menu użytkownika. Całość obsługuje się pojedynczym przyciskiem. Zakresy pomiarowe zmieniają się automatycznie i nie wymagają ingerencji użytkownika. Oprócz tego, miernik jest wyposażony w funkcję generatora, który pozwala sterować cykliczną pracą wyłącznika z regulowaną częstotliwością. Ważniejsze parametry techniczne podano w tabeli 1.

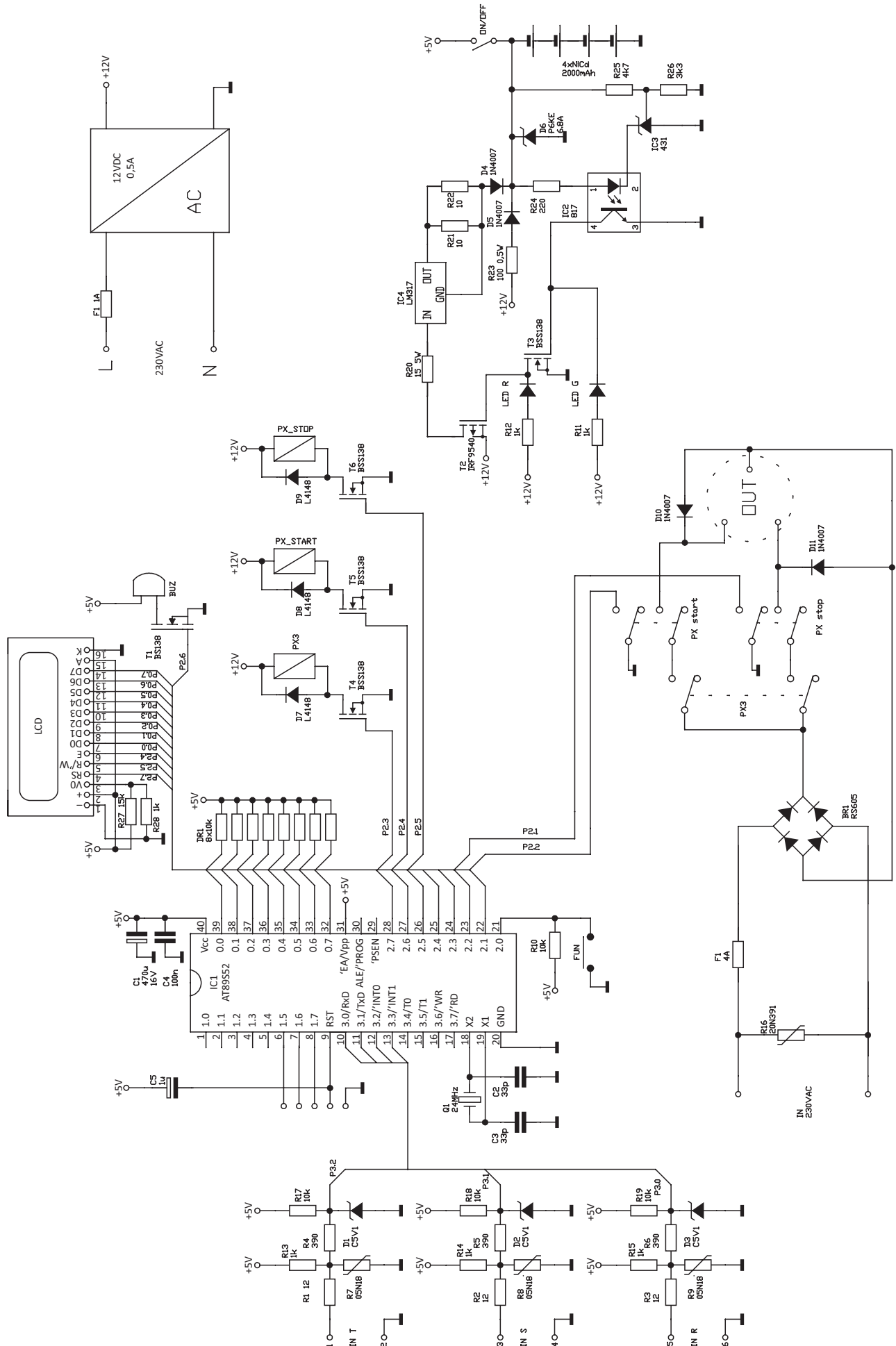
Budowa i działanie

Schemat ideowy miernika czasów niejednoczesności komutacji pokazano na rysunku 1. „Mózgiem” miernika jest mikrokontroler

Tabela 1. Ważniejsze parametry techniczne miernika

Czułość wejść:		
R, S, T	NC	$R < 900 \Omega$
	NO	$R > 25 k\Omega$
Zakres pomiarowy stopera:		999.9999 s
Rozdzielczość pomiaru:		100 μs
Dopuszczalne obciążenie wyjścia sterującego cewką stycznika		2 A
Błąd pomiaru mniejszy niż rozdzielczość wyniku		Pomijalny
Napięcie zasilające		80-230 V AC





Rysunek 1. Schemat ideowy miernika czasów niejednoczesności komutacji

typu AT89S52 oznaczony na schemacie IC1. Aplikacja nie wymaga od mikrokontrolera dodatkowych peryferii, takich jak pamięć EEPROM czy przetwornik A/C. Cena, dostępność narzędzi (programator), dobrze znane środowisko programistyczne oraz łatwość wykonania oprogramowania, zdecydowały o zastosowaniu właśnie tego mikrokontrolera, który jest już nieco nieślusnie zapomniany.

Układ IC1 obsługuje interfejs użytkownika (matryca LCD i przycisk FUN), steruje poprzez przełączniki uzwojeniami badanego wyłącznika oraz nadzoruje stan styków badanego wyłącznika. Do portu P0 (szyna danych) mikrokontrolera jest dołączony wyświetlacz ciekłokrystaliczny LCD o rozdzielczości 2 linie $\times 16$ znaków, na którym są pokazywane wyniki pomiarów i komunikaty. Port P0 w zastosowanym mikrokontrolerze jest podciągnięty do plusa zasilania za pomocą drabinki rezystancyjnej DR1, która podwyższa obciążalność prądową i odporność na zaburzenia zewnętrzne.

Wejścia pomiarowe „R”, „S” i „T” są doprowadzone do mikrokontrolera przez trzy bliźniacze obwody. Rezystor R3, R6, rezystor R9

i dioda Zenera D3 chronią wejście mikrokontrolera przed ewentualnym wystąpieniem przepięcia na wejściu pomiarowym „R”. Rezystory R15 i R19 gwarantują stromość zbocza podczas pomiaru. Wejście pomiarowe „R” jest obserwowane przez port P3.0 mikrokontrolera. Wejście pomiarowe „S” nadzoruje port P3.1 mikrokontrolera, a wejście pomiarowe „T” jest doprowadzone do portu P3.2 mikrokontrolera. Kondensator C5 gwarantuje prawidłowy restart mikrokontrolera po włączeniu napięcia zasilania. Mikrokontroler jest taktowany rezonatorem kwarcowym Q1 o częstotliwości 24 MHz. Zastosowanie tak dużej częstotliwości zegarowej gwarantuje precyzyjny pomiar czasu.

Miernik jest wyposażony w 3 przełączniki elektromagnetyczne typu RM94. Przełącznik główny Px3 sterowany poprzez tranzystor T4 z portu P2.3 mikrokontrolera odcina napięcie zasilające cewki badanego wyłącznika. Zastosowano go głównie ze względów bezpieczeństwa. Przełącznik Px_start sterowany poprzez tranzystor T5 z wyprowadzenia P2.4 mikrokontrolera podaje napięcia na cewkę włączającą badanego wyłącznika. Przełącznik Px_stop sterowany poprzez tranzystor T6 z portu P2.5 mikrokontrolera podaje napięcia na cewkę wyłączającą badany wyłącznik. Diody D7...D9 tłumią samoindukcję cewek przełączników. Ponadto, do portów P2.1 i P2.2 są dołączone styki pomocnicze przełączników Px_start i Px_stop. W ten sposób mikrokontroler podczas pomiaru pomija czas własny (propagację zadziałania) tych przełączników.

Napięcie zasilania cewki badanego wyłącznika jest to napięcie zasilania przyrządu wyprostowane przez prostownik BR1. Obwód ten zabezpieczony jest bezpiecznikiem F1. Wyjście napięcia z przełączników Px_start i Px_stop jest zabezpieczone dodatkowo diodami D10 i D11. Jest to konieczne. Bez diody „gaszącej” na cewce wyłącznika po zaniku napięcia indukuje się impuls o bardzo dużej energii. Diody D10 i D11 przylutowane są bezpośrednio do gniazda wyjściowego miernika i nie ma ich na płytce PCB.

Ponieważ cewki wyłączników mogą mieć różne nominalne napięcia zasilania zdecydowałem się na zastosowanie przetwornicy, która z napięcia sieciowego wytwarza napięcie stabilizowane 12 V przeznaczone do zasilania układu ładowarki i przełączników pomocniczych układu. Stosując gotową przetwornicę (jeden z popularnych zasilaczy impulsowych np. ze starego routera) uzyskano poprawną pracę miernika w zakresie napięcia zasilania między 80...250 V AC. W ten sposób można badać wyłączniki o nominalnym napięciu cewek z tego zakresu stosując np. autotransformator.

Ponieważ miernik może pracować jako stoper, bez konieczności podłączenia zewnętrznego zasilania, wyposażono go w akumulator złożony z 4 ogniw NiCd.

Napięcie zasilania systemu mikroprocesorowego pochodzi właśnie z tej baterii ogniw. Do ładowania ogniw służy układ złożony z tranzystora T2 i układu scalonego IC4. Po włączeniu napięcia sieciowego do miernika akumulator jest ładowany prądem 10 godzinnym. Napięcie 12 V z zasilacza impulsowego podawane jest przez tranzystor T2 na stabilizator IC4 typu LM317 pracujący w układzie źródła prądowego gdzie prąd wynosi w przybliżeniu $I_1 = U_{ref}/R$, gdzie U_{ref} dla LM317 wynosi 1,25 V, a R równoległe połączenie R21 i R22 tj. 5 Ω . Stąd $I_1 = 250$ mA. Drugie źródło prądu ładowania akumulatora to obwód złożony z rezystora R23, którego prąd I2 (przy naładowanym akumulatorze) wynosi około 55 mA. Stąd prąd ładowania akumulatora wynosi w przybliżeniu $I = I_1 + I_2 = 300$ mA. Ogniwa mają pojemność 2000 mAh. Ustalony prąd I jest większy niż prąd 10 godzinny, ale sytuacja ta zmienia się w chwili włączenia miernika, ponieważ system mikroprocesorowy pobiera część z tej energii. Kiedy podczas procesu ładowania napięcie na akumulatorze podniesie się do około 1,4 V na ogniwo (akumulator jest naładowany), wówczas układ złożony z precyzyjnego źródła napięcia odniesienia IC3 typu TL431 i tranzystora IC2 poprzez tranzystor T3 zatka tranzystor T2. Wówczas zgśnie czerwona dioda LED i zapali się zielona dioda LED, sygnalizując stan naładowania akumulatora. Zostanie wyłączone napięcie ze źródła prądowego IC4 i prąd będzie płynął jedynie przez obwód R23 i diodę D5. Jest to prąd wystarczający do zasilania systemu mikroprocesorowego lub w przypadku wyłączenia miernika prąd konserwujący akumulator. Transil D6 ma za zadanie ochronę systemu mikroprocesorowego przez wzrostem napięcia zasilania w przypadku wystąpienia uszkodzenia akumulatora.

Tranzystor T1 sterowany z portu P2.6 mikrokontrolera, wraz sygnalizatorem akustycznym stanowią element interfejsu użytkownika. Rezystory R27 i R28 ustalają napięcie kontrastu matrycy LCD i nie znajdują się na płytce PCB. Należy dolutować je bezpośrednio do matrycy. Większość projektantów stosuje w tym miejscu potencjometr montażowy. Zastanawiam się czy kiedykolwiek po procesie uruchomienia korzystali z tego potencjometru. Ma to sens jedynie w sytuacji, kiedy układ pracuje w dużym zakresie temperatury i kontrast matrycy znacznie się zmienia, choć i w tym przypadku lepiej byłoby użyć jakiegoś źródła napięcia w funkcji temperatury, a w skrajnie wysokich temperaturach zrezygnować z matrycy LCD na rzecz wyświetlacza LED. Tu dzielnik rezystancyjny w zupełności wystarczy.

Montaż i uruchomienie

Układ miernika zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 1206)

R1...R3: 12 Ω
R4...R6: 390 Ω
R7...R9: 05N18
R10, R17...R19: 10 k Ω
R11...R15, R28: 1 k Ω
R16: 20N391
R20: 15 Ω /5 W (THT)
R21, R22: 10 Ω
R23: 100 Ω /0,5 W (THT)
R24: 220 Ω
R25: 4,7 k Ω
R26: 3,3 k Ω
R27: 15 k Ω

DR1: 8 $\times$ 10 k Ω (drabinka rezystorowa)

Kondensatory: (SMD 1206)

C1: 470 μ F/16 V (elektrolit.)
C2, C3: 33 pF
C4: 100 nF
C5: 1 μ F/16 V (elektrolit.)

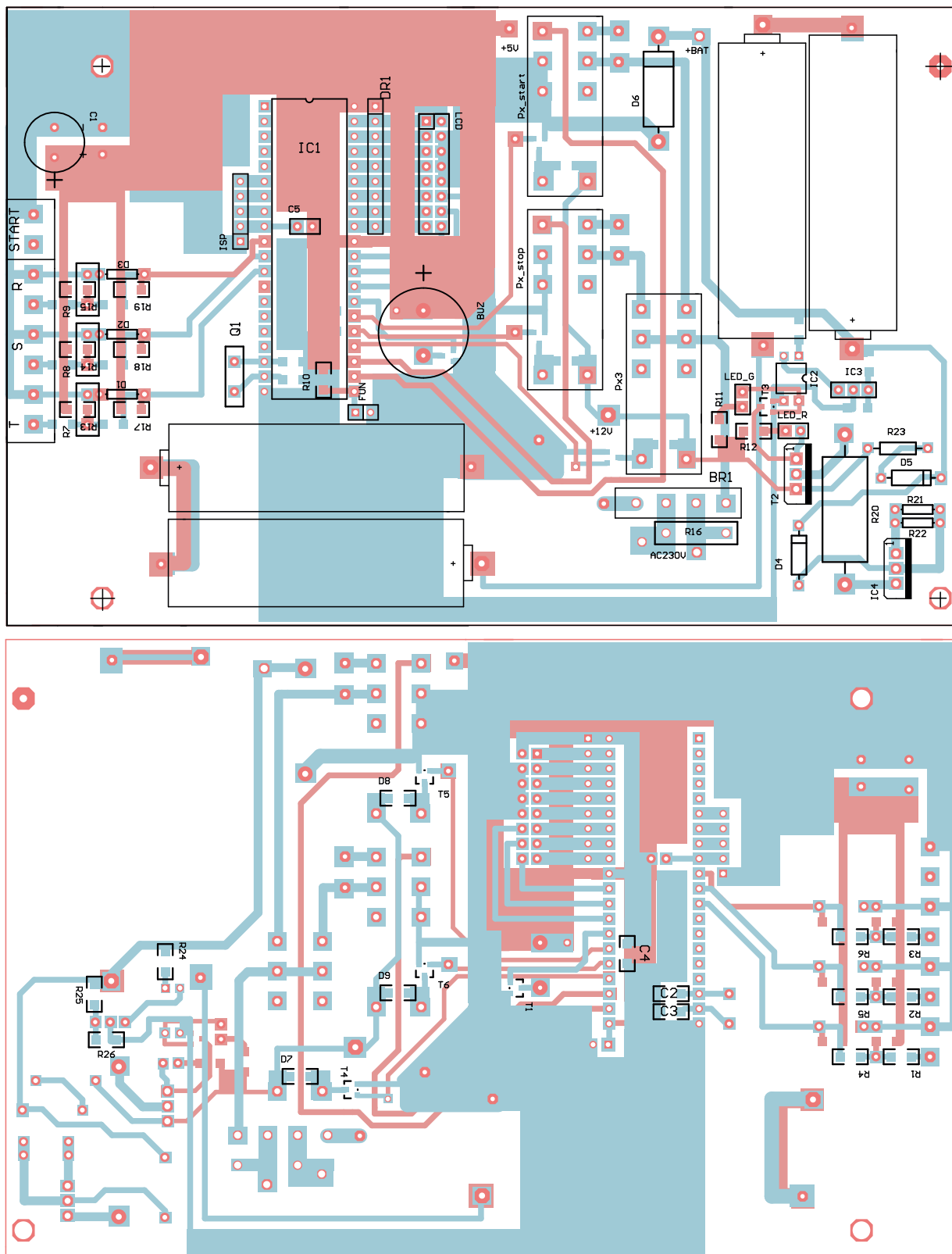
Półprzewodniki:

IC1: AT89S52 (DIP40)
IC2: LT817 (DIP4)
IC3: TL431 (TO92)
IC4: LM317 (TO220)
T1: BSS138 (SOT-23)
T2: IRF9540 (TO220)
T3...T6: BSS138 (SOT-23)
D1...D3: BZX C5V1 (DO-35)
D4, D5: 1N4007 (DO-41)
D6: P6KE6,8A (DO-15)
D7...D9: L4148 (1206)
D10, D11: 1N4007 (DO-41)
LEDG: zielony LED 3 mm
LEDR: czerwony LED 3 mm

BR1: mostek prostowniczy np. RS605

Inne:

Q1: rezonator kwarcowy 24 MHz
Przełącznik RM94 cewka 12 V DC – 3 szt.
Wyświetlacz LCD 2 linie $\times$ 16 znaków
Sygnalizator dźwiękowy z generatorem, zasilanie 6 V np. CFG06
Ogniwa NiCd 1,2 V – 4 szt.



Rysunek 2. Schemat montażowy miernika czasów niejednoczesności komutacji

162 mm×104 mm. Jej schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**. Płytkę wykonałem samodzielnie. Wymaga to nieco pracy przy obwodzie dwustronnym, ale nie jest niemożliwe.

W pierwszej kolejności należy przylutować elementy SMD. Następnie podstawkę mikrokontrolera oraz pozostałe elementy przewlekane. Na płytce zamontowano gold-piny pełniące funkcję złącza programatora,

oznaczone ISP. Matryca LCD jest dołączona za pomocą 16-przewodowej taśmy przez złącze IDC16. Układ IC4 warto wyposażać w niewielki radiator. Bezpiecznik F1 jest zamontowany na przewodach w gnieździe, aby była możliwa wymiana bezpiecznika z zewnątrz. Akumulatory należy przylączyć po uruchomieniu układu ładowarki.

Po złożeniu układu należy doprowadzić napięcie zewnętrzne +5 V do systemu

mikroprocesorowego i wgrać do procesora poprzez złącze ISP program **mcnk32.hex**. Napisano go w assemblerze – kod źródłowy z komentarzami oraz plik wynikowy (6,3 kB) są dostępne w materiałach dodatkowych.

Po wgraniu programu i restarcie mikrokontrolera na wyświetlaczu zostanie pokazany komunikat:

MCNK3
V0.2


Fotografia 3. Rozmieszczenie gniazd pomiarowych

Po upływie około sekundy zostanie wyświetlony kolejny komunikat:

>STOPER

WYŁACZNIKI

Obsługa urządzenia odbywa się za pomocą przycisku FUN. Krótkie przyciśnięcie oznacza rezygnację z proponowanej funkcji (krótki sygnał dźwiękowy), a długie przyciśnięcie przycisku FUN powoduje zatwierdzenie proponowanej funkcji (długi sygnał dźwiękowy). Znaczek strzałki proponuje uruchomienie funkcji stopera. Krótkie naciśnięcie przycisku spowoduje przesunięcie się strzałki do pozycji „włączniki”. Należy zatwierdzić funkcję „stoper”. Miernik przejdzie do ustalenia opcji wyzwalania wejść stopera gdzie zarówno wejście start jak i wejście stop może być aktywne na otwarcie lub zamknięcie styku. Szczegóły znajdują się w instrukcji umieszczonej w dodatkach. Warto uruchomić stoper, aby przekonać się, że układ działa poprawnie. Uruchomienie pomiaru stopera sygnalizowane jest dźwiękiem, a zakończenie pomiaru dwoma dźwiękami. Należy pamiętać, że dopóki stoper nie zmierzy 10 sekund na wyświetlaczu będzie 0. Dopiero po 10 sekundach wynik będzie inkrementowany na wyświetlaczu. Takie rozwiązanie wynika z czasu, jaki procesor poświęca na obsługę matrycy LCD. Przy pomiarach poniżej 10 sekund czas obsługi matrycy wprowadzałby do pomiaru istotny błąd. Oczywiście, jeśli mierzony czas będzie krótszy od 10 sekund. Po zakończeniu pomiaru na wyświetlaczu pojawi się dokładny wynik w miejscu 0.

Po sprawdzeniu stopera można sprawdzić układ wyzwalania badanych wyłączników. System nadal jest zasilany z zewnętrznego źródła 5 V. Potrzebne jest również 12 V DC do zasilania przekazywników. Można użyć zasilacza impulsowego, który docelowo będzie w urządzeniu. Nie należy jednak ze względów bezpieczeństwa podawać napięcia sieciowego na wejście IN230AC (prostownik

BR1). Do gniazda 230 V AC należy przyłączyć wtórne uzwojenie transformatora 12 V. Da wyjść miernika (opisane OUT) należy dołączyć 2 żarówki (np. samochodowe 5 W lub 21 W w zależności od tego, jakiej mocy transformator został użyty), imitujące obciążenie cewkami wyłącznika.

Po wejściu do funkcji „włączniki” z menu głównego zostanie wyświetlony komunikat:

BADANIE

WYŁACZNIKA

Po sekundzie pojawi się kolejny komunikat: CZAS WL. ZAMK. ?

Wybierając tę funkcję dokonujemy pomiaru czasu własnego zamknięcia wyłącznika. Błyśnięcie żarówki podłączona do przełącznika Px_start, następnie miernik będzie oczekiwał zwarcia wejść pomiarowych „R”, „S”, „T” do masy (COM) – zamknięcie 3 kolumn wyłącznika i wyświetli wynik (zmierzony czas) na wyświetlaczu. Po wyjściu z tej funkcji błyśnięcie żarówki podłączona do przełącznika Px_stop – impuls podawany na cewkę wyłączającą wyłącznik. Oba impulsy, załączający i wyłączający wyłącznik mają czas trwania 250 ms. Jeśli żarówki zachowywały się w opisanym sposobie to znaczy, że nie popełniliśmy żadnego błędu w montażu i można wejście prostownika BR1 podłączyć do gniazda zasilania sieciowego, razem z wejściem zasilacza impulsowego przeznaczonego do pracy z miernikiem.

Pozostaje uruchomienie ładowarki. Aby sprawdzić poprawność pracy ładowarki zamiast baterii akumulatorów należy dołączyć amperomierz. Po włączeniu napięcia 12 V z zasilacza impulsowego amperomierz powinien pokazać prąd o natężeniu około 300 mA i jednocześnie powinna zaświecić się czerwona dioda LED, a zielona dioda LED powinna być zgaszona. Włączając w szereg z amperomierzem rezystor np. 47 Ω powinna zgasnąć czerwona dioda LED, a zaświecić się zielona sygnalizując naładowanie akumulatora. Prąd zmierzony przez amperomierz

powinien wynosić około 50 mA. Jednocześnie, napięcie na dwójniku (rezystor – amperomierz) nie powinno przekraczać 5,5 V.

Jeśli ładowarka działa poprawnie można zainstalować ogniwa i połączyć poprzez włącznik układ zasilania z układem systemu mikroprocesorowego.

Miernik zamontowano w obudowie walizkowej. Na płycie czołowej zamontowano gniazda bananowe do przyłączenia wejść miernika, gniazdo zasilania 230 V AC, wyświetlacz, przycisk funkcyjny, włącznik, diody LED, oraz gniazdo do podłączenia cewek zasilania badanego wyłącznika (fotografia 3, fotografia 4).

Podczas badania wyłączników możliwy jest pomiar:

- **Czasu własnego zamykania** – czas od podania impulsu na cewkę załączającą do zamknięcia ostatniej kolumny wyłącznika.
- **Czas własny otwierania** – czas od podania impulsu na cewkę wyłączającą do chwili otwarcia ostatniej kolumny wyłącznika.
- **Jednoczesność zamykania wyłącznika** – czas od zamknięcia pierwszej kolumny do drugiej kolumny oraz czas od zamknięcia pierwszej kolumny do zamknięcia ostatniej (trzeciej) kolumny.
- **Jednoczesność otwierania wyłącznika** – czas od otwarcia pierwszej kolumny do drugiej kolumny oraz czas od otwarcia pierwszej kolumny do otwarcia ostatniej (trzeciej) kolumny.
- **Badanie uzwojeń wyłącznika** – sprawdzenie, przy jakim napięciu następuje pewne działanie cewki włączającej i wyłączającej.
- **Funkcja generatora** – cykliczne włączanie i wyłączanie wyłącznika.
- **Cykl C-O** – pomiar czasu cyklu zamknięcie – otwarcie wyłącznika.
- **Cykl C-O-C** – pomiar czasu cyklu zamknięcie – otwarcie – zamknięcie wyłącznika.

Wszystkie funkcje i sposób włączenia w obwód pomiarowy opisano w instrukcji dostępnej w materiałach dodatkowych.

Grzegorz Mazur


Fotografia 4. Obudowa walizkowa przyrządu