

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. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Cyfrowy miernik napięcia stałego/ przemiennego lub prądu stałego na szynę TS35 mm

W zastosowaniach, w których konieczna jest ciągła kontrola napięcia lub natężenia prądu (a po zastosowaniu odpowiednich interfejsów również innych wielkości fizycznych) chętnie korzystamy z mierników montowanych na szynę. Projekt takiego miernika oparty na popularnym układzie ICL7107 przedstawiamy poniżej.

Rekomendacje:

wykonanie miernika tablicowego polecamy Czytelnikom posiadającym pewne doświadczenie zarówno w zakresie elektroniki, jak i montażu mechanicznego.

Projekt 143

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach: 67x73 mm (moduł zasilacza MS-10)
59x49 mm (moduł przetwornika A/C MC-10)
- 59x38 mm (moduł wyświetlacza MD-10)
- Zasilanie 230 VAC (≤ 2 VA)
- Pomiar: napięcia DC: 200 mV...700 V
napięcia AC: 200...500 V (45...1000 Hz)
prądu DC (zakres ustalany przez dobór bocznika – napięcie bocznika: 60...150 mV)
- Obudowa Z-100 przystosowana do montażu na szynie TS35 mm
- Pole odczytowe: 4 cyfry (0...1999)

Prezentowany w artykule cyfrowy miernik jest konfigurowalnym (na etapie montażu) przyrządem przeznaczonym do pomiarów elektrycznych. Pozwala na realizację następujących pomiarów:

- napięcia stałego 200 mV...700 V z błędem $\pm 0,5\%$ w.m. (wartości mierzonej) $\pm 2D$ (cyfry),
- napięcia przemiennego 200...500 V (45...1000 Hz) z błędem $\pm 1,5\%$ w.m. $\pm 5D$,
- prąd stały z bocznika zewnętrznego 60...150 mV z błędem $\pm 1\%$ w.m. $\pm 2D$.

Miernik składa się z trzech płytek jednostronnych z elementami elektronicznymi zamocowanymi w obudowie Z-100 z filtrem firmy Kradex. Przeznaczony jest do mocowania na szynie TS35mm. Jest on zasilany z sieci 230 V/50 Hz, pobór mocy nie przekracza 2 VA.

Opis działania

Schemat ideowy miernika przedstawiono na rys. 1. Układ elektryczny miernika podzielono na trzy moduły. Każdy z tych modułów tworzy oddzielny pakiet składający się z płytki obwodu drukowanego wraz z elementami elektronicznymi. Są to:

- modułu zasilacza MS-10,
- modułu przetwornika analogowo-cyfrowego MC-10,
- modułu wyświetlacza MD-10.

Moduł MS-10 składa się z bloku: zasilacza i układu wejściowego. Zasilacz wykonano w sposób tradycyjny. Tworzą go: transformator sieciowy TR31, diody prostownicze D34...37, kondensatory filtrujące C37, C38, C31, C32, C33, C36 oraz dwa stabilizatory napięcia +5 V

(U31) i -5 V (U33). Napięcia +5 V i -5 V służą do zasilania modułu przetwornika analogowo-cyfrowego MC-10 oraz wzmacniacza operacyjnego U32 w module MS-10. Układ wejściowy modułu MS-10 występuje w trzech wariantach zależnych od konfiguracji miernika i pełni następujące funkcje:

- a) dzielnika napięcia dla woltomierza napięcia stałego,
- b) dzielnika napięcia z prostownikiem i filtrem dolnoprzepustowym dla woltomierza napięcia przemiennego,
- c) układu wzmacniacza napięciowego dla amperomierza prądu stałego z bocznikiem zewnętrznym.

Dzielnik napięcia dla woltomierza napięcia stałego składa się z rezystorów R35, R38, R39, R33, R34 oraz wybranych zworek.

Dzielnik napięcia z prostownikiem i filtrem dolnoprzepustowym dla woltomierza napięcia przemiennego



nego składa się z rezystorów R35, R38, R39, R33, R34 diody prostowniczej D33, rezystora R40 i kondensatora C40 oraz wybranych zworek.

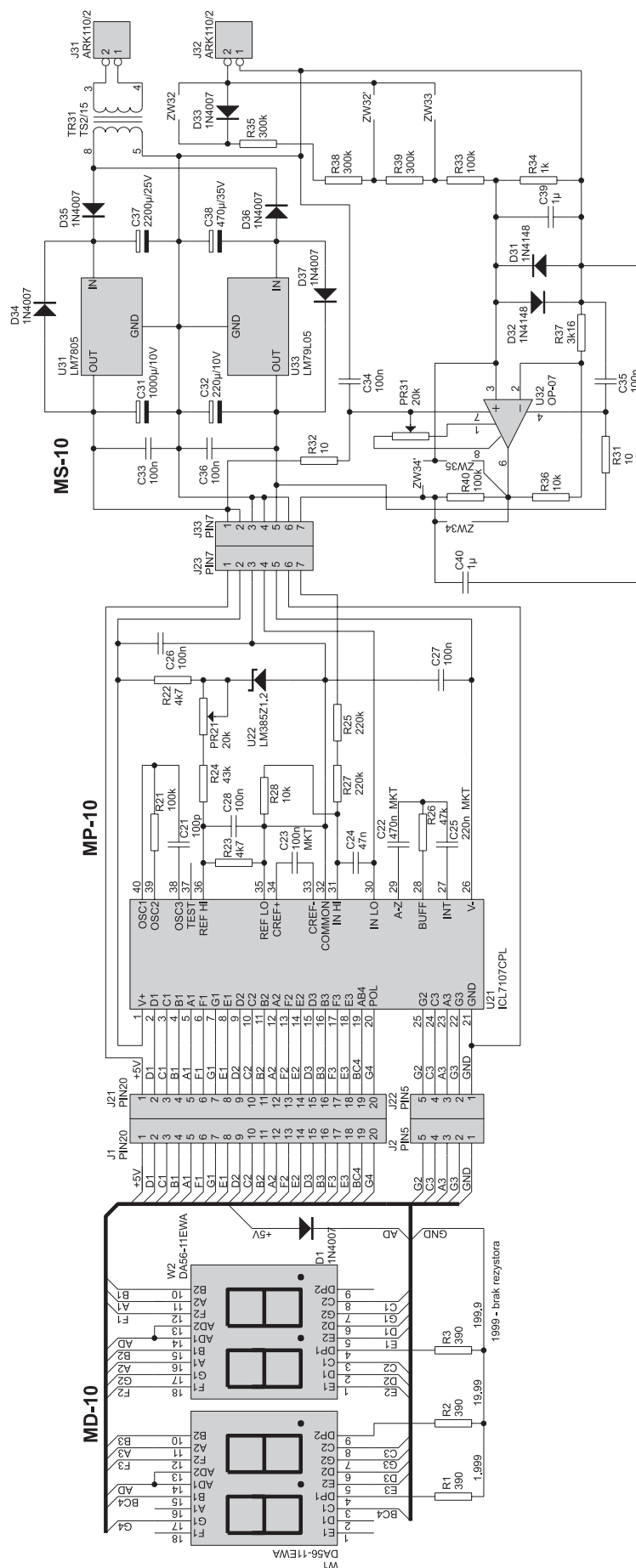
Układ wzmacniacza napięciowego dla amperomierza prądu stałego z boczniakiem zewnętrznym został zbudowany w oparciu o precyzyjny wzmacniacz operacyjny z małym napięciem niezrównoważenia typu OP-07 U32. Wzmacniacz U32 jest zasilany napięciem +5 V i -5 V poprzez filtry RC (R32, C34 i R31, C35).

Diody D31 i D32 służą do zabezpieczenia napięciowego wejść wzmacniacza. Potencjometr PR31 służy do wyzerowania układu. Rezystory R33, R37, R36 wyznaczają wzmocnienie układu pomiarowego. Sygnał z wyjścia wzmacniacza U32 poprzez zworkę ZW34 podawany jest na styk 7 złącza J33 do modułu MC-10. Kondensator C39 pełni rolę kondensatora przeciwzakłóceńowego.

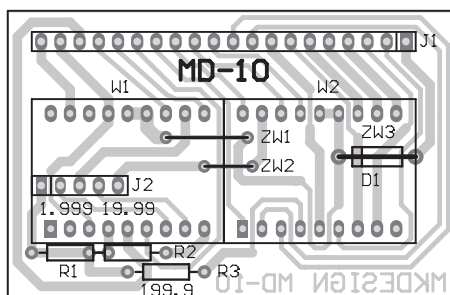
Płytkę obwodu drukowanego MS-10 jest tak zaprojektowana, że na etapie wstępnym montażu należy określić przeznaczenie miernika i zamontować tylko te elementy układu wejściowego, które wynikają z konfiguracji miernika. W dzielniku napięcia dla woltomierza napięcia stałego można zastosować od dwóch do pięciu rezystorów, w zależności od zakresu pomiarowego oraz dostępności rezystorów, zwracając uwagę, żeby wartość zakresu pomiarowego nie była większa od sumarycznego maksymalnego napięcia roboczego zastosowanych rezystorów.

Pomiar napięcia przemiennego odbywa się na zasadzie pomiaru składowej stałej sygnału wyprostowanego jednopółkрово. Wskazania miernika są wyskalowane w wartości skutecznej napięcia sinusoidalnego. Dlatego też np. dla zakresu 200 V_{AC} stosunek podziału dzielnika napięcia dla woltomierza napięcia przemiennego wynosi 1/450 w odróżnieniu od zakresu 200 V_{DC}, gdzie stosunek podziału dzielnika napięcia dla woltomierza napięcia stałego wynosi 1/1000.

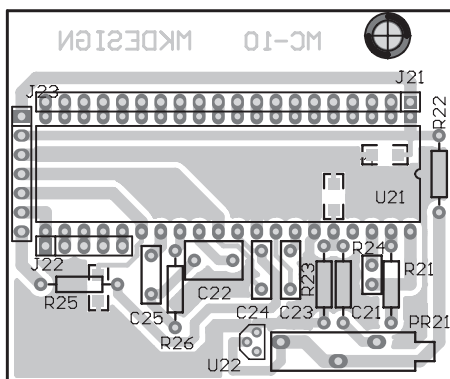
Pomiar prądu stałego z boczniakiem zewnętrznym odbywa się na zasadzie pomiaru napięcia proporcjonalnego do przepływającego prądu. Wskazania miernika wyskalowane są w wartości prądu. Wzmacniacz napięciowy pełni rolę układu mnożącego. Przykładowo



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

– mamy zbudować amperomierz o zakresie 200 A współpracujący z bocznikiem 250 A/60 mV. Napięcie odpowiadające prądowi 200 A tj. 48 mV należy wzmacnić w stosunku 200 mV/48 mV (dla zakresu pomiarowego ICL7107 – 200 mV). W przypadku wzmacniacza nieodwracającego, zastosowanego w module MS-10, wartości rezystorów określających jego wzmocnienie dla takiego przypadku powinny wynosić R37: 3,16 kΩ, R36: 10 kΩ, R33: 2,4 kΩ. W analogiczny sposób można obliczyć/dobrać rezystory dla innego bocznika.

Moduł MC-10 został zaprojektowany w oparciu o popularny układ scalonego przetwornika analogowo-cyfrowego 3,5 cyfry typu ICL7107. Zastosowano tu typową realizację

schematu aplikacyjnego układu ICL7107. Obwód wejściowy przetwornika stanowią rezystory R25, R27 ograniczające prąd wejściowy, kondensator przeciwzakłóceńowy C24.

Elementy R23, C28, R24, PR21, R22, U22 dostarczają napięcie odniesienia 100 mV lub 1 V, w zależności od wybranego zakresu pracy przetwornika ICL7107 (tj. 200 mV lub 2 V).

Moduł MD-10 składa się z dwóch podwójnych wyświetlaczy LED typu DA56-11EWA. W module wyświetlacz zastosowano dwupoziomową regulację jasności świecenia wskaźników LED. Ciemniejszy poziom świecenia – dioda D1, jaśniejszy poziom świecenia – zwora w miejsce diody D1. Rezystory R1, R2, R3 służą do wyboru pozycji przecinka: 1,999 – R1, 19,99 – R2, 199,9 – R3, 1999 – brak rezystora.

Konfiguracja miernika

W tym miejscu należy określić który z trzech możliwych wariantów miernika potrzebujemy i o jakim zakresie pomiarowym. Doko-

Tab. 2. Konfiguracje modułu MC-10

Zakres ICL7107	C22	R26	R23	R24
200mV	470nF	47k	4k7	43k
2V	47nF	470k	43k	4k7

nujemy doboru elementów wymaganych w danej konfiguracji miernika i ich miejsca montażu. W celu ograniczenia liczby wykorzystywanych rezystorów z szeregu E96 w układzie wejściowym, przewidziano pracę przetwornika ICL7107 w dwóch zakresach 200 mV i 2 V. Przykładowe wartości elementów dla wybranych zakresów miernika przedstawiono w **tab. 1** i **2**.

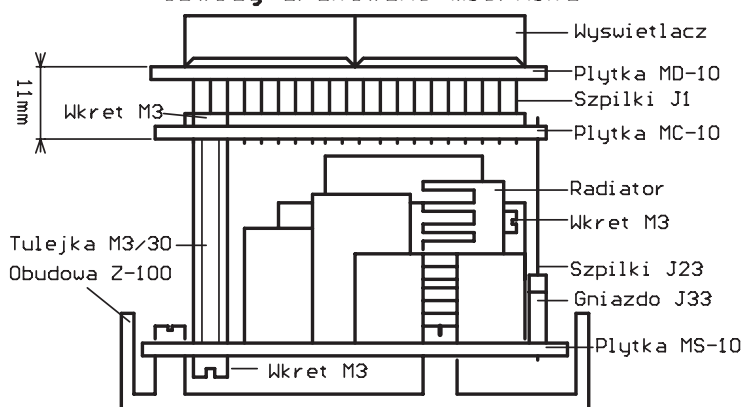
Przykład

Mamy zmontować amperomierz o zakresie pomiarowym 200 A współpracujący z bocznikiem zewnętrznym 250 A/60 mV. Wybraliśmy wariant c) miernika.

W module MS-10 wykorzystujemy układ wzmacniacza napięciowego w następującym zestawieniu: U32, R32, C34, R31, C35, D31, D32, PR31, R33: 2,4 k Ω , R36: 10 k Ω , R37: 3.16 k Ω , ZW34.

W module MC-10 wykorzystujemy zakres 200 mV dla układu

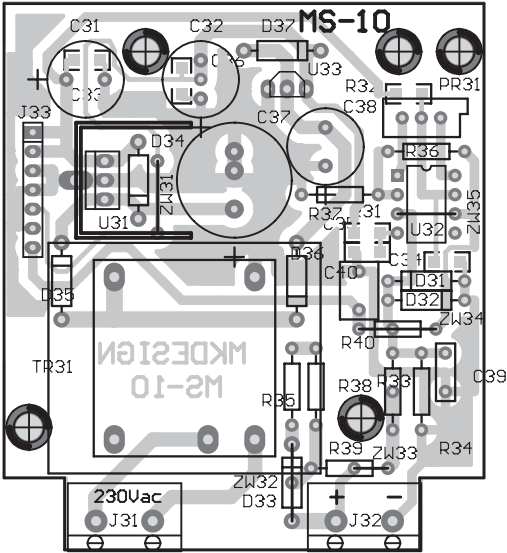
Obwody drukowane miernika



Rys. 4.

Tab. 1. Konfiguracje modułu MS-10

Zakres	R33	R34	R35	R38	R39	Zakres ICL7107	Uwagi
200mVdc	100k	–	–	–	ZW33	200mV	ZW34'
2Vdc	100k	–	–	–	ZW33	2V	ZW34'
20Vdc	442k	10k	–	–	549k	200mV	ZW32', ZW34'
200Vdc	499k	1k	–	–	499k	200mV	ZW32', ZW34'
700Vdc	100k	1k	300k	300k	300k	2V	ZW32',ZW34'
200Vac	332k	2k21	220k	220k	220k	200mV	C40, R40,ZW35
500Vac	332k	2k21	220k	220k	220k	2V	C40, R40,ZW35
	R33	R36	R37				
48mV/20Adc	2k4	10k	3k16	–	ZW33	200mV	ZW34
60mV/100Adc	5k9	10k	15k	–	ZW33	200mV	ZW34
150mV/100Adc	3k9	27k	4k75	–	ZW33	2V	ZW34
60mV/150Adc	5k9	15k	10k	–	ZW33	200mV	ZW34



Rys. 5.

ICL7107. Stosujemy C22: 470 nF, R26: 47 kΩ, R23: 4,7 kΩ i R24: 43 kΩ. W module MD-10, dla zakresu 200 A, wykorzystujemy rezystor R3.

Montaż i uruchomienie

Płytki obwodów drukowanych wykonane są jednostronnie i wymagają dodatkowych zworek. Montaż miernika należy wykonać etapami. Zaczynamy od montażu płytki MD-10 zgodnie z rys. 2. W pierwszej kolejności montujemy zworki ZW1, ZW2 oraz zworkę ZW3 lub diodę D1 (od strony lutowania). Następnie montujemy wtyki szpilkowe J1 i J2 od strony lutowania. W drugim etapie należy wykonać montaż modułu MC-10 według rys. 3. Najpierw montujemy elementy SMD.

Wtyk szpilkowy J23 należy zamontować od strony lutowania. Następnie moduły MD-10 i MC-10 łączymy ze sobą zgodnie z rys. 4. W kolejnym etapie montujemy moduł MS-10 zgodnie z rys. 5. Zaczynamy montaż od elementów SMD i zworki ZW31 oraz zworek wynikających z konfiguracji miernika. Po wlutowaniu wszystkich elementów do układu U31 przykręcamy radiator. Do płytki MS-10 przykręcamy tulejkę M3/30 wkrętem M3. Moduł MS-10 przykręcamy czterema wkrętami do podstawy obudowy Z-100. Podłączamy zasilanie 230 VAC do złącza J31. Sprawdzamy obecność napięć zasilających +5 V (pin 1 i 2 gniazda J33) i -5 V (pin 5 gniazdo J33). Jeżeli napięcia są prawidłowe, to na moduł MS-10 nakładamy moduły MC-10/MD-10 i przykręcamy całość wkrętem M3.

Kalibracja i regulacja

Woltomierz napięcia stałego

Do zacisków wejściowych J32 podłączamy źródło wzorcowe napięcia stałego. Przy pomocy potencjometru PR21 umieszczonego na płytce MC-10 ustawiamy wskazanie równe sygnałowi wzorcowemu.

Woltomierz napięcia przemiennego

Do zacisków wejściowych J32 podłączamy wzorcowe źródło napięcia przemiennego. Można kalibrować napięciem stałym uwzględniając współczynnik kształtu 2,221. Przy pomocy potencjometru PR21 umieszczonego

na płytce MC-10 ustawiamy wskazanie równe sygnałowi wzorcowemu.

Amperomierz napięcia stałego

Zwieramy zaciski wejściowe J32. Przy pomocy potencjometru PR31 zerujemy wskazania miernika. Następnie do zacisków J32 podłączamy wzorcowe źródło napięcia stałego o zakresie np. 0...150 mV. Przy pomocy potencjometru PR21 umieszczonego na płytce MC-10 ustawiamy wskazanie proporcjonalne do sygnału wzorcowego.

Przykład

Amperomierz o zakresie pomiarowym 200 A współpracujący z boczniakiem zewnętrznym 250 A/60 mV:

Prąd boczniaka [A]	Napięcie na zaciskach boczniaka J32 [mV]	Wskazanie amperomierza
50	12	50
100	24	100
150	36	150
199,9	47,976	199,9

Podsumowanie

Po przeprowadzonej regulacji i kalibracji montujemy górną część obudowy miernika. Miernik jest już gotowy do pracy. Wymieniony na wstępie artykułu zakres błędu można uzyskać pod warunkiem zastosowania w układzie wejściowym rezystorów o tolerancji 1% i współczynniku temperaturowym min. 50 ppm.

Mirosław Koźlicki
kmdesign@wp.pl

WYKAZ ELEMENTÓW		
Rezystory		
R31, R32: 10 Ω 1206 SMD	D33: 1N4007	C22: 470 nF/63 V MKT RM=5
R34: 1 kΩ	D31, D32: 1N4148	C38: 470 μF/35 V
R36: 10 kΩ	U21: ICL7107CPL	C31: 1000 μF/10 V
R24: 43 kΩ	U33: LM79L05	C37: 2200 μF/25 V
R22, R23: 4,7 kΩ	U22: LM385Z1.2	Inne
R37: 3,16 kΩ	U31: LM7805	J31, J32: ARK110/2 7,5 mm
R26: 47 kΩ	U32: OP-07	J1, J2: Listwa szpilkowa 2,54x25 l=11,5 mm
R21, R40: 100 kΩ	W1, W2: DA56-11EWA(LTD6910HR)	J23: Listwa szpilkowa 2,54x7 l=29 mm
R25: 220 kΩ	Kondensatory	J33: Gniazdo do druku 2,54x7
R1...R3: 390 Ω	C40: 1 μF MKT	TR31: Transformator TS2/15
R35, R38, R39: 300 kΩ	C26...C28, C33...C36: 100 n 1206 SMD	Tulejka dystansowa metalowa M3 l=30 mm
R33: 100 kΩ	C23: 100 nF/63 V MKT RM=5	Obudowa Z-100 z filtrem (Kradex)
PR21: 20 kΩ 43P	C21: 100 pF	Radiator TO-220
PR31: 20 kΩ 43P	C24: 47 nF/63 V MKT RM=5	Wkręty M3
Półprzewodniki	C25: 220 nF/63 V MKT RM=5	
D1, D33...D37: 1N4004	C32: 220 μF/10 V	
	C39: 1 μF/63 V MKT RM=5	