



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Człowiek – najlepsza inwestycja

FENIKS

– długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo –technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Pakiet nr 10:

Elektronika do przetwarzanie informacji

Dr Jacek Polit

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Rzeszowski
Aleja Tadeusza Rejtana 16A, 35-959 Rzeszów*

<http://feniks.ujk.kielce.pl>

<http://fonon.univ.rzeszow.pl>



- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zawartość tematyczna Pakietu

Przedstawione zostaną podstawowe prawa dla prądów i napięć w obwodach elektrycznych. Omówiona zostanie elektronowa struktura materii istotna dla opisu zjawisk w zachodzących w złączach i w tranzystorze (izolatory, przewodniki, półprzewodniki). Przedstawione zostanie pojęcie bramki logicznej wraz z zasadami realizacji operacji logicznych na układach bramek. Zilustrowane zostaną w ten sposób podstawowe zasady budowy komputerów i przetwarzania przez nie informacji. Omówione zostaną także najnowsze koncepcje w tej dziedzinie takie, jak komputery biologiczne i kwantowe

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP

Przy wykonywaniu wielu ćwiczeń konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności i przestrzeganie zasad bezpieczeństwa. Przy posługiwaniu się źródłami zasilania sieciowego, łatwopalnymi materiałami (np. denaturat lub nafta), grzałkami, gorącymi cieczami występuje zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia. Przy wykonywaniu ćwiczeń w pracowniach należy przestrzegać obowiązującego w nich regulaminu BHP. Wykonywanie niektórych doświadczeń w domu jest możliwe, ale tylko po konsultacji z nauczycielem i pod nadzorem osoby dorosłej. W związku z powyższym zaleca się przestrzeganie następujących zasad:

- 1) Nie wolno włączać zasilania sieciowego ani uruchamiać przyrządów doświadczalnych bez zgody prowadzącego zajęcia.
- 2) Elementy zestawów ćwiczeniowych należy łączyć zgodnie ze schematami podanymi w instrukcjach, szczególną uwagę zwracając na poprawność połączeń obwodów elektrycznych.
- 3) Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi). W razie potrzeby stosować rękawice, odzież ochronną lub inne niezbędne środki ochrony osobistej.
- 4) Należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z:
 - a) grzejnikami i ciałami podgrzanyymi do wysokiej temperatury,
 - b) cieczami łatwopalnymi i odczynnikami chemicznymi,
 - c) ostrymi narzędziami lub przedmiotami - w miarę potrzeby stosować rękawice ochronne,
 - d) przedmiotami ciężkimi, kruchymi albo łatwo tłukącymi się,
 - e) laserem - nie dopuścić do wprowadzenia wiązki światła do nieosłoniętego oka,
 - f) izotopami promieniotwórczymi - preparaty należy prawidłowo umieszczać pod licznikiem.
- 5) Doświadczenia należy wykonywać w pomieszczeniach, w których jest zapewniona właściwa wentylacja.
- 6) O powstałych w czasie wykonywania ćwiczeń wątpliwościach należy informować prowadzącego zajęcia.
Taka ikonka znajduje się przy ćwiczeniach wymagających zachowania ostrożności.

Zagadnienia i doświadczenia do realizacji w szkole

Jako wprowadzenie do pakietu 10” Elektronika do przekazywania informacji”
Proponuje skorzystanie z zestawu El-go. Autorstwa mgr inż. Pawła Owczarka
Dokładniejsze informacje znajdują się na stronie www.el-go.pl Koszt jednego zestawu około 300zł. Poniżej przedstawie propozycję wybranych ćwiczeń z tego zestawu . Każdy schemat proponuje przeanalizować od strony wiadomości

teoretycznych.

Tytuł 1

Równoległe połączenie elementów R i diod LED

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z równoległym łączeniem elementów

Wymagana wiedza ucznia

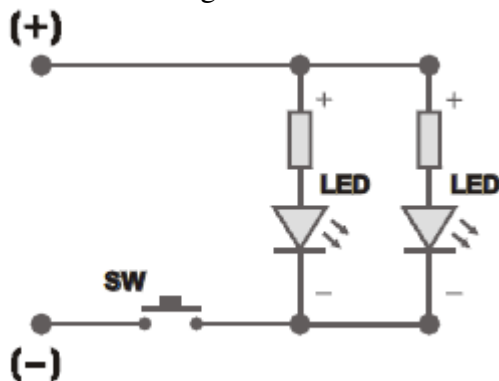
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, lub diody LED oporniki przewody, mierniki.

Przebieg ćwiczenia

Zestawić obwód według schematu:



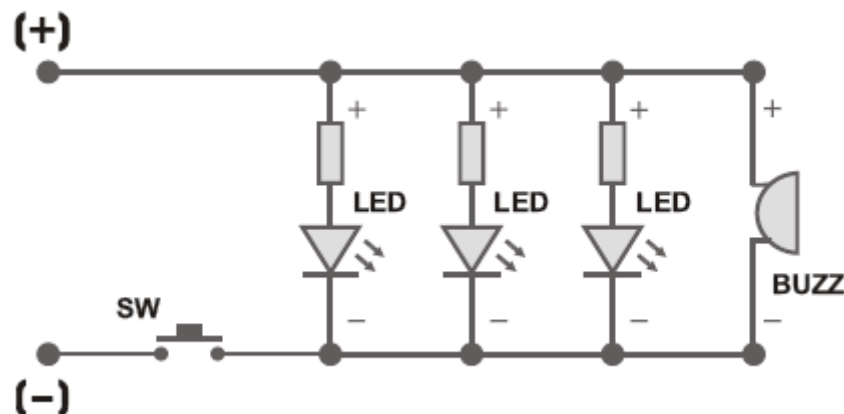
Rys.1.1. Schemat ilustrujący równoległe łączenie elementów

Zestaw obwód zgodnie ze schematem, zwracając szczególną uwagę na właściwe podłączenie diod LED. Anody oznaczone symbolem „+” muszą być połączone z dodatnim biegunem zasilania oznaczonym „(+)”.

- Podaj napięcie zasilające w miejsca oznaczone na schemacie „(+)” i „(-)”.

- Naciśnij włącznik SW - diody LED będą świecić kiedy włącznik SW będzie wciśnięty.

Diody w ten sposób połączone, będą świeciły się jednocześnie i „niezależnie od siebie”. Jeżeli usuniemy jedną z nich, nie wpłynie to na działanie drugiej. W kolejnym kroku podłączamy jeszcze jedną diodę, a następnie buzzer.



Rys.1.2 Schemat ilustrujący rozbudowane połączenie elementów .Schemat można rozbudować Włączając szeregowo miliamperomierz i równoległe woltomierz

W ten sposób można połączyć dowolną liczbę niezależnych odbiorników prądu, zwracając uwagę aby nie przeciążać układu zasilania i aby każdy z tych odbiorników był przystosowany do napięcia zasilania. W przypadku diod LED z których każda pobiera 20 mA będzie to $3 \times 20 \text{ mA} = 60 \text{ mA}$. Buzzer to kolejnych kilkanaście miliamper. Buzzer przystosowany jest do napięcia 6V. Przy typowych bateriach R4 kłopoty mogą pojawić się przy podłączeniu około 50 diod.

Tytuł 2

Szeregowe połączenie elementów R i diod LED

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z szeregowym łączeniem elementów

Wymagana wiedza ucznia

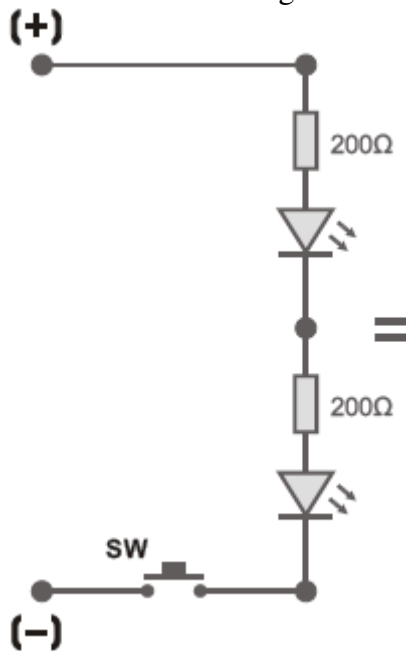
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, lub diody LED oporniki przewody, mierniki.

Przebieg ćwiczenia

Zestawić obwód według schematu:



Rys21. Schemat ilustrujący szeregowe łączenie elementów.

Proszę zwrócić uwagę na właściwe połączenie diod LED oraz wartość opornika zabezpieczającego. Anody oznaczone symbolem +, muszą być połączone z dodatnim biegunem zasilania oznaczonego „+”.

Proszę podać napięcie na miejsca oznaczone na schemacie „+” i „-”.

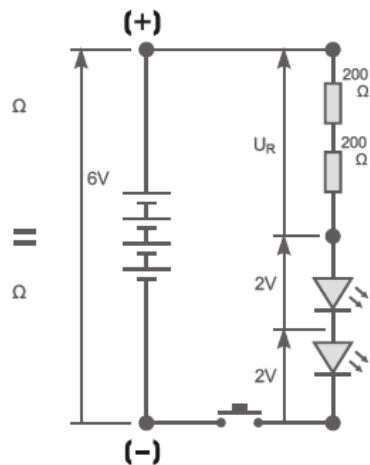
Naciśnij włącznik SW- diody LED zaświecą się. Diody w ten sposób podłączone będą świeciły jednocześnie jednak praca jednej zależy od drugiej, a ich światło jest słabsze niż przy bezpośrednim podłączeniu każdej z nich do napięcia 6 V.

Na dwóch diodach LED spadek napięcia wyniesie ok. 4V, ponieważ spadek napięcia na jednej diodzie wynosi [2V].

Zgodnie z prawem Ohma oporniki te ograniczają prąd w obwodzie do wartości:

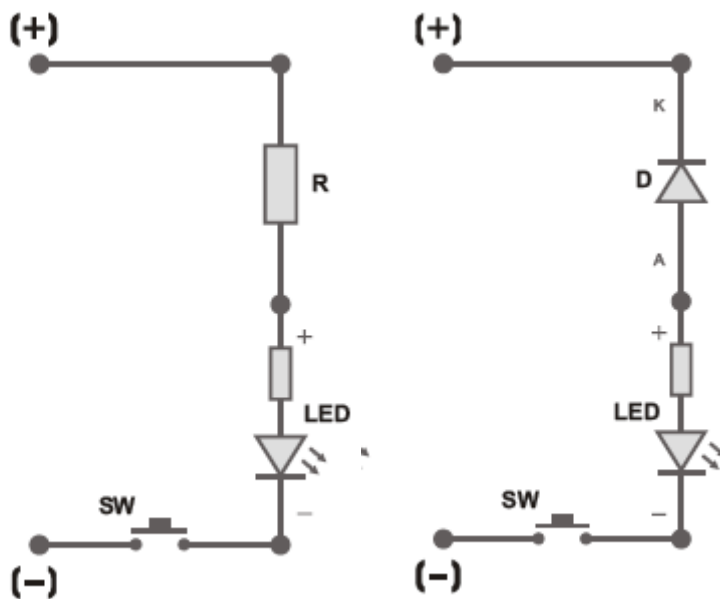
$$I = \frac{U}{R} = \frac{2 [V]}{2 \times 200 [\Omega]} = \frac{2 [V]}{400 [\Omega]} = 0,005 [A] = 5 [mA]$$

Diody LED świecą słabiej, ponieważ są wysterowane cztery razy mniejszym prądem niż w przypadku połączenia równoległego.



Rys.2.2. Połączenie szeregowe dwóch diod LED i dwóch oporników

Na Rys.2.3 przedstawiono inne możliwości połączeń diod LED



a)

b)

Rys.2.3 Jeżeli dioda LED zostanie spolaryzowana zgodnie z biegunowością to przepuści ona prąd i będzie świeciła (przypadek a) natomiast przy polaryzacji przeciwnej nie przepuści ona prądu i nie zaświeci (przypadek b).

Tytuł3

Włącznik dotykowy

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z zasadą działania Tranzystora polowego

Wymagana wiedza ucznia

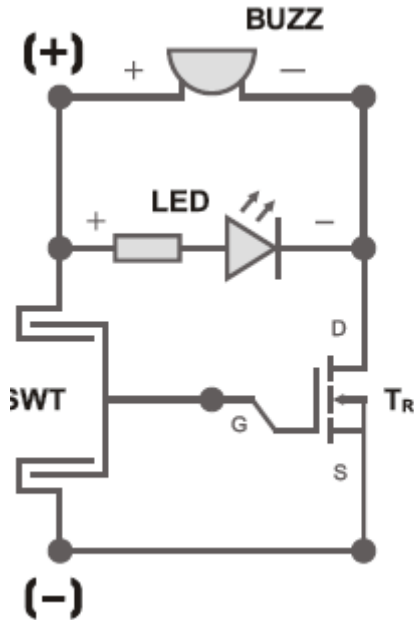
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów, jaki materiał nazywamy półprzewodnikiem. Podstawy zasady działania tranzystora polowego.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, lub diody LED, tranzystor polowy, moduł zasilający, oporniki, przewody, mierniki, czujnik dotykowy.

Przebieg ćwiczenia

Zestawić schemat według rysunku 3.1



Rys.3.1 Schemat włącznika dotykowego

Podaj napięcie zasilające w miejsca oznaczone na schemacie „(+)” i „(-)”.

- Dotknij palcem jednego z dwóch pól czujnika SWT.

Górne pole dotykowe czujnika spowoduje włączenie, a dolne wyłączenie diody LED i Buzzera.

Zasada Działania :

Dioda zaświeci się jeżeli tranzystor będzie otwarty, a to zgodnie z jego opisem działania zależy od napięcia jakie występuje na bramce G. W tym układzie nie jest ona podłączona elektrycznie do żadnego określonego potencjału (fachowo mówiąc „wisi w powietrzu”). Czujnik SWT jest tak skonstruowany, że obwód, zarówno w kierunku bieguna dodatniego (przez górne pole dotykowe), jak i ujemnego (przez dolne pole dotykowe) jest rozarty.

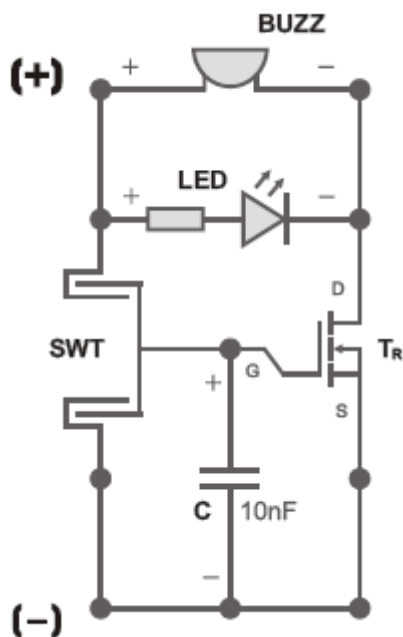
Dotykając górnego pola spowodujemy przepływ ładunków elektrycznych przez swój palec między elektrodami czujnika i bramka uzyska potencjał wysoki, a to zgodnie z opisem działania tranzystora oznacza jego stan przewodzenia (tranzystor będzie otwarty). Dioda LED zaświeci się, ponieważ przewodzący tranzystor „dołączy” jej katodę do ujemnego bieguna zasilania. Ten stan będzie trwały również po odjęciu palca. Ładunek elektryczny zgromadzony na bramce tranzystora pozostanie tam, ponieważ nie będzie ona połączona elektrycznie z resztą obwodu, w szczególności z biegunem ujemnym, do którego mógłby odpłynąć.

Dopiero dotknięcie palcem dolnego pola czujnika spowoduje, że połączysz elektrycznie bramkę z biegunem ujemnym i umożliwisz

Zmianę jej potencjału na niski, czyli zamkniesz tranzystor - dioda LED wtedy zgaśnie.

Bramka tranzystora MOSFET stanowi bardzo małą powierzchnię, na której miści się niewiele ładunków elektrycznych. W warunkach rzeczywistych są one w stanie rozplnąć się (uciec z bramki) przez warstwę powietrza

(zwłaszcza wilgotnego) lub przez podłoże, na którym zestawiono obwód - dlatego trwałość stanów naszego włącznika jest ograniczona. Można ją poprawić wstawiając w bramkę nawet niewielki kondensator, jak na rysunku obok.



Rys.3.2 Schemat włącznika dotykowego z włączonym kondensatorem w obwód bramki

Okładki kondensatora mają dużą powierzchnię - ich zadaniem jest gromadzenie ładunków elektrycznych. Efektem podłączenia kondensatora będzie zdecydowanie lepsze (dłuższe) "trzymanie" stanów przez nasz włącznik.

Tytuł4

Pamięć jednobitowa

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z zasadą działania Tranzystora polowego i jego wykorzystanie do pamiętania impulsu jako wprowadzenie do badania przerzutników RS.

Wymagana wiedza ucznia

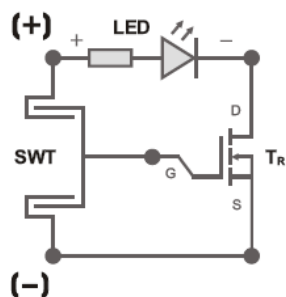
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów, jaki materiał nazywamy półprzewodnikiem. Podstawy zasady działania tranzystora polowego, elementy logiki binarnej.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, lub diody LED , tranzystor polowy, moduł zasilający, czujnik dotykowy oporniki przewody, mierniki.

Przebieg ćwiczenia

Zestawić schemat według rysunku 3.2



Rys.4.1 Schemat pamięci jednobitowej.

Zasada działania:

Otóż po wprowadzeniu układu w określony stan, np. ten w którym dioda świeci (nazwijmy go stanem „1”), rozłącz zasilanie. Po dłuższej chwili przywróć je - dioda LED nadal będzie się świeciła. Wniosek układ zapamiętał swój stan „1”. Podobnie zapamięta on stan, w którym dioda LED nie świeci (nazwijmy go stanem „0”). Tranzystor MOSFET pamięta swój stan w zależności od ładunku elektrycznego wprowadzonego na bramkę, nawet po usunięciu zasilania. Jest to wykorzystywane we współczesnych pamięciach.

Wystarczy zbudować osiem takich komórek i już możemy zapamiętać 1 bajt danych.

Jeżeli zbudujemy ich nieco powyżej 8 milionów, to stworzymy pamięć 1MB... jeszcze tysiąc razy więcej (tj. 8 miliardów), i będziemy mieli 1 GB,... itd. Powierzchnia kilku boisk piłkarskich i mamy pendrive. Pendrive'ów tak skonstruowanych jednak nie ma i to nie tylko ze względu na ceny gruntów - można się obawiać, że w tak zagospodarowanej przestrzeni brakło by miejsca dla nas samych.

POTĘGA ELEKTRONIKI BIERZE SIĘ MIĘDZY INNYMI Z MOŻLIWOŚCI NIEZWYKLE WIELKIEGO STOPNIA JEJ UPAKOWANIA.

To samo wykonane w nowoczesnej technologii scalonej zajmuje najwyżej kilka mm².

Tytuł5

Lampka nocna z wyłącznikiem czasowym

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z zasadą działania układów z elementem pamiętającym.

Wymagana wiedza ucznia

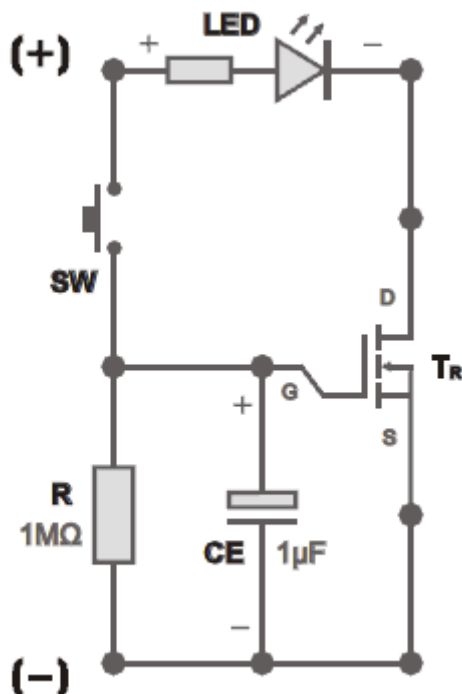
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów, jaki materiał nazywamy półprzewodnikiem. Podstawy zasady działania tranzystora polowego, elementy logiki binarnej, podstawy pamiętania impulsu.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, lub diody LED, tranzystor polowy, moduł zasilający, kondensator elektrolityczny, czujnik dotykowy, oporniki, przewody, mierniki.

Przebieg ćwiczenia

Zestawić schemat według rysunku 5.1



Rys.5.1. Schemat lampki z wyłącznikiem czasowym

Sposób działania

Po włączeniu przyciskiem SW lampka (w tym wypadku dioda LED) zaświeci się na określony czas, pozwalający np. sprawdzenie godziny lub upewnić się że niemowlę zdrowo śpi. Po

czasie ustalonym wartością rezystora i kondensatora lampka sama zgaśnie - nie musimy pamiętać o jej wyłączeniu. Inne zastosowanie to np. włącznik schodowy - oświetlenie włącza się na czas wystarczający do opuszczenia klatki schodowej.

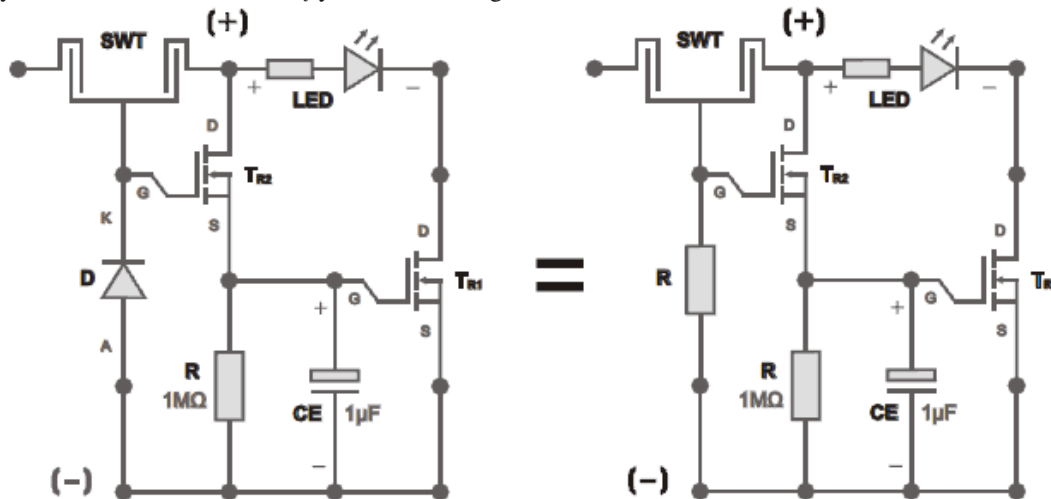
Zmiana kondensatora lub rezystora na mniejszy wartość skróci ten czas (i odwrotnie).

Zasada działania

Po wciśnięciu włącznika SW bramka tranzystora zostanie połączona z dodatnim biegunem zasilania i uzyska potencjał wysoki.

Zgodnie z zasadą działania, tranzystor przejdzie w stan otwarty - odbiornik, czyli dioda LED zaświeci się. Ten sam potencjał otrzyma górna ok. okładka kondensatora (kondensator zostanie błyskawicznie naładowany).

Napięcie na kondensatorze będzie równe napięciu zasilania. Po zwolnieniu przycisku SW kondensator będzie się rozładowywał przez równoległe włączony rezystor. Malejące napięcie na kondensatorze (równe napięciu na bramce tranzystora) po pewnym czasie osiągnie wartość tak małą, że tranzystor zmieni stan na zamknięty - dioda LED zgaśnie.



a)

b)

Rys.5.2 Przykłady schematów lampki nocnej z włącznikiem dotykowym.

Tytuł 6

Włącznik zmierny

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z zasadą działania układów z elementami fotoczułymi we współpracy z tranzystorem polowym

Wymagana wiedza ucznia

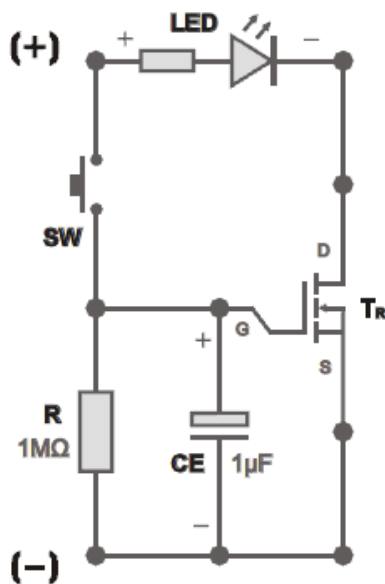
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów, jaki materiał nazywamy półprzewodnikiem. Podstawy zasady działania tranzystora polowego, wpływ światła na przewodnictwo materiałów półprzewodnikowych.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, fotorezystory, diody LED, tranzystor polowy, moduł zasilający, kondensator elektrolityczny, czujnik dotykowy oporniki przewody, mierniki, - 1 fotorezystor (RP)1 opornik (R: 100 kΩ)

Przebieg ćwiczenia

Zestawić schemat według rysunku 6.1



Rys.6.1. Schemat włącznika zmierzchowego.

Wykonanie. Zestawić obwód zgodnie ze schematem.

- Podać napięcie zasilające w miejsca oznaczone na schemacie „(+)” i „(-)”.
- Oświetl czujnik (fotorezystor), ustawiając go w kierunku, z którego pada światło (jasne okno, zapalona lampa itp.) - dioda nie powinna się świecić.
- Zasłoń fotorezystor, zmniejszając jego oświetlenie - dioda powinna się zaświecić.

Uwaga:

Jeżeli po zmontowaniu układ nie działa zgodnie z w/w założeniami, to należy dokonać jego modyfikacji (uruchomienia):

Jeżeli po oświetleniu fotorezystora dioda LED się świeci, to należy (korzystając z modułu uniwersalnego) wymienić rezystor R na nieco większy - do wartości, przy której dioda zgaśnie.

Jeżeli po zasłonięciu (zaciemnieniu) fotorezystora dioda LED nie świeci, to należy (korzystając z modułu uniwersalnego) wymienić rezystor R na nieco mniejszy - do wartości, przy której dioda się zaświeci.

Dobór opornika R pozwala na prawidłowe działanie układu w takich warunkach oświetlenia, jakie aktualnie panują.

Profesjonalnie mówiąc - wartością rezystora R ustalamy punkt pracy układu.

Warto zauważyć, że po zastąpieniu diody LED odpowiednim przekaźnikiem, możemy sterować włączaniem i wyłączaniem dowolnego urządzenia elektrycznego.

Zasada działania

Dioda zaświeci się, jeżeli tranzystor będzie otwarty. Zgodnie z opisem działania tranzystora, jego stan zależy od napięcia jakie występuje na końcówce G, które jest takie samo, jak napięcie na fotorezystorze, czyli w punkcie A. Po podłączeniu zmontowanego układu do źródła napięcia zasilania, przyłożone napięcie rozkłada się na elementy każdej gałęzi obwodu proporcjonalnie do ich oporności. Jeżeli oporność fotorezystora wzrasta, to napięcie na nim (czyli w punkcie A) również wzrasta. Tranzystor otworzy się, jeżeli to napięcie będzie wystarczająco wysokie, czyli fotorezystor dostatecznie zaciemniony - zatem dioda zaświeci się gdy będzie ciemno.

Działanie układu można dokładniej przedstawić korzystając z prawa Ohma:

Stan wyjściowy jest następujący:

Po podłączeniu zmontowanego układu do źródła napięcia zasilania U_Z , w gałęzi z fotorezystorem płynie prąd, który zgodnie z prawem Ohma wynosi :

$$I = \frac{U_Z}{R + R_P} \quad (a)$$

Napięcie zasilania rozkłada się na wszystkie elementy gałęzi proporcjonalnie do ich oporności. Napięcie w tej gałęzi rozłoży się na dwa elementy, opornik R i fotorezystor RP, zgodnie z zależnością :

$$U_Z = U_R + U_{RP} \quad (b)$$

Napięcie zasilania (U_Z) jest stałe (6 V). Spadek napięcia na oporniku R, zależy od wielkości prądu I zgodnie z zależnością:

$$U_R = I \times R \quad (c)$$

Reszta napięcia równa ($U_{RP} = I \times R_{RP}$) odłoży się na fotorezystorze, zgodnie ze wzorem (b):

$$U_{RP} = U_Z - U_R \quad (d)$$

Ponieważ tranzystor jest przy tym napięciu zamknięty (LED nie świeci), to $U_{RP} = U_G$ jest niskie.

Powyższy opis przedstawia stan wyjściowy obwodu.

Sytuacja wyjściowa ulegnie zmianie, jeżeli fotorezystor zostanie zasłonięty.

Zgodnie z zasadą działania fotorezystora zwiększy się wtedy jego oporność. Oporność całej gałęzi, jako suma $R + R_{RP}$, również wzrośnie, w wyniku czego prąd I gałęzi zmaleje zgodnie z wzorem (a). Mniejszy prąd wywoła mniejszy spadek napięcia na oporniku R,

a to przy stałym napięciu zasilania U_Z oznacza wzrost napięcia na fotorezystorze - patrz wzór (d). Dostatecznie wysokie napięcie na nim otworzy tranzystor i dioda LED zaświeci się.

Cztery zdania powyżej wykazują, że napięcie $U_{RP} = U_G$ jest wysokie wówczas, gdy oporność fotorezystora jest duża, czyli kiedy fotorezystor jest zasłonięty. Zatem dioda świeci, gdy jest ciemno.

Tytuł 7

Fotodetektor czujnik obiektu

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z zasadą działania układów z elementami fotoczułymi we współpracy z tranzystorem polowym jako wprowadzenie do detektorów.

Układ wykrywa i sygnalizuje obecność obiektu w określonym miejscu

np. ręki w przestrzeni roboczej jakiejś maszyny.

Wymagana wiedza ucznia

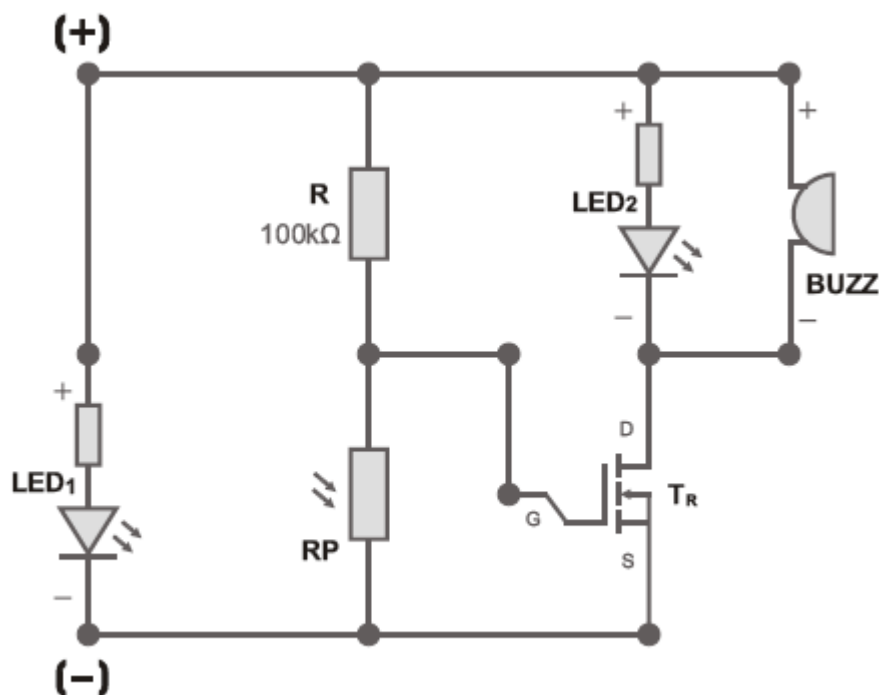
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów, jaki materiał nazywamy półprzewodnikiem. Podstawy zasady działania tranzystora polowego, wpływ światła na przewodnictwo materiałów półprzewodnikowych.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, 2 diody LED, tranzystor polowy, moduł zasilający, kondensator elektrolityczny, czujnik dotykowy, oporniki, przewody, mierniki, - 1 fotorezystor (RP) 1 opornik (R: 100 kΩ) - 1 fotorezystor (RP), 1 buzzer (BUZZ)

Przebieg ćwiczenia

Zestawić schemat według rysunku 7.1



Rys.7.1 Schemat fotodetektora czujnika obiektu.

Moduły LED₁ i RP należy ustawić na bokach skierowane do siebie tak, aby dioda LED oświetlała fotoopornik.

- Podaj napięcie zasilające w miejsca oznaczone na schemacie „(+)” i „(-)”.

- Dokonaj uruchomienia układu –proszę dobrać wartości rezystora R ustalając punkt jego pracy.

Jeżeli LED₂ się świeci, mimo że fotorezystor jest oświetlony diodą LED₁, to należy (korzystając z modułu uniwersalnego) wymienić rezystor R na nieco większy - do wartości, przy której dioda zgaśnie.

Jeżeli po zasłonięciu diody LED₁ (zaciemnieniu fotorezystora) dioda LED₂ nie świeci, to należy (korzystając z modułu uniwersalnego) wymienić rezystor R na nieco mniejszy - do wartości, przy której dioda się zaświeci.

Każdy nieprzezroczysty obiekt, przecinający linię wyznaczoną przez fotorezystor i źródło światła LED₁, spowoduje zaświecenie diody przy jednoczesnym sygnale dźwiękowym. Moduł LED₁ można oddalić od fotoopornika, wydłużając chroniony obszar. Jeżeli boczne oświetlenie fałszuje wskazania, to można na fotopornik nasunąć rurkę (najlepiej czarną), tak aby „widział” on tylko diodę LED₁.

Tytuł 8

Fotokomórka

Cel ćwiczenia, opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z zasadą działania układów z elementami fotoczułymi we współpracy z tranzystorem polowym.

Zadaniem układu jest sygnalizacja dźwiękowo-optyczna przecięcia (przesłonięcia) wiązki światła padającego na czujnik przez nieprzezroczysty obiekt. Sygnalizacja jest podtrzymywana w czasie, mimo usunięcia obiektu (intruza).

Wymagana wiedza ucznia

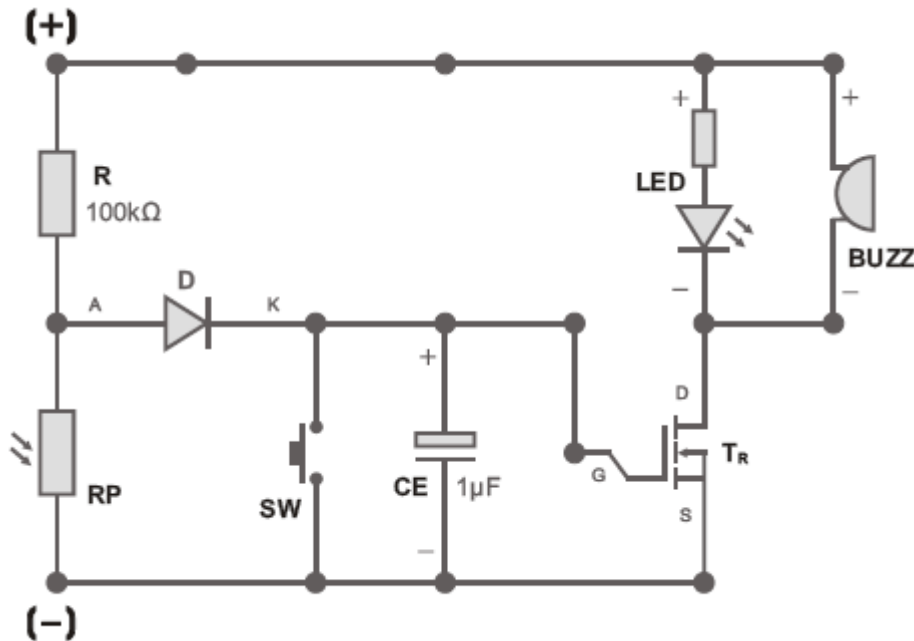
Pojęcie prądu elektrycznego, prawa przepływu prądu elektrycznego szeregowo i równoległe łączenie elementów, podstawowe własności półprzewodników. Podstawy zasady działania tranzystora polowego, wpływ światła na przewodnictwo materiałów półprzewodnikowych.

Niezbędne przedmioty i materiały

Zestaw el-go, 2 diody LED, tranzystor polowy, moduł zasilający, kondensator elektrolityczny, czujnik dotykowy, oporniki, przewody, mierniki, - 1 fotorezystor (RP) 1 opornik (R: 100 k Ω) - 1 fotorezystor (RP), 1 buzzer (BUZZ) 1 kondensator (np. 1 μ F), -1 mikroprzełącznik (SW).

Przebieg ćwiczenia

Zestawić układ pomiarowy zgodnie ze schematem:



Rys.8.1.Schemat układu ilustrujący działanie fotokomórki.

Wykonanie:

- Zestaw obwód zgodnie ze schematem.

- Proszę nasunąć na fotorezystor osłonkę, najlepiej w postaci czarnej (pochłaniającej światło) rurki, tak aby ograniczyć kąt jego widzenia. W ten sposób odpowiednio ograniczymy obszar kontrolowany. Rurkę z fotorezystorem skierujemy na dowolne, najlepiej intensywne, źródło światła. Może to być żarówka lampy (latarki), jasne okno itp.

- Podaj napięcie zasilające w miejsca oznaczone na schemacie „(+)” i „(-)”.

- Naciśnij wyłącznik SW wprowadzając fotokomórkę w stan czuwania.

- Dokonaj uruchomienia – dobierając wartość rezystora R ustalamy punkt pracy układu.

Jeżeli LED się świeci, mimo że fotorezystor „widzi” źródło światła (rurka jest precyzyjnie na nie skierowana), to należy (korzystając z modułu uniwersalnego) wymienić rezystor R na nieco większy - do wartości, przy której dioda zgaśnie.

Jeżeli po zasłonięciu wylotu rurki (zaciemnieniu fotorezystora) dioda LED nie świeci, to należy (korzystając z modułu uniwersalnego) wymienić rezystor R na nieco mniejszy - do wartości, przy której dioda się zaświeci.

Każdy obiekt przecinający linię wyznaczoną przez fotorezystor i źródło światła spowoduje zaświecenie diody przy jednoczesnym sygnale dźwiękowym. Sygnalizacja będzie podtrzymywana do momentu rozładowania kondensatora, które można przyspieszyć

naciskając wyłącznik SW.

Zasada działania

Układ jest nieco rozbudowanym wyłącznikiem zmierzchowym, z którym już mieliśmy do czynienia. Różnica polega na tym, że napięcie U_{RP} włączające tranzystor, ładuje kondensator C przez diodę D. Ładunek zgromadzony na tym kondensatorze utrzymuje tranzystor w stanie włączenia, podobnie jak w przypadku wcześniej omawianej lampki nocnej. Po ustąpieniu sygnału, kondensator nie może się jednak rozładować, ponieważ dioda jest wtedy spolaryzowana w kierunku zaporowym (w tą stronę nie przewodzi prądu). Jediną możliwością rozładowania kondensatora jest zwarcie go wyłącznikiem SW lub samorozładowanie po dłuższym czasie. Wielkością kondensatora C można regulować czułość układu tak, aby nie reagował np. na przelatującą ćmę.

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na uczelniach

Nauczyciel podczas ustalania daty wizyty na uczelni, może poprosić o przygotowanie konkretnego zestawu z poniższych ćwiczeń.

U.10..01

[U-uczelnia, nr pakietu, nr kolejny ćwiczenia]

Spis Proponowanych Ćwiczeń

- 1) Sprawdzanie Prawa Ohma
- 2) Badanie równoległego obwodu z elementami R,C.
- 3) Badanie równoległego obwodu z elementami R,L
- 4) Badanie szeregowego obwodu z elementami R, C.**
- 5) Oscyloskop**
- 6) Badanie charakterystyki diody**
- 7) Badanie charakterystyki Tranzystora Bipolarnego**
- 8) Badanie Charakterystyki Tranzystora Polowego**
- 9) Zastosowania wzmacniacza operacyjnego**
- 10) Bramki logiczne i ich tabele prawdy**
- 11) Przerzutniki**
- 12) Liczniki**
- 13) Przykładowa budowa mikroprocesora**

Opis doświadczeń na zajęcia dla uczniów na uczelniach

Nauczyciel podczas ustalania daty wizyty na uczelni, może poprosić o przygotowanie konkretnego zestawu z poniższych ćwiczeń.

Tytuł ćwiczenia 1:

SPRAWDZANIE PRAWA OHMA

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Praktyczne sprawdzenie prawa Ohma przez pomiar napięcia i natężenia prądu odbiorniku. Przy pomiarze rezystancji metodą amperomierza i woltomierza natężenie prądu musi być tak dobrane, aby badany opornik nie zmieniał znacznie swej oporności z temperaturą.

Wykreślona na podstawie pomiarów zależność między U a I powinna być linią prostą ponieważ badane w ćwiczeniu odbiorniki są odbiornikami liniowymi.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Średni: uczeń powinien znać: Stacjonarny prąd elektryczny, natężenie prądu, gęstość prądu, napięcie elektryczne, rezystancja przewodnika, przewodnictwo elektryczne, zależność rezystancji materiałów od temperatury, szeregowo, równoległe i mieszane połączenia rezystorów, prawo Ohma, I i II prawo Kirchhoffa.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Zasilacz prądu stałego, woltomierz wychyłowy, cyfrowy miernik uniwersalny jako amperomierz, rezystory obciążające obwód. - amperomierz na prąd stały do 1 A,
- woltomierz na prąd stały do 30 V,
- opornik zmienny,
- przewody,

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne: Wybrane podstawowe pojęcia

Natężenie prądu elektrycznego stałego.

Jest to stosunek ładunku przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodnika do czasu jego przepływu :

$$I = \frac{Q}{T} \left[\frac{C}{s} = A \right]$$

Ładunek ma wartość 1 Culomba, gdy przez przewodnik w czasie 1 sekundy przepłynie prąd o natężeniu 1 Ampera.

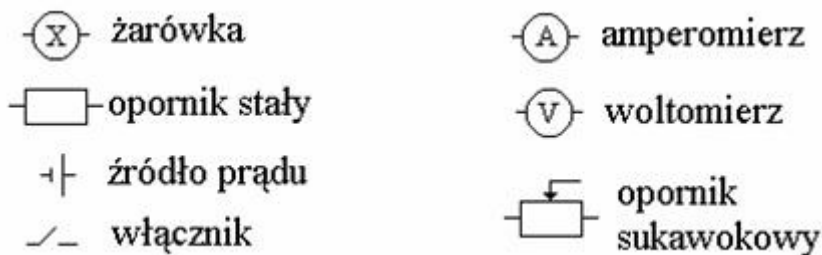
Jeden Amper to natężenie takiego prądu, który płynąc w 2 nieskończenie cienkich, długich, umieszczonych w próżni, równoległych przewodnikach wywołuje oddziaływanie tych przewodników na siebie siłą $F = 2 \cdot 10^{-7}$ Newtona na każdy metr długości
Kierunek przepływu prądu.

Na segmentach elektrycznych określamy umowny kierunek przepływu prądu: do + do -.

Rzeczywisty kierunek przepływu prądu :

od - do +.

Elementy obwodów elektrycznych.



Opór elektryczny.

Opór elektryczny.

Opór elektryczny to wynik oddziaływania elektronów przewodnictwa z jonami sieci krystalicznej.

$$R = \frac{\zeta L}{S} \quad [\Omega], \quad R = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Opór elektryczny ma wartość 1 W gdy natężenie przy napięciu =1 V ma wartość 1 A.

Oznaczenia:

R - opór;

ζ - opór właściwy (cecha charakterystyczna substancji);

l - długość przewodnika;

s - pole powierzchni przekroju poprzecznego przewodnika;

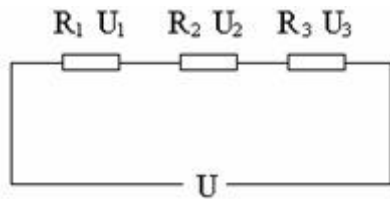
R_0 - opór w danej temperaturze;

α - temperaturowy współczynnik oporu (cecha charakterystyczna substancji);

ΔT - różnica temperatur ($|R - R_0|$);

Łączenie oporów elektrycznych.

a) Łączenie szeregowe:



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Oznaczenia:

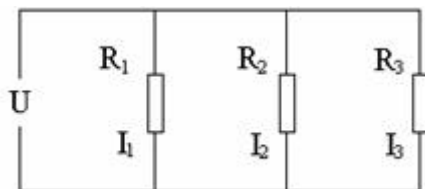
R- opór wypadkowy układu;

$R_{1,2,3}$ - opory poszczególnych oporników;

U - różnica potencjałów(napięcie);

$U_{1,2,3}$ - różnice potencjałów na poszczególnych kondensatorach;

b) Łączenie równoległe:



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Oznaczenia:

R - opór wypadkowy układu;

$R_{1,2,3}$ - opory poszczególnych oporników;

U - różnica potencjałów(napięcie);

$I_{1,2,3}$ - natężenia prądu na poszczególnych kondensatorach;

Prawo Ohma.

Prawo Ohma.

Natężenie prądu zależy wprost proporcjonalnie od napięcia:

$$I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

Prawo Ohma jest spełnione tylko wtedy, gdy opór nie zależy od napięcia ani od natężenia prądu.

Oznaczenia:

R - opór;

U - różnica potencjałów(napięcie);

I - natężenie prądu

21.6.2 Prawo Ohma dla obwodu zamkniętego

Prawo Ohma dla obwodu zamkniętego:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r_{wp}}$$

Oznaczenia:

R - opór całkowity ogniwa;

ε - siła elektromotoryczna ogniwa;

I - natężenie prądu;

r_w - opór wewnętrzny ogniwa.

Prawa Kirchhoffa.

1. Pierwsze prawo Kirchhoffa.

Suma natężeń wchodzących do węzła sieci elektrycznej jest równa sumie natężeń prądów wychodzących z punktu węzłowego.

2. Drugie prawo Kirchhoffa.

Stosunek prądów płynących przez poszczególne gałęzie sieci elektrycznej jest równa odwrotności oporu w tych gałęziach :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Oznaczenia:

$R_{1,2}$ - opory poszczególnych gałęzi układu;

$I_{1,2}$ - natężenia prądu w poszczególnych gałęziach układu;

3 Drugie prawo Kirchhoffa dla obwodu zamkniętego.

Suma sił elektromotorycznych w oczku jest równa sumie spadków napięć na wszystkich oporach w tym oczku:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \sum_{j=1}^m (I_j \cdot R_j)$$

Oznaczenia:

R - opory poszczególnych oporników;

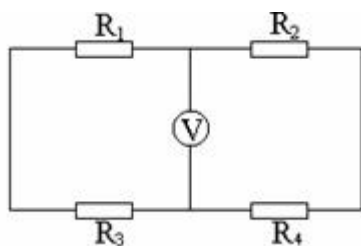
I - natężenia prądu w poszczególnych opornikach;

n - ilość sił elektromotorycznych;

j - ilość spadków napięć;

ε - siła elektromotoryczna

Mostek elektryczny.



Opory dobiera się tak, by przez woltomierz nie płynął prąd elektryczny - wtedy mostek jest

zrównoważony.

Oznaczenia:

$R_{1,2,3,4}$ - opory poszczególnych oporników.

Praca prądu elektrycznego stałego.

Praca :

$$W = UIT = \frac{U^2 T}{R} = IRQ = I^2 RT \quad [VA_s = J]$$

Oznaczenia:

W - praca;

R- opór;

U - różnica potencjałów(napięcie);

T - czas przepływu;

I - natężenie;

Q - całkowity ładunek, który przepłynął;

Moc prądu elektrycznego stałego.

Moc :

$$P = \frac{W}{T} = UI \quad \left[\frac{J}{s} = W \right]$$

Oznaczenia:

P - moc;

W - praca;

U - różnica potencjałów(napięcie);

T - czas wykonywania pracy;

I - natężenie;

Prawo Joula-Lenza.

Ilość wydzielonego ciepła na przewodniku jest równa pracy prądu elektrycznego, jaką on wykonał podczas przejścia przez obwód: .

$$Q = W$$

Jeżeli w obwodzie zmienia się temperatura, to ciepło liczymy wg. wzoru :

$$Q = Mc\Delta T$$

Oznaczenia:

Q - Ilość wydzielonego ciepła na przewodniku;

W - praca;

M - masa;

c - ciepło właściwe (cecha charakterystyczna danej substancji);

ΔT - zmiana temperatury

Sprawność urządzeń elektrycznych.

Sprawność urządzenia elektrycznego:

$$\eta = \frac{P_Z}{P_P} \cdot 100\%$$

Oznaczenia:

η - sprawność urządzenia elektrycznego;

P_Z - moc zużyta do przez urządzenie;

P_P - moc pobrana przez urządzenie

Praca prądu elektrycznego stałego.

Praca :

$$W = UIt = \frac{U^2 T}{R} = IRQ = I^2 RT \quad [VA \cdot s = J]$$

Oznaczenia:

W - praca;

R- opór;

U - różnica potencjałów(napięcie);

T - czas przepływu;

I - natężenie;

Q - całkowity ładunek, który przepłynął;

Moc prądu elektrycznego stałego.

Moc :

$$P = \frac{W}{T} = UI \quad \left[\frac{J}{s} = W \right]$$

Oznaczenia:

P - moc;

W - praca;

U - różnica potencjałów(napięcie);

T - czas wykonywania pracy;

I - natężenie;

Prawo Joula-Lenza.

Ilość wydzielonego ciepła na przewodniku jest równa pracy prądu elektrycznego, jaką on wykonał podczas przejścia przez obwód: .

$$Q = W$$

Jeżeli w obwodzie zmienia się temperatura, to ciepło liczymy wg. wzoru :

$$Q = Mc\Delta T$$

Oznaczenia:

Q - Ilość wydzielonego ciepła na przewodniku;

W - praca;

M - masa;

c - ciepło właściwe (cecha charakterystyczna danej substancji);

ΔT - zmiana temperatury

Sprawność urządzeń elektrycznych.

Sprawność urządzenia elektrycznego:

$$\eta = \frac{P_U}{P_P} \cdot 100\%$$

Oznaczenia:

η - sprawność urządzenia elektrycznego;

P_Z - moc zużyta do przez urządzenie;

P_P - moc pobrana przez urządzenie

Siła elektromotoryczna ogniwa.

Miarą SEM ogniwa jest różnica potencjałów między elektrodami gdy nie czerpiemy prądu elektrycznego:

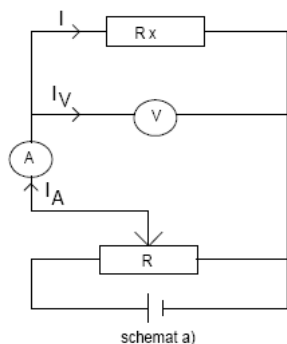
$$\varepsilon = \frac{W}{Q} \text{ [V]}$$

SEM ogniwa jest równa stosunkowi energii, jaka zamieni się z formy chemicznej na elektryczną do ładunku jednostkowego.

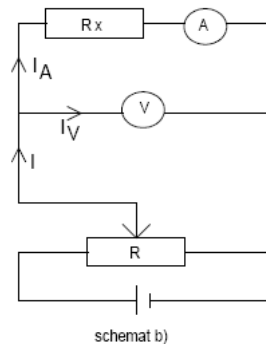
Oznaczenia:

W - praca;

e - siła elektromotoryczna ogniwa; Q - ładunek jednostkowy



Schemat a) stosuje się, gdy oporność wewnętrzna woltomierza jest dużo większa od oporności R_x . Schemat b) stosuje się, gdy oporność wewnętrzna amperomierza jest dużo mniejsza od oporności R_x .



Ogólnie schemat a) jest odpowiedni dla małych oporów R_x , układ b) dla dużych oporności R_x .

Dla schematu a) można zapisać następujące wzory:

$$I_A = I_V + I$$

$$U_V = I_V R_V$$

$$U_V = I R_x$$

gdzie I_A - natężenie prądu przepływającego przez amperomierz,

I_V - natężenie prądu przepływającego przez woltomierz,

I - natężenie prądu przepływającego przez opór R_x (w schemacie a)),

U_V - napięcie mierzone przez woltomierz,

R_V - opór wewnętrzny woltomierza,

stąd otrzymujemy

$$R_x = U_V / (I_A - U_V/R_V) \quad 1)$$

Dla schematu b):

$$I = I_A + I_V$$

$$U_V = I_V R_V$$

$$U_V = I_A R_x + I_A R_A$$

$$R_x = (U_V - I_A R_A) / I_A \quad 2)$$

1. Wybrać układ pomiarowy w zależności od wartości oporności wewnętrznej mierników (zwykle a).
 2. Połączyć układ według schematu. Włączyć źródło napięcia dopiero po sprawdzeniu połączeń przez prowadzącego ćwiczenie.
 3. Dla wskazanego opornika R_x wykonać co najmniej po 10 odczytów napięcia i natężenia prądu dla różnych ustawień suwaka opornika R (lub suwaka zasilacza). Warunki pomiaru dla mierników analogowych należy tak dobrać, by wychylenie wskazówek mierników analogowych wypadało w drugiej połowie skali. Dla mierników cyfrowych napięcie zmieniać co 1 V od 0 do 10 V. Nie należy zmieniać zakresu mierników.
 4. Zanotować klasę, zakresy i oporność wewnętrzną mierników analogowych a dla cyfrowych dokładność przyrządu, liczbę cyfr i rozdzielczość..
 5. Zanotować również wartość wskazanego oporu R_x .
 6. Narysować wykres $I=f(U)$. Korzystając z wykresu wyznaczyć wartość oporu R_x .
 7. Zaznaczyć błąd bezwzględny I i U na wykresie.
- Dla mierników analogowych niepewność pomiarową bezwzględną obliczamy jak poniżej :
 Niepewność pomiarową bezwzględną natężenia i napięcia obliczamy korzystając z klasy i zakresu odpowiednich mierników, np.
 $\Delta I = \text{klasa} * \text{zakres} / 100$

Niepewność bezwzględna nie zależy od wychylenia, wynika stąd konieczność takiego doboru zakresu mierników, aby mierzona wartość odpowiadała wychyleniu wskazówki przyrządu powyżej 2/3 zakresu.

odpowiadała wychyleniu wskazówki przyrządu powyżej 2/3 zakresu.

Dla mierników cyfrowych niepewność pomiarową bezwzględną obliczamy jak poniżej :

Bezwzględna niepewność podstawowa jest sumą dwóch składników $\Delta = \Delta_P + \Delta_d$

Gdzie $\Delta_P = \pm a\% X$ ($a\%$ - dokładność przyrządu zwykle równa 0,1 % , X – wynik pomiaru)

$\Delta_d = \pm n \Delta r$ (n – liczba cyfr miernika np. 4 , Δr – rozdzielczość czyli najmniejsza zmiana wielkości mierzonej

powodującej zmianę o jeden ostatniej cyfry wyniku np. 0,001)

Pomiar cyfrowy jest tym dokładniejszy im więcej jest cyfr w wyniku pomiaru.

Prawo Ohma jest spełnione, jeżeli można przeprowadzić linię prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty

błędów. Liczba punktów pomiarowych powinna być taka sama nad prostą i pod prostą.

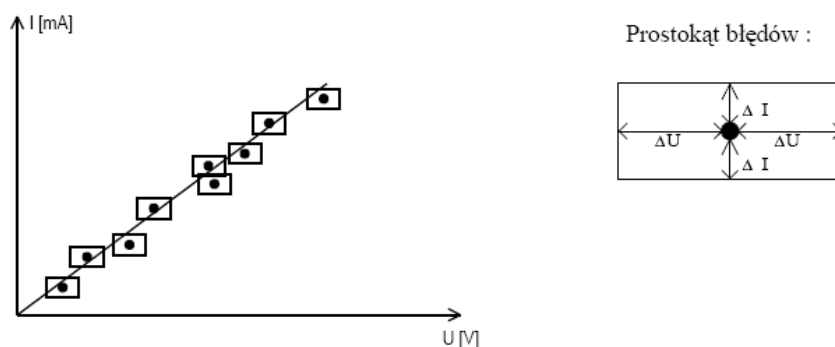
Prostokąt błędów :

Korzystając z wykresu można również wyznaczyć opór R_x . $R_x = \text{ctg}\alpha$

(ponieważ $\text{ctg}\alpha = U/I$, gdzie α - kąt nachylenia prostej).

Jest to dokładniejsza metoda wyznaczenia wartości oporu R_x niż obliczenie jej ze wzorów 1) i 2).

Prawo Ohma jest spełnione, jeżeli można przeprowadzić linię prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty błędów. Liczba punktów pomiarowych powinna być taka sama nad prostą i pod prostą.



Korzystając z wykresu można również wyznaczyć opór R_x . $R_x = \text{ctg}\alpha$

(ponieważ $\text{ctg}\alpha = U/I$, gdzie α - kąt nachylenia prostej).

Jest to dokładniejsza metoda wyznaczenia wartości oporu R_x niż obliczenie jej ze wzorów 1) i 2).

Przykładowe pomiary:

	Klasa	Zakres	Błąd bezwzględny	Opór wewnętrzny
Woltomierz	1,5	6 V	0,09 V	10 k Ω
Amperomierz	1	250 mA	2,5 mA	30 Ω

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U [V]	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.6	5	5.5	6
I [mA]	6.5	7.5	9.5	11.5	13	15	16	18.5	20.5	22.5

Współczynnik korelacji prostej $k = 0,9996$

Opór R_x wyznaczony z nachylenia prostej $R_x = 269 \pm 5 \Omega$

Pytania:

1. Oporność metali zmienia się z temperaturą. Czy oznacza to, że prawo Ohma nie ma zastosowania do metali ?

2. Czy woltomierz o dużej oporności wewnętrznej znaczy to samo co dokładny woltomierz ?
3. Schemat a) i b) stosuje się do pomiaru oporu R_x (jest to tzw. metoda techniczna pomiaru oporu).

Jakie widzisz zalety i wady takiego pomiaru ?

4. Dlaczego schemat a) stosujemy dla małych oporów, a schemat b) dla dużych ?

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Literatura

1 Podręczniki kursowe

Tytuł ćwiczenia 2:

SPRAWDZANIE II PRAWA KIRCHHOFFA DLA POJEDYŃCZEGO OBWODU

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Celem ćwiczenia jest sprawdzenie II prawa Kirchhoffa dla pojedynczego obwodu, kształtowanie umiejętności posługiwania się miernikami. Zwrócenie uwagi na umiejętność szacowania niepewności pomiarowych.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Średni: uczeń powinien znać: Stacjonarny prąd elektryczny, natężenie prądu, gęstość prądu, napięcie elektryczne, rezystancja przewodnika, przewodnictwo elektryczne, zależność rezystancji materiałów od temperatury, szeregowo, równoległe i mieszane połączenia rezystorów, prawo Ohma, I i II prawo Kirchhoffa.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Zasilacz prądu stałego lub bateria, woltomierz ,amperomierz, opornica dekadowa,przewody

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne:

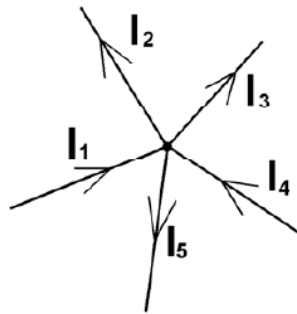
Prawa przepływu prądu stałego.

Prawa Kirchhoffa

Pierwsze z tych praw dotyczy rozgałęzień prądu. Punktem rozgałęzienia nazywamy punkt, w którym zbiega się kilka gałęzi. Prądy płynące w tych gałęziach mogą być skierowane do lub od punktu rozgałęzienia. Natężenia prądów płynących do rozgałęzienia będą rozpatrywać jako dodatnie, natomiast te od punktu rozgałęzienia – za ujemne. Przy tak ustalonych znakach natężeń pierwsze prawo Kirchhoffa mówi, że dla każdego punktu rozgałęzienia algebraiczna suma natężeń prądów we wszystkich gałęziach jest równa zeru:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (1)$$

Inaczej mówiąc, suma natężeń prądów dopływających do punktu rozgałęzienia równa jest sumie natężeń prądów wypływających z tego punktu. W tej formie prawo to wynika z warunku stacjonarności, tzn. w żadnym punkcie obwodu nie może gromadzić się ładunek, ponieważ pociągałoby to za sobą zmianę potencjałów.



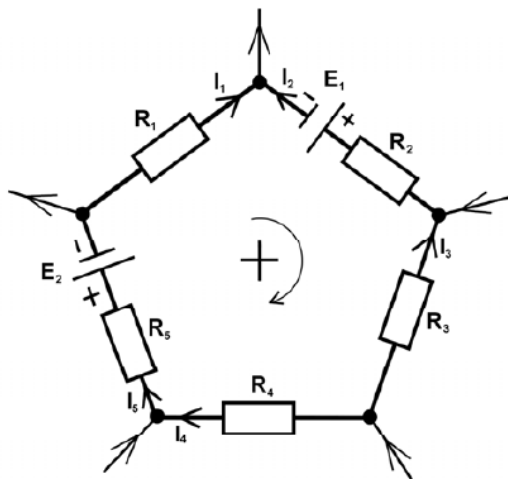
Rys. 1. Rozgałęzienie prądu ilustrujące I prawo Kirchhoffa.

II prawo Kirchhoffa dotyczy warunków w jakimkolwiek obwodzie zamkniętym, który można utworzyć z różnych gałęzi. W takim obwodzie zamkniętym przyjmujemy dodatni kierunek obiegu, np. zgodny z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, czyli natężenie prądu płynące zgodnie z tym kierunkiem uważamy

za dodatnie i oznaczamy znakiem +.analogicznie dobieramy znaki sił elektromotorycznych. Wówczas II prawo Kirchoffa orzeka, iż suma natężeń prądów w odpowiednich gałęziach obwodu pomnożona przez ich opory jest równa sumie sił elektromotorycznych występujących w poszczególnych gałęziach:

$$\sum_{i=1}^n I_n R_n = \sum_{i=1}^n E_n \quad (2)$$

Trzeba zaznaczyć, że prawo Ohma stanowi szczególny przypadek II prawa Kirchoffa.



Rys. 2. Oczko prądu ze źródłami napięcia.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe oczko prądu ze źródłami napięcia, dla którego suma sił elektromotorycznych jest równa:

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_3 R_3 + I_4 R_4 = E_1 - E_2$$

Prawa Kirchoffa pozwalają obliczyć konkretne natężenia prądów płynących w różnych gałęziach skomplikowanych obwodów, pod warunkiem, że znamy siły elektromotoryczne oraz opory w poszczególnych gałęziach.

Prawo Ohma opisuje prostą zależność między natężeniem prądu płynącego przez przewodnik I oraz napięciem U przyłożonym do końca tego przewodnika:

$$I = \frac{U}{R} \text{ skąd } U = IR \quad (3)$$

R – współczynnik proporcjonalności, czyli tzw. opór elektryczny przewodnika wyrażany w *omach* [Ω]. Jednostką natężenia prądu jest *amper* [A], natomiast napięcia *volt* [V].

Uwzględniając opór właściwy charakteryzujący dany przewodnik:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (4)$$

l – długość przewodnika

S – pole przekroju poprzecznego przewodnika

ρ – opór elektryczny właściwy przewodnika

wzór (3) można zapisać w następującej postaci:

$$I = \frac{U}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{1}{\rho} \frac{U}{l} S \quad (5)$$

ale $\frac{U}{l} = E$ - natężenie pola elektrycznego, zatem

$$\frac{I}{S} = \gamma E \quad (6)$$

stosunek I/S nazywany jest gęstością prądu i oznaczany symbolem j natomiast γ jest przewodnością właściwą elektryczną przewodnika. Prawo Ohma sprowadza się zatem do tego, że gęstość prądu jest wprost proporcjonalna do natężenia pola elektrycznego E :

znajdziemy warunek przepływu prądu stałego.

β - współczynnik proporcjonalności

\bar{v} - średnia prędkość ruchu elektronów.

Mamy więc następującą zależność:

$$\bar{v} = \frac{e}{\beta} E \text{ lub } \bar{v} = \mu_e E \quad (9)$$

Współczynnik μ_e jest ruchliwością elektronu i wyraża liczbowo prędkość średnią, jaką elektron uzyskuje w jednostkowym polu elektrycznym.

Natężenie prądu płynącego w przewodniku metalowym o przekroju poprzecznym S można wyrazić:

$$I = nS \bar{v} e \quad (10)$$

N – liczba elektronów w jednostce objętości.

Uwzględniając wzór opisujący prędkość średnią elektronów oraz, że $\frac{U}{l} = E$ natężenie prądu wynosi:

$$I = nS e \mu_e \frac{U}{l} \quad (11)$$

Z powyższego wzoru widoczna jest zależność między I oraz U . Z niego wynika również, że:

$$R = \frac{l}{neS\mu_e} \quad (12)$$

Odwrotnością oporu właściwego jest przewodność właściwa:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (13)$$

Dla obwodu zamkniętego prawo Ohma ma następującą postać:

W obwodzie zamkniętym natężenie prądu płynącego przez obwód jest wprost proporcjonalne do siły elektromotorycznej (SEM) źródła napięcia a odwrotnie proporcjonalne do sumy oporów całego obwodu.

$$I = \frac{E}{\sum R} = \frac{E}{R_z + R_w} \quad (14)$$

E – siła elektromotoryczna źródła

R_z – opór zewnętrzny

R_w – opór wewnętrzny źródła napięcia.

Uogólnione prawo Ohma dotyczy przewodnika, do którego jest doprowadzone z zewnątrz napięcie U i w którym działa źródło napięcia wytwarzane na końcach przewodnika SEM o wielkości E. Prawo to przyjmuje wtedy postać:

$$U \pm E = R \cdot J$$

Przy czym opór całkowity obwodu R jest sumą oporu przewodnika R_z oraz oporu wewnętrznego źródła R_w.

$$R = R_z + R_w$$

Znak „+” lub „-”, w powyższym wzorze przyjmujemy w zależności od tego w jakim kierunku działa w przewodniku SEM.

Siła elektromotoryczna (SEM) – wielkość fizyczna charakteryzująca źródło prądu. Jest to różnica potencjałów panująca na biegunach źródła otwartego, tj. takiego, z którego nie czerpiemy prądu. Po zamknięciu obwodu kosztem SEM powstaje spadek potencjału wzdłuż obwodu zewnętrznego i spadek potencjału wewnątrz źródła między jego biegunami.

Przebieg ćwiczenia

1. Podłączyć obwód według schematu (źródłem siły elektromotorycznej jest bateria)
2. Przeprowadzić pomiar w kierunku ładowania; w tym celu należy:
 - a) Na opornicy dekadowej wybrać opór 400Ω ,
 - b) Za pomocą autotransformatora ustalić napięcie $5V$ i zanotować wartość płynącego prądu, (zakres amperomierza – 15 mA)
 - c) Zmieniać napięcie od $5V$ w dół co $0,5V$ i zanotować wskazania mierników. Ostatni pomiar przeprowadzić dla $I = 0\text{ mA}$
 - d) Zanotować wyniki w tabeli 1.
3. Przeprowadzić podobne pomiary dla ogniwa włączonego w kierunku rozładowania w zakresie napięć od $0V$ do $3V$ co $0,5\text{ V}$. Wyniki zanotować w tabeli 2.

Tabela 2.

L.p.	$U[V]$	$I\text{ [mA]}$
1.		
2.		
3.		
.		
.		
.		

Tabela 3.

	Wynik	Jednostka	Błąd bezwzględny	Błąd względny
E				
R_w				
I_z				

Tabela 1.

L.p.	$U[V]$	$I\text{ [mA]}$
1.		
2.		
3.		
.		
.		
.		

1. Z otrzymanych wyników sporządzić na papierze milimetrowym, w jednym układzie współrzędnych wykresy funkcji $U=f(I)$ dla kierunku ładowania i rozładowania.

2. Za pomocą znajdującego się w pracowni komputera z zainstalowanym programem obliczeniowym „Regresja” opartym na metodzie najmniejszych kwadratów – obliczyć parametry a i b prostej regresji, która stanowi postać teoretycznej zależności oporu U od I.

Dla układu pomiarowego, w kierunku rozładowania i ładowania, II-gie prawo Kirchhoffa można przedstawić w następującej postaci:

$$U \pm E = IR, \quad (1)$$

gdzie E – SEM ogniwa, I – natężenie płynącego w obwodzie prądu, R – opór całkowity układu.

Równanie powyższe w kierunku ładowania można zapisać:

$$U = E + IR \quad (2)$$

Jeżeli $I = 0$ [mA], to $U = E$.

Równanie (2) jest równaniem liniowym i w programie regresja ma ogólną postać:

$$y = ax + b \quad (3)$$

gdzie:

$$y = U, x = I, b = E$$

natomiast szukana wielkość $a = R$.

Program „Regresja” umożliwia również określenie niepewności pomiarowych wyznaczanych wielkości E i R;

Analogiczne obliczenia przeprowadzić dla kierunku rozładowania.

Policzyć opór wewnętrzny ogniwa ze wzoru:

$$R_w = R - R_z$$

gdzie:

$R_z = 400\Omega$ - opór zewnętrzny (dekadowy)

R_w – szukany opór wewnętrzny

R – całkowity opór obwodu.

5. Policzyć prąd zwarcia

$$I_z = E/R_w$$

6. Otrzymane wyniki zestawić w tabeli 3.

1. Niepewności pomiarowe ΔU i ΔI obliczone na podstawie danych z tabeli 4 nanieść na wykresy.

Tabela 4.

Rodzaj Miernika	Woltomierz	Amperomierz
Klasa miernika		
Zakres pomiarowy		
Wartość najmniejszej działki		

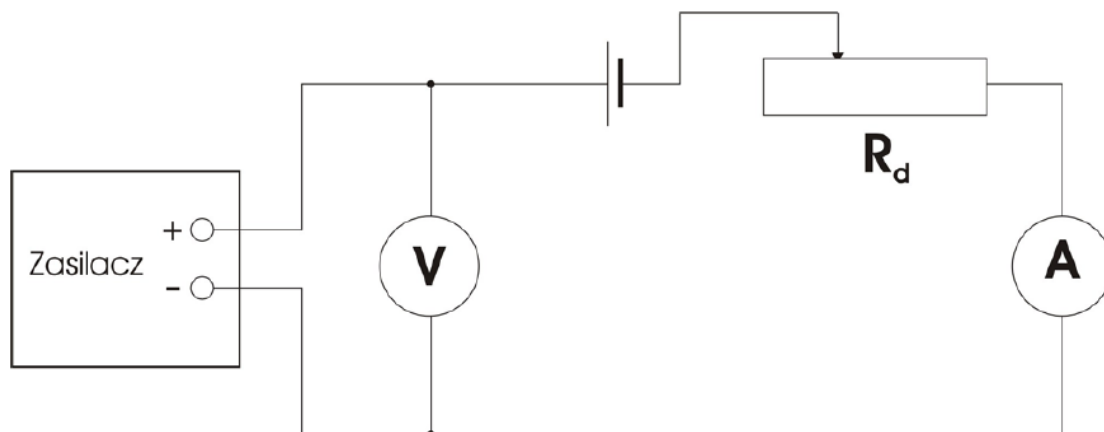
2. Rachunek błędu przeprowadzić za pomocą programu komputerowego „Regresja” przyjmując, że $\sigma_a = \Delta R$ i $\sigma_b = \Delta E$. Przyjąć również, że $\Delta R \approx \Delta R_w$. (niepewność pomiarową oporu dekadowego zaniedbujemy)
3. obliczyć niepewność pomiarową prądu zwarcia ΔI_z .

Literatura

1)Instrukcja ćwiczenia E-5 –Wydział Inżynierii procesowej materiałowej I Fizyki stosowanej Politechniki Częstochowskiej.

Praca zbiorowa – Cwiczenia laboratoryjne z fizyki
B. Jaworski, A. Dietlał – Kurs fizyki t. II
Sz. Szczeniowski – Fizyka doświadczalna t. III
M. Jeżewski – Fizyka
J. Massalski, M. Massalska – Fizyka dla inżynierów t. I

Schemat Pomiarowy



Tytuł ćwiczenia 3:
BADANIE RÓWNOLEGŁEGO OBWODU Z ELEMENTAMI R,C.

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Celem ćwiczenia jest doświadczalne potwierdzenie praw Kirchhoffa dla prądu sinusoidalnie zmiennego. Prawa Kirchhoffa wyrażają zasady rozptywu prądów i rozkładu napięć w obwodach elektrycznych.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Średni: Wiadomości teoretyczne:

- *Pierwsze prawo Kirchhoffa* dotycząca bilansu prądów w węźle obwodu elektrycznego, określa zależność: $\sum I_k = 0$, oznaczająca, że suma algebraiczna natężeń prądów w węźle obwodu elektrycznego jest równa zero.

- *Drugie prawo Kirchhoffa* ma postać $\sum E_k - \sum U_k = 0$ i oznacza, że suma algebraiczna wszystkich napięć (źródłowych E_k i odbiornikowych U_k) w oczku obwodu elektrycznego jest równa zero. Prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego elementy R, L, C oraz źródło SEM ma postać

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = U_0 \sin \omega t$$

- Rola oporu i pojemności w obwodzie prądu przemiennego;
- pojęcie natężenia i napięcia skutecznego;
- moc prądu przemiennego;
- pojęcie oporu biernego (pojemnościowego), zawada obwodu,
- diagramy wektorowe dla obwodów prądu przemiennego.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Część praktyczna:

Przyrządy:

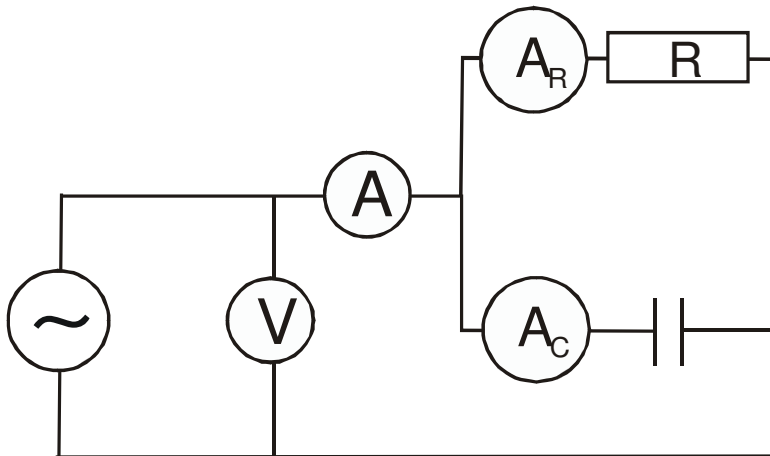
Woltomierz, amperomierz, źródło prądu przemiennego – miernik uniwersalny analogowy, multimetr cyfrowy.

Uwaga:

Wartość napięcia zasilającego dobrać tak, aby wskazania przyrządów były zbliżone do maksymalnych wartości dobranego zakresu pomiarowego.

W czasie pomiarów zwrócić szczególną uwagę na sposób dołączania woltomierza. Zacisk przyrządu oznaczony „+” powinien być połączony z punktem obwodu o wyższym potencjale.

Zestawić układ pomiarowy według schematu:



Pomiary i obliczenia.

Dokonaj następujących pomiarów:

a) danych wartości R i C

b) gdy R zmniejszymy C bez zmian

c) gdy C zmniejszymy R bez zmian

POMIARY					
	U	I	I_R	I_C	f
L.p.	V	A	A	A	Hz
1					
2					
3					

Obliczenia:

Korzystamy za wzorów:

$$R = \frac{U}{I_R} \text{ - rezystancja}$$

$$X_C = \frac{U}{I} \text{ - reaktancja pojemnościowa}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} \text{ - pojemność kondensatora}$$

$$Z = \frac{U}{I} \text{ - impedancja obwodu}$$

$$P = I_R^2 \cdot R \text{ - moc czynna}$$

$$Q = I_L^2 \cdot X_L \text{ - moc bierna}$$

$$\sin \varphi = \frac{I_C}{I} = \frac{B_C}{Y}$$

$$\cos \varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{G}{Y}$$

$$S = U \cdot I \text{ - moc pozorna}$$

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykaż, jak wpływa zmiana pojemności i rezystancji obwodu R, C na zmiany spadków napięć, prądów, mocy czynnej oraz kąta przesunięcia fazowego. Narysuj wykresy wektorowe.

Wnioski:

Tytuł ćwiczenia 3:

BADANIE RÓWNOLEGŁEGO OBWODU Z ELEMENTAMI R,L.

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Poznanie własności obwodu równoległego zawierającego R,L.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Średni: Wiadomości teoretyczne:

Wielkości charakteryzujące prąd przemienny. - *Pierwsze prawo Kirchhoffa* dotycząca bilansu prądów w węzle obwodu elektrycznego, określa zależność: $\sum I_k = 0$., oznaczająca, że suma algebraiczna natężeń prądów w węzle obwodu elektrycznego jest równa zero.

- *Drugie prawo Kirchhoffa* ma postać $\sum E_k - \sum U_k = 0$ i oznacza, że suma algebraiczna wszystkich napięć (źródłowych E_k i odbiornikowych U_k) w oczku obwodu elektrycznego jest równa zero. Prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego elementy R, L, C oraz źródło SEM ma postać

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = U_0 \sin \omega t$$

- Rola oporu i indukcyjności w obwodzie prądu przemiennego;
- pojęcie natężenia i napięcia skutecznego;
- moc prądu przemiennego;
- pojęcie oporu biernego (indukcyjnego), zawada obwodu,
- diagramy wektorowe dla obwodów prądu przemiennego.

Część praktyczna:

Przyrządy:

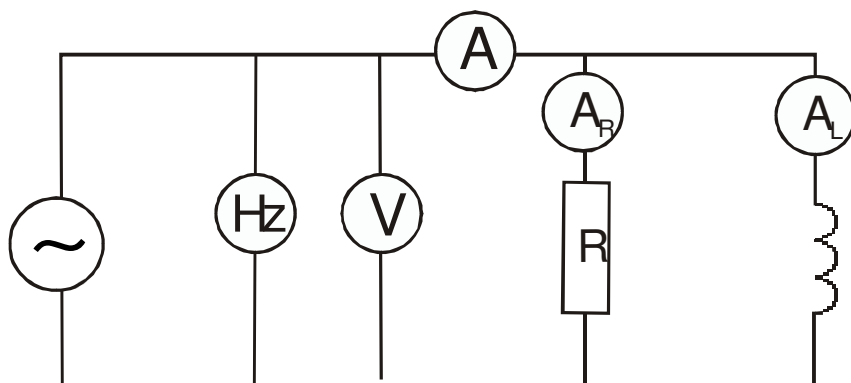
Woltomierz, amperomierz, źródło prądu przemiennego – miernik uniwersalny analogowy, multimetr cyfrowy.

Uwaga:

Wartość napięcia zasilającego dobrać tak, aby wskazania przyrządów były zbliżone do maksymalnych wartości dobranego zakresu pomiarowego.

W czasie pomiarów zwrócić szczególną uwagę na sposób dołączania woltomierza. Zacisk przyrządu oznaczony „+” powinien być połączony z punktem obwodu o wyższym potencjale.

Zestawić układ pomiarowy według schematu:



Pomiary i obliczenia.

Wykonaj następujące pomiary

- a) danych wartości R i L
- b) gdy R zmniejszymy L bez zmian
- c) gdy L zmniejszymy R bez zmian

Tabela pomiarowa

POMIARY					
L.p.	U	I	I _R	I _C	f
	V	A	A	A	Hz
1					
2					
3					

Pomiary należy dokonać trzykrotnie.

Na podstawie pomiarów wykonaj następujące obliczenia:
Napięcie zasilające U=.....V.

$$X_L = \frac{U_L}{I} \text{ - reaktancja indukcyjna}$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} \text{ - indukcyjność}$$

$$P = I^2 \cdot R \text{ - moc czynna}$$

$$Q = I^2 \cdot \sqrt{Z^2 - R^2} \text{ - moc bierna}$$

$$S = U \cdot I \text{ - moc pozorna}$$

OBLICZENIA							
L.p.	R	X _L	L	Z	P	Q	S
	Ω	Ω	H	Ω	W	V·Ar	V·A
1							
2							

Wnioski:

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Tytuł ćwiczenia:

BADANIE SZEREGOWEGO OBWODU Z ELEMENTAMI R,C

Cel ćwiczenia, krótki opis:

Poznanie własności obwodu szeregowego zawierającego R,C.

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Średni:

Wiadomości teoretyczne: - *Pierwsze prawo Kirchhoffa* dotycząca bilansu prądów w węźle obwodu elektrycznego, określa zależność: $\sum I_k = 0$., oznaczająca, że suma algebraiczna natężeń prądów w węźle obwodu elektrycznego jest równa zeru.

- *Drugie prawo Kirchhoffa* ma postać $\sum E_k - \sum U_k = 0$ i oznacza, że suma algebraiczna wszystkich napięć (źródłowych E_k i odbiornikowych U_k) w oczku obwodu elektrycznego jest równa zeru. Prawo Kirchhoffa dla obwodu zawierającego elementy R, L, C oraz źródło SEM ma postać

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = U_0 \sin \omega t$$

- Rola oporu i pojemności w obwodzie prądu przemiennego;
- pojęcie natężenia i napięcia skutecznego;
- moc prądu przemiennego;
- pojęcie oporu biernego (pojemnościowego), zawada obwodu,
- diagramy wektorowe dla obwodów prądu przemiennego.

Część praktyczna:

Przyrządy:

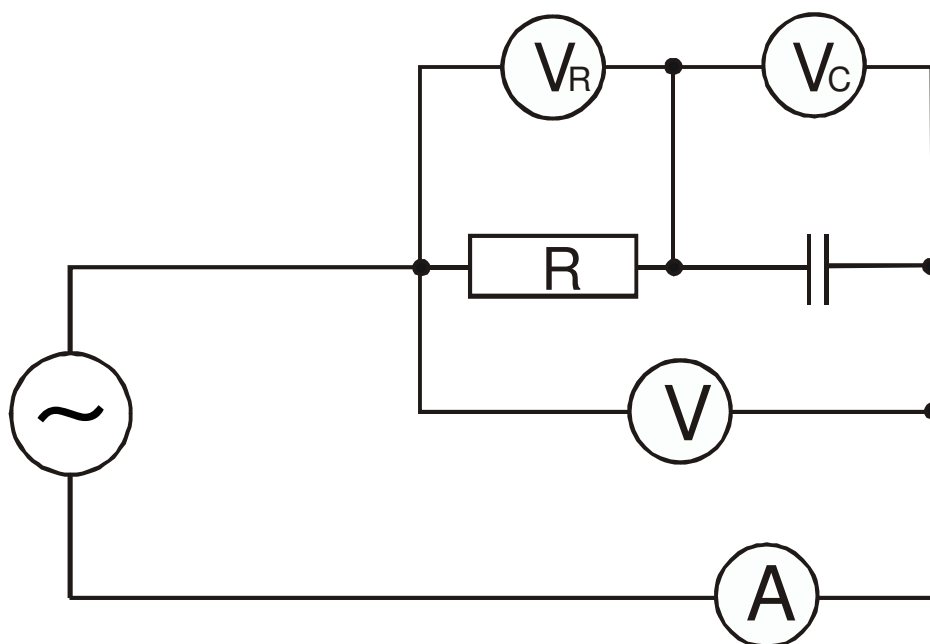
Woltomierz, amperomierz, źródło prądu przemiennego – miernik uniwersalny analogowy, multimetr cyfrowy.

Uwaga:

Wartość napięcia zasilającego dobrać tak, aby wskazania przyrządów były zbliżone do maksymalnych wartości dobranego zakresu pomiarowego.

W czasie pomiarów zwrócić szczególną uwagę na sposób dołączania woltomierza. Zacisk przyrządu oznaczony „+” powinien być połączony z punktem obwodu o wyższym potencjale.

Zestawić układ pomiarowy według schematu:



Pomiary i obliczenia.

POMIARY					
L.p.	I	U	U_R	U_C	f
	A	V	V	V	Hz
1					
2					
3					

Pomiary należy dokonać trzykrotnie.

W ćwiczeniu z elementami R,C wykonaj trzy pomiary:

- a) dla danych wartości R i C
- b) gdy R zmniejszymy o połowę a C bez zmian
- c) gdy C zmniejszymy o połowę a R bez zmian

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykaż, jak wpływa zmiana pojemności i rezystancji obwodu R,C na zmiany spadków napięć, prądów, mocy czynnej oraz kąta przesunięcia fazowego.

Wzory:

$$X_C = \frac{U_C}{I} \text{ - reaktancja pojemnościowa}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} \text{ - pojemność kondensatora}$$

$$Z = \frac{U}{I} \text{ - impedancja obwodu}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ - moc czynna}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ - moc bierna}$$

$$S = U \cdot I \text{ - moc pozorna}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U} \text{ - współczynnik mocy}$$

$$\sin \varphi = \frac{X_C}{Z} = \frac{U_C}{U}$$

6. Oblicz wielkości:

X_C - reaktancja pojemnościowa

C - pojemność kondensatora

φ - kąt przesunięcia fazowego

Q - moc bierną

P - moc czynną

S - moc pozorną

7. Narysuj wykresy wektorowe napięć i prądów zachowując odpowiednią skalę.

Tabela z obliczeniami.

OBLICZENIA							
L.p.	R	X_C	C	$\cos \varphi$	φ	P	Q
	Ω	Ω	μF	----	$^\circ$	W	V·Ar
1							
2							
3							

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Tytuł ćwiczenia:

OSCYLOSKOP

Celem ćwiczenia jest poznanie budowy, zasady działania i obsługi oscyloskopu oraz sposobów jego właściwego wykorzystania do obserwacji przebiegów czasowych sygnałów elektronicznych.

PROGRAM ĆWICZENIA

I. Zapoznać się z rozkładem następujących regulatorów, przełączników i gniazd na płycie czołowej oscyloskopu.

- Blok odchylenia pionowego (*VERTICAL*)
- Blok odchylenia poziomego (*HORIZONTAL*)
- Blok wyzwalania (*TRIGGER*)

II. Podłączyć z generatora do wejścia CH1 sygnał sinusoidalny o częstotliwości ok. 1 kHz, amplitudzie ok. 2 V z niewielką dodatnią składową stałą.

1. Uzyskać na ekranie oscyloskopu stabilny obraz dwóch okresów. Zanotować ustawienia wszystkich regulatorów i przełączników wymienionych w punkcie I. Sprawdzić regulację jaskrawości i ostrości, dobrać warunki optymalne i przerysować przebieg (w przypadku braku obrazu włączyć oscyloskop (*sic!*)).

2. Ustawić przełącznik wyboru trybu pracy odchylenia pionowego na CH1, a następnie dla

tego kanału:

- a) Sprawdzić możliwość regulacji (i jej efekty) czułości skokowej i płynnej wzmacniacza odchylenia pionowego oraz ewentualne jej mnożniki (x10, x2, x1 itp.).
 - b) Ustawić mnożniki na x1, wyłączyć regulację płynną a skokową ustawić tak aby badany przebieg mieścił się na ekranie.
 - c) Ustawić przełącznik wyboru sprzężenia sygnału wejściowego ze wzmacniaczem odchylenia pionowego w pozycję GND i regulatorem położenia przebiegu w kierunku pionowym ustawić poziomą linię na najbliższą pełną działkę (w przypadku braku obrazu ustawić tryb wyzwalania na AUTO). Następnie przełączając sprzężenie na AC i DC zaobserwować efekty i dokonać pomiaru amplitudy i składowej stałej sygnału mnożąc odczyty w działkach (DIV) przez ustawioną czułość (VOLTS/DIV).
 - d) Pomiary amplitudy i składowej stałej powtórzyć dla kilku różnych ustawień tych parametrów na generatorze.
3. Przy sprzężeniu AC ustawić przebieg w środkowej części ekranu (w pionie) oraz:
- a) Sprawdzić regulację (i jej efekty) podstawy czasu regulowanej i ciągłej (płynnej)

- b) Ustawić mnożniki na x1, wyłączyć regulację płynną a regulację skokową ustawić tak aby na ekranie widoczny był przynajmniej jeden okres.
 - c) Dokonać pomiaru okresu sygnału (przy odczycie skorzystać z regulatora położenia przebiegu w kierunku poziomym) dla kilku różnych wartości częstotliwości ustawianych na generatorze (b. małej, b. dużej i pośrednich).
4. Przy pośredniej częstotliwości sygnału badanego, trybie pracy odchylenia pionowego-CHI, sprzężeniu - AC, trybie wyzwiania - AUTO i źródle wyzwiania - CHI:
- a) Sprawdzić regulację (i jej efekty) poziomu wyzwiania (zwrócić uwagę na początek obrazu sygnału na ekranie).
 - b) Przy stabilnym obrazie sprawdzić działanie przełącznika zbocza wyzwiającego.
 - c) Przy stabilnym obrazie przełączyć tryb wyzwiania na NORM i ponownie obserwować co daje regulacja poziomem wyzwiania.
 - d) Sprawdzić wpływ ustawienia regulatora czułości wzmacniacza odchylenia pionowego na regulację poziomu wyzwiania
 - e) Przy stabilnym obrazie, w trybie wyzwiania AUTO (a następnie NORM) zmienić źródło wyzwiania. Opisać co się dzieje i dlaczego.
 - f) Przy niestabilnym obrazie, w trybie wyzwiania AUTO zmieniać płynnie regulację podstawy czasu. Czy przy pomocy tego pokrętła jest możliwe uzyskanie stabilnego obrazu - uzasadnić odpowiedź.

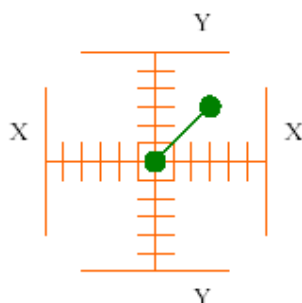
III. Podłączyć dwa różne sygnały do wejść CHI i CH2 a następnie:

- 1. Sprawdzić możliwość obserwacji raz jednego raz drugiego i obu na raz (wybór trybu pracy odchylenia pionowego)
- 2. Sprawdzić możliwość obserwacji jednego kanału przy wyzwianiu z drugiego. Czy rodzaj sprzężenia ma wpływ na regulację poziomu wyzwiania?
- 3. W dwukanałowym (DUAL) trybie pracy odchylenia pionowego zaobserwować pracę w trybie ATL i CHOP. Czy musimy zmieniać nastawy jaskrawości czy też nastawione na początku wystarczająco dobrze nadają się do każdego pomiarów?
- 4. Sprawdzić jak działa oscyloskop w trybie X-Y

IV. Zebrać nabytą wiedzę i opisać przeznaczenie i działanie każdego z poznanych elementów regulacyjnych oscyloskopu oraz podać sposoby (przykłady) ich wykorzystania np. praca w trybie ALT nadaje się głównie do badania przebiegów o dużych częstotliwościach lub tryb AUTO umożliwia szybką orientację co do położenia (w pionie) i istnienia sygnału, itp.

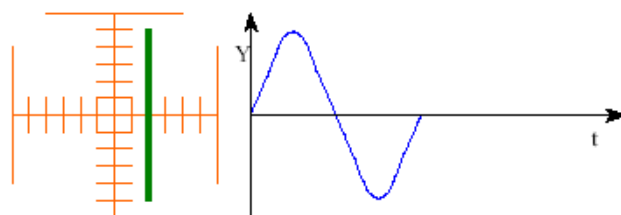
Opracowanie to ma za zadanie w kilku słowach przedstawić zasadę powstawania obrazu na ekranie oscyloskopu i przybliżyć ideę jego działania. Nie zawarto tutaj formalnych opisów bloków funkcjonalnych ani elementów regulacyjnych, a jedynie w sposób maksymalnie obrazowy przedstawiono kolejne kroki porządkujące pewien tok rozumowania przy uczeniu się zasady działania oscyloskopu. Lektura niniejszego opracowania może stanowić jedynie wstęp, który warto prześledzić przed przystąpieniem do bardziej formalnych opracowań.

Obraz na ekranie oscyloskopu kreślony jest przez plamkę świetlną. Pozycja, w której plamka ta się znajduje określona jest poprzez napięcie przyłożone do płytek odchylenia poziomego X i odchylenia pionowego Y . Można wyobrazić sobie, że przy napięciu równym zeru na płytkach X i Y , plamka znajduje się dokładnie w środku ekranu natomiast jakiegokolwiek napięcie inne od zera przesuwa plamkę w określone miejsce (rys. 1.). Możemy zatem spojrzeć na ekran jak na prostokątny układ współrzędnych XY .



Rys. 1. Położenie plamki świetlnej w zależności od przyłożonego na płytki X i Y napięcia stałego

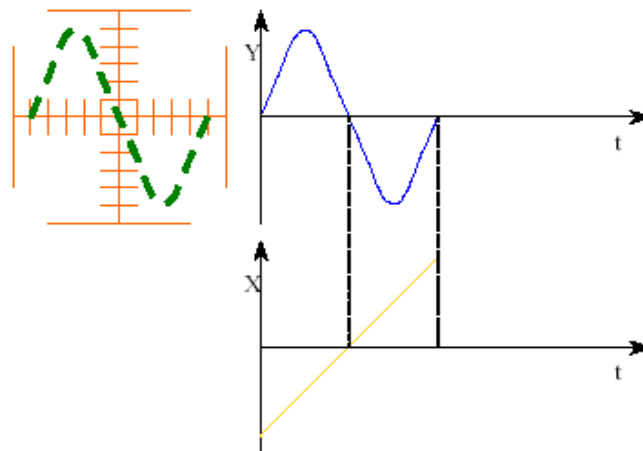
Istotną sprawą jest tutaj fakt, że plamka po zmianie pozycji pozostawia po sobie ślad jedynie na bardzo krótko (czas poświaty). Wobec tego jeśli chcemy aby na ekranie widocznych było więcej niż jeden punkt, musimy cyklicznie ją przesuwać. Przykładowo jeśli na płytki X przyłożymy stałe napięcie a na płytki Y napięcie zmienne w czasie o kształcie sinusoidalnym wtedy plamka odchylana będzie w pionie (rys. 2.). Otrzymamy obraz pionowej kreski, przy czym w danym momencie czasowym plamka może znaleźć się tylko w jednym miejscu wyznaczonym przez napięcia w tym momencie na płytkach X i Y . Jednak szybkie zmiany jej położenia oraz to, że ekran ma pewien czas poświaty spowodują, że oko ludzkie zauważy ten efekt jako stały, ciągły obraz.



Rys. 2. Położenie plamki świetlnej w zależności od przyłożonego na płytki Y napięcia zmiennego w czasie

Skoro wiadomo jak otrzymać ciągły obraz, więc można by zastanowić się jak należyysterować obie pary płytek aby móc obejrzeć obraz napięcia zmieniającego się w czasie np. tego które poprzednio przyłożyliśmy na płytki Y .

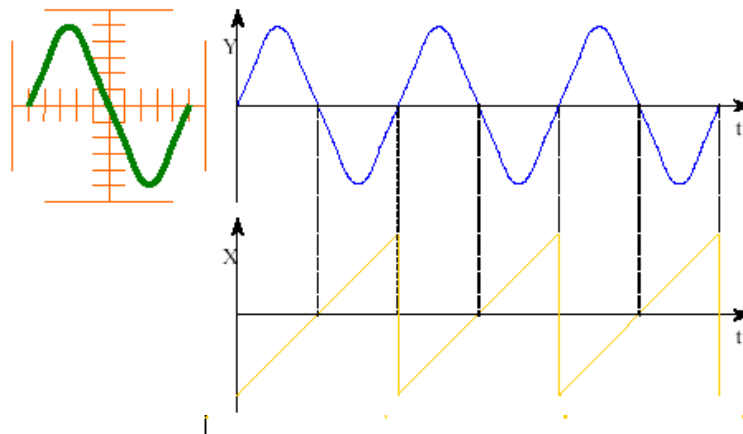
Nie jest to trudne, należy jedynie zauważyć, że obraz z rys. 2. musi być rozciągnięty w poziomie w taki sposób aby pozioma oś obrazu odpowiadała osi czasu. Wobec tego napięcie na płytkach X musi zmieniać się proporcjonalnie do czasu tak aby odpowiednio odchyłać plamkę w poziomie od lewej do prawej strony. Sytuację tą obrazuje rys. 3.



Rys. 3. Powstawanie **zanikającego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y

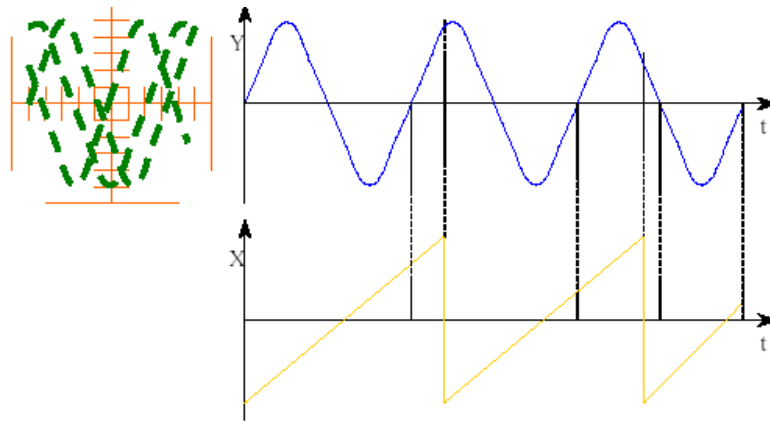
Jak już wcześniej wspomnieliśmy, obraz taki nie będzie się utrzymywał ciągle, jeśli nie będzie odświeżany. Dlatego można wykorzystać okresowość badanego przebiegu (Y) i

Jak już wcześniej wspomnieliśmy, obraz taki nie będzie się utrzymywał ciągle, jeśli nie będzie odświeżany. Dlatego można wykorzystać okresowość badanego przebiegu (Y) i również okresowo powtarzać sekwencję napięcia na płytkach X . Przy czym powrót plamki w poziomie do lewej krawędzi musi być niewidoczny i oczywiście jak najszybszy. Otrzymaliśmy w ten sposób stały obraz przebiegu czasowego (rys. 4.), a w zasadzie obraz jednego okresu tego przebiegu, i określiliśmy sobie kształt napięcia jakie powinno być przyłożone do płytek X .



Rys. 4. Powstawanie **stałego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y

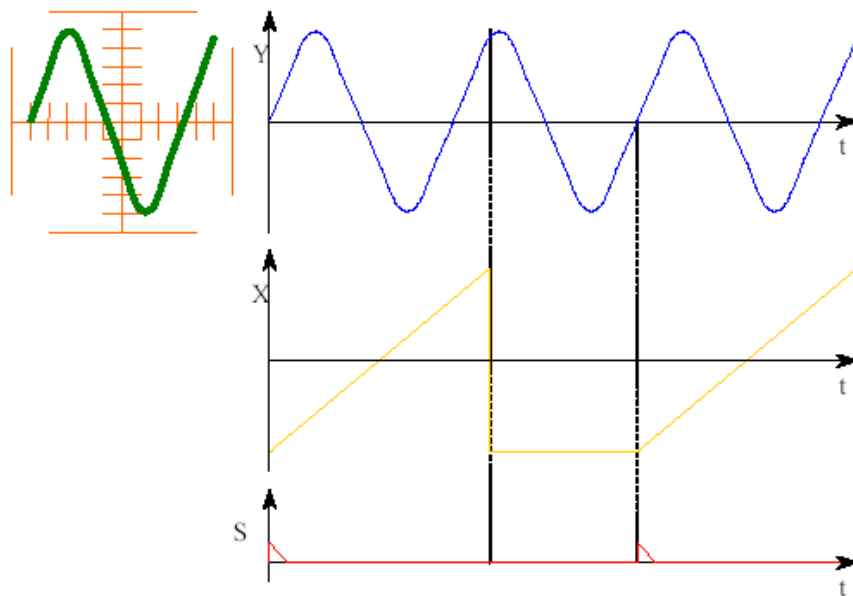
Załóżmy teraz, że chcemy mieć na ekranie nieco więcej niż jeden okres. Rozwiązanie jest banalne, wystarczy zwiększyć okres przebiegu na płytkach X . W zasadzie tak, ale może to doprowadzić do sytuacji, w której kolejny fragment kreślonego przebiegu (Y) nie będzie rozpoczynał się od tego samego miejsca. Na ekranie pojawi się wtedy, zamiast jednego przebiegu, kilka (lub znacznie więcej) przebiegów o mniejszej intensywności co przedstawia rys. 5. Otrzymany obraz będzie niestabilny.



Rys. 5. Powstawanie **niestabilnego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y

Aby w analizowanej sytuacji otrzymać stabilny obraz musimy zapewnić sytuację, w której każdy kreślony fragment rozpoczyna się od takiego miejsca (punktu czasowego) w okresie, które spowoduje pokrycie się wszystkich fragmentów. Wobec tego należy nieco zmodyfikować sobie przebieg na płytkach X , tak jak pokazane jest to na rys. 6. Dla ułatwienia zaznaczmy sobie poprzez impulsy S miejsca w których może rozpoczynać się kreślenie kolejnego fragmentu bez obawy że otrzymamy niestabilny obraz.

Można teraz wysnuć pewien wniosek, mianowicie po to aby otrzymać stabilny obraz na ekranie oscyloskopu musimy zapewnić aby przebieg na płytkach X synchronizowany był w

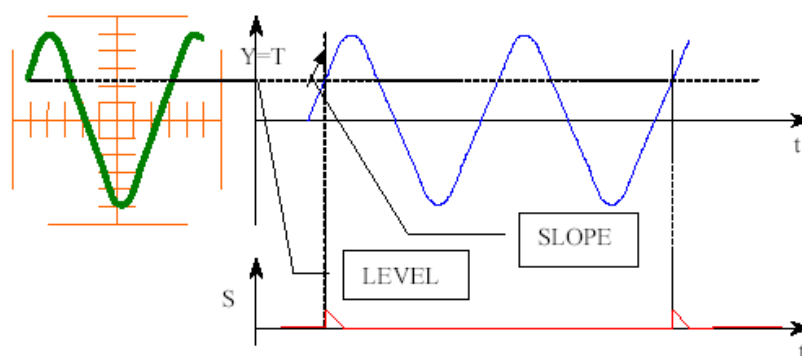


Rys. 6. Powstawanie **stabilnego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y synchronizowanego impulsami S

Warto tutaj zwrócić uwagę, że przebieg przyłożony na płytki Y kreślony jest tylko w czasie liniowego narostu przebiegu na płytkach X .

Powstaje jeszcze jedno pytanie, mianowicie, co ma wyznaczać momenty wyzwiania przebiegu X .

Odpowiedź jest następująca: może to być ten sam przebieg, który podawany jest na płytce Y . Ideę powstawania impulsów wyzwających (S) przedstawia rys. 7. O momentach występowania impulsów wyzwających decyduje przebieg wybrany jako źródło wyzwiania (T) wraz z nałożonymi na niego kryteriami. Te kryteria to poziom wyzwiania (LEVEL) oraz rodzaj zbocza wyzwającego (SLOPE), które może być narastające lub opadające. Impuls wyzwający jest tworzony jeśli przebieg wyzwający (T) przekroczy zadany poziom wyzwiania w zadanym kierunku (tu dla zbocza narastającego).



Rys. 7. Zasada powstawania impulsów wyzwających (S) na podstawie sygnału wyzwającego (T) z płytek Y ($Y=T$). Zaznaczony jest poziom wyzwiania (LEVEL) i zbocze (SLOPE)

Podsumowując przedstawione rozumowanie należy zapamiętać, że uzyskanie na ekranie oscyloskopu stabilnego obrazu przebiegu czasowego wymaga:

- podania tego przebiegu na płytce Y - wejście pionowego toru pomiarowego;
- zapewnienia odpowiedniego przebiegu (pilokształtnego) na płytkach X - układy generacji wewnętrznej postawy czasu;
- synchronizacji przebiegu Y z przebiegiem X poprzez impulsy wyzwające S
- określenia sygnału wyzwającego (T) i warunków nań nałożonych (poziom i zbocze wyzwiania) - układy wyzwiania

PEŁNIEJSZA INFORMACJA O OSCYLOSKOPIEP

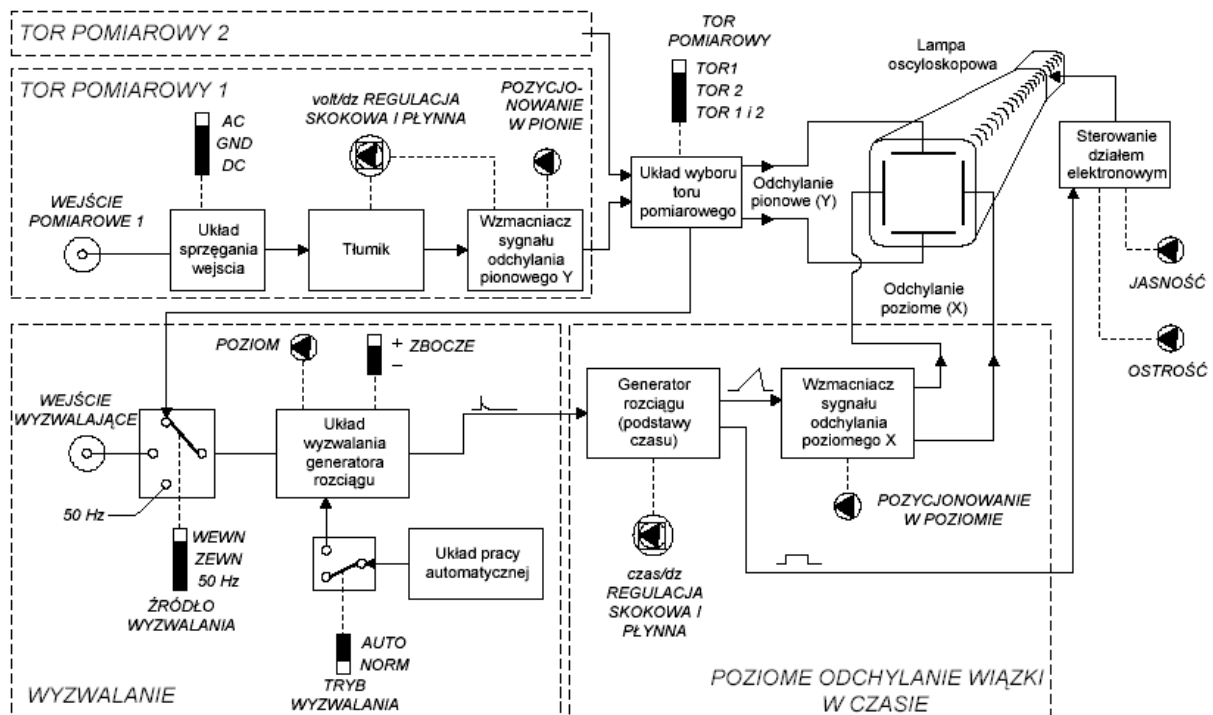
Oscyloskop jest uniwersalnym przyrządem pomiarowym, stosowanym do obserwacji odkształconych przebiegów elektrycznych i pomiaru ich parametrów. Odpowiednio dobrany układ pracy oscyloskopu pozwala nie tylko mierzyć parametry przebiegu odkształconego ale również zdejmować charakterystyki statyczne i dynamiczne przyrządów elektronicznych, mierzyć przesunięcie fazowe, rezystancję dynamiczną i inne.

Budowa i obsługa oscyloskopu analogowego

Blokowy schemat oscyloskopu przedstawiono na rys. 1. Na rysunku tym, obok bloków funkcjonalnych składających się na układ poziomego odchylenia wiązki w czasie oraz pojedynczy tor pomiarowy (zazwyczaj torów tych jest więcej), zaznaczono podstawowe pokrętki i przełączniki występujące na płycie czołowej typowych oscyloskopów. Role poszczególnych bloków konstrukcyjnych oraz możliwości regulacji podstawowych nastaw omówiono poniżej (w nawiasach podane jest nazewnictwo angielskie). Ich znajomość jest niezbędna dla prawidłowego posługiwania się tym przyrządem.

Lampa oscyloskopowa

Głównym elementem oscyloskopu jest lampa oscyloskopowa. Na jej ekranie powstaje obraz świetlny obserwowanych sygnałów lub wielkości. Obraz świetlny widoczny na ekranie oscyloskopu jest wynikiem bombardowania ruchomą wiązką elektronów warstwy luminoforu pokrywającej wewnętrzną powierzchnię ekranu. Źródłem wiązki jest działo elektronowe. Katoda emituje elektrony, które następnie przyspieszane są w polu elektrycznym kolejnych anod działa elektronowego. Parametry wiązki takie jak prędkość elektronów w strumieniu i średnica strumienia decydujące o jakości obserwowanego obrazu można regulować pokrętkami panelu czołowego opisanymi jako **JASNOŚĆ (INTENSITY)** i **OSTROŚĆ (FOCUS)**. Wyemitowana przez działo elektronowe wiązka jest następnie odchylana zmiennym polem elektrycznym w dwóch układach odchylenia: pionowego-Y (**VERTICAL**) i poziomego-X (**HORIZONTAL**). Zmiany pola elektrycznego w układach odchylenia, wymuszone zmianami napięcia przyłożonego do płytek odchylających, powodują że wiązka elektronów uderza w co raz to inne punkty ekranu powodując ruch plamki świetlnej obserwowany jako obraz oscyloskopowy.

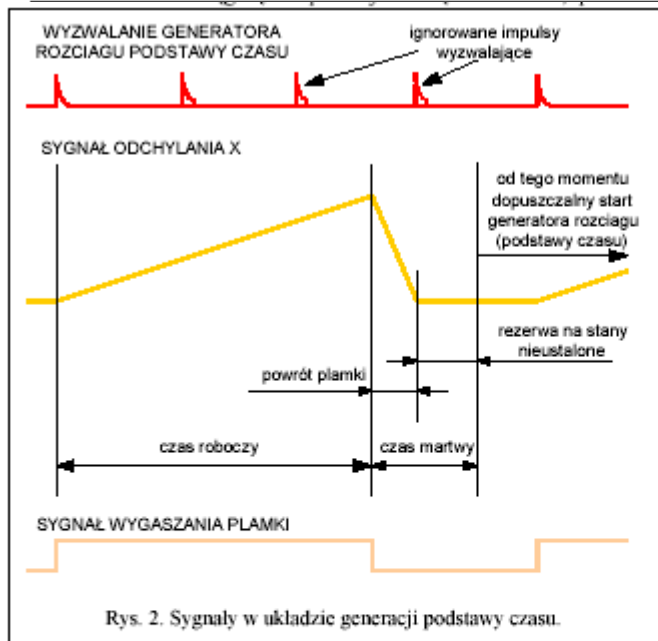


Rys. 1. Blokowy schemat oscyloskopu z zaznaczeniem podstawowych funkcji i standardowych elementów regulacyjnych

Dla uzyskania dwuwymiarowego obrazu, potrzebne są dwa układy sterowania wiązką (plamką świetlną), pionowy i poziomy. Z tego względu elementy regulacyjne na płycie czołowej oscyloskopu można podzielić na dwa podstawowe zestawy regulatorów: zestaw sterujący ruchem plamki świetlnej w pionie (*VERTICAL*)- związany z ustawianiem parametrów torów pomiarowych oscyloskopu oraz zestaw sterujący ruchem plamki świetlnej w poziomie (*HORIZONTAL*)- związany z regulacją i wyzwalaniem podstawy czasu. Często w drugim zestawie samo wyzwalanie podstawy czasu ujęte jest jako osobny zestaw regulatorów (przełączników) wyzwalania podstawy czasu (*TRIGGER*).

Poziomy ruch plamki świetlnej w czasie

Jeżeli przedmiotem pomiaru są parametry przebiegów odkształconych w czasie, to para płytek odchylenia poziomego (X) wiązki jest sterowana z układu poziomego odchylenia wiązki w czasie. Sygnał napięciowy sterujący odchyleniem wiązki w poziomie jest przebiegiem piłokształtnym pokazanym na rys. 2. Po wystąpieniu impulsu wyzwalającego na wejściu generatora rozciągu, w czasie roboczym plamka świetlna przesuwa się ze stałą prędkością poziomą od lewej do prawej krawędzi ekranu w miarę jak rośnie liniowo napięcie między elektrodami. Po osiągnięciu prawej krawędzi ekranu, plamka świetlna jest wygaszana syg-



Rys. 2. Sygnały w układzie generacji podstawy czasu.

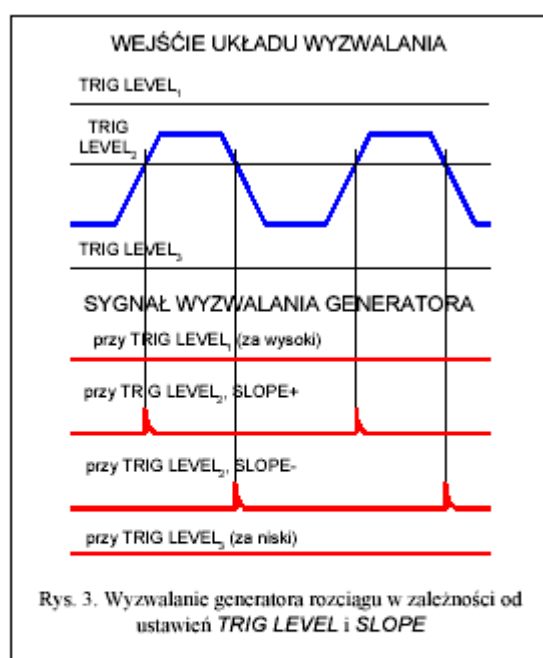
nałem sterującym działem elektronowym, a malejące napięcie między elektrodami powoduje powrót plamki do lewej krawędzi ekranu. Dodatkowy odstęp czasu zarezerwowany jest na wystąpienia stanów nieustalonych. Czas powrotu plamki i rezerwa na stany nieustalone stanowią czas martwy w cyklu pracy układu poziomego odchylenia wiązki. Wszystkie impulsy wyzwalające które wystąpią na wejściu generatora podstawy czasu w czasie pracy lub w czasie martwym są ignorowane.

Do nastawiania wartości czasu roboczego służy

przełącznik wielopozycyjny rozciągu poziomego *CZAS/DZ (TIME/DIV)* regulujący częstotliwość drgań generatora podstawy czasu. Skala opisująca ten przełącznik określa ile sekund (milisekund, mikrosekund) potrzeba aby plamka świetlna przemieściła się w poziomie na odległość równą pojedynczej działce (kratce) na osi odciętych. Z przełącznikiem tym związane jest pokrętko potencjometru, zamocowane na wspólnej osi lub niezależnie opisane jako *REGULACJA PŁYNNA (VARIABLE)*. W niektórych rozwiązaniach występuje również przełącznik opisany jako *REGULACJA KALIBROWANA/PŁYNNA (CAL/VAR)*. Elementy te,

pokrętko lub przełącznik, decydują o tym czy praca odbywa się z czasem kalibrowanym czy też z nie kalibrowanym. Jeżeli czas jest kalibrowany (zerowe położenie pokrętki lub położenie **CAL** przełącznika) to jednostkowej działce poziomej ekranu odpowiada odcinek czasu ustawiony na przełączniku rozciągu poziomego (**TIME/DIV**) i można mierzyć parametry czasowe (lub częstotliwościowe) rejestrowanych przebiegów. Jeżeli czas nie jest kalibrowany (położenie **VAR** przełącznika lub niezerowe położenie pokrętki) to nie wiadomo jaki odcinek czasu odpowiada pojedynczej poziomej działce ekranu i pomiar czasu nie jest możliwy. Przy pomiarach parametrów czasowych sygnału wygodnie jest przesunąć obraz w poziomie, tak aby wybrane punkty sygnału odpowiadały położeniom działek na ekranie. Do tego celu służy pokrętko **POZYCJONOWANIE OBRAZU W POZIOMIE (HORIZONTAL POSITION)**.

Poziomy ruch plamki świetlnej po ekranie rozpoczyna się od lewej krawędzi po wystąpieniu na wejściu *generatora podstawy czasu* impulsu wyzwalającego. We współczesnym oscyloskopie analogowym istnieją przynajmniej dwa tryby wyzwalania automatyczny i normalny. Wyboru trybu wyzwalania dokonuje się przełącznikiem **TRYB WYZWALANIA (TRIGGER MODE)** ustawiając go w pozycji **AUTO** lub **NORM**. W trybie automatycznym (**AUTO**) impulsy wyzwalające generowane są przez *układy automatycznej pracy* oscyloskopu. W trybie normalnym (**NORM**) impulsy wyzwalające są generowane przez *układ wyzwalania generatora rozciągu*.



Układ wyzwalania generatora rozciągu formuje impulsy wyzwalające generator podstawy czasu w momentach uzależnionych od wybranego źródła wyzwalania oraz ustawionych: zbocza wyzwalającego i poziomu wyzwalania. Wyboru źródła wyzwalania dokonuje się przełącznikiem **ŹRÓDŁO WYZWALANIA (TRIGGER SOURCE)** ustawiając je w jedną z pozycji **WEWN (CH1)**, **ZEWN (EXT)**, **SIEĆ (LINE)**. Położenie **WEWN (CH1)** oznacza że moment wyzwalania będzie uzależniony od charakteru zmienności obserwowanego sygnału. W oscyloskopie umożliwiającym równoczesną obserwację kilku sygnałów (oscyloskopy dwukanałowe, dwustrumieniowe wielokanałowe) przy wyzwalaniu wewnętrznym należy wybrać odpowiedni sygnał wyzwalający

(**CH1, CH2, ...**). W ustawieniu **EXT** momenty wyzwalania będą zdeterminowane własnościami zewnętrznego sygnału podawanego na **WEJŚCIE WYZWALAJĄCE (EXT TRIG IN)** oscyloskopu. Wreszcie w ustawieniu **LINE** momenty wyzwalania będą zdeterminowane przez własności sygnału sieci zasilającej 220V 50Hz.

Przełącznik **ŹRÓDŁO WYZWALANIA (TRIGGER SOURCE)** pozwala wybrać sygnał, którego własności zadecydują o momentach generowania impulsów wyzwających. Sam moment wyzwania jest zdeterminowany pozycją przełącznika **ZBOCZE (SLOPE)** oraz pokrętła **POZIOM (TRIGGER LEVEL)**. Pokrętło **POZIOM** decyduje przez jaki poziom musi przejść sygnał wyzwający aby nastąpiła generacja impulsu wyzwającego. Przełącznik **ZBOCZE** decyduje czy będzie to przejście powyżej tego poziomu (na zboczu narastającym) czy poniżej tego poziomu (na zboczu opadającym). Ideę wyboru zbocza i nastawienia poziomu wyzwania obrazuje rys. 3. Odpowiedni dla danego pomiaru wybór sygnału wyzwającego oraz ustalenie zbocza wyzwającego i poziomu wyzwania są warunkami uzyskania stabilnego obrazu w pomiarach oscyloskopowych sygnałów powtarzalnych. Jeżeli poziom wyzwania (**TRIGGER LEVEL**) jest zbyt wysoki lub zbyt niski w stosunku do zakresu zmienności sygnału wyzwającego to w trybie **NORM** nie następuje generacja impulsów wyzwających (rys. 3) i nie pojawia się obraz na ekranie oscyloskopu. W trybie **AUTO** układ pracy automatycznej generuje impulsy wyzwające, dzięki czemu otrzymuje się obraz na ekranie niezależnie od parametrów sygnału, ale obraz może być niestabilny.

Przy obserwacji przebiegów, rejestrowany sygnał zmienny w czasie jest podawany na płytce odchylenia pionowego. Wskutek zmienności w czasie sygnału podawanego na **WEJŚCIE POMIAROWE** (oznaczone odpowiednio do toru pomiarowego **Y1, Y2** lub **CH1, CH2**; są to wejścia napięciowe) zmienia się pole elektryczne między płytkami odchylenia pionowego, co obserwuje się jako ruch plamki świetlnej w kierunku pionowym. W pojedynczym torze pomiarowym można wyróżnić 3 podstawowe bloki funkcjonalne: układ sprzęgania wejścia, tłumik i wzmacniacz sygnału odchylenia pionowego.

Parametry pojedynczego toru pomiarowego ustawia się za pomocą trzech regulatorów na płycie czołowej oscyloskopu. Pierwszym jest potencjometr przesuwania poziomu zera - **POZYCJONOWANIA W PIONIE (VERTICAL POSITION)**. Umożliwia on przesuwanie obrazu w pionie, tak aby wybrane punkty sygnału odpowiadały położeniom działek osi rzędnych na ekranie. Drugi z elementów to przełącznik wielopozycyjny rozciągu pionowego **VOLT/DZ (VOLTS/DIV)**, określaną jako **CZUŁOŚĆ (SENSITIVITY)** Skala opisująca ten przełącznik określa ile woltów (miliwoltów, mikrowoltów) obrazowanego napięcia przypada na pojedynczą działkę osi rzędnych ekranu. Z przełącznikiem tym związane jest pokrętło potencjometru, z reguły zamocowane na wspólnej osi pozwalające płynnie zmieniać wartość napięcia odpowiadającą pojedynczej działce (kratce) pionowej ekranu. Położenie tego pokrętła decyduje czy jest kalibrowana czy nie oś odchylenia pionowego. Jeżeli oś jest kalibrowana (zerowe położenie pokrętła) to jednej działce pionowej ekranu odpowiada wartość mierzonego napięcia ustawiona na przełączniku rozciągu pionowego (**VOLTS/DIV**) i można oceniać parametry napięciowe rejestrowanego przebiegu. Jeżeli os Y nie jest kalibrowana (niezerowe położenie pokrętła) to nie wiadomo jaka zmiana napięcia odpowiada pojedynczej pionowej działce ekranu. Trzecim elementem regulacyjnym jest przełącznik decydujący o sposobie sprzęgania wejścia z torem Y (**COUPLING**). Standardowo można go ustawić w jednym z trzech położen opisanych jako **AC, GND, DC**. Położenie **AC** oznacza blokowanie składowej stałej sygnału i jest użyteczne przy obserwacji sygnałów o dominującej składowej stałej. Po zablokowaniu składowej stałej, sygnał mierzony można obserwować przy ustawionej dużej rozdzielczości napięciowej. W położeniu **GND** wejście toru pomiarowego

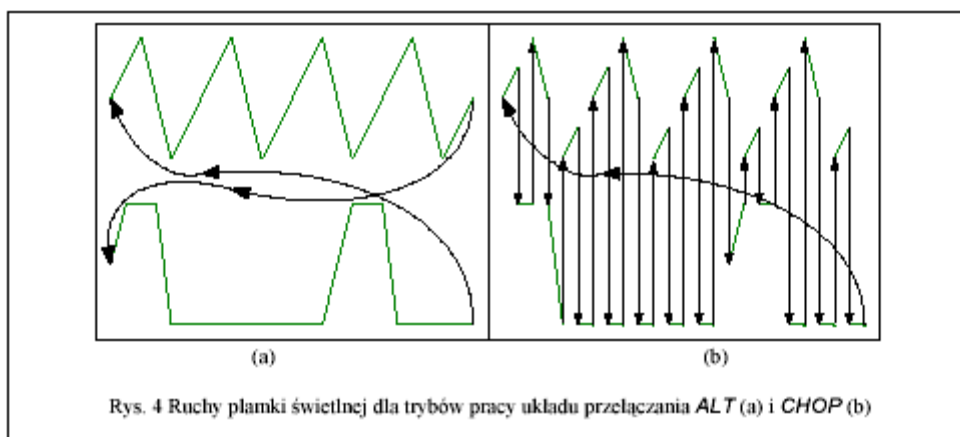
jest zwarte do masy oscyloskopu a sygnał z wejścia pomiarowego jest odłączony. Pozwala to na ustalenie poziomu zerowego na ekranie. W trzecim położeniu *DC*, sygnał podawany jest bezpośrednio na dalsze układy bez eliminacji składowej stałej ani żadnych innych.

Trzy podstawowe, wymienione elementy regulacyjne są niezależne dla każdego toru pomiarowego oscyloskopu i powielone tyle razy ile torów pomiarowych posiada oscyloskop. Czasami można spotkać dodatkowe elementy regulacyjne dla wybranych kanałów takie jak przełącznik *INWERSJA (NORMINV)* pozwalający na zwierciadlane odbicie sygnału napięciowego względem poziomu 0, lub przełącznik *X1/X5* umożliwiający dodatkowe powielenie lub podzielenie sygnału wejściowego w stosunku do nastaw przełącznika rozciągu pionowego.

Pomiary wielokanałowe

Współczesne oscyloskopy posiadają z reguły przynajmniej dwa tory pomiarowe, co umożliwia równoczesną obserwację dwóch przebiegów. Wyboru obserwowanego sygnału dokonuje się ustawiając odpowiednio przełącznik wyboru *TORU POMIAROWEGO* oznaczany z reguły *MODE* (w grupie *VERTICAL*). Bardziej rozbudowane wersje oscyloskopów oprócz pomiarów z pojedynczych kanałów (położenia *CH1*, *CH2* przełącznika *MODE*), umożliwia pomiar obserwowanych sygnałów w dwu kanałach jednocześnie (położenie *DUAL* przełącznika *MODE*), pozwalają również na wykonywanie pewnych operacji na sygnałach np. ich dodawanie (*ADD*), odejmowanie, mnożenie itp. W oscyloskopie dwukanałowym (wielokanałowym) przełącznik źródła wyzwalania podstawy czasu (*TRIGGER SOURCE*) musi umożliwiać wyzwalania z każdego kanału (a często także umożliwia wyzwalanie podstawy czasu sygnałem wypadkowym).

Jeżeli konstrukcja lampy oscyloskopowej umożliwia emisję i sterowanie dwóch strumieni elektronów (dwóch plamek świetlnych) to każdy z kanałów pomiarowych steruje odchyleniem jednego ze strumieni (lampę oscyloskopową o takich własnościach nazywamy lampą dwustrumieniową). Jeżeli oscyloskop nie jest wyposażony w lampę dwustrumieniową, to jest on wyposażony w układ przełączania umożliwiający pracę w jednym z dwóch trybów: przełączanym (*ALT*) lub siekanym (*CHOP*) rys. 4.



Tryb przelączany (*ALT*) oznacza, że odchylenie w kierunku poziomym (podstawy czasu) jest przelączane co cykl z jednego kanału do drugiego. W trybie siekanym, w ramach jednego poziomego przejścia plamki przez ekran sterowanie jest przelączane z dużą częstotliwością pomiędzy torami pomiarowymi 1 i 2. Tryb pracy układu przelączania jest wybierany odpowiednim przelącznikiem na płycie czołowej oscyloskopu (*ALT/CHOP*) lub może być związany z położeniem przelącznika rozciągu poziomego i zdeterminowany przez wybór częstotliwości podstawy czasu. Jeżeli wybór trybu pracy układu przelączania dokonywany jest niezależnym przelącznikiem płyty czołowej to zaleca się wybór pracy w trybie siekanym dla sygnałów o małej częstotliwości (nastawy przelącznika rozciągu poziomego na wartości powyżej 10 ms/div), a wybór pracy w trybie przelączanym dla sygnałów o dużej częstotliwości (nastawy przelącznika rozciągu poziomego na wartości poniżej 0.1 ms/div). Dla nastaw pośrednich można wybrać jeden z trybów, przy czym tryb siekany daje stabilniejszy obraz.

W oscyloskopach dwukanałowych istnieje z reguły możliwość takiego skonfigurowania przyrządu, aby sygnał jednego toru pomiarowego sterował odchyleniem plamki w pionie, a drugiego toru odchyleniem plamki w poziomie. Ten tryb pracy oscyloskopu (bez wyzwalania podstawy czasu), nazywany XY, jest szczególnie użyteczny w przypadku pomiarów przesunięcia fazowego (figury Lissajous), rezystancji dynamicznej oraz obrazowania charakterystyk statycznych i dynamicznych elementów elektronicznych.

Możliwości pomiarowe oscyloskopów można rozszerzyć również przez zastosowanie odpowiednich sond pomiarowych dołączanych do wejść pomiarowych.

Rodzaje oscyloskopów

Produkowane obecnie oscyloskopy można podzielić na cztery (wymienione będą niżej) grupy:

Oscyloskopy analogowe

W oscyloskopie analogowym obraz przebiegu jest rysowany na ekranie lampy oscyloskopowej w czasie rzeczywistym, tzn. plamka świetlna porusza się na ekranie śledząc aktualne zmiany rejestrowanej wielkości z upływem czasu, lub jednej wielkości w funkcji drugiej wielkości.

Do podstawowych pomiarowych parametrów oscyloskopu analogowego należą:

- pasmo częstotliwości oscyloskopu
- współczynnik odchylenia toru Y
- współczynnik czasu
- liczba torów wejściowych
- parametry lampy oscyloskopowej

Większość współczesnych oscyloskopów posiada przynajmniej dwa tory wejściowe (kanały wejściowe) co umożliwia jednoczesną obserwację dwu różnych przebiegów i ich wzajemne porównywanie. Osiąga się to przez zastosowanie jednego z dwu rozwiązań technicznych: dwustrumieniowej lampy oscyloskopowej lub przelącznika elektronicznego, który przelączza lampę oscyloskopową między przebiegami torów. Rejestracja pojedynczych przebiegów,

(wyzwalanych jednorazowo) jest możliwa na oscyloskopie analogowym jedynie przy zastosowaniu dodatkowego wyposażenia, np. sprzężonego aparatu fotograficznego.

Oscyloskopy analogowe z lampą pamiętającą

Są to oscyloskopy analogowe wyposażone w lampę o specjalnej konstrukcji (lampę pamiętającą) która oprócz zwykłej obserwacji obrazu (jak w oscyloskopie analogowym) umożliwia zapamiętanie wewnątrz lampy obrazu przebiegu i wyświetlanie go przez pewien czas na ekranie przez co ułatwia obserwację pojedynczych przebiegów. Podstawowe parametry takiej lampy to:

- rodzaj pamięci: bistabilna lub o zmiennym czasie poświaty;
- czas pamiętania;
- szybkość rysowania wyrażona w cm/ μ s;

Oscyloskopy cyfrowe

Szybki postęp technologiczny w dziedzinie wytwarzania układów cyfrowych o dużym stopniu integracji, a zwłaszcza przetworników analogowo-cyfrowych i mikroprocesorów, otworzył drogę do produkcji oscyloskopów cyfrowych. Działanie oscyloskopu cyfrowego polega na pobieraniu próbek badanego sygnału równych jego wartości chwilowej w momencie próbkowania, oraz zapamiętaniu ich (po przetworzeniu w przetworniku AC na postać słowa cyfrowego) w pamięci cyfrowej. Sygnał odczytywany z pamięci jest wyświetlany w sposób stabilny na ekranie. Istotnymi zaletami oscyloskopów cyfrowych są: możliwość matematycznej obróbki zapamiętanych sygnałów i automatyzacji pomiaru różnych parametrów sygnału (analizatory przebiegów), możliwość zapamiętywania i przesyłania sygnałów na duże odległości, możliwość sprzęgania oscyloskopu z systemami pomiarowymi, możliwość barwnej prezentacji wielu przebiegów na monitorze z kolorową lampą kineskopową i inne. Główne parametry oscyloskopów cyfrowych to:

postać słowa cyfrowego) w pamięci cyfrowej. Sygnał odczytywany z pamięci jest wyświetlany w sposób stabilny na ekranie. Istotnymi zaletami oscyloskopów cyfrowych są: możliwość matematycznej obróbki zapamiętanych sygnałów i automatyzacji pomiaru różnych parametrów sygnału (analizatory przebiegów), możliwość zapamiętywania i przesyłania sygnałów na duże odległości, możliwość sprzęgania oscyloskopu z systemami pomiarowymi, możliwość barwnej prezentacji wielu przebiegów na monitorze z kolorową lampą kineskopową i inne. Główne parametry oscyloskopów cyfrowych to:

- pasmo częstotliwości dla przebiegów jednorazowych (graniczna częstotliwość próbkowania)
- pasmo częstotliwości dla przebiegów powtarzalnych
- zdolność rozdzielacza w kierunku osi poziomej i pionowej (rozdzielczość stosowanego przetwornika analogowo-cyfrowego)

Ze względu na malejące ceny układów dużej skali integracji oraz możliwościami wynikającymi z cyfrowej obróbki sygnału oscyloskopy cyfrowe stają się coraz popularniejsze.

Literatura:

- [1] Rydzewski Jerzy, *Pomiary Oscyloskopowe*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994
- [2] Rydzewski Jerzy, *Oscyloskop Elektroniczny*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982
- [3] Rrien van Erk, *Oscilloscopes, Functional Operation and Measuring Examples*, McGraw-Hill Book Company, 1978

Pytania kontrolne

1. Dla jakich częstotliwości badanego przebiegu właściwa jest praca siekana a dla jakich przełączana?
2. Jaki tryb wyzwalania należy przyjąć jeśli na wejścia nie podajemy żadnego sygnału a chcemy ustalić oś zera?
3. Jak powinna przebiegać procedura regulacji oscyloskopu po podłączeniu sygnału na wejście mająca na celu uzyskanie stabilnego obrazu?
4. Jaka jest różnica pomiędzy trybami wyzwalania AUTO i NORM?
5. O czym należy pamiętać chcąc odczytać parametry napięciowe i czasowe badanego przebiegu?

Tytuł ćwiczenia :

BADANIE CHARAKTERYSTYKI DIODY

Cel

Ćwiczenia:

Celem wykonanego ćwiczenia było zapoznanie się z różnymi rodzajami diod przewodnikowych takimi jak dioda prostownicza krzemowa, dioda detekcyjna germanowa, dioda świecąca LED oraz dioda zenera.

Celem ćwiczenia było również wyznaczenie charakterystyk prądowo napięciowych, wyznaczenie napięć przewodzenie i przebicia (dla diody zenera).

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Średni:

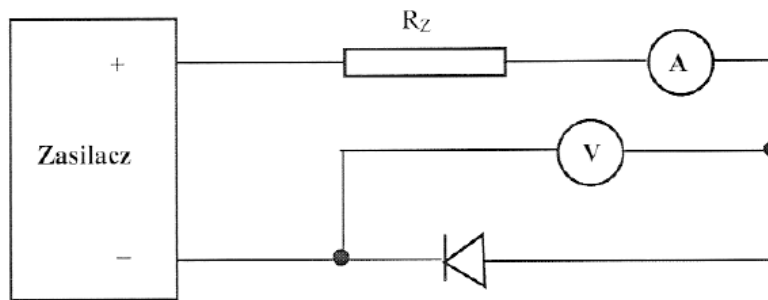
znajomość fizycznych procesów zachodzących w diodzie p-n,
interpretacja parametrów schematu zastępczego,
wyjaśnienie wpływu temperatury na charakterystyki prądowo-napięciowe diod prostowniczych i diod Zenera o różnych napięciach przebicia.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów: diody prostownicze ,Zenera luminescencyjne
Zasilacz regulowany , amperomierz, woltomierz ,oporniki, przewody .

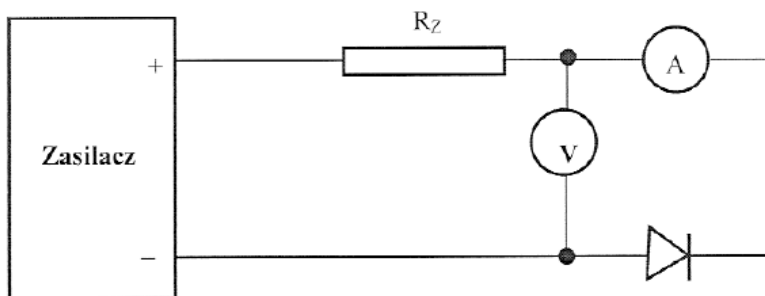
Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Zestawić następujący schemat pomiarowy:

a)



b)



Rys.1. Schematy układów do wyznaczania charakterystyki diody I-V, a) w kierunku Przewodzenia b) w kierunku zaporowym

2. Włączyć zasilacz i zwiększając napięcie co ok. 10 mV rejestrować wskazania obu multimetrów. Uwaga: Regulacji napięcia dokonuje się przy pomocy przycisków oznaczonych symbolami \uparrow , \downarrow i ZERO. Naciskanie przycisku \uparrow zwiększa napięcie na wyjściu zasilacza, przycisk \downarrow obniża napięcie, naciśnięcie przycisku ZERO zeruje napięcie wyjściowe.

UWAGA!

NIE PRZEKRACZAĆ WARTOŚCI PRĄDU 100 mA (dla diody LED 30 mA)

3. Jeżeli badaną diodą jest dioda Zenera konieczne jest również wyznaczenie charakterystyki zaporowej. W tym celu należy wyłączyć zasilacz, zmienić polaryzację zacisków diody i powtórzyć czynności opisane w punkcie 2 i 3.
4. Powtórzyć pomiar wg. punktów 2-4 dla drugiej badanej diody.
5. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli.

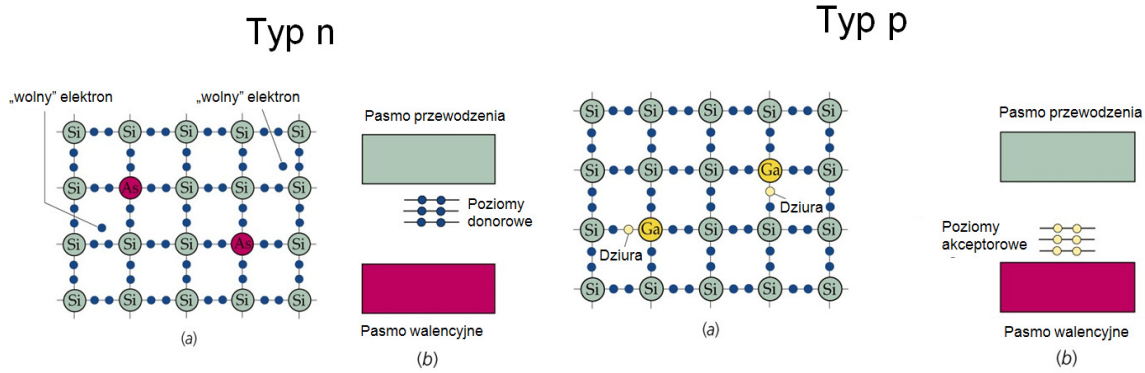
WERSJA A (dopasowanie równania liniowego)

1. Wykreślić na papierze milimetrowym charakterystyki prądowo-napięciowe badanych diod.
2. Przez punkty charakterystyk o współrzędnych $I_2 = 60 \text{ mA}$, $I_1 = 20 \text{ mA}$ (dla diody LED $I_2 = 20 \text{ mA}$, $I_1 = 5 \text{ mA}$) poprowadzić linię prostą.
3. W punkcie przecięcia prostej z osią napięcia odczytać progowe napięcie przewodzenia U_D .
4. Odczytać z wykresu przedział $\Delta U = U_2 - U_1$ odpowiadający przedziałowi $\Delta I = I_2 - I_1$ i obliczyć średni opór dynamiczny diody $R_D = \Delta U / \Delta I$. Wartość oporu wyrazić w Ω .
5. Jeżeli badano diodę Zenera zastosować model liniowy również dla zaporowej charakterystyki oznaczając napięcie progowe przez U_Z .

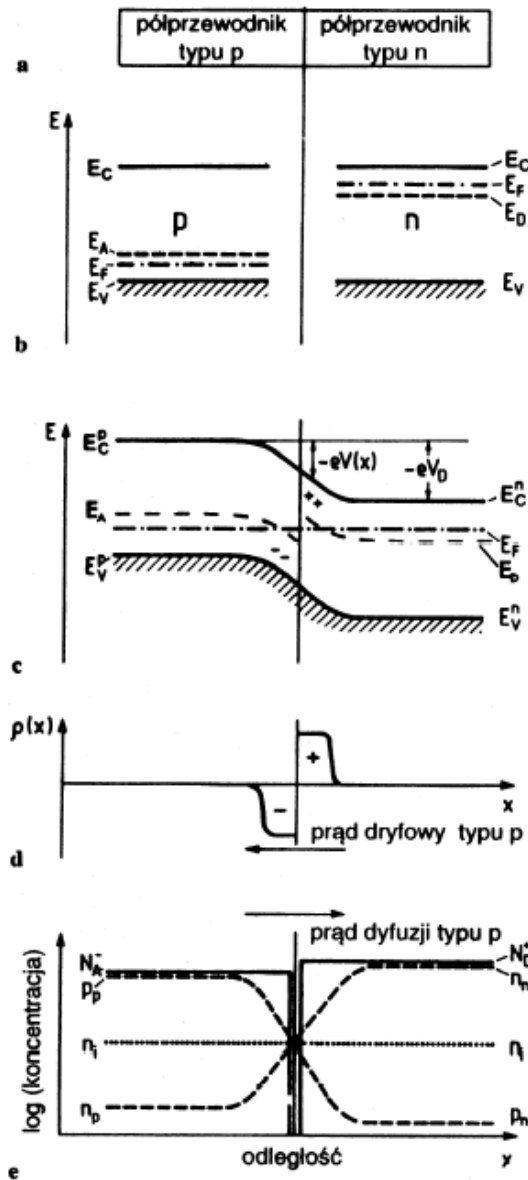
WERSJA B (dopasowanie równania eksponencjalnego)

1. Przedstawić na papierze milimetrowym charakterystyki prądowo-napięciowe $I = f(U)$ badanych diod.
2. Wykreślić liniowe charakterystyki w półlogarytmicznym układzie współrzędnych $\ln I = f(U)$.
3. Dla każdej z diod wyznaczyć z wykresu $\ln I = f(U)$ wartości stałych I_0 i q/kT .
4. Korzystając z danych tablicowych i przyjmując jako wartość temperatury $T = 300\text{K}$ obliczyć teoretyczną wartość stałej q/kT i porównać ją z wyznaczonymi dla badanych diod wartościami doświadczalnymi.

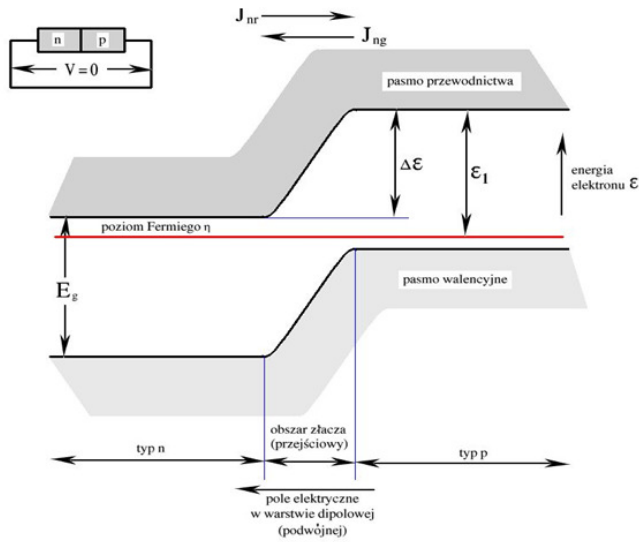
WSKAZÓWKA: zgodnie z równaniem 3 prosta doświadczalna $\ln I = f(U)$ przecina oś odciętych w punkcie $\ln I = \ln I_0$. Współczynnik kierunkowy prostej $a = \Delta \ln I / \Delta U$ jest równy wartości q/kT . Wartości stałych $\ln I_0$ i q/kT można uzyskać zarówno graficznie jak i numeryczną metodą najmniejszych kwadratów. Stosowne postępowanie w obu wypadkach przedstawiono w instr. „Opracowanie i prezentacja wyników pomiarów”.



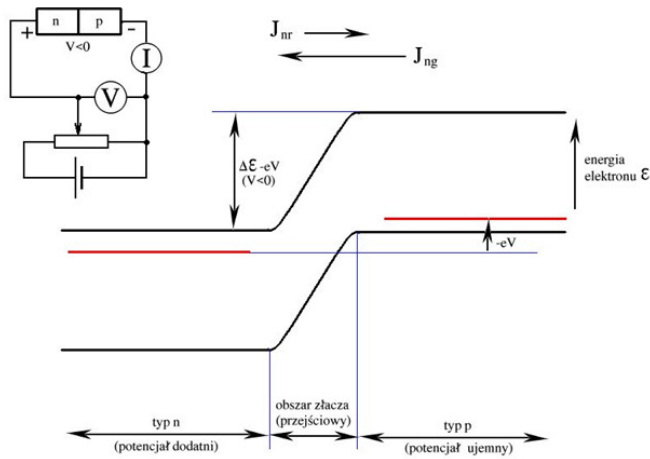
Rys.1 .Graficzne przedstawienie półprzewodnika typu n i typu p



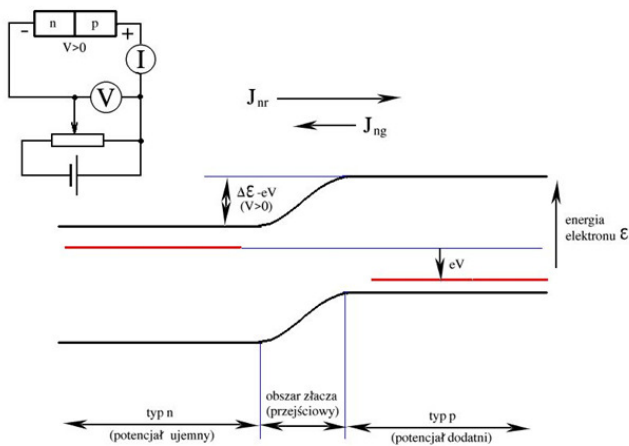
Rys. 12.15. Schematyczne przedstawienie złącza *p-n* w równowadze termodynamicznej: a) kryształ półprzewodnikowy domieszkowany z jednej strony akceptorami (N_A) a z drugiej donorami (N_D); b) schemat pasm dla strony typu *n* i typu *p* w nierealnym przypadku kompletnego braku oddziaływania ze sobą obu stron. E_A i E_D oznaczają stany podstawowe akceptorów i donorów, E_F jest poziomem Fermiego; c) schemat pasm złącza *p-n*, gdy obie strony są ze sobą w równowadze termodynamicznej. Zakłada się, że przejście z domieszkowania typu *n* na typ *p* jest ostre. Położenia krawędzi pasm przewodnictwa i walencyjnego oznaczone są symbolami E_C^p i E_V^p wewnątrz obszaru *p* oraz E_C^n i E_V^n wewnątrz obszaru *n*. V_D jest napięciem dyfuzji. W obszarze złącza *p-n* indukowane jest tzw. makropotencjał $V(x)$; d) zlokalizowany ładunek przestrzenny $\rho(x)$ w obszarze złącza *p-n*, wytworzony przez zjonizowane domieszki; e) jakościowe profile koncentracji akceptorów N_A , donorów N_D , dziur *p* i elektronów *n*. Koncentracja samoistna nośników wynosi n_i , a p_p i p_n oznaczają koncentracje dziur wewnątrz obszarów *p* i *n* (i tak samo dla n_p i n_n). Przedstawiono tutaj często spotykany przypadek, gdy prawie wszystkie donory i akceptory wewnątrz kryształu są zjonizowane



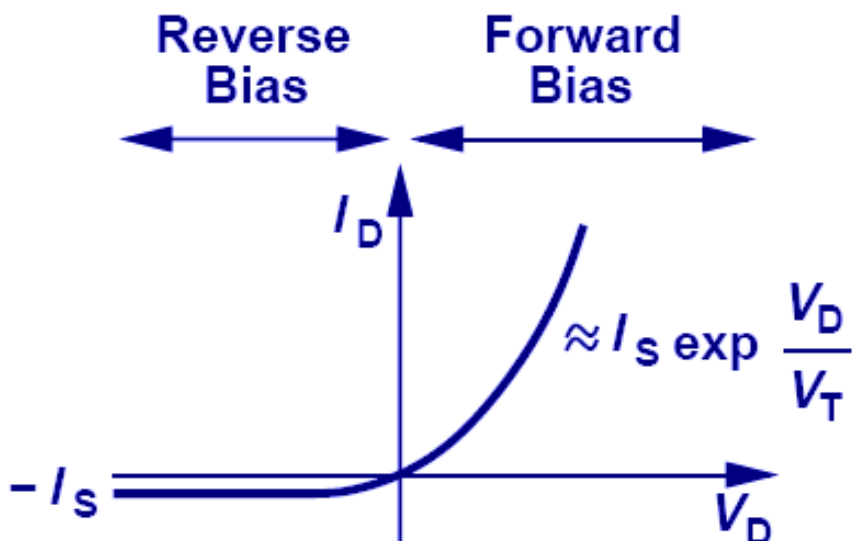
Złącze p-n w równowadze termodynamicznej



Złącza p-n z przyłożonym napięciem wstecznym (zaporowym) $V < 0$. Wypadkowy prąd elektronowy jest słaby i prawie niezależny od V . Prąd dziurowy jest również słaby i prawie niezależny od V .



Złącze p-n z przyłożonym napięciem w kierunku przewodzenia



Rys. IV Charakterystyka diody w kierunku Przewodzenia (Forward bias)i kierunku zaporowym (Reverse Bias)

Równanie diody Idealnej

$$I_D = I_S \left(e^{V_D/V_T} - 1 \right)$$

$$I_S = A J_S = A q n_i^2 \left(\frac{D_n}{N_A L_n} + \frac{D_p}{N_D L_p} \right)$$

- V_T – potencjał termiczny ~ 26 mV
- V_D –potencjał przyłożony do diody
- N_A – Koncentracja akceptorów
- N_D – Koncentracja donorów
- D_n – współczynnik dyfuzji elektronów
- D_p – współczynnik dyfuzji dziur
- L_n – długość drogi dyfuzji elektronów
- L_p – długość drogi dyfuzji dziur
- I_s – prąd nasycenia

Proszę wykreślić charakterystykę diody nanosząc niepewności pomiarowe i przeprowadzić Dyskusję wyników

LITERATURA

1. Encyklopedia Fizyki, PWN, W-wa 1974
2. Encyklopedia Techniki, Tom Elektronika, WNT, W-wa 1983
3. Grey P.E., Searle C.L., Podstawy elektroniki, PWN, W-wa 1972
4. Jaworski B., Dietlof A., Miłkowska L. Elektryczność i magnetyzm, Kurs Fizyki T II, PWN, W-wa 1971
5. Oldenberg O., Rasmussen N.C., Fizyka współczesna, PWN, W-wa 1970
6. Orear J., Fizyka T 2, WNT, W-wa 1993
7. Seely S., Układy elektroniczne, W-wa 1972
8. Słownik Fizyczny, Wiedza Powszechna, W-wa 1984
9. Strugalski Z., Struktura wewnętrzna materiałów, WNT, W-wa 1981
10. Szalimowa K.W., Fizyka półprzewodników, PWN, W-wa 1974
11. Wert Ch.A., Thomson R.M., Fizyka ciała stałego, PWN, W-wa 1974

Tytuł ćwiczenia:

TRANZYSTOR BIPOLARNY

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Celem ćwiczenia jest zbadanie własności i charakterystyk wzmacniacza tranzystorowego opartego na tranzystorze bipolarnym w układzie wspólnego emitera z wykorzystaniem oscyloskopu i różnego typu mierników i innych przyrządów pomiarowych.

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Oscyloskop dwukanałowy, generator sinusoidalny, płytka drukowana ze wzmacniaczem tranzystorowym, zasilacz prądu stałego, mierniki cyfrowe, miernik v-640.

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia szacunkowy czas trwania:

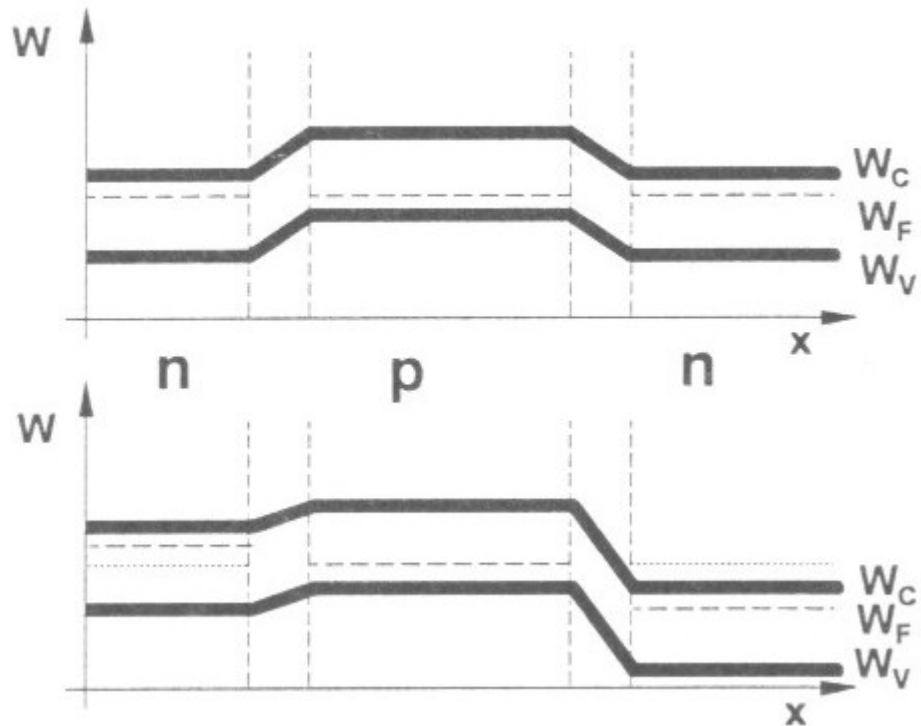
Wprowadzenie teoretyczne: Tranzystor bipolarny zwany też warstwowym, stanowi kombinację dwóch półprzewodnikowych złączy $p-n$, wytworzonych w jednej płytce półprzewodnika. Procesy zachodzące w jednym złączu oddziałują na drugie, a nośnikami ładunku elektrycznego są dziury i elektrony. Tranzystory bipolarne wykonywane są najczęściej z krzemu, rzadziej z germanu. Ze względu na kolejność ułożenia warstw półprzewodnika rozróżniamy:

tranzystory $p-n-p$

tranzystory $n-p-n$

Tranzystor bipolarny składa się z trzech obszarów o przeciwnym typie przewodnictwa, co powoduje powstanie dwóch złączy: $p-n$ i $n-p$. W tranzystorze bipolarnym poszczególne obszary półprzewodnika mają swoją nazwę: B – baza, E – emiter, C – kolektor. A złącza nazywa się

- złączem emiterowym (złącze emiter-baza);
- złączem kolektorowym (złącze baza-kolektor).

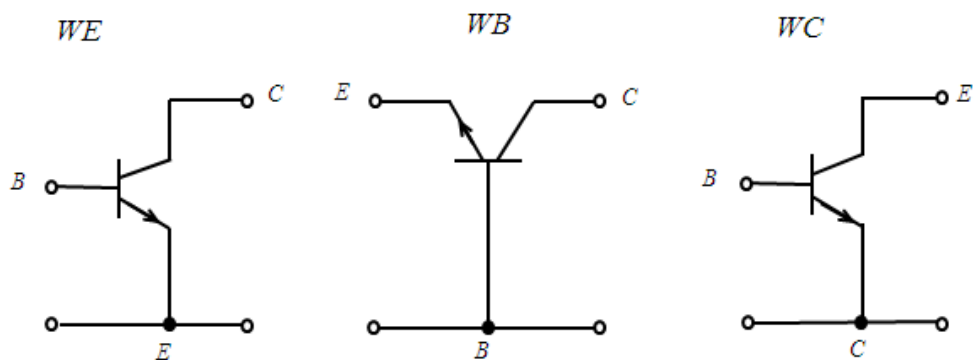


Rys.1 Wykres pasmowy niespolaryzowanej i spolaryzowanej struktury n-p-n

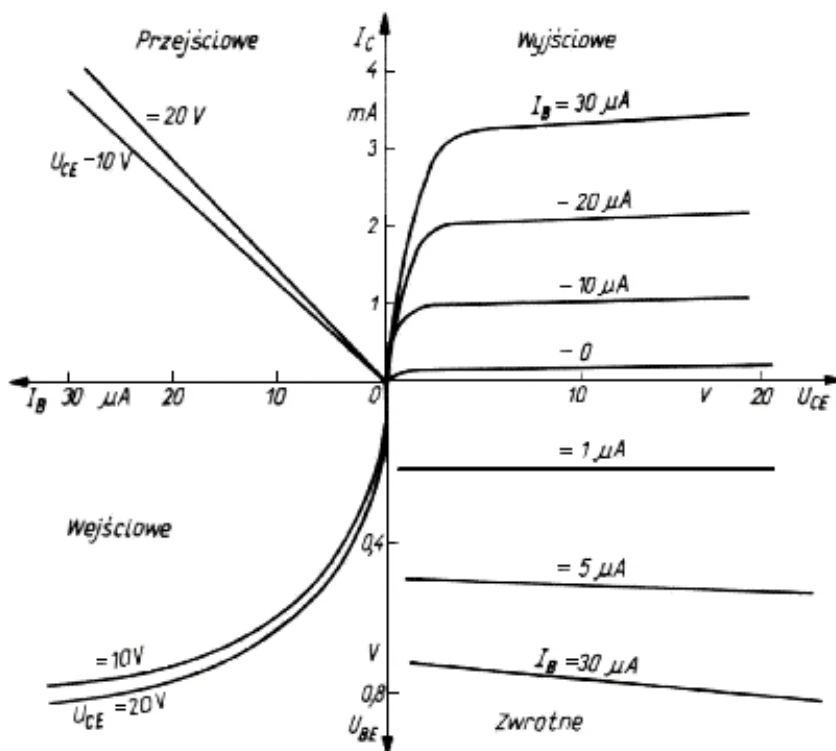
Układy pracy tranzystora.

Zależnie od doprowadzenia i wyprowadzenia sygnału rozróżniamy trzy sposoby włączenia tranzystora do układu:

- układ ze wspólnym emiterem *OE (WE)*,
- układ ze wspólną bazą *OB (WB)*,
- układ ze wspólnym kolektorem *OC (WC)*.



Rys.2. Podstawowe układy pracy tranzystora.



Rys.4. Podstawowe charakterystyki tranzystora bipolarnego

Stan pracy tranzystora i odpowiadająca im polaryzacja złącza

Stan tranzystora	Kierunki polaryzacji złącz tranzystora	
	Złącze Emiter -Baza	Złącze Baza-Kolektor
zatkania	zaporowy	zaporowy
aktywny	przewodzenia	zaporowy
nasycenia	przewodzenia	przewodzenia
inwersyjny	zaporowy	przewodzenia

Schemat zastępczy hybrydowy.

Tranzystor traktujemy jako czwórnik i napięcie na wejściu i prąd wyjściowy tranzystora pracującego w układzie *OE* jest opisany następująco:

$$U_{BE} = h_{11}I_B + h_{12}U_{CE}$$

$$I_C = h_{21}I_B + h_{22}U_{CE}$$

$$h_{11} = \frac{U_{BE}}{I_B} \quad \left| \begin{array}{l} \text{- impedancja wejściowa przy zwartym wyjściu,} \\ U_{CE} = 0 \end{array} \right.$$

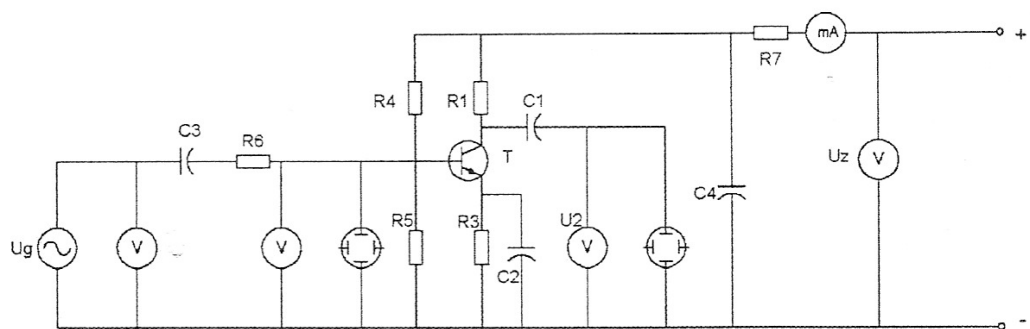
$$h_{12} = \frac{U_{BE}}{U_{CE}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{-współczynnik przenoszenia wstecznego} \\ \text{-przy rozwartym wejściu} \\ I_B = 0 \end{array} \right.$$

$$h_{21} = \frac{I_C}{I_B} \quad \left| \begin{array}{l} \text{-współczynnik przenoszenia prądowego} \\ \text{-przy zwartym wyjściu,} \\ U_{CE} = 0 \end{array} \right.$$

$$h_{22} = \frac{I_C}{U_{CE}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{- admitancja wyjściowa przy rozwartym wyjściu} \\ I_B = 0 \end{array} \right.$$

Przebieg Ćwiczenia

- 1) Przeanalizować sposób połączenia i określić wartości elementów na płycie drukowanej.
- 2) Zapoznać się z danymi katalogowymi badanych tranzystorów
- 3) Połączyć układ wzmacniacza według schematu:



Rys. 5. Schemat układu pomiarowego tranzystora bipolarnego

- 3) Określić położenie punktu pracy tranzystora, przy którym napięcie sygnału wyjściowego jest nieznieskształcone, zbadać dla jakich wartości I_c to zachodzi

(5 punktów pomiarowych) . Częstotliwość generatora sinusoidalnego ustalić na 1000Hz.

Wykonać pomiary umożliwiające obliczenie h_{11} i h_{12} w zależności od I_c . Minimum 10 punktów pomiarowych

4) Wykonać pomiary umożliwiające wykreślenie charakterystyki $I_c = f(U_{CE})$
minimum 15 pomiarów.

5) Wykonać pomiary umożliwiające wykonanie wykresu $k_u = f(I_c)$ ($k_u = U_2/U_1$)
Starając się utrzymać warunek ($U_1 = \text{const} \sim U_T$).

6) Starając się utrzymać wartość sygnału wejściowego $U_1 = \text{const}$, zmieniając częstotliwość Generatora sinusoidalnego w skali logarytmicznej wykonać pomiary umożliwiające Wykonanie wykresu $k_u = f(\omega)$, oraz kąta przesunięcia fazowego ϕ od częstotliwości .

Przykładowa tabela pomiarowa

U_z	I_z	U_C	U_B	U_E	U_{gen}	ω	U_1	U_2	k_u	$\angle U_1 U_2$	h_{11}	h_{21}

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Literatura

H.Ibach,h.Luth Fizyka Ciała Stałego PWN 1996

J.Rydzewski Pomiary Oscyloskopowe WNT 1994

www.semiconductor aplet

WWW.amplifier

Tytuł ćwiczenia:

TRANZYSTOR POLOWY

Cel ćwiczenia, krótki jego opis:

Celem ćwiczenia jest uzyskanie charakterystyk przejściowych i wyjściowych tranzystora polowego

Stopień zaawansowania wymagana wiedza uczniów:

Średni, znajomość zasady działania tranzystora polowego, podstawowa wiedza o fizyce półprzewodników

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:

Płytką drukowaną z układem tranzystora polowego, zasilacz prądu stałego, mierniki przewody

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne: W tranzystorach polowych elektrody mają swoją nazwę i określony symbol:

- Źródło (*ang. Source*), oznaczone literą *S*. Jest elektrodą z której wypływają nośniki ładunku do kanału. Prąd źródła oznacza się jako I_S .
 - Dren (*ang. Drain*), oznaczone literą *D*. Jest elektrodą do której dochodzą nośniki ładunku. Prąd drenu – I_D , napięcie dren-źródło – U_{DS} .
 - Bramka (*ang. Gate*), oznaczone literą *G*. Jest elektrodą sterującą przepływem ładunków. Prąd bramki – I_G , napięcie bramka-źródło – U_{GS} .
- Tranzystor polowy złączowy zbudowany jest z półprzewodnika (w tym przypadku typu p), w który wdyfundowano dwa obszary bramki (w tym przypadku typu n). Między źródłem a drenem prąd może płynąć tylko kanałem, który ograniczony jest obszarami złącza z bramką, czyli strefami ładunku przestrzennego, o wysokiej oporności.

Rodzaj tranzystora MIS	Symbol graficzny	Charakterystyka przejściowa	Charakterystyka wyjściowa
Kanał zubożony typu N			
Kanał wzbogacany typu N			
Kanał zubożony typu P			
Kanał wzbogacany typu P			

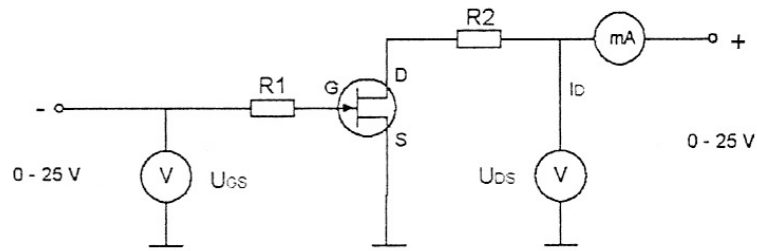
Rys.2. Przykłady charakterystyk tranzystora polowego

Podstawowymi charakterystykami tranzystora MOSFET są:

- Charakterystyka przejściowa. Zależność prądu drenu od napięcia bramka-źródło, przy stałym napięciu źródło-dren.
- Charakterystyka wyjściowa. Zależność prądu drenu od napięcia źródło-dren, przy stałym napięciu bramka-źródło.

Przebieg ćwiczenia:

1. Zdejmowanie charakterystyki tranzystora polowego BF 245 (FET).



W układzie jak na schemacie wykonać pomiary dla rodziny charakterystyk:

- a) drenowych, $I_D = f(U_{DS})$ | przy $U_{GS} = \text{par. } \leq 0$
- b) bramkowych, $I_D = f(U_{GS})$ | przy $U_{DS} = \text{par.}$

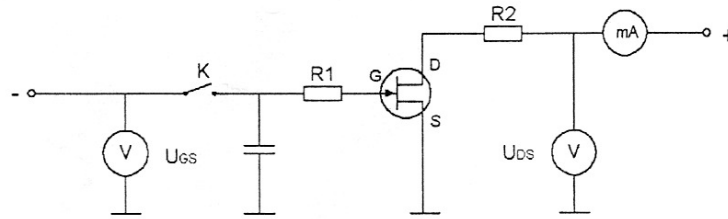
Pomiar wykonywać przy użyciu następujących przyrządów:

U_{GS} – miernik uniwersalny V-628 (UM3, UM5),

U_{DS} – multimetr elektroniczny V-640 (V-513),

I_D – miernik uniwersalny UM5 (UM4, UM3).

2. Pomiar oporności tranzystora metodą ładowania kondensatora.



W układzie jak na schemacie przy zwartym kluczu K ładujemy kondensator C do pewnej wartości U_{GS_0} . Następnie rozwieramy klucz i zaczynamy mierzyć czas rozładowania kondensatora do napięcia U_{GS_1} (obserwując wychylenia miliamperomierza I_{D1}). Na podstawie kilku pomiarów obliczamy R_{GS} dla znanej pojemności C ze wzoru (wyprowadzić ten wzór):

$$R_{GS} = \frac{t}{C \ln \frac{U_{GS_0}}{U_{GS_1}}}$$

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Tytuł ćwiczenia:

WZMACNIACZ OPERACYJNY

Cel ćwiczenia i krótki jego opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową sposobem zasilania i zastosowaniami wzmacniacza operacyjnego

Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

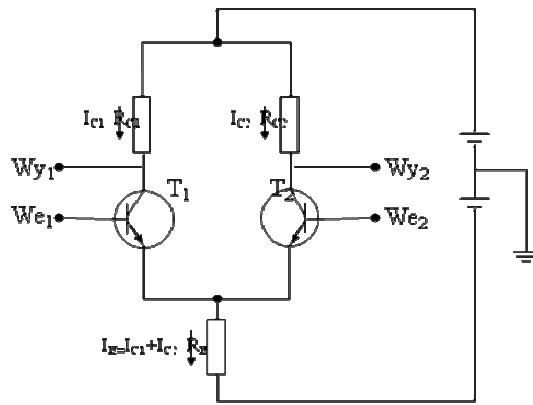
Średnia, znajomość zasady działania wzmacniacza tranzystorowego, podstawy fizyki półprzewodników, prawa przepływu prądu

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów

Płytki drukowane ze wzmacniaczem operacyjnym, oscyloskop dwukanałowy, mierniki
Zasilacz umożliwiający zasilanie symetryczne wzmacniacza operacyjnego.

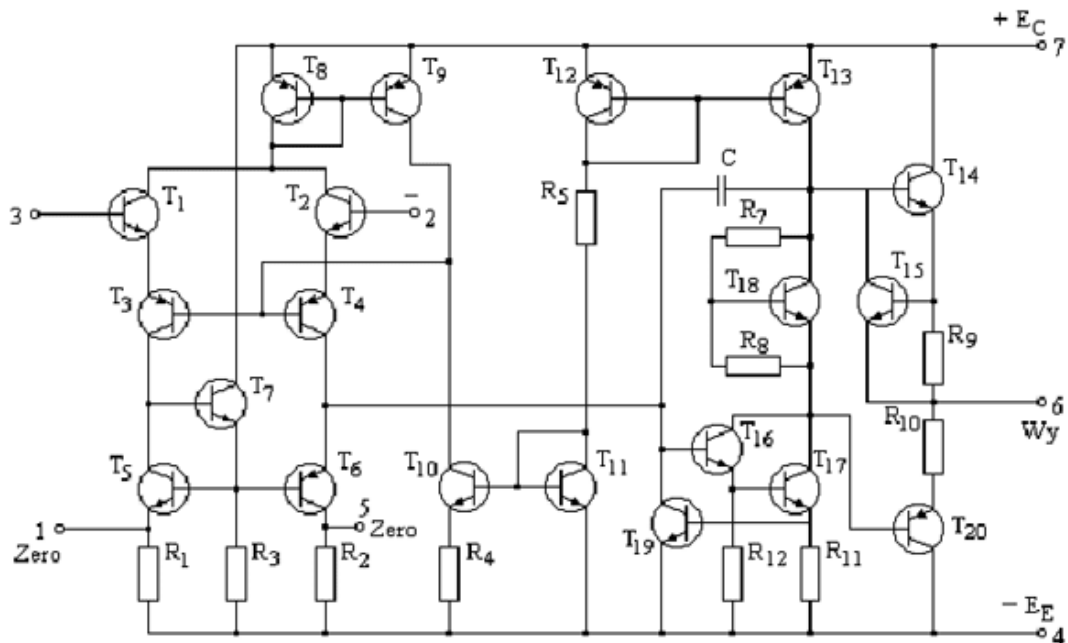
Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania

Wprowadzenie teoretyczne: rodzaje szumów, wzmacniacz różnicowy



Rys. Wzmacniacz różnicowy.

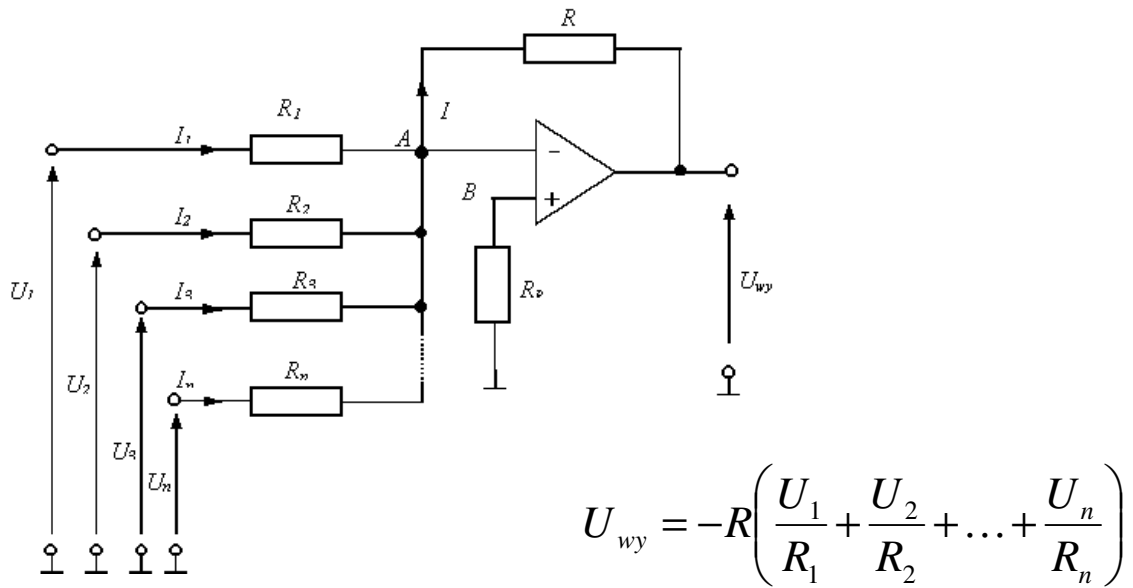
Charakterystyczną cechą tego układu jest to, że ze względu na dużą wartość wspólnego dla obu emiterów opornika R_E prąd J_E przepływający przez ten opornik jest stały, bez względu na zmiany polaryzacji baz tranzystorów. Z własności tej wynika, że przy braku sygnałów na bazach tranzystorów T_1 i T_2 prąd J_E dzieli się równo pomiędzy oba tranzystory, który kolektor znajduje się na tym samym potencjale. Jeżeli natomiast pod wpływem zmian potencjału bazy jednego z tranzystorów jego prąd kolektora wzrośnie, to prąd drugiego tranzystora zmaleje o tę samą wartość, nawet wtedy, gdy potencjał bazy tego tranzystora zostanie niezmienny. Napięcie wyjściowe na którymkolwiek z tranzystorów jest więc funkcją różnicy napięcia pomiędzy bazami dwóch tranzystorów, a nie napięcia stałego podawanego na bazę tego tranzystora.



Rys.3 Schemat ideowy wzmacniacza operacyjnego $\mu A741$

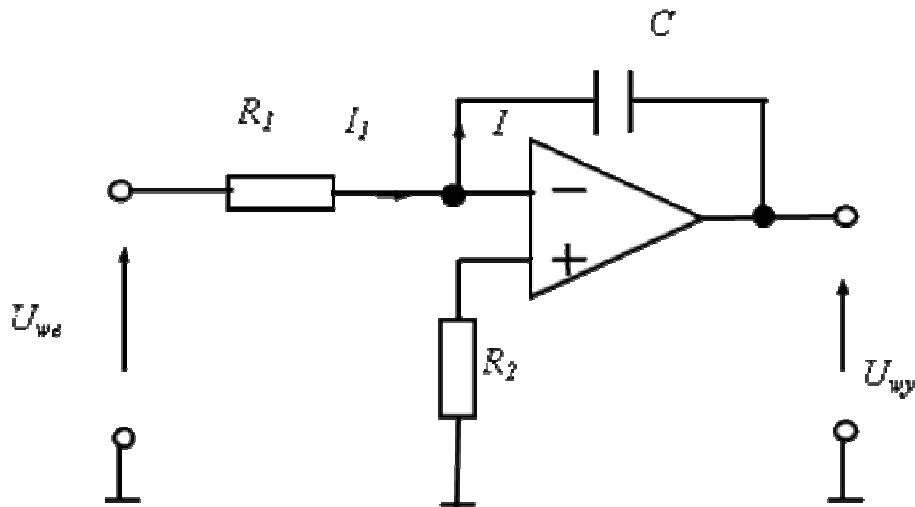
WYBRANE ZASTOSOWANIA WZMACNIACZA OPERACYJNEGO

1) WZMACNIACZ SUMUJĄCY



Rys.4 Schemat wzmacniacza operacyjnego sumującego.

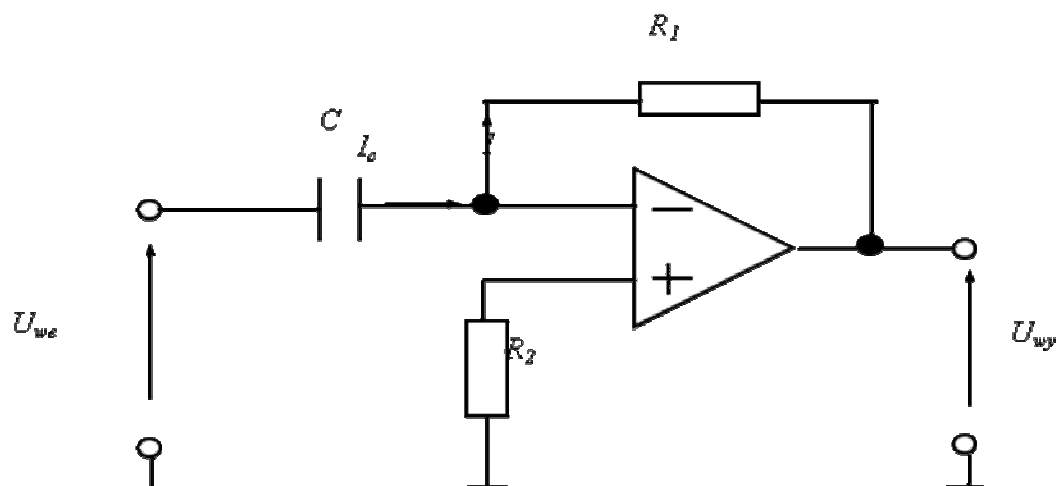
2) WZMACNIACZ CAŁKUJĄCY



$$U_{wy}(t) = -\frac{1}{CR_1} \int U_{we}(t) dt + U_0$$

Rys.5 Schemat wzmacniacza operacyjnego całkującego

3) WZMACNIACZ RÓŻNICZKUJĄCY



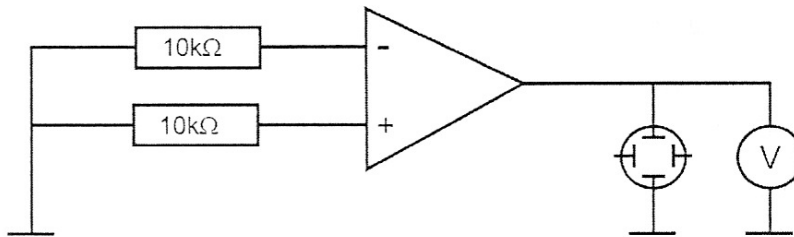
$$U_{wy}(t) = -CR_1 \frac{dU_{we}(t)}{dt}$$

Rys.6. Schemat wzmacniacza operacyjnego różniczkującego

Przebieg ćwiczenia:

1. Narysować schemat ideowy układu aplikacyjnego wzmacniacza operacyjnego z uwzględnieniem wejść, wyjścia, zasilania, elementów układu kompensacji częstotliwości, kompensacji napięcia wyjściowego.
2. Pomiar podstawowych parametrów wzmacniacza:

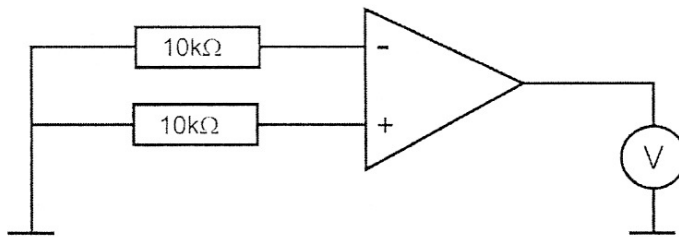
a) Pomiar szumów.



$$U_z = const; R_{wej} = const.$$

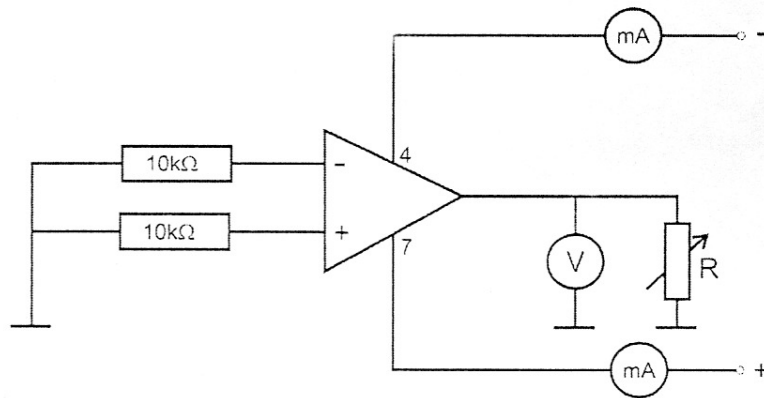
Po uprzednim wyzerowaniu napięcia wyjściowego wykonać pomiar szumów za pomocą oscyloskopu i woltomierza lub multimetru. Naszkicować kształt, zmierzyć maksymalne i minimalne wychylenia.

b) Pomiar dryfu.



Wykonać pomiary dryfu napięcia wyjściowego w wybranym przedziale czasu ($U_{wyj}(t)$), obliczyć dryft ze wzoru: $\frac{\Delta U_D}{\Delta t} = \frac{U_n - U_{n+1}}{\Delta t}$. Pomiar powtórzyć 3-5 razy. Pomiar napięcia wyjściowego za pomocą woltomierza lub multimetru, pomiar czasu stoperem.

- c) Pomiar oporności wyjściowej. Zmontować układ według schematu. Ustawić wartość opornika na max; odczytać wartość napięcia i wskazanie miliamperomierzy, następnie zmniejszyć wartość oporu na wyjściu tak aby spadek napięcia był równy połowie napięcia maksymalnego, odczytać wskazania mierników. Uzasadnić metodę pomiarową. Pomiar powtórzyć 3-5 razy.



Rys.6. Schemat układu do pomiaru oporności wyjściowej

d) wykonanie przynajmniej jednego przykładu zastosowania.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno włączać do źródła zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Literatura:

Literatura:

Wzmacniacze operacyjne, P. Górecki, BTC W-wa 2002r.

Elektronika w laboratorium naukowym, T. Stacewicz, A. Kotlicki, PWN, 1994 r.

Elektronika dla fizyków, R. Śledziwski, PWN 1982r.

Liniowe układy scalone, WKŁ, Z. Kulka, W-wa 1974r.

Tytuł ćwiczenia:
UKŁADY CYFROWE

Cel ćwiczenia i krótki jego opis

Celem ćwiczenia jest zapoznanie uczniów z podstawowymi bramkami logicznymi ich budową i tabelami prawdy, oraz układami zbudowanymi na ich podstawie w tym przerzutnikami i licznikami.

Stopień zaawansowania i wymagana wiedza uczniów:

Średni: uczeń powinien znać dwójkowy system zapisu, funkcje logiczne budowę podstawowych bramek logicznych

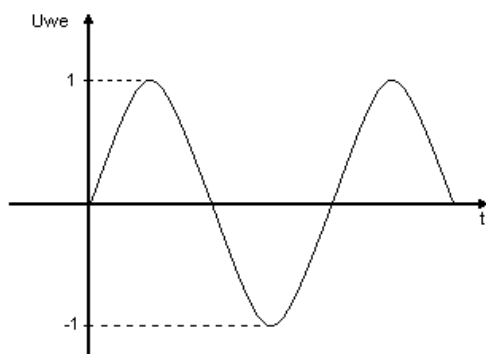
Wiedzieć jak przerzutnik RS pamięta stan jak zbudowany jest podstawowy licznik

Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów

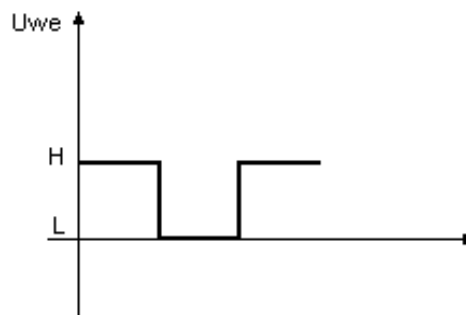
Zestaw do badania układów logicznych UC-03 straight header, oscyloskop, zasilacz do układów cyfrowych przewody.

Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie teoretyczne: Porównanie impulsu analogowego i cyfrowego

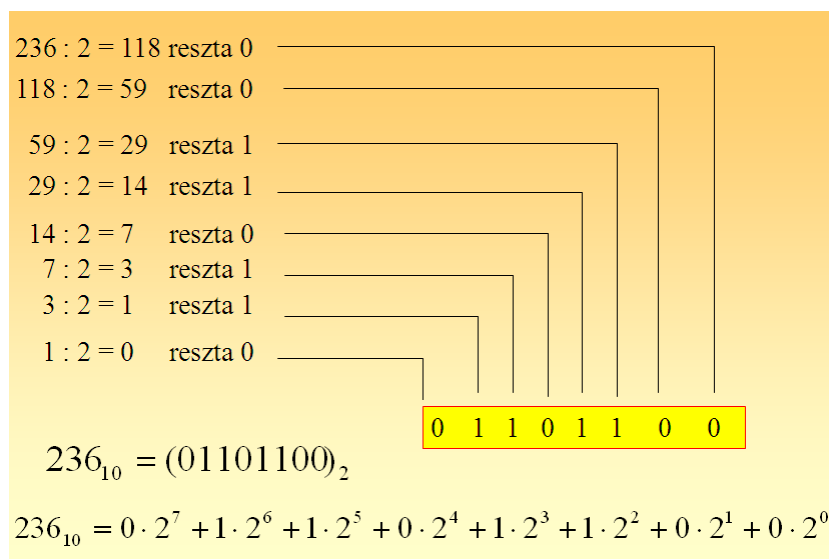


Rys.3.1 przykład impulsu analogowego

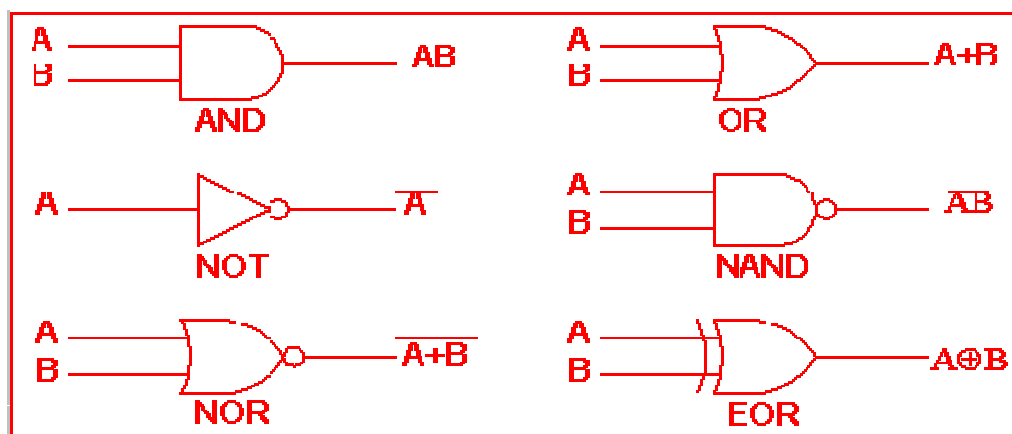


Rys.3.2. Przykład Impulsu cyfrowego
Impuls cyfrowy ma dwa poziomy napięć niski (L), wysoki (H).

Binarny System liczbowy:



Symbole podstawowych bramek logicznych:



Ich Tabele prawdy

Bramka NOT (zaprzeczenie)

Wejście A	Wyjście \bar{A}
0	1
1	0

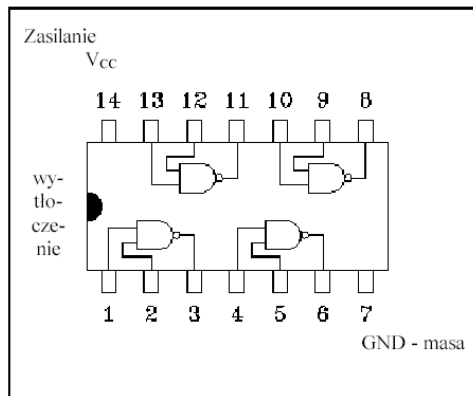
TABELA 1. Wartości Tabeli Prawdy Podstawowych Bramek Logicznych

Wejścia		Wyjścia				$\overline{XY} + \overline{\overline{XY}}$ EOR
A	B	AND	OR	NAND	NOR	
0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0

BRAMKA ALBO (EX – OR)

Exclusive – OR (czyli WYŁĄCZNIK LUB) – wyjście bramki XOR jest w stanie wysokim, jeżeli jedno albo drugie wejście jest w stanie wysokim – jest to zawsze funkcja dwóch zmiennych (rys. 2.13). Mówiąc inaczej, wyjście jest w stanie wysokim, jeżeli stany wejść są różne. Bramka XOR realizuje dodawanie bitów modulo – 2.

$$F = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$$



Rys.3.2.Przykładowa budowa bramki 7400 która zawiera cztery bramki NAND.

Aksjomaty Algebry Boole'a i Prawa de Morgana

1.Przemienność

$$A * B = B * A \qquad A + B = B + A$$

2.Łączność

$$(A * B) * C = A * (B * C) \qquad (A + B) + C = A + (B + C)$$

3.Rozdzielczość

$$A(B + C) = A * B + A * C \qquad (A + B) + C = A + (B + C)$$

4. Tożsamość

$$\begin{array}{ll} A * 0 = 0 & A + 0 = A \\ A * 1 = A & A + 1 = 1 \\ A * A = A & A + A = A \end{array}$$

5. Komplementarność

$$A * \tilde{A} = 0 \quad A + \tilde{A} = 1$$

6. Prawa de Morgana

$$\overline{A+B} = \bar{A} * \bar{B} \quad \overline{A*B} = \bar{A} + \bar{B}$$

Dodatkowe Tożsamości

Iloczynu logicznego

$$A * (A + B) = A$$

$$A + A^- * B = A + B$$

$$(A + B) * (A^- + B) = B$$

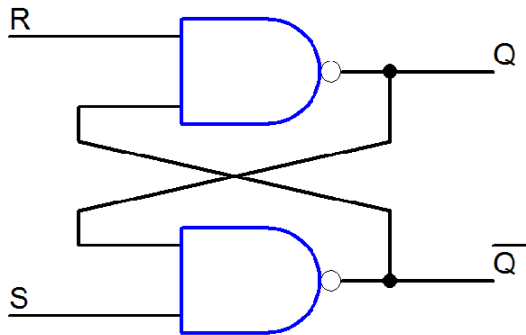
Sumy logicznej

$$A + A * B = A$$

$$A * (\bar{A} + B) = A * B$$

$$A * B + A^- * B = B$$

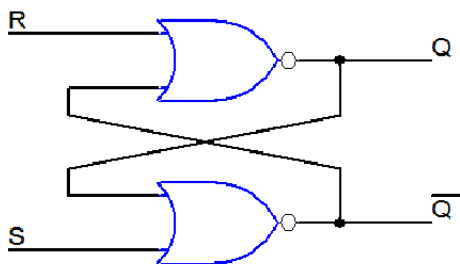
Przerzutniki



S	R	Q_n
1	1	Q_{n-1}
0	1	1
1	0	0
0	0	1

Rys.3.3 Przerzutnik RS zbudowany na bramkach NAND

W przypadku wykonania przerzutnika R-S z bramek NAND stanem aktywnym wejść jest stan 0, dlatego czasami przerzutnik taki oznacza się jako przerzutnik R-S. Gdy na wejściach R i S panuje stan 1, to przerzutnik pamięta swój poprzedni stan, oznaczony w tabelce jako Q_{n-1} . Dlatego właśnie ten element logiczny nazywamy elementem pamięciowym. Jeśli wejście S zmieni swój stan na 0 (R wciąż musi mieć stan 1), to na wyjściu Q pojawi się stan 1. Mówimy, iż poziom niski na wejściu S ustawia wyjście Q na 1. Stąd oznaczenie tego wejścia literką S będącą skrótem angielskiego słowa Set (ustaw). Drugie wejście, R, pełni funkcję odwrotną. Pojawienie się niskiego poziomu na R (na S musi być 1) spowoduje ustawienie stanu 0 na wyjściu Q. Mówimy, iż poziom niski na wejściu R zeruje wyjście Q. Stąd pochodzi oznaczenie wejścia literką R od angielskiego słowa Reset (zeruj).



Rys.3.4 Przerzutnik RS zbudowany na bramkach NOR

S	R	Q_n
0	0	Q_{n-1}
1	0	1
0	1	0
1	1	0

Jeśli zamiast bramek [NAND](#) zastosujemy bramki [NOR](#), to również powstanie przerzutnik R-S, lecz tym razem stanem aktywnym będzie wartość 1. Wyjścia przerzutnika zamieniają się miejscami (Q jest po przeciwnej stronie wejścia S na schemacie bramkowym). Jeśli na obu wejściach panuje stan 0, to przerzutnik pamięta poprzedni stan wyjścia, który w tabelce oznaczyliśmy jako Q_{n-1} . Jest to sytuacja analogiczna do przerzutnika R-S zbudowanego z bramek NAND. Podanie na wejście S (Set - ustaw) stanu 1 spowoduje ustawienie wyjścia Q na 1. Podanie stanu 1 na wejście R (Reset - zeruj) spowoduje wyzerowanie wyjścia Q. Jeśli na obu wejściach S i R pojawi się stan 1, to wyjścia ustawią się w stan 0 i przestaną być komplementarne. Jest to więc stan niedozwolony. Poniżej przedstawiamy model przerzutnika R-S oraz jego symbol logiczny.

Przerzutnik RS jest dobrym przykładem układów pamiętających stan. Rozumiejąc działanie przerzutnika RS, łatwiej jest zrozumieć działanie układów bardziej skomplikowanych jak działanie sumatorów liczników, komparatorów. Zrozumienie tych układów pozwala zrozumieć działanie mikroprocesorów.