Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

BADANIE MULTIMETRÓW CYFROWYCH

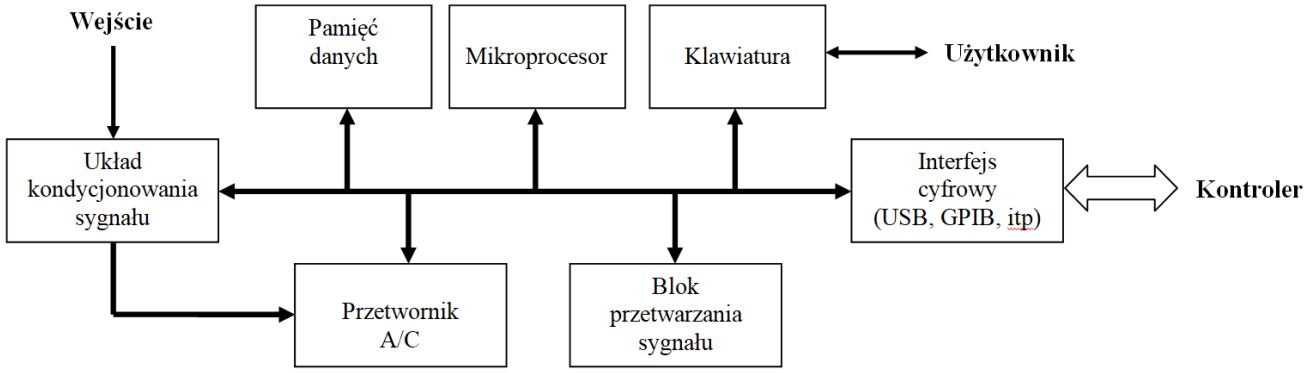
BADANIE MULTIMETRÓW CYFROWYCH

1. Multimetry cyfrowe.
1.1. Wprowadzenie.

Multimetr jest zespolonym urządzeniem pomiarowym, posiadającym możliwość pomiaru różnych wielkości fizycznych (zawiera co najmniej: amperomierz, woltomierz, omomierz). Multimetry cyfrowe potrafią m.in. realizować kilka pomiarów jednocześnie, np. wartości napięcia i jego częstotliwości, zapamiętywać mierzone wielkości, wyznaczać średnią z pomiarów.
Wynik pomiaru prezentowany jest na wyświetlaczu LCD lub LED sterowanego mikroprocesorowo lub za pomocą interfejsu cyfrowego, dane są przekazywane np. do komputera.

1.2. Budowa multimetrów cyfrowych.

W większości multimetrów cyfrowych sygnał wejściowy: napięcie zmienne AC lub stałe DC, prąd, rezystancja oraz każda inna mierzona wielkość (np. temperatura), są zamieniane na napięcie stałe DC, które jest przeskalowane w celu dopasowania go do zakresu przetwarzania **przetwornika analogowo-cyfrowego** A/C. Przetwornik A/C dokonuje zamiany tego napięcia na równoważną postać cyfrową, która jest wyświetlana na wskaźniku cyfrowym. O wielu właściwościach metrologicznych decyduje rodzaj zastosowanego przetwornika A/C. Na rysunku 1. przedstawiono schemat blokowy mikroprocesorowego multimetru cyfrowego.



Rys. 1. Schemat blokowy multimetru cyfrowego.

W bloku **Kondycjonowania sygnału** realizowana jest zamiana wielkości wejściowej na napięcie stałe DC. Pomiar prądu realizowany jest metodą pomiaru spadku napięcia na wewnętrznym wzorcowym rezystorze. Dla pomiaru napięcia lub prądu zmiennego sygnał mierzony po przeskalowaniu jest podawany na przetwornik napięcia zmiennego na stałe. Przetwornik ten może być układem prostownikowym lub detektorem rzeczywistej wartości skutecznej (true RMS). Przetwarzanie rezystancji na napięcie realizowane jest poprzez mierzenie spadku napięcia na badanej rezystancji, wymuszony przepływem prądu o znanej wartości.

1.3. Parametry metrologiczne multimetrów cyfrowych.

Błąd pomiaru multimetrów cyfrowych wyraża się jako:

$$\Delta_{ap} = \Delta_a X_m + \Delta_c X_N \text{ lub } \Delta_{ap} = \Delta_a X_m + n d_{X_N}$$

X_m – wartość mierzona, X_N – wartość zakresu, Δ_a - błąd (niepewność) analogowy, Δ_c - błąd (niepewność) cyfrowy, n – ilość cyfr, d_{X_N} -wartość jednostki ostatniej cyfry pomiaru.

Dla rozkładu prostokątnego błędu multimetru **niepewność pomiaru** jednokrotnego wielkości X można wyrazić:

$$u(X) = \frac{\Delta_{ap}}{\sqrt{3}}$$

a niepewność względną:

$$u_{rel}(X) = \frac{u(X)}{X}$$

Nadmiarowy błąd wskazań może być wywołany zmianą temperatury otoczenia, bardzo niską częstotliwością lub dużym współczynnikiem szczytu mierzonego sygnału.

Rozdzielczość to najmniejszy przyrost wielkości wejściowej, który powoduje zmianę wyniku pomiaru. Rozdzielczość może być podawana w jednostkach mierzonej wielkości (np. 1 mV), lub jako stosunek minimalnej wyświetlanej wartości do maksymalnej wyświetlanej wartości na wybranym zakresie, wartość ta podawana jest w procentach lub częściach na milion (ppm). Rozdzielczość może być podawana jako liczba bitów słowa wyjściowego przetwornika analogowo-cyfrowego A/C zastosowanego w multimetrze.
Pełna **liczba cyfr** odpowiada liczbie pozycji dziesiętnych, na których multimetr wyświetla pełen zestaw cyfr od "0" do "9". Większość multimetrów dopuszcza przekroczenie zakresu i dodanie do wyniku "1/2" cyfry. Multimetr 34401A może mierzyć 99.99 mV na zakresie 100 mV. Wynik ten składa się z czterech pełnych cyfr. Multimetr dopuszcza 20% przekroczenie zakresu 100 mV i pomiar napięcia do wartości 119.99 mV. Możliwość ta jest określona liczbą cyfr 4 1/2.

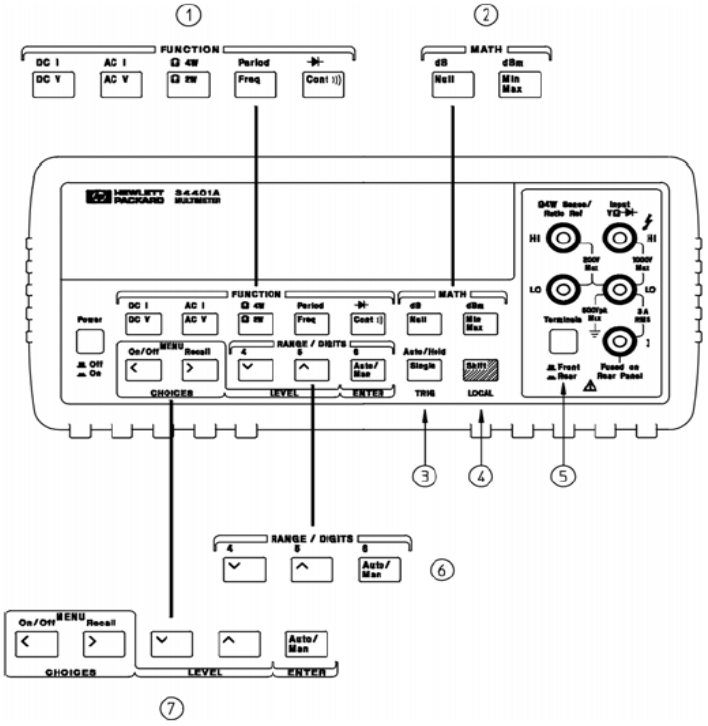
Czas próbkowania jest to czas w którym przetwornik analogowo-cyfrowy multimetru pobiera próbki z mierzonego sygnału wejściowego. Czas próbkowania oddziałuje na rozdzielczość pomiarową (większa rozdzielczość wymaga dłuższego czasu próbkowania) oraz na czas pomiaru (krótszy czas pomiar potrzebuje krótszego czasu próbkowania). **Czas pomiaru** multimetrem jest zazwyczaj dłuższy od czasu przetwarzania przetwornika A/C, może on być zwiększony m.in. o fazę autozerowania lub wynik pomiaru jest wartością uśrednioną wielu przetworzeń zrealizowanych w dłuższym odcinku czasu. W multimetrach laboratoryjnych użytkownik może programować czas całkowania wybierając kompromis pomiędzy szybkością a dokładnością pomiarów.

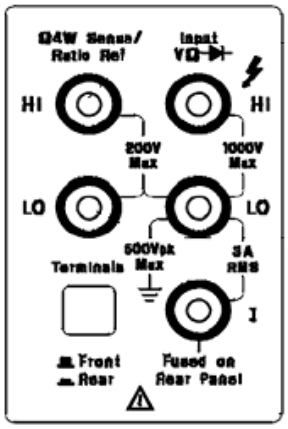
2. Multimetr HP 34401A.

Multimetr 34401A jest uniwersalnym przyrządem pomiarowym za pomocą którego można realizować pomiary napięć i prądów stałych, pomiar prawdziwej wartości skutecznej napięć i prądów zmiennych, pomiar rezystancji, częstotliwości, okresu, badanie ciągłości obwodu, testowanie diod, pomiar stosunku dwóch napięć stałych. Jest on wysokiej klasy przyrządem laboratoryjnym, posiada 6 i 1/2 cyfrowy wyświetlacz, podstawowa 24 godzinna niepewność pomiaru napięcia stałego wynosi 0.0015 %.
Na rys. 2. pokazana została płyta czołowa oraz gniazda pomiarowe multimetru 34401A.

1. **FUNCTION** - funkcje pomiarowe: **DC V** - pomiar napięcia stałego, **DC I** pomiar prądu stałego, **AC V** - pomiar napięcia zmiennego, **AC I** - pomiar prądu zmiennego, **Ω 2W** - dwuprzewodowy pomiar rezystancji, **Ω 4W** - czteroprzewodowy pomiar rezystancji, **Freq** - pomiar częstotliwości, **Period** - pomiar okresu, **Cont)))** - badanie ciągłości obwodu,  - testowanie diod półprzewodnikowych.
2. **MATH** - operacje matematyczne: **Min-Max** zapamiętuje wartości minimalną i maksymalną z serii wyników pomiarów, **Null** - pomiary relatywne - każda wyświetlana liczba jest różnicą pomiędzy wynikiem pomiaru i zadaną wcześniej wartością „null", **dB, dBm** pomiary stosunku napięć stałych i zmiennych w mierze decybelowej.
3. **TRIG** - wyzwalanie pomiaru: **SINGLE** - pomiar jednorazowy, **AUTO** - automatyczne wyzwalanie pomiaru, **HOLD** - pamiętanie wyniku.
4. **SHIFT** - zmiana funkcji kluczy programujących.
5. **TERMINALS** - wybór gniazd pomiarowych: **FRONT** - gniazda na płycie czołowej przyrządu, **REAR** - gniazda na płycie tylnej przyrządu.
6. **RANGE** - wybór zakresu pomiarowego: **AUTO** - automatyczny, **MAN** - ręczny, **DIGITS** - wybór liczby cyfr w wyniku pomiaru: 4, 5 lub 6 cyfr.
7. **MENU** - klucze do poruszania się po drzewie menu: **LEVEL** - zmiana poziomu menu, **CHOICES** -wybór funkcji lub parametru, **ENTER** - wykonanie.

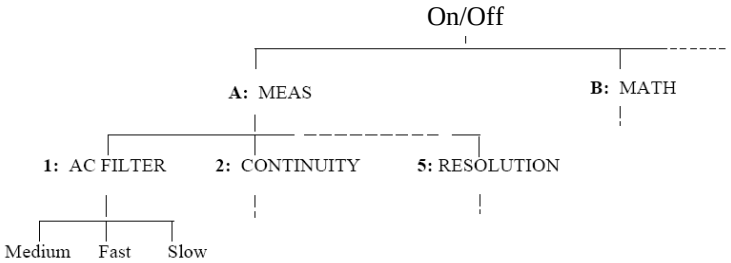
a) b)





Rys. 2. Płyta czołowa a), gniazda pomiarowe b) multimetru 34401A.

Podstawowe funkcje pomiarowe są wybierane z klawiatury znajdującej się na płycie czołowej multimetru. Rozszerzone funkcje pomiarowe i parametry pracy przyrządu programuje się za pomocą MENU, które posiada strukturę drzewa (menus, commands, parameters), przedstawionego na rys. 3.



Rys. 3. Struktura MENU.

Na najwyższym poziomie MENU do dyspozycji użytkownika jest sześć pozycji:

A: MEASurement MENU

1: AC FILTER	2: CONTINUITY	3: INPUT R	4: RATIO FUNC	5: RESOLUTION

B: MATH MENU

1: MIN-MAX	2: NULL VALUE	3: dB REL	4: dBm REF R	5: LIMIT TEST	6: HIGH LIMIT	7: LOW LIMIT

C: TRIGger MENU

1: READ HOLD	2: TRIG DELAY	3: N SAMPLES

D: SYStem MENU

1: RDGS STORE	2: SAVED RDGS	3: ERROR	4: TEST	5: DISPLAY	6: BEEP	7: COMMA	8: REVISION

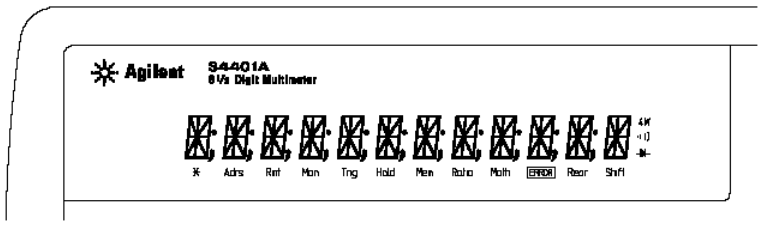
E: Input / Output MENU

1: HP-IB ADDR	2: INTERFACE	3: BAUD RATE	4: PARITY	5: LANGUAGE

F: CALibration MENU*

1: SECURED	[1: UNSECURED]	[2: CALIBRATE]	3: CAL COUNT	4: MESSAGE

Na rys. 4 przedstawiono wyświetlacz multimetru 34401A wraz z opisem funkcji przyrządu wyświetlanych na wskaźniku LED.



Rys. 4. Wskaźniki wyświetlacza.

*	Sygnalizacja wykonywania pomiaru.
Adrs	Multimetr jest w trybie współpracy przez interfejs HP-IB.
Rmt	Multimetr jest w trybie zdalnego sterowania.
Man	Multimetr jest w trybie ręcznej zmiany zakresów (zakres automatyczny wyłączony).
Trig	Multimetr oczekuje na pojedyncze wyzwolenie lub zewnętrzny sygnał wyzwalający.
Hold	Funkcja podtrzymywania odczytu.
Mem	Funkcja zapamiętania odczytu.
Ratio	Włączona jest funkcja pomiaru stosunku dwóch napięć prądu stałego.
Math	Włączone są funkcje operacji matematycznych.
Error	Błąd w działaniu przyrządu wysłana błędna komenda do interfejsu zdalnego sterowania.
Rear	Wybrano gniazda pomiarowe umieszczone na tylnej ściance.
2W	Pomiar dwuprzewodowy rezystancji.
4W	Pomiar czteroprzewodowy rezystancji.
>>	Funkcja badania ciągłości połączenia obwodu.
	Badanie diody

2.1. Sposób pomiaru wielkości fizycznych i ich parametrów.

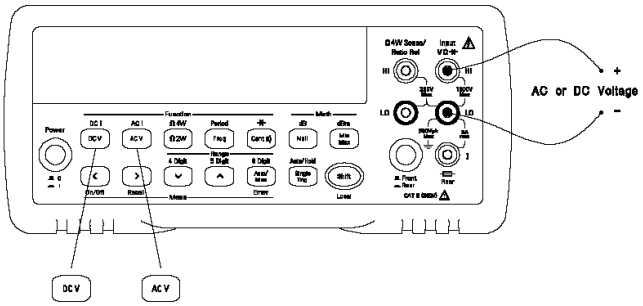
Pomiar napięcia.

Zakresy:

100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 1000 V (750 V napięcie zmienne).

Maksymalna rozdzielczość: 100 nV (na zakresie 100 mV).

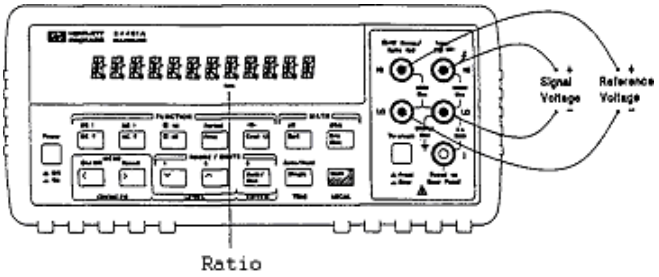
Napięcie zmienne: wartość skuteczna RMS.



Pomiar stosunku dwóch napięć prądu stałego.

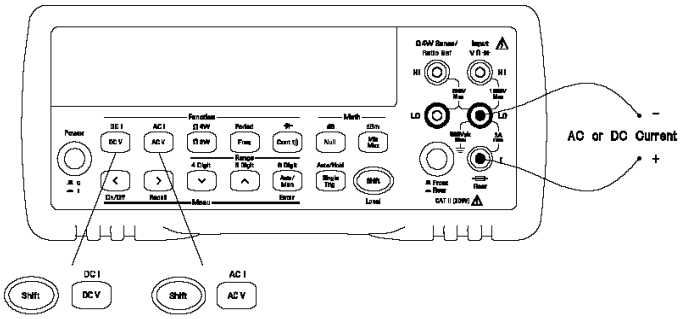
Uzyskanie stosunku dwóch napięć stałych wiąże się z pomiarem napięcia odniesienia podane do gniazda **Sense** i napięcie podanego do gniazda **Input.** W celu załączenia funkcji pomiaru stosunku napięć używamy menu **MEAS**.

$$\text{Stosunek napiec} = \frac{\text{napiecie sygnalu pradu stalego}}{\text{napiecie odniesienia pradu stalego}}$$



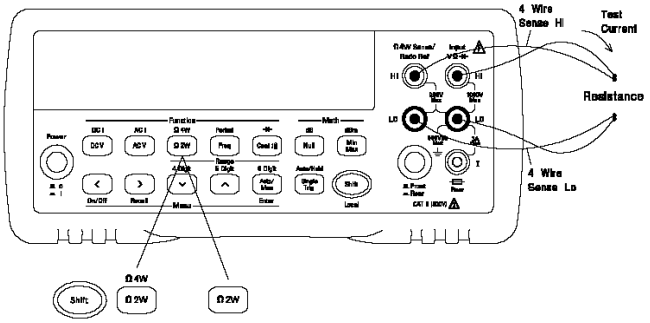
Pomiar natężenia prądu.

Zakresy:
10 mA (tylko prąd zmienny AC),
100 mA (tylko prąd zmienny AC), 1 A, 3 A.
Maksymalna rozdzielczość: 10 nA (na zakresie 10 mA).
Prąd zmienny: wartość skuteczna RMS.



Pomiar rezystancji.

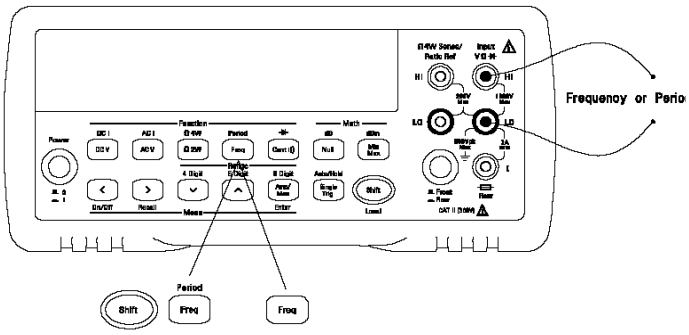
Zakresy:
100Ω , 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 10MΩ, 100MΩ.
Maksymalna rozdzielczość: l00μΩ (na zakresie 100Ω).



Pomiar częstotliwości (lub okresu).

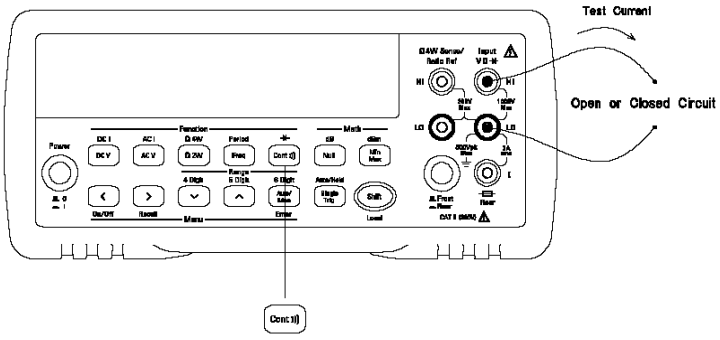
Pasmo pomiarowe: od 3Hz do 300kHz (od 0,33 s do 3,3 μs).

Zakres sygnału wejściowego: od 100 mV do 750 V.



Badanie ciągłości połączenia.

Źródło prądu: 1 mA.
Maksymalna rozdzielczość: 0,1Ω (zakres ustawiony na 1 kΩ),
Próg bipera: od 1Ω do 1000Ω (słychać dźwięk poniżej ustawionego progu).



Ustawienie rozdzielczości.
Rozdzielczość wyświetlacza można ustawić na 4 $^1/_2$, 5 $^1/_2$, 6 $^1/_2$ cyfr. Zmiany rozdzielczości dokonujemy w celu optymalizacji prędkości wykonania pomiaru lub w celu ograniczenia sygnałów zakłócających.

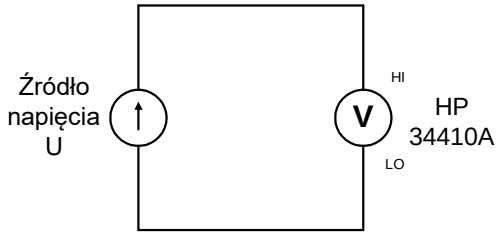
3. Program ćwiczenia

3.1. Czynności wstępne.

Zapoznaj się z dokumentacją i sposobem obsługi multimetru 34401A.

3.2. Pomiar napięcia stałego DC.

Dokonaj pomiaru napięcia ogniwa Westona (napięcie stałe DC 1,01895V ±5μV) na wszystkich zakresach multimetru 34401A w celu określenia niepewności przyrządu na poszczególnych zakresach.



Układ do pomiaru napięć stałych i zmiennych.

Lp.	Zakres	U	u(U)	u_{rel}(U)	Uwagi
	V	V			
1.	100m				
2.	1				
3.	10				
4.	100				
5.	1000				

u(U) – niepewność bezwzględna pomiaru napięcia,
u_{rel}(U) – niepewność względna pomiaru napięcia.

3.3. Pomiar napięcia stałego w obecności zakłóceń.

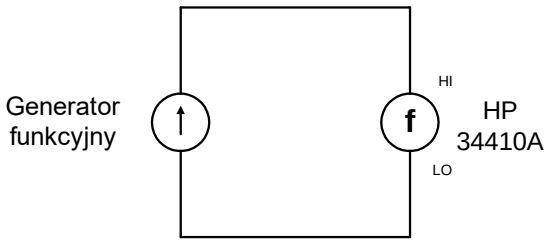
Eliminuje zakłócenia o częstotliwości sieci energetycznej (50 Hz) i jej wielokrotności zostaną wykonane przy częstotliwościach sygnału zakłócającego: 50, 75 i 150 Hz, do otrzymania sygnału zakłócającego należy użyć generatora napięcia sinusoidalnego.

Lp.	Sygnał zakłócający		Pomiar	Obliczenia	Uwagi
	f	$U_{m\ zakł.}$	U	δ	
	Hz	V	V	V	
1.	bez zakłóceń				
2.	25				
3.	50				
4.	75				
5.	150				

U – wartość napięcia zmierzona w obecności zakłóceń, $U_{bez\ zakł}$ - wartość napięcia zmierzona bez zakłóceń.

$\delta = U - U_{bez\ zakł.}$

3.4. Pomiar napięcia zmiennego AC.



Schemat układu do pomiaru napiecia przemiennego AC.

Dla wartości skutecznej napięcia zmiennego AC podanej przez prowadzącego należy dobrać właściwy zakres pomiarowy, a następnie określić z jaką rozdzielczością pomiar był wykonany. Obserwowane jest przepełnienie zakresu oraz jego automatyczny wybór.

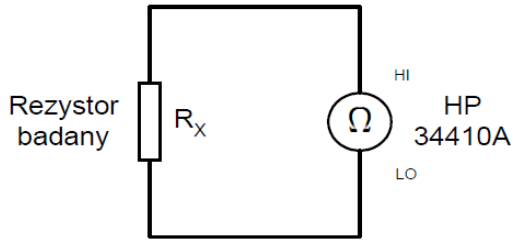
Lp.	U	rozdzielczość	Uwagi
	V	mV	
1.			
2.			
3.			

Zadając stałą wartość napięcia na generatorze zmieniaj częstotliwość sygnału mierzonego, wynik zapisz w tabeli poniżej, określ pasmo pomiarowe wartości skutecznej multimetru.

Lp.	f	U_{wy}	Uwagi
	Hz	V	
1.	20		
2.	50		
3.	100		
4.	200		
5.	500		
6.	1k		
7.	2k		
8.	5k		
9.	10k		
10.	20k		
11.	50k		
12.	100k		
13.	200k		
14.	500k		
15.	1M		

3.5. Pomiar dwuprzewodowy rezystancji.

Na rezystorze dekadowym ustaw trzy wartości rezystancji podane przez prowadzącego, dokonaj pomiaru na różnych zakresach multimetru. Oblicz różnicę rezystancji miedzy wartością mierzoną a ustawioną na rezystorze dekadowym.



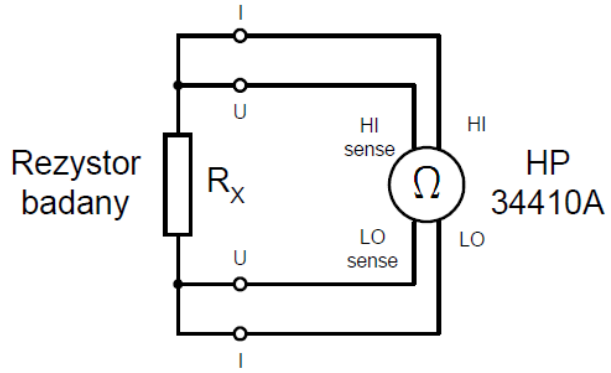
Pomiar rezystancji metodą dwuprzewodową.

Lp.	Zakres	$R_{ustawione}$	$R_{mierzone}$	δ_R	Uwagi
	Ω	Ω	Ω	Ω	
1.	100				
2.	1k				
3.	10k				
4.	100k				
5.	1M				
6.	10M				
7.	100M				

$\delta_R = R_{ustawione} - R_{mierzone}$

3.6. Pomiar czteroprzewodowy rezystancji.

Dla rezystora wzorcowego wskazanego przez prowadzącego dokonaj pomiaru rezystancji metodą dwuprzewodową i czteroprzewodową, porównaj otrzymane wyniki.



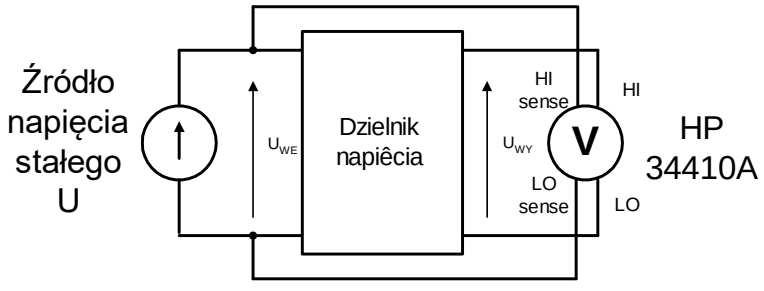
Pomiar rezystancji metodą czteroprzewodową,
I – zaciski prądowe, U – zaciski napięciowe opornika wzorcowego.

Lp.	R_N	metoda	R	δ_R	δ^o_R	Uwagi
	Ω		Ω	Ω	%	
1.		dwuprzewodowa				
2.		czteroprzewodowa				

R_N – wartość znamionowa rezystora wzorcowego.
$\delta_R = R - R_N$
$\delta^o_R = \delta_R / R_N$

3.7. Pomiar stosunku dwóch napięć prądu stałego.

W układzie jak na rys. ustaw dwie wartości k współczynnika podziału dzielnika napięcia, dokonaj pomiaru napięcia na zaciskach wejściowych i wyjściowych dzielnika napięcia (pomiar napięcia stałego DC), a następnie dokonaj pomiaru stosunku dwóch napięć. Porównaj otrzymane wyniki.



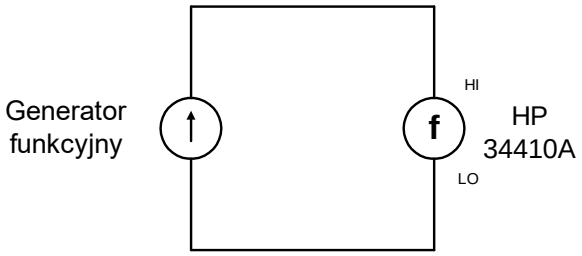
Schemat układu do pomiar stosunku dwóch napięć.

Lp.	k	U_{we}	U_{wy}	U_{we}/ U_{wy}	Stosunek podziału napięć
	-	V	V	V/V	V/V
1.					
2.					

k – współczynnik podziału dzielnika napięć $k \in (0{,}001\text{-}1{,}000)$

3.8. Pomiar częstotliwości.

Dokonaj pomiaru częstotliwości o przebiegach sinusoidalnym, trójkątnym i prostokątnym dla zakresów częstotliwości podanych przez prowadzącego. Porównaj pomiary z wartościami ustawionymi na generatorze.



Schemat układu do pomiaru częstotliwości.

Lp.	Przebieg	$f_{generatora}$	$f_{mierzone}$	δ^o
		Hz	Hz	%
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

$$\delta^o = \frac{f_{generatora} - f_{mierzone}}{f_{generatora}} 100\%$$

4. Pytania kontrolne.

1. Co to jest multimetr?
2. Budowa multimetrów cyfrowych, schemat blokowy multimetru.
3. Parametry metrologiczne multimetrów cyfrowych.
4. Pomiar jakich wielkości i parametrów tych wielkości może być dokonany za pomocą multimetru HP 34401A.
5. Co oznacza określenie **true RMS**?
6. Podaj parametry metrologiczne multimetru HP 34401A.

5. Literatura.

1. Hewlett-Packard, *Instrukcja obsługi multimetru HP 34401A*,
2. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., *Metrologia elektryczna*, WNT, Warszawa, 2002,

Parametry metrologiczne multimetru 34401A.

rozdzielczość	6,5 cyfry	
– pomiar napięcia stałego		
zakres / błąd	100mV	nie większy niż ± (0,005%Ux+0,035%Uz)
	1V	nie większy niż ± (0,004%Ux+0,0007%Uz)
	10V	nie większy niż ±(0,0035%Ux+0,0005%Uz)
	100V	nie większy niż ±(0,0045%Ux+0,0006%Uz)
	1000V	nie większy niż ±(0,0045%Ux+0,001%Uz)
– pomiar napięcia przemiennego		
zakres	100mV	
częstotliwość / błąd	3Hz÷5Hz	nie większy niż ±(1%Ux+0,04%Uz)
	5Hz÷10Hz	nie większy niż ±(0,35%Ux+0,04%Uz)
	10Hz÷20kHz	nie większy niż ±(0,06%Ux+0,04%Uz)
	20kHz÷50kHz	nie większy niż ±(0,12%Ux+0,05%Uz)
	50kHz÷100kHz	nie większy niż ±(0,6%Ux+0,08%Uz)
	100kHz÷300kHz	nie większy niż ±(4%Ux+0,5%Uz)
zakres	1V do 750V	
częstotliwość / błąd	3Hz÷5Hz	nie większy niż ±(1%Ux+0,03%Uz)
	5Hz÷10Hz	nie większy niż ±(0,35%Ux+0,03%Uz
	10Hz÷20kHz	nie większy niż ±(0,06%Ux+0,03%Uz)
	20kHz÷50kHz	nie większy niż ±(0,12%Ux+0,05%Uz)
	50kHz÷100kHz	nie większy niż ±(0,6%Ux+0,08%Uz)
	100kHz÷300kHz	nie większy niż ±(4%Ux+0,5%Uz)
– pomiar prądu stałego		
zakres / błąd	10mA	nie większy niż ±(0,05%Ix+0,02%Iz)
	100mA	nie większy niż ±(0,05%Ix+0,005%Iz)
	1A	nie większy niż ±(0,1%Ix+0,01%Iz)
	3A	nie większy niż ±(0,12%Ix+0,02%Iz)
– pomiar prądu przemiennego		
zakres	1A	
częstotliwość / błąd	3Hz÷5Hz	nie większy niż ±(1%Ix+0,04%Iz)
	5Hz÷10Hz	nie większy niż ±(0,3%Ix+0,04%Iz)
	10Hz÷5kHz	nie większy niż ±(0,1%Ix+0,04%Iz)
zakres	3A	
częstotliwość / błąd	3Hz÷5Hz	nie większy niż ±(1,1%Ix+0,06%Iz)
	5Hz÷10Hz	nie większy niż ±(0,35%Ix+0,06%Iz)
	10Hz÷5kHz	nie większy niż ±(0,15%Ix+0,06%Iz)
pomiar rezystancji		
zakres / błąd	100Ω	nie większy niż ±(0,01%Rx+0,004%Rz)
	1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ	nie większy niż ±(0,01%Rx+0,001%Rz)
	10MΩ	nie większy niż ±(0,04%Rx+0,001%Rz)
	100MΩ	nie większy niż ±(0,8%Rx+0,01%Rz)

U_X, I_X, R_X - wartości mierzone,
U_Z, I_Z, R_Z, - wartości zakresu.