

Ćwiczenie 22

Temat: Komparatory ze wzmacniaczem operacyjnym. Przerzutnik Schmitta i komparator okienkowy

Cel ćwiczenia

Poznanie zasady działania układów komparatorów. Prześledzenie zależności napięcia wyjściowego od napięcia wejściowego w komparatorze zera. Czytanie schematów elektronicznych, przestrzeganie zasad bhp podczas montażu elementów.

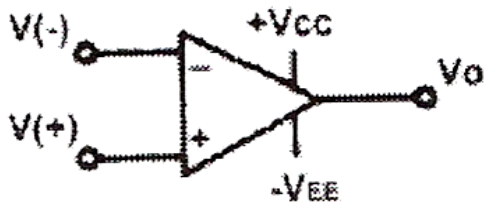
INSTRUKCJA DO WYKONANIA ZADANIA

Przestrzegaj zasad BHP przy pomiarach elektrycznych. Zachowaj ostrożność w czasie ćwiczenia. Sprawdź stan elementów zastosowanych w ćwiczeniu oraz narzędzi.

Wzmacniacz operacyjny znajduje zastosowanie nie tylko w urządzeniach z ujemnym sprzężeniem zwrotnym przedstawionych w poprzednich rozdziałach, lecz także w urządzeniach wykorzystujących sprzężenie zwrotne dodatnie. W niniejszym rozdziale zostaną wprowadzone szeroko stosowane układy zbudowane ze wzmacniaczami operacyjnymi.

Komparator zera

Podczas gdy wzmocnienie napięciowe idealnego wzmacniacza operacyjnego A_V ma wartość nieskończoną to wzmocnienie A_V wzmacniacza operacyjnego rzeczywistego wynosi kilkadziesiąt tysięcy. Wzmacniacz operacyjny bez obwodu ujemnego sprzężenia zwrotnego nie może być używany jako wzmacniacz. Rozważmy wzmacniacz o współczynniku wzmocnienia 10 000. Jeśli napięcie wejściowe $V_i = 10 \text{ mV}$, to napięcie wyjściowe V_o będzie równe $10 \text{ mV} \times 10\,000 = 100 \text{ V}$, co nie ma większego sensu, gdyż napięcie zasilania ma wartość od $+V_{CC}$ do $-V_{EE}$. Jeśli napięcie wejściowe $V_i = 0,1 \text{ V}$, to napięcie wyjściowe V_o będzie równe $0,1 \text{ V} \times 10\,000 = 1000 \text{ V}$, co też z takiego samego powodu nie ma sensu. Wzmacniacz ten będzie dostarczał, zatem napięcie wyjście równe albo $+V_{CC}$, albo $-V_{EE}$, z czego z kolei nie można korzystać, przy konieczności spełnienia przez wzmacniacz warunku wzmacniania bez zniekształceń. Choć wzmacniacz operacyjny bez obwodu ujemnego sprzężenia zwrotnego nie może być stosowany jako wzmacniacz, to może on być używany jako komparator jak przedstawiony na rys. 13-1-1 (przy zasilaniu podwójnym tj. symetrycznym).

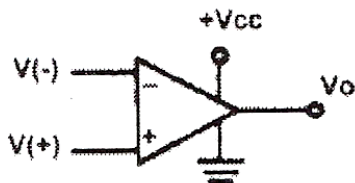


Rys. 13-1-1 Komparator z zasilaniem symetrycznym

- Jeśli:
- a. $V(+) > V(-)$, to $V_o = +V_{CC}$
 - b. $V(+) = V(-)$, to $V_o = 0 \text{ V}$.
 - c. $V(+) < V(-)$, to $V_o = -V_{EE}$.

Z powyższych trzech warunków, bardzo trudno zaakceptować warunek b. Przy bardzo dużym wzmocnieniu A_V wzmacniacza operacyjnego, gdy napięcie zasilania $V+$ nie jest dokładnie równe $V+$, to napięcie wyjściowe V_o może nie być równe 0 V . Ponadto, jeśli wewnętrzne układy wzmacniacza operacyjnego nie są symetryczne, co jest podobne do wewnętrznej asymetrii wzmacniacza bez kondensatora wyjściowego, to spowoduje to brak napięcia 0 V w punkcie środkowym napięcia.

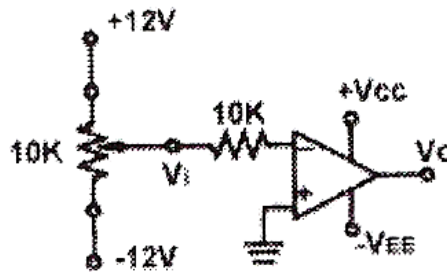
Na rys. 13-1-2 przedstawiono komparator z zasilaniem niesymetrycznym (pojedynczym).



Rys. 13-1-2 Komparator z zasilaniem niesymetrycznym

- Jeśli:
- a. $V(+) > V(-)$, to $V_o = V_{CC}$
 - b. $V(+) = V(-)$, to $V_o = \frac{1}{2}V_{CC}$.
 - c. $V(+) < V(-)$, to $V_o = 0 \text{ V}$.

Na rys. 13-1-3 przedstawiono komparator przejścia przez zero (komparator zera).



Rys. 13-1-3 Komparator zera

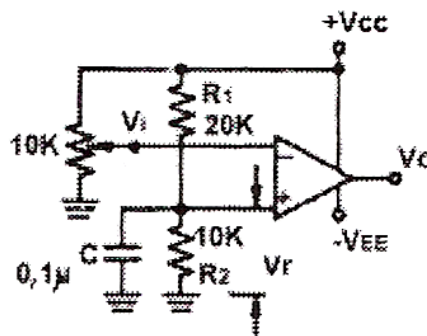
Komparator zera tworzy się łącząc napięcie $V(+)$ lub $V(-)$ z masą jako potencjał zerowy, a następnie porównując napięcie wejściowe V_i z potencjałem zerowym.

- Jeśli:
- $V_i > 0\text{ V}$, to $V_o = -V_{EE}$.
 - $V_i = 0\text{ V}$, to $V_o = 0\text{ V}$.
 - $V_i < 0\text{ V}$, to $V_o = +V_{CC}$.

Rezystor o wartości $10\text{k}\Omega$ znajdujący się w układzie komparatora przedstawionego na rys. 13-1-3 nie pozwala, aby stosunkowo duże napięcia ($+12\text{V}$) przedostało się bezpośrednio na wejście wzmacniacza operacyjnego, chroniąc w ten sposób wzmacniacz operacyjny przed zniszczeniem.

Komparator z polaryzacją wstępną

Na rys. 13-1-4 przedstawiono układ komparatora z polaryzacją wstępną.



Rys. 13-1-4 Komparator z polaryzacją wstępną

Przykładane napięcie $V(+)$ ma wartość stałą i jest pobierane z dzielnika napięciowego złożonego z rezystorów R_1 i R_2 . Poniższe wzory przedstawiają zależności napięcia wejściowego V_i od napięcia odniesienia V_r .

- Jeśli:
- $V_i > V_r$, to $V_o = -V_{EE}$.
 - $V_i = V_r$, to $V_o = 0\text{ V}$.
 - $V_i < V_r$, to $V_o = +V_{CC}$.

NIEZBĘDNY SPRZĘT LABORATORYJNY

- KL-22001 — podstawowy moduł edukacyjny z laboratorium układów elektrycznych
- KL-25009 — moduł układu wzmacniacza operacyjnego (4)
- Multimetr

PROCEDURA

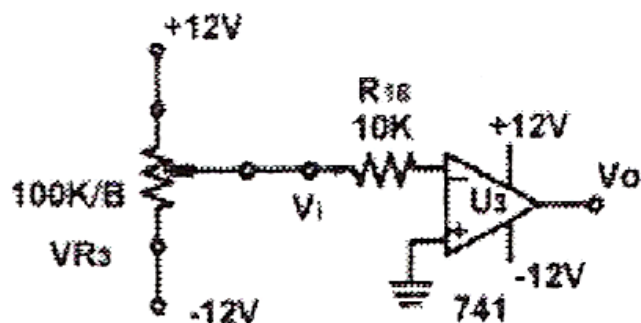
A. Komparator zera

- Ustawić moduł KL-25009 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok c.
- Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-1-5 schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-1-6. Do układu dołączyć potencjometr VR3 za pomocą przewodów połączeniowych. Do modułu KL 25009 doprowadzić napięcia stałe $+12\text{V}$ i -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
- Ustawić potencjometr VR3 ($100\text{ k}\Omega$) tak, aby napięcie wejściowe $V = 1,5\text{V}$ (na wyprowadzeniu TP2). Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-1 wartość napięcia V_o na wyjściu OUT.
- Ustawić potencjometr VR3 ($100\text{ k}\Omega$) tak, aby napięcie wejściowe $V_i = 0\text{V}$ (na wyprowadzeniu TP2). Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-1 wartość napięcia V_o na wyjściu OUT.
- Ustawić potencjometr VR3 ($100\text{ k}\Omega$) tak, aby napięcie wejściowe $V_i = -1,5\text{ V}$ (na wyprowadzeniu TP2). Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-1 wartość napięcia V_o na wyjściu OUT.

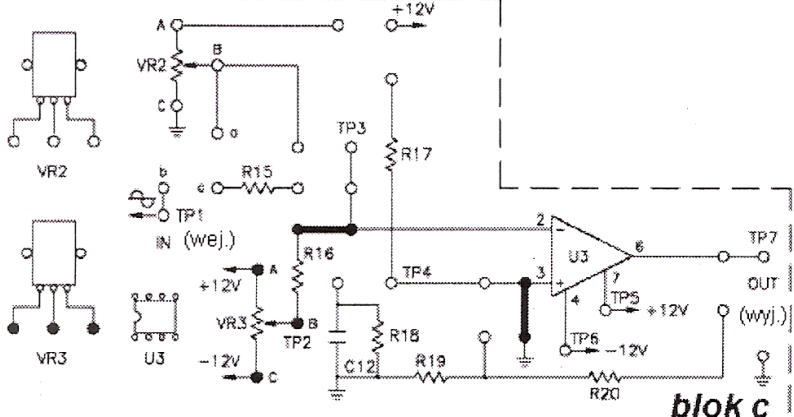
Tablica 13-1-1

V_i	V_o
+1,5V	
0V	
-1,5V	

Rys. 13-1-5 Komparator zera



Rys. 13-1-6 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok c)



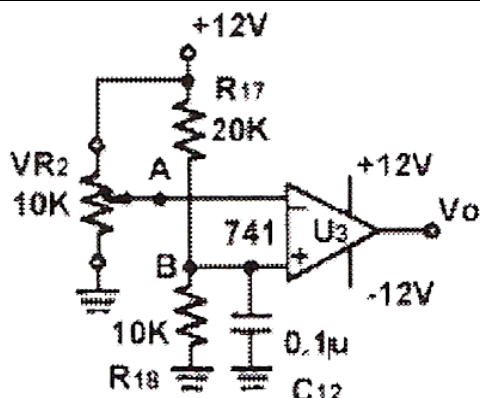
B. Komparator z polaryzacją wstępną

- Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-1-7 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-1-8. Do układu dołączyć potencjometr VR2 za pomocą przewodów połączeniowych. Do modułu KL 25009 doprowadzić napięcia stałe +12V -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
- Posługując się multimetrem (z ustawionym zakresem napięcia stałego), zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 napięcie V_B na wyprowadzeniu TP4.
- Ustawić potencjometr VR2 (10kΩ) tak, aby napięcie V_A na wyprowadzeniu TP3 było większe niż napięcie V_B . Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 wartość napięcia V_A oraz napięcia V_o na wyjściu OUT.
- Ustawić potencjometr VR2 (10kΩ) tak, aby napięcie V_A na wyprowadzeniu TP3 było równe napięciu V_B . Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 wartość napięcia V_A oraz napięcia V_o na wyjściu OUT.
- Ustawić potencjometr VR2 (10kΩ) tak, aby napięcie V_A na wyprowadzeniu TP3 było mniejsze niż napięcie V_B . Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 wartość napięcia V_A oraz napięcia V_o na wyjściu OUT.

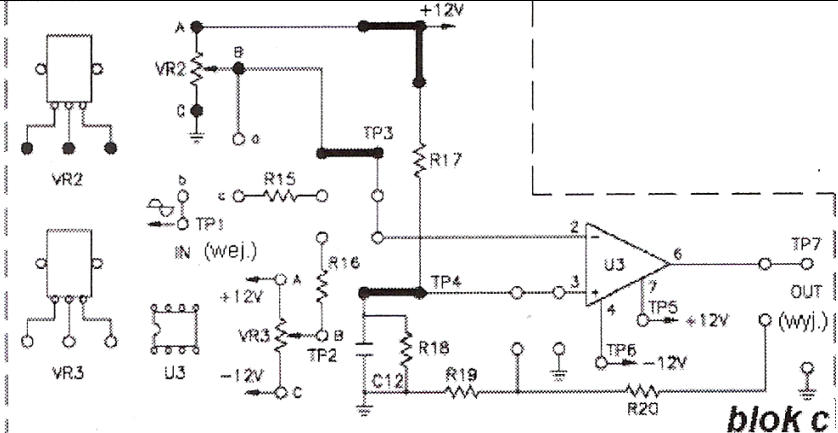
Tablica 13-1-2

	V_A	V_B	V_o
$V_A > V_B$			
$V_A = V_B$			
$V_A < V_B$			

Rys. 13-1-7 Komparator z polaryzacją wstępną



Rys. 13-1-8 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok c)



PODSUMOWANIE

Chociaż teoretyczna wartość napięcia wyjściowego powinna wynieść $+V_{CC}$ lub $-V_{EE}$, to w rzeczywistości w związku z wpływem rezystancji obciążenia wartość zmierzona będzie nieco mniejsza niż $+V_{CC}$ lub $-V_{EE}$. Z drugiej strony stan $V_o = 0V$ jest trudny do zrealizowania, podczas gdy przy zasilaniu symetrycznym aktualnie zmierzona

wartość będzie równa $+V_{CC}$ lub $-V_{EE}$. W przypadku zasilania niesymetrycznego napięcie $V_{CC}/2$ jest trudne do zrealizowania, podczas, gdy aktualnie zmierzona wartość będzie w przybliżeniu równa $+V_{CC}$ lub $0V$.

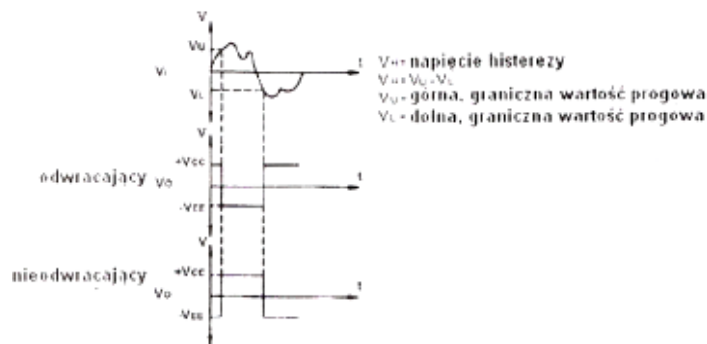
Przerzutnik Schmitta

Poznanie zasady działania układu przerzutnika Schmitta. Pomiar przebiegów napięcia wejściowego i wyjściowego przerzutnika Schmitta. Czytanie schematów elektronicznych, przestrzeganie zasad bhp podczas montażu elementów.

INSTRUKCJA DO WYKONANIA ZADANIA

Przestrzegaj zasad BHP przy pomiarach elektrycznych. Zachowaj ostrożność w czasie ćwiczenia. Sprawdź stan elementów zastosowanych w ćwiczeniu oraz narzędzi.

Zasadę działania przerzutnika Schmitta nazywanego też układem kształtującym impulsy można zilustrować poniższymi rysunkami z przebiegami sygnałów wejściowego i wyjściowego.

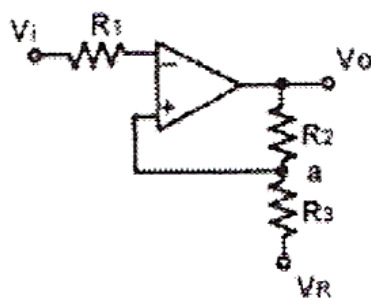


Przebiegi napięcia wyjściowego w zależności od napięcia wejściowego w układzie przerzutnika Schmitta

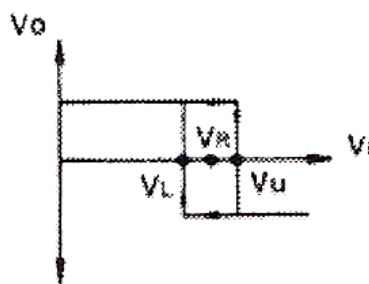
Rys. 13-2-1 Przebiegi napięcia wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o w układzie przerzutnika Schmitta

Na rys. 13-2-2 przedstawiono układ odwracającego przerzutnika Schmitta, który jest też nazywany komparatorem regeneracyjnym. Jeśli napięcie wejściowe $V_i > V_u$, to napięcie wyjściowe $V_o = -V_{EE}$ jeśli zaś $V_i < V_L$, to napięcie wyjściowe $V_o = +V_{CC}$. Zgodnie z powyższą własnością można transformować napięcie wejściowe, zmieniające się bardzo wolno, na napięcie wyjściowe o nagłych zmianach. Każda z tych nagłych zmian powoduje powstanie zboczy o dwóch wartościach progowych V_u i V_L .

$$V_u = V_R + (V_o - V_R) \frac{R_3}{R_2 + R_3} ; \quad V_L = V_R + (V_o + V_R) \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$



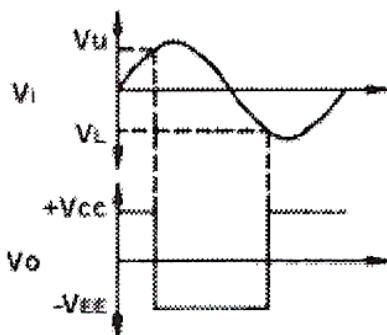
(a) Układ przerzutnika



(b) Charakterystyka przejściowa

Rys. 13-2-2 Układ odwracającego przerzutnika Schmitta

Jeśli do wejścia układu przedstawionego na rys. 13-2-2(a) zostanie doprowadzony sygnał sinusoidalny, to na jego wyjściu będzie dostępny sygnał prostokątny przedstawiony na rys. 13-2-3.



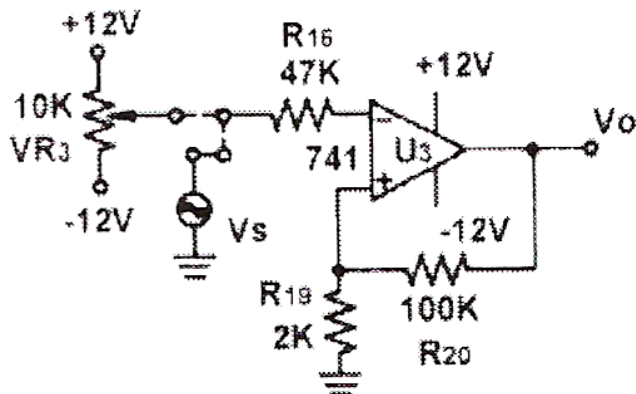
Rys. 13-2-3 Przebiegi na wejściu i wyjściu przerzutnika Schmitta

NIEZBĘDNY SPRZĘT LABORATORYJNY

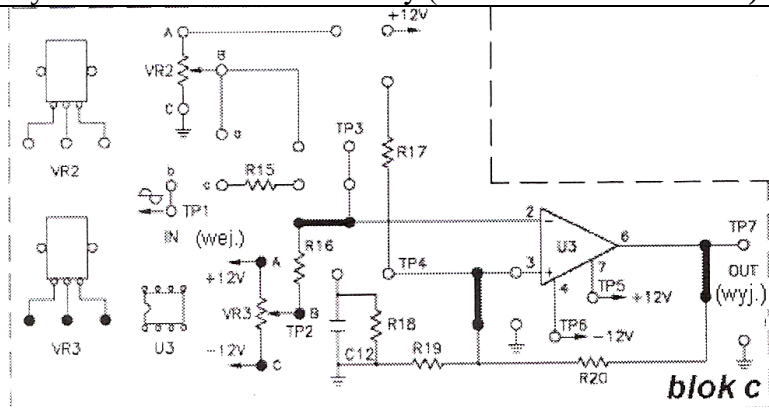
- 1 KL 22001 — podstawowy moduł edukacyjny z laboratorium układów elektrycznych
2. KL-25009 — moduł układu wzmacniacza operacyjnego (4)
3. Multimetr
- 4 Oscyloskop

PROCEDURA

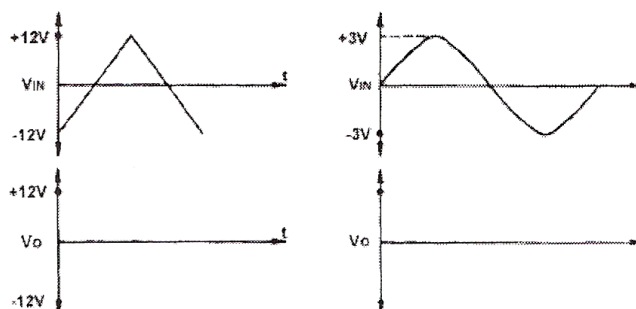
Rys. 13-2-4 Układ przerzutnika Schmitta



Rys13-2-5 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok c)



- 1 Ustawić moduł KL-25009 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok c. Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-2-4 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-2-5 Do układu dołączyć potencjometr VR3 za pomocą przewodów połączeniowych. Do modułu KL-25009 doprowadzić napięcia stałe +12V i -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
2. Kręcąc potencjometrem VR3 (100k Ω), zmieniać napięcie wejściowe V_{IN} na wyprowadzeniu TP2 w zakresie od -12V do +12 V, a następnie zaobserwować, że napięcie wyjściowe V_O na wyprowadzeniu OUT (TP7) zmienia się tylko od V_{CC} do $-V_{CC}$. Zapisać na rys. 13-2-6(a) zmiany napięcia wyjściowego. Zmierzyć napięcie wejściowe V_{IN} i zapisać je jako górne napięcie progowe $V_U = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Kręcąc potencjometrem VR3, zmieniać napięcie wejściowe V_{IN} na wyprowadzeniu TP2 w zakresie od +12V do -12V, a następnie zaobserwować, że napięcie wyjściowe V_O na wyprowadzeniu OUT (TP7) zmienia się tylko od $-V_{CC}$ do $+V_{CC}$. Zapisać na rys. 13-2-6(a) zmiany napięcia wyjściowego. Zmierzyć napięcie wejściowe V_{IN} i zapisać je jako dolne napięcie progowe $V_L = \underline{\hspace{2cm}}$
4. Usunąć z układu potencjometr VR3 odłączając od tego układu przewody połączeniowe. Do wyprowadzeń wejściowych TP2 doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o napięciu międzyszczytowym 6Vp-p częstotliwości 1kHz. Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać na rys. 13-2-6(b) przebieg napięcia V_O na wyjściu OUT (TP7).



a)

b)

Rys. 13-2-6 Przebiegi zmierzone na wyjściu przerzutnika Schmitta

PODSUMOWANIE

Ponieważ w układ przerzutnika Schmitta jest włączony obwód dodatniego sprzężenia zwrotnego, zatem napięcie wyjściowe po zmianie stanu przerzutnika jest bardziej stabilne. Wadą typowego komparatora jest względna niestabilność układu, gdy napięcie wejściowe ma wartość bliską napięciu porównywanemu. Dzięki dodatniemu sprzężeniu zwrotnemu, punkt zmiany stanu napięcia wyjściowego przerzutnika Schmitta jest podzielony na dwa punkty V_U i V_L , tworząc obszar histerezy $V_H = V_U - V_L$, w którym napięcie wyjściowe V_O nie może być zmienione.

Przerzutnik Schmitta jest szeroko stosowany w układach sterowania czasowego, regulacji temperatury, pomiarach (w tym też z użyciem czujników) oraz kształtowania nieregularnych sygnałów w układach cyfrowych.

Komparator okienkowy

Poznanie zasady działania układu komparatora okienkowego. Pomiar napięć wejściowego i wyjściowego komparatora okienkowego. Czytanie schematów elektronicznych, przestrzeganie zasad bhp podczas montażu elementów.

INSTRUKCJA DO WYKONANIA ZADANIA

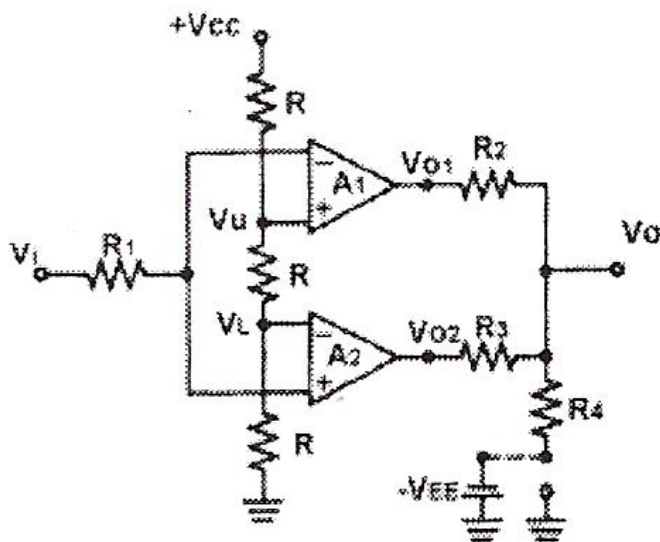
Przestrzegaj zasad BHP przy pomiarach elektrycznych. Zachowaj ostrożność w czasie ćwiczenia. Sprawdź stan elementów zastosowanych w ćwiczeniu oraz narzędzi.

Na rys. 13-3-1 przedstawiono układ komparatora okienkowego składający się z dwóch komparatorów górnego A1 i dolnego A2. Zasadę pracy komparatora okienkowego lustrują poniższe wzory:

$$V_u = V_{CC} \frac{2R}{R+2R} = \frac{2}{3} V_{CC}; \quad V_L = V_{CC} \frac{R}{R+2R} = \frac{1}{3} V_{CC}$$

Jeśli napięcie wejściowe $V_i > V_u$ to na wyjściu wzmacniacza operacyjnego A1 będzie panować napięcie -12V, a na wyjściu wzmacniacza operacyjnego A2 - napięcie +12V. Jeśli napięcie wejściowe spełnia warunek $V_L < V_i < V_u$, to na wyjściu wzmacniacza operacyjnego A1 będzie panować napięcie -12V, a na wyjściu wzmacniacza operacyjnego A2 - napięcie +12V.

Jeśli napięcie wejściowe $V_i < V_L$, to na wyjściu wzmacniacza operacyjnego będzie napięcie panować +12V, a na wyjściu wzmacniacza operacyjnego A2 - napięcie -12V.



Rys. 13-3-1 Komparator okienkowy

Jeśli rezystor R4 zostanie połączony z masą, to napięcie wyjściowe będzie równe:

$$V_o = V_{o1} \left[\frac{R3 // R4}{R2 + (R3 // R4)} \right] + V_{o2} \left[\frac{R1}{R3 + (R2 // R4)} \right]$$

gdzie: V_{o1} — górne napięcie wyjściowe komparatora

V_{o2} — dolne napięcie wyjściowe komparatora

Jeśli rezystor R4 zostanie dołączony do minusa napięcia zasilania $-V_{EE}$, to napięcie wyjściowe V_o będzie równe:

$$V_o = V_{o1} \left[\frac{R3 // R4}{R2 + (R3 // R4)} \right] + V_{o2} \left[\frac{R2 // R4}{R3 + (R2 // R4)} \right] + (-V_{EE}) \left[\frac{R2 // R3}{R4 + (R2 // R3)} \right]$$

NIEZBĘDNY SPRZĘT LABORATORYJNY

1. KL-2200 — podstawowy moduł edukacyjny z laboratorium układów elektrycznych
2. KL 25009 — moduł układu wzmacniacza operacyjnego (4)
3. Multimetr

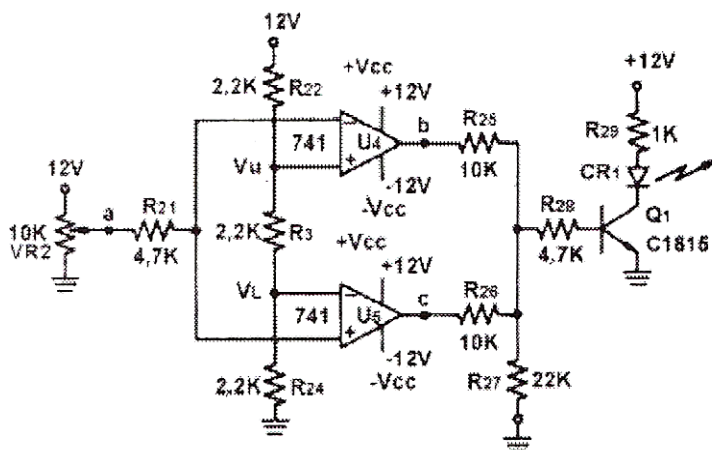
PROCEDURA

1. Ustawić moduł KL-25009 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok d. Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-3-2 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-3-3. Do układu dołączyć potencjometr VR2 za pomocą przewodów połączeniowych.

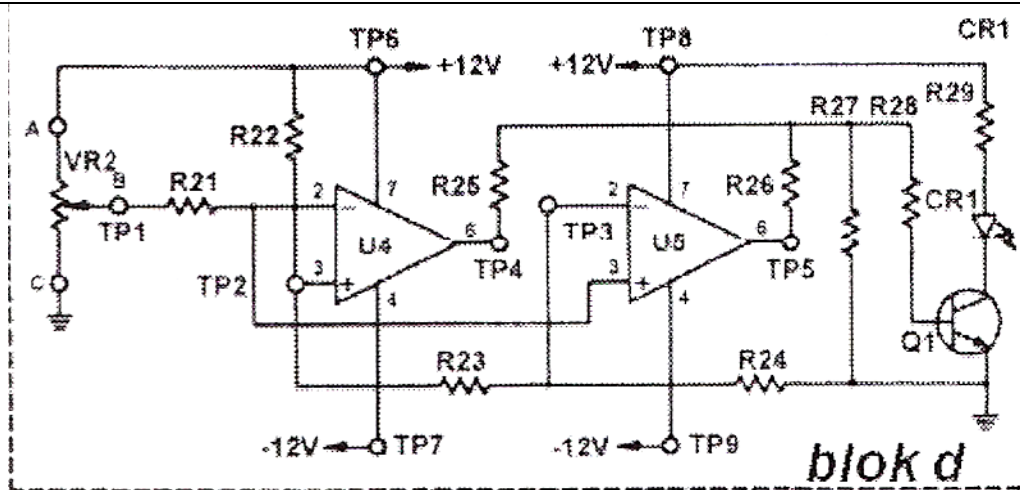
2. Do modułu KL-25009 doprowadzić napięcia stałe +12V -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
3. Ustawić potencjometr VR3 (100k Ω), aby napięcie wejściowe V_a (na wyprowadzeniu TP1) było większe od górnego napięcia progowego $V_u = 8V$
4. Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-3-1 wartość napięcia wyjściowego V_b (na wyprowadzeniu TP4) górnego komparatora i wartość napięcia wyjściowego V_c (na wyprowadzeniu TP5) dolnego komparatora. Zaobserwować i zapisać stan diody LED CR1
5. Ustawić potencjometr VR2 (10k Ω) tak, aby napięcie wejściowe V_a (na wyprowadzeniu TP1) było mniejsze od górnego napięcia progowego $V_u = 8V$, lecz większe od dolnego napięcia progowego $V_L = 4V$.
6. Powtórzyć krok 4 niniejszej procedury.
7. Ustawić potencjometr VR2 (10 k Ω) tak, aby napięcie wejściowa V_a (na wyprowadzeniu TP1) było mniejsze od dolnego napięcia progowego $V_L = 4V$.
8. Powtórzyć krok 4 niniejszej procedury.

Tablica 13-3-1			
Stan wejściowy	V_b	V_c	LED
$V_a > V_u$			
$V_L < V_a < V_u$			
$V_a < V_L$			

Rys. 13-3-2 Układ komparatora okienkowego



Rys. 13-3-3 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok d)



PODSUMOWANIE

Komparator okienkowy jest szeroko stosowany w układach regulacji temperatury, gdy obciążenie pracuje w zakresie napięć od V_L do V_u . W praktyce należy zwracać uwagę na aktualny poziom napięcia w górnym stanie granicznym (H) i w dolnym stanie granicznym (L), aby uniknąć wyprowadzania napięcia wtedy, gdy napięcie wejściowe $V_i < V_L$ lub, gdy napięcie wejściowe $V_i > V_u$. Do układu dzielnika napięcia wyjściowego komparatora jest zwykle dołączony minus napięcia zasilania, aby zapewnić ujemne napięcie na wyprowadzaniu wyjściowym V_o w sytuacji gdy napięcie wejściowe $V_i < V_L$ lub $V_i > V_u$, a także zapewnić dodatnie napięcie na wyprowadzeniu V_o gdy napięcie wejściowe spełnia warunek $V_L < V_i < V_u$.

Zespół Szkół Mechanicznych w Namysłowie Pomiary elektryczne i elektroniczne	Imię i nazwisko			
Temat ćwiczenia: Komparatory ze wzmacniaczem operacyjnym. Przerzutnik Schmitta i komparator okienkowy	Nr ćw 22	Klasa 2TZ	Grupa	Zespół
	Data wykonania	OCENY		
		Samoocena	Wykonanie	Ogólna

Cel ćwiczenia;

Wykaz materiałów

Wykaz narzędzi i sprzętu

Wykaz aparatury kontrolno-pomiarowej.

Narysować schemat potrzebny do wykonania zadania	Rys. 13-1-6 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok c)

A. KOMPARATOR ZERA

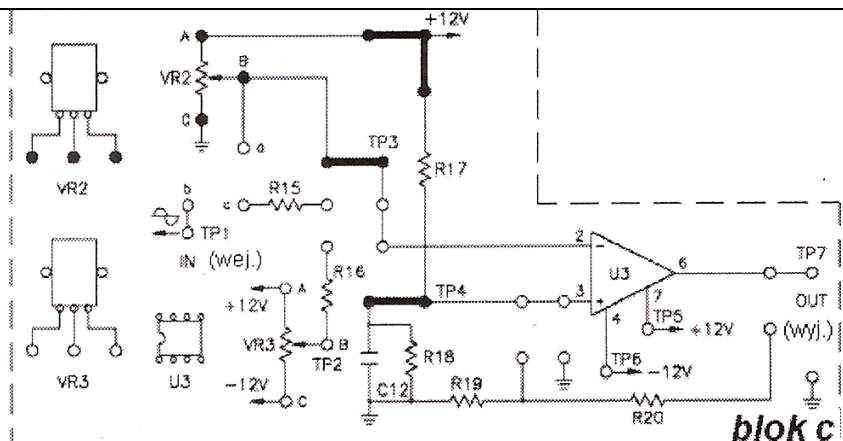
1. Ustawić moduł KL-25009 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok c.
2. Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-1-5 schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-1-6. Do układu dołączyć potencjometr VR3 za pomocą przewodów połączeniowych. Do modułu KL 25009 doprowadzić napięcia stałe +12V i -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
3. Ustawić potencjometr VR3 (100 kΩ) tak, aby napięcie wejściowe $V = 1,5V$ (na wyprowadzeniu TP2). Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-1 wartość napięcia V_o na wyjściu OUT.
4. Ustawić potencjometr VR3 (100 kΩ) tak, aby napięcie wejściowe $V_i = 0V$ (na wyprowadzeniu TP2). Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-1 wartość napięcia V_o na wyjściu OUT.
5. Ustawić potencjometr VR3 (100 kΩ) tak, aby napięcie wejściowe $V_i = -1,5 V$ (na wyprowadzeniu TP2). Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-1 wartość napięcia V_o na wyjściu OUT.

Tablica 13-1-1	
V_i	V_o
+1,5V	
0V	
-1,5V	

B. Komparator z polaryzacją wstępną

Narysować schemat potrzebny do wykonania zadania

Rys. 13-1-8 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok c)



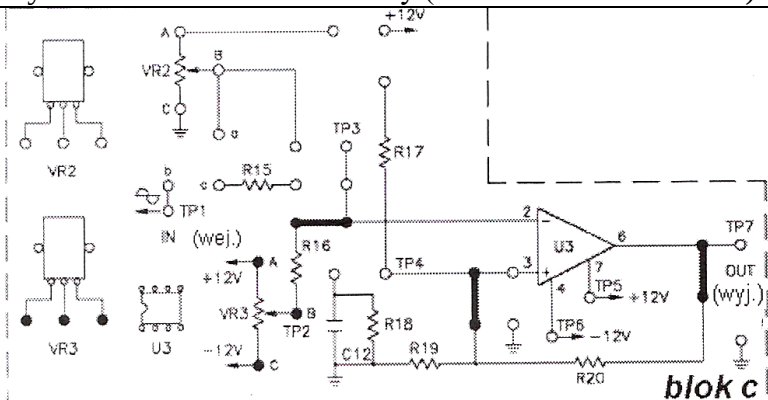
- Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-1-7 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-1-8. Do układu dołączyć potencjometr VR2 za pomocą przewodów połączeniowych. Do modułu KL 25009 doprowadzić napięcia stałe +12V -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
- Posługując się multimetrem (z ustawionym zakresem napięcia stałego), zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 napięcie V_B na wyprowadzeniu TP4.
- Ustawić potencjometr VR2 (10k Ω) tak, aby napięcie V_A na wyprowadzeniu TP3 było większe niż napięcie V_B . Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 wartość napięcia V_A oraz napięcia V_o na wyjściu OUT.
- Ustawić potencjometr VR2 (10k Ω) tak, aby napięcie V_A na wyprowadzeniu TP3 było równe napięciu V_B . Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 wartość napięcia V_A oraz napięcia V_o na wyjściu OUT.
- Ustawić potencjometr VR2 (10k Ω) tak, aby napięcie V_A na wyprowadzeniu TP3 było mniejsze niż napięcie V_B . Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-1-2 wartość napięcia V_A oraz napięcia V_o na wyjściu OUT.

Tablica 13-1-2			
	V_A	V_B	V_o
$V_A > V_B$			
$V_A = V_B$			
$V_A < V_B$			

Przerzutnik Schmitta.

Narysować schemat potrzebny do wykonania zadania

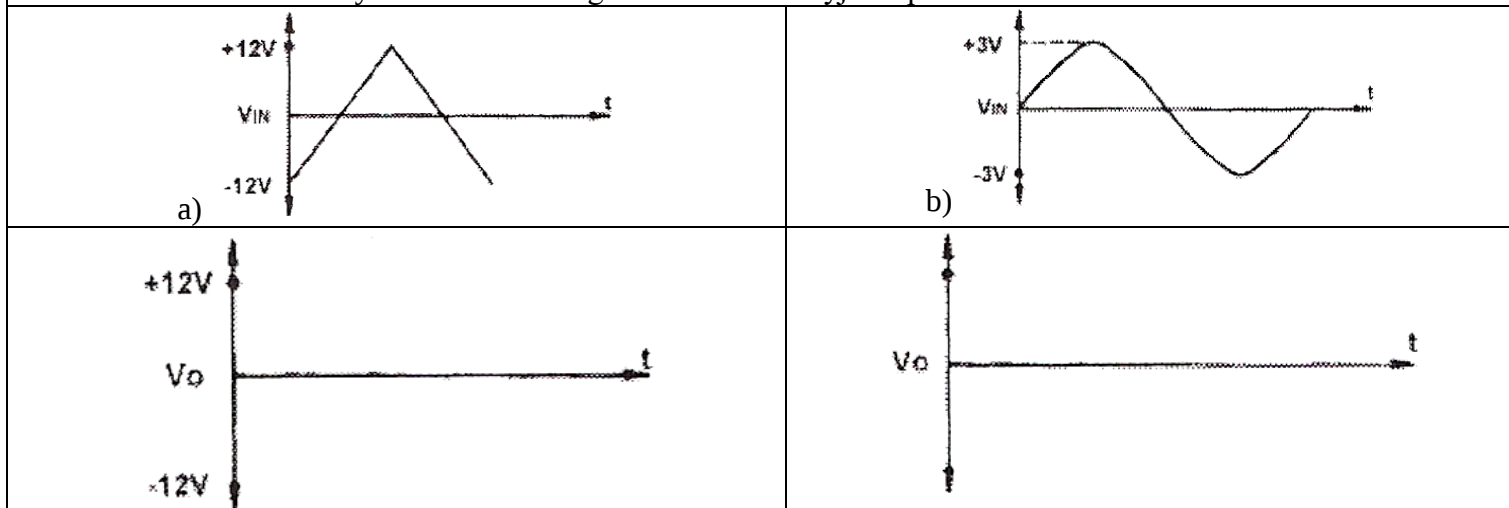
Rys13-2-5 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok c)



- Ustawić moduł KL-25009 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok c. Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-2-4 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-2-5. Do układu dołączyć potencjometr VR3 za pomocą przewodów połączeniowych. Do modułu KL-25009 doprowadzić napięcia stałe +12V i -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
- Kręcąc potencjometrem VR3 (100k Ω), zmieniać napięcie wejściowe V_{IN} na wyprowadzeniu TP2 w zakresie od -12V do +12 V, a następnie zaobserwować, że napięcie wyjściowe V_o na wyprowadzeniu OUT (TP7) zmienia się tylko od V_{cc} do $-V_{cc}$. Zapisać na rys. 13-2-6(a) zmiany napięcia wyjściowego. Zmierzyć napięcie wejściowe V_{IN} i zapisać je jako górne napięcie progowe $V_u =$ _____

3. Kręcąc potencjometrem VR3, zmieniać napięcie wejściowe V_{IN} na wyprowadzeniu TP2 w zakresie od +12V do -12V, a następnie zaobserwować, że napięcie wyjściowe V_o na wyprowadzeniu OUT (TP7) zmienia się tylko od -Vcc do +Vcc. Zapisać na rys. 13-2-6(a) zmiany napięcia wyjściowego. Zmierzyć napięcie wejściowe V_{IN} i zapisać je jako dolne napięcie progowe $V_L =$ _____
4. Usunąć z układu potencjometr VR3 odłączając od tego układu przewody połączeniowe. Do wyprowadzeń wejściowych TP2 doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o napięciu międzyszczytowym 6Vp-p częstotliwości 1kHz. Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać na rys. 13-2-6(b) przebieg napięcia V_o na wyjściu OUT (TP7).

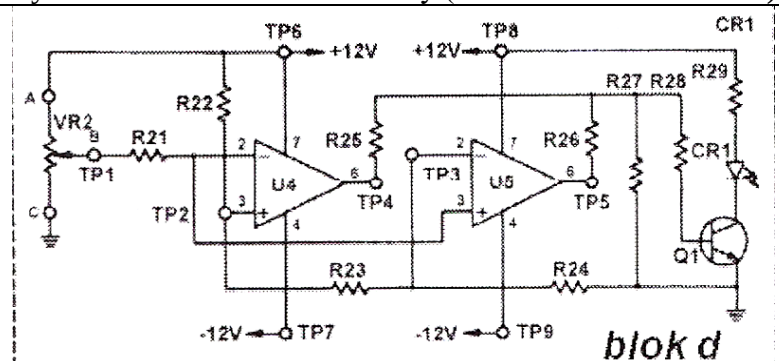
Rys. 13-2-6 Przebiegi zmierzone na wyjściu przerzutnika Schmitta



Komparator okienkowy

Narysować schemat potrzebny do wykonania zadania

Rys. 13-3-3 Schemat montażowy (moduł KL-25009 blok d)



1. Ustawić moduł KL-25009 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), po czym zlokalizować blok d. Wykonać połączenia, posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 13-3-2 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 13-3-3. Do układu dołączyć potencjometr VR2 za pomocą przewodów połączeniowych.
2. Do modułu KL-25009 doprowadzić napięcia stałe +12V -12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stale znajdującego się w module KL-22001.
3. Ustawić potencjometr VR3 (100kΩ, aby napięcie wejściowe V_a (na wyprowadzeniu TP1) było większe od górnego napięcia progowego $V_u = 8V$
4. Zmierzyć i zapisać w tablicy 13-3-1 wartość napięcia wyjściowego V_b (na wyprowadzeniu TP4) górnego komparatora i wartość napięcia wyjściowego V_c (na wyprowadzeniu TP5) dolnego komparatora. Zaobserwować i zapisać stan diody LED CR1
5. Ustawić potencjometr VR2 (10kΩ) tak, aby napięcie wejściowe V_a (na wyprowadzeniu TP1) było mniejsze od górnego napięcia progowego $V_u = 8V$, lecz większe od dolnego napięcia progowego $V_L = 4V$.
6. Powtórzyć krok 4 niniejszej procedury.
7. Ustawić potencjometr VR2 (10 kΩ) tak, aby napięcie wejściowe V_a (na wyprowadzeniu TP1) było mniejsze od dolnego napięcia progowego $V_L = 4V$. 8. Powtórzyć krok 4 niniejszej procedury.

Tablica 13-3-1

Stan wejściowy	V_b	V_c	LED
$V_a > V_u$			
$V_L < V_a < V_u$			
$V_a < V_L$			

WNIOSKI I SPOSTRZEŻENIA