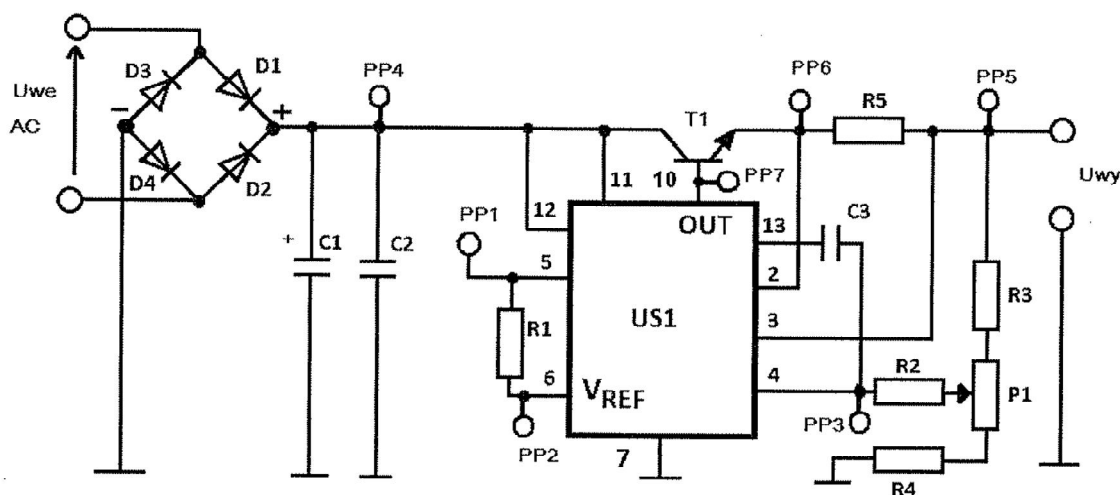


Przykładowe zadanie egzaminacyjne dla kwalifikacji E.20 w zawodzie technik elektronik

Znajdź usterkę oraz wskaż sposób jej usunięcia w zasilaczu napięcia stałego 12V/4A, wykonanym w oparciu o układ scalony $\mu A 723$, według schematu przedstawionego na rysunku 1, informacji ujętych w arkuszu egzaminacyjnym oraz opisu działania układu.

Zadanie rozwiąż, wypełniając kartę badania zasilacza.



Rys. 1. Schemat zasilacza

Tabela 1. Wykaz elementów użytych do budowy zasilacza

Lp.	Nazwa elementu i oznaczenie na rysunku 1	Typ - wartość
1.	Układ scalony US1	$\mu A 723$
2.	Tranzystor bipolarny T1	BD 243
3.	Diody prostownicze D1 ÷ D4	1N4007
4.	Kondensator elektrolityczny C1	1000 μF /35 V
5.	Kondensator C2	100 nF
6.	Kondensator ceramiczny C3	150 pF
7.	Rezystor R1	150 Ω
8.	Potencjometr P1	47 k Ω /A $\pm$ 20%
9.	PP1 ÷ PP6	Punkt pomiarowy
10.	Rezystor R2	4,7 k Ω
11.	Rezystor R3	10 Ω
12.	Rezystor R4	820 Ω
13.	Rezystor R5	1 Ω

Uwaga: Wartości rezystorów z szeregu E12

Zasilacz został podłączony do transformatora 230/24V i obciążony rezystorem 100 Ω .

Podczas badania otrzymano następujące wyniki pomiarów:

Tabela 2. Wyniki pomiarów uzyskane podczas badania zasilacza

Lp.	Parametr	Wartość	Uwagi
1.	Napięcie w punkcie PP1	7,3 V	Pomiar napięcia stałego względem masy
2.	Napięcie w punkcie PP2	7,3 V	
3.	Napięcie w punkcie PP3	6,7 V	
4.	Napięcie w punkcie PP4	30,0 V	
5.	Napięcie w punkcie PP5	29,7 V	
6.	Napięcie w punkcie PP6	30,0 V	
7.	Napięcie w punkcie PP7	21,9 V	
8.	Napięcie Uwe	25,2 V	Pomiar wartości skutecznej napięcia
9.	Rezystancja rezystora R1	155 Ω	Pomiar rezystancji w układzie przy odłączonym zasilaniu
10.	Rezystancja rezystora R2	4,6 k Ω	
11.	Rezystancja rezystora R3	9,7 Ω	
12.	Rezystancja rezystora R4	800 Ω	
13.	Rezystancja rezystora R5	0,9 Ω	
14.	Rezystancja potencjometru P1	45 k Ω	Pomiar między skrajnymi wyprowadzeniami
15.	Spadek napięcia na złączu B – E tranzystora T1, spolaryzowanego w kierunku przewodzenia	0,59 V	Pomiar na zakresie przeznaczonym do testów diód w układzie przy odłączonym zasilaniu
16.	Spadek napięcia na złączu B – E tranzystora T1, spolaryzowanego w kierunku zaporowym	∞ (przekroczenie zakresu)	
17.	Spadek napięcia na złączu B – C tranzystora T1, spolaryzowanego w kierunku przewodzenia	0,59 V	
18.	Spadek napięcia na złączu B – C tranzystora T1, spolaryzowanego w kierunku zaporowym	∞ (przekroczenie zakresu)	
19.	Spadek napięcia pomiędzy kolektorem, a emiterym tranzystora T1 – niezależnie od kierunku polaryzacji	0,01 V	

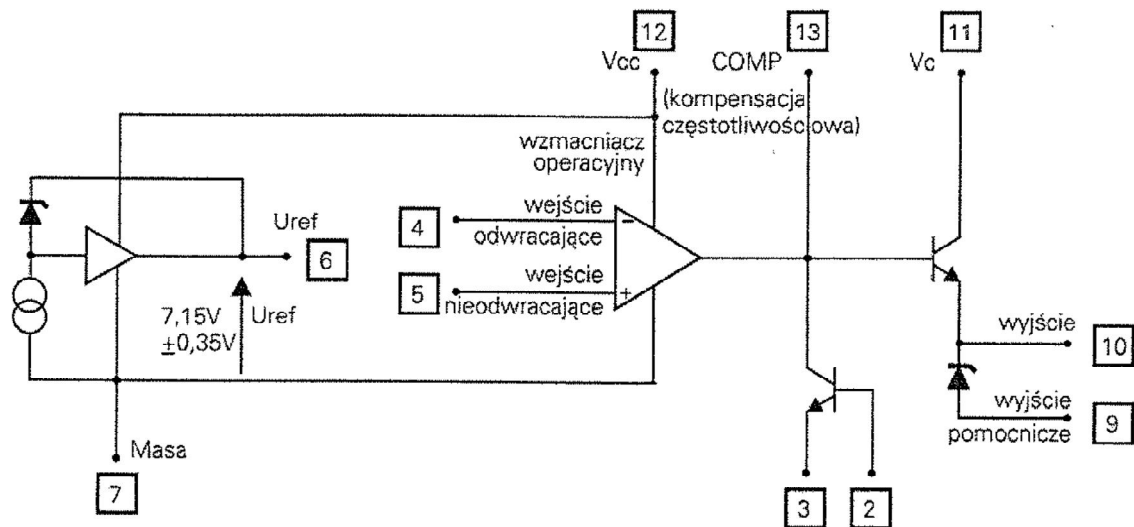
Wyposażenie stanowiska, na którym wykonano badania:

- transformator 230/24 V,
- multimetr z funkcją pomiaru U/I/R i testerem diód,
- zestaw elementów elektronicznych:
 - Rezystory: 0,68 Ω ; 0,82 Ω ; 1 Ω ; 1,5 Ω ; 8,2 Ω ; 10 Ω ; 12 Ω ; 15 Ω ; 100 Ω ; 120 Ω ; 150 Ω ; 180 Ω ; 220 Ω ; 560 Ω ; 680 Ω ; 820 Ω ; 1 k Ω ; 1,5 k Ω ; 2,2 k Ω ; 4,7 k Ω ; 6,8 k Ω .
 - Potencjometry: 10 k Ω ; 22 k Ω ; 47 k Ω ; 100 k Ω .

- Kondensatory: 100 pF; 220 pF; 47 nF; 100 nF; 220 nF; 100 μ F/35 V; 100 μ F/25 V; 470 μ F/35V; 470 μ F/25 V; 1000 μ F/35 V; 1000 μ F/25 V; 2200 μ F/35 V.
- Diody: 1N4007; 1N4005; 1N4148
- Tranzystory: BD241; BD244; 2N5490; BD137.
- Układy scalone: LM723; μ A 723.

Opis działania układu

Układ μ A 723, którego schemat blokowy przedstawiono na rysunku 2, pełni w zasilaczu rolę stabilizatora kompensacyjnego o działaniu ciągłym



Rys. 2. Schemat blokowy układu scalonego μ A 723.

W skład układu wchodzi:

- Źródło napięcia odniesienia,
- Wzmacniacz operacyjny pełniący funkcję wzmacniacza błędów,
- Tranzystor regulujący napięcie wyjściowe,
- Tranzystor pełniący funkcję ogranicznika prądowego.

Wzmacniacz operacyjny porównuje dwa napięcia (odniesienia i wyjściowe) i na podstawie porównania wysterowuje element regulacyjny (tranzystor dołączony do wyjść 11, 10 układu scalonego).

Wybrane parametry układu μ A 723:

Zakres napięć zasilania : 9,5 ÷ 40 V

Zakres napięć wyjściowych: 2 ÷ 37 V

Maksymalne napięcie na wejściu 5: 8 V

Maksymalne napięcie między wejściami 4 i 5: 5 V

Napięcie odniesienia: 7,15 V (6,80 ÷ 7,50 V)

Zestawienie dostępnych elementów elektronicznych

Tabela 3. Wybrane parametry dostępnych tranzystorów

Oznaczenie tranzystora	Polaryzacja	Napięcie U_{CEmax} [V]	Prąd I_{Cmax} [A]	Moc strat P_{TOT} [W]	Rodzaj obudowy
BD241	N-P-N	45	3	40	TO220
BD243	N-P-N	45	6	65	TO220
BD244	P-N-P	45	6	65	TO220
2N5490	N-P-N	60	7	50	TO220
BD137	N-P-N	60	1,5	12,5	TO126

Tabela 4. Wybrane parametry dostępnych diód

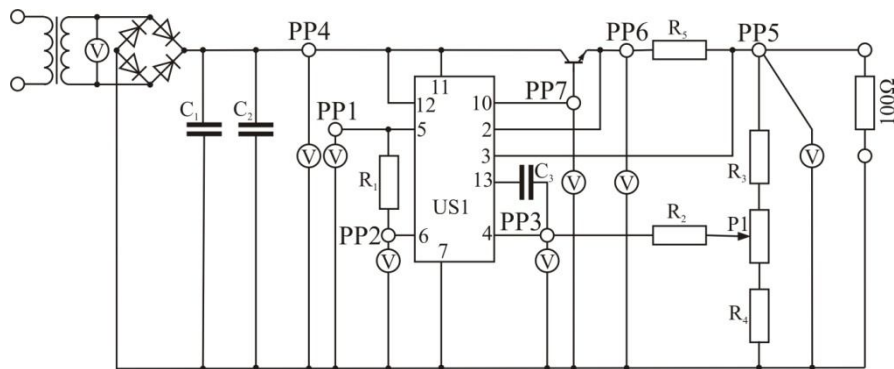
Oznaczenie diody	Maksymalne napięcie wsteczne U_{RRM} [V]	Maksymalny średni prąd przewodzenia $I_{F(AV)}$ [A]	Moc strat P_{TOT} [W]
1N4005	600	1	3
1N4007	1000	1	3
1N148	100	0,2	0,5

Polecenie dla ucznia:

- I. Narysuj schemat pomiarowy
- II. Porównaj wykonane pomiary z przewidywanymi wartościami dla zasilacza funkcjonującego poprawnie. Wypełnij tabelę 5.
- III. Oceń sprawność najważniejszych elementów wchodzących w skład zasilacza. Wypełnij tabelę 6. Użyj określeń: Sprawny/Niesprawny.
- IV. Wskaż elementy elektroniczne przewidziane do wymiany i dobierz elementy zastępcze. Wypełnij tabelę 7.

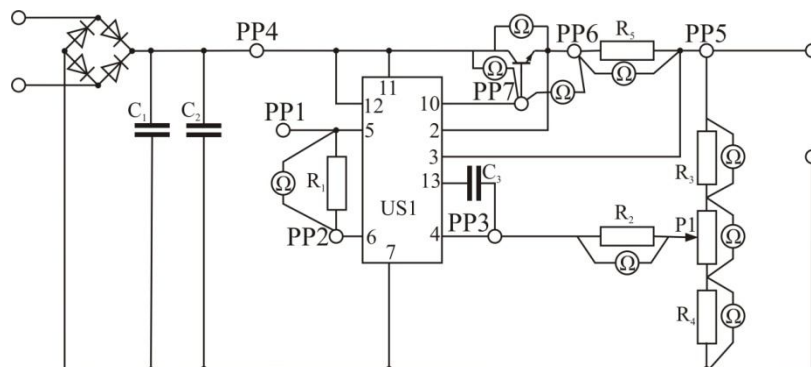
Wzorcowe rozwiązanie zdania i komentarze:

- I. Schemat pomiarowy ilustrujący sposób wykonania pomiarów, których wyniki przedstawiono w Tabeli 2.
1. Schemat pomiarowy, który zastosowano do wykonania pomiarów napięć w poszczególnych punktach pomiarowych PP1 ÷ PP7, przy podłączeniu zasilacza do transformatora.



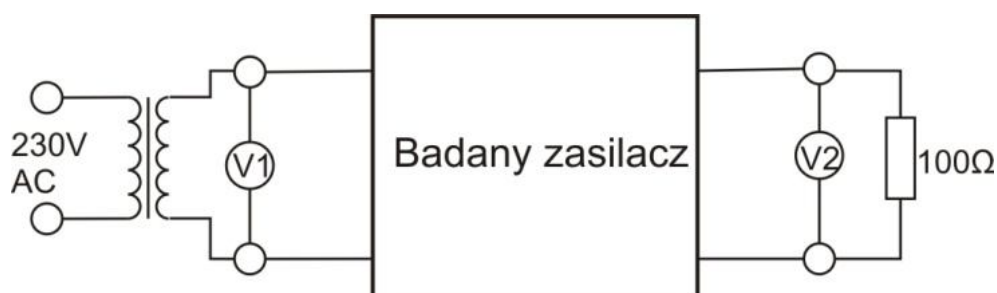
Rys. 3. Schemat pomiarowy napięć przy załączonym napięciu zasilającym i obciążeniu.

2. Schemat pomiarowy, który zastosowano do pomiaru rezystancji przy odłączonym zasilaniu.



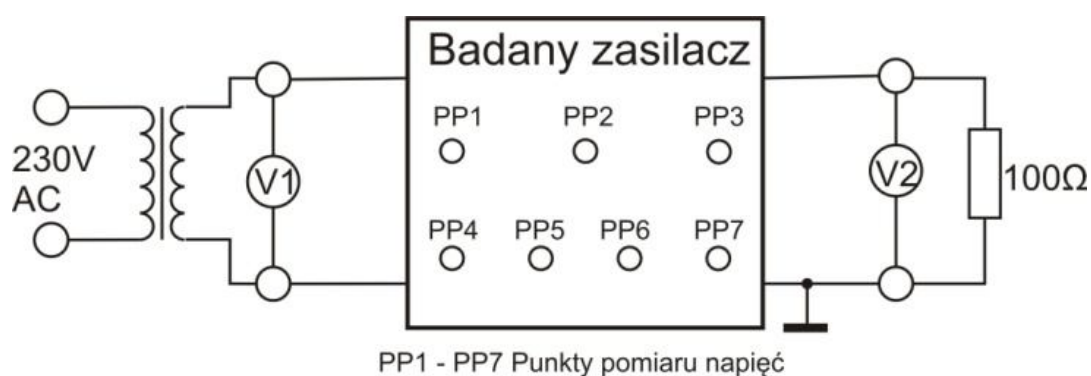
Rys. 4. Schemat do pomiaru rezystancji w stanie beznapięciowy układu i bez obciążenia.

3. Blokowy schemat pomiarowy do pomiaru napięcia wejściowego i wyjściowego w stanie napięciowym i przy obciążeniu, bez zaznaczonych punktów pomiarowych.



Rys. 5. Blokowy schemat pomiarowy do pomiaru napięć U_{we} i U_{wy} przy załączonym zasilaniu i obciążeniu (przykład 1).

4. Blokowy schemat pomiarowy do pomiaru napięcia wejściowego i wyjściowego, w stanie napięciowym i przy obciążeniu, z zaznaczonymi punktami pomiarowymi.



Rys. 6. Blokowy schemat pomiarowy do pomiaru napięć U_{we} i U_{wy} przy załączonym zasilaniu i obciążeniu (przykład 2).

- II. Porównanie wykonanych pomiarów z przewidywanymi wartościami dla zasilacza funkcjonującego poprawnie. Wypełniona Tabela 5.

Lp.	Parametr	Wartość	Wniosek zgodny/niezgodny	Uwagi
Pomiary napięcia w poszczególnych punktach pomiarowych				
1.	Napięcie w punkcie PP1	7,3 V	Zgodny	
2.	Napięcie w punkcie PP2	7,3 V	Zgodny	
3.	Napięcie w punkcie PP3	6,7 V	Zgodny	
4.	Napięcie w punkcie PP4	30,0 V	Zgodny	
5.	Napięcie w punkcie PP5	29,7 V	Niezgodny	
6.	Napięcie w punkcie PP6	30,0 V	Niezgodny	
7.	Napięcie w punkcie PP7	21,9 V	Niezgodny	

8.	Napięcie U_{we}	25,2 V	Zgodny	
Pomiary rezystorów i potencjometru				
9.	Rezystancja rezystora R1	155 Ω	Zgodny	Katalog 155 Ω
10.	Rezystancja rezystora R2	4,6 k Ω	Zgodny	Katalog 4,7 k Ω
11.	Rezystancja rezystora R3	9,7 Ω	Zgodny	Katalog 10 Ω
12.	Rezystancja rezystora R4	800 Ω	Zgodny	Katalog 820 Ω
13.	Rezystancja rezystora R5	0,9 Ω	Zgodny	Katalog 1 Ω
14.	Rezystancja potencjometru P1	45 k Ω	Zgodny	Na stanow. 47 k Ω
Pomiary tranzystora T1				
15.	Spadek napięcia na złączu B-E tranzystora T1 spolaryzowanym w kierunku przewodzenia	0,59 V	Zgodny	W kierunku przewodzenia rezystancja jest mała
16.	Spadek napięcia na złączu B-E tranzystora T1 spolaryzowanym w kierunku zaporowym	∞ (przekroczenie zakresu)	Zgodny	W kierunku przewodzenia rezystancja jest duża
17.	Spadek napięcia na złączu B-C tranzystora T1 spolaryzowanym w kierunku przewodzenia	0,59 V	Zgodny	W kierunku przewodzenia rezystancja jest mała
18.	Spadek napięcia na złączu B-C tranzystora T1 spolaryzowanym w kierunku zaporowym	∞ (przekroczenie zakresu)	Zgodny	W kierunku przewodzenia rezystancja jest duża
19.	Spadek napięcia pomiędzy kolektorem, a emiterym tranzystora T1 – niezależnie od kierunku polaryzacji	0,01 V	Niezgodny	Tranzystor T1 ma zwarcie kolektor-emitery. Gdyby tranzystor był sprawny, tester wskazałby nieskończoność.

Omawiany układ stanowi układ automatycznej regulacji.

Tranzystor T1 pracuje w układzie wtórnika emiterowego, czyli potencjał bazy jest mniej więcej równy potencjałowi emitera. Więc taki wzmacniacz ma wzmocnienie napięciowe równe jeden.

Napięcie wyjściowe stabilizatora U_{wy} jest doprowadzone do dzielnika napięcia R₃, P1, R₄. Napięcie wyjściowe potencjometru P1 w punkcie pomiarowym PP3 jest porównywane z napięciem referencyjnym V_{ref} , a wzmacniacz błędów steruje bazą tranzystora T1 tak, aby te napięcia były sobie równe ($U_{PP3} = U_{ref}$). Wartość napięcia referencyjnego w układzie scalonym $\mu A723$ wynosi $V_{ref} = 7,15V$.

Napięcie wyjściowe stabilizatora nastawiono potencjometrem P1 na wartość 12V (patrz str. 1). W punktach pomiarowych PP6 i PP5 powinno być mierzone około 12V. Tymczasem zmierzono napięcia około 30V. Pomiar jest więc niezgodny z wartością oczekiwaną.

Pozycja 19 w Tabeli 5. Na tranzystorze T1, spadek napięcia pomiędzy kolektorem a emiterem wynosi 0,01 V, niezależnie od kierunku polaryzacji. Oznacza to, że jest uszkodzone złącze kolektor – emiter, gdyż jest na nim bardzo mały spadek napięcia. W obydwu kierunkach polaryzacji jest mała rezystancja.

Pozycje 5, 6, i 7 w Tabeli 5. W punktach w okolicach wyjścia (PP5, PP6 i PP7) powinno być napięcie nastawione potencjometrem P1, czyli napięcie wyjściowe powinno być kilkanaście woltów np. 12V. Zmierzono 29, 7 V (PP5), 30 V (PP6) i 21,9 V (PP7), więc jest to wynik niezgodny z przewidywaniami.

III. Ocena sprawności najważniejszych elementów wchodzących w skład zasilacza. Wypełniona Tabela 6.

Tabela 6. Ocena sprawności najważniejszych elementów wchodzących w skład zasilacza

Lp.	Nazwa elementu	Typ - wartość	Wniosek Sprawny/Niesprawny	Uwagi
1.	Układ scalony US1	$\mu A723$	Sprawny	Wszystkie istotne pomiary w tabeli 1 są prawidłowe
2.	Tranzystor bipolarny T1	BD243	Niesprawny	Małe napięcie niezależnie od kierunku polaryzacji
3.	Rezystor R1	150 Ω	Sprawny	
4.	Rezystor R2	4,7 k Ω	Sprawny	
5.	Rezystor R3	10 Ω	Sprawny	
6.	Rezystor R4	820 Ω	Sprawny	
7.	Rezystor R5	1 Ω	Sprawny	
8.	Potencjometr P1	47 k Ω /A	Sprawny	

IV. Elementy elektroniczne przewidziane do wymiany i dobór elementów zastępczych. Wypełniona Tabela 7.

Tabela 7. Elementy przeznaczone do wymiany i dobrane elementy zastępcze

Element przeznaczony do wymiany		Element zastępczy
Oznaczenie na schemacie	Typ - wartość	Typ – wartość

Tranzystor T1	BD243; npn; $U_{cemax} = 45\text{ V}$; $I_{cmax} = 3\text{ A}$; Moc strat 40 W ; rodzaj obudowy TO220	Tranzystor typu 2N5490; $U_{cemax} = 60\text{V}$; $I_{cmax} = 7\text{A}$; Moc strat $= 50\text{W}$; rodzaj obudowy TO220
---------------	--	---

Zaproponowany tranzystor zastępczy 2N5490 ma tę samą polaryzację, czyli N-P-N. Napięcie U_{CEmax} jest w zasadzie większe, co jest nawet korzystniejsze w przypadku wystąpienia przebiegów oraz prąd I_{cmax} jest większy, więc jest również korzystniejsze. Moc strat P_{TOT} jest mniejsza niż w tranzystorze oryginalnym, co też jest korzystniejsze. Rodzaj obudowy dla tranzystora zastępczego jest taki sam.

Opracowała:
Jadwiga Balicka