



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Człowiek – najlepsza inwestycja

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



# FENIKS

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

## Elektronika do przetwarzania informacji

**Dodatkowy pakiet dydaktyczny dla Beneficjentów Ostatecznych**

**Dr Jacek Polit**

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Rzeszowski  
ul. Rejtana 16C, 35-311 Rzeszów*

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

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



*- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie 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

## Potencjalne zagrożenia, zasady BHP

W rozdziale tym przedstawiono potencjalne zagrożenia, które mogą wystąpić w pracowni Elektronicznej.

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.



Człowiek - najlepsza inwestycja

## Cwiczenie 1:

### SPRAWDZANIE PRAWA OHMA

*Cel/ ćwiczenia, krótki jego opis:*

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

Wykreślona na podstawie pomiarów zależność między  $U$  a  $I$  powinna być liniowa, ponieważ badane w ćwiczeniu odbiorniki to odbiorniki liniowe.

*Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:*

Średnie: uczeń powinien znać: Stażony 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 wychytowy, cyfrowy miernik uniwersalny jako

amperomierz, rezystory obciążające obwodu. - 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:

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



- długoterminowy 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

## Człowiek- najlepsza inwestycja

ładunek ma wartość 1 Coulomba, gdy przez przewodnik w czasie 1 sekundy przepływie prąd o natężeniu 1 Ampera.

Jeden Amper to natężenie takiego prądu, który płynie w 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.

-@- żarówka

○ amperomierz

--D--opornik stały

-0 woltomierz

-I' źródło prądu

-6 opornik  
sukawkowy

../\_ w1 mik

Opór elektryczny.

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

$$R = r; L \quad S \quad [OJ \quad R = \llcorner 1+a .6.7)$$



KAPITAŁ UDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SP6JNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOLECZNY



Cztowiek- najlepsza inwestycja

Op6r elektryczny rna wartosc  $1\ \Omega$  gdy nat zenie przy napiciu  $= 1\ V$  rna wartosc  $1\ A$ .

**Oznaczenia:**

R- op6r;

$\alpha$ ; - op6r wtasciwy (cecha charakterystyczna su bsta ncji);

l - dtugosc przewodnika;

s - pole powierzchni przekroju poprzecznego przewodnika;

$R_0$  - op6r w danej temperaturze;

$\alpha$  - temperatu rowy wsp6kzynnik oporu jcecha charakterystyczna substancji);

$\Delta T$  - r6znica temperatur ( $IR - R_0I$ );

**b(cenie oporow elektryczny.ch.**

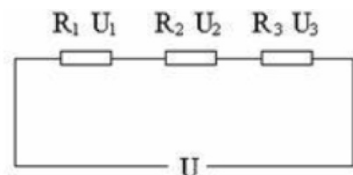
a) t6czenie szeregowo:



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

Projekt współfinansowany jest ze srodkow llnii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Człowiek - najlepsza inwestycja



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

**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.**

Natężenie prądu zależy wprost proporcjonalnie od napięcia:

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

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 zamkni tego

Prawo Ohma dla obwodu zamkni tego:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r_w}$$

**Oznaczenia:**

R - op6r catkowyty ogniwa;

c - sita elektromotoryczna ogniwa;

I - nat ienie pr6du;

r<sub>w</sub> - op6r wewntrzny ogniwa.

**Prawa Kirchhoffa.**

**1. Pierwsze prawo Kirchhoffa.**

Suma nat zen wchodz6cych do w zta sieci elektrycznej jest r6wna sumie nat zen pr6d6w wychodz6cych z punktu w ztowego.

**2. Drugie prawo Kirchhoffa.**

Stosunek pr6d6w ptn6cych przez poszczególne gat zie sieci elektrycznej jest r6wna odwrotnosci oporu w tych gatzjach :

$$\frac{I_1}{R_1}$$

**Oznaczenia:**

R<sub>1,2</sub> - opory poszczeg6lnych gat zi uktadu;

I<sub>1,2</sub> - nat ienia pr6du w poszczeg6lnych gatzjach uktadu;

**3 Drugie prawo Kirchhoffa dla obwodu zamkni tego.**

Suma sit elektromotorycznych w oczku jest r6wna sumie spadk6w napic na wszystkich oporach w tym oczku:

Człowiek - najlepsza inwestycja

$$P = I^2 R$$

### Oznaczenia:

R - opory poszczególnych oporników;

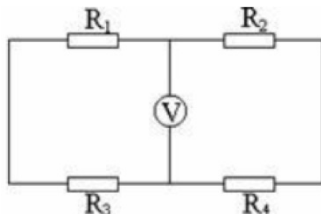
l - natężenia prądu w poszczególnych opornikach;

n - ilość sit elektromotorycznych;

j - ilość spadków napięć;

U<sub>s</sub> - siła elektromotoryczna

### Mostek elektryczny.



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

### Oznaczenia:

R<sub>1,2,3,4</sub> - opory poszczególnych oporników.

Praca prądu elektrycznego stałego.

Praca :

$$W = UI t = \frac{U^2 T}{R} = I^2 R T \quad [VA s = J]$$



Człowiek – najlepsza inwestycja

**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 :

$$Q = Mc\Delta T$$

Cztowiek- najlepsza inwestycja

### Oznaczenia:

Q- ilość wydzielonego ciepła na przewodniku;

W- praca;

M - masa;

c- ciepło właściwe (cecha charakterystyczna danej substancji);

T- zmiana temperatury

### Sprawność urządzeń elektrycznych.

Sprawność urządzenia elektrycznego:

$$\eta = \frac{P_z}{P} \cdot 100\%$$

Oznaczenia:

$\eta$  - sprawność urządzenia elektrycznego;

$P_z$  - moc zużyta do pracy przez urządzenie;

$P_p$  - moc pobrana przez urządzenie

Praca Prądu elektrycznego stałego.

Praca:

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



Cztowiek- najlepsza inwestycja

**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;

Człowiek - najlepsza inwestycja

## Sita elektromotoryczna ogniwa.

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

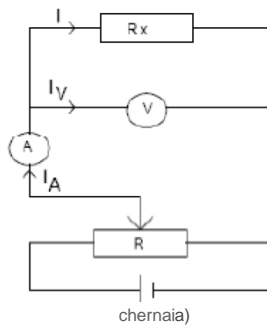
$$E = \frac{W}{Q} \quad [V]$$

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

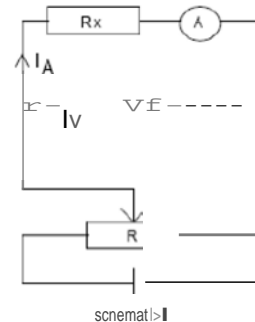
### Oznaczenia:

W - praca;

e - sita elektromotoryczna ogniwa; Q - ładunek jednostkowy



Schema! a) stosuje się, gdy  $R_{w}$  jest dużo mniejsza od oporności  $R_x$ .  
b) stosuje się, gdy  $R_{w}$  jest dużo większa od oporności  $R_x$ .



## Człowiek- najlepsza inwestycja

Ogólnie schemat a) jest odpowiedni dla małych oporności  $R_x$ ,... układu b) dla dużych oporności  $R_x$ .

Dla schematu a) można zapisać następujące wzory:

$$I_A = I_y + I$$

$$U_y = I_y R_y$$

$$U_y =$$

gdzie  $I_A$  - natężenie prądu przepływającego przez amperomierz,

$I_y$  - natężenie prądu przepływającego przez woltomierz,

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

$U_y$  - napięcie mierzone przez woltomierz.

$R_y$  - opór wewnętrzny woltomierza,

stąd otrzymujemy

$$R_x = U_y / (I_A - U_y/R_y) \quad (1)$$

Dla schematu b):

$$I = I_A + I_y$$

$$U_y = I_y R_y$$

$$U_y = I_A R_A + I_A R_x$$

- Wybrać układ pomiarowy w zależności od wartości oporności wewnętrznej mierników (zwykle a).
- Połączyć układ według schematu tu. Włączyć źródło napięcia dopiero po sprawdzeniu połączeń przez prowadzącego ćwiczenie.
- 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, aby wychylenie wskazówek mierników analogowych wypadło w drugiej potęgowej skali. Dla mierników cyfrowych napięcie zmieniać co 1 V od 0 do 10 V. Nie należy zmieniać zakresu mierników.
- Zanotować klasy, zakresy i oporność wewnętrznych mierników analogowych a dla cyfrowych dokładność przyrządu, liczby cyfr i rozdzielczość.
- Zanotować również wartość wskazanego oporu  $R_x$ .

## Cztowiek- najlepsza inwestycja

7. Zaznaczyć błąd bezwzględny i ułamek w wykreście.

Dla mierników analogowych niepewność pomiarową bezwzględną obliczamy jak poniżej :

Niepewność pomiarową bezwzględną natężenia i napięcia obliczamy korzystając z klasy i zakresu odpowiednich mierników, np.

$$\Delta I, U = \text{klasa} \cdot \text{zakres} / 100$$

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

odpowiadała wychyleniu wskazówki przynajmniej 2/3 zakresu.

Dla mierników cyfrowych niepewność pomiarową bezwzględną obliczamy jak poniżej :

Bezwzględna niepewność podstawowa jest sumą dwóch składników  $\Delta I = \Delta I_1 + \Delta I_2$ ,

Gdzie  $\Delta I_1 = \pm a\% \cdot X$  ( $a\%$  - dokładność przyrządu zwykle równa 0,1%,  $X$  - wynik pomiaru)

$\Delta I_2 = \pm n / J \cdot r$  ( $n$  - liczba cyfr miernika np. 4,  $J \cdot r$  - rozdzielczość czyli najmniejsza zmiana wielkości mierzonych)

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

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

Prostokąt budów :

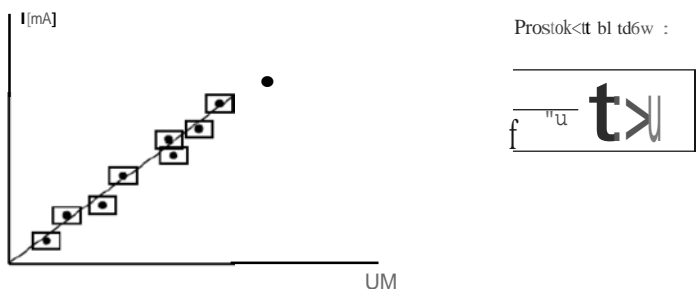
Korzystając z wykresu można również wyznaczyć opór  $R_x$ .  $R_x = \text{ctg} \alpha$

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

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

## Cztowiek- najlepsza inwestycja

Przypomnij sobie, że prawo Ohma jest spełnione, jeżeli można przeprowadzić linię prostą przechodzącą przez wszystkie punkty pomiarowe. Liczba punktów pomiarowych powinna być taka sama nad i pod osią.



Korzystając z wykresu można wyznaczyć opór  $R_x$  z wykorzystaniem prawa Ohma:  $R_x = U/I$

(ponieważ  $\tan \alpha = U/I$ , gdzie  $\alpha$  - kąt nachylenia prostej).

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

### Przykładowe pomiary:

	Klasa	Zakres	Błąd bezwzględny	Opór wewnętrzny
Woltomierz	1,5	6V	0,09V	10kΩ
Ampemierz		250 mA	2,5mA	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 znacząco różni się od dokładnego woltomierza?
3. Schematy 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?

Człowiek – najlepsza inwestycja

## Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

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

### Ćwiczenie 2:

#### **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 rozplywu 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 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;



## Człowiek- najlepsza inwestycja

- mae prądu przemiennego;
- poj cie oporu biernego (pojemnościowego),zawada obwodu,
- diagramy wektorowe dal obwod6w prądu przemiennego.

Lista niezbdnych przedmiot6w i materiat6w:

Czctsc praktyczna:

Przyrz<,dy:

Woltomierz, amperomierz, zródlo pr<,du przemiennego-miernik uniwersalny analogowy, multimetr cyfrowy.

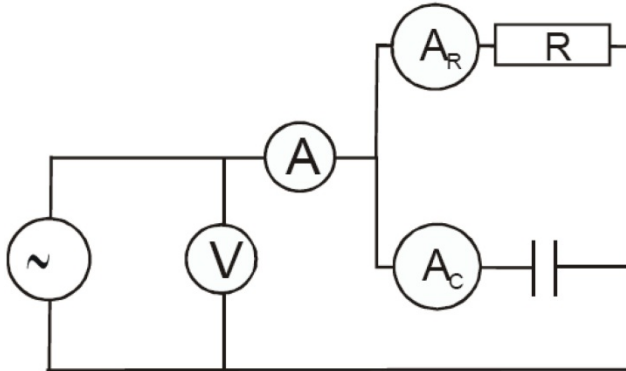
Uwaga:

Wartosc napictcia zasilaj<,cego dobrac tak, aby wskazania przyrztt6w byly zblizone do maksymalnych wartosci dobranego zakresu pomiarowego.

### Cztowiek- najlepsza inwestycja

W czasie pomiarów zwrócić szczególną uwagę 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 z wzorów:

Człowiek- najlepsza inwestycja

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

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

$$C = \frac{1}{2I_r \cdot f \cdot X_c} \text{ - pojemność kondensatora}$$

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

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

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

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

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

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

$$\sin(\varphi) = \frac{I_c}{I} = \frac{B_e}{y}$$

$$\cos(\varphi) = \frac{I}{I} = \frac{G}{y}$$

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

Wnioski:

### Cwiczenie 3:

#### **BADANIE SZEREGOWEGO OBWODU Z ELEMENTAMI R,C**

*Cel ćwiczenia, krótki jego opis:*

Poznanie własności obwodu szeregowego zawierającego R,C.

*Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:*

Sredni:

#### **Wiadomości teoretyczne: -**

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

- *Drugie prawo Kirchhoffa* ma postać  $\sum U_k = 0$  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 źródła 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.

## Człowiek - najlepsza inwestycja

Czas praktyczna:

Przyrządy:

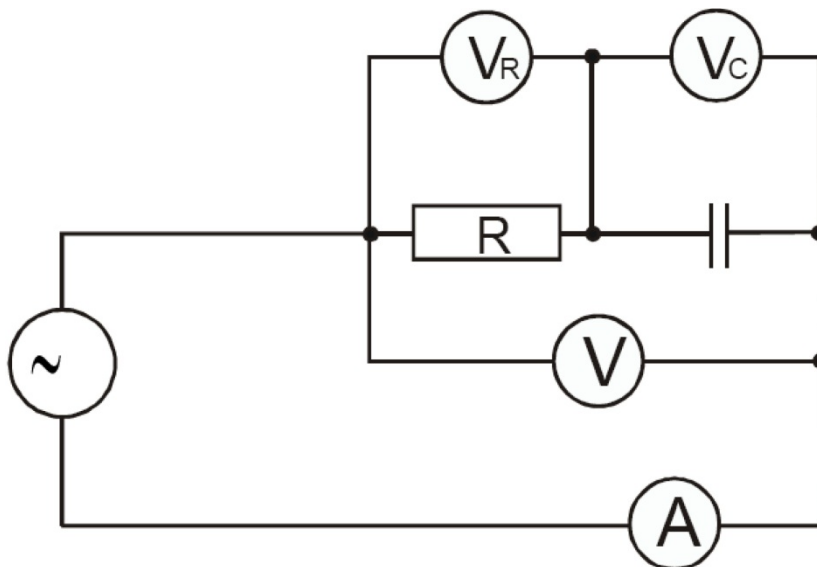
Woltomierz, amperomierz, źródło prądu przemiennego – miernik uniwersalny analogowy, multimetr cyfrowy.

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 dołączenia woltomierza. Zaczep przyrządu oznaczony „+” powinien być połączony z punktem obwodu o wyższym potencjale.

Zestawić układ pomiarowy według schematu:



Człowiek- najlepsza inwestycja

Pomiary i obliczenia.

POMIARY					
	I	U	UR	Uc	f
L.p.	A	V	V	V	Hz
1					
2					
3					

Pomiary należy dokonać trzykrotnie.

W ćwiczeniu z elementami R,C wykonaj trzy pomiary:

- dla danych wartości R i C
- gdy R zmniejszymy o połowę C bez zmian
- gdy C zmniejszymy o połowę 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:

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

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

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

Człowiek – najlepsza inwestycja

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

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

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

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

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

6. Oblicz wielkości:

$X_C$  - reaktancja pojemnościowa



KAPITAŁ UDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SP6JNOSCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOLECZNY



Cztowiek- najlepsza inwestycja

Tabela z obliczeniami.

OBLICZENIA							
L.p.	R	Xc	C	coscp	<p	P	Q
	n	o	j-F	----	o	W	V-Ar
1							
2							
3							

Potencjalne zagrozenia, zasady BHP:

Uczniowi nie wolno wl4czac do zr6dla zasilania zmontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadz4cego zaj cia!



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

Projekt wspofinansowany jest ze srodkow llnii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Spolecznego





## Człowiek- najlepsza inwestycja

### Cwiczenie 4:

## OSCYSKOP

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

### BR(GRAM CWICZE\IA

I. Zapn1na- i; 7 ro/J..la .lcm na I'puj:t<:)eli f...Ulator'\'. pr1cl, tnih-\ i gnia1d mt plycil.  
z lo\vcj o- )lo.hopu.

- Bl k odeh) lania 1 iun "cgl (VERTICAL)
- Bloh odchlania 1 ziomcgo (HORIZONTAL)
- Bl k Il j llahmia (TRIGGER)

II. Podt(CF.) t. gcnllrmora dl cjscia \*!II .ycnal 'inu, idlln) o cl.SIOIi\o'ci oh.I hi-It..  
ampliludzie k. 2 V z nie1l i•ktt d l<latni4 -kldowq:Jalit

1. Uz-ska- na ckr:lllic o ')losl-opu "tJbiIn) obraz dIHkh .i.rcsOII. Zan 10 lac ustmicnia  
w.zysiki- h rcgulmor\1 i prLclq zniko> l\micn il II)Ch 11 plmkcie L \*  
pra\ldzie reg ltlit ej Ja l-r:\ i i O>ir "ci. l bra' \-arull-.i pi mahe i p17 'y)M IHIC przcbi  
-g (\ flit)padku braku brazu v1 L. 1) -o C)I h p (.i !)

2. Uslal i .pu •I l'lik 11 t ru L. bupra-yo J-h) lani11 pion0II go na 'HI. a llll'lpnic lla

tcu l,anal u:

- a) ,ptdvd.t.i- możliwość regulacji (i jej 'll:ldy CLulosci .k kow j i pi)nn  
\\Ltno .-tll ia La dchylania pionowego oraz 'cntu ln jej mn 2nil i (.10, L. x1  
itp.)
- b) Ustawić mnożniki na x1, wyłączyć regulację płynną a sk ko \* u.r,wi- tak ab  
badany przebieg mieścił się na ekranie.
- c) Ustawić przełącznik wyboru sprzężenia sygnału wejści "ego zc \\zmacna III  
odchylania pionowego w pozycję GND i regulatorem potozenia przebiegu II  
kierunku pionowym ustawić poziomą linię na najbliższą pełną działkę (w  
przypadku braku obrazu ustawić tryb wyzwiania 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) Pomiaru amplitudy i składowej stałej powtórzyć dla kilku różnych ustawień tych  
parametrów na generatorze.

"'. I rzy .prz Z niu 'u mw i' l rzcbi gw .r dk:O\ cj cz S i kr.nu \* ri nic) raz.:

- a) -'pId dzi' couJa 9 i j j ti kty) l dsta\ .. za. u r ulo vancj i id!. j (J1-nncj)



**Człowiek - najlepsza inwestycja**

- b) Ustawić mierniki na xL i L<sub>z</sub> - regulację pinna re ul. j - sk J. \, u. k wic tak ab na kranic \* id zn, b ||prz najmnicj den kr .  
kona - 1 miaru krc.u - cnału (pfZ) d zy i \_korzy.Ia- z r e.u|k r ra pol zienia 1 rz li e.u \ kicrunku p zi m,m) din 1:ilku rozn h ' at S cz \_totli''o.' u- t\ ian ch na acn ralarz (b. mal - .b. duz j i 0: r dnich .
4. Przy 1 o: r dnicy z \* t tli'' i syonału badancoo. t)bi pra) dcltylania pion w g - H1, ;:J)r:c7.cni u- i\ . t)bi '' )t., alania-. UT) i i. ' die w\_ ,, alal ia- ' HI:
- a) - p, \, d z i c r ow Jac; t; (i j j ,; f kt) p t i i i i u \ \ Z \ a J a n i a ( \_ \ H C k i c l m a g, n a p z < I k obrazu sygnału na ekranie).
- b) Przy stabilnym obrazie sprawdzić działanie przelącznik za wyzwalają
- c) Przy stabilnym obr.z.ic prLdftCL) - II) b W) L \* al: 11 fia na pon \ ilic b\_ c r \ 0 \ a - o d a j r c ! ! u l a j a p z i m m '' Z \ a l a n i o .
- d) p m y, d z i ' \ p t) w L L t a w i n i. , u l a 1 0 r z u l i ' z m n i a z a d h) l a n i a 1 i o n o w g n r e a u l a j p o z i o m u \ \_ ' a l a n i a  
Prz .: t a l i l n m o b r a z i c. w t r) b i ' ) w a l a n i a I I T ( a n a. t p n i R M) z m i c n i c z r 6 d l o w y Z \ U H J l i a. O r i s a . c o . i d z i e j c i d l a c c 0 .
- t Przy n i c. t a b i l n) m o l r a z i c. '' t r y b i w) z " a l a n i a U T C z m i n i a - p l y n n i c r o u l a c 1 d. t a w - c z a 5 u. ' z) J l f Z) p m y t g o r k r r l a. i . r m o z l i w u z) s k a n i t a b i l n e g o I a z u - u ! a. a d n i . d p '' i d z.

**III. P II z\_ - dwa roznc - nal) dow \_i' ' III i '[12, na. r J)nic:**

1. Sprawdzić możliwość obserwacji raz jednego raz drugiego i obu na raz (wybór trybu pracy odchylenia pionowego)
2. Sprawdzić możliwość obserwacji jednego kanału przy wyzwalaniu z drugiego. Czy rodzaj sprzężenia ma wpływ na regulację poziomu wyzwalania?
3. W dwukanałowym (DUAL) trybie pracy odchylenia pionowego zaobserw " < \_ p r a ' trybie ATL i CHOP. Czy musimy zmieniać nastawy jasności czy też na. t: J w i o n c na początku wystarczająco dobrze nadają się do każdego pomiarów?
4. Sprawdzić jak działa oscyloskop w trybie X-Y

\_ Z b m ' n a b) ( \ \ i c d t: j o p i \_ a c p r z i t a l < i c z \* i i c i d z i a l a n i k a t d g o t: p o z n a n y c h c l e m e n t O W r . : a u l a j j n) h s y l \_ k u m z p d i a - p o b y p - ) k l a d y) i h \ y k r z i a n i n p p r a a w t b i c A L T n a d a j c . i \ 1 6 '' n i c d o l a d a n i a J) r z c b i o - w o d u Z) h z \_ o t l i w o . i c i a c h l u b r y b U T O u r n o . t: l i w i a e . > b k q \_ o r i e n t a c j ; c o d o p o l o z n i a '' p i n i ) i i . t n i c n i a s y o n a l u . i t p \_



KAPITAŁ UDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SP6JNOSCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOIECZNY



- *dlugojalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkolach w celu rozwijania podstawowych*



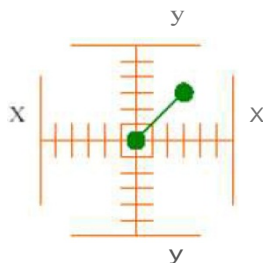
*kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczni6w*

Projekt wsp6finansowany jest ze srodk6w Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Spoiecznego

## Człowiek - najlepsza inwestycja

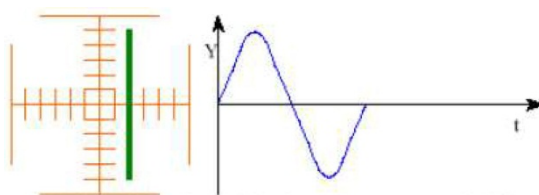
... obrazu na ekranie, czyli kopli i prz) bliżyc i i j go działanie. ... ic zawarto tuttonnoln)ch opb011 hi ll. ... funkcj Halnych ani clen enal(l reguhiC)jll)Ch. ... jedvni - ... sp' 6h n al.symalni : hra/:011) przed,tawiono l.tl-jnc krol.i porzqdu.i!J.CC (0C\i.u to! rotulllO)Hlnia prt.y ucL-nfu .lli L.asad;. dLialania o-ylo.kopu. L-ktura niuicj z oo opracowauia lllt.h: tano11Cjc lync 11:ot-p. l-to! "':Itt prt.c kcdLc pw:d prL) Lqpi-nit:m d ba. It.iftlrmtdn) -h upr.C(l)l m'L

)brat. na c:l-r:mie osylo>l-opu kr:Hon jt prAL plaml- -S\lcthlq. PtlL)Cja. w l.tcin:j plamJ..a ta ,j LllHjlljc ol..r-lona jcl poprt.a nat icie pr)lozonc d pl)tCk odchlanin pozi m-go.\' i t dchylanin pi n w go r M Zla w) brazi' - bic.zc prz) napi ciu r'1\l)fl zeru na pl)lknch X i Y. plamka znajduj sic dokloclnic " srodku ckranu runomiast jaki-koiil i:k nap1 --k innc lxl lm 1 rzcz:uwa plamk - " krccl lm: mi i\$e- (r)s l. . loz-my .tatcm 'P 1rL C na ckran jak na b-ro t k Lj)' ukklad 1r' l otz-du cfl XY.



R. I P loicm 11, mk1 S\ 1etln " :alezn d prt.l n o n. plytli .\t r nnp t m . t, lego

Istotną sprawą jest tutaj fakt, że plamka po zmianie pozycji pozostawia po . bi ślad r dynie 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 płytce X przyłożymy stałe napięcie a na płytce 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.

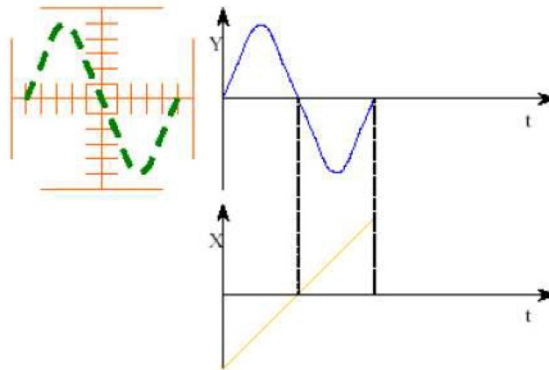


R) s. -- Położenie ( lamkl \1 clll)j " tale:Zno i od przylo.t nc\_o na pi)kl r lllll Jecra /Jlll mll £0 \\\ czasie

... ro \ i, cl m jak trZ) mac ci ll.) obraz, wi m Zl4 by zastanowić się jak należyysterować obic par plyt k aby m- bcj hc6 braz napi ia zmieniającego się w czasie np. tego które potrz dni prl. lozyli my n, pltki Y.

Człowiek- najlepsza inwestycja

Nie jest trudne. nlicZ) jcdynic zauWUL)C. /.' braz z 1")... 2. mu:i b · roL iq(ou)' l1  
1 Li mi 11 tak i 1 o: b b) p Lioma os blazu d10l1iadała osi 'Lasu. W be u:go napi, ic  
na. p)1kach X mtc.i Lmi niac i. pr porcj na11i do cubu tak ab) dpo"i :dni od hylac  
plamk' " p Li mi · d l11ej d prall j -trony. . ytuacj · lrt brazuj' r - 3.

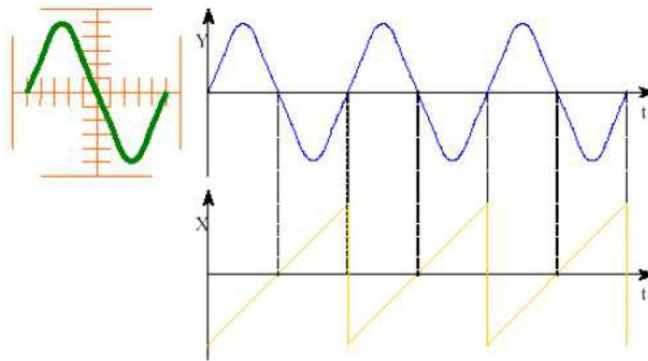


Rys. 3. P w.tnwnnł zunil,aillcego oiJmzu prLcb! gu nnpucHlprzb7on go m ptyłi 1'

.lak juz Dczesnicj w. pomni lism). o!lra? raki nic b lziec \_i1117.)111Y\\al <tgL. je li nic  
b dz.ie d.\1ic7<111). latcg 111 Lna W}k rzysmc okrc "o: badancgo l rz.ebicgu ( y) i

.la!.. \_jul. IIC/C ni j 'IX)mniclbrn). ubnv tal.i uic h d/i"it: ut ;ryll)llal -it·d ·. jdl i uic  
L:d/1 \* od ;hli :?an). Dlat 'co mo/ua 11) k r:tyrsa' ol..rcs 11\OS+ ba :mc>

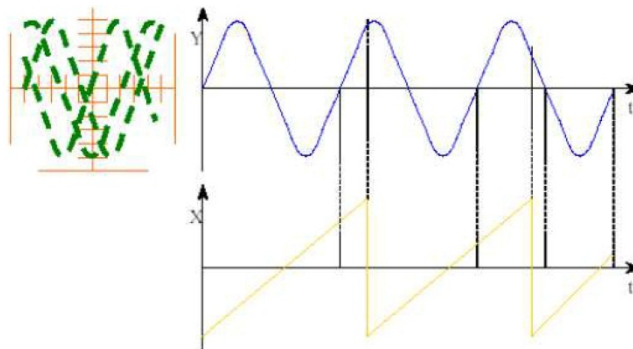
zbiegu (1  
rowuicŁ okrc. 11 p 1\1\W1' .C"\\CIC1; napi.-ia 111 f)lka h .\'. PL (X)111fX)Wr ( 11lam1.i \\  
1 /i mic de 11 1\*11cj "r,111 ·dt i mu i bC ui 11ido 111) i OPL)11i 'ci.: jal.. 11aj t!b't).  
trLymali\$11f" ten po 6b .t:11 obruz prtcbic!lu 'ta11O\\C"o ry.. 4. . a 1 L[L;ad.de obrat  
jclnc o okr"u tc2o prt.:bicou. i okrcslilim) !>n'lic k ztalt napi'cia jal.1 - ju01 inno bC  
prt.)k L:onc d pi t'k X.



R)-L P "' wani · f;llegu ohntlu prz · bicgu napi, ia prL)lo:lon g na pi}tki Y

## Cztowiek- najlepsza inwestycja

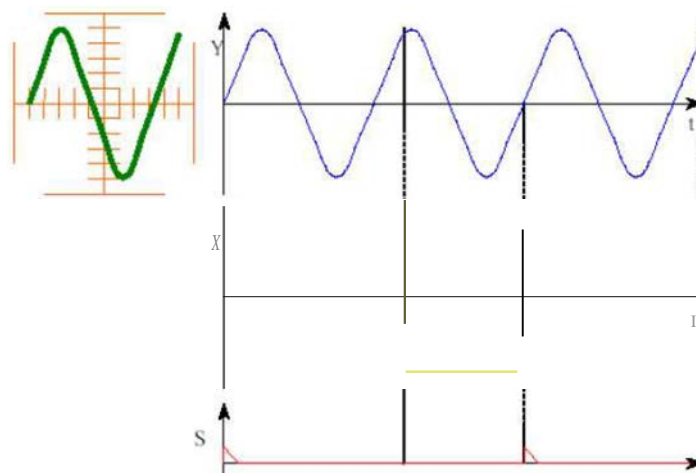
Zal'L:my tllraz, Zf: hccmni.: n< d. ,ni ni ' ir:ccj nizj I n okrcs.  
Roz\|<t.ani.:j- I banaInc. 'tarcz) t.\|i bzy kr.:prz bi'gu na pl)tka h X. W LaadJ ;;  
tak. al mozc to doprowad7ic d S)tuacji. '\* J.t6r .i k lcjn) fra!!mcnt h•'loncgJ pr7, bicgu (I  
nic bo;lzi rozp L)naI si d t o .am•g lliCJ:..a. 'a kr'ani' pojawi i• ''ted). zami:l!t  
j•dncgo przebi•nu. kilka lub zna znit: wi-j) p z:biego'' mniio.i'- j intcnS)1\|lOsci c  
prze l 13\|ia I)•. ". rzyman\_ obraz d:z.ic nic tablny.



R) > .> Po\| m''anic niecstibilnc\|O ubratu p t:biegu nupiccia prt) lo:i'oncg na t\|t.i I'

by w analizowanej sytuacji otrzymano stabilny obraz musimy pewnie sytuację, w której każdy kreslonogramem rozpoznać sytuację; odłaki go mijając (punktu czasowego) w określonych punktach spowoduj pokazać się; w wszystkich fragmentach. Wobec tego należy nieco zmodyfikować obie przebiegi na płatkach X, tak jak poniżej. Jest to na  $r_1$ . Dla ułatwienia zainicjujemy zaliczyć poprz. i impuls, miejsca w których możemy zobaczyć sytuację; krótkie kolejne fragmenty bez zbawiających (nie)nie stabilny obraz.

Wolno teraz; wysnuć pewien wniosek. mi mówicie po to aby otrzymać stabilny obraz na ekranie oscyloskopu musimy zapewnić aby przebiegi na płatkach X synchronizowały się w



R- 6. Pu'•' Ia\|nnc swiJiluc\|O obmzu p t:biegu l t t p i z ia p r l) I i. oncg na p i) tki Y  
- yn •hr nit.O\|ancgo impul. ami



## Cztowiek- najlepsza inwestycja

### PELNIEJSZA INFORMACJA O OSCYLOSKOPIE

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.

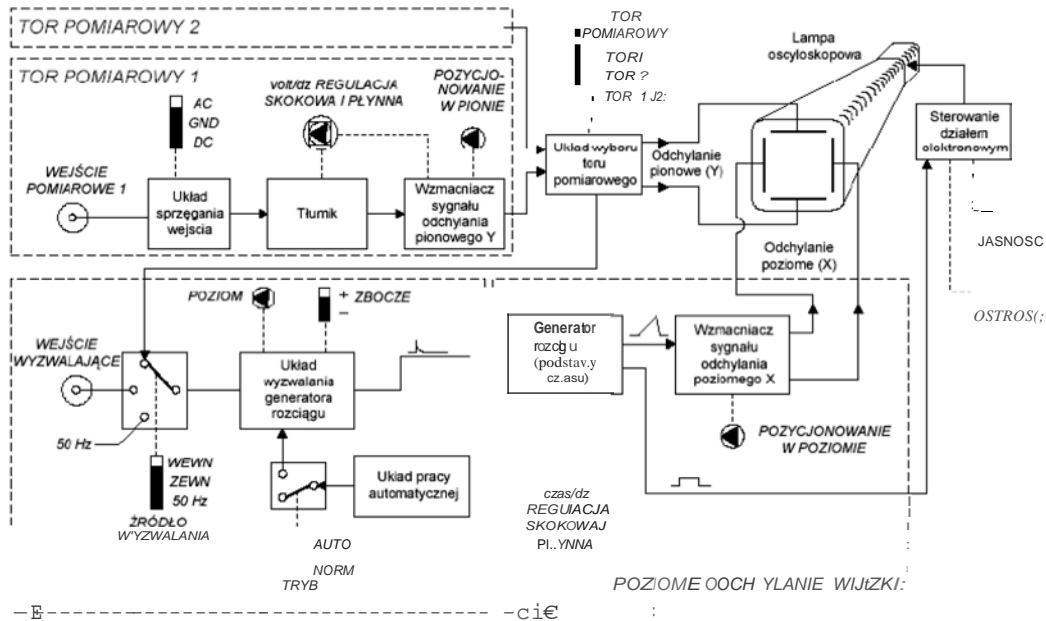
#### Lampa oscyloskopowa

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.





## Cztowiek- najlepsza inwestycja



Rys. 1. Blokowy schemat oscyloskopu z 7J11. Trzecie podstawowe funkcje i sterowanie Ch demontilw rt-slag1ch

Dla uzyskania dwuwymiarowego obrazu, potrzebne są dwa układy sterujące 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 wyzwaniem podstawy czasu. Często w drugim zestawie samo wyzwianie podstawy czasu ujęte jest jako osobny zestaw regulatorów (przełączników) wyzwiania podstawy czasu (**TRIGGER**).

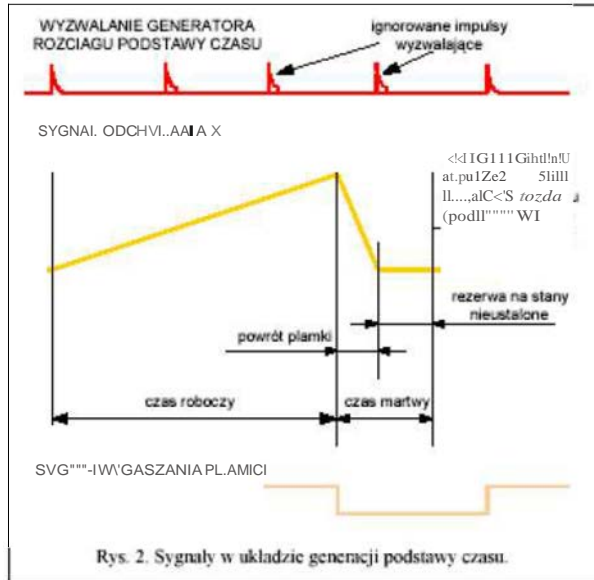
### Poziom ruch plamki świetlnej w czasie

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 wyzwającego na wejściu generatora rozciagu, 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-





Cztowiek- najlepsza inwestycja



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

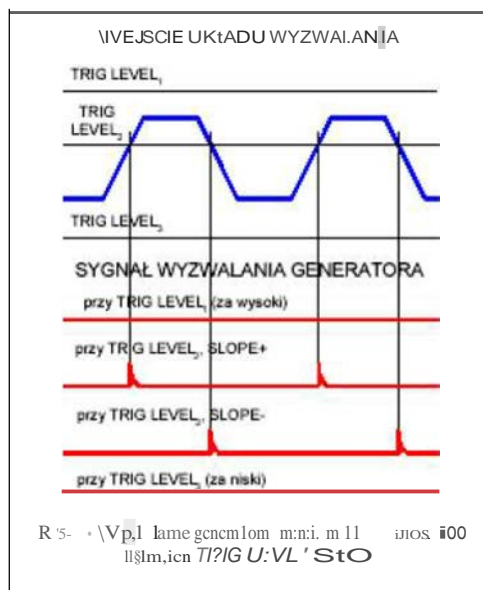
przełącznik wielopozycyjny rozciągu poziomego **CZAS/DZ (TIME/DIV)** regulujący częstotliwość drgań generatora podstawy czasu. Skala opisująca ten przełącznik określa ile sekund (milisekund, mikrosekund) potrzeba aby plamka świetlna przemieściła się w poziomie na odległość równą pojedynczej działce (kratce) 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)**.



Cztowiek- najlepsza inwestycja

pokrętko lub przełącznik, decydują o tym czy praca odbywa się z czasem kalibrowanym czy też z nie kalibrowanym. Jeżeli czas jest kalibrowany (zerowe położenie pokrętkła 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 pokrętkła) 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* (premara 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 wt. 10MHz) przy wyzwalaniu 1mz.n m należy wybrać odpowiadający sygnał " wyzwalający

**CH1, CH2, ...)** w trybie **EXT** m. mef \*...yz,alanra b;lkq zd erm1110wnne wlnsnoo tam! zewn rz.negns ign lu pod wane, th wt=J!CIE WYZWALAJ-ACE (EXT TRIG IN) o \*I .kop \_ \ res.z.cle w wtrwniu UNE mom nt. i z.Jmua b dq zdi'termjn ll ne przez il, n synnaJu tec1 zaiidq<el :!20V OHZ.

## Cztowiek- najlepsza inwestycja

Przełącznik **ŹRÓDŁO W YZWA..ANIA** (*TRIGGER SOURCE*) p 2 M1a wybrać sygnał, którego własności zadecydują o momentach generowania impulsów wyzwalających. Sam moment wyzwalania jest zdeterminowany pozycją przełącznika **ZBOCZE** (*SLOPE*) oraz pokrętką **POZIOM** (*TRIGGER LEVEL*). Pokrętło **POZIOM** decyduje przez jaki poziom musi przejść sygnał wyzwalający aby nastąpiła generacja impulsu wyzwalającego. 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 wyzwalania obrazuje rys. 3. Odpowiedni dla danego pomiaru wybór sygnału wyzwalającego oraz ustalenie zbocza wyzwalającego i poziomu wyzwalania są warunkami uzyskania stabilne o obrazu **▼** pomiarach oscyloskopowych sygnałów powtarzalnych. Jeżeli poziom wyzwalania (*TRIGGEER LEVEL*) jest zbyt wysoki lub zbyt niski w stosunku do zakresu zmienności sygnału wyzwalającego to w trybie **NORM** nie następuje generacja impulsów wyzwalających (rys. 3) i nie pojawia się obraz na ekranie oscyloskopu. W trybie **AUTO** układ pracy automatycznej generuje impulsy wyzwalające, dzięki czemu otrzymuje się obraz na ekranie niezależnie od parametrów sygnału, ale obraz może być niestabilny.

## Cztowiek- najlepsza inwestycja

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 **X1X5** 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).

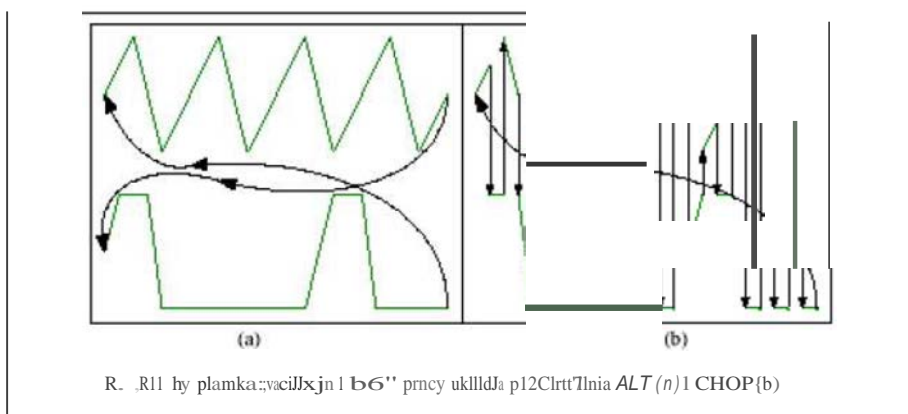
## Człowiek- najlepsza inwestycja

Przy obserwacji przebiegów, rejestrowany sygnał zmienny w czasie jest podawany na płytce odchyłania 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 odchyłania 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 odchyłania 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 **VOLTS/DIV (VOLTS/DIV)**, określanymi 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 pokrętko potencjometru, z reguły zamocowane na wspólnej osi pozwalające płynnie zmieniać wartość napięcia odpowiadającą pojedynczej działce (kratce) pionowej ekranu. Położenie tego pokrętki decyduje czy jest kalibrowana czy nie oś odchyłania pionowego. Jeżeli oś jest kalibrowana (zerowe położenie pokrętki) to jednej działce pionowej ekranu odpowiada wartość mierzonego napięcia ustawiona na przełączniku rozciągu pionowego (**VOLTS/DIV**) i można oceniać parametry napięciowe rejestrowanego przebiegu. Jeżeli oś Y nie jest kalibrowana (niezerowe położenie pokrętki) 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 położenia 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

## Człowiek- najlepsza inwestycja

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 przełączany (*ALT*) oznacza, że odchylenie w kierunku poziomym (podstawy czasu) jest przełączane co cykl z jednego kanału do drugiego. W trybie siekanym, w ramach jednego poziomego przejścia plamki przez ekran sterowanie jest przełączane z dużą częstotliwością pomiędzy torami pomiarowymi 1 i 2. Tryb pracy układu przełączania jest wybierany odpowiednim przełącznikiem na płycie czołowej oscyloskopu (*ALT/CHOP*) lub może być związany z położeniem przełącznika rozciągu poziomego i zdeterminowany przez wybór częstotliwości podstawy czasu. Jeżeli wybór trybu pracy układu przełączania dokonywany jest niezależnym przełącznikiem płyty czołowej to zaleca się wybór pracy w trybie siekanym dla sygnałów o małej częstotliwości (nastawy przełącznika rozciągu poziomego na wartości powyżej 10 ms/div), a wybór pracy w trybie przełączanym dla sygnałów o dużej częstotliwości (nastawy przełącznika 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 dołączyanych do wejść pomiarowych.

## Cztowiek- najlepsza inwestycja

### Rodzaje oscyloskopow

Proouk ""n obe nie "oscyloskop" m ma podz:ielic na cztel)' (' mi nione d\ niz,j) rup

#### 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 upł em c u, lub jednej wielkości w funkcji drugiej wielkości.

Do podstawowych pomiarowych parametrów os losk p ,nalo o ve o n let.T

- pasmo częstotliwości oscyloskopu

wsp6l z nnik odchylenia ton\*

"p6l nnik cza.u

liczba torów wejściowych

parameJ\_ lantp osc loskopov. j

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 przełącznika elektronicznego, który przełącza lampę oscyloskopową między przebiegami torów. Rejestracja pojedynczych przebiegów,

(wyzwalanych jednorazow) j t m zliv. na oscyloskopie analogowym jed nie prz zastosowaniu dodatkowego wypo azenia, np. przeżonego aparatu fotograficznego.

#### Oscyloskopy analogowe z lampq\_ pami tajqcc\_

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 — 118 ekranie przez co ułatwia obserwację pojedynczych przebiegów. Podstawowe p. mmelry takiej lampy to:

rodzaj pami ci: bistabilna lub o zmiem m czasie poswiaty;

cz, parru tani ;

z bkooc wnma \* raiona w cm/ps;

#### 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:





## Cwiczenie 5

### BADANIE CHARAKTERYSTYKI DIODY

#### *Cel ćwiczenia*

Celem wykonanego ćwiczenia było zapoznanie się z różnymi rodzajami diod przewodnikowych takimi jak diody: p-n, townicita klnlnw. dindo d'lekcyjna germanowa. dioda swi cca LE1ordZ dioda tenera.

Celem ćwiczenia było również wyznaczenie charakterystyk prądowo-napięciowych, wyznaczenie napięcia przebicia (dla diody zenera).

#### *Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:*

##### Sredni:

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.

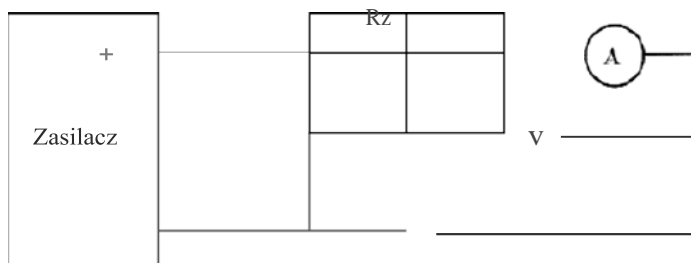
Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów: diody prostownicze, Zenera luminescencyjne

Zasilacz regulowany, amperomierz, woltomierz, oporniki, przewody.

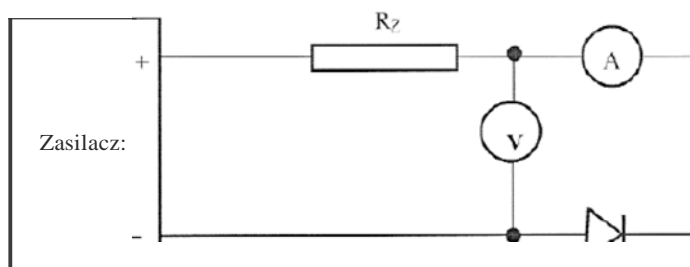
Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Zestawić następujący schemat pomiarowy:

a)



b)



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

2. Wt&czyc zasilacz i zwi&kszaj&c napi&e cook. 10 mV rejestrowac wskazania obu multimetr&w. Uwaga: Regulacji napi&ia dokonuje si&iil przy pomocy przycisk&w oznaczonych symbolami ft. .i. i ZERO. Naciskanie przycisku 1|zwi&ksza napi&e na wyj&sciu zasilacza, przycisk .i. obni&la napi&QCie, nocisni&cie przycisku ZERO zem&je napi&ie wyj&sciowe.

UWAGA!

NIE PRZEKRACZAC WARTOSCI PR&tdU 100 mA (dla diody LED 30 mA)

3. Jezeli badanf&tdiodf&t&tdjest dioda Zenera konieczne jest r&wniez wyznaczenie charakterystyki zaporowej. W tym celu nale&ty wyhw&zyc zasilacz, zmienic polaryz&ac&tdacisk&w diody i powt&rczyc czynnoki opisane w punkcie 2 i 3.
4. Powt&rczyc pomiar wg. punkt&w 2-4 dla d!Ugiej badanej diody.
5. Wyniki pomiar&w zapisac w tabeli.

## Człowiek - najlepsza inwestycja

### WERSJA A (dopasowanie równania liniowego)

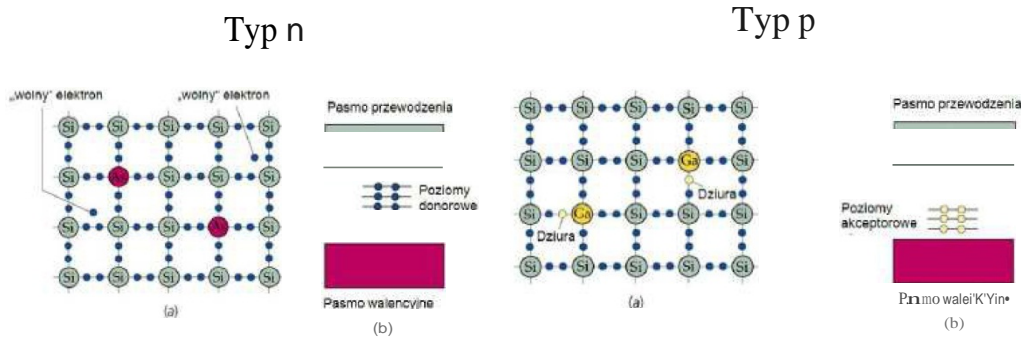
1. Wykreslic na plpietzie milimetrowym charakterystyki prądowo-napi ciowe badanych diod.
2. Przez punk ty charakterystyk ow pólrz  $I_{ch} = 60 \text{ mA}$ ,  $I_1 = 20 \text{ mA}$  (ella diody LED  $I_2 = 20 \text{ mA}$ ,  $I_1 = 5 \text{ mA}$ ) poprowadzic linipro t(!).
3. W punkcie ptzecia prostej z osi  $I$  napiia odczytac progowe napiie przewozenia  $U_0$ .
4. Odczytac z wykresu przedziat  $U = U_2 - U_1$  odpowindajij\_cy przedziatowi  $M = - \xi_1$  i obliczyc sredni opór dynamiczny diody  $R_0 = AU/t$ . I. Wru-to  $\xi$  oporu wymzic w  $Q$ .
5. Jezeli badano diodZenera zastosowac model liniowy równ iez ella zaporowej charakterystyki oznaczajac napiitteie progowe przez  $U_0$ .

### WERSJA B (dopasowanie rownania eksponencjalnego)

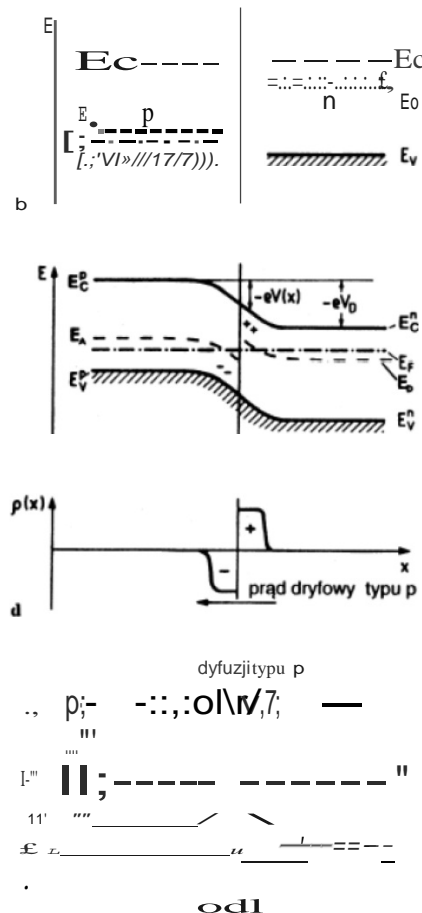
1. Przedstawic rta papierze milimel. rowym charakterystyki pra.dowo-napi iowe  $I = f(U)$  bada nych diod.
2. Wykreslic liniowe charakterystyki w póllogarytmicznym uklauzie wspólrz dnych  $\ln I = f(U)$ .
3. Dla kazdej z diod wyznac-Lyc z wykresu  $\ln I = f(U)$  wrtosci stalych  $I_0$  i  $q/kT$ .
4. Korzy tając z danych tablicowych  $I$  przyjmujil,c jako wartosc remperatuly  $T = 300K$  obliczyc teoretyczn<, wartosc stalej  $q/kT$  i porównac j<, z wyznaczon mi ella badanych diod wrtosciami dosw iadczal nymi.

**WSKAZOWKA:** zgodnie z równaniem 3 prosta doswiadczalna  $\ln I = f(U)$  przecin a os odcit ych w punkcie  $\ln I = \ln I_0$ . W pólczynnik kierunkowy prostej  $a = \ln I / \ln U$  jest równ y wartosci  $q/kT$ . Wartosci stal)rch  $\ln I_0$  i  $q/kT$  mozna uzyskac zarówno graficznie jak i numerycznq metodf\_ najmn.iejszych kwa.dratów. Sto owne po t powanie w obu wypad kach przedstawiono w instr. „Opracowanic i preczntncja wyn.ików porn.lar6w”.

Cztowiek- najlepsza inwestycja



Rys. 11. Graficzne przedstawienie półprzewodnika typu n i typu p

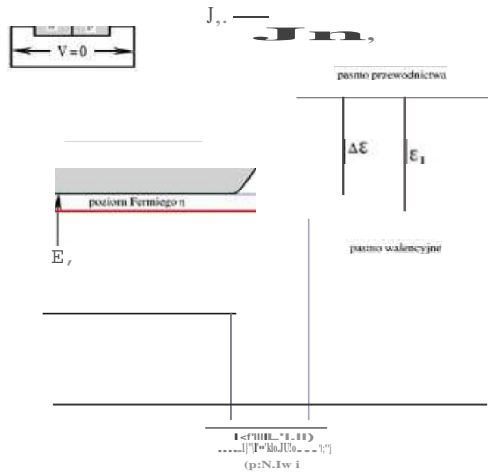


Rys. 12. Ut. Schematyczne P  
wienie złyza p-n w równowld•  
mody namianej: a) kryształ pOipc»  
wodnikowy domieszkowany il iedllij  
strony akceptorami (NA), a 11 dn Plj  
donorami (NO); b) schemat pumdl  
strony typu n i typu p w niereaJa.,  
przypadku kompletnego braku odd»  
lywania ze .aobu stron. EA i Eo  
oznaczałt stany podltawowe  
rów i donorów, E., jeet poziomem Fer-  
miego; c) schem&t pum ziii(:Za p,  
gdY obie strony 14 ze sobt w rciw-  
nowadze termodynamicznej, Zakłada  
si, Ze przejctie z domieulwwanisLypu  
n na typ p jest Olllrre. Poloieua lu-  
węzi pasm przewodnictwa i walen.  
cyjnego oznaczone 14 lymbolami  
i Ewewnlłtrz obezaru p oraz Ec iVv  
wewnątrz obezaru n. Vo jest napie-  
ciem dyfuzji. W obezarze zlllCU p-ll  
indukowane jest tzw. makropotencjal  
V(z); d) zlokalizowany ładunek p!W-  
strzenny p(x) w obszarze ziŹZ3 p-  
n, wytworzony przez zjonizowane  
mieezki; e) jakościowe pro6le konc-  
tracji akceptorów NA, donorów No,  
dziur p i elektronów n. Koncentracja  
samoistna no6ników wynosi flil, a >

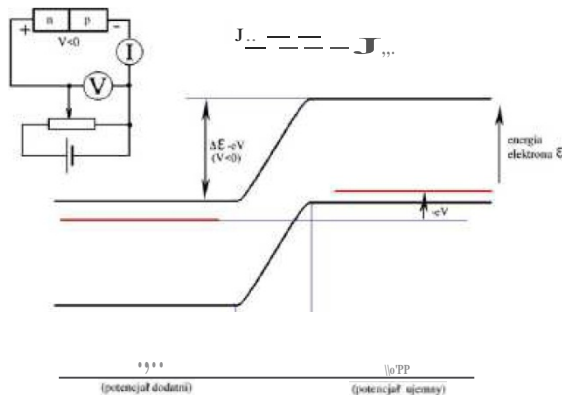
i Pn oznaczają koncentracje daiur ...  
wn!ll-rz obszarów od powiednio p i n (i  
lak samo dla np i nn)• Przedatawiono  
tutaj czcsto spotykany przypadek, sdy  
prawie wszystkie donory i akceptory i  
wewn<łtrz kryllztalu 8.ll zjonizowane

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

Cztowiek- najlepsza inwestycja

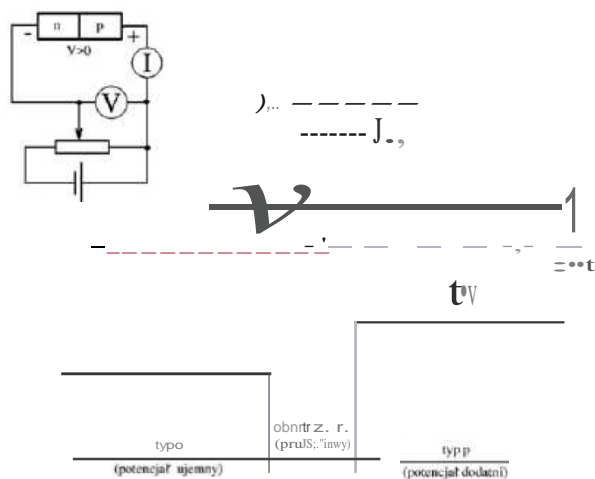


Złt\_cze p-n w r6 'l-nowadze termodynamicznej

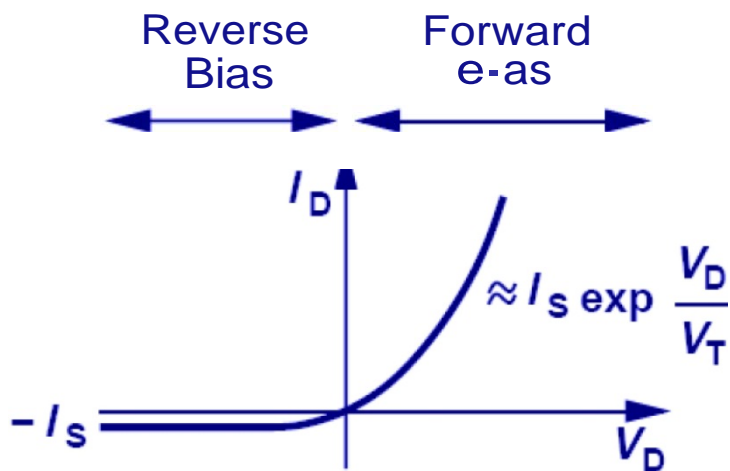


Złq12a p-u z pi'Zylotouym oapl'iem wst'czyom (zapot'O\\m)  $V < 0$ ,  
 \Vypadkow:→ p1-d elekii'Onony jest slabr i prawie niezalein:→ od \((P- d  
 dzlm- o"- je\*t rowuio:t cłaby i pt-nde ulezałduy od V.

Człowiek- najlepsza inwestycja



Złącze p-u z prądami napływu w kierunku przewodzenia



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

Człowiek – najlepsza inwestycja

## Równanie diody Idealnej

$$I_D = I_S \left( e^{V_D/V_T} - 1 \right)$$
$$I_S = A J_S = A q n_i^2 \left( \frac{D_n}{N_A L_n} + \frac{D_p}{N_D L_p} \right)$$



Człowiek – najlepsza inwestycja

$V_T$  – potencjał termiczny  $\sim 26$  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

Człowiek- najlepsza inwestycja

## LITERATURA

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

Człowiek- najlepsza inwestycja

## Cwiczenie 6:

### TRANZYSTOR BIPOLARNY

*Cel ćwiczenia, kr6tki }ego opis:*

Celem ćwiczeni;J jest zb;Jd;Jnie wt;Jsnosci i ch;Jr;Jkterystyk wzm;Jcni;JCZ;J tr;Jnzystorowego op;Jrtego n;J tr;Jnzystorze bipoi;Jnym w ukt;Jdzie wsp61nego emiter;J z wykorzyst;Jniem oscyloskopu i r6Znego typu miernik6w i innych przyrz<ld6w pomi;Jrowych.

*Lista niezbdnych przedmiot6w i materia/ow:*

Oscyloskop dwuk;Jn;Jtowy, gener;Jtor sinusoid;Jiny, plytk;J drukow;Jn;J ze wzm;Jcni;Jczem tr;Jnzystorowym, Z;Jsii;JCZ pr<ldu st;Jiego, mierniki cyfrowe, miernik v-640.

*Procedura przeprowadzenia ćwiczenia szacunkowy czas trwania:*

Wprowadzenie teoretyczne: Tranzystor bipolarny zwany też warstwowym, stanowi kombinacj dw6ch p61przewodnikowych zt czy  $p-n$ , wytworzonych w jednej p61przewodnika. Procesy zachodz ce w jednym zt czu oddziaujna drugie, a nosnikami l adunku elektrycznego s<l dziury i elektrony. Tranzystory bipolarne wykonywane s<l najcz sciej z krzemu, rzadziej z germanu. Ze wzgledu na kolejnosc utozenia warstw

## Człowiek- najlepsza inwestycja

Wprowadzenie teoretyczne: Tranzystor bipolarny zwany też warstwowym, stanowi kombinację dwóch półprzewodnikowych złącz  $p-n$ , wytworzonych w jednej płycie 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:

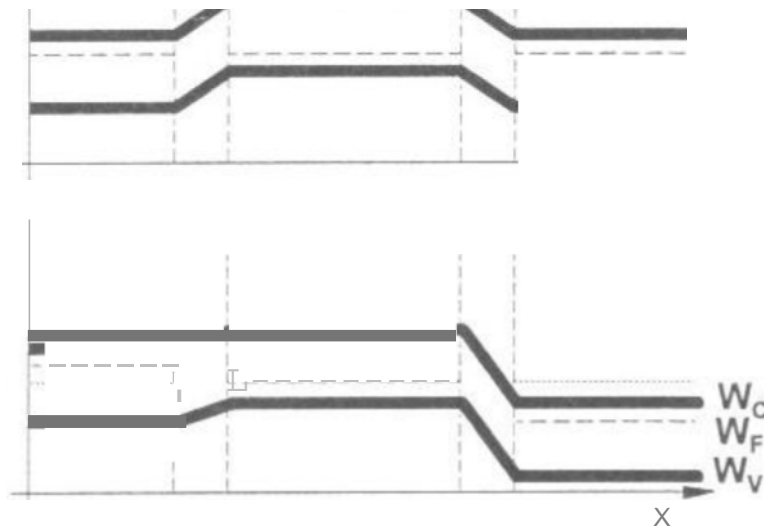
tranzystory  $p-n-p$

tranzystory  $n-p-n$

Tranzystor bipolarny składa się z trzech obszarów o przeciwnym typie przewodnictwa, co powoduje powstanie dwóch złącz  $p-n$  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. Wykres pasmowy niespolaryzowanej i spolaryzowanej struktury  $n-p-n$

## Człowiek- najlepsza inwestycja

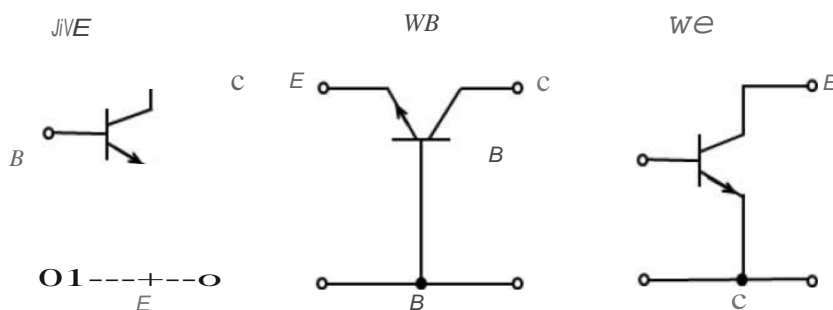
Układy pracy tranzystora.

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

układ ze wspólnym emiterem  $OE$  ( $WE$ ),

układ ze wspólną bazą  $OB$  ( $WB$ ),

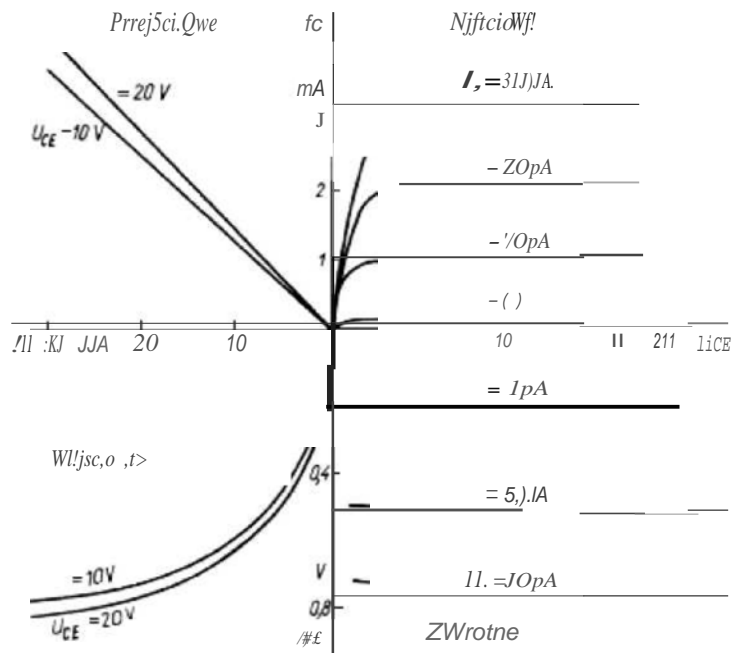
układ ze wspólnym kolektorem  $OC$  ( $WC$ ).



Rys.2. Podstawowe układy pracy tranzystora.



Człowiek- najlepsza inwestycja



Rys. 4. Podstawowe charakterystyki tranzystora bipolarnego

Stan pracy tranzystora i odpowiadająca im polaryzacja ztq\_cza

Stan tranzystora	Kierunki polaryzacji ztq_cz tranzystora	
	Ztq_cze Emiter -Baza	Ztq_cze Baza-Kolektor
zatkania	zaporowy	zaporowy



Cztowiek- najlepsza inwestycja

aktywny	przewodzenia	zaporowy
nasycenia	przewodzenia	przewodzenia
inwersyjny	zaporowy	przewodzenia

Schemat zast pczy hybrydowy.

Tranzystor traktujemy jako czwórnik i napi cie na wejściu i prąd wyjściowy tranzystora pracującego w układzie Of jest opisany nast pujco:

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

$$\frac{U_{BE}}{I_B}$$

- impedancja wejściowa przy zwartym wyjściu-

$$U_{CE} = 0$$

$$\frac{U_{BE}}{U_{CE}} \Big|_{I_B =}$$

- współczynnik przeno zenia w teczno go  
- przy rozwartym wejściu

$h_{11}$

$$\frac{I_C}{I_B} \Big|_{U_{CE} = 0}$$

- współczynnik przeno zenia prądowego  
- przy zwartym wyjściu-

$h_{12}$

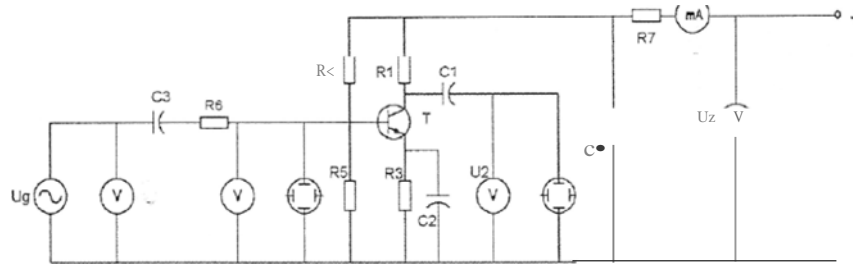
$$\frac{I_C}{U_{CE}} \Big|_{I_B = 0}$$

- admitancja wyjściowa przy rozwartym wejściu

Człowiek- najlepsza inwestycja

Przebieg Cwiczenia

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



Rys. 5. Schemat układu pomiarowego tranzystora bipolarnego

Określić położenie punktu pracy tranzystora, przy którym napięcie sygnału

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

Wykonać pomiary umożliwiające obliczenie  $h_{11}$  i  $h_{21}$  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  $k_u = f(I_c)$  ( $k_u = U_2/U_1$ )

Staraj się utrzymać wartość  $(U_{CE} = \text{const})$ .

- 6) Staraj się utrzymać wartość sygnału wejściowego  $U_1 = \text{const}$ , zmieniając częstotliwość

Generatora sinusoidalnego w skali logarytmicznej wykonać pomiary umożliwiające

Wykonanie wykresu  $k_u = f(f)$ , oraz przesunięcia fazowego od częstotliwości.

Przykładowa tabela pomiarowa

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





Człowiek- najlepsza inwestycja

*Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:*

Uczniowie wolno wstąpić do źródła zasilania zamontowanego przez siebie obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!

Literatura

H. Ibach, H. Luth Fizyka Ciąta Statego PWN 1996

J. Rydzewski Pomiary Oscyloskopowe WNT 1994

[www.semiconductor.aplet](http://www.semiconductor.aplet)

[www.amplifier](http://www.amplifier)

*Cwiczenie 7:*

## TRANZYSTOR POŁOWY

*Cel/ ćwiczenia, krótki jego opis:*

Celem ćwiczenia jest uzyskanie charakterystyk przejściowych i wyjściowych tranzystora polowego

*Stopień zaawansowania wymagana wiedza uczniów:*

Średni, znajomość ZSD, dydyzji, ni, tranzystora polowego, podstawowa wiedza o fizyce półprzewodników

*Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów:*

Płytki drukowane, zuki, demont, tranzystora polowego, Zsi, CZ prądu stałego, mierniki przewodności



## Cztowiek- najlepsza inwestycja

Wprowadzenie teoretyczne: W tranzystorach polowych elektrody mającej swojej nazwi określony symbol:

Zródło (*ang. Source*), oznaczone literą *S*. Jest elektrodą z której wypływają nośniki ładunku do kanału. Prąd źródła oznacza się jako  $I_{DS}$ .

Oren (*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 której wdyfundowano dwa obszary bramki (w tym przypadku typu n). Między źródłem a drenem przebiega kanał, który ograniczony jest obszarami złącznymi z bramką, czyli strefami ładunku przestrzennego, o wysokiej oporności.

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



## Rys.2. Przykłady charakterystyk tranzystora polowego

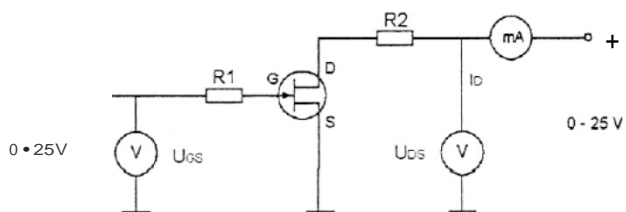
Podstawowymi charakterystykami tranzystora MOSFET są:

Charakterystyka przejściowa. Zależność prądu drenu od napięcia bramki-zródło, przy stałym napięciu zródło-dren.

Charakterystyka wyjściowa. Zależność prądu drenu od napięcia zródło-dren, przy stałym napięciu bramki-zródło.

*Przebieg ćwiczenia:*

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

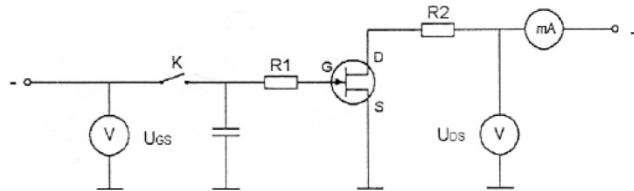


W układzie jak na schemacie wykonać pomiary dla rodziny charakterystyk:

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

Człowiek - najlepsza inwestycja

2. Pomiar oporności tranzystora metodą ładowania kondensatora.



W układzie jak na schemacie przy zamkniętym kluczu  $K$  ładujemy kondensator  $C$  do pewnej wartości  $U_{GS0}$ . Następnie rozwieramy klucz i zaczynamy mierzyć czas rozładowania kondensatora do napięcia  $U_{GS1}$  (obserwując wychylenia miliamperomierza  $mA$ ). Na podstawie kilku pomiarów obliczamy  $R_{GS}$  dla znanej pojemności  $C$  ze wzoru (wyprowadzić ten wzór):

$$R_{GS} = \frac{1}{C \ln \frac{U_{GS0}}{U_{GS1}}}$$

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

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



Cztowiek- najlepsza inwestycja

## Cwiczenie 8:

### Bramki logiczne- układy cyfrowe

*Cel cwiczenia i kr6tki jego opis*

Celem cwiczenia 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 budowy podstawowych bramek logicznych

Wiedzieć jak przerzutnik RS pamięta stan jak zbudowany jest podstawowy licznik

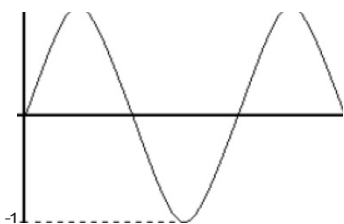
*Lista niezbędnych przedmiotów i materiałów*

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

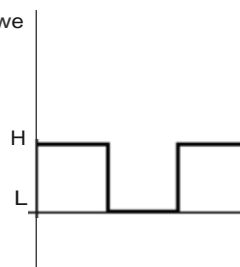
*Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:*

Wprowadzenie teoretyczne: Porównanie impulsu analogowego i cyfrowego

Uwe



Uwe



Człowiek- najlepsza inwestycja

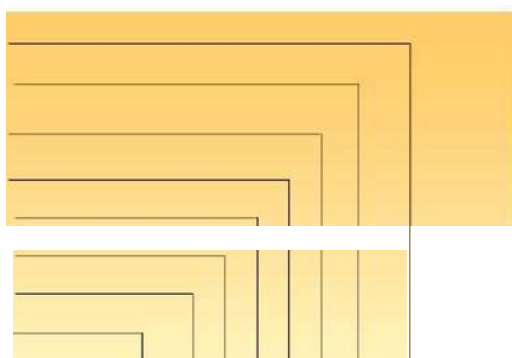
Rys.3.1 przykład impulsu analogowego

Rys.3.2. Przykład impulsu cyfrowego

Impuls cyfrowy ma dwa poziomy napięcia niski (L), wysoki (H).

Binarny System liczbowy:

$136 : 2 = 118$  reszta 0  
 $118 : 2 = 59$  reszta 0  
 $59 : 2 = 29$  reszta 1  
 $29 : 2 = 14$  reszta 1  
 $14 : 2 = 7$  reszta 0  
 $7 : 2 = 3$  reszta 1  
 $3 : 2 = 1$  reszta 1  
 $1 : 2 = 0$  reszta 1



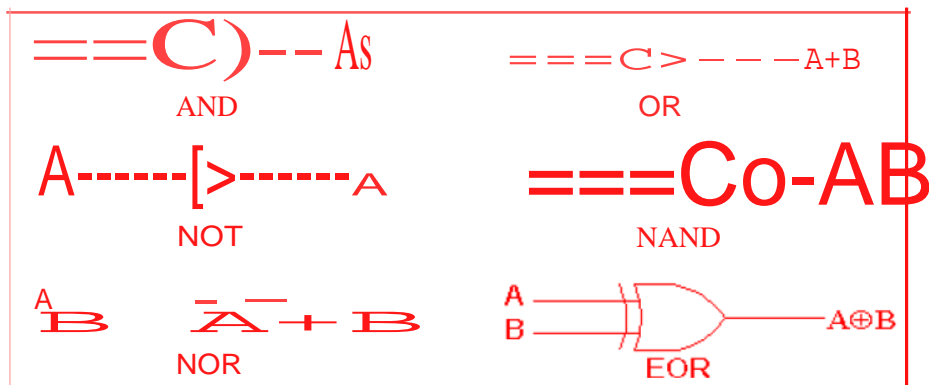
0 1 1 0 1 0 0

$$236_{10} = (01101100)_2$$

$$236_{10} = 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$$

Cztowiek- najlepsza inwestycja

Symbole podstawowych bramek logicznych:



## Tabele prawdy

Bramka NOT (zaprzeczenie)

Wejscie	Wyjscie
A	A
0	1
1	0

Cztowiek- najlepsza inwestycja

TABELA 1. Wartości Tabeli Prawdy Podstawowych Bramek Logicznych

Wejscia		Wyjscia					$XY+XY$
A	B	AND	OR	NAND	NOR	EOR	
0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0

**BRAMKA ALBO (EX- OR)**

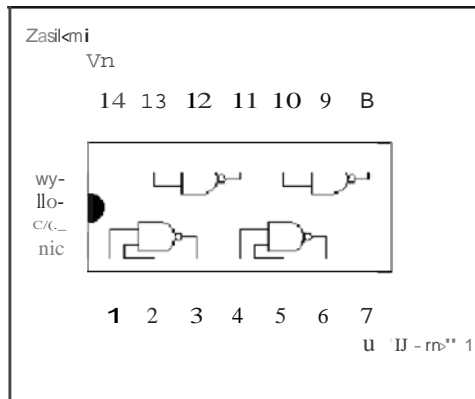
Exclusive – OR (czyli WYŁĄCZNIK **LUB**)- wyjście bramki XOR jest w stanie wysokim, jeżeli jedno albo drugie wejście jest w stanie wysokim- jest to zawsze funkcja dwóch zmiennych (rys. 2.13). M6wi6c inaczej, wyjście jest w stanie wysokim, jeżeli stany wejść s6r6ine. Bramka XOR realizuje dodawanie bit6w modulo –2.

b)

$$F = A \oplus B = AB + AB$$



Człowiek - najlepsza inwestycja



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

1. Przemienność

$$A * B = B * A$$

$$A + B = B + A$$

2. Łączność

$$(A * B) * C = A * (B * C)$$

$$(A + B) + C = A + (B + C)$$

3. Rozdzielność

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

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

4. Tożsamość

$$A * 0 = 0$$

$$A + 0 = A$$

$$A * 1 = A$$

$$A + 1 = 1$$

$$A * A = A$$

$$A + A = A$$

5. Komplementarność

$$A * \bar{A} = 0$$

$$A + \bar{A} = 1$$

Człowiek- najlepsza inwestycja

## Dodatkowe Tozsamosci

Iloczynu logkznego

SUmmy logkznej

$$A \cdot (A + B) = A$$

$$A + A \cdot B = A$$

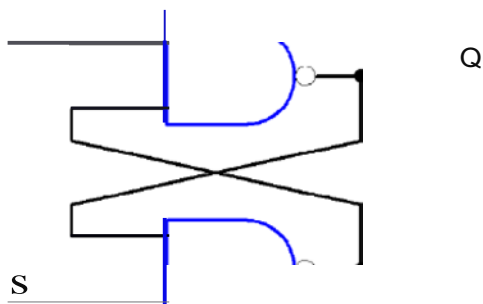
$$A + A \cdot B = A + B$$

$$A \cdot (A + B) = A \cdot B$$

$$(A + B) \cdot (A + B) = B$$

$$A \cdot B + A \cdot B = B$$

Przerzutniki



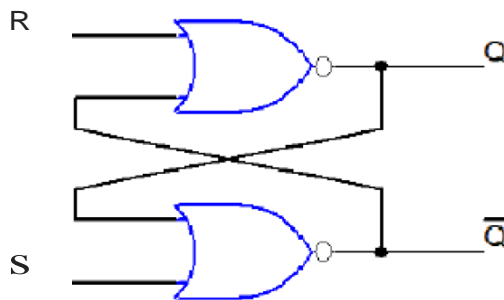
S	R	Q <sub>n</sub>
1	1	Q <sub>n-1</sub>
0	1	1
1	0	0
0	0	1

Rys.3.3 Przerzutnik RS zbudowany na bramkach NAND



Cztowiek- najlepsza inwestycja

W przypadku wykonania przerzutnika R-5 z bramek NAND stanem aktywnym wejsci jest stan 0, dlatego czasami przerzutnik taki oznacza s jako przerzutnik R-5. Gdy na wejsciach R i 5 panuje stan 1, to przerzutnik pami ta sw6j poprzedni stan, oznaczony w tabelce jako  $Q_n$ . Dlatego wlasnie ten element logiczny nazywamy elementem pami ciowym. Jesli wejscie 5 zmieni sw6j stan na 0 (R wciqi musi miec stan 1), to na wyjsci Q pojawis stan 1. M6wimy, i poziom niski na wejsci 5 ustawia wyjscie Q na 1. Stqd oznaczenie tego wejscia literkq 5 b dqcq skr6tem angielskiego stowa Set (ustaw). Drugie wejscie, R, petni funkcjodwrotnq. Pojawienie siniskiego poziomu na R (na 5 musi bye 1) spowoduje ustawienie stanu 0 na wyjsci Q. M6wimy, i i poziom niski na wejsci R zeruje wyjscie Q. Stqd pochodzi oznaczenie wejscia literkq Rod angielskiego stowa 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





KAPITAŁ UDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SP6JNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOLECZNY



## Cztowiek- najlepsza inwestycja

Jesli zamiast bramek NAND zastosujemy bramki NOR, to r6wniez powstanie przerzutnik R-S, lecz tym razem stanem aktywnym b dzie wartosc 1. Wyjscia przerzutnika zamieniajct\_ si miejscami (Q jest po przeciwnej stronie wejścia S na schemacie bramkowym). Jesli na obu wejściach panuje stan 0, to przerzutnik pami ta poprzedni stan wyjścia, kt6ry w tabelce oznaczyliśmy jako  $O_{n-1}$ . 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. Jesli na obu wejściach S i R pojawi sistan 1, to wyjścia ustawit\_ si w stan 0 i przestanc\_t\_ bye komplementarne. Jest to wic stan niedozwolony. Poniżej przedstawiamy model przerzutnika R-S oraz jego symbol logiczny.

Przerzutnik RS jest dobrym przykfad6w pami tajct\_ch stan. Rozumiejct\_c dziafanie przerzutnika RS, fatwiej jest zrozumiec dziafanie ukfad6w bardziej skomplikowanych jak dziafanie sumator6w licznik6w, komparator6w. Zrozumienie tych ukfad6w pozwala zrozumiec dzia anie mikroprocesor6w.



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

Projekt współfinansowany jest ze srodkow llnii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Ćwiczenie 10

Temat: Badanie pracy procesora korzystając z modułów „Karty pomiarowej Mikrokontrolera CPU”

### I. Zagadnienia kolokwialne:

1. Znajomość architektury sprzętowej
2. Magistrale systemowe komputera: magistrala adresowa, sterująca, systemowa, danych, współdziałanie magistral,
3. Jednostki wejścia i wyjścia: przyłączanie jednostek wejścia/ wyjścia, przyłączanie jednostek peryferyjnych cyfrowych i analogowych, przyłączanie szeregowych jednostek wejścia/ wyjścia
4. Budowa jednostek wejścia/ wyjścia: schemat blokowy, przepływ danych
5. Pamięć: RAM, ROM, schematy budowy, parametry, łączenie, dekodowanie adresu, zapis i odczyt zawartości komórek pamięci
6. Mikroprocesor, struktura wewnętrzna: układ sterowania, jednostka arytmetyczno- logiczna, licznik rozkazów, rejestr adresów i instrukcji, dekodery rozkazów, rejestr statusów.

### II. Cele ćwiczenia:

1. wiedza na temat rodzajów pamięci



*- 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**

Człowiek – najlepsza inwestycja

2. zadania i różnice pomiędzy systemami magistral
3. możliwości sprzęgania magistral
4. model IPO (WPW)
5. zapoznanie z różnymi jednostkami wejścia / wyjścia
6. montaż systemu mikrokomputerowego
7. adresowanie poszczególnych komponentów mikrokomputera
8. wgląd w zestaw instrukcji CPU
9. testowanie niewielkich programów maszynowych
10. doświadczalne wykonywanie zestawów instrukcji w ramach programu
11. śledzenie wykonywanych instrukcji

### III.Częśćdoświadczalna:

#### 1.MAGISTRALESYSTEMOWE KOMPUTERA.

##### 1.Magistralaadresowa.

W tym celu proszę przygotować następujący układ:

Człowiek – najlepsza inwestycja



Proszę przekształcić następującą liczbę 1011 1000 0100 1100 w systemie dwójkowym w liczbę w systemie szesnastkowym. W każdym wolnym polu proszę wprowadzić odpowiednią liczbę, pamiętając o kolejności cyfr w systemie binarnym!

Zapis szesnastkowy wpisujemy w puste pola.....



Uruchom urządzenia wirtualne urządzenie *Debugger*. Należy je skonfigurować w następujący sposób:

- wciśnij raz przycisk *RESET*
- kliknij na cztery zera obok napisu *PC*
- wprowadź ustaloną przez siebie liczbę w systemie szesnastkowym
- wciśnij *OK*
- wciśnij raz przycisk *STEP*

Człowiek – najlepsza inwestycja



Uruchom wirtualny *woltomierz A* wybierając go z menu *Urządzenia / Urządzenia pomiarowe*. Proszę go skonfigurować w następujący sposób:

zakres napięcia 5 V  
rodzaj napięcia DC

Zmierz woltomierzem A poziom dla poszczególnych łączy adresowych (ADDR0....15). Połącz analogowe wejście pomiarowe A+ z łączem adresowym ADDR15 za pomocą przewodu pomiarowego. Rezultat pomiaru wprowadź w pole 1. Kontynuuj z łączem adresowym ADDR14, łącząc analogowe wejście pomiarowe A+ z łączem adresowym ADDR14 za pomocą przewodu pomiarowego. Rezultat pomiaru wprowadź w pole 2. Kontynuuj pomiar w ten sam sposób dla pozostałych łączy aż do ADDR0.

Nanieś zmierzone sygnały w wolne pola. Jeśli mierzony poziom leży poniżej 0,8 Volt, to wpisz w odpowiednim polu 0. Jeśli mierzony poziom jest wyższy niż 2,5 Volt, to wpisz w odnośną komórkę 1.

## 2.Współdziałanie magistral.

Nie trzeba nic zmieniać w układzie doświadczalnym z poprzedniego doświadczenia!

Rozpocznij doświadczenie klikając jednokrotnie na przycisku „obserwacja sygnałów”.

Następnie proszę obserwować sygnały na monitorze magistrali, znajdującym się na środku w prawej części karty pomiarowej. W prawej kolumnie zostały podane czynności jakie musisz wykonać, zaś w prawej znajdziesz wyjaśnienie co dzieje się we wnętrzu mikrokomputera.

### Realizacja doświadczenia:

1. Wciśnij przycisk *RESET* Mikrokomputer zostaje przestawiony do swojego stanu podstawowego / początkowego. Na magistrali adresowej i danych nie są aktywne żadne sygnały, co można rozpoznać po wygaszonych diodach LED.



Człowiek – najlepsza inwestycja

2. Wciśnij jednokrotnie przycisk *STEP*

Pierwsza instrukcja "MVI A,7C" została wykonana. Na magistrali adresowej jest aktywne łącze adresowe 0. Wykonana instrukcja jest tzw. rozkazem 2-bajtowym, gdyż zajmuje on w pamięci 2 bajty. W pierwszym bajcie znajduje się kod maszynowy rozkazu, a w drugim bajcie znajdują się dane, które ten rozkaz powinien przekazać. Procesor odczytuje obydwie bajty bezpośrednio po sobie z pamięci, jednak na monitorze magistrali wskazywany jest tylko ostatni stan magistrali systemowej. Dlatego jako adres pamięci na magistrali adresowej wskazywany jest adres "0000 0001".

Na magistrali danych aktywne są diody LED 6-5-4-3-2. Liczba binarna "0111 1100", która z tego wynika, odpowiada liczbie w systemie szesnastkowym "7C". "7C" to dane które przekazała instrukcja MVI. W sygnałach sterujących nie zmieniło się nic, ponieważ ostatnią czynnością był ponownie proces odczytu z pamięci.

3. Wciśnij raz jeszcze przycisk *STEP*

Druga instrukcja "STA 1134" została wykonana. Instrukcja ta zapisuje załadowaną uprzednio do CPU rozkazem "MVI A,7C" porcję danych "7C" pod adresem "1134" w pamięci. Na magistrali adresowej aktywne są teraz diody LED 12-8-5-4-2. Wynikająca z tego liczba dwójkowa "0001 0001 0011 0100" odpowiada szesnastkowej liczbie "1134" a więc dokładnie adresowi, pod którym została zapisana porcja danych. Na magistrali danych aktywne są wciąż diody LED 6-5-4-3-2. Dane do przetworzenia nie zmieniły się. Na magistrali sterującej aktywne są teraz diody LED dla sygnału MEM i WR - ostatnią operacją był zatem proces zapisu do pamięci.

4. Wciśnij raz jeszcze przycisk *STEP*

Trzecia instrukcja "OUT 60" została wykonana. Na magistrali adresowej są aktywne diody LED 6-5, ponieważ zaadresowane urządzenie (OUT = jednostka wyjściowa) posiada adres 60 (w kodzie szesnastkowym = w zapisie dwójkowym "0110 0000"). Na magistrali danych nie zmieniło się jeszcze nic, ponieważ

Człowiek – najlepsza inwestycja

nadal mamy do czynienia z danymi "7C" z pierwszej instrukcji.

Uaktywnione są diody LED dla magistrali i sygnału WR, ponieważ instrukcja "OUT" oznacza *Wyprowadź na jednostce wyjściowej*.

5. Wciśnij raz jeszcze przycisk *STEP*

Czwarta instrukcja "HLT" została wykonana.

Na magistrali adresowej aktywne są diody LED 2-1-0, ponieważ adres pamięci to "0007" (w kodzie szesnastkowym = w zapisie dwójkowym "0000 0111").

Rozkaz "HLT" jest instrukcją 1-bajtową, więc zajmuje tylko jeden adres w pamięci.

Na magistrali danych aktywne są diody LED 6-5-4-2-1.

Liczba binarna "0111 0110" odpowiada liczbie w kodzie szesnastkowym "76". "76" to tzw. kod maszynowy instrukcji "HLT".

Aktywne są diody LED dla sygnału MEM i RD, ponieważ instrukcja "HLT" została odczytana z pamięci.



Człowiek – najlepsza inwestycja

## 2.JEDNOSTKI WEJŚCIA I WYJŚCIA.



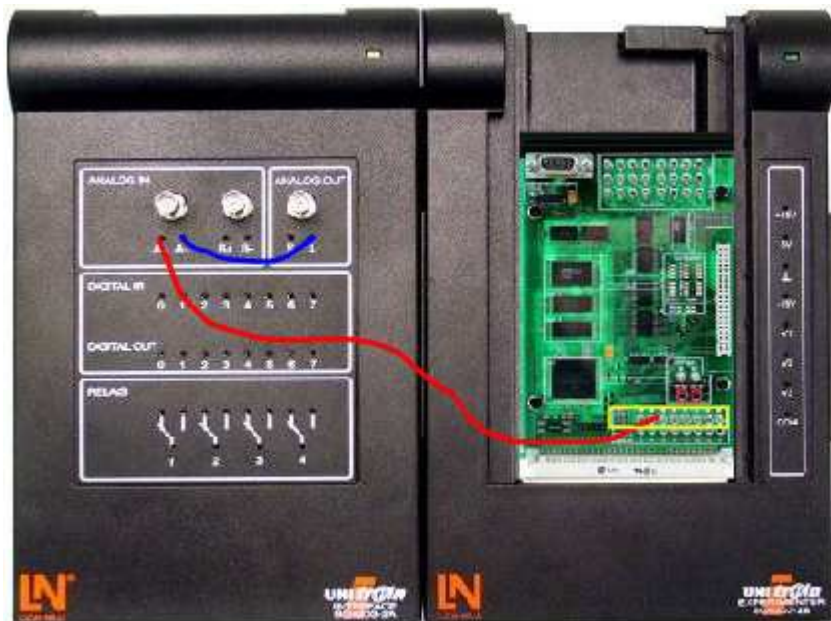
*- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów*

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

Człowiek – najlepsza inwestycja

## 1.Przekazywanie danych.

W tym celu proszę przygotować następujący układ doświadczalny:



a) Otwórz wirtualny woltomierz A klikając jednokrotnie na znajdującym się po lewej stronie zdjęcia lub wybierając go z menu Urządzenia / Urządzenia pomiarowe i skonfiguruj go w następujący sposób:

zakres pomiarowy napięcia 5 V  
rodzaj napięcia DC

Wciśnij jednokrotnie przycisk *RESET*.

Następnie dwukrotnie wciśnij przycisk *STEP*.

Zmierz za pomocą woltomierza A poziom dla poszczególnych łączy wyjściowych (Port A 0....7). Połącz analogowe wejście pomiarowe A+ oraz Gniazdo 7 Portu A z łączem pomiarowym. Wpisz rezultat pomiaru w pole 1. Kontynuuj procedurę z wyjściem 6, łącząc analogowe wejście pomiarowe A+ oraz Gniazdo 6 Portu A z łączem pomiarowym. Wpisz rezultat pomiaru w pole 2. W ten sam sposób kontynuuj procedurę pomiarową aż do Gniazda 0 Portu A.

Człowiek – najlepsza inwestycja

b) Proszę uruchomić wirtualne urządzenie Wejścia cyfrowe wybierając je z menu Urządzenia / Urządzenia cyfrowe. Proszę włączyć opcje:

Hex  
8 Bit

Wciśnij jednokrotnie przycisk RESET.

Kliknij na Rejestr A.

Wpisz w pojawiającym się oknie szesnastkową liczbę 9A i potwierdź ją wciskając przycisk OK.

Wciśnij jednokrotnie przycisk STEP.

Obserwuj wyświetlacz Cyfrowe wejścia.

Przeprowadź to doświadczenie z 2 innymi, wybranymi przez siebie liczbami szesnastkowymi.  
Obserwuj w szczególności wyświetlacz Cyfrowe wejścia.

Co można było zaobserwować?

c) Uruchom wirtualne urządzenie Cyfrowe wejścia wybierając je z menu Urządzenia / Urządzenia

Uaktywnij opcje:

Hex  
8 Bit

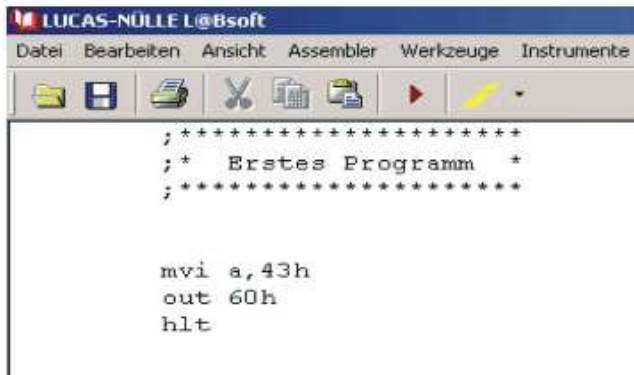
Uruchom wirtualne urządzenie Debugger pojedynczym kliknięciem na obrazku po lewej stronie lub wybierając go z menu Urządzenia. Skonfiguruj go w następujący sposób:

wciśnij jednokrotnie przycisk RESET

1. Przełącz się w tryb programowania.

Człowiek – najlepsza inwestycja

2. Wpisz tam przedstawiony program:



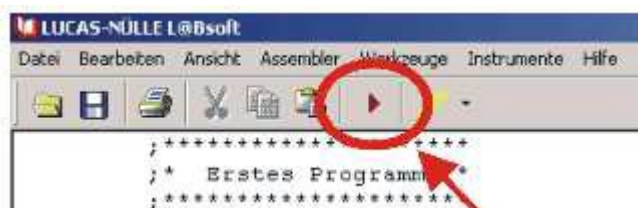
```
LUCAS-NÜLLE L@Bsoft
Datei Bearbeiten Ansicht Assembler Werkzeuge Instrumente

;*****
;*  Erstes Programm  *
;*****

mvi a,43h
out 60h
hlt
```

WSKAZÓWKA: Uważaj aby pisać dokładnie wg wzoru!!!

3. Pozwól aby TWÓJ program został przetłumaczony przez asemblera na kod maszynowy (zasemblowany!) rozpoczynając asemblowanie wskazanym przyciskiem.



4. Porównaj zawartość okna Debugger ze stworzonym przez siebie programem.

Czy są jednakowe?

5. Wciśnij najpierw przycisk RUN a po krótkiej chwili przycisk STOP Debuggera.

6. Obserwuj wyświetlacz Cyfrowe wejścia.

7. Porównaj wartość wyświetlaną w oknie Cyfrowe wejścia z instrukcją "mvi a,...."

8. Wciśnij przycisk RESET Debuggera. Zmień liczbę w systemie szesnastkowym znajdującą się w wierszu z instrukcją "mvi a,43h", po czym kontynuuj doświadczenie poczynając od punktu 3 opisu realizacji doświadczenia.



Człowiek – najlepsza inwestycja

### 3.PAMIĘĆ.



*- 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**

Człowiek – najlepsza inwestycja

## 1.Odczyt pamięci RAM.

W tym celu proszę przygotować następujący układ doświadczalny:



Rozpocznij doświadczenie wciskając przycisk "Oczyt pamięci RAM"

wciśnij jednokrotnie przycisk RESET.

Kliknij na Rejestr A.



Człowiek – najlepsza inwestycja



Wprowadź w nowym oknie szesnastkową liczbę 9A i potwierdź ją klikając OK.

Wciśnij jednokrotnie przycisk STEP

wciśnij raz jeszcze przycisk STEP.

Załaduj liczbę 0 w systemie szesnastkowym do Rejestru A, aby samemu przekonać się jaki rezultat ma kolejne polecenie!

Wciśnij ponownie przycisk STEP.

Obserwuj Rejestr A.

Porównaj zawartość Rejestru A z kodem adresu pamięci ADDR 0010 .

Przeprowadź niniejsze doświadczenie z 2 innymi, wybranymi przez siebie, liczbami szesnastkowymi. Porównaj w szczególności zawartość Rejestru A z kodem adresu pamięci ADDR 0010.



Człowiek – najlepsza inwestycja

## 2. Zapis do pamięci RAM.

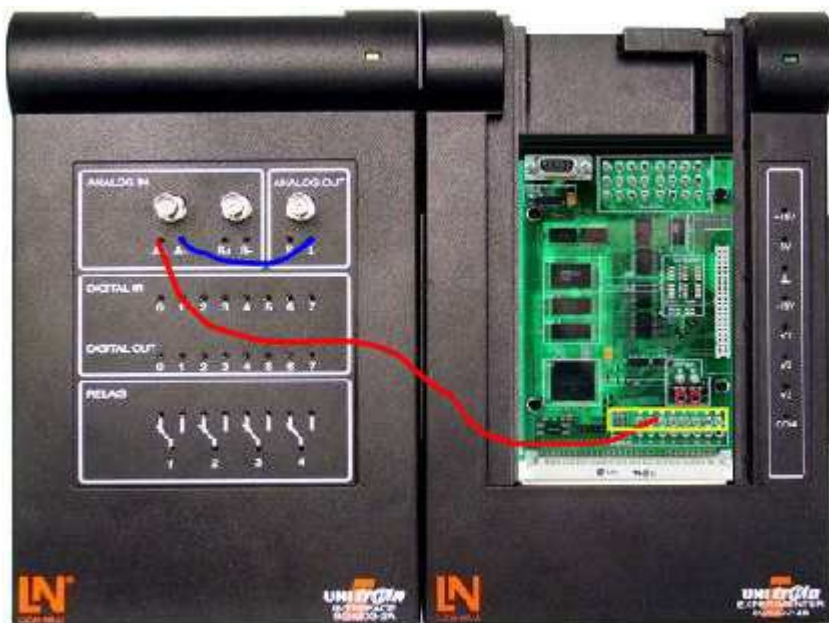
W tym celu proszę przygotować następujący układ doświadczalny:



*- 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**

Człowiek – najlepsza inwestycja



Rozpocznij doświadczenie wciskając przycisk "Zapis do pamięci RAM":

Wciśnij jednokrotnie przycisk *RESET*.

Kliknij na *Rejestr A*.

Wprowadź w nowym oknie szesnastkową liczbę 9A i potwierdź ją za pomocą *OK*.

Wciśnij jednokrotnie przycisk *STEP*.



## Człowiek – najlepsza inwestycja

Obserwuj adres pamięci *ADDR 0009* w oknie *Debuggera*.

Porównaj *Kod* adresu pamięci *ADDR 0009* z szesnastkową liczbą *9A*, zapisaną przez siebie w *Rejestrze A*.

Przeprowadź niniejsze doświadczenie z 2 innymi, wybranymi przez siebie, liczbami w systemie szesnastkowym. Porównaj w szczególności *Kod* adresu pamięci *ADDR 0009* z wprowadzoną przez siebie liczbą w systemie szesnastkowym.





Człowiek – najlepsza inwestycja

### 3. Skoki w pamięci RAM.



*- 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**

Człowiek – najlepsza inwestycja



```
LUCAS-MODULE I@Bsoft
Datei Bearbeiten Ansicht Assembler Werkzeuge Instrumente
;*****
;* Sprünge im RAM *
;*****
start  org 0h
       sta 0015h
       jmp raus
       nop 0
       mvi a,23h
       sta 0017h
       nop 0
raus   nop 0
       out 60h
       jmp start
       hlt
```

Rozpocznij doświadczenie wciskając przycisk "Skacz!":



Otwórz urządzenie wirtualne *Wejścia cyfrowe* klikając na znaki obrazku lub wybierając go z menu *Urządzenia / Urządzenia* proszę uaktywnić opcje:

Hex  
8 Bit

Człowiek – najlepsza inwestycja

Wciśnij jednokrotnie przycisk  
*RESET.*

Uaktywnij kliknięciem *Rejestr A.*

Wprowadź w nowym oknie  
szesnastkową liczbę *9A* i potwierdź  
ją.

Wciśnij jednokrotnie przycisk *STEP.*



Następnie wciśnij dwukrotnie przycisk *STEP.*

Wciśnij raz jeszcze przycisk *STEP.*

Obserwuj okno *Wejścia cyfrowe.*

Porównaj zawartość *Rejestru A* ze  
wskazaniem w oknie *Wejść cyfrowych.*

Wykonaj niniejsze doświadczenie z 2  
innymi, wybranymi przez siebie liczbami  
szesnastkowymi. Obserwuj w  
szczególności co się dzieje w oknie  
*Debuggera.*



Człowiek – najlepsza inwestycja

Co mogeś zaobserwować?

4.PROCESOR.

1.Przetwarzanie instrukcji.





Człowiek – najlepsza inwestycja

```
LUCAS-NALLE I@tsoft
Datei Bearbeiten Ansicht Assembler Werkzeuge Instrumente Hilfe
.....
;* Befehlsbearbeitung CPU *
.....
    org 0h
    mvi a,100
loop  dcr a
      out 60h
      jnz loop
      hit
```

Uruchom doświadczenie klikając na przycisku "CPU go!":



Włącz urządzenie wirtualne *Cyfrowe wejścia* klikając na znajdującym się o wybierając je z menu *Urządzenia / Urządzenia cyfrowe*. Włącz opcje:

Hex  
8 Bit

Wciśnij jednokrotnie przycisk RESET.

Co można zaobserwować?

Proszę wcisnąć kolejno przycisk STEP 6 razy i za każdym razem obserwować następujące zmiany.

Jeśli teraz raz jeszcze wciśniemy przycisk STEP, wówczas ponownie zostanie wykonana instrukcja JNZ 0002.

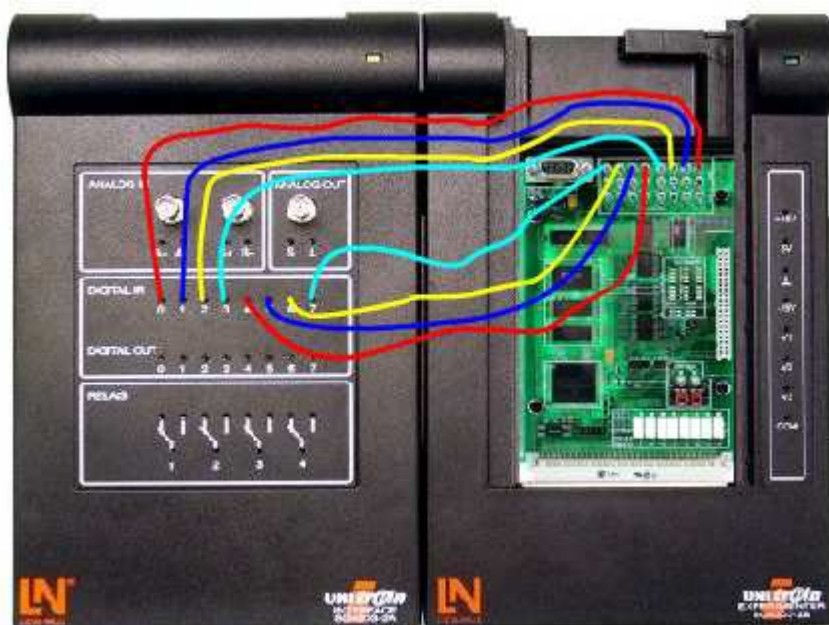
Wciśnij przycisk RUN a po krótkiej przerwie przycisk STOP.

Co właśnie nastąpiło w naszym doświadczalnym systemie mikrokomputerowym?

Człowiek – najlepsza inwestycja

## 2. Układ sterowania sekwencyjnego.

W tym celu proszę zmienić układ doświadczalny w następujący sposób:



```
LUCAS-NÜLLE Labsoft
Datei Bearbeiten Ansicht Assembler Werkzeuge Instrumente
;*****
;+ Ablaufsteuerung CPU +
;*****
out s
out 60h
jnz 0000
```

Rozpocznij doświadczenie wciskając przycisk "CPU go!":

Człowiek – najlepsza inwestycja



Włącz wirtualne urządzenie *Cyfrowe wejścia* klikając na znajdującym się o...  
wybierając je z menu *Urządzenia / Urządzenia cyfrowe*. Włącz następują...

Hex  
8 Bit

Wciśnij jednokrotnie przycisk RESET

Obserwacje początkowe:

1. W pamięci programów przygotowywane są instrukcje do przetwarzania programu.
2. Wszystkie instrukcje konieczne do rozwiązania zadania tworzą program.
3. Przetwarzanie programu rozpoczyna się od adresu pamięci 0000. CPU oczekuje pierwszej instrukcji pod tym właśnie adresem.
4. Program znajduje się pomiędzy adresem 0000 a 0006 - jego długość wynosi 7 bajtów.
5. Instrukcje są podawane zarówno w formie heksadecymalnej (np. "3D") jak również jako mnemoniki (np. "DCR A").

Odczyt pierwszej instrukcji:

Proszę umieścić w rejestrze A dowolnie wybraną przez siebie liczbę. Kliknij kursorem myszy na dwóch zerach obok rejestru A i wprowadź w pojawiającym się oknie liczbę. Wciskając przycisk "OK" wprowadzamy liczbę do rejestru A.

Wciśnij jednokrotnie przycisk STEP.

CPU wykonał następujące operacje:

CPU wyprowadził adres pamięci 0000 z licznika instrukcji (Patrz okno Debuggera "PC"! ) na magistralę adresową. Bezpośrednio potem licznik instrukcji został podwyższony o 1. Układ sterowania sekwencyjnego uaktywnił sygnał sterujący "Odczyt pamięci". Zapalają się diody LED "MEM" i "RD" na monitorze magistrali (patrz płytk!).

## Człowiek – najlepsza inwestycja

CPU odczytuje wprowadzoną z pamięci na magistralę danych wartość "3D" i zapisuje ją wewnątrz w rejestrze instrukcji. Obserwuj diody LED "DATA" na monitorze magistrali.

Wewnątrz CPU dekodery rozkazów rozkodowują znajdującą się w rejestrze instrukcji instrukcję "3D" i przekazują rezultat do układu sterowania sekwencyjnego.

Układ sterowania sekwencyjnego wewnątrz CPU wysyła wszystkie konieczne funkcje sterujące (sekwencje sterujące). Znaczenie instrukcji zostaje w ten sposób rozpoznane i wykonane.

Znaczenie instrukcji "3D"

Pomniejsz (dekrementuj) zawartość rejestru A o jeden.

Odczyt drugiej instrukcji:

Wciśnij jednokrotnie przycisk STEP.

CPU wykona następujące operacje:

CPU wyprowadza adres pamięci 0001 z licznika rozkazów (patrz w oknie Debuggera "PC!") na magistralę adresową. Bezpośrednio po tym licznik rozkazów jest powiększany o dwa. Układ sterowania sekwencyjnego krótkotrwale uaktywnia sygnał sterujący "Odczyt z pamięci".

CPU odczytuje wysłaną z pamięci na magistralę danych wartość "D3" i zachowuje ją wewnątrz w rejestrze instrukcji, gdzie instrukcja jest odkodowywana i rozpoznawana.

CPU wyprowadza adres podzespołu wyjściowego z rejestru adresowego na magistralę adresową. Proszę zwrócić uwagę na prawy wyświetlacz wirtualnego urządzenia Cyfrowe wejścia. Układ sterowania sekwencyjnego uaktywnia sygnał sterujący "Zapis wyjście". Zapalają się diody LED "BUS" oraz "WR" na monitorze magistrali (patrz płytką!).

CPU wysyła zawartość rejestru A na magistralę danych, przez co dane trafiają do podzespołu wyjściowego. Obserwuj diody LED "DATA" na monitorze magistrali. Podzespół wyjściowy przejmuje dane i aktywuje wzgl. deaktywuje odpowiednie wyjścia. Obserwuj lewy wyświetlacz wirtualnego urządzenia Cyfrowe wejścia i porównaj go z zawartością rejestru A.

Układ sterowania sekwencyjnego wewnątrz CPU wysyła wszystkie konieczne funkcje sterujące (sekwencje sterujące). Znaczenie instrukcji zostaje w ten sposób rozpoznane i wykonane.

Człowiek – najlepsza inwestycja

Znaczenie instrukcji "D3"

Wyprowadź zawartość rejestru A na jednostkę wyjściową. Adres jednostki wyjściowej następuje bezpośrednio po instrukcji.

Odczyt trzeciej instrukcji:

Wciśnij ponownie przycisk *STEP*.

CPU wykonał następujące operacje:

CPU wyprowadza adres pamięci 0005 z licznika rozkazów (patrz okno Debuggera "PC") na magistralę adresową. Bezpośrednio po tym licznik rozkazów jest resetowany do 0000. Układ sterowania sekwencyjnego aktywuje sygnał sterujący "Odczyt z pamięci". Zapalają się diody LED "MEM" i "RD" na monitorze magistrali (patrz płytk!).

CPU odczytuje wysłaną z pamięci na magistralę danych wartość "C2" i zachowuje ją wewnętrznie w rejestrze instrukcji.

Wewnątrz CPU dekodery rozkazów rozkodowuje znajdującą się w rejestrze instrukcji instrukcję "C2" i przekazuje rezultat do układu sterowania sekwencyjnego.

Obserwuj diody LED "DATA" (0000) na monitorze magistrali.

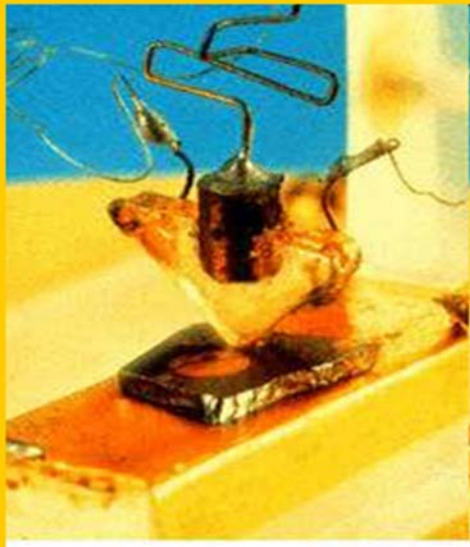
Układ sterowania sekwencyjnego wewnątrz CPU wysyła wszystkie niezbędne funkcje sterujące (sekwencje sterujące). W ten sposób rozpoznawane jest znaczenie instrukcji i jest ona wykonywana.

Znaczenie instrukcji "C2"

Jeśli obecna jest flaga  $Z=0$ , skacz do adresu, którego wartość znajduje się bezpośrednio za instrukcją, i kontynuuj tam przetwarzanie programu

Człowiek – najlepsza inwestycja

Aneks Do Instrukcji Tranzystor Bipolarny



**Pierwszy ostrzowy tranzystor germanowy na stole w Bell Laboratories – rok 1947**

**1947 r.** – tranzystor bipolarny (**Barden, Brattain i Shockley**).

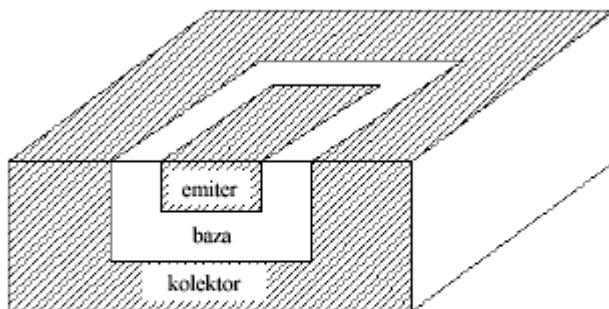
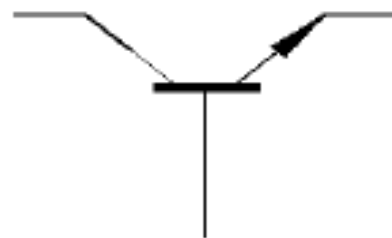
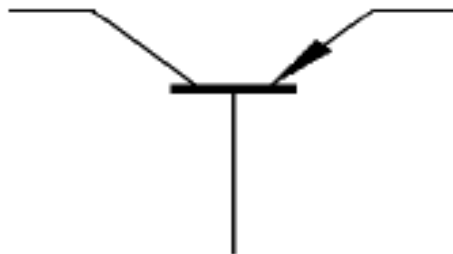
**1952 r.** – tranzystor polowy (unipolarny),

**1958 r.** – tyrystor.



Człowiek – najlepsza inwestycja

Tranzystor bipolarny to odpowiednie połączenie dwu złącz pn :



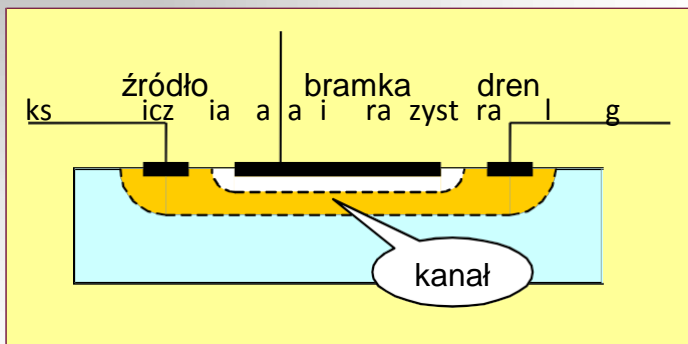
(PRZYKŁAD TRANZYSTORA PLANARNEGO )



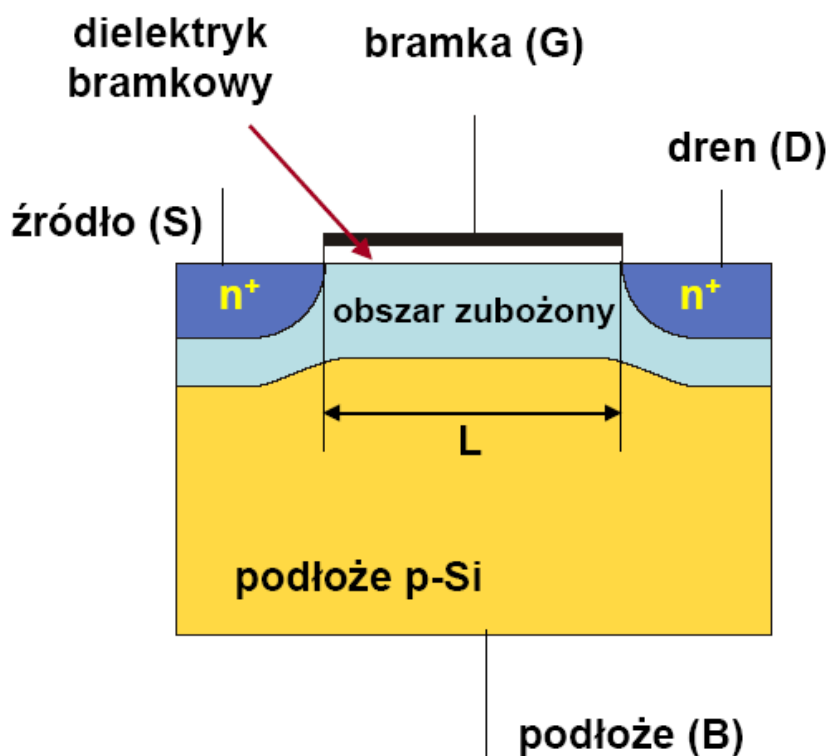
# Tranzystor polowy (FET)



zł i k ajl sza i stycja



## Przekrój n-kanalowego tranzystora MOS



S = source  
G = gate  
D = drain  
B = bulk



- 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

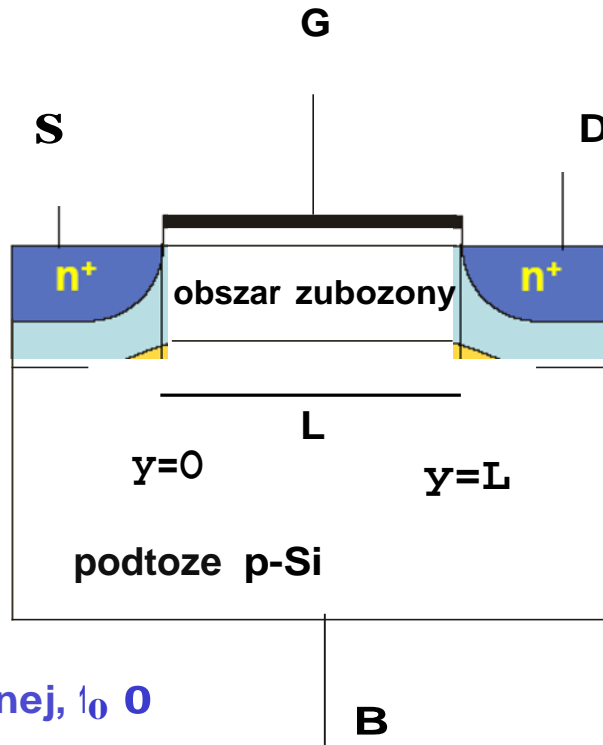


## TRANZYSTOR MOS. ZASADA DZIAŁANIA

$$V_S = V_D = 0$$

$$U_G < U_T$$

$$U_{GS} = 0$$



Brak warstwy inwersyjnej,  $I_D \approx 0$

## TRANZYSTOR MOS. ZASADA DZIAŁANIA

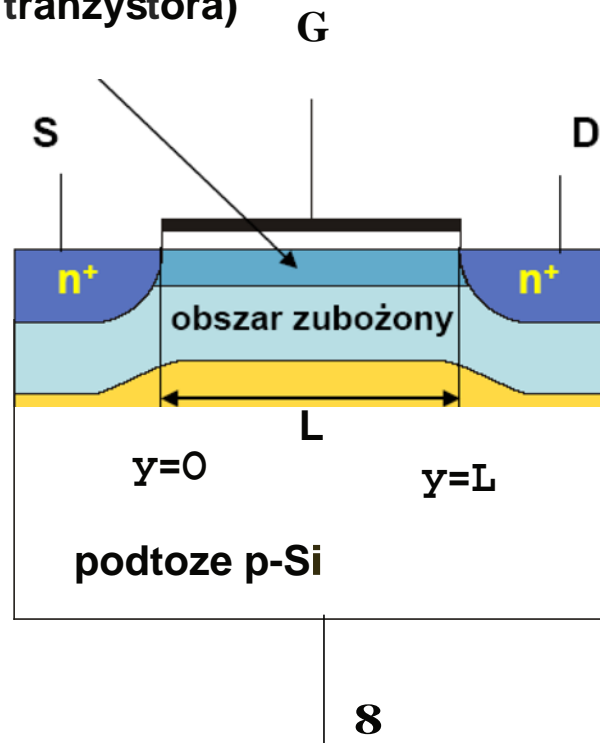
$$V_5 = V_8 = 0$$

$$U_{Gs} > U_y$$

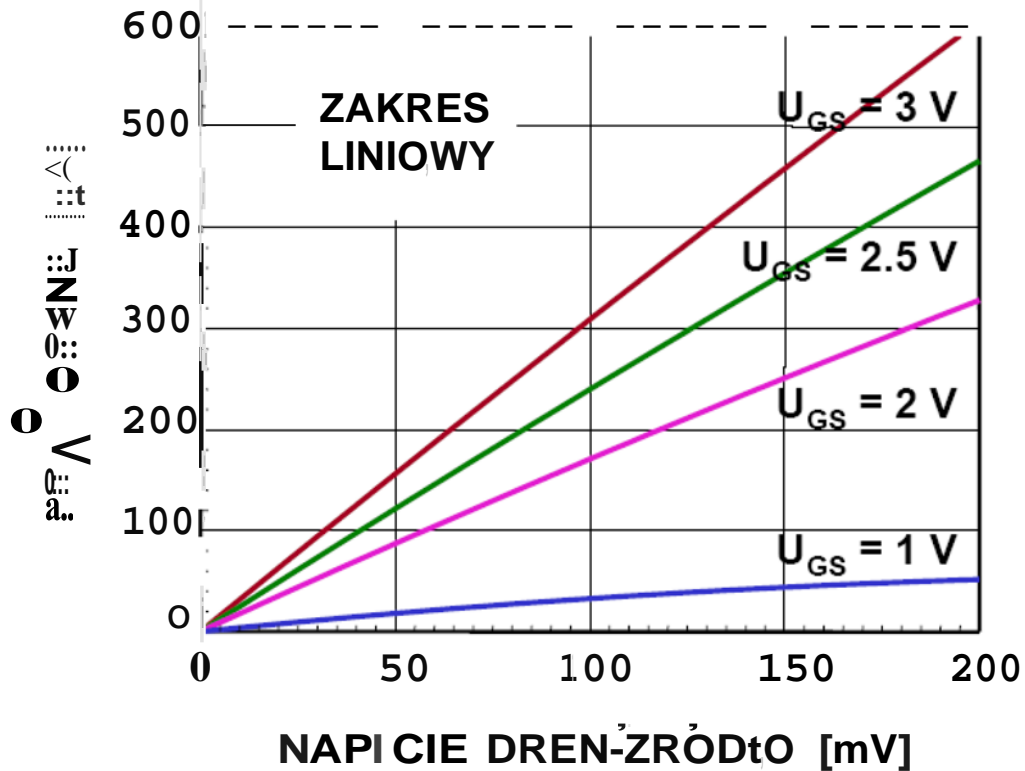
$$U_{05} \text{ ma te}$$

Przy napięciu bramki przewyższającym napięcie progowe pojawia się warstwa inwersyjna (kanal). Zaczyna płynąć prąd drenu.

### warstwa inwersyjna (kanal tranzystora)



## Przy małych napięciach dren-źródło prąd drenu jest liniową funkcją $U_{GS}$



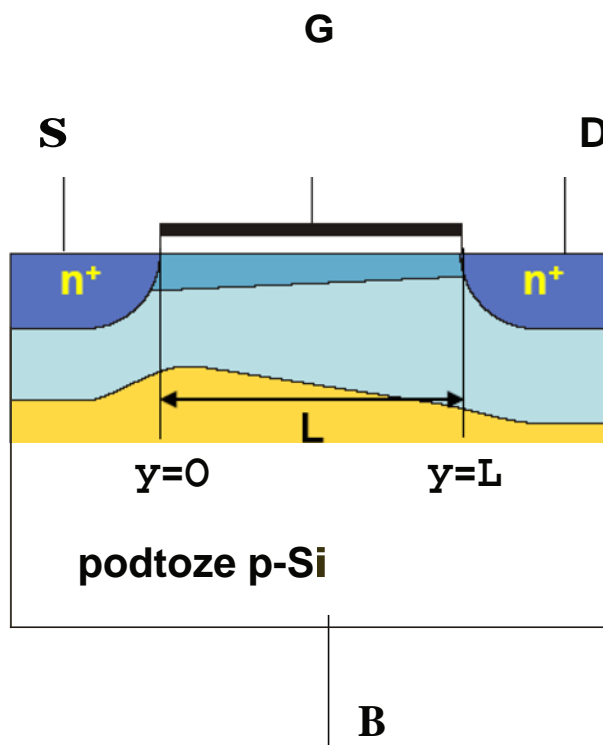
## TRANZYSTOR MOS. ZASADA DZIAŁANIA

$$V_s = V_g = 0$$

$$U_g > U_r$$

$$U_{os} < U_g - U_r$$

Wzrost napięcia dren-  
żardto powoduje zmiany  
potencjału  
powierzchniowego wzdłuż  
kanału tranzystora  
(zwężanie kanału, wzrost  
grubości warstwy  
zubozonej).



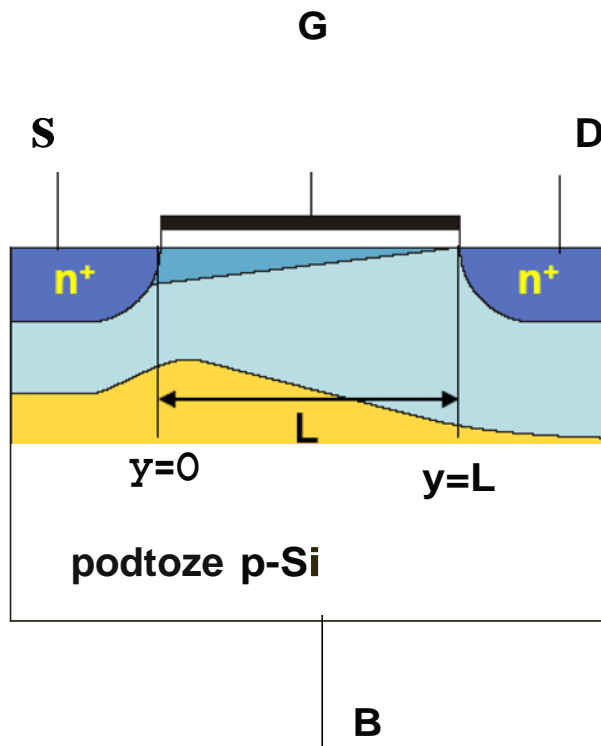
## TRANZYSTOR MOS. ZASADA DZIAŁANIA

$$V_S = V_B = 0$$

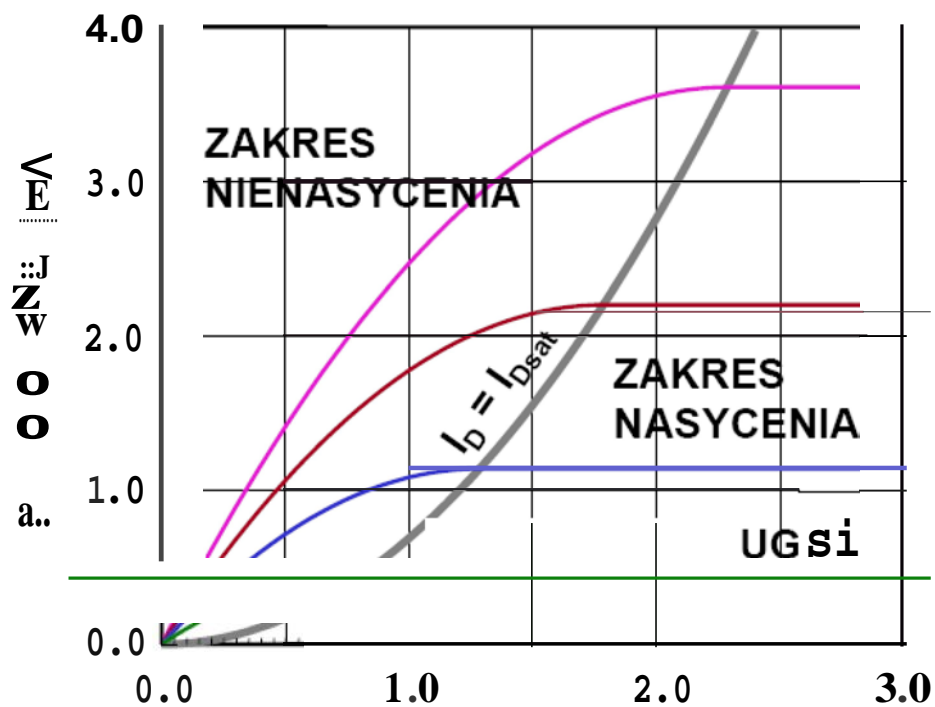
$$U_{GS} > U_T$$

$$U_{OS} = U_{GS} - U_T = U_{OSsat}$$

Przy dostatecznie dużym napięciu  $U_{OS}$  następuje odcięcie kanału przy drenie. Napięcie to nazywa się napięciem nasycenia.



## Rodzina charakterystyk wyjściowych tranzystora NMOS



## TRANZYSTOR MOS. ZASADA DZIAŁANIA

$$V_5 = V_8 = 0$$

$$U_{Gs} > U_r$$

$$U_{os} > U_{Gs} - U_T = U_{osat}$$

Dalszy wzrost napięcia  $U_{05}$  powoduje przesunięcie się punktu odcięcia kanału w stronę źródła.

